



# 广东大亚湾核电站 岭澳核电站

GNPS & LNPS OPERATION YEARBOOK

## 生产运行年鉴

# 2006

广东大亚湾核电站  
岭澳核电站  
生产运行年鉴

GNPS & LNPS OPERATION YEARBOOK

**2006**

原子能出版社

### 图书在版编目 (CIP) 数据

广东大亚湾核电站·岭澳核电站生产运行年鉴. 2006/  
高立刚主编. —北京: 原子能出版社, 2007.9  
ISBN 978-7-5022-3950-3

I. 广… II. 高… III. ①大亚湾核电站—运行—2006—  
年鉴②岭澳核电站—运行—2006—年鉴 IV. TM623.7-54

中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第104377号

### 广东大亚湾核电站·岭澳核电站生产运行年鉴 2006

---

出版发行 原子能出版社 (北京市海淀区阜成路43号 100037)

责任编辑 杨树录

责任校对 徐淑惠

责任印制 丁怀兰

印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm 1/16

字 数 690千字

印 张 25.75 插 页 10

版 次 2007年9月第1版 2007年9月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-3950-3

印 数 1-1500 定 价: 118.00元

---

版权所有 侵权必究 出版社网址: <http://www.aep.com.cn>



# 前 言

2006年是大亚湾核电站投入商业运行的第13年，岭澳核电站投入商业运行的第4年。

2006年也是大亚湾核电运营管理有限责任公司正式运作的第3年。4台机组的生产管理所出现的新形势和新情况都在2006年度的年鉴内容中有所反映。2006年的《年鉴》在保持2005年的相同架构的基础上，包含了4台机组的安全运行内容，在架构上仍将两电站相对独立的生产运行部分分开编写，以便于读者使用。

本《年鉴》的基本内容包括电站在运行、维修、安全监督、事件分析和事故处理方面的经验；电站在运行、维修、环境监测、剂量管理和工业安全等方面的信息和数据；电站在保证核安全、进行经验反馈、提高设备管理水平的实践，以及电站在人事管理、人员培训、技术管理和质量保证等方面的管理特色。

《年鉴》供稿人员众多，文章写作风格各异，繁简也有差别。编审工作只能做到在保证内容正确、表达准确、符合《年鉴》总体要求的前提下，基本上保持文章的原貌。《年鉴》各章节在写作技巧上独立成篇，但在编辑审稿时，力求相关的名词术语全书统一。《年鉴》中所涉及的电站基本系统的缩写、一些专业术语及机构的缩写、厂房和构筑物代号以及设备名称代码，在《年鉴》中出现的频率很高，未能在正文部分一一给出注释，读者可以在《年鉴》附录中查找它们的中、英文解释。

由于编审人员写作水平和表达能力有限，不当之处在所难免，敬请读者指正。

编 者

## 巩固基础 提升能力 精细管理 持续创优 为集团发展做出更大贡献

大亚湾核电运营管理有限责任公司

总经理 高立刚



2006年是大亚湾核电运营管理有限责任公司（以下简称“运营管理公司”）在2005年反馈、改进的基础上稳步提升的一年。在集团发展战略的指导下，运营管理公司发扬“创业、创新、创优”精神，切实加强责任心和执行力建设，在执行中转变，在转变中执行，努力提升安全生产业绩，积极开展基地支持服务，较好地完成了全年各项工作任务和目标。

全年大亚湾核电站、岭澳核电站（以下简称“两电站”）均保持安全稳定运行，实现了六个“零”的安全承诺，即：没有发生二级或二级以上运行事件、个人超剂量事件、人员伤亡事故、火灾事故、重大设备损坏事故和重大交通事故。

2006年，安全生产取得了一些新的突破，创造了多项新的纪录：

两电站年度上网电量达到299.20亿千瓦时，其中大亚湾核电站年度上网电量达148.58亿千瓦时，岭澳

核电站年度上网电量达 150.62 亿千瓦时，均创造了各自的历史最高水平。

两电站能力因子、负荷因子首次双双达到或超过 90%，其中大亚湾核电站能力因子为 90.10%，负荷因子为 90.00%；岭澳核电站能力因子为 91.26%，负荷因子为 90.51%。

大亚湾核电站 1 号机组在第十一燃料循环中实现不停机不停堆连续运行 485 天，打破了单个燃料循环连续运行 448 天的国内纪录。

大亚湾核电站 1 号机组第十一次换料大修作为十年大修，在 2 号机组第十一次换料大修经验反馈的基础上，取得了新的进步，实现了大修工期 65 天的好成绩。

与 2005 年世界核电营运者协会（WANO）标杆比较，大亚湾核电站 9 项指标全部超过世界中间水平，其中两项达到世界先进水平；岭澳核电站 8 项指标超过世界中间水平，其中 4 项达到世界先进水平。岭澳核电站连续 5 年无工业安全事故。

2006 年，运营管理公司五年发展计划中的 18 项关键业绩指标第一次全部达到管理目标。

回顾全年工作，运营管理公司在安全生产、安全文化建设、生产准备、核心能力建设以及培训工作等方面成效显著：

### **1. 安全管理持续加强，安全文化建设不断深入**

2006 年，运营管理公司各项安全管理改进工作稳步推进，安全管理体系得到进一步完善，人因事件数量有所下降。电站统一了 4 台机组的安全监督运作方式，将技术规范、监督要求模式化；规范了 Io 的界定、风险分析和应对处理流程，并在此基础上启动了重要敏感设备和第一组 Io 设备的分级管理；学习国外先进经验，升版了大亚湾核电站化学技术规范；启动了岭澳核电站安全相关系统及设备的定期试验监督要求 A/B 准则优化项目；编写了学习操纵员安全培训教材，并完成第一批共 19 名学员的培训；借鉴杜邦先进理念和方法，评估运营管理公司工业安全管理状况；建立辐射防护最优化组织，改进小剂量作业管理；提高应急演练质量，完善应急预案和设施。

安全文化建设通过举办一系列富有创新意义的实践活动，使安全理念更加深入人心。按照统一标准开发了核安全文化培训系列教材，管理层及新员工共计 476 人·次接受了安全文化培训。总经理部成员开设了 5 期安全文化讲座，宣讲公司价值观和安全文化理念。“4·26”切尔诺贝利核事故 20 周年纪念、安全文化辩论赛等活动在群众的参与度与影响的广泛性方面达到一个新的层次。以维修部为试点，开展了安全文化示范班组建设。在防人因失效方面，先后发布、推广了三张人因工具卡；开设了行为训练课程 29 期，培训员工 186 人·次。值得一提的是，2006 年运营管理公司运行二处一值实现了无人因失误 1 000 天。

## 2. 生产管理日益精细，生产准备进展有序

2006年，运营管理公司日常生产管理精益求精，成绩突出。在设备缺陷消除、大修与日常闭环管理、周转票数量控制、关键敏感设备巡检等方面持续改进，提高了对风险的可知可控和对隐患的预测预防能力。与2005年相比，运行事件、重复隔离数量下降了一半，重复维修数量下降了1/4。

大修管理成效显著。全年三次大修顺利完成，均较好地实现了各项预定目标。大亚湾核电站1号机组第十一次大修期间成功完成了第一个十年改造项目实施，提升了机组安全技术水平。大亚湾核电站1号机组第十一次大修的结束，标志着运营管理公司已经历了电站寿期范围内所有的重要活动，为运营管理公司以后的运营管理积累了宝贵经验。

生产管理体制进一步完善。成立了电站健康委员会，明确了关键敏感设备零缺陷管理目标；成立了大修管理委员会，以整合、统筹大修中长期规划，推进大修安全质量与项目工期的整体优化和管理改进。2006年，大修优化目标及实施方案得以明确。

生产准备方面，运营管理公司在2006年建立了完整的生产准备组织机构。出版了生产准备工作大纲、生产准备人员培训大纲和生产准备总体计划，按计划实现了年度两个重要里程碑。在吸收岭澳核电站一期经验的基础上，编写了生产准备质保大纲，用于指导和规范岭澳核电站二期生产准备的质保监督工作。

## 3. 能力建设方向明确，培训工作力度加强

2006年，运营管理公司进一步加大了运营核心能力建设力度，对核心能力的理解更加深入、清晰，认识到在现阶段推进核心能力建设，其意义不仅仅在于支撑运营业绩进入并保持在世界先进水平，还在于为积极适应集团发展需要，发挥基地作用，在形成运营管理体系标准化输出和专业化服务能力方面发挥作用。运营管理标准化输出已明确了目标和计划，并正式启动了CPR1000生产准备标准化工作。

2006年，运营管理公司在自主化方面取得了重要进展。实现了主发电机、主励磁机电气部分和主汽轮机1号低压缸维修、主泵水力部件更换的自主化；完成了大亚湾核电站第十二燃料循环背靠背换料堆芯物理设计；针对大亚湾核电站功率控制棒标定试验一回路过热问题，制订了处理方案并在4台机组上实施。

2006年，运营管理公司更加强调了培训也是电站生产活动，严格了培训教学管理规定。建立了持照人员素质模型，并开发了测评工具。建立了维修、技术人员系统化培训与授权体系，



并开始应用于新员工的岗位培训、考核和授权。技能训练中心一期的投入使用,为技能实操训练创造了条件。2006年,运营管理公司的培训工作还从单基地走向了多基地服务,培训中心的组织机构也做了相应调整。在新项目运营人员培训方面,积极开展基地培训统筹,制订了工作原则、培训标准和实施计划。全年共接收新项目培训人员530名。

2006年运营管理公司业绩来之不易,同时,我们也深深懂得,核电运营事业只有起点,没有终点,我们必须在2006年的基础上进一步巩固提升,实现持续创优,以适应未来集团发展、环境变化以及公司自我发展的更高要求。

集团在中长期发展战略与五年规划中明确了运营管理公司的工作定位和目标,要求我们创造一流的生产业绩,出效益、出人才、出经验,成为集团快速发展的坚实基础。根据集团2007年工作目标,“抓好核电安全生产,同时发挥基地辐射作用是运营管理公司的两项重要任务”。要求运营管理公司一要继续坚持“安全第一、质量第一”的指导思想,继续坚持追求卓越的理念,以世界先进水平为标杆,推进运行精细管理,减少人因失误,消除设备隐患,不断提高设备健康水平;二要不断优化大修管理,提高大修质量,优化大修工期,确保一个循环不停机不停堆;三要做好与电网的接口,争取有利的电力营销环境,确保上网目标的完成。2007年,在WANO的9项关键业绩指标中,两电站各有5项要进入世界先进水平,不出现重大人因事件,不出现重大设备事件。同时,要求实现安全生产与人员输出“两促进”,探索建立运营管理与服务输出新机制,推进运营管理经营模式的转变。要以有利于掌控核心能力、提高规模效应、优化资源配置为原则,积极做好集团未来多基地运营模式的筹划。要积极探索管理体制和机制的改革,在用人机制、薪酬体系、用工制度、成本管理等方面为其他基地提供改革的示范。概括地说,就是安全生产业绩水平要更高,生产准备、支持服务任务要更重,核心能力要更强,管理机制要更好,成为其他项目的示范。

根据集团发展赋予运营管理公司的光荣使命,运营管理公司制订了中长期发展战略和五年发展计划,明确提出运营管理公司的发展愿景是成为世界一流的专业核电运营企业。这就要求运营管理公司必须在安全水平、发电能力、发电成本、企业文化、核心能力和环境保护等六个方面与世界各电站最佳实践进行对标,改进不足,达到世界同行的先进水平。

我们坚信,在集团公司的领导下,在业主公司以及运营管理公司董事会的支持和指导下,在各兄弟单位和合作单位的密切协作下,通过广大党员干部和员工自觉发扬勇于开拓、主动进取的创业精神,不怕困难、敢为人先的创新精神,挑战自我、精益求精的创优精神,运营管理公司将在转变中实现巩固,在执行中获得发展,为集团事业的全面发展做出更大的贡献!

方曦  
摄



■ 1月8日，原全国人大常委会委员长李鹏视察大亚湾核电基地

■ 3月16日，原国务院总理朱镕基视察大亚湾核电基地

方曦  
摄



方曦  
摄



■ 12月7日 全国人大常委会副委员长热地视察大亚湾核电基地

方曦 摄

■ 9月15日 国家发改委副主任陈德铭参观电站





董永胜  
供稿

■ 10月26日 公司举行岭澳核电站首批全改进型燃料组件M5 AFA 3G交货仪式

方曦  
摄



■ 4月20日 大亚湾核电基地举行“世界知识产权日宣传暨DNMC首批专利证书颁奖大会”

方曦  
摄



■ 5月18日 中广核集团在大亚湾核电基地召开由运营公司承办的运营培训统筹管理座谈会



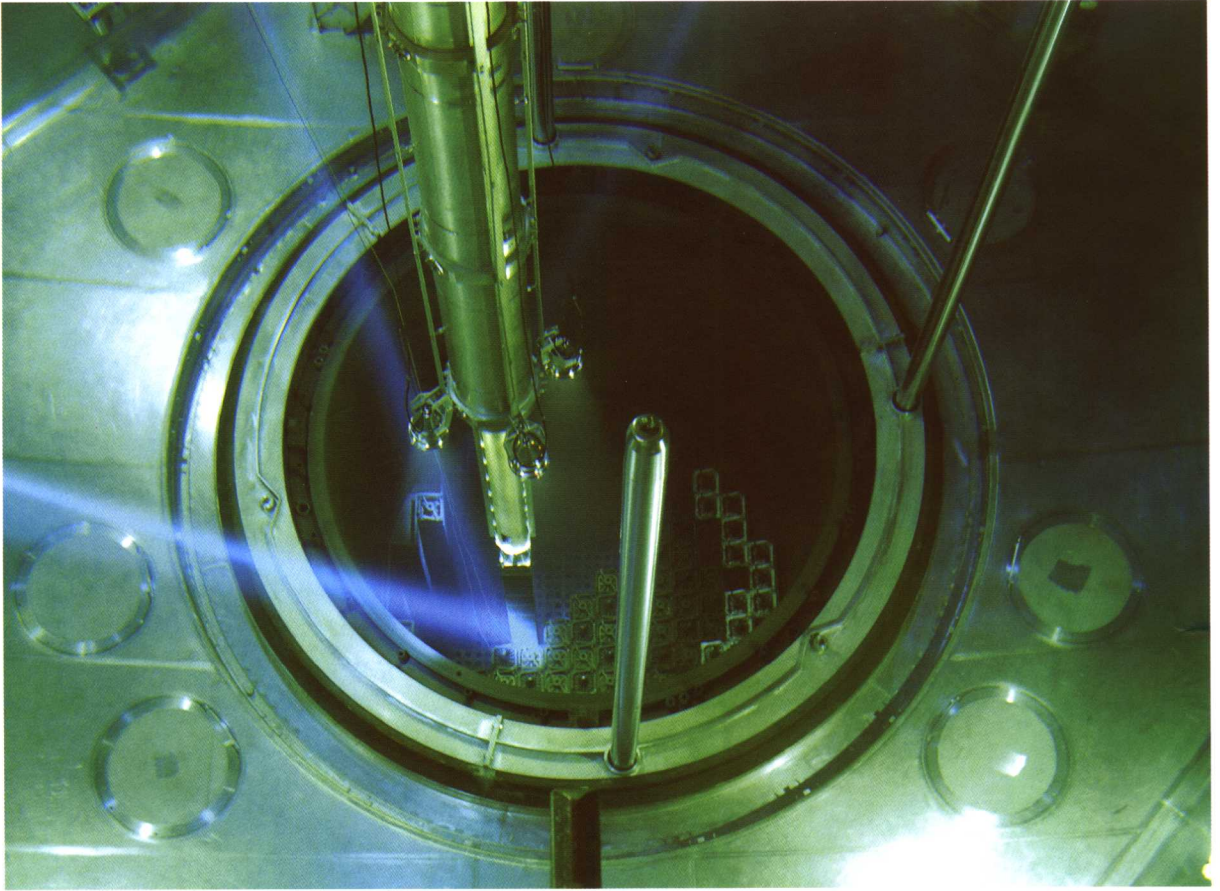
刘志宏 摄

■ 4月11日至12日 公司举行DNMC和EDF培训交流研讨会



方曦 摄

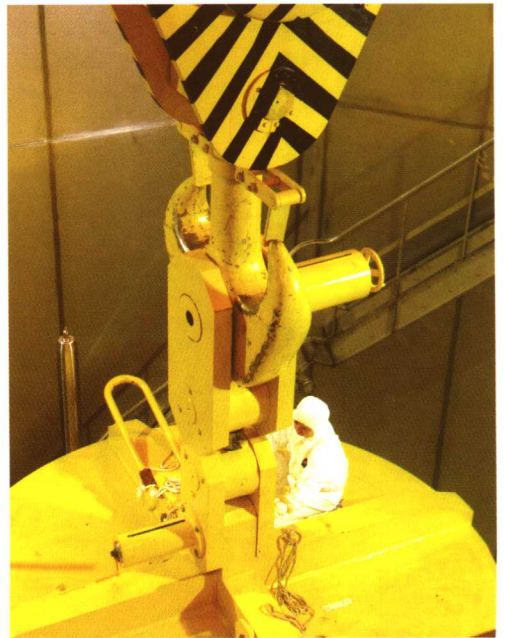
■ 11月27日 公司举办IAEA安全文化提升及评估方法国内研讨班



■ 机组换料

叶永东 摄

叶永东  
摄



■ 假封头起吊



■ 汽轮机厂房巡检

荣涛 摄



叶永东 摄

■ 装料操作



荣涛  
摄

■ 消防演习

■ 岭澳核电站二期施工现场

荣涛 摄







方  
曦  
摄

■ 4月26日 公司举办切尔诺贝利核事故20周年大型纪念活动



方  
曦  
摄

■ 9月27日 公司安全文化辩论赛

方  
曦  
摄



■ 2006届新大学生军训



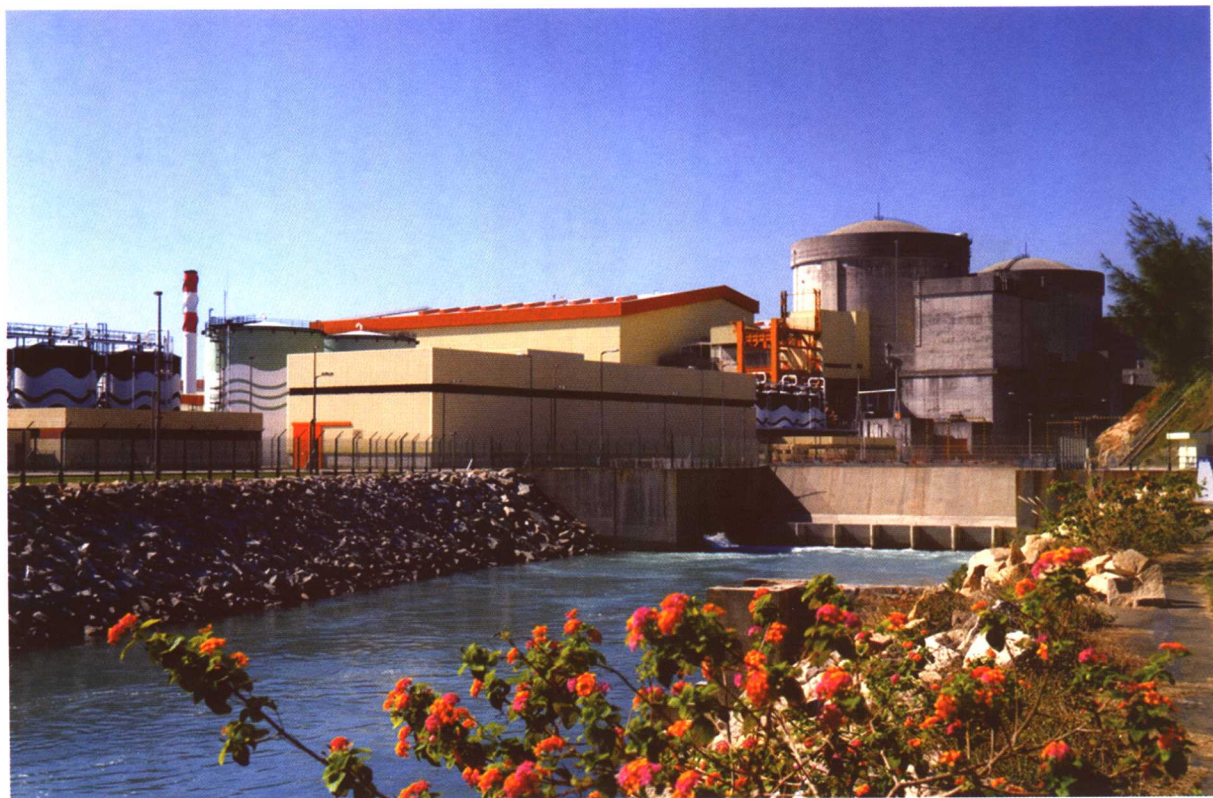
梁汉生  
摄

■ “健康伴我行之生产杯” 篮球赛

■ 和谐环境



梁汉生  
摄



■ 大亚湾核电站

赖虔瑜 摄



■ 大亚湾核电站夜景

梁汉生 摄

方曦  
摄



■ 新宿舍区

■ 塔

梁汉生  
摄



■ 傍晚美丽的岭澳核电站

徐鸿威 摄



# 大亚湾核电站 1 号机组连续运行 485 天

(新闻稿) 电站经理部

大亚湾核电站 1 号机组日前实现整个第十一燃料循环无停机停堆、连续运行 485 天的运行新纪录，同时创造了连续 4 年无非计划自动停堆运行的好业绩。

大亚湾核电站 1 号机组能取得这一优秀业绩，首先得益于 18 个月换料的先进燃料管理策略。进行 18 个月换料改进后，燃料循环长度从原设计能力的 12 个月增加至 18 个月。大亚湾 1 号机组从第九燃料循环开始实施从年度换料模式向 18 个月换料模式的过渡，循环长度从第九循环的 369EFPD（等效满功率运行天数）逐渐增加到第十一循环的 482EFPD。由于采用了更为先进的 AFA-3G 燃料组件替代原 AFA-2G 燃料组件，组件可达到更高的卸料燃耗，在长周期换料及使用低泄漏装载方案下，堆芯设计的安全裕度有较大程度的提高。这一堆芯换料模式为机组经济、安全、稳定运行提供了设计上的保障。

大亚湾核电站 1 号机组再创佳绩，与日常生产的精心操作和维护密不可分。一年多来，日常生产项目组（TEF）沿用并优化以往的运作模式，进一步完善各类前瞻性风险防范体系，推进关键敏感设备管理（CCM）；完成 TEF 指标系统全面升级，对机组状态进行科学而系统地监控；建立了变压器、发电机转子等重大设备的抢修预案，提升对设备故障的应变响应能力。同时，TEF 充分利用以往运作经验，组织大修前后的设备排查工作，落实抗抗超强台风预案及演练，改进迎峰度夏措施，圆满完成了一系列节假日及重大事项期间的保电工作。

连续运行 485 天的新纪录，是大亚湾核电运营管理有限责任公司（以下简称“运营管理公司”）在“安全管理改进”领域努力探索和钻研所实现的又一里程碑。近年来，电厂的安全管理更趋于精细化和标准化，从制度建设和人因防范两个方面入手，不断完善细节，强调实践意义，追求安全管理的长远效应。安全管理制度的屏障功能不断加强，优化了两电站的 STA 运作模式，建立设备状态监测统计方法，实施了严重事故管理导则。在人因管理方面，有重点、有针对性地建立了不同专业的人员行为规范，改进人因事件根本原因分析方法，落实“按程序操作”和“监护制”，多次组织安全管理外部交流和评审活动，上述措施取得了良好的效果。

大亚湾核电站 1 号机组的优良业绩，也充分验证了 1 号机组第十次大修的检修质量。大亚湾核电站 2 号机组第十次大修延期后，在运营管理公司总经理部及全体员工的共同努力下，大家齐心协力、扎实改进，使大亚湾核电站 1 号机组第十次大修安全、高效地完成，扭转了当年安全生产的被动局面。大亚湾核电站 1 号机组第十次大修指挥部沿用以往的良好实

践，继续推行大修责任制及大修计划质量控制制度，还创造性地开展了常规岛现场办公，规范计划管理，加快现场问题的处理效率，应对各种不确定因素，确保各项工作按时完成。这些举措有效防范了大修中的各类潜在风险，提高了大修工作质量，使机组以较好的状态投入日常运行。

大亚湾核电站1号机组连续运行485天，是继2005年大亚湾核电站2号机组连续运行430天之后的又一次突破。这不断刷新的纪录，源于超越自我的理想与信念，凝聚着生产线全体员工的智慧和汗水，记载着运营管理公司在安全生产领域中的艰难求索、努力攀登的足迹，是集团发展的前提和保障。

# 为了警钟长鸣

(新闻稿) 方春法

2006年4月26日是切尔诺贝利核事故二十周年。为了警钟长鸣，增强安全意识，落实安全责任，巩固安全屏障，规范安全行为，按照集团统一部署，大亚湾核电运营管理有限责任公司（以下简称“运营管理公司”）在大亚湾核电基地举办切尔诺贝利核事故二十周年纪念活动。

为了做好此次纪念活动，运营管理公司在2006年3月初成立了纪念活动项目组。项目组由公司总经理部成员负责组织，以公司安全文化与人因改进项目组成员为项目组主要成员。项目组启动伊始即兵分两路，一路人马投入到切尔诺贝利核事故相关资料的收集，另一路人马则投入到对切尔诺贝利核事故的背景、历史及其对核电发展影响的研究。在资料收集、分析和整理的同时，项目组每周安排一到两次，有时甚至是3次的集体讨论，项目组成员充分发挥了个人主观能动性，积极投入到工作中。经过1个多月的精心研究和准备，逐步深入了解事故发生的过程和背后的原因，挖掘可供我们借鉴的经验教训。

2006年4月26日晚，纪念切尔诺贝利核事故二十周年活动——“为了永远不再发生”在大亚湾核电基地举行，公关宣传中心投影厅座无虚席。国家核安全局副局长王俊，前国家核安全局副局长、前INSAG科学秘书钟万里，前中国广东核电集团公司副总经理曾文星，工程公司总经理郑东山，运营管理公司总经理高立刚和法国顾问Reynaud先生被邀作访谈嘉宾。两位主持人引导现场观众，通过影像、图片、数据等历史资料，结合专家讲解以及观众互动的方式，重温了切尔诺贝利核事故发生的过程、背景以及后续的社会影响，共同分析了事故的技术原因、人和管理方面的原因以及文化层面的原因，回顾了事故后国际核能界的反思与改进，核电安全文化建设历程等，使大家深深地认同嘉宾们的一句话感言：安全责任重于泰山；核安全是我们的使命，也是我们的责任；把安全放在首位，把自己作为最后一道屏障；没有安全就没有核电的发展。正如主持人的总结陈词：核能就像一把双刃剑，它能给人类带来巨大的动力与财富，同时也可能会给我们赖以生存的地球带来深重的灾难。人类对核能的有效利用表明，核能并不可怕，而真正可怕的是人类安全意识的淡漠。

“为了永远不再发生”纪念活动是运营管理公司在切尔诺贝利核事故二十周年之际组织的纪念活动的一个重要组成部分。集团领导、兄弟公司、国家核安全局广东监督站的官员以及合作伙伴代表，运营管理公司副处以上干部及部分员工代表等200余人参加了这场历时两个半小时的纪念活动。在纪念活动上展示的由项目组多方联络、搜集到的许多珍贵史料，甚至连核安全专家都表示是头一次目睹，感到强烈震撼，令人印象深刻。

纪念活动的另一个亮点，是项目组在启动之初同期策划的“为了永远不再发生——切尔诺贝利核事故二十周年”《核电人》专刊。专刊从切尔诺贝利核事故发生的经过与后果、原因分析、反思与改进及核电现状与发展等几方面进行深层次的研究和探讨，旨在使人们更加系统地认识切尔诺贝利核事故的长远影响和对核安全文化发展的重要意义，提醒人们牢记二十年前的惨痛教训，并将其转化为安全改进的永恒动力。

以史为鉴，可以知兴替。我们以历史为参照，深刻反省和认真反馈，是为了把教训变成学习和提高的机会。切尔诺贝利核事故二十周年纪念活动虽然短暂，但其本身的意义将会一直伴随核电的发展，所有这一切都是“为了永远不再发生”。



# 目 录

## 第一章 公司与电站组织机构

1.1	公司简介	1
1.2	公司组织机构	2
1.3	电站组织机构	3

## 第二章 大亚湾核电站安全运行

2.1	电站运行	5
2.1.1	运行组织	5
2.1.2	机组运行状态	7
2.1.3	售电及外购电	12
2.1.4	机组性能指标	13
2.1.5	反应堆物理试验	14
2.1.6	电站化学	17
2.1.6.1	化学监督	17
2.1.6.2	淡水资源及化学系统制水	19
2.1.7	重要机械设备运行与维护	20
2.1.7.1	静止机械设备	20
2.1.7.2	转动机械设备	22
2.1.8	继电保护	23
2.1.9	电气设备的运行与维护	25
2.1.10	发供电系统可靠性	27
2.1.11	仪控系统设备运行及评价	30
2.1.12	燃料循环及燃料管理	32
2.2	核安全	36
2.2.1	三道屏障完整性	36
2.2.2	专设安全系统	39
2.2.3	安全相关设备不可用状态(Io)跟踪	41
2.2.4	定期试验	43

2.2.5	瞬变统计	44
2.2.6	执照运行事件	46
2.2.7	经验反馈	49
2.2.7.1	内部运行事件经验反馈	49
2.2.7.2	外部事件经验反馈	53
2.2.7.3	电站纠正行动管理	55
2.2.8	安全文化建设	57
2.2.9	电站概率安全评价	57
<hr/>		
2.3	<b>工业安全</b>	58
2.3.1	工业安全统计	58
2.3.2	工业安全管理	59
<hr/>		
2.4	<b>消防</b>	59
2.4.1	火灾事故及火险事件统计	60
2.4.2	消防系统可用率	60
2.4.3	消防管理	60
<hr/>		
2.5	<b>辐射防护</b>	62
2.5.1	年度辐射防护总体评价	62
2.5.2	个人剂量监测与管理	62
2.5.3	运行辐射防护管理	63
2.5.4	大修辐射防护管理	64
2.5.5	辐射防护培训和经验反馈	66

## 第三章 岭澳核电站安全运行

3.1	<b>电站运行</b>	67
3.1.1	电站运行组织	67
3.1.2	机组运行状态	69
3.1.3	售电及外购电	73
3.1.4	机组性能指标	75
3.1.5	反应堆物理试验	76
3.1.6	电站化学	81
3.1.6.1	化学监督	81
3.1.6.2	化学系统制水及制氯制氢	83
3.1.7	重要机械设备运行维护	84
3.1.7.1	静止机械设备	84
3.1.7.2	转动机械设备	85
3.1.8	继电保护	85

3.1.9	发供电系统可靠性	87
3.1.10	仪控系统设备运行及评价	90
3.1.11	燃料循环及燃料管理	91
<b>3.2</b>	<b>核安全</b>	<b>97</b>
3.2.1	三道屏障完整性	97
3.2.2	专设安全系统	99
3.2.3	安全相关设备不可用状态(Io)跟踪	102
3.2.4	定期试验	104
3.2.5	瞬变统计	105
3.2.6	执照运行事件	107
3.2.7	经验反馈	110
3.2.7.1	内部运行事件经验反馈	110
<b>3.3</b>	<b>工业安全</b>	<b>113</b>
<b>3.4</b>	<b>消防</b>	<b>114</b>
3.4.1	火灾事故与火险事件统计	114
3.4.2	消防管理	114
<b>3.5</b>	<b>辐射防护</b>	<b>114</b>
3.5.1	年度辐射防护总体评价	114
3.5.2	个人剂量监测与管理	115
3.5.3	运行辐射防护管理	115
3.5.4	大修辐射防护管理	116
3.5.5	辐射防护培训	116
<b>3.6</b>	<b>岭澳核电站二期生产准备</b>	<b>117</b>

## 第四章 电站维修

<b>4.1</b>	<b>维修组织与管理</b>	<b>120</b>
4.1.1	维修组织管理	120
4.1.2	维修生产管理	122
4.1.2.1	维修质量管理	122
4.1.2.2	维修风险管理	122
4.1.2.3	维修计划控制	123
4.1.2.4	现场服务管理	125

4.2	日常维修	127
4.2.1	重要维修活动	127
4.2.2	消除设备缺陷百日竞赛活动	129
4.2.3	大亚湾核电站日常维修工作票执行情况	130
4.2.4	岭澳核电站日常维修工作票执行情况	133
4.2.5	预防性维修有效性评估	135
4.3	机组抢修与小修	138
4.4	机组换料大修	140
4.4.1	大修组织管理	140
4.4.2	大亚湾核电站换料大修	141
4.4.2.1	1号机组第十一次换料大修	141
4.4.3	岭澳核电站换料大修	145
4.4.3.1	1号机组第四次换料大修	145
4.4.3.2	2号机组第三次换料大修	149
4.4.4	大亚湾核电站换料大修准备	152
4.4.5	岭澳核电站换料大修准备	153
4.4.6	大修承包商介绍	156

## 第五章 电站技术支持与服务

5.1	设备管理	159
5.1.1	概述	159
5.1.2	设备状态监督与趋势分析	160
5.1.3	RCM 分析与预测性维修	161
5.1.4	RCA 的实施与应用	163
5.1.5	设备老化和寿命管理	164
5.1.6	遗留问题与 NCR 管理	165
5.2	电站工程及改造	167
5.2.1	电站工程及改造项目管理	167
5.2.2	岭澳核电站工程遗留项	168
5.2.3	新增工程改造项目	169
5.2.4	物项替代与国产化	171
5.2.5	设备防腐	174
5.2.6	电站厂房及相关构筑物维护	175
5.2.7	在役检查和金属监督	178

5.3	<b>质量保证</b>	180
5.4	<b>环境管理</b>	181
5.4.1	放射性废气排放与管理	182
5.4.2	放射性废液排放与管理	183
5.4.3	中低水平放射性固体废物处理	184
5.4.4	工业废物处理	186
5.4.5	环境监测与评估	187
5.4.6	环境保护工作	193
5.5	<b>电站应急计划管理</b>	194
5.5.1	应急响应能力的维持	194
5.5.2	场内应急准备管理	195
5.5.3	经验交流	196
5.6	<b>职业健康管理</b>	197
5.7	<b>综合管理</b>	199
5.7.1	计划及管理	199
5.7.1.1	发电计划执行情况与电网状况	199
5.7.1.2	电站日常生产管理	201
5.7.1.3	电站预算管理 and 控制	205
5.7.1.4	部门管理计划及指标	208
5.7.1.5	电站管理层工作会议	211
5.7.2	电站委员会	213
5.7.2.1	电站核安全委员会	213
5.7.2.2	电站健康委员会	214
5.7.2.3	电站大修管理委员会	215
5.7.2.4	生产教育培训委员会	217
5.7.2.5	电站环境保护与废物管理委员会	217
5.7.2.6	电站工程技术委员会	218
5.7.2.7	电站纠正行动审查委员会	219
5.7.2.8	承包商管理委员会	220
5.7.2.9	电站合理化建议评审小组	220
5.7.2.10	电站节能小组	221
5.7.3	执照申请及对外交流	222
5.7.3.1	执照申请	222
5.7.3.2	国际原子能机构活动	225
5.7.4	人事管理	227
5.7.4.1	干部任免	227
5.7.4.2	职称评定	227

5.7.4.3	人员配备	227
5.7.4.4	职工学历和职称结构及专家名录	229
5.7.4.5	年龄结构	229
<hr/>		
5.8	合同及备件管理	229
5.8.1	合同管理概要	229
5.8.2	合同管理工作	234
5.8.3	备品备件采购管理	235
5.8.4	仓储管理	237
5.8.5	承包商管理	237
5.8.6	库存管理	239
5.8.7	口岸办管理	240
<hr/>		
5.9	人员培训及授权	242
5.9.1	培训负荷统计	242
5.9.2	重要培训工作	242
5.9.3	重要项目进展	244
<hr/>		
5.10	文件、档案与资料管理	246
5.10.1	工作概述	246
5.10.2	工作量统计	247
5.10.3	文件、资料、档案库存量	248
<hr/>		
5.11	计量管理	248
<hr/>		
5.12	信息技术的开发与应用	250
5.12.1	基础设施建设	250
5.12.2	信息系统开发	250
5.12.3	信息安全与客户服务	251
5.12.4	信息系统运行	251
<hr/>		
5.13	电站保卫及核材料实体保障	253
5.13.1	保卫工作实绩	253
5.13.2	核材料的实体保障	255
<hr/>		
5.14	电站后勤保障	255
<hr/>		

## 第六章 大事记

6.1	机组运行大事记	257
6.1.1	大亚湾核电站1号机组	257

6.1.2	大亚湾核电站2号机组	262
6.1.3	岭澳核电站1号机组	265
6.1.4	岭澳核电站2号机组	268
6.2	重大技术问题	272
6.2.1	大亚湾核电站重大技术问题	272
6.2.2	岭澳核电站重大技术问题	276
6.3	生产管理大事记	279

## 第七章 统计指标

7.1	WANO 性能指标	284
7.2	电量销售及能耗	287
7.3	安全性能指标	288
7.4	生产运行指标	291
7.5	三废排放与环境监测	294
7.6	维修、改进与质量保证	296
7.7	换料大修主要指标	297
7.8	机组停堆解列统计表	299
7.9	电站运行事件列表	300
7.9.1	大亚湾核电站运行事件列表	300
7.9.2	岭澳核电站运行事件列表	301
7.10	工业安全和消防统计	303
7.10.1	工业安全事件汇总	303
7.10.2	工业安全未遂事件汇总	303
7.10.3	一级火险事件汇总	303
7.10.4	零级火险事件汇总	304
7.11	辐射防护事件汇总	304
7.12	特许申请汇总	306
7.13	改造项目汇总	309

## 第八章 专题报告

* 大亚湾核电站发电机转子返厂检修总结 (袁振亚)	313
* 核电站应急抢修参考计划库建立与改进 (刁立军)	319
* 安全设备不可用分析流程管理 (唐琪)	324
* 维修人员培训及技术授权体系的建立 (李静宇)	327
* 核电站维修自主化推进工作 (金航军)	332
* 多基地运营人员培养工作全面启动 (DNMC 培训中心)	336
* 核电站技术改造中长期规划与管理 (董超群)	339
* CPR1000 选择状态导向事故处理程序(SOP) 的决策与风险控制 (宫广臣 黄清武)	346
* 全面提升大亚湾核电站模拟机性能项目 (李劲光)	355
附录一 基本系统名称	358
附录二 组织机构和相关术语缩写	378
附录三 计量单位符号中英文对照	384
附录四 厂房和构筑物——代号和名称	385
附录五 设备名称代号	391
《年鉴》各章节供稿人名单	398



# 第一章 公司与电站组织机构

## 1.1 公司简介

大亚湾核电运营管理有限责任公司（以下简称“运营管理公司”）于2003年3月成立，由广东核电合营有限公司和岭澳核电有限公司共同投资设立，负责大亚湾核电基地核电站的运营管理以及其他电力设施、环保及与电力相关业务。

运营管理公司是大亚湾核电基地群堆管理发展的产物，是在借鉴国外核电站运营管理良好实践的基础上成立的，目的是对多业主、多电站的核电机组实施专业化管理，优化资源配置，发挥协同效应，实现规模经济。

运营管理公司是独立法人企业，依法自主经营，自负盈亏，按照现代企业制度运作，设立由股东会、董事会、监事会和管理机构组成的法人治理结构，实行董事会授权范围内的总经理负责制。运营管理公司注册资本为1亿元人民币，由广东核电合营有限公司（GNPJVC）和岭澳核电有限公司（LANPC）各出资50%组成。

运营管理公司成立后，广东核电合营有限公司和岭澳核电有限公司（以下简称“两公司”）根据我国合同法等法律法规，分别与运营管理公司签订了具有法律效力的合作协议，将各自所拥有的核电站委托给运营管理公司营运管理。两公司既是运营管理公司的股东，又是核电站的业主，作为合作协议的委托方，享有合作协议规定的权利并承担相应的义务。运营管理公司拥有核电站的营运管理权，作为营运单位按照国家有关法律法规承担安全运行全面责任。目前，运营管理公司受两公司委托，负责营运和管理大亚湾核电站和岭澳核电站一期共4台百万千瓦级压水堆机组。根据岭澳核电站二期业主公司即岭东核电有限公司（LDNPC）与运营管理公司达成的协议，岭东核电有限公司将岭澳核电站二期的生产准备工作全面委托运营管理公司承担。岭澳核电站二期项目投产后也将委托运营管理公司负责营运管理。图1.1-1显示了运营管理公司的投资模式。图1.1-2显示了运营管理公司的产权结构。

运营管理公司是在广东核电合营有限公司成功运营大亚湾核电站近十年的基础上成立起来的，保留了两公司参与核电站营运管理的基本组织机构和人员，继承了两电站近20堆·年安全运行过程中积累起来的技术、经验和文化。在国家积极发展核电的新形势下，在集团“创业、创新、创优”精神的指引下，运营管理公司将一如既往地坚持“安全第一、质量第

一”，确保安全生产基础，稳步提升安全生产业绩和管理水平，加强运营核心能力建设，充分发挥基地支持作用，为集团的快速发展做好坚实后盾。

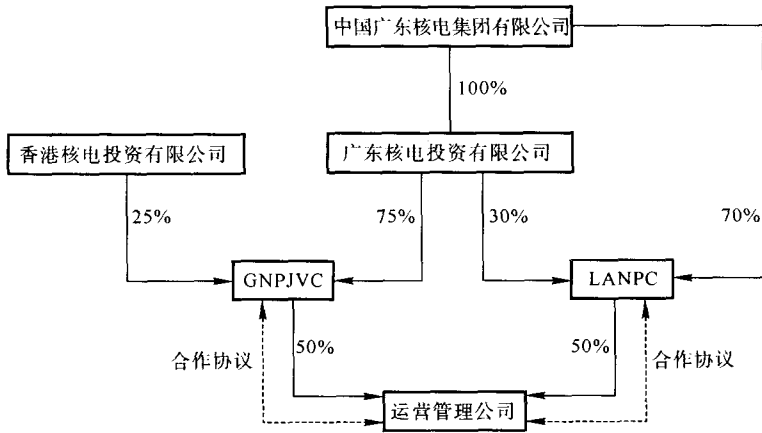


图 1.1-1 运营管理公司投资模式

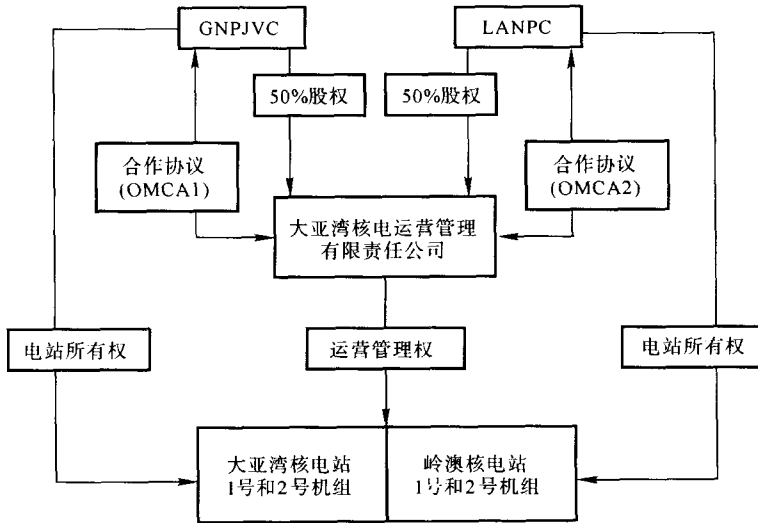


图 1.1-2 运营管理公司产权结构

## 1.2 公司组织机构

大亚湾核电运营管理有限责任公司依照《公司法》成立，依法自主经营，自负盈亏，按现代企业管理制度运作，设立了由股东会、董事会、监事会和管理机构组成的法人治理结构。股东会是公司的权利机构，董事会是公司的决策机构，监事会是公司的监察机构。管理机构是公司的日常经营机构，由总经理部、党群工作部、科技委、生产部、维修部、技术部、安全质保部、生产准备部、培训中心、财务部、审计部、人力资源部、行政管理部组成。其中党群工作部接受公司党委和总经理部的领导，履行党、纪、工、

团办事机构的职能。随着集团核电项目的发展，2006年，公司对生产准备机构和培训机构作了组织适应性调整，成立了生产准备部和培训中心。图 1.2-1 显示了运营管理公司 2006 年底的组织机构。

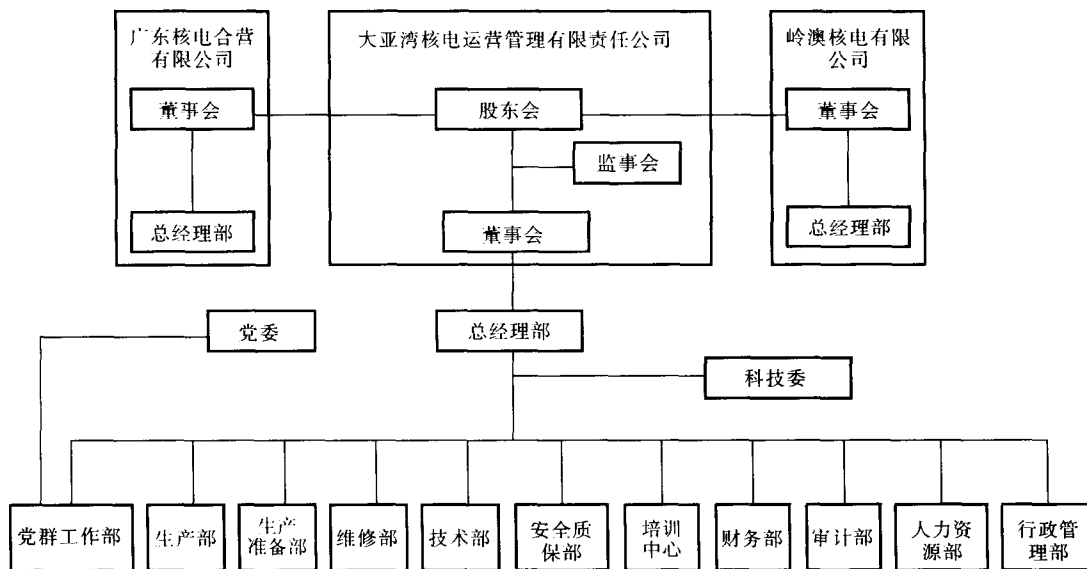


图 1.2-1 运营管理公司组织机构图

运营管理公司股东会由 6 名中方股东和 2 名港方股东代表组成，董事会由 8 名中方董事和 3 名港方董事组成，监事会由 4 名中方监事和 1 名港方监事组成。2006 年，公司总经理部由 1 名总经理、2 名副总经理、1 名总会计师和 2 名总经理助理组成。

### 1.3 电站组织机构

为了适应公司的发展战略目标，根据组织机构的设置原则，结合公司的实际情况，2006 年对公司生产线的组织机构进行了相应的优化调整。调整后大亚湾核电运营管理有限责任公司生产线由生产部、维修部、技术部、安全质保部、生产准备部和培训中心六个部门级机构组成。

#### 1. 2006 年大亚湾核电运营管理有限责任公司生产线组织机构的优化调整

(1) 2006 年 1 月，为了加强大亚湾核电站和岭澳核电站大修计划的统一管理和协调，在维修部大修处下增设大修计划科。

(2) 2006 年 6 月，为了加强岭东核电站生产准备的质量监督，在安全质保部质保处下设置生产准备质保组（科级机构）；为了加强与岭东核电站工程的接口与管理，在技术部工程处下设置工程管理科。

(3) 2006 年 8 月，为了加强岭东生产准备工作，将生产准备功能从生产部中分离出来，成立生产准备部。生产准备部下设置运行三处、计划联络处、综合技术处和职业安全处。2006 年 9 月，在生产准备部各处下设置科级机构，具体如下：在计划联络处下设置计划预

算科、工程联络科；在运行三处下设置运行支持科；在职业安全处下设置工业安全与消防管理科、辐射防护科；在综合技术处下设置核岛机械科、常规岛机械科、DCS 仪控科、电气科、程序编写和技术协调科。

(4) 2006 年 8 月，为了加强大亚湾核电基地的培训功能，将培训中心从技术部分离出来，作为部门级机构运作，名称不变。培训中心下设置运行培训处、技能培训处和综合培训处。2006 年 9 月，对培训中心科级机构进行了调整或更名，具体如下：在运行培训处下设置运行教研室、模拟机维护科；在技能培训处下设置技能培训与鉴定科、设施管理科；在综合培训处下设置教务计划科、综合培训科。

(5) 2006 年 8 月，为了加强大亚湾核电基地的口岸管理工作，将口岸管理办公室从技术部合同处中分离出来，在技术部下设置口岸管理办公室（处级机构）。2006 年 9 月，在口岸管理办公室下设置生产报关科、综合管理科、工程报关科。

(6) 2006 年 12 月，为了加强生产相关计划的统一管理，生产部发电规划处与生产计划处合并成立发电计划处，原有科级机构维持不变。

## 2. 大亚湾核电运营管理有限责任公司生产线组织机构图

组织机构图见图 1.3-1。

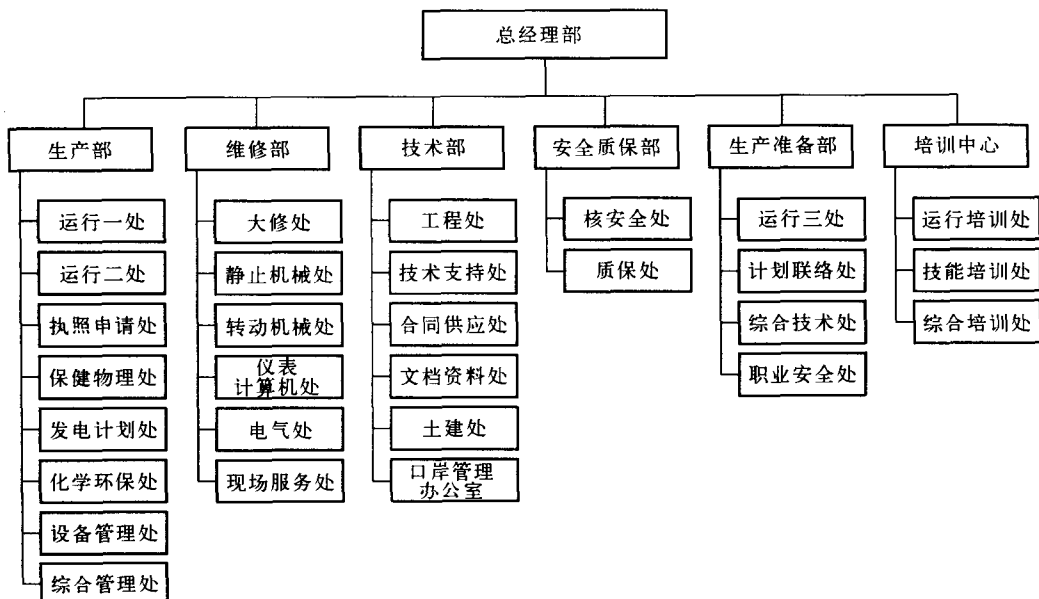


图 1.3-1 生产线组织机构图

## 3. 生产线组织机构的管理范畴和管理层次

2006 年生产线组织机构的管理范畴包括大亚湾核电站和岭澳核电站的日常生产和大修，岭东核电站的生产准备，大亚湾核电基地的培训和其他基地委托的培训。生产线管理层次包括总经理部、部、处、科四级行政机构，日常生产和大修采取项目式管理。各级管理层逐级获得授权，对授权范围内的工作做出决策，并担负相应的计划、组织、协调、监督和控制在管理责任。

## 第二章 大亚湾核电站安全运行

### 2.1 电站运行

#### 2.1.1 运行组织

##### 1. 组织机构及功能

2006年运行一处的组织机构与2005年相比略有变动,增设培训模式运作管理小组(简称培训组),负责新核电基地委托员工培训工作。由运行一处副处长或运行工程师任小组长,由运行培训工程师、运行培训工程师助理、代培单位负责人组成培训组。培训组负责全处员工的培训工作,包括新核电基地学员集中培训模式的日常管理和运作。图2.1.1-1为运行一处组织机构。

##### 2. 运行一处管理改进

2006年大亚湾核电站运行管理围绕两大重点进行改进,一是增强风险识别与控制能力,提高运行活动质量;二是改进落后的人力资源管理局面,优化培训模式,完善各级岗位人员的梯队规划与培训。

##### (1) 增强风险识别与控制能力,提高运行活动质量

###### 1) 完善生产活动风险分类控制制度

根据2005年运作情况,2006年运行一处重新审查、升版了A类活动清单,新编写日常B类活动风险分析单,包括设备切换、定期试验、隔离与解除隔离活动,共62份风险分析单。

###### 2) 提高运行值当班期间瞬态控制能力

由于缺乏经验和培训等原因,目前运行值当班期间的瞬态控制能力较弱,2005年运行管理研讨会议决定,编写、出版瞬态控制导则供运行人员参考。2006年运行一处共编写和生效6份瞬态控制导则,并加强了对持照人员瞬态控制能力的培训,以提高持照人员对曾经出现过或已培训过的瞬态工况准确处理的能力。

###### 3) 启用I<sub>0</sub>分析模板,提高值长安全分析和安全评价的水平

为了提高值长的安全分析和安全评价水平,运行一处制定了机组安全状态总体评价方法和标准,在4月份值长会上讨论后开始执行。

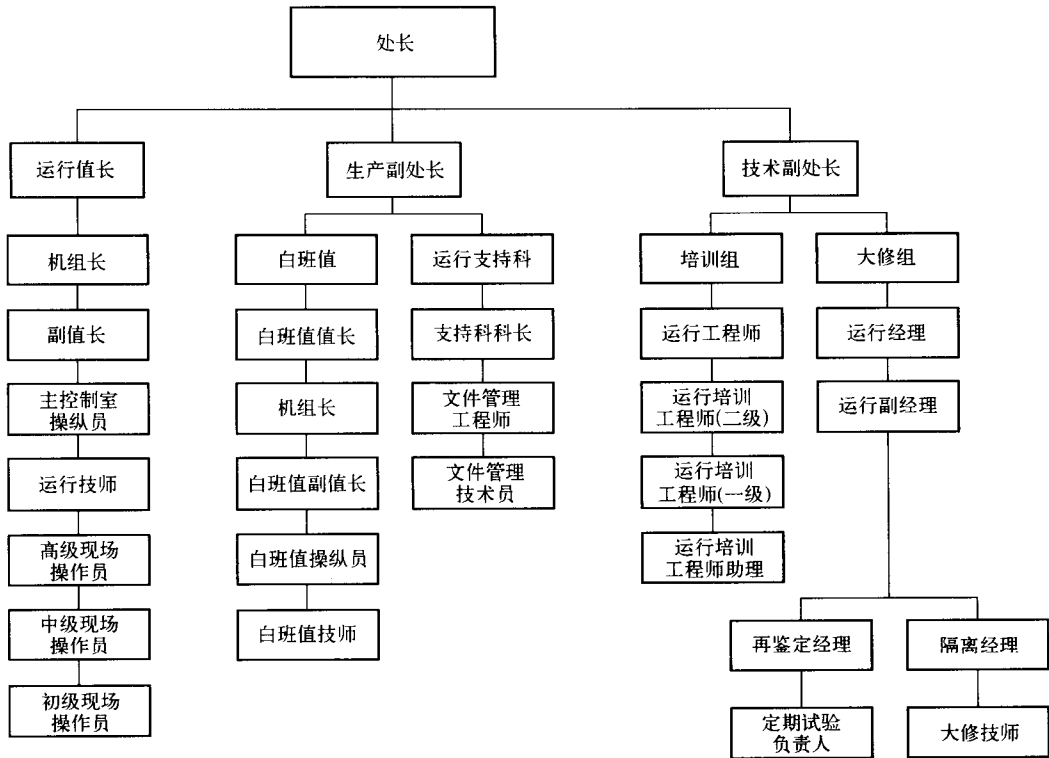


图 2.1.1-1 运行一处组织机构

为了规范疑似第一组 Io 的甄别与鉴定过程，避免以后再出现相同问题而引起不必要的重复争议，提高电厂安全管理水平，根据 2006 年 4 月 5 日的 PNSC 会议决定，经 5 月份值长会讨论，运行一处启用《Io 分析模板》，作为机组上一旦出现疑似第一组 Io 时运行值长的分析工具。

#### 4) 改进主控制室的管理

一是提高主控制室报警响应质量，规范处理方法。对主控制室的灯试、报警复归，由当班操纵员负责；培训操纵员在操纵员的直接监护之下，可复归报警。对于由预期操作产生的报警，必须进行核实，且有纸质报警清单或记录在主控制室电子日志；对非预期报警，必须查报警卡。

二是实现主控制室 24 小时有人值守的要求。长期以来，运行值在交接班、召开班前（班后）会以及当班培训等期间，主控制室操纵员通常都集中到中间控制室，而主控制室出现无人监盘的情况。根据“主控制室任何时候都必须有人”的规定，运行一处要求交接班期间，主控制室的监盘由交班方负责，当班值在中间控制室召开班前（班后）会以及进行培训等活动期间，主控制室必须至少留有一名操纵员，监控机组状态，会议内容由值长或机组长负责向其传达。

三是建立主控制室进入准入证制度。准入证由当班机组长负责，除主控制室操纵员、值长、STA 外，其他任何人进入主控制室，都必须凭“准入证”，保证主控制室人数控制在 7 人以内。

## (2) 大修管理改进

1) 细化准备工作。针对大修新项目(直接开大盖等)、关键路径项目及以往出问题较多的工作,运行一处大修组提出各专业配合需求清单,交给各专业编写详细的准备细节及预案,以控制风险,保证执行质量。

2) 成立专项小组,优化流程。如设备再鉴定前召开分析会议,检查设备检修情况及工作票执行情况,明确设备再鉴定流程;优化部分运行项目,将文件包的准备、执行、恢复窗口标准化,明确控制关键点,减少关键路径占用时间。

3) 进一步鼓励运行人员质疑。每月在值长会上公布质疑事件清单,大修前提出的有效质疑给予加倍奖励。

4) 对大修准备活动进行质量监督、质量控制。运行一处处长或副处长及大修组准备人员每周召开一次碰头会,对处内一周工作进行小结并确定将要跟踪的运行活动。当发现工作质量有偏差时,立即进行调查、澄清和纠正。运行值发现大修准备方面的问题,大修组应详细记录,指定负责人及解决日期,限期解决,并反馈至全处。

5) 强化大修前的培训。在总体培训的基础上增加针对性培训,消除盲点,对不同岗位作相应的加强培训,对新项目作重点培训,关键岗位工作人员需通过笔试和模拟实操考试。

6) 演练停机过程与大修前三天的工作。在模拟机上进行停机 TOI 及针对性演练,熟悉过程,发现并解决潜在的问题。

## (3) 人力资源的规划与储备

培养核电站运行人才历来是运行一处重要任务之一,在每年的年度管理计划中都有专门考虑,并将运行一处向外单位输送人员比率、运行人员流动人次及管理培训人次作为处内考核指标。

2005 至 2006 年期间,运行一处共向外输出人才 35 人次,其中部门经理 1 人,处长、副处长 8 人。向生产准备部提供集团紧缺型人才两批共计 11 人,第一批已学成回国,第二批正在培训中。另外输出安全工程师 2 名,模拟机教员 3 名,向集团输出企业管理人才 1 名。

目前,运行一处已建立一套完整的在岗培训体系,从新员工到值长共九个级别,每个级别制订了不同的培训任务和培训周期,清晰地规划出运行一处员工的职业生涯,给员工指明了学习方向和目标,激发了学员的学习动力,取得了很好的培训效果。

2006 年运行一处共组织运行人员在岗培训考试 960 次,培养出运行值长 3 名,运行机组长 5 名,隔离经理 11 名,主控制室操纵员 10 名,运行技师 2 名,高级现场操作员 2 名,中级现场操作员 56 名,初级现场操作员 40 名。

作为集团后备人才培养基地,运行一处担负着重要的培训任务,为了适应集团发展的需要,运行一处制定了两套培训机制并进的工作模式,一是继续执行的原培训模式,二是集中培训模式。集中培训模式主要是针对刚进厂的新员工进行的课堂和现场结合,合理安排现场实习的新培训模式,并制定了《运行一处培训暂行规定及一系列管理措施》,新的培训模式已取得良好效果,新学员的考核结果较以往培训方法有了较大的提高。

### 2.1.2 机组运行状态

2006 年广东大亚湾核电站 1 号机组运行状态见图 2.1.2-1 至图 2.1.2-6。

2006 年广东大亚湾核电站 2 号机组运行状态见图 2.1.2-7 至图 2.1.2-12。

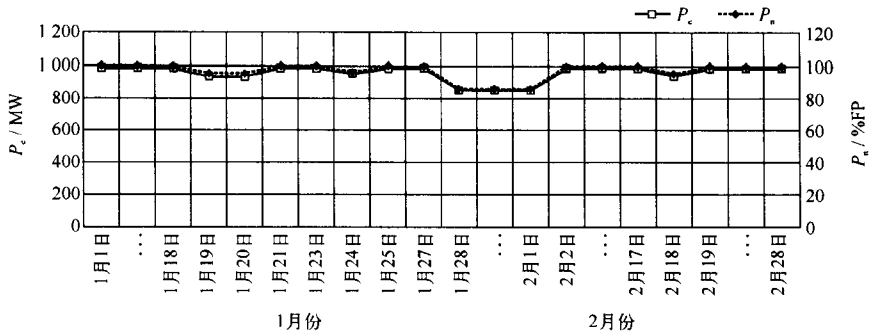


图 2.1.2-1 广东大亚湾核电站 1 号机组运行状态 (1, 2 月份)

说明:

- (1) 1月19日至20日期间, 因执行 D1VVP 安全阀定值校验, 机组降功率至 95% FP 运行。
- (2) 1月24日 23:00, 因更换 D1GFR158FI, 机组降功率至 950 MW 运行 2 h。
- (3) 1月28日至2月1日期间, 因春节保电, 机组降功率至 850 MW 运行。
- (4) 2月18日 09:00, 为配合 D1VVP 安全阀校验, 机组降功率至 935 MW 运行, 16:00 升至满功率。

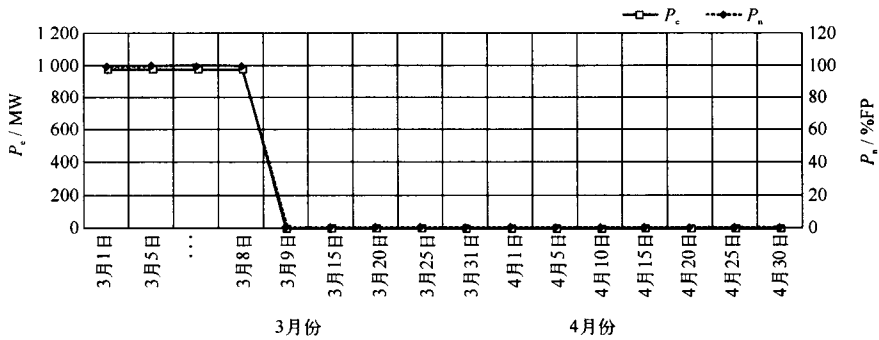


图 2.1.2-2 广东大亚湾核电站 1 号机组运行状态 (3, 4 月份)

说明:

- (1) 3月8日 23:00, 1号机组开始降功率, 3月9日 02:23 按计划与电网解列, 开始 1号机组第十一次大修。

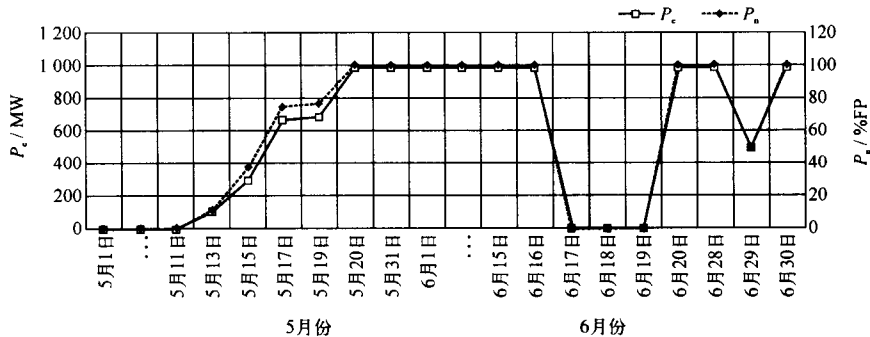


图 2.1.2-3 广东大亚湾核电站 1 号机组运行状态 (5, 6 月份)

说明:

- (1) 5月11日 00:08, 反应堆临界, 13日 05:06 机组并网成功, 1号机组第十一次大修结束。
- (2) 5月20日 05:00, 1号机组升至满功率。
- (3) 6月16日 23:00, 1号机组开始降功率, 17日 02:46 与电网解列, 04:55 达到热停堆, 开始停机消缺小修。19日 19:52 完成停机消缺工作, 机组并网成功。
- (4) 6月29日 12:30, 执行 PTIRGL004 灰棒棒位曲线标定试验, 机组短时间快速降功率到 500 MW 后升至满功率运行。



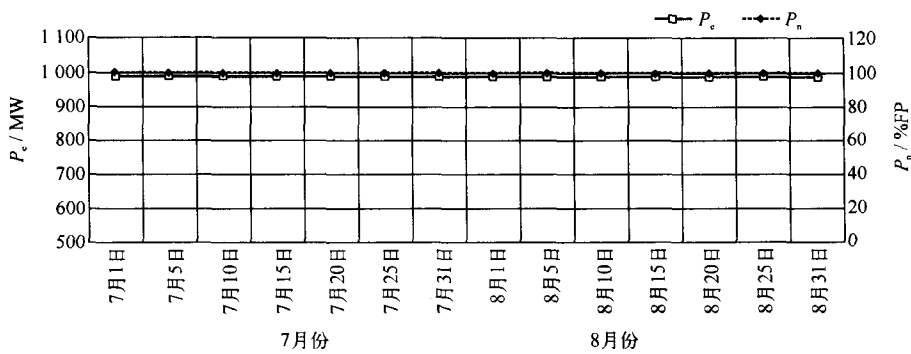


图 2.1.2-4 广东大亚湾核电站 1 号机组运行状态 (7, 8 月份)

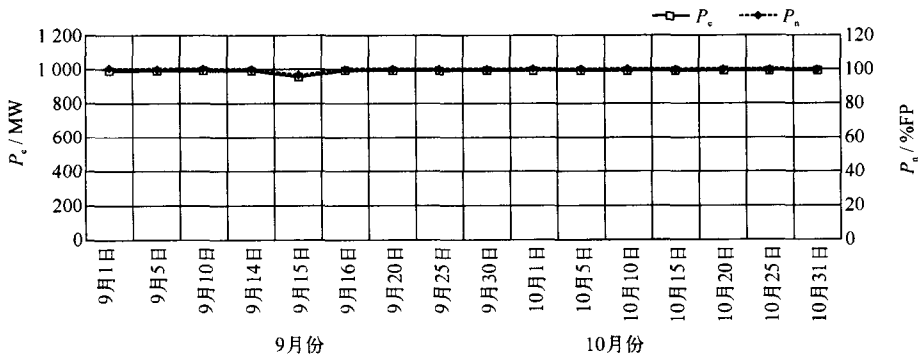


图 2.1.2-5 广东大亚湾核电站 1 号机组运行状态 (9, 10 月份)

说明:

- (1) 9月15日, 机组短时间降功率 40 MW 执行 PT1GRE001/002 定期试验。

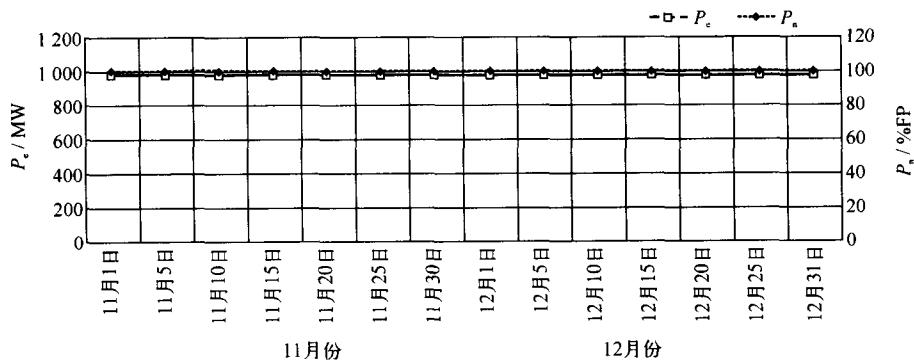


图 2.1.2-6 广东大亚湾核电站 1 号机组运行状态 (11, 12 月份)

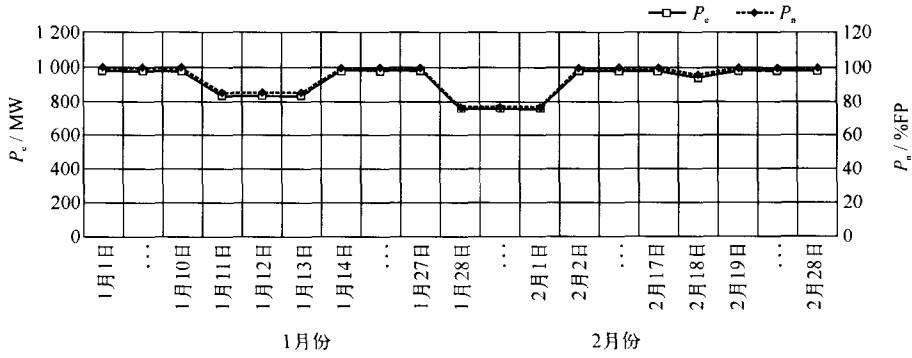


图 2.1.2-7 广东大亚湾核电站 2 号机组运行状态 (1, 2 月份)

说明:

- (1) 1月11日至13日期间, 2号机组减载运行, 执行PT2RGL004定期试验、D2VVP安全阀定值校验、处理D2APP227DI密封垫漏汽以及D2RCP002VP故障等缺陷。
- (2) 1月28日至2月1日期间, 因春节保电, 机组降功率至760 MW运行。
- (3) 2月18日00:20, 为配合D2VVP安全阀校验, 机组降功率至945 MW运行, 03:20升至满功率。

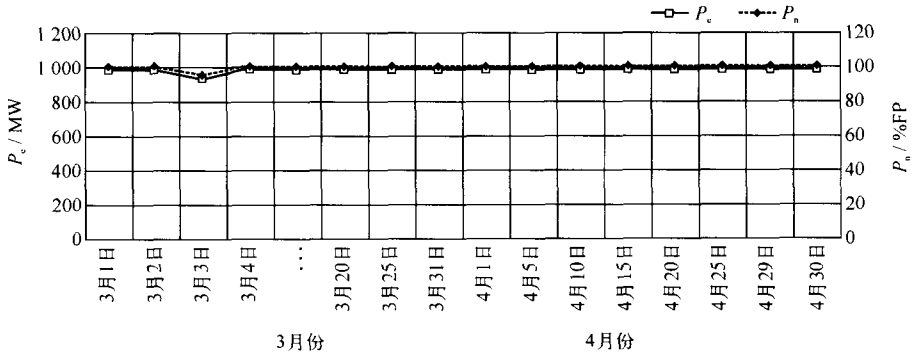


图 2.1.2-8 广东大亚湾核电站 2 号机组运行状态 (3, 4 月份)

说明:

- (1) 3月3日, 因执行PT2GRE001/002定期试验, 机组降功率至935 MW运行。

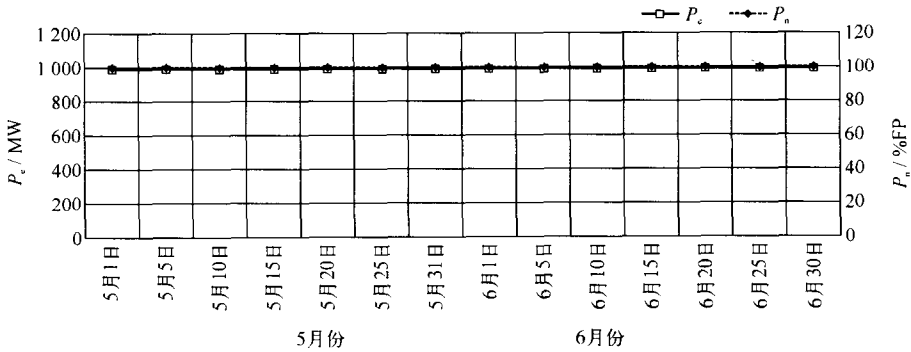


图 2.1.2-9 广东大亚湾核电站 2 号机组运行状态 (5, 6 月份)

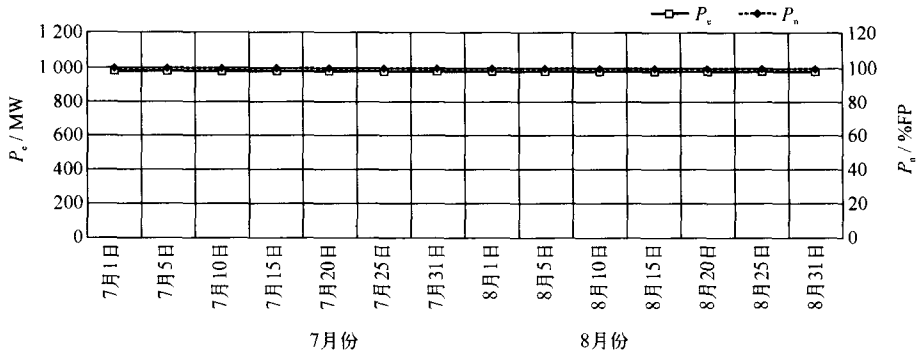


图 2.1.2-10 广东大亚湾核电站 2 号机组运行状态 (7, 8 月份)

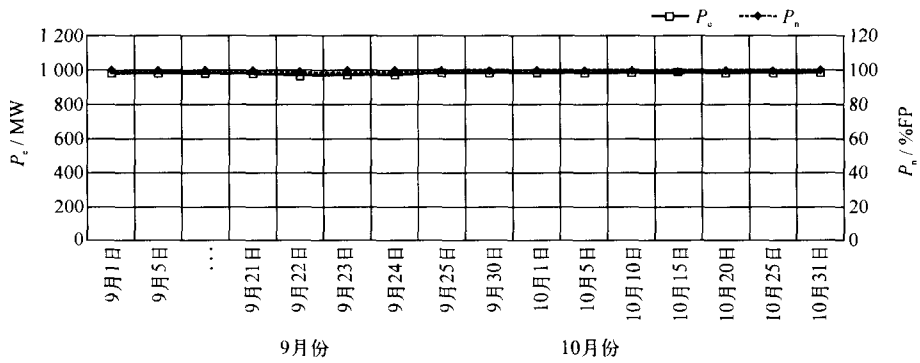


图 2.1.2-11 广东大亚湾核电站 2 号机组运行状态 (9, 10 月份)

说明:

(1) 9月22日至9月24日期间,因D2AHP003MN故障,导致D2AHP602RE应急疏水阀开启,引起汽轮机效率下降,为避免超功率,将机组功率减载5 MW运行。

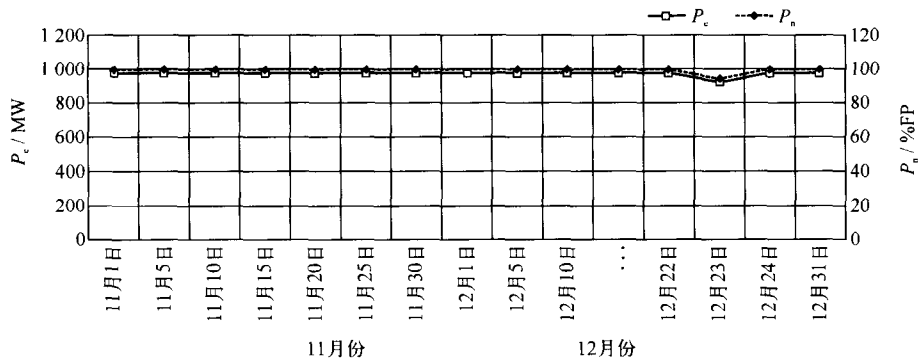


图 2.1.2-12 广东大亚湾核电站 2 号机组运行状态 (11, 12 月份)

说明:

(1) 12月23日机组短时降功率至930 MW, 执行D2VVP安全阀年度校验。

### 2.1.3 售电及外购电

2006 年前三季度广东电网出现了罕见的全年性、全网性的缺电局面，全社会用电最高负荷屡创历史新纪录，最高负荷直逼 5 000 万 kW 大关。第四季度，随着新机组的投产和空调负荷的下降，供电形势相对缓和。2006 年大亚湾核电站在春节期间应电网要求减载运行，6 月 16 日 1 号机组临时停机检修，其余时间均保持满功率运行，创造了良好的发电业绩。

2006 年大亚湾核电站实际完成上网电量 148.579 亿 kW·h，创历史新高，完成了年初制定的 142 亿 kW·h 的上网目标。其中送香港电网 104.005 亿 kW·h，占中华电力 2006 年总发电量约 29.37%，送广东电网 44.573 亿 kW·h，占广东省 2006 年全社会用电量 2991.05 亿 kW·h 的 1.49%。详细售电情况见表 2.1.3-1。

表 2.1.3-1 2006 年大亚湾核电站发电、售电情况一览表

月份	发电量/ (MW·h)		上网电量/ (MW·h)					售电比例/%	
	1 号机组	2 号机组	1 号机组	2 号机组	合计	送香港电网	送广东电网	送香港电网	送广东电网
1 月	723 324	708 971	693 067.66	679 315.04	1 372 382.70	563 673.78	808 708.92	41.07	58.93
2 月	666 713	666 223	640 363.62	639 892.98	1 280 256.60	640 128.30	640 128.30	50.00	50.00
3 月	192 320	737 710	183 834.18	705 159.72	888 993.90	622 295.73	266 698.17	70.00	30.00
4 月	0	711 388	0.00	675 513.30	675 513.30	472 859.31	202 653.99	70.00	30.00
5 月	363 488	732 016	343 984.94	692 739.46	1 036 724.40	829 379.52	207 344.88	80.00	20.00
6 月	634 022	705 531	606 029.63	674 381.47	1 280 411.10	1 126 761.77	153 649.33	88.00	12.00
7 月	731 200	728 715	700 847.62	698 465.78	1 399 313.40	1 231 395.79	167 917.61	88.00	12.00
8 月	727 312	725 113	696 713.64	694 607.16	1 391 320.80	1 224 362.30	166 958.50	88.00	12.00
9 月	707 227	706 062	678 180.43	677 063.27	1 355 243.70	1 084 194.96	271 048.74	80.00	20.00
10 月	730 338	726 735	701 275.66	697 816.04	1 399 091.70	945 498.83	453 592.88	67.58	32.42
11 月	711 293	708 401	683 754.12	680 974.08	1 364 728.20	887 073.33	477 654.87	65.00	35.00
12 月	735 410	735 166	707 094.60	706 860.00	1 413 954.60	772 931.49	641 023.11	54.66	45.34
合计	6 922 647	8 592 031	6 635 146.10	8 222 788.30	14 857 934.40	10 400 555.11	4 457 379.29	70.00	30.00

外购电主要是通过 220 kV 坪（山）核（电）线供给。由坪核线通过核电辅助站两台变压器的变压比（简称变比）为 220 kV/6.6 kV、容量为 32 MVA 的辅助变压器向机组辅助安全设施供电，通常在主变压器失电时投入运行。另外，还通过 220 kV 大亚湾北区变电站 1 台变比为 220 kV/10.5 kV、容量为 18 MVA 的辅助变压器向厂区内生活用电及岭东施工用电供电。

2006 年，外购电年累计约为 215.91 万元。坪核线外购电主要为机组正常运行外购电、大修外购电和岭东施工外购电，其中岭东施工用电占的比例较大，达到预算控制目标。详细外购电量、电费情况见表 2.1.3-2。

表 2.1.3-2 2006 年大亚湾核电站外购电情况

月份	计费电量/ (kW·h)	2005 年同期 计费电量/ (kW·h)	同比增长/ (kW·h)	当月最高 需求量/ kW	支付电费/元	2005 年同期 支付电费/元	同比增长/元
1 月	2 112 000	1 264 560	847 440	6 336	1 450 099.2	973 104.0	476 995.2
2 月	1 980 000	792 000	1 188 000	6 468	1 382 700.0	701 184.0	681 516.0
3 月	3 564 000	660 000	2 904 000	9 504	2 394 770.4	625 944.0	1 768 826.4
4 月	660 000	528 000	132 000	6 996	673 860.0	556 512.0	117 348.0
5 月	1 188 000	792 000	396 000	6 336	937 648.8	706 411.2	231 237.6
6 月	2 376 000	660 000	1 716 000	7 260	1 637 169.6	644 820.0	992 349.6
7 月	3 036 000	1 056 000	1 980 000	7 920	2 129 397.6	852 825.6	1 276 572.0
8 月	3 036 000	924 000	2 112 000	7 656	2 117 781.6	785 426.4	1 332 355.2
9 月	2 508 000	1 980 000	528 000	7 656	1 808 056.8	1 405 932.0	402 124.8
10 月	3 564 000	3 564 000	0	10 164	2 537 858.4	2 406 386.4	131 472.0
11 月	3 432 000	528 000	2 904 000	7 920	2 356 411.2	571 612.8	1 784 798.4
12 月	3 173 280	1 320 000	1 853 280	7 920	2 209 820.4	1 005 048.0	1 204 772.5
合计	30 629 280	14 068 560	16 560 720	92 136	21 635 574.0	11 235 206.4	10 400 367.6

## 2.1.4 机组性能指标

2006 年大亚湾核电站两台机组发电情况良好, 全年上网电量达到 148.58 亿 kW·h。但是 1 号机组在 2006 年进行了第十一次大修后, 非计划能力损失因子、强迫损失率等指标不尽如人意, 全年由于 1RPN020MA 多次向下波动、1GRH093MT 温度过高等原因导致机组停机检修或降功率运行, 全年能力因子为 80.32%, 另外, 在运行期间, 1 号机组发电机还出现漏氢报警, 1GST037AA 报警时间间隔一直随着运行时间缓慢缩短。2 号机组运行稳定, 全年能力因子达到 99.88%, 没有出现较大的影响机组运行的突发事件。

大亚湾核电站 2006 年的主要性能指标见表 2.1.4-1。

表 2.1.4-1 大亚湾核电站机组主要性能指标数据

	毛发电量 (MW·h)	负荷因子 %	能力因子 %	计划能力损失因子 %	非计划能力损失因子 %	强迫损失率 %
1 号机组	6 922 647	80.31	80.32	18.81	0.87	1.08
2 号机组	8 592 031	99.68	99.88	0.07	0.05	0.05
全厂	15 514 678	90.00	90.10	9.44	0.46	0.57

1 号机组和 2 号机组 2006 年度每月及全年性能指标结果见表 2.1.4-2 和表 2.1.4-3。

表 2.1.4-2 1 号机组性能指标统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年度
能力因子/%	99.72	99.94	25.98	0	49.68	89.63	100	100	99.99	100	100	99.76	80.32
计划能力损失因子/%	0.26	0.06	74.02	100	50.32	0.02	0	0	0.01	0	0	0	18.81
非计划能力损失因子/%	0.01	0	0	0	0	10.35	0	0	0	0	0	0.24	0.87
强迫损失率/%	0.01	0	0	0	0	10.35	0	0	0	0	0	0.24	1.08

表 2.1.4-3 2 号机组性能指标统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年度
能力因子/%	98.97	99.97	99.98	99.93	100	99.96	99.99	100	99.89	100	99.99	99.86	99.88
计划能力损失因子/%	0.60	0.02	0.02	0	0	0.04	0	0	0.01	0	0.01	0.13	0.07
非计划能力损失因子/%	0.43	0.01	0	0.07	0	0	0.01	0	0.11	0	0	0	0.05
强迫损失率/%	0.44	0.01	0	0.07	0	0	0.01	0	0.11	0	0	0	0.05

影响 1 号机组性能指标的主要事件:

(1) 1 月 1VVP100/120 等 21 个安全阀校验, 期间机组降功率至 940 MW, 计划能力损失因子增加。

(2) 6 月机组大修后由于处理 1GSS210PO 基座基础内冒汽, 疏水经 1GSS213VL 排往凝汽器, 机组降功率非计划能力损失因子增加。

(3) 6 月机组停机消除 1RPN020MA 多次向下波动问题, 非计划能力损失因子增加。

(4) 10 月在执行 1PT1RGL002 时出现 1RGL003AA, 原因为 N1 棒组动力电源保险烧坏, 机组降功率非计划能力损失因子增加。

(5) 12 月由于 1GRH093MT 温度升高, 机组降功率 10 MW, 非计划能力损失因子增加。

影响 2 号机组性能指标的主要事件:

(1) 1 月在使用 ETR59 工具对 D2VVP 主蒸汽安全阀进行在线压力整定试验时发现系统压力传感器零点漂移, 重做蒸汽发生器 VVP 安全阀校验试验, 非计划能力损失因子增加。

(2) 2 月 2GSS210PO 隔离改善振动, 引起非计划能力损失。

(3) 4 月处理 2GSS110PO 泵头漏水故障, 隔离 2GSS110PO, 非计划能力损失因子增加。

(4) 7 月 2GSS210PO 电机驱动端轴承振动高, 隔离 2GSS210PO, 非计划能力损失因子增加。

(5) 9 月 2AHP003MN 故障导致机组各主要参数出现波动, 机组降功率处理, 引起非计划能力损失。

(6) 12 月 2VVP 安全阀在线定值校验, 计划能力损失因子增加。

## 2.1.5 反应堆物理试验

### 1. 启动物理试验

#### (1) 启动物理试验情况

本年度物理启动试验部分仅涉及大亚湾 1 号机组第十二循环物理启动试验。

大亚湾核电站 1 号机组第十二循环在完成装料及大修项目后, 从 2006 年 5 月 10 日

18:10开始启动物理试验, 11日00:08达到临界, 12日02:00零功率物理试验结束, 19日达到满功率。6月29日完成G9曲线标定试验项目。

### (2) 启动物理试验结果

零功率物理试验结果见表2.1.5-1(a~d)。试验结果表明实际测量值都满足堆芯物理设计准则的要求。

升功率物理试验结果见表2.1.5-2。两台机组升功率过程中各个功率台阶的堆芯特性参数测量结果表明, 堆芯参数核安全准则和核设计准则都得到满足。

### (3) 启动试验结果分析

#### 1) 零功率物理试验结果分析

物理试验结果均满足核安全及设计准则的要求。试验过程中所涉及的保护定值得到及时、准确的修改; 试验过程顺利, 结果满意。

RPN系统三个量程的保护定值在物理启动试验的过程中, 得到良好的调整, 满足风险控制和机组保护的需要。源量程在临界试验前后调整, 中间量程在零功率试验前后调整, 功率量程保护定值初步设定在能够满足首个功率台阶停留要求的水平。

#### 2) 升功率物理试验结果分析

根据《启动物理试验大纲》的要求, 零功率试验结果中各组控制棒的积分价值偏差均在10%以内, 零功率试验后可以升功率到30%FP并稳定24小时后进行注量率图试验验证堆芯安全; 试验结果满足验收准则, 反应堆允许升功率到75%FP。

75%FP稳定24小时后, 进行全注量率试验, 验证堆芯安全性; 试验结果满足验收准则, 象限倾斜因子(DA)为0.91% < 3%, 反应堆允许升功率到100%FP。

100%FP稳定48小时后, 进行注量率图试验, 结果显示堆芯各项安全指标和设计指标均满足要求。

#### 3) RPN系统精度控制及保护定值设定

升功率过程中, RPN系统的精度控制在5%FP内, 在稳定功率台阶的功率验证后如果功率偏差超过1.5%FP就需要调整相关系数进行调整。根据以上的原则, 机组在30%FP, 75%FP, 100%FP功率平台调整了RPN系统的相关校刻系数, 以保证0~100%FP核功率测量值的精度满足要求。100%FP氙震荡试验后, RPN系统本循环首次通过试验校刻; 核功率测量精度满足满功率运行的要求, 进入周期性试验控制的范围。

RPN系统中间量程保护定值在8%FP, 30%FP的精度验证显示偏差均在控制范围内。48%FP功率时, 通过试验测量数据最终确定并调整了中间量程的保护定值。保护定值的设定和调整满足技术规范和功率运行保护的要求, 并通过质量安全计划得到良好的过程控制。

#### 4) LSS参数结果修改分析

30%FP, 75%FP, 100%FP功率平台的注量率图试验后, 进行了LSS参数的修改, 修改过程顺利, 结果良好。

根据试验规程的要求, 升功率试验过程中100%FP试验前的各试验台阶 $\Delta I_{ref}$ 应用150 MW·d/t理论计算值为-0.2%, 100%FP试验后应用实际测量值。因此在低功率情况, 运行图中一、二区的划分反映实际的情况(即一区和二区划分不清), 允许在必要的情况下闭锁C21信号。

表 2.1.5-1a 1号机组零功率物理试验结果——控制棒价值

pcm

控制棒	设计值	测量值	误差/%	验收标准/%
R	1 017.2	1 023	-0.6	±10
G1	940	929	1.2	±10
G2	866	882	-1.8	±10
N1	810	830	-2.4	±10
N2	777	729	6.6	±10
SA	641	606	5.7	±10
SB	427	430	-0.7	±10
SC	340	339	0.1	±10
SD	310	314	-1.3	±10
∑RGS	6 120	6 076	0.7	—

表 2.1.5-1b 1号机组零功率物理试验结果——临界硼浓度

mg/L

控制棒位置	设计值	测量值	误差	验收标准
ARO	2 055	2 077	-22	±50

表 2.1.5-1c 1号机组零功率物理试验结果——等温温度系数

pcm/°C

控制棒位置	设计值	测量值	误差	验收标准
ARO	-4.85	-4.77	-0.08	±5.4

表 2.1.5-1d 1号机组零功率物理试验结果——硼微分价值

pcm

棒位变化	计算值	测量值	误差	验收标准
ARO 到 Rin	-6.57	-6.46	-0.11	±1

表 2.1.5-2 1号机组中子注量率图测量结果 (启动物理试验)

试验日期		2006-05-14	2006-05-17	2006-05-22	
功率水平/% FP		30.15	71.76	98.54	
MAP/%	$P \geq 0.9$	测量值	4.1	2.6	2.4
		验收准则	10	10	10
	$P < 0.9$	测量值	6.1	4.1	3.5
		验收准则	15	15	15
$F_{xy}$	测量值	1.508	1.476 8	1.458 9	
	验收准则	1.755	1.686 4	1.642 5	
PT/%	测量值	1.28	0.91	0.83	
	验收准则	9	5	2	
QT (Z)	测量值	0.62	1.39	1.898	
	验收准则	2.45	2.45	2.45	
$F_{\Delta H}$	测量值	1.464	1.442 2	1.431	
	验收准则	1.919	1.721	1.593 5	

注:  $F_{xy}$ —径向功率峰因子; QT (Z)—总轴向最大功率分布因子; PT—象限功率倾斜因子;  $F_{\Delta H}$ —熔升因子; MAP—组件平均功率因子。



## 2. 周期性物理试验

### (1) 周期性物理试验状况

本年度的周期性物理试验包括1号机组第十一循环寿期末运行和第十二循环部分、2号机组的第十二循环部分周期性物理试验项目。

统计大亚湾核电站两台机组第十二循环2006年共完成周期性物理试验58项。其中1号机组20项,2号机组38项。周期性试验项目完成率100%,无超期现象发生。两台机组在升降功率运行期间,及时修改了运行图以及失水事故监测系统(LSS)有关参数。对堆芯核安全参数进行监测以及定期地修改运行参数得到了有效地执行,确保了大亚湾核电站机组连续、安全和稳定地运行。

### (2) 1号机组第十一循环寿期末及长期低功率运行

大亚湾核电站1号机组进入2006年后的寿期末运行情况良好,周期性试验及停堆前试验结果见表2.1.5-3,试验结果满足要求。

表 2.1.5-3 1号机组第十一循环寿期末周期性试验及停堆前试验结果

试验日期		2006-01-15	2006-02-14	2006-02-25	
MAP/% FP	$P \geq 0.9$	标准	10	10	
		测量	3.1	2.7	3.2
	$P < 0.9$	标准	15	15	15
		测量	5	4.3	5
$F_{xy}$	标准	1.561	1.561	1.561	
	测量	1.467	1.457	1.446	
PT/%	标准	2	2	2	
	测量	0.42	0.46	0.49	
QT (Z)	标准	2.45	2.45	2.45	
	测量	1.805	1.771	1.764	
$F_{\Delta H}^T$	标准	1.589	1.589	1.589	
	测量	1.439	1.432	1.423	

1号机组于1月28日到2月1日进入了长期低功率运行(ELPO),功率由100%FP降到86%FP运行。在长期低功率运行期间,根据质量安全计划的要求进行了多次注量率图的测量,测量结果显示堆芯状况良好,并及时修正了运行参数,堆芯安全得到保证。

## 2.1.6 电站化学

### 2.1.6.1 化学监督

#### 1. 一回路水化学

2006年大亚湾核电站一回路水质控制良好,硼-锂和溶解氢含量严格控制在化学技术规范内,反应堆冷却剂中的杂质浓度始终保持在很低的水平(见表2.1.6.1-1)。

表 2.1.6.1-1 2006 年大亚湾核电站一回路水质监测数据

成分	单位	含量	
		实际测量值	技术规范限值
溶解氢	mL/kg	24 ~ 37	20 ~ 50
氯离子	mg/kg	<0.01	<0.15
氟离子	mg/kg	<0.01	<0.15
硫酸根离子	mg/kg	<0.01	<0.15
硅离子	mg/kg	<0.01	<1.0
钠离子	mg/kg	<0.01	<0.2
钙离子	mg/kg	<0.01	<0.05
镁离子	mg/kg	<0.01	<0.05
铝离子	mg/kg	<0.01	<0.05

## 2. 二回路水化学

2006 年大亚湾核电站两台机组二回路水质控制良好, 电站 WANO 化学指标连续三年达到世界先进水平值 (1.00)。全年 WANO 化学指标见表 2.1.6.1-2, 1 号机组和 2 号机组二回路水质主要参数见表 2.1.6.1-3。

表 2.1.6.1-2 大亚湾核电站全年 WANO 化学指标

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年度值
1号机组	1.00	1.00	大修	大修	1.15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2号机组	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
全厂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

表 2.1.6.1-3 2006 年大亚湾核电站 1 号机组和 2 号机组二回路水质主要参数

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1号机组运行天数 ( $P_n > 30\% FP$ )	31	28	0	0	17	27	31	31	30	31	30	31
1APG $\lambda^+$ 平均值/ ( $\mu s/cm$ )	0.09	0.10	大修	大修	0.17	0.11	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09
1APG $Na^+$ 平均值/ ( $\mu g/kg$ )	0.32	0.45	大修	大修	0.93	0.45	0.47	0.56	0.25	0.35	0.42	0.49
1APG $Cl^-$ 平均值/ ( $\mu g/kg$ )	0.16	0.13	大修	大修	1.79	0.50	0.32	0.25	0.23	0.22	0.29	0.28
1APG $SO_4^{2-}$ 平均值/ ( $\mu g/kg$ )	0.71	0.63	大修	大修	2.49	1.07	0.60	0.62	0.58	0.95	0.77	0.75
1ARE Fe 平均值/ ( $\mu g/kg$ )	1.17	0.92	大修	大修	1.36	1.28	0.66	0.78	0.96	0.15	1.13	0.80
1CEX $O^{2-}$ 平均值/ ( $\mu g/kg$ )	1.10	0.84	大修	大修	2.52	2.42	1.71	1.10	0.92	0.79	1.08	1.33

续表

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2号机组运行天数 ( $P_n > 30\% \text{FP}$ )	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2APG $\lambda^+$ 平均值/ ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	0.09	0.11	0.12	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.12
2APG $\text{Na}^+$ 平均值/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	0.51	0.40	0.47	0.37	0.22	0.25	0.31	0.31	0.30	0.41	0.36	0.31
2APG $\text{Cl}^-$ 平均值/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	0.42	0.23	0.22	0.22	0.18	0.19	0.20	0.32	0.23	0.20	0.26	0.30
2APG $\text{SO}_4^{2-}$ 平均值/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	0.92	0.79	0.87	0.86	0.67	0.69	0.87	0.87	0.96	0.98	0.80	0.80
2ARE Fe 平均值/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	1.36	0.81	1.29	0.91	1.15	1.07	0.88	0.78	0.91	1.28	1.22	1.11
2CEX $\text{O}^{2-}$ 平均值/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	2.07	2.08	1.63	1.24	0.81	0.52	0.54	0.57	0.96	0.69	0.78	1.12

### 3. 放射化学监督和控制

2006年大亚湾核电站两台机组一回路冷却剂的放射性活度始终保持在很低的水平，两台机组的燃料包壳均保持完整。

2006年对大亚湾核电站两台机组二回路放射性监测结果表明两台机组均未发生一回路放射性物质向二回路泄漏。

### 4. 油污监督和管理

2006年按计划对大亚湾核电站1号机组和2号机组的主变压器、厂用变压器以及辅助变压器和联络变压器的绝缘油进行了定期监测，绝缘油的色谱分析及其他项目分析均未发现异常。

2006年按计划对两台机组的GFR系统抗燃油、汽轮机系统的润滑油以及重要设备循环泵、柴油发电机的润滑油和燃油进行了定期监测，所有分析项目均未发现异常。

## 2.1.6.2 淡水资源及化学系统制水

### 1. 淡水资源

2006年两水库总可用库容一直充足，本年度内汛期长雨量大，两水库自6月7日到10月8日一直处于满库容，因此大坝安全检查监测及维护是本年度的重点工作。同时由于11月份数次降雨，所以至年底两水库总可用库容比2005年底多约23万 $\text{m}^3$ ，是同期总库容量最好的年份。本年度完成岭澳水库反抽泵站设备保养、调水泵站设备维修、多次两水库间调水、岭澳水库泄洪、多项基建工程供水设计审查、制定超强台风的应急预案和节水宣传等多项工作。具体统计数据见表2.1.6.2-1。

表 2.1.6.2-1 水库可用库容统计

万 m<sup>3</sup>

月 份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
大坑水库	88.8	75.0	81.4	80.7	96.2	113.7	115.0	113.7	113.7	108.2	103.6	90.4
岭澳水库	383.0	365.9	332.8	346.0	407.8	500.2	502.8	499.9	499.3	482.0	465.2	440.3
总计	471.8	440.9	414.2	426.7	504.0	613.9	617.8	613.6	613.0	590.2	569.7	530.7

## 2. 化学系统制水

2006 年大亚湾核电站制水车间共处理生水约 59.98 万 m<sup>3</sup>，生产除盐水约 10.97 万 m<sup>3</sup>，SEP 饮用水约 24.61 万 m<sup>3</sup>，其他为循环水泵轴封用水及自用水。因 SEP 饮用水总用量约 31.12 万 m<sup>3</sup>，与 2005 年相近。凝结水精处理系统共处理水约 21.64 万 m<sup>3</sup>，为大修启动阶段水质净化和机组年度 WANO 化学指标达到先进水平提供有力保障。具体统计数据见表 2.1.6.2-2。

表 2.1.6.2-2 化学系统制水统计

m<sup>3</sup>

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	累计
SEA	41 716	43 887	45 336	40 935	54 067	28 775	48 208	51 674	45 709	47 770	49 642	50 648	599 784
SEP	21 125	24 700	27 084	35 984	31 711	32 139	32 688	28 834	28 124	29 358	25 635	23 837	311 219
SER	8 900	5 736	6 599	7 591	14 331	7 877	5 628	6 502	5 045	5 057	6 622	7 152	87 040
SED	2 063	2 624	2 351	2 277	1 896	1 303	2 453	1 796	976	1 086	2 100	1 756	22 681

注：表中 SEP 数据已包括水厂供水部分，2006 年水厂向大亚湾核电站 SEP 水箱供水累计约 65 110 m<sup>3</sup>。

## 3. 大宗化学试剂消耗

大宗化学试剂消耗量正常，与制水量基本相符，主要用于化学系统制水、二回路加药调控水质和机组大修蒸汽发生器保养。具体统计数据见表 2.1.6.2-3。

表 2.1.6.2-3 化学试剂消耗统计

t

试剂	盐酸	50% 氢氧化钠	32% 氢氧化钠	三氯化铁	次氯酸钠	亚硫酸钠	氨水	联胺	磷酸三钠
SDA	57.7	70	—	54.2	18.5	0.5	0.18	—	—
ATE	35.7	7.9	24	—	—	—	—	—	—
SIR	—	—	—	—	—	—	33.4	15.1	0.7

## 2.1.7 重要机械设备运行与维护

### 2.1.7.1 静止机械设备

2006 年大亚湾核电站静止机械设备运行状况良好，全年未出现因静止机械设备故障而导致的停机、停堆事件。全年日常执行维修工作票数量 6 555 张，其中预防性工作票 1 256 张，纠正性工作票 1 434 张，服务支持工作票 2 538 张，设备巡检票 1 310 张。

### 1. 处理的主要缺陷和技术问题

- (1) D2RCP002VP 下部联轴节故障处理；
- (2) D2CFI032TF 更换有多处砂眼的管道；
- (3) D9REA002BA/TEP007BA 更换到期的胶囊；
- (4) D1ADG002MN 下部法兰泄漏带压堵漏处理；
- (5) D2ARE908VL 阀门密封焊喷汽带压堵漏处理；
- (6) D1EVR004/114VA 风门挡板故障处理；
- (7) D1SEC006VE 内漏阀门更换；
- (8) D1RIS021BA 压差高冲洗内部滤网；
- (9) D9TEP004BA 断裂地脚螺栓更换；
- (10) D9REA001BA 断裂地脚螺栓更换；
- (11) D0XCA001CH 冒黑烟原因分析及处理；
- (12) D2RCV818VP 阀门密封焊处泄漏分析及处理。

### 2. 机组大修

2006 年度大亚湾核电站经历了 1 号机组第十一次大修，这次大修是电站真正意义上的十年大修。1 号机组于 2006 年 3 月 9 日与电网解列，2006 年 5 月 13 日重新并网，工期 65 天。该次大修中静机处共收到工作票 3 100 张，其中预防性工作票 1 554 张、纠正性工作票 972 张、服务性工作票 561 张、其他 13 张。

#### (1) 大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修重要检修项目

反应堆开关盖、低低水位阀门检修、蒸汽发生器二次侧管板冲洗、稳压器和蒸汽发生器一次侧开关人孔及蒸发器堵板工作、冷凝器全面检修、核岛阻尼器十年检、核岛及常规岛支吊架十年检、一回路水压试验相关工作、常规岛和核岛的阀门及容器等设备的检修、泵站设备的检修、常规岛膨胀节缺陷处理等。最终静机处圆满完成各项任务，安全、质量、工期、环境等各项指标控制在要求的目标值内。

#### (2) 大修中处理的主要技术问题

- 1) D1RIS144/145VP 阀门阀座泄漏处理；
- 2) D1SEC001FI 进口法兰垫片更换；
- 3) 蒸汽发生器高水位堵板一次成功；
- 4) 堆芯测量定位系统查找及标识恢复；
- 5) D1APA102JD/APP102JD/ABP404JD 膨胀节更换；
- 6) D1CFI A/B 列反冲洗水母管更换、EAS 喷淋试验管线的安装；
- 7) D1RRA001/002PO 入口短接法兰由于安装原因导致错位处理；
- 8) GCT 阀门采用自制盘根消除泄漏；
- 9) 热态堆顶抗震拉杆调整；
- 10) 压力容器 H3 管嘴缺陷拓膜；
- 11) D1ADG001VV 检修和 D1APG002RF 传热管堵漏。

### 3. 存在的主要问题

(1) 大亚湾核电站 CTE 系统设备故障较多。自从 2005 年完成大亚湾核电站四列 CTE 钛管的整体更换后，基本杜绝了电解槽钛管爆管现象。但近来管道、阀门泄漏现象又再出现并且越来越突出，导致该现象的原因有设备问题、程序问题，也有运行操作和维修的问题。

需要进行系统分析整体解决。如修改完善程序、规范检修流程、增加隔离前的巡视、增加加压装置和考虑恢复酸洗功能等。

(2) 大亚湾核电站辅助锅炉设备老化, 故障较多, 且存在文件图纸资料不全、备件采购困难等问题。计划在 2007 年对辅助锅炉进行系统整治, 更换或改造(替代)故障频繁的设备及启动控制部分的元件, 必要时请专业厂家提供协助。

(3) 尽管电站已经做了大量工作, 如常规岛大量风管的预制更换、核岛通风系统专项整治等, 但通风系统目前问题仍然比较突出。主要问题有风管腐蚀、风管破裂、导流叶片脱落、风门开关故障等, 还需要花大力气进行系统整治和改进。

(4) 关于 VVP 安全阀热停内漏问题, 原因分析清楚, 但目前无改善措施。VVP 安全阀在热停状态下内漏实际上是前泄现象, 弹簧式安全阀都存在这个问题, 这个问题在 EDF 的机组上也同样存在。

(5) 设备舱加装螺套及核岛容器人孔门加装碟簧工作, 由于螺套生产厂家目前无法提供螺套在核电厂使用的记录, 需要开拓渠道收集。已经完成常规岛容器人孔门加装碟簧工作并取得良好效果, 下一步需要推动在核岛重要容器中加装。

(6) 酸碱系统泄漏问题比较多。本年度电站酸碱系统屡屡发生接头开裂、管道断裂、漏酸跑碱事件, 对人员及设备存在较大的安全风险。同时有些系统在机组运行期间难以找到合适的时间窗口进行检修活动, 使得这些缺陷无法得到及时处理。

(7) 消防系统由于系统介质脏, 使得一些阀门的密封性能受到影响。按原计划要求运行定期冲洗, 但该工作仍须进一步推动。

### 2.1.7.2 转动机械设备

2006 年全年转动机械共执行工作票 4 001 张, 其中预防性维修 2 039 张, 纠正性维修 722 张, 服务支持票 981 张, 巡检票 259 张, 其中纠正性和预防性维修比例远低于 1.0 的控制标准。全年无日常生产引起的人因 LOE 和人因 IOE, 人因重复性维修 3 个, 低于控制标准 (0.75‰, 目标值 4‰)。2006 年, 转动机械设备运行状况良好, 未发生由于转动设备故障而导致的机组降功率 10 MW 以上的检修, 也没有出现转动机械重大设备损坏事件。风机的检修质量与 2005 年相比有了比较明显的进步, 这得益于对风机检修工作的重视以及红龙皮带的选用, 需继续采取措施确保风机的稳定运行。

2006 年进行的主要转动设备检修工作有:

(1) 主泵: D2RCP003MO 下轴承漏油的原因分析及在线补油, 仍需要继续跟踪油位的变化; 大亚湾核电站 2 号机组第十一次大修换下的两台主泵电动机的解体检查以及试验。

(2) 主机: 配合 MIC 停机处理 1GME037MV, 同时对主机进行了动平衡。

(3) 柴油机: 处理 D1LHP212VN 管道裂纹; D1LHP287VA 安全阀断裂更换; 柴油机涡轮增压器振动高导致支架与螺栓断裂问题处理。

(4) 给水泵组: 处理 APA, APP 多台泵组机械密封冷却水接头的漏水问题, 还需要继续考虑并推进接头改造方案; 配合处理 D1APP256MV 故障。

(5) 其他泵组: D2RCV002MO 电机更换及 4 台 RRI 泵及电机解体检查; D9RIS011PO 启动时出口超压处理; D1GSS210PO 沉筒漏水处理、D2GSS110PO 处理泵头渗漏缺陷; D2CEX003PO 入口异音分析查找; D2GST101PO 机械密封泄漏处理。

(6) DEG 制冷机组: 完成 D1DEG101/201GF, D2DEG301GF 制冷机机械密封的更换, 对 D1DEG301GF, D2DEG101GF 进行解体检查。

(7) GFR 油系统: 多次更换 GFR 滤网, 特别是 D2GFR212FI, 滤网频繁堵塞的原因须继续分析; 现场巡检中发现 GFR 油泵缓冲块碎裂, 更换缓冲块, 并反馈在检修大纲中增加该缓冲块定期更换的要求。

同时, 2006 年转动设备也存在很多隐患, 特别是关键敏感设备出现了一些原因不清楚的缺陷和故障, 主要表现在:

- (1) D2RCP003MO 下轴承漏油原因不清楚, 目前还必须定期检查跟踪;
  - (2) DEG/DEL 制冷机的稳定运行得不到保证, 多次出现漏油偏大及漏氟利昂;
  - (3) 主泵 1 号密封溢流偏低的机理仍然不清楚, 对主泵的稳定运行造成影响;
  - (4) 第 5 台柴油机的缺陷仍然较多, 在需要使用时经常出现不能正常启动的情况, 影响柴油机的可靠性;
  - (5) D2LLS 小汽轮机在 LLS02 试验中多次出现跳闸情况, 具体原因不清楚。
- 以上设备问题根本原因不清楚, 2007 年将列入转机处的改进计划研究解决。

## 2.1.8 继电保护

2006 年度全厂继电保护装置继续保持了良好的稳定运行状态, 继电保护各项考核指标均达到了良好的水平, 完成了继电保护专业的各项工作任务。

### 1. 全厂继电保护投入运行情况

- (1) 全厂继电保护和自动装置中, 6.6 kV 以上共配置 338 套, 投运 338 套, 投运率为 100%; 其中继电保护装置 305 套, 投运 305 套, 投运率 100%; 自动装置 33 套, 投运 33 套, 投运率 100%;
- (2) 220 kV 系统继电保护装置共配置 20 套, 投运 20 套, 投运率 100%;
- (3) 400 kV 系统继电保护装置共配置 112 套, 投运 112 套, 投运率 100%;
- (4) 500 kV 系统继电保护装置共配置 71 套, 投运 71 套, 投运率 100%;
- (5) 1 号机组发电机-变压器组保护装置共配置 51 套, 投运 51 套, 投运率 100%;
- (6) 2 号机组发电机-变压器组保护装置共配置 51 套, 投运 51 套, 投运率 100%;
- (7) 自动重合闸装置共配置 7 套, 投运 7 套, 投运率 100%;
- (8) 同期并网装置共配置 8 套, 投运 8 套, 投运率 100%;
- (9) 故障录波装置共配置 10 套, 投运 10 套, 投运率 100%;
- (10) 励磁调节装置共配置 8 套, 投运 8 套, 投运率 100%。

### 2. 全厂继电保护运行情况

- (1) 220 kV 保护装置共动作 0 次, 误动作次数 0 次, 保护装置均正常稳定运行, 正确动作率 100%;
- (2) 400 kV 线路保护装置共正确动作 7 次, 误动作次数 0 次, 保护装置均保持正常稳定运行, 正确动作率 100%;
- (3) 500 kV 线路保护装置共正确动作 7 次, 误动作次数 0 次, 保护装置均保持正常稳定运行, 正确动作率 100%;
- (4) 自动重合闸装置共正确动作 9 次, 误动作次数 0 次, 重合闸装置均正常稳定运行, 正确动作率 100%;
- (5) 1 号机组和 2 号机组发电机-变压器组保护共正确动作 0 次, 误动作 0 次, 发电机-变压器组保护装置均正常稳定运行, 正确动作率 100%;

(6) 故障录波器应评价动作次数 5 次, 录波完好 5 次, 录波完好率 100% ;

(7) 1 号机组和 2 号机组励磁装置自动调节器完好率 100% 。

### 3. 全厂继电保护装置运行分析

#### (1) 400 kV 开关站电网保护装置运行分析

2006 年, 400 kV 系统线路共发生了 3 次接地故障, 其中大埔 I 线路 1 次, 大埔 II 线路 2 次。2006 年 5 月 3 日 3:41, 大埔 II 线路由于雷击发生了 B 相瞬时接地故障, 线路保护正确动作跳开 0GEW252/250JA 断路器, 切除故障后自动重合闸正确动作, 断路器自动重合闸成功, 线路恢复送电。同时停运检修的同杆的大埔 I 线也受到雷击, 当时两侧开关均处于环网状态, 主 1 保护及馈线末端保护均在投入运行位置, 线路保护正确动作, 跳开 0GEW150JA/151JA 断路器, 切除故障后 150JA 断路器自动重合闸正确动作 (151JA 自动重合闸装置因线路检修在退出状态), 150JA 断路器自动重合成功; 2006 年 9 月 9 日 15:57, 大埔 II 线路又发生了 B 相瞬时接地故障, 线路保护正确动作跳开 0GEW252/250JA 断路器, 切除故障后自动重合闸正确动作, 断路器自动重合成功, 线路恢复送电。2006 年 6 月 9 日 20:54, 大埔 I 线路发生了 B 相瞬时接地故障, 线路保护正确动作, 跳开 0GEW151/150JA 断路器, 切除故障后, 自动重合闸正确动作, 断路器自动重合成功, 线路恢复送电。

日常运行中, 处理了大埔 I 线主 2 保护的接地故障出口卡件老化和断路器、刀闸远方操作控制卡件故障等隐患, 升级了 0KKO4 系统故障录波器的硬件设备。

2006 年度, 整个 400 kV 开关站电网保护及控制装置均保持正常的稳定运行状态。

#### (2) 500 kV 开关站电网保护装置运行分析

2006 年, 500 kV 线路共发生 1 次接地故障。2006 年 9 月 6 日 18:51, 核惠线路发生 A 相瞬时接地故障, 线路保护正确动作, 跳开 0GEW550JA/551JA 断路器, 重合闸正确动作, 0GEW551JA 断路器自动重合, 线路恢复送电。

2006 年度 500 kV 开关站电网保护控制设备总体上保持了稳定安全的可靠运行状态。

#### (3) 发电机-变压器组保护装置运行分析

2006 年日常运行中, 解决了因二次回路问题发生的 1 号发电机定子 100% 接地保护报警问题; 处理了 1 号发电机保护 BAY2 的替代后 K112R 中间继电器动作后不能返回, 从而导致负荷开关不能手动断开。更换了所有相关型号的继电器。

2006 年度, 1 号和 2 号发电机-变压器组保护装置均保持了良好的运行状态, 没有发生任何误动作或误报警的情况。

发电机-变压器机组保护装置已连续 8 年保持正确动作率 100% 。

#### (4) 发电机励磁调节系统的运行分析

2006 年日常运行中, 解决了 1 号发电机励磁系统因为 70 MA 电位器某点接触不良和通道 B 的一个控制卡件特性漂移而产生的通道不匹配报警问题。

2006 年度, 1 号和 2 号发电机励磁调节装置 AVR 保持了良好的运行状态。励磁调节装置发挥了正常的电压和无功调节功能, 保证了机组和电网的安全稳定运行。

#### (5) 应急柴油发电机系统保护和励磁控制装置运行分析

2006 年, 4 台柴油发电机组均保持正常稳定的运行状态, 柴油发电机组保护和励磁控制装置均保持稳定安全可靠的运行状态, 没有发生任何误动作或误报警的情况。继续保持应急柴油发电机系统保护和励磁控制装置运行的历史最好水平。

#### (6) 其他系统保护和控制装置运行分析



2006年, 220 kV 保护控制装置、6.6 kV 厂用电保护控制系统、KCO 厂用电倒电系统、RAM 系统的保护控制系统等均保持稳定安全可靠的运行状态, 保证了电站机组的安全稳定运行。

#### 4. 2006年完成的主要工作

2006年继电保护专业主要完成了以下工作:

- (1) 完成了大亚湾核电站1号机组第十一次大修的继电保护检修任务;
- (2) 完成了0KKO4系统的硬件升级;
- (3) 完成了因电网改造后核惠线路保护的定值改造;
- (4) 完成了超高压开关站的保护和控制装置的所有年检工作;
- (5) 完成了相关系统的保护维修程序完善和升版工作;
- (6) 完成了大亚湾核电站保护专业的正常维护工作。

### 2.1.9 电气设备的运行与维护

#### 1. 电气设备的年度维护与检修

在2006年, 按照电气设备的维修导则和预防性维修大纲, 共完成电气设备日常预防性维修工作1362项, 纠正性维修工作854项, 设备巡检3138项, 服务支持1296项, 改造项目22项。2006年大亚湾核电站对1号机组进行了第十一次换料大修, 在机组的换料大修中, 共完成电气设备预防性维修工作297项, 纠正性维修工作344项, 服务支持类工作327项, 改造项目21项; 2006年大亚湾核电站电气设备共完成4523(未计入巡检)项维修工作。本年度电气设备的年度检修与试验工作完成情况良好, 全厂电气设备的年度预防性试验工作完成率100%。大亚湾核电站电气设备维修和缺陷情况见表2.1.9-1所示。

表 2.1.9-1 高压电气设备典型缺陷统计表

序号	设备名称及型号	电压等级	缺陷部位	缺陷情况	缺陷原因	制造厂
1	1号主发电机 1GEX001GE	26 kV/6.6 kV	定子线圈水 电接头	水电接头焊缝漏氢	水电接头焊接质量 缺陷	GEC-ALSTOM
2	1号主变压器	500 kV/26 kV	变压器油	油介损缓慢增长	磁回路低温过热	ALSTOM
3	2号主变压器	400 kV/26 kV	变压器油	油介损缓慢增长	磁回路低温过热	GEC-ALSTOM
4	2号机组封闭母线 2GSY	26 kV	封闭母线绝 缘支柱	渗水、漏气	密封和支柱弹簧失 效	GEC-ALSTOM
5	辅助变压器 LGR	220 kV	避雷器气室	漏气、微水含量不 合格	密封老化失效	ALSTOM

2006年, 在电气设备上完成的重大检修工作是1号机组第十一次换料大修, 大修工期为75天。在大修中进行了发电机抽转子检修和试验, 发电机定子线棒回路吹扫; 定子线圈电阻及直流电阻测量; 定子线圈分相直流泄漏试验; 定子线棒压力及真空试验; 定子槽楔松紧试验检查; 定子铁芯 EL-CID 试验; 定子膛内及铁芯背部、端部检查; 中性点、出线仓电连接面处理及试验检查; 出线仓防污罩及中性点仓绝缘垫条更换; 更换发电机两侧内油挡绝缘测量引线; 转子膛内外直流电阻及绝缘电阻测量; 转子膛内外 RSO 试验; 转子膛内外交

流阻抗测量；转子膛外交流分布电压试验；转子径向导电杆密封试验；转子本体及风扇检查与清洁；处理了发电机定子线圈漏氢的重大缺陷；主励磁机定/转子直流电阻及绝缘电阻测量；主励磁机拆装检查及清洁；副励磁机定子直流电阻及绝缘电阻测量；副励磁机检查及清洁；旋转整流毂拆装及绝缘测量；二极管及各探头间隙测量及检查；整流模块二极管特性试验；二极管熔丝直阻测量；清洁滑环及各电刷检查等等；1号主变压器的年检和试验，主变压器三相变压器的油再生处理和脱气脱水，主变压器三相高压套管绝缘油压力检查；主变压器A/C相排油内部检查及有载分接开关悬挂盖板密封更换；厂用变压器年检和试验，厂用变压器A相高压套管缺陷处理；厂用变压器A/B相的油再生和脱水脱气处理。B列厂用配电盘的年检和试验；6.6kV电机的年检、试验；辅助变压器系统LGR的年检和试验；柴油发电机的检修和试验；GSY系统的年检。

## 2. 过电压、防雷与防污工作

### (1) 防雷与接地保护

1) 2006年，电气处按照电站防雷接地系统的维修大纲要求根据防雷工作的特点，在年初和雷雨季节到来之前完成了对电站防雷设施和接地装置的年度检查与维护工作。检查结果表明，接地系统状况良好，大亚湾核电站发供电设备全年内未发生雷击而造成的雷害事故。

2) 经对核电站避雷器全年动作情况的统计，220kV及以上避雷器动作共9次，其中500kV及400kV避雷器动作8次，220kV动作1次。由于避雷器的可靠动作，保证了核电站系统和设备的安全运行。大亚湾核电站电气一次侧设备全年未发生雷害事故，400kV及500kV变电站设备运行工况良好，开关正确动作率100%，全年未发生雷击而造成的雷害事故。

### (2) 过电压防护工作

2005年核电站各级电压系统运行工况正常，全年未发生因过电压而造成的设备损坏事故或失效事件。系统在防护过电压能力方面保持着良好的状态。

### (3) 防污工作

1) 大亚湾核电站400kV和500kV开关站(SF<sub>6</sub>GIS全封闭组合电器设备)、220kV厂用辅助电源(SF<sub>6</sub>GIS全封闭组合电器设备)等出线端的户外绝缘设备(出线套管、出线支柱绝缘子和电容式电压互感器等)，在2006年度的各种气候条件下，设备运行情况均表现良好。

2) 大亚湾核电站遵循“逢停必扫”的防污工作原则。在2006年核深线、大浦I线和核惠线等线路的年度停电检修中，对超高压户外设备均按照程序进行了检查和全面的清扫。2006年深圳地区阴雨天气较多，加上海边盐雾，大亚湾核电站4条超高压出线线路部分，经常发生因污闪造成的接地故障，但核电站所属的500kV和400kV开关站的户外设备全年未发生污闪事故。说明我们对超高压户外设备的年度维护工作效果显著。

## 3. 电气主设备运行情况

### (1) 主发电机组

1) 1号发电机组于2006年3月9日与电网解列开始大修，工期65天，于5月13日并网发电。1号发电机组因仪表问题于2006年6月17日与电网解列进行停机检修，于2006年6月19日并网发电。2006年1号发电机组实际上网满发天数为286天，机组年可用率为78.4%。

2) 2006年2号发电机组实际上网满发运行天数为365天，机组年可用率为100%。

## (2) 主变压器

1) 1号主变压器全年运行稳定, 未出现设备故障或绝缘损坏事故。1号主变压器在第十一次大修中于2006年3月14日停运检修16天, 2006年3月29日投入运行, 全年累计运行329天, 年可用率为92.7%。

2) 2号主变压器全年运行稳定, 未出现设备故障或绝缘损坏事故。全年累计运行345天, 年可用率为100%。

## (3) SF<sub>6</sub>气体绝缘变电站GIS和封闭母线GIC的运行情况

1) 2005年, 大亚湾核电站400kV, 500kV以及220kV变电站GIS系统运行工况正常, 全年未发生任何故障或事故。本年度GIS系统SF<sub>6</sub>气室出现过5次压力低报警事件, 未检查出气室漏点; SF<sub>6</sub>压力高报警9次, 报警主要是由于开关操作时压力振荡引起, 现场处理后恢复正常。

2) 在大埔I线年检中, 发现103GS气室微水超标; 在核深、核惠线年检中, 发现502GS和5053GS气室微水超标; 对上述气室的SF<sub>6</sub>气体进行循环除湿处理后微水合格。

## (4) 厂用6.6kV系统

2006年, 对厂用6.6kV系统的1LHB001TB, 1LGC001TB配电盘进行了停电检修, 并根据2005年度发现的接触器合闸保持线圈老化问题, 对29台接触器的合闸保持线圈进行了更换。

其他6.6kV开关设备和母线运行工况良好, 未发生系统障碍或故障事件, 保持了良好的可用性。

## (5) 6.6kV电机

1号机组第十一次大修中对36台6.6kV电机进行了年检, 检修中未发现主绝缘缺陷。全年6.6kV电动机运行工况良好。

## 2.1.10 发供电系统可靠性

### 1. 发电机组的可靠性

2006年度大亚湾核电站发电机组在换料周期内可用, 1号机组和2号机组运行时间分别为7308小时和8760小时。但仍然存在影响发电机组可靠性的因素, 主要包括:

(1) 1号发电机定子线棒漏氢, 气泡试验报警时间7月份是58小时, 12月份降至3小时20分钟。目前趋势稳定, 监视运行。

(2) 1号发电机定子线棒温度测量1GRH093MT缓慢上升, 最高温度72.8℃, 降低发电机无功, 目前温度平稳, 监视运行, 应急预案已准备。

(3) 1号发电机励磁调节器通道A的70MA电位器接触不好, 且通道B电压控制电路板2825电位漂移, 引起1GEX024EC通道失配多次报警, 导致1号发电机励磁电流、励磁电压、无功功率出现过短时波动, 最大波动幅度励磁电流为110A, 励磁电压为50V, 无功功率为50Mvar。设备已恢复正常。

(4) 1号机组和2号机组发电机出口负荷开关的冷却水电导率增长较快, 原因是换型后的树脂交换容量变小。在监视运行中, 通过换水维持冷却水的电导率不超过1μs/cm, 远远低于厂家要求的5~7μs/cm时更换树脂的标准。将对树脂换型以消除异常。

(5) 2号发电机定子100%接地保护多次出现报警, 并且报警时间与天气下雨紧密相关。原因是发电机出口封闭母线外壳密封老化, 下雨引起户外母线受潮, 绝缘下降, 最大报

警率达 10%，跳闸值为 55%。对封闭母线外壳的户外部分进行涂防水密封胶处理，故障消除，计划在大亚湾核电站 2 号机组第十二次大修中将封闭母线户外密封垫全部更换。

(6) 1 号发电机定子 100% 接地保护也多次出现报警，最大报警率达 16%，确认为保护装置回路异常引起误报警，已恢复正常。

## 2. 输变电系统 GEV 的可靠性

2006 年度主、厂用变压器 GEV 系统在换料周期内可用，1 号机组和 2 号机组运行时间分别为 8 379 h 和 8 760 h。需关注如下问题：

(1) 电网直流输电单极对地运行会引起主变压器运行噪音明显增大，已改造增加主变压器中性点直流电流监视装置，便于及时监视变压器的运行及与电网沟通。全年共有 5 次，延时累计大约 25 小时，最大电流达 23 A。

(2) 2 号厂用变压器 A 在 2005 年 10 月份更换了原备用厂用变压器，在这个首次投运的换料周期内，油的介损和总烃增长速率偏高。12 月份总烃含量达 114.97 mg/L，与大亚湾核电站 1 号和 2 号机组主变压器、厂用变压器投运初期现象相似。评估变压器内部存在 150 ~ 300 °C 低温过热。变压器油中杂质将在绕组和其他元件表面沉淀，在绝缘材料的空隙中累积，导致变压器油介损升高和冷却效果下降，需在大修中对变压器油进行维护。

## 3. 400 kV 和 500 kV GIS 开关站的可靠性

2006 年，电站 400 kV 以上避雷器运行状况良好，全年动作次数为 7 次。0GEW 系统 SF<sub>6</sub> 气室全年共出现压力低报警 2 次（注：其中 1 次查出气室 305GS 有漏点，原因是漏气法兰的密封处压有一根细棉线，此棉线应为设备安装阶段遗留），压力高报警 1 次，均及时处理恢复正常。400 kV/500 kV 高压开关正确动作率为 100%。

主接线使用 3/2 的接线方式，可靠性高，维护方便，但仍存在影响 400 kV/500 kV 开关站可靠性的因素，包括：

(1) 大亚湾核电站 GIS 开关站已在役运行约 16 年，在最近两年已完成大埔 I、大埔 II、核深线、核惠线 4 条线路和联络变压器（590TR）400 kV 侧户外气室解体修补腐蚀密封法兰面和更换密封，可靠性有保障。从解体的情况看，存在部分密封法兰面在 O 圈外侧部位腐蚀严重的问题，部分法兰第二道密封已失效。电气处已计划逐步对主变压器出口、联络变压器（590TR）500 kV 侧和 490TR 两侧的户外气室进行解体，提高可靠性。另外，检修大纲已升版增加在 10 个换料周期内对 GIS 户外气室进行解体更换密封的规定。

(2) 根据外部经验反馈，同型号断路器在国内电厂出现运行 10 年，操作次数大约 3 000 次后，断路器拒分现象，原因是液压操作机构的泄流阀故障，需解体改造处理。大亚湾核电站断路器目前操作次数最多的才 388 次。该事件已引起电气处关注。

(3) 在联络变压器（590TR）十年大修期间，2 号机组主变压器与电网单开关连接运行。

(4) DOGEW459TI 电流互感器新备件型号与原来不同（注：原型号生产厂家已关闭），经物项替代 SRMEE20050113 论证可替代，已更换运行。

## 4. 辅助电源 LGR 系统的可靠性

2006 年 220 kV 辅助电源 LGR 系统在大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修中，安排了 1 次停电进行全面纠正性检修，历时 115.5 h，完成 GIS 气室密封全部更换，隔离开关和接地开关的调试等故障检修。但在停电检修结束后，送电时由于 1 号辅助变压器的冷却器电源开关端子松动缺相不启动，引起 1 号辅助变压器跳闸，电气处及时处理；在坪核线迁址工作

中, 停电累计 6 小时。不可用时间累计 121.5 小时, 可用率为 98.6%。

全年没有其他影响 LGR 可靠性的因素。

### 5. 6.6 kV 厂用电系统的可靠性

2006 年度大亚湾核电站中压 6.6 kV 电气设备无绝缘故障或因设备损坏导致的停运事件发生。但出现一次 6.6 kV 断路器开关合闸闭锁舌未自动复位引起开关拒合问题, 已修改检修大纲, 缩短清洗和润滑周期, 提高可靠性。另外, 目前正进行润滑油物项替代论证, 使用黏度更低的钟表油, 避免开关拒合。

为了避免 6.6 kV 接触器合闸保持线圈直流电阻超标或合闸保持线圈外绝缘老化, 1 号机组已完成合闸保持线圈更换, 2 号机组已安排部分更换, 计划在大亚湾核电站 2 号机组第十二次大修中完成, 提高可靠性。

对热备用 6.6 kV 电机保养改进, 对所有 6.6 kV 中压电机加热器温控回路普查及温控定值校验, 定值统一改为 35 °C 投入运行, 45 ~ 50 °C 停运。计划在下次大修中全部处理完成。

### 6. 6.6 kV 柴油发电机 LHP/LHQ 的可靠性

大亚湾核电站每台机组的两台 6.6 kV 应急柴油发电机组 (LHP/LHQ) 是电站最后一道应急供电电源, 改造增加的第 5 台柴油发电机可以替代其中 1 台运行 (注: 替代操作过程中视被替代柴油发电机不可用), 提高应急电源可用率。

柴油发电机系统不可用事件及处理的主要问题见 2.2.2 节。

1 号和 2 号机组柴油发电机设备异常不可用时间分别为 22.15 和 12.68 小时·列, 总计 34.83 小时·列, 其不可用率为 0.08%, 目标值为 0.2%。近几年柴油发电机组设备异常不可用率的统计结果见表 2.1.10-1。

表 2.1.10-1 柴油发电机组 LHP/LHQ 年不可用率

%

年 份	1 号机组 (LHP/LHQ)	2 号机组 (LHP/LHQ)	综合统计	目标值
1999	2.20	0	1.10	0.50
2000	0.10	1.60	0.80	0.50
2001	0.17	0.10	0.16	0.40
2002	0.05	0	0.03	0.30
2003	—	—	0.17	0.20
2004	—	—	0.05	0.20
2005	—	—	0.08	0.20
2006	0.13	0.07	0.10	0.20

### 7. 直流电源、蓄电池组和不间断电源的供电可靠性

电厂直流电源系统有 230 V, 125 V, 48 V 和 30 V 共 4 个电压等级, 由相应的直流配电盘 (TB)、整流充电器 (RD) 和蓄电池组 (BT) 等组成。2006 年发生一次 1LCB110 蓄电池进线开关跳开, 联跳充电器进线开关, 造成 D1LCB001TB 直流配电盘失电。原因是开关内过流继电器跳闸机构出现磨损导致误跳。电气处检查同类型开关, 确认不属于共模缺陷。

220 V 交流不间断电源运行正常、可靠。

## 2.1.11 仪控系统设备运行及评价

### 1. 总体评价

#### (1) 核岛控制保护测量系统

核岛控制测量系统 (KRG Bailey 9020) 在 2006 年除了由于乘法器漂移以及加法器板件插针生锈造成下游信号波动以外, 该系统上的纠正性维修工作不多。主要的工作集中在针对调节器的 CM1 开关接触不良以及加法器老化更换的预防性工作上。KRG 保护通道的可用性验证是通过周期为两个月的 SIP 试验来验证, 2006 年 SIP 定期试验合格率为 100%。

堆外中子注量率测量系统 (RPN) 在 2006 年出现的问题较多。其中最严重的事件是由于 DIRPN020MA 的 II 段在连接板处接触不良故障, 造成一次非计划停堆。其他纠正性检修工作也较多, 功率量程和中间量程上都出现过故障。虽然故障点比较分散, 但最终的结论都是相关的通道故障, 这也是 RPN 系统的模块老化现象的反映。另外, 设计方面的缺陷也大大增加了该系统上的检修工作, 这些设计缺陷需要通过和厂家的沟通及推动得以解决。典型的设计问题是 RPN 的大选单元信号切换单元的选择不当造成 R 棒的波动, 以及中间量程负高压模块的设计缺陷造成负高压漂移并且恢复缓慢故障。针对 RPN 系统存在的问题, 仪控处已经就备件、老化处理以及探头更换等专题展开研究, 并制订出一系列中长期方案。2006 年在 RPN 系统上的周期试验合格率为 100%。

棒控系统 (RGL) 在 2006 年的故障特点是, 故障点由机柜向一次部件转移。在机柜方面 RGL 系统的老化处理的成果初显, 2006 在 RGL 系统机柜上的维修量大幅降低。而在一次部件方面, RGL 系统上最大的缺陷是 H12 棒的棒位测量探头的 B/C 线圈开路故障, 该故障对机组的正常运行造成了较大的冲击。

RPR 反应堆保护系统全年没有出现重大的故障模式, 但是前几年一直存在的试验开关接触不良问题依然存在, 这个问题在 EDF 同类电站同样存在。根据 EDF 的经验, 出现这种情况最好的办法是多切换几次, 因为这种开关仅仅在试验时使用, 开关故障不影响 RPR 系统的正常运行, 而如果要更换的话风险却非常大。这种故障模式是设计问题, 即使大修更换新的备件也不能解决问题, EDF 目前的办法是维持现状。RPR 系统上的 T2/T3 试验全年周期试验合格率 100%。

#### (2) 常规岛控制测量系统

2006 年 GRE 系统的缺陷很少, 仅在 1 号机组大修前进行 PT1GRE001/002 试验时发现 GSE006/008/009VV 阀门不能关闭, 原因是 GSE 跳闸电磁阀长时间不动作卡涩。针对电磁阀卡涩的问题, 目前已经将 PT1GRE001/002 试验的周期由原来的一年改为 3 个月。由于处理器组件的升级, GRE 系统面临着系统的升级改造的问题。为了技术的衔接以及维护和检修的便利, 技术升级是以岭澳核电站现行 GRE 系统为模板进行的。

APP/APA 系统在 2006 年的故障率较低, 除停泵处理过 1 号机组 B 泵 256 MV 磨损指示偏高问题以外没有其他明显的缺陷。值得一提的是 2006 年曾多次发生 1 号机组和 2 号机组 APU 泵频繁启停的故障根本原因已经找到, 并得到处理和反馈。

汽轮机监测系统 (GME) 在 2006 年处理的最大的缺陷是: 由于延伸电缆接触问题导致 1GME037MV 的指示异常波动并触发报警。这个问题在随后的停机小修中得到根本解决。针对这个缺陷, MIC 专门对规程进行了拆分和细化的升版, 并要求准备人员和执行人员进行反馈和学习。其他缺陷主要是阀位测量系统漂移问题。阀位测量系统漂移问题经过上几轮大修

对就地电容接线进行焊死后故障明显减少，但是还是发生了几起。由于就地环境较差（温度偏高），电容很容易出现品质变差从而出现测量漂移。作为维修只有尽量减少接触电阻和加强电容品质检查并定期更换电容的方式来缓解故障出现的频度，而一旦出现了漂移，功率运行情况下可以通过对测量板件零点进行简单调整来临时解决。

### （3）电站工业计算机部分

工业计算机系统的运行情况在经过老化处理以后，得到大幅改善。前几年极为突出的 KIT 死机问题，在 2006 年没有再出现过。目前，KIT 系统存在的主要问题是由于通讯板的老化及其备件采购的困难，导致 KIT-RIC 的通信不稳定，并引发了多次 RIC701/702AA 报警。目前仪表计算机处正在着力推动这个问题的解决。一方面，板卡仿制、论证的工作正在进行中；另一方面，KIT 系统的整体改造项目也在推动中，且进展顺利，现已经进入商务谈判阶段。

### （4）消防探测系统

在经历了增加微动开关以及更换老化电容的改造措施以后，2006 年的消防探测系统故障总量大幅减小。火警系统的故障从 2005 年的 189 项锐减到 110 项。虽然如此，火警系统的故障还是对机组的 I<sub>o</sub> 控制造成不小的影响。为了提高火警系统的可维修性及可靠性，目前该系统的小改造以及核岛整体改造正在推动中。

### （5）变送器

核岛方面，2006 年解决了困扰已久的 D2RCP014/015MP 的波动问题，除此以外核岛变送器的总体运行情况良好。值得注意的是，PTR 水箱的液位变送器腐蚀问题日益严重，极端情况下可能影响安全。该问题得到管理层的关注。目前防腐整治的准备工作已经完成，须等待在 2 号机组第十二次大修和 1 号机组第十二次大修的窗口处理。但是，防腐处理并不能根本解决露天设备的腐蚀问题，彻底解决该问题的有效途径是对 PTR 水箱所在房间进行封闭改造，隔离腐蚀源。岭澳核电站就是这样设计的。

常规岛方面，2006 年常规岛变送器的特点是故障率高，故障点集中。几乎所有的问题都集中在 FISHER 浮筒系列变送器泄漏上。由于常规岛的 FISHER 变送器均设计为单侧隔离（容易造成隔离不严），同时变送器采用法兰连接，导致变送器的泄漏点较多，且不易查找，不易处理。尤其是对于真空泄漏的故障模式，在泄漏点的判定上难度较大，变送器出现问题以后处理的周期较长而且复现率较高。目前 FISHER 变送器的改造和换型的工作正在稳步推进中。

### （6）气动阀门执行机构

从纠正性维修的工作票数量上来看，2006 年气动阀门的运行情况不容乐观。除了漏气处理以外，设备缺陷引起的阀门故障也不乏，故障面比较普及，涉及 ARE、CEX 等重要系统的许多重要阀门。其中较为典型的是 ARE 的主给水阀以及旁路给水阀多次出现零点漂移以及气动回路漏气故障。一方面，由于设备巡检的力度加大，发现了许多以往不易发现的缺陷。另一方面，阀门定位器、电磁阀以及 EP 等阀门重要部件的频繁故障也暴露出气动阀门维修策略以及维修方法上存在很多不足。

### （7）显示仪表和记录仪

显示仪表在 2006 年运行比较稳定，没有出现比较突出的问题。同时，无纸记录仪也在一些系统上开始试用，并正在推动全面改造。

## 2. 几个遗留问题的解决

### (1) RGL019AA 报警闪发问题的解决

RGL019AA 报警闪发故障在 R 棒动作期间以及 RGL002 试验期间都经常发生, 该故障在大亚湾核电站和岭澳核电站的 4 台机组都存在。由于是闪发故障, 根本原因的定位十分困难, 给运行和维修都带来了困扰。2006 年经过对动态校正常数 TEMFIL, USP 机柜的板卡以及棒位测量单元的板卡进行了系统的试验和测试, 最终确认引发 RGL019AA 报警闪发的故障原因是棒位测量探头的 A 线圈鼓包问题。经过适当调整 A 线圈定值以后, 顺利解决这一问题。

### (2) RCP014/015MP 信号波动问题的解决

D2RCP014/015MP 的信号小幅波动并引发 LDA 绝缘低报警闪发的问题已经困扰运行和维修人员多年。大修期间 MIC 对 015MP 进行校验, 并未发现异常。由于被测介质为高温高压的一回路冷却水, 同时涉及稳压器压力调节功能, 功率运行期间故障查找存在一定困难。2006 年, MIC 详细制定方案并三次进入 RX 厂房执行故障验证试验, 最终确认两台 8000 型号的变送器都有问题。这次消缺活动为功率运行时的特殊作业积累了经验。

### (3) 老化处理取得实质性成效

运行十多年以后, 大亚湾核电站的仪控设备的老化现象日趋严重, 加上一些重要备件的停产, 对机组的正常运行造成一定的冲击。近年来, 仪控设备的相当一部分缺陷源自设备老化。经过一年准备, 2 号机组第十一次和 1 号机组第十一次大修开始对 RGL/RPR/GEM80/RPN 以及核岛和常规岛 KRG 等老化情况较为严重并且影响比较大的系统进行老化处理, 并收到了实质性的成效。以 RGL 系统为例, 在备件方面, 老化处理前两年共消耗备件 100 多块, 而老化处理以后, 至今为止只更换了 3 块备件; 在缺陷方面, 老化处理以后的故障总量比前一年度下降了一半。下一步的老化处理工作将结合关键敏感设备项目逐步推进。

## 2.1.12 燃料循环及燃料管理

大亚湾核电站 2 号机组和 1 号机组先后进行十年大修, 进入第十二燃料循环。1 号机组在 2006 年上半年进行十年换料大修; 2 号机组在 2006 年没有换料大修安排, 也没有换料设计任务。

### 1. 大亚湾核电站 2006 年燃料管理

#### (1) 1 号机组

1 号机组于 2006 年 3 月 9 日停堆进行第十一循环换料大修, 其实际停堆燃耗为 19 212 MW·d/t, 比原设计的 19 370 MW·d/t 短, 产生少许弃料。

早在 2005 年 12 月初, 电站就开始 1 号机组第十二循环堆芯换料设计准备工作。现场对 1 号机组进行防硼误稀释改造, 冷、热停堆工况的控制棒位置 (安全棒在堆芯外, 其他控制棒在堆芯内)。该改造影响 FSAR 和 RSAC, 也影响 HADES II 模型和安全评价。这些因素在本次换料设计中都已经考虑, 并通知换料设计单位。NPIC 按时提交《堆芯装载评价报告》和《安全评价报告》。

1 号机组第十二循环于 2006 年 5 月初装料, 堆芯组件使用情况如下:

- 1) 72 组富集度为 4.45% 的 AFA-3G 新组件, 其中 24 组含 8 根钆棒和 48 组含 20 根钆棒;
- 2) 8 组富集度为 4.45% 的 AFA-3G (不含钆棒) 旧组件来自第十循环;
- 3) 12 组富集度为 4.45% 的 AFA-3G (含 20 根钆棒) 旧组件来自第十循环;
- 4) 其余旧组件, 包括中心组件来自第十一循环的富集度为 4.45% 的 AFA-3G, 分别是



不含钷棒和含 8 根以及含 20 根钷棒的旧组件。

1 号机组第十二循环堆芯所有组件都是富集度为 4.45% 的 AFA-3G 组件。从本循环开始，不再是混合堆芯。

堆芯装载方案见图 2.1.12-1。

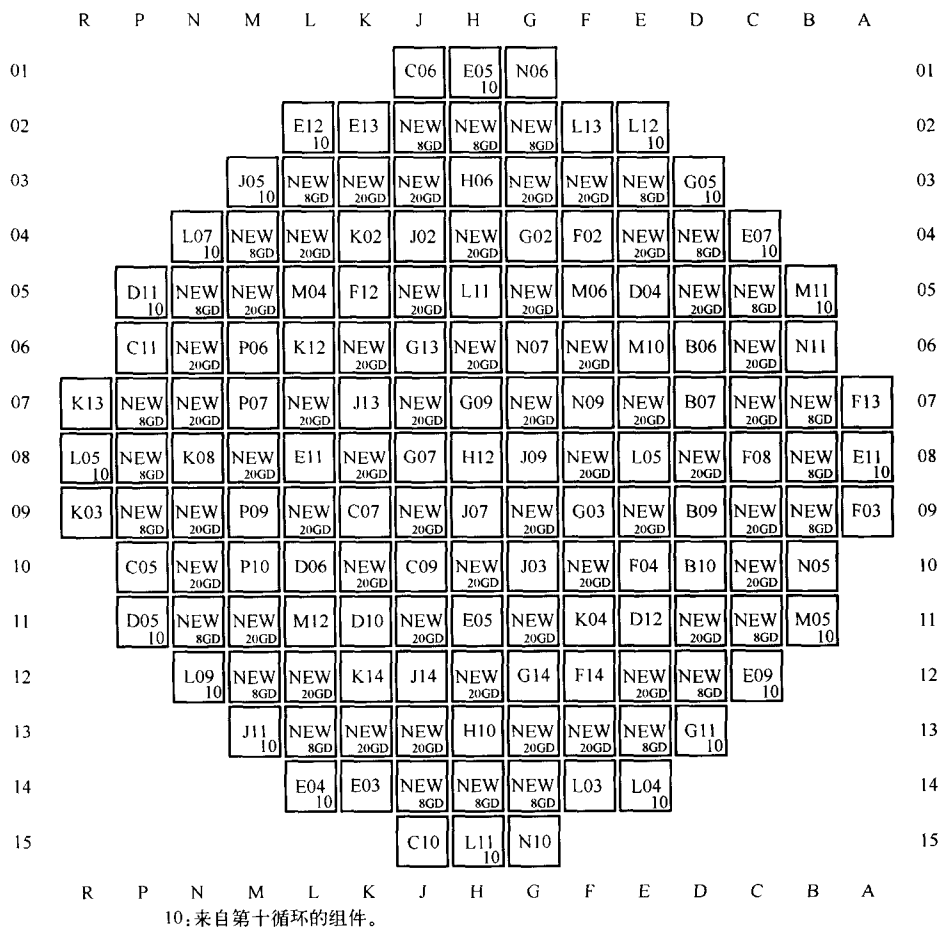


图 2.1.12-1 大亚湾核电站 1 号机组第十二循环堆芯装载图

1 号机组第十二循环堆芯的设计特点：

- 1) 设计循环长度为 20 234 MW·d/t, 是 18 个月换料项目的长循环；
- 2) 使用 72 组新组件，全部是富集度为 4.45% 的 AFA-3G 组件；
- 3) ARO 状态下临界硼浓度比较高；
- 4) BOL, HZP, ARO 状态下为负温度系数；
- 5) 最小批卸料燃耗是 38 500 MW·d/t, 最大批卸料燃耗 47 000 MW·d/t；
- 6) 防硼误稀释改造影响堆芯设计；
- 7) 冷、热停堆工况的控制棒位置：安全棒抽出，调节棒在堆芯。

(2) 2 号机组

2 号机组在 2006 年度没有安排换料大修。

## 2. 其他与燃料管理相关事项

2006 年与燃料管理相关的事件:

- (1) 完成换料设计审查规程的升版, 规范换料设计审查过程;
- (2) 降功率  $\Delta I$  模拟计算, 为现场提供技术支持;
- (3) 调查分析大亚湾核电站 2 号机组第十二燃料循环 RIC 对称通道温差较大问题;
- (4) 完成 CPR1000 及红沿河核电站 18 个月换料的燃料管理研究。

## 3. 核燃料操作活动管理

大亚湾核电站 2006 年的核燃料操作活动主要包括 1 号机组新燃料接收, 1 号机组大修换料, 以及两次乏燃料运输期间的核燃料操作活动。

### (1) 新燃料接收

2006 年 1 月 10 日至 1 月 14 日, 1 号机组接收由宜宾核燃料元件厂生产的 AFA-3G 新组件 72 组, 富集度为 4.45%, 其中 66 组存放在乏燃料水池, 6 组存放在干贮存间。同批接收的还包括 1 组组件号为 YQ013F 的返修组件, 也存放在 1 号机组乏燃料水池。由于换料设计的需要, 此次新燃料接收期间, 原贮存于 1 号机组干贮存间的组件 YQ0157 被转移到 1 号机组乏燃料水池。

### (2) 大修换料操作

大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修换料操作时间是 2006 年 3 月 15 日至 5 月 1 日。在 1 号机组相关组件倒换期间, 还对堆内使用的 61 组控制棒进行了涡流检查。

1 号机组大修换料的具体操作时间见表 2.1.12-1。两台机组第十一次大修换料操作的卸料用时和装料用时统计见表 2.1.12-2 和表 2.1.12-3。

表 2.1.12-1 1 号机组第十一次大修换料操作时间统计

h

项 目	1 号 机 组
卸料前 F PMC 41	4
卸料	61
相关组件倒换	112
控制棒涡流检查	75
装料前 F PMC 41	5.5
装料	50.5
堆芯照相	3.5

