



广东大亚湾核电站  
*GNPS OPERATION YEARBOOK*  
生产运行年鉴  
1995

廣東大亞灣核電站  
生產運行年鑑

GNPS OPERATION YEARBOOK

1995

原子能出版社

## 书名题字:王全国

### 图书在版编目(CIP)数据

大亚湾核电站生产运行年鉴 1995/周展麟等编著.

-北京:原子能出版社,1997.1

ISBN 7-5022-1634-0

I. 大… I. 周… III. 核电站-运行-广东-1995-年鉴 IV. TM623.7-54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 23107 号



原子能出版社,1996

原子能出版社出版 发行

责任编辑:柴芳蓉

装帧设计:李松林

社址:北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码:100037

北京农业大学印刷厂印刷 新华书店经销

开本:787×1092mm 1/6 印张 17.875 插页 16 字数 471 千字

1997 年 1 月北京第 1 版 1997 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000

定价:70.00 元

# 编辑委员会

## 主 编

周展麟

## 副主编

周海涌 高胜玉 Decaix 樊鹤鸣 濮继龙

## 编 委

周展麟	周海涌	高胜玉	Decaix	樊鹤鸣	黄世强
濮继龙	钱锦辉	林贵清	刘达民	张志雄	李志仁
陈献武	杨昭刚	陈德淦	刘德强	奚芝苓	李振亚
	赵迎春	蔡康元	徐 颖		

## 编 辑

郭丰守 余志平 朱文彬

## 供稿人员(按姓氏汉语拼音顺序排列)

蔡全旺	常春林	陈光志	陈开惠	陈伟仲	池志远
戴元生	邓正平	段 林	樊鹤鸣	范立明	方 军
符祥群	高 歌	关建军	郭丰守	郭宗林	韩庆浩
洪锦从	胡传庸	胡鼎金	胡卫洪	黄扶汉	黄来喜
简益民	景立峰	康进友	李小川	李晓明	李 英
李玉保	李卓佳	刘 东	刘革新	刘 敏	刘云立
卢长申	陆 玮	慕齐放	秦国安	时伟奇	苏圣兵
孙海英	孙 旭	汤峥嵘	王永刚	王鸿轩	王天华
问清华	吴 挺	吴引仙	谢昌渝	熊春华	熊少学
徐福南	徐光东	徐 颖	晏仲民	杨茂春	杨维稼
叶树仁	虞福祥	于正龙	袁凤如	张东果	张启波
张善明	张晓峰	张柱建	钟伟雄	朱文彬	邹庆安

## 前 言

1995年是广东大亚湾核电站投入商业运行的第二年。编写这一年度的生产运行年鉴仍遵循1994年度《年鉴》编写要求，这就是积累生产运行经验和信息，使它们得到及时的总结和记录，并对未来的生产运行提出建议、看法和展望。

《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、推进核安全文化方面的实践，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。

本年度的《年鉴》与1994年度的相比，章节上有些调整，内容上略有增删，篇幅略有压缩。一般情况下，对于某些章节，1994年度《年鉴》已有了一般性的描述的，这种描述在今年的《年鉴》中就不再保留。个别情况下，为了便于对文章的理解，且这种描述也十分简短，仍予以保留。

《年鉴》的供稿人员众多，文章的写作风格各异。由于时间紧，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，基本上保持文章原貌。换句话说，《年鉴》各章节包括专题报告，在写作技巧上是独立成篇的。

《年鉴》中所涉及的名词术语，如不致引起读者误解，暂不求其统一，可以并用，如“电站—电厂”，“1号机组—1号机”，“应急待命—值班待命”，“紧急停堆—跳堆”，“汽机跳闸—汽机脱扣”等。电站基本系统的缩写和一些专业术语及机构的缩写在《年鉴》中出现频率很高，未能在正文部分一一给出注解，读者可以在《年鉴》附录中查找到它们的中、英文解释。附录三也给出某些计量单位的中英文对照。关于厂房和构筑物的代号和名称可在附录四中查到。由于历史原因和使用习惯，文中有些计量单位仍保留非法定计量单位，有的计量单位的名称和符号并用。

此次《年鉴》组稿，正值2号机组大修、电站工作十分繁忙之际，有关人员接到任务后，都努力争取时间写出稿件，并且认真配合编审人员做好修改定稿工作，编者对此表示衷心感谢。

由于编审人员的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

## 95 年业绩回顾、96 年任务展望

总经理 周俊麟



1995 年是大亚湾核电站投入商业运行的第二年。在上级主管单位和公司董事会的正确领导，各有关方面特别是两个电网的大力支持和密切配合下，全体员工齐心协力，圆满地完成了两台机组投产以来的首次核燃料更换和大修。在遇到 1 号机组反应堆大修后试验发现控制棒落棒时间超差，机组损失 123 天发电时间的情况下（按满发计算损失电量约 25 亿千瓦时），仍然使全年净上网电量达到了 100.58 亿度，完成年初国家下达的发电计划，避免了公司财政困难。特别是在中外各方面有关领导、专家和工作人员共同努力下，群策群力，有效的组织，科学的分析和正确的决策，工作人员日夜辛劳，艰苦奋斗，大大提前找到了控制棒落棒时间超差的根本原因和解决方案，在最短的时间内使机组恢复运行。此外，在中国银行的及时支持下，克服了流动资金短缺和还贷困难。这些成绩是全体员工历尽艰辛和风雨，在各级领导和许多部门的关怀、帮助、参与、支持和共同努力下才取得的。

合营公司在 1995 年内还完成了从董事会、总经理部到电厂一系列重要岗位的调整，使各方面工作在核电新的发展形势下做到了平稳过渡。一大批优秀的新生力量被提拔到各级管理和技术领导岗位上来，充实了生产第一线力量和管理队伍，并向中国广东核电集团和二核输送了一大批骨干力量。1995 年我们在实现现代企业制度，加强管理，中外合作和经验转移等方面同样取得了较好的成绩。我们在自主管理、自主检修方面作了积极的尝试，对一些职能部门的业务职责作了适当的调整，使各方面的工作配合得更好。工程办任务全面结束，生产部组织成立了二核生产准



备机构，逐步理顺了一核在后勤保障和人员方面支持二核的途径和方法。

在精神文明建设方面，通过组织职工学习党的十四届五中全会文件以及学习孔繁森、陈观玉先进事迹和深圳市市民行为道德规范，不断加强廉政和以核安全文化为中心的企业文化建设，一支具有无私奉献和顽强拼搏精神的职工队伍正在逐步成长，职工队伍的整体素质有了明显的提高。

回顾 1995 年，我们在看到成绩的同时应该看到存在以下方面不足。

运行实践表明，我们的电厂安全生产管理规程还不能完全满足实际工作的需要，在这方面我们要不断向国际先进核电站水平看齐，要摸索出适合国情的大型核电站管理体制。

从 1994 年发生的主发电机电磁虫和 1995 年的控制棒落棒时间超差这类严重问题中可以看出，即使是极其成熟的系统，投产后也有一个技术考验的完善期。同时，我们要看到我们的安全生产还存在不少薄弱环节，在实施全面管理、扎实而有效的整改措施、根本原因分析、经验反馈的落实等方面仍然有较大差距。在机组安全、稳定运行方面，1995 年非计划停机次数偏高，受到电力部通报批评，要针对电力部通报批评，认真贯彻落实各项整改措施。新的一年，要使安全生产再上一个台阶，就必须加强技术管理，提高对核安全和电网安全的认识，注重加强与电网的沟通，取得电网的理解和支持，进一步提高整个队伍技术素质和职业道德水平。

要抓好包括各级领导在内的员工队伍的建设和管理，进一步抓好队伍的廉政建设和思想建设，保证核电队伍的纯洁性和战斗力。

1996 年是国家九五计划的第一年，是广东大亚湾核电站设备系统和管理全面升级决定性的一年，也是为跻身国际先进核电站行列打基础水平关键的一年。

全年的工作重点是在认真总结 1995 年重大事件、生产运行和管理经验的基础上，进一步完善核电站的设备、管理体系和提高人员素质，特别要从狠抓 QA/QC 工作入手，完善它的独立性和有效性。经验反馈工作要着重落实，加强安全生产管理，不断提高核电站运行管理水平，向国际同类先进核电站水平靠拢。与此同时，公司的各项管理工作也要上一个新台阶，要树立现代企业管理为安全生产服务的指导思想，尽快建立和健全一套与管理现代化大型核电站相适宜的机制。



1996年，我们将一如既往地贯彻“安全第一，质量第一”的方针，紧密围绕安全生产这一中心，扎扎实实开展系统设备消缺和技改项目，切实加强技术管理，抓好根本原因分析，解决常发性和重复性的设备损坏，不断完善机组性能，提高可用率和负荷因子，在两个电网的大力支持下，完成上网115亿千瓦时的目标。此外，我们将积极支持二核建设和广东核电事业的不断向前发展，尽早做好二核的生产准备及有关工作，为核电事业发展积累经验，做好人才培养和储备，为核电事业滚动发展提供保障。

在队伍建设方面，我们要继续坚持抓好物质文明和精神文明的同步建设，要进一步提高队伍的整体素质，提高干部队伍的管理水平，加强培训管理的实用性和效率，积极开展以核安全文化为中心的企业文化教育，塑造广东核电企业精神，培养一支有理想、有事业心和责任感、廉洁奉公的核电队伍，我们要继续进行核电站的现代企业制度改革，摸索一套行之有效的、有中国特色的核电站管理体系。

一九九六年元月十六日





姜汉民 摄

庆祝广东核电合营有限公司成立十周年



吊装汽轮机转子





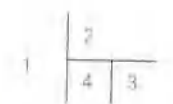


卸排空器

张立庆 摄



郭锦雄 摄



- 1 1号机组反应堆大厅——正在换料
- 2 抽出发电机转子进行检修
- 3 燃料组件装卸
- 4 新型控制棒装入专用吊具



彭朝斌 摄



郭德强 摄

麦斌城 摄



- 1
- 2
- 3

1 蒸汽发生器二次侧入孔密封面加工  
2 细心操作(1号机更换屏向杆及上部组件检查)  
3 清除毛水循环泵中的海生物



彭炳城 摄

1  
2  
3

- 1 探讨
- 2 细心检查
- 3 现场质量控制



桑汉民 摄

桑汉民 摄





图 1-1-1



彭栢城 摄

1 大亚湾核电站与法国  
Tricastin 和 Grave-  
lines 核电厂签订姐妹  
厂协议

2 宁静明亮的核电站



# 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	1
1.3	电站组织机构	2
1.3.1	电站管理层级	2
1.3.2	管理线	3
1.3.2.1	运行维修线	3
1.3.2.2	支持监督线	3
1.3.2.3	合同行政线	4
1.3.2.4	生产质保处	4
1.3.3	电站工作委员会	5
1.3.4	电站组织机构图	5

## 第二章 生产运行

2.1	电站运行和维修	7
2.1.1	电站运行	7
2.1.1.1	电站运行组织	7
2.1.1.2	机组运行状态	9
2.1.1.3	电网状况及售电情况	16
2.1.1.4	机组性能指标	17
2.1.1.5	周期性物理试验	19
2.1.1.6	电站化学	24
2.1.1.7	设备可靠性指标及评估	32
2.1.1.8	继电保护	34
2.1.1.9	高电压设备运行与维护	36
2.1.2	电站维修	46

2.1.2.1	维修工作的组织管理	46
2.1.2.2	预防性维修评估	47
2.1.2.3	维修工作统计	49
2.1.2.4	重大维修活动	53
2.1.3	放射性废物排放与管理	55
2.1.3.1	放射性废气排放与管理	55
2.1.3.2	放射性废液排放与管理	56
2.1.3.3	中低水平放射性固体废物处理	57
2.1.3.4	工业废物处理	61
2.1.3.5	环境监测与评估	61
2.1.4	物资消耗	67
2.1.4.1	燃耗和核材料衡算管理	67
2.1.4.2	水库淡水储量及除盐水生产	70
2.1.4.3	化学试剂的使用与评价	72
2.1.4.4	外购电	73
2.1.5	工程及电站改造项目	74
2.1.5.1	电站改造项目的管理	74
2.1.5.2	工程遗留项目	77
2.1.5.3	不符合项管理	77
2.1.5.4	在役检查	83
2.1.5.5	工程文件更新	84
2.1.5.6	新增工程项目	85
2.1.6	机组换料大修	86
2.1.6.1	换料大修组织机构	86
2.1.6.2	1号机组首次换料大修	90
2.1.6.3	1号机组控制棒强迫大修	93
2.1.6.4	2号机组首次换料大修	94
2.1.6.5	机组第二次大修准备	97
2.1.6.6	大修承包商介绍	99
<hr/>		
2.2	核电站安全	100
2.2.1	核安全	100
2.2.1.1	核安全重大事件	100
2.2.1.2	三道屏障完整性监督	105
2.2.1.3	安全相关设备不可用状态 (lo 跟踪)	115
2.2.1.4	定期试验	118
2.2.1.5	瞬变统计	120
2.2.1.6	核安全文化	121
2.2.1.7	执照申请	122
2.2.1.8	国际原子能机构活动	124

2.2.2	工业安全	125
2.2.2.1	安全统计	125
2.2.2.2	工业安全管理体制	127
2.2.2.3	工业安全培训	127
2.2.2.4	安全文化建设	127
2.2.3	消防工作	128
2.2.3.1	消防系统功能	128
2.2.3.2	消防管理	128
2.2.3.3	消防事件	128
2.2.4	辐射防护	129
2.2.4.1	概况	129
2.2.4.2	辐射防护培训	129
2.2.4.3	放射性污染扩散事件和放射性物质丢失事件	129
2.2.4.4	电站第一次大修辐射防护	129
2.2.4.5	正常运行下的辐射防护	129
2.2.4.6	辐射监测仪表	131
2.2.4.7	辐射工作许可证	131
2.2.4.8	个人剂量监测	131
2.2.4.9	2号机组第二次大修	131
2.2.5	职业医学管理	131
2.2.5.1	放射性工作人员的健康监督	132
2.2.5.2	异常照射情况下的医学干预准备及实施	132
2.2.5.3	辐射工作人员的健康档案管理	132
2.2.6	电站应急计划	132
2.2.6.1	应急组织的改进	132
2.2.6.2	应急培训	133
2.2.6.3	应急演练	133
2.2.6.4	应急计划及程序的改进	135
2.2.7	电站保卫及核材料实体保障	135
2.2.7.1	保卫组织	135
2.2.7.2	保卫设施	136
2.2.7.3	保卫制度	136
2.2.7.4	核材料的实体保障	136
2.2.7.5	保卫工作实绩	136
<hr/>		
2.3	电站管理	137
2.3.1	综合计划调度	137
2.3.1.1	年度发电计划及其实施	137

2.3.1.2	电站预算管理和控制	138
2.3.1.3	电站管理层工作会议	141
2.3.1.4	干部任免及机构变动	142
2.3.1.5	职称晋升及技术技能考核	142
2.3.2	人事管理	142
2.3.2.1	人员配备	142
2.3.2.2	职工学历和职称结构及专家名录	143
2.3.2.3	职工年龄结构	144
2.3.2.4	临时用工管理	144
2.3.3	人员培训及授权	144
2.3.3.1	培训设施	144
2.3.3.2	培训政策与培训的组织与管理	145
2.3.3.3	各类培训及授权完成情况	146
2.3.3.4	运行人员取照考试	147
2.3.3.5	业余培训班及继续教育	147
2.3.3.6	授权情况	147
2.3.4	电站工作委员会	148
2.3.4.1	电站核安全委员会	148
2.3.4.2	电站培训委员会	148
2.3.4.3	电站三废委员会	149
2.3.4.4	电站改进委员会	149
2.3.4.5	电站经验反馈委员会	150
2.3.4.6	电站工业安全和辐射防护委员会	150
2.3.4.7	电站人力资源委员会	150
2.3.5	质量保证	152
2.3.5.1	质量保证组织的调整	152
2.3.5.2	质量活动实施情况	152
2.3.5.3	质量保证大纲评价	155
2.3.6	经验反馈	156
2.3.6.1	内部事件经验反馈	156
2.3.6.2	外部事件经验反馈	159
2.3.6.3	运行与设计施工之间的经验反馈	161
2.3.6.4	国际经验交流活动	163
2.3.6.5	厂际经验交流活动	163
2.3.6.6	其他经验交流和学术访问	163
2.3.6.7	运行处内运行经验反馈	164
2.3.7	备品备件管理	169
2.3.7.1	备品备件采购管理	169
2.3.7.2	备品备件库存使用状况分析	171
2.3.7.3	大修期间备品备件消耗	172

2.3.8	备件商业代用及国产化进程	175
2.3.8.1	商业代用第一阶段研究及主要结论	175
2.3.8.2	国产化进程	175
2.3.9	合同及现场承包商管理	175
2.3.9.1	合同项目内容概要	175
2.3.9.2	现场承包商管理	182
2.3.10	管理计算机的应用	183
2.3.10.1	主机及软件装备的现状	184
2.3.10.2	现有应用软件系统	187
2.3.10.3	微机管理	187
2.3.11	文件、档案与资料管理	189
2.3.11.1	概况	189
2.3.11.2	资料处完成的主要工作量	189
2.3.11.3	文件、资料、档案库存量	190
2.3.12	电站后勤保障	190
2.3.12.1	交通运输	190
2.3.12.2	行政办公设施、公用设施和 设备管理	191
2.3.12.3	电站行政办公用品、劳保用品、 消耗品和固定资产及办公家具 的管理	191
2.3.12.4	员工生活保障	191

### 第三章 大事记

3.1	1号机组 1995 年运行大事记	193
3.2	2号机组 1995 年运行大事记	198
3.3	1995 年管理大事记	202

### 第四章 统计指标

4.1	WANO 核电站性能指标	207
4.2	综合经济指标	207

4.3	能量统计指标	208
4.4	发电业绩逐月统计	210

## 第五章 专题报告

核电站经理部管理研讨会总结 (樊鹤鸣)	211
核电站业务计划 (樊鹤鸣)	214
大修计划调度 (钟伟雄)	216
大修期间的辐射防护最优化 (晏仲民)	221
换料大修期间 RCP 水传输 (陈伟仲 张柱建)	224
2 号机组大修核安全监督 (陆玮)	231
6.21 未遂触电事故的调查分析 (慕齐放)	234
7.18 停机停堆事件分析 (李晓明)	236
控制棒落棒时间超差事件及其处理 (常春林)	239
吸漏试验及燃料包壳完整性评价 (卢长申, 李小川)	248
全速汽轮发电机组两年运行行为述评 (简益民)	250
附录一 基本系统名称	253
附录二 组织机构和相关术语缩写	261
附录三 计量单位中英对照	265
附录四 厂房和构筑物——代号和名称	266
《年鉴》各章节供稿人员名单	273

# CONTENT

## **Part I : Organization of the company and the GNPS**

1.1	Brief introduction of GNPJVC	1
1.2	Organization of GNPJVC	1
1.3	Organization of GNPS	2
1.3.1	Management levels	2
1.3.2	Management lines	3
1.3.2.1	Operation lines	3
1.3.2.2	Control and support line	3
1.3.2.3	Administrative and logistic line	4
1.3.2.4	Operation Quality Assurance	4
1.3.3	Plant committee	5
1.3.4	Chart of organization of GNPS	5

## **Part II : Synthetic report on operation activities**

2.1	Operation and maintenance	7
2.1.1	Unit operation	7
2.1.1.1	Operation organization	7
2.1.1.2	Unit operation status	9
2.1.1.3	Relationship with grid	16
2.1.1.4	Unit performance indicators	17
2.1.1.5	Periodic reactor physical tests	19
2.1.1.6	Plant chemistry	24
2.1.1.7	Statistics and assessment of equipment reliability	32
2.1.1.8	Electrical relay protection	34
2.1.1.9	High voltage equipment	36
2.1.2	Maintenance activities	46
2.1.2.1	Maintenance organization	46
2.1.2.2	Evaluation on preventive maintenance program	47
2.1.2.3	Statistics of maintenance activities	49
2.1.2.4	Important corrective maintenance activities	53
2.1.3	Waste management and environment monitoring	55
2.1.3.1	Radioactive gaseous waste release	55
2.1.3.2	Radioactive liquid waste release	56

2.1.3.3	Low and mid radwaste solid management	57
2.1.3.4	Management of industrial waste	61
2.1.3.5	Environment monitoring and evaluation	61
2.1.4	Material consumption	67
2.1.4.1	Fuel burnup and nuclear material counting	67
2.1.4.2	Water storage in the reservoir and demineralized water production	70
2.1.4.3	Consumption of chemicals	72
2.1.4.4	Payment of offsite power supply	73
2.1.5	Engineering and plant modification	74
2.1.5.1	Plant modification	74
2.1.5.2	Project pending issues	77
2.1.5.3	NCR management	77
2.1.5.4	In-service inspection	83
2.1.5.5	Engineering file updating	84
2.1.5.6	Engineering projects	85
2.1.6	Unit outage	86
2.1.6.1	Outage organization	86
2.1.6.2	First outage of Unit 1	90
2.1.6.3	Forced outage of Unit 1	93
2.1.6.4	First outage of Unit 2	94
2.1.6.5	Projected items for the second outage of both units	97
2.1.6.6	Contractors and subcontractors	99
2.2	Plant Safety	100
2.2.1	Nuclear safety	100
2.2.1.1	Significant events	100
2.2.1.2	Integrity surveillance of three barriers	105
2.2.1.3	Inoperability of safety related equipment (to monitoring)	115
2.2.1.4	Periodic tests	118
2.2.1.5	Transient accounting	120
2.2.1.6	Nuclear safety culture indoctrination	121
2.2.1.7	Licensing application	122
2.2.1.8	IAEA activities	124
2.2.2	Industrial safety	125
2.2.2.1	Statistics of industrial safety	125
2.2.2.2	Management system	127
2.2.2.3	Training	127
2.2.2.4	Safety culture enhancement	127



2.2.3	Fire protection	128
2.2.3.1	Fire fighting systems	128
2.2.3.2	Fire Fighting management	128
2.2.3.3	Fire protection related events	128
2.2.4	Radiation protection	129
2.2.4.1	General	129
2.2.4.2	Training	129
2.2.4.3	Events of contamination or loss of radioactive material	129
2.2.4.4	Radiation protection during the first plant outage	129
2.2.4.5	Radiation protection during normal operation	129
2.2.4.6	Radiological instrument	131
2.2.4.7	RP permit	131
2.2.4.8	Individual dosage monitoring	131
2.2.4.9	Radiation protection during the second outage of Unit 2	131
2.2.5	Occupational medical care	131
2.2.5.1	Health surveillance of radiation workers	132
2.2.5.2	Intervention under abnormal exposure	132
2.2.5.3	Individual health files for radiation workers	132
2.2.6	Emergency planning	132
2.2.6.1	Emergency organization	132
2.2.6.2	Emergency training	133
2.2.6.3	Drills and exercises	133
2.2.6.4	Updating of emergency plan and associate procedures	135
2.2.7	Plant security and safeguard	135
2.2.7.1	Security organization	135
2.2.7.2	Security device and system	136
2.2.7.3	Security management	136
2.2.7.4	Safeguard of nuclear material	136
2.2.7.5	Achievement of security and safeguard	136
2.3	Plant management	137
2.3.1	Operation planning	137
2.3.1.1	Electricity production plan and its implementation	137
2.3.1.2	Budget management and control	138
2.3.1.3	Plant management seminars	141
2.3.1.4	Organization changes, personnel appointments and removals	142

2.3.1.5	Technique examination and academic rank appraisal	142
2.3.2	Personnel management	142
2.3.2.1	Recruitment and staffing	142
2.3.2.2	Sorting by education and professional rank	143
2.3.2.3	Sorting by age	144
2.3.2.4	Management of temporary labour requests	144
2.3.3	Personnel training and authorization	144
2.3.3.1	Training facilities	144
2.3.3.2	Plant training organization and policy	145
2.3.3.3	Complete training process	146
2.3.3.4	Licensing examination	147
2.3.3.5	Part-time training course and constrains education	147
2.3.3.6	Statistics of authorization	147
2.3.4	Plant committees	148
2.3.4.1	Plant nuclear safety committee (PNSC)	148
2.3.4.2	Plant training committee (PTC)	148
2.3.4.3	Plant waste management committee (PWC)	149
2.3.4.4	Plant modification committee (PMC)	149
2.3.4.5	Plant experience feedback committee (EFC)	150
2.3.4.6	Plant industrial safety and radiation protection committee (PISRPC)	150
2.3.4.7	Plant human resource management committee (PHRC)	150
2.3.5	Quality assurance	152
2.3.5.1	QA organization	152
2.3.5.2	Implementation of QA activities	152
2.3.5.3	Evaluation on effectiveness of QA program	155
2.3.6	Experience feedback	156
2.3.6.1	Experience and lessons learnt from internal events	156
2.3.6.2	Experience and lessons learnt from external events	159
2.3.6.3	Experience feedback between construction and operation	161
2.3.6.4	International activities on information exchange	163
2.3.6.5	Twining activities	163
2.3.6.6	Other exchange activities and technical visit	163
2.3.6.7	Experience feedback inside operation branch	164
2.3.7	Procurement management of spare parts	169

2.3.7.1	Management of procurement	169
2.3.7.2	Analysis of utilization and storage status	171
2.3.7.3	Spare parts consumption during unit outage	172
2.3.8	Progress of spare parts localization	175
2.3.8.1	Initial study for commercial grade and main conclusions	175
2.3.8.2	Localitation progress	175
2.3.9	Management of contracts and contractors	175
2.3.9.1	Contract management	175
2.3.9.2	Contractors management	182
2.3.10	Utilization of management computers	183
2.3.10.1	Main frame and software	184
2.3.10.2	Current computer code utilization	187
2.3.10.3	Management of PC	187
2.3.11	Documentation and archives	189
2.3.11.1	General status	189
2.3.11.2	Main achievement	189
2.3.11.3	Storage volume	190
2.3.12	Plant logistic support activities	190
2.3.12.1	Transportation	190
2.3.12.2	Management of office appliances, common-use facilities and equipments	191
2.3.12.3	Management of telecommunication facilities, labour protections, consumables, fixed assets and office furniture	191
2.3.12.4	Staffs living necessities	191

### **Part III : Chronicles**

3.1	Operation events of Unit 1	193
3.2	Operation events of Unit 2	198
3.3	Major events of plant management	202

### **Part IV : Statistics and indicators**

4.1	WANO performance indicators	207
4.2	Comprehensive economic indicators	207
4.3	Energy balance	208
4.4	Energy statistics month by month	210

## **Part V : Invited Technical Reports**

• Summary report on management seminar by Fan Heming	211
• OPS bussiness plan and work plan by Fan Heming	214
• Outage planning and conducting by Zhong Weixiong	216
• ALARM action during plant outage by Yan Zhongmin	221
• RCP water transfer during refuelling outage by Chen Weizhong and Zhang Zhujian	224
• Nuclear safety surveillance on Unit 2 outage by Lu Wei	231
• Investigation and analysis of electric shock near-miss occurred on 21st of June by Mu Qifang	234
• Analysis of unit shutdown event on 18th of July by Li Xiaoming	236
• Problem of control rod dropping time and its treatment by Chang Chunlin	239
• Sipping test and assessment of fuel rod integrity by Lu Changshen and Li Xiaochuan	248
• Performance review of full speed turbine generator set by Jian Yimin	250
<b>Appendix 1 Elementary System Codification</b>	<b>253</b>
<b>Appendix 2 Acronym</b>	<b>261</b>
<b>Appendix 3 Measurement Units</b>	<b>265</b>
<b>Appendix 4 List of buildings and structures</b>	<b>266</b>
<b>List of Drafters of Sections in “Yearbook”</b>	<b>273</b>

# 第一章 公司与电站组织机构

## 1.1 公司简介

广东核电合营有限公司由广东核电投资有限公司和香港核电投资有限公司共同投资组成，负责大亚湾核电站工程建设和投产后的营运管理。公司成立于1985年2月9日。

大亚湾核电站安装两台900MW压水反应堆机组，全部设备由国外进口。其中核岛部分由法国法马通公司供应。常规岛部分由英法通用电气-阿尔斯通公司供应。在工程建设阶段，电站总体技术负责由法国电力公司承担。电站于1986年8月破土动工，历经土建、安装和调试各阶段，两台机组分别于1994年2月1日和5月7日投入商业运行。

大亚湾核电站在合营期内的商业运行生产电量，按投资比例分售给合营双方，即75%电量分售给广东核电投资有限公司，25%电量分售给香港核电投资有限公司。为满足偿还贷款中的外汇平衡，广东核电投资有限公司将其分售的占总上网电量的45%的电量转售给香港核电投资有限公司。因此，实际上每年电站上网电量的70%送入香港电网，30%送入广东电网。

大亚湾核电站的建成投产，对粤、港两地的经济发展和繁荣做出了直接的贡献。同时也为我国大型高科技项目引进资金、技术、人才和先进管理经验方面做了有益的尝试和积极的探索。

## 1.2 公司组织机构

广东核电合营公司实行现代企业制度管理。公司的最高权力机构为董事会，董事会现由12名中方董事，5名港方董事组成。

**董事会成员：董事长** 曾云龙（中方）

**第一副董事长** 施以诚（港方）

**第二副董事长** 吴希荣（中方）

**中方董事：** 曾云龙 吴希荣 张华祝 周展麟 马福邦 刘锡才  
罗成法 戚明昌 徐申珩 李忠良 戴庆宇 张毓麟

**港方董事：** 施以诚 高登 米高·嘉道理 李道悟 李锐波

董事会任命周展麟（中方）为总经理，周海涌（港方）为第一副总经理，高胜玉（中

方)为第二副总经理。

1995年公司为了适应两台机组投产后的安全生产和支持二核发展的需要,对组织机构进行了相应的调整。自1995年7月1日起,原负责工程收尾的工程办任务全面结束,正式过渡为二核筹建办,负责岭澳核电站建设;合营公司机构调整为总经理部领导下的生产部、财务部、人事部、审计部和秘书部。

生产部即大亚湾核电站,其主要的一线功能为与生产活动直接相关的运行、检修、技术服务和发电规划;保健物理、生产质量安全保证和技术支持系统为二线,与一线紧密配合;完善的后勤、供应支持系统和综合管理为三线,保障一线工作。生产质保组织负责制定有关质保大纲和程序,并对各承包商及电厂内部进行独立的质保监查和监督。生产部经理即大亚湾核电站经理(即厂长)。

财务部负责核电站建设和营运期间的资金筹措、成本控制和债务管理。由于成本控制做得好,整个电站的造价和投产后的经济指标都控制在较好的水平。

人事部主要负责核电站建设和运行的各类专业人才和管理人才的选聘和培养。多年来人事部为广东核电的起步和发展选聘了大批优秀人才和管理干部。

审计部对合同费用、工程量估算、生产预算和各项支出的合理性进行审计,并配合纪检、监察部门为公司廉政建设做出了积极的努力。

秘书部围绕管理为生产服务的指导思想,积极配合生产做好合约保险、公关宣传、文秘、外事和行政后勤服务。

## 1.3 电站组织机构

### 1.3.1 电站管理层级

管理层是根据上一级的授权范围行使管理职责,并承担责任的一级组织。按照这一定义,电站管理层分为三级:

**厂级** 电站经理部是厂级管理层。在广东核电合营公司总经理部的授权下,厂级管理层对电站的各项工作负有全面的领导责任,确保完成总经理部确立的各项目标。

厂级管理层由下列成员组成:

- |         |  |
|---------|--|
| 电站经理:   | 电站经理对电站的营运和管理负有全面的领导责任,向公司总经理部、外单位(政府、公众、承包商等)和买主(电网)负责。 |
| 第一副经理:  | 协助电站经理领导生产工作,当电站经理不在现场时,在其授权范围内代理电站经理职务。                 |
| 总工程师:   | 向电站经理和第一副经理提供技术专业支持。                                     |
| 副总工程师:  | 作为总工程师的助手,发挥其技术专长,协助电站经理和副经理的工作。                         |
| 第二副经理:  | 协调运行和维修方面的生产活动。  |
| 第三副经理:  | 协调工业安全、辐射防护、核安全和技术支持方面的建设和控制。                            |
| 经理助理:   | 协调人力和后勤资源的支持。  |
| 安全保健顾问: | 向所有经理提供有关工业安全、辐射防护和核安全方面的专家支持。                           |

质量管理顾问：就所有事务，尤其是生产、工程技术和管理工作，协助经理（特别是副经理）工作。

第二副经理助理：协助第二副经理协调生产活动，并对质保处（OQA）就质量保证相关事务提供支持。

**处级** 各处正副处长属处级管理层。根据电站经理授权，处长对本处的工作效率、质量状况、预算、工业安全、辐射防护诸方面向电站经理部负责。另外，处长还行使诸如人力、财政、物资资源和组织机构方面的管理职责并承担相应责任。根据工作需要，电站共设置 13 个处。

**科级** 处内的这一级管理层由科长和负责管理或作为专家（系统工程师和安全技术顾问）的主要工程师所组成。其中专家类的工程师的管理职能很小，并不构成真正的管理层，把他们列入科级，只是为了说明组织的功能。

### 1.3.2 管理线

为明确职责范围，加强层次管理，建立高度集中统一的生产指挥系统，电站组织机构在电厂经理和第一副经理下面划分了三条管理线，分别由第二、第三副经理和经理助理负责。这三条管理线分别是：运行维修线、支持监督线和合同行政线。

#### 1.3.2.1 运行维修线

运行维修线，即直接生产线，包括运行处、维修处、技术服务处和发电规划处。前三个处由第二副经理分管，发电规划处由第一副经理分管。

**运行处** 运行处负责两台机组的运行，保证机组安全、可靠、经济地运行，使机组状况符合《核电站质量管理手册》和《运行管理总则》等有关制度的规定。

运行处下设运行工程科、技术管理和六个运行值。

**维修处** 维修处在运行和换料大修以及抢修期间负责对核电站设备进行定期试验，完成预防性维修及改正性维修活动，包括对设备性能进行诊断分析，执行燃料装卸活动，管理工具、器具和材料，协调并监督由承包商执行的维修工作。

维修处下设六个科室：机械科、仪表计算机科、电气科、现场服务科、通讯科和办公室。

**技术服务处** 技术服务处的功能介于运行和维修活动之间，为运行和维修提供一系列的技术参数，以保证核电站的正常运行和维修。该处主要承担电站的试验、分析和监督工作。其中包括：化学分析和化学监督、环境监督、核电站的性能试验和堆物理试验。

技术服务处下设四个科：反应堆工程科、化学科、性能试验科和环境监测科。

**发电规划处** 发电规划处负责与电网生产计划部门的协调与联络，制定维修计划，制定电站短期、中期和长期发电规划，在机组换料、大修期间负责与电网的协调工作，对发电规划进行技术和经济分析，以及对生产成本进行预算和控制。

#### 1.3.2.2 支持监督线

支持监督线包括技术支持处、安全执照处和保健物理处。这条线由第三副经理分管，另外还有一名安全保健顾问协助第三副经理管理这条线的工作。

**技术支持处** 技术支持处向核电站各处提供日常和中、长期的技术支持以帮助解决问题，向经理层提供技术建议以便其作出决定，组织各项专业检修活动，对涉及工程设计和开发的外部技术要求进行评价，以及处理与外部机构和支持单位在设计方面的接口。

技术支持处下设五个科：质量控制科、经验反馈科、燃料管理科、改进科和工程科。

**安全执照处** 安全执照处主要负责核电站的核安全、安全协调（执照申领）及经验反馈方面的工作。从技术和核安全角度为运行和维修制定导则并进行监督，在运行阶段对核安全水平进行评估，对核电站的事故进行分析，负责核安全领域的经验反馈，与国家核安全局、国家环保局及国际原子能机构保持联络，协助、监督各处运行阶段执行中国有关核安全法则、导则和规定的情况。

**保健物理处** 保健物理处负责核电站工业安全、防火、辐射防护、应急计划与准备、职业卫生与医疗防护方面的管理，同时为核电站的安全运行和核电站工作人员的健康提供工业安全、防火、辐射防护、职业医疗和急救等专业服务。

保健物理处下设四个科室：辐射防护科、工业安全科、职业医疗中心和应急计划组。

### 1.3.2.3 合同行政线

合同行政线指与核电站运行不直接相关的各职能处，包括管理计算机处、培训中心、资料处、合同采购处和综合管理处。这条线由经理助理主管。

**管理计算机处** 管理计算机处负责公司内 IBM—4381 管理计算机主机的系统维护工作，对公司的微机进行管理，负责对用户进行培训及给予技术和维护方面的支持，开发主机上的应用软件及生产部微机上的应用软件，以及负责计算机隔离系统的维护、保养工作。

管理计算机处下设四个科：系统科、运行科、应用科和微机科。

**培训中心** 培训中心负责向生产部各处提供各类专业课程培训，其中包括全范围模拟机培训、基本原理模拟机培训、公共课程培训和实验室培训，审查、监督并指导各处上岗培训和专门培训的执行情况，以及就各类人员的授权状况提出建议。

培训中心下设三个科：培训科、模拟机维修科和管理科。

**资料处** 资料处对核电站所有与运行有关的文件、资料进行管理、归档，负责协助建立并监督各卫星资料库的管理和文件更新，为核电站资料室、档案馆、技术图书馆提供服务，以及负责翻译、出版各类技术文件和资料。

资料处下设四个科：文件管理科、文件收发和技术服务科、文件翻译管理科和档案馆。

**合同采购处** 合同采购处负责核电站运行所需的各类设备、核燃料、部件、零配件、原材料、消耗品以及核电站职工生活、福利等用品的供应工作，包括计划、采购、签约、合同管理、运输、接货、检验、仓库储存和发放等管理工作，确保核电站的安全经济运行所需的物资能及时供应。

合同采购处下设四个科：计划科、采购科、合同科和物资管理科。

**综合管理处** 综合管理处为生产部提供一系列行政、后勤服务，满足生产第一线的需要；负责生产部劳动和人事管理，完善劳动人事管理制度；负责厂区的警卫和治安工作，以保证核电站的安全可靠运行；还负责与公司秘书、财务、审计、人事等部门和服务公司保持联系，为职工创造良好的生活、福利和工作条件。

综合管理处下设四个科：人事科、后勤科、保卫科和秘书科。

### 1.3.2.4 生产质保处

根据《运行质保大纲》和《最终安全分析报告》以及国际、国内核安全部门的有关法规和规定，对核电站内部和承包商的所有活动进行监查、监督、质量趋势分析；对承包商、供货商进行资格审查；对管理文件和有关文件进行审查；并通过这些质量保证和质量控制措施来发现问题，提出纠正措施，以验证质保大纲的有效性，完善质保体系。

核电站质保处独立于其他职能处，直接向核电站经理负责并报告工作，也可向总经理报



告工作。

生产质保处下设三个科：监查科、监督科和质保支持科。

### 1.3.3 电站工作委员会

电站工作委员会疏导横向沟通，实施网络管理，协调各条管理线之间以及管理线内部各处之间的接口关系，以发挥核电站整体效益，是核电站管理体制的另一个重要方面。核电站除管理层周会和调试阶段已成立的核电站核安全委员会外，还建立了若干个工作委员会或小组。这些委员会定期召开会议，推动核电站内涉及不同管理线的单项业务。核电站工作委员会分别是：

核电站核安全委员会

核电站三废管理委员会

核电站工业安全与辐射防护委员会

核电站培训委员会

核电站经验反馈委员会

核电站改进委员会

核电站预算委员会

核电站信息管理委员会

核电站人力资源委员会

这些委员会的人员组成、主要职责及活动情况，参阅本年鉴第 2.3.4 节。

### 1.3.4 电站组织机构图

大亚湾核电站的组织机构见图 1.3.4-1。

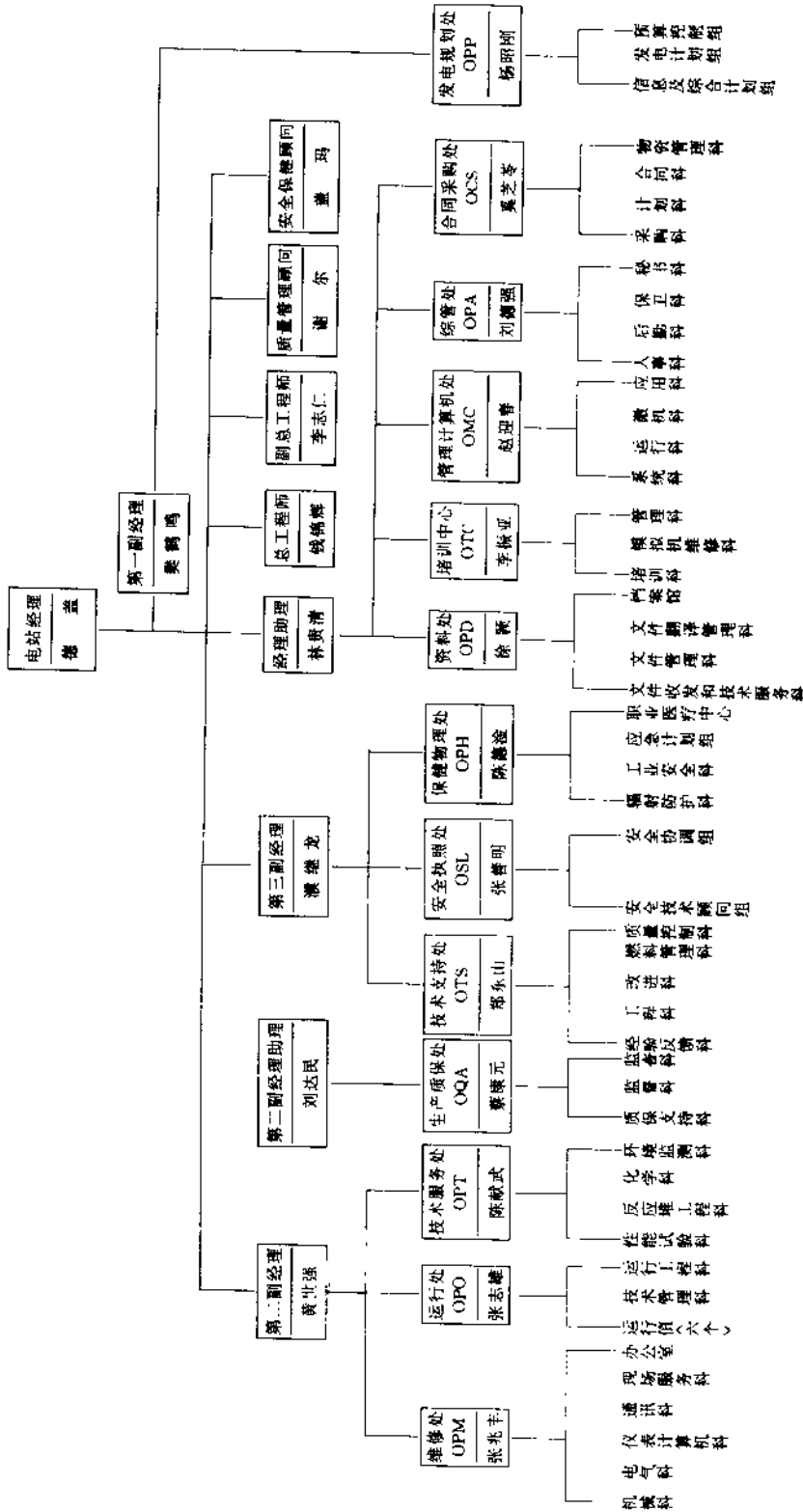


图 1.3.4-1 大亚湾核电站组织机构图

## 第二章 生产运行

### 2.1 电站运行和维修

#### 2.1.1 电站运行

##### 2.1.1.1 电站运行组织

大亚湾核电站运行处负责大亚湾核电站两台 900MW 核电机组的安全运行。运行处处长在副处长和处长助理的协助下，负责管理运行处的工作。在处长授权下，运行工程师负责电站系统和设备运行的技术管理，值长负责电站系统和设备的运行以及运行值的管理。作为电站运行的技术准备和支持的单位，运行工程科为运行值提供系统运行专业技术支持，跟踪系统运行性能，并负责电站改进项目的运行评估和运行文件修改；技术管理科负责所有运行文件的管理，并负责运行记录的收集和归档。运行处组织机构如图 2.1.1.1-1 所示。

##### 1. 最小核安全运行值构成

最小核安全运行值的定义是确保电站无论是在正常运行还是在事故情况下都能使机组处于核安全状况所需的最少运行人员及其技能水平。最小运行值的构成为：

值长	1 名
安全技术顾问	1 名
副值长	1 名
控制室操纵员	4 名
现场技术员	3 名
现场操作员	1 名

##### 2. 最小运行值构成

最小运行值是保证两台机组安全正常运行所需的最少运行人员及其技能水平。最小运行值包含最小核安全运行值的功能和消防二级干预队的功能，其构成为：

值长	1 名
安全技术顾问	1 名
副值长	2 名
控制室操纵员	4 名（一机组卸料时为 3 名）

现场技术员 4名  
现场操作员 4名

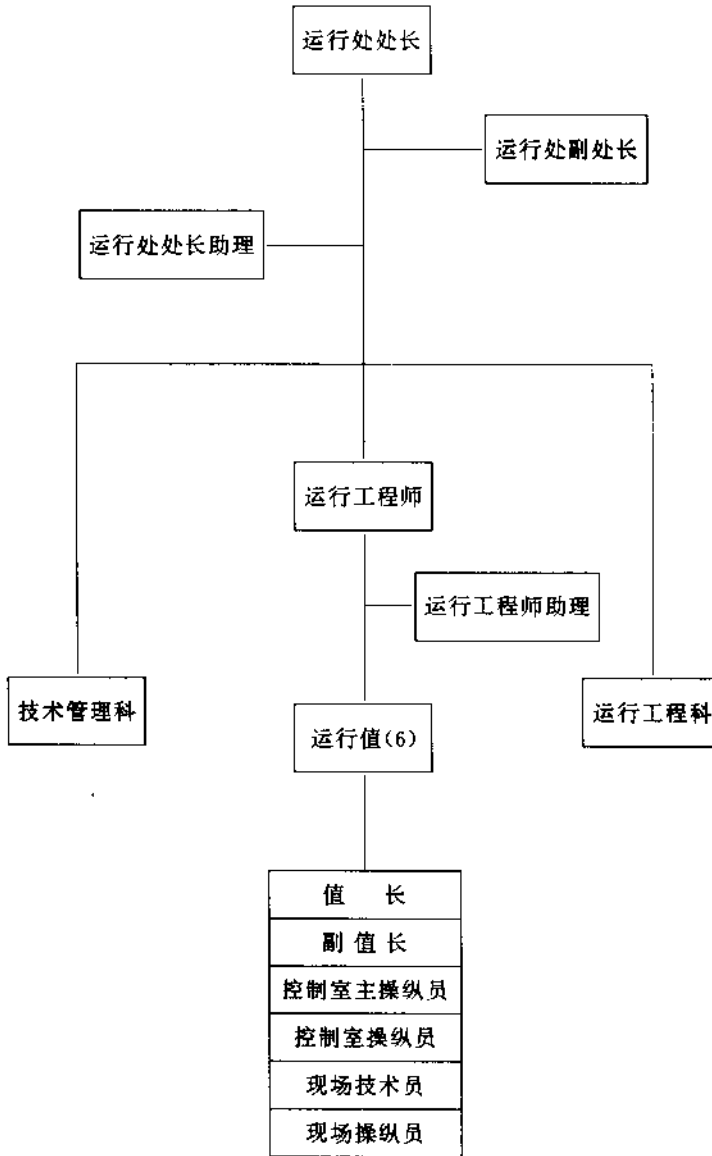


图 2.1.1.1-1 运行处组织机构

### 3. 巡检制度

在运行值班中，现场技术员和操作员要进行三次现场巡视检查。第一次在接班后一小时内进行，确定系统的实际状态。第二次在值班中间时间进行，在巡视日志中记录各种设备状况、参数等。第三次在交班前一小时内进行，确定各个设备、特别是状态有变化的设备的最终状况。

### 4. 隔离办公室和隔离经理

隔离办公室负责隔离措施的制定、实施和解除以及工作许可证的签发。隔离经理作为指

定的授权人员，负责执行所有的隔离活动以确保工作或试验在必需的安全条件下进行，签发工作许可证，并确保在工作中维持这种安全状态直至解除隔离后移交给控制室操纵员重新设置或投运。

### 5. 文件支持与系统运行支持

运行所需的程序和文件由技术管理科统一管理。技术管理科负责运行文件的更新和工作文件的补充，确保主控制室及现场各文件资料点的文件为最新有效版本，并且保持有足够的可用工作文件和图纸。

系统工程师作为系统运行的专业技术人员，为运行值提供系统运行方面的系统运行专业技术支持，协助或培训运行值完成特殊的系统操作，跟踪处理运行中发现的系统和设备问题，研究分析系统运行性能，并且提供内、外部事件的经验反馈。

### 6. 安全技术顾问

核安全技术顾问参与倒班运行，其主要功能和作用是实时地进行安全独立监督和验证。在事故情况下，安全技术顾问根据规程对事故工况进行诊断，并根据需要给运行人员补充指令。为保证其监督的独立性，安全技术顾问的三班倒方式是与运行值错开的。另外，安全技术顾问也积极参与运行值人员的核安全方面的技术培训。

#### 2.1.1.2 机组运行状态

1995年广东大亚湾核电站1号机组运行状态，见图2.1.1.2-1至图2.1.1.2-6。

1995年广东大亚湾核电站2号机组运行状态，见图2.1.1.2-7至图2.1.1.2-12。

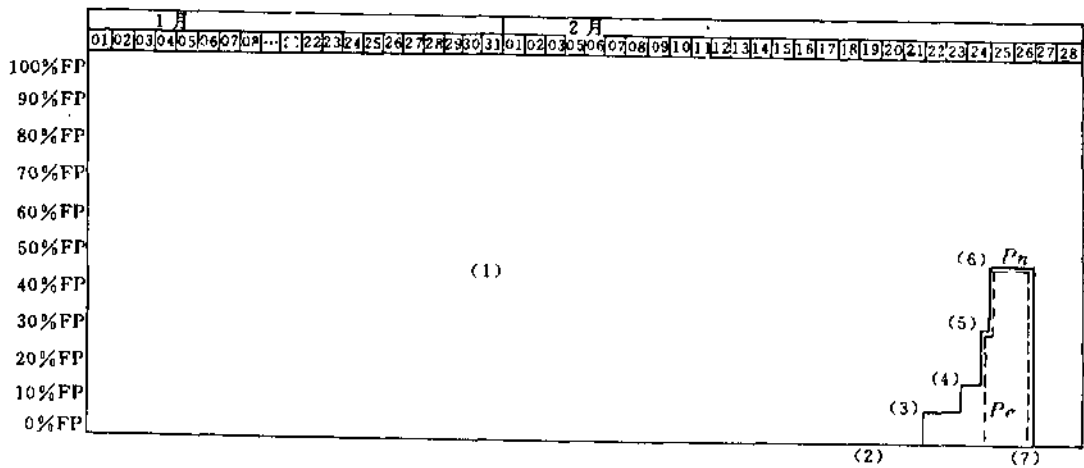


图 2.1.1.2-1 广东大亚湾核电站 1 号机组 1995 年运行状态

- 注：(1) 机组首次换料大修 (1/1 至 19/2)  
 (2) 19/2 3:40 机组换料大修后首次达临界  
 (3) 21/2 23:00 反应堆功率升至  $P_n=9.5\%$ ，进行中子通量图测量试验  
 (4) 23/2 14:30 反应堆功率升至  $P_n=15\%$ ，进行汽机超速试验  
 (5) 24/2 10:25 反应堆功率升至  $P_n=30\%$   
 (6) 24/2 23:25 机组功率升至  $P_n=48\%$ ， $P_e=446\text{MWe}$  运行  
 (7) 26/2 21:45 机组与电网解列，机组退至热停堆工况进行控制棒落棒试验

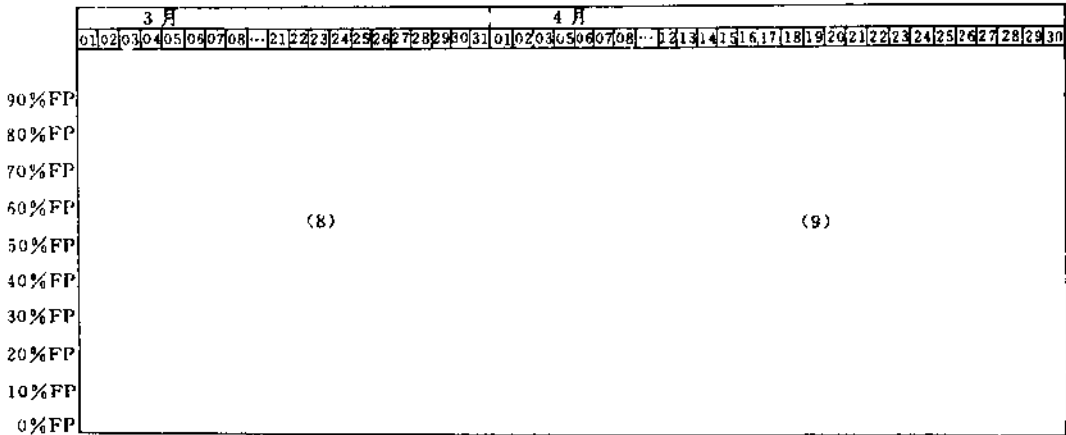
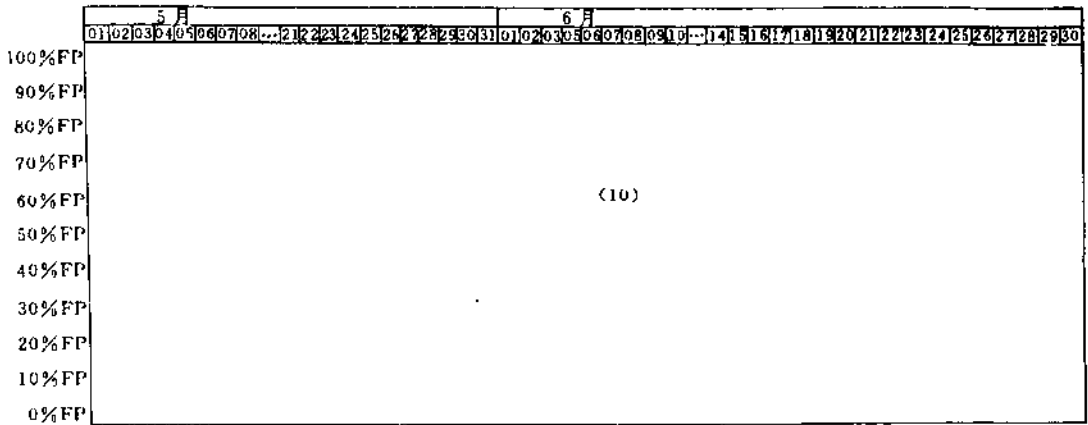


图 2.1.1.2-2 广东大亚湾核电站 1 号机组 1995 年运行状态

注：(8) 2/3 至 10/4 机组进行第一次控制棒抢修（更换氦棒）  
 (9) 10/4 至 28/5 机组进行第二次控制棒抢修（换回原标准型控制棒）



(11)

图 2.1.1.2-3 广东大亚湾核电站 1 号机组 1995 年运行状态

注：(10) 28/5 至 29/6 机组进行第三次控制棒抢修（更换控制棒导向管）  
 (11) 30/6 5：45 反应堆达临界

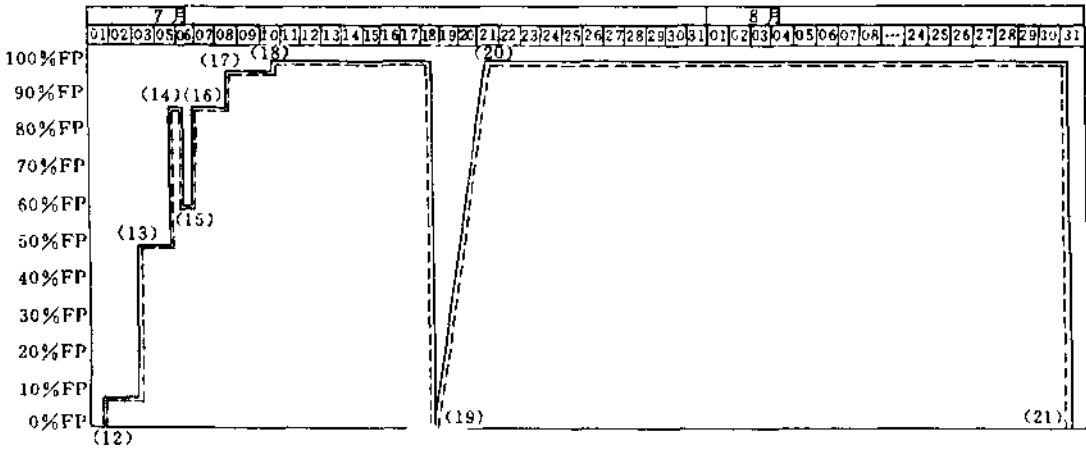


图 2.1.1.2-4 广东大亚湾核电站 1 号机组 1995 年运行状态

- 注：(12) 1/7 11:06 反应堆功率  $P_n=9\%$  时功率量程变化率高误信号出现，导致反应堆紧急停堆  
 (13) 3/7 1:30 机组负荷升至  $P_n=50\%$ ， $P_e=408\text{MWe}$  稳定运行 48 小时  
 (14) 5/7 18:40 机组负荷升至  $P_n=87\%$ ， $P_e=796\text{MWe}$   
 (15) 6/7 4:12 机组功率异常下降， $P_n=60\%$ ， $P_e=515\text{MWe}$  (因 KRG034AR 柜失电造成 RCV 泵从 PTR 水箱吸水引起 RCP 硼化)  
 (16) 6/7 14:00 机组功率重新升至  $P_n=87\%$ ， $P_e=790\text{MWe}$   
 (17) 8/7 10:30 机组功率升至  $P_n=97\%$ ， $P_e=930\text{MWe}$   
 (18) 10/7 12:00 机组功率升至  $P_n=100\%$ ， $P_e=930\text{MWe}$   
 (19) 18/7 9:06 反应堆紧急停堆 (进行 LCB 试验，引起 RPB 9 个 UE 卡失电)  
 (20) 21/7 8:00 机组负荷升至  $P_n=100\%$ ， $P_e=984\text{MWe}$   
 (21) 31/8 7:11 因 GIC19 号气室 SF6 压力低 (2 级保护动作) 造成发电机出口 GEW350/1351JA 开关断开，导致停机停堆

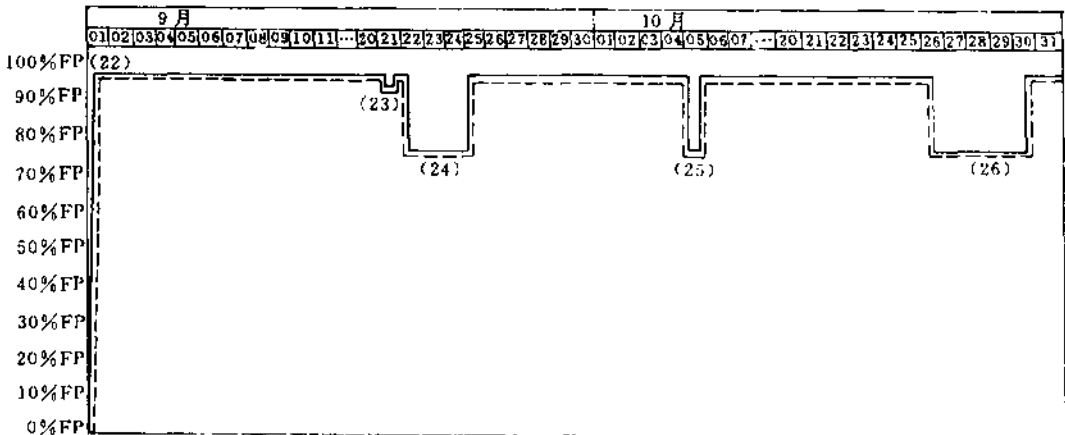


图 2.1.1.2-5 广东大亚湾核电站 1 号机组 1995 年运行状态

- 注：(22) 1/9 1:55 反应堆达临界，4:28 并网，6:40 机组达满功率 ( $P_n=97\%$ ， $P_e=960\text{MWe}$ )  
 (23) 21/9 5:38 接电网令要求降负荷至  $P_e=958\text{MWe}$ ；10:20 机组负荷升至  $P_e=977\text{MWe}$  运行  
 (24) 22/9 3:55 至 25/9 5:30 接电网令机组降负荷至  $P_n=78\%$ ， $P_e=760\text{MWe}$  运行  
 (25) 3/10 5:50 至 12:56 因台风机组降负荷至  $P_n=78\%$ ， $P_e=760\text{MWe}$  运行  
 (26) 27/10 19:20 至 30/10 10:30 接电网令机组降负荷至  $P_n=78\%$ ， $P_e=760\text{MWe}$  运行

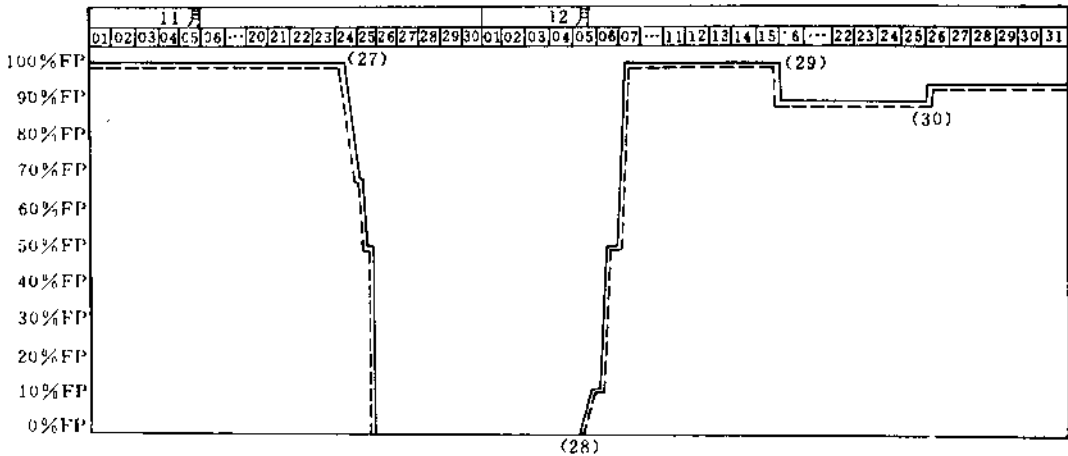


图 2.1.1.2-6 广东大亚湾核电站 1 号机组 1995 年运行状态

- 注：(27) 24/11 20:00 按计划以 1.0MWe/min 速率开始降负荷，  
 25/11 1:20 机组达  $P_n=69.3\%$ ， $P_e=660\text{MWe}$ ，至 26/11 5:40 又以 1.0MWe/min 速率降负荷，  
 26/11 8:30 机组达  $P_n=50\%$ ， $P_e=490\text{MWe}$ ，至 20:00 机组与电网解列（进行整治性小修）  
 (28) 5/12 5:05 反应堆达临界，21:45  $P_n=11.5\%$ ，至 6/12 0:10 并网，至 6:00  $P_n=50\%$ ， $P_e=490\text{MWe}$ ，至 7/12 5:25 机组升至  $P_n=100\%$ ， $P_e=984\text{MWe}$   
 (29) 16/12 1:33 机组降负荷到  $P_n=90\%$ ， $P_e=884\text{MWe}$  功率水平运行（因核增线开口，电网要求减负荷）  
 (30) 26/12 0:25 机组升负荷，从  $P_e=884\text{MWe}$  升至  $P_e=910\text{MWe}$  功率水平运行

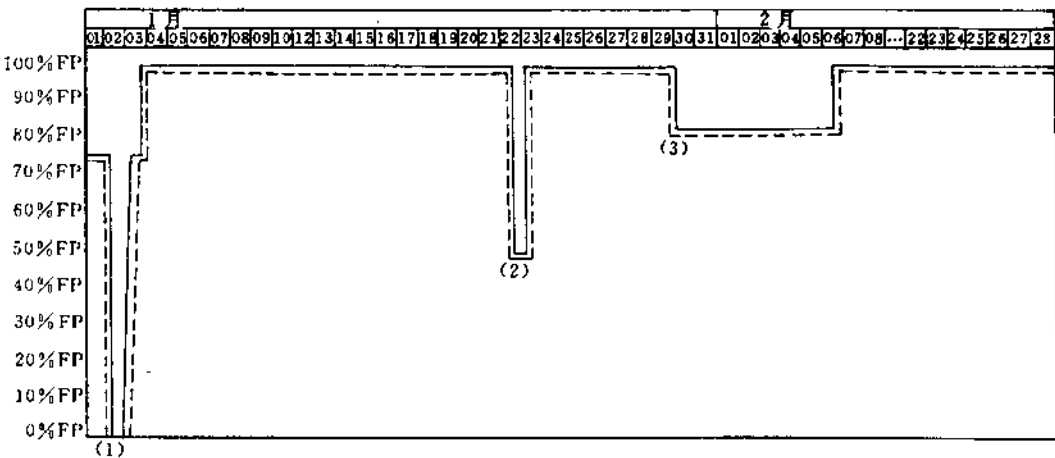


图 2.1.1.2-7 广东大亚湾核电站 2 号机组 1995 年运行状态

- 注：(1) 2/1 20:16 因 OPM 测 H11 棒的零/全电流造成一组控制棒束掉棒，引发功率量程高通量变化率，导致反应堆紧急停堆  
 (2) 22/1 12:15 执行 PT2RGL004 定期试验 ( $P_n=50\%$ ， $P_e=500\text{MWe}$ )  
 (3) 30/1 0:10 电网要求降负荷运行 ( $P_n=83\%$ ， $P_e=803\text{MWe}$ )



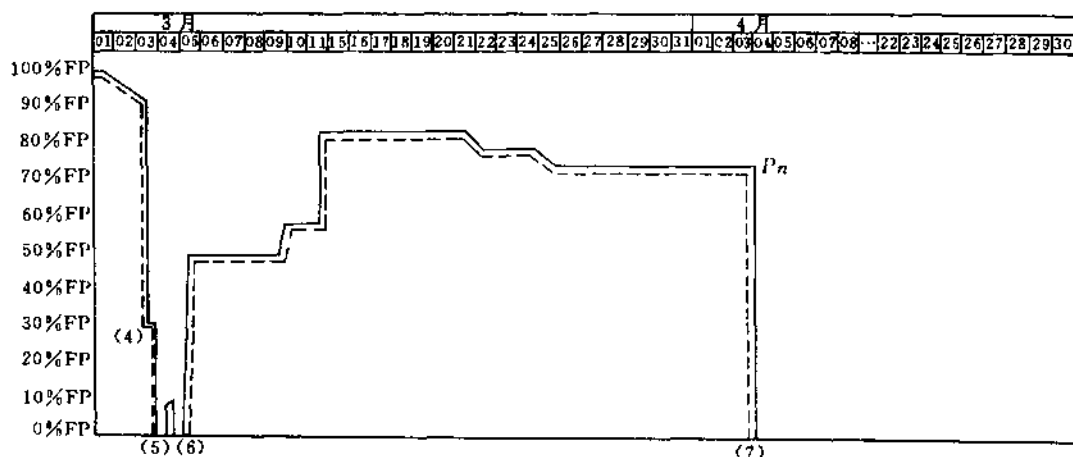


图 2.1.1.2-8 广东大亚湾核电站 2 号机组 1995 年运行状态

- 注：(4) 3/3 13:15 因 CRF “B” 列堵塞，冷凝器真空恶化，汽轮发电机组从电网解列 ( $P_e=0$ )  
 (5) 3/3 22:20 因 S.G1 低-低水位保护动作导致反应堆紧急停堆 (事件前  $P_n=0\%$ )  
 (6) 5/3 0:17 因 S.G2 高-高水位+P7 保护动作导致反应堆紧急停堆 (事件前  $P_n=18\%$ ,  $P_e=88\text{MWe}$ )  
 (7) 4/4 0:00 按计划停机停堆，机组进入首次换料大修状态

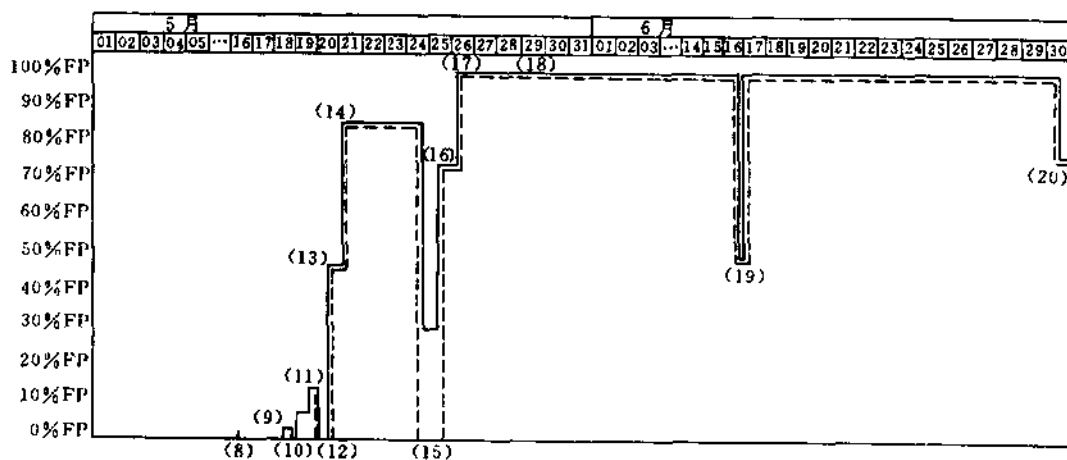


图 2.1.1.2-9 广东大亚湾核电站 2 号机组 1995 年运行状态

- 注：(8) 16/5 5:38 反应堆换料后首次临界  
 (9) 18/5 11:40 零功率物理试验结束，反应堆开始升功率  
 (10) 18/5 20:43 中间量程通量高，反应堆自动停堆 (C1 整定值错误)  
 (11) 20/5 6:20 反应堆升功率至  $P_n=14\%$ ，汽机冲转进行超速试验  
 (12) 20/5 12:01 汽机手动并网，发电机 100% 定子接地保护误动作，停机停堆  
 (13) 21/5 5:00 机组稳定在  $P_n=48\%$ ,  $P_e=420\text{MWe}$  功率水平进行物理试验  
 (14) 23/5 15:00 机组稳定在  $P_n=87\%$ ,  $P_e=820\text{MWe}$  功率水平进行物理试验  
 (15) 24/5 22:20 因 GRE002VV “O” 环垫片破裂使得 GFR 油位低-低跳泵，引起汽机跳闸，反应堆自动降功率至  $P_n=30\%$

- (16) 25/5 9:50 机组稳定在  $P_n=75\%$ ,  $P_e=720\text{MWe}$  等待 APA 滤网清洗
- (17) 26/5 6:15 机组功率升至  $P_n=100\%$ ,  $P_e=930\text{MWe}$ , 至此 2 号机组大修结束, 比目标计划提前 6 天, 因一列高加未投, 汽机未达满功率
- (18) 29/5 12:40 机组升至  $P_n=100\%$ ,  $P_e=980\text{MWe}$

功率水平稳定运行

- (19) 15/6 23:00 至 23:30 执行 PTRGL004 控制棒效率刻度试验, 机组降负荷 ( $P_n=50\%$ ,  $P_e=500\text{MWe}$ )
- (20) 30/6 20:00 至 1/7 13:00 清洗 APP 泵滤网, 机组降负荷 ( $P_n=78\%$ ,  $P_e=760\text{MWe}$ )

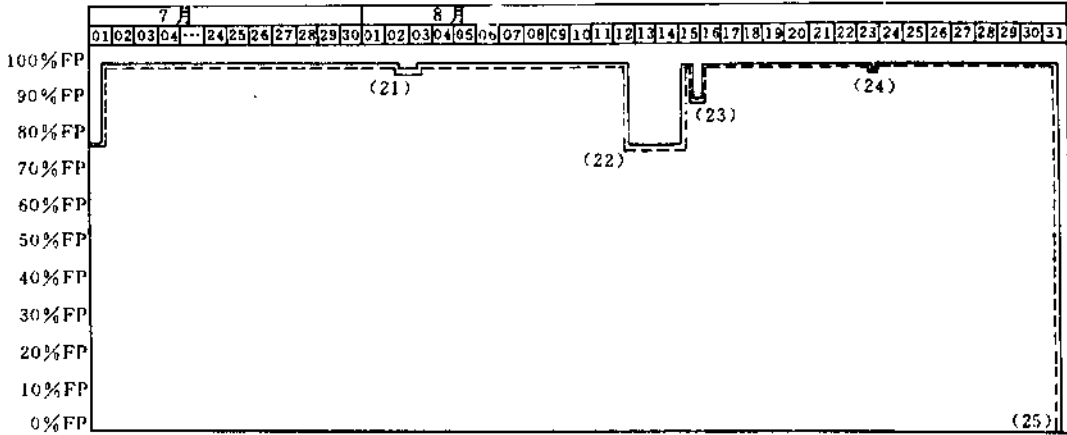


图 2.1.1.2-10 广东大亚湾核电站 2 号机组 1995 年运行状态

- 注: (21) 2/8 1:00 至 3/8 9:39 因隔离 GSS110PO 泵进行检修, 机组降负荷 ( $P_e=986\text{MWe}$  降至  $P_e=980\text{MWe}$ )
- (22) 12/8 1:10 至 14/8 10:50 因 5 号热带风暴, 电网要求机组降负荷 ( $P_n=78\%$ ,  $P_e=760\text{MWe}$ )
- (23) 15/8 4:40 至 7:00 电网要求机组降负荷 ( $P_n=90\%$ ,  $P_e=888\text{MWe}$ )
- (24) 23/8 20:15 至 20:20 GRE 上位机故障, 机组实际负荷下降 (从  $P_e=988\text{MWe}$  下降至  $960\text{MWe}$ ), R 棒下插 3 步 (从 216 步~213 步)
- (25) 31/8 15:18S.G2 低-低水位保护动作导致反应堆停堆 (由于受台风影响, 2VVP002VV 限位开关进水, 使 VVP002VV 快速关闭, S.G2 压力上升, 安全阀动作, 引发 S.G2 低-低水位保护动作)

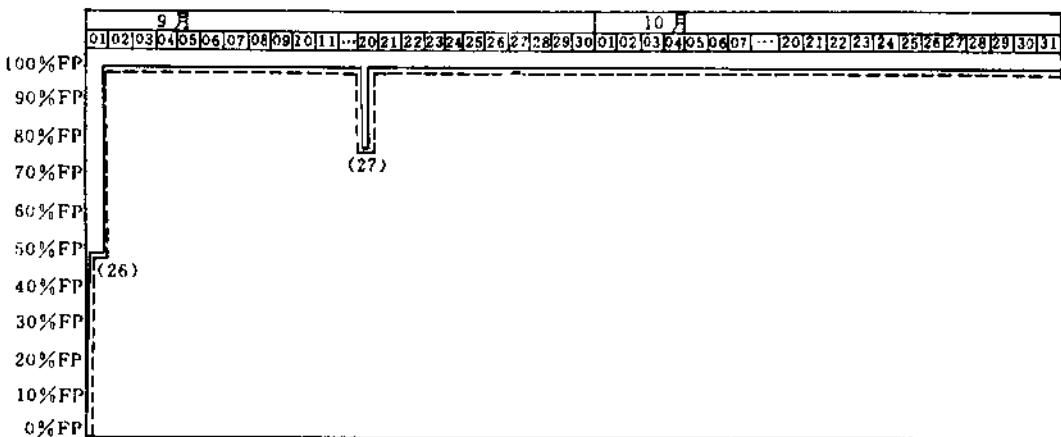


图 2.1.1.2-11 广东大亚湾核电站 2 号机组 1995 年运行状态

- 注: (26) 1/9 2:20 反应堆达临界, 5:12 并网, 6:35 机组功率升至  $P_n=50\%$ ,  $P_e=500\text{MWe}$  运行 (等待 CRF002PO 抢修); 19:10 机组达满功率 ( $P_n=100\%$ ,  $P_e=980\text{MWe}$ ), 从停堆 (31/8 15:18) 到满负荷 (1/9 19:10) 历时 27 小时 52 分
- (27) 20/9 3:10 至 6:46 电网要求机组降负荷至  $P_n=78\%$ ,  $P_e=760\text{MWe}$  运行

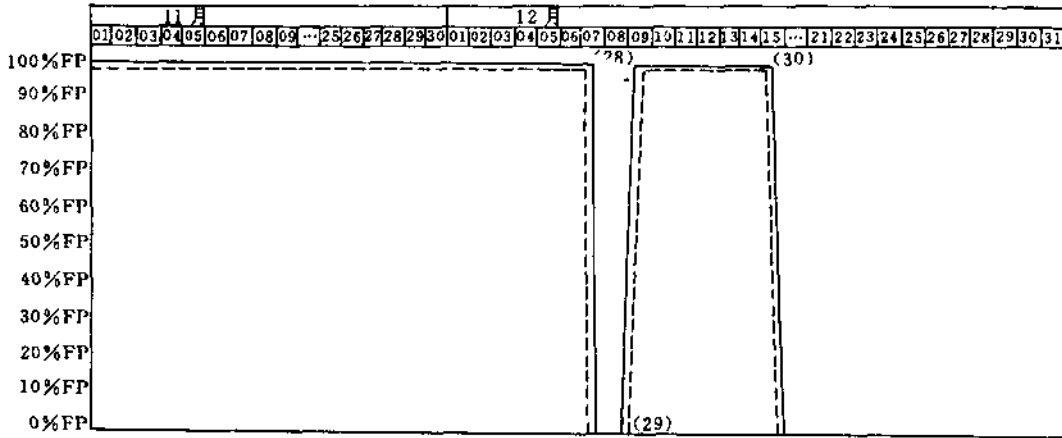


图 2.1.1.2-12 广东大亚湾核电站 2 号机组 1995 年运行状态

注：(28) 7/12 13:21 S.G3 低-低水位保护动作导致反应堆停堆（因 ARE 系统 P1 中的 RG 模块故障，使 ARE033/244VL 突然关闭）

(29) 8/12 15:25 反应堆重新达临界，至 17:46 并网，至 9/12 3:00  $P_n=100\%$ ，3:30  $P_e=982\text{MWe}$

(30) 15/12 12:00 开始降负荷，至 23:00 与电网解列，进入第二次换料大修

### 2.1.1.3 电网状况及售电情况

#### 1. 电网结构

1995 年中电网内结构没有变化。广电网内江门至沙角电厂投入 500 kV 沙江二线，核增线破口接入 500 kV 惠州变电站，主干网架得到加强，参见示意图 2.1.1.3-1。

#### 2. 装机容量

1995 年广东电网电源建设发展较快，相继投入湛江 2 号机组 300 MW，沙角 C 厂 1 号机组 660 MW，至 1995 年底统调装机容量达 10869 MW。

中电方面，1995 年度增加抽水蓄能份额 150 MW，但青衣电厂 4 台 200 MW 燃油机组因燃料成本高、环保要求严格以及机组效率较低，于 1995 年 9 月退役，系统内装机容量由 1994 年的 7540 MW 下降为 6890 MW。

#### 3. 负荷水平

1995 年两个电网实际典型负荷如表 2.1.1.3-1：

表 2.1.1.3-1 电网实际负荷的变化情况

单位：MW

电网负荷	夏 大	夏 小	冬 大	冬 小
广 电	7090	3300	6700	2900
中 电	4720	2100	3250	1250

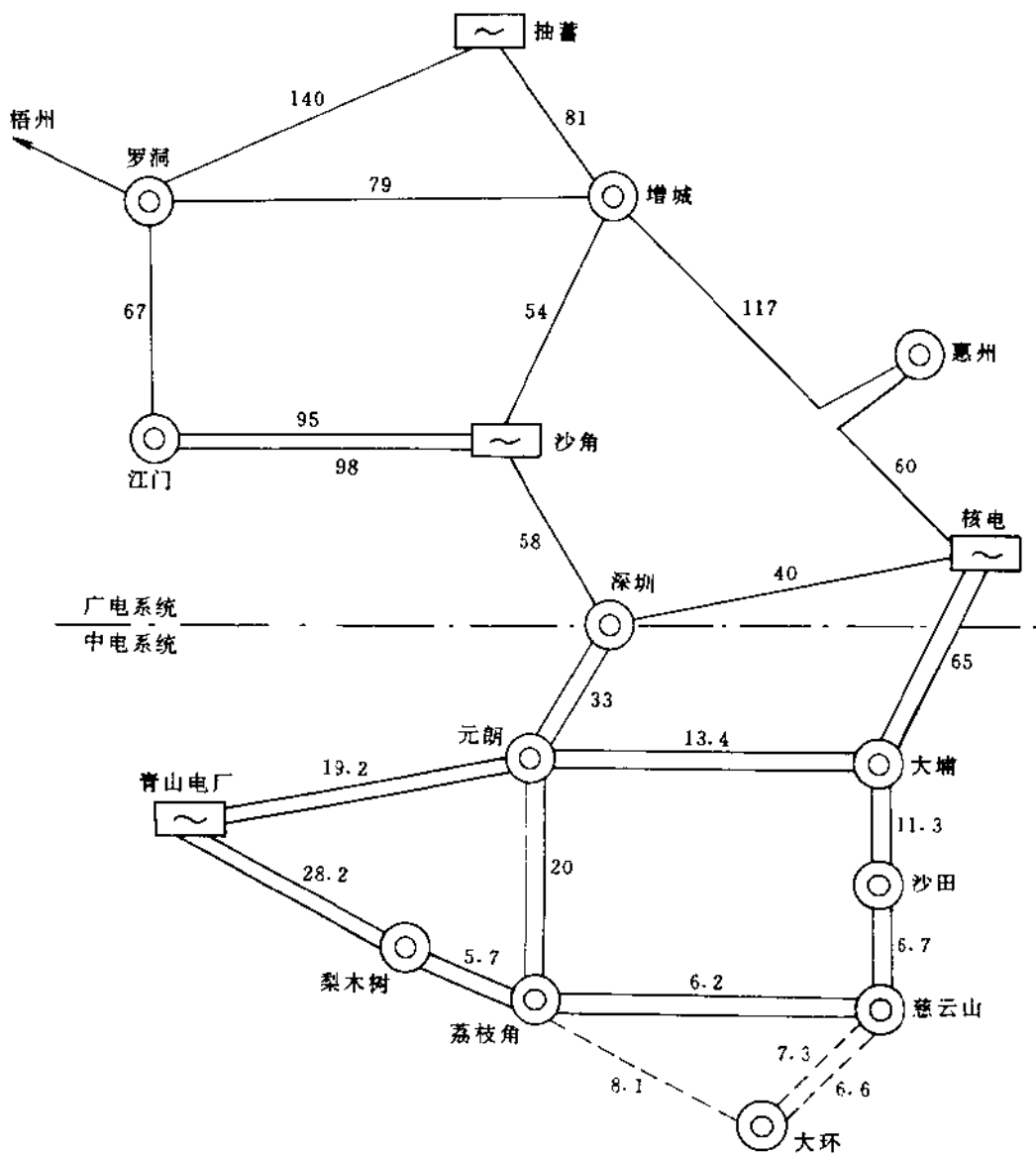


图 2.1.1.3-1 1995 年广东 九龙电网主干网架示意图

广东电网冬季限制地方小机组上网，减供天广线负荷，所以季节性负荷变化不明显，与1994年相比中电负荷变化不大。广东电网受宏观经济调控影响，负荷增长较预计要小。比较情况见表2.1.1.3-2：

表 2.1.1.3-2 电网负荷变化情况的比较

	日最高负荷	较1994年增长	发购电量	较1994年增长
计 划	7900 MW	17.9%	486 亿 kWh	18.6%
实 际	7094 MW	5.8%	427 亿 kWh	4.3%

#### 4. 调度运行与售电情况

尽管1995年广东电网装机容量有所增加，但电网负荷变化不大。核电机组在系统中仍占有相当份额，它的运行方式对其它电厂机组和系统输电线路检修都有很大影响。

由于核电1号机组处理控制棒落棒时间超差问题，大修完工延迟4个月，其中4、5月2号机也换料大修，发生核电两台机全停的情况，给电网造成很大压力。中电将原定青衣电厂机组1995年4月退役的计划推迟，广电修改其它火电机组大修计划，通过天广线增购西南电力，核电方面积极采取措施，将2号机组大修由原计划56天缩短到47天。齐心协力，保证了电网的正常供电。

由于控制棒落棒时间与控制棒移动步数呈正相关的关系，核电机组采取了限制控制棒移动步数的措施，负荷变化以调频手段为主，保证在最终方案实施前，落棒时间不超过核安全规范的要求。这给电网调度核电机组带来些困难。在两个电网的理解和支持下，将调整核电机组出力作为最后的手段，仅在电网发生困难时使用。

抽水蓄能原则上用于吸收核电夜间出力，因蓄能机组保证期结束前需相继安排4台机组的检修，每台工期14天，使1995年夏季夜间吸收核电能力降低。如中电1995年8、9月核电分配比例较高，当受台风影响或气温剧降，蓄能一台机检修时，下夜或周末吸收核电出力会发生困难，在2个月时间内因气候原因中电要求核电降功率运行6次。广电因夏季核电分配比例很小，没有下夜吸收核电的困难。但在10月下旬以后，广电分配比例上升到50%左右，遇特殊情况，会向核电提出减载运行的要求。

#### 5. 售电情况

因核电1号机组处理控制棒问题，核电年上网计划由原127亿kWh调整为100亿kWh。两台机组并网运行后保持了较高的可用率。为使1号机组在2号机组大修期间能保持良好的运行状态，在11月底安排了1号机组11天消缺小修。又由于广东电网负荷增长稍超出预计的年计划，经董事会同意，12月中旬后安排了1号机组减载运行和2号机组提前一周停机大修，结果1995年全年上网售电量为101.05亿kWh。

1995年售电情况见表2.1.1.3-3。

#### 2.1.1.4 机组性能指标

1995年，1号机组毛发电量为3897533 MWh，机组能力因子为49.0%，非计划能力损失因子为35.7%，负荷因子为45.2%。2号机组毛发电量为6716808 MWh，机组能力因子为81.5%，非计划能力损失因子为2.0%，负荷因子为77.9%。图2.1.1.4-1和图2.1.1.4-2分别示出了1号机组和2号机组在1995年的能力因子、计划能力损失因子以及非计划能力损失因子。

表 2.1.1.3-3 1995 年大亚湾核电站售电情况

单位: MWh

日期	发电	售 电		售 电 比 率	
		CLP	GPHC	CLP	GPHC
1995 年 01 月	704,025.00	319,717.00	353,371.10	47.50%	52.50%
1995 年 02 月	666,453.00	294,212.30	325,182.70	47.50%	52.50%
1995 年 03 月	510,243.00	233,027.80	233,847.10	49.91%	50.09%
1995 年 04 月	50,308.00	11,281.00	17,446.10	39.27%	60.73%
1995 年 05 月	208,546.00	127,758.50	41,180.30	75.62%	24.38%
1995 年 06 月	705,841.00	618,060.50	50,113.00	92.50%	7.50%
1995 年 07 月	1,343,016.00	1,187,765.50	96,305.30	92.50%	7.50%
1995 年 08 月	1,415,622.00	1,356,434.10	101,872.90	92.50%	7.50%
1995 年 09 月	1,376,808.00	1,218,047.90	98,742.70	92.50%	7.50%
1995 年 10 月	1,451,170.00	873,769.50	519,941.10	62.69%	37.31%
1995 年 11 月	1,288,821.00	537,258.10	697,436.00	43.51%	56.49%
1995 年 12 月	893,488.00	327,162.30	518,482.20	38.69%	61.31%
合 计	10,614,341.00	7,004,494.50	3,053,920.50	69.64%	30.36%

CLP: 香港中华电力有限公司

GPHC: 广东电力集团

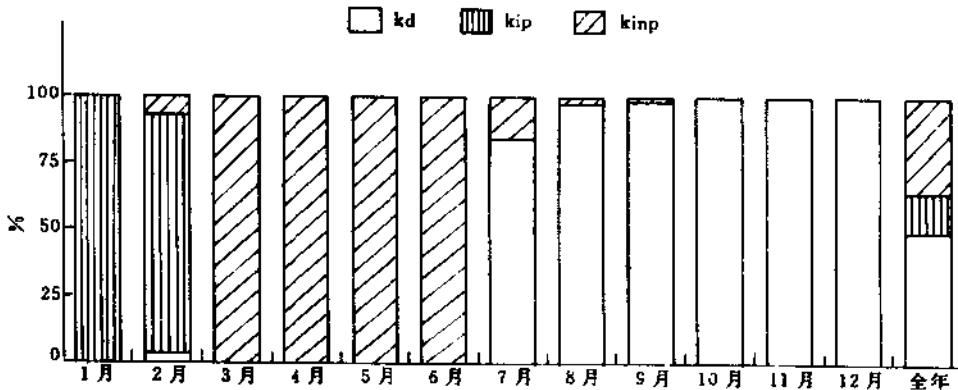


图 2.1.1.4-1 1 号机组性能指标—kd、kip、kinp

1 号机组在 1994 年 12 月 17 日停机进行首次换料大修, 按计划于 1995 年 2 月 24 日并网发电。由于出现反应堆控制棒落棒时间超差, 导致 1 号机组从 2 月 26 日起至 6 月 20 日停堆抢修达 124 天之久, 仅此项就引起非计划能量损失 3031247 MWh, 此期间的机组能量因子为 0, 非计划能力损失因子达 100%。解决落棒问题以后, 7 月份机组能力因子就达到 84.3%, 机组能力得到充分发挥。在 8 月至 12 月, 机组能力因子分别达到 97.4%、98.2%、99.9%、99.9% 和 100%。

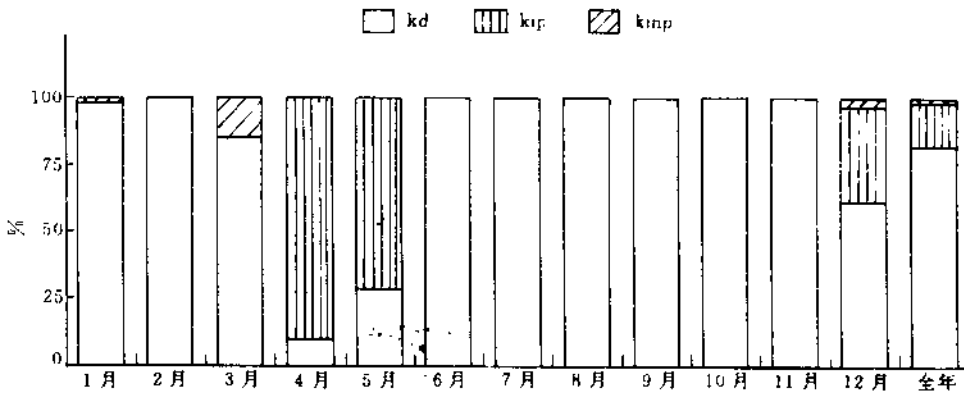


图 2.1.1.4-2 2号机组性能指标--kd、kip、knp

2号机组除去4月4日至5月26日大修之外，运营情况相当良好。从图2.1.1.4-3中的机组负荷因子也可以看出，在10月和11月，其负荷因子甚至超过100%，达到100.2%和100.7%。图中也示出了1号机组每月的负荷变化情况。

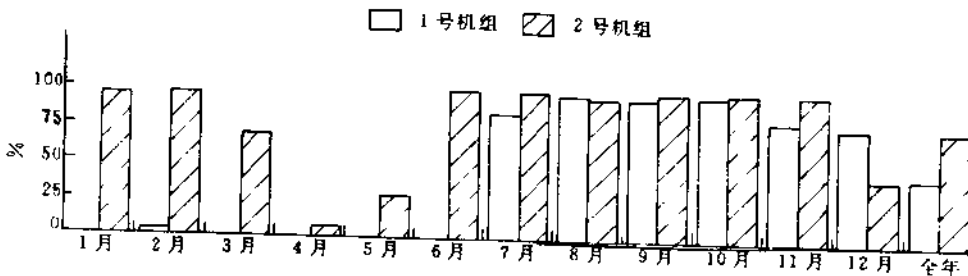


图 2.1.1.4-3 机组性能指标--ks

### 2.1.1.5 周期性物理试验

#### 1. 物理启动试验

##### (1) 物理启动试验情况

1号机组第二循环第一次临界试验从1995年2月18日19:00开始，2月19日3:30达临界，使用时间8.5小时，完成试验项目20项。零功率物理试验从2月19日3:30开始，2月21日8:00结束，使用时间51.5小时。第二次临界及零功率物理试验从1995年7月30日零点开始，21点结束，使用时间21.5小时，完成试验项目14项。

第一次升功率物理试验从2月23日5:10开始，2月26日15:00结束，使用时间28小时。由于控制棒落棒时间超标，堆功率升至50%FP以后返回到冷停堆状态进行强迫大修。第二次升功率物理试验从7月3日6:00开始，7月25日8:00结束，其间物理试验使用时间138小时。两次升功率物理试验完成试验项目18项。

2号机组第二循环于1995年5月16日5:30达临界,5月18日结束零功率物理试验,6月6日完成100%FP功率物理试验。物理启动试验使用时间164.5小时。共完成试验项目361项,其中零功率物理试验23项,升功率物理试验132项。

(2) 物理启动试验结果

零功率物理试验结果见表2.1.1.5-1(5-1a~5-1c)及表2.1.1.5-2(5-2a~5-2c)。

升功率物理试验结果见表2.1.1.5-3及表2.1.1.5-4。

A. 表2.1.1.5-1a 1号机组零功率物理试验结果(GD1C02)——控制棒价值(pcm)

棒组	计算值	测量值	误差(%)	标准(%)
R	1092/1095	1076/1086	-2/-1	±125pcm
N1	927	907	-2	±10
SB	897	832	-7	±10
G2	709	725	2	±10
SC	647/1245*	633/1323	-2/6	±10
N2	605/565	518/490	-14/-13	±10
SA	524/904	488/878	-7/-3	±10
G1	318	342	8	±10
GG(287)	1679	1681	0.1	±10

\* 斜线左边数值为第一次物理试验结果,右边为第二次物理试验结果。

B. 表2.1.1.5-1b 1号机组零功率物理试验结果——临界硼浓度(mg/kg)

棒栅	计算值	测量值	误差(%)	标准(%)
R(170)	1507.0	1460.0	-47.0	
ARO	1571.0	1524.0	-47.0	±50
Rin	1452.0	1415.0	-37.0	1405±27
GG(287)	1387.0	1340.0	-47.0	1340±33

C. 表2.1.1.5-1c 1号机组零功率物理试验结果——等温温度系数(pcm/°C)

棒栅	计算值	测量值	误差(%)	标准(%)
ARO	1.0	0.71	-0.29	±5.4
Rin	-4.7	-5.24	-0.54	±5.4
GG(287)	-5.5	-6.03	-0.53	±5.4



A. 表 2.1.1.5-2a 2号机组零功率物理试验结果 (GD2C02)\*控制棒价值 (pcm)

控制棒组	计算值	测量值	误差 (%)	标准 (%)
R	1208	1237.3	2.4	±10
SC	1168	1211.5	3.7	±10
SA	919	929.7	1.2	±10
SB	876	788.5	-10.0	±10
N1	869	885.5	1.9	+10
N2	638	548	-14.1	±10
G2	565	572.7	1.4	±10
G1	319	337.7	5.9	±10
GG (258)	1661	1562.9	-5.9	±10

注: \*2号机组第二循环。

B. 表 2.1.1.5-2b 2号机组零功率物理试验结果—临界硼浓度 (mg/kg)

控制棒位	计算值	测量值	误差	标准
R (170)	1403	1319.6	-83.4	-
ARO	1466	1404	-62	±50
Rin	1335	1299	-36	1270±27
GG (ZPCP)	1288	1240	-48	1226±31

C. 表 2.1.1.5-2c 2号机组零功率物理试验结果—等温温度系数 (pcm)

控制棒位	计算值	测量值	误差	标准
ARO	-2.30	-2.42	-0.12	±5.4
Rin	-8.30	-7.52	0.78	±5.4
GG (258步)	-9.20	-10.3	-1.10	±5.4

表 2.1.1.5-3 GD1C02 1号机组中子通量图测量结果 (物理启动试验)

序号	日期 日/月/年	燃耗 (MWd/t)	功率 (%FP)	MAP (%)				FX Y		QT (Z)		FΔH		PT (%)	
				P ≥ 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	23/2/95	5	10.5	<10	9.1	<15	-9.7	-	-	-	1.891	1.473	<9	5.93	
2	25/2/95	50	51.7	<10	8.3	<15	8.4	1.52	1.4702	4.35	2.359	1.71	1.4501	<5	5.02
3	4/7/95	102	50.2	<10	7.6	<15	7.5	1.52	1.469	4.48	2.3713	1.71	1.4535	<5	4.74
4	8/7/95	202	83.8	<10	6.7	<15	6.9	1.45	1.454	2.69	1.996	1.56	1.432	<3	4.17
5	11/7/95	320	96.9	<10	6.1	<15	6.1	1.43	1.4422	2.32	1.8567	1.5	1.4189	<2	3.71
6	14/7/95	444	96.1	<10	6	<15	6.1	1.43	1.4322	2.34	1.8635	1.51	1.4116	<2	3.51
7	25/7/95	670	99.3	<10	5.5	<15	5.6	1.41	1.4143	2.27	1.8259	1.49	1.3929	<2	3.14
8	31/7/95	1113	99.2	<10	5.3	<15	5.9	1.4	1.406	2.25	1.8155	1.49	1.3876	<2	2.99
9	13/8/95	1640	99.6	<10	-4.2	<15	-4.5	1.38	1.3818	2.26	1.765	1.49	1.3579	<2	2.56
10	29/8/95	2275	100.0	<10	-3.6	<15	-3.7	1.38	1.3683	2.25	1.7014	1.49	1.3542	<2	2.09
11	14/9/95	2906.5	99.2	<10	-3.2	<15	-3.4	1.36	1.3516	2.27	1.648	1.49	1.333	<2	1.77

表 2.1.1.5-4 GD2C02 2号机组中子通量图测量结果 (物理起动试验)

序号	日期 日/月/年	燃耗 (MWd/t)	功率 (%FP)	MAP(%)				FXY		QT(Z)		FΔH		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	标准	测量										
1	20/5/95	3.4	8.7	<10	-2.8	<15	3.6	-	-	-	-	1.9	1.3836	<9	1.1		
2	22/5/95	32	51.1	<10	-2.7	<15	4.4	1.46	1.409	4.4	2.028	1.71	1.3205	<5	0.3		
3	24/5/95	80	84.6	<10	2.1	<15	3.1	1.42	1.3975	2.66	1.8513	1.56	1.3086	<3	0.4		
4	31/5/95	354	100.0	<10	1.9	<15	3	1.39	1.3918	2.25	1.702	1.49	1.3153	<2	0.4		