表 2.1.12-2 历次大修换料操作的卸料用时

h

机组	第一次大修	第二次大修	第三次大修	第四次大修	第五次大修	第六次大修	第七次大修	第八次大修	第九次大修	第十次大修	第十一次大修
1 号机组	82	69.5	78	72	93.5	61.5	53.5	56	58	74	61
2 号机组	72	78	69	74	69	65	58.5	55.6	53	75	48

在 1 号机组大修卸料结束后, PMC 系统完成了升级改造, 并在随后的装料过程中实现了全自动装料。

表 2.1.12-3 历次大修换料操作的装料用时

h

机组	第一次大修	第二次大修	第三次大修	第四次大修	第五次大修	第六次大修	第七次大修	第八次大修	第九次大修	第十次大修	第十一次大修
1号机组	99.5	79	103	86	69.5	74	73	77	60	66	50.5
2号机组	89	150.5	81	86.5	81	78	64.5	75.3	51	63	50

### (3) 乏燃料运输

2006年,大亚湾核电站共进行了两次乏燃料运输,完成4罐乏燃料运输容器的装料,运出乏燃料组件共104组,其中1号机组和2号机组各运出52组。

第1次乏燃料运输从2006年2月20日开始,3月10日结束。其中分别于2月22日和3月4日进行了2号机组共52组乏燃料组件的装料。

第2次乏燃料运输从2006年6月5日开始,6月25日结束。其中分别于6月9日和6月19日进行了1号机组共52组乏燃料组件的装料。

在第1次乏燃料运输结束之后,2号机组进行了乏燃料组件移位操作,将乏燃料贮存水池内的14组不再复用而需要在水池中长期贮存的乏燃料组件转移到邻近装罐池的X01~R06区域,为今后的大修换料腾出了更多可用的燃料贮存格架。

### 4. 燃料厂房乏燃料贮存水池库存

截至2006年12月31日,大亚湾核电站两台机组燃料厂房乏燃料贮存水池内的库存见表2.1.12-4。

表 2.1.12-4 燃料厂房乏燃料贮存水池内库存

件

种类	1号机组	2号机组
乏燃料组件	442	436
假组件	1	1
模型组件	1	0
适配器	0	3
可燃毒物贮存盒	7	8
指套管贮存盒	0	1
其他	0	1*
空燃料格架	244	248
可用燃料格架	244	248

\* 位于R31位置的1个阻力塞YQBN07G及组件YQ00X9的上管座。

### 5. 核材料管制

#### (1) 核材料许可证申请

2006年2月,大亚湾核电运营管理有限责任公司/广东核电合营有限公司进行了核材料许可证的到期换证申请。

## (2) 2006 年度核材料衡算报表

2006 年,核材料衡算工作按要求完成向核管办上报 2006 年 4 个季度核材料衡算报表和软盘,以及 2006 年 3 月和 6 月的乏燃料外运交接统计报表、2006 年 1 月份的 1 号机组第十一循环换料新燃料接收统计报表。

## (3) 实物盘存

按核材料衡算有关管理程序进行了大亚湾核电站 1 号机组第十一次换料装卸料工作。并在卸料后对 1 号机组乏燃料水池进行了实物盘存,装料后进行了堆芯照相。实物盘存和堆芯照相表明,1 号机组无任何核材料的不平衡差和核材料的损失。核材料的消耗都用于发电,所产生的铀都存在于燃料组件中。堆芯照相工作也验证了实际的装料与堆芯装载图的一致性,包括燃料组件、控制棒组件、阻力塞组件、中子源组件的正确性。

## (4) 铀消耗量及钚产生量计算

完成 1 号机组第十一循环卸料铀消耗量和钚产生量计算。

## (5) 乏燃料管理

2006 年 7 月,在西安召开了乏燃料运输第二个五年计划协调会,初步讨论了乏燃料运输第二个五年计划。

2006 年,大亚湾核电站 1 号机组和 2 号机组乏燃料运输概况如表 2.1.12-5 所示:

表 2.1.12-5 2006 年乏燃料运输概况

	1 号机组	2 号机组	总和
2006 年 3 月	0	52	52
2006 年 6 月	52	0	52

其中,所有乏燃料在运输前都进行了源项计算,并向中核清原工程技术有限公司提供相应的乏燃料技术资料以及重金属重量确认表。向国家核管办通报并上报核材料交接统计报表。所有已外运的乏燃料信息都纳入了相应机组的乏燃料数据库。

## 6. 组件订货与其他

2006 年 1 月签署《大亚湾核电站换料供应合同(第十二燃料循环)》。2006 年 4 月订购了大亚湾核电站 1 号机组第十三燃料循环堆芯的组件。

## 2.2 核安全

### 2.2.1 三道屏障完整性

2006 年,大亚湾核电站的三道屏障完整性保持完好。三道屏障的监测数据分析如下。

#### 1. 燃料元件包壳

为了保障第一道屏障的完整性,限制工作人员在电站内所接受的放射性剂量,及时发现任何可能的燃料元件破损,电站按照运行技术规范对一回路放射性水平提出了具体限制,对一回路放射性水平参数进行了监测。

表 2.2.1-1 和表 2.2.1-2 给出了 1 号机组和 2 号机组 2006 年一回路放射性指标气体  $\gamma$  谱。从表中可以看到,该项指标在 2006 年均保持稳定,并且一直在限值以下。

表 2.2.1-1 2006 年 1 号机组一回路放射性气体总量 (比活度)

MBq/t

取样日期	1月19日	2月9日	3月2日	5月30日	6月6日	7月13日	8月24日	9月5日	10月31日	11月14日	12月21日
<sup>85m</sup> Kr	8.4	8.3	1	0	3.8	1.7	1.7	0	3.4	0	3.3
<sup>87</sup> Kr	14	5.2	6.3	0	0	5.3	1	8.3	0	8.4	0
<sup>88</sup> Kr	22	14	28	0	0	5.6	0.8	16	8.6	0	9
<sup>133</sup> Xe	28	28	26	10.5	12	11	16	15	19	17	23
<sup>133m</sup> Xe	0	0	0	0	5.9	4.5	0	0	0	0	0
<sup>135</sup> Xe	37	44	37	15	14	17	18	18	22	23	24
<sup>138</sup> Xe	52	49	46	17	16	16	25	22	25	28	26
气体总量	161	149	144	43	51	61	63	80	78	77	86

表 2.2.1-2 2006 年 2 号机组一回路放射性气体总量 (比活度)

MBq/t

取样日期	1月20日	2月17日	3月29日	4月19日	5月26日	6月21日	7月21日	8月30日	9月22日	10月25日	11月29日	12月6日
<sup>85m</sup> Kr	0	1	1.5	3	0	3.3	3.9	0	2.5	2.8	5.6	3
<sup>87</sup> Kr	10	4.1	3	1.7	0	9.4	3.3	6.1	10	4.6	9.1	15
<sup>88</sup> Kr	8.9	11	0	11	11	0	7.9	12	5.6	17	7.2	11
<sup>133</sup> Xe	23	16	22	21	21	20	20	25	28	28	26	27
<sup>133m</sup> Xe	0	0	0	0	0	0	3.6	0	0	0	0	0
<sup>135</sup> Xe	15	21	27	23	26	33	26	28	30	34	34	38
<sup>138</sup> Xe	19	21.05	29.48	26.47	28.87	32.03	23.83	33.69	30.72	43.00	37	37
气体总量	76	74	83	86	87	98	89	105	107	129	119	131

注: 1) 所取样点为当月气体总量最大值的取样点;

2) 6 小时内停堆气体总量限值为  $2.96 \times 10^6$  MBq/t, 48 小时内停堆气体总量限值为  $1.48 \times 10^6$  MBq/t;

3) 个别月份机组处于大修或检修状态, 故无相关数据。

表 2.2.1-3 和表 2.2.1-4 给出了 1 号机组和 2 号机组 2006 年的碘同位素  $\gamma$  谱。从表中可以看到, 该项指标在 2006 年也保持稳定, 并且一直在限值以下。

由此可以得出结论, 2006 年大亚湾核电站燃料元件包壳屏障的完整性均满足技术规范的要求。

表 2.2.1-3 2006 年 1 号机组一回路放射性碘比活度

MBq/t

取样日期	1月10日	2月23日	3月2日	5月23日	6月8日	7月18日	8月22日	9月12日	10月19日	11月28日	12月1日
<sup>131</sup> I	2.2	1.4	0.6	0.2	0.4	0.5	0.7	0.9	0.8	0.8	0.8
<sup>132</sup> I	27	33	28	7.1	8.6	13	13	12	13	17	18
<sup>133</sup> I	18	20	11	3.4	7.4	7	7.9	8	8.8	9.8	10
<sup>134</sup> I	40	52	47	26	33	36	29	22	25	39	39
<sup>135</sup> I	29	35	22	11	11	15	15	15	15	17	17
<sup>131</sup> I 当量	11.30	18.26	10.90	4.17	4.30	4.90	5.19	5.24	5.43	6.30	6.38

表 2.2.1-4 2006 年 2 号机组一回路放射性碘比活度

MBq/t

取样日期	1月27日	2月15日	3月31日	4月21日	5月5日	6月2日	7月19日	8月25日	9月1日	10月11日	11月1日	12月1日
$^{131}\text{I}$	0.6	0.5	0.7	0.7	0.7	0.6	0.9	0.6	0.8	0.9	0.9	1
$^{132}\text{I}$	12	10	11	13	15	14	13	20	16	19	12	9.3
$^{133}\text{I}$	7.2	7.9	8.6	8.6	9.5	9.3	11	10	11	12	9.7	9.4
$^{134}\text{I}$	24	17	17	21	25	33	24	37	33	18	20	16
$^{135}\text{I}$	19	12	14	13	19	17	17	20	23	20	14	14
$^{131}\text{I}$ 当量	5.18	4.35	4.96	5.00	5.98	5.75	6.26	6.51	7.04	6.89	5.53	5.38

注：1) 所取样点为当月 $^{131}\text{I}$ 当量最大值的取样点；

2) 6小时内停堆 $^{131}\text{I}$ 当量限值为 $3.70 \times 10^4$  MBq/t, 48小时内停堆 $^{131}\text{I}$ 当量限值为 $1.85 \times 10^4$  MBq/t, 15天内停堆 $^{131}\text{I}$ 当量限值为 $2.96 \times 10^3$  MBq/t, 2个月内停堆 $^{131}\text{I}$ 当量限值为 $2.22 \times 10^3$  MBq/t;

3) 个别月份机组处于大修或检修状态, 故无相关数据。

## 2. 一回路压力边界

2006年, 机组一回路压力边界完整性的监测情况(即一回路的平均泄漏率)见表 2.2.1-5。从表中可以看出, 两台机组一回路压力边界泄漏率(归一化为标准状态, 下同)全年基本处于低水平, 远低于技术规范的规定(总泄漏量为 2300 L/h, 非定量泄漏限值为 230 L/h), 第二道屏障完整性良好。

表 2.2.1-5 2006 年一回路月平均泄漏率

L/h

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1号机组	17.0	16.0	19.8	大修	28.1	17.6	15.7	16.0	16.8	16.0	15.7	17.0
2号机组	21.1	25.3	26.1	25.8	23.7	21.9	19.0	15.9	17.0	18.5	11.9	18.2

## 3. 安全壳

安全壳为最后一道屏障。电站在 2006 年全年对两台机组安全壳完整性的监测情况如表 2.2.1-6 所示。

表 2.2.1-6 2006 年安全壳月度平均泄漏率

 $\text{m}^3/\text{h}$ 

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1号机组	1.11	1.26	1.12	大修	0.40	1.00	0.20	0.55	0.43	0.57	0.78	0.60
2号机组	1.03	0.73	0.86	0.85	0.70	1.13	0.53	0.92	0.85	0.90	1.14	0.83

1号机组安全壳的平均泄漏率约为  $0.73 \text{ m}^3/\text{h}$ , 12个月监测结果介于  $0.20 \text{ m}^3/\text{h}$  与  $1.26 \text{ m}^3/\text{h}$  之间。

2号机组安全壳的平均泄漏率约为  $0.87 \text{ m}^3/\text{h}$ , 12个月监测结果介于  $0.53 \text{ m}^3/\text{h}$  与  $1.14 \text{ m}^3/\text{h}$  之间。

由此可以得出结论, 2006年两台机组安全壳的泄漏率均小于  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  的标准, 满足运行技术规范的要求, 其完整性良好。

#### 4. 堆芯损伤频率

为加强电站核安全的控制，大亚湾核电站利用 PSA 对机组状态进行跟踪评价，并且制定了风险度的控制指标。在某一  $T_0$  到  $T_1$  时间段风险度的定义为：

$$P = \frac{\sum_i \Delta CDF_i \cdot \Delta T_i}{CDF_0 \cdot (T_1 - T_0)}$$

其中， $CDF_0$  为所有设备均为可用时的堆芯损伤频率；

$CDF_i$  为发生某一事件  $i$ （例如有设备不可用等）时的堆芯损伤频率；

$\Delta T_i$  为设备  $i$  不可用的持续时间。

表 2.2.1-7 给出了 2006 年两台机组的堆芯风险度变化趋势。

表 2.2.1-7 2006 年堆芯风险度趋势

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1号机组	1.01	1.02	1.02	大修	1.00	1.05	1.01	1.03	1.03	1.04	1.04	1.03
2号机组	1.01	1.02	1.01	1.29	1.02	1.01	1.02	1.02	1.04	1.03	1.03	1.01

全年平均风险度 1 号机组为 1.02，2 号机组为 1.04，均未超过电站内部控制的指标限值 1.2。因此，2006 年两台机组堆芯损伤频率控制比较好，总体风险在可接受范围之内。但是，4 月份由于 1 号机组第十一次大修辅助变压器 9LGR 隔离检修，使其不可用长达 115.6 h，导致 2 号机组的风险度超过管理限值（1.2）。此外，还有一些问题需要引起注意，这些问题有：应急柴油发电机多次出现随机故障；两台机组的 LLS 各发生一次启动失败。

这些问题均与丧失厂外电源和全厂断电事故有关。因此，降低丧失厂外电源事故发生频率、提高全厂断电事故工况下所需系统的可用性仍然是电站需要密切关注的问题。

### 2.2.2 专设安全系统

2006 年，大亚湾核电站专设安全系统总体状况良好，电厂 WANO 指标体系所涉及的辅助给水系统、高压安全注入、应急柴油发电机组不可用率分别为 0.0005，0.0001，0.0010，在电站的年度控制限值（三大安全系统年度控制限值分别为 0.001，0.001，0.002）以内。

#### 1. 辅助给水系统

2006 年，两机组 ASG 系统不可用率的 WANO 指标分别为 1 号机组 0.0000（实际不可用 0.15 小时·列）和 2 号机组 0.0002（实际 5.88 小时·列），导致 ASG 不可用的主要事件如下：

(1) 2006 年 1 月 21 日隔离 D2ASG002PO，更换电动机加热器（接线头破损，绝缘低），不可用 2.58 小时·列。

(2) 2006 年 2 月 9 日在 PT2RPA044 中，D2ASG001PO 的电机电流期望值为 30 A，实际值为 27.5 A。隔离 D2ASG001MO 电源，校验 2ASG551ID2，ASG 不可用 3.07 小时·列。经校验电流表无异常。

(3) 2006 年 5 月 21 日，主控制室出现 D1ASG059AA（D1ASG001BA 液位不高），从

KIT上检查 D1ASG001MN 的液位为 11.51 m (报警定值 11.50 m), 现场按报警卡通过 D1CEX 对 D1ASG001BA 进行补水至 11.53 m, 现场检查 D1ASG001BA 相关的管道未发现漏点, 分析报警是由于 D1ASG001BA 液位的波动与仪表误差所致。ASG 不可用 0.05 小时·3列。

(4) 2006 年 7 月 20 日执行 PT2RPA044 时, 当主控制室按下 D2ASG055CC, 给出 D2ASG012/014/016VD 的全开逻辑信号后, D2ASG014/016VD 响应正常全开, 但 D2ASG012VD 没有动作, 就地检查 2ASG012VD 阀门全关; 保持全开逻辑信号约 14 分钟后, D2ASG012VD 自动全开。ASG 不可用 0.23 小时·列。检查 D2ASG012VD, 发现“A”列电磁阀铁芯卡涩, 有铁锈及杂物; 继续检查 D2ASG014/015/016/017VD (工作票 606963) 电磁阀铁芯锈蚀情况, 发现电磁阀铁芯有不同程度锈蚀, 个别影响调节功能, 用新备件更换。

2006 年处理辅助给水系统相关的其他主要工作:

(1) 分析处理日常定期试验中 D2ASG003PO 转速波动问题, 转速范围在仪表误差范围内, 泵组设备功能正常。

(2) 推动大亚湾核电站和岭澳核电站 ASG001BA 的氮气压力控制回路相关改造, 将在岭澳核电站 2 号机组第四次大修进行改造相关论证试验。

## 2. 高压安全注入系统

2006 年, 两机组高压安全注入系统不可用率 (WANO 指标) 分别为 1 号机组 0 (实际不可用 0 小时·列) 和 2 号机组 0.000 9 (实际 15.8 小时·列), 导致 2 号机组高压安全注入系统不可用的主要事件如下:

(1) 1 月 18 日 D2RCV002MO 振动升高而需更换电动机, 运输中由于油冷器附近空间高度限制需拆卸 D2RCV003MO 油冷器而隔离 D2RCV003MO 造成高压安全注入系统不可用 3.45 小时。1 月 19 日 D2RCV002MO 空载试验造成高压安全注入系统不可用 3.1 小时·列。

(2) 6 月 5 日执行 PT2RPB015 时, D2RIS052VP 在给出开启信号后, 主控制室显示阀门未全开, 现场检查发现 2RIS052VP 仅能开启到 10% 开度, 发出关闭信号后, 阀门可以全关。主控制室按照规程重新执行相同操作, 阀门仍然只能开启到 10% 开度。将系统恢复到试验前状态后, 重新开始执行该试验, 两次开关 2RIS052VP, 阀门均正确动作, 开关操作时间均约为 65 s。机械、电气专业查找原因未发现异常。高压安全注入系统不可用 3.75 小时·列。

(3) 9 月 25 日执行 PT2RPB015 时, D2RIS052VP 在给出开启信号后, 主控制室显示阀门未全开, 现场检查发现 D2RIS052VP 仅能开启到 25% 开度, 电气手动操作该阀门后再次开启该阀能够全开, 随后再试验该阀多次, 能够全开全关, 继续执行 PT2RPB015 合格。高压安全注入系统不可用 1.9 小时·列。

(4) 9 月 29 日更换 D2RIS052VP 电动头, 导致高压安全注入系统不可用 3.6 小时·列。对更换下来的电动头进行检查解体, 现场观察力矩开关传动杆动作后没有返回, 传动机构有卡涩现象。已完成根本原因分析, 个别部件异常疲劳, 非共模故障。

2006 年处理高压安全注入系统相关的其他主要工作:

(1) 完成处理 D1RIS 浓硼回路循环流量降低及 D1RIS021BA 硫酸根异常问题;

(2) 推动大亚湾核电站和岭澳核电站取消 RIS001AG 的改进措施, 已获 PEC 通过, 预计岭澳核电站 1 号机组第五次大修后实施;

(3) 进行 RCV 上充泵电机空气冷却器附近厂房空间限制而导致更换上充泵电机时增加高压安全注入系统不可用的改进可行性分析, 已确定初步方案并进行现场测量初步尺寸, 该



改造将提高对高压安全注入系统的持续可靠性有非常重要的意义, 2007 年将继续推动该改造的完成。

### 3. 应急柴油发电机组

2006 年, 电站两台机组应急柴油发电机组 WANO 指标统计值为 0.001 0 (不可用 34.91 小时·列), 可用率水平较 2005 年有所下降, 导致系统不可用的主要异常如下:

(1) 8 月 22 日 D1LHQ 执行 PT1LHQ001 时 430CE 故障导致 001MO 单机运行事件处理, 不可用 9 h。

(2) 8 月 29 日 D2LHP 执行 PT2LHP001 时 250SC 故障误发超速信号, 导致 D2LHP 柴油机保护停机, 不可用 8.43 h。

(3) 9 月 5 日更换 D2LHQ500SC, 导致 D2LHQ 柴油机不可用 2.1 h。

(4) 10 月 10 日更换 D1LHP750SC, 导致 D1LHP 柴油机不可用 1.72 h。

(5) 10 月 24 日校验 D2LHP411XK, 导致 D2LHP 柴油机不可用 2.15 h。

(6) 11 月 10 日 D1LHP212VN 预热冷却水管道焊缝边缘裂纹处理, 导致 D1LHP 柴油机不可用 11.43 h。

(7) 12 月 28 日隔离更换 D2LHQ855MT, D2LHQ 柴油机不可用 0.08 h。

## 2.2.3 安全相关设备不可用状态 (Io) 跟踪

2006 年, 针对大亚湾核电站两台机组的第一组及第二组安全相关设备的不可用次数、不可用持续时间以及第一组安全相关设备的不可用消耗比等指标进行跟踪统计。

2006 年大亚湾核电站年第一组随机安全相关设备不可用年累计消耗比单机组目标限值仍为 6.5。全年实际结果是, 大亚湾核电站 1 号机组的累计第一组安全相关设备随机不可用 (Io) 消耗比为 7.67, 大亚湾核电站 2 号机组为 4.52, 1 号机组超过了目标值。主要设备随机故障有: 9DVN 通风系统故障造成全年消耗比最大为 2; 1VVP 安全阀定值超差及 VVP104AR 漏气造成全年消耗比为 1.12; 1RPN020MA 异常波动造成全年消耗比为 0.94; 1RIS021BA 滤网吹扫造成全年消耗比 0.36; 1RPN040MA SMBNB2 模块故障造成全年消耗比为 0.477; 2LHP250SC 故障及 LHP411XK 校验等造成全年消耗比 0.24; 2VVP 安全阀定值超差造成全年消耗比 0.18。

### 1. 第一组安全相关设备不可用情况

第一组安全相关设备不可用次数、不可用累计消耗比按月分布情况如表 2.2.3-1 和表 2.2.3-2 所示。

表 2.2.3-1 第一组安全相关设备不可用次数逐月分布情况

月 份		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全厂	当月次数	89	99	76	43	116	112	65	85	87	86	93	81
	累计次数	89	188	264	307	423	535	600	685	772	858	951	1032
1号 机组	当月次数	46	57	46	3	79	75	30	48	35	49	40	37
	累计次数	46	103	149	152	231	306	336	384	419	468	508	545
2号 机组	当月次数	43	42	30	40	37	37	35	37	52	37	53	44
	累计次数	43	85	115	155	192	229	264	301	353	390	443	487

表 2.2.3-2 第一组安全相关设备不可用消耗比逐月分布情况

月 份		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全厂	当月总消耗比	2.94	1.20	0.76	1.26	1.89	3.30	3.20	4.43	2.02	4.12	1.43	1.36
	当月随机消耗比	1.71	0.39	0.09	0.80	0.19	2.20	0.7	1.73	0.60	3.16	0.33	0.27
1号 机组	当月总消耗比	1.91	0.83	0.55	0.00	1.02	2.34	1.72	2.03	1.15	2.22	0.69	0.71
	当月随机消耗比	1.44	0.37	0.04	0.00	0.15	1.99	0.6	0.72	0.26	1.62	0.33	0.15
2号 机组	当月总消耗比	1.03	0.37	0.21	1.26	0.87	0.96	1.49	2.40	0.87	1.90	0.74	0.65
	当月随机消耗比	0.26	0.02	0.05	0.80	0.04	0.21	0.1	1.01	0.34	1.55	0.00	0.12

2006年大亚湾核电站1号和2号机组第一组Io不可用次数分别为545次和487次。在两台机组全年共发生的1032次第一组Io不可用中,计划不可用858次,占总数的83.1%;计划不可用的消耗比累计为13.95,占累计消耗比的49.98%。

## 2. 第二组安全相关设备不可用情况

2006年第二组安全相关设备不可用总体情况如表2.2.3-3所示。

表 2.2.3-3 第二组安全相关设备不可用总体情况

		一季度	二季度	三季度	四季度	2006年总计
1号机组	随机次数	71	126	88	92	377
	计划次数	198	177	200	221	796
	总次数	288	316	289	320	1213
	总时间	2624	1946	1621	2069	8260
2号机组	随机次数	81	47	68	71	267
	计划次数	164	179	203	200	746
	总次数	250	234	273	276	1033
	总时间	1909	1227	977	2094	6207

2006年,大亚湾核电站1号和2号机组第二组Io不可用次数分别为1213次和1033次。在两台机组全年共发生的2246次第二组Io不可用中,随机不可用644次,占总数的28.67%。

2006年各系统的第二组安全相关设备随机不可用次数排序统计结果如表2.2.3-4所示(表中只列出两台机组随机不可用次数较多的10个系统)。

表 2.2.3-4 第二组安全相关设备随机不可用次数排名前10个系统的统计结果

1号机组		2号机组	
系统	随机不可用次数	系统	随机不可用次数
KRT	90	KRT	52
JDT	77	JDT	45
DV*	42	RGL	24
JP*	26	DEG (DEL)	21

续表

1号机组		2号机组	
系统	随机不可用次数	系统	随机不可用次数
L**	16	DV*	19
LSS	15	JP*	17
APG	12	PAMS	13
DEG (DEL)	13	TEG	11
PAMS	10	LHS	7
REN	8	APG	7

注：L\*\*为交、直流供电系统，DV\*为DVN，DVE，DVL等通风系统，JP\*为JPP，JPV，JPT等消防水系统。

从表中的统计结果来看，出现随机不可用次数较多的系统主要是KRT，JDT，LSS，RGL，KRT，DEG(L)，PAMS，L\*\*，DV\*和APG等系统。可以看出，两台机组JDT，KRT系统故障造成的随机不可用次数最多；1号机组LSS系统故障、2号机组RGL棒位指示故障也比较典型，其他方面，两台机组的消防水系统故障、通风系统以及APG系统的故障仍比较多。

## 2.2.4 定期试验

### 1. 大亚湾核电站定期试验年度主要工作概述

2006年大亚湾核电站共执行GOR定期试验5673项，其中电气定期试验38项，仪表定期试验456项，静机定期试验3项，化学定期试验560项，土建防腐定期试验8项，辐射防护定期试验161项，运行定期试验2798项，性能定期试验1506项，燃料物理定期试验143项。在全年定期试验执行过程中，运行定期试验一次不成功试验有21项，在试验中有异常的试验100项。全年执行的定期试验等效项目共计52项。

出版2号机组第十二次大修定期试验和2号机组第二个十年换料大修定期试验运行大纲。召集各部门定期试验负责人对1号机组第十一次大修与日常交接期间的定期试验项目进行了有效安排和跟踪，保证了交接过渡期间试验安排符合监督要求的规定。

根据2006年定期试验执行情况，同时结合各部门的试验反馈，在遵守定期试验监督大纲要求的前提下，OPP组织电气、仪表、运行、性能、辐射防护、安全监督工程师对2007年年度定期试验部分项目进行了优化。优化项目包括：燃料科试验RPN11与RPN14试验的时间间隔调整为2天，保证了堆芯参数的计算时间，机组大修后RPN试验起始点，仍旧重新计算；OPO试验PT2RPB010试验基准点向后调整一天错开PT2LLS001/002试验。

### 2. 定期试验执行情况统计

该统计见表2.2.4-1。

### 3. 全年定期试验一次不成功的项目

1, 0, 9号机组一次不成功试验项目主要有：PT1RGL002，PT1LHP001，PT1RPB44，PT0LHS002；PT9DVN001，PT9DVN004，PT1LHQ001；PT1LLS002，PT1RPA011，PT1CFI004，D1VVP-9004VV重新使用已经标定合格的TESON装置对D1VVP和D1VVP安全阀压力定值校核，发现两个安全阀D1VVP103VV和D1VVP118VV定值超差；PT1RPE001等试验。

表 2.2.4-1 2006 年度各专业 GOR 定期试验总体执行情况统计

专业		MIC	MEE	TTS/TP	TTS/TF	OPH/HR	OPO	合计
计划	1, 0, 9 号机组	192	20	700	64	107	1 475	2 558
	2 号机组	264	18	806	79	54	1 323	2 544
执行	1, 0, 9 号机组	192	20	700	64	107	1 475	2 558
	2 号机组	264	18	806	79	54	1 323	2 544
合格	1, 0, 9 号机组	192	20	700	64	107	1 475	2 558
	2 号机组	264	18	806	79	54	1 323	2 544
异常	1, 0, 9 号机组	10	1	3	0	0	35	50
	2 号机组	4	0	0	1	0	45	50
超期	1, 0, 9 号机组	0	0	0	0	0	0	0
	2 号机组	0	0	0	0	0	0	0
一次不成功	1, 0, 9 号机组	1	1	0	0	0	12	14
	2 号机组	0	0	0	2	0	5	7
利用裕度项数	1, 0, 9 号机组	2	0	1	0	0	2	5
	2 号机组	0	1	0	0	0	2	3
一次成功率/%	1, 0, 9 号机组	98.9	95.5	100.0	100.0	100.0	99.2	99.5
	2 号机组	100.0	100.0	100.0	98.8	100.0	99.6	99.7
无异常率/%	1, 0, 9 号机组	95.5	95.5	99.6	100.0	100.0	97.6	98.0
	2 号机组	98.5	100.0	100.0	97.5	100.0	96.6	98.0

2 号机组一次不成功试验项目主要有：D2VVP 安全阀试验，D2VVP103/105/106/107VV 的定值不满足，PT2DVC001，PT2LLS002，PT2RPA045，PT2LHQ001，D2RPN020MA “注量率变化率高”信号的定值存在偏差等试验。

#### 4. 定期试验在执行过程中反馈及优化

(1) 2006 年 12 月 15 日，按计划安排执行 PT2RPB012 试验，同时又安排了转机处对 2RCV002PO 加润滑油工作。因 2RCV002PO 加油后需要连续运行 48 小时，但执行 PT2RPB012 时短时间停运 2RCV002PO，这样再启动 2RCV002PO 有损坏轴承的风险，执行时重新调整了 PT2RPB012 及 2RCV002PO 润滑工作。根据反馈修改了定期试验数据库，清理 6.6 kV 泵的相关润滑项目，将定期试验及相关的转动设备润滑合理优化。

(2) 2006 年 12 月 4 日，执行 1DVK 正常通风系统全停的预防性检修工作。当天又安排了 PT1RPB025 通过 RPB616CC 的安全壳隔离阶段 A 信号试验。该试验执行要求 1DVK 正常通风系统可用，根据反馈修改 PT1RPB025 定期试验数据库及 DVK 预防性检修数据库。

(3) VVP100-120VV 等 21 个安全阀校验，向电网申请降功率窗口调整到 24 h。因目前与电网沟通要求严格及准确，每年安排静机对 VVP 21 个安全阀的校验工作，由原来向电网申请 36 h 降功率窗口，调整到 24 h 降功率窗口。

### 2.2.5 瞬变统计

瞬变统计是核电站反应堆寿期控制的一项重要内容，也是与核安全密切相关的一项重要

内容,因此根据相关规定,必须对核电站运行年限内的各类瞬变进行统计。

2006年大亚湾电站两台机组的瞬变消耗正常。机组运行稳定,正常运行期间较少发生瞬变消耗,主要是几次正常的功率升降而引起的3.1号和4.1号瞬变;主要和重要的瞬变均发生在两台机组大修期间,但瞬变消耗均在设定目标内。

### 1. 2006年主要瞬变消耗

根据不同工况,瞬变可分为4类:1类为设计工况;2类为一般运行工况及中等概率事件(如升、降功率);3类为小概率事件(如一回路小破口);4类为极小概率事件(如一回路大破口)。全部瞬变共100余种,主要瞬变有以下几种:反应堆升温降温、升降功率、速降功率、停堆、化学容积控制系统上充下泄流量变化、余热导出系统投运、安全阀的动作等。最近五年大亚湾核电站机组的主要瞬变消耗见表2.2.5-1。

表2.2.5-1 最近五年大亚湾核电站机组的主要瞬变消耗

瞬变代码	简要描述	2002年		2003年		2004年		2005年		2006年		累积消耗 <sup>1)</sup>		设计限值
		1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	
1.1	开盖后的升温	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	17	13	80
1.2	未开盖后的升温	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	18	15	120
2	反应堆降温	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0	34	27	200
3.1	升功率	3	7	6	5	3	1	0	1	3	2	136	121	9 800
4.1	降功率	2	6	7	4	3	1	0	1	4	1	102	106	9 920
21.1	紧急停堆,有正常导热条件	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	17	230
32.1	上充增加50%	9	8	3	2	1	2	0	3	0	0	348	282	12 000
32.2	上充最大增加	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	85	82	300
33	上充减少50%	13	19	13	6	8	6	0	3	5	1	519	479	12 000
35	关闭第二个孔板,中等幅度	2	7	5	6	2	4	0	3	4	0	90	75	11 200
36	关闭第二个孔板,大幅度	0	3	2	1	1	1	0	1	0	0	56	63	800
37	下泄关闭后打开,上充不变	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	37	220
38	上充、下泄同时关闭后同时打开	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	10	200
70	一回路水压试验	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	200

注:1) 累积消耗为1994年至2006年的累加统计量。

### 2. 趋势预测及改进意义

近几年由于运行人员较高的操作水平,瞬变消耗总的趋势在减少,没有因操作而导致严重瞬变发生,这对于延长反应堆寿命有很大的好处。另外,18个月换料后,由于多数瞬变

消耗发生在大修期间，随着大修周期的延长，瞬变平均年消耗率也相应降低。如果机组不发生大的故障，瞬变消耗情况将保持良好状态。

根据年预测消耗的次数，用设计限值的 75% 减去商业运行后已消耗的次数，可以推算出其中消耗较大的几个瞬变的剩余寿期如下：

表 2.2.5-2 瞬变的剩余寿期预测

代码	描述	预测剩余年限 (1号机组/2号机组)
1.1	反应堆升温（打开反应堆冷却剂系统以后）（3年预测消耗2次）	67年/73年
2	反应堆降温（3年预测消耗2次）	184年/192年
32.2	上充流量最大程度增加（年预测消耗2次）	91年/100年
42	系统（RRA）启动（年预测消耗2次）	61年/62年

### 3. 2006年发生的重要瞬变

大亚湾核电站1号机组瞬变代码70：大亚湾核电站1号机组第十一次大修（十年大修）一回路水压试验（限值10次），试验在4月21日8:00开始，持续时间25h。

## 2.2.6 执照运行事件

### 1. 执照运行事件历年数量统计

从商业运行到2006年12月底为止大亚湾核电站已产生296起执照运行事件，其中人因事件106起，统计分析见表2.2.6-1至表2.2.6-3。

表 2.2.6-1 历年执照运行事件数统计

年 份	1号机组		2号机组		合 计
	人因	设备	人因	设备	
1993	40	22	5	0	67
1994	16	12	16	9	53
1995	7	10	13	5	35
1996	5	7	13	1	26
1997	7	0	5	2	14
1998	7	3	4	1	15
1999	3	5	4	5	17
2000	4	3	7	2	16
2001	3	6	5	1	15
2002	4	3	3	1	11
2003	3	2	5	1	11
2004	3	0	6	1	10
2005	2	0	1	1	4
2006	2	0	0	0	2
合计	106	73	87	30	296

表 2.2.6-2 执照运行事件数量按机组状态分布

机组状态	1号机组		2号机组		合计
	人因	设备	人因	设备	
商业运行前	40	24	19	9	92
商业运行至2006年	66	49	68	21	204
合计	106	73	87	30	296

表 2.2.6-3 两电站各类事件数量对比

电 站		24小时事件数			内部运行事件数			执照运行事件数			重发事件数		
		2004年	2005年	2006年	2004年	2005年	2006年	2004年	2005年	2006年	2004年	2005年	2006年
岭澳核电站	人因	803	529	800	27	29	14	2	3	2	2	3	0
	设备	1996	2373	3099	47	40	24	3	2	0	5	4	1
大亚湾核电站	人因	644	656	959	39	26	19	9	3	2	2	3	1
	设备	1979	2413	4423	35	26	46	1	1	0	6	2	5
岭澳核电站		2799	2902	4745	74	69	38	5	5	2	7	7	1
大亚湾核电站		2623	3069	6320	74	52	65	10	4	2	8	5	6

由表 2.2.6-1 可见, 从大亚湾核电站投产以来, 执照运行事件数量基本一直呈下降趋势, 到 2006 年已比 2005 年减少一半多, 其中人因事件数量的减少占主要因素。表 2.2.6-3 反映出在大亚湾核电站的执照运行事件数量中商业运行前的数量占有相当大的比例, 由商业运行前的 92 起执照运行事件减至 2006 年的 2 起, 反映出了电站管理水平不断提高。

## 2. 自动停堆执照运行事件数量对比

2006 年大亚湾核电站两台机组均实现了零停堆事件的良好业绩, 创造了大亚湾核电站 1 号机组无非计划自动停堆安全运行 1648 天, 2 号机组在第十一循环不停机不停堆连续运行 485 天的安全生产新纪录。两电站功率循环运行中的自动停堆数量统计如图 2.2.6-1 所示。

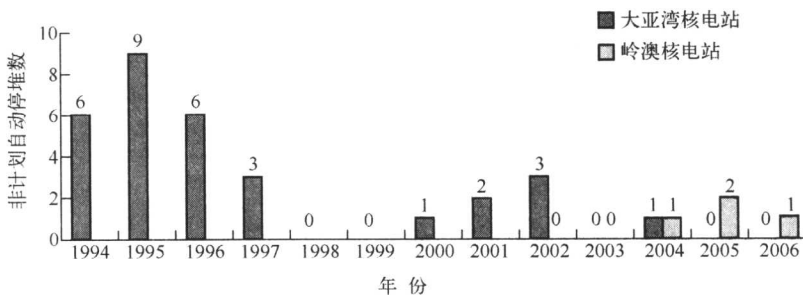


图 2.2.6-1 两电站非计划自动停堆次数对比

## 3. 执照运行事件的分级对比

根据国际核事件分级 INES 方法, 2006 年大亚湾核电站发生的 2 起执照运行事件中有 1 起是 1 级事件, 1 起是 0 级事件, 详见第 7 章 7.9.1 节的大亚湾核电站运行事件列表。大亚湾核电站过去 4 年执照运行事件数量按事件分级情况参见表 2.2.6-4。

表 2.2.6-4 执照运行事件分级统计

事件分级	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
0 级	11	8	3	1
1 级	0	2	1	1
事件总数	11	10	4	2

2006 年的 1 级执照运行事件是“使用误差超出规范值的试验装置标定大亚湾核电站 1 号机组和 2 号机组 VVP 安全阀”，其潜在后果是“试验装置存在偏差，将导致 VVP 安全阀试验结果不可信，部分 VVP 安全阀压力整定值超出标准”。因其是共模事件而被定为 1 级事件。

#### 4. 执照运行事件按 HAF 报告准则分布

大亚湾核电站自 2003 年起发生的执照运行事件按国家核安全局颁布的准则分布如表 2.2.6-5。

表 2.2.6-5 执照运行事件按 HAF 报告准则分布

HAF 报告准则	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
准则 1	6	8	3	1
准则 2	—	1	—	—
准则 3	—	—	—	—
准则 4	—	—	—	—
准则 5	2	—	1	—
准则 6	1	1	—	1
准则 7	—	—	—	—
准则 8	—	—	—	—
准则 9	2	—	—	—
合计	11	10	4	2

注：准则 1 违反核电厂技术规范书的事件。

准则 2 导致核电厂安全屏障或重要设备性能受到严重损害或出现下列工况的事件：明显危害安全的没有分析过的工况、超出核电厂设计基准的工况、在核电厂运行规程或应急规程中没有考虑的工况。

准则 4 导致专设安全设施和反应堆保护系统自动或手动触发的事件（预先安排的这类试验除外）。

准则 5 任何可能妨碍构筑物或系统实现下列安全功能的事件：停堆或保持安全停堆、排出堆芯余热、控制放射性物质释放、缓解事故后果。

准则 6 导致多个独立的具有下列功能的系统、序列或通道同时失效的共因事件：停堆或保持安全停堆、排出堆芯余热、控制放射性物质释放、缓解事故后果。

准则 9 其他准则未包括的，但国家核安全局和营运单位认为对安全有影响或为公众所普遍关注的其他事件。

上表显示表明，大多执照运行事件以符合准则 1 的事件为主，尤其是近几年。2003 年和 2005 年都有符合准则 5 的事件，说明在停堆或保持安全停堆、排出堆芯余热、控制放射性物质释放和缓解事故后果方面值得研究。

#### 5. 运行事件按事件原因比例分布

从连续四年的执照运行事件原因性质分布可见，人因执照运行事件在比例上总是比较高，尽管 2003 年和 2005 年有所下降，但导致执照运行事件的大多是人因，这与界定执照运行事件的准则有关，一般是违反技术规范等的事件容易导致执照运行事件。在 2004 年



“5·19”、“7·10”事件之后电站在防人因失误、提高安全文化水平方面所做的努力初见成效。2006年的2起人因执照运行事件是与管理相关,但总体数量在减少。见表2.2.6-6。

表 2.2.6-6 执照运行事件按事件性质分布

事件性质	2003 年		2004 年		2005 年		2006 年	
	事件数	分布率/%	事件数	分布率/%	事件数	分布率/%	事件数	分布率/%
人因	8	72.7	9	90.0	3	75.0	2	100
设备故障	3	27.3	1	10.0	1	25.0	0	0.0
总计	11	100	10	100	4	100	2	100

2006年大亚湾核电站执照运行事件根本原因按 WANO 2001 年版原因因素分布见表 2.2.6-7。

表 2.2.6-7 执照运行事件人因根本原因分布

WANO 原因因素代码	0217	1120
数量	1	1

注: 0217 缺乏质疑态度;

1120 电厂政策、导则、管理目标、行政管理没有得到执行。

由上表可见,缺乏质疑态度和违规是引发人因执照运行事件的主要原因,这和过去的情况类似。需要加强员工程序意识和防人因失误工具的使用。

## 6. 执照运行事件按大修和功率运行期间的分布

该统计见表 2.2.6-8。

表 2.2.6-8 执照运行事件按大修和功率运行期间的分布

年份	大修期间		功率运行期间		运行事件合计
	人 因	设 备	人 因	设 备	
2002	1	1	3	6	11 (大修占 18%)
2003	5	0	3	3	11 (大修占 45%)
2004	6	1	3	0	10 (大修占 70%)
2005	1	0	2	1	4 (大修占 25%)
2006	1	0	1	0	2 (大修占 50%)
合计	14	2	12	10	38

2006年和2005年发生在大修中的执照运行事件明显减少。

## 2.2.7 经验反馈

### 2.2.7.1 内部运行事件经验反馈

2006年大亚湾核电站共发生内部运行事件65起。

#### 1. 历年内部运行事件按机组分布及人因事件比例

该统计见表 2.2.7.1-1。

表 2.2.7.1-1 历年内部运行事件数统计

年 份	机 组			人因比例/%
	1 号机组	2 号机组	合 计	
1996	18	15	33	64
1997	46	64	110	50
1998	84	60	144	55
1999	50	58	108	45
2000	80	77	157	50
2001	87	49	136	54
2002	70	44	114	46
2003	66	50	116	53
2004	44	30	74	53
2005	22	31	52	50
2006	49	16	65	29

## 2. 内部运行事件按机组分布

该分布见表 2.2.7.1-2。

表 2.2.7.1-2 大亚湾核电站 2006 年内部运行事件按机组统计

内部运行事件	机 组	人 因	设 备	合 计
	0	3	7	10
1	10	27	37	
9	2	0	2	
2	4	12	16	
合计	19	46	65	

## 3. 大亚湾核电站 2006 年内部运行事件按大修、功率运行分布

该分布见表 2.2.7.1-3。

表 2.2.7.1-3 大亚湾核电站 2006 年内部运行事件按大修、功率运行统计

内部运行事件	人 因		设 备		合 计
	大修	功率运行	大修	功率运行	
1 号机组	5	10	6	28	49
2 号机组	1	3	0	12	16
合计	6	13	6	40	65
合计	19		46		人因比例 29%

注：0 号和 9 号机组数据包括在 1 号机组中。

2006 年大修中产生的人因 IOE 较 2005 年有大幅下降，约为 2005 年的一半，但 A 类人因 IOE 数量与 2005 年相当。2006 年产生的设备 IOE (46 起) 比 2005 年 (26 起) 有大幅上

升, 2006 年的 A 类设备 IOE 数量 (22 起) 也比 2005 年 (3 起) 有大幅上升。2006 年人因 IOE 比例较 2005 年有大幅下降。

#### 4. 重发内部运行事件统计

在大亚湾核电站 2006 年的 65 起内部运行事件中有 6 起被认定为重发事件, 占总数的 9.2%, 所占比例与 2004 年的 10.8%, 2005 年的 9.6% 相差不大。大亚湾核电站近三年重发事件数量比较见表 2.2.7.1-4。

表 2.2.7.1-4 重发内部运行事件数量统计

年份	2004	2005	2006	合计
人因重发事件数	2	3	1	9
设备重发事件数	6	2	5	20
合计	8	5	6	29

重发内部运行事件清单见表 2.2.7.1-5。

表 2.2.7.1-5 2006 年大亚湾核电站重发内部运行事件清单

事件编号	事件名称	原因分类
IOER-1-20060006	D1LGB001TB 由主变压器倒辅助变压器供电不成功	设备
IOER-1-20060012	热洗衣房 DOSBE005WW 烘干机冒烟	设备
IOER-1-20060013	D1STR001TX 发现原修复的焊缝裂纹再次出现裂纹	设备
IOER-1-20060031	0LHS 第五台柴油机不明原因自动启动	设备
IOER-1-20060040	D1RGL N11 棒组动力电源保险在执行 RGL02 试验中烧毁	设备
IOER-2-20060010	D2RPN013/023MA 定值调整错误	人因

#### 5. 人因内部运行事件统计分析

2006 年, 大亚湾核电站共发生 19 起人因内部运行事件。事件相关责任部门统计如图 2.2.7.1-1, 由于个别事件在调查中无确定责任人, 所以按相关责任部门统计的数量总和小于事件总数。另外, 承包商责任的事件计入其专业对口处。

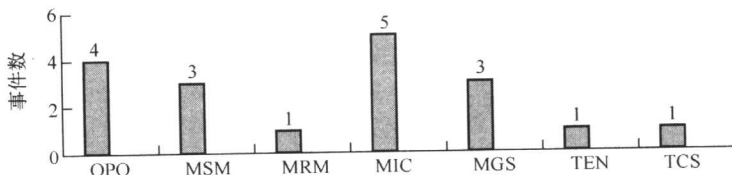


图 2.2.7.1-1 2006 年大亚湾核电站人因内部运行事件责任部门分布

2006 年大亚湾核电站人因内部运行事件中 OPO 和 MIC 的人因事件约占总人因事件的一半, 与 2005 年相比 MRM 有很大改进, 而 MIC, MSM 人因事件数量较去年上升。

2006 年大亚湾核电站人因内部运行事件按生产活动分布如图 2.2.7.1-2 所示。

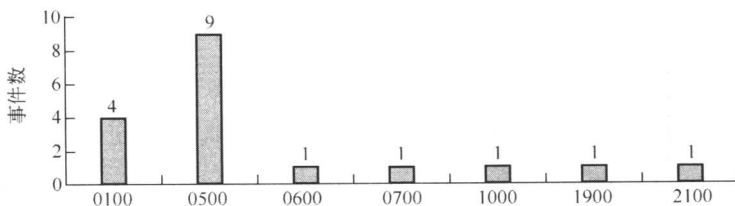


图 2.2.7.1-2 2006 年大亚湾核电站人因内部运行事件按生产活动分布  
0100—运行活动 0500—现场维修活动 0600—编写维修完工报告 0700—设备运输  
1000—改造 1900—合同管理 2100—物项替代管理

2006 年大亚湾核电站人因内部运行事件中人因失误按其外在表现（故障症状）分类统计如图 2.2.7.1-3 所示。人的失误症状中检修中的人因失误最多，主要表现在检修活动对运行造成影响、检修工作中造成设备损坏、检修工作造成数据超标。

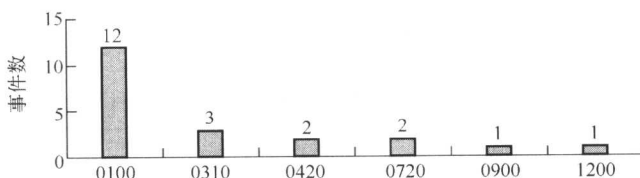


图 2.2.7.1-3 2006 年大亚湾核电站人因内部运行事件按症状分布  
0100—检修方面人的故障 0310—运行方面人的故障 0420—设备状态无故改变  
0720—对已发现问题处理不足 0900—改造中出现的问题 1200—故意造假

2006 年大亚湾核电站人因内部运行事件的根本原因按 WANO 的分类标准分布如图 2.2.7.1-4 所示。由图可见绝大多数原因分布于工作实践类，在此类原因中主要是违反程序、缺乏质疑态度、不注意细节、未执行独立验证或无效。

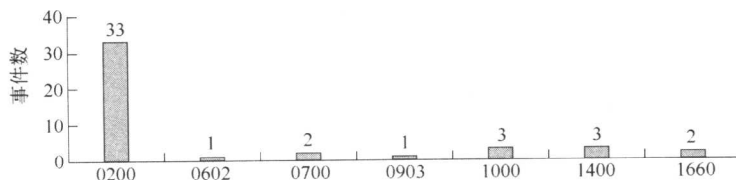


图 2.2.7.1-4 2006 年大亚湾核电站人因内部运行事件按根本原因分布  
0200—工作实践 0602—未进行专用工具（设备）使用的培训 0700—规程、制度和文件问题  
0903—现场各相关部门协作不力 1000—人员本身因素 1400—决策过程问题 1660—变更相关文件修改不足

## 6. 设备内部运行事件统计

2006 年，大亚湾核电站产生设备原因内部运行事件 46 起，而被定为 A 类的就有 22 起，所涉及的系统比较分散，有 43 个系统之多。其中故障多发的系统为 ARE，LHP，LHQ，RCV，RCP，RGL。

2006 年大亚湾核电站重要设备原因导致的内部运行事件如下：

- (1) 1 月 11 日，功率运行负荷变化情况下 D2RCP002VP 卡在部分开启位置；

- (2) 5月16日, D1RPN020MA 阶跃下降触发注量率变化高报警;
- (3) 5月15日, 功率运行期间 D1EVC043MT 温度高达 74℃;
- (4) 6月17日, 小修解列时 D1GSY001JA 主控制室无法手动断开;
- (5) 5月12日, D1GME037MV 探头损坏导致汽轮机推力瓦磨损指示异常波动;
- (6) 6月26日, D2ARE408RC 指示 2ARE033VL 开度在 55% 和 70% 之间频繁变化;
- (7) 7月19日, D1RPN 功率量程 SMBNB 通道隔离模块故障;
- (8) 7月30日, D2ARE031VL 定位器密封垫片失效导致漏气;
- (9) 8月25日, 2号机组主控制室出现 RCP415AA 报警, 操纵员查 KIT 显示发现 2RCP003PO 下部油箱油位低;
- (10) 9月12日, D1GST 系统漏氢且有增大的趋势;
- (11) 9月5日, D2PTR001BA 底部钢板与水泥基础之间的橡胶密封圈向外渗水;
- (12) 10月14日, 1号发电机定子 100% 接地保护测量值最高达到 16%;
- (13) 10月31日, D1RGL 系统 N11 棒组动力电源保险在执行 RGL02 试验中烧毁;
- (14) 10月27日, D1GRH093MT 温度缓慢上升确认为发电机线棒温度高。

### 2.2.7.2 外部事件经验反馈

外部经验反馈的目的是, 及时收集、筛选、报告、分析同行电站所发生的事件或者良好实践, 将国内外核电站发生的有借鉴意义的事件或经验及时反馈给电站相关部门, 以便从中汲取教训或采取预防措施, 防止类似事件在电站发生, 从而提高电站机组的安全可靠运行水平, 用于电站的生产管理。同时, 还应将有意义的厂内事件按照行业组织的要求向外报告, 以提高世界同行业的经验反馈水平。

具体来说, 外部经验反馈主要从外部事件筛选和反馈以及外部事件查询等方面着手进行。2006年外部事件筛选和反馈方面延续了2005年的做法, 即由 OPL 经验反馈科和 OPE 外部技术反馈组分别从 WANO, EDF, CID 及 FROG 等途径收集、预筛选、翻译并汇总后提交给 CAP-Team 讨论, 以决定哪些事件需要反馈, 以何种方式反馈、具体反馈哪方面问题及由哪个(些)部门反馈, 每月进行一次。反馈方式仍分为编写 EOER (外部运行事件报告)、FA (与电站作比较分析后给出的外部事件反馈单) 及 FI (只作为信息参考) 等三种方式, 对于 EOER 及 FA 的编写以及 EOER 行动的执行都已纳入 CIS 任务督办系统中进行跟踪。

#### 1. 外部事件筛选

同往年一样, 2006年每月进行一次外部事件筛选, 共筛选出 131 个事件。其中从 CID 数据库中 (EDF 根据购买合同每月提供一张数据光盘) 选取了 108 个, 从 WANO 网站选取了 15 个, 从 CINNO 网站选取了 2 个; FROG 提供了 2 个, EDF 提供了 2 个, OPE 培训工程师提供了 1 个, EDF 顾问提供了 1 个, 共讨论确定 6 个外部运行事件 (EOE), 75 个 FA (与电站作比较研究后作出答复), 111 个 FI (作为信息参考)。每次的筛选结果都已及时在 CIS 通知公告栏中作了公布, 2006年 6 个 EOE 见表 2.2.7.2-1。

选自 CID 数据库的 5 个 EOE 中有 4 个是由原来的 FA 升版而来, 之所以升版, 是由于这 5 个 FA 中包含了需要跟踪的纠正措施。升版为 EOE 后, 这些纠正措施就能纳入到 CIS 任务督办跟踪系统中进行有效跟踪, 并使之在规定期限内得到有效落实完成。

表 2.2.7.2-1 2006 年外部运行事件一览表

事件编号	事件名称	事件来源	事件类别
EOER0601	EDF Nogent-Seine 电站 MX 厂房被淹	EDF 顾问	NOGENT 电站
EOER0602	在进行 RPR 定期试验时没有遵守运行技术规范, 接连打开 ETY003-010VA	CID	TRICASTIN 0 号机组 (900 MW) 电厂运行事件
EOER0603	轴卡涩导致 2 个 RAM 断路器的合闸和跳闸功能失效	CID	CHINON B 电站 4 号机组 (900 MW) 经验反馈事件
EOER0604	由于 PTR 22 PO 跳闸导致 KX 厂房冷却中断	CID	法国 SAINT ALBAN 电站 1 号机组 (1300 MW) 电站运行事件 (INES 0 级)
EOER0605	燃料操作过程中两个燃料组件相碰	CID	法国 CATTENOM 电站 1 号机组 (1300 MW) 电站运行事件 (INES 1 级)
EOER0606	安全阀 GSS024VV 突然打开并发出巨响	CID	GOLFECH 电站 1 号机组 (1300 MW) 环保相关事件

## 2. 外部事件反馈的有效性

2006 年 6 份外部运行事件的反馈对电站的管理及规程等方面都有了一定的改进和完善作用。此外, 针对外部运行事件报告中提出的问题, 电站已在相关的标准工作指令及工作包中增加了相应的检查要求, 并对大亚湾核电站和岭澳核电站出现的问题提出工作申请并在随后的大修中进行更换。

## 3. 外部经验反馈管理过程的改进

对于涉及到多部门的 SOER 或 SER, 相应的外部运行事件报告由 OPL 牵头编写, 写出的报告大都存在这样的问题, 即: 报告中的纠正行动都无法在电站得到落实或者很难执行。这就影响了 SOER 或 SER 报告中的建议行动在电站里的落实情况, 这样一来, WANO 同行评审也就无从评起。

针对这一问题, CAP-Team 讨论决定, 对于涉及到多部门的 SOER 或 SER, 相应的外部运行事件报告由执行部门牵头编写, 行动也由相关执行部门实施, 具体由哪个部门编写及各条行动的具体执行部门则由 CAP-Team 召集相关部门讨论决定。对于仅与某一专业部门相关的 SOER 或 SER, 其外部运行事件报告仍由这一专业部门编写报告并完成纠正行动。

另外, 以往从起草外部运行事件通告单到外部运行事件报告编写的整个流程, 并没有像执照运行事件和内部运行事件一样纳入经验反馈系统 (EFS)。而是通过 DAMI 系统流转, 这既不便于查询, 也不便于管理。因此, CAP-Team 讨论决定在 2007 年的经验反馈系统升级后将外部事件也纳入到 EFS 系统, 即将所有的执照运行事件报告、内部运行事件报告和外部运行事件报告都统一在一个平台下, 这样便于工作和管理。同时, CAP-Team 研究决定将每年向 WANO 巴黎中心提供的 8 份外报事件分阶段递交, 即每季度向 WANO 组织递交 2 份外报事件, 而不是像以往一样, 集中在某段时间递交 8 份外报事件。

## 4. 外部事件查询

外部事件查询工作取决于现场工作的需求。当现场出现新的难以处理的问题时, 有关部门有时就会寻求外部经验反馈方面的支持, 电站就会从 WANO 和 CID 数据库或者 EDF 顾问

两个方面着手，其中 WANO 和 CID 数据库这条渠道包括查询 WANO 网站事件库和 CID 历史数据库及通过 WANO 巴黎中心向各成员电站进行咨询，或者向 EDF 顾问了解有关法国电站方面的经验及询问更详细的事件信息。如《由于 PTR22PO 跳闸导致 KX 厂房冷却中断》外部事件中因为缺乏相关信息，而影响了执行部门进行有效判断和分析，通过咨询 EDF 顾问，使我们能更好地将发电站情况同大亚湾核电站和岭澳核电站进行对比分析，找出缺陷所在，从而制定相应的纠正行动。同样，电站也对《一贯穿件未执行局部泄漏率试验导致机组进入限制条件运行》和《气闸门仪表穿墙处的手动隔离阀处于打开位置》等外部事件进行了查询。

### 5. 外报事件

2006 年向 WANO 巴黎中心报送了以下 8 个事件：

- (1) 使用误差超出规范值的试验装置标定大亚湾核电站 1 号和 2 号机组 VVP 安全阀；
- (2) 功率运行负荷变化情况下 D2RCP002VP 卡在部分开启位置；
- (3) D2RPN 定期试验发现功率量程 4 个通道的功率变化率高定值变小；
- (4) D1LGB001TB 由主变压器切换到辅助变压器供电不成功；
- (5) 反应堆顶盖 CRDM-K14 上部渗透检查发现焊缝附近两处异常显示；
- (6) L2APP-B 泵驱动汽轮机 201TC 相关保温层缺陷导致消防系统喷淋动作；
- (7) 定位器故障使 L2CEX026VL 突然全开导致机组参数大幅波动；
- (8) L1GCT107VV 开度设置错误导致机组超功率。

上述 8 个事件中第 1 个事件定为电站执照运行事件 (LOE)，其余 7 个定为电站内部运行事件 (IOE)。

### 6. 关于中国核电运行信息网

由国防科工委牵头，核动力运行研究所负责开发的中国核电运行信息网 (CINNO) 在国内各核电厂的大力支持下于 2005 年投入运行，目前仍处于信息积累阶段。2006 年根据有关要求共向该网站提供了 3 份运行事件报告，80 份内部运行事件报告，两电站全年的 12 份生产月报及 4 台机组 2006 年全年的月度生产指标数据。

#### 2.2.7.3 电站纠正行动管理

##### 1. 2006 年事件相关的纠正行动总体概况

各类报告的纠正行动完成情况如表 2.2.7.3-1 所示：

表 2.2.7.3-1 事件相关的纠正行动完成情况统计

	LOER	IOER	EOER	RCA
应完成纠正行动数/项	33	275	17	39
按时完成纠正行动数/项	29	251	8	33
按时完成率/%	87.9	91.3	47.1	84.6

在 364 项纠正行动中，延期完成的有 40 项，占 10.9%。

##### 2. 2006 年事件相关的纠正行动的执行情况

2006 年事件纠正行动完成情况良好，没有发生超期未完成的情况。但我们关注到 364 项纠正行动中有 40 项申请了延期，延期的理由是多样的，有机组状态不允许做要求等待大修处理的，有需要继续做调查分析的，有需要外部支持的等。

2006 年制定了纠正行动超期严厉扣分制，同时给各处及时提醒完成期限（为此经验反馈部门与信息技术中心合作，共同开发纠正行动到期自动提醒功能）。纠正行动完成期限前 7 天就要求在期限内不能完成的尽快申请延期和在期限可以完成的尽快处理。

2006 年纠正行动总数比往年少，主要原因是 2006 年 IOE，LOE，RCA 的报告比往年少，纠正行动也相应减少。IOE，LOE 数量没有增加，也就是事件的纠正行动数量也没有增加，但 2006 年要求行动验证需要提供的材料比以往多。

随着新流程的使用和运作，纠正行动验证工作与以往历年比较有了较大的改进。纠正行动产生总量在逐渐减少，这也侧面反映出纠正行动有效性在逐渐提高，界定为 IOE 的事件也在减少。

超期完成总量比率比 2005 年有所增加。反映出个别部门对纠正行动完成工作还存在不足之处，也体现了 OPL 在验证方面把关更加严格了。2006 年出现 3 起超期完成的行动均为 MIC 在 11 月份产生的。

部分纠正行动提供的验证材料中工作项目与工作任务要求（工作任务题目）存在偏差，使验证存在困难。

### 3. 事件相关的纠正行动有效性评估中发现的主要问题

2006 年纠正行动中发现的主要问题：

#### (1) 部分报告编写人员提出的纠正行动内容不具体、范围过大

制定的纠正行动应该针对事件的根本原因提出改进具体措施防止事件重发，但检查中发现部分纠正行动内容不具体、空洞、范围很大，难以操作，对防止事件重发无实际意义，也使纠正行动验证关闭工作遇到困难。

#### (2) 部分涉及管理的纠正行动可操作性不强

当制定的纠正行动涉及管理上的问题时就感到有困难和忧虑，制定的纠正行动措施往往不具体、总是“学习反馈”之类的，不利于从管理措施上防止事件重发。

#### (3) 受专业知识和技能水平的影响，部分根本原因分析不完整

通过几次在 CARB 会议上汇报的事件分析，有些报告的事件根本原因分析及制定的纠正行动因受到专业知识和技能水平的影响，根本原因分析不完整，纠正行动出现偏差。

#### (4) 受专业技术限制，部分纠正行动验证困难

受自身专业限制部分设备事件的纠正行动专业性强，使验证人在验证时遇到困难，只能与纠正行动制定人员沟通、了解纠正行动，来判断行动的有效性，难以从专业的角度去评价行动的正确性。

#### (5) 部分执行部门提交完成纠正行动及时性不够

部分执行部门对纠正行动的完成提交较晚（行动任务到期前 1~2 天），留给验证人验证时间不足，遇到未通过验证的工作任务，易造成工作任务完成超期（2006 年 11 月份 MIC 的 3 起任务均因此原因产生）。

#### (6) 部分涉及多专业部门的纠正行动不完整

部分责任处为避免执行困难，只提出阶段性或本部门容易实施的纠正行动，只完成本部门的部分就提交完成。有的行动需要跟踪后续行动的完成情况，一些行动任务转给其他部门评价或执行后，不再进行跟踪完成情况或进展，易出现纠正行动无法彻底落实的现象。

#### (7) 部分纠正行动在制定或完成质量上存在问题

由于部分 LOER/IOER 报告质量并不太高，有的根本原因分析不正确，导致制定的纠正



行动不正确；或是制定的纠正行动有时并没有针对所分析的根本原因。

## 2.2.8 安全文化建设

2006年运营管理公司继续以安全文化与人因改进项目组为依托推进安全文化建设。2006年组织了一系列的安全文化全员培训。安全文化与人因改进项目组统一策划、统一安排、统一教材，分新员工培训、干部员工复训（含主要承包商）、高层管理研讨三个层面组织全员培训，并安排领导干部承担部分课程的授课工作。从2006年4月份开始，公司总经理部成员开始进行安全文化讲课活动。

2006年，根据运营管理公司五年发展计划安排，为减少人因失误，公司在安全文化理念落实和实践方面，组织了开发和推广应用人因工具卡项目。公司将分八个专题开发人因工具卡，并要求每位员工进入现场和工作时，携带和使用工具卡。

2006年4月26日是切尔诺贝利核事故二十周年。为抓住纪念切尔诺贝利核事故二十周年这一重要题材，经过安全文化与人因改进项目组的精心准备，在4月26日晚，运营管理公司在在大亚湾核电基地举办了一场200多人参加的大型纪念活动，全面回顾事故的发生过程和社会影响。包括国家核安全局副局长王俊在内的7位访谈嘉宾组成强大专家阵容，通过影像、图片、数据等历史资料，从多个角度向现场观众深入讲解了事故的技术原因、管理原因和文化原因，取得了较好的宣传效果。以此次活动为基础，运营管理公司还组织策划撰写了系列文章，于核安全月期间编辑出版了《核电人》专刊。

在“5·19”事件两周年之际，运营管理公司组织有关部门设计制作了“5·19”的视频。于5月19日当天，播放“5·19”事件发生和处理过程的回顾。这个简洁、形象的短片告诉我们：一个软件设计错误、一个不当当灯试操作，放射性泄漏仅一步之遥，从而教育公司全体员工深刻铭记这一惨痛事件及其教训。

2006年运营管理公司还组织了多次外部安全文化方面的评估和交流。

## 2.2.9 电站概率安全评价

概率安全评价（Probabilistic Safety Assessment, PSA）又称为概率风险评价（Probabilistic Risk Assessment, PRA），是以概率论为基础的系统化的核电站风险定量评价的技术。

2006年，《大亚湾核电站技术规范应急柴油发电机后撤时间的优化》项目获得中广核集团科学技术奖二等奖和运营管理公司科学技术进步奖一等奖。

2006年，《大亚湾核电》和《核电》同时出版《PSA专刊》，PSA网站全新改版，全面展示了大亚湾核电基地PSA十年来的研究与应用成果。

### 1. 大亚湾核电站和岭澳核电站停堆PSA的开发

为了促进PSA技术在大修中的应用，PSA科翻译了美国核学会（ANS）的停堆PSA技术标准，开始全面开展新的停堆PSA工作。本次停堆PSA根据大修进程划分了5个电厂运行状态（POS），选取了62个始发事件，采用了新的人因分析方法（SPAR-H）。这是一个全新的停堆PSA模型，与电站的实际情况结合得更加紧密，尤其是运行技术规范。

### 2. CIS版的在线风险评价与管理系统的

自2005年投入运行以来，在线风险评价与管理系统的（Risk Monitor）在电站日常生产活动的风险评价与管理中得到了广泛的应用。但基于C/S模式的Risk Monitor的使用范围受到很大的限制，为了进一步扩大Risk Monitor的使用人群，让电站的广大员工了解和使用Risk

Monitor, 同时也有利于 Risk Monitor 的维护与更新, 2006 年进一步开发了 CIS 版的 Risk Monitor, 已于 11 月投入运行。

### 3. 风险指引型的缓解系统性能指标

PSA 科采用 NRC 最新的缓解系统性能指标 (MSPI) 的评价方法, 对两电站四个后备电源系统 (即辅助给水系统、应急柴油机系统、辅助外电源系统及水压试验泵汽轮发电机组) 自 2000 年来的性能进行了评价。MSPI 是一个更加科学的指标评价体系, 它能够更加合理地反映出设备性能对电站整体安全水平的影响, 有助于电站改进设备管理与维修策略。

### 4. PSA 纳入电站管理流程

PSA 纳入两电站工程改造的评价流程。2006 年完成了《大亚湾核电站更换 DEG 系统制冷机组的改造》、《岭澳核电站 1 号机组减小 ASG003PO 入口管线振动的改造》、《两电站更换直流电源系统蓄电池的改造》的 PSA 评价。

PSA 纳入两电站战略备品备件的评价流程。2006 年为《岭澳核电站 CRF 电机可靠性分析》、《辅助变压器经济技术分析报告》、《两电站发电机内定子战略备件采购经济分析》和《两电站厂用变压器 B 相战略备件采购经济分析》提供了概率评价的支持。

PSA 纳入两电站不符合项 (NCR) 的管理流程。2006 年完成了《两电站应急柴油机软管安装偏差超标》、《两电站 PTR022VB 闸阀防止锅炉效应》、《大亚湾核电站 1 号机组 RCP212VP 泄漏率超标》、《大亚湾核电站 1 号机组 RPN020MA “中子注量率高报警” 故障》的 PSA 分析。

### 5. 机组日常风险评价

PSA 科每日关注四台机组的运行状况, 使用 PSA 模型对重大的设备缺陷或异常状况进行详细分析, 并及时地将风险信息和建议反馈到相关执行部门。或者根据电站的实际需求, 尤其是电站有紧急情况或发生突发事件时, PSA 科及时对电站状态进行风险评价, 为电站作决策时提供风险信息的技术支持。在 2006 年完成了 15 份专项 PSA 分析报告。PSA 科每周、每月定期地回顾和评价机组过去一周、一个月的风险状况。

## 2.3 工业安全

2006 年大亚湾核电站完成了 1 号机组第十一次换料大修, 乏燃料运输、1 号机组停机消缺、D0GEW590TR 及出口 GIS 十年大修等重大生产活动。发生 1 起轻伤, 3 起工业安全未遂事件, 总体指标在控制范围内。其中 1 号机组第十一次大修, 取得了工业安全未遂以上事件为零的良好成绩。大亚湾核电站和岭澳核电站的工业安全未遂事件总数从 2003 年起, 依次为 26, 23, 16, 5 次, 呈逐渐下降趋势。

参照世界核运营者协会 WANO 公布的 2005 年 20 万工时工业安全事故率: 中间值为 0.17, 前四分之一值为 0。大亚湾核电站 2006 年工业安全指标状况处于世界同行的中间水平。

### 2.3.1 工业安全统计

#### 1. 大亚湾核电站工业安全统计

该统计见表 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 大亚湾核电站工业安全指标

项 目	控制目标	实际值
重伤及以上的事故次数	0	0
轻伤事故次数	≤1	1
20 万工时工业事故率	≤0.1	0.070
工业安全未遂事件次数	≤11	3

注：工业安全事故率 =  $\frac{\text{事故总数}}{\text{总工作小时}} \times 0.2 \times 10^6$ 。

## 2.3.2 工业安全管理

1. 日常生产项目组（TEF）相关的生产活动安全支持与监督工作，包括大亚湾核电站 1 号机组停机应急抢修，D-1STR001TX 焊缝裂纹的安全评价，岭澳核电站汽轮机厂房的钢结构防火涂料项目、金属膨胀节爆裂风险的评价与防范措施等等。

2. 组织完成防抗台风“西马仑”等，以及防暴雨、防雷电的工作。赴福建进行超强台风“桑美”的反馈调研，升版了《防抗超强台风的应急预案》。

3. 11—12 月份邀请杜邦中国集团有限公司对运营管理公司进行为期两周的安全管理综合评估，进行了现场检查与人员访谈，举行了总经理部与各相关部门经理成员参加的高层安全执行力研讨会和行动计划研讨会。

4. 启动技能训练中心的人员行为训练项目，编制了训练室布设方案和训练教案，纳入相关的行为训练课程。

5. 组织编写图文并茂的《工业安全行为规范图册》，帮助和指导现场作业人员理解工业安全和消防管理规定，并在大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修中使用，取得良好的效果。该项目获得运营管理公司科技进步三等奖。

6. 参考法国电力公司 2002 版的《工作人员守则》的基础上，组织修订编写了运营管理公司 2006 版《工业安全守则》。

7. 根据《危险化学品安全管理条例》的规定，邀请广东劳安职业安全事务有限公司对现场危险化学品的状况进行安全评价，结果符合安全要求。

8. 两电站试点厂房（AX 危险品仓库、YA 化水车间、HX 制氮站车间）的安全标志牌改进。推动实施了应急照明管理、应急疏散标识等 WANO 评审待改进领域的纠正行动。

9. 调研国内外工作服的新安全标准，编写《核电站阻燃工作服技术规范》。

10. 实施起重作业安全管理专项改进，编制《DNMC 起重作业安全管理规定》和配套的系列改进行动。

## 2.4 消防

2006 年度大亚湾核电站与岭澳核电站内，消防指标整体控制良好，没有发生火灾及以上事故。火险事件共发生 6 起，其中一级火险为 0，零级火险 6 起（大亚湾核电站 5 起，岭澳核电站 1 起），都在电站年度控制指标值范围内，并且逐年呈下降趋势。

## 2.4.1 火灾事故及火险事件统计

该统计见表 2.4.1-1。

表 2.4.1-1 火灾事故及火险事件统计

起

	火灾	一级火险	零级火险
控制目标 (每电站)	0	1	5
大亚湾核电站 (实际)	0	0	5

2006 年度大亚湾核电站未发生火灾事故和一级火险事件。2006 年度大亚湾核电站发生零级火险事件 5 起。具体事件描述见第 7.10.4 节零级火险事件汇总。

## 2.4.2 消防系统可用率

消防系统可用率统计见表 2.4.2-1。

表 2.4.2-1 消防系统可用率统计

%

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
探测系统可用率	99.79	99.99	99.81	99.70	99.76	99.31	99.36	99.50	99.27	99.07	99.65	99.74
灭火系统可用率	97.84	99.07	99.94	99.93	99.96	99.98	99.96	99.76	99.90	99.99	99.78	99.82

## 2.4.3 消防管理

### 1. 完成的主要工作

(1) 加强改造项目的防火控制, 在设计审查、对外报审, 验收检查及文件升版等各个环节按照国家法规和电站程序规定严格把关, 规范操作。确保改造活动的全过程处在严密的消防控制之下, 不留隐患。这些改造项目主要有: 大亚湾核电站制氢站改造、EM 应急指挥中心、AM 辐射实验楼扩建等重要项目的设计审查, 技能训练中心、AS 仓库、BA 楼的安全验收等。

(2) 设备防火方面: 牵头组织全厂范围的冬季防火大检查, 有效地发现并及时消除火灾隐患, 并促使各处编写了“防火检查项目”清单, 使防火检查更具规范性与专业性。

### (3) 重要消防改进项目的审查实施与跟踪

1) 实施项目: 大亚湾核电站主泵室抽气感烟系统改造, JPL1301 改造完成解决瓶头阀电爆管阻值高不可用、大亚湾核电站火警探头底座防故障小改造, 对处于风口的探头加装挡板防止误报、JPV020/120BA 液贮罐达不到要求量的改造、岭澳核电站汽轮机厂房钢结构防火涂料改造。

2) 跟踪推动项目: JDT 主火警系统改造、大亚湾核电站 JDT 常规岛线型感温系统改造和 AX 区域 JDT 探测系统改造。

3) 实施改造项目: JPD 气探管线限流器的改造中引入新问题的修正实施。

(4) 消防设备的管理功能转移到 OPH, 按设备管理运作方式对“消防设备”实施管理,

并完成三个季度的消防设备健康状况评价。

(5) 2005 年 WANO 同行评审消防领域的改进项落实：对全厂吸烟点的清理整治，吸烟点管理和状况得到很大改观；推动实施了防火门标识、应急照明管理、应急疏散标识等待改进领域的纠正行动；推动实施“存放物料防震评价”，并在现场物料存放方面进行控制。

(6) 消防培训与演练，提高员工消防知识与技能

- 1) 按计划完成全年的消防教材升版和培训任务。
- 2) 完成两电站的 12 次消防演习，其中四级演习 2 次。

## 2. 关注问题

(1) JDT 主火警系统改造应尽早提出并着手准备。大亚湾核电站两台机组核岛、常规岛和运行相关 BOP 厂房的 JDT 主火警系统是 20 世纪 80 年代的设计和产物，目前面临下列问题：

1) 备品枯竭。一方面部分备品已无采购来源，另一方面大亚湾核电站系统运行年代已久，开始进入部件损坏逐渐上升的寿期末，加之备品是两电站共用，消耗量较大，出多人少，备品库存不断下降。最终的枯竭是可以预见的。

2) 系统性能难以满足新技术规范对 Io 管理的要求，系统设备技术水平低，已无明显提升性能的空间。

3) 由于该系统范围大，问题多，涉及核安全，因此预计相关改造的设计、报批准备及施工过程可能较长（专业工程师估计约需 2 年左右）。目前 OPH 已组织 MIC/TEN 召开专题讨论会，确定改造为解决的根本方案，由 MIC 提出 ESR 申请，TEN 预计 2007 年底完成初步设计。

(2) 岭澳核电站消防雨淋阀备件停产，需要改造。岭澳核电站消防雨淋阀已被淘汰，相关备件厂家已停止生产，备件采购困难。目前 MSM 已提出改造申请，初步选定使用 VIKING 隔膜式雨淋阀，实施前选定在备用主变压器与 FC 两处进行功能试验，由于试验周期和实施阶段的时间考虑，需要 TEN 加快整体实施进度。

(3) 消防水质不净问题。消防水长期处于静态，调试期间管道冲洗不彻底，加之管网之间无过滤网等原因，使消防水卡杂质较多。一方面杂质多次堆积在阀门密封面造成密封不严引起内漏或小石块引起阀门无法复位，结果导致阀门频繁维修，影响消防可用率；另一方面水质问题对消防喷头的可用性也是一个潜在隐患。

(4) 消防管道腐蚀问题：

- 1) JPU 埋地管腐蚀严重（AF，AA，AG 等地下消防管网出现腐蚀泄漏）；
- 2) 地盖板沟内的消防环境恶劣，多次出现管道腐蚀穿孔；
- 3) 多次检查发现消防设施腐蚀严重；建议逐步将埋地管更换为明式管（SEP 管道改造中可同步实施），并逐步将地下易腐蚀管道更换为内衬塑料管道。

(5) 部分区域缺少消防行动卡：2006 年由于火警响应钥匙和流程问题未得到推动解决以及科内人力紧张等原因，使得作为下游“软件”的消防行动卡没有完成，处于被动的状况。目前大亚湾核电站生产性相关区域（VA/VB/AC/PX/QT 部分 GB 廊道）和岭澳核电站生产性相关区域（VA/ZC/PX/HX/AL/9ND 热洗衣房）缺少消防行动卡，使火警响应缺乏有效指引，已纳入 2007 年的编写计划。

(6) 消防相关压力容器及气瓶定期检测问题。RCP 主泵/RCV 上充泵的消防 CO<sub>2</sub> 气瓶、JPL/ATE 控制室七氟丙烷压力容器、VA 干粉压力容器目前现状是只有外观检查与称重。缺

少“定期内外部检验与耐压试验”项目,根据《压力容器安全技术监察规程》要求,其期限一般要求为3年或6年,而大亚湾核电站已运行超过10年,其情况让人担忧。

(7) 影响 I<sub>0</sub> 突出问题。大亚湾核电站核岛主泵房的感光探头在设计上存在缺陷,根据所使用的地址模块 E90MI 说明书的要求,一块地址模块最多可以带3个子探头,但实际上最多带了7个子探头,这种缺陷使主泵房的感光探头故障概率增加,而且机组运行期间无法进入维修,较为被动。目前 MIC 已提改造申请,需要 TEN 加快实施进度。

## 2.5 辐射防护

### 2.5.1 年度辐射防护总体评价

2006 年度,大亚湾核电站未发生人员超剂量照射和放射性物质管理失控事件,人员体表污染和人因地面污染控制良好,电站的辐射安全总体状况满意。2006 年大亚湾核电站辐射防护指标的目标值与结果见表 2.5.1-1。

表 2.5.1-1 2006 年大亚湾核电站辐射防护指标的目标值与结果

指 标	目 标 值	结 果 值
集体剂量/(人·Sv)	<1.30	1.205
最大个人剂量/mSv	<20	5.921
人因地面污染/次	8	1
人员体表污染事件/(人·次)	8	0
人员体内污染事件/(人·次)	0	0
辐射事故/次	0	0
放射性物质失控/次	0	0

2006 年,由于大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修(十年大修)较好地完成了集体剂量控制目标,大亚湾核电站的年度集体剂量指标(1.22 人·Sv)也得以顺利实现。

### 2.5.2 个人剂量监测与管理

#### 1. 外照射个人剂量监测与管理

2006 年度大亚湾核电站外照射个人剂量分布见表 2.5.2-1。

表 2.5.2-1 2006 年大亚湾核电站外照射个人剂量分布

剂量区间/mSv	0~0.2	0.2~1	1~2	2~3	3~5	5~10	合计
人 数	1664	690	250	72	61	6	2743
集体剂量/(人·mSv)	56.21	357.24	344.5	173.736	240.042	32.785	1204.513

2006 年度大亚湾电站的最大个人剂量为 5.921 mSv,个人受照剂量超过 5 mSv 的只有 6 人。这对于大亚湾 1 号机组第十一次大修这样一个十年大修来说,外照射个人剂量的控制是

成功的。历年外照射最大个人剂量统计见表 2.5.2-2。

表 2.5.2-2 历年个人最大剂量

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
最大个人剂量/(人·mSv)	18.7	12.1	15.3	9.8	10.35	8.15	36.3	6.697	8.098	11.89	8.076	5.921

## 2. 内照射剂量监测结果

2006 年度对所有进入控制区的辐射工作人员和部分检修项目的作业人员进行了内照射剂量的常规监测和操作监测,全部监测结果小于最低探测值,没有发现受到内污染的个案。

## 2.5.3 运行辐射防护管理

### 1. 总体状况

受大亚湾核电站 1 号机组停机小修处理 EVC 温度探头和 RPN020MA 连接盘接头故障、大亚湾核电站 2 号机组在 100%  $P_n$  功率运行工况下处理 D2RCP003PO 低油位报警的故障及高放射性废树脂固化等高辐射风险作业的影响,电站 2006 年度非大修集体剂量为 152 人·mSv,这与 2004 年的 126 人·mSv 和 2005 年的 119 人·mSv 相比有较大的增幅,未发生人员污染事件,非大修期间在乏燃料运输项目中造成 D2KX20m 地面污染事件一起,该事件被定为一起 IOE。

### 2. 异常和问题

(1) 2006 年 2 月 9 日至 3 月 11 日,6 月 2 日至 6 月 25 日分别进行了 1 号和 2 号机组的乏燃料处理运输工作。两次作业的集体剂量分别为 8.828 和 8.44 人·mSv。其中 3 月 5 日在乏燃料操作现场 2KX20m 发现约 12~14 m<sup>2</sup> 的污染,污染水平 6~100 Bq/cm<sup>2</sup>。主要原因是工作人员进出污染工作区的行为不规范导致,该事件被定为一起人因地面污染 IOE 事件;

(2) 2006 年 6 月 17 日,1 号机组停机小修处理 EVC 温度探头和 RPN020MA 连接盘接头故障,工期两天,集体剂量 2.87 人·mSv;

(3) 2006 年 8 月 25 日 13:00 左右,D2RCP003PO 出现低油位报警。其后为了安装液位监视临时摄像头及对下轴承油箱进行动态补油,在机组满功率状态下辐射防护人员先后 9 次陪同维修人员进入的 RX 厂房二类红区 R2R571 区域,集体剂量约 16 人·mSv;

(4) 全年因处理 JDT 和 RIC 及 D2RCP003PO 低油位报警故障多次非计划进入运行状态下的 RX 厂房,共计 28 次,164 人·次。高辐射风险作业的增加带来了相当的潜在风险。因此,RX 内 JDT 和 RIC 系统的设备状态必须从根本上加以改进。

### 3. KRT 系统运行管理

与 2005 年相比,2006 年大亚湾核电站 KRT 系统的随机不可用时间和次数有一定程度的增加。大部分随机不可用是由非 KRT 系统本身的原因造成的,大部分故障与 KRT002/003/004MA 和 KRT036MA 有关。此外,因 REN 管线堵塞造成 KRT002/003/004MA 随机不可用,也是 KRT 系统随机不可用时间增加的主要原因之一。近几年大亚湾核电站 KRT 系统不可用的各项统计数据见表 2.5.3-1。

表 2.5.3-1 2006 年大亚湾核电站 KRT 系统不可用时间与次数统计结果

年份	总不可用 时间/h	总不可用 次数	随机不可用 时间/h	随机不可用 次数	计划不可用 时间/h	计划不可用 次数
2003	1472.88	1081	896.43	198	576.05	882
2004	1042	659	836.85	157	204.4	501
2005	839.37	524	326.31	99	400.97	417
2006	995.31	507	372.35	131	418.73	359

(1) 从统计数据来看 2006 年大亚湾核电站 KRT 随机不可用的主要原因有:

1) 射线探伤隔离 KRT 通道 6 次 (占总随机不可用次数的 4.7%)。

2) 上游设备检修或停电隔离 23 次 (占总随机不可用次数的 17.5%)。

3) 机组大修启动阶段因 REN 取样管线堵塞而造成 KRT002/003/004MA 的低流量故障累计 35 次 (占总随机不可用次数的 27%)。目前 KRT002/003/004MA 上游取样管线堵塞导致通道的低流量故障在每次大修阶段几乎必然出现,而且次数较多,占非 KRT 故障随机不可用次数的大部分。

4) KRT 通道本身故障造成随机不可用占总不可用次数的 33%, 占总不可用时间的 27%。主要原因为: KRT036MA 的随机不可用。通道故障主要是由于设备缺陷导致通道的通信故障和倒电导致的电磁阀故障等两方面原因引起的。

解决措施: 对于设备缺陷只能通过改造解决问题, 目前已经有通道改造计划; 对于倒电导致的电磁阀故障, 也可以通过电源改造解决问题 (秦山核电有成功经验)。

5) KRT009MA 及 KRT017/021MA 的随机不可用贡献也较大, 主要原因是该类通道因平时取样操作等较多, 频繁的起停泵导致了通道中泵、压力开关等故障率较高。目前解决措施: 加强相关部件的预防性维修, 增加通道的可靠性。

## (2) KRT 系统改造

1) 完成了多通道改造 (对 KRT017/009MA 等增加直读式流量计、压力计等), 改造增加了通道维护的便利性, 提高了通道的可靠性。

2) 完成了 KRT008MA 的整体改造, 解决了通道长期误报警的问题。

3) 完成了 0KRT901/904MA 故障状态下停泵的改造, 降低了废液无监测排放的概率。

4) 完成了 KRT036MA 就地处理单元 CTS 的国产化替代。

## 2.5.4 大修辐射防护管理

2006 年度大亚湾核电站只进行了 1 号机组第十一次大修, 这是一次十年大修, 工期长, 项目多。在这次大修过程中, 辐射防护较好地完成了各项指标 (见表 2.5.4-1), 有力保证了大修工作的顺利开展。

辐射防护各项指标均得到了良好的控制, 单次大修个人累积剂量  $\geq 5$  mSv、颈部以上体表沾污事件、内污染事件、人因地面污染事件等指标均为 0, 这对于一个十年大修来说是非常难得的。

本次大修更换 RCP001PO 水力部件、PMC 整体改造、一回路水压试验、雨天放射性物品运输以及核岛的十年检修项目等高辐射风险工作过程中未发生辐射异常事件, 说明本次大修对于高辐射风险工作的辐射风险分析、防护方案的制订与实施以及大修过程中的跟踪落实



表 2.5.4-1 1 号机组第十一次大修辐射防护指标结果

大修	集体剂量/(人·mSv)		体表污染/(人·次)		地面污染/次		说明
	指标	结果	指标	结果	指标	结果	
1 号机组第十一次大修	1 200	1 052. 635	9	0	6	0	1 号机组十年大修, 工期长, 项目多

是到位的。

大修过程中发生一起承包商探伤人员用未采取防护措施的老虎车直接运输放射源的异常事件, 虽然该事件未造成后果, 但体现了工作人员在放射源的运输、使用、存放等环节上敏感性不足, 今后将加强对承包商探伤人员的管理和培训。

### 1. 机组辐射源项控制

在一回路系统<sup>58</sup>Co 和总  $\gamma$  达到净化目标值后, 考虑到<sup>110m</sup>Ag 峰值尚未出现且总  $\gamma$  仍然明显下降, 在大修指挥部的支持下, 源项小组决定主泵继续运行, 一方面等<sup>110m</sup>Ag 出峰, 另外尽可能降低总  $\gamma$  的放射性水平。最终比原计划延长约 3 h 的净化时间, 为大修集体剂量的控制奠定了基础。大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修期间的源项水平与近几轮大修相比属于中等偏低水平。

### 2. 大修集体剂量分布情况

大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修各单位集体剂量分布见表 2.5.4-2。

表 2.5.4-2 大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修各单位集体剂量分布情况

部门	进出人数	进出人次	总工时/h	集体剂量/mSv	最大个人剂量/mSv
FRAMATOME	84	1 403	2 573. 261	49. 63	3. 62
参观者	70	528	451. 227	0. 726	0. 291
东北电建	17	587	804. 285	4. 516	0. 925
核动力院	233	17 275	40 850. 381	298. 619	4. 945
华兴公司	60	1 589	4 032. 146	7. 331	0. 659
淮南公司	11	149	207. 2	0. 741	0. 424
凯利公司	136	6 701	14 629. 961	28. 648	1. 82
纽科利公司	542	21 101	41 936. 522	368. 856	4. 026
其他公司	144	2 347	3 347. 458	14. 679	1. 329
武汉 105 所	115	3 412	6 313. 3	121. 897	4. 436
运营管理公司	708	13 092	27 845. 454	155. 839	2. 31
合计	2 135	68 480	143 328. 555	1 052. 635	4. 945

由上表可以看出从事现场服务工作的核动力院和从事核岛机械检修的纽科利公司进入核岛人数占大修核岛总工作人数的 36%, 两单位的集体剂量占大修总集体剂量的 63%。因此提高这两个单位工作人员的防护意识和工作技能, 减少两个单位参与大修的新人比例, 将对整个大修剂量控制起着非常积极的作用。

武汉 105 所和 FRAMATOME 公司, 虽然在大修中工作人员较少, 集体剂量相对也较低,

但却从事着一些辐射风险较高的工作，如：核岛探伤、在役检查、SG 涡流检查、PMC 检修等。因此，大修中也必须重视这两个单位的高辐射风险防护以及个人剂量的合理控制。

### 3. 个人剂量情况

大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修作为电站的十年大修，一回路水压试验的保温拆装、核岛在役检查、PMC 整体改造等高辐射工作对个人剂量的控制提出了很大的考验。本次大修根据前几次大修的经验反馈，对个人剂量实施严格的跟踪和控制，大修结束后最大个人剂量 4.945 人·mSv，首次实现了有一回路水压试验项目的长大修中累积剂量超过 5 人·mSv 指标为 0 人的良好结果。

## 2.5.5 辐射防护培训和经验反馈

### 1. 在岗培训

为了确保新的国家法规和修改之后的电站程序能够在现场得到有效执行，以及对相关内外事件进行及时反馈，2006 年辐射防护科进行了《高辐射风险管理控制改进》、《KRT 专业知识》、《反应堆大盖改造等第十一次大修 8 个专项辐射防护管理措施》、《广东省放射源管理授权许可证》、《放射性仪表鉴定工作许可证》等 9 次专项在岗培训，共 1 210 人·时。

2006 年辐射防护科接收 4 名新员工，为了使这些新员工能够尽快满足现场的工作，及时填补辐射防护科多名人员分流空缺，给这些新员工制定详细及合理的在岗培训计划并且进行专人辅导和严格考核，通过将近一年实习，他们基本符合岗位的工作要求。

### 2. 授权培训

为了配合核电大发展，使相关工作人员及时取得辐射防护授权，辐射防护科本年度在授权培训方面也投入相当多的资源并做了大量工作。其中《辐射防护一级培训》开设 20 次，参加人数共 684 人，9 576 人·时；《辐射防护二级培训》开设 6 次，参加人数共 170 人，2 380 人·时；《辐射防护复训课》开设 52 期，参加人数 1 553 人，1 553 人·时。

为了提高辐射防护培训质量，在教学管理方面做了一些改进，将考试成绩 80 分定为及格线或者末位淘汰。这一小的改进，促进了学员更加重视辐射防护课的学习，收到了较好效果。教学的时候重点强调辐射防护技能的培训。电站近年体表沾污次数逐渐减少，反映出学员通过辐射防护实操培训，提高了辐射防护技能，从而有效地减少了污染次数。

### 3. 经验反馈

为了提高辐射防护管理水平，了解良好的辐射防护实践以及先进辐射防护监测技术，联合国内其他核电兄弟单位举办了《KRT 管理改进研讨交流会》、《现场辐射防护最优化管理研讨会》等经验交流研讨会；代表运营管理公司在深圳组织了 IAEA 辐射防护最优化管理研讨会。通过这些活动，拓宽了辐射防护人员的视野，促进了辐射防护持续改进。

根据外部事件反馈，针对辐射控制区红区容易造成人员超剂量照射风险的问题，2006 年落实红区钥匙双部门管理措施；还对“蒸汽发生器空气污染间管理不善”和“反应堆水池异物处理不当”等外部事件进行了及时反馈。

## 第三章 岭澳核电站安全运行

### 3.1 电站运行

#### 3.1.1 电站运行组织

##### 1. 组织机构及功能

生产部运行二处根据电站质量管理手册和运行技术规范的要求,负责岭澳核电站两台机组的运行管理,确保两台机组长期安全、稳定、经济运行,保证电站工作人员和公众的健康和安全。

在确保安全生产的前提下,为了适应中国广东核电集团的发展需要,加快运行人员特别是持照人员的培养,2006年度生产部运行二处在组织机构上做了一些调整。主要变化是:设立处长助理岗位,设立培训组,由处长助理直接领导培训组,并通过培训组协调各值培训小组的工作,大大强化了运行处培训的功能。目前运行二处开办和管理了3~4个值外集中培训班,可以接纳约100名培训学员。通过值内师徒培训和值外集中培训交替轮换的安排,既能实现培训的高效、规范、互动,同时也有效地规避了大量培训学员同时进值给运行值带来的安全风险。

调整后,运行二处的组织机构如图3.1.1-1所示。在处长的领导下,生产副处长主管白班值并负责日常生产管理,技术副处长主管大修组并负责技术及中长期改造项目管理,处长助理主管技术支持科和培训组,六个运行值由运行处长直接主管。

运行二处在2006年按计划新进员工28人(为岭澳核电站二期生产准备的后备人员),调离的SRO持照人员4人,RO持照人员6人,非持照人员7人。至2006年12月底,运行二处共有正式员工233人,其中71人是为岭澳核电站二期生产准备招聘进值培训的人员。

##### 2. 运行管理改进

根据生产线2006年度管理改进计划的要求,运行二处充分总结和反馈2005年工作得失,结合2006年处内管理改进计划研讨会的决定,经与各项目负责人充分沟通后,确定了2006年度运行二处工作计划。

2006年,运行二处工作计划的改进项目包括安全管理改进、日常生产管理改进、人因

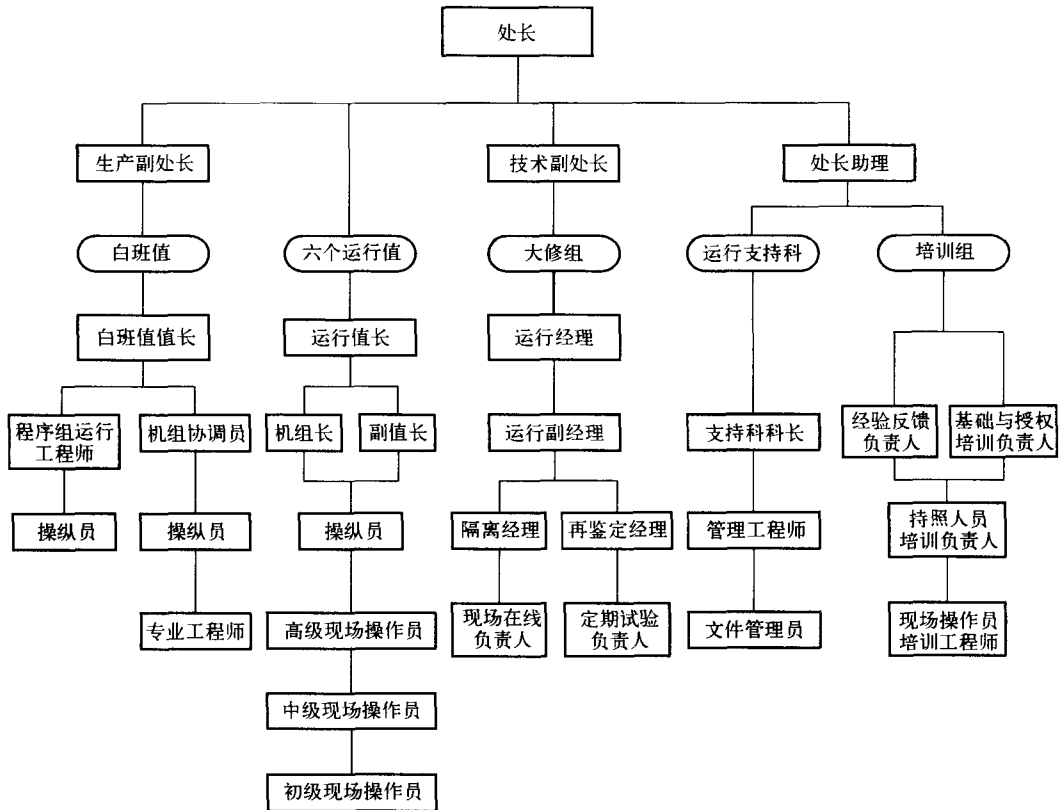


图 3.1.1-1 运行二处组织机构图

管理改进、运行人员技能提升和人才贮备、运行程序的改进及其他电子程序的开发五个方面，这些改进项目体现了运行二处管理改进的整体方向和思路。在改进计划中，让每位值长及部分执照人员承担了一些值外涉及到整个运行二处方面的工作任务，以便充分发挥这些技术骨干的管理职能。

### (1) 核安全管理改进

2006 年度的核安全管理改进思路主要是审视岭澳核电站与 EDF 核安全管理实践之间的偏差，完善和补充核安全管理手段，逐步提升核安全管理水平。具体项目包括：新编了 RRA 连接后的事故处理程序；开发了 Io 安全分析模块及偏差分析流程；运行各岗位值班日志电子化并增加 Io 记录信息；开展 SRO 持照人员的核安全管理和机组监控技能的培训；开发机组重要瞬态控制和建立事故预想数据库等。

### (2) 生产管理改进

2006 年度运行二处的生产管理改进立足于消除短板，完善各项管理措施。具体管理改进项目包括：开发机组缺陷与定期试验发现的偏差的管理体系；开发标准化检修工作包数据库，建立标准化的隔离指令；建立重大设备抢险预案和文件包；完善电站重要钥匙的管理系统；开发 FPIS 现场巡视电子化系统；对值长和机组长进行关键敏感设备管理知识的培训等。

### (3) 人因管理改进

2006 年，运行二处在运行人员防止人因失效的“三大法宝”的基础上，结合运营管理

公司陆续推出的“防人因失误”工具卡，全面深化人因管理改进工作。首先是开发了一套管理层防人因管理巡视系统，通过管理层成员的现场巡视发现问题和纠偏。年度还分别安排了“防人因控制措施执行情况”的自我评估和经验反馈有效性的自我评估。除此之外，通过完善 A 类工作“工前会”检查清单、开发现场人员“工前会”检查清单，参与运营管理工作“防人因失误”工具卡的开发工作等，有效地提高了运行二处的人因管理水平。

#### (4) 运行人员技能提升和人才贮备

伴随着中国广东核电集团的快速发展，急需大量的核电专业人才。运行二处除了必须顺利完成安全生产这项任务外，也面临着人才稀释和培训任务繁重双重挑战。仅 2006 这一年，运行二处分流的持照人员就有 10 人，并将逐年增加；同时，2006 年新进员工 28 人，其他基地到运行二处培训的学员共有 101 人。

2006 年，运行二处在运行人员技能提升和人才贮备方面也做了大量的工作。具体有：完善了值长、机组长等多个岗位的考核体系，建立了题库；配合培训中心开发了主控制室操纵员素质测评模型；建立了运行人员的实操档案；建立了运行操作 DV 录像培训教材数据库；通过运行技师对全体现场操作员的现场巡视示范，提升运行人员的现场巡视技能和质量；加大了外出培训的力度。

#### (5) 运行程序的改进及其他电子程序的开发

2006 年是运行二处的运行程序五年升版高峰年，为了顺利完成这项工作，运行二处专门出版了《运行程序五年升版工作导则》，编写了《程序升版工作计划》。在此基础上，对六个运行值进行了程序升版工作的专项培训，落实工作任务。另外，还开发了“主控制室电子报警卡系统”和“重要设备运行参数趋势分析”系统。

### 3.1.2 机组运行状态

2006 年岭澳核电站 1 号机组运行状态见图 3.1.2-1 至图 3.1.2-6。

2006 年岭澳核电站 2 号机组运行状态见图 3.1.2-7 至图 3.1.2-12。

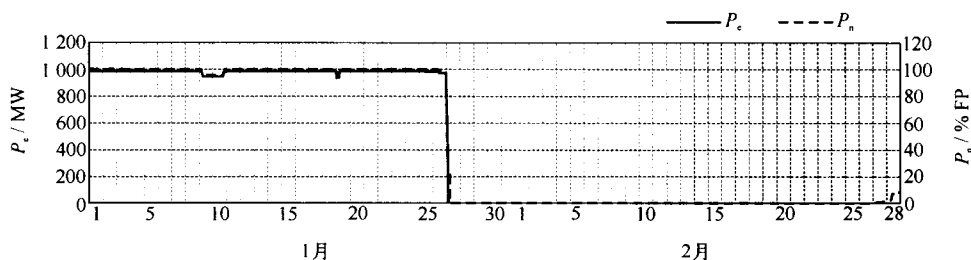


图 3.1.2-1 岭澳核电站 1 号机组运行状态 (1, 2 月份)

说明:

- (1) 1 月 9 日 05:00 至 10 日 19:30 按计划降功率至 949 MW，进行 VVP 主蒸汽安全阀校验。
- (2) 1 月 18 日 23:06 至 19 日 03:06 降功率至 940 MW 更换 1GFR158 ~ 163FI 滤网。
- (3) 1 月 24 日 15:00 开始延伸运行。26 日 10:00 为补偿燃料耗降功率至 970 MW。
- (4) 1 月 26 日 23:00 按大修计划降功率，27 日 03:25 机组解列，开始 1 号机组第四次换料大修。
- (5) 2 月 26 日 04:46 反应堆达临界，28 日 22:30 汽轮机冲转到 3 000 r/min。

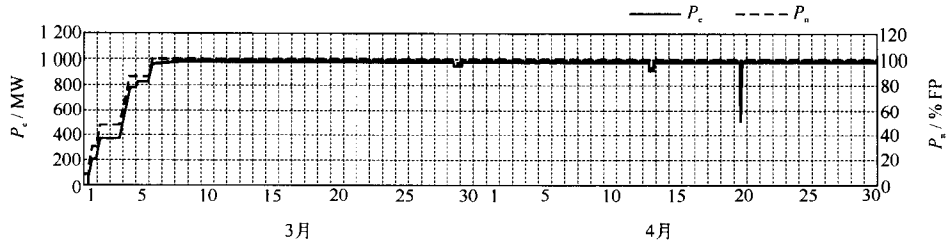


图 3.1.2-2 岭澳核电站 1 号机组运行状态 (3, 4 月份)

说明:

- (1) 3月1日06:48 发电机并网。
- (2) 3月1日13:50 升至30% FP 功率平台, 电功率201 MW。20:37 继续升功率, 2日05:10 至48% FP 功率平台, 电功率371 MW。
- (3) 3月3日16:35 继续升功率, 4日10:40 升至87% FP 功率平台, 电功率750 MW。
- (4) 3月5日22:55 升功率, 6日05:00 核功率达满功率, 电功率968 MW, 热功率指示较低(97%  $P_n$ )。
- (5) 因堆芯出口温度最大值(1RIC025MT) 偏高, 限制热功率及电功率的提升。至3月10日02:05, 电功率逐渐升至986 MW。
- (6) 3月29日11:35 降功率到960 MW 进行1GCT119/120VV 盘根紧固及处理1GCT120VV 的 EP 漂移, 30日03:30 升到992 MW。
- (7) 4月13日13:30 降功率至920 MW 执行定期试验 PT1GRE001/002, 20:00 升回满功率990 MW。
- (8) 4月20日11:45 执行定期试验 RGL004 降功率至500 MW, 12:45 升回满功率。

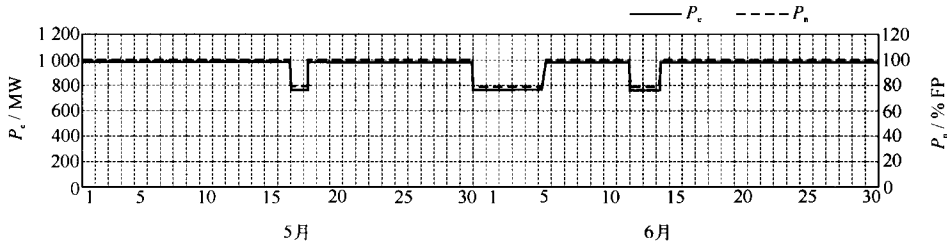


图 3.1.2-3 岭澳核电站 1 号机组运行状态 (5, 6 月份)

说明:

- (1) 5月16日23:10 因受台风“珍珠”影响, 接电网指令减载运行, 17日00:40 功率降到760 MW。18日07:30 开始升功率, 09:30 升到满功率。
- (2) 5月30日23:08 因“西电东送”大负荷试验, 根据电网要求降功率到760 MW, 31日00:40 降到760 MW。6月5日07:30 开始升功率, 13:30 升到满功率(980 MW)。
- (3) 6月12日00:25 根据电网指令降功率到760 MW。6月14日08:10 开始升功率, 09:05 升到满功率(986 MW)。

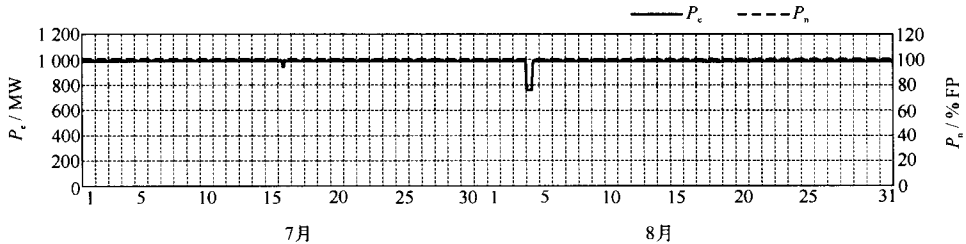


图 3.1.2-4 岭澳核电站 1 号机组运行状态 (7, 8 月份)

说明:

- (1) 7月16日09:00 降功率至940 MW 执行定期试验 PT1GRE001/002, 11:20 升回满功率990 MW。
- (2) 8月3日23:30 因受台风“派比安”影响, 接电网指令减载运行, 4日01:00 降到760 MW。4日11:00 开始升功率, 12:20 升到满功率。

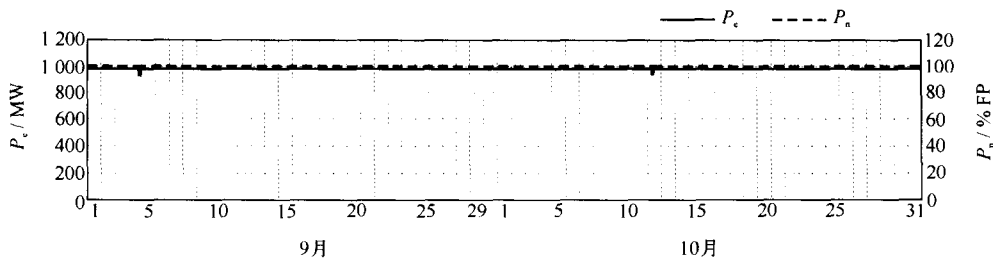


图 3.1.2-5 岭澳核电站 1 号机组运行状态 (9, 10 月份)

说明:

- (1) 9月4日18:20至20:45为处理1GRE002VV漏油, 关闭1GRE/GSE002VV, 期间降功率至935 MW。
- (2) 10月12日09:10降功率至940 MW 执行定期试验 PT1GRE001/002, 11:20 升回满功率。

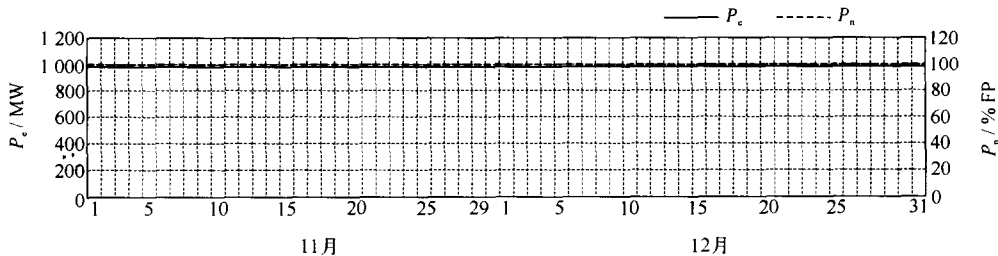


图 3.1.2-6 岭澳核电站 1 号机组运行状态 (11, 12 月份)

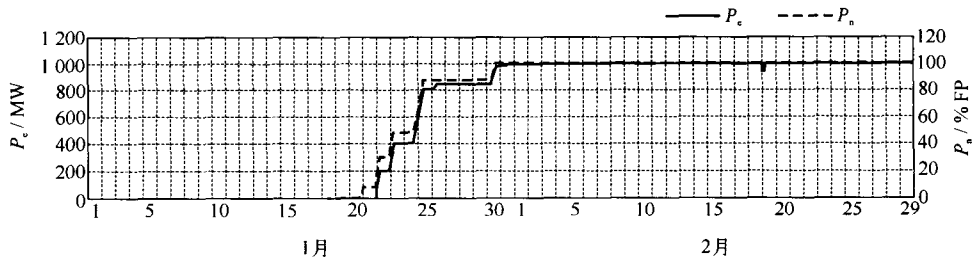


图 3.1.2-7 岭澳核电站 2 号机组运行状态 (1, 2 月份)

说明:

- (1) 1月18日11:50反应堆达临界, 21日03:30汽轮机冲转, 05:05进行超速试验后停机。
- (2) 1月21日22:00汽轮机冲转, 22:45发电机并网。
- (3) 1月24日17:45继续升功率, 25日10:40至87%FP功率平台, 电功率798 MW。26日06:50调整GK参数后电功率升至828 MW。21:00虽然该功率平台工作结束, 但因处于春节期间, 电网要求保持该功率运行。
- (4) 1月30日08:30电网同意继续升功率, 16:55升至满功率。
- (5) 2月19日00:15按计划降功率至940 MW, 进行VVP主蒸汽安全阀校验。06:45升回满功率。

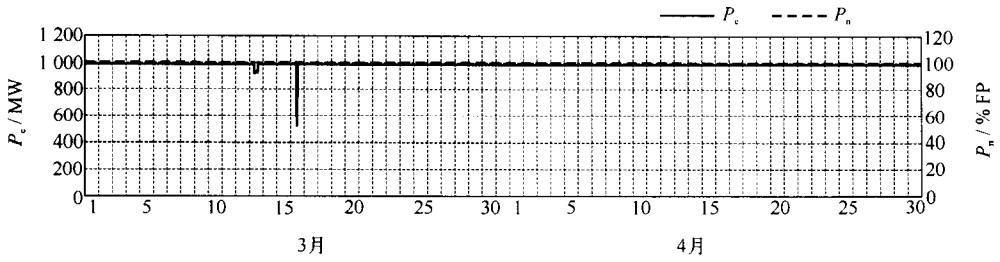


图 3.1.2-8 岭澳核电站 2 号机组运行状态 (3, 4 月份)

说明:

- (1) 3月13日 10:10 降功率至 920 MW 执行定期试验 PT2GRE001/002, 16:20 升回满功率 996 MW。
- (2) 3月16日 11:50 执行定期试验 RGL004 降功率至 500 MW, 13:00 升回满功率。

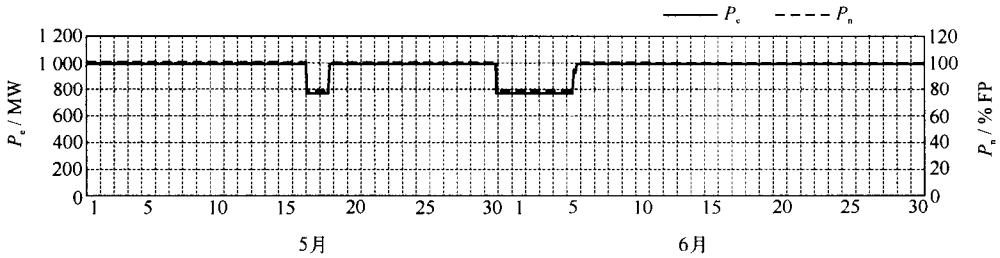


图 3.1.2-9 岭澳核电站 2 号机组运行状态 (5, 6 月份)

说明:

- (1) 5月17日 00:25 因受台风“珍珠”影响, 接电网指令减载运行, 01:10 降功率到 760 MW。18日 12:00 为处理 2GRE 上位机显示屏冻结故障推迟升功率, 14:00 故障消除后开始升功率, 17:30 达满功率。
- (2) 5月30日 20:15 因“西电东送”大负荷试验, 根据电网要求, 于 22:25 降功率到 760 MW。
- (3) 6月5日 10:40 开始升功率。在 930 MW, 执行了 PT2GRE001/002 试验。17:00 升到满功率 (993 MW)。

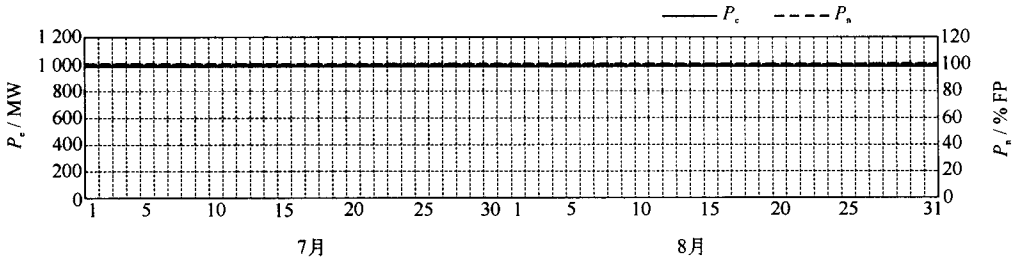


图 3.1.2-10 岭澳核电站 2 号机组运行状态 (7, 8 月份)



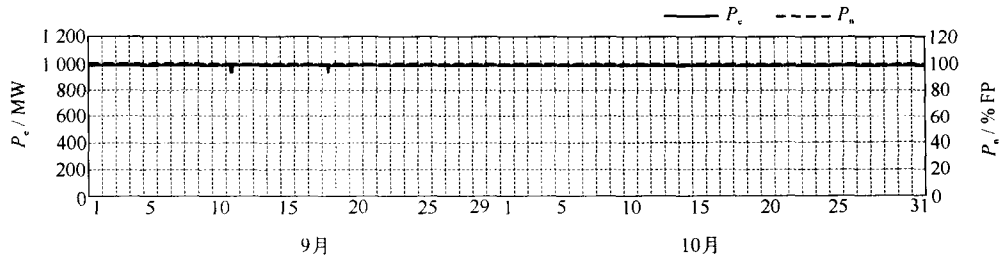


图 3.1.2-11 岭澳核电站 2 号机组运行状态 (9, 10 月份)

说明:

- (1) 9月11日09:00降功率至936 MW 执行定期试验 PT2GRE001/002, 12:30 升回满功率993 MW。
- (2) 9月18日12:10降功率至960 MW 执行定期试验 PT2GRE002, 13:00 升回满功率993 MW。

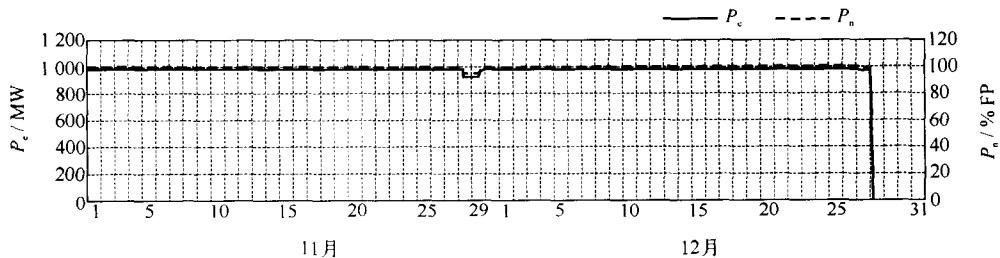


图 3.1.2-12 岭澳核电站 2 号机组运行状态 (11, 12 月份)

说明:

- (1) 11月28日08:30降功率至940 MW 执行定期试验 PT2GRE001/002 及 VVP 主蒸汽安全阀校验, 29日21:10 升回满功率993 MW。
- (2) 12月24日18:00 机组开始延伸运行 (S. O.)。26日22:40 至27日07:20 根据一回路温度偏差分五次降功率10 MW。
- (3) 12月27日23:00 按大修计划开始降功率。23:09 因G棒不能跟随整定值自动下插暂停降功率 (当功率降至951 MW时, 需求棒位571步, 实测棒位615步)。28日00:07 处理后继续降功率。
- (4) 12月28日03:05 功率降至40 MW, 与电网解列, 开始2号机组第四次换料大修。
- (5) 12月28日04:18 机组维持在12% FP 功率平台进行相关试验, 在 CVI 供汽由 VVP 切换到 SVA 过程中, 由于冷凝器真空突然恶化, 引发“P10 + C8 + 冷凝器故障”信号动作, 使反应堆自动停堆。

### 3.1.3 售电及外购电

2006 年岭澳核电站实际完成上网电量 150.62 亿 kW·h, 创历史最高纪录, 占广东省 2006 年全社会用电量 (2991.05 亿 kW·h) 的 5.03%。详细售电情况见表 3.1.3-1。

外购电主要是通过 220 kV 风 (田) 岭 (澳) 线供给。由风岭线通过核电辅助站两台变比为 220 kV/6.6 kV、容量为 32 MVA 的辅助变压器向机组辅助安全设施供电, 通常在主变压器失电时投入运行。

2006 年, 外购电电费年累计约 187.37 万元, 在预算控制范围内, 主要为机组正常运行外购电和机组大修外购电。详细外购电量和电费情况见表 3.1.3-2。

表 3.1.3-1 2006 年岭澳核电站发电、售电情况一览表

MW·h

日期	上网电量	线路电度表输出电量之和	线路电度表输入电量之和	上网电量 (用线路侧表度表折算)		发电量 (0:00—24:00)	
				1号机组	2号机组	1号机组	2号机组
1月1日 00:00— 1月31日 10:00	720 303	751 008	30 705	578 242	142 061	609 559.7	166 392.0
1月31日 10:00— 2月28日 10:00	633 036	668 531	35 495	0	633 036	0.0	665 600.1
2月28日 10:00— 3月31日 10:00	1 343 884	1 344 105	221	631 729	712 155	674 717.1	739 749.1
3月31日 10:00— 4月30日 10:00	1 372 270	1 376 365	4 095	684 176	688 094	712 659.9	714 480.5
4月30日 10:00— 5月31日 10:00	1 391 435	1 391 435	0	693 954	697 481	720 704.9	721 391.2
5月31日 10:00— 6月30日 10:00	1 295 437	1 295 437	0	638 693	656 744	671 175.6	685 574.0
6月30日 10:00— 7月31日 10:00	1 409 616	1 409 616	0	700 918	708 698	731 830.2	735 615.8
7月31日 10:00— 8月31日 10:00	1 401 061	1 401 061	0	695 265	705 796	725 929.1	732 436.6
8月31日 10:00— 9月30日 10:00	1 365 953	1 365 953	0	679 552	686 401	708 948.5	712 034.0
9月30日 10:00— 10月31日 10:00	1 407 666	1 407 666	0	699 591	708 075	730 327.6	734 517.3
10月31日 10:00— 11月30日 10:00	1 368 764	1 368 764	0	681 213	687 551	710 678.8	713 189.4
11月30日 10:00— 12月31日 24:00	1 352 584	1 352 729	145	717 682	634 902	735 780.5	645 247.9
合计	15 062 009	15 132 670	70 661	7 401 014	7 660 995	7 732 311.9	7 966 227.9

表 3.1.3-2 2006 年岭澳核电站外购电情况 (220 kV 风岭线)

月份	计费电量/ (kW·h)	2005 年同 期计费电量/ (kW·h)	同期计费 电量增长/ (kW·h)	当月最高需 求量/kW	支付电费/元	2005 年同期 支付电费/元	同期支付电费 增长/元
1月	500 000	16 307	483 693	4 900	492 900.0	26 177.5	466 722.5
2月	1 430 000	1 222 000	208 000	5 800	1 058 760.8	880 351.9	178 408.9
3月	16 307	16 307	0	400	26 643.9	26 177.5	466.4
4月	15 781	16 307	-526	400	26 352.1	25 900.8	451.3

续表

月份	计费电量/ (kW·h)	2005年同 期计费电量/ (kW·h)	同期计费 电量增长/ (kW·h)	当月最高需 求量/kW	支付电费/元	2005年同期 支付电费/元	同期支付电费 增长/元
5月	16 307	48 921	-32 614	400	26 643.9	79 931.6	-53 287.7
6月	15 781	48 921	-33 140	400	26 352.1	79 055.9	-52 703.7
7月	16 307	16 307	0	400	27 165.7	26 643.9	521.8
8月	16 307	16 307	0	400	27 165.7	26 643.9	521.8
9月	47 342	16 307	31 035	1 200	80 570.8	26 352.1	54 218.7
10月	16 307	16 307	0	400	27 165.7	26 643.9	521.8
11月	15 781	16 307	-526	400	26 857.1	26 352.1	505.0
12月	800	587 000	-586 200	400	18 972.7	444 350.2	-425 377.5
合计	2 107 020	2 037 298	69 722	15 500	1 865 550.5	1 694 581.2	170 969.3

### 3.1.4 机组性能指标

2006年岭澳核电站两台机组发电情况良好,运行稳定,创造连续运行新纪录。全年上网电量150.620亿kW·h。2006年岭澳核电站主要性能指标见表3.1.4-1。

表 3.1.4-1 2006年岭澳核电站主要性能指标

	毛发电量/(MW·h)	能力因子/%	机组负荷因子/%	非计划能力损失因子/%
1号机组	7 732 311.9	90.08	89.16	0.18
2号机组	7 966 227.9	92.44	91.86	0.03
全厂	15 698 539.8	91.26	90.51	0.11

两台机组每月机组能力因子(UCF)、计划能力损失因子(PCL)、非计划能力损失因子(UCL)见表3.1.4-2和表3.1.4-3。

表 3.1.4-2 1号机组性能指标统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
能力因子/%	82.92	100.00	91.50	99.88	99.93	99.89	99.88	99.84	99.93	99.85	99.95	99.89
计划能力损失因子/%	15.95	0.00	8.32	0.09	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
非计划能力损失因子/%	1.13	0.00	0.17	0.02	0.05	0.11	0.10	0.16	0.07	0.14	0.05	0.10

表 3.1.4-3 2号机组性能指标统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
能力因子/%	24.36	99.81	99.94	99.99	99.87	99.99	100	100	99.98	99.97	99.78	87.29
计划能力损失因子/%	75.62	0.05	0.06	0.01	0.00	0.01	0	0	0.02	0.00	0.22	12.71
非计划能力损失因子/%	0.03	0.15	0.00	0.00	0.13	0.00	0	0	0.00	0.03	0.00	0.00

影响1号机组性能指标的主要事件:

- (1) 1月9日, 进行L1VVP定期试验, 机组退出GRE压力模式, 降功率至949 MW。
- (2) 1月27日至3月1日, 进行1号机组第四次换料大修。
- (3) 3月1日至3月7日, 进行并网到额定功率的调整试验。
- (4) 3月29日, L1GCT119VV/120VV检查及紧固盘根消漏。
- (5) 4月6日, MIC进行控制棒R棒电压对比, 降功率10 MW。
- (6) 4月20日, 1号机组进行RGL004灰棒棒位曲线标定试验, 降功率到500 MW。
- (7) 5月16日, 台风“珍珠”造成机组功率的限制, 降功率到760 MW, 同时进行ADG002, RPB043定期试验。
- (8) 5月30日, 外部环境影响, 电网电量输出限制, 降功率到760 MW。
- (9) 6月12日, 电网电量输出限制, 降功率到760 MW。
- (10) 8月3日, 应电网要求降功率至760 MW。
- (11) 11月11日, 1ACO001PO盘根漏水检修。

影响2号机组性能指标的主要事件:

- (1) 1月1日至1月21日, 进行2号机组第三次换料大修。
- (2) 1月25日至1月30日, 进行并网到额定功率的调整试验。
- (3) 2月19日, L2VVP安全阀参数调整试验。
- (4) 3月13日, 执行PT2GRE001/002定期试验。
- (5) 4月6日, 执行PT2RGL002试验。
- (6) 5月17日, 台风“珍珠”造成机组功率的限制, 降功率到760 MW。
- (7) 5月30日, 外部环境影响, 电网电量输出限制, 降功率到760 MW。
- (8) 6月5日, 进行PT2GRE001/002定期试验。
- (9) 9月11日, 进行PT2GRE001/002定期试验。
- (10) 11月28日, 执行PT2GRE001/002及安全阀整定试验, 降功率至940 MW。
- (11) 12月28日, 开始2号机组第四次换料大修。

### 3.1.5 反应堆物理试验

#### 1. 启动物理试验

##### (1) 启动物理试验情况

年度物理试验部分主要涉及1号机组的第五循环和2号机组第四循环。

在完成堆芯装料及必要的大修项目后, 1号机组第五循环从2006年2月25日23:00开始启动物理试验, 26日04:46首次临界, 27日零功率物理试验结束。3月1日开始第一个8%FP平台堆芯物理试验, 期间经过30%FP, 48%FP及87%FP平台物理试验, 于3月6日达到满功率, 3月8日完成100%FP平台堆芯物理试验, 完成《启动物理试验大纲》中除G9曲线标定试验外其他所有试验项目。

2号机组第四循环在完成装料及必要的大修项目后, 从2006年1月18日05:20开始启动物理试验, 11:50达到临界, 1月20日15:30零功率物理试验结束, 30日达到满功率, 2月2日完成《启动物理试验大纲》中除G9曲线标定试验外其他所有试验项目。

##### (2) 启动物理试验结果

零功率物理试验结果见表3.1.5-1(a至d)及表3.1.5-2(a至d)。试验结果表明: 除

岭澳核电站 1 号机组 N2 棒积分价值超差外, 其他实际测量值都满足堆芯物理设计准则的要求。

表 3.1.5-1a 1 号机组零功率物理试验结果——控制棒价值

pcm

棒组名称	设计值	测量值	误差/%	标准/%
SA	500	472.6	5.48	±10
SB	738	665	-9.9	±10
SC	324	309.7	-4.4	±10
SD	960	1055	9.9	±10
G1	290	286	-1.38	±10
G2	492	467.7	-4.94	±10
N1	1137	1191	4.75	±10
N2	548	472.7	-13.7	±10
R	858	879.9	2.55	±10

表 3.1.5-1b 1 号机组零功率物理试验结果——临界硼浓度

mg/L

控制棒位置	设计值	测量值	误差	标准
ARO	1918	1931.5	13.5	±50

表 3.1.5-1c 1 号机组零功率物理试验结果——等温温度系数

pcm/°C

状态	设计值	测量值	误差	标准
ARO	-2.12	-0.434	1.686	±5.4
1830 mg/L	—	-4.25	—	—

表 3.1.5-1d 1 号机组零功率物理试验结果——硼微分价值

pcm

棒位变化	计算值	测量值	误差	标准
ARO 至 Rin	-7.69	-7.46	0.23	±1

表 3.1.5-2a 2 号机组零功率物理试验结果——控制棒价值

pcm

控制棒	设计值	测量值	误差/%	标准/%
R	917	920.7	0.4	±10
G1	314	328.0	4.3	±10
G2	597	600.8	0.6	±10
N1	972	1012.5	4.0	±10
N2	544	496.2	-9.6	±10
SA	516	506.7	-1.8	±10
SB	750	719.3	-4.3	±10
SC	377	368.0	-2.4	±10
SD	886	960.7	7.8	±10

表 3.1.5-2b 2 号机组零功率物理试验结果——临界硼浓度 mg/L

控制棒位置	设计值	测量值	误差	标准
ARO	1 922	1 938.5	16.5	±50

表 3.1.5-2c 2 号机组零功率物理试验结果——等温温度系数 pcm/°C

状态	设计值	测量值	误差	标准
ARO	-1.38	0.55	1.93	±5.4
1 844 mg/L	—	-2.46	—	—

表 3.1.5-2d 2 号机组零功率物理试验结果——硼微分价值 pcm

棒位变化	计算值	测量值	误差	标准
ARO 到 Rin	-7.74	-7.77	-0.03	±1

升功率物理试验结果见表 3.1.5-3 及表 3.1.5-4。两台机组升功率过程中各个功率台阶的堆芯特性参数测量结果表明：堆芯核安全准则和核设计准则都得到满足。

表 3.1.5-3 1 号机组中子注量率图测量结果（启动物理试验）

序号	日期	燃料 MW·d/t	功率 %FP	MAP / %				$F_{xy}$		QT (Z)		$F_{\Delta H}$		PT / %	
				$P \geq 0.9$		$P < 0.9$		标准	测量	标准	测量	标准	测量	标准	测量
				标准	测量	标准	测量								
1	2006-02-28	0	7.4	<10	10.6	<15	11.8	—	—	—	—	—	1.488 9	<9	3.28
2	2006-03-03	25	46.5	<10	4.7	<15	5.7	1.507 5	1.464 6	2.13	0.916	1.729	1.407 5	<9	1.21
3	2006-03-05	120	85.3	<10	5.8	<15	7.1	1.494 3	1.439 3	2.17	1.557	1.556 1	1.394 9	<3	1.01
4	2006-03-08	200	98.38	<10	6.5	<15	8.2	1.475	1.446 3	2.20	1.768	1.497 6	1.399 9	<2	0.91

表 3.1.5-4 2 号机组中子注量率图测量结果（启动物理试验）

序号	日期	燃料 MW·d/t	功率 %FP	MAP / %				$F_{xy}$		QT (Z)		$F_{\Delta H}$		PT / %	
				$P \geq 0.9$		$P < 0.9$		标准	测量	标准	测量	标准	测量	标准	测量
				标准	测量	标准	测量								
1	2006-01-21	0	7.28	<10	6.3	<15	9.9	—	—	—	—	—	—	<9	1.3
2	2006-01-24	60	47.16	<10	5.3	<15	7.5	1.54	1.416 2	2.14	0.903	1.727	1.361 5	<9	0.27
3	2006-01-27	120	85.7	<10	3.7	<15	5.1	1.483	1.416 3	2.14	1.548	1.554 3	1.369 5	<3	0.68
4	2006-02-02	350	98.25	<10	3.9	<15	5.3	1.465	1.429 0	2.17	1.715	1.498 2	1.374 2	<2	0.76

升到满功率后试验确定 RPN 系统的校刻系数见表 3.1.5-5 及表 3.1.5-6。

表 3.1.5-5 1 号机组满功率 RPN 系统校刻系数 (启动物理试验)

日期	功率 % FP	燃料 MW·d/t	RPN 系统校验系数											
			$K_{\mu}$				$K_L$				$\alpha$			
			C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
2006-03-04	87	80	0.3252	0.3370	0.3533	0.3490	0.3048	0.3391	0.3452	0.3406	1.7358	1.6836	1.6812	1.6945
2006-03-08	100	200	0.3223	0.3350	0.3511	0.3452	0.2980	0.3277	0.3336	0.3323	1.6351	1.6200	1.6171	1.6374

表 3.1.5-6 2 号机组满功率 RPN 系统校刻系数 (启动物理试验)

日期	功率 % FP	燃料 MW·d/t	RPN 系统检验系数											
			$K_{\mu}$				$K_L$				$\alpha$			
			C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
2006-01-23	47.69	20	0.3531	0.3509	0.3607	0.37	0.3279	0.3311	0.3364	0.3401	1.5765	1.5202	1.553	1.5458
2006-01-25	82.2	40	0.3367	0.3341	0.3449	0.3518	0.3127	0.3153	0.3217	0.3234	1.653	1.5964	1.6241	1.6256
2006-02-02	98.25	350	0.3339	0.3306	0.3428	0.3502	0.3090	0.31	0.3150	0.3191	1.6522	1.6193	1.6526	1.6366

注:  $F_{xy}$ —径向功率峰因子;  $QT(Z)$ —总轴向最大功率分布因子;  $PT$ —象限功率倾斜因子;  $F_{\Delta H}$ —焓升因子;  $MAP$ —组件平均功率因子。

### (3) 启动试验结果分析

#### 1) 1 号机组

##### ① 零功率物理试验结果分析

零功率物理试验结果见表 3.1.5-1。N2 棒测量价值超差, 其他物理试验结果均满足核安全及核设计准则的要求。经过安全分析后认为对电站正常生产没有造成不利影响。经 8% FP 时理论计算和实际测量组件功率分布图, 从中可以看出 N2 棒所在组件实际堆芯功率比理论计算值小得多, 造成 N2 棒价值超差。

等温温度系数测量: 零功率、无氙毒、ARO 实测的  $\alpha_m^M$  (ARO) = 2.546 pcm/°C (>0 pcm/°C), 因此需要找出慢化剂温度系数保证为负的硼浓度限制, 在 1830 mg/L 的硼浓度功率控制棒插入的情况下测量得  $\alpha_m^M = -1.27$  pcm/°C, 最终确定保证慢化剂系数为负的硼浓度限值为 1851 mg/L, 有效窗口为功率在 0~25% FP 且燃料在 0~2139 MW·d/t 内。

##### ② 升功率物理试验结果分析

根据启动物理试验质量安全计划、物理试验大纲及零功率物理试验结果, 本次在 8%, 48%, 87% 及 100% FP 平台进行了全堆芯注量率图测量试验; 在 8%, 30% 及 48% FP 平台进行了 RPN 中间量程保护定值的验证计算和调整; 在 100% FP 平台进行了氙振荡试验。

从结果列表中可以看出, 本次在 8%, 48%, 87% 及 100% FP 平台进行了全堆芯注量率图测量试验, 经过结果分析与安全评价, 各功率台阶段组件平均功率的相对偏差  $MAP$ 、象限倾斜因子  $DA$ 、径向功率峰值因子  $F_{xy}$ 、热点因子  $QT(Z)$  以及焓升因子  $F_{\Delta H}$  均满足验收准则的要求。

##### ③ RPN 系统测量系数试验结果分析

在物理启动试验前, 按《启动物理试验大纲》要求, 用上循环 (岭澳核电站 1 号机组第四次大修) 启动试验 100% FP 时 RPN 系统的测量系数作为本次启动的预设值。

87% FP 功率台阶试验后, 根据机组情况调整了 RPN 系统系数; 100% FP 功率台阶试验

后, 确定出本循环首次实际测量的 RPN 系统系数, 系数见表 3.1.5-5 中岭澳核电站 1 号机组第五循环升功率过程 RPN 系统参数标定的结果。100% FP 试验最大的堆外 (EX-CORE) 与堆内 (IN-CORE) 功率偏差及  $\Delta I$  偏差为:

$$\Delta P_{\text{MAX}} = | P_{\text{EX}} - P_{\text{IN}} | = 0.61\% < 5\% \text{ (标准)}$$

$$\Delta I_{\text{MAX}} = | \Delta I_{\text{EX}} - \Delta I_{\text{IN}} | = 0.08\% < 3\% \text{ (标准)}$$

试验结果都满足验收标准的要求

在整个升功率过程中, 在不同功率平台物理试验结束后, 对 RPN 系统功率量程保护定值 (C2, RT) 进行了及时给定和调整, 确保 RPN 功率量程报警和保护信号有效。

#### ④ LSS 参数结果修改分析

48% FP, 87FP%, 100FP% 功率平台注量率图测量处理后的 LSS 参数均及时改入 LSS 计算机, 满足堆芯监测的要求。0~100% FP 升功率的过程中,  $\Delta I_{\text{ref}}$  设为 1%, 使 C21 保护线不突破绝对限制线。

### 2) 2 号机组

#### ① 零功率物理试验结果分析

物理试验结果均满足核安全及核设计准则的要求。

根据技术规范中运行限制条件的规定, 正常运行时, 慢化剂温度系数必须为负, 在 1 844 mg/L 临界的情况下测量得 0.51 pcm/°C, 最终确定保证慢化剂系数为负的硼浓度限值为 1 819 mg/L, 有效窗口为功率在 0~33% FP 且能耗在 0~1 485 MW·d/t 内。

#### ② 升功率物理试验结果分析

各功率台阶组件平均功率的预期值与实测值的相对偏差 MAP, 径向功率峰因子 ( $F_{xy}$ ), 热点因子 QT (Z) 以及焓升因子  $F_{\Delta H}$  均满足验收标准的要求。

#### ③ RPN 系统测量系数校刻试验结果分析

在物理启动试验前, 按《启动物理试验大纲》要求, 用上循环 (岭澳核电站 2 号机组第三次大修) 启动试验 100% FP 时 RPN 系统的测量系数作为本次启动的预设值。

48% FP 功率台阶试验后根据机组情况调整了 RPN 系统系数; 87% FP 台阶试验后调整了 G. K.,  $K_{\mu}$ ,  $K_L$ , ALPHA 参数; 100% FP 功率台阶试验后, 确定出本循环首次实际测量的 RPN 系数, 系数见表 3.1.5-6 中岭澳核电站 2 号机组第四循环升功率过程 RPN 系统参数标定的结果。100% FP 试验最大的堆外 (EX-CORE) 与堆内 (IN-CORE) 功率偏差及  $\Delta I$  偏差为:

$$\Delta P_{\text{MAX}} = | P_{\text{EX}} - P_{\text{IN}} | = 0.42\% < 5\% \text{ (标准)}$$

$$\Delta I_{\text{MAX}} = | \Delta I_{\text{EX}} - \Delta I_{\text{IN}} | = 0.05\% < 3\% \text{ (标准)}$$

试验结果都满足验收标准的要求。

#### ④ LSS 参数结果修改与分析

48% FP, 87FP%, 100FP% 功率平台注量率图测量处理后的 LSS 参数均及时改入 LSS 计算机, 满足堆芯检测的要求。0~100% FP 升功率的过程中,  $\Delta I_{\text{ref}}$  设为 1%, 使 C21 保护线不突破绝对限制线。

## 2. 周期性物理试验

### (1) 周期性物理试验状况

年度周期性物理试验包括 1 号机组第五循环部分、2 号机组的第四循环的周期性物理试验项目。两台机组共完成周期性物理试验 60 项, 其中 1 号机组 30 项, 2 号机组 30 项。周期性试验项目完成率 100%, 无超期现象发生。两台机组在升降功率运行期间, 及时修改了运



行图以及失水事故监测系统 (LSS) 有关参数。对堆芯核安全参数进行监测定期地修改运行参数, 确保了岭澳核电站机组连续、安全和稳定地进行电力生产。

两台机组反应堆核安全准则和设计准则在整个寿期内均得到了满足。

### (2) 延伸燃耗运行

1号机组从2007年2月1日到2月9日进行了岭澳核电站1号机组第五次大修延伸燃耗运行, 2号机组从2006年12月24日到12月27日进行了岭澳核电站2号机组第四次大修延伸燃耗运行。

根据机组延伸燃耗运行的技术规定, 分别在延伸运行开始和结束前进行了堆芯注量率图的测量, 测量结果的安全评价结果良好。延伸运行期间的G9曲线和RPN系统的系数得到修改, 以满足堆芯控制和安全的需要。

## 3.1.6 电站化学

### 3.1.6.1 化学监督

#### 1. 水化学监测和控制

##### (1) 一回路水化学

在本循环周期内一回路水质都按新版化学技术规范的要求控制, 水中杂质浓度保持较低水平 (见表3.1.6.1-1), 一回路水质良好, 硼、锂、氢含量都在化学规范控制范围内。

表3.1.6.1-1 正常运行期间一回路水质情况 (1号和2号机组)

月 份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1号机组运行天数 ( $P_n > 30\% \text{FP}$ )	26	0	30	30	31	30	31	31	30	31	30	31
溶解氧平均值/ (mL/kg)	29	大修	29	29	30	29	28	28	28	28	28	30
氟离子平均值/ (mg/kg)	<2	大修	5	4	3	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
氯离子平均值/ (mg/kg)	<2	大修	4	2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
硫酸根离子平均值/ (mg/kg)	<4	大修	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
钠离子平均值/ (mg/kg)	<2	大修	6	3	3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
钙离子平均值/ (mg/kg)	<2	大修	4	4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
镁离子平均值/ (mg/kg)	<2	大修	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
铝离子平均值/ (mg/kg)	<2	大修	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
硅离子平均值/ (mg/kg)	43	大修	160	116	106	126	89	88	124	116	57	77
月 份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2号机组运行天数 ( $P_n > 30\% \text{FP}$ )	10	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	20
溶解氧平均值/ (mL/kg)	35	33	29	29	29	28	29	30	31	29	30	29
氟离子平均值/ (mg/kg)	3	4	3	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
氯离子平均值/ (mg/kg)	3	4	3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
硫酸根离子平均值/ (mg/kg)	11	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	4
钠离子平均值/ (mg/kg)	7	12	6	5	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
钙离子平均值/ (mg/kg)	5	2	3	2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
镁离子平均值/ (mg/kg)	<4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
铝离子平均值/ (mg/kg)	<4	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
硅离子平均值/ (mg/kg)	160	143	127	118	88	119	90	109	123	88	57	<10

自2006年11月,2号机组运行接近寿期末,当主回路硼浓度下降到100 mg/L以下时,一回路水中的溶解氢浓度由于回路中电导率达不到氢表设计值(8  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ),使再生电流过低,氢表读数漂移很大,与手动分析相差较大。采用临时措施即连续再生三次,每次再生1分钟后再读数,同时增加手动分析的方式,保证了一回路氢浓度的监督。当机组大修启动后,由于一回路硼浓度较高,在线氢表恢复正常。1号机组的情况类似。目前,正在进行在线氢表的选型改造工作。

## (2) 二回路水化学

2006年,1号机组二回路水质良好,蒸汽发生器排污系统的钠含量维持在较低水平,WANO指标年度值为1.00,进入世界先进水平。2006年3月5日开始,2号机组蒸汽发生器的钠和氯离子浓度开始异常波动,其他杂质(如硫酸根、磷酸根等)未发现异常,二回路侧发生了轻微污染。4月5日的钠浓度峰值为2.5  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,氯浓度为3.2  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,此后钠离子浓度一直在0.2~1.5  $\mu\text{g}/\text{L}$ 范围波动,期间L2CEX/ADG/ARE等二回路侧水质未发现明显变化。自2006年6月以后,二回路水质恢复正常,污染源消失,原因不明。由于采取了有力措施,如将除盐床的运行方式由铵饱和运行改为氢型运行,使水质得到改善,WANO指标年度值达到了1.00的目标值。经过多方分析和查找原因,确定污染源来自于CEX冷凝器到CEX泵出口之间流程,排除了污染源来自二回路调节剂SIR系统、二回路相关疏水及SRI泄漏的可能性,真正原因未找到。

二回路水质主要参数如表3.1.6.1-2所示。

表3.1.6.1-2 岭澳核电站二回路水质主要参数

月 份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1号机组运行天数 ( $P_n > 30\% \text{FP}$ )	26	0	30	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1APG $\lambda^+$ 平均值	0.14	大修	0.14	0.12	0.13	0.11	0.12	0.15	0.14	0.14	0.12	0.13
1APG $\text{Na}^+$ 平均值	0.59	大修	0.70	0.47	0.65	0.54	0.54	0.50	0.45	0.38	0.32	0.47
1APG $\text{Cl}^-$ 平均值	0.23	大修	0.42	0.20	0.14	0.19	0.19	0.22	0.37	0.30	0.24	0.22
1APG $\text{SO}_4^{2-}$ 平均值	1.21	大修	1.76	1.16	0.95	0.73	0.79	0.89	0.85	0.95	0.89	0.85
1ARE Fe 平均值	1.82	大修	1.58	1.28	2.78	1.61	2.47	2.60	2.87	2.24	2.18	1.73
1CEX $\text{O}^{2-}$ 平均值	1.66	大修	2.14	0.87	0.62	0.52	0.31	0.32	0.33	0.30	0.30	0.35
月 份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2号机组运行天数 ( $P_n > 30\% \text{FP}$ )	10	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	20
2APG $\lambda^+$ 平均值	0.22	0.14	0.11	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.13	0.13	0.11	0.11
2APG $\text{Na}^+$ 平均值	1.39	0.91	0.41	1.18	0.81	0.32	0.25	0.28	0.18	0.21	0.19	0.21
2APG $\text{Cl}^-$ 平均值	2.07	1.07	0.46	1.19	0.83	0.76	0.35	0.29	0.24	0.26	0.21	0.29
2APG $\text{SO}_4^{2-}$ 平均值	2.80	1.37	1.04	1.27	1.11	1.11	0.95	0.87	0.87	0.95	0.92	0.87
2ARE Fe 平均值	0.89	1.70	1.91	1.96	2.78	3.12	2.94	2.67	3.03	2.15	1.81	1.80
2CEX $\text{O}^{2-}$ 平均值	1.92	1.95	1.57	1.36	0.62	0.93	0.81	0.65	0.54	0.69	0.80	0.51

## 2. 放射化学监测和控制

2006年放射化学定期测量表明,岭澳核电站两台机组一回路的惰性气体活度、碘活度

和放射性总体水平维持在很低的水平, 惰性气体活度全年平均值小于  $90 \text{ MBq/m}^3$ ,  $^{131}\text{I}$  活度瞬时值均小于  $1 \text{ MBq/m}^3$ 。两台机组一回路正常运行期间的活化腐蚀产物主要是  $^{58}\text{Co}$ , 1 号机组  $^{58}\text{Co}$  平均值低于  $10 \text{ MBq/m}^3$ , 2 号机组  $^{58}\text{Co}$  平均值低于  $50 \text{ MBq/m}^3$ , 说明两台机组的燃料包壳完好。

### 3. 油务监督管理

2006 年按计划对岭澳核电站的 1 号和 2 号机组润滑油、抗燃油系统、主变压器、厂用变压器、辅助变压器以及重要设备循环泵、柴油发电机的油质进行了定期的相关色谱及常规项目分析监测, 试验结果表明, 所有润滑油、抗燃油、绝缘油除 (1 号机组主变压器 B 相除外) 油质分析项目正常。1 号机组主变压器 B 相 (2004 年新制造的变压器) 自 2 月投入运行后, 油中溶解氢气含量比 A/C 两相高。6 月 8 日已超出国标注意值  $150 \text{ mL/L}$ , 2006 年 12 月, 氢气含量为  $215 \text{ mL/L}$ , 总烃含量为  $80 \text{ mL/L}$  左右。变压器小组分析认为, 铁芯部位运行温度偏高及绝缘油特性因素引起 B 相氢气增长异常的可能性较大。2006 年 7 月 6 日采取了降低冷却器运行定值的临时措施后, 氢气、总烃等气体的增长缓慢, 没有出现突变。由此确定在第五次大修中只做常规年度检查及必要的绝缘油再生处理。

#### 3.1.6.2 化学系统制水及制氯制氢

##### 1. 化学系统制水

2006 年岭澳核电站制水车间共处理生水约  $46 \text{ 万 m}^3$ , 生产除盐水约  $13 \text{ 万 m}^3$ , 生产 SEP 饮用水约  $28 \text{ 万 m}^3$ , 其余为循环水泵密封用水及自用水。凝结水精处理系统共处理二回路水约  $55 \text{ 万 m}^3$ , 其中包括 2 号机组冷凝器微漏海水时处理水  $8 \text{ 万 m}^3$ , 其他为大修启动阶段水质净化所处理的二回路水量。具体统计数据见表 3.1.6.2-1。

表 3.1.6.2-1 化学系统制水统计

$\text{m}^3$

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	累计
SEP	22 260	20 280	23 890	21 281	25 887	25 646	25 793	21 731	22 966	21 790	20 775	23 033	275 332
SER	15 265	20 888	6 828	6 310	5 545	6 045	6 826	8 292	6 582	6 709	8 140	8 372	105 802
SED	2 370	1 812	1 793	2 362	2 180	1 732	2 168	1 845	1 258	1 139	1 874	1 349	21 882

##### 2. 化学系统制氯制氢

2006 年制氯系统 CTE 运行正常, 经过一年的验证, 已经形成比较完善的运行模式和酸洗方法, 同时完成了 2CTE004/005BA 阴阳极板的整体更换工作。

制氢系统 SHY 运行正常, 满足了机组正常用氢和大修充氢需求, 目前 SHY 系统的运行方式采用间断方法, 事实证明效果良好。具体统计数据见表 3.1.6.2-2。

表 3.1.6.2-2 化学系统制氢制氯统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	累计
制氯/t	103	59	68	88	112	125	121	129	124	127	117	116	1 289
制氢/ $\text{m}^3$	1 831	1 550	1 729	1 290	82	2 075	3 402	0	4 359	2 140	109	3 258	21 825
供氢/ $\text{m}^3$	2 785	1 784	770	1 276	1 515	1 338	1 960	2 230	1 675	1 335	1 383	1 359	19 410

### 3. 大宗化学试剂消耗

大宗化学试剂消耗量正常,主要用于化学系统制水、二回路加药调控水质和机组大修蒸汽发生器保养,CTE系统酸洗等。具体统计数据见表3.1.6.2-3。

表 3.1.6.2-3 化学试剂消耗统计

系统	盐酸	50% 氢氧化钠	32% 氢氧化钠	氨水	联胺	三氯化铁	次氯酸钠	磷酸三钠
SDA	70	—	120	0.2	—	38	19	—
ATE	61	12	34	—	—	—	—	—
SIR	—	—	—	66	14	—	—	0.2
CTE	8	—	—	—	—	—	—	—

## 3.1.7 重要机械设备运行维护

### 3.1.7.1 静止机械设备

2006年岭澳核电站静止机械设备运行状况良好,全年未出现因静止机械设备故障而导致的停机、停堆事件。全年日常执行维修工作票数量8246张,其中预防性维修1294张,纠正性维修1753张,服务支持3972张,设备巡检1227张。

#### 1. 完成的重要维修工作及重大设备缺陷处理

- (1) L2CRF505FI 滤网压差高报警原因分析及处理。
- (2) L2SEC003AA 频繁闪发报警的根本原因查找及处理。
- (3) L1/2CRF 海水进出口流道上的部分取样管腐蚀断裂分析及处理。
- (4) L1SAP“白粉”问题处理。
- (5) LOSGZ801EV 长期压力异常上涨问题处理。
- (6) DVM 通风系统更换腐蚀风管、导流叶片等。
- (7) 完成 SDA 酸碱系统整治性检修活动。
- (8) L2REA190VB 所在管线无法给 L2RIS021BA 补水原因分析及处理。
- (9) L2ADG204DI 法兰密封垫片更换。
- (10) 设置 L2ADG023VL 气动阀最小开度,消除了该阀门所在管线目前振动较大问题。
- (11) 2APP 系统 B 泵泄漏导致玻璃泡破损引发消防系统动作的快速响应和故障处理。
- (12) RAZ015/031VZ 积水原因分析及处理。
- (13) 完成岭澳核电站消防雨淋阀复位销的改进,解决了其试验后复位困难的问题。

#### 2. 机组大修

2006年度岭澳核电站经历了2号机组第三次大修、1号机组第四次大修。

2号机组第三次大修共收到工作票1817张,其中预防性工作票782张、纠正性工作票655张、服务性工作票366张、其他14张。

1号机组第四次大修共收到工作票1797张,其中预防性工作票815张、纠正性工作票601张、服务性工作票370张、其他11张。

大修主要检修项目有反应堆开关盖、低低水位阀门检修、蒸汽发生器二次侧管板冲洗、稳压器和蒸汽发生器一次侧开关人孔及蒸汽发生器堵板工作、碎石过滤器全面检修、冷凝器水室钛管和磁性过滤器冲洗、核岛阻尼器及支吊架检查、常规岛支吊架检查、常规岛和核

岛阀门、容器等设备的检修、泵站设备的检修、L1GPAV009JD 膨胀节更换等。

### 3. 大修中解决的主要技术问题

- (1) L2CRF505FI 碎石过滤器压差高报警原因分析及处理。
- (2) GCT 阀门内漏处理。
- (3) L1AHP227VL 内漏处理。
- (4) L1ARE054/058/062VL 阀门类型更换。
- (5) L1GSS101/201VV 内漏处理。
- (6) L1SAP “白粉” 问题处理。
- (7) 控制棒驱动机构 CRDM (K14) 顶部裂纹处理。

#### 3.1.7.2 转动机械设备

2006 年岭澳核电站转动设备运行状况良好, 全年未出现因转动设备故障而导致的停机、停堆事件。全年日常执行维修工作票数 4 259 张, 其中预防性维修 1 739 张, 纠正性维修 1 016 张, 服务支持 1 242 张, 设备巡检票 262 张。

##### 1. 核岛重要转动设备维护

(1) L2RCP 三台主泵寿期末 1 号轴封泄漏高问题的处理。采用更换 RCV 系统注入水细滤网的方式解决了这一自调试以来就存在的重要缺陷。

(2) L1DEG101GF 轴承烧毁抢修, 确保了机组的安全稳定运行, 并通过 RCA 根本原因分析, 优化了 DEG 制冷机组在冬季低功率情况下的运行方式, 制定了 DEG 制冷机组的预防性维修计划。同时, 电站成立了制冷设备健康专项小组, 为后期制冷设备的管理提供了平台, 指明了方向。

(3) L1LHQ651LT 玻璃碎片掉入设备内的排查和处理。转机处通过精心准备排查计划和后期的再鉴定试验方式, 圆满解决了 651LT 玻璃碎片掉入柴油机润滑油回路这一重大缺陷。

##### 2. 常规岛重要设备维护

(1) L2APP 两台汽动给水泵流量波动问题处理。通过成立小组的联合作业, 找到了岭澳核电站 2 号机组自商业运行以来一直威胁机组稳定运行的给水流量波动原因, 并通过调整 L2AGR160/260VH 的静态特性曲线, 圆满解决了两台汽动给水泵流量波动问题。

(2) L1CRF001MO 上部推力轴承异音处理。分析推力轴承油室的油流情况, 确认声音源于润滑油室的导油板在油流的冲击下发声。通过加固导流油板和增加油板支撑垫的方式, 解决了 L1CRF001MO 上部轴承异音问题。

(3) L2CRF002MO 上部导向轴承温度波动问题。在岭澳核电站 2 号机组第三次大修后期, L2CRF002MO 上部导向轴承温度再次出现波动。在日常期间机组满负荷条件下, 转机处润滑小组结合自动加油器的推广实验, 探索性地在这两台对于油脂加注极其敏感的电机上进行尝试, 取得了良好效果。不仅解决了设备问题, 而且为自动加油器的推广打下了良好基础。

(4) L1/2DVM001 ~ 009ZV 18 台大风机进行皮带轮和轴承更换, 解决了 18 台风机接产遗留下来的设备问题。

#### 3.1.8 继电保护

2006 年度岭澳核电站继电保护装置和自动装置处于良好的稳定运行状态, 继电保护各项考核指标均达到了良好的水平。

### 1. 全厂继电保护投运情况

(1) 全厂继电保护和自动装置中, 6.6 kV 以上共配置了 254 套, 投入运行了 254 套, 投入运行率 100%; 继电保护装置 202 套, 投运 202 套, 投运率 100%; 自动装置 42 套, 投运 42 套, 投运率 100%。

(2) 220 kV 系统继电保护装置共配置 18 套, 投运 18 套, 投运率为 100%。

(3) 500 kV 系统继电保护装置共配置 56 套, 投运 56 套, 投运率为 100%。

(4) 1 号机组发电机-变压器组保护装置共配置 64 套, 投运 64 套, 投运率 100%。

(5) 2 号机组发电机-变压器组保护装置共配置 64 套, 投运 64 套, 投运率为 100%。

(6) 自动重合闸装置共配置 8 套, 投运 8 套, 投运率为 100%。

(7) 500 kV 的 BAY 控制装置共配置 24 套, 投运 24 套, 投运率为 100%。

(8) 故障录波器装置共配置 4 套, 投运 4 套, 投运率为 100%。

(9) 同期并网装置共配置 8 套, 投运 8 套, 投运率为 100%。

(10) 励磁调节器装置共配置 8 套, 投运 8 套, 投运率为 100%。

### 2. 全厂继电保护运行情况

(1) 220 kV 保护装置共动作 2 次, 误动作次数 0 次, 保护装置均正常稳定运行, 正确动作率 100%。

(2) 500 kV 线路保护装置共正确动作 14 次, 误动作次数 0 次, 保护装置均正常稳定运行, 正确动作率 100%。

(3) 自动重合闸装置共正确动作 4 次, 误动作次数 0 次, 重合闸装置均正常稳定运行, 正确动作率 100%。

(4) 1 号机组发电机-变压器组保护共动作 0 次, 误动作 0 次, 正确动作率 100%。

(5) 2 号机组发电机-变压器组保护共动作 0 次, 误动作 0 次, 正确动作率 100%。

(6) 故障录波器应评价次数 3 次, 录波完好 3 次, 录波完好率 100%。

(7) 1 号和 2 号机组励磁调节装置自动装置完好率 100%。

### 3. 全厂继电保护装置运行分析

#### (1) 500 kV 开关站电网保护装置运行分析

2006 年, 500 kV 超高压线路共发生了 1 次线路接地故障。4 月 22 日 9:30, 岭赬乙线线路发生 A 相瞬时接地故障, 线路保护正确动作, 跳开 0GEW420/430JA 断路器的 A 相, 重合闸正确动作, 0GEW420/430JA 断路器的 A 相自动重合成功, 线路恢复送电; 同时由于此时岭赬甲线发生功率倒向, 而高频通道展宽时间过长, 达到了岭赬甲线第二保护纵联零序方向等保护的的条件, 岭赬甲线第二保护的纵联零序方向等保护正确动作, 跳开 0GEW310/320JA 断路器的 A 相, 自动重合闸装置正确动作, 0GEW310/320JA 断路器的 A 相自动重合闸成功, 线路恢复送电。

日常运行中, 处理了所有线路保护的装置电源卡件故障和操作箱的控制卡过热等问题, 解决了 OKKO4 系统一些软件和硬件故障问题。发现了 0GEW430JA 在线路刀闸断开情况下无法合闸的软件设计错误并更改完成。

2006 年度整个 500 kV 开关站电网保护及控制装置均保持正常的稳定运行状态。

#### (2) 发电机-变压器组保护装置动作分析

2006 年 1 号和 2 号发电机-变压器组保护装置均保持了良好的运行状态, 没有发生任何误动作或误报警的情况。

### (3) 发电机组励磁调节系统运行分析

2006年,1号和2号发电机组励磁调节装置均处于良好的运行状态,励磁调节装置发挥了正常的电压和无功调节功能,保证了机组和电网的安全稳定运行。

### (4) 应急柴油发电机系统运行分析

2006年,4台柴油发电机组均保持正常稳定的运行状态,柴油发电机组保护和励磁控制装置均保持稳定安全可靠的运行状态,没有发生任何误动作或误报警的情况。

### (5) 其他系统保护和控制装置运行分析

2006年8月28日18:08风岭线相邻线路故障,引起9LGR系统两台辅助变压器的间隙保护动作跳开9LGR101JA和9LGR201JA开关,经检查保护为正确动作,立即通知电网并恢复两台辅助变压器运行。

2006年,9LGR变电站电气保护及控制系统、6.6kV厂用电保护控制系统、KCO厂用电倒电系统、RAM的保护控制系统等均保持可靠运行状态,保证了电站的安全稳定运行。

## 4. 2006年继电保护专业工作

2006年岭澳核电站继电保护装置的投运率和保护装置的正确动作率都达到了100%,为两台机组安全稳定运行作出了贡献,继电保护专业重点完成了以下工作:

(1) 完成了1号机组第四次大修、2号机组第三次大修的继电保护工作任务。

(2) 完成电网下达的岭深甲线和乙线的光纤通道改造、第二主保护的闭锁式改为允许式和取消保护直流电源刀闸闭锁等改造。

(3) 完成了主变压器差动保护由原来的间断角原理换成二次谐波制动原理改造工作的准备和启动。

(4) 完成9LGR辅助变压器的间隙保护定值更改工作。

(5) 完成0GEW,0KKO4,9LGR等日常系统的定期检修工作。

## 3.1.9 发供电系统可靠性

### 1. 发电机组的可靠性

2006年岭澳核电站1号和2号发电机组运行正常,1号和2号机组运行时间分别为7964h和8165h。但均存在给发电机提供冷却水的GST水泵电机轴承频繁失效问题,已查明原因,有望在岭澳2号机组第四次大修中对电机基础进行改造,提高基础刚度,消除隐患。

### 2. 输变电主变压器和厂用变压器GEV系统的可靠性

2006年度主变压器和厂用变压器GEV系统在换料周期内可用,1号和2号机组运行时间分别为8385h和8603h。需关注如下问题:

(1) 岭澳核电站1号机组主变压器B相自投入运行两个换料周期以来,变压器油中溶解气体含量存在单值 $H_2$ 增长较快的问题。聘请国内外多家公司对该变压器进行在线局放试验及定位,未得出统一结论,对内部异常性质定位为轻微但不明确。修改后, $H_2$ 含量增长趋于平缓。经专家评审,结合实际(注:A,C两相须返厂改造及检修,该B相已按其他7相的反馈进行制造,油样分析中其他参量变化无异常),计划在下一换料周期继续监视运行。

(2) 由于主变压器(TF01-07)设计制造存在缺陷,如铁芯中柱不绑扎导致铁芯弯曲,低压引线鼻子过热等,须返厂进行改造及检修。至2006年底,TF01/03未返厂,计划在岭澳核电站1号机组第五次大修后执行返厂检修,以提高主变压器运行可靠性。

主变压器各相更换和返厂检修情况见表 3.1.9-1。

表 3.1.9-1 岭澳核电站主变压器更换及返厂检修情况统计

大修序号	1号机组			2号机组			备注
	A相	B相	C相	A相	B相	C相	
投入运行	TF01	TF04	TF03	TF05	TF06	TF07	TF02 备用
1号机组 第一次大修	TF01	TF04	TF02	—	—	—	TF02 换 TF03, TF03 吊罩后备用
2号机组 第一次大修	—	—	—	TF05	TF03	TF07	TF03 换 TF06, TF06 吊罩后备用
1号机组 第二次大修	TF01	TF02	TF06	—	—	—	TF06 换 TF02, 检修后, 换 TF04, TF04 返厂
2号机组 第二次大修	—	—	—	TF05	TF04	TF07	TF04 换 TF03, TF03 吊罩后备用, 增加备用相 TF08
1号机组 第三次大修	TF01	TF08	TF03	—	—	—	TF08 换 TF02, TF03 换 TF06, TF02/06 逐一返厂
2号机组 第三次大修	—	—	—	TF04	TF06	TF02	TF06 换 TF04, TF02 换 TF07, TF04 吊罩后换 TF05, TF05 备用, TF07 返厂
1号机组 第四次大修	TF01	TF08	TF03	—	—	—	TF08 吊罩后回装, TF07 备用, TF05 返厂

注：“TF01-08”指各相主变压器的序列号，“吊罩”指吊罩进行内部检修。“返厂”指返厂改造及检修。

(3) 主变压器和厂变压器停电检修后存在多次送电不成功现象，原因是差动保护使用间断角原理，躲不开励磁涌流，引起误动，计划在下次大修对差动保护按谐波制动原理进行改造。

(4) 电网直流输电单极对地运行会引起主变压器运行噪音明显增大，已改造增加主变压器中性点直流电流监视装置，便于及时监视变压器的运行及与电网沟通。全年共有 5 次，累计延时大约 25 h，最大电流 14 A。

### 3. 500 kV GIS 开关站的可靠性

2006 年，岭澳核电站 500 kV 开关站 GIS 气室压力低报警 1 次，通过补气处理恢复正常。500 kV 变电站全年未发生设备损坏或故障停运事件，500 kV 高压开关正确动作率达 100%。

主接线使用 3/2 的接线方式，可靠性高，维护方便，但存在影响 500 kV 开关站可靠性的因素，包括：

(1) 避雷器的动作次数全年没有增加，线路检修时发现避雷器与底座间绝缘为 0，已计划更换底座绝缘。

(2) 高压开关 330JA 的 A 相液压机构漏油，计划在岭澳核电站 2 号机组第四次大修更换，并返厂检修。

(3) 1 号机组出口 SF<sub>6</sub> 气室年检时发现 GIC 封闭母线 219EB 气室管道有漏点，原因是气室管道螺旋焊缝上有 1 个砂眼，用金属修补剂进行封堵修补后，运行正常。



#### 4. 辅助供电 LGR 系统的可靠性

2006 年 220 kV 辅助电源 LGR 系统在岭澳核电站 2 号机组第三次大修中, 安排两次全停进行预防性检修, 历时 24 h; 在岭澳核电站 1 号机组第四次大修中, 同样安排两次全停进行预防性检修, 历时 28 h; 电网故障处理 3 h, 总计不可用 55 h, 可用率达 99.4%。

2006 年影响 LGR 可靠性的主要因素有:

(1) 辅助变压器中性点间隙过流保护动作。在 2006 年 8 月 3 日 18:29, 风岭线线路距离风田站 6 km/9.6 km 有故障, 辅助变压器中性点保护间隙过电压击穿放电。由于间隙过流保护延时定值只有 0.6 s, 正常动作跳闸, 辅助变压器退出运行。经电网同意, 将延时定值改为 1.2 s。提高 LGR 系统可用率。

(2) 220 kV 开关 0LGR121JA 操作气源的空气压缩机逆止阀回水, 使压缩机油易乳化。

(3) 220 kV 开关 0LGR221JA 的操作气压机构的分闸控制阀内漏, 使操作气源的空气压缩机每 6 h 启动一次。已计划在 2 号机组第四次大修停电检修期间更换分闸控制阀。

#### 5. 6.6 kV 厂用电系统的可靠性

2006 年 6.6 kV 电气设备运行状态良好, 全年无绝缘故障或因设备损坏导致的停运事件发生。但 6.6 kV 断路器也存在与大亚湾核电站类似的问题, 见 2.1.10-5 节。

对热备用 6.6 kV 电动机保养改进, 完成对所有 6.6 kV 中压电动机加热器温控回路普查及温控定值校验, 定值统一改为 35℃ 投, 45~50℃ 停。

#### 6. 6.6 kV 柴油发电机 LHP/LHQ 的可靠性

岭澳核电站每台机组的两台柴油发电机 (LHP/LHQ) 是电站最后一道应急供电电源, 改造增加的第 5 台柴油发电机可以替代其中 1 台运行 (注: 替代操作过程中视被替代柴油发电机不可用), 提高应急电源可用率。

柴油发电机系统不可用事件及处理的主要问题见 3.2.2 节。

1 号和 2 号机组柴油发电机不可用时间分别为 19.71 和 0 小时·列, 总计 19.71 小时·列, 其不可用率为 0.06%, 目标值为 0.2%。近几年柴油发电机组不可用率的统计结果见表 3.1.9-2。

表 3.1.9-2 岭澳核电站柴油发电机组不可用率

%

年份	1 号机组 (LHP/LHQ)	2 号机组 (LHP/LHQ)	综合统计	目标值
2003	—	—	0.05	0.2
2004	0	0	0	0.2
2005	—	—	0.04	0.2
2006	0.11	0	0.06	0.2

#### 7. 直流电源、蓄电池组和不间断电源的供电可靠性

电厂直流电源系统有 230 V, 125 V, 48 V 和 30 V 共 4 个电压等级, 由相应的直流配电盘 (TB)、整流充电器 (RD) 和蓄电池组 (BT) 等组成。

2006 年影响直流供电系统可靠性的主要因素有:

(1) 2LBC/LBD/LBF 蓄电池放电容量不满足要求, 并存在正极柱腐蚀现象。由于改造文件未批准, 在岭澳核电站 2 号机组第三次大修中未实施对该类型蓄电池的换型工作, 只用原型号备件整组更换。

(2) 1LAB001RD 充电器在蓄电池放电后再充电时, 充电器的 003AN 模块故障, 更换 LAB003AN 模块后, 充电器功能恢复正常。

(3) 电气处在年检中发现 9LCD003/004/005JA 在故障跳闸状态不能正常发出报警信号, 原因是开关内部限位装置卡涩。通过清洁、润滑处理恢复正常。

8. 继电保护的可靠性见 3.1.8 节。

### 3.1.10 仪控系统设备运行及评价

#### 1. 总体评价

##### (1) 核岛控制保护测量系统

核岛控制测量系统 (KRG Bailey 9020), 该系统上的纠正性维修工作不多。主要缺陷表现于 2006 年 11 月, 2RPB715AA 和 2RGL506AA 闪发, KIT 中闪发 2RPB164EC (持续时间 40ms), 检查 KDO 发现一环路的超功率  $\Delta T$  定值 2RCP473CA 有瞬间下降的尖峰 (105.66% ~ 104.18%)。分析其原因是与 KRG011AR 和 014AR 之间的一根电缆故障有关, 目前该电缆已经更换。2006 年, KRG 保护系统的定期试验 (SIP 试验) 合格率为 100%。

堆外中子注量率测量系统 (RPN) 出现的故障较少。7 月 11 日发现 RPN002AR 柜内端子排 BNG207BN 上的 57 号端子接地, 是导致本年度仪控设备中最大的第一组  $I_o$  消耗比 (1.47), 其他纠正性检修工作较少。2006 年在 RPN 系统上的周期试验合格率为 100%。

棒控系统 (RGL) 在 2006 年的故障主要集中在 RPI (棒位测量探头), 主要表现在大修中经常发现 RPI 绝缘降低甚至接地的情况, 根据 RPI 故障处理和改造的经验分析, RPI 测量线圈电缆出线的结构存在设计缺陷, 再加上机组正常运行时反应堆压力容器产生比较高的振动, 导致电缆和 RPI 弹簧接触磨损, 从而引起绝缘下降甚至接地。根据该故障特点, 已决定在后续大修中对 RPI 的出线部分进行改进, 以改善绝缘状况。

RPR 反应堆保护系统全年没有出现重大的故障模式, RPR 系统上的 T2/T3 试验全年周期试验合格率 100%。

##### (2) 常规岛控制测量系统

2006 年 GRE 系统总体运行状态正常。汽轮机监测系统 (GME) 运行状态稳定, 7 月份岭澳核电站 2 号机组主控制室出现 2GME008AA, 2GGR007AA, 2GGR009AA, 2KKO001AA 报警, 电动盘车 2GGR001MO 和顶轴油泵 2GGR125PO 自动启动, 约 4 秒后电动盘车和顶轴油泵自动停运, 上述四个报警自动消失。在 KIT 上检查汽轮机转速和阀位等指示均无异常变化。认为该故障可能是整个 Subrack3 的继电器供电丢失引起的, 该机架在 2 号机组第四次大修中进行了彻底检查。

##### (3) 电站工业计算机

岭澳核电站 KKK 系统设计存在缺陷, 设备稳定性差, FAC 至今未签。2006 年工业计算机系统发生的主要故障是电气厂房 19 m 廊道通往 1MX 和 2MX 的 KKK 旋转门经常发生故障, 导致人员无法通行, 严重影响运行人员对汽轮发电机组火警响应的快速性。现已对相关通道进行了检查, 并更换了通信卡, 对 MM1 主机程序进行了重装, 同时设置 LX19 m 到 MX 厂房间旋转门的应急控制设备, 当旋转门发生故障时可确保通行。但是, 长期解决方案只有推动 KKK 系统改造升级, 争取先于岭澳核电站二期项目实施。

##### (4) 消防探测系统

2006 年岭澳核电站的消防探测系统故障较多, 对机组的  $I_o$  控制造成不小的影响, 全年

共产生 125 次第二组 I<sub>o</sub>, 其中多次出现 BACK UP LINE (回路) 故障。为了提高火警系统的可维修性以及可靠性, 电站成立了 JDT 小组专门研究系统可靠性, 并在大修中进行了很多预防性维修, 争取在 2007 年减少该系统的故障率。

#### (5) 变送器

核岛方面, 核岛变送器的总体运行情况良好, 最主要的故障是 L2RCP029MT 故障导致主控制室出现 L2RCP536AA 和 L2RIC711/712AA (DEC), 检查 L2RCP029MT 探头, 发现探头匝间短路, 导致信号异常; 功率运行时用 L2RCP034MT (备用探头) 对 L2RCP029MT 进行了替代, 大修中更换了 L2RCP029MT, 并在热停状态对 L2RCP029MT 的安装和环境进行了检查, 对比 3 台蒸汽发生器的情况, 发现 L2RCP029MT 的环境温度偏高, 联系相关部门对探头的环境和通风情况进行了改善。

常规岛方面, 2006 年常规岛变送器故障集中在 1/2CFI 旋转滤网的压差计, 原因为测量探头的可靠性差。对于超声波式探头, 准备采用雷达式探头进行替代, 目前已经在 L1CFI322MN 上试用雷达式探头。

#### (6) 气动阀门执行机构

在进行大修前常规岛阀门的操作性检查时, 发现部分 TZID 定位器故障导致阀门气压不降, 阀门无法关闭。检查发现故障定位器的 IP 转换器在线圈电流改变时, 背压挡板不能快速离开喷嘴, 压力不能释放导致阀门无法关闭, 初步怀疑 IP 转换器弹片老化弹力不够无法充分复位造成。现已将故障定位器通过国内代理送到 ABB 德国厂家分析根本原因。

#### (7) 显示仪表和记录仪

显示仪表在 2006 年运行比较稳定, 没有出现比较突出的问题。记录仪的继电器和放大板故障率较多, 2007 年需要进一步推动无纸记录仪的改造。

### 2. 遗留问题及解决办法

自岭澳核电站投入运行以来, L2APP 系统 A/B 泵的转速、流量波动偏大 (相对于大亚湾核电站和岭澳核电站 1 号机组的其他 6 台泵组)。而且 L2APP 系统 B 泵在 2006 年 8 月份出现过大幅波动现象, 极大地影响了机组安全稳定运行。针对该问题, 分析认为该故障原因是 L2APP260VH 的工作点偏离了设计曲线, 并进行了 L2APP 系统 B 泵调节特性工作点漂移的调整, 顺利解决了 L2APP 系统 B 泵的转速流量波动缺陷, 同时制订了在 2 号机组第四次大修中 L2APP 系统 A 泵的处理方案。目前 L2APP 流量波动已经同其他机组一致。

## 3. 1. 11 燃料循环及燃料管理

岭澳核电站两台机组仍然以 1/3 高泄漏年度换料模式运行。2006 年两台机组均有换料大修。岭澳核电站 1/4 换料项目研究工作仍在紧张进行中, 三方协调会基本如期进行, 同时进行执照申请工作。

### 1. 燃料管理

#### (1) 1 号机组

岭澳核电站 1 号机组第四循环于 2006 年 1 月 27 日停堆并开始换料大修, 实际停堆燃耗为 12 078.51 MW·d/t, 比原设计的 11 766 MW·d/t 长, 该循环寿期末进行了延伸运行。

2005 年 9 月开始岭澳核电站 1 号机组第五循环 (LA1C05) 换料设计。2005 年 12 月中旬开始向 NNSA 申请装料执照。2006 年 2 月中旬装料, 堆芯装载图见图 3. 1. 11-1。

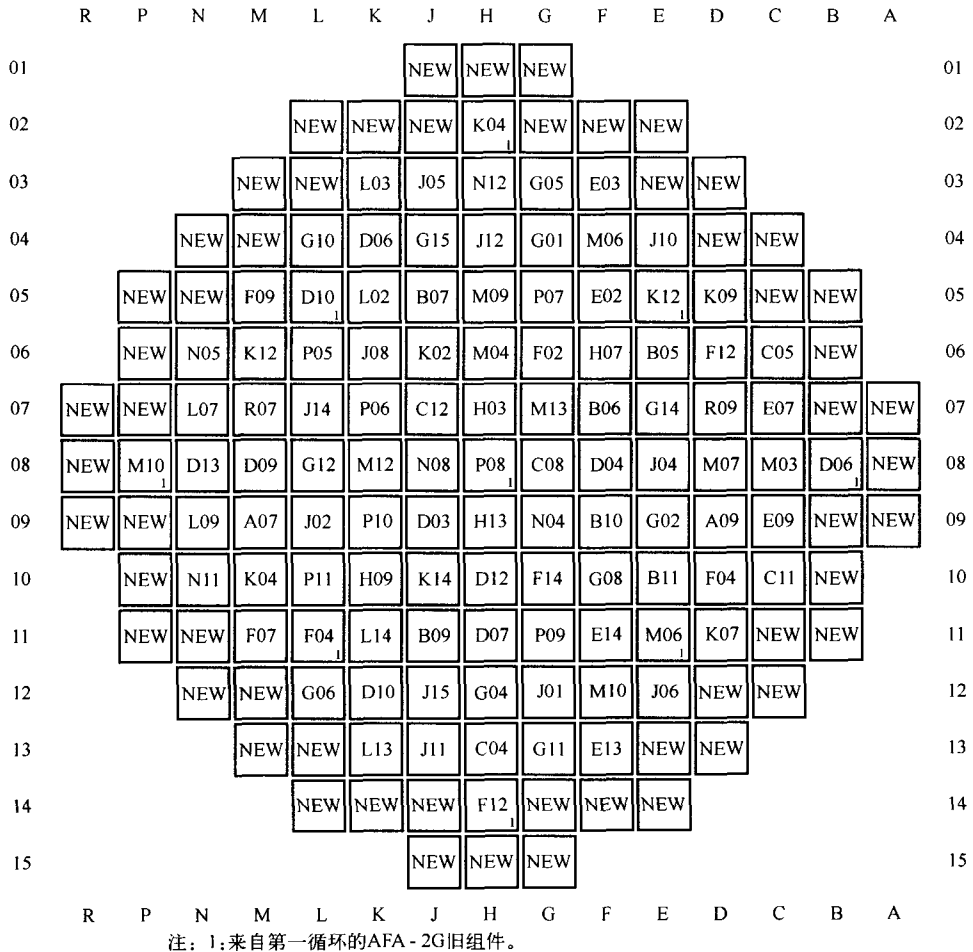


图 3.1.11-1 岭澳核电站 1 号机组第五燃料循环堆芯装载图

堆芯组件使用情况如下：

- 1) 56 组富集度为 3.7% 的 AFA-3G 新组件；
- 2) 9 组（包括中心组件）来自第一循环的富集度为 1.8% 的 AFA-2G 旧组件；
- 3) 其余旧组件（92 组）来自第四循环的富集度为 3.70% 的 AFA-3G 旧组件。

1 号机组第五循环设计特点：

- 1) 循环设计长度为 13 155 MW·d/t；
- 2) ARO 状态下临界硼浓度大于 1 900 mg/L，为正的慢化剂温度系数；
- 3) 电站要求在该堆芯尽可能地使用 AFA-2G 旧组件，以减轻后续循环的压力，因为从第六循环起，岭澳核电站将实施 1/4 年度换料；
- 4) 新组件 YQ40B9 和 YQ40BA 置于干储存间备用。

1 号机组第五循环遇到的问题：

- 1) 启动试验时，零功率下 N2 棒价值超限；
- 2) 8% 注量率图测量时出现组件功率超差，其位置与 N2 棒符合，从而验证零功率试验测量值的可信度；

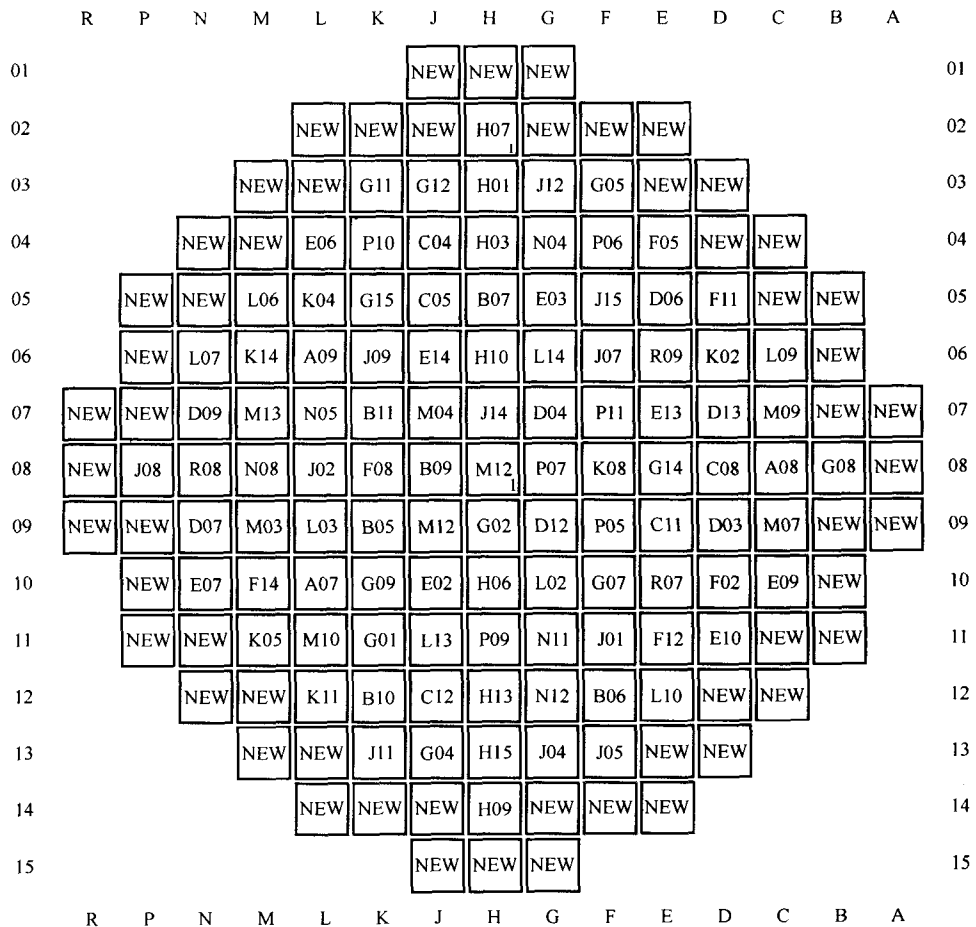
3) 现场监测到堆芯 F07 处出口温度高达 340.3 ℃, 考虑到堆芯 15.5 MPa 对应的饱和温度约 344 ℃, 担心这个堆芯出口温度会威胁堆芯安全, 因此本循环推迟升到满功率。023MT 位置处的燃料组件的设计功率为 1.2607 (归一化的相对功率), 实际测量为 1.309, 偏差为 3.7%, 该位置是全堆芯组件功率最高的位置。因此该处温度偏高与该位置组件功率偏高是一致的。

## (2) 2 号机组

2 号机组的情况比较复杂, 2006 年度跨越 3 个循环。

2 号机组第三循环于 2005 年 12 月中旬停堆换料, 实际停堆燃耗为 13 286.3 MW·d/t。

2 号机组第四循环于 2006 年 1 月上旬装料, 2006 年 1 月 18 日首次达临界。设计循环长度为 13 262 MW·d/t。第四循环于 2006 年 12 月 27 日停堆换料, 实际循环长度为 13 402 MW·d/t, 比原设计要长, 寿期末做延伸运行 (Stretch-out), 堆芯装载图见图 3.1.11-2。



注: 1: 来自第一循环的富集度为 1.8% 的旧组件。

图 3.1.11-2 岭澳核电站 2 号机组第四燃料循环堆芯装载图

2 号机组第四循环组件使用情况如下:

1) 56 组富集度为 3.7% 的 AFA-3G 新组件;

- 2) 中心组件是来自第一循环的富集度为 1.80% 的 AFA-2G 旧组件;
- 3) 其余旧组件, 有富集度为 3.2% 和富集度为 3.7% 的, 均来自第三循环。

2 号机组第四循环堆芯设计特点如下:

- 1) 设计循环长度为 13 262 MW·d/t, 实际循环长度为 13 402 MW·d/t;
- 2) ARO 状态下首次达临界的硼浓度高于 1 900 mg/L;
- 3) BOL, HZP, ARO 状态下为正的慢化剂温度系数;
- 4) BOL HZP 时 N1 的价值比 R 大。

2006 年 8 月开始 2 号机组第五循环的堆芯设计。2006 年 10 月下旬开始向 NNSA 申请装料执照。堆芯装载图见图 3.1.11-3。

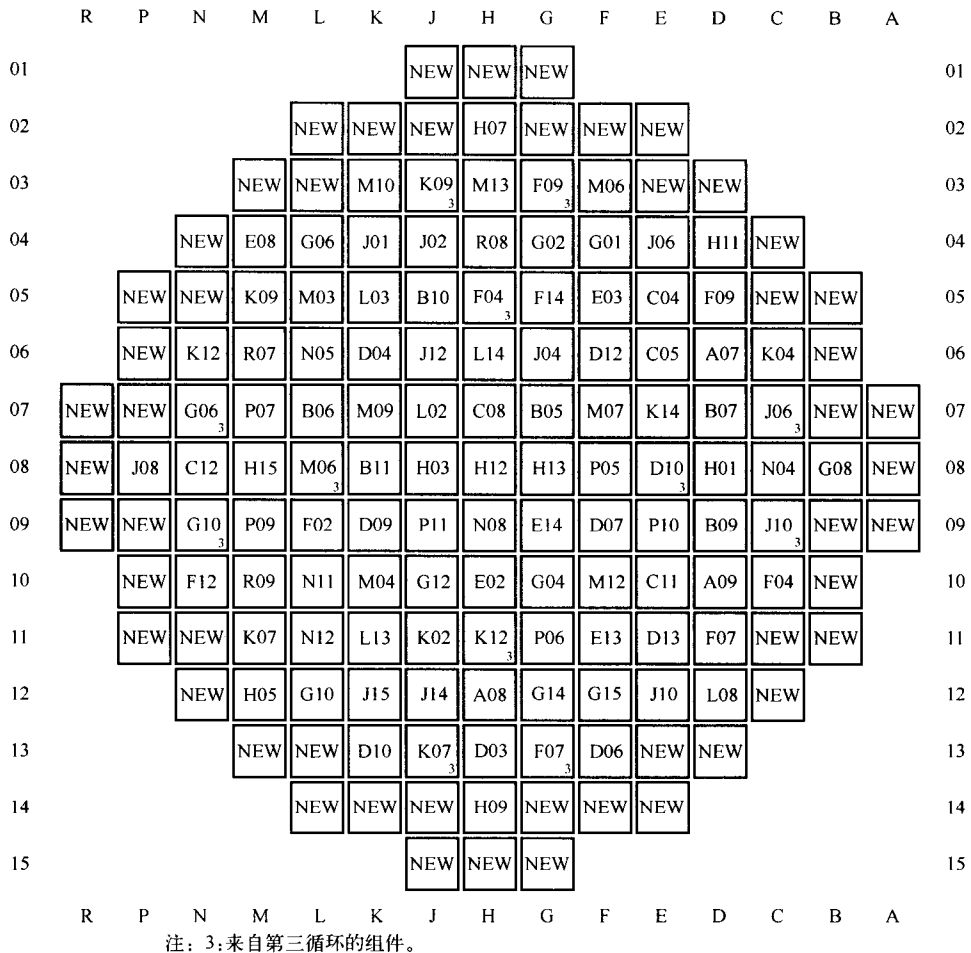


图 3.1.11-3 岭澳核电站 2 号机组第五燃料循环堆芯装载图

2 号机组第五循环堆芯装载情况如下:

- 1) 使用 52 组富集度为 3.7% 的 AFA-3G 新组件;
- 2) 有 12 组来自第三循环富集度为 3.2% 的 AFA-3G 旧组件;
- 3) 其余旧组件来自第四循环。

2号机组第五循环设计循环长度为12 569 MW·d/t,将于2007年初启动。

## 2. 其他与燃料管理相关事情

(1) 岭澳核电站两台机组降功率  $\Delta I$  模拟计算。

(2) 针对2号机组第五燃料循环,进行背靠背换料设计,推进换料设计自主化进程,完成第五循环独立搜索的堆芯装载评价报告、安全评价报告、核设计报告、启动试验报告。在报告产生后,通过与换料设计承包商提交的相应报告进行比较,分析偏差的原因,寻找解决方案。通过实践,进一步对程序的内核进行学习和掌握,目前已经具备独立完成自主化产生所有换料设计报告的能力。

(3) 完成CPR1000及红沿河核电站18个月换料的燃料管理研究。

(4) 受工程公司和设计公司的委托,对岭东核电站堆芯设计报告进行审查和验证。

## 3. 核燃料操作活动管理

2006年,岭澳核电站主要核燃料操作活动包括1次新燃料接收和1号机组第四次大修换料。

### (1) 新燃料接收

2006年10月28日,由中核集团建中核燃料元件公司制造的岭澳核电站2号机组第五循环和1号机组第六循环所需的两批新燃料组件,以及4组模拟相关组件,同时抵达岭澳核电站现场。两台机组新燃料接收情况见表3.1.11-1。

表3.1.11-1 2006年岭澳核电站新燃料组件接收情况

项 目	1号机组	2号机组
组件类型	全M5 AFA-3G	AFA-3G
富集度	4.2%	3.7%
新燃料组件数	38	54
贮存方式(组)	乏燃料水池:32 干贮存间:6	乏燃料水池:52 干贮存间:2

其中,1号机组所接收的38组新燃料组件是中国首批全M5 AFA-3G燃料组件,将用于岭澳核电站首次1/4换料。同批抵达的4组模拟相关组件中,1组模拟控制棒组件和1组模拟可燃毒物组件存放于岭澳核电站1号机组乏燃料水池,另1组模拟控制棒组件和1组模拟可燃毒物组件存放于大亚湾核电站。

此次新燃料接收工作于11月3日结束。

### (2) 大修换料

岭澳核电站1号机组第四次大修换料的时间是从2006年2月2日到2月15日。在相关组件倒换期间,对YQ4002和YQ4018共2组乏燃料组件进行了变形检查。

两台机组历次大修换料的具体操作时间见表3.1.11-2。

## 4. 燃料厂房乏燃料贮存水池库存

截至2006年12月31日,岭澳核电站两台机组的乏燃料水池库存信息如表3.1.11-3。

## 5. 核材料管制

### (1) 核材料许可证申请

2006年2月,大亚湾核电运营管理有限责任公司/岭澳核电有限公司进行了核材料许可

表 3.1.11-2 大修换料操作时间统计

h

项目名称	1号机组				2号机组		
	第一次大修	第二次大修	第三次大修	第四次大修	第一次大修	第二次大修	第三次大修
卸料前 F PMC 41	7	5	5	3	5	5	4
卸料	60	64.8	63	63	59	62.4	65
相关组件倒换	83.3	99	74	52.5	111.5	70.5	48
装料前 F PMC 41	6	5	9	5.5	4	4.5	6
装料	64.8	65	63	61.5	60	69	68
堆芯照相	4	3.5	3.5	5	3.8	3	4

注：相关组件倒换时间中包含了燃料组件变形检查和乏燃料水池盘存的时间。

表 3.1.11-3 岭澳核电站燃料厂房乏燃料水池库存统计

件

种 类	1号机组	2号机组
乏燃料组件	204	176
新燃料组件	32	52
适配器数量 + 适配器占用的燃料格架数	29 + 85	31 + 87
假组件	1	1
空燃料格架	940	946
可用燃料格架	855	859

证的到期换证申请。

#### (2) 2006 年度核材料衡算报表

2006 年度，核材料衡算工作方面坚决贯彻和执行账务工作“完整、正确、及时、规范”的八字方针，按要求使用国家核材料衡算通用软件《件料衡算账目管理软件》，完成并向核管办上报 2006 年 4 个季度核材料衡算报表和软盘，以及 1 号机组第五循环、2 号机组第四循环换料新燃料接收核材料交接统计报表。

(3) 使用 SQL-SERVER 数据库管理系统进行核材料衡算数据库管理，并完成燃料组件运行历史的管理，衡算报告和记录按季度存档。

#### (4) 实物盘存

按核材料衡算管理的有关程序进行了岭澳核电站 1 号机组第五循环、岭澳核电站 2 号机组第四循环换料用组件接收、贮存以及岭澳核电站 2 号机组第三循环装料，岭澳核电站 1 号机组第四循环装卸料工作，并且在不同时间对实物盘存三个关键测量点进行了实物盘存。结果表明，两台机组无任何核材料的不平衡差和核材料的损失。核材料的消耗都用于发电，所产生的铀都存在于燃料组件中。堆芯照相工作也验证了实际的装料与堆芯装载图的一致性，包括燃料组件、控制棒组件、阻力塞组件、中子源组件的正确性。

#### (5) 铀消耗铀产生计算

完成 2 号机组第三循环、1 号机组第四循环换料铀消耗和铀产生计算。

### 6. 组件订货与其他

2006 年度为岭澳核电站 1 号机组第七燃料循环和 2 号机组第六燃料循环各订 40 组富集





续表

取样日期	1月30日	2月1日	3月10日	4月12日	5月12日	6月7日	7月19日	8月9日	9月22日	10月25日	11月10日	12月22日
$^{135}\text{Xe}$	12	4.8	16	19	18	20	17	20	20	23	22	21
$^{138}\text{Xe}$	1224	88	16	20	19	21	20	17	24	23	23	26
气体总量	1236	107	58	59	52	71	55	72	72	73	72	84

注：1) 所取样点为当月气体总量最大值的取样点；

2) 6 h 内停堆气体总量限值为  $2.96 \times 10^6$  MBq/t, 48 h 内停堆气体总量限值为  $1.48 \times 10^6$  MBq/t;

3) 个别月份机组处于大修或检修状态, 故无相关数据。

表 3.2.1-3 2006 年 1 号机组一回路放射性碘比活度

MBq/t

取样日期	1月26日	3月9日	4月25日	5月23日	6月20日	7月6日	8月24日	9月28日	10月12日	11月23日	12月14日
$^{131}\text{I}$	1.6	0.2	0.56	0.53	0.54	0.67	0.52	0.57	0.64	0.72	0.68
$^{132}\text{I}$	21	8.7	11	12	14	12	14	11	11	14	11
$^{133}\text{I}$	7.7	5.3	7.2	7.7	9	8.9	8.4	9.2	9.2	15	8.1
$^{134}\text{I}$	52	31	20	30	49	26	20	20	19	26	21
$^{135}\text{I}$	0	0	15	12	12	13	17	16	14	0	12
$^{131}\text{I}$ 当量	7.05	3.59	4.63	4.66	5.44	5.12	5.19	5.24	5.09	5.46	4.69

表 3.2.1-4 2006 年 2 号机组一回路放射性碘比活度

MBq/t

取样日期	1月30日	2月10日	3月17日	4月14日	5月21日	6月28日	7月12日	8月16日	9月8日	10月20日	11月22日	12月27日
$^{131}\text{I}$	0	0.38	0.3	0.4	0.48	0.55	0.58	0.51	0.53	0.65	0.66	0.42
$^{132}\text{I}$	0.35	8.5	5.9	5.3	10	12	10	11	11	12	14	12
$^{133}\text{I}$	4.1	5.8	5.7	6.6	6.8	8.3	9	7.7	8.8	7.8	8.7	5.8
$^{134}\text{I}$	11	27	23	10	20	24	20	20	21	22	22	30
$^{135}\text{I}$	0	11	3	8.9	12	11	11	13	12	15	15	12
$^{131}\text{I}$ 当量	1.26	3.75	2.68	3.32	4.11	4.61	4.66	4.50	4.72	4.94	5.24	6.00

注：1) 所取样点为当月 $^{131}\text{I}$ 当量最大值的取样点；

2) 6 h 内停堆 $^{131}\text{I}$ 当量限值为  $3.70 \times 10^4$  MBq/t, 48 h 内停堆 $^{131}\text{I}$ 当量限值为  $1.85 \times 10^4$  MBq/t, 15 天内停堆 $^{131}\text{I}$ 当量限值为  $2.96 \times 10^3$  MBq/t, 两个月内停堆 $^{131}\text{I}$ 当量限值为  $2.22 \times 10^3$  MBq/t;

3) 个别月份机组处于大修或检修状态, 故无相关数据。

## 2. 一回路压力边界

2006 年两台机组一回路压力边界的完整性监测情况见表 3.2.1-5。从表中可以看出, 两台机组一回路压力边界泄漏率处于较低水平, 均远低于技术规范限值 (总泄漏量限值为 2300 L/h, 非定量泄漏限值为 230 L/h), 且均低于管理目标限值 30 L/h。1 号机组泄漏率年平均值为 13.04 L/h, 2 号机组泄漏率年平均值为 11.20 L/h, 小于管理目标限值, 因此 2006 年两台机组的第二道屏障完整性良好。

## 3. 安全壳

安全壳作为三道屏障的最后一道屏障, 2006 年岭澳核电站两台机组安全壳监测情况如表 3.2.1-6。

表 3.2.1-5 2006 年一回路月平均泄漏率

L/h

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1号机组	12.46	大修	17.20	13.55	14.06	12.38	12.24	12.16	12.64	10.86	12.11	13.74
2号机组	17.41	10.89	10.68	10.11	10.58	8.18	11.77	12.26	11.29	9.81	10.21	11.19

表 3.2.1-6 2006 年安全壳月度平均泄漏率

m<sup>3</sup>/h

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1号机组	0.38	大修	0.23	0.18	0.48	0.21	0.35	0.88	0.38	0.23	0.46	0.20
2号机组	1.47	0.60	0.30	0.36	0.48	0.30	0.30	0.78	0.38	0.53	0.74	0.75

1号机组全年平均值为 0.36 m<sup>3</sup>/h (归一化为标准状态,下同)。12个月监测结果介于 0.18 m<sup>3</sup>/h 与 0.88 m<sup>3</sup>/h 之间。

2号机组全年平均值为 0.58 m<sup>3</sup>/h。12个月监测结果介于 0.30 m<sup>3</sup>/h 与 1.47 m<sup>3</sup>/h 之间。

由以上数据可以看出,2006年两台机组安全壳的泄漏率小于 5 m<sup>3</sup>/h,满足运行技术规范的要求,完整性良好。

#### 4. 风险评价

风险评价是通过概率论的方法给出电站在运行期间风险的变化情况,亦即用 PSA 的方法评价电站的安全度。表 3.2.1-7 为岭澳核电站两台机组在 2006 年的风险度变化趋势。

表 3.2.1-7 2006 年风险度趋势

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1号机组	1.07	大修	1.03	1.00	1.02	1.00	1.03	1.03	1.03	1.02	1.01	1.02
2号机组	大修	1.03	1.07	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01

2006年平均风险度1号和2号机组均为1.02,未超过电站内部控制的指标限值1.2,说明两台机组堆芯损伤频率控制较好,总体风险在可接受范围之内。但还是有一些问题需要关注:1号机组LHQ被发现有一部分玻璃碎片进入润滑油回路,不可用时间长达100多小时;2号机组ASG135VV不明原因跳闸关闭,9LGR出现线路故障等。

这些事件均与丧失厂外电源和全厂断电事故有关。因此,降低丧失厂外电源事故发生频率、提高全厂断电事故工况下所需系统的可用性仍然是电站需要密切关注的问题。

### 3.2.2 专设安全系统

2006年岭澳核电站专设安全系统总体状况良好,与2005年三大系统不可用率情况比较,高压安全注入系统不可用率持平、辅助给水系统不可用率指标有所好转,而柴油机系统不可用率水平下降,且出现的故障性质严重,后果影响大。总体上,岭澳核电站两台机组安全系统不可用率达到公司五年发展计划中关键业绩指标的要求。安全系统性能指标如表 3.2.2-1。

表 3.2.2-1 安全系统性能指标

指 标	实 际 值	年 限 值
辅助给水系统不可用率	0.000 0	0.001 0
高压安全注入系统不可用率	0.000 0	0.001 0
应急柴油发电机系统不可用率	0.000 56	0.001 0

### 1. 辅助给水系统

2006年,两台机组全年不可用率的WANO指标分别为:1号机组0;2号机组0.0000,实际不可用0.15小时·列。导致ASG系统不可用的主要事件及处理的主要技术问题如下:

(1) 2006年4月29日L2ASG135VV不明原因关闭,导致L2ASG003PO不可用0.15h。

(2) L1ASG003PO小流量运行时入口管道振动高:每次定期试验监视运行,没有恶化;完成根本原因分析,并制定纠正行动,即在泵出口管道与L1ASG001BA之间增加额定 $10\text{ m}^3/\text{h}$ 小流量管线,并将于2007年岭澳核电站1号机组第五次大修中实施并鉴定。

(3) L2ASG001TC汽轮机润滑油中水分严重超标,油水明显分层,经水压试验检查发现L2ASG031RF有5根传热管管板密封处渗漏。2006年于2号机组第三次大修和1号机组第四次大修中,用备件更换了L2ASG031RF,并完成L1/2ASG031RF水压试验,结果合格。根据反馈,增加该热交换器定期水压试验。

(4) L1ASG003PO驱动端轴承内侧油封漏油:进行漏油趋势、轴承振动、温度等参数的趋势跟踪和分析,最大漏油量达到 $0.4\text{ L/h}$ 。在2006年岭澳1号机组第四次大修中解体发现该泵驱动端轴承油封下边缘磨损,磨损部位与漏油部位一致,间隙超标。用油封备件更换,间隙合格。再鉴定试验合格,确认该泵驱动端轴封漏油缺陷消除。

(5) L1ASG003PO泵润滑油冷却器冷却水节流孔板与小汽轮机润滑油冷却器冷却水节流孔板装反:2006年1月31日,在030DI和034DI解体检查时发现L1ASG003PO泵润滑油冷却器冷却水节流孔板(034DI)与小汽轮机润滑油冷却器冷却水节流孔板(030DI)装反,初步分析可能是在调试期间处理烧轴瓦事故时将两个孔板装反。已完成纠正,再鉴定试验未发现温度和流量异常。

2006年反映出的岭澳核电站ASG系统缺陷主要集中在L1ASG003PO泵、润滑油系统,给水调节阀驱动头和ASG001BA供氮管道上,目前所有问题正在有计划进行推进。

### 2. 高压安全注入系统

2006年,两台机组全年不可用率的WANO指标分别为:1号机组为0.0000,实际不可用1.63小时·列;2号机组为0,接近历史最好水平。导致高压安全注入系统不可用的主要事件及处理的主要技术问题如下:

(1) 2006年11月29日,L1RCV003PO机电电源开关钥匙故障和处理该问题共造成L1RCV系统B列不可用1.63h。

(2) 2006年10月26日,主控制室闪发L2RCV413AA,导致下泄回路除盐床旁路。检查KIT闪发过0.32秒的433EC(下泄温度高大于 $57\text{ }^\circ\text{C}$ ),L2RCV除盐床自动切旁路运行。根据报警卡检查L2RCV402EN上的L2RCV002MT,温度指示为 $34\text{ }^\circ\text{C}$ ,派现场检查L2RCV416ID上指示2RCV003MT的指示为 $33.5\text{ }^\circ\text{C}$ ,判定L2RCV003MT及其通道偶发故障。

(3) 2006年11月19日,现场巡视时发现L2RCV002PO运行时润滑油回路压力、流量波动,其他参数稳定未见异常,现场检查L1RCV003PO润滑油回路参数无异常波动现象。

判断为控制油压的 2RCV342VH (脉冲溢流阀) 故障。

(4) 2006 年 12 月 29 日, 2 号机组换料大修停机过程中, 稳压器灭气腔一回路单相后, L2RCV013VP 切换为一回路压力控制方式, 切换 L2RCV413RC 定值为内部定值后, L2RCV013VP 失控, 一回路压力受到影响。

2006 年, 高压安全注入系统的电动阀门故障明显减少, 并得到控制。高压安全注入泵相关问题仍然存在, 尤其是电机轴承温度、润滑油参数波动、房间温度、电机运输造成其他安全注入泵不可用等问题。目前, 仍需继续关注岭澳核电站 RCV 泵的电机轴承温度的变化趋势, 润滑周期及润滑脂量已完成优化, 保证电机润滑满足要求。

### 3. 应急柴油发电机系统

2006 年, 岭澳核电站应急柴油发电机系统 (LHP/LHQ) 不可用率为 0.000 56, 实际不可用时间为 19.71 小时·列。2006 年岭澳核电站 LHP/LHQ 系统不可用事件及处理的主要问题如下:

(1) 2006 年 1 月 21 日 L1LHQ 执行 PTLHQ001 时 L1LHB002JA 电源切换到 L1LHQ 时间达 13 秒, 故障处理导致不可用 10.88 h。

(2) 2006 年 8 月 10 日更换 L1LHQ651LT, 导致 L1LHQ 不可用 0.78 h。

(3) 2006 年 8 月 13 日 X0LHS 替代 L1LHQ 柴油机操作过程, 不可用 4.42 h。

(4) 2006 年 8 月 17 日完成 L1LHQ651LT 玻璃碎片查找工作, 从 X0LHS 切换回 L1LHQ 柴油机操作过程, 不可用 3.63 h。

(5) 岭澳核电站多台柴油机冷却水压力高, 达到 0.48 ~ 0.51 MPa, 超过 0.43 ~ 0.47 MPa 标准范围。重新调整冷却水回路孔板前后方向, 并对压力高回路孔板进行扩孔降压措施。

(6) T1LHQ006 试验中, 发现 L1LHQ700PO 出口管道与机体连接法兰一个螺栓断裂, 经检查其材料为铜合金, 与要求不符。普查发现其另一侧螺栓也为铜螺栓, 申请进行更换。大亚湾和岭澳核电站柴油机其他均为碳钢螺栓, 满足强度要求。

(7) L2LHP201/202FL 软管卡箍断裂。在紧固软管卡箍连接螺栓时出现卡箍断裂, 用弹性金属卡带固定卡箍, 确保软管运行。于岭澳核电站 2 号机组第三次大修期间, 用该软管备件进行更换, 彻底消除缺陷。

(8) 柴油机本体附件与振动相关缺陷, 根据对柴油机部分故障、缺陷分析, 发现其有一共同因素——振动。大亚湾和岭澳核电站柴油机 200FL 管道支架及飞轮端冷却水管道支架断裂, 大亚湾和岭澳核电站核柴油机冷却水回水管 ST 探头松脱、断裂, 大亚湾和岭澳核电站核柴油机冷却水管道 UNION 接头漏水等故障都与振动有关。柴油机附件设备与振动相关的主要故障模式如下: 应力疲劳裂纹或断裂, 松脱, 微动磨损, 脆断, 转动设备稳定性下降。

(9) L1LHP650PO 柴油机机带润滑油泵卡死造成 002MO 柴油机润滑油压低, 保护停机。已修改柴油机机带润滑油泵解体检修程序, 增加了泵壳体及从动齿轮端部间隙测量要求; 自主维修柴油机机带润滑油泵; 根据厂家检修报告标准重新修订该类型泵组装后轴向窜动标准为 0.06 ~ 0.14 mm。

(10) L1LHP700BA 内部防腐层起泡问题, 于岭澳核电站 1 号机组第五次大修中对 L1LHP700BA 进行检查, 未发现异常腐蚀, 并将于岭澳核电站 1 号机组第六次大修中进行内部防腐处理。

(11) L2LHQ001FL 软管渗漏燃油。确认属于软管质量缺陷,用备件更换该软管,更换前对软管备件进行水压试验,确认备件完好。已编写软管检查校验程序,备件需检验后入库保存。

(12) L1LHQ601PO 锥销脱出造成泵出口温度高。2006年2月14日,L1LHQ 柴油机再鉴定试验中,发现机带燃油泵 L1LHQ601PO 出口温度比较高。停机检查发现该泵轴与十字联轴节的连接锥销松脱,机带燃油泵接近停运状态。更换燃油泵和连接锥销后,再鉴定试验合格。

(13) L1LHQ651LT 温度计破损,确认根本原因为汞致铜套管脆裂。岭澳核电站1号机组第五次大修中增加 L1LHQ002MO 柴油机六年检+凸轮轴、喷油嘴检查项目;每次月度试验进行 L1LHQ 柴油机振动测量、润滑油化验和机体红外成像,并进行排气温度差检查和控制( $\leq 100^{\circ}\text{C}$ );用酒精温度计更换目前柴油机本体上的水银温度计。

2006年,两电站柴油机系统比较集中地出现了一批设备缺陷故障,其中部分事件导致柴油发电机系统不可用。从缺陷的分析和统计来看,柴油机系统设备缺陷的特点如下:

- (1) 设备缺陷和不可用事件中,仪控设备缺陷突出;
- (2) 重发故障和共模故障突出;
- (3) 重大设备缺陷和隐患的突现;
- (4) 备件质量和设备老化问题突出。

### 3.2.3 安全相关设备不可用状态(Io)跟踪

2006年,针对岭澳核电机组的第一组及第二组安全相关设备的不可用次数、不可用持续时间以及第一组安全相关设备的不可用消耗比等指标进行跟踪统计。

2006年岭澳核电站第一组随机安全相关设备不可用年累计消耗比单机组目标限值仍为9。全年实际结果是,1号机组的累计第一组安全相关设备随机不可用(Io)消耗比为3.42,2号机组为2.31,都在目标限值以下。主要设备随机故障有:1RPN020MA 故障,消耗比为1.45;1LHQ651LT 破损导致 LHQ 不可用,消耗比为0.26;PTLHQ001 时电源切换到 LHQ 时间达13s,消耗比为0.15;L2APP 系统 B 泵消防误喷引起 2LCA 绝缘低,消耗比为0.45;2RGL009AR 上 053JA 跳开导致 21 个棒束棒位指示失去,消耗比为0.1。

#### 1. 第一组安全相关设备不可用

第一组安全相关设备不可用次数、不可用累计消耗比按月分布情况如表 3.2.3-1 和表 3.2.3-2 所示。

表 3.2.3-1 第一组安全相关设备不可用次数逐月分布情况

月份		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全厂	当月次数	118	91	91	69	69	76	80	77	66	55	90	93
	累计次数	118	209	300	369	438	514	594	671	737	792	882	975
1号 机组	当月次数	56	44	53	34	34	41	37	47	28	28	44	40
	累计次数	56	100	153	187	221	262	299	346	374	402	446	486
2号 机组	当月次数	62	47	38	35	35	35	43	30	38	27	46	53
	累计次数	62	109	147	182	217	252	295	325	363	390	436	489

表 3.2.3-2 第一组安全相关设备不可用消耗比逐月分布情况

月份		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
全厂	当月总消耗比	3.22	1.88	3.03	1.37	1.40	2.18	2.61	1.27	0.66	0.62	1.03	0.86
	当月随机消耗比	3.22	5.10	8.13	9.50	10.90	13.08	15.69	16.96	17.62	18.24	19.27	20.13
1号 机组	当月总消耗比	1.99	0.49	1.54	0.84	0.62	1.29	2.10	0.82	0.26	0.39	0.51	0.48
	当月随机消耗比	1.99	2.48	4.02	4.86	5.48	6.77	8.87	9.68	9.94	10.32	10.83	11.31
2号 机组	当月总消耗比	1.24	1.39	1.49	0.53	0.79	0.89	0.51	0.46	0.40	0.23	0.52	0.38
	当月随机消耗比	1.24	2.63	4.11	4.64	5.43	6.32	6.83	7.28	7.68	7.91	8.44	8.81

2006年1号和2号机组第一组 I<sub>o</sub> 不可用次数分别为 486 次和 489 次。在两台机组全年累计 975 次第一组 I<sub>o</sub> 不可用中, 计划不可用有 903 次, 占总数的 92.6%; 计划不可用的消耗比累计为 14.40, 占累计消耗比的 71.53%。

## 2. 第二组安全相关设备不可用情况

2006年第二组不可用总体情况如表 3.2.3-3 所示。

表 3.2.3-3 第二组安全相关设备不可用次数统计

		一季度	二季度	三季度	四季度	2006年总计
1号 机组	随机次数	98	76	73	65	312
	计划次数	208	167	205	183	763
	总次数	306	243	278	248	1075
	总时间/h	2188.5	1176.4	1402.7	1242.7	6010.1
2号 机组	随机次数	74	46	55	102	276
	计划次数	195	163	169	187	715
	总次数	269	209	224	289	991
	总时间/h	870.3	796.4	793.8	1161.8	3622.2

2006年, 1号和2号机组第二组 I<sub>o</sub> 不可用次数分别为 1075 次和 991 次。在两台机组全年累计 3066 次第二组 I<sub>o</sub> 不可用中, 随机不可用有 588 次, 占总数的 19.18%。

2006年各系统的第二组安全相关设备随机不可用次数排序统计结果如表 3.2.3-4 所示(表中只列出两台机组随机不可用次数较多的 10 个系统)。

表 3.2.3-4 第二组安全相关设备随机不可用次数排名前 10 个系统

1号机组		2号机组	
系统	随机不可用次数	系统	随机不可用次数
JDT	77	JDT	50
KRT	42	KRT	36
JP*	21	PAMS	20
DVE	20	APG	19

续表

1号机组		2号机组	
系统	随机不可用次数	系统	随机不可用次数
PAMS	16	JP *	17
RGL	14	DVE	13
APG	13	DEG	12
DEG	13	RGL	12
DVL	11	DEL	10
DEL	10	RPR	8

从表中的统计结果来看,出现随机不可用次数较多的系统主要是 JDT, KRT, JP \*, DVE, PAMS, APG 等系统。两台机组故障频繁的是 JDT 系统和 KRT 系统,制冷系统的 DEL 和 DEG 故障次数也比 2005 年有增加趋势,对于 2 号机组,20 次 PAMS 系统 I<sub>o</sub> 中,有 12 次是因 RCP029MT 故障引起的,敏感设备 RGL 系统内与棒位指示器相关的随机不可用次数在两台机组上有上升趋势。

### 3.2.4 定期试验

#### 1. 岭澳核电站定期试验年度主要工作概述

(1) 在定期试验计划编制方面:保质保量地完成了日常双周期定期试验计划、季度计划及年度计划的编制,春节、五一及国庆节节假日期间等保电计划,大修与日常定期试验交接工作以及岭澳核电站 2 号机组第四循环延伸运行期间定期试验调整安排。

(2) 2006 年 5 月,组织召开了岭澳核电站预大修长周期定期试验项目转日常管理讨论会,对以往在大修前安排的周期为“换料周期”的试验调整到日常执行,减少了大修前的工作量,转日常的定期试验有 PT ASG020, PT DVN006, PT DVF001/003/004, PT DVK002/003/004/005, PT DVL001/002/003, PT DVS001, PT DVW001, PT DWS001, PT RPE001/002。

(3) 2006 年 8 月,根据岭澳核电站《安全相关系统和设备定期试验监督大纲》结合以往大修执行情况和运行大修定期试验负责人的反馈,出版了岭澳核电站 LPO 两次大修定期试验大纲。

(4) 根据 2006 年定期试验总体计划的执行情况,同时结合各部门的反馈,在遵守定期试验监督要求的前提下,对 2007 年定期试验计划部分项目进行了优化,主要有:优化部分保护试验起始点,减少设备的启动和切换;部分放电试验项目的起始点进行了调整,使其与同列的柴油机试验错开安排;调整了部分试验的安排时间,便于专业的工作安排等。

#### 2. 定期试验执行情况统计

2006 年,岭澳核电站共安排定期试验 9 412 项,其中监督大纲要求执行的试验 4 069 项,纳入定期试验统计的试验(不包括 OPC 监督工作以及运行每天例行检查)项数为:岭澳核电站 1, 0, 9 号机组共执行试验 1 130 项,一次成功率为 99.1%,无异常率为 94.6%;岭澳核电站 2 号机组共执行试验 1 088 项,一次成功率为 99.5%,无异常率为 95.7%。该统计见表 3.2.4-1。



表 3.2.4-1 2006 年度各专业 GOR 定期试验执行情况

项

专业	执行		合格		超期		一次不成功		一次成功率		有异常		无异常率	
	1, 0, 9 号机组	2号 机组	1, 0, 9 号机组	2号 机组	1, 0, 9 号机组	2号 机组	1, 0, 9 号机组	2号 机组	1, 0, 9 号机组	2号 机组	1, 0, 9 号机组	2号 机组	1, 0, 9 号机组	2号 机组
MIC	79	73	79	73	0	0	0	0	100%	100%	1	3	98.7%	95.9%
MEE	15	13	15	13	0	0	0	0	100%	100%	1	0	93.3%	100%
TTS/TP	235	239	235	239	0	0	0	0	100%	100%	0	1	100%	99.6%
TTS/TF	24	27	24	27	0	0	0	0	100%	100%	0	1	100%	96.3%
OPH/HR	86	51	86	51	0	0	0	0	100%	100%	0	0	100%	100%
LPO	691	685	691	685	0	0	10	5	98.6%	99.3%	59	42	91.5%	93.9%
年度合计	1130	1088	1130	1088	0	0	10	5	99.1%	99.5%	61	47	94.6%	95.7%

岭澳核电站 1, 0 和 9 号机组主要的一次不成功试验为 PT9DVN001, PT9DVN004, PT1DVC001 等。主要异常项目包括: 9DVN 系统定期试验异常率较高; PT LSS002 试验中 9RIS011PO 出口压力大于要求值; PT1RGL002 执行异常, 在 ALG2 位置下插 SD 棒到 215 步过程中, RGL46ID 显示相应 SD 棒瞬时到底; L1LHP/LHQ 试验期间有部分参数偏差, 报警和异常较多; L1LHP 试验时, L1LHA002JA 合闸超时等。

岭澳核电站 2 号机组主要的一次不成功试验为 PT2DVC001, PT2RPA043, PT2RPB033 等。主要异常项目包括: L2LHP/LHQ 试验部分参数超标; 执行试验 PT2RGL002 时, RGL019AA 报警意外出现; L2SIP-9913PT 试验时, 试验装置 220 V 交流电源线地线断线, 导致执行稳压器压力/水位试验时闪发 2RGL506AA 报警; 执行 PT2RPB013 时, RCV 泵润滑油温度低于要求值。执行定期试验 LOPT2RPR044 时, ASG001/002PO 泵运行 1 h 温度未稳定, 并且电流实测值偏高等。

### 3.2.5 瞬变统计

瞬变统计是核电站反应堆寿期控制的一项重要内容, 也是与核安全密切相关的一项重要内容, 因此根据相关规定, 必须对核电站运行年限内的各类瞬变进行统计。

2006 年, 岭澳电站两台机组的瞬变消耗正常, 机组运行稳定, 正常运行期间较少发生瞬变。主要是几次正常的功率升降引起的 3.1 号和 4.1 号瞬变, 重要瞬变均发生在两台机组大修期间, 但瞬变消耗指标控制在设定目标内。

#### 1. 2006 年主要瞬变消耗

根据不同工况, 瞬变可分为四类: 第一类为设计工况; 第二类为一般运行工况及中等概率事件 (如升、降功率); 第三类为小概率事件 (如一回路小破口); 第四类为极小概率事件 (如一回路大破口)。全部瞬变共 100 余种, 主要瞬变有以下几种: 反应堆升温降温、升降功率、速降功率、停堆、化学容积控制系统上充下泄流量变化、余热导出系统投运、安全阀的动作等。最近五年岭澳核电站机组主要瞬变消耗见表 3.2.5-1。

#### 2. 2006 年发生的重要瞬变分析

(1) 2 号机组瞬变 21.1: 12 月 28 日 03:00 机组成功解列, 开始岭澳核电站 2 号机组第四次大修, 但在 04:19 机组自动停堆, 停堆时堆功率为 13%  $P_0$  ( $P_{10}$  有效), 判断是冷凝器不可用 (加  $P_{10}$ ) 引起。

表 3.2.5-1 最近五年岭澳核电站机组的主要瞬变消耗

起

瞬变代码	简要描述	2002年		2003年		2004年		2005年		2006年		累积消耗		设计限值
		1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	
1.1	开盖后的升温	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	6	5	80
1.2	未开盖后的升温	1	3	1	0	0	1	0	0	0	0	2	4	120
2	反应堆降温	2	4	2	1	1	2	1	1	1	1	7	9	200
3.1	升功率	27	21	5	5	3	3	3	3	5	3	43	35	9 800
3.2	堆功率异常升高	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2 000
4.1	降功率	19	20	6	6	3	3	3	3	6	4	37	36	9 920
4.2	堆功率异常降低	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2 000
9.2	一回路两相情况下 温度波动	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	1	100
15.1	一回路单相情况下 升温或冷却 ( $\Delta T_{\max}$ =20℃)	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	4	2	2 000
15.2	一回路单相情况下 升温或冷却 ( $\Delta T_{\max}$ =50℃)	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	6	1	200
18	汽轮机跳闸, 汽轮机 管路部分开启	6	1	1	0	2	0	1	0	0	0	10	1	80
21.1	正常运行自动停堆, 有导热条件	6	3	0	0	1	0	0	1	0	1	7	5	230
22	从正常运行状态自 动停堆, 出现给水 过冷但无安全注入	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	160
32.1	上充流量增加 50%	63	42	17	4	11	11	4	2	8	1	103	59	12 000
32.2	上充流量最大增加	15	13	0	0	1	0	1	0	0	1	17	14	300
33	上充流量减少 50%	68	61	0	4	20	10	10	11	8	8	116	94	12 000
35	关闭第二个孔板, 中等幅度温度变化	22	10	12	3	11	12	8	2	4	3	57	30	11 200
36	关闭第二个孔板, 大幅度温度变化	16	3	2	2	0	5	1	1	4	3	23	14	800
37	下泄关闭后打开, 上充流量不变	10	3	1	0	0	0	0	1	0	0	11	4	220
38	上充、下泄同时关 闭后同时打开	18	11	0	0	0	0	0	0	0	0	18	11	200

(2) 2号机组瞬变 32.2: 1月15日, 上充流量和下泄流量都最大程度增加。

(3) 1号和2号机组瞬变 36: 1号机组发生4次, 2号机组发生3次, 虽在正常范围之

内, 但应尽量避免。

### 3. 趋势预测及改进建议

近几年, 由于运行人员操作水平日渐提高, 瞬变消耗总体呈减少, 没有因操作不当而导致严重瞬变发生, 这对于延长反应堆寿期有一定好处。

根据年预测消耗的次数, 用设计限值的 75% 减去商业运行后已消耗的次数, 可以推算出其中消耗较大的几个瞬变的剩余寿期见表 3. 2. 5-2。

表 3. 2. 5-2 岭澳核电站重要瞬变剩余寿期统计

瞬变代码	描述	预测剩余年限 (1 号机组/2 号机组)
1. 1	反应堆升温 (打开反应堆冷却剂系统以后) (年预测消耗 1 次)	54 年/55 年
2	反应堆降温 (年预测消耗 1 次)	143 年/141 年
32. 2	上充流量最大程度增加 (年预测消耗 2 次)	104 年/105 年
42	系统 (RRA) 启动 (年预测消耗 2 次)	71 年/69 年

## 3. 2. 6 执照运行事件

根据国家核安全局颁布的《核电厂营运单位运行事件报告制度》(HAF 0502-1-1) 和大亚湾核电运营管理有限公司管理程序《执照运行事件报告》(C-IP/DEF 011), 岭澳核电站在 2006 年向国家核安全局报告了两起电站运行事件。具体的运行事件描述参见 7. 9 节。

### 1. 执照运行事件历年数量统计

从商业运行到 2006 年底为止, 岭澳核电站已产生 45 起执照运行事件, 其中人因 29 起, 统计分析见表 3. 2. 6-1 ~ 3。

表 3. 2. 6-1 历年执照运行事件数量统计

年份	1 号 机 组		2 号 机 组		合计
	人因	设备	人因	设备	
2001	2	0	0	0	2
2002	8	6	4	1	19
2003	5	2	3	2	12
2004	0	1	2	2	5
2005	3	1	0	1	5
2006	0	0	2	0	2
合计	18	10	11	6	45

表 3. 2. 6-2 执照运行事件数量按机组状态分布

机组状态	1 号 机 组		2 号 机 组		合计
	人因	设备	人因	设备	
首次并网前	5	0	3	0	8
首次并网至商业运行	5	3	1	1	10
商业运行至 2006 年	8	7	7	5	27
合计	18	10	11	6	45

表 3.2.6-3 两电站各类事件数量对比

电 站		24 小时事件数量			内部运行事件数量			执照运行事件数量			重发事件数量		
		2004 年	2005 年	2006 年	2004 年	2005 年	2006 年	2004 年	2005 年	2006 年	2004 年	2005 年	2006 年
岭澳核电站	人因	803	529	800	27	29	14	2	3	2	2	3	0
	设备	1 996	2 373	3 945	47	40	24	3	2	0	5	4	1
大亚湾核电站	人因	644	656	959	39	26	19	9	3	2	2	3	1
	设备	1 979	2 413	5 361	35	26	46	1	1	0	6	2	5
岭澳核电站		2 799	2 902	4 745	74	69	38	5	5	2	7	7	1
大亚湾核电站		2 623	3 069	6 320	74	52	65	10	4	2	8	5	6

由表可见,2002 年是执照运行事件最多的一年,以后各年执照运行事件数量呈下降趋势,到 2006 年底降至两起;人因执照运行事件数量在 2002 年最多,且均发生在机组商业运行前,随后逐年下降,2006 年降至 1 起。从内部运行事件看,2006 年人因和设备内部运行事件数量是历年来最低的,只有 38 起,下降幅度很大。重发事件数量与去年相比有所减少,2005 年 11 起,2006 年 7 起。

### 2. 自动停堆执照运行事件数量对比

2006 年在年底进行岭澳核电站 2 号机组第四次大修停机检修时引发自动停堆。

两电站功率循环运行中的自动停堆数量统计如图 3.2.6-1 所示。

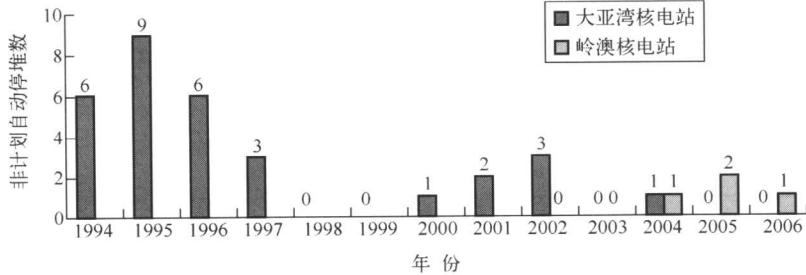


图 3.2.6-1 两电站自动停堆数量对比

### 3. 执照运行事件的分级对比

根据国际核事件分级 INES 方法,2006 年岭澳核电站发生的两起执照运行事件,1 起是 1 级事件,1 起是 0 级事件,详见岭澳核电站运行事件列表(7.9.2 节)。岭澳核电站自 1 号机组首次装料以来每年执照运行事件数量按事件分级情况参见表 3.2.6-4。

表 3.2.6-4 执照运行事件分级统计

事件分级	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
0 级	9	5	4	1
1 级	3	0	1	1
事件总数	12	5	5	2

2006 年的 1 级执照运行事件是“使用误差超出规范值的试验装置标定岭澳 1 号和 2 号机组 VVP 安全阀”，因其是共模事件而被定为 1 级。

#### 4. 执照运行事件按 HAF 报告准则分布

岭澳核电站自 2002 年起发生的执照运行事件按国家核安全局颁布的准则分布如表 3.2.6-5。

表 3.2.6-5 显示，往年的执照运行事件以符合准则 1（违反核电站运行技术规范）的事件为主，2003 年和 2004 年都占总数的 75% 以上，而 2005 年 5 起执照运行事件中有两起属准则 4（导致专设安全设施和反应堆保护系统自动或手动触发的事件）的事件。2006 年仍有准则 4 的事件，说明了电站要加强经验反馈的力度。

表 3.2.6-5 执照运行事件按 HAF 报告准则分布

HAF 报告准则	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
准则 1	13	9	4	1	—
准则 2	—	1	—	1	—
准则 3	—	—	—	—	—
准则 4	4	1	1	2	1
准则 5	1	—	—	1	—
准则 6	—	1	—	—	1
准则 7	1	—	—	—	—
准则 8	—	—	—	—	—
准则 9	—	—	—	—	—
合计	19	12	5	5	2

#### 5. 运行事件按事件原因比例分布

从连续五年的执照运行事件原因性质分布（表 3.2.6-6）可见，2006 年岭澳核电站两起事件都是人因执照运行事件，数量没有上升，但人因比例有所上升，其中 1 起是与大亚湾核电站一样的事件，反映出在管理上还有改进的地方。

表 3.2.6-6 执照运行事件按事件性质分布

事件性质	2002 年		2003 年		2004 年		2005 年		2006 年	
	事件次数	分布率	事件次数	分布率	事件次数	分布率	事件次数	分布率	事件次数	分布率
人因	11	57.9%	8	66.7%	2	40.0%	3	60.0%	2	100.0%
设备故障	8	42.1%	4	33.3%	3	60.0%	2	40.0%	0	0.0%
总计	19	100%	12	100%	5	100%	5	100%	2	100%

事件“岭澳核电站 2 号机组自动停堆”反映出运行人员在操作上经验的不足和对突发情况处理不够稳健。

2006年,岭澳核电站执照运行事件根本原因按WANO 2001年版原因因素分布如表3.2.6-7。

表 3.2.6-7 执照运行事件人因根本原因分布

WANO 原因因素代码	1440	1470
数 量	1	1

注: 1440 决策前没有对决策的风险和后果进行确认和评价;

1470 运行经验反馈过程不当(纠正行动未被定义、不适当的纠正行动或未被快速实施、已知问题的根本原因未找到)。

由上表可见,1440,1470反映的均为管理上的问题,也是引发事件发生的重要原因,应予高度重视。

### 6. 执照运行事件按大修和功率运行期间的分布

执照运行事件按大修和功率运行期间的分布见表3.2.6-8。

表 3.2.6-8 执照运行事件按大修和功率运行期间的分布

年 份	大 修		功 率 运 行		合 计
	人 因	设 备	人 因	设 备	
2003	4	3	4	1	12 (大修占58%)
2004	2	2	0	1	5 (大修占80%)
2005	1	1	2	1	5 (大修占40%)
2006	1	0	1	0	2 (大修占50%)
合计	20	10	7	6	43

注: 1号和2号机组商业运行前按大修统计。

由上表可见,2005年和2006年执照运行事件在大修期间发生有所减少。

## 3.2.7 经验反馈

### 3.2.7.1 内部运行事件经验反馈

#### 1. 内部运行事件数统计及变化趋势

内部运行事件统计情况见表3.2.7.1-1~3。

表 3.2.7.1-1 岭澳核电站2006年内部运行事件按大修、功率运行统计

内部运行事件	人 因		设 备		合 计
	大 修	功 率 运 行	大 修	功 率 运 行	
1号机组	2	4	4	9	19
2号机组	3	5	5	6	19
小计	5	9	9	15	38
合计	14		24		人因比例为37%

注: 0号和9号机组数据包括在1号机组中。

表 3.2.7.1-2 岭澳核电站 2006 年内部运行事件按机组统计

事 件	机 组	人 因	设 备	合 计
内部运行事件	0	1	1	2
	1	4	10	14
	9	1	2	3
	2	8	11	19
	合计	14	24	38

表 3.2.7.1-3 岭澳核电站 2006 年 A 类内部运行事件按机组统计

事 件	机 组	人 因	设 备	合 计
A 类内部运行事件	0	0	0	0
	1	1	4	5
	9	1	2	3
	2	5	4	9
	合计	7	10	17

2006 年的人因内部运行事件和设备内部运行事件数都较 2005 年减少近一半，但 A 类设备内部运行事件数量却明显高于 2005 年。

岭澳核电站近三年内部运行事件数量的统计见表 3.2.7.1-4。

表 3.2.7.1-4 岭澳核电站近三年内部运行事件数统计

年 份	2003	2004	2005	2006	合计
人因内部运行事件数	52	27	29	14	151
设备内部运行事件数	58	47	40	24	184
合 计	110	74	69	38	335
人因比例/%	47.27	36.49	42.03	37.84	45.07

## 2. 人因内部运行事件统计分析

2006 年，岭澳核电站共发生 14 起人因内部运行事件。事件相关责任部门统计见表 3.2.7.1-5，由于个别事件在调查中无确定责任人，所以按相关责任部门统计的数量总和与事件总数不一致。另外，承包商责任的事件计入其专业对口处。

表 3.2.7.1-5 2006 年岭澳核电站人因内部运行事件责任统计

部门	LPO	OPH	MSM	MIC	MGS	TTS	CAB
数量	3	1	5	2	2	2	1

2006 年 MSM 和 LPO 的人因内部运行事件占大多数，与 2005 年相比 LPO 人因事件数量有大幅下降（2005 年 9 起），而 MSM 人因事件数量由去年 3 起上升为 5 起。

2006 年人因内部运行事件按生产活动分布如图 3.2.7.1-1 所示。其中现场维修活动的人

因事件按活动类型主要分布于阀门检修两起、仪控特性试验 1 起、转机吊装作业 1 起、静机管道检修 1 起、管道连接 1 起；运行活动主要是运行操作和运行试验。

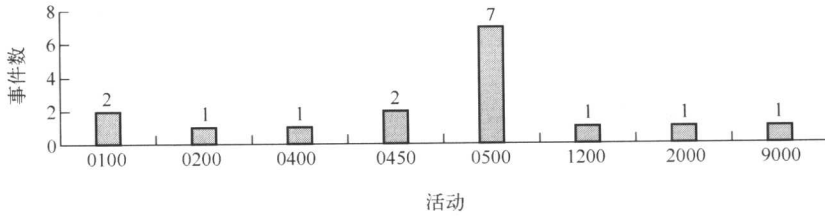


图 3.2.7.1-1 2006 年岭澳核电站人因内部运行事件按生产活动分布  
0100—运行活动；0200—工作票管理；0400—核清洁；0450—维修文件准备；  
0500—现场维修活动；1200—性能试验；2000—仪表使用管理；9000—其他

2006 年人因内部运行事件中，人因失误按其外在表现（故障症状）分类统计如图 3.2.7.1-2。人的失误症状中检修中的人因的失误最多，主要表现在检修工作对机组或设备正常运行造成危害、检修工作准备、检修造成设备损坏、检修工作漏项；运行方面人因的故障症状主要表现在运行操作失误、巡检和监盘失误、运行信息传递有误。

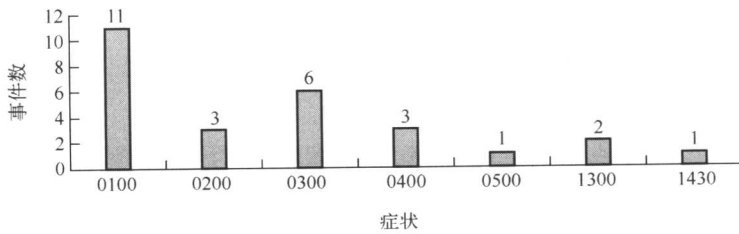


图 3.2.7.1-2 2006 年岭澳核电站人因内部运行事件故障症状分布  
0100—检修方面人的故障；0200—违反各种规定；0300—运行方面人的故障；  
0400—其他可能的人的故障；0500—辐射防护问题；1300—物项、服务采购中出现错误；1430—计量仪发放管理

2006 年岭澳核电站人因内部运行事件根本原因按 WANO 的分类标准分布如图 3.2.7.1-3。由图可见绝大多数原因分布于工作实践类。

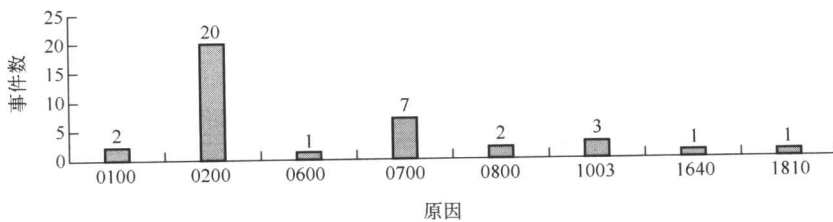


图 3.2.7.1-3 2006 年岭澳核电站人因内部运行事件根本原因分布  
0100—语言交流；0200—工作实践；0600—培训/资格；0700—规程、制度和文件问题；  
0800—监督方法；1003—人员本身技能不足/不熟悉标准；  
1640—变更结果没有得到充分评价；1810—无处理意外事件的组织准备



### 3. 设备内部运行事件统计

2006年,岭澳核电站产生设备原因内部运行事件24起,而被定为A类的有10起。设备原因事件所涉及的系统比较分散,有22个系统之多。其中故障多发的系统为RGL, DEG, SEC系统。有潜在停机、停堆风险的事件如下:

- (1) 5月17日,定位器故障使L2CEX026VL突然全开导致机组参数大幅波动。
- (2) 10月22日, L2VVP012MP故障导致SG3水位大幅波动。

### 4. 重发内部运行事件统计

该统计见表3.2.7.1-6。

表3.2.7.1-6 重发内部运行事件数统计

年 份	2003	2004	2005	2006	合 计
人因重发事件数	5	2	2	0	11
设备重发事件数	5	5	4	1	20
合 计	10	7	6	1	31

2006年岭澳核电站只发生了1起重发内部运行事件,事件如下:

1月4日,岭澳核电站2号机组第三次大修装料过程中PMC夹爪故障耽误关键路径。

## 3.3 工业安全

2006年,岭澳核电站经历了1号机组第四次换料大修、汽轮机厂房钢结构防火涂料更新等重大生产活动,没有发生轻伤事故,发生两起工业安全未遂事件,总体指标均在控制范围内。大亚湾核电站和岭澳核电站两电站的工业安全未遂事件总数从2003年起,依次为26, 23, 16, 5次,呈逐年下降趋势。

参照世界核营运者协会(WANO)公布的2005年20万工时工业事故率中间值为0.17,前1/4值为0。岭澳核电站从2002年商业运行以来,工业事故率保持为0,工业安全指标状况处于世界同行的先进水平。

### 1. 岭澳核电站工业安全统计

该统计见表3.3-1。

表3.3-1 岭澳核电站工业安全指标

项 目	控制目标	实 际 值
重伤及以上的事故次数	0	0
轻伤事故次数	≤1	0
20万工时工业事故率 $F$	≤0.1	0
工业安全未遂事件次数	≤9	2

注:20万工时工业安全事故率  $F = \frac{\text{事故总数}}{\text{总工作小时}} \times 0.2 \times 10^6$ 。

## 2. 工业安全管理

见 2.3.2 节。

## 3.4 消防

### 3.4.1 火灾事故与火险事件统计

统计指标见表 3.4.1-1。

表 3.4.1-1 火灾事故及火险事件统计

起

	火灾	一级火险	零级火险
控制目标 (每电站)	0	1	5
岭澳核电站 (实际)	0	0	1

2006 年度岭澳核电站未发生火灾事故和一级火险事件。2006 年度岭澳核电站发生零级火险事件 1 起。具体事件描述见 7.10.4 节。

### 3.4.2 消防管理

消防系统可用率统计见表 3.4.2-1。

表 3.4.2-1 消防系统可用率统计

%

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
探测系统可用率	97.84	99.07	99.94	99.73	99.26	98.86	99.06	98.03	98.55	98.34	98.81	99.55
灭火系统可用率	99.79	99.99	99.81	99.82	99.89	99.95	99.96	99.89	99.83	99.87	99.78	99.80

## 3.5 辐射防护

### 3.5.1 年度辐射防护总体评价

2006 年, 岭澳核电站未发生人员超剂量照射和放射性物质管理失控事件, 人员体表污染和人因地面污染控制良好, 电站的辐射安全总体状况满意。总体结果见表 3.5.1-1。

表 3.5.1-1 2006 年岭澳核电站辐射防护指标的目标值与结果

指标	目标值	结果值
集体剂量/(人·Sv)	<1.20	0.72
最大个人剂量/mSv	<20	7.155
人因地面污染/次	10	0
人员体表污染/(人·次)	12	4
人员体内污染/(人·次)	0	0
辐射事故/次	0	0
放射性物质失控/次	0	0

岭澳核电站 2006 年上半年经历的 2 号机组第三次大修后段和下半年年末 2 号机组第四次大修前小段（开始日期推迟近一周）带给 2006 年的集体剂量贡献有限，实际上 2006 年只经历了岭澳核电站 1 号机组第四次大修一个完整的年度大修。下半年 TES 高放射性废树脂固化工作的集体剂量也控制得较好，加上岭澳核电站年度集体剂量控制创历史佳绩，卓越指标顺利达到。

2006 年 WANO 的前 1/4 先进水平为 200 人·mSv/单机组，中间水平为 600 人·mSv/单机组。由表 3.5.1-1 可见 2006 年岭澳核电站年度集体剂量进入 WANO 中间水平。

### 3.5.2 个人剂量监测与管理

#### 1. 外照射个人剂量监测与管理

2006 年度岭澳核电站外照射个人剂量分布见表 3.5.2-1。

表 3.5.2-1 2006 年岭澳核电站外照射个人剂量分布

剂量区间/mSv	0~0.2	0.2~1	1~2	2~3	3~5	5~10	合计
人数	1 770	556	157	32	21	3	2 539
集体剂量/(人·mSv)	56.529	278.613	209.442	78.789	79.495	18.915	721.783

2006 年，岭澳核电站的最大个人剂量为 7.155 mSv，受照剂量超过 5 mSv 的有 3 人，对于经历两次年度大修的 2006 年来说，外照射个人剂量的控制不错。历年外照射最大个人剂量统计见表 3.5.2-2。

表 3.5.2-2 岭澳核电站历年外照射最大个人剂量统计

年份	2003	2004	2005	2006
最大个人剂量/mSv	11.331	8.053	8.910	7.155

注：2004 年只进行了岭澳核电站 2 号机组第一次大修的后期和岭澳核电站 1 号机组第二次一般年度大修，故个人剂量较低。

#### 2. 内照射剂量监测结果

2006 年度对所有进入控制区的辐射工作人员和部分检修项目的作业人员进行了内照射剂量的常规监测和操作监测，全部监测结果小于最低探测，没有发现受到内污染的个案。这说明电站的内照射防护工作保持在较高的水平。

### 3.5.3 运行辐射防护管理

#### 1. 总体状况

2006 年岭澳核电站非大修集体剂量约 80 人·mSv，比 2004 年的 40 人·mSv 和 2005 年的 60 人·mSv 有较大幅度增长；未发生人员体表污染事件；非大修期间的地面污染 IOER 事件数为 0，非大修期间的辐射安全总体状况满意。

#### 2. KRT 系统运行管理

与 2005 年相比，2006 年岭澳核电站 KRT 系统的随机不可用时间和次数有一定程度的增加。大部分随机不可用是由非 KRT 系统本身的原因造成的，大部分故障与 KRT002/

003/004MA 和 KRT036MA 有关。近几年岭澳核电站 KRT 系统不可用的各项统计数据见表 3.5.3-1。

表 3.5.3-1 近几年岭澳核电站 KRT 系统不可用时间与次数统计

年份	不可用时间/h	不可用次数	随机不可用时间/h	随机不可用次数	计划不可用时间/h	计划不可用次数
2003	972.10	913	679.8	160	292.3	753
2004	488.72	710	305.73	133	182.99	577
2005	392.23	486	138.57	44	253.71	442
2006	892.74	427	158.9	74	735.84	353

从统计数据看,2006 年岭澳核电站 KRT 系统随机不可用中因 KRT036MA 动力电源倒电导致的故障是主要原因;REN 管线堵塞造成 KRT002/003/004MA 随机不可用也是主要贡献通道。

### 3. 2006 年岭澳核电站 KRT 系统改造

- (1) 完成部分通道的增加直读式流量计、压力计的改造。
- (2) 完成了 0KRT901/904MA 故障状态下停泵的改造,降低了废液无监测排放的概率。
- (3) 进行了 KRT008MA 新设备的试验工作。

## 3.5.4 大修辐射防护管理

2006 年,岭澳核电站经历了 2 号机组第三次大修后段,1 号机组第四次大修及 2 号机组第四次大修前一小段,辐射防护较好地完成了各项指标,保证了大修工作的顺利开展。见表 3.5.4-1。

表 3.5.4-1 大修辐射防护具体指标统计

大修	集体剂量/(人·mSv)		体表污染/(人·次)		人因地面污染/次		说明
	指标	结果	指标	结果	指标	结果	
岭澳核电站 1 号机组第四次大修	400	385.298	6	0	5	0	一般年度大修

岭澳核电站 1 号机组第四次大修于 2006 年 1 月 27 日 03:25 开始解列,于 2006 年 3 月 1 日 06:48 一次并网成功,历时 33.14 天。大修氧化过程中主回路出现了较高含量的<sup>110m</sup>Ag,RCV 系统受银污染严重,使得系统的下泄回路及相应区域的辐射水平大幅升高:氧化后(停主泵、低低水位)RCV 指数为岭澳核电站 1 号机组第三次大修的 3 倍,装卸料期间反应堆水池表面的剂量率明显高于其他大修。本次大修集体剂量 385.298 人·mSv,其中包括学习人员剂量(6.478 人·mSv)、大修期间临时增加的纠正性维修剂量(22.197 人·mSv)。计划外产生的剂量见表 3.5.4-2。

## 3.5.5 辐射防护培训

见 2.5.5 节。

表 3.5.4-2 计划外产生的剂量统计

序号	原因	剂量/mSv
1	CRDM-K14 堆焊处理	12.647
2	PMC 抓爪故障处理	1.000
3	RCP212VP	8.550
总计		22.197

## 3.6 岭澳核电站二期生产准备

2006 年是生产准备工作进入实施阶段的第一年,按照生产准备工作大纲的要求进行生产准备任务分析和风险识别,开展了一系列积极有效的工作,包括生产准备组织建设、人员培训、计划编制、工程参与、程序编写、经验反馈等,为下一步工作奠定了基础。

### 1. 组织建设与人员准备

为满足岭澳核电站二期生产准备工作需要,公司在 2005 年底撤销原生产准备处,同时成立了计划联络处、运行三处、综合技术处、职业安全处四个处负责生产准备相关工作,各处处长在 2006 年初全部到岗。

随着生产准备工作的不断深入以及实际工作的需要,公司于 2006 年 8 月 1 日正式成立生产准备部,下设上述四个处。9 月 28 日,公司正式设立生产准备部科级机构,各项工作开始以科为单位进行管理。

在生产准备完整的组织机构下,不断从生产线分流有经验的技术、管理人才,2006 年度从生产线相关部门分流 46 人,完成总体分流计划的 88.46%,基本满足了生产准备基本技术和管理骨干初期需求。截至 2006 年底,生产准备部共分流 85 人。

### 2. 人员培训与授权

2006 年生产准备部会同培训中心着手编制了《生产准备人员培训大纲》,经过反复讨论后,该大纲于 2006 年 8 月份签字生效。

数字化运行技术骨干培训方面,第一批 9 名集团数字化运行技术骨干于 2006 年 3 月份结束在上海外国语大学为期 3 个月的法语培训后前往法国,并在法国进行了为期 7 个半月的培训,完成了 SOP 的原理和应用以及 N4 机组的技术培训。第二批集团数字化运行技术骨干第一期 12 名人员于 2006 年 11 月份赴四川外国语学院开始进行为期 6 个月的法语培训。

首次装料保证计划的 16 名持照人员培训也将于 2007 年 7 月启动。岭澳核电站二期生产准备执照人员培训和取照方案也已经得到核电厂操纵人员资格审查委员会和国家核安全局审查通过。

维修技术人员培训方面,除 5 人直接参与 DCS 仪控设计外,还编制了在 SIEMENS 的 TXP 培训计划和完成了两期生产准备人员的 DCS 培训;实施了 SOP 事故处理程序培训;在东方汽轮机厂举办了三期半速汽轮机 T/G 包设计培训等。

### 3. 计划与预算

2006 年 7 月,《岭澳核电站二期生产准备工作大纲》和《生产准备总体执行计划》正式出版,工作大纲确定了岭澳核电站二期生产准备总的原则、模式和进度中的关键点。作为确保工作大纲项目有效实施和控制的总体执行计划包含 27 个方面,共 1 100 多个项目。其

中, 总体里程碑是计划进度的阶段性控制点, 生产准备部针对总体里程碑和单项里程碑制订了相应的考核指标控制方式。

与此同时, 作为岭澳核电站二期整体计划体系的一部分, 生产准备部还制订了一套完整的指标体系, 包括指标手册和指标盘。其中指标手册考核指标分为安全、管理等四个领域共计 97 项考核内容。

在预算编制和执行方面, 由 OPP 进行汇总生产准备各项预算, 经过生产准备部审核后, 再提交给财务部。目前已编制了生产准备总体预算, 2006 年度, 生产准备部预算总体执行情况良好。

在理顺生产准备内部预算关系的同时, 生产准备部还就岭澳核电站二期设计审查和设备监造等问题与工程公司达成了协议, 明确了设计审查和设备监造预算以及外国专家服务费的划分原则, 即“谁主张, 谁承担”的原则。

#### 4. 工程参与和经验反馈

在工程参与方面, 生产准备部编制了《工程参与管理规定》、《工程参与计划》等程序, 明确了工程参与的项目、阶段、计划派出人数、人员资历要求、定期汇报制度等原则性要求, 使工程参与工作具有连贯性, 管理更加规范化。

2006 年, 生产准备部共向工程公司提供了 366 人·工作日的设计审查和 485 人·工作日招评标支持工作, 如配合工程公司完成程序验证平台设计、DCS 人机接口设计、DCS 输入设计 (LD/AD) 图审查、T/G 包工程设计参与、消防系统专用采购包 (LOT49A) 投标文件评审、KRT 系统技术规格书审查、供货商源地评审等大量的技术支持工作。

在经验反馈方面, 为规范工程生产经验反馈收集与跟踪, 岭澳核电站二期工程生产经验反馈系统于 2005 年 9 月正式投入运行。截至 12 月 27 日的经验反馈情况见表 3.6-1。

表 3.6-1 工程生产经验反馈情况统计表

件

提出总数	未答复	已答复未确认	答复完成	实施完成	实施中	累计响应率
303	118	18	158	3	6	61.1%
经验反馈平均响应时间				45.9 天		
经验反馈最长响应时间				237 天		
未答复最长时间				460 天		
工程采纳情况	已采纳		未采纳		尚未确定	
	141		25		19	

注: 响应率不高的主要原因是工程设计工作还不明确, 对经验反馈相应内容要等设计明确后才能答复。

#### 5. 程序编写与文件准备

生产准备部以运行状态导向法事故程序 (SOP) 和正常运行程序以及维修程序等为创新主题, 在程序编写方面进行了积极探索, 有了一定进展。

2006 年上半年, 利用岭澳核电站一期程序, 完成了总体程序、系统运行程序和报警卡的数字化转换; 下半年, 在上游文件陆续到达后, 开始将已转换的岭澳核电站一期数字化程序修改为岭澳核电站二期数字化程序。到目前为止, 正常运行程序总体程序完成 9 份 (约 30%), 系统程序完成 22 份 (约 31%), 岭澳核电站二期 1 号机组报警卡完成 648 张, 岭澳核电站二期 2 号机组报警卡完成 403 份。

维修大纲及维修程序方面,为了使岭澳核电站二期的维修程序更加简练实用,在对岭澳核电站一期维修程序在现场应用情况普查的基础上,岭澳核电站二期生产准备对维修程序结构及程序数据库软件进行了改进。该改进可以使同一份维修程序应用于多个核电站,为实现维修程序标准化奠定了基础。

其中,生产准备里程碑 M-6(全面启动技术程序编写)比原计划(2007年1月15日)提前于2006年12月31日实现。

管理程序方面,上半年,由于管理程序编写人员未按时分流到岗,生产准备管理程序编写工作暂时不具备启动编制条件。7月份,管理程序编写人员到岗后,启动管理程序的编写,先后确定了岭澳核电站二期生产准备管理程序框架结构和编写内容,建立管理程序编写流程,确定管理程序编码规则和程序编写模板。截至12月底,已按计划编写完成41份管理程序。从10月份开始,对已经编写完成的管理程序进行会审。作为管理程序的补充,生产准备部还建立一套暂行管理规定体系,涵盖工程参与、程序编写、移交接产、工会活动等管理领域。

除此之外,目前已完成技术不同点的模板编写工作,将对岭澳核电站二期与岭澳核电站一期以及大亚湾核电站技术不同点进行归纳和整理,并计划编写技术不同点教材,在后续的工作中对相关工作人员进行培训。

## 6. 其他方面

**安全管理:**结合岭澳核电站二期工程生产的特点,总结岭澳核电站一期安全管理经验,岭澳核电站二期生产准备实行安全管理责任制,遵循“谁主管,谁负责”的原则,各层次的行政负责人是安全管理的第一责任人。同时建立与之相适应的安全管理网络,以处级安全协调员和厂房安全经理为骨干,运行值、班组的基层安全员为成员组成的安全管理网络。针对生产准备的职业安全管理,建立了安全管理绩效评估方法,设计开发了《生产准备职业安全指标管理系统》软件,对生产准备总体安全状态以及各相关部门的安全状态进行评价与管理,并借助信息化管理平台,对安全相关事件进行跟踪与分析。截至2006年底,已初步形成生产准备职业安全管理体系。

**备品备件管理:**岭澳核电站二期项目依托大亚湾核电基地,优化备品备件管理具有实施的条件。2006年,生产准备部组织人员对已经签订工程合同中的备件进行审查和信息收集,成功协调大亚湾及岭澳核电站一期的专用工具134套支持岭澳核电站二期工程建设,向工程提供了第一批可用于工程的备件清单,累计节约工程资金近千万元。

## 第四章 电站维修

### 4.1 维修组织与管理

#### 4.1.1 维修组织管理

2006年是核电站在维修质量和维修管理改进方面取得重大突破的一年,维修部不仅圆满地完成了大亚湾核电站、岭澳核电站4台机组日常维修以及岭澳核电站2号机组第三次大修、1号机组第四次大修、大亚湾核电站1号机组第十一次大修,确保了4台机组安全生产,为两电站取得良好的安全生产业绩奠定了基础,也为岭澳核电站二期的生产准备做出了重要贡献,同时,在人才培养和输送方面取得了令人瞩目的成绩。

维修组织管理上采取以下重要管理改进措施。

##### 1. 加强维修人才培养

为满足中国广东核电集团发展战略和运营管理公司发展的需要,加快维修人才培养,为集团“多项目、多基地”输送更多的专业技术和管理人才,2006年,维修部继续深入推进维修人员培训及技术授权(MTA)项目,逐步建立了维修人员系统化培训体系,共完成维修部91个工作种类361份培训任务书(SMTS)的编写;完成考核方法的建立并建立理论考试题库;建立职业生涯规划 and 培训计划的编制方法,编制2004年后入职的新员工的职业生涯规划 and 培训计划,并正式实施新员工单项技能培训;建立单项维修技能培训考核流程,各处已开始进行新员工的单项技能考核工作,部分员工已取得相应的技术授权;建立维修人员培训及技术授权系统(MTAS),实现培训授权的流程化和规范化;开展老员工的单项技能评定工作。

##### 2. 提高维修自主化能力

2006年,根据内外部形势的变化,总结评估了自主化改进的工作情况,调整了工作思路,明确将提升自主维修能力作为今后工作的目标,并对维修自主化目标进行了细化和分解,新增自主化维修项目落实到具体负责人,明确了各处的工作重点及7项重点攻关项目工作计划。在大修中,已完成了发电机电气部分维修、主励磁机电气部分维修、RCP主泵水力部件更换、汽轮机1号低压缸维修。目前各项目的维修质量良好,正在等待1个换料循环的检验。并根据资源的情况确定合适的自主维修范围,同时对自主维修能力建设项目的相关



概念、定义、管理规定、工作计划以及状态报告进行了全面清理和改版，使其适应新的工作思路。

### 3. 承包商管理改进

2006年，维修部有针对性地开展了承包商战略合作研究，采取了一系列改进措施，制定了承包商管理程序，进一步完善日常承包商管理体系、制度和标准工作流程，规范承包商培训管理和经验反馈机制；组织召开维修部承包商管理工作研讨会，明确了承包商管理项目组织人员专职化、考虑引进核岛维修承包商等问题；实现了大修和日常承包商管理人员的统一和专职，为今后承包商管理的日常和大修两部分并轨、进而真正实现承包商管理工作的专业化和规范化打下了组织上的基础。组织各专业承包商管理工程师和承包商协调员的培训，组织各承包商单位制定五年管理计划和年度管理计划及管理指标，推动承包商逐步实现自主管理。

### 4. 机电仪一体化维修项目

继续按计划推进 PMC 一体化维修项目，大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修中进行了 PMC 维修人员在岗培训和机、电维修基本技能培训，组织 PMC 维修人员赴法国 AREVA 公司进行换料机操作培训、换料机设备的理论知识培训以及机电仪一体化检修的培训。在阀门一体化维修方面，组织机械检修人员学习气动阀门仪控部件的结构和工作原理，安排仪控专业人员给机械检修人员进行相关知识的培训，并制定了实现气动阀门机电仪一体化维修的目标。

### 5. 关键敏感设备管理改进

关键敏感设备管理工作在原有工作的基础上进一步深化，重点放在设备失效模式分析和预测性以及预防性维修方法研究上，积极主动收集外部经验反馈，完善和细化现场巡检细则和操作单，明确了检查标准与检查方法，针对性开展核岛设备的应急维修预案的制定。2006年度针对岭澳核电站 1 号机组第四次大修控制棒驱动机构（CRDM）出现的硼结晶问题，维修部牵头组织对岭澳核电站 1 号机组第五次大修 CRDM 可能出现的问题进行了认真的研究，并制定了相应的解决方案，同时制定燃料厂房、反应堆厂房的潜水作业预案。

### 6. 备件管理改进

2006年维修部开展了维修备件库存总量控制与库存结构优化工作，采取了一系列有效措施严格控制库存总量过快增长，开展备件库存现状普查和清理工作，提高采购的计划性，逐步降低易过期备件的无谓浪费，完成了异常品库异常备件清理工作，制定了不完整备件的“修复”还原计划。同时启动了生产备件“零库存管理模式”相关工作。

### 7. 大修管理改进

策划成立了大修管理委员会（OMC）并开始正常运转，该委员会的成立必将对电站大修工作起到强有力的支持和推动作用。初步建立了大修中长期工作的方法和制度，在充分吸收和借鉴国外先进电站大修中长期管理经验的基础上，确定了大修中长期规划长短交替的规则，制定了大亚湾核电站和岭澳核电站 6 台机组未来 5 年内大修的关键项目、工期规划和未来 10 年内大修工期安排，并将其列入公司五年发展规划中。初步确定了大修项目变更控制和考核方法，这些控制和考核方法的实施将会逐步对目前大修中项目变更失控局面产生积极作用。

## 4.1.2 维修生产管理

### 4.1.2.1 维修质量管理

2006年,维修质量管理改进包括以下三个方面。

#### 1. 防人因失效管理

##### (1) 防人因失效改进管理指标完成情况

在维修部内主要制定了以下四个指标来管理与推进防人因失效工作:人因失效比例、人因IOE比例、违反程序比例和人因事件填报比例。同2005年相比,2006年维修部人因失效改进总体表现较好,人因失效比例、违反程序比例、人因事件填报比例等指标均控制在目标值范围之内,人因事件总数、人因IOE都有明显下降,其中人因事件总数下降到了2005年的77%,尤其是人因IOE数目只有2005年的56%;人因失效比例改进明显,由2005年的2.728‰下降到了2006年的1.892‰;人因事件填报比例由2005年的50%上升到了2006年的63.03%;承包商责任的人因事件数量由2005年的96起减少到了2006年的56起,其比例由2005年的62.3%下降到了2006年的47%;承包商维修人员行为也在不断得到改进。

##### (2) 完善承包商内部经验反馈体系

维修部对主要承包商单位进行了内部经验反馈体系、安全责任制的检查,并针对性地提出改进措施。随着维修部人因事件责任制的实施,承包商维修活动中的人因事件数量不断减少,其比例持续下降。7家主要承包商单位已纳入维修部经验反馈体系,参加维修质量改进月会,共同建立了维修经验反馈交流平台。

#### 2. 外部经验反馈运作

2006年维修部启动外部经验反馈运作机制,每个月根据顾问提供的EDF外部事件,召开经验反馈工程师会议。首先,按专业对外部事件进行分类,由各专业处进行维修活动的对比分析,制定针对性的纠正行动,并进行改进和宣传反馈。维修部将各专业处分析结果汇总放入维修部网页,供维修人员查阅参考,该项工作为维修领域的事前经验反馈起到了积极作用。

#### 3. 重复性维修管理

##### (1) 启用重复性维修管理平台,规范运作流程

2006年全面启用重复性维修管理系统(RMS),该系统为重复性维修的分析处理过程提供了一个电子化的标准平台,大大提升了工作效率,同时也提升了重复性维修分析的质量和行动跟踪落实的管理水平。

##### (2) 定期汇报制度

在维修部经理办公周会/月会、维修质量改进月会、承包商管理月会上,定期汇报重复性维修情况和趋势分析及改进措施。2006年维修部重复性维修共计99起,其中大亚湾核电站55起、岭澳核电站44起,同比2005年减少25%。人因重复维修24起,占总数的24.2%,同比2005年有大幅度下降,表明维修部在维修质量改进方面取得突破。

### 4.1.2.2 维修风险管理

维修工作本身会给机组的安全运行和人员的安全带来风险,因此,维修活动要求对维修工作的全过程进行全面的风险分析和风险控制。

#### 1. 维修工作风险分析

维修工作风险分析是维修工作包准备的一个重要环节,准备工程师不仅要从核安全、系

统设备运行安全、工业安全、辐射防护等方面进行风险分析，并规定和要求必须从维修工作的全工艺过程进行风险分析，从而实现维修活动本身和对外部环境影响的全面风险分析。所有的风险分析都有相应的预防措施，确保“有风险就有措施”。

## 2. 维修工作过程风险控制

维修工作过程风险控制是维修活动实施中一项重要工作，工作负责人必须落实和执行准备工程师提供的维修风险分析和相应的预防措施，并根据维修活动本身和外部环境的影响进行补充预防措施。工作负责人还必须对维修项目的隔离边界进行检查和验证，做好防异物、坠落等风险控制。坚持质疑的工作态度是预防未知风险的有效措施。

## 3. 规范和推行工前会制度

维修活动工前会制度是维修工作的一项良好实践，在工作实施前，要求工作负责人必须组织作业班组成员召开工前会，会上由工作负责人或准备工程师详细介绍工作的内容和步骤、每一步骤的风险、针对风险采取的防范措施、出现紧急情况的应对措施、联系的手段等。同时检查班组成员的资格、授权和技能是否满足工作要求，只有在与会人员就上述问题完全理解和同意后，才能开始工作。工前会使用标准的工前会指导单。

## 4. 加强维修人员行为规范

为更好地规范维修人员的工作行为，2006年编制了预防性和纠正性维修关键环节流程，强调和突出了关键环节工作和职责，并进行广泛宣传和培训，从建立良好维修文化的层面加强对维修工作全过程的风险控制。

## 5. 大修风险分析及预案制定

制定了大修的核安全风险分析方法、大修工期风险分析方法和堆芯异物控制方法，大修项目立体化、系统化的风险分析方法的思路已经形成，大修风险分析将从大修中的各个关键路径活动、专项活动、重要项目、大修项目整体等多个方面立体式展开，相应的应急预案也将依据风险出现的概率和后果的严重程度有不同的形式。随着大修风险分析和应对预案的逐渐完善，以及其准确性的逐渐提高，电站大修抵御突发事件的能力在增加，大修管理将逐渐由被动转为主动。

## 6. 加大维修现场监督力度

2006年，维修部制定了处、科级管理干部巡视制度，处、科级管理干部从维修文件、遵守程序、维修报告、现场监督四个方面每月进行一次认真的检查，对现场发现的问题和存在的风险及时进行了纠正。下半年，7家主要承包商单位也建立了管理人员现场巡视制度和计划，该项活动全面促进了维修人员作业现场的规范，减少了安全事件的发生概率。

### 4.1.2.3 维修计划控制

2006年电站生产计划控制在原有强调计划项目的覆盖性、计划安排准确性的基础上，增加了计划的分级控制管理，如新增设备小缺陷及4级和5级工作申请票管理；进行了生产活动标准工期研究；强化了计划的准备功能，尝试由双周计划延伸到多周计划的编制、管理。更加注意细化计划的前瞻性，加强纠正性维修、预防性维修、服务支持以及工程改造项目之间的优化、结合，减少或避免重复性隔离，引导并推动各项工作提前做好准备（包括资源、风险、应对措施等）。以下主要就设备维修大纲、预防性计划数据库、生产计划控制及计划相关考核指标等方面的管理进行介绍。

## 1. 设备维修大纲及定期试验监督大纲管理

### (1) MPM 设备维修大纲平台投运及流程优化

自 2006 年设备维修大纲管理系统平台升级投运后, 累计生效项目 11 712 项, 该系统在提高项目生效及处理效率的同时, 也不断规范项目在准备、评价、审查等环节的控制。在项目间的父子关系、关联关系、维修状态确定等方面的优化也取得了进步。另外将项目对应标准包的完善作为项目生效的前提条件, 为加强项目计划安排的可控性及可操作性创造了条件。性能试验大纲、土建/防腐大纲等逐渐纳入 MPM2 大纲平台中统一管理, 对项目间的优化、整合起到了重要的作用。

### (2) 定期试验监督要求的 A/B 准则分类

为了更加突出对核安全相关功能项目的控制 (A 类), 改进和调整与核安全功能非直接相关项目的监督、管理 (B 类), 2006 年电站的定期试验监督要求 A/B 准则分类工作在系统分析和论证方面取得了实质进展, 整个分级工作预计在 2007 年 10 月份完成。

## 2. 预防性计划数据库相关管理

### (1) 大修配合性项目数据库建立及应用

根据各执行专业建立的大修配合性项目大纲, 2006 年完成了两电站大修配合性数据库的建立, 共新建大修配合性项目约 9 830 项, 通过对这些配合性项目的统一管理及提前工作准备, 加强了大修配合性项目的计划性及控制性, 有效地配合了大修的开展。

### (2) 生产活动标准工期研究

长期以来电站生产活动 (特别是维修活动) 的工期控制并未建立起一套科学、有效的管理办法, 计划工期和实际工期容易出现较大偏差, 对现场活动的风险控制、计划安排和成本控制都不利。从 2006 年起电站开始研究生产活动标准工期的制定, 目前正在进行前期的历史数据整理及统计归纳工作, 并取得了初步的分析结果。

### (3) 岭澳核电站日常标准包完善

2006 年底阶段性地完善了岭澳日常标准包 5 483 项, 并完成相应的封包工作。进一步规范了《标准包管理》程序的操作及管理要求。

## 3. 生产计划控制

2006 年电站生产计划控制主要体现在设备小缺陷管理改进、新增 4/5 级工作申请分级管理、多周计划管理、专项计划管理、应急计划管理等方面, 具体情况如下:

(1) 引入了设备小缺陷管理概念, 在原有工作申请级别的基础上, 新增了 4 级和 5 级工作申请响应级别, 把一些短期对安全、生产没有影响或影响很小的小缺陷工作票纳入 4 级和 5 级工作票范围内管理。并对这些小缺陷项目列入清单进行专项跟踪及计划统筹安排。通过实现对小缺陷的专项跟踪管理, 提高了缺陷处理的计划性, 优化检修资源, 减少重复隔离, 使电厂的缺陷管理逐步向精细化的方向发展。

(2) 多周计划编制管理是对原有双周计划的延伸、扩展。强调扩大事前准备的重要性及必要性, 将电站的小缺陷及各级工作申请票有机结合进多周计划中, 集中并优化资源的配置, 总体降低纠正性维修工作周转票量, 统一计划的组织管理。

(3) 在电站专项计划方面, 重点体现在两电站 9LCD/LNF 停盘检修的组织及专项计划控制, 顺利完成了这几个长期难以安排的停盘检修任务; 此外, 还编制岭澳核电站第四、第五次大修前延伸运行专项计划; 编制岭澳核电站 1 号机组 1/4 换料调硼专项计划、第五台柴油机油检修单项计划等。

(4) 在电站应急抢修计划方面, 2006 年完成多项重要设备抢修预案专项计划的编制。主要有: 大亚湾核电站 1 号机组因 D1RPN020MA/1EVC043MT/1GME037MV 等重要设备存在缺陷而实施的计划性停机抢修; D2RGL 系统 H12 棒信号故障抢修预案; D2RCP003MO 下轴承油位低处理; DIGST 漏氢抢修处理预案; L2APP 系统 B 列泵消防系统误喷淋抢修处理等。

#### 4. 计划控制相关指标考核情况

2006 年大亚湾核电站、岭澳核电站与计划控制相关的“工作申请退票率”、“工作文件包退包率”、“纠正性周转票数量”、“1 级票未按时响应数量”、“2/3 级票按计划执行率”等考核指标, 除大亚湾核电站的“2 级票按计划执行率”总体偏低、岭澳核电站的“工作申请退票率”总体偏高外, 两电站其他指标的考核结果均较满意。

#### 4.1.2.4 现场服务管理

##### 1. 机械加工

2006 年机械加工共收到加工工作票 3 876 张, 主要工作包括密封瓦室测量变形量、密封瓦加工、柴油发电机找正垫片磨削、低压缸隔板止动板磨削、主变压器连接专用工具加工、汽水分离再热器系统阀体连接螺栓改造、阀盖中心孔修整、循环水泵机械密封加工、发电机油封挡块、RPI 探头存放支架加工等重大工作。

在安全质量改进方面, 规范了加工件加工完毕后入库检验及用户检定等规定, 规范执行环节中加工件变更登记记录和纸质工作包填写, 强力推行质量控制卡的使用, 规范执行协调在工作票分派时的登记记录。机床设备管理实行了定人定机制度, 要求操作者使用机床设备必须达到整齐、清洁、润滑、安全四项要求。

材料管理建立了定期对领用材料和余料储存进行盘点统计并清洁材料库制度, 规定了下料必须填写材料下料清单的制度。改进了材料申购方法, 由以前的一年两次统一申购造成申购数量、资金庞大, 改为根据库存材料的库存余量, 逐月小批量采购, 这样有效的杜绝了某些不常用材料的大批量积压所造成的浪费。

2006 年机械加工文件库的建立, 标志着机械加工向正规化管理又迈进了一步。

##### 2. 工具管理

2006 年是新的工具管理组织机构开始运作的第一年。先后完成了行车、电梯、空调、仪器仪表、厂房多功能钥匙, 高压安全工具的接收、消化和吸收等工作, 工器具自主维修开始起步, 维修部工具管理的各项管理改进计划都得以全面实施并全部完成。

按照公司对工器具管理流程优化的要求, 从公司工器具管理的整体角度考虑, 对原有的工具管理程序进行了全面优化梳理。在工具年度计划、申购、研发、验收、库房管理、出借、工具年检、维修、报废及借用授权等方面共编写了 14 份工器具流程及相关的技术程序, 使工器具的管理在原来的基础上更加清晰、规范, 使电站工器具的管理更上一个台阶。

(1) 首次对电站工器具采购预算进行全面归口管理, 完成了 2007 年电站工器具采购预算的归口审定工作, 通过审核节约了公司的资源并使工器具资源得到充分的利用。电站工器具采购归口审核工作自 2007 年起全面开始实行。

(2) 为提高工器具管理水平, 2006 年在 OAMS 工器具管理软件改进方面提出了 18 项改进要求, 软件开发、改进已全部完成。建立了个人工具管理及工器具维护 2 个模块, 满足了对个人工具、工器具年检维护的管理要求。

(3) 在做好液压工具、吊索具、电动工具、部分专用工具的外委年检、跟踪工作的同时, 工具管理科工具组开始了工器具的自主化维修, 年检维修工器具 2 639 件, 为公司节约

了大量的成本,也有效的满足了现场对工具的需求,保证了现场工器具的可用性和安全性。

2006年在工器具管理其他方面完成了以下改进。

(1)首次对电站的专用工具维修大纲及程序进行了全面清理:共清理出大亚湾核电站和岭澳核电站专用工具906套,其中有大纲和程序的246套,无大纲和程序的675套,并初步开展了专用工具维护程序的编写工作。

(2)首次对电站个人工具进行了全面清理,对个人工具进行了归口管理,归口采购,开始了个人工具OAMS数据库管理,使电站个人工具的管理上了新台阶。

(3)对技术部土建处移交的厂房多功能钥匙进行归口管理,大亚湾核电站和岭澳核电站的1336把厂房多功能钥匙已全部录入OAMS数据库,实现电脑化管理,满足了现场对厂房多功能钥匙的管理需求。

(4)在CIS网页BPM业务流程开通了工器具借用授权网上申请流程,更方便地服务于广大用户,受到了用户的好评。

(5)将生产部运行一处、运行二处的电气安全测量工具归口工具管理科管理,并纳入OAMS数据库,建立了定期检验周期,保证了电气安全测量工具的安全性及可用性。

(6)大修项目承包商工具的配备,通过2006年一年的努力、磨合,从承包商申请工具清单、开会、审查、沟通、论证、确定清单,工具配置、大修期间工器具跟踪等工作已经成熟。确定了项目承包商集装箱工具打包和项目承包商班组在电站日常运行机组配备工器具的模式。

2006年在特种设备管理方面完成了以下改进。

(1)首次对大亚湾核电站和岭澳核电站的68台行车进行了载荷安全试验,通过试验,行车抱闸系统、桥架都正常,并对行车制定了5年检计划,定期对行车进行载荷安全试验。

(2)首次对大亚湾核电站和岭澳核电站的13台行车钢丝绳开展了无损检测工作,经检测,行车所有钢丝绳都正常。

### 3. 维修服务

(1)起重方面主要有大亚湾核电站2号机组备用转子装船返修吊装、RCP主泵备用电机装车到湘潭检修、D1RCP001PO主泵水力部件更换的起重吊装作业、对D1GME037MV进行抢修提供起重吊运、岭澳核电站主变压器备用相装船以及返厂吊装、大修新燃料现场接收的起重吊装等。

(2)脚手架方面主要工作有日常/大修维修设备的脚手架搭拆、大亚湾大浦Ⅱ线配合检修搭架子、CRDM/PMC U型脚手架采购、CRDM-K14位置堆焊处理与脚手架的搭拆、大亚湾核电站1号机组第十一次大修扶梯改造搭设脚手架、大亚湾核电站主变压器泄漏打密封胶配合检修搭架子、大亚湾核电站1号机组GME037MV抢修搭拆脚手架等。

### 4. 运行服务

2006年圆满完成了大亚湾核电站和岭澳核电站现场运行系统对柴油、液态二氧化碳、液氮、氢气、工业氮气、酸、碱、次氯酸钠需求的各项服务支持性工作。

(1)2006年大亚湾核电站和岭澳核电站接收液态二氧化碳85.73 t,液氮72.75 t,氢气4288瓶,次氯酸钠1537.5 t,更换C2门Ar-CO<sub>2</sub>混合气343瓶。

(2)2006年运送氢氧化钠10295 L,硝酸125 L,硼酸11450 L。

(3)2006年度为大亚湾核电站和岭澳核电站外购柴油370 t。大亚湾核电站OXPA001/002BA全年共操作柴油1274.7 t。

(4) 大亚湾核电站和岭澳核电站生产消耗物资如表 4.1.2.4-1。

表 4.1.2.4-1 近几年大亚湾核电站和岭澳核电站生产消耗物资表

大亚湾核电站	液氮 t	液态 CO <sub>2</sub> t	氢气 瓶	Ar-CO <sub>2</sub> 混合气 瓶	次氯酸钠 t	柴油 t
2003 年	54	13.5	4 536	216	674	215
2004 年	66.12	31.54	4 812	315	148.107	9.77
2005 年	36.72	53.73	2 880	229	692	691.3
2006 年	32.97	57.66	4 288	184	1 537.5	768.7
岭澳核电站	液氮 t	液态 CO <sub>2</sub> t	氢气 瓶	Ar-CO <sub>2</sub> 混合气 瓶	次氯酸钠 t	柴油 t
2003 年	81	27	—	253	—	111
2004 年	133.31	27.8	160	197	—	182.92
2005 年	49.45	8.98	—	155	—	588.5
2006 年	39.78	27.77	—	159	—	—

## 4.2 日常维修

### 4.2.1 重要维修活动

#### 1. 大亚湾核电站 1 号机组停机检修

2006 年 5 月 16 日, D1RPN020MA 出现中子注量率高报警, 同时 R 棒上提 5 步。根据调查, 确认为 D1RPN020MA I1 段出现高频干扰, MIC 在信号转换板上增加临时电容后, 干扰情况有所好转。5 月 29 日取消临时电容, 6 月 4 日, D1RPN020MA 再次出现大幅波动, R 棒上提 4 步。鉴于 D1RPN020MA 的状况已威胁到 1 号机组安全运行, 同时考虑到 1 号机组还存在一些其他的重要缺陷, 电站决定安排停堆抢修。在经过充分的准备后, 1 号机组于 2006 年 6 月 16 日 23:00 按计划开始降功率, 6 月 17 日 2:46 解列, 开始抢修消缺, 18 日 19:00 开始临界操作并于 21:30 达临界, 6 月 19 日 19:52, 一次并网成功, 实际工期 2.8 天。本次检修累计处理工作票共计 148 份。完成了 D1RPN020MA 接头电缆处理、D1EVC043MT 温度高处理、D1GME037MV 探头更换等重大检修项目。

#### 2. 大亚湾核电站 D2RCP002VP 处理

2006 年 1 月 11 日中午按计划机组快速降功率, 执行控制棒刻度试验后, 主控制室操纵员发现: 在通断式加热器全投入运行、部分比例加热器投入运行状态下, 主控制室一直存在稳压器压力补偿值低报警, 而稳压器喷淋阀在模拟盘上显示都保持在关闭位置, 一回路压力维持在 15.4 MPa 不变, 这与正常的响应要求不一致。进一步检查发现稳压器喷淋阀 2RCP002VP 阀门管线上游温度指示比另一喷淋阀 2RCP001VP 的温度要高 12℃, 而退出电加热器 2RCP001RS 后, 一回路压力明显开始下降, 由此确认 2RCP002VP 卡在部分开启位置。考虑到当时稳压器加热器与喷淋阀的开度已经处于接近平衡状态, 随即中止机组上所有可能引起机组扰动的生产活动。

MSM 检查发现 2RCP002VP 由于阀杆万向节外圈断裂导致阀门卡在开度为约 18%，无法关到最低位置。2RCP002VP 阀门不能回到最小流量位置，如不及时处理，很可能发生自动停堆信号、引发安全注入启动，后果不堪设想。凭借丰富的检修经验，MSM 技术人员排除机械强制限制而导致阀门无规律动作的可能性，用自制专用夹具作为 TSD 设施，使得阀门始终有一个最小的流量，成功恢复到最小流量后加热器投运情况和 RCP 两条喷淋管线温度恢复正常。此种情况在电站维修史上还是首例。

### 3. 大亚湾核电站 D2RCP003MO 下部轴承油位低处理

2006 年 8 月 25 日，2 号机组主控制室出现 2RCP415AA，查 KIT 发现 2RCP003PO 下部油箱油位低（422EC/302SN），检查 2RCP003PO 下部轴承温度稳定，监视 2RCP003PO 其他参数正常，进 2RX 厂房现场检查油箱油位计指示为 -20 mm，该故障直接威胁机组的安全稳定运行。MRM 主泵项目组经过认真的分析和论证，多次进入现场检查，根据在 AC 车间油位标定结果，精确计算出主泵电机油位报警所损失的油量。对比分析了导致油位低的各种可能原因及相应风险后，对其进行风险评估及制定应对措施。通过认真分析主泵电机下轴承室的结构，自制专用工具采用在线压力补油法，该方法较 EDF 的重力补油法具有控制灵活、风险低等特点。充分考虑现场的高辐射风险，经过多次现场模拟演练后，利用压力补油方法，成功实施主泵电机的在线补油。解决了机组安全运行的重大隐患，避免了因油位低导致的停堆，保证了机组的稳定运行。

### 4. 大亚湾核电站 DOGEW590TR 及户外 GIS 十年大修

DOGEW590TR 联络变压器及户外 GIS 十年大修是大亚湾核电站日常检修的重大项目之一，也是大亚湾核电站对 900MVA 大型自耦变压器的首次大修。在前期准备阶段，MEE 对检修工艺和检修计划方面进行了详细的分析和准备。由于该项目工作量大、交叉作业多，现场实施难度非常大，专门成立了由多个部门共同组成的项目组。项目组先后准备了 5 套备选的检修方案。检修期间，虽然遇到了长时间的阴雨和雷暴天气，但由于有了前期的充分准备，项目组及时对检修计划进行了调整。按计划在大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修机组并网前圆满完成了 DOGEW590TR 本体十年大修的全部检修和试验项目，同时也完成了 DOGEW590TR 户外 GIS 十年大修的全部检修和试验项目。在项目执行过程中，MEE 凭借丰富的检修经验对日本三菱公司的变压器试验方案、套管密封垫更换、变压器油处理等多项关键路径检修工艺进行合理的优化，并得到三菱公司的认可，实际检修工期比合同中三菱公司要求的 30 天变压器大修工期提前了 7 天，并一次送电成功，保证了 2 号机组的稳定运行和 1 号大修机组的安全并网。

### 5. 岭澳核电站 L1LHQ651LT 温度计断裂处理

2006 年 8 月 10 日上午，MIC 更换 L1LHQ651LT。在拆下 L1LHQ651LT 后，在螺口处向外冒润滑油，立即回装旧温度计，停止工作。当天下午在隔离了柴油机预润滑回路后，更换 L1LHQ651LT，发现 651LT 温度计下部断裂，约 2 cm 的玻璃柱和温度计的水银玻泡已经缺失，安装温度计的铜套管有 5 mm 宽开口，破损套管内残留部分玻璃碎片和水银。8 月 12 日，安全工程师在 L1LHQ651LT 现场的底部地面发现 5 块尺寸在 4 mm 以内的温度计玻璃碎片。之后，在 651LT 下部腔室发现铜套管碎片和温度计水银，在现场找到了大量的温度计玻璃碎片。8 月 14 日隔离 L1LHQ，开始查找温度计玻璃碎片，拆开连接管后在 651LT 下部腔室内壁又找到附着的三个最大径向为 1 mm 左右的玻璃碎片及少量水银。8 月 17 日按照启动计划进行预润滑系统启动试验，柴油机空载启动试验，试验合格，L1LHQ 恢复可用。



### 6. 岭澳核电站 L2APP 系统 A 泵和 B 泵转速、流量波动偏大处理

自岭澳核电站投入运行以来, L2APP 系统 A 泵和 B 泵的转速、流量波动偏大(相对于大亚湾核电站、岭澳核电站 1 号机组的其他六台泵组)。而且 L2APP 系统 B 泵在 2006 年 8 月份出现过大幅波动现象, 极大影响机组安全稳定运行。针对该问题, 电站成立了专项项目组于 9 月份对 L2APP 系统 B 泵 AGR 油系统进行了处理(油压高、油压波动)。11 月份进行了 L2APP 系统 B 泵调节特性工作点漂移的调整, 顺利解决了 L2APP 系统 B 泵的转速流量波动缺陷, 同时制定了在 2 号机组第四次大修中 L2APP 系统 A 泵的处理方案。

### 7. 岭澳核电站 L9LCD/LNF/LBG001TB 检修

L9LCD/LBG/LNF 电气盘四年度定期检修由于涉及三废系统、核辅助厂房公用系统、外围系统、外电源系统、大量的仪控、电气设备及天气、电网等诸多因素限制, 所以停盘检修影响范围广、风险大、接口复杂, 成为岭澳核电站维修活动安排的一大技术难题。根据 GOR 监督频度的要求, 2005 年 10 月 27 日为到期检修日, 若计算 +25% 裕度, 超期日为 2006 年 10 月 27 日。2006 年 7 月份, 成立停盘风险分析专项小组, 经过该小组全体成员的踏实、认真、艰苦的工作, 于 8 月底完成了全部停盘工作的准备, 包括停盘检修风险分析专项报告、停盘风险分析清单、停盘再供电清单、专项检修计划、运行专项操作文件包等文件。在停盘检修实施阶段, 成立了以 MEE 处长为项目经理的停盘实施小组, 配电盘的检修工作主要是电气进行, 同时涉及化学、服务以及运行等部门的大量配合性工作。在各部门的大力支持协作下, 9 月 14 日 L9LNF/LCD/LBG 停盘检修工作顺利结束。

## 4.2.2 消除设备缺陷百日竞赛活动

### 1. 大亚湾核电站百日消缺

2 号机组第十一次大修后, 于 2005 年 12 月 8 日至 2006 年 3 月 17 日开展百日消缺活动。期间共产生纠正性工作包 675 项, 分别发生在 111 个系统上, 以常规岛相关系统为主, 缺陷最多的前三个系统为 GSS, APP, AGR。

675 项缺陷中, 其中有 7 项涉及重要敏感设备缺陷, 如: D2RCP002VP 阀杆万向节外圈断裂导致阀门不能回到最小流量位置、D2RCP418ZO 故障且 D2RCP451XU2 定值下漂导致三环路 C4 信号误动、D2GRE023MP 测量管线断裂、G1 棒组 H12 棒位出现指示偏差棒位从 224 跳到 232 步等。

1 号机组第十一次大修后, 于 2006 年 5 月 13 日至 2006 年 8 月 19 日开展百日消缺活动。期间共产生纠正性工作包 684 项, 分别发生在 108 个系统上, 以常规岛相关系统为主, 缺陷最多的前三个系统为 APP, GSS, SAR。

684 项缺陷中, 其中有 5 项涉及重要敏感设备缺陷, 如 D1RPN020MA 显示波动、D1RPN040MA 故障、D1ARE033VL 主控制室 RC 显示开度与实际不一致、D1GCT121VV 阀门阀位指示不正常、D1ARE056/066VL 故障。由于 D1RPN020MA 显示波动等问题, 在机组大修并网运行 34 天后, 被迫停机进行抢修。

两次百日消缺活动均发现重要敏感设备缺陷, 说明大修中需要改进对重要敏感设备的管理。

竞赛活动结束后, 电站分别对两次竞赛活动的优胜集体进行了奖励。2 号机组“消除设备缺陷百日竞赛活动”的优胜集体为: 第一名运行一处四值, 第二名设备管理处, 第三名运行一处五值。1 号机组“消除设备缺陷百日竞赛活动”的优胜集体为: 第一名运行一处四

值,第二名运行一处一值,第三名运行一处五值。

## 2. 岭澳核电站百日消缺

2006年岭澳核电站在电站日常项目组的组织下,依次开展了2号机组和1号机组年度大修后的“消除设备缺陷百日竞赛活动”。

2号机组消除设备缺陷百日竞赛活动从2006年1月24日至2006年4月30日,发现和处理的设备重要缺陷811项,CCM关键敏感设备缺陷14项,其中包括L2VVP004MD通道401CA到KIT端子接触不良(KRG113AR柜内)、L2ARE031VL阀门扼架与阀盖连接螺栓安装问题、L2GSE004VV高压蒸汽柜的圆形外盖脱落、L2ADG002MN底部与水室连接法兰漏汽、L2GCT119VV定位器输出气压异常等重大隐患。

1号机组消除设备缺陷百日竞赛活动从2006年3月6日至2006年6月13日,发现和处理的设备重要缺陷840项,CCM关键敏感设备缺陷35项,其中包括L1VVP001VV阀门气动泵消音器漏气、L1CEX025VL上缸BOOSTER堵头漏气、L1GRE006VV阀门机构渗油、L1GCT118/120/121VV阀门定位器滑阀锁紧螺丝松动、L1RCP001VP控制回路故障、L1CEX025/026VL调节波动大等重大隐患。

2号机组“消除设备缺陷百日竞赛活动竞赛”的优胜集体如下。

运行技术系列前三名为:运行二处六值、运行二处二值、设备管理处。

维修系列前三名为:静止机械处、转动机械处、仪表计算机处。

质量奖:电气处。

特别奖:岭澳核电站快速响应小组。

1号机组“消除设备缺陷百日竞赛活动竞赛”的优胜集体如下。

运行技术系列前三名为:运行二处六值、运行二处二值、运行二处四值。

维修系列前三名为:转动机械处、静止机械处、电气处。

质量奖:电气处。

特别奖:岭澳核电站快速响应小组。

## 4.2.3 大亚湾核电站日常维修工作票执行情况

2006年大亚湾核电站收到包括预防性维修、纠正性维修、定期试验、工程改造、服务支持等类型在内的工作申请共31 122项,完成工作票31 342项。日常生产维修活动的执行情况良好,满足管理要求的各项控制指标。

### 1. 日常生产活动总体统计

详见表4.2.3-1和表4.2.3-2。

表4.2.3-1 2006年大亚湾核电站有效工作申请数量

项

类别	预防性维修	纠正性维修	定期试验	工程改造	服务支持	合计
1号机组	1 810	1 782	2 483	55	4 699	10 829
2号机组	2 078	1 776	2 820	56	4 496	11 226
0号和9号机组	2 013	1 229	639	72	5 114	9 067
申请合计	5 901	4 787	5 942	183	14 309	31 122
完成数量	6 000	4 650	5 678	178	14 836	31 342
完成率	101.7%	97.1%	95.6%	97.3%	103.7%	100.7%

表 4.2.3-2 2006 年大亚湾核电站每月实际完成工作票

张

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
票数	2 783	2 384	2 560	1 868	2 075	3 164	2 944	3 139	3 139	2 729	3 373	3 432

1996 年至 2006 年，大亚湾核电站纠正性和预防性工作票变化趋势见图 4.2.3-1。

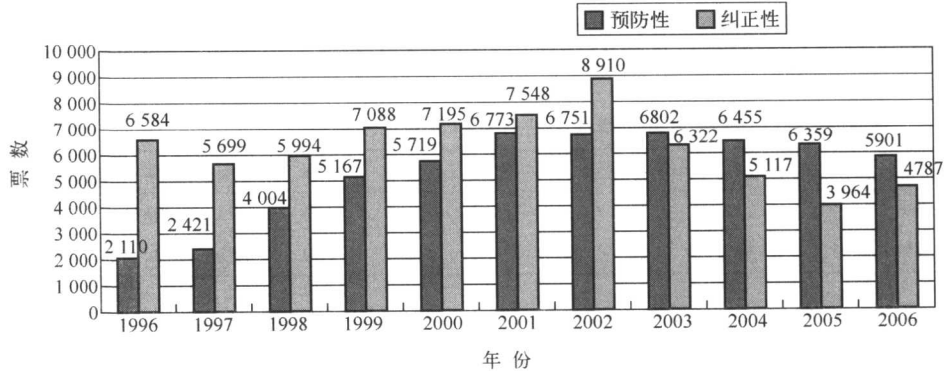


图 4.2.3-1 大亚湾核电站历年工作票量变化趋势 (1996—2006)

## 2. 各专业维修活动执行情况统计

各专业维修活动统计详见表 4.2.3-3。

表 4.2.3-3 各专业维修活动统计

张

部 门	预防性维修工作票			纠正性维修工作票		
	2006 年	2005 年	2004 年	2006 年	2005 年	2004 年
MSM	1 257	1 432	1 530	1 439	938	1 672
MRM	1 991	2 657	3 089	707	539	889
MEE	1 084	1 189	1 681	575	455	574
MIC	420	408	363	1 761	1 468	1 887
MGS	675	268	15	78	81	70
总计	5 427	5 954	6 678	4 560	3 481	5 092

## 3.0 级及 1 级工作票统计

0 级及 1 级工作票统计详见表 4.2.3-4。

表 4.2.3-4 大亚湾核电站 0 级及 1 级工作票按专业统计

张

年 份	MSM	MRM	MEE	MIC	MGS	总计
2006	75	29	49	149	18	320
2005	82	31	54	304	14	484
2004	85	50	56	283	39	513
2003	103	58	71	258	11	501

续表

年份	MSM	MRM	MEE	MIC	MGS	总计
2002	177	78	107	388	24	774
2001	267	159	161	632	42	1 261
2000	244	181	194	719	38	1 376

#### 4. 日常纠正性工作票每月执行情况统计

日常纠正性工作票每月执行情况统计详见表 4.2.3-5。

表 4.2.3-5 2006 年大亚湾核电站日常纠正性工作票每月分布与执行情况统计

张

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
收到票量	416	328	280	220	469	387	466	356	375	351	459	362
完成票量	459	314	316	234	353	424	418	379	422	321	443	394

#### 5. 等状态和等备件工作票统计

等状态和等备件工作票统计详见表 4.2.3-6。

表 4.2.3-6 2006 年大亚湾核电站等状态和等备件工作票统计

张

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
等状态	251	251	236	235	236	256	281	294	279	241	242	272
等备件	55	54	38	33	35	44	50	52	67	74	62	60

#### 6. QSR 设备维修工作票统计

QSR 设备维修工作票统计详见表 4.2.3-7。

表 4.2.3-7 大亚湾核电站 QSR 设备维修工作票统计

张

类型	年份	MSM	MRM	MEE	MIC	MGS	TND	总计
预防性 维修	2006	349	982	271	92	20	129	1 843
	2005	432	933	291	102	13	0	1 771
	2004	416	1 073	328	97	0	18	1 932
	2003	288	956	235	63	0	8	1 550
	2002	298	977	243	46	0	11	1 575
	2001	355	1 212	286	55	1	15	1 924
纠正性 维修	2006	433	173	111	577	32	16	1 342
	2005	351	127	65	531	48	0	1 122
	2004	526	226	77	610	55	10	1 504
	2003	484	297	225	975	45	8	2 034
	2002	512	304	239	1 012	57	7	2 131
	2001	573	330	251	1 231	86	10	2 481

#### 4.2.4 岭澳核电站日常维修工作票执行情况

##### 1. 2006 年岭澳核电站日常工作票总体执行情况统计

日常工作票总体执行情况统计详见表 4.2.4-1。

表 4.2.4-1 2006 年岭澳核电站日常工作票总体执行情况统计

类 型	纠正性 工作申请	预防性 工作申请	服务 工作申请	定期试验	工程改造	定期巡检	合计
收到票量/张	5 522	6 104	16 331	6 448	158	2 405	36 968
完成票量/张	5 475	6 115	15 929	6 448	138	2 406	36 551
完成率/%	99.1	100.2	97.5	100.0	87.3	100.0	98.8

##### 2. 2006 年岭澳核电站各专业日常纠正性工作票执行情况统计

各专业日常纠正性工作票执行情况统计详见表 4.2.4-2。

表 4.2.4-2 2006 年岭澳核电站各专业日常纠正性工作票执行情况统计

专 业	MSM	MRM	MEE	MIC	MGS	其他
收到票量/张	1 777	1 015	574	1 980	91	85
完成票量/张	1 736	1 016	579	1 973	92	79
完成率/%	97.7	100.1	100.9	99.6	101.1	92.9

##### 3. 2006 年岭澳核电站各专业日常预防性工作票执行情况统计

各专业日常预防性工作票执行情况统计详见表 4.2.4-3。

表 4.2.4-3 2006 年岭澳核电站各专业日常预防性工作票执行情况统计

专 业	MSM	MRM	MEE	MIC	MGS	其他
收到票量/张	1 329	1 767	1 606	354	617	431
完成票量/张	1 288	1 751	1 625	378	664	409
完成率/%	96.9	99.1	101.2	106.8	107.6	94.9

##### 4. 2006 年岭澳核电站各专业日常定期试验工作票执行情况统计

各专业日常定期试验工作票执行情况统计详见表 4.2.4-4。

表 4.2.4-4 2006 年岭澳核电站各专业日常定期试验工作票执行情况统计

专 业	OPC	TTS	MEE	MIC	LPO	其他
收到票量/张	1 164	1 526	64	517	3 007	170
完成票量/张	1 147	1 523	64	516	3 004	194
完成率/%	98.5	99.8	100.0	99.8	99.9	114.1

### 5. 2006 年岭澳核电站各专业日常工程改造工作票执行情况统计

各专业日常工程改造工作票执行情况统计详见表 4.2.4-5。

表 4.2.4-5 2006 年岭澳核电站各专业日常工程改造工作票执行情况统计

专业	MSM	MRM	MIC	MEE	TND	其他
收到票量/张	43	3	11	7	84	10
完成票量/张	33	3	4	7	83	8
完成率/%	76.7	100.0	36.4	100.0	98.8	80.0

### 6. 2006 年岭澳核电站日常 0 级和 1 级工作票每月分布与执行情况统计

日常 0 级和 1 级工作票每月分布与执行情况统计详见表 4.2.4-6。

表 4.2.4-6 2006 年岭澳核电站日常 0 级和 1 级工作票每月分布与执行情况统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
收到票量/张	32	25	43	43	54	53	60	53	42	28	55	35	523
完成票量/张	31	24	43	44	53	52	59	53	44	27	54	38	522
完成率/%	96.9	96.0	100	102.3	98.1	98.1	98.3	100	104.8	96.4	98.2	108.6	99.8

### 7. 2006 年岭澳核电站日常纠正性工作票每月分布与执行情况统计

日常纠正性工作票每月分布与执行情况统计详见表 4.2.4-7。

表 4.2.4-7 2006 年岭澳核电站日常纠正性工作票每月分布与执行情况统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
收到票量/张	318	334	760	417	592	394	704	447	294	371	472	419	5522
完成票量/张	328	324	707	476	521	445	562	542	351	318	439	462	5475
完成率/%	103.1	97.0	93.0	114.1	88.0	112.9	79.8	121.3	119.4	85.7	93.0	110.3	99.1