注: MAP: 组件平均功率 FXY: 径向功峰因子 QT(Z): 总轴向最大功率分布 PT: 象限功率倾斜因子  
FΔH: 焓升因子

### (3) 主要问题及解决措施

a. 技术规范要求正常运行时所有棒提出时慢化剂温度系数应为负值, 但两个机组慢化剂温度系数测量值为正值, 采取插棒及限制硼浓度上限方法加以解决。

b. 1号机组升功率过程中由于  $\Delta 1$  偏正, 运行超出 I 区, 在 II 区运行, 采取堆芯过热运行、提高一回路平均温度、插入 R 棒 (但遵守 R 棒低限)、闭锁 C21 信号、加深燃耗以及修改运行图等方法解决。

c. 1号机组出现象限功率倾斜超标, 采取加深燃耗、提高功率水平、减少控制棒运动、带基负荷运行、减少或删除引起负荷扰动的试验等方法解决。

d. 2号机组 R 棒落棒时间超差, 为了减少 R 棒移动步数, 零功率物理试验中使用安全棒 (Sc) 作为参考棒测控制棒积分价值; 在 50%FP 功率水平下确定 RPN 校验系数试验中使用 GG 棒产生氙振荡。

e. 2号机组 10%FP 功率下中子通量图数据处理过程中, 堆芯数据处理程序“ETALONG”出现“死循环”, 由 FRAMATOME 物理专家修改“ETALONG”源程序。

## 2. 周期性物理试验

### (1) 周期性物理试验状况

大亚湾核电站第二循环两个机组共完成周期性物理试验 36 项, 其中 1 号机组 18 项, 2 号机组 18 项 (详见表 2.1.1.5-5)。周期性物理试验完成率 100%, 但由于 1 号机组象限功率倾斜, 经国家核安全局批准, RGL 功率控制棒曲线不进行核试验, 只根据理论值进行修改。1 号机组由于 GRE 故障未能如期进行修改, 因此试验周期延长。

表 2.1.1.5-5 周期性物理试验状况

试验项目	要求周期	实际周期		完成次数		完成率(%)
		1号机组	2号机组	1号机组	2号机组	
中子通量图测量(RPN11)	30EFPD	20EFPD	31EFPD	8	7	100
RPN 校验系数测定(RPN12)	90EFPD	70EFPD	80EFPD	3	3	100
LSS 参数修改(RPN14)	30EFPD	34EFPD	31EFPD	5	6	100
RGL 功率控制棒曲线校验(RGL4)	60EFPD	80EFPD	60EFPD	2	2	-

第二循环两个机组共完成周期性的中子通量图 53 个, 其中 1 号机组 22 个, 2 号机组 31 个。完成 IN-CORE 数据处理 424 次, 产生 IBM 计算机文件 424 个, 修改 LSS 参数 11 次, 修改运行图 12 次。这些工作有效地保证了大亚湾核电站连续、安全和稳定地满发。

### (2) 周期性物理试验结果

由于周期性物理试验结果较多, 这里只列出了与反应堆安全准则及设计准则有关的中子通量图试验结果。表 2.1.1.5-6 和表 2.1.1.5-7 分别列出了 1 号机组和 2 号机组周期性物理试验结果, 从表中可知 2 个机组的反应堆核安全准则和设计准则(除象限功率倾斜因子外)在整个使用寿期中都能得到满足。

表 2.1.1.5-6 1号机组中子通量图测量结果(满功率)

序号	日期 日/月/年	燃耗 EFPD	功率 (%FP)	MAP(%)				FXV		QT(Z)		FΔH		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: 0.98 < PT < 1.02			
				标准	测量	标准	测量									Q1	Q2	Q3	Q4
1	25/7/95	22	99.3	<10	5.5	<15	5.6	1.41	1.41	2.27	1.63	1.49	1.39	1.02	0.97	0.99	1.03		
2	31/7/95	28	99.2	<10	5.3	<15	5.9	1.40	1.41	2.25	1.82	1.49	1.39	1.02	0.97	0.99	1.03		
3	13/8/95	41	99.6	<10	-4.2	<15	-4.5	1.38	1.38	2.26	1.77	1.49	1.36	1.02	0.97	0.99	1.02		
4	29/8/95	57	100	<10	-3.6	<15	-3.7	1.38	1.37	2.25	1.70	1.49	1.35	1.01	0.98	0.99	1.02		
5	14/9/95	72	99.2	<10	-3.2	<15	-3.4	1.36	1.35	2.27	1.65	1.49	1.33	1.01	0.98	0.99	1.02		
6	5/10/95	100	100.2	<10	-2.4	<15	-2.4	1.35	1.33	2.25	1.59	1.49	1.32	1.01	0.99	0.99	1.01		
7	13/11/95	132	99.7	<10	-2.3	<15	-2.5	1.33	1.32	2.26	1.58	1.49	1.30	1.00	0.99	1.00	1.01		
8	22/12/95	158	90.9	<10	-1.8	<15	-1.9	1.34	1.31	2.48	1.54	1.53	1.29	1.00	1.00	1.00	1.00		

表 2.1.1.5-7 2号机组中子通量图测量结果(满功率)

序号	日期 日/月/年	燃耗 EFPD	功率 (%FP)	MAP(%)				FXV		QT(Z)		FΔH		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: 0.98 < PT < 1.02			
				标准	测量	标准	测量									Q1	Q2	Q3	Q4
1	31/5/95	9	99.98	<10	1.9	<15	3	1.39	1.39	2.25	1.70	1.49	1.32	1.00	0.99	1.00	1.00		
2	23/6/95	32	99.8	<10	2	<15	3.6	1.39	1.38	2.26	1.63	1.49	1.30	1.00	0.99	1.00	1.01		
3	1/8/95	71	99.7	<10	-1.5	<15	-1.7	1.35	1.35	2.26	1.61	1.49	1.31	1.00	0.99	1.00	1.00		
4	5/9/95	105	100.5	<10	-1.7	<15	-1.6	1.35	1.34	2.24	1.59	1.49	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00		
5	5/10/95	135	99.8	<10	1.1	<15	1.3	1.33	1.33	2.26	1.63	1.49	1.29	1.00	1.00	1.00	1.01		
6	6/11/95	167	100	<10	-1.7	<15	-1.6	1.33	1.31	2.25	1.60	1.49	1.29	1.00	1.00	0.99	1.01		
7	6/12/95	198	100	<10	1.4	<15	1.5	1.32	1.30	2.25	1.47	1.49	1.28	1.00	0.99	1.00	1.01		

注: MAP: 组件平均功率 FXV: 径向功峰因子 QT(Z): 总轴向最大功率分布 PT: 象限功率倾斜因子

FΔH: 焓升因子

1号机组在燃耗为444MWd/t、功率为84%FP时,象限功率倾斜因子(PT)开始不满足标准要求。功率升到近100%FP,PT因子仍然不能满足标准要求。当燃耗为2914MWd/t时,PT因子(1.77%)才小于其标准(2%)。至此,经过72满功率天的运行,1号机组象限倾斜因子超标问题终于得以解决。根据试验获得结果,象限倾斜因子与燃耗满足下列关系式:

$$Y = -0.0007X + 3.8432$$

这里Y为象限功率倾斜因子,X为燃耗。

导致1号机组象限功率倾斜的原因有以下几个方面:

a. 燃料组件变形导致组件周围的水隙变化,从而使热中子慢化比变化,使得功率输出变化。凡是组件变形大的象限、象限功率倾斜因子小,反之亦然。第2和第3象限组件变形较大,象限功率倾斜因子小,发出功率小;第1和第4象限组件变形小,象限功率倾斜因子大,发出功率大。

b. 第二循环装料图设计不合理使得第一循环寿期末业已存在的象限倾斜更趋严重。1号机组换料方案主要是在第一循环的基础上采取象限对换,即:1、3象限对换,2、4象限对换。第一循环2象限功率偏低,燃耗低;4象限功率偏高,燃耗大。采取象限对换换料以后就形成原来已燃耗大的组件进入低燃耗区(2象限),而原来燃耗少的组件进入高燃耗区(4象限)。这样就使得象限倾斜更趋严重。2号机第二循环换料设计就改变了换料方法,采取了混合装料法。

c. 环路的入口温度不均匀对象限功率倾斜也有影响。如3环路入口温度高,2环路入口温度偏低,由于负的温度效应,使得功率输出在入口温度高的象限功率偏低,在入口温度低的象限功率偏高,从而导致象限功率倾斜。但这种影响不是主要的。入口温度的变化取决于1回路流量、蒸汽发生器传热面积以及2回路流量。

根据FRAMATOME核安全评价报告,在正常满负荷运行条件下以及某些暂态(如:氙振荡试验、G9曲线校验试验以及50%FP低负荷18—6跟踪)条件下,考虑到基负荷运行模式以及FCP流量裕度(6%),在4.3%象限功率倾斜因子下,核安全指标(FQ, DNBR以及 $F\Delta H$ )仍满足要求,但是由于象限功率倾斜因子超过标准值(2%), $F_{xy}$ 设计标准得不到满足,增加了2.4%。但是 $F_{xy}$ 只影响 $F\Delta H$ 因子,这可以用带基负荷运行( $F_{xy}$ 因子从1.03可减少到1.01)以及RCP流量裕度加以补偿。从实际测量也可以看出: $F\Delta H$ 和FQ因子可以满足要求,而 $F_{xy}$ 因子是超标的。

### (3) 主要问题及解决措施

- a. 1号机组满负荷象限功率倾斜超标准,采取措施见2.1.1.5节中的1。
- b. 长期低负荷运行限制条件。
- c. 非正常情况下确定RPN功率检验系数。
- d. GK/RPN参数调节及对控制保护系统的影响。
- e. 非正常情况下Gg/RGL曲线校验试验。

## 2.1.1.6 电站化学

### 1. 一回路化学

未发生过任何一回路水的污染事件。锂、氢的含量按化学规范的要求进行控制,一回路水中的化学杂质的含量也保持在很低的水平,见表2.1.1.6-1。

一回路的水质与1994年的一回路水质情况相近,由于水质好,化学容积控制系统的净化装置又运行正常,减缓了一回路的腐蚀。一回路水中的活化产物的比活度一直处在较低的水

平。在正常运行期间，钴-58的比活度约为100 MBq/m<sup>3</sup>。

表 2.1.1.6-1 大亚湾核电站正常运行期间一回路水质情况 (1、2号机组)

参 数	单 位	测量值变化范围	规 范 值
氟 化 物	mg/kg	<0.005	<0.5
氟 化 物	mg/kg	<0.005	<0.15
溶 解 氢	mg/kg	20~35	25~50
钠 离 子	μg/kg	<0.020	<0.20
钙 离 子	mg/kg	<0.003	<0.10
镁 离 子	mg/kg	<0.002	<0.10
铝 离 子	mg/kg	<0.010	<0.10
二氧化硅	mg/kg	0.30~0.090	<0.20

由于2号机组的两次换料大修，分别于4月份和12月份对2号机组、一回路作了两次停堆氧化处理，每次氧化均采用向一回路加入双氧水的方法。这种方法氧化速度快，效果明显，每次实施得很顺利。两次氧化后，活化产物钴-58比活度峰值分别为242000 MBq/m<sup>3</sup>和150000 MBq/m<sup>3</sup>，这与第1、2循环周期的燃耗成比例。由于成功地进行氧化处理和严格控制停堆过程中一回路冷却剂的放射性，大大减少了大修期间人员受照剂量。

## 2. 二回路化学

图 2.1.1.6-1 和图 2.1.1.6-2 给出了1、2号机组蒸汽发生器排污水累计阳离子电导率变化情况。

图 2.1.1.6-3 和图 2.1.1.6-4 为1、2号机组蒸汽发生器排污水累计钠离子浓度变化图。

图 2.1.1.6-5 和图 2.1.1.6-6 为1、2号机组凝结水累计含氧量变化图。

表 2.1.1.6-2 列出了1、2号机组 WANO 化学指标统计表。

从图中可以看出，两台机组的蒸汽发生器二次侧的水质比上一循环周期有明显的改进。这是由于上一循环周期初期，因安装时遗留在系统设备中的杂质较多，1号机组又发生过三次凝汽器泄漏海水事件，影响了二回路的水质。1995年没有发生过二回路水质污染事件，二回路水质良好、稳定，蒸汽发生器二次侧水的阳离子电导率和钠离子浓度基本上保持在化学期望值以内。

但是，1号机组凝结水含氧量偏高(约12μg/kg，化学规范限值小于12μg/kg)是1995年二回路水质的最主要问题。虽然，在两台机组第1次大修期间，均对凝汽器扩容箱进行了改造，消除了凝汽器补水时带来的凝结水含氧量峰值，且2号机组凝结水中含氧量比上一循环周期有所下降。但是，自从1号机组第1次大修后再启动以来，其凝结水中含氧量一直偏高，这会加快给水回路的腐蚀，也大大影响到WANO化学指标的综合评价结果。虽然多次组织了查漏(气)和堵漏(气)工作，但始终没能在1995年内解决这一问题。解决这一问题将是1996年的重点工作之一。

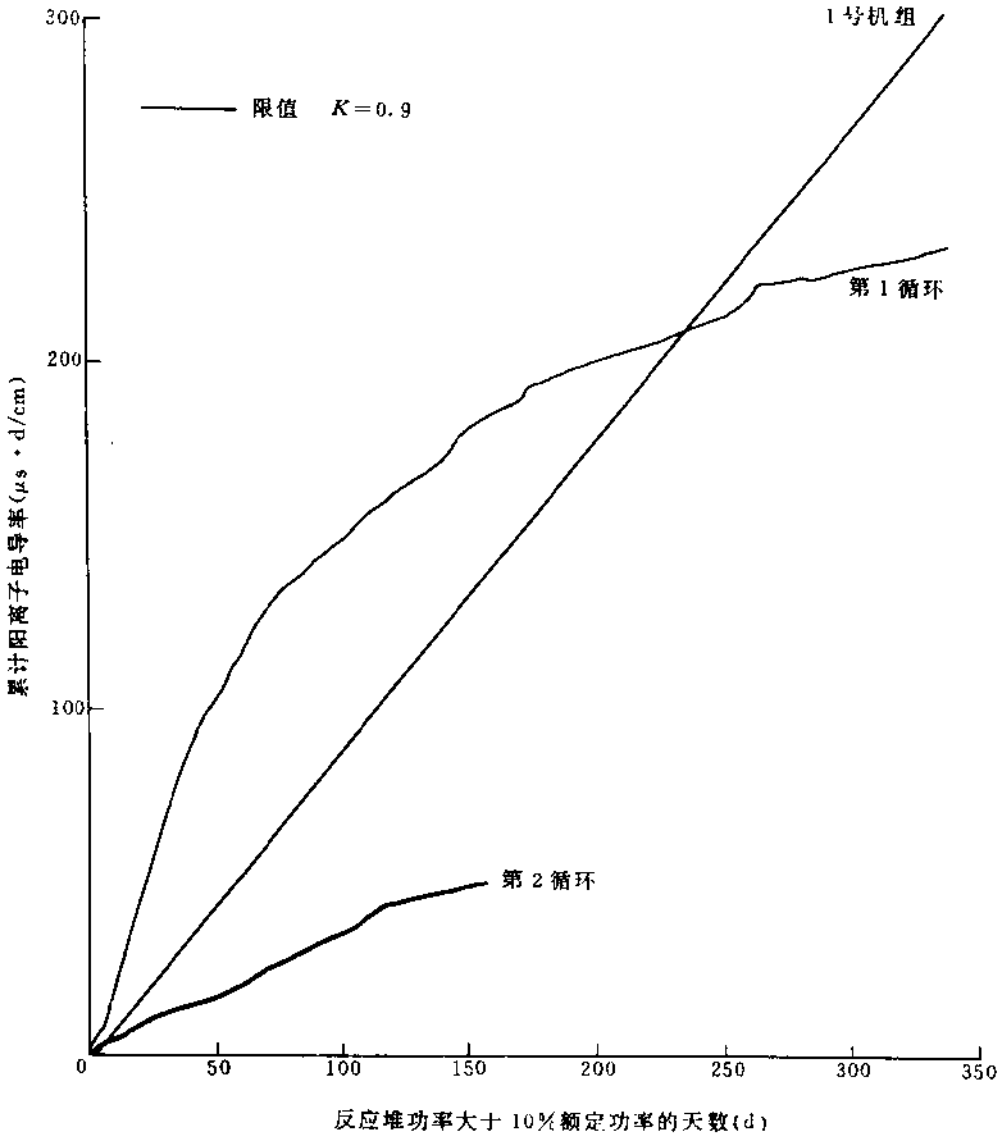


图 2.1.1.6-1 1号机组蒸汽发生器排污水累计阳离子电导率变化图

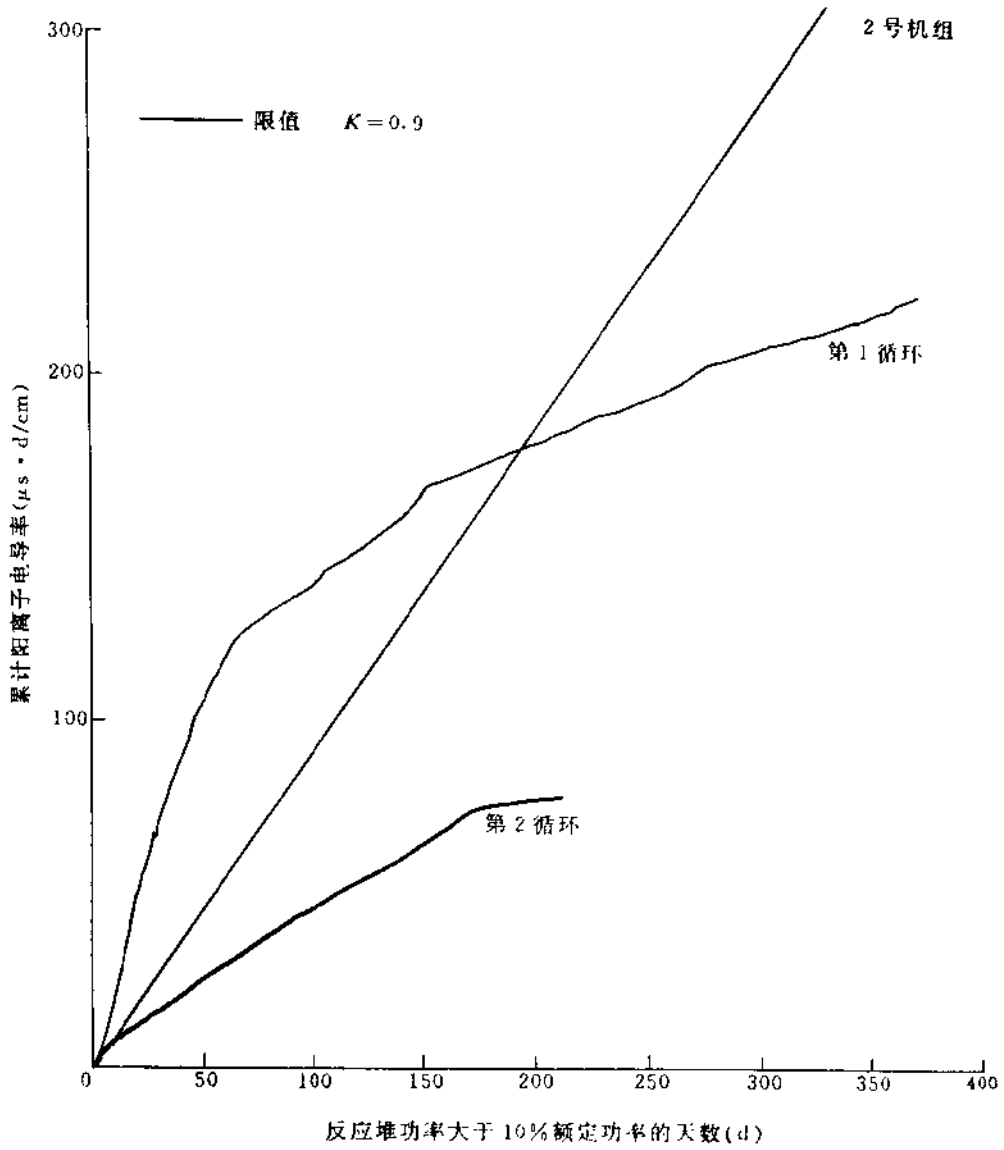


图 2.1.1.6-2 2号机组蒸汽发生器排污水累计阳离子电导率变化图

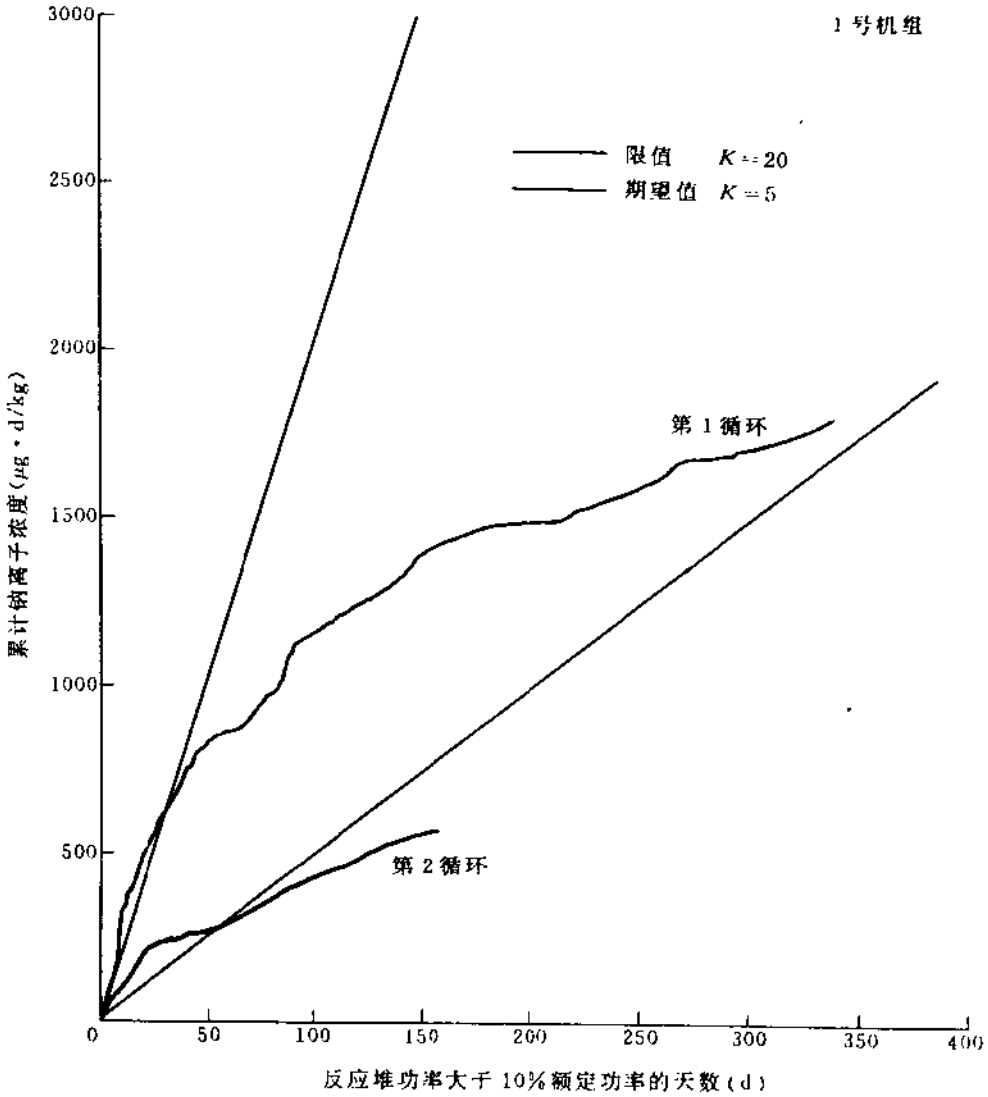


图 2.1.1.6-3 1号机组蒸汽发生器排污水累计钠离子浓度变化图



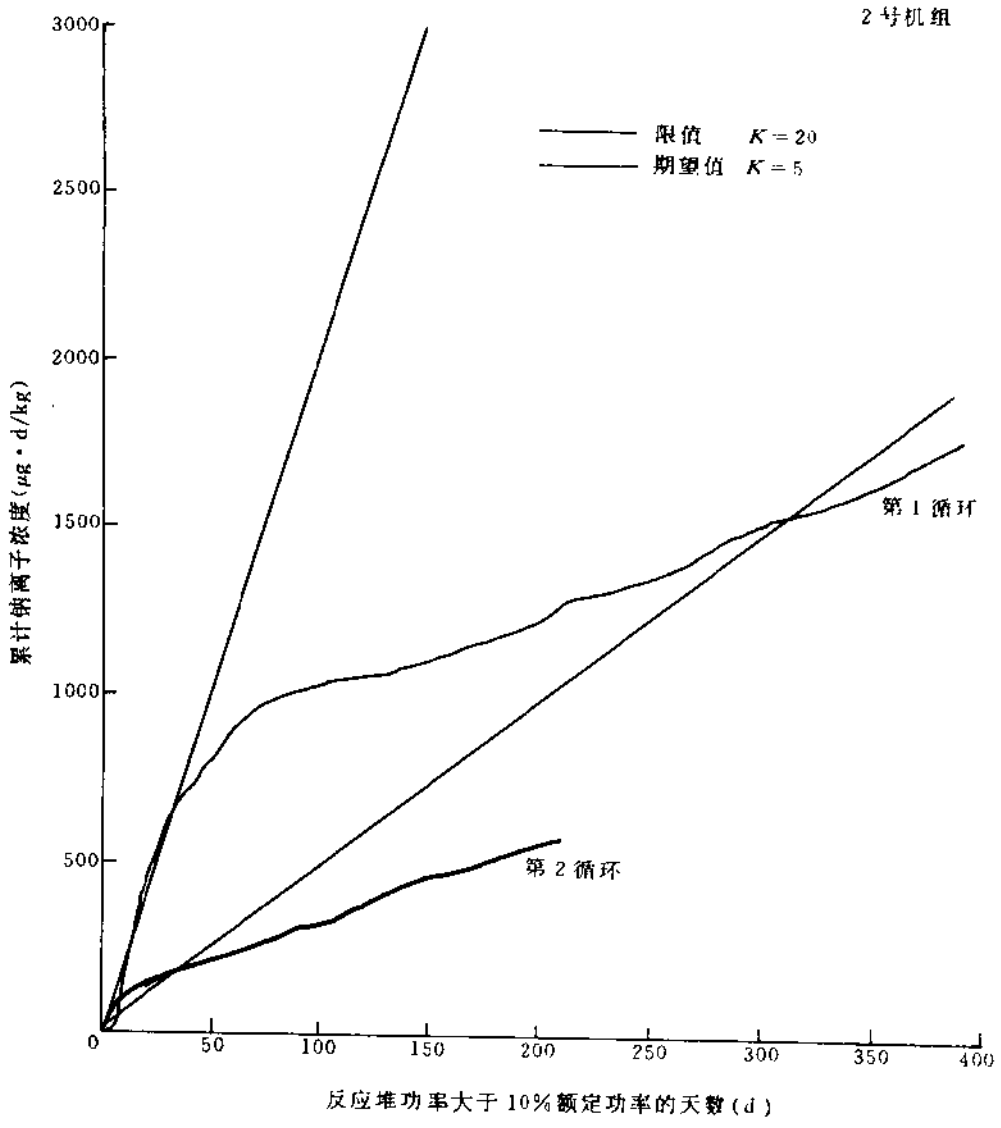


图 2.1.1.6-4 2号机组蒸汽发生器排污水累计钠离子浓度变化图

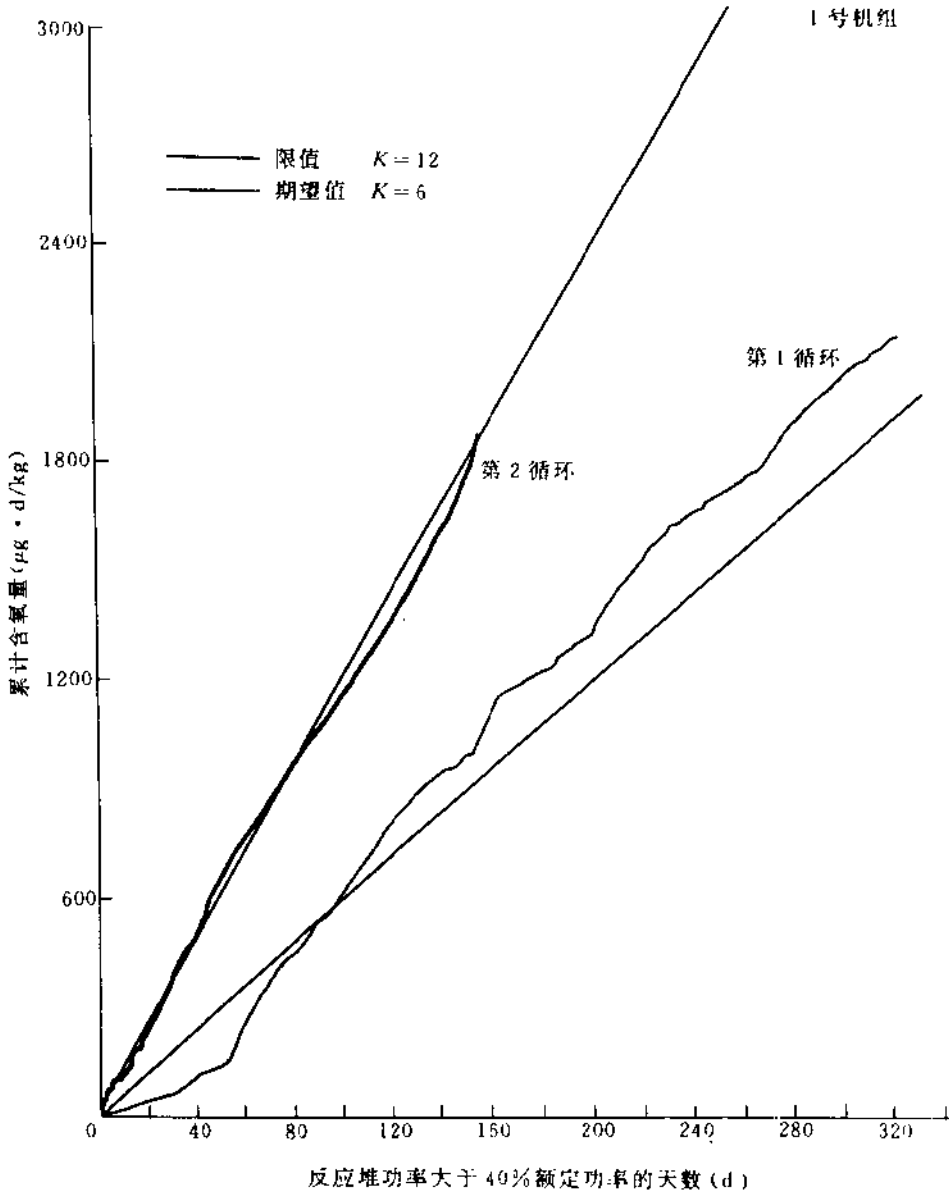


图 2.1.1.6-5 1号机组凝结水累计含氧量变化图

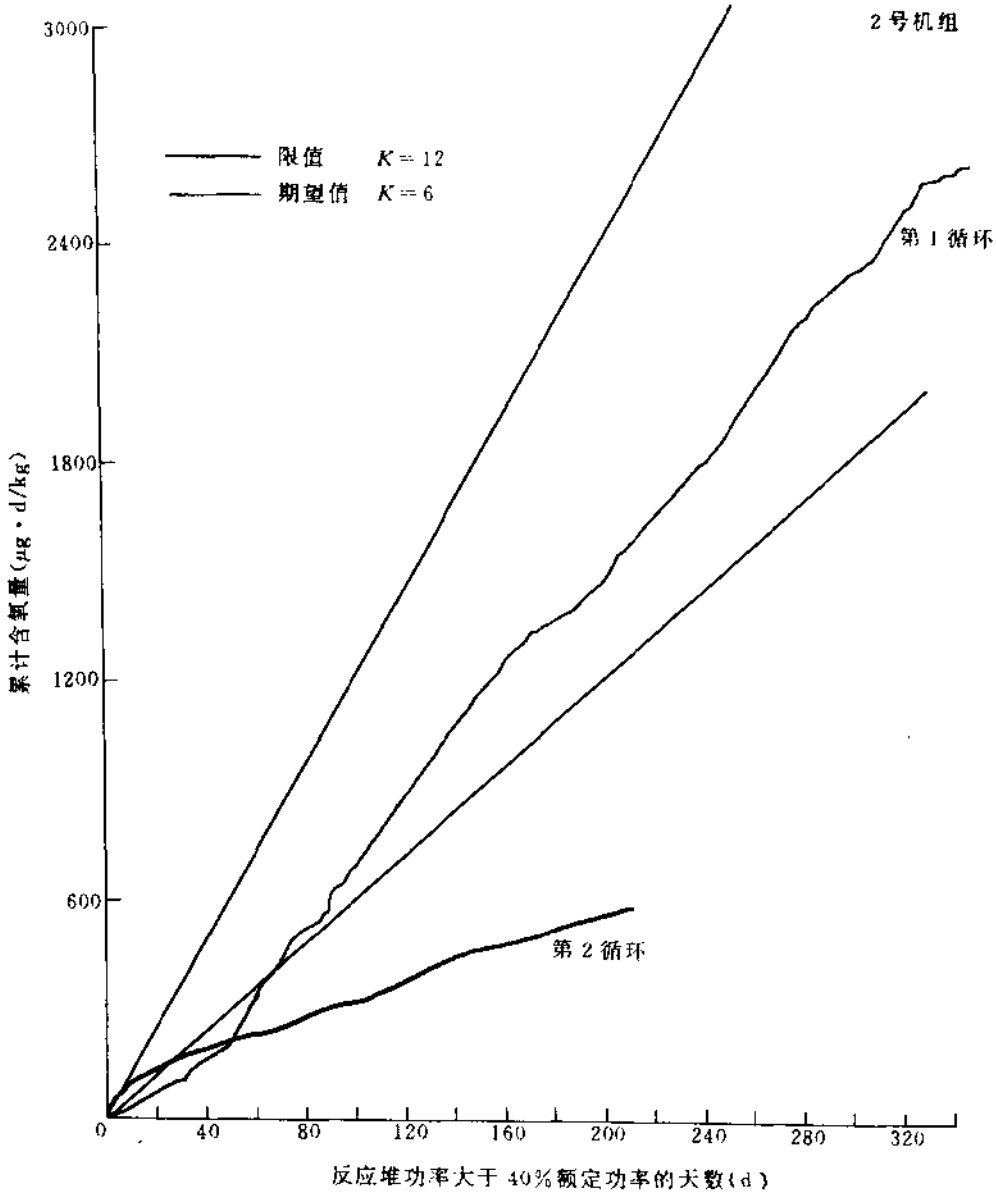


图 2.1.1.6-6 2号机组凝结水累计含氧量变化图

表 2.1.1.6-2 1、2号机组 WANO 化学指标统计表

1号机组		1995年			
	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	
蒸汽发生器排污水阳离子电导率 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )			0.36	0.253	
蒸汽发生器排污水钠离子浓度 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			4.1	2.6	
凝结水氧含量 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			12.2	12.1	
化学指标	大修	大修	0.63	0.55	
1号机组		1994年			
	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	
蒸汽发生器排污水阳离子电导率 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	0.678	0.444	0.328	0.154	
蒸汽发生器排污水钠离子浓度 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	6.1	2.6	3.2	2	
凝结水氧含量 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	9.8	6.5	7.9	6.1	
化学指标	0.71	0.45	0.48	0.3	
2号机组		1995年			
	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	
蒸汽发生器排污水阳离子电导率 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	0.214	0.539	0.401	0.272	
蒸汽发生器排污水钠离子浓度 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	2.8	4.7	2.5	2.2	
凝结水氧含量 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	5.2	4.8	4.8	6.2	
化学指标	0.31	0.46	0.37	0.36	
2号机组		1994年			
	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	
蒸汽发生器排污水阳离子电导率 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )			0.387	0.277	
蒸汽发生器排污水钠离子浓度 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			2.3	3.1	
凝结水氧含量 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			7.8	8.3	
化学指标	未商运	未商运	0.16	0.46	

## 2.1.1.7 设备可靠性指标及评估

## 1. 大亚湾核电站可靠性指标

大亚湾核电站各项可靠性考核指标列于表 2.1.1.7-1 和表 2.1.1.7-2 中。

表 2.1.1.7-1 大亚湾核电站可靠性考核指标

指标	发电量 (MW·h)	非计划停运 (h)	强迫停运 次数(次)	非计划降低 出力等效停 运(h)	出力系数 (%)	毛容量系数 (%)	运行系数 (%)
1号机组	3897533	2897.30	2	59.71	96.18	45	47.01
2号机组	6716808	97.43	5	219.00	95.42	78	81.57
全厂平均	5307170.5	1497.37	3.5	139.36	95.70	62	64.34

表 2.1.1.7-2 大亚湾核电站可靠性考核指标

指 标 机 组	不可用系数 (%)	等效可用系 数* (%)	非计划停运 系数 (%)	强迫停运率 (次)	降低出力系 数 (%)	等效强迫停 运率 (%)	强迫停运发 生率 (%)
1号机组	50.33	48.98	33.07	0.63	0.68	0.63	4.03
2号机组	16.95	80.55	1.11	1.34	2.5	3.96	6.02
全厂平均	33.64	64.77	17.09	1.08	1.59	2.74	5.27

$$\text{等效可用系数} = \frac{\text{可用小时} - \text{降低出力等效停运小时}}{\text{统计期间小时}} \times 100\%$$

## 2. 大亚湾核电站可靠性评估

1995年是广东大亚湾核电站投入商业运行的第二年。

原计划上网电量 127 亿 kW·h，由于反应堆控制棒导向管的设计缺陷，使 1 号机组原计划 78 天的大修被迫延长，经过长达 203 天的艰苦奋战，1 号机组终于在 7 月 2 日重新并网，7 月 7 日达满功率。2 号机组的大修比计划提前 13 天超额完成了任务。

截至 1995 年 12 月底，两台机组累计运行 11272.17 小时，商业运行发电量共 106.1434 亿 kW·h。由于核电机组大修、法国法马通控制棒导向管设计错误、核安全要求限制功率提升速率和要进行各类试验、燃耗后期为延长运行而降低功率、设备本身需堵漏、元器件产品质量不良、以及电网调度要求等原因降低出力 52 次，影响了机组的发电量。

1 号机组由于控制棒导向管设计错误，使控制棒落棒时间超差，使机组强迫大修达 125 天之久。为了严格遵守核安全规定，先后三次打开压力壳封头。最后一次采取了两大措施，即更换 7 根控制棒导向管和调换 26 根导向管在堆内的位置。1995 年 6 月 28 日做落棒试验，全部合格，新更换的 7 根导向管中控制棒落棒时间都远远低于技术规范值。2 号机组也有与 1 号机组类似的控制棒导向管问题，都将在大修中换上法马通 1300 MW 机组用的控制棒导向管，并结合大亚湾核电站的水力特性进行验证。

核安全要求限制升功率速率和进行各类试验。燃耗后期为延长运行而降低功率等效停运 8.27 天，损失电量 1.953 亿 kW·h。以上两项使机组少发电 133.27 天，损失电量 31.473 亿 kW·h。核电机组的可靠性管理有别于常规电力机组，它是放射性物质对环境可能造成泄漏和污染作为可靠性指标的基础。

设备本身需堵漏或产品质量不良而影响发电 2.9 天，损失电量 0.685 亿 kW·h。这一数据远远低于 1994 年的 13.263 亿 kW·h，充分证明了生产部维修、运行水平在不断提高。

大亚湾核电站非计划强迫停运的原因分析列在表 2.1.1.7-3 中。

表 2.1.1.7-3 非计划强迫停运原因分析

序号	解列时间	并网时间	停机时间(h)	停 运 原 因 分 析	责任分析	责任单位
1	1月2日 20:16	1月3日 10:15	14	2号机组棒控系统(RGL)N11棒组的四根控制棒驱动电流超差,生产部人员在查找故障引发原因时,反应堆控制棒意外“落棒”,造成堆中子通量变化率高而引发反应堆紧急停堆	N11棒组中的“夹持”勾爪位置不良	产品质量不良 法马通

续表

序号	解列时间	并网时间	停机时间(h)	停运原因分析	责任分析	责任单位
2	3月3日 13:15	3月5日 3:20	36	2号机组循环水系统(CRF) CRF002PO出口碎石滤网堵,导致凝汽器真空低,进而引发汽轮机跳闸,又因蒸汽发生器水位低而紧急停堆	气温高,海生物生长快,CTE运行不正常	产品质量不良—GEC
3	5月24日 22:20	5月25日 1:22	3	2号机组汽机调节系统(GRE) GRE002VV的密封圈故障,造成油泄漏,导致汽机调节油系统(GFR)油箱油位低,引起GFR泵跳,最后使汽机跳闸	GRE002 VV控制回路严重漏油是由于密封圈质量差	处理不当,风险分析不足—生产部
4	7月18日 9:06	7月18日 13:15	4.75	1号机组向反应堆保护系统(RPR)供电的机组解列用的48V直流系统电源LCB 308,309和310的“UE”电源丧失,源量程中子通量高引起跳堆	准备不足,技术管理不善	处理不当,风险分析不足—生产部
5	8月31日 7:11	9月1日 4:23	21.2	1号机组主开关站一超高压配电装置(GEW)319SPA相SF6气压低二段动作,引起0GEW350JA和315JA跳闸,并由于GEW至发电机和输电保护系统(GPA)联跳信号出现而停堆	SF6压力开关端子箱位置不对,端子箱大量积水引起绝缘降低导致误动作	法玛通设计缺陷
6	8月31日 15:17	9月1日 5:12	13.9	2号机组主蒸汽系统(VVP) VVP002VV行程开关接线箱进水而误发VVP002VV已关闭信号,进而触发2号蒸汽发生器水位低,导致反应堆紧急停堆	九号台风带着大雨袭击大亚湾,雨水刮进VVP002VV房间的百叶窗,淋在阀体和阀门控制盒上	设计不用,风险分析不足—法马通
7	12月7日 13:21	12月8日 17:46	28.42	2号机组因3号蒸汽发生器水位调节器故障,引起了3号蒸汽发生器三路主给水阀中的一路主给水阀突然关闭,导致汽/水失配+低水位信号触发反应堆停堆	给水系统ARE模块故障	产品质量不良—法马通

### 2.1.1.8 继电保护

#### 1. 全厂继电保护投运情况

(1)全厂继电保护和自动装置(6.6 kV以上)共配置311套,投运310套,投运率99.68%。

其中继电保护装置 286 套, 投运 285 套, 投运率 99.65%; 自动装置 25 套, 投运 25 套, 投运率 100%。

(2) 220 kV 系统继电保护装置共配置 9 套, 投运 9 套, 投运率 100%。

(3) 400 kV 系统继电保护装置共配置 106 套, 投运 106 套, 投运率 100%。

(4) 500 kV 系统继电保护装置共配置 69 套, 投运 69 套, 投运率 100%。

(5) 1 号机组发变组保护装置共配置 51 套, 投运 51 套, 投运率 100%。

(6) 2 号机组发变组保护装置共配置 51 套, 投运 50 套, 投运率 98%。其中退出的一套保护为“发电机 100% 定子接地保护”。目前, 故障原因已查清, 1996 年度可申请投入运行。

(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) 故障录波器共配置 10 套, 投运 10 套, 投运率 100%。

## 2. 全厂继电保护运行情况

(1) 全厂继电保护装置共动作 27 次, 正确动作 19 次, 正常动作 4 次, 不正确动作 4 次。正确动作率为 70.37%, 正常动作率为 14.82%, 误动作率为 14.82%。正确和正常动作率为 85.19%, 比 1994 年的 93.02% 下降 7.83%。

(2) 220 kV 及以上保护装置共动作 8 次, 正确动作 5 次, 正常动作 2 次, 不正确动作 1 次。正确动作率为 62.5%, 正常动作率 25%, 误动作率 12.5%。

(3) 440 kV 线路保护装置没有动作, 按保护装置的运行评价规程, 其正确动作率为 100%, 比 1994 年的 94.74% 提高 5.26%。

(4) 500 kV 线路保护装置共动作 5 次, 正确动作 4 次, 不正确动作 1 次。正确动作率为 80%, 与 1994 年相同。

(5) 发变组保护装置共动作 19 次, 正确动作 14 次, 正常动作 2 次, 不正确动作 3 次。正确和正常动作率为 84.21%, 比 1994 年的 90.91% 下降 6.7%。

(6) 自动重合闸装置共动作 2 次, 正确动作 2 次, 正确动作率为 100%, 比 1994 年的 90% 提高 10%。

(7) 故障录波器应评价 1 次, 录波完好 1 次, 录波完好率为 100%, 与 1994 年相同。

## 3. 主系统继电保护装置运行分析

### (1) 400 kV 线路保护装置动作分析

1995 年 400 kV 线路未发生过区内故障, 但在区外故障情况下, 本侧保护装置也未发生过误动, 在全年的运行过程中, 400kV 线路保护装置运行良好。

### (2) 500 kV 线路保护装置动作分析

1995 年 500 kV 核增线共发生 1 次单相瞬时接地故障。在这次故障中除 LCB I 电流差动保护拒动外, 其他保护装置均正确动作。LCB I 拒动原因系因通道问题引起, 主要表现在:

a. LCB I 的信噪比回路 (SNR) 有 100 ms 的记忆时间, 在通道方式采用 BLK 方式情况下, SNR 动作后将使 LCB I 保护装置闭锁 100 ms, 因而在故障下, LCB I 必然拒动。

b. LCB I 在通道采用 PLC (载波) 情况下, 应尽量避免采用 BLK (闭锁) 方式, 但中调从系统安全角度考虑不同意将 BLK 方式改为 UB (解除闭锁) 方式。

c. LCB I 最后采用微波或光纤通道作为主通道。如果这样, 就可以有效地解决 BLK 方式下存在的问题。但从目前运行情况来看, 即使上微波, 中调亦只准备使之作为后备通道。为

解决 LCB I 拒动问题,在这次核惠线改造工程中,已将 SNR 时间电路由 0/100 ms 改为 5 ms/100 ms。

### (3) 发变组保护装置动作分析

1995 年发变组保护装置共动作 19 次,没有一次是因发电机、变压器本身的故障引起保护装置动作。在如此多的动作次数中,汽机联跳动作 10 次, LGA/LGD 低电压保护动作 2 次, GEW 联跳动作 4 次, 100% 定子接地保护动作 1 次, 滑极保护动作 1 次, 高周切机保护动作 1 次。而从这些保护的動作情况来看,无论是正确、正常,还是不正确动作,除少数是因设备问题引起以外,绝大多数均与人为因素有关。主要表现在:

a. 程序不完善,使得设备重大缺陷无法发现,导致保护动作出口。

1995 年 5 月 20 日 12 时 01 分 28 秒,因试验程序没有要求在 GLBS 合上情况下校验 100% 定子接地保护,使得 YUG104 加法器极性接反的重大设备缺陷(调试遗留问题)无法发现,导致在 2 号发电机采用手动准同期并网时,100% 定子接地保护误动作出口。

b. 重要设备和回路上工作采取的二次隔离措施不完善,导致保护动作出口。

1995 年 4 月 22 日 10 时 52 分 36 秒,电气保护人员因对滑极保护的现场实际接线了解不清,在准备和实施二次隔离过程中只退出了 Bay 2 上 6R 出口跳闸二极管,而未将 Bay 1 上 6R 出口跳闸二极管退出,导致在对 1GPA ZPT408—1 型滑极保护进行功能试验时,引起 Bay 1 上 6R 误动作出口。

c. 现场作了设计变更后,图纸未及时变更,导致二次隔离失效引起保护动作出口。

1995 年 1 月 2 日 16 时 46 分 02 秒,电气保护人员在安装完高周切机继电器准备进行通电试验前按“MR”要求实施了二次隔离,但 GPA 至 GEW 的跳闸回路作了设计变更,时隔一年多,图纸未作相应变更,使得图纸同现场实际接线不符,导致二次隔离失效,通电试验时引起高周保护动作出口。

d. OPO 人员操作问题,导致保护动作出口。

1995 年 6 月 11 日 14 时 00 分 00 秒,OPO 人员在 1 号主变停电后,在未及时将 1LGA、1LGD 进线 PT 拉出的情况下,就进行高压开关的合环操作,导致 1GPA001AR Bay 1、Bay 2 上 4R、5R 动作出口。

e. 反应堆保护动作引起机变保护动作出口。

(a) 1995 年 1 月 2 日 20 时 16 分 14 秒,IC 科在对 2 号反应堆进行 RGL 定期试验时,引起反应堆紧急停堆,并同时启动汽机联跳功能。

(b) 1995 年 7 月 18 日 09 时 06 分 38 秒,电气人员在 1LCB 蓄电池上工作时,因操作错误使得 1RPB 反应堆保护动作,引起反应堆紧急停堆,并同时启动汽机联跳。

### (4) 故障录波器动作分析

故障录波器总的来说运行状况良好,在系统故障中均能正确可靠启动。

### (5) 1996 年继电保护运行目标

1996 年将在认真总结 1995 年继电保护运行情况的基础上,切实做好设备的年度检验和各项技术管理工作,杜绝人为“三误”事故,减少保护装置“原因不明”事故。争取电气主系统继电保护装置的正确动作率和投运率以及故障录波器的录波完好率均达 100%。

## 2.1.1.9 高电压设备运行与维护

### 1. 高压电气设备年度检修计划执行和运行情况

大亚湾核电站高压电气设备的年度检修维护计划执行和试验情况以及设备故障情况见表



2.1.1.9-1。按照年检修计划的安排,高压电气设备的年度检修完成率为100%,6.6 kV~500 kV 开关的年正常动作率为100%。在1995年中,高压设备故障及异常件为7起。故障情况见第6节异常和故障分析。

### 2. SF<sub>6</sub> 气体的运行与维护

根据 SF<sub>6</sub> GIS 变电站的运行状态,检查 SF<sub>6</sub> 气体的压力湿度等参数,对压力低的气室及时予以补气。全年 GIS、GIC 的补气情况见表 2.1.1.9-7。

### 3. 变压器油的检查与分析

对大亚湾核电站主变、联变、辅助变以及厂用变等变压器油定期进行跟踪检测,监督其运行状况。1995 年对运行中油的分析结果见统计表 2.1.1.9-8。

### 4. 防雷与接地工作

大亚湾核电站 1995 年度内未发生过雷害事故。

在本年度里,电气科对防雷和接地维护程序进行了改版、升级,增加了新建厂房、车间等的防雷和接地的检查程序。对全厂防雷设施作了一次全面的检查,并且对电站厂房、设备等的接地装置作了一次全面的测量。

配合深圳供电局对 220 kV 水核线进行了一次全面的线路检查。检查中发现 9 号杆塔因附近施工单位擅自开发填埋,存在着倒杆的风险,并造成此处导线对地距离严重不足,在恶劣天气下极易造成对地放电而导致线路跳闸,直接影响核电站的安全运行。为此,我们与供电局一起对此问题作了多次研究和干预,目前相应的措施已在实施中。总的方案是:(1)与市政府、市建设局等单位联系,彻底禁止 9 号杆塔附近的堆土、填埋作业;(2)采取临时措施加大导线对地距离;(3)对此线路和杆塔重新设计修改,以达到保证其今后安全运行的目的。

在检查中还发现 99 号塔基处的泥土滑坡,直接影响了杆塔的安全运行。因此,经过我方的紧急处理,目前第一期修复工作已告结束,为确保 220 kV 线路的安全运行提供了必要的保证。

大亚湾核电站高压避雷器的运行情况见表 2.1.1.9-9。

### 5. 防污工作

大亚湾核电站 550 kV、400 kV 和 220 kV 变电站采用的是 SF<sub>6</sub> 全封闭组合电器。只在变电站出线端有 15 台敞开式电容式电压互感器、6 台阻波器和相应的一些支持绝缘子以及 GIS 出线套管等。户外设备很少,但防污工作仍然是很重要的,它直接影响着核电站的安全运行。

自从 500 kV 开关站投运以来,在 500 kV 核惠线(原核增线出口)曾一度存在着支持绝缘子因污秽而爬电的现象。为此,电气科做了大量的工作,尽可能利用停电的机会,不失时机地对绝缘子进行清扫,并向上级反映,提出了改进技术方案。目前,此问题尚未有最终确定的解决方案。

1995 年 9 月 24 日,由于二核施工放炮,飞石打坏了 592 TU 中间瓷瓶下侧的一个瓷裙,长约 20 mm,作为应急处理,已于 9 月 28 日将损坏的瓷裙粘复,并对其表面作了光滑处理。

由于大亚湾所处环境湿度很大,空气中盐分含量也比内陆要高。因此,防污工作仍是绝缘监督中一项很重要的工作。对 500 kV 出线绝缘子爬电问题应确定最终方案加以解决。在目前情况下,应做到“逢停必扫”,加强巡视检查,发现污秽爬电现象,应立即申请停电,进行清扫处理。

## 6. 异常和故障分析

### (1) 2号发电机转子接地故障

1995年8月9日21时, 2GEX002AA 转子接地保护信号报警, 当时怀疑是由于滑环脏污所造成, 于是使用压缩空气吹扫滑环表面, 接地电流减小, 报警信号消失。随后 2GEX002AA 报警又经常出现, 严重时每天3次, 使用压缩空气清扫亦不能从根本上解决问题, 只能将电流减小, 且只维持在数小时期间内。为此, 对 2GEX001XZ 转子接地继电器进行重新校验, 灵敏度约是 3 mA, 此值与 PGX27GEXT11GKT \* 45SSREV. A 调试程序的定值相同, 但是此值与定值清单 PGX32GE001GTTP45SS REV. C 上的 4 mA 不符。

随后, 对转子接地点的位置进行了检测, 正极滑环对地电压为 +113V, 负极滑环对地电压为 0.5V, 励磁电压为 426V, 按测量结果估算, 在靠近转子负极端有一接地点, 接地电阻约为 275 kΩ。

由于 2号发电机将在 12月中旬进行大修, 所以经研究对 2号发电机采取了临时变更措施来继续维持运行, 待到 2号发电机大修时, 对此问题作彻底的解决。临时措施为:

- a. 增加接地保护定值。
- b. 在转子接地继电器 GEX001XZ 端子上串接电阻箱和毫安表监测接地电流。当 2GEX002AA 报警出现时, 调大电阻直至报警消失(开始可先放置 4 kΩ, 最大不能超过 20 kΩ)。
- c. 一旦接地信号出现, 应及时对励磁机滑环进行吹扫。
- d. 运行处准备发出 TOI 临时运行指令, 当接地严重时或发生另一点接地时, 采取必要的运行参数变更活动。
- e. 每天记录并检查转子接地情况和发电机的振动情况。

至 12月17日, 2号机组停机换料大修, 电气科对 2号发电机转子进行了认真仔细的检查, 发现负极导电杆端口上积累很厚的碳粉, 将此导电杆抽出, 对其及槽内进行清洁处理, 然后恢复。重新测量转子的绝缘电阻, 其值为 500MΩ (处理前为 0.4MΩ)。因此确认负极导电杆表面浸入碳粉是导致转于接地的根本原因。

### (2) 1号机组 8月31日停机事故

8月31日7时12分, 1号机由于 0GEW319GS A相 SF6 低气压二段动作出口, 引起 0GEW351JA 和 350JA 跳闸, 并由于 0GEW 至 2GPA 的联跳信号出现, 导致停机停堆事故。

事故发生后, 电气科迅速组织力量检查和抢修。很快发现引起 0GEW319GS A相 SF6 低气压二段动作出口的原因并非该气室 SF6 已降到二段动作值以下, 而是由于 SF6 压力开关端子接线盒安装位置问题(呼吸口朝上), 使端子盒进水, 引起压力接点之间的绝缘降低。针对这一事故, 电气科作了认真分析和经验总结, 提出了相应的反事故措施:

- a. 对危及机组运行的报警信号在查清原因后, 请示领导及时退出, 防止误动作发生。
- b. 利用经验反馈提高对瞬时报警的应变和分析能力。
- c. 检查所有 SF6 气室的压力开关端子和呼吸口有关的保护, 查看安装位置, 并及时予以处理。
- d. 提出对 SF6 气室端子箱呼吸口的改造方案, 并予以实施。
- e. 制定出与保护有关的跳机、自动停堆逻辑图。

### (3) 1RRI002MO 定于绕组接地故障

1995年11月28日22:30, 1LGD6.6 kV 母线接地报警 I、I 段同时动作, 现场初步检查为 B 相接地, 经过 1LGD、1LGC、1LHB 作倒电切换, 进一步查找接地点, 发现 1RRI002MO 电机金属性接地。

将 1RRI002MO 退出运行, 解体检查, 其 B 相绕组的第一个线圈上层边对铁芯放电形成短路, 分析认为主要原因是制造厂的制造质量问题所致。

为避免类似故障发生, 在 2 号机大修期间, 将对同类电机进行解体抽查 (1 台), 再根据检查情况决定进一步的措施。对已烧坏电机正组织安排维修。

#### (4) 发电机转子测量滑环磨损严重

在 1 号和 2 号发电机投运一年后, 于 1995 年 1 月 1 号机组大修和 1995 年 4 月 2 号机组大修期间, 发现发电机转子测量滑环表面磨损严重, 经与制造商 GEC 协商, 决定对滑环表面进行加工处理。

转子滑环在 1995 年大修投运后, 至 1995 年底, 从现场检查情况来看, 其表面在运行后仍造成了严重的磨损, 1 号机组已发展为每一天内就要换一次碳刷的地步, 因此对转子测量滑环表面的机械加工处理尚不能从根本上解决这一问题。这一异常现象将要求在 1996 年大修中予以彻底解决。

#### (5) 主变压器渗油

1995 年 2 月 23 日, 在 1 号主变停运后, 101TP (A 相) 下部放油阀渗油, 201TP (B 相) 左边低压套管渗油, 301TP (C 相) 右边低压套管密封垫渗油。在其后的运行期间内, 亦有多处位置渗油。2 号主变每次停运后亦有一些部位有渗油现象发生。主要原因为主变冷却系统设计位置不妥当, 造成正常工作时温度太高, 最高超过 100℃, 以致停运后由于温差太大造成密封垫变形导致渗油。对两组主变的渗油现象已作了一些处理。目前仍有一些部分的渗油未彻底解决。

#### (6) 500 kV 联络变套管压力高报警

1995 年 10 月 16 日, 590TR503SP 报警, 压力为 0.12 MPa (环境温度为 27℃), 经查为呼吸口被密封胶封堵。排除膨胀节气体后恢复正常, 在环境温度为 27℃时压力降至 0.098 MPa。

#### (7) OGEW 东郊线出口母线套管下部 SF<sub>6</sub> 泄漏

1995 年 9 月 29 日, 500 kV 核惠线 (原核增线) 出口套管下部的干燥器罩子焊缝处 SF<sub>6</sub> 气体泄漏 (510VX 处)。如果处理, 将需较长时间的线路停电, 此项工作等待核增线停电大修时处理。

### 7. 对 1996 年的工作要求:

(1) 提高对设备的维护和检修水平, 按照计划要求按时完成高压设备的年度检修工作;

(2) 加强技术管理和业务培训工作, 提高工作人员的风险意识和责任心。

(3) 采取积极态度, 对现场出现的问题及时反馈, 并研究提出解决方案, 尽快消除生产中的遗留问题, 保证电站的安全生产。

(4) 加强设备档案的管理工作, 逐步建立一套完整的技术管理数据库。

(5) 加强对高压设备的质量跟踪和质量鉴定手段, 充实试验设备, 提高技术诊断水平。

表 2.1.1.9-1 6.6 kV 接触器和断路器

	接触器	断路器	年检计划	执行情况	正常动作次数	拒动或故障次数	动作率 (%)	备 注
1LGA	5	4	1995	好		无	100	
1LGB	9	2	1995	好		无	100	
1LGC	7	3	1995	好		无	100	
1LGD	4	3	1995	好		无	100	
1LGE	2	4	--	--		无	100	
1LHA	17	2	1995	好		无	100	
1LHB	17	2	1995	好		无	100	
9LGIA	14	0	1995	好		无	100	
2LGA	13	1	1995	好		无	100	
9LGIB	5	4	1995	好		无	100	
2LGB	9	2	--	--		无	100	
2LGC	7	3	--	--		无	100	
2LGD	4	3				无	100	
2LGE	2	4	1995	好		无	100	
2LHA	16	2	--	--		无	100	
2LHB	17	2	--	--		无	100	
合 计	148	41						

表 2.1.1.9-2 26 kV 断路器、变压器和发电机

	断路器	变压器	发电机	年检计划	执行情况	运行动作或故障情况	开关动作率 (%)	备 注
1GSY	1			1995	好	运行良好	100	
2GSY	1			1995	好	运行良好	100	
1GEV		2+3		1995	好			3台 400 kV 主变
2GEV		2+3		1995	好			3台 500 kV 主变
1GEX			1	1995	好			
2GEX			1	1995	好	转子接地故障		

表 2.1.1.9-3 220 kV GIS 变电站

	台 数	年检计划	执行情况	运行故障情况	开关动作次数	异常或故障	动作率 (%)	备 注
变 压 器	2	1995	好			无		
断 路 器	2	1995	好			无	100	
隔 离 开 关	5	1995	好			无	100	
接 地 开 关	5	1995	好			无	100	
电 流 互 感 器		1995	好			无		
电 压 互 感 器	3	1995	好			无		
避 雷 器	3	1995	好			无		

表 2.1.1.9-4 6.6 kV 变压器

	变 压 器	年检计划	执行情况	运行故障情况	备 注
1LGA	3	1995	好	无	
11LGB	5	1995	好	无	
1LGC	5	1995	好	无	
1LGD	2	1995	好	无	
1LGE	1	—	—	无	
1LHA	5	1995	好	无	
1LHB	3	1995	好	无	
9LGIA	8	1995	好	无	
9LGIB	9	1995	好	无	
2LGA	3	1995	好	无	
2LGB	5	—	—	无	
2LGC	5	—	—	无	
2LGD	2	—	—	无	
2LGE	1	1995	好	无	
2LHA	5	—	—	无	
2LHB	4	—	—	无	
合 计	76				

表 2.1.1.9-5 6.6 kV 电动机/发电机

	电动机/发电机	年检计划	执行情况	运行故障情况	备 注
1LGA	3	1995	好	无	
1LGB	3	1995	好	无	
1LGC	1	1995	好	无	
1LGD	3	1995	好	无	
1LGE	3	—	—	无	
1LHA	11	1995	好	无	
1LHB	13	1995	好	IRRI002MO 接地故障	产品质量问题
9LGIA	3	1995	好	无	
9LGB	5	—	—	无	
2LGA	3	1995	好	无	
2LGB	3	—	—	无	
2LGC	1	—	—	无	
2LGD	3	—	—	无	
2LGE	3	1995	好	无	
2LHA	11	1995	好	无	
2LHB	13	—	—	无	
1LHQ	1	1995	好	无	
1LHP	1	1995	好	无	
2LHQ	1	1995	好	无	
2LHP	1	1995	好	无	
合 计	79+3+4				

表 2.1.1.9-6 400 kV 和 50 kV VGIS 变电站 (OGEW 系统)

设 备	台 数	年检计划	执行情况	运行故障情况	说 明
变 压 器	2	1995	好	套管压力过高 590TR	
断 路 器	15	1995	好	好	
隔离开关	40			好	
接地刀闸	49			好	
SF6 气室	117 (500 kV)			好	500 kV 和 400 kV 共补气 22 次

表 2.1.1.9-7 1995 年度大亚湾核电站 GIS、GIC 补气记录表

系 统	间 隔	气 室	相 别	设备 编 码	报 警 等 级	报 警 日 期	补 气 前 压 力 (MPa)	温 度 ℃	补 气 后 压 力 (MPa)	温 度 ℃	补 气 日 期
400 kV	BAY3	304GS	A 相	303JS	低压 I 级	1995.1.1	0.33	20	0.355	20	1994.1.1
400 kV	BAY3	305GS	A 相	350JA	低压 I 级	1995.1.1	0.66	20	0.685	20	1995.1.1
400 kV	BAY2	210GS	C 相	202JS	低压 I 级	1995.1.11	0.323	21	0.356	20	1995.1.11
400 kV	BAY2	210GS	C 相	202JS	低压 I 级	1995.2.3	0.314	15.5	0.348	16	1995.2.3
500 kV	BAY4	404GS	B 相	403JS	低压 I 级	1995.2.7	0.310	14	0.335	14	1995.2.7
500 kV	BAY4	407GS	A 相	418JS	低压 I 级	1995.2.7	0.315	14.5	0.34	14.5	1995.2.7
500 kV	BAY4	420GS	B 相	420JS	低压 I 级	1995.3.12	0.345	23	0.369	28	1995.2.14
500 kV	BAY5	510GS	A 相	502JS	低 I 级	1995.3.18	0.33	17	0.348	17	1995.3.18
500 kV	BAY5	510GS	C 相	502JS	低压 I 级	1995.4.3	0.325	18	0.355	18	1995.4.3
500 kV	BAY4	404GS	B 相	403JS	低压 I 级	1995.4.5	0.325	19	0.355	19	1995.4.5
500 kV	BAY5	504GS	A 相	503JS	低压 I 级*	1995.4.18	0.31	26	0.37	26	1995.4.18
500 kV	BAY4	407GS	B 相	406JS	低压 I 级	1995.4.18	0.345	26	0.37	26	1995.4.18
400 kV	BAY3	304GS	A 相	303JS	低压 III 级**	1995.4.18	0.372	26	0.372	26	1995.4.18
400 kV	BAY3	312BS	B 相	GIC	低压 I 级	1995.5.31	0.34	30	0.37	30	1995.5.31
500 kV	BAY5	510GS	B 相	502JS	低压 I 级	1995.6.12	0.345	27	0.363	27	1995.6.12
500 kV	BAY5	510GS	B 相	502JS	低压 I 级	1995.8.24	0.348	31	0.37	31	1995.8.24
1 号主变	BAY3	319GS	A 相	301PW	低压 I 级	1995.8.28	0.38	33	0.392	33	1995.8.28
1 号主变	BAY3	319GS	A 相	301PW	低压 I 级	1995.8.29	0.39	32	0.***		1995.8.29
1 号主变	BAY3	319GS	A 相	301PW	低压 I 级	1995.8.30	0.389	30			1995.8.30
500 kV	BAY5	510GS	A 相	502JS	低 I 级	1995.9.19	0.335	27	0.365	27	1995.9.29
500 kV	BAY5	504GS	A 相	503JS	超压	1995.9.28	0.385	29	0.368	29	1995.9.28
500 kV	BAY5	510GS	B 相	502JS	低 I 级	1995.11.8	0.33	25	0.36	25	1995.11.8
500 kV	BAY4	407GS	A 相	405JS	低 I 级	1995.12.27	0.32	19	0.35	19	1995.12.27
500 kV	BAY4	409GS	B 相	407JS	低 I 级	1995.12.27	0.322	19	0.348	19	1995.12.27

\* 550JA 和 551JA 跳闸。 \*\* 在操作 350JA 时出现高压 III 级报警。 \*\*\* 由于压力开关 319GS 端子箱进水,造成信号误动,并导致 8.31 停机事故。





表 2.1.1.9-9 1995 年度高压避雷器运行情况表

避雷器标识	位 置	本年度动作次数	累计动作次数	运行状况	备 注
0GEW501PW	核惠线出线	2	10	好	
0GEW502PW	核惠线出线	3	10	好	
0GEW503PW	核惠线出线	2	9	好	
0GEW101PW	核深线出线	0	6	好	
0GEW102PW	核深线出线	0	6	好	
0GEW103PW	核深线出线	0	6	好	
0GEW104PW	大浦 1 出线	0	19	好	
0GEW105PW	大浦 1 出线	0	22	好	
0GEW106PW	大浦 1 出线	0	30	好	
0GEW201PW	大浦 2 出线	0	6	好	
0GEW202PW	大浦 2 出线	0	7	好	
0GEW203PW	大浦 2 出线	0	5	好	
0GEW204PW	490TR400 kV 侧	0	5	好	
0GEW205PW	490TR400 kV 侧	0	6	好	
0GEW206PW	490TR400 kV 侧	0	5	好	
0GEW404PW	490TR500 kV	0	6	好	
0GEW405PW	490TR500 kV	0	6	好	
0GEW406PW	490TR500 kV	0	8	好	
0GEW304PW	590TR400 kV	0	5	好	
0GEW305PW	590TR400 kV	0	5	好	
0GEW306PW	590TR400 kV	0	5	好	
0GEW504PW	590TR500 kV	0	5	好	
0GEW505PW	590TR500 kV	0	5	好	
0GEW506PW	590TR500 kV	1	7	好	
0GEW301PW	1 号主变出口	0	5	好	
0GEW302PW	1 号主变出口	0	5	好	
0GEW303PW	1 号主变出口	0	5	好	
0GEW401PW	2 号主变出口	0	5	好	
0GEW402PW	2 号主变出口	0	7	好	
0GEW403PW	2 号主变出口	1	7	好	
0LGR050PWA	0LGR 进线端口	1	22	好	
0LGR050PWB	0LGR 进线端口	0	21	好	
0LGR050PWC	0LGR 进线端口	0	20	好	

续表

避雷器标识	位 置	本年度动作次数	累计动作次数	运行状况	备 注
0GEW490TRA	490TR6 kV 侧	0	9910	好	
0GEW490TRB	490TR6 kV 侧	0	9910	好	
0GEW490TRC	490TR6 kV 侧	0	9910	好	
0GEW509TRA	590TR6 kV 侧	0	9990	好	
0GEW509TRB	590TR6 kV 侧	0	9990	好	
0GEW509TRC	590TR6 kV 侧	0	9990	好	

## 2.1.2 电站维修

核电站的维修活动首先要保证核安全，尽可能提高机组的可用率，通过维修活动来保证设备、尤其是跟安全有关的设备功能满足规定的质量标准 and 性能指标。在电站调试和第一年商业运行期间，电站的一整套维修机构管理及质量保证等体系已经建立和运转起来。1995年，对机构和管理进行了调整和完善；着重抓了大纲修改；进一步改善预防性维修计划和定期试验计划；加强维修过程中的风险分析和QC活动；加强许可票和工作票的管理；抓紧设备和技术遗留问题的管理和解决；进一步落实设备专责制和维修人员的定期巡检；抓了核安全文化教育，不断提高维修人员的核安全文化素质。

在此基础上胜利完成了1号机组控制棒抢修和2号机组大修任务。

### 2.1.2.1 维修工作的组织管理

#### 1. 维修组织与分工

(1) 8月份维修处进行了机构调整。维修处现有机械、电气、仪表、服务和通讯五个科以及一个办公室。机械、电气、仪表、服务各科都有负责现场准备和执行及承包商管理人员。

(2) 技术支持处有燃料管理、经验反馈、质量控制、改进和工程五个科，负责不符合项管理、经验反馈、更新改造、在役检查、焊接技术和金属监督、燃料管理以及给予维修处技术支持。

(3) 技术服务处的性能科、试验科负责系统和设备的性能试验。

(4) 发电规划处的检修计划科负责大修计划和日常维修计划的制订和协调。

(5) 主要维修承包商有

NI：法国FRAMEX，23公司；

CI和BOP：淮南电力维修公司，东北电建；

清洁和服务：凯利公司；

在役检查：武汉一〇五所，苏州热工所。

#### 2. 维修基础管理

(1) 1991年以来的预防性维修大纲实施的反馈表明，完全按供货商的要求编成的维修大纲不太适应核电站运行和维修要求。从1994年底开始对维修大纲进行审查修订。1995年继续进行此项工作，但进展不能令人满意，1996年需下力气去抓。维修程序生效进展也不够快，尤其是1号机组、2号机组第一次大修使用的程序，还有相当一部分没有及时升版成正式程序，1996年需加快生效的过程。1995年下半年还重点抓了十年大纲的编写，估计1996年

上半年能全部完成。

(2) 维修处自 1995 年开始调整和完善设备专责制, 从准备到执行按系统、设备和专业把技术和设备管理责任落实到每个人, 以求明确责任, 推动设备管理和技术钻研, 不断提高设备管理水平。按照设备专责制, 各专业、班组都制定了定期设备巡检制度, 明确巡检的周期和人员, 巡检的系统及设备巡检内容, 使得检修人员了解设备状态, 尽量把设备故障消灭在萌芽状态。通过专责制和巡检, 维修人员及时发现问题, 及时提出工作申请, 并尽快消除缺陷, 使设备水平不断提高。

(3) 维修报告和设备历史档案是维修基础管理工作重要一环, 也是前几年维修管理比较弱的一环。通过反复讨论, 修改了有关管理规程, 使报告和管理规范化; 在计算机处有关人员的支持下, 开始改进设备历史档案数据库和计算机管理系统。但是此项工作关系到每一个工作人员和准备人员, 尤其是每个人的责任心、质量控制和核安全意识等多方面, 需要长期不懈地去抓。

(4) 备件的技术管理进一步完善, 计算机自动补充采购系统开始运转, 并推行了无纸化领料方法。

(5) 进一步加强维修工作的风险分析, 首先从制度上加强, 工作票增加了风险分析和再鉴定等内容。维修人员已逐渐认识到风险分析和再鉴定试验的必要性, 尤其对风险大的维修或试验, 都多次讨论, 充分分析风险, 做足准备。但是风险分析的基础是准备人员要充分了解系统和设备的性能和运行原理、控制和保护等多方面的知识。这需要不断地培训和学习, 才能提高风险分析的质量。

(6) 加强对技术遗留问题管理的跟踪。生产部每周五下午有技术遗留问题周会, 对所有重大的技术遗留问题的处理和现状进行跟踪、监督和控制。维修处还建立了跟踪、监控系统。

### 3. 日常维修管理

(1) 坚持维修工作过程和每天的例会制度, 日常维修管理不断得到改善。

(2) 维修处抓了许可票的管理, 加强了对每个工作负责人的教育和要求, 保证做到按时取许可票, 认真检查安全措施, 完工后及时退票, 并建立监督、控制系统, 使许可票的管理有一个较大的进步, 基本做到按时取票, 及时退票。

(3) 维修处还重点抓周转工作票数, 规定全处正在周转工作票数量限制在 200 张以内。限制周转工作票数意味着减少工作票平均处理时间, 减少周转数就能提高设备可用率。和计划科一起建立了周检查制度, 使全处周转工作票数由最高的 411 张降到年底的 222 张。

(4) 在日常维修工作过程中, 维修处较好地坚持了认真准备、按规程执行的原则。但是由于大部修改性维修活动还没有现成的规程, 需要准备人员临时准备工作指令和图纸, 这需要准备人员深入现场, 认真了解故障的原因, 才能准备出较高质量的工作指令来。

(5) QC 工作已经开展, 但由于 QC 人员本身的技术能力和对 QC 工作方法重要性的认识等方面还有一定差距。设备的重复检修现象还存在, 需加强 QC 的力量和人员培训。

#### 2.1.2.2 预防性维修评估

##### 1. 预防性维修大纲的更新

###### (1) 发现的问题

由于最初的预防性维修大纲编写是基于 EOMM 手册及大亚湾核电厂维修政策制定的, 经过一年多的商业运行, 预防性维修活动安排暴露出如下问题:

a. 与 GOR (运行总则) 中关于核安全设备可用性要求相矛盾, 或正常运行期间无法对某

些系统设备进行预防性维修（如 CRF 泵，VVP 主蒸气隔离阀门，核岛设备等）。

b. 与设备的真正运行时间相比，某些设备的预防性维修周期较短，次数过于频繁（如部分通风系统和起吊设备）。

c. 某些设备的定期试验安排与运行的试验相重复（如 LLS001TC 等）。

d. 同一设备上不同专业、不同部件的维修依赖各自的规程，且周期及时间安排不同步，造成同一设备的多次重复启停及隔离。

e. 大纲的格式、内容不能完全满足生产活动的要求。

### (2) 机械大纲修改

参照商运中大纲执行情况 & 电站设备运转的实际情况，1994 年下半年着手预防性维修大纲的修改，确定了一个由计划工程师组织协调，OPM 执行科、OTS、OPO 和 OSL 参加的长期周会制度，对 QSR 系统的维修大纲进行讨论修改，具体修改过程如下：

a. 预防性维修活动中发现的任何问题，都以“经验反馈单”的形式发出，由计划工程师负责收集整理。

b. 每周一次例会由计划工程师确定一个系统：针对经验反馈提出的问题，全面考虑运行、核安全及工程各方面因素，对其大纲进行讨论，并作出最后的修改建议。

c. OPM 执行科根据上述决定对大纲进行修改。

d. 新版大纲发出后由计划部门负责更新计算机数据库数据并执行。

1995 年初预计需要修改的大纲数 120 份（占总数 564 份的 21%），1995 年底完成或修改 49 份，完成了修改量的 40%。1996 年将继续进行此项工作。

### (3) 电气大纲修改

1995 年度，计划组、电气准备及 OTS 共进行了二次会议，商讨修改大纲事项，明确了电气大纲修改政策，电气大纲修改工作将在 1996 年度进行。

## 2. 预防性维修大纲实施及评价

(1) 基于上述原因，以及预防性维修活动管理中还存在某些薄弱点，1995 年初共遗留未执行预防性维修活动 1000 多项。

通过不断修改预防性维修大纲，及时修改数据库，不断改进管理和活动计划安排的有效性，对各项遗留项目进行了全面检查和合理编排，到 1995 年底，遗留项目减少至 400 项，其中比例如下：

项目 0 30%，项目 1 30%，项目 2 30%，项目 9 10%。

总遗留项中 10% 与 QSR 系统相关，但有些预防性维修活动本身并未直接与核安全有关（如 DMK、PMC 吊车、TES 等）。

(2) 总体上看，1995 年在预防性维修大纲修改、计划安排有效性及维修活动执行等方面都做了相当多的工作，也取得了一定进展。1995 年下半年开始，组织进行了十年维修大纲的编制工作，预计 1996 年 3 月份完成初稿。OPM 各专业目前正在进行各项规程的清理（合并、生效）和设备项目的输入工作。此项工作的有效完成，将使维修大纲和预防性维修活动安排更切合设备实际运行要求，使在正常运行期间维修项目安排和大修期间预防性维修活动的安排能合理协调，从而使计划更趋于合理有效。

1996 年在继续修改预防性维修大纲和编制十年维修大纲的同时，需着重加强计划管理，协调安排。目前机组正常运行与大修期间活动安排的划分工作已经开始，同时将建立同一设备上由几项基本规程要求为基础的质量安全计划（QSP），以改进工作的有效性和增加预防性

维修活动时设备的可用性。

### 2.1.2.3 维修工作统计

日常维修工作票统计是对机组正常运行状态下的维修总量的统计，以运行部门统计的机组可用率计算，1995年机组满负荷运行时间基本是1994年的90%左右。以下对照百分比数字均是在考虑1994/1995年机组满负荷百分比因素乘以相应系数后的实际评价值（百分数）。

1. 1995年日常工作票统计总数列在表2.1.2.3-1中(1995年1月1日—1995年12月31日)

表 2.1.2.3-1 1995年日常工作票统计

	1994年	1995年	$1995/1994 \times \frac{100}{90}$
预防性	1713	1529	99%
改正性	11687	8682	83%
总计	13400	10211	85%

对照1994、1995机组满负荷运转情况，1995年预防性维修安排频度基本与1994年相同。改正性维修（设备维修总量）下降17%。

由于机组两次大修及维修管理和维修质量提高，设备状况不断提高，故障率下降。1995年日常维修总量下降15%左右。

1995年预防性维修占维修总数的15%，改正性维修工作量偏大。

(1) 按机组分类统计

各类维修工作票数按机组分类统计列在表2.1.2.3-2中。

表 2.1.2.3-2 各类维修工作票数量按机组分类统计

	改正性		预防性		总数	
	1994年	1995年	1994年	1995年	1994年	1995年
1号机组	3733	2929	627	454	4360	3383
2号机组	3602	2519	623	446	4225	2965
公用系统	4352	3234	463	629	4815	3863

1995年对1号机组、2号机组的预防性维修比1994年减少了20%左右，这是由于大修期间安排了大量的预防性维修和试验；另一方面对大纲进行修改后减少了部分预防性维修活动的频度。

对公用系统设备预防性维修增加了51%，根据经验反馈修改了公用系统设备的维修大纲，增加了部分定期检查和维修项目。

1号机组故障检修（改正性）下降了13%。

2号机组故障检修下降了22%。

公用系统设备故障检修下降了17%。

公用系统设备增加了预防性维修活动，使总的维修工作量下降较多。

(2) 按专业统计

表2.1.2.3-3中给出了按专业统计的维修工作量，并给出了1995年与1994年各类维修

工作量比较的百分比。

表 2.1.2.3-3 按专业统计的维修工作量

	预 防 性			改 正 性			总 数		
	1994 年	1995 年	%	1994 年	1995 年	%	1994 年	1995 年	%
机 械	1211	1139	94%	3495	2543	73%	4706	3682	78%
电 气	447	335	75%	1301	1083	83%	1748	1418	81%
仪 表	55	43	78%	4338	3015	70%	4393	3058	70%
服 务		12	—	2553	2041	80%	2553	2053	80%

由统计数字可以看出,机械设备预防性维修略有增加,电气、仪表预防性维修相对减少。仪表设备故障检修量下降幅度较大,达 23% 左右,证明运行的第二仪表设备完好率提高,其余各专业也有不同程度下降。

(3) 1995 年初为便于检查和区分设备故障的真实情况,把工作票分为两类: A 类直接对设备的维修, B 类为辅助性维修(如:照明、脚手架、临时接线、运输等)。A 类工作票统计列在表 2.1.2.3-4 中。

表 2.1.3.3-4 1995 年 A 类工作票的统计

	预 防 性	改 正 性	总 计
1 号机组	125	2223	2348
2 号机组	110	1641	1751
0 号机	169	1041	1210
9 号机	75	610	685
合 计	479	5515	5994

统计表明,直接对设备的维修活动工作票仅占总工作票的 60% 左右。

从改正性维修数量看(真正对机组设备的维修量),2 号机组的设备故障率仅是 1 号机组的 73%,证明其设备状况远好于 1 号机组。这是由于在安装、调试以及运行初期大量的 1 号机组的经验反馈和改造项目及时在 2 号机组上实施,设备的可靠性得到大大提高。

## 2. 1 级工作票统计

按专业统计统计的一级工作票数量列在表 2.1.2.3-5 中

表 2.1.2.3-5 各专业一级工作票的统计

	机 械	电 气	仪 表	服 务	合 计
1994 年	1148	312	1374	272	3106
1995 年	471	183	640	302	1596
1995/1994	41%	58%	46%	111%	51%

从总量上看,1995 年一级票总数比 1994 年减少约 50%,主要原因是签发和管理控制方面有了较大改进,运行工程师积累了较多经验。

1995 年一级票总数占全年总票数的 16%,虽比去年的 23% 下降了 7%,但还是偏高。充

分认定和适量的一级票有利于各专业的及时响应及维修重点突出,也有利于集中力量做好准备、执行等工作。

### 3. QSR (质量安全相关设备) 维修工作

与质量相关设备的维修工作按专业统计如表 2.1.2.3-6 所示。

表 2.1.2.3-6 与质量相关设备的维修统计

		机 械	电 气	仪 表	服 务	合 计
预 防 性	1994 年	396	61	48	0	505
	1995 年	265	51	0	0	316
改 正 性	1994 年	725	208	1357	226	2290
	1995 年	425	121	839	267	1652
1995/1994 ( $\frac{100}{90}$ )		65%	65%	69%	131%	80%

机械、仪表和电气专业 1995 年关键设备故障率比 1994 年下降 35% 左右,说明日常设备运行维护中各专业都提高了对重要设备的重视,这也是 1995 年维修管理工作中取得的成绩之一。

### 4. 未完成工作票统计与分析

未完成工作票数量由等待执行、正在执行、等备件三种工作票数量组成。1995 年每月对未完成工作票统计一次,结果列在表 2.1.2.3-7 中。

表 2.1.2.3-7 未完成工作票数的统计

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
预防性	107	73	87	42	63	83	68	23	91	60	21	44
改正性	241	325	287	369	317	260	259	297	285	307	211	178
合 计	348	398	374	411	380	343	327	320	376	367	232	222

#### (1) 工作票的平均运作周期

工作票的平均运作周期是指一张工作票从接收到完成的平均处理时间。

以大亚湾核电站的生产维修管理模式,每一项维修活动的完成必须经过如图 2.1.2.3-1 中所示环节(实线部分)。

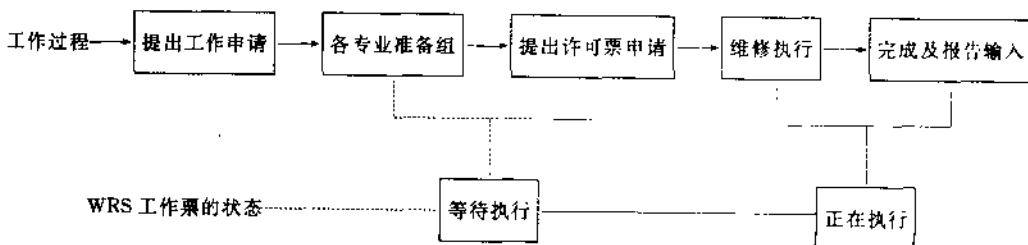


图 2.1.2.3-1 单项维修活动的工作过程

工作申请计算机管理系统 (WRS) 将工作票状态分为等待执行、正在执行、等备件、等机组状态和报告完成等等。实际工作中各环节的滞后将体现在等待执行和正在执行两个状态 (如图中虚线部分)。为从总体上考查工作票处理的平均时间, 1995 年按每周、每月对等待执行、正在执行和等备件的工作票分别进行了统计。由于等机组状态工作票的完成受机组运行模式的控制, 因此未计入此项统计。

#### (2) 此项统计的意义

a. 一项维修活动的完成是依赖于各个环节的良好沟通与相互配合, 而执行科各项管理工作的综合效应最终将体现在维修工作的执行方面, 此项统计的目的旨在发现各执行环节的有效性及其存在的问题, 从而寻找技术和管理方面的改进方法, 推动维修工作的完成。

b. 此项统计是一个动态过程, 而不是一个累加的过程 (与统计完成票量不同), 其真正含义是指在统计那一时刻有多少工作票在准备、在执行或执行后未能及时输入 WRS。换个角度看, 是对一张工作票从接收到完成报告输入的平均运作周期的检查, 可用下述公式简单表示:

$$\text{未完成工作票数} = \text{平均日接收工作票数} \times \text{工作票平均运作周期}$$

未完成工作票数越少, 则工作票平均运作周期越短, 各环节间沟通及管理越有成效, 反之则需找原因进行改进。

c. 如机组运行稳定, 考虑平均日接收维修工作申请数相同, 各项管理及人力状态无变化, 那么无论在任何时间对此项数字的统计应该是一个相同的数。

#### (3) 1995 年管理措施的制定

a. 1995 年 9 月在完成了处、科级领导班子的调整及准备科专业组与各执行科合并工作后, 新的领导班子将各项管理工作的改进放在首位, 同时狠抓工作票管理这一体现各方面综合管理成绩的工作, 分阶段实施具体方案, 取得了较大进展。

(a) 重新认定工作票管理及检查方法具体要求。

(b) 对九月份前的遗留工作票彻底清理 (澄清状态, 修改 WRS 数据库)。

(c) 各执行科指定专人负责此项工作, 完成及报告输入由执行科完成 (原来由计划组完成)。

(d) 每周统计, 每月总结, 促进各环节的改进。

b. 1995 年 10 月份将维修处 1995 年未完成工作票数的目标定在 225 张 (改正性 200, 预防性 25), 根据 1995 年前十个月的工作票总量分配情况, 考虑各专业工作性质的区别, 较合理地分配给各执行科, 并对维修处全年目标 225 张做了较详细的说明。例如以全年统计看:

全年累计工作票 10211 张

按每周六天计, 平均每天接收工作票: 32.7 张

按上述公式, 一张工作票从接收、准备、执行到完成输入的平均运作周期相对 225 张的目标为:

$$\frac{225}{32.7} = 6.9 \text{ 天}$$

即是说 225 张的目标是在允许一张工作票通过一周多的时间最后完成并输入 WRS 的前提下制定的, 是否仍有余量还需仔细探讨。

#### (4) 1995 年统计分析

a. 1995 年前十个月未完成工作票数量平均在 360 张/月, 也即每张工作票的平均运作周期在 11 天左右, 其中的影响因素是多方面的, 如大修期间的人力分配、人员休假情况等, 但



总体上分析应该非正常现象，其主要原因有以下几点：

(a) 对重要设备及一级票的维修响应速度较快，但忽视了其余种类工作票的及时处理（准备、执行）。

(b) 某些专业设备故障率较高，造成人力紧张和工作票积压。

(c) 计算机管理系统 WRS 的数据输入有时不及时。

(d) 各环节间相互沟通不足。

b. 经过近三个月的共同努力，在各项工作取得良好进展的同时，未完成工作票的数量也大幅度下降。如除去统计中提前一周安排的约 30 项预防性维修活动（要求在后一周完成但由计划组发出并登记在 WRS 系统，因而统计在此数据中），1995 年 11、12 月份的未完成工作票数均在 200 张左右，完成了 1995 年要达到的目标。

c. 进一步缩减工作票的平均处理时间，即平均运作周期，提高在工作票处理过程中的各个环节的运作效率，有利于提高设备和机组的可用率。

#### 2.1.2.4 重大维修活动

##### 1. CTE 改造

CTE 系统自投运以后运行一直不正常，给电站的安全运行带来了潜在风险。主要问题有两个：一是钛管腐蚀穿和接头胀爆；二是整流变压器连续烧毁。生产部在 1994 年中成立 CTE 技术小组，进行了一系列的技术调查、分析和讨论，对 CTE 进行了一系列改造，到 1995 年底运行基本正常。

##### (1) 钛管和运行的改进

经检查，供货商没按合同要求提供无缝钛管，所提供的是有缝钛管，钛管工作面镀铂合金层在管缝处不均匀，是造成钛管壁穿原因之一。经过和供货商反复交涉，供货商被迫提供无缝钛管以更换有缝钛管。2 号机组 CTE 在 1994 年 9 月更换完毕。1 号机组 CTE 在 1995 年 5 月至 6 月也更换了无缝钛管。钛管壁穿的另一个原因是在运行时没有及时进行反冲洗，并由于并联的组件中流量调整不好，个别支路流量偏小，大大低于设计要求的  $4.5\text{m}^3/\text{s}$ ，不能保证管内水流为湍流状态，容易引起结垢。另外也使钛管之间塑料接头因流量不足而发热变形以至破裂。钛管内壁结垢使局部腐蚀增加而造成管壁穿孔。采取的措施是把原来每周一次的反冲洗改成每班一次；对每个支路的流量定期进行检查和调整，保证每个支路流量尽可能平衡。经过这些措施的实施，基本上解决钛管穿孔和接头胀破的问题。

##### (2) 整流变压器改进

自系统投产以来，连续发生烧毁变压器事件。开始为原供货商 ELECTROCATALYTIC 提供的 462kVA 的变压器共烧 6 台。在原供货商无能为力情况下又推荐采用美国 AFP 公司的变压器 2 台，但投运后满负荷仅 30 分钟就冒烟。后又采用了英国国际变压器公司的变压器 4 台，一台现场检查不合格，第一台运行了 3 天，第二台运行 30 天，最后一台到 1995 年 10 月 9 日下午又烧毁了，仅运行了 120 天。

通过对烧毁的 11 台变压器的现场检查发现，ELECTROCATALYTIC 所提供的变压器烧毁大多是在 B 相，分析为 B 相在中间，散热条件较差，引起变压器烧毁。而美国 AFP 变压器发热严重，根本不能带满负荷。最后换上 INTERNATIONAL TRANSFORMERS 的变压器，为 H 级绝缘，耐高温，散热条件相对较好，但变压器损坏处为低压两线圈之间发生短路，可见是机械强度不够。综合上述各种情况，其根本原因为整流变压器容量不够。按大亚湾核电站的运行要求，CTE 应能在 3920A，100V 的条件下长期运行。即整流后的容量为  $3920 \times$

100=392 kW。考虑到整流器的效率、可控硅导通角对功率因素的影响及我们目前所采用的三相双星半波整流的电路,整流变压器低压侧按国内标准,设计容量应为1.48Pd,即至少应为 $392 \times 1.48 = 480$  kVA,才能满足连续运行的要求。

为此,决定试用仓库内原有的一台顺德特种变压器厂生产的整流变压器(原工程部订购)。此台变压器全部采用德国的制造工艺,为环氧树脂石英砂灌成型的筒式变压器。此种变压器机械强度好,散热较好,容量为680 kVA。

在2CTE020RD安装了顺德干式变压器和英国INTERNATIONAL辅助变压器后,在输出电流3920A工况下运行了17天,于11月6日1点50分英国INTERNATIONAL辅助变压器过热烧坏。初步分析其原因是英国INTERNATIONAL辅助变压器不是专为顺德变压器配套设计的,只是临时替代使用。另外,顺德变压器体积比英国原设计的变压器体积大,电气柜中散热空间相对变小,导致顺德变压器铁芯温度为128℃,热量从顺德变压器的夹件通过辅助变压器的钢板底座传到辅变上,再加上辅变的温升,造成辅变过热,绝缘逐渐受到破坏。

为了保证2CTE100BA(020RD)能投入运行,采用旧的美商AFP公司生产的辅助变压器,为了防止过热,在辅助变压器的底座采用了2cm厚的石棉板。另外为了安全起见,将输出电流设定在3500A。从11月18日开始连续运行,监测到温度指示一直很稳定,B相最高温度为82.3℃,B相铁芯90.2℃,低于设计允许值114.6℃和109.1℃(在室温25℃时)。变压器烧毁问题得到初步解决。

## 2. 2CRF002PO 机械密封抢修

自1995年7月5日发生泄漏以来,几经查证,确认泄漏并非常见的机械密封动静环密封面之间的问题,而是不常见的机械密封波纹压紧弹簧组件的损坏(维修大纲确定是八年一次检修)。

根据现有规程,要更换机械密封需要拆下巨大的电动机和减速器,才能将整套密封从泵轴端套进,这个工作需花时约半个月,显然是不可能接受的。为此技术人员在寻找机械密封波纹压紧弹簧组件就地在泵轴上进行分拆的方法方面作了研究。

生产部组织专题小组进行攻关,认真研究图纸资料,后来在备件包装箱中找到说明书,彻底摸清组件的内部结构,探讨现场泵盖凹腔内施工的可行性,拿出两套方案。

经反复讨论,选定一套切实可行的方案。开始编写抢修规程、质量计划。

8月31日强台风造成1号机组、2号机组相继跳机。利用这次停机机会,安排抢修工作,由于准备工作充分,考虑了抢修中可能出现的大部分困难因素,干起来很顺手,原先以为难度最大的组件橡胶内密封套的缠绑工作顺利通过。每个关键点技术人员现场密切监视。密封修复完后,重点抓动静环的水平度校正,调整花了3个多小时,最终达到水平度要求偏差低于 $\pm 0.25$ mm。

修复后进行的再鉴定试验证明,机械密封工作良好,振动情况符合要求,无机械密封泄漏现象,密封面上下波动正常。

## 3. 1号机组R棒提升电流偏差故障的处理

1994年9月28日发现1号机组的R1棒在抽出/下插时频繁出现1RGL001AA报警,29日查明故障原因为H14和H2棒之间的提升电流之差超过4A引起调节闭锁。10月5日要求法马通研究该问题。从10月4日起,因调节闭锁变得严重,使得R棒几乎无法参与调节。经过安全分析,OPM/MI试图通过修改超限闭锁定值的办法解决这一问题。当时在既无软件程

序清单、也无计算说明和算法的困难情况下,经过不断努力,OPM/MI破译了相应的程序部分,并成功地将“最大提升电流允许偏差”定值从4A调大到4.5A。这保证了当时机组一回路温度调节的正常功能,为机组的稳定运行消除了一个重大障碍。10月7日OPM/MI与法马通设计部门进行长途电话讨论,法马通设计总部认同了OPM/MI的临时修改,并许诺在该临时修改的基础上进一步研究根本原因和解决办法。10月8日法马通要求OPM/MI进行相邻棒组的比较和对棒控执行机构的通风系统运行情况进行试验。在1号机组大修期间,OPM/MI和法马通派来的专家对该问题进行了大量的试验和研究,此后又经过1号机组落棒时间超差等过程的研究和讨论,认为R棒控制闭锁问题可能是导向管和RCCM通风系统两个方面的原因。

1995年7月25日后,R1棒的提升电流偏差增大到超过4.5A,其调节闭锁问题再次出现,此后历经5A、6A以至于8月份法马通给出的CIN184(B版)将“最大提升电流允许偏差”提升到11A。

值得说明的是,上述过程的每一次修改都是在经过法马通和电站核安全委员会(PNSC)的充分技术分析论证和严格安全审查下执行的。该重大故障的抢修活动在生产部各级领导正确指导下,在法马通的支持下,经OPM/MI的不断努力,保证了机组在过去一年多的安全、稳定运行。这一问题的根本原因正在分析中。

## 2.1.3 放射性废物排放与管理

### 2.1.3.1 放射性废气排放与管理

#### 1. 概述

放射性气体的总排放途径是烟囱。烟囱内装有气体放射性水平监测仪,它们连续地和等速地采集烟囱的空气样品,供低的和高的放射性水平气体测量之用,同时还用于气溶胶和碘的测量以及氙的样品采集。烟囱气体监测由1-2KRT17MA监测仪完成,此外,1-2KRT16MA监测仪确保气溶胶和碘过滤器的连续取样,在事故释放时由1-2KRT21MA进行监测。

上述监测仪的阈值列在表2.1.3.1-1中。

表 2.1.3.1-1 监测仪器的阈值

1-2KRT17MA	总β	4E5, 4E6	Bq/m <sup>3</sup>
1-2KRT16MA	总β	4E4, 4E5	Bq/m <sup>3</sup>
1-2KRT21MA	总β	5E8, 2E9	Bq/m <sup>3</sup>

在气体放射性水平超出所给二级阈值时,将会自动关闭下述系统的排气阀门:  
安全壳内空气监测系统(ETY)的低流量扫气系统;  
TEG废气处理系统贮槽。

#### 2. 放射性气态排出物的年排放限值

为了确保核电站排放的放射性气态排出物不会对电站周围的居民及环境产生不良影响,国家环保局规定了GNPS在正常运行期间的气态流出物的年排放限值,列在表2.1.3.1-2中。

#### 3. 1995年度放射性废气排放状况

表 2.1.3.1-2 放射性气体排出物的年排放限值

惰 性 气 体	气体中的卤素和气溶胶	氡
1140TBq	38GBq	16TBq

1995 年度广东大亚湾核电站(GNPS)通过气态途径释放至环境中的惰性气体以及卤素+气溶胶与 1994 年度相比虽有一定升高,但仍远远低于国家批准的年排放限值。放射性气体总量排放升高的原因是由于 1 号机组燃料包壳发生破损所致。