### 8. 2006 年岭澳核电站日常预防性工作票每月分布与执行情况统计

日常预防性工作票每月分布与执行情况统计详见表 4.2.4-8。

表 4.2.4-8 2006 年岭澳核电站日常预防性工作票每月分布与执行情况统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
收到票量/张	274	349	515	573	448	461	456	702	649	641	517	479	6104
完成票量/张	435	291	552	528	443	510	461	602	614	521	694	464	6115
完成率/%	158.8	83.4	107.2	92.1	98.9	110.6	101.1	85.8	94.6	81.3	134.2	96.9	100.2

### 9. 岭澳核电站 2001 — 2006 年日常收到各种工作票量统计比较

日常收到各种工作票量统计比较详见表 4.2.4-9。

表 4.2.4-9 岭澳核电站 2001—2006 年日常收到各种工作票量统计比较 张

年份	纠正性工作 申请	预防性工作 申请	定期试验	工程改造	服务工作 申请	0 级和 1 级票
2001	2 415	1 313	55	3	708	260
2002	8 030	3 617	3 810	333	6 636	1 381
2003	6 258	5 971	7 585	515	10 098	846
2004	4 723	5 932	7 420	253	6 742	1 006
2005	4 781	6 004	6 644	217	8 978	933
2006	5 522	6 104	6 448	158	16 331	523

## 10. 2006 年岭澳核电站日常每月纠正性与预防性工作票完成量之比

日常每月纠正性与预防性工作票完成量之比详见表 4.2.4-10。

表 4.2.4-10 2006 年岭澳核电站日常每月纠正性与预防性工作票完成量之比

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合计
纠正性 工作票/张	328	324	707	476	521	445	562	542	351	318	439	462	5 475
预防性 工作票/张	435	291	552	528	443	510	461	602	614	521	694	464	6 115
纠正性 工作票/预防 性工作票	0.75	1.11	1.28	0.90	1.76	0.87	1.22	0.90	0.57	0.61	0.63	1.00	0.90

## 11. 2006 年岭澳核电站日常等状态和等备件工作票每月分布情况统计

日常等状态和等备件工作票每月分布情况统计详见表 4.2.4-11。

表 4.2.4-11 2006 年岭澳电站日常等状态和等备件工作票情况统计 张

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
等状态	60	58	132	133	166	183	204	216	249	196	232	203
等备件	54	50	43	46	47	47	48	52	45	45	48	53

## 12. 2006 年岭澳核电站 MTD 每月工作票指标情况统计

MTD 每月工作票指标情况统计详见表 4.2.4-12。

## 4.2.5 预防性维修有效性评估

## 1. 大亚湾核电站预防性维修有效性评估

## (1) 维修大纲及规程出版情况

从 2005 年 11 月开始使用 MPM 系统管理预防性维修项目之后,于 2006 年将土建、防腐

表 4.2.4-12 2006 年岭澳核电站 MTD 每月工作票指标情况统计

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	月平均值
日常纠正性 工作票周转 量/张	59	47	99	73	61	54	83	82	61	64	78	68	69
日常 0 级和 1 级票平均 响应时间/h	12.3	11.8	11.4	11.5	14.1	11.1	9.8	8.6	7.3	9.3	9.6	10.1	10.6
日常预防性 票按计划开 工率/%	97.9	98.3	97.3	98.9	96.5	93.4	97.0	97.7	98.0	99.5	95.9	99.8	97.5
日常申请票 退票率/%	10.5	8.5	8.8	9.1	9.0	8.6	9.2	8.2	9.3	7.6	9.6	11.5	9.2

项目纳入该系统管理,规范了大纲的修改流程,提高了大纲更新的速度,使之更贴近现场维修活动。

截至 2006 年底,在 MPM 系统中生效的大亚湾核电站日常预防性维修项目见表 4.2.5-1。

表 4.2.5-1 2006 年大亚湾核电站日常预防性维修项目

执行专业	MEE	MIC	MGS	MRM	MSM	OPH	TCW	合计
总项目数/项	2 715	2 043	219	3 117	5 869	307	1 347	15 617

2006 年大亚湾核电站维修规程出版情况(包括大修规程)见表 4.2.5-2。

表 4.2.5-2 2006 年大亚湾核电站维修规程出版情况

执行专业	MEE	MGS	MIC	MRM	MSM	合计
维修规程数量/份	863	418	838	1 122	1 338	4 579

另有两电站公用的第五台柴油机相关维修程序亦已出版生效:电气处 23 份、转动机械处 34 份、静止机械处 1 份。

#### (2) 预防性维修执行情况

2006 年度执行日常预防性维修工作 6 067 项,连续几年保持平稳状态。各专业执行票量及比例分布见表 4.2.5-3。

表 4.2.5-3 各专业执行票量及比例

执行专业	MEE	MIC	MGS	MRM	MSM	OPH	TCW	TTS	合计
预防性维修票量/张	1 112	421	668	1 994	1 285	22	476	89	6 067
比例/%	18.3	6.9	11.0	32.9	21.2	0.4	7.8	1.5	100.0



2006年共收到纠正性维修工作票4574项,纠正性维修与预防性维修工作票数的比例为0.73,较2004年和2005年略有上升,详见图4.2.5-1。

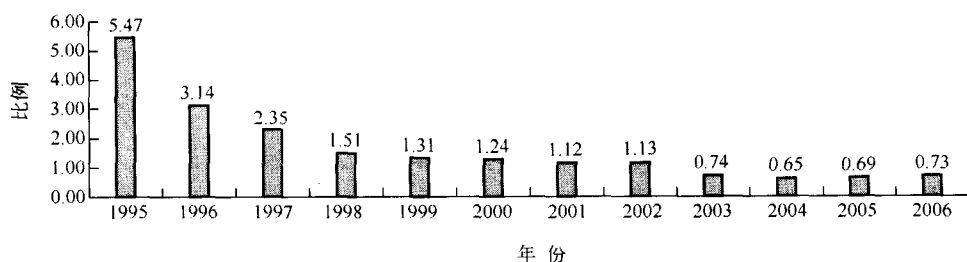


图 4.2.5-1 大亚湾核电站纠正性与预防性维修工作票之比变化趋势

## 2. 岭澳核电站预防性维修有效性评估

### (1) 维修大纲及规程出版情况

截至2006年底,在MPM系统中生效的岭澳核电站日常预防性维修项目见表4.2.5-4。

表 4.2.5-4 岭澳核电站日常预防性维修项目

执行专业	MEE	MIC	MGS	MRM	MSM	OPH	TCW	合计
总项目数/项	2 751	1 605	180	2 951	2 741	178	1 260	11 666

2006年底岭澳核电站维修规程出版情况(包括大修规程)见表4.2.5-5。

表 4.2.5-5 岭澳核电站维修规程出版情况

执行专业	MEE	MGS	MIC	MRM	MSM	合计
维修规程数量/份	771	427	841	1 119	1 188	4 346

### (2) 预防性维修执行情况

2006年共执行岭澳核电站日常预防性维修6104项,各专业执行工作票数量及比例分布见表4.2.5-6。

表 4.2.5-6 各专业执行票量及比例

执行专业	MEE	MIC	MGS	MRM	MSM	OPH	TCW	TTS	合计
预防性维修票量/张	1 619	375	664	1 736	1 299	41	295	75	6 104
比例/%	26.5	6.1	10.9	28.4	21.3	0.7	4.8	1.2	100.0

2006年共执行岭澳核电站纠正性维修6125项。纠正性维修与预防性维修之比为1,较2004年和2005年有显著上升,详见图4.2.5-2。

### (3) 日常标准包封包情况

2005年开始的岭澳核电站日常预防性标准包完善工作于2006年9月份结束,完成审查

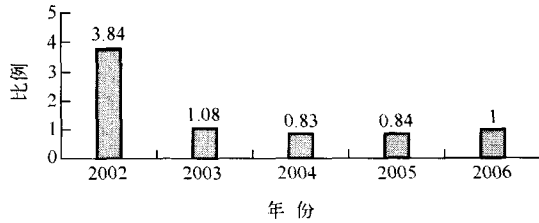


图 4.2.5-2 岭澳核电站纠正性与预防性维修工作票之比变化趋势

及封包情况见表 4.2.5-7。

表 4.2.5-7 岭澳核电站的日常预防性标准包的封包情况

执行专业	MEE	MIC	MSM	MRM	MCS	TTS	TCW	OPH	合计
封包数	2 023	609	1 332	651	114	457	120	147	5 453

日常预防性标准包完善这一基础工作的顺利完成，使岭澳日常预防性维修工作上到一个新台阶。预防性维修标准包数据库的建立可以减少工作文件包的重复准备、审查，节省人力、物力和提高准备效率。

## 4.3 机组抢修与小修

### 1. 概述

2006年5月16日，D1RPN020MA出现中子注量率高报警，同时R棒上提5步。根据调查，确认为D1RPN020MA II段出现高频干扰，MIC在信号转换板上增加临时电容后，干扰情况有所好转。5月29日取消临时电容，6月4日D1RPN020MA再次出现大幅波动，R棒上提4步。鉴于D1RPN020MA的状况已威胁到大亚湾核电站1号机组的安全运行，同时考虑到1号机组还存在一些其他的重要缺陷：D1EVC043MT显示温度高、D1GME037MV指示波动以及2号和3号低压缸临界振动问题等，电厂决定安排临时停机检修。经过充分的准备后，机组于2006年6月16日23:00按计划开始降功率，6月17日02:46解列，开始停机检修，并于6月19日19:52一次并网成功，实际工期2.8天。

### 2. 组织及准备

大亚湾核电站1号机组临时抢修项目组自2006年6月9日成立后，先后召开五次项目组会议。落实了D1RPN020MA，D1EVC043MT，D1GME037MV和D1GPV LP2/LP3临界振动等消缺项目负责人，完成了四大主要检修项目评审。

运行控制保驾组确定了保驾人员并准备了机组停机、启机的两份临时运行指令，六个运行值都进行了模拟机演练。

计划控制组整理了可能检修的项目清单并审查了相应工作包，完成了总体计划（共准备了六套检修预案及检修计划）和RX厂房人员出入控制计划的细化和讲解；拟定了隔离边界并修订完善了运行规程。

设备检修组完成了相关文件和资源准备，分析了可能的故障模式及其对策。澄清了

D1RPN020MA 备件探头标定的方案。参照工程公司提供的三维图,确定了不用停运 D1RCP002PO 主泵进入 R521 房间的线路。拟定了汽轮机动平衡的判据等重要技术参数。

安全控制组准备完善了辐射防护测量及风险控制方案,编写了检查 D1RPN020MA 连接电缆及更换 D1RPN020MA 探头的 ALARA 行动单,完成了工作包的审查。

技术支持组运用关键敏感设备的思维模式与管理方法对四大检修项目进行了总结和提炼,充分准备了主泵振动及动平衡试验预案。

### 3. 检修活动控制管理

#### (1) 剂量控制

按照所有工作现场辐射水平确认测量后再工作的方针,确保不出现意外照射,并控制现场个人工作时间,采取大剂量工作轮换制,人员进行铅衣屏蔽等措施,对单项个人剂量进行限制。

在整个临修过程中,进入 1RX 的所有工作均由辐射防护人员全程陪同监护进行,辐射防护人员共有 49 人·次进入 1RX 厂房内。停机检修总集体剂量 2.87 人·mSv,最大个人剂量 0.234 mSv,控制结果良好。

发生的异常事件:一人在随作业组进入厂房工作后进行 D1EVC002VA 风门状态确认时,未经辐射防护人员许可擅自离开所在工作组游走 RX 其他区域导致连体服和相机被污染。

#### (2) 重要消缺活动简述

##### 1) D1RPN020MA II 段波动原因分析与处理

2006 年 5 月 16 日出现 D1RPA/B709AA 报警后,检查 D1RPN020MA II 段的连续性不合格,接快速记录仪后发现 II 段的输出电流有毫秒级波动。停机前判断故障点位于核岛红区内的电缆连接盘上。在热停堆状态检查,确认连接盘上的转接头与非探头侧的电缆连接头和探头侧的电缆接头接触不良是导致本次事件的直接原因。

对非探头侧的备用电缆、转换接头进行更换处理后,连续性及芯/屏、屏/地绝缘测量正常,表明故障已消除。

##### 2) D1EVC043MT 指示温度高原因分析与处理

2006 年 5 月 15 日,主控制室发现 D1EVC043MT 指示为 73.8℃,MIC 对探头进行校验,未见异常。5 月 17 日下午,温度指示最高时达 74.75℃(技术规范要求小于 75℃),MRM 调大 D1DEG301GF 出力后,指示为 74.2℃。查阅记录,D1EVC043MT 温度一直以来处于较高水平。另外,D2EVC043MT 的温度也较其他 5 个探头高。

停机前 RCA 小组分析了多种可能原因,制定了排查方案。经热停堆状态检查后,确认 D1EVC043MT 风道风速低是导致 D1EVC043MT 温度高的直接原因;可能的原因包括:① D1EVC043MT 排风孔内侧的导风设施尺寸不合适或有障碍物,限制了排风量;② 堆坑内二环路侧可能有设备或堆放物,阻碍风道流量,冷却不足;③ 建筑结构不合适,因为堆坑底部进风口在一环路侧、而二环路距进风口最远;④ 反应堆压力容器保温层局部保温失效,特别是二环路侧。电站将在大修中进行故障根本原因查找和处理。

拆除栅格板后 043MT 风道风速有所增大,由 0.79 m/s 增大到 1.5 m/s,043MT 温度有所改善,温度维持在 65℃左右。

##### 3) D1GME037MV 异常波动原因分析与处理

2006 年 5 月 12 日,汽轮机冲转前 D1GME037MV 显示 -0.05 mm, D1GME038MV 显示 -0.08 mm,数据稳定。冲转大约 5 分钟后, D1GME037MV 出现大幅波动,最大值曾达到

1 mm。

停机前初步判断故障原因为 D1GME037MV 探头老化进油或延伸电缆接头接触不良。停机状态下检查 D1GME037MV 探头、延伸电缆等部位，确认磨损探头出线接头内焊点松脱导致接触不良是此次事件直接原因。

经过更换 D1GME037MV 磨损探头及延伸电缆后，消除了 D1GME037MV 输出波动故障，接触检查和再鉴定结果合格。此外，根据对其他相关探头进行的检查情况，更换了 D1GME038MV 磨损探头及延伸电缆，更换了 D1GME039/040MV 的延伸电缆；更换了 D1GME043MV 振动探头。

#### 4) LP2/LP3 过临界转速时振动偏高原因分析与处理

第十一次大修中汽轮发电机组在并网前的冲转过程当中，低压缸 5, 6, 7, 8 号轴瓦在过临界转速 (1 600 r/min 左右) 时垂直向振动超过报警值 (64  $\mu\text{m}$ )，其中 6 号轴瓦垂直向振动为 97  $\mu\text{m}$ 。查阅第九次至第十一次大修期间的相关数据，发现启机时 LP2/LP3 窜轴垂直临界转速振动有上升趋势。

初步判断机组动平衡状况和轴瓦刚度是造成该故障的可能原因。

本次停机过程中，监视低压缸 5, 6, 7, 8 号轴瓦过临界转速 (1 600 r/min 左右) 时的垂直向振动情况，发现 6 号瓦振动明显偏高。

LP2 低压缸 5, 6 号瓦侧轮毂动平衡方案：5 号瓦侧配重 750 g，角度 320°；6 号瓦侧配重 750 g，角度 320°。方案实施后汽轮机过临界转动振动得到改善。

#### 4. 经验反馈与反思

计划编制方面，本次计划执行过程中，方案变化频繁，计划调整量较大，专项计划的工期有大幅度的缩减。部分专业受到较大的冲击。所以工期控制方面有不少的改进空间：专业缺乏必要的技术参考信息是主要原因。这需要长期持之以恒的积累。另外，计划上网的时间 (与技术讨论会要做好接口) 比较滞后，相关人员不能及时了解最新信息。

临界与并网前的 DHP 与 CHP 还有细化的空间，提前、提早探测缺陷，其纠正消缺的成本可以减少。EDF 的经验反馈值得我们学习与借鉴。

设备管理方面，本次消缺，就其本质是“救火”，而在“灭火”之前，设备缺陷已导致了机组安全水平的降级。设备管理，特别是敏感设备管理，必须贯穿日常与大修全过程。

## 4.4 机组换料大修

### 4.4.1 大修组织管理

2006 年从跨年度的岭澳核电站 2 号机组第三次大修开始，历经岭澳核电站 1 号机组第四次大修、大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修，到岭澳核电站 2 号机组第四次大修前半段，共完成了两个跨年度大修和两个完整大修。其中大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修是十年大修，无论从工作量、项目的实施难度、安全风险控制、整体管理等方面来说都非常复杂。同时完成了岭澳核电站 2 号机组第四次大修、岭澳核电站 1 号机组第五次大修两个完整的大修准备，以及大亚湾核电站 2 号机组第十二次大修准备的大部分。

在 2005 年的基础上，2006 年大修组织管理进行了多方面的改进，为各次大修的顺利实施提供了有利支持和保障。

为了调动所有参与大修的各部门及其员工的工作积极性,围绕大修管理的若干难点和热点,继续执行《大修活动评奖办法》。该办法设立了大修期间的大修专项奖以及大修通报表扬,规范了以往大修的奖励方法,有效发挥了“奖励”这一工具对改善和加强大修管理的作用,形成以“奖励活动”为导向的大修鼓励机制。有力地推动了大修安全和质量的提高。该奖励办法同时适用于承包商的人员、作业班组和项目组,充分调动了承包商人员的工作积极性。

针对大修期间经验反馈工作较弱的特点,2005年制定了《大修经验反馈暂行管理规定》。根据一年来该暂行规定的执行情况,2006年推行了《大修经验反馈》管理规程,该规程围绕反馈的及时性和针对性,提出了大修经验反馈的具体要求,规范和统一电站大修经验反馈的管理和运作,以使参加大修的电站各执行部门和主要承包商单位组织起来,并按照规定开展大修经验反馈工作。

在2006年的各次大修中,根据需要继续推行了一些专项管理措施。这些管理措施在大修的实践中收到了明显的效果。这些措施包括“重要项目准备状况评审”、“防异物措施”、“工前会制度”、“机组启动支持措施”、“减少大修期间CBA出票量的办法”等。

作为大修活动中的主要力量之一的承包商各单位,其表现对大修的成败起至关重要的作用,2006年度根据大修和日常承包商管理实践中的经验反馈,在承包商管理改进方面进行了一些工作,如:根据大修经验反馈,升版了《大修项目标准工日管理》程序,规范统一了大修项目工时的结算方法,提高了工作效率,提高了透明度;修改了《大修外包项目变更管理导则》,规范了大修外包项目变更的运作流程,明确各部门在大修外包项目变更管理中的职责及接口关系,进一步完善大修外包项目管理;重新修订了《大修承包商合同项目考核管理》程序,对承包商在机组大修活动中合同执行情况进行考核及评价,客观评判承包商在大修中履行合同义务时的表现,尤其是考核承包商在安全和质量方面的绩效,以期望对承包商在大修安全管理与质量控制方面发挥正面的激励作用。

为规范承包商管理,完善了《承包商人员管理系统》,建立了承包商管理机构、标准工时、人员管理、行动跟踪等多个模块,将主要的大修独立承包商人员和大修人力支持人员的基本信息纳入数据库管理,同时在管理系统中对大修活动的人员安排进行审查,实现了审查工作的规范化,提高了工作效率。另外,大修人力支持需求申请和审批的操作也实现了在管理系统中进行,规范了申请和审批流程,也为今后大修人力支持成本分析建立了基础。

## 4.4.2 大亚湾核电站换料大修

### 4.4.2.1 1号机组第十一次换料大修

#### 1. 大修工作概况

大亚湾核电站1号机组第十一次换料大修于2006年3月9日03:23与电网解列开始大修。整个大修历时60.05天,于2006年5月13日05:06机组一次并网成功。

大亚湾核电站1号机组第十一次换料大修共完成了11393项工作申请,其中预防性工作申请3422项,纠正性工作申请2435项,服务支持工作申请4970项,工程改造工作申请298项,其他申请268项,CBA中产生6126项许可票申请。

大修指挥部关注技术问题共产生28项,目前已经永久关闭22项,临时关闭6项,没有未关闭项目;对TEF转大修问题共接受32项,到目前永久关闭27项,临时关闭5项,没有未关闭项目;大修中共有NCR报告182项(QSR36项),关闭NCR89项(QSR26项),取消NCR8项(QSR3项),临时关闭85项(QSR7项),没有未关闭项目。

### (1) 核岛方面完成的主要预防性项目

一回路水压试验、安全壳打压试验、压力容器 MIS 机检查、蒸汽发生器传热管 100% 涡流检查、蒸汽发生器传热管氦气查漏、GTM1 十年改进（防止堆芯裸露改进，防稀释改进，电气贯穿件 K1 级接线改进，主泵房火警改造，新停堆开关盘改进，LRT 再供电改造等）、APG001RF 更换、PMC 提速改造和十年大修、蒸汽发生器/主泵阻尼器十年检、RCP001PO 水力部件更换及电机更换、LHP/LHQ001BA 储油罐 12C 腐蚀检查、LHP/LHQ 柴油机涡轮增压器支架改造、PT EAS 013 喷淋试验、EAS001/002RF 内外部目视检查及水压试验、RIS001/002BA 两年内外外部检查、RRA001RF 内外侧目视检查、APG017VL 等 94 个手动隔膜阀十年解体检查、ASG001TC 三年机械检查及调速器六年整体更换、VVP001VV 阀门本体四年全面解体检查及 VVP001/003VV 驱动头两年全面检查、VVP108/111/113/116/117/119/120VV 四年全面检查、RCV001PO 泵与电机四年全面检查、LGC/LHB 等 16 个交流电气盘和 LBB/LCB/LBP 等 3 个直流电气盘清洁检查及试验、LAA001BT 等 15 组蓄电池放电试验、EAS002VB/RR1058VN 等 8 个核岛电动头六年解体、RCV034VP 等 30 个核岛电动头试验。

### (2) 常规岛方面完成的主要预防性项目

发电机定子线棒泄漏处理、CRF 出水口改造、CEX 冷凝器衬胶改造、CEX 膨胀节检查及水室出入口管道垫片更换、ADG 除氧器水压试验、CFI-B 列旋转滤网整体防腐、CFI 旋转滤网齿条冲洗喷嘴移位、CFI 反冲洗管线更换、LP1/LP3 末级叶片检查、GHE 相关管道化学清洗、GRH201/301RF 清洁及水压试验、APP101TC 三年全面检查、GRE005VV 和 GRE004/008/009ZM 解体检查、GSE002/003/004/005/006/007/008/010VV 和 GSE004/006/008/009/010ZM 解体检查。

## 2. 大修指标实现情况

本次大修的安全、质量和工期等主要指标的控制状况较好，主要指标都控制在目标之内。大亚湾核电站 1 号机组第十一次换料大修管理指标和实现情况如表 4.4.2.1-1。

## 3. 大修安全管理

### (1) 核安全方面

在本次大修过程中发生 1 起人因 LOE，3 起人因 IOE，1 起不明原因 IOE，6 起设备原因引起的 IOE，其中包括两起设备重发 IOE。人因事件主要反映出了相关工作人员在工作中没有坚持质疑的工作态度及风险分析不充分。

本次大修发生的设备重发事件有：

1) D1LGB001TB 由主变压器倒辅助变压器供电不成功。该事件与 2 号机组第三次大修中发生的 L-IOE-2-20050027 类似，所以定为重发事件。事件根本原因已查清，即是开关合闸闭锁舌簧润滑用油黏度高导致在倒电时闭锁舌簧没有回到正常位置而使得倒电失败。纠正行动是替换其润滑油，并修改相应的维修程序。

2) D1STR001TX 发现原修复的焊缝裂纹再次出现裂纹。2004 年 1 号机组第十次大修中发生的事件“D1STR001TR 封头与筒体的环焊缝上多处发现裂纹”与本事件非常类似。初步分析结论是：应力腐蚀造成了这些裂纹。

### (2) 辐射防护方面

本次大修辐射防护的总体进展比较顺利，辐射防护重点关注的项目均得到了有效的控制，没有出现辐射防护相关比较严重或影响较大的事件，辐射防护方面取得了满意的结果。

表 4.4.2.1-1 大亚湾核电站 1 号机组第十一次换料大修主要指标完成情况

类别	目标描述	目标值	实际值
核安全	RP 模式非计划停堆/次	0	0
	LOE 人因运行事件/起	≤1	1
	IOE 人因内部运行事件/起	≤15	3
	IOE 重发内部运行事件/起	≤3	0
	安全系统不可用/ (小时·列)	≤8	0
质量	人因非计划停机/次	0	0
	人因重大设备损坏/起	0	0
	工作返工/次	≤20	7
	NI 再鉴定一次合格率/%	≥98	98.60
	CI&BOP 再鉴定一次合格率/%	≥95	99.07
工期	计划工期/天	≤78	65.06
	关键路径活动按时完成率/%	≥80	90
	机组状态倒退/次	0	0
辐射防护	集体剂量/ (人·mSv)	≤1 200	1 052.6
	单次大修个人累积剂量超过 5 mSv/人	≤15	0
	体表污染事件/ (人·次)	≤9	0
	体内污染事件/ (人·次)	0	0
	人因地面污染事件/起	≤6	0
工业安全	人员重伤以上的工业安全事件/起	0	0
	人员轻伤/起	0	0
	工业安全未遂事件/起	≤4	0
	火灾事故/起	0	0
	一级火险事件/起	0	0
三废管理	非氚放射性液体排放量占国家年排放限值的百分比	≤0.10	0.065
	放射性气体排放量占国家年排放限值的百分比	≤0.15	0.04
	放射性固体废物产量/m <sup>3</sup>	≤60	56.8

1) 辐射防护各项指标均得到了良好的控制, 单次大修个人累积剂量 $\geq 5$  mSv、颈部以上体表污染事件、内污染事件、人因地面污染事件均为 0, 尤其是集体剂量和个人剂量明显低于原定指标。由于大修前充分考虑了本次大修在剂量控制方面的难度, 从大修一开始就积极推动各部门从机组源项、进入核岛人数/工时、学习人员进入控制区的管理、现场屏蔽的完善和优化等方面进行控制, 辐射防护人员加强巡视、监督和现场支持, 大修结束后取得了良好的效果。

2) 本次大修过程中 RCP001PO 更换水力部件、PMC 整体改造、雨天放射性物品运输以及核岛的十年检修项目等高辐射风险工作结束后未发生异常事件, 说明本次大修对于高辐射风险工作从大修前辐射防护方案的分析、准备以及大修过程中的跟踪、落实等方面都是到位的。

3) 大修过程中发生一起承包商探伤人员用未采取防护措施的老虎车直接运输放射源的异常事件, 虽然该事件未造成后果, 但体现了工作人员在放射源的运输、使用、存放等环节上敏感性不足, OPH 在以后工作中将加强对承包商探伤人员的管理和培训。

4) 本次大修共发出 9 份《现场纠正行动单》, 1 份《整改通知单》。与以往大修相比数量较少, 这说明经过前面几次大修以后现场工作人员的安全意识以及行为规范有了较大的提高。

### (3) 工业安全方面

本次大修检修项目多, 重大项目多, 首次实施的项目多, 高风险施工项目多, 项目接口复杂、大修进度变化幅度大, 而且对工业安全的指标要求非常的高, 这些因素都大幅度增加了安全控制的难度。

虽然主要异常事件数量不多, 但仍暴露出在安全管理方面存在着很多方面的漏洞和不足, 如风险分析不到位 (CFI 系统 A 列轨道清理工作漏隔离的问题等)、安全措施没有得到有效的落实, 尤其是中后期的检查和落实没有或不足 (如 K118 与 K114 穿越房间门的电缆切损等) 以及典型的违章行为仍然存在 (如翻越护栏等)。

现场的安全状况得到了较好的控制, 整个大修没有发生影响工业安全承诺指标的事件, 总体状况满意。

## 4. 大修质量管理

### (1) 工作返工

本次大修“工作返工”实发 7 起, 在目标值以内, 返工数量得到了有效控制。

### (2) 再鉴定一次合格率

本次大修进行联合再鉴定的活动共 609 项, 有 7 项不合格。其中核岛进行了 286 项, 有 4 项不合格, 核岛合格率为 98.60%; CI/BOP 进行了 323 项, 有 3 项不合格, CI/BOP 合格率为 99.07%。

## 5. 大修工期管理

本次大修原计划工期为 78 天, 目标工期 75 天, 实际工期 65.06 天。由于 PMC 改造工作进展顺利, 较原计划提前 5.5 天。由于大修前准备阶段充分考虑了各项目的工期风险, 采取了必要的规避措施, 大修工期的总体控制比较成功。

## 6. 大修三废管理

大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修三废指标顺利达到了预期的控制目标, 三废系统运行良好, 满足了大修和正常运行机组的需要, 没有产生大规模的跑水以及废水交叉污染事件。TEG 系统在大修一回路容器吹扫过程中共接收 295 m<sup>3</sup> 含氢放射性废气, 大修启机阶段, TEG 接收 44 m<sup>3</sup> 含氢放射性废气, 控制正常。放射性固体废物产生折合打包后 56.8 m<sup>3</sup>, 其中工艺废物 23.8 m<sup>3</sup>, 技术废物 33 m<sup>3</sup>。放射性废物产量较往次大修有较大增加, 主要是本次十年大修项目工作量大, 辐射防护用品增加。三废系统有如下重大异常事件:

1) RIS004/021BA 浓硼循环回路进行去油污清洗。由于该回路及相关的浓硼箱壁上附着大量油污, 在机组运行时堵塞滤网使循环泵流量下降, 同时油污使回路内硫酸根离子浓度增加。这次大修采用 SED 水外加清洗剂, 共产生 30 m<sup>3</sup> 伴有油污的废液, 如按正常排水路线废水进入 TEU001/002BA 后, 将严重毒化 9TEU001/002DE 除盐床, 如蒸发将可能使 9TEU001EV 蒸发器起泡导致蒸馏液不合格。针对本次全部使用 SED 清水, 去污的废水放射性活度不会太高, 因此通过 TSD 将废水排入地板水, 放射性全部合格排 TER, 很好地保护了 TEU 系统。



2) 针对两电站历史上 9TEP006DE 冲洗过程中释放<sup>110m</sup>Ag 引起 TEP 污染, 三废小组澄清了 9TEP006DE 在投入运行前不需要“硼饱和”的冲洗操作, 只有是刚换树脂新床, 投入运行前的“硼饱和”才是需要的。冲洗的目的是 9TEP006DE 重新投入使用后, 除盐床在重新建立动态平衡过程中, 避免可能会析出放射性核素含<sup>110m</sup>Ag 或其他杂质进入 RCP 主回路。本次大修 9TEP006DE 冲洗时间由以前的近 2 小时减小到 10 分钟, 废水量由 60 m<sup>3</sup>减小到 5 m<sup>3</sup>左右, 同时在冲洗前后排空 9TEP 头箱, 使冲洗产生的含<sup>110m</sup>Ag 高放射性水全部转移到 TEU 中, 从而不在 TEP 中残留而影响大修进程。

3) RCV001/002DE 换树脂床, 按三废小组制定的防止<sup>110m</sup>Ag 污染的措施, 采用先排空 D9TES003BA 以防止其溢流造成的污染扩散, 同时禁止开启除盐床的排气阀, 防止含<sup>110m</sup>Ag 的高放射性废水污染 9TEU001/002BA 工艺水。整个控制过程十分理想, 没有出现意外事件。

4) D1RCV002DE 除盐床树脂老化, 含有磺酸基团的阳离子交换树脂在机械压力以及其他能量作用下产生聚苯乙烯磺酸或聚苯乙烯磺酸盐, 在进入一回路后转化为硫酸根, 导致一回路硫酸根异常增长, 虽及时更换了 D1RCV002DE, 但还是有部分废水进入 D9TEP004BA 导致其硫酸根超标, 达到 410 μg/L, 超过一回路 150 μg/L 的限制, 共有 190 m<sup>3</sup>左右。如要处理, 必将导致 TEU 系统负荷大大增加, 同时造成 190 m<sup>3</sup>的含硼水浪费。经三废小组讨论, 决定在换料后注入 1PTR001BA 净化回路进行净化, 实施后效果良好。

虽然本次大修是一次十年大修, 大修项目工作量大, 但<sup>110m</sup>Ag 污染问题得到了有效的改进, 三废各项指标都在控制之中, 没有耽误大修关键路径, 满足了机组大修需要。

### 4.4.3 岭澳核电站换料大修

#### 4.4.3.1 1 号机组第四次换料大修

##### 1. 大修工作概况

岭澳核电站 1 号机组第四次换料大修于 2006 年 1 月 27 日 03:25 与电网解列开始, 历经 33.14 天, 于 2006 年 3 月 1 日 06:48 一次并网成功。大修期间, 按计划完成了预定的各项大修活动, 其中包括预防性维修、定期试验、在役检查、改造项目、纠正性维修等活动。另外, 在本次大修期间, 发现和处理了一些设备缺陷, 如 CRDM-K14 泄漏处理、GPV009JD 膨胀节更换、SAR 系统残留白粉清理、LHP/LHQ 柴油机软管安装尺寸偏差处理、ASG003PO 芯包更换及入口管线振动高原原因调查等项目。

大修指挥部关注的 43 项技术问题中 (包括 TEF 关注问题 35 项), 永久关闭 23 项、临时关闭 17 项、另 3 项须继续跟踪; 大修中须执行的 NCR 共 101 项 (其中大修新产生 40 项), 经过处理后关闭 51 项、有条件释放 50 项。大修期间共完成了 6 905 项 COMIS 工作申请, 其中预防性申请 2 555 项、纠正性申请 1 461 项、服务支持性申请 2 497 项、工程改造申请 62 项、其他工作申请 330 项; CBA 产生 3 634 项许可票申请。

##### (1) 核岛部分的主要项目

RCP001PO 主泵年检/电机六年检、RCP002PO 主泵两年检查、RCP003PO 主泵六年检/电机年检; RCV002PO 解体检查; ASG002PO 四年机械检查; LHP/LHQ 应急柴油机年度机械、电气检查; RCV046VP 等 55 个阀门和气动头解体; RCP366VP 等 10 个阀门电动头十年解体检查; RRA018/120VP 安全阀及控制柜五年解体检查; VVP001VV 阀体及驱动头全面检查; VVP002/003VV 年度检查; LGD/LGE 等配电盘检查试验; LGA201/LGA301 等 20 个 6.6 kV 断路器解体检查; RCP001GV 蒸汽发生器 U 形管涡流检查; RCP001GV 二次侧上部目

视检查；DMR 环吊控制回路改造，RCP 001/002/003PO 主泵惰走试验。

## (2) 常规岛部分的主要项目

GPV102KO 七年解体检查；GEX 发电机、励磁机年度机械/电气检查；GEV 主变压器三相内部检查；APP201/202PO/201TC 四年机械检查；CEX001PO 三年机械全面检查；CRF001PO 五年机械全面检查；SEN101 ~ 401PO 两年机械全面检查；SRI101PO 三年机械全面检查；9LGR201TA 年度检修和试验以及相应的开关站年检。

## 2. 大修指标实现情况

与近几年大修相比，本次大修在核安全、职业安全、质量和工期管理的控制方面有明显改善，从大修管理指标上可以反映出这种情况，所有大修管理指标全部控制在标准以内，达标率为 100%，重要和关键设备活动未出现因质量问题造成的返工。大修主要管理指标和实现情况详见表 4.4.3.1-1。

表 4.4.3.1-1 岭澳核电站 1 号机组第四次换料大修主要指标完成情况

类别	目标描述	目标值	实际值
核安全	RP 模式非计划停堆/次	0	0
	人因运行事件/起	≤1	0
	人因内部事件/起	≤8	2
	重发内部事件/起	≤3	0
	安全系统不可用/ (小时·列)	≤16	0
质量	人因非计划停机/起	0	0
	人因重大设备损坏/起	0	0
	工作返工/次	≤18	4
	NI 再鉴定一次合格率/%	≥98	99.2
	CI&BOP 再鉴定一次合格率/%	≥95	99.5
工期	计划工期/天	≤36	33.14
	机组状态倒退/次	0	0
辐射防护	集体剂量/ (人·mSv)	≤400	385.3
	单次大修个人剂量超过 5 mSv/人	≤8	0
	体表污染/ (人·次)	≤6	0
	体内污染/ (人·次)	0	0
	人因地面污染事件/起	≤5	0
工业安全	人员重伤以上的工业安全事件/起	0	0
	人员轻伤/起	≤1	0
	工业安全未遂事件/起	≤3	0
	火灾事故/起	0	0
	一级火险事件/起	0	0
三废管理	非氟放射性液体排放量占国家年排放限值的百分比	≤0.1	0.013
	放射性气体排放量占国家年排放限值的百分比	≤0.4	0.011
	放射性固体废物产量/m <sup>3</sup>	≤50	28.4

### 3. 大修安全管理

#### (1) 核安全方面

本次大修未发生执照运行事件,共界定6起内部运行事件(其中人因事件共2起、无重发事件),ASG/RIS/应急柴油机系统不可用的时间(WANO指标)控制在目标值以内。岭澳核电站1号机组第四次大修是新技术规范实施后的第一次大修,大修核安全相关指标全部控制在目标值以内,说明核安全相关活动的控制和管理方法、电站在防人因失效方面所做的工作是有成效的。

#### (2) 辐射防护方面

本次大修所有5项辐射防护控制指标均在目标值内,其中集体剂量385.3人·mSv低于目标值400人·mSv,其他辐射防护指标无异常。本次大修辐射防护的总体进展较为顺利,辐射防护重点关注的项目均得到了有效控制,没有出现辐射防护相关影响较大的事件。

本次大修氧化过程中主回路出现了较高含量的 $^{110m}\text{Ag}$ ,在随后的辐射测量过程中发现,RCV系统受银污染严重,主要集中在系统的下泄回路,使得系统及相应区域的辐射水平大幅升高,装卸料期间反应堆水池表面的剂量率明显高于其他大修。

大修期间共发出1份辐射防护整改通知:2006年2月7日,SNE一员工从辐射控制区送往LAL控制区做放射性检测的油样品(已填写放射性物质控制区间转运表格),未按规定将样品直接送往目的地(LAL控制区),而将该油样放置在控制区外的A13号大修集装箱。2006年2月22日,在对大修集装箱的辐射水平进行普查测量时,发现该样品一直放置在集装箱里而未拿去化验。

#### (3) 工业安全方面

本次大修5项工业安全指标(人员重伤以上的工业安全事件、人员轻伤、火灾事故、一级火险事件、工业安全未遂事件)在两电站的大修历史上首次全部为零。

大修期间共发出1份工业安全整改通知:2月10日下午,主变压器消防管网回装起重作业现场,因MGS起重指挥与运输中心吊车司机意见不一致,现场出现停工状态,致使吊车上被吊物件悬停空中达20多分钟。违反《DNMC起重作业安全管理规定》的“起吊重物不准长时间悬在空中”的条款,对当事双方进行整改。

在总结和反馈前几轮大修工业安全管理控制状况的基础上,本次大修中采用以现场支持、纠正为主,以处罚为辅的正面激励管理办法,对大修作业现场的规范化起到了明显的推进作用,大修主要承包商检修人员的安全行为规范方面有了很大的提高。但是电站在RX厂房20m平台的安全管理、各执行处兼职安全员的工作分派方面仍需改进和提高。

### 4. 大修质量管理

本次大修的再鉴定文件是在大修开始前一起准备的,基本沿袭了以往大修的标准与模板。目前,泵站和常规岛的大部分转动设备都编写了专门的再鉴定程序,使再鉴定工作逐步规范细致。部分设备使用再鉴定专项操作单。该专项操作单必须在特定时段与特定状态下使用,因此由再鉴定小组严格控制使用。

再鉴定工作中取消阀门的鉴定,大大减小了再鉴定小组的工作量。本次大修运行值不再抽出专门的人员支援再鉴定,但在低水位结束前以及倒列期间培训班临时抽出部分人员支援再鉴定工作是一个很好的尝试。

本次大修“工作返工”发生4起,控制在18起的目标值以内,具体情况如下:

1) 2006年1月27日,执行TSD连接气源软管对GRV001BA吹扫,吹扫后发生接头松

脱造成漏气,需重新连接;

2) 2006年2月11日,电气人员配合运行人员在1号机组执行高压安全注入全流量试验(T9RIS010),测量高压安全注入泵启动电流。由于测试设备事先未能细致检查,没能发现数据线存在问题,从而没有测量到泵的启动电流,导致该试验重新执行;

3) 2006年2月22日,在APU501/502PO全面检查后进行再鉴定,发现轴封泄漏较大。2月24日重新发票更换机械密封后再鉴定合格;

4) 2006年2月23日,发电机充氢到0.3 MPa后,发现L1GRV005IC的玻璃管与橡胶密封环之间密封不好,导致氢气泄漏,MIC进行处理后漏氢消失。2月24日,充氢到0.45 MPa后再次发现L1GRV005IC有微漏,重新更换垫片后真正消除泄漏。

### 5. 大修工期管理

本次大修是一次标准的年度大修,大修主线计划初始计划工期32.75天,实际大修工期为33.14天。

常规岛工期与常规岛原始计划相比较落后3天。影响工期有以下主要因素。

1) 发电机顶轴油压力试验0.5 MPa平台波动处理。

2) APA滤网更换后的水冲洗发现钠含量严重超标,经检查后发现APA泵轴套泄漏,APA泵解体检修。

3) 常规岛原计划安排4个晚上进行探伤,实际安排8个晚上进行。

4) 1月29日晚上,GRE/GSE阀门突然关闭,做试验用了1个晚上。

5) 因做RSO试验及发电机导电杆气密试验,使主机轴系参数测量、对轮解体推迟近1天。

### 6. 大修三废管理

本次大修三废管理指标全部控制在目标范围内,达到了预期的效果。整个大修期间,TEP系统接收可回收废水共约678 m<sup>3</sup>,9TEU共计向TER排放废液328 m<sup>3</sup>;大修氮气吹扫共产生放射性含氢废气约305 m<sup>3</sup>;本次大修固体废物最终产量约28.4 m<sup>3</sup>。

需要反馈及持续改进的工作:

1) TEP头箱氮气吹扫可充分利用提高液位、间歇方式;除气器强制氮吹扫1分钟后手动开启TEP428/430VY进行卸压,取样氢含量小于0.5%,效果良好,建议分多次缩短除气器强制氮吹扫时间(每次吹扫1分钟),除气器卸压后再取样分析,这样即可减少废气体量,又节省时间;

2) TEP06DE不进行硼饱和操作,只执行冲洗10分钟(约含银废水5 m<sup>3</sup>),减少<sup>110m</sup>Ag污染;

3) 充分利用原有低硼浓度的工艺水对RIS004BA浓硼水进行稀释,以降低浓硼水对TEU除盐床效率影响;

4) 由于计划外RRI(RRA热交换器)、RRI020VN故障维修的大量排水,应尽量排往地板水,避免蒸发处理,减低磷酸盐对钠硼比调节及蒸残液水泥固化造成影响;

5) 继续加强监视RPE003BA液位及保持RPE014PO的可用性;

6) 继续保持《特殊隔离排水操作指令单》的有效性,完善了《特殊隔离排水操作指令单》的执行流程,由三废工程师与大修核岛隔离经理编写完毕后,经专业处准备工程师审核、运行大修经理批准,工作负责人清楚签字后执行,第一次实现了工作完毕后,回收及反馈《特殊隔离排水操作指令单》。

#### 4.4.3.2 2号机组第三次换料大修

##### 1. 大修工作概况

岭澳核电站2号机组第三次换料大修于2005年12月17日03:46与电网解列,历经35天19小时,于2006年1月21日22:45一次并网成功。大修期间,按计划完成了预定的各项大修活动,其中包括预防性维修、定期试验、在役检查、改造项目、纠正性维修等活动。另外,在本次大修期间,发现和处理了一些设备缺陷,如RCP003PO主泵1号轴封泄漏流量高处理、主变压器A/C相更换和B相开罩检查、APA102JD横向变形处理、汽轮机5号瓦金属温度高处理、LHP/LHQ柴油机软管安装尺寸偏差处理等。

##### (1) 核岛部分的主要项目

RCP002/215VP等74个阀门及气动头全面解体检查;RCP019/022VP SEBIM安全阀及控制柜五年全面检查;EAS002PO泵坑防腐处理及泵轴头碟簧检查;RCV003PO全面检查;RCP001PO泵组3年检查、RCP002/003PO泵组年度检查;VVP003VV隔离阀及驱动头全面检查;LHP/LHQ柴油机软管安装尺寸偏差处理;LGB/LHA/LKD等16个A列电气盘检查及试验;18个6.6kV断路器解体润滑及触头磨损检查;RCV054/223VP等8个阀门电动头解体检查;RCP003GV二次侧上部构件检查、U形管涡流检查。

##### (2) 常规岛部分的主要项目

GEV主变压器A/C相更换、B相开罩检查;GEX001GE发电机抽转子大修;GEX发电机、励磁机年度机械检查;汽轮机5号瓦金属温度高处理、GPV001/102/202/302KO高低压缸年度检查;冷凝器氨查漏;GRE010VV,GSE007/010VV四年全面检查;APP201/202PO B列给水泵组四年全面检查;CEX003PO,SRI301PO全面检查;CRF501/503/505FI碎石过滤器全面解体检查;9LGR101TA年度检修和试验以及相应的开关站年检。

##### 2. 大修指标实现情况

与近几次大修相比,本次大修在核安全、职业安全、质量和工期管理的控制方面有明显改善,从大修管理指标上可以反映出这种情况,所有大修管理指标全部控制在标准以内,达标率为100%,重要和关键设备活动未出现因质量问题造成的返工。大修主要管理指标和实现情况见表4.4.3.2-1。

表 4.4.3.2-1 岭澳核电站2号机组第三次换料大修主要指标完成情况

类别	目标描述	目标值	实际值
核安全	RP模式非计划停堆/次	0	0
	LOE人因运行事件/起	≤2	0
	IOE人因内部运行事件/起	≤9	3
	IOE重发内部运行事件/起	≤3	3
	安全系统不可用/(小时·列)	≤16	0
质量	人因非计划停机/次	0	0
	人因重大设备损坏/起	0	0
	工作返工/次	≤18	8
	NI再鉴定一次合格率/%	≥98	100
	CI&BOP再鉴定一次合格率/%	≥95	100

续表

类别	目标描述	目标值	实际值
工期	计划工期/天	≤36	35.8
	机组状态倒退/次	0	0
辐射防护	集体剂量/(人·mSv)	≤520	500.6
	单次大修个人累积剂量超过5 mSv/人	≤5	0
	体表污染事件/(人·次)	≤6	5
	体内污染事件/(人·次)	0	0
	人因地面污染事件/起	≤5	0
工业安全	人员重伤以上的工业安全事件/起	0	0
	人员轻伤/起	≤1	0
	工业安全未遂事件/起	≤3	1
	火灾事故/起	0	0
	一级火险事件/起	0	0
三废管理	非氚放射性液体排放量占国家年排放限值百分比	≤0.10	0.009
	放射性气体排放量占国家年排放限值百分比	≤0.4	0.016
	放射性固体废物产量/m <sup>3</sup>	≤50	33.83

### 3. 大修安全管理

#### (1) 核安全方面

本次大修未发生执照运行事件,共界定12起内部运行事件(其中人因事件共3起、重大事件3起),ASG/RIS/应急柴油机系统不可用的时间(WANO指标)控制在目标值以内。本次大修是岭澳核电站新技术规范实施后的第一次大修,大修核安全相关指标全部控制在目标值以内,特别是人因运行事件方面有了明显改善,说明核安全相关活动的控制和管理方法、电站在防人因失效方面所做的工作是有成效的。

但是,3起重发事件均为设备原因(其中GEX001GE发电机外导电杆泄漏为根据大修反馈而进行的检查所发现),说明设备故障的根本原因还未找到。

#### (2) 辐射防护方面

本次大修所有5项辐射防护控制指标均在目标值内,没有发生个人累计剂量超过5 mSv、体内污染、人因地面污染事件。

本次大修的核岛项目为常规检修,无特别重大的预防性项目。但本次大修的辐射水平较高,氧化峰值总 $\gamma$ 辐射达到245.8 GBq/m<sup>3</sup>,接近历史最高值。与第二次大修相比,此次大修的RCP指数较高,而RCV指数较低,厂房环境辐射水平比第二次大修低14%左右,但高于其他3台机组的大修水平。

本次大修发生5起体表污染事件,接近6起的控制目标,具体情况如下:

1) 12月29日上午,RIS006VP检修现场一名工作人员在出污染区脱气面罩时,不慎蹭到头部,造成污染;另一名员工用纸帽擦汗、挖鼻孔,造成面部、鼻孔污染。

2) 1月4日,在处理换料机气缸供气管时,法马通公司一员工因用力过猛,将自己的脸部撞伤,伤口位于右眼下方,该处伤口的表面污染约38 Bq/cm<sup>2</sup>;PMC故障处理的法马通

公司另一员工将头伸入套筒内,造成面部和头发污染,污染水平  $12 \sim 25 \text{ Bq/cm}^2$ 。

3) 1月11日, RX 厂房 20 m 平台环吊指挥人员的头部右侧(太阳穴附近)有一污染点,污染水平  $628 \text{ Bq/cm}^2$ 。

### (3) 工业安全方面

本次大修 5 项工业安全考核指标中有 4 项为零(人员重伤以上的工业安全事件、人员轻伤、火灾事故、一级火险事件),发生 1 起工业安全未遂事件。大修工业安全、消防的各项指标均控制在预定的目标值以内。

工业安全未遂事件为:1月4日,从事 PMC 检修的法马通公司人员在使用螺丝刀撬取换料机气缸供气管上的卡箍时,因用力过猛,致使螺丝刀从金属卡箍上滑脱,滑脱的螺丝刀将其本人右眼眼下方横向划伤长约 1.0 cm。因划伤位置敏感,该事件定为一起工业安全未遂事件。

在总结和反馈前几轮大修工业安全管理控制状况的基础上,本次大修中采用正面激励的作法,大修作业现场的规范化有了明显改善,大修主要协作单位检修人员的安全行为规范方面有了很大的提高。但是电站在工器具管理以及外方人员的行为规范方面仍须改进和提高。

### 4. 大修质量管理

本次大修再鉴定活动共 710 项,其中核岛部分共 276 项、常规岛/BOP 部分共 434 项,所有再鉴定活动一次成功,再鉴定一次合格率 100%。本次大修的再鉴定结果控制在目标之内,达到了令人满意的结果,虽然本次大修发生了较多的检修质量问题,但本着设备问题不处理决不放过的原则,在大修整个过程中对已发现的缺陷进行了慎重、合理的处理,保证处理后的设备质量符合要求。

本次大修“工作返工”实发 8 起,控制在 18 起的目标值以内,返工活动情况如下:

1) EVR002ZV 风机叶轮与导流叶轮间隙过小,导致风机叶轮与导流叶轮产生局部轻微摩擦;

2) REA062VB 阀门隔膜安装方向错误;

3) APA101/102JD 焊缝密集气孔长度超标;

4) GEX001GE 发电机排油管 5 个垫片法兰泄漏;

5) GRV005VG 阀门限位装置安装错误;

6) GHE109VH 不能够正常调节油箱油位;

7) RPN020MA 第三段电缆接头松动;

8) 温度变化速率不满足试验要求重新进行等温温度系数测量。

### 5. 大修工期管理

本次大修是一次标准的年度大修,大修主线计划初始计划工期 32.58 天,实际大修工期为 35.8 天,比原计划推迟 75.5 小时。本次大修共设置了 14 个重要里程碑,13 个里程碑窗口。大修期间提前完成的里程碑窗口有 6 个,推迟完成的里程碑窗口 7 个。

本次大修常规岛同样采取里程碑加关键路径的方式控制进度,即根据主机检修工艺及进展预设里程碑,承包商可以根据实际情况适当调整计划,合理安排检修工作,充分发挥承包商的积极主动性,但必须保证里程碑的实现;同时对关键路径工作进行控制,防止承包商在执行计划时出现较大偏差。

本次大修关键路径检修工作和运行操作累计延迟 179.8 小时。大修关键路径重大延迟的项目,主要是因为设备缺陷所引起,如 PMC 故障处理、RGL F06 棒位探测线圈故障处理等;

零功率物理试验占用关键路径 54.3 小时, 延误关键路径 24.7 小时, 创历次大修零功率物理试验工期之最。

## 6. 大修三废管理

大修期间, TER 共排放  $1\ 615\ \text{m}^3$ , 核素排放  $0.063\ \text{GBq}$ , 占国家年限值的  $0.009\%$ , 较 2005 年同期增加  $0.016\ \text{GBq}$ ; 废气产生  $278\ \text{Nm}^3$ , 惰性气体核素排放  $0.183\ \text{TBq}$ , 占国家年限值  $0.016\%$ , 较 2005 年同期大有下降 (气态流出物采用新的计算方法), 固体废物产生  $33.83\ \text{m}^3$ , 较 2005 年同期减少  $1.6\ \text{m}^3$ 。本次大修的三项三废指标均控制在目标值以内, 达到了预期的效果, 尤其是废液的管理和控制工作, 大修防跑水取得了很好的效果, 大修三废管理良好。

## 4.4.4 大亚湾核电站换料大修准备

### 1.2 号机组第十二次大修前期准备

大亚湾核电站换料大修准备工作, 分大修前期准备和项目准备两个阶段进行。前期准备和项目准备以首次大修准备会为阶段划分点。在大修前期准备阶段, 应完成大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修前期准备工作, 如出版生效预防性维修大纲、备件准备、确定大修项目清单。在大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修的大修前 8 个月向换料大修项目组移交大修前期准备工作成果, 保证了大修项目组进行大修准备的连续性。

2006 年 8 月 22 日启动大修准备组织机构, 并召开首次准备会。根据大修工期安排, 制定了大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修准备计划, 会议明确了准备阶段的任务和要求, 主要包括: 发出预防性工作申请、提交补充备件采购申请、标准工作包准备完善、确定大修项目清单等。

### 2. 工期要求

根据大亚湾核电站 2006—2010 年发电规划, 大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修计划在 2007 年 4 月 27 日与电网解列, 5 月 26 日完成大修并网, 计划工期 29.5 天。大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修为年度大修, 按照要求年度大修的准备工作在大修实施开始前 8 个月进行。

### 3. 组织准备

大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修准备工作于 2006 年 8 月 22 日开始启动, 确定了大修组织机构形式, 成立了大修指挥部, 根据大修的特点确定了重要项目及其负责人, 以双周会形式开展大修准备工作, 大修组织机构和大修指挥部人员按计划陆续到岗。

### 4. 大修项目的确定

自 2006 年 8 月开始, 根据十年大修大纲制订出的大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修年度预防性维修大纲初稿, 通过与各专业深入细致地讨论, 结合设备实际情况和经验反馈, 2006 年 8 月 22 日出版了十年大纲和大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修年度预防性维修大纲, 确定了主要的预防性维修项目。

### 5. 大修准备的进度

#### (1) 大修准备里程碑执行情况

执行情况详见表 4.4.4-1。

#### (2) 大修工作包准备

2006 年 10 月完成预防性维修工作申请, 开始了大修工作包的准备, 至 2006 年 12 月底



表 4.4.4-1 大亚湾核电站 2 号机组第十二次大修准备里程碑执行情况

里程碑	里程碑描述	计划完成时间	实际完成时间	备注
P0	大修准备开始	2006-08-22	2006-08-22	完成
P1	完成预防性维修工作申请	2006-10-17	2006-10-17	完成
P2	确定大修重大项目	2006-10-31	2006-10-31	完成
P3	大修组织机构最终确定	2006-11-07	2006-11-07	完成
P4	完成所有外包立项项和技术规范	2006-11-21	2006-11-21	完成
P5	冻结大修主要项目	2006-12-12	2006-12-12	完成
P6	完成预防性工作包准备	2006-12-26	2006-12-26	完成
P7	完成预防性工作包审查	2007-01-16	2007-01-12	完成
P8	出版关键路径水位图 & 主隔离图	2007-01-30	2007-01-30	完成
P9	确定重点关注备件清单	2007-01-29	2007-01-23	完成
P10	完成预防性许可申请递交	2007-03-06		
P11	大修主线计划定稿	2007-03-20		
P12	完成 CBA 中预防性工作申请	2007-03-27		
P13	日常项目组与大修项目组正式交接会	2007-04-25		
M00	大修开始	2007-04-27		

完成所有预防性维修工作包的准备。至 2007 年 1 月底共收到工作申请 5 009 份，其中预防性工作申请 3 266 份、纠正性工作申请 418 份、改造工作申请 76 份、服务与支持工作申请 1 249 份。

### (3) 大修备件的采购

截至 2007 年 1 月 29 日，大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修备件共申请 590 项，取消 22 项，发订单 521 项，订购率 92%，未发订单 47 项，到货 372 项，到货率 65.5%。

### (4) 大修合同

截至 2007 年 1 月 29 日，大亚湾核电站 2 号机组第十二次换料大修合同立项总计 16 项，已有 4 项办理推荐，签约率 25%，其余 12 项已在商务谈判中。

## 4.4.5 岭澳核电站换料大修准备

### 1. 大修前期准备

岭澳核电站 2 号机组第四次换料大修和 1 号机组第五次换料大修准备工作，实行两台机组同步准备，分大修前期准备和项目准备两个阶段进行。前期准备和项目准备以首次大修准备会为阶段划分点。在大修前期准备阶段，应完成岭澳核电站 2 号机组第四次换料大修和岭澳核电站 1 号机组第五次换料大修所有共性工作，如出版生效预防性维修大纲、备件准备、确定大修项目清单。在岭澳核电站 2 号机组第四次换料大修前 8 个月分别向岭澳核电站 2 号机组第四次换料大修项目组、岭澳核电站 1 号机组第五次换料大修项目组移交大修前期准备工作成果，保证了大修项目组进行大修准备的连续性。

2006 年 4 月 20 日启动大修准备组织机构，并召开首次准备会。根据大修工期安排，分别制定了岭澳核电站 2 号机组第四次换料大修和岭澳核电站 1 号机组第五次换料大修准备计

划,会议明确了准备阶段的任务和要求,主要包括:建立配合性大纲数据库、提交补充备件采购申请、标准工作包准备完善、确定大修项目清单、发出预防性和配合性工作申请、工作包准备及审查、外包项技术规范准备等。

## 2.2 号机组第四次换料大修准备

### (1) 工期要求

根据岭澳核电站2006—2010年发电规划,2号机组第四次大修计划在2006年12月28日与电网解列,2007年1月28日完成大修并网,大修工期32天。

### (2) 组织准备

2006年4月20日,2号机组第四次大修准备工作正式启动,大修准备开始以双周会形式运作,大修组织机构也开始组建,目前大修组织机构协调层人员全部到岗。

### (3) 大修项目的确定

通过与各专业的讨论,结合设备实际情况和经验反馈,出版了十年大纲和大修年度预防性维修大纲,确定了主要的预防性维修项目。2006年4月18日,由中长期项目组正式向大修项目组进行了移交。

### (4) 大修准备进度

1) 大修准备里程碑执行情况见表4.4.5-1。

表4.4.5-1 岭澳核电站2号机组第四次换料大修准备里程碑执行情况

里程碑	里程碑描述	计划完成时间	实际完成时间
P0	大修准备开始	2006-04-20	2006-04-20
P1	完成预防性维修工作申请	2006-06-09	2006-06-09
P2	确定大修重大项目	2006-06-16	2006-06-16
P3	大修组织机构最终确定	2006-07-24	2006-07-24
P4	完成所有外包项目和技术规范	2006-08-25	2006-08-25
P5	冻结大修主要项目	2006-07-28	2006-07-28
P6	完成预防性工作大修包准备	2006-08-25	2006-08-25
P7	完成预防性工作大修包审查	2006-09-29	2006-10-15
P8	出版关键路径水位图和主隔离图	2006-09-21	2006-09-21
P9	确定重点关注备件清单	2006-09-21	2006-09-21
P10	完成预防性许可申请递交	2006-11-10	2006-11-10
P11	大修主线计划定稿	2006-12-08	2006-12-08
P12	完成CBA中预防性工作申请	2006-11-30	2006-11-30
P13	大修项目组与日常项目组正式交接会	2006-12-25	2006-12-25
M00	机组解列,L204大修开始	2006-12-28	2006-12-28

### 2) 大修工作包准备

2006年6月完成预防性维修工作申请,开始大修工作包的准备,至2006年10月15日完成所有预防性维修工作包的准备和审查。至2006年11月15日共发出工作申请4352份,其中预防性工作申请2570份、纠正性工作申请349份、工程改造工作申请95份、服务与支

持工作申请 1 338 份。

### 3) 大修备件采购

截至 2006 年 12 月 25 日, 大修备件共申请 866 项, 到货 802 项, 到货率 92.6%。

### 4) 大修合同

大修合同立项共 35 项, 主要合同谈判于 2006 年 12 月全部完成。

### 5) 日常转大修工作票的交接

自 2006 年 8 月, 开始日常转大修工作票每月交接一次, 于 2006 年 12 月 25 日进行日常项目组与大修项目组的移交。

## 3. 1 号机组第五次换料大修准备

### (1) 工期要求

根据岭澳核电站 2006—2010 年发电规划, 大修计划在 2007 年 2 月 10 日与电网解列, 2007 年 3 月 13 日完成大修并网, 大修工期 32 天。

### (2) 组织准备

2006 年 4 月 20 日, 1 号机组第五次大修准备与 2 号机组第四次大修准备工作同时启动, 大修准备开始以双周会形式运作, 大修组织机构也开始组建, 目前大修组织机构协调层人员全部到岗。

### (3) 大修项目的确定

通过与各专业的讨论, 结合设备实际情况和经验反馈, 出版了十年大纲和大修年度预防性维修大纲, 确定了主要的预防性维修项目。2006 年 4 月 18 日, 由中长期项目组正式向大修项目组进行了移交。

### (4) 大修准备进度

1) 大修准备里程碑执行情况见表 4.4.5-2。

表 4.4.5-2 岭澳核电站 1 号机组第五次换料大修准备里程碑执行情况

里程碑	里程碑描述	计划完成时间	实际完成时间
P0	大修准备开始	2006-04-20	2006-04-20
P1	完成预防性维修工作申请	2006-06-09	2006-06-09
P2	确定大修重大项目	2006-06-16	2006-06-16
P3	大修组织机构最终确定	2006-07-24	2006-07-24
P4	完成所有外包项目和技术规范	2006-08-25	2006-08-25
P5	冻结大修主要项目	2006-07-28	2006-07-28
P6	完成预防性工作大修包准备	2006-08-25	2006-08-25
P7	完成预防性工作大修包审查	2006-09-29	2006-10-15
P8	出版关键路径水位图和主隔离图	2006-09-21	2006-09-21
P9	确定重点关注备件清单	2006-09-21	2006-09-21
P10	完成预防性许可申请递交	2006-11-10	2006-11-10
P11	大修主线计划定稿	2006-12-08	2006-11-10
P12	完成 CBA 中预防性工作申请	2006-11-30	2006-11-15
P13	日常项目组与大修项目组正式交接会	2007-02-08	
M00	大修开始	2007-02-10	

## 2) 大修工作包准备

2006年6月完成预防性维修工作申请,开始了大修工作包的准备,至2006年10月15日完成所有预防性维修工作包的准备和审查。至2006年11月15日共发出工作申请4244份,其中预防性工作申请2561份、纠正性工作申请265份、改造工作申请102份、服务与支持工作申请1316份。

## 3) 大修备件采购

截至2006年12月25日,大修备件共申请983项,订购率99%,承诺满足率93%,到货564项,到货率60.8%。

## 4) 大修合同

大修合同立项共27项,合同谈判于2007年1月初完成。

## 5) 日常转大修工作票的交接

自2006年8月开始日常转大修工作票每月交接一次。

# 4.4.6 大修承包商介绍

## 1. ARE-NP

ARE-NP前身为FRAMATOME公司,为核岛大修的国外承包商,除独立承担核燃料装卸贮存系统(PMC)年度检修,还为以下工作提供技术支持:反应堆开关大盖、蒸汽发生器开关人孔、反应堆大盖螺栓孔检查、核岛环吊年检、核岛阀门检修、主泵及核岛重要泵检修、核岛阻尼器检修、堆芯测量系统检修等。

## 2. ALSTOM 公司

常规岛大修的国外承包商,主要提供常规岛汽轮发电机检修和主变压器检修技术支持。

## 3. 深圳纽科利核电工程有限公司(SNE)

核岛大修国内主承包商,承包核岛部分设备换料大修和设备改造实施工作,并提供大修人力支持。

## 4. 中国核动力研究设计院科技开发公司(NPIC)

大亚湾核电站核岛清洁承包商,主要负责核岛内的空气隔离间(SAS)安装、脚手架搭制、保温拆装、气闸门开关、洗衣房、热更衣间及气闸门管理等工作。此外还提供大修核岛项目人力支持。

## 5. 深圳淮南电力检修公司(HNMC)

大亚湾核电站常规岛大修主承包商,承担主机和主要辅机设备检修及提供大修人力支持。另外在岭澳核电站大修中负责核岛电机和电气开关的检修工作,并提供大修人力支持。

## 6. 清河电力检修公司(QHMC)

岭澳核电站常规岛大修主承包商,在岭澳核电站大修中承担主机和主要辅机设备检修及提供大修人力支持。

## 7. 东北核电建设公司(NEPC)

BOP大修国内主承包商,承担BOP泵站设备与主变压器的检修工作。

## 8. 深圳山东核电工程公司(SEPC)

常规岛辅机设备检修承包商,在大亚湾核电站换料大修中承担常规岛ABP, AHP, ACO, SEN四个系统的大修工作及大修人力支持,在岭澳核电站换料大修中承担常规岛ABP, AHP, ACO, APU, GSS, SEN, SRI, STR等16个系统的检修工作,并提供大修人力

支持。

**9. 深圳华兴建设有限公司 (HXMC)**

土建维修承包商, 主要负责大亚湾核电站和岭澳核电站大修现场的各种土建工程的施工。

**10. 核动力运行研究所 (RINPO 或简称 105 所)**

核岛在役检查主承包商, 负责大修期间的核岛部分在役检查项目、核岛贯穿件试验、常规岛冷凝器钛管涡流探伤。

**11. 苏州热工研究院 (简称苏州热工院)**

常规岛在役检查主承包商, 负责大修期间的常规岛压力容器等在役检查和 BOP 金属检验。

**12. 国营武昌船厂技术劳务公司 (简称武船)**

大修期间负责提供应急柴油发电机维护与保养工作的人力支持。

**13. 深圳凯利集团核电劳务公司 (简称凯利公司)**

岭澳核电站核清洁承包商, 主要负责核岛内的空气隔离间 (SAS) 安装、脚手架搭制、保温拆装、气闸门开关、洗衣房、热更衣间及气闸门管理等工作。此外还提供大修辐射防护、文员等工作的人力支持。

历年承包商统计见表 4.4.6-1。

表 4.4.6-1 1997—2006 年大修承包商人数统计

承包商	1997—2006 年大修承包商人数统计										2006 年		
	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	岭澳核电站 2 号机组 第三次大修	岭澳核电站 1 号机组 第四次大修	大亚湾核电站 1 号机组 第十一次大修	
ARE-NP	33	30	31	43	38	38	44	55	42	26	25	48	
ALSTOM	5	5	9	13	6	6	26	11	7	2	3	11	
SNE	213	185	189	200	184	184	558	411	432	406	406	586	
NPIC	83	87	87	91	85	85	134	87	120	26	26	241	
HNMC	362	338	299	306	334	334	513	301	262	191	179	437	
NEPC	158	95	144	145	140	140	190	143	153	151	151	191	
SEPC	—	—	60	75	130	130	425	169	144	182	190	94	
105 所	88	89	139	157	91	91	134	118	140	112	92	158	
HXMC	30	25	34	81	30	30	148	68	93	75	75	140	
武船	24	27	15	60	50	50	44	26	34	18	18	48	
苏州热工院	10	10	10	7	10	10	12	17	27	26	26	26	
凯利公司	38	38	38	38	38	38	145	93	128	169	169	65	
QHMC	—	—	—	—	—	—	190	198	224	341	320	14	
合计	1 044	929	1 055	1 216	1 136	1 136	2 563	1 694	1 808	1 725	1 680	2 059	

注:2005 年及之前年份按一年中各次大修平均人数统计,2006 年按本年中各次大修分列人数统计。

## 第五章 电站技术支持与服务

### 5.1 设备管理

#### 5.1.1 概述

2006年运营管理公司在总结过去八年来电站设备管理的实践并吸收国外核电站先进管理经验的基础上召开了电站设备可靠性管理研讨会。设备的可靠性是电站安全、稳定、高效运行的基础和前提保证，已在运营管理公司达成了共识，一致认为电站设备可靠性管理水平的提高需要各部门的团结合作，充分发挥团队的力量。提出以设备零缺陷管理文化为核心的电站设备管理政策声明，并把关键敏感设备（CCM）零缺陷作为今后几年设备可靠性管理的中期目标。电站在设备管理政策、设备管理的组织和设备管理方法上初步形成了有效的运作体系。

为落实电站设备可靠性管理研讨会的成果，电站在第3季度成立了电站健康委员会（PHC），审查系统健康季度报告提出旨在改善系统健康状态的纠正行动，同时对电站重要设备小组进行了完善（增加到18个小组）并在组织关系上给予了定位，至此电站设备可靠性管理平台正式建立。

设备管理的基础技术工作在电站继续得到全面的推进。截至2006年底，完成了岭澳核电站51个重要系统，大亚湾核电站73个重要系统的RCM分析及其在大修中的应用；此外，RCM研究应用项目还通过了运营管理公司科技委组织的集团内部验收，从而标志着RCM项目在大亚湾核电基地从培训到分析，从试点到推广，从引进到创新，走过了一条引进、消化、吸收、创新的管理新路子。

以技术特性为导向的仪控维修技术研究（TCM）分析并按计划完成9个导则年度分析和应用。与RCM，TCM项目相配套的预测性分析管理系统（PdM）和仪控设备预测性维修和趋势分析系统（PFU）对预测性维修、设备状态监督和趋势分析继续发挥重要作用。重要设备参数在线预警系统（OLA）的开发和投运为早期发现设备异常趋势提供了工具和手段，该系统的应用使得越来越多的设备早期故障（如D1GRH093MT温度缓慢上升）得以发现，这为故障的最终从容处理赢得了时间。维修大纲管理系统（MPM）为预防性维修管理和持续反馈改进提供了应用平台，并为电站最终实现大纲一体化管理提供了基础保证；关键敏感

设备管理 (CCM) 方面, 在 2005 年试行关键敏感设备缺陷管理的基础上, 2006 年度制定了关键敏感设备缺陷管理导则, 建立了关键敏感设备缺陷跟踪制度, 以“6·17”事件为契机, 提出了关键敏感设备缺陷的 PDC (Prevention, Detection, Correction) 分析要求, 并推动落实。2006 年共认定关键敏感设备缺陷 84 项, 关闭 38 项。战略备件管理有了实质性进展, 摸索出一条畅通、有规范指导的分析论证、审核批准和采购分析的战略备件技术经济分析和采购工作流程, 并通过后续的战略备件接收、存放以及维护保养管理导则的完善, 战略备件管理工作流程会更加科学合理。COMIS 设备基础数据重新整理, 全年完成岭澳核电站 300 多个系统的数据维护共 62 602 条。

RCA 分析技术在电站得到了广泛应用, 对重大、复杂、疑难事件根本原因分析和纠正行动的落实为电站安全运行起到了重要作用, 全年完成 15 个重大事件根本原因分析。大亚湾核电站发电机转子和岭澳核电站主变压器返修监修质量得到有效控制。岭澳核电站 FAC 技术谈判取得实质进展。电站的防高温管理、防台风、防涝和防雷管理及时消除了因自然环境变化而对设备安全运行产生的不利影响。电站十大技术及设备遗留问题持续规范的管理, 为电站设备健康水平的提高起到了明显的促进作用。

电站设备管理是以电站健康委员会 (PHC) 为管理平台, 以关键敏感设备管理 (CCM) 零缺陷为目标, 依托电站两个生产核心组织——日常生产项目组和大修项目组, 依靠系统工程师和重要设备管理小组的运作模式全面推进设备管理工作。

### 5.1.2 设备状态监督与趋势分析

为了使设备状态监督与趋势分析得到完善和有效实施, 2006 年电站主要在以下几个方面进行了有益实践:

#### (1) 进行设备维修策略的跟踪和反馈有效性的评估

通过对预防性维修跟踪管理、纠正性维修失效分析和维修策略反馈活动现状的分析评估, 发现其中诸多不足, 以实现设备维修策略的闭环反馈和持续优化。在分析过程中, 对预测性维修跟踪管理评估是根据预测性维修软件框图和管理程序要求, 同时还针对 PdM 软件 (预测性维修软件) 中设备状态评估和预测性维修实施过程的执行情况进行了分析。提出良好实践、缺陷和其他需提醒关注问题各两项。

(2) 总结电站已有的状态监测技术以完善维修策略, 为引进先进状态监测技术进行前期技术准备

了解电站红外查漏的应用情况, 组织编写电站的红外查漏技术导则, 为维修策略的制定提供上游文件以规范和完善红外查漏维修策略的制定。

参加了电气设备管理暨先进检测技术研讨会, 了解电机电流监测技术的原理、技术与现场应用经验介绍。并对该状态监测技术是否能引用到大亚湾核电站进行前期的评估和调研。

#### (3) 介绍推广 EPRI 技术成果, 为设备状态监督与趋势分析提供技术支持

在 CIS 上建立专门网页存档 200 余份 EPRI 技术报告和预防/预测性维修相关的介绍资料。在设备管理处内试用预防性维修数据库, 该数据库中包括 100 余个设备类的维修策略, 包括预防性维修和状态监测手段。

#### (4) 开展大修前设备状态评估

开展大修前设备状态评估, 并编写大修前设备初步和最终状态评估报告, 并在大修中对其发现的设备缺陷作了处理。



(5) OLA 的应用

OLA 模块在 2006 年进行了优化和升级，OLA 系统的用户数量以及远程访问连接用户数量，增加到 10 个。

PFU 系统的二期开发获得了较大的进展。RCP63 模块新增加了几个状态的“检查结果与维修建议表”，使各状态的检查结果和因此而产生的下个状态维修建议更为清晰。同时还增加了相关探头老化的趋势显示表格和显示图形。RPN 模块完成了电缆绝缘、连续性检查的程序编写并已投入使用，趋势分析部分也已完成开发，正在进行测试。公用计算模块及其趋势分析也基本完成程序编写，正在进行测试。

5.1.3 RCM 分析与预测性维修

1. RCM 分析工作进展

截至 2006 年底，累计完成岭澳核电站 51 个重要系统，大亚湾核电站 73 个重要系统的分析应用。经初步统计，项目变化率约 55%，节约运行维修成本约 30%，大大提高了系统的可靠性和可用率及可维修性。

表 5.1.3-1 RCM 分析工作进展一览表

年份	2002			2003			2004			2005			2006		
系统分类	核岛	常规岛	电气	核岛	常规岛	电气	核岛	常规岛	电气	核岛	常规岛	电气	核岛	常规岛	电气
系 统 名 称	LHP	CET	GEV	SEC	GEX	LGB	LLS	GCT	GEW	RCP	GSE	LBJ	L-ASG	L-GEX	L-LAB
	LHQ	ADG	OLBM	ARE	AGR	LGC	L-RAM	ABP	LGR	DVN	APP	LBM	L-SEC	L-GFR	L-LBJ
		SAP	OLBN	ASG		LGD	RCV	L-CVI	L-LBA	DEL	ACO	L-LGA	L-SAP	L-APA	L-LBM
		AHP	LAA	EAS		LGE	RRA	L-SRI	L-LBB	VVP	GSS	L-LGB	L-EAS	L-CRF	L-LNA
		APA	LBB	RIS		LHA		L-GST	L-LBC	L-LHP	SAR	L-LGC		L-SEN	L-LNB
			LBC			LHB		L-CEX	L-LBD	L-LHQ	CAR	L-LGD		L-GGR	L-LNC
			LBD			LGIA			L-LBE		L-GHE	L-LCE		L-GRH	L-LND
			LBE			LGIB			L-LBF		L-GSY	L-LHA		L-CFI	L-OLBN
			LBF						L-LBP			L-LHB			L-OLBM
			LBP						L-LCA			L-LGIA			
			LCB						L-LCB			L-LGIB			
			LCC						L-LCC						
			LDA						L-LCD						
									L-LDA						
									L-LAA						
系统数	2	5	13	5	2	8	4	6	15	6	8	11	4	8	9

2. RCM 分析模版的建立与完善

编写并完善了包括电动机（380 V/6.6 kV）、核岛以及常规岛用电动头、离心泵、板式以及壳管式热交换器、各种阀门以及过滤器等 7 个大类 20 个小类的 RCM 设备故障模式标准模版。该故障模版由故障模式、故障影响、故障后果以及采取的维修任务等内容组成，同时

将其集成到 RCM 分析软件中以实现共享,可以在督导员进行系统分析时提供很大的帮助,避免相同的设备重复分析、浪费人力,提高 RCM 分析效率与分析的准确性。

### 3. RCM 分析主要成果与应用

#### (1) 在核安全方面

1) RCM 分析后增加辅助给水系统 (ASG) 汽轮机转速自动调节装置检查,防止 ASG003PO 在全厂断电情况下由于压力控制回路异常而无法正常运行,避免由此导致堆芯熔化概率增加。

2) RCM 分析后增加辅助给水系统 (ASG) 泵润滑油冷却器的压力试验 (6C),防止由于传热管破裂而导致冷却水进入润滑油中,导致辅助给水泵不可用。

3) RCM 分析后增加压缩空气生产系统 (SAP) 常规岛气动隔离阀的定期试验。避免事故工况下该阀门不能自动关闭,而导致核岛失气引起事故扩大。

4) RCM 分析后增加了安全壳喷淋系统 (EAS) 047/048VB 的解体检查项目 (定期试验监督大纲要求的维修项目),避免由于违反技术规范而导致运行事件发生。

5) RCM 分析后增加核岛应急生水系统 (SEC) BONNA 管的两年内部检查,防治 BONNA 管失效带来的机组丧失冷源风险。

#### (2) 在工业安全方面

1) 增加辅助给水系统 (ASG) 水箱隔膜阀定期更换隔膜任务,防止隔膜老化破裂氮气外漏导致人员伤亡。

2) 增加安全壳喷淋系统 (EAS) 碱液罐顶部护栏紧固性检查,螺栓力矩检查,防止人员摔伤等风险。

#### (3) 在电站可用率方面

1) 增加发电机励磁和电压调节系统 (GEX) 发电机前后密封瓦挂销金相检查,避免因故障损坏发电机而导致机组停机。

2) 增加电动主给水泵系统 (APA) 出口隔离阀旁路阀的解体检查,保证电动给水泵组的可隔离维修性。

3) 增加了汽轮机排气口喷淋系统 (CAR) 喷淋泵的自动启动试验 (8 周),提高了整个系统的可靠性,保证汽轮机跳闸后低压缸的有效冷却,从而降低了汽轮机损坏的可能性。

4) RCM 分析制定了 125 V 直流电源系统 (LBM/LBN) 配电盘不停电检修策略,避免系统停盘检修带来的风险。

#### (4) 在节约维修成本方面

经过 RCM 分析后,减少了大量的设备解体检查项目,从而既避免了由于过度维修导致的设备可靠性下降,又减少了解体维修的备件成本以及人力成本,对于大修关键路径上的项目还可以缩短大修工期。以循环水系统 (CRF) 为例,该系统进行 RCM 分析后,与机械和电气相关的预防性维修项目总项目 43 项,项目变化 19 项,变化率 44%,总体工作量减少 30%,共节约维修费用 340 万人民币。

### 4. RCM 项目通过集团内部验收

2006 年 RCM 项目通过了运营管理公司科技委组织的集团内部验收。RCM 项目在大亚湾核电站从培训到分析,从试点到推广,从引进到创新,走过了一条引进、消化吸收再创新的路子,结合核电特点对 RCM 理论进行了四大创新并予以完善:① 建立《RCM 督导员工作手册》;② 完善 RCM 决断逻辑,强化隐蔽性后果;③ 提出 CCM 逻辑,加强设备分级管理;

④ 建立 RCM 效益评估模型, 开创了国内外 RCM 分析成果完整效益评估先河。目前大亚湾核电基地已经基本建立了一套适合国内电站特色的 RCM 分析体系, 该项目将由中国广东核电集团选定参加 2007 年度国防科技奖的申报。

## 5.1.4 RCA 的实施与应用

### 1. 管理改进

2006 年, 电站继续在以下三个方面稳步推进 RCA 的实施与应用。

(1) 对两个电站发生的特别重大、疑难事件, 包括涉及多部门跨专业的重要事件或重发事件由 RCA 小组进行独立根本原因分析。全年共完成 RCA 分析项目 15 个。

(2) 在电站内、外部继续推广 RCA 技术和方法。在培训中心开办 RCA 课程, 面向 DN-MC 一线专业人员完成多期 RCA 课程培训。在国防科工委的组织下, 对国内核电站同行进行了专项设备 RCA 技术培训。另外, 对近年来完成的 RCA 分析项目进行了整理和总结。缩编了其中 50 多篇 RCA 报告, 为电站的警示教育和失效设备展室以及 RCA 培训作前期准备。

(3) 电站纠正行动委员会 (CARB) 和纠正行动执行小组 (CAP-Team) 运作更加规范有效。CAPT 增加了维修部、技术部、质保部和两个运行处的代表作为小组成员, 提高了每日例会的客观性、反馈的及时性和有效性。RCA 也通过自身的专业技术优势, 继续在这一组织体系积极发挥作用, 为电站经验反馈有效性作出贡献。

### 2. 完成的主要项目

2006 年, RCA 小组完成的重大事件的根本原因分析项目如下。

#### (1) 大亚湾核电站

- 1) 2GRE023/024MP 采样管断裂根本原因分析;
- 2) 2 号机组 2 号上充泵出口压力测量管线及隔离阀焊缝裂纹成因分析和处理;
- 3) 1EVC043MT 温度高初步原因分析;
- 4) 大亚湾核电站和岭澳核电站 GST 泵机械密封频繁泄漏根本原因分析及处理。

#### (2) 岭澳核电站

- 1) 2RIS006VP 阀门密封性试验多次不合格事件根本原因分析;
- 2) GST 电机轴承频繁失效根本原因分析;
- 3) 1DEG101CO 高速端推力轴承烧毁原因分析;
- 4) 岭澳核电站 1 号发电机转子导电螺杆密封泄漏原因分析。

### 3. 事件统计与分析

2006 年 RCA 小组共完成事件分析 15 项, 其中 IOE 事件 10 项。

按事件重要性划分, 有停机停堆风险的 6 项 (40%), 重发事件 8 项 (53%)。可以看出, 重发事件比例大, 同时也是 RCA 分析的重点。按主要涉及专业划分为转动机械 3 项、静止机械 5 项、电气 3 项及仪表 4 项。

按根本原因划分, 维修维护缺陷 7 项, 设计制造缺陷 8 项。值得关注的是在维修维护缺陷中有两项是维修策略缺陷, 包括缺少检查项目或维修周期不当。从根本原因分类可以看出, 事件的根本原因主要来自维修维护不足和设计制造缺陷, 两项分别占分析事件总数的 47% 和 53%。这一比例与往年基本一致。但需引起重视的是维修策略缺陷有上升的趋势。例如, 大亚湾核电站 2GRE023/024MP 采样管断裂以及岭澳核电站 1DEG101CO 高速端推力轴承烧毁事件均与维修策略有关。前者为大修检查项目不足, 大修中没有对重要敏感管线做

相关完备性检查,后者是解体检修周期不当。

此外,在分析项目中,设计制造缺陷所造成的设备故障事件也占了分析事件的很大份额。例如,岭澳核电站 2RIS006VP 阀门密封性试验多次不合格就是因为 RIS006VP 与 RRA015VP 连接的系统设计和现场布置不当,使得 RIS006VP 出口到与 RRA 接点间存在较长的垂直死管段,RRA 系统投入运行后,一回路及 RRA 系统存在的固态杂质会不断在该管段沉积,同时由于出口水平段较短,固态杂质最终沉积于阀门出口处,导致阀门密封性试验不合格;岭澳核电站 GST 电机轴承频繁失效也是由于 GST 电机所在基础设计刚度不足,使运行电机产生的振动通过基础台板传递给备用停运电机,使停运电机轴承滚道产生冲击压痕,并最终发展为轴承失效故障。对此类设计缺陷务必要反馈到后续在建的其他机组,确保同样的错误不再发生。

## 5.1.5 设备老化和寿命管理

### 1. 概述

电站的老化管理项目已经增加至 16 个,其中两个项目(双相不锈钢热老化、管道部件流体加速腐蚀)已经基本完成。另外 10 个项目(反应堆压力容器、安全壳、堆内构件、电缆、变压器、Inconel 600 应力腐蚀开裂、蒸汽发生器老化、继电器老化、小支管振动疲劳、热疲劳)已经基本完成老化分析报告的初稿。其余 4 个项目(发电机、汽轮机叶片、RC-CA、仪控部件),仍处于经验反馈和数据收集阶段,将根据反馈结果开展后续的分析工作。

### 2. 2006 年完成的主要工作

- (1) 升版了《设备老化与寿命管理》程序。
- (2) 制定《老化和寿命管理大纲实施导则》。
- (3) 完成继电器的老化分析。
- (4) 完成堆内构件的初步老化分析导则。
- (5) 完成蒸汽发生器的初步老化分析导则。
- (6) 完成小支管振动分析导则。
- (7) 完成反应堆压力容器老化分析导则。
- (8) 完成安全壳的老化分析导则。
- (9) 完成 FAC(流体加速腐蚀)分析导则和大纲。
- (10) 完成 Inconel 600 老化分析导则。
- (11) 完成了变压器的老化分析导则。
- (12) 完成了管道热疲劳老化分析导则。
- (13) 完成了电缆老化分析导则。
- (14) 开展老化敏感 SSCs 筛选和分级工作,并完成了设备部件清单。
- (15) 协助完成国家核安全局对老化管理的审查,制定了相应的纠正行动。
- (16) 参加国内核电站老化管理方面的交流和研讨。

### 3. 老化和寿命管理开展规划

2006 年,在老化和寿命管理小组全体成员的努力下,老化和寿命管理工作取得了一定进展。目前,DNMC 老化和寿命管理紧紧围绕选定的 16 个重要老化项目,开展一系列的敏感部件筛选、数据收集、老化分析以及老化和寿命管理大纲编写等工作。并且确定了老化和寿命管理的近期、中期和长期目标。

## 5.1.6 遗留问题与 NCR 管理

### 1. 遗留问题管理

2006 年在管理方式上作了如下一些新的尝试。

建立了长期关注问题定期交流制度，每月选取相对紧急的问题由责任工程师进行专题交流。根据会议结果，提出总体的情况和需要关注的问题，并有针对性地向 TEF 会议汇报，从而有效地推动了问题的解决进程。

建立了大修遗留问题转日常长期关注问题制度，每次大修后组织会议，及时将大修未解决的问题转入日常长期关注问题，使大修与日常工作做到了无缝衔接。

目前两电站正在跟踪的遗留问题 45 个，2006 年新增问题 26 个，转改造跟踪问题 5 个，关闭问题 23 个。

### 2. NCR 管理

#### (1) 2006 年度不符合项 (NCR) 的管理优化

2006 年度共新增 NCR 数量 305 项。OPE 对电站的 NCR 管理进行了全面的改进，体现在如下的几个方面：

1) 继续采用大修 NCR 的每日会签制度。

2) 开发 NCR 的电子数据管理库流程。

3) 针对内部和外部的需求，对运行电厂 NCR 的管理程序完成了两次升版，增加了 NCR 通告 GRO 的规定和专项技术支持规定，新程序的各种规定已在 NCR 电子流程中使用。

4) 完成了年度关闭 NCR 的移交计划，将关闭 NCR 的纸质文件及电子数据一并归入 TDA 文档库存储，以作为公共信息查阅。

5) 疏通 NCR 管理过程中的各种专业技术渠道，对 NCR 管理程序中涉及的相关管理内容和部门，明确对口协调人，并在数据库中加以授权，同时还成立了 NCR 管理程序的执行机构，成功运转了 NCR 管理协调组。

#### (2) 2006 年度不符合项 (NCR) 的情况统计

2006 年度 NCR 总体情况见表 5.1.6-1，新增的未关闭 NCR 按管理优化分类见表 5.1.6-2，新产生的未关闭 NCR 按主要系统分类数量见表 5.1.6-3。

表 5.1.6-1 2006 年度 NCR 总体情况

项

新增的 NCR	关闭的 NCR	目前未关闭总的 NCR
305 (大亚湾: 168, 岭澳: 137)	480 (大亚湾: 250, 岭澳: 230)	729 (大亚湾: 350, 岭澳: 379)

表 5.1.6-2 2006 年新增的未关闭 NCR 按管理优化分类

项

种 类	MEE	MIC	MRM	MSM	其他处	总 数
无质量文件备件领用	0	4	1	3	0	8
过期备件领用	2	5	12	10	0	29
无原设计备件	3	10	23	14	0	50
参数超标-无标准范围	0	0	3	0	0	3
其他异常库备件领用	2	1	3	0	0	6

续表

种 类	MEE	MIC	MRM	MSM	其他处	总 数
参数超标	3	6	79	10	0	98
暂无法恢复原设计的设备部件缺陷	4	10	25	27	1	67
设计文件与现场不一致	2	3	4	2	0	11
其他	6	8	12	6	1	33
总计	22	47	162	72	2	305

表 5.1.6-3 2006 年新产生的未关闭的 NCR 按主要系统分类数量

项

系 统		大亚湾核电站		岭澳核电站		合 计
		1 号机组	2 号机组	1 号机组	2 号机组	
ASG	QSR	0	0	0	0	0
CFI	QSR	0	1	0	0	1
EAS	QSR	0	0	0	0	0
EPP	QSR	0	0	0	0	0
GCT	QSR	1	0	0	0	1
LHP	QSR	1	0	0	0	1
LHQ	QSR	1	1	1	1	4
PTR	QSR	0	0	2	1	3
RCP	QSR	1	0	0	1	2
RCV	QSR	1	0	1	2	4
REA	QSR	0	0	1	0	1
RIS	QSR	0	0	0	0	0
RRA	QSR	0	0	0	0	0
RRI	QSR	0	0	0	0	0
SEC	QSR	0	0	1	0	1
VVP	QSR	0	0	0	1	1
ARE	QSR	0	1	0	0	1
ABP	QR	0	0	0	0	0
ADG	QR	2	1	0	1	4
AGR	QR	1	0	0	2	3
AHP	QR	0	0	0	0	0
APA	QR	1	1	2	1	5
APP	QR	8	2	4	1	15
CEX	QR	4	0	5	1	10
CRF	QR	2	0	4	1	7
GEV	QR	0	0	2	0	2
GEX	QR	2	0	2	2	6
GFR	QR	0	1	1	1	3
GGR	QR	0	0	0	0	0
GHE	QR	2	0	0	0	2
GPV	QR	7	0	4	2	13
GRE	QR	4	2	1	0	7
GRV	QR	1	0	1	0	2
GSE	QR	7	2	1	2	12

续表

系 统		大亚湾核电站		岭澳核电站		合 计
		1 号机组	2 号机组	1 号机组	2 号机组	
GSS	QR	3	1	3	0	7
GST	QR	1	0	2	1	4
GSY	QR	0	0	1	1	2
SRI	QR	1	0	0	0	1
GEW	QR	3		2		5

## 5.2 电站工程及改造

### 5.2.1 电站工程及改造项目管理

2006年,大亚湾核电站已运行13年,设备老化问题日益突出。岭澳核电站随着运行时间的延伸,也暴露出越来越多的设备问题亟待解决。因此,2006年电站对工程改造的需求不断增加,全年处理完成的工程服务申请(ESR)达1100项。改造申请共批准257个。目前,已完成至少1台机组实施工作的改造项目126项。为缓解需求和工程改造资源间的矛盾,集中力量解决主要问题,2006年工程改造项目管理上的重大举措是将小改造(SMR)的现场实施工作委托维修部门负责。工程改造将更多的资源投向优先级高的安全相关和电厂可用率相关的重大改造项目,以确保这些项目能按计划保质高效的完成。

2006年,运营管理公司加大了与国内外同行在工程改造项目管理方面的交流与协作。与国内设计院、核电厂、美国核电专家访问团SNSOB、美国西屋公司、韩国电力公司KEPCO、法国电力公司EDF的CIPN、法国AREVA公司等同行在工程改造不同领域开展了广泛的合作。2006年7月份,技术部召开了2006年度电站工程改造研讨会,找出目前工程改造的薄弱环节,进行管理上的改进和提高。

2006年,工程改造的流程得到了梳理和优化,工程改造的程序被精简成16个流程,并根据以往的经验反馈对程序中的缺陷和不足进行修改和完善。将行为规范、设计实施管理、风险控制等内部导则转为流程的支持文件,更好地指导工程改造的各个关键环节和项目管理的工作。同时,作为运营管理公司核心竞争力的重要部分,工程改造的知识管理成果丰硕。初步建立了工程改造关键知识体系,开始建立设计基准文件(DBD)体系;标准化、系统化的工程改造技能培训架构也已开始运作,工程改造队伍的工程设计能力大大提高。

2006年电站经历了岭澳核电站2号机组第三次大修、岭澳核电站1号机组第四次大修、大亚湾核电站1号机组第十一次大修和岭澳核电站2号机组第四次大修四轮大修,实施了许多重大改造项目。大亚湾核电站的主要改造项目包括:防误稀释改造、冷停堆自动补给改造、APG热交换器的整体更换改造、主泵火警探测系统改造、环吊控制回路改造、停堆断路器换型改造、大修期间再供电改造、K1级测量传感器通道改造,KRT008MA改造,PMC换料机改造,SAP/SAR整体提高压缩空气品质改造、应急柴油机涡轮增压机支撑和冷却水管道支架改造等。GTM1(十年大修改造)项目施工工期创EDF同类机组最好纪录。

岭澳核电站的主要改造项目包括:应急柴油机水管支架改造,AGR/GTH滤油机改造,

ARE 管线减缓振动改造, ARE 旁路阀门更换改造, RRI155VN 阀门换型改造, 环吊控制回路改造, K1/K3 级设备 UP 电源与 NC 级设备 UP 电源分开改造, 主变压器/厂用变压器 A、B 差动保护继电器改造, 6.6 kV 配电盘加装报警联片改造, LCC/LAB 蓄电池改造等。

在完成繁重的四次大修以及日常工程改造实施任务的同时, 2006 年有许多重大的改造开始启动或正在进行中, 其中包括: 岭澳核电站 1 号机组 ASG003PO 出口振动高改造、消除死管段现象改造、DEG 制冷机整体更换改造、KIT/KPS 升级改造、T1/T2 试验台改造、大亚湾核电站常规岛 16 m 电缆层火警系统改造、GRE 上位机改造、大亚湾核电站 SHY 制氢站整体改造、SEP 供水管网改造、岭澳核电站提高压缩空气品质消除干燥剂白粉改造、岭澳核电站汽轮机高压缸隔板改造等。

## 5.2.2 岭澳核电站工程遗留项

### 1. 岭澳核电站一期工程遗留项的管理办法

目前仍在进行的岭澳核电站一期工程遗留谈判项主要是核岛与原供货商法马通公司的核岛合同和与原供货商阿尔斯通公司的常规岛合同。岭澳核电站 FAC 工程遗留项由 DNMC 代表业主公司岭澳核电有限公司与供货商进行谈判, 由设备管理处负责进行工程遗留问题的统一协调管理和 FAC 的技术谈判, 由合同处组织商务问题谈判; DNMC 各部门均可发出 UES/CUW, 但由技术部授权人签字发出; 属于供货商责任的遗留项目, 其具体实施视工程项目的大小经供货商、业主谈判后商议决定, 其中由我方自行实施的部分由 DNMC 各执行部门负责执行, CIN/DEN 等涉及工程改进的项目由工程处负责实施管理。为防止可能的改进失误, 所有供货商决定通过 CIN/DEN 改进来执行的项目, 必须按照 DNMC 工程改造流程正常执行通过后方可进行现场实施; 与大修项目的确定联系由设备管理处进行统一协调, 使工程遗留问题与日常生产紧密联系在一起, 相互促进, 及时发现并解决现场问题。

### 2. 岭澳核电站一期工程遗留项 2006 年处理进展情况

#### (1) 岭澳核电站 1 号和 2 号机组工程遗留项目进展

截至 2006 年底, 岭澳核电站一期工程遗留项总体情况以及 FAC 情况分别见表 5.2.2-1 和表 5.2.2-2。

表 5.2.2-1 岭澳核电站一期工程遗留项总体情况

项

机组	UES (CI) /CUW (NI) 问题		FAC 项目	
	1 号机组	2 号机组	1 号机组	2 号机组
CI 数量	32	26	37	42
NI 数量	6	17	6	18

表 5.2.2-2 岭澳核电站一期工程 FAC 情况

项

	NI		CI	
	1 号机组	2 号机组	1 号机组	2 号机组
尚未签署一致处理意见的项目	0	5	9	15
已经签署一致处理意见的项目	6	13	26	16
关闭的项目	1	14	2	11



### (2) 岭澳核电站一期核岛工程遗留项 2006 年处理进展情况

2006 年, 岭澳核电站一期核岛工程遗留项共进行了 3 轮谈判, 共处理了谈判项目 39 项, 其中关闭 15 项, 目前 24 项仍在谈判。主要项目分别如下:

- 1) NI10007 ASG001BA 水箱温度高问题;
- 2) NI10059 K1/K3 供电电源分离问题;
- 3) NI10097 KRT008MA 问题;
- 4) NI20013 RPN013MA 倍增时间波动问题;
- 5) NI20036 RIC 指套管磨损问题;
- 6) NI20052 柴油机活塞裂纹问题;
- 7) NI20056 RCP215VP 死管段问题;
- 8) NI20058 DMR 环吊刹车活塞漏油问题;
- 9) NI20059 PMC 换料机夹爪卡涩问题。

### (3) 岭澳核电站一期常规岛工程遗留项 2006 年处理进展情况

2006 年, 岭澳核电站一期常规工程遗留项共进行了 9 轮谈判, 共处理了谈判项目 7 个, 其中关闭 3 项, 目前 4 项仍在谈判, 主要项目分别如下:

- 1) FAC1002/2002 CRF 系统碎石过滤器腐蚀的问题;
- 2) FAC1015/2012 LAB 系统蓄电池腐蚀问题;
- 3) FAC2015 APP 负荷超速试验的频率发生器板 6679 输出不稳定问题;
- 4) FAC1014/2011 CI 部分控制和动力电缆开裂;
- 5) FAC1001/2001 主变压器运行不正常;
- 6) FAC1008/2007 GME 的信号丢失;
- 7) FAC1037/2022 主给水温度低于合同保证值。

## 5.2.3 新增工程改造项目

### 1. 岭澳核电站 1 号机组 ASG003PO 泵入口管振动高改进

1 号机组第三次大修中对 ASG 泵再鉴定试验中发现 ASG003PO 入口管线振动高, 而且入口管线上的排气管出现了裂纹。对 ASG 系统的可用性造成了威胁。

改造方案是参考岭澳核电站 2 号机组电动泵入口管线振动高的解决方案, 并根据岭澳核电站 1 号机组第四次大修试验结果, 增加从 ASG003PO 泵出口到 ASG001BA 水箱的设计流量为  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  的小流量管线 (泵小流量工况下), 将 ASG003PO 入口管线振动降到可接受的水平。

电站已完成了改进初步设计和详细设计, 并在 1 号机组第五次大修进行了现场实施。实施完成后将彻底解决岭澳核电站 1 号机组 ASG003PO 入口管线振动高的重大隐患。

### 2. 岭澳核电站 PMC 系统改造

目前岭澳核电站 PMC 系统存在诸多不足和缺陷: 如经济性差, 换料时间过长; 安全性差, 存在组件磕碰风险; 使用性差, 手动操作, 容易发生误操作; 备件采购困难等, 因此对岭澳核电站 PMC 系统进行升级改造。

改造方案是采用美国西屋公司的 PMC 换料系统对现场旧换料系统进行升级改造。改造后, PMC 系统的整体操作性能将得到极大的优化和提高, 系统运行的安全性得到了提高, 避免了组件磕碰和设备损坏的风险。设备更加安全可靠, 设备的可维修性大大提高。经济性

方面,改造前一个大修换料总时间在 120 h 以上,改造后换料总时间在 70 h 以内。

目前已经完成了改进初步设计,预计在 2007 年 3 月份签订合同,1 号机组第六次大修和 2 号机组第五次大修完成传输系统的改造;2008 年 10 月份完成乏吊改造;1 号机组第七次大修和 2 号机组第七次大修完成换料机的改造,2009 年 6 月份完成全部改造。

### 3. 大亚湾核电站 APA/APP 泵入口下降管膨胀节改造

大亚湾核电站 APA/APP102JD, APP202JD 的冷热态变形严重,其热态变形量分别达到 77~111 mm,远超过其 39 mm 的最大允许横向位移量,膨胀节波纹管有因为严重变形而破裂的风险。其主要原因是管线的支吊架布置不合理,导致膨胀节和除氧器管嘴需要承担部分管线的重量所致。

改造方案是对大亚湾核电站 APA/APP 泵入口下降管管线现有支吊架载荷按照管道分析计算结果进行重新调整,APP 泵 A 列入口下降管的一个变力弹簧吊架改成衡力弹簧吊架,APP 管线在膨胀节附近和除氧器下方的竖直管道上增加弹簧吊架,APA 管线在除氧器下方的竖直管道上增加弹簧吊架并将原靠近膨胀节的吊架向膨胀节移近。

目前该项目已完成了初步设计、正在进行详细设计和设备采购、制造,改造将在大亚湾核电站第十二次大修中实施。

### 4. 岭澳核电站汽轮机高压缸隔板改造

在岭澳核电站工程调试期间的机组性能验收试验时发现最终给水温度低于设计要求,该问题是岭澳核电站的工程遗留项之一。另外,还发现高压缸一级前进汽压力比设计值低,高压缸调节汽门节流损失偏大。ALSTOM 公司建议通过更换部分高压缸隔板可以提高机组出力 5.5 MW 以上,同时可以解决最终给水温度低的问题。

改造方案是通过更换部分高压缸隔板来达到原设计要求,更换的隔板重新设计制造,改造后预计可以提高机组出力 5.5 MW 以上。

目前正在改进初步设计,计划在岭澳核电站 2 号机组第六次大修和 1 号机组第七次大修期间实施。

### 5. 大亚湾核电站 1 号机组 STR001TX 蒸汽转换器更换改造

1 号机组第十一次大修检查发现 STR 系统蒸汽转换器 D1STR001TX 水侧封头焊缝存在裂纹,经现场修复后目前设备降级使用。存在安全风险,决定对其进行更换改造。

改造方案是委托杭州锅炉厂设计、制造一台新的蒸汽转换器对旧的热交换器进行更换。针对原容器存在的水侧壳体钢板不等厚焊接导致应力集中、排污不畅导致设备腐蚀等问题,新容器按国标做了改进。改造后投用的新容器,性能和原容器相同,同时能避免原容器因应力腐蚀而开裂的情况。

目前已完成了初步设计,详细设计文件和施工文件正在编制审查中,预计新容器 2007 年 3 月底运至大亚湾,2007 年 3 月下旬开始拆除原容器,计划 4 月底完成新容器的安装、调试和验收。

### 6. 大亚湾核电站关口表自动计费系统改造

大亚湾核电站关口表自动计费系统已经连续运行 13 年多,即将达到设备保证使用寿命 15 年,已开始出现老化征兆,厂家已不生产同型号的备件,自动计费系统的准确性和可靠性无法得到保证,将直接影响核电站的经济收益。

改造方案是将现有的关口电度表更换为 0.2 级高精度组合式有功无功电子关口表,保证系统的精确度,提高其运行可靠性,并解决后续备件的问题。

目前已完成大埔 I 线、II 线、核惠线、核深线和深圳 400 kV 变电站的改造, 运行效果良好。

#### 7. 大亚湾核电站核岛直流系统放电电流监视继电器换型

原有的核岛直流系统的放电电流监视继电器 001XI (RMA1010) 已经停产, 而且该放电监视继电器经过十几年的运行, 稳定性下降, 故障率增加, 多次发生拒动现象, 导致操纵员无法直观得知蓄电池在放电, 可能造成蓄电池完全放电, 导致核安全应急电源失效。

改造方案是采用与岭澳核电站相同系统所使用的新型放电电流监视继电器 TEC2481 更换大亚湾核电站的老式放电监视继电器 RMA1010。

目前已完成 1 号机组 LBB/LBP/LBF/LCB 系统的改造, 运行情况良好; 其他 22 个系统将在后续大修中分批实施。

#### 8. 大亚湾核电站 GRE 系统上位机改进

大亚湾核电站 GRE 上位机运行已超过 10 年, 目前 PDP11/83 上位机、I/O 接口板件、主控室操纵员屏等都已停产, 无法采购备件, 此外 GRE 上位电源模块价格昂贵且可靠性不高, 部分重要设备采购困难。

改造方案是将 GRE 上位机及其相关接口单元改为与岭澳核电站相同的 VME 总线控制设备; 下位机的电源系统及其接口设备进行升级换代; 对下位机模块的通风冷却机架进行升级; 参考岭澳核电站的继电器机架对大亚湾核电站的下位机继电器机架进行更新改造。

目前已经完成初步设计并得到 PEC 的批准; 完成合同技术规范的编写、生效; 正在进行合同推荐过程。按照计划合同在 2007 年 1 月签订, 在 2007 年大亚湾核电站 1 号机组第十二次大修进行第一台机组的现场实施。

#### 9. 大亚湾核电站 PTR 系统双泵运行改进

由于目前电站大修卸料方式的改变及卸料时间的提前, 导致乏燃料水池所储存的乏燃料剩余功率大于原设计值, 必须通过运行方式的改变 (PTR 双泵运行) 来带出增加的剩余功率从而满足大修需要。这种变化导致对 PTR 冷却回路可靠性要求的提高。但由于原设计中对乏燃料水池冷却功能监视手段存在不足, 而不能满足该要求, 因此需要改造。

改造方案是在乏燃料水池中增加 5 个温度开关和 1 个液位开关构成 A、B 列监视乏燃料水池的温度和液位; 在乏燃料水池的冷却回路上增加压力开关、流量开关、温度开关以监视冷却能力。所有的开关信号送主控制室报警盘。

目前已完成初步设计, 通过 PEC 审查; 立项申请已经获得批准。预计 2007 年内完成大亚湾核电站 1 号机组的实施。

### 5.2.4 物项替代与国产化

#### 1. 2006 年物项替代进展总体情况

2006 年的物项替代工作主要围绕着两条轴心展开: 一是通过管理的改进和流程的优化, 提高物项替代的工作效率; 二是及时完成电站现场提出的替代项目, 并在此基础上, 加快推进淘汰品管理制度的建立, 加大计划性替代的力度。

全年收到的物项替代申请项目数为 511 项。通过论证分析取消 158 项, 完成论证 322 项, 完成项与取消项的总和为 480 项。

按替代申请原因分类, 完成论证的项目有: 原物项不满足设计要求的项目共 43 项; 原厂家产品改型的 116 项; 原产品淘汰而采购不到备件的 76 项; 因采购不到备件而需要开辟

供货渠道的有 60 项, 厂家倒闭的有 10 项; 纯粹降低成本的有 9 项。

## 2. 2006 年完成的重要替代项目

### (1) RIS 电动头替代

两电站的 RIS075/085VB 电动头, 多次发生因力矩开关拒动引发电动头热继电器动作事件。RCA 分析认为故障根本原因为原阀门电动头 (SR 型) 受其自身机械传动设计的特性限制, 输出效率低, 进行阀门力矩关操作时电机输出功率接近极限, 致使输出力矩不够。并推荐 EDF 使用的 DR 型 K3 级电动头代替。TEN 与厂家 BERNARD 联系后获知: DR 系列 K3 级电动头已不生产, 准备用 K1 级替代。但在替代论证过程中发现, DR 型电动头不能满足电站的现场使用要求, 因为法国电站 DR 型电动头的力矩设定值仅为 158 Nm, 而在我厂的力矩设定值是 200 Nm, 已达该电动头的设计极限。后经过与电动头厂家和 FRAMATOME 联系, 最后选定原厂的 ST30 型 K3 级电动头进行替代。

### (2) GCT117/121VV 阀门限位开关替代

原物项在阀门开关过程中出现卡涩, 同时由于阀杆有时出现转动, 可能触发阀门关闭信号, 造成蒸汽发生器水位波动。选用核岛内使用的 CROUZET SP4522-50 型号的限位开关进行替代, 由 MIC, TEN 配合在现场试装, 可以满足现场要求。

### (3) 大亚湾核电站 RRB 系统 ZTN405 型温度开关替代

RRB 系统 1999 年进行了整体改造, 降低硼浓度, 同时硼酸溶液的温度定值也被下调, 要求温度开关的回差为 5~9℃。而原物项回差只能在 8~10℃, 不满足现场要求, 替代选用原厂家生产的 ZTN 415 CHM 型温度开关 (回差 5~12℃可调), 使用情况良好。

### (4) LOSVA008VV 球阀替代

原物项是软密封球阀, 不耐高温蒸汽, 现场出现泄漏。替代选用国产金属密封球阀, 密封座采用金属堆焊钴基合金材质, 阀杆密封材料采用柔性石墨, 单向密封, 能耐 400℃ 以下的高温介质环境, 满足系统设计的要求。

### (5) LBK/LBM/LBO/LCK 蓄电池组替代

原物项为法国 TXE 型开放式蓄电池, 电池内部析出的 H<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 带出的酸雾对极柱的腐蚀, 造成蓄电池的寿命较短, 替代选用沈阳东北蓄电池有限公司的核级 GFD 型蓄电池, 采用安全型极柱, 避免了沿极柱爬酸和漏气的弊病; 设计了防酸栓, 使酸雾不会逸到电池外部, 以保护极柱不受腐蚀, 延长了蓄电池的使用寿命。

### (6) L2ADG001VL 蝶阀替代

原阀门在使用过程中出现内漏, 而原供应商不能解决该问题。替代选用 ADAMS 公司的 MAK-16 型蝶阀, 使用效果良好。

### (7) D9SGZ820VZ 减压阀替代

原物项为成都川空阀门有限公司产品, 由于阀门密封面为合金钢, 容易刮伤, 现场出现因阀门泄漏而导致 SGZ 系统该减压阀下游压力增高的情况。与厂家联系, 厂家对产品进行了改进, 将密封面材料由合金钢改为氟塑料, 但现场还是出现泄漏, 替代后选用在大亚湾核电站有良好应用经验的 FISHER 减压阀。

### (8) FISHER 阀门润滑油替代

厂家提出原物项是非核级产品, 提出要我方认可是否可以满足现场使用要求, 经过多方论证, 证实需要经过鉴定的润滑油, 跟 EDF 联系重新选择润滑油, 满足核安全法规要求。

### (9) 两电站 TEU/TEP 系统记录仪替代

原型号为法国 CIS 公司 KS6P 型, 常出现打点紊乱、不走纸等现象, 且采购周期长, 替代选用川仪 S436506-H8/P2/HD 型记录仪, 解决现场问题, 并可节约成本 5 万元/台。

(10) L1/2CGR077/078LD/S 流量开关替代

该开关原物项测量弹簧容易损坏, 故障率高, 替代物项选用 FLOW-MON 公司生产的流量开关, 性能稳定。

(11) D9REA401/402ID/ST 温度控制器替代

原物项读取温度测量值时需要旋转温度设定值旋钮, 容易造成设定值的改变, 替代物项选用数字显示温控器。

(12) 双光柱指示仪替代

涉及两电站的 SKH, ACO, AHP, APU, CAR, CET, GGR, GFR, GHE, GRH, GSS 等系统, 相关功能位置有 200 多个。原物项淘汰。替代物项选用了国内产品。缩短了采购周期, 在节约成本上也有较大贡献, 由原来的近千英镑/台, 降低为 3 000 多元人民币/台。

### 3. 节约成本比较显著的项目

采购工程组通过物项替代, 全年为公司节约成本超过 1 000 多万元, 主要降低成本的有以下项目。

(1) SRMIC20060023: 大亚湾核电站和岭澳核电站 VVP 系统使用的电磁阀是 ASCO 美国工厂生产的 (NPX8316B75E 15273 48VDC 和 NPX8316B75E 18838 48VDC 两个型号)。该类备件采购价格高达 10 750 多欧元, 而且采购周期长, 替代品选择与 EDF 相同的产品, 即使用 ASCO 法国工厂 EFHTB316E44 型号的电磁阀替代了以上两个型号, 新物项的采购价格只有 786 欧元。平均每个电磁阀节约 1 万欧元。该产品在大亚湾核电站 10 年共领用了 9 个, 经推算, 在核电运行寿期内可以节约大概 60 万欧元。

(2) SRMIC20060068/69/70/71: 整体式导波雷达液位变送器替代 FISHER 浮筒式液位变送器。原物项采购成本大于 10 万元人民币, 而且维护成本很高。替代物项的采购平均成本为 5 万元人民币左右, 而且可以大大降低运行维修成本。现场共使用了 36 台此类产品, 预计在现场全部实施后可以节约 180 万元人民币。维护成本降低不好估算。

(3) SRMIC20060048: 两电站 TEU, TEP 系统使用的 18 台 6 通道的记录仪原厂家为是法国 CIS 公司, 采购单价约为 8.5 万元人民币; 替代物项选用川仪总厂有限公司的记录仪, 采购单价为 3 万元人民币, 共节约采购成本约 90 万元人民币, 且替代物项的运行情况比原物项好。

(4) SR TEN20060015: 两电站 DVN 系统 35 台风道加热器替代, 选用国产加热器替代进口加热器, 以每台平均节约成本 2 万元人民币计算, 节约采购成本 70 万元人民币。

(5) SRMSM20060049: L1/2RRI001/002/003/004RF 的钛板组件物项替代。岭澳核电站 RRI/SEC 热交换器没有钛板及垫片组件的备件, 无法进行 8 个运行周期后的热交换器钛板清洗及更换密封垫的工作。在采购原物项时, 厂家提出原型号的热交换器已经淘汰, 如果要恢复生产, 则一套钛板组件的报价为 120 万欧元; 同时厂家推荐了不同型号替代物项 (岭澳核电站二期所选用的新型号), 报价 70 万欧元。该变更通过 SRMSM20060049 进行了物项替代技术论证。通过对两种钛板组件热交换器在各种运行工况下的设计参数比较, 以及钛板本身的特性参数比较, 认为从性能及接口上是可以满足使用要求的, 同时通过 EDF 寻求到了类似的经验反馈。该项目审批完成后, 编写了通报 NNSA 的材料, 并得到 NNSA 的书面认可。新备件已采购, 与原始物项比较, 可节约成本 50 万欧元左右。

## 5.2.5 设备防腐

2006 年防腐科成功完成了电站所有日常和大修的防腐工作任务。尤其大亚湾核电站 1 号机组 CEX 水室衬胶改造、大亚湾核电站 1 号机组 CFI 系统 A 列旋转滤网的整体防腐、岭澳核电站 1/2 号机组 MX 防火涂料修复、核电站防腐选材导则建立、电站防腐维修合同改进、电站防腐大纲等重要项目的成功实施，为电站的安全生产做出了重要贡献。2006 年防腐工作主要归纳如下。

### 1. 完成电站防腐维修合同改进

电站防腐专业成立以来，防腐维修合同一直采用劳务支持的形式，承包商只提供劳务人员，缺乏内部管理和控制机制，无内部的安全和质量体系，这种劳务支持的合同形式不利于电站对承包商的管理，给电站防腐维修带来很大弊端。2006 年通过项目招标，把电站防腐维修合同由劳务支持的形式变为了项目的形式，承包商有自己独立的组织机构及安全、质量体系，使电站对防腐维修承包商的管理更加规范。

### 2. 继续实施并完善电站防腐大纲

2006 年在防腐科和苏州热工院防腐工程师的共同努力下，在计划、维修等部门的积极配合下，共执行并完成电站防腐大纲预防性维修项目 800 多项，预防性维修发现的设备腐蚀问题都得到了有效的消除和反馈。在防腐大纲执行的同时，还对大纲本身进行了维护和优化，使电站防腐大纲日趋完善。

### 3. 顺利完成全年的日常防腐工作任务

2006 年防腐科共收到工作票 3 392 多张，比 2005 年有较大幅度增加（见表 5.2.5-1）。在大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修结束时日常周转票一度积压到 800 张左右，防腐科在熟练的大合同人员流失严重，人力比较紧张的情况下，强化内部管理，制订消票措施，使日常周转票数量大大降低并得到了及时有效的处理。

表 5.2.5-1 最近 5 年防腐工作票的数量对比

年份	2002	2003	2004	2005	2006
工作票数量	895	1 892	2 253	2 400	3 392

在及时处理一般性的日常防腐工作的同时，防腐科还进行了如下重要防腐工作项目。

#### (1) 岭澳核电站 MX 钢结构防火涂料的修复

岭澳核电站 1/2MX 钢结构防火涂料的修复工作是 2006 年日常防腐工作的重点。项目工程师在进行每一个现场工作时都召集项目组成员进行充分的风险讨论，在现场认真落实每一项安全措施，才使得该工作得以持续正常开展。目前已完成整个防火涂料修复工作量的 1/3，所有修复后的防火涂料质量较好，未发现明显的缺陷。

#### (2) 核电站防腐选材导则建立

核电站防腐选材导则建立是防腐科 2006 年进行的中长期项目，该导则的建立总结了运行中的大亚湾核电站和岭澳核电站的防腐选材并针对选材设计不尽合理之处提出了一些改进建议，为今后新建核电项目的防腐选材提供了参考。目前已完成 BOP 部分选材导则的编写。

#### (3) 大亚湾核电站 PX 泵站的防腐整治

为了彻底改变大亚湾核电站 PX 泵站的面貌，继土建处对一些墙体的裂缝进行了修复，

CIT 更换一些腐蚀严重的通信设备, MEE 更换锈蚀严重的电缆槽架之后, 防腐科 2006 完成了泵站构筑物和设备的防腐工作, 使 PX 泵站面貌较原来有了很大的改观。

#### (4) LICRF 出口管线测温套管腐蚀原因分析和替代材料论证

岭澳核电站 1 号机组第四次大修中发现 LICRF 出口管线测温套管腐蚀严重, 2006 年防腐科对 LICRF 出口管线测温套管腐蚀原因进行了分析并对替代材料进行了论证, 在岭澳核电站 2 号机组第四次大修中首先对 2 号机组的测温套管用更耐腐蚀的材料进行了更换。

#### 4. 成功完成全年大修防腐工作任务

2006 年大修中完成了如下一些重要的防腐项目。

- (1) 大亚湾核电站 1 号机组凝汽器水室衬胶改造。
- (2) 大亚湾核电站 1 号机组 CFI 系统 A 列旋转滤网的整体防腐。
- (3) 大亚湾核电站 1 号机组和岭澳核电站 1 号机组粗格栅防腐防污。
- (4) 大亚湾核电站 1 号机组 GGR 油室的防腐。
- (5) 大亚湾核电站 1 号机组反应堆大盖整体防腐。
- (6) 岭澳核电站 1 号机组碎石过滤器更换牺牲阳极。
- (7) 岭澳核电站 1 号机组凝汽器水室衬胶修复。

在大修中, 防腐工作严格控制安全、质量、进度, 对现场发现的腐蚀问题, 及时响应, 实现了在历次大修前的各项承诺。

#### 5. 进行岭澳核电站二期生产准备

2006 年生产准备方面主要完成以下工作。

- (1) 审核岭澳核电站二期生产准备总体规划防腐相关部分。
- (2) 向工程公司岭澳核电站二期项目进行防腐经验反馈共计 14 项, 其中已得到答复 8 项, 基本都接受了建议。
- (3) 确认岭澳核电站二期防腐工程参与项目, 包括凝汽器水室内壁防护、CRF 碎石过滤器及与凝汽器相连 CRF 管道加装阴极保护、TER 储罐防腐、GGR 油室内壁防腐涂装 4 个项目须分别在设计、建造、安装等阶段进行工程参与。
- (4) 参加了岭澳核电站二期 T/G 包第二期设计培训冷凝器防腐相关的设计培训。
- (5) 参与岭澳核电站二期 SEC 系统管道阴极保护设备采购评标工作。

防腐专业在设计、建造、安装等阶段进行工程参与, 将会把运行机组设备腐蚀问题及时反馈到岭澳核电站二期中, 使岭澳核电站二期设备在工程建设阶段采取更加有效的防腐蚀设计和防腐方法。

### 5.2.6 电站厂房及相关构筑物维护

电站厂房及相关构筑物的维护, 主要包括预防性维修检查 (PM 票), 纠正性维修 (CM 票), 改造项目 (EP 票) 和服务支持 (GS 票)。

#### 1. 日常土建维修和改造

2006 年度, 两电站日常维修共完成工作票 2 392 张, 其中建筑物的油漆修补有 173 张, 工程项目有 44 张。主要项目有: 厂区建筑物/构筑物变形监测、建筑物屋面/外墙/地下室/廊道漏水处理、建筑物预防性维修检查、混凝土结构裂缝修补、油漆修补、防台风加固、两电站进水口拦污网清理、北龙处置场整修、大亚湾核电站新建制氢站改造、大亚湾核电站 11X24 m 办公室装修等项目。

## 2. 大修土建项目

(1) 大亚湾核电站 1 号机组第十一次换料大修, 共完成 171 张工作票。主要项目有: 安全壳压力试验变形监测和内外观检查; 反应堆堆坑内不锈钢楼梯改造; PX 泵站混凝土开裂修补; GTM 改造混凝土墙及楼板开孔、封堵; 配合 APG 系统改造拆除和恢复混凝土支座、制作储罐临时存放架; 海水循环冷却水出水口改造等项目。

(2) 岭澳核电站 2 号机组第三次换料大修, 共完成工作票 79 张。主要项目有: 厂房变形监测; L2EAS002PO 泵坑底部安装堵板及泵坑防腐; RX 厂房气闸门与环廊间隙过大处理; 完善 RX 厂房内燃料通道的隔离; 配合 L2ARE 管线减振支架安装; 2APP133/233VL 阀门安装永久检修平台等项目。

(3) 岭澳核电站 1 号机组第四次换料大修, 共完成工作票 61 张。主要项目有: 厂房变形监测; L1RIS002PO 泵坑底部安装堵板及泵坑防腐; RX 厂房气闸门与环廊间隙过大处理; L1ARE055/059/063-150-DZ02 管线改造安装阻尼器支架; 预应力廊道出入口竖井伸缩缝漏水处理等项目。

## 3. 重要土建改造和维修项目

### (1) 大亚湾核电站 CC 出水口改造

CC 出水口是大亚湾核电站循环冷却水 (CRF) 向外海排放的出口。CC 出水口改造项目 2 号机组已经在 2 号机组第十一次大修期间完成。1 号机组改造前对 2 号机组改造进行了总结, 在施工及设计方面均进行了优化: 为了保证虹吸井水位, 在上下层流道间增加了通气管, 当虹吸井水位低于 +5.30 mPRD (珠江口海平面) 时通气管进气, 减少了主流道过流量, 从而稳定了虹吸井水位; 拆除了底层流道调节闸梁, 加大了压力出流比例, 提高了消泡效果; 对主流道向上窄缝进行半封堵; 在锚杆、斜板浇注、人孔等施工方案进行了改进; 为了机组运行安全, 在 1 号机组停机前, 在渡槽入口增加了 2 m 高的临时钢管闸梁。

本工程于 2006 年 3 月 11 日开工, 同年 5 月 8 日竣工。由中国水利水电科学研究院承担水工模型试验、广东省电力设计研究院设计、广州救捞局总承包、深圳华兴建设有限公司分包土建工程。在大亚湾核电站 1 号机组第十一次换料大修中, 顺利完成了 1 号机组出水口的改造任务。

2006 年 5 月至 7 月, 化学环保处与土建处对改造效果进行了初步观测评估: 盐雾问题根本解决, 为附近 LGR 辅变、TB 开关站电气设备、保卫边界铁丝网等安全运行创造了良好的环境条件; 同时节约了附近设备、厂房的防腐费用; 虹吸井水位波动幅度相对减少; 消除了水跃消能噪声; 改造后整体消泡效果良好, 节约了消泡剂消耗量。

### (2) 大亚湾核电站 1LX24 m 办公室装修改造

大亚湾核电站 9LX24 m 增建一层办公室后, 原来的 1LX24 m 会议室需改造为办公室, 原来的办公室、卫生间等因办公条件较差需重新进行装修。

改造方案是在原会议室内隔出一个走廊, 并与 9LX 新建的办公室连通, 原卫生间内增设一个女厕所等。本工程由土建处负责设计, 由深圳华兴建设有限公司承建, 于 2006 年 6 月 15 日开工, 同年 9 月 28 日竣工。目前这些办公室作为大亚湾核电站日常生产项目组现场办公用。

### (3) 岭澳核电站 YA/ZC/VA/SA/UA/AL/AD 等屋面防水更新改造

岭澳核电站 YA/ZC/VA/SA/UA/AL 等六栋建筑物屋面防水层由于原施工质量及材料老化等原因已经失去了防水功能, 在雨季来临时屋面渗水严重, 给厂房的正常使用及机组的安



全运行造成了影响,经研究决定对上述建筑屋面防水进行更新改造。

六栋建筑物屋面总面积约  $3\,877.10\text{ m}^2$ ,为便于施工管理,减少协调工作量,将上述建筑物的屋面防水施工进行打包招标。该项目自 2005 年 11 月 23 日开始立项,2006 年 2 月 10 日开标,通过对所有投标单位提交的方案进行评比,结合考虑报价因素,最后由深圳市卓宝建筑工程公司中标。2006 年 3 月 17 日开工,同年 7 月 10 日竣工验收。

防水构造层次由下往上依次为:混凝土屋面结构板,结构板裂缝处理,水泥砂浆找坡层,2 层 3 mm 厚 BAC 改性沥青自粘防水卷材,25 mm 厚挤塑泡沫板隔热层,40 mm 厚 C20 细石混凝土(内配直径 4 mm,间距 200 mm 的钢筋网片)保护层。

该项目因现场开工时间邻近雨季,电站要求争取在雨季到来之前完成施工,因此合同要求的工期较短(60 天)。尽管承包商采取了相应措施加快施工进度,施工期间还是在一定程度上受到了雨水天气的影响,给施工带来了一定困难,尤其是该承包商初次进入核电站施工,对电站的相关程序和政策不太适应,以及施工队伍的不完善,也给施工进度、质量控制增加了难度。

岭澳核电站档案馆 LAD 由于原屋面防水层失效而漏水严重。为有效保护各种档案资料,需对该建筑屋面防水进行更换改造。该改造项目主要内容为拆除原屋面的防水层、隔热层、找平层等,露出屋面结构层,对结构板的裂缝和女儿墙根部进行修补后重新做防水层,对空调室外机机座进行加固处理,对屋面排水分区重新布置,增加 8 个排水口。

该项目由深圳华兴建设有限公司负责施工,2006 年 6 月 30 日现场开工,同年 9 月 20 日竣工。总面积约为  $1\,214\text{ m}^2$ 。屋面防水改造完成后效果良好,到目前为止,未发现渗漏问题。

#### (4) 大亚湾核电站制氢站改造

大亚湾核电站原来使用的制氢系统是法国 30 年代的产品,技术落后,设备老化,大部分备件已无法采购到,该系统的可用率非常低,且存在较多安全隐患。为解决上述问题,电站决定在大亚湾核电站厂区内新建一个制氢站。新建制氢站位于电站 UA 范围内,铅酸蓄电池充电与检修间(AE)厂房东侧,分为制氢厂房、储罐区、输氢管道三个部分。制氢厂房建筑面积约  $100\text{ m}^2$ ,为单层钢筋混凝土框架结构,桩基础,高度约 4 m。储罐区建筑面积约  $250\text{ m}^2$ ,单层钢框架结构,桩基础,高度约 4 m。输氢管道从老制氢站(YA 东侧)到新制氢站,通过地下管廊连接。全长约 300 m。

该建筑物由东北市政设计院负责设计,由惠阳建筑工程公司深圳分公司完成施工。2005 年 11 月开工,2006 年 6 月竣工验收。

#### (5) 大亚湾核电站 1 号机组反应堆堆坑不锈钢楼梯改造

大亚湾核电站 1 号机组在实施反应堆大盖更换改造后,打开大盖时须使用整体螺栓拉伸机,使得大盖上一个风管连接段需安装到可拆卸的 RRM 风管上,这样堆坑内的楼梯上部分的梯段、栏杆和扶手都会影响 RRM 风管可拆卸段的整体吊装。为便于可拆卸 RRM 风管段的整体吊装,需对影响 RRM 风管整体吊装的楼梯段进行改造。改造方案是将该楼梯段外侧梯梁、栏杆和扶手向内侧平移 14 cm 左右,缩短相应踏步板长度。

该改造项目由土建处自己设计,由华兴维修队负责实施。由于改造现场位于堆坑,有较大的人员坠落、落物砸坏堆坑不锈钢底板和堆坑法兰等重要设备、异物掉入堆坑内、人员沾污、焊接作业引发火灾等风险,施工时间窗口也比较紧张。根据大修指挥部要求,施工前进行了详细的风险分析并采取相应的预防措施,确保在按计划完成改造任务的同时,不发生工

业安全、辐射防护的事件。

改造实施期间，改造施工人员严格按施工方案执行，并邀请工业安全和辐射防护人员进行现场监督和指导，最终保证改造任务的顺利完成。大大缩短了换料大修期间拆除和安装 RRM 风管的时间，也减少了因拆除和安装 RRM 风管在堆坑内搭设脚手架的工作而带来的辐射剂量的摄取。整个改造过程没有发生一起工业安全和辐射防护事件。并且该项目还得到工业安全关于大修项目良好作业现场的通报表扬。

## 5.2.7 在役检查和金属监督

2006 年大亚湾核电站 1 号机组进行了第十一次大修、岭澳核电站 1 号机组进行了第四次大修，电站 BOP 系统进行了年度检修，在役检查与检修同步进行。同时，TTS 还开展了多项金属老化管理项目的工作。

### 1. 核岛在役检查

#### (1) 大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修在役检查

1 号机组第十一次大修是第一次完整实施在役检查项目的十年大修，其主要检查项目包括：反应堆压力容器 MIS 机检查，一回路水压试验及水压试验期间的在役检查，压力容器顶盖及控制棒驱动机构检查，RIC 指套管涡流检查，压力容器螺栓螺母检查，RCCA 涡流检查，三台蒸汽发生器全部传热管涡流检查，一回路主管道焊缝目视检查及支管焊缝渗透检查，蒸汽发生器进出口管道焊缝及稳压器焊缝射线检查，两台蒸汽发生器水室堆焊层 CCTV 检查及稳压器内壁、蒸汽发生器和稳压器人孔螺栓螺母及螺栓孔环带检查，蒸汽发生器二次侧管板清洁度检查，RCV，RIS，RRA，EAS 系统管道焊缝检查，容器和热交换器目视检查等。

反应堆压力容器 MIS 机检查：役前检查和在役检查发现的缺陷，此次检查也检测到，未发现缺陷有明显变化，所发现的几个未达到分析阈值的新缺陷，是因为探头改变或增加引起，不存在影响安全的缺陷存在。

指套管涡流检查：在 37 根 RIC 指套管上，共检验出 58 处记录显示，其中最大磨损量为 37% 壁厚，按程序规定，所有缺陷均未达到要移位或堵管标准。蒸汽发生器全部传热管涡流检查，在 3 号蒸汽发生器检查中发现 2 个壁厚磨损缺陷，其中最大磨损为 30% 壁厚，确定下次大修跟踪检查。

#### (2) 岭澳核电站 1 号机组第四次大修在役检查

主要检查项目有：蒸汽发生器传热管涡流检查，指套管涡流检查，压力容器螺栓螺母检查，顶盖及控制棒驱动机构检查，稳压器焊缝检查，“Farley Tihange”现象（RIS 与 RCP 连接处由于冷热混流造成疲劳裂纹的现象）管道及焊缝检查，蒸汽发生器二次侧管板清洁度检查，容器和热交换器检查。主要检查结果如下。

在 1 号蒸汽发生器的 1 根传热管上发现 1 个磨损为 10% 壁厚的新缺陷显示，将按正常的检查计划进行跟踪检查。其他蒸汽发生器传热管未见异常。指套管涡流检查，在 8 根 RIC 指套管上，共检验出 12 处记录显示，其中最大磨损量为 28% 壁厚，将按正常的检查计划进行跟踪检查。控制棒驱动机构 CRDM 的 K14 上部密封  $\Omega$  焊缝发现有泄漏痕迹，已进行了焊接修复，修复后检查合格。

### 2. 常规岛及 BOP 系统在役检查

2006 年度进行的两次大修中，均按相应机组在役检查大纲的要求对机械部件实施了在

役检查。日常期间按大纲要求对两座核电站 BOP 系统辅助锅炉及压力容器进行了在役检查。

各次大修在役检查的主要项目有：汽轮发电机部件检查（解体的金属部件和轴瓦、推力瓦、密封瓦、汽阀、汽轮机转子叶片、围带连接片，汽动、电动给水泵零部件），压力容器检查（汽、水、油、风、氢等系统压力容器和主蒸汽联箱检查，压力容器水压试验），凝汽器检查（钛管涡流检查）。根据 FAC（汽水管道流体加速腐蚀）原理开展的管件测厚检查。根据机械冲刷的外部反馈对 DI 和 KD 孔板下游管件的检查。根据调查确定的具有振动破坏风险的管线检查。主要检查结果如下。

在 D1AHP602RE（高压加热器）入口管座焊缝上发现一条长 25 mm 的裂纹，打磨 2.5 mm 后裂纹消失，缺陷未导致设备安全等级下降。D1STR001TX（蒸汽转换器）水侧内壁 5 条焊缝和封头母材表面发现大量裂纹，经评估后设备停用，并采购备件实施替代。

### 3. 金属老化管理

#### (1) 反应堆压力容器材料辐照监督试验

2006 年完成了大亚湾核电站 1 号机组辐照监督管（Z 管）的各项试验，并进行了试验结果验收；同时，在 2006 年还完成了岭澳核电站 1 号机组辐照监督管（U 管）切割、试样分拣、阴阳面确认、温度探测器检查等工作。

#### (2) 金属失效分析

完成 16 项金属设备失效分析工作。主要包括 L2RRI318VN 阀杆断裂原因分析、D2LHQ287VA 安全阀断裂分析、D1RCV001PO 电机侧螺栓断裂分析、D1LHP751LP 压力表接头失效分析、D9TEP004BA 地脚螺栓断裂分析、L1LHQ651LP 柴油机温度计套管断裂分析、L2GHE201PO 螺杆表面损伤失效分析报告等。

完成 42 件金属设备表面损伤形貌金相复型及深度测量。完成 780 片末级叶片水蚀程度目视检查、50 片叶片的表面金相复型及拍照存档，编写 1 篇水蚀检查报告。

#### (3) 金属设备化学成分分析与硬度测量

2006 年，规范控制科完成 102 件金属零部件的化学成分分析及硬度测量，主要包括 L2RRI318VN 阀杆、L2GHE201PO 转轴、D1LHP751LP 压力表接头、L1LHQ651LT 保护套等设备。

### 4. 焊接及水压试验

2006 年顺利地完成了大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修、岭澳核电站 1 号机组第四次大修以及日常生产的焊接管理及水压试验的相关工作。

#### (1) 核岛焊接工艺评定

2006 年，对 9 项核岛焊接工艺进行了工艺评定试验。同时针对大亚湾 1 号和 2 号机组的发电机 GST 系统频繁出现泄漏故障，实施了 TIG 焊接工艺进行钎焊接头修补的工艺试验。该项工艺试验的成功不仅为发电机接头泄漏处理增加了修复手段，而且在质量、风险控制等方面均比传统的修复工艺有了明显的提高。

#### (2) 焊工资质管理

2006 年共完成 93 项核岛焊工的取证及延证考核，组织淮南核电检修公司、清河检修公司、山东检修公司的焊工进行入厂前的适应性练习及考核。参与大修和日常维修工作的焊工，其焊接资质均符合要求，有效地保证了现场的焊接质量，并实现了产品焊缝工艺一次合格率高于 98% 的可喜成绩。

#### (3) 主要焊接活动

完成岭澳核电站1号机组第四次大修控制棒驱动机构CRDM的K14上部密封焊缝泄漏堆焊处理,包括修复方案的评估确定、焊接工作文件、焊工资质、焊接填充材料的审查,质量监督产品见证件的焊接及液体渗透探伤,K14上部密封焊缝堆焊全过程的焊接质量控制及液体渗透探伤检查结果的确,产品见证件及K14上部密封焊缝的堆焊均一次焊接成功。

完成岭澳核电站1号机组ARE054/058/062VL阀体铸造缺陷的射线探伤检查,确定超标缺陷的处理方案,阀体经焊接修复处理后,质量满足要求。

完成大亚湾核电站1号机组APP101/102JD及APA101/102JD膨胀节更换的焊接、热处理、无损探伤的方案制定的质量监督。

完成大亚湾核电站2号机组第十一次大修三台冷凝器的进、口水室改造焊接质量监督及无损探伤检查。

#### (4) 水压试验

完成岭澳核电站1号机组第四次大修、大亚湾核电站1号机组第十一次大修一回路水压试验,大亚湾核电站1号机组第十一次大修除氧器水压试验及核岛、常规岛其他八台压力容器的水压试验工作。试验过程严格按规程和质量计划的要求执行,试验过程进展顺利。并在不同的压力平台压力容器本体和试验边界进行了全面检查,未发现任何泄漏,试验合格。

## 5.3 质量保证

2006年,质保处按年度计划实施了内外部监查、环保内审、专项监督、大修监督、专题项目改进、行动跟踪和培训。

按照风险指引的理论,综合考虑DNMC主要部门质量管理状况、安全生产和大修计划以及处内人力资源等因素,质保处制订了2006年年度内部监查计划。外部监查计划的制定,则主要考虑了供应商及承包商提供的物项和服务对电站安全生产方面的影响。

在制定环保内审计划时,质保处根据2005年环境内审情况,对2006年DNMC环保内审继续进行优化,按照环境要素对整个公司进行一次环保内审。

专项监督、大修现场监督及专题项目改进计划,则主要针对目前电站安全生产及大修管理中的薄弱环节、管理层关注的焦点制定。

### 1. 处内组织管理

正式启动了岭澳核电站二期生产准备质保工作,设立了生产准备质保组专职机构,完成了岭澳核电站二期生产准备质保大纲的编写和审批工作。

### 2. 监查计划和环保内审计划的完成情况

2006年共按计划完成17次内部监查、1次环保内审和4次外部监查,1次外部监查因被检查方组织机构正在调整而取消。

### 3. 专项监督计划的完成情况

按计划完成14次专项监督。根据工作需要,将计划内的1项专项监督调整到2007年执行。另外,还完成计划外的35次专项监督。

### 4. 大修现场监督的执行情况

组织参加了岭澳核电站2号机组第三次大修、1号机组第四次大修和大亚湾核电站1号机组第十一次大修。这三次大修中,质保处共完成现场监督1859次,发现较严重的质量缺

陷 120 个, 次要缺陷 271 个。另外, 岭澳核电站 2 号机组第四次大修前期的质保准备工作也按计划完成。

#### 5. 供应商评审工作

2006 年, 质保处共对 20 家 I 类潜在供应商进行预审; 对 16 家潜在供应商进行源地评审, 确认了其中 15 家的资格。另外, 审查 II 类潜在供应商 9 家, 确认了其中 7 家的资格。

#### 6. 运营管理公司管理程序审查

2006 年, 质保处审查了 80 份运营管理公司管理程序, 对部分程序的内容提出了相应的修改意见, 确保了管理程序质量。

#### 7. 行动跟踪

2006 年, 质保处共发出 SCAR 1 个, HCAR 两个, 关闭 HCAR 6 个, 目前遗留 1 个 SCAR、两个 HCAR 未关闭。截至 2006 年 12 月底共发出 CAR 86 个, 关闭 CAR 110 个, 尚有 81 个 CAR 未关闭。截至 2006 年 12 月底共发出 OBN 86 个, 关闭 OBN 74 个, 遗留 77 个 OBN 未关闭。2006 年质保处共验证重要会议行动 84 项, 按期验证率为 98%。

#### 8. 流程优化工作

2006 年开展了两批流程优化的工作, 完成了备件、工具和发电规划领域的流程优化工作, 在役检查、性能试验、物项替代、工程改造领域的流程优化工作也基本完成, 将于 2007 年 1 月完成流程文件的切换工作。

#### 9. 人员培训

2006 年质保处按计划完成了相关的授权培训和专项培训。人员年度培训比率为 6.96%, 质保处还组织了适当的外培项目以提高质保人员的专业技能。质保处还承担了工程公司、红沿河公司 3 名质保人员的委托培训工作。

#### 10. 紧密研究 IAEA “新法规体系”, 主动与国内外同行开展交流

2006 年 8 月, IAEA 颁布了新法规“管理体系”, 以取代原来的 IAEA 50-C-Q。为帮助相关人员了解和掌握新法规的主要内容, 质保处邀请专家来大亚湾核电基地开展了专题讲座, 并派代表参加了 IAEA 在武汉举行的 IAEA 新法规研讨会。

另外, 质保处还在大亚湾核电基地与日本电厂代表团、宜宾核燃料元件厂、秦山三期、中国原子能科学研究院进行了交流, 并派代表参加了核电质保专委会、六电厂交流会和泛珠三角地区质量论坛大会。通过交流, 质保处学到了同行的不少良好实践。

#### 11. 不断培育员工质量意识

由质保处牵头成立的运营管理公司质量管理兴趣协会不断发展壮大, 会员已由成立初的 78 名会员发展到 170 名, 在公司内外产生了一定影响。2006 年度, 质量管理兴趣协会协助出版了《核电人》切尔诺贝利事故 20 周年专刊, 多次开展质量管理知识的宣传培训工作, 主动为电气处、发电规划处、技术支持处、转机处及承包商兄弟单位开展培训与交流工作。另外, 质保处还利用在培训中心讲 QA/QC 课程的机会, 不断培育员工的质量意识。

## 5.4 环境管理

大亚湾核电站、岭澳核电站现场 4 台机组统一进行放射性废气、废液排放管理, 统一采用排放年限值 (见表 5.4-1)。

表 5.4-1 4 台机组的年限值

分析项目	液态非 <sup>3</sup> H 核素/GBq	液态 <sup>3</sup> H/TBq	惰性气体/TBq	碘/GBq	气溶胶/GBq
排放年限值	700	145	1 140	34.2	3.8

2006 年两电站 4 台机组排放结果见表 5.4-2。

表 5.4-2 2006 年两电站放射性流出物排放结果

	液态非 <sup>3</sup> H 核素		液态 <sup>3</sup> H		惰性气体		卤素		气溶胶		气态 <sup>3</sup> H
	排放量/ GBq	占年 限值/%	排放量/ TBq	占年 限值/%	排放量/ TBq	占年 限值/%	排放量/ MBq	占年 限值/%	排放量/ MBq	占年 限值/%	排放量/ TBq
GNPS	0.896	0.128	57.1	39.35	2.34	0.205	16.9	0.049	5.11	0.13	0.828
LNPS	0.291	0.042	50.1	34.59	1.90	0.167	6.0	0.018	6.40	0.17	0.548
合计	1.187	0.170	107.2	73.94	4.24	0.372	22.9	0.067	11.51	0.30	1.376

注：液态非<sup>3</sup>H 核素包括<sup>110m</sup>Ag, <sup>58</sup>Co, <sup>60</sup>Co, <sup>137</sup>Cs, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>54</sup>Mn, <sup>124</sup>Sb 等人工放射性核素。

## 5.4.1 放射性废气排放与管理

### 1. 大亚湾核电站

2006 年惰性气体排放量为 2.34 TBq，与 2005 年相比基本持平，平均排放浓度为 865 Bq/m<sup>3</sup>。

卤素排放量为 16.9 MBq，比 2005 年升高了 35.4%。主要原因是，2006 年 5 月和 6 月份，9REN741 和 742VY 内漏导致微量一回路液体进入地坑 9RPE002PS，其中<sup>131</sup>I, <sup>133</sup>I 等易挥发物质进入空气，经 DVN 系统排入环境。上述传输途径，通过对该地坑、烟囱及其他房间进行多次气液态取样、分析，得到证实，并排除了 TEG 系统泄漏的可能性。11 月和 12 月电站进行了部分系统的碘过滤器实验也对卤素的排放量有一定的贡献。卤素的平均排放浓度为 6.25 mBq/m<sup>3</sup>。

2006 年气溶胶排放量为 5.11 MBq，比 2005 年下降了 6.8%，平均排放浓度 1.89 mBq/m<sup>3</sup>。全年气态<sup>3</sup>H 排放量为 0.828 TBq。

2006 年废气排放总体积为  $2.70 \times 10^9$  m<sup>3</sup>，TEG 含氢废气排放 9 罐·次。ETY 排放 38 次，1 号和 2 号机组平均排放间隔时间分别为 17.6 天和 17.4 天（已除去机组大修时间，下同），全年 1ETY 泄压排放用时 30.1 h，2ETY 泄压排放共用时 34.3 h，均低于“运行技术规范”中 ETY 全年泄压时间小于 80 h 的标准。

通过连续排放途径排放的惰性气体占总排放量（活度）的 99.0%，ETY 占 0.97%，TEG 占 0.03%。

### 2. 岭澳核电站

2006 年惰性气体排放量为 1.90 TBq，比 2005 年升高了 5.6%，平均排放浓度为 561 Bq/m<sup>3</sup>。

2006 年卤素排放量为 6.00 MBq，比 2005 年下降了 18.8%，为历史最低水平。卤素的平均排放浓度 1.77 mBq/m<sup>3</sup>。

2006年气溶胶排放量为6.40 MBq,比2005年下降了15.2%,平均排放浓度1.89 mBq/m<sup>3</sup>。全年气态<sup>3</sup>H排放量为0.548 TBq。

2006年废气排放总体积为 $3.39 \times 10^9$  m<sup>3</sup>,TEG含氢废气排放5罐·次;ETY排放37次,1号和2号机组平均排放间隔时间分别为20.8天和15.9天,全年1ETY泄压排放共用时30.1h,2ETY共用时39.6h,均低于运行技术规范中ETY全年泄压排放时间小于80h的标准。

通过连续排放途径排放的惰性气体占总排放量(活度)的97.52%,ETY占2.7%,TEG占0.01%。

## 5.4.2 放射性废液排放与管理

### 1. 大亚湾核电站

#### (1) TER 排放情况

2006年核岛废液排放系统(TER)共排放66罐·次,排放废液体积为27.7 km<sup>3</sup>。2006年液态非<sup>3</sup>H核素的排放量为0.896 GBq,为历史最低,平均排放的放射性浓度为32.4 kBq/m<sup>3</sup>。其中核素成分以<sup>110m</sup>Ag,<sup>60</sup>Co,<sup>58</sup>Co为主,分别占总排放量的36%,37%和8%。<sup>110m</sup>Ag全年排放量为0.33 GBq,比2005年0.67 GBq下降了50.7%。

液态<sup>3</sup>H核素的放射性排放量57.1 TBq,占年限值的39.35%,比2005年下降了8.5%。液态<sup>3</sup>H平均排放浓度为2.06 GBq/m<sup>3</sup>。

#### (2) SEL 排放情况

常规岛废液收集系统(SEL)全年排放废水130罐,体积为55.7 m<sup>3</sup>,排放体积比2005年下降了25%。全年SEL无特殊排放。每罐SEL废液取100 mL作为月度混合样进行分析,测量项目有γ谱、总γ、<sup>3</sup>H等,所有非<sup>3</sup>H核素均低于方法探测限。由于主蒸汽回路(VVP)中能检测到较低水平的<sup>3</sup>H,因此,SEL废液中有时也能测到略高于方法探测限( $4.00 \times 10^4$  Bq/m<sup>3</sup>)的<sup>3</sup>H。

### 2. 岭澳核电站

#### (1) TER 排放情况

核岛废液排放系统(TER)共排放27罐·次,排放废液体积为10.0 km<sup>3</sup>。全年液态非<sup>3</sup>H核素的排放量为0.291 GBq。非<sup>3</sup>H核素平均排放浓度为29.0 kBq/m<sup>3</sup>。本年非<sup>3</sup>H核素成分以<sup>110m</sup>Ag,<sup>58</sup>Co,<sup>60</sup>Co为主,分别占总排放量的40%,23%,16%。<sup>110m</sup>Ag全年排放0.113 GBq,为2005年的0.033 GBq的3.42倍。<sup>110m</sup>Ag排放量近两年来增加较快,应引起关注。

液态氙排放50.1 TBq,占年限值的34.59%,比2005年上升17.1%。液态<sup>3</sup>H平均排放浓度为5.00 GBq/m<sup>3</sup>。

#### (2) SEL 排放情况

2006年常规岛废液收集系统(SEL)全年排放废水170罐,排放体积为68 817 m<sup>3</sup>,排放体积和罐次与2005年基本相当。由于主蒸汽回路(VVP)中能检测到较低水平的<sup>3</sup>H,因此SEL废液中有时也能测到略高于方法探测限( $4.00 \times 10^4$  Bq/m<sup>3</sup>)的<sup>3</sup>H。全年SEL废液中未检测到非<sup>3</sup>H外的人工放射性核素。对月度混合样进行<sup>3</sup>H和γ谱分析,结果均无异常。

### 5.4.3 中低水平放射性固体废物处理

#### 1. 2006 年放射性固体废物管理情况

##### (1) 放射性固体废物货包产生量统计

统计结果见表 5.4.3-1。

表 5.4.3-1 放射性固体废物货包产量统计表 (两台机组)

m<sup>3</sup>

电站	目标值	卓越值	2005 年	2006 年	近三年平均	现库存总量
大亚湾核电站	160	140	158.42	134	149.9	2 158.22
岭澳核电站	140	120	99.07	116	104	395.03

##### (2) 放射性固体废物货包产生量组成情况

组成情况见表 5.4.3-2。

表 5.4.3-2 放射性固体废物货包产生量组成情况 (两台机组)

m<sup>3</sup>

电站	年份	浓缩液	废树脂	淤积物	水过滤芯	检修废物
大亚湾核电站	2005 年	18	60	0	9.22	71.20
	2006 年	20	24	4	10.61	75.39
岭澳核电站	2005 年	0	18	0	14.06	67.01
	2006 年	18	50	4	6.8	37.2

从表 5.4.3-1 和表 5.4.3-2 可看出,在其他种类废物的产量已日趋平稳的情况下,大亚湾核电站放射性固体废物产量有所下降,主要是废树脂货包产生的少。2005 年 9 月更换的 D9TEP006ED 高剂量树脂需要衰变,没有处理高剂量废树脂。故 2006 年高剂量树脂累计较多,而且在固化过程中由于配比等各种原因,导致约有 3.22 m<sup>3</sup>的废物树脂暂存于高剂量罐中没有处理。

岭澳核电站的固体废物产量高于前两年的产量,主要是放射性废树脂固化大大增加了废物产量,这主要是由于电站延伸运行,利用 TEPO05DE, TEPO07DE 对一回路除硼使得这些除盐床失效,同时由于 L2RCV001DE 除盐床树脂排放阀 L2RCV274VP 内漏处理需要,更换了 L2PTR001DE 产生了较多的放射性废树脂。

岭澳核电站技术废物产生量比 2005 年度有大幅度的降低,说明了现场人员的废物控制意识有所增强,同时由于超级压缩机在岭澳核电站投入使用,也在后期的处理过程中减少了 14.7m<sup>3</sup>的产量。

(3) 2006 年放射性废物处理使用包装容器情况  
使用包装容器情况见表 5.4.3-3。

(4) 2006 年放射性原生废物产生量组成情况  
产生量组成见表 5.4.3-4。



表 5.4.3-3 放射性废物使用包装容器情况 (两台机组)

桶

电站	包装容器	浓缩液	废树脂	淤积物	水过滤芯	检修废物	总计
大亚湾 核电站	C1	10	12	2	1	0	25
	C4	—	—	—	7	—	7
	208L	—	—	—	1	359	360
岭澳 核电站	C1	9	25	2	1	6	43
	C4	—	—	—	4	—	4
	208L	—	—	—	0	190	190
	400L	—	—	—	—	63	63

表 5.4.3-4 放射性原生废物产生量组成情况统计 (两台机组)

废物类型	大亚湾核电站	岭澳核电站
浓缩液/m <sup>3</sup>	3.85	3.46
放射性废树脂/m <sup>3</sup>	4.86	7.96
淤积物/m <sup>3</sup>	0.7	0.7
水过滤器/个	30	18
可压缩废物/桶	359	190
不可压缩废物/桶	1	0
废油/L	130	300
碘过滤器/个	35	23
高效过滤器/个	181	110

(5) 包装容器及固化材料使用情况  
使用详情见表 5.4.3-5 和表 5.4.3-6。

表 5.4.3-5 消耗材料采购量

电站	水泥桶/个		金属桶/个		固化材料/kg					
	C1	C4	200 L	400 L	水泥	石子	沙子	石灰	增塑剂	铅皮
大亚湾核电站	190	37	669	0	70 000	0	40 000	8 000	0	0
岭澳核电站	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 000
合计	190	37	669	0	70 000	0	40 000	8 000	0	5 000

表 5.4.3-6 消耗材料库存量

电站	水泥桶/个				金属桶/个		固化材料/kg					
	C1	C2	C3	C4	200 L	400 L	水泥	石子	沙子	石灰	增塑剂	铅皮
大亚湾核电站	146	39	20	53	554	165	27 000	7 960	44 000	8 000	84	2 600
岭澳核电站	0	0	0	0	0	0	2 900	3 900	2 000	0	0	2 774
合计	146	39	20	53	554	165	29 900	11 860	46 000	8 000	84	5 374

## 2. 中低放固体废物北龙处置场工作进展

2006年北龙处置场运行许可证申请仍然没有得到批准。北龙处置场没有接收中、低水平放射性固体废物，主要工作依然是维护和保养处置场各系统的设备，使其保持设计功能。除日常运行维护外还主要完成了综合楼的改造，消防栓隔离阀竖井的改造：完成两个旧反应堆顶盖废物货包的除锈、刷漆工作；更换了应急柴油发电机组。

2006年9月25日，国家环保总局以环函〔2006〕371号文《关于大亚湾和岭澳核电站混凝土桶废物货包暂存北龙处置场的复函》，同意中国广东核电集团将大亚湾核电站和岭澳核电站的混凝土桶废物货包暂存于北龙处置场，并要求暂存前按最终处置的要求对废物货包进行全面检查。暂存时按照最终处置的要求码放在第2号和3号处置单元，保证废物货包可回取。目前两电站已经启动了混凝土桶废物货包暂存北龙处置场的各项准备工作。

## 3. 2006年放射性固体废物管理良好实践

(1) 完成了核电站产生的放射性含硼废树脂固化改进工艺试验，向国家提出了工艺改进申请，并得到了国家核安全局的批准，为核电站实施树脂固化改进，减少放射性废树脂固体废物货包体积取得许可证。

(2) 在岭澳核电站超级压缩机投产的基础上，开展了对岭澳核电站产生的所有技术废物进行超级压缩减容工作，相对于超级压缩前全年减少产生放射性固体废物约 $14.7\text{ m}^3$ 。

(3) 与中国辐射防护研究院就水回路过滤器芯进行国产化替代合作开发研究开展前期准备。

(4) 启动了放射性固体废物处理系统管理信息平台，将系统设备等信息及时录入信息管理系统，保证设备信息可及时跟踪、查询。

(5) 通过TEP006DE除盐床更换项目的成功实施，为后续的高剂量率除盐床树脂的改造提供了可参考依据。

## 4. 放射性固体废物管理存在的问题

(1) 废树脂固体废物货包外表面剂量偏高。由于2005年9月和2006年3月分别更换了D9TEP006DE和L9TEP006DE除盐床中的高放射性废树脂到废物处理系统，导致两个电站的废树脂固体废物货包外表面剂量普遍偏高，其中岭澳核电站固化第一桶外表面剂量达到 $10.8\text{ mSv/h}$ 。

(2) TES系统存在较多的设备故障和隐患。由于TES系统设备故障、辐射防护指标要求等原因，2006年的树脂固化过程中多次停工，出现固化水泥桶表面剂量超标、相关管线剂量升高、搅拌桨断裂等多个事件。

(3) 放射性固体废物货包记录管理不完善。

## 5.4.4 工业废物处理

### 1. 工业废物的收集与处理

2006年工业废物存放场收集处理大亚湾核电站、岭澳核电站可回收工业废物有：废木材 $46\text{ m}^3$ 、废钢铁 $151.31\text{ t}$ 、废电缆 $11.382\text{ t}$ 、废塑料桶 $4950$ 个、废包装纸箱 $1.2\text{ t}$ 、废泡沫桶 $391$ 个、废金属桶 $640$ 个、废铝 $0.35\text{ t}$ 、废不锈钢 $0.49\text{ t}$ ，全部由合同部门通过合同谈判交由深圳市龙岗再生资源有限公司收集处理。另收集处理大亚湾核电站、岭澳核电站工业危险废物有：废油漆 $9.29\text{ t}$ 、废干电池 $1.55\text{ t}$ 、各种废化学品 $7.23\text{ t}$ 、废铅酸蓄电池 $0.07\text{ t}$ ，废润滑油 $193\text{ m}^3$ ，废树脂 $50.756\text{ t}$ 。

历年工业废物处理量见表 5.4.4-1。

表 5.4.4-1 历年工业废物处理量统计

废物类型	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
废钢铁/t	33.5	29.5	208.51	145.44	186.29	107.65	111.92	151.31
废油/m <sup>3</sup>	25	27.2	52	118	53	44.85	52	193
一般工业垃圾/m <sup>3</sup>	1 730	1 192	1 196	1 013	2 796	2 754	2 328	2 082
废日光灯管/根	—	—	18 000	—	—	23 562	—	8 135
废干电池/t	—	—	1.18	—	2.92	2.82	3.43	1.55
各种废化学品/t	—	—	—	—	—	25.562	3.83	7.23

注：1) 2003 年以后的工业废物处理产量为大亚湾核电站、岭澳核电站共四台机组的产生量。

2) 废油量大量增加是大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修 GGR 油室的汽轮机润滑油报废产生的。

3) 一般工业垃圾(含厂区内的生活垃圾) 694 车, 其中大亚湾核电站 372 车, 岭澳核电站 322 车, 共 2 082 m<sup>3</sup>, 全部运到东山垃圾填埋场处理。

## 2. 2006 年工业废物管理主要工作

(1) 在工业废物处理合同方面, 可回收工业废物由深圳市龙岗再生资源有限公司处理, 工业危险废物由深圳市绿绿达环保有限公司处理。根据质保部门建议, 与深圳市危险废物处理站签订工业危险废物处理合同, 使电子线路板等危险废物可以得到及时处理。

(2) 2006 年对废空调要求抽取氟利昂后再统一处理。

(3) 根据质保部门要求, 含油设备将油抽取后才能按一般废物处理。

## 5.4.5 环境监测与评估

### 1. 概述

依照 DNMC《环境监督与监测大纲》, 2006 年重点对核电站 10 km 范围的空气、陆地生物及海洋生物环境介质进行监测和分析。KRS 系统 10 个  $\gamma$  辐射连续监测站的运行情况良好, 年系统数据获取率为 99.2%, 环境监测大纲实际完成率为 105.7%。

全年开展了环境应急监测相关法规、核应急预案和操作干预水平修正、环境辐射影响剂量评价等 5 项专项培训和 15 项岗位技能培训与考核, 共进行 1 265.6 h 培训, 工作人员技能得到提高。全年获取 35 347 个数据, 内部纠正个数 25 个, 纠正率为 0.07%, 是 2005 年纠正率的 37%, 数据质量显著提升。

与本底调查期相比, 除海水氚放射性水平及海洋指示生物含痕量的 <sup>110m</sup>Ag 与排放关系比较明显外, 其余均在本底涨落范围内。

### 2. 2006 年环境监测结果

#### (1) 监测大纲的实施情况

监测大纲实施详情见表 5.4.5-1 和表 5.4.5-2。

#### (2) 大气环境辐射监测结果

##### 1) 环境 $\gamma$ 辐射

大亚湾核电站周围地区环境辐射水平的监测主要采取 3 种方式: KRS 连续监测、TLD 累

表 5.4.5-1 2006 年 DNMC 陆地环境放射性监测采样、分析一览表

监测介质		频度	采样 点数	采 样 计划数	采 样 完成数	采 样 点	分析项目及样品数					
							总 $\beta$	$^{40}\text{K}$	$\gamma$ 谱	$^3\text{H}$	$\gamma$ 辐射	
陆 地 介 质	空 气	$\gamma$ 剂量率	连续	10	—	—	AS1, AS2, AS3, AS4, AS5 BS1, BS2, BS3, BS4, BS5					
		$\gamma$ 累积剂量	季	47	188	188	电厂周围 50 km					188
		$\gamma$ 瞬时剂量率	季	10	40	160	核电站厂区内外确定线路和 站点					160
		气溶胶	日	5	1 825	1 825	AS1, AS2, AS3, AS4, AS5	3 650				
	气溶胶	月	5	60	60	AS1, AS2, AS3, AS4, AS5			60			
	空气中碘	周	1	40	48	AS2			48			
	淡 水	雨水	降水期	3	36	33	AS1、岭下、北龙	33				33 <sup>2)</sup>
		地表水	半年	3	6	12	大坑、鹏城、岭澳水库	6				6
		地下水	月	5	60	60	P5, PR1, LNPS A, B, C	60	60	10	60	
			季	1	4	4	北龙 7 号	4		2	2	
土 壤	年	半年	6	6	6	北龙 2 号、3 号、4 号、6 号、8 号、10 号	6					
		半年	2	4	4	岭下、风雨剧场	4	4	3	4		
土 壤	年	年	10	10	12	大坑水库、鹏城果园、鹏城 菜地、长湾、岭下、大鹏果 园、荔枝园、P5、北龙、岭 澳水库（增加水头、大鹏 菜地）			12			
		年	1	1	2	大坑水库、岭澳水库			2			
水 果	荔 枝	收获期	1	1	1	鹏城			1			
植 物	叶 菜	年	3	3	5	鹏城、大鹏、水头（增加 葵涌、惠东）			5			
	萝 卜	年	2	2	2	鹏城、大鹏			2			
	现场草	年	1	2	2	GNPS 大草地			2	1 <sup>1)</sup>		
动 物	鸡	年	1	1	2	鹏城（增加惠东）			2			
	淡水鱼	年	1	1	2	鹏城（增加惠东）			2			
指示生物（松针）	半年	3	6	6	大坑水库、风雨剧场、岭下	6		6	4 <sup>1)</sup>			
合 计				2 297	2 434		3 769	64	157	110 <sup>3)</sup>	348	

注：1) 有机氚测量项目；2) pH 测量项目；3) 其中有有机氚 5 个。

积剂量监测和便携式剂量率仪定点巡测。本年度 KRS 数据获取率为 99.2%。47 个点的 TLD 热释光累积剂量监测，平均值为 104.0  $\mu\text{Gy}/\text{月}$ ，范围为 52.6 ~ 160.4  $\mu\text{Gy}/\text{月}$ 。每季度厂区内 40 个点的定点监测， $\gamma$  剂量率测量范围为 0.064 ~ 0.187  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，平均值为 0.120  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

表 5.4.5-2 2006 年 DNMC 海洋环境放射性监测采样、分析一览表

监测介质	频度	点数	大 纲 计划数	实际数	采样点	分析项目及样品数					
						总 $\beta$	$^{40}\text{K}$	$\gamma$ 谱	$^3\text{H}$	非放射 性监测	
海水	半年	2	4	4	H6, H9	4	4	4			
	半年	2	4	4	H1, H10					24	
	季	1	28	32	材料码头 (每季采样由 7 次改为 8 次)				32		
	季	8	32	32	H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8, H9				32	160	
	月	2	24	24	循环出口海水 (GNPS、LNPS)					24	
	季	6	24	24	排放渠、材料码头、专家村、东山海水、循环进口海水 (GNPS、LNPS)					147	
排放渠海水	周	1	365	365	EC-B	48			48	48	
海洋沉积物	潮间带	半年	4	8	8	H21, H22, H23, H24			8		
	潮下带	半年	10	20	20	H1 至 H10			20		
软体	珍珠贝	半年	2	3	3	东山养殖场、澳头			3	1 <sup>1)</sup>	
	墨鱼	—	1	0	1	东山					
	虾		2	0	3	东山、南澳			3	1 <sup>1)</sup>	
鱼类	杂鱼	半年	1	2	2	设备码头			2	3 <sup>1)</sup>	
藻类	马尾藻	年	7	7	14	专家村、岭澳、长湾、杨梅坑、沙缸下、岭澳、大辣甲等			14	7 <sup>1)</sup>	
指示生物 (牡蛎)		半年	1	2	10	东山、澳头	2		10	3 <sup>1)</sup>	
合计				523	546		54	4	64	127 <sup>2)</sup>	403

注: 1) 有机氟测量项目; 2) 其中有机氟 15 个。

环境  $\gamma$  辐射连续监测、TLD 及定点监测结果仍在本底调查值范围内, 未见有明显变化。

## 2) 气溶胶和气体碘放射性水平

KRS 系统厂区 5 个子站每天采集气溶胶样品。将各月的气溶胶样品进行  $\gamma$  能谱测量, 全年共分析 60 个气溶胶  $\gamma$  谱样品, 人工放射性核素均未检出。气体碘放射性主要监测核电站下风向 AS2 站的气体碘, 每周采集一次, 全年共采集 52 个样品, 用  $\gamma$  能谱测量,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$  均未检出。

## 3) 气态氟监测

2006 年在岭澳核电站厂区 C 井附近、岭澳核电站的北山坡、岭澳核电站气象站、AS3 站和风雨剧场设置了气态氟取样点, 采用被动式连续取样装置, 每个月连续采集一个样品, 全年共采集 60 个样品, 放射性浓度分布为  $18.0 \sim 200 \text{ mBq/m}^3$ , 平均浓度为  $(88.7 \pm 51.5) \text{ mBq/m}^3$ , 从地域位置分布上看, 接近于岭澳核电站烟囱的 C 井附近空气的氟浓度最高。

## (3) 陆地环境介质放射性监测结果

## 1) 雨水和地表水

由于原岭下环境实验室 2006 年 1—4 月份装修, 导致此阶段雨水总  $\beta$  平均放射性水平偏高, 前四个月平均值为  $(134.1 \pm 54.5) \text{ Bq/m}^3$ , 其他几个月的数据正常, AS1 和北龙雨水总  $\beta$  放射性无异常, 除上述 4 个异常数据外, 其余 18 个数据的平均值为  $(38.4 \pm 17.4) \text{ Bq/m}^3$ , 与本底调查值基本相当。

2006 年采集 AS1、北龙和岭下三个点共 26 个雨水氡样, 仅 AS1 站有 6 个样品可测出痕量的氡, 范围  $1.60 \sim 3.82 \text{ Bq/L}$ , 均值为  $(2.47 \pm 0.98) \text{ Bq/L}$ , 其余样品均小于方法探测限  $1.4 \text{ Bq/L}$ 。

共采集岭澳水库、大坑水库和鹏城水库三个点共 6 个样品, 总  $\beta$  放射性水为  $(29.4 \pm 9.7) \text{ Bq/m}^3$ , 低于国家规定的饮用水标准。氡放射性浓度均小于方法探测限  $1.2 \text{ Bq/L}$ 。

## 2) 地下水

共采集 60 个厂区地下水样品, 分析结果见表 5.4.5-3。

表 5.4.5-3 核电站厂区地下水放射性浓度

 $\text{Bq/m}^3$ 

电站	分析项目	第二期本底调查			2006 年				2005 年			
		范围	平均值	$m/n^{1)}$	范围	平均值	标准差	$m/n$	范围	平均值	标准差	$m/n$
GNPS	总 $\beta$	109~229	169	2/2	60.8~172.9	117.5	25.4	24/24	77.6~425.5	161.6	72.8	24/24
	$^{40}\text{K}$	65.9~88.0	77	2/2	33.8~201.3	99.02	41.1	24/24	16.7~328.3	72.9	63.1	24/24
	$^3\text{H}(\text{E3})$	1.16~1.32	1.24	1/2	<1.2~11.7	3.11	3.27	15/24	<1.3~12.2	3.60	3.41	21/24
电站	分析项目	2001—2003 年			2006 年				2005 年			
		范围	平均值	$m/n$	范围	平均值	标准差	$m/n$	范围	平均值	标准差	$m/n$
LNPS	总 $\beta$	92~970	407	48/48	71.8~812.7	509.01	266.7	36/36	99.8~1015.8	525.5	297.2	36/36
	$^{40}\text{K}$	52.2~1080	539.3	4/4	37.9~968.6	490.6	341.3	36/36	24.3~607	323	214.5	36/36
	$^3\text{H}(\text{E3})$	<1.3~3.0	1.6	7/48	<1.2~7.51	3.54	2.40	29/36	<1.3~9.8	3.5	2.69	27/36

注: 1)  $n$  为样品总数,  $m$  表示大于探测限的样品数。

由上表可见, 2006 年大亚湾核电站和岭澳核电站地下水氡的浓度虽都比本底调查值稍有上升, 但仍在很低的水平, 且与 2005 年相当, 无上升趋势。

北龙处置厂 7 个地下水井共 10 个样品, 总  $\beta$  放射性测量范围为  $32.9 \sim 384.7 \text{ Bq/m}^3$ , 平均值为  $(165.9 \pm 117.9) \text{ Bq/m}^3$ , 在本底涨落范围内; 地下水氡浓度均小于探测限。

大亚湾核电站、岭澳核电站以及北龙处置厂的 15 个地下水样中人工放射性核素均低于探测下限, 天然放射性核素均在本底调查范围内。

## 3) 陆地生物样品放射性水平

2006 年采集 24 个陆地生物样品, 包括鸡、淡水鱼、松针、荔枝、草、叶菜和萝卜等。其中陆地指示生物松针 7 个样品, 总  $\beta$  放射性平均值为  $(66.1 \pm 4.1) \text{ Bq/kg}$ , 与本底调查值基本相当。有 1 个松针样品测出痕量的  $^{137}\text{Cs}$ , 平均值为  $(0.05 \pm 0.03) \text{ Bq/kg}$ , 以上所有样品的  $^{137}\text{Cs}$  核素含量均在核电站运行前的本底范围内, 未见有明显变化。

## 4) 土壤及水库沉积物放射性水平

采集 13 个表层土壤样品, 土壤中  $^{137}\text{Cs}$  含量以及大坑和岭澳水库沉积物中  $^{137}\text{Cs}$  含量均在本底调查值范围以内, 未测出其他人工放射性核素。

## (4) 海洋环境放射性水平

## 1) 海水放射性水平

在大亚湾海域 H6、H9 点位采集 4 个样品进行  $\gamma$  谱分析, 除<sup>137</sup>Cs 外, 其他人工核素活度均低于  $\gamma$  谱仪探测下限。<sup>137</sup>Cs 平均放射性浓度范围在 1.12 ~ 1.71 Bq/m<sup>3</sup>, 平均值为 (1.54 ± 0.28) Bq/m<sup>3</sup>。

在西大亚湾海域共采集 40 个氡样品, 氡平均浓度 (4.53 ± 2.10) Bq/L, 仅为 2005 年的 52%。2006 年四台机组氡排放量增加而海洋中氡浓度下降与加大氡的优化排放、海洋扩散条件以及取样的不确定性相关。浓度范围为 1.74 ~ 13.54 Bq/L, 历年来海水氡的放射性浓度与氡排放量的变化趋势见表 5.4.5-4。

表 5.4.5-4 海水氡放射性浓度与电站排放量

年 份	2001	2002	2003	2004	2005	2006
四台机组总排氡量/TBq	47.6	54.1	96.6	87.9	105.2	107.2
氡平均浓度/ (Bq/L)	2.7	3.06	4.38	5.17	8.63	4.53 ± 2.10

排放后在材料码头定点定时采样, 共采集四次 32 个样品, 分析结果见表 5.4.5-5。列出了排放后海水氡放射性浓度和分布情况。

表 5.4.5-5 排放后材料码头海水中氡放射性浓度变化情况

	排放后 1~3 天	排放后 4~6 天	排放后 7~8 天
样品数	12	12	8
平均值/ (Bq/L)	3.35 ± 0.93	4.79 ± 3.01	4.63 ± 2.94
测量范围/ (Bq/L)	1.82 ~ 4.46	1.23 ~ 11.10	1.34 ~ 7.96

根据历史经验, 在材料码头点海水中氡浓度在排放后 1~3 天内, 氡的放射性浓度逐步上升, 4~6 天达到最高, 然后下降, 本年度由于第一季度和第四季度取样期间又有第二次排放, 导致上表中浓度变化不是特别明显。

大亚湾海水<sup>137</sup>Cs 平均放射性浓度为 (1.54 ± 0.28) Bq/m<sup>3</sup>, 在本底调查值范围内。其他人工放射性核素低于  $\gamma$  谱探测下限。

排放渠海水每小时采集一次, 24 个样品混合后作为每天的样品, 每周对混合样品进行氡与总  $\beta$  测量。2006 年总  $\beta$  放射性平均放射性浓度为 (9 672 ± 936) Bq/m<sup>3</sup>, 排放渠海水氡的平均放射性浓度为 (8.72 ± 8.97) Bq/L, 范围为 40.96 ~ 1.56 Bq/L, 测量结果表明两核电站放射性废液排放时, 海水<sup>3</sup>H 的放射性浓度符合电站稀释的要求。

## 2) 海洋沉积物放射性水平

在大亚湾海域 H1 ~ H10 和 H21 ~ H24 点位分别采集 20 个潮下带和 8 个潮间带样品, <sup>137</sup>Cs 平均放射性比活度分别为 (1.24 ± 0.34) Bq/kg 和 (0.53 ± 0.17) Bq/kg, 在本底调查范围内, 未测出其他人工放射性核素。

## 3) 海洋生物放射性水平

共采集 23 个马尾藻样品, 所有人工放射性核素均小于方法探测下限。在大亚湾核电站

和岭澳核电站进水口采集的两个海鱼样品中仅检出<sup>137</sup>Cs, 浓度为 7.47 ~ 11.5 Bq/kg (鲜重), 在本底调查期 3.7 ~ 15.9 Bq/kg (鲜重) 的范围内。

采集了东山两个、南澳 1 个虾菇, 分析结果两个东山虾菇样品均测出<sup>110m</sup>Ag, 比活度为 0.11 ~ 0.33 Bq/kg (鲜重), 三个样品均测出<sup>137</sup>Cs, 范围为 4.49 ~ 5.48 Bq/kg (鲜重), 其余人工放射性核素未检出。

在东山、澳头、坝岗、西大亚湾海域采集 14 个软体类样品, 分析结果如下: 10 个牡蛎样品和 1 个东山墨鱼样中均测出痕量的<sup>110m</sup>Ag, 测量范围在 0.06 ~ 0.44 Bq/kg, 均值为  $(0.22 \pm 0.10)$  Bq/kg, 对于<sup>137</sup>Cs, 上述 11 个样品中, 8 个样品有检出, 范围 2.71 ~ 4.71 Bq/kg, 在本底范围内波动。另外 3 个东山珍珠贝样品的人工放射性核素含量均小于探测下限。

#### (5) 有机氙

全年送检生物样品 22 个, 其中海洋生物 16 个, 陆生植物 6 个。分析结果如下, 马尾藻平均值  $(4.01 \pm 1.29)$  Bq/L (样品为燃烧水, 以下同), 放射性浓度范围为 1.99 ~ 5.98 Bq/L, 海洋动物 (牡蛎、虾、珍珠贝和鱼) 的平均浓度为  $(3.85 \pm 1.12)$  Bq/L, 范围 2.11 ~ 5.19 Bq/L, 陆上指示生物 (松针)  $(4.11 \pm 1.12)$  Bq/L, 范围 2.78 ~ 5.43 Bq/L。海洋生物中, 除鱼类的有机氙平均含量略低于 2005 年外, 其余藻类、软体类、甲壳类、海洋指示生物 (牡蛎) 及陆上指示生物 (松针) 的有机氙平均含量与 2005 年相比较略有升高, 但活度水平仍较低; 与 1976 至 1979 年卫生部组织的对渤海、黄海、东海和南海中的海产品食品中有机氙的调查值相比, 仍处于同一水平。

#### 6) 非放射性液态污染物的监测

非放射性监测项目有 COD, BOD5, pH、磷酸盐、氨氮、粪大肠菌群等。分析结果显示: 大亚湾海水水质总体情况较好, 除悬浮物和磷酸盐个别数据偏高外, 其余项目均符合国家二级水标准。

### 3. 结论

#### (1) 大气环境辐射水平

10 个  $\gamma$  辐射监测站、环境  $\gamma$  累积剂量以及定点  $\gamma$  剂量率的监测结果表明: 2006 年核电站及周围环境  $\gamma$  剂量率水平与核电站投产前相比, 无明显差异; 环境气溶胶放射性水平在本底调查范围内, 空气中放射碘的分析结果均小于  $\gamma$  谱探测下限; 厂区气态氙浓度处于低水平的分布。

环境辐射监测结果表明大亚湾核电站和岭澳核电站通过气态途径释放的放射性物质未对大气环境产生任何可观察到的影响。

#### (2) 陆地环境放射性水平

2006 年对陆地淡水、生物、动植物、土壤及水库沉积物进行取样分析, 结果显示: 陆地环境介质<sup>137</sup>Cs、有机氙放射性水平与本底调查期间的数据基本相一致。大亚湾核电站和岭澳核电站 C 井地下水可测出痕量的氙, 与以往比较, 无明显上升。其他人工放射性核素未检出。

#### (3) 海洋环境放射性水平

2006 年大亚湾海域海水中氙平均放射性浓度水平比 2005 年下降了 48%, 平均浓度为  $(4.53 \pm 2.10)$  Bq/L, 这与加大氙的优化排放、海洋扩散条件以及取样的不确性相关, 而有机氙平均含量虽处在较低水平但与 2005 年相比略有升高, 与有机氙的累积效应有关。由于



四台机组<sup>110m</sup>Ag排放量的减少,仅在软体类牡蛎和墨鱼样品中测出痕量的<sup>110m</sup>Ag,放射性水平为(0.22±0.10)Bq/kg,其他样品中<sup>110m</sup>Ag未检出。<sup>137</sup>Cs含量仍在核电站运行前的本底调查范围内,无明显变化。

2006年大气、陆上和海洋环境介质监测结果表明:大亚湾核电站和岭澳核电站投入运行后,通过气态和液态途径释放的放射性物质未对周围环境产生明显的影响。

## 5.4.6 环境保护工作

### 1. 综述

DNMC 2006年环境管理目标和各项指标完成情况良好,与目标值有偏差的指标有:大亚湾核电站生产工艺过程TER废液产生量为2.77万m<sup>3</sup>,超出了年目标值(≤2.4万m<sup>3</sup>),比2005年产生量(2.55万m<sup>3</sup>)略有增长。DNMC 2006年环境管理方案完成情况良好,未完成的项目有:大亚湾核电站排水渠盐雾及泡沫处理方案中2号机组出水口改造有部分遗留项将在2号机组第十二次大修期间完成;由于北龙处置场最终处置方式没有确定,存放于QT厂房的金属桶货包只有待北龙处置场最终处置方式确定后再采取适当的处理措施。

2006年,大亚湾核电站和岭澳核电站的放射性三废处理设施运行正常,两电站的三废排放量均低于公司五年计划目标值,其中大亚湾核电站的非氟核素、惰性气体的排放量达到了自投产以来的最低水平。岭澳核电站非氟核素和惰性气体的排放量基本与2005年持平,且低于大亚湾核电站同期水平。具体数据见表5.4.6-1。

表 5.4.6-1 大亚湾核电站和岭澳核电站 2006 年的放射性三废排放情况

污染物	电站	2006年排放 或产生量	2006年公司 目标值	2005年排放 或产生量
液态非氟核素	大亚湾核电站	0.13	0.8	0.18
占国家年限值百分比	岭澳核电站	0.04	0.8	0.04
惰性气体	大亚湾核电站	0.21	1.0	0.20
占国家年限值百分比	岭澳核电站	0.17	1.0	0.16
固体废物	大亚湾核电站	134	160	158.42
m <sup>3</sup>	岭澳核电站	116	140	99.07

### 2. 环境保护组织机构

2006年电站环保和三废物小组(EMSG)解散,分别成立EMS协调组和三废小组。EMS协调组负责管理DNMC日常环保工作及推动DNMC环境管理体系的运作;三废小组专门负责电站的放射性三废工作管理。2006年DNMC的组织机构也发生了变化,新成立了生产准备部和培训中心两个部级单位。鉴于上述变化,EMS协调组协助环境管理者代表对DNMC环境管理组织体系进行了调整。调整后DNMC环境管理组织机构主要分为四个部分,分别为:DNMC环境管理者代表和副代表、EMS协调组成员、电站三废管理小组、各部处环境管理责任人和协调员。

### 3. 环保培训和宣传

2006年EMS协调组对在核电基地工作的DNMC和其他公司的新员工进行了24期共804

人·次的环保初训和复训。对各部、处环保协调员进行了法律法规和 ISO14001—2004 版标准的培训。在核电基地组织了两次环保内审员的培训,共有 26 人获取了 ISO14001—2004 环保内审员资质。

2006 年 6 月开展主题为“人人参与,创建绿色核电”的“6·5”世界环境日活动,进行清洁海滩、网上环保知识答题和举办环保宣传摄影展等活动。由于环保宣传的成绩突出, DNMC 连续六年被评为“广东省环保宣传先进单位”。

#### 4. 环境管理体系运行和认证

2006 年,对 DNMC 环境因素和重要环境因素进行了重新识别和评价。确定了 DNMC 环境管理目标、指标及环境管理方案并贯彻执行。制定了 2006 年环境管理内部审核计划,并于 2006 年 11 月份开始实施。组织召开了环境管理评审会,对 DNMC 2006 年环境管理工作计划等体系文件和存在的重要环境问题进行研究和决策。评审会共提出 10 项纠正行动,全部纳入 CIS“任务督办”系统中进行跟踪落实。

#### 5. 公司的环境治理

2006 年继续开展环境整治和绿化美化工作。零星绿化改造项目累计改造绿化面积约 3 500 m<sup>2</sup>,其中增加绿化面积 2 200 m<sup>2</sup>。2006 年在核电征地区域周边山坡植树 20 000 棵(岭澳水库附近)。滨海花园入住后新增绿化面积约 23 000 m<sup>2</sup>。

生活垃圾主要由行政管理部负责收集并处理,生活垃圾容器化收集率 98%,分类处理率 89%,回收率 25%。共处理不可回收垃圾 4 776 t,处理 1 194 车;可回收垃圾处理 820 车。

核电基地医疗废物处置采取“医疗中心统一收集暂存,危险废物处理站定期统一清运处置”的办法,由医疗中心与市危险废物处理站签订处置协议,并交纳处置费用。医疗中心按《医疗废物处理协议》和《医疗废物管理制度》管理处置医疗废物。2006 年医疗中心共处置医疗废物 1 120 kg,全部由深圳市危险废物处理站接收。

#### 6. 生活污水处理

大亚湾核电基地生活污水处理站由维修部现场服务处归口管理,从 2006 年 1 月 1 日起由广东核电服务(集团)有限公司东部分公司供水中心负责承包大亚湾核电基地内的所有污水处理站运营,改造项目由 DNMC 业主负责,运营承包商于 2005 年 6 月获得了相应的运营资质。2006 年专家村生活污水处理厂污水分析报告数据显示:2006 年大亚湾核电工地生活污水排放合格率为 99.59%,污水总处理水量为 99.1 万 m<sup>3</sup>。生活污水的排放处理达标。

2006 年 11 月 20 日,SA 餐厅发生漏油事件,约 230 L 柴油通过 SEO 污水处理系统进入大亚湾生活污水处理站(ED1),造成该处理站部分生物处理设备损坏,致使 ED1 生活污水处理站 15 天不能正常运行。后经行政处协调将 SA 餐厅的生活污水用临时管线抽到南区污水处理站进行处理,解决了 SA 餐厅柴油泄漏造成 ED1 污水直接排放的问题。此后,对 ED1 进行污水处理合格后,投入正常使用。

## 5.5 电站应急计划管理

### 5.5.1 应急响应能力的维持

#### 1. 应急培训

随着中国广东核电集团核电事业的高速发展,集团内人员的流动频繁,对应急组织的人

员稳定性带来了极大的影响。针对这种情况,2006年加强了应急人员退出、提名、资格审查和应急培训上岗流程的管理,并更多地采用了小组培训、个人培训等培训方式以适应人员不断流动的新情况,确保了足额的合格的应急值班人员队伍。2006年新提名应急人员和岗位调整人员共172人·次,组织应急培训80期。

## 2. 应急演习演练

根据2006年应急准备计划,分别于6月13日和10月26日组织了两次综合应急演习,并且为做好2007年与广东省举行场内场外联合应急演习,2006年度的两次演习采用了相同的事事故情景,即岭澳核电站受到外部袭击造成场外电源全部丧失,应急柴油发电机故障未能启动或启动后故障停运造成全部电源丧失,堆芯失去冷却而熔化,安全壳完整性丧失导致放射性释放,场内外公众实施撤离行动。演习中全体应急响应人员参加,在演习的方式上,继续采用演习情景不预先通知,机组演变过程和状态参数完全在全范围模拟机上按实际情况进行和产生,演习人员在全范围模拟机模拟的事故状态的导向下自由响应进行演习。以自由响应方式组织演习,要求高,难度大,是对真实应急响应能力的检验,易于发现问题和找出解决问题的办法,有利于提高电站应急响应能力。通过演习和对演习发现问题的改进和纠正,DNMC外部袭击和全厂失电事故的能力得到有效提高。特别是对反恐应急组织和核事故应急组织在应急期间的职责定位、协调配合方式进行了先期性探索。

根据中国广东核电集团总体应急的要求和统一部署,12月22日和28日分别成功进行了集团、大亚湾核电基地、阳江核电基地三地防抗超强台风袭击联合应急演练和放射源丢失应急演练。这是近年来DNMC充分认识生产设备事故、人身伤害事故、外部风险对核电站安全的影响以及企业形象的威胁,根据国家对突发公共事件的处置实现“横向到边、纵向到底”的企业应急管理体系建设标准,将应急管理要求从单一的核事故应急逐步向其他危机应急管理工作领域扩展和延伸,形成“大”核安全理念后的第一步创新。

2006年度还分别进行了4次消防演习、1次应急环境监测单项演练和1次安全防护组单项演练。

## 3. 应急设施设备和应急组织的管理

### (1) 应急设施设备

应急设施设备采取归口管理和各责任单位执行定期检查相结合的做法,即电站相关单位负责其职责范围内的应急设施设备的定期检查和试验,保证其处于随时可用状态。电站应急准备归口管理部门每月一次对所有应急设施设备进行独立监督检查,汇总检查中发现的问题,并跟踪落实责任单位解决。2006年电站应急设施设备、文件平均可用率达98%以上。

### (2) 应急组织

DNMC应急值班规定每周应急待命值班人员不得离开场区,实行应急待命值班人员在岗检查制度,每周随机抽查呼叫10人以上。抽查结果表明,2006年大亚湾核电基地应急待命值班人员10分钟内复机率年均达98%以上。

## 5.5.2 场内应急准备管理

### 1. 应急计划与执行程序管理

应急计划是核电站根据国家有关规定所作的应对各种核事故和辐射事故的应急准备大纲,也是核电站营运单位“保护员工,保护公众和保护环境”的具体承诺。2006年为确保应急计划和执行程序与电站实际状态和实际应急响应行动相符合,共进行了以下修改。

(1) 场内应急计划升版。根据岭澳核电站实施新技术规范的情况,将场内应急计划由4版修改升版为4A版,主要修改内容为第四章的应急初始条件和应急行动水平。

(2) 执行程序《核电站应急准备与响应政策》修改。根据质保检查的结果,修改了有关对驻基地承包商应急准备工作的管理部分,程序中增加了运营管理公司对驻基地承包商应急撤离计划审查和对驻基地承包商应急准备工作实施监督检查的职责,增加了对大修期间承包商对新进人员进行应急培训的考核指标。

(3) 修改执行程序《应急设施设备器材文件的管理与定期检查》。主要修改内容为:将岭澳核电站厂内气象站、环境辐射监测系统、环境监测车、模拟机房、卫星电话纳入应急设施设备月度定期检查的范围,同时增加了电站信息中心实施通信系统定期向应急科报告定期检查结果的制度。

## 2. 应急设施建设

2006年DNMC为进一步提高应急响应能力,继续加大投入完善应急设施设备。

(1) 视频会议系统建设:在2005年完成与国家核应急中心视频会议系统建设后,2006年进一步建设了连接中国广东核电集团的视频会议系统,为应急状态下及时得到集团的大力支持提供了协调平台。

(2) 视频监控建设:2006年对电站现有的交通监控、保卫监控系统进行了整合和连接,实现了应急指挥中心内可对电站重点部位的实时监控。

(3) 完成与广东省应急指挥中心的视频会议系统建设。

(4) 开发了应急人员提名、培训、演习演练管理系统(TMS)。

## 3. 岭澳核电站二期应急准备前期工作

岭澳核电站二期建成投产后,其应急计划的实施与现行的大亚湾核电站/岭澳核电站场内应急计划将密切相关,因此从未来实施统一应急计划的目标出发,运营管理公司在岭澳核电站二期建设阶段及时开展应急计划的准备工作,制定了岭澳核电站二期应急计划与准备工作大纲,并成立了环保应急“四统一”工作小组。2006年已启动了第二条撤离公路建设、应急行动中心的规划建设和岭澳核电站二期应急准备工作。

# 5.5.3 经验交流

## 1. DNMC与EDF的应急技术交流

2006年12月,按照DNMC与EDF中法应急交流年度计划,DNMC生产部保健物理处应急准备科人员出访了EDF应急技术支持中心、EDF总部应急中心以及位于里昂的研究所(SEPTEN)进行了技术交流。本次交流活动的主题是了解和学习EDF在演习情景设计和演习方案制定方面的做法以及常用设计工具,并就常规事故应急、常规突发事件统一报警电话、反恐与核事故应急之间的接口与关系、状态导向法下应急行动水平、半岛型核电站应急撤离路线数目、应急设施设备后备电源问题等相关内容进行了广泛的探讨和了解。

## 2. 质保检查

2006年电站应急准备工作接受了电站内部质保检查、WANO专家检查和国家核安全局监督检查等。通过检查在肯定应急准备工作的同时,也及时指出了目前存在的不足,这将有利于应急准备工作的管理改进,进一步提高应急响应能力。检查中采取了以下主要纠正行动。

(1) 应急计划中有关电站现场总体人数,仍采用了以前的统计数据,电站没有获得这

方面的最新资料。随着岭澳核电站二期的建设和周边的发展,核电基地员工、承包商和周边居民的人数已发生了较大变化,这些数据没能及时进行统计更新,将会影响应急的准备和应急的有效实施。

(2) 部分应急组目前缺少在各应急情况下具体的实施方案,如工地保卫组没有针对应急状态时核电基地保卫和交通秩序维护等内容制定具体的实施方案;后勤支持组没有制定类似的在应急情况下如何保障交通和资源,提供后勤供应的实施方案。这将潜在影响应急行动的有效性。

(3) 驻工地承包商的应急计划与准备是电站整体应急的一部分,其应急工作好坏将影响电站整体应急准备和实施的有效性。目前对工地承包商的应急计划与准备工作,没有采取对运营管理公司同等严格的标准进行监督检查。对场外应急支持单位没有进行充分的交流协作,难以保证场外应急支持单位在应急情况下达到和满足对电站的支持能力。

(4) 对演习中产生的纠正行动没有形成跟踪、落实、检查和验证的闭环过程,将无法保证应急演习中发现的问题得到解决和不再重复发生。

(5) 对应急演习和应急响应过程中产生的信息资料,记录和存档不规范。

## 5.6 职业健康管理

### 1. 放射性职业危害的监测

2006 年度大亚湾核电站外照射集体剂量为 1 204.513 人·mSv,人均剂量为 0.439 mSv,中子外照射集体剂量为 7.38 人 mSv。岭澳核电站外照射集体剂量为 721.783 人·mSv,人均剂量为 0.284 mSv,中子外照射集体剂量为 0.74 人 mSv。

内照射个人剂量监测采用全身计数器测量和生物样品分析,全身计数器测量 5 909 人·次。两电站大修期间通过对具有代表性的 RX 厂房 20 m 平台、1KX716、2KX756、N234 和 L215 厂房在各个检修不同工况下空气中氡浓度的监测,估算出大修氡内照集体剂量最大值为 11.23 人·mSv。RX 厂房 20 m 平台空气氡的最高浓度为  $9.10 \times 10^4$  Bq/m<sup>3</sup> 小于导出空气浓度(DAC, 1DAC =  $8 \times 10^5$  Bq/m<sup>3</sup>)。并对其中 37 人进行常规尿氡监测,113 人次进行特殊工况尿氡监测。结果表明:常规监测累积剂量最大为 2.09  $\mu$ Sv,特殊工况监测人员单次摄入最大剂量为 5.51  $\mu$ Sv,远低于核行业标准规定的 1 mSv 水平。

### 2. 非放射性职业危害的监测

2006 年电站与苏州大学公共卫生学院合作,在前期工作的基础上,收集和整理了大亚湾核电站和岭澳核电站岗位设置、生产用化学物品相关资料,并对生产过程中的非放射性职业性有害因素存在状态进行了调查。详尽的掌握了两个核电站的非放射性职业性有害因素的种类、发生源、存在空间和状态特征,为进行监测奠定了坚实基础。

在系统调查的基础上,制定了大亚湾核电站和岭澳核电站《非放射性职业性有害因素监测程序》、《噪声监测规范》、《热负荷评价规范》、《工频电磁场测试规范》以及《生产性粉尘监测规范》,为进行噪声、高温、工频电磁场的普查普测提供了技术规范。在此基础上,编制了上述职业性有害因素的监测记录表和监测点分布图,为大亚湾核电站和岭澳核电站的噪声、高温、工频电磁场的监测做好了前期准备。8 月至 12 月,对大亚湾核电站和岭澳核电站的汽轮机厂房、核辅助厂房和 BOP 厂房的噪声、高温、工频电磁场,依据检测规范要求进行了普遍监测。在获得普查普测的系统监测资料后,对监测基础资料进行了 Excel

数据表建立、数据输入、数据核查以及基础统计分析。在统计分析的基础上,根据相关有害因素监测的原则,进行了常规监测点的筛选和确定。

经过调查和监测获得了较为全面、系统的基础数据和资料,在此基础上,按照整体工作计划和要求,编制大亚湾核电站和岭澳核电站非放射性职业性有害因素分布手册。

### 3. 职业健康检查与监督

2006年度职业性定期健康检查于5月31日开始,7月26日结束,历时56天。应检查1652人,实际检查1652人。体检发现主要异常统计见表5.6-1。

表 5.6-1 2006 年度职业健康检查体检异常项目统计

编号	异常项目	检出人数	检出率/%	编号	异常项目	检出人数	检出率/%
1	血压增高	42	2.54	11	胆结石	33	1.99
2	体重超标	572	34.62	12	肝囊肿	87	5.26
3	辨色障碍	35	2.11	13	胆囊息肉	173	10.47
4	色弱	3	0.18	14	肾结石	51	3.08
5	血常规异常	93	5.62	15	HBsAg +	49	2.96
6	尿检异常	170	10.29	16	肺结核	0	0
7	肝功能异常	429	25.96	17	心电图异常	104	6.29
8	血糖异常	80	4.84	18	妇科疾病	50	49.01
9	血脂异常	597	36.13	19	甲状腺功能异常	3	0.18
10	脂肪肝	290	17.55	20	胸部 X 线片异常	6	0.36

营养代谢性疾病如超重、肥胖、血脂增高、脂肪肝、肝功能异常、妇科疾病仍是体检发现的主要问题。与2005年相比,体重超标、血常规异常、妇科疾病检出率有所下降;而尿检异常、肝功能异常、脂肪肝、肝肾结石检出率上升;血压异常、血脂异常、心电图异常检出率无明显变化。

体检结束后对1458名放射工作人员进行了工作适任性评价,1075人能适任放射工作,99人在严密医学监督下可继续适任放射工作,5人不适任放射工作,22人不宜从事与辨色有关的辐射工作,4人暂不能适任,247人须复查后再评价。

2006年度对121名化验检查异常项目的人员进行了职业性健康跟踪检查。对447人进行了电测听的初查和复查。并对听力异常的员工进行了告知和防护教育。对293人进行了肺功能检测。对290名员工进行了视野检测。

### 4. 职业预防保健与健康促进

通过电话、面谈,并在健康宣传专栏、电子邮件、网络、《核电人》杂志上宣传卫生健康知识,举办讲座和咨询,开展了控制“三高”(高血压、高血脂、高血糖)和肥胖。提倡戒烟、限酒和健康生活的宣教。定期进行血压、动态血压、心电图、动态心电图和血糖等项目的监测,以提高员工了解疾病的治疗和预防,加强对疾病的自主监测意识。

在高温季节定期监测主要工业厂房作业64个监测点干球温度、湿球温度、相对湿度、WBGT指数、风速等指标,在公司内部网络上公布结果。发放防暑降温的药品,进行高温作业科普宣传,提供高温作业人员饮食营养指导,列出高温作业禁忌症、预防和治疗中暑的

方法。

《DNMC 职业病危害合同告知书》已经由运营管理公司人力资源部、保健物理处职业医疗中心于 2006 年 4 月 24 日在 CIS 通知公告中发布。编写《职业病防治和劳动保护教程》教材, 职业病防治和劳动保护培训已经总经理批准, 列入新入厂员工培训课程。

#### 5. 意外受照时医学干预的准备及实施

2006 年度两电站未发生过量照射事故。发生了 4 起头、面部皮肤放射性核素污染, 经去污均达本底水平, 去污效率 100%。经全身计数器检查, 未发现内污染。

#### 6. 医学应急与准备

2006 年度职业医疗中心医务人员参加了卫生部组织的全国职业性放射诊断医师培训, 以提高处理厂内人员放射性损伤的能力。全年为电站员工和承包商员工进行了 23 期院前急救培训, 总课时 229 学时, 初训 195 人, 复训 647 人。医务人员参与核事故应急演练和火灾急救演练, 达到了规定的应急响应要求。

两电站厂房放置创伤急救箱共 14 个, 班组配备的保健药箱共 24 个。对创伤急救箱、保健药箱以及救护车、专业去污中心、应急去污室、厂外去污室、主控制室和抢救室的去污急救设施、设备和器材, 每周巡检一次, 周检率 100%, 可用率 100%。专业去污中心设备齐全, 能完成机械、物理、化学和手术去污。职业医疗中心配备了抗放、促排和阻吸收等处理人员内污染治疗的特殊药品, 具有早期处理放射性内污染事件的条件和能力。并将苏州大学附二院(核工业总医院)作为核事故医学应急的后援支持单位。

核工地范围各大承包商及应急集合点放置了两万多片碘片, 对承包商碘片存放点实行季检, 考察其管理人员对碘片的保管情况和使用知识。对现场碘片存放点实行月检。碘片保存点巡检率 100%, 碘片保存完好率 100%。

## 5.7 综合管理

### 5.7.1 计划及管理

#### 5.7.1.1 发电计划执行情况及电网状况

##### 1. 2006 年上网电量目标情况介绍

经 2005 年 9 月 26 日召开的 DNMC 第十一次董事会上审议批准: 大亚湾核电站 2006 年计划上网电量为 138.5 亿 kW·h, 按上网 142 亿 kW·h 向电网申请。岭澳核电站 2006 年计划上网电量为 141 亿 kW·h, 按上网 144 亿 kW·h 向电网申请。

根据粤发改能〔2006〕54 号《广东省发展改革委、经贸委关于下达 2006 年电力生产计划的通知》下达的大亚湾核电站 2006 年上网电量指标为 140.01 亿 kW·h, 岭澳核电站 2006 年上网电量指标为 134.09 亿 kW·h, 比 DNMC 申报的上网目标大幅减少。经再三商议, 在集团公司和 DNMC 各级领导的大力关注和协调下, 省发改委于 2006 年 3 月 1 日下发粤发改能〔2006〕35 号文《关于调整 2006 年核电发电量计划的通知》, 同意将大亚湾核电站 2006 年上网电量调整为 142 亿 kW·h, 岭澳核电站 2006 年上网电量调整为 144 亿 kW·h。

##### 2. 2006 年主要生产情况

2006 年大亚湾核电站和岭澳核电站四台机组运行情况理想。大亚湾核电站 1 号机组顺利完成第十一次大修, 比计划工期提前 12.94 天, 为完成全年发电任务提供了保证。大亚湾

核电站1号机组于6月16日处理反应堆堆外中子测量通道故障,临时停机检修。除在春节期间因电网保电要求大亚湾核电站两台机组有减载外,其余时间均保持满功率运行。岭澳核电站两台机组2006年5月和6月份因台风和整体负荷偏低的原因电网几次要求机组降功率运行,消耗了较多的裕度。内部原因方面因机组消缺和定期试验有短时减载外,其余时间也保持满功率运行。通过公司全体干部员工的辛勤努力,两电站年度上网电量又创下了历史最高水平,达到了299.2亿kW·h。

主要指标完成情况见表5.7.1.1-1。

表5.7.1.1-1 主要发电指标统计

	大亚湾核电站			岭澳核电站		
	2006年	2005年	增减	2006年	2005年	增减
发电量/(亿kW·h)	155.146	154.505	0.641	156.985	150.253	6.732
上网电量/(亿kW·h)	148.579	148.474	0.105	150.620	144.373	6.247
负荷因子/%	90.00	89.62	0.38	90.51	86.63	3.88
机组可用率/%	90.10	89.86	0.24	91.26	87.16	4.10
内部原因减载等效天数/d	3.605	0.250	3.355	0.328	4.420	-4.092
外部原因减载等效天数/d	1.560	0	1.560	4.450	1.036	3.414

### 3. 上网电量及销售完成情况

2006年大亚湾核电站实际完成上网电量148.58亿kW·h,完成年初董事会批准的138.5亿kW·h的上网目标。其中送中华电力公司104.005亿kW·h,占中电总发购电量353亿kW·h的29.5%,送广东电网44.573亿kW·h,占广东省全社会用电量约2991亿kW·h的1.49%。2006年岭澳核电站实际完成上网电量150.62亿kW·h,占广东省2006年全社会用电量的5.03%。

### 4. 停机及减载情况

#### (1) 内部原因停机及减载情况

2006年大亚湾核电站发生内部原因等效减载3.605天,除定期试验要求有短时减载外,其他因设备故障造成的减载损失如下。

1) 1月11日12:01—13日12:40,2号机组进行RGL04及VVP试验,随后保持在831MW处理2APP227DI处漏汽故障及2RCP002VP关闭不到位故障。

2) 1月24日22:40—25日00:05,1号机组降功率至950MW运行,更换D1GFR158FI。

3) 4月26日02:52—29日12:19,2号机组降功率至981MW运行,进行D2GSS110PO故障检修。

4) 6月16日23:00—20日06:30,1号机组处理反应堆堆外中子测量通道故障,临时停机检修消缺。

2006年岭澳核电站发生内部原因等效减载0.328天,除定期试验外,主要有以下原因。

1) 1月18日23:06—19日03:06,1号机组降功率至942MW运行,更换1GFR158~163FI。

2) 3月29日11:35—30日03:00,1号机组降功率到960MW进行GCT119/120VV盘根



消漏。

#### (2) 外部原因停机及减载情况

2006 年大亚湾核电站因外部原因等效减载 1.560 天。春节期间, 两台机组按电网要求减载, 1 号机组 1 月 27 日 23:02—2 月 1 日 10:30 降功率至 850 MW 运行, 2 号机组 1 月 28 日 02:25—2 月 1 日 11:01 降功率至 760 MW 运行。

2006 年岭澳核电站因外部原因等效减载 4.45 天, 主要有:

1) 1 月 25 日—31 日, 2 号机组在结束第三次换料大修后升功率期间, 按电网春节减载要求, 机组保持在 834 MW 运行。

2) 5 月 16 日—18 日, 受“珍珠”台风影响, 岭澳核电站两台机组按电网要求降功率至 760 MW 运行。

3) 5 月 30 日—6 月 5 日, 因西电东送大负荷试验, 岭澳核电站两台机组按电网要求降功率至 760 MW 运行。

4) 6 月 12 日 00:30—14 日 09:05, 因电网整体负荷低, 1 号机组按电网要求降功率至 760 MW 运行。

5) 8 月 3 日—4 日, 受“派比安”台风影响, 1 号机组按电网要求降功率至 760 MW 运行。

2006 年两电站机组运行功率曲线及发电量见图 5.7.1.1-1 及图 5.7.1.1-2。

#### 5. 2006 年电网电力生产运行情况

2006 年广东电网用电负荷和用电量继续保持增长势头, 全省整体电力供需矛盾由紧趋缓。一季度, 受枯水期水电出力大幅下降及西电按计划减少输送等因素影响, 电力供需矛盾十分突出, 全省最大错峰负荷 554.63 万 kW。二季度, 随着夏季来临, 用电需求逐渐攀升, 加之国际油价持续走高, 引起燃油机组缺油停运, 虽然雨水较多, 供电能力依然不足, 全省最大错峰负荷 350.2 万 kW。三季度, 受新增电源与接入系统工程不同步影响, 新机组不能发挥预期作用, 空调负荷大幅度攀升, 统调电厂出力不足, 全省最大错峰负荷 539.2 万 kW。四季度, 随着新增机组的陆续投产及省内空调负荷的下降, 供电形势相对缓和, 全省最大错峰负荷仅 47.35 万 kW。

全年广东电网用电最高负荷 4 772 万 kW, 增长 12.9%, 其中统调最高负荷发生在 2006 年 9 月 8 日为 3 735 万 kW, 增长 10.1%。2006 年全省发、购电量共 3 113.6 亿 kW·h, 比 2005 年同期增长 11.41%, 其中, 全省发电量 2 458.91 亿 kW·h, 同比增长 7.91%, 外购电量 654.69 亿 kW·h, 同比增长 26.87%。省内全社会用电量为 2 991.05 亿 kW·h, 同比增长 11.88%。

#### 5.7.1.2 电站日常生产管理

2006 年电站日常生产项目组 (TEF) 在总经理部的领导下, 克服种种困难, 积极主动地处理了电站多项重要设备缺陷, 有效控制并缓解了不能在线消除的多个关键敏感设备重大缺陷, 并顺利完成了大亚湾核电站 1 号机组临时停机消缺。在管理改进方面, 电站日常生产项目组以核心能力建设为契机, 不断巩固和优化传统卓有成效的管理方法, 努力探索并运用更加科学有效的管理模式, 持续提高电站安全生产的管理水平。

##### 1. 优化日常生产管理指标体系

为了便于管理层掌握电站安全、生产和设备健康等方面的状态, 日常生产项目组及时优化了生产管理指标体系, 建立了以核安全状态、工作过程和设备状态三个方面为主线的日常

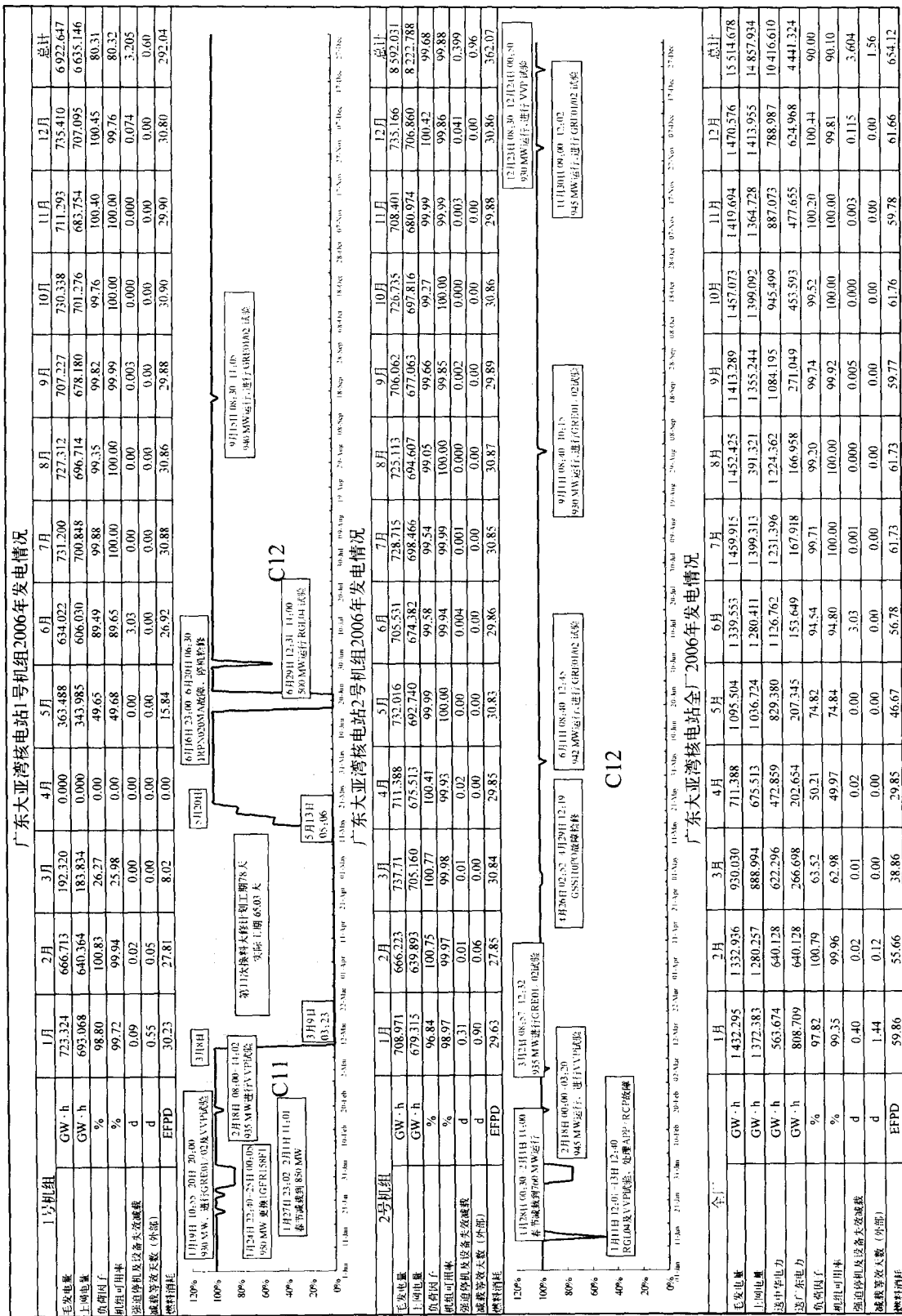
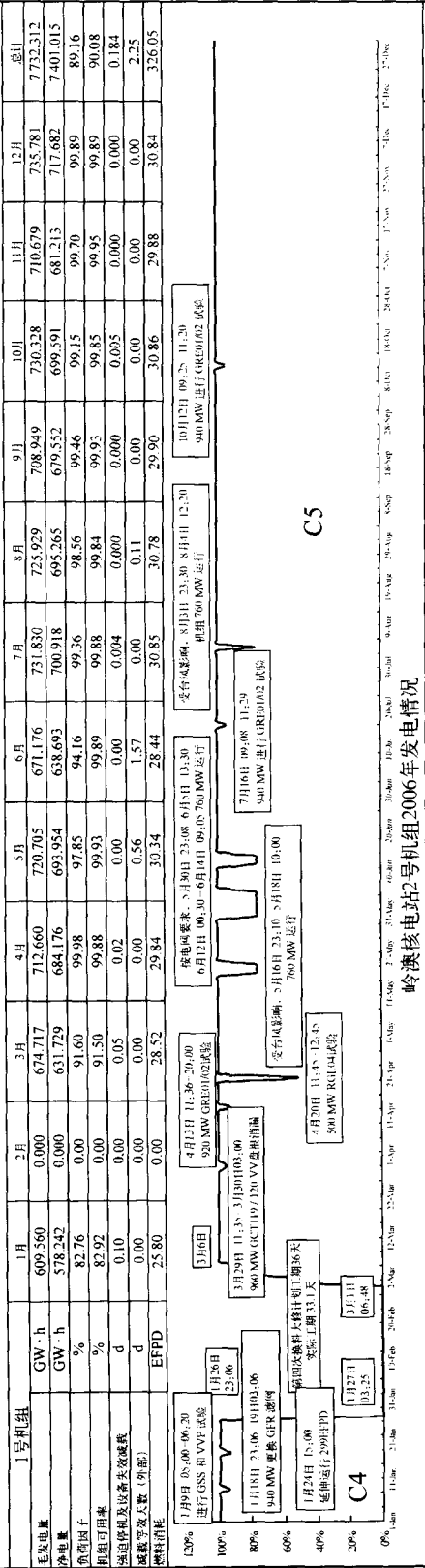
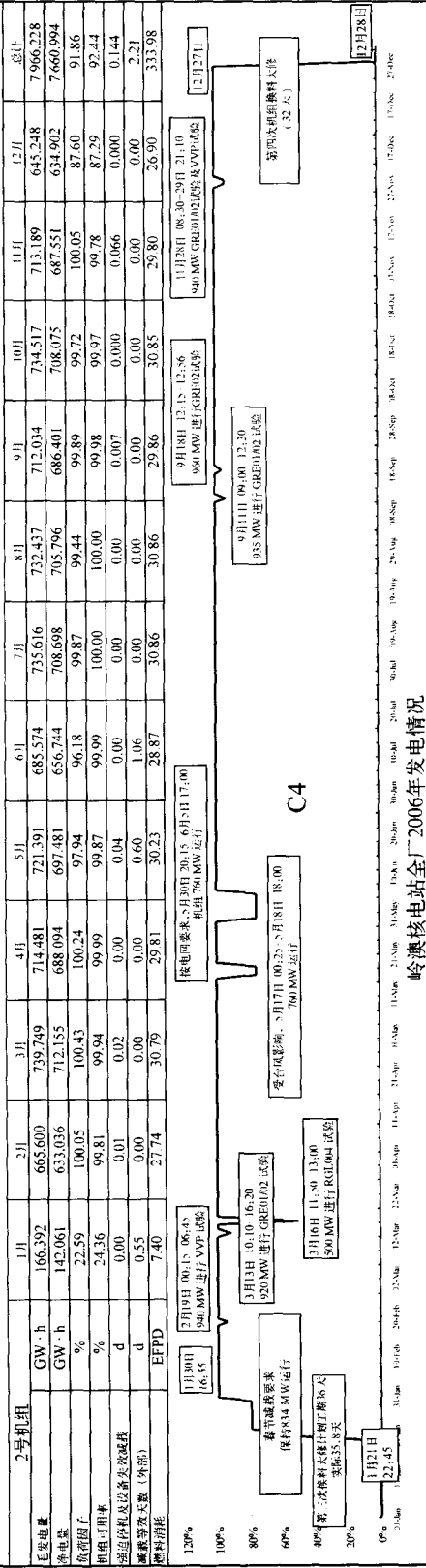


图5.7.1.1-1 广东大亚湾核电站2006年机组运行功率曲线及发电情况

岭澳核电站1号机组2006年发电情况



岭澳核电站2号机组2006年发电情况



岭澳核电站全厂2006年发电情况

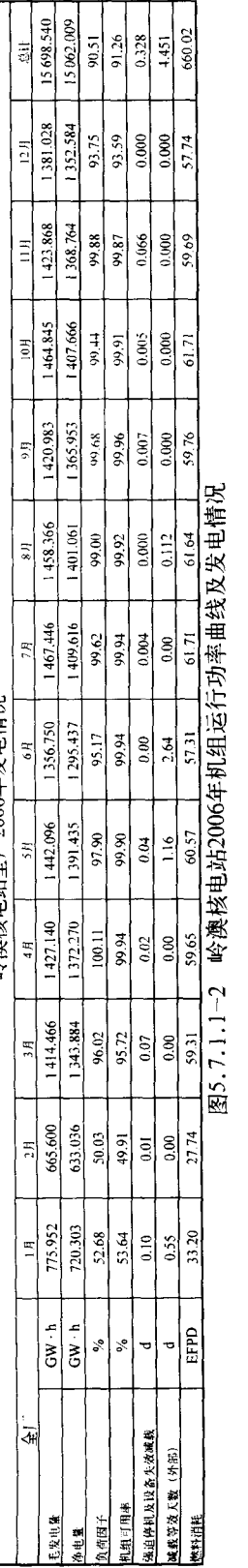


图5.7.1.1-2 岭澳核电站2006年机组运行功率曲线及发电情况

生产管理指标盘,通过增加工作票按时响应率、遗留问题处理效率、临时变更解决效率和状态缺陷处理效率等指标模块,着重加强了对原有监控较弱的工作过程效率指标的管理,使管理层能够及时准确地掌握电站生产活动的效率情况,推动了遗留问题、临时变更和状态缺陷的解决力度。通过有效运用日常生产管理指标盘,使得现场工作存在的问题和管理薄弱环节得以及时暴露,为管理层决策提供了有力支撑。

## 2. 完善日常生产活动计划和风险控制体系

2006年电站重点加强了计划控制的标准化和规范化建设。在实施岭澳核电站9LCD/LBG/LNF停盘检修的工作过程中,电站日常生产项目组成立了以计划牵头的专项风险分析小组,以电气牵头的检修实施小组。经过前期充分的风险分析和方案准备,项目组完成了停盘检修风险分析专项报告、停盘风险分析清单、停盘再供电清单、专项检修计划、运行专项操作文件包等标准化文件,为今后电站生产活动风险分析的标准化和规范化提供了借鉴。

加强对机组安全有较高风险的生产活动的控制。对每项设备缺陷进行了详细的风险分析,根据保守原则进行决策,迅速落实临时跟踪和缓解措施,制订中长期处理方案或停机消缺预案,使每个重大设备缺陷的风险都可知可控。日常生产项目组有计划地对机组关注问题开展专题集中讨论和风险审查,增强了风险识别的纵深控制水平。充分发挥统筹协调的核心作用,联合各专业力量进行推动,及时采取行动消除或控制缺陷。

建立电站小缺陷管理模式。为实现电站缺陷精细化管理的目标,杜绝现场生产活动中纠正性维修和服务支持类工作票混淆的现象,优化对电厂安全生产无直接影响的小缺陷的跟踪处理,计划部门在与各相关处多次沟通的基础上,制定了《电厂小缺陷管理改进办法》。把原来服务支持类的小设备缺陷和影响安全的土建缺陷按照纠正性维修来管理,以提高上述问题的关注程度和处理效率,使电厂设备的健康、安全状态能被更真实地反映。

进一步规范了作业通知书的使用范围和原则。针对2006年出现的作业通知书使用违规和不当的问题,如执行作业通知书引发报警而主控制室操纵员事先不知情、超范围使用作业通知书、应使用作业通知书时却申请PI票等,日常计划部门组织收集了对作业通知书使用原则、范围等方面的意见和建议,完善了“作业通知书细化项目清单”条目、类别的变化和管理过程。结合各部门的意见反馈,组织讨论、升版了相应程序,并由专业处定期反馈作业通知书使用范围清单,不断优化作业通知书的管理。

## 3. 有效处理和控制在重大设备缺陷

2006年,面对重大设备缺陷频繁出现,机组安全受到严重威胁的严峻现实,电站日常生产沉着应对,以项目小组运作的方式,团结生产线各部门的力量,及时处理或有效控制了机组上的重大设备缺陷。第二季度临时停机处理了大亚湾核电站1号机组的RPN020MA高频干扰、GME037MV异常波动、EVC043MT温度高,在线临时处理了大亚湾核电站2号机组的RGL棒位显示故障和D2RCP002VP阀杆方向节外圈断裂导致阀门开度异常的故障。第三季度紧密跟踪、有效缓解及处理了L1LHQ651LT柴油机温度计破碎、D2RCP003MO下部轴承油箱油位低、D1GPA 100%定子接地保护报警、D1GST发电机定子冷却水系统漏氢增大等一系列问题。

## 4. 建立日常生产和大修的设备全过程闭环管理体系

日常生产项目组不断加强与大修项目组的沟通交流,讨论确定了关于设备全过程闭环管理的基本运作流程。对于不能在日常处理的重要设备缺陷,由计划、运行、设备管理和各专业处共同汇总,并提前准备好大修时的检修方案。日常生产项目组和大修指挥部在大修前逐

一讨论日常移交的关注问题,确定计划窗口、细化检修方案、明确再鉴定标准,并指定专人进行跟踪。在大修实施过程中,日常生产项目组与大修项目组不定期沟通反馈相关问题的处理进展情况,及时交换意见,评价处理后的设备健康状况,确定需日常重点跟踪的事项,使电站能够全面掌握设备缺陷处理的过程和长期运行情况,为电站设备管理提供完整、系统的检修信息。

此外,日常生产项目组以岭澳核电站2号机组“12·28”非计划停堆事件为契机,与大修指挥部沟通协商,从保驾组织机构优化、保驾组织的介入点、保驾阶段的计划控制、研究保驾技术方法和防人因失效控制等方面着手,共同优化了机组启停过程中的保驾活动。

### 5.7.1.3 电站预算管理 and 控制

#### 1. 预算管理和成本控制改进

##### (1) 加强成本控制力度

在生产成本控制上,2006年加强了对各类费用的控制。从立项、合同推荐、支付申请等环节上,对项目的金额、必要性及准确性进行全过程细致的审核,对历史数据进行对比分析,加强了与现场相关专业人员的工作沟通。通过上述的细节管理,使生产成本得到了进一步控制。2006年通过成本控制科的协调控制在立项、合同推荐、支付申请环节调减、取消费用金额共计351万等值美元。

##### (2) 成本文化推进

###### 1) 改进成本控制网页

经过对成本控制网页分析,提出了内容改进方案,编写了需求报告。经改进后的网页,完善了预算基础信息的收集和统计,新增了预算内部调整、PC控制统计、库存材料模块,改进了预算执行双月报和更新改造模块,使数据层次分明,操作更为便捷。同时,为了更好地跟踪单据流转,对通用查询等模块增加了部分查询功能,使单据的传出均有纸质或电子记录。

###### 2) 注重工作沟通和培训

加强与成本中心的沟通,针对预算编制及执行过程中的重点内容,在2007年预算编制前,对成本中心有关预算协调员和工程师进行培训,同时加强对科内新员工的培训,制定了新员工上岗培训计划。

##### (3) 加强例外管理

###### 1) 库存材料预算管理改进

改进了MBS库存材料预算管理系统,实现自动化处理支付单据功能,同时增加库存材料立项后台审核信息查询模块,加强了库存材料月度审核和控制;建立库存管理指标体系,推动备件管理;对库存材料预算管理流程进行改进,增加了备件工程师审核环节,加强了备件的源头控制;在日常工作中参与了维修部备件采购与管理月会,主动反映备件管理问题并提出解决方案,优化了库存管理;根据公司库存备件管理目标,在满足安全生产前提下,加强了审核,对备件采购量进行了控制;参与维修零库存模式项目前期商务调研分析以及供应商实地考察等工作,对零库存对现有业务流程的影响进行了调研。

###### 2) 专项成本趋势分析

加强专项成本趋势分析,以成本控制为目标,用比较分析法进行分析,对费用的合理性及合同的执行提出相关改进建议,为项目决策提供参考依据。2006年成本控制科完成了6份专项分析报告,分别是《中小型工程改造费用分析》、《库存材料预算执行情况分析》、

《安全壳机械贯穿件隔离阀密封性试验费用分析》、《厂区制冷设备维修保养费用分析》、《2005年人力费用分析》、《管道金属检查监督费用分析》。

#### (4) BPM 立项流程投入运行和预算流程调研

根据工作需要,成本控制科与财务部组织人员对 BPM 立项申请流程进行了全面测试和修改,进一步开发了立项变更申请流程,两个流程均于 2006 年 12 月 1 日正式投入使用,并逐步完善。另外,还开展了 BPM 预算编制流程需求调研工作。

#### (5) 岭澳核电站二期生产准备预算管理

根据岭澳核电站二期操纵员模拟机国外培训、生产准备人员到岗计划调整和生产准备管理模式变化,完成岭澳核电站二期生产准备概算修订工作,为下一步生产准备标准化工作奠定了基础。根据岭澳核电站二期生产准备标准化要求及生产准备组织机构变化,召开生产准备预算研讨会,从分摊费用操作、预算编制及控制、预算考核、固定资产管理、重大项目管理等方面进行讨论并形成管理意见,明确了生产准备预算管理接口部门之间关系,规范了生产准备预算管理流程。

#### (6) 预算执行月报及指标考核改进

为便于生产线各部跟踪本部门的预算执行情况,对生产线预算执行情况月报进行改进,原按大亚湾核电站、岭澳核电站、DNMC 分别统计,改进后按部门分别统计分析;进一步规范了生产线收益性支出和资本性支出预算执行率指标考核,以利于成本中心对预算项目的跟踪管理,有效促进了预算项目进度控制。

#### (7) 离线固定资产管理

##### 1) 编制电站设备采购项目决策流程

为规范项目投资行为,优化资源配置,参与公司《投资决策导则》编写工作,完成电站设备采购项目决策流程的编制。

##### 2) 改进 OAMS 离线固定资产管理系统

结合现场资产实物管理需要,对 OAMS 提出改进建议。为优化资源配置,提高资产利用率,提出增加对第三方资产转让模块的需求要点。规范 OAMS 授权管理,细化授权分级,完善了数据备份。通过对 OAMS 进行升级,优化用户操作界面,规范了相关的数据操作。

##### 3) 固定资产盘点

配合财务部对 2006 年固定资产盘点有问题的数据进行核对,本次共盘点生产离线固定资产 15 097 件,其中大亚湾核电站 8 714 件,岭澳核电站 6 383 件。对盘盈资产(37 件)和盘亏资产(77 件)进行 OAMS 数据处理,确保资产账实相符。

## 2. 收益性支出预算执行情况

2006 年收益性支出决算金额相比基准预算,大亚湾核电站托管业务超出 14 万等值美元,岭澳核电站托管业务节省了 727 万等值美元,DNMC 自营业务节省了 79 万等值美元。主要情况如下。

### (1) 大亚湾核电站托管业务

1) 运行维修消耗材料及备品备件成本:决算金额超出基准预算 152.3 万等值美元,比 2005 年度上升了 30.7 万等值美元。主要变动因素:随着机组运行年限的增加,检修工作量增加,备件更换量增加。

2) 厂外劳务及技术支持费用:决算金额相比基准预算节省了 171.8 万等值美元,比 2005 年度降低了 134.1 万等值美元。主要变动因素:部分国外专家服务合同已于 2005 年末

结束, 2006 年未发生该部分劳务费用; 专家村配套设施费用从生产线预算转移至总部预算等。

3) 辅助设施运行维修费: 决算金额相比基准预算节省了 75.3 万等值美元, 比 2005 年度上升了 11.9 万等值美元。主要变动因素: 现场小修小改项目增多。

4) 生产厂房及构筑物维修费用: 决算金额相比基准预算节省了 9.2 万等值美元, 比 2005 年度上升了 19.1 万等值美元。主要变动因素: 大亚湾核电站厂房逐渐进入老化期, 维修量大幅增加, 导致加班费用和外调人工成本增加。

5) 电厂劳动保护费: 决算金额相比基准预算节省了 3.3 万等值美元, 比 2005 年度上升了 2 万等值美元。主要变动因素: 2005 年转入防暑降温保健用高硒茶叶费用等。

6) 电厂行政后勤费用: 决算金额相比基准预算节省了 10.6 万等值美元, 比 2005 年度上升了 23.6 万等值美元。主要变动因素: 新增 SA 中央空调机组大修项目等。

7) 电厂外购电费及水费: 决算金额相比基准预算超出 67.4 万等值美元, 比 2005 年度上升了 126.7 万等值美元。主要变动因素: 岭澳核电站二期工程用电增加。

8) 信息资料交流费: 决算金额相比基准预算节省了 3.9 万等值美元, 比 2005 年度上升了 17.3 万等值美元。主要变动因素: 新增美国电力研究院 (EPRI) NMAC 项目年费。

9) 应急计划支持费: 决算金额相比基准预算节省了 0.2 万等值美元, 比 2005 年度上升了 2.2 万等值美元。主要变动因素: 应急准备金根据电量增加而增加。

10) 电厂消防警卫费用: 决算金额相比基准预算节省了 1.9 万等值美元, 比 2005 年度上升了 3.3 万等值美元。主要变动因素: 新增 AF 楼消防监控值班费用; 消防训练站消防器材、AX 危险品库用灭火剂等采购量增加。

11) 机组大修费用: 2006 年大修费用为大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修, 大修总工期 65.06 天, 在计划工期之内 (计划工期 78 天), 大修决算金额 1 890 万等值美元, 超出基准预算约 180 万等值美元, 主要原因在于机组已运行十年, 设备逐步老化, 缺陷不断暴露以及 18 个月换料大修的実施, 机组运行周期的延长, 使大修期间检修的工作量较年度大修有所上升, 特别是领料有大幅度的上升所致。

12) 生产文档管理费、环境保护费及电厂执照许可证费用、电厂仓库经费、模拟机维修费等与 2005 年度基本相当。

## (2) 岭澳核电站托管业务

1) 运行维修消耗材料及备品备件成本: 决算金额相比基准预算超出 35.5 万等值美元, 比 2005 年度上升了 279.2 万等值美元。主要变动因素: 备件领用增加。

2) 厂外劳务及技术支持费用: 决算金额相比基准预算节省了 487 万等值美元, 比 2005 年度降低了 146.9 万等值美元, 与大亚湾核电站费用相比略低。

3) 生产厂房及构筑物维修费用: 决算金额相比基准预算节省了 22 万等值美元, 比 2005 年度上升了 13.4 万等值美元, 主要变动因素: 岭澳核电站部分厂房屋面防水改造项目增加。

4) 电厂外购电及水费: 决算金额相比基准预算节省了 54 万等值美元, 比 2005 年降低了 15.9 万等值美元, 比大亚湾核电站低 251 万等值美元, 主要是因为大亚湾核电站电费包含转售电部分及生活区用电分摊部分。

5) 辅助设施运行维修费: 决算金额相比基准预算节省了 30.3 万等值美元, 比 2005 年度降低了 46.6 万等值美元。

6) 应急计划支持费: 决算金额相比基准预算超出 0.1 万等值美元, 比 2005 年度上升了 3.8 万等值美元。主要原因同大亚湾核电站。

7) 信息资料交流费: 决算金额相比基准预算节省了 2.9 万等值美元, 比 2005 年度上升了 17.5 万等值美元。主要原因同大亚湾核电站。

8) 电厂消防警卫费: 决算金额相比基准预算节省了 3.6 万等值美元, 比 2005 年度上升了 1.3 万等值美元。主要原因同大亚湾核电站。

9) 电厂行政后勤费用: 决算金额相比基准预算节省了 7.7 万等值美元, 比 2005 年上升了 28.4 万等值美元, 主要变动因素: 后勤服务外包费用增加, 办公楼及其他建筑物维修费增加。

10) 机组换料大修方面: 预算包括岭澳核电站 1 号机组第四次大修和 2 号机组第四次大修, 岭澳核电站 1 号机组第四次大修总工期为 33.14 天, 决算金额 885.2 万等值美元。岭澳核电站 2 号机组第四次大修暂未决算。

11) 环境保护费及电厂执照许可证费用、生产文档管理费、电厂劳动保护费、电厂仓库经费、模拟机维修费等与 2005 年度基本相当。

### (3) DNMC 自营业务

1) 国内、外差旅费: 决算金额占基准预算的 99.24%, 比 2005 年度上升了 18.3 万等值美元, 主要因为以下项目差旅费增加: 岭澳核电站 1/4 换料国外设计及国内论证、发电机转子英国监造、岭澳核电站主变压器上海监造、宜宾驻厂监造、国外培训项目 (PMC 操作和维修法国培训、岭澳核电站 GPA 西门子保护检修培训、停堆开关解体检修培训、岭澳核电站 GME 系统维修英国培训、RIC 系统维修法国培训等)。

2) 培训费: 决算金额占基准预算的 61.37%, 比 2005 年上升了 23.3 万美元, 主要因为以下国外培训费用增加: PMC 操作和维修法国培训、维修过程质量控制培训、岭澳核电站 GPA 西门子保护检修培训、停堆开关解体检修培训、岭澳核电站 GME 系统维修英国培训、RIC 系统维修法国培训等。

3) 电厂行政后勤管理费: 决算金额占基准预算的 73.82%, 比 2005 年下降了 22 万等值美元。

4) 交际应酬费用: 决算金额占基准预算的 69.63%, 比 2005 年下降了 0.5 万等值美元。

### 5.7.1.4 部门管理计划及指标

电站的安全生产管理主要由生产线的四个部门承担, 分别是生产部、维修部、技术部和安全质保部。生产线管理计划涵盖了这四个部门的业务, 代表了电站范围内的部门管理计划。管理计划的内容通常由改进计划和管理控制指标两方面构成。生产线管理计划是电站安全生产的年度计划, 它的上游是 DNMC 五年发展计划, 下游是生产线各个处的处级工作计划。它以 DNMC 五年发展计划为指导, 是 DNMC 五年发展计划的具体年度执行计划。生产线管理计划的管理控制指标分为 WANO 指标、生产线一体化指标、部门管理控制指标及各处关键业绩指标四个层次。这些计划和指标层次之间的关系是从上至下逐级分解, 从下至上逐级承诺。

#### 1. WANO 业绩指标

2006 年大亚湾核电站有九项 WANO 业绩指标达世界同类型机组中间水平, 其中有两项达世界先进水平, 分别为: 7000 临界小时非计划自动停堆次数、化学指标。另外七项达中



间水平的指标为：能力因子、非计划能力损失因子、强迫损失率、专设安全系统性能、燃料可靠性、集体剂量、工业安全事故率。详见表 5.7.1.4-1。

表 5.7.1.4-1 大亚湾核电站 WANO 业绩指标

指标名称	2006 年结果			2005 年 WANO PWR 堆型水平		
	1 号机组	2 号机组	全厂	先进水平	中间水平	平均水平
能力因子/%	80.32	99.88	90.10	91.46	86.93	85.38
非计划能力损失因子/%	0.87	0.05	0.46	0.24	1.40	3.29
强迫能力损失率/%	1.08	0.05	0.57	0.08	1.01	2.39
7 000 临界小时非计划自动停堆/(次/单机组)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
安全系统性能	0.001 0	0.002 1	0.001 6	0.000 1	0.004 9	0.017 5
燃料可靠性/(Bq/g)	0.037	0.149	0.093	0.037	0.289	22.2
化学指标	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04
集体剂量/(人·Sv/单机组)	0.602 26			0.34	0.68	0.80
工业安全事故率	0.070			0.00	0.17	0.38

岭澳核电站有八项 WANO 指标达世界同类型机组中间水平，其中非计划能力损失因子、燃料可靠性、化学指标和工业安全事故率等四项指标达到世界先进水平；能力因子、强迫损失率、安全系统性能、集体剂量等四项指标达到世界中间水平。岭澳核电站的非计划自动停堆次数指标没有达到世界中间水平。详见表 5.7.1.4-2。

表 5.7.1.4-2 岭澳核电站 WANO 业绩指标

指标名称	2006 年结果			2005 年 WANO PWR 堆型水平		
	1 号机组	2 号机组	全厂	先进水平	中间水平	平均水平
能力因子/%	90.08	92.44	91.26	91.46	86.93	85.38
非计划能力损失因子/%	0.18	0.03	0.11	0.24	1.40	3.29
强迫能力损失率/%	0.20	0.03	0.12	0.08	1.01	2.39
7 000 临界小时非计划自动停堆/(次/单机组)	0.00	0.85	0.43	0.00	0.00	0.52
安全系统性能	0.000 7	0.000 6	0.000 6	0.000 1	0.004 9	0.017 5
燃料可靠性/(Bq/g)	0.037	0.037	0.037	0.037	0.289	22.2
化学指标	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04
集体剂量/(人·Sv/单机组)	0.360 89			0.34	0.68	0.80
工业安全事故率	0.00			0.00	0.17	0.38

## 2. 2006 年两电站一体化指标

2006 年两电站一体化指标的设置原有基础上作了较大的调整，增加了运行机组设备状态管理领域，引入了电站日常生产项目组 (TEF) 指标盘中的部分指标作为电站设备状态的管理控制指标。

(1) 大亚湾核电站一体化指标中, 未达标的指标如下。

- 1) 纠正性工作票申请数量: 实际值 377, 目标值  $\leq 360$ 。
- 2) 纠正性许可证数量: 实际值 282, 目标值  $\leq 260$ 。
- 3) 未关闭的值长关注问题: 实际值 7, 目标值  $\leq 6$ 。
- 4) TOI 实施数量: 实际值 11, 目标值  $\leq 9$ 。
- 5) 库存价值 (M\$) 超标: 实际值 122, 目标值  $\leq 110$ 。
- 6) 运行维修成本 [ $\$/(\text{MW}\cdot\text{h})$ ]: 实际值 3.76, 目标值  $\leq 3.6$ 。

(2) 岭澳核电站一体化指标中, 未达标的指标如下。

- 1) 纠正性工作票申请数量: 实际值 422, 目标值  $\leq 400$ 。
- 2) 临时定值修改单数量: 实际值 52, 目标值  $\leq 30$ 。
- 3) 库存价值 (M\$) 超标: 实际值 108, 目标值  $\leq 90$ 。

(3) 两电站共用的一体化指标中, 未达标的有如下指标。

- 1) (IOE + LOE) 重发事件: 实际值 8, 目标值  $\leq 6$ 。
- 2) 应急演练响应行动合格率 (%): 实际值 80, 目标值  $\geq 85$ 。
- 3) 工作申请退票率 (%): 实际值 9.95, 目标值  $\leq 9$ 。
- 4) 重复隔离次数 (次): 实际 26, 目标值  $\leq 16$ 。
- 5) 超过 100 天未关闭的 CAR 的数量 (个): 实际值 9, 目标值  $\leq 6$ 。
- 6) 电站行动按期完成率 (%): 实际值 94, 目标值  $\geq 95$ 。

### 3. 生产线改进计划完成情况

2006 年生产线改进计划由安全管理、业务流程、维修核心能力提升、技术核心能力提升、安全文化五大项内容组成, 全年按计划执行率为 98%。各项主要改进工作如下。

**安全管理:** 在核安全方面完成了岭澳核电站监督要求 A/B 准则分类的项目启动准备工作, 完成 2006 年全年 RRA 连接事故程序的编写任务, 并完成审查生效。完成大亚湾核电站和岭澳核电站的停堆 PSA 更新工作, 完成在大亚湾实施事故序列先兆事件 (ASP) 计划的可行性研究, 但火灾 PSA、风险指引型在役检查的研究工作暂时中止。完成大亚湾化学规范的升版, 完成 Io 安全分析模板偏差分析并投入使用。完成学习操纵员安全分析培训教材编制, 并已开展一次培训。在职业安全方面, 完成《电厂工业安全守则》升版工作, 厂家已排版印刷。试点厂房的安全标识与提示已在现场安装完毕。完成人员行为训练中心工业安全和辐射防护相关部分的场景设置, 并已开课。完成现场辐照监测及标识的新信息版制作。建立辐射防护最优化组织, 明确职业安全委员会行使 ALARA 委员会职能。在应急准备方面, 制定 2006—2010 年五年应急演练总体方案。实现应急培训、演习演练及上岗资格管理在 TMS 系统上电脑化管理。电厂保卫方面, 完成保护区周界完整性独立评估, 购置了反恐装备, 成功举行了“核应急与反恐”演习, 确定了岭澳实物保护系统改造的技术规范。在环境管理方面, 确定了液态氙排放的优化技术方案。投产超级压缩机, 开始处理岭澳核电站产生的技术废物, 优化固废管理。

**安全文化:** 确定了公司安全政策声明, 完成新员工安全文化培训教材和管理岗位安全文化培训教材的编写。按计划完成七期管理层安全文化培训, 成功举办安全文化辩论赛, 以及切尔诺贝利核事故 20 周年大型纪念活动。完成三种人因工具卡的开发和推广使用。正式启动人员行为训练中心, 完成行为训练教员的选拔和教材编写, 并开始实施培训课程。

**业务流程:** 2006 年开展了两批流程优化的工作, 第 1 批包括备件、工具和发电规划领

域,第2批包括在役检查、性能试验、物项替代、工程改造领域。流程优化项目以顾问公司为主导,各专业骨干参与编写程序的方式开展。2006年成立了流程优化管理小组,建立了流程管理信息平台,初步确定了公司0级价值链。

日常生产:完善日常生产计划管理改进,优化日常生产活动统计分析和TEF指标,组织预防性维修等效管理的方案讨论和确定。完善岭澳核电站标准包建立和生产活动工时数据库的建立,引进并研究日常生产计划管理工具P3E/C。建立关键敏感设备缺陷识别导则,进行缺陷原因分析梳理,建立缺陷纠正措施跟踪管理机制。完善关键敏感设备的清单,完善两电站关键敏感设备的运行巡视方法和维修巡视方法。建立值长关注问题、中期关注问题、长期关注问题、十大改造管理、十大备件管理的进入和退出标准,以及处理效率的评估方法。建立机组健康评价模型,确定系统健康状态评估标准,建立设备可靠性指数模型。完成汽轮机等重大设备应急抢修预案体系建立。在培训方面完成运行人员素质模型建立并开展部分运行持照人员的素质和心理测评。完成技能训练中心首期工程建设,并投入使用。制定2006年度技能培训课程开课计划,确定技能培训教员队伍的建设方案,进行能力培养。

维修核心能力提升:在维修自主化方面,完成主发电机/主励磁机电气部分、RCP主泵水力部件更换、主汽轮机1号低压缸等自主维修。在维修能力与效率改进方面,完成控制棒驱动机构CRDM的应急检修计划和核岛水下设备的检修预案。研究制定仪控设备三级维修政策及管理制度。实现燃料传输装置(PMC401)自主检修。完成气动截止阀机电一体化维修相关培训。大修管理改进方面,成立公司大修管理委员会,开展短大修分析和与EDF大修标准活动对标,确定了31项大修优化并列入2007年计划中,完成大修风险分析及预案制定方法,并交付大修执行。

技术核心能力提升:燃料管理自主化方面,完成岭澳核电站1/4换料的燃料管理设计论证。工程设计核心能力提高方面,完成设计基准文件体系的建立,并开始了ASG, RIC, LHA/LHB 3个有代表性的核岛主系统的设计基准文件建设。物资工程方面,完成部分库存备件清理工作。完成AMS系统新增安全库存模块的测试工作。备品备件商品化方面,完成商品级物项的鉴定过程,初步确定中国核动力研究院具备备件商品化试验条件。外部伙伴关系方面,成立专职维修承包商管理组织,完成了日常/大修承包商管理并轨,组织各承包商单位制定五年和年度管理计划和管理指标,推动承包商自主化管理。建立外部专家支持系统,完成外部专家支持系统的管理导则编写。建立国内外同行技术交流及资源共享机制,召开国内核电领域维修交流会,初步拟定国内核电维修领域技术合作协议。

#### 5.7.1.5 电站管理层工作会议

##### 1. 生产线管理干部大会

电站第一季度管理干部大会于1月10日在公关中心召开。本次会议旨在回顾与总结2005年安全生产各项工作,在全面反思、深入改进的基础上,认清形势,鼓足干劲,明确2006年的工作重点及管理思路。

电站第二季度管理干部大会于5月23日在公关中心召开。本次会议旨在回顾1—5月份电站安全生产情况,重点分析机组设备问题和工作中存在的管理问题,明确思路,把握重点,部署下一阶段电站的主要工作。

电站第三季度管理干部大会于8月31日在公关中心召开。会议通过回顾及总结1—8月份的安全生产情况,阐释设备故障和人因失效方面的“危机”,对后续安全生产提出了明确要求。

电站第四季度管理干部大会暨岭澳核电站2号机组第四次大修和1号机组第五次大修动员会于12月12日在南区活动中心召开。本次会议旨在全面介绍大修准备进展情况,从不同领域深入分析风险并提出对策,转变观念,鼓舞士气,确保岭澳核电站2号机组第四次大修和1号机组第五次大修顺利完成。

## 2. 生产管理研讨会

2月16日,杜邦安全管理培训在大亚湾核电基地成功举办。杜邦公司安全管理专家介绍了杜邦公司安全管理经验,并就DNMC的安全现况和存在的问题、如何借鉴及应用杜邦安全管理理念和系统进行了深入研讨。

4月26日,DNMC举行“切尔诺贝利核事故二十周年”大型纪念活动,通过影像、图片、数据等历史资料,结合专家讲解及观众互动的方式,重温历史,深入分析事故原因,回顾核电安全文化建设历程。借此警钟长鸣,加深影响,增强员工的核安全意识。

8月29日,运营公司2006年度大修管理研讨会在公关中心召开。会议围绕大修组织管理优化、大修工期优化、大修中关键敏感设备状态控制方法等议题展开深入探讨,并结合公司五年发展计划提出了大修改进思路。沈如刚董事长、总经理部成员、生产线各部经理、专业处处长和大修经理参加了会议。

10月11日,电站健康委员会(PHC)召开首次会议,就2006年第三季度两电站的系统健康状况作深入探讨。PHC的主要职责是以定期会议形式,加强设备可靠性管理,监测机组健康状态。

10月24日,CPR1000生产准备标准化研讨会顺利召开,会上确定了标准化项目开展的思路和框架,总结、提炼形成CPR1000系列生产准备标准化模块,这对后续CPR1000系列新项目的运营准备具有重要意义。

## 3. 日常生产专项会议

7月19日,电站日常生产管理年度研讨会在公关中心召开。通过总结上半年四台机组日常生产情况,与会代表就适应形势、应对挑战进行专题研讨,指出要不断查找不足,加强部门协作,注重经验传承,以高度的责任心和执行力推进TEF改进。

## 4. 专业领域研讨会

1月17日,维修质量改进研讨会在LAF-224会议室召开,以持续提升维修质量为目标,会议围绕维修领域防人因失效、重复性维修管理及2006年改进措施进行了专题汇报与讨论。

1月23—27日,DNMC与日本海外电力调查会合办的2006年度“中日核电技术研讨会”顺利召开。双方就DNMC管理现状及改进思想、实施控制室活动的有效监控、TIPS系统在日本核电厂的应用经验、运行人员人因管理实践经验等议题进行了研讨。

1月26日,承包商管理研讨会在大亚湾基地成功召开。会议旨在探讨在发展的环境下如何加强承包商与业主间的战略合作,不断加强管理,缔造和谐氛围,迎接挑战,实现共赢。

2月7日,运营公司培训研讨会成功召开。为提升新形势下的培训支持能力,各部门围绕培训热点问题进行讨论,分析现状,查找问题,理清思路,研讨解决方案,形成具体的行动计划并推动执行。

3月30日,DNMC-EDF辐射防护交流会在大亚湾核电基地成功举行,双方就辐射防护组织管理、大修剂量优化、放射性源项控制、放射源和射线探伤的管理、放射性污染的控制、控制区管理的优化和未来的合作进行了深入的探讨和交流。

4月11—12日,DNMC-EDF培训交流研讨会在大亚湾核电基地顺利召开。EDF专家介

绍了法国在核电大发展时期 EDF 培训工作的成功做法及经验教训,中方专家报告了中国广东核电集团培训体系整合设想和 DNMC 培训现状与问题。

4月13日,岭澳核电站二期生产准备研讨会在公关中心召开。会议就岭澳核电站二期生产准备质保大纲、总体计划、培训大纲、工程参与规划、风险节点及应对措施等议题进行了研讨。

7月4日,电站设备可靠性管理研讨会成功举行。会议旨在结合设备管理八年来积累的经验,通过公司设备可靠性管理体系与美国核电站设备管理体系(AP-913)对标分析,查找不足并制定对策,明确以CCM和第一组Io零缺陷为目标推进关键敏感设备管理。

7月13日,2006年度电厂工程改进管理研讨会顺利召开。围绕“如何完善工程改进管理”这一主题,与会代表就多项议题展开讨论,明确了工程改进方向——短期解决现场生产问题,长期做好电厂中长期隐患的识别和处理。

10月24日,运营管理公司与日本原子能发电株式会社(简称日本原电)举行运营管理研讨会。作为双方长期交流活动的一部分,在为期两天的研讨会议上,双方就防人因失误、设备可靠性管理、设备老化管理、换料大修管理等领域进行了深入交流与探讨。

11月6—10日,世界核电营运者协会(WANO)巴黎中心专家组对DNMC进行为期一周的同行评审及技术交流活动,旨在提高公司在维修、工程人员培训及授权领域的管理水平。

11月16日,公司大修管理委员会(OMC)成立暨首次会议在BA-246召开。OMC将作为两电站机组大修活动的管理决策机构,全面负责大修的安全、质量和工期,指导大修的规划、准备、实施和反馈,进行大修的持续改进和全面创优。

11月21—24日,DNMC与日本海外电力调查会共同举办2006年度“中日核电运营管理研讨会”。中日双方就核电厂减少停机停堆的技术与管理实践、日常生产管理实践、核电厂缩短大修工期的实践等方面进行交流,并确定了2007年度交流计划。

11月27日,为期5天的国际原子能机构(IAEA)安全文化提升及评估方法国内研讨班在培训中心隆重举行,IAEA专家就安全文化自我评估方法(SCART)进行讲授和研讨,运营管理公司、国内其他核电公司及相关单位代表参加了此次研讨活动。

12月4—6日,中法放射性废物处理技术研讨会在大亚湾核电基地举行。法国专家详细介绍了法国的放射性废物管理体系及技术,并对DNMC相关领域提出了建议。通过此次交流和研讨,促进了中法在核电环保领域的交流与合作。

## 5.7.2 电站委员会

### 5.7.2.1 电站核安全委员会

2006年电站核安全委员会(PNSC)共召开了28次会议,其中6次为紧急PNSC会议。PNSC会议完成了全年的预定计划,共审议了103项核安全相关问题,主要包括:

- (1) 审查并批准运行事件报告(LOER);
- (2) 审查核安全相关改造项,包括技术规范、监督大纲的修改;
- (3) 审查核安全相关定期报告;
- (4) 审查其他核安全相关专题报告;

(5) 6次紧急PNSC会议审查了:岭澳核电站1号机组第四次大修CRDM-K14上部密封焊缝母材泄漏问题及美国WSI公司的OVERLAY技术修复方案;岭澳核电站1号机组第四次大修零功率物理试验发现RGL系统N2棒组积分价值超差问题。大亚湾核电站D1RRA120VP

针形排气阀泄漏处理后阀门脉冲管线和动力管线中含硼水处理问题；PT RRA002 不满足验收标准情况下增加 RRA 整体密封性试验问题；D1EVC043MT 温度高问题；D1RPN020MA “中子注量率高报警”故障的处理；L1LHQ651LT 温度计的断裂玻璃碎片的处理等问题。

2006 年 PNSC 会议共形成 129 项决议及行动要求，除 28 项未到完成期限外，其余 101 项均已完成。

### 5.7.2.2 电站健康委员会

2006 年，为了进一步提高电站设备尤其是关键敏感设备的可靠性，贯彻落实关键敏感设备零缺陷的管理文化，结合大亚湾核电站和岭澳核电站设备管理八年来积累的经验，根据电站设备可靠性管理体系的要求以及借鉴美国等核电站的先进管理经验，在设备管理处设备可靠性推进小组的建议下，经过电站设备可靠性管理研讨会的充分讨论酝酿，DNMC 电站健康委员会（PHC）于 2006 年 10 月 11 日正式成立，并成功召开了电站健康委员会第一次会议。

#### 1. 电站健康委员会成立的目的

DNMC 电站健康委员会通过监测设备健康状态，落实影响设备健康状况的纠正行动，优化预防性维修，对核电站的设备可靠性进程负责。

- (1) 保持管理层对关键敏感设备健康状态的高度关注；
- (2) 持续改进关键敏感设备的预防性维修；
- (3) 监督设备可靠性改进的中长期项目执行情况。

#### 2. 电站健康委员会的职责

- (1) 审查《电站健康季度报告》，评估电站的系统设备健康状态；
- (2) 审查监督影响电站设备健康状况的遗留问题的纠正行动完成情况；
- (3) 审查重要设备管理小组的工作报告；
- (4) 通过监控设备可靠性进程的效果，保持电站可靠性。

#### 3. 电站健康委员会的主要成员

- (1) 主席：公司主管生产的总经理；
- (2) 副主席：生产部经理、维修部经理；
- (3) 秘书：设备管理处处长；
- (4) 委员：技术部经理、安全质保部经理、日常生产项目组经理、运行一处处长、运行二处处长、生产计划处处长、化学环保处处长、保健物理处处长、技术支持处处长、工程处处长、土建处处长、转机处处长、静机处处长、仪表控制处处长、电气处处长、现场服务处处长、大修处处长、核安全处处长。

#### 4. 电站健康委员会的主要议题

- (1) 检查上次电站健康委员会的会议行动完成情况；
- (2) 审查设备管理处《系统健康季度报告》；
- (3) 审查设备管理处《系统健康循环报告》；
- (4) 审查并批准导致系统健康状态盘呈“黄色”或“红色”的纠正行动；
- (5) 检查设备可靠性改进的中长期项目执行情况；
- (6) 批准设立或撤销重要设备小组，审查小组工作报告；
- (7) 审查电站关键敏感设备的管理状况；
- (8) 讨论其他与电站设备健康有关的重大事宜。

## 5. 电站健康委员会会议记录与行动跟踪管理

电站健康委员会三个月召开一次会议，会议由委员会主席主持，按议程进行，经主席同意可召开不定期会议。

电站健康委员会会议记录主要包括《电站健康季度报告》、《电站健康委员会会议纪要》、委员会会议批准的纠正行动纳入 CIS 任务督办系统由设备处进行行动的跟踪和管理，最终由委员会主席批准行动的关闭。

DNMC 电站健康委员会目前已经召开了两次会议，会议审查通过了 2006 年第三季度、第四季度的电站系统健康季度报告，批准改进行动 31 项，其中已经有 9 项行动按期完成，尚有 22 项改进行动正在推进中。电站健康委员会还进一步加强对电站重要设备小组工作的引导与支持，建立健全了电站设备管理小组的组织和运作。重要设备管理小组由原来的 13 个小组扩充到目前的 18 个小组，各个小组都建立重要遗留问题清单以及分项负责人名单，各个小组的工作目标、工作指标（包括一票否决指标、持续改进指标、过程控制指标）也得到了进一步的完善与优化。此外，电站健康委员会还研究制定了重要设备小组的绩效评价和激励机制。

### 5.7.2.3 电站大修管理委员会

根据 DNMC 多年来的大修管理实践，迫切需要建立一个公司层面的大修管理机构，制度性地检查和监督大修全过程中重要工作的进展，协调和决策关键敏感问题，因此在 2006 年 8 月 29 日公司大修管理研讨会上，维修部大修处提出了设立公司大修管理委员会的建议并获得经理部的支持。随后根据大修管理研讨会上的精神，在大修处的策划下，DNMC 大修管理委员会（OMC）于 2006 年 11 月 16 日正式成立。

大修管理委员会按照程序 C-TS/ORG/305 《DNMC 大修管理委员会章程》运作，其主要内容如下。

#### 1. 大修管理委员会成员

主席：维修部经理

委员：维修部副经理，MOT，MSM，MRM，MEE，MIC，MGS，TEN，TTS，OPE，OPO，LPO，SNS 各处处长

秘书：大修经理

列席：委员会主席根据会议议题内容有选择地要求其他相关处的处长列席会议。

说明：经主席批准后，大修管理委员会委员可以由分管大修的副处长担任，但当正式委员不能参加会议时只能由处长替代。

#### 2. 大修管理委员会职责

负责公司大修组织管理，是大修相关政策、规定的制定主体和相关问题的决策机构，对大修安全、质量和工期等业绩的全面优化和持续改进负责，指导大修的具体实施。

说明：对于涉及与核安全相关的问题决策仍由电站核安全委员会（PNSC）主席负责，涉及与工程技术改造相关的技术决策仍由电站工程技术委员会（PEC）主席负责。大修管理委员会的运作及任何决策不改变目前 PNSC 以及 PEC 的运作方式与决策过程。

#### 3. 大修管理委员会管理范围

大修管理委员会（OMC）是大亚湾核电站和岭澳核电站机组大修活动期间的公司管理决策机构，其具体管理范围如下。

(1) 讨论审核大修中长期规划方案，递交总经理部批准；

- (2) 检查大修中长期规划工作进展、协调和决策相关问题；
- (3) 检查大修优化项目工作进展，协调和决策相关问题；
- (4) 审批重要的大修项目变更；
- (5) 审议每次大修结束后大修指挥部和各处制定的反馈行动落实情况检查结果；
- (6) 审议每次大修结束百日之后的《大修质量评价补充报告》，落实纠正行动；
- (7) 检查落实与大修相关的内外部经验反馈行动；
- (8) 审议批准大修相关的管理改进方案；
- (9) 讨论审查重要的大修管理程序的修改、升版方案；
- (10) 检查大修相关行动的进展状态；
- (11) 制定大修管理考核标准，审核考核结果。

#### 4. 大修管理委员会会议制度

(1) 正常情况下，大修管理委员会会议每月召开一次，经委员会主席同意可召开紧急 OMC 会议。在确定会议以后因特殊原因委员会主席无法主持会议时，委员会主席可授权委托维修部副经理主持会议并进行相关决策，并由委员会主席承担相应责任；节假日期间召开的 OMC 会议等同于紧急 OMC 会议；OMC 委员必须由经 OMC 主席批准的相关处处长担任，OMC 秘书由委员会主席指定；参加 OMC 会议的委员人数必须达到额定人数的 2/3。在满足 2/3 人数的前提下，OMC 主席或其授权人根据与会委员的专业和审议的项目，确定会议各项议题是否按原计划审议。

(2) OMC 委员必须参加 OMC 会议，原则上不能替代，特殊情况确实需要替代时，要提前经过主席批准。

(3) 会议讨论议题时，委员们可以充分发表意见，委员会主席综合各位委员的意见以后，决定以下几种可能的决策意见：① 通过，完全同意；② 通过，但需补充修改意见；③ 暂不通过，需继续分析论证，收集数据，下次会议再讨论；④ 不通过，不予采纳。

#### 5. 大修委员会会议的准备

(1) 会议前 10 天，OMC 秘书向委员发送会议通知，并预订好会议室；

(2) 正常会议前至少一周，汇报人必须完成项目的详细材料准备，并通过会议秘书向各位委员发送；

(3) 各位委员收到会议材料后进行详细审阅，准备好需要提出的问题。

#### 6. 紧急大修管理委员会会议的准备

(1) 至少在会议前一天，汇报人必须完成项目的详细材料准备；

(2) 会议秘书在收到详细材料后，立即向委员发送会议通知和详细材料；

(3) 各委员审查详细材料。

2006 年，DNMC 大修管理委员会共召开两次会议，共审议了两项例行汇报和 4 项专题汇报，主要包括：

- (1) 大修中长期规划状态和问题；
- (2) 大修优化项目进展情况及问题；
- (3) 《大修管理委员会章程》；
- (4) 大修期间 RPR 试验的等效优化方法；
- (5) 仪控设备老化处理中长期计划及问题；
- (6) 大亚湾核电站 2 号机组第十二次大修中发电机动平衡方案。



两次会议共形成会议行动 13 项, 除 4 项未到完成期限外, 其余 9 项均已完成。

#### 5.7.2.4 生产教育培训委员会

2006 年, 由于公司组织机构和管理层人员的变动, 生产教育培训委员会组成人员部分重新进行了调整, 其功能定位进一步完善。面对新形势、新任务, 2006 年生产教育培训委员会共组织召开了 3 次培训领域相关会议, 听取汇报和审议的议题共 14 项。

2 月 7 日, 召开了公司培训研讨会, 会议就公司培训工作面临的形势、主要问题与改进措施进行了广泛深入的讨论, 提出了有针对性的意见与建议。

4 月 11—12 日, 在大亚湾核电基地举行了 DNMC-EDF 培训交流研讨会, EDF 专家重点介绍了法国在核电大发展时期 EDF 培训组织管理体系、人员的招聘与培训方式、教员队伍的建设和近期针对员工在 20 世纪 70 年代末、80 年代初技能的提高与更新等方面的成功做法及主要经验教训; 同时, 中方专家汇报了中国广东核电集团培训体系整合设想和 DNMC 培训现状与问题。双方就相关的问题进行了坦诚的交流讨论。本次研讨会的召开, 为中国广东核电集团快速发展期人才的培养提供了重要的借鉴。

11 月 1 日召开了生产教育培训委员会第六次会议, 本次会议听取了 DNMC 培训管理 KPI、运营培训统筹管理实施, 及技能训练中心一期项目状况和二期项目开发三个议题的汇报, 并进行了讨论, 形成相关决议。

2006 年, 生产教育培训委员会通过相关行动计划的制定和落实, 确保了公司各项培训与教学工作的展开, 提高了培训的管理水平, 使公司培训工作局面得到了显著改善。

#### 5.7.2.5 电站环境保护与废物管理委员会

按照 ISO 14001 标准和群堆管理方案, 结合 DNMC 机构的变化, 为了更好地履行各自的职能, 三废管理和环境保护的职能相对地从原来的环境保护与三废管理协调组 (EMSG) 中分离出来, 成立了电厂三废小组 (RWG) 和环境保护协调组 (EMS), 在 2006 年中作为 DNMC 三废管理工作的检查决策机构, 全年召开了 6 次会议, 会议行动有效, 结果满意。

##### 1. 完成的主要改进工作

- (1) 超级压缩机在岭澳核电站成功投入使用。190 个金属桶的废物 (每桶约 200 L, 共 39.9 m<sup>3</sup>) 经超级压缩机压缩后体积减少 14.7 m<sup>3</sup>; 2007 年将继续推动其在大亚湾核电站的使用。
- (2) 大亚湾核电站 TEU015BA 增加疏水和隔离阀改造设计文件包和现场实施。
- (3) 大亚湾核电站增加一回路排水接头改造设计文件包和大亚湾核电站 1 号机组现场实施。
- (4) 增加 REA005BA 取样快速接头改造设计文件包和大亚湾核电站现场实施。

##### 2. 2006 年三废管理对环境产生较大影响的活动和事件

2006 年大亚湾核电站和岭澳核电站都没有发生放射性废物不可控向环境释放的重大事件, 整体情况良好, 但还是发生了一些影响放射性废物处理的异常事件。

(1) 岭澳核电站 L9TEU016BA 内的高放射性高浓度硼水约 80 m<sup>3</sup> 没有处理掉。2005 年 1 号机组第三次大修中含有大量<sup>110m</sup>Ag 核素的 L9TEP006DE 冲洗水 (总  $\gamma$  活度为 9 303 MBq/m<sup>3</sup>) 被传往 L9TEU016BA 缓存。由于种种原因, 2006 年没有及时处理掉, 随着其活度的逐渐降低, 2007 年将安排进行处理, 以减轻 TEU 的压力。

(2) D9DVN 烟囱连续排放样品中发现有微量<sup>131</sup>I 和<sup>133</sup>I。2006 年 4 月 29 日开始, D9DVN 烟囱连续排放样品中发现有微量<sup>131</sup>I 和<sup>133</sup>I, 其中<sup>133</sup>I 最高活度达到了 10.3 mBq/m<sup>3</sup>。对 TEG, TEP 以及 DVN/DVW 等通风系统进行了查漏工作, 最后发现 2REN741/742VP 有漏, 导致一回路液体泄漏到 9RPE002PS 中。6 月 21 日修复阀门后, 将 9RPE002PS 中的水排空, 烟囱中

连排样品中测量不到碘的存在,恢复正常。

(3) 岭澳核电站9TEG004BA 安全阀泄漏。2006年10月22日,岭澳核电站9TEG004BA 压力异常降低,从0.642 MPa 下降到0.63 MPa。经过深入调查,结论为TEG 安全阀压力整定值过高,气体通过安全阀向外泄漏。TEG 衰变箱最高运行压力为0.65 MPa,但衰变箱的安全阀在0.63 MPa 就开始存在泄漏(弹簧安全阀特性所致),为了避免放射性气体不可控排放,参考大亚湾核电站的做法,决定运行值在衰变箱压力达到0.6 MPa 以上就可以停止向衰变箱继续充气,衰变箱压力最高不能超过0.62 MPa。

(4) 岭澳核电站L9TEU001 蒸发器效率低。2006年6月8日,L9TEU001 蒸发器出现去污因子低的问题,导致L9TEU009/010BA 的 $\gamma$ 辐射超过DNMC的内部排放标准0.5 MBq/m<sup>3</sup>。经过一系列的工作,包括解体蒸发器和分离器,除发现分离器的金属筛网较脏外,未见设备明显异常。三废小组已召开多次会议进行原因分析,现已基本确定去污因子与浓缩液的成分有关,如含<sup>110m</sup>Ag 过高等;目前蒸发器的状态已恢复到可以满足大修要求的标准(1 MBq/m<sup>3</sup>),蒸发器不可用的预案已经编写完毕,岭澳核电站2号机组第四次大修和1号机组第五次大修结束后,三废小组将继续分析解决使蒸发器能满足内部排放标准0.5 MBq/m<sup>3</sup>。

(5) 岭澳核电站固化废树脂水泥桶表面剂量率超标。2005年产生的含<sup>110m</sup>Ag 高放射性废树脂虽然在TES003BA 内经过一年的暂存衰变,但放射性活度仍然很高,由于TES003BA 内的容积已满足不了运行的要求,因此2号机组第四次大修前必须固化掉TES003BA 内的部分树脂,最终造成水泥桶表面接触剂量率偏高,基本都超过2 mSv/h,最大值为10.8 mSv/h,被定为内部事件,同时高放射性含<sup>110m</sup>Ag 废水造成N236/234/246 房间环境剂量率升高。三废小组已制定措施避免此类现象再度发生。

### 5.7.2.6 电站工程技术委员会

2006年电站工程技术委员会(PEC)共召开22次,其中1次为紧急会议,全年听取汇报和审议的议题为115项目(较2005年的93项目增加了24%),其中电站工程改进项目初步设计为74项,专题汇报为41项,全年通过的工程改进项目初步设计共51项,通过率为69%。与2005年相比,无论是议题数量还是改进项目初评汇报的数量都有较大幅度的增加(超过20%)。全年还产生了61项会议行动。

2006年电站工程技术委员会审议通过的重要改进项目有:

- (1) 防止闸阀因为锅炉效应的改进;
- (2) 大亚湾核电站16 m 火警探测系统改造;
- (3) RRA 进口死管道改进;
- (4) 大亚湾核电站400 kV 线路保护改进;
- (5) 大亚湾核电站DEG 系统改进;
- (6) 岭澳核电站K1/K3 与NC 级设备UP 电源分开;
- (7) 岭澳核电站先进燃料管理1/4 换料项目;
- (8) GRE 系统上位机改造;
- (9) PTR 双泵运行仪表改造;
- (10) 岭澳核电站AGR101/102CF 净油机改造;
- (11) 岭澳核电站GFR 系统油箱改造;
- (12) D2RCV818VP 管线振动降低改造。

2006年电站工程技术委员会审议通过的重要技术问题方案和技术管理方案有:

- (1) 战略备件采购的技术经济分析；
- (2) NCR 管理流程的优化；
- (3) FARLEY-TIHANGE 现象改进可行性；
- (4) 岭澳核电站 PMC 改造可行性；
- (5) 发电机内定子战略备件技术经济分析；
- (6) 厂用变压器 B 列技术经济分析；
- (7) 大亚湾核电站和岭澳核电站管道振动治理；
- (8) 降低 ARE 旁路流量方案；
- (9) 大亚湾核电站辅助变压器战略备件采购方案；
- (10) 仪控板件国产化和三级维修。

#### 5.7.2.7 电站纠正行动审查委员会

经过几年的运作，电站纠正行动审查委员会（CARB）的影响力在不断扩大，各部门对上报 CARB 的议题更加重视，事件根本原因分析质量有了一定程度的提高。

2006 年重点放在对“A”类内部事件尤其管理人因类内部事件的审查上，突出了以下几方面的管理关注和审查力度。

(1) 对事件的审查越来越侧重于事件的组织、制度和重发方面的原因，同时把管理层“暴露小异常小偏差，减少有后果的大事件发生”的管理理念传递给执行层；

(2) 加强了纠正行动审查评议工作组（CAP-Team）的运作。确保电站的各类问题得到及时有效的识别、报告、分析、纠正、跟踪和评价；

(3) 着重解决共性问题、体系问题、效率问题、管理问题，强调大局观；

(4) 结合 DNMC 防人因失误评价的具体措施，鼓励专业部门积极并高质量地牵头事件调查分析及编写事件报告。

2006 年电站纠正行动审查委员会共召开了 23 次会议，进行了 46 个议题的汇报和讨论，产生 11 条纠正行动和 15 项会议决议。

这些议题中，A 类内部事件有 33 个（其中人因 A 类内部事件有 12 个，占 36%）；RCA 小组汇报的事件有 5 个；CAP-Team 独立调查事件 6 个（包括 OPH 独立调查的事件）。其他议题有：质保 H-CAR（2 个）、经验反馈纠正行动有效性评估、事件趋势分析、优化后新的 IOE 界定准则、CARB 行动汇报及 WANO 行动汇报等。

2006 年 CARB 运作延续了以往的良好做法，重点审查 IOE“A”类议题和重发事件，通过事件中反映的问题进行分析和讨论，找出电站运作中管理方面的缺陷，从而给出改进的方向及改进的具体要求。

针对 2005 年 WANO 组织对大亚湾核电站和岭澳核电站同行评审中在经验反馈领域提出的待改进领域（AFI）纠正行动，在 2006 年提出了研究和找出小事件趋势分析的方法，同时完善人因失效评估方法等。在报告审查上更加侧重于事件的组织、制度、重发、跨部门的责任等原因的分析。

2006 年纠正行动审查委员会的 15 项决议主要是生产管理方面的要求，目的是为了 CARB 会议决议着重体现在防人因失效方面，同时也是 CARB 会议加大管理力度的表现。

内部运行事件准则在电站已应用多年，但随着管理的不断创新，准则的部分条款已不再适用。2006 年对内部运行事件准则作了修订，增加了大修管理、环境管理和生产管理的相应条款。

2006年的CARB对“A”类报告的审查实施了退回机制。另外,对未上CARB汇报的内部运行事件报告(IOER),CAP-Team将采取改进措施加强报告质量的审查。

2006年随着DNMC组织机构的调整以及采纳外部评审的相关意见,CARB和CARB领导下的CAP-Team机构成员进行了一定程度的调整:CARB委员在保留原生产、维修、技术和安全质保经理基础上,增加了培训中心主任;CAP-Team成员也增加了运行代表、维修代表和质保代表,从而使CAP-Team的运作涉及度得到扩展,使事件的调查跟踪更加有效,内部运行事件的界定更清晰和准确,并为长远的偏差统一管理做出组织尝试。

CAP-Team是在CARB领导下的经验反馈指导小组,小组在2006年进行了如下工作:每日筛选前一天发生的事件;确定是否界定IOE或需要进行反馈的事件;跟踪事件的纠正行动的执行情况;讨论经验反馈运作过程中存在的问题;每月对WANO和CID及其他来源(如中国核电信息网CINNO)的外部事件、良好实践进行筛选,确定要界定EOE的事件和要进行反馈的外部事件;确定CARB会议议题等。

2006年,CAP-Team每天进行事件的审查、跟踪和调查,审查事件约11065起,界定IOE103起,CAP-Team独立完成的事件调查超过25起,独立编写的IOE有5起,对有争议的IOE和纠正行动进行协调和裁定。RCA独立调查事件约10起,还参与专业处事件调查和分析等。

#### 5.7.2.8 承包商管理委员会

2006年,DNMC承包商管理委员会继续通过工作小组例会、维修部与承包商的管理层沟通会以及质量改进会等方式开展工作,实施DNMC承包商管理政策,稳步推进承包商管理的各项工作。

2006年1月26日,委员会在大亚湾基地成功举办承包商管理研讨会,DNMC代表和现场主要承包商负责人共26人出席会议,就“以客户需求为中心的合作战略”、“创建和谐氛围,推动战略合作”、“精诚合作、共创未来”、“承包商人员基本安全授权管理”和“完善管理、诚信合作、创建服务文化”为主题进行研讨。与会者本着找问题、谋改进的积极态度,从政策面到执行层对今后的战略合作以及管理措施等方面都提出了建设性的意见,在提高员工素质、改进行为规范等方面达成了共识。

2006年3月24日,承包商委员会召开工作会议,就“改进行动进展”、“劳务派遣管理优化”和“维修承包商管理改进”三个专题展开讨论,并对今后的改进工作提出了具体建议。为进一步提高现场承包商管理,会议产生了5项行动。

由于公司组织机构和管理层变动,承包商管理委员会主席一职从2006年10月1日起由DNMC郭利民总经理助理担任。

#### 5.7.2.9 电站合理化建议评审小组

电站合理化评审小组每月召开小组会议,对员工提交的新建议进行认真初审,初审通过的建议经小组组长和委员会主席审阅批示后,送到各相关部门征询专家意见。合理化建议小组根据专家意见,决定建议的采纳与否,并与相关责任部门协商落实后续行动。建议的流转答复情况,员工可通过合理化建议系统进行实时查询,随时了解所提建议的评审状态。

2006年,电站合理化建议处理统计结果如下:收到的建议293份,采纳的建议50份,建议平均答复时间65天,建议平均实施时间82天。

2006年电站加强了合理化建议的流转答复跟踪,进一步缩短了建议的平均答复时间和平均采纳实施时间。2006年合理化建议的采纳比例较2005年有所提高。

## 5.7.2.10 电站节能小组

## 1. 2006 年节能指标完成情况

2006 年共有 7 项节能指标, 完成情况见表 5.7.2.10-1。

表 5.7.2.10-1 2006 年电站节能指标情况

项目		厂用电率 %	机组热 性能 %	机组热 效率 %	厂内生产 用水量 m <sup>3</sup> /d	厂外生活 用水量 万 m <sup>3</sup>	厂外办公及 生活用电量 MW·h/年	外购电费 万元/年
2006 年 目标值	大亚湾 核电站	4.0	99.8	33.8	3 000 (大亚湾 核电站和岭澳 核电站总量)	230	22 000	1 600
	岭澳核 电站	4.1						300
实际完 成情况	大亚湾 核电站	4.04	100	34.15	2 421	163	24 337	2 159
	岭澳核 电站	3.92	99.996	34.33				187

由表 5.7.2.10-1 可见, 全年节能指标完成情况良好, 尤其体现在挖掘机组发电潜力 (机组热性能、热效率)、厂内生产用水量、厂外生活用水量的控制上。通过一系列的控制手段, 除大亚湾核电站厂用电率、厂外办公及生活用电量及外购电费外, 各项节能指标都在控制范围内。

## 2. 节能小组完成的主要工作

(1) 节电方面: 2006 年, 节电小组适时跟踪电站各台机组运行状态, 及时调整 220 kV 变电站运行方式。利用电站照明设施老化更新的机会, 安装部分照明节电装置, 取得了一定的成效。为保证岭澳核电站二期工程施工电源安全可靠, 节电小组提出从岭澳核电站 LGE 系统接入岭澳核电站二期第二施工电源方案, 对方案的经济性、安全性和可行性进行了充分论证, 得到相关部门批准并由工程公司实施。

(2) 节耗方面: 2006 年, 电站取得了良好的发电业绩, 全年上网电量达 299.20 亿 kW·h, 创历史最好水平。这一良好业绩的取得, 与电站大力挖掘机组发电潜力、提高机组发电热效率 (节耗) 的工作是分不开的。节耗小组完成的主要工作有: 每日监测机组发电状况; 大修前后机组效率跟踪, 岭澳核电站 2 号机组第三次大修后机组发电能力提高 5.2 MW, 岭澳核电站 1 号机组第四次大修后机组发电能力提高 3.5 MW; 岭澳核电站 1 号和 2 号机组内漏阀门的检查及在大修中的维修, 大修后阀门检查情况表明阀门密封性总体良好; L2GSS102/202/203PU 冷阀问题经过处理已经正常疏水, 保证机组安全运行; 采用新标准 ISO5162-03 的流出系数, 提高出力约 1.2 MW 电功率; ARE01/02/03YT 更换新采购的精度更高的温度探头, 在大修前后相同 ARE 差压下对比新温度探头高 1 °C, 采用新温度探头后单台提高机组出力约 3 MW; 完成大亚湾和岭澳核电站机组大修后蒸汽发生器老化计算等。

(3) 节水方面: 积极推动实施多项节水工程, 包括: 大亚湾核电站 SEP 管网改造, 减少 SEP 水的泄漏; 完成 BA/UD 以及 LBX/UF 等区域的绿化用水由 SEP 系统改造为 SEA 供水; 完成水厂出口总阀更换和流量计安装, 提高统计数据的准确性; 推动调水管线的大修工

作。积极采取措施完成节水工作,包括:大力开展节水宣传;组织了公司范围内的节水知识网上答题;与《核电机》杂志联合举办了节水征文活动,提升员工的节水意识;与绿化部门协商采用合理的绿化养护方式,节约了绿化用水;对承包商用水继续采用超量用水累进加价收费制度,效果明显;对生产系统的设备可用性建立指标,节约了水厂供水环节的损耗。

### 3. 节能工作存在的问题

目前,电站对节能工作的重视程度还需要进一步加强,节能改造项目的评估、实施与跟踪力度不大,节能管理制度和手段尚需完善。缺乏对节能新技术、新工艺、新材料的了解,缺乏与先进单位的节能经验交流。

## 5.7.3 执照申请及对外交流

### 5.7.3.1 执照申请

#### 1. 核安全监督与交流活

##### (1) 外部监督检查

除了对电站日常运行的监督、检查和跟踪外,2006年国家核安全局(NNSA)及广东监督站(GRO)还对大亚湾核电站、岭澳核电站实施了11项专题和例行检查,共提出49项行动要求、建议或问题。电站制定了67项纠正行动,并将需要后续行动的纠正行动和要求均输入CIS进行跟踪。截止到12月31日,共完成纠正行动42项,剩余25项正在按计划实施。NNSA/GRO对电站积极响应其监督检查要求表示满意。2006年,国家原子能机构核材料管制办公室也对DNMC实施了核材料管制例行检查。检查活动详见表5.7.3.1-1。

表 5.7.3.1-1 NNSA/GRO 专题和例行检查情况汇总

序号	检查项目	检查时间	NNSA/GRO 提出行动 要求、建议、问题	电厂产生 纠正行动	已完成 纠正行动	未完成 纠正行动
1	DNMC 应急计划与准备专项检查	1月11日至12日	3	5	5	0
2	DNMC 防火核安全检查	1月11日至12日	3	3	2	1
3	核材料管制例行检查(国家原子能机构核材料管制办实施)	3月7日至9日	3	7	5	2
4	DNMC 设备质量缺陷管理专项检查	8月2日至3日	5	8	8	0
5	DNMC 生产管理例行检查	10月10日至13日	10	21	14	7
6	DNMC 场内综合应急演练	10月26至27日	6	6	0	6
7	GNPS/LNPS 联合持照运行管理核安全检查	12月25日至26日	4	正在 制订中	—	—
8	GNPS 设备老化和寿命管理专项检查	9月20日至21日	8	8	0	8
9	GNPS 十年大修重要安全相关修改项目的跟踪检查	11月22日至23日	2	2	2	0
10	LNPS 新版运行技术规范执行情况例行检查	8月22日至24日	3	3	2	1
11	LNPS 运行期间重要核安全问题检查	12月13日	2	4	4	0
	总计		49	67	42	25

从检查结果来看,2006年NNSA/GRO对两电站的检查频度与2005年基本相当,提出的行动要求、建议或问题的数量也基本相当。比较情况见表5.7.3.1-2。

表5.7.3.1-2 近年NNSA/GRO年度专题和例行检查数据比较

年份	检查次数				行动要求、建议、问题项数			
	GNPS	LNPS	GNPS/LNPS 综合	总计	GNPS	LNPS	GNPS/LNPS 综合	总计
2003	8	2	3	13	29	11	12	52
2004	4	0	4	8	30	0	21	51
2005	3	1	7	11	11	5	33	49
2006	2	2	7	11	10	5	34	49

### (2) 审评对话及沟通交流会

2006年,随着岭澳核电站先进燃料管理(1/4换料)项目进展到关键时期,为了加快审评进展,满足项目进度要求,DNMC分别于2006年2月、8月、10月、12月与NNSA召开了4次审评对话会和1次环评问题审评对话会,解决了大量审评问题。为项目能顺利在2007年2月实施前获得NNSA的批准作出了重大贡献。

为确保安全重要项目审评的顺利进行,DNMC还与NNSA召开了多次审评对话会,包括岭澳核电站GOR9 A/B准则报告会、大亚湾核电站和岭澳核电站放射性废树脂水泥固化工艺改进申请审评对话会、岭澳核电站运行许可证审评对话会等。此外,NNSA还派出审评专家到大亚湾现场对部分申请项目进行现场调查和交流,包括降低岭澳核电站1号机组辅助给水系统气动泵入口管线振动水平改进申请、RRI155VN阀门换型通告等。

另外,为配合NNSA/GRO现场监督的需要,DNMC安排了多次与GRO的技术沟通交流活动,如:人员个人辐射剂量管理要求讨论会、大修重要项目调整管理讨论会、大亚湾核电站1号机组第十一次大修临时关闭NCR技术沟通、定期试验不满意项综合评价相关问题沟通会、控制棒驱动机构CRDM  $\Omega$ 型焊缝泄漏处理预案及岭澳核电站1号机组CRDM K14在第五次大修处理计划、NCR管理沟通会、DNMC缺陷处理流程及NCR应用等。此外,还配合GRO完成了多次定期试验现场见证工作。

### (3) 大修相关监督活动

为了保证机组的换料大修活动满足国家核安全法规的要求,在每次换料大修期间,电站都须向NNSA/GRO提交一系列报告,包括:大修初始报告、堆芯装载评价报告及安全评价报告、大修在役检查报告、物理启动试验报告、大修总结报告等。此外,NNSA/GRO将对大修进行一系列的审评、监督和检查,主要包括大修初始报告预审会及审查会、大修在役检查报告审查、堆芯装载评价报告及安全评价报告审查、大修临界前核安全检查、在役检查结果报告审查会、物理启动试验报告审查、满功率后评议会等。

## 2. 安全重要修改及评审

2006年大亚湾核电站、岭澳核电站申报的安全重要申请项目中获NNSA批准的有14项,其中大亚湾核电站和岭澳核电站综合项目8项,大亚湾核电站5项,岭澳核电站1项,获批准的项目见表5.7.3.1-3。

表 5.7.3.1-3 2006 年获 NNSA 批准的安全重要申请项目

序号	执照申请重要项目	备注
<b>大亚湾核电站/岭澳核电站综合方面</b>		
1	RRI155 阀门换型改造通告	
2	TEG001/002ZV 及 DVL 203/ 204ZV 风机驱动电动机物项替代通告	
3	LHS 系统快速操作阀 X0LHS129/132VF 物项替代通告	
4	PTR021VB 和 RIS075/085VB 电动头 (K3 级) 物项替代通告	
5	PTR022VB 闸阀锅炉效应改进	
6	LHA/LHB 7 秒延时信号送 KIT 改造通告	
7	第五台柴油机润滑油泵及燃料油增压泵、燃料油输送泵物项替代通告	
8	放射性废树脂水泥固化工艺改进申请	
<b>大亚湾核电站方面</b>		
1	柴油机厂房空气排气风机驱动电动机物项替代通告	
2	RPR 系统 T2 试验装置改进通告	
3	DEG 系统制冷机组更换改进申请	
4	JPL 卤代烷灭火系统改进	
5	1 号机组一回路完整在役检查和水压试验延期两个月执行的申请	
<b>岭澳核电站方面</b>		
1	RRI/SEC 热交换器钛板组件替代	

此外,部分申请项目包括:DNMC/GNPJVC/LANPC 联合持证续证申请、LNPS 运行许可证申请、岭澳核电站先进燃料管理(1/4 换料)项目执照申请、岭澳核电站 GOR 9 A/B 准则分级申请等正在审评中。

### 3. 特许申请

2006 年大亚湾核电站和岭澳核电站共向 NNSA 提交了 5 份特许申请,其中大亚湾核电站 2 份,获批 2 份,岭澳核电站 3 份,获批 3 份(其中一份在 2007 年 1 月获得批准),详见 7.12 节(特许申请汇总)。

### 4. 承诺报告及来往信函

电站认真执行核安全法规报告制度,2006 年大亚湾核电站和岭澳核电站向 NNSA/GRO 提交月、季、年报及各类大修报告、专题报告等承诺报告共计 237 份,其中大亚湾核电站 60 份,岭澳核电站 111 份,综合 66 份。全部按期提交。

2006 年大亚湾核电站和岭澳核电站共收到安全监督部门(有信函渠道号)来函共 101 份,其中国家核安全局 71 份,国家核安全局广东监督站 30 份。

### 5. 反应堆操纵员执照申请

2006 年反应堆操纵员和高级反应堆操纵员执照考试情况见表 5.7.3.1-4。

根据《核电厂操纵人员执照考核管理办法(试行)》的要求,换照人员须进行换照考试且成绩合格。2006 年 3 月、8 月和 12 月,共有 77 位高级反应堆操纵员和 35 位反应堆操纵员参加了换照考试。3 月、8 月换照人员中,除 3 人因参加岭澳核电站二期生产准备国外培



表 5.7.3.1-4 2006 年 RO 和 SRO 执照考试情况

	大亚湾核电站			岭澳核电站		
	参加考核人数	考核合格人数	合格率 %	参加考核人数	考核合格人数	合格率 %
反应堆操纵员执照考试	12	10	83.33	10	10	100
高级反应堆操纵员执照考试	12	10	83.33	9	9	100

训而导致不能满足法规规定的 6 个月内须返岗工作的维持执照要求外，其余人员全部获得 NNSA 的批准并换发新执照。12 月的换照人员 NNSA 正在审查核准中。

2006 年，为了适应操纵人员培训考核负荷增加的状况，广东核电操纵人员考评委员会经资审委批准进行了调整，成员从原来的 17 人增加到 21 人，考委副主任从原来的 3 人增加到 6 人。

2006 年 3 月和 11 月召开了两次核电厂操纵人员资格审查委员会会议。3 月的资审委会议上审议了岭澳核电站二期操纵人员培训和取照方案，同意参照岭澳核电站一期首批操纵人员的取照模式执行。11 月的资审委会议审查并通过了 2006 年大亚湾核电站和岭澳核电站取照考试合格人员的操纵人员资格。

截至 2006 年 12 月 31 日，大亚湾核电站共有反应堆操纵员 37 人、高级反应堆操纵员 68 人；岭澳核电站共有反应堆操纵员 39 人、高级反应堆操纵员 63 人。

## 6. 环境保护接口工作

2006 年 8 月 31 日至 9 月 7 日，DNMC 与广东省环保局召开年度协调会，会议中双方回顾了自 2005 年协调会后在核电环保、核应急、辐射环境管理等方面开展的工作，并希望 2007 年在广东省场内外联合演习、放射源管理等方面开展合作和管理。

## 5.7.3.2 国际原子能机构活动

2006 年，大亚湾核电站和岭澳核电站继续参加国际原子能机构（IAEA）在中国区域合作项目 RAS、EBP 项目（Extra Budgetray Programme，预算外项目）及其他项目活动，共协助 IAEA 在中国区域成功举办了三次区域性会议和一次研讨班。

### 1. IAEA “亚洲区域联合计划会议”

由 DNMC 承办的 IAEA RAS/4/021（核能领域）和 RAS/9/025（核安全领域）项目亚洲区域联合计划会议于 2006 年 3 月 27 日至 31 日在深圳圣廷苑酒店召开。来自区域内的中国、韩国、伊朗、巴基斯坦等各国代表和 IAEA 官员及专家共 26 人参加了会议。

会议回顾总结了过去几年 IAEA 组织的活动情况。各国代表总结并汇报了本国参加 IAEA 活动的情况和收获，并提出了改进意见和建议。会议讨论制订了 IAEA RAS/4/021 和 RAS/9/025 项目 2006 年至 2008 年的活动计划。中国有 10 个申请项目被列入该计划，包括中国广东核电集团提出的 4 个项目。

本次会议，IAEA 还邀请了美国 NEI（Nuclear Energy Institute）的公共关系专家 HILL 先生就美国核电公共关系经验做专题介绍。DNMC 相关人员参加了交流活动并介绍了公司开展公关宣传工作的经验。

## 2. IAEA “亚洲核安全网络 (ANSN) 推广介绍会”

2006年6月23日, IAEA“亚洲核安全网络(ANSN)推广介绍会”在大亚湾核电基地举行。IAEA专家 Philippe Paul、来自日本核能安全机构(JNES)和日本原子能机构(JAEA)的四位专家及EDF中国分部总经理等一行六人作了关于亚洲核安全网络(ANSN)的推广介绍。

亚洲核安全网络(ANSN)由IAEA提供技术支持,旨在推动亚洲国家在核能领域的交流与合作,目前在亚洲及太平洋地区,中国、日本、韩国、澳大利亚、越南、印尼等国已加入该网络。ANSN建立了中、日、韩三个网站枢纽,并与IAEA、法国及德国等的核电网络有链接。网站的突出特点是将核电技术形成几个大的专题,对每个专题以专题小组的方式进行交流并对成员国电站提供技术支持,已有三个专题小组开始运作,即:安全分析、教育与培训及运行安全;另有三个正在计划中。通过该网站可以获取本国、其他成员国及IAEA的核电相关信息。

此次推广介绍会上,与会代表提出了希望加强核电站事件通报的及时性和网站内容汉化等建议,均得到了专家的重视,并同意在网站内容的进一步完善工作中予以考虑。在适当的时候,公司会将该网站链接到CIS中的经验反馈网页,为各位员工提供更多有价值的外界核电信息。

## 3. IAEA “安全文化提升及评估方法国内研讨班”

IAEA于2006年11月27日至12月1日在大亚湾核电基地举办了“安全文化提升及评估方法国内研讨班”研讨会(Workshop on Methods for Assessment & Enhancement of Safety Culture)。该研讨会由IAEA主办, DNMC承办, IAEA官员 Marin Ignatov及 Mr. John Taylor、Mr. Stefan Stoev两位专家在本次研讨班中进行了讲授。

研讨班讲解了安全文化在组织中的薄弱环节和关键因素,结合学习型组织、知识管理和战略管理等先进管理理念,介绍了将之用于改进安全管理和推动安全文化的重要作用,并详细传授了IAEA新的安全文化评估方法 SCART(安全文化评估小组)。研讨班各成员对此方法今后在中国核电站实施进行了探讨和互动交流。此次研讨班为各核电组织提供了一个接收新知识和交流的经验平台。尤其是运营核电站在安全文化评估这一领域尚缺乏经验, SCART方法对核电站进行外部评估或是自我评估都有借鉴意义。

## 4. IAEA “区域性辐射防护会议”

由IAEA主办, DNMC承办的区域性辐射防护会议于2006年12月4日至12月8日在深圳举行。此次会议为IAEA区域性项目“提高核电厂辐射防护最优化实施”第二阶段工作的总结会(RAS/9/030 Improving Occupational Radiation Protection in Nuclear Power Plants, Phase II) Final Project Review Meeting)。IAEA亚洲区域官员 Nabil Lutfi 先生以及专家 Pascal P. A. Deboodt 先生分别主持了会议,并进行了主题发言;来自欧洲的 Gabor Janos Volent 先生和 Carl Goeran Lindvall 以及大亚湾核电运营管理有限责任公司杨茂春先生等作为会议的外部专家,也在会议上做了专题汇报。其他与会代表包括韩国、巴基斯坦、伊朗等国家的辐射防护专家以及来自国内秦山一期、二期、三期核电公司及江苏核电公司的辐射防护专业人员,这些代表也分别介绍了本国或本单位辐射防护管理的相关情况。

会议对RAS/9/030项目第二阶段已经开展的交流活动进行了总结和讨论,回顾和评价了整个项目在区域辐射防护技术交流与促进方面发挥的作用和取得的成绩。相关专题包括:监管部门在最优化实施中的角色与作用;如何提高现场工作人员的辐射防护意识和参与度;

如何开展辐射防护管理状态评价与改进等。会议通过分组讨论与集中讨论的形式达成了对各专题的共识。

与会人员一致认可 IAEA 区域性辐射防护交流活动在促进亚洲辐射防护技术专家以及管理人员之间的交流方面所起到的积极作用。在充分总结 RAS/9/030 第二阶段活动的基础上, 各国将申请延续该项目的活动。

## 5.7.4 人事管理

### 5.7.4.1 干部任免

2006 年, 根据工作需要, 对相关行政管理岗位的干部进行了调整, 全年科级及以上干部晋升 151 人次, 免职 54 人 (包括调离干部), 干部晋升情况见表 5.7.4.1-1。

表 5.7.4.1-1 干部晋升情况 人

部门经理以上	副经理	经理助理	处长	副处长	科长	副科长	合计
7	6	10	9	41	54	24	151

### 5.7.4.2 职称评定

2006 年获得各种专业技术职称人员的情况见表 5.7.4.2-1。

表 5.7.4.2-1 职称晋升情况 人

正研级高级 工程师	高级 工程师	工程师	助理 工程师	技术员	高级 技师	技师	高级工	中级工	合计
7	54	55	163	48	0	1	11	0	339

### 5.7.4.3 人员配备

人员配备情况见表 5.7.4.3-1。

表 5.7.4.3-1 人员配备情况 人

所在部门		聘用	返聘	合计
生产部 (OPS)	经理室 (OMC)	5	1	6
	运行一处 (OPO)	172	0	172
	运行二处 (OPL)	176	0	176
	化学环保处 (OPC)	74	0	74
	执照申请处 (OPL)	22	0	22
	保健物理处 (OPH)	64	0	64
	设备管理处 (OPE)	61	1	62
	发电计划处 (OPP)	53	0	53
	综管处 (OPA)	26	0	26
	小 计	653	2	655

续表

所在部门		聘用	返聘	合计
维修部 (MTD)	经理室 (MMG)	5	0	5
	一核维修队 (MDT)	1	0	1
	二核维修队 (MLT)	1	0	1
	大修处 (MOT)	34	0	34
	静止机械处 (MSM)	99	0	99
	转动机械处 (MRM)	85	0	85
	电气处 (MEE)	81	0	81
	现场服务处 (MGS)	63	1	64
	仪表计算机处 (MIC)	117	0	117
	小计	486	1	487
技术部 (TND)	经理室 (TMG)	4	0	4
	总工办公室 ( )	1	0	1
	工程处 (TEN)	73	0	73
	合同供应处 (TCS)	55	1	56
	技术支持处 (TTS)	72	1	73
	土建处 (TCW)	29	0	29
	文档资料处 (TDA)	29	0	29
	口岸管理办公室 (TIE)	8	0	8
	小计	271	2	273
安全质保部 (SQD)	经理室 (SMG)	1	0	1
	核安全处 (SNS)	17	0	17
	质保处 (SQA)	20	0	20
	小计	38	0	38
生产准备部 (DPR)	经理室 (DMG)	2	1	3
	运行三处 (DPO)	29	0	29
	计划联络处 (DPL)	11	1	12
	综合技术处 (DPT)	33	0	33
	职业安全处 (DPH)	7	0	7
	小计	83	2	85
培训中心 (NTC)	经理室 (NMG)	3	0	3
	综合培训处 (NGT)	12	1	13
	运行培训处 (NST)	24	0	24
	技能培训处 (NPT)	16	1	17
	小计	55	2	57
合计		1 586	9	1 595

#### 5.7.4.4 职工学历和职称结构及专家名录

核电站的职工文化程度相对较高,职工中具有本科及以上学历的人员占到65%,职工学历结构见表5.7.4.4-1。

表 5.7.4.4-1 职工学历结构 人

初中	高中	中技	中专	大专	本科	硕士	博士	合计
7	75	29	107	400	1071	99	5	1793

说明:上述1793人不包括岭澳核电站二期生产准备人员。

职称状况见表5.7.4.4-2。

表 5.7.4.4-2 职称状况 人

正研级高级 工程师	高级 工程师	工程师	助理 工程师	技术员	高级 技师	技师	高级工	中级工	合计
29	402	627	370	58	10	90	147	53	1786