1995 年度 TEG 系统向环境释放含氡废气 13 罐,为 1994 年度 20 罐的 65%;1 号机组安全壳扫气 13 次,2 号机组扫气 24 次,考虑到 1 号机组由于控制棒问题停运达半年,故认为两个机组安全壳扫气次数与 1994 年度 1 号机组 28 次、2 号机组 21 次大致相当。

全年通过气态途径释放至环境中的惰性气体总量为 80.2TBq,为国家批准年排放限值的 7.04%,卤素+气溶胶为 720MBq,为年限值的 1.90%。

### 2.1.3.2 放射性废液排放与管理

#### 1. 废液排出物的放射性监测

液体排放监测分为两类,按以下步骤完成:

##### (1) 连续排放

由常规岛废液排放系统(SEK)和蒸汽发生器排污系统(APG)以及放射性洗衣房来的低放射性废水,在连续排放时,由两台设置在排放母管上的在线监测仪表(KRT902MA、KRT903MA)进行监测。这两台监测仪在排放废液的放射性水平高出报警阈值时将自动终止排放。为确保功效,两台监测仪串联设置,其报警阈值列在表 2.1.3.2-1 中。

表 2.1.3.2-1 废液排出物连续监测的报警阈值

监 测 仪 表	1 级报警阈 Bq/m <sup>3</sup>	2 级报警阈 Bq/m <sup>3</sup>
902MA	0.08M	0.4M
903MA	0.08M	0.4M

对该系统排放的废液,环境科同时进行定期的采样放化分析,分析项目为总 $\beta$ 、总 $\gamma$ 、 $\gamma$ 谱以及氡。

GNPS 按照国家环保局的要求,新建了 SEL 系统,该系统主要由 3 个容积 500m<sup>3</sup> 的贮罐组成。以这种方式运行,常规岛废液排放前必须先贮存在该系统内,只有当实验室分析证明废液放射性水平符合排放要求后才能进行排放,分析项目与连续排放的相同。

##### (2) 槽式排放

由 RPE 系统收集的工艺废水、化学废水及地板冲洗水经 TEU 系统根据废水的放射性水平及化学成分分别采用离子交换、蒸发或过滤处理后,排至 TER 贮罐,环境科对贮罐中的废液进行总 $\beta$ 、总 $\gamma$ 、 $\gamma$ 谱及氡的分析后,确认废液符合排放标准后才能排放。排放的废液在排放过程中由 KRT901MA 进行连续监测,一旦废液放射性水平高出一级报警阈值,主控室将有报警信号显示;高出二级报警阈值时,排放系统将自动终止排放。报警阈值如下。

901MA 一级报警阈值 20MBq/m<sup>3</sup> 二级报警阈值 80MBq/m<sup>3</sup>

## 2. 放射性液态排出物的年排放限值

为了确保核电站排放的放射性液态排出物不会对电站周围的居民及环境产生不良影响, 国家环保局规定了 GNPS 在正常运行期间液态排出物的年排放限值, 列在表 2.1.3.2-2 中。

表 2.1.3.2-2 废液排出物的年排放限值

年 排 放 限 值	除氙以外的放射性核素	氙
	0.7TBq	55.6TBq

## 3. 1995 年放射性废液排放状况

1995 年全年 GNPS 通过 TER 系统向环境中释放的处理放射性废液达 86 罐  $39345\text{m}^3$ , 常规岛废液通过 TER 连续排放管线排放, 由于两台机组的蒸汽发生器未发生任何泄漏事件, 故从连续排放管线排放的常规岛废液中基本不含放射性核素。

1995 年排向环境的废液总体积仍高于国外参考电站的排放量, 其主要原因是由厂址的气象条件形成的。由于大亚湾地处亚热带, 夏季较长, 且高温多雨, 从而形成较多的非放射性来源的水进入了废液排放系统, 比如各种滞留池 (换料水箱及废液贮箱等的滞留池) 所收集的雨水, 全年也达数千立方米。

在 1995 年通过液态途径释放至环境中的放射性物质中, 氙为  $10.1\text{TBq}$ , 占批准年限值的 18.2%, 除氙以外的放射性核素总量为  $26.94\text{GBq}$ , 占年限值的 3.85%。

1995 年非氙放射性核素以及氙的排放总量均有较大幅度的下降, 非氙放射性核素排放总量  $26.9\text{GBq}$ , 为 1994 年  $89.2\text{GBq}$  的 30.2%, 氙的排放总量  $10.1\text{TBq}$ , 为 1994 年  $22.2\text{TBq}$  的 45.5%。

### 2.1.3.3 中低水平放射性固体废物处理

#### 1. 放射性固体废物产量

1995 年大亚湾核电站两台机组进行了首次换料大修。由于 1 号机组控制棒落棒时间超差, 接连进行了三次控制棒强制性检修, 历时 203 天, 增加了放射性固体废物的产生量。但是, TES 系统经过 1993、1994 年的运行考验, 固废处理人员的操作水平也相应得到了提高, 1995 年 TES 系统收集、处理了大量放射性固体废物, 统计数据如表 2.1.3.3-1 至表 2.1.3.3-4 所示。

表 2.1.3.3-1 浓 缩 液

来 源	设 计 值	控制指标	1994 年产量	1995 年产量
TEU 蒸发器	$50\text{m}^3$	$20\text{m}^3$	$10\text{m}^3$	$18\text{m}^3$
TEP 蒸发器	0	0	0	0
SRE 化学废液	0	0	0	0
合 计	$50\text{m}^3$	$20\text{m}^3$	$10\text{m}^3$	$18\text{m}^3$

本年度 TEP 系统没有产生废硼酸, AC 去污废液也未失效, 故不需经 TES 固化装桶处理, 比活度在  $2 \times 10^6 \sim 1.5 \times 10^7 \text{Bq/m}^3$ , 平均值为  $6.6 \times 10^6 \text{Bq/m}^3$ 。

表 2.1.3.3-2 废树脂

系 统	设计值 (m <sup>3</sup> )	1994 年产量 (m <sup>3</sup> )	1995 年产量 (m <sup>3</sup> )	放射性水平
APG	12	39	9	无放射性
PTR	3	0	3	高
RCV	3	0.93	2.79	高
TEP	10	0	0	
TEU	6	1.5	3	中
合 计	34	40.43	17.79	

从表 2.1.3.3-2 可以看出, APG 系统产生的废树脂数量大大降低, 其原因是采取了氨循环运行方式后 TEP 系统的树脂尚未饱和, 所以没有更换。TEU、RCV、PTR 等系统除盐床中的树脂大部分在 6、7 月份更换, 部分已接近饱和, 而且有的除盐床压差一直较高, 所以有必要采取相应措施, 解决压差高的问题, 并防止树脂被意外污染而失效, 延长树脂的使用寿命, 从而减少废固产生量。

表 2.1.3.3-3 废过滤器芯子

系 统	设计值 (个)	1994 年产量 (个)	1995 年产量 (个)	放射性水平
APG	38	82	13	无
PTR	13	16	6	中
RCV	30	32	14	高
TEP	8	2	1	中
TEU	131	104	11	低或中
合 计	220	236	45	

1994 年, 由于电厂刚投运, 各系统中固体悬浮物较多, 经一年的运行, 固体悬浮物被过滤掉, 水质得到明显改善。另一方面, 1995 年对 RPE 废水收集坑及 TEU 废液收集罐中淤积物进行多次清除, 使 TEU 过滤器被堵现象大为好转, 从而减少了废滤芯的产生量。1995 年废过滤器芯只为设计值的 20.5%。

表 2.1.3.3-4 技术废物产生量

废物类别	设计值 (m <sup>3</sup> )	控制值 (m <sup>3</sup> )	1994 年产量 (m <sup>3</sup> )	1995 年产量 (m <sup>3</sup> )	占控制值
可压缩	300	212	13	37	17%
不可压缩			6	23	11%
水泥桶			0	4.0	2%
合 计	300	212	19	64	30%

## 2. 放射性固体废物货包产量

放射性固体废物货包产量如表 2.1.3.3-5 所示。

表 2.1.3.3-5 放射性固体液物货包产量

货包类型		浓缩液 (桶)	废树脂 (桶)	废过滤器芯子 (桶)	技术废物	合计 (桶)	体积 (m <sup>3</sup> )	累计产量	
								(桶)	(m <sup>3</sup> )
水泥桶	C1	47	26	2	2	77	154	106	212
	C2	—	1			1	2	1	2
	C3	—	1			1	2	1	2
	C4	—	—	21		21	25	33	39
金属桶	可压缩		—		175	175	37	237	50
	不可压缩		38	3	112	153	32	225	47
合计							252		352

由于燃料包壳未发生严重破损,蒸汽发生器中 U 型管也无严重泄漏,所以 APG 系统未被污染,所产生的废树脂均为非放废物,只有部分被装桶处理,其余作为工业废物处理。

放射性废树脂已处理了 17.79 m<sup>3</sup> (包括上年 2.43 m<sup>3</sup>),尚余 2.43 m<sup>3</sup> 等待处理。

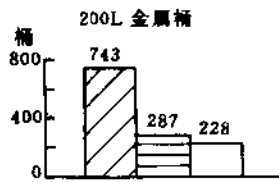
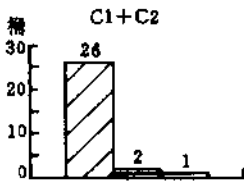
从表 2.1.3.3-6 可以看出,虽然 1995 年除正常换料大修外还进行了三次 1 号机组控制棒强制检修,不可避免地要增加废物量,但由于在加强现场管理、控制废物产量等方面做了大量工作,使得固废货包产量得到有效控制,比法国同类电站为低,取得了可喜成绩。两电站的比较见图 2.1.3.3-1。经过两年的生产实践,我们体会到:放射性固体废物是核电站的一种负担,是电站除核燃料、备品备件外花钱较多的一个项目。废物货包一旦产生,就必须交处置中心监管 300 年,所以,必须花大力气来控制废物的产生量。从统计数据可知,工艺废物占总产量的 74.5%,而技术废物仅占 25.5%,要想减少废物产生量,重点在于控制工艺废物的产生量。消除漏点,控制废水产生量,严格执行废水分类标准,能不经蒸发浓缩处理的尽量不要蒸发处理,从而减少浓缩液产量。采取防范措施,防止除盐床树脂被意外污染,采用反冲松动等办法解决除盐床压差高的问题,以减少废树脂产生量。并尽量利用 TES 废树脂暂存能力,使高剂量树脂中的核素衰变,降低比活度,以采用包容能力大的 C1 或 C2 桶,减少货包产生量。定期清除 RPE 集水坑和 TEU 废水收集罐中的淤积物,以减少过滤器芯子的使用量,并采用一个包装容器处理多个废滤芯的办法,来减少货包产生量。严格控制进入控制区的包装皮,控制维修产生的技术废物,加强分拣,从而减少技术废物货包的产量。

表 2.1.3.3-6 放射性固体废物产生量对照表

货包类型		设计值 (m <sup>3</sup> )	控制值 (m <sup>3</sup> )	1994 年产量		1995 年产量		累计产生量	
				桶	(m <sup>3</sup> )	桶	(m <sup>3</sup> )	桶	(m <sup>3</sup> )
水泥桶	C1	380	170	29	58	77	154	106	212
	C2	340	140	0	0	1	2	1	2
	C3	280	280	0	0	1	2	1	2
	C4	132	132	12	14	21	25	33	39

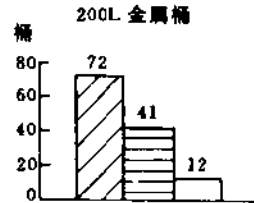
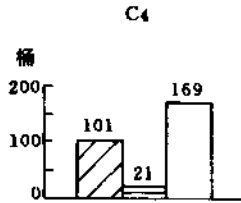
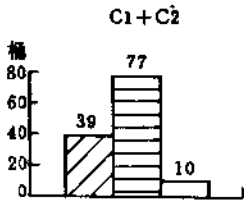
续表

货包类型		设计值 (m <sup>3</sup> )	控制值 (m <sup>3</sup> )	1994年产量		1995年产量		累计产生量	
				桶	(m <sup>3</sup> )	桶	(m <sup>3</sup> )	桶	(m <sup>3</sup> )
金属桶	可压缩	300	212	62	13	175	37	237	50
	不可压缩			72	15	153	32	225	47
合计		1432	934	100		252		352	

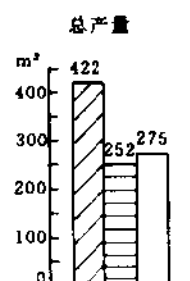
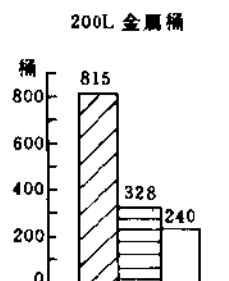
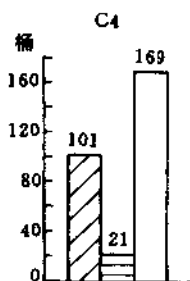
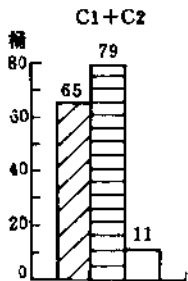


注：  
 STLAURENT(900MW/1993)  
 GNPS(1995)  
 FLAMANVILLE(1300MW/1993)

1. 技术废物



2. 工艺废物



3. 总产量比较

图 2.1.3.3-1 大亚湾核电站与法国同类电站 STLAURENT 的固体废物比较



### 2.1.3.4 工业废物处理

#### 1. 废气

废气的来源主要是辅助锅炉房和应急柴油发电机，这些设备均使用零号优质柴油作为燃料，应急柴油发电机 LHP、LHQ 每年只做几次定期试验，辅助锅炉也只在大修时偶尔使用。一般情况下，上述设备均处于备用状态，废气的产生量很少，对环境的排放可以忽略。

#### 2. 废液

##### (1) 废水处理

废水收集系统分为三个部分：

第一部分是雨水收集系统，其废水来源为厂房屋顶、厂区及道路的雨水收集。这部分废水不含有毒有害物质，也不含有机物，所以不需要专门处理，直接排入大海。

第二部分是生活污水，包括厕所下水、餐厅废水。这些废水含有有机物，经污水处理站 ED1、ED2、ED3 分区域收集，经增氧处理，使有机物分解后排入大海。目前除 ED1 超负荷运行外，其余两台运行情况良好。

第三部分是常规岛部分区域的废水收集，如变压器平台、柴油贮存区 VB 等区域，这些区域产生的含油废水经油水分离后，废水直接排入大海，废油经收集后专门处理。

##### (2) 废油处理

电站产生的废油主要有：

- a. 电站废油废水收集系统 (SEH) 产生的废油；
- b. 清洗零部件产生的废柴油；
- c. 废变压器油；
- d. 废机油；
- e. 废调节油；
- f. 废油漆。

上述废油均分类收集，分批由合同管理部门委托一物资回收公司进行处理。1995 年共产生废油约  $100 \text{ m}^3$ 。

#### 3. 固体废物

固体废物分为有害废物（如废石棉保温材料）和无害废物，这些废物均严格分类收集。有害废物由合同部门委托有处理能力的单位处理；无害废物可回收利用的（如废钢材、包装箱等）部分交物资回收公司回收，不可回收利用的（一般工业垃圾）运往岭澳填埋场焚烧、掩埋。1995 年共产生一般工业垃圾约  $2900 \text{ m}^3$ ，已全部运往填埋场填埋处理。

1995 年工业废物产量见表 2.1.3.4-1。

### 2.1.3.5 环境监测与评估

广东大亚湾核电站 1995 年环境监测工作仍遵循 1992 年制定并经国家环保部门审核批准的“GNPS 环境监测大纲”来实施，同时借鉴了自实验室建立以来历年开展环境监测反馈的经验，并重点加强了对海洋环境样品的取样监测。

通过 1995 年的环境样品取样分析，继 1994 年在核电站内东北方位的 PR1 地下水井以及排放水渠的水样中测出过痕量氚后，1995 年在大亚湾海域采集的部分海洋生物中检测出了痕量的 Ag-110 m 和钴-58，但其活度远远低于经国家环保局审核批准的 GNPS 装料阶段环境影响评价报告 (EIR) 中以年排放限值推导计算出的有关生物预计活度水平。

表 2.1.3.4-1 1995 年 GNPS 工业废物处理统计表

类别	来源	产生量 (m <sup>3</sup> )	处理方法
废 气	辅助锅炉	少量	直接排放
	应急柴油发电机	未统计	直接排放
废 液	雨水收集	未统计	直接排放
	含油废水	未统计	油水分离后废水排放
	生活污水	未统计	增氧分解有机物后排放
	废 油	100 m <sup>3</sup>	山物资回收公司统一处理
废 固	石棉材料	10 m <sup>3</sup>	委托专门公司处理
	工业垃圾	2900 m <sup>3</sup>	运往岭澳填埋处理

通过 1995 年对厂区边界  $\gamma$  辐射水平及周围环境  $\gamma$  辐射水平连续监测, 周围环境  $\gamma$  辐射累积剂量监测以及大气飘尘、陆上生物、土壤和水质等环境介质的取样分析结果表明, 1995 年度大亚湾核电站周围陆上环境放射性水平与电站投产前相比无显著差异。通过对海水、海洋生物及海洋沉积物的监测结果表明, GNPS 1995 年向海洋排放的放射性物质总量远远低于国家批准的年排放限值的水平, 对周围海域环境放射性水平的影响远远低于经国家环保局审核批准的 EIR 报告中所预期的水平。

### 1. 环境样品取样原则

1995 年的环境取样原则与前几年基本相同。除海水取样因在海上定位难度较大需采用专门仪器, 仍委托国家海洋局南海分局完成外, 其它项目取样均由厂环境实验室完成。为了保证环境样品分析数据的可比性, 各种环境样品取样点力求与本底调查时一致。但由于该地区经济的快速发展, 造成了土地利用的急速变更; 更由于岭澳核电站的开工, 使临近地区的环境状况有了较大变化; 同时周围地区耕作的农作物种类也有了一定变化, 从而使部分环境样品的采集较难保持与本底调查时的一致性。另由于厂外单位大量维修人员的进入及周围区域流动人员的增加, 使安装在厂区边界及周围环境中的热释光剂量片丢失现象明显增加。原设 38 个测量点约有 1/3 的布点曾多次发生丢失, 以至于必须重新选择或取消部分测点。

关于核电站厂区边界及外围环境  $\gamma$  剂量率的定点连续测量, 1995 年通过运行及维修该系统各部门人员的共同努力, 7 个站数据获取率较前几年有较大改善, 全年数据获取天数大于 90%。

废液站连续排放取样站工作正常, 全年自动取样设备运行天数大于 90%。

厂区边界 3 个大气飘尘采样站取样工作正常, 在 1995 年度还在上述 3 个站增加了放射性碘的取样分析。

由于在部分海洋生物中测出了痕量的人工放射性核素, 1995 年下半年有针对性地增加了一次大亚湾水域海生物样品的采集。

大亚湾核电站正常运行期间环境放射性监测方案列在表 2.1.3.5-1 中。

### 2. 样品分析项目

1995 年的样品分析项目原则上与上两年度相同, 但在听取了国内专家的建议后, 对所有生物样品均进行了  $\gamma$  谱分析。有关 1995 年度环境监测项目及对不同监测项目采用的分析测量方法及各种仪器的探测下限列在表 2.1.3.5-2 中。

表 2-1-3-5-1 GNPS 正常运行期间环境放射性监测方案

监测介质		频 度	采样 点数	采样 数/年	分析样品 数/年	采 样 点	监测分析项目
空 气	辐射量率	连 续	3			AS1、AS2、AS3	正常运行工况下 $\gamma$ 辐射连续监测以及事故工况下 $\gamma$ 辐射连续监测和报警
			4			BS1、BS2、BS3、BS4	
	累积照射量	季	34	136	136	电厂周围 50 公里(厂界 9 点)	TLD
	环境 $\gamma$	季	34	136	136	电厂周围 50 公里(厂界 9 点)	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率
	气溶胶	日	3	1095	1095	AS1、AS2、AS3	总 $\beta$ (总 $\beta$ 偏高时,测 $\gamma$ 谱)
	空气中碘	月	3	36	36	AS1、AS2、AS3	$\gamma$ 谱
地 水	雨 水	月	1	18	54	AS1	总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{40}\text{K}$ (4~9月半月样,总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
	地表水	月	3	36	108	大坑水库、打马坳水库、枫木浪水库	总 $\beta$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
	饮 用 水	月	1	12	12	厂 区	总 $\beta$ (4~9月半月样,总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
		月	1	12	12	水 头	总 $\beta$ (4~9月半月样,总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
	地下水	季	3	12	36	A号、P5、PR1	总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
生 壤	土 壤	半 年	3	6	12	鹏城、对照点	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
	沉积物	半 年	3	6	12	大坑水库、打马坳水库、枫木浪水库	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
水 果	柑 桔	收获期	2	2	4	鹏城、坪山*、对照点	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
	荔 枝	收获期	2	2	4	鹏城、对照点	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
植 物	叶 菜 <sup>☆</sup>	收获期	2	4	8	鹏城、葵涌*、对照点	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
	萝 卜 <sup>☆</sup>	收获期	2	4	8	鹏城、葵涌*、对照点	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
	大 米 <sup>☆</sup>	收获期	2	4	8	鹏城、坪山、对照点	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
动 物	鸡	半 年	2	4	8	鹏城、对照点	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
	淡 水 鱼	半 年	2	4	8	鹏城、对照点	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时,测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
指示生物(马尾松)		半 年	1	2	8	西门山上	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱

续表

监测介质		频 度	采样 点数	采样 数/年	分析样品 数/年	采 样 点	监 测 分 析 项 目	
海 洋 生 态	海 水	半 年	3	6	30	S4、S9、S29	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱、 $^3\text{H}$	
	排 放 渠 水	过 滤 海 水	计 划 排 放 期 间	1			EC-D	总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{40}\text{K}$ (总 $\beta$ 偏高时, 测量 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱)
		悬 浮 物		1			EC-D	总 $\beta$
	海洋沉积物		半 年	2	4	12	SB3、SB6	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $\gamma$ 谱
	甲 壳	宽 突 赤 虾	半 年	1	2	6	西大亚湾	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $\gamma$ 谱
	软 体	东 凤 螺	半 年	1	2	6	东山养殖场	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $\gamma$ 谱
	鱼	沙 丁 鱼	半 年	1	2	6	西大亚湾	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $\gamma$ 谱
	海 藻	马 尾 藻	一 年	1	1	3	SB6	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $\gamma$ 谱
	指示生物(珍珠贝)		年	1	1	4	东山养殖场	总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱
	气 象 参 数		连 续	1			EC-B	风向、风速、降雨量、相对湿度、 $^{\circ}\text{C}$ 压、温度、 $^{\circ}\text{C}$ 稳定度
总 计								

注：☆每年两茬，每收获期做一次。

※鹏城样品总 $\beta$ 活性高时，再取该地样品分析。△总 $\beta$ 活性偏高时，再做 $^{90}\text{Sr}$ 测量。

表 2.1.3.5-2 环境辐射与放射性样品测量方法、装置及探测下限

项 目	分析测量方法	测定装置	测量时间 (min)	仪器本底 (cpm)	探 测 下 限	
$\gamma$ 吸收剂量	连续测量	$\gamma$ 辐射连续 监测仪, 远程 $\gamma$ 辐射监测仪站 LB133 手提式 $\gamma$ 剂量率仪	连续		量程 $10\text{E}-6 \sim 1 \text{ Gy/h}$	
	瞬时测量		瞬时			
累积剂量	TLD 元件; LiF, CaF <sub>2</sub>	HAR- SHAW4400			0.5 mrad	
水 中 氚	蒸馏法制样, 测量 用 tritonx-100, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 的闪烁混合 液	Quantulus1220 超低本底液闪 谱仪	—		1.2 Bq/L	
总 $\beta$	气 溶 胶	NU-20PC 多 路 低 本 底 $\alpha/\beta$ 测量仪	120	0.2cpm $\eta > 45\%$	空气样 144M3	2.6E-4 Bq/m <sup>3</sup>
	生 物				灰样 2~3g	13.8 Bq/kg 干
	土 壤				土样 8g	12.5 Bq/kg 干
	液 水				水样 1 L	23.0 Bq/m <sup>3</sup>
	海 水				海水样 3 L	7.7 Bq/m <sup>3</sup>
	排 放 渠 水				海水样 100 ml	4.9E2 Bq/m <sup>3</sup>

续表

项 目	分析测量方法	测定装置	测量时间 (min)	仪器本底 (cpm)		探测下限	
$^{90}\text{Sr}$	生 物	发烟硝酸法, $\beta$ 测量(A)HDEHP 萃取色层法, $\beta$ 测量(B) (GB11222.1-89)	LB770/5PC 10 路低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	1440	1	灰样 10 g	A : $1.9\text{E}-3 \text{ Bq/kg}$
	土 壤					土样 200 g	A : $2.3\text{E}-2 \text{ Bq/kg}$ B : $1.5\text{E}-1 \text{ Bq/kg}$
	淡 水					水样 10 L	A : $5.6\text{E}-1 \text{ Bq/m}^3$ B : $1.44 \text{ Bq/m}^3$
	海 水					海水样 5 L	B : $1.36 \text{ Bq/L}$
$^{40}\text{K}$	水	火焰光度法(Li 内标法) (GB11338-89)	PE2380 原子吸收谱仪			水 样	$6.2\text{E}-3 \text{ Bq/L}$
	生 物					灰 样	$3.07\text{E}-3 \text{ Bq/g 灰}$
$\gamma$ 谱	气 溶 胶	直接测定空气滤膜 $\gamma$ 谱	EG&G ORTEC P-TYPE HEGe D [GEM-70215-S] N-TYPE HPGe, D [GMY-40210] 低本底 $\gamma$ 谱仪	80000 s		空 气 样 4320M3	$5.3\text{E}-6 \text{ Bq/m}^3 \text{ }^{137}\text{Cs}$
	碘	用 $\phi 50\text{mm}$ 的活性炭盒采样器抽取空气样				432M3	$8.3\text{E}-5 \text{ Bq/m}^3 \text{ }^{137}\text{Cs}$
	生 物	灰化法, $\gamma$ 谱测量				灰样 20 g	$6.4\text{E}-3 \text{ Bq/kg }^{137}\text{Cs}$
	土 壤	直接测定细干土 $\gamma$ 谱				土样 200 g	$0.05 \text{ Bq/kg }^{137}\text{Cs}$
	淡 水	蒸发法, $\gamma$ 谱测量				水样 30 L	$1.5 \text{ Bq/m}^3 \text{ }^{137}\text{Cs}$
	海 水	沉淀法, $\gamma$ 谱测量				海水样 100 L	$5.0\text{E}-1 \text{ Bq/m}^3 \text{ }^{137}\text{Cs}$

### 3. 1995 年环境监测结果

#### (1) 大亚湾核电站周围陆地的环境 $\gamma$ 辐射剂量水平

GNPS 对周围地区环境  $\gamma$  辐射水平的监测主要采取了三种手段, 即厂设 KRS (环境  $\gamma$  辐射监测系统) 7 个环境  $\gamma$  辐射监测站的  $\gamma$  辐射连续监测、热释光剂量片的累积监测以及利用环境监测车载  $\gamma$  剂量率仪的定期固定线路巡检。

##### a. 热释光累积剂量测定

安放在外环境中的热释光剂量片, 虽由于样品丢失率较 1994 年有较大幅度上升, 给我们数据分析带来一定困难, 但从所获得的各测量点的累积剂量值分析可以看出, 1995 年各测点热释光累积剂量测量年均值与 1994 年各点测值相比无显著差异, 38 个测点的热释光累积剂量测量值范围为  $34.5 \sim 135 \mu\text{Gy/月}$ , 与 1994 年度  $28.5 \sim 150 \mu\text{Gy/月}$  和本底调查时  $33.4 \sim 145.1 \mu\text{Gy/月}$  的测值范围相符。

b. 7 个  $\gamma$  辐射监测站  $\gamma$  辐射连续监测与定期固定路线  $\gamma$  辐射剂量率巡检结果表明, GNPS 周围环境中  $\gamma$  辐射水平与本底调查时无显著差异, 各点之间的差异主要由不同的环境地质条件所引起, 同一点的波动与气象状况密切相关。

## (2) 陆地环境放射性水平

a. 通过对厂区边界三个监测站逐日采集的大气飘尘样品总 $\beta$ 的测量分析中可以发现,各站大气飘尘样品总 $\beta$ 测量(6天衰变样)随季节变化趋势与本底调查时大气飘尘中 $^{7}\text{Be}$ 的变化趋势相符,冬春两季明显高于夏秋。其中位于排放烟囱西面和西北面的AS1、AS2站大气飘尘总 $\beta$ 测量月均值1995年与1994年基本相符,位于厂区东面的AS3站1995年总 $\beta$ 测量月均值与1994年相比有一定升高。初步分析其原因是由于岭澳核电站大规模土建施工开始后造成该区域空气中的飘尘含量升高所致。

b. 1995年度对AS1、AS2、AS3站均增设了空气中放射性碘的取样分析,除AS3站于7月中旬测出过一次痕量的 $^{131}\text{I}$ 外( $3.97\text{E}\sim 4\text{Bq}/\text{m}^3$ )其余各月各站样品放射性碘的水平均低于方法探测下限( $\approx 7.1\text{E}\sim 5\text{Bq}/\text{m}^3$ )。

c. 雨水中总 $\beta$ 测量值介于本底调查值波动范围内,1995年与1994年分析数据相比无显著差异,氡的比活度各月测量值均低于方法探测下限( $1.2\text{Bq}/\text{L}$ )。

d. 地表水中总 $\beta$ 放射性及 $^{40}\text{K}$ 比放射性活度与本底调查时一致,1995年度与1994年度相比无显著差异,氡的比活度小于方法探测下限( $1.2\text{Bq}/\text{L}$ )。

e. 土壤和水库沉积物中总 $\beta$ 放射性和各种天然放射性核素活度与本底调查值相当,测出 $^{137}\text{Cs}$ 的比活度在本底调查值涨落范围内,未探测出其它可归因于电站运行后释放的人工放射性核素。

f. 各种植物与生物样品,如柑桔、荔枝、空心菜、菜心、鸡、淡水鱼等放射性水平与本底调查时基本一致,测出 $^{137}\text{Cs}$ 的比放射性活度在本底调查值涨落范围内,未探测出其它可归因于电站运行后释放的人工放射性核素。

## (3) 海域环境放射性水平

a. 对大亚湾水域采集的有限次的海水样品分析结果表明,海水样品中人工核素如 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{110}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 等的放射性活度均低于 $\gamma$ 谱仪探测的方法下限,总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{238}\text{V}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 均在本底调查值范围内,海水中 $^3\text{H}$ 的放射性水平低于方法探测下限( $1.2\text{Bq}/\text{L}$ )。

b. 排放水渠海水样品的日总 $\beta$ 放射性测量(未去钾)与海水中 $^{40}\text{K}$ 放射性一致。对排放渠海水周平均样进行氡的测量,测到的 $^3\text{H}$ 的比活度范围为 $1.2\text{Bq}/\text{L}\sim 4.71\text{Bq}/\text{L}$ ,这说明核电站液体放射性排出物的排放完全符合排放标准。

c. 海洋沉积物的比放射性活度与本底调查值一致,人工核素 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{110}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{131}\text{I}$ 等的比活度均小于 $\gamma$ 谱仪方法的探测下限。

d. 海虾、马尾藻、珍珠贝、东风螺等样品中均测出了痕量的人工放射性核素 $^{110m}\text{Ag}$ ,这证明在EIR报告中将 $^{110m}\text{Ag}$ 作为关键核素的正确性。但其比活度远远低于EIR报告中根据国家批准年排放限值推导出的海生物预估的有关核素比活度水平。

1995年度下半年取自大鹏澳水域的海虾、珍珠贝、东风螺等样品经 $\gamma$ 谱分析表明, $^{110m}\text{Ag}$ 的比活度与上半年样品相比有所下降。

## (4) GNPS 正常运行期间非放射性液态污染物排放监测

核电站正常运行期间基本没有或仅有极少量的化学物质从液态途径释放,故有关项目监测采用对电站进出水口每季定期取样送深圳环保局下属实验室分析的方法来实施,监测项目为pH、悬浮物、COD、氨氮和BOD。全年监测结果表明,进出水口水质无显著差异,各项目监测结果均符合国家一级海水标准。

## 2.1.4 物资消耗

### 2.1.4.1 燃耗和核材料衡算管理

#### 1. 大亚湾核电站第二循环燃耗

##### (1) 1号机组第二循环

1号机组第二循环堆芯装入157组燃料组件,它由参加第一循环的105组组件(富集度为1.8%的1组,2.4%的52组,3.1%的52组,见表2.1.4.1-1中第1、2、3区所列)加上富集度为3.2%的新燃料组件52组(如表2.1.4.1-1中第4区所列)组成。1号机组于1995年6月30日临界,7月2日并网,目前堆仍然在运行之中。截至1995年12月31日,共计运行166.83有效满功率天(EFPD),循环长度已达6704.34Mwd/tU,堆芯组件平均累计燃耗为14570Mwd/tU。堆芯中燃料组件数、富集度及相应的燃耗见表2.1.4.1-1。

表 2.1.4.1-1 1号机组第二循环堆芯组件数、富集度及燃耗

富集度 (%)	进料日期 (年/月/日)	装料日期 (年/月/日)	组 件 (组)	所在堆芯 区 域	平均累计燃耗 (Mwd/tU) (截至1995年12月31日)	堆运行 状 态
1.8	1992/11/13	1995/01/25	1	1	16330	第二循 环运行之 中
2.4	1992/11/13	1995/01/25	52	2	20440	
3.1	1992/11/13	1995/01/25	52	3	17352	
3.2	1994/08/13	1995/01/25	52	4	5885	
全堆			157		14570	

##### (2) 2号机组第二循环

2号机组第二循环堆芯装入157组燃料组件,它由参加第一循环的105组组件(富集度为1.8%的1组,2.4%的52组,3.1%的52组,如表2.1.4.1-2中第1、2、3区所列)加上富集度为3.2%的新燃料组件52组(表2.1.4.1-2中第4区所列)组成。2号机组于1995年5月16日临界,5月20日并网,至1995年12月15日停堆,1995年12月26日从堆芯卸料,共计运行204.5有效满功率天。第二循环长度为8198Mwd/tU。堆芯组件平均累计燃耗为17140Mwd/tU。堆芯中燃料组件的数目、富集度及相应的燃耗见表2.1.4.1-2。

表 2.1.4.1-2 2号机组第二循环堆芯组件数、富集度及燃耗

富集度 (%)	进料日期 (年/月/日)	装料日期 (年/月/日)	组 件 (组)	所在堆芯 区 域	平均累计燃耗 (Mwd/tU) (截至1995年12月15日)	堆运行 状 态
1.8	1993/07/08	1995/04/23	1	1	19548	第二循 环运行结 束 1995年 12月15日 停堆
2.4	1993/07/08	1995/04/23	52	2	23588	
3.1	1993/07/08	1995/04/23	52	3	20368	
3.2	1995/02/07	1995/04/23	52	4	7445	
全堆			157		17149	

## 2. 燃耗曲线

1号机组和2号机组第二循环燃耗曲线如图2.1.4.1-1和图2.1.4.1-2所示。

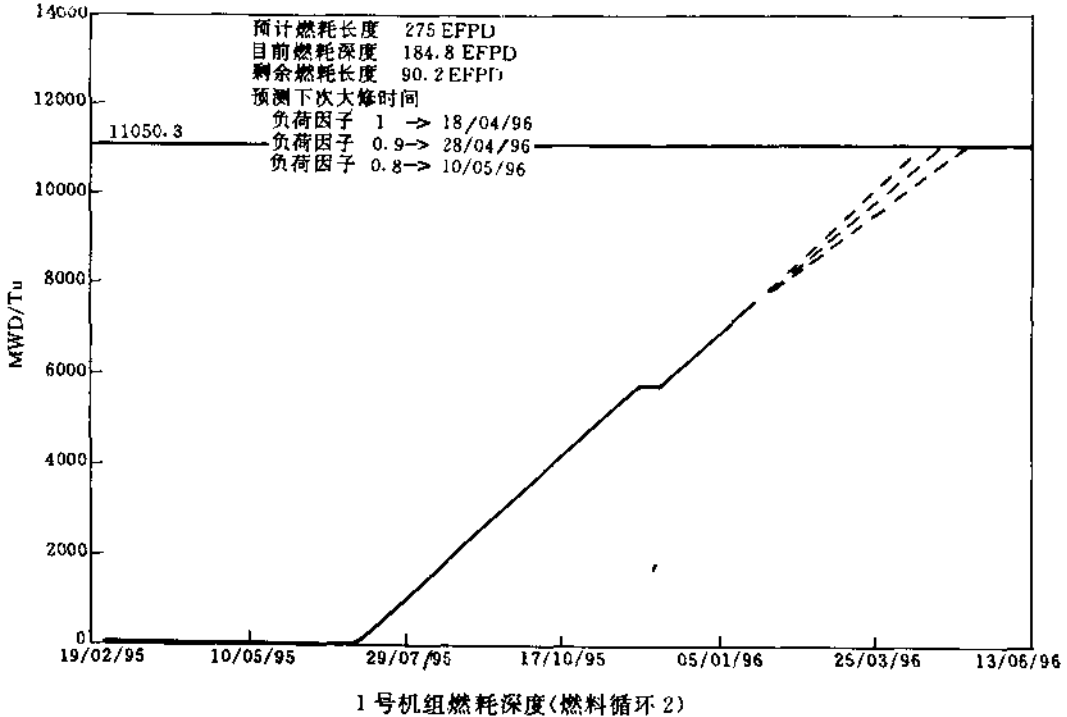


图 2.1.4.1-1 1号机组燃耗深度 (第二燃料循环)

## 3. 核材料衡算管理活动

### (1) 核材料许可证

中华人民共和国核材料管制条例和实施细则规定,核材料许可证逾期自行失效。我公司核材料许可证《能核材证字第01号》有效期三年(1992年7月~1995年7月),于1995年7月到期。1995年4月生产部组织了由技术支持处负责的延长核材料许可证有效期的申请工作。技术支持处和综合管理处分别完成了更改核材料许可证申请报告,并向国家原子能机构核材料管制办公室提交了申请文件。根据我公司提出的申请,5月10日至12日核材料管制办公室组织专家组对申请报告进行了审查和现场核查。按核查意见,技术支持处、综合管理处和维修处分别完成申请报告及支持性文件,并于6月1日正式向核材料管制办公室提交申请报告。核材料管制办公室接受了申请报告并经国家核安全局核准后,认为广东核电合营有限公司具备继续持有核材料许可证的条件,于1995年7月8日换发了我公司的核材料许可证《国核材证字第R01号》,有效期为三年(1995年7月~1998年7月)。这是我国首次换发核材料许可证。

### (2) 核材料接收

1995年广东核电合营有限公司两次接收了由宜宾燃料元件厂发运的燃料组件共计104组。

1995年2月7~9日接收2号机组52组第一次换料组件(第2次循环)。



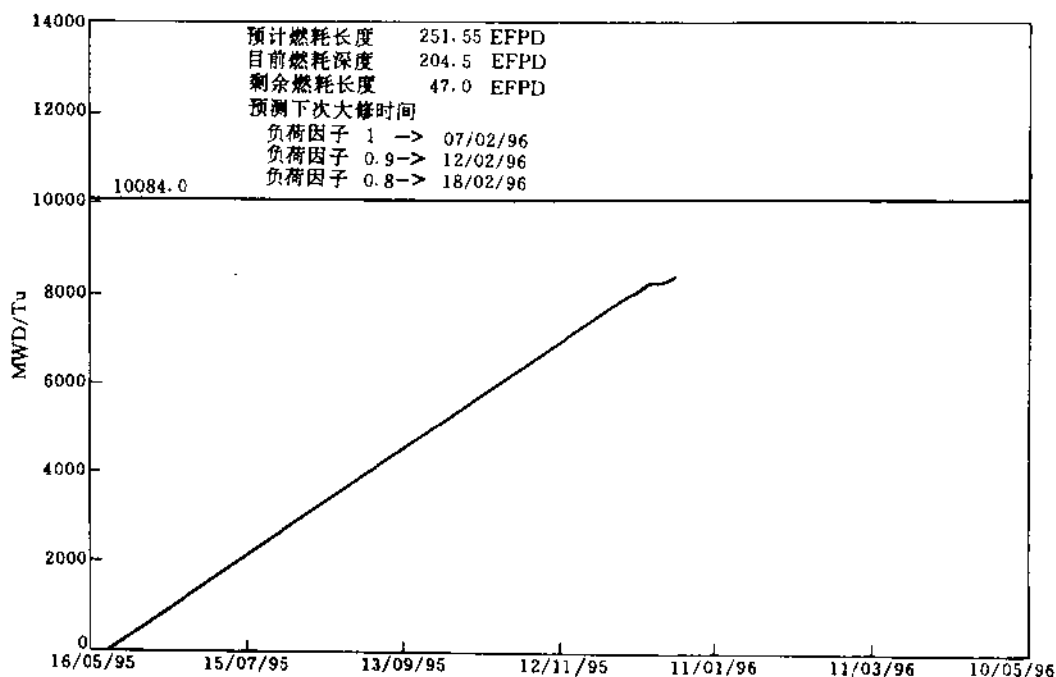


图 2-1.4.1-2 2号机组燃耗深度(第二燃料循环)

1995年9月27~29日接收2号机组52组第二次换料组件(第3次循环)。

### (3) 实物盘存

两台机组都于第二循环装料后进行了实物盘存。1号机组在换料大修及控制棒抢修、控制棒导向管大修过程中共进行了四次实物盘存(1995年1月25~29日、1995年3月21日、1995年4月20和25日、1995年6月13日)。2号机组于1995年4月20、21和27日进行了实物盘存。都没有发现核材料的丢失,也没出现不平衡差,核材料的消耗都用于发电,每堆所有产生的钚都存在于组件之中。

### (4) 核材料衡算数据库规范化和核材料衡算报表

1995年7月国家原子能机构核材料管制办公室在北京召开1995年上半年核材料帐目核对会议,重点由核材料管制办公室与各单位核对1995年上半年核材料帐目,讨论《核材料衡算管理通用软件(HCL)》的使用情况并提出改进意见,安装各单位上报报表软盘文件,完成了国家核材料数据库的安装工作。根据会议要求,我们进行了大亚湾核电站的核材料数据库规范化工作。

大亚湾核电站核材料衡算报表是应用核材料衡算通用软件(HCL)完成的,按规定向核材料管制办公室提交了两台机组的季度和年度报表及上报软盘。

### (5) 衡算管理培训

参加核材料衡算管理的人员接受核电站规定的培训后,由电站经理给予授权方可上岗工作。

1995年8月由国家核安全局举办核材料衡算与管理学习班,技术支持处、综合管理处、维修处和安全执照处派人参加了学习。

## 2.1.4.2 水库淡水储量及除盐水生产

### 1. 水库淡水储量

1995年,作为核电站唯一淡水水源的大坑水库的储水量从1月份的122万 $\text{m}^3$ 下降到6月份最低的36万 $\text{m}^3$ ,平均月供水量约14万 $\text{m}^3$ ,足够的储水量有力地保证了两台机组运行及二核工地的生产用水需求以及现场人员对生活用水的需求。

6月中旬,推迟了一个月的雨季终于到来,水库储水量逐步回升,于8月上旬达到允许的最高水位。在气象部门的大力协助下,根据降雨预报合理地调节水库水位,确保了水库大坝的安全,并保持水库有足够的储水量,实现了在10月份雨季结束时水库储水量保持最大(170万 $\text{m}^3$ )的理想状态,为满足现场全年的用水打下一个良好的基础。

10月份以后,水库储水量开始下降,在强有力的节水措施的配合下,现场淡水的消耗得到有效的控制,储水量的下降速率一直保持在一个正常的可以接受的范围之内,到12月中,水库储水量为141万 $\text{m}^3$ ,较去年同期高出10万 $\text{m}^3$ ,可以满足在1996年雨季到来之前现场对淡水的需求。

水库储水量变化详见图2.1.4.2-1的曲线。

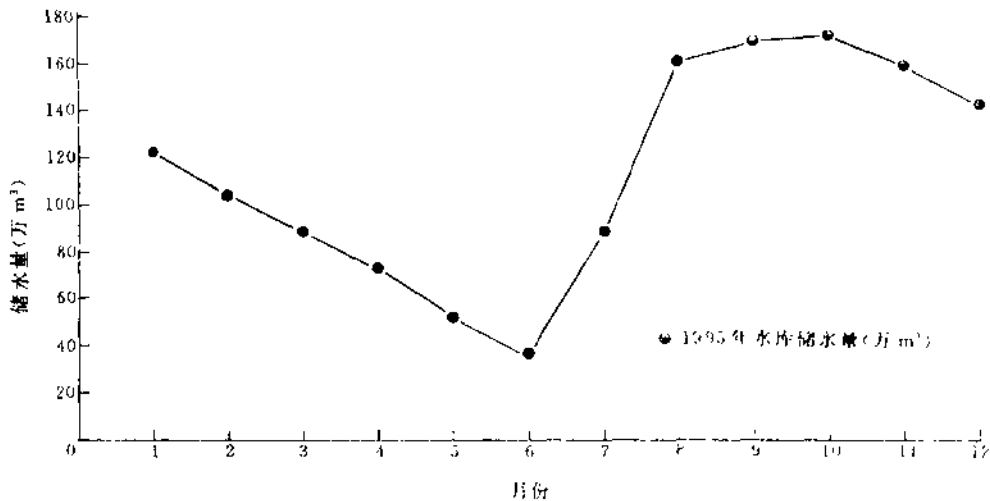


图2.1.4.2-1 1995年度大坑水库储水量统计

1995年度,大坑水库共供水约278万 $\text{m}^3$ ,其中70万 $\text{m}^3$ 用于厂区的生产和生活用水,其余的208万 $\text{m}^3$ 用于二核工地用水及生活区的生活用水。水库供水量详见图2.1.4.2-2的曲线。

### 2. 除盐水生产

1995年,两台机组均处于商业运行之中,用水相对比较稳定,除盐水生产有条不紊地进行着。在这一年里,除盐水生产系统(SDA)共处理生水(水库水)70万 $\text{m}^3$ ,生产除盐水27.3万 $\text{m}^3$ ,分别较1994年度下降17.6%和32.8%,其中加氨调节 $\text{pH}=9$ 的供二次侧的除盐水(SER)25.1万 $\text{m}^3$ (下降32.3%),供核岛的除盐水(SED)2.2万 $\text{m}^3$ (下降37.1%)。此外,还生产了生活用水(SEP)约36万 $\text{m}^3$ ,与1994年度相比基本持平。图2.1.4.2-3详细统计

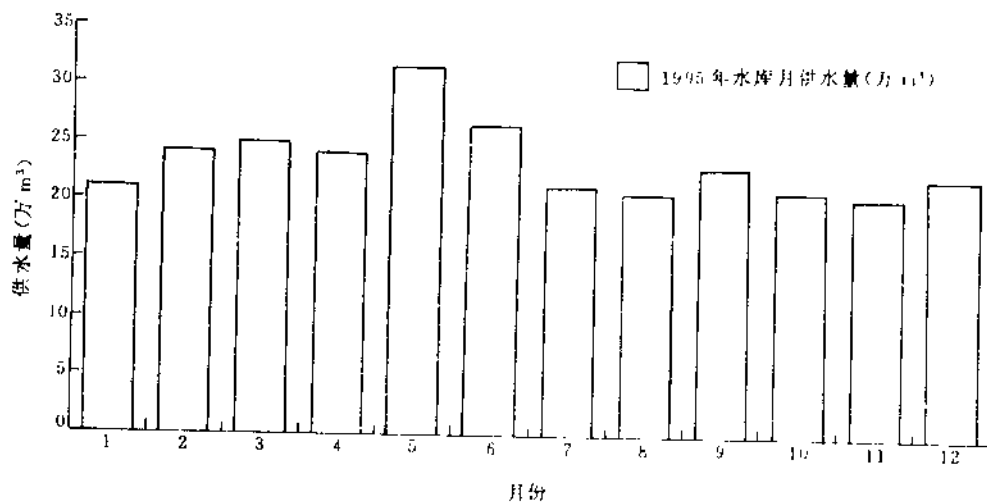


图 2.1.4.2-2 1995 年度大坑水库月供水统计

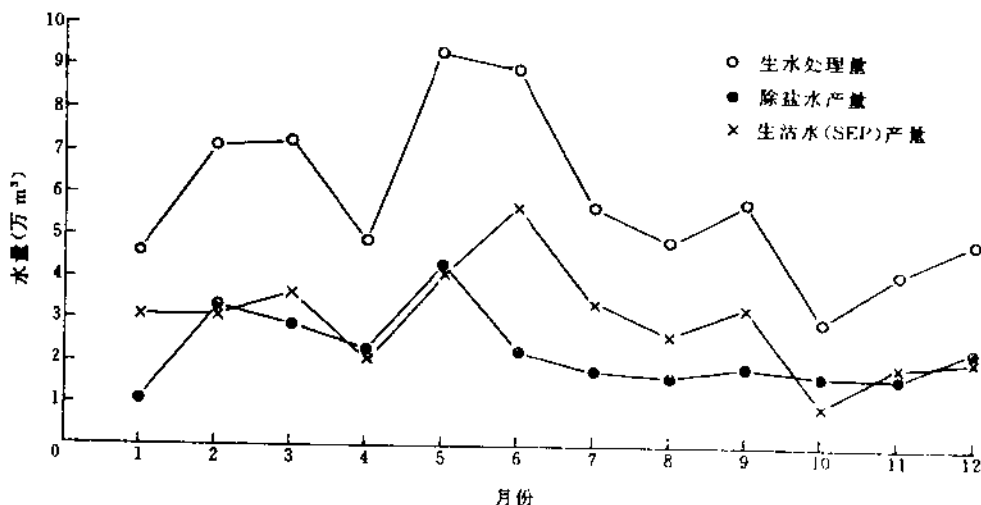


图 2.1.4.2-3 1995 年度除盐水产生产系统 (SDA) 生产水量统计

了除盐水产生产系统每月的生产情况。从图中可以看出：除 2、3 月间及 5 月份 1、2 号机大修后二次侧的冲洗消耗了较多的除盐水产外，其它时间的除盐水产生产量均处于较低的水平，平均每月不到 2 万 m<sup>3</sup>，这也可以说明我厂的两台机组均处于良好的运行状态之中。生活用水方面，因 SA 空调冷却水塔的大量补水，使得本年度夏季的生活用水消耗大增。生水的处理量则是随着除盐水产和生活用水产量的变化而变化。

水质方面，由于系统设备处于一个较为稳定的状态，故出水的水质也一直比较稳定。在

预处理部分, 脉冲澄清池的全年出水合格率超过 99%, 在绝大部分时间内, 澄清池出水浊度小于 0.3NTU, 最低达 0.15NTU; 砂滤池出水浊度达到 0.1NTU, 水质远远高于技术规范要求的小于 0.5NTU 的指标。除盐部分, 良好的再生剂质量以及合适并有效控制的运行条件保证了除盐系列的良好状态和除盐水的水质。更换了新树脂后的除盐床使除盐水的水质得到进一步的提高。

### 2.1.4.3 化学试剂的使用与评价

在大亚湾核电站中使用的大宗化学试剂主要有: 硼酸、氢氧化锂、氨水、联氨、盐酸、烧碱、次氯酸钠、三氯化铁及磷酸三钠。

#### 1. 硼酸

作为可溶性中子吸收剂, 在主回路中为反应堆提供反应性的化学补偿控制, 其浓度随着堆芯剩余反应性的减少而降低。

为了保证一回路水水质, 严格规定了硼酸的技术规范, 其纯度及杂质含量被限制在一个可以接受的范围内。

主回路硼浓度调节时排出的硼酸一般可通过硼回收系统 (TEP) 加以回收复用; 但是, 还是会有一部分硼酸 (硼-10) 将因吸收中子或化学杂质污染或排放废液的携带而损耗。1995 年共消耗硼酸 22.8 t, 较 1994 年的 3.7 t 高出许多, 这主要是由于本年度包含着两台机组的三次大修及 1 号机组的停堆检修。若扣除上述原因的消耗, 估计运行期间的消耗量与 1994 年基本持平。

#### 2. 氢氧化锂

因本身具有的强碱性及与设备、系统的良好相容性, 氢氧化锂被选用为一回路水的 pH 值控制剂。通过往一回路水中添加丰度大于 99.9% 锂-7 的氢氧化锂, 将其 pH 值提高到合适的水平, 以减缓设备在硼酸介质中的腐蚀。

为保持一回路水 pH 值的相对恒定 (300℃ 时, pH=6.9), 必须根据硼酸浓度的变化对应调节锂浓度 (0.5~2.2 mg/kg)。

在反应堆功率运行阶段, 由于硼-10 的 (n,  $\alpha$ ) 反应将产生锂-7, 所以在正常运行期间一般不需要补加氢氧化锂, 只有在反应堆降功率硼化时才随着硼浓度的升高而补加。1995 年度, 消耗氢氧化锂 (LiOH·H<sub>2</sub>O) 50 kg, 较 1994 年高出 18 kg, 但仍属正常消耗。

#### 3. 氨水和联氨

作为二回路给水全挥发处理碱化剂的氨水和用于化学除氧 (同时起缓蚀作用) 的联氨, 通过化学试剂注射系统 (SIR) 注入凝结水中, 以维持给水 (ARE) pH 值在 9.6~9.8 之间, 溶解氧小于 3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  的良好化学工况。

为了保证给水水质, 对氨水和联氨的质量有着严格的要求。目前本厂使用的是化学纯的氨水和优质的工业联氨。

氨水可在汽水回路中不断地循环使用, 但由于机组的汽水损失、凝汽器抽气以及蒸汽发生器排污水净化用除盐树脂的吸收 (氨饱和前), 1995 年全年消耗氨水 (25%~28%) 20.9 t, 较 1994 年 (初期 APG 除盐床未采用铵化运行) 的 29.7 t 下降了 29.6%。

联氨在给水中不断与溶解氧发生反应起除氧的作用, 而剩余的联氨将随着给水温度的升高而分解直至完全消失, 故需要不断地往凝结水中加入一定量的联氨以维持除氧效果。1995 年度共消耗联氨 (35%) 7700 kg, 较 1994 年的 6650 kg 高出 15.8%, 这主要是由于凝汽器除氧效果不佳, 凝结水中含氧较高引起的。

#### 4. 盐酸和烧碱

用于除盐水生产系统 (SDA) 树脂再生及废液中中和的盐酸和烧碱分别是 31% 的食品级盐酸和 50% 离子膜液碱。优质的再生剂为生产高质量的除盐水提供了良好的条件。

在某种确定的再生剂比耗的工况下, 酸碱的消耗量与除盐水的产量成正比。1995 年, 生产除盐水 27.3 万 t, 消耗盐酸 (31%) 100.5 t, 烧碱 (50%) 106 t, 较 1994 年分别下降了 31.8%、34.3%、和 29.8%。

#### 5. 次氯酸钠

次氯酸钠用于除盐水生产系统 (SDA) 杀菌和海水循环冷却系统 (CRF) 消除有机物。

在正常情况下, 循环冷却水是利用制氯站电解海水产生的氯来消除海生物的, 但在制氯站故障或其它需要的情况下, 则直接往循环水中注入次氯酸钠, 防止海生物在设备上滋生, 保证设备的安全运行。

在除盐水生产系统中, 加入次氯酸钠进行杀菌可防止树脂受到有机物的污染, 确保系统的安全可靠; 此外, 还保证了生活用水符合国家的饮用水标准。

1995 年, 本厂共消耗次氯酸钠 (10%) 2000 t (制氯站生产的除外), 其中 99% 用于循环冷却水系统, 较 1994 年的 1370 t 高出 46%。

#### 6. 三氯化铁

净水剂三氯化铁 (GB4482-84) 的良好混凝效果使脉冲澄清池得以正常、可靠地运行, 为生产除盐水和饮用水提供合格的清水。

根据混凝试验的结果和实际运行的可行性, 三氯化铁的加入量一般控制在 30~35 mg/kg。1995 年共消耗 40% 三氯化铁溶液 79.7 t (相当于无水三氯化铁 (粉剂) 31.8 t), 与 1994 年的消耗量基本持平。

#### 7. 磷酸三钠

作为防腐剂在各种密闭循环冷却 (冷冻) 水中广泛使用。加入一定量的磷酸三钠可把循环水的 pH 值提高到 11 以上, 使金属材料得到良好的防腐。

磷酸三钠一般是在因排水、泄漏或受其它杂质污染而更换时才有损耗, 故消耗量比较小。1995 年消耗的磷酸三钠 ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) 为 2.7 t, 较 1994 年下降 25%。

从总的情况来看, 1995 年各种化学试剂的使用基本令人满意, 其质量均能满足技术规范的要求, 消耗量除个别的如硼酸、次氯酸钠较大外, 其余均属正常、合理范围。

### 2.1.4.4 外购电

#### 1. 外购电结构

随着大亚湾核电站附近鹏城地区的经济发展, 鹏城 35 kV 变电站出现过负荷现象。鹏城 35 kV 站电源来自坪山变电站, 为普通农用线路, 供电可靠性较差, 故核电在 1995 年 3 月 14 日将原 1993 年 12 月停运的 20000 kVA 施工用电变压器启用, 向厂内生活区供电。鹏城 335 kV 站 3150 kVA 变压器退出运行。施工用电变压器 “T” 接于 220 kV 水核线上, 带部分厂区 10 kV 负荷。

因此大亚湾核电站外购电由下面两部分购成:

1. 当两台机组均在大修, 或是机组主变高压侧开关因某种原因跳开, 失去外部 400 kV 和 500 kV 主电源时, 由 220 kV 水核线提供厂用电和反应堆安全停堆用电。

2. 部分厂区工作和生活用电, 3 月 14 日前由鹏城 35 kV 站供电, 3 月 14 日后由 220 kV 水核线供电。

这两部分用电仍按涉外高需求用电电价向深圳供电局购买。

## 2. 1995 年外购电量统计

1995 年外购电量统计见表 2.1.4.4-1。

表 2.1.4.4-1 1995 年外购电量统计表

日 期	外 购 电 量 (kWh)	支 付 电 费 (元)	平 均 电 价 (元/kWh)
1995 年 1 月	975,024.00	1,443,426.36	1.480
1995 年 2 月	583,720.00	820,479.39	1.406
1995 年 3 月	910,130.00	1,278,121.16	1.404
1995 年 4 月	1,082,400.00	3,024,748.00	2.794
1995 年 5 月	897,600.00	2,395,276.00	2.669
1995 年 6 月	897,600.00	2,395,276.00	2.669
1995 年 7 月	924,000.00	1,437,360.00	1.556
1995 年 8 月	994,192.00	1,499,830.88	1.509
1995 年 9 月	1,159,890.00	1,647,302.10	1.420
1995 年 10 月	894,773.00	1,460,767.03	1.633
1995 年 11 月	961,052.00	1,470,336.28	1.530
1995 年 12 月	1,452,000.00	1,907,280.00	1.314

## 2.1.5 工程及电站改造项目

### 2.1.5.1 电站改造项目的管理

#### 1. 电站改造所应遵循的规程

1994 年 11 月 23 日正式批准的电站改造工作规程为：

- AD/ENG/800 Rev.2 改造过程政策
- IP/ENG/810 Rev.1 改造申请与初步设计审查
- IP/ENG/820 Rev.1 改造详细设计实施
- IP/ENG/830 Rev.1 改造项目鉴定与完工
- IP/ENG/850 Rev.0 核安全评估
- IP/ENG/860 Rev.0 设计检验
- IP/ENG/870 Rev.0 图纸更新规程

通过一年的实践，特别是 1 号、2 号机组首次换料大修期间实施了大量的完工改造项目（其中 1 号机组共计 204 项，2 号机组共计 177 项），证明上述程序是有效的，对加强改造项目

管理、保证电站安全运行发挥了重要作用。根据各方面的经验反馈，特别是质保检查，仍发现有不足之处，为此对改造项目的有关程序进行修改升版与补充。

1995年11月17日正式批准的程序状况如下：

AD/ENG/800 Rev. 3  
 IP/ENG/810 Rev. 2  
 IP/ENG/820 Rev. 2  
 IP/ENG/830 Rev. 2  
 IP/ENG/840 Rev. 0 工程变更通知  
 IP/ENG/850 Rev. 1  
 IP/ENG/860 Rev. 1  
 IP/ENG/870 Rev. 1  
 IP/ENG/880 Rev. 1 改造项目的鉴定试验报告处理过程  
 IP/ENG/890 Rev. 1 大修中紧急设计变更申请  
 PO/ENG/001 Rev. 1 与核二院技术接口程序

为了更好地贯彻新版电站改造程序，已对有关人员重新进行了培训。

## 2. 电站改造项目统计分析

截止1995年12月20日电站改造项目的现状统计见表2.1.5.1-1。

表 2.1.5.1-1 电站改造项目现状统计表 (至1995.12.20)

有 关 处	所提 MR 数*	已完成项目数	已撤销项目数	正在进行项目数
OCS	1	0	0	1
OPA	10	3	2	5
OPD	1	0	0	1
OPH	34	3	19	12
OPM	114	32	43	39
OPO	86	24	24	38
OPT	57	11	7	39
OTS	65	20	4	41
OSL	2	1	0	1
总 计	370	94**	99	177

\* MR——改造申请。

\*\* 完成项目指现场已实施并经试验鉴定合格的项目，但绝大部分尚未正式关闭，因检查更新相关两类文件（运行直接相关文件和运行直接相关事件）需要投入相当的人力才能完成。

## 3. 主要改造项目描述

### (1) 核岛部分

#### a. RCP 超声波水位测量装置 (MR-OTS-93-001)

在电站停堆换料期间，因主蒸汽发生器一次侧水室堵板装拆工作的需要，RCP 回路水位应降至低水位运行，此时水位的控制极为重要。水位过低可能导致 RRA 泵汽蚀丧失堆芯冷却的危险，原有设计的水位显示与报警不足以保证核安全的要求，所以国家核安全局在大亚湾电站首次装料批准书中要求第一次换料大修时改进水位监测。

为此在首次换料大修期间在 1 号、2 号机组上各增设一套独立的主管道中间水位超声波监测装置, 测量范围: 8.55~9.288 m; 装置组成: 二套超声波测量通道 (2 个探头分别装在 1 环路及 3 环路的热管段), 信号处理柜, 主控室 P09 柜上新增记录仪, 高、低水位声、光报警。

通过调试试用, 该装置能满足使用要求; 并被国家核安全部批准。

#### b. 蒸汽发生器一次侧挡板泄漏探测器 (MR-OPC-94-029)

蒸汽发生器检修时 (例如堵管、探伤操作等), 为了防止一次侧挡板发生泄漏时危及检修人员, 根据国外核电运行经验反馈, 设计安装一套泄漏探测装置, 大修时一旦发生蒸汽发生器水室挡板处泄漏, 能给主控室发出报警信号, 以便及时采取措施保护维修人员。该项目已于首次换料大修期间在 1 号及 2 号机组上实施。试验鉴定表明符合设计要求。

#### c. RPE/TEG 废气排放分隔 (MR-OTS-94-012)

停堆期间一次冷却系统需要排气以降低放射性水平, 但此时另一机组仍处于正常运行状态, 这样在共用的废气排放管线中存在氢氧混合爆炸的危险。为消除这种危险, 在 RPE 及 DVW 系统间安装新的含氢废气排放管线, 并在 RPE 系统的最低点处安装 3 套凝结水排放阻气器。在 1 号、2 号机组首次大修期间已实施此项改进, 这样就大大降低了氢氧混合爆炸的危险。

#### d. 冷停堆前扫气用供气管线 (MR-OTS-94-011)

当堆压力容器在维修及换料停堆期间开盖时, 为减少放射性逸出对操作人员的影响, 对 RCV 002BA、RCP 002BA 和 RPE 001BA 增设压缩空气管线, 以便在中间单相热停堆向冷停堆转换时向 RCV 002BA、RCP 002BA 及 RPE 001BA 容器内注入 SAR 的压缩空气进行扫气, 这样可减小比活性的峰值。

1 号、2 号机组首次换料大修期间已实施此项改进。

#### e. 堆芯物理试验端接装置 (MR-OPT-94-001)

为了便于换料后再启动或定期进行堆芯物理试验, 在主控室 P09 盘加设一端接盘, 并在 RPN、KRG 和 RGL 电气柜内加设 11 个隔离模块, 以收集堆芯物理试验所需的模拟信号, 试验时用移动式记录仪记录所收集的信号。

1 号、2 号机组首次换料大修期间已实施此项改进, 并经鉴定试验证实所加装置完全可以满足试验要求, 并对正常安全可靠运行没有任何影响。

### (2) 常规岛及 BOP 部分

#### a. 冷凝器改造 (CIN-532, 属工程遗留项目)

由于 GECA 原设计上的缺陷, 机组投运后多次出现冷凝器钛管破损事故导致停机。经过国内外专家评定, 原设计中的排汽疏水扩容器结构不合理, 参考法国标准 900MW 电站设计, 对 1 号及 2 号机组的冷凝器进行重大改造: 增加 6 个中间扩容箱, 切断并重新布置管道 67 根, 移动阀门 91 个, 新增阀门 2 个, 大小焊口 840 处, 新增阀门操作平台 4 处, 新增中间接线盒及修改电缆架多处。整个工程在第一次换料大修期间突击完成, 投运后效果良好, 避免了钛管破损事件的频繁出现, 对保证机组安全运行具有重大作用。

#### b. CVI001/002VA 手动真空隔离阀改自动电动阀 (MR-OPC-95-001)

CRF 循环水泵跳泵时, 相应的手动真空隔离阀 CVI 001/002 VA 不能立即关闭使冷凝器真空急剧下降, 容易造成停机事故。

在 1 号及 2 号机组首次换料大修期间将 CVI 001/002 VA 由手动阀改成电动阀, 并与



CRF 循环水泵建立相应的连锁,以保证停泵时自动关闭 CVI 001/002 VA,这样可以防止冷凝器真空的急剧下降而引发停机事故。

### C. GPA 加装过周保护 (MR-OTS-94-002)

当两台机组运行时,如果 500 kV 输电线或 400 kV/500 kV 深圳变电站联变中有一路检修而另一路又发生故障,则中电与广电解网,使核电 1800MW 功率全部注入中电系统,引起电周波急剧上升。为保证电网安全,核电联网管理委员会决定在 GNPS 的两台机组上各装设一套过周保护装置,要求整定值为 51 Hz,延迟 0.25 秒。在首次换料大修时在两台机组上已实施该项改进,通过鉴定试验满足电网要求。

#### 2.1.5.2 工程遗留项目

核电站建造完成并投入商业运行之后,仍然有许多技术问题没有解决。这些问题可分为两类:第一类是建造调试期间暴露的设计缺陷、设备缺陷和安装缺陷;第二类为商业运行第一年、供货合同保证期内发现的问题。通常,前一类问题被称为工程遗留项目。在 1995 年内,针对工程遗留项目实施完成的设计修改、现场安装修改及修理的项目数量统计如表 2.1.5.2-1 所示。

表 2.1.5.2-1 1995 年完成的工程遗留项目数量统计

	核岛机械	核岛电控	常规岛机械	常规岛电控	BOP	小 计
1 号机组首次换料期间实施的项目	42	34	25	42	6	149
2 号机组首次换料期间实施的项目	31	40	25	26	0	122
运行状态下实施的项目	15	15	1	3	0	34
总计 (305) 项	88	89	51	71	6	305

上述已经实施完成的项目全部经过设计、供货单位和核电站双方的严格审查。其中许多项目涉及核安全系统,例如 PTR 燃料组件吸漏试验 (Sipping Test) 回路的设计修改,ASG 节流孔板修改等。这些项目不仅工作量较大,涉及设计、安装、试验、运行,而且必须报经国家核安全局批准。这些项目的修改完成,提高了核电站运行的安全性和可靠性。

截至 1995 年底还没有解决的工程遗留项目尚有 20 余项,这是由于供货不及时、执行修改的时机不成熟(如不具备隔离条件)、设计未完成等多种因素造成的。这些问题将遵循电站改造管理程序的要求全部转成电站改造项目处理。

#### 2.1.5.3 不符合项管理

##### 1. 不符合项管理规程发展现状

为了及时发现和处理在电站运行和维修过程中出现的不符合项,深入分析原因和经验反馈,以防止类似不符合项的重复出现,大亚湾核电站制订了一系列必要的管理和执行规程。在 1993 至 1994 年之间,我们陆续出版生效了以下程序:

- 不符合项管理程序 AD/OPS/127
- 不符合项执行程序 IP/OPS/222
- 涉及保证期不符合项的处理 IP/OPS/224
- 现场承包商维修工作中的不符合项处理 IP/OPS/227
- 核岛备件制造过程中的不符合项和偏差项处理 TS/OPS/020

这些程序的颁布和实施,使电站从投产一开始对不符合项的发现和控制在有章可循,有法可依。以这些程序为基础,我们建立了比较完善的计算机软件管理跟踪系统,使这项工作更加标准化和系统化,可以方便地进行各种查询,分析各类技术信息,打印各式报表、清单和技术统计数据等。总的来说,由于我们采取了这些程序中规定的一系列措施,比较圆满地完成了这段时期机组中出现的不符合项的处理,对电站安全稳定运行发挥了重要的作用。

通过两年多来的实践和不断总结经验,我们亦发现这些管理和执行程序中也存在一些问题,还有不够完善和值得改进的地方。为此在1995年间我们组织对这些程序、尤其是与现场活动紧密相关的程序,进行了反复多次的讨论,几经修改,1995年12月出版了新程序《不符合项的报告及处理》(IP/DEF/020)。该程序与过去的程序相比,主要有以下特点:

- (1) 新程序将过去的不符合项管理程序(AD/OPS/127)和执行程序(IP/OPS/222)合并为一,使管理和执行之间从程序上衔接更加紧密连贯和协调,避免脱节现象。
- (2) 从责任上进一步明确了技术支持处与执行处(主要是维修处)之间的关系和分工。
- (3) 新程序中对在什么情况下应当发出不符合项报告、不符合项的定义、不符合项报告在描述中应当提供哪些必要的信息和情况、解决方案中应包括哪些内容等都提出了详细具体的要求,使该程序具有更强的实用性和可操作性。
- (4) 新程序中增加了电站运行影响评价的内容。该内容要求在不符合项报告被接受生效后,首先要送交安全技术顾问(质量安全相关级)或运行工程师(质量相关级)进行电站运行影响评价。
- (5) 新程序中还增加了对质量安全相关级的不符合项必须经过质保审查的规定。
- (6) 新程序中对不符合项如何最终关闭作了明确规定。
- (7) 新程序中还对不符合项的更版方法作了规定。
- (8) 新程序中明确规定对发现的不符合项无论是继续安装在现场,还是被更换下来转入车间修理,或是通过仓库运往原供货商返修,都必须进行标识、隔离和跟踪,以防止该不符合规定要求的物项被误用或误装。

## 2. 不符合项分类统计分析

截至1995年底,不符合项总的分类统计情况见表2.1.5.3-1、表2.1.5.3-2及图2.1.5.3-1。从这些图表中可以看出,不符合项报告总共已发出807项。其中质量安全相关的不符合项248项,占总数的31%;质量相关的不符合项433项,占总数的54%,这两项合起来占总数的85%。也就是说绝大多数缺陷和故障发生在影响到电站核安全和可用率的系统和设备上。从目前的处理结果来看,有705项已经完全解决(关闭);34项已采取临时技术处理措施,并通过一些附加限制条件或加强监督检查以维持其运行功能(有条件释放);68项仍然未解决(开口状态),占总数的8%。

在保证期内通过保证期渠道由承包商解决的各种技术问题共计594项,其中424项已解决,其余问题考虑到核岛2台机组和常规岛1号机组设备保证期已结束,将分别转入核岛和常规岛的FAC最终验收证书保留项继续跟踪解决。从统计表中还可以看出,1995年度不符合项比前2年明显减小。

## 3. 不符合项处理情况

### (1) 1995年期间不符合项处理情况

在1995年期间共发出不符合项报告145项。其中72项已解决,28项已采取临时措施,45项尚未解决。按处理方案分类情况为:

表 2.1.5.3-1 不符合项 (NCR) 统计报告 (从 1993.1.1 至 1995.12.31)

要求履行招保项目状态

	CL	424
	OP	170
	总计	594
按发出部门分类统计		
	OPH	4
	OPM/ME	84
	OPM/MI	404
	OPM/MM	28
	OPM/MS	4
	OPM/MTR	156
	OPM/MTS	60
	OPO	27
	OPT	7
	OTS/ES	14
	OTS/MCS	9
	OTS/RCS	8
	RINPO	2
	总计	807
按质量级别分类统计		
	NQR	126
	QR	433
	QSR	248
	总计	807
按状态分类统计		
NQR	CL	119
	OP	7
	小计	126
QR	CL	387
	CR	14
	OP	32
QSR	小计	433
	CL	199
	CR	20
	OP	29
	小计	248

注: CL: 关闭; CR: 有条件释放; OP: 未关闭。

表 2.1.5.3-2 不符合项 (NCR) 年度统计表 (逐月出版的 NCR 数目)

月 份	1993	1994	1995
1	1	65	57
2		46	11
3		25	14

续表

月 份	1993	1994	1995
4	5	24	24
5	4	38	7
6	9	19	2
7	24	39	12
8	61	28	3
9	52	23	4
10	47	12	3
11	48	29	2
12	25	38	6

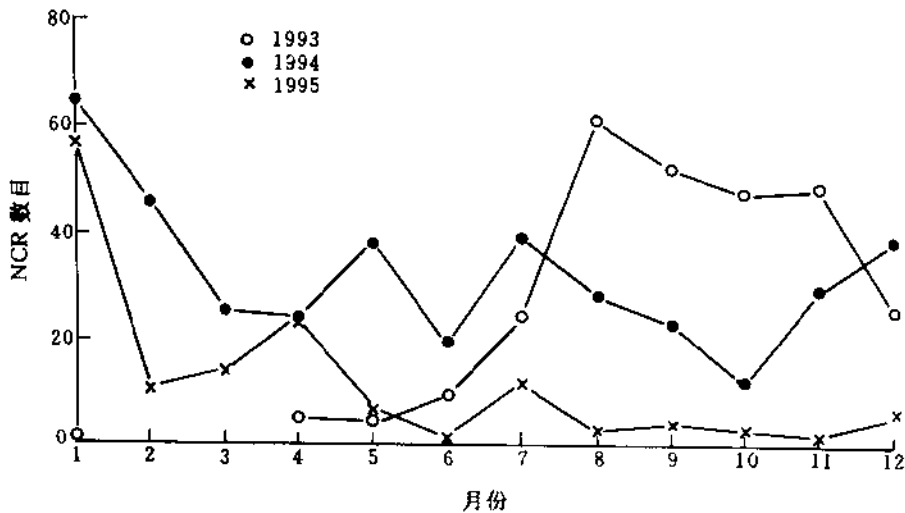


图 2.1.5.3-1 月份不符合项 (NCR) 年度统计图

a. 通过改进解决的不符合项 30 项, 举例如下:

(a) 发电机励磁机转子测量滑环表面严重磨损 (NCR 2950093)

在 2 号机运行和大修期间, 发现发电机励磁机测量滑环表面有磨损, 环形磨损槽深约 0.6~0.8mm, 检查所使用的碳刷型号正确。GECA 认为磨损是由于大轴振动使得碳刷与滑环接触不良, 产生电火花腐蚀。第一次大修时因时间关系, 仅对滑环表面进行了机加工, 重新安装上去。结果在第二次大修时发现滑环表面磨损现象更加严重, 达到 2~3mm。为此 GECA 提出了一个改进方案, 将原来的单碳刷改为并联的

双碳刷安装在每个正负极滑环上,以使碳刷与滑环保持良好接触,防止电火花的产生。该改造方案能否解决问题还要通过运行考验。

(b) 1号汽轮机高压缸转子第5级叶片顶部铆头腐蚀 (NCR 1950011)

1994年12月在1号机高压缸1GPV001KO解体检查时(后在2号机大修时也发现同样问题),发现HP前流向第5级叶片叶顶铆钉头发生水蚀。与GECA研究讨论后,GECA认为未被冲蚀的铆钉头区域尚足以保证叶片围带不被抛出,因此不必对叶片本身采取补救措施。但为了改善该级区域的排水状况,第一次大修中在隔板套上实施了一些改进,在双流4.5级的隔板套上各钻了8个直径为0.25英寸的小孔;另外在第5级叶顶部汽封齿上锯槽,并扳开一个20°角度。这些措施都是用于改善该区域的排水状况,减少水的存积导致汽机在高速运转中造成铆头水冲刷现象。改造是否成功尚需在今后的大修中检查验证。

(c) 1RX厂房20m平台轨道梁支承混凝土结构严重裂纹 (NCR 1950074)

1号核岛抢修期间,在上述支承梁结构上发现严重裂纹,通过分析认为产生裂纹的原因是由于支承梁中的钢结构设计不合理和吊装过程不能保持平衡所致。改进方案为在支承梁钢结构中增加支承杆和拉筋,以增强结构的强度和稳定性;另外改短上部定位框板,加大定位槽尺寸,使吊装就位更加方便,避免在起吊过程中丁字轨道梁对支承结构产生大的附加作用力。

(d) SDA管线严重腐蚀 (NCR 0950118)

该腐蚀现象发生在碳钢管道内部,其情况非常严重,有些地方已几乎将管子堵塞,造成循环水泵站内许多转动设备有丧失冷却水和密封水的危险。为了从根本上解决该问题,拟将这些碳钢管道全部更换为不锈钢管,增强其耐腐蚀性能。该改造项目正在实施当中。

(e) 汽轮机低压缸第3级叶片连接带裂纹事故 (NCR 2950113)

在2号机大修进行NDT检查中发现2号低压第3级叶片围带连接带两处裂纹,且均发生在两组之间搭接附近的铆孔边缘。分析认为产生裂纹的原因是由于材料承受高循环疲劳应力所致。而由于制造装配工艺问题,产生的铆孔局部挤压附加应力加速了裂纹扩展过程。GEC认为高循环疲劳应为汽机本底振动所引起,与轮系共振无关。主要原因是原连接带的强度不够。这个问题属主机设备上的重大问题,如不及时处理,可能发生连接带断裂,接着可能发生叶片或叶根断裂事故,其后果将不堪设想。在岳阳电厂已发生过这类严重事故。为了解决这个问题,GECA曾提出四种处理方案:A、不需处理;B、用新的加宽的连接带更换有裂纹的连接带;C、更换该级所有叶片连接带;D、更换全部三个低压缸该级连接带;根据当时电站的形势和发电计划,JVC选择了方案B,并将在第2次大修中实施。尽管如此,我们认为这仅仅是一个临时技术措施,GECA仍负有责任提出根本性的解决方案。

b. 通过现场维修解决的不符合项58项,举例如下:

(a) 2号发电机转子接地故障 (NCR 2950136)

该故障是在正常运行过程中通过信号2GEX002AA出现而发现的。当时采取了用风扇吹扫、加强监督继续运行的临时处理方案;随之着手准备大修时用于查找故障点的实施文件。在第2次大修中,通过重点对励磁机滑环区域进行检查、分区清洁、逐步测量励磁回路对地绝缘电阻的方法,找到了主要故障点,即负径向导电螺栓出口

处塑料绝缘螺母外表面被碳粉沾污所致。通过清洁问题已经初步得到解决。

- (b) 2RX + 4.60 m 反应堆顶盖存放间里生物屏蔽体相对于反应堆支座偏移 (NCR 2950114)

通过测量,上述偏差量某些地方达到 40 mm,影响到反应堆顶盖密封槽清洗机的正常运动,以致于无法使用。处理方案为将屏蔽体地脚螺丝拆下来,按计算要求移动屏蔽体位置,顶盖就位后调整清洗小车轨道,并用清洗小车进行试运,如无阻碍作好标记,在新的位置上重新固定屏蔽体。该处理方案将在第 2 次大修中实施。

- (c) ICEX102CS 凝汽器水室保护涂层脱落。(NCR 1950046)

凝汽器水室保护涂层脱落不仅会引起水室内表面的锈蚀,减少凝汽器的寿命,同时还影响二回路的水质和蒸汽发生器的寿命。为了解决该问题,GECA 提出采用增强型薄玻璃树脂涂层用于碳钢结构的凝汽器水室,并提供了修复程序。程序中给出了将采用的涂层材料、实施现场应具备的环境条件、修复的具体步骤以及最终的检查方法。该方案也将在第二次大修中实施。

- (d) 2PMC 辅助吊车 5 t 卷扬筒轴承部位筒体严重磨损 (NCR 2950152)。

在 2 号机第二次大修中发现上述吊车卷筒的电机端轴承内套严重磨损达 4 mm,轴承滚柱大量损坏。造成损坏的原因为轴承部位长期得不到润滑,滚柱与筒体间干摩擦所致。解决该问题的方案为修整筒体损坏部位,加工一圆形不锈钢套筒热套到上面,焊接固定,并按原设计要求尺寸进行机械加工。另外在外壳上钻一注油孔,以便定期注油润滑防止再次损坏。

- (e) GCT 系统排汽消音器吸音隔板严重变形 (NCR 2950103)

对于产生损坏的原因,JVC 与 FRA 之间仍然存在分歧。FRA 认为是因为消音器吸音间有外来的木块,造成排汽通道不畅,气流扰动的变化而引起吸音隔板的变形损坏。而 JVC 则认为属吸音材料选择不当膨胀率问题,或者用于固定吸音材料的外箍与槽钢间的焊接不牢所致。目前已委托在国内制造厂加工制作一套相同的吸音隔板组件,在大修时重新安装上去。但与 FRA 之间的交涉仍在进行当中。

- c. 通过利用备件备件进行更换解决的不符合项 19 项。  
d. 现场已采取临时技术措施(如 TCA、有限制条件的照常使用等)解决的不符合项 6 项。  
e. 要求返回制造厂进行修理或要求其重新供货的不符合项 18 项。  
f. 文件修改(包括设计文件、运行和维修程序等)的不符合项 8 项。  
g. 尚无处理方案的不符合项 6 项。

## (2) 大修不符合项状态跟踪

大修中需要处理的不符合项包括两部分:一部分是大修以前发生的,要求在大修中解决的不符合项;另一部分是大修中发现的需及时处理的不符合项。

大修中由承包商发出的不符合项报告及提出的处理意见需经 GNPS 审查批准后由承包商付诸实施。

在大修进程中机组几个重要里程碑(如装料、离开冷停堆、达临界、并网等)达到之前,要向经理部和核安全局报告相关 NCR 的状态情况,以确定机组的状态是否继续向更高的台阶推进。

1995 年度中先后完成了 1 号、2 号机组的首次换料大修。在 1 号机组大修中处理的不符合项共计 81 项,其中电气 6 项,仪表 16 项,机械 37 项,工程遗留项目 22 项(工程遗留项

目单独列出,由技术支持处改造科负责跟踪处理)。最后执行结果76项已解决,5项采取了临时技术措施。2号机组大修中处理的不符合项共计88项,其中电气16项,仪表23项,机械39项,工程遗留项目10项。其中有24项是在大修中发生的不符合项。大修结束时有74项问题被解决,8项已采取临时技术措施,6项尚未拿出处理方案。

### (3) 涉及保证期的不符合项处理

在设备保证期内发生的不符合项,如属承包商责任造成的缺陷和故障,应由承包商拿出处理方案并负责解决。技术支持处工程科技术管理组是该项工作对承包商的技术接口单位。在1995年内,我们通过保证期渠道向承包商发出要求履行担保单CUW(对FRA)和UES(对GECA)194项。这其中有64项需送返原制造厂家修理或要求其重新供货,97项属现场改进或维修,35项属文件修改和其它问题。到目前为止,有88项已解决,其余仍在解决过程之中。

根据合同有关规定,保证期的结束时间分别为:1号核岛至1995年7月22日结束,2号核岛至1995年6月10日结束,1号常规岛至1995年11月7日结束,2号常规岛至1996年5月7日结束。在保证期结束之后,承包商将不再接受通过保证期渠道要求其解决的技术问题或设备返修。对保证期内确认属承包商责任范围至今尚未解决的小缺陷(该缺陷应是较小且不影响机组安全可靠运行,可在短期内解决的问题),将作为机组最终验收证书FAC的保留项提出,要求承包商继续跟踪解决。

核岛FAC保留项谈判工作已于1995年10月26日结束,保留项共计103项。谈判结果为21项已关闭;76项尚未关闭,但FRA已作出承诺,将进一步采取行动解决。另外还有6项涉及重大问题,双方未能达成共识,按合同要求,在这些重大问题未圆满解决之前不能签发FAC。

常规岛1号机组FAC保留项谈判也已于1995年12月28日结束,保留项共计71项。有关文件正在整理审签过程中。其中也有6项涉及重大问题尚未找到根本解决方案或已实施方案的有效性尚未得到最终验证。这些问题也将影响到常规岛FAC的签发,并将在1996年2月份举行的JVC/GECA间高层经理会议上作进一步讨论。

## 2.1.5.4 在役检查

### 1. 核岛在役检查

在执行1号机组在役检查的经验基础上实施了2号机组的首次在役检查,由于维修组织和计划的安排,2号机组第一次在役检查只安排了部分检查项目,把完全的在役检查放到2号机组的第二次换料期间进行。

2号机组核岛首次在役检查包括:

- (1) 蒸汽发生器传热管(662根)
- (2) 堆芯通量测量导管焊缝(RIC)
- (3) 控制棒驱动机构的贯穿导管焊缝(CRDM)
- (4) 九个主回路的阀门(RCP)
- (5) 蒸汽发生器二次侧机构的目视检查
- (6) 二类阀门检查
- (7) 辅助安全系统的支承检查
- (8) 热交换器和有关贮箱和罐的检查

### 2. 常规岛在役检查

2号机组常规岛的在役检查内容如下：

- (1) 汽轮机蒸汽和疏水系统 (GPV) 检查 1 只低压缸
- (2) 汽轮机调节系统 (GRE), 检查 1 只高压调节汽门、2 只低压调节汽门
- (3) 汽轮机保护系统 (GSE), 检查 1 只高压主汽门、2 只低压汽门
- (4) 汽动主给水泵系统 (APP), 检查 1 台汽轮机
- (5) 发电机励磁机和电压调节系统 (GEX), 检查发电机转子
- (6) 低压加热器 (ABP)
- (7) 给水加热器 (ACO)
- (8) 汽水除氧器
- (9) 高压给水加热器 (AHP)
- (10) 给水泵汽轮机疏水接收罐 (APU)
- (11) 凝结水抽取系统 (CEX), 包括 20% 的钛传热管检查
- (12) 给水分离再热器 (GGS), 汽水分离再热器 1 台
- (13) 仪表用压缩空气缓冲罐 (SAR)
- (14) 公用压缩空气分配缓冲罐 (SAT)
- (15) 蒸汽转换器 (STR)
- (16) 主蒸汽 VVP 疏水、排污和蒸汽联箱等

### 3. 核岛检查结果

核岛在役检查的结果：除在 1 号和 2 号蒸汽发生器二次侧发现异物之外，其它部件检查的结果均在可接受的标准之内，没有发现新的缺陷。对原有缺陷的复查，没有发现缺陷有扩展的现象。由于 1、2 号蒸汽发生器二次侧发现了异物，为了检查异物对传热管的影响，在 1 号蒸汽发生器传热管检查中，增加检查了和异物接触及其周围传热管共 12 根，2 号蒸汽发生器增加检查了 20 根传热管。所检查的蒸汽发生器传热管均处于满意的状态。

### 4. 常规岛在役检查的结果

相对核岛的在役检查而言，常规岛在役检查发现的缺陷要比核岛多些，但均作了处理。冷凝器钛管的检查，总共 8172 根，只有 4 根进行了堵管；汽轮机低压缸检查发现前后第三级叶片围带下垫片各有一处出现裂纹，其后更换了此二个垫片及相连的 8 个叶片。

#### 2.1.5.5 工程文件更新

大亚湾核电站技术文件是经过工程阶段移交过来的。经过各方面的努力和生产实践的检验，证明这些技术文件从内容规划上已基本满足电站生产活动的需要，但要使这些技术文件能更好地服务于电站，还需从以下几个方面加以改进。

1. 图纸文件的准确性，由于有部分现场变更项目未能反映于图纸文件之中，加上制作过程中造成的内部不一致性，使目前的图纸文件不能完全反映现场实际。
2. 文件唯一性，同一文件内容反映于不同的文件，给文件的使用与更新造成困难，也将影响文件的准确性。
3. 文件检索方式有待改进，以利提高工作效率。
4. 图纸文件的系统性、联系性薄弱，不能满足核电站技术活动所必需的快速反应要求。
5. 少量图纸、文件未能由承包商及时向 JVC 移交，影响了大亚湾技术文件的完整性。

1995 年度我们对以上诸问题进行了初步的调查，并根据已有的人力，对第一次换料大修期间所执行的部分遗留项和全部改进项所涉及的文件进行了较全面的更新，使现场文件更新



活动逐步走上了较正规的轨道。进一步改进了文件管理系统,使电站改进活动的文件更新向系统性、规范化方向迈了一大步,从而为逐步完善电站生产活动所引起的技术文件更新活动打下了良好的基础。但是上述几方面问题尚需要投入大量的人力、花费较长的时间才有可能全面解决,目前已提出有关改进建议,将由领导决策实施。

### 2.1.5.6 新增工程项目

#### 1. 厂区入口改造

厂区入口改造项目1995年1月14日正式提出,目的是完善KKK控制系统的运行,加强主厂区车辆、人员交通管理,并对原有的厂前区进行扩建。整个工程由停车场、候车走廊、通行站、车队休息室、车库、新建厂区入口磁卡通行站、公用厕所、高杆灯及相应的绿化带组成。

该项目由深圳市园林设计装饰工程公司设计,华兴建筑公司现场施工。1995年5月完成设计,1995年7月开工,1995年12月15日建成投入使用。

工程施工阶段由于大量的设计变更、施工条件、台风雨季等因素的影响,工程竣工交付使用日期有所延误,但通过各方验收检查表明,工程质量达到设计要求。

#### 2. 排水渠消泡工程

大亚湾核电站常规岛冷凝器采用海水一次循环水(CRF)冷却,海水经过冷凝器吸收热量后由排水渠排回大海。由于排出的海水中含有大量表面活性物质(海生物残体),当从标高+4 m处溢流跌落至渠底时,高速水流夹带大量空气产生剧烈翻腾搅拌形成大量泡沫浮于海水表面。估计电站正常运行时每天约有9.2万 $m^3$ 泡沫排入海口,虽经化验证明无毒无害,但有碍观瞻,影响核电站的形象。为了消除排水渠中大量泡沫,曾联系国内外10多家单位,广泛征求消泡工程技术方案。经过反复论证比较及现场试验,并经PMC(电站改进委员会)会议批准,采纳国防科工委远望工程公司的“隧道一拦网”消泡方案,其基本原理是在排水渠入口处用特制玻璃钢板材拼建遮拦板通水隧道,在通道尾端建造一级浮动式接网装置,拦截已产生的泡沫,使之堆积覆盖水面,隔绝空气与水流的接触,达到“以泡消泡”的目的。

作为该项目的第一期工程,在排水渠上建造一套浮动式拦网消泡装置,1995年12月已正式开始现场施工。计划在1996年2月20日前完工,第二期工程估计在1996年7月底完工。

#### 3. 中低放射性废物库

根据1989年中核总下达文件的要求,开展广东大亚湾核电站中低放废物最终处置场的选址和建设工作,1991年6月20日与中国辐射防护研究院签订前期工作合同,1992年初完成北龙、长湾场址水文地质的勘测工作。1994年12月国家环保局同意推荐的场址及相应的环境影响报告书。1995年初为加强放射性废物处置的全面管理和统一规划,中核总成立清原公司负责全国放射性废物的管理。因此,广东大亚湾核电站的中、低放废物处置场的建造和运营由清原公司负责。北龙场址的三通一平工作将于1996年1月开始。北龙场址位于大亚湾核电站以东约6km处,是经清原公司、核二院、中辐院、广东核电等多家单位反复研究、论证后最终确定的。

处置场一期建设工程的容量按 $4 \times 900MW$ 机组运行40年产生的全部中、低放废物量来考虑(500万 $m^3$ /台机组·年)。总处置容量为8万 $m^3$ ,不考虑机组退役所产生的废物。

处置工艺将参照法国中、低放固体废物处置方法,采用浅地表处置,即有防渗漏措施和能收集可能渗漏的地下管网的钢筋混凝土结构,将放射性废物封存在水泥固化体中,每个水泥框格装满之后,在其外表进行防雨水渗漏处理,并进行植被覆盖。广东核电提供一部分建设

资金，今后从存放废物收费中逐步扣回，工程进度预定如下：

- 1996.4~1996.11 初步设计
- 1996.11~1997.3 施工设计
- 1996.12~1997.10 施工、安装
- 1997.10~1997.12 试运行

#### 4. CPP 冷凝水精处理装置

广东核电站1号、2号机组投运后发现，每次机组启动时冷凝器水质难以达到正常运行标准 ( $\text{Na}^+ < 20\mu\text{g}/\text{kg}$ , 阳离子电导率  $< 1\mu\text{s}/\text{cm}$ )，一般需用1~3天的充排水操作使水质指标提高。而且一旦发现冷凝器内有微量海水泄漏就难以维持到正常停机所需的时间，这样就对装置的安全经济运行带来不利影响，为此决定增建冷凝水精处理装置一套（简称CPP）。

新增的CPP装置出入口与原凝结水泵母管并联，每台机组配置  $4 \times 33\%$  的前置阳床、混床、树脂捕捉器、再生系统、废液处理设备及自动加氨装置。最大处理容量为  $4100\text{m}^3/\text{h}$ ，设计功能为：

- (1) 机组运行时提高二回路水质，延长蒸汽发生器使用寿命；
- (2) 缩短机组启动到额定功率发电的过渡时间；
- (3) 一旦发生冷凝器内海水微漏的情况维持正常停机所需的时间。

该项目的设计、设备供货总承包商为 GECA，土建施工由华兴公司承担，安装施工由东北核电公司承担。

1994年10月设计供货合同签字，1995年完成设计审查、土建安装合同谈判签约、人员培训并开始土建施工及设备安装，进度安排如下：

	1号机	2号机
土建施工	1995.10.16~1996.4.15	1995.10.16~1996.2.28
设备安装	1995.12.14~1996.5.5	1995.12.14~1996.3.31
装置调试	1996.5.5~1996.7.5	1996.3.31~1996.5.31
移交运行	1996.7.5	1996.5.31

主要的机械管系接口施工已于首次换料大修期间完成，主要的电气接口将于第二次换料大修期间完成。

#### 5. 220 kV 第二安全/备用电源工程

根据最终安全分析报告 (FSAR) 的有关规定及正在服役的第一备用电源的情况，有必要建设第二条 220 kV 备用电源，该电源同时还作为二核的第一备用电源。

1994年3月开始可行性研究。1994年5月工程批准立项。1994年6~10月线路现场勘察。1995年2~5月签订委托设计合同。1995年9月广东电力设计院完成初步设计。

由于工程造价概算大大超过立项费用，以及广东省电力局因原规划用电负荷的变化而推迟送电端变电站的建设等因素，原设计方案需作重大变更，新方案的可行性分析报告正送总工程师部审批。

### 2.1.6 机组换料大修

#### 2.1.6.1 换料大修组织机构

##### 1. 换料大修计划

大亚湾核电站两台压水堆机组每年需进行一次停堆换料大修，更换三分之一燃料组件，同

时安排预防性维修工作、改正性维修工作及定期试验、在役检查和改造项目，这些工作大部分是机组运行期间无法执行的。

换料大修计划是根据运行技术规范、有关的法规、制造厂的建议以及其他核电厂的经验制定的。在研究了大亚湾两台机组换料大修的最佳模式之后，把大修计划标准化为三种模式： $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ ，如表 2.1.6.1-1 所示：

表 2.1.6.1-1 换料大修标准计划

	核岛主要项目	常规岛主要项目	主要关键路径项目
$T_1$	换料；压力容器检查；在役检查大纲十年检查项目，一回路低水位工作，重要的阀门维修，安全壳压力试验，一回路水压试验，大的技术改造项目	高压缸全面检查，发电机全面检查，一个低压缸开盖检查，在役检查大纲十年检查项目，大的维修项目，大的技术改造项目	换料，一回路水压试验，安全壳压力试验，一回路低水位工作，一回路压力容器检查
$T_2$	换料，在役检查大纲五年检查项目，一回路低水位工作重要的阀门维修，大的技术改造项目	高压缸开盖检查，发电机全面检查，在役检查大纲五年检查项目，大的维修项目，大的改造项目	高压缸开盖检查
$T_3$	换料，小的维修活动，年度在役检查项目，小技术改造项目	一个低压缸开盖检查，小的维修项目，小的技术改造项目	换料

1号机组第一次换料大修计划为 $T_1$ ，也就是十年大修计划，计划时间78天，实际为69天（仅到50%功率台阶）。

2号机组第一次换料大修为 $T_3$ ，但增加高、低压缸开盖检查转子和叶片、发电机全面检查以及控制棒检查等项目，比年度换料大修增加了较多的工作量，原计划59天，实际为53天完成大修工作。

## 2. 换料大修组织机构

大修各项工作的准备和执行由大修队来组织和协调。大修队由大修经理和大修副经理统一指挥、大修队包括执行和技术支持两大部分。执行部分包括核岛机械队、常规岛机械队、电气检修队、仪表和控制检修队、现场服务队、技术改造队、无损探伤队、技术服务队和再鉴定队。技术支持部分有：机械、电气、仪表的准备支持组，辐射防护支持组，工业安全支持组，质量保证支持组，安全技术顾问，与国家核安全局联络组，后勤和保卫支持组，合同供应支持组，合同和承包商管理技术支持组，废物管理组和ALARA协调组。另外还有计划组、运行和隔离队。计划组负责制定和修改计划窗口，控制进度计划和维修项目；运行和隔离队负责所有隔离措施的实施和大修期间不同情况的运行定期试验。所有承包商都在大修队的项目经理直接指挥协调下进行工作。组织机构详见图 2.1.6.1-1：换料大修组织机构图。

大修队在大修前一个月就位。为创造一种好的团队精神环境，各队、组的负责人都在BA楼二楼集中办公，有利于更好地协调和沟通，这对于大修各项工作和计划协调是很重要的。为了尽快地进行信息交流，要建立起各种通讯联络方式，例如：日例会、周例会、日报等。在大修期间，每天有四个协调会：上午8：00，介绍和讨论当天需做的主要工作和许可票情况，并分析计划执行情况。上午11：00，分发大修改造的活动计划，解决关键路径和次关键路径上的接口问题。下午14：30，收集有关信息，详细讨论计划执行情况，并作必要的修改，准