##### 1. 生产六部中青年专家名录

黄清武、张洪、吴粉山、李桂夫、马蜀、卢文跃、肖岷、陈伟仲、黄辉章、黎志政、冯平、吕群贤、徐家树、向文元

##### 2. 生产六部享受政府津贴专家名录

肖岷

##### 3. 生产六部研究员级高工名录

陈德淦、晏仲民、黄红、蔡康元、肖岷、蔡沅之、韩庆浩、郭利民、常宝盛、卢文跃、蒋达进、范立明、戴忠华、刘道和、陆秀生、方军、郑北新、高歌、官广臣、张洪

#### 5.7.4.5 年龄结构

电站员工队伍平均年龄为35岁,年龄分布见表5.7.4.5-1。

表 5.7.4.5-1 年龄分布 人

≤30岁	31~40岁	41~50岁	>50岁	合计
592	769	327	105	1793

## 5.8 合同及备件管理

### 5.8.1 合同管理概要

#### 1. 合同项目概要

2006年,合同管理主要围绕以下几方面开展工作。

- (1) 土建维修改造及行政基建项目、工程建设及绿化项目合同；
  - (2) 日常维修项目合同；
  - (3) 大修合同采购计划及指标制定、指标跟踪工作、大修合同签订及状态跟踪；
  - (4) 重大工程改造合同、专项设备维护合同、在役检查及性能试验合同；
  - (5) FRAMATOME, ALSTOM, EDF 及其他相关涉外合同；
  - (6) 人力支持、保险、咨询等人力与综合服务合同；
  - (7) 防腐及其他外包服务合同；
  - (8) 岭澳核电站一期遗留项目合同清理及推动最终验收证书签署；
  - (9) 中国广东核电集团委派及相关成员公司外部委托支持项目合同。
- 2006 年各类项目合同总体情况见表 5.8.1-1, 分类统计情况见表 5.8.1-2。

表 5.8.1-1 2006 年合同总体情况

合同类型	有合同		无合同	总计
	合同部分	合同变更		
合同数量/份	864	162	28	1 054
合同数量比例/%	81.97	15.37	2.66	100

表 5.8.1-2 2006 年合同分类统计情况

部 门	技术部	行政管理部	维修部	生产部	其他
合同数量/份	410	49	100	252	203
合同数量比例/%	38.90	4.65	9.49	23.91	19.26

从总体合同构成分析, 与 2005 年合同管理工作比较, 2006 年在原来合同内容基础上主要增加了各类行政基建项目和中国广东核电集团范围内各成员公司对外支持项目。

2006 年度合同签约总金额约 21 305.30 万美元 (包括中国广东核电集团委派项目 1 177.30 万美元), 其中:

- (1) 大亚湾核电站年成交合同金额折合美元约 3 075 万美元；
- (2) 岭澳核电站成交合同金额折合美元约 5 071 万美元；
- (3) 大亚湾核电运营管理公司年成交合同金额折合美元约 459 万美元；
- (4) 岭澳核电站二期年成交合同金额折合美元约 666 万美元；
- (5) 大亚湾核电站和岭澳核电站共同承担合同费用项目年成交合同金额折合美元约 4 457 万美元；
- (6) 大亚湾核电运营管理公司和岭澳核电站二期共同承担合同费用项目年成交合同金额折合美元约 1 131 万美元；
- (7) 大亚湾核电站、岭澳核电站和岭澳核电站二期三方共同承担合同费用项目年成交合同金额折合美元约 2 130 万美元；
- (8) 中国广东核电集团委派项目合同额约 1 177 万美元；
- (9) 其他项目年成交合同金额折合美元约 139 万美元。2006 年与 2005 年主要签约合同金额统计见表 5.8.1-3。

表 5.8.1-3 2006 年与 2005 年主要合同费用统计对照表

万美元

年份	大亚湾核电站	岭澳核电站	两电站共用	运营管理公司
2006	3 075	5 071	4 457	459
2005	12 334	5 884	3 805	689

## 2. 合同项目内容

2006 年的各类项目合同，主要分布在以下几个方面：

### (1) 燃料合同

2006 年度，大亚湾核电站继续通过与中国原子能工业公司所议定的 2002 年至 2005 年浓缩铀的交货价格（包括天然铀和分离功）采购低浓缩铀共 69 716 kg，钷棒铀 3 911 kg。岭澳核电站采购低浓缩铀共 80 367 kg。仍由中国原子能工业公司供应全部浓缩铀。

本年度依照既有合同，宜宾核燃料元件厂向大亚湾核电站 1 号机组第十一次换料与岭澳核电站 2 号机组第四次换料供应 126 组 AFA-3G 组件，同时交付了岭澳核电站首批全 M5 AFA-3G 核燃料组件 38 组，将用于岭澳核电站 1 号机组第五次换料。在原有合同执行的基础上，启动了大亚湾核电站第十三次换料和岭澳核电站第七次换料核燃料组件供应的立项。

2006 年度乏燃料处理方面的主要合同包括：2006 年乏燃料运输辅助设备和工具技术支持；2006 年乏燃料运输起重支持；编制了乏燃料处置合同第二个五年计划；大亚湾核电站 2006 年向中国核工业集团公司移交乏燃料组件约 104 组。

2006 年 3 月，受中国广东核电集团公司委托进行天然铀储备的采购工作，与中国原子能工业公司签订了 150 t 天然铀采购合同，并于 2006 年 11 月交货。

### (2) 国外服务支持合同

2006 年，ALSTOM 技术服务方面的主要合同包括：总体技术支持框架合同续签至 2007 年 5 月底；岭澳核电站 GME 系统维修培训；大亚湾核电站 APA/APP 膨胀节更换管线分析；大亚湾核电站和岭澳核电站汽轮机压力控制可行性研究；大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修技术支持，如汽轮机组振动异常处理技术支持、更换定子线棒技术支持、汽轮机 LP13 转子中心检查等。

EDF 服务方面，主要合同包括：2006 年度四位顾问的续聘；专家村国外专家配套服务；2006 年度 EDF 场外应急技术支持；大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修蒸汽发生器氨气查漏试验技术支持；岭澳核电站二期生产准备数字化主控运行骨干培训及燃料装卸贮存系统培训等。

AREVA NP（原 FRAMATOME）服务方面，主要合同项目包括：岭澳核电站 1 号机组第四次大修、大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修、岭澳核电站 2 号机组第四次大修这三次大修核岛部分技术支持服务；大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修阻尼器支座锚固螺栓的符合性检查；大亚湾核电站和岭澳核电站 RRI155VN 阀门改造；岭澳核电站环吊改造；大亚湾核电站和岭澳核电站 RRA 进口死管道改造；RCP 主泵电机解体检查；2006 年度 AREVA NP 顾问合同；大亚湾核电站十年改进第一批改进项目（GTM1）合同变更等。共计签订合同及变更二十余项。

其他国外供应商服务方面，主要合同项目有：与美国 WSI 公司签订的 CRDM（K14）焊缝泄漏处理合同；与法国 CEGELEC 公司签订的大亚湾核电站首次蒸汽发生器氨气查漏实施合同等。

## (3) 机组年度大修合同

2006 年度岭澳核电站两台机组分别进行了岭澳核电站 2 号机组第三次大修和岭澳核电站 1 号机组第四次大修, 大亚湾核电站进行了大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修。大亚湾核电运营管理公司在管理两个电站 4 台机组运行的同时, 并着手岭澳核电站二期的生产准备工作。2006 年度签订的与大修相关的合同项目约 206 项, 累计金额 9 215.3 万美元。其中的主要合同列于表 5.8.1-4。

表 5.8.1-4 2006 年大修主要合同

分类	项目内容	承包商
核岛项目	1. 大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修核岛设备在役检查	核动力运行研究所
	2. 大亚湾核电站、岭澳核电站大修核岛设备检修	深圳纽科利核电工程有限公司
	3. 大亚湾核电站大修核岛通用服务支持	中国核动力研究设计院科技开发公司深圳分公司
	4. 岭澳核电站大修核岛通用服务	深圳凯利集团公司
常规岛项目	1. 大亚湾核电站常规岛主机设备和重要辅机设备检修	深圳准电检修公司
	2. 岭澳核电站大修常规岛维护保养项目	深圳市清河电力检修有限公司
	3. 岭澳核电站、大亚湾核电站大修常规岛辅机设备检修	深圳山东核电工程有限责任公司
	4. 岭澳核电站、大亚湾核电站大修常规岛系统支吊架/检修	苏州热工研究院有限公司
BOP 项目	1. 大亚湾核电站、岭澳核电站大修 BOP 设备维护保养	深圳东北核电建设有限公司
大修人力支持项目	1. 大亚湾核电站、岭澳核电站大修 FRAMATOME 公司技术支持	AREVA NP
	2. 岭澳核电站、大亚湾核电站大修核岛部分设备检修劳务支持	深圳纽科利核电工程有限公司
	3. 大亚湾核电站安全壳打压试验 EDF 技术支持	ELECTRICITE DE FRANCE
	4. 大亚湾核电站蒸汽发生器氨查漏试验 EDF 支持	ELECTRICITE DE FRANCE
	5. 大亚湾核电站大修蒸发器二次侧中心区域冲洗服务支持	SRA SAVAC
	6. 大亚湾核电站大修试验用辅助空压机租用及服务支持	深圳华兴建设有限公司
	7. 大亚湾核电站大修人力支持	深圳凯利集团公司、中国核动力研究设计院、苏州热工研究院有限公司
	8. 岭澳核电站、大亚湾核电站大修常规岛辅机设备检修	深圳山东核电工程有限责任公司
	9. 岭澳核电站、大亚湾核电站大修常规岛系统支吊架检修	苏州热工研究院有限公司

2006 年常规岛及 BOP 的大修, 继续完善标准工时的合同计价模式及较完善的供应商服务质量评价体系, 规范了维修项目工作量的评定和最终服务价格的确认。

## (4) 日常维护与服务合同

2006 年度电站现场一系列的日常维护和保养项目以及行政生活方面的外部服务的采购, 电站基本上维持了业已存在的承包商的长期合同关系和合同模式。由于增加了岭澳核电站二期相关的合同工作, 部分承包商提供服务的人数有所调整。

## (5) 技术改造项目合同

2006 年度在大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修期间实施了机组十年大修相关的项目,



使得技术改造合同数量比 2005 年增加较多, 全年签订技术改造类合同 132 项, 累计金额 8 167 万元人民币 (不包含基建施工改造项目)。本年度较为重大的技术改造项目列于表 5.8.1-5。

表 5.8.1-5 技术改造类合同

序号	项目名称	承担单位
1	制氢系统 (SHY) 更新	北京汉氢科技有限公司
2	大亚湾核电站 1 号机组 STRO01TX 更换	深圳纽科利核电工程有限公司
3	常规岛 KRG 系统 M 系列板件试制	北京银河创新技术发展有限公司
4	岭澳核电站 SAP 系统改造设计采购	武汉海王新能源工程技术有限公司
5	GRE 管线断裂原因分析和解决方案研究	中国核动力研究设计院
6	岭澳核电站 SAP/SAR 仪用压缩空气品质改造	深圳纽科利核电工程有限公司
7	压力温度仪表技能室设备采购安装	中国核动力研究设计院
8	大亚湾核电站 SEP 饮用水管网改造	深圳淮电检修公司
9	PLC 可编程控制器培训机柜	北京广利核系统工程有限公司
10	大亚湾核电站继电器机架支撑加固改造	中国核动力研究设计院
11	岭澳核电站 SAP 压缩空气品质改造	武汉海王新能源工程技术有限公司
12	大亚湾核电站 DEG 制冷机系统改造	重庆通用工业 (集团) 有限公司
13	大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修 RGL 系统老化处理	DATA SYSTEMS & SOLUTIONS SAS
14	岭澳核电站 RPI 改造	DATA SYSTEMS & SOLUTIONS SAS

#### (6) 劳务技术支持

2006 年度大亚湾核电运营管理公司继续通过外部劳务合同获得必要的技术支持服务。为此, 共签订各类相关合同 60 项, 累计金额约 1 350 万美元。其中国外劳务技术支持 (主要包括 EDF, AREVA NP, ALSTOM) 合同金额约 636 万美元, 国内劳务技术支持合同金额约 714 万美元。

#### (7) 培训

2006 年继续实施电站自主化维修培训、干部管理培训、各个部门的岗位技能培训。此外, 还进行了核电学院 2006 级新生培训项目和上海交通大学硕士培训班项目。全年共签订各类培训相关合同 69 项, 累计金额约 123 万美元, 合同数量较 2005 年下降 18.4%。主要合同见表 5.8.1-6。

表 5.8.1-6 培训类大合同

序号	项目名称	承担单位
1	岭澳核电站二期 T/G 包设计培训	东方汽轮机厂
2	PLC 可编程控制器培训机柜	北京广利核系统工程有限公司
3	反应堆操纵员/高级操纵员素质模型的建立及在选拔培训等方面的应用	北京诺姆四达人力资源测评咨询服务有限公司
4	2006 年脱产英语培训	四川外语学院
5	电站培训工作者系统化培训方法培训	深圳市天盈隆科技有限公司
6	老化管理和分析教材编写及培训	西安工业大学

## (8) 行政后勤

2006 年 DNMC 签订的行政后勤保障主要合同见表 5.8.1-7。

表 5.8.1-7 行政后勤类合同

序号	项目名称	承担单位
1	行政服务项目(配餐、交通、绿化、会议服务、清洁等)	广东大亚湾核电服务(集团)有限公司
2	会务组织服务项目	广东核电国际旅行社有限公司
3	奥西复印机维护保养项目	深圳市奥西办公设备有限公司
4	DELL 电脑及服务器采购项目	西安海星现代科技股份有限公司深圳分公司
5	办公家具项目	东莞中铤家具厂有限公司深圳分公司
6	耗材及电子产品采购项目	深圳市赛力通电子有限公司

## (9) 基建工程

2006 年度在基建工程方面共签订合同 119 项, 累计金额约 2 049 万美元(包含基建施工改造项目及变更), 比 2005 年大幅度增长。主要包括: 大亚湾核电基地现场生活区土建维修、员工新宿舍二期建设、维修承包商营地建设、专家会所改建建设、大亚湾核电站新建现场维修承包商办公楼建设等工程项目。主要合同见表 5.8.1-8。

表 5.8.1-8 基建工程类主要大合同

序号	项目名称	承担单位
1	大亚湾核电基地现场生活区土建维修	惠阳建筑工程总公司深圳分公司
2	员工新宿舍区二期土建安装工程	中国核工业第二建设有限公司
3	维修承包商营地一期工程施工	惠阳建筑工程总公司
4	专家会所改建工程装修施工	深圳广田建设集团有限公司
5	专家会所改建工程土建施工	惠阳建筑工程总公司
6	专家会所改建工程幕墙及窗工程施工	深圳市建筑装饰(集团)有限公司
7	大亚湾核电站新建现场维修承包商办公楼	深圳华兴建设有限公司
8	专家村污水站除臭改造	中国市政工程东北设计研究院
9	大亚湾核电站和岭澳核电站进水渠拦污/油/船设施管理	中交四航局第二工程有限公司
10	总部办公楼造价咨询	深圳市海德伦工程咨询有限公司

## (10) 信息工程

为了适应群堆管理和与集团信息共享的要求, 充分发挥信息技术在中国广东核电集团管理中的作用, 2006 年签订了下列信息类合同, 见表 5.8.1-9。

## 5.8.2 合同管理工作

2006 年, 通过运营管理公司外部单位相互监督和协作, 继续加强合同管理过程中事故风险及廉政风险控制。

## 1. 合同的行政管理

合同的行政管理主要包括以下几个方面。

表 5.8.1-9 信息技术类合同

序号	项目名称	承担单位
1	网络核心交换机维护服务	深圳市良启计算机有限公司
2	网络安全优化项目	深圳市希格玛计算机技术有限公司
3	集团人力资源信息系统应用推广与维护项目	用友软件股份有限公司
4	BPM 业务流程管理系统项目	大连华信计算机技术有限公司
5	中国广东核电集团外部门户网站系统（应用部分）	航天四创科技有限责任公司

(1) 通过参与各项目组与国内外相关电站签署相互支持协议，以保证经验交流及部分备件紧急支持。

(2) 继续参与集团推动实施的战略伙伴供应商项目，为运营管理公司及集团持续稳定发展寻找战略供应商。

(3) 加大青年员工培养力度，2006 年共有三位青年员工首次担任组长工作，对原来组别划分重新进行了调整，在确保项目顺利实施的同时带动新员工尽快成长。

(4) 全面实施主办和协办工作规定，进一步明确合同主办和协办人员的分工，加强职能人员的协作，以保证采购质量，控制成本，提高效率。

(5) 大力推动绩效考核系统实施，基本建立了用于业务客观考核的绩效考核系统。

(6) 加强 COMIS 数据库规范审查力度，通过组长—审查人员—审核人员逐级对数据规范及文本规范予以审查，以保证合同质量及后续统计数据的准确性。

## 2. 合同的业务管理

2006 年合同的业务管理方面主要进行了以下几方面的工作。

(1) 提高采购效率。以工程改造合同为试点，大力推行工作日志制度，从项目进入商务流程即进入效率跟踪记录，进一步提高商务效率，满足现场工作顺利实施。

(2) 成本控制。对于重大项目通过预算、财务、审计等相关部门协助进度，并且继续推行集体决策制度，以保证项目合同价格不偏离市场价格同时最大程度争取公司利益最大化。

(3) 通过外部专业机构初步完成合同文本标准化工作，通过合同文本及条款控制保证公司利益不受损失。

(4) 针对行政基建项目特点及国家相关法规要求，引入招标代理人工作制度，推荐产生评标委员会，由评标委员会成员共同对项目进行集中评审，保证了重大基建项目招投标过程的客观、公正，同时满足了国家法规要求。

(5) 对于现场常年实施的维修项目，通过签署长期框架合同保证项目按期开展。在培养了公司战略伙伴供应商的同时稳定了维修合同价格。

## 5.8.3 备品备件采购管理

### 1. 备品备件采购

2006 年备品采购供应取得良好的业绩，为四台机组的生产、维修提供了及时的备件供应。其中三次大修备件到货率均超过 85%，同时与各部门联合继续推动“用者自负”方案的实施以控制库存，并首次引入零库存的方案。2006 年在以下几个方面进行了备件采购的改进。

### (1) 业务指标管理

积极推行指标管理,将备件数据质量、询价、订单签约效率、差异处理率、编码、业务量等纳入合同供应处绩效考核指标中,提高采购工作效率,有效激励员工提高工作积极性。

### (2) 专项改进

2006年度重点处理多年积压的备件采购申请单,从2006年1月开始,有计划、有目的、坚持不懈地清理超过90天未发订单采购申请单,全年共计清理800多份长期未发订单的采购申请,从而使超过90天未发订单的采购申请单从800多份降至230份以下,大大提高了备件采购效率。

### (3) 备件质量问题

随着欧洲核电工业的衰退,部分备件供应商被并购或倒闭,使得供给大亚湾核电站和岭澳核电站的部分备件出现质量问题,同时也有不少高质保级别的备件缺少质量文件,备件质量问题引起各方面关注,合同供应处采取了以下措施:一是建立备件相关的事件单跟踪系统,专人负责跟踪处理与备件相关的每一个事件单,并同时做好经验反馈工作;另一方面,从2006年6月起专人负责备件到货差异项的跟踪,每两周报告一次差异处理的进展,通过采购工程师及时与用户沟通及与供应商联系,2006年共解决了438项到货差异。合同供应处将进一步加强与备件供应商沟通了解,共同解决备件的质量问题。

### (4) 备件长期供货协议

为了保障备件的稳定供应,减少采购工作量,积极地推动备件长期供货协议的签订,经多方努力,2006年共签订7份备件长期供货协议。同时通过与供应商的互访,加强沟通和了解,与法国、英国几大战略备件供应商建立良好关系,使得备件供应更趋于稳定。2006年备件采购总体状况如表5.8.3-1。

表 5.8.3-1 2006 年备件采购总体状况

核电站	申请单数	申请项数	人民币订单份数	项目数	人民币订单金额/元	外币订单份数	项目数	外币订单金额/美元
大亚湾核电站	1 757	4 354	614	2 074	3 354 744	610	2 911	12 640 466
岭澳核电站	1 289	2 884	469	1 297	3 379 524	487	2 047	11 491 893
合计	3 046	7 238	1 083	3 371	6 734 268	1 097	4 958	24 132 359

## 2. 大修备件供应

2006年共经历岭澳核电站1号机组第四次大修,大亚湾核电站1号机组第十一次大修、岭澳核电站2号机组第四次大修。三次大修备件供应情况良好,这三次大修备件到货率分别达到94.0%、87.0%、95.4%。其中岭澳核电站2号机组第四次大修备件到货率95.4%创造了大修备件到货率的最高纪录,为机组大修提供有力的物资保障。

在保证大修备件高到货率的同时,及时处理备件缺少质量文件和到货差异问题,通过与供货商积极沟通,使2006年三次大修备件到货缺质量文件差异项目数减少了60%,有力保证了大修备件的质量。

近年来尽管大修备件到货率很高,但仍然有不少紧急采购,特别是大修备件的领用率仍

在低位徘徊，库存不断上升。

### 3. 岭澳核电站二期生产准备

在保证大亚湾核电站和岭澳核电站生产所需的物资供应基础上，开展了岭澳核电站二期生产备件准备方面的工作，在2006年完成了岭澳核电站二期库存物资编码规则程序的编写和生效，完成对工程合同中31个工作包的备件审核工作；移交投产软件系统进展顺利。合同供应处已开始进行合同备件基本信息录入工作，同时完成了对承包商仓库的存储条件检查和改进，对已到部分合同备件进行物资编码，参与对合同备件验收工作。

### 4. 报关运输

2006年克服运输任务重，时间紧迫，人员紧缺等问题，有效地组织280车次国外进口物资运输，150车次国内物资运输，多次完成大修和生产所需物资的紧急运输。

## 5.8.4 仓储管理

### 1. 仓库主要业务

2006年加大了验收工作力度，为了保证备件到货的及时验收和有效跟踪，开发了备件到货验收跟踪系统，实时了解到货备件的验收情况，同时加强与备件工程师及商务人员的沟通。

在保养工作方面，完成了库存大型备件的养护和调整，增大了库容。同时完成所有吊轴类的周期性养护。配合相关部门完成库存物资中不再使用物资的清理。

岭澳核电站二期生产准备方面，提出岭东仓库及其设施的设计需求方案；岭东仓库人员的招聘及到岗培训；与工程公司及核岛承包商完成了生产备件临时储存方案，同时完成7批核岛备件到货检查。

完成AS厂房接收，发电机转子战略备件的入库存放。制定AS厂房相关的管理规定和事故应急预案，同时对全员进行培训。

在管理程序方面，对原来的《仓库管理》程序进行梳理和流程优化，拆分出《备件验收流程》、《备件退料流程》、《备件验收差异处理流程》、《备件盘点流程》、《被拆解异常库存处理流程》、《物资异常处理流程》、《超存储期处理流程》、《物资领用流程》和《备件报废流程》，细化了管理工作。

### 2. 仓库安全管理

库房的日常安全检查，由以前的专人检查扩大到现在的全员参与、专人审查的检查模式，安全检查表也按每个库房做了详细的检查清单。

加强对危险化学品的管理，组织学习危险化学品装卸、验收和储存方面的相关标准和规定，严格出入登记制度。

仓库各项数据统计和业绩指标见表5.8.4-1和表5.8.4-2。

## 5.8.5 承包商管理

2006年共有369家承包商与大亚湾核电运营管理有限责任公司有正常的合同业务关系。承包商数量较2005年增加16家，增幅5%。

其中签约合同金额（以下数据均未包括核燃料）排名前20家的承包商合同额达到7150万美元，占年度总合同金额的66%；排名前10家承包商的合同金额达到5317万美元，占年度合同总金额的49%。主要承包商名单见表5.8.5-1。

表 5.8.4-1 仓库数据统计表

项 目	大亚湾核电站仓库			岭澳核电站仓库		
	2004 年	2005 年	2006 年	2004 年	2005 年	2006 年
年终库存品种项数	45 983	46 832	47 790	33 813	36 228	38 020
年终库存金额	112 697 329	116 980 758	121 529 989	83 589 616	64 804 360	104 773 518
库存验收项数	5 652	6 362	6 310	11 473	6 271	4 797
非库存验收项数	2 486	2 074	1 624	1 954	2 299	1 332
出库项数	30 227	24 208	25 706	15 774	17 882	17 922
出库金额	18 995 826	21 483 051	15 139 557	11 521 880	12 521 080	10 671 853
退库项数	1 396	2 042	1 914	1 232	1 274	1 326
退库金额	3 742 530	3 443 437	4 693 712	1 551 735	1 770 232	136 531
定期保养项数	1 189	1 934	5 469	1 781	2 463	5 071
报废项数	950	410	3 694	122	187	374
报废金额	533 830	1 020 518	1 784 488	84 309	513 274	418 453
寿期控制项数	686	4 764	6 896	326	2 792	4 236
计划盘点项数	26 400	29 443	19 757	26 103	17 505	19 582
交易盘点项数	29 000	25 647	25 958	23 339	19 722	17 849

注：表中金额的单位全部为美元。

表 5.8.4-2 仓库管理业务指标

项 目	目标值	大亚湾核电站仓库			岭澳核电站仓库		
		2004 年	2005 年	2006 年	2003 年	2004 年	2006 年
工业安全事故	0	0	0	0	0	0	0
火险事故	0	0	0	0	0	0	0
化学品泄漏次数	0	0	0	0	0	0	0
交易盘点差异率/%	0.6	0.15	0.152	0.308	0.17	0.19	0.25
计划盘点差异率/%	0.6	0.16	0.163	0.268	0.34	0.25	0.22

表 5.8.5-1 主要承包商

序号	承包商名称
1	FRAMATOME ANP
2	广东大亚湾核电服务(集团)有限公司东部分公司
3	中国核工业第二二建设有限公司
4	惠阳建筑工程总公司
5	深圳纽科利核电工程有限公司
6	ELECTRICITE DE FRANCE
7	深圳核电环通汽车服务有限公司
8	中国人民财产保险股份有限公司深圳市分公司
9	深圳淮电检修公司
10	深圳华兴建设有限公司

## 5.8.6 库存管理

### 1. 库存物资数据库的建立和维护

2006年共新建物资编码3509项,其中,大亚湾核电站物资新编码2168项,岭澳核电站物资新编码1341项,物资数据库中的物资编码总数升至123562项,两电站共享编码累计已达13996项,同比增幅为7%。

2006年4月至8月针对备件化学安全标识、质量等级、归口部门、制造厂、物资分类代码、寿期等不同情况进行分类整理,补充和纠正相关备件数据,共有8658项物资信息得到进一步规范。

2006年5月就110项长期遗留废弃的采购项目进行核实、清理,采购项目的状态更加准确,并避免备件“正订数量”的查询错误。2006年下半年配合维修部就“战略维修备件”进行核对,并建立相应的标志,以便更好分类管理维修备件,并有利于对维修部各处进行库存控制绩效考核。

2006年在物资数据库管理方面进行了如下改进。

进一步改进联合采购申请优化系统(URO)。至2006年6月总共完成13次升级改版,满足了日常备件申请、审核、控制和查询等管理工作的需要。

建立备件信息指标盘,对等备件工作票、超期未发订单、备件到货率、到货差异等进行定期检查和考核。

确定岭澳核电站二期备件编码规则,并完成对COMIS的适应性改进,以符合岭澳核电站二期备件编码和入库的要求。

建立备件相关差异登记系统,跟踪并分类记录备件差异处理情况,对备件数据的维护、补充也起到规范和促进作用。

综上所述,2006年对库存物资数据库中11537项编码进行了修改和维护,大亚湾核电站的数据库质量指数从2005年的0.928提高到0.936;岭澳核电站的数据库质量指数在2006年改变了过去略微下降的趋势,从2005年的0.840提高到了0.847。两个核电站库存物资数据库清理情况分别见表5.8.6-1和表5.8.6-2。

表 5.8.6-1 大亚湾核电站物资数据库清理及质量统计

数据库 质量	2005 年底	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
A	17 772	17 700	17 651	17 658	17 550	17 547	17 502	17 457	17 412	17 267	17 322	17 277	17 236
AA	14 590	14 351	14 305	14 265	14 216	13 895	13 756	13 597	13 478	13 439	13 250	13 061	12 919
AAA	22 049	22 565	22 861	23 397	23 813	24 229	24 545	24 861	25 377	25 893	26 289	26 625	27 042
总项数	85 980	86 102	86 515	86 546	86 868	87 090	87 312	87 434	87 756	87 968	88 200	88 422	88 639
质量指数	0.840	0.841	0.841	0.843	0.843	0.843	0.844	0.844	0.845	0.846	0.847	0.847	0.847

注:质量指数 = (未清理项 × 0.7 + A × 0.8 + AA × 0.95 + AAA × 1.0) / 总项数

A 代表核查实物与数据库; AA 代表核查资料与数据库; AAA 代表核查实物、图纸资料与数据库。

### 2. 库存控制

2006年在库存控制方面,完成了以下几方面的改进工作。

表 5.8.6-2 岭澳核电站物资数据库清理及质量统计

数据库质量	2005 年底	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
A	2 722	2 752	2 762	2 768	2 772	2 779	2 782	2 791	2 808	2 812	2 819	2 832	2 840
AA	23 792	23 285	22 978	22 571	22 184	21 757	21 350	20 943	20 636	20 135	19 722	19 315	18 909
AAA	14 999	15 574	16 159	16 694	17 359	17 824	18 389	18 954	19 519	20 104	20 679	21 224	21 775
总项数	47 088	47 251	47 374	47 447	47 700	47 853	48 006	48 159	48 412	48 465	48 518	48 781	48 919
质量指数	0.928	0.928	0.929	0.930	0.931	0.931	0.932	0.933	0.933	0.934	0.935	0.935	0.936

注：质量指数 = (未清理项 × 0.7 + A × 0.8 + AA × 0.95 + AAA × 1.0) / 总项数

A 代表核查实物与数据库；AA 代表核查资料与数据库；AAA 代表核查实物、图纸资料与数据库。

(1) 利用联合采购申请优化系统 (URO)，对日常零星采购申请按月度集中，强化月度集中审核管理，总共审批采购 3 400 项物资，占全年日常零星采购申请总数的 82%，对集中强化库存控制，整合采购订单，优化采购管理发挥了重要作用。

(2) 在“用者自负”方案指导下，与维修部门举行备件管理月度会议，通过对备件采购数量的审核，通过优化采购数量、重码合并等，共减少 300 万美元采购金额。

(3) 在财务部、维修部的配合下，对 1995 年和 1996 年入库的 1 万余项闲置备件进行清理，处置废弃物资，减少冗余库存，降低库存成本，同时也整理和完善了部分备件数据，重新发现了部分有利用价值的备件。

尽管完成了上述库存控制工作，并在库存备件采购效率、到货率、保障率持续改进的情况下，受美元贬值、材料价格上涨、战略备件采购以及大亚湾核电站十年大修剩余备件等因素影响，大亚湾核电站和岭澳核电站的库存总价值在 2 亿美元水平上有所增加。

## 5.8.7 口岸办管理

2006 年 7 月 1 日，我国加入世贸组织 3 年承诺保护期到期。随着保护期的结束，我国采取了一系列更为严格的技术贸易壁垒保护措施，这也是国际惯例做法，2006 年电站面临比以往更大的困难和挑战，为适应外部形势的变化，运营管理公司对口岸办管理机构进行了适当调整，新成立的口岸办按处级建制，进一步理顺了对内、对外的关系，经过共同努力，圆满完成了大亚湾核电站和岭澳核电站货物进出口的各项工作任务。

### 1. 口岸办主要业务

口岸办近两年各项生产通关数据见表 5.8.7-1。

表 5.8.7-1 大亚湾核电站和岭澳核电站通关数据统计

项 目	大亚湾核电站		岭澳核电站	
	2005 年	2006 年	2005 年	2006 年
海关批准免税项数	4 569	2 001	50	0
海关批准免税金额/万美元	3 049.52	1 326.21	443.69	0.00
征税进口报关份数	97	76	606	1 242
征税进口报关金额/万美元	261.02	116.62	1 375.01	1 060.27
免税进口报关份数	557	578	18	0
免税进口报关金额/万美元	1 823.95	3 834.55	443.69	0.00



续表

项 目	大亚湾核电站		岭澳核电站	
	2005 年	2006 年	2005 年	2006 年
暂进/复进报关份数	23	21	27	14
暂进/复进报关金额/万美元	1 463.77	106.43	310.13	120.70
暂出/复出报关份数	21	31	24	12
暂出/复出报关金额/万美元	169.76	1 184.29	342.89	202.44
电力出口报关份数	31	27	0	0
电力出口报关金额/万美元	67 048.88	53 493.66	0.00	0.00
缴纳进出口税额/万元人民币	582.49	975.99	2 909.59	2 644.14
办理许可证份数	8	10	35	22
办理通关单份数	38	43	29	52
办理 3C 免证份数	29	33	31	62
办理免税证明份数	557	578	18	0

2006 年, 岭澳核电站二期工程进口物资统计数据见表 5.8.7-2。

表 5.8.7-2 岭澳核电站二期工程进口物资统计数据

项 目	总批次	货值/万美元	税值/万美元
凭保前 (主要是国产化承包商)	42	1 215	249
现场凭保进口 (工程公司自己采购及现场施工承包商进口)	13	379	75.8
异地凭保进口 (国产化承包商)	67	1 047.5	209.5
合计	122	2 641.5	534.3

## 2. 重大事项

(1) 完成了大亚湾核电站外商投资先进技术企业的考核, 为今后大亚湾核电站继续享受国家相关优惠政策打下了良好基础。

(2) 2006 年上半年完成大亚湾核电站核燃料 (价值 2 384.37 万美元) 在上海免税进口通关工作。

(3) 完成了大亚湾核电站和岭澳核电站海关注册证书、报关章、报关员 IC 卡的更换, 电子口岸的申办。

(4) 成功申办大亚湾核电站网上申请自动进口许可证手续。

(5) 成功申办大亚湾核电站北京商务部许可证电子钥匙及申请手续。

(6) 与龙达公司签署了录入协议。

(7) 编写新联检楼建设需求报告, 跟踪联检楼项目的前期工作。

(8) 与海关组织举办业务研讨会议二期。

(9) 支持大修工作。2006 年大修备件的进出口呈现紧急进口货物多, 临时出口量大且紧急等特点。为不影响大修备件及时到达现场, 口岸办采取提前介入, 增强服务意识, 主动与相关接口部门进行协调, 及时发现问题, 及时解决。

## 5.9 人员培训及授权

2006年是运营管理公司全面承担中国广东核电集团运营培训统筹管理及培训实施重任的一年，也是培训工作在执行中突破实现管理转变的一年。面对集团核电项目的快速发展的大好局面，大亚湾核电基地作为中国广东核电集团目前唯一的运营培训基地，在完成4台在役机组安全生产及岭澳核电站二期生产准备所需的各项培训任务的同时，开始成规模地接受集团新项目员工的委托培训。由于运营培训的任务、角色定位、管理理念、组织机构和管理模式都发生了转变，由此带来了一系列的重要管理改进与突破。

### 5.9.1 培训负荷统计

本年度组织实施了基本安全授权培训课程、技能理论培训、模拟机培训、技能培训、管理培训等教学工作，其培训负荷统计见表5.9.1-1。

表 5.9.1-1 培训统计

类 别	开课课程门数	课程期数	培训负荷/(人·月)	备 注
基本安全授权	20	238	686	
技术理论课程	5	11	232	
模拟机课程	16	125	198	
模拟机专项演练	—	77	6	支持机组启停机与瞬态控制
管理培训课程	12	32	82	
技能培训课程	51	90	147	计划内课程
	30	30	84	服务支持现场课程
行为训练课程	6	29	5	2006年度新增
入厂安全知识培训	2	77	50	
其他类	33	84	257	
年度总计	175	793	1 747	

与2005年相比，2006年度在开课门数、期数及总体培训负荷都有较大幅度的增加。负荷增加主要来自以下因素：①随着多基地运营培训统筹管理的全面展开，新项目人员培训大量增长；②岭澳核电站二期新员工的培训；③技能训练中心各项培训设施陆续投入使用；④服务支持现场的课程明显增加。

### 5.9.2 重要培训工作

#### 1. 多基地运营培训统筹管理

随着集团核电新项目的开展，各新基地都需大量培训核电站运营人员。为了实现标准统一和资源共享，集团决定统筹管理各基地的运营培训，并委托运营管理公司具体实施。为此，培训中心于年初完成了大亚湾核电基地对外培训支持能力的评估，并形成专题报告；推动建立了内部运作管理流程，以实现“一站式”服务；根据“急用先学、教员优先、保证

执照、兼顾公平”的运营培训统筹管理原则，完成 2006—2010 年新项目人员运营培训总体规划，并制定出三级培训计划；通过分析各类运营人员的专业特点及培训需求，初步建立起各类人员培训标准及流程。

目前各新项目人员约 530 人正在运营管理公司接受培训，预计在未来五年内新项目人员培训负荷还将持续增加。

## 2. 教学管理

为贯彻“培训也是电站生产活动”的理念，本年度在教学管理方面实施了一系列改进措施，如：

- (1) 调整培训作息时间，与电站作息时间一致；
- (2) 强化培训课堂控制，加强培训考勤、课堂纪律管理，建立教员课堂行为规范；
- (3) 建立技能训练中心各类培训设施安全使用与管理规定；
- (4) 建立起学员培训违规处理的规定。

随着各项教学管理改进措施的落实，教学秩序得到了较大的改进，违规比例呈逐月下降趋势。

## 3. 安全文化建设

作为 2006 年度电站安全文化建设活动的组成部分，培训中心开展了以下几项工作。

### (1) 开发安全文化培训课程

依照统一的标准，按管理层、员工层及新员工三类人员开发核安全文化培训系列课程，并将其作为授权课程列入运营管理公司 2006 年度总体培训大纲与计划予以实施。培训中心还配合电站切尔诺贝利事故 20 周年纪念活动创作了录像片以及“5·19”事件回顾警示片，在利用多媒体视频形式进行安全文化教育方面做了有益的尝试。

### (2) 初步建立行为训练中心

电站员工行为训练中心一期实验室于下半年完成初期建设并投入使用，为电站在规范人员行为、减少人员失误方面的培训提供了实景训练场所，填补了国内人员行为训练培训的空白。目前针对各专业人员已开发出 6 门行为训练课程，本年度共为运行人员和维修人员开设 29 期行为训练课程，计 186 人次接受了培训。

### (3) 推广使用“三段式沟通”人因工具卡

“三段式沟通”人因工具卡的开发是公司五年发展计划中“人因工具卡开发及现场推广”项目中的攻坚任务，培训中心完成了前期开发和人因工具卡推广前的培训活动，并在模拟机培训活动中大力进行推广应用。

## 4. 新员工培训管理

根据总经理部关于“新员工未分配到各部、处以前统一由培训中心负责管理”的指示精神，培训中心今年加大了对 165 名新员工外部岗前培训的管理力度，以提高培训质量、增强新员工的安全意识和行为规范。

(1) 优化新员工外部课程设置，并由培训中心教员负责审核外培各课程培训大纲。

(2) 加强对外培课程考核及日常管理的监督，由培训中心确定外培各门课程培训试卷，并安排专门人员赴外培点进行考场监督。

(3) 开发新员工职业道德教育课程，向 2006 届新员工介绍广东核电历史与发展目标，宣传核电艰苦奋斗和一丝不苟的精神；宣传广东核电的企业精神、基本原则和价值观，向新员工提倡良好的职业态度与方法。

(4) 组织 2006 届新员工分两批参加军训及艰苦奋斗传统教育, 通过严格的军事训练及我军优良传统教育, 培养新员工艰苦奋斗的精神, 增强组织观念及纪律意识, 并培养其团队合作精神。

其他新的管理举措还包括: 对 2006 届外培新员工进行培训期间综合绩效考核; 组织 2006 届新员工进行核电基础知识综合测试; 组织新员工进行 RO/SRO 职业适应性测试及外培教学质量问卷调查工作。

### 5. 技能训练中心一期工程

技能训练中心一期工程于 2006 年 8 月建成投入培训使用, 是我国核电行业第一个具有相当规模的技能训练基地。它共规划 49 个训练室, 涵盖了 80 多个培训项目, 包括静机、转机、电气、仪控、现场服务、性能试验、辐射防护、化学八个专业, 基本覆盖电站各专业基本技能训练和部分专项技能训练, 可提供技能理论培训、技能实操训练, 同时也可作为专业处在岗培训平台。目前可开设 20 余门实操训练课程, 其余规划设置的训练设施拟于 2008 年以前完成配备, 届时可系统地开展电厂基本技能训练。

### 6. 承包商培训与授权管理

为进一步规范、指导和协助大修承包商自主培训, 使之及时了解运营管理公司有关大修最新要求并反馈到本单位员工培训过程中, 保障其自主培训的有效性, 满足核电现场基本安全要求, 培训中心编写并生效了《大修承包商自主培训与授权监督及大修入厂安全考试管理规定》和《2006 年度承包商授权培训指导大纲》; 组织 9 家承包商单位 47 人参加《承包商教员资格授权培训》课程, 并为考核合格教员颁发资格证书。

培训中心还对 8 家大修主要承包商自主实施的培训授权过程进行监督检查 (培训记录、听课等), 组织大修承包商人员共计 1 644 人参加入厂考核 (首次不合格率为 18%), 并向大修处提交监督检查及考核情况报告。

## 5.9.3 重要项目进展

### 1. 技能训练中心二期工程

技能训练中心二期工程的目标是提供电站自主化能力和核心竞争能力建设所需的专项技能培训, 主要设置具有一定技术复杂性, 且涉及机组安全和可用性的培训项目, 包括: 无法通过现场在线设备开展且涉及机组安全和可用性的项目、涉及大修关键路径所需技能的项目、自主化维修和核心能力建设所需技能的项目。该项目预计 2011 年建成投用, 2006 年已完成训练项目需求调查和规划, 同时进行了相关的调研工作。

### 2. 素质模型开发

RO/SRO 素质模型项目通过对核电站关键岗位人员——反应堆操纵员和高级操纵员 (RO/SRO) 所必须具备的基本素质的研究, 建立了 RO/SRO 岗位人员的素质模型, 以及一套科学的测评、选拔符合素质要求的 RO/SRO 人选的应用体系, 以便选拔并高效率地培养真正适合 RO/SRO 岗位的人才。该项目于年底圆满完成, 其成果填补了国内核电领域的空白, 将在人员招聘、操纵员选拔、人力资源管理以及培训等领域发挥重要作用。

### 3. 教员职业化培养

2006 年度作为专职教员职业化培训的建设年, 培训中心全面完成了基础理论教员、技能培训教员 (分机械、电气、仪表三大类)、模拟机教员、模拟机维护人员、教学管理人员的职业化培训在岗培训 (OJT) 标准流程, 并部分完成了在岗培训任务书的编写, 部分推进

并实施了课程授权制度。

对培训中心教员进行了《教学法》、《教材教案编写》、《标准化培训 (SAT) 方法》、《培训观察与评估》、《考核方法》、《培训者的培训》等教学技能培训,使全部新教员获得了基本教学授权,并同时有部分已有授权的教员进行了复训。

#### 4. 维修、工程技术人员系统化培训与技术授权

为了规范维修、工程技术人员的岗位技能培训,使培训与岗位授权紧密衔接,本年度在维修、技术岗位授权培训体系的建设上取得重要进展,维修人员系统化技能授权培训体系和工程技术人员培训及技术授权体系均已进入推广应用阶段。

维修人员系统化技能授权培训体系 (MTA) 在对各专业处主要维修活动进行分类的基础上,明确各类维修活动的技术等级,并要求员工只有完成相应技术等级培训并经考核合格后,才能获得相应等级维修活动授权并上岗执行规定的维修活动。目前相关文件已由维修部编写完成,并开始用于对维修部新员工进行岗位培训与考核。

工程技术人员培训及技术授权体系 (ETA) 是按照系统化培训 (SAT) 的方法,针对技术人员而建立的。其培训目的明确,培训任务清晰,培训和考核流程科学,对人员培养有良好引导及促进作用。目前,该体系已初步建立完成,技术部 2005 届员工已按照 ETA 的考核要求完成初级岗位技术授权,技术部 2006 届新员工将按照 ETA 体系开展 2007 年度岗位培训及考核并完成初级岗位技术授权工作。

#### 5. 大亚湾核电站全范围模拟机全面升级改造

2006 年完成了全面提升大亚湾核电站模拟机性能项目的系统集成、出厂验收和现场验收测试等工作,改造后的模拟机于 2006 年底投入培训,其整体性能达到了目前世界先进水平。由于项目实施过程中充分借鉴了岭澳核电站模拟机建造经验,技术规范书要求明确,工作计划安排周密,使项目比原计划提前一个月完成,在提高模拟机培训质量的同时也赢得了宝贵的模拟机培训时间。该项目的成功实施不仅为多基地运营人员统筹培训创造了有利的硬件条件,而且通过项目参与,进一步提高了模拟机自主维护能力,积累了模拟机项目技术和管理经验。

#### 6. 岭澳核电站二期全范围模拟机建造

2006 年培训中心全面参与了岭澳核电站二期模拟机项目技术和管理的工作,完成了全范围模拟机合作协议和验收委托协议的起草和签署,协调成立了跨公司的模拟机项目工作领导小组,进一步明确了和工程公司在模拟机项目上的接口关系和分工,完成了 78 份 (共 90 份) 设计文件的审查并派出工程师参与项目驻厂设计工作,为 2007 年模拟机项目的开展奠定了管理、技术和人力基础。

#### 7. 培训领域国际对标

培训中心在 2006 年度以“走出去、请进来”的方式,先后接受了 WANO 组织的检查辅导、美国 SNSOB 两次检查和辅导交流、与法国 EDF 高层进行多次交流,组织了与 EDF 培训高层和资深培训专家的研讨会,邀请 EDF 专家对培训中心进行了独立评审,组织了两次与日本核电培训专家的研讨会。

培训中心先后两人次派出培训专家参加了同行评审,派出教员参加 IAEA 《培训质量管理导则》的编写,多次派出教员参加 WANO, IAEA 组织的培训和研讨会。培训中心还派出多批教员到 EDF 参观学习和交流,在维修技能培训设施建设、课程体系开发、模拟机培训、DCS 模拟机开发与操纵人员培训、模拟机维护体系、培训活动的组织管理、培训质量管理、

教员职业化培训等领域进行了学习和交流。

## 5.10 文件、档案与资料管理

2006年,文档管理工作全面推进项目负责制,实施目标管理,并与绩效挂钩,实施团队协作,克服了项目技术难度大、人才迅速稀释等困难,使每个项目都取得很大进展,锻炼了文档管理人员队伍,为数字档案馆建设与管理奠定了良好基础。

### 5.10.1 工作概述

#### 1. 文档信息化建设

##### (1) 数字图书馆

该项目于2005年底正式与开发商北京拓尔思(TRS)信息技术有限公司签订项目开发合同。2006年1月开始项目开发,2006年6月通过项目与验收,投入试运行,并将“DN-MC数字图书馆”更名为“中广核数字图书馆”。2006年9月投入正式运行。

中广核数字图书馆采用先进、成熟技术,基于内容管理、知识管理理念建设,是一个智能化程度高、功能强大的、具有国内领先水平的集数字资源建设、发布、管理和利用为一体的管理平台。其主要系统包括数据加工系统、互联网信息采集系统,信息发布检索系统,内容协作平台,内容分发系统,虚拟参考咨询系统,统一身份认证,资源整合系统,联合图书馆集群系统,数字图书馆网站等,可为用户提供信息检索和浏览、个人信息服务、参考咨询服务、专题报道服务、网上服务申请等服务内容。2006年底,中广核数字图书馆已拥有的数字资源包括6万种超星电子图书,CNKI期刊全文数据库3个专辑,少量电子标准和技术资料。

2006年,中广核数字图书馆已向运营管理公司全体员工开放,并研究了向集团其他成员公司推广的方案,计划在2007年正式向全集团各成员公司推广。

##### (2) 数字档案馆研究

###### 1) 基础研究

鉴于企业数字档案馆的技术标准、技术要求十分严格,许多技术标准需要自行研发等原因,为保证数字档案馆在2007年实施项目开发,2006年集中了优势力量对数字档案馆的12个子项目进行研究,包括:用户需求分析与技术规范编写、建立数字资源建设的管理规范、业务规范和技术规范、建立核电站重要文档技术信息的获取、编制与维护方法、制定数字档案馆业务性标准规范、DNMC各业务系统数据的接收归档与访问模式、数字档案馆文件分类导航表、数字档案馆档案分类导航表、电子文件管理与控制数据表、纸质和数字共存环境下的文档管理各业务流程梳理、编制数字档案馆系统元素数据表。

###### 2) 数字资源建设

为了保证数字档案馆建成后,有足够的数字资源提供给用户,从2006年开始,有计划有步骤地对库存文档进行数字化处理。首先是对现场常用的系统设计手册和设备运行维修手册进行数字化处理。2006年主要完成大亚湾核电站和岭澳核电站的系统设计手册数字化。

##### (3) 文档管理信息系统改造

完成了文档管理信息(DAMI)系统接收岭澳核电站二期工程文件改造的修改完善,基本完成DAMI系统接收岭澳核电站二期工程档案的改造,实现了岭澳核电站二期工程文档数

据实时向 DAMI 系统的生产数据的传输。

#### (4) 程序数据库系统

完成适应性修改, 并协助集团属下的有关成员公司建立程序数据库及其模版, 移植到其他核电基地。

#### (5) 电子文件生成系统

不断改进和完善功能, 已成为生产办公自动化的有效工具, 即将移植到其他核电基地。

### 2. 知识产权保护

#### (1) 管理组织、运作体系的建立与完善

2006 年启动“DNMC 知识产权战略研究”项目, 聘请了华中科技大学管理学院中德知识产权研究所和深圳中一专利商标事务所专家学者, 全面系统分析运营管理公司知识产权保护现状, 存在的问题与对策, 最终形成《知识产权工作面临的问题与对策》等 12 个规范性示范报告。根据评估结果, 针对公司知识产权存在的问题, 开展了以下工作。

##### 1) 完善管理组织机构

调整运营管理公司知识产权保护协调小组(由各部委抽调协调人员), 在 TDA 正式成立知识产权保护工作小组, 抽调 3 人从事知识产权专职工作, 实现网络化的管理组织。

##### 2) 完善管理制度体系

修改完善现有的管理制度, 在运营管理公司质量管理手册(CQOM)中增设“公司保密与知识产权管理”一章, 由 AD, IP, TS 共计 21 个程序组成, 2006 年完成了其中 AD, IP 的编写。

##### 3) 组织宣传

为提高工程技术人员知识产权保护意识, 按照集团 CPR1000 战略, 组织了 14 场工程师以上人员参加的“保密与专利申报”的巡回宣讲。

#### (2) 专利申报

截至 2006 年 3 月, 5 项实用新型专利已获得国家专利局批准。

### 3. 岭澳核电站二期生产准备

为将岭澳核电站二期文档管理从一开始就纳入现有体系, 做到一体化管理, 启动生产准备。2006 年确定了移交管理模式(实施移交), 确定了文档移交接收范围, 完成了 DAMI 系统文件管理模块的改造, 实现工程与生产实时数据传输, 编写了文档移交接收工作制度, 建立了生产准备期间的文档管理模式。

## 5.10.2 工作量统计

工作量统计见表 5.10.2-1 至表 5.10.2-4。

表 5.10.2-1 2006 年文档处理统计

文件/份		程序/份		档案接收/卷	档案入库/卷	文件档案数字化/份	
接收	分发	接收	分发			大亚湾核电站	岭澳核电站
31 022	82 287	9 318	21 426	3 658	3 312	9 805	8 394

表 5.10.2-2 2006 年缩微制作统计

缩微制作/幅			缩微入库		
16 mm 卷片 拍摄	35 mm 卷片 拍摄	16 mm 卷片 打印	卷片/卷	开窗卡/张	封套片/张
249 624	2 453	295 850	40	717	7 068

表 5.10.2-3 2006 年资料图书管理统计

图书/册			标准/册			期刊/册			资料/册	
收集 采购	分发	分编 标引	收集 采购	分发	分编 标引	收集 采购	分发	分编 标引	收集 采购	分编 标引
3 534	2 024	189	563	178	488	3 228	1 095	2 133	6	14

表 5.10.2-4 2006 年提供服务统计

文档查询				图书服务量/(人·次)	文件扫描	
人·次	文件/份	档案/卷	查询成功率/%		人·次	文件/页
8 399	20 357	20 396	100	6 039	410	29 934

文件复制			文件装订/册	翻译服务/万字	
黑白/页	彩色/页	晒图/m		自译	委托翻译
8 541 855	7 130	24 147	8 132	16.62	258.4

### 5.10.3 文件、资料、档案库存量

该统计见表 5.10.3-1 和表 5.10.3-2。

表 5.10.3-1 文件、资料、档案库存量 (纸质类)

文件/份	档案/卷	图书/册	标准/册	资料/册
806 739	112 870	20 654	9 044	6 460

表 5.10.3-2 文件、资料、档案库存量 (特种介质类)

缩微卷 片/幅	封套片、平 片/张	开窗卡/ 张	照片/ 张	岩心/ 箱	磁带/ 盘	光盘/ 张	软盘/ 张	录像 带/盘	实物/ 件
1 155 000	688 498	568 192	13 170	3 581	1 289	2 555	2 046	1 075	456

## 5.11 计量管理

电站计量中心主要由 TTS 计量科、OPH 辐射仪表组, MEE 电测组组成。业务上接受国



家、省、市及上级计量主管部门的领导和检查；在运营管理公司技术监督委员会的指导下，对内最大限度地优化电站计量器具检定资源，保证所有计量器具能够覆盖电站仪器仪表的校验要求；对外送检实施归口管理，制定电站计量检定工作年度预算。

### 1. 计量器具及周期检定管理

在各部门的支持下，圆满完成了全公司的计量器具检定任务。截至2006年12月底计量中心共完成两个电站10662台（件）计量器具的检定，大约占电站2006年计划需检定的计量器具105%，占电站的总计量器具百分比为88%，其他12%计量器具为不需要检定（如封存或两年周期）的器具。另外，全年验收新计量器具529台（件）。待报废计量器具521台（件），见表5.11-1。

表 5.11-1 2006 年大亚湾核电运营管理有限责任公司计量中心计量器具检定统计表 台（件）

月份		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
内部 检定	TM	118	100	189	195	107	107	402	630	326	237	468	324	3321
	MEE	20	23	39	45	31	19	48	105	39	23	7	18	417
	OPH	165	95	200	89	71	413	171	187	550	413	1034	413	3801
送外 检定	TM	34	91	244	97	111	439	548	77	465	65	446	481	3098
	MEE	0	0	0	0	0	5	6	4	0	0	0	0	15
	OPH	0	0	0	0	6	0	0	0	0	4	0	0	10
合计		337	309	672	426	326	983	1175	1003	1380	742	1955	1156	10662

注：TM—TTS 计量科，MEE—电气处，OPH—保健物理处。

### 2. 计量管理与监督

(1) 在“5·20 世界计量日”活动期间，举办了“计量专题”培训讲座，以及网上计量知识有奖答题相关工作。

(2) 在10月份举办了DNMC计量协调员全员参加的技术交流会，对计量管理的补充细则做了详细的沟通与分析。完成了《计量管理规定》程序的升版，以及新增《计量管理规定补充细则》。

(3) 从2006年5月开始对OAMS数据库和工具库（ASS库/专用工具库/常用库）等方面进行了检查和清查。目前已对数据库中不完善的地方进行了修改和增加，对167项清查出来的有疑问计量器具逐一确认并完成了相应的检定工作；

(4) 积极参与大修，提高服务意识和管理水平。在大亚湾核电站1号机组第十一次大修中解决了一些现场疑难的计量问题。并对安全壳打压试验前后的计量器具、蒸汽发生器100%涡流检验、一回路水压试验、凝汽器检修与衬胶等重要项目进行了计量监督；在岭澳核电站2号机组第四次大修中对常规岛、核岛临时工具库进行计量检查。并对量具的保管和使用以及力矩扳手的使用提出了建议并得到落实。

(5) 完成对OPC全处计量器具的使用情况进行监督，这是在电站内首次完整地对一个独立处进行计量监督。

(6) 在业务流程管理系统中完善不合格计量器具的评估工作，评估跟踪工作完成率高达99%，2006年共有71台件计量器具发生不合格而失效，发出评估单67份，1份未返回，

已进行口头说明。不合格的原因主要分3个方面,即示值超差、损坏、功能失效。评估的结果都是对现场测量结果无影响。但是对使用单位的评估工作有效性还有待加强。

### 3. 重大项目完成情况

(1) 在技术改进上,建立了6 000 N·m以下的力矩倍增器的校准装置,并进行两电站的力矩倍增器的校准工作,该工作属国内首创。

(2) 建立温度自动检定系统,提高温度传感器的检定效率。

(3) 建立长杆铂温度计校准装置,解决了长杆铂温度计的校准难题,该工作属国内首创。

(4) 为了满足技术人员的工作需要,减少现场工作人员对计量器具使用的风险。对外部检定机构出具的校准证书进行计量确认,根据校准数据和仪器本身的技术指标直接判断其合格与不合格,有利于现场工作人员的使用,该计量确认工作属电站首创。

## 5.12 信息技术的开发与应用

DNMC 信息技术中心是中国广东核电集团信息网络和应用系统的整体规划、建设和运行部门。2006年, DNMC 在面向整个集团的IT系统开发和应用的繁重任务中取得了开拓性的进展。下面从信息技术的基础设施建设、应用软件系统开发、通信、信息安全与客户服务等方面分别叙述。

### 5.12.1 基础设施建设

2006年,运营管理公司对中国广东核电集团信息网络基础设施在原有的基础上进行了资源的重新整合和优化,进一步提高了信息网络的运行性能以及安全性和可靠性。2006年实现的新项目有:专家村和部分南区宿舍楼宇综合布线、公安专网建设、武警信息化系统建设、集团视频中心建设、弱电信息系统建设(BA楼、AM楼、BF楼、EM楼、技能培训中心)、财务公司结算系统网络建设以及与集团新基地(辽宁、福建)、设计公司、研究院的网络联网;并完成了WINDOWS 2003 ADVANCE SERVER和EXCHANGE SERVER 2003的升级。

2006年度新装各类话机3 500余台,总数达12 000台,并实现了与集团语音通信系统、设计公司上海分公司融合通信系统和设计公司深圳总部IP电话的交换机联网。2006年新完成的工程项目有大亚湾应急指挥中心视频监控系统、集团应急指挥中心视频监控接口系统、机房综合监控系统、交通监控系统、短信平台;新完成的改造项目有岭澳核电站时钟系统改造、寻呼系统升级改造、对讲机系统改造、岭深线光纤保护通道改造;并完成了网络传真项目的实验。

### 5.12.2 信息系统开发

2006年度在已经建成生产管理、人力资源与财务管理、行政事务管理和电子邮件四大领域的综合应用系统的基础上,又重点开发了数字图书馆、包括有餐饮、零售、门禁和车裁等方面内容的一卡通系统、业务流程管理(BPM)系统、绩效考核管理(PAS)系统、生产准备安全管理指标(DSMS)系统、第三责任区管理(SEMS)系统、公司生产管理活动安排(CTA)系统、电话黄页系统(TYS)、IT服务管理(ITSM)系统、运行人员实操技术档

案管理信息 (OPSS) 系统 (二期); 改造了财务系统 (FAMIS)、培训管理系统 (DTMS)、现场巡视系统 (FPIS), 实现了 WANO, CINNO, CLP 等系统相互连接, 极大地提高了运营管理公司的信息化水平。另外还承担了广东核电集团 ERP (企业资源规划) 项目的主要工作, 已完成 ERP 软件采购技术规范和 BPR (业务流程重组) 技术规范。

### 5.12.3 信息安全与客户服务

2006 年, 运营管理公司采取了一系列针对性措施加强计算机网络的安全防范, 全网基本未遭受计算机病毒的影响, 全年共处理黑客攻击事件 1 起, 检测并处理或阻止病毒 618 000 起, 截获了占总邮件数 30% 的垃圾邮件和病毒邮件, 并对 VPN 移动办公系统进行了改造, 将原单机系统改为双机备用, 提高了可靠性和系统性能。

#### 1. 客户支持和服务工作

2006 年, 运营管理公司继续全面承担起广东核电集团 IT 客户端平台的支持与服务工作。服务范围遍及大亚湾、深圳、阳江、苏州、北京、大连、宁德、台山、陆丰等各个区域的集团成员公司和基地。通过接口流程优化、管理标准推进等手段, DNMC 在全集团范围内继续充实和完善信息协调员和信息联系人队伍, 建立联系制度, 开展业务培训, 努力提升信息协调员队伍的团队精神和业务水平。加强了集中化的信息管控和协调, 与各公司之间的运作渠道不断完善, 客户满意度持续提高。

#### 2. 项目管理和新技术研究工作

2006 年, 运营管理公司在 IT 客户服务工作方面继续坚持项目的思想, 取得了良好效果。2006 年, 先后完成了“大亚湾基地武警部队信息化建设”项目、“广东核电 CALL CENTER 建设”项目、“中国广东核电集团 IT 客户端管理和远程协作 (Microsoft SMS 2003 应用)”项目、“IT 运维平台优化 (ITSM 实施)”项目、“IT 归口资产管理系统改造”项目、“IT 归口预算管理系统”项目、“中国广东核电集团 AUTOCAD 产品统一实施和部署”项目等, 通过项目管理的实践, 锻炼了队伍, 提高了管理水平; 并且通过 ITSM 项目、CALL CENTER 项目的实施, 实现了流程优化, 提高了 IT 运行维护管理水平和工作效率。

2006 年, 在客户端平台的新技术研究方面, 也取得长足进步。“IT 客户端远程故障处理和技术支持”模式的研究和实践取得了实质性的进展, Microsoft Vista, Office 2007 等软件的测试和研究已全面铺开; “客户端维护技术经验反馈平台”的开发取得一定进展; 客户端平台数据安全技术、克隆技术等方面研究也有不同程度的拓展。

### 5.12.4 信息系统运行

#### 1. COMIS 系统运行情况

2006 年电站生产管理信息系统 (COMIS) 在全年始终保持了稳定的运行状态和很高的可用率。2006 年 COMIS 系统运行情况总结如下。

##### (1) 系统运行的可靠性

2006 年, 在信息技术中心、系统管理小组和广大用户的共同努力下, COMIS 系统在全年保持了较高的运行稳定性和可用率。在整个年度内, 系统计划不可用累计 5.2 h, 随机故障不可用累计 6.5 h。

##### (2) 系统的改进优化

在本年度内共收集到用户意见和建议 63 条, 经过组织逐项进行论证和评估, 其中的 24

项已完成了软件程序上的改进,在保持系统稳定运行的前提下有效地改进和完善了系统的功能。本年度实施的重要改进有:零库存管理模式的适应性改进;作业通知书格式和流程改进;领料单打印操作模式改进;建立大修支持性工作数据库、工作票优先级优化、岭澳核电站二期适应性改进、开发大修消耗品数量查询报表等等,其中“COMIS 标准工作包存储模式创新”的改进项目还荣获 2006 年度运营管理公司科技进步二等奖、中国广东核电集团科技进步三等奖。

### (3) 规范系统管理

2006 年,COMIS 管理小组在规范系统管理方面做了一些基础性的工作,主要目的是疏通系统管理人员和用户之间的信息沟通渠道,规范系统管理的相关业务操作流程,提高 COMIS 系统管理的用户服务质量和响应效率。2006 年下半年,COMIS 管理小组编写并生效了《COMIS 系统的日常管理和维护》管理程序,全面地定位和规范了 COMIS 系统管理所涉及及相关业务流程,为系统管理的业务操作和系统管理人员培训提供了指导。另外 COMIS 系统管理服务网页的开发也基本完成,可以为系统的用户授权、数据维护、意见反馈和用户咨询等日常业务提供一个统一的信息平台,使之成为 COMIS 系统管理人员和现场用户之间信息沟通的桥梁和纽带。

### (4) 系统发展规划

2006 年,CIT 和 COMIS 管理小组与 MAXIMO 产品供应商对 COMIS 系统的升级需求和技术可行性做了更深入的分析、研究和评估,初步拟清了系统后续发展规划的思路并做了相关的技术准备。随着岭澳核电站二期生产准备各项工作的启动,目前已开始推进 COMIS 适应性改进的各项研究,岭澳核电站二期的库存部分适应性改进程序修改工作已基本完成。另外,系统还在配合公司备件供应管理改进进行相应的功能优化,期望将来可以在电站备件采购计划、电站资源配置计划、预算资金计划编制等方面提供更好的支持。P3E 项目管理软件应用于大修计划后也即将开发与 COMIS 系统的接口,实现两边数据的实时传递和数据更新,力求为电站生产计划的编制提供更专业、更高效的工具。

## 2. CBA 系统运行

CBA(计算机辅助隔离)是核电站生产运行与维修活动重要的软件系统,在 2005 年稳定运行的基础上,2006 年也有良好表现,为日常和大修工作提供了有力的技术支持。2006 年,电站在 CBA 应用软件维护和管理方面的工作如下。

### (1) 应用软件维护

在旧的 CBA 安装程序中,偶尔会出现软件系统访问不同数据源之类的错误,经过重新设计安装流程,实现了安装过程控制和验证过程控制。设计了一套专用的 CBA 系统登录验证程序,供工程师完成安装后验证时使用。

### (2) 应用软件管理

改进报修故障、接单、排除故障、用户验收及关单工作流程,特设了 CBA 系统专用控制环节,以确保 CBA 系统用户经 COL、100 号热线和 ON-CALL 等方式进行故障报修和后续的帮助台、工程师接单、排除故障、用户验收及关单工程流程接点上,都需要进行正确性验证工作。

对 CBA 专用打印机进行更新改造,对 CBA 关键用户客户端工作环境,进行定期预防性维护。

通过 CBA 维护人员大量、细致的工作,CBA 的安全性和可靠性有了较大的提高。

### 3. CIS 系统运行

#### (1) 安全运行

2006 年, CIS 总体运行良好, 未出现影响安全生产和管理以及造成后果的事件, 全年仅在 12 月由于天气模块软件设计原因发生一次间歇性大范围不可用。

主服务器 PCIS 运行情况良好, 未出现意外事件。实时信息服务器 PCISKK04 在 7 月出现一次故障, 导致实时发电信息不能显示, 同时用户提醒信息不能主动弹出。PCIS3 服务器稳定性有待提高, 出现问题时需请信息技术中心值班人员重启, OTMS 等系统使用会中断, 因此 2006 年已将全部运行日志系统迁移到 PCIS 服务器。2006 年数据库服务器 CPU 占用率较高, 信息技术中心已于 2007 年 1 月完成数据库内存升级。PCIS 与 PCIS3 服务器已转到存储系统, 从根本上解决了磁盘空间不足问题。供部门用户开发使用的 P06CIS2 服务器目前还存在磁盘空间不足的问题, 2006 年进行了磁盘空间使用情况的检查和处理, 情况有所缓解, 但未根本解决。

#### (2) 软件开发

2006 年, CIS 系统完成了大修机组安全状态, DCS 数字仪控网页, 质保数据库, 三废曲线分析, STA 电子回答单, 运行防人因失效管理巡视, 生产部党工团, 组织生活记录, 统一会议室管理等生产、管理相关的各系统开发; 委员会模块, 大修管理网页, 总经理信箱, 环境保护, 改进计划及指标等系统和模块的优化升级。

随着运营管理公司组织机构的调整, 完成了各部门网页的开发和调整, 满足了管理层的要求; 2006 年优化了主页相关模块的性能。共计完成开发维护任务约 200 余项。

2006 年完成了“5·19”、“7·10”事件的宣传制作以及多个调查问卷、宣传栏目的开发上网。

#### (3) 用户服务

为了改进用户权限管理的服务速度, CIS 小组开发了权限管理辅助模块, 以方便实现用户权限的转移、复制和删除。

## 5.13 电站保卫及核材料实体保障

### 5.13.1 保卫工作实绩

#### 1. 积极开展安全防范工作, 确保电站安全

2006 年重新编写了《现场治安管理》程序; 建立并完善厂区安全防范规章制度。落实“谁主管, 谁负责”的原则, 将安全保卫责任纳入《厂房安全导则》中, 将厂房、办公区的安全保卫责任落实到厂房经理或相关责任人身上, 同时建立了与厂房经理、承包商单位保卫责任人的联系制度。在每次大修开始前, 召开承包商单位负责人工作会议, 预先提出安全保卫要求, 落实安全保卫任务。

结合两电站现场实际情况, 按计划、有重点地进行现场日常巡视和检查; 重大节假日前进行全面的全面的安全大检查。针对电站厂区安全防范的特点, 组织人员对厂区办公楼、厂房等进行巡逻检查, 发现问题通过发保卫安全提示单、对相关责任人回访等办法督促其改进。2006 年在两电站厂区安全防范工作检查中发现安全隐患 71 起; 其中发《保卫安全隐患整改通知书》20 起。

加强出厂物品控制。对运货物出厂区车辆在出入口严格检查,对人员随身携带物品进行抽查,大修期间对承包商单位退场运出整车工具、材料等到现场(装车)检查,保证对出厂物品的有效控制。

## 2. 加强警卫技能的培训

2006年通过开展岗位培训、军事训练、汇操、体能测试、演习与演练及技能竞赛等一系列活动不断加强警卫技能的培训。2006年度共组织警卫开展了军事训练2040人次,技能培训1465人·次。2006年度在警卫中开展了KKK/DSI系统操作、执勤技能及程序知识等项目的技能比武,有力地促进了警卫技能和军事素质的提高。在警卫执勤检查中共查获各种违章等异常事件113起,其中违反证卡管理规定57起,违反规定携物出厂12起,厂区内车辆违章4起,违反出入管理规定16起,阻止酒精超标人员进厂6起,制止厂区内吸烟3起,其他15起。

## 3. 加强重点部位的安全防护措施

当前两电站实物保护系统在厂区周界及出入口已设置了较多的监视、探测和门禁设备,对外部入侵起到了良好的防护作用,对人员通行实现了分区隔离。随着各项工作开展的逐步深入,根据电站安全需要和实物保护评估、检查结果,结合现场实际情况及安全保卫要求,在厂区内确定了一些敏感部位和重要位置,拟在这些位置增加监控设施进行监控和录像,以增强威慑和利于事件后的调查取证。

随着岭澳核电站二期工程的进展,从岭澳过境公路通行的车辆和人员逐渐增多,根据现场实际情况,2006年初在该区域增设了一个警卫执勤岗位,同时在过境公路开关站路段增加防撞水泥墩,并在路段两端增加警示标牌;开关站西侧新安装了摄像机以加强对此路面通行的车辆和人员进行监控。

## 4. 通行卡管理不断改进

证卡组在人员变动极其频繁的情况下,实现了重要活动卡办理零差错、证卡窗口服务无有效投诉的目标。通行卡办理信息准确率得到提高。空白卡、销毁卡统计数据准确,通行卡制作、发放、回收、暂停等进行了登记,保卫在线开发进入测试阶段,清理了部分早期积压的申请表。通过提前精心准备,合理调配人员,顺利完成年度证卡办理工作。全年证卡组办理长期卡1737张、临时卡10349张、大修卡2683张、参观卡534张、长期车证245张、临时车证486张。

## 5. 系统运行管理进一步细化、规范

2006年对系统定期巡视、测试、维护等程序进行了升版,对系统测试按照新法规要求严格进行,测试方法更科学,测试频度大大加强;针对系统存在的缺陷,坚持执行系统日报和巡视制度,加强运行管理。2006年完成了对大亚湾核电站KKK系统的改造,新系统在解决内存减少、延迟等问题后进入平稳运行期;推动岭澳核电站系统的改造工作。

同时岭澳核电站二期实物保护系统工程建设、生产准备相关工作开始逐步增多,新技术人员已提前到岗并进行培训,技术人员的培养开始列入关注事项。

## 6. 进行实物保护系统完整性和有效性评估

2006年4月至6月期间,电站邀请了有多年实物保护领域研究经验的中国原子能科学研究院核保障技术重点实验室对两电站现有的系统进行了一次全面的完整性和有效性定量分析与评估。本次系统有效性评估尝试进行了系统总体风险的定量分析和评估,找出需要改进的薄弱部位并制定相应的改进措施。

## 5.13.2 核材料的实体保障

2006年顺利完成了3次大修新燃料和1次乏燃料厂区运输的安全保卫工作,三道实体屏障保持完整,没有发生核材料的盗窃、破坏或非法移动事件,有效地保证了核材料的在厂安全。

## 5.14 电站后勤保障

### 1. 综述

2006年,电站通过改进后勤服务外包合同监管模式和行政物资采购模式,强化后勤业务监管力度,保持一贯良好的服务意识和严谨的工作态度。电站后勤保障工作在核服东部分公司电厂综合后勤服务部、配餐中心、保洁中心、接待中心等相关部门的努力配合下,充分利用有限的行政资源,圆满完成年度各项任务,为两座核电站安全生产及日常办公提供了最直接和快捷的日常后勤保障,并为电站大修、抢修等重要工作提供了优质后勤服务。

### 2. 行政办公房源调整

随着中国广东核电集团公司五年战略规划的具体实施,阳江、红沿河、宁德、台山等多基地核电建设项目先后进入实质性建设阶段。运营管理公司作为集团实现多基地建设核心人才培养的大后方、人才基地,运营管理公司一方面派出业务骨干支援建设,另一方面接收了大量新员工作为人才储备,同时承担起阳江核电、红沿河核电、宁德核电等公司新员工的业务知识培训和实操培训任务,给现有的行政办公用房资源带来巨大的压力。面对办公房源供需矛盾突出的情况,行政处做了大量协调工作:在5月底之前全面完成BA楼大修回迁工作;通过对各个部门、处、科现供房源的合理优化调配,按需求对部分房间进行办公位改造、及时收回闲置空房,全年办公室调整950人·次以上;压缩现有行政办公楼会议室9间,提供了500多名外培员工办公、培训教室;随着工程公司BM楼建成,工程公司部分办公人员迁入BM楼办公,行政处一方面接收空出的办公室作为生产准备部近200多名员工的办公房源,另一方面与工程公司协商,调换余下部分办公室,以达到优化、补充办公房源的目的。通过各方面努力,目前基本满足员工日常办公需求,但随着其他基地外培人员的持续大量增加,电站办公房源今后一段时期将仍然紧张。

### 3. 行政办公家具及其他行政物资保障

依照公司战略发展要求,2006年运营管理公司生产四部调整为生产六部,增加了培训中心、生产准备部两个部级机构,随之带来了员工的新增和岗位的大量调整,也对办公家具的相应配套更新提出了更高要求,行政办公家具动态需求量较大,2006年除了如期完成BA楼大修后员工回迁后办公配套、培训中心技能训练中心三座综合教学楼建成投入使用后的办公家具配置以外,还完成了大亚湾核电站和岭澳核电站主控制室家具更新、大修集装箱员工办公点家具更新、生产准备部由LP活动房调整到LBA五楼办公室后办公屏风、办公桌椅等家具的采购和配备。经统计,2006年岭澳核电站和大亚湾核电站共完成更换和增加家具达2100多件。

为满足员工日常办公、饮水等办公楼生活需求,行政处员工后勤服务中心每天要给生产现场、行政办公楼配送矿泉水、大卷卫生纸等行政物资,同时提供临时用工服务:2006年全年共发放大桶矿泉水(5加仑)24421桶;发放小瓶矿泉水(330mL)667箱;发放大卷

卫生纸 806 箱 (12 卷/箱); 提供临时性用工 88 000 余工时。

#### 4. 行政办公楼管理

在 2006 年电站行政办公楼管理过程中, 除保障办公楼日常供水、供电、办公环境美化、消除安全隐患等动态维护以外, 还主要针对老供水管道生锈影响员工饮水、部分设备系统因老化而存在安全隐患等一系列问题, 先后完成了岭澳核电站办公楼供水管道供水改造、中央空调水系统保温层改造、150 台分体空调室外机更换; 完成了 LSA 餐厅中央空调风管保温层更换和 SA 餐厅的中央空调压缩机大修、风柜改造、三级供水管网改造等。2006 年组织完成了 LSA 餐厅燃油系统的改造。

#### 5. 员工餐饮服务管理

2006 年在核服总配餐中心的努力配合下, 行政处持续加强对电站餐厅的饮食卫生、饭菜品种、服务意识、数量以及质量等餐饮指标的监督力度。首先对餐厅环境进行了整改, 部分墙面进行了粉刷, 对电站餐厅的就餐桌椅进行了全部清洗; 针对消防队餐厅就餐空间小、就餐人数多情况, 量身订造了供餐台, 保证了充裕的就餐空间; 加强了餐厅管理人员和服务人员的服务意识培训和引导, 餐厅的服务手段和服务态度大幅度提高, 获得就餐员工的好评。

2006 年针对大修误餐管理进行了改革, 由以前行政处对大修误餐统一管理方式调整为大修指挥部对大修误餐费用直接控制, 依照大修项目对各执行处误餐费用进行比例分配, 行政处负责具体执行的方式, 新的大修误餐管理办法在 2006 年的大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修中加以试行, 误餐费用控制比较明显, 机组大修各执行处的误餐费用自我控制意识都有了大幅度的提升。

#### 6. 电站其他配套设施建设

随着集团事业的迅猛发展, 基地员工和外来培训员工的大量增加, 加上现有部分房源在规划中陆续拆除, 基地住房十分紧张。为适应集团发展需求, 新员工宿舍——滨海花园一期 (共有宿舍 14 栋, 房间 1 002 套) 已在 2006 年元月 19 日实现了第一批员工入住, 目前员工入住已接近尾声; 滨海花园二期 (共有宿舍 9 栋, 房间 610 套) 正在建设。作为滨海花园的配套餐厅, 南苑餐厅从 2006 年 6 月开始正式投入使用, 满足了员工日常就餐和聚会、宴请等饮食需求。

按照大亚湾核电基地总体规划要求和核电发展需要, 为消除维修承包商人员住房安全隐患, 改善承包商人员的居住环境, 新维修承包商营地于 4 月 18 日破土动工兴建。



## 第六章 大事记

### 6.1 机组运行大事记

#### 6.1.1 大亚湾核电站1号机组

##### 1 月

- 1月9日 大埔 I 号线故障跳闸, 应中华电力要求, 退出该线路主 II 保护, 投入运行大埔 I 号线。
- 1月19日 执行 PT1GRE002 时, 因电磁阀错油卡涩, D1GSE006/008/009VV 均不能自动关闭。手动操作电磁阀后, 阀门正常关闭。
- 1月25日 工作负责人处理 D1SR1101PO 轴承故障时, 发现 D1LGB402 隔离边界不完整, D1LGB402 开关接地开关未合上。隔离经理立即按工作负责人要求修改隔离边界, 将 D1LGB402 开关接地开关置于合闸上锁 (LC) 状态。
- 1月26日 按生产计划安排, 1月13日和19日使用 TESON 工具对大亚湾两台机组的部分安全阀进行了定值校验。26日, 电站计量科检测 TESON 装置时发现该装置使用的两个压力传感器最大实际误差超出允许误差范围。2月18日, 重新使用经确认合格的 ETR59 装置对 D1VVP 和 D2VVP 安全阀压力定值校核, 发现两个安全阀 D1VVP103/118VV 定值超差。

##### 2 月

- 2月6日 D1KRG123AR 内 URA 蓄电池极柱有大量结晶物, 该备用电源输出为 0。更换蓄电池后, 备用电源恢复供电, 输出正常。
- 2月8日 更换核电侧大埔 I 号线 THR 距离保护装置相间故障单元的逻辑、出口、单相接地单元出口三个卡件后, 保护装置功能正确, 投入运行大埔 I 号线主 II 保护。
- 2月22日 工作负责人在执行 D1STR002RG 调节参数检查时, 错误调整 D1ADG002RG, 引起 D1ADG003VV 瞬间开启, 导致机组热功率瞬时超过 2 905 MW, 汽轮机进汽压力等参数波动。

## 3 月

- 3月8日 23:00 1号机组开始降功率,9日3:23 与电网解列,开始1号机组第十一次大修。创造单个循环连续运行485天的新纪录。
- 3月13日 解体检查汽轮发电机10号轴承时发现顶轴油软管断裂。
- 3月14日 12:00 运行人员执行1号机组第十一次大修厂用变压器切辅助变压器倒电操作,现场断开D1LGA201时,D1LGB101无法闭合,导致D9LGR无法向D1LGB供电,D1LGB失电,D1LHP带载。检查发现D1LGB101开关故障,更换D1LGB101开关后,16:50倒电成功。
- 3月15日 7:30开始卸料操作,17日20:35卸料结束。  
D1GPA机组保护A列组合逻辑保护通道13L误动发出跳闸信号,使主变压器出口高压开关DOGEW350/351JA跳闸,联络变压器590TR失去单侧电源。退出保护信号后,DOGEW350/351JA重新合上。
- 3月30日 工作负责人在完成LCB蓄电池放电监测继电器001XI改造后,合上蓄电池进线开关D1LCB110约30秒后开关跳闸,且联跳充电器进线开关,造成D1LCB001TB停电。检查原因为D1LCB110过流保护继电器脱扣机构磨损导致开关跳闸。

## 4 月

- 4月24日 工作人员在大亚湾核电站AA车间卧床上执行L2DVM005ZV喷涂作业过程中,有熔渣落入地坑,与地坑内油棉纱接触后,阴燃起火冒烟。期间触发火灾报警器报警。
- 4月29日 7:20开始装料,5月1日13:15装料结束。  
1号机组装料期间,8m气闸门的塑料门帘被拆除,拆除时间约1h,违反运行技术规范。
- 4月30日 工作负责人更换D1ARE439CC/VVP460CC后执行SIP冷态试验的VVP41部分对通道进行再鉴定,触发VVP主蒸汽隔离阀关闭信号和D1A蒸汽发生器003PO启动信号。

## 5 月

- 5月5日 D1RRA120VP阀体排放针型阀泄漏致使RX厂房-3.4m地面及设备沾污,重新进行阀门的充水排气和开启试验。  
为执行PTOLHS003将第五台柴油机连接到D1LHB时,在完成开关倒闸操作恢复第五台柴油机压缩空气供应时,第五台柴油机意外自启动,柴油机无负荷运行达额定转速,励磁未投入。
- 5月6日 执行PTIRCV002时,当D1RCV011/012MN指示均同时降至0.87m后,D1RCV011/012MN指示均不再下降,并且D1RIS012/013VP不能开启,立即

- 停止试验,恢复补水。后又执行多次仍不合格。
- 5月11日 0:08 反应堆达临界。
- 5月12日 汽轮发电机组冲转过程中,低压缸5,6,7,8号轴瓦垂直向过临界转速(1600 r/min左右)时振动偏大,其中6号轴瓦垂直向振动97  $\mu\text{m}$ 。6月17日机组小修中,在LP2前后轮毂加装750 g平衡块,振动降低。
- 5月13日 5:06 机组一次并网成功,1号机组第十一次大修结束,历时60.05天。D1GME037MV探头损坏导致汽轮机推力瓦磨损指示异常波动,6月17日停机检修中确认故障原因为探头侧接头处损坏,更换037 MV探头并校验通道后正常。
- 5月15日 D1EVC043MT温度高达74.1  $^{\circ}\text{C}$ ,通过调整D1DEG301GF出口温度和开大D1EVC001VA后,D1EVC043MT降至71  $^{\circ}\text{C}$ 。6月17日停机检修中进入RX厂房检查,测温发现风孔温度最高达80  $^{\circ}\text{C}$ ,D1EVC043MT风口栅格板对冷却风量有影响,拆除后D1EVC温度维持在65  $^{\circ}\text{C}$ 左右。
- 5月16日 1号机组稳定在75%  $P_n$ 功率平台运行时,主控制室突然出现1RPA/RPB709AA,D1KSC405EN上显示一回路平均温度偏差在+4  $^{\circ}\text{C}$ 至-2  $^{\circ}\text{C}$ 之间阶跃变化,R棒从205步自动快速上提至210步,一回路温度梯度从约0  $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 上升为+15  $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。接快速记录仪后发现020MA I1段的输出电流产生毫秒级高频波动触发报警信号,该故障点在电缆连接处。6月17日停机检修中更换I1段转换接头和机柜侧备用电缆后,再鉴定合格。
- 5月20日 5:00 机组升至满功率运行。
- 5月25日 D1SIT278VL换型后造成运行人员误判断,将几乎全开的D1SIT278VL误认为已关闭,导致ARE高温水经过D1SIT278VL流向A蒸汽发生器系统,A蒸汽发生器系统管道外表面保护油漆因受高温烘烤冒烟触发火警。
- 5月26日 D1RCV002DE硼饱和期间引起一回路平均温度缓慢下降。故障原因为D1REA059MD的流量电压对应关系参数COEF不匹配,变送器测量流量比实际流量偏低,导致一回路换水后温度下降,对REA059MD重新标定后,测量结果正常。
- 运行人员在相继执行D1REA004BA,D9REA003BA循环操作时,未将D1REA004BA恢复正常供机组状态,导致D1REA061VB仍处于D1REA004BA循环要求的关闭状态,造成D1REA004PO不可用。

## 6 月

- 6月7日 执行PT1LLS002时,D9RIS011PO自动停运后无法重新启动,且负载电阻不停投退。更换D1LLS001AP励磁调节卡后,试验合格。
- 6月16日 1号机组因D1RPN020MA异常波动、D1EVC043MT偏高、D1GME037MV探头故障等问题,于6月16日23:00开始降功率,17日2:46与电网解列,4:55到达热停堆,开始停机消缺。
- 6月17日 机组降功率至20 MW后,操纵员在主控制室无法断开D1GSY负荷开关,原因为D1GPA001AR BAY2保护柜内负荷开关禁跳闭锁信号继电器K112R机械机

构故障,失磁后接点以及掉牌未能自动复归,导致主控制室手动跳负荷开关回路断开。更换备件后,1号机组顺利解列。

发电机与电网解列后,D1GGR001ET在汽轮机转速下降到约240 r/min时未启动,盘车电动机不可用。19日,启动D1GGR001ET时盘车跳闸,维修人员重新对盘车电动机供电开关布线并更换850XS/852XR后,启动成功。

6月19日 19:52 1号机组完成停机消缺工作,一次并网成功,工期2.8天。

## 7 月

7月16日 D1EPP 0 m气闸门因电源变频器故障,导致D1EPP 0 m气闸门无法遥控关闭,安全壳密封性降级。开启内门时又出现无法电动开启故障,手动微开后,内门可电动操作。

7月19日 SMBNB2模块故障导致D1RPN040MA通道不可用,更换新的SMBNB2通道后,故障消除。

## 8 月

8月6日 D1GEX励磁系统多次出现波动,频繁出现D1GEX007AA报警。经检查,070MA电位器、B通道2 825卡件工作异常,更换070MA电位器、B通道2 825卡件后,报警消失,D1GEX自动励磁调节系统恢复稳定运行。

8月8日 D1RAM002AP电气六月检工作结束后,启动D1RAM002AP时并网不成功,检查后确认为低电压继电器D1RAM601XU接触不良,导致信号回路传递失效。清洗该继电器触点后,重新并网成功。

8月13日 LPO在执行LHS顶替L1LHQ倒闸操作过程中,当执行至开启压缩空气阀门LHS276VA时,LHS柴油机突然自动启动,数次按下紧急停运按钮001TO无法停运柴油机,后在柴油机本体上扳动紧急停车制动杆将柴油机停运。

8月21日 3:00运行人员在实施D1ATE703PO泵本体年检隔离时,将化学人员已经设置好的断开位置的D1LKX0206开关重新合闸,并挂上内容为断电、隔离的隔离票。8:45化学值班人员巡视发现D1ATE703PO电源隔离错误,当班隔离经理立即到现场纠正错误。

8月22日 执行PT1LHQ001时D1LHQ430CE故障导致002MO未启动,造成D1LHQ001MO单机运行1小时20分钟。

8月31日 工作人员在用尼龙绳吊PMC水下限位开关到传输水池过程中,尼龙绳断裂,限位开关坠落,将传输水池D1PTR003CU底板撞出3个小凹坑和一道划痕,限位开关部分零件变形。

## 9 月

9月12日 主控制室闪发D1GST补水流量高报警,D1GST001IC中约一半存在气体,发电机定子冷却水中存在漏氢。9月13日执行报警间隔试验跟踪氢气泄漏速率,

发现漏氢趋势增大。

- 9月18日 化学人员卸酸时, D0SDA351VR 接头突然断裂, 立即关闭槽车出口阀和卸酸管路入口阀, 用水冲洗流到地面的试剂, 后检查发现, 接头从法兰根部断裂, 塑料管道被严重腐蚀变薄和穿孔。
- 9月20日 在乏燃料容器接收过程中, 工作人员误将 10 kN 的拉力计当作 10 t 拉力计使用, 在起吊容器减震器时, 该拉力计的固定卸扣被拉断。
- 9月21日 D1RRI155VN 调节异常造成 D1RCV 下泄温度波动。

## 10 月

- 10月2日 环境人员将日常监测碘盒临时放在 D1KRT028MA 电气柜上, 3日进行 1ETY 排放前监测取样时, 发现该碘盒丢失。查找后发现碘盒被辐射防护巡视人员回收到控制区内的废物袋中, 造成放射性监测样品丢失。
- 10月14日 14:00 1号发电机定子 100% 接地保护装置显示值从 7% 缓慢上升到 12%, 持续时间约 2 h; 19:20, 显示值继续上升达到 16%, 持续 10 多分钟后, 显示值突然迅速下降到 4%, 然后再次上升到 13%, 最后下降到 3% ~ 4% 左右, 并保持在此区间波动。随后报警多次闪发, 显示最大值为 14%。
- 10月16日 执行 PT1RPB044 时, D1A 蒸汽发生器 016VD 在主控制室无法用 RC 遥控关闭到位 (现场显示有 50% 开度)。检查发现 D1A 蒸汽发生器 016VD 的 EP 故障, 更换后故障消除。
- 10月24日 工作人员误碰设备造成 D1PTR001BA 液位计 D1PTR020MN 意外闪发 L02/L03 报警。
- 10月31日 执行 PT1RGL002 期间, 进行插入 N1 棒一步时 (RGL016QM 读数由 000 变成 999) 主控制室出现 1RGL003AA, 操纵员将机组功率由 986 MW 降到 980 MW, 实施 TYPE D 行政隔离。检查发现 D1RGL N11 棒组动力电源 A 相和 C 相保险同时烧毁。更换 N11 的 LC1 机架后, 故障消除。

## 11 月

- 11月10日 D1LHP212VN 下游管道与主管道连接处焊缝边缘出现裂纹, 造成冷却水渗漏。为减少第一组 I<sub>o</sub> 消耗时间, 将 0LHS 第五台柴油机连接至 D1LHA 后隔离 D1LHP 进行抢修。检修人员修补焊缝后对柴油机充水预热, 执行 PT1LHP001 再鉴定合格, 重新恢复 D1LHP 柴油机可用。
- 11月10日 大亚湾核电站 18 个月换料项目设计变更文件 (DEN 536) 给出的  $\Delta T$  定值参数有错误, 导致现场用于计算超温  $\Delta T$  定值的设入参数错误, 造成现场计算得到的超温  $\Delta T$  定值偏低。
- 11月13日 工作负责人在执行 D1RIS032VP 再鉴定试验时发现阀门行程超标, 检查 1 号机组第十一次大修工作包后发现行程记录、开关时间与实测不符, 检查人员冒充 QC 人员在再鉴定记录单上签字。
- 11月20日 SA 餐厅炉具燃烧系统油质过滤器油杯盖异常破裂, 约 230 L 柴油混杂清洗剂

流入 SEO 系统中, 使 SEO 污水处理系统不可用。

## 12 月

- 12月3日 工作人员执行 D1DEG301GF 年检时, 加注从仓库领用的氟利昂后发现系统压力异常。取样化验后证实, 标有 R12 氟利昂的气瓶内实际是 R22。
- 12月12日 D1SEN007JS 在电气接线图、运行规程、CBA 及现场标牌中描述不一致。D1RCP003PO 的一号轴封泄漏流量持续减小, 最低达到 270 L/h。

## 6.1.2 大亚湾核电站 2 号机组

### 1 月

- 1月2日 D2LHQ251CO 两级压缩机中间管线上的 D2LHQ287VA 安全阀从管线上整体断裂, 当 D2LHQ251CO 启动时将从断口喷气, 无法向 D2LHQ251BA 充气。
- 1月11日 执行 PT2RGL004 后, D2RCP002VP 因曲柄连接万向节损坏, 阀门不能回到最小流量位置, 保持在 18% 开度 (约 12 m<sup>3</sup>/h 喷淋流量), 导致一回路加热器全部投运, D2RCP 压力仅维持在 1.54 MPa。12 日, 维修人员进入 RX 厂房强制恢复 D2RCP002VP 到最小流量, 加热器运行正常。  
执行 PT2RGL004 试验, 汽轮机功率变化过程中, D2APP 系统 B 泵新蒸汽隔离阀 D2APP208VV 后的 D2APP227DI 漏汽, 暂停升功率, 维持电功率 888 MW。启动 D2APA 泵并带上负荷, 将 D2APP B 泵卸载后停运 D2APP 系统 B 泵, 检修 D2APP227DI。
- 1月13日 D2APP227DI 检修完毕, 解除隔离投入运行, 启动 D2APP B 泵, 机组升至满功率运行。

### 2 月

- 2月16日 现场发现 D2RCV818VP 阀体上有泄漏, 对漏点进行焊接处理。18 日, 处理后的 D2RCV818VP 阀体原泄漏处仍有泄漏, 更换阀门。19 日, 现场检查发现 D2RCV818VP 上游管道与 D2RCV002PO 出口母管道的 M1 焊缝处出现新的漏点, 重新焊接处理。
- 2月22日 执行 D2RPN 周期试验时, 试验人员检查发现功率量程中子注量率变化率定值小于正常值。原因是试验人员使用不合格的试验仪器注入信号, 对定值进行了误调整, 导致中子注量率变化率定值下调一半。之后仪表人员重新调整定值到正常值。
- 2月23日 主控制室闪发 D2RGL015AA, G1 棒 H12 棒束的棒位指示由 224 步跳变并稳定在 232 步。H12 棒束的五个棒位测量线圈中的 B/C 通道测量电压异常, 在 15 m 机柜测量探头次级线圈 B 和 C 断路。仪表人员将 G1 棒组 D8 棒束的

B/C/E线圈信号引入 H12 棒束, 同时将 A 线圈的信号引入 KDO, 主控制室恢复对 H12 棒束全行程棒位监视。

2月28日 D2GHE005SP 膜盒破裂, 导致 D2GHE005SP 本体漏油, 漏油量约  $0.5 \text{ m}^3$ 。

### 3 月

3月16日 现场测量发现 D2RCV818VP 所在管线振动达到  $40 \text{ mm/s}$ , 超过允许值  $27.3 \text{ mm/s}$ 。检查原因为 D2RCV818VP 所在管道的固有频率与其连接的上充泵的工作频率相同, 导致该测压管产生共振, 出现强烈振动。安装临时减振支架后, 振动恢复至正常水平。

3月29日 执行 PT2LLS002 试验中, 发现 LLS002VV 超速脱扣机构的手动超速手柄抖动并发出噪音。紧固 D2LLS001TC 超速连杆压板的紧固螺栓后, 执行 PT2LLS002 再鉴定时, 当小汽轮机转速达到  $3690 \text{ r/min}$  仍不能超速紧急停机。立即停运 D2LLS001TC 处理超速紧急停机故障, 调整超速紧急停机飞锤与扳机间隙后, 试验结果满意。

### 4 月

4月7日 PX 厂房行车 D0DMP002PR 滑线电缆被压破短路, 触发 D1LKH 过流保护二级动作, 使 D1LKH102 开关和 D1LKH001TB 进线开关 D1LGC502 同时跳闸。

4月10日 D2ARE908VL 保温层泄漏滴水 ( $1 \text{ 滴/秒}$ ), 13 日泄漏量增大, 14 日对 D2ARE908VL 带压堵漏。

4月22日 D2RRI003PO 电机非驱动端轴承温度周期性大幅波动, 周期约  $4 \text{ h}$ , 波幅  $35 \sim 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

### 5 月

5月21日 D9DVN 日常取样的样品中测到  $^{133}\text{I}$  和  $^{131}\text{I}$ 。6月20日更换 D2REN741/742VP 后, 缺陷消除。

### 6 月

6月8日 D2GSY 负荷开关冷却水电导率高, D2GSY 负荷开关绝缘降低。

6月14日 工作人员在进行 D2RPN013/023MA 周期试验时, 使用错误的定值数据清单对中间量程紧急停堆、提棒闭锁 CI, ATWT 信号定值进行调整, 在错误定值的情况下中间量程连续监测、参与反应堆控制、保护 48 天。

6月26日 3 号蒸汽发生器给水流量和水位出现频繁波动, D2ARE033VL 阀开度在  $55\%$  和  $70\%$  之间变化, 主控制室操纵员将 D2ARE033/244VL 置于手动位置控制 3 号蒸汽发生器给水流量。故障原因为 D2ARE033VL 的 E/P 上的 RELAY 螺丝紧固力矩不足导致漏气, 使阀门响应迟缓。更换备件后故障消除。

6月30日 D2RCP001MO 上部推力轴承温度 D2RCP112/132MT 波动。

## 7 月

- 7月20日 执行 PT2RPA044 试验时, 给出 D2A 蒸汽发生器 012VD 开启信号后发生拒动, 14 分钟后又自动全开。现场检查发现该电磁阀磁缸及铁芯严重锈蚀, 锈蚀产物导致铁芯卡涩。
- 7月30日 D2ARE031VL 定位器密封垫片失效导致漏气。

## 8 月

- 8月4日 2号机组定子 100% 接地保护受台风天气影响多次闪发报警。
- 8月10日 D2GGR002BA 的液位计 003LN 底部排放阀异常开启造成跑油 (约 120 L)。
- 8月24日 D2GFR005PO 过负荷导致 D2GFR001ZR 净油机跳闸, D2GFR005PO 电机壳体温度达 110℃, 电机绕组烧毁。
- 8月25日 D2RCP003PO 电机下部轴承油箱油位低, 补油至正常位置。
- 8月29日 执行 PT2LHP001 时 D2LHP250SC 误发超速信号导致 D2LHP 柴油机保护停机, 故障原因为柴油机振动造成微动开关弹簧和摇臂受力变化使滚轮与凸轮不断地撞击形成凹槽, 引发 D2LHP250SC 超速保护触点动作。

## 9 月

- 9月3日 D2PTR001BA 底部钢板与水泥基础之间的橡胶密封圈向外渗水。
- 9月13日 执行 PT2LLS002 试验时, D9RIS011PO 出口压力在 D2LLS001TC 和 D9RIS011PO 启动瞬间达到 35 MPa (正常压力 25 MPa), 随后慢慢下降, 8 分钟后降到 28 MPa, 泵停运后慢慢降到 18 MPa。在 D9RIS011PO 启动初期, 水泵出口阀组与泵缸体连接头处有漏水现象。
- 9月17日 因 D2GEV242/252ZV 接线方式由三角形接法错误改变为 Y 形接法, 导致 D2GEV242/252ZV 启动后电流偏小, 不能维持运行。
- 9月22日 D2AHP003MN 故障引起 D2AHP602RE 应急疏水阀 D2AHP218VL 开启, D2AHP602RE 的疏水由正常疏水切换至应急疏水, 机组热效率下降, 机组热功率瞬态超过 2 905 MW, 最高热功率达 2 933.6 MW, 随后操纵员通过降低电功率使一回路热功率恢复到 2 905 MW 以下, 期间热功率超过 2 905 MW 持续约 18 分钟。
- 9月25日 执行 PT2RPB015 时, D2RIS052VP 不能全开, 阀门卡在 25% 开度位置, 更换 D2RIS052VP 电动头和调整行程后, 故障消除。

## 10 月

无



## 11 月

11月22日 D2DVM105ZV 现场被拆除,且原风机两侧的风管未封闭。

## 12 月

12月6日 执行 PT2LLS002 时, D2LLS002VV 超速脱扣机构的手动超速手柄抖动并发出噪音。隔离检查故障原因为 D2LLS001TC 超速连杆压板的紧固销钉松动,紧固后故障消除。

## 6.1.3 岭澳核电站 1 号机组

## 1 月

1月18日 实施 2SAP001CO 隔离时发现 2DNLZ01JA 上有 2005 年 12 月 11 日挂上的 PO 票 (LD), LX 厂房各系统的电机加热器未投入运行达一个多月。

1月24日 岭澳核电站 1 号机组开始延伸运行。

1月25日 执行 LT1LHQ001 试验时 1LHB001JA 正常断开,但 1LHB002JA 没有随后立即自动合上, LHB 配电盘失电超过 13 s。

1月27日 岭澳核电站 1 号机组解列,开始 1 号机组第四次换料大修。

1月30日 1 号机组反应堆压力容器顶部控制棒驱动机构 CRDM K14 处发现硼结晶。

1月31日 检查 L1ASG003PO 发现泵侧冷却水节流孔板 034DI 与汽轮机侧冷却水节流孔板 030DI 装反。

## 2 月

2月10日 MRM 吊运 L1RIS002MO 而造成人员通道临时狭窄,导致行人误碰 L1PTR865VB 阀门,并造成 50% 的阀门开度,使乏燃料水池跑水约 8 m<sup>3</sup>。

2月14日 在 L1LHQ 柴油机年检后执行的再鉴定试验 T1LHQ002 过程中,MRM 人员发现机带油泵 L1LHQ601PO 故障,运行时无出力。

2月15日 L1LHQ 不可用下 L1RRA001PO 的冷却水由 RRI A 列切换到 B 列。如果失去 LGR 电源,机组 B 列冷源 L1RRI/SEC/RRA 将失去(因 B 列应急电源不可用),同时 A 列 RRA 泵电动机也因失去冷却而不可用,机组可能进入 H 1.2。

2月17日 大修按计划进行主变压器送电工作时,1 号机组主变压器两次充电不成功。

2月19日 执行 T-1-EIE-001 时,当发出 A/B 列喷淋信号后,L1RRI019VN/020VN 不能关闭到位。

2月24日 TND/TCW 在检查 L1RX 厂房筏基廊道时,发现廊道顶部有多处钢筋混凝土开裂,伸缩缝渗水。

2月26日 4:46 1号机组反应堆达临界。

### 3 月

- 3月1日 1号机组汽轮机冲转后一次并网成功。
- 3月1日 1号机组在提升功率达到22%FP时, L1ARE大小流量调节阀切换异常。
- 3月6日 1号机组在第四次换料大修后向100%FP过渡时发现RIC堆芯出口温度偏高(最高温度达340.8℃)。
- 3月9日 1号机组第四次大修中对LHA/LHB信号回路进行过改造后, L1LHP006程序未及时修改, 试验中LHA电压恢复时间计算方法错误。
- 3月9日 进行LT1LHP006试验后, 发现LHA001JA和LHA002JA切换时间为3.36s, 超过1.5s(1±10%)的验收标准。
- 3月15日 SD1棒的LCS机架C7模拟量卡有故障, L1RGL001AA多次闪发。
- 3月22日 L1SEC016/017MT(对应SEC001PO的止推和上部轴承)不明原因大幅波动, 90分钟内从41℃上升到60℃。随后又恢复到40℃。
- 3月23日 R棒自动提升过程中, 出现了L1RGL019AA, R1组的B8棒束失步。
- 3月26日 L1SEC001PO的轴承温度又出现不明原因大幅波动。
- 3月28日 OPH/RP仪表检测发现L1APG001FI更换下来的滤芯带有放射性。

### 4 月

- 4月9日 现场测量发现L1KX厂房-6.7m环境剂量率高, L1K011房间环境剂量率为52μSv/h, 约为1月份的10倍。
- 4月17日 L9REA003BA化验硫酸根浓度高, 约917μg/L。
- 4月18日 1号机组电气厂房电梯L1DAI004AC竖井内冒烟。检查判断冒烟的原因是由于电梯在运行中抱闸没有打开。
- 4月19日 L1SEC001PO泵止推轴承及上部轴承温度异常上升到51.6~52.4℃, 基本稳定后又上升, 当016MT达到75.8℃, 017MT达到73.8℃后, 又突然下降并稳定在44℃附近。
- 4月19日 L1RRI003PO电机非驱动端轴承温度异常波动, 043MT从36℃涨到70℃后又降到44℃, 后又上升到69℃。
- 4月20日 执行定期试验LT1RGL04机组降功率至500MW。

### 5 月

- 5月16日 因受台风“珍珠”影响, 接电网指令减载运行, 17日0:40降功率至760MW。
- 5月21日 自5月15日, L1RGL系统故障报警L1RGL011/019AA多次出现。

## 6 月

- 6月10日 MGS 起重司机在驾驶 L1DMM001PR 行车由南向北行驶时, 因集电器电缆塑料扎带老化断裂, 造成行车归位过程中电源集电器电缆 (A 相) 被厂房中部电缆槽架挂断, 行车不可用。
- 6月19日 主控制室出现 L1RIC712AA (DEC 报警), L1RIC031MT 间断下漂。
- 6月19日 L1DEG101GF 多次由于压缩机轴承温度高跳闸故障, L1DEG101GF 不可用对机组稳定运行构成潜在威胁。
- 6月28日 在启动期间 L1DEG101GF 因为轴承润滑油温度高报警跳闸。解体检查 L1DEG101GF 轴承推力瓦表面钨金涂层完全熔化, 轴承损毁, 相应的叶轮轴也刮伤损坏严重。

## 7 月

- 7月6日 为避免频繁出现 L1RIC031MT 故障对操纵员的干扰, 实施了 TCA, 加上之前 L1RIC040MT 不可用, L1RIC031MT 和 L1RIC040MT 不可用。
- 7月7日 1 号机组主变压器中性点电流出现四次阶跃, 机组未见异常, 怀疑是地磁爆引起。
- 7月11日 主控制室出现 L1RPN431AA (象限倾斜高) 报警, 从 LSS 和 KIT 上检查 L1RPN020MA 的第五段核功率显示值为零。从出现到处理好时间约 7 h, 接近 8 h 降功率时间限制。
- 7月20日 在进行 LT1RGL02 试验时, 用校正 2 方式下插 SD 棒到 215 步过程中, G9 棒束显示异常, 棒位瞬间从 224 步跳变到 0 步, 随即又恢复正常显示。
- 7月28日 运行人员借用氧表后, 发现氧表的含氧浓度报警阈值下限设置错误。当氧表指示的氧含量降低到 17.2% 时, 都未发出声光报警 (正常应在氧含量低于 19% 时报警)。

## 8 月

- 8月3日 台风天气电网侧故障导致岭澳辅助变压器 L9LGR 两次短暂失电。
- 8月3日 受台风影响, 1 号机组从满功率降至 760 MW 运行。
- 8月10日 L1LHQ651LT 部分玻璃碎片进入柴油机润滑油回路, 影响 L1LHQ 的可靠性。
- 8月25日 L1PTR002PO 检修后启动非驱动端轴承温度/驱动端轴承温度最高到 91.8℃, 80.4℃。

## 9 月

- 9月5日 为配合 L9LNF205 再供电, CIT 人员在做恢复接线准备时, 用万用表在 DTV 机柜上进行一些其他测量过程中, 万用表的线头引起机柜的线路短接, 误发场

区应急声响报警。

## 10 月

- 10月3日 TTS 在定期检查中发现 L1KDO 的一回路热功率比 KME 的偏低 (8 MW), 如果按照 KDO 控制一回路的功率, 会引起一回路超功率运行。
- 10月8日 1号机组1号蒸汽发生器水位阶跃上升 0.05 m 后恢复正常, 检查1号蒸汽发生器的蒸汽流量从 1923 t/h 上升到 1954 t/h。

## 11 月

- 11月1日 在没有涉及 RGL 系统操作情况下 SD1 棒组 J9 线圈绝缘故障导致 L1RGL022AA 频繁闪发。
- 11月4日 L1GTH002MO 电机温度高导致冷却风扇扇叶熔化。
- 11月16日 巡视发现 L9TEG004BA 压力缓慢下降。

## 12 月

- 12月25日 发现 L9TEG005BA 压力表 L9TEG034LP 二次仪表阀上游法兰下部往外漏含氢废气, 导致放射性气体不可控排放。

### 6.1.4 岭澳核电站 2 号机组

#### 1 月

- 1月4日 2号机组装料到第 10 步操作, 当组件正确就位后松开夹爪时, 夹爪气缸无法完全达到其松开位置的行程限位, 发生故障, 装料暂停。
- 1月4日 岭澳核电站 2 号机组第三次大修期间, TTS 在按 OPE 提票要求进行 AHP 系统管线 DI 壁厚测量时, 发现与 106DI 连接的焊缝上下游存在明显的减薄。
- 1月9日 11:00, 2号机组装料进行到第 135 步, 在燃料组件插入堆芯过程中, L2RPN024MA 触发源量程通量高报警 (2RPN426AA), 在 RX 厂房也发出了事故声响报警 (该报警引发 RX 厂房应急撤离)。
- 1月12日 执行 LT2EIE001 试验时, 安全阀 L2DEG042VD 动作, 水流入 L2RCP001PO 的火警探测系统 SAM1 机柜内, 造成机柜内板件、探头模块进水严重。
- 1月13日 L2PTR001BA 打循环时由于 L2PTR117VB 有 10% 的开度, 导致 14 m<sup>3</sup> 的 PTR001BA 含硼水进入 9TEU001BA。
- 1月17日 L2RGL R2 分棒组的 F06 棒束棒位测量线圈更换后, 棒位在 192 步跳变为 216 步, 触发失步报警。
- 1月18日 2号机组反应堆达临界。

- 1月21日 2号机组一次并网成功。
- 1月25日 MIC在调整RPN参数时发现L2RPN020MA定位器SB2故障,无法通过SB2给出一个稳定的标准5V电压。
- 1月26日 L2RCP氢气浓度测量值为46 mL/kg,已接近化学技术规范50 mL/kg的限值。
- 1月27日 执行T2RPB018时L2RIS052VP正常开启,但L2RIS052VP开启后限位开关L2RIS052SM3不能触发“OPEN”信号。

## 2 月

- 2月3日 执行T2RPB033试验时L2SEC004PO开关没有合上。
- 2月10日 在解除1TSD LDA 01恢复正常供电时,由于L1LDA306断电造成SVA303/306VV全开,导致1SVA315VV安全阀动作,2号机组热功率短时上升到2908 MW。
- 2月13日 MIC发现L2RPN机柜部分信号电缆易出现接触不良现象。
- 2月22日 MIC检查发现L2VVP004MD对应的401CA卡背板存在虚焊。

## 3 月

- 3月16日 执行定期试验LT2RGL04降功率至500 MW,13:00升回满功率。
- 3月23日 在无任何操作情况下,主控制室T盘的SD组G11棒位在200/160/72步处三个指示灯亮,查L2RGL017/018QM(SD棒位读数)为225步,G11棒位指示故障。

## 4 月

- 4月3日 在执行T2RPB013时,L2DVK001PI触发湿度高报警,测量发现大部分房间(K054/055/056/057/059/154/157)的湿度较高,在81%~88%之内,没有达到K厂房房间的设计环境条件(湿度小于70%)。
- 4月5日 执行定期试验LT2RGL002时,L2RGL019AA报警意外出现。
- 4月5日 L2RGL004CC由手动切换至自动时出现L2RGL003AA UPP运行故障报警(RGL003AA报警闭锁了所有功率控制棒组的自动和手动移动(插入和抽出)指令,使得RGL系统不能自动跟踪汽轮机负荷进行调整)。
- 4月5日 从4月4日开始,L2APG蒸发器钠离子含量开始缓慢上涨,从0.5 μg/L上涨到2.1 μg/L,未见回落趋势。
- 4月20日 L2RRI001PO的驱动端轴承温度RRI045MT异常波动。
- 4月23日 MIC超出巡检范围关闭L2GCT119VV相关供气阀,L2GCT119VV的调制开启不可用。
- 4月26日 OPC定期(月度)分析发现L2RCP002BA和SEBIM安全阀的排放环氧含量分别为1.4%,1.6%,超过化学技术规范要求的期望值(1%)。
- 4月30日 L2APP201TC南端轴承左下侧的JDT管线感温玻泡(“B”泵)因其周边保温

残缺, 消防系统感温玻泡受汽动给水泵本体高温影响, 造成感温玻泡破损, 导致消防系统喷淋动作。

## 5 月

- 5月3日 在启动 L2APP 系统 B 泵, 停运 L2APA 过程中, 当 APA 泵小流量循环阀开启时一回路热功率突然上升, 超过一回路热功率 2 905 MW 的限制值。
- 5月17日 2号机组降功率至 800 MW 时, 定位器故障使 L2CEX026VL 突然全开导致机组参数大幅波动。
- 5月25日 L2RIS221VP 上游供水总阀 L9SED155VD 处于关闭状态, 与程序要求的开启状态不符, L2RIS021PO 空转造成泵组石墨轴承失去润滑冷却, 温度超停泵值。
- 5月30日 岭澳核电站 2 号机组按照电网的要求降功率到 760 MW, 在降功率过程中, 为控制  $\Delta I$ , R 棒从 206 步插到 187 步, L2RGL402AA (R 棒位低) 和 L2RGL403AA (R 棒位低于调节带低限) 出现, 此后该报警一直存在约 130 h。

## 6 月

- 6月8日 运行巡视发现 L2RGL 系统 SD1 机柜 LC1 (提升线圈) 机架的“STARTER”卡故障 (电源失去)。
- 6月14日 在进行 T2RPA043 试验时, L2ASG015VD 供气管线断裂, ASG015VD 全开向 SG 供水。
- 6月14日 L2RCV B 列泵切换过程中, RCV003PO 润滑油流量指示偏低。

## 7 月

- 7月7日 2号机组主变压器中性点电流出现四次阶跃, 机组未见异常, 怀疑是地磁爆引起。
- 7月17日 巡视发现 L2GCT119VV 在关闭的情况下其定位器输出有压力指示 (0.06 MPa), MIC 对 GCT119VV 定位器进行检查及处理。分析认为是 GCT119VV 定位器零点漂移所致。
- 7月23日 L2SEC003AA 频繁闪发, 后来发现取样管负压侧堵塞, 机械清理管线后指示正常, 报警消失。

## 8 月

- 8月7日 执行 T2RPA013, L2DVK005ZV 启动后再次出现 DVK 碘过滤器湿度高报警。该现象已经长期存在, 影响对 DVK 碘过滤器可用性的判断。
- 8月24日 L2ARE 主管道上的排气管道振动高, TTS 对 L2ARE 管线上安装支架进行减振处理。
- 8月28日 18:08, 风岭线相邻线路惠州昭阳 LNG 电站到风田变电站的甲、乙线因雷击跳

闸, 导致岭澳辅助变压器进线开关 L9LGR101/201JA 跳闸, 岭澳辅助变压器不可用。

## 9 月

- 9 月 11 日 仪表人员巡检发现 L2KRG123AR 内 KRG 系统 V 组备用蓄电池 (URA) 接线柱有大量白色结晶物。
- 9 月 11 日 LPO 执行 T2GRE02 时, L2GSE007VV 关闭后, 没有触发 RPB 报警。
- 9 月 13 日 执行 PT2LLS002 试验时, 现场发现 L9RIS011PO 出口压力 (041LP) 在 2LLS001TC 和 9RIS011PO 启动瞬间达到 35 MPa, 高出管线设计压力 (26 MPa)。
- 9 月 21 日 C2 闭锁提棒报警 L2RGL502AA 闪发, 机组核功率瞬间超过 103% FP。
- 9 月 29 日 L2RGL058LA 烧毁导致部分控制棒棒位失去监视。

## 10 月

- 10 月 22 日 检查发现 L2SEC031SP 测量管线法兰垫片安装不规范造成取样管易堵塞, 导致 2SEC003AA 频繁出现。
- 10 月 22 日 L2VVP012MP 故障上漂导致 3 号蒸汽发生器水位大幅波动。
- 10 月 25 日 L2RCP029MT 测量信号下漂到 0 (正常为 294 °C 左右), 导致出现 L2RCP536AA, 2RIC711/712AA 报警。
- 10 月 31 日 10 月 30 日至 10 月 31 日, L2RGL502AA (通道瞬时核功率大于 103% FP, C2 信号闭锁 RGL 提棒) 报警多次闪发。

## 11 月

- 11 月 3 日 岭澳核电站 2 号机组主控制室闪发 L2RPB715AA、L2RGL506AA, KDO 显示 RCP 一环路的超功率  $\Delta T$  定值 L2RCP473CA 出现瞬时下降。
- 11 月 8 日 L2LHQ006 柴油机试验时 L2LHQ702ST 故障, 当冷却水出口温度超过定值 80 °C 时, L2LHQ701/702 /703/704ZV 风机未能启动, 润滑油入口温度最高达到 90 °C。
- 11 月 19 日 从 10 月 30 日开始 L2RCP001/002PO 一号轴封泄漏流量缓慢上升, 泄漏流量由原先的 0.6 m<sup>3</sup>/h 左右逐渐增大, 截至 11 月 19 日已上升到 0.8 m<sup>3</sup>/h。
- 11 月 28 日 L2VVP 安全阀整定值检查, 发现 21 个 VVP 安全阀中有 4 个动作定值不合格。

## 12 月

- 12 月 7 日 L2KSC406EN (PAMS 记录仪) 显示 L2RCP029MT 上升至满量程, 检查发现 L2RCP029MT 探头匝间开路, 电阻无穷大, L2RCP029MT 故障不可用。
- 12 月 8 日 由于 L2REA011FI 过滤器上部压盖结合面有吸水纸夹涩, 导致 L2REA011FI 解除隔离投入运行过程中跑水。

- 12月16日 化学人员巡视发现：L2RCP溶解氢含量达到37 mL/kg (STP)，超出技术规范期望值(25~35 mL/kg)上限。
- 12月18日 LPO巡视发现L2RGL014AR的EEC机柜SG机架参考相变压器卡保险故障指示灯亮，MIC检查确认为EEC机柜SB2棒组SG机架参考相变压器卡保险熔断。
- 12月24日 一回路手动取样硼浓度结果为10 mg/L，按质量安全计划，达到延伸运行条件，宣布岭澳核电站2号机组开始延伸运行。
- 12月27日 2号机组在降功率过程中G棒需求棒位与实测棒位相差40步时G棒未能跟随下插。
- 12月28日 3:05岭澳2号机组降功率降至40 MW，与电网解列，开始2号机组第四次换料大修。
- 12月28日 机组解列后反应堆功率维持在12%功率平台时，由于在进行2CET由2VVP切至2SVA供汽时真空突然恶化，引发P10+C8+冷凝器故障保护信号，致使反应堆自动停堆。

## 6.2 重大技术问题

### 6.2.1 大亚湾核电站重大技术问题

#### 1. 大亚湾核电站汽轮发电机10号轴承顶轴油软管断裂

2006年3月13日大亚湾核电站1号机组第十一次大修期间，解体检查10号轴承时发现顶轴油软管断裂。判断软管是在大修开始后启动顶轴油泵完成手动盘车后断裂。顶轴油软管断裂的最大风险是在停电动盘车惰走和手动盘车过程中，此时顶轴油软管断裂，轴承将失去顶轴油，轴颈与轴承乌金面会干摩擦，导致轴承受损。

转机处对油管断裂的原因进行了分析。顶轴油软管由ALSTOM制造，两端为管接头，中间为与接头压制成一体的三层结构制成的软管，里层为耐油、绝缘、耐压的合成橡胶管，外层包覆着聚氨酯保护层，中间是编织加强层。软管设计承压34.5 MPa。盘车时顶轴油软管压力为15~20 MPa，机组运行期间软管承受约4 MPa的轴承油膜压力。机组正常运行期间10号轴承回油温度不低于64℃。软管与轴承连接的一段布置在10号轴承后端油挡泄油孔的正下方。

大亚湾核电站和岭澳核电站四台机组的10号、11号和12号轴承顶轴油入口均采用相同结构的软管。大亚湾核电站2号机组第七次大修时首次发现10号顶轴油软管有漏油现象。大亚湾核电站1号机组第八次大修时更换了1号机组10号、11号和12号轴承的顶轴油软管。其后的大修中，发现软管保护层都有龟裂现象，1号机组第十次大修时发现靠轴承的软管接头处断裂并更换。1号机组第十一次大修时发现该软管再次断裂。岭澳核电站的顶轴油软管在首次大修中也发现有不同程度的龟裂现象。分析认为造成10号顶轴油软管断裂的根本原因是软管设计不能完全满足功能要求，即软管保护层长时间在热油环境中局部会龟裂脱落，在热油冲刷下进而使接头压制处的加强层纤维松脱、胶管老化，加上长周期运行的影响，导致软管性能下降而断裂。

纠正措施是用ALSTOM新研制的外层为氟橡胶保护层的软管替代现有软管。从岭澳核



电站1号机组第三次大修和大亚湾核电站2号机组第十一次大修开始,大亚湾核电站和岭澳核电站发电机10号顶轴油软管开始采用替代的新型软管。岭澳核电站1号机组第四次大修时检查没有发现软管保护层有脱落或者软管有断裂现象。

## 2. 大亚湾核电站1号机组D1EVC043MT温度高

2006年5月15日,大亚湾核电站1号机组第十一次大修启动并网升功率后,主控制室发现D1EVC043MT指示为73.8℃,5月17日下午,最高时达74.75℃。现场采取缓解措施,将1EVC001VA开度由40%增大到70%后;1EVC043MT温度从74.3℃降低70℃。EVC通风系统的主要功能是冷却反应堆压力容器保温层的外表面、堆坑混凝土、RPN堆外电离室、压力容器支撑环以及围绕主管道的混凝土孔道。排风温度高将威胁到1号机组的安全运行。

根据技术规范要求,当D1EVC041~046MT中任何一个管道出口温度大于75℃时,记为第一组I<sub>0</sub>,1小时内机组开始向T<90℃的NS/RRA模式后撤。电站RCA小组对D1EVC043MT温度高事件进行了原因分析。发现自2002年12月有KIT记录以来,D1EVC的043MT~046MT中,043MT较其他同类点偏高10℃以上,但基本稳定在68.5~71.5℃区间内。调查还发现大亚湾核电站2号机组的EVC043MT的温度也在71℃左右。

通过现场测量风温、EVC冷却风量及分配、检查排风风道结构布置等工作,得出阶段性分析结论:事件发生时由于风门开度小、供风量可能低于设计要求,对堆坑顶部排风温度高有贡献;D1EVC系统V085风道口的铁栅格阻碍排风、降低排风量、影响冷却效果、增高了排风温度。铁栅格拆除后,温度有所下降,但V805风道的排风量仍然比其他同类排风道低,说明反应堆堆坑通风冷却不均匀,存在产生各路排风温度差异现象的设计根源。同时检查发现现场有部分高温区域和疑似保温缺陷,也可能与V085风道排风温度升高有关。纠正行动是正式去除D1EVC系统V805风道口的局部铁栅格,减小排风阻力。后续利用大修期间测量、比较各机组反应堆堆坑各排风口排风量和各机组EVC冷风供应、分配情况,继续对大亚湾核电站1号机组EVC043MT温度高问题作进一步的深入分析。

## 3. 大亚湾核电站1号机组GST系统漏氢且有增大趋势

2006年9月12日主控制室闪发D1GST补水流量高报警;检查确认发电机定子冷却水中存在漏氢。报警间隔试验显示氢气泄漏报警间隔为4小时40分,比大亚湾核电站1号机组第十一次大修以后58小时报警间隔有明显缩短,12月28日报警间隔为3小时24分,氢气泄漏速率基本稳定。厂家技术规范中规定,漏氢速率继续增加达到报警间隔低于30分钟时须停机处理;任何情况下排气时间不能低于15分钟。以防止因局部冷却不足而造成线棒绝缘过热损坏及局部渗水而影响线棒的绝缘。OPE对此事件进行了分析。发电机历史漏氢情况如下:2002年2月6日1号机组第八次大修首次发现定子线棒泄漏,漏点为前端31号水盒后盖焊接处,采用火把焊以及金属修补剂修复处理。1号机组第九次大修发现前端12号下层水盒漏,用LOCTITE290及金属修补剂处理。2004年4月,首次出现D1GST037AA发电机定子冷却水漏氢报警。从开始报警间隔为3小时10分钟到1号机组第十次大修开始前下降到3小时30分钟。1号机组第十次大修确定有两处漏点,10号上层线棒及41号下层线棒,分别进行了修补处理。大修后2005年3月15日气体泄漏报警间隔约为10小时,5月31日突降到5小时15分钟,到1号机组第十一次大修前报警间隔下降到3小时46分钟。1号机组第十一次大修检查确定8号水盒根部漏,前端12号下层水盒微漏,进行了修补处理。

结合历史情况分析认为导致定子线棒多次出现漏氢的根本原因是焊缝焊接存在质量缺

陷。大亚湾核电站1号机组为厂家首次制造该型号和容量的发电机, 首台制造的发电机定子焊接经验和工艺上都可能存在一些不足。另外根据前几次大修对泄漏焊接部位检查, 确认焊缝焊接确实存在质量缺陷。历次漏点检测也显示, 泄漏都集中在端部焊缝; 历次发现漏点都是新漏点, 修复漏点至今未发现漏; 发现漏点多数存在明显补焊和修理迹象, 说明初期焊接质量存在不足; 另外其他3台在运发电机未见类似问题, 进一步说明大亚湾核电站1号机组发电机定子线棒的焊接质量存在不足。针对该事件的纠正行动是对加强漏氢状态下机组运行的监测, 完成事故预想和模拟机预演。确定大修检修方案并制定发电机应急修复工作计划。

#### 4. 大亚湾核电站2号机组 RCV002PO 出口压力测量管线及隔离阀焊缝裂纹

2006年2月16日和2月19日分别发现 D2RCV818VP 阀体焊缝和其上游管道与 D2RCV002PO 出口母管道连接处的焊缝处出现裂纹、泄漏。随后对焊缝进行现场打磨补焊处理。焊缝泄漏使上冲泵不可用, 直接影响机组的安全运行。电站 RCA 小组对事件的根本原因进行了分析。发生泄漏的焊缝自电站1995年正式商业运行以来正常运行11年, 其他5台上冲泵相同位置的焊缝未曾发生泄漏问题。深入分析发现导致 RCV002PO 出口压力测量管线及隔离阀焊缝裂纹的根本原因是由于 D2RCV818VP 所在管道的固有频率与其连接的上充泵的工作频率相同, 导致该测压管产生共振响应, 出现强烈振动。交变的振动应力长期作用于阀门和管道连接焊缝处形成疲劳损伤, 导致焊口裂纹产生。纠正行动是在该管线阀门管线上加装了一个固定支架, 改变管线的固有频率, 避免共振发生。现场实施后效果良好。

#### 5. 大亚湾核电站 D2GRE023MP 采样管断裂

2005年12月18日, 主控制室出现 2RPA/2RPB 724AA 报警。现场检查发现 2GRE023MP 一次阀 2GPV830VV 下游管道断裂。这是此管线同一位置第二次断裂, 2004年8月29日, 该位置曾出现断裂。由于 GRE023MP 参与反应堆功率的调节、控制和保护, 一旦失效, 存在自动停堆风险。该管线在2004年8月29日第一次发生断裂时, RCA 小组曾对断裂的情况进行了原因分析, 分析结论是焊缝焊趾处的应力集中和管道在正常运行过程中的振动的长期作用导致了管道疲劳起裂。在振动的影响下, 裂纹进一步扩大, 最终导致管道泄漏并断裂。此次采样管再次断裂后, 电站 RCA 小组再次对此事件进行了原因分析。调查分析表明, 断裂的根本原因是2004年的管道更换时, 由于现场条件限制, 焊接质量存在缺陷, 这些焊接缺陷与环境振动应力综合作用的结果造成焊缝部位的裂纹大量滋生并呈网状扩展, 导致管道在相对较短的时间内开裂并最终断开。纠正行动是现场临时管线在条件许可时予以更换, 并保证焊接质量; 另外, 在断裂焊缝上游加装支架, 降低管线振动影响; 大修时对 GRE023/024/042MP 相应管线的敏感焊缝的完整性进行检查, 发现问题及时更换。

#### 6. D1RPN020MA 阶跃下降触发注量率变化高报警

2006年5月16日, 大亚湾核电站1号机组稳定在  $75\% P_n$  功率平台运行, 主控制室突然出现 1RPA/B709AA (中子注量率变化率高) 报警, 接快速记录仪后发现 I1 段的输出电流产生毫秒级高频波动触发了报警信号。使用反射仪检查电缆的连续性, 确定位于核岛内探头一体化电缆与信号连接电缆接头处存在接触不良问题, 功率量程测量探头本身无异常。2006年6月17日, 机组降至热停堆状态对该故障进行处理。进入核岛后提拉生物屏蔽盖和轻敲 I1 段电缆的连接头时, D1RPN002AR 机柜上均发现 I1 段的连续性有明显波动。检查 I1 段探头侧和备用电缆的接头没有发现异常, 将 I1 段探头侧电缆接头松开, 用电子清洁剂对电缆接头清理后连接到备用电缆接头上, 机柜上检查 I1 段 (已经连接到备用电缆) 的连续性及

绝缘合格,对连接盘进行振动试验,监视连续性没有发生变化。根据上述调查分析,认为故障的直接原因是反应堆正常运行时,核岛内设备存在较大振动,探头一体化电缆与信号连接电缆接头处存在接触不良,造成接点接触电压和接触电阻变化产生高频干扰所致。进一步原因分析和故障点的确定需在1号机组第十二次大修中对接头进行解体检查确定。目前020MA II段运行稳定,判断故障已经排除。

#### 7. D1RRI155VN 调节异常造成 D1RCV 下泄温度波动

2006年9月21日,主控制室发现一回路温度下降,导致R棒由208步自动上提至209步。检查D1RCV002MT,发现由33℃上升至约40℃后稳定,D1RRI155VN的开度由12%增加至15%。分析原因为海水温度上升导致RRI的温度上升,从而导致下泄温度上升,使1RCV除盐床释放硼,一回路硼化,一回路温度下降。怀疑D1RRI155VN响应过慢。2006年11月2日,发现D1RCV402EN指示D1RCV002/013MT出现变化,002MT指示下泄温度由35℃降低到30℃,013MT指示容控箱温度由35℃降低到30℃,D1RCV001/019MT温度稳定,怀疑D1RRI155VN故障。D1RRI155VN调节异常将会造成D1RCV下泄温度波动,导致D1RCP003PO的一号轴封泄漏出现低报警,进而影响到一回路的稀释、换水和RPR试验;严重时甚至会损坏主泵,造成强迫停机。

OPE对D1RRI155VN调节异常原因进行了分析。大亚湾核电站和岭澳核电站四台机组的RRI155VN自从调试以来均多次出现调节故障,表现为阀门控制参数不稳,实际温度达不到温度设定值(46℃);温度经常突然波动导致除盐床隔离(57℃)等;已有的分析认为设备故障的根本原因是阀门选型不当。由于系统的正常流量甚至低于阀门的最小设计流量,使阀门运行在调节特性不好的区域内,被调量参数不易控制,很容易导致仪表漂移波动。同时由于阀板长期处于小开度,使阀板长时间处于节流较大的状态,阀板背面产生的气蚀会导致阀门内衬损坏。本次事件后,OPE再次对事件进行了原因分析,认为导致D1RRI155VN调节异常的原因主要有以下三方面:①气缸活塞上下串气;②由于海水温度的下降,D1RRI155VN的开度逐渐关小,进入了厂家建议的非工作区域(20%以内);③D1RRI155VN的定位器排气孔漏气。通过本次的事件处理,还发现了一个原分析报告没有分析到的故障模式,即气缸活塞上下串气也会导致阀门调节异常,这也是本次事件的主要原因之一。该气缸缺乏预防性维修是管理上的缺陷。纠正措施是增加阀门气动头(气缸)隔膜定期更换项目。另外,用金属密封面蝶阀替代了原橡胶内衬的蝶阀。岭澳核电站2号机组第四次大修现场已经实施改造替代,改造效果正在验证中。预计在岭澳核电站1号机组第五次大修、大亚湾核电站2号机组第十一次大修和大亚湾核电站1号机组第十二次大修完成余下三台机组RRI155VN的改造。

#### 8. 功率运行负荷变化情况下 D2RCP002VP 卡在部分开启位置

2006年1月11日,在执行PT2RGL04机组功率变化过程中,发现D2RCP002VP卡在部分开启位置,导致在2RCP001/002/005/006RS全部投运的情况下,2RCP系统才能维持住压力。当天,MSM人员进RX厂房检查发现D2RCP002VP的下阀杆显示行程确实没有到达最小流量位置,使气动头完全失气,该阀门下阀杆开度未有变化。初步判断拐臂的下万向节有问题。出RX厂房后即加工专用顶推工具,试图通过顶推下阀杆来把阀门放到最小流量位置。2006年1月13日,MSM人员再次进入RX厂房,使用顶推工具,成功把阀门顶回最小流量位置。工作完成后,对比两条喷淋管线,温度基本一致;加热器投入运行情况恢复正常。

对于后续行动,MTD联合相关部门制定了两套方案:一是保持目前的最小流量状态,

这就意味着 D2RCP002VP 保持最小开度, D2RCP001VP 来调节运行。二是在线进行坏的万向节更换。电站权衡了两种方案的风险后, 决定采用方案一。从目前能看到的情况分析, 最可能原因是万向节外圈断裂。根本原因需等大修期间拆出旧万向节做断裂机理分析后, 才可以确定。

## 6.2.2 岭澳核电站重大技术问题

### 1. L1RGL 控制棒驱动机构 CRDM (K14 位置) 顶部焊缝泄漏

2006 年 1 月 30 日, 岭澳核电站 1 号机组第四次大修期间, 在执行反应堆开盖检查时发现 CRDM K14 位置的上部密封焊缝附近有硼结晶, 检查后确认为 K14 渗漏, 渗漏点位于 CRDM 上部密封焊缝下边缘的母材上; 岭澳核电站 1 号机组第三次大修中, P10 也发生过同样的泄漏问题, 当时对泄漏的 P10 上部密封焊缝采用了美国 WSI 公司的整体堆焊技术进行了焊接修复, 由于不能对失效部件进行金相解剖分析, 故 P10 上部密封焊缝失效的根本原因不详。本次 K14 上部密封焊缝泄漏点位于母材上, 与岭澳核电站 1 号机组第三次大修 P10 发生泄漏的部位不同, 但是从工程经验判断角度来看, 漏点的起始部位最大可能是从其密封焊缝腔室内萌生后扩展至漏点处, 也就是说 K14 可能是由于在密封焊缝腔室根部存在微小制造缺陷, 并在外界载荷及腐蚀条件下萌生裂纹后扩展导致泄漏。K14 同样由于采用了整体堆焊技术进行现场焊接修复, 不能对其实施金相解剖分析, 所以其失效的根本原因只能根据目前获得的外部经验反馈信息来推断。法国 EDF 和美国 WSI 对发生泄漏 CRDM 的根本原因分析结果表明: 应力腐蚀裂纹从 Canopy 密封焊缝内壁的点蚀坑处萌生, 并扩展至外表面形成穿透性裂纹而导致泄漏是 CRDM 密封焊缝失效的根本原因。从岭澳核电站 1 号机组 K14 现场金相检查结果来看, 缺陷显示具有应力腐蚀开裂的某些特征; 值得注意的是, K14 服役时间不长 (仅 3 万多个小时), 而且上部密封焊缝所处的工作环境是在 CRDM 三道密封焊缝中 (上部、中部和下部密封焊缝) 发生应力腐蚀开裂失效概率最小的, 从而可以推断 K14 上部密封焊缝在原始制造过程中存在质量问题, 裂纹从存在制造缺陷的位置处萌生、扩展而导致其发生泄漏。

### 2. L1DEG101CO 高速端推力轴承烧毁

2006 年 6 月 28 日, 在进行柴油机定期试验过程中, 按要求先将 L1DEG101GF 停运, 并切换到 L1DEG301GF 运行。两小时后, 又根据需要再次启动 L1DEG101GF。在启动期间 L1DEG101GF 因为轴承润滑油温度高跳闸。随后的解体检查证实轴承推力瓦烧毁。电站 RCA 小组对事件的根本原因进行了分析。由于本次推力轴承损坏事件发生时的重要参数、信息因报警复归后被清除, 使分析工作只能基于非常有限的参数、现象进行, 根据现有证据, 最可能的原因是: 该制冷机设备已服役 20 008 h, 长期运行造成推力轴承推力面逐渐磨损, 尤其是在相当长时间内处于一个相对低负荷工况运行, 轴向力的不稳定会加剧推力面的磨损, 这种磨损的积累使推力面状况恶化。判断本推力轴承在事件发生前磨损已到了相当严重程度, 以致在本次事件中启动压缩机时推力轴承润滑油膜不能良好建立, 轴承推力面发生严重磨擦, 温度急剧升高, 导致推力轴承严重损坏、机组跳闸。本事件发生后, 2006 年 11 月对运行了 19 000 h 的 L2DEG201CO 进行了解体检查, 发现推力轴承同样磨损严重, 需要立即更换。岭澳核电站 DEG 维修大纲规定的解体检修周期为 5 年, 按照原有两台制冷机并列运行的模式计算, 一个检修周期之间, 单台制冷机将累计运行约 29 000 h, 而与之相应

的是,大亚湾核电站 DEG 检修程序要求解体检修周期为 15 000 h。虽然两电站 DEG 制冷压缩机有所不同,但按照本次分析所涉及的两台制冷机推力轴承损坏情况仍能看出,如此长的检修周期可能难以保证周期内冷冻水机组的高可用性。主要纠正行动是重新研究确定冷冻水机组的解体大修维修策略和周期。

### 3. L1LHQ651LT 温度计玻璃管破裂进入柴油机润滑油系统

2006 年 8 月 10 日, MIC 人员执行工作票更换 L1LHQ651LT 柴油机温度计, 更换过程中发现 L1LHQ651LT 柴油机温度计套管破裂漏油, 维修人员立即回装温度计。在运行人员采取好隔离措施后, 仪表人员使用一个新的保护套管更换了泄漏的保护套管, 并对破裂的水银温度计进行了查找, 但不能完全将玻璃碎片找到。事件的后果是破碎的温度计玻璃碎片如果进入柴油机润滑油系统, 可能会引起柴油机的随机故障。随后对 L1LHQ002MO 的润滑油系统进行隔离检查未发现异常, 经过柴油机试运转和带负荷试验恢复柴油机运行。MIC 对套管断裂的原因进行了分析, 并委托华南理工大学对套管断面进行了断口扫描电镜分析、能谱分析、微观金相组织分析等试验, 经过一系列的试验和分析, 最终的结论是维修操作中的不当动作引起水银温度计破裂, 造成汞泄漏, 泄漏的汞引起黄铜应力腐蚀开裂。主要纠正行动是在随后的大修中用酒精温度计更换水银温度计。在后续的岭澳核电站 1 号机组第五次大修中, 柴油机相关检查未发现轴承损坏或冷却不足等缺陷。

### 4. 定位器故障使 L2CEX026VL 突然全开导致机组参数大幅波动

2006 年 5 月 17 日, 岭澳核电站 2 号机组降功率至 800 MW 时, L2CEX026VL 突然异常全开, 造成除氧器水位升高。LPO 通过紧急开关 2CEX006VL (隔离阀) 控制水位, 并在 MIC 人员建议和配合下, 现场使用手轮将 CEX026VL 关至 51% 开度, 然后将除氧器水位调节至自动, 该过程后 CEX026VL 恢复正常。MIC 对此次事件进行了原因分析。经检查, 故障的根本原因是 L2CEX026VL 定位器电气转换 IP 线圈存在缺陷, 由于振动导致匝间短路故障短时出现, 造成线圈的电磁吸合力不够, 无法吸动喷嘴挡板, 从而出现 CEX026VL 异常开启。岭澳核电站常规岛绝大多数阀门使用该型号的定位器, 两台机组总数量在 200 台左右, 从电站运行几年的情况看, 该故障现象首次出现, 因此初步判断为偶发故障。

### 5. 岭澳核电站 2RIS006VP 阀门密封性试验多次不合格

截至岭澳核电站 2 号机组第三次大修, L2RIS006VP 在机组停运过程中进行的阀门密封性试验连续四年不合格, 同类事件在大亚湾核电站机组的相同阀门也有发生。该类阀门的密封性试验涉及机组安全并决定机组是否可以正常启动, 为此, 电站 RCA 小组对此重发事件进行了根本原因分析。通过对维修历史及历次维修活动的调查, 排除了阀门试验方法、试验回路状态及试验回路相关其他阀门密封性的影响, 确定了阀门处沉积的固态杂质是造成阀门密封性试验不合格的直接原因; 根据对现场的调查及设备连接布置等轴图的重现, 确定了 RIS006VP 阀门出口到 RRA 连接点间设计安装存在的特异性, 是造成系统固态杂质可以不断沉积的重要原因。由于设计及现场设备布置空间的限制, 使得 RIS006VP 出口到与 RRA 接点间存在较长的垂直死管段, RRA 系统投入运行后, 一回路及 RRA 系统存在的固态杂质会不断在该管段沉积, 同时由于出口水平段较短, 固态杂质最终沉积于阀门出口处, 导致阀门密封性试验不合格; RCP 及 RRA 系统的整体清洁程度对该处阀门的正常运行也有重要影响; RIS006VP 与 RRA015VP 连接的系统设计特异性是造成固态杂质不断沉积的重要原因。纠正行动是研究进行机械冲洗的相关方法, 阀门解体检修中对 RIS006VP 及其死管段进行清洁冲洗, 最大限度清除系统遗留固态杂质。

## 6. 岭澳核电站 GST 电机轴承频繁失效

GST 为发电机定子冷却水系统,其主要作用是利用低电导率的水经过发电机定子线圈的闭式循环回路将发电机定子绕组和端子运行时产生的热量排至 SRI 系统。岭澳核电站每台机组包括两台 GST 泵,正常运行工况下,一台运行,一台备用。2006 年 6 月至 9 月, L1GST101MO 和 L2GST101MO 多次发生电机轴承损坏事件,具体表现为非驱动端轴承声音异常,轴承内、外环有间距压痕。电机轴承失效造成 GST 泵组频繁隔离检修,期间 GST 系统失去备用冗余,使机组可靠性受到一定影响。电站 RCA 小组对此事件进行了根本原因分析。通过调查分析,确认根本原因是:GST 两台泵组位于同一基础台板。由于基础台板设计刚度不够,使运行电机产生的振动通过基础台板传递给备用停运电机。同时,基础台板还受到上一楼层的汽轮机组产生的 50 Hz 振动影响,50 Hz 振动与电机的 49.6 Hz 工频振动发生“拍振”,“拍振”作用在停运电机轴承上,使轴承滚道产生冲击压痕,并最终发展为轴承失效故障。根本性纠正措施是大修时改造基础,使运行电机振动不传递给停运机组,并将汽轮机组振动影响降到最低。岭澳核电站 2 号机组已在第四次大修中实施基础改造。该改造计划在岭澳核电站 1 号机组第六次大修上实施。

## 7. 岭澳核电站 2 号机组自动停堆

2006 年 12 月 28 日,因岭澳 2 号机组第四次大修,岭澳核电站 2 号汽轮发电机组与电网解列。按计划将 2CET 供汽由 2VVP 切换到 2SVA 供汽,即:全开来自辅助蒸汽的电动隔离阀 2CET002VV 后,再关闭来自主蒸汽的电动隔离阀 2CET001VV。关闭 2CET001VV 后,2CET 压力低报警 001AA 立即出现,操纵员发现轴封蒸汽密封管路压力下降为 0 Pa (2CET 009ID1 显示)。手动将 2CET001RC 开度值增加至 36.2% 开度。随后,2CVI002AA 报警出现(凝汽器真空低),2RPA/RPB264AA 出现(凝汽器故障信号)触发 P10 + C8 + 凝汽器故障停堆信号,导致反应堆自动停堆。

LPO 对事件发生的原因进行了分析。认为主要原因有三点:①2CET001RC 调节异常时,对设备异常的敏感性不够,错过了异常处理的时间窗口;②风险分析不足,计划安排非最优。岭澳核电站 2 号机组第一次大修时计划将停运 CRF 泵和 CET 切换安排到热停堆阶段执行,但这一优化在后面大修中未得到延续,切换窗口再次提前到解列后进行。岭澳核电站有记录的五次停机解列,进行 CET 由 VVP 切换至 SVA 供汽时,实际上均在次临界后进行。但执行与大修计划方面的偏差,没有在后面大修中得到反馈和改进;③操纵员技能不足,切换操作时没有密切监视轴封蒸汽密封管路压力,发现压力低时操作错误:操纵员将 2CET 供汽由 2VVP 切换到 2SVA 供汽后,发现有 2CET 系统压力低报警 001AA 出现(此时 2CET001RC 置手动),却将 2CET001RC 开度值由 27% 增加至约为 36.2% 开度。事实上,2CET001RC 的开度越大,轴封蒸汽密封管路(CET 系统内)的压力就会越低。切换操作后对轴封蒸汽密封管路压力没有跟踪,对机组监控不力。针对此事件的纠正行动是日常生产项目组对电站停机停堆信号列出清单,对可能导致停机停堆的操作列出分析清单。编写 CET001RC 的工作原理及主控制室操作教材,并进行培训。大修组列出大修风险活动清单。在 M1 培训教案中增加 CET 供汽切换操作,在复训中增加经验反馈课程,在程序中增加 CET 系统蒸汽供应从 VVP 切换至 SVA 的操作。修改大亚湾核电站和岭澳核电站大修计划,将 CET 系统蒸汽供应从 VVP 切换至 SVA 的操作安排在热停堆后进行。

## 6.3 生产管理大事记

### 1 月

- 1月21日 22:45, 岭澳核电站2号机组一次并网成功, 岭澳核电站2号机组第三次换料大修结束。本次大修计划工期36天, 实际工期35.8天。
- 1月23日 电站与日本海外电力调查会共同举办2006年度中日核电技术研讨会。双方就“DNMC管理现状及改进思想”、“如何实施控制室活动的有效监控”、“TIPS系统在日本核电厂推广应用的实践经验”、“运行人员人因管理实践经验”等课题进行了研讨。
- 1月27日 3:25, 岭澳核电站1号机组在实现第4循环内无停机停堆连续运行307天后, 与电网解列, 开始第四次换料大修。

### 2 月

- 2月7日 电站召开培训研讨会。研讨会就“DNMC培训存在问题及建议”、“岭东生产准备人员培训方案”、“维修人员培训考核体系的建立与实施”及“大亚湾基地培训支持能力分析”四个议题进行了研讨, 并提出了有针对性的意见与建议。
- 2月13日 电站和EDF共同召开运行人员技能提升研讨会。本次会议旨在完善运营管理机构运行人员培训体系, 提升运行人员的技能, 传承良好经验, 快速、规模化地为中国广东核电集团新项目培养更多合格的运行人员。
- 2月16日 电站举办杜邦安全管理培训。本次培训主要介绍了杜邦公司的核心价值、安全管理十大理念、安全管理系统的要素、建立安全文化的不同阶段以及杜邦安全文化推进流程等做法和经验, 并对电站安全管理工作进行了分析探讨。

### 3 月

- 3月1日 6:48, 岭澳核电站1号机组一次并网成功, 第四次换料大修结束。本次大修计划工期36天, 实际工期33.15天。
- 3月9日 3:23, 大亚湾核电站1号机组顺利与电网解列, 开始第十一次换料大修。该机组创造了整个燃料循环不停机连续运行485天的中国核电运行新纪录。同时, 该机组自2002年1月12日以来, 保持无非计划停机停堆运行1416天, 也创造了电站单机组安全运行新纪录。
- 3月9日 国家原子能机构核材料管制办公室专家检查组, 对运营管理机构进行了核材料持有许可证换证现场检查暨核材料管制例行检查。
- 3月15日 运营管理机构与深圳山东核电工程公司签署《关于扩大核电站检修合作的意向书》, 确立了两公司战略性的长期合作关系。

## 4 月

- 4月6日 在法国电力公司(EDF)组织的“2005年度营运机组安全业绩挑战赛”上,运营管理公司获得“工业安全”和“辐射防护(900 MW组别)”两项第一名和“HOUSE-KEEPING”第二名。
- 4月11日 运营管理公司举行DNMC-EDF培训交流研讨会。公司介绍了公司培训体系整合设想和培训的现状与存在的问题,EDF专家重点介绍了法国在核电大发展时期的培训组织管理体系和成功经验。
- 4月20日 电站举行“世界知识产权日宣传暨DNMC首批专利证书颁奖大会”。
- 4月22日 运营管理公司召开岭澳核电站二期生产准备研讨会。会议围绕岭澳核电站二期生产准备大纲、组织机构设置、人力资源配置及行政后勤工作等进行了报告和讨论,提出了意见和建议。
- 4月26日 运营管理公司在大亚湾核电基地举办了题为“为了永远不再发生”的纪念切尔诺贝利核电站事故20周年大型纪念活动。