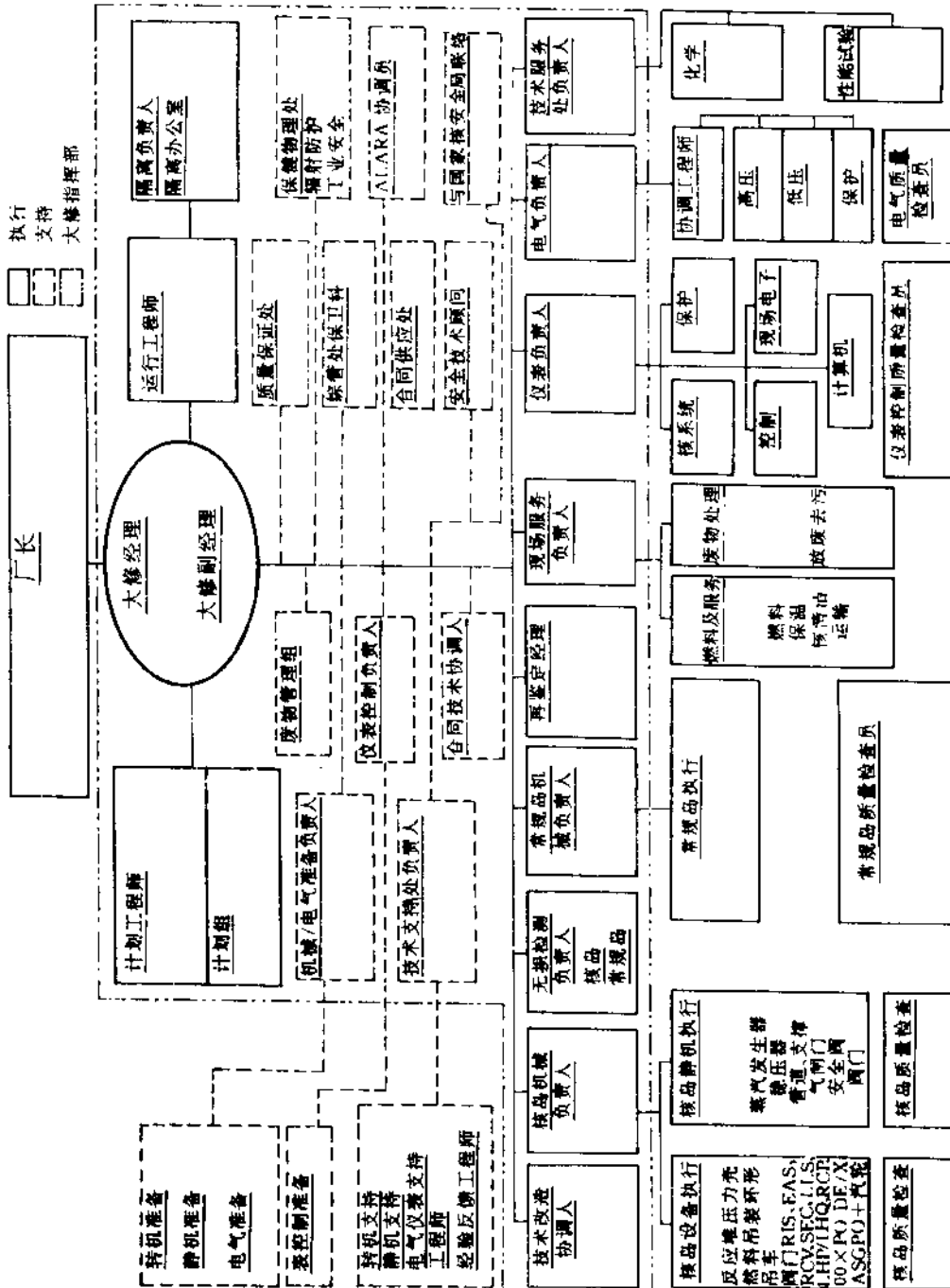


图 2.1.6.1-1 机组换料大修组织机构图

备第二天的进度计划，下午 17:00 讨论批准第二天的工作许可票。

大修进度计划采用国际上通用的时间窗口方法，由计划组编制和规定关键路径和次关键路径上项目的进度时间窗口作为控制目标。制定了解列、正常冷停堆、打开稳压器人孔、反应堆水池充满水、卸料、一回路低低水位、A 列与 B 列倒换停电、装料、稳压器人孔关闭、热停堆、临界、并网、100% 功率等 22 个主要里程碑作为整个大修计划控制点。详细的进度计划由各执行队经理根据给出的时间窗口排出，由计划组汇总编成每天执行计划。

1 号机组第一台主要设备 1CEX003P0 再鉴定试验原由工作负责人组织，造成烧马达的事故，根据这一经验反馈，及时改进再鉴定组织机构。1 号机组和 2 号机组大修项目完工后的再鉴定试验，由调试经理统一组织指挥，由调试队执行。

1 号机组柴油机 1LHP、1LHQ 大修年检后，再鉴定试验多次不成功，已影响了大修关键路径，也影响了柴油机的寿命。经过分析后，其主要原因是像柴油机这样一台有机械、电气、仪表等专业同时作业的复杂设备，各专业之间缺乏协调和指挥，影响了大修的质量。所以在 2 号机组大修前，对于一些主要设备或特殊的操作，成立专业技术组并指定负责人，共成立了十个专业技术组：凝汽器改造小组，CPP 小组，低压缸叶片检查小组，柴油机小组，RGL 小组，GRE 上位机小组，KZC 小组，燃料破损检查小组，临时供电小组，DMR 和 DMM 小组。由专业技术组负责人负责组织协调各专业的工作；并且在大修开始前，由负责人组织各专业多次讨论研究维修方案，协调接口等问题。

### 3. 重要措施

#### (1) 进行充分的准备

核电站大修是一项非常复杂的难度大的工作，充分的、高质量的准备工作是大修成功的首要保证。十年大修至少需提前一年开始作准备，年度检修也需提前半年作准备，如果是第一次大修，时间还要提早。1 号机组第一次大修准备工作从 1994 年 1 月开始，2 号机组第一次大修的准备工作从 1995 年 2 月开始。主要的准备工作包括：确定大修项目（尽管已制定了十年的维修大纲和年度大纲，但是还是要根据设备的实际运行状况进行调整）；根据大修项目选择承包商，进行合同谈判；准备所有的工作指令、安全质量计划、备品备件、专用工具；承包商的人员培训和授权，尤其是 QC 人员的培训；制订出详细的大修进度计划以及隔离和调试方案和计划等。

#### (2) 采取了以下一些重要措施来保证大修期间的核安全和质量控制

安全工程师监督与核安全相关的系统的状态，负责与核安全有关的释放点向核安全局申请和签署。值长和安全工程师对机组的每一工况都实施停工待检点检查。建立独立的 QC 检查队伍，监督检查签署重要工作的安全质量计划上的验证点和停工待检点；QA 人员对安全质量计划的执行实施独立的监督和检查，工业安全人员监督、检查大修安全措施遵守和执行情况，进行风险分析，并给予工作人员必要的支持和指示。

由运行处指定专门的隔离经理，成立隔离小组。为减少隔离工作量，加强对许可票的管理，采用主隔离和子隔离票的方法。把核岛和常规岛按供电系列和系统以及区域等因素划分成十多个主隔离，每个主隔离包含若干个以至上百个子隔离。按主隔离票作隔离，只有所有的子隔离票退回隔离组，才能解除主隔离。在 2 号机组大修时，把很多项工作按系统或设备合并成工作包，每个工作包一个子隔离，指定工作许可证负责人，全面协调工作包内专业的各项工作，负责检查子隔离的关键点，领取、交还、修改许可证等工作，使得隔离许可票数量由 1 号机组的 635 张减少到 2 号机组的约 60 张，既减少了工作量，又利于计划时间窗口

和管理。把一些关键路径上的再鉴定或调试项目另作一些专门隔离票。这些隔离票可以在主隔离票解除之前解除隔离，投入试运。在大修后期，短短数天内有大量的设备需做再鉴定试验和调试，协调不好很容易出乱子，因此由试调经理统一指挥组织再鉴定试验和调试工作。

由运行人员和化学人员组成专门小组监督有关水的活动、废液产生和处理情况，监督控制废液、废气的排放，检查燃料包壳的完整性。ALARA 计划制定大修剂量的目标，加强对全体人员的宣传和培训，优化控制区的工作，并由辐射防护管理人员控制和监督各种辐射防护措施的执行情况，并直接控制检查进出控制区的物品、工具、仪器。

## 2.1.6.2 1号机组首次换料大修

### 1. 概况

1号机组首次换料大修是运行第一年后的大修，更换157个燃料组件中的三分之一，计52组。本次十年大修不作安全壳密封试验，大修包括有预防性和改正性维修、定期试验、改造以及在役检查方面的工作。主要工作包括：

#### (1) 核岛

- 更换52组新的燃料组件；
- 压力容器、上部构件和主回路在役检查；
- 增加8组控制棒；
- 3个蒸汽发生器一次侧涡流探伤、二次侧冲洗和电视检查；
- 1号主泵三道密封全面检查；
- RCP一回路水压试验（工作压力）；
- 2号、3号主泵年检；
- 稳压器人孔开/关以及内部检查；
- LHP年度检查，LHQ6000小时检查；
- 砂堆过滤器连接；
- VVP001VP全面检查；
- 部分阀门年检。

#### (2) 常规岛

- 高压缸全面检查；
- 1号低压缸全面检查；
- 2号、3号低压转子第三级叶片探伤检查；
- CEX003泵全面检查；
- APP两列增压泵改造，B列全面检查，B列汽轮机全面检查，APP年检；
- CRF002泵全面检查；
- CEX疏水扩容箱改造和CPP接口改造。

由于控制棒落棒超差问题，本次大修仅到50%的功率台阶。大修从1994年12月17日解列到1995年2月23日达到50%功率，共69天。

### 2. 主要数据

- 维修工作：2144项，其中核岛1028项，常规部分1116项；
- 定期试验：495项，其中核岛404项，常规部分91项；
- 改造和遗留项处理：计划184项，完成179项，其中遗留项处理计划158项，完成153项；改造项目计划26项，完成26项；

- 不符合项：105 项；
- 未遂工业安全事故 19 起；
- 重大事件 7 起；
- 总的剂量 1.015 人·Sv；
- 设备上发现的技术问题 82 项，解决 75 项；
- 总工日：53000 工日（估算），其中承包商 36000 工日，生产部员工 15000 工日。

### 3. 主要计划进度

- 1994.12.17 0:07 机组解列；  
 1994.12.31 17:00 卸料结束（总计用了 82 小时）；  
 1995.1.29 21:00 装料结束（总计用了 76 小时）；  
 1995.2.14 6:00 到达热停堆；  
 1995.2.24 4:50 机组并网 11:00 50%电功率；

### 4. 主要承包商承担的工作

- FRAMAX 承担核岛的大部分机械维修和改造工作以及 PMC、DMR、RIC 的检查维修工作；
- 二二公司向 FRAMEX 和维修处提供大修劳务，主要是核岛部分的工作；
- 淮南核电维修公司：承担常规岛所有机械维修；
- 东北电建公司：承担 BOP 部分的机械维修工作，CEX 疏水扩容器改造，CPP 改造接口等改造工作。
- 核一院和凯利公司：承担核清洁和核岛的架子，保温等辅助工作；
- 武汉一零五所：承担蒸汽发生器，冷凝器等无损探伤工作；
- INTERCONTROLE 公司：承担反应堆一回路的在役检查工作；
- 苏州热工所：常规岛压力容器检查和探伤。

### 5. 三废排放

- 放射性液体排放：7030 m<sup>3</sup>。氡放射性总量为 7.10GBq，为年排放标准的 1.01%。
- 放射性气体排放：气体的放射性量为 3.03TBq，是年排放标准的 2.7%；卤族元素和气溶胶的放射性量为 90.7MBq；
- 产生的固体废物：
  - 145 个金属桶废物，其中 85 桶压缩固体废物，60 桶非压缩固体废物，是大修预定指标 200 桶的 73%；
  - 24 个水泥桶废物：其中 C4 11 个；C1 13 个。

### 6. 辐射防护

- 剂量

	目 标	实 际
总 剂 量	1.6 人·Sv	1.01 人·Sv
个人剂量>20mSv	0	0
个人剂量>7mSv	15%	1.53%
外 污 染	40 起	5 起

\* 其中服务工作的剂量占总数的 40.68%。

## · ALARA

大修中推广 ALARA 行动计划,成立了五个小组:RCP 和 O<sub>2</sub>、SG 工作、压力容器工作、一回路阀门工作、服务工作,使大修剂量得到控制并大大降低。

### 7. 重要技术问题

- 反应堆压力容器、上下内部结构件及一回路管道全面在役检查,检查结果良好。压力容器有部分法兰螺孔有轻微损伤,进行了修复;
- 三个蒸汽发生器管束进行涡流探伤,仅有四根管子有压痕,没作处理;容器的一次侧,二次侧做了在役检查;管束二次侧进行高压冲洗,清出的沉积物为 SG1: 1725.7g, SG2: 1948.7g, SG3: 2676.7g, 铁的平均含量仅 0.04%;
- 汽轮机高压缸转子末级叶片铆钉头水蚀比较严重。GECA 进行了改造,在末级隔板套和隔板套开导流孔,并对第五级抽水作了改造。根据岳阳电厂经验反馈,对三个低压缸转子第三级叶片进行了探伤,未发现裂纹。
- LHP 柴油发电机进行了年检, LHQ 柴油发电机进行了运行 6000 小时后的检查。在鉴定联合试验时, LHP 停机 10 次, LHQ 停机 14 次,其中属于正常停机 4 次,仪表问题停机 6 次,电气问题停机 3 次,机械问题停机 1 次,延误关键路径工期三天。问题主要是三个专业没有统一指挥协调,造成接口和边界部分不清。
- DEG201GF 冷冻机组蒸发器部分铜管破裂,对管束进行探伤,更换破损的铜管。破管的原因是安装时蒸发器内有破塑料布,使部分管子流量大大降低;而在冬天运行时过冷而造成被堵的铜管结冰破裂。
- SEN 辅助冷却水系统的阀门被海水腐蚀严重,更换新阀门,并重新涂树脂防腐层。
- CEX003P0 凝结水泵年检后做品质再鉴定试验时,由于装复时间隙没调整好,轴套和电机前轴承端盖严重磨擦,由于没有就地开关以及无法及时和主控联络停机,造成轴套和端盖严重损坏,被迫更换备用马达。
- 由于 CEX 疏水扩容器改造时拆下阀门的仪表接线没有及时采取有效保护措施,造成 KRG201 柜内 40 块卡件烧毁,被迫更换备品。
- 装料时,使用专用工具帮助变形的燃料重新装入堆内,使装料顺利按期完成。
- 0 m 和 8 m 气闸门在大修期间多次出故障,不能用。问题主要是:原设计和设备不够完善,操作不规范,检修质量也存在某些问题。厂家来专家进行了整治和培训。
- 燃料厂房 PMC 换料机倒换专用工具弹簧断裂掉入燃料水池,多次寻找,没找出来,经论证没有风险。
- RGL 控制棒因设计原因在 2 月 13 日做落棒试验时,有 7 根控制棒落棒时间超出标准 2.15 秒,它们是 B8, F6, F10, F4, F12, H4, H12, 使机组转入控制棒问题强迫大修。

### 8. 小结

作为第一台机组第一次换料大修,而且是十年大修,任务相当艰巨。由于准备工作抓得紧,组织、指挥、协调得力,计划得当,大修按预定目标提前三天达到 50% 的功率台阶,大修是成功的。由于控制棒的设计缺陷,被迫转入控制棒缺陷处理强迫大修,则是设计问题。首次大修获得成功,证明采用工程项目管理法来组织大修是可行的。这一管理模式的独到之处,已引起国际同行关注。

存在的主要管理问题有:



- 承包商人员的安全、辐射防护、质量控制意识等方面存在不足,出现个别的野蛮施工,不按规程办,不重视质量,弄虚作假等现象。需加强培训提高承包商人员的安全和质量控制意识。
- 出现七个重大事件,说明大修在管理、准备和操作方面的安全意识还存在不足,尤其风险分析需要加强。
- 成立了专门的 QC 队伍,大修前进行了专门的培训,在大修质量控制工作中起了很好的作用。但 QC 队伍的力量还是显得比较薄弱,表现在:QC 人员技术水平参差不齐,部分 QC 人员的技术水平达不到 QC 检查和控制的要求,部分 QC 人员质量控制意识不强,个别人对见证和停工待检点不严格按照要求检查和签字。
- 大修中再供电和临时供电是一项复杂的工作。大修前有专人作了大量的准备,基本保证了大修的需要,但还存在考虑不周而出现的临时供电和再供电而影响施工和安全的问题。后来专门成立临时供电和再供电小组,较好地解决这类问题。
- 由于协调和 QC 控制不够,在 CEX 疏水扩容箱的改造项目中,承包商拆下的阀门没有及时通知有关仪表人员来处理和保护仪表接线,造成 40 块 KRG 卡件烧毁,在 LHP/LHQ 再鉴定试验中,分别造成 10 次和 14 次停机。

### 2.1.6.3 1 号机组控制棒强迫大修

#### 1. 概况

由于设计上的缺陷,1 号机组在达到 50% 功率后,1995 年 2 月 27 日退回热停堆状态做落棒试验时,控制棒 B8、F6、F10、F4、F12、H4 和 H12 落棒时间超差,根据“核安全第一,对公众负责”的原则,要妥善处理控制棒问题。1995 年 3 月 2 日转入 1 号机组控制棒抢修,成立专门的工作组负责此项工作。主要涉及反应堆大盖开、关,卸料、装料和 RCCA 工作等,常规岛转人保养。经过 77 天的努力和多次试验,找到了主要原因:导向管问题。由于法马通公司没有足够的新导向管,作为近期解决办法,决定 7 根导向管用法马通公司 1300MW 修改型导向管替换,另外 26 根导向管位置调换。1995 年 5 月 29 日转为导向管大修。1995 年 7 月 8 日达到 97% 的功率台阶(由于当时反应堆象限倾斜约 4.17%,超过准则规定 2%,故没有升功率到 100%),总历时 118 天。

第一次强迫大修:1995 年 3 月 2 日~1995 年 3 月 28 日 26 天

第二次强迫大修:1995 年 4 月 9 日~1995 年 5 月 13 日 34 天

第三次强迫大修:1995 年 5 月 29 日~1995 年 7 月 8 日 40 天

#### 2. 第一次强迫大修

公司同意法马通公司的采用新设计的渗氮控制棒更换全部原来标准的控制棒方案。3 月 7 日晚,打开反应堆大盖,更换所有的 53 组控制棒。3 月 28 日达到热停堆,对 49 组控制棒做落棒试验,结果是 17 组超标,5 组卡住,停止试验。后来又做了多次试验,结果仍不理想。

公司要求法马通公司提出短期、中期和长期解决方案。

法马通公司于 4 月 5 日建议增加 6 组氮化黑棒和 2 组标准黑棒装配在原预留钚燃料用的 8 根导向管内,这 8 组控制棒归到安全组(SA),装回以前标准的控制棒作为近期解决方案。公司讨论后同意法马通公司提出的方案。

#### 3. 第二次强迫大修

1995 年 4 月 14 日,再次打开反应堆大盖,按计划倒换控制棒和加装 8 组控制棒。同时拆下 H12 导向管,以便进一步弄清根本原因,以确定长期的解决方案。拆下 H12 导向管后,把

H8 导向管移到 H12 位置。5 月 12 日到达热停堆；5 月 13 日做落棒试验，结果不理想，但 H8 导向管移到 H12 位置后与新装的 RCCA 的落棒时间仅为 1.465 秒。

#### 4. 第三次强迫大修

由于法马通公司没有足够的新导向管拿来更换，JVC 同意法马通公司提出的新的近期解决方案。用 EDF1300MW 机组导向管更换 7 根落棒时间超差最严重的导向管，同时把 26 组导向管位置调换。

6 月 2 日打开反应堆大盖，开始更换工作，到 6 月 19 日从法国紧急运来的 7 组新导向管安装完毕。6 月 28 日机组达到热停堆状态，落棒试验满意，60 组控制棒平均落棒时间为 1.65 秒，这低于限值 2.15 秒。仅 Gg 落棒时间为 2.25 秒。机组在 6 月 30 日达到临界。7 月 8 日达到 97% 的功率台阶。作为近期处理方案获得成功。作为长期解决方案，由法马通公司加工新的导向管在第二次停堆换料大修时全部更换原来的导向管，控制棒强迫大修胜利结束。

#### 5. 小结

在控制棒强迫大修过程中，三次打开反应堆压力容器盖，做了大量的调查和试验，对控制棒问题的认识逐步加深，直至找到根本原因，为机组今后长期稳定安全运行消除了一大隐患。全体员工和法国专家同心同德、团结一致、科学严谨、精心操作、连续奋战、高质量地完成各项工作，并在技术上、作风上得到很好的考验和提高。

#### 2.1.6.4 2号机组首次换料大修

##### 1. 概况

2 号机组首次换料大修属于年度换料大修，但由于岳阳电厂 GEC 生产的汽轮机低压缸转子第三级叶片断裂事故和 1 号机组高压缸转子末级叶片铆钉水蚀、1 号机组发电机定子线圈漏氢和 1 号机组控制棒落棒超差问题的反馈，1 号机组首次换料大修增加了汽轮机高压缸和三个低压缸转子叶片的检查，发电机抽转子、压力壳上部构件检查，再加上 CEX 疏水扩容箱改造等大项目，实际工作量已超过五年大修。

##### (1) 核岛的主要工作

- 更换 52 组燃料组件
- 压力容器开盖和关盖
- 上部构件检查
- 1 号蒸汽发生器管束涡流探伤
- 1 号、2 号、3 号蒸汽发生器二次侧检查和冲洗
- 1 号主泵三道密封全面检查
- 2 号、3 号主泵年检
- 稳压器人孔开和关以及内部检查
- LHP/LHQ/GEV 年度检查
- 部分阀门年检
- 砂堆过滤器连接
- RGL 增加 8 组新的控制棒
- RRA 隔离油漏到 RPE 的阀门

##### (2) 常规岛主要工作

- 高压缸全面检查
- 1 号低压缸全面检查

- 发电机抽转子和全面检查
- 2号、3号低压缸开盖并对第三级叶片进行无损探伤
- B列汽动给水泵全面检查
- CEX疏水扩容箱改造和CPP接口改造

2号机组首次大修计划安排从1995年4月4日解列到6月1日带100%满功率,共59天。实际上,4月4日按计划解列,开始大修到5月26日带100%功率共53天,提前6天完成大修。

## 2. 主要数据

- 维修工作: 2403项,其中核岛1163项,常规岛1240项。
- 定期试验: 675项,其中OPO定期试验227项,仪表控制和保护118项,辐射防护KPT17项,OPT再鉴定试验174项,贯穿件密封试验88项,标定试验14项,不同功率台阶的物理试验37项。
- 改造项目和遗留项处理: 改造项目计划36项,实际完成34项;工程遗留项目处理计划154项,实际完成144项。
- 大修期间产生不符合项: 25项,在大修中关闭14项,仍有11项没有关闭。
- 工业安全事故: 1起。
- 重大事件: 7起。
- 总剂量: 0.534人·Sv。
- 总工日: 42000工日(估算),其中承包商: 32000工日, JVC员工10000工日。

## 3. 主要计划进度

1995.4.4	0.00	机组解列
1995.4.15	1.00	卸料结束
1995.4.22	15.00	低水位结束
1995.4.27	11.30	装料结束
1995.5.11	6.00	达到热停堆
1995.5.20	20.50	机组并网
1995.5.26	6.15	达到100%功率

## 4. 承包商承担的工作

承包商承担的工作和1号机组首次换料基本相同,维修处机械科增加了核岛的B列泵的维修项目。

## 5. 三废排放

- 放射性废液排放: 8000 m<sup>3</sup>,其中氚的放射性1.23 TBq,占年排放标准的2.3%;
- 放射性气体排放: 1.96 TBq,占年排放标准的1.7%;
- 卤族元素和气溶胶: 0.029 GBq;
- 氢气: 952.4 m<sup>3</sup>
- 固体废物:
 

压缩废物	29 桶	废树脂	1.5 m <sup>3</sup>
非压缩废物	20 桶	浓缩废液	4.5 m <sup>3</sup>

## 6. 辐射防护

	目 标	实 际
总 剂 量	0.8 人·Sv	0.534 人·Sv
个人剂量>20 mSv	0	0
个人剂量>7 mSv	<15%	0.35%
外 污 染	10 起	4 起

## 7. 重要技术问题

- 压力容器法兰螺栓孔有 16 个有轻微缺陷，已修复。
- 三个蒸汽发生器二次侧进行冲洗和电视检查，冲洗的沉淀物为 SG1: 2279g; SG2: 2440g; SG3: 3190g, 比 1 号机组稍多。二次测的电视检查结果发现二次测有异物。SG3 发现 5 个异物都取出; SG1 发现 4 个异物, 取出 2 个; SG2 发现 8 个异物, 取出 6 个。决定增加 SG2 一次测相关管束的涡流探伤; 探伤结果良好, 不作进一步处理。SG1 按原计划打开一次测人孔和进行涡流探伤, 仅发现 5 处凹痕, 经讨论, 不作进一步处理。
- RGL 控制棒根据 1 号机组经验反馈, 同意法马通公司的短期方案, 增加 8 组控制棒: G7, G9, J9, J7, J5, E7, G11, L9。5 月 12 日作落棒试验, 仅有一组控制棒 (H12) 时间超差 (2.245 秒)。
- 汽轮机高压缸转子第五级叶片铆钉头水蚀比 1 号机组稍严重。在末隔板和隔板套上增加流水孔和一个  $\phi 18$  的观察孔。
- 汽轮机高压缸隔板螺丝咬死严重, 被迫用气焊割去 12 个螺栓, 仅取出 6 个螺栓。
- 汽轮机低压转子 LP<sub>1</sub> 在吊装时造成第一级、第二级叶片围带翻边变形, 后修理复位, 但出现裂痕。LP<sub>2</sub> 探伤发现第二级叶片有二块联接围带有裂纹, 换下这两块围带和相联的 8 个叶片, LP<sub>1</sub>、LP<sub>2</sub> 和 LP<sub>3</sub> 的共振频率试验表明第三级叶片的共振点接近转速的 6 倍频, 即 300 Hz。在低压缸相应位置各开一个  $\phi 30$  的观察孔。
- 发电机密封瓦间隙超差, 在新密封瓦进行机加工时, 因夹具不合理造成变形超差, 其中励磁机侧密封瓦送回英国返修。
- 汽动给水泵叶轮改造, B 列增压泵在小叶轮机加工过程中发现两处裂纹, 后换用备品叶轮; A 列增压泵测量厚度比要求要小, 也换用备品叶轮。
- 汽轮机调节系统上位机更换了第 25 版新软件, 但在做再鉴定试验时, 发现死机现象没有解决。
- 发电机 100% 定子接地保护在负荷开关合闸时误动, 经讨论决定, 退出该保护的出口, 等下一次停机, 重新调试该保护。

## 8. 小结

2 号机组首次大修充分吸取了 1 号机组首次大修的经验反馈, 在大修中提倡严肃的态度、严格的管理、严密的措施、严谨的操作的工作作风。完善大修组织机构, 改进管理, 使大修提前 6 天胜利完成。

为了保证一些重要的或协调接口多的维修项目的顺利执行, 在大修前成立了十个专业技术组, 每个技术组指定一位工程师为负责人, 统一组织、指挥、协调该项目的准备、实施和再鉴定等各阶段的工作, 取得很好的效果。例如 1 号机组首次大修 2 台柴油机的年检和 6000 小时检查项目, 在再鉴定试验时分别出现 10 次跳机和 14 次跳机, 影响大修关键路径的进度。2 号机组大修前, 成立了柴油机专业小组, 指定一工程师为项目负责人, 统一指挥机械、电气、

仪表三个专业人员一起进行准备、共同实施、加强沟通、互相协调。使两台柴油机组都在第二次试验获得成功通过，取得很大进步。

根据1号机组首次换料大修的经验，把常规岛的工作项目分类组合成工作包，每个工作包一个子隔离许可票，大大减少了隔离许可票数量，既减少操作，又有利于管理和安全，并且也有利于再鉴定和调试工作的管理。进一步完善调试聚集的组织机构和管理，坚持调试队统一指挥和执行所有再鉴定工作，避免了1号机再鉴定初期出现的混乱现象。

为了降低大修过程中出现的非预算内费用的增加，加强了对合同的管理和监控，严格审查要承包商做的大修追加工作。对于确实属于承包商合同范围外的追加工作，尽量安排维修处人员去抢修。因此和1号机相比，大大地降低了追加工作的数量。

加强对承包商工作的监督和QC检查，维修质量得到进一步提高，返工率大为降低。

存在的主要问题有：

- 一些承包商人员的安全、辐射防护和质量控制意识虽有提高，但还是不足，需继续加强培训和管理。
- 仍然发生了七个重大事件，说明进一步提高全体员工在大修准备、风险分析、管理、计划、操作的水平方面仍然有很长的路要走。
- QC队伍无论从技术力量、人力素质方面和世界先进水平相比还有较大的差距，需进一步加强。
- 大修的文件、备件、工具的准备方面还有需要改进的地方，这些基础管理工作需下功夫去改善。

### 2.1.6.5 机组第二次大修准备

#### 1. 大修组织准备

2号机组第二次大修的准备工作开始于1995年8月下旬，即2号机组大修前5个月。大修的组织机构根据首次换料大修经验未做大的修改，仍设责任厂长、大修经理、副经理各一人。增设核岛经理和常规岛经理，全面负责核岛、常规岛的协调工作。大修工作项目除按各专业分工外，还分别按各较大项目设立11个项目负责人，以便于各相关处的协调、联系。为便于解决大修中常见的技术问题，成立了10个专业技术小组。在大修经理的统一领导下，建立了周会、月会制度，定期跟踪、协调、检查已安排的工作，并提出下一步的工作计划。在借鉴两台机组首次换料大修经验的基础上，为尽量降低大修中的核安全事件，保证维修后设备的可用性，此次大修专门设立了再鉴定工程师。为做好承包商工作的协调与质量控制，设立了承包商管理小组。此外，还专门成立了预算与成本控制小组，提出了2号机组第二次大修预算管理和控制措施，制定了大修预算执行情况的周、月报制度，保证大修每一项费用的开支都纳入有效的控制之中。

#### 2. 工期与进度

2号机组第二次换料大修计划开工日期为1995年12月21日，目标工期78天，计划工期85天，将于1996年3月4日重达满功率，结束大修。

#### 3. 大修主要项目

根据电站《十年检修大纲》和年度预防性维修大纲的要求，以及上一运行周期的经验反馈，在本次换料大修中，大修主要项目已经确定为：

- 更换反应堆内1/3的燃料
- 完成除M.I.S检查的部分十年大修项目

- 61 根导向管的更换
- 安全壳打压试验
- 核岛一回路阀门检查和蒸汽发生器冲洗、涡流检查等
- 3 台主泵密封的检查, 其中 2 号主泵密封全面检查
- 部分核岛贯穿件试验及定期试验
- 部分改进项和完工项
- 高压缸第五级叶片检查
- 三个低压缸第三级叶片内围带联接片的更换及 2 号低压缸叶片的 NDT 检查
- 联轴器的液压螺栓改型
- 励磁机滑环改造
- 42 块电气盘的定期检查

#### 4. 大修主要里程碑

- M0: 解列
- M1: 正常冷停堆
- M2: 稳压器人孔打开
- M3: 卸料前, RX 水池满水
- M4: 卸料结束
- M5: 一回路低低水位
- M6: 一回路低低水位结束
- M7: 安全壳试验开始
- M8: 安全壳试验结束
- M9: A、B 列转换
- M14: 装料开始
- M15: 装料结束
- M18: 稳压器人孔关闭
- M19: 热停堆
- M20: 临界
- M21: 并网
- M22: 达满功率

#### 5. 大修其它各项准备工作进展

自 2 号机组大修准备启动之日起, 各项准备工作就已全面开展起来。在文件准备方面, 根据大修项目编写检修大纲, 并着手准备所有的工作文件包、质量计划、工作程序和工作许可票等, 截止 11 月底, 已发出工作申请 1572 份, 其中机械占 37%, 电气占 17%, 仪控占 26%, 有 1552 份已形成工作指令, 交付各执行部门执行。本次大修的改进项和 NCR 项目已经确定, 文件包已基本准备就绪。根据 78 天的目标工期, 已完成关键路径计划和详细计划的编制, 大部分计划已经执行部门确认。大修的预检工作已经开始, 超过 50% 的工作已经完成。各项大修指标已经制定, 如大修核安全指标、辐射防护和工业安全指标等。本次大修将涉及 41 项对外合同, 根据总经理部压缩成本的指示, 目前 60% 已经签署, 其余正在进行谈判之中, 预计大修之前将全部结束。备品备件与工具、材料的准备工作亦得到了逐一清查落实, 对于有问题的项目, 将努力设法解决。大修期间承包商所需的动员工作已经开始, 对部分初到现场的

承包商人员，各部门正在进行有针对性的培训工作。对于电厂员工，在大修前，电厂将召开动员大会，从思想上、组织上做好准备。

#### 2.1.6.6 大修承包商介绍

与1994年度相比较，1995年大修承包商基本上维持不变，这主要是遵循公司的采购政策，对国内承包商，从长期合作的角度出发，意图建立一支稳定的国内维修队伍并与之保持良好的伙伴关系；对国外承包商，则进一步加强我方的参与，从中获取更多的维修经验，逐步实现自主维修。

鉴于在第一次大修过程中各个承包商均圆满地完成了各自的工作，对两台机组第二次大修承包商的选择与承包范围的确定，均基本参照前次大修。

下面仅就各个承包商及其工作范围的调整作一简要说明：

##### 1. FRAMEX 公司负责核岛机械主要维修项目：

- 反应堆压力容器开/扣大盖
- 环吊及堆芯换料装置的检查与维修
- 阀门及其它辅助设备的检查与维修
- 参与维修过程中对业主的技术支持
- 系统的更新改造的设计与现场实施

经过培训和实践，目前蒸汽发生器、主泵、一回路泵、应急柴油机、紧急停堆保护盘等项目已由生产部维修处自主承担。此外，更新改造项目也逐步由生产部技术支持处、核工业二院和核工业二三建设公司等国内单位承担。

2. 核工业二三建设公司提供与核岛工作有关的劳务支持，并开始独立承担核岛及常规岛部分的更新改造项目的设计和和实施。大修期间现场劳务支持的高峰人数达502人。
3. 深圳准电检修公司依照合同的规定，继续承担2号机组首次换料大修常规岛机械设备的维修项目，并已续签2号机组第二次大修协议、大修期间现场人数约550人。
4. 东北核电建设公司依照合同的规定，继续承担2号机组首次换料大修电厂配套设施的维修项目，并已续签2号机组第二次大修协议，此外还承担部分电厂改进项目。
5. 中国核动力研究院负责核清洁和服务工作，凯利公司作为其子承包商提供相应的劳务。此外还提供反应堆开盖专用工具服务。
6. 法国INTERCONTROLE公司负责反应堆压力容器的在役检查。
7. 武汉核动力运行研究所承担蒸汽发生器、稳压器以及一回路管道等核安全一级设备的在役检查工作。并在2号机组第一次大修中承担了堆芯测量指套管涡流检查工作。
8. 电力部苏州热工研究所负责常规岛和辅助设施压力容器（包括汽轮机部件）的在役检查。
9. GECA公司负责常规岛大修的技术支持。
10. 深圳华兴公司负责现场土建维修以及更新改造项目中有关的建筑工程的施工。1995年度完成的较大的土建项目主要有厂区入口及停车场改建、增设凝结水处理装置、辐射防护一级培训实验楼和武警营地配套建设等项目。
11. 深圳南江电气公司承担电厂电气维修工作，目前合同已基本结束，其工作交由东北核电建设公司承担。

## 2.2 核电站安全

### 2.2.1 核安全

#### 2.2.1.1 核安全重大事件

根据国家核安全局制订的核设施重大事件报告准则(HAF0502 附件一补充件),及大亚湾核电站管理规程《重大事件报告制度-AD/OPS/106》和《事件分级-AD/OPS/046》,大亚湾核电站在1995年向国家核安全局申报了35起与核安全相关的重大事件。

##### 1. 核安全重大事件统计

1995年度,大亚湾核电站1、2号机全年运行期间共发生了35起与核安全相关的重大事件。根据国际核事件分级表的定义和规定,其中有7起一级事件,其余均为零级事件,没有发生任何一级以上的事件,如表2.2.1.1-1及图2.2.1.1-1示:

表 2.2.1.1-1 1995 年度大亚湾核电站核安全重大事件统计表

级 别	1 号 机	2 号 机	总 计	
			事件总计	百分比 (%)
0 级 (件)	13	15	28	80
1 级 (件)	4	3	7	20
2 级及 以上 (件)	0	0	0	0

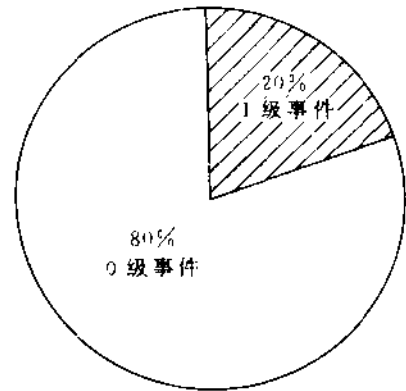


图 2.2.1.1-1 事件级别分布

与1994年度相比,事件总数上升了,但1级以上的事件有所下降,如表2.2.1.1-2示:

表 2.2.1.1-2 1995 年与 1994 年重大事件数的比较

年 度	事件总数 (件)	1 级以上事 件 (件)	1 级以上所 占比率 (%)	每堆年 事件数
1994 年	29	9	26	14.5
1995 年	35	7	20	17.5

1995年事件数的明显上升,与当年安排三次大修有关(1号机1次,2号机2次),大修期间,共发生了17起重大事件,见表2.2.1.1-3。

表 2.2.1.1-3 事件与机组运行方式的关系

	1 号 机	2 号 机	总 计	
			事件数	百分比 (%)
正常运行	7	11	18	51.4
大 修	10	7	17	48.6



根据国家核安全局颁布的核安全重大事件报告准则，在这 35 起重大事件中，

- 14 起属于与技术规范相关的事件（准则 1）
- 9 起属于专设安全设施及保护系统动作事件（准则 4）
- 2 起属于与三废排放相关的事件（准则 7）
- 10 起属于对核安全有潜在影响的事件（其它准则）

它们的分布如表 2.2.1.1-4 及图 2.2.1.1-2 所示。

表 2.2.1.1-4 事件按 HAF 报告准则的分类

HAF 准则	1 号 机	2 号 机	总 计	百分比 (%)
准 则 1	5	9	14	40
准 则 2	0	0	0	0
准 则 3	0	0	0	0
准 则 4	1	8	9	25.7
准 则 5	4	1	5	14.3
准 则 6	4	0	4	11.4
准 则 7	2	0	2	5.7
准 则 8	0	0	0	0
准 则 9	1	0	1	2.9
总 计	17	18	35	100

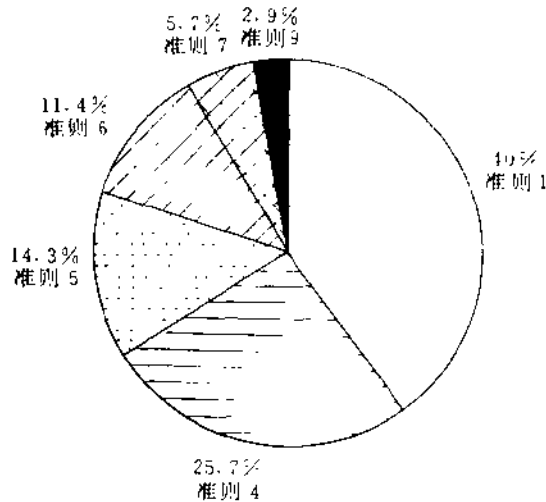


图 2.2.1.1-2 事件按 HAF 准则的分布

这 35 起重大事件在不同程度上对机组的运行造成了影响，尤其是控制棒落棒超差这一重大事件使 1 号机非计划停运达 4 个多月，严重影响了该机组的可用率和经济效益。这些事件对机组各个方面的影响如表 2.2.1.1-5 所示。

表 2.2.1.1-5 事件对机组的影响

对机组的影响	1号机	2号机	总 计	
	事件数	事件数	事件数	百分比(%)
停 堆	4	7	11	31.4
安全注入	0	0	0	0
安全壳喷淋(潜在影响)	1	0	1	2.9
非计划停运	1	0	1	2.9
安全相关系统不可用	7	7	14	40
非控排放	2	0	2	5.7
无直接影响	2	4	6	17.1
总 计	17	18	35	100

## 2. 原因分类

根据事件发生的主要特征,我们将事件发生的根本原因分为两大类:

- 人因:包括准备工作不足、缺乏足够的风险分析、工作人员之间沟通与交流欠缺、不遵守规程、培训不足、核安全意识不够等。

- 技术方面的原因:包括设计缺陷、设备故障、规程缺陷、安装质量、备品备件等。

从1995年发生的35起重大事件来看,其中16起属于技术方面的原因,19起属于人因事件,如表2.2.1.1-6所示。

表 2.2.1.1-6 事件原因分类

原 因	事 件 数	百分比(%)
人 因	19	54.3
技术原因	16	45.7

与上一年度(1994年)发生的重大事件相比较,人因事件数及其所占的百分比均有下降,而由于技术原因造成的重大事件及其所占的比率却有明显的上升,如表2.2.1.1-7所示。

表 2.2.1.1-7 1994年与1995年事件根本原因对照

年 度	人 因		技 术 原 因	
	事 件 数	百分比(%)	事 件 数	百分比(%)
1994年	22	76	7	24
1995年	19	54.3	16	45.7

1995年度由于技术原因造成的16起重大事件表明,机组商业运行近两年来,设备缺陷、设计缺陷、规程缺陷以及安装质量问题正在逐步暴露,其事件的分布如表2.2.1.1-8及图2.2.1.1-3所示:

表 2.2.1.1-8 技术原因事件的分类

原 因	事 件 数	百 分 比 (%)
设备缺陷	7	43.8
设计缺陷	5	31.2
规程缺陷	2	12.5
安装质量	2	12.5
总 计	16	100

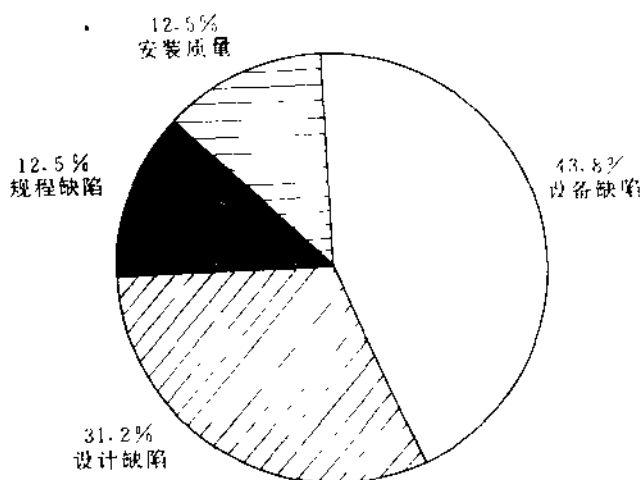


图 2.2.1.1-3 技术原因事件分布

尽管与 1994 年相比, 1995 年人因事件数所占的百分比有明显下降, 但是事件数仍居高不下。产生这些人因事件的原因是多方面的, 我们的工作人员还缺乏足够的风险及风险分析意识、不能严格遵守规程、工作人员在工作中缺乏交流与配合、管理上还存在缺陷等。人因事件的分类如表 2.2.1.1-9 所示。

表 2.2.1.1-9 人因事件的分类

性 质	事 件 数	百 分 比 (%)
工作准备不足, 风险分析欠缺	8	42.1
对系统状态改变缺乏有效管理	4	21.0
未严格遵守规程	3	15.8
缺乏质量控制和独立验证	1	5.3
交流、协调、计划等缺陷	3	15.8
总 计	19	100

这些人因事件主要发生在直接与机组运行维护相关的职能部门,包括运行处、维修处和技术服务处。因此,加强对一线处的生产活动的管理与监控,是有效地控制人因事件发生的根本。人因事件按职能部门的分布如表 2.2.1.1-10 所示。

表 2.2.1.1-10 人因事件分布

部 门	事 件 数	百分比 (%)
OPO	13	68.4
OPM/M1	3	15.8
OPM/ME	2	10.5
OPM/MM	0	0
OPM/MS	0	0
OPT	1	5.3
OTS	0	0
OSL	0	0
总 计	19	100

### 3. 安全评价及建议

#### (1) 评价

从前面的统计资料及分析可以看出,1995 年与 1994 年所发生的重大事件相比有以下几个特点:

- a. 人因事件依然是引发核安全重大事件的主要原因, 仍占 54.3%;
- b. 违反技术规范的事件居高不下。1994 年为 12 起占全年的 41.4%; 1995 年为 14 起, 依然占全年的 40%;
- c. 由设备缺陷、设计缺陷引起的事件有明显的增加, 由 1994 年的 7 起, 占全年的 24% 增加到 1995 年的 16 起, 占全年的 45.7%。

#### (2) 建议

我们认为在今后的工作中, 电厂管理层应加强以下几方面的分析研究与实践来维持、改善和提高核电站安全水平。

- a. 加强人因事件的分析和研究, 寻求减少人为失误的有效方法, 主要从以下几个方面入手:
  - 加强员工的风险意识, 通过培训提高员工风险分析的能力;
  - 加强管理, 通过质量监控体系对所有与核安全相关的活动进行独立验证, 以减少人为失误;
  - 开展“明星”自检活动, 即“STAR”(停、想、做、查), 提高员工工作时的严谨性和警惕性。
- b. 加强全体员工的职业道德教育和核安全文化意识的培养, 培育他们严守规程、严格执行技术规范的自觉性, 避免和杜绝违反技术规范的事件的重复发生。
- c. 一旦机组进行商业运行, 其设备系统就进入了一个不断改造和更新的过程。我们将加强设备的技术更新和改造及其管理, 消除运行过程中逐步暴露的各种缺陷, 提高设备的维修与保护质量, 以此来增加设备的可靠性和可用性, 提高并改善机组的安全水平。

### 2.2.1.2 三道屏障完整性监督

根据纵深防御的设计原理，核电站在放射性裂变产物与人所处的环境之间设置了三道屏障，力求最大限度地包容放射性物质，尽可能减少放射性物质向周围环境释放。这三道屏障分别是燃料元件包壳、一回路压力边界和安全壳。在核电站的运行过程中，要求最大限度地确保这三道屏障的完整性。

#### 1. 燃料元件包壳

大亚湾核电站反应堆堆芯有 4 万多根燃料元件，这些燃料元件的包壳就构成了核电站的第一道屏障。

为了保障第一道屏障的完整性及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，运行技术规范对一回路的放射性水平作出了具体限制，并以此来限制反应堆的运行。这些代表一回路放射性水平的参数包括：

- $^{131}\text{I}$  当量 (瞬时值)
- $^{133}\text{I}$  (瞬时值)
- $^{134}\text{I}$  (瞬时值)
- $^{133}\text{Xe}$  (瞬时值)
- 惰性气体总量 (瞬时值)
- $^{131}\text{I}$  当量平均值

上述瞬时值是在下述运行条件下测出的：

- 反应堆必须在某一功率水平稳定运行至少 48 小时；
- 机组在正常状态（一个下泄节流孔板运行）。

一回路放射化学技术规范如图 2.2.1.2-1 所示。

正常运行时，大亚湾核电站每周对一回路冷却剂活度进行两次  $\gamma$  谱分析，并通过在线仪表对其进行连续监测。

图 2.2.1.2-2 和图 2.2.1.2-3 是 1 号机第二循环内 1995 年度的  $\gamma$  谱分析结果。从图 2.2.1.2-3 可以看出，每当机组出现瞬变时，如 8 月 31 日紧急停堆和 11 月 25 日计划停机时，均会出现放射性碘的尖峰释放。从惰性气体总量与等效  $^{131}\text{I}$  活度的值来分析，估计有 3 到 4 根燃料元件破损。这一结论还有待停堆换料时验证。与首炉料相比，破损稍有增加，首炉料仅发现 1 根燃料棒破损。

图 2.2.1.2-4 和图 2.2.1.2-5 是 2 号机第二循环（1995 年）的  $\gamma$  谱分析结果。从图中可以看出惰性气体总活度与  $^{131}\text{I}$  活度均较为稳定。但从数值分析估计有 1 根燃料棒轻微破损。由于破损可能很小，故即使在机组瞬变时（如 7 月 18 日与 8 月 31 日的紧急停堆）均未观察到碘的尖峰释放。与首炉燃料相比，2 号机元件包壳的状况略有下降，1994 年全年的放射性碘活度平时约为  $10 \text{ MBq/m}^3$ ，但第二循环却超过了  $100 \text{ MBq/m}^3$ ，并有上升趋势。但总而言之，大亚湾核电站 1、2 号机的第一道屏障的完整性是满足技术规范要求的。

#### 2. 一回路压力边界

一回路压力边界构成核电站的第二道屏障，它将放射性产物包容在一回路冷却剂内，这压力边界也可能存在泄漏。

正常运行时，有一个指标是通过估算一回路冷却剂的泄漏量来监测一回路边界即第二道屏障的完整性。运行技术规范规定，一回路的泄漏率不得超过如下数值：

- 定量泄漏率小于  $2300 \text{ L/h}$ 。所谓定量泄漏，指漏点及泄漏量已明确知道的泄漏；

- 非定量泄漏率小于 230 L/h。非定量泄漏是指漏点和漏量不知道的泄漏；
- 蒸汽发生器传热管泄漏小于 44 L/h（每一台蒸汽发生器）。

从图 2.2.1.2-6 中，1 号机组一回路 1995 年度的泄漏率曲线可以看出，其泄漏率是很低的，全年平均约为 55 L/h，远低于技术规范的水平。但由于一回路的放射性水平比较高，即使这么轻微的泄漏，也导致了安全壳内大气的放射性水平的升高。到 1995 年 11 月 26 日计划停堆小修时，安全壳内大气的  $\gamma$  活性达 60 MBq/m<sup>3</sup>。因此，小修期间对安全壳内进行了泄漏点的探测，发现 RCP212VP、RCP215VP、RCP001VP、RCP002VP、RCV049 以及 RCV050VP 有轻微的泄漏，由于这些阀门都处于一回路边界，只有等到换料大修时，才能对其进行维修。

从图 2.2.1.2-6 中 2 号机组一回路 1995 年度的泄漏率曲线可以看出，2 号机组一回路泄漏率全年平均约为 30 L/h。远低于技术规范的限值。（机组大修期间，没有做泄漏率试验。）

与 1994 年相比，通过大修后的机组，1995 年一回路的泄漏率得到了明显的改善。1994 年 1 号机组一回路全年平均泄漏率为 150 L/h，2 号机为 100 L/h 左右。

另外，更值得一提的是，一回路边界的敏感部位——蒸汽发生器，机组运行两年来，一直没有探测到任何泄漏，运行情况良好。

综上所述，截至 1995 年底，大亚湾核电站两台机组的第二道屏障的完整性是良好的，满足技术规范的要求。

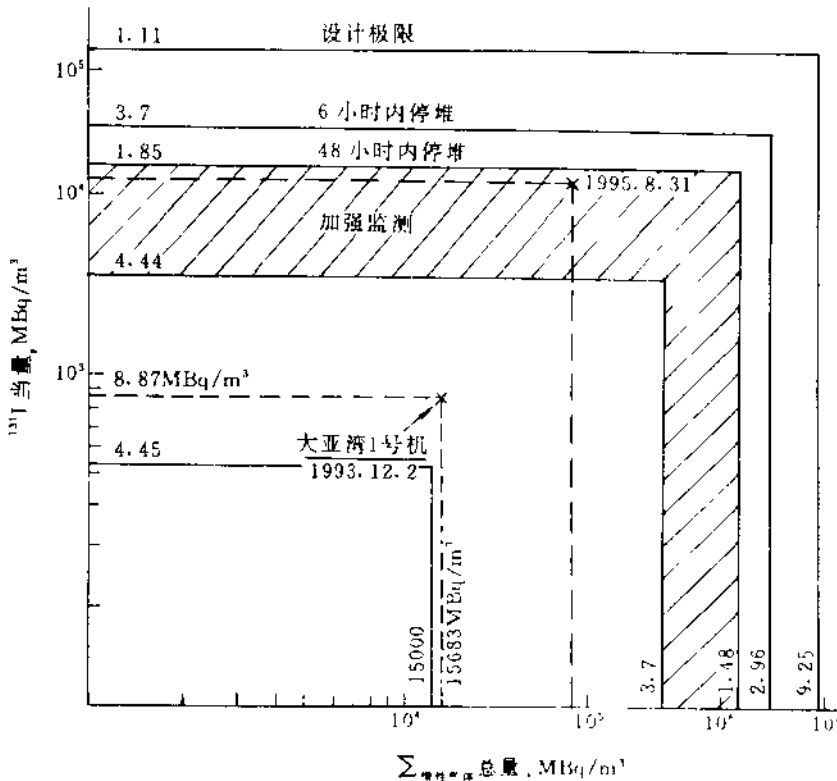


图 2.2.1.2-1 一回路放射化学技术规范及瞬时释放点

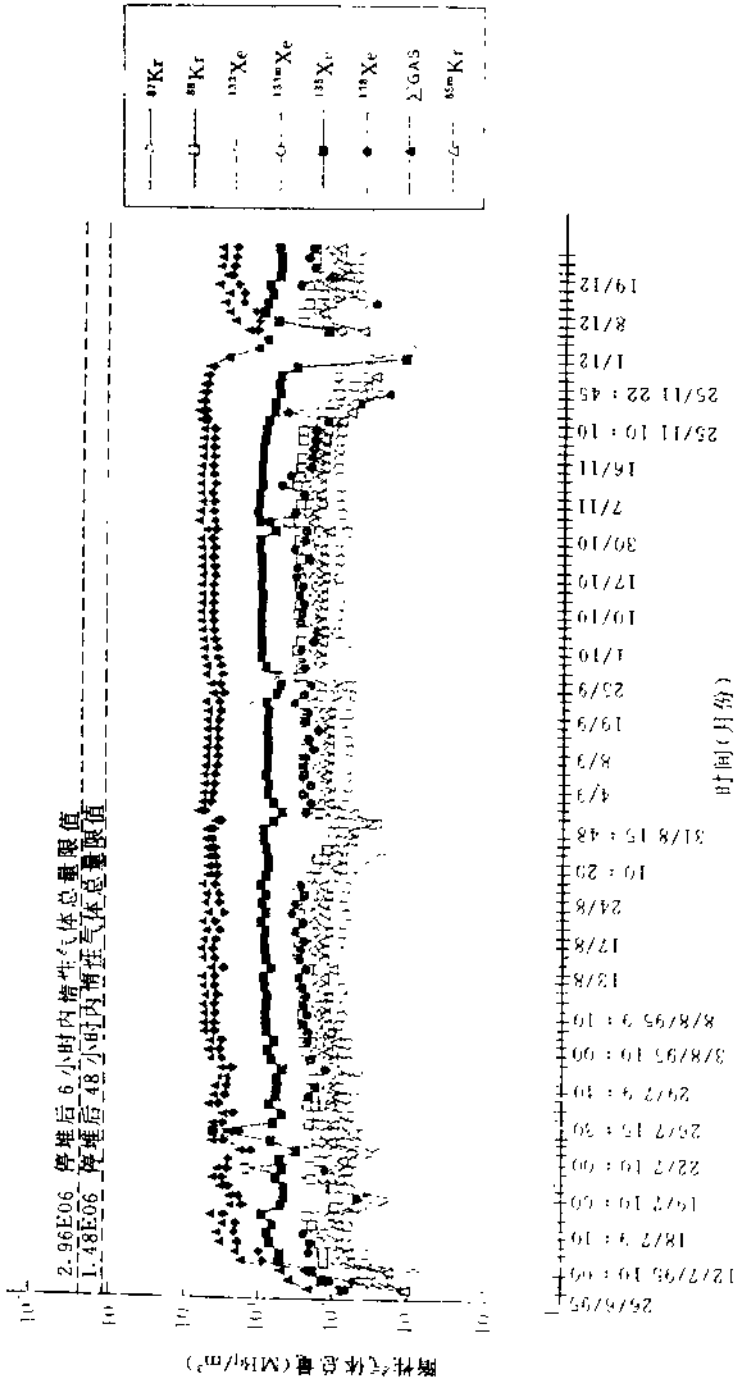


图 2.2.1.2-2 1 号机第二循环一回路放射性惰性气体总量

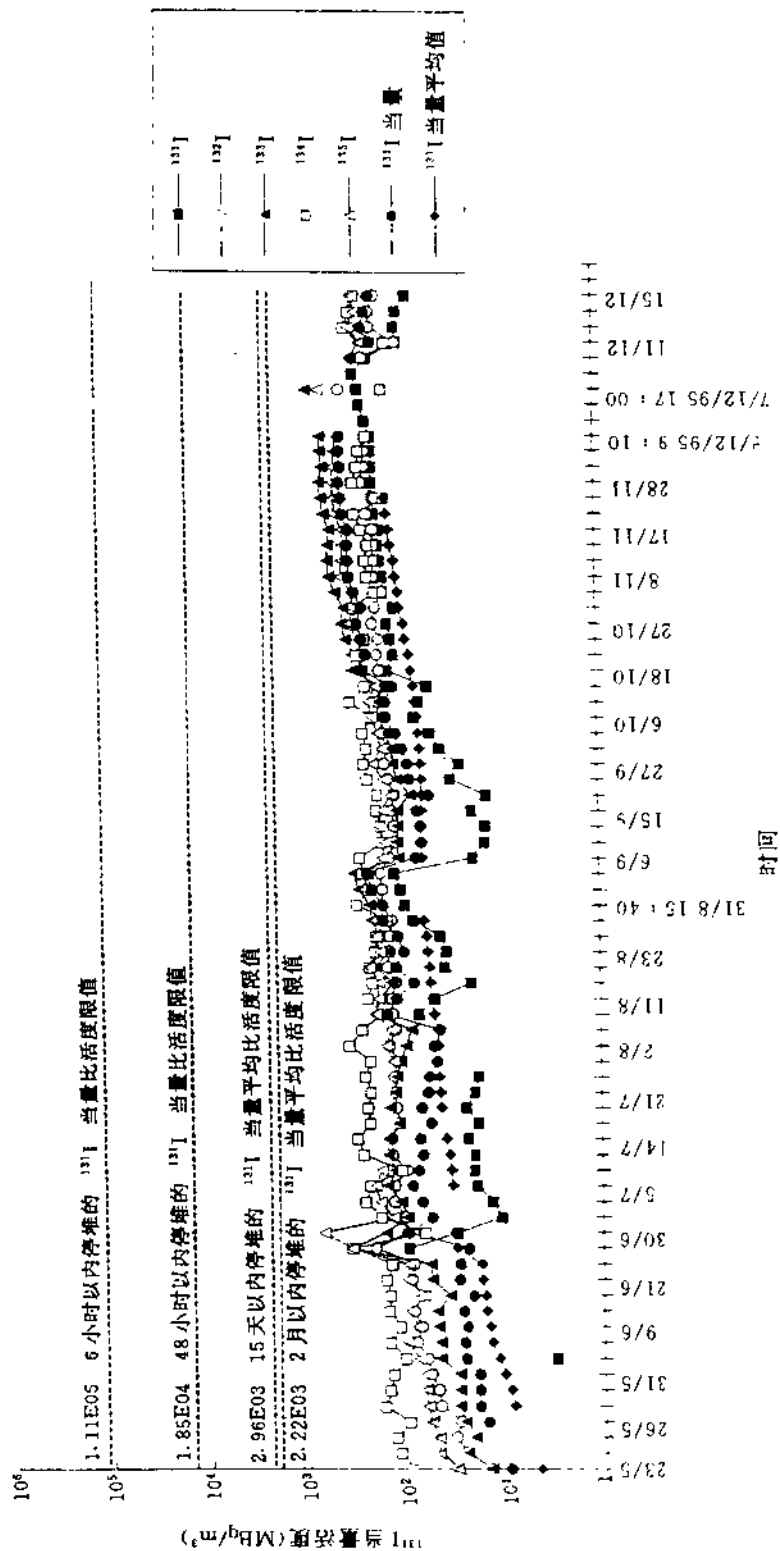


图 2.2.1.2-3 1 号机第二循环一回路碘放射性活度



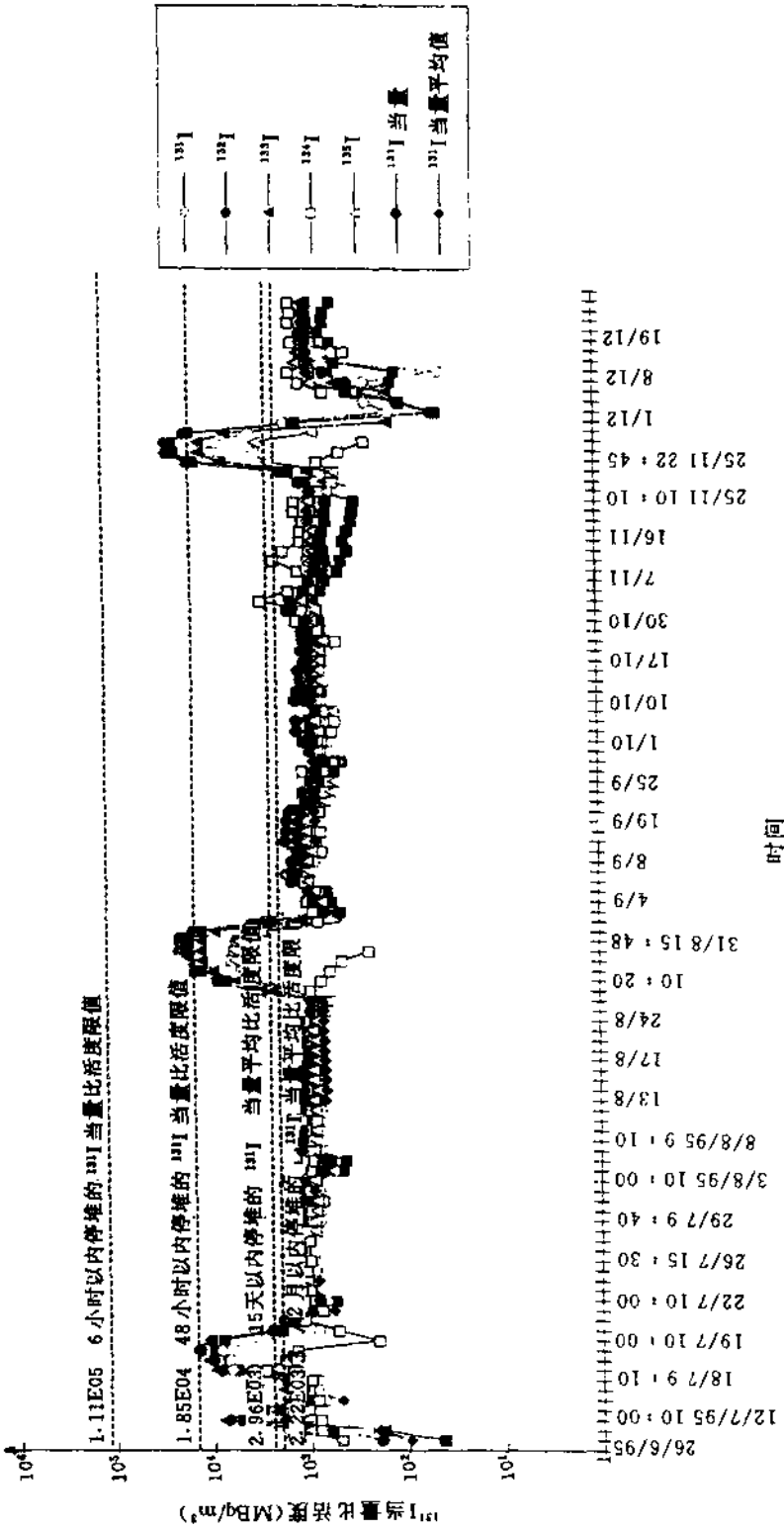


图 2.2.1.2-4 2 号机第二循环一回路放射性惰性气体总量

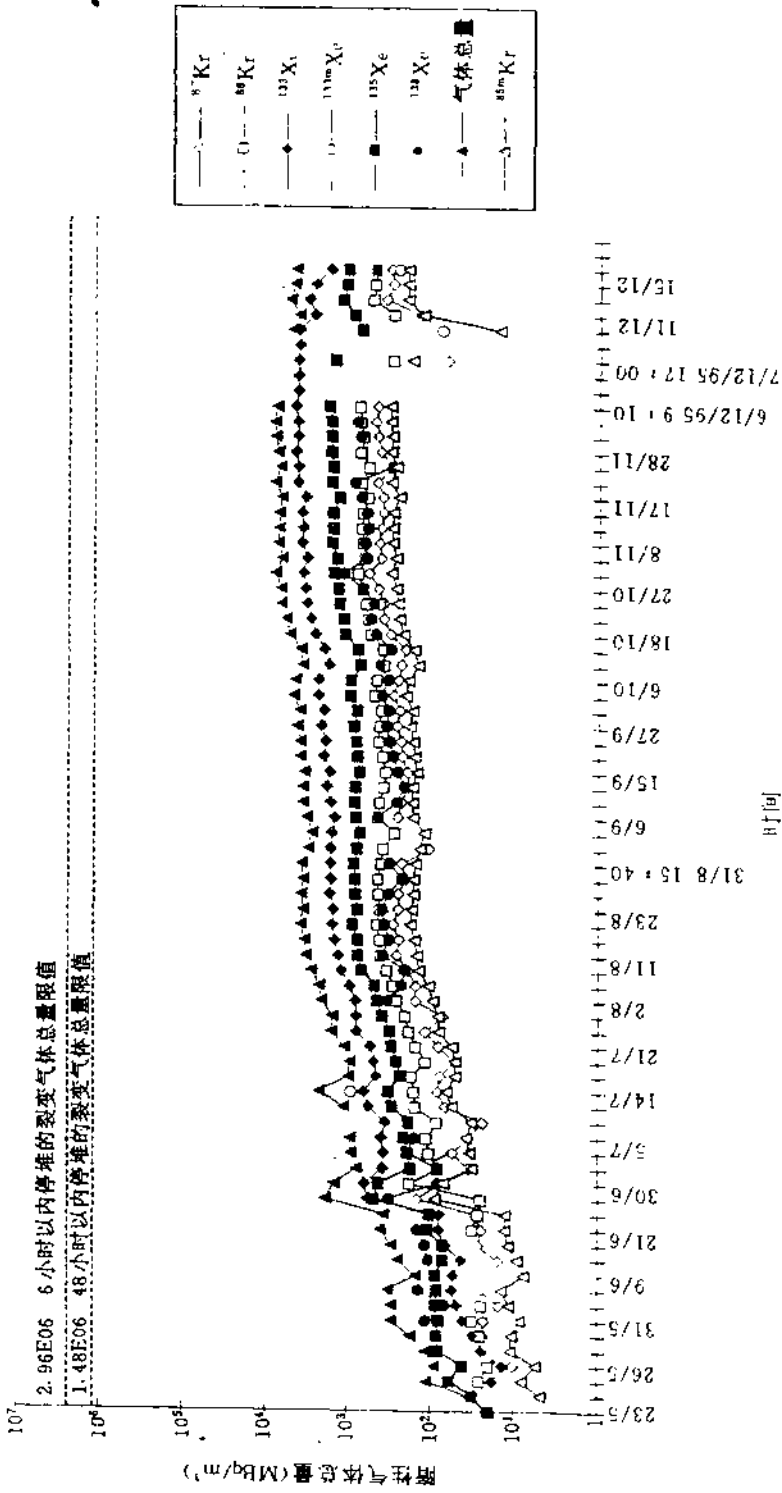
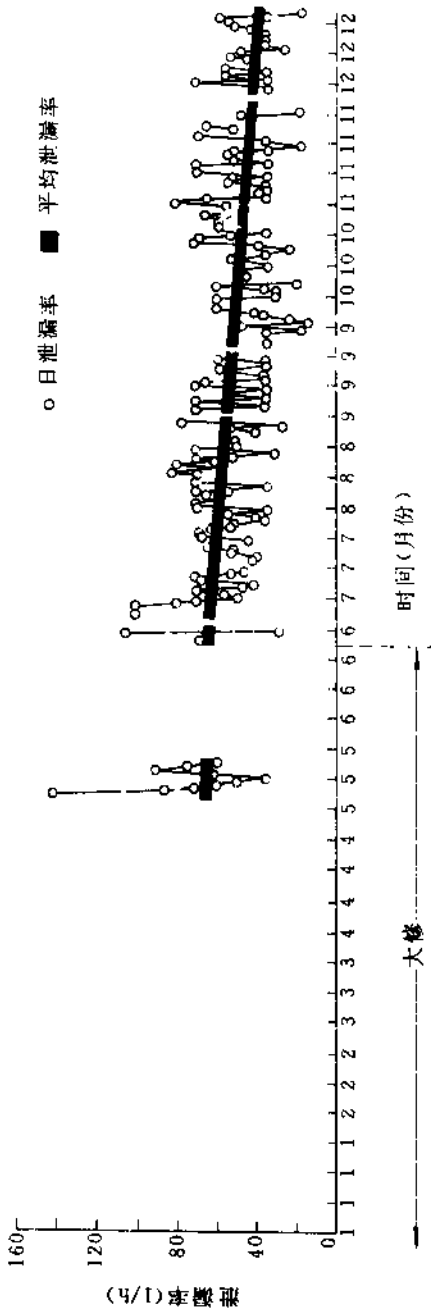


图 2.2.1.2-5 2号机第二循环碘放射性活度

1号机 1995年度泄漏率



2号机 1995年度泄漏率

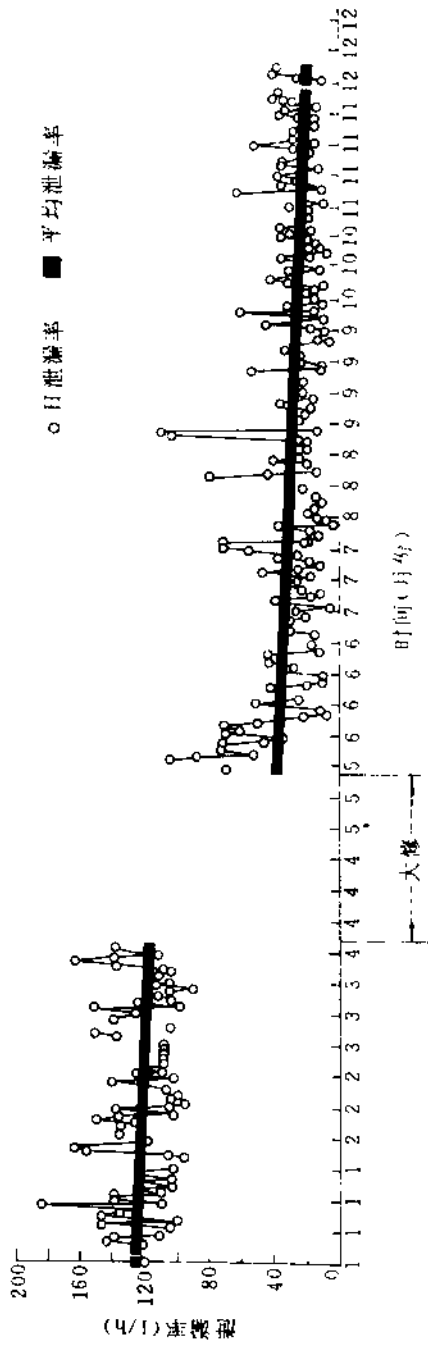


图 2.2.1.2-6 1、2号机 1995 年度一回路泄漏率

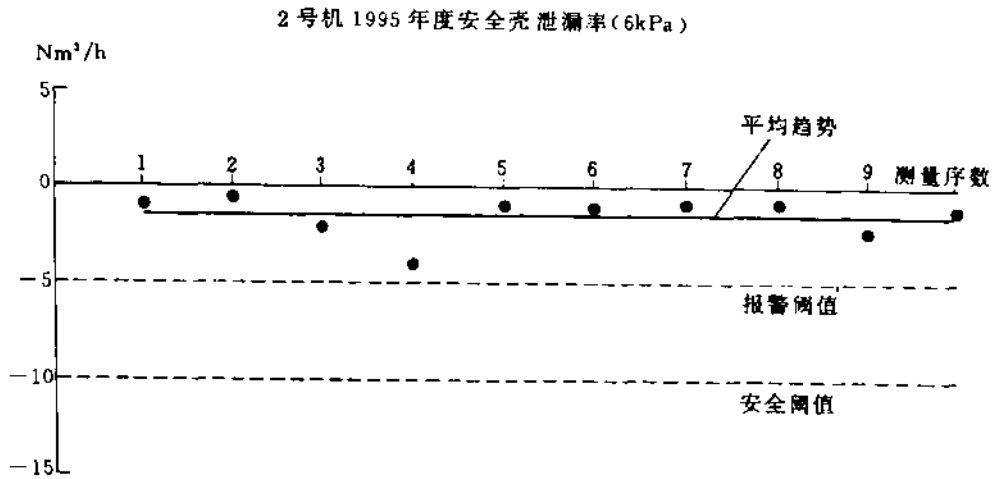
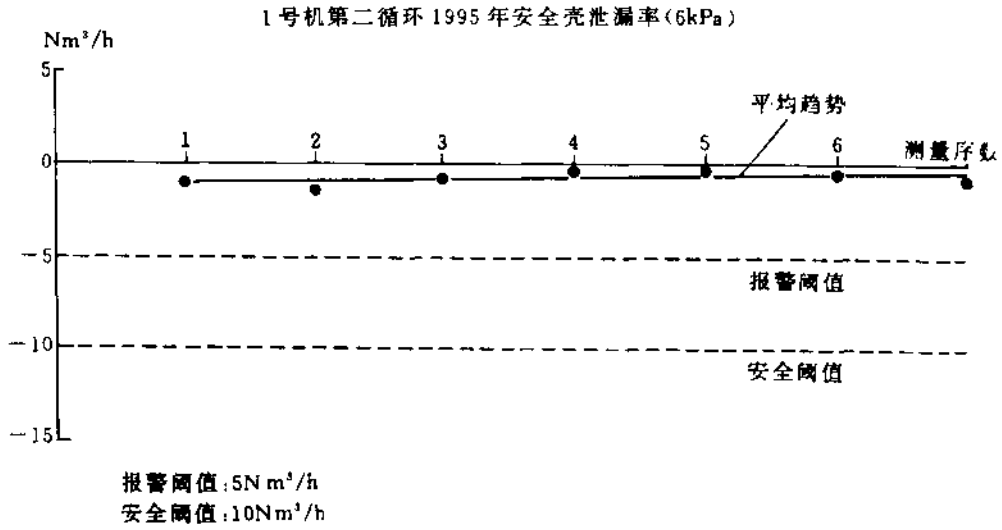
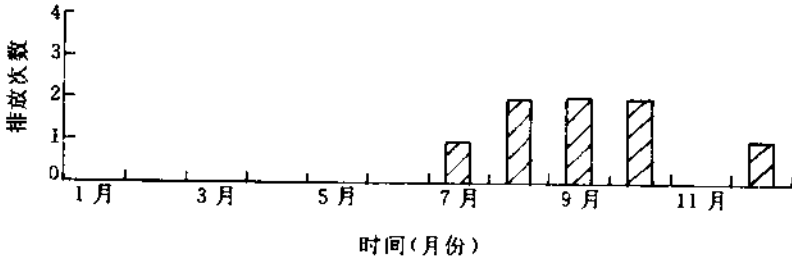
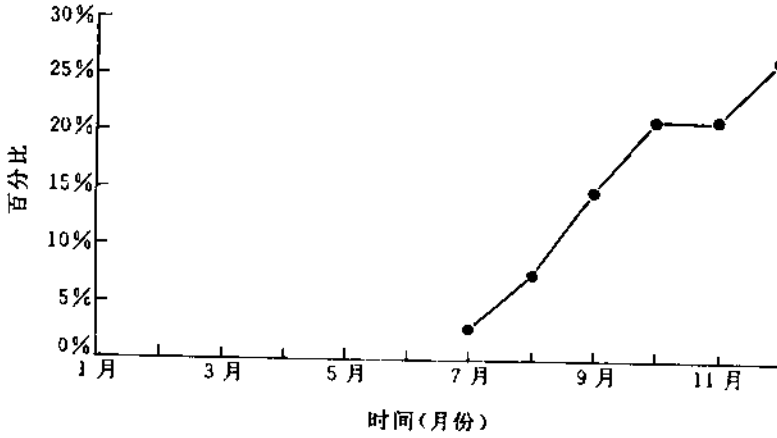


图 2.2.1.2-7 1、2号机 1995年度安全壳泄漏率

1号机安全壳泄压排放



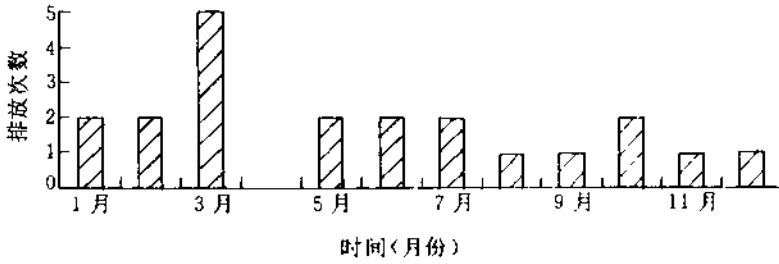
年限值 80 小时的消耗比



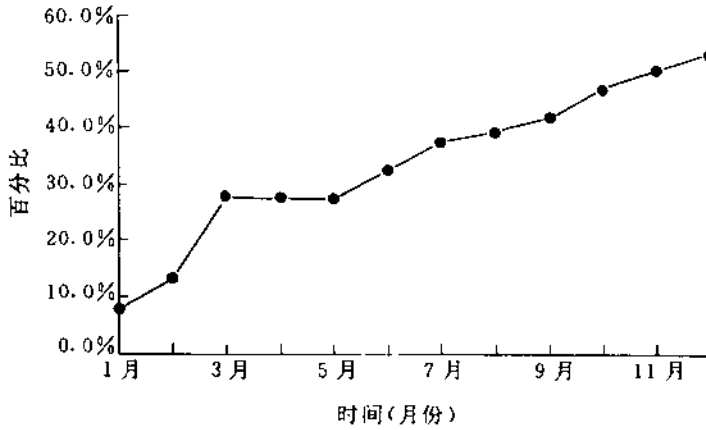
安全壳总的排放次数	8次
总的排放时间	20.9小时
年限值消耗比	26.2%

图 2.2.1.2-8 1号机 1995 年安全壳泄压排放状况

2号机安全壳泄压排放



年限值 80 小时的消耗比



安全壳总的排放次数	21 次
总的排放时间	42.1 小时
年限值消耗比	52.7%

图 2.2.1.2-9 2号机 1995 年安全壳泄压排放状况

### 3. 安全壳

安全壳即包容一回路的主厂房。它将反应堆、冷却剂系统的主要设备和主管道包容在内。它能阻止放射性产物向环境释放，构成了反应堆与环境之间的最后一道屏障。

技术规范的要求：

- 安全壳在 6 kPa (g) 时，总泄漏不能超过 10Nm<sup>3</sup>/h。

- 大亚湾核电站安全壳所承受的压力是根据在 LOCA (即一回路破口导致冷却剂丧失) 事故情况下所达到的峰值压力来设计的。运行技术规范规定 LOCA 峰值压力下，安全壳的泄漏率必须小于总体积的 0.3%/24h。

- 在正常运行时，安全壳压力不能超过 0.11MPa (g)，否则要在 24 h 内停堆 (0.11MPa 为用于安全分析中的安全壳压力数据)。

在安全壳每一个升压过程中，安全壳泄压排放之前，进行一次安全壳的泄漏率测量，确保安全壳的泄漏率小于 10Nm<sup>3</sup>/h。图 2.2.1.2-7 为安全壳相对压力为 6 kPa 下的泄漏率曲线。

从图中可以看出，1 号机安全壳的平均泄漏率约为 1Nm<sup>3</sup>/h，2 号机为 1.2Nm<sup>3</sup>/h，远低于技术规范的限制。

考虑到用 ETY 对安全壳进行排气，尽管经过了过滤处理，仍存在把放射性物质排放到大气的可能性，因此在辐射防护 ALARA 的原则下，ETY 每年排放时间不能超过 80 小时，实际排气时间如图 2.2.1.2-8 与图 2.2.1.2-9 所示。

从上述图表可以得出这样的结论，大亚湾核电站 1995 年第三道屏障的完整性得到了有效的保证。

#### 2.2.1.3 安全相关设备不可用状态 (Io 跟踪)

##### 1. 1、2 号机组预防性维修

- RRI/SEC 热交换器

1995 年两台机组这方面主要表现为 2 号机组计划不可用 (1 号机上半年在检修)，而且集中在上半年海产繁殖期，总的计划不可用时间约为 180 小时，占计划不可用允许时间 500 小时的 36%。

- 9LCR

1995 年辅助电源 9LGR 计划不可用时间为 44 小时，占允许时间 72 小时的 61%。

##### 2. 1、2 号机组设备随机不可用统计

(1) 第一组设备不可用次数及份额如表 2.2.1.3-1 所示：

表 2.2.1.3-1 第一组设备不可用次数及份额

1 号机组			2 号机组		
功能	次数	百分比%	功能	次数	百分比%
传热	7	29	传热	9	22
反应性	3	13	反应性	8	20
安全壳	3	13	安全壳	10	24
电气	11	45	电气	14	34
总计	24	100	总计	41	100

第一组设备不可用次数及份额也示于图 2.2.1.3-1 中:

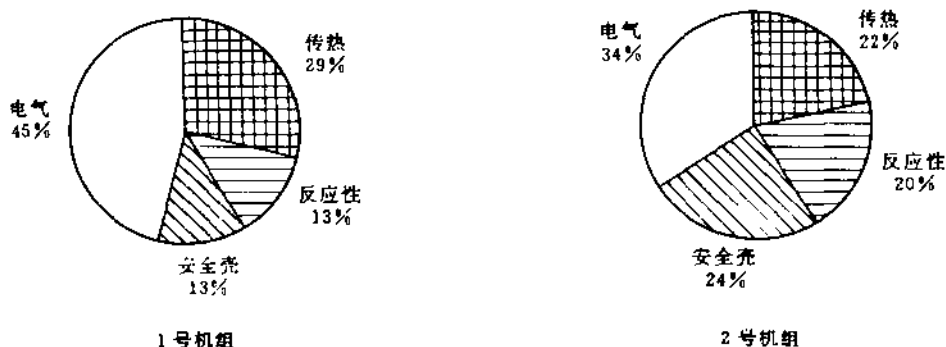


图 2.2.1.3-1 第一组设备不可用次数及份额分布

第一组设备不可用次数按月份分布如图 2.2.1.3-2 所示。

第一组设备 I<sub>0</sub> 状态评价:

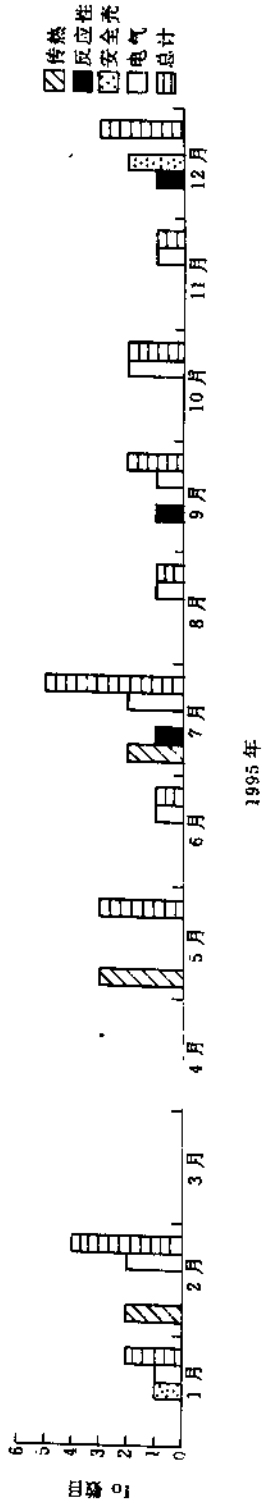
- 2号机组的 I<sub>0</sub> 次数比 1号机组多。
- 两台机组电气方面 I<sub>0</sub> 的比例大, 主要是柴油机 LHP、LHQ 问题和 IGR 问题较多。
- 传热方面, 主要来源于 RRI/SEC 换热器的管道清理及 RIS021、RIS001/002BA 频繁补水。
- 反应性控制情况较好。

(2) 第二组设备不可用总次数及总时间分布

	1 号 机 组		2 号 机 组	
	次 数	小 时	次 数	小 时
计划不可用	57	2635	65	939
随机不可用	87	2436	101	3077



1号机第一组不可用分布图



2号机第一组不可用分布图

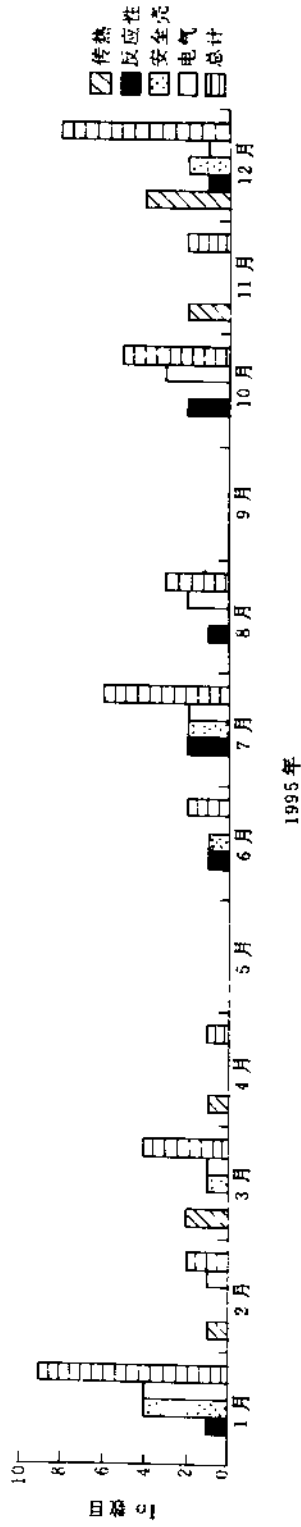


图 2.2.1.3-2 第一组设备不可用次数按月分布

其中：存在问题的主要系统所发生的次数、时间及各自百分比按机组分为：

1 号机

计划不可用					随机不可用				
系 统	次 数	次数百分比 (%)	小 时	时间百分比 (%)	系 统	次 数	次数百分比 (%)	小 时	时间百分比 (%)
DVN	13	23	570	22	KRT	53	61	1485	61
KRT	13	23	1642	62	DVN	17	20	727	30
DVE	5	9	24	0.9	SAP	3	4	130	5
其 它	26	45	399	15.1	其 它	14	16	94	4
合 计	57	100	2635	100	合 计	87	100	2436	100

2 号机

计划不可用					随机不可用				
系 统	次 数	次数百分比 (%)	小 时	时间百分比 (%)	系 统	次 数	次数百分比 (%)	小 时	时间百分比 (%)
RRI	14	22	293	31	KRT	54	53	1451	59
SEC	9	14	96	10	DVN	11	11	320	13
DVN	8	12	63	7	SEC	8	8	293	12
DVW	6	9	147	16	RRI	7	7	161	7
RRA	2	3	96	10	LCA	7	7	155	6
其 它	26	40	244	26	其 它	14	14	69	3
合 计	65	100	939	100	合 计	101	100	2449	100

第二组设备 I. 状态评价：

a. DVN 系统：问题主要存在于 004 风机，由它引起的 I. 时间约达 1600 小时，主要问题是电缆烧坏、马达损坏以及轴承损坏。

b. KRT 系统

部分取样泵的停运烧坏、电磁阀故障、供电故障、测量故障、温度影响、连接不良或取样流体冷却不够是 KRT 主要存在的问题。（数据表格中，KRT 占的 I. 次数及 I. 时间均较高是因为将总共 85 个独立 KRT 通道当成一个通道来统计。）

c. RRI 系统

主要是 2 号机换热器管道计划清理工作占的 I. 时间比例大。

2.2.1.4 定期试验

1. 定期试验的计划、实施及其结果评价

定期试验包括两方面的功能，一是作为监督大纲实施的安全功能，另一是确认设备可用性的功能。这两方面的功能包括下列五个方面的试验：

- (1) 设备功能的试验
- (2) 控制和仪表试验
- (3) 设备的性能试验
- (4) 化学和放射性化学试验

### (5) 电厂辐射监测通道试验

由运行处、维修处仪表科、技术服务处性能科、化学科和环境科及保健物理处辐射防护科负责上述五个方面定期试验的规程编制、计划和实施。

定期试验按试验所要求的周期进行计划。为使试验的计划和实施有一定的灵活性，两次试验的时间间隔允许有一个 25% 周期的调整区间，但这个允许调整时间必须在充分论证的情况下作为例外使用。对化学监督的两次取样分析之间的时间间隔则必须严格按照要求的时间去实施。

1995 年是大亚湾核电站两台机组投入商业运行的第二年。电站各有关职能处、科按质保要求进行了各个项目的定期试验。1 号机组（包括 0、9 号机）运行定期试验共计划实施 1494 项，结果满意 1354 项，不满意 140 项；2 号机组运行定期试验共计划实施 1403 项，结果满意 1283 项，不满意 120 项。对结果不满意的情况，通过纠正性维修或改进，进行消除后重新安排实施定期试验，直到结果满意为止。通过定期试验实施，对安全相关设备的功能进行了验证，及时发现设备的缺陷并予以修复，从而确保了电站的安全水平。

### 2. 与定期试验有关的重大事件

1995 年，与定期试验有关的重大事件共 3 起，均已向国家核安全局报告，情况如下：

#### (1) 重大事件 SR-1-95004：控制棒落棒时间超标

1 号机组第一次换料大修后，1995 年 2 月 14 日在热停堆工况下做了落棒试验，试验结果显示：和调试期间的试验结果比较，控制棒落棒时间（T5）平均增加了 0.3 秒，并且有 7 组棒超过 2.15 秒的设计标准。研究表明其根本原因是控制棒导向管设计不当。经多方努力，电站采取了纠正措施，更换了有问题的导向管，使落棒时间（T5）在允许范围之内。

#### (2) 重大事件 SR-1-95009：由于 1LCB 电压波动引起停堆

1995 年 7 月 18 日，1LCB 充放电试验过程中，由于测量 1LCB01RD/02RD 的电压时操作不当，电压大幅度波动，导致保护系统 RPB 的 48V 电源部分丧失，引起停堆。

#### (3) 重大事件 SR-1-950016：由于部件故障，应急柴油机的可靠性下降

两台机组 4 列应急柴油机中，有 13 个零部件发生过故障，这些故障使应急柴油机的定期试验一次启动成功率只有 71%（自商业运行至 1995 年底）。对这些故障分别进行了纠正性维修和改进性维修，直到每次试验的结果满意为止。为了提高应急柴油机的可靠性，对这些故障进行了根本原因分析，并在以后的大修中进一步采取纠正行动，直到消除所有的故障，使应急柴油机处于随时可用的良好状态。

### 3. 定期试验中发现的设备缺陷及其处理

定期试验中发现的设备缺陷通过工作申请方式启动纠正性维修程序予以修复，每次修复后，都进行再鉴定试验或重新安排试验直至缺陷消除，试验结果满意为止。对定期试验中发现的设备缺陷进行跟踪分析，对重大缺陷和重复性缺陷则通过深入的分析论证，进行技术改进。

1995 年由于定期试验发现设备重大缺陷而引起的技术改进主要有：

- (1) EAS 系统定期试验后排水阀的改造；
- (2) JPH/JPT 消防水隔离阀的改造；
- (3) JDT 火警总盘的改造；
- (4) 主泵/JDT 系统改造；
- (5) 应急柴油机低润滑油位（150/650SN）的改造；

- (6) 应急柴油机冷却水回路软管的更新；  
 (7) 应急柴油机排气温度信号回路的改造。

### 2.2.1.5 瞬变统计

#### 1. 主要瞬变消耗统计

反应堆一回路承压边界在核电站运行期间会随工况的变化发生一系列的应力变化，这些应力变化会对一回路的管道造成不同程度的疲劳或强度破坏，因此了解这些应力变化的数量与强度，进行分析、归类、统计，是一项与核安全密切相关的工作，这就是瞬变统计。

目前大亚湾核电站所采用的瞬变统计方法是：用 KDO 系统（试验数据采集系统）记录仪记录与一回路相关的压力、温度以及阀门开关状态等信号，分析这些信号的性质、大小，然后与设计值比较、归类，通过对一段时间的瞬变进行统计，了解瞬变消耗及运行质量，从而对反应堆的寿期进行控制。

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、降负荷）；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）。主要瞬变有以下几种：反应堆升温降温、升降负荷、甩负荷、停堆、化容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。大亚湾核电站的设计寿期为 40 年，在寿期内每一种瞬变都规定一定的设计发生次数，即该瞬变的设计值。我们将设计值平均到每年所得数字称之为预期值，而实际发生的次数称之为瞬变消耗，从 1995 年瞬变统计的结果来看（见表 2.2.1.5-1）：

表 2.2.1.5-1 1995 年主要瞬变消耗

瞬变代码	瞬变描述	1号机瞬变消耗	2号机瞬变消耗	预期值	设计值
1-1&1.2	反应堆升温	6	1	5	200
2	反应堆降温	6	2	5	200
3.1	升功率	7	13	245	9800
4.1	降功率	6	7	248	9920
10	热停堆维持蒸汽发生器水位	19	6	50	2000
32.2	上充最大增加	23	7	7.5	300
37	下泄关闭上充不变	3	3	5.5	220
38	下泄上充关闭	0	1	5	200
42	RRA 启动	9	2	5	200

1 号机组反应堆升温 and 化容系统大幅度温度变化瞬变消耗较大，达到或超过预期值。化容系统与主管道的接管处温度会由于上充下泄流量的变化而发生较大的变化，其中温度变化超过 47℃/小时（瞬变代码为 32.2）的瞬变设计值为 300 次，1995 年发生 7 次，主要由于落棒试验导致。

2 号机 1995 年瞬变消耗状况良好，均远小于预期值。

#### 2. 改进建议

两台机组 1995 年瞬变消耗情况与 1994 年相比变化不大。需要注意的是：应尽量减少对系统影响较大的操作，从而减少瞬变发生。具体应该注意以下几点：

- (1) 避免在升温或降温过程中作主回路温度发生较大波动的操作；
- (2) 降温时，在热停堆状态至少应持续 3 小时；
- (3) 降温时，RCV 打开 2 个下泄孔板，增大下泄流量，可减少 RCV 相关瞬变发生；
- (4) 避免关闭 RCV 下泄回路及上充、下泄同时关闭；
- (5) 换料期间减少对 RIS12、13VP 操作次数；
- (6) 对主回路温度测量旁路的维修，避免阀门关闭超过 1 小时；
- (7) 限制过剩下泄的操作，保护 RCV250VP 阀门；
- (8) 限制辅助喷淋的操作。

#### 2.2.1.6 核安全文化

##### 1. 推广核安全文化活动情况

国际核安全咨询组 (INSAG) 认为，核安全文化的实质是一种手段，能使所有的单位和个人都能对核安全密切关注。就核安全文化的表现而言，它主要由下面两个方面组成：第一是体制，这由单位的政策和管理者的活动所确定；第二是每个人的响应，这些人在上述体制中工作，并从中受益。

1995 年大亚湾核电站为推广核安全文化，在改善核安全管理政策上和个人响应方面主要进行了下列工作：

(1) 开展了从电站管理层至处、科一级的管理研讨班，以贯彻落实电站核安全管理政策，明确各个职能部门的职责分工。

(2) 开始了对原电站质量保证手册的完善和更新工作。

(3) 加强了电站经验反馈的工作：

- 推行人因失效管理政策，以尽量减少电站的人为错误；
- 开展了以预防重大事件、人为操作错误再发生为主的经验反馈工作，力争做到重大操作前能预先警告，事件发生后能及时反馈的作用。

(4) 开展了核安全文化自我评估工作，为今后大亚湾核电站工作人员核安全文化教育提供了理论依据。

(5) 加大力度开展核安全文化宣传运动：

- 在电站内部定期出版核安全文化宣传刊物，以宣传核安全文化政策，增加核安全透明度。
- 开始出版运行总则、最终安全分析报告中文版，以方便电站各层次人员的应用与阅读。
- 开展适应电站各层次工作人员的核安全培训班，主要有对运行人员、维修人员讲解运行技术规范，请美国 FPI 公司专家给电站管理与生产人员讲解事件根本原因分析方法，着手编写电站核安全文化宣传教材等。

(6) 在运行人员中间开展“明星”自检 (STAR) 活动，以努力减低运行人员误操作发生率。

##### 2. “安全之声”出版情况

核电站经理研讨班于 1995 年 7 月决定，为了宣传和普及核安全文化，提高核电站全体员工的核安全文化素养，决定不定期出版内部刊物，定名为“安全之声”。这一刊物主要反映大亚湾核电站在贯彻核安全文化方面所做的工作和改进核安全的有关经验，并提出电站在运行

中值得关注的安全问题，同时尽可能及时地提供国外核电站的有关经验反馈，作为借鉴。

各处指定一名通讯员报导处内安全有关活动情况，也鼓励员工踊跃投稿，由两位同志具体负责编辑出版工作。

1995年共出版“安全之声”两期。

### 2.2.1.7 执照申请

1995年度内执照申请工作和核安全监管围绕核电站两台机组的首次换料大修和正常运行的监督管理开展，其主要内容可分以下几个方面叙述。

#### 1. 安全基准文件管理

最终安全分析报告C版是运行许可证申请书的一个附件。根据国家核安全局的审评的意见，核电站及时进行修订，并正式出版了最终安全分析报告D版，其中包括控制棒修改最终方案相关的部分。此外，最终安全分析报告的中文版本亦正式完稿出版。

核电站试运行阶段环境影响报告书根据1月份专家评议意见修改后于2月28日送国家环保局审评。国家环保局于5月3、4日在核电站现场召开审评会，原则通过该报告书，其修订工作将于1996年1月底完成。

核电站运行总则的第三、六、九、十章中文翻译和审核已完成，目前正在排版修订中，预计于1996年第一季度末正式出版。

#### 2. 运行许可证申请

按核安全法规要求，广东核电合营有限公司分别于1994年11月28日和1995年3月24日向国家核安全局呈送了两台机组的《运行许可证申请书》及下列附件：

- 修订的最终安全分析报告（共用）
- 运行质量保证大纲（共用）
- 修订的厂内应急计划（共用）
- 机组调试总结报告
- 机组试运行总结报告

因两台机组均实施了控制棒修改的最终方案，合营公司将提交试运行总结报告的补充报告。为此，国家核安全局认为应在最终方案实施且机组投入运行后一个适当时候才颁发《运行许可证》。