## 5 月

- 5月13日 5:06,大亚湾核电站1号机组一次并网成功,第十一次换料大修结束。本次大修实际工期65.06天,较78天的计划工期提前12.94天。
- 5月18日 电站承办的中国广东核电集团运营培训统筹座谈会在大亚湾核电基地召开。针对集团核电快速发展对运营人才培养的迫切需求,会议讨论了法国电力公司核电大发展时期运营培训的经验借鉴,分析了大亚湾核电基地运营培训的支持能力,研究了满足运营人才快速需求的模式、方法和机制,确定了运营培训统筹的具体行动安排。

## 6 月

- 6月13日 维修部召开承包商管理研讨会。会议就维修承包商使用管理和劳务支持合同的现状进行了分析,并结合EDF对承包商管理系统的介绍,对电站维修承包商管理进行优化改进,会议决定建立专职的承包商管理队伍,以进一步规范承包商管理体系。
- 6月13日 电站召开2006年运行管理联席值长会。本次会议旨在总结运行一、二处在人员技能提升、防范人因失误及经验共享和传承等方面的良好实践,推动瞬态控制导则和事故预想工作的进展,讨论存在的问题和不足,落实下一步改进行动。
- 6月17日 2:46,大亚湾核电站1号机组与电网解列,开始停机消缺。19日19:52,机组一次并网成功,实际工期2.8天,顺利完成停机消缺工作。
- 6月30日 技能训练中心首期项目主体工程完工并投入试培训。



## 7 月

- 7月4日 电站召开设备可靠性管理研讨会。会议结合设备管理八年来积累的经验,通过与美国核电站设备管理体系对标分析,就关键敏感设备识别与管理优化、电站设备健康委员会、设备可靠体系分析与完善、电站设备管理政策声明等议题进行了研讨。会议确定下一步工作重点是关键敏感设备的识别分析、成立电站健康委员会并开始试运作、制定零缺陷的设备管理政策。
- 7月13日 电站召开工程改进管理研讨会。会议围绕完善电站工程改进管理工作,就工程改进管理总体思路、改善现场响应效率的策略和方法、中长期改进政策和规划、电站工程改进核心能力建设等专题进行了讨论。这次研讨会确定了工程改进管理工作的方向是以规范化、标准化为目标,培养核心竞争力。
- 7月19日 电站召开日常生产管理研讨会。会议围绕上半年生产线防人因失效评价、下半年运行防人因及防停机停堆的举措及 TEF 管理优化与改进进行了专题研讨。会议要求 TEF 在保证电站日常安全生产的同时,须进一步提高设备的健康水平、强化防人因失效措施、加强经验反馈的有效性,严格执行现场作业规范。

## 8 月

- 8月8日 维修部召开重大敏感设备管理研讨会。研讨会就 MIC, MRM 两处汇报的重大敏感设备管理思路与实践进行了交流和讨论,对各处在管理工作中存在的问题交换了意见,要求各处互相借鉴良好的管理实践,落实责任,建立抽查制度,注重巡检,确保经验反馈到位。
- 8月29日 电站召开大修管理研讨会。研讨会会对大修管理中的组织管理优化、工期优化、再启动安全评审、关键敏感设备状态控制等内容进行了研讨,明确了改进方法和管理思路。

## 9 月

- 9月1日 电站承办的第二届核电五公司维修领域经验交流会圆满结束。本次交流会共组织了40余篇专题报告,会期三天,交流共享了各公司在维修领域的宝贵经验。
- 9月11日 220 kV 坪核线新线成功向大亚湾辅助变电站送电,历时四年的220 kV 坪核线迁移改线工程顺利完工。
- 9月27日 运营管理公司安全文化辩论赛决赛在南区活动中心隆重举行。

## 10 月

- 10月10日 集团多基地运营培训统筹管理工作层第一次协调会在培训中心召开。会议对运营培训的现状和需求进行了分析,确定了“急用先行、教员优先、保证执

- 照、兼顾公平”的统筹培训管理原则，制订了2006—2007年度各新项目公司人员到电站的培训实习计划，并就部分师资解决方案及后续管理达成协议。
- 10月11日 电站健康委员会（PHC）成立并召开首次会议。会议对2006年第三季度两电站的系统健康报告、电站重要设备小组的运作等议题进行了讨论沟通。会议明确了PHC的定位及运作原则，PHC的主要职责是加强设备可靠性管理，PHC将定期召开季度会议，监测机组健康状态，落实改进行动，优化设备可靠性管理的组织和流程，为提高两电站的安全生产业绩提供设备保障。
- 10月24日 电站与日本原子能发电株式会社在培训中心联合召开运营管理研讨会，与会双方就防人因失误、设备可靠性管理、设备老化管理、换料大修管理等相关领域进行了交流与探讨。
- 10月24日 电站召开CPR1000生产准备标准化研讨会。会议确定了标准化项目开展的思路和框架，要求在大亚湾核电站和岭澳核电站一期生产准备成功实践的基础上，结合岭澳核电站二期的技术特点，总结、提炼形成中广核CPR1000系列的生产准备工作标准化模块。
- 10月26日 电站召开生产准备管理双月会第一次会议。为加强岭澳核电站二期生产准备工作的管理和协调工作，由生产准备管理双月会替代原来的生产准备委员会。此次会议确定了生产准备管理双月会的定位和机制，介绍了当前工程和生产准备的总体进展，提出了2007年度生产准备计划在各部门的落实要求。
- 10月26日 岭澳核电站首批全M5 AFA-3G燃料组件交货仪式举行。岭澳核电站全M5 AFA-3G核燃料组件的交货，标志着该项目配套的全M5 AFA-3G燃料组件国产化的成功，是岭澳核电站年度先进燃料管理（1/4换料）项目的重要里程碑。
- 10月27日 EDF核电部在巴黎为中国广东核电集团第一批数字化运行技术骨干举行结业仪式。

## 11 月

- 11月6日 WANO巴黎中心专家组受邀开始在电站进行为期一周的同行评审及技术交流活动，旨在提高电站在维修和工程人员培训及授权领域的管理水平。
- 11月16日 电站大修管理委员会（OMC）成立并召开首次会议。OMC作为机组大修活动的管理组织，全面负责大修的安全、质量和工期，指导大修的规划、准备、实施和反馈，进行大修的持续改进和全面创优。
- 11月20日 电站杜邦安全管理评估项目启动，由杜邦公司对电站的行为安全管理和工艺安全管理的现状进行一次基准评估。
- 11月21日 电站与日本海外电力调查会共同举办的2006年度中日核电运营管理研讨会在大亚湾核电基地召开，双方将就核电站减少停机停堆的技术与管理、日常生产管理、人员培训与技能提升、大修维修活动的质量管理等方面进行了交流。
- 11月21日 电站与EDF在大亚湾核电基地召开维修领域技术交流会，双方就大修业绩改进、大修中长期项目计划和实施、敏感设备管理等议题进行了交流和讨论。
- 11月27日 电站举办国际原子能机构（IAEA）安全文化提升及评估方法国内研讨班。本

研讨班为期5天,由来自IAEA的专家就安全文化自我评估方法(SCART)进行讲授,国内其他核电站及相关单位的代表也参加了研讨。

## 12 月

- 12月4日 中法放射性废物处理技术研讨会在大亚湾核电基地举行,中国广东核电集团及所属有关公司的技术人员和法国专家就管理体系、检测手段及水泥固化配方等议题进行了交流研讨。
- 12月28日 3:05,岭澳核电站2号机组按计划与电网解列,开始第四次换料大修,本次大修目标工期32天;4:18,机组维持在12%功率平台准备进行相关试验,L2CET由L2VVP切换至L2SVA供汽时真空突然恶化,引发P10(核功率 $\geq 10\% P_n$ ) + C8(汽轮机停运) + 冷凝器故障保护信号,致使反应堆非计划自动停堆。
- 12月31日 岭澳核电站二期生产准备里程碑M6(全面启动技术程序编写)提前实现(原计划2007年1月15日)。
- 12月31日 大亚湾核电站实现全年上网电量148.58亿kW·h,能力因子达到90.10%;岭澳核电站实现全年上网电量150.62亿kW·h,能力因子达到91.26%。全年两电站上网电量共计达299.20亿kW·h,超额完成董事会批准的286亿kW·h的发电目标,两电站能力因子均超过90%。

## 第七章 统计指标

### 7.1 WANO 性能指标

大亚湾核电站												岭澳核电站						
指标名称																		
1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2006年	2007年	2008年			
77.90	48.99	77.38	82.45	81.03	86.60	86.07	88.02	89.74	90.13	87.77	99.95	80.32	1号机组	90.08	83.10	88.54	80.68	99.92
99.40	81.47	67.75	70.60	84.21	86.10	88.00	90.89	82.02	84.79	73.91	79.76	99.88	2号机组	92.44	91.22	80.43	90.44	—
86.84	65.23	72.57	76.53	82.62	86.35	87.04	89.46	85.88	87.46	80.84	89.86	90.10	全厂	91.26	87.16	84.49	85.56	99.92
88.74	88.94	88.96	88.95	90.82	90.00	91.99	92.06	91.63	91.52	92.23	91.46	91.20	先进值	91.20	91.46	92.23	91.52	91.63
82.43	82.29	83.04	82.89	85.71	84.70	86.59	86.79	87.26	85.92	87.61	86.93	87.25	中间值	87.25	86.93	87.61	85.92	87.26
17.20	35.68	3.95	0.20	4.61	0.40	2.18	1.18	0.24	0.06	0.00	0.03	0.87	1号机组	0.18	1.05	1.32	5.46	0.00
0.50	2.03	8.18	1.50	1.32	0.40	0.18	2.91	14.84	1.13	16.56	0.02	0.05	2号机组	0.03	0.82	1.72	0.07	—
10.24	18.86	6.07	0.85	2.97	0.40	1.18	2.05	7.54	0.60	8.28	0.03	0.46	全厂	0.11	0.94	1.52	2.77	0.00
0.60	0.60	0.60	0.30	0.20	0.30	0.30	0.26	0.18	0.35	0.42	0.24	0.23	先进值	0.23	0.24	0.42	0.35	0.18
2.30	2.30	2.80	1.80	1.50	1.40	1.10	1.37	1.09	1.37	1.74	1.40	1.45	中间值	1.45	1.40	1.74	1.37	1.09
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.06	0.00	0.03	1.08	1号机组	0.20	1.25	0.98	6.34	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.50	0.28	0.02	0.05	2号机组	0.03	0.89	1.26	0.08	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.28	0.14	0.03	0.57	全厂	0.12	1.07	1.12	3.21	—
—	—	—	—	—	—	0.18	0.20	0.09	0.22	0.24	0.08	0.08	先进值	0.08	0.08	0.24	0.22	0.09
—	—	—	—	—	—	0.89	1.12	0.76	0.99	1.08	1.01	1.06	中间值	1.06	1.01	1.08	0.99	0.76



续表

大亚湾核电站													岭澳核电站					
指标名称	大亚湾核电站												岭澳核电站					
	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2006年	2005年	2004年	2003年	2002年
化学指标	0.54	0.59	0.33	0.21	0.18	1.00	1.07	1.00	1.05	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.12	1.63
	0.46	0.39	0.23	0.21	0.19	1.01	1.02	1.00	1.03	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.02	1.57	—
	0.50	0.49	0.28	0.21	0.19	1.01	1.05	1.00	1.04	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.35	1.63
20万小时工业安全事故障率	0.17	0.16	0.15	1.01	1.00	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.23	0.25	0.22	1.05	1.04	1.08	1.05	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01
1号机组	0.432	0.157	0.319	0.368	0.132	0.066	0.137	0.129	0.124	0.216	0.074	0.144	0.070	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.15	0.00	0.13	0.13	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2号机组	0.64	0.68	0.52	0.50	0.41	0.43	0.33	0.23	0.15	0.16	0.11	0.17	0.03	0.03	0.17	0.11	0.16	0.15

注:1) 大亚湾核电站的统计始于1994年,岭澳核电站的统计始于2002年。

- 2) 岭澳核电站的数据是从2002年商业运行起开始统计,不包括调试阶段的值。
- 3) 自2001年起,WANO组织不再统计热性能和放射性固体废物重量两项指标。
- 4) 1995年大亚湾核电站2号机组的7000小时临界运行自动停堆数实际应为5.75。
- 5) WANO性能指标的先进值和中间值均为当年值。

## 7.2 电量销售及能耗

分	大亚湾核电站													岭澳核电站					
	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	累计	2006年	2005年	2004年	2003年	2002年
电	122.65	106.14	121.14	124.06	129.38	141.01	147.01	150.00	147.48	150.03	139.00	154.51	155.15	1 787.55	156.99	150.25	145.81	138.92	53.73
	116.28	100.58	115.30	118.11	123.09	134.63	140.63	143.65	141.16	143.84	133.11	148.47	148.58	1 707.42	150.62	144.37	140.01	133.10	51.16
	78.09	70.04	73.82	74.53	75.77	94.24	98.44	100.55	98.81	100.69	93.17	103.93	104.01	1 166.11	—	—	—	—	—
	38.19	30.54	41.47	43.58	47.31	40.39	42.19	43.09	42.35	43.15	39.93	44.54	44.57	541.32	150.62	144.37	140.01	133.10	44.98
能	365.39	363.08	362.63	364.90	367.04	364.68	362.00	362.51	360.93	362.05	361.41	360.35	359.82	—	358.85	361.41	361.75	362.95	365.58
	385.40	383.15	381.01	383.30	385.80	381.29	378.43	378.53	377.08	377.62	377.41	374.99	375.73	—	374.01	376.13	376.75	378.83	380.19
	5.19	5.24	4.82	4.80	4.78	4.36	4.34	4.04	4.01	3.85	3.81	3.64	4.04	—	3.92	3.74	3.78	4.04	3.84
耗	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注:1) 大亚湾核电站的统计始自1994年,岭澳核电站的统计始自2002年。

2) 2001年起发电厂用电率的统计已不包括大修期间厂用设备用电量。

3) 大亚湾核电站1994年的电量为调试电量和商业运行电量之和,如扣除调试电量,仅统计1994年商业运行期间的发电量、上网电量、出口电量、内销电量,分别为113.13亿kW·h、107.67亿kW·h、71.90亿kW·h、35.77亿kW·h。仅统计1994年至2006年商业运行期间的累计发电量、上网电量、出口电量、内销电量分别为1 778.04亿kW·h、1 698.81亿kW·h、1 159.92亿kW·h、538.89亿kW·h。

4) 岭澳核电站2002年的电量为调试电量和商业运行电量之和,如扣除调试电量,仅统计2002年商业运行期间的发电量、上网电量,分别为47.67亿kW·h、45.84亿kW·h。仅统计2002年至2006年商业运行期间的累计发电量、上网电量分别为639.65亿kW·h、613.94亿kW·h。

### 7.3 安全性能指标

分 类	大亚湾核电站													岭澳核电站										
	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	累计	指标名称	1号机组	2号机组	全厂	累计	2006年	2005年	2004年	2003年	2002年
	6	0	6	3	0	0	1	1	2	0	0	0	0	18										
核	6	3	5	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	18	反应堆临界运行非计划自动停堆次数	1号机组	2号机组	全厂	2	0	1	1	0	0
	0	6	1	3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	13	专设安全系统高压安全注入系统性能	1号机组	2号机组	全厂	2	1	1	0	0	0
	6	9	6	3	0	0	1	2	3	0	1	0	0	31		1号机组	2号机组	全厂	4	1	2	1	0	0
安	—	—	—	0.0070	0.0030	0.0000	0.0030	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	—	专设安全系统辅助给水系统性能	1号机组	2号机组	全厂	—	0.0001	0.0000	0.0009	0.0010	0.0020
	—	—	—	0.0010	0.0240	0.0000	0.0030	0.0000	0.0000	0.0010	0.0001	0.0000	0.0009	—		1号机组	2号机组	全厂	—	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	—
	—	—	—	0.0040	0.0135	0.0000	0.0030	0.0005	0.0000	0.0000	0.0005	0.0001	0.0000	0.0005	—	专设安全系统紧急交流电系统性能	1号机组	2号机组	全厂	—	0.0000	0.0000	0.0006	0.0005
—	—	—	0.0010	0.0130	0.0020	0.0150	0.0010	0.0010	0.0010	0.0020	0.0002	0.0002	0.0000	—	1号机组		2号机组	全厂	—	0.0000	0.0002	0.0010	0.0000	0.0000
全	—	—	—	0.0010	0.0000	0.0010	0.0030	0.0010	0.0000	0.0010	0.0002	0.0002	0.0002	—	燃料可靠性/(Bq/g)	1号机组	2号机组	全厂	—	0.0000	0.0003	0.0000	0.0010	—
	—	—	—	0.0010	0.0065	0.0015	0.0090	0.0010	0.0005	0.0015	0.0002	0.0002	0.0001	—		1号机组	2号机组	全厂	—	0.0000	0.0003	0.0005	0.0005	0
	—	—	—	0.014	0.003	0.011	0.008	0.001	0.000	0.000	0.002	0.0000	0.0010	—	电系统性能	全厂	—	—	0.0006	0.0004	0.0000	0.001	0.009	
96.20	498.60	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.40	0.04	0.04	0.04	0.07	0.037	—	燃料运行事件数	1号机组	2号机组	全厂	—	0.037	0.20	0.04	0.16	0.07
0.04	72.90	572.20	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.80	0.80	1.01	0.08	0.10	0.149	—		1号机组	2号机组	全厂	—	0.037	0.04	0.04	0.04	—
48.12	285.75	286.12	0.04	0.04	0.04	0.04	0.22	0.42	0.42	0.53	0.06	0.09	0.093	—	电系统性能	全厂	—	—	0.037	0.12	0.04	0.10	0.07	
27	17	12	7	10	8	7	7	9	7	5	3	2	2	116	电系统性能	1号机组	2号机组	全厂	26	0	4	1	7	14
2	18	14	7	5	8	9	6	6	4	6	7	2	0	88		1号机组	2号机组	全厂	17	2	1	4	5	
29	35	26	14	15	16	16	15	15	11	11	10	4	2	204		电系统性能	全厂	—	43	2	5	5	12	19



13.49	6.11	12.63	4.47	7.03	8.21	7.40	3.85	7.39	8.13	10.64	9.14	9.87	—	1号机组	第一组安全	—	3.42	2.20	3.99	9.89	2.88
9.58	13.69	16.28	8.18	7.28	8.62	9.44	6.74	4.41	6.63	8.39	9.15	6.72	—	2号机组	相关设备随机	—	2.31	2.58	3.12	11.00	—
23.07	19.80	28.91	12.65	14.31	16.83	16.84	10.59	11.80	14.76	19.03	18.29	16.59	—	全厂	不可用总	—	5.73	4.78	7.11	20.89	2.88
—	—	—	99.30	99.78	99.40	99.10	98.90	99.17	99.60	99.50	99.46	99.20	—	1号机组	GOR定期试	—	99.12	98.53	98.70	99.20	100.00
—	—	—	99.20	99.47	100.00	99.03	99.30	99.35	99.50	99.50	99.74	99.56	—	2号机组	验一次成功	—	99.54	99.27	99.80	99.20	—
—	—	—	99.25	99.63	99.70	99.07	99.10	99.26	99.55	99.50	99.60	99.39	—	全厂	率/%	—	99.32	98.90	99.25	99.20	100.00
12	4	6	2	4	1	2	3	2	1	0	0	1	38	1号机组	机组与电网	5	0	1	3	1	0
0	8	5	5	1	1	2	3	3	0	0	0	0	28	2号机组	非计划解列	1	0	1	0	0	—
12	12	11	7	5	2	4	6	5	1	0	0	1	66	全厂	次数 <sup>4)</sup>	6	0	2	3	1	0
6	2	3	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	17	1号机组	机组与电网	1	0	1	0	0	0
0	5	2	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	12	2号机组	非计划自动	1	0	1	0	—	
6	7	5	3	2	0	1	2	3	0	0	0	0	29	全厂	解列次数	2	0	1	1	0	0
6	2	4	5	2	1	2	2	2	3	1	2	1	33	全厂	工业安全	0	0	0	0	0	0
7	40	34	42	30	23	24	16	13	13	13	10	3	268	全厂	事故次数	45	2	6	10	14	13
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	全厂	工业安全未	0	0	0	0	0	0
2	2	14	12	15	7	12	8	4	15	0	3	5	99	全厂	遂事件次数	20	1	3	5	7	4
0.432	0.157	0.319	0.368	0.132	0.066	0.137	0.129	0.124	0.216	0.074	0.144	0.07	—	全厂	火灾事故次数	—	0	0	0	0	0
														全厂	火险事件次数 <sup>5)</sup>						
														全厂	20万h工						
														全厂	业安全事故率						

续表

分 类	大亚湾核电站													岭澳核电站						
	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	累计	2006年	2005年	2004年	2003年	2002年	
	0.1173	0.3086	0.2858	0.4278	0.4205	0.3786	0.3116	0.2841	0.1706	0.2678	0.2430	0.1947	0.2176	3.6280	核电站	核电站	0.1505	0.1535	0.1871	0.0117
	0.2845	1.6736	1.3690	1.0796	0.9176	0.9535	0.8188	1.0817	0.5642	1.5809	1.5744	1.1118	0.9869	13.9966	承包商	承包商	0.5628	0.9379	1.3544	0.0144
	0.4018	1.9822	1.6548	1.5074	1.3381	1.3321	1.1304	1.3657	0.7348	1.8488	1.8174	1.3065	1.2045	17.6246	合计	合计	0.7218	1.0884	1.5215	0.0261
辐	—	68.703	62.932	75.112	55.054	55.335	64.476	57.320	42.317	58.035	61.246	55.772	66.807	723.109	核电站	核电站	59.976	54.947	54.808	46.964
射	—	192.514	160.431	166.198	96.103.5	120.254	99.061	157.244	135.980	263.452	265.740	223.519	198.773	2.079.240	承包商	承包商	141.428	181.650	202.960	136.328
防	—	261.217	223.363	241.310	151.157	175.589	163.537	214.564	178.267	321.487	326.986	279.291	265.580	2.802.348	合计	合计	201.404	236.597	257.768	183.292
护	3.15	4.38	3.83	10.64	8.36	7.97	7.07	17.32	4.22	5.686	4.32	2.819	3.119	—	核电站	核电站	2.228	2.72	5.072	0.261
	4.37	18.73	12.13	15.27	9.80	10.350	8.150	35.84	6.52	8.098	12.14	8.15	5.921	—	承包商	承包商	7.155	8.05	11.331	0.213
	4.37	18.73	12.13	15.27	9.80	10.35	8.15	35.84	6.52	8.10	12.14	8.15	5.921	—	所有现场人员	所有现场人员	7.155	8.05	11.331	0.261

- 注:1) 大亚湾核电站的统计始于1994年,岭澳核电站的统计始于2002年。  
 2) 所有累计值均为自机组投入商业运行以来的累计值,其中大亚湾核电站的累计值始于1994年,岭澳核电站的累计值始于2002年。  
 3) 自2004年起,原第一组安全相关设备不可用总消耗比改为第一组安全相关设备随机不可用总消耗比。  
 4) 自2003年起,原机组与电网解列总次数应改为机组与电网非计划解列次数。  
 5) 自2003年起称为火险事件,包括零级火险事件和一级火险事件。  
 6) 受照个人剂量仅计 $\gamma$ 辐射剂量。

### 7.4 生产运行指标

分 类	大亚湾核电站												岭澳核电站																
	指标名称												指标名称																
	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	累计	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	累计		
因	77.90	48.99	77.38	82.45	81.03	86.60	86.07	88.02	89.74	90.13	87.77	99.95	80.32	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	99.40	81.47	67.75	70.60	84.21	86.10	88.00	90.89	82.02	84.79	73.91	79.76	99.88	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	86.84	65.23	72.57	76.53	82.62	86.35	87.04	89.46	85.88	87.46	80.84	89.86	90.10	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	17.20	35.68	3.95	0.20	4.61	0.40	2.18	1.18	0.24	0.06	0.00	0.03	0.87	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	0.50	2.03	8.18	1.50	1.32	0.40	0.18	2.91	14.84	1.13	16.56	0.02	0.05	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	10.24	18.86	6.07	0.85	2.97	0.40	1.18	2.05	7.54	0.60	8.28	0.03	0.46	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	4.90	16.50	18.67	17.35	14.36	13.00	12.00	10.80	10.01	9.81	12.23	0.01	18.81	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	0.10	18.70	24.07	27.90	14.47	13.50	11.71	6.20	3.14	14.09	9.53	20.22	0.07	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	2.92	17.60	21.37	22.63	14.42	13.25	11.86	8.50	6.58	11.95	10.88	10.12	9.44	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	77.20	45.20	76.10	75.30	73.76	81.17	85.18	84.92	89.55	89.57	87.24	99.80	80.31	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	92.50	77.92	64.10	68.60	76.36	82.42	84.91	89.11	81.55	84.48	73.57	79.44	99.68	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
	84.85	61.56	70.10	71.95	75.06	81.80	85.05	87.02	85.55	87.03	80.41	89.62	90.00	—	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	—	—	—
子	79.60	47.70	78.00	83.20	83.84	87.28	86.99	88.98	90.46	91.29	88.67	100.00	81.43	83.65	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	89.66	88.47	88.38
	100.00	81.90	65.30	71.80	83.36	86.69	89.38	91.23	82.72	85.94	74.90	80.78	100.00	84.15	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	90.92	93.20	90.51
	89.80	64.80	71.65	77.50	83.60	86.99	88.19	90.11	86.59	88.62	81.79	90.39	90.72	83.90	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	90.92	93.20	90.51
	81.00	49.80	79.50	84.10	84.76	88.41	87.17	89.72	91.56	89.26	89.26	100.00	82.03	84.51	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	90.21	94.16	92.06
	100.00	83.30	66.90	74.40	85.80	88.36	90.15	91.38	84.38	86.54	75.81	81.97	100.00	85.31	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	94.16	93.23	88.47
	90.50	66.55	73.20	79.25	85.28	88.38	88.66	90.55	87.97	88.90	82.54	90.99	91.02	84.91	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	92.06	88.47	85.53
	4.80	6.30	4.60	4.90	4.80	4.42	4.34	4.44	4.21	4.23	4.34	4.05	4.24	4.59	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	3.96	4.04	4.04
	4.10	4.50	5.00	4.60	4.90	4.22	4.33	4.11	4.38	4.13	4.35	4.16	3.89	4.36	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	4.02	4.22	4.37
	4.45	5.40	4.80	4.75	4.85	4.32	4.34	4.28	4.30	4.18	4.35	4.11	4.07	4.47	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	1号机组	2号机组	全厂	3.99	4.13	4.21

续表

分	大亚湾核电站													岭澳核电站						
	指标名称													指标名称						
	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	累计	2006年	2005年	2004年	2003年	2002年	
类	发电量 (GW·h)													发电量 (GW·h)						
	6 090.95	3 897.53	6 577.46	6 491.23	6 356.77	6 996.42	7 362.42	7 319.64	7 718.72	7 720.50	7 540.90	8 602.75	6 922.65	8 997.92	1 号机组	7 752.31	7 171.26	7 631.37	6 662.61	4 767.02
	5 222.39	6 716.81	5 536.43	5 914.84	6 590.94	7 104.10	7 338.99	7 680.73	7 029.22	7 282.18	6 338.88	6 847.85	8 592.03	88 205.38	2 号机组	7 966.23	7 854.09	6 949.79	7 229.76	—
11 313.33	10 614.34	12 113.88	12 406.07	12 957.71	14 100.52	14 701.41	15 000.37	14 747.94	15 002.68	13 899.77	15 450.59	15 514.68	177 803.30	全厂	15 698.54	15 025.35	14 581.63	13 892.37	4 767.02	
能	辅助设备总消耗能量 (GW·h)													辅助设备总消耗能量 (GW·h)						
	293.91	245.33	300.35	317.13	304.25	326.00	319.64	324.74	324.94	326.86	326.92	348.30	293.51	4 051.86	1 号机组	305.40	289.88	308.30	294.77	209.68
	213.12	301.78	278.35	269.83	325.70	315.51	318.02	315.49	307.90	300.63	276.56	284.78	333.94	3 841.62	2 号机组	320.04	331.06	303.34	313.91	—
507.02	547.11	578.70	586.96	629.95	641.52	637.66	640.23	632.84	627.49	603.48	633.08	627.45	7 893.48	全厂	625.44	620.93	611.64	608.68	209.68	
量	反应堆产生的热能 (GW·h)													反应堆产生的热能 (GW·h)						
	18 011.86	11 588.25	19 447.20	19 270.22	19 105.35	20 786.17	21 667.34	22 694.08	22 684.05	22 165.60	25 189.68	20 200.83	244 538.68	1 号机组	22 657.04	21 205.22	21 519.08	19 769.08	14 187	
	15 398.49	19 843.56	16 313.64	17 584.05	19 553.54	21 075.44	21 688.89	22 611.00	20 640.68	21 535.82	18 729.92	20 136.99	25 157.37	260 239.34	2 号机组	23 204.70	22 003.86	20 423.57	21 270.21	—
33 410.35	31 431.81	35 760.85	36 854.27	38 638.89	41 861.61	43 326.23	44 269.05	43 334.76	44 219.87	40 895.52	45 326.61	45 448.21	524 798.02	全厂	45 861.74	44 209.09	42 942.65	41 039.30	14 187	
量	从燃料获得的能量 (EFPD)													从燃料获得的能量 (EFPD)						
	299.24	166.83	279.92	277.35	274.98	299.17	311.85	311.71	326.63	326.48	319.02	362.55	292.04	3 807.75	1 号机组	326.10	305.20	324.11	284.53	204.19
	221.63	285.66	234.80	253.08	281.43	303.33	311.73	325.44	297.04	309.96	269.57	289.82	362.08	3 745.56	2 号机组	334.00	331.09	293.95	306.13	—
480.86	452.49	514.71	530.43	556.40	602.50	623.58	637.15	623.66	636.44	588.59	652.37	654.12	7 553.31	全厂	660.10	636.29	618.06	590.66	204.19	
量	毛可用能量 (GW·h)													毛可用能量 (GW·h)						
	6 144.55	4 222.79	6 688.07	7 106.67	6 984.94	7 467.50	7 439.84	7 586.82	7 735.80	7 769.39	7 586.45	8 615.73	6 922.24	92 271.78	1 号机组	7 811.77	7 206.55	7 699.76	6 996.98	5 175.72
	5 610.36	7 022.58	5 855.64	6 085.72	7 258.34	7 419.85	7 606.19	7 834.52	7 069.75	7 308.55	6 388.57	6 875.56	8 609.13	90 944.75	2 号机组	8 016.84	7 911.18	6 994.54	7 693.30	—
11 754.91	11 245.37	12 543.71	13 192.39	14 243.28	14 887.35	15 076.03	14 805.58	15 077.94	13 975.02	15 491.29	15 532.37	183 216.53	全厂	15 828.61	15 117.74	14 694.30	14 690.27	5 175.72		
量	计划毛不可用能量 (GW·h)													计划毛不可用能量 (GW·h)						
	386.50	1 422.27	1 613.71	1 495.61	1 237.50	1 121.34	1 014.02	931.08	863.09	845.54	1 056.90	1.23	1 621.34	13 610.15	1 号机组	845.23	1 374.46	881.53	1 201.59	3.96
	5.64	1 611.91	2 081.06	2 405.25	1 247.41	1 161.44	1 021.45	534.34	270.92	1 214.29	823.15	1 742.58	6.09	14 125.52	2 号机组	653.20	689.92	1 552.47	805.60	—
392.14	3 034.18	3 694.77	3 900.86	2 494.91	2 282.78	2 035.47	1 465.43	1 134.01	2 059.83	1 880.05	1 743.81	1 627.43	27 735.67	全厂	1 498.43	2 064.38	2 434.00	2 008.19	3.96	
量	非计划毛不可用能量 (GW·h)													非计划毛不可用能量 (GW·h)						
	1 356.69	3 075.26	341.68	17.56	397.19	31.00	18.96	101.94	20.95	49.09	0.11	2.88	75.26	5 488.56	1 号机组	15.40	91.39	114.88	473.84	0.00
	28.22	174.98	705.76	128.87	114.08	38.55	15.82	250.98	1 279.18	970.03	1 431.74	1.70	4.63	5 145.53	2 号机组	2.37	71.30	149.15	6.19	—
1 384.91	3 250.24	1 048.44	146.43	511.27	69.55	34.77	352.92	1 300.13	1 019.12	1 431.85	4.58	79.88	10 634.09	全厂	17.76	162.69	264.03	480.02	0.00	

6384.20	4177.00	6882.90	7284.30	7344.40	7646.00	7641.00	7794.80	7924.00	7974.00	7789.20	8760.00	7132.90	94704.70	1号机组	机组总运行时间/h	1号机组	35765.80	7964.60	7424.9	7883.80	7260.5	5232
5736.00	7171.30	5739.00	6289.70	7302.00	7594.00	7851.50	7992.00	7246.70	7528.10	6579.50	7076.30	8760.00	92866.10	2号机组	机组总运行时间/h	2号机组	30873.50	8164.40	8074.60	7141.00	7493.5	—
12120.20	11348.30	12591.90	13574.00	14646.40	15240.00	15492.50	15786.80	15170.70	15502.10	14368.70	15836.30	15892.90	187570.80	全厂	机组总运行时间/h	全厂	66699.30	16129.00	15499.50	15084.80	14754.00	5232
6492.50	4366.20	6979.90	7365.20	7424.50	7744.50	7657.00	7859.80	8021.10	8005.00	7941.00	8760.00	7185.90	95702.60	1号机组	反应堆临界时间/h	1号机组	36007.20	8040.70	7493.7	7974.30	7266.5	5232
5736.00	7285.10	5879.40	6518.10	7518.00	7740.00	7919.00	8004.50	7992.70	7381.30	6659.50	7181.00	8760.00	94184.60	2号机组	反应堆临界时间/h	2号机组	31209.50	8248.50	8166.8	7256.20	7538	—
12228.50	11661.30	12859.30	13883.30	14942.50	15484.50	15576.00	15864.30	15413.80	15586.30	14500.50	15941.00	15945.90	189887.20	全厂	反应堆临界时间/h	全厂	67216.70	16289.20	15660.50	15230.50	14804.50	5232
359.90	1303.00	1582.80	1464.70	1197.00	1104.00	975.00	906.20	826.50	763.00	994.80	0.00	1562.10	13089.00	1号机组	计划全部不可用停运时间/h	1号机组	4084.80	795.40	1335.1	839.30	1065.0	0.0
0.00	1391.30	2016.00	2380.50	1224.00	1098.00	914.50	504.00	228.00	1171.20	768.00	1683.70	0.00	13379.20	2号机组	计划全部不可用停运时间/h	2号机组	3604.80	595.60	685.4	1510.80	813.0	—
359.90	2694.30	3598.80	3845.20	2421.00	2202.00	1889.50	1410.20	1054.50	1934.20	1762.80	1683.70	1562.10	26418.20	全厂	计划全部不可用停运时间/h	全厂	7639.60	1391.00	2020.50	2350.10	1878.00	0.0
1271.90	3042.50	328.30	10.50	218.60	0.00	198.00	34.50	9.50	0.00	0.00	0.00	43.80	5157.60	1号机组	非计划全部不可用停运时间/h	1号机组	515.20	0.00	19.8	60.90	434.5	0.00
0.00	76.40	641.00	89.80	115.00	7.50	0.00	32.00	1285.30	60.70	1436.50	0.00	0.00	3744.20	2号机组	非计划全部不可用停运时间/h	2号机组	177.82	0.00	45.7	132.12	0.0	—
1271.90	3118.90	969.30	100.30	333.60	7.50	198.00	66.50	1294.80	60.70	1436.50	0.00	43.80	8901.80	全厂	非计划全部不可用停运时间/h	全厂	693.02	0.00	65.50	193.02	434.50	0.00
1211.50	332.10	541.40	40.80	103.00	0.00	198.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2406.80	1号机组	反应堆在可用状态下的停运时间/h	1号机组	428.50	0.00	0.00	0.00	428.50	0.00
0.00	212.30	1153.50	142.80	102.00	23.00	0.00	0.00	1196.80	0.00	0.00	0.00	0.00	2830.40	2号机组	反应堆在可用状态下的停运时间/h	2号机组	394.30	0.00	39.30	333.50	21.5	—
1211.50	544.40	1694.90	183.60	205.00	23.00	198.00	0.00	1196.80	0.00	0.00	0.00	0.00	5257.20	全厂	反应堆在可用状态下的停运时间/h	全厂	822.80	0.00	39.30	333.50	490.00	0.00

注:1)大亚湾核电站的统计始自1994年,岭澳核电站的统计始自2002年。

### 7.5 三废排放与环境监测

分 类	大亚湾核电站													岭澳核电站					
	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	累计	2006年	2005年	2004年	2003年	2002年
气 体	22.72	80.20	43.63	31.06	23.49	25.73	19.43	15.51	13.90	11.29	12.60	2.29	2.34	—	1.90	1.80	11.10	5.49	6.67
	1.99	7.04	3.83	2.72	2.07	2.26	1.70	1.36	1.22	0.99	1.10	0.20	0.21	—	0.17	0.16	0.97	0.48	0.58
	424.00	720.40	228.70	115.65	100.37	91.93	102.20	68.77	86.34	95.70	124.00	12.50	16.90	—	6.00	7.39	65.90	49.10	39.15
液 体	1.12	1.90	0.60	0.30	0.27	0.24	0.27	0.18	0.23	0.25	0.36	0.04	0.049	—	0.018	0.02	0.19	0.13	0.10
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.18	5.48	5.11	—	6.40	7.55	1.35	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	0.14	0.13	—	0.17	0.2	0.04	—	—
固 体	89.20	26.94	10.24	11.29	2.49	4.69	2.59	2.18	2.29	1.43	1.47	1.27	0.896	—	0.291	0.26	0.32	1.02	0.14
	12.70	3.85	1.46	1.61	0.35	0.67	0.37	0.31	0.33	0.20	0.21	0.18	0.128	—	0.042	0.04	0.05	0.15	0.02
	41	100	78	78	66	66	62	44	47	36	31	47	32	728	47	23	31	17	4
固 体	134	328	266	287	257	281	320	242	176	386	503	322	360	3862	190	287	220	219	37
	175	428	344	365	323	347	382	286	223	422	534	369	392	4590	116	310	251	236	41
	72	183	138	146	124	126	119	82	90	64	51.6	90.8	58.40	1345.8	90.80	38.80	51.60	23.60	4.80
	28	69	56	60	54	59	67	51	36.96	81.06	105.63	67.62	75.60	810.99	25.20	60.27	46.20	45.99	7.77
	100.00	252.00	194.26	206.66	177.97	184.61	186.40	133.22	126.96	145.06	157.23	158.42	134.00	2156.79	116.00	99.07	97.80	69.59	12.57

AS1	0.146 ±0.015	0.151 ±0.004	0.127 ±0.005	0.127 ±0.004	0.127 ±0.004	0.128 ±0.003	0.128 ±0.005	0.131 ±0.006	0.129 ±0.004	0.130 ±0.004	0.130 ±0.004	0.131 ±0.005	0.131 ±0.005	—	—	—	—	—	—
AS2	0.171 ±0.014	0.178 ±0.010	0.148 ±0.006	0.147 ±0.005	0.146 ±0.004	0.144 ±0.006	0.148 ±0.006	0.148 ±0.006	0.147 ±0.005	0.149 ±0.004	0.150 ±0.005	0.148 ±0.005	0.144 ±0.005	—	—	—	—	—	—
AS3		新	增	站	点	—	—	0.154 ±0.005	0.153 ±0.005	0.152 ±0.005	0.154 ±0.005	0.153 ±0.007	0.154 ±0.005	—	—	—	—	—	—
AS4	0.110 ±0.004	0.110 ±0.005	0.117 ±0.006	0.119 ±0.007	0.117 ±0.006	0.117 ±0.003	0.117 ±0.006	0.120 ±0.004	0.121 ±0.004	0.119 ±0.004	0.116 ±0.004	0.113 ±0.004	0.121 ±0.005	—	—	—	—	—	—
AS5	0.139 ±0.011	0.137 ±0.006	0.128 ±0.010	0.146 ±0.013	0.166 ±0.008	0.164 ±0.010	0.153 ±0.007	0.152 ±0.005	0.148 ±0.005	0.150 ±0.007	0.143 ±0.009	0.144 ±0.011	0.139 ±0.008	—	—	—	—	—	—
BS1	0.157 ±0.010	0.157 ±0.011	0.117 ±0.004	0.113 ±0.007	0.114 ±0.005	0.115 ±0.005	0.116 ±0.004	0.118 ±0.004	0.123 ±0.006	0.115 ±0.006	0.113 ±0.005	0.110 ±0.005	0.110 ±0.005	—	—	—	—	—	—
BS2		新	增	站	点	—	—	0.116 ±0.005	0.109 ±0.005	0.107 ±0.004	0.108 ±0.005	0.105 ±0.004	0.108 ±0.005	—	—	—	—	—	—
BS3		新	增	站	点	—	—	0.138 ±0.005	0.140 ±0.007	0.143 ±0.006	0.132 ±0.009	0.128 ±0.013	0.130 ±0.009	—	—	—	—	—	—
BS4	0.139 ±0.004	0.128 ±0.005	0.105 ±0.010	0.095 ±0.004	0.092 ±0.006	0.094 ±0.005	0.100 ±0.005	0.110 ±0.005	0.113 ±0.005	0.114 ±0.004	0.113 ±0.005	0.111 ±0.004	0.113 ±0.004	—	—	—	—	—	—
BS5	0.187 ±0.019	0.169 ±0.009	0.126 ±0.007	0.124 ±0.009	0.113 ±0.011	0.107 ±0.005	0.113 ±0.007	0.120 ±0.005	0.121 ±0.005	0.120 ±0.005	0.119 ±0.005	0.120 ±0.007	0.124 ±0.005	—	—	—	—	—	—

环境监测站  
γ 辐射剂量  
率年平均值<sup>4)</sup>/  
(μSv/h)  
(两电站)

注:1)大亚湾核电站的统计始自1994年,岭澳核电站的统计始自2002年。

2)自2004年起,放射性气体排放的卤素气态流出物与气溶胶气态流出物排放分开统计。2004年以前的卤素气态流出物统计数据包含了气溶胶气态流出物的统计值。

3)大亚湾核电站与岭澳核电站采用统一的环境监测系统。

4)因为从2002年以后运行的是10个监测站,在原7个站点的基础上站名做了些调整,如原BS2已更名为AS4,原AS3已更名为BS4,原BS4已更名为BS5。





### 7.7 换料大修主要指标

大修代号 <sup>1)</sup>		D101	D201	D202	D102	D203	D103	D204	D104	D205	D105	D206	D106	D207	D107	D208
大修工期	解列日期	94-12-17	95-04-04	95-12-15 <sup>2)</sup>	96-03-31	96-12-10 <sup>2)</sup>	97-03-11	97-11-22	98-01-24	98-11-16	99-01-26	99-11-16	00-01-14	00-11-22	01-01-14	01-12-10
	并网日期	95-02-24	95-05-20	96-04-09	96-05-26	97-02-24	97-05-10	98-01-15	98-03-20	99-01-03	99-03-12	99-12-30	00-02-23	00-12-28	01-02-21	02-01-10
	达满功率日期	95-07-08	95-05-26	96-04-14	95-05-31	97-03-01	97-05-13	98-01-20	98-03-25	99-01-11	99-03-18	00-01-05	00-02-27	01-01-03	01-02-26	02-01-15
	解列至并网/d	69.2	46.9	111	56	65	59.6	54.5	55.4	48.6	45	45	41	36.5	38	31.4
	解列至满功率/d	203	52.2	116	61	71	64.1	59.6	60.5	56.1	51	51	45	41.9	43	36
核电站	人因	5	6	7	3	4	3	0	2	3	1	2	2	3	2	3
	设备	0	1	0	1	2	0	0	1	0	0	2	1	1	4	0
	设计	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	事件总数 (LOE)	8	7	8	5	6	3	0	3	3	1	4	3	4	6	3
	其中:I级事件	2	3	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1
安全	人因	15	7	9	8	13	12	14	12	26	5	8	9	19	15	8
	设备	4	1	2	1	8	2	10	15	8	5	14	6	9	11	8
	设计	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	事件总数 (IOE)	20	8	11	9	21	14	24	27	34	10	22	15	28	26	16
工业安全	人身轻伤	0	1	1	1	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	未遂事件	16	8	13	12	6	10	3	4	6	4	8	0	4	3	3
	火灾事故	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	火灾事件 <sup>4)</sup>	6	2	2	2	1	2	1	2	2	0	0	1	1	2	1
辐射防护	集体剂量/(人·mSv)	1 018	534	829	807	511	551	474	544	573	603	572.5	491	489	555.2	712.3
	个人剂量大于5 mSv的人数 <sup>5)</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	10
	体表沾污/(人·次)	5	4	3	2	3	6	3	1	3	3	2	3	2	4	2

续表

大修代号 <sup>1)</sup>		D108	D209	D109	L101	L201	L102	D210	D110	L202	L103	D211	L203	L104	D111
大修工期	解列日期	02-01-24	03-01-26	03-03-21	03-04-21	03-11-28	04-02-17	04-04-24	04-09-30	04-12-10	05-02-01	05-09-26	05-12-17	06-01-27	06-03-09
	并网日期	02-02-27	03-03-18	03-04-21	03-06-07	04-02-13	04-03-24	04-07-24	04-11-10	05-01-12	05-03-27	05-12-05	06-01-21	06-03-01	06-05-13
核电站运行事件 (LOE)	达满功率日期	02-03-04	03-03-22	03-04-26	03-07-15	04-02-19	04-03-31	04-07-29	04-11-16	05-01-17	05-04-02	05-12-12	06-01-31	06-03-06	06-05-19
	解列至并网/d	34.4	51.4	31.23	46.3	77.4	36.6	91.85	41.5	33.8	54.8	70.15	35.8	33.1	65.06
核安全	解列至满功率/d	39	55.7	35.88	84.5	82.9	43.85	96.35	47.26	38.53	60.41	76.85	44.8	38.03	71.64
	人因	1	5	1	1	3	0	5	1	0	1	0	0	0	1
工业安全	设备	0	0	0	1	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	设计	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
辐射防护	事件总数	1	5	1	2	7	0	6	1	0	2	0	0	0	1
	其中:I级事件	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
核安全	人因	12	21	10	20	19	9	17	10	7	6	12	3	2	4
	设备	12	12	7	10	12	8	4	14	9	13	6	9	4	6
工业安全	设计	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	事件总数	24	33	17	30	31	17	21	24	16	19	18	12	6	10
辐射防护	人身轻伤	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	3	0	0	0
	未遂事件	2	5	2	6	3	1	5	3	1	2	3	1	0	0
辐射防护	火灾事故	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	火灾事件 <sup>4)</sup>	1	4	1	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0
辐射防护	集体剂量/(人·mSv)	548.3	1 011.57	677.576	579.343	1 105.3	324.6	705.232	978.639	503.86	668.665	1 187.702	500.587	385.298	1 052.635
	个人剂量大于5 mSv的人数 <sup>5)</sup>	0	2	0	8	37	0	3	1	0	4	11	0	0	0
辐射防护	体表沾污/(人·次)	1	0	3	8	4	1	3	2	3	4	1	5	0	0

注: 1)大修代号中 D 代表大亚湾核电站, L 代表岭澳核电站, D101 表示为大亚湾核电站 1 号机组第一次大修, 以此类推。  
 2)根据电网安排, D202 大修提前 5 天解列, D203 大修提前 12 天解列; 两次大修的实际开工日期分别为 D202: 1995-12-20; D203: 1996-12-22。  
 3) D203 大修前称为安全事件, 自 D203 大修起称为内部运行事件, 其界定范围有所扩大, 包括了辐射防护、工业安全等方面事件。  
 4) D209 大修前称为火灾未遂, 自 D209 大修起称为火灾事件, 它细分为零级火灾和一级火灾两级。  
 5) D208 大修前称为个人剂量在 7~20 mSv 之间的人数与参与大修人员总数之比%, 自 D208 大修更改为个人剂量大于 5 mSv 的人数。

## 7.8 机组停堆解列统计表

序号	日期	原因	机组
1	3月9日	1号机组于3月9日3:23与电网解列,开始第十一次换料大修	大亚湾核电站1号机组
2	6月17日	6月17日2:46,1号机组由于处理反应堆堆外中子测量通道故障,临时停机检修。故障处理完毕后,机组于6月19日19:52并网	
3	1月27日	1号机组于1月27日3:25与电网解列,开始第四次换料大修	岭澳核电站1号机组
4	12月28日	12月28日3:05,2号机组按计划与电网解列,开始第四次大修,4:18机组维持在12%FP功率平台准备进行相关试验,L2CET由L2VVP切换至L2SVA供汽时真空突然恶化,引发P10(核功率 $\geq 10\% P_n$ ) + C8(汽轮机停运) + 冷凝器故障保护信号,致使反应堆非计划停堆	岭澳核电站2号机组

注:大亚湾核电站2号机组2006年全年保持连续安全稳定运行,无停堆解列事件发生。

## 7.9 电站运行事件列表

### 7.9.1 大亚湾核电站运行事件列表

事件编号及发生日期	事件分级	事件名称	事件简述	事件原因	主要纠正行动
D-LOER-20060001 2006-02-18	1 级	使用误差超出 规范值的试 验装置标定大 亚湾核电站 1 号和 2 号机组 VVP 安全阀	2006 年 1 月 13 日、19 日,按生产计划安排使用 TESON 工具分别对 L2VVP, L1VVP, D2VVP, D1VVP 的部分安全阀进行定值校验。在 VVP 安全阀试验的执行文件中,均要求验证计量器具的标定文件,由于工作组认为厂家随设备提供的标定文件符合要求,而未提出质疑。由于在校验过程中发现多个 VVP 安全阀定值出现偏差,2006 年 1 月 26 日,电站计量科检测 TESON 装置,发现 TESON 装置使用的两个压力传感器的最大实际误差超出允许误差范围,最大约 0.09 MPa。电站于 2006 年 2 月 9 日把该装置送到北京中国计量科学研究院进行校定,于 14 日证实了电站计量科检测结果,同时发现另外两个从未使用的压力传感器也存在较大偏差。2006 年 2 月 18 日,使用经确认合格的 ETRS9 装置对 D1VVP 和 D2VVP 安全阀压力定值校核,发现两个安全阀定值超差;试验装置的偏差导致 VVP 安全阀压力定值设置不准确, VVP 安全阀的保护功能降级	<p>1. 试验人员未按电站计量管理规定,使用了未经检定合格的计量器具</p> <p>2. 带有计量器具的成套专用工具采购、验收环节未能很好体现计量管理要求</p> <p>3. 试验人员对计量标定的有关规定不清楚</p>	<p>1. ①组织有关的人员学习《计量管理规定》程序中的关于目的、彩色标志和标记三个部分管理规定,反馈经验教训并强调严格按照规定执行的重要性。②组织清理、检查电站范围内计量器具的计量编码、录入检定大纲、检定情况</p> <p>2. ①在《计量管理规定》程序中,补充完善新购置计量器具入库前的检定验收或评估要求,并明确要求 MGS 纳入入库流程。②修改《专用工具管理》程序,完善专用工具入库验收审查流程,明确计量科参与验收计量器具的环节。③优化采购立项流程——增加计量器具识别和采购填写要求</p> <p>3. ①组织有关人员学习《计量管理规定》、《专用工具管理》程序的有关规定和新修改补充的内容,提高计量管理认识。②组织电站各部门相关人员进行计量管理规定和计量知识培训</p>

D-LOER-1-20060002 2006-04-29	0 级	堆芯装料期间 8 m 气闸门同时打开的情况下外门的塑料门帘被拆除	2006 年 4 月 29 日, 电站服务人员要通过 8 m 气闸门将保温盒从 N197 房间搬运到反应堆厂房。因保温盒数量多、体积大, 需两个人搬动, 每次通过气闸门都要安排人员撩起塑料门帘。巡视到此的现场服务处管理人员不知在该状态下技术规范对门帘的要求, 为方便搬运、防止碰撞塑料门帘、碰撞到他人, 就提出临时拆除塑料门帘的建议。于是服务人员拆除了塑料门帘。后被运行人员发现并通知必须恢复塑料门帘就位。该塑料门帘被临时拆除了 1 h 左右。此违反了运行技术规范关于在 RCS 模式下, 反应堆厂房 8 m 气闸门内、外侧面开启条件的要求	1. 工作人员不知道在该状态下技术规范对门帘的要求 2. 现场执行人员, 对于临时拆除门帘的建议未采取质疑的态度进行核实, 就实施了拆除门帘的作业	1. 核安全处单独提出技术规范对气闸门的要 求; MGS 列入相关的气闸门岗位的管理程序中, 并以现场临时操作指令形式贴在气闸门附近 2. 组织全处人员进行反馈并认真学习技术规范对气闸门的相关要求以及防人因失效工具卡“质疑的态度”的内容
---------------------------------	-----	----------------------------------	--	--	--

## 7.9.2 岭澳核电站运行事件列表

事件编号及发生日期	事件分级	事件名称	事件简述	事件原因	主要纠正行动
L-LOER-2-20060001 2006-02-18	1 级	使用误差超出规范值的试验装置标定岭澳核电站 1 号和 2 号机组 VVP 安全阀	2005 年 12 月 1 日、2006 年 1 月 9 日, 按生产计划安排使用 TESON 工具分别对 L2VVP, L1VVP, D2VVP, DIVVP 的部分安全阀进行定值校验。在 VVP 安全阀试验的执行文件中, 均要求验证计量器具的标定文件, 由于工作组成员对计量器具标定的有关规定不清楚, 以为厂家随设备提供的标定文件符合要求, 而未提出质疑。由于在校验过程中发现多个 VVP 安全阀	1. 试验人员未按电站计量管理的规定, 使用了未经检定合格的计量器具 2. 带有计量器具的成套专用工具采购、验收环节未能很好体现计量管理要求 3. 试验人员对计量标定的有关规定不清楚	纠正行动同大亚湾核电站运行事件 LOER-20060001 所采取的一样

续表

事件编号及发生日期	事件分级	事件名称	事件简述	事件原因	主要纠正行动
L-LOER-2-20060002 2006-12-28	0级	岭澳核电站2号机组自动停堆	<p>定值出现偏差, 2006年1月26日, 电站计量科检测 TESON 装置, 发现 TESON 装置使用的两个压力传感器的最大实际误差超出允许误差范围, 最大约 0.09 MPa。电站于 2006 年 2 月 9 日将该装置送到北京中国计量科学研究院进行校定, 于 14 日证实了电站计量科检测结果, 同时发现另外两个从未使用的压力传感器也存在较大偏差。2006 年 2 月 18 日, 使用标定合格的 NSH 装置对 L2VVP 安全阀压力定值校核, 发现三个安全阀定值低于规程标准。2006 年 2 月 25 日, 在 1 号机组第四次大修启动热停堆期间使用 NSH 装置校核 L1VVP 安全阀, 发现有 7 个安全阀定值低于规程标准。试验装置的偏差导致 VVP 安全阀压力定值设置不准确, VVP 安全阀的保护功能降级</p> <p>2006 年 12 月 28 日 4:18, 岭澳核电站 2 号机组按照换料大修计划, 将核功率维持在 12% P<sub>n</sub>。平台准备进行相关试验 (汽轮发电机组已按大修计划解除)</p> <p>在进行 2CET 由 2VVP 供汽切换至 2SVA 供汽时冷凝器真空突然恶化, 引发 P10 (核功率 ≥ 10%) + C8 (汽轮机停运) + 冷凝器故障保护信号, 致使反应堆自动停堆</p>	<p>1. 风险分析不足: 没识别出 CET 切换窗口存在停堆风险</p> <p>2. 技能欠缺: 操纵员对 2CET01RC 的操作不熟悉</p> <p>3. 文件缺陷: S CET 001 运行程序内容不足, 大修计划与程序不一致</p> <p>4. L2CET01RC 瞬态调节特性不好</p>	<p>1. ①日常生产项目组对电站停机停堆信号列出清单, 对可能导致停机停堆的操作列出分析清单。②大修组列出大修风险活动清单。</p> <p>2. ①编写 CET001RC 的工作原理及主控室操作教材, 并进行培训。②在 MI 培训教案中增加 CET 供汽切换操作, 在复训中增加经验反馈课程</p> <p>3. ①在程序中增加 CET 系统蒸汽供应从 VVP 切换至 SVA 的操作。②修改大亚湾核电站和岭澳核电站大修计划, 将 CET 系统蒸汽供应从 VVP 切换至 SVA 的操作安排在热停堆后进行</p> <p>4. 调查 L2CET01RC 在停机时瞬态调节特性不好的原因</p>

## 7.10 工业安全和消防统计

### 7.10.1 工业安全事件汇总

序号	事件时间	描述	责任单位	电站
1	2006-04-06	1MX 厂房 0 m 北墙 GB 廊道开口处, 工作人员在吊运一台临时油泵到 0 m 地面的过程中, 因协调不当, 一名作业人员左手食指被挤伤。事后将受伤人员送往医院检查, 诊断为左手食指第一节粉碎性骨折	MRM	大亚湾核电站

### 7.10.2 工业安全未遂事件汇总

序号	事件时间	事件描述	电站
1	2006-01-27	电气处工作负责人开工前检查隔离边界, 发现 1LGB402 (1SR1101MO) 接地开关没有合上, 不符合开工要求, 立即通知隔离办检查纠正。根据 C-IP/HPS/030 程序定为工业安全未遂事件	大亚湾核电站
2	2006-08-21	化学值班人员发现并报告 D1ATE703PO 的电源开关 1LKX206 隔离有误。运行人员现场检查确认该开关上挂有隔离牌 9PW3331, 状态要求为 LD (断/锁), 但实际状态为送电状态	
3	2006-09-20	服务处人员在乏燃料容器作业现场的起吊操作过程中, 误把 10 kN 弹簧秤作为 10 t 使用, 导致 U 形卸扣拉断, 险些砸到下方作业人员。OPH 介入调查, 中止了起重工的作业授权, 并发出停工令	
1	2006-01-04	法马通公司一名员工, 在处理 PMC 换料机气缸供气管时, 因用力过猛, 将自己的脸部划伤, 伤口位于右眼下方, 出少量血并凝固	岭澳核电站
2	2006-02-07	静机处员工违反程序规定, 使用 B 类作业通知书在现场紧固 L2VVP502VV 的管道连接接头, 紧固过程中发现管道泄漏加大。该员工立刻让工作组成员关闭上下游隔离阀, 同时立刻汇报主控制室	

### 7.10.3 一级火险事件汇总

2006 年两电站无一级火险事件发生。

## 7.10.4 零级火险事件汇总

序号	事件时间	事件描述	电站
1	2006-01-01	L851 房间一盏日光灯的功率因数补偿电容冒烟, 感烟探头正确报警。现场人员立即关掉照明开关, 停止冒烟。MEE 更换时发现该电容击穿烧毁, 检查 L851 房间其他电容, 16 个中有 4 个已鼓包	大亚湾核电站
2	2006-02-28	2 号机组主控室出现 D2GHE023AA 报警, OPO 赶赴现场发现 D2GHE005SP 本体漏油, 呈喷射状, 润滑油已流淌到地面。漏油量约为 0.5 m <sup>3</sup>	
3	2006-04-13	D1JDT300CZ 上出现 191 区 (热洗衣房) 火警, 立即提卡进行现场确认。随后 MGS 值班人员汇报发现 OSBE005WW 烘干机冒烟, 未见明火, 用灭火器灭火, 将其电源断开并通知厂家维修	
4	2006-04-24	2006 年 4 月 24 日, 由 MRM 接口的工作人员在 AA 车间卧床上执行 L2DVM005ZV 风机主轴喷涂作业, 防火措施不到位, 熔渣落入地坑导致冒烟, 事后证实地坑内的铁屑中有油棉纱, 颜色发黑, 有燃烧痕迹	
5	2006-11-20	SA 餐厅供油设备“油杯”爆裂导致约 300 ~ 500 L 左右柴油进入 SEO 系统	
1	2006-04-18	中间控制室出现火警报警, 查找发现 1LX816 室有较大烟雾和焦味, 遂对无人故障电梯实施了电隔离。事件处置启动了二级干预队和厂内消防队。MGS 检查发现: 电梯制动电阻烧坏导致制动器异常抱闸, 摩擦生烟触发火警	岭澳核电站

## 7.11 辐射防护事件汇总

序号	发生时间	事件性质	事件描述	电站
1	2006-01-04	人员污染	一名从事 PMC 检修 FRA 人员, 在处理换料机气缸供气管时, 因拔气管时用力过猛, 将自己的脸部碰破一小块并沾污。经测量, 该处表面污染水平约 38 Bq/cm <sup>2</sup>	岭澳核电站
2	2006-01-04		一名 PMC 检修人员出 L2RX 厂房 8 m 气闸门时发现手部沾污和头部沾污, 污染水平: 12 ~ 38 Bq/cm <sup>2</sup>	
3	2006-01-12		SNE 的 RX20 m 环吊指挥人员在出 C2 门时显示被污染, 用 MIP21 + 探头在相应部位检查, 发现在人员的头部右侧 (太阳穴附近) 有一污染点, 污染水平约为 628 Bq/cm <sup>2</sup>	
4	2006-12-21		在 LAC 的 MC 夹爪检查现场, 一名 MGS 燃料科员工脸部左下颞被污染, 污染水平: 4 ~ 5 Bq/cm <sup>2</sup> , 污染面积: 6 cm <sup>2</sup>	



续表

序号	发生时间	事件性质	事件描述	电站	
5	2006-03-05	人因地面污染	2KX 厂房 20m 平台的乏燃料操作现场周围发现约 12 ~ 14 m <sup>2</sup> 的污染, 污染水平 6 ~ 100 Bq/cm <sup>2</sup>	大亚湾核电站	
6	2006-03-23		1RCP215VP 检修污染区外地面发现污染, 面积约 2 m <sup>2</sup> , 污染水平 5 ~ 17 Bq/cm <sup>2</sup>		
7	2006-03-31		巡检发现 R144/145 地面及电话格间上有水, 隔离该区域并通知 OPO 人员到现场查看。判断为 1RPE002BA 溢流经 1EBA001ZV 进入风管造成后喷到 R144/145 地面, 造成约 2 m <sup>2</sup> 地面污染 (大于 4 Bq/cm <sup>2</sup> )		
8	2006-04-28		1RIS20065LD 滴漏造成 R330 地面积水约 1 m <sup>2</sup>		
9	2006-05-05		1RRA120VP 漏水造成 -3.4 m 地面及设备污染, 污染水平为 6 Bq/cm <sup>2</sup> , 污染面积约 10 cm <sup>2</sup>		
10	2006-01-01		NB223 房间 2REA20062VB 跑水, 造成该房间设备、地面 2 m <sup>2</sup> 的表面污染。污染水平为 4 Bq/cm <sup>2</sup>		
11	2006-01-02		ND307 房间的 9TEP042DI 漏水, 造成该房间大量积水, 面积有 6 m <sup>2</sup> 。水顺着孔洞漏到 ND250 房间, 面积有 2 m <sup>2</sup> , 擦拭取样有污染		
12	2006-01-11		工作人员在 W355 回装保温时, 误碰开 2RRI415VN, 造成跑水。面积有 10 m <sup>2</sup>		岭澳核电站
13	2006-01-12		在进行 2RX 厂房 20 m 污染普查时发现, RX 厂房 20 m 平台多处油污 (R784, 堆水池污染区两侧, R750 楼梯口, 换料小车南侧人员过道), 面积约 8 m <sup>2</sup> , 污染水平为 6 ~ 530 Bq/cm <sup>2</sup>		
14	2006-02-12		作辐射水平周测量时, 发现 NX250 房间地面及墙面有 1 m <sup>2</sup> 的白色结晶, 原因为发现 NX307 房间整个房间已有 2 ~ 3 cm 深的积水和白色结晶。污染面积约有 15 m <sup>2</sup>		
15	2006-03-20	违反辐射防护规定事件	105 所工作人员在探伤结束后用老虎车将两个放射源、3 个摇盘从 EU 塔运至源库, 运输过程中一个摇盘从车上跌落下来。用无防护措施的老虎车直接运输放射源违反电站规定, 容易造成放射源的跌落、损坏	大亚湾核电站	
16	2006-02-07		SNE 一员工从辐射控制区往 LAL 控制区送油样品作放射性检测 (已填写放射性物质控制区间转运表格), 未按规定将样品直接送往目的地 (LAL 控制区), 而将该油样放置在控制区外的 A13 号大修集装箱。2006 年 2 月 22 日, 在对大修集装箱的辐射水平进行普查测量时, 发现该样品一直放置在集装箱里而没有拿去化验	岭澳核电站	

### 7.12 特许申请汇总

序号	标题	申请内容	实施状态	技术规范	申请号	NNSA 批准号	批准日期	电站
1	关于把 DIPTTR021VB 改造工作造成的一列 PTR 不可用时间延长至 78 h 的特许申请	DIPTTR021VB 由手动阀改为电动阀的工作是防误稀释放进项目的重要内容之一,须进行的工作总计约需 78 h,这项工作是在堆芯完全卸料的模式下进行的。这时堆芯的所有燃料储存在乏燃料水池中。 因此申请把 DIPTTR021VB 改造工作造成的一列 PTR 系统不可用时间延长至 78 h。 2005 年大亚湾核电站 2 号机组第十一次大修曾因同样理由向国家核安全局申请了特许(DNO-100211-LIC)并得到了批准(LIC-100132-DNO)	堆芯完全卸料模式 (RCD)	大亚湾核电站《运行技术规范》(反应堆完全卸料模式中 2.4 节冷源)要求:两列 PTR 系统必须可用,至少有一列 PTR 必须在运行,用于冷却乏燃料水池。当一列 PTR 系统不可用时,机组记 PTR6 的第二组 lo,要求 3 天内恢复到符合技术规范要求的状态	DNO-100236-LIC	LIC-100148-DNO	2006-02-20	大亚湾核电站
2	关于 1 号机组安全壳在打压期间在 0.1 MPa 进行检查时停运 RRI 泵和 PTR 泵的特申请	安全壳打压试验是在堆芯完全卸料的模式下进行的。这时堆芯的所有燃料储存在乏燃料水池中。 这一特许申请的内容是:当安全壳压力升至 0.1 MPa,性能试验人员需要进入 RX 厂房进行听音检查,以便检查安全壳四周的泄漏情况(1 h 以内),停运安全壳周围所有的电机,包括 PTR 泵和 RRI 泵等,从而导致乏燃料水池的冷却暂时中断。 2005 年大亚湾核电站 2 号机组第十一次大修曾因同样理由向国家核安全局申请了特许(DNO-100210-LIC)并得到了批准(LIC-100133-DNO)	堆芯完全卸料模式 (RCD)	大亚湾核电站《运行技术规范》(反应堆完全卸料模式中 2.4 节冷源)要求:两列 PTR 系统必须可用,至少有一列 PTR 系统必须在运行,用于冷却乏燃料水池。相应地,也要求有一列 RRI/SEC 系统可用	DNO-100237-LIC	LIC-100149-DNO	2006-02-20	大亚湾核电站

3	<p>关于提高乏燃料水池、装罐池和换料水池储存硼浓度的特申请</p>	<p>根据岭澳核电站先进燃料管理(1/4换料)项目计划安排,岭澳核电站将于1号机组第六循环(2007年3月)、2号机组第六循环(2008年1月)开始实施低泄漏1/4年度换料燃料管理模式。岭澳核电站需于新版技术规范(1/4换料技术规范)实施前在功率运行期间,提高1号机组的乏燃料水池、装罐池和换料水池储存(PTR001BA)的硼浓度,从目前运行技术规范所要求的2 100 ~ 2 300 mg/L提高到2 300 ~ 2 500 mg/L</p>	<p>反应堆功率运行模式(RP)</p>	<p>岭澳核电站《化学与放射化学技术规范》规定,无论机组处于什么状态,乏燃料水池和 L1PTR001BA 的硼浓度必须维持在 2 100 ~ 2 300 mg/L 之间</p>	<p>DNO-200254-LIC LIC-200103-DNO</p>	<p>2006-12-11</p>	<p>岭澳核电站</p>
4	<p>关于提高一回路硼浓度的特申请</p>	<p>根据岭澳核电站先进燃料管理(1/4换料)项目计划安排,岭澳核电站将于1号机组第六循环(2007年3月)、2号机组第六循环(2008年1月)开始实施低泄漏1/4年度换料燃料管理模式。在新燃料装入堆芯之前,一回路(RCP)、中压安全注入罐(RIS001/002/003BA)、安全壳喷淋系统(EAS)、安全注入系统(RIS)以及化学和容积控制系统(RCV)等系统硼浓度需要由原运行技术规范要求的2 100 ~ 2 300 mg/L提高到2 300 ~ 2 500 mg/L。 岭澳核电站1号机组和2号机组分别在1号机组第五次大修(2007年2月开始)和2号机组第五次(2007年12月开始)换料大修期间,在NS/RRA模式、MCS模式和RCS模式下将RCP硼浓度提高到2 300 ~ 2 500 mg/L</p>	<p>RRA 冷却正常停堆模式(NS/RRA)、维修停堆模式(MCS)、换料停堆模式(RCS)</p>	<p>岭澳核电站《化学与放射化学技术规范》规定,无论机组处于什么状态,乏燃料水池和 PTR001BA 的硼浓度必须维持在 2 100 ~ 2 300 mg/L 之间。化学与放射化学技术规范对于装罐池的硼浓度无要求</p>	<p>DNO-200233-LIC LIC-200118-DNO</p>	<p>2007-02-09</p>	<p>岭澳核电站</p>

续表

序号	标题	申请内容	实施状态	技术规范	申请号	NNSA 批准号	批准日期	电站
5	关于 9DYN003ZV 出口风管更换的特许申请	岭澳核电站 9DYN003ZV 风机出口铁皮风管有裂缝,需要停运 DYN 系统三台主送风机和三台主排风机(DYN001/002/003/004/005/006ZV)8 小时,进行缺陷处理。但是《岭澳核电站运行技术规范》规定,所有运行模式中 DYN 风速小于 7 m/s 时,其维修期限仅为 1 h。电站在处理该缺陷时无法满足运行技术规范的要求,所以提该特许申请	反应堆功率运行模式(RP)	岭澳核电站《运行技术规范》在有运行模式中均要求:DYN 风速小于 7 m/s 时,其维修期限仅为 1 h	DNO-200185-LIC	LIC-200082-DNO	2006-01-27	岭澳核电站

## 7.13 改造项目汇总

序号	项目编号	电站	机组	系 统	项目描述
1	MR MTS000042	大亚湾	X	RPA/RPB/RPR	停堆短路器换型改造
2	MR OPM960013	大亚湾	X	JDT	主泵房火警探测系统改造
3	MR TEN010001	大亚湾	X	PMC	换料机升版改造
4	MR TEN010011	大亚湾	X	APG	XAPG001RF 非再生式热交换器改造
5	MR TEN010042	大亚湾	X	RCP/RRA	冷停堆期间防止堆芯裸露改进
6	MR TEN010052	大亚湾	X	RRA/RCV/REA	防误稀释改进
7	MR TEN020004	大亚湾	X	LRT	大修期间再供电
8	MR TEN020036	两电站	X	SAR	仪用压缩空气品质改造
9	MR TEN020051	两电站	X	DMR	DMR 环吊速度控制器控制卡换型改造
10	MR TEN020055	大亚湾	X	RCP/ARE/RRA	K1 级测量传感器测量通道改造 (AIR-LB)
11	MR TEN020058	两电站	X	RRM	反应堆顶盖上 CRDM 风管支撑法兰侧面开检查窗口
12	MR TEN020061	大亚湾	X	KRT	KRT008MA 进行换型改造
13	MR TEN030005	大亚湾	X	VVP	用 K1 类别变送器更换 VVP007 ~ 015MP
14	MR TEN030012	两电站	X	KRT	KRT 多通道监测仪表、调节阀、取样泵改造
15	MR TEN030014	大亚湾	0	XCA	XCA 系统 PLC 升级改造
16	MR TEN030016	大亚湾	X	JPL	JPL1301 灭火系统更换
17	MR TEN030030	大亚湾	X	RRA	使鉴定设备使用的电源 UP 与反应堆厂房内非鉴定设备分开
18	MR TEN030058	大亚湾	X	LAB/LBJ/LBM	常规岛充电器升级换型改造
19	MR TEN030081	岭澳	X	LKX/LKY	L1, 2LKX, LKY001TB 的 125 V 直流电源改造
20	MR TEN030088	大亚湾	9	LGR	大亚湾核电站 220 kV 辅助电源坪山段移位
21	MR TEN040006	大亚湾	0	GEW	更换广电一中电网低频自动解列装置中部分继电器
22	MR TEN040031	大亚湾	X	EPP	安全壳泄漏率在线监测系统改造
23	MR TEN040037	大亚湾	0	GEW	DOGEW 关口电度表改造
24	MR TEN040038	大亚湾	X	CFI	旋转滤网齿条冲洗喷嘴移位
25	MR TEN040043	两电站	X	CEX	CEX006 ~ 008SP 差压表改绝对压力表换型改造
26	MR TEN040056	岭澳	X	LAA/LBX/LDA	核岛直流系统母线高电压报警定值的修改
27	MR TEN040059	岭澳	0	SBE	热洗衣机改造
28	MR TEN040060	两电站	X	LHP/LHQ	柴油机 (LHP/LHQ) 冷却水管道支架改进
29	MR TEN040074	大亚湾	X	GSY/LBM/LBJ	GSY002AR 控制电源改造
30	MR TEN040085	大亚湾	X	LHP/LHQ	应急柴油机涡轮增压机支撑改进
31	MR TEN050008	两电站	X	PTR/RIS	防止闸阀因为锅炉效应而无法开启或密封性受影响的改造
32	MR TEN050020	岭澳	X	LAB/LBM	LAB/LBM 蓄电池组改造
33	MR TEN050023	大亚湾	X	LNE	更换 LNE406 开关

续表

序号	项目编号	电站	机组	系 统	项 目 描 述
34	MR TEN050027	两电站	9	LLS	更换 9LLS001AR 中电流继电器 001/002XI 的电流档位
35	MR TEN050028	岭澳	0	GEW	D/L 机组 PSS 投退和 L1/2 主变压器中性点直流电流流送中心调度 EMS 系统
36	MR TEN050046	岭澳	X	ARE	L1/2ARE054/058/062VL 阀门更换
37	MR TEN050049	岭澳	0	DSI	LUA 防雷改造
38	MR TEN050053	岭澳	X	ARE	改善和消除 ARE 管线振动的改造
39	MR TEN050060	两电站	X	RPE	RPE023/024PO 跳闸逻辑修改
40	MR TEN050065	岭澳	X	GFR	GFR158 - 163 过滤器改造
41	MR TEN050067	两电站	X	LHA	LHA/LHB 延时 7 s 信号送 KIT
42	MR TEN050069	岭澳	X	PMC	PMC 换料机位置确定和位置显示灯回路修改
43	MR TEN060003	大亚湾	X	AGR	D1/2AGR155/157/255/257UH 电磁阀管线接口调整
44	MR TEN060018	大亚湾	2	RCV	D2RCV002PO 出口 818 敏感管线减振改造
45	MR TEN060056	岭澳	0	GEW	500 kV 岭深甲乙线保护通道改造
46	SMR TEN010054	大亚湾	X	GRV	DXGRV007LP/S 取消改进
47	SMR TEN020016	大亚湾	X	GSS	GSS 系统浮筒液位计堵头隔离阀改造
48	SMR TEN020022	大亚湾	X	SEN	SEN 泵轴封改造
49	SMR TEN030006	大亚湾	X	GPV	DXGPV001KO 加装差胀测量装置改造
50	SMR TEN030030	岭澳	0	DNB	LBA、LBX 竖井配电间改进
51	SMR TEN030197	大亚湾	0	SRI	取消 SRI501、502SD 及相关的 SRI700AA
52	SMR TEN030200	岭澳	X	DVW	DVW 风机皮带罩改为网孔式箱体
53	SMR TEN030208	两电站	X	RAM	RAM 系统开关位置指示灯改造
54	SMR TEN040004	两电站	X	SAR	SAR 系统中直径为 10 mm 的管道加装支架
55	SMR TEN040035	大亚湾	0	MIS	增加 A0 钢材库照明
56	SMR TEN040040	两电站	X	PMC	PMC651DC 新燃料升降机增加组件变形检查用慢速档
57	SMR TEN040043	两电站	X	PMC	换料机控制台地板上观察孔加装链条
58	SMR TEN040054	大亚湾	9	CTF	D1CTF001/004VC、D2CTF002/003VC 的漏斗移位
59	SMR TEN040092	岭澳	X	PTR	L1/2PTR007AA 报警条件修改
60	SMR TEN040098	岭澳	X	LMA	LMA232 开关换型改造
61	SMR TEN040118	大亚湾	X	SER	在 MX 厂房 16 m 平台加装 SER 隔离阀
62	SMR TEN040124	大亚湾	9	SKH	SKH 滤油机加装加热器
63	SMR TEN040128	大亚湾	X	CFI	CFI 加氟框改造
64	SMR TEN040133	大亚湾	X	CTE	D1/2CTE011/012PO 机械密封冷却水隔离阀改型
65	SMR TEN040150	大亚湾	0	JPD	AA 厂房 0JPD906VE 湿式报警阀改造
66	SMR TEN040164	两电站	0	LHS	为 0LHS 冷却风机的电机加热器增加电源
67	SMR TEN040172	岭澳	X	REN	REN010MG 换型
68	SMR TEN040186	两电站	X	DVC	1/2DVC119VA 阀门反转 180° 安装
69	SMR TEN040194	大亚湾	1	RRI	D1DEG301GF 冷凝器入口管道增加固定支架

续表

序号	项目编号	电站	机组	系 统	项 目 描 述
70	SMR TEN040199	大亚湾	0	GEW	联络变压器冷却器油温启动定值修改
71	SMR TEN050002	两电站	X	CET	CET系统轴封蒸汽抽出风机逆止阀改造
72	SMR TEN050004	两电站	X	LNP	取消LNPO01TB配电盘内电阻和插座
73	SMR TEN050010	岭澳	X	STR	STR001MP/005/006EP接线和图纸不符合
74	SMR TEN050014	大亚湾	X	SIT	汽轮机厂房SIT系统冷冻机组隔离阀改造
75	SMR TEN050019	大亚湾	1	GEX	1号发电机轴电压低报警(003AA)改进
76	SMR TEN050020	岭澳	0	DWA	DWA102RS电源电缆更换
77	SMR TEN050025	岭澳	X	SEN	LXSEN001FI增加引漏管
78	SMR TEN050031	岭澳	9	SVA	L9SVA002SN定值修改
79	SMR TEN050035	大亚湾	X	GST	D1/2GST001/002XT换型
80	SMR TEN050044	岭澳	X	DVC	DVC主送风管路加热器保护熔丝增密改进
81	SMR TEN050053	岭澳	0	SEP	SEP管线改造并加装隔离阀
82	SMR TEN050067	大亚湾	9	DVN	DVN系统送风引压管改造
83	SMR TEN050074	大亚湾	1	GEV	1号厂用变压器呼吸器电源修正
84	SMR TEN050076	岭澳	0	SEA	SEA系统加装流量计
85	SMR TEN050084	岭澳	0	SDA	YA试剂区排水管线改造
86	SMR TEN050088	岭澳	0	SEA	取消粗格栅LOSEA401/402GG
87	SMR TEN050090	岭澳	0	SHY	制氢机气体冷却器排水管调整
88	SMR TEN050091	大亚湾	X	DVC	增大1/2SAT给DVC碘吸附器管路供气量
89	SMR TEN050094	岭澳	1	LKH	1SGZ002CR电源改造
90	SMR TEN050095	大亚湾	X	RPE	RPE538管线延长到RPE015PS地坑水面以下
91	SMR TEN050104	两电站	0	KRS	0KRS废液取样器改造
92	SMR TEN050112	岭澳	0	LKX	更换0LKX2-0301、0LKX2-0302开关
93	SMR TEN050115	岭澳	X	CTE	在L129CTE003FI过滤器的反冲洗排放阀002VC后加装阀门
94	SMR TEN050121	大亚湾	X	DVK	重新布置D1/2DVK002/003LP高压取样端改造
95	SMR TEN050124	岭澳	X	GSS	更换GSS/AHP阀门供气罐
96	SMR TEN050136	岭澳	X	APA	L1/2APA001~003LD/S所在管线移位
97	SMR TEN050137	岭澳	X	AHP	AHP系统疏水管线改造
98	SMR TEN050138	大亚湾	X	GEX	取消发电机转子接地故障送电网信号
99	SMR TEN050139	岭澳	2	RPE	RPE538管线延长到RPE015PS地坑水面以下
100	SMR TEN050141	岭澳	X	VVP	VVP小支管改造
101	SMR TEN050148	大亚湾	X	GEV	主变压器、厂用变压器线圈温控器及变送器接线变更
102	SMR TEN050152	岭澳	X	CGR	L1/2CGR辅助润滑油泵出口增加排气阀
103	SMR TEN050156	岭澳	0	LKL	LUA增加电源
104	SMR TEN050162	大亚湾	0	LKW	0LKW101/0LLZ101/104漏电保护定值修改
105	SMR TEN050163	岭澳	X	CVI	L1/2CVI排水管更换

续表

序号	项目编号	电站	机组	系 统	项 目 描 述
106	SMR TEN050164	岭澳	X	SRI	取消 1/2SRI011DI
107	SMR TEN050165	岭澳	X	CFI	L1/2CFI 小滤网的盘根及盘根盒改造
108	SMR TEN050169	岭澳	2	ARE	ARE243VL 供气管线支架加固
109	SMR TEN060013	岭澳	0	DSI	TB/TC 加装监视摄像头
110	SMR TEN060016	大亚湾	9	TEU	TEU015BA 增加疏水和隔离阀
111	SMR TEN060019	大亚湾	1	ACO	在 ACO109VL 和 AHP117VL 上实施 DVC6010 数字定位器改进
112	SMR TEN060023	岭澳	X	GRV	产品升级后, 修改 KIT 参数
113	SMR TEN060030	大亚湾	X	RPE	增加一回路排水接头
114	SMR TEN060032	岭澳	0	LKU	水箱 (OP) 区域增加电源
115	SMR TEN060033	大亚湾	X	MIS	主控制室安装大型显示屏
116	SMR TEN060035	大亚湾	X	LKC	DMW004PR 电源开关换型改造
117	SMR TEN060044	两电站	9	REA	增加 REA005BA 取样快速接头
118	SMR TEN060051	岭澳	X	GGR	主控制室盘车电流表改进
119	SMR TEN060098	两电站	0	MIS	AS 库增加除湿设备
120	SMR TEN060113	两电站	0	MIS	AS 仓库消火栓 0JPD757RJ 移位
121	SMR TEN060115	大亚湾	0	SHY	DOSHY996VY 上游增加堵头
122	SMR TCW050009	岭澳	0	MIS	LAC 厂房建工作间
123	SMR TEN050170	岭澳	0	LKL	LMG 消防车库增加电源
124	MR TCW050003	大亚湾	1	CEX	冷凝器水室在大亚湾核电站 1 号机组第十一次大修期间防腐衬胶改进
125	SMR TCW050010	大亚湾	1	MIS	D1DVE010/012ZV 加装检修平台
126	SMR TCW050011	大亚湾	1	MIS	反应堆堆坑楼梯栏杆和扶手改造



## 第八章 专题报告

# 大亚湾核电站发电机转子返厂检修总结

袁振亚

### 1. 总体概述

大亚湾核电站备用发电机转子在运行期间曾发生过线圈匝间短路问题，并在现场修理过线圈，为保证转子备件长期可用，公司决定将转子送返厂家更换新的线圈。该转子于2006年3月15日运到ALSTOM厂内，3月20日维修工作正式开始，到11月24日结束，历时约8个月。设备管理处和电气处负责了本次更新线圈的监造工作。

监造人员于2006年3月26日到达ALSTOM位于STAFFORD的转子厂时，转子已经拆除了正极的6~8号和负极的5~8号线圈。另外，转子新线圈已经制造完毕。监造人员的第一项工作是与ALSTOM负责大亚湾核电站转子修复的项目经理讨论此次转子监造的一些要求，并根据制造厂提供的制造质量计划，选择设定了质量检查和控制点，即见证点、停工待检点等。

在实际的监造工作中，监造人员对发电机转子拆卸和安装的过程进行了监督。其中包括：每天到现场查看检修进展和质量情况，查看每个工序的关键步骤检查或试验记录情况（指ALSTOM现场操作人员的检查签字和质保人员的检查签字）；每周与项目经理对照检修计划分析实际检修进度，发现实际进度滞后时，向项目经理询问原因以及相应措施；对每天的检修活动进行拍照记录，编写监造日报。本次监督的重点是强调检修质量，在实际进度与质量控制相冲突时，以检修质量为第一位，适当牺牲进度要求。

本次检修工作出现了严重的拖期和几起比较严重的质量事故。以下按时间顺序对本次发电机转子在STAFFORD转子厂进行的检修活动进行介绍。

### 2. 发电机转子维修监造过程介绍

#### 2.1 转子的拆装

监造人员到达转子厂的第一天时，转子已经拆除了正极的6~8号和负极的5~8号线圈。而此时转子新线圈已经全部制造完毕，封装待用。2006年3月29日，转子线圈全部拆装完毕。3月30日至4月8日期间的主要工作是切削靠背轮传动销并取下靠背轮。接下来的工作有取出转子D形导体、取出转子中心孔棒、取出护环绝缘内衬等。

## 2.2 转子的翻新

转子拆装完毕后, 开始进行转子的翻新工作。其主要工作包括: 护环、风扇、靠背轮的打磨抛光, 转子本体的喷砂处理和转子中心孔打磨。

转子及其部件打磨清理完毕后, 开始对转子本体和部件进行无损探伤、尺寸检查等工作, 检查没有发现问题。各种检查完毕后, 对转子进行了退磁和喷漆的工作。

## 2.3 转子的回装

转子本体经过打磨清理和喷漆, 已经是焕然一新了。6月12日, 转子的回装工作开始了。首先是转子励磁引线的回装。励磁引线回装前, 单独对励磁引线进行了8.2 kV, 1 min的耐压试验。励磁引线放入引线槽后, 进行了引线对转子本体的7.2 kV, 1 min的耐压试验。

接着开始下线的工作。转子下线的的第一步是安放槽绝缘, 并进行槽绝缘耐压试验(8 kV, 1 min)。下线工作的第二步是放入线圈, 并检查线圈匝间绝缘情况。下线工作的第三步是端部整型和焊接。所有线圈下完后, 需要对端部进行加热整型。端部加热整型完毕后, 开始安装Π形绝缘、楔下垫条、端部绝缘垫块和槽楔。

以上工作完成之后就可以回装转子风扇、护环、D形导体、导电杆、中心孔棒、靠背轮等部件, 这些工作大都在电站内进行过, 此处不做赘述。

## 2.4 转子动平衡和超速试验(出厂试验)

出厂试验主要有: 转子动平衡试验、转子115%超速试验、转子转速为3 000 r/min的5.2 kV耐压试验、动态的匝间短路试验(RSO试验)、静态RSO试验、气隙波形检查和绝缘极化指数的测量。转子超速试验顺序如下。

(1) 超速前, 额定转速(转速为3 000 r/min)条件下, 测量RSO、绝缘电阻, 检查转子温度指示, 包括通过电阻法检测转子温度达到90℃的要求; 检查和记录振动数据。

(2) 以上检查合格后, 开始升速到3 450 r/min, 保持此转速5 min, 保持过程中监视温度和振动情况, 并打印和记录振动数据。

(3) 5 min超速试验通过, 转速降回到额定转速后即进行电阻法检测转子温度、测量绝缘电阻, 对转子进行1 min交流耐压试验, 试验通过; 再次测量转子绝缘电阻, 测量和记录RSO波形, 测量和记录转子气隙波形; 各项检查试验合格。

(4) 以上试验通过后, 转子从额定转速逐步降速到静止状态; 转子静止后用电阻法检测转子本体温度, 测量绝缘电阻, 测量和记录RSO波形。

## 3. 转子维修过程中的质量事故及其处理

本次转子回装过程中, 发生了几起严重的质量事故, 导致了整个维修时间的延长。

### 3.1 转子匝间绝缘残留异物

2006年7月7日, 转子所有线圈焊接完成后, 端部连接焊接之前, 用临时引线将所有线圈连接起来, 做整个线圈的RSO试验, 结果发现RSO波形异常(图1)。按RSO波形判断, 应是负极第4号线圈有匝间绝缘异常。起初, ALSTOM工程师认为可能是由于空气潮湿导致4号线圈绝缘整体降低造成的, 于是用热风机加热转子端部, 直到7日下午下班仍没有改善, 决定改变查找方向。8日上午, 用榔头敲击4号线圈前端发现RSO波形有变化, 而敲击后端没有变化, 初步判断4号线圈前端匝可能有短路。电压分布试验也验证了这个判断(见表1)。



图1 负极4号线圈匝间短路时的RSO波形图

表1 第一次RSO试验波形异常时的电压分布数据

V

正极电压	负极电压	正4号线圈电压	负4号线圈电压
0.772	0.663	0.204	0.127
1.169	1.128	0.196	0.128
1.302	1.231	0.198	0.122
1.39	0.822	0.199	0.109
1.472	1.388	0.208	0.107
1.516	1.47	0.187	0.117
1.558	1.509	0.188	0.115
1.548	1.529		

7月10日上午开始查找故障点,先后焊开4号线圈的1~4匝线圈前端接头,将绝缘片抽出检查,并用临时导线将这些接头连接起来重新做RSO试验,RSO波形没有变化。直到第4匝线圈焊开后才发现4/5匝之间有一异物将绝缘刺破了一个孔(正好在两个端部绝缘垫条的搭接处)。

此外,在励磁引线绝缘发生故障更换完毕后,进行转子线圈在上超速平台前的RSO试验时,发现在Z极朝上和Z极在270°时波形也有一定程度的畸变。起初ALSTOM工程师认为与4号线圈匝间短路时的波形对比,波形畸变并不严重(见图2)。另外,此时的电压分布也没有发现明显异常。因此,ALSTOM分析认为波形畸变很可能是线圈长期在静置的状态下有变形或线圈未完全伸展两极不对称造成的,线圈匝间绝缘没有异常。



图2 负极7号线圈匝间绝缘被残留的异物刺破时的RSO波形

在我方的坚持和协调下,ALSTOM公司决定先将转子送到超速平台上,通风加热和高速旋转后,再进行RSO试验和电压分布进行确认。高速旋转后,RSO波形无明显变化,但电压分布发现负极7号线圈电压比其他大号线圈略低(其他每圈约0.9V,7号线圈0.718V)。此时怀疑负极7号线圈存在匝间绝缘短路点。撬开负极7号线圈后端1匝和2匝,果然发现有异物刺破了匝间绝缘。

### 3.2 D型导体间绝缘板耐压试验失败

2006年8月11日,转子导电杆安装完毕后开始进行导电杆和D形导体耐压试验(7.2kV,15s)。耐压试验前测量了两极对地绝缘电阻,均大于101GΩ,满足大于10GΩ

期望值。于是开始进行 Z 极对地耐压试验, 耐压试验过程如下: 线圈接地; OPP-Z 极导电杆和 OPP-Z 极 D 形导体接地; Z 极导电杆和 Z 极 D 形导体相连并连接到试验装置。电压升到约 6.0 kV 时, 装置保护动作, 并听到“啪”的放电声音。于是拆除试验装置, 并逐步拆除各部件查找放电点。将 D 形导体从中心孔抽出并检查两极 D 形导体间的绝缘板时才发现了放电痕迹。放电点位于离绝缘板前端约 40 cm 的边缘处, 放电痕迹直径约 5 mm。检查没有发现绝缘板有裂纹或孔洞。分析认为是绝缘板表面残留异物导致了两极 D 形导体间的放电。绝缘板虽没有明显受损, 但为了保险起见, 8 月 12 日重新更换了绝缘板。更换后耐压试验一次成功。

### 3.3 励磁引线超速试验后的耐压试验击穿

2006 年 8 月 24 日, 转子动平衡和超速试验已经完成, 开始进行转子在 3 000 r/min, 90 °C 时的 5.2 kV 耐压试验。当电压升到 5.0 kV 左右时, 转子对地放电, 随后检查转子 RSO 波形有异常, 初步判断转子或试验线路(临时电刷等)接地。待转子温度下降到 30 °C 左右, 将临时电刷与转子线圈的连接打开, 试验线路 5.2 kV 耐压试验通过, 而测量线圈对地绝缘电阻为零, 判断转子线圈有接地。转子完全冷却后将转子转移到车间通过电压分布试验发现故障接地点位于转子线圈端部, 电压分布结果如表 2。

表 2 励磁引线击穿后的电压分布结果

V

顶部线圈	70	顶部线圈	64.3	顶部线圈
	56.8		51.5	
	44.1		38.8	
	31.3		26	
	18.5		13.2	
底部线圈	5.8	底部线圈	0.5	底部线圈

根据电压分布试验结果, 首先怀疑励磁引线绝缘被击穿。将转子正极励磁引线拆下果然发现其直线段和上升断的结合处内侧有击穿放电痕迹。ALSTOM 公司此时认为正极励磁引线的击穿是一种非常个别的现象, 只需重新包扎 Z 极励磁引线绝缘即可。而我方认为应同时将负极的励磁引线也拆下检查, 出于对工期和经济利益的考虑(此时 ALSTOM 公司仍有在合同期内完成转子的检修而不受经济处罚的意愿), ALSTOM 公司不同意我方的建议。在我方一再坚持并给 ALSTOM 公司发正式的停工书面通知的情况下, ALSTOM 公司才停工进行根本原因分析和折中方案的考虑。实际上, 此时 ALSTOM 公司仍非常不愿意拆下负极励磁引线进行检查。在此情况下, 我们建议 ALSTOM 公司至少先进行负极励磁引线带线圈的 6.2 kV 耐压试验。结果负极的励磁引线居然也击穿, 拆下负极励磁引线检查发现了与 Z 极绝缘类似的击穿点。

为了调查引线击穿原因, ALSTOM 公司将两极励磁引线的绝缘都剥下进行了检查和分析。绝缘剥下后没有发现明显的分层和层间结合得不好的情况。但绝缘的外表面有起源于拐角的褶皱。

ALSTOM 公司最后分析总结故障原因如下。

励磁引线的绝缘包扎是一项纯手工的工作, 绝缘的质量很大程度取决于手工包扎的质

量。绝缘包扎完成后,需在模具上进行模压成型。励磁引线的拐角处,包扎的几层绝缘带的末端都在这里重叠,之间的缝隙要在模压的过程中靠树脂的渗透来填充,是绝缘包扎的薄弱点。励磁引线拐角附近也是运转起来后应力承受的最高点。以上所述因素决定了引线容易在拐角击穿。绝缘包扎得越好(主要是拐角处绝缘结合得越好),以及模压后绝缘表面越光滑,励磁引线在高速运转期间抗离心力的反向压力的能力则越强,破裂产生裂纹而击穿的概率则越小。

ALSTOM 公司认为由于工艺的原因,模压后拐角附近的褶皱不可避免。外观检查不能完全发现缺陷。只有通过选择有经验的工人,将绝缘包扎的好一点;在绝缘模压后,由工程师目视检查选择外观较好的产品来使用。而最终励磁引线质量是否完全合格,只有通过高速旋转后的耐压试验才能考核。

在此分析基础上,ALSTOM 公司更换了包扎绝缘的工人,重新由经验丰富的老工人包扎了两极绝缘。并由工程师和监造人员联合检查了绝缘模压后的外观。检查发现其中有一极包扎仍不太好,要求重新进行了包扎和模压。在随后的试验中励磁引线绝缘都通过了考核。

#### 3.4 转子后端轴颈处碾伤

在转子修理过程中,还发生了由于支撑座未清理干净导致的转子后端轴颈处碾伤的事件。起初,ALSTOM 公司认为碾伤是转子在大亚湾核电站的期间造成的。我方分析认为转子在大亚湾核电站期间根本不用此处做支撑,因此碾伤不可能是我方造成的。此时 ALSTOM 公司才承认碾伤可能是在修理期间造成的,同意由他们处理碾伤部位并免费提供一套油挡。处理措施是将后端轴颈局部削薄了 1 mm。

#### 4. 经验反馈及总结

本次转子返厂检修期间过程比较坎坷,出现了较多的质量异常事件,主要原因有以下几点。

首先是 STAFFORD 转子厂目前规模剧减,工人数量严重不足。在我们转子维修的同时,STAFFORD 工厂内囤积了 11 台转子和 2 台定子在进行维修工作,工人和车间工程师更是人手不够。由于车间数量的减少,工序的衔接也经常出现问题,常常出现一个工序完成后,等待车间进行另一个工序的现象。工人工作效率也不高,经常有工人站着聊天的现象。所有这些因素导致前期整个返修的进展很慢,仅拆装的过程就用了两个多月的时间。后期 ALSTOM 公司迫于合同期限的压力,出现了一定程度的赶工现象,质量问题也就随之出现了。出于赶工的原因,ALSTOM 对于后期出现问题后我们的一些处理要求也有一定的抗拒情绪。

其次,工人的技能也存在一定的问题。我们在监造初期就提出 ALSTOM 公司派最有技能的工人在我们转子上工作的要求,ALSTOM 公司项目经理也一直告诉我们在我们转子上工作的是最有经验的工人。我们从工人的年龄上看也似乎都比较年长有经验一点。但从实际工作过程来看,与技能相关的问题却出现了不少。焊接过程中焊渣两次残留在线圈中造成了匝间短路的问题,明显就是一个工作技能问题,在工人自己控制不好的情况下,工程师和监造人员很难发现焊渣掉到了线圈之间。励磁引线的绝缘失效按 ALSTOM 公司的说法也是工人包扎得不好。

再次,工人的责任心和我们监造的经验也有一定的不足。转子经常在各个车间吊来吊去,吊车的操作和支撑座的调整都由一个人进行。有时候吊运时不检查支撑座表面是否干净就直接放了上去,结果导致盘车时轴颈被碾伤。我们监造的初期看转子吊运时也主要关注是

否有磕碰的情况，而忽略了检查一下支撑座，出了问题以后才加强了这方面的关注。

虽然经历不少质量事故，但在电站各级领导和同事的严格要求和正确指导下，转子返厂检修工作圆满完成，转子最终通过了非常严格的出厂试验。

# 核电站应急抢修参考计划库建立与改进

刁立军

## 1. 核电站抢修参考计划库建立的必要性

核电站运行期间为确保其机组维持 in 安全分析报告中所定义的安全水平上，必须严格遵守《运行总则》(General Operation Rules)即运行期间的技术规范。其中运行限制要求当安全重要设备不可用时机组必须置于一个特定的安全模式。也就是说，某一安全重要设备故障后，如果在规定的时间内不能修复，机组状态也要后撤到规定的安全状态，以确保正常核安全水平，防止发生可能危及公众和电站员工安全的事故。针对重要设备（特别是能产生第一组 I<sub>0</sub> 的设备），在出现故障情况下若没有预案，无疑增加了第一组 I<sub>0</sub> 的消耗比。所以说，提前准备好相应的检修预案、抢修计划，是保证核安全水平、提高核电机组经济效益的关键之一。

由于是抢修，从组织机构的建立、计划的编制、工作票的准备等工作，都要求在尽可能短的时间内准备完毕，满足决策后抢修的迅速响应。编制便于可适用的、准确的、可操作性强的抢修计划，也是核电站计划专业人员可能遇到的最大挑战之一。如果没有一个可供参考的计划库，而所有编制计划必需的信息都靠临时收集，那么计划的编制将是不确定的，增加了出错的风险，难以实现“计划是龙头”的指导作用。

当然，核电站抢修计划体系是一个动态的应急管理工具，通过对核电站内外部抢修活动的总结或反馈，制定相应的参考计划，规定抢修组织机构、抢修计划的控制方法，最终使得电站的抢修工作能够在确保核安全、工业安全的前提下按预先制定好的抢修计划将故障设备在尽可能短的时间内恢复其原有功能，尽快使机组恢复正常运行状态，以使核电站的经济损失降到最低。同时，在整个抢修过程中，由于有预案，只需针对设备的故障情况做出适度调整，便可以使从抢修项目经理到每个参与抢修的工作人员都能够有条不紊，忙而不乱地开展

## 2. 参考计划库的构成

参考计划库是核电站抢修计划系统的核心，它主要包括机组操作、检修过程、专项计划、历史资料四大部分，如图 1 所示。

机组操作包括启停机操作和其他操作两部分。启停机操作，是机组从满功率到维修冷停

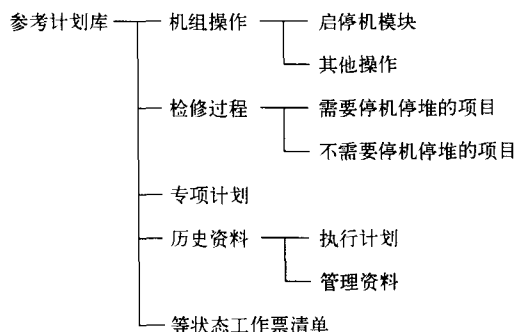


图1 参考计划库构成

堆（MCS），再到满功率的全过程，此部分操作可以满足绝大多数的设备检修。若需要反应堆退到换料停堆模式（RCS），甚至是完全卸料模式（RCD），则可以直接调用换料大修参考计划。其他操作主要是对于具体的一些重要设备检修前后需要进行的操作，如主变压器检修前的倒电，检修后的送电操作等。这些操作较为复杂和重要，而且会直接影响到抢修工期，因此需要专门编制计划。

检修过程主要是针对电站出现过故障或出现故障可能性较大的设备提前编制好预案。需要停机停堆的项目如主变压器、汽轮发电机、一回路主泵等。对于同一设备，有必要根据故障类型编制不同的检修计划。如主变压器维修，一般至少应有更换、就地检修、送厂检修三种方案；至于汽轮发电机，就更复杂，根据诸如发电机转子故障、定子故障、汽轮机叶片故障等编制不同的检修计划。

专项计划则是一些有针对性的综合性的计划。如大修后机组由大修项目组移交到日常项目组，但从并网到机组满功率还有很多工作需要完成，包括不同平台的参数确认及参数修改等，都要由日常生产项目组来完成，因此有必要编制专门的过渡计划。还要诸如紧急停机停堆后的启动计划，其过程与计划性停机停堆不同，也须提前编制好相应的应急计划。

历史资料包括执行计划和管理资料两部分。执行计划是一项抢修计划完成后，根据实际情况整理出的计划，这是计划执行后最重要的记录，每一次抢修任务完成后，都应该整理出执行计划。通过执行计划，可以找出计划编制中存在的问题，并及时反馈改进，有效避免重复错误的发生；另一方面，执行计划也是下次编制计划最好的参考。管理资料则包含历次检修活动的历史资料，如会议纪要、技术报告、组织机构、总结报告等。

等状态工作票是指部分缺陷因检修条件在机组或系统正常运行期间不能满足，而等时机处理。一旦机组或系统被迫停运，则应尽可能将相应等状态的缺陷在此次抢修中安排，以消除其对机组或设备安全运行的威胁。

### 3. 抢修计划的编制

#### 3.1 抢修计划编制的基本原则

(1) 做好计划的可调整性。“计划不如变化快”，一个计划一旦制定出来，可预见或不可预见的问题几乎一定会出现，如果可预见的问题会使计划出现重大偏差，诸如不同的存在多种故障模式的可能性等，则在一开始就要做好相应的应变计划。

(2) 保证计划的全面性。确保实施计划的人参与到计划编制的讨论过程中，最好组织



所有相关部门代表参加讨论会，确保考虑到各方面的问题。计划的覆盖面要包括它所要控制的范围及其延伸领域，如生产维修计划应覆盖电站所有的生产维修活动以及所有与之相关的其他生产活动，如检修方案、检修所需状态等因素。

(3) 做到计划的优化。抢修工期的确定原则是采用“时间优化”，时间优化就是在人力、物力、财力等条件有保证的前提下，寻求如何缩短关键路径上的作业时间的方案。关键路径上的作业在保障核安全和工业安全的前提下同时安排或交叉进行。工期按正常情况下完成一项作业所需要的时间，既能实现编制的计划最接近实际情况又能给维修人员以正常的作业时间工作，确保工作质量。

(4) 保证计划的可操作性。包括两个方面：一是符合实际，计划的编制过程中必须遵守各种规范及专项组讨论的方案；二是使用方便，要从使用者的角度对计划窗口的设置、关键路径的识别进行设置，力求简洁、易懂。

(5) 确保计划的及时性。一是调整及时，根据实际执行情况，迅速调整，从而指导各项工作的开展；二是快速响应，在事故或故障发生时应急抢修计划的迅速编制至关重要。

(6) 维护计划的权威性和严肃性。正式出版执行的计划通常都是由计划，各专业人员讨论达成共识的，并由计划人员编制而成，最后由相应管理人员签署生效的。所以，必须保证计划的权威性和严肃性，任何人都应严格按照计划执行，不得随意修改计划，对于新产生的问题，需要讨论后重新修正，并重新签署生效。

### 3.2 停机停堆抢修计划的编制

停机停堆抢修计划的编制过程一般如图2所示。

编制此类抢修计划除了遵循抢修计划编制的基本原则外，还需要注意以下的问题。

要明确检修所需状态。它是制定检修计划的最重要前提条件，确定了机组操作模块与检修模块之间的链接点。检修所需状态包括为保障核安全而按规定所要后退到达的状态、为保障人身安全和设备安全而要求设备所在系统的隔离范围、为保障工作正常进行而实施的现场布置（包括照明、脚手架）等。

检修所需状态是由故障设备所在系统的功能、故障类型、故障程度、核安全方面的专门规定等因素所决定的。首先是保证核安全、人身工业安全，其次是避免达到检修所需状态时，该设备本身会出现进一步的损坏或其他设备受到相关性的损害。检修所需状态直接影响到抢修计划的编制及后续工作的开展。

当故障设备上的抢修作业有放射性风险时，辐射防护人员必须参加抢修方案的制定，以确保核电站辐射防护最优化原则的贯彻和执行。

要清楚资源的状态。人力和工具是抢修工作的基本条件，这里的人力主要是指现场工作人员，包括支持人员；工具主要是指特殊工具或专用工具，如行车的使用，需确认行车的可用及哪些工作需要行车，可按需求建立逻辑关系，以避免发生资源的冲突。

### 3.3 设备检修计划的编制

单项设备系统停运抢修计划是针对次关键设备的，即这些设备故障后虽不会直接导致停机停堆，但却会直接或间接影响机组的正常运行，有些会导致机组降功率运行，甚至直接威胁核安全（Io设备）或存在自动停机停堆风险。这种单项抢修计划由于不涉及机组的启停，所以相对停机停堆的抢修计划比较简单。

编制此类抢修计划需要注意以下问题：

(1) 考虑当时机组状态（电网的要求、升降功率等）。

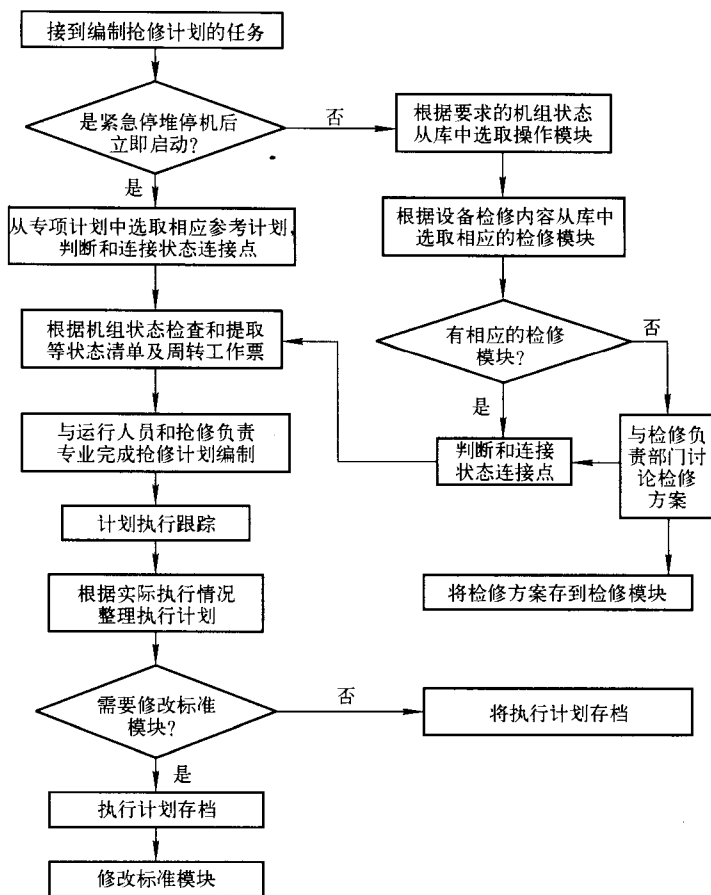


图2 停机停堆抢修计划的编制过程

(2) 考虑对其他设备的影响（直接影响或潜在影响），特别是所影响的设备存在某些缺陷时要充分分析这种间接影响可能造成的后果，并制定防范措施和应对计划。

(3) 考虑在抢修窗口期间尽量不再安排其他风险较大的检修和试验活动。

(4) 详细到项目组能够控制到的程度即可，避免将计划变成一份检修工艺。

#### 3.4 应变计划的编制

应变计划一般可以有两种形式存在，第一种形式是在计划中设判断点，如果是 A 则如何，如果是 B 则怎样，并把因此导致的不同工期用工期裕度的形式表现出来；第二种形式就是根据对故障模式的预想直接编制另一份计划，在必要时生效使用，这种形式往往是为了避免第一种形式可能引起的使用时的混乱。两种形式都可使用。

#### 4. 参考计划库的管理及改进

参考计划库实行模块化，即建立运行操作和检修模块，根据实际的需要进行组合，最终形成新的抢修计划。当然，对于不需要停机停堆的相对简单的检修工作，就不需要调用参考计划库。参考计划库按模块保存在指定的地方，并共享于相应的计划工程师，便于需要时及时调用。参考计划库的使用说明，包括了如何调用模块，如何创建新的抢修计划，如何进行计划库的维护等。

核电站中，随着设备运行时间的推移，暴露出缺陷的不断增多，以及管理工作的不断细化，越来越多的抢修计划需要编制。所以，参考计划库的管理及改进也凸显出重要的作用。参考计划库的管理及改进，主要有以下几个方面：

- (1) 完善参考计划库的计划内容；
- (2) 调用参考计划后需要根据实际进行反馈，完善参考数据；
- (3) 数据库信息的更正需要人员进行独立审核，保证数据信息的准确；
- (4) 及时更新、修改参考计划库的使用说明，更有指引性。

参考计划库对抢修工作起着重要的作用，计划库的不断完善建立在持续改进的基础上，只有建立在实际抢修基础上，并不断优化的参考计划库才是真正的、可操作的、有权威的，能指导抢修工作的计划库。当然，参考计划库的编制及实施都是建立在电站员工团结协作、互相支持、相互配合的基础上的。只有前瞻性的计划做好了，即使跨越不同部门的工作也能有序地进行，一切尽在计划之中也就不难达到了。

# 安全设备不可用分析流程管理

唐 琪

运行技术规范是机组正常运行期间保证安全的最低技术规则，对安全设备可用性的管理是运行技术规范中的一项主要内容。在技术规范中，对“可用性”有如下定义：如果可以证明某项设备或某个系统能毫无延迟地执行其特定功能，同时又具备所要求的性能水平，则认为它是可用的。

针对安全设备不可用（Io），运行技术规范按照设备参与的安全功能，将不可用情况分为两组：第一组 Io 和第二组 Io，对于第一组 Io，由于考虑到影响核安全三道屏障功能的完整性，所以规定了更加严格的维修期限或（和）机组开始后撤期限，期限最短到 1 小时，最长的可容许到 14 天。因此，对第一组 Io 的管理也是电站安全生产管理的主要任务。虽然可用性有了较明确的定义，但由于系统、设备可能出现的故障、缺陷种类繁多，对 Io 的界定一直就是核安全控制上的一道难题。如果对第一组 Io 界定错误，不但会直接威胁机组的安全水平、导致违反技术规范，还将严重影响电站的生产。经过多年的运行实践，在界定 Io 的问题上不但需要值长、STA 的分析判断，同样也离不开各专业处的支持。因此，为了加强对电站第一组 Io 设备的管理，从而为核安全问题的决策提供依据，2006 年电站编制了针对随机第一组 Io 的分析流程，建立了 Io 分析模板，以规范对界定 Io 过程的管理。

## 1. Io 分析流程启动和协调

Io 分析流程是为了集中电站各部门、各专业的技术力量，力求对第一组 Io 进行准确界定，参与整个分析体系的部门或个人，除 OPO/LPO 运行当班值、安全技术顾问（STA）、设备管理处（OPE）系统工程师外，根据故障情况，还将涉及到维修部门、技术部门的相关专业。当班值长负责启动 Io 分析流程，并确定需参与分析的人员。

Io 分析模板及分析流程适用于安全设备出现的随机故障，而且该故障将会导致或可能导致产生第一组 Io。但是，有一些第一组 Io 是能够通过简单分析就可以判断出的（如 ASC 系统水箱水位低于安全要求值），对于这类故障就不需要走 Io 分析流程。此外，对于那些要求在 1 小时内要求机组开始后撤或进行修复的疑似第一组 Io，也不需要走 Io 分析流程。因为整个分析流程需启用电站相关专业检查、分析、判断、处理，是需要一定时间的。

设备故障信息一般是通过定期试验、巡检、或者主控制室报警发现的，主控制室是故障

分析、处理的核心，针对导致或可能导致第一组 Io 的故障，由当班值长负责启动 Io 分析流程，协调、组织电站内的系统工程师、专业处人员进行技术分析，以便为其决策提供支持。在整个分析过程中，安全技术顾问 STA 始终保持其独立性，从安全要求、后果风险等方面深入评价，STA 对可用性的分析也需要其他专业处的技术分析材料。

## 2. 分析流程

Io 分析流程见图 1。

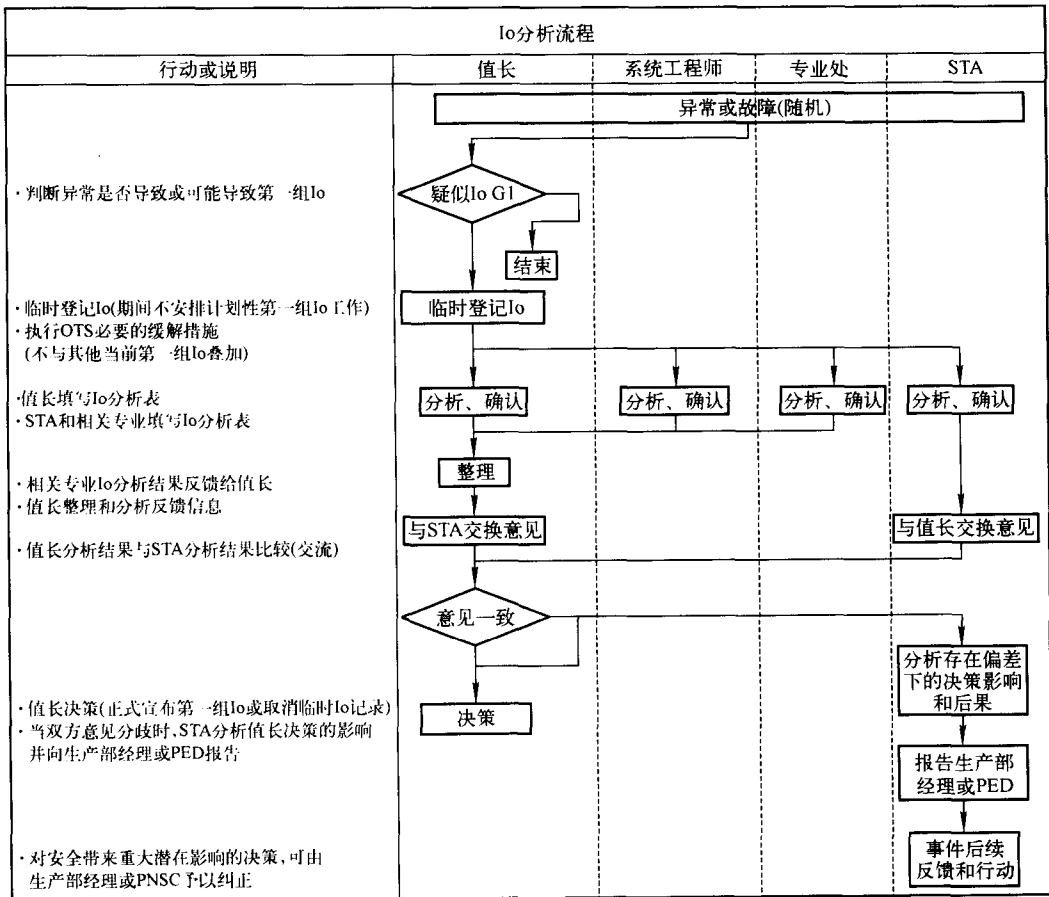


图 1 安全设备不可用分析流程

第一步：异常定性。从流程图看出，故障一旦发现，首先就涉及到定性问题，这个过程需要由当班值长负责判断、筛选故障是否会导致或可能导致第一组 Io。如果是，则需要启动分析流程。此时，通知相关的责任处及设备管理处、STA 等专业协调人员。

第二步：临时登记 Io。对疑似的第一组 Io，本着保守原则，由主控制室操纵员在白板或日志中记录，在确认前的这段时间内，还需根据运行技术规范（OTS）对应的 Io 条款，执行必要的缓解措施。除此之外，还需遵守技术规范对第一组 Io 的其他限制如：①在存在疑似第一组 Io 的情况下，当班值长不应再安排其他计划性的第一组 Io 工作（如定期试验等）；②如果机组上已经存在了其他的第一组 Io，应用技术规范时，疑似 Io 可不与其进行叠加，即不应用技术规范中的第一组 Io 累积规则。但是，考虑到一旦疑似的第一组 Io 得到确认，

其 Io 时间需从故障的发现时刻算起, 当班值长应考虑违反技术规范的可能性, 需对当前的计划性 Io 活动进行及时处理。

第三步: 分析确认。由当班值长、OPE 系统工程师、相关的维修部、技术部专业处进行分析确认, 同时值班 STA 独立进行分析确认, 值长在汇总 OPE 及专业处分析意见后应明确是否是 Io 的结论。相关专业处在进行缺陷分析时, 应重点分析缺陷对设备性能的影响和评价, 为值长和 STA 的 Io 分析提供参考, 分析确认时按照已制定的 Io 分析模板的格式填写。STA 根据获得的信息进行独立分析和确认, 分析结论也需给出是否界定为 Io 的明确信息。

第四步: 值长与 STA 碰头。以上分析确认完成后, 值长和 STA 根据各自的分析结论交换意见, 意见一致时正式宣布第一组 Io 或取消临时的 Io 记录, 对于确认的第一组 Io 起始时间, 应为故障发现的时刻。当值长和 STA 的分析结论不一致, 就需要采取如下行动: ① 根据《运行技术规范的遵守》, 运行值长对于 Io 的宣布和取消有最终权力。因此, 即使意见不一致, 也由当班值长确定是否正式宣布第一组 Io 或取消临时 Io 记录。② 对于值长与 STA 意见不一致的情况, 由 STA 负责分析存在偏差下的决策影响和后果, STA 将其分析直接向生产部经理或电站应急指挥 (PED) 报告。对安全可能带来重大潜在影响的决策偏差, 由生产部经理或电站核安全委员会 (PNSC) 予以纠正。③ 对这些有争议的 Io, 由 STA 组织各相关处进行讨论, 取得一致意见后共享, 避免对同样问题的重复争议。

第五步: 保存分析单。Io 分析流程完成后, 值长、STA、OPE、专业处等所做的 Io 分析单经过签名后保存在值长室, 由当班值长统一编号、保存和管理。

### 3. 结束语

在法国 EDF 电站中, 对于安全系统设备的缺陷、故障分析, 已有比较完整的流程。电站 Io 分析流程制定的目的旨在加强对安全设备故障时的规范化管理, 对电站安全管理的持续改进有非常重要的意义。

# 维修人员培训及技术授权体系的建立

李静宇

近年来中国广东核电集团的快速发展带来大量的人才需求,运营管理公司维修部在人才培养、输出带来的人力资源紧张的情况下,认识到人才培养速度和质量问题的严峻性,为了能适应集团发展需要,给员工提供更好的发展空间,维修部确定了建立维修人员培训和技术授权体系(MTA),明确人员培养的目标和路径,提高维修人才培养的主动性,通过多种形式的学习提高,以加速维修人才的培养。

## 1. 维修人员培训及技术授权体系工作流程

2005年底,维修部开始了维修人员培训和技术授权体系(MTA)的建立工作,通过多次讨论,最终确定MTA以维修技术授权为目标,以维修技能培训为核心,建立培训和授权相结合的系统,促进和推动员工的自我提升和快速成才。

MTA的工作流程是围绕MTA体系建立的目标和核心来制定的,它是以维修工作为基础,分析确定维修工作种类并根据其工作特点分为不同等级,根据各级别工作的技能要求编制单项维修技能培训任务书,明确培训内容及考核标准,制定培训计划实施培训和考核,同时在单项维修技能的基础上编制岗位培训的任务书,最终实现单项技术授权和岗位授权。

MTA的工作流程见图1。

## 2. 工作种类分级和单项技能培训任务书(SMTS)的编制

工作种类分级是MTA工作中的第一步,也是MTA体系的基础,它要求对所有维修工作进行研究和分析,确定各专业的主要工作种类并进行合理分级。维修工作种类划分要求不同的维修技能种类必须彼此之间有明显的不同,各种类依据技术难度和风险因素分别分为1~5级,在分级时还充分考虑避免过细带来的培训和考核任务的繁琐,避免过粗带来培训的困难。

经过反复思考和讨论,维修部各专业最终确定了91个工作种类,共361个级别,具体如表1。

工作种类和级别确定后的关键任务是编写各级别的培训任务书,即单项维修技能培训任务书(SMTS),SMTS的作用是描述为获得某一类别和某一等级维修技能授权而需要掌握的主要知识与能力。其描述的主要内容包括以下方面:

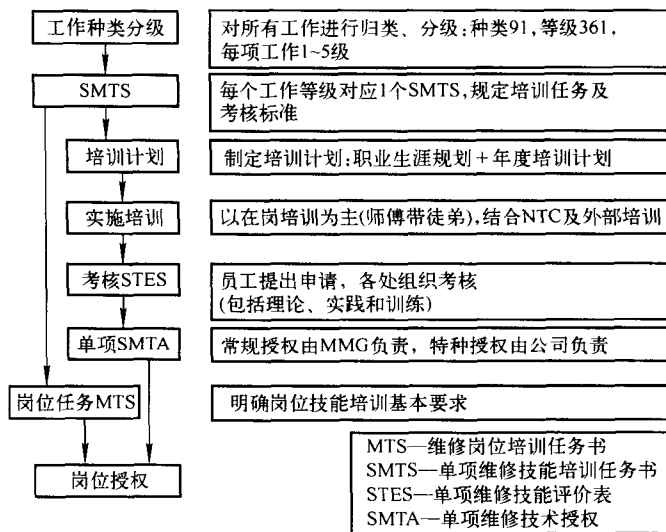


图1 MTA 工作流程

MTS—维修岗位培训任务书； SMTS—单项维修技能培训任务书；  
STES—单项维修技能评价表； SMTA—单项维修技术授权。

表1 维修部工作种类分级

个

单位	工作种类	SMTS 分级					合计
		一级	二级	三级	四级	五级	
MEE	18	18	18	18	17	11	82
MGS	14	14	14	13	13	9	63
MIC	22	5	22	22	20	14	83
MOT	7	1	1	3	7	7	19
MRM	17	7	17	17	13	5	59
MSM	13	10	13	13	11	8	55
合计	91	55	85	86	81	54	361

- (1) 工作种类、技能等级、培训编号；
- (2) 培训目的、培训对象、培训方式、培训单位、培训最低时间；
- (3) 授权性质、合格分数；
- (4) 培训内容、程度、评价方法、参考课程；
- (5) 编写人、校核人、审核人、批准人。

SMTS 中培训内容是指从事该类工作所需要的基本技能，是 SMTS 的核心，它主要包括具体培训内容、评价方法和参考课程，分为理论、实践和训练三个部分：理论是指该等级技能所需要掌握的理论知识、安全知识、流程知识、规章制度、行为规范等；实践是指与该等级技能有关的现场实际工作实践，通过真正的工作实践积累经验、证明能力；训练是指在车间或技能训练室通过在模拟件上进行训练来培训和验证的内容。

SMTS 要求针对每项具体培训内容都要有评价方法，评价方法是指验证学员是否已经掌



握技能的方式,可以是笔试、现场实践和操作训练等。

单项维修技能培训任务书是员工培训的依据,是提供给员工的指导和要求,培训任务书的质量直接关系到员工培训的效果。为了提高培训任务书的质量和可执行性,维修部对培训任务书中各项内容的编写都制定了详细的要求,并通过双周会上对各处的培训任务书进行及时审查和纠偏,严格控制培训任务书的质量。

2006年初,维修部完成全部361份培训任务书的编写,每份培训任务书都从维修工作的实际技能需要,明确了培训的具体内容和考核评价方法,并提供了供学习使用的参考资料或课程。

### 3. 培训计划制定和实施

培训任务书是指导员工培训的基础,而员工的职业生涯规划 and 培训计划的编制是确定员工培训的方向和具体的任务。

职业生涯规划是对员工的发展制定的中长期培训计划,维修部要求各处制定员工的职业生涯规划至少涵盖员工3年的发展方向和培训内容,制定职业生涯规划时还必须充分考虑公司发展、本专业要求以及个人专长等。

培训计划是年度培训计划,包括了技能训练计划、专项培训计划,是依据员工的职业生涯规划制定的员工年度培训实施计划。

培训计划中要求确定培训对口人或培训指导,培训对口人和培训指导的职责都是指导员工的现场培训,对其资格和选拔都有明确的要求。但是培训对口人和培训指导又有着不完全相同的职责。

培训对口人是针对新员工到岗1~2年内,负责根据新员工的年度培训计划制定和落实具体的培训实施计划、帮助新员工建立基本的安全意识、传授基本技能知识和行为规范,以及安排培训指导和组织考核等。

培训指导(师傅)适用于所有的影子培训方式的培训,只针对具体的SMTS,其职责是负责辅导理论知识、操作训练,并负责带领或安排学员从事实践工作,在培训实践过程中,对现场和学员的安全、工作质量负责。

2006年,维修部开始在2004,2005,2006届员工正式推行MTA的培训,建立了员工的职业生涯规划 and 年度培训计划,正式实施员工单项技能培训。

MTA培训实施的方式是多样性的,理论培训主要有技能训练中心的技能基础理论课程和各处组织的在岗专项培训。训练部分有技能训练中心的实操训练和现场组织的训练培训。实践部分则是真正直接的进入维修现场,在培训指导或是工作负责人的带领下,实际进入工作角色。除了这些专项培训的方式,更多的培训是在日常的工作中,员工在对口人或培训指导的帮助下进行自学提高。

### 4. 培训考核和单项维修技术授权(SMTA)

培训的效果评价是人才培养的关键步骤,培训考核不仅是对培训结果的真实评价,也是培训的导向,考核的严格与客观可以给员工培训的正确导向。建立MTA体系同时考虑了培训与考核的结合,所有单项维修技能都必须经过相应的考核才能够取得授权。

考核的方式针对培训任务书中的三个模块,制定了不同的考核评价方式:

理论培训:采用闭卷笔试,考试题目由各处负责出题,在MTAS试题库中自动生成试卷(可以随机或手动生成试卷)。

实践部分:采用能力验证的方式,即所有实践的内容必须由相应的现场工作作为验证,

员工现场的工作评价由工作负责人或是直接主管从工作质量、工作态度和安全生产行为三个方面进行评价,判断单项工作是否合格,同时现场实践工作的次数必须满足培训任务书的要求。

训练部分:采用实操的方式,主要是通过技能训练中的实操或是其他实操方式来验证。

综合评价:采用综合性口试,口试内容由各处考核小组负责,也可以由 MTAS 系统数据库自动生成,通过员工的回答情况评价最终结果。

MTA 培训考核为了能严格控制培训质量,达到培养合格人才的要求,对培训考核合格的基本要求进行了明确规定:培训考核采取满分 100 分制,合格成绩的基本条件是 SMTS 中规定的所有单项技能考核成绩 $\geq 75$ 分,且总评成绩 $\geq 80$ 分。

培训考核的流程是员工完成某项 SMTS 培训后,从 MTAS 系统中申请该项 SMTS 的考核,经科长和培训工程师审核后安排评委组织考核,最终结果需经培训工程师、处长审核后由维修部经理(MMG)签发授权单项维修技术授权证书(SMTA)。

单项维修技术授权(SMTA)根据授权对象、授权性质和期限,进行了不同的分类:

- (1) 对象分类:分为正式授权和临时授权;
- (2) 性质分类:分为核电特殊技术授权和常规授权;
- (3) 期限分类:分为长期授权和固定期限授权。

2006 年度,维修部各专业共计完成了 253 人·次的理论考试,其中 80% 已完成实践和训练部分的考试,全部通过考核达到 200 人·次,总体通过率约为 87%。

## 5. 老员工技能评估

MTA 体系建立之后,顺利推进了 2004、2005、2006 届员工 MTA 的培训和考核,已验证对于新入职员工进行系统化培训是可行的和有效的。但是,对于已经在岗的员工,如何进行已有技能与 MTA 分类分级的对应,确定其已有单项技能授权,是全体已在岗员工通过 MTA 开展系统培训的基础,也是全面推行 MTA 的关键。

维修部根据 MTA 体系的要求,经过研讨确定,对维修部全部已在岗的员工现有的技能情况依据 MTA 的分类分级进行评估。评估的统一流程是各专业依据员工申报、处长亲自组织评估小组进行评估、最终结果经理审批,评估的原则为客观、公正地以 SMTS 的要求为基础,对员工的实际技能水平进行评定,员工不服评估结果的,允许其申报考核。

维修部各处依据统一的原则,根据各专业的实际特点,制定了更细化的评估方法,对老员工的技能水平进行评估。2006 年度,维修部完成全部老员工的技能评估,并得到员工的个人确认。

老员工技能评估结束后,将以此为员工培训的新起点,严格按照 MTA 的流程要求展开系统化的培训与授权。2007 年将开始制定老员工的职业生涯规划 and 年度培训计划,正式在维修部全面实施 MTA 培训授权。

## 6. 岗位培训任务书

岗位培训任务书(MTS)建立的目的是明确维修各岗位技能基本要求,即明确各岗位需要掌握的最少技能种类和等级要求。岗位培训任务书的建立将单项维修技能授权与岗位紧密结合起来,将推动和促进员工对单项维修技能的学习掌握。

2006 年度维修部在单项技能培训和授权流程的基础上,针对每个岗位的工作任务和技能需求,明确各岗位需要的基本技能,完成了 285 个岗位的培训任务书(MTS)的编制。

## 7. 管理制度和管理系统

维修人员培训及技术授权体系(MTA)的建立是一项新的尝试,维修部在不断摸索和

探讨中,逐步形成了基本的思路和体系框架,为了能更好地规范 MTA 体系的建立过程及内容要求,维修部组织编制了《维修人员培训及技术授权管理规定》,作为指导 MTA 工作的管理程序,明确了维修人员培训及技术授权中各级人员的职责,确定 MTA 培训和授权的流程,使 MTA 体系更加完善。

MTA 体系建立的同时,为了规范管理 MTA 培训和技术授权流程,维修部组织建立了维修人员培训及技术授权管理系统(MTAS),该系统是作为 MTA 管理的工具,实现了维修人员培训及技术授权的电子化流程,目前系统的一期开发已结束,从功能模块上来说,已完成了技能评估、培训计划、试题库等多个主要模块的开发,基本满足了 MTA 培训和技术授权实施的需要。

#### 8. MTA 工作存在的问题和改进

MTA 体系建立的宗旨是鼓励员工一专多能、均衡发展,在 MTA 建立和员工的实际培训过程中,充分体现了这一宗旨。MTA 不仅鼓励员工多学技能,也引导员工钻研单项技术,提高分析解决问题的能力,提高自主维修的能力,这也将进一步推动维修核心竞争力的提高。

MTA 体系的建立和实施已取得了初步的成效,有 200 多人·次参加了 MTA 的培训和考核,培训和考核给维修员工带来了学习的压力和动力,主动学习提高、积极要求进入现场实际工作已蔚然成风。老员工的技能评估已完成,即将正式进入培训系统,维修人员培养的阶梯已初步形成。

但是,一个新体系的建立,都会存在一些问题和不足,为了能尽快完善 MTA 体系,维修部对 MTA 工作中存在的问题进行了分析总结,发现存在以下几方面的问题:

- (1) 培训任务书使用过程中发现存在部分工作种类或级别划分不尽合理;
- (2) 培训计划与培训中心的年度个人培训计划(ITP)结合不紧密;
- (3) 培训考核试题库题量不足,题目抽取方式灵活度不够;
- (4) MTA 考核流程缺少外部监督机制;

(5) 用于技能培训的训练设施不足,只能满足一些通用且基本的维修技能训练,训练内容与现场脱节。

这些问题和不足的改进,是维修部 2007 年 MTA 推进的工作重点,维修部已针对发现的问题与不足,制定了管理改进计划,将在 2007 年组织 SMTS 的升版、制定老员工培训计划并实施、完善考核授权流程、完善试题库和 MTAS 系统,进一步完善 MTA 体系,加强维修人才的培养,建立完善的人才培养机制。

## 核电站维修自主化推进工作

金航军

近年来,我国政府开始高度重视核电事业的发展,2006年3月23日召开的国务院常务会议审议并原则通过了《核电中长期发展规划(2005—2020年)》,其中明确提出了“积极推进核电建设”的方针,“坚持自主设计和创新”,要求逐渐“形成比较完整的自主化核电工业体系和核电法规与标准体系”。根据中国的核电发展规划,核电比例将由目前的不到2%提高到4%,可以说中国核电的发展将迎来了一个春天,这既是机遇也是一个挑战。因为核电事业需要专业人才与核心技术,而真正的核心技术用钱是买不来的。到目前为止,中国先后有十多台核电机组投入运行或开工建设。在坚持自力更生方针的同时,积极引进先进技术,提高核电科研开发能力,增强核电设备制造及核燃料生产能力,缩小了与世界先进水平的差距。但同时也要看到,核电在自主设计制造能力方面薄弱,管理体制不完善等问题,仍制约着核电事业发展。所以核电自主化是摆在中国核电发展的关键问题。

中国广东核电集团公司领导一直非常重视核电自主化建设问题。由于核电行业难度高、核安全责任重,因而自主化、国产化的复杂性和难度大大高于其他行业。核电自主化包括自主设计、自主制造、自主建设与自主运营。然而面对困难与问题,中国广东核电集团公司始终以积极主动的态度,迎难而上,循序渐进地推进自主化战略。

维修工作作为核电站运行过程中的重要技术保障,核电站自主维修是核电自主运营的重要内容。核电站自主维修是指核电站人员已经具备了维修技术准备、故障诊断能力、维修方案制定和现场实施能力,并且已承担了(或在规定期限内已承担过)实际的维修实施工作。为了进一步推进自主化维修、适应战略发展的要求,核电站一般更倾向于自主化维修能力的概念。所谓的自主化维修能力就是自主化比例,是指核电站人员有能力自主维修的核心维修活动业务数量占有所有核心维修活动业务数量的比例,它反映了维修领域关系到核安全、风险高、技术难度大的核心业务的自主化程度与水平。中国广东核电集团公司的这种能力表现为:中国广东核电集团公司范围内,在资源许可的情况下,中国广东核电集团公司的人员可以独立实施核心业务;在资源不许可的情况下(主要考虑人力资源的不足或节约成本的问题),可以将一部分核心业务的现场实施工作承包给外部单位(包括专业维修承包商或厂家),但工作准备(包括方案确定)、程序和质量控制(QC)仍由中国广东核电集团公司人

员负责。

然而，自主维修能力应该从什么范围来确定？什么样的维修活动应该可以用以考虑在自主维修？是不是所有维修活动都是可以作为衡量维修自主化能力的的数据？众多维修活动对自主化程度贡献是否应该有权值上的差别？一系列问题摆在了我们面前。

从 2005 年起，维修部开始着手推进自主化维修工作。在制定自主化维修推进工作方案和工作计划的时候，电站采取了“化整为零”的做法，即，将核电站的维修工作分解成一项可以单独实施的维修活动，每一项维修活动都包括维修准备和维修执行两个方面。为了便于准确的描述这些维修活动，电站采取了标杆参照的方式，根据大亚湾核电站和岭澳核电站的维修活动具有相同特点的特性，将大亚湾核电站 10 年维修大纲中 0 号、1 号和 9 号机组设备和与大亚湾核电站相比具有技术不同点的岭澳核电站设备的预防性维修（包括试验）所对应的 9 908 项维修活动（标准工作包）作为统计对象，同时将发生过的纠正性维修活动与相同等级的预防性维修活动进行比对，经过分析后认为 9 908 项维修活动（标准工作包）能够代表了现阶段核电站所有的维修活动。

由于核电机组数量的增加、新技术在核电机组上的应用以及维修活动的优化和改进，维修活动（标准工作包）的数量会不断增加或减少，维修活动的类型和性质也将在未来发生变化，目前所确定的代表了现阶段核电站所有维修活动的 9 908 项典型维修活动也将随着内外部情况的变化予以调整。

2006 年，随着中国广东核电集团公司发展战略和中长期规划的出台，自主维修能力建设工作的推进也纳入了中国广东核电集团公司及大亚湾核电运营管理有限责任公司的发展计划中。自主维修能力作为中国广东核电集团公司的战略竞争能力提了出来，自主维修的概念也随之逐渐清晰。经过研究，根据维修业务本身的技术难度，以及维修业务对设备和机组在安全和可用率方面的影响，电站建立了技术等级和风险等级两个方面的评价指标，其中技术等级由维修等级（维修深度）和技术（技术复杂程度）等级两个评价指标组成，风险等级由核安全风险和可用率风险两个评价指标组成，每个评价指标都分 5 级，并以此对 9 908 项维修活动进行了分类，最后根据一个得分值来确定该维修活动属于哪类活动。核电站维修活动分成一类维修活动、二类维修活动、三类维修活动。最后得分  $\geq 70$  分的就属于一类维修活动（即核心维修活动）。维修活动分类见表 1。

表 1 维修活动分类

维修活动分类	一类	二类	三类
划分标准	$100 \geq \text{总分数} \geq 70$	$69 \geq \text{总分数} \geq 40$	$39 \geq \text{总分数}$
活动特征	核心维修能力、 高技术、高风险	重要维修能力、 常见技术、中等风险	一般技术、低风险、 完全外包

维修活动详细分类与界定方法见表 2。

表2 维修活动详细分类与界定方法

分类因素		分级	得分	定级	分类因素		分级	得分	定级
技术 50 0.5	维修 等级 100 0.3	1级	6		风险 50 0.5	机组 可用 率 100 0.25	1级	5	
		2级	12				2级	10	
		3级	18				3级	15	
		4级	24				4级	20	
		5级	30				5级	25	
	专业 等级 100 0.2	1级	4			核安 全 100 0.25	1级	5	
		2级	8				2级	10	
		3级	12				3级	15	
		4级	16				4级	20	
		5级	20				5级	25	
技术得分合计					风险得分合计				
活动总分					维修分类				

目前,对于大亚湾核电站和岭澳核电站共4台百万千瓦级核电机组而言,根据保守统计,电站在核心业务的自主化维修能力方面已经达到50%以上,反应堆、蒸汽发生器、主泵、主汽轮机(低压缸部分)、主发电机和励磁机(电气部分)等核心设备已经基本上实现了自主化维修。预计到2010年,维修核心业务的自主化能力将达到90%以上,届时,岭澳核电站二期CPR1000系列机组特有的设备的自主化维修工作也将全面展开。目前维修部自主维修关键领域见表3。

表3 自主维修关键领域

序号	攻关项目	目前进展
1	主发电机电气部分维修	大亚湾核电站1号机组第十一次大修已经完成,维修质量良好,正在等待1个循环的检验
2	主励磁机电气部分维修	大亚湾核电站1号机组第十一次大修已经完成,维修质量良好,正在等待1个循环的检验
3	RCP主泵水力部件更换	大亚湾核电站1号机组第十一次大修已经完成,维修质量良好,正在等待10个循环的检验
4	主变压器和厂用变压器维修	工作计划已经在2005年启动,人员培训及准备工作按计划进行,已经掌握核心技术,等培训足够的人员后,完全自主维修
5	PMC机电一体化维修	工作计划已经在2005年启动,人员培训及准备工作按计划进行,部分维修活动已经实施,开始逐步减少外籍顾问
6	主汽轮机维修	大亚湾核电站1号机组第十一次大修已经完成1号低压缸维修,维修质量良好,正在等待1个循环的检验 因大修计划的原因,2010年以前只有岭澳核电站有高压缸维修,但涉及改造项目不宜自主维修(工期问题),自主化维修需要推迟到2012年大亚湾核电站的大修
7	主发电机和励磁机机械维修	工作计划已经在2005年启动,人员培训及准备工作按计划进行

随着工作的推进,各处自主维修能力在不断提高。截至2006年7月份,维修部各处核心维修活动数量及自主维修程度如表4。

表4 维修部各处自主维修能力统计

专业	核心维修活动总数	有能力自己完成的核心维修活动数量	自主维修能力/%
电气	729	383	52.5
仪表	450	394	87.6
转机	195	130	66.7
静机	817	250	30.6
服务	157	71	45.2
合计	2348	1228	52.3

随着自主化维修工作的不断深入推进,自主化维修带来的绩效开始彰显出来,维修人员得到了培养,维修质量逐步提高,机组的安全和能力因子得到了保障,大修安全、质量、工期和成本持续下降,尤其是大亚湾核电站1号机组首次十年大修在保障了安全和质量情况下实现了65.06天的工期,与EDF同类机组十年大修相比,节省工期20多天。

尽管如此,我们应该清醒地认识到,电站在大型商业运行核电站维修领域的自主维修能力的推进上,仍处于起步阶段,随着岭澳核电站二期、阳江核电站等新型核电站的建成,我们在自主化维修方面还将面临更多的挑战。我们将努力打造一支专业水平较高、技术门类较广的自主化维修队伍,为广东核电发展的自主化作出贡献。

# 多基地运营人员培养工作全面启动

## DNMC 培训中心

随着中国广东核电集团公司核电新项目的不断增加,各核电新项目对运营技术人才的培养需求愈加迫切。在集团的宏观管理和指导下,大亚湾基地作为集团目前唯一的运营基地,承担着集团运营培训统筹管理及培训实施的重任。可以预计在未来的五年间,大量的新项目运营人员将被派遣到大亚湾基地参加各类培训,基地所承担的各类培训量将不断增长,培训任务也将愈加繁重。因此,必须根据现有资源与培训经验分析评估自身能力,同时预测今后需求,找出差距;并通过对运营培训进行总体规划,合理利用并调配资源,提高培训能力;在实施运营培训统筹管理的过程中,不断完善现有的运营培训体系,逐步形成 CPR1000 运营培训标准化体系,并更好地发挥培训基地作用。

### 1. 培训需求预测及大亚湾基地培训支持能力评估

参照 DNMC 各类人员配置比例, DNMC 对未来五年内在大亚湾核电基地培训的中国广东核电集团公司新项目运营队伍新增员工(包括岭澳核电站二期生产准备人员)数量做了预测,结果见表 1。

表 1 核电新项目可能派赴大亚湾核电基地培训的新增员工人数预测

人员类别		2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
运行人员	持照人员	67	112	123	97	122
	非持照人员	66	111	123	97	121
	小计	133	223	246	194	243
维修和工程技术人员	院校招聘	177	295	338	397	485
	社会招聘	45	74	85	99	122
	小计	222	369	423	496	607
其他技术支持人员		95	158	181	213	260
总计		450	750	850	903	1 110

从上表可见,2006—2010 年期间培训人数总计将达 4 063 人;预计到培训高峰期,将



有 1000 ~ 1200 名新项目运营人员同时在大亚湾基地参加培训及实习。

同时, DNMC 对大亚湾基地培训支持能力进行了详细分析及评估, 并根据评估的结果制定了相应的培训设施建设及师资队伍培养计划, 通过提高大亚湾基地的培训能力并优化培训资源的配备及使用, 使基地的培训能力满足各新项目运营人员的培训需求。

## 2. 大规模运营培训实施的方法与手段

如何通过科学合理的规划, 最有效地利用大亚湾基地宝贵的培训资源, 从而既能满足新项目的总体培训需求, 又能符合基地最大的培训容量。DNMC 根据集团运营培训统筹管理的精神, 提出“急用先行、教员优先、执照保证、兼顾公平”的 16 字方针, 并重点开展了以下几个方面的工作。

### 2.1 建立培训标准

面对如此大规模的运营培训负荷, 要保质保量地完成培训任务, 首要的工作就是分析明确新项目人员的培训需求, 并根据该需求设置课程, 构建各类人员的培训流程并逐步形成标准, 最终建立一种快速培养人才的模式。DNMC 根据多年的运营培训经验, 按照系统化培训 (SAT) 的方法, 初步制定了运行、维修与工程技术、其他技术支持三类人员的标准培训流程, 流程中各个培训阶段的课程模块业已基本建立, 图 1 为维修人员标准培训流程。

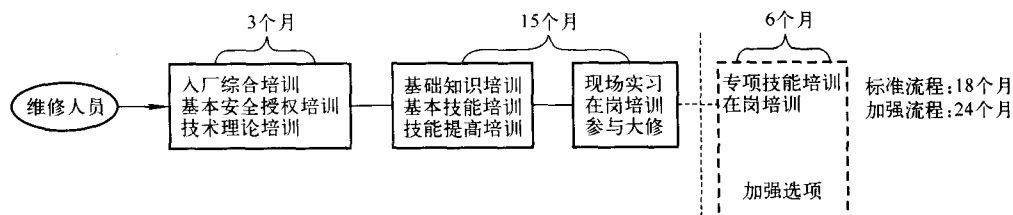


图 1 维修人员培训流程

### 2.2 制订精确培训计划

开展大规模运营培训是一项复杂的系统工程。就目前各新项目公司提出的培训需求来看, 体现出培训人数多, 培训批次多, 培训周期长, 培训的课程量大、培训的方式及手段多样化等特点, 如何圆满的完成培训任务并达到培训目标, 制定一个科学合理的培训计划是关键。DNMC 培训中心与各专业部门协商, 业已制定出以下运营三级培训计划。

#### (1) 五年总体计划 (一级计划)

根据新项目人员培训需求, 充分考虑了各类培训资源制约因素, 并通过各种培训手段及途径的充分运用, 对各批次学员培训进行灵活交叉安排, 调节培训峰值从而形成切实可行的五年总体计划。该计划主要目的是明确在各时间窗口 (以季度为基本时间刻度) 学员应于何地参加何类培训。

#### (2) 年度培训计划 (二级计划)

在五年总体计划的基础上, 在当年度未经 DNMC 与各公司明确下一年度的培训需求后, 制定出年度培训实施计划。在该计划中以月度为基本时间刻度, 并明确各公司各批次实习人员在本年度应参加的课程、课时及培训方式。

#### (3) 月度执行计划 (三级计划)

根据运营培训年度计划以及实际情况制定出月度滚动培训计划, 该计划已明确具体的课

程及开设时间,并已落实教员、学员、相应的教材、教学场地及教学设施等,按月进行滚动安排。

通过上述三类计划统一调度各种培训资源,并发挥计划的龙头作用,灵活交叉安排各类人员参加各类培训课程,最终通过计划的顺利实施来保证培训目标的完成。

### 2.3 确立运营培训途径及培训方式

为满足各新项目公司人员的培训需求,必须以创新的工作思路来考虑大规模新员工的有  
效培训途径,并优化培训实习流程。目前大亚湾核电基地在完善常规方式培训的基础上,还  
通过开辟新的培训途径及手段来加大培训力度,并保证培训效果。

常规的培训途径:

- (1) 基本安全及技术理论培训;
- (2) 基本技能及专项技能训练;
- (3) 现场跟班实习及在岗培训;
- (4) 技能训练中心进行技能专项培训;
- (5) 运行模拟机培训(原理模拟机和全范围模拟机)。