#### 3. 操纵员执照申请

1995年3月、4月，分别组织实施操纵员和高级操纵员执照申请考试。经核电站考评委员会评议，中核总资审委最终审定后报国家核安全局核准颁发了16位操纵员执照和18位高级操纵员执照。

1995年11月中旬，又组织实施操纵员执照申请考试。

1995年还申请更新28位高级操纵员执照和7位操纵员执照。

1995年底止，核电站已有69人和46人分别获得核电站操纵员和高级操纵员执照。

#### 4. 安全重要修改

1995年度内实施的经核安全局批准的安全重要修改有：一回路水位超声波测量、气态流出物分离、主控制室增装堆芯物理试验讯息终端和集中控制模拟量机柜（KRG）继电器，并提交了修改评价报告。国家核安全局批准了1号机组的控制棒修改的备用方案（部分原设计的导向管由改装的1300MWe型导向管替代）及控制棒落棒时间临时准则（T5等于2.4秒）。控制棒修改的最终方案已由国家核安全局批准。

### 5. 停堆监督

核电站1号、2号机组分别于1995年第一和第二季度实施首次换料停堆大修。国家核安全局和广东地区监督站对大修过程实行了严格的监督管理，其主要方式有：日常跟踪，参加大修会议、安全主要活动的见证（如安全试验、卸装料，导向管更换等），参加特定的安全审查会议；离开冷停堆、临界条件、90%功率后。核电站还提交了再启动报告、临界申请、换料大修总结报告。

### 6. 特许申请

因机组运行状况要求及有利于核安全，1995年度向国家核安全局提交了共12份特许申请。1号机组和2号机组分别提出了4份和2份，另有6份适用于两台机组的通用申请。所有特许申请均经批准后实施，并严格遵守申请中承诺的预防措施和补充安全措施。

### 7. 核安全监督与核安全报告

国家核安全局和广东地区监督站对核电站安全相关的运行活动和管理实施核安全监督和检查，其方式有：

(1) 现场核安全监督员进行例行的日常监督和巡视，跟踪核电站的运行状态，核实技术规格书的遵守情况，跟踪及监督安全重要设备的维修、修改和试验，参加核电站的安全重要的会议。

(2) 广东监督站每周二与核电站举行会议，讨论与安全有关的问题和协调监督检查活动。

(3) 国家核安全局于1995年9月底进行了年度核安全检查，涉及运行、经验反馈、应急准备、辐射防护、人员培训、质保、技术规范的遵守等；12月份进行了废物管理调研检查。

(4) 广东监督站现场监督员执行的专题检查还有：大修承包商质量保证、换料试验、消防、监察管理、应急运行规程和维修管理。

核电站针对安全检查报告中所列的各项要求，制定相应的纠正措施并付诸实施，其方式有：

(1) 协调会，阐明审评和监督要求以及执行措施。

(2) 核安全报告，核电站执行核安全报告的类别有：

- 运行日报
- 重要活动通告
- 核电站安全运行月度报告
- 当年发生的运行事件通告 35 件，呈交事件报告 38 份
- 专题报告

### 8. 环保监督与报告

国家环保局于1995年5月7、8日在现场对大亚湾核电站环境保护设施进行了检查验收，全面审议了核电站提交的验收报告，进行了三废处理设施及环保设施的实地检查，确认核电站的环境保护设施满足了“三同时”的要求，运行状况基本良好，准予验收。

核电站委托厦门海洋第三研究所实施两年分四个阶段的大亚湾海域的生物调查，它通过了科技成果鉴定。该项调查较全面地反映了核电站试运行前后大亚湾海域的环境及生态的现状，并初步揭示和阐明了核电站试运行后环境影响和生态效应。

广东省环境保护局负责核电站运行期间的放射性流出物和环境质量的监督，其监督手段有：

- 核电站每月向省环保局发送流出物排放和周围环境监测的月度报告；

- 核电站每月申报工业废水排放量；
- 省局监测中心按规定的范围每月进行气态和液态流出物排放前的取样及分析，核实核电站的排放月报数据，并进行环境质量的监测和评价；
- 核电站与省环保局多次协调有关流出物监督管理办法和措施；
- 排污收费问题的协商；
- 非放射性废水排放系统问题的调查与改造的提出。

### 9. 竣工验收活动

广东大亚湾核电站1号和2号机组分别于1994年2月1日和1994年5月6日先后投入商业运行，各项性能指标均达到设计要求，并取得较好的运行记录。根据中国核工业总公司颁发的“核电厂基本建设工程验收规程”第二十一条要求，广东核电合营有限公司于1994年12月7日向中国核工业总公司提出竣工验收的申请。

广东大亚湾核电站工程预验收于1995年12月11日至12月14日在大亚湾核电站现场进行。参加预竣工验收的委员和代表共60多人，其中委员41名，他们来自中国核工业总公司、电力工业部、广东省、广东核电集团公司、国家计委、核安全局、中国银行和地方电力局和电力设计院等单位。他们中除了各有关主管单位和部门的领导、负责人和专家外，还有中国科学院院士、中国工程院院士等电力专家和核专家。

预竣工验收委员会经现场检查验收，认为广东大亚湾核电站工程已具备了国家验收条件。并在预竣工验收鉴定书上签了名，同意上报国家计委申请竣工验收。预计国家竣工验收活动将在1996年6月进行。

### 10. 往来函件

核安全部门和核电站之间的往来函件是核安全部门的管理要求和核电站的承诺及执行情况的记录和体现。1995年内，核电站收到核安全部门的函件共70件。核电站为执行核安全监管要求，报告对核安全部门函件要求的实施状况，向核安全部门提交了共260份函件。

#### 2.2.1.8 国际原子能机构活动

##### 1. 运行前安全评议团活动建议跟踪

国际原子能机构于1993年5月对大亚湾核电站实施了为期3周的运行前安全评议团活动，涉及核电站运行准备的9个方面：电站管理和组织、人员培训和资格、运行准备、维修准备、技术支持、辐射防护、电厂化学、应急计划和准备、运行质量保证。国际原子能机构结合国际核电经验和评议团专家的专长，在评议活动报告中提出了核电站尚需改进完善或可以考虑改进的有益的建议共190条。核电站各部门按照公司总经理部和核电站经理部落实实施这些建议的要求，根据实际情况制定措施和计划逐项落实：1993年完成实施建议51项，1994年完成实施建议90项，1995年完成实施建议49项。

##### 2. 运行安全评议团活动准备

国际原子能机构与广东核电合营有限公司于1995年7月2、3日举行了“运行安全评议团活动”的预备会，双方商定：评议团活动将于1996年10月7日至25日在现场进行。评议涉及八个方面，评议团将由10位专家和3位观察员组成。为有成效地开展“运行安全评议团活动”，核电站各部门遵照“评议团活动”导则要求，结合“运行前安全评议团活动”的建议，开展了自我评价活动，在此基础上制定了改进行动计划。1996年一季度开始准备“评议团活动”预审文件。

##### 3. 培训和讲习班



国际原子能机构与中核总商定,委托合营有限公司于1995年2月20日至3月10日在核电站现场举办“区域性优化核电厂维修提高运行安全的培训班”。IAEA聘请了德国、瑞典、美国、荷兰等国共11位专家讲课,来自印度尼西亚、巴基斯坦、印度、韩国、中国的20位学员参加了培训班。

国际原子能机构制定的1995年至1996年度区域性核电厂运行安全研讨会计划的一个项目——首次技术交流访问于1995年9月25日至29日在核电站举行。来自韩国、印度、巴基斯坦、印度尼西亚,大亚湾核电站的10位专家就运行规程、应急运行规程、丧失最终热阱等专题进行了广泛、热烈、认真的交流和讨论,并编制了会议文集。

核电站派专家参加了按该项目在南韩、印度举办的专题研究会。

合营有限公司接受国际原子能机构和核总的委托,于1995年10月30日至11月9日举办了“核电厂人员培训和资格考核的系统化方法讲习班”。IAEA聘请了美国、德国、法国、英国有关核电站的5位专家讲授开展系统化方法的良好实践经验,来自印度、巴基斯坦、韩国、中国的30位学员参加了讲习班,介绍了核电厂人员培训工作的经验。

#### 4. 其他交流活动

核电站派送有关专家参加国际原子能机构举办的专家会议:

(1) 1995年10月3日至5日在维也纳举办的“核电厂维修人员培训和资格考核”的专家会议。与会专家介绍和讨论核电厂维修人员培训和资格考核的组织体系及系统化方法、运行组织承担的作用和职责、与此相关的培训经验等。

(2) 1995年11月6日至10日在维也纳举办的“核安全文化的专家顾问会议”,评议了“发展核安全文化实践”的IAEA文件,推动核安全文化教育。

(3) 1995年11月20日至24日在维也纳举办的“提高核电厂运行和维修性对设计单位的经验反馈”的专家顾问会议。

## 2.2.2 工业安全

1995年核电站在工业安全方面取得了良好成绩,事故率和严重度均有效地控制在指标范围内,并远低于1994年的数值,管理体系得到进一步完善。

### 2.2.2.1 安全统计

#### 1. 事故总数

2次,其中作业相关事故1次,详细情况见表2.2.2-1。

表 2.2.2.1-1 事 故 总 数

序 号	说 明	日 期	损 失 人 数
1	OPP 一职工在上班路上,因巡回班车超载,在转弯时,尾骨撞在门上,受挫伤	1995. 3. 21	2
2	2号机大修时 OPM 一职工在打开3号蒸汽发生器人孔时,左手姆指骨折	1995. 4. 15	37

2. 非考核工业事故(个人责任,其他单位责任)7次,详细情况见表2.2.2-2。

表 2.2.2.1-2 非考核工业事故\*

序 号	说 明	日 期
1	OPO 一职工上班时开私人摩托车翻倒, 头部受伤 (较重)	1995. 3. 10
2	OPM 一职工上班时驾私人摩托车翻倒, 腹部受伤 (较重)	1995. 4. 27
3	OPM 职工无证驾驶二手车, 推车时脊椎骨折	1995. 6. 28
4	OCS 一职工参加团委组织的足球赛, 脚部骨折	1995. 10. 11
5	OPH 一职工参加团委组织的足球赛, 跌伤	1995. 10. 16
6	OCS 一职工在回工地的班车上, 因撞车受轻伤	1995. 10. 19
7	OPA 一职工在回工地的班车上, 因撞车受轻伤	1995. 10. 19

\* 不在大亚湾核电站工业事故及国家有关法规定义范围内, 但涉及电站职工并发生在电站区域内的人身事故。

### 3. 事件和未遂事故

事件总数 (轻微伤害事件): 9

未遂事故总数: 40

### 4. 安全事件分布

安全事件总数 (事故总数 + 非考核工业事故总数 + 事件总数 + 未遂事故总数)

$$2 + 7 + 9 + 40 = 58$$

详细情况见表 2.2.2-3。

表 2.2.2.1-3 安全事件分布

分 类	安全事件数	比例 (%)	GNPS 责任	比例 (%)	承包商责任	比例 (%)
交通安全	15	26	11	46	4	11
起重作业	12	21	1	4	11	32
焊接作业	6	10	0	0	6	18
脚手架作业	4	7	0	0	4	12
工具使用	9	16	3	12.5	6	18
设备缺陷	5	8.5	4	17	1	3
电气安全	2	3	2	8	0	0
其他方面	5	8.5	3	12.5	2	6
总 数	58	100	24	100	34	100
总 比 例	58	100	24	41	34	59

从事件分布来看可得出下列结论:

- 按严重程度排列

(1) 交通安全 (2) 起重作业 (3) 工具使用 (4) 焊接作业 (5) 电气安全

- 电站的主要问题

(1) 交通安全 (2) 工具使用 (3) 电气安全

- 主要安全事件发生在机组大修阶段, 其主要责任单位是大修承包商

- 大修安全事件主要涉及

(1) 起重作业 (2) 焊接作业 (3) 工具使用

### 5. 1995 年电站工业事故率、事故严重度

- 电站工业事故率

目标  $F \leq 3.0$                   结果  $F = 0.785$

- 电站事故严重度

目标  $G \leq 0.15$                 结果  $G = 0.0153$

## 2.2.2.2 工业安全管理体制

### 1. 基本建立了完整的管理体制

工业安全管理纳入电站质量管理体系。电站质量管理手册第 13 章工业安全相关部分的内容全部撰写完毕。

### 2. 成立了电站工业安全、辐射防护委员会

1995 年 2 月将原来的电站工业安全委员会调整为电站工业安全、辐射防护委员会, 对电站的人身安全实施统一指导、协调、监督。

### 3. 通过工程竣工预验收

1995 年 3 月 29 日至 3 月 31 日由中核总、国家劳动部、卫生部、省劳动厅、卫生厅, 市劳动局等六单位组织的检查组对电站工程进行了职业安全卫生专题验收。电站通过了此项验收, 并得到较高的评价。

### 4. 协助总经理部建立了工地安全委员会, 制定了工地安全管理政策

1995 年 12 月协助总经理部建立了工地安全委员会, 在保健物理处设立了委员会办公室, 编写了委员会的组织与功能、委员会工作条例及工地安全管理政策有关文件, 为保证电站的外围安全条件奠定了基础。

### 5. 换料大修安全协调组织

建立了由电站工业安全部门主持、各大修承包商安全部门参加的大修安全协调组织, 在到目前为止进行的 3 次大修中发挥了积极良好的作用。

## 2.2.2.3 工业安全培训

本年度电站参加各级培训人数: 567 人

承包商参加由电站组织的工业安全培训人数: 1265 人

此外还组织了大修安全管理专题培训、特种作业专题培训、大修承包商负责人的专题培训。

## 2.2.2.4 安全文化建设

- 出版 6 期安全通讯

- 出版 80 块次安全宣传栏

- 典型工业安全事件案例分析: 7 个

· 1995年11月举行了工业安全、消防知识竞赛

安全竞赛本着鼓励参与、奖励优秀的原则,分三个阶段进行:即普学普考阶段、评考评优胜集体阶段、决赛夺取一、二、三等奖杯阶段。电站绝大部分员工参加了此项活动。决赛阶段还邀请了总经理部、党委、工会以及省电力局代表参加,取得良好效果。

## 2.2.3 消防工作

### 2.2.3.1 消防系统功能

1995年核电消防系统处于良好运行状态。

其中:JDT火警探测系统主系统运行基本正常,能及时对火灾参数作出响应,但存在某些功能缺陷和受环境影响而不稳定的情况,部分线性感温探测器由于易损造成误报和维修困难。有关部门对系统进行了认真分析和研究,在部分区域进行了改进试验,取得了明显的改进效果,从而确定了对系统进行改进的方案,并已计划于1996年实施,以加强该系统的可靠性。JPP消防水生产系统、JPV厂区消防水分配系统、JPI核岛厂房灭火系统、JPL电气厂房灭火系统、JPD厂房消防水分配系统、JPT变压器灭火系统、JPH汽机厂房灭火系统、JPS便携式灭火器系统、JPV柴油发电机灭火系统均可靠正常运行。

### 2.2.3.2 消防管理

1. 1995年核电站明确地将消防管理作为核安全管理的一项重大事项提交核安全委员会进行讨论和处理,有效地促进了消防工作的落实。

2. 根据核电站质量保证管理大纲的要求,1995年系统地修订了消防方面的管理程序和执行程序,完善了消防管理体系。

3. 加强防火关键点的控制,如:动火证、防火屏障开孔许可证、物料存放许可证、危险品存放许可证、消防系统隔离单等。

4. 消防培训:新入厂人员全部安排进行一级和二级消防培训,全年培训人员一级149人,二级308人。1995年加强运行二级干预队实操训练,在消防训练站模拟真实火灾情景,组织学员按消防规程和消防行动卡进行综合演练,全年培训运行人员125人。全年组织三级消防演习6次。

5. 日常管理与消防安全检查相结合,全年组织多次全厂范围的消防安全大检查,提出安全整改要求,跟踪落实情况。1995年全厂范围的消防安全检查共8次。

### 2.2.3.3 消防事件

1. 1995年1月10日1XR242/243EVF加热器过热造成水警事件。

2. 1995年3月24日1KX水下照明装置1PTR024CQ因无水通电过热烧毁,造成火警事件。

3. 1995年4月12日AF维修车间门口的垃圾桶被烟头引燃,造成未遂事件。

4. 1995年4月8日东防波堤照明灯具短路起火,造成火警事件。

5. 1995年6月25日在PX 2CTE002PO轴承烧红冒油,造成设备起火事件。

6. 1995年1月16日在1W401内1LNP001TR逆变器滤波电容烧毁,造成火警事件。

7. 1995年1月24日在1MX进行1CEX003PO再鉴定试验时,马达油室下部漏油点燃,造成设备起火事故。

8. 1995年11月6日HX制氯站厂房2CTE001TR内控制变压器故障过热冒烟,造成未遂事件。

此外,1995年2月27日在电站生产区外的法美公司(FREMEX)2号楼器材资料库因电气线路老化引发火灾事故,

## 2.2.4 辐射防护

1995年是大亚湾核电站全面实施辐射防护最优化(ALARA)的第一年,辐射防护经历了机组大修、抢修和正常运行的考验,取得了比较满意的成绩。

### 2.2.4.1 概况

1995年辐射防护目标和实际结果见下表:

	1995年目标	1995年结果
集体剂量(人·希)	$\leq 3.00$	1.98
个人最大剂量(毫希)	$\leq 20.00$	18.73
人员体表沾污(人·次)	$\leq 15$	15
人员体内沾污(人·次)	0	0

### 2.2.4.2 辐射防护培训

1995年全年核电站有198人接受了RP1和RP2培训,584人接受了辐射防护复训,承包商219人接受了RP1和RP2培训;组织了蒸汽发生器堵板、涡流探伤等多期模拟培训;约600人参加了辐射防护最优化讲座;在202大修前,对341位承包商人员进行了辐射防护考核。

### 2.2.4.3 放射性污染扩散事件和放射性物质丢失事件

对大修和正常运行期间控制区内发生的工作现场沾污均进行了及时标示,采取防护措施,严格限制污染范围并及时去污。

对所有运出控制区的物品严格进行辐射检查,按规定包装。

对电站近180个放射源逐月盘点,严格借用手续。

1995年度电站未发生放射性污染扩散事件和放射性物质丢失事件。

### 2.2.4.4 电站第一次大修辐射防护

大修前在辐射防护最优化方面进行了较充分的准备,对职工进行了广泛的培训和最优化宣传,制定了明确的目标,建立了最优化组织,充分吸取国外核电站的经验,发挥电站全体人员参与的优势,鼓励辐射防护人员积极介入。电站第一次大修辐射防护取得了良好的结果,实现了各项预定目标。

### 2.2.4.5 正常运行下的辐射防护

针对95年机组运行的特点,辐射防护的主要工作如下:

#### 1. 辐射防护人员现场巡检

根据有关程序,辐射防护人员完成了对控制区的定期巡检和测量工作,对控制区内的现场予以跟踪和监督。

全年辐射防护人员共提出699份工作申请,其中与仪表维修相关528份(包括KZC、

KRT), 核清洁 88 份, 其他 83 份。

全年共完成 12 份控制区辐射水平测量月报告和 52 份周报, 还完成数百份工作现场测量报告。

## 2. 控制区边界管理

为保证控制区边界的完整性, 防止污染扩散, 辐射防护人员进行了对边界完整性的定期检查。通过电站各单位的协调, 改进了几个重要边界大门如反应堆厂房龙门架、燃料厂房、燃料运输大门、核辅助厂房北大门、AC 厂房西大门的管理措施并落实了责任。

## 3. 厂区辐射监测

为及时发现厂区的辐射水平异常和可能的放射性污染, 辐射防护人员对厂区进行了每天的辐射和沾污水平监测。

## 4. 放射性物质运输监督

根据程序规定, 对所有离开控制区的物品进行辐射和污染监测, 要求按规定包装。保证只有经过辐射测量的物品才可离开控制区边界。对运输车辆、运输过程的防护、车辆装卸、人员防护等均提出了具体措施和要求。

## 5. 放射性废物管理

在电站废物管理委员会统一领导下, 辐射防护人员发挥了专业人员的作用, 对放射性废物的产生、收集、分拣、测量、压缩、贮存的全过程进行了分析, 提出了降低产生量的具体措施, 如对在控制区内使用、但没有受到沾污、可作为工业垃圾处理的材料的甄别进行了研究, 提出了具体的测量方法和控制阈值, 较深入地探讨了放射性废物的减容和比活度测量。

## 6. 洗衣房管理

大修结束后, 积压了数千件沾污的衣服没有及时清洗。辐射防护人员与现场服务人员衣物的分拣、去污、增白等做了许多工作和尝试, 使 300 套原拟作为废物处理的已使用的通风面具在去污后可重复使用, 不仅为公司节约了资金, 同时减少了废物量。

## 7. 工作的辐射风险分析

在辐射防护人员的积极介入和准备人员的主动配合下, 对辐射风险比较高的现场工作如 TES001BA 感温探头的维修、1 号机 RIC 探头的维修、RPE002PS 地坑的清理、过滤器更换及其他一些工作, 工作前辐射防护人员与维修准备人员充分交流, 分析辐射风险, 并提出合适的防护措施。

## 8. 工作现场污染防治

发生工作现场沾污后, 辐射防护人员及时地给出污染水平和范围, 设置相应的标志围栏和防护衣具。对某些区域, 如 1995 年 8 月份 NX281 由于 REN 阀门泄漏使其辐射水平升高, 当确认放射性泄漏点后, 作为橙区管理, 限制人员进出, 有效地防止了污染扩散。

## 9. 放射性查漏

1995 年 1 号机组的放射性泄漏严重威胁到电站的安全运行, 辐射防护人员积极参与放射性泄漏的定位、泄漏量估算、机组安全运行的影响评价等, 积极参与如 REN 泄漏点的确认, 组织 TEG、TEP、RPE 的放射性查漏试验, 进入反应堆厂房确认漏源, 小修扫气速率控制和风险分析等。

## 10. 辐射防护用品

为电站的大修和正常运行需要, 准备了 20 多个品种的辐射防护用品, 编写了专门的管理程序, 规范各类防护用品的技术要求和使用范围。根据现场防护经验, 及时增加或更新防护

用品种类。例如,1995年电站利用无纺布连体服代替塑料连体服,既提高了防护效果、改善了劳动条件,又降低了废物产生量。

#### 2.2.4.6 辐射监测仪表

电站共有便携式辐射监测仪表2381台件,1995年全部按规定刻度;440台件得到及时地维修,占仪表总数的18.56%;经维修后共有19(无备件)台不可用,占仪表总数的0.79%。

1995年中辐射防护科承担KZC系统维修工作后,半年时间内共对这一系统进行了155项维修。下半年KZC系统的可用率维持在95%以上。

电站辐射计量实验室及其建立的三个计量标准在1995年3月份以优异成绩获得国家的认证,自行完成的刻度量占全部仪表数的99%,同时还为电站其他职能处以及仪表性能检查提供了服务。

#### 2.2.4.7 辐射工作许可证

1995年全年共签发了30份红区和橙区许可证、428份进入反应堆厂房许可证和150份辐射探伤许可证。辐射防护人员对申办许可证的工作内容进行了跟踪。如辐射探伤,对标志设置、边界确定进行了审查,提出了改进措施,完善了程序。

全年共办理了2684张“控制区通行证”,其中1045张为“临时通行证”。

#### 2.2.4.8 个人剂量监测

##### 1. 电子剂量计系统

系统24小时运行。全年共出现死机16次,其中14次发生在第一次大修和抢修期间。全年进入控制区的人数超过6万人·次,大修高峰达1000人·次/天。大修期间每天向承包商提供剂量监测数据,每天发布大修剂量日报。

1995年内对电子剂量计按时进行了刻度。

##### 2. TLD剂量系统

全年共完成9490人·次的 $\gamma$ 常规剂量监测和140人·次中子剂量监测。接受广东省卫生防护所和中国辐射防护研究院的双轨监测240人·次,监测结果90%以内满意。

对剂量计进行了一次ECC刻度,对主机进行了2次刻度和多次比对试验,结果满意。

##### 3. 全身计数器

全年共完成3021人·次的测量。其中电站人员875人·次,第一次大修承包商人员896人·次,承包商常规监测730人·次,第二次大修承包商人员560人·次。

#### 2.2.4.9 2号机组第二次大修

在第一次大修经验的基础上,2号机组第二次大修采取了新的管理措施如下:

1. 组织维修各相关单位参加的辐射防护最优化周会;
2. 加强对工作现场准备的最优化审查和控制;
3. 对重要工作设立辐射防护控制点;
4. 更新个人防护衣具,控制个人沾污,严格高辐射风险工作的辐射防护措施。

### 2.2.5 职业医学管理

1995年大亚湾核电站的职业医学管理工作以放射医学监督、异常照射情况下的医学干预和现场医学应急为重点,开展职业卫生服务,完善职业卫生管理体系,加强员工的健康监督,保障员工身体健康。

### 2.2.5.1 放射性工作人员的健康监督

放射性工作人员健康监督的目的：主要是保证放射性工作人员的身体情况，从开始就业直至以后时期都能胜任于他们的工作；其次是保障工作人员的健康；同时为事故受照和职业病诊断以及可能因此而引起的法律问题提供健康资料。为此，结合大亚湾核电站的实际情况，1995年实施健康检查的内容包括辐射工作情况调查、自觉症状的询问、一般常规年度体检，此外体检医生可根据应检人员的具体情况提出一些补充项目的检查。体检在4~6月完成，11月份进行了一次补查和复查。对健康检查中发现的健康异常进行了追踪医学观察和治疗。在完成全面的健康检查之后，结合受照情况、工作需要、本人年龄、技术专长、健康状况等综合分析进行辐射工作适任性评价。1995年放射性工作人员体检共842人，其中814人评价结论是能从事辐射工作，23人不宜从事与辨色有关的工作，5人的评价结论是“暂时不宜从事辐射工作”。

### 2.2.5.2 异常照射情况下的医学干预准备及实施

职业医疗中心负责核电站异常照射情况下的医学干预。医务人员经过了全面的培训，掌握了异常照射情况下医学管理的方法和内容以及医学预防和医学处理的基本技能，取得中国核工业总公司安防卫生局的授权。职业医疗中心建立了设备齐全的去污室，配备了相应的污染监测设备和物品、去污剂、内污染阻吸收剂、促排剂、抗放药物、核事故急救药箱等，基本满足了现场异常照射情况下的需要。对应急照射前的医学干预、应急照射和事故照射后的医学干预从医学管理、医学预防及医学处理等方面作了明确规定。1995年大亚湾核电站没有发生过量照射事故；控制区发生的各种外伤，都从防止内污染的角度提出了医学建议，并采取相应的预防措施，没有因外伤而发生内污染事故。15例体表轻微放射性污染，去污均达干预水平以下，其中14例达本底水平。

### 2.2.5.3 辐射工作人员的健康档案管理

职业医疗中心对核电站的工作人员建立了详细的个人健康档案，健康档案的内容包括：职业史、个人史、既往史、家族史、个人受照射剂量、有害物质的接触量、就业前的健康检查记录、历年的健康检查记录、异常照射情况下的医学干预记录、过量照射人员的医学随访记录、职业病的诊治记录等。个人健康档案对个人保密，任何第三者不得查阅，其使用范围限于工作适任性评价、劳动能力鉴定、应急照射时的健康评价、职业病诊断、职工健康保健、人群健康评价、职业危害水平与效应的评价、解决职业损伤纠纷等。个人健康档案实行档案库和计算机双重管理，以文字管理为准，每年对健康档案进行一次整理，健康档案包括：人员信息、健康检查计划、物理检查数据、化验及仪器检查数据库、工作适任性评价数据、个人病史、特殊项目检查数据、确保个人健康档案全面、系统，为职业医学管理提供基础资料。

## 2.2.6 电站应急计划

### 2.2.6.1 应急组织的改进

广东大亚湾核电站在商业运行前已建立了比较完整的应急组织体系，由应急指挥部及其下属7个应急小组组成。根据1994年的运行经验，1995年对应急组织作了进一步的改进。

#### 1. 指挥部决策层岗位的改进

原应急指挥部中电站应急指挥岗位由电站外方经理担任，应急指挥助理由电站中方领导担任。随着电站组织机构的变化，电站中方领导由电站应急指挥助理改任电站应急指挥，面



电站外国专家除电站经理外改任为电站应急指挥顾问。这样的变化有利于中方人员更多地介入应急准备和响应行动，也有利于协调厂外支援力量以及与上级、地方、公众的联络。

## 2. 应急协调员制度的建立

为把应急准备工作做到常备不懈。在1995年，决定运行控制组、技术支持组、辐射防护与评价组、后勤支持与现场保卫组和应急维修组设立应急小组协调员。他们分别由运行处、技术支持处、技术服务处、综合管理处和维修处处长任命，并经电站经理批准。协调员有权代表各自的处长就改进应急准备作出决定，进行有关协调工作。

## 3. On-call 岗位的分类

原来 On-call 岗位的人员在一周的值班期间，全部留在工地现场待命，以准备随时应付任何应急状态。1995年，根据电站实际情况和经验反馈，将应急岗位分成两类：第1类为在事故早期需要立即响应，且必须整个值班周期都在工地待召的关键岗位；第2类为支持性的应急岗位，主要是指公司应急指挥（CED）、公司支援组（GAJ）和公众信息组（GIJ）的成员、环境评价助理（GRP6）和技术支持组的成员等9个岗位。第2类 On-call 人员平时工作日在工地值班待命，法定节假日和周末可以回深圳，一旦发生事故，根据有关指令赶到工地现场进行响应。

### 2.2.6.2 应急培训

按照《厂内应急计划》的要求，广东核电合营有限公司设有关于核事故应急准备的公共教育课程，并编有教材《核安全规则与应急响应》，要求所有在大亚湾现场工作的人员必须接受此项培训，以期每个员工明确地了解在应急状态下如何按照应急计划及其执行程序的规定去进行应急响应。应急公共培训每期3天。1995年对新来的员工培训五期共63人。

为了使参加过应急准备公共培训的员工在经过相当一段时间后仍能了解核事故应急准备方面的要点和保持足够的应急响应能力，开设了核事故应急准备的复训课程，并编有该课程的教材《大亚湾核电站事故应急组织和应急响应》。复训课程计划每年一次，应急响应人员参加相应的专项培训，每次半天。1995年，大亚湾电站非应急响应人员培训共七期，203人参加了复训。

除了公共教育课程和复训外，对参加待命值班的应急响应人员还进行《厂内应急计划》有关执行程序的专项培训。目的是通过这类专项培训，使应急功能不同的各应急小组成员熟知自己的职责和应急响应工作，以便在核事故一旦发生时，保证整个厂内应急组织能及时启动并有效地开展工作。1995年专项培训46期，培训539人次。

为配合场外应急组织对核电站周围社会公众进行核事故应急的教育，1995年大亚湾核电站应急工作人员作为教员参加了深圳市民防办举办的“三防教育”，给深圳市20所中学近40位教师进行了师资培训，然后再由他们向中学生讲授“三防”知识和核电知识。

另外，1995年上门为现场承包商进行应急复训两期，共复训111人。

### 2.2.6.3 应急演习

根据《厂内应急计划》，按一定的频度进行各种规模的应急演习。演习的目的在于检验应急人员的素质、应急组织的响应能力和应急设施及设备的可用性，发现问题并及时改进，保证应急计划的有效性和执行程序的可操作性，使应急准备做到常备不懈，达到“召之能来，来之能战”的目的。

1995年大亚湾核电站全年共进行了五次厂内应急演习，并配合广东省核电站事故应急委员会进行了第二次全省核电站事故场外应急演习（预演和正式演习），分述如下：

1. 1995年3月26日晚,核电站应急指挥及其助理在严格保密的情况下,决定进行应急组织启动练习。全厂应急人员除1人外都及时赶赴应急中心和工作岗位报到,在25分钟内完成了整个应急组织的启动。

2. 1995年6月28日,核电站维修处利用每月进行一次音响报警试验的时机,进行了维修处人员集合清点的演练。他们主要集中在三个集合点:BA楼、TC厂房和AA车间。这次演练对集合点负责人和维修处员工都是一次模拟性实战练习。

3. 在各应急响应组专项培训的基础上,核电站于1995年9月26日在国家核安全局检查团的监督下进行了全厂第二次厂内综合演习。演习是成功的,达到了预定的目标。

4. 1995年9~10月电站特聘EDF应急专家对技术支持组应急人员就评价三道屏障的完整性进行专业技术培训。技术支持组在EDF专家的支持下,于10月19日进行应急练习。

5. 1995年12月14日,大亚湾核电站应急组织与法国EDF应急中心进行了联合演习。

6. 广东省于1995年11月30日成功地进行了-次全省的核电站事故场外应急演习。大亚湾核电站为演习编制了事故情景,根据演习计划的安排,及时报告事故发展的有关信息和机组状态数据,传送事故后果评价和辐射监测数据,建议场外防护行动,派遣核电专家参加省应急委员会专家组的工作和新闻发布,圆满地完成了演习任务。

在广东省全省第二次应急演习前的8个分项演习(1995.8~1995.11)中,大亚湾核电站派代表参加了评估和小结。

1995年广东大亚湾核电站应急培训演习一览表,见表2.2.6.3-1。

培训和演习提高了大亚湾核电站员工在发生核事故时采取迅速及有效的应变措施的能力,同时发现了问题和不足,以改进核电站应急响应能力。

表 2.2.6.3-1 广东大亚湾核电站应急培训演习一览表 (1995年)

应急培训		总计1048人次		应急演习		总计 15 次	
公共培训 (366课程)	5期63人次	厂内应急组织 启动练习	2次	厂内综合演习	1次	参与场外应急组织 的单项演习	8次
复训 (614课程)	7期203人次	与场外应急组织 联合演习(包括预演)	2次	与法国EDF应急 中心联合演习	2次		
On-call人员 专项培训	46期539人次						
在岗培训 (不完全统计)	100人次						
公众教育	2期143人次						

#### 2.2.6.4 应急计划及程序的改进

1. 1995年完成了《厂内应急计划》第1版(中、英文版)的修改,第2版(中、英文版)经电站核安全委员会批准后,报送国家核安全局认可后生效并出版。

2. 按照新的电站质保组织手册(PQOM)的要求,将与应急计划、应急准备和应急响应有关的50多个程序精简为两个行政管理程序、1个接口程序、12个执行程序 and 7份技术程序。行政管理程序已经批准生效,执行程序已完成编写和检查,正在审批过程中。应急计划执行程序目录见附件2.2.6.4-1。

#### 附件 2.2.6.4-1 应急计划执行程序目录

##### 一、行政管理程序

AD/EMP/100 广东核电站应急计划和准备政策

AD/EMP/200 广东核电站应急响应政策

##### 二、接口程序

PO/EMP/101 大亚湾核电站与JVC各部应急计划和准备的接口

##### 三、执行程序

IP/EMP/110 应急响应组人员的任命

IP/EMP/120 应急培训和演习

IP/EMP/130 应急文件的准备、分发和更新

IP/EMP/140 应急设施、设备、物资的管理和定期检查

IP/EMP/150 承包商应急准备的要求

IP/EMP/160 监督计划和改进措施的跟踪

IP/EMP/210 应急指挥部启动与响应

IP/EMP/220 运行控制组启动与响应

IP/EMP/230 技术支持组启动与响应

IP/EMP/240 辐射防护与评价组启动与响应

IP/EMP/250 应急维修组启动与响应

IP/EMP/260 后勤支持与现场保卫组启动与响应

##### 四、技术程序

EP/OPS/A01 应急分级

EP/OPS/A02 广区的应急通知与报警

EP/OPS/A03 在核应急情况下电厂的状态收集和分析方法

EP/OPS/A04 辐射防护与评价组工作手册

EP/OPS/A05 后勤支持与现场保卫组工作手册

EP/OPS/A06 应急状态终止和电厂恢复

EP/OPS/A07 场外支持请求

### 2.2.7 电站保卫及核材料实体保障

#### 2.2.7.1 保卫组织

大亚湾核电站的保卫组织由公安、武警、经警、保安等多种保卫力量构成,它们协同工作、相辅相成。

大亚湾公安分局负责对整个核电站现场保卫工作的统筹兼顾,并负责对所有刑事案件、交通事故的处理。

直接担负厂区保卫任务的单位是电站保卫科,它隶属于电站综合管理处,在工作中受大亚湾公安分局的业务指导。电站保卫科以下分为两组:警卫组负责厂区 24 小时的警卫,包括维持保卫系统的运行、电厂周界的监视和巡逻等;技术组负责对保卫系统设备运行的技术支持、进出电站各类通行卡和车辆通行证的制作和管理。

电站厂区主要出入口及周围的关键点由武警守卫,他们是大亚湾核电站保卫组织里的一支重要力量。

此外,一些临时岗位的执勤则由保安员来担任。

#### 2.2.7.2 保卫设施

根据“纵深防御”和“均衡防御”的保卫原则,大亚湾核电站从外到里设立了非监视区(ZN)、监视区(ZS)、保护区(ZP)和加强保护区(ZR)四个层次的区域,保卫措施的强度逐层递增。

保卫系统设施包括通道控制系统(KKK)和周界监视系统(DSI)两部分。

通道控制系统(KKK)的作用是管理和控制电站各区域的人员进出。它是全计算机自动控制的出入通道系统,人员使用个人通行卡及密码,保卫部门可以根据人员工作的需要控制准进区域及有效期限。1995年核电站下大力气对KKK系统进行技术改造,更换掉不适用的旧KKK系统设备。改造后的KKK系统运行可靠,操作方便,并增加了有利于核电站安全保卫的功能,如可指定参观人员进入电站时必须由正式员工陪同,全范围防止反传卡(防止人员进入后把卡递给别人用)及通行区域顺序控制功能,ZP区使用密码,使人员识别更可靠。

周界监视系统(DSI)的作用是对电站各区域的边界进行实时监视,防止非法入侵。监视和监测的手段是多样的,以多样化的手段达到提高整体防范可靠性的目的。周界监视系统包括:

1. 周界入侵探测系统:由微波、红外、张力传感器等构成的探测器分布于保护区和加强保护区边界,非法入侵会被系统探测到,使电站警卫人员能迅速采取行动。
2. 周界监视闭路电视:用于对区域周界进行监视,一旦有入侵事件,探测系统向警卫报警,警卫可用监视器观察并录像。

#### 2.2.7.3 保卫制度

核电站制定了一整套的保卫管理规程。其中《电厂保卫政策》从总体上阐述了电站保卫工作的任务和要求,《GNPS 厂区通道管理》、《核燃料进厂的保卫措施》、《电厂保卫科与大亚湾公安局的接口》、《电厂警卫巡逻》等规程说明了电站保卫的具体工作。1995年电站保卫科根据电站的统一要求,对保卫规程进行全面的结构理顺和改版工作,以适应新的工作形势和KKK系统改造后的管理需要。

#### 2.2.7.4 核材料的实体保障

大亚湾核电站具有健全的保卫组织和可靠的保卫设施,核材料及核设施都处在电站的加强保护区之内,还专门制订了《核材料实物保护与保密实施计划》、《核燃料进厂的保卫措施》等保卫方案,核燃料在电站正常运行期间或燃料组件运输进厂都有可靠的保障措施。大亚湾核电站对核材料和核设施的保卫措施通过了国家核安全局(NNSA)和国家原子能机构核材料管制办公室的检查认可。

#### 2.2.7.5 保卫工作实绩

核电站的保卫工作是核安全的一个重要组成部分。1995年首先是两台机组第一次大修的保卫工作。由于旧 KKK 系统存在着容量限制和其它不足,电站保卫科及时采取技术措施,开辟大修人员专门通道,对新来大修人员进行培训(累计 1000 多人),保证了大修人员顺利进厂。下半年则加紧进行 KKK 系统的改造工程,在极短的时间内,完成系统的安装、调试、验收和试运行,并为全站 4700 多进入电站工作的人员更换了新式通行卡,保证第二次大修人员的顺利通行。

电站保卫部门还切实加强对进电站工作的民工的审查,向民工户籍所在地公安机关和乡政府发出了 350 多封调查信,从回信中发现有不良表现和犯罪前科而隐瞒不报的民工 4 名,同时在办证审查中发现了几个人员冒用别人的姓名和身份证,企图混进核电站,对这些人员及时进行处理,消除了核电站安全上的隐患。

对于核燃料进厂,保卫部门按《核燃料进厂的保卫措施采取行动》,及时向省市公安机关报告了核燃料运输的保卫方案,取得深圳市公安局二处及各区公安交管部门的积极配合并沿途护送,顺利完成保卫工作。

## 2.3 电站管理

### 2.3.1 综合计划调度

#### 2.3.1.1 年度发电计划及其实施

##### 1. 概况

1995 年对广东大亚湾核电站来说是极不平凡的一年,因为出现了反应堆控制棒导向管设计缺陷的重大问题,1 号机组在换料大修后被迫进行了 4 个多月的强迫大修,从 1994 年 12 月 17 日至 1995 年 7 月 8 日共 203 天无法生产发电;这期间恰逢 2 号机组进行计划换料大修,一时两台机组均无出力,从而使年发电计划从 127 亿 kWh 调整到 100 亿 kWh,给电站带来了很大困难。对此,电站全体上下、中外各方通力合作,群策群力,采取临时方案实施成功,并确定在 1996 年的换料大修中彻底解决控制棒导向管问题,才使全年的 100 亿 kWh 上网电量目标得已圆满完成。

从 1995 年的运行状况来看,两台机组基本上保持良好的运行工况,但也出现 7 次非计划的停堆停机事件。这也暴露了我们在生产管理方面存在着一些薄弱环节,影响了全年发电计划的执行。今后,电站将努力提高营运水平,在减少非计划停堆停机上下功夫,并与电网加强沟通,获得电网的大力支持,真正实现安全、稳定、经济、满发。

另外,电网的吸收容量困难也是全年发电计划实施过程中的一大难点,特别是到了年底 11 月份、12 月份,香港、广东两大电网负荷要求低,吸收核电有很大的困难。经公司总经理部决定,1 号机组于 11 月 25 日至 12 月 6 日进行 12 天的整治性小修;2 号机组提前 5 天停机备用等待进行第二次换料大修,以满足电网低负荷的要求。

##### 2. 1995 年广东大亚湾核电站生产状况

1995 大亚湾核电站生产情况列在表 2.3.1.1-1 中。

1995 年发电计划执行情况见表 2.3.1.1-2 和图 2.3.1.1-1。从投入商运以来累积发电量的统计在图 2.3.1.1-2 中示出,机组的运行状态分别示在图 2.3.1.1-3 和图 2.3.1.1-4 中,逐月统计列在表 2.3.1.1-3。

表 2.3.1.1-1 大亚湾核电站生产状况

	1号机组	2号机组	全厂
发电量 (亿 kWh)	38.975	67.168	106.14
上网电量 (亿 kWh)	36.447	64.603	101.05
厂用电量 (亿 kWh)	—		5.3'
燃料 (EFPd)	166.8	285.7	452.5
可用率* (%)	49.0	815	65.2
负荷因子 (%)	45.22	77.92	61.57

\*  $\frac{\text{可用小时}}{\text{统计期间小时}} \times 100\%$

### 2.3.1.2 电站预算管理和控制

#### 1. 1995年电站预算管理和控制的三大转变

1995年电站的预算管理和控制工作发生了三大转变。

(1) 第一个转变是：从基建预算（资本性支出预算）管理和控制体系彻底并成功地向生产预算（包括成本预算和更新改造即资本性支出预算）管理体系的转变；

(2) 第二个转变是：从单一的、机械的预算立项、推荐、支付审核和数据统计工作，经过探索、实践、总结、再实践的过程，从而开始实现向程序化、系统化管理和控制工作方向发展的转变；

(3) 第三个转变是：从单一的职能部门实施预算管理和控制工作，经过强化全体员工的理财观念、责任观念和效益观念，向群体实施预算管理和控制工作的转变。

#### 2. 1995年电站预算管理和控制工作出现了三个第一次

(1) 第一次全面地开展了电站1996年发电收入预算、生产成本预算、资本性（更新改造）支出预算、电厂人员预算和生产物资补充采购预算等五种预算计划编制、平衡、分析和申报工作，为今后全面开展以预算计划管理为中心，以成本中心责任单位和责任人核算对象，强化各成本中心以至全体员工的理财观念、责任观念和效益观念，实现责、权、利、效紧密结合的管理会计工作奠定了基础；

(2) 第一次全面地开展了商业运行之后电站固定资产的盘点工作，为今后电站固定资产的采购申请、使用、转移、报废申请及使用效率的监督管理和盘点工作奠定了基础，也积累了经验；

(3) 第一次提出并初步建立了电站预算管理和控制体系，即健全的电站预算委员会领导下的电站各级成本中心责任机构，完善的预算管理的控制行政规定及工作程序，有效的预算管理和控制计算机手段，从而保证了预算管理和控制工作的质量。

#### 3. 1995年电站预算管理和控制工作取得了三大成绩

(1) 第一、电站预算管理和控制部门提出的《关于外部劳务人员支持合同的问题及其处理建议》报告，得到了电站经理部的极大重视，并且在各部门的积极努力和配合下，外部劳务合同不仅在人数上有较大的减少，而且在商务条款和价格结构上都作了许多有益公司的修改，从而长期地减少了电站成本预算的开支，提高了电站经济效益；

(2) 第二、在1号机组控制棒落棒出现问题并导致公司财政困难的情况下，电站预算管理和控制部门积极地参与了公司特别财务小组的工作，并在电站范围内组织、宣传公司的困

表 2.3.1.1-2 广东大亚湾核电站 1995 年发电计划执行情况

1号机组		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	总计
发电量	GWh	0.00	24.69	0.00	0.00	0.00	0.00	816.34	712.88	677.82	717.59	676.61	672.71	3997.632
发电量	GWh	0.00	22.85	0.00	0.00	0.00	688.28	684.34	640.61	689.17	649.37	645.43	645.37	3749.001
负荷因子	%	0.00	3.79	0.00	0.00	0.00	84.20	97.40	97.40	95.70	98.00	91.20	78.20	46.20
核岛可用率	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.30	97.40	98.20	98.90	98.90	99.90	100.00	49.00
核岛停堆及事故停堆天数	天数,d	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.70	0.96	0.48	0.60	7.17	6.33
燃料消耗量	(TEFPO)	0.00	1.42	0.00	0.00	0.00	26.87	30.33	29.06	30.53	24.35	24.35	24.29	156.84

2号机组		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	总计
发电量	GWh	704.03	641.68	510.24	60.91	208.66	706.84	726.68	702.74	689.99	733.69	713.22	320.78	5716.809
发电量	GWh	673.09	598.54	468.92	46.12	183.85	688.17	684.79	689.99	704.64	663.28	663.28	296.37	6369.214
负荷因子	%	96.20	97.10	99.70	7.10	28.60	99.50	99.30	94.00	98.20	100.20	100.20	43.90	77.90
核岛可用率	%	87.80	100.00	84.00	9.90	28.60	99.50	99.50	94.80	98.70	100.00	100.00	60.80	81.50
核岛停堆及事故停堆天数	天数,d	1.68	1.14	9.82	0.88	0.67	0.04	0.16	1.19	0.30	0.00	0.00	17.20	17.20
燃料消耗量	(TEFPO)	29.80	27.16	22.04	2.16	9.46	30.93	30.68	29.90	29.89	31.03	30.00	13.82	206.66

全厂		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	总计
发电量	GWh	704.03	666.46	610.24	66.82	208.66	706.84	1343.07	1416.62	1376.81	1461.17	1289.82	893.49	10814.34
发电量	GWh	673.09	619.39	488.92	46.12	183.86	688.17	1284.07	1369.84	1319.60	1398.71	1234.88	846.84	10108.22
负荷因子	%	46.10	60.40	34.86	3.66	14.26	49.80	91.76	96.70	97.20	99.10	90.90	61.00	61.06
核岛可用率	%	48.90	61.70	42.00	4.98	14.26	49.90	81.90	88.45	89.86	90.96	90.40	60.76	60.76
核岛停堆及事故停堆天数	天数,d	1.68	2.14	9.82	0.88	0.67	0.04	0.68	1.83	1.31	0.48	0.40	3.62	23.61
燃料消耗量	(TEFPO)	29.80	26.58	22.04	2.16	9.46	30.93	61.76	60.23	58.74	61.64	54.36	37.81	467.60

燃料平衡: 111.17

燃料消耗: 668.84

燃料平衡: 111.17

燃料消耗: 668.84

燃料平衡: 111.17

燃料消耗: 668.84

燃料平衡: 111.17

燃料消耗: 668.84

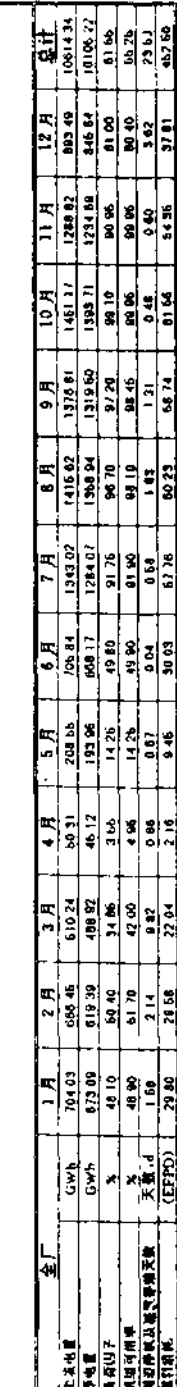
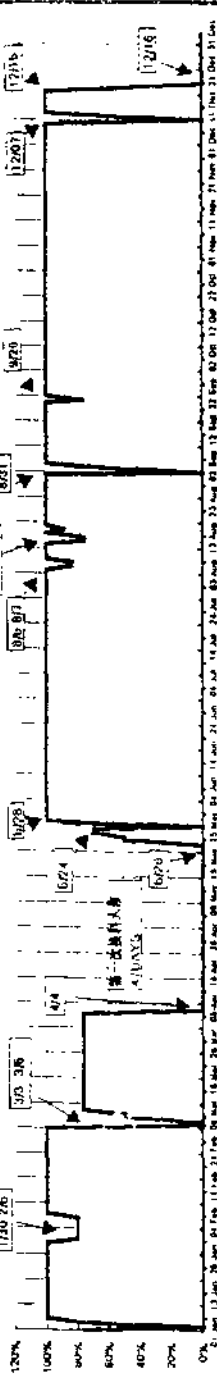
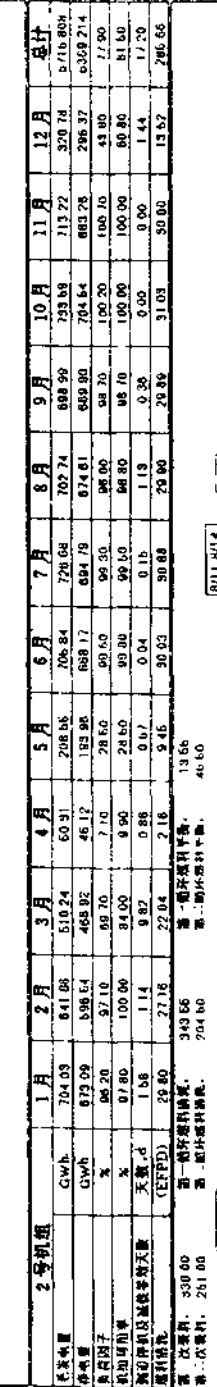
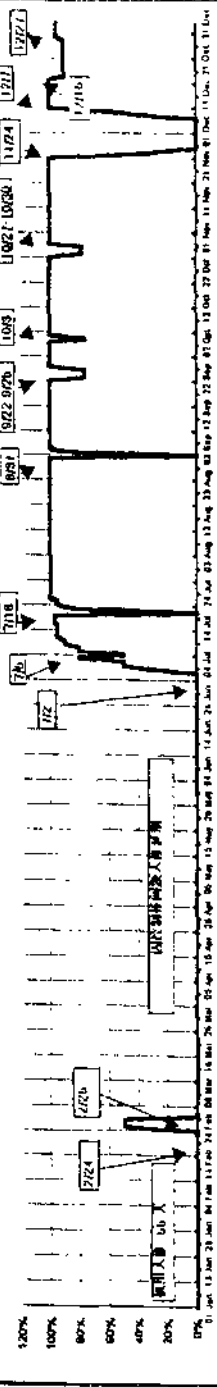


表 2.3.1.1-3 发电业绩逐月统计情况

	截止 1994 年		1995 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	总 计
	毛发电量 (GWH)	6090.47	0	24.59	641.86	510.24	50.31	208.55	705.84	726.68	712.88	677.82	717.59	575.61	572.71
二号机	5221.40	704.03	641.86	510.24	50.31	208.55	705.84	726.68	712.88	702.74	698.99	733.59	713.22	320.78	11938.21
全 厂	11311.87	704.03	666.45	510.24	50.31	208.55	705.84	1343.02	1415.62	1415.62	1376.81	1451.17	1288.82	893.49	21926.21
净电量 (GWH)	5785.36	0	22.86	596.54	468.92	45.12	193.96	668.17	694.79	684.34	649.61	689.17	551.43	549.32	9521.37
二号机	4999.26	673.09	596.54	468.92	45.12	193.96	668.17	694.79	674.61	674.61	669.90	704.54	683.26	296.32	11368.48
全 厂	10784.62	673.09	619.40	468.92	45.12	193.96	668.17	1284.07	1358.95	1319.51	1393.71	1234.69	845.64	20889.85	

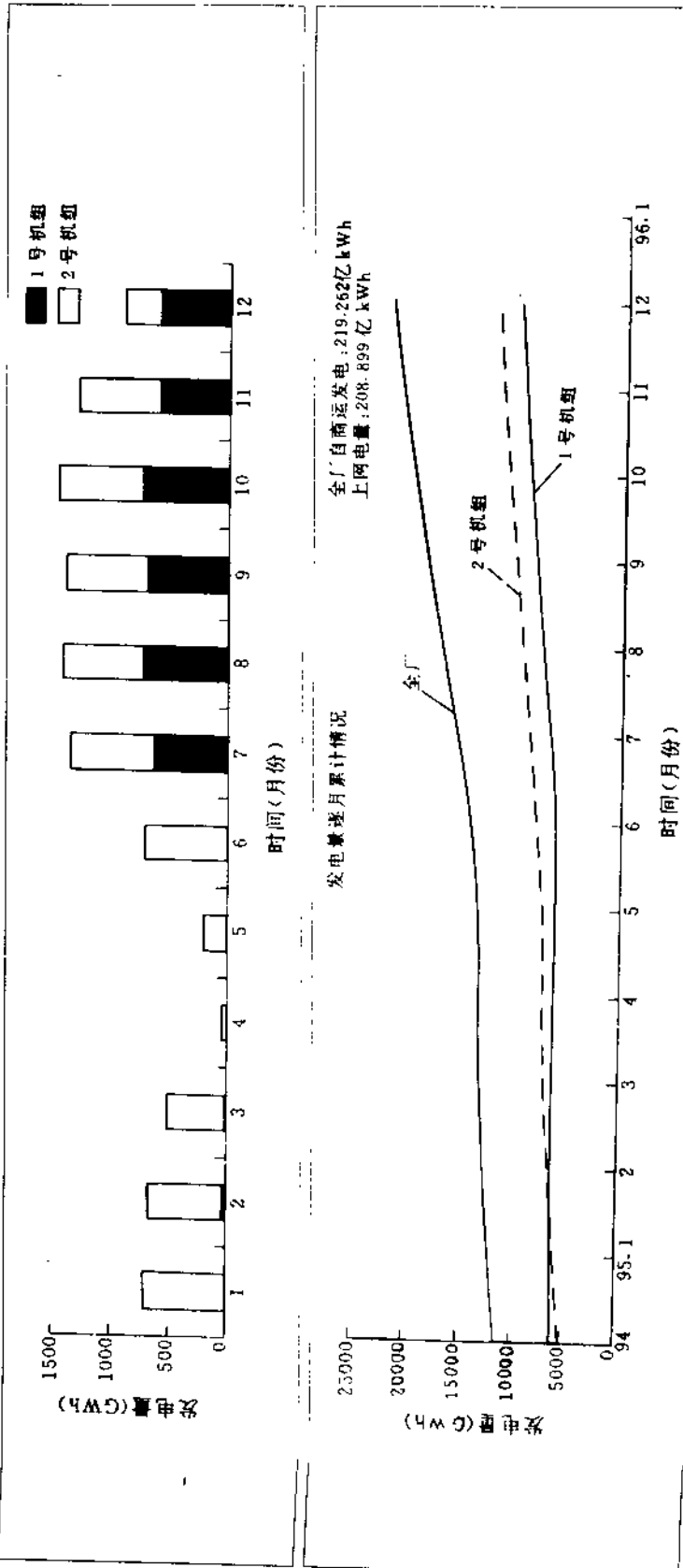


图 2.3.1.1-2 发电



难和实施节流的意义,有意识地、自觉地进行项目控制,多次提出撤消某些不合理或公司员工能够自己实施的立项申请,经常性地地进行内部协调,以充分利用公司现有的各种资源,不仅将年度预算额度控制在大幅度削减后的预算范围内,而且为让每一位员工都有一种自觉的责任感和控制意识作了思想文化上的准备工作;

(3) 第三、针对2号机组十年大修(第二次大修)预算较1号机组十年大修(第一次大修)预算少了近一半的情况,提出了2号机组第二次大修预算管理和控制措施,制定并执行了2号机组第二次大修预算执行周报告制度,为保证大修的每一项费用的开支都纳入到有效的控制提供了前提条件,同时也促进了今后大修以及日常运行维修预算的管理和控制工作。

1995年是电站预算管理和控制工作最艰苦的一年,但是正是这种艰苦的劳动,为1996年电站预算管理和控制工作走向全面程序化、系统化和自觉化的工作方向打下了坚实的基础。

### 2.3.1.3 电站管理层工作会议

为了加强协作,不断改进工作,并贯彻落实上级指示精神,及时讨论和处理有关管理和技术问题,经1994年9月生产部经理部管理研讨会讨论,基本规范了原有的电站管理层工作会议制度。经过近一年的实践,1995年7月生产部经理部第二次研讨会期间又对上述会议制度作了进一步的完善修订。

至1995年12止,大亚湾核电站管理层工作会议主要有以下几种,每次会议事先均有议程通知,会后有会议纪要发到有关各处、科贯彻执行。

#### 1. 经理部工作会议

由电站经理主持,参加人员为经理部全体成员,包括各经理、副经理、经理助理、总工程师、副总工程师、经理部顾问。经理部工作会议每月召开2次,主要讨论经理部关注的重大管理和技术问题并作出相应的决策。必要时也邀请有关专家或工程技术人员介绍情况或作专题汇报。

#### 2. 经理部扩大会议

由电站经理主持,参加人员除经理部全体成员外,还有生产部各处处长和处长顾问。会议每月召开一次,议程通常包括:传达贯彻总经理部和电站经理部的指示,总结本月工作并对下月及近期工作进行部署安排,各处汇报各自的主要工作进展情况和需经理部关注的问题。

#### 3. 分管经理工作会议

由各分管经理定期召集其主管的几个处的处长和/或处长顾问召开工作会议,以推动和协调各处的工作。这类会议包括:

- 由第二副经理主持,有运行处、维修处,技术服务处处长和/或顾问参加的工作会议。
- 由第三副经理主持,有技术支持处、安全执照处、保健物理处处长参加的工作会议。生产质保处的处长通常也参加这个会议。
- 由经理助理主持,有综合管理处、培训中心(处)、管理计算机处、资料处和合同采购处处长参加的工作会议。

为了解决接口问题,加强协作沟通,不同的分管经理通常还邀请自己主管范围以外的有关处长(包括发电规划处处长)及大修经理参加部分会议,处理同时涉及不同管理线的有关问题。

#### 4. 经理部管理研讨会

为了使经理部全体成员能定期专门集中精力总结核电站在管理方面的经验教训,以通过经理反馈,集思广益,不断提高电站管理水平和核安全文化水平,经理部从1994年起每年均

举办一次管理研讨会。

研讨会期间,除了回顾总结核电站管理政策的执行情况、组织机构的运作情况和业务计划的进展情况并提出相应的改进措施外,还就核安全文化建设作专题研讨,同时讨论确定核电站在不同时期的工作目标。

研讨会通常由电站经理主持,经理部全体成员均参加讨论并发表意见,有关纪要和翻译等会务工作由综管处秘书科承担。

1994年经理部还分两期组织了处长管理研讨会。1995年则分别由各处组织了处级管理研讨会,以更好地贯彻落实经理部的管理策略,全面推广核安全文化。

#### 2.3.1.4 干部任免及机构变动

##### 1. 干部任免

1995年,大亚湾核电站选拔了一批年青有为的骨干力量到领导岗位上来,经统计,部级干部任免3人,处级干部任免15人,科级干部任免44人。

##### 2. 机构变动

取消副经理顾问、安全保健经理和质量保证经理岗位,增加第二副经理助理、安全保健顾问和质量管理顾问。

取消维修处技术准备科,成立发电规划处计划科,原技术准备科计划组成员转到发电规划处计划科。

取消维修处现场服务科车班,其成员大部分转到综管处后勤科车班。

#### 2.3.1.5 职称晋升及技术技能考核

1995年,配合公司人事部进行了三次职称评定的推荐工作,其中推荐参加正高级职称评审的8名,参加高级职称评审的37名,参加中级职称评审的14名,参加助理级职称评审的11名,参加技师职称评审的12名。

### 2.3.2 人事管理

#### 2.3.2.1 人员配备

截至到1995年底,电站职工人数为956名,其中调入人员795名,聘用中方员工161名,聘用外籍员工30名。各处人员配备列在表2.3.2.1-1。

表 2.3.2.1-1 大亚湾核电站人员配备情况

部 门	调入职工人数	聘用职工人数	总 数	外籍员工人数
经理室	6	0	6	4
运行处	175	9	184	4
维修处	295	24	319	9
技术服务处	71	5	76	2
技术支持处	55	11	66	7
发电策划处	20	6	26	2
安全执照处	13	2	15	1
培训中心	20	9	29	

续表

部 门	调入职工人数	聘用职工人数	总 数	外籍员工人数
资料中心	13	20	33	
合同采购处	38	14	52	1
保健物理处	36	3	39	
管理计算机处	23	13	36	
质保处	14	9	22	
综管处	16	36	52	
合 计	795	161	956	30

聘用员工都属于以合同形式聘用到核电站工作的人员，他们是核电正式员工队伍的必要补充。随着现代企业制度的深化改革，广东大亚湾核电站在人事管理上将逐步走上全员劳动合同制的道路。所有职工都与企业签订劳务合同，全面打破干部与工人之间的界限，取消正式与聘用的说法。在企业与职工双方达成一致的基础上，可以签订不定期、5~8年、3~5年或1~3年四种不同期限的合同。

### 2.3.2.2 职工学历和职称结构及专家名录

1. 广东大亚湾核电站目前拥有职工 956 人。其中大学本科毕业生 405 人，大中专毕业生 307 人，研究生 56 人，博士 2 人；正研级高工 16 人，高工 147 人，中级职称 312 人，初级职称 142 人，员级 57 人。享受政府特殊津贴的人员 9 人。图 2.3.2.2-1 和图 2.3.2.2-2 分别给出了电站职工的学历和职称的结构。

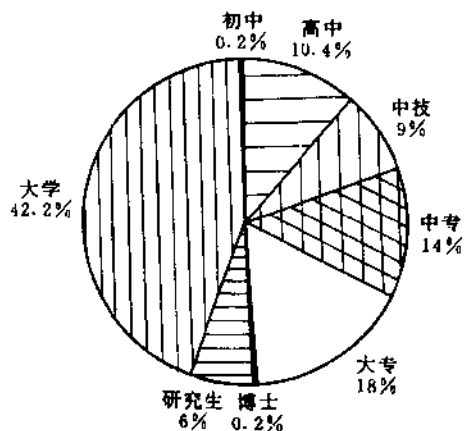


图 2.3.2.2-1 大亚湾核电站职工学历状态图

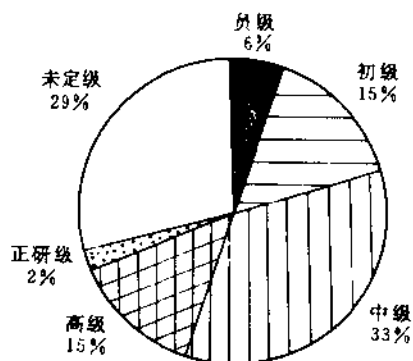


图 2.3.2.2-2 大亚湾核电站职工职称状态图

#### 2. 正研级高工名录

濮继龙、林贵清、钱锦辉、李志仁、李寿才、沈 抗、陈开惠、胡传庸、陈德淦、黄永愚、赵志凡、赵迎春、高席丰（借聘员工）

#### 3. 享受政府津贴专家名录

濮继龙、林贵清、钱锦辉、李志仁、沈 抗、赵志凡、赵迎春、胡孝礼、杨昭刚

### 2.3.2.3 职工年龄结构

大亚湾核电站是一支年轻的队伍, 30岁以下人员有359人, 30岁到45岁人员有472人, 45岁到50岁的人员有27人, 50岁以上的人员有98人, 尤其是运行处和维修处有80%是40岁以下的人员。图2.3.2.3-1中示出了职工的年龄状况

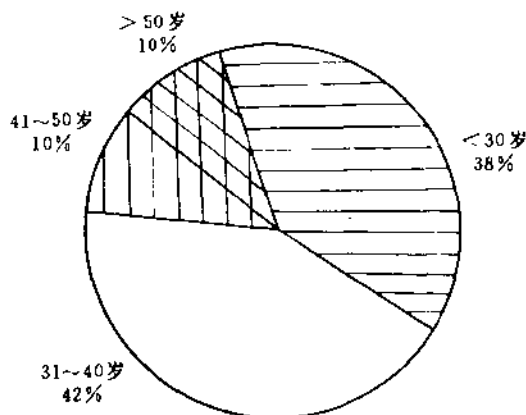


图 2.3.2.3-1 大亚湾核电站职工年龄状态图

### 2.3.2.4 临时用工管理

临时用工是指为完成电站临时性的小土建项目、小维修工程和零星用工任务而请服务合同承包商临时指派的计时劳务工。

#### 1. 管理原则:

- (1) 按需申请: 用人单位必须按照实际工作需要来进行用工申请, 工作完成后即办理结算手续。
- (2) 分权管理: 对临时用工的工作任务、工作时间、用工人数、用工类型和劳务结算实行用人单位、人事科、合同处三方分权管理。
- (3) 劳动监督: 临时用工的工作任务必须饱满, 有布置, 工作过程要有监督, 工作效果要有检查。

#### 2. 用工统计

1995年临时用工统计列在表2.3.2.4-1中

表 2.3.2.4-1 临时用工统计

用工部门	合同采购处	综管处	资料中心	保健物理处	维修处	运行处	技术服务处	技术支持处	合计
用工人数	1	22	5	1	19	1	3	2	54

大修期间因突发性的临时用工任务较多, 平均每天所需的临时用工约65人。

## 2.3.3 人员培训及授权

### 2.3.3.1 培训设施

广东大亚湾核电站培训设施在1994年年鉴中已作了描述。1995年, 在原来基础上的变化

和改进主要有以下两项：

1. 1995年，模拟机维修科利用自己的技术力量，独立开发了一套图形界面辅助教员控制台，作为原有字符型教控台的附加功能，使教员在培训时能直观地监视主要系统的实时状态和重要参数的动态趋势。在此项改进中用于教学的增加了一千多个开关量传感器误触发的故障设置，从而使全范围模拟机的功能得到了很大的改善，受到了模拟机教员的一致好评。该项目已申请了1995年部级科技进步奖。

2. 1995年11月，培训中心实验楼土建工程顺利完成并通过验收。该楼建筑面积为320 m<sup>2</sup>，主要用于工业安全、消防、辐射防护以及机械维修培训。预计在1996年8月可完成内部实验设施的安装并交付使用。

### 2.3.3.2 培训政策与培训的组织与管理

广东大亚湾核电站现行的人员培训政策是在1994年重新修改和制定的。

1995年是现行的培训政策全面贯彻和落实的一年。广东大亚湾核电站人员培训在组织和管理方面主要作了以下一些工作。

1. 在1994年工作的基础上，1995年继续编制和完善了新的PQOM第九章（人员招聘和培训）中各类AD、IP和BP程序，为保证培训政策的贯彻和实施打下了良好的基础。该部分有关程序已于年底全部编写完成。

2. 根据新的培训政策，结合1996年个人培训计划的制定，在全厂重点处内推行了定期的领导与其下属员工关于培训问题的个别谈话制度。希望通过这一手段，一方面使各级领导能够更好地了解其下属员工的培训进展情况和薄弱环节，以及其个人的培训愿望，从而找出真正的培训需求，安排好下一年的工作和培训计划。另一方面也可使每位员工能够更好地了解未来工作发展对其培训的新的要求，以及领导对自己今后职业发展的期望，从而增强员工培训的自觉性和积极性。从1995年实施的情况来看，这一制度的效果不错，1996年将在总结经验的基础上，在全厂范围内全面推广。

3. 为了迎接1996年10月IAEA对我厂的运行安全评价(OSART)，成立了专门的培训准备工作小组，按照OSART检查评审的要求，对全厂人员培训和授权工作进行了一次自查。这次自查既肯定了培训工作中已取得的成绩，同时，也发现了许多的薄弱环节和问题，如：

(1) 在制定培训计划时缺乏针对岗位和工作任务的全面分析这一重要依据，依靠培训负责人经验的成份较重，随意性较强。因此，往往很难找出真正的培训需要，使一些重要的培训内容得不到应有的重视。这一点在目前各岗位人员的专业技术知识和技能培训方面尤为明显。

(2) 培训工作的计划性不强。一方面表现在缺乏计划，特别是中长期计划，另一方面表现在不执行计划。

(3) 对现场在岗培训和专门培训重视不够，在组织和管理上不够规范化。

(4) 对培训管理人员及教员自身的培训和素质的提高重视不够等。

针对这些薄弱环节和问题，自查后已经作出了相应的纠正行动计划，目前正在全面实施之中。希望通过这次活动，能够使全厂人员培训和授权工作各方面都跃上一个新的台阶。

另外，根据新的培训政策，广东大亚湾核电站在1995年人员培训工作中加强了运行经验反馈在培训中的运用。一是根据现场经验反馈所得出的培训需要，及时组织和开出了一些新的培训课程。二是将现场所作的技术修改和所发生的一些典型事件及时地纳入培训教材，从

而保证了培训的针对性和实用性。

### 2.3.3.3 各类培训及授权完成情况

1995年度,由于受控制棒导向管问题的影响,机组大修工期被迫延长,使得人员培训和授权工作在计划的正常实施上也受到了一定的影响。最后,在经理部和各处领导的高度重视下,在全体员工的共同努力下,采取了一系列的相应措施,才使得这一问题得到了比较好的解决,基本上满足了各类人员授权与更新授权的培训需要。下面将分类对全年培训和授权工作的完成情况作一简要叙述。

#### 1. 课堂培训情况

1995年课堂培训主要完成了以下几方面的工作:

(1) 新到岗人员的各类预培训。这类培训主要针对1995年新分配到大、中专毕业生,培训内容主要为ATR所规定的各类上岗授权所必需的预培训课程。

(2) 第三批新操纵员的课堂专业基础培训。这类培训主要针对1995年底申请RO执照考试的学习操纵员,培训内容主要为核基础理论及PWR系统与运行等。

(3) 各类已授权人员的继续培训。这类培训包括两部分内容:一是ATR要求的各岗位人员的各类再培训,如工业安全、应急响应、消防、QA/QC、辐射防护等。二是为部分人员晋升或岗位变动所进行的预备性培训,如大修核安全、运行核安全、高级运行等。

(4) 各类承包商人员的入厂前安全培训。

另外,在组织和开设新课程方面,全年也取得了很好的成绩。

(1) 10月份,邀请美国FPI公司专家成功地开办了三期事件根本原因分析培训班。这三期培训分别针对三个不同的专题:即人因事件、设备事件和组织计划有关事件。三期培训班共培训各类人员近110人,取得了良好的效果。

(2) 11月份,邀请法国EDF专家成功地组织和开办了两期管理干部管理培训班。两期培训班共培训各类管理干部30人。同时,还结合此项培训,培训了一批专门的教员,并在法国专家讲课的基础上开始整理自己的教材,为1996年的管理干部培训打下了良好的基础。

(3) 根据电厂“提高核安全文化总体水平行动大纲”的要求,在1995年底,编写完成了一套“核安全文化”培训教材,计划在1996年开始对有关各类人员进行培训。

#### 2. 全范围模拟机培训情况

1995年,培训中心四名模拟机教员中的两名因工作需要充实到了生产一线,使教员力量受到了一定的影响。再加上现场生产任务重,学员很难按计划顺利地抽出来参加培训等因素,使全年完成的模拟机培训总负荷有所减少。后来通过及时调整计划和各方面的一致努力,才使这一情况得到了比较好地解决。全年模拟机培训主要完成了以下几方面的工作。

(1) 老操纵员培训。完成了所有已获得执照的老操纵员每人一周的模拟机复训。主要开设了507(SPI&SPU事故规程应用)和508(模拟机复训)等两门课程。

(2) 新操纵员培训。完成了14名新操纵员取照考试前的5门模拟机培训课程。它们分别是:

- a. 500 模拟机预培训
- b. 501 正常运行
- c. 502 故障运行
- d. 503 事故运行
- e. 508 模拟机复训

(3) 其它技术岗位人员培训。全年仅开设一期 512 (工程师模拟机培训), 培训学员 4 人。

另外, 1995 年培训中心针对模拟机教员力量的不足, 还重点培养了两名新的模拟机教员。到年底为止, 该两名教员已顺利通过了 RO 执照考试和一些模拟机培训单元的“影子”培训, 具备了部分培训单元的教学资格, 从而为 1996 年的模拟机培训工作打下了良好的基础。

### 3. 在岗培训与专门培训

1995 年, 结合现场各项生产活动, 特别是结合运行经验反馈, 各专业处都组织进行了大量的在岗培训和专门培训, 各处也都建立了专门程序来规范其培训活动。但是, 由于种种原因, 一些在组织上和管理上存在的老问题仍没有得到根本解决, 如没有完整的计划, 教材不规范, 考核和记录管理不完善等。通过培训自查活动, 这一薄弱环节已进一步引起了各级领导的高度重视, 并作出相应的纠正行动计划, 希望通过这一纠正行动计划的实施, 使这些问题能够得到根本解决。在这一方面运行处做得比较好, 特别是在新操纵员培训和运行经验反馈培训方面, 以下有关章节将对此作专门叙述。

#### 2.3.3.4 运行人员取照考试

1995 年, 广东大亚湾核电站先后组织了三次取照考试。

1. 第一次为 RO 考试, 考试日期为 1995 年 2 月 28 日到 3 月 4 日

参加人数: 19 人

通过人数: 9 人

2. 第二次为 SRO 考试, 考试日期为 1995 年 4 月 17 日至 4 月 22 日

参加人数: 14 人

通过人数: 7 人

3. 第三次为 RO 考试, 考试日期为 1995 年 11 月 13 日到 11 月 17 日

参加人数: 14 人

通过人数: 12 人

到 1995 年底, 广东大亚湾核电站一共组织 RO 考试 4 次, SRO 考试 3 次。

#### 2.3.3.5 业余培训班及继续教育

1995 年业余培训班及继续教育情况如下:

1. 与中南工学院合办的“核电运行”大专函授班进入第四、五学期, 各方面运作情况正常。

2. 与武汉水利电力大学外语系合办了二个业余英语培训班, 参加学习人数 58 人, 历时 6 个月, 最后 48 人考试合格, 获得结业证。

3. 与成都电子科技大学外语系合办了二个业余商贸英语培训班, 参加学习人数 50 人, 学时为半年, 将于 1996 年上半年结业。

#### 2.3.3.6 授权情况

企业授权情况比较差, 其主要原因如下:

1. 由于各种授权可以分开进行, 因此可以只有 RP 授权就可以进入控制区工作;

2. 各岗位授权所必需完成的课程作了调整, 即按培训要求 (ATR) 进行, 有些岗位增加了新课程;

3. 电站组织机构和人员岗位并非很明确, 给授权及统计带来困难;

4. 各处对培训授权上岗制度不够重视。

因此, 从 1995 年 10 月起, 为了加强培训授权上岗制度的严肃性, 对没有 1995 年下半年

培训计划的员工不给予 1995 年授权, 并且一切授权只限制到 1995 年底有效。各处必须在制定好 1996 年个人培训计划的基础上, 并且在完成了 1995 年下半年的培训计划, 才给员工进行 1996 年授权。除了厂长批准特殊情况外, 1996 年不搞临时授权。1996 年授权均授到 1996 年年底, 并且不搞单项授权, 以强调授权的整体性。从 1996 年起授权统计才真正可以实施。

另外 1995 年进行了二次需要国家有关部门证书的培训和考核:

1. 叉车培训和考核; 1995 年 3 月进行, 10 人获得证书;
2. 电瓶车培训和考核, 1995 年 11 月进行, 18 人获得证书。

## 2.3.4 电站工作委员会

为了加强各个处之间不同专业的横向交流, 在技术上帮助电站经理做出决策, 广东大亚湾核电站成立了几个电站工作委员会。

### 2.3.4.1 电站核安全委员会 (PNSC)

电站核安全委员会成立于 1991 年 3 月 29 日。

该委员会由经理 (在第一副经理和经理顾问的协助下) 主持, 成员包括总工程师、第二副经理、第三副经理、经理第一助理、安全保健经理、质保经理等。OSL 处长和与会议有关的处长参加。委员会秘书由 OSL 处长兼任。

1995 年该安全委员会共开了 26 次会议, 主要议题如下:

1. 重大事件报告 (包括未遂事件报告) 的审查;
2. 电厂质量管理手册 (PQOM) 的审查;
3. 核安全文化相关专题的介绍;
4. 其它的政策、大纲和报告, 例如应急程序、放射性排放、环境、消防等文件的审查。

### 2.3.4.2 电站培训委员会

1995 年, 培训委员会原主任刘锦华先生因工作需要调任别的岗位, 培训委员会主任一职由新任电站经理助理林贵清先生接任, 其余成员无变动。

1995 年电站培训委员会共召开了 4 次会议:

1. 第一次会议于 1995 年 2 月 14 日召开。此次会议的主要议题是审查 ATR (Authorization Training Requirement)。会议一致通过了由 OTC 编制的 ATR 草案。

2. 第二次会议于 1995 年 6 月 22 日召开, 此次会议的主要议题有三点:

- (1) 检查各处 ITP 制定情况;
- (2) 检查各处 ATR 的执行情况和授权状态;
- (3) 临时人员的培训和授权。

关于临时人员的培训和授权, PTC 决定: 各处应制定出相应的临时人员岗位说明及资格要求; 在招聘时尽量考虑满足的这些条件; 临时人员到岗后的培训应该只限于一些授权所需的必修课程培训和少量的在岗培训。临时人员的授权也应该在适用范围上加以必要的限制。

3. 第三次会议于 1995 年 11 月 23 日召开, 会议主要检查了各处的培训和授权状态, 并布置了 1996 年 ITP 的制定工作, 此次会议作出了三项重要决定:

(1) 今后 RP 授权必须和 NS 等授权同时进行, 而不能单独授权;

(2) 从 1995 年开始, 各处的培训情况将作为其处长年终考核的一项重要指标。各处处长应该认识到培训是其人力资源管理的一件大事, 应认真来抓, 并落到实处。

(3) 在 1996 年 ITP 的制定过程中, 各处必须结合和采用培训个别谈话的方法。个别谈话



的比例至少要作到 60%。

4. 第四次会议于 1995 年 12 月 21 日召开, 此次会议的主要议题为:

- (1) 1995 年全厂人员培训和授权情况总结;
- (2) 针对培训自查和监查的纠正行动计划。

#### 2.3.4.3 电站三废委员会 (PWC)

三废委员会由电站第二副经理任主席并代表经理进行决策, 经理助理任副主席。主要成员是运行处处长、顾问和三废系统工程师, 维修处处长和顾问, 技术服务处处长、顾问和环境科科长, 以及保健物理处副处长和辐射防护科科长, 委员会的秘书由三废系统工程师担任。

该委员会负责制订放射性废物和工业废物的管理政策, 通过三废治理和环境监测达到保护环境的目标。其任务是:

1. 确定管理目标, 制定三废工作计划并监督其执行;
2. 分析管理成绩, 组织有效的经验反馈, 并协调各处的三废管理活动;
3. 推动改造项目和新技术的应用;
4. 就重要事项向经理部提出建议。

三废委员会在 1995 年共召开六次会议, 主要议题和决定如下:

1. 讨论和批准 1995 年三废委员会工作计划;
2. 完善三废管理, 加强经验反馈, 降低放射性废气、废液的产量和向环境的排放, 特别是加强了机组大修期间的三废管理;
3. 审查批准大亚湾核电站环保设施预竣工验收有关报告和对国家环保局 95 环监 412 号文的答复;
4. 协调组织三废重要活动, 如:
  - (1) 针对 1 号机组堆厂房放射性高的查漏和堵漏;
  - (2) 建立放射性废固货包总活度及核素测量方法及程序;
  - (3) 清除核辅助厂房内流失的树脂;
  - (4) 降低大修期间含氢废气的产生;
  - (5) DVN 凝水改道。

#### 2.3.4.4 电站改进委员会 (PMC)

电站改进委员会 (PMC) 于 1995 年正式成立以来共举行过 10 次会议。

委员会主席由电站中方第一副经理担任, 副主席由中方第二副经理和法方厂长顾问担任, 技术支持处、维修处、运行处、安全执照处、质保处等处处长和改造科科长为常设成员。秘书由技术支持处改造科科长兼任。

历次会议的主要议题:

1. 1995 年改进计划安排;
2. 大修期间紧急设计变更的处理原则及程序;
3. CPP 项目计划、分工及工程进展;
4. 首次换料大修期间计划安排的改进项目;
5. OTS/MCS 的工作任务及人员状况;
6. 排水渠消泡工程的确定;
7. 经理部关注的改进项目状态;

#### 8. 重大改进项目的决策：

- (1) 1/2EAS200/201VB 改电动阀；
- (2) 废旧物资专用库及固化废物用原材料仓库的建造；
- (3) KKK 系统电缆路径补充设计；
- (4) 汽轮发电机组对轮螺栓改液压式。

历次会议的重要决定是：

1. 所有改进项目都应按改进程序要求处理，大的改进项目必须通过 PMC 会议讨论和批准，改进项目的经费立项申请必须有充分的初步分析并经经理批准。

2. 明确 CPP 新系统的调试、运行、维修及技术支持的责任分工。

3. 成立排水渠消泡工程专题小组，由 OTS、OSL、OPT 有关人员组成，OTS/MCS 禹阳任组长。

4. 明确五年及十年大修准备工作由 OTS 为主进行。

5. 决定改进申请的实施次序，由 OTS 根据重要性及现有人力状况安排。

6. 所有重要改进项目应反馈给二核。

7. 改进科负责厂前区改造工程实施以加强施工质量控制。

8. 常规岛重要改进项目的选择：

- (1) APA/APP 泵轴承温度高自动停泵信号的拆除；
- (2) CRF 循环泵与 CVI 进口阀联动；
- (3) 改进汽轮发电机组对轮螺栓。

#### 2.3.4.5 电站经验反馈委员会 (EFC)

1995 年 EFC 成员变动为：自 1995 年 7 月起，经验反馈委员会主席由第三副经理担任；副主席由安全经理顾问 Quemard 先生担任。自 1995 年 10 月起，维修处副处长代替该处正处长为 EFC 委员，技术支持处长助理代替该处副处长为 EFC 委员。

1995 年共召开经验反馈委员会会议 11 次（自 EFC 第二次会议至 EFC 第十二次会议）。1995 年 EFC 各次会议简况如表 2.3.4.5-1 所列。

#### 2.3.4.6 电站工业安全和辐射防护委员会 (PISRC)

电站工业安全和辐射防护委员会 (PISRC) 于 1995 年 2 月 23 日正式成立，并召开了第一次会议，PISRC 主席、电站第一副经理樊鹤鸣先生主持了会议，会议审查通过了 PISRC 的组织机构程序，并审查批准了 1995 年度工业安全工作大纲和 1995 年辐射防护工作大纲。

1995 年 7 月 5 日，PISRC 召开了第二次会议，分别审议了工业安全和辐射防护的上半年工作报告。

另外，PISRC 所属的辐射防护最优化委员会 (ALARA Committee) 1995 年内召开了 7 次会议。委员会机构于 7 月份进行了调整，第三副经理濮继龙先生任主席，电站安全保健顾问盖玛 (R. Quemard) 先生被聘为委员会的顾问。

#### 2.3.4.7 电站人力资源委员会 (PHRC)

大亚湾核电站人力资源委员会 (PHRC) 成立于 1994 年 10 月，由电站经理（外籍）协助第一副经理主持，成员有第二副经理、第三副经理和经理助理。

该委员会的任务是定期讨论电站人力资源管理方面的重大问题，包括员工工业绩考核和岗位调整、对电站中长期人力资源的需求与发展进行预测、全面评估可担任关键岗位的员工素质并对其不足之处提出培训与改进要求等。

表 2.3.4.5-1 1995 年 EFC 会议概况一览表

序号	EFC 会议次序 (及开会日期)	主要议题	会议主要决定
1	EFC 第 2 次会议 (1995-01-10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 事件单(ES)、事件反馈单(FS)和外部事件报告(EER)的状态及 EFC 对于事件原因的补充分析和纠正行动评价。</li> <li>— 讨论确定 1995 年经验反馈目标和指标。</li> <li>— 审议向外部(IAEA, WANO, FROG)报告事件准则。</li> </ul>	确定 1995 年经验反馈目标和指标。 批准向外部报告事件准则
2	EFC 第 3 次会议 (1995-02-11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>审查 OPS 经验反馈过程培训教材</li> <li>— 经验反馈指标跟踪</li> <li>— 审查 OPS1994 年下半年经验反馈总结报告</li> <li>— 内部事件分析及纠正行动落实情况跟踪</li> </ul>	由 OTS 起草, OTC 修改经验反馈过程培训教材后, 将教材分发相关处 经验反馈半年总结应从改进管理的角度进行深层次分析并提出改进措施。
3	EFC 第 4 次会议 (1995-03-23)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 经验反馈过程教材培训</li> <li>— 大亚湾内部事件数据库改进</li> <li>— 1994 年度重大事件分析</li> </ul>	在下次 EFC 会议前 OPS 各处要完成对员工的经验反馈过程教材的在职培训; OTC 继续实施为期一天的经验反馈过程培训课程。 OTS/EFS 负责与 OMC 联络, 以改进大亚湾内部事件数据库, 使有利于事件跟踪 重大事件分析方法也适用于非重大事件分析
4	EFC 第 5 次会议 (1995-04-20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>事件单跟踪及经验反馈指标审查。</li> <li>— 外部经验反馈介绍</li> <li>— 事件分析和经验反馈过程培训</li> </ul>	运行早会及相关处应加强对已发生事件的系统审查 OTS/EFS 应加强对生产部各处事件分析及纠正行动的跟踪
5	EFC 第 6 次会议 (1995-05-25)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 事件趋势分析</li> <li>— SER 纠正行动状态跟踪</li> <li>— 审查外部事件报告(EEROTS 95007)</li> </ul>	应提高 EFC 组织机构工作效率
6	EFC 第 7 次会议 (1995-06-22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 介绍内部事件分析导则</li> <li>— EER 月报</li> </ul>	今后按内部事件分析导则作内部事件分析和趋势分析
7	EFC 第 8 次会议 (1995-07-27)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 2CTE 试验未遂触电典型事件(ESOP)95083)分析</li> <li>— 审批外部事件报告 EEROTS 95010/95011/95012</li> </ul>	今后 EFC 会议应适当增加典型事件分析; 各处、科也要推广典型事件分析方法
8	EFC 第 9 次会议 (1995-08-25)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 审查 1995 年上半年运行经验反馈评价报告。</li> <li>— 外部经验反馈月报</li> </ul>	批准了 1995 年上半年运行经验反馈评价报告
9	EFC 第 10 次会议 (1995-09-21)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 事件后果评估准则、趋势和事件数据库格式</li> <li>— 生产部核安全文化强化计划介绍</li> </ul>	决定采用 WANO 推荐的方法来作事件后果评估 认可了目前采用的事件数据库
10	EFC 第 11 次会议 (1995-10-31)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 1995 年 1 月 1 日至 10 月 15 日期间人因相关事件趋势分析</li> <li>— 上月发生的一级重大事件介绍</li> </ul>	决定要进一步作 1995 年 1 月 1 日至 10 月 15 日期间核安全相关事件的趋势分析
11	EFC 第 12 次会议 (1995-12-07)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 1995 年 1 月 1 日至 10 月 15 日期间核安全相关事件趋势分析</li> <li>— 1995 年 1 月 1 日至 10 月 15 日期间重大事件趋势分析</li> <li>— 一、二号机首次向二号二次大修的经验反馈介绍</li> <li>— 审查 1995 年度出版的外部事件报告状况</li> </ul>	各相关处要重视编写 EER。并注意在第二次大修中落实 1995 年度出版的 EER 中要求的纠正行动。

委员会原则上每季度召开一次会议。根据电站总体工作安排,1995年该委员会共召开了3次会议,考虑到人事问题的敏感性,每次会议均不发会议纪要,有关决定由电站经理部按照公司人事任免授权和有关政策规定贯彻落实。

## 2.3.5 质量保证

### 2.3.5.1 质量保证组织的调整

1995年初,公司总经理部决定撤消公司质保部,人员归并到生产部质保处,由质保处全面负责核电厂的质量保证验证工作。质保处在组织上完全独立于核电厂其它职能部门,直接向核电站经理报告工作。为了确保质保工作的独立性,质保处保持向总经理部报告的渠道,凡是有重大质量问题或是在电站不能得到解决的问题,质保处有权直接向总经理部报告工作。

在1995年中,随着美国的BecbteI质保顾问的逐渐离去,质保处已顺利完成了向中方人员承担全部职责的工作过渡。到1995年年底,质保处顾问全部离去,由于长期以来的在岗培训,因此工作基本上没有受到任何影响。

此外,根据生产部经理部要加强质保验证职能的指示,QA人员本身的培训工作也成为本年度中质保处的主要内容之一。本年度QA人员参加过的培训有:

#### 1. 技术方面

- (1) 压水堆系统
- (2) 维修工作过程
- (3) 汽轮机维修
- (4) 燃料装卸
- (5) 质量检查
- (6) 运行中的核安全
- (7) 辐射防护
- (8) 消防
- (9) 应急
- (10) 工业安全
- (11) 大修核安全

#### 2. 管理方面

- (1) 管理培训和研讨
- (2) 事件根本原因分析

为了进一步提高QA人员的监查和监督技巧,质保处内部还组织了两期监查员/监查长培训课。通过这个课程,一方面使学员更全面掌握有关监查的要求,另一方面通过案例进行分析,倡导QA人员多了解技术和管理方面的知识,以便更深入地进行监查和监督活动。

### 2.3.5.2 质保活动实施情况

#### 1. 监查大纲的实施

1995年的质保监查是完全按照事先制订的两年度的监查大纲进行的,全年共进行监查24次。其中生产部内部监查10次,外部监查14次。监查所涉及的主要领域有:

- (1) 维修活动
- (2) 运行隔离
- (3) 技术规范的监督和执照申请

- (4) 在役检查
- (5) 设计改造
- (6) 装卸贮存
- (7) 培训授权
- (8) 消防和保卫
- (9) 核燃料制造
- (10) 控制棒导向管最终方案的设计改造和制造等。

通过这些监查活动，质保处共发给被监查单位 104 个《纠正措施要求》和 196 个《观察通知》，其针对的问题主要涉及如下方面：

- (1) 定期试验大纲的执行；
- (2) 对承包商的设计控制；
- (3) 物项服务的质量分级；
- (4) 消防系统的预防性维修大纲的建立和执行；
- (5) 人员的培训和授权。

对于监查人员发现的问题，被监查单位都采取了积极纠正的态度。到本年度末，已有 64 个《纠正措施要求》得到了终结。本年度的监查计划圆满地完成。

## 2. 监督大纲的实施

质保监督活动是质保人员以现场活动为重点的日常性的实时监督。本年度质保监督已开始大量使用事先编制好的标准检查清单，这就大大提高了质保监督的效率，并向规范化和专业化前进了一步。与此同时，质保处还建立了“质保监督通知点”系统，即对事先挑选的监督项目设立了质保通知点，要求质保人员提前得到通知，以便有效地保证能对重要活动进行质保监督。

每台机组的首次换料，质保处都指派了一个专门质保协调员参加到大修指挥部，并在大修开展前成立了一个专门监督队负责大修期间的质保监督。监督队审查大修活动的工作文件包及其它大修准备工作，以此来保证大修准备工作的质量。该监督队还事先选定要监督的项目，然后设置相应的 QA 通知点，通过 QA 通知点的见证、执行日常监督计划以及质保监查来保证 QA 关注的活动受到控制。另外，监督队还保持了有效的内部经验反馈和向外反馈 QA 发现的问题，并向大修指挥部提出改进建议。从两台机组的首次换料大修实践来看，基本上取得了成功，在预先设立的 QA 通知点上，70% 的监督项目得以完成。

1995 年质保处共进行现场质保监督 1315 次，几乎覆盖了电厂与安全或与质量有关的各个方面。但监督的重点在以下几个领域：

(1) 维修活动	652 次	占总监督的	50%
(2) 运行活动	200 次		15%
(3) 设计改造	134 次		10%

监督的重点在以下几个单位：

(1) 维修处	316 次		24%
(2) 常规岛维修承包商 (淮南核电检修公司)	206 次		16%
(3) 核岛维修承包商 (FMX)	185 次		14%

(4) 运行处	165 次	13%
(5) 技术支持处	100 次	8%

在监督中质保处共发出《纠正措施要求》30 个, 其中 24 个已经被纠正并关闭。

另外, 根据现场实际情况或经理部的指示, 还实施了如下 7 次专项监督

- (1) 应急准备大纲
- (2) 运行隔离和系统恢复
- (3) 全身辐射计量
- (4) 行政隔离
- (5) 设计改造的文件更新
- (6) CPP 系统土建工作
- (7) 设定值管理

每次专项质保监督完成以后都有书面的监督报告提交给经理部门供参考, 并要求有关部门对所发现的质量问题采取相应的纠正措施, 这类质保监督做得比较深入全面, 因此有效地发现质保体系中存在的缺陷, 为及时采取措施提供了保障。

综上所述, 本年度质保监督做到了覆盖面广、重点突出以及对关键问题的调查深入。

### 3. 供应商资格评审

供应商资格评审由质保处负责, 技术支持处配合。对各单位要使用的潜在供应商, 由质保处负责组织评审组对其进行质保和技术两方面的评审, 评审合格后该供应商及其供应范围即被记入《合格供应商清单》中。在采购质量或完全有关的物项或服务时必须使用列在《合格供应商清单》中的供应商。

1995 年质保处共评审过 50 多家潜在供应商, 其中有 35 家被评审合格。1995 年基本没有开展对已过期的合格供应商的再评审活动。

由于质量保证体系在国内刚刚开始采用, 很多供应商对质保处进行的资格评审不理解, 再加上核电站采购的零备件数量少、要求高, 因而更使评审工作的难度加大。ISO 9000 系列标准的推行, 使得评审者要充分理解 ISO 和 IAEA 系列标准之间的差别和共同点, 本着“以实施为目的”的宗旨来评审供应商的质量保证体系。

### 4. 文件的 QA 审查

文件的 QA 审查主要有三个部分, 即所有生产部的管理程序, 包括 AD, IP 和 BP; 采购订单和采购合同以及不符合项报告。其中管理程序和采购合同必须在生效以前经过质保处的审查, 以验证是否符合《运行质保大纲》规定的要求。而对采购订单质保处只进行随机抽样审查。对与 QSR 系统有关的不符合项报告 (NCR) 质保处要审查验证不符合项在处理过程中是否符合程序规定的要求。

管理程序送到质保处后, 由质保处登记并审查, 审查意见通过备忘录反馈给文件的作者。当质保审查者对文件的内容已满意并签字确认之后, 该文件的 QA 审查才算完成。否则该文件不能生效。1995 年质保处共审查管理程序 209 份。条理不清、内容繁杂是文件编制中存在的普遍问题。采购合同中对质量要求的 QA 审查是通过质保处直接派人参与合同条款的制订工作来实施的。1995 质保处审查过的合同主要有: CPP 设计、安装和通风; FRAMEX 大修服务; PRA 风险概率评价等。

对采购订单进行了随机抽样审查, 1995 年共审查过约 900 个采购订单。发现的问题都已通过备忘录形式通知了负责单位。

### 2.3.5.3 质量保证大纲评价

#### 1. 质量保证大纲

1995年《运行质保大纲》D版除组织机构外已基本得到NNSA的认可。在此基础上,生产部管理程序的全面修改工作也已完成了近一半。总的来说,《运行质保大纲》及其相关的管理程序正在有计划地修改完善。

#### 2. 组织机构

从监查和监督的结果来看,该领域已有效地执行了有关的质量要求。

#### 3. 文件管理和记录

从监查和监督的结果来看,该领域已基本执行了有关的质量要求。但程序的修改和更新有待进一步加强。

#### 4. 运行管理

从监查和监督的结果来看,该领域已基本执行了有关的质量要求。但对系统隔离和系统设置、操作过程的独立验证仍然需要改善。

#### 5. 维修管理

从监查和监督的结果来看,该领域也已基本上执行了有关的质量要求。但在QC验证、预防性维修和维修准备等方面仍需加强。

#### 6. 监督、检查和试验管理

从监查和监督的结果来看,该领域中的计量管理仍需进一步改进。

#### 7. 放射性废物管理

从监督和监督的结果来看,该领域已相当有效地执行了有关的质量要求。

#### 8. 采购和材料管理

从监查和监督的结果来看,该领域已基本有效地执行了有关的质量要求。但采购过程中的合同质保条款编制和管理仍需加强。

#### 9. 培训和授权

从监查和监督的结果来看,该领域已作了很大的调整并建立了新的培训体系,虽然做了大量工作,但在执行过程中仍然存在较大缺陷。

#### 10. 设计管理

从监查和监督的结果来看,新的设计改造管理体系已建立,设计改造取得了很大改善,该领域基本执行了有关的质量要求,但与改造有关的文件更新工作仍需进一步加强。

#### 11. 不符合项管理和纠正措施

从监查和监督的结果来看,该领域已基本有效地执行了有关的质量要求。但不符合项处理过程、纠正措施实施的速度仍然需要改进。

#### 12. 质量验证、监查和评价

在质量验证、监查和评价工作中有效地执行了有关的质量要求。但有关质量控制的体系正在调整当中。

#### 13. 消防

从监查和监督的结果来看,该领域已基本有效地执行了有关的质量要求。但消防系统预防性维修大纲和火灾情况下的外部支持仍需要改进。

#### 14. 计算机管理

该领域的管理制度已初步建立。

## 15. 保卫和出入管理

从监查和监督的结果来看, 该领域已有效地执行了有关的质量要求。

## 16. 辐射安全

从监查和监督的结果来看, 该领域已有效地执行了有关的质量要求。但对承包商人员的全身辐射剂量管理仍需改善。

## 17. 应急管理

从监查和监督的结果来看, 应急管理包括应急设施、应急组织及其演习已得到了很大改善, 基本上有效地执行了质保大纲的要求。

## 2.3.6 经验反馈

### 2.3.6.1 内部事件经验反馈

1995年两台机组共收到事件单293个, 其中重大事件35个。图2.3.6.1-1和图2.3.6.1-2分别显示了两台机组事件分配比例和历年来事件数量的变化趋势。1995年上半年, 两台机组换料大修和1号机组控制棒抢修, 事件数目相对地多一些。