新建立的培训途径则包括非在线运行培训值培训和外部实习及专项培训。

除此之外,工程安装调试培训也将作为新项目人员的一种重要的培训手段。

### 3. 多基地运营培训初显成效

按照运营培训的总体规划,经统计,截至2006年12月,在DNMC培训实习的各新项目  
公司人员(包括岭澳核电站二期)已达565人,他们分别来自阳江核电站、红沿河核电站  
及宁德核电站、台山核电站(已转至DNMC),其培训目标岗位广泛的分布在电站运行、维  
修、技术等各个专业及部门,正按照电站各类人员标准的培训流程参加培训、实习及考核。  
需要特别指出的是,阳江核电站在DNMC实习的2004届学员已圆满完成运行操纵员的资格  
培训并考核合格,即将参加下一阶段的模拟机培训。另外,根据已落实的培训计划安排,在  
2007年度各新项目公司还将委派各类人员共计339人到大亚湾基地参加培训实习,DNMC  
业已按此计划,做好了各项培训及行政后勤方面准备工作。

做好了运营培训标准化工作及统筹管理的工作,也就为中国广东核电集团公司建立了一  
条运营人才培养的快速通道。下一步DNMC将根据运营培训的总体规划,通过对运营培训  
体系的各个方面,包括运营人员分类及培训目标、培训流程、模块化课程体系、组织实施方  
法、培训评估机制、培训授权制度等进行不断改进和完善,逐步形成CPR1000运营培训标  
准化体系,使运营人员培养能力成为集团发展的核心竞争力之一,并为国家大规模快速培养  
专业技术人员提供实践经验。

# 核电站技术改造中长期规划与管理

董超群

## 1. 目的与背景

技术改造是运营核电站实现安全性和经济性战略目标的重要手段，也是与运行、日常维修、机组大修、设备管理、财务等关联度较高的重大生产活动。为方便群堆管理，维持大亚湾核电站和岭澳核电站安全水平的相对一致性，统一考虑提高电站的经济性，控制改造项目对日常生产和机组大修的影响，有必要在公司长期战略目标的指导下对改造项目进行中长期规划。

目前大亚湾核电站通过第一个十年安全评审（PSR）和十年改造（GTM1）的实施，其安全水平已经接近或达到岭澳核电站的水平，并已经初步解决了机组存在的一些重大的设计缺陷问题，两电站重大的技术不同点也已经基本消除。这是大亚湾核电运营管理有限公司对两电站统一进行技术改造中长期规划的现实基础。

## 2. 目标

核电站技术改造长期规划旨在通过技术改造项目的规划与实施，达到安全性和经济性两个方面的目标。安全目标是参考最新的核安全法规和国内外良好安全实践，分析偏差，基本达到同类机组最新的安全水平（EDF/CPY/VD2 安全参考水平）。经济目标是缩短大修工期，提高能力因子；降低发电成本；提高设备的可靠性减少非计划停机、停堆；解决重要设备和部件备品备件问题。

## 3. 方针

提高安全水平的改造主要来源于十年安全评审（PSR）审查结论，每十年成批的提出并实施；提高电站经济性的改造，应作为电站运行期间的工作重点，并尽量每五年成批实施。

中长期技术改造要做到以下几点。

### （1）遵守安全、环保法规

改造项目的确定和实施，必须考虑国际原子能机构（IAEA）和核安全法规（HAF）以及环境保护法规等有关规定，对于不能满足法规要求的缺陷，应在 PSR 中进行审查评估后，尽量在长周期大修（十年大修）中实施。即每十年通过 PSR 全面系统的评估法规变化情况对电站的影响。但是对于不满足原设计安全要求的缺陷应立即启动相应的纠正行动。

## (2) 确保安全水平一段时间的稳定性

PSR 改造项目确定和实施后, 首先必须确保电站在下一个 PSR 实施前不进行重大的提高安全水平的改造, 以确保电站的安全水平在一段时间内 (十年) 是保持相对的稳定, 以利于电站的运行管理。

## (3) 提高电站经济性

为了提高核电在电网中的竞争能力以及经济效益, 需要重点考虑提高机组可用率、大修优化、降低发电成本以及提高重要系统和设备的可靠性的工程改造。

## (4) 适当考虑远期重大改造的前期研究工作。

# 4. 策略

## 4.1 项目来源

技术改造中长期规划的来源有以下几种。

一是电站的十年安全审查 (PSR)。十年安全评审的目的是为了全面了解核电站的实际安全状态, 根据定期安全评审的法规要求和核电站原设计的安全标准要求, 检查该电站与最新的核安全标准和国际核电站良好实践的符合性, 并针对发现的偏差实施可行的纠正措施, 确保电站在运行寿期内始终保持并提高安全水平。审查范围涉及实际状态、安全分析、设备鉴定、老化管理、安全性能、经验反馈、程序、组织和行政管理、人因、应急计划、环境影响共 11 个安全因素。如前所述, 在两个 PSR 之间, 应保持电站核安全水平的相对稳定性。而 PSR 对电站核安全的审查是全面和深入的, 而且除检查原设计的安全标准外, 还综合考察最新的安全标准和国际同行的良好实践, 因此以 PSR 的评审结论和改进建议为重大安全相关的技术改造的来源是恰当的。

二是来自于内外部的经验反馈, 尤其是 EDF 同类电站的经验反馈和美国压水堆核电站在提升机组发电能力方面的良好实践。大亚湾核电站和岭澳核电站均属法国 900 MW CPY 系列, 因此法国 900 MW 的 CPY 系列电站研究和实施的改造是大亚湾核电站和岭澳核电站最好的参考。从 1986 年开始, EDF 制定并实施了对系列电站的集中管理、分批实施的改进政策。到目前为止其 CPY 系列机组已实施、正在实施和即将实施的改进计划包括: 第一个批改进计划 (Lot EFP); 第二个批改进计划 (Lot 93); 第三个批改进计划 (Lot VD2); 目前正在研究第四个批改进计划 (Lot VD3)。EDF 为保证改进项目的质量, 减少盲目性, 保证准确无误, 实施了运行机组改进工程。该工程由 EDF 牵头, 联合了电站运行、维修和研究设计等部门对提出的重大改进项目进行可行性研究、初步设计、工程招标, 直至完成全部改进实施文件。EDF 批改进实施的基本原则是: 保证同一系列机组改进的一致性; 不因改进而延长大修周期; 涉及到多系统的改进项目应在一次大修中完成; 改进项目应首先在参考机组上实施, 取得经验后再向其他机组上推广。通过对 EDF 批改进计划的分析和研究, 对大亚湾核电站和岭澳核电站在工程改造方面采用成熟技术, 降低研究费用均有重要意义。

三是核电站现场日常安全生产和维护中暴露出来的异常和缺陷。特别是系统和设备管理中发现的潜在的和前瞻性的问题。比如根据系统设备的趋势分析提出的改造需求、对因技术发展原厂家不提供备件而不能维持原有系统 (特别是仪表控制系统) 的正常运行的预测等。这些都是技术改造中长期规划的研究对象。

## 4.2 项目分类

按改造的效果和功能, 改造项目可分为以下三类。

一是维持或提高安全水平的改造。①满足法规要求, 又可分为满足 NNSA 的要求和满足

环保法规要求；②提高（改善）核安全水平的改造，有以下几种情况，即：减少或减轻初因事件，降低事故发生的频率；有利于事故规程的成功执行，避免机组降到更低的安全状态；改善专设安全设施的可行性和有效性；提高三大核安全功能。

二是提高电站的经济性的改造。①提高可用率，有提高安全相关设备的可靠性，有利于减少机组的 I<sub>o</sub> 的改造和提高与机组可用率相关系统和设备的可靠性，减少非计划停堆；②提高电站能力因子。分为有利于缩短大修时间的改造；提高热效率的改造；提高机组发电能力的改造。

三是提高设备可靠性的改造。

#### 4.3 项目选择原则

对提高安全水平的改造，原则上应来源于 PSR 的审查结果，每十年成批的实施。具体的项目选择原则如下：NNSA 要求和建议的改造项目应优先选择；提高核安全水平相关（即降低堆芯熔化概率）的改造项目应经过详细的概率安全分析和利益代价分析后进行判断。不符合最新的法规、标准的项目应进行详细的概率安全分析和利益代价分析后进行判断。为维持原设计安全水平，对于不满足原设计安全要求的缺陷应立即采取措施予以消除。

对提高电站经济性的改造，具体的项目选择原则如下：提高机组可用率和缩短大修工期有重大贡献的，通过成本效益分析后应该优先选择；降低运行维修成本的改造应进行利益代价分析后进行判断。

对提升机组发电能力的改造，具体的项目选择原则如下：对通过提高仪表测量精度，提高机组发电能力的改造优先考虑；对通过提高改变仪表定值，提高机组发电能力的改造优先考虑；对通过更换重大设备，提高机组发电能力的改造通过详细的成本效益分析综合考虑。

对仪控系统更新换代的改造，具体的项目选择原则如下：对解决仪控系统备品备件的问题优先考虑，对提高仪控系统可靠性的改造通过整体升级换代策略集中考虑。

#### 5. 技术改造中长期规划

根据上述的目标、方针和策略，制定现阶段技术改造项目中长期规划如表 1。

表 1 大亚湾核电站和岭澳核电站技术改造项目中长期规划表

序号	电站	改造标题	改造原因	改造方案	大修轮次
提高安全性的技术改造项目					
1	岭澳核电站	第三道屏障延伸改造	再循环阶段 RIS/EAS 到 PTR001BA 阀门的泄漏将导致安全壳内高放射性水进入 PTR001BA，并通过其顶部通气孔释放到所在的房间，进而通过百叶窗进入到大气环境中，因此必须将这些隔离阀作为第三道屏障的延伸，并对其进行定期试验	为了使用 OPERA 试验工具对这些隔离进行密封性试验，需要对这些闸阀进行改造，如更换背密封，阀盖上开孔等	岭澳核电站第十一次大修
2	两电站	大亚湾核电站和岭澳核电站再循环地坑过滤器有潜在堵塞的风险	美国和法国的研究表明再循环地坑过滤器在 LOCA 和 MSLB 事故后存在堵塞的风险	改造方案是使用新型过滤面积大的过滤器更换现有的老过滤器	大亚湾核电站第十七次大修 岭澳核电站第十一次大修

续表

序号	电站	改造标题	改造原因	改造方案	大修轮次
3	大亚湾核电站	大亚湾核电站防火改造计划之电缆防火封包	由于设计或安装问题,部分安全重要电缆存在火灾共模失效风险,需要进行防火处理	对那些存在火灾共模失效风险的核安全相关的电缆进行封包	大亚湾核电站第十二至十四次大修
4	大亚湾核电站	设备仓门主螺栓更换	现有的设备仓门的95%可信度的破坏压力为0.67 MPa,但在严重事故情况下安全壳压力可能会超出这一压力	使用强度更高材料的螺栓更换现有设备仓门主螺栓,以使得设备仓门95%可信度的破坏压力为0.85 MPa	大亚湾核电站第十七次大修
5	大亚湾核电站	增设一个宽量程安全壳压力测量仪表	大亚湾核电站现有安全壳压力测量仪表量程为0~0.55 MPa,不能满足严重事故管理的要求,若没有安全壳压力量程的扩大,将影响严重事故管理导则的实施和使用	增设一个安全压力测量仪表,增设的仪表量程建议为0~1.2 MPa	大亚湾核电站第十二次大修
提高设备可靠性					
6	两电站	1/2GFR 净油机改造	GFR 系统使用真空式过滤装置,其辅助设备多,起停操作复杂,设备故障率高,加热器容易老化,将离心机改为聚结分离过滤器	岭澳核电站已通过 GFR 增加备用油箱改造增加净油机,大修中将增加接管到净油机上。大亚湾核电站需安装新的净油机	大亚湾核电站第十三次大修 岭澳核电站 2 号机组第五、1 号机组第六次大修
7	大亚湾核电站	APA/APP 膨胀节更换改造	热态测量 DIAPA102JD 横向位移为 77 mm, 超过其最大限值 26 mm	更换膨胀节, 调整支吊架	大亚湾核电站第十二次大修
8	大亚湾核电站	ASG 系统敏感管改造	十年安全审查发现 1, 2 号机组的 ASG 系统各存在 7 根敏感管, 它们在 ASG 系统累积运行时间较多时可能在其管座处因振动疲劳而产生裂纹	修改 ASG 敏感管或增加支撑, 或者改变管线布置等措施来降低振动水平	大亚湾核电站第十三次大修
9	两电站	RRA 进口死管段改造	RRA 进口死管段改造内的腐蚀问题是由于管道内水汽化引起的, 这些现象已经多次导致电厂这些 RCP/RRA 阀门密封面的异常腐蚀并使 PT RRA002 定期试验多次不合格	将逆止阀 RCP354/355VP 改为常开手动阀, 封堵 RRA001/021VP 阀座平衡孔并加装 OPERA 试验管线	大亚湾核电站第十二次大修 大亚湾核电站第十三次大修 岭澳核电站 2 号机组第五、1 号机组第六次大修

续表

序号	电站	改造标题	改造原因	改造方案	大修轮次
10	岭澳核电站	VVP 与 ARE 隔间内鉴定设备达到 C 类环境下的鉴定要求	岭澳核电站在设计阶段未考虑安全壳外高能管道破裂事故产生环境条件对电气仪表性能的影响, 导致 VVP 和 ARE 隔间内部份仪表设备和电缆无法满足 C 类条件下的正常运行	岭澳核电站 VVP 与 ARE 隔间内鉴定设备达到 C 类环境下的 K3 要求	岭澳核电站第十一次大修
11	岭澳核电站	安全壳内外电气贯穿件导线与电缆连接方式改造	根据大亚湾核电站经验反馈, 安全壳内外电气贯穿件内的 AIR-LB 连接处经常出现连接松动, 接触电阻增大, 造成信号失误	将 AIR-LB 连接模块更换成 AMP 适配器外套 RAY-CHEM K1 类热缩管	岭澳核电站第十一次大修
12	两电站	大亚湾和核岭澳核电站发电机备用定子技术改造	新定子内绕组冷却采用新技术进行改造, 以彻底解决大亚湾核电站发电机定子冷却水中漏入氢气的问题	新定子内绕组冷却采用新技术进行改造	大亚湾核电站 1 号机组第十三次大修开始
13	两电站	防止闸阀锅炉效应改造	在事故工况或正常运行工况下, RX 内的闸阀和 RX 外侧的安全壳隔离阀会因为锅炉效应而无法开启或者其密封性受到影响	给 PTR022VB 高压侧闸板钻孔, 给 RIS063/064VP 加装旁路三通阀组	大亚湾核电站 1 号机组第十二、第十三次大修 岭澳核电站 2 号机组第四次大修、岭澳核电站第七次大修
14	岭澳核电站	减小 LIASG003PO 入口管线振动的改造	LIASG003PO 入口管线振动过高问题解决方案	增加小流量管道, 使流量达到 $10 \text{ m}^3/\text{h}$	岭澳核电站 1 号机组第五次大修
15	两电站	在 RIS/RRA/VVP 系统阀门继电器中增加负标触头	为确保 RIS/RRA/VVP 系统某些阀门处于安全状态, 要求这些阀门所用电磁阀在事故状态下, 保持失电状态。EDF 已在这些电磁阀的继电器控制线路的 48 V 直流电源负标增加一触头	在 RIS/RRA/VVP 系统重要阀门继电器中增加负标触头	大亚湾核电站第十七次大修 岭澳核电站第十一次大修

续表

序号	电站	改造标题	改造原因	改造方案	大修轮次
16	两电站	GRE023MP 取样管线振动高改造	大亚湾核电站 D2GRE023MP 取样管线已多次出现振动疲劳裂缝, 对其他类似布置的 GRE024/44MP 仪表管线也纳入了改造范围	改变取样管线的走向以及增加支架, 改变焊接方式或管道布置及材质	大亚湾核电站 2 号机组第十二次大修 岭澳核电站 2 号机组第五、1 号机组第六次大修
17	大亚湾核电站	GRE 上位机改造	GRE 上位机运行已超过 10 年, 目前 PDP11/83 上位机、I/O 接口板件、主控室操纵员屏等都已停产, 无法采购备件, 此外 GRE 上位电源模块价格昂贵且可靠性不高	大亚湾核电站 GRE 上位机硬件升级, 岭澳核电站 GRE 上位机软件升级	大亚湾核电站第十一、十二次大修 岭澳核电站第七、八次大修
18	大亚湾核电站	KIT/KPS 更新改造	大亚湾核电站的 KIT/KPS 系统设计寿命为 10 年, 存在设备老化、备件无法采购和运行维护困难等问题。该系统故障会影响事故监督处理	整体更换 KIT/KPS 系统	大亚湾核电站第十三次大修
19	大亚湾核电站	RPR 系统 T2 试验装置改造	RPR 系统 T2 试验装置设备老化, 缺乏备件, 插接时出现接触不良, 故障分析功能较差, 软件不可修改, 无法适应 RPR 系统的修改。需对试验装置和试验接口进行改造	使用新的 T2 试验台更换老的 T2 试验台	大亚湾核电站第十二次大修
20	大亚湾核电站	SIP 试验台更换	大亚湾核电站 SIP 试验台已经老化, 且目前只有一套残缺不全的备件, 一旦失效有可能导致 SIP 试验不能进行 (EDF 已经更换了新的试验台 NATACHA)	用新的试验台 NAT-ACHA 替代 SACMO (岭澳核电站使用的也是 NAT-ACHA), 同时对 SIP 机柜进行必要的改造	大亚湾核电站第十二、十三次大修
21	大亚湾核电站	大亚湾 GPA 保护改造	大亚湾 GPA 保护设备已运行了 10 多年, 元器件老化、故障率逐渐增加, 且无法采购到备件, 需要考虑整体改造	GPA 保护系统整体改造	大亚湾核电站第十三次大修
22	大亚湾核电站	更换 DEG 制冷机组	国家规定制冷剂 R12 在 2010 年后禁止使用, 现有 DEG 制冷机组技术落后, 故障率高	用先进制冷机组替代老机组, 制冷剂使用 R134a	大亚湾核电站第十二、十三次大修
23	大亚湾核电站	继电器机架支撑件改造	10 余年的运行后 GNPS 继电器机架支撑所使用的橡胶减振垫已发生老化破裂现象, 这会影响这些机架在 SSE 情况下的抗震性能, 并可能会影响到电站正常运行	对继电器机架的原支撑结构进行改造	大亚湾核电站第十三次大修



续表

序号	电站	改造标题	改造原因	改造方案	大修轮次
提高设备可靠性					
24	两电站	Farley-Tihange 现象改造	当 RCV 上充泵到高压安全注入回路的安全壳外 RIS 隔离阀出现泄漏时, 导致 RCV002BA 低于 50℃ 的冷水进入一回路, 在冷腿和热腿安全注入回路 RCP 逆止阀下游的管线上产生冷热水混合, 并使其产生热疲劳而出现裂纹	参考 EDF 方案实施“压力井”改造和加装“小泄漏量测量装置”; 即在 RIS 隔离阀下游加装卸压管线至 RCV 下泄管线	大亚湾核电站第十五次大修 岭澳核电站第七、八次大修
25	岭澳核电站	岭澳核电站汽轮机提高出力改造	岭澳核电站汽轮机提高出力改造	更换高压缸隔板	岭澳核电站第六、七次大修
26	岭澳核电站	岭澳核电站 PMC 升级改造	目前岭澳核电站 PMC 系统存在诸多不足和缺陷: 如经济性差, 换料时间过长, 安全性差, 存在组件磕碰风险, 使用性差, 手动操作, 容易发生误操作, 维修性差, 仪控备件和板件采购困难等, 因此建议对岭澳核电站 PMC 进行升级改造	改造涉及换料机、乏吊和传输系统, 拟用性能良好的驱动系统, 提高 PMC 换料速度和运行平稳性	岭澳核电站第六、七次大修

# CPR1000 选择状态导向事故处理程序 (SOP) 的决策与风险控制

官广臣 黄清武

## 1. 概述

岭澳核电站二期工程项目采用岭澳核电站一期翻版加改进的技术方案,提出了近 400 项工程改造,重大技术改进项 15 项,仪控系统数字化(DCS)加先进控制室是其中之一。而“先进控制室”的含义是在 DCS 基础上,在主控制室执行的各种运行监控操作和事故处理程序进行全面的数字化,也就是所谓的“全数字化主控制室”,这就彻底改变了核电站传统模拟控制室人机界面的概念。目前,国际上在运核电站成功的应用实例只有法国 N4 型核电站,毫无疑问,N4 型核电站“全数字化主控制室”对我们是最有借鉴作用的。

大亚湾核电运营管理有限公司(DNMC)生产准备人员在进行岭澳核电站二期数字化程序开发研究和进度安排时发现,运行程序、总体程序、定期试验程序和报警处理卡运行程序的数字化可以保持与岭澳核电站一期基本一致的结构体系,这样有利于操纵员的培训、运行经验的传承,并减少工作量。但事故处理程序若要继续采用大亚湾地区使用多年的事件导向法 EOP 程序,我们将面临巨大工期和质量风险。与其投入同样的代价开发 EOP,还不如直接选择状态导向法 SOP 程序并进行数字化开发。同时,法国 N4 型核电站数字化的 SOP 和欧洲先进型压水堆(EPR)数字化 SOP 的设计思想也可以为我们提供有益的参考。因此,2004 年 12 月,生产准备机构向 DNMC 总经理部提出了 EOP 和 SOP 选择的决策问题。

## 2. 大亚湾核电站及岭澳核电站一期事故程序应用的实践

大亚湾核电基地有 4 台百万千瓦级核电机组在运行,已经积累了 30 多个堆·年的运行经验,其使用的事故处理程序是 20 世纪 80 年代从法国 EDF 引进的事件导向法 EOP 程序。在机组上实际应用过的事故处理程序最高级别是 I 2.1,“外部主电源丧失”后辅助电源切换成功。

在大亚湾核电站两次主变压器事故停电,反应堆自动停堆的情况下,一回路操纵员及二回路操纵员依照事故处理程序进行响应行动,都显得顾此失彼,应接不暇,这只是伴随火灾的单一故障。

在模拟机培训上,由于教学要求所设置的事事故情景要复杂的多,随着事故状态的发展,往往会出现多重事故的情况,这时操纵员就会同时启用多份事故程序。如何并行执行几份事

故程序，没有明确的程序要求，只能凭借一回路和二回路操纵员、机组协调员及值长的经验和技能来判断。

三里岛事件发生后所引发的思考已经表明，事件导向法事故处理程序 EOP 不能很好地适应复杂事故工况，以及难于鉴别由以下原因所引起的事故：

- 1) 初因事件未被考虑在事故处理程序之内；
- 2) 一个专设安全设施系统部分或全部失效；
- 3) 同时或不同时发生的多重初因事件；
- 4) 在事故处理程序应用过程中发生的人因失误。

另外，异常或事故的处理至今仍在很大程度上依赖于事件诊断的准确性。所有的诊断困难或诊断错误都将导致负面的甚至严重的核安全后果。在 EOP 中对事件的诊断通常在实施第一项运行操作之后就结束了。

以上是 EOP 程序存在的不足。当然，针对单一事故或能够明确判断事故原因的事件，EOP 程序的简洁明了能够提高事故处理的效率。

### 3. 事件导向法 EOP 及状态导向法 SOP 的比较及技术选择

#### 3.1 美国、法国及南韩核电站事故处理程序应用的现状

##### 3.1.1 美国核电站 SOP 事故处理程序体系

三里岛事故后，西屋业主集团 (WOG) 遵照美国核管会于 1980 年 11 月和 1982 年 8 月陆续发布的 NUREG - 0737 “Clarification of TMI Action Plan Requirements” 和 NUREG - 0899 “Guidelines for the Preparation of EOPs” 两份标准，开始研制开发了 SOP (Symptom Oriented Procedure) 征兆导向法事故处理程序。WOG 开发的 SOP 事故处理程序以导则的形式提供给各核电站，各核电站再根据各自的机组参数和设备标识进行本地化。WOG 的征兆导向法事故处理程序导则的基本结构是：首先描述本导则的目的，然后是征兆和进入条件，接下来是三列式的导则正文，其内容分别是步骤、行动和预期的响应、未获得的响应。

WOG 的 SOP 分为“最佳恢复程序”和“安全功能恢复程序”。“最佳恢复程序”相当于“事件导向法”事故处理程序，它包括 4 份针对特定事件的 E 系列程序，9 份针对多重故障的普适性 ECA 程序，以及 10 份专用恢复 ES 子程序。“安全功能恢复程序”是“征兆导向”事故处理程序，包括 6 大类共 18 份程序，分别是堆芯冷却不足响应程序，二回路热阱丧失响应程序，一回路水装量异常响应程序，一回路压力边界风险响应程序，停堆次临界度不足响应程序，安全壳完整性风险响应程序。

西屋业主集团提供的 SOP 征兆导向法应急响应程序导则的应用流程如图 1 所示。

各核电站按照这样的导则形式编写自己的事故处理程序要相对容易，但对于执行程序的操作员来讲，需要更高的技能水平。在这一点上，EDF 的状态导向法 SOP 采用逻辑框图的形式，虽然研制和编写较复杂，但更便于操作员使用。

##### 3.1.2 法国核电站事故处理程序应用现状

1980 年之前，法国核电站应用的事故处理程序都是“事件导向法”EOP 程序。三里岛事故后，法国也于 1980 年开始研究状态导向法 SOP 程序，法国称之为“状态逼近法”APE (Approche Par Etat)。经过几年的研究开发，于 1985 年在 900 MW 和 1 300 MW 系列核电机组上增加了 SPI, SPU 和 U 1 等以状态导向为特征的事故程序。1990 年法国的“状态逼近法”APE 程序首先在 1 300 MW 的 P'4 系列核电机组正式应用。到 1995 年，全部 P4, P'4 和 N4 型核电机组全都使用 APE 程序。到 2002 年，法国所有 CPY 系列的 900 MW 核电机组

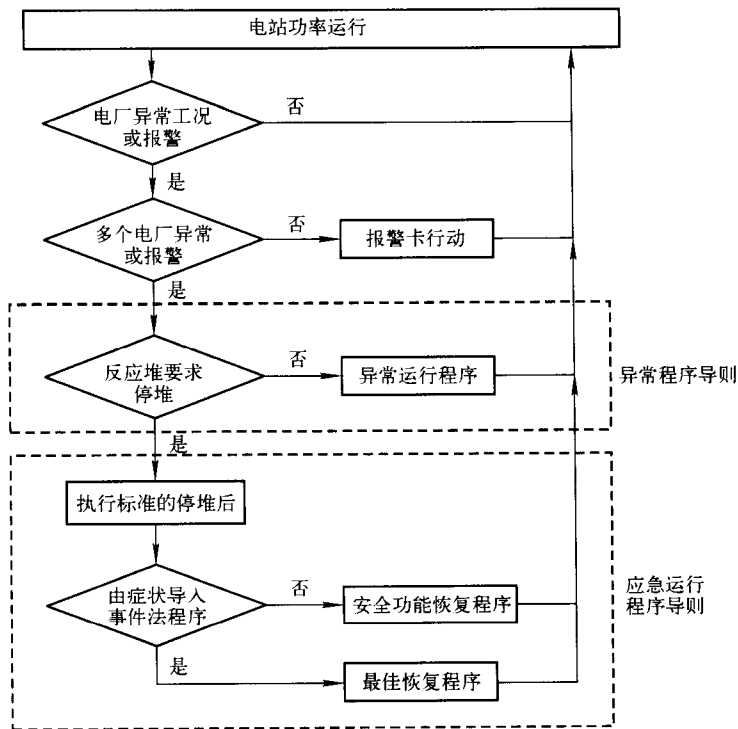


图1 SOP征兆导向法应急响应程序导则的应用流程

也全部切换为 APE 程序。

法国 N4 型机组采用的 APE 程序已进行了数字化，其诊断和操作的自动化程度很高。但也存在程序修改困难、程序执行过程中由于非关键因素而造成“卡壳”等问题。这些问题在后续的 EPR 数字化程序设计时进行了反馈。

状态导向法 SOP（或称 APE）程序主要包括：

- 1) 导向与稳定程序 DOS (Document d'Orientation et de Stabilisation)
- 2) 一回路状态控制程序 ECP (Etat Conduite Primaries)
- 3) 二回路状态控制程序 ECS (Etat Conduite Secondaire)
- 4) 机组状态控制程序 ECT (Etat Conduite Tranche)
- 5) 状态连续监视程序 SPE (Surveillance Permanente d'Etat)
- 6) 操作指令集及现场操作行动跟踪文件

无论初始状态如何，SOP 程序可以管理所有的复杂情况，以便实现下列目标：

- 1) 提供系统地响应行动来及时解决各种困难，避免采取临时措施；
- 2) 借助于“环状结构”的周期诊断最大程度地减少运行值的压力。

根据事件的复杂程度，在同一份程序内运行控制应逐步逼近于当前状态，并不断循环。如果“一回路物理状态”出现降级则必须过渡到高一级的事故处理程序。

### 3.1.3 韩国核电站事故处理程序应用现状

依照韩国的原子能法，为了获取运行执照，事故处理程序生成文件包应与 FSAR 一起提交。其包括以下几部分内容：电厂技术规范导则、应急运行程序 EOP 编写导则、EOP 检查

程序、EOP 生效程序、EOP 培训计划和 EOP 执行计划。

由于韩国的核电厂种类较多,堆型有压水堆、重水堆,设计生产厂家有西屋、法马通公司、AECL、ABB-CE 还有 KOPEC,因此其 EOP 程序的种类及格式也不尽相同。

由法马通公司供货的韩国核电站应急运行程序体系与大亚湾和岭澳核电站一期的基本一致。由西屋供货的核电站其应急程序体系则遵循了西屋业主集团提供的征兆导向法 SOP 导则,他们编写了 ORG (相当于事件导向法程序)和 FRG (属于征兆导向法响应程序)。由 AECL 供货的重水堆以及由 ABB-CE 供货和韩国自主设计制造的压水堆,韩国自主开发了应急运行程序,这其中有事件导向法程序,也包括状态导向法程序。据 KOPEC 专家介绍,韩国核电站现在正致力于逐渐减少事件导向法事故程序的数量,并逐渐向征兆导向(或状态导向)法程序方向发展。也就是说岭澳核电站二期采用 SOP 是与韩国应急程序的发展方向相一致的。

### 3.2 岭澳核电站二期选择 SOP 的理由

#### 3.2.1 EOP 还是 SOP

2004 年 8 月份,根据 DNMC 的建议,工程公司已决定岭澳核电站二期仍采用与岭澳核电站一期相同的事件导向法事故处理程序 EOP。2004 年 10 月份,生产准备处人员开始研究 EOP 程序数字化方案。经过一个月的研究,提出了许多需要分析解决的问题,如多重事故情况下需要同时调用两份甚至多份事故处理程序,在数字化主控制室若同时打开多份事故程序,如何选择优先顺序?工作站屏幕如何调用?人因工程分析谁来做?上游导则如何提供?面临这些问题,事故处理程序要不要进行数字化,成了工程设计人员与运行人员讨论的焦点。在进行深入讨论和研究的过程中,我们意识到重新选择 SOP 进行数字化也许是一条好的途径。于是,从 2004 年 11 月底开始,生产准备人员转而对 EOP 和 SOP 数字化质量风险和工期风险进行比较研究。

#### 3.2.2 对 EOP 程序和 SOP 程序进行数字化的风险比较分析

鉴于事故处理程序数字化的困难和风险,有人提出采用全部纸质 EOP 以规避困难和风险。但是,由于岭澳核电站二期 DCS 和计算机化主控制室的改进,在操纵员工作站上使用纸质程序势必大大降低事故处理效率,对核安全和设备安全带来危害。

为了提高决策的正确性,我们从 EOP 和 SOP 程序的优缺点、数字化程序和后备盘程序开发及编写的工作量、开发工具、培训、SOP 所引起的工程改造以及执照申请等风险的多方面进行了对比分析。

在程序优缺点方面我们选择了“程序原理的科学性、事故工况的覆盖范围、操作效率、人因工程和数字化效益”等 5 个参数进行量化分析;对于工作量,我们选择了“上游文件、后备盘程序、操纵员工作站故障程序、SOP 数字化程序及 V&V”等 5 个参数进行量化分析;对开发工具、培训和所需的工程改造等三项内容进行直接的工作量预测分析。

分析表明 EOP 程序的数字化工作量并不比 SOP 程序数字化的工作量低,而前者的质量风险却高于后者,前者的安全效益也低于后者。

### 3.3 岭澳核电站二期 SOP 数字化技术方案的思考

法国在成功地建造并运行了 N4 型核电机组之后,设计部门与运营部门召开了一系列的讨论会,通过调查了解,总结出 5 个基本用户需求,84 个一般用户需求。

这 5 个基本用户需求是:

1) 采用有特定发展的标准 DCS 控制系统。使用成熟的技术,可以降低成本;

2) 取消 Operating methods 及 instruction sheets 与工艺系统之间的联系 (程序内不向 level 0 下达指令)。运行的灵活性增加, 增加系统的可维护性;

3) 过程信息和控制系统, 即操纵员工作站上只显示对操纵员有用的和必需的信息。需满足人因工程的基本原则, 增加运行效率;

4) 数字化控制系统应让操纵员对电站的控制负有更多的责任。减少自动化的比例, 让操纵员知道更多的知识技巧, 设计阶段澄清哪些操作必须由操纵员执行, 哪些操作由自动控制系统执行;

5) 显示画面的设计符合操纵员的活动要求。编写详细的图形设计导则, 显示画面的设计考虑到运行任务及其他任务 (如运行值交接班、试验……), 合理组织画面。

EPR 的设计已经应用了这些调查成果。我们在进行 CPR1000 数字化运行程序和事故程序设计时也直接借鉴和应用了这些现有的成果, 用以开发我们自己的数字化人机界面。其基本思路是:

- 1) 运行程序和工艺系统之间没有直接连接;
- 2) 同一个显示画面可以用于正常和事故工况;
- 3) 每个屏幕上均有报警监视条;
- 4) 使用数字化或纸质的 operating method (运行策略);
- 5) 使用数字化的操作指令单 (instruction sheet);
- 6) 使用数字化的报警卡。

操纵员工作站设计的是 6 个标准屏幕, 从人因工程学的角度考虑, 屏幕的调用原则应该是简捷高效, 即使是针对最复杂的事故操作任务, 所占用屏幕也不应超过 4 个。

#### 4. 岭澳核电站二期 SOP 事故程序数字化结构设计技术方案

##### 4.1 SOP 程序数字化的基本原则和基本工作过程

在选定了状态导向法事故处理程序 SOP 后, 针对 DCS 供应商提供的系统平台, 我们还需要进行 SOP 数字化方案的选择。通过对国内外已采用 DCS 仪控系统的核电站的调研, 在充分参考和借鉴了田湾核电站、法国 N4 型核电站以及正在设计建造中的 EPR 型核电站经验的基础上, 提出了如下岭澳核电站二期事故处理程序 SOP 的数字化基本原则:

- 1) “程序任务导向”;
- 2) “操作单”与“图”分离设计;
- 3) 耦合 SOP 原理特点与 DCS 特性;
- 4) 设计计算机导向与人的导向冗余;
- 5) 数字化程序页与纸质页之间优势互补;
- 6) 四主屏原则;
- 7) 自动化程度不超过操纵员理解力;
- 8) 充分利用 DCS 计算优势;
- 9) 操纵模块标准化;
- 10) 合成信息。

根据 N4 的经验反馈并借鉴 EPR 的思路, 单份程序走向图安排在一页纸之内, 便于操纵员对事故处理过程的理解, 同一时间只需操纵员持有一份时序控制 (SEQUENCE) 程序。因此, SOP 数字化结构设计可以基本按以下过程进行:

- 1) 从表层入手, 以纸质流程简洁表达程序走向;

- 2) 质导向图（或流程）连续持有，直达底层；
- 3) 设计动态画面，直接读出导向准则参数；
- 4) 系统基本操作画面，可以被调用；
- 5) 将检查和确认操作进行组合，设计成可批量处理的集成界面；
- 6) 属于末端的“操作集合”做成模块，全部数字化；
- 7) 同类操作模块组成工具库，存放随时被调用的模块；
- 8) 就地操作单单独管理，以编码为联络。

#### 4.2 对 SOP 程序的结构分析

SOP 的结构特点是层次多，主程序走向复杂；程序类型多，有安全监视、先导操作、序列导向、范围导向、确认操作、稳定操作、功能恢复等。程序的闭环结构多，但相互之间有独立性和关联。从程序的结构分析入手，以有效进行事故处理为目标，可以得到以下解决问题的思路：将那些能够从 DCS 中获益的程序部分进行数字化，保留纸质流程以利于把握程序的总体走向。SOP 程序的总体结构图如图 2 所示。

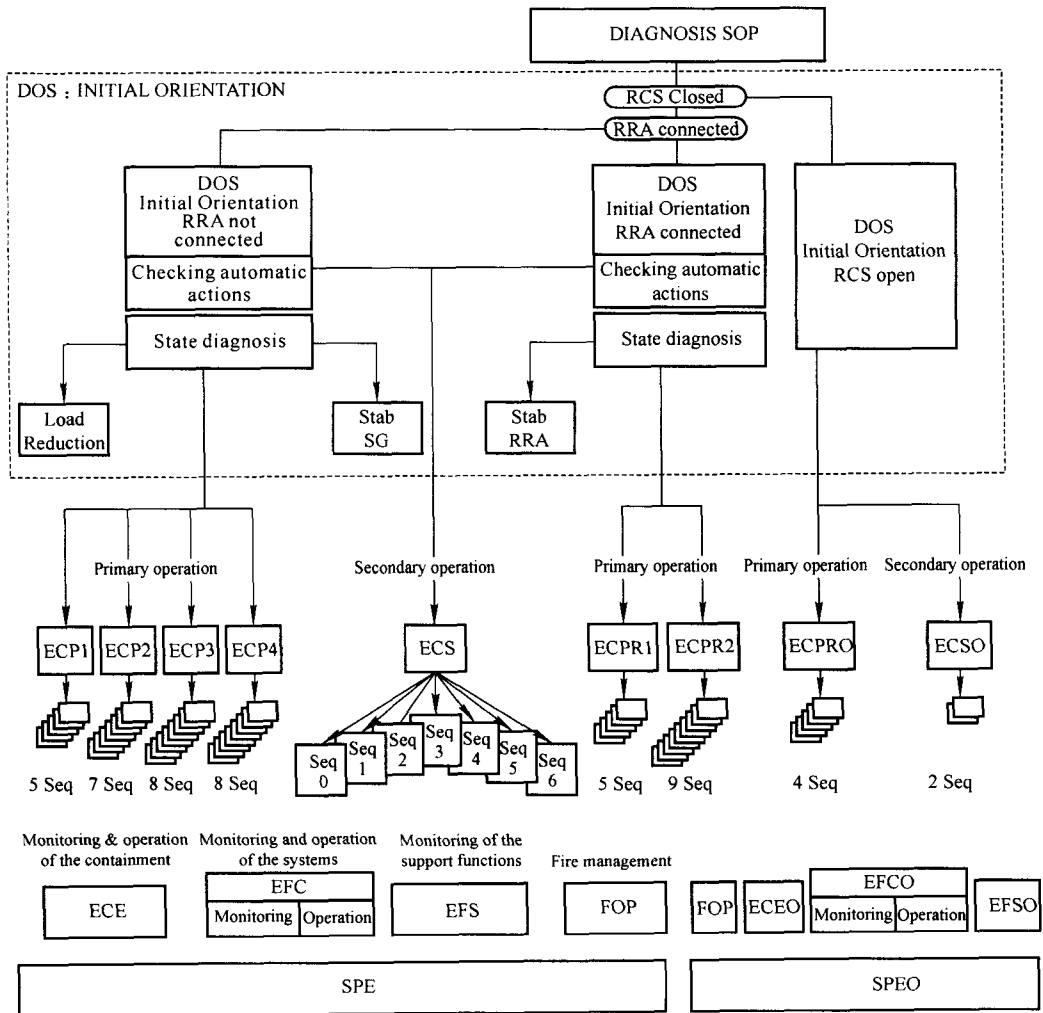


图 2 SOP 程序的总体结构图

### 4.3 SOP 事故处理程序的数字化方法

#### 4.3.1 “程序主体”和“操作单”分开

将“程序主体”和“操作单”分开，对于 DOS 和 ECP 的初始导向“程序主体”，设计成数字化主体流程。进入流程后采用纸质的程序主体及数字化的操作单或现场操作单，执行程序的步骤如下：纸质的程序主体——调用数字化的操作单（或现场操作单）——通过数字化的操作单链接调出控制画面。从纸质流程中使操纵员获得良好的总体观，数字化的操作单则是为了操作的方便性。

#### 4.3.2 集成自动动作的检查和确认

事故发生后，核电站各保护系统将自动动作，事故程序要求对这些自动动作的正确性和有效性进行检查和确认。这在常规主控制室是需要操纵员在控制盘上寻找、检查和确认的。而 DCS 的采用提供了设计界面的开放性，将事故程序中的检查和确认行动进行在同一幅画面上集成，进行手动或自动的批处理，这将大幅度节省操纵员精力，并减低人因失效的可能性。

#### 4.3.3 建立标准操作的模块库

工具库中存放设计好的操作指令单和配套的链接所构成的标准模块。这些模块可以被各种不同程序所调用。这样不仅简化了数字化 SOP 程序的结构，也提高了程序编写效率，同时也有利于程序的维护。

#### 4.3.4 设计综合信息和自动诊断，提供计算机导向结果

为了体现“自动程度不超过操纵员理解力原则”，所设计的综合信息指示和自动诊断及导向需作为操纵员判断导向的冗余。这对事故情况下稳定操纵员情绪，建立信心和提高准确度是有帮助的。

#### 4.3.5 “四个主屏”原则

根据人因工程学分析，在操纵员工作站中人机接口（MMI）的设计要符合操纵员的使用习惯。所以，各屏幕的功能设计应相对固定。其基本概念如图 3 所示。

## 5. 数字化 SOP 程序开发的风险分析及对策

在上述技术方案确定后，需要认真分析整个数字化 SOP 项目开发过程中可能会遇到的各种风险，并制定有效的预防措施予以控制，以确保不会对岭澳核电站二期工程进度造成影响。

### 5.1 组织风险

组织风险主要来自项目管理方与各设计商、设备供应商和技术支持单位等接口关系，其内容主要包括总体设计、系统设计、DCS 供应商、人机接口（MMI）设计、上游导则编写、数字化 SOP 程序结构设计、数字化 SOP 程序的数字化实现等多方接口。在接口上一旦出现偏差将会引起连锁反应，导致计划延误。

应对的措施是，充分交换接口信息，制定完善统一、科学合理的项目进度计划。在 DN-MC 所承担的 SOP 数字化结构设计环节上，我们采取主动推动并支持上游，以期能够按计划得到质量优良的上游输入；充分、实时地与下游保持沟通，了解 DCS 系统功能，协助配合下游 MMI 设计，以确保向下游提供质量优良的输出，使下游能够在计划窗口内完成相应的工作。

### 5.2 与 DCS 的功能接口风险

与 DCS 的功能接口风险主要体现在 DCS 系统对数字化 SOP 程序结构中所要求的自动诊



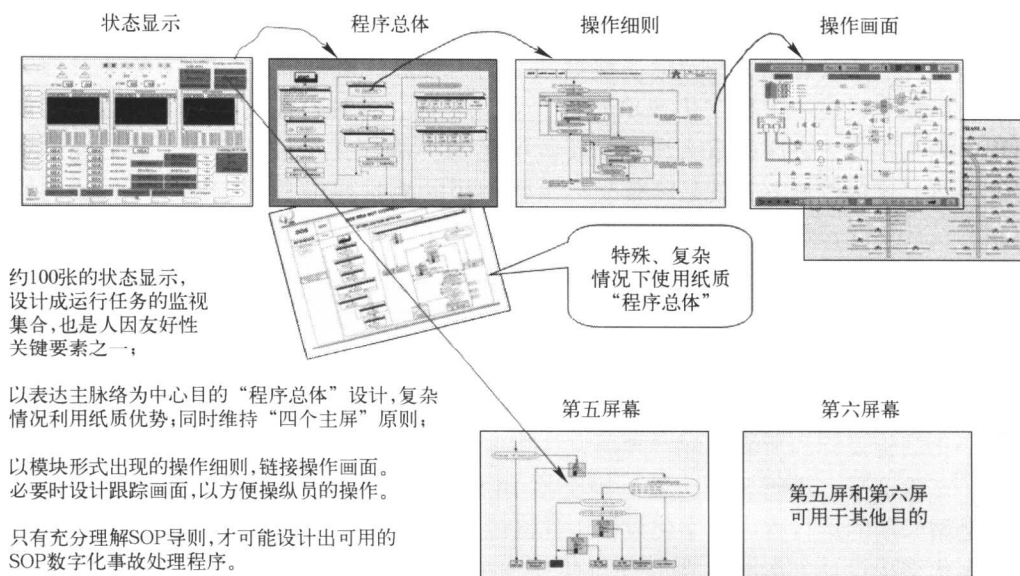


图3 四个主屏示意图

断、综合显示、程序界面、调用与连接、数据库等各项功能的支持程度。

解决的办法是,成立专项工作组,定期召开工作会议,在数字化 SOP 程序结构设计的各个阶段与 DCS 供应商广泛深入地沟通,使用户所需的各项功能都得到 DCS 供应商认可后才能纳入数字化 SOP 程序结构设计方案之中。并使程序结构设计和 MMI 设计实现环节形成闭环互动,在确保项目工期的前提下实现数字化 SOP 程序质量最优。

### 5.3 模拟机进度风险

全范围模拟机不但是数字化 SOP 程序和纸质后备盘 SOP 程序最终验证和生效的工具,而且还是操纵员执照培训考核的必备工具。模拟机进度出现延误也会导致数字化 SOP 程序项目和工程总体进度不能按期完成。因此,必须确保模拟机设计输入条件的窗口计划。这就需要处理好 DCS 设计、MMI 设计、验证平台和数字化 SOP 及纸质 SOP 程序等各项接口的协调一致。

采取的措施是,工程公司与运营管理公司共同组成了模拟机项目专项工作小组,以推动模拟机项目的顺利进行。

### 5.4 人力资源需求风险

数字化 SOP 程序的开发,最缺乏的就是运行经验丰富的反应堆高级操纵员。根据估算,完成 SOP 纸质文件的编写,需要有资质的人员 20 人·年的工作,再加上 SOP 数字化,需要大约 40 人·年的工作量,在目前多基地同时建设的情况下,人员分流面临非常大的压力。

为此, DNMC 按照集团的指示制定并开始实施了一系列数字化运行技术骨干培训计划:2005 年 4 月至 7 月,第一批高级操纵员(SRO)完成了在法国 EDF 进行的 SOP 和 N4 数字化核电站运行技术培训,现在这批 SRO 是开发数字化 SOP 程序的主力。第二批 SRO 在法国接受系统的 SOP 和 N4 数字化运行技术的系统培训,他们成为数字化 SOP 程序编写、模拟机设计参与和验收的主力。第三批、第四批骨干也将按计划完成相应的技术培训,以配合完成

后期数字化程序的验证、生效和核电站总体调试启动。

尽管我们进行了比较全面、认真的风险分析和研究，并制定了相应的措施，但剩余的不确定性风险可能还会存在。按照岭澳核电站二期工程总体进度安排，2008年3月应完成向DCS供应商提交最后一批数字化SOP程序。在此之前，各种可能的风险都将逐渐暴露，一旦出现影响工程总体进度的重大风险，使数字化SOP程序无法按期完成，我们还准备了一套过渡方案。这项过渡方案就是将整套后备盘使用的纸质SOP程序按照已经完成的操纵员工作站的设计情况，进行少量修改后供操纵员在工作站上使用，模拟机验收和操纵员培训将不会受到影响。同时，数字化SOP程序设计编写和数字化实现工作不会间断，待问题解决后再切换到数字化SOP程序上来。这样，即能确保工期，又不会对操纵员培训造成影响。

## 6. 结束语

岭澳核电站二期DCS系统数字化人机界面有别于田湾核电站，运行程序和事故处理程序的数字化结构设计和所需的配套画面设计将由用户自己提出。经工程设计人员进行数字化实现后，在验证平台进行验证，最后提交给DCS供应商在DCS系统上编程和装载。目前，岭澳核电站二期的运行程序数字化设计工作已经完成，现已进入平台验证阶段。SOP事故程序的数字化结构设计方案能够满足DCS供应商提出的人机界面设计原则要求，并已通过中国广东核电集团公司内部专家的安全评审，认为岭澳核电站二期状态导向法SOP程序的数字化方案能够满足事故处理的安全要求，其技术路线是可行的。

数字化SOP事故处理程序的自主开发与设计，是岭澳核电站二期工程项目中进度风险和质量风险最大的任务之一。因为，在国际范围内对三环路压水堆而言，这是首次，正如法马通公司在一份文件中所说：“岭澳核电站二期预期的数字化原则与N4的完全不同，而N4是数字化SOP现有的唯一参考。”因此，我们对于岭澳核电站二期数字化SOP程序开发的各个阶段都进行了认真的风险分析，并制定了相应的控制措施，以确保该项目的成功。DCS仪控系统加数字化运行程序和数字化SOP事故程序将会作为中国广东核电集团公司CPR1000标准化产品在后续二代加项目上推广实施。

# 全面提升大亚湾核电站模拟机性能项目

李劲光

大亚湾核电站全范围模拟机于1992年8月投入运行,至今已运行了十多年,在电站运行人员培训中发挥了十分重要的作用,但由于采用20世纪80年代的仿真模型,系统整体性能落后,已不能满足日益增长的模拟机培训和对现场机组技术支持的需要,主要表现在:

1) 仿真模型相对落后,模拟的精度和范围有限,如不能模拟ATWT、大LOCA事故、失电系统的模拟不完善,整体水平相对落后,不能适应复杂事故工况和瞬态工况演练等。

2) 系统可维护性差。由于开发和系统维护工具落后,系统可扩展性差。电站近年来实施的重大系统改造项目,如18个月换料、第五台柴油机等,无法在模拟机上进行功能实现,使模拟机与现场机组一致性差距越来越大。

3) 系统稳定性差,存在运行安全隐患;由于原有模拟机模型及软件子系统通信等方面的缺陷,模拟系统存在运行不稳定的安全隐患,在一定的运行环境条件下,可能具有软件系统故障不可恢复的风险,届时只能对模拟机软件系统进行重新设计。

由于以上原因,有必要对大亚湾核电站模拟机进行全方位的升级改造,以满足培训需要,升级改造的主要思路是:以经过使用验证的岭澳核电站全范围模拟机先进软件为蓝本,通过对大亚湾核电站和岭澳核电站两个电站的技术不同点进行全面分析,对岭澳核电站模拟机软件进行必要修改后,将其全面移植到大亚湾核电站模拟机上,全面提升模型的仿真度和系统的可扩展性。在进行软件系统移植的同时,一并进行以下几个方面的改进工作:①对大亚湾核电站近年来进行的重大改造项目如18个月换料、第五台柴油机、防误稀释、防堆芯裸露等在模拟机上进行功能实现;②改善KIT/KPS, LSS, GRE, 教控台等模拟机子系统的性能;③对部分老化的盘台仪表进行仿制和接口软件设计。在岭澳核电站模拟机基础上对大亚湾核电站模拟机进行性能提升,可确保性能提升后的模拟机不低于岭澳核电站模拟机水平。

按照升级改造计划,项目的数据分析和准备工作于2003年下半年开始启动,其主要内容是对大亚湾核电站和岭澳核电站两个电站的技术不同点进行全面分析,并在系统图纸上予以标注,同时收集近年来大亚湾核电站进行的技术改进项,分析是否在模拟机的模拟范围内,是否需要一致性修改,这两部分内容作为项目实施的重点数据予以提交,为软件修

改提出具体要求。由于技术不同点分析工作是一个跨专业、综合性的技术项目，工作量大，技术难度高，涉及技术文件范围广，因此项目组提前进行了充分的准备工作，保证了项目按计划实施。不同点分析工作从2003年8月份开始，12月底结束，共完成分析报告105本，覆盖了核岛、常规岛、电气及辅助系统等所有模拟系统（包括FS，PS）的分析比较，以及模型、操作规程和模拟机硬盘台不同点的分析比较。不同点分析工作的高质量和按计划完成，为下一步项目实施奠定了良好的基础，对大亚湾核电站模拟机性能提升项目提供了质量保证。同时，由于项目组参与了前期的不同点分析工作，对后面部分的软件修改、整体移植工作非常有利，保证了两部分工作的衔接、保障其连续性以及后续遗留问题的处理。

由于本改进项目主要是以岭澳核电站全范围模拟机系统为蓝本进行软件系统的移植工作，为了降低项目实施的风险和开发成本，选择了原岭澳核电站全范围模拟系统开发商加拿大L-3（原CAE公司）为项目开发商。项目于2005年4月15日签订合同，5月份正式开始项目实施。

项目设计实施阶段：2005年5月份开始项目设计实施，首先根据两电站技术不同点分析结果105卷进行仿真系统软件修改，共对约92个仿真电站系统进行了修改。对于堆芯模型部分、硬件CDB修改、KIT/KPS修改、LSS修改等系统修改由L-3公司自己实施，堆芯模型升级为18个月换料模式，并实现防误稀释、防堆芯裸露等功能。按计划，2005年12月份完成全部系统的软件修改工作，并开始集成测试。L-3公司将新版教控台软件、堆芯模型、RAVE格式的软平台进行集成，并生成初版模拟机系统软件用于测试。整个集成测试工作于2006年1月底结束，达到出厂验收条件。

项目出厂验收阶段：根据项目进展，验收小组于2006年2月赴加拿大L-3公司进行为期4个月的项目出厂验收工作，共测试ATD 31项，发现偏差375项，解决357项，剩余18项在现场验收时予以解决。出厂验收工作的主要任务是根据合同规定的31项验收测试文件（ATD）进行模拟机性能的测试验收工作，主要包含机组的正常启停、故障工况、事故工况以及模拟机各子系统的功能测试等多个方面。整个出厂验收工作分两个阶段进行，第一阶段预测试（PreFAT）为期6周；第二阶段是正式的出厂验收（FAT）为期12周，包含两轮ATD测试，第一轮为期7周，第二轮为期5周。通过三轮测试，模拟机性能得到了充分检测，各相关系统偏差也被发现并予以消除，模拟机性能得到大幅度提升。整个出厂验收工作于2006年6月按计划顺利完成。

项目现场验收阶段：现场验收工作在完成现场软硬件集成测试后于2006年7月中旬正式开始，现场验收主要是在出厂验收的基础上，进一步细化验收测试内容，以深入检查发现问题。现场验收共测试67项ATD，主要对模拟机各种事故工况进行了全面测试，同时重点检查硬盘台存在的问题，现场验收工作持续5个月，于2006年底比原计划提前一个月完成，其间共发现偏差265项，已全部解决。

全面提升大亚湾核电站模拟机性能项目经过系统初步设计、软件修改、系统集成调试、出厂验收测试、现场验收测试等工作，改造后的模拟机于2006年底顺利投入运行，历时一年半，比原计划提前一个月完成，实现了项目质量高、工期短、投资省，目前模拟机已投入使用，运行稳定。

项目质量高，在项目实施之前进行了严谨细致的一致性分析，同时纳入了电站改进项（如：18个月换料、防误稀释、防堆芯裸露等），确保了模拟机与实际机组的一致性。模拟机系统软件在岭澳核电站模拟机的基础上采用“翻版+改进”的模式，比高性能的岭澳核

电站模拟机更胜一筹。项目前期进行了充分的准备，确定了较好的技术方案，制定了详细的技术规范书和项目实施计划，要求承建商严格按照技术规范要求予以开发实施，在项目出厂验收和现场验收测试过程中，严格执行各项 ATD 验收测试文件，共发现和督促承包商解决系统性能偏差 600 多项，其中有部分偏差是在岭澳核电站模拟机验收测试过程中没有发现的深层次偏差，都要求承建商予以解决，确保了项目质量。从实际培训情况来看，大亚湾核电站模拟机在软件模型方面和系统稳定性方面都非常出色。

项目工期短，比原计划提前一个月完成。项目前期的充分数据分析准备工作为后面项目实施的顺利进行打下了良好的基础，同时在良好技术方案和工作计划的配合下，进一步加强与项目承建商的合作沟通，增强互信机制，树立共赢的项目管理理念，在模拟应急灯故障和中控台界面刷新速度慢等问题的处理过程中，项目组给予了极大支持，实现了故障的迅速排除，保证了项目工期。项目组自始至终参与了整个项目，具有较强的技术实力，对项目中发现的偏差有全面的知识背景，能较快发现偏差出现的原因并能予以尽快协助解决，从而对项目工期的保证也起到了积极的作用。

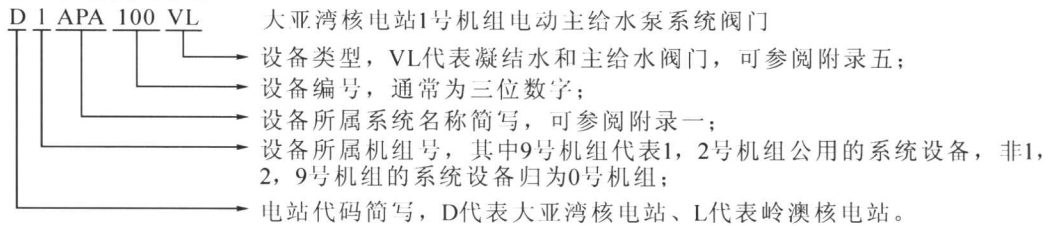
项目投资省，通过维护科自身的技术力量进行了中控台（ISIS）改造、I/O 接口的改造、盘台设备的自主改造、自主编写 ATD 验收文件，安排国内承包商进行两电站技术不同点分析，使合同价格几乎降低到原报价的一半，为电站节省了大笔外汇。

项目完成后，大亚湾核电站模拟机的模拟范围和功能进一步得到完善，实现了与岭澳核电站模拟机的运行和维护环境一体化，在全面提高模拟机性能和培训质量的同时，有效降低系统的长期维护成本。同时，通过项目建设和验收，培养和锻炼了模拟机项目组的技术力量，进一步丰富了模拟机项目建设经验，为后续的模拟机项目建设奠定了坚实的基础。

## 附录一 基本系统名称

### Elementary System Codification

系统设备代码示意



#### 1. 大亚湾核电站基本系统名称

	Quality and nuclear safety related system 完全与质量和核安全相关系统
	Partially quality and nuclear safety related system 部分与质量和核安全相关系统
	Quality related system 与质量相关系统
	Non quality related system 与质量无关系系统
A	Feedwater Supply 给水供应
ABP	Low Pressure Feedwater Heater 低压给水加热器系统
ACO	Feedwater Heaters Drain Recovery 给水加热器疏水回收系统
ADG	Feedwater Deaerating Tank and Gas Stripper 给水除气器系统
AET	Feedwater Pump Turbine Gland 主给水泵汽轮机轴封系统
AGM	Motor-Driven Feedwater Pump Lubrication 电动主给水泵润滑系统

AGR	Feedwater Pump Turbine Lubrication and Control Fluid 主给水泵汽轮机润滑油及调节油系统
AHP	High Pressure Feedwater Heater 高压给水加热器系统
APA	Motor-Driven Feedwater Pump 电动主给水泵系统
APG	Steam Generator Blowdown 蒸汽发生器排污系统
APP	Turbine-Driven Feedwater Pump 汽动主给水泵系统
APU	Feedwater Pump Turbine Drain 主给水泵汽轮机疏水系统
ARE	Feedwater Flow Control 给水流量控制系统
ASC	Auxiliary Feedwater 辅助给水系统
C	Condenser ( Condensation-Vacuum-Circulating Water) 凝汽器 ( 冷凝-真空-循环水)

CAR	Turbine Exhaust Water Spraying 汽轮机排汽口喷淋系统
CET	Turbine Gland 汽轮机轴封系统
CEX	Condensate Extraction 凝结水抽取系统
CFI	Circulating Water Filtration 循环水过滤系统
CFM	Condenser Debris Filter 凝汽器精滤器系统
CGR	Circulating Water Pump Lubrication 循环水泵润滑系统
CPA	Cathodic Protection 阴极保护系统
CPP	Condensate Polishing Plant 凝结水精处理系统
CRF	Circulating Water 循环水系统
CTA	Condenser Tube Cleaning 凝汽器清洗系统
CTE	Circulating Water Treatment 循环水处理系统
CVI	Condenser Vacuum 凝汽器真空系统
D	Ventilation-Handling Equipment-Communications-Lighting 通风-装卸设备-通信-照明
DAA	Hot and Cold Workshops and Warehouse Elevators 冷、热机修车间和仓库的电梯
DAB	Administration Building Elevators 办公楼电梯
DAI	Nuclear Island Building Elevators 核岛厂房电梯
DAM	Turbine Hall Elevators 汽轮机厂房电梯
DEB	Administration Building Chilled and Hot Water 办公楼冷、热水系统

DEG	Nuclear Island Chilled Water 核岛冷冻水系统
DEL	Electrical Building Chilled Water 电气厂房冷冻水系统
DMA	BOP Handling Equipment BOP 装卸搬运设备
DME	Main Switchyard Handling Equipment 主开关站装卸搬运设备
DMH	Miscellaneous Hoists and Lifting Equipment in BOP Buildings and Areas BOP 厂房和 BOP 区域内的各种起吊设备
DMI	Drum Long Term Storage Handling Equipment 混凝土桶长期存放用的装卸搬运设备
DMK	Fuel Building Handling Equipment 核燃料厂房装卸搬运设备
DMM	Turbine Hall Mechanical Handling Equipment 汽轮机厂房机械装卸设备
DMN	Nuclear Auxiliary Building Handling Equipment 核辅助厂房装卸搬运设备
DMP	Circulating Water Pumping Station Handling Equipment 循环水泵站装卸搬运设备
DMR	Reactor Building Handling Equipment 反应堆厂房装卸搬运设备
DMW	Handling Equipment for Reactor Building Gantry and Peripheral Rooms 反应堆厂房龙门架及其外围厂房装卸搬运设备
DN	Normal Lighting 正常照明系统
DSI	Site Security System 厂区保安系统
DS	Emergency Lighting 应急照明系统
DTL	Closed-Circuit Television 闭路电视系统

DTV	Communication 厂区通信系统
DVA	Cold Workshop and Warehouse Ventilation 冷机修车间和仓库通风系统
DVB	Administration Building Ventilation 办公楼通风系统
DVC	Control Room Air Conditioning 主控制室空调系统
DVD	Diesel Buildings Ventilation 柴油机房通风系统
DVE	Cable Floor Ventilation 电缆层通风系统
DVF	Electrical Building Smoke Exhaust 电气厂房排烟系统
DVG	Auxiliary Feedwater Pump Room Ventilation 辅助给水泵房通风系统
DVH	Charging Pump Room Emergency Ventilation 上充泵房应急通风系统
DVI	Component Cooling Room Ventilation 设备冷却水房间通风系统
DVK	Fuel Building Ventilation 核燃料厂房通风系统
DVL	Electrical Building Main Ventilation 电气厂房主通风系统
DVM	Turbine Hall Ventilation 汽轮机厂房通风系统
DVN	Nuclear Auxiliary Building Ventilation 核辅助厂房通风系统
DVP	Circulating Water Pumping Station Ventilation 循环水泵站通风系统
DVQ	Waste Auxiliary Building Ventilation 废物辅助厂房通风系统
DVS	Safety Injection and Containment Spray Pump Motor Room Ventilation 安全注入和安全壳喷淋泵电机房通风系统

DVT	Demineralization Plant Ventilation 除盐水车间通风系统
DVV	Auxiliary Boiler and Compressor Building Ventilation 辅助锅炉和空压机厂房通风系统
DVW	Peripheral Rooms Ventilation 安全壳外贯穿件房间通风系统
DVX	Lubrication Oil Transfer Plant Building Ventilation 润滑油输送装置厂房通风系统
DWA	Hot Workshop and Warehouse Ventilation 热机修车间和仓库通风系统
DWB	Restaurant Ventilation 餐厅通风系统
DWE	Main Switchyard Ventilation 主开关站通风系统
DWG	Miscellaneous BOP Buildings Ventilation System (UA Building) 其他 BOP 厂房通风系统 (UA 厂房)
DWL	Hot Laundry Ventilation 热洗衣房通风系统
DWN	Site Laboratory Ventilation 厂区实验室通风系统
DWR	Security Building Ventilation 应急保安楼通风系统
DWS	Essential Service Water Pumping Station Ventilation 核岛重要生水泵站通风系统
DWX	Oil and Grease Storage Area Ventilation System (FC Building) 油及润滑脂贮存区通风系统 (FC 厂房)
DWY	Electrochlorination Plant Ventilation 制氯站通风系统
DWZ	Hydrogen Production Plant Ventilation 制氢站通风系统
E	Containment 安全壳



EAS	Containment Spray 安全壳喷淋系统
EAU	Containment Instrumentation 安全壳仪表系统
EBA	Containment Sweeping Ventilation 安全壳换气通风系统
EIE	Containment Isolation 安全壳隔离系统
EPP	Containment Leakage Monitoring 安全壳泄漏监测系统
ETY	Containment Atmosphere Monitoring 安全壳内大气监测系统
EVC	Reactor Pit Ventilation 反应堆堆坑通风系统
EVF	Containment Cleanup 安全壳内空气净化系统
EVR	Containment Continuous Ventilation 安全壳连续通风系统
G	Turbine Generator 汽轮发电机
GCA	Turbine and Feedheating Plant Preservation During Outage 汽轮机和给水加热装置停运期间的保养系统
GCT	Turbine Bypass 汽轮机旁路系统
GEV	Power Transmission 输电系统
GEW	Main Switchyard-EHV Switchgear 主开关站-超高压配电装置
GEX	Generator Excitation and Voltage Regulation 发电机励磁和电压调节系统
GFR	Turbine Control Fluid 汽轮机调节油系统

GGR	Turbine Lubrication Jacking and Turning 汽轮机润滑、顶轴和盘车系统
GHE	Generator Seal Oil 发电机密封油系统
GME	Turbine Supervisory 汽轮机监视系统
GPA	Generator and Power Transmission Protection 发电机和输电保护系统
GPV	Turbine Steam and Drain 汽轮机蒸汽和疏水系统
GRE	Turbine Governing 汽轮机调节系统
GRH	Generator Hydrogen Cooling 发电机氢气冷却系统
GRV	Generator Hydrogen Supply 发电机氢气供应系统
GSE	Turbine Protection 汽轮机保护系统
GSS	Moisture Separator Reheater 汽水分离再热器系统
GST	Stator Cooling Water 发电机定子冷却水系统
GSY	Grid Synchronization and Connection 同步并网系统
GTH	Turbine Lube Oil Treatment 汽轮机润滑油处理系统
GTR	Turbine Generator Remote Control 汽轮发电机远方控制系统
J	Fire Protection (detection-fire fighting) 消防(探测-火警)
JDT	Fire Detection 火警探测系统
JPD	Fire Fighting Water Distribution 消防水分配系统

JPH	Turbine Oil Tank Fire Protection 汽轮机油箱消防系统
JPI	Nuclear Island Fire Protection 核岛消防系统
JPL	Electrical Building Fire Protection 电气厂房消防系统
JPP	Fire Fighting Water Production 消防水生产系统
JPS	Mobile & Portable Fire Fighting Equipment 移动式 and 便携式消防设备
JPT	Transformers Fire Protection 变压器灭火系统
JPU	Site Fire Fighting Water Distribution 厂区消防水分配系统
JPV	Diesel Generator Fire Protection 柴油发电机灭火系统
K	Instrumentation and Control 仪表和控制
KBS	Thermocouple Cold Junction Boxes 热电偶冷端盒系统
KCO	Common Control Cabinets for Conventional Island 常规岛共用控制机柜
KDO	Test Data Acquisition 试验数据采集系统
KIR	Loose Parts and Vibration Monitoring 松动部件和振动监测系统
KIS	Seismic Instrumentation 地震仪表系统
KIT	Centralized Data Processing 集中数据处理系统
KKK	Site and Building Access Control 厂区和办公楼出入监督系统
KKO	Energy Metering and Perturbography 电能表和故障录波仪
KME	Test Instrumentation 试验仪表系统
KPR	Remote Shutdown Panel 应急停堆盘系统

KPS	Safety Panel 安全监督盘系统
KRG	General Control Analog Cabinets 集中控制模拟量机柜
KRS	Site Radiation and Meteorological Monitoring 厂区辐射气象监测系统
KRT	Plant Radiation Monitoring 电站辐射监测系统
KSA	Alarm Processing 警报处理系统
KSC	Main Control Room 主控制室系统
KSN	Nuclear Auxiliary Building-Local Control Panels and Boards 核辅助厂房——就地控制屏和控制盘
KSU	Security Building Control Desk 应急保安楼控制台系统
KZC	Controlled Area Access Monitoring 控制区出入监测系统
L	Electrical Systems 电气系统
LAA	Uninterrupted 230 V DC Power System (LNE) Inverter Power Supply 230 V 不间断直流电流系统、逆变电源系统 (电气厂房 LNE)
LAB	Turbine Generator Continuous Lubrication Pump Power Supply 汽轮发电机不间断润滑油泵电源系统 (汽轮机厂房)
LBA	125 V DC Power Supply—Train A 125 V 直流电源系统——系列 A
LBB	125 V DC Power Supply—Train B 125 V 直流电源系统——系列 B
LBC	Inverters Power Supply for Protection Group I 第一保护组逆变电源系统
LBD	Inverters Power Supply for Protection Group II 第二保护组逆变电源系统

LBE	Inverters Power Supply for Protection Group III 第三保护组逆变电源系统
LBF	Inverters Power Supply for Protection Group IV 第四保护组逆变电源系统
LBG	125 V DC Power Supply (Nuclear Auxiliary Building) 125 V 直流电源系统 (核辅助厂房)
LBJ	125 V DC Power Supply (6.6 kV Breakers) 125 V 直流电源系统 (6.6 kV 断路器)
OLBK	125 V DC Power Supply (Deminerization Plant and Auxiliary Boilers) 125 V 直流电源系统 (除盐水车间和辅助锅炉)
LBL	125 V DC Power Supply (EG Building) 125 V 直流电源系统 (EG 厂房)
LBM	125 V DC Power Supply (Switchgear Control) 125 V 直流电源系统 (开关控制)
OLBM	125 V DC Power Supply (Main Switchyard) 125 V 直流电源系统 (主开关站)
OLBN	125 V DC Power Supply (Main Switchyard) 125 V 直流电源系统 (主开关站)
LBP	125 V DC Power Source and Distribution System 125 V 直流电源和分配系统
LCA	Unit 48 V DC Power Supply—Train A 机组 48 V 直流电源系统——系列 A
LCB	Unit 48 V DC Power Supply—Train B 机组 48 V 直流电源系统——系列 B
LCC	48 V DC Power Source and Distribution System Decoupling 48 V 直流电源和配电去耦系统
LCD	Common 48 V DC Power Supply (Nuclear Auxiliary Building) 公用 48 V 直流电源系统 (核辅助厂房)
OLCK	48 V DC Power Supply (Deminerization Plant and Auxiliary Boilers) 48 V 直流电源系统 (除盐水车间和辅助锅炉)

LCL	48 V DC Power Supply (EC Building) 48 V 直流电源系统 (除盐水车间和辅助锅炉)
OLCM	48 V DC Power Supply (Main Switchyard) 48 V 直流电源系统 (主开关站)
LDA	30 V DC Power Supply (Analog Control) 30 V 直流电源系统 (模拟控制)
LGA	6.6 kV Switchboard 6.6 kV 配电盘系统
LGB	6.6 kV Switchboard 6.6 kV 配电盘系统
LGC	6.6 kV Switchboard 6.6 kV 配电盘系统
LGD	6.6 kV Switchboard 6.6 kV 配电盘系统
LGE	Unit 6.6 kV Switchboard 机组 6.6 kV 配电盘系统
LGI	Common and Site 6.6 kV Switchboard 公用和厂区 6.6 kV 配电盘系统
LGM	6.6 kV Switchboard-Preoperational Boiler 6.6 kV 配电盘系统-调试锅炉
LGR	Auxiliary Power Supply 辅助厂用电源系统
LHA	6.6 kV AC Emergency Power Distribution—Train A 6.6 kV 交流应急配电系统——系列 A
LHB	6.6 kV AC Emergency Power Distribution—Train B 6.6 kV 交流应急配电系统——系列 B
LHP	6.6 kV AC Emergency Power Supply—Train A 6.6 kV 交流应急电源系统——系列 A
LHQ	6.6 kV AC Emergency Power Supply—Train B 6.6 kV 交流应急电源系统——系列 B
LHT	Changeover Interconnection Devices 交流应急电源切换系统
LHZ	Low Voltage 380 V AC Generating Set (EC Building) 低压 380 V 交流发电机组 (EC 厂房)
LK	LV AC Network-380 V 低压交流电源 (380 V 系统)

LL	LV AC Emergency Network-380 V 低压交流应急电源 (380 V 系统)
LLS	Hydrotest Pump Turbine Generator Set 水压试验泵汽轮发电机组
LMA	220 V AC Normal Power Source and Distribution System 220 V 交流电源和配电系统
LMC	220 V AC Power Supply (CI Instrumentation) 220 V 交流电源系统 (CI 仪表)
LMD	220 V AC Power Supply (CI Instrumentation) 220 V 交流电源系统 (CI 仪表)
LNA	Vital 220 V AC Power (Protection Group I) 220 V 重要负荷交流电源系统 (第一保护组)
LNB	Vital 220 V AC Power (Protection Group II) 220 V 重要负荷交流电源系统 (第二保护组)
LNC	Vital 220 V AC Power (Protection Group III) 220 V 重要负荷交流电源系统 (第三保护组)
LND	Vital 220 V AC Power (Protection Group IV) 220 V 重要负荷交流电源系统 (第四保护组)
LNE	Uninterrupted 220 V AC Power 220 V 交流不间断电源系统
LNF	Common Uninterrupted 220 V AC Power (N. A. B.) 220 V 交流公用不间断电源系统 (核辅助厂房)
LNK	Uninterrupted 220 V AC Power (Demineralization and Auxiliary Boilers) 220 V 交流不间断电源系统 (除盐水车间和辅助锅炉)
OLNL	Uninterrupted 220 V AC Power (EC Building) (Included In 0LBL S. D. M.) 220 V 交流不间断电源系统 (EC 厂房)
OLNM	Uninterrupted 220 V AC Power (TC Building) 220 V 交流不间断电源系统 (TC 厂房)
LNP	Uninterrupted 220 V AC Power for Train B KIT&KPS 220 V 交流不间断电源系统 (系列 B KIT&KPS)

LSA	Test Loops 试验回路系统
LSI	Site Lighting 厂区照明系统
LTR	Grounding 接地系统
LYS	Batteries Test Loops 蓄电池试验回路
P	Pits 各种坑、池
PMC	Fuel Handling and Storage 核燃料装卸贮存
PTR	Reactor Cavity and Spent Fuel Pit Cooling and Treatment 反应堆和乏燃料水池冷却和处理系统
R	Reactor 反应堆
RAM	CRDM Power Supply 控制棒驱动机构电源系统
RAZ	Nuclear Island Nitrogen Distribution 核岛氮气分配系统
RCP	Reactor Coolant System 反应堆冷却剂系统
RCV	Chemical and Volume Control 化学和容积控制系统
REA	Reactor Boron and Water Makeup 反应堆硼和水的补给系统
REN	Nuclear Sampling 核取样系统
RGL	Full Length Rod Control 棒控系统
RIC	In-core Instrumentation 堆芯测量系统
RIS	Safety Injection 安全注入系统





RPE	Nuclear Island Vent and Drain 核岛排气和疏水系统
RPN	Nuclear Instrumentation 核仪表系统
RPR	Reactor Protection 反应堆保护系统
RRA	Residual Heat Removal 余热排出系统
RRB	Boron Heating 硼加热系统
RRC	Reactor Control 反应堆控制系统
RRI	Component Cooling 设备冷却水系统
RRM	CRDM Ventilation 控制棒驱动机构风冷系统
S	General Services 公用系统
SAP	Compressed Air Production 压缩空气生产系统
SAR	Instrument Compressed Air Distribution 仪用压缩空气分配系统
SAT	Service Compressed Air Distribution 公用压缩空气分配系统
SBE	Hot Laundry and Decontamination 热洗衣房和清洗去污系统
SDA	Demineralized Water Production 除盐水生产系统
SEA	Raw Water 生水系统
SEC	Essential Service Water 核岛重要生水系统

SED	Nuclear Island Demineralized Water Distribution 核岛除盐水分配系统
SEH	Waste Oil Inactive Water Drain 废油和非放射性水排放系统
SEK	Conventional Island Liquid Waste Collection 常规岛废液收集系统
SEL	Conventional Island Liquid Waste Discharge 常规岛废液排放系统
SEN	Auxiliary Cooling Water 辅助冷却水系统
SEO	Station Sewer System 电站污水系统
SEP	Potable Water 饮用水系统
SER	Conventional Island Demineralized Water Distribution 常规岛除盐水分配系统
SES	Hot Water Production and Distribution 热水生产和分配系统
SGZ	General Gas Storage and Distribution 厂用气体贮存和分配系统
SHY	Hydrogen Production and Distribution 氢气生产与分配系统
SIP	Process Instrumentation System 过程仪表系统
SIR	Chemical Reagents Injection 化学试剂注入系统
SIT	Feedwater Chemical Sampling 给水化学取样系统
SKH	Oil and Grease Storage 润滑油和油脂贮存系统
SLT	Transit Changing Room Ventilation 更衣室通风系统

SRE	Sewage Recovery (NI-Workshop-Site Laboratory) 放射性废水回收系统 (核岛-机修车间-厂区实验室)
SRI	Conventional Island Closed Cooling Water 常规岛闭路冷却水系统
STR	Steam Transformer 蒸汽转换器系统
SVA	Auxiliary Steam Distribution 辅助蒸汽分配系统
SVE	Preoperational Test Steam Distribution 运行前试验用蒸汽分配系统
T	Waste Treatment 三废处理
TEG	Gaseous Waste Treatment 废气处理系统
TEP	Boron Recycle 硼回收系统

TER	Liquid Waste Discharge 废液排放系统
TES	Solid Waste Treatment 固体废物处理系统
TEU	Liquid Waste Treatment 废液处理系统
V	Main Steam 主蒸汽
VVP	Main Steam 主蒸汽系统
X	Auxiliary Steam 辅助蒸汽
XCA	Auxiliary Steam Production 辅助蒸汽生产系统
XCE	Preoperational Test Steam Production 运行前试验用蒸汽生产系统
XPA	Auxiliary Boiler Fuel Oil 辅助锅炉燃料油系统

## 2. 岭澳核电站基本系统名称

	Quality and nuclear safety related system 完全与质量和核安全相关系统
	Partially quality and nuclear safety related system 部分与质量和核安全相关系统
	Quality related system 与质量相关系统
	Non quality related system 与质量无系统
A	Feedwater Supply 给水供应

ABP	Low Pressure Feedwater Heater 低压给水加热器系统
ACO	Feedwater Heaters Drain Recovery 给水加热器疏水回收系统
ADG	Feedwater Deaerating Tank and Gas Stripper 给水除气器系统
ADS	LV AC Network 380 V (ET Building) 低压交流电源 380 V 系统 (ET 厂房)
AET	Feedwater Pump Turbine Gland 主给水泵汽轮机轴封系统
AGM	Motor-Driven Feedwater Pump Lubrication 电动主给水泵润滑油系统

AGR	Feedwater Pump Turbine Lubrication Control Fluid 主给水泵汽轮机润滑油及调节油系统
AHP	High Pressure Feedwater Heater 高压给水加热器系统
APA	Motor-Driven Feedwater Pump 电动主给水泵系统
APD	Start-up Feedwater System 启动给水系统
APG	Steam Generator Blowdown 蒸汽发生器排污系统
APP	Turbine-Driven Feedwater Pump 汽动主给水泵系统
APU	Feedwater Pump Turbine Drain 主给水泵汽轮机疏水系统
ARE	Feedwater Flow Control 给水流量控制系统
ASG	Auxiliary Feedwater 辅助给水系统
ATE	Condensate Polishing Plant 凝结水净化处理系统
C	Condenser ( Condensation-Vacuum-Circulating Water) 凝汽器 ( 冷凝-真空-循环水)
CAR	Turbine Exhaust Water Spraying 汽轮机排汽喷淋系统
CET	Turbine Gland 汽轮机轴封系统
CEX	Condensate Extraction 凝结水抽取系统
CFI	Circulating Water Filtration 循环水过滤系统
CGR	Circulating Water Pump Lubrication 循环水泵润滑系统
CPA	Cathodic Protection 阴极保护系统
CRF	Circulating Water 循环水系统

CTE	Circulating Water Treatment 循环水处理系统
CVI	Condenser Vacuum 凝汽器真空系统
D	Ventilation-Handling Equipment-Communications-Lighting 通风-吊装设备-通信-照明
DAA	BOP Elevator System BOP 电梯系统
DAI	Nuclear Island Building Elevators 核岛厂房电梯
DAM	Turbine Hall Elevators 汽轮机厂房电梯
DEG	Nuclear Island Chilled Water 核岛冷冻水系统
DEL	Electrical Building Chilled Water 电气厂房冷冻水系统
DMA	BOP Hot workshop and Warehouse Handling Equipment ( AC Building) BOP 热机修间及仓库吊装设备 ( AC 厂房)
DME	Main Switchyard Handling Equipment ( TB Building) 主开关站吊装设备 ( TB 厂房)
DMH	Miscellaneous Hoists and Lifting Equipment in BOP Buildings and Areas BOP 厂房和 BOP 区域内的各种吊装设备
DMK	Fuel Building Handling Equipment 核燃料厂房吊装设备
DMM	Turbine Hall Mechanical Handling Equipment 汽轮机厂房机械吊装设备
DMN	Nuclear Auxiliary Building Handling Equipment 核辅助厂房吊装设备
DMP	Circulating Water Pumping Station Handling Equipment 循环水泵站吊装设备
DMR	Reactor Building Handling Equipment 反应堆厂房吊装设备
DMS	Digital Monitor System 视频监控系統

DMW	Handling Equipment for Reactor Building External Gantry , Peripheral Rooms, Diesel Buildings, Waste Auxiliary Building 反应堆厂房外部龙门架及其外围厂房吊装设备
DNB	BOP Buildings & Area Normal Lighting BOP 厂房和区域内正常照明系统
DNK	Fuel Buildings Normal Lighting 核燃料厂房正常照明系统
DNL	Electrical Building Normal Lighting 电气厂房正常照明系统
DNM	Turbine Hall Normal Lighting 汽轮机厂房正常照明系统
DNN	Nuclear Auxiliary Building Normal Lighting 核辅助厂房正常照明系统
DNP	Circulating Water Pumping Station Normal Lighting 循环水泵房正常照明系统
DNQ	Waste Auxiliary Building Normal Lighting 废物辅助厂房正常照明系统
DNR	Reactor Building Normal Lighting 反应堆厂房正常照明系统
DSB	BOP Buildings & Area Emergency Lighting BOP 厂房和区域应急照明系统
DSI	Site Security System 厂区保安系统
DSK	Fuel Building Emergency Lighting 核燃料厂房应急照明系统
DSL	Electrical Building Emergency Lighting 电气厂房应急照明系统
DSM	Turbine Hall Emergency Lighting 汽轮机厂房应急照明系统
DSN	Nuclear Auxiliary Building Emergency Lighting 核辅助厂房应急照明系统
DSP	Circulating Water Pumping Station Emergency Lighting 循环水泵站应急照明系统

DSQ	Waste Auxiliary Building Emergency Lighting 废物辅助厂房应急照明系统
DSR	Reactor Building Emergency Lighting 反应堆厂房应急照明系统
DTK	500 kV Switchyard Communication System 500 kV 开关站载波通信系统
DTL	Closed-Circuit Television 闭路电视系统
DTV	Site Communication 厂区通信系统
DVA	AA/AF Building Ventilation AA/AF 厂房通风空调系统
DVC	Control Room Air Conditioning 主控制室空调系统
DVE	Cable Floor Ventilation 电缆层通风系统
DVF	Electrical Building Smoke Exhaust 电气厂房排烟系统
DVG	Auxiliary Feedwater Pump Room Ventilation 辅助给水泵房通风系统
DVH	Charging Pump Room Emergency Ventilation 上充泵房应急通风系统
DVI	Component Cooling Room Ventilation 设备冷却水房间通风系统
DVK	Fuel Building Ventilation 核燃料厂房通风系统
DVL	Electrical Building Main Ventilation 电气厂房主通风系统
DVM	Turbine Hall Ventilation 汽轮机厂房通风系统
DVN	Nuclear Auxiliary Building Ventilation 核辅助厂房通风系统
DVP	Circulating Water Pumping Station Ventilation 循环水泵站通风系统
DVQ	Waste Auxiliary Building Ventilation 废物辅助厂房通风系统



DVS	Safety Injection and Containment Spray Pump Motor Room Ventilation 安全注入和安全壳喷淋泵电机房通风系统
DVT	Demineralization Plant Ventilation 除盐水车间通风系统
DVV	Auxiliary Boiler and Compressor Building Ventilation 辅助锅炉和空压机厂房通风系统
DVW	Peripheral Rooms Ventilation 安全壳环廊房间通风系统
DVX	Lubrication Oil Transfer Plant Building Ventilation 润滑油输送装置厂房通风系统
DWA	Hot Workshop and Warehouse Ventilation 热机修车间和仓库通风系统
DWB	Restaurant Ventilation SA 餐厅通风系统
DWC	Training Center Ventilation (EA Building) 培训中心通风系统
DWD	Security Building Ventilation 保安楼通风系统
DWE	Main Switchyard Ventilation 主开关站通风系统
DWH	EC Building Ventilation System EC 厂房暖通空调系统
DWL	Hot Laundry Ventilation 热洗衣房通风系统
DWM	Emergency Center Ventilation System 应急中心通风系统 (EM 楼)
DWN	Site Laboratory Ventilation (AL Building) 厂区实验室通风系统 (AL 实验室)
DWQ	Garage & Laundry Ventilation 车库和洗衣房通风系统 (AG/EL 厂房)
DWR	Cold Warehouses Ventilation (AB Building) 冷机修仓库通风系统 (AB 厂房)

DWS	Essential Service Water Pumping Station Ventilation (PX Building) 重要厂用水泵站通风系统 (PX 泵站)
DWT	Archive & Documentation Center Ventilation (AD Building) 档案馆通风系统 (AD 楼)
DWU	Fire Fighting Training Center Ventilation (EB Building) 消防培训中心通风系统 (EB 楼)
DWV	Oil Storage Area Ventilation (FC Building) 油料仓库通风系统 (FC 厂房)
DWW	Laboratory Office Ventilation (XL Building) 性能实验室办公间通风系统 (XL 厂房)
DWX	Compressors Building Ventilation (ZC Building) 空压机房通风系统 (ZC 厂房)
DWY	Electrochlorination Plant Ventilation 制氯站通风系统 (HX 厂房)
DWZ	Hydrogen Production Plant Ventilation 制氢站通风系统 (ZB 厂房)
E	Containment 安全壳
EAS	Containment Spray 安全壳喷淋系统
EAU	Containment Instrumentation 安全壳仪表系统
EBA	Containment Sweeping Ventilation 安全壳换气通风系统
EPP	Containment Leakage Monitoring 安全壳泄漏监测系统
ETY	Containment Atmosphere Monitoring 安全壳内大气监测系统
EVC	Reactor Pit Ventilation 反应堆堆坑通风系统
EVF	Containment Cleanup 安全壳内空气净化系统

EVR	Containment Continuous Ventilation 安全壳连续通风系统
G	Turbine Generator 汽轮发电机
GCA	Turbine and Feedheating Plant Preservation During Outage 汽轮机和给水加热装置停运期间的保养系统
GCT	Turbine Bypass 汽轮机旁路系统
GEV	Power Transmission 输电系统
GEW	Main Switchyard-EHV Switchgear 主开关站—超高压配电装置
GEX	Generator Excitation and Voltage Regulation 发电机励磁和电压调节系统
GFR	Turbine Control Fluid 汽轮机调节油系统
GGR	Turbine Lubrication Jacking and Turning 汽轮机润滑、顶轴和盘车系统
GHE	Generator Seal Oil 发电机密封油系统
GME	Turbine Supervisory system 汽轮机监视系统
GPA	Generator and Power Transmission Protection 发电机和输电保护系统
GPV	Turbine Steam and Drain 汽轮机蒸汽和疏水系统
GRE	Turbine Governing 汽轮机调节系统
GRH	Generator Hydrogen Cooling 发电机氢气冷却系统
GRV	Generator Hydrogen Supply 发电机氢气供应系统

GSE	Turbine Protection 汽轮机保护系统
GSS	Moisture Separator Reheater 汽水分离再热器系统
GST	Stator Cooling Water 发电机定子冷却水系统
GSY	Grid Synchronization and Connection 同步并网系统
GTH	Turbine Lube Oil Treatment 汽轮机润滑油处理系统
GTR	Turbine Generator Remote Control 汽轮发电机远程控制系统
J	Fire Protection (Detection-Fire Fighting) 消防(探测-火警)
JDT	Fire Detection 火警探测系统
JPC	Low pressure Carbon Dioxide Fire Fighting 低压二氧化碳灭火系统(AA/AB/AF厂房)
JPD	Fire Fighting Water Distribution 消防水分配系统
JPH	Turbine Oil Tank Fire Protection 汽轮机油箱消防系统
JPI	Nuclear Island Fire Protection 核岛消防系统
JPL	Electrical Building Fire Protection 电气厂房消防系统
JPP	Fire Fighting Water Production 消防水生产系统
JPS	Mobile & Portable Fire Fighting Equipment 移动式 and 便携式消防设备
JPT	Transformers Fire Protection 变压器灭火系统
JPU	Site Fire Fighting Water Distribution 厂区消防水分配系统
JPV	Diesel Generator Fire Protection 柴油发电机灭火系统

K	Instrumentation and Control 仪表和控制
KBS	Thermocouple Cold Junction Boxes 热电偶冷端盒系统
KCO	Common Control Cabinets for Conventional Island 常规岛共用控制机柜
KDO	Test Data Acquisition 试验数据采集系统
KIR	Loose Parts and Vibration Monitoring 松动部件和振动监测系统
KIS	Seismic Instrumentation 地震仪表系统
KIT	Centralized Data Processing 集中数据处理系统
KKK	Site and Building Access Control 厂区和办公楼出入监督系统
KKO	Energy Metering and Perturbography 电度表和故障录波仪
KLP	500 kV Line Protection 500 kV 线路保护系统
KME	Test Instrumentation 试验仪表系统
KPR	Remote Shutdown Panel 应急停堆盘系统
KPS	Safety Panel 安全监督盘系统
KRG	General Control Analog Cabinets 集中控制模拟量机柜
KRS	Site Radiation and Meteorological Monitoring 厂区辐射与气象监测系统
KRT	Plant Radiation Monitoring 电厂辐射监测系统
KSA	Alarm Processing 警报处理系统
KSC	Main Control Room 主控制室系统
KSN	Nuclear Auxiliary Building-Local Control Panels and Boards 核辅助厂房—就地控制屏和控制盘

KSU	Security Building Control Desk 应急保安楼控制台系统
KZC	Controlled Area Access Monitoring 控制区出入监测系统
L	Electrical Systems 电气系统
LAA	Uninterrupted 230 V DC Power System (LNE) Inverter Power Supply 230 V 不间断直流电源系统、逆变电源系统 (电气厂房 LNE)
LAB	Turbine Generator Continuous Lubrication Pump Power Supply 汽轮发电机不间断润滑油泵电源系统 (汽轮机厂房)
LBA	125 V DC Power Supply—Train A 125 V 直流电源系统——系列 A
LBB	125 V DC Power Supply—Train B 125 V 直流电源系统——系列 B
LBC	Protection Group I Inverters Power Supply 第一保护组逆变电源系统
LBD	Protection Group II Inverters Power Supply 第二保护组逆变电源系统
LBE	Protection Group III Inverters Power Supply 第三保护组逆变电源系统
LBF	Protection Group IV Inverters Power Supply 第四保护组逆变电源系统
LBG	125 V DC Power Supply (Nuclear Auxiliary Building) 125 V 直流电源系统 (核辅助厂房)
LBJ	125 V DC Power Supply (6.6 kV Breakers) 125 V 直流电源系统 (6.6 kV 断路器)
LBK	125 V DC Power Supply (Demineralization Plant and Auxiliary Boilers) 125 V 直流电源系统 (除盐水车间和辅助锅炉)

LBL	125 V DC Power Supply (UA/UD Building) 125 V 直流电源系统 (UA/UD 厂房)
LBM	125 V DC Power Supply (Switchgear Control-Main Switchyard) 125 V 直流电源系统 (开关控制、主开关站)
LBN	125 V DC Power Supply (Main Switchyard) 125 V 直流电源系统 (TC 厂房主开关站)
LBO	125 V DC Power Supply (Auxiliary Switchyard) 125 V 直流电源系统 (TC 厂房辅助开关站)
LBP	125 V DC Power Source and Distribution System 125 V 直流电源和分配系统
LCA	Unit 48 V DC Power Supply—Train A 机组 48 V 直流电源系统——系列 A
LCB	Unit 48 V DC Power Supply—Train B 机组 48 V 直流电源系统——系列 B
LCC	Unit Disconnection 48 V DC Power Supply 机组解列用 48 V 直流电源系统
LCD	Common 48 V DC Power Supply (Nuclear Auxiliary Building) 公用 48 V 直流电源系统 (核辅助厂房)
LCE	Unit 48 V Power Supply System (Train A for CI) 48 V 电源系统 (常规岛 A 列)
LCK	48 V DC Power Supply (YA Demineralization Plant and Auxiliary Boilers) 48 V 直流电源系统 (除盐水车间和辅助锅炉)
LCL	48 V DC Power Supply (UA Building) 48 V 直流电源系统 (UA 厂房)
LCM	48 V DC Power Supply (Main Switchyard) 48 V 直流电源系统 (TC 厂房主开关站)
LDA	30 V DC Power Supply (Analog Control) 30 V 直流电源系统 (模拟控制)
LGA	6.6 kV Switchboard 6.6 kV 配电盘系统
LGB	6.6 kV Switchboard 6.6 kV 配电盘系统

LGC	6.6 kV Switchboard 6.6 kV 配电盘系统
LGD	6.6 kV Switchboard 6.6 kV 配电盘系统
LGE	Unit 6.6 kV Switchboard 机组 6.6 kV 配电盘系统
LGI	Common and Site 6.6 kV Switchboard 公用和厂区 6.6 kV 配电盘系统
LGJ	Auxiliary Transformer 6.6 kV Switchboard 辅助变压器 6.6 kV 配电盘系统
LGR	Auxiliary Power Supply 辅助厂用电源系统
LHA	6.6 kV AC Emergency Power Distribution—Train A 6.6 kV 交流应急配电系统——系列 A
LHB	6.6 kV AC Emergency Power Distribution—Train B 6.6 kV 交流应急配电系统——系列 B
LHP	6.6 kV AC Emergency Power Supply -Diesel—Train A 6.6 kV 交流应急电源系统——柴油机系列 A
LHQ	6.6 kV AC Emergency Power Supply-Diesel—Train B 6.6 kV 交流应急电源系统——柴油机系列 B
LHT	Change Over Interconnection Devices-Site Emergency Power Distribution System 转换连接装置、现场应急电源配电系统
LHX	Low Voltage 380 V AC Generating Set (TB Building) 低压 380 V 交流发电机组 (TB 厂房)
LHY	Low Voltage 380 V AC Generating Set (EM/EC Building) 低压 380 V 交流发电机组 (EM/EC 厂房)
LHZ	Low Voltage 380 V AC Generating Set (UA Building) 低压 380 V 交流发电机组 (UA 厂房)
LKA	LV AC Network 380 V (NI Auxiliaries) 低压交流电源 380 V 系统 (核岛辅助设备)
LKB	LV AC Network 380 V (NI Auxiliaries) 低压交流电源 380 V 系统 (核岛辅助设备)
LKC	LV AC Network 380 V (NI Auxiliaries) 低压交流电源 380 V 系统 (核岛辅助设备)

LKD	LV AC Network 380 V ( BA Building-Electrical Building) 低压交流电源 380 V 系统 (BA 楼、电气厂房)
LKE	LV AC Network 380 V ( NI Auxiliaries - BX Building) 低压交流电源 380 V 系统 (核岛辅助设备、BX 楼)
LKF	LV AC Network 380 V ( CI Auxiliaries - TC Building) 低压交流电源 380 V 系统 (常规岛辅助设备、TC 厂房)
LKG	LV AC Network 380 V ( CI Auxiliaries) 低压交流电源 380 V 系统 (常规岛辅助设备)
LKH	380 V AC Power Supply System (PX Building) 380 V 交流电源系统 (PX 泵房)
LKI	LV AC Network 380 V ( NX Building) 低压交流电源 380 V 系统 (NX 厂房)
LKJ	LV AC Network 380 V ( EL Building - NX Building) 低压交流电源 380 V 系统 (EL 厂房、NX 厂房)
LKK	LV AC Network 380 V ( Common Services) 低压交流电源 380 V 系统 (公用设施)
LKL	LV AC Network 380 V ( Fuel Auxiliary Building - UA Building) 低压交流电源 380 V (燃料厂房、UA 厂房)
LKM	LV AC Network 380 V ( AC Building) 低压交流电源 380 V 系统 (AC 厂房)
LKN	LV AC Network 380 V ( Common Services - AL Building) 低压交流电源 380 V 系统 (公用设施、AL 厂房)
LKO	LV AC Network 380 V ( SA Restaurant) 低压交流电源 380 V 系统 (SA 餐厅)
LKP	LV AC Network 380 V ( Turbine Hall - Hot Laundry) 低压交流电源 380 V 系统 (汽轮机厂房、热洗衣房)

LKQ	LV AC Network 380 V ( BOP Auxiliary - TC Building - CI Auxiliaries) 低压交流电源 380 V 系统 (BOP 附属设备、TC 厂房、常规岛辅助设备)
LKR	LV AC Network 380 V ( Unit Auxiliaries 1B) 低压交流电源 380 V 系统 (机组辅助设备 1B)
LKS	LV AC Network 380 V ( Turbine Hall Ventilation - Waste Auxiliary Building) 低压交流电源 380 V 系统 (汽轮机厂房通风装置、废物辅助厂房)
LKT	LV AC Network 380 V ( Unit Auxiliaries 1C) 低压交流电源 380 V 系统 (机组辅助设备 1C)
LKU	LV AC Network 380 V ( Turbine Hall Ventilation - YA Building) 低压交流电源 380 V 系统 (汽轮机厂房通风装置、YA 厂房)
LKV	LV AC Network 380 V ( YA Building) 低压交流电源 380 V 系统 (YA 厂房)
LKW	LV AC Network 380 V ( VA/ZC Building) 低压交流电源 380 V 系统 (VA/ZC 厂房)
LKX	LV AC Network 380 V ( CI Condensate Polishing - VA/ZC Building) 低压交流电源 380 V 系统 (常规岛凝结水净化系统、VA/ZC 厂房)
LKY	LV AC Network 380 V ( AA Building - CI Condensate Polishing) 低压交流电源 380 V 系统 (AA 厂房、常规岛凝结水净化系统)
LKZ	LV AC Network 380 V ( AA Building) 低压交流电源 380 V 系统 (AA 厂房)
LLA	LV AC Emergency Network 380 V—Train A 低压交流应急电源 380 V 系统——系列 A
LLB	LV AC Emergency Network 380 V—Train B 低压交流应急电源 380 V 系统——系列 B
LLC	LV AC Emergency Network 380 V—Train A 低压交流应急电源 380 V 系统——系列 A
LLD	LV AC Emergency Network 380 V—Train B 低压交流应急电源 380 V 系统——系列 B

LLE	LV AC Emergency Network 380 V—Train A 低压交流应急电源 380 V 系统——系列 A
LLF	LV AC Emergency Network 380 V (N. A. B. Lighting—Train A) 低压交流应急电源 380 V 系统 (核岛辅助厂房照明——系列 A)
LLG	LV AC Emergency Network 380 V System (Diesel A Auxiliaries) 低压交流应急电源 380 V 系统 (柴油机 A 辅助设备)
LLH	LV AC Emergency Network 380 V System (N. A. B. Lighting—Train B) 低压交流应急电源——380 V 系统 (核辅助厂房照明——系列 B)
LLI	LV AC Emergency Network 380 V—Train A 低压交流应急电源 380 V 系统——系列 A
LLJ	LV AC Emergency Network 380 V—Train B 低压交流应急电源 380 V 系统——系列 B
LLM	LV AC Emergency Network 380 V System (NI Lighting) and Emergency Distribution Panel (TC Building) 低压交流应急电源 380 V 系统 (核岛照明) 和应急配电盘 (TC 厂房)
LLN	LV AC Emergency Network 380 V System (Train A) and Emergency Distribution Panel (TC Building) 低压交流应急电源 380 V 系统 (系列 A) 和应急配电盘 (TC 厂房)
LLO	LV AC Emergency Network 380 V—Train B 低压交流应急电源 380 V 系统——系列 B
LLP	LV AC Emergency Network 380 V—(Turbine Generator Emergency Auxiliaries) 低压交流应急电源 380 V 系统——(汽轮发电机辅助设备)
LLR	LV AC Emergency Network 380 V—(CI Lighting) 低压交流应急电源 380 V 系统——(常规岛照明)
LLS	Hydrotest Pump Turbine Generator Set 水压试验泵汽轮发电机组

LLW	LV AC Emergency Network 380 V—(Diesel B Auxiliaries) 低压交流应急电源 380 V 系统——(柴油机 B 辅助设备)
LLY	LV 380 V AC Distribution Emergency Panel (EM Building) 低压交流应急配电屏 380 V 系统 (EM 厂房)
LLZ	LV 380 V AC Distribution Emergency Panel (UA Building) 低压交流应急配电屏 380 V 系统 (UA 厂房)
LMA	220 V AC Normal Power Source and Distribution System 220 V 交流正常电源和配电系统
LMC	220 V AC Power Supply (CI Instrumentation) 220 V 交流电源系统 (常规岛仪表)
LMD	220 V AC Power Supply (CI Instrumentation) 220 V 交流电源系统 (常规岛仪表)
LNA	Vital 220 V AC Power (Protection Group I) 220 V 交流重要负荷电源系统 (第一保护组)
LNB	Vital 220 V AC Power (Protection Group II) 220 V 交流重要负荷电源系统 (第二保护组)
LNC	Vital 220 V AC Power (Protection Group III) 220 V 交流重要负荷电源系统 (第三保护组)
LND	Vital 220 V AC Power (Protection Group IV) 220 V 交流重要负荷电源系统 (第四保护组)
LNE	Uninterrupted 220 V AC Power 220 V 交流不间断电源系统
LNF	Common Uninterrupted 220 V AC Power (N. A. B) 220 V 交流公用不间断电源系统 (核辅助厂房)
LNK	Uninterrupted 220 V AC Power (Demineralization-Auxiliary Boilers) 220 V 交流不间断电源系统 (除盐水车间、辅助锅炉)

LNL	Uninterrupted 220 V AC Power ( UA/UD Building) 220 V 交流不间断电源系统 (UA/UD 厂房)
LNM	Uninterrupted 220 V AC Power ( Main Switchyard TC Building) 220 V 交流不间断电源系统 (TC 厂房主开关站)
LNN	Uninterrupted 220 V AC Power ( Auxiliary Switchyard TC Building) 220 V 交流不间断电源系统 (TC 厂房辅助开关站)
LNP	Uninterrupted 220 V AC Power for Train B KIT&KPS 220 V 交流不间断电源系统 (系列 B KIT&KPS)
LRT	Electrical Power Resupply in Outage 大修期间再供电系统
LSA	Test Loops 试验回路系统
LSI	Site Lighting 厂区照明系统
LSS	LOCA Surveillance LOCA 监测系统
LTR	Grounding and Lightning Protection 避雷接地系统
LYS	Batteries Test Loops 蓄电池试验回路
P	Pits 各种坑、池
PAMS	Post Accident Monitoring System 事故后监测系统
PMC	Fuel Handling and Storage 核燃料装卸贮存系统
PTR	Reactor Cavity and Spent Fuel Pit Cooling and Treatment 反应堆换料堆腔和乏燃料水池的冷却和处理系统
R	Reactor 反应堆

RAM	CRDM Power Supply 控制棒驱动机构电源系统
RAZ	Nuclear Island Nitrogen Distribution 核岛氮气分配系统
RCP	Reactor Coolant System 反应堆冷却剂系统
RCV	Chemical and Volume Control 化学和容积控制系统
REA	Reactor Boron and Water Makeup 反应堆硼和水的补给系统
REN	Nuclear Sampling 核取样系统
RGL	Full Length Rod Control 棒控系统
RIC	In-core Instrumentation 堆芯测量系统
RIS	Safety Injection 安全注入系统
RPE	Nuclear Island Vent and Drain 核岛排气和疏水系统
RPN	Nuclear Instrumentation 核仪表系统
RPR	Reactor Protection 反应堆保护系统
RRA	Residual Heat Removal 余热排出系统
RRB	Boron Heating 硼加热系统
RRC	Reactor Control 反应堆控制系统
RRI	Component Cooling 设备冷却水系统
RRM	CRDM Ventilation 控制棒驱动机构风冷系统

RVWLM	Reactor Vessel Water Level Monitoring System 反应堆压力容器水位监测系统
S	General Services 公用系统
SAP	Compressed Air Production 压缩空气生产系统
SAR	Instrument Compressed Air Distribution 仪表用压缩空气分配系统
SAT	Service Compressed Air Distribution 公用压缩空气分配系统
SBE	Hot Laundry System 热洗衣房系统
SDA	Demineralized Water Production 除盐水生产系统
SEA	Raw Water 生水系统
SEC	Essential Service Water 重要厂用水系统
SED	Nuclear Island Demineralized Water Distribution 核岛除盐水分配系统
SEH	Waste Oil and Inactive Water Drain 废油和非放射性水排放系统
SEK	Conventional Island Liquid Waste Collection 常规岛废液收集系统
SEL	Conventional Island Liquid Waste Discharge (QA Building) 常规岛废液排放系统 (QA 厂房)
SEN	Auxiliary Cooling Water 辅助冷却水系统
SEO	Station Sewer System 电站污水系统
SEP	Potable Water 饮用水系统

SER	Conventional Island Demineralized Water Distribution 常规岛除盐水分配系统
SES	Hot Water Production and Distribution 热水生产和分配系统
SGZ	General Gas Storage and Distribution 厂用气体贮存和分配系统
SHY	Hydrogen Production and Distribution 氢气生产与分配系统
SIP	Process Instrumentation System 过程仪表系统
SIR	Chemical Reagents Injection 化学试剂注射系统
SIT	Feedwater Chemical Sampling 给水化学取样系统
SKH	Lubrication Oil Transfer System 润滑油传输系统
SLT	Transit Changing Room Ventilation 更衣室通风系统
SRE	Sewage Recovery (NI-Workshop-Site Laboratory) 放射性废水回收系统 (核岛-机修车间-厂 区实验室)
SRI	Conventional Island Closed Cooling Water 常规岛闭路冷却水系统
STR	Steam Transformer 蒸汽转换系统
SVA	Auxiliary Steam Distribution 辅助蒸汽分配系统
SVC	Auxiliary Steam Connection Pipe System 辅助蒸汽联网管道系统
T	Waste Treatment 三废处理
TEG	Gaseous Waste Treatment 废气处理系统



TEP	Boron Recycle 硼回收系统
TER	Liquid Waste Discharge 废液排放系统
TES	Solid Waste Treatment 固体废物处理系统
TEU	Liquid Waste Treatment 废液处理系统
V	Main Steam 主蒸汽
VVP	Main Steam 主蒸汽系统
X	Auxiliary Steam 辅助蒸汽
XCA	Auxiliary Steam Production 辅助蒸汽生产系统

## 附录二 组织机构和相关术语缩写

英文	说明
AD	Administrative Procedure 行政程序
AGB	General Audit Branch 综合审计处
ALARA	As Low As Reasonably Achievable 可以合理达到的尽量低的水平（或译：合理可行尽量低）（辐射防护用语）
ALSTOM	阿尔斯通公司，由通用电气-阿尔斯通公司（GEC-ALSTHOM）1998年公开上市后更名而成
AOB	Operations Audit Branch 生产审计处
AOM	Assistant Operations Manager 电站经理助理
ASSET	Assessment of Safety Significant Event Team 安全重要事件评价团
ATR	Authorization Training Requirements 授权培训要求
ATWS	Anticipated Transient Without Scram 未能紧急停堆的预期瞬态
ATWT	Anticipated Transient Without Trip 未能紧急停机的预期瞬态
AUD	Audit Department 审计部
BOD	Board 董事会
BOP	Balance of the Plant 电站配套设施
CAB	Administration Branch 行政处
CAP-Team	Corrective Action Program Team 电站内外部事件及纠正行动审查评议小组
CAR	Corrective Action Request 纠正措施要求（质保用语）
CARB	Corrective Action Review Board 电站纠正行动评审委员会
CBO	Company Beijing Office 公司北京办事处
CCTV	Closed Circuit Television 闭路电视
CCW	Infrastructure Branch 基建处
CI	Conventional Island 常规岛
CIS	Corporate Information System 电站综合信息系统
CIT	Computer Center 信息技术中心
CLP	China Light & Power Co. Ltd. 中华电力有限公司
CNEIC	China Nuclear Energy Industrial Company 中国原子能工业公司
CNNC	China National Nuclear Corporation 中国核工业总公司（中核总）
COMIS	Company Operation & Maintenance Information System 公司生产管理信息系统
CPC	Communist Party Committee (Daya Bay) 党委（大亚湾）
CPR	Public Relations Branch 公关宣传中心
CQOM	Company Quality Organization Manual 公司质量管理程序手册
CRO	Computer Request to Order 自动采购申请

CSD	Corporate Services Department 行政管理部
CSE	Secretarial Branch 秘书处
CST	Science & Technology Committee of Company 公司科技委
CT	Containment Test 安全壳密封性试验
CTC	Communication Center 通信中心
CUW	Call Up on Warranty 要求(供货商)履行保证条款
CVC	Transportation Center 运输中心
CYL	Communist Youth League Committee (Daya Bay) 团委(大亚湾)
DHP	Dynamic Hold Point Procedure 动态控制点程序
DAMI	Document-Archives Management Information System 文档管理信息系统
DOM	Deputy Operations Manager (OPS) 电站副经理
DNMC	Daya Bay Nuclear Power Operations & Management Company, Limited 大亚湾核电运营管理有限责任公司
DPH	Health Physics and Safety Branch 职业安全处(岭澳核电站二期生产准备机构)
DPL	Planning & Liaison Branch 计划联络处(岭澳核电站二期生产准备机构)
DPO	Operation Branch Three (LingDong) 运行三处(岭澳核电站二期生产准备机构)
DPR	Operations Ready Department 生产准备部(岭澳核电站二期生产准备机构)
DPT	Polytechnic Branch 综合技术处(岭澳核电站二期生产准备机构)
EESR	End of Erection Status Report 安装竣工状态报告
EFPD	Equivalent Full Power Days 等效满功率天
EOMM	Equipment Operation and Maintenance Manual 设备运行维修手册
EP	Emergency Preparedness 应急准备
EQAV	Equivalent Average 当量(平均)
ERA	Europe Representative Agency 驻欧办事处
ESP	物资技术数据库
FAC	Accounting Branch 会计处
FAC	Final Acceptance Certificate 最终验收证书
FMX	同 Framex
FND	Finance Department 财务部
FP	Full Power 满功率
FPC	Cost Control Branch 成本处
FRA	同 FRAMATOME
FRAMATOME	法马通公司(法)
FRAMEX	法马通海外检修公司
FROG	Framatome Owners Group 法马通业主协会
FSAR	Final Safety Analysis Report 最终安全分析报告
FSS	Full Scope Simulator 全范围模拟机
FTS	Treasury Branch 资金处
$F_{xy}$	Radial Peaking Factor 径向功率峰因子

GEC-A	General Electrical-ALSTHOM Corp. 通用电气-阿尔斯通公司 (英、法)
GEPB	Guangdong Environmental Protection Bureau 广东省环保局
GMC	General Management 总经理部
GNIC	Guangdong Nuclear Power Investment Co. Ltd. 广东核电投资有限公司
GNPJVC	Guangdong Nuclear Power Joint Venture Co. Ltd. 广东核电合营有限公司
GNPS	Guangdong Nuclear Power Station 广东大亚湾核电站
GNRB	General Nuclear Review Board 核安全评审委员会
GOR	General Operating Rules 运行总则
GPHC	Guangdong Electric power Holding Co. 广东省电力集团公司
GRO	Guangdong Regional Office (NNSA) 国家核安全局广东监督站
GT	反应堆控制棒束导向管更换
HAF	核安全法规 (中国发布)
HDB	Planning & Development Branch 规划开发处
HKNIC	Hong Kong Nuclear Power Investment Co. Ltd. 香港核电投资有限公司
HNMC	Huainan Nuclear Maintenance Company 淮南核电检修公司
HP	High Pressure cylinder 高压缸
HPB	Public Security Branch of Daya Bay 大亚湾公安分局
HRD	Human Resources Department 人力资源部
HSB	Personnel Branch 人事处
HWB	Salary & Wages Branch 劳资处
IAEA	International Atomic Energy Agency 国际原子能机构
ICRP	International Committee of Radiation Protection 国际放射防护委员会
In-Core	堆内
INES	International Nuclear Event Scale 国际核事件分级 (IAEA 用语)
INPO	International Nuclear Power Operation 核电运行研究所 (美)
Io	Inoperability (系统设备) 不可用
IOE	Internal Operation Event 内部运行事件
IP	Implementation Procedure 执行程序
IS	Industrial Safety 工业安全
ISI	In-Service Inspection 在役检查
ISO	International Standard Organization 国际标准组织
ITP	Individual Training Programme 个人培训计划
ITV	Inspection of Television 电视检查
KEPCO	Korea Electric Power Corp. 韩国电力公司
LANPC	LingAo Nuclear Power Company, Ltd. 岭澳核电有限公司
LNPS	Guangdong LingAo Nuclear Power Station 岭澳核电站
LOE	Licensing Operational Event 电站运行事件
LOI	Low Operation Interval (RRA) RRA 低水位运行间隔
LP	Low Pressure cylinder 低压缸
MAP	Administration&Planning Branch 综合计划处

MAP	Mean Assembly Power 反应堆组件平均功率
MCR	Main Control Room 主控制室
MDT	Maintenance Team for GNPS 大亚湾核电站维修队
MEE	Electrical Equipment Branch 电气处
MGS	General Service Branch 现场服务处
MIC	Instrument & Control Branch 仪表控制处
MIS	用于反应堆压力容器无损探伤的装置名称, 法国产品
MLT	Maintenance Team for LNPS 岭澳核电站维修队
MOT	Outage Branch 大修处
MPT	Procedure Writing Group 规程编写组
MR	Modification Request 改造申请
MRM	Rotating Machine Branch 转动机械处
MRO	Manual Request to Order 手动采购申请
MSM	Static Machine Branch 静止机械处
MTD	Maintenance Department 维修部
NCR	Non Conformance Report 不符合项报告
NDE	Non Destructive Examination 无损检验
NDT	Non Destructive Test 无损探伤
NEPA	National Environment Protection Administration 国家环境保护总局
NEPC	Northeast Electric Power Construction Co. 东北核电建设公司
NGT	General Training Branch 综合培训处
NI	Nuclear Island 核岛
NNSA	National Nuclear Safety Administration 国家核安全局
NPT	Professional Training Branch 技能培训处
NQR	Non Quality Related 与质量无关的
NS	Nuclear Safety 核安全
NSSS	Nuclear Steam Supply System 核蒸汽供应系统
NST	Simulator Training Branch 运行培训处
NTC	Nuclear Training Center 培训中心
OAMS	Offline Assets Management System 生产离线固定资产管理系统
OBN	Observation Note 观察通知单(质量保证用语)
OJT	On-the-Job Training 在岗培训
OPA	Administration Branch 综合管理处
OPC	Chemical Branch 化学环保处
OPG	Operation Planning Branch 生产计划处
OPH	Health Physics Branch 保健物理处
OPL	License Branch 执照申请处
OPO	Operation Branch of GNPS 运行一处
OPP	Generation Planning Branch 发电计划处
OPS	Operations Department 生产部

OQAP	Operations Quality Assurance Programme 运行质保大纲
OS (contract)	Operation Service Contract 生产服务合同 (GNPJVC 与 EDF 之间)
OSART	Operational Safety Assessment Review Team 运行安全评审团 (IAEA)
P7	Permissive Signal P7 允许信号 P7 (反应堆功率大于 10%)
PCI	Pellet Cladding Interaction 芯块与包壳的相互作用
$P_e$	Power (Electricity) 电功率
PEC	Plant Engineering Committee 电站工程技术委员会
PI (法)	Intervention Permit 介入票
PICC	People's Insurance Co. of China 中国人民保险公司
PISRC	Plant Industrial Safety & Radiation Protection Committee 电站工业安全和辐射防护委员会
$P_n$	Power (nuclear) 核功率
PNSC	Plant Nuclear Safety Committee 电站核安全委员会
PO	Interface Procedure 接口程序
PQOM	Production Quality Organization Manual 生产质量管理手册 (1998 年以前: Plant Quality Organization Manual 电站质量管理手册)
PQTR	Personnel Qualification Training Requirements 专业技术和技能培训要求
PRA	Probability Risk Analysis 概率风险分析
Pre-OSART	Pre-Operational Safety Assessment Review Team 运行前安全评审团 (IAEA)
PSI	Pre-Service Inspection 役前检查
PT	Periodic Test 定期试验
PT	Power Tilt 堆芯象限功率倾斜因子
PTC	Plant Training Committee 电站培训委员会
PTS	Periodic Test System 定期试验系统
PWR	Pressurized Water Reactor 压水反应堆
PX	Exceptional Work Permit 特殊作业许可票
QA	Quality Assurance 质量保证
QC	Quality Control 质量控制
QR	Quality Related 与质量有关的
QSR	Quality And Safety Related 与质量及 (核) 安全有关的
RCCA	Rod Cluster Control Assemblies 控制棒束
RCC-M	(法国) 核设备制造规范
RCM	Reliability-Centered Maintenance 以可靠性为中心的维修
RINPO	Research Institute of Nuclear Power Operation 核动力运行研究所 (武汉)
RO	Reactor Operator 反应堆操纵员
RP	Radiation Protection 辐射防护
SCAR	Significant Corrective Action Request 重大纠正行动要求 (质保用语)
SDM	System Design Manual 系统设计手册
SG	Steam Generator 蒸汽发生器
SNS	Nuclear Safety Branch 核安全处

SNSOB	Senior Nuclear Safety Oversight Board (美国) 核工业专家审查顾问组
SPSB	Shenzhen Power Supply Bureau 深圳供电局
SQA	Quality Assurance Branch 质保处
SRO	Senior Reactor Operator 高级反应堆操纵员
STA	Safety Technical Advisor 安全技术顾问(安全工程师)
TCA	Temporary Control Alterations 临时控制变更
TCS	Contract & Supplier Branch 合同供应处
TCW	土建处
TDA	Documentation Archives Branch 文档资料处
TEF	日常生产管理项目组(译自法文)
TEM	Equipment Management Branch 设备管理处
TEN	Engineering Branch 工程处
TIE	Import & Export Office 口岸管理办公室
TLD	Thermoluminescent Dosimeter 热释光剂量计
TND	Technical Department 技术部
TOB	Take Over for Blocking 隔离责任移交生产部
TOI	Temporary Operation Instruction 临时运行指令
TOM	Take Over for Maintenance 维修责任移交生产部门
TOTO	Turned Over for Temporary Operations 临时运行责任移交生产部门
TSD	Temporary Special Device 临时专用设施(临时系统装置)
TSI	Temporary Surveillance Instruction 临时监督指令
TTS	Technical Support Branch 技术支持处
WANO	World Association of Nuclear Operators 世界核营运者协会
WANO-PC	世界核营运者协会—巴黎中心
WANO-TC	世界核营运者协会—东京中心
WR	Work Request 工作申请

## 附录三 计量单位符号中英文对照

英文	中文	英文	中文
Bq	贝可	m	米
Bq/g	贝可/克	GW·h	吉瓦·时
Bq/kg	贝可/千克	kV	千伏
Bq/m <sup>3</sup>	贝可/米 <sup>3</sup>	kW·h	千瓦·时
MBq/m <sup>3</sup>	兆贝可/米 <sup>3</sup>	μg/g	微克/克
MW	兆瓦	g/L	克/升
MW·h	兆瓦·时	mm	毫米
MW·d/t	兆瓦·日/吨	cm	厘米
EFPD	等效满功率天	g/cm <sup>3</sup>	克/厘米 <sup>3</sup>
h	小时	Ci/ m <sup>3</sup>	居里/米 <sup>3</sup>
m <sup>3</sup>	米 <sup>3</sup>	mCi/ m <sup>3</sup>	毫居里/米 <sup>3</sup>
mSv/h	毫希/时	m <sup>3</sup> /h	米 <sup>3</sup> /时
μSv/h	微希/时	MPa	兆帕
Sv/h	希/时	mbar	毫巴
man·Sv	人·希	MBq/t	兆贝可/吨
man·mSv	人·毫希	L/h	升/时
μGy/h	微戈/时	Hz	赫
μGy/month	微戈/月	t/h	吨/时
d	天		



## 附录四 厂房和构筑物——代号和名称

厂房和构筑物可分为三大类

- 辅助厂房和构筑物
- 核动力区
- 汽轮机厂房

### I. 辅助厂房和构筑物

辅助厂房和构筑物可分为 BOP、NI 和 CI 三大部分。

#### **BOP:**

- AA Cold Workshops  
冷机修间
- AB Cold Warehouses  
冷仓库
- AC Hot Workshop and Warehouses  
热机修间和仓库
- AD Archive and Documentation Building  
档案资料馆
- AF Workshop and Warehouse  
车间和仓库
- AG Garage  
汽车库
- AH Garage-Petrol Station and Fire Station (Cancelled)  
汽车库—加油站和消防站 (取消)
- AL Site Laboratory  
厂区实验室
- AM Radiation Measuring Devices Calibration Laboratory  
辐射测量仪标定室
- AN Oil and Grease Analysis Laboratory  
润滑油和油脂分析实验室
- AO Open Warehouse or Shed  
露天仓库或棚库
- AP Permanent Access-Roads-parking Lots-Tracks on Site  
永久出入口—道路—停车场—厂区便道
- AS Strategic Spareparts Warehouse  
战略备件库

- AX Dangerous Products Warehouse  
危险品库
- BA Site Management Office  
工程部办公楼（已改为生产部办公楼）
- BX Administration Building  
办公楼
- CA Water Intake Structure  
取水构筑物
- CB Water Inlet Channel  
进水渠
- CC Outfall Structures  
排水构筑物
- CD Water Discharge Channel  
排水渠
- CE Breakwaters  
防波堤
- EA Training Centre  
培训中心
- EB Fire Fighting Training Building  
消防培训站
- EC Meteorological and Site Radiation Monitoring Station  
气象和厂区辐射监测站
- ED Waste Water Treatment Building  
废水处理厂房
- EF Iron Storage  
钢材贮存库
- EG Security Building  
应急保安楼
- EH Contractors' Building (Cancelled)  
承包商办公楼（取消）
- EI Information Centre (Cancelled)  
接待中心（取消）
- EL Laundry and Changing Building  
洗衣更衣房
- FC Oil and Grease Storage Area  
润滑油和油脂贮存场地
- FD Washing Area (Cancelled)  
清洗场地（取消）
- FF Fire Emergency Storage of Oil and Water  
汽轮机事故排油坑

- FS Sewage System Oil Separator  
污水系统油分离器
- GB Technical Galleries and Gutters  
技术管廊和管沟
- GD Circulating Water Inlet and Discharge Culverts ( Outside Turbine Building)  
循环水进水管和排水管 (汽轮机厂房外)
- GE Yard Storm-Foul Sewage System and Buried Piping  
雨水—污水系统和地下管理
- GS Essential Service Water Discharge Structure ( Non-Safety Related)  
重要厂用水排放构筑物 (非安全有关的)
- HX Chlorination Plant  
制氯站
- JX Auxiliary Transformer Area (220/6.6 kV)  
辅助变压器平台
- OF Raw Water Filtration Plant  
生水过滤装置
- OP Drinking Water Storage Tanks  
饮用水贮存罐
- PS Pumping Station Annex  
泵站附属建筑
- PX Combined Pumping Station  
联合泵站  
A further distinction is made for a specific subarea of the Pumping Station  
联合泵站的某一特定部分可进一步用代号区分为·PA SEC-Well Area  
表示重要厂用水系统的竖井区 PA
- QF Concrete Drum Fabrication Building (Cancelled)  
混凝土桶制作厂房 (取消)
- QT Solid Radwaste Long-term Storage  
固体废物长期贮存区
- SA Restaurant  
餐厅
- TB Main Switchyard Building (500 kV and 400 kV)  
主开关站 (500 kV 和 400 kV)
- TC Switchyard Control Building  
开关站控制厂房
- TD Auxiliary Switchyard Area (220 kV)  
辅助开关站 (220 kV)
- TX Spare Transformer Compound Housing, 1TX (400 kV), 2TX (500 kV)  
备用变压器平台

- UA Guardhouse  
警卫检查站
- UB Fencing  
围墙
- UC Unloading Quay with Mooring Equipment  
设备码头
- UD Access Control Post  
出入控制口
- UE Provisional Guardhouse  
临时警卫室
- UF Access Control Post  
出入控制口
- VA Auxiliary Boilers Building  
辅助锅炉厂房
- VB Fuel Oil Storage Tank  
燃油贮存罐
- XC Site Concrete Laboratory  
现场混凝土实验室
- YA Demineralized Water Production Plant  
除盐水生产车间
- YB Demineralized Water Storage Tanks  
除盐水贮存罐
- ZA General Gas Storage Area  
厂用气体贮存区
- ZB Hydrogen and Oxygen Production and Storage Plant  
制氢站
- ZC Compressor House  
空压机房
- NI:
- ET Transit Changing Rooms for Reactor Shutdown  
停堆用更衣室
- EU Connecting Tower  
连接塔
- GA Essential Service Water Intake Galleries  
重要厂用水取水管廊
- GC Liquid Waste Discharge Galleries (Safety-related Sections)  
废液排放管廊 (安全有关部分)
- QA Liquid Waste Holdup Tanks  
废液存留罐

—QS	Waste Auxiliary Building 废物辅助厂房
—CI:	
—GD	Circulating Water Inlet and Discharge Culverts (inside Turbine Building) 循环水进水管和排水管 (汽轮机厂房内)
—MO	Lubricating Oil Transfer Annex 润滑油传送间
—MP	Resin Regeneration Annex 树脂再生间
—MV	Turbine Ventilation Annex 汽轮机通风间
—TA	Main and Step-down Transformer Platform 主变压器和厂用变压器平台
—VC	Test Boiler Platform 试验锅炉平台

## II. 核动力区 (NUCLEAR POWER BLOCK)

核动力区包括下列厂房:

—DX	Diesel Generator Building 柴油发电机房 必要时可将柴油发电机房区分为: · DA Diesel Building A 柴油机房 A · DB Diesel Building B 柴油机房 B
—KX	Fuel Building and Refuelling Water Storage 燃料厂房和换料水池
—LX	Electrical Building 电气厂房
—NX	Nuclear Auxiliary Building 核辅助厂房 核辅助厂房可用一系列代号进一步分区: · NA NAB sub-area A NA 表示 NAB 中的 A 区 · NB NAB sub-area B NB 表示 NAB 中的 B 区 · NC NAB sub-area C NC 表示 NAB 中的 C 区 · ND NAB sub-area D ND 表示 NAB 中的 D 区

- NE NAB sub-area E  
NE 表示 NAB 中的 E 区
- NF NAB sub-area F  
NF 表示 NAB 中的 F 区  
and when necessary, in particular for civil documentation,  
必要时,尤其在土建文件中可用:
- NL NAB sub-area common to NA and NB, also including 9LX  
NL 表示 NAB 中的包括 9LX 在内的 NA + NB 区
- NR NAB sub-area common to NC + NE + NF  
NR 表示 NAB 中的 NC + ND + NE + NF 区

—WX

Connecting Building

连接厂房

—RE

Auxiliary Feedwater Storage

辅助给水贮存罐

—RX

Reactor Building

反应堆厂房

Specific structures of the Reactor Building are distinguished by use of the following codes:

采用一系列代号进一步区分反应堆厂房内的不同构筑物:

- RC Containment  
RC 安全壳
- RF Cylindrical Part  
RF 圆柱部分
- RG Reactor Pool and Cavity  
RG 反应堆堆换料腔
- RP Reactor Building Gantry  
RP 反应堆厂房龙门架
- RS Reactor Building Internal Structures (other than RF, RG, RV)  
RS 反应堆厂房 (RF, RG, RV 除外的) 内部构筑物
- RV Reactor Pit  
RV 反应堆堆坑

### III. 汽轮机厂房 (TURBINE BUILDING)

—MX

Turbine Building

汽轮机厂房

Geographical sub-areas or specific structures of the Turbine Building are distinguished by use of the following codes:

汽轮机厂房可用下列代号进一步分区:

- MA Turbine Building Sub-area A.  
MA 汽轮机厂房 A 区
- MB Turbine Building Sub-area B etc.  
MB 汽轮机厂房 B 区等
- MT Turbine Pedestal  
MT 汽轮机基座

## 附录五 设备名称代号

A		B		C		D	
AA	报警灯 可见报警信号	BA	储罐-稳压器	CA		DA	
AB		BB	喷雾器	CB		DB	
AC	电梯-升降机	BC	接线盒	CC	选择器开关或键盘	DC	核燃料装卸设备
AD	吸收器	BD	吊运转动台	CD	电容器	DD	
AE	空气加热器	BE	试验环路	CE	变频器或移相器	DE	除盐装置
AF	空气冷却器-冷却塔	BF	喷淋环路	CF	离心式净化器	DF	
AG	搅拌器-振动器	BG	气体钢瓶	CG	控制棒驱动	DG	拦污栅
AH		BH		CH	锅炉	DH	除油器
AI	消防柜	BI	消防栓	CI		DI	膜片-隔膜
AJ		BJ		CJ		DJ	
AK		BK	控制棒启动装置	CK	色谱	DK	爆破膜或爆破盘
AL	电源	BL	喷嘴、接管	CL	照明开关	DL	逆变器
AM	放大器模块	BM	试验箱	CM		DM	屏蔽容器-运输容器
AN	稳压电源	BN	端子板	CN	(液、水)柱	DN	去离子器
AO	阳极-正极	BO	插头	CO	压缩机或增压器	DO	
AP	发电机	BP		CP	(水力或机械) 联轴器	DP	控制棒束换位架
AQ	安注罐	BQ	应急照明	CQ	机架	DQ	
AR	控制柜	BR	控制棒或停堆棒	CR	箱子-编组箱	DR	错油阀(用于油 动机)
AS	燃料组件	BS	冷端盒	CS	凝汽器	DS	脱水器-干燥器
AT	自动化学监测和 控制装置	BT	蓄电池	CT	印刷电路板	DT	检测器
AU		BU	防水堰水闸	CU	(水池)衬里	DU	
AV	雨水排放管的集 水口	BV	灯具箱	CV	键锁机构	DV	
AW		BW		CW	容器	DW	
AX		BX		CX	搬运小车	DX	
AY		BY		CY		DY	二极管
AZ		BZ		CZ		DZ	除氧器

E	
EA	电磁铁
EB	
EC	屏蔽-计算机逻辑输入
ED	杂项设备
EE	啮合电磁铁
EF	常闭式先导电磁阀
EG	混合器
EH	
EI	堆内构件
EJ	喷射器
EK	
EL	(先导) 电磁阀
EM	膜片或隔膜
EN	记录仪
EO	常开式(先导)电磁阀
EP	电动-气动转换器
EQ	放电间隙
ER	电动制动器
ES	照明设备
ET	
EU	计算机模拟输入
EV	蒸发器
EW	参考电报
EX	热交换器
EY	发往控制柜的通/断信号
EZ	灭火器

F	
FA	高效(通风)过滤器
FB	
FC	链式过滤器
FD	启动器过滤器
FE	
FF	(细)过滤器
FG	
FH	
FI	液体过滤器 电子过滤器 碘过滤器
FJ	
FK	
FL	
FM	
FN	
FO	
FP	(通风)预过滤器
FQ	
FR	
FS	砂床过滤器
FT	阻火器, 消防栓
FU	熔化-小容量开关
FV	
FW	
FX	
FY	
FZ	化粪池

G	
GA	交流发电机
GB	
GC	直流发电机
GD	函数发生器
GE	功率发生器
GF	冷冻机组
GG	粗滤栅
GH	
GI	
GJ	
GK	
GL	通风管道
GM	泡沫发生器
GN	声(动)力电话装置
GO	
GP	
GQ	
GR	注油器
GS	
GT	漏盘、漏斗
GU	
GV	蒸汽发生器
GW	
GX	
GY	
GZ	贮气瓶

H	
HA	
HB	
HC	
HD	(数据贮存用) 硬盘装置
HE	
HF	
HG	
HH	
HI	打印机-电传打印机
HJ	
HK	
HL	穿孔带或穿孔卡片 读出器或打孔机
HM	磁带机
HN	
HO	
HP	扬声器
HQ	
HR	时钟
HS	
HT	
HU	加湿器
HV	荧屏显示器
HW	
HX	
HY	
HZ	



I		J		K		L	
IA	报警信息	JA	断路器	KA		LA	就地核测量(中子注量率或放射性)、照明灯
IB	插接式指示器	JB	母线	KB		LB	
IC	(机械式)流量指示器	JC		KC	计算机输出继电器	LC	就地速度测量
ID	电气指示器	JD	膨胀节	KD	一次流量测量元件-限流器	LD	就地流量测量
IE		JE		KE	排汽缸(汽轮机)	LE	就地声频测量
IF		JF		KF		LF	就地频率-相位测量
IG		JG		KG		LG	就地物理-化学分析
IH		JH		KH		LH	就地时间测量
II		JI		KI	粗滤器	LI	就地电流测量
IJ		JJ		KJ		LJ	火警探测
IK	计数率计	JK		KK	手动断路器	LK	就地应力测量
IL		JL		KL	喇叭-音响报警器	LL	就地亮度(不透明度)测量
IM		JM		KM		LM	就地位置-位移测量
IN	内部通信(电话)设施	JN		KN		LN	就地标高测量
IO		JO		KO	汽轮机汽缸	LO	
IP		JP	盲板	KP		LP	就地压力测量
IQ	放射性废物焚烧炉	JQ		KQ		LQ	就地无功功率测量
IR		JR		KR	冷冻器	LR	就地阻抗-电导率或电阻-导电率测量
IS	隔离组件	JS	电源分区开关	KS		LS	就地保健测量
IT		JT		KT	一次测温元件	LT	就地温度测量
IU		JU		KU		LU	就地电压测量
IV		JV		KV		LV	就地振动-推力-膨胀差测量
IW		JW		KW		LW	就地有功功率测量
IX		JX		KX	与反应堆压力容器有关的设备	LX	其他机械数据的就地测量
IY		JY		KY		LY	其他物理数据的就地测量
IZ		JZ		KZ		LZ	其他物理数据的就地测量

M		N		P		Q	
MA	核测量(中子注 量率或放射性)	NA		PA	绞盘车-卷扬机	QA	放射性计数器
MB		NB		PB		QB	
MC	速度测量	NC		PC	(凸轮式)机械 程序执行机构	QC	转数计
MD	流量测量	ND		PD		QD	容积计数器
ME	声频测量	NE		PE	模拟燃料元件	QE	
MF	频率-相位测量	NF		PF	冷阱	QF	
MG	物理-化学分析	NG		PG	电磁泵	QG	
MH	时间测量	NH		PH	话筒	QH	时间计数器
MI	电流测量	NI		PI	碘捕集器	QI	
MJ	火警探测器	NJ		PJ	插座-插头-连接器	QJ	
MK	应力测量	NK		PK	故障记录示波仪	QK	
ML	亮度(不透明 度)测量	NL		PL	轴承	QL	
MM	位置-位移测量	NM		PM	测量用电位计	QM	操作计数器
MN	标高测量	NN	成套设备(总承包)	PN	活塞-千斤顶	QN	
MO	电动机	NO		PO	泵	QO	
MP	压力测量	NP		PP	控制台或仪表盘	QP	
MQ	无功功率测量	NQ		PQ	压实机	QQ	无功能量计数器
MR	电阻-电阻率或阻 抗-导电率测量	NR		PR	吊车-单梁吊车- 旋臂吊车	QR	
MS	保健测量	NS		PS	坑	QS	
MT	温度测量	NT		PT	吊车-桥式吊车- 环行吊车	QT	
MU	电压测量	NU		PU	蒸汽疏水器	QU	
MV	推力-胀差-振动 测量	NV		PV		QV	
MW	有功功率测量	NW		PW	避雷器	QW	有功能量计数器
MX	其他机械测量	NX		PX	核燃料组件检验 设施	QX	
MY	其他电气测量	NY		PY	预热元件	QY	
MZ	其他物理(如湿 度等)测量	NZ		PZ	灌浆部件	QZ	

R	
RA	空气调节风门
RB	气瓶架
RC	自动控制、遥控、中间控制或整定值控制站
RD	整流器
RE	加热器
RF	冷却器
RG	模拟计算机模块
RH	
RI	莫里斯消防接头
RJ	消防水龙带
RK	继电器架
RL	储存架
RM	
RN	
RO	转子
RP	疏水冷却器
RQ	
RR	减速或半速齿轮箱
RS	电阻器-电加热器
RT	电抗器-电感器
RU	(废水排放沟上的) 栅格盖板
RV	
RW	
RX	
RY	
RZ	

S	
SA	核测量(放射性或中子注量率)通/断信号
SB	
SC	速度测量通/断信号
SD	流量测量通/断信号
SE	声频测量通/断信号
SF	频率-相位测量通/断信号
SG	物理-化学分析通/断信号
SH	相对湿度测量通/断信号
SI	
SJ	火警探测通/断信号
SK	应力测量通/断信号
SL	亮度测量通/断信号
SM	位置-位移测量通/断信号
SN	标高测量通/断信号
SO	支架(不包括标准管道支架)
SP	压力测量通/断信号
SQ	
SR	电阻-导电率-阻抗测量通/断信号
SS	保健测量通/断信号
ST	温度测量通/断信号
SU	48 V 直流电压测量通/断信号
SV	推力-胀差-振动通/断信号
SW	
SX	其他机械测量通/断信号
SY	来自控制柜的其他电气测量通/断信号
SZ	其他物理测量通/断信号

T	
TA	辅助厂用变压器
TB	开关板-配电盘
TC	汽轮机
TD	连续式机械输送装置(螺杆输送、皮带输送等)
TT	遥控式断路器
TF	旋转滤网或滤筛
TG	凝汽器管子清洗套管
TH	
TI	电流互感器
TJ	称量料斗
TK	快速故障记录仪
TL	推旋式灯光开关
TM	装换料机
TN	电话设施
TO	按钮
TP	主变压器
TQ	电缆井
TR	电力变压器
TS	厂用变压器
TT	人孔盖板
TU	电压互感器
TV	电视设备
TW	贯穿件
TX	蒸汽变换器
TY	管道
TZ	传送带

U	
UA	报警器
UB	端子排组件
UC	控制器
UD	解列装置(电网) 去耦器(弱电回路)
UE	
UF	
UG	
UH	
UI	
UJ	接触器
UK	闪光器
UL	
UM	继电器
UN	继电器(RE3000)
UO	凸轮式程序执行机构
UP	电源通/断组件
UQ	
UR	继电装置
US	简化的控制器
UT	计时器
UU	
UV	显示器
UW	
UX	二极管矩阵器
UY	
UZ	

V	
VA	空气阀门
VB	(不同于一回路冷却剂阀门的)含硼水阀门
VC	循环水阀门
VD	除盐水阀门
VE	生水阀门
VF	燃料油阀门
VG	二氧化碳阀门
VH	油阀门
VI	
VJ	废气阀门
VK	废液阀门
VL	凝结水和给水阀门
VM	点火燃料阀门(丙烷重油)
VN	常规岛闭路冷却水阀门
VO	
VP	一回路冷却剂阀门
VQ	有机液体阀门
VR	试剂阀门
VS	排渣阀
VT	饮用水阀门
VU	
VV	蒸汽阀门
VW	
VX	SF <sub>6</sub> 阀门
VY	氢气阀门
VZ	氮气阀门

W	
WA	
WB	振动器
WC	
WD	贯穿件
WE	
WF	
WG	
WH	
WI	
WJ	
WK	
WL	
WM	(洗衣房用)洗衣机
WN	
WO	
WP	
WQ	
WR	
WS	
WT	
WU	
WV	快卸式接头
WW	(洗衣房用)烘干机
WX	
WY	
WZ	

X	
XA	止动继电器
XB	闭锁继电器
XC	脉冲接触继电器
XD	瞬时脱扣继电器
XE	瞬时动作继电器
XF	闭合继电器
XG	闭合继电器
XH	频率继电器
XI	电流继电器
XJ	
XK	故障继电器
XL	
XM	启动继电器
XN	
XO	断开继电器
XP	抗震继电器或压力继电器
XQ	
XR	(本表所列瞬时继电器以外的)其他瞬时继电器
XS	过载继电器
XT	辅助延时继电器
XU	电压检测继电器-整定值继电器-比较器
XV	
XW	功率继电器
XX	模拟试验继电器
XY	
XZ	接地检测继电器

Y	
YA	核测试(放射性-中子注量率)
YB	
YC	速度测试
YD	流量测试
YE	声频测试
YF	频率-相位测试
YG	物理-化学分析测试
YH	时间测试
YI	电流测量
YJ	
YK	应力测试
YL	亮度(不透明度)测试
YM	位置-位移测试
YN	标高测试
YO	
YP	压力测试
YQ	无功功率测试
YR	阻抗-电阻率-导电率测试
YS	保健测试
YT	温度测试
YU	电压测试
YV	推力-胀差-振动测试
YW	有功功率测试
YX	其他机械测试
YY	其他电气测试
YZ	其他物理测试

Z	
ZA	
ZB	
ZC	扫描器
ZD	
ZE	分离器
ZF	加热器-再热器
ZG	
ZH	
ZI	消音器
ZJ	
ZK	同步器-连接器
ZL	选择器
ZM	伺服机或油动机
ZN	
ZO	电焊机
ZP	
ZQ	
ZR	干燥器
ZS	出入气闸-设备闸门
ZT	分流器
ZU	
ZV	风机
ZW	
ZX	
ZY	
ZZ	汽水分离器-再热器

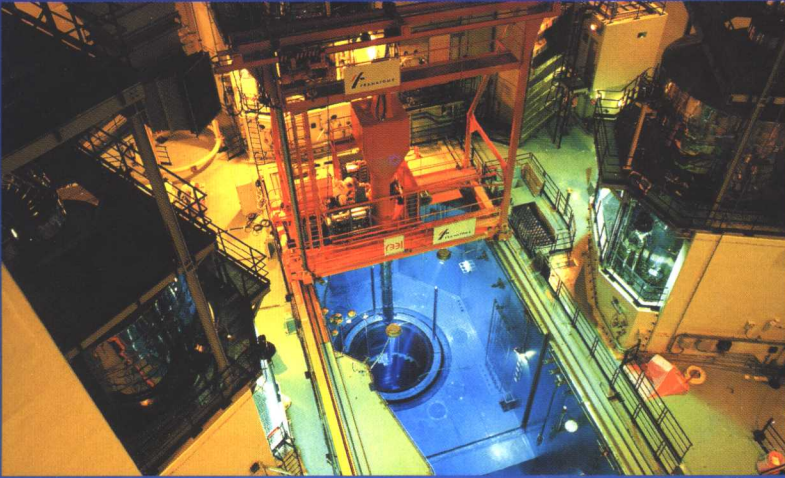
## 《年鉴》各章节供稿人名单

郑超雄	(1.1) (1.2)
黄晓飞	(1.3)
黄海燕	(2.1.1)
郭海静	(2.1.2) (6.1.1) (6.1.2)
姚 卉	(2.1.3) (3.1.3)
张大勇	(2.1.4)
廉志坤	(2.1.5)
陈 智	(2.1.6.1)
江亚丰	(2.1.6.2)
何 波	(2.1.7.1) (3.1.7.1)
罗丰联	(2.1.7.2)
段贤稳	(2.1.8) (3.1.8)
刘志强	(2.1.9)
高超	(2.1.10) (3.1.9)
刘恒毅	(2.1.11)
梁 薇 尹佳林 徐慧波	(2.1.12) (3.1.11)
郭建兵	(2.2.1) (3.2.1)
吴坚军	(2.2.2)
唐 琪	(2.2.3) (3.2.3)
刘兴东	(2.2.4)
陈遵毅	(2.2.5)
曾锦雄	(2.2.6) (3.2.6)
汪德伟	(2.2.7.1) (3.2.7) (7.9)
陈丽辉	(2.2.7.2)
石玉明	(2.2.7.3)
高柯夫	(2.2.8)
陈捷飞	(2.2.9)
胡小民	(2.3) (3.3) (7.10.1) (7.10.2)
张 征	(2.4) (3.4) (7.10.3) (7.10.4)
夏 彤	(2.5) (3.5) (7.11)
陈 泰	(3.1.1)
黄永建	(3.1.2)
吴潞华	(3.1.4)
彭 松	(3.1.5)
姚雪鸿	(3.1.6.1)

聂士杰	(3.1.6.2)
罗林	(3.1.7.2)
王国云	(3.1.10)
张兰岐	(3.2.2)
吴澄宇	(3.2.4)
李尚科	(3.2.5)
赵俊杰	(3.6)
张水华	(4.1.1) (4.1.2.1) (4.1.2.2)
苏章原	(4.1.2.3)
徐川 任世军 骆国皓	(4.1.2.4)
张宇宏	(4.2.1)
郭海静 孙树辉	(4.2.2)
侯俊峰	(4.2.3)
刘峰	(4.2.4)
李敏	(4.2.5)
蒋汪洋 王利峰	(4.3)
刘春	(4.4.1) (4.4.3.1) (4.4.3.2)
肖詹东	(4.4.2.1) (4.4.4)
陈建兵	(4.4.5)
秦运鸿	(4.4.6)
卢文跃	(5.1.1)
江虹	(5.1.2)
吕厚鑫	(5.1.3)
吕群贤	(5.1.4) (6.2)
刘鹏	(5.1.5)
陈杰	(5.1.6)
万田	(5.2.1) (5.2.3) (7.13)
李社坤	(5.2.2)
郭满华	(5.2.4)
崔智勇	(5.2.5)
颜永贵	(5.2.6)
董振军	(5.2.7)
何红升	(5.3) (5.7.2.8)
朱达斌	(5.4.1) (5.4.2)
赵滢	(5.4.3)
张红兵	(5.4.4)
欧阳俊杰	(5.4.5)
曹春圣	(5.4.6)
韩敏	(5.5)
朱少良	(5.6)

黄 怡	(5.7.1.1) (7.8)
王利峰	(5.7.1.2)
田 瑜	(5.7.1.3)
关 蕾	(5.7.1.4)
余 萌	(5.7.1.5)
焦 萍	(5.7.2.1) (5.7.3.1)
洪振旻	(5.7.2.2)
吴天华	(5.7.2.3)
苏林森	(5.7.2.4) (5.9)
梁汉生	(5.7.2.5)
刘胜智	(5.7.2.6)
琚存有	(5.7.2.7)
陈海斌	(5.7.2.9)
邓 宏	(5.7.2.10)
曹丽苹	(5.7.3.2)
李金光	(5.7.4)
刑永辉	(5.8.1) (5.8.2)
彭炳成	(5.8.3)
徐功义	(5.8.4)
唐扬洋	(5.8.5) (5.8.6)
雷明亮	(5.8.7)
陈文杰	(5.10)
聂沈斌	(5.11)
李联成	(5.12.1) ~ (5.12.3)
张熙军、张凤斌、王佳峰	(5.12.4)
黄 俊	(5.13)
周 庆	(5.14)
杨自军	(6.1.3) (6.1.4)
赵富华	(6.3)
王周莉	(7.1) ~ (7.7)
陈政文	(7.12)





*GNPS & LNPS OPERATION YEARBOOK*

ISBN 978-7-5022-3950-3



9 787502 239503 >

定价: 118.00 元