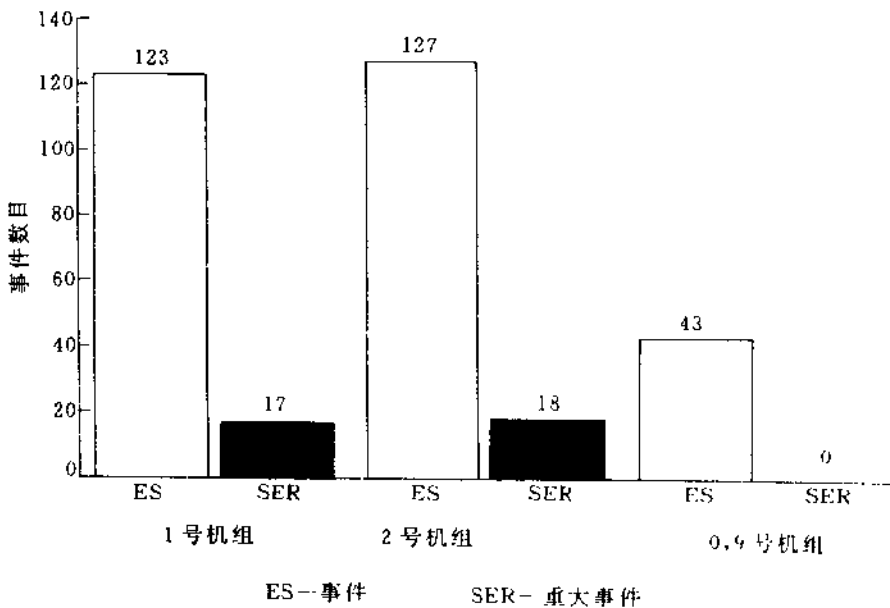


图 2.3.6.1-1 1995 年事件统计

从图 2.3.6.1-3 中可以看出, 1995 年事件比较多地发生在机械部件中, 特别是常规岛机械部件。这同国外的运行经验相一致。

### 1. 核岛发生事件比较多的系统有

#### (1) RGL 系统

该系统控制部分故障多, 特别是控制棒落棒时间超差, 使 1 号机组大修延长近 4 个月。

#### (2) DEG 系统

该系统故障比较多地集中在 12~2 月份, 由于环境温度低, 核岛冷冻水系统运行不稳定。



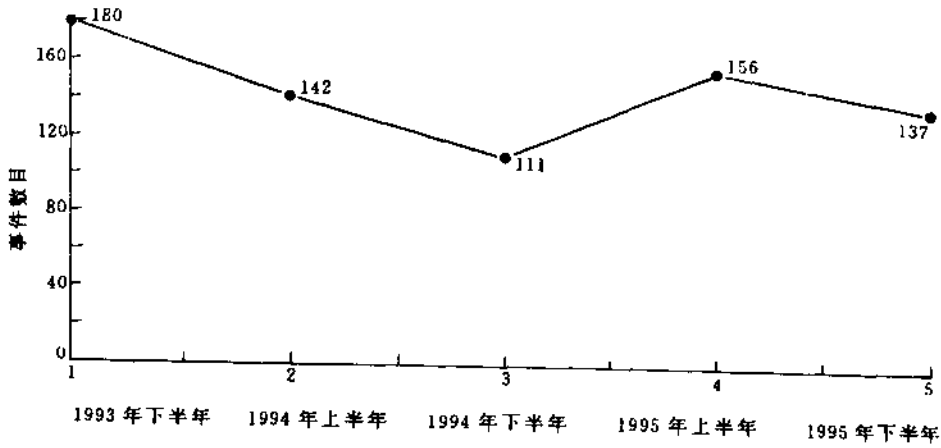
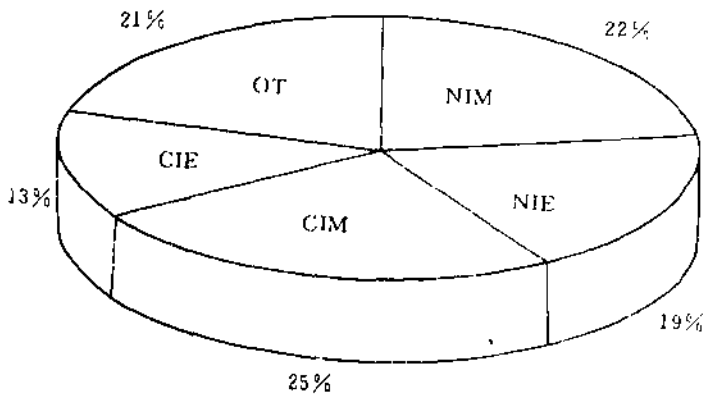


图 2.3.6.1-2 与前两年数目的比较

1993 年下半年事件单数目	180
1994 年上半年事件单数目	142
1994 年下半年事件单数目	111
1995 年上半年事件单数目	156
1995 年下半年事件单数目	137



NIM 核岛机械    CIM 常规岛机械    OT 其它  
 NIE 核岛电气    CIE 常规岛电气

图 2.3.6.1-3 事件趋势分析

事件分担	事件单数	百分比
NIM NI机械	65	22%
NIE NI电气	55	19%
CIM CI机械	73	25%
CIE CI电气	79	13%
OT 其他	39	21%

(3) TEU 系统

该系统故障主要是部分泵常不可用。

(4) RIS 21000 mg/kg 回路

该系统泵故障频发。

(5) RCP 082 LN

RCP 082 LN 水位计材质缺陷造成在大修过程中常不可用。

2. 常规岛发生事件比较多的系统有

(1) GRE 系统

上位机多次故障。

(2) CTE 系统

CTE 变压器故障是该系统不可用的主要原因。

(3) SEK 系统

该系统泵常发生故障。

3. 事件原因的分析

(1) 人因事件

在 1995 年度运行事件中, 人因事件的比例占 55% (图 2.3.6.1-4), 其中比较典型的事件是隔离错误和定期试验中的误操作。这类事件的后果往往比较严重。为减少该类事件, 除加强员工责任心和核安全文化意识外, 还应该设立专题项目对人因事件进行深入专题研究, 找到切实可行的改正措施。

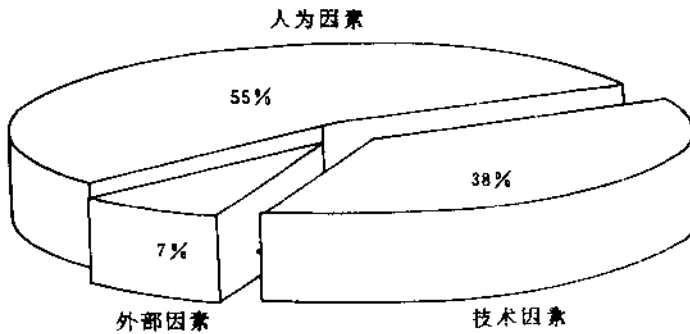


图 2.3.6.1-4 事件根本原因分析

人为因素	160	55%
技术因素	110	38%
外部因素	23	7%

人为因素: 包括程序、工作组织、培训、通讯联络等缺陷和不遵守程序。

技术因素: 包括设计、制造、建造、安装等缺陷。

外部因素: 包括未知因素及台风等外部原因。

(2) 技术因素

图 2.3.6.1-4 显示 1995 年与设备失效相关事件占 38%，这类事件中，跑水、漏油事件比较典型，例如

- a. 1995.01.30 1PTR 水箱跑水事件，泄漏 40 吨水，造成 1RX 厂房加重—3.4 米地面局部污染，原因是 1EAS 17、18VB 泄漏。
- b. 1995.05.24，由于入口法兰的“O”形密封环断裂，2 号机 GFR 压力油进入 GRE002VV，造成油泄漏 600 升，汽轮机跳闸。

这类跑水、漏油事件应通过总结经验，加强现场巡视，以减少这类事件。

### (3) 外部因素

此外，1995 年由外部合同商引发的事件比较突出。大修期间由于承包商和外来人员增加，现场人员近 2000 人，发生了一些违反规章制度的事件。例如：一些重要设备被误动或损坏，设备的行政隔离牌被扔在地上。对于这类事件不仅要加强对承包商的培训和监督管理，还应组织专门的巡视，对重要设备和仪表设置保护和警告牌，严禁无证操作设备。

### 2.3.6.2 外部事件经验反馈

1995 年共出版外部事件报告 14 篇。其预防性纠正措施及纠正措施落实情况见表 2.3.6.2-1。

表 2.3.6.2-1 1995 年外部事件报告 (EER) 预防性纠正措施落实情况一览表

序号	EER 编号	外部事件主题	预防性纠正措施	纠正措施落实情况
1	EEROTS95001	EDF900MWe PWR 机组 EAS/RIS 系统管道内有空气	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查 RIS 及 EAS 系统管道，确保系统可用性(OPC)</li> <li>2. 修订完善有关隔离、系统设置及系统充水的规程(OPC)</li> <li>3. 在定期试验期间检查 RIS/EAS 管线(OPC)</li> <li>4. 跟踪 EDF 机组在 RIS/EAS 系统上的改进(OTS)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2. 3. 已落实</li> <li>4. 继续跟踪</li> </ol>
2	EEROTS95002	EDF900MWe 机组 RIS 系统节流孔板变形	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 抽样检查 RIS001/002/003/008/009/010DI(OPM)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在 1 号机组上检查结果表明 RIS 节流孔板厚度已经作了改进</li> </ol>
3	EEROTS95003	JOUCOMTIC 伺服电动机密封垫不符合要求(EDF)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查有关设备材料与润滑油不相符性程序(OPM)</li> <li>2. 验证有关不符合要求的部件(OPM)</li> <li>3. 建立要替换设备的检查清单(OPM,OTS)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2. 3. 在检修规程改版时同步进行</li> </ol>
4	EEROTS95004	控制棒导向管的可通过性降级(俄罗斯)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在 2 号机组首次换料大修时检查并清理原来装过可燃毒物棒的燃料组件的导向筒(OPM)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. GNPS 落棒时间超差将用更替导向筒的最终方案解决</li> </ol>
5	EEROTS95005	RRA 电机接头不好(EDF)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 出版 CUW 让 FRAMATOME 澄清问题。并提供连接头最新文件(OTS)</li> <li>2. 2 号机组首次换料期间检查 RRA 电机连接件(OPM)</li> <li>3. 检查备品数据库情况(OPM/ME)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 尚未出版 CUW</li> <li>2. 在 2 号机组第二次大修时检查</li> <li>3. 尚未检查(待 2 号机组第二次大修实施 RRA 检查后确定是否要出版 CUW 及备品检查)</li> </ol>

续表

序号	EER编号	外部事件主题	预防性纠正措施	纠正措施落实情况
6	EEROTS95006	堆芯装料时损坏燃料组件(西班牙)	1. 严格遵守换料操作规程(OPM) 2. 严格遵守改变换料方案前的报告制度(OPM)	1. 2. 已改进
7	EEROTS95007	RIS系统试验程序缺陷导致RIS系统不可用(EDF)	1. 检查RIS试验规程(OPG) 2. 操作人员正确理解所使用的规程(OPG)	1. 2. 已做
8	EEROTS95008	SEREG阀门(安全壳隔离阀)上的异常(EDF)	1. 检查程序(OPM) 2. 列出需检查的阀门表并实施检查(OPM)	1. 程序已检查 2. 第二次大修时实施检查
9	EEROTS95009	燃料组件破损(巴西)	1. 审查并批准燃料设计改进和制造工艺变更;加强燃料制造QC监督(OTS) 2. 完善辐照后燃料组件检查和修复设施,加强换料停堆期间全面检查(OPM,OPT) 3. 加强运行中燃料行为跟踪监视,及时通报异常情况(OTS,OPT)	1. 已做,并继续加强这方面工作 2. OPM已采购辐照后燃料组件检查设备,OPT已加强了大修期间对燃料组件的检查 3. 一直在运行中燃料行为跟踪监视
10	EEROTS95010	反应堆紧急停堆时一束控制棒组件卡棒(美国)	1. 列出检查项目清单(OTS) 2. 在大修时对CRDM热套管导向漏斗及销钉等易松动部件进行检查(OPM)	1. OTS/ES已提出每5年进行一次目视检查的计划(见OTS-116-OMG-95) 2. 2号机组于第三次大修进行目视检查
11	EEROTS95011	反应堆冷却剂泵润滑油泄漏引起火灾(美国)	1. 检查泄漏的主泵润滑油是否被润滑油收集系统全部收集起来(OPM) 2. 检查主泵润滑油系统及润滑油收集系统的完整性(OPM) 3. 检查主泵润滑油箱低油位报警整定值是否合适(OPM/MI)	1. 2. 3. 在机组第二次大修时实施
12	EEROTS95012	LCA定期试验引起反应堆紧急停堆(EDF)	1. 检查LCA/LCB定期试验规程(OPM) 2. 分析研究EDF数据库中定期试验引起紧急停堆事件,拟定改进措施(OTS,OPM,OPO,OPT,OSL) 3. 在EDF数据库中查找并分类与定期试验相关的事件(OTS)	1. 试验规程已改版 2. 尚未进行 3. 已完成一部分,并将事件单分发相关处
13	EEROTS95013	负荷阶跃变化引起一回路放射性水平增高(EDF)	1. 询问TRICASTIN在该事件中采取的措施(OTS) 2. 研究燃料组件泄漏的评价方法和行动计划(OTS,OPT等)	1. 已做 2. 已编写出燃料组件泄漏评价方法和行动计划
14	EEROPM95001	RCV上充泵防磨环螺钉脱落(EDF)	1. 与FROG联系了解新设计结构和缺陷处理情况(OTS) 2. 大修时安排对RCV上充泵防磨环螺钉进行检查(OPM)	1. 已与FROG联系,大亚湾RCV防磨环螺钉采用新设计 2. 在第二次大修时检查验证

## 2.3.6.3 运行与设计施工之间的经验反馈

## 一核向二核提供的运行、维修经验反馈

一核向二核提供的运行维修及厂布置经验反馈主要项目见表 2.3.6.3-1。一核自调试启动以来发现的主要设备故障已向二核作了经验反馈。因二核将一核作为其参考电站，对于今后一核作的设计改进，仍应不断地、系统地向二核进行反馈。

表 2.3.6.3-1 一核向二核提供的运行维修经验反馈摘要表

分类	名称	主要问题	建议二核改进措施
核	2ASG003PO	泵轴承温度高达 91.8℃	修改 ASG037DI 节流孔板直径(由 2mm 改为 3mm)
		在仅由汽动给水泵(003PO)提供给水的假想事故下的试验表明该泵的给水流量对 ASG 水箱水位较为敏感	更换节流孔板 131/132/133 DI; 并让 FRA 论证试验结果满足安全要求
	1EAS184VB	1EAS001PO 出口再循环管线上的一根支管从焊缝热影响区断裂; 另一根支管及 183VB 焊缝热影响区出现裂纹	设计修改, 加强阀门支撑架
	1/2LHP/LHQ	应急柴油发电机冷却循环水泵多次损坏	原因待查
	1/2 RCP	大修期间反应堆水位监测故障, 为此在 1/2RCP 各加装两台超声水位计	改进原有水位计管材; 加装超声水位计
	1RPN013MA	由于探头组件部分补偿电压芯线接触不良造成失去补偿电压, 致使准备反应堆提棒临界时, 发现 013MA 输出过大	改进探头紧固连接板接头
	0KRT 901/007MA	诸多 MA 出现误报警	改进设计
	ATWT	ATWT 信号( $P_n \geq 30\%FP$ , 给水流量 $< 6\%Q_n$ )设置不合理, 在 SG 低水位保护或蒸汽流量与给水流量失配保护之前引起紧急停堆	取消 ATWT 信号或作适当改进
	反应堆压力容器顶盖贯穿接管	现设计采用材料为因科镍 600, 易产生顶盖贯穿接管应力腐蚀裂纹	反应堆压力容器贯穿接管采用因科镍 690 材料
	岛	RGL	1/2RGL 均出现过控制棒落棒时间超差
1/2RIC		在安全壳压力试验 0.483MPa 时, 发现 RIC 堆底导管支架主梁失稳变形	已由供货商作设计修改
1/RIS021BA		RIS021BA 浓硼箱运行温度高, 蒸发严重, 补水频繁; 排放管(至 TEP)由于硼结晶堵死, 化验取样很不方便	设计修改
1RRA 013/025VP		013/025VP 泄漏率大(185L/h-1056L/h), 导致废液处理量大增, FRA 认为法兰平行度允差 1mm 偏大	法兰平行度允差改为 0.3mm
1RRI 002/003 /004 PO		在 LOCA 工况下振动超差	设计修改
1SAR		21 个 SAR 阀漏气引起安全壳内压力升高	SAR 阀更换为新型号
1/2 SEC 泵		泵叶轮在运行约 2000 小时后出现严重汽蚀, 后用不锈钢叶轮更换原铝青铜叶轮, 并延长泵壳排气管线, 使泵运行时连续排气	参照一核做法

续表

分类	名称	主要问题	建议/核改进措施
常规岛和电厂公用系统	APP/APA	当两台给水泵运行时一台泵跳闸,另一台备用泵没有联动,造成 SG 水位下降太快	1. 增设当一台运行泵跳闸,另一台备用泵未联动时的快速减负荷装置 2. 增加单泵容量至 75%PN
		1APP101PO 增压泵叶轮损坏,增压泵轴封经常泄漏	1. 改进叶轮设计及制造工艺 2. 增压泵轴封由盘根密封改为机械轴封
	SEN/CEX	蝶阀关不严	考虑是关键隔离阀,改选用截止阀
	GSS	停运一组 GSS 时汽机振动大(按规程停运一组 GSS 汽机应正常运行)	设计运行工况分析,并改进设计
	ARE/GCT	现用气动阀调节给水,GCT 蒸汽旁路不够灵敏	采用液动调节可比气动调节快一个数量级
	CPP	原无 CPP(冷凝水精处理系统)使一旦二回路水质不好,仅靠充排水提高水质费时长。现每台机组加装一套 CPP 系统	加装 CPP 系统
	CEX	高能流体直接排入冷凝器引起扩散器、挡流板损坏,钛管损伤泄漏	如一核在冷凝器壳体外加扩容箱
		CEX001/002/003PO 为三级离心泵,级间泵壳联结螺栓断裂,导致泵体下移卡死叶轮口环、轴套损坏。现采用不锈钢联结螺栓加锁紧装置	参照一核加以改进
	CTE	1. 整流器用的变压器(每台机组 2 台)在运行 2000 小时后因绝缘损坏而烧坏。此类故障频发 2. 两个系列互不相通,无法相互支援	1. 改进设计制造工艺,并对制造商进行严密的资格审查 2. 两系列产品贮罐间加装连接管和阀门
	GEW490/590TR	在进行全电压冲击合闸试验时出现 500kV 侧(490 TR 为 B 相,590TR 为 C 相)线圈匝间绝缘击穿故障	改进设计及制造工艺
SDA 及 YA 厂房	系统设备主要布置在地下,通风不良,酸雾浓管道及支架腐蚀严重	系统设计作重大改进	
CI 电缆	1. 现场发现部分电缆在弯曲部位外护套开裂 2. 有些电缆露天铺设	1. 选用质量好的电缆 2. 露天电缆应有防雨水、防台风、防阳光直射的设施	
厂区布置	EG 楼	EG 楼位置,在出现核事故的情况下不利于人员迅速、安全到达该区域	修改 EG 楼平面布置
	技术行政管理办公楼,检修厂房配置	由于大亚湾为孤立电站,大量机械、仪表检修人员及部分服务人员在新建的远离中心区的 AF 厂房办公,造成管理、工作极不方便	技术行政管理办公楼的设计应考虑孤立电站检修人员多的现状
	厂区仓库	厂区仓库容量不足,致使施工专用工具(如发电机轴转子的专用工具、环形吊车第三跑车等)和重要备件无储存厂房而露天堆放	应考虑重要施工工具、备件内存放条件

### 2.3.6.4 国际经验交流活动

#### 1. FROG 活动参与情况

- (1) 1995年5月在巴黎FRAMATOME总部举行了FROG第九次执委会。GNPS由沈明道等四人参加会议。会上FRA介绍了其最新研究成果,如蒸汽发生器设计改进、蒸汽发生器堵管战略等;FRA和JVC分别介绍了大亚湾控制棒落棒时间超差问题。
- (2) 1995年11月份在大亚湾举行了FROG第十次执委会。GNPS由周海涌、濮继龙、林贵清等五名正式代表出席会议。会上GNPJVC介绍了公司组织、大亚湾控制棒问题和岭澳核电站进展情况

#### 2. WANO 活动参与情况

- (1) 1995年10月WANO-PC主任Rene Vella先生访问大亚湾。广东核电集团公司董事长兼总经理管云龙、合营公司总经理周展麟分别会见了Vella先生。管总、周总感谢Vella先生在大亚湾核电站任电厂厂长期间所作的贡献,并希望Vella先生在WANO-PC的岗位上继续为JVC提供支持。Vella先生在访问现场后,对电厂各方面的进步表示祝贺,并希望GNPS加强与WANO-PC的联系。Vella先生建议JVC选派好的工程师到WANO-PC工作,这样可以让中国更多地了解世界的核电。管总、周总与Vella先生就GNPS今后如何加强与WANO-PC的联系交换了意见。
- (2) GNPS在1995年按季度及时向WANO-PC报告WANO电厂性能指标。
- (3) GNPS在1995年向WANO提供大亚湾核电站事件报告两份(1994年1号发电机漏氢事件和1995年1号机“7·18”LCB定期试验引起反应堆紧急停堆事件)。
- (4) 按WANO电厂间互访计划,公司周展麟总经理,樊鹤鸣第一副厂长等8人代表团于11月访问南非ESKOM公司的KOBBERG电厂。通过参观访问,学习了KOBBERG电厂的运行、维修管理经验及全厂数据收集系统。
- (5) JVC秦国安参与WANO-PC计划于1996年对比利时DOEL电厂进行PEER REVIEW的准备工作。
- (6) 1995年11月份在FROG第十次执委会会议期间,大亚湾核电站与比利时TIHANGE电厂签订了姐妹电厂协议。
- (7) 1995年12月安全执照处和培训中心代表参加WANO-TC在武汉召开的“根本原因分析”研讨会。

### 2.3.6.5 厂际经验交流活动

1995年3月和9月大亚湾与秦山核电站举行了第三、第四届核电站运行经验交流会。

第三届核电站运行经验交流会在大亚湾举行。秦山核电厂由耿昌心副总工程师领队。交流项目为检修管理、设备管理、库房管理、装换料的监督检查、辐照后燃料组件的检查、经验反馈工作及大修经验交流等。

第四届核电站运行经验交流会在秦山举行。大亚湾由生产部第二副经理助理刘达民领队。交流项目为停堆氧化、应急柴油发电机的日常维护、辐射防护最优化(ALARA)、蒸汽发生器涡流检测、核电站运行安全评价和监督、大修期间运行管理、报警信号及LINE-UP管理、仪控自主大修、SEBIM安全阀维修和大修经验反馈等十项。

### 2.3.6.6 其他经验交流和学术访问

1. 1995年11月由生产部副总工程师李志仁率队参加核安全局主办的核电站运行经验反馈工作交流会。

2. 1995年10月,美国FPI公司在大亚湾举办了事件根本原因分析培训班,参加培训者100多人次。
3. 1995年8月清华大学力学系王学芳教授等3人来大亚湾进行“核电厂管道流体输送中水锤现象的分析及预防”的学术交流活动。
4. 1995年3月北京核安全中心杨孟琢教授等10人来大亚湾进行“核电站人因工程”学术交流活动。
5. 1995年12月中旬,美国SAIC公司专家在大亚湾介绍了进行实时概率安全分析(LIVING PSA)的软件及应用经验。

2.3.6.7 运行处内运行经验反馈

1. 运行处内运行经验反馈体系和功能

(1) 体系

图 2.3.6.7-1 中示出了运行处经验反馈体系。

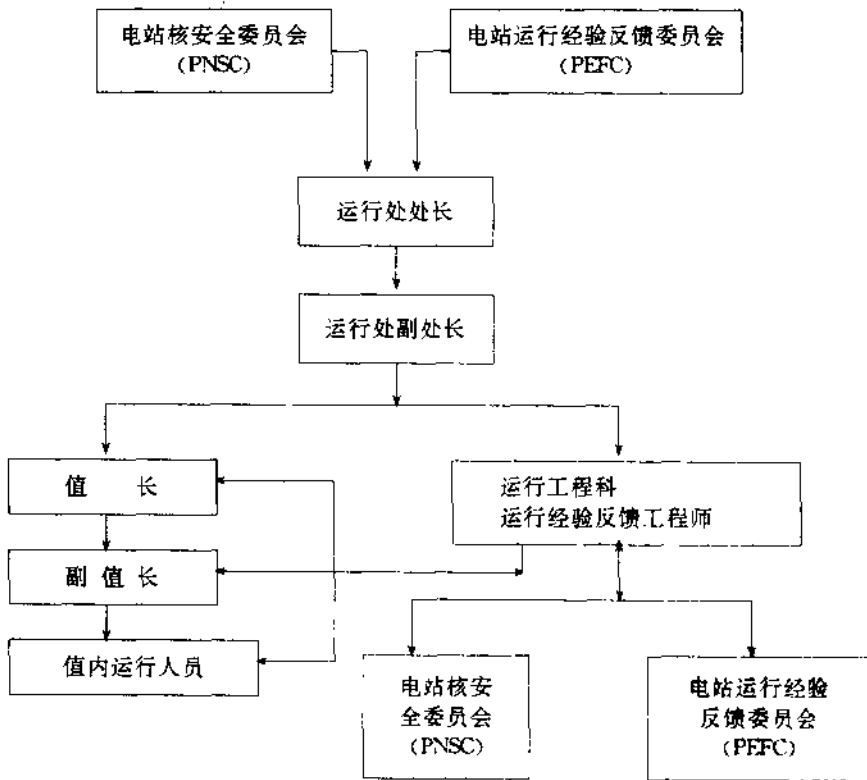


图 2.3.6.7-1 运行处经验反馈体系

(2) 功能

a. 运行处处长

(a) 抓处内经验反馈体系的完善与运转以及纠正行动的落实情况;

(b) 主持事件分析会,并决定事件的性质,做到三不放过(事件原因、事件过程、纠正行动不落实);

(c) 批准事件分析报告和签发运行周报。

b. 运行处副处长



- (a) 分管处内经验反馈体系运转, 抓核安全和工业安全;
- (b) 主持事件分析会, 并审查事件分析报告及运行周报;
- (c) 参加 PNSC 和 PEFC 会议, 修改最终的 SER 和 SER 的汇编;
- (d) 批准 24 小时事件单和事件经验反馈单。

#### c. 值长

- (a) 抓值内运行经验反馈体系运转和纠正行动的落实;
- (b) 抓值内核安全、工业安全;
- (c) 参加事件分析会;
- (d) 编写 SER 并参加 PNSC 审查 SER 的会议;
- (e) 审查 24 小时事件单;
- (f) 组织编写一级经验反馈报告并收集事件的有关信息和资料。

#### d. 副值长

- (a) 分管值内经验反馈体系运转;
- (b) 实施值内核安全和工业安全培训和教育;
- (c) 编写一级经验反馈报告。

#### e. 值内运行人员

- (a) 参加事件分析会, 并收集事件有关的资料和信息;
- (b) 实施纠正行动;
- (c) 编写 24 小时事件单和事件经验反馈单。

#### f. 运行经验反馈工程师

- (a) 贯彻处长的意图, 实施运行处内/外经验反馈体系的运转;
- (b) 参加事件分析会, 编写事件分析报告, 跟踪纠正行动;
- (c) 及时地收集事件的有关资料和信息, 调查事件的过程和原因;
- (d) 跟踪 SER 的状态, 参加 PNSC 审查 SER 的会议, 并将 SER 编译成中文作为操纵员

执照考试的复习资料;

(e) 管理 24 小时事件单和经验反馈单, 并将每月事件汇编, 分类总结, 然后在值长月会上介绍, 作为值内经验反馈教材;

(f) 跟踪机组状态, 编写运行处运行周报; 作为处内运行经验反馈资料;

(g) 每周两次 (周三、六) 向培训班和长休息后开始倒班的运行值介绍机组状态、异常和事件分析会等内容;

(h) 收集编写运行人员和维修人员的操作经验和技巧, 供运行人员参考;

(i) 参加生产部内 4 周一次的经验反馈委员会 (PEFC)。

运行经验反馈工程师的职能与工作程序如图 2.3.6.7-2 所示。

### 2. 运行处内事件信息传递

运行处内的事件信息传递程序如图 2.3.6.7-3 所示。

### 3. 运行处运行经验反馈工作的特点

(1) 运行经验反馈工作程序化

a. 遵循核电站 AD/IP 规程——AD/OPS/012, IP/OPS/018;

b. 编写运行处内经验反馈规程——IP/OPS/023;

c. 按程序执行经验反馈行动, 培训及纠正行动都在规程控制下进行。

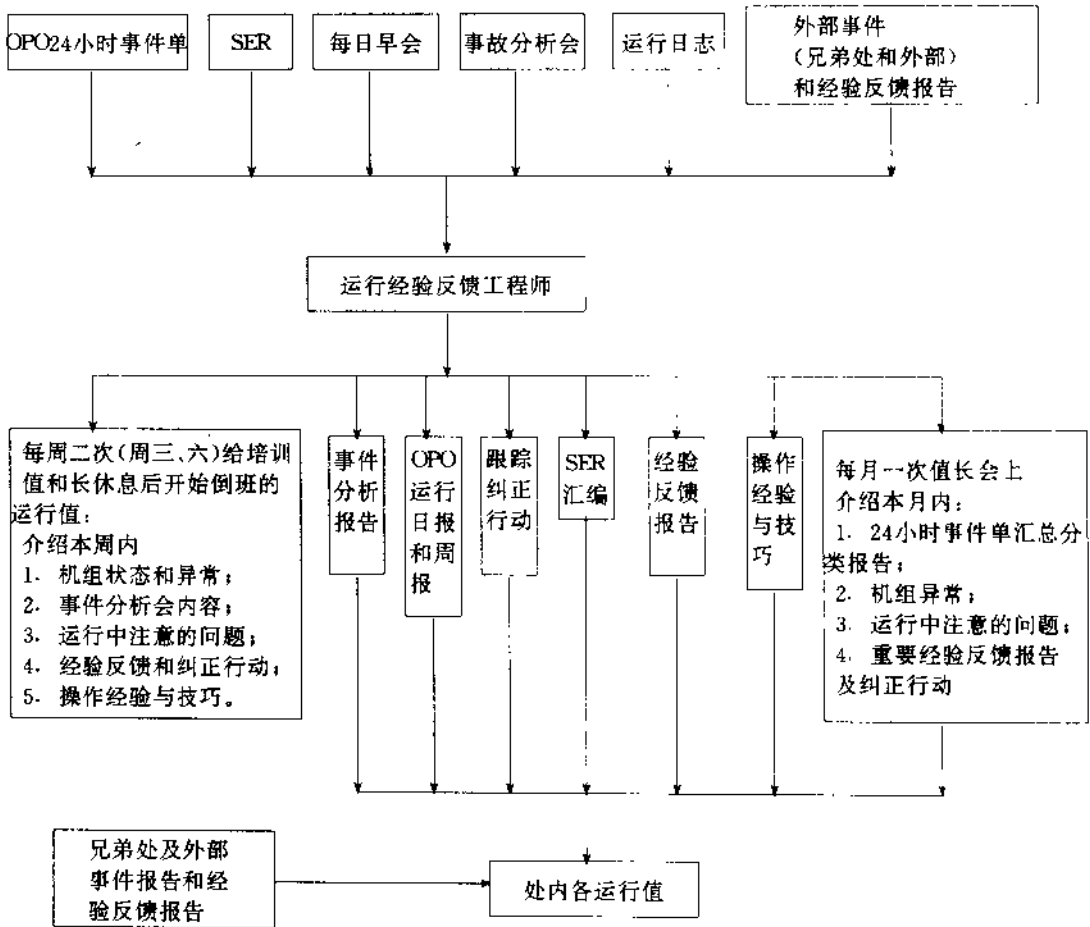


图 2.3.6.7-2 运行经验反馈工程师职能与工作程序

(2) 运行经验反馈工作组织化

- a. 设立专门负责机构运行工程科负责运行经验反馈工作；
- b. 设立专职运行经验反馈工程师负责经验反馈工作；
- c. 值长作为运行值运行经验反馈责任人负责组织值内经验反馈工作；
- d. 处长全面负责处内运行经验反馈工作。

(3) 运行经验反馈工作规范化

- a. 事件后立即进行现场调查、取证（收集运行记录：KIT 日志、操纵员日志、参数记录纸）与分析；
- b. 事件后立即召集当值人员班后事件分析会，并邀请相关人员参加，随后写出经验反馈报告或分析纪要；
- c. 对需要进一步澄清的事件或暂时有疑问的事件由运行经验反馈工程师、系统工程师进行跟踪与反馈直至最终关闭事件；
- d. 对需要进行反馈的事件，由值内、处内联合编写经验反馈报告。

(4) 经验反馈工作制度化

- a. 严格执行规程，建立事件后的立即报告制度—24 小时事件单；

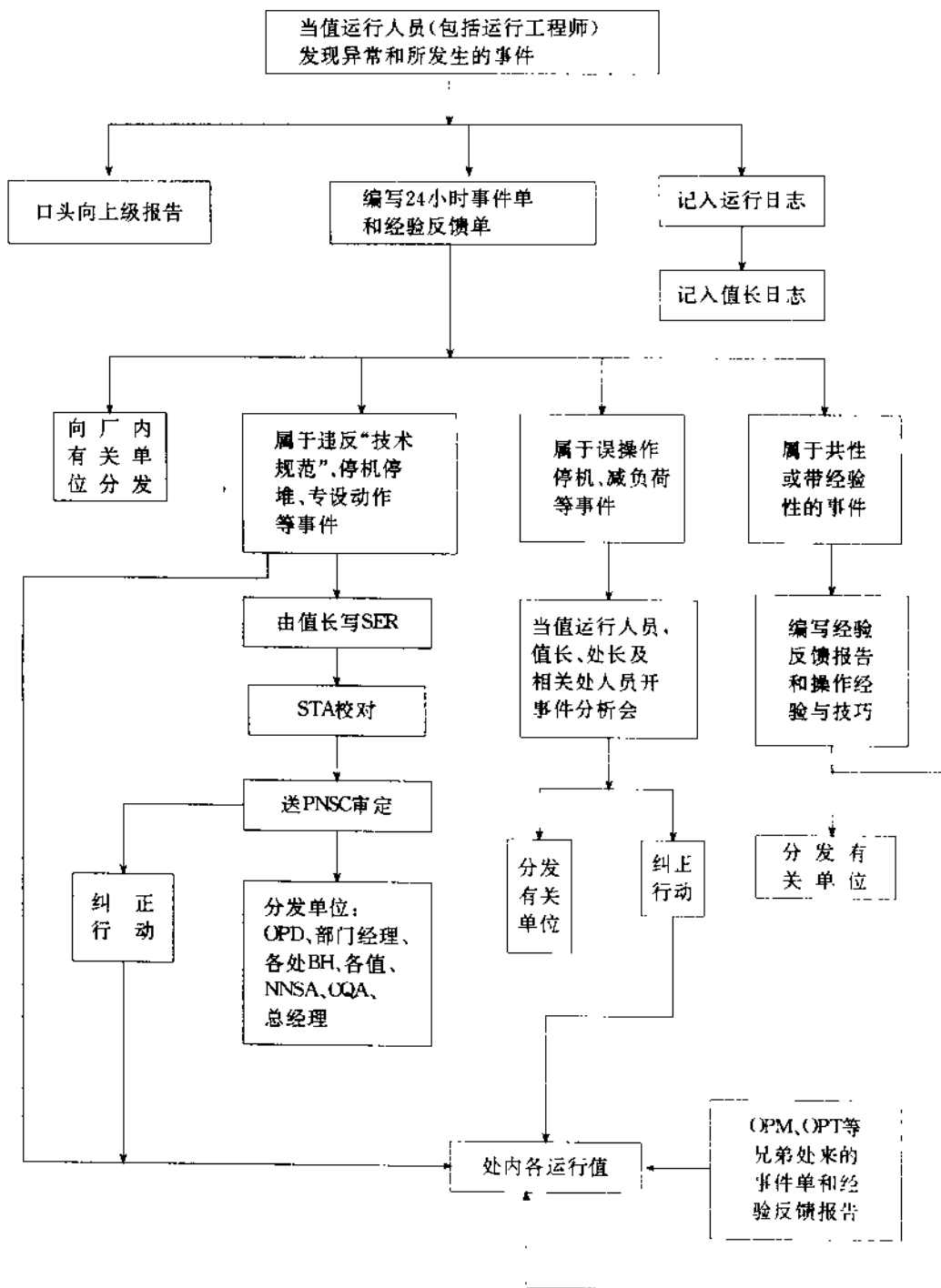


图 2.3.6.7-3 运行处的事件信息传递程序

- b. 立即响应制度, 每一事件发生后, 立即调查、取证、分析、跟踪与反馈;
  - c. 及时地反馈行动: 运行文件的修改、图纸的修改、挂标识牌、培训等;
  - d. 管理规程的改进。
- (5) 经验反馈及事件教育经常化

- a. 处内每周进行两次经验反馈教育,以便使经过较长时间休息或培训后的运行值能及时知晓机组状态和发生的事件;
- b. 值长在班前会组织经验反馈及事件分析讲解工作;
- c. 处内提供运行周报和一月的事件汇总作为值内经验反馈培训教材;
- d. 针对机组状态不定期地进行专题事件报道与运行经验反馈日报(如:机组升功率、机组正常停机停堆、大修期间 RCP 水的传输等应注意的事项)
- e. 对有助于提高运行操作水平或进一步澄清的事件,组织值内人员上模拟机模拟事件的工况,制定纠正行动和编写操作经验与技巧;
- f. 出版重大事件报告汇编及操作经验与技巧汇编,作为授权的执照人员和申请执照人员的考试资料。

(6) 开展“明星”自检活动,防止人因事件

处内在“停”(stop)→“想”(think)→“做”(act)→“查”(review)的基础上发展成:

a. 充分准备

准备流程图、操作票、运行规程和相关技术规范。

b. 认真思考

(a) 了解机组、系统和设备的状态(是停运还是在役);

(b) 了解与任务有关的所有信息,进行风险分析;

(c) 不明确的切勿行动,应及时沟通,必要时通知主控。

c. 精心操作

(a) 确认机组、系列、隔间、系统、设备;

(b) 严格执行规程和操作单,不应跳项。

d. 严格检查

(a) 核实手中的规程、操作票是否与操作的系统、设备、标牌等相符;

(b) 自检和互检,并坚持监护制。

e. 准确记录

记录执行中的操作顺序和对象。

(7) 1、2号机组相互经验反馈

对1号机组发生的事件及时反馈到2号机组,同样对2号机组发生的事件及时反馈到1号机组,减少和减免同类事件在另一机组上发生。

#### 2.3.6.7.4 小结

经过1号、2号机组调试,近3年商业运行的实施和不断改进,经验反馈工作主要有如下几点:

(1) 重大事件数逐年减少

以报告给国家核安全局事件为例:

a. 1993年1号机组63起,2号机组5起,全年共计68起事件;

b. 1994年1号机组29起,2号机组25起,全年共计54起事件;

c. 1995年1号机组17起,2号机组18起,全年共计35起事件。

(2) 机组大修期间的事件数逐次减少

a. 1号机组首次大修期间共发生63起事件,其中重大事件10起;

b. 2号机组首次大修期间共发生18起事件,其中重大事件7起。

### (3) 误操作引起停机停堆的事件数明显减少

1995年1号、2号机组共发生11次计划外停堆停机事件，无一次是运行人员操作不当引起的。正如生产部1995年年终总结指出的那样，运行处在强化运行管理的基础上，加强培训，加强运行经验反馈，圆满地完成了1995年度发电生产计划，各运行值精心操作，严密监视，今年未出现运行操作失误造成的停堆停机。

### (4) 不足之处

#### a. 违反技术规范的事件时有发生

1995年1~4月一连出现的5个重大事件均属违反技术规范，如：2REA硼酸贮备小于要求的容积，2号机组在正常冷停堆状态时无一台S. G可用，2PTR“B”列不可用，即不能作为2RRA的后援，2RCP水位低于规定值和2RRA“B”列不可用等。

b. 特殊运行方式跟踪不及时常出重大事件，如1号机组硼补功能丧失，2PTR“B”列不可用，即不能作为2RRA的后援等。

## 2.3.7 备品备件管理

大亚湾核电站全套设备从国外引进，其中核岛设备由法国法马通公司供货，常规岛设备从英国GEC公司引进，辅助设备也绝大部分从英、法、日、美等国家配套引进。由于900MWe机组的核电站在我国尚属首例，设备又全是在国外制造，因此要维护好机组的正常运行，并且满足日常维修，特别是停堆换料大修，备件的供应是一个十分尖锐的问题。这么大容量的机组，如因设备故障要停堆抢修，而所需的备件又一时供不上，需从欧洲原厂家订货，以最快一个星期内空运到货来计算的话，电站因此就要损失一千多万美元！正因为考虑到上述因素，大亚湾核电站根据国外两台机组备件的储存经验，结合本国的实际情况，制定并逐步完善了一套备件采购和管理办法。现就目前的采购管理、库存及消耗作一介绍。

### 2.3.7.1 备品备件采购管理

#### 1. 备品采购与管理模式

在库存物资消耗量尚未完全与生产发展需要配套之前，目前的备件管理是由维修、技术部门（用户）根据需要提出采购申请或确定最大/最小库存，经审批后送采购部门，经采购订货后送仓库储存的模式。

用户以处为单位，根据日常维护、机组大修以及系统改造等项目，制定出备件采购计划并对资金预算进行立项，经投资控制和财务部门审批后送交采购部门，按下列程序工作：

#### (1) 技术审查及登记输机

采购部门的技术组首先利用ESP管理软件（设备和备品备件管理系统）给申请的备件和材料进行8位数的编码，并检查其规格、型号、系统、图纸号、原制造厂家、质量等级等主要参数是否符合要求，根据用户的需要修改最大/最小库存量。如发现用户提出的技术规范与资料档案有出入，则与用户商量澄清，最后把修改的数据输入ESP系统。

采购部门的计划组将有关PAF申请单编号、采购内容、采购员姓名等输入PMS系统。到货预计日期、订购价格等待订单发出后再输入。

#### (2) 询价并澄清有关的技术问题

采购工程师收到采购申请单后即进行询价，根据供应商提出的要求通常要和用户进行技术再澄清，直到用户确认供应商的报价后才开始办理有关的采购文件。

#### (3) 制定采购文件

a. 在对厂家进行询价后, 挑选价格合理、供货期短、质量符合要求的供应商。为保证质量, 所有的供应商必须是在原供货厂家或在经过质保部门资格审查列入《合格的承包商》名单中挑选。此资格审查由质保部门每两年更新一次。

b. 若询价结果超出原来的预算额度, 则需办理追加预算和经财务、审计等部门批准。

c. 制定采购文件, 发出订单。采购订单必须根据质量等级要求供应商提供相应的质保文件, 发票上必须注明电站的物资编码等。

#### (4) 催货、运输、报关

订单发出后, 由负责运输的工程师根据交货日期在两周前向厂家进行催货。

由于大部分备件都是由厂家在欧洲交货, 中间需经欧洲的承运商和香港承运商两道转手, 为保持运输的连贯性并能及时跟踪, 这些承运商在收到货物后每天给我们一个报告, 以便了解每批货在何时已到达何地, 同时也可准备好必要的报关手续。

在接到货运通知时, 通知申请人及仓库做好接货准备。

#### (5) 入库验收

除了在设备、备件制造期间做必要的 QA/QC 检查外, 入库验收是保证系统能否正常运行最主要的一环。

只有在满足了下列条件的情况下, 货物才会被认为是合格的。

- a. 到货数量与订单一致;
- b. 质量检查无异常, 质量等级符合要求, 特殊设备需进行专门的试验或特殊检查;
- c. Q1、Q2, PART1、2 设备需有厂家各种质保文件和质量证书;
- d. 发票上有物资 8 位编码 (否则无法输入计算机、上架)。

每批货物都有一份完整的《验收报告》。对凡是没有质量文件的物资要开出《不符合项报告》; 对那些数量不符以及质量有问题或损坏的物资, 开出《差异报告》。这些报告将通过合同手段向厂家索赔。

## 2. 备件采购申请方式

### (1) 手动采购申请 (MRO 或 PAF)

手动采购申请即非计算机自动采购申请, 也就是前面讲的由用户根据需要提出采购申请, 经过审批、技术规范澄清, 一直到询价、订货、入库等活动过程。

手动采购申请的范围是:

a. 某物项属需库存物资, 有 8 位编码, 又属首次提出采购申请或为应付系统改造所需的非正常生产需要特殊物资。(MRO)

b. 非库存物资, 无需设置最大/最小库存量, 属一次性采购的物资或非生产用的敏感物资, 如计算机、复印机、办公家俱等。(PAF)

对于 MRO 物资的申请, 由用户在 ESP 系统上提出, 以减少手抄错误和采购部门的重复输入。

### (2) 自动采购申请 (CRO)

由于设备和物资已通过 WMS 和 ESP 系统实行了计算机管理化, 制定出最大/最小库存量, 因此, 无论用户是否提出申请, 只要计算机根据仓库储存数据查询到某备件的库存量已等于或低于最小库存量时, 便会自动打印出来。其自动采购申请的数据除了数量上已达到下限外, 还考虑了该备件最近两年的领用频率、领用量、最近三次的订货周期及平均价格等。

自动采购申请单一一般每两周在大机上打印一次, 经技术小组审查后送交计划工程师进入

采购。技术小组可能会根据最近使用的频率或技术参数作些调整，并重新输入 ESP 库。

### (3) 紧急采购申请 (UMR)

尽管根据用户的采购计划已发出订单，但由于制作周期长或订不到货，甚至用户原先没考虑到订购，都属于意外急需的备件。为能及时供应这些急用品，我们与法国法马通公司、英国通用电气公司以及国内的一些定点物资供销公司签定了紧急采购协议。协议要求在我方发出加急订单后，对方以最快的速度联系货源，催促厂家交货。如市场上一时短缺，或有些特殊设备制造周期长，协议还规定由对方负责与当地同类电厂协调，以保证大亚湾核电站机组的正常运行。此外我们还与法国电力公司、南非核电厂、韩国电力公司等签订了类似的协议，作为在紧急情况下的一种后援手段。

### 3. 利用计算机网络，提高管理水平

目前已在主机上开发的物资管理系统有：

1. ESP 备品备件管理系统
2. WMS 仓库管理系统
3. PMS 采购管理系统

WMS 主要用于仓库管理，包括库存量、接收量、发放量、货物验收情况等。该系统可供用户跟踪库存情况，用户在提出采购申请 (MRO 或 UMR) 前首先要查看该备件是否还有库存。

PMS 系统可提供采购信息，如项目资料、订单号、供应商、预计交货日期、价格、实际到货日期等。

目前正在微机上开发的还有 POP 订单管理系统，它有助于采购员查询供应商信息及供货范围，能编制询价单、推荐书和订单，在采购员制单时资料直接转入系统，不用重输，实行采购过程的自动化管理。一旦 POP 系统完善，数据共享的范围就更广。从 POP 系统中可提出采购申请单数据、订单数据、询价数据及 ESP 系统中备件采购的技术规范数据来完成 PMS 的采购管理系统；可根据 WMS 和 ESP 系统的库存量及备件技术说明，来产生 CRO、MRO 采购申请；又可从 PMS 系统中订单应付款数据来支持财务支付系统 (FIS)，及从 ESP 和 WMS 系统中提供备件的技术数据和库存情况供维修部门做工作申请单 (WRS 系统)。

### 4. 1994 和 1995 年有关采购数据对比

1995 年和 1994 年有关采购数据的对比列在表 2.3.7.1-1 中。

表 2.3.7.1-1 采购情况的比较

项 目	订单数	采购项数	CRO 采购份数	通过 FRAMEX 的 UMR (采购单数/项数)	通过 GECA 的 UMR (采购单数/项数)	其它 UMR (采购单数/项数)
1994 年	1999	24000	0	72/223	64/134	63/133
1995 年	1736	11132	634	10/24	5/7	32/84

注：1994 年度 UMR 系指两台机组第一次大修的 UMR (时间跨度为 1994 年底到 1995 年上半年)；

1995 年度 UMR 系指两台机组第二次大修的 UMR (时间跨度为 1995 年底到 1996 年 2 月 1 日止)。

由上述数据看出，随着备件采购管理系统的逐步完善，1995 年的总采购量较 1994 年有了较大的下降，尤其是紧急采购数量显著下降。相信备件采购系统在大亚湾核电站未来的正常运行中一定能更好地提供物质供应的支持。

### 2.3.7.2 备品备件库存使用状况分析

1995 年备品备件库存状况及其与 1994 年的比较见表 2.3.7.2-1。

1995年各类物资库存和消耗状况及其利用率和消耗比见表2.3.7.2-2及表2.3.7.2-3。

### 2.3.7.3 大修期间备品备件消耗

1995年1号机组第一次换料大修紧接着三次控制棒强迫大修，备品备件消耗有其特殊性。而2号机组第一次换料大修更具有代表性，2号机组大修期间的各类物资库存及消耗状况见表2.3.7.3-1及表2.3.7.3-2。

表 2.3.7.2-1 1994与1995年库存状况对照

项 目	1994年	1995年
验收报告(份)	2133	2220
物资验收(项)	22066	20248
领料单(份)	4714	6157
发料(项)	12410	15570
年初库存(项)	24109	36980
年终库存(项)	36980	43956
年初库存(USD)	\$ 68, 096, 196	\$ 79, 693, 051
年终库存(USD)	\$ 79, 693, 051	\$ 99, 009, 413
年库存消耗(USD)	\$ 8, 399, 438	\$ 6, 109, 867
库存年周转率	12%	7%
固定资产(项)		362
固定资产(USD)		\$ 43, 172, 558

表 2.3.7.2-2 1995年物资消耗分类统计 (1995年1月1日~1996年1月29日)

项 目 类 别	消耗(USD)	平均库存(USD)	利 用 率 (%)	说 明
0类	\$ 1, 387, 814	\$ 4, 507, 435	30.79	原材料和半成品
1类	\$ 792, 195	\$ 1, 513, 292	52.35	工具、劳保用品、消防用品等
2类	\$ 127, 371	\$ 1, 322, 565	9.63	电气产品
3类	\$ 64, 153	\$ 392, 400	16.35	连接件、各种工业阀门及附件
4类	\$ 598, 085	\$ 616, 290	97.05	仪表、控制元件
5类	\$ 3, 140, 249	\$ 80, 999, 251	3.88	备品备件
总 计	\$ 6, 109, 867	\$ 89, 351, 233	6.84	

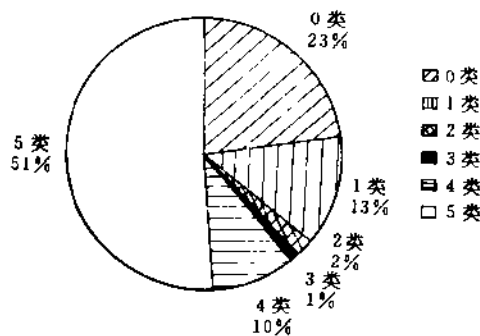


图 2.3.7.2-1 消耗物料分类比重示意图



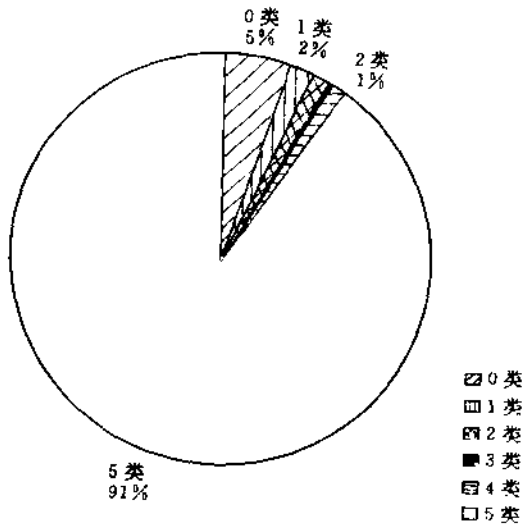


图 2.3.7.2-2 库存分类比重示意图

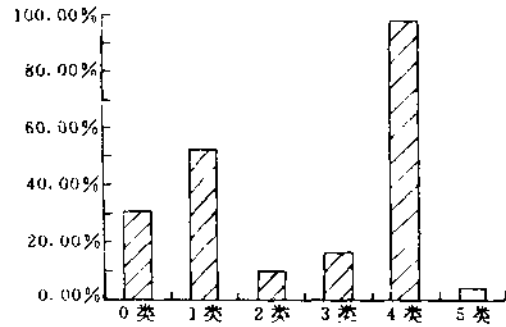


图 2.3.7.2-3 库存利用率分类示意图

表 2.3.7.2-3 1995年物资消耗分类统计 (1995年1月1日~1996年1月29日)

类别	名称	消耗		平均库存		消耗比 (%)
		项数	金额	项数	金额	
0类	项数	1768		6447		27.42
	金额	\$1,387,814		\$4,507,435		30.79
1类	项数	2126		2851		74.57
	金额	\$792,195		\$1,513,292		52.35
2类	项数	634		2735		23.18
	金额	\$127,371		\$1,322,565		9.63
3类	项数	259		1106		23.42
	金额	\$64,153		\$392,400		16.35
4类	项数	404		1211		33.36
	金额	\$598,085		\$616,290		97.05
5类	项数	3194		26153		12.21
	金额	\$3,140,249		\$80,999,251		3.88
总计	项数	8385		40468		20.72
	金额	\$6,109,867		\$89,351,233		6.81

说明：1. 项数表示1995年1月1日~1996年1月29日有领料记录的物品种数；

2. 金额根据1996年1月29日的库存平均价算出。

表 2.3.7.3-1 2号机组大修期间物资消耗分类统计 (1995年2月20日~1995年5月20日)

类别 \ 项目	消耗 (USD)	平均库存 (USD)	利用率 (%)	说明
0 类	\$192,669	\$4,101,322	4.70	原材料和半成品
1 类	\$197,785	\$1,459,000	13.56	工具, 劳保用品, 消防用品等
2 类	\$27,063	\$1,282,786	2.11	电气产品
3 类	\$7,688	\$519,840	1.48	连接件, 各种工业阀门及附件
4 类	\$48,168	\$632,308	7.62	仪表、控制元件
5 类	\$2,587,571	\$81,903,734	3.16	备品备件
总计	\$3,060,943	\$89,898,991	3.40	

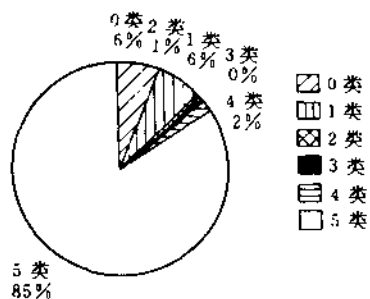


图 2.3.7.3-1 消耗物料分类比重示意图

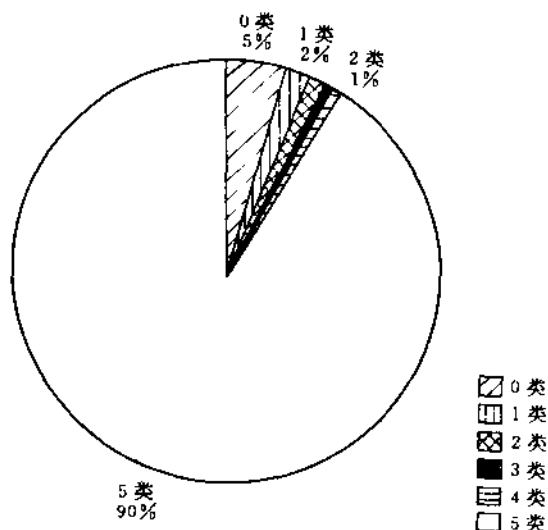


图 2.3.7.3-2 库存分类比重示意图

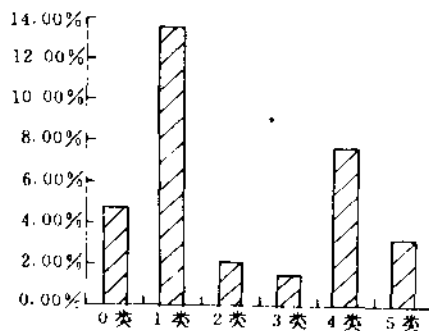


图 2.3.7.3-3 库存利用率分类示意图

表 2.3.7.3-2 2号机组大修期间物资消耗分类统计 (1995年2月20日~1995年5月20日)

类别	名称	消 耗		平均库存		消 耗 比 (%)
		项 数	金 额	项 数	金 额	
0 类	项 数	801		项 数	6827	11.73
	金 额	\$192,669		金 额	\$4,101,322	4.70
1 类	项 数	492		项 数	3442	14.29
	金 额	\$197,785		金 额	\$1,459,000	13.56
2 类	项 数	278		项 数	2882	9.65
	金 额	\$27,063		金 额	\$1,282,786	2.11
3 类	项 数	86		项 数	1156	7.44
	金 额	\$7,688		金 额	\$519,840	1.48
5 类	项 数	90		项 数	1181	7.62
	金 额	\$48,168		金 额	\$632,308	7.62
5 类	项 数	1183		项 数	27417	4.31
	金 额	\$2,587,571		金 额	\$81,903,734	3.16
总 计	项 数	2930		项 数	42905	6.83
	金 额	\$3,060,943		金 额	\$89,898,991	3.40

说明: (1) 项数表示 1995 年 2 月 20 日~1995 年 5 月 20 日有领料记录的物品种数;

(2) 金额根据 1995 年 5 月 19 日的库存平均单价算出。

## 2.3.8 备件商业代用及国产化进程

### 2.3.8.1 商业代用 (Commercial Grade Deligation) 第一阶段研究及主要结论

1995 年邀请美国 Bechtel 公司专家 John Strohm 和 Ming Cai 在 OTS 为上述课题作了资料收集及初步的评审工作。美国专家的工作在上述第一阶段主要集中在各种物项采购、接收、存贮程序的评估,并对需要补充的程序,需要添置的材料、试验装置以及人力资源几方面提出了他们的意见。

商品代用课题的核心内容是以市场的采购(在一定条件下)来代替原始供货厂家提供的产品,或某一常规物项的质量安全特性能够被完全有效明确地加以控制和验证,使其替代核级产品的全过程(或活动),从而获得经济上的好处并尽可能扩展供货渠道,缩短供货时间。

### 2.3.8.2 国产化进程

1995 年编写了一批质量较好的备件采购技术规范,并在公司和生产部领导的支持下获得了通风系统过滤器等几个项目的财务预算,并批准了几个立项申请,从而为备件国产化的落实和实施有了良好开端。

## 2.3.9 合同及现场承包商管理

### 2.3.9.1 合同项目内容概要

#### 1. 概述

1995 年生产部合同供应处(OCS)对外签定各类合同 281 项,总计金额折合人民币约 5 亿多元。上述合同可分为下列几类:

- (1) 与电站大修有关的合同
- (2) 国外技术支持合同
- (3) 技术服务合同

- a. 项目技术服务
- b. 更新改造服务
- c. 出版服务
- d. 培训服务
- (4) 劳务合同
  - a. 技术劳务
  - b. 普通劳务
- (5) 设备及材料供应合同

## 2. 分类合同概要

### (1) 与电站大修有关的合同

如 2.1.6.6 所述, 1995 年大修承包商基本上与 1994 年相同, 仅仅是在工作范围上有所改变。主要的大修合同参见表 2.3.9.1-1。

表 2.3.9.1-1 1995 年两台机组大修主要合同

No	合同号	合同内容	承包商
1	GNP-OPS-93006-C	V. O. No. 0069 (2 号机组第一次大修) V. O. No. 0086 (2 号机组第二次大修)	FRAMEX
2	GNP-OPS-93031-C	常规岛大修合同 (1, 2 号机组首次大修) GIM/VO/94017 (2 号机组第二次大修)	深圳核电检修公司
3	GNP-OPS-93030-C	BOP 大修合同 (1, 2 号机组首次大修) BOP/VO/94044 (2 号机组第二次大修)	东北核电建设公司
4	GNPS-C70113	核岛服务合同续签协议	核工业二三建设公司
5	GNP-OPS-93026-C	土建维修及其续签协议	深圳华兴建设公司
6	GNPS-C70079	1, 2 号机组第二次大修在役检查	核动力运行研究所
7	GNPS-C70081	1, 2 号机组蒸汽发生器二次侧清洁度检查	核动力运行研究所
8	GNPS-C70026	堆芯指套管涡流检查	核动力运行研究所
9	GNPS-B70037	常规岛大修技术支持合同	GEC-ALSTOM
10	GNPS-B70093	2 号机组蒸汽发生器冲洗技术支持 (V. O. No. 002)	SRA-SAVAC
11	GNPS-C70101	2 号机组核岛大修通用服务合同	中国核动力研究院
12	GNPS-C70122	安全壳密封及打压试验	广州市打捞局
13	GNPS-C70090	常规岛压力容器在役检查	电力部苏州热工所
14	GNPS-C70110	2 号机组应急柴油机检修	中船总武昌造船厂

由于 1 号机组的首次大修是在 1994 年底开始的, 因而两台机组的首次大修构成了 1995 年合同工作的核心和主体。1995 年大修合同的执行情况是对公司整个大修政策的制定及其实施的一次全面的实践检验。

统计数据显示出整个大修工作的费用情况: 在 1 号机组大修阶段出现了超支现象; 经过努力后, 2 号机组大修期间得到了改善, 总体上说大修费用是控制在预算额度之内的。得到控制的原因在于 2 号机组大修期间严格地限制了合同外费用的发生。以核岛部分为例, 1 号机组大修中合同外工作通知 (WRN) 共发出 95 份, 而 2 号机组大修中仅为 30 份。由此可以看出, 为加强成本控制和节省开支, 凡是能够由业主自己完成的工作应尽量不发合同外工作通知。

### (2) 国外技术支持合同

随着中方人员运行和维修经验的逐步积累和自主化能力的不断提高, 外方常驻技术支持顾问的人数呈逐年下降的趋势。1995 年法国电力公司 (EDF) 从年初的 75 人降至年底的 22 人, 韩国电力公司 (KEPCO) 也从 11 人降至 2 人。

另一方面, 为保持与外部的必要联系和获得信息交流, 各类技术支持合同仍然以框架协议的形式予以保留和延续。因此目前各个技术支持合同均保持少量外方技术人员, 至 1995 年底, 外方技术顾问总人数在 30 人左右。

此外, 为加强与国外电厂的交流, 向国际先进水平看齐, 大亚湾核电站还和法国 TRICASTIN, GRAVELINES, 韩国 ULCHIN 等电厂签定了姊妹电厂协议, 以便在电厂维修, 备品备件, 更新改造项目等方面获得这些电厂的支持。

1995 年外方技术顾问人数统计状况如表 2.3.9.1-2 所示。

表 2.3.9.1-2 外方技术顾问人数变化状况

	1995 年初	1995 年底
EDF	75	22
KEPCO	11	2
ESKOM	2	1
BETCHEL	2	1
SECFI	6	0
总计	96	26

此外, 由于大修工作的自主化程度不断提高, 为确保工作的顺利进行, 短期技术支持合同的数量较上年有所增加。

除提供现场技术支持服务外, 1995 年还通过有关技术支持合同获得下列服务:

- a. 反应堆紧急停堆保护开关检修培训 (KEPCO)
- b. 燃料组件破损评价技术转让及培训 (EDF)
- c. 安全壳整体试验培训 (EDF)
- d. GDL 涡流检查培训 (EDF)
- e. 生产部经理层管理培训 (EDF)

1995 年主要技术支持合同情况见表 2.3.9.1-3:

表 2.3.9.1-3 1995 年主要技术支持合同

No	合同号	合同内容	承包商
1	GNP-OPS-93014-C	技术服务及支持合同	韩国电力公司 (KEPCO)
2	GNP-OPS-93006-C	技术支持协议 (V. O No. 0077)	FRAMEX
3	GNPS-B70051	运行服务合同	法国电力公司 (EDF)
4	GNPS-C70087	FPI 事件根本原因分析技术讲座	美国 FPI 公司
5	GNPS-C70123	涡流探伤技术支持	美国 ZETEC 公司
6	GNPS-C70118	阀门维修技术服务合同	法国 FISHER 公司

### (3) 技术服务合同

#### a. 项目技术服务

项目技术服务合同仍然与过去一样,在合同数量上居于最前列(138项),具有合同数量大、种类多、专业面宽和金额差异幅度较大的特点。上述特点是与工程安装阶段最显著的差异。

1995年主要项目技术服务合同见表2.3.9.1-4。

表 2.3.9.1-4 1995年主要项目技术服务合同

No	合同号	合同内容	承包商
1	GNPS-B70110	IBM/AST 微机维修合同	深圳新明星电子开发公司
2	GNPS-C70002	焊接分析服务合同	中国核动力院材料工程中心
3	GNPS-C70003	碘吸附器试验	中国辐射防护研究院
4	GNPS-C70008	情报调研服务协议	武汉水利电力大学
5	GNPS-C70012	汽轮机叶片静态特性测量及监督	西安热工研究所
6	GNPS-C70016	CIS 技术后援合同	哈尔滨工程力学研究所
7	GNPS-C70018	工业废品处理合同	龙岗区废旧物资回收公司
8	GNPS-C70019	原子/分子吸收分光光度计维修	帕金埃尔默公司
9	GNPS-C70020	海水取样分析	南海监测中心
10	GNPS-C70022	电信管道租用	深大电话有限公司
11	GNPS-C70023	TC 厂房辅助楼设计	深圳园林公司
12	GNPS-C70025	惠普机维修合同	华普信息公司
13	GNPS-C70027	长城大厦通讯机房设计	京惠通讯建设总公司
14	GNPS-C70029	气象服务合同	广州中心气象台
15	GNPS-C70031	港池测量合同	38001 部队
16	GNPS-C70033	生活区通讯电缆工程	深圳万捷电讯工程公司
17	GNPS-C70034	职工宿舍电视电缆工程	深圳核利电子公司
18	GNPS-C70038	办公楼地板清洁服务	核电服务公司
19	GNPS-C70040	火灾探测器清洗服务	西安 262 厂
20	GNPS-C70046	更换航标工程	38001 部队
21	GNPS-C70048	电梯程序编写	深圳赛格公司
22	GNPS-C70049	移塔工程技术指导	日本古河公司
23	GNPS-C70051	管道光缆设计	深大电话有限公司
24	GNPS-C70052	化学分析服务	广州测试中心
25	GNPS-C70053	联络变压器 VFTO 防治	电力科学研究所
26	GNPS-C70054	光缆管道工程	深圳赛格公司
27	GNPS-C70056	码头管理服务协议	上海港务局
28	GNPS-C70059	便携式辐射防护仪表维修	解放军防化院
29	GNPS-C70060	SEL, SED, TER 系统防腐	深圳化学工程公司
30	GNPS-C70061	空压机/干燥器维修保养	ATLAS 公司
31	GNPS-C70064	ADS 光缆工程合同	广东输变电公司
32	GNPS-C70073	脉冲管分析合同	北京 401 研究院

续表

No	合同号	合同内容	承包商
33	GNPS-C70074	培训中心消防检修	英德工程公司
34	GNPS-C70080	电梯维修服务	赛络物业管理公司
35	GNPS-C70089	虫害防治合同	深圳杀虫公司
36	GNPS-C70096	亚卫电视台收视协议	深圳振华高新电子公司
37	GNPS-C70102	CATV 维修服务	大众电力发展公司
38	GNPS-C70104	中继线扩容及迁移工程	深大电话有限公司

## b. 更新改造服务

1995年主要更新改造包括厂区入口改建、常规岛冷凝器改造、通讯工程改造以及排水口消泡工程等。更新改造所引起的支出是现金流出的一个主要项目，尽管更新改造支出对当年的生产成本影响不大，但由于其支出增大了当年的现金缺口，从而增加了融资总额以及当年的利息负担。1995年更新改造项目的合同金额占全年合同承诺金额的相当一部分比例。

因此，从减少当前现金缺口和减少长期成本负担的角度考虑，应对更新改造项目的实施加以控制。

1995年更新改造合同见表 2.3.9.1-5。

表 2.3.9.1-5 1995年主要更新改造项目合同

No	合同号	合同内容	承包商
1	GNPS-C70082	冷凝器改造安装	东北核电建设公司
2	GNPS-C70071	厂区入口改造施工	深圳华兴建设公司
3	GNPS-C70075	冷凝器改造土建施工	深圳华兴建设公司
4	GNPS-C70092	公安办公楼整修	深圳华兴建设公司
5	GNPS-C70013	长城大厦通讯机房改造工程	深圳赛格泰英通信工程公司
6	GNPS-C70014	二氧化碳贮存区移位	中船总七一九研究所
7	GNPS-C70024	技工学校管道工程改造	深大电话有限公司
8	GNPS-C70036	微波站定位改造	NERA 公司
9	GNPS-C70042	CVI 001/002 VA 电动头改造	深圳工仪自动仪表公司
10	GNPS-C70055	01 楼通讯机房改造	南江电气实业公司
11	GNPS-C70065	BX 楼中央空调风管改造	核电维修公司
12	GNPS-C70066	SDA 系统改造	江苏南通防腐管道厂
13	GNPS-C70070	环境实验室光缆改造	南江电气实业公司
14	GNPS-C70078	γ 监测站防雷装置改造	武汉高电压研究所
15	GNPS-C70085	水贝继电改造	河南送变电公司
16	GNPS-C70105	CBA 机房改造	香港远东工程服务公司
17	GNPS-C70111	CTF 系统改造	核工业第五研究院
18	GNPS-C70119	出水口消泡沫工程	国防科委远望公司
19	GNPS-C70120	医疗中心改造	港深建筑安装公司
20	GNPS-C70129	BA 楼文件库改造	潮州东风 102 队
21	GNPS-C70132	环境实验及档案馆防水改造	沙市金环开发公司

## c. 出版服务

1995年主要出版服务合同见表2.3.9.1-6。

表 2.3.9.1-6 1995年主要出版服务合同

No	合 同 号	合 同 内 容	承 包 商
1	GNPS-94057-C	《核电系统运行》出版合同	原子能出版社
2		《核电站安全管理》出版合同	原子能出版社
3	D 70016	《经验汇编》出版合同(第6辑)	原子能出版社
4	原社出字 1995/60	《1994年生产运行年鉴》出版合同	原子能出版社
5	GNPS-C70044	《大潮明珠》出版合同	人民出版社
6	GNPS-C70045	《主题词表》编印及试标引	中国核情报中心
7	(无合同号)	《放射性设备运输守则》出版	中船总 714 研究所

## d. 培训服务

1995年主要培训服务合同见表2.3.9.1-7。

表 2.3.9.1-7 1995年主要培训服务合同

No	合 同 号	合 同 内 容	承 包 商
1	GNPS-C70005	外语培训合同	武汉水利电力大学
2	GNPS-C70028	生产部经理及运行处培训合同	西安交通大学
3	GNPS-C70086	秦山二期人员培训合同	秦山核电联营公司(委托方)
4	GNPS-C70115	商贸英语培训合同	成都电子科技大学培训中心
5	(无合同号)	核电运行函授班培训合同	衡阳工学院

## (4) 劳务合同

## a. 技术劳务

由于员工工资福利等员工成本及其行政后勤管理费用属于发电成本中的固定部分,基本上与发电量的多少无关,因而该部分费用越多,对发电成本构成的负面影响就越大。因此必须通过有效的岗位设置和工作安排来减少员工编制,从而减少相应的员工成本和行政管理开支,降低电价中的固定成本。

另一方面,与国外同类型核电站相比,大亚湾核电站目前属于“孤立电站”的性质,人力资源无法通过各个周边电站的共享来调配解决,这使得电厂员工的编制无法降至国外同类型核电站的水平。

技术劳务合同不失为一种解决上述矛盾的有效方法,一方面它可以通过把固定成本转化为生产成本来减少发电成本中的固定部分,并解决人力的短缺;另一方面作为框架合同的形式,它在人员数量和聘用期限上具有很大的弹性,可以随着电厂工作负荷的变化而适时做出调整。

基于上述原因,1995年技术劳务合同及其聘用人员的数量均比1994年有大幅度提高,聘用人数从1994年的28人上升到1995年底的82人。预计1996年仍呈上升趋势。为防止走向另一个极端,下一步应加强技术劳务人员的引进管理,以防止出现失控现象。



1995年主要技术劳务合同见表 2.3.9.1-8。

表 2.3.9.1-8 1995年主要技术劳务合同

No	合同号	合同内容	承包商
1	GNPS-B70078	工程技术人员支持合同	中国核动力研究院
2	GNPS-C70004	人员聘用合同	中国核动力研究院
3	GNPS-C70062	人员技术服务合同	电力部苏州热工所
4	GNPS-C70127	技术服务合同	中国核动力研究院
5	GNPS-C70130	技术服务合同	核工业第七研究设计院

#### b. 普通劳务

1995年主要普通劳务合同见表 2.3.9.1-9。

表 2.3.9.1-9 1995年主要普通劳务合同

No	合同号	合同内容	承包商
1	GNP-OPS-C93091	民工劳务合同	宝安第二建筑公司 104 队
2	GNPS-B70065	现场民工劳务合同	潮州东风 102 队
3	GNPS-C70011	专家村劳务支持	核工业二三建设公司
4	GNPS-C70121	劳务合同	深圳凯利集团公司

#### (5) 设备及材料供应合同

1995年主要设备及材料供应合同见表 2.3.9.1-10。

表 2.3.9.1-10 1995年主要设备及材料供应合同

No	合同号	合同内容	承包商
1	GNPS-C70001	铅室加工及供货	中南地勘局 230 所
2	GNPS-C70017	光纤通讯设备采购及服务	南京富士通公司
3	GNPS-C70039	ADSS 光缆采购及服务	日本古河电工株式会社
4	GNPS-C70043	水化学计算机管理系统	武汉核动力运行研究所
5	GNPS-C70047	KKK 系统供应合同	香港 CHUBB 公司
6	GNPS-C70057	PSA 分析工具	原子能院堆工所
7	GNPS-C70069	专用吊具研制	天津起重设备总厂
8	GNPS-C70072	CPP 项目 HVAC 供货	中南电力设计院
9	GNPS-C70077	反应堆专用工具	成都天元公司
10	GNPS-C70084	阻力塞组件手动专用工具	武汉核动力运行研究所
11	GNPS-C70099	IR-192 放射源采购	香港安捷材料有限公司
12	GNPS-C70106	燃料组件供应合同	宜宾燃料元件厂
13	GNPS-C70124	PRA 供应合同	清华大学
14	GNPS-C70133	空气压缩机租赁合同	香港亚积邦机械租赁公司
15	GNPS-C70135	衬塑管供货合同	常州武进特种塑料厂

### 2.3.9.2 现场承包商管理

#### 1. 现场承包商概况

现场承包商可以分为常驻承包商和短期承包商两类,前者承担电站各类设施的日常维修工作,并为电站各个部门提供各类技术劳务和普通劳务,后者主要是承担大修期间的合同工作或某项合同的现场服务。

1995年现场常驻承包商的人数为1060人,短期承包商的人数为1557人。

1995年现场承包商状况如表2.3.9.2-1所示。

表 2.3.9.2-1 1995年主要现场承包商

No	承 包 商	合 同 内 容	现 场 人 数
1	深圳淮电检修公司	常规岛大修及日常维修	550/47
2	东北核电建设公司	电站配套设施大修及日常维修	400/28
3	核工业二三建设公司	核岛大修劳务及日常维修	200/50
4	深圳华兴建设公司	土建维修及改造	120
5	南江电气实业公司	电气机务维修	125
6	深圳凯利集团公司	一般劳务支持	230
7	核工业第二研究设计院	现场技术服务	12
8	核一院开发公司	核清洁及服务/技术劳务	158/51
9	中国核动力研究院	技术支持劳务	49
10	电力部苏州热工研究所	技术支持劳务	17
11	潮州102队	民工劳务	79
12	宝安104队	民工劳务	122
13	核电供水管理所	空调保养维修	20
14	中船总武昌造船厂	柴油机大修劳务支持	20
15	核动力运行研究所	核岛在役检查	130
16	解放军防化研究院	辐射防护仪检修	6
17	中国辐射防护研究院	废物处置场安全分析	3
18	解放军38001部队	航标维修	2
19	深圳化学工程公司	管道外表面防腐	20
20	深圳白蚁防治中心	虫害防治	3
21	深圳深港建筑公司	医疗中心改造	60
22	上海港务局	码头管理	4

#### 2. 现场承包管理

##### (1) 合同管理

合同管理是对合同执行情况的监督与控制,合同部门主要是从商务上对合同进行管理,包括合同款项的支付、合同外工作及其变更、考勤记录的审核等。

1995年各个合同的执行情况基本上是满意的,对合同外工作引起的变更,特别是大修期间合同外工作的控制达到了一定的效果。对1994年合同外工作管理过程中出现的问题逐一得到了解决,1994年较为突出的两个问题是:

#### a. 对“合同外工作通知”的使用未能有效地进行控制

“合同外工作通知”原本是用来解决维修过程中出现的无法预见的工作所采用的一种变通方式，它不能代替工作的计划性。如果计划得周密，准备得充分，“合同外工作通知”的数量应该是很少的。但在实际执行过程中却失去了控制，反映出在合同的技术规范和工作内容的准备等方面缺乏经验。

针对上述情况，1995年对“合同外工作通知”的格式进行了修改，加强了归口部门的管理和预算商务的控制，因而状况有明显的改进。

#### b. 合同外工作管理程序存在与合同采购手册相矛盾的地方

按照原程序的规定，合同外工作在完成之后才结算，因此在签发时对费用很难掌握，既不利于预算控制，也不符合合同采购手册中有关的财务授权规定。

1995年对该程序进行了重新编写。新的程序强调了费用预估的重要性，从程序上规定了先报价，再评估，最后发工作指示的正确秩序。从实践结果来看，加强了对费用的控制，减少了事后合同双方的争执，双方都比较满意。

### (2) 行政管理

现场承包商的行政管理是一项非常琐碎而又是无形的工作。合同部门作为对承包商的接口，在完成合同的谈判、签署和执行的同时，还承担了大量的行政管理工作，包括现场承包商营地的规划与安排、生活设施的配套、水电费的计算收缴、通讯设施的申请、现场交通、厂区通行证的申办等。

#### a. 营地的规划与安排

经粗略统计，1995年共承接各类合同用房申请27项，合计提供房间326间，安排人数近千余人。

#### b. 生活配套设施

1995年，遵照合同的有关条款共提供办公家具、生活营具等各类工作生活配套设施403项。

#### c. 水电费的计算及收缴

每个月生产部合同处对各个现场承包商的水电用量进行汇总和统计，并依此编制月度水电报告，分发财务部开出的水电收费发票。

根据月度水电计算的结果，1995年现场承包商总消耗水量为418,805吨，总消耗电量为51,540,466度。

#### d. 入厂手续的申办

1995年生产部合同供应处共办理因工作前来大亚湾核电站的承包商人员厂区通行证申请693人次。

值得注意的是，随着公司员工编制的减少和技术劳务合同人数的增加，原本由行政部门承担的管理工作将会逐步转向合同部门，这将大大地增加合同部门的工作负荷。

## 2.3.10 管理计算机的应用

1995年，是计算机中心工作重点全面转向为生产运行服务和实现1994年提出的系统规模优化、进行技术和基础准备的关键一年。尽管上半年生产上经历了非常困难的时期，推迟了计算机中心整个计划的实施，在人力、资源、资金短缺的情况下，由于全处人员的共同努力，加强管理制度，挖掘设备潜力，优化系统结构，使全公司范围内的计算机应用不断发展，

为计算机用户提供了准确、及时、高效、优质的技术服务。主要完成的工作项目如下：

1. 确保了 IBM 4381 主机系统全年安全无故障、无非计划性停机运行。为全公司范围内的 200 多名用户提供了每天 24 小时、每周 7 天的连续服务。
2. 确保了主机系统上的 300 多亿字节的数据安全完好，无任何差错和丢失。
3. 为全公司范围内的 400 多台微机及近 10 套网络系统的用户提供了安装、调试、技术支持、故障维修、计划和培训等工作。
4. 不断完善和改造原有主机上开发的 24 个应用系统、203 个应用程序以及 PC 机网络上开发的网络管理应用程序。
5. 实现了仓库、备件、采购、财务等相关应用软件的系统集成，初步建立了不同领域的综合信息管理系统。
6. 完成了包括主机、微机在内的十几个应用系统的开发和二次开发的工作。
7. 完成了 CBA 计算机隔离工作票系统的应用软件剖析、数据库设计、程序文档建立等工作。正着手用先进的开发工具，在新的通用的机型上开发汉化的 CBA 应用系统。
8. 重新安装、优化、调整了主机上运行的 42 个操作系统支持软件，制定了主机 MVS/ESA 操作系统对各种存储设备及各类存储数据的管理策略，确保了 IBM 3494 自动磁带库系统和 IBM 3995 自动光盘库系统的投入使用。
9. 研究、规划并采购了贯穿工地主要楼宇间的 ATM 高速信息光纤主干网系统及相应的网络配套设备，为综合信息管理系统的实施奠定了物质基础。
10. 研究、规划并采购了用于 CBA 计算机隔离工作票系统的 IBM RISC/6000 小型机工作站系统、用于公司生产信息、办公自动化系统的 IBM AS/400 小型机工作站系统、用于替换现有主机的 IBM 9672 R22 大型主机系统。

截至目前，管理计算机的应用已在全公司范围内全面展开。可以这样说，如果有一天由于某种原因造成计算机系统停运，全公司的信息管理系统将受到不同程度的影响。

### 2.3.10.1 主机及软件装备的现状

#### 1. 主机硬件装备

截至目前，主机的硬件装备如下：

##### (1) 中央处理器

- |                  |             |          |
|------------------|-------------|----------|
| a. IBM 4381 T92E | 主机 CPU 处理能力 | 8.6 MIPS |
| b. IBM 4381 R14  | 主机 CPU 处理能力 | 6.0 MIPS |

##### (2) 中央存储器

- |                  |      |       |
|------------------|------|-------|
| a. IBM 4381 T92E | 主存储器 | 64 MB |
| b. IBM 4381 R14  | 主存储器 | 32 MB |

##### (3) 通道

- |                  |    |      |
|------------------|----|------|
| a. IBM 4381 T92E | 通道 | 24 个 |
| b. IBM 4381 R14  | 通道 | 12 个 |

##### (4) 通讯控制器、终端控制器和终端机

a. IBM 4381 T92E 机上连接的 IBM 3725 通讯控制器通过 9600 字节每秒传输速率的主机通讯链 SNA/SDLC (同步数据链控制) 与光缆、微波、电话线连接，实现远距离终端机的联网和控制。

b. IBM 3174 终端控制器分本地和远程两种类型，每个本地终端控制器最多可以连接 32

个或 64 个终端机, 提供 1.25MB/s 的高速通道数据传输速率, 最远连接距离为 1500 m, (若继续连接 IBM 3299 终端分配器, 还可以增加 1000 m, 达到最远连接 2500 m 的距离)。每个远程终端控制器最多只可以连接 16 个远距离终端机, 由于远距离终端控制器的另一端是通过 MODEM (调制解调器) 直接与电话线连接, 在条件许可的情况下, 一般没有距离的限制。

c. IBM 3174 终端控制器还可以支持以太网或令牌环网络连接的工作站, 通过主机 SNA 3270 网观的功能, 实现与主机的通讯。网段上最多可以连接 250 个物理设备, 其中包括服务器、微机、打印机等。

d. 目前, 与主机连接的终端机共计 200 多台, 主要包括以下几种型号和类型:

IBM 3191	单色英文显示站
IBM 3192-G	彩色英文显示站
IBM 3472-G	彩色英文显示站
IBM 5578	彩色图形中文显示站
IBM 3472-S	彩色中文显示站
IBM 5550	微机
IBM 5551	微机
IBM PS/VP	微机
IBM PS/2	微机
IBM AST	微机

#### (5) 磁盘存储系统

a. 磁盘存储系统主要由磁盘控制器和磁盘存储器两部分组成。它包括了硬盘和光盘两种不同类型的物理存储媒介设备。

b. IBM 4381-T92E 磁盘存储设备的总容量为 395 GB。

c. IBM 4381-R14 磁盘存储设备的总容量为 6 GB。

#### (6) 磁带系统

a. 有两台 IBM 3420 和三台 IBM 3422 磁带机处理 10.5 英寸的卷绕式盘带。支持两种不同的数据存储密度 6250 Bpi 和 1600 Bpi。数据的记录密度为 6250 Bpi 的数据传输速率为 780 KB/s, 数据记录密度为 1600 Bpi 的数据传输速率为 200 KB/s

b. 有一套 IBM 3494 自动磁带库系统。该系统的机柜内安装了一台 IBM 486 微机、两台磁带驱动器, 208 个槽位的卡盘磁带存储框架, 一次可装载 208 个卡盘式磁带, 每个磁带的最大存储容量为 2.4 GB, 卡盘式磁带的带标采用 Tri-Code 条形码, 由计算机控制的机械手根据存储框架上和磁带上的条形码识别进行磁带的自动抓取和自动装载的控制。磁带库的数据传输速率为 3MB/s, 装入或卸出磁带的时间为 7 秒。

#### (7) 系统打印机

a. 在 01 楼主机房内安装了两种型号的系统打印机: IBM 3835 激光打印机和 IBM 4245 行式打印机。激光打印机是一种轻便式的、支持连续走纸、采用电子照像技术的打印机, 可支持最多 64 种字体和不同规格的中文、英文、图形和表格的打印。打印速度为 88 页每分。目前计算机中心使用的连续打印纸有 15×11 英寸和 9.5×11 英寸两种规格。行式打印机是一种锤击式的字符打印机, 只能支持 15×11 英寸规格连续纸, 每行最多打印 132 个字符, 最快打印速度为 2000 行每分, 钢带上依次重复排列的 375 个字符只包括了英文大写字母和部分常用的符号。

## 2. 主机软件装备

目前主机上安装了国际上最先进的 MVS/ESA (Multiple Virtual Storage/Enterprise System Architecture) 操作系统, 该系统由 42 个子系统软件组成, 清单列在表 2.3.10.1-1 中。

表 2.3.10.1-1 主机软件的组成

编号	系统名称	系统编号	版本号	描述
1	ACF/VTAM	5665-289	V3. 3. 0	虚拟通讯存取方法
2	ASSEMBLER H	5668-963	V2. 1. 0	汇编程序 H
3	DFSMS/MVS	5695-DF1	V1. 1. 0	数据存储管理系统
4	JES3	5695-048	V4. 1. 0	作业进入子系统 3
5	MVS/ESA JES3	5695-048	V4. 3. 0	作业进入子系统核心
6	DCF	5748-XX9	V1. 4. 0	文件合成装置
7	DFSORT	5740-SM1	V1. 12. 0	数据排序装置
8	DLF	5748-XXE	V1. 3. 0	文件库装置
9	EREP	5658-260	V3. 5. 0	环境记录编辑和打印
10	FLSF	5668-890	V1. 1. 0	字库服务装置
11	GDDM BASE	5665-356	V2. 3. 0	图形管理软件系统核心
12	GDDM NSL	5665-356	V2. 3. 0	图形管理系统语言支持
13	GDDM PCI.KF	5665-356	V2. 3. 0	图形管理系统微机联接
14	GDDM-PGF	5665-812	V2. 1. 1	图像和图表装置
15	ISPF	5685-054	V3. 5. 0	交互式系统产品装置
16	ISPF/PDF	5665-402	V3. 5. 0	程序开发装置核心
17	ISPF/PDF ENU	5665-402	V3. 5. 0	程序开发装置语言支持
18	JES/328X	5785-BAC	V2. 2. 0	328X 系统打印机装置
19	DSF	5655-257	V1. 15. 0	磁盘设备支持装置
20	PLI	5734-PL3	V1. 5. 1	PL/I 程序语言
21	PPFA/MVS	5665-351	V1. 0. 0	页打印机支持软件
22	PSAF	5665-340	V1. 1. 1	打印机服务存取装置
23	PSF	5695-040	V2. 1. 0	打印机服务装置
24	RACF	5740-XXH	V1. 9. 2	资源存取控制装置
25	RMF	5685-029	V4. 3. 0	资源测量装置
26	SMP/E	5668-949	V1. 7. 0	系统修改程序
27	SLR	5665-397	V3. 3. 0	服务等级报告
28	TIOC	5752-VS2	V3. 8. 0	终端输入/输出控制
29	TSO/E	5685-025	V2. 4. 0	分时操作装置
30	VS COBOL	5668-958	V1. 3. 2	COBOL I 程序语言
31	VS FORTRAN	5668-806	V2. 5. 0	FORTTRAN 程序语言
32	3270 PC FTP	5665-311	V1. 1. 1	3270 PC 文件传送
33	C/370 SL	5688-188	V2. 1. 0	C/370 专用片
34	C/370 CL	5688-082	V2. 3. 0	C/370 公共库
35	CSP/370 AD	5688-218	V4. 1. 0	CSP/370 应用开发
36	CSP/370 RS	5688-206	V2. 1. 0	CSP/370 运行服务
37	ACF/NCP	5688-854	V4. 3. 1	网络控制程序
38	ACF/SSP	5665-338	V3. 7. 0	网络系统支持程序
39	CICS	5740-XX1	V1. 7. 0	客户信息控制系统
40	DB2	5665-DB2	V2. 3. 0	IBM 数据库系统
41	QMF	5605-254	V3. 1. 1	查询管理系统
42	OGL	5665-308	V1. 0. 0	图形轮廓生成语言

### 2.3.10.2 现有应用软件系统

大亚湾核电站的计算机信息管理系统以 IBM 4381 的 DB2 数据库为基础, 结合部分 ARTEMIS 和微机应用软件, 实现了对生产和维修活动、备品备件采购和库存、人事劳资和各种文件的计算机管理, 其应用系统目录列在表 2.3.10.2-1 中。

表 2.3.10.2-1 应用软件目录

简称	名称	运行环境	主要使用单位	备注
CAT	计算机辅助培训系统	GDDM/IBM 4381	生产部培训中心	外部采购
CBA	计算机辅助隔离系统	DATAPOINT	生产部	外部采购
CTS	通用工具管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
DAS	文件档案管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
DIS	到货保险索赔管理系统	CICS/IBM 4381	秘书部	
ESP	备品备件管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
FIS	财务管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	外部采购
GMS	物资管理系统(秘书部仓库)	DB2/IBM 4381	秘书部	
IDOSE	大亚湾核电站个人剂量管理系统	FOXPRO/DOS	生产部保健物理处	
INSU	广东核电养老保险信息系统	FOXPRO/DOS	中国广东核电集团公司	
MASTERMAN	现场母本文件及其变更管理系统	FOXPRO/DOS	生产部	
OAS	大修管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
OPS	大修计划系统(ARTEMIS)	ARTEMIS/IBM 4381	生产部	
PIS	人事信息系统	DB2/IBM 4381	人事部	
PMS	采购管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
PSP	定点值管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
PTS	定期试验管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
RSM	辐射计量系统	FOXPRO/WINDOWS	生产部保健物理处	
SCHEMAN	工程进度管理系统	DB2/IBM 4381	工程部	外部采购
SQM	供应商资格评审及档案管理系统	FOXPRO/WINDOWS	生产部质保处	
STI	专用工具管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
UIS	用户终端管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
WCS	劳资管理系统	DB2/IBM 4381	人事部	
WMS	仓库管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
WRS	工作票管理系统	DB2/IBM 4381	生产部	
DOCOSY	工程文件管理系统	ARTEMIS/IBM 4381	生产部	外部采购
	工程计划及投资控制系统	ARTEMIS/IBM 4381	工程部	
	反应堆堆芯处理程序包	FORTTRAN/IBM 4381	生产部	外部采购
	核电站放射性释放程序系统	FORTTRAN/IBM 4381	生产部	外部采购

### 2.3.10.3 微机管理

#### 1. 微机管理的范围与责任

1994 年 11 月, 生产部管理计算机处正式设立了微机科, 定员 8 人。微机科承担公司 400 台微机设备的管理工作, 其主要责任是:

(1) 维护公司管理用微机及网络设备, 负责微机设备的软、硬件技术支持, 保障微机及

网络设备的正常、安全运行。

(2) 跟踪微机及网络设备技术的发展, 根据其现状, 结合公司实际情况选定微机及网络设备的型号、配置及微机系统软件。

(3) 协助处长规划公司计算机网络系统, 具体负责微机局域网的安装、维护与管理。

(4) 合理分配微机及网络设备的资源。

## 2. 1995 年的工作

1995 年, 微机科主要完成以下工作:

### (1) 微机维护

全年完成软、硬件支持与维护工作 1060 项。软件技术人员能熟练地排除微机系统软件故障, 硬件维护人员基本掌握了 IBM 5550、IBM 5551、IBM PS/2、IBM PS/VP、AST 386、AST 486 微机和 IBM 4208、EPSON LQ-1600K、LQ-1900K、HP I、HP II、HP LJ4 打印机等设备故障的诊断与维修, 维修水平有明显提高。

### (2) 微机管理

已对公司 390 台微机设备逐台进行调查、登记, 建立了档案。用 FOXPRO FOR WINDOWS V2. 5B 软件编写了《微机管理数据库》应用程序, 并已投入使用。为了使工作规范化、程序化, 已编写了《微机管理制度》、《微机设备验收》、《微机设备发放与安装》、《微机设备维护》、《微机设备迁移》等工作程序。有了从微机设备的申请、审批到微机设备的安装和运行管理的整套工作程序, 使微机管理工作日臻完善。

### (3) 微机网络

完成了公司生产、管理信息计算机网络系统的规划。确定了以 IBM 8260 ATM 智能 HUB 为主要网络交换设备, 室外以光缆为传输介质的 ATM 主干网结构。网络一期光缆主干将覆盖 01 楼、BX 楼、BA 楼、TC 厂房、主控室、AF 厂房、AA/AB 厂房等区域, 主干网信息传输速率高达 155Mbps。大亚湾核电站的计算机应用向着多机型、多平台互联、网络化方向迈出了重要的一步。

已编写了《IBM LAN Server 安装程序》、《NOVELL Netware V3. 11 网络安装程序》、《OS/2 Warp V3 安装程序》、《IBMLAN Server 与 NOVELL Netware V3. 11 网络互连程序》。正在编写《LotusCC: Mial for Windows 安装程序》等技术文件。基本完成对 IBMOS/2 Warp V3 和 IBM LAN Server V4. 0 软件的测试工作。

通过在同一网段上运行两种不同的网络操作系统 (NOVELL Netware V3. 11 与 IBM LAN Server) 的实践, 掌握在一台工作站上同时登录访问两种服务器的软件安装方法, 为正在实施的全公司计算机网络工程打下了一定的基础。

### (4) 微机保安

积极与深圳市公安局联系, 制定了微机防病毒的有关规定, 在每季度的最后一个月对公司 390 台微机进行一次全面清除微机病毒的工作。全年清除微机病毒 30 多种, 查出染毒微机 70 多台次。完成了 2 次微机基础知识的培训工作, 培训学员 50 多人。通过培训和广泛宣传, 使微机用户提高了用机水平, 增强了防微机病毒的意识, 微机感染病毒率基本控制在 10% 以内。

当前, 微机管理面临如下主要任务:

(1) 续签 1996 年 160 台微机维护合同, 督促承包商在现场建立充要的备件库。

(2) 建立 IBM PS/VP 微机及 EPSON MJ-800K 打印机备件长期、稳定的供应渠道。



- (3) 安装、调试网络一期工程设备, 开通主干网。
- (4) 编写用户入网程序, 对用户进行网络使用及网络安全知识的培训。

## 2.3.11 文件、档案与资料管理

### 2.3.11.1 概况

1 由资料处建立的大亚湾核电站文件档案一体化管理体系, 由于其一些独特的特点和创造性及在核电站运用的有效性, 获 1995 年国家档案局科技进步二等奖。

2 资料处档案科收集整理和保管的工程竣工档案顺利通过了 1995 年 11 月核工业总公司的预验收。

3 根据电站生产需要和文件体系的运作情况对卫星库进行了调整, 使卫星库从 22 个减少到 18 个。

4 对文件、档案资料管理规程 (P. QOM Section3) 进行了清理、合并、修改和压缩, 使得文件档案资料规程从 109 个减少到 23 个。

5 OPD 12 人参加深圳市档案专业岗位培训并获结业证书。

### 2.3.11.2 资料处完成的主要工作量

#### 1. 文件处理和管理

1995 年新接收和处理文件 25462 份, 其中包括:

- (1) 函件: 9775 份
- (2) 规程: 2310 份
- (3) 合同文本: 71 份
- (4) 记录报告: 10647 份
- (5) 其它技术文件: 2174 份
- (6) 复制文件: 288 万页, 图纸 2 万米
- (7) 文件分发: 41048 份。

#### 2. 缩微片制作管理

- (1) 缩微片接收: 11.3 万张
- (2) 自制缩微片卷片: 117 卷 (约 32.3 万幅)
- (3) 开窗卡: 2.23 万张
- (4) 提供缩微服务: 19.9 万幅

#### 3. 档案管理

- (1) 组织进馆: 10522 盒
- (2) 组卷入库: 7384 盒
- (3) 档案著录: 3736 盒
- (4) 提供利用: 3296 盒

#### 4. 资料图书管理

- (1) 收集采购各类标准、图书、期刊、手册: 共 6541 册
- (2) 接收各类中外文资料: 14662 册
- (3) 分发各类资料: 10053 册

#### 5. 提供文件、资料、档案借阅服务 15188 人次, 其中包括:

- (1) 文件库: 6162 次

- (2) 档案馆: 1118 人次
- (3) 图书资料馆: 7908 人次
- 6 翻译出版管理完成 33 个项目, 6210.88 万字
- 7 对核电站文件资料人员进行在岗培训 33 人次

### 2.3.11.3 文件、资料、档案库存量 (不含各卫星文件库)

1. 文件库至 1995 年底, 文件、资料和档案的库存情况如下:

- (1) 中央基准文件库: 188391 份
- (2) 培训中心分基准库: 976 卷
- (3) 保健物理分基准库: 1240 卷
- (4) 电站保安分基准库: 4800 份

2. 档案库

- (1) 档案库 (纸品库): 27332 盒
- (2) X 光片库: 9 m<sup>3</sup>
- (3) 照片档案: 130 盒
- (4) 岩芯: 3.5 房间

3. 图书资料库 27553 册 (份)

4. 缩微片库 50 万张

## 2.3.12 电站后勤保障

截至 1995 年底, 大亚湾核电站中外员工高峰期达 1400 人之多 (包括公司总部员工), 员工的聘用方式也分为长期聘用、短期聘用和临时聘用三种。此外还有十多家单位以合约形式为电站提供各种技术和后勤保障方面的支持和服务。由于大亚湾核电站是一个中外合资的特殊企业, 在各个方面有与其他企业完全不同的运作方式, 随之也就形成了后勤保障体系和运作形式的特殊性。根据大亚湾核电站的特点, 电站在后勤保障方面采用了各种不同的管理和运作方式。

### 2.3.12.1 交通运输

由于电站员工在工作期间都生活居住在厂区, 长期聘用员工在深圳市内有住房, 两地相距约 70 公里。在周一和周末电站以合同方式租用车辆运送员工往返深圳与电站, 平时, 电站租用车辆保证每日三个班次往返电站和深圳, 为电站员工生活和工作提供了较为方便的交通服务。每逢周日和节假日, 电站也以合同形式租用车辆为在深圳市内没有住房的临聘员工提供每日两个对开班次的深圳与电站之间的班车服务。电站轮值倒班的员工也以合同形式提供每周十几个班次的深圳与电站之间的班车服务。

由于电站生活区与工作区相距约 1 公里多, 在上下班时, 也以合同形式租用车辆提供员工上下班的现场交通服务。

此外, 在大亚湾核电站工作的外国专家除部分配备自驾车外, 其余所需的交通服务均由核服务总专家村车队负责提供。

为了确保电站生产运行、维修和行政后勤保障方面的交通运输, 电站拥有规模较大的车队, 拥有近 200 辆各种用途的机动车辆, 除部分配备给外籍专家和少量中方员工外, 大部分作为电站自用。根据用途车队分为四个部分, 公司总部有深圳和工地两个车班, 主要负责公司总部各部门所需用车, 并 24 小时值班。生产部分行政和生产用两个车班。行政用车班负责

电站采购用车、接待用车、工地运行倒班车、所有生产部各处所需用车和应急值班用车，并24小时值班。生产用车班拥有各类特种车辆，负责生产运行、维修活动中的各类特殊运输和作业，并24小时值班。另外，电站还根据有关合同的承诺，为在大亚湾核电站提供短期劳务活动的承包商提供少部分车辆，以方便他们的生活和工作。

此外，电站还为公安保卫、环境监测、医疗消防、饮食服务等部门配备了专用特种车辆。

上述所采取的各种措施确保了电站安全运行对交通运输的需求。

### 2.3.12.2 行政办公设施、公用设施和设备管理

电站行政用办公楼、公用设施和设备包括办公楼、餐厅、公关接待中心、培训中心、档案馆、俱乐部、招待所、专家村公用设施以及这些设施的配电、中央空调、消防监测、水系统等。以上设施、设备以及其相应的配套系统的正常运行和日常维修均以合同形式承包给核电服务公司。为了保证上述设施、设备和系统的正常使用，公司方面配备了专门的管理人员负责技术方面的管理、备品备件的使用审查、督促乙方按照合同要求，尽职尽责地保证上述设施和设备按照技术规范运行和维修。在多年的运行和维修过程中，通过不断地发现缺陷和总结经验，对许多系统进行了技术改造，从而不断地完善了各系统的使用功能，提高了各系统的可用率。

### 2.3.12.3 电站行政办公用品、劳保用品、消耗品和固定资产及办公家具的管理

电站每年使用大量的办公用品和消耗品，还按计划购置和补充一些行政用固定资产和办公家具。为了能有效的管理行政用资产和物品，电站设有专门的行政仓库，由仓库工作人员负责各类用品的采购立项、入库验收、发放登记、使用跟踪和定期盘存等。为了保证其行政用品的合理采购、贮存和发放使用，电站制定了相应的管理政策和制度，做到合理地编制预算，严格采购立项审批，对行政物资归口管理并对现有物资进行合理的使用调配，杜绝浪费和不必要的采购贮存，从而既满足各部门的需求，又为公司节约了开支。

### 2.3.12.4 员工生活保障

#### 1. 餐厅服务

由于大亚湾电站的1000多位员工平时均在现场工作和生活，确保电站员工饮食的高质量并为其提供优质服务是一项很重要的后勤保障服务。为此，电站在现场共设有4个餐厅，其中SA和北区有两个大型员工餐厅；另两个为客餐厅。由核电服务公司以合同形式承包了4个餐厅的所有服务项目，电站配备专门人员管理和协调。餐厅所有的服务设施和用品由甲方提供，乙方配备115名工作人员在餐厅从事各类服务。两个大型职工餐厅提供电站所有员工一日三餐的饮食服务，并根据合同要求提供每餐不少于规定数量的主副食花色品种，供就餐员工选择。两个大餐厅与北楼客餐厅还负责公司来宾的宴请和工作餐服务，招待所餐厅负责来宾的日常供餐服务。此外，SA餐厅还负责生产运行倒班人员每日五餐的配餐服务，由电站派专人负责送到现场。在电站大修和事故抢修期间，电站还派专人将饭菜送到不能离开工作岗位的员工手中。为了确保餐厅服务的高标准，公司还设有膳食委员会，不定期地征求员工的意见，督促餐厅改善服务，提高供餐质量，确保各项费用的合理使用。

#### 2. 员工住宿

大亚湾核电站的住宿区分为两大部分，公司长期聘用的员工在深圳市内分配有住房，公司以合同形式委托广东核电集团公司下属的房产管理公司负责日常的管理和维修。公司为每位员工在现场提供单身宿舍，所有家俱及整套卧具均由公司配备和提供，并为每个房间提供电视机。公司的现场住宿还包括专家村，由秘书部管理，所有宿舍的水、电、家俱、电视机、

土建维修等均以合同形式由核电服务公司下属的维修中心负责日常维修，并确保紧急维修服务，24小时随叫随到。

电站专家村为外籍专家提供了一流的住房，并为其配备了全套的家用电器和日常生活设施，并由核电服务公司下属的专家村服务公司负责日常的各项维修服务。

## 第三章 大事记

### 3.1 1号机组 1995年运行大事记

#### 1 月

机组从 1994 年 12 月 17 日进入首次换料大修。

#### 2 月

2月14日 机组升至热停堆工况 ( $P = 15.5 \text{ MPa}$ ,  $T_{\text{avg}} = 291.4 \text{ }^\circ\text{C}$ ), 并在此工况下进行 RGL 控制棒落棒试验。试验结果表明, 有 7 组控制棒落棒时间不合格, 超过 2.15s。这 7 组棒的落棒时间分别为 R1 (B8) - 2.784s、R2 (F6) - 2.985s、R2 (F10) - 2.624s、G21 (F4) - 2.743s、G22 (F12) - 2.626s、G1 (H4) - 2.287s、G1 (H12) - 3.170s。后决定先升功率至  $P_n = 50\%$ 、 $P_e = 500 \text{ MWe}$  台阶稳定运行一段时间, 再退至热停工况, 重做落棒试验。

2月19日 3时40分, 机组换料后反应堆首次达临界 ( $R_{\text{eff}} = 209$  步,  $G_{\text{eff}} = 625$  步,  $C_{\text{eff}} = 1512 \text{ mg/kg}$ )。

2月24日 4时52分机组并网, 23时25分机组功率升至  $P_n = 48\%$ 、 $P_e = 446 \text{ MWe}$  稳定运行, 并进行氙振荡实验和测量堆芯中子通量分布图。至此机组首次换料大修结束。

2月27日 机组退至热停堆工况, 进行 RGL 落棒试验, 试验结果仍是原来的 7 组控制棒落棒时间不合格。

#### 3 月

3月2日 根据集团公司管董事长的指示: 严守“核安全第一, 对公众负责”的原则, 决定重开反应堆大盖, 解决 RCCA (控制棒束) 落棒时间超过技术规范问题。

3月8日 21时10分, PWC 试验负责人通知其试验完毕。根据计划在线系统关闭 PTR728VB, 随后通过 PTR001BA 向堆内构件池传水时, 发现 KX 厂房传输水池水位也增高, 检查发现在关闭 PTR728VB 时, 将传输燃料构件卡在 BX-

KX 厂房通道内,这是由于 PMC 试验结束后传输机构未就位所致。后打开 PTR728VB,并将燃料机构池和传输池以及堆水池同时稳定在  $L=16.0\text{ m}$  水位处,以便于提升水挡板,并处理变形的传输燃料构件。

- 3月10日~3月16日 法马通人员对落棒时间超标的7组控制棒组进行试验和检查(如:涡流、电视检查和痕迹测量),均未发现异常,只是控制棒表面光洁度降低,但无材料损失。认为是由于控制棒磨擦系数增加,导致落棒时间增加。3月15日14时30分决定原堆芯装料图保持不变,53组控制棒束全部用渗氮棒更换原标准控制棒。
- 3月13日 一回路排水期间 RCP081MN 水位计不可用,18时30分计划从  $L=19.3\text{ m}$  排至  $10.7\text{ m}$ ,此时发现 RCP081MN 不动,当时怀疑是仪表故障和泄漏,于是继续进行排水操作,一直到一回路水位高报警消失为止。当现场水位指示器读数 RCP082MN 约  $L=10.8\text{ m}$  时,停止排水,而 RCP081MN 水位计仍无指示,经查是水位传感器被 RCP954VP 隔离。
- 3月18日 4时00分,当换料机从 J03 移至 K02 时,由于换料机提升高度不够就水平移动,造成 J03 处燃料组件内的控制棒变形,为处理此事工期延误约3天,直至3月21日1时50分,重新开始堆芯更换控制棒操作。
- 3月26日 4时00分,发现在 RPB 继电器柜中有三个电阻器(021-022-023RS)未安装的不符合项。该电阻器功能是起分压作用,以便使 LCC48V 的电压分压后供给输入为 24V 的变换器。由于电阻未装,使 LCC 起不到闭锁(如:安全壳压力高-高, PTR 水位低和低-低)作用,从而在 SIP 失电时可能造成安全设备的损坏。
- 3月28日 17时30分,机组达热停堆工况,并稳定在此工况下进行落棒试验,试验结果有18束控制棒落棒时间超标。

## 4 月

- 3月31日~4月3日 机组处于热停堆工况,进行反应堆保护动作+停运一台主泵、反应堆保护动作+停运两台主泵以及反应堆保护动作+停运三台主泵的落棒试验,并进行提/插棒试验,目的是“磨合”。试验表明对改善落棒时间超标效果不明显。
- 4月10日 生产部经理周会决定:逐步过渡到冷停堆状态,准备第三次开反应堆大盖实施短期方案——即换回原标准型控制棒,另增加8束控制棒,其中2束控制棒为未经使用的原标准型控制棒。

## 5 月

- 5月9日 维持冷停堆工况,(三台主泵运行,一回路压力  $P=2.5\text{ MPa}$ )完成8束安全棒束的再鉴定试验。试验结果如下: J7-2.235s、J9-2.41s、G9-2.148s、G7-2.11s、G5-1.933s、E7-2.06s、G11-2.00s、L9-2.165s。若考虑冷/热芯冷却剂密度差,落棒时间减少0.3s,则最长一组控制棒落棒时间为2.11s。
- 5月12日 20时20分,机组升至热停堆工况 ( $P=15.5\text{ MPa}$ ,  $T_{\text{avg}}=291.4\text{ C}$ )。
- 5月13日 18时35分,开始做 RGL 落棒试验,20时15分 RGL 落棒试验结束。试验结

果：60组控制棒中有7组超过2.15s，其中有3组超过2.62s。7组棒的落棒时间分别为：F4—2.57s、F12—2.55s、H4—2.37s、K10—2.43s、B8—2.64s、F6—2.875s、F10—2.73s。

- 5月23日 决定第四次重开反应堆压力容器顶盖，进行26束控制棒导向管位置调换，同时7束控制棒导向管用1300MWe修改型导向管替换。
- 5月29日 开始第三次控制棒抢修。
- 5月31日 9时30分，主控制室发现RCP407EN（RCP081MN）水位突然上升，经现场分析是反应堆压力容器顶部接大气的联接软管在5月30日一回路排水（由L=12.8m往下排水）时打结，导致反应堆压力容器内形成真空，一旦拆卸反应堆压力容器顶盖热电偶时，空气进入反应堆压力容器顶部破坏了压力容器内真空，导致RCP081MN水位突然上升。

## 6 月

- 6月28日 15时00分，机组达热停堆工况。23时38分开始做RGL落棒试验，6月29日1时20分RGL落棒试验结束。除SA'的G9为2.25秒外，其余均小于1.94秒；在前三次开盖抢修的基础上，第四次开盖更换7束导向管和调换26束导向管位置新的临时方案实施成功。
- 6月30日 5时45分，反应堆达临界，（ $R_{\text{eff}}=183$ 步， $G_{\text{eff}}=615$ 步， $C_{\text{eff}}=1463$ mg/kg）。

## 7 月

- 7月1日 11时06分，在核功率 $P_n=9\%$ 平台时，反应堆由于功率通量变化率高误信号出现，引发反应堆紧急停堆。经查找分析是功率量程通量变化率修正系统故障，引起误信号。后在充分论证反应堆保护系统的可用性和反应堆的安全性后，闭锁了功率量程通量变化率修正子通量，反应堆重新临界。
- 7月7日 6时50分，由于在 $P_n=87\%$ 功率平台测得的堆芯功率象限倾斜 $TILT=4.17$ 。按试验大纲要求，如果核功率 $P_n=87\%$ 平台测得的 $TILT>3\%$ ，那么，机组不能直接达到满功率水平，为此经讨论决定增设 $P_n=97\%$ 核功率平台运行一段时间。
- 7月8日 10时30分，反应堆功率升至 $P_n=97\%$ ，电功率升至 $P_e=900$ MWe。
- 7月18日 机组处于满功率运行状态。9时06分OPM/ME人员在1LCB001TB上做两台充电器的周期性（半年一次）检查测量充电器的纹波系统。试验过程中，在充电器未投运情况下闭合充电器的直流开关，以致产生瞬间电压波动，从而导致1LCB001TB母线电压扰动。这一扰动引起RPR部分电源变换卡闭锁，使得供电模块共9块UF卡失电，引起反应堆保护“B”列RPB系统失电，导致反应堆自动停堆。

7月份以来反应堆厂房和辅助厂房放射性水平升高。初步分析是燃料元件包壳破损后裂变气体进入RCP冷却剂，当冷却剂漏出RCP压力边界后挥发成气体，然后进入RX厂房大气中所致。

## 8 月

- 8月2日 13时10分，在定期切换1APP“A”列主给水泵的润滑油泵时，当操纵员将

1AGR102PO 泵切换至 AGR101PO 泵时, 出现 AGR 系供油母管瞬间油压低信号, 使得 AGR103PO 交流备用泵启动, 同时发生主给水泵 APP “A” 列泵跳泵, 由于电动主给水泵及时启动并带上负荷, 机组负荷没有变动。

- 8 月 18 日 配合 OPM/MI 人员进行试验解决 RGL 棒锁住问题。前段采取了下列措施: R1 柜中将 LC 的电流输出值由原来的 40.0A (全电流) 和 16.0A (半电流) 分改为 41.6A 和 16.6A、将 LC 的电流偏差报警值由原来的 4.5A 改为 11.0A、将 SB1 的 LC1/LC2 机架与 R1 相应的机架进行了交换, 试验结果: “4.5” 故障基本消除; “4.7” 故障对 R、G 棒也基本消除, 即 R 棒已恢复可用; “4.7” 故障对 N 棒锁住问题仍然存在, 有待进一步分析和试验。
- 8 月 31 日 7 时 11 分, GEW300SP SF6 压力低 II 级报警动作, 机组出线开关/负荷开关跳闸, 由于 LGA/D 母线失电导致反应堆自动停堆。

## 9 月

- 9 月 1 日 0 时 55 分, 反应堆重新达临界 ( $R_{\text{eff}}=215$  步,  $G_{\text{eff}}=600$  步,  $C_{\text{eff}}=926$  mg/kg)。4 时 28 分汽机并网。7 时 00 分机组功率升至  $P_n=97\%$ 、 $P_e=960$  MWe。
- 9 月 19 日~9 月 20 日 RPA744AA 报警频繁出现。为消除主控制室 RPA744AA 报警, 分别在 GSE005/007VV 的限位开关逻辑回路上的 GSE009/013SM 做了一个短接线 (T.C.A.), 导致 RPR 逻辑回路中的汽机跳闸信号 C8 (A 列) 的一路测量通道 (低压缸截止阀关闭信号) 不可用。
- 9 月 21 日~9 月 22 日 9 月 21 日 1 时 09 分电网要求降负荷; 5 时 38 分机且降至  $P_e=958$  MWe; 10 时 20 分负荷升至  $P_e=977$  MWe; 9 月 22 日电网要求继续降负荷; 3 时 55 分机组降至  $P_e=760$  MWe 稳定运行, 并清洗了 APP “A” 列泵的滤网。
- 9 月 25 日 5 时 15 分开始升负荷, 9 时 40 分机组负荷升至  $P_n=100\%$ 、 $P_e=984$  MWe。
- 9 月 28 日 从 9 月 14 日以来, GEV006AA 多次出现报警, 即 GEV002TS 厂变 B 瓦斯一级报警。后经 OPM/ME 试验后分析, 确认该报警是误报。原因是当厂变 B 负荷较大、温度较高时 ( $80^{\circ}\text{C}$ ) 油泵自动启动, 而每次启动都会造成油流量波动, 引起瓦斯报警 (后试验当油泵的启动方式打在“就地”位置时, OPM/ME 人员启动油泵三次, 均发出一级报警, 并观察到瓦斯继电器内的浮筒瞬时摆动)。后决定在投入 APA 电动给水泵时, 将油泵运行方式打在“就地”位置, 手动启动厂变 “B” 油泵, 并保持连续运行, 防止油泵启动瞬间出现的瓦斯报警, 而当 APA 泵退出运行后, 再将油泵运行方式切至“自动”位置; 同时给 GEV002TS 加油, 使油位提高, 减少油泵启动瞬间产生的压力脉冲, 以达到减少通过瓦斯继电器的电流。

## 10 月

- 10 月 3 日 发现 REA 硼化功能丧失。事件原因是 9 月 23 日因 1REA004BA 打循环, 关闭了 1REA053/061VB, 开启 9REA052VB, 即当 1REA004BA 硼浓度化验合格后, 机组硼补路线仍处在 9REA003AA→1REA003PO-1RCP; 而 9 月 29 日为了 2REA004BA 打循环, 关闭了 9REA052VB, 从而使 1 号机组的硼补功



能丧失。

- 10月7日 10时6分,主控制室突然出现1KRT017MA, I/II级报警,持续3~4秒报警消失。经查1KRT002EN发现有一放射性尖峰,峰值约是本底值的100倍,同时2号机主控也出现2KRT017MA的I级报警,经查分析是TEP除气器启动过程中直接排DVN引起。

## 11 月

- 11月24日 20时00分按计划机组停机10天,进行整治性小修。
- 11月25日 4时23分~5时40分,机组稳定在 $P_n=69.3\%$ 、 $P_e=660\text{MWe}$ 功率平台,进行单台主给水泵最大出力试验。试验结果:单台给水泵可维持机组在 $P_n=66\%$ 、 $P_e=610\text{MWe}$ 功率水平运行;  
20时00分机组与电网解列。22时15分机组稳定在热停堆工况进行RGL的落棒试验。试验结果分析可得如下几点:  
(1) 61束控制棒平均落棒时间为1.682s,比上次落棒试验增加了约21ms;  
(2) 落棒时间最长的一束为G9(SA')-2.64s,比上次落棒试验有降低;  
(3) 对于新换导向管的7组控制棒落棒时间,这次比上次普遍略有增加。落棒时间的验收标准为2.4s,其中G9(SA')-2.64s的落棒时间超标,安全评审已通过。
- 11月26日~11月29日 停机停堆过程中出现的异常:  
(1) 11月26日 GCT切换引起GCT异常开启;  
(2) 11月26日 发电机后端(即西南测氢冷却器下端盖法兰垫泄漏)漏氢;  
(3) 11月28日 出现LGD003AA(绝缘低I级)报警。经查是RRI002PO绝缘低(即“B”相接地报警),进一步检查是RRI002PO电机烧坏。
- 11月30日 反应堆保护意外动作停堆。原因是OPM/ME人员持PI票进行SIP(VVP006)汽/水信号消差工作,工作过程中误发P13产生P7,导致VVP主蒸汽隔离、ASG003PO启动、RCP001PO跳闸(RCP002/003PO已停运)、ARE主给水隔离等一系列反应堆保护动作和信号。

## 12 月

- 12月5日 5时05分反应堆重新达临界。12月6日0时12分机组并网。12月7日5时25分机组功率升至 $P_n=100\%$ 、 $P_e=984\text{MWe}$ 。
- 12月16日 0时00分,由于核增线开口,电网要求机组降负荷至 $P_n=90\%$ 、 $P_e=884\text{MWe}$ 运行。
- 12月26日 0时00分,因物理要求机组升负荷至 $P_n=92.7\%$ 、 $P_e=910\text{MWe}$ 功率水平运行。
- 12月27日 16时00分出现R棒失步故障( $R_{1\#}=212$ 步,  $R_{2\#}=209$ 步)。
- 12月31日 24时00分机组连续安全运行112天。

## 3.2 2号机组 1995年运行大事记

### 1 月

- 1月2日 机组棒控系统的N11的四组控制棒驱动电流超差,维修处仪表控制科人员在查找故障、测N11棒的零电流/全电流时,反应堆一组控制棒意外落棒,造成功率量程中子通量变化率高,导致反应堆保护动作紧急停堆。致使此机组在连续安全运行240天后与电网解列。后因 $\Delta I$ 进入第II区,反应堆临界后将反应堆功率控制在 $P_n=15\%$ 以下,直至1月3日10时15分机组重新并网,20时50分升至满功率运行( $P_n=100\%$ 、 $P_e=984MWe$ )。
- 1月30日 10时10分电网要求降负荷,机组负荷降至 $P_n=83\%$ 、 $P_e=803MWe$ 功率水平运行。直至2月6日11时00分机组升至满功率( $P_n=100\%$ 、 $P_e=984MWe$ )运行;

### 3 月

- 3月3日 发生紧急停堆事件。事件发生前,反应堆已次临界,一回路硼化正在进行,当时的硼浓度为150 mg/kg。22时三个主蒸汽隔离阀手动关闭,但“APA”未能及时置“手动”控制状态,导致主给水压力不够,三台蒸汽发生器水位降低。22时20分,因蒸汽发生器低-低水位触发了反应堆保护停堆。
- 3月4日 0时00分开始进行RGL系统落棒试验,落棒时间符合技术规范要求。其中落棒时间最长的一组(G1(H12))也只有 $T=2.1s$ 。21时00分反应堆达临界。23时50分汽轮机并网。
- 3月5日 汽轮机并网后,反应堆功率升至 $P_n=12\%$ 时打开主给水隔离阀此后发现SG2/SG3水位异常上升,随后将调节阀置手动并关闭,但SG2水位仍异常上升,引发SG2高-高水位+P7保护动作,导致反应堆自动停堆。1时15分,反应堆重新达临界,机组负荷升至 $P_e=450MWe$ 。为控制 $\Delta I$ 不超运行区,此时G棒=585步,为此G棒插入堆芯时间超过24小时,违反了技术规范。随后降功率至 $P_e=400MWe$ ,维持 $\Delta I$ 在II区运行,先闭锁C21,提G棒后机组稳定在 $P_e=450MWe$ 功率水平。检修CRF泵的碎石过滤器,直至3月13日12时20分机组升至 $P_n=90\%$ 、 $P_e=808MWe$ 功率水平运行。
- 3月21日 由于1号机组抢修控制棒计划推迟,2号机组首次大修开始时间延至4月4日。在保证不突破设计计算的燃耗值(13820MWd/tU)下,机组12时30分以3MWe/h的速率降负荷至 $P_e=750MWe$ 运行。3月24日机组进一步降功率。3月25日14时20分机组负荷降至 $P_n=73\%$ 、 $P_e=700MWe$ 功率水平稳定运行。

### 4 月

- 4月4日 0时16分机组与电网解列。0时20分VVP107/111/112/114/117/120VV安全阀启跳三次,事后查证是安全阀整定值不准确所致。此后停留在热停堆工

况进行落棒试验。8时00分落棒试验结束，而落棒时间普遍上升，其中落棒时间最长的一组（G1-H12）由  $T=2.1s$  延长到  $T=2.2s$ 。

- 4月8日 9时33分 SG3 排水（当时 SG1/SG2 已排空）。当水位排到  $L=-1.26m$  时，由于蒸汽发生器排水之前未将 SG 低-低水位信号闭锁（同时违反技术规范：稳压器人孔未开之前，在正常冷停堆工况时保持有一台蒸汽发生器可用的原则）。随后 RCP 卸压至大气压。4月11日反应堆水池充水至  $L=19.4m$ 。
- 4月12日 1时50分开始卸料，直至4月15日1时03分卸料结束，历时71小时47分钟。
- 4月16日 投运 PTR“B”列时，发现池水温度在1小时上升了  $10C$ 。经查发现 PTR002PO 在实行政隔离 TYPE“E”时要求释放阀 PTR008VR 开启，而现场是关闭的。原因是4月11日按 D26 规程进行反应堆水池充水操作，充水完成后未能按照 SPTR002 规程要求恢复 PTR008VB 为开启状态，以致造成 PTR“B”列（RRA 系统后备功能的失效）5天不可用。随后打开 PTR008VB 满足行政隔离 TYPE“E”要求的正常位置。
- 4月23日 9时30分开始装料，直至4月27日11时30分堆芯装料结束，历时88小时；
- 4月28日 完成装料后，按计划启动 PTR002PO 对反应堆水池排水至  $L=10.8m$ 。当水位排至  $L=10.8m$  后，停运 PTR002PO，现场法马通工作人员认为水位未达到要求水位，要求现场操纵员重新启动 PTR002PO 排水。主控制室操纵员发现 PTR002PO 启动立即制止，但此时水位已排至  $L=9.6m$ 。事件的过程说明现场操纵员未明确运行指挥系统。
- 4月29日 机组从换料停堆已过渡至维修冷停堆工况，RCP 水位  $L=10.8m$ ，发现 RRA “B”列热交换器冷却侧被隔离，以致 RRA “B”列不可用。

## 5 月

- 5月4日 2时24分，当 RCP 压力升至  $P=2.5MPa$  时，检查发现反应堆顶盖处热电偶套管接头处泄漏。为处理此事，必须将 RCP 水位降至  $L=12.0m$ ，为此延误时间24小时。
- 5月8日 0时00分开始对12组新加的安全棒进行再鉴定试验，落棒的试验结果如下：  
 SA1(E3)-1.9s, (C11)-1.85s, (L13)-1.99s, (N5)-1.84s,  
 SA'(G7)-2.105s, (G9)-2.12s, (J9)-1.98s, (J7)-2.067s,  
 SC'(J5)-1.94s, (E7)-2.025s, (G11)-2.015s, (L9)-2.015s。  
 总的来说，落棒时间情况良好，且原来的标准棒比新装的渗氮棒 SA' 和 SC' 落棒时间短一些。
- 5月11日 一回路升温升压。6时50分机组达热停堆工况（ $P=15.5MPa$ ， $T_{avg}=291.4C$ ）。10时00分开始进行落棒试验。5月12日3时15分 RGL 落棒试验结束。试验结果：仅 H12 落棒时间为  $2.24s$ ，其余均低于  $2.15s$ 。
- 5月16日 5时38分，机组换料后反应堆首次达临界（ $C_B=1381mg/kg$ ， $G_{\#}=625$ 步， $R_{\#}=193$ 步）。
- 5月18日 20时00分，当反应堆功率  $P_n=4.5\%$  时，由于中间量程 C1 闭锁信号的整定值偏小（正常整定值为  $P_n>20\%$ ），出现 C1 闭锁信号。于是停止升功率，以

致微开 ADG003VV 时使得二回路蒸汽量增加,一回路冷却剂温度下降,负温度系数的影响使反应堆功率微微增加,导致中间量程高通量停堆(而正常中间量程通量停堆整定值是  $P_n=25\%$ )。

- 5月19日 21时00分,国家核安全局释放反应堆功率  $P_n=10\%$  的控制点,同时附带了数条限制。这些限制包括控制棒移动达1400步,反应堆必须退回热停堆做落棒试验;若落棒时间再出现一束控制棒 RCCA 落棒时间超过2.15秒,反应堆必须退回冷停堆工况;RCCA 在线监测控制系统异常需做落棒试验等。
- 5月20日 4时10分反应堆功率升至  $P_n=14\%$ 。6时20分汽轮机转速升至  $n=3000\text{r}/\text{m}$ 。7时30分进行汽机超速跳闸试验成功。12时01分当手动并网时,发电机100%定子接地保护误动作,导致失去主厂用电而停机停堆。17时00分开始做 RGL 落棒试验,16时35分落棒时间试验满足要求后,反应堆提棒重新达临界。20时11分汽轮发电机组手动并网成功。
- 5月21日~5月23日 机组稳定在不同功率台阶 ( $P_n=50\%$  和  $P_n=87\%$ ) 进行氦振荡试验和测量堆芯中子通量分布图。
- 5月24日 22时20分,因 GRE002VV 进口法兰处“O”形垫圈断裂造成 GRE 压力油泄漏,导致汽轮发电机组甩负荷跳闸,反应堆功率自动降至  $P_n=30\%$ 。由于找不到 GEC 供应的氟橡胶“O”形垫圈用尺寸相同的国产丁腈橡胶“O”形垫圈替代,以致造成“O”形垫圈断裂。
- 5月26日 6时15分机组功率升至  $P_n=100\%$ 、 $P_e=930\text{MWe}$ (因 AHP109VL 安全阀漏进行处理,一列高压加热器未投)。至此2号机组首次换料大修历时52天,比计划提前13天完成。

## 8 月

8月份以来,发现发电机转子对地绝缘低,多次出现 GEX007AA 接地信号。有关处采取措施(如:吹扫 GEX 碳刷滑环、串接电阻以及安装临时空调降低温度等)进行临时处理,同时密切监视,并研究最终处理方案,最终坚持机组运行到第二次换料大修中彻底解决。

8月23日 GRE 上位机故障。当时维修处仪控人员进行功率量程试验,20时15分操纵员发现 GRE 功率逐渐下降,R棒下插(从216步下插至213步),上位机功率指示不变,在功率变化过程中G棒未动作,随即将GRE切至下位机控制,后用下位机手动升负荷至  $P_e=982\text{MWe}$ ,G棒也置手动。8月24日9时30分为验证GRE上位机是否故障,将GRE上位机切至自动,实际功率降至  $P_e=972\text{MWe}$ ,而GRE上位机显示值不变。重新投手动后将功率升至  $P_e=984\text{MWe}$ 。这说明GRE采用23版软件仍存在上位机故障的几率。而值得庆幸的是现在上位机故障后功率下降的速率比较缓慢,为操纵员及时处理故障提供了充分的时间。

8月31日 15时18分,因台风雨水漂进厂房屋顶24.0m屋檐下的VVP002VV主隔离阀端子箱,位置指示器误动,使该阀门关闭,引起SG2(2号蒸汽发生器)压力升高,SG2低-低水位保护动作,造成反应堆自动停堆和VVP安全阀启跳,至此机组已连续安全运行98天(5月26日~8月31日)。16时40分~18时20分机组在热停堆工况下进行落棒试验,结果合格,最大一组(H12)落棒

时间为 2.20s, 平均落棒时间比 5 月 12 日落棒试验结果少 30 ms。同时在停机抢修活动中彻底处理了 7 月 5 日以来循环水泵 CRF002PO 轴封出现的泄漏问题。

## 9 月

9 月 1 日 19 时 10 分机组功率升至满功率 ( $P_n=100\%$ ,  $P_e=980\text{MWe}$ )。

## 10 月

10 月 29 日 3 时 08 分 RGL017AA 与 RGL036/039LA 一起触发, 指示表明 G13 棒位有 8 步错位。此现象 10 月 21 日 15 时 15 分曾发生过一次, 维修处仪控人员确认棒位指示是假的, G13 的真实位置是正确的。这一指示故障初步分析是棒位测量回路存在软故障, 而控制棒的实际位置未变。技术规范中规定: 若一棒束的错位大于 24 步, 机组必须在 2 小时过渡到后撤模式。

## 11 月

11 月 6 日 CTE 变压器烧坏引发 HX 火警。1 时 05 分 JDT101AR 上出现 HX 厂房火警信号, 立即派现场操作员到 HX 厂房核实火情。到达 HX 厂房发现 2CTE001TR 处有烟气, 随即将 2CTE “A” 列停运, 并将其 6.6kV 电源开关断开拉出以避免事故扩大, 经检查发现电解槽整流变压器未烧坏, 仅是用来控制用的小变压器 (6.6kV/415V, 500V) 的一次侧 C 相线圈过热烧坏, 原因是距离整流变压器的铁芯太近。

11 月 18 日 第四批反应堆操纵员执照考试结束。16 人参加考试, 14 人通过笔试、口试和模拟机考试, 成绩均在 80 分以上。下午 4 时 00 分 GNPS 考评委员会全体委员在考评委员会主任黄世强主持下对通过的 14 人进行了认真的评议, 最后参加会议的 12 名委员一致同意, 将 14 人上报核电站执照资格审查委员会审批。

## 12 月

12 月 7 日 SG3 低-低水位保护动作导致反应堆自动停堆。事件前机组处于  $P_n=100\%$ 、 $P_e=984\text{MWe}$  功率水平运行。13 时 12 分 18 秒出现 ARE407EC 汽/水偏差  $>5\%$  的汽/水失配信号, 且给水流量和蒸汽流量高, 将 SG3 给水流量从 1936t/h 降至 988t/h, 随后出现 SG3 低-低水位保护动作, 导致反应堆自动停堆。原因是 ARE033/244VL 调节器 PI 中的 RG 模块故障引起 SG3 的主/旁路调节阀 (ARE033/244VL) 突然关闭。12 月 8 日 17 时 46 分机组重新并网, 12 月 9 日 3 时 30 分机组升至满功率运行。

12 月 15 日 12 时 00 分机组以 1.5MWe/min 的速率降负荷。23 时 00 分机组与电网解列。12 月 16 日 6 时 10 分一回路压力升到  $P=16.0\text{MPa}$ ,  $T_{\text{avg}}=291.4\text{C}$  进行水压试验。14 时 35 分进行 RGL 落棒试验。此后机组开始第二次换料大修。

### 3.3 1995 年管理大事记

#### 1 月

- 1月1日 从即日起,公司质保部并入生产部的质保组织,原公司质保经理转任总经理部质保顾问,负责处理公司级质保事宜。
- 1月6日 在大亚湾公众信息中心举行了1995年首次新闻发布会,通报了两台机组投入商业运行以来的生产情况。
- 1月13日 全国人大副委员长李锡铭同志到现场视察,听取了公司领导汇报生产运行情况。
- 1月23日 公司召开执委会,审批了1994年工作总结及1995年工作大纲、1995年财务预算、1995年公司人员编制和增购市内职工住房报告,审议了1994年初步财务结算和分售电费结算报告。

#### 2 月

- 2月9日 广东核电合营有限公司成立十周年纪念日。
- 2月20日~3月11日 配合IAEA在大亚湾现场举办“优化维护提高核电站安全可靠性”地区培训班。
- 2月24日 1号机组4:50并网。27日机组达到50%功率台阶并按计划做完各项试验后退回热停堆状态,再次做反应堆控制棒落棒时间试验。结果发现有7根控制棒落棒时间超出验收准则。
- 2月28日~3月5日 举行了第三批操纵员取照考试。共18人参加考试,其中9人通过并获得操纵员执照。

#### 3 月

- 3月2日 1号机组正式转入控制棒强迫大修阶段
- 3月12日 “863”全国高科技能源领域专家委员会组织专家代表团来现场参观并进行技术交流。
- 3月27日 全国政协副主席朱光亚同志视察大亚湾核电站并听取公司领导汇报生产运行情况。
- 3月28日 在不改变现有堆芯装载情况下更换新型控制棒后,重新在1号机组进行控制棒落棒试验,发现情况进一步恶化。1号机组控制棒强迫大修工作陷入困难局面。

#### 4 月

- 4月4日 2号机首次换料大修开始,计划工期58天。
- 4月5日 广东省人大常委会委员一行17人到亚湾核电站参观考察。
- 4月5日 英国铀学会总干事CLARK先生到大亚湾核电站参观访问并进行技术交流。
- 4月8日 与法马通和EDF就控制棒问题举行了特别会议。法马通承认1号机组控制

棒落棒时间超差的根本原因是设计问题,并提出了短期、中期和长期解决方案。

4月17日 举行了第三批高级操纵员取照考试。14人参加,7人通过。

4月26日~5月4日 广东核电合营有限公司在北京参加由国家经贸委牵头组织的“第二届全国工业企业技术进步成就展览”活动并参加展出。

## 5 月

5月3日~8日 国家环保局组织对大亚湾核电站进行环保设施验收和二核厂址等项目的审评。

5月8日 国家核安全局张崇岩副局长带领专家组对大亚湾2号机组临界进行严格的评审后,通过了临界控制点释放,同时要求生产部对2号机组带负荷运行实施控制棒落棒时间的监督计划安排。

5月19日 为解决1号机组控制棒问题,合营公司与法马通举行高层会议,决定从5月29日起正式实施备用方案,更换7束超差异向管,并于1996年上半年实施最终方案,将二台机组的大修和换套管一并解决。大亚湾控制棒问题引起中国政府部门高度关注,得到了各方面的有力支持。5月3日中核总蒋心雄总经理亲临现场听取了合营公司的汇报。

5月20日 20点50分2号机组经过首次换料大修后并网发电。5月26日机组达到满功率运行,比原计划提前13天完成大修任务。

## 6 月

6月9日 世界核营运者协会(WANO)东京中心主席沈昌生先生一行3人到现场参观访问。

6月18日 用于1号机组的7根经改装的1300MW导向管运抵现场。经过更换导向管等有关工作,机组于6月29日达到热停堆状态,并进行落棒试验。结果控制棒落棒时间均符合验收准则。

6月23日 法国电力公司(EDF)副总裁吉拉尔先生一行参观现场。

## 7 月

7月1日 从即日起工程办正式过渡为二核筹建办。

7月2日 1号机组控制棒问题圆满解决。经国家核安全局审查批准,机组于16时21分并网发电,7月14日达到满功率运行。

7月3日 国际原子能机构(IAEA)对1996年大亚湾核电站OSART活动准备情况进行预检查,对检查结果表示满意。

7月10日~11日 生产部经理层举办了第二期管理研讨班,回顾并总结了大亚湾核电站投产以来各方面的工作,并针对存在的问题提出了一系列改进措施。决定在生产部进一步推广核安全文化,并对生产部的机构进行局部调整,以改进管理,提高效率。

7月20日~21日 国家核安全局黄齐陶局长、计委核电办王法副主任及中核总专家组参加了合营公司与法马通公司举行的高层会议,会上法马通正式确认了两台机组控制棒问题的最终解决方案。

- 7月25日 公司召开干部大会,周展麟总经理总结了上半年的工作,回顾和检查年度工作大纲,对下半年的工作和完成全年任务作了动员。
- 7月27日~28日 合营公司举行安咨会、记者招待会,向安咨会委员和公众通报了控制棒问题、机组运行情况和各界关注的问题。

## 8 月

- 8月1日 经过历时5个月的准备,二核厂址土石方工程合同招标工作在二核筹建办发标,这是二核建设进入实质性阶段的又一重要标志。
- 8月22日 二核的名称由国家工商行政管理局预审通过,正式定名为岭澳核电有限公司。
- 8月31日 1995年第9号强台风袭击大亚湾,造成两台机组停机停堆。合营公司利用这次停机的机会处理了机组存在的一些缺陷,如发电机转子接地信号,CRF循环水泵密封件漏水等问题,并进行了两台机组落棒试验,试验结果完全符合验收准则,两台机组于次日恢复运行。
- 8月31日 生产部维修处和发电规划处在组织机构上作了改进性调整,提高了管理水平,培训和提拔了一批年轻的中层管理干部。

## 9 月

- 9月21日 国家计委转发了国务院关于批准广东岭澳核电站可行性研究报告的通知,表明广二核可研报告得到了国家的正式批准。
- 9月25日 IAEA地区性核电厂运行安全技术培训班在大亚湾举行,为期5天,专家及学员就运行规程及事故规程的结构、特点及管理等进行交流。
- 9月27日 从四川宜宾运出的用于2号机组第二次大修(第三个循环周期)的52组核燃料组件安全抵达大亚湾核电站现场。

## 10 月

- 10月4日 二核筹建办收到了国家工商行政管理局颁发的岭澳核电有限公司的营业执照,岭澳核电有限公司正式成立。
- 10月6日 核电联网管理委员会会议在香港召开。会议对核电借电处理方法及1996年核电发电分配计划达成一致意见。
- 10月7日 在法国进行的控制棒落棒台架试验结束,并经150万步的动作试验,初步报告表明落棒时间及磨损情况无明显增加,充分证明我们采用渗氮控制棒+1300MWe导向管的决策是慎重的、正确的,可以从根本上解决控制棒落棒时间超差问题。
- 10月9日 岭澳核电有限公司与中标的葛洲坝水利水电工程集团公司正式签定了土石方工程的施工合同。10月27日,岭澳核电有限公司以LANS-000002-LCGS向葛洲坝集团公司发布了土石方工程施工合同开工令,宣布土石方工程从11月1日起全面开工。
- 10月9日 应国家内部审计学会邀请,审计部参加了95"上海国际内审研讨会,介绍了大亚湾核电站的内审经验,加强与国内外内审机构的交流。



- 10月11日 生产部邀请美国FPI公司专家在现场举办“事件根本原因分析”研讨班，研究如何从电厂组织机构、生产程序、行为组织学和系统设备等方面消除人因错误，使大亚湾核电站的运行达到国际先进水平。
- 10月17日 集团公司和合营公司总经理部明确二核生产准备由一核负责。生产部正式成立二核生产准备委员会和常务工作小组，由樊鹤鸣同志全面负责，黄世强同志具体落实，近期的主要工作是制订二核生产准备大纲。
- 10月25日 广东岭澳核电站主设备供应、工程顾问合同和贷款协议正式签字仪式在北京人民大会堂隆重举行。国务院总理李鹏、副总理邹家华、吴邦国，国务院有关部委领导，中核总、广东省、深圳市、中国广东核电集团有限公司领导以及法、英驻华大使和法马通等外国、香港地区厂商、金融机构代表等中外来宾百余人出席了签字仪式。本次共签订了11个合同和协议。
- 10月30日 经公司第37次董事会批准，任命朱明星先生为秘书部经理，杨虹女士为公司副总审计师。

## 11 月

- 11月3日 深圳市经发局来函，通知我公司于1995年10月30日被批准确认为“深圳市先进技术企业”。为此，合营公司于1999年~2001年将可以获得减税优惠待遇。
- 11月6日~12月8日 生产部邀请EDF TRICASTIN厂长助理HUCHET先生于11月6日~17日和11月27日~12月8日分两批举办生产部处、科级管理培训班。
- 11月9日 配合IAEA在大亚湾现场成功举办了“核电厂人员培训和资格评定系统化方法讲习班”。
- 11月13日 电力部安全司对核电机组商运以来多次跳闸对电网造成的不利影响发出通报批评，生产部表示诚恳接受，并认真学习答总“要像研究解决重大核安全问题一样，研究解决好确保广东核电机组长期安全稳定运行中存在的问题”的指示，研究采取多项措施改善管理，提高机组运行可靠性，并建立健全行业管理接口，加强与电网联络。
- 11月14日~22日 法马通业主集团（FROG）第10次执委会会议在大亚湾举行。
- 11月21日 中核总核电局副局长张禄庆和秦山联营公司总经理吴兆远一行到大亚湾现场调研。
- 11月30日 广东省核事故应急委员会与大亚湾核电站联合举行了厂外应急演习，国家核事故应急委员会领导及国内外有关专家观摩了演习。
- 11月份 广东核电合营有限公司被深圳市企业评价协会评为1995年100家最大工业企业第一名和1995年100家经济效益最好的工业企业第一名。
- 11月份 与EDF GRAVELINES、TRICASTIN和比利时TIHANGE核电站签订/修改姐妹电厂协议，为开展国际交流打下了基础。

## 12 月

- 12月10日 一年一度的中电—JVC体育友谊赛于本月9日至10日在大亚湾举行，结果

中电以五胜三负的总成绩捧走冠军杯。

- 12月14日 由中核总、电力部和广东省有关单位组成预竣工验收委员会，对大亚湾核电站工程进行预竣工验收。经过认真细致的评审，预竣工验收委员会认为：大亚湾核电站工程已按设计要求建成，工程质量优良，已具备国家验收条件，同意上报国家计委申请竣工验收。
- 12月21日 大亚湾核电站2号机组开始第二次换料大修，基本按10年大修项目安排。这次大修目标工期78天，计划工期85天，实施换料和各项大修工作，并彻底解决控制棒落棒时间超差问题。
- 12月22日 由中核总核电局和中国广东核电集团公司组织的核电建设经验交流会于12月18~22日在大亚湾核电站召开。与会人员听取了大亚湾和岭澳核电站建设经验介绍，并就一系列核电建设问题进行了交流。中核总副总经理、中国广东核电集团董事长管云龙先生出席会议并讲话。
- 12月30日 由广东核电合营有限公司生产部资料处上报的《大亚湾核电站档案管理系统》，荣获国家档案局颁发的科技进步二等奖。

## 第四章 统计指标

### 4.1 WANO 核电站性能指标

表 4.1 WANO 核电站十项性能指标统计

序号	WANO 性能指标	广东大亚湾核电站		WANO PWR		
		1995		统计数字		
		1号机	2号机	平均值	统计期间	统计机组数
1	机组容量因子 %	48.99	81.47	77.6	1992~1994	229
2	非计划容量损失因子 %	35.68	2.03	6.8	1994	235
3	每 7000 小时临界运行中非计划停堆次数	4.81	6.72	1.1	1994	232
4	安全系统性能：—高压安注系统	0.00031	0.01209	0.006	1992~1994	214
	—辅助给水系统	0.00000	0.00005	0.007	1992~1994	214
	—应急交流供电系统	0.00601		0.010	1992~1994	157(电站)
5	热性能 %	99.75	100.00	98.4	1994	154
6	燃料可靠性 Bq/g	459.08	151.24	120	1994 年四季度	230
7	化学指标	0.587	0.392	0.28	1994	85
8	集体辐射量 man. Sv	1.97630		1.81	1992~1994	230
9	低放固体废物的体积 m <sup>3</sup>	249.80		92	1992~1994	217
10	工业安全丧失时间事故率	0.785		0.83	1994	191(电站)

注：安全系统性能依，据提供的已知不可用时间计算。

### 4.2 综合经济指标

大亚湾核电站综合经济指标的统计列在表 4.2-1 中。表中列出了 1995 年和 1994 年的各项综合经济指标及其比较。

表 4.2-1 1995 年大亚湾核电站综合经济指标及与 1994 年的比较

指标名称	单位	1994 年	1995 年	与去年比较 (%)
发电量	百万度	12, 265.10	10, 614.35	86.54
厂供电量	百万度	11, 628.22	10, 058.42	86.50
出口电量	百万度	7, 809.14	7, 004.49	89.70
内销电量	百万度	3, 848.34	3, 053.93	79.36
总产值 (现行价)	万元	558, 344	548, 017	98.15
工业增加值	万元	246, 475	246, 892	100.17
总销售收入	万元	525, 549	548, 017	104.28
出口创汇额	万美元	40, 310	45, 880	113.82
职工年平均人数	人	1, 632	1, 350	82.72
劳动生产率	元/人	3, 421, 223	4, 059, 384	118.65
人均利税总额	元/人	547, 230	760, 910	139.05
本年固定资产投资	万元	1, 024	12, 161	1, 187.6
本年实现利润	万元	89, 308	102, 693	114.99
本年上半年税金	万元	0	30	/
发电标准煤耗	克/度	365.39	363.08	99.37
供电标准煤耗	克/度	385.4	383.15	99.42
发电厂用电率	%	5.19	5.24	100.96

说明: 1. 以上相关价值指标均按当年末的汇率折算;

2. 1994 年发电量、供电量、出口电量及内销电量均包括调试电量;

3. 固定资产投资只计更新改造部分;

4. 1994 年调试期厂用电率 11.36%, 商运期 4.67%。

## 4.3 能量统计指标

表 4.3-1 列出了大亚湾核电站两台机组的 1995 年和 1994 年的各项能量统计指标。

表 4.3-1 两台机组的能量统计指标

指 标	单 位	1994		1995			
		1 号机组	2 号机组	1 号机组	2 号机组		
功 率	机组连续净功率	PCN	MW	944	944	944	944
	机组连续毛功率	PCB	MW	984	984	984	984
	反应堆热功率	PPRIM	MW	2895	2895	2895	2895
能 量	毛发电量	Eb	MWh	6218291	6046805	3897533	6716808
	辅助设备消耗能量总和	X	MWh	319362	294022	245328	294022
	统计期间的净电能	En	MWh	5887009	5741212	3644728	5741212
	运行期间的净电能	Enm	MWh	5948367	5773511	3730999	5773511
	反应堆产生的热能	Eth	MWh	18384912	18099315	11588251	18099315

续表

指 标	单 位	1994		1995			
		1号机组	2号机组	1号机组	2号机组		
能 量	从燃料获得的能量	Eec	EFPd	264.6	260.5	166.832	260.5
	堆芯平均燃耗	IRRAD	MWd/t	10645	10444	6704	10444
	毛可用能量	Ed	MWh	6014069	6163575	4222790	6163575
	毛不可用能量	Ei	MWh	2255707	1652745	4397050	1652745
量	计划的毛不可用能量	Eip	MWh	954703	1463232	1321790	1463232
	非计划的毛不可用能量	Eif	MWh	1300668	189513	3075260	189513
常 用 比 率	机组能力因子	Kd	%	72.7	78.9	49	78.9
	机组能力损失因子	Ki	%	27.3	21.1	51	21.1
	计划的能力损失因子	Kip	%	11.5	18.7	13.7	18.7
	非计划的能力损失因子	Kinp	%	15.7	2.4	35.7	2.4
	负荷因子	Ks	%	72.1	74.2	45.2	77.92
	净可用能量的利用率	Ku	%	97.9	93.1	92.3	93.1
	机组时间利用率	Kh	%	74.6	84.6	47.7	84.6
	反应堆时间利用率	Khi	%	76.8	92.2	49.8	92.2
	辅助设备消耗因子	Kax	%	5.1	4.9	6.3	4.9
	运行期间辅助设备消耗因子	Kam	%	4.1	4.3	4.1	4.3
时 间	机组理论小时数	H	h	8760	8280	8760	8280
	机组在全可用情况下的运行时间	Hmt	h	5651.9	5988.6	2779.7	5988.6
	机组在部分可用情况下的运行时间	Hmr	h	886.3	1017.8	1397.3	1017.8
	机组总的运行时间	Hm	h	6538.2	7006.4	4177	7006.4
	机组在全可用和部分可用情况下的停运时间	Hd	h	0	0	237.5	0
	计划的全部不可用情况下的停运时间	Hip	h	949.9	1115.1	1303	1115.1
	非计划的全部不可用情况下的停运时间	Hif	h	1271.9	158.3	3042.5	158.3
	机组在全部不可用情况下的总停运时间	Hi	h	2221.8	1273.4	2221.8	1273.4
运 行 状 态	反应堆临界小时数	Hc	h	6729	7618.5	4366.2	7618.5
	反应堆在可用状况下的停运小时数	Ha	h	1719	640.5	332.1	640.5
	由于内部事故机组与电网自动解列的总次数	sii		5	4	2	4
	机组与电网解列的总次数	St		14	24	4	24
	汽机启动次数	Dtu		17	26	7	26
	汽机跳闸但反应堆仍运行的次数	Atu		7	13	3	13
	反应堆临界次数	Div		14	20	6	20
	反应堆非计划自动紧急停堆次数	Aui		5	6	3	6
	冷停堆次数	Aft		3	1	3	1
	中间停堆次数	Ait		5	2	8	2
热停堆次数	Act		13	19	7	19	
安注次数	ls		0	0	0	0	

## 4.4 发电业绩逐月统计

大亚湾核电站发电业绩逐月统计列在表 4.4-1 中。

表 4.4-1 发电业绩统计

1 号 机 组		一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月	总 计
毛发电量	GWh	0.00	24.59	0.00	0.00	0.00	0.00	616.34	712.88	677.82	717.59	575.61	572.71	3897.533
净发电量	GWh	0.00	22.86	0.00	0.00	0.00	0.00	589.28	684.34	649.61	689.17	551.43	549.32	3736.001
负荷因子	%	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	84.20	97.40	95.70	98.00	81.20	78.20	45.20
机组可用率	%	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	84.30	97.40	98.20	99.90	99.90	100.00	49.00
强迫停机及减载等效天数	天数	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.70	0.95	0.48	0.60	2.17	6.33
燃料消耗	EFPD	0.00	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	26.87	30.33	29.05	30.53	24.35	24.29	166.84
2 号 机 组														
毛发电量	GWh	704.03	611.86	510.24	50.31	208.55	705.84	726.68	702.74	698.99	733.59	713.22	320.78	6716.808
净发电量	GWh	673.09	596.54	468.92	45.12	193.96	668.17	694.79	674.61	669.90	704.54	683.26	296.32	6369.214
负荷因子	%	96.20	97.10	69.70	7.10	28.50	99.60	99.30	96.00	98.70	100.20	100.70	43.80	77.90
机组可用率	%	97.80	100.00	84.00	9.90	28.50	99.80	99.50	98.80	98.70	100.60	100.00	60.80	81.50
强迫停机及减载等效天数	天数	1.58	1.14	9.82	0.86	0.67	0.04	0.15	1.13	0.36	0.00	0.00	1.44	17.20
燃料消耗	EFPD	29.80	27.16	22.04	2.16	9.45	30.03	30.88	29.90	29.69	31.03	30.00	13.52	285.66
全 厂														
毛发电量	GWh	704.03	666.45	510.24	50.31	208.55	705.84	1343.02	1415.62	1376.81	1451.17	1288.82	893.49	10614.34
净发电量	GWh	673.09	619.39	468.92	45.12	193.96	668.17	1284.07	1358.94	1319.50	1393.71	1234.69	845.64	10105.22
负荷因子	%	48.10	50.40	34.85	3.55	14.25	49.80	91.75	96.70	97.20	99.10	90.95	61.00	61.55
机组可用率	%	48.90	51.70	42.00	4.95	14.25	49.90	91.90	98.10	98.45	99.95	99.95	80.40	65.25
强迫停机及减载等效天数	天数	1.58	2.14	9.82	0.86	0.67	0.04	0.58	1.83	1.31	0.48	0.60	3.62	23.53
燃料消耗	EFPD	29.80	28.58	22.04	2.16	9.45	30.03	57.76	60.23	58.74	61.56	54.35	37.81	452.50

## 第五章 专题报告

### 核电站经理部管理研讨会总结

樊鹤鸣

大亚湾核电站两台机组于1994年上半年先后正式投产发电之后,经理部于同年9月举办了第一次管理研讨会。经过深入的讨论,经理部领导班子就生产部当时所面临的任务统一了思想和认识,从管理上和组织上为第一年的商业运行以及首次换料大修作了准备。

经过一年多的运作,特别是经过两台机组首次换料大修的考验,证明核电站的管理和组织机构总体上是有效的,但同时也暴露出了一些不足。为了找出差距,改进不足,并使大亚湾核电站各方面的工作向国际先进水平靠拢,核电站经理部于1995年7月10日至11日在大亚湾核电站现场举办了第二次管理研讨会。

经理部领导班子全体成员参加了这次研讨会,包括核电站经理德盖(P. Decaix)、第一副经理樊鹤鸣、第二副经理黄世强、第三副经理濮继龙、副经理顾问普罗内(J. Prenez)、经理助理刘锦华、第二副经理助理刘达民、安全保健经理盖玛(R. Quemard)和质保经理谢尔(G. Shell)。研讨会由核电站经理德盖主持,经理部秘书刘云立担任翻译,方春法担任记录工作。

研讨会期间经理部领导班子各成员就以下5方面的问题进行了广泛深入的讨论并达成如下一致意见。

#### 一、生产机构管理政策的执行情况

投产一年多来,经过生产部中、外员工的共同努力和良好合作,管理政策的执行情况基本满意。为了逐步实现由中方管理电站这一目标,通过讨论,对核电站领导班子成员的分工作了相应的调整:原副经理顾问普罗内先生离任回法国后,该岗位不再保留;原质保经理改任核电站质量管理顾问,接替原由副经理顾问承担的部分工作;原安全保健经理改任安全保健顾问,着重负责在核电站推广核安全文化;由第二副经理助理刘达民代表经理部主管质保处的工作。

研讨会之后根据上述决定修订了行政管理程序“生产机构管理政策”,进一步确定了核电

站的三个管理层,即经理层、处长层和科长层;把核电站的管理分为三条线,即生产管理线、支持控制线和行政服务线;进一步明确了各经理和各处的分工与责任;初步完善了电站的功能、协调、控制三维管理。由此进一步强化了在电站经理的领导下、各副经理分工合作、各处相互配合的领导班子运行机制。

## 二、核电站各管理工作会议的运作情况

为了加强管理,强化各专业的横向沟通,核电站建立了一整套管理工作会议制度,包括经理部工作会议、各专业委员会会议以及分管经理工作会议等。参加研讨会的领导班子各成员充分肯定了这种会议制度为加强核电站内部的横向交流与沟通所起的积极作用,同时也总结了存在的问题与不足,并提出了精简会议、提高效率的改进措施,并强调对各种会议的决策执行情况应加强跟踪检查。

## 三、进一步加强核安全文化建设,为 OSART 审查作准备

通过分析在大亚湾核电站发生的一些事例,领导班子成员对核安全文化的定义和原则进行了深入的讨论,认为核安全文化是核电站全体人员对核安全所作出的承诺的总和,为此通过了一个在大亚湾核电站推广核安全文化的行动计划。

鉴于国际原子能机构即将于 1996 年 10 月对投产后的的大亚湾核电站进行运行安全评审(OSART),并根据国际原子能机构对大亚湾核电站进行运行前安全评审(Pre-OSART)的经验以及国外其他核电站接受运行安全评审的经验反馈,研讨会期间对可能接受评审的八个方面进行了讨论,决定在核电站成立专门班子,由第三副经理在安全保健顾问的协助下全面负责,并在八个方面都指定专门的负责人,着手开展自我评估,为迎接 OSART 评审作准备。

## 四、业务计划的进展情况

经理部领导班子成员对业务计划实施半年多来的进展情况进行了回顾与总结,并根据领导班子成员调整分工的情况重新确立了业务计划有关目标的分工责任,对业务计划也进行了修订,提出了生产部工作的近期、中期和远期目标。

## 五、处级机构的局部调整

领导班子成员对核电站机构自投产以来的运作情况进行了分析,为了减少接口,提高效率,决定对当时的机构进行如下局部调整:

1. 将原分散在不同处的计划功能集中到一个处,重新确立了发电规划处的工作范围。调整后的发电规划处直接向第一副经理和经理汇报工作,在经理部的领导下负责协调电站的各种计划工作和预算控制。

2. 撤消原维修处技术准备科,将该科的人员与功能分散并入维修处各专业科室,以此减少维修工作中准备人员与执行人员之间的接口;同时充实处级领导班子,加强工作过程中的质量控制,并提高维修人员的工作责任心。

3. 根据技术支持处有一个工程科、运行处还有一个运行工程科的情况,决定制定电站工程政策和有关的运行工程程序,明确两个工程科室的不同任务与分工。

研讨会之后,生产部根据研讨会期间讨论确定的原则,采取了一系列有效的措施,对组织机构进行了局部调整,选拔了一批年轻干部担任处级和科级领导职务。此后,各有关处也



相继组织举办了管理研讨会，贯彻落实改进管理、提高效率和加强核安全文化建设的有关措施。

通过这次管理研讨会以及之后采取的一系列措施，进一步巩固了以电站经理为中心、各副经理分工合作、各处相互配合、全体员工齐心协力、共同为实现核电站长期安全、稳定、经济、满发这一长远目标而努力的团结局面，为圆满完成全年安全生产任务奠定了牢固的基础。

## 核电站业务计划

樊鹤鸣

核电站制定业务计划的宗旨是为核电站确定一套完整的目标,包括长期目标(2~5年)、中期目标(6个月~2年)和短期目标(6个月以内),使全体员工能充分了解自己在电站的作用,并为一套共同的目标而努力,以此从各方面保持并提高核电站的性能。

考虑到各部门在电站运作中的不同作用,为了加强各级管理层之间的联系,实施业务计划需要各级管理层对其上级作出承诺,同时通过授权,赋予各级管理层更大的责任,并加强内部控制。

早在1994年9月经理部举办的第一次管理研讨会时就已开始讨论如何制定业务计划。通过讨论,领导班子各成员就该计划的内容与范围达成了共识,并确定了核电站的任务与目标。

随后经理部召开了一系列专门会议,分析了大亚湾核电站所处的特定环境因素。其中,内部环境因素包括生产工具、员工状况、知识水平、组织机构等;外部环境因素则包括电站周围的公众、供应商、承包商及政府主管部门等。在分析的基础上确定了业务计划的范围、主要目标和实施策略。

业务计划的内容包括核电站的任务、完成这些任务应达到的目标及实现上述目标需采取的策略。

核电站的任务是经总经理部授权,在总经理部的领导和政府部门的监督下,承担核营运者的各项责任,负责管理大亚湾核电站现场的各项工。具体任务包括满足用户和电网的需要,以最优成本和安全当局与公众可接受的安全条件发电;参照国际机构的要求与国际标准,使中国核电行业在公众中保持良好形象;努力提高员工的职业水平,使核电站在当地成为模范企业;为承包商作出表率;并为将来中国核电的发展培养合格人员。

为了完成上述任务,在电站安全、经济和员工状况方面确定了10个主要目标,每个主要目标均由一位经理部领导班子成员负责。这些目标又通过指标来加以量化,并具体落实在26个项目中。10个主要目标包括:

- (1) 优化使用生产工具,以安全、经济的条件向电网供电;
- (2) 稳定组织机构的现行运作方式;
- (3) 作好预测,稳定一支合格的员工队伍;
- (4) 保持高度的工作积极性和责任心,实现中方员工自主工作;
- (5) 加强安全文化意识,提高电站性能水平;
- (6) 配合公司的发展及今后有关政策的制定;
- (7) 协调发展与厂外政府部门的关系;
- (8) 制定全面的承包商政策;
- (9) 保护环境;
- (10) 制定电站对外开放政策。

实现上述目标的策略,是为了取得满意的业绩并改进核电站的运作功能所采取的方法和行动,为此,需要制定工作计划和具体的行动计划,指定专人负责并规定完成期限,同时必须遵守电站的各项政策与程序要求。具体的行动计划由各处制定,作为各处工作计划的组成

部分。

为了衡量采取具体行动之后实现目标的进展情况和电站的性能，提出了一些指标，以对电站的运作情况有一个全面的了解。具体行动的实施状况可以反映业务计划的进展情况，而指标则既是业务计划的组成部分，也可用于对业务计划的进展情况进行跟踪检查。为了便于跟踪并掌握总体情况，选定的目标只涉及安全、经济和人力资源管理等方面。

负责实现各主要目标的经理部领导班子成员将对有关指标进行跟踪，并定期在经理部工作会议上报告进展情况。同时，还可以通过工作计划将有关指标与相应的目标进行系统的对照分析，以找出偏差，及时采取纠正措施。

业务计划制定之后向电站全体员工进行了介绍和传达，电站各处也根据业务计划的内容制定了相应的工作计划和有关行动计划。从此，大亚湾核电站各方面的工作开始按照有计划、有目标、有专人负责跟踪检查的有效方式运作。

# 大修计划调度

钟伟雄

与常规电厂不同,核电站在燃料周期结束后,必须更换核燃料。电站也正是利用反应堆换料这个机会,根据国家的有关法规和维修大纲的要求,对设备进行检查维修,尽早发现并消除设备缺陷,以提高设备的安全可靠性,减少两次换料期间由于设备的不可用而引起的停堆,提高机组可用率,以实现长期安全、稳定、经济多发的目标。

核电站的停堆检修分为两种,一是由于设备不可用,根据技术规范的要求必须停堆检修的,即被迫停堆检修;另一种是在燃料周期结束时,按计划停堆换料检修的,即为换料大修。本文所述的是换料大修的计划调度。

换料大修是一个系统工程,在短短的时间内,安排了大量的各种各样的工作,包括运行、维修、试验和性能测试、化学、工程和修改,牵涉到电站的各个部分,人员来自公司生产部和外部承包商,现场条件复杂,因此,充分的大修准备,良好的团队精神,是顺利完成换料大修的关键。

在计划调度上,我们坚持安全第一、质量第一的原则。遵守规程要求,既不要赶时间,也不要浪费时间。

## 一、机组停运大修安排

大亚湾核电站是一个国际化的商业核电站,为广东和香港电网提供电力。从两个电网的年负荷分配来看,夏季是电网的用电高峰,电网也要求核电站两台机组能在夏季满负荷运行。因此,大亚湾核电站的换料大修时间应安排在每年的冬季进行。

一般情况下,核电站的第一年换料大修为全面检查,即在正常换料大修的条件下,增加维修检查项目,同时进行压力容器的 MIS 机检查和安全壳密封性打压试验。若两台机组都进行同样的项目,两台机组停机的总时间太长,在夏季将有一台机组处于换料大修状态。因此,在国家核安全局的允许下,对大修检查项目作了调整。比如,在第一个燃料周期之后,1号机组作了压力容器的 MIS 检查,计划工期为 85 天,2号机组只作了一般的换料大修,计划工期是 65 天。第二个燃料周期之后,2号机组作了安全壳密封性试验,1号机组则只作一般的换料大修,这样一长一短,以缩短两台机组的总停机时间。

从经济上考虑,应尽量使燃料用尽,即是在机组燃耗末期开始进行换料大修。

另外,从人员的安排组织和电站的安全上,两台机组的大修间隔要求至少 10 天以上的间隔。

## 二、主隔离窗口

在大修准备阶段,在主要的检查项目确定之后,根据运行总则的要求,制订出该次大修的主隔离窗口,它简单地概括了整个大修的各个阶段及一回路的状态变化,并在状态改变时设置安全点,以便根据安全点进一步安排主要系统和设备的隔离检修窗口。

同时,运行部门也根据检查和维修项目,准备排水在线文件和主隔离许可证,以便大修实施时,将所有的工作许可证包括在主隔离许可证范围内,以简化隔离操作,大大减少隔离

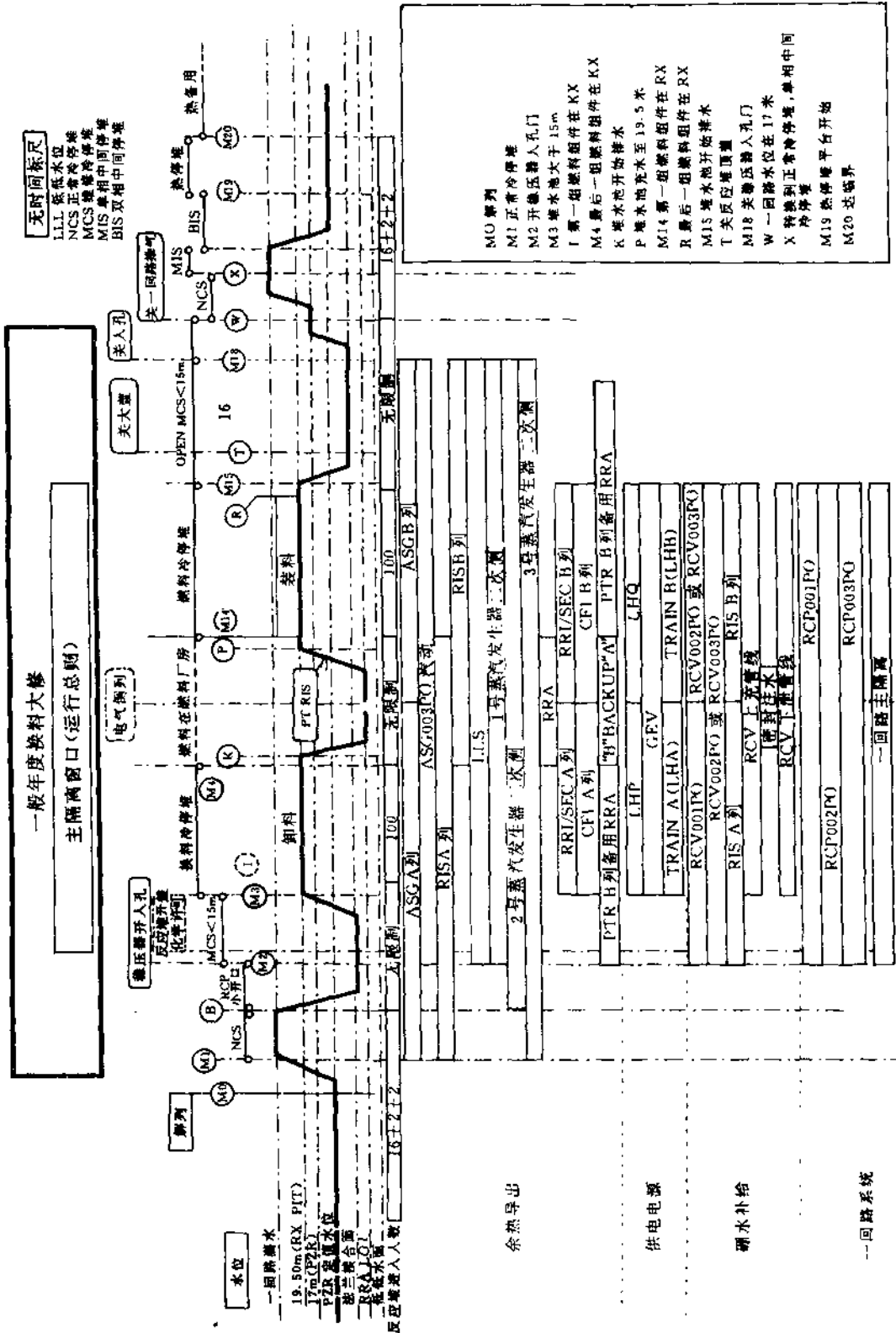


图1 一般年度换料大修主隔离窗口

工作量和负责人取许可证的等待时间。

大修期间,各专业工程师根据一回路的状态,在主隔离窗口打开后,对主隔离窗口内的所有工作尽早安排开工,把工作项目完成在主隔离窗口之内。一般年度换料大修主隔离窗口见图1。

### 三、人员进入反应堆厂房的控制

从辐射防护和安全出发,进入反应堆厂房的人数是严格控制的。从停堆到达到维修冷停堆,允许进入反应堆厂房的人数为20人,其中保健物理和运行部门各有2人,其他部门的人员只允许16人。但是,在停堆开始时,工作较多,且直接影响其他工作准备,这给计划安排带来困难。为了不影响关键路径的工作,我们采取以下措施:

1. 对反应堆厂房内的工作,制订一个以一小时为单位的工作计划,并且列出每个工作所需的人数,以便将总人数控制在16人之内。

2. 在堆厂房气闸门外设置保安值班,直接与大修经理联系,以便必要时大修经理统一调动。

3. 在控制阶段,进入堆厂房的工作都必须填写进入许可证,并经由计划工程师签字。在堆厂房入口处,值班保安检查进入许可证后,方可进入。

4. 对关键路径上的工作,或可能影响安全、关键路径的工作优先安排,如DMR、RRA、照明、通讯等。而将不影响关键路径的工作略为推后,以保证关键路径上的工作顺利进行。

### 四、大修人员组织

在大修开始之前,包括大修准备阶段,就建立了一个大修经理领导下、包括执行部门和技术支持部门的大修指挥部。图2所示为大修的组织原则。

执行部门负责大修中各项工作的实施,由执行组和质量检查组组成,技术支持部门为执行部门提供必要的技术支持服务,包括质保、核安全、辐射防护和工业安全、工程设计、合同和供应等。

从大修准备开始,就指定了质量检查员参与准备文件包,他们检查文件,设置必要的验证点和停工待检点,同时,检查备品备件、专用工具的准备情况,以确保检修文件的质量。大修过程中质量检查员参与设备检修的整个过程,并负责必要的协调工作,以确保检修活动的顺利进行。

对于QR和QSR的主要设备,检修工作繁重,接口复杂,各个专业交叉作业,如机械、电气、仪表、修改等等。因此,在大修准备阶段,指定了一名项目负责人,负责编写该项目的主质量计划,召集各有关专业开会协调,制订工作计划和主质量计划;在执行过程中,负责现场跟踪协调,使各专业工作顺利完成。

### 五、大修计划组织

在大修开始之前一周,就已完成了大修计划的全部准备工作。大修开始时,每天制订出一个以小时为单位的三天或四天滚动计划,即今天、明天和后天。此计划在每天早上更新,于大修日会之前准备好,大修会上作为重要文件分发。

每周的星期四和星期一,制订一个未来七天的大修计划,以便各个专业了解周末或新的一周的计划,做好周末人员值班安排。

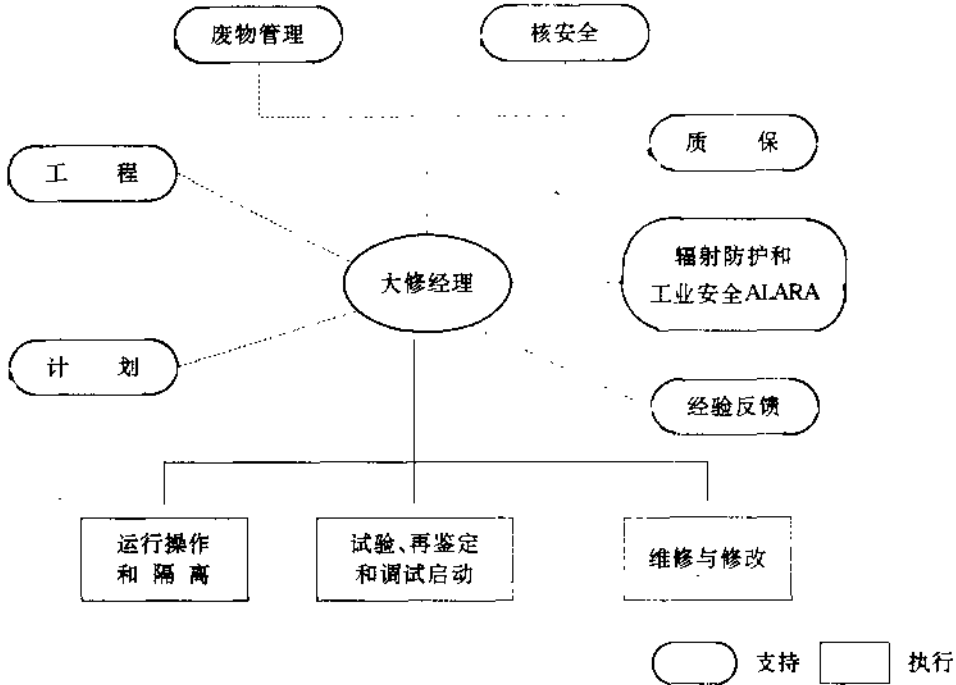


图 2 大修的组织原则

三天滚动计划每天发出两次，一次是在上午 11 点之前，作为大修日会文件的重要部分；另一次是在下午，作为晚上及第二天早上运行部门操作的计划依据。

为了使各专业的工程师、工作负责人能更好地理解计划，明确各工作之间的接口，提前做好现场准备，做到关键路径上的工作不浪费时间，大修的三天滚动计划尽可能分发到各个执行小组，包括隔离办公室和主控制室。

常规岛部分，主机的检查和给水回路的工作都可能成为大修的关键路径部分，也同样制订了滚动计划。但是，由于管理上的不同，除调试部分外，作为一个单独项目来跟踪，并时刻与核岛比较。

## 六、日会制度

从大修准备开始，大修指挥部就建立了例会制度，从每月一次到两周一次或一周一次，越接近大修，会议越频繁，在大修开始之前一周，大修例会每天一次，就是大修日会。它包括大修早会、大修日会、大修计划会和许可证签署会。

### 1. 大修早会

每天早上 8:10 在 LX24 米召开，由运行工程师主持。主要目的是介绍机组状态、主要操作和试验进行的情况、发出的一级工作申请以及需要各专业配合处理的问题。各专业汇报本专业工作进展情况、当天要执行的工作及与其他各专业的接口，根据机组的状态，大修计划组汇报当天进行的重大操作及近期的计划目标，引起有关方面的关注。

### 2. 大修日会

每天上午 11:00 在 BA-225 召开，由大修经理主持，各专业的负责人、各主要的承包商

参加。主要目的是：

- (1) 分发大修的三天滚动计划，特别是关键路径部分；
- (2) 介绍大修的进展情况、主要状态和近期主要目标；
- (3) 介绍已经完成的或将要进行的重大操作和状态变化、各个有关部门的接口以及要求大修指挥部关注的问题；
- (4) 各个专业汇报工作的进展情况、碰到的重大问题和不符合项，要求大修经理关注并作出决策。

### 3. 大修计划会

每天下午 2:30 在 BA-225 召开，由计划工程师主持，各专业的负责人、各承包商代表参加。会上主要是：

- (1) 检查当天的计划完成情况，并确认讨论晚上和第二天的计划，作为更新计划的依据。
- (2) 讨论当天晚上和第二天工作的许可证申请、重大操作对其他工作的可能影响、采取的措施及相互间的接口和联系方式、新的工作窗口安排、保证重大操作特别是关键路径上的工作能顺利进行。
- (3) 在停堆时期进反应堆厂房人员限制在 16 人，详细讲解计划并确定人员的分配、各项工作的先后次序安排。
- (4) 讨论使用放射性源作金属探伤时对其他操作的影响、现场必须采取的措施和工作窗口的安排等。

### 4. 许可证签署会

此会主要有计划工程师、运行工程师和安全工程师参加，其他专业工程师在必要时可参加。主要是检查当天晚上和第二天的许可证申请、对机组的可能影响、是否违背技术规范的要求等，在必要的情况下，重新安排工作窗口。



# 大修期间的辐射防护最优化

晏仲民

## 一、前言

大亚湾核电站的战略目标是在营运管理上达到国际先进水平。世界核电营运者协会(WANO)用于标识核电站营运管理水平的重要指标之一是核电站包括承包商在内的全体员工的个人受照剂量总和的集体剂量。辐射防护最优化(ALARA)则要求所有辐射照射都应保持在可合理达到的尽量低的水平。显然,要实现达到国际同类核电站先进水平的战略目标,就应实施最优化,降低员工的个人受照剂量,使电站的集体剂量实现可合理达到的尽量低的水平。

根据国外同类核电站的经验,对核机组而言,每年一次的换料大修期间的集体剂量约占全年剂量的百分之八十或更多。因此大修期间是实施辐射防护最优化的重点。

大亚湾核电站1号机组自1994年12月17日至1995年2月26日进行了首次换料大修,并于其后1995年2月27日至1995年4月3日、1995年4月4日至1995年5月28日、1995年5月29日至1995年7月9日进行了旨在更换控制棒导向管以改善落棒时间的三次强迫检修。2号机组自1995年4月4日至1995年5月26日进行了首次换料大修。总计历时204天集体剂量对应于1、2号机组分别为1359.1人·毫希和541.8人毫希。

## 二、健全组织机构

作为首次换料大修的重要准备工作之一,1994年9月大亚湾核电站成立了最优化委员会,职责是就有关最优化实施的重点事项作出决策并进行必要的协调。该委员会由电站安全保健经理任主席,保健物理处处长任协调员,成员包括大修经理和运行、维修、技术服务、技术支持等处的负责人以及辐射防护科科长。

作为特邀,主要参与核岛检修作业、从事与辐射风险相关工作的承包商的代表出席最优化委员会的会议。

根据换料大修中各类作业的不同,成立了五个最优化专门工作小组,即:控制停堆过程中的氧化与净化来降低一回路放射性浓度的源项控制小组;协调有关蒸汽发生器作业的蒸汽发生器小组;协调有关反应堆压力容器作业的压力容器小组;协调有关一回路系统阀门作业的阀门小组;协调有关工作现场准备、拆装保温层、核清洁、去污、屏蔽、废物收集与运输等作业的最优化措施的现场服务小组。

各专门小组的成员包括相关的专业工程师、承包商代表和辐射防护人员。在大修开始之前与大修期间,各小组就最优化实施准备以及如何采取具体措施落实最优化分别召集了多次会议,进行了大量的工作。

针对换料大修期间核岛作业多、辐射风险高而辐射防护值班人员较少的特点,从中国辐射防护研究院聘用了六名技术人员,与电站辐射防护人员一起混合分成几个小组,分别巡视反应堆厂房和核辅助厂房。这样,不仅可以加强现场的监督,还可以及时响应现场作业班组的支持请求,尽快解决现场问题。

### 三、量化目标管理

大亚湾核电站的高辐射风险区，如反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、热车间、固体废物处理厂房等均被划为辐射控制区（简称控制区）。任何人，无论是电站员工，还是承包商员工，或是参观访问的人员，进入控制区均需获得许可并通过控制区出入控制系统（KZC）。通过 KZC 系统必须具备的条件是持有个人通行磁卡、获得辐射防护许可、佩戴可实时读数的个人电子式剂量计。离开控制区时，KZC 系统就将其个人信息与其受照剂量一起存入系统中央计算机数据库用于统计并归档。

这样，有了计算机化的控制区出入控制系统和一整套严密的控制区管理制度，就可以保证任何个人的受照剂量记录的完整性，进而保证集体剂量记录的完整性。这就从软、硬件设施两个方面为最优化进行量化的目标管理提供了技术基础。

参考法国同类机组首次大修集体剂量平均值为 1.98 人·希，1993 年大修平均值为 2.33 人·希以及 1994 和 1995 年目标值分别小于 1.70 人·希和 1.60 人·希的背景情况，电站最优化委员会审议批准了保健物理处建议的大亚湾核电站首次换料大修的最优化目标为：

	1号机组大修	2号机组大修
集体剂量（人·希）	≤1.6	≤0.8
体表沾污（人·次）	≤40	≤10
体内沾污（人·次）	0	0
个人剂量	85%的个人<7毫希	100%的个人<20毫希

在大修期间，保健物理处出版剂量日报，逐日报告各单位的集体剂量、进入控制区的人数及个人最大受照剂量、累计集体剂量相对于目标值的百分比、累计集体剂量趋势。每天上午九时前剂量日报送到大修指挥部；中午前随大修日报一起发到各有关单位；每天下午五时前，个人受照剂量报表发至各主要承包商，以便其在分派作业时能合理考虑各位员工的受照剂量。

另外，对于那些有较大辐射风险的作业，如蒸汽发生器一次侧作业等，还专门设立了子目标，并进行专门的剂量跟踪。例如，通过 KZC 系统设置特殊工作编码，并要求作业班组填报包括工作人员姓名、工作时间、作业名称及受照剂量等内容的最优化反馈单。

### 四、全员参与，实施最优化

电站最优化目标的实现依赖于包括承包商在内的每位员工的贡献，也就是说全员参与，才能保证最优化的实施。

首先，主要生产单位的负责人特别是大修经理要参加最优化委员会会议，这是实施最优化获得成功的关键。为了首次换料大修，最优化委员会先后召开了近十次会议。

其次，进行广泛宣传。在电站内各主要出入通道设立最优化宣传栏，张贴最优化的目标，定期公告大修以来集体剂量的变化情况，并通过每天发至各单位的剂量日报，使全体员工都明白最优化的目标与进展，知道自己的工作与剂量结果与最优化能否成功是紧密相关的。

第三，组织专门的最优化培训。分别给电站运行、维修、化学等专业人员以及承包商工作人员以上人员进行培训。培训的要点是说明为什么及如何实施最优化。前后共有 600 余

人次接受了此类培训。另外,在所有新进电站参加大修的承包商人员都必须参加的入厂培训中,也特别增加了有关实施最优化及最优化目标的内容。

第四,借鉴国外经验,主要是法国电力公司和南非核电站的经验,保健物理处编制了约60份最优化行动单,大致包括了大修期间主要的维修作业。此行动单的目的是让作业人员知道如何在一具体作业中实施最优化,其内容包括作业现场的风险、应采取的防护措施、作业从准备到执行乃至结束时应注意的事项。

第五,加强经验反馈。大修期间,利用多种形式,进行经验交流和反馈,不断改进最优化的实施。

在大修期间召开的几次最优化委员会会议上,各专门工作小组和承包商的代表多次报告工作进展,提出改进建议。由于会议具有因认真听取意见而建立起来的相互信任的良好气氛,有些承包商提出了很有价值的建议。

另外,在各专门工作小组的会议上,以及辐射防护科每天中午召开半小时的情况交流会上,较快地反馈现场发生的问题,并及时提出解决问题的办法。例如,1号机组曾发生复装保温层而受照集体剂量偏大的事情,由于及时总结分析,找出了事先编码按序复装的纠正办法,在2号机组复装保温层时,受照集体剂量显著下降。

## 五、结 果

1号机组首次换料大修集体剂量为1023.9人·毫希,为目标值的64%。三次强迫检修的集体剂量分别为163.6人·毫希、62.1人·毫希和109.9人·毫希。1号机组首次换料大修及强迫检修累计集体剂量为1359.1人·毫希,为目标值的85%。

2号机组首次换料大修集体剂量为541.8人·毫希,为目标值的68%。

1号机组首次换料大修中,最大个人受照剂量为10.65毫希,共有22人个人受照剂量大于7毫希,98%以上的员工个人受照剂量低于7毫希。2号机组大修中最大个人受照剂量为9.66毫希,共有5人个人受照剂量大于7毫希,99%以上的员工个人受照剂量低于7毫希。

整个首次换料大修期间(1994.12.17~1995.7.9),进入控制区的总人数约为2000人(其中电站员工约占40%),控制区内的累计工作时间为22.4万人·小时,平均个人受照剂量为0.98毫希,其中最大个人剂量为18.67毫希,个人受照剂量大于7毫希的有57人,约占受照总人数的3%,均低于最优化目标值。

在此期间,共发生12例员工体表沾污事件,未发生员工体内沾污事件。所有体表沾污均已去污干净。

## 六、结 束 语

鉴于大修期间的集体剂量、个人剂量分布及沾污事件均低于预定目标,所以可以说核电站首次大修期间的最优化实施是成功的。

作为参考,1994年法国900MW核机组的大修平均集体剂量约为2.03人·希,范围为0.95至4.77人·希。相比之下,大亚湾核电站首次大修的集体剂量,1号机组明显好于其平均水平,2号机组则低于法国所有900MW机组的大修剂量。

## 换料大修期间 RCP 水传输

陈伟仲 张柱建

### 一、前言

机组换料大修期间的水传输主要是指一回路及反应堆水池的充/排水过程。由于水传输过程持续的时间较长，操作复杂且频繁，加之水传输具有的诸如因水流失造成的某些系统功能丧失（如 RRA）、堆芯冷却丧失、跑水导致设备被淹和场所污染等潜在风险；同时水传输过程也包括了机组状态改变，使得这一过程在大修中尤其重要，因此必须认真了解大修期间水传输分几个阶段、各阶段的目的、所使用的规程、水位值以及各个阶段存在的风险，才能确保水传输活动顺利地进行。

### 二、水传输的风险

主要风险有：

- 一回路低水位距离 (L.O.I) 运行时，RRA 泵易发生气蚀现象，造成堆芯冷却功能丧失，进而堆芯裸露，燃料元件烧毁；
- 跑水，增加废液，增加三废系统的负担；
- 设备被淹；
- 环境被水污染，人员污染等。

### 三、水传输的起始条件

水传输开始前机组的状态是：正常冷停堆，一回路的温度介于  $10^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ ，一回路泄压，RCP 处于封闭状态。

此外，为了保证不发生堆芯失去冷却，即堆芯在某一时间之前不至于裸露，为此，运行总则还规定水传输开始前必须满足：

- 反应堆次临界后 2 天 (GOR 510)；
- 正常冷停堆过渡到维修冷停堆的条件 (PT DHP001) 符合 (GOR 503)。

### 四、水传输过程的划分

根据停机的过程和不同工作状态的要求，换料大修水传输过程可分为以下九个阶段：(见图 1)

1. 一回路的初次排水 (从 PZR 满水位排至 L.O.I 水位)；
2. 压力容器开盖前的充水；
3. 卸料前的充水；
4. 卸料后的排水；
5. MIS 试验前的充水；
6. MIS 试验后的排水；
7. 装料前的充水；

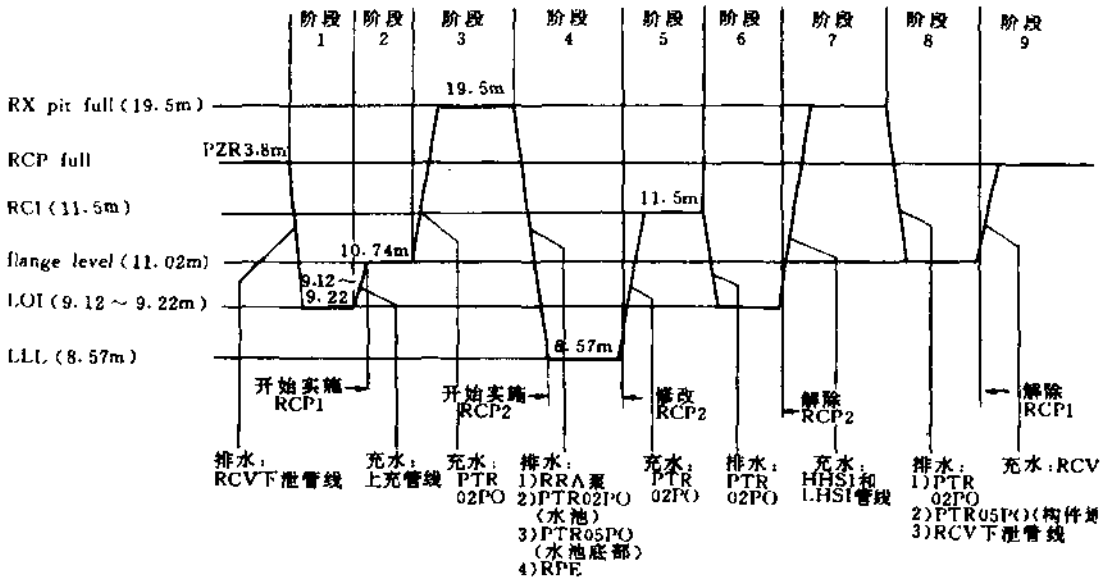


图1 换料大修期间水传输过程的划分

- 8. 装料后的排水；
- 9. 反应堆启动前的静态充水排气。

在以上九个阶段中，状态（5）、（6）用于十年大修计划中的压力容器检查，对于一年一度的换料大修，没有这两个阶段。

### 五、各传水阶段介绍

#### 1. 一回路的初次排水

这一阶段指从一回路全充满到 L.O.I 水位的排水过程，这一过程意味着机组从正常冷停堆状态过渡到了维修冷停堆状态（PT DHP001）。

排水的主要目的是对一回路进行 N<sub>2</sub> 吹扫，降低一回路气体放射性水平至允许范围（或装 SG 堵板）。

传水的途径：RCP→RRA 系统→RCV310VP→RCV030VP→TEP 前置箱（1 号机组 001BA，2 号机组 008BA）

传输水量：约 160 m<sup>3</sup>（对应于 TEP 前置水箱水位变化 20.0 m）

所用规程：D25

水位监测手段：

- 主控室-RCP441ID（RCP012MN 范围 13.6~23.4 m）  
RCP407EN（RCP081MN 范围 8.7~11.8 m）  
超声波水位记录仪（RCP999MN 范围 8.552~9.288 m）
- 现场-RCP082LN，范围：8.57~18.9，19.6~25.0 m

主控报警：

高高水位 (10.83 m) RCP465AA 意指水位上升至压力容器密封环平面，在对反应堆压力容器开盖操作时有意义；

高水位 (9.25 m) RCP464AA 意指水有进入 SG 一回路侧水室的危险，在装 SG 堵板时有意义；

低水位 (9.12 m) RCP464AA 意指水位再低时，RRA 泵有气蚀危险；

超声波水位记录仪上对于高、低水位也有声光报警信号。

这一排水过程由于燃料组件在堆芯内，危险性很高，因此必须注意以下几个方面：

(1) 排水过程中实际水位与测量水位间有差别

由于压力容器 PZR 及测量水柱间体积的不同，使得水位下降时的气耗量也不同，压力容器 PZR 的气耗量大，测量水柱气耗量小（在下降同等水位情况下），表现出来是实际水位比测量水位要高；另外，又由于 SG 倒 U 型管中水有闪蒸现象，使得实际水位与测量水位间的差值在排水过程中会发生变化，所以传水过程中要稳定一段时间以保证读数的准确；另外，传水过程中要比较 RCP 排出体积和 TEP 系统接收的体积，以确证两者之间是平衡的。

(2) 稳压器 (PZR)、蒸汽发生器 (SG) 二次侧人孔打开条件

PZR 人孔：停堆后 3 天放射性水平满足 ( $^{133}\text{Xe} < 500\text{MBq}/\text{m}^3$ ,  $^{131}\text{I} < 50\text{MBq}/\text{m}^3$ )，且 PTR B 列已具备作为 RRA 的备用；

SG 二次侧人孔：停堆后 4.5 天；

(3) L.O.I 期间 RRA 的监视

必须密切监视 RRA 的运行情况，主要参数有：

- RRA 泵流量、出口压力、温度及电流；
- RCP 水位、温度

排水过程中随着水位接近 L.O.I, RRA 的流量也应减少，以免大流量造成吸水口处涡流，影响泵运行

(4) L.O.I 期间 RCP 的吹扫

吹扫流量不能太大 (N2 压力最好为  $1.2 \times 10^5 \text{Pa}$ , abs)，以免造成 RCP 水位波动及触发 KRT 报警。

(5) 紧急补水手段安全壳完整性可用

当 RCP 水位接近反应堆压力容器法兰面时，必须 2 列 LHSI 及 RCV 可用，以保证紧急时淹没堆芯的补水。

## 2. 开盖前的充水

由于 L.O.I 运行的潜在风险大，因此 L.O.I 下 RCP 吹扫合格后应尽快地将水位由 L.O.I 升至 10.74 m 左右 ( $< 10.83 \text{ m}$ )，准备反应堆压力容器开盖。

这一阶段的充水是通过低压安注管线 RIS061/062VP，利用重力作用原理将水由 PTR001BA 经低压安注管线传至一回路，传输水量约  $30 \text{ m}^3$  (对应 PTR001BA 水位下降约  $0.3 \text{ m}$ )，在 S.G 堵板已安装情况下，传输水量仅为  $13 \text{ m}^3$ 。

所用规程：D25

水位监测手段：

- 主控室 RCP007EN (RCP081MN)
- 现场 RCP082LN

- 主控室报警 RCP465AA (高-高水位 10.83 m)  
RCP464AA (高水位 9.25 m)  
RCP464AA (低水位 9.12 m)

在这阶段应注意:

- RRA 运行情况监视 (电流, 流量, 压力) 和 RCP 参数监视
- 水位维持在 10.60~10.83 m 之间, 开盖进行过程中, 绝对不允许 RCP 水位超过 11.02 m (反应堆压力容器法兰面), 高-高水位报警时可以利用 RCP→RRA→RCV310VP→RCV030VP→TEP 途径排水。

### 3. 卸料前的充水

卸料前的充水根据工作需要分为两个阶段: 第一阶段是为了做换料机械 PMC 的水下试验面进行的堆内上部构件水池的充水 (1m 水位), 它是利用 PTR002PO 从 PTR001BA 吸水来完成的, 传输水量为 86 m<sup>3</sup> (对应 PTR001BA 水位下降约 85 cm)。

另一阶段是换料状态要求的一回路及反应堆水池的充水, 这一阶段涉及了机组状态的改变, 当反应堆水池水位 >19.3 m (反应堆水池闸板就位情况) 或 >15.0 m (反应堆水池闸板不就位情况) 时, 机组状态就由维修冷停过渡到了换料冷停状态, 所以充水前必须完成 PT-DHP, 并且结果是满意的。

充水途径为 PTR002PO 从 PTR001BA 吸水, 经 PTR127/128VB 充入内部构件存放池 (闸板已拆走), 传输水量为 1105 m<sup>3</sup>。(对应 PTRD001BA 水位下降约 11.0 m)

所用规程: S PTR2

水位监测手段:

- 主控室: RCP441ID (RCP012MN)
- 现场: RCP082LN

在充水过程中: 反应堆压力容器盖子是随着水位的上升而缓慢地提升的 (0.1m/min 对应 900 m<sup>3</sup>/h 补水流量)。当水位达到 13 m 以后, 从生物屏障上说已足够, 反应堆压力容器盖子提升速度可以加快 (不受限制)。

当反应堆水池水位达到 15 m 时, 根据一回路水放射性水平及 OPT 要求, 对一回路最低点处 (主泵与 SG “U” 管段) 进行去污操作, 以降低此处的放射性水平, 方法是打开此处 RPE 阀排水。

卸料开始前必须完成 PT DHP003, 且结果满意。

水位达到要求值后, 在换料操作期间主控室必须监视:

- 反应堆水池和乏燃料水池水位。当水位不正常地下降时, 通知停止卸料操作并执行 I PMC3 事故规程:

- 放射性水平。当放射性水平不正常上升及报警时, 报告 IPMC1 事故规程:

核岛	KRT011/012MA	KRT063/053AA
	KRT023MA	KRT029/072AA
EBA	KRT041MA	KRT027/060AA
KX	KRT013/014MA	KRT064/054AA
MCR	KRT018/019MA	KRT055/065AA
DVN	KRT017MA	KRT059MA
ETY	KRT08/09/028MA	KRT

• 硼浓度  $C_b$ 。连续硼表监测 (MCR) 及每 48 小时手动取样分析, 如果硼表不可用, 则要求每 8 小时化验一次。如果同时有一路源量程不可用, 则每小时化验一次。 $C_b$  报警值调整为 2050 mg/kg;

- 中子通量监测及报警。要求二路源量程可用, 报警阈值为 2~3 倍初始值;
- 冷却。RRA 及 PTR 运行, 温度维持在 10~60 C 范围;
- 通风。EBA、DVK 运行以保证 RX、KX 轻微负压。

#### 4. 卸料后的排水

卸料后的排水是指所有的燃料全卸到 KX 厂房后, 反应堆水池 (堆腔侧) 排水至一回路环路低水位 (Low loop level)。此时堆内上部构件存放在其存放池内, 堆水池闸板就位。

排水的目的是反应堆压力容器在役检查或 SG 装堵板。

由于无燃料组件在堆芯, 所以无安全方面的危险, 主要的限制来自泵的正常运行 (如 RRA、PTR)。

传水的方法:

19.5 m 至 11.30 m 一台 RRA 泵经 PTR140/141VB 至 PTR001BA;

11.30 m 至 9.12 m 用 PTR002PO;

9.12 m 至 8.57 m 通过 RCV 及 RCV U 管段, RPE 疏水阀门;

反应堆水池排空: 通过 PTR005PO 及疏水阀。

总排水量:  $492 \text{ m}^3 + 50 \text{ m}^3 + 8 \text{ m}^3 + 10 \text{ m}^3 (= 560 \text{ m}^3)$ 。

对应于 PTR001BA 水位上升 5.1 m, TEP 前置箱水位上升 1.0 m。

所用规程: S PTR2

水位监测手段:

- 主控 RCP441ID (RCP012MN)  
RCP407EN (RCP081MN)
- 现场 RCP082LN

反应堆水池的去污工作要求安装模拟盖, 以防止脏物掉入堆芯。

#### 5. MIS 试验前的充水

这一阶段充水目的是为了进行反应堆压力容器在役检查, MIS 试验要求水位维持在 11.5 m。

该充水是利用 PTR002PO 从 PTR 水箱吸水注入堆腔池实现的, 传输水量约  $80 \text{ m}^3$  (对应 PTR001BA 水位下降 0.7 m)。

所用规程: S PTR2

水位监视由现场 PCP082LN 完成。

#### 6. MIS 试验后的排水

此排水的目的是为了拆 SG 堵板, 要求水位排至 L.O.I, 排水途径: PTR002PO 至 PTR001BA。

传输水量: 约  $60 \text{ m}^3$  (对应 PTR001BA 水位下降 0.5 m)

所用规程: S PTR2

水位监测手段:

- 主控 RCP407EN (RCP081MN)
- 现场 RCP082LN



- 报警 高-高水位 RCP465AA (10.83 m)
- 高水位 RCP464AA (9.25 m)
- 低水位 RCP464AA (9.12 m)

在 SG 拆堵板工作期间, 必须保持水位在 9.12~9.25 m 之间, 避免出现高水位报警 (RCP464AA)。

#### 7. 堆芯装料前的充水

充水的目的是为了堆芯装料, 要求水位是 19.5 m。这一充水阶段可以进行 RIS 泵的全流量试验, 安全管线的充水也在这一阶段完成。

充水途径: 低压安注泵及其安注管线;

高压安注泵及安注管线, 或者 PTR002PO。

传输水量:  $560 \text{ m}^3$  (对应 PTR001BA 水位下降约 5.1 m)

所用规程: S PTR2

水位监测手段:

- 主控 RCP441ID (RCP012MN) 及 PTR01BA 水位
- 现场 RCP082LN

装料期间的监视与卸料监测相同。

#### 8. 装料后的排水

装料结束后, 需降水位至 10.74 m ( $<10.83 \text{ m}$ ) 以便反应堆压力容器盖就位。由于堆芯内有燃料组件, 传水具有危险性。

传输水途径: 19.5 m→11.3 m 用 PTR002PO

11.3 m→10.74 m 经 RCV 下泄管线 (RCV310VP+RCV030VP)

反应堆水池积水经 PTR005PO 及 RPE 疏水管线

传输水体积:  $1100 \text{ m}^3 + 2 \text{ m}^3 + 235 \text{ m}^3 = 1337 \text{ m}^3$

PTR001BA 水位上升 10 m+2.2 m

TEP001/8BA 水位上升 0.25 m

所用规程: S PTR2 及 D28

水位监测手段:

- 主控室 RCP441ID (RCP012MN)
- RCP407EN (RCP081MN)
- 现场 RCP082LN
- 相关报警 高-高水位 (10.83 m) RCP465AA
- 高水位 (9.25 m) RCP464AA
- 低水位 (9.12 m) RCP464AA

注意: 该排水过程涉及到机组状态的改变 (换料冷停到维修冷停), 因此排水前必须完成 PT DHP005 且结果满意。

在水位下降过程中, 反应堆模拟盖是随水位下降而降低的, 安装模拟盖是为了防止在堆水池清洗去污时稀释一回路及脏物进入堆芯;

在一回路低水位阶段, 必须监视 RRA 运行情况;

如果是非十年大修工况, 由于无 (5)、(6) 充/排水阶段, 反应堆压力容器盖后还须排水至 LOI, 以便拆 S.G 堵板, 其方法为利用 RRA-RCV 连线传水至 TEP 前置箱, 传输水量为

30 m<sup>3</sup>。

#### 9. 反应堆启动前的静态充水排气

此阶段的结束将意味着机组状态由维修冷停过渡到正常冷停，所以充水前必须完成 PT DHP007。

此阶段的充水是分阶段进行的，根据 RCP 水位的不同，分别划分为重力充水阶段和泵力充水阶段。

充水途径：

10. 83~11.6 m 通过 RIS021/020VP 和 RIS023/029VP 管线重力充水

11. 60 m~PZR-3 m RIS 泵及低压安注管线冷端充水

PZR-3 m~3.8 m RCV 泵及上充、轴封管线充水

传输水量：约 150 m<sup>3</sup>（对应 PTR001BA 水位下降 1.4 m）

所用规程：D29

水位监测手段：

• 主控 RCP441ID (RCP012MN)

RCP407EN (RCP081MN 充水结束后将其退出运行)

• 现场 RCP082LN

反应堆压力容器排气阀，PZR 排气阀连续水注出。

## 六、传水过程的注意事项

为保证水传输能准确无误地完成，必须注意以下几个方面：

1. 加强大修核安全培训，使运行人员了解水传输的各阶段及其潜在风险及紧急补/排水手段；

2. 加强人员的责任心；

3. 明确指挥系统，加强现场与主控的联络，加强各种与传水有关的信息的沟通；

4. 加强主控的监盘，及早发现问题并及时采取纠正行动，防止事故的发生；

5. 计划周全、系统设置正确、配合默契、严密监视是完成正确水传输的关键。

## 2号机组大修核安全监督

陆 玮

### 一、引 言

大亚湾核电站2号机组从1995年4月4日零时解列至1995年5月20日重新并入电网,共用46天20小时,比原计划提前6天完成所有大修项目,实现了安全第一、质量第一、一次启动成功的大修目标。

与1号机组大修相比,2号机组是在极端困难的条件下开始大修的。由于1号机组控制棒落棒时间超过限值,因此,核电站不得不面临1号机组控制棒抢修和2号机组大修的双重任务,除工作负荷大幅度增加外,从总经理到广大员工还要承受因两台机组同时停机而来自社会舆论的压力。在这种情况下,能否保证2号机组大修顺利进行,按计划实现机组并网、发电,无疑是核电站运行、维修、管理等各层次人员的一次考验。事实证明,核电站经受住了这次考验,在总经理部一切资源确保2号机组、工作安排优先2号机组的明确思想指导下,核电站全体员工团结拼搏、争分夺秒;国内外承包商大力协同、勤奋工作,使2号机组大修的各个阶段都取得了比预期还要好的效果,卓有成效地完成了2号机组的大修任务。

在大修的整个过程中,核电站经理和大修指挥部十分重视利用1号机组的大修经验反馈,努力改进和提高2号机组的大修工作。但是,核电机组的大修是一个多专业、多工程、各方承包商联合工作的复杂过程,我们从事核电机组大修的经验甚少,因此,大修中也出现了一些问题,发生了一些事件。出现问题并不是坏事,说明我们还必须加强管理,加强核安全监督的有效性。通过对事件的分析,特别是从事件中找出根本原因,提出纠正措施,取得经验,这样无论对机组的下一燃料循环运行还是对机组的以后大修都是十分有益的。

### 二、大修期间的重大事件评价

2号机大修期间共发生了7起重大事件,其中3起1级事件,4起0级事件,事件原因分配如下:(见图1)

人因是事件发生的主要因素。发生多起人因事件的一个重要原因是在2号机组大修期间,正逢1号机组因控制棒落棒时间超差而进行抢修,两台机组同时开盖使工作量成倍增加,员工的心理承受着巨大的压力,在这种背景下,出现人为差错的可能性就会增大。2号机组大修事件人为失误的原因分布见图2。

2号机组首次大修期间发生的多起重大事件说明电站在管理上还需要改进。总体说来涉及到以下几个方面:

#### 1. 工作准备:加强规程准备以及风险分析

典型事例:RCP排水时水位计不可用(事件编号:SER95-2-12)。

#### 2. 遵守规程:包括遵守有关技术规程和技术规范的要求,工作时严格按规程操作,杜绝无工作票操作;

典型事例:系统的隔离和在线缺陷(事件编号SER95-2-09, SER95-2-11)。

#### 3. 加强沟通:班组内部、处与处之间的沟通、协调十分重要;

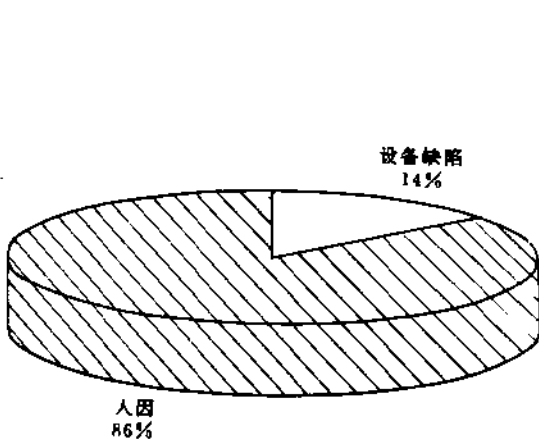


图1 重大事件原因分配

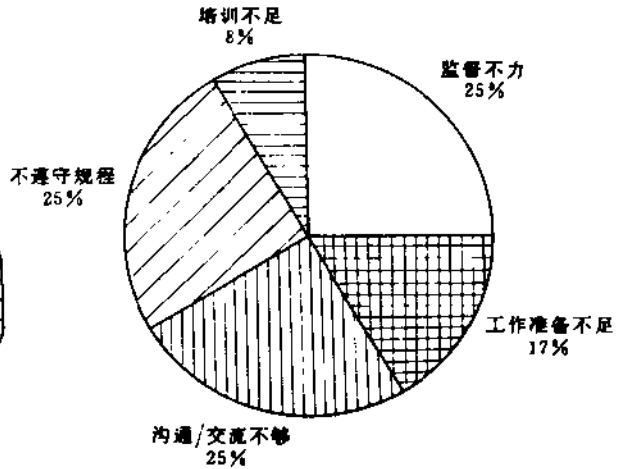


图2 2号机组大修事件人为失误根本原因分布

典型事例：蒸汽发生器排水前未实施 TCA (Temporary Control Alternation) (事件编号：SER95-2-08)

4. 员工培训：扩大员工的专业知识面，加强经验反馈，避免人因事件的发生；

典型事件：1号机组发生过的事件在2号机组重复发生（事件编号：SER95-2-12）。

5. 完善监督：加强工作过程的检查，健全质量保证质量控制体系；

典型事例：RPN 保护定值设定错误，导致停堆（事件编号：SER95-2-13）。

### 三、大修核安全监督

#### 1. 再启动安全审评会议

此会议的目的是在机组离开下列状态前，电站经理召集各专业负责人，通过审查技术规范的要求，检查状态转换所需的条件是否满足并清查遗留问题是否已经解决：

- 反应堆装料前
- 离开正常冷停堆前
- 反应堆临界前

#### 2. 国家核安全局现场审查会议

- (1) 停堆前：换料报告审查会，内容包括对大修各项组织准备和与安全有关活动计划的审查
- (2) 离开冷停堆前：停堆结果审查会，内容包括对换料、维修、修改、在役检查、定期试验、不符合项、重大事件及其它问题的处理情况及再启动报告的审查
- (3) 临界前审查会：检查临界条件是否满足
- (4) 90%功率后8天：启动试验结果审查会

#### 3. 核安全技术顾问的独立监督

大修期间，有一名安全技术顾问参加大修组织机构，全面负责大修的技术支持和协调工

作,同时与值班的安全技术顾问一起组成大修的安全独立监督体系:

- (1) 参与大修计划的制订,检查工作计划是否与技术规范的要求相符合;
- (2) 对重大安全相关活动进行风险分析,如重要配电盘的停运,RCP排水等;
- (3) 检查定期试验及再鉴定试验的实施;
- (4) 分析大修中出现的异常事件,及时得出经验反馈;
- (5) 监督特许申请的实施,2号机大修期间共提出了2个特许申请,没有提出以计划为目的的特许申请;
- (6) 在状态转换前,检查技术规范所需条件是否满足。

#### 四、大修管理评价

2号机组首次大修的计划管理是科学的、成功的,大修计划组对关键路径上的各项活动予以高度重视,并实行了有效的控制。大修经理对大修中的各项活动和专业的协调工作抓得紧,使工作严格按计划执行,满足了与技术规范一致性的要求。在状态改变前,安全技术顾问及时跟踪动态状态检查规程所需设备的可用状态,要求各专业对其所辖的设备能及时恢复可用。在正常冷停堆以下的每个状态,各运行值使用“静态状态检查点”规程,一方面使操作员熟知机组状态,另一方面检验“技术规范”的最少设备可用性要求是否得到满足。

2号机组大修自始至终均保持很高的透明度,发现问题及时汇报,经验反馈立即得到落实,避免同样的事件再次发生。

2号机组首次大修的管理从总体讲是成功的,但也存在着尚需改进的方面:

- (1) 再鉴定工作没有按照程序要求及时完成。为改变这一状况,在第二次大修时,增加了一名专职再鉴定工程师,全面负责这方面的工作。
- (2) QC人员的作用没有得到充分的发挥。如何使QC人员更多地介入检修活动,特别是承包商的工作中去,是本次大修需总结的问题之一。
- (3) 对大修定期试验的执行缺乏独立、有效的监督。值班安全技术顾问不但应每天跟踪定期试验的进度,还应在转换状态前预先检查所需定期试验是否已经完成,做到心中有数。
- (4) 一线员工缺乏自我检查,还需加强“STAR-停、想、做、查”的工作习惯和质疑的工作态度。

#### 五、结束语

2号机组第二次换料大修工作于1995年12月21日正式开始,此次大修预期77天完成,特殊工作是控制棒导向管全部更换方案的实施,以及安全壳打压试验。各级领导和有关部门决心在深入吸取首次大修的经验教训后达到无人为重大事件和无上次大修中已发生过的重大事件的安全目标,保质保量按期圆满完成大修任务。

## 6.21 未遂触电事故的调查分析

### 慕齐放

1995年6月21日上午9时45分左右,当电气科人员在2LGE602(6.6kV)的电流互感器(CT)二次侧接测试线时,一次侧被意外接通,造成核电站运行以来发生的最为严重的一次未遂触电事故。事件发生的过程虽很短,但暴露出不同部门的人员在进行同一项工作时在工作准备、安全责任等方面存在的共同问题,具有一定代表性和典型性。

### 一、经过

6月15日,技术支持处(OTS)在完成CTE新变压器安装后,提出要维修处(OPM)电气科测试2CTE020RD启动电流及运行电流的工作申请(WR0328983)。

6月21日上午约8点钟,电气科试验负责人取到试验许可证(9PT5196),许可证上标有2LGE602由试验负责人管辖,试验前要通知主控室。

9时左右,试验负责人与OTS工程师联系共同到制氯站(HX)现场进行试验,并约定OTS工程师在HX现场监视,试验负责人在电气厂房(LX)电气盘2LGE602接测试设备,完成后通知运行处,由运行人员启动设备,开始测试试验。

OTS工程师与厂商代表到HX后,看到2CTE B列正在运行。此时,两台次氯酸钠注入泵中的一台(2CTE012PO)由于故障停运,按系统运行要求,应减流量运行,即只应有一个系列运行。考虑到A列正在接测试线,马上就要启动进行试验,于是他们在未获运行人员许可情况下,停运了B列。经9时10分,主控室当值操纵员发现2CTE两列均已停运,立即通知外围现场操作员到HX检查并启动一列运行。现场操作员到HX检查时碰到OTS工程师,他向现场操作员解释停运B列的原因,并告诉他在A列上有试验工作,不能启动。现场操作员告诉OTS工程师,无论有什么原因,停运设备应通知主控室。此后,该现场操作员离开HX。OTS工程师意识到停运B列确有不妥,便去给2号主控室打电话,说明这一情况。恰在此时,另一名外围现场操作员由泵站出来到HX检查,同样发现两列停运,根据主控室要求,应开启一列,在不清楚B列停运原因情况下,他操作2CTE020TL,开启了A列。此时,电气科人员在LX的2LGE602的CT二次侧上接线未完,好在此时没有触到CT二次侧,发现负载被启动,立即停止工作。否则必将发生人身触电伤亡事故。

### 二、原因分析

使2LGE602一次侧接通有两个条件,一是2LGE602处于关闭位置,二是现场接通2CTE020TL。

因此,造成事故的主要原因:

1. 接线测试前未拉开2LGE602。根据试验许可证所列,该开关已交由试验负责人控制管辖,试验负责人在接线前应将其拉开,这样即使现场关闭2CTE020TL也不会使一次侧接通。事后调查表明,试验负责人认为接线工作很快便可完成,现场有人监视,不会出现一次侧被接通的问题。

2. 厂商代表及OTS人员在未通知主控室获得运行许可情况下,现场违章停运B列设备,

使主操在不清楚 B 列停运原因情况下,下令启动 A 列设备。

3. 尽管试验许可证已由隔离办发出,但主控室操纵员不知道 A 列上有试验。

4. 2CTE020TL 未被列入试验许可证,现场未挂牌,现场操作员无法辨别该开关是否涉及试验人员安全。确定的试验控制范围不完整。

5. 试验人员检查测试线和重新接测试线时,没有先将插头拔下,而是直接在测试点上接线,违反了安全操作规定。

### 三、根本原因分析

1. 职责不清,协作不力,造成对风险估计不足,准备不充分。

CTE 更换变压器的工作由 OTS 协调厂商进行安装调试,完成后,提出要 OPM 电气科测试启动、运行电流的工作申请。OTS 人员认为试验负责人是电气科,一切工作应由其安排和协调,电气科人员则认为整个 CTE 项目安装、调试都是由 OTS 负责,电气科仅是协助 OTS 测试电流,应由 OTS 进行总协调和安排。工作前双方未详细商量测试步骤、方法、注意问题等。电气科人员对该系统状态不大清楚,有的试验人员以为 CTE A 列在主控室控制启停。整个试验准备不充分,安全措施不完善。

2. 作业人员遵守安全规定意识不够。OTS 人员没有做到有效监督厂商,造成厂商人员在没有任何许可证、运行人员没有得到任何信息情况下擅自停运 2CTE B 列设备,这是运行人员启动 2CTE A 列,从而导致这次未遂事故的一个重要原因:电气科人员在复查接线时也没有拔下插座而直接在上面操作,违反了安全操作规定。

3. 试验人员存在麻痹思想,认为仅用几分钟便可完成工作,现场又有人监视,未拉开 2LGE602 便开始接线操作。

4. 试验许可证准备、审查中风险分析不够,只考虑了 2LGE602,认为拉开后不会对作业人员造成触电风险,忽略了在 2LGE602 未拉开情况下,现场有启动设备的可能性。因而未将 2CTE020TL 列入试验许可证。

5. 运行处内部的信息交流不够。主控室操纵员应对设备所处的状态(运行、隔离、试验)有清楚的了解。

### 四、改进措施

1. 多部门完成同一项作业,要明确责任、分工。工作准备阶段要求相关的人员提出作业风险和注意问题。工作指令中写清协作人员姓名,在工作实施中应给予哪些配合和支持。作业开始前,所有人员要碰头各自介绍情况,弄清系统状态、控制方式、各自职责、注意事项、联络方法。

2. 召集此次事件有关人员分析事件原因,分清责任,吸取教训,提出改进措施。

3. 认真作出经验反馈,将此事作为工业安全教育的实例,结合到工业安全培训中,提高全体工作人员的安全意识,培养遵守安全规定的自觉性。

4. 强调作业人员与运行控制人员的联络与协调,尤其要求持试验许可证人员在进行与设备相关的任何工作之前必须与主控室联络,加强相关各方的协作与配合。

## 7.18 停机停堆事件分析

李晓明

### 一、事件经过

1995年7月18日1号机组100%堆功率，发电机电功率为967MW，机组运行平稳，电气科低压专业人员在1LCB001TB上做两台充电器的半年一次周期性检查（测量充电器的纹波系数）。1LCB系统见图1，原运行状态为充电器002RD运行，充电器001RD备用，48V蓄电池处于浮充状态，001JA、002JA、005JA开关投入，003JA断开。在检查过程中，突然引起停堆停机。经过顺序为：

1. 测量充电器002RD的纹波系统（在运行状态下）；
2. 按002RD上的紧急停电按钮003T0，将002JA和004JA跳开；
3. 合003JA，充电器002RD投运；
4. 测001PD的纹波，然后断开003JA；
5. 准备恢复原始状态，合004JA一次未成功→反应堆停堆（上午9点06分36秒）。
6. 判断事故原因后，迅速启机，当天下午13点51分重新并网。

### 二、事故调查和分析

在测量1LCB001RD的纹波电压后，断开1LCB003JA，合了一次1LCB004JA，由于过流，没有合上，事故顺序记录仪KIT未有1LCB002RD充电器恢复正常的记录，由此推断1LCB002RD仍未投运。在充电器未投运情况下也就是交流侧开关002JA没有合上情况下闭合充电器的直流开关004JA是误操作，此时蓄电池除了向负荷供电外，还要向充电器的滤波电容（33000UF）提供充电电流（相当于瞬间短路），导致1LCB001TB母线电压扰动，这一扰动引起反应堆保护系统的RPR部分电源变换卡（48V直流变换为24V交流的变流卡，也叫UF卡）输出闭锁，导致反应堆停堆。

电气科为了验证上述的推断，于7月21日上午在0LCK001TB（化学水直流系统盘）上模拟上述操作。在充电器投运的情况下，投入直流开关，电压只有2~3V的波动，而在充电器未投运的情况下（交流侧开关未投），闭合直流开关，产生瞬间电压波动，瞬间电压波动由48VDC降为17VDC，脉冲间隔时间为12ms。由此可以判定在充电器未投运情况下，误合1LCB004JA是此次跳堆的主要原因。而测量电压纹波并未引发停堆。

为了进一步证明充电器未投运条件下误合直流侧开关与UE卡失电的关系，7月24日下午电气科和仪表科又在0LCK001TB上做模拟操作，充电器未投，合直流开关时，UE卡是否失电？从两侧录波来看，UE卡在电压扰动瞬间并未失电，但输电电压的波型严重畸变。

由于0LCK001TB的蓄电池容量为200AH，负荷电流为15A左右，而1LCB001TB的蓄电池容量为800AH，负荷电流接近100A（在事件发生时），0LCK和1LCB充电器滤波均为33000UF。因此以上的测试只能给出定性的分析。UE卡失电与直流电压波动的定量关系有必要进一步验证。但有一点可以肯定，即：充电器未投运情况下投入直流开关，对UE卡电压的输出确有影响。



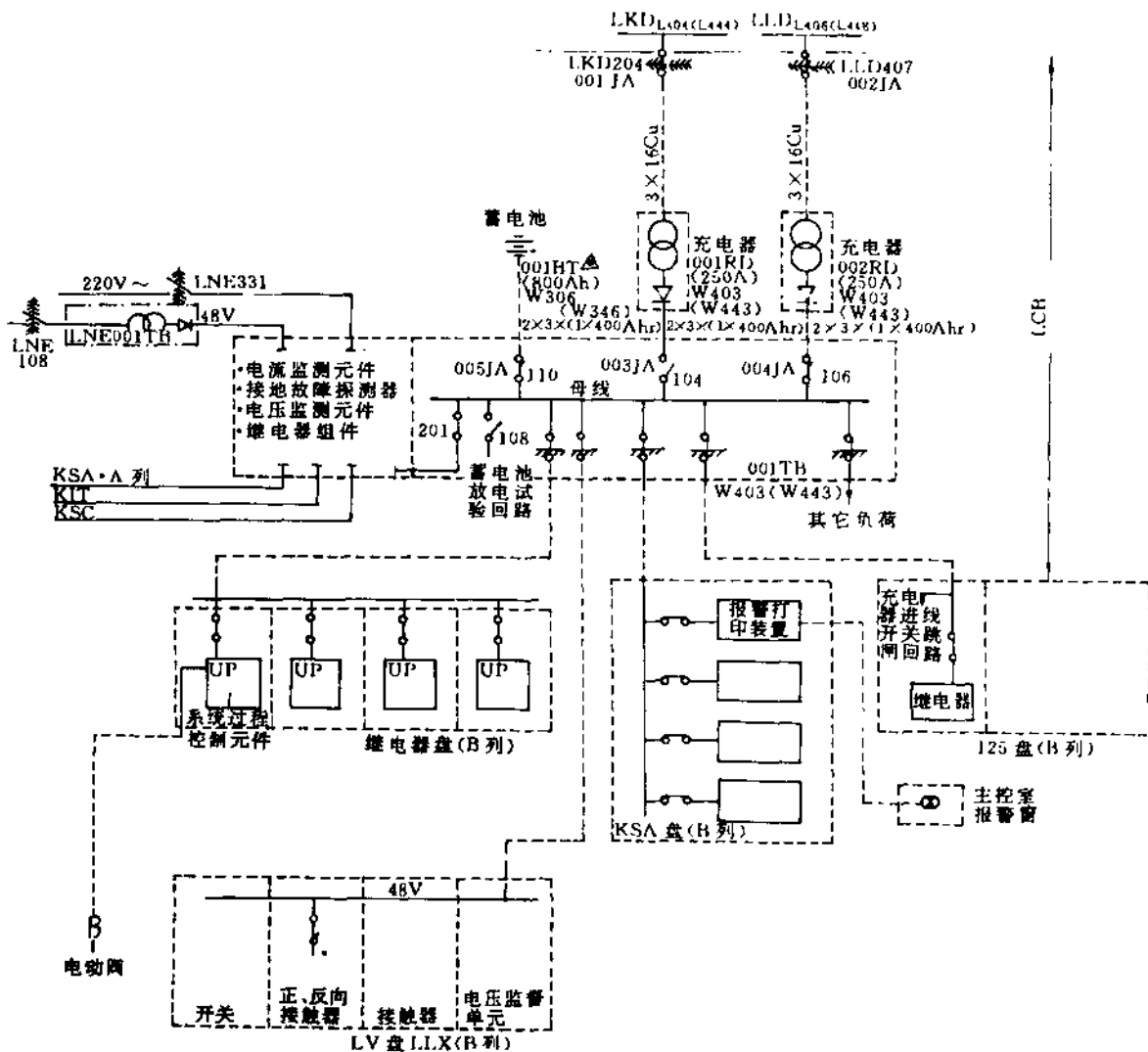


图1 LCB系统线路示意图

为了确认 1LCB001BT 蓄电池的性能良好。电气科又检查了蓄电池的电压及电解液比重，结果正常。

“7.18”紧急停堆事件的直接原因有两点：

一是，电气工作负责人未严格按程序操作，在充电器未投入运行的情况下，投入直流开关，引起电压瞬间扰动，导致 UE 卡失电而停堆。

二是，部分 UE 卡的技术性能不能承受 15 ms 之内的电压扰动，导致停堆。由此可以推论，在 LCB 盘下所带的其它负荷如果出现故障短路，由于这些直流开关的固有切除故障时间是 10~15 ms（见相关技术规范书），也可能导致停堆。

事故发生的间接原因是管理和技术方面的，主要有：

1. 从工作过程来看，第一步，使用了错误的工作许可，本来做试验只要是操作设备就要使用试验许可票（PT），而这次工作使用的是介入许可票（PI），即不许动设备，如果需要，应由运行人员操作；第二步，没有按维修程序操作按了 002RD 的紧急停止按钮 003T0，将 002JA 和 004JA 跳，留下了跳堆的潜在隐患；第三步，准备恢复原始运行状态时，在没有投入交流侧开关 002JA 的情况下，误合了直流侧开关的 004JA，引起 UE 卡失电，导致停堆。

2. 工作负责人对充电器的技术性能不够了解，特别是对瞬间电压扰动的严重后果无明确认识，缺乏这方面的技术培训。

3. 由于部分初版的维修程序繁杂，有的工作步骤在现场执行较为困难，但这些信息反馈不够，应该改版的执行程序没有能够及时改版，在经过几次预防性工作后，出现了没有严格按程序执行工作的现象。

4. 工作前风险分析不够，特别是对 LCB、LCA 这类系统的认识不足，没有使用正确的工作许可。

### 三、防范措施和纠正性行动

以 7.18 事件为例举一反三，广泛进行学习、讨论、分析、汲取经验教训，进行核安全文化教育。提出以下纠正性行动：

1. 重视风险分析，有计划地进行风险分析方法的培训、不断提高风险分析的能力和质
2. 提高严格执行程序的自觉性，如确认程序有缺陷，则按规定及时对程序进行修改和生效；
3. 加强员工的技能培训和在岗培训。

# 控制棒落棒时间超差事件及其处理

常春林

## 一、问题的发现

大亚湾核电站 1 号机组在完成首次换料大修后、临界启动前,根据运行技术规范的要求,于 1995 年 2 月 14 日进行了热停堆工况下的控制棒落棒试验,发现 53 组控制棒中有 7 组落棒时间  $T5^*$  超出了验收准则 (2.15 秒),最高的 H12 达 3.17 秒。当时的初步分析认为,可能是导向筒内结垢或燃料元件导向管内的腐蚀产物沉积物导致落棒阻力增加,进而造成落棒时间超差。2 月 15 日~17 日又做了若干次落棒试验,结果  $T5$  呈下降趋势,只剩下 4 组略有超标,落棒时间最长的是 B8,  $T5=2.33$  秒。机组在 50%FP 功率运行 2 天后,退回热停堆状态并于 2 月 27 日重做落棒试验时发现,原先超标的 7 组仍然超标。

2 号机组在 3 月 4 日利用停堆机会也进行了一次落棒试验,和调试阶段相比,落棒时间有上升趋势。

上述一系列试验表明:

一和调试阶段相比,  $T5$  平均值有所提高。

一所有落棒时间长的都是 R 组和 G 组控制棒,运行期间它们的累计行程(步数)相对多。

多方专家(JVC+FRAMATOME+EDF)对上述一系列试验进行分析,认为造成落棒时间超差的可能原因有下述 2 种。

一控制棒驱动线上的机械阻力和水力阻力。

一机械阻力和作用于控制棒上的水力侧压力。

## 二、技术背景

和法国 CPY 堆型相比,大亚湾核电站机组在反应堆堆内构件结构设计和水力设计上作了一些修改。

### 1. 结构设计

结构设计修改有三部分(见图 1):

一控制棒导向筒;

一其它上部堆内构件;

一燃料组件;

导向筒的修改:

一导向筒上段加长了,下段缩短了,但总长度不变;

一连续导向段加长了,由 526 mm 改为 960 mm;

一单孔开口导向管和双孔开口导向管上的流水孔的位置和数量作了修改(见图 2)。

一连续导向段 4 块格板中上面 3 块是阻流板。

上述修改造成连续导向管外侧开口处水的流速高于导向管里面的流速,形成横向压差使

\*  $T5$ —从控制棒组件开始下落至达到燃料组件控制棒导向管缓冲段入口的时间。

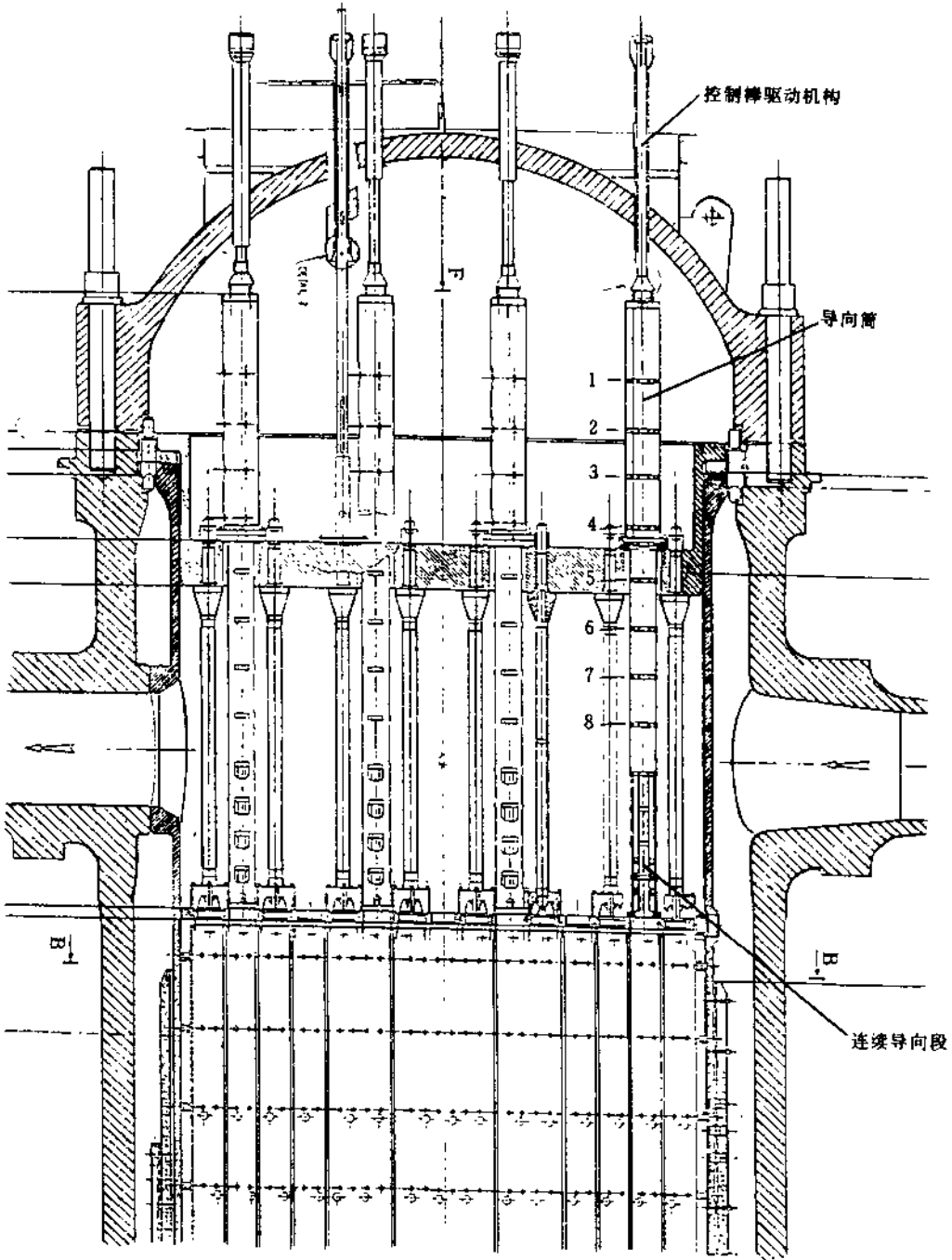


图1 堆内构件布置

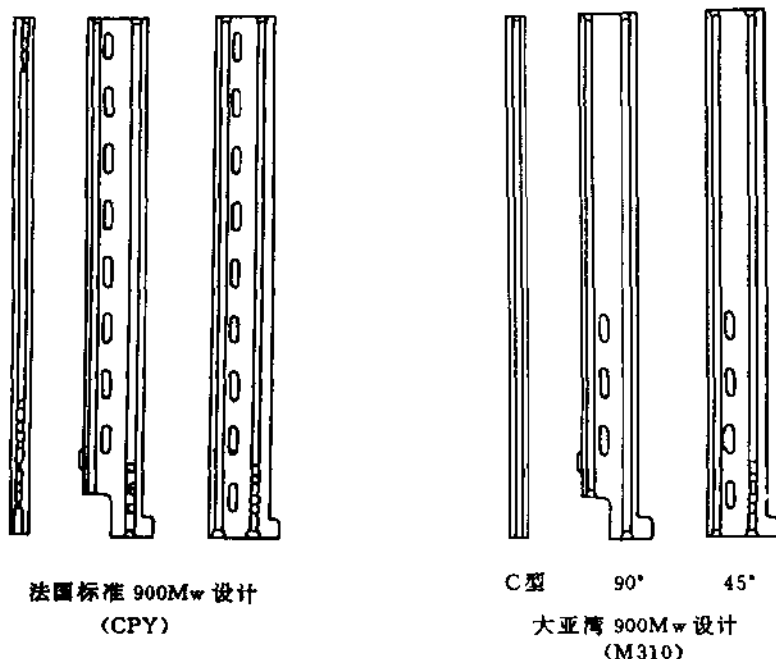


图2 导向筒连续导向段开孔设计对比

法国标准 900MW 设计 (CPY)

大亚湾 900MW 设计 (M310)

控制棒紧贴在导向管的开口处。这一修改解决原设计中由于控制棒在横向处于相对自由状态,由于水流作用,使之和导向管产生振动磨损的问题。法马通公司设计阶段的试验表明,这一修改对应地使控制棒落棒时间延长约 0.1 秒。

根据分析,其他上部堆内构件和燃料组件的结构设计修改对控制棒落棒时间影响不大。

## 2. 水力设计

大亚湾核电站的堆芯设计流量和 M310 堆型相一致,高于法国标准 900MW (CPY) 机组的流量水平(见表 1),其目的是进一步挖掘堆芯潜力,使发电功率由 900MW 提高到 983.8MW。

表 1 大亚湾核电站 (GD) 堆芯设计流量与 CPY 机组的比较

	总体积流量 (m <sup>3</sup> /h)	
	CPY	GD
热工水力流量	65880	68520
最佳估计流量	68100	71370
机械设计流量	70920	74220

可见,和 CPY 堆型相比,大亚湾的设计流量提高了近 5%,对应造成落棒时间延长约 0.1 秒。

### 三、1 号机组 3 次强迫大修及根本原因的判定

#### 1. 第一次强迫大修及根本原因的调查

根据 2 月 14 日到 2 月 27 日在 1 号机组上所做的一系列落棒试验的结果和基于这些试验结果所作出的可能原因的分析,本着安全第一的原则,并考虑到设备尚处在保证期内,3 月 1 日公司董事会决定对大亚湾核电站 1 号机组反应堆重新开盖,调查事件的根本原因并争取早日使机组投入安全运行。

反应堆重新开盖后对堆内构件、控制棒、导向筒、燃料组件作了一系列的检查,包括拖曳力试验、上部构件位置测量、导向筒内的电视检查、驱动杆检查、热套管检查、控制棒涡流+电视检查、燃料组件检查等。检查结果表明:造成控制棒落棒时间超差的根本原因是由于水力因素引起的作用于控制棒表面的侧压力造成的机械摩擦和由于控制棒和导向筒磨损后表面状态改变引起的机械摩擦。

基于上述对根本原因的判断,决定将 1 号机组所有原有标准控制棒(304L 不锈钢包壳)换成新的渗氮控制棒(316L+表面渗氮)。并计划在 2 号机组换料大修时也作同样的更换。法马通公司介绍,使用新的渗氮控制棒的作用是:

- 可以防止控制棒和导向筒由于同种材料而出现的“冷焊”现象;
- 可以降低摩擦副之间的摩擦系数;
- 单作控制棒更换处理,可保留原来作用于控制棒表面的水力侧压力,防止振动磨损。

完成上述控制棒更换及相关操作后,机组于 3 月 28 日达到热停堆状态,落棒试验结果是 53 组控制棒中有 16 组落棒时间超差,其中 5 组卡棒,情况更糟。

#### 2. 第二次强迫大修及根本原因的确定

第一次强迫大修的失败,说明对事件的根本原因的认识是不全面的,措施是错误的。公司领导发动全体员工献计献策,收集各种可能的解决措施 30 多条,并根据其实现的难易程序分为短期方案、中期方案和长期方案,请法马通公司和 EDF 分别对这些方案从技术可行性及安全角度进行评论,淘汰了那些从技术可行性及安全角度明显不适用的方案。4 月 8 日,JVC 会同中外专家(中核总+EDF)和法马通公司的高层会议决定:

(1) 法马通公司建立更完整的检查大纲,包括将 H12 导向筒从堆内取出作检查,以进一步确定事件的根本原因。

(2) 作为短期方案:

- H12 导向筒取出检查;为保持堆芯的对称性,将 H8 位置的导向筒移至 H12 位置;
- 将所有渗氮控制棒换回原来的标准棒;
- 在原先备用的 8 个位置加装控制棒;
- 法马通公司提交必要的安全分析文件、监督大纲及新的 T5 准则(2.62 秒)作支持,争取即使有一定数量的控制棒落棒时间超出 2.15 秒,机组仍能维持 75%Pn 以上功率水平运行到年底。

(3) 作为中期方案:通过以下方法降低一回路流量 20%~25%。

- 更换主泵叶轮
- 蒸汽发生器出口处加装节流孔板

· 其它

(4) 作为长期方案：修改大亚湾现有导向筒设计

- 选用法国 1300MW 导向筒设计
- 选用韩国蔚珍核电厂所用的导向筒设计
- 在大亚湾现有设计基础上作修改。

同时，决定 2 号机组换料大修期间，保留原有 53 组标准控制棒，在 8 个备用位置导向筒内加装渗氮控制棒\*，建立扩音器在线监督大纲。

4 月 9 日，1 号机组重新开盖，实施上述临时方案。5 月 13 日再次达到热停堆工况，落棒试验结果有 7 组控制棒落棒时间超出 2.15 秒，最大的 F6 为 2.875 秒，另有 9 组落棒时间大于 1.90 秒。这一结果和预计的可能结果基本一致。法马通公司认为，可以以新的安全准则（2.62 秒）为基础作 75%Pn 运行申请，但安全审评会有很大困难。另外，法马通公司也表示，以降低一回路流量 20%~25% 为目标的中期方案技术上虽可行，但工作量大，耗时多（至少 3 个月），且要产生永久性影响。所以，法马通介绍了新的后备方案：以其新近在 EDF 仓库内发现的 7 根 1300MW 备用导向筒作修改后，用来更换落棒时间最差的导向筒，再将备用位置导向筒和其它位置导向筒作适当调换，控制棒位置也作适当调换，可望将正常位置 53 组控制棒落棒时间降到 1.9 秒以下。

公司高层领导在充分考虑了临时方案的试验结果和法马通公司新建议备用方案的同时，为了加快长期方案的实施，决定：

- (1) 选用法国 1300MW 导向筒设计作为永久方案，并立即进行设计审查。
- (2) 立即启动新建议的后备方案。

根据第二次强迫大修的落棒试验结果和对 H12 导向筒所作的检查结果，进一步确认了造成落棒事件的根本原因：由于原始设计修改造成的作用于控制棒表面的水流侧推力，在控制棒运行一定步数后，由于摩擦副表面更光滑，产生“水密封”，水力引起的“贴紧力”更大，造成落棒阻力加大，落棒时间超差。所以，要想彻底解决落棒时间超差问题，必须修改现有导向筒设计，更换全部导向筒。

### 3. 第三次强迫大修

通过和法马通公司的讨论，确定了备用方案的堆芯布置如下：

- (1) 61 导向筒+61 组控制棒，H8 位置重新装上导向筒和控制棒（见图 3）；
- (2) 用 7 组改装后的 1300MW 导向筒装到 7 组落棒时间较长的导向筒位置上（见图 4）；
- (3) 8 个备用位置的导向筒和其它位置的导向管调换（见图 5）；
- (4) 部分安全停堆棒位置导向筒调换（见图 6）；
- (5) 标准棒装到原设计的导向管上，渗氮控制棒装到新的导向管上（见图 7）；
- (6) 取出 6 组导向管（见图 8）；
- (7) 扩音器在线监测系统。

这一后备方案可望达到下列的目标：

- (1) 降低落棒时间水平（尤其是 53 组“正常”位置的控制棒）；
- (2) R 棒和 G 棒组位置的导向管优先；
- (3) 对主蒸汽管破断事故敏感位置的导向管优先；

\* 1 号机第一次强迫大修落棒试验表明：未用过的导向筒和渗氮棒组合，落棒时间远小于 2.15 秒

- (4) 和 2 号机 61 组导向筒+61 组控制棒的布置一致；
- (5) 和 2.62 秒新安全准则申请相一致；
- (6) 验证长期方案。

1 号机组于 5 月 24 日重新开盖，执行上述后备方案，实行第三次强迫大修。机组于 6 月 28 日再次达到热停准，落棒试验结果：

- (1) 和 5 月 13 日的结果相比，平均值降低了近 0.2 秒；
- (2) 只有一组原备用位置的控制棒 (G9) 超差， $T_5=2.3$  秒；另有 2 组超过 1.9 秒；
- (3) 7 个 1300MW 型导向管位置上控制棒落棒时间仅为 1.3~1.4 秒。

这一试验结果给公司上下极大的鼓舞和信心，这一困扰我们的控制棒事件终于在备用方案中暂时得到解决，并可望通过长期方案得到彻底解决。

机组于 6 月 29 日获准临界，并于 7 月 2 日顺利并网。

## 四、最终方案

### 1. HERMES P 台架试验

1995 年 9 月 15 日至 10 月 15 日，在法国 CEA HERMES P 回路上进行了最终方案导向筒（修改后的 1300MW 导向筒）台架验证试验，在完成累计行程 150 万步、落棒 150 次即大约相当 10 年跟踪负荷运行后，落棒时间维持在 1.37 秒水平，试验前后的检查表明，导向筒和控制棒摩擦表面并未发现明显的磨损。

### 2. 最终方案

- 61 组导向筒换成 1300MW 设计的新导向筒。
- 53 组渗氮控制棒。

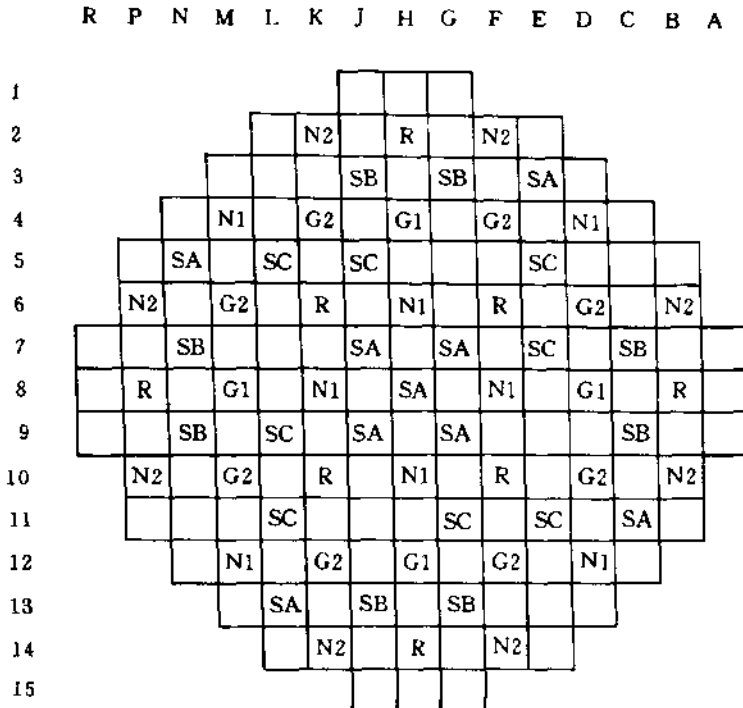


图 3 后备方案堆芯布置

SA'、Se'的第二循环中加装的 8 束控制棒组



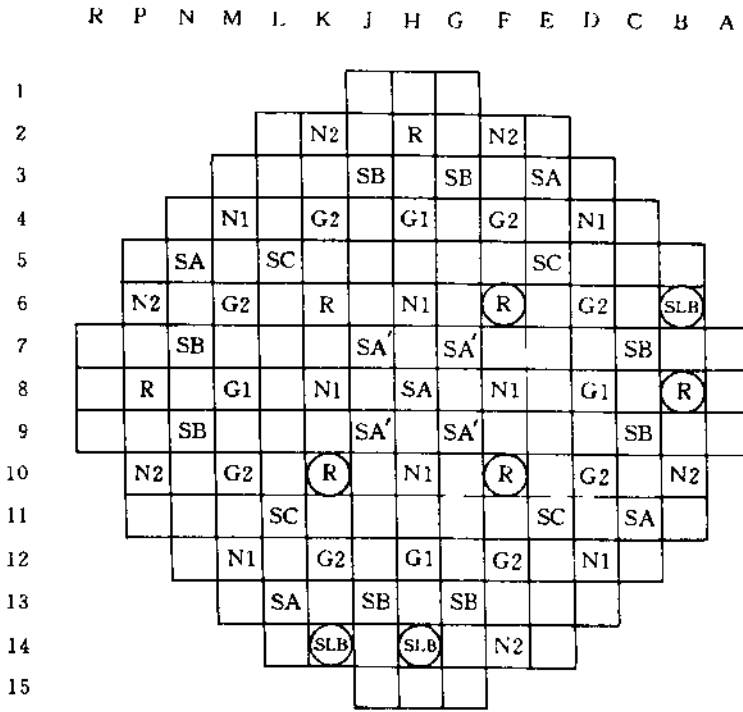


图4 7个改装的1300MW导向筒在堆内的位置  
 ○ 改装的1300MW导向筒在堆内的位置

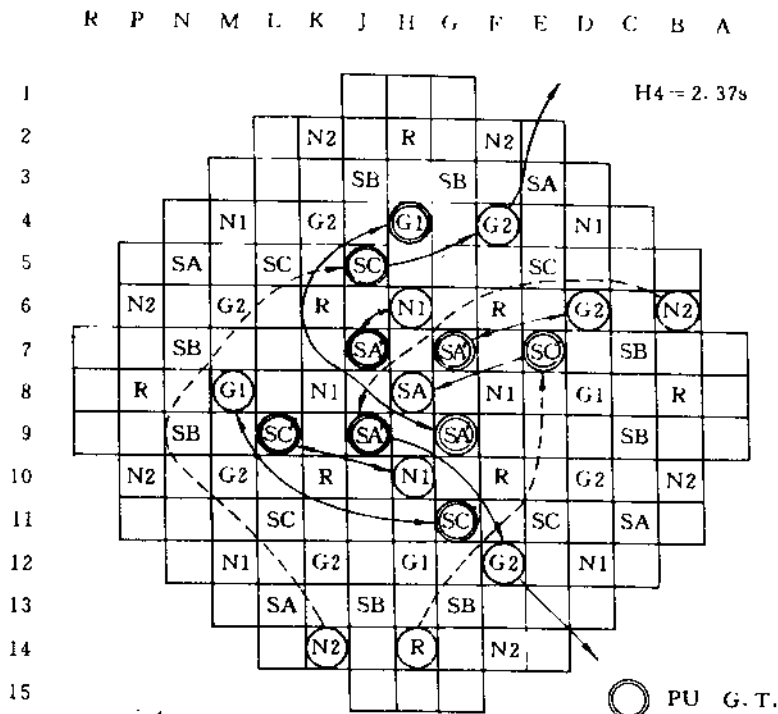
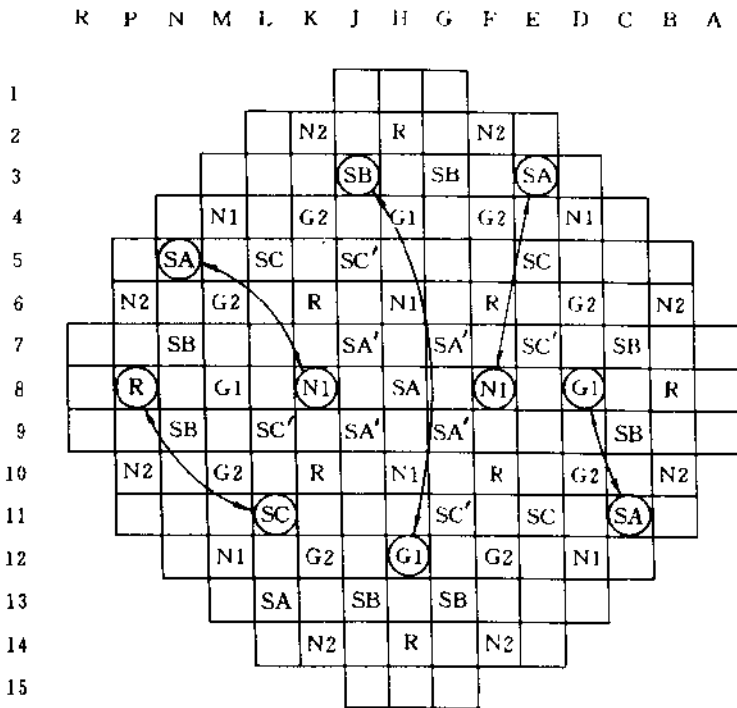
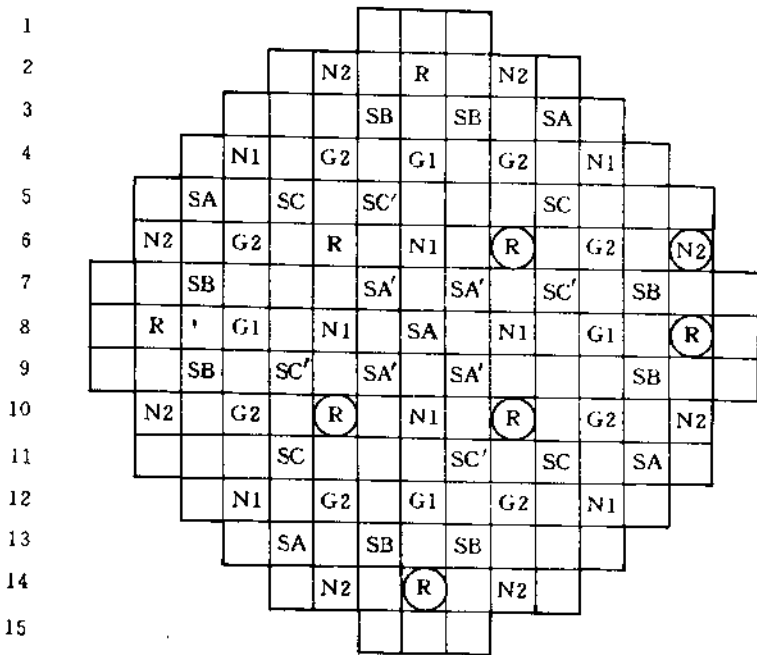


图5 8个PU位置导向筒和其它位置导向筒的调换  
 ○ 一在备用位置上加装的导向筒



R P N M L K J H G F E D C B A



○— 镎氮控制棒

图 7 控制棒在堆内的布置

○— 镎氮控制棒

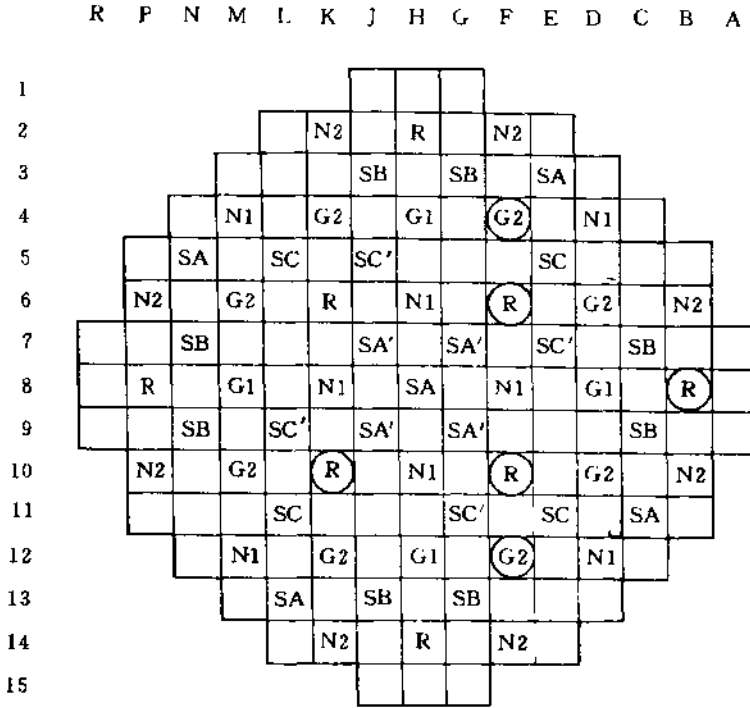


图 8 6 组取出的导向筒  
○--取出的控制棒

该最终方案将在 1 号、2 号机组的第二次换料大修中实施。根据 1 号机组后备方案的落棒试验结果和 HERMES P 台架试验的结果，完全可以相信，大亚湾核电站控制棒落棒时间超差事件可以在最终方案中得到彻底解决。

大亚湾核电站遇到的控制棒落棒时间超差事件，给公司上下带来了巨大的压力和经济损失，在整个事件的处理过程中，得到了各级领导及专家们的关心和支持，得到了地方电力管理部门的理解和支持。控制棒落棒时间超差又是一个重要的安全问题。我们将继续坚持“安全第一”的原则，确保大亚湾核电站两台机组安全、稳定、高效运行。

## 吸漏试验及燃料包壳完整性评价

卢长申 李小川

### 一、概 述

燃料组件吸漏试验系统包括定性破损检测在线吸漏试验系统及定量破损检测离线吸漏系统。当燃料元件在堆内长时间受辐照后,由于机械应力、热冲击、腐蚀或制造缺陷等造成燃料元件包壳破损。采用吸漏破损探测系统的目的就是,当辐照后燃料组件进入下一堆芯循环前,确定其燃料包壳是否完整,有破损的燃料组件不再重新装入堆芯,将一回路冷却剂放射性活度降到最低限度。

### 二、系统介绍

#### 1. 在线吸漏试验系统

这个系统安装在装卸料机上,在堆芯卸料期间,对辐照后燃料组件进行破损泄漏探测,见图1。

当燃料组件升至可伸缩套筒内后,用气体泵从筒内抽气并送到测量柜中,若存在破损燃料棒,氦-133 $\gamma$ 探测器测量其活度,当 $\gamma$ 活度大于本底3倍或以上,即可判断有燃料元件破损。但这个系统只能判断燃料元件包壳破损情况而不能判定其大小。

#### 2. 定量离线吸漏试验系统

一般说来,离线探测系统只用于对在线定性检查确定为有泄漏的燃料组件才作离线定量吸漏试验检测,因为定量离线泄漏试验是极其费时的。

定量离线吸漏试验系统构成如图2所示。

为了确定燃料组件中泄漏破损当量孔的大小,待检测的燃料组件被装进吸漏套筒内,吸漏套筒与池水间放置适当的气体隔热层,同时在回路中设置了加热系统,这两项措施都有利于试验温度的提高。提高燃料组件中周围流体的温度将导致燃料棒内裂变气体压力的升高,这种效应将引起裂变气体(如氦-133)逸出率的加速以及裂变气体在周围水中溶解量的增加以便于探测。经过离线吸漏探测系统可测定其漏孔的当量直径,以避免漏孔当量直径大于 $35\mu\text{m}$ 的破损燃料组件重新装入堆芯。

### 三、试验结果

从1994年末到1995年全年,共进行了四次燃料组件的吸漏实验。

1994年12月进行了1号机组第一燃料循环在线吸漏实验。实验查出包壳破损组件一个,该组件为铀-235富集度等于1.8%,燃料组件顺序号为83号。

1995年1月,进行1号机组第一燃料循环卸料后离线试验,对在线检测出的泄漏燃料组件进行漏孔当量直径测量,测量结果为 $15\sim 20\mu\text{m}$ ,与法国EDF和CEA得出的结果吻合。同时,我们还检测了另外三组元件,编号为77号、80号、106号,测量结果包壳无破损。

1995年4月对2号机组第一燃料循环进行在线吸漏试验,实验中未发现破损组件。由于运行期间一回路比活度远远低于技术规范标准,决定无须作离线吸漏实验。

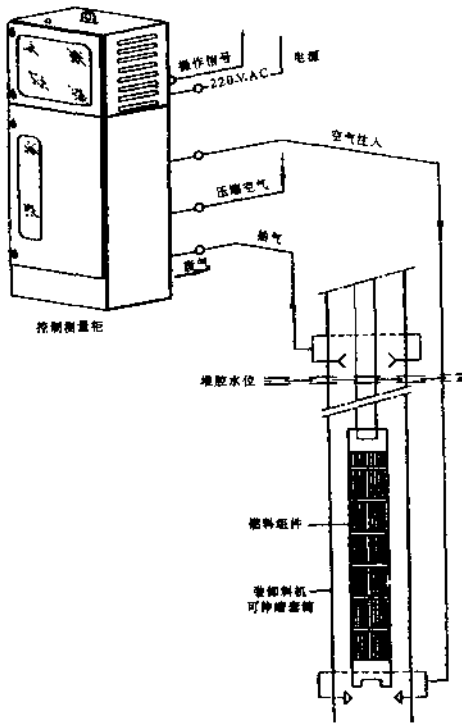


图1 辐照后燃料组件在线吸漏试验系统

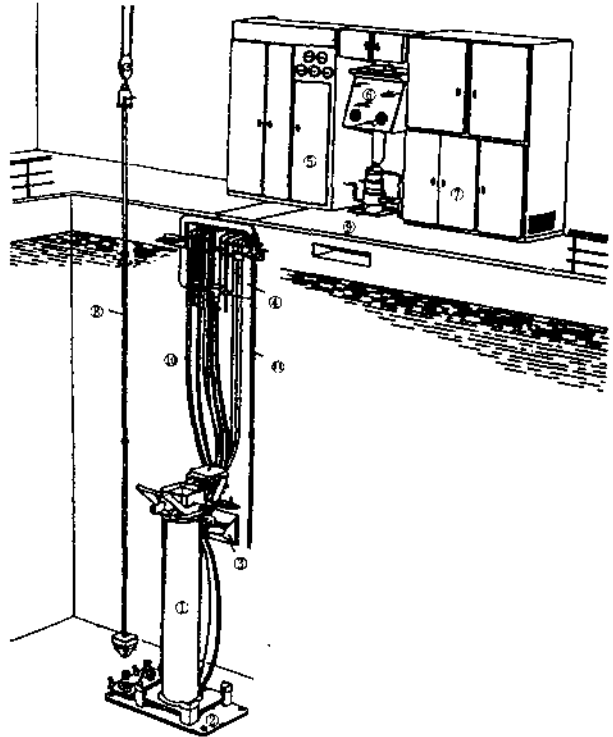


图2 辐照后燃料组件离线吸漏试验系统

- 1 试验筒；2 底板；3 支架；4 控制盘；5 机电模块；
- 6 手套箱；7 仪表控制柜；8 操作过滤器的工具；
- 9—铅屏蔽罩；10 连接软管；11 筒盖操作工具。

1995年12月进行了2号机组第二燃料循环卸料在线吸漏实验。实验中未发现破损组件。所有燃料组件的最大计数率都介于25c/s-32c/s之间，全部处在本底水平。根据一回路放射性活度分析，判断应有一个燃料棒破损，但破口很小，未能达到在线吸漏装置的探测灵敏度，此破口应不影响燃料组件的下一个循环。为了证实在线吸漏实验装置的正确性，我们又选择了15个有代表性的燃料组件进行离线定性吸漏试验，也未发现任何漏点。

### 四、结 论

1995年12月未能测到泄漏组件是因为泄漏组件的破口很小(破口当量直径 $\ll 35 \mu\text{m}$ )，其理由为：

- 1) 总裂变气体和碘的活度非常低： $\Sigma_{\text{总}} = 8.36\text{GBq/t}$ ,  $^{131}\text{I}$  当量 =  $0.389\text{GBq/t}$
- 2) 2号机堆内冷却剂 $\gamma$ 谱测量中未出现重金属元素(如：Ba, La, Na...等)
- 3) 泄漏率  $VG < 10^{-5}\text{s}^{-1}$

泄漏率与破口大小的关系见下表：

通过观察吸漏试验的结果和运行中一回路放射性水平对比，大亚湾核电站在线与离线吸漏实验的结果是可信的，燃料元件包壳破损的判断正确，同时与法国对破损组件探测的评价标准也吻合。

$V_g (\text{s}^{-1})$	1.00E-07	1.00E-06	1.00E-05	1.00E-04	1.00E-03	1.00E-02	
破 口		很 小			小	大	很 大

# 全速汽轮发电机组两年运行行为述评

简益民

大亚湾核电站的两台 900MW 汽轮机是英国通用电气公司 GEC 设计和制造的冲动式核蒸汽原型汽轮发电机组, 汽轮机由一个双流高压缸和三个双流双排汽低压缸组成, 转速 3000 转/分。高压缸进汽压力为 6.11MPa, 进汽温度 276.7℃, 进汽湿度 0.69%, 进汽总流量 1532.118 kg/s。经两个汽水分离再热器后, 低压缸进汽压力 0.74MPa, 进汽温度 265.1℃, 过热约 96℃, 排汽压力为 0.0075MPa, 排汽温度 40.3℃。发电机也是全速, 采用典型的水—氘—氚冷却方式。励磁系统采用三机式无刷励磁方式, 即由同轴的主励磁机、永磁式交流副励磁机和旋转整流装置组成, 最大连续输出功率 983.8MW, 输出电压 26 kV。

从两年的运行和大修检查结果来看, 这两台原型机组总体性能已达到原设计要求, 但也存在较多的设计、制造问题, 由于凝汽器钛管泄漏造成 1 号机组四次停机, 1 号发电机漏氢造成停机 31 天。尽管 2 号机组还没有因汽轮发电机设备本身问题而造成停机, 但在两台机组大修检查中发现的转子叶片及围带连接片的设计问题, 存在很大隐患, 令人担心。下面简单评述几起大的设备问题:

## 一、凝汽器钛管泄漏

1 号机组在 1993 年 7 月 30 日、10 月 9 日、1994 年 4 月 8 日和 1994 年 4 月 12 日曾因凝汽器钛管泄漏造成四次停机。其中三次钛管泄漏的主要原因是由凝汽器内的疏水扩散器设计不当损坏后而损坏邻近的钛管; 另一次是堵管塞块脱落而造成。设计上将大量高温高压的高能流体, 直接排入凝汽器, 使凝汽器内部构件受冲击, 热应力损伤大, 寿命短。这些高能疏水的扩散器设计不合理, 造成运行不长时间后, AHP 疏水扩散器损坏脱落, GSS 疏排扩散器损坏脱落, APU 疏水的二个扩散器也都损坏。第一次大修后, 进行改造, 在凝汽器外增设集中疏水扩容器后, 两台机组近一年的运行中再没有发生钛管泄漏问题。2 号机组第二次大修检查中, 也没有发现钛管明显损伤, 看来此问题已基本解决。

## 二、汽轮机转子叶片和围带及联接片问题

1993 年岳阳电厂的 GEC 生产 30 万千瓦的汽轮机组发生低压转子第三级叶片断裂事故后, 给大亚湾的 2 台汽轮机的设计可靠性投下了长长的阴影。因为这两种机组低压转子的第三级叶片的设计和制造是完全一样的。在 1 号机组第一次、2 号机组第二次大修中对 6 个低压转子第三级叶片进行检查, 还没有发现有任何裂纹。但对第三级叶片做的叶片共振频率测试试验显示其共振频率靠近第六倍频 300Hz, 说明第三级叶片断裂的风险还是存在的。在检查中还发现 2 号机组第二个低压转子第三级叶片有两片围带连接片有穿透性裂纹。2 号机组第二次大修中发现高压缸转子末级(第五级)叶片又有两片围带连接片有穿透性裂纹。尽管在两台机组第二次大修中, GEC 决定更换低压转子第三级叶片所有的围带连接片和相连的叶片, 更换高压缸转子末级叶片的围带连接片, 所有新的连接片都加厚加强了, 但是, 这些连接片的裂纹根本原因是连接片本身的设计制造原因, 还是因共振而造成的损坏? GEC 还没有给出明确的答复。新换的连接片是否能根本解决问题, 而其他级的叶片围带连接片是否也存在风

险？这是两台机组一个很大的隐患。

在第一次大修检查中还发现两台机组的高压缸末级叶片的连接围带的铆头水蚀严重。GEC 在第一次大修中作了改造，在末级隔板和隔板套上增开了排水孔，对该级的疏水也作了改造。经近一年运行后，2 号机组第二次大修中检查，原来水蚀的铆钉头没有明显的发展。此问题基本得到控制。高压转子末级叶片前边缘顶间区域装设的史太立合金防蚀块的水蚀程度也在可接受范围。

### 三、轴系和其支承系统

从两年的运行情况和大修检查，两台汽轮发电机组的轴系对中设计比较好，经过调整后机组运行的振动和轴的窜动都在设计值范围以内。十二个径向滑动轴承和一个推力轴承在大修中检查，其状况基本良好。

### 四、汽轮机调节系统的上位机死机问题

汽轮机控制系统是带微机控制的数字功频电液调节系统，整套电控调节装置分为上位机控制和下位机调节两大部分，下位机共有 14 个阀门控制单元，分别对应调节 4 个高压缸调节阀、4 个高压缸截止阀及 6 个低压缸调节阀。下位机主要功能为根据转速和蒸汽流量进行阀门开度控制以及紧急停机。上位机由单元处理机和接口处理机组成，共同完成系统管理的调节功能，还具有阀门试验、超速试验阀门在线试验功能。从运行两年运行的结果来看，汽轮机调节系统性能达到设计要求。运行中多次出现上位机死机现象，虽经 GEC 多次调整和更换新的版本软件（第 27 版），但此问题仍没有根本解决。虽然从上微机死机后可退出运行，由下位机直接控制、调节汽轮机运行，对运行和安全没有直接影响，但是上微机死机后退出运行，缺少了由调节器自动对系统进行管理和调节的功能，较难使机组长期处于稳定和最佳工况下运行。

### 五、发电机定子线圈漏氢

1994 年 7 月 1 日出现 1 号发电机定子冷却水系统氢水分离箱漏氢/水位低报警，后确认发电机内部向冷却水系统漏氢，被迫停机抽发电机转子进行检查和抢修，从 7 月 8 日到 8 月 8 日共 31 天停机抢修。

经检查是 A 相绕组第 17 槽上层线棒的端部有一蚀洞，蚀洞已完全贯穿绝缘层并进入过一位置的中空矩形铜导体，经各方面鉴定分析认为蚀洞是由一长约 3 mm 的钢质碎块在电磁场的作用下，刮和锤击线棒和矩形铜导体造成，是制造厂现场铺放环氧树脂适形材料时带进去的，属于制造厂施工质量管理问题。

### 六、励磁机测轴电流滑环碳刷磨损问题

由于设计原因，两台励磁机测轴电流的滑环和碳刷之间产生电火花而腐蚀滑环，并越来越严重，造成碳刷快速磨损。1995 年 12 月 17 日，1 号励磁机滑环碳刷曾一天更换二次！大量的碳粉将影响励磁机的正常运行。被迫由连续监测改成定期测量。对此问题，GEC 提出由仅一侧安装碳刷改成二侧安装碳刷，在第二次大修时实施，同时修整滑环，以期减少由于机组的振动而引起滑环和碳刷接触不良而产生电火花现象。

除了上述几个问题外，还存在一些小问题，如高压缸法兰漏汽、进汽管排汽管法兰漏汽、

发电机密封瓦磨损等，这和检修工艺及质量也有关系。从两台机组两年运行的行为来看，机组运行稳定，除上位机外，机组的调节、监视、保护功能达到设计要求；运行参数、出力也达到设计要求。由于英国通用电气公司（GEC）是在 660MW 汽轮发电机的设计、制造、运行经验的基础上研制和开发出 1000MW 全速汽轮发电机组，是原型机，在设计、制造上仍存在较多的问题，虽然大部分问题通过改造可能获得解决，但是低压缸转子第三级叶片的共振问题和高压缸转子、低压缸转子的所有叶片围带联接片的裂纹问题，还不能说已经彻底解决了，可能存在较大的风险。因此必须加强定期检查。



## 附录一 基本系统名称

## Elementary System Codification

<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #cccccc; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div>Quality and nuclear safety related system 完全与质量和核安全相关系统</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #666666; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div>Partially quality and nuclear safety related system 部分与质量和核安全相关系统</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #333333; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div>Quality related system 与质量相关系统</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ffffff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div>Non quality related system 与质量无关系系统</div> </div> </div>			
A	Feedwater Supply 给水供应	APP	Turbine-Driven Feedwater Pump 汽动主给泵系统
ABP	Low Pressure Feedwater Heater 低压给水加热器系统	APU	Feedwater Pump Turbine Drain 主给水泵汽机疏水系统
ACO	Feedwater Heaters Drain Recovery 给水加热器疏水回收系统	ARE	Feedwater Flow Control 给水流量控制系统
ATG	Feedwater Deaerating Tank and Gas Stripper 给水除气器系统	ASG	Auxiliary Feedwater 辅助给水系统
AET	Feedwater Pump Turbine Gland 主给水泵汽机轴封系统	C	Condenser (Condensation-Vacuum-Circulating Water) 凝汽器(冷凝-真空-循环水)
AGM	Motor Driven Feedwater Pump Lubrication 电动主给水泵润滑油系统	CAR	Turbine Exhaust Water Spraying 汽机排气口喷淋系统
AGR	Feedwater Pump Turbine Lubrication and Control Fluid 主给水泵汽机润滑油及调节油系统	CET	Turbine Gland 汽机轴封系统
AHP	High Pressure Feedwater Heater 高压给水加热器系统	CEX	Condensate Extraction 凝结水抽取系统
APA	Motor-Driven Feedwater Pump 电动主给水泵系统	CFI	Circulating Water Filtration 循环水过滤系统
APG	Steam Generator Blowdown 蒸汽发生器排污系统	CFM	Condenser Delrin Filter 凝汽器滤网系统
		CXP	Circulating Water Pump Lubrication 循环水泵润滑油系统
		CPA	Cathodic Protection 阴极保护系统
		CRP	Circulating Water 循环水系统
		CFA	Condenser Tube Cleaning 凝汽器清洗系统

CTE	Circulating Water Treatment 循环水处理系统
CVI	Condensate Vacuum 凝汽器真空系统
D	Ventilation-Handling Equipment- Communications-Lighting 通风-装卸设备-通讯-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 Equip- ment 混凝土桶长期存放用的装卸搬运设备
DMG	Fuel Handling Handling Equipment 燃料装卸搬运设备
DMM	Turbine Hall Mechanical Handling Equip- ment 汽机厂房机械装卸设备
DMN	Nuclear Auxiliary Building Handling Equip- ment 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

DWP	Water Heating Heating Equipment 采暖锅炉房加热设备
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 厂址保安系统
DT	Emergency Lighting 应急照明系统
DTI	Class Clean-up Tables 油漆清理桌
DTV	Communications 厂内通信系统
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
DVE	Control Room Air Conditioning 主控室空调系统
DVI	Class Building Ventilation 装卸站通风系统
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 辅助给水泵通风系统
DVH	Charge Pump Room Emergency Ventila- tion 上充泵房应急通风系统
DVI	Compressor Cooling Room Ventilation 设备冷却水泵间通风系统
DVC	Fuel Building Ventilation 燃料厂房通风系统
DVE	Electrical Building Main Ventilation 电气厂房主通风系统
DVM	Turbine Hall Ventilation 汽机厂房通风系统
DVW	Nuclear Auxiliary Building Ventilation 核辅助厂房通风系统

DVP	Circulation 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 安全壳外附件房间通风系统
DVX	Lubrication Oil Transfer Plant Building Ventilation 润滑油转移装置厂房通风系统
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
DWF	Waste Facility Ventilation 工业废物通风系统
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 紧急服务生水泵站通风系统
DWX	Oil and Grease Storage Area Ventilation System(FC Building) 油和润滑油贮存区通风系统(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
EAS	Containment Spray 安全壳喷淋系统
EAT	Containment Instrumentation 安全壳仪表系统
FBA	Containment Sounding Ventilation 安全壳声气通风系统
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
EMC	Reactor Pit Ventilation 反应堆室通风系统
EMV	Containment Cleanup 安全壳内空气净化系统
EVR	Containment Contaminant Withdrawal 安全壳净化通风系统
G	Turbine Generator 汽轮发电机
GCA	Turbine and Powering Plant Protection During Outage 汽机和岛式汽轮机发电系统停运时的保护系统
GCT	Turbine Hygiene 汽机卫生系统
GEU	Power Transmission 输电系统
GEW	Main Switchboard-DAV Switchgear 主开关站—岛高压配电装置
GGA	Generator Excitation and Voltage Regulation 发电机励磁和电压调节系统
GPR	Turbine Control Fluid 汽机调节油系统
GGB	Turbine Lubrication, Sealing and Trimming 汽机润滑、密封和修刮系统
GHE	Generator Seal Oil 发电机密封油系统
GME	Turbine Supervisory 汽机监视系统
GPA	Generator and Power Transmission Protection 发电机和输电系统保护

GPV	Turbine Steam and Drain 汽机蒸汽和疏水系统	KIS	Thermocouple Cold Junction Boxes 热电偶冷端盒系统
GRE	Turbine Governing 汽机调节系统	KCO	Common Control Cabinets for Conventional Island 常规岛共用控制机柜
GRH	Generator Hydrogen Cooling 发电机氢气冷却系统	KDO	Test Data Acquisition 试验数据采集系统
GRV	Generator Hydrogen Supply 发电机氢气供应系统	KDR	Loose Parts and Vibration Monitoring 松动部件和振动监测系统
GSE	Turbine Protection 汽机保护系统	KIS	Seismic Instrumentation 地震仪表系统
GSS	Moisture Separator Reheater 汽水分离再热器系统	KIT	Centralized Data Processing 集中数据处理系统
GST	Stator Cooling Water 发电机定子冷却水系统	KKK	Site and Building Access Control 厂区和办公楼出入监督系统
GSY	Grid Synchronization and Connection 同步并网系统	KKO	Energy Metering and Perturbography 电量和扰动记录仪
GTH	Turbine Lub-Oil Treatment 汽机润滑油处理系统	KME	Test Instrumentation 试验仪表系统
GTR	Turbine-Generator Remote Control 汽轮发电机远方控制柜系统	KPR	Remote Shutdown Panel 远程停堆盘系统
J	Fire Protection(detection-fire fighting) 消防(探测-火警)	KPS	Safety Panel 安全监督盘系统
JDT	Fire Detection 火警探测系统	KPG	General Control Analog Cabinets 集中控制模拟量机柜
JPD	Fire Fighting Water Distribution 消防水分配系统	KRS	Site Radiation and Meteorological Monitoring 厂区辐射气象监测系统
JPH	Turbine Oil Tank Fire Protection 汽机油罐消防系统	KRT	Plant Radiation Monitoring 电厂辐射监测系统
JPI	Nuclear Island Fire Protection 核岛消防系统	KSA	Alarm Processing 警报处理系统
JPL	Electrical Building Fire Protection 电气厂房消防系统	KSC	Main Control Room 主控室系统
JPP	Fire Fighting Water Production 消防水生产系统	KSN	Nuclear Auxiliary Building-Local Control Panels and Boards 核辅助厂房——就地控制屏和控制盘
JPS	Mobile & Portable Fire Fighting Equipment 移动式可移动式消防设备	KSU	Security Building Control Desk 应急保安楼控制台系统
JPT	Transformers Fire Protection 变压器灭火系统	KZC	Controlled Area Access Monitoring 控制区出入监测系统
JPU	Site Fire Fighting Water Distribution 厂内消防水分配系统	L	Electrical Systems 电气系统
JPV	Diesel Generator Fire Protection 柴油发电机灭火系统		
K	instrumentation and Control 仪表和控制		

LAA	Uninterrupted 230V DC Power System(LNE) Inverter Power Supply 230V 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(汽机厂房)
LBA	125V DC Power Supply—Train A 125V 直流电源系统——系列 A
LBB	125V DC Power Supply—Train B 125V 直流电源系统——系列 B
LBC	Inverters Power Supply for Protection Group 1 用于第一保护组的逆变电源系统
LBD	Inverters Power Supply for Protection Group 1 用于第二保护组的逆变电源系统
LBE	Inverters Power Supply for Protection Group 1 用于第三保护组的逆变电源系统
LBF	Inverters Power Supply for Protection Group B 用于第四保护组的逆变电源系统
LBG	125V DC Power Supply (Nuclear Auxiliary Building) 125V 直流电源系统(核辅助厂房)
LBJ	125V DC Power Supply(6.6kV Breakers) 125V 直流电源系统(6.6kV 断路器)
OLBK	125V DC Power Supply (Demineralization Plant and Auxiliary Boilers) 125V 直流电源系统(除盐车间和辅助锅炉)
LBL	125V DC Power Supply(EG Building) 125V 直流电源系统(EG 厂房)
LBM	125V DC Power Supply(Switchgear Control) 125V 直流电源系统(开关控制)
OLBM	125V DC Power Supply(Main Switchyard) 125V 直流电源系统(主开关站)
ALBN	125V DC Power Supply(Main Switchyard) 125V 直流电源系统(主开关站)
LBP	125V DC Power Source and Distribution Sys- tem 125 直流电源和分配系统
LCA	Unit 48V DC Power Supply—Train A 机组 48V 直流电源系统——系列 A

LCB	Unit 48V DC Power Supply—Train B 机组 48V 直流电源系统——系列 B
LCC	48V DC Power Source and Distribution System-Decoupling 48V 直流电源和配电去耦系统
LCD	Common 48V DC Power Supply (Nuclear Auxiliary Building) 公用 48V 直流电源系统(核辅助厂房)
OLCK	48V DC Power Supply(Demineralization Plant and Auxiliary Boilers) 48V 直流电源系统(除盐车间和辅助锅炉)
LCL	48V DC Power Supply(EG Building) 48V 直流电源系统(EG 厂房)
OLCM	48V DC Power Supply(Main Switchyard) 48V 直流电源系统(主开关站)
LDA	30V DC Power Supply(Analog Control) 30V 直流电源系统(模拟控制)
LGA	6.6kV Switchboard 6.6kV 配电盘系统
LGB	6.6kV Switchboard 6.6kV 配电盘系统
LGC	6.6kV Switchboard 6.6kV 配电盘系统
LGD	6.6kV Switchboard 6.6kV 配电盘系统
LGE	Unit 6.6kV Switchboard 机组 6.6kV 配电盘系统
LGI	Common and Site 6.6kV Switchboard 公用和厂区 6.6kV 配电盘系统
LGM	6.6kV Switchboard-Preoperational Boiler 6.6kV 配电盘系统-调试锅炉
LGR	Auxiliary Power Supply 辅助厂用电源系统
LHA	6.6kV AC Emergency Power Distribution—Train A 6.6kV 交流应急配电系统——系列 A
LHD	6.6kV AC Emergency Power Distribution—Train B 6.6kV 交流应急配电系统——系列 B
LHP	6.6kV AC Emergency Power Supply— Train A 6.6kV 交流应急配电系统——系列 A

LHQ	6.6kV AC Emergency Power Supply— Train B 6.6kV 交流应急电源系统——系列 B
LHT	Changeover Interconnection Devices 6.6kV 交流应急电源切换系统
LHZ	Low Voltage 380V AC Generating Set (EC Building) 低压 380V 交流发电机组 (EC 厂房)
LK	1.V AC Network—380V 低压交流电源 (380V 系统)
LL	LV AC Emergency Network—380V 低压交流应急电源 (380V 系统)
LLS	Hydrotest Pump Turbine Generator Set 水压试验泵汽轮发电机组
LMA	220V AC Normal Power Source and Distribution System 220V 交流正常电源和配电系统
LMC	220V AC Power Supply (CI Instrumentation) 220V 交流电源系统 (CI 仪表)
LMD	220V AC Power Supply (CI Instrumentation) 220V 交流电源系统 (CI 仪表)
LNA	Vital 220V AC Power (Protection Group 1) 220V 交流重要负荷电源系统 (第一保护组)
LNB	Vital 220V AC Power (Protection Group 2) 220V 交流重要负荷电源系统 (第二保护组)
LNC	Vital 220V AC Power (Protection Group 3) 220V 交流重要负荷电源系统 (第三保护组)
LND	Vital 220V AC Power (Protection Group 4) 220V 交流重要负荷电源系统 (第四保护组)
LNE	Uninterrupted 220V AC Power 220V 交流不间断电源系统
LNF	Column Uninterrupted 220V AC Power (N, A, B) 220V 交流公用不间断电源系统
LNK	Uninterrupted 220V AC Power (Demineralization and Auxiliary Boilers) 220V 交流不间断电源系统 (除盐水和辅助锅炉)
OLNL	Uninterrupted 220V AC Power (EC Building) (Included to O, B, S, D, M) 220V 交流不间断电源系统 (EC 厂房)
OLNM	Uninterrupted 220V AC Power (TC Building) 220V 交流不间断电源系统 (TC 厂房)

LNP	Uninterrupted 220V AC Power for Train B KIT KPS 220V 交流不间断电源系统 (系列 B KIT- KPS)
LQA	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 Pits 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 核岛排气和排水系统
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
REC	Reactor Control 反应堆控制系统
RRI	Component Cooling 设备冷却水系统
RRM	CRDM Ventilation 控制棒驱动机构风道系统
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
SEF	Hot Laundry and Decontamination 热洗衣房和清洗去污系统
SLA	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 and Inactive Water Drain 废油和非放射性水排放系统
SEK	Conventional Island Liquid Waste Collection 常规岛液体废物收集系统
SFL	Conventional Island Liquid Waste Discharge 系统岛液体废物排放系统
SEK	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

SEK	Conventional Island Demineralized Water Distribution 常规岛除盐水分配系统
SEK	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)
SPI	Conventional Island Closed Cooling Water 常规岛闭式冷却水系统
STR	Steam Transformer 蒸汽转换装置系统
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



## 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
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)
AOM	Assistant Operations Manager (OPS) 生产部部长助理
ATWS	Anticipated Transient without Scram 未能紧急停堆的预期瞬态
ATWT	Anticipated Transient without Trip 未能紧急停堆的预期暂态
AUD	Audit Department 审计部
BHO	Building Hand Over 厂房移交
BNI	Balance of Nuclear Island 核岛配套设施
BOP	Balance of the Plant 电站配套设施
CAR	Corrective Action Request 纠正措施要求(质保用语)
CFC	Certified for Construction 可供施工使用(文件状态)
CI	Conventional Island 常规岛
CIN	Component Intervention Notice 设备干预通知
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)
CO	Commercial Operation 商业运行
CPP	Condensate Polishing Plant 凝结水再除盐系统
CQA	Company Quality Assurance Department 公司质量保证部
CUW	Call Upon Warranty 要求(供货商)履行保证条款
DM	Deputy Manager (OPS) 生产部副经理
DOM	Deputy Operations Manager (OPS) 生产部副部长
DR	Deviation Reports 偏差项报告
EESR	End of Erection Status Report 安装竣工报告
EFPD	Equivalent Full Power Days 等效满功率运行日数
EOMM	Equipment Operation and Maintenance Manual 设备运行维修手册
EOMR	End of Manufacturing Report 制造竣工报告
EP	Emergency Preparedness 应急准备
EQAV	Equivalent Average 当量(平均)
ERA	Europe Representative Agency 驻欧办事处
FAC	Final Acceptance Certificate 最终验收证书
FCN	Field Change Notice 现场变更通知
FCO	Field Change Order 现场变更命令
FP	Full Power 满功率
FRA. =FRAMATOME	

FRAMATOME	法马通公司 (法)
FRAMEX	法马通海外检修公司
FROG	Framatome Owners Group 法马通产品业主协会
FS	(Experience) Feedback Sheet (经验) 反馈单
FSAR	Final Safety Analysis Report 最终安全分析报告
FSS	Full Scope Simulator 全范围模拟机
GEC	General Electric Corp. 通用电气公司 (英国)
GECA	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
GGPC	Guangdong General Power Company 广东省电力总公司
GNIC	Guangdong Nuclear Power Investment Co. Ltd 广东核电投资有限公司
GNPGSC	Guangdong Nuclear Power General Services Co. 广东核电服务总公司
GNPJVC	Guangdong Nuclear Power Joint Venture Co. Ltd 广东核电合营有限公司
GNRB	General Nuclear Review Board 核安全评审委员会
GOR	General Operating Rules 运行总则
GRO	Guangdong Regional Office (NNSA) (国家核安全局) 广东监督站
HAF	核安全法规 (中国发布)
HCCM	Huaxing, Campenon Brnard, China 2nd Construction Bureau, Maeda HC-CM 核电建设合营公司
Hi	High 高 (水位)
HKNIC	Hongkong Nuclear Power Investment Co. Ltd 香港核电投资有限公司
HP	Hold Point 停工待检点, 控制点
IAEA	International Atomic Energy Agency 国际原子能机构
ICRP	International Committee of Radiation Protection 国际辐射防护委员会
In-Core	堆内
INES	International Nuclear Event Scale 国际核事件分级 (IAEA 用语)
INPO	Institute of Nuclear Power Operation 核电运行研究所 (美)
Io	Inoperability 不可用
IP	Implementation Procedure 执行程序
IS	Industrial Safety 工业安全
ISI	In Service Inspection 在役检查
ITP	Individual Training Program 个人培训计划
KEPCO	Korea Electric Power Corp. 韩国电力公司
Lo	Low 低 (水位)
MCR	Main Control Room 主控室
MR	Modification Request 改造申请
MRO	Manual Request to Order 申请订货须知 (手册)
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 Agency 国家环保局
NEPC	Northeast Electrical Power Construction Co. 东北核电建设公司
NI	Nuclear Island 核岛
NNSA	National Nuclear Safety Administration 国家核安全局
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
NUMEX	Nuclear Maintenance Experience Exchange 核维修经验交流协会
OCS	Contract and Supply Branch 合同供应处
OJT	On the Job Training 在岗培训
OMC	Management Computer Branch 管理计算机处
OPA	Administrative Branch 综合管理处
OPD	Documentation Branch 资料处
OPG	Outage Planning Group 大修准备组
OPH	Health Physics Branch 保健物理处
OPM	Maintenance Branch 维修处
OPM/ME	Electrical Section 维修处电气科
OPM/MI	Instrumentation and control Section 维修处仪表控制科
OPM/MM	Mechanical Section 维修处机械科
OPM/MS	General Service Section 维修处服务科
OPO	Operation Branch 运行处
OPP	Generation Planning Branch 发电规划处
OPS	Operations Department 生产部
OPT	Technical Service Branch 技术服务处
OQA	Quality Assurance Branch 质量保证处
OQAP	Operations Quality Assurance Programme 运行质保大纲
OS (contract)	Operation Service Contract 生产服务公司 (GNP JVC 与 EDF 之间)
OSART	Operational Safety Review Team 运行安全评价组 (IAEA)
OSL	Safety & License Branch 安全执照处
OTC	Training Centre 培训中心
OTS	Technical Support Branch 技术支持处
P7	Permissive Signal P7 允许信号 P7
PAC	Partial Test Completion Satisfactory 部分试验结果合格 (调试报告用语)
PAC	Provisional Acceptance Certificate 临时验收证书 (合同用语)
PCG	Procedure Coordination Group 规程协调组
PCN	Plant Change Notice 电厂变更通知单
Pe	Power (electricity) 电功率
PI (法)	Intervention Permit 介入票
PICC	People's Insurance Co. of China 中国人民保险公司

PISC	Plant Industrial Safety Committee 电厂工业安全委员会
PMC	Plant Modification Committee 电站改进委员会
Pn	Power (nominal) 名义功率
PNSC	Plant Nuclear Safety Committee 电厂核安全委员会
PO	Project/Operations Interface Procedure 接口程序
PQOM	Plant Quality Organization Manual 电厂质量管理手册
PRE-OSART	Pre-Operational Safety Review Team 运行前安全评审团 (IAEA)
PSA	Plant Superintendent Advisor 厂长顾问
PSI	Pre-Service Inspection 役前检查
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
QAP	Quality Assurance Programme 质保大纲
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
RINPO	Research Institute of Nuclear Power Operation 核动力运行研究所
RO	Reactor Operator 反应堆操纵员
RP	Radiation Protection 辐射防护
SCAR	Significant Corrective Action Request 重大纠正措施要求
SDM	System Design Manual 系统设计手册
SG	Steam Generator 蒸汽发生器
SEPC	Shandong Electrical Power Construction Co. 山东核电工程公司
SER	Significant Event Report 重大事件报告
SPSB	Shenzhen Power Supply Bureau 深圳供电局
SRO	Senior Reactor Operator 高级反应堆操纵员
TCA	Temporary Control Alterations 临时控制变更
TLD	Thermoluminescent Dosimeter 热释光剂量计
TOI	Temporary Operation Instruction 临时运行指令
UES	Unexpected Event Sheet 意外事件单
WANO	World Association of Nuclear Operators 国际核营运者协会
WO	Work Order 工作指令
WR	Work Request 工作申请
WRN	Work Request Notice (合同外) 附加工作单

## 附录三 计量单位中英对照

英文	中文	英文	中文
Bq/g	贝可/克	MWe	兆瓦(电)
MBq/m <sup>3</sup>	兆贝可/米 <sup>3</sup>	c/s	计数/秒
Bq	贝可	GWh	百万千瓦时
MWd/t	兆瓦日/吨	kV	千伏
MW	兆瓦	kWh	千瓦时
MWh	兆瓦时	ppmB	ppm 硼
EFPD	等效满功率日	g/L	克/升
h	小时	mm	毫米
m <sup>3</sup>	米 <sup>3</sup>	cm	厘米
mSv/h	毫希/时	g/cm <sup>3</sup>	克/厘米 <sup>3</sup>
μSv/h	微希/时	MWd/tU	兆瓦日/吨金属铀
Sv/h	希/时	Ci/m <sup>3</sup>	居里/米 <sup>3</sup>
man · Sv	人·希	mCi/m <sup>3</sup>	毫居里/米 <sup>3</sup>
man · mSv	人·毫希	m <sup>3</sup> /h	米 <sup>3</sup> /时
Bq/kg	贝可/公斤	bar (g)	巴(表)
Bq/m <sup>3</sup>	贝可/米 <sup>3</sup>	mbar	毫巴
μGy/h	微戈/时	MBq/t	兆贝可/吨
μGy/month	微戈/月	L/h	升/时
d	天	Hz	赫[兹]
m	米	t/h	吨/时

## 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

——汽机厂房

#### 1. 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
- AX Dangerous Products Warehouse  
危险品库

-BA	Site Management Office 工程部办公楼
-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 Storase 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 (汽机厂房外)
- GE Yard storm-Foul sewage System and Buried piping  
雨水-污水系统和地下管道
- 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  
制氨站
- 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 Annexe  
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
-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	Deminerlized Water Production Plant 除盐水生产车间
-YB	Deminerlized 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 (汽机厂房内)

-MO	Lubricating Oil Transfer Annexe 润滑油传送间
-MP	Resin Regeneration Annexe 树脂再生间
-MV	Turbine Ventilation Annexe 汽机通风间
-TA	Main and Stepdown Transformer Platform 主变压器和厂用变压器平台
-VC	Test Boiler Platform 试验锅炉平台

## I. NUCLEAR POWER BLOCK (核动力区)

This includes the following buildings:

核发电建筑块包括下列厂房:

### -DX Diesel Generator Building

柴油发电机房

When necessary a distinction is made between:

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

A further distinction is made for a specific sub-area of the Electrical Building

- LS Feedwater and steam line bunkers

给水和蒸汽管线隔间

### -NX Nuclear Auxiliary Building

核辅助厂房

Geographical sub-areas of the Nuclear Auxiliary Building are distinguished by use of the following codes:

核辅助厂房可用下列代号进一步分区:

- 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 See Appendix B

- 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:

采用下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 以外的) 内部构筑物

- RV Reactor Pit

RV 反应堆堆坑

**II. TURBINE BUILDING (汽机厂房):**

**-MX Turbine building**

汽机厂房

Geographical sub-areas or specific structures of the Turbine Building are distinguished by use of the following codes:

汽机厂房可用下列代号进一步分区：

- MA Turbine Building Sub-area A  
MA 汽机厂房 A 区
- MB Turbine Building Sub-area B etc.  
MB 汽机厂房 B 区等
- MT Turbine Pedestal  
MT 汽轮机基座

## 《年鉴》各章节供稿人员名单

- 孙旭 (1.1) (1.2)  
 康进友 (1.3) (2.3.1.4) (2.3.1.5) (2.3.2)  
 秦国安 (2.1.1.1)  
 张柱建 (2.1.1.2) (2.3.6.7) (3.1) (3.2)  
 谢昌渝 (2.1.1.3) (2.1.4.4)  
 池志远 (2.1.1.4) (4.3)  
 熊春华 (2.1.1.5)  
 方军 (2.1.1.6)  
 袁凤如 (2.1.1.7)  
 刘敏 (2.1.1.8)  
 关建军 (2.1.1.9)  
 简益民 (2.1.2.1) (2.1.2.4.1) (2.1.6.1) (2.1.6.2) (2.1.6.3) (2.1.6.4)  
 于正龙 (2.1.2.2) (2.1.2.3)  
 刘东 (2.1.2.2)  
 徐福南 (2.1.2.4.2)  
 郭宗林 (2.1.2.4.3)  
 张东果 (2.1.3.1) (2.1.3.2) (2.1.3.5)  
 黄来喜 (2.1.3.3) (2.1.3.4)  
 吴引仙 (2.1.4.1)  
 洪锦从 (2.1.4.2) (2.1.4.3)  
 汤峥嵘 (2.1.4.4) (4.2)  
 邹庆安 (2.1.5.1.1)  
 胡传庸 (2.1.5.1.2) (2.1.5.1.3)  
 王天华 (2.1.5.2) (2.3.4.4)  
 蔡全旺 (2.1.5.2)  
 韩庆浩 (2.1.5.3.1)  
 范立明 (2.1.5.3.2)  
 常春林 (2.1.5.3.3)  
 陈开惠 (2.1.5.4)  
 胡鼎金 (2.1.5.5)  
 邓正平、杨维稼、胡卫洪 (2.1.5.6)  
 高歌 (2.1.6.5)  
 王永刚 (2.1.6.6) (2.3.9)  
 苏圣兵 (2.2.1.1) (2.2.1.2)  
 陆玮、符祥群 (2.2.1.3)  
 李玉保 (2.2.1.4)  
 张晓峰 (2.2.1.5)

- 张善明 (2.2.1.6.1)  
郭丰守 (2.2.1.6.2) (2.3.4.1)  
虞福祥 (2.2.1.7) (2.2.1.8)  
慕齐放 (2.2.2) (2.2.3)  
杨茂春 (2.2.4)  
问清华 (2.2.5)  
黄扶汉 (2.2.6)  
李卓佳 (2.2.7)  
戴元生 (2.3.1.1) (4.4)  
张启波 (2.3.1.2)  
刘云立 (2.3.1.3) (2.3.4.7)  
刘革新 (2.3.3) (2.3.4.2)  
叶树仁 (2.3.4.3)  
徐光东 (2.3.4.5) (2.3.6.1) (2.3.6.2) (2.3.6.4) (2.3.6.6) (4.1)  
晏仲民 (2.3.4.6)  
景立峰 (2.3.5)  
朱文彬 (2.3.6.3) (2.3.6.5)  
段 林 (2.3.7.1)  
时伟奇 (2.3.7.2) (2.3.7.3)  
陈光志 (2.3.8)  
孙海英 (2.3.10.1)  
吴 挺 (2.3.10.2)  
熊少学 (2.3.10.3)  
徐 颖 (2.3.11)  
李 英 (2.3.12)  
王鸿轩 (3.3)



*GNPS OPERATION YEARBOOK 1985*

ISBN 7-5022-1634-0



9 787502 216344 >

LIBRARY AND ARCHIVE OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING