

毛主席语录

备战、备荒、为人民。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

通过实践而发现真理，又通过实践而证实真理和发展真理。从感性认识而能动地发展到理性认识，又从理性认识而能动地指导革命实践，改造主观世界和客观世界。

凡不注重研究生产的人，不算好的领导者。



前 言

爆破器材（炸药、雷管、导火索、导爆索等）平时广泛地用于工程爆破、修路、开矿和兴修农田水利，而战时则是武装广大民兵进行人民战争的有力武器之一。

在毛主席无产阶级革命路线指引下，在批林批孔运动的推动下，我国爆破器材的生产建设有很大发展，不仅生产单位比文化大革命前增长了一倍以上，而且这些企业遍布全国各地，产品产量逐年提高，这对加速我国社会主义建设、加强国防建设和支援世界人民的革命斗争，都有重要意义。当前，爆破器材生产战线也和全国各条战线一样，高举“鞍钢宪法”的旗帜，深入开展“工业学大庆”和以优质、安全、高产、低消耗为中心的群众运动，各企业加强了技术管理，建立和健全了各项规章制度，一个社会主义建设的新高潮已经到来。为了适应这种大好形势的需要，满足广大职工为革命学习专业技术的迫切要求，有利于职工业余技术教育的开展，我们遵照毛主席“要认真总结经验”的教导，在上级的领导下，编写了这套“爆破器材丛书”。

这套“丛书”包括《硝酸炸药》（已出版）、《黑火药》、《导火索》、《导爆索》、《工程雷管》和《爆破器材与安全技术》等。《黑火药》一书主要叙述黑火药的组成、性能、生产过程和设备、各种制品的加工方法以及分析检验等；《导火索》和《导爆索》两书主要介绍以黑火药为药芯的导火索

4

和以黑索金为药芯的导爆索的结构、性能、生产过程和设备、所用原材料以及生产中常出现的质量安全问题及其处理方法；《工程雷管》一书以8#纸皮瞬发雷管和延期雷管（包括秒延期管和毫秒延期管）为例，介绍了一般工程爆破用的火雷管和电雷管的结构、性能、生产工艺、原材料规格、成品检验以及生产设备等；《爆破器材与安全技术》一书首先概括地介绍了炸药爆炸原理的基础知识，简要叙述了爆破器材的特性及其技安要求，最后阐述了爆破材料工厂的建设要求、安全设施、三废处理、工业卫生以及爆破器材的储存与运输和废品的销毁等。

本书的主要对象是供具有初中文化水平、并参加过一段生产实践的本专业生产工人阅读，也可供技术人员、管理干部、使用爆破器材的矿山和工程建设方面的广大职工参考。

本书的编写出版，是我们总结爆破器材生产经验的一个尝试。毛主席教导我们：“理论来源于实践”，“从感性认识而能动地发展到理性认识，又从理性认识而能动地指导革命实践，改造主观世界和客观世界”。所以，我们希望本书的出版能对当前生产起到一定的促进作用。

本书在编写过程中得到了有关各厂、所、院、校的领导和广大群众的大力支持、指导与帮助，在此我们表示诚挚的感谢。

由于我们对马列主义、毛泽东思想学习得不够好，业务知识有限，同时也缺乏写作经验，因此书中的缺点错误肯定不少，诚恳地希望同志们批评指正。

编者

目 录

第一章 概述	7
第一节 导火索发展简述	7
第二节 导火索的种类与结构	9
第三节 导火索的应用	11
第四节 工艺流程概述	13
第二章 主要原材料	15
第一节 硝酸钾	15
第二节 硫	19
第三节 木材	23
第四节 棉线	25
第五节 沥青	29
第六节 纸	33
第七节 涂料	36
第三章 原材料的加工	39
第一节 棉线的烘干及加工	39
第二节 沥青的加工	44
第三节 纸盘的加工	46
第四节 涂料的配制	48
第四章 黑火药的制造	50
第一节 木炭的性质	50
第二节 木炭的制造工艺	53
第三节 硝酸钾的加工	64
第四节 硫-炭混合物的配制	68

第五节 黑火药的制造	73
第五章 导火索的纺制	93
第一节 概述	93
第二节 制索的工艺技术要求	96
第三节 制索机和制索操作	97
第四节 断、细药的检测与控制	104
第五节 制索中的其他质量问题	115
第六节 生产中影响导火索质量的因素	119
第七节 导火索的计量成卷	127
第八节 导火索的外观普验与包装	129
第九节 导火索的解剖	131
第六章 质量问题讨论	135
第一节 外观和尺寸	135
第二节 燃烧速度和喷火性能	138
第三节 燃烧性能	140
第四节 防潮性能	145
第五节 质量分析与判断	146
第六节 废品的处理	148
第七章 导火索的原材料和成品检验	152
第一节 原材料的检验	152
第二节 导火索的技术标准	161
第三节 导火索的成品检验	164
第八章 安全生产的有关问题	166
第一节 工房与安全设备的安全要求	166
第二节 导火索生产的安全要求	171
第三节 导火索运输、贮存与使用中的安全要求	173

第一章 概 述

第一节 导火索发展简述

导火索用于传导火焰和引爆雷管。它是具有一定密度的粉状或粒状黑火药为药芯，以棉线、纸条、塑料、沥青等材料被覆而成的圆形索状起爆器材。

导火索中的黑火药是我国古代四大发明之一。伟大领袖毛主席在《中国革命与中国共产党》一文中曾经指出：“在很早的时候，中国就有了指南针的发明。还在一千八百年前，已经发明了造纸法。在一千三百年前，已经发明了刻版印刷。在八百年前，更发明了活字印刷。火药的应用，也在欧洲人之前。所以，中国是世界文明发达最早的国家之一……”。火药的发明不是那一个生而知之的天才的功勋，而是劳动人民在实践中的创造。据记载，我国古代劳动人民在很早以前就掌握了伐木烧炭的技术。在两汉时代，硝石、硫磺已有相当数量的采集和比较成熟的应用经验。广大劳动人民在长期生产实践过程中，了解了关于硝石和硫磺的物理化学性质，积累了应用这些物质的知识，这就为黑火药的发明奠定了基础。

黑火药的发明具有重要的理论意义和实际意义，它是现代炸药的先驱，是把化学能转化为机械能的首次实践，是制造和发展导火索生产的先决条件之一。

8

黑火药虽然是我国首先发明的，但是，由于几千年来的封建统治，特别是近百年来帝国主义的侵略和压迫，黑火药的生产没有得到进一步的发展。在腐朽的清政府和国民党反动派统治时期，他们为了镇压劳动人民的革命斗争，依靠帝国主义势力建立了一些火药厂，但这些厂的规模很小，设备陈旧，不成体系，不但产量低、质量差，而且劳动条件十分恶劣，工伤事故层出不穷，广大工人的生命安全得不到保障，因而使我国的爆破器材工业一直处于落后的状态。

解放后，在毛主席和党中央的正确领导下，随着国民经济的飞跃发展，导火索的生产也发生了日新月异的变化。战斗在生产第一线的广大工人阶级，坚持以党的基本路线为纲，贯彻“**艰苦奋斗，自力更生**”的方针，克服了重重困难，走独立自主发展工业生产的道路，大大促进了黑火药和导火索生产的发展。特别是经过无产阶级文化大革命运动，随着我国国民经济的飞跃发展，导火索产品产量成倍增长，产品质量不断提高，产品结构不断改进，生产工艺也有了新的发展，并且还成功地制造出很多新品种。例如，以原煤(无烟煤、褐煤)、麻杆炭代替木炭制造导火药用黑火药；以塑料薄膜加强导火索的防潮性能；采用聚乙烯醇、双层沥青涂料代替淀粉涂料；制索-计量联动一体化；采用气动、光电效应，容抗电桥等方法检测、控制导火索断、细药；使用硬质合金材料制造钢模(工厂俗称钢管)等等。技术革新和技术革命的新鲜事物层出不穷，使导火索生产不断地发展和提高，为我国的矿山开采、农田水利、铁路交通和国防工程的发展和建设提供了更多更好的导火索，为支援世界革命作出了贡献。

第二节 导火索的种类与结构

一、导火索的种类

导火索按应用范围不同，分为军用导火索和工业导火索两种，而工业导火索按其结构特点又可分为以下几种：

1. 全棉线导火索。这种导火索的主要被覆材料是棉线，内层衬以纸条作包缠物，石油沥青作防潮剂。它具有较好的防潮能力，适用于潮湿度较大的爆破作业环境。由于这种导火索棉纱耗量较大，成本较高，其生产量越来越少。

2. 三层纸工业导火索。这种导火索的结构与全棉线导火索基本类似，也是以石油沥青作防潮剂，只是棉纱用量减小、纸条用量增大。它适用于干燥和潮湿度不大的爆破作业环境。目前这种结构的导火索生产量较大，应用较广泛。

3. 塑料导火索。它的结构材料除使用部分棉线和纸条外，还有一塑料层。这一塑料层可直接挤压而成，或是在一定条件下包缠而成。通常是选用聚氯乙烯或聚乙烯塑料。这种导火索具有较好的防水性能，适用于水中爆破作业。

为了节约棉线和烧炭用的木材，许多工厂用麻、人造纤维或玻璃纤维等代替棉线作包缠材料；用原煤或麻杆炭等代替木炭制造黑火药；用专用石油沥青作防潮剂，制造出一些其他品种导火索。例如，双层沥青导火索、褐煤导火索和石碳导火索等产品。

二、导火索的结构

导火索的结构随其用途不同而不同，但其基本结构都是由索芯和索壳组成。下面是工业导火索的解剖图（图 1-1）和剖视图（图 1-2）。

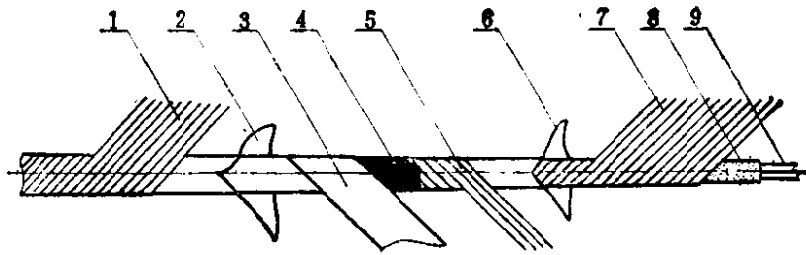


图1-1 工业导火索解剖图

1—外层线；2—外层纸（挂涂料）；3—中层纸；4—防潮层；5—中层线；6—内层纸；7—内层线；8—药芯；9—芯线。

国外的导火索，例如朝鲜、捷克斯洛伐克、日本、美国等国家，除所用的材料有所不同外，其基本结构也是相类似的。主要不同点如下：

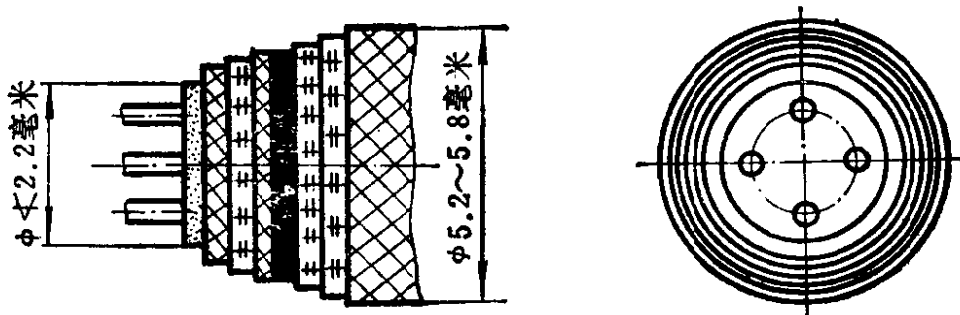


图1-2 工业导火索剖视图

1. 芯线 一般为三根，还有的为一根。所用材料为人造纤维或棉线。
2. 药芯 以粉状黑火药为药芯的较多。也有的选用粒状黑火药，其装药量为6克/米左右，药芯直径较小，喷火性能较低。
3. 内层包缠物 这层包缠物的根数有9根、12根和13

根等几种，有的采用多股加捻线，有的采用多股并纱线。根数少的大都采用麻线或纸绳。还有的在药芯外面首先包缠纸条，然后包缠人造纤维。

4. 其它各层结构情况 各层包缠材料除所用材料不同外，还有包缠层次数量多少、有无沥青层、最外层包缠材料选用细线或塑料层（即塑料导火索）及外层涂料为有机涂料或无机涂料的差别等。

第三节 导火索的应用

导火索在工程爆破中是比较完善的点火引爆器材之一，它的主要能源是黑火药芯。黑火药芯的形状虽然有粉状和粒状之分，但其作用都是用来传递火焰、引爆雷管或黑火药药包的。导火索也可作手榴弹、礼花弹、爆破筒等器材的引爆延期体。

应当指出，因为导火索的燃烧虽有一定的喷火强度，但击发冲量较小，所以导火索只能引爆雷管或黑火药包，而不能直接引爆猛炸药。炸药的爆炸是必须使炸药受到外界足够的击发冲量作用，激起它发生非常迅速的化学变化，放出大量的热和生成大量的气体，高热气体膨胀时即对周围介质做功或产生破坏能力。我们把炸药受到外界击发冲量作用而发生爆炸反应的难易程度称为炸药的感度。而一般猛炸药的感度较低，不能以简单的外界作用（如火焰、摩擦等）引起爆炸，所以，导火索不能直接作猛炸药的引爆器材。而黑火药或雷管中的起爆药（即雷管中的上层装药）对火焰、摩擦的感度较高，因此导火索可以引爆雷管或黑火药包。

导火索在爆破作业中的点火作用，主要分下述三个阶段

完成。

第一称为引燃阶段：以相当的热能使药芯达到燃点时，导火索被点燃，这个阶段的热分解速度很小，反应速度的增长较慢。

第二称为燃烧阶段：当药芯被引燃后，即发生化学变化，产生相应的气体和固体生成物，所产生的气体生成物从引燃端和索壳排出；固体生成物与内层包线形成排气通路，使火焰沿着药芯向前传递，然后形成比较稳定的均匀燃烧，直至药芯接近燃烧終了。这个阶段的热分解反应速度因燃烧生成物中硫化钾（ K_2S ）等物质的自动催化作用而很快增加，直至增大到最大值（反应方程式见第四章第五节）。

第三称为喷火阶段：导火索燃烧至尾端，由于黑火药燃烧时产生气体的压力和本身所具有的热冲量，瞬间喷出火焰，引爆雷管，进而引爆炸药。图 1-3 是导火索、雷管、炸药的联接示意图。

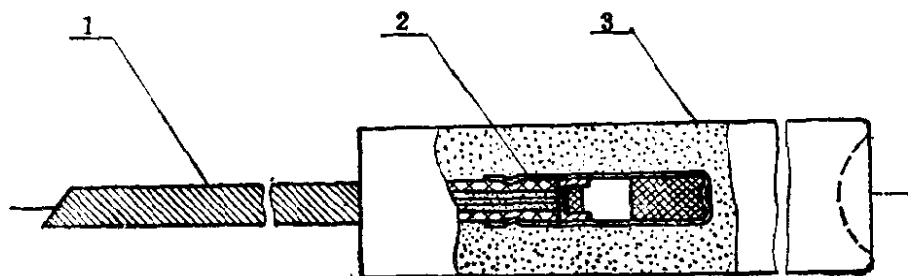


图1-3 导火索、雷管、炸药联接示意图

1—导火索；2—雷管；3—炸药包。

工业导火索的引燃方法很多，常见的有用香火、拉火管、电热丝、点火棒、火柴等，也可用香烟、空壳弹(底火)、木炭块等方法引燃。由于导火索药芯较密实，所以用明火焰点燃比较困难（虽然先将药芯捻松后可用明火焰点燃，但一般

不宜采用明火焰引燃法)。

导火索用作点火引爆器材, 具有容易掌握, 操作简便, 灵敏性强等优点, 所以, 导火索在工程爆破、矿山建设、农田水利、开掘隧道、克服冰冻的危害以及国防建设和人民战争中被广泛的应用。

第四节 工艺流程概述

导火索生产流程可划分为以下几个部分:

1. 原材料加工: 包括棉线的干燥与加工, 沥青的熬制, 纸盘的加工, 涂料的制造, 硝酸钾的加工等工序。
2. 黑火药制造: 包括木材的选择与加工, 木材的干馏, 木炭的选分, 硫-炭混合物的制造和黑火药的制造等工序。
3. 导火索制造: 包括导火索的纺制, 倒松与烘干, 计量成卷, 普验与包装等工序。
4. 硝酸钾、二料、三料的防潮: 在潮湿地区和潮湿季节生产导火索, 应采取防潮措施, 如烘干和保温等。

同时还有相应的半成品检验、成品检验和设备维修等工作的配合。

若采用褐煤、无烟煤代替木炭制造黑火药时, 木材的加工、木材干馏、密封储存等工序可省略。只将褐煤或无烟煤在二料混合前进行干燥和粉碎即可投入二料混合。

生产工艺流程图如图 1-4 所示。

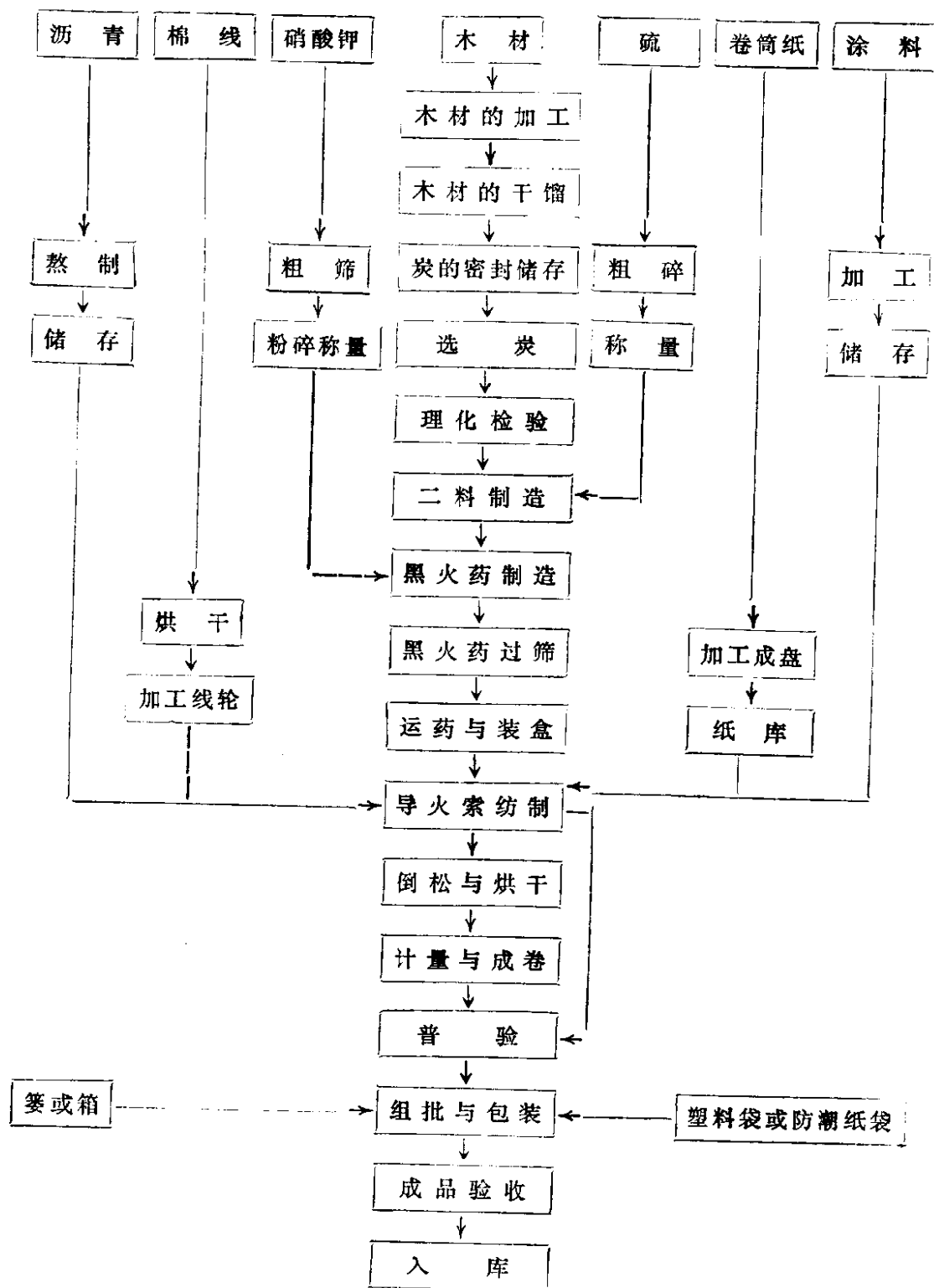


图1-4 导火索生产工艺流程图

第二章 主要原材料

掌握与了解原材料的性质及其技术要求，对于正确使用原材料，保证产品质量，提高产量，降低成本，安全生产是非常必要的。

本章主要介绍工业导火索原材料的来源和制法、性质及其技术要求。

第一节 硝 酸 钾

硝酸钾又名硝石（或钾硝石），纯净的硝酸钾为白色结晶体，比重为 2.1，分子量为 101，分子式为 KNO_3 。

一、硝酸钾的性质

硝酸钾具有含氧丰富、吸湿性较小的优点，故一般在黑火药中采用它作为氧化剂。硝酸铵、硝酸钡、硝酸钠等虽也能作为氧化剂，但硝酸钡具有含氧较少的缺点，硝酸铵、硝酸钠具有临界湿度低、吸湿性大的缺点，所以一般不用这几种材料作为黑火药的氧化剂。

硝酸钾的吸湿性小，这是因为它的吸湿点较高的缘故（见图 2-1）。

物质在空气中自行吸收水分的能力叫做吸湿性。吸湿性与空气的温度和湿度有关。在一定温度下，物质开始吸湿时空气的相对湿度称为物质的吸湿点（临界湿度）。空气湿度大于吸湿点时，物质吸湿；空气湿度小于吸湿点时，物质又把

吸收的水分放出来，即减湿（或干燥）。因此，吸湿点的概念反映了物质处于既不吸湿也不减湿的状态。图 2-1 是硝酸钾、

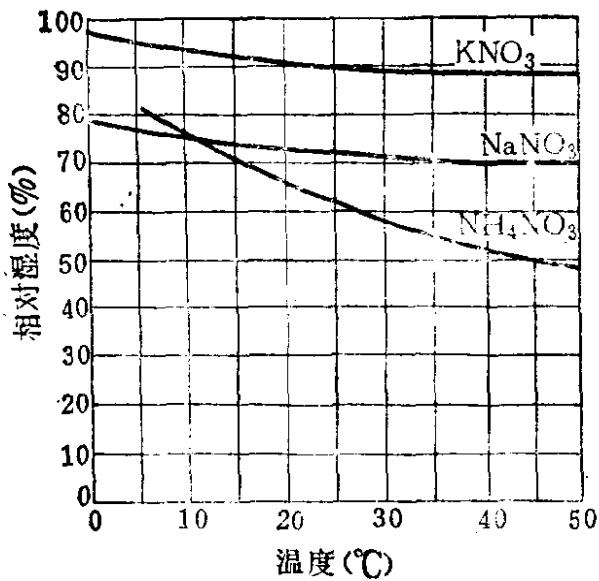


图2-1 硝酸钾等的吸湿曲线

硝酸铵、硝酸钠的吸湿曲线。

从图 2-1 中可以看出，在 20°C 时，只有空气的相对湿度超过 91% 时，硝酸钾才能吸湿；低于 91% 时，不发生吸湿现象。但在同样的温度（20°C）下，相对湿度只要超过 73% 硝酸钠便开始吸湿，超过 67%

时，硝酸铵便开始吸湿。

由图 2-1 还可以看出硝酸钾、硝酸钠、硝酸铵的临界湿度随湿度的升高而有所下降。

此外在硝酸钾的制取、回收与使用过程中，还经常用到它在各种温度下的溶解度及其水溶液的比重等（表 2-1、表 2-2）。

表 2-1 硝酸钾在水中的溶解度
(即 100 克溶液中硝酸钾的克数)

温 度 (°C)	溶 解 度 (克)	温 度 (°C)	溶 解 度 (克)	温 度 (°C)	溶 解 度 (克)
-3	11.0	30	31.5	70	58
0	11.6	40	39.1	80	62.8
10	17.7	50	46.2	90	67.1
20	24.1	60	52.5	100	71.1

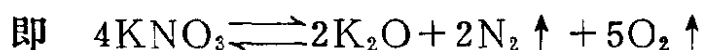
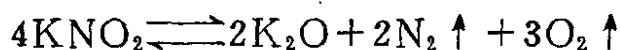
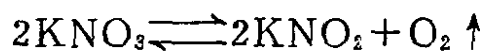
表2-2 硝酸钾水溶液的比重（浓度指100克溶液中硝酸钾的克数）

浓 度 (%)	比 重 d_4^{20}	浓 度 (%)	比 重 d_4^{20}	浓 度 (%)	比 重 d_4^{20}
1	1.0045	7	1.0429	16	1.1039
2	1.0108	8	1.0494	18	1.1181
3	1.0171	9	1.0560	20	1.1326
4	1.0234	10	1.0627	22	1.1473
5	1.0295	12	1.0762	24	1.1623
6	1.0365	14	1.0899		

制造黑火药所用的硝酸钾纯度要求较高。导火索一般用一级硝酸钾。当其混有氯化物、碳酸盐、钙镁盐等杂质时，吸湿性增大。当混有盐酸不溶物、砂粒、机械杂质时，可使黑火药感度增高，安定性降低。

硝酸钾的主要化学性质是其氧化性。在黑火药的燃烧或爆发过程中，硝酸钾起氧化剂的作用，即黑火药被引燃或引爆后，硝酸钾放出氧，将木炭和硫氧化。这一氧化还原反应就是黑火药燃烧或爆炸的基本反应（其反应式详见第四章第五节）。

单独将硝酸钾加热，334~335°C熔化，338°C时开始分解，并先放出氧气，同时有亚硝酸钾（KNO₂）生成。亚硝酸钾不稳定，继续加热生成氧化钾（K₂O），并放出氮气与氧气。



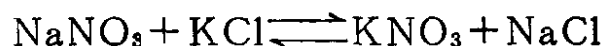
硝酸钾遇红热的炭能产生淡紫色的火焰，这是鉴别硝酸钾与其他硝酸盐的方法之一。

二、硝酸钾的制法

硝酸钾的制法有土法和工业法两种。

土法就是利用重结晶法将土硝[●]（粗硝）进行提纯。先将土硝溶解于热水中，然后经热滤、降温结晶、离心除水、干燥等工序，而得到比较纯净的硝酸钾。

工业法就是利用硝酸钠（NaNO₃）和氯化钾的复分解反应制取硝酸钾。这是目前工业上应用最广泛的方法。其反应式为：



这一反应是可逆的。由表 2-3 可知，在 100℃时，硝酸钾的溶解度比氯化钠大；在 0℃时，硝酸钾的溶解度比氯化钠小。利用这一性质，可以将氯化钠与硝酸钾分别提出，并使反应向右进行。

表2-3 氯化钠、氯化钾、硝酸钠、硝酸钾的溶解度（克/100克水）

温 度 (℃)	NaNO ₃	KCl	NaCl	KNO ₃
0	73	28.5	35.6	13
100	175	56.6	39.1	246

将氯化钾加入热的硝酸钠饱和溶液中，氯化钠先析出，趁热过滤后，再将溶液冷却，硝酸钾即析出。

这样制得的硝酸钾，如果因含有杂质而达不到要求时，可用重结晶法进行提纯。

● 土硝是民间从盐碱土表面上刮得的硝土经精制而得，其主要成分为硝酸钾和硝酸钠。

从黑火药制造与使用过程中的废药中，也可回收部分硝酸钾（其回收方法详见第六章第六节）。

三、硝酸钾的技术要求

制造黑火药一般用一级硝酸钾，其技术要求如下：

表2-4 一级硝酸钾的技术要求

1	外观：应为白色结晶状，不得有机械杂质、砂粒等。		
2	硝酸钾含量	(%)	不小于 99.8
3	水分	(%)	不大于 0.1
4	氯化物(以氯化钠计)	(%)	不大于 0.03
5	钙镁盐	(%)	不大于 0.01
6	水不溶物	(%)	不大于 0.03
7	灼烧后盐酸不溶物	(%)	不大于 0.005
8	可氧化物(以NaNO ₂ 计)	(%)	不大于 0.001
9	碳酸盐(以K ₂ CO ₃ 计)	(%)	不大于 0.01
10	铁	(%)	不大于 0.001

对于KNO₃的技术要求，各地区不完全相同，例如有的测定KNO₃的吸湿性，并规定吸湿性不大于3%；有的则不控制铁含量。

对质量稳定的硝酸钾，一般只对其水分、钙、镁盐，氯化物含量作为必检项目。

第二节 硫

硫的元素符号为S，原子量为32.07，比重为1.99~2.07，通常叫做硫磺。

一、硫的性质

硫在常温下为黄色晶体。它有无定形单斜晶体硫和正交晶体硫等几种异构体，在这些同分异构体中，硫分子中主要

是 S_8 。

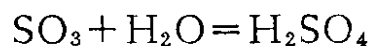
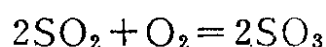
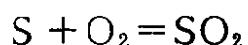
正交晶体硫熔点为 113°C ，比重为 2.06；单斜晶体硫熔点为 119°C ，比重为 1.96。正交晶体硫和单斜晶体硫在 95.5°C 时相互转化。单斜晶体硫转化为正交晶体硫的过程中放出热量，在常温时正交晶体硫为稳定状态。

晶体硫不溶于水，但溶于二硫化碳。将硫用二硫化碳溶解，剩下来的白色沉淀即为最常见的一种无定形硫。

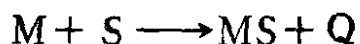
硫在黑火药中的物理作用是粘合剂。对粉状药而言，它能使密度较大的硝酸钾和密度较小的木炭相对位置固定，可减少由于震动而产生的分层现象。对粒状药而言，使药粒具有一定的硬度，增加其在装箱、运输与使用过程中的耐摩强度。

硫容易发生静电效应，在急剧摩擦时容易产生静电。故在黑火药制造与硫炭混合粉碎时应采取必要措施，消除静电。

制造黑火药时要使用纯度较高的精制硫。它呈块状结晶，其性脆，容易破碎。升华硫不能用于制造黑火药，因为硫在升华时部分被氧化成二氧化硫和三氧化硫，氧化物吸湿后生成硫酸和亚硫酸，而这两种酸都可与硝酸钾发生反应，致使黑火药性能发生改变，增大其吸湿性。因此，硫中不允许有硫酸和亚硫酸存在。硫与氧的反应原理如下：



硫属于最活泼的化学元素，它和金属一起研磨时，即使在较低温度下也能变成硫化物。加热时有些金属如铁、铜、锌能够直接在硫中燃烧，生成相应的硫化物。其反应式如下：



M: 二价金属元素;

Q: 热量。

硫与氢约在 300 °C 时可直接化合为硫化氢。

硫在空气中燃烧, 生成二氧化硫气体, 同时放出热量约 71 千卡, 它比碳的燃烧热 (生成二氧化碳时为 94.39 千卡) 低, 所以适当调整硫炭比例能改变导火索的燃烧性能。

硫在黑火药中的化学作用是还原剂 (可燃剂)。在导火索的点燃或黑火药的爆发过程中, 硫被氧化成二氧化硫、三氧化硫。只有极少量的硫作为氧化剂而被还原成硫化氢、硫化钾等。

此外, 硫在黑火药中还起到降低燃点, 使其易于点燃的作用。这就是黑火药比无硫火药易于点燃的道理。

硫化氢较空气重, 是有臭鸡蛋味的无色有毒气体, 吸入微量即发生头痛晕眩等症状, 吸入量较多时可导致严重中毒。

二氧化硫、三氧化硫都是刺激性很大的无色有毒气体。

国家规定车间空气中有毒气体最高容许浓度如表 2-5 所示。

表2-5 工房内有毒气体最高容许浓度 (摘自GBJ1-62)

气 体 名 称	容 许 最 高 浓 度 (毫克/米 ³)
二氧化硫	20
硫酸及三氧化硫	2
硫化氢	10

此外,有的硫中含有微量砷和砷的氧化物(五氧化二砷),这些都是剧毒物质。

二、硫的技术要求

用于制造黑火药的硫,应满足下列技术要求:

表2-6 硫的技术要求

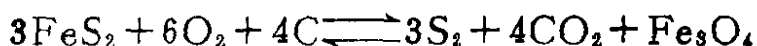
1	外观:呈显著的结晶结构,颜色可为浅黄色或灰黄色。		
2	硫含量	(%)	不小于 99.5
3	硫酸及亚硫酸盐		无
4	硫化氢气味		无
5	灰分含量	(%)	不大于 0.1
6	灰分中含砂粒		无
7	砷含量	(%)	不大于 0.05
8	比重		1.99~2.07

三、硫的存在和制法

硫在自然界中分布很广。主要以天然硫、硫化物、硫酸盐、含硫石油、煤中以及某些有机化合物的形式存在。

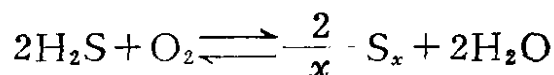
我国常用的制硫原料有硫磺矿、含煤硫化铁、硫化铁、蒸馏石油尾气中的硫化氢(H_2S)气体等。

若用含煤硫化铁做为制硫的原料时,因制硫的原料中含有煤的成份,因而所得的硫中含有少量煤的挥发分。采用含煤硫化铁制硫,在我国已经有一千多年的历史,在不少产煤区早已广泛应用。一般均用土法,因为这种方法具有投资少、收效快、设备简单、操作容易掌握等优点。用普通砖(或耐火砖)建一个焙烧炉和一个收硫池,焙烧炉点燃后,自然通风,空气中的氧气一部分将煤氧化成一氧化碳;一部分将硫氧化成二氧化硫。这两种气体再转化为硫蒸气与二氧化碳,硫蒸气在收硫池内降温凝固成固体硫。其反应式为:



用硫化铁制硫，其原理与用含煤硫化铁制硫相同。

蒸馏石油尾气中含有的硫化氢，也可作为制硫的原料。用尾气制硫不但可以回收大量的硫，而且可以避免硫化氢污染空气。根据尾气中硫化氢的含量不同，其制硫方法分为燃烧法、分硫法。但其反应原理都是硫化氢的氧化反应：



反应方程式中 S_x 为不同结构的硫的同分异构体。 x 是硫的分子个数。

第三节 木 材

制造黑火药的木炭要求易于点燃，能迅速燃烧，吸湿性小和灰分小，此外还必须使木炭在其成分与性质上是均匀的，并且有足够的含碳量，以保证木炭有足够的热值（每公斤木炭发热量为 7000 千卡）。欲满足这些条件，除应作好木材的干馏与木炭的选分外，掌握好用于烧炭的木材的结构与性质也是非常重要的。

一、木材的结构及其分类

树木按其树叶的形状可分为针叶树和阔叶树两种。叶针树比阔叶树树脂含量高，所烧制的木炭燃点高，燃速不稳，所以烧制黑火药用木炭一般不用针叶树，而用阔叶树。

树木按其结构来说，是由树皮（表皮）、形成层（内皮）、木质部（边材和心材）三部分构成。

树木按其成分来说是由纤维素、木质素和各种含量很少的其他物质（水、树脂、蛋白质、淀粉、糖、无机盐等）所

组成。表皮和内皮所含的树脂和无机盐较高。表皮往往夹有泥土、砂粒等杂质，并且所烧制的木炭炭化度不一，性质不均匀，吸湿性大，燃点高。因此烧制木炭所用木材，一般均去掉表皮和内皮，只用木质部（边材和心材）。木质部主要是由纤维素和木质素构成，但含有少量树脂和其他物质。木质部的边材容易虫蛀，心材容易腐朽。加工木材时应注意到这些问题。

除树脂对木炭有一定的影响外，纤维结构的疏密（一般说来纤维越疏松，木材越软）对木炭的性质也有一定影响。一般说来，在相同的干馏条件下，纤维结构疏松的木材所烧成的木炭比重小，硬度小，燃点低，燃速快；纤维结构密实的木材所烧制的木炭，敲击时声音清脆并近似金属声，这样的木炭比重较大、质硬、燃点较高、燃速较慢。

腐朽、虫蛀、发霉之木材所烧成的木炭，发火点低，极易引起自燃。所以这样的变质木材不能用于烧制黑火药用木炭。为防止木材的这些变质现象，应将加工好的木材放在干燥通气的棚内，同时注意防止泥土、砂粒等杂质的污染。

二、木材的选择

上面已经说过合格的木材是烧制出合格木炭的必要前提，因此必须进行树种的挑选和木材的加工。

用于烧制木炭的木材，通常是采用白杨木、醋柳木、苦楝木、柳木、椴木及其它阔叶木，而且以树木发芽季节砍伐年青树木为宜。因为这样的木材所烧成的木炭，无机盐含量少，性质均匀，灰分少，吸湿性小。用这类木炭制成的黑火药燃烧后，固体残渣少。

选用的原木不宜过粗或过细，一般以直径 50~400 毫米

为宜。采伐后露天存放半年以上，使其散失部分水分和低分子挥发物，树浆凝固，纤维性增强，以利于木材的干馏。

但是，对用于烧制木炭的木材的质量要求也不是绝对的，随着我国社会主义建设事业的发展，导火索的产量不断增加，木材的用量也就越来越大。为了开源节流，增产节约，现在已有不少单位直接使用原煤（褐煤、无烟煤等）或麻杆炭代替木炭制造黑火药。同时，也有不少单位根据扩大来源、就地取材、因地制宜的原则，试用多种木材烧制木炭。这些都为进一步节约木材做出了贡献。

第四节 棉 线

导火索从最早的全棉线（或全麻）结构到现在的三层纸结构，棉线的耗用量已大大降低。棉线已部分地被纸、塑料、人造纤维和玻璃纤维等代替，但由于棉线具有来源广、工艺性能好等优点，所以棉线仍然是纺制导火索的重要材料之一。

一、棉线的性质

棉线主要由纤维素组成，所以纤维素的性质直接关系到棉纱线的性质。

用显微镜观察棉纤维，可以看到它是细长拧扭的毛细管。这一结构使棉花成为具有很大内表面的多孔的弹性物质。因而具有很强的吸附性能。除吸附水分外，对植物油、动物油、矿物油和有机溶剂等均有一定的吸附能力。而且一经吸附，完全烘出吸附物是非常困难的。

棉线最常见的吸附物是水分。最初吸附时，水分被吸附在棉纤维的某一固定位置，这些固定位置的水分较难烘出。随着吸附水分的量的增加，水分逐渐变为游离态。棉线吸附

水分的数量除取决于本身的多孔性外，还决定于周围环境的相对湿度和温度。

由于棉线是多孔的弹性物质，所以它吸水后膨胀（又叫作膨化），烘干后收缩。

基于棉线的上述性质，在生产贮存、运输、使用与验收时，都应注意到棉线的吸附性，防止沾污油污、吸潮与发霉。

棉线本身含有少量的油脂。完全成熟的棉纤维约含油脂1%左右。棉线号数越高（纱支数越低），含脂量就越高。油脂对于黑火药来说，起钝化作用，不利于导火索的长期贮存。在三层纸工业导火索中通常用60号纱（10支或付10支）作为内层和中层的包缠材料。

棉纤维是碳氢化合物，加热到120℃即开始破坏，温度再高就易引起燃烧，使用棉线时不应超过80℃。

棉线的捻度通常以其10厘米的捻数来表示。

加捻棉线与并股不加捻棉线相比，在相同的工艺与工装条件下制造导火索，加捻棉线纱耗量高，药芯密度大，防潮性较强。当然在工艺与工装改进的前提下，并股不加捻棉线，不但能达到规定的标准，而且有包缠平滑，节约棉线的优点。

棉线的拉力对于纺制导火索来说也是一个重要指标。在相同号数与股数的条件下，加捻棉线比并股不加捻棉线拉力大。而且在一定范围内，捻度越大，拉力越大。

此外，当棉线有变质、发霉、缺股等疵病时，除从外观上检查外，拉力也是一个检查的方法。出现这些疵病的棉线拉力相对降低。拉力太小的棉线是无法纺制导火索的。

二、棉纱线的技术要求

我国棉线质量的标准在一九七一年前是用定重制(英制)

来表示的。即一磅重的棉线，规定长度为 840 码为一支纱，有多少个 840 码，即为多少支纱。自一九七二年起，我国开始试行本色棉纱线新标准（GB398-71）——定长制。现将新标准中与导火索有关的技术条件简述如下：

（1）棉纱线的粗细程度，以 1000 米纱公定回潮率时的重量（克）来表示，称为纱线号数。

（2）棉纱线的公定回潮率为 8.5%。

（3）棉纱线的号数系列及其 100 米长的标准重量规定（只列导火索常用棉纱）如表 2-7 所示。

表 2-7 导火索用棉线的标准重量

公称号数 (英制支数)	标准干燥重量 (克/100米)	公定回潮率 8.5% 时的 标准重量 (克/100米)
60(10)	5.530	6.00
30(19)	2.765	3.00
28(21)	2.581	2.80
18(32)	1.659	1.80

① 100米标准干燥重量(克) = 纱号/10.85;

② 100米公定回潮率8.5%时，标准重量(克) = 纱号/10;

③ 棉线的公称号数 = 组成股线的公称号数 × 股数。例如导火索外皮线的表示法新标准公制为 28 × 4，英制为 21/4;

④ 公制号数与英制支数的换算公式：

$$\text{公制号数} = \frac{583}{\text{英制支数}}$$

导火索常用棉线除应达到上述标准外，还应满足如下要求：

表2-8 导火索常用棉线技术要求

	18×4 (32/4)	28×18 (21/18)	28×14 (21/14)	28×4 (21/4)	60×4 (10/4)
外观	白色, 应无污染、缺股、背股和捻度不匀的现象。				
拉力(公斤), 不小于	0.6	5	4	1.0	2.5
捻度(个)	30~35	7~10	7~10	27~30	并股
回潮率(%)	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5

三、棉线的代用品

在导火索的生产中需要大量的棉线, 随着导火索产量逐年增加, 棉线用量也在不断增加。但是, 棉线在人民生活和其他工业部门中还有更重要的用途, 所以, 我国工人阶级在开展“工业学大庆”的群众运动中, 积极进行技术革新和技术革命, 为降低棉线耗用量找到了多种途径。例如, 在保证导火索产品质量和性能的前提下, 采用玻璃纤维代替棉线, 用作导火索的中层包缠物, 已经取得了成功的经验。目前, 我国已有不少生产厂采用。

用于导火索制造的玻璃纤维, 是一种中碱玻璃纤维纱(简称中碱纱)。其技术要求如下:

(1) 中碱纱采用钠钙硅酸盐玻璃成份, 其碱金属氧化物的含量为 $12 \pm 0.5\%$ 。

(2) 控制玻璃纤维原纱时, 采用石蜡乳剂作浸润剂, 其含量不大于 2.5% (如更换其它类型的浸润剂或改变含量, 由供需双方商定)。

(3) 中碱纱(短宝塔)纸管长度、卷绕动程、卷装量应符合表2-9的要求。

(4) 中碱纱的规格及物理机械性能指标, 应符合表2-10

表2-9 中碱纱（短宝塔）纸管技术要求

纸管长度 (毫米)	卷绕动程 (毫米)	卷装量 (克)
110	95 ± 5	500 ₋₅₀ ⁰

表2-10 中碱纱技术要求

牌号	单纤维公称直径 (微米)	股数	公制支数	支数不均率 (%)	断裂强度 不少于 (克)	捻度 (捻/米)	捻向
中碱纱 8-45/10	8	10	4.5 ± 0.5	7	5000	90 ± 20	S
中碱纱 8-30/6	8	6	4.4 ± 0.5	7	5000	90 ± 20	S

的要求。

(5) 中碱纱不应有影响使用的磨损、毛纱、错股及成形不良等外观疵点。

(6) 中碱纱的验收规定和试验方法，按 JC176-73 “玻璃纤维制品试验方法” 的规定进行。

(7) 中碱纱的包装、标志、运输和保管，按 JC169-73 “无碱玻璃纱” 的规定进行。

第五节 沥 青

沥青在导火索中主要起防潮剂的作用。它使导火索在比较恶劣的环境下（如低温、潮湿等），也能起到传递火焰、引爆雷管的作用。因此了解沥青的来源、分类、组成、性质及其指标，对于沥青的选择和工艺条件的掌握都是非常必要的。

一、沥青的来源及其分类

沥青根据其来源不同，可分为天然沥青、煤焦油沥青和石油沥青。

天然沥青是地下原油渗透到地面以后，长期暴露在大气中，挥发掉其中的轻质分而形成的。天然沥青一般软化点高，针入度低，并具有较好的光泽。这种沥青硬而脆。所以导火索一般不单独使用这种沥青作防潮剂。

煤焦油沥青是用煤焦油的渣油制得。此种沥青熔化后，挥发物刺激性较大，有毒性。过去的导火索生产中，曾因使用煤焦油沥青发生过中毒现象，所以现在不再采用它作为防潮剂。

石油沥青同煤焦油沥青一样，经过加工后，比煤焦油沥青毒性小得多。石油沥青来源广，产量大，是目前生产沥青的主要品种。

石油沥青的制造方法有蒸馏法（所得沥青叫直系沥青）、溶剂法（又叫丙烷脱沥青法）、调合法和氧化法（所得沥青又叫吹制沥青）。其中氧化法用的较多。这种方法可以制得满足不同要求的多种沥青。导火索用的10号、30号甲沥青（都属建筑石油沥青范围）就是用氧化法制得的。用氧化法制取的沥青其组成与原渣油不同，性能也更为稳定。

使用沥青时，如果因软化点或针入度不适用，可以用不同软化点、针入度的沥青混合配制，以达到要求的软化点和针入度。在试验配制比例时应作全项检验，以防顾此失彼。这种方法叫调合法，它也是一种生产沥青的方法。

二、沥青的组成及其性质

石油沥青是石油中结构最复杂，分子量最大的一部分。所以直到现在还没有完全研究清楚它的结构和组成。它基本

上是含碳、氢、氧、硫、氮的烃类混合物。但由于石油产地和制法不同，各组分的含量和各元素的含量也不相同。甚至差别很大。其中碳 70~86%，氮 10~15%，氧 1~7.5%，硫 0.5~8%，氮 0.5~2%。

根据沥青在不同溶剂中的溶解度，又可把沥青分成三个主要组分：油分（润滑油、石蜡、地蜡），胶质、沥青质。此外还有少量的似碳质、沥青酸、沥青碱等。

需要指出的是，如果沥青中含有地蜡和石蜡，一般要求含量不大于3%。当其过高时，沥青的延伸性、粘结性、针入度降低，而软化点反而降低。使用蜡含量高的沥青对导火索的贮存是不利的，尤其在高温贮存或烘干时间较长时，能使导火索发生缓燃、透火等现象。所以导火索用沥青应为无蜡或低蜡沥青。

三、沥青的技术指标

为了保证导火索的防潮性能，沥青必须具有一定的韧性、硬度和热稳定性。反映沥青这些特点的指标是软化点、针入度、伸长度和蒸发损失。

现将其指标的物理意义简述如下：

1. 软化点：它表示沥青从固态或特别浓厚、流动缓慢的物质，变为粘滞性较低的液体时的温度。同时也表示沥青的使用温度范围。由于沥青是非结晶物质，它没有明显的熔点和明显的急剧变化。

2. 针入度：它表明沥青产品的硬度和流动特性。有些沥青也是粗略地按照其针入度的规定数值来命名的。如建筑石油沥青的 10 号、30 号甲、30 号乙就是如此。但某些专用产品如石油沥青 1*、2*、3* 则不是按针入度命名的。

3. 伸长度 (延度): 它是表示在外力作用下, 拉伸成细线的能力。伸长度的大小表示沥青在破裂前的扩展或伸长的长度, 同时也反映了它的韧性、弹性和可塑性。沥青的胶质含量越高, 其伸长度也越大。

4. 蒸发减量 (蒸发损失): 沥青在 160°C 的温度下, 经过五小时的加热, 重量减轻, 且趋向变硬。原因是由于挥发物损失, 和氧化反应等引起的。蒸发损失反映沥青中挥发物的多少和高温时的热稳定性。因为挥发物渗入导火索药芯时, 使药芯钝化, 所以蒸发减量太大 (一般说来挥发物也较多) 的沥青, 不适用于导火索的纺制。

5. 闪点: 可燃性液体在一定温度下, 该液体所产生的蒸汽与空气混合后, 一遇火源马上内燃, 此温度叫闪点。闪点与防火防爆、安全生产有很大的关系, 当沥青温度接近闪点时, 必须引起注意。一般沥青的闪点在 230~250°C。

6. 水分: 沥青中含有水分时, 加热过程容易起沫, 纺制导火索时涂覆不均匀。因此纺制导火索前先将沥青熬制一遍

表2-11 建筑石油沥青产品标准 (GB494-65)

项 目	质 量 指 标			试 验 方 法
	10号	30号甲	30号乙	
针入度(25℃100克), 1/10毫米	5~20	21~40	21~40	SY2801-66
伸长度(厘米)不小于	1	3	3	SY2804-66
软化点(环球法)(℃)不低于	90~110	70	60	SY2806-66
溶解度(苯)(%)不小于	99	99	99	SY2805-66
蒸发损失 (160℃, 5小时)% 不大于	1	1	1	SY2808-66
蒸发后针入度比(%)不小于	60	60	60	
闪点(开口) (℃)不低于	230	230	230	GB267-64
水分(%)不大于	痕迹	痕迹	痕迹	GB260-64

以除去杂质和水分。

导火索常用沥青的技术要求如表 2-11 和表 2-12 所示。

表2-12 专用石油沥青产品标准 (SYB1663-59)

项 目	质 量 标 准			试 验 方 法
	1 号	2 号	3 号	
软化点(环球法) (°C)	115~130	135±5	125~140	SY2806-66
针入度(25°C, 100克), 1/10毫米	5~10	不大于17	7~10	SY2801-66
伸长度(25°C), (厘米)不小于	1.0	1.0	1.0	SY2804-66
溶解度(%)不小于	(CCl ₄)95	(CS ₂)99	(苯)99	SY2805-66
蒸发损失(160°C, 5小时), % 不大于	1	1	—	SY2808-66
蒸发后针入度比(%)不小于	60	60	—	
闪点(开口)(°C)不低于	250	230	260	GB267-64
水分(%)不大于	痕 迹	痕 迹	痕 迹	GB260-64
灰分(%)不大于	—	—	1.0	SY2807-66
油溶性(在270~280°C 沥青与亚 麻仁油以1:1的比例混合时的 溶解度)	—	—	完 全	

第六节 纸

纸是由天然纤维经过特殊加工而制得的。制造时首先将天然纤维材料(如木材等)中的木质素用碱处理后除去,留下木纤维素(硫酸纤维素),其中含纯的纤维素达90~95%。然后进行碾碎及打浆,使纸浆成为独立的纤维。将此纸浆送入压纸机后,经抄造、冷压、热压等工序,就造成具有一定性能的纸。

制造导火索时包缠适当的纸条,主要是为了保证性能的前提下(即保证直径、燃烧性能、防潮性能、贮存可靠的前提下),节约适量的棉线。在沥青层外缠以纸条,还能起到

增加沥青层耐折性的作用。

现将制造导火索常用纸的技术指标及其意义介绍如下。

1. 紧度 指纸的单位体积的重量（即密度）。以每立方厘米的克数来表示。它是说明纸张紧密程度的重要指标：

$$\text{紧度} = \frac{\text{重量}}{\text{厚度} \times \text{面积}} \quad (\text{克/厘米}^3)$$

当纸的厚度和紧度固定时，单位面积的重量也就固定了。必须指出的是，导火索用纸要求厚度均匀。因为它直接影响到导火索外径，进而影响到与雷管衔接的紧密程度。尤其当纸中有未离解的纤维束、外来杂质或严重皱折时，不但使导火索的质量受到影响，而且给纺制导火索带来不必要的麻烦与浪费。

2. 耐折度 或称反复变折数、双面曲折数。是以纸张折叠处破裂以前所经受的反复折叠180°的次数来表示纸张耐揉折的能力。纸的纵横向耐折度是不一样的，一般以平均值计算。

3. 耐破度、撕裂度、抗张度、伸长度都是测定纸张机械强度的指标。机械强度太小的不宜用于纺制导火索。

4. 透气度 表示纸中气孔的多少。以用在100毫米水柱的真空度下，一分钟内通过10平方厘米纸页的空气体积来表示。这一指标主要检查纸张的防潮性能。导火索的包缠纸，透气度越小越好。

导火索用纸目前有导火索纸和纸袋纸（又称水泥袋纸）两种。

导火索纸为卷筒纸，卷筒宽度为800毫米、1000毫米或按照订货合同的规定。卷筒宽度误差不允许超过±5毫米。

表2-13 导火索纸技术标准 (QB161-61)

指标名称	规 定			试 验 方 法
	DX-06	DX-07	DX-09	
1. 厚度(毫米)	0.065± 0.005	0.078± 0.006	0.093± 0.007	GB451-64
2. 紧度(克/厘米 ³)不小于	0.65	0.65	0.65	GB451-64
3. 抗张力(公斤)纵向不小于	4.0	4.0	4.0	GB453-64
横向不小于	2.0	2.0	2.0	
4. 伸长率(%)纵向不小于	1.5	1.5	1.5	GB453-64
横向不小于	3.0	3.0	3.0	
5. 耐折度(往复次数)纵横向平均值不小于	200	200	200	GB457-64
6. 施胶度(毫米)不小于	2.0	2.0	2.0	GB460-64
7. 灰分 (%)	纤 维 本 身			
8. 水分 (%)	7±2	7±2	7±2	GB462-64

表2-14 纸袋纸技术标准 (QB132-61)

指标名称	规 定				试 验 方 法
	一号	二号	三号	四号	
1. 重量(克/米 ²)	70 80	70 80	70 80	70 80	轻标(QB)47-60
2. 耐破度(公斤/厘米 ²) 不小于	3.4	3.2	3.0	2.8	轻标(QB)50-60
3. 撕裂度(克)纵横向平均值不小于	100	100	90	90	轻标(QB)51-60
4. 耐折度(往复次数)纵横向平均值不小于	500	500	450	400	轻标(QB)49-60
5. 透气度(毫升/分) 不小于	200	200	200	200	轻标(QB)57-60
6. 施胶度(毫米)不小于	1.75	1.75	1.75	1.75	轻标(QB)53-60
7. 水分 (%)	9	9	9	9	轻标(QB)56-60
8. 平滑度	纸 机 压 光				

此外还应符合下列要求：

(1) 纸张的纤维组织均匀，应符合订货合同规定的纸样。

(2) 纸的切边应整齐、洁净。

(3) 纸面为双面或一面平滑。

(4) 纸面不许有折子、皱纹、透明点、孔眼、斑点、条痕、沙子、硬质块和未经破碎的纤维束、节子。

(5) 纸的牌号、卷筒宽度应在订货合同中规定。

纸袋纸为卷筒纸，卷筒宽度为 1020 ± 5 毫米（或按订货合同的规定）。此种纸分为一号、二号、三号、四号四种。

第七节 涂 料

本节所述涂料是指导火索制造过程中粘结外皮线的涂料。此涂料使外皮线粘结在导火索表面，使导火索剪断后索头不致散头，而且增大导火索的被覆力，提高导火索的防潮性能。

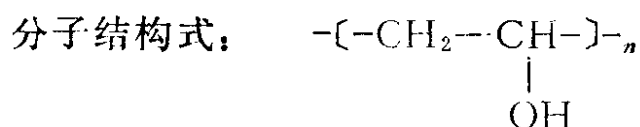
导火索生产中可用的涂料有：松香-石蜡涂料、淀粉涂料、海藻酸钠（又叫海藻胶）、沥青质涂料、桃胶、工业胶、聚醋酸乙烯乳液，以及聚乙烯醇等。但是由于有些涂料对产品性能有影响；有的加工工艺复杂；有的成本高等原因已逐步不采用了。如松香和石蜡配制的涂料，由于它的熔点低、渗透性强，长期存放导火索能使药芯钝化，影响燃速及其他性能，因此这种涂料已被淘汰。又如淀粉涂料耗用粮食多；海藻胶涂料粘性小；桃胶等工艺性能差，故用此作涂料越来越少；沥青质涂料虽粘结力强，防潮性能高，但加工较复杂，制索操作不方便，也采用的较少。目前导火索用涂料要求其

成本低，防潮性能好，粘结力强，且干得快。聚醋酸乙烯乳液和聚乙烯醇涂料就是当前被广泛采用的涂料。

聚醋酸乙烯乳液粘结力较强，工艺操作方便，但使用时因其具有酸性而对设备和工具等有腐蚀性，容易冻结，并且冻结后其粘结性能降低，故在贮存、运输和使用中要注意保温。

聚乙烯醇是目前应用比较广泛的涂料。虽粘结力比聚醋酸乙烯乳液稍差，但能满足使用要求，有一定的粘结力，加工工艺简单，无腐蚀，耗用量少，因而成本低。

聚乙烯醇是一种化学合成的水溶性高分子化合物，外观为白色或微黄色的絮状物或粉末。



分子量：
$$44.02 \times n$$

聚乙烯醇的主要性质如下：

(1) 能溶于某些有羟基的极性溶剂，如甘油、乙二醇、乙醛和苯酚等，不溶于一般非极性有机溶剂，亦不溶于无机酸如硫酸、盐酸等酸性溶液。

(2) 聚乙烯醇可与染料刚果红、碘、碱金属的氢氧化物、氢氧化铜、硼酸及硼酸盐作用生成高分子化合物。聚乙烯醇水溶液中加入少量碘变蓝，而淀粉水溶液遇碘变紫。

(3) 聚乙烯醇水溶液的凝胶化：在聚乙烯醇水溶液中加入硼砂或硼酸可形成硼化聚乙烯醇，几乎各种无机盐类对聚乙烯醇水溶液均可发生凝胶作用。

(4) 聚乙烯醇受热时软化，加热至130~140℃时性质几乎不变，但色泽变微黄。在160℃下长期加热颜色变深，

200°C时分子间脱水使水溶性降低。200°C以上分子内脱水，重量减轻。接近300°C分解成水、醋酸、乙醛、巴豆醛。

聚乙烯醇的性质主要由它的分子量和醇解度（聚乙烯醇分子链上乙烯醇所占的分子百分数）、溶解度和温度来决定的。分子量大的，结晶性强、水溶性差、水溶液粘度大、成膜性能好。一般认为醇解度为88%时聚乙烯醇的水溶性最好，在温水中即能很好地溶解，当醇解度高达99%以上时，在温水中只能溶胀，在沸水中方可溶解。

第三章 原材料的加工

第一节 棉线的烘干及加工

棉线是制造导火索的主要包缠材料。由于产品性质和制索设备的需要，原纱要经过烘干和加工成线轮后方可使用。

一、棉线的烘干

烘干后的棉线应符合下述要求：

1. 外观 应保持棉线本色，不得沾污油垢及其它杂质。
2. 回潮率 不大于6.5%。

烘干是棉线加工的第一步。烘干的主要目的是除去棉线中的水分或消除其局部受潮的水分，为此，不论是在潮湿季节还是在干燥季节，棉线均应进行烘干。

烘干可采用热风法或暖管干燥法，暖管干燥法是以暖汽作热源，经过一定的干燥时间，将分布在专用线架上的棉线烘干，水分检验合格后的棉线即可转入线轮加工工序。

烘干是控制棉线水分的重要步骤，是保证导火索质量的重要条件。因为棉线水分含量有随季节变化的规律，即干燥季节水分含量普遍较低（约5%左右），潮湿季节水分含量较高，所以生产中通常在干燥季节时对棉线的回潮率只作抽查检验；而潮湿季节则每批（一次烘干量为一批）检验一次。检验后，回潮率不合格时，应继续进行烘干，直至回潮率合格为止。

回潮率的计算方法按下式进行：

$$\text{回潮率}(\%) = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \times 100\%$$

式中 G_1 ——烘干前棉线重量 (克);

G_2 ——烘干后棉线重量 (克)。

棉线水分含量的计算方法如下:

$$\text{水分}(\%) = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100\%$$

式中 G_1 ——烘干前棉线重量 (克);

G_2 ——烘干后棉线重量 (克)。

烘干是蒸发水分的过程。棉线中的水分变成蒸汽需要吸收一定量的热和一定的时间,故生产中应控制好烘干温度和烘干时间。烘干时间和烘干温度随棉线的起始状态而不同。一般的说,干燥季节时烘干温度为40~50℃,潮湿季节时可提高至60℃;成束线把的烘干时间应不低于一昼夜;而筒子纱则不应低于三昼夜。烘干后的棉线在储存、运输等过程应注意防潮防污。

二、棉线轮的加工

加工后的线轮应符合下列要求:

(1) 棉线的接头要小,且不得有双扣,线的股数应合格;

(2) 线轮应缠的紧实,排列均匀;

(3) 不得沾污油垢和水分。

线轮加工是制索生产的辅助工序。其加工方法和设备随棉纱的起始状态而不同。

成束线把的加工设备,通常是采用凸轮式往复绕线机(图3-1)。它是利用桃轮倒向往复,使线均匀紧密的排列在

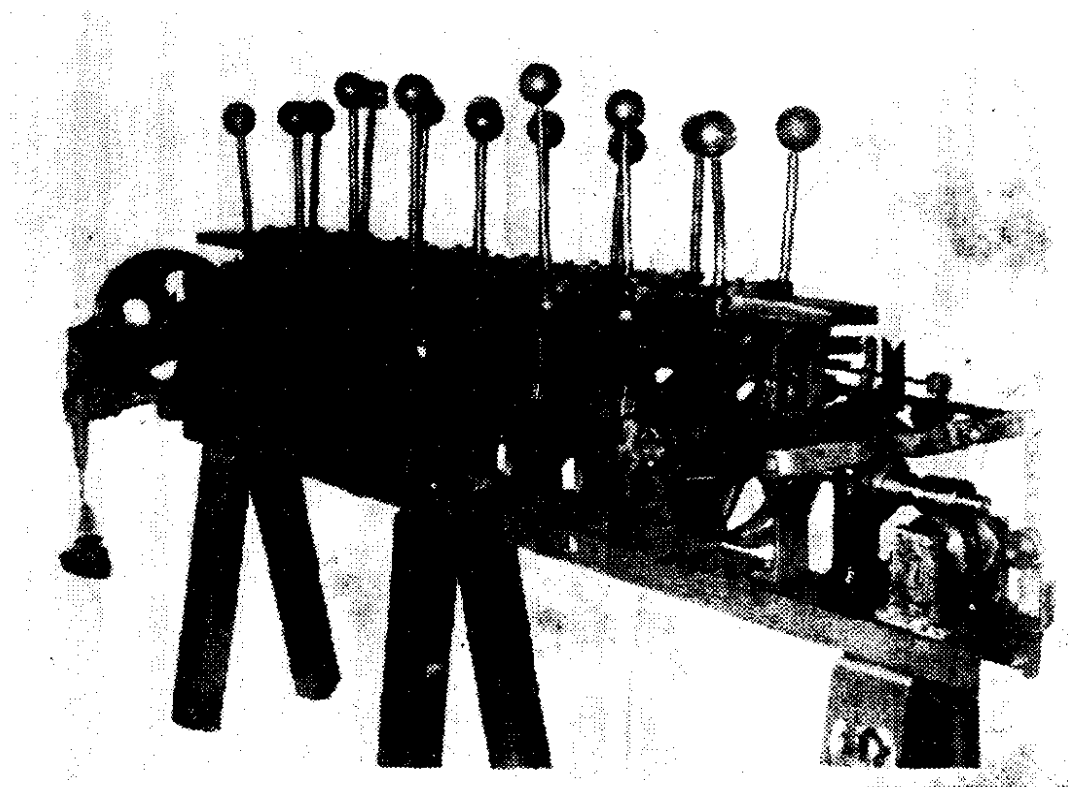


图3-1 凸轮式往复绕线机

带轮边的线轮内。这种设备加工成的线轮质量不够均匀，其生产效率较低，劳动强度较大。

加工筒子纱的设备，一般采用槽轮式急行往复并纱机（图3-2）。这种设备既可并纱又可加工单股纱。它是利用槽轮倒向往复，将原纱缠绕在无边的线轴上。这种设备较凸轮式往复绕线机具有加工质量好、生产效率高、劳动强度小和节约线轮的优点。

槽轮式急行往复并纱机已逐渐被另一种新型并纱机（1381-E型）所代替。新并纱机的主要不同点是用若干个小槽轮往复代替全机只有一个大槽轮的机构，从而提高了并纱质量。这种设备是纺织工业的标准设备，用在导火索生产中应局部改动，使其行程适应要求。

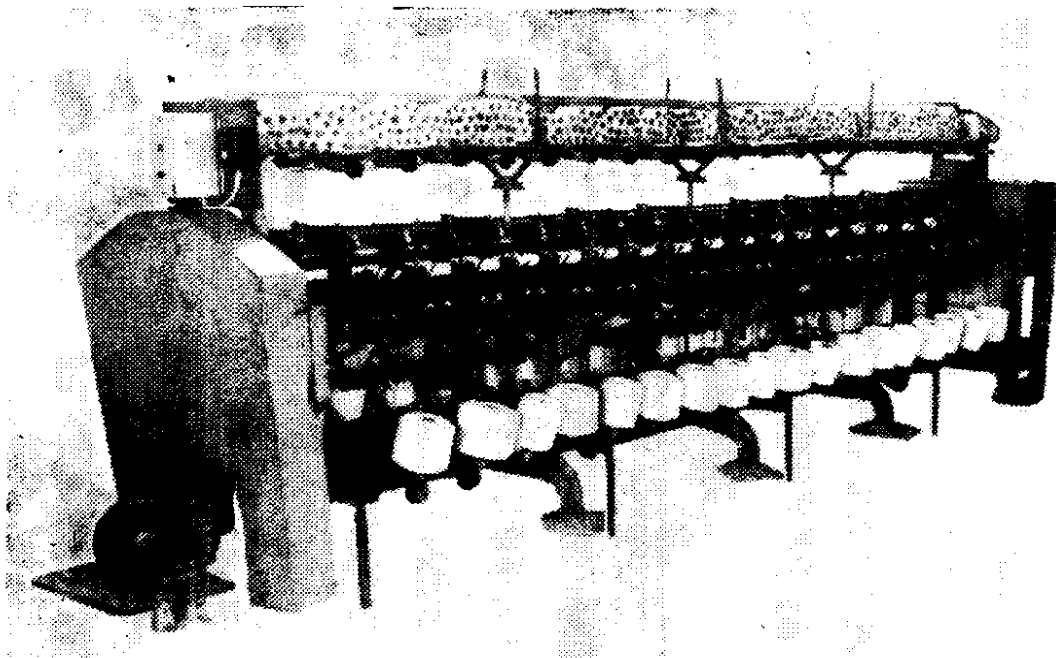


图3-2 槽轮式急行往复并纱机

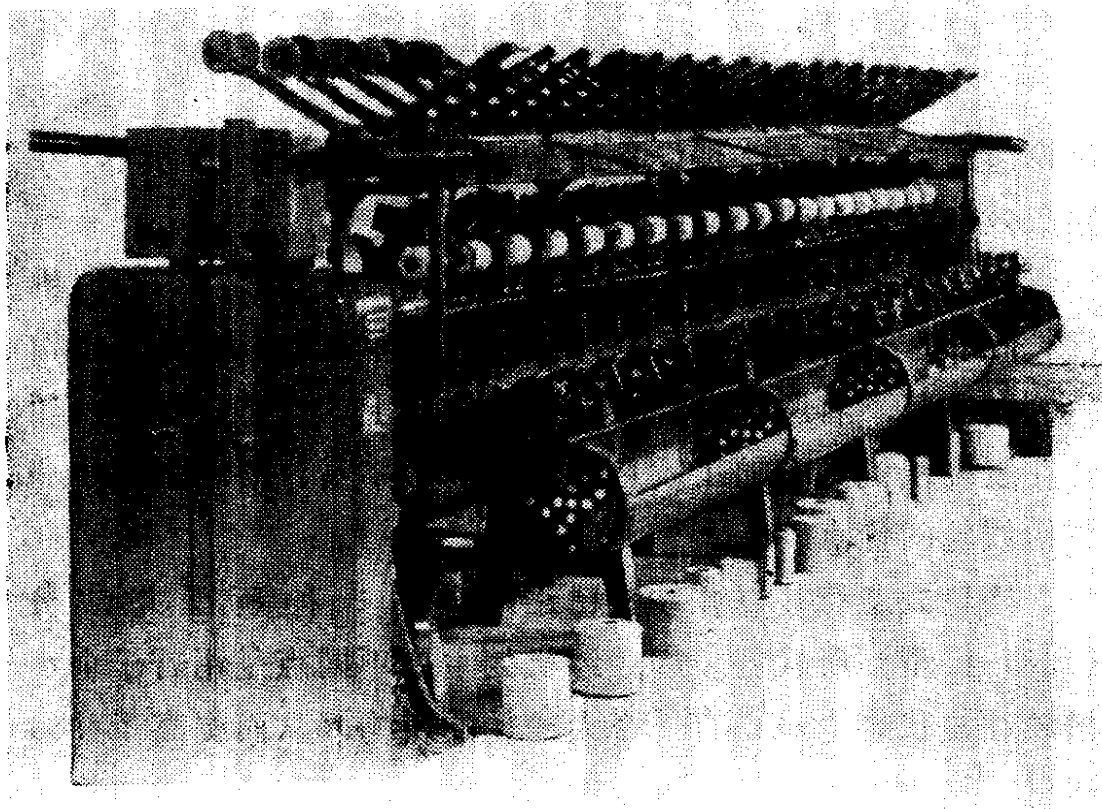


图3-3 槽筒式绕线机

有的选用了槽筒式线绕机（图 3-3），目前大都应用它进行单股纱加工，虽然它加工单股纱具有质量好、生产效率高和劳动强度低的优点，但尚有不能加工多股纱的缺点，使它的应用范围受到了限制。

棉线是天然纤维，有吸湿性，故生产中应注意勿使其受潮和污染。

棉线的抗拉力与其水分含量、捻度等因素有关，在一定范围内，捻度愈大，抗拉力愈高；水分含量愈高，其抗拉力亦愈大。表 3-1 是 28×4 棉线的水分含量与抗拉力的试验结果。

表 3-1 28×4 棉线水分含量与抗拉力试验

28×4 棉线水分含量 (%)	抗 拉 力 (公斤/根)
2.9	1.9
5.22	1.98
12.58	2.07

表 3-1 说明，棉线的水分含量愈高，抗拉力愈大。根据这一性质，生产中常常为减少 28×4 外层线断线较多的问题采用单独吸潮增湿的方法，从而增加棉线的水分含量使抗拉力提高。

加工合格的线轮应妥善管理，即使是这样，潮湿季节加工成的线轮其回潮率仍可达 7.7% 左右，如果再加上管理不善等外加因素，将会使导火索降低到不能保证质量的程度。为此，受潮或水分含量超过规定的棉线及线轮，应重新干燥，水分合格后方可使用。线轮周转量较大时，应在烘房内存放。

为满足制索机的需要，不论选用哪种线轮加工设备，其制成的线轮大小和紧度应基本一致，当线轮大小相差悬殊时，因其重量不同，在制索机上所产生的离心力也不同，线轮大的产生的离心力大，线轮小的产生的离心力小，同时用在制索机上将影响导火索的包缠质量。一般情况线轮长度约为110毫米，线轮直径随制索机的线轮个数而定。线轮紧度应适当，过紧时有边线轮容易“夹线”，制索时断线较多。

棉线的接头应尽量使其尾端缩小，结扣应牢固，以防线头和结扣过大影响药芯质量。

第二节 沥青的加工

未加工的沥青，往往由于包装、运输、储存不当，而使沥青混有砂石、纸屑等杂质，直接供制索使用将会影响导火索质量，为此，使用前通常对沥青都要进行一次熬制加工，以获得较纯净的沥青。

加工后的沥青应符合下列要求：

1. 沥青中不得含有砂石、泥土、纸屑等杂质；
2. 沥青块不应过厚。

熬制沥青是在专用的沥青锅内进行。沥青锅的形状可因地而异，大量生产以选用敞口式沥青锅（图 3-4）较好。

熬制沥青是以木柴或煤等作燃料，将沥青熔化成流动状态，待砂石等杂质沉淀并除去其表面的纸屑等杂质后，将沥青经过滤网放入撒有滑石粉的池内，待其自然冷却成固体，然后用热铲将沥青切割成适当的块状，备制索机使用。

熬制沥青时，应有排尘通风装置，以保障操作者的身体健康。

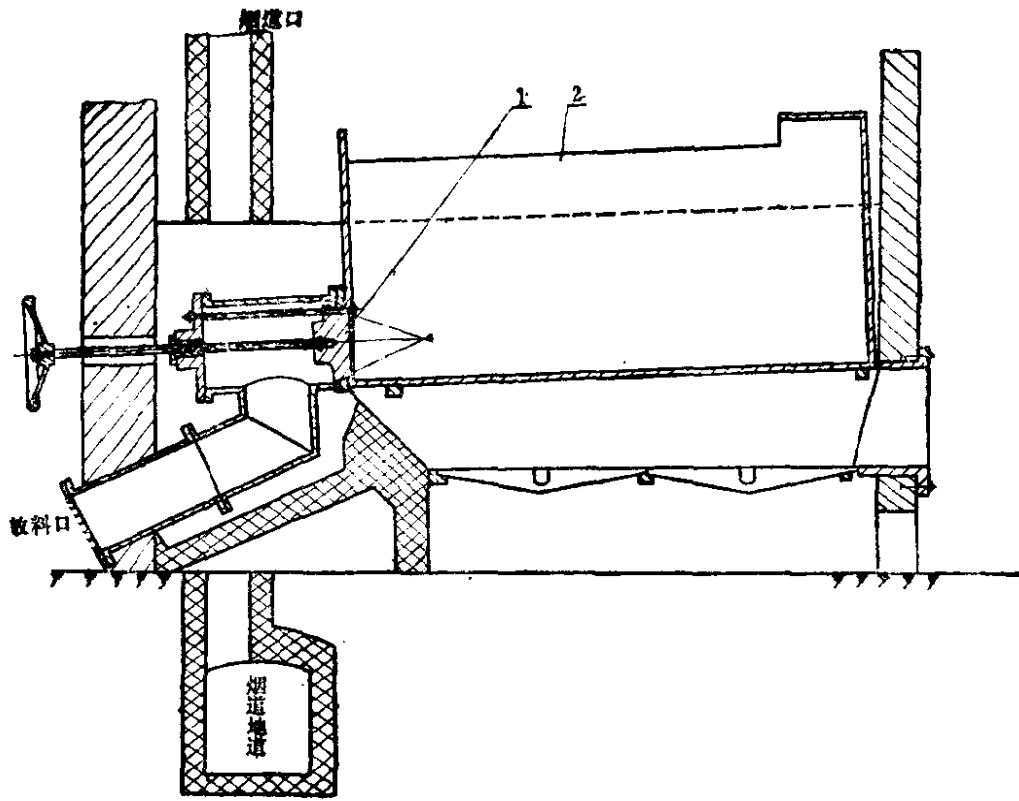


图3-4 沥青锅示意图

1—放料阀；2—沥青锅体。

熔化沥青时，温度不应过高，温度升高速度不可过急，以防引起沥青自燃着火。正常情况沥青温度以不超过 230~250℃为宜。但也不能温度太低，否则，沥青流动性太差，砂石等杂质不易沉淀及清除，且不便于操作。

当沥青液面中有火星出现或产生自燃着火时，最好用滑石粉或细砂扑灭，也可用湿麻袋密封。沥青局部着火时，尽量不用水喷撒。

当沥青质量不符合制索要求时，可采用调合法配制沥青。用低标号沥青（软化点高的）和高标号沥青（软化点低的），以适当的比例配合调制成生产所需要的中间标号的沥青。

沥青的软化点过高时，制索操作困难，制成的导火索在低温时会发生龟裂现象，影响导火索的防潮性能；沥青软化点过低时，油脂、蜡质含量较高，长期储存后，容易渗入药芯而使药芯钝化，影响导火索的性能，故沥青的软化点应适当。根据我国的气候条件，多年来的生产实践也证明，选用30*甲石油沥青比较适宜，基本上可以满足制造和使用导火索的要求。对于气温较高的地区或有特殊要求的导火索，可考虑选用软化点较高的沥青，例如10*石油沥青等。

第三节 纸盘的加工

纸盘的加工是根据制索的需要而进行的。它是将卷筒纸按导火索产品图的要求，加工成不同直径和不同宽度的纸盘，供制索使用。

加工纸盘通常有两种方法，一种是用卷（倒）纸机将卷筒纸卷（倒）成一定直径的纸卷，然后再将纸卷在车床上切削成一定宽度的纸盘。这种加工方法具有操作手续多、劳动强度较大和质量不稳定的缺点。目前已越来越多的以另外一种“联动切纸机”（图 3-5）所代替。

这种切纸机是切纸-卷纸的联动设备，它是将卷筒纸直接安装在“联动切纸机”的固定位置上，使纸通过一系列滚轴后进入滚刀，切割成纸条，然后纸条直接进入收纸轴上卷成纸盘。这种加工方法生产效率高、纸盘质量较稳定。

“联动切纸机”适于加工下列规格的卷筒纸：

- (1) 直径：1000毫米左右；
- (2) 宽度：800毫米、1000毫米和1020毫米。

加工后的纸盘应符合下列要求：

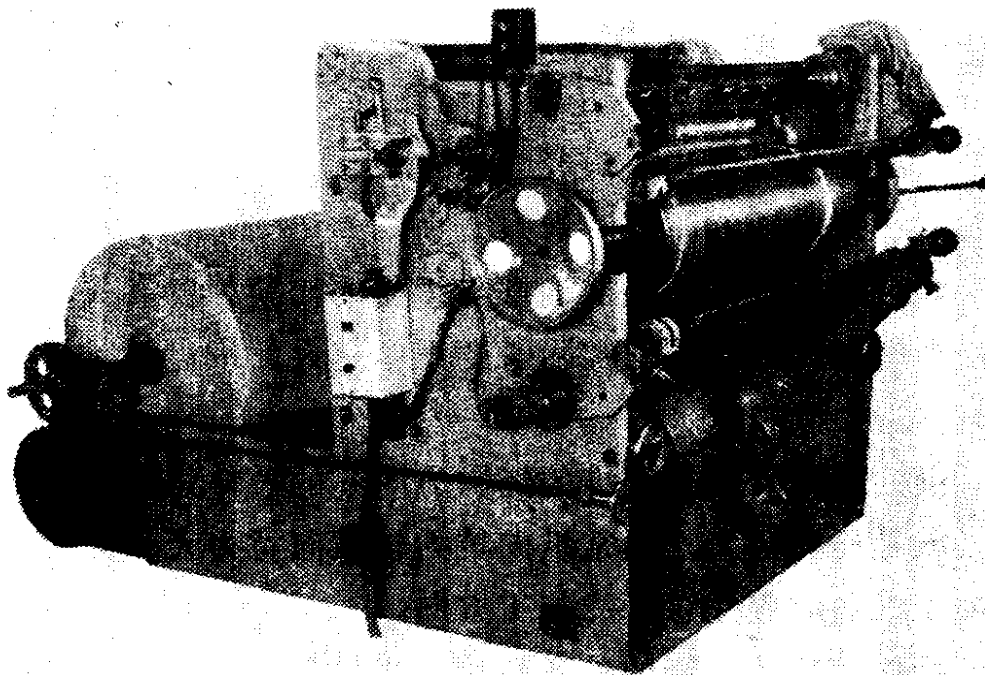


图3-5 联动切纸机

- (1) 纸盘宽度：应符合规定尺寸的要求，误差为 ± 1 毫米；
- (2) 纸盘应卷切平整，且不应过松；
- (3) 纸盘直径：斜缠用纸盘为140~160毫米；直裹用纸盘为350毫米左右；
- (4) 纸的水分含量： $7 \pm 2\%$ 。

当所加工的纸盘过松和直径过小时，应当加强管理，充分利用。

根据导火索的需要，纸盘规格应相对稳定，而不经常改变。

为了了解和掌握纸盘的实际长度，可参阅下列公式进行纸条长度的计算：

$$L = \frac{\pi (D_2^2 - D_1^2)}{4t} = \frac{0.7854(D_2^2 - D_1^2)}{t}$$

式中 L ——纸条长度 (米);
 D_2 ——纸盘外径 (米);
 D_1 ——纸盘内孔直径 (米);
 t ——纸的厚度 (米)。

本公式的计算结果准确性与纸盘的松紧程度有关, 纸盘越松, 所得计算结果与实际长度误差越大。纸盘越紧计算结果越接近实际长度。

纸的纵向 (就是纤维的经向方向) 的拉伸强度比垂直方向 (就是横向) 大, 通常纵向拉力较横向拉力大一倍以上, 故加工纸条时应注意纸的加工方向。

操作中应注意纸的外观质量。当发现有未离解的杂质附着在纸面上, 或纸的厚度有变化时, 应停车清除。

第四节 涂料的配制

一、导火索用涂料的基本条件

导火索用涂料应满足如下要求:

- (1) 货源广, 有相当的粘结能力;
- (2) 具有一定的防潮能力, 并力求使导火索外形美观;
- (3) 无腐蚀性和刺激性。

显然, 导火索用涂料的配制方法与选择的涂料种类有关。目前应用聚乙烯醇水溶液作涂料较为广泛。聚乙烯醇涂料配制方法简便, 无腐蚀性和刺激性, 有足够的粘结性, 成本较低。由于它具有干得快的特点, 所以用于导火索纺制时, 制成的导火索可以直接成卷, 只需晾干, 而不需再经烘干。这样虽然导火索水分含量稍高一些, 但减少了一道烘干工序, 而仍可达到质量要求。例如, 用淀粉作涂料制成的导火索经烘干

后，切成约 25 毫米索段进行水分测定（按黑火药水分含量的测定方法测定），其水分含量约为 3% 左右，而使用聚乙烯醇作涂料晾干的导火索，水分含量约 4% 左右。为此，应用这种涂料时，生产中应保证晾干，并勿使产品再受潮。

聚乙烯醇涂料配制是在专用的铁制或铝制容器中进行。首先将聚乙烯醇用热水或蒸汽加热至完全溶解，然后按比例加水并搅拌均匀，即可供制索机使用。溶解时水温高一些溶解速度较快，涂料溶液中不应有不溶的颗粒。

经过大量研究和实践，确定涂料溶液的比例如下较好：

聚乙烯醇：水 = 1：20

涂料溶液的浓度可根据不同的气候条件进行适当的调整。例如，当气候干燥时，因其水分蒸发较快，往往使用时间愈长，溶液浓度愈大，此时可适当多加一些水。

二、其它涂料的配制

有的工厂采用沥青基混合物作外层涂料，其选用的配方有如下两种：

(1) 30*甲石油沥青	50%
地蜡	15%
石蜡	10%
滑石粉	25%
(2) 专用 3*石油沥青	40%
地蜡	20%
轻质碳酸钙	40%

采用沥青基混合物作涂料，虽然粘结性强，所制成的导火索防潮性能好，但配制加工较复杂，制索操作不便，目前，选用这种涂料的生产厂还较少。

第四章 黑火药的制造

第一节 木炭的性质

一、木炭的组成

木炭是一种有机化合物，其中主要含碳元素，此外还含有氢、氧等元素。木炭的组份和得率随炭化温度而不同（见表 4-1）。炭化温度愈高，木炭的含碳量愈高，氢、氧等含量愈低，木炭的得率亦愈低。木炭中的含碳量是表示木炭炭化度的指标。含碳量的高低对导火索燃烧速度的影响比较显著。木炭的含碳量愈高，其导火索燃烧速度愈快；含碳量愈低，导火索的燃烧速度愈慢。木炭的含碳量不宜过高和过低。过低者，即炭化度低，黑火药的球磨时间延长，所制成的导火索燃烧速度较慢，不利于组织生产和安全生产；过高者，则黑火药球磨时间较短，所制成的导火索燃烧速度不稳，影响制药质量。生产中木炭含碳量以控制为 $79 \pm 4\%$ 为宜。

二、木炭的活泼性

木炭是多孔性物质，表面积较大，具有较好的反应能力和吸附能力。生产中，细度愈大时吸附能力愈高。在高温时化学活泼性高，易与氧化合，因此木炭是优良的还原剂。

三、木炭的比重

木炭的比重因树种、木材的质量、炭化时的最高温度和温升速度而不同。一般比重大的木材烧成的木炭比重也大。含碳量高的木炭比重大。柳木炭的比重（0.32 左右）较杨木

炭（0.26左右）大。

四、木炭的燃烧性能

木炭的发火点是表示木炭点火性能的指标。若发火点太低时，其黑火药虽然容易点燃但安定性降低，太高时，黑火药的燃点增高，难点燃。因此发火点应控制在165~240℃之间。

腐朽的木材和树皮制成的木炭，组织比较疏松，吸附能力较强，容易氧化引起自燃。用这种木炭制造黑火药其燃烧速度不稳，燃烧性能不良，因此，用于制造黑火药的木炭不能使用腐朽的木材和树皮。

木炭燃烧过程中要放出热量(约7000千卡/公斤)，其热量随含碳量高低而不同，含碳量高的木炭，发热量较大；比重大的木炭，发热量也较高。

木炭燃烧后呈白色或淡红色的物质称为灰分。其灰分的含量及组成，随炭化温度、树种、木材的质量（例如有无树皮）、树木的生长条件、砍伐季节、运材方式和烧制方法而不同。炭化温度愈高，灰分含量愈大，碳的组成比例愈高；阔叶木烧制的木炭比针叶木的灰分含量高；树皮的灰分比木材部分的灰分大。在灰分的组成中含有能溶于水和不溶于水的两种盐类。水溶性的盐类中主要含有碳酸钾，钾、钠的硫酸盐和盐酸盐；不溶性的盐类有硅酸盐，有的含有磷酸盐等。

木炭的灰分是表示影响吸湿性和黑火药燃烧性能的指标。灰分愈小，所制成的黑火药的质量愈好，黑火药的吸湿性愈小，导火索燃烧时固体残渣愈少，燃烧性能也就相对提高。

五、木炭的吸附性

吸附性是表示物质表面对水等物质的吸附能力，它是在物质的表面进行。而与吸收的概念不同。木炭具有较强的吸附性，吸附水分的多少随空气中的相对湿度和存放时间而不同。木炭的细度愈大，表面积愈大，吸附水分的能力愈强。新烧制的木炭水分含量一般为2~4%，它暴露于空气中时，能较快地吸附空气中的水分和氧，同时放出热量，如不及时导出热量，则热量的积累有时会达到其燃点而发生自燃的现象。因此新制成的木炭需放置在比较密闭的池内存放3~5天的时间，以使木炭缓慢的氧化，然后才能将木炭直接的暴露在空气中。这样就会防止木炭自燃而保证安全生产。但木炭的储存时间也不宜过长，否则，水分含量增高，性质变脆。

木炭的水分含量愈高，黑火药的燃烧性能愈差，但也不是水分含量愈低愈好。在正常的情况下有一定含湿量的木炭性质较为稳定。

六、木炭的机械强度

它是表示对压碎和磨损的抵抗能力。木炭是易压碎、不耐磨损的物质，它这一性质对装卸和加工过程的意义很大。木炭的机械强度随木炭的树种、受压方向、炭化温度和炭化速度有关。比重大的、炭化温度低的以及炭化时温升速度较缓慢的所制得的木炭机械强度较高，反之机械强度较低。

七、木炭的外观

木炭为黑色、棕褐色的物质，其颜色的均匀性表示着木炭的均一程度。木炭表面的木焦油残渣和炭化度不匀的炭块，影响黑火药燃烧性能和燃速的稳定性。此外木炭中含有砂粒等机械杂质时，能使黑火药的机械感度提高，安定性降低。杂质增多，可使导火索燃烧时造成局部固体残渣增加，影响排气，

严重时造成排气道堵塞。因此，木炭的外观质量也是影响导火索性能的重要因素。

木炭的外观随炭化温度而不同，当炭化温度为 350℃时，木炭的炭面上可以看见较轻微的褐色；当炭化温度为 350~400℃之间时，褐色即完全消失。炭化温度的高低对木炭的影响也可以直观地用敲击声音来判断，炭化温度愈高，木炭的声音愈清脆。但炭化温度过高时（例如 1000℃以上）烧成的木炭极难点燃。

八、木炭的化学性质

木炭不溶于水。低温时很安定，高温时在空气中易燃烧：



第二节 木炭的制造工艺

一、概述

木炭是黑火药的主要成分之一，它的质量对黑火药的制造和性能都有很大的影响，因此制造出合乎导火索要求的木炭是导火索生产中的重要问题。为了制造合格的导火索，所用的木炭应符合下列技术要求。

1. 外观

炭块断面颜色应为黑色、棕褐色物质。不得含有：

木焦油残渣和烟灰粒；

目力可见的泥土、砂子等杂质；

炭化过度或炭化不足的炭块；

直径超过 15 毫米且有杂质的节子；

能通过边长为 1 厘米筛孔的碎炭。

2. 理化性能

- | | |
|-------------------|-----------|
| (1) 碳含量: (%) | 79 ± 4 |
| (2) 灰分含量: (%) 不大于 | 3 |
| (3) 水分含量: (%) 不大于 | 7 |
| (4) 发火点: (°C) | 165 ~ 240 |

制造木炭的工艺流程如图 4-1 所示。

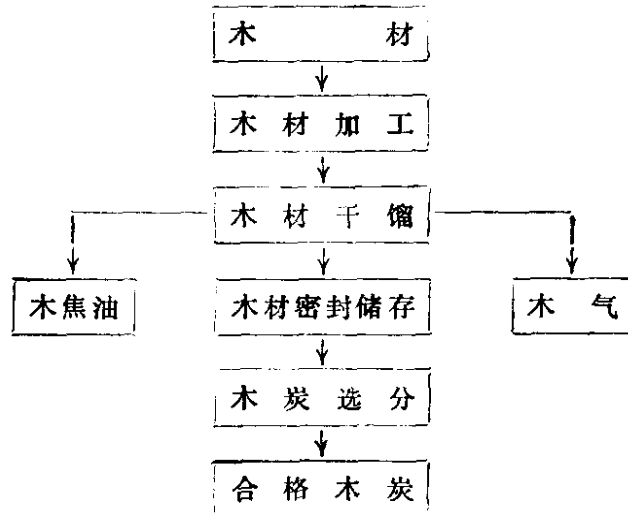


图4-1 木炭制造工艺流程图

二、木材的选择与加工

1. 木材的选择

木炭的质量随木材的材质和制造方法而不同，生产导火索用的木材以选择阔叶树较好，因为阔叶树具有质软、树脂含量较少的特点，有利于导火索的生产。质软的木材制成的木炭通常是性脆，灰分少，易于粉碎，容易与黑火药中的其它成分混合。我国以白杨木、柳木、椴木等阔叶树烧制木炭制造导火药用黑火药较为广泛。而不采用多树脂的针叶树，因为树脂在炭化时产生很难点燃的残渣，且这种木炭燃烧速度较慢。

目前有的地区和工厂试用了其它树种，如杉木、桦木、苦

棟木、冬瓜木等。也有的使用麻杆等代替木材。近年来还有一些工厂选用无烟煤、褐煤代替木炭等新工艺。实践证明：在适当的工艺条件下都可以制造出合格的导火索，为节约木材和黑火药生产闯出了一条新路。

2. 木材加工

木材在烧制前应进行一系列的加工处理才能用于生产。原材中因为水分含量较高(约40%)，所以新砍伐的木材应首先经过堆放风干，使其水分含量降低至25%以下。相当干燥的木材的基本组成通常为：

碳含量	49.5%
氢含量	6.3%
氧含量及其他	44.2%

当木材的水分含量过高时，炭化时间增长，炭化过程不易控制，浪费热源，且木炭质量也不稳定。

选用的原材不宜过粗、过细。导火索用木材直径以50~400毫米较好。

风干后的原材要去掉树木的表皮和内皮，然后锯、劈成适当的长度和块度，将其垛放在防尘、防潮的棚内，使木材进一步自然风干。

锯、裁原木时可用流动式轮盘电锯(图4-2)。

劈、砍木材的设备有卧式劈斧(图4-3)和立式劈斧。卧式劈斧适于加工直径不大的木材，而立式劈斧对不同直径的木材均可进行加工。

为加工小块木材和处理木材上的疤节等，可采用固定式轮盘电锯等设备。

所锯、劈的木材块度应均匀适当，其尺寸系根据炭化罐的

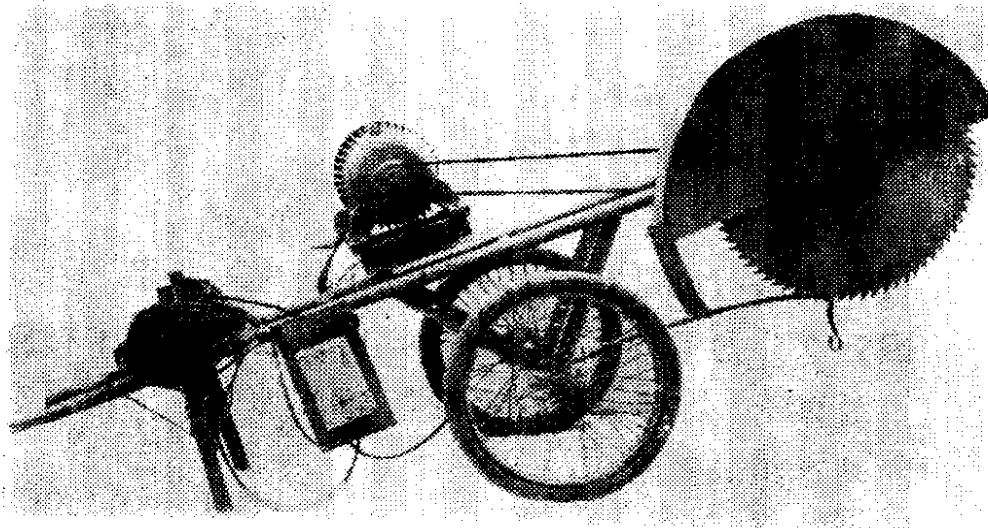


图4-2 流动式轮盘电锯

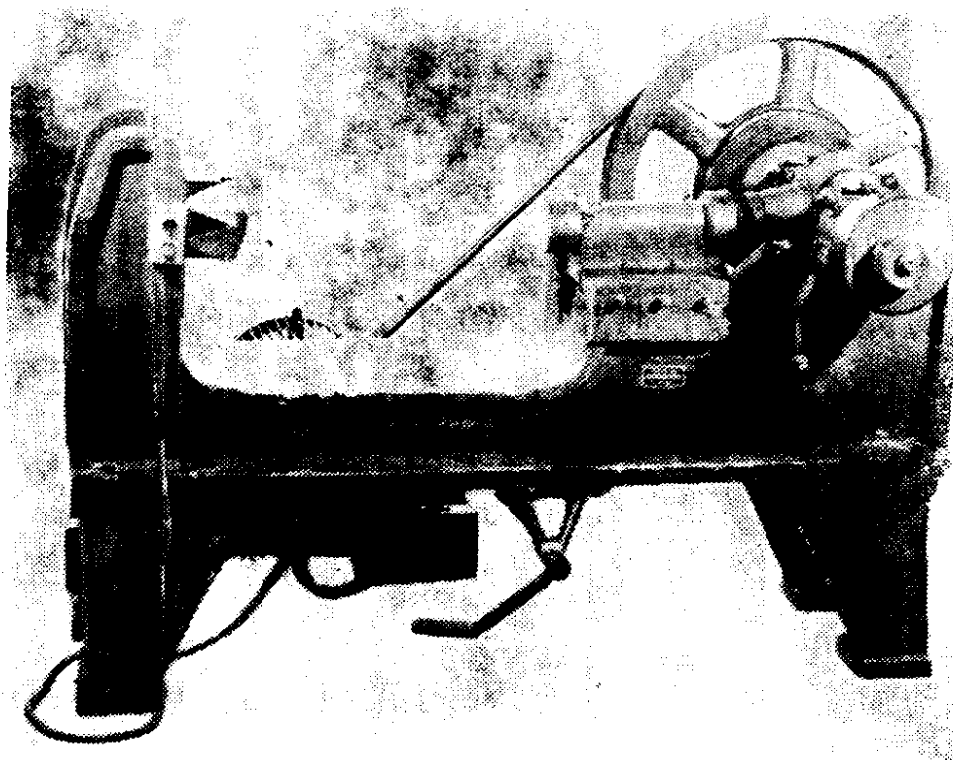


图4-3 卧式劈斧

大小而定。木材的块度相差太悬殊时，所烧制的木炭有不均匀的现象。因此作好选材与加工是保证导火索质量和降低产品成本的重要措施。

三、木炭的烧制

木炭的烧制过程就是木材的热分解、炭化的过程，通常叫做木材的干馏。它是在密闭的、隔绝空气的条件下进行的。木材的炭化过程伴随着很复杂的化学分解反应，它不仅包括木材本身的热分解，而且还伴随有分解产物之间的副反应。

1. 炭化设备

烧制木炭在我国具有悠久的历史 and 极为丰富的经验，所用的设备和方法是灵活多样的。抗日战争时期，我国多以土窑的形式烧炭，直到现在仍有些地区沿用土窑烧炭方法。随着工业建设的发展，目前黑火药用木炭多在立式炭化炉中烧制（图 4-4），也有选用卧式炭化炉的。

立式炭化炉的炉体结构随燃料的不同而稍有区别。用煤作燃料的炉体结构为间接加热方式（见图 4-4），以延长炉体的寿命。以木柴或电作热源时则采用直接加热的方法。直接加热的炉体结构简单，操作方便，但消耗大量木柴；在目前电加热烧制木炭的方法成本较高。

炉体内部设有专用的炭化篮，它是用铁丝编制的网篮状容器，装卸木材、木炭时只需提吊炭化篮而不动炉体。炭化篮的结构形状有整体式和分解式两种，图 4-5 为分解式炭化篮。

分解式炭化篮的结构特点是按炉体大小作成两层，每层有四个瓜瓣状的小篮。使用炭化篮具有便于装卸，便于储存和木炭不易破碎的优点。实践证明，分解式炭化篮对大型炭化

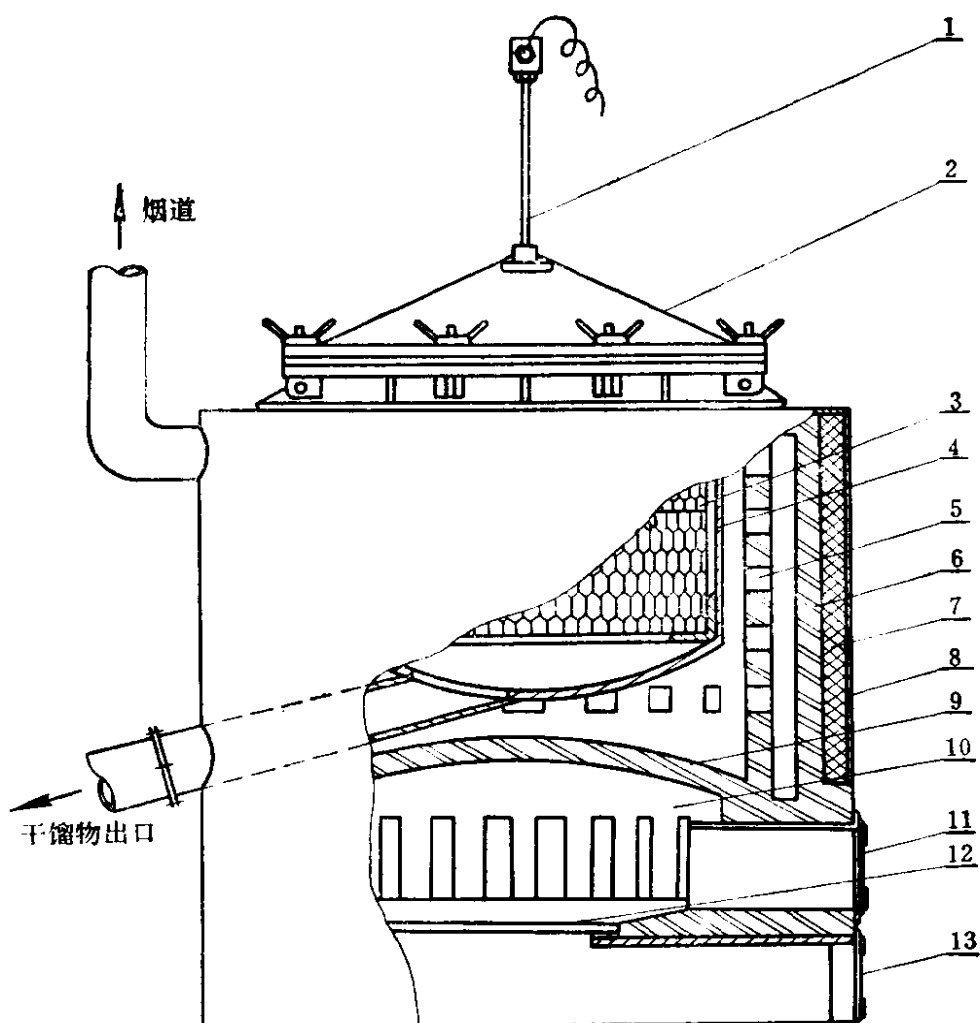


图4-4 立式炭化炉

1—热电偶；2—炭化罐盖；3—炭化篮；4—炭化罐（外壳），
5—翻火孔；6—耐火砖墙；7—保温层；8—铁皮外壳；9—拱
形隔墙；10—炉膛；11—炉门；12—炉条；13—出炭口。

炉是比较适用的。

2. 烧制木炭的几个主要环节

(1) 掌握木材干馏和温升速度

木材的干馏通常分为三个阶段：

第一为干燥阶段：这段的温度控制在 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的范

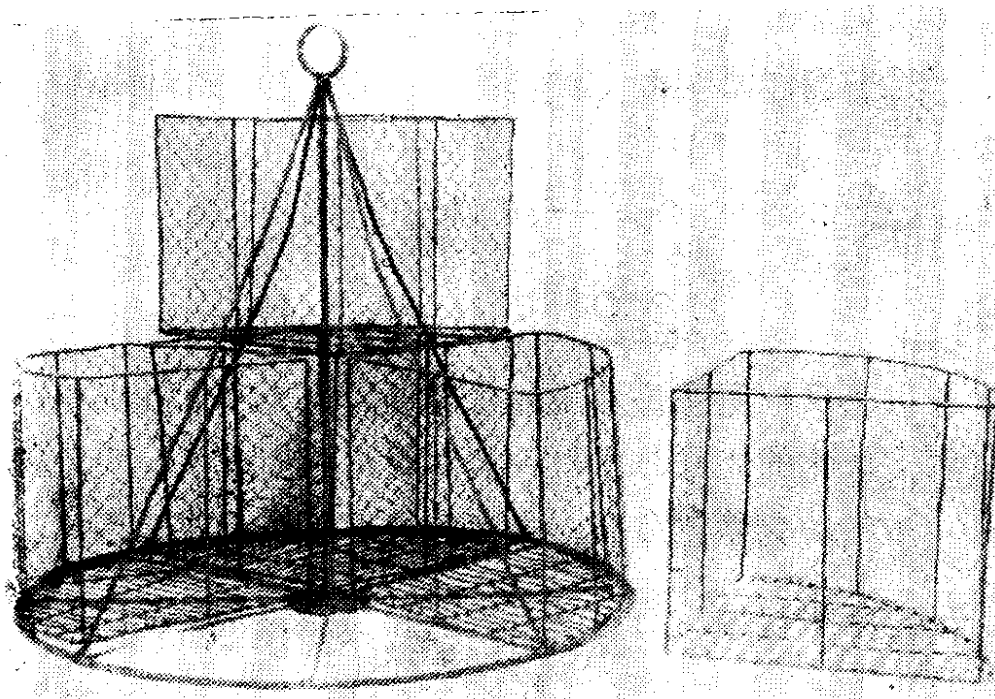


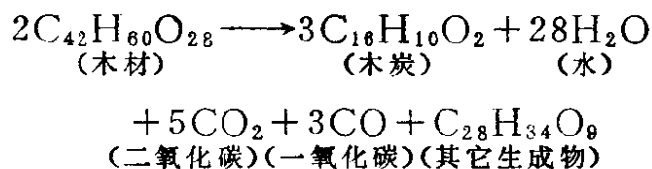
图4-5 分解式炭化篮

围内，保持时间为两小时左右。主要是使木材缓慢地蒸发水分将木材烤干。在这个阶段木材的化学组成几乎没有什么变化。

第二为分解阶段：这段的温度控制为 $240\sim 270^{\circ}\text{C}$ 。起初在温度较低的情况下，木材分解较缓慢，比较不稳定的组成部分（半纤维素）分解成二氧化碳和一氧化碳，同时也生成少量的醋酸等物质。这时木材的组成开始变化，热分解反应较为明显。当继续加热使其温度达到 270°C 左右时，木材即进行急剧的热分解，并放出大量的热量，使炉温急剧上升。生产中，此时虽然已经停止加热，但温度并不下降，主要是由于分解热造成的。分解时产生气体和液体两大类物质。生成物的气体产物中含有二氧化碳、一氧化碳和碳氢化合物，如甲烷、乙烯等。生成物的液体产物中含有大量的醋酸、甲醇、

甲醛和木焦油等（沉积木焦油或木沥青）。

木材干馏（温度在 400℃时）的化学反应式大致可作如下表示：



按以上反应所获得木炭的含碳量约为 82%，其反应进行程度和生成物的组成与木材种类和炭化温度有关，炭化温度愈高，木炭的含碳量愈高。木炭的得率可按下式计算：

$$\text{木炭得率}(\%) = \frac{\text{木炭产量(公斤)}}{\text{木材重量(公斤)}} \times 100\%$$

木炭的得率一般为 26~32%。

第三为成熟阶段：这阶段的操作主要是获得炭化度适合要求的木炭，继分解时放出大量热量之后，逐渐使其达到炭化温度。用保持炉温的方法来排除在木炭中的挥发物质，这阶段的液体产物较少。温度的控制随所需木炭的炭化度而不同，一般掌握在 320~420℃的范围内。此阶段的温度愈高，木炭的含碳量愈高；温度愈低，木炭的含碳量愈低。表 4-1 说明炭化温度与木炭组成之间的关系。

一般说来，在潮湿、高温季节生产的黑火药燃速较快，此时应使用含碳量低的木炭；在干燥、低温季节生产的黑火药燃速较慢，应使用含碳量高的木炭。烧制木炭应根据这一规律，在不同的季节掌握不同的炭化温度，以便控制一定的炭化度。

应当指出，上述木材干馏的三个阶段实际上并没有明显的界线。生产中可以用控制升温速度和观察各阶段排出气体

表4-1 炭化温度与木炭成分的关系

炭化温度 (°C)	木炭的成分 (%)		
	碳	氢	氧 + 氮
110	50	60	44
150	52	6	42
200	54.5	5.5	40
250	60.5	5	34.5
300	73	4	23
350	76	4	20
400	80	3.5	16.5
450	85	3	12
500	89	3	8
600	94.5	2	3.5
700	95.5	1.5	3
800	97	1	2
900	97.3	1	1.7
1000	97.6	0.7	1.7
1185	98.1	0.3	1.6
1500	99.7	0.1	0.2

颜色的方法来配合掌握。一般升温速度以每小时上升 20~30°C 为宜, 而炭化过程中第一阶段排出的气体颜色为白色; 第二阶段为淡黄色到黄色; 第三阶段为黄色到淡蓝色。

(2) 干馏时间和干馏产物

木材干馏成木炭的时间, 每炉需 15 小时左右, 干馏时间随木材水分含量、炉体体积和木炭的炭化度而不同。木材的水分含量愈高、炉体愈大、木炭的炭化度愈高时, 其炭化时间愈长; 反之炭化时间愈短。

每完成一次炭化工作, 应使其炉温自然降至 60~80°C 后方可出炉, 并将木炭转入密封池降温存放。为了防止木炭

自燃着火，在气温较高的天气，最好使炉温降至 60°C 以下再出炉。

木材干馏中的产物中有固体(木炭)，液体(木焦油)和气体(二氧化碳等)三大类生成物。木炭是主要产物，而液体和气体是副产物，它们是易燃并有刺激性的多种有机化合物的混合物。在生产中应注意勿使其着火和爆燃。对于干馏中的副产物，应尽可能进行回收和综合利用，防止污染环境。

木炭在密封池内储存期为 3~7 天，低温季节的储存时间比高温季节可以稍短。在密封储存和生产传递过程中，要尽量消除一切可能产生自燃的因素，以确保安全生产。例如，自炭化炉提取木炭时，应迅速地转入密封池内；密封储存的过程中，特别是在自炉体转入密封池的初期，因密封不严，有时可产生木炭的自燃着火，这时可以用湿麻袋加强密封，以防止空气对流。当木炭已经自燃并且自燃火势很旺时，可使用喷水的方法处理。但喷过水的木炭，应彻底烘去水分后方可用于生产。木炭密封池通常是按炭化篮的大小砌设在地面以下，以保证其严密性。

四、木炭的选分与包装

木炭的选分是按木炭的外观和技术要求对木炭进行挑选分类和加工。将炭化不足或炭化过度的木炭，有木焦油的残留物、疤节和泥土等杂质的木炭，进行选分与加工，最大限度地使木炭性能一致。

选炭可以用手工的方法选炭，但为了改善劳动条件，大多数工厂都已采用选炭机。选炭机有两种形式，一种是有圆锉和圆棕刷的选炭机(图 4-6)，另一种是带有筛网的选炭机(图 4-7)。这两种选炭机都有相应的排尘通风设备。

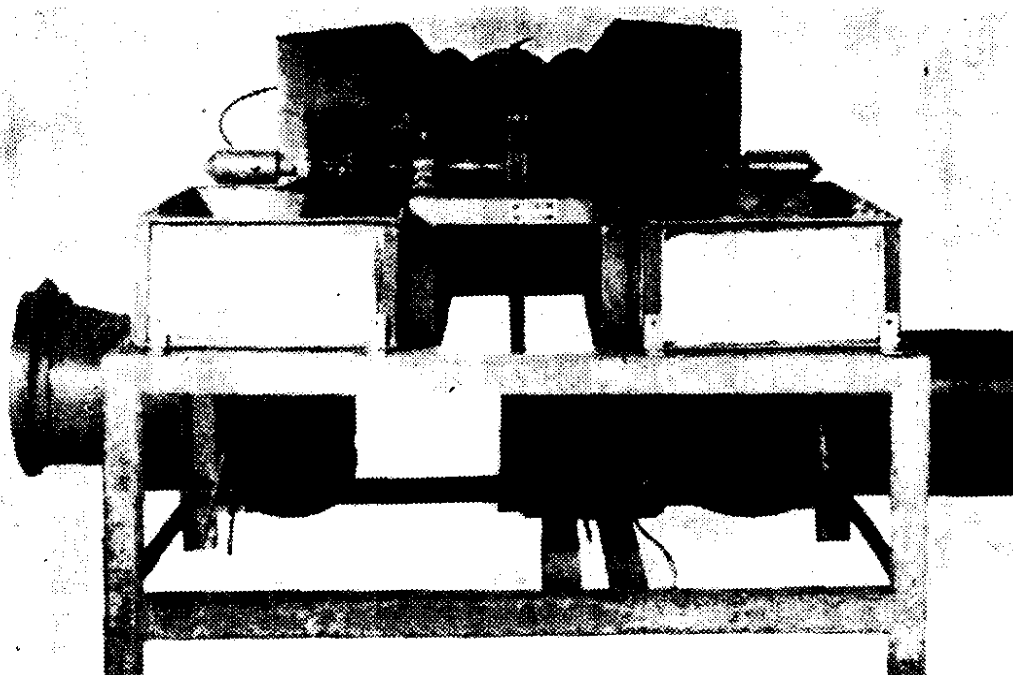


图4-6 圆锉、圆刷式选炭机

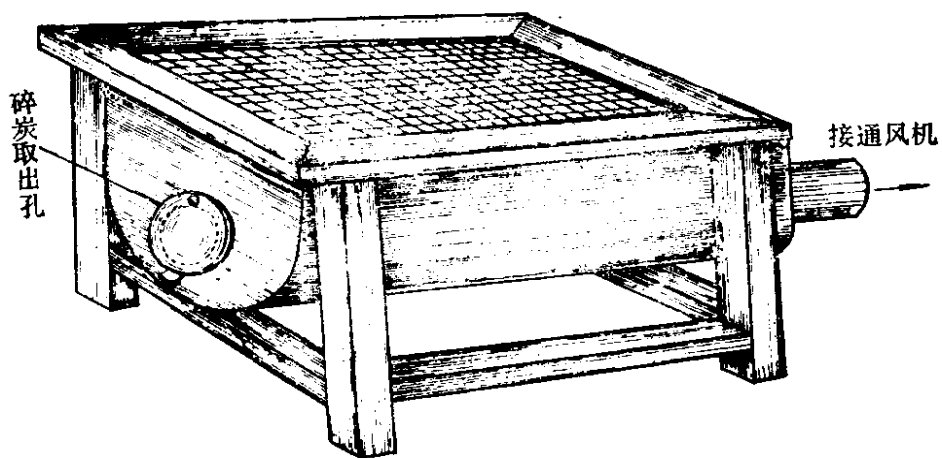


图4-7 筛网式选炭机

选分后的木炭，应装入干净的厚帆布袋内，防止混入外来杂质，保持其纯净。潮湿度较大的地区和季节，应对木炭加强防潮管理，如将已装好的木炭袋装放在设有保温防潮设施的房间里暂存。

第三节 硝酸钾的加工

一、硝酸钾的粉碎

硝酸钾的加工过程一般分为两个阶段：

第一阶段：将进厂的硝酸钾以 20目/吋(8*筛) 的铜筛进行筛分，清除硝酸钾中的金属、纸屑等杂质；

第二阶段：将干净的硝酸钾加入万能粉碎机中进行粉碎。图 4-8 是粉碎机的结构图。

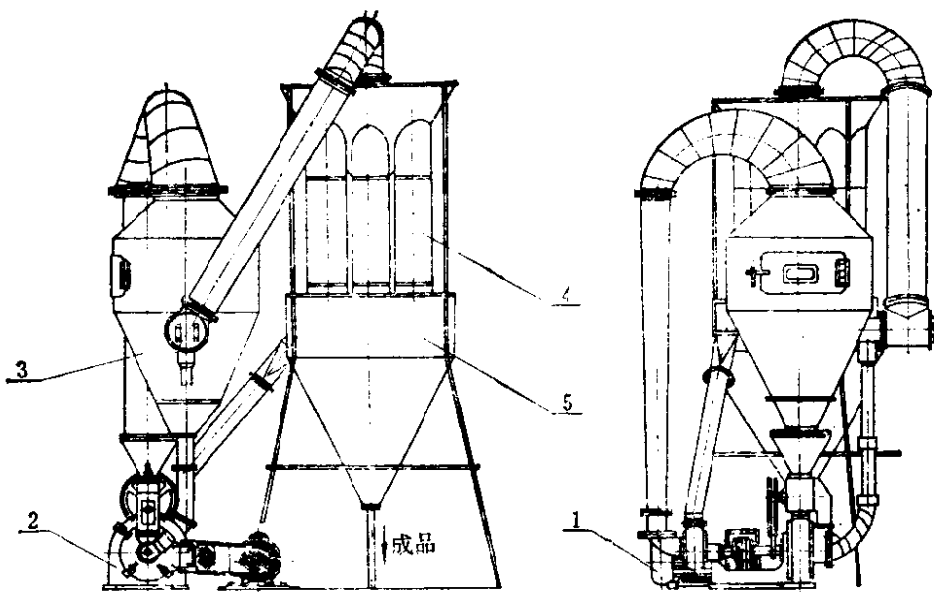


图 4-8 硝酸钾粉碎系统示意图

1—风机；2—鼠笼式粉碎机；3—空气离析器；4—布袋过滤器；5—旋风分离器。

粗筛后的硝酸钾，经料斗进入鼠笼式粉碎机，借风机的抽力进入空气离析器中，空气离析器又称风筛机，它的作用是将粗细不同的硝酸钾分开。粗颗粒返回粉碎机继续粉碎，细度合格的硝酸钾经风机及其管路进入旋风分离器，从下部漏斗收集在布袋内，即为硝酸钾成品。过细的硝酸钾微粒被

布袋过滤器捕捉，附着在布袋和风筒管路的内壁上，过一定时间清除布袋，回收细硝酸钾粉尘。

旋风分离后的硝酸钾收集在布袋后，按组批数量称重装袋，备黑火药制造工序使用。

粉碎后细度未达到要求的硝酸钾，在空气离析器中借自身重量沉降下来，并溜回到料斗和鼠笼式粉碎机中重新粉碎，直至细度合格时才进入风机之后的系统。所以，采用这种自动循环系统，可以直接得到细度合格的硝酸钾，不需要再进行过筛。

附着在布袋和管路内壁上细度较大的硝酸钾(即风筒硝)清理收集起来后，不应与正常的硝酸钾成品混淆，因为这种硝酸钾集中在一批黑火药中使用时，对黑火药的燃烧速度和燃烧性能都有很大的影响，故应按适当的比例分散到其他批中分配使用。

二、硝酸钾的质量标准

1. 加工后的硝酸钾应符合下列要求：

(1) 外观：为白色晶体，无目力可见的杂质。

(2) 水分含量：不大于 0.2%。

(3) 细度：60目/吋(24*) 筛全通。

2. 生产控制要点：

(1) 细度检查：粉碎过程中对硝酸钾应进行细度检查。检查次数每班不少于两次(班初、班中各一次)。如细度不合格时，应调整下料斗的下料量、空气离析器中伞形帽的高低部位，使硝酸钾细度达到合格。粉碎后的硝酸钾细度过大时，虽然可通过 60目/吋筛，但影响生产效率，故也应进行相应地调整。

(2) 控制“风筒硝”：风筒和积粉器布袋内壁所附着的

细硝（即风筒硝），因细度很大，单独用于三料时，会产生粘结滚桶且药粉燃速不稳和燃烧性能差的现象，所以不应集中使用，而应将这种硝酸钾适量的分散到各批中。

（3）加强防潮：在潮湿度较大的地区或季节生产时，要加强防潮工作，防止汗滴、雨水等外来水分侵入包装容器和硝酸钾中，硝酸钾的包装以厚帆布袋较好。

硝酸钾加工过程中，在粉碎工序之前，有的工厂增设了硝酸钾干燥工序。这样，不仅可以解决因气候潮湿硝酸钾的吸湿问题，还因为硝酸钾在粉碎之前先经过烘干，除去其分子中的结晶水，故可降低其韧性，增加其脆性，从而提高粉碎机的粉碎效率。

烘干方法可因地制宜，下面介绍的是机械搅拌烘干法。图4-9是硝酸钾干燥机外形图。图4-10是硝酸钾干燥机结构图。

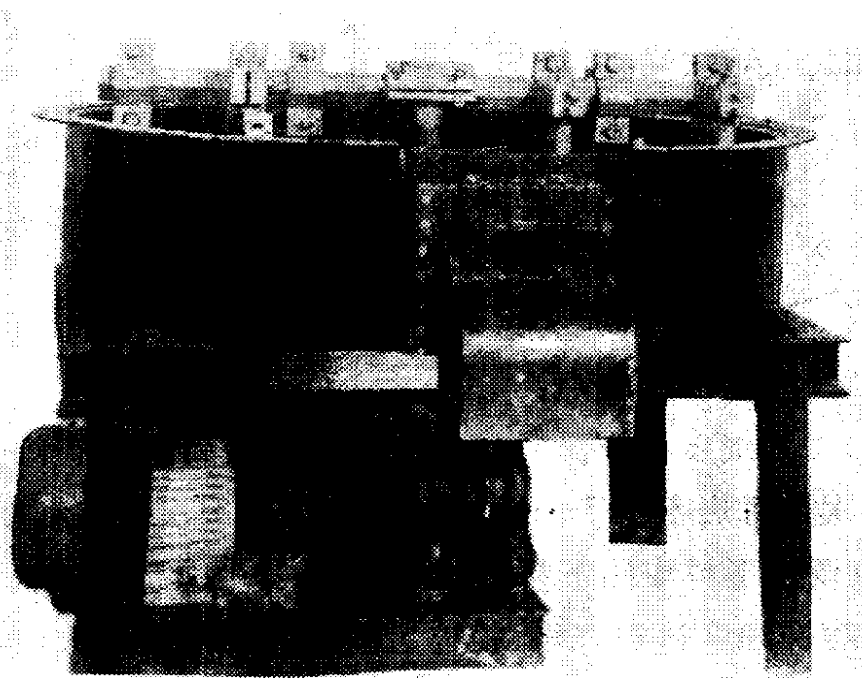


图4-9 硝酸钾干燥机的外形

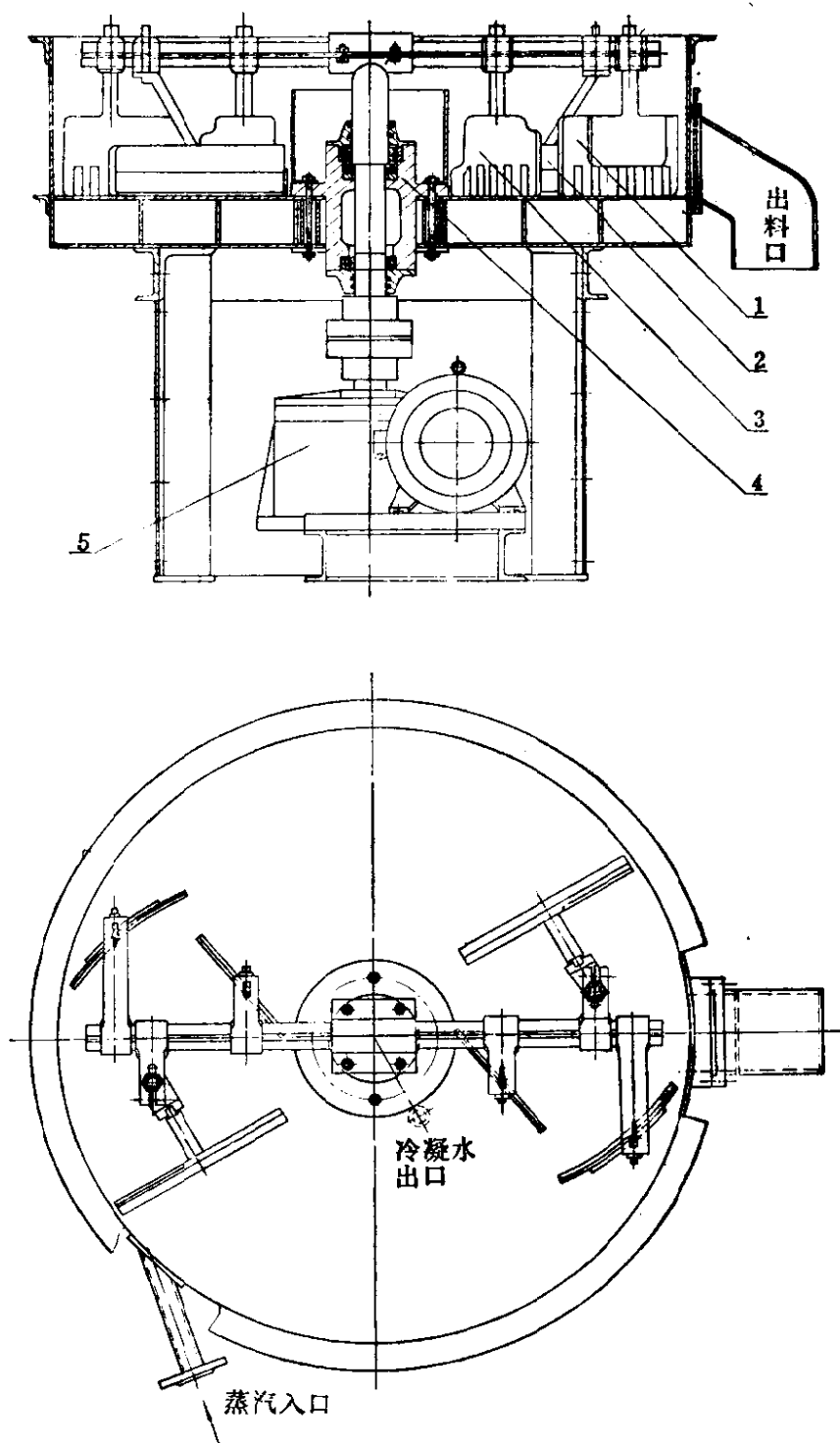


图4-10 硝酸钾干燥机的结构

- 1—外刮板；
- 2—出料刮板；
- 3—内刮板；
- 4—主轴体；
- 5—动力传动装置。

硝酸钾干燥是以约为 1.5 公斤/厘米² 压力的蒸汽作为热源，每次投入 $50\sim 100$ 公斤预先经过粗碎的硝酸钾。干燥时间因其水分含量大小而异，一般为 $1\sim 1.5$ 小时。出料时只需将出料口闸板提起，通过出料刮板的外推作用，即可自动出料。

(4) 控制外来杂质：硝酸钾因各种原因而含有砂粒等杂质时，可采用重结晶法进行提纯处理。不经过除去砂粒等机械杂质的硝酸钾不能用于生产，以免发生事故。

第四节 硫-炭混合物的配制

一、概述

硫-炭混合物简称为二料、二味或二成分（本书称作二料），叫法不同，其含义都是指硫和木炭这两种混合物。

硫-炭混合物的配制是物理加工过程，所制产品为机械混合物。二料生产的主要目的是将硫、炭按比例配合在同一滚桶内，进行球磨粉碎和混合，使其粉碎细度和混合均匀度达到要求，为制造黑火药提供原料。生产实践证明：把硫磺和木炭两种原料混在一起粉碎比各自单独粉碎具有较多的优点。

单独粉碎硫时，因为硫经摩擦后容易产生静电，它的熔点低，导热性差，受热后发粘，因而有粘结滚桶和着火自燃的缺点。

单独粉碎木炭时，因木炭质轻，燃点较低，有自燃着火和操作粉尘大的缺点。

单独在滚桶内粉碎硝酸钾时，效率低，且容易发生粘结滚桶的现象。

如果选择硝酸钾、木炭或硝酸钾、硫配制二料混合物，虽可以克服粘结滚桶的缺点，但实际上已构成了氧化还原反应

的条件，所以混合时是不安全的。而硫、炭这两种材料在一起混合粉碎，就其化学性质来说，因为两种物质都是还原剂，性质稳定，所以不具备氧化还原反应的条件。就其物理性质来说，由于木炭比硫的导热性和导电性好，所以在二料球磨过程中所产生的热量可以散布均匀，避免局部过热，所产生的静电（摩擦静电）可通过木炭传给滚桶而导入大地，减小了静电起火的危险性。

综上所述，硫-炭混合物在配制与粉碎操作中是比较安全合理的，只要遵守操作规程和技安制度，就可以防止局部过热而引起的升温自燃的现象。

二、硫-炭混合物的配制

硫、炭两种材料按一定的重量比例加入普通炭素钢制成的球磨机内，然后开车，机内的青铜球在运转过程中互相撞击，将物料粉碎和混合，使其达到成分均匀、细度合格的硫-炭混合物。二料生产的工艺流程如图 4-11 所示。

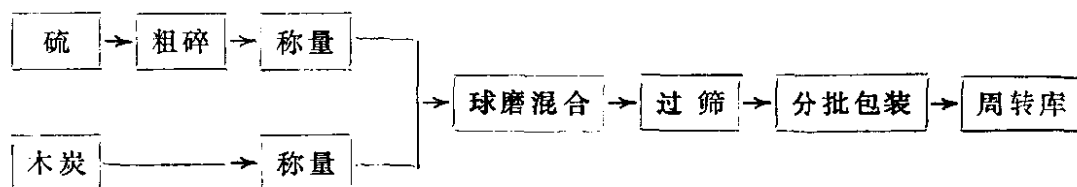


图 4-11 二料生产工艺流程图

不论是块状硫还是粉状硫，只要性能达到要求，均可直接用于生产，而无需加工精制。但粉状硫表面积较大，吸附水分的几率较高，故应注意勿使受潮。如果硫的质量不合格时，应采用精制的方法，提纯后再用于生产。

在潮湿地区和季节，二料水分含量过高时，工艺流程中应采取防潮措施，例如增加保温室等。

1. 球磨机与青铜球:

二料混合设备是由球磨机滚桶、震动筛和料箱三部分组成,如图 4-12 所示。球磨机滚桶是钢制的,外面有木质或铝质防护罩。为消除噪音,防护罩以木质材料制造较好。

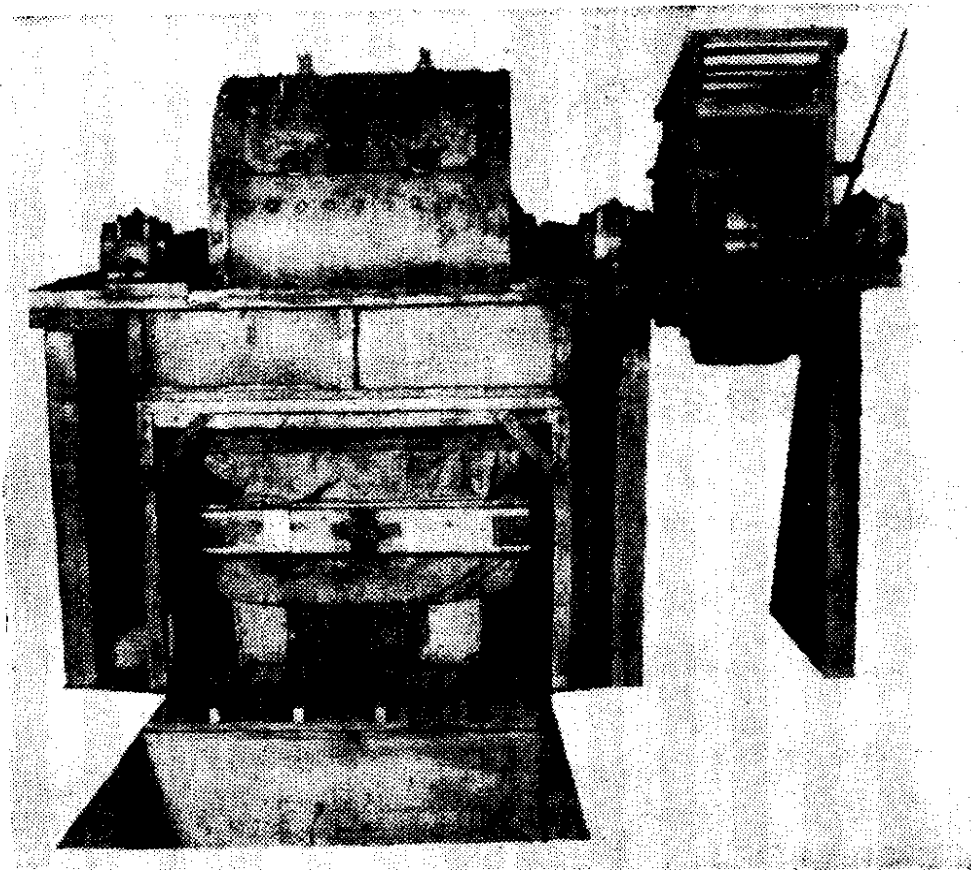


图 4-12 二料球磨机

球磨粉碎用的球体材料对安全生产和产品质量具有重要的意义。不能选用钢或铁质球体,因为它们互相碰撞容易产生火花,对安全不利。也不能选用不耐摩、不耐撞击的材料制造球体,否则,金属粉末混入产品中对产品质量不利。当前生产中大都选用为 6-6-3 锡青铜($ZQSn6-6-3$)制作球体,其直径约为 20 毫米。锡青铜的化学成分、机械性能如表 4-2 所示。

2. 二料混合物的技术要求:

表4-2 锡青铜的化学成分、机械性能

牌 号	代 号	化学成分(余量为铜) (%)				
		锡	锌	铅	杂质≤	
6-6-3锡青铜	ZQSn6-6-3	5.0~7.0	5.0~7.0	2.0~4.0	1.3	
代 号	抗 拉 强 度 (公斤/毫米 ²)		伸 长 率 (%)		硬 度 HB	
	金属模	砂 模	金 属 模	砂 模	金属模	砂 模
ZQSn6-6-3	18	15	4	6	60	60

(1) 二料成分：在规定的范围内，其成分误差不超过±1%；

(2) 二料细度：实际细度应为100目/吋(40*)筛全通，而生产中以40目/吋(16*)筛过筛；

(3) 二料水分：以不大于1%较好。

三、二料生产控制要点

1. 提高操作质量：

硫-炭混合物是机械混合物，它的组成和均匀度等质量指标，很大程度上取决于生产中的配料、称量、装料等操作的准确性，在大量生产中这是保证产品质量的基本条件。

2. 严格掌握工艺：

二料混合物应该保证具有均匀的组成，可靠的细度和适当的水分含量。二料的均匀度与其细度和混合时间有密切的关系，在一定范围内，混合时间长，细度大，均匀度好。二料的细度不够时，除影响本身的均匀性以外，还将影响黑火药的稳定性。当二料用的木炭水分含量超过4%时，生产中应加强管理，采取措施。因为二料的水分含量过高，将使黑火药的水分含量相应增大。为保证二料的质量，生产应满足

以下工艺条件:

- (1) 料球比: 料:球=1:(1.0~1.5)(重量比);
- (2) 球磨粉碎时间: 4~5 小时;
- (3) 配比正确,产品包装容器(木箱或厚帆布袋)严防受潮;
- (4) 球磨机的转数与装量如表 4-3 所示。

表4-3 二料球磨机及装量的有关数据

滚 桶 直 径 (米)		转 数 (转/分)	装 量 (公 斤)	
直 径	宽		二 料	青 铜 球
1.141	0.976	25~26	180	120~140
1.10	1.60	20~21	200~250	250~300

3. 加强对设备工具的管理:

所用设备工具要定期、定时加油润滑;滚桶中的青铜球每季至少检查一次(每月检查一次较好),将直径小于 10 毫米的和破碎的铜球拣出,并检查铜球重量,重量不足时,应予补足;当铜球重量亏损过大时,应查明原因,如因磨损,则应对所用的铜球质量进行分析研究,以避免有过多的铜质混入二料中。在炎热高温季节生产时,还应经常检查滚桶中物料的温度,一般情况下,当物料温度超过 50℃时,应停车冷却,以防温度升高引起火灾。

4. 二料混合物的过筛:

球磨混合后的二料药必须经过过筛。过筛的目的是为清除混合物中的机械杂质,而不是检验物料的细度,因此所用筛网的网孔较大,为 40 目/吋,而物料实际具有的细度为

通过 100 目/吋的筛。如果采用筛网网孔较小时，将会使混合物的成分分离，从而破坏了物料的统一度，影响二料药的质量。

5. 新滚桶、新铜球的处理：

新滚桶、新铜球投入生产前，应进行表面净化处理。处理的方法是将铜球加入滚桶内滚光半小时，以去除滚桶内壁的铁锈、杂质、青铜球的浇口和毛边。只有经过净化处理的滚桶和青铜球才能用于生产，以保证生产中的安全和质量。

第五节 黑火药的制造

一、概述

黑火药有的称为有烟火药，我国习惯称为黑火药。

黑火药是一种机械混合物，它的性质与其组成成分、密度、混合均匀度、水分含量、细度等条件有关，同时还受环境气压、压力、温度、湿度等条件的直接影响。

黑火药是保证导火索传递火焰、引爆雷管的能源，是制造导火索的主要原料，因此，黑火药的制造在导火索生产中占有十分重要的地位。

黑火药的制造方法通常有干法和湿法两种。导火索生产中的黑火药，有的称为三料、三味、三成分等（本书称作三料），意义相同。干法生产的黑火药大都为粉状药；而湿法生产的黑火药大都为粒状药。

采用湿法生产时，在适当的工艺条件下，可制得粒度均匀、密度基本一致、且含有少量胶质的粒状药。这种粒状药具有较好的流散性，所以湿法适用于潮湿度较大的地区采用。但湿法生产工艺比较复杂，而我国导火索用黑火药以干法生

产较多，所以，本书以干法生产黑火药的方法为重点进行介绍。

二、黑火药的性质

1. 黑火药的爆炸性质：

黑火药在火和火花的作用下很容易引起燃烧或爆炸。

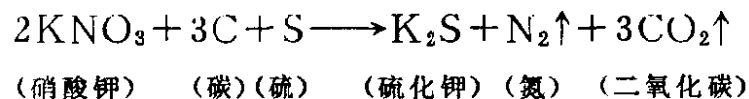
按其爆炸变化的速度，黑火药属于发射药的类型。当其装填密度较小并敞露在大气中时，以速燃的形式分解，它的分解速度以 400 米/秒左右传播。当它的密度较大并在密闭的状态下时，即可由燃烧转变成爆炸。少量的黑火药点燃时也只燃烧，而量大时则爆炸。闪电火花的打击经常会引起黑火药的爆炸。

黑火药的爆发点为 290~310℃；爆炸分解的气体温度为 2200~2300℃。

黑火药对摩擦和撞击很敏感，粉状药很容易因摩擦冲击而引起爆炸。

黑火药爆炸时，正常情况向上扩散能力较强，能产生所谓“推顶(冲顶)作用”。黑火药的爆炸分解反应是比较复杂的，它的分解过程与它的成分和进行的条件有关。只依靠理论认识是不够的，要结合实际条件进行分析。

如果假定木炭为纯碳，而碳又完全燃烧成二氧化碳，则黑火药的分解反应式如下所示：



根据上述分解反应式，硝酸钾约占 74.81%；碳约占 13.34%；硫约占 11.85%。实际上，黑火药爆炸分解过程与上述反应式不完全相同，硝酸钾、硫、木炭三者的组成比例

及分解后的产物也有差异。生产实践表明，导火药用黑火药的比例，硝酸钾为 64%；硫为 26%；木炭为 10% 较好。不论所定的组成比例如何，黑火药爆炸分解后，均要生成固体和气体两大类物质。其生成物的成分和比例是随黑火药的组成比例、火药的密度、火药的制造方法和燃烧条件而变化。一公斤近似于军用的黑火药，当装填密度为 0.6 时，在爆炸弹中燃烧可生成 0.564 公斤的固体生成物和 0.436 公斤气体生成物，气体生成物的体积可达 280 升/公斤，相当于黑火药体积的 250 倍。在气体生成物中包括有二氧化碳、一氧化碳、氮、硫化氢和少量的甲烷、氢等；在固体生成物中包括有硫化钾、硫酸钾、硫氰化钾及未完全分解的硝酸钾、硫和木炭等残渣。概略的说，分解后固体和气体产物的重量比约各占 50%。

2. 黑火药的吸湿性：

黑火药具有吸湿性。吸湿的程度与其物料的性质有关，还与物料的细度、包装方法、储存条件和所处环境的温度、湿度等条件有关。导火药用黑火药的水分含量随季节不同而变化，正常干燥季节，水分含量约为 0.5%，当黑火药水分含量超过 1% 时，其质量将显著下降。黑火药的水分含量增加时，其外观颜色由灰色逐渐变暗、变黑，当水分含量继续增加时，黑火药即有发粘和结团的现象。水分含量增大至 5% 以上时，硝酸钾即部分或大部分的被水溶解而析出，使黑火药的组成成分受到破坏，这样的导火索即使是重新干燥，其性能也不能得到保证，甚至不能被点燃。

不纯的水，特别是含有化学物质的水（海水等），浸湿过导火索中的黑火药时，其组成受到了破坏，故不能使用。

导火索中黑火药的吸湿问题，除上述有关因素外，还与导火索本身结构有关。当导火索结构防潮能力降低时，其吸湿性相对增大，故要求纺制导火索时要保证质量，并尽可能在干燥和通风良好的条件下进行制造、储存与使用。

3. 黑火药的安定性：

火药的安定性是指贮存过程中火药的物理性质、化学性质保持不变的能力。

火药在火焰作用下，发生爆炸变化的能力叫作火药的火焰感度。

火药在机械作用下，发生爆炸变化的能力，称为火药的机械感度。

火焰感度是在火焰感度测定仪上测定，试验时，将0.01~0.02克被试药放在火帽壳里，两圆环间调节至一定距离，点燃导火索，观察导火索喷出的火焰感度是否引起被试药发火。火焰感度用上下限表示：

上限：使被试药百分之百发火的最大距离（导火索的下端面到试样表面的距离）。上限表示点火的可靠性。

下限：使被试药百分之百不发火的最小距离。下限表示炸药对火焰的安全程度。

通常在同一个距离上，做六次平行试验。

黑火药的火焰感度一般为：上限2厘米；下限15厘米。

火药的机械感度一般分冲击感度和摩擦感度。冲击感度用立式落锤仪测定。通常取0.05克炸药放在结合器的两击砧间。落锤重10公斤（也有用2公斤和5公斤的），落锤高度（落锤底面到上击砧表面的距离）25厘米。做25次平行试验，以爆炸百分数表示炸药的冲击感度，爆炸百分数愈高，

炸药的冲击感度愈大。

黑火药的冲击感度在落锤重10公斤、落锤高度为25厘米时，100%爆炸。

由此可见，黑火药的火焰感度和机械感度均较高，生产中应绝对避免明火，尽量减少机械撞击或摩擦。

黑火药的机械感度与温度、密度、附加物的种类等有关。温度愈高，火药的冲击感度愈大；密度增大时，炸药的起爆感度、冲击感度和火焰感度都减小；附加物的影响更要复杂一些。

凡能增大炸药感度的附加物称为敏化剂。一般象沙子、玻璃粉和金属微粒等硬度大、熔点高而且具有尖锐棱角的固体附加物，都会增大炸药的机械感度。因此，在火药生产过程中，必须严格控制炸药中杂质的含量。

凡能降低炸药感度的附加物称为钝化剂。如石蜡和凡士林、油脂等物质，能降低炸药的机械感度。

黑火药的摩擦感度与接触面的材质有关。在铁与铁，黄铜与铁，铜或黄铜与大理石，以及铅与铅，铅与木材之间摩擦时，黑火药的感度很高，而在铜与铜，铜与青铜，青铜与木材之间摩擦时，感度较小。因此，黑火药生产过程中所用的设备和工具的材料应加以选择，以确保安全。

黑火药的化学安定性较高，从黑火药的组成来看，它的组成物之间没有化学反应，各成分化学性质稳定。曾有人试验证实，在合理的贮存条件下，黑火药可以保存近两百年而不变质；黑火药制成导火索后，存放十年，导火索的性能仍然良好。

三、黑火药的制造

干法生产黑火药的工艺流程如图4-13所示。

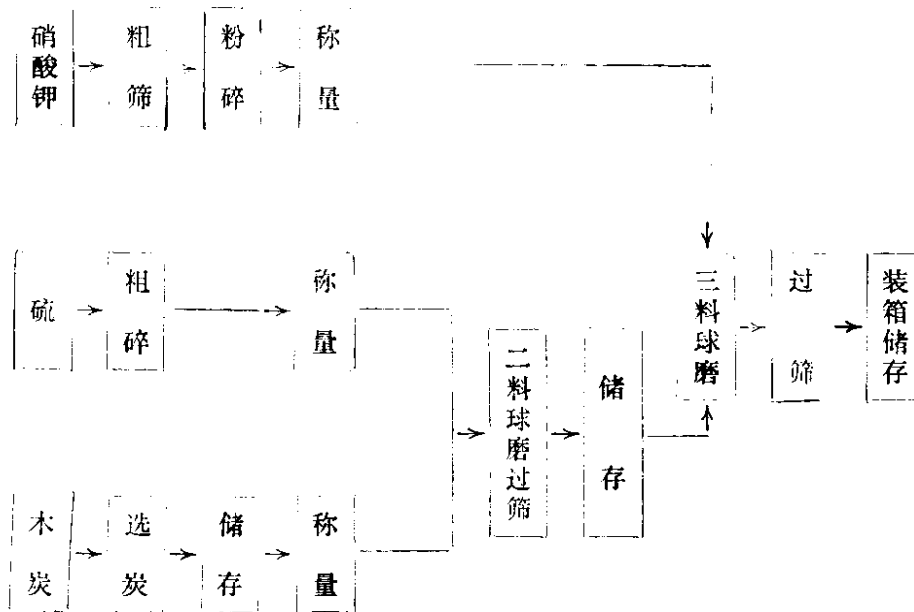


图4-13 黑火药制造工艺流程图

黑火药制造中的三料混合是在专用的皮革滚桶内进行的，滚桶中装木球。三料球磨混合是属于爆炸危险级的工序，不允许在铁制球磨机内混合。三料球磨机如图 4-14 所示，它是由滚桶和料箱组成。有的在滚桶与料箱之间还加设有震动筛。

滚桶下面加设震动筛，可使黑火药制造工艺获得改进，减轻劳动强度，减少专门过筛时的粉尘飞扬，改善劳动条件。如滚桶下面没有震动筛，制出的药粉需经专用的震动筛过筛（见图 4-15）。筛框的材质为木材，筛网为 60 目/吋的铜筛。

为了实现在装料、取样试验等操作中能够顺利地使滚桶料口自动地对准在操作的位置上，通常在三料滚桶的减速机和主轴之间装有专门的自动对位装置。图 4-16 是三料球磨机自动对位电气原理图，图 4-17 是自动对位的机械装置图。

图 4-16 中 LA1、LA2 是电动机正常启动或停车的按钮。

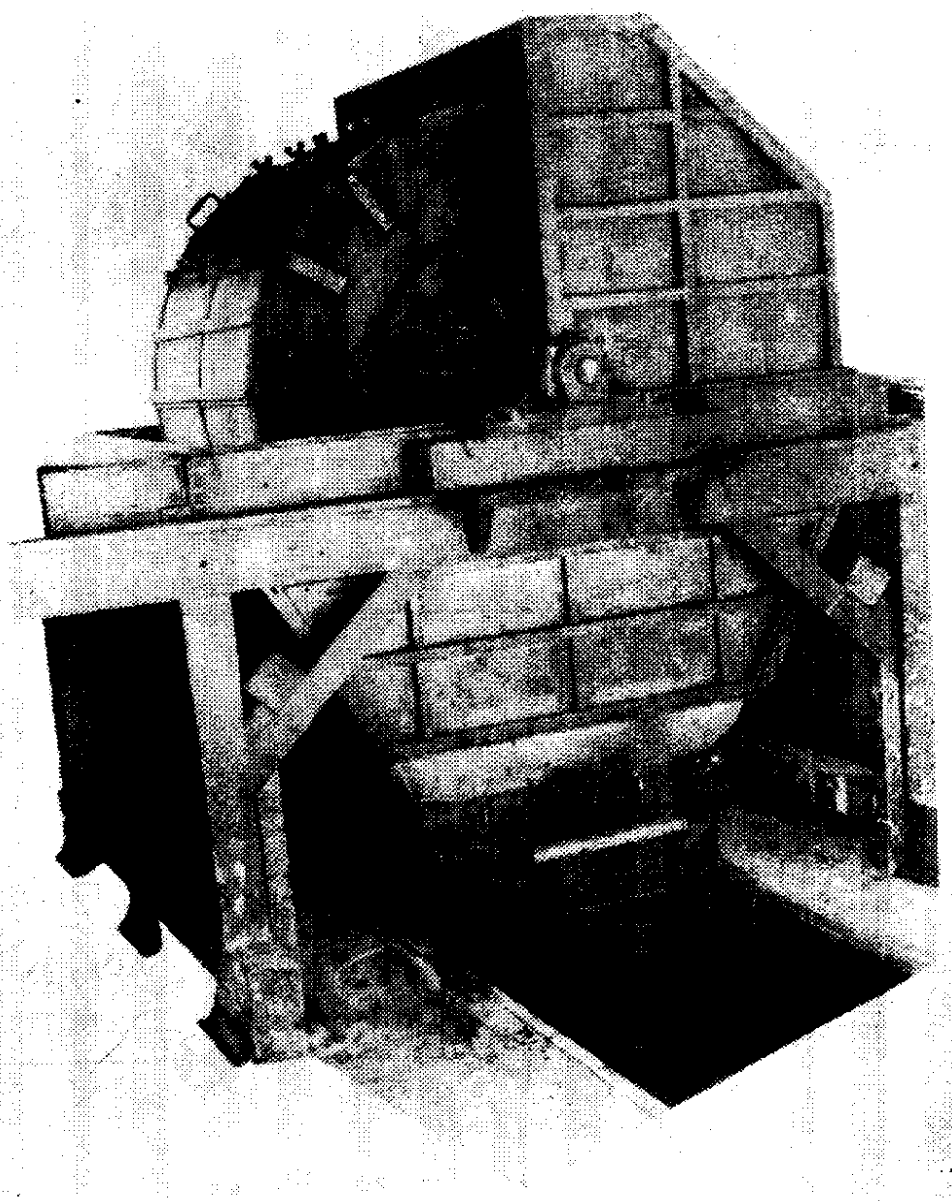


图4-14 三料球磨机（带震动筛）

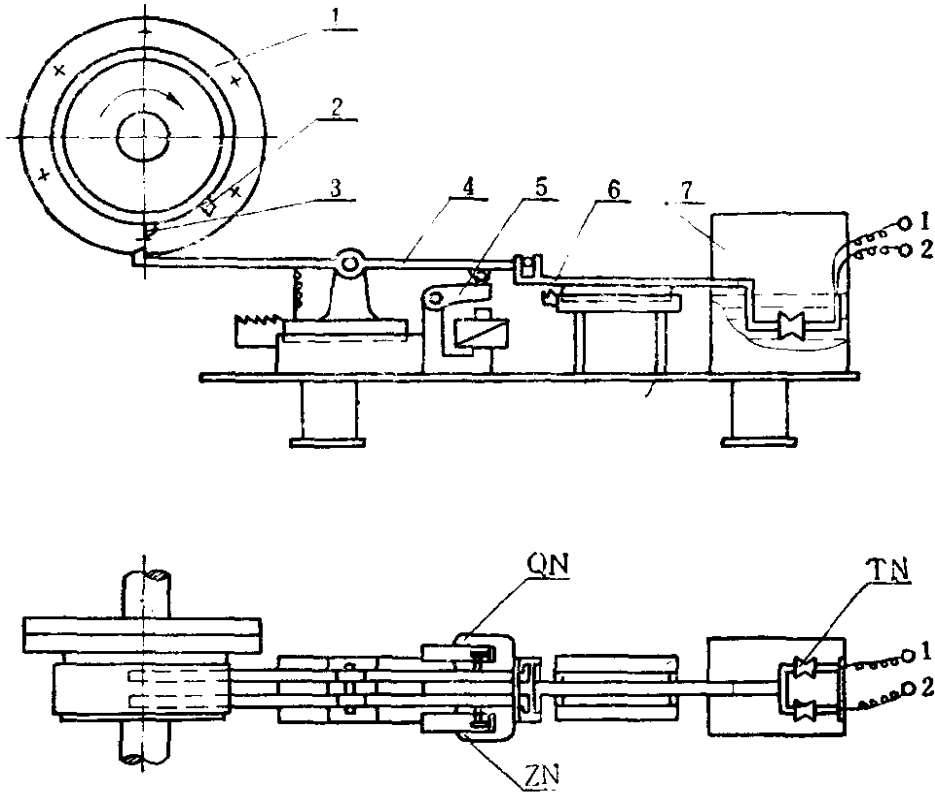


图4-17 三料滚桶自动对位机械装置

- 1—减速机联轴器；2—轻载停车拨齿；3—重载停车拨齿；
- 4—杠杆；5—电磁铁；6—滑杆；7—开关油箱。
- TN—油浸自动停车开关；QN—轻载停车牵引线圈；
- ZN—重载停车牵引线圈。

当滚桶在轻车（即滚桶中只装木球不装药粉）停车时，可按动轻车按钮 LAQ。这时轻载停车牵引线圈 QN 通电，电磁铁吸合，通过杠杆 4、滑杆 6 等机械装置，使得轻车拨齿 2 被杠杆 4 勾住，将油浸自动停车开关 TN 断开，电机停止转动（油浸自动停车开关 TN 断开后又自动闭合），从而使滚桶料口对准在操作的位置上。

当滚桶在重车（即滚桶中既有木球又有药粉）停车时，可按动按钮 LAZ，即能将滚桶料口自动的对准在操作的位置上。

置上。

应当说明，新安装滚桶自动对位装置时，或滚桶中的料球总重量变化较大时，须根据轻、重车的惯性不同，对图4-18中的拨齿2、3的位置进行试验调整，直至正确对位时为止。

三料球磨混合工序的质量控制对黑火药的质量和导火索的纺制具有重要意义。混合不好的黑火药，燃烧性能不好，纺制出的导火索达不到质量要求。因此，三料球磨混合应有正确的操作方法。通常可按下列程序进行：

三料在滚桶内球磨粉碎一定时间后，以木制器具取出适量试验样品，过筛后，在固定的制索机上纺制成导火索，试验燃速（每次试验不少于10米），合格后的药粉，方可过筛，装箱（或厚帆布袋）以备制索使用。当燃速慢而不合格时，应继续球磨粉碎一段时间，直至合格为止。

有下列特殊情况的药粉不应按正常程序生产。

（1）当一批药粉（一滚桶的药量为一批）一次试验的燃速差值超过7秒/米时，这种药粉不能直接用于生产。因为用这种燃速差值大的药粉所纺制成的导火索燃速不稳定，所以应查明原因，采取措施。发生这种情况一般可能是由于装料错误，或由于药粉粘结滚桶所致。

（2）球磨混合时间不足1.5小时而试样的燃速合格，这种药粉制成的导火索燃速也不可能保证稳定，因此不能直接用于生产。

（3）当气候潮湿时，对于球磨混合时间过长的黑火药，由于其流散性差，制索时容易产生断、细药，故也不宜直接用于生产，应根据药粉的具体情况和生产条件采取处理措施。

总的来说,三料混合工序制成的黑火药应满足下列要求:

(1) 燃烧速度:燃速值的规定应保证制索的要求。在一般情况下,黑火药的燃速范围控制在不超过 10 秒/米为宜;

(2) 球磨时间: 1.5~8 小时;

(3) 筛网规格: 60目/吋(24^{*})筛全通过,筛余物中不应有原料的颗粒;

(4) 水分含量: 不大于 1%。

过筛的筛网规格以能控制药粉杂质为标准,而不能使用过细的筛网,以防止黑火药各成分发生分离。采用木制滚桶时,为了减少木屑等杂质,滚桶的内壁应完全用皮革衬里,这样还可以延长滚桶的寿命。

四、影响混药质量的因素

1. 滚桶转速的影响:

滚桶转速不同时,料球在桶内的运动情况不同,如图 4-18 所示。

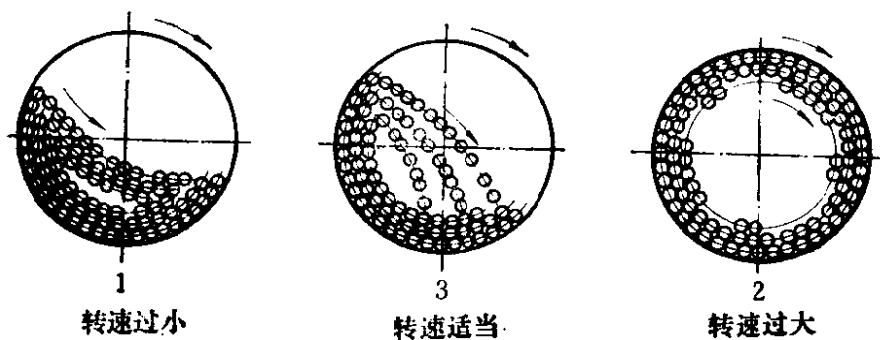


图4-18 球在滚桶内的运动情况

图中 1 是滚桶转速过小时的情况,球因本身的重力升不到高位就滚落下来,或沿桶壁滑动,这时几乎没有因球降落而产生的冲击作用,物料主要靠摩擦来粉碎,因而粉碎效果

不高。

图中 2 是滚桶转速过大的情况，由于离心力的作用，球根本就不能脱离桶壁而降落下来，这时也没有粉碎作用。

图中 3 是滚桶转速恰当时的情况，球自高位（约 80° 处）降落，使料球间具有较大的撞击和研磨作用，这时的粉碎效果较好。

滚桶转速的理论计算公式为：

$$n = \frac{K}{\sqrt{D}}$$

式中 K ——常数，一般情况下 $K = 23 \sim 28$ ；

n ——滚桶转数（转/分）；

D ——滚桶直径（米）。

因木球对滚桶壁的滑动、球对球的滑动和球体形状及滚桶内壁结构等因素的影响，所以计算出来的数据与实际稍有出入，仅供参考。此外，球体越重，球在滚桶内滑动越严重，所选用的常数就应越大，反之就应越小。滚桶的最佳转速应根据实验来确定。一般黑火药球磨机的滚桶实际规格及装量数据如表 4-4 所示。

表 4-4 三料滚桶的有关数据

滚 桶 尺 寸 (米)		转 数 (转/分)	装 量 (公 斤)	
直 径	宽		三 料	木 球
1.76	1.25	14~15	250~300	180~250
2.20	0.75	14~16	200	160~300

2. 木球的影响：

滚桶中粉碎效果与所采用的球体材质和球体形状有密切关系。因为球的比重越大，降落时产生的冲击力越大，粉碎效果就越好，所以木球多以比重大而坚硬致密的木料来制造。黑火药球磨机用木球多以枣木、紫荆木等硬木制造。

球体直径对粉碎效果影响也很大。球体直径大，重量也大，虽然对粉碎效果有利，但在球磨机内要求球体重量一定时，其个数相对减少，而且球与球之间的空隙也大，球体总表面积相对减少，反而会使粉碎效果降低。适当的球体直径应为滚桶直径的 $\frac{1}{18} \sim \frac{1}{24}$ 。表 4-5 是目前生产中实际应用的木球数据。

表 4-5 木球的数据

木 球 直 径 (毫米)	木 球 长 度 (毫 米)	树 种	比 重
45±1	70±1	枣 木	0.9
35~55	65~70	紫 荆 木	1.2

球的装量要适当，装量过多，电能消耗过大；装量过少，桶内球的滑动现象十分显著，粉碎效果不高。一般球的堆积体积占滚桶容积的35~45%；物料体积占滚桶容积的20~30%，有的生产厂三料与木球的装量按重量比为1~1.5。

目前，在我国黑火药生产厂所选用的料球比很不一致，由于各厂所选用的设备和工艺条件不同，因此有的选用料球比大于1，有的小于1（见表 4-3，表 4-4）。选用适当的料球比对提高粉碎效果起着重要作用，所以在确定的设备和工艺条件下，以优选法进行试验，探索出合理的料球比是完全必要的。

3. 球磨时间的影响:

制药生产中球磨粉碎的时间长短,直接影响导火索的燃速值。在一定的限度之内,球磨粉碎时间愈长,火药的燃烧速度愈快;球磨时间愈短,其燃速愈慢。一般混合时间应控制在1.5~8小时内,其药粉燃速应合格。

球磨粉碎时间愈长时,药粉的细度愈大,堆积密度愈小,比表面积增大,因而所制成的导火索燃烧速度愈快,而且容易产生断、细药。同时球磨时间过长,温度容易升高,对安全不利。相反,当球磨时间不足时,药粉的细度不够,堆积密度变大,所制成的导火索燃速变慢,且不稳定。因此,制药中混合时间应控制适当。在正常情况下,混合时间以4小时左右为好。

当药粉混合时间超过8小时而药粉燃速仍达不到要求时,可通过调整料球比,选择不同含碳量的木炭,改变硫-炭混合物的球磨时间和改变黑火药的组成成分等方法解决,但其变动范围均应在有关规定条件内进行。只有当有了充分试验结论后,其控制条件才可进行超差范围的变动。

五、生产工艺中的几个问题

黑火药是物理加工过程的产物。它的质量受其组成成分、均匀度、细度、水分和气候变化的影响。生产过程中这些影响因素是交织在一起的,使问题变得复杂化。为尽量缩小影响因素的范围,生产中的主要控制条件应相对地稳定,同时要提高操作质量,减少操作过程中的人为误差,在遇有特殊的季节还要作到防潮湿、防风沙。只有这样,才能对生产中出现的反常问题进行准确的分析,才能提出正确的处理措施。下面谈谈制药当中应注意的几个问题。

1. 黑火药的组成:

黑火药是由硝酸钾、硫、木炭组成的机械混合物，三种物质在黑火药中的性质、作用和比例如表 4-6 所示。

表4-6 黑火药三成分的性质、作用与比例

名 称	硝 酸 钾	硫	木 炭
性 质	氧 化 剂	燃 烧 剂	还 原 剂
作 用	供 氧	粘 合、燃 烧	燃 烧
比 例	64 ± 1%	26 ± 1%	10 ± 1%

因为硫在一定程度上影响着黑火药的燃烧热，因此，硫的含量应适当高一些较好。此外硫的燃点低，燃烧生成物（如硫化钾 K_2S ）还具有对燃烧进一步催化的作用，故又是燃烧促进剂。利用这一性质，适当增加硫的含量可以调节黑火药的燃点和影响其燃烧性能。但实践证明：黑火药中硫的比例以不超过 30% 为宜，否则使所制成的导火索喷火性能降低，燃烧速度不稳定。

黑火药中三种成分发生变化时，对其性能有如下规律：

当黑火药中硝酸钾的组成不变时，硫含量增加，木炭含量减少时，其燃烧速度变慢；反之即快。

当黑火药中硫的组成不变时，硝酸钾的含量增加，木炭含量减少时，其燃烧速度变慢；反之即快。

当黑火药中木炭的组成不变时，硫含量增加，硝酸钾含量减少时，其燃烧速度变慢；反之即快。

2. 药粉细度与堆积密度:

反映在导火索上，黑火药的细度直接影响导火索药芯的

装填密度。药粉细度愈大，装填密度愈小。装填密度是影响导火索点火难易、燃烧快慢和吸湿性的重要因素，要使导火索中的黑火药按其基本均匀的规律燃烧，必须严格控制黑火药的装填密度。

由于纺制导火索时药粉是靠芯线引入的，没有压力的作用，所以它的装填密度近似等于其堆积密度。所谓堆积密度，是指火药自由流下充满单位体积时的火药重量，用克/厘米³表示。火药的堆积密度愈小，所占的体积愈大，即同样体积的药粉重量愈轻，这样的药粉在导火索中的装药量少，燃速快。堆积密度过大时，导火索装药量增加，点火困难，燃速变慢。因此，药粉的堆积密度应适当。

药粉的堆积密度取决于药粉的细度，因此堆积密度与球磨时间有个基本关系，如表 4-7 所示。

表4-7 黑火药球磨时间与堆积密度的试验数据

序号	累计球磨时间 (小时)	药粉堆积密度 (克/厘米 ³)	制成导火索重量 (克/米)
1	1.5	0.58	22.48
2	3.0	0.54	21.71
3	5.0	0.51	21.37
4	7.0	0.46	—
5	9.0	0.37	21.06
6	11.0	0.32	20.50

在生产过程中，批与批之间的药粉堆积密度不尽一致，但其变化的基本规律是一致的。根据这一规律，球磨时间与药粉的堆积密度间可绘制出如图 4-19 所示的曲线。

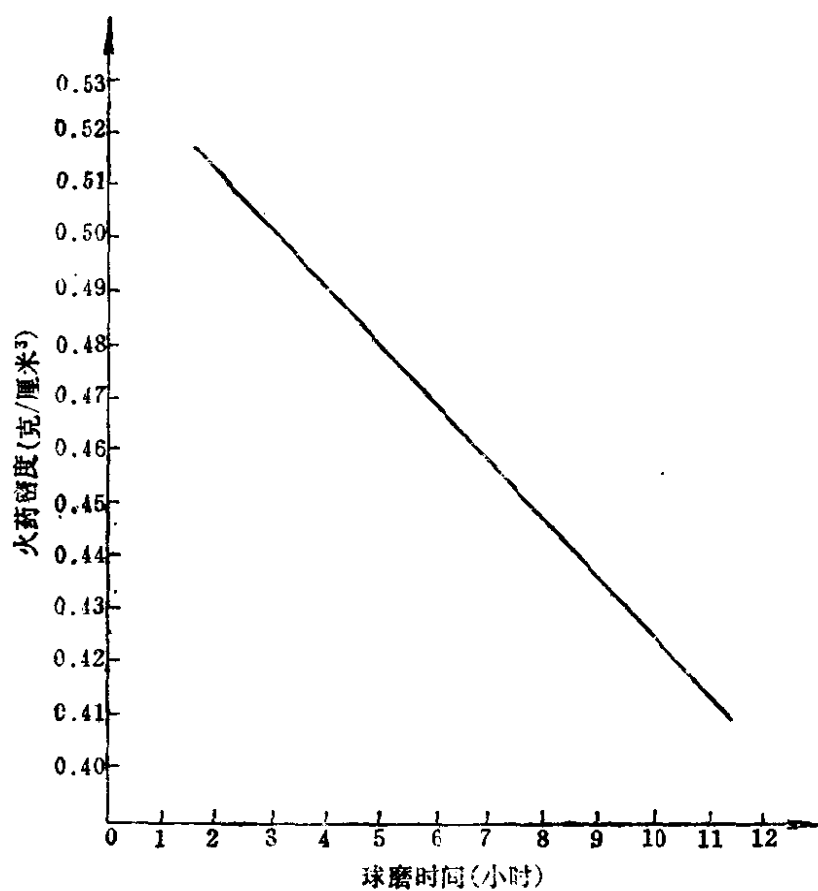


图4-19 黑火药球磨时间与堆积密度的示性曲线

药粉的细度与其流散性也有很大关系,在相同的条件下,药粉的细度愈大,粘性愈大,其流散性愈小。制索时粘性愈大的药粉,下药愈困难,故细度过大的药粉制索时容易产生断、细药。药粉细度过大时,其组成物的表面积大,吸附水分的面积增加,使黑火药的水分含量也相应增加。黑火药细度与球磨时间的基本关系如表4-8所示。生产实践说明,药粉细度对导火索燃烧性能的影响规律是:药粉愈细,燃烧性能愈趋一致;药粉愈粗,所制成的导火索燃烧时愈易产生透火,且燃速不够稳定。

表4-8 黑火药球磨时间与药粉细度的关系

累计球磨时间 (小时)	药 粉 筛 余 物 (%)			
	120目/吋筛	140目/吋筛	160目/吋筛	180目/吋筛
1.5	4.5	84.5	100	—
2.5	2.2	27.4	—	30.4
4.0	1.4	2.0	4.5	10.0
6.0	0.1	2.6	—	5.6
8.0	全通过	全通过	0.8	1.9
10.0	全通过	全通过	0.1	1.4
12.0	全通过	全通过	全通过	0.2

3. 水分含量对黑火药的影响:

黑火药的水分含量与导火索质量有密切的关系。当水分含量大于1%时,不仅有粘结滚桶和药粉混合不均匀的缺点,而且其所制成的导火索燃速不稳,燃烧性能差,因此,应使黑火药水分含量不超过1%为宜。但是,也不是黑火药的水分含量愈小愈好,而是含有一定量水分的药粉用于制造导火索时质量才能稳定。

黑火药的水分含量主要受气候变化的影响较大,此外,原材料管理不善、操作不当、包装不良、运输、储存不好也是黑火药水分含量局部或全部增大的因素,因此,加强生产过程的防潮工作是必要的。在条件可能的情况下,最好采用调温、调湿的生产作业线,这对克服黑火药受潮和保证产品质量是十分有利的。

4. 安全问题:

黑火药的生产性质要求作好安全工作,它是保证正常生产的基本条件,为此,黑火药制造工序除应遵守火工生产安全通则之外,本工序应着重注意如下事项,以防止发生事故。

(1) 三料滚桶的开停车应在远距离操纵。制造和运输黑火药的过程中,应在没有铁器撞击、剧烈摩擦和产生各种火花的条件下进行。

(2) 认真制订和严格执行工艺规程,定期地加强设备检查,经常保持严谨的操作方法和交接班制度,防止油、水及其它杂质污染黑火药,使生产用的原材料保持纯净。对生产环境、包装容器等要加强管理。在操作中应杜绝各种不利因素。

(3) 新滚桶、新木球投入生产前,应将木球加入滚桶中滚光半小时以上,以清除滚桶内壁和木球本身的杂质,处理妥当后再用于生产。正常生产中使用的木球,每月检查一次,以清除外来杂质,每季至少进行一次木球的重量检查,检出破碎的木球,重量不足者予以补足。正常生产中的滚桶,经常巡视检查,有疑义的滚桶应查明原因,确认运转正常才可继续生产。

(4) 黑火药在球磨混合、过筛的生产过程中,不可避免地会因摩擦产生静电,如果没有适当措施,电压可达几千伏,有的甚至更高。为避免静电放电时可能引起的爆炸事故,要采取消除静电的措施,例如:

1) 生产和加工火药的机器设备,都要接地线,以便把产生的静电电荷导入地下;

2) 经常清洗工房内和设备上的火药粉尘,减少发生事故的隐患;

3) 在允许的情况下,适当增大工房内或火药容器内的湿度,以增加空气的导电性;

4) 搬运火药时,要轻拿轻放,防止强烈摩擦和撞击;

- 5) 在工房内适当地方安置接地铜把，使操作人员经常接触，以便及时消除人身的静电；
- 6) 及时消除工房内的可燃气体；
- 7) 滚桶内药温较高(50°C)时，应停车冷却降温。

第五章 导火索的纺制

第一节 概 述

导火索（在欧洲，称作毕氏导火索）的制造工艺简单，原料来源广泛，它具有容易点火、传火力强的特点，是在一般外界条件下比较稳定的点火器材。导火索是由索芯和索壳所组成，自有导火索至今，其结构形式基本上没有多大变化。但随着工业技术的发展，其生产方式显著地进步了。

导火索生产的中心部分是导火索的纺制（即制索工序），制索工序的生产水平和质量状况，直接地反映着导火索的生产水平和产品质量的好坏，因此，制索工序在导火索生产中占有极为重要的地位。

当前，国内生产的导火索虽然结构还不尽一致，但权衡产品质量、棉纱消耗量和产品成本等几个条件，一般认为以三层纸工业导火索的结构较好，表 5-1 就是这种导火索的结

表5-1 三层纸工业导火索结构表

序号	结 构 项 目	规 格 要 求	工 装 条 件
1	芯线	18×4(32/4)或28×4(21/4)棉线 4 根	
2	药芯	黑火药	药嘴： $\phi 3.4 \pm 0.1$ 毫米
3	内层线	60×4(10/4)并股棉线13根	钢模： $\phi 3.5 \pm 0.1$ 毫米
4	内层纸	28±1毫米直裹纸条	
5	中层线	60×4(10/4)并股棉线或玻璃纤维 4 根	钢模： $\phi 4.5 \pm 0.1$ 毫米
6	防潮层	30#甲石油沥青	钢模： $\phi 4.6 \pm 0.1$ 毫米
7	中层纸	(20~24)±1毫米斜缠纸条	
8	外层纸	28±1毫米直裹纸条	纸面涂聚乙烯醇液
9	外层线	28×4(21/4)棉线10根	钢模： $\phi 5.5 \pm 0.1$ 毫米

构表。

这种导火索各种主要材料所占的比例大致如下所示：

- (1) 纸 条：33.21%；
- (2) 黑火药：30.25%；
- (3) 棉 线：25.71%；
- (4) 沥 青：8.98%；
- (5) 其 它：1.93%。

为了降低棉纱耗量，目前玻璃纤维作中层包线材料已经有比较成熟的经验，使导火索的棉纱耗量再度下降。我们还要进一步深入开展技术革新和技术革命运动，不断努力，节约棉纱，使导火索生产锦上添花，更上一层楼，为支援世界革命作出更大的贡献。

我国纺制导火索的制索机有立式和半立半卧式两种。立式制索机比较落后，生产中震动大，效率低，且产品质量也差，因而已逐步改进为半立半卧式制索机。特别是近几年来，通过无产阶级文化大革命的战斗洗礼，广大工人群众焕发出极大的社会主义积极性，在技术革命和技术革新的运动中，试制成功并推广使用了制索与计量成卷联动一体化的设备，即制索-计量机。目前有如图 5-2 所示的甲、乙两种形式。这两种制索机都简化了生产工艺，缩短了生产周期，稳定了产品质量，使导火索生产提高到新的水平。

为了制出性能良好的导火索，制索工序的生产工艺应满足下述要求：

- (1) 确保产品达到部颁工业导火索的技术标准；
- (2) 在保证导火索的结构简单、质量稳定的前提下，应就地取材，节约原材料（特别是节约棉线）；

(3) 要便于操作与检验, 有利于提高生产效率, 有利于降低产品成本;

(4) 制出的导火索燃烧后, 产生的有毒气体应尽可能的少。

导火索的制造一般包括原材料的加工, 黑火药的制造, 导火索的纺制, 导火索计量成卷及导火索普验, 包装等几个部分。如果导火索制造厂中另设有黑火药制造车间, 则导火索车间不包括黑火药的制造部分。导火索生产工艺流程如图5-1所示。

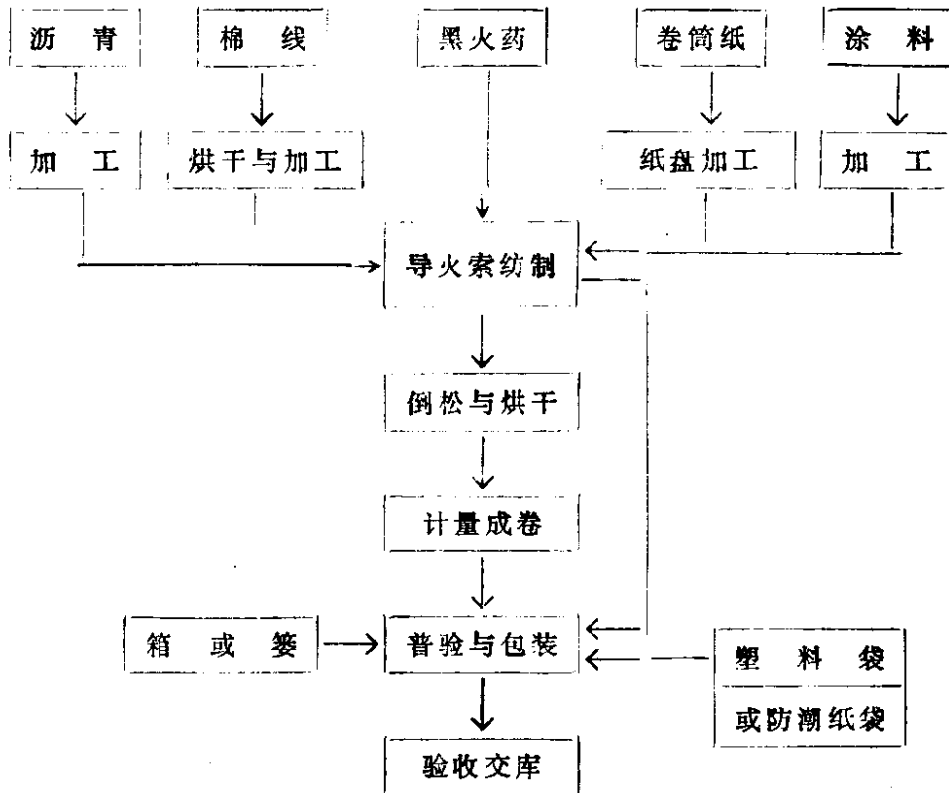


图5-1 导火索制造工艺流程图

第三章和第四章已分别介绍了原材料的加工和黑火药的制造, 本章主要论述导火索的纺制及其有关问题。

第二节 制索的工艺技术要求

导火索的纺制应符合下列要求:

1. 外观 应均匀, 不应有折伤、油污污染等疵病。但允许有:

(1) 断(并)一根外层线连续不得超过6米;

(2) 外层线局部排列不均匀部分不得超过150毫米;

(3) 导火索的最短索段不低于2米。

2. 尺寸

(1) 外径: 5.3~5.7毫米;

(2) 药芯直径: 不小于2.2毫米; 不应有断、细药。

3. 性能

(1) 燃烧速度: 可在确保100~125秒/米的技术标准要求的范围内, 根据实际情况选定制索燃速值, 但其燃速差不超过10秒/米为宜。

(2) 燃烧性能: 导火索在燃烧时不应有断火、透火、外壳燃烧及爆声。但外壳燃焦、沥青渗出不计。

4. 断线、断纸的规定

不应有断(并)芯线。内、中、外层线允许局部的同一索段内单独断(并)一根, 超过一根者为不合格。各层纸应包缠完整, 不应有缺、断纸条或包缠不严的情况。

5. 长度要求: 有计量成卷设备的制索机要求索卷长度为: 每卷长 250 ± 1 米。

制索的工艺技术条件是依据部颁的导火索技术标准的有关内容而确定的。技术标准是制订工艺技术条件的依据, 工艺条件是实现技术标准的保证, 因此, 工艺技术条件应严于

技术标准的内容。

第三节 制索机和制索操作

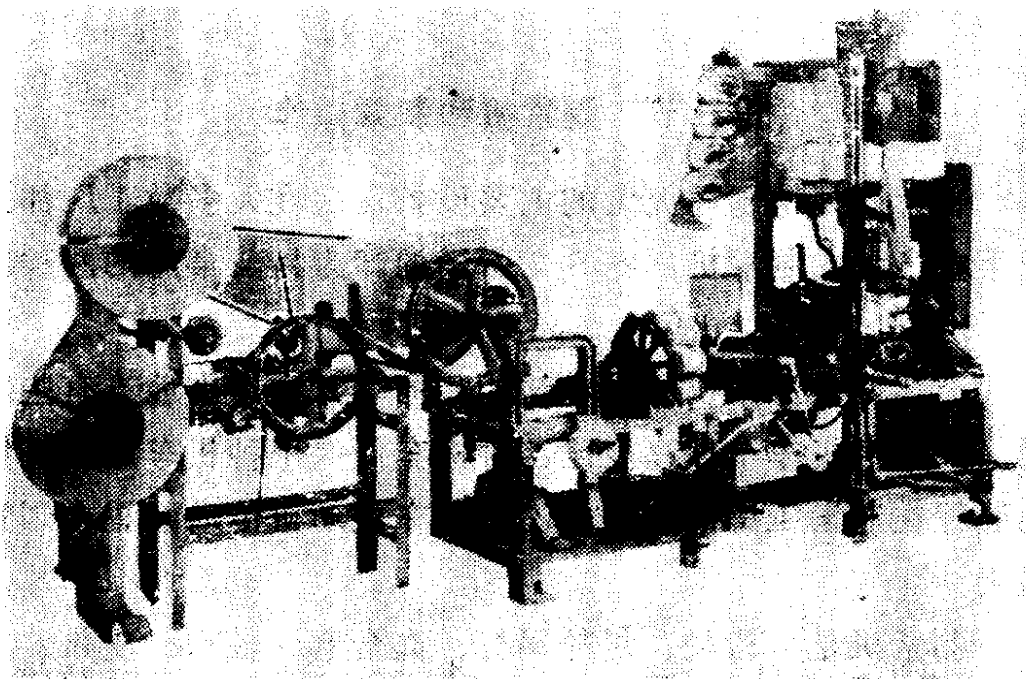
制索机是纺制导火索的主要设备。现在大多数工厂都使用半立半卧式制索机。图 5-2 所示的即为目前常见的两种制索-计量机。

上述两种制索机的基本结构相同，只在个别地方有些差别，如甲种机车车体高度比乙种机车低；甲种机车电动机传动装置在制索工房的室外，乙种机车电动机传动装置在制索机上。

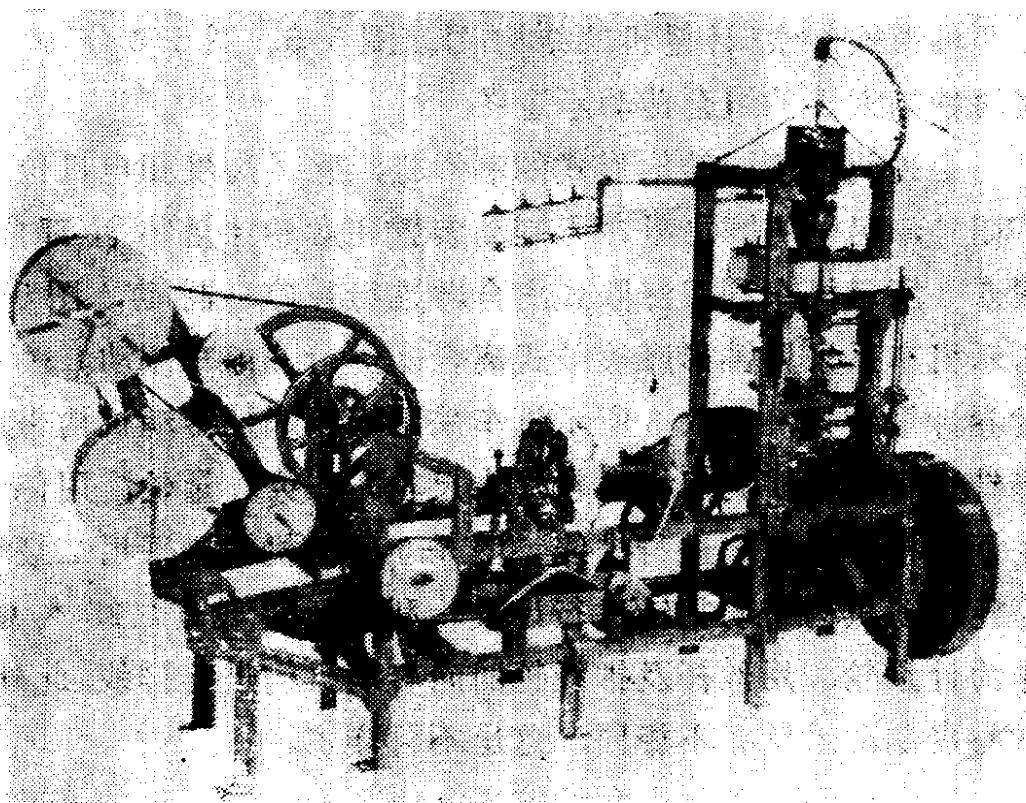
制索机是以齿轮、蜗轮蜗杆、离合器、轴承、皮带、轮盘等一系列机械零件组合而成的。图 5-3、图 5-4 分别是甲、乙两种形式制索-计量机的结构图。图 5-5、图 5-6 分别是这两种制索机的组合传动示意图。

上述两种不同结构形式的制索机，除了高度和电机位置不同外，另一不同之处在于制动装置和索卷计量装置部分。图 5-3 所示机车利用涨圈式离合器进行开停车制动，图 5-4 所示机车系采用锥形摩擦鼓式离合器进行开停车制动。关于索卷计量装置，图 5-3 所示机车采用蜗轮蜗杆传动机构带动指针进行计数，利用标准轮（米尺轮）作为计量轮，用偏心曲柄连杆导向机构进行排线。图 5-5 所示机车则采用二级平齿轮传动机构带动指针进行计数，利用标准轮（1.25 米/转）作为计量轮，用丝杆及排线轮同向转动机构进行排线。此外，索卷盘制动系统亦不相同，这里不再详述。

制索操作是顺导火索的前进方向观察，制索机的一道盘（内层线轮盘）、三道盘（外层线轮盘）为顺时针方向旋转；



甲



乙

图5-2 制索-计量机

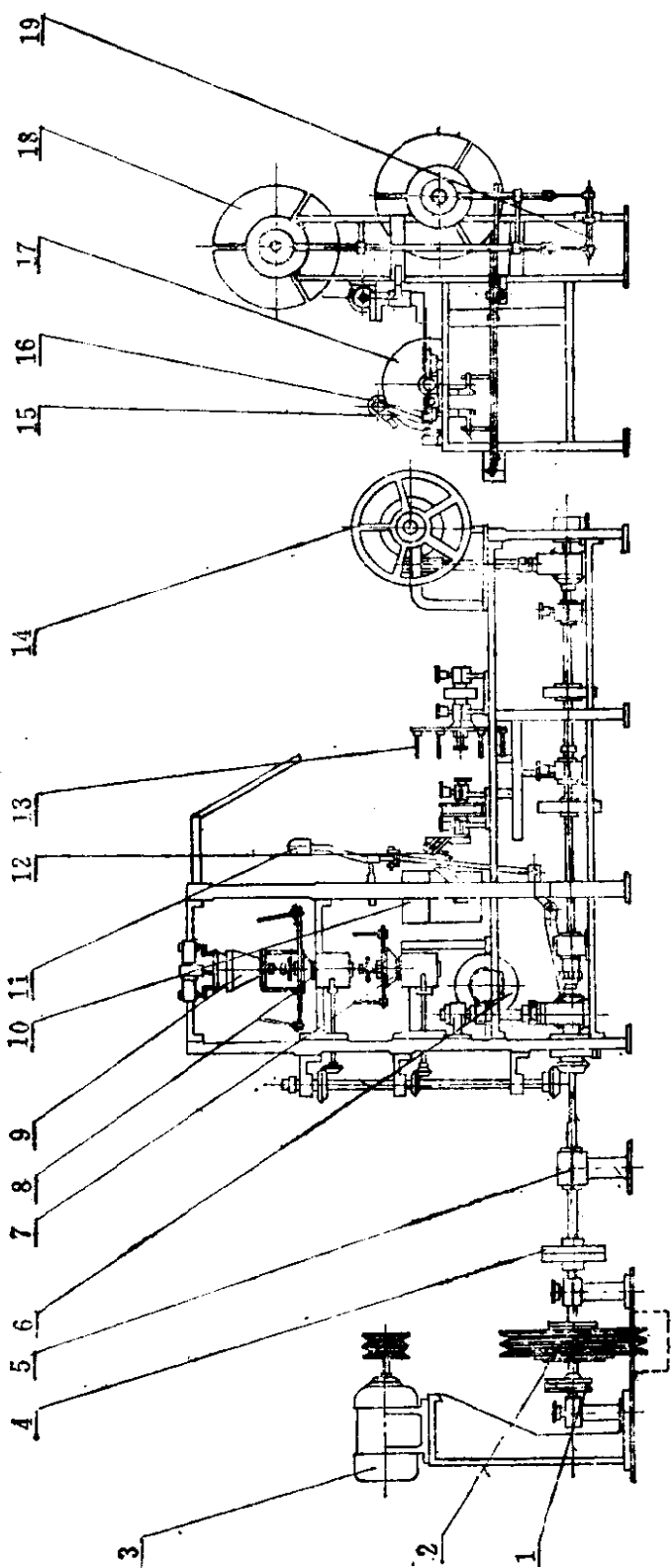


图5-3 甲种制索-计量机结构图

- 1—离合器；2—皮带轮；3—电机；4—接轴器；5—轴承架；6—小标准轮；7—二道线盘；8—一道线盘；9—药瓶；10—沥青钢；11—开关把手；12—斜缠纸装置；13—三道线盘；14—皮带轮；15—压线轮及导筒；16—计数装置；17—标准轮；18—索卷盘；19—制动装置。

二道盘（中层线轮盘），斜缠纸装置（斜缠纸盘）为逆时针方向旋转。导火索以成品轮作牵引，干线以垂直方向通过内、中层线轮盘，然后，经小标准轮倒向，按水平方向运行。如图 5-3、图 5-6 所示，成品轮与小标准轮的转速比为 1 比 2。

制索机的组合形式，决定着产品结构、生产效率、各层线的包缠方向和包缠螺旋数，决定着导火索的质量。故应使制索机组合正确，安装合理。

制索操作的一般内容为：

（1）开车前的准备：检查所用的机车、工具是否正常；调整沥青温度使其保持在 95~125℃的范围内；将线轮、纸盘等安置妥当。

（2）试药：在导火索上作好开车标记，开启电源后徐徐开动制索机，向药瓶投注药粉，使制索机达到最高速度的同时进行剪线，首先将沥青浸渍到药嘴间的导火索剪掉约 2 米（简称两米线），相继剪取长为不少于一米的结构完整的导火索，停车后，一齐交半成品检验人员试验燃速和检验两米线。

（3）开车：试验燃速合格后正常开车生产。机车运行中，操作者应经常向药瓶投注药粉，集中精力巡回看车，按制索工艺技术要求进行生产。遇有断线、断纸等停车情况需要处理废品时，应首先作好剪线标记，以防错剪和漏剪。

生产过程中，一般是每部机车、每班至少检查燃速四次，即开车前一次，以后每隔两小时一次。

导火索的纺制是在半成品检验、设备维修和辅助操作者的配合下进行的。

设备维修工作：应使设备牢固可靠，运转平稳，零部件作用确实，按要求加油润滑，使设备及其零部件无摩擦过热

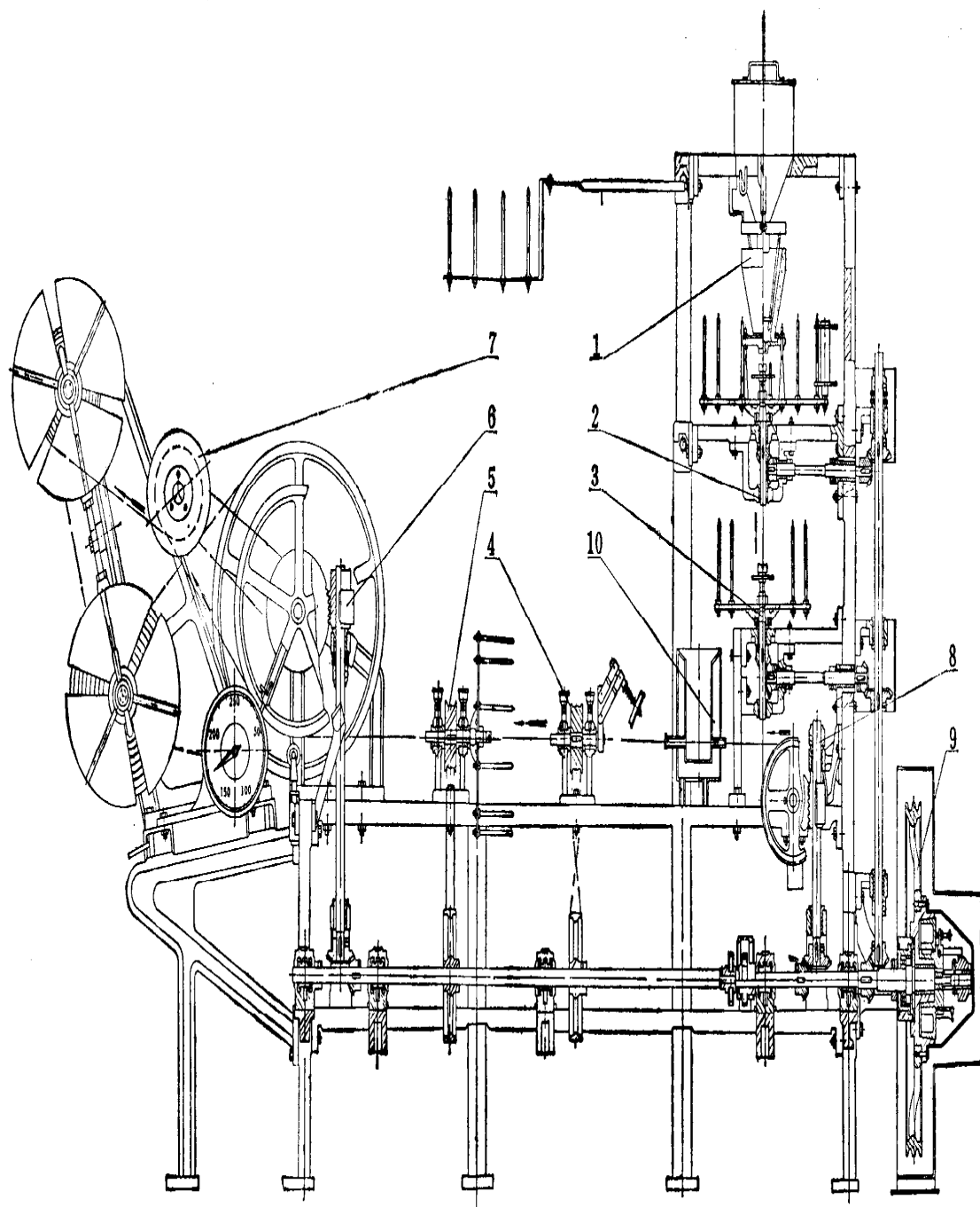


图5-4 乙种制索-计量机的结构

1-下料装置, 2-一道线盘装置, 3-二道线盘装置, 4-旋转纸盘装置, 5-三道线盘装置, 6-导索装置, 7-自动计数及绕索装置, 8-蜗轮蜗杆传动装置, 9-动力传动装置, 10-浙青钢。

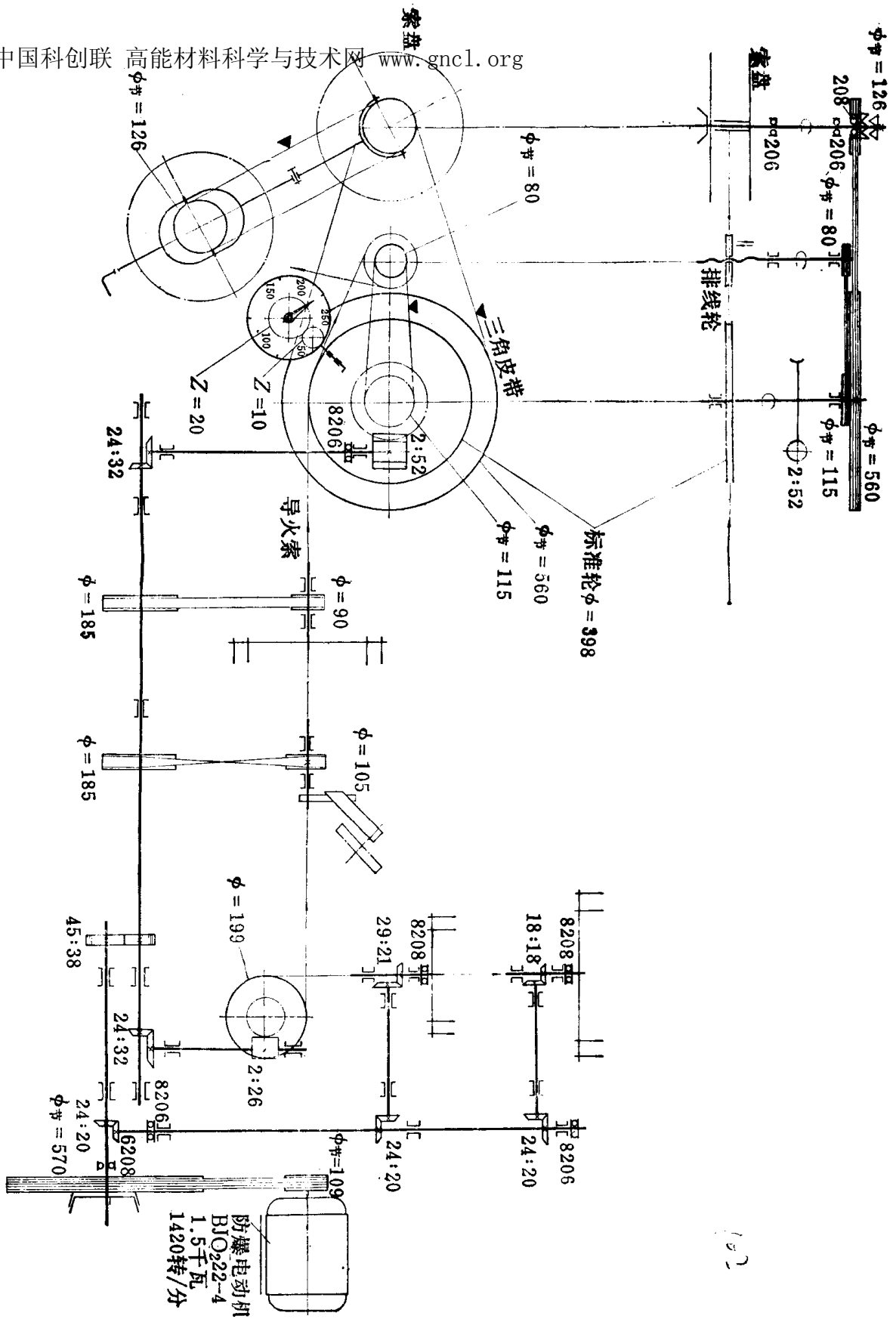


图5-5 乙种制索-计量机组合传动示意图

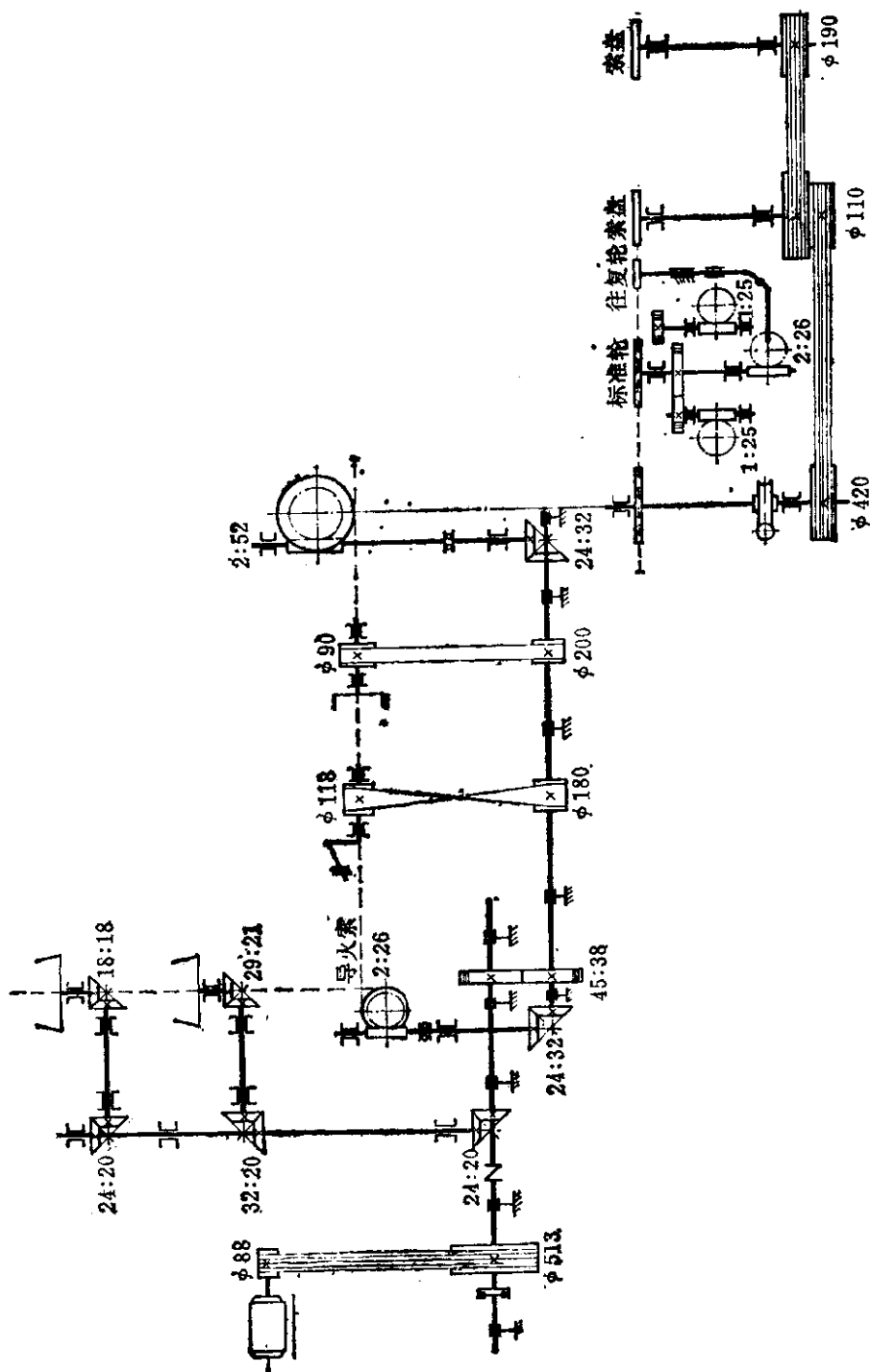


图5-6 甲种制索-计量机组传动示意图

和其他不正常的现象。

辅助操作者：应及时准确供料，不使原材物料受潮、受污染，使制索生产持续正常的进行。

半成品检验工作：应按工艺技术要求进行燃速、外观、燃烧性能、外径、药芯直径、索卷长度和沥青温度等项目的检查。必要时对个别机车还应抽查检验，使制索生产在性能合格的条件下进行。

(4) 停车：工作结束后，关闭电源，安置妥当，作好交接班工作。

纺制完成的导火索经倒松、烘干、计量成卷、普验与包装等工序后，即为导火索的制成品（使用制索-计量制索机时，则取消倒松、烘干、计量等工序）。

第四节 断、细药的检测与控制

黑火药芯是导火索的主要能源成分，导火索药芯的均匀性直接反映着导火索性能的均一性，故导火索的药芯及其断、细药问题的处理对导火索质量具有十分重要的意义。

所谓断、细药，是指在制索过程中由于种种原因使导火索的黑火药芯不是按要求呈连续均匀状态，而是某一段没有黑火药——断药，或某一段的药芯直径小于规定值——细药，这是制索过程中最严重的质量问题。

断、细药有如下表现形式：

第一，开、关车的断、细药：这种断、细药是在开、关车的时间发生的，同时有它的规律性和普遍性。

当我们仔细观察制索机在即将停稳的瞬间的情况就会发现，此时虽然药瓶不动，但芯线轮和内层线轮仍有蠕动的现

象，同时内层线包缠后的干线也可看到有很小的位移，这一段导火索的药芯就有断、细药。这种现象直到使导火索和包缠材料间的张力达到平衡时即自行消失。这是制索机普遍存在的现象，即制索机出现断、细药的普遍性。在干燥季节里，药粉水分含量较小，流散性较大，一般情况下没有断药现象，细药程度也较轻，对导火索质量的影响不显著。但在潮湿季节就不同了，因药粉潮湿，水分含量高（1%左右），药粉粘性增大，在开、关车时形成细药现象较为严重。实践证明，潮湿季节由于开、关车造成的细药，严重时药芯直径只有1毫米左右，成为质量不合格的主要原因，这是所谓潮湿季节的特殊性。

开、关车断、细药的程度与制索机的机械零件组合、药粉水分和操作方法有关。

第二，药粉杂质造成的断、细药：药粉中有木屑、棉绒等杂质堵塞药嘴时，可产生断、细药。其表现有间断的，也有连续的，它没有规律性，且细药程度也各有不同。

这种断、细药还与芯线松紧、药粉质量等因素有关。

第三，导火索断、细药，还受齿轮松动，药粉下药角度不适当和药粉在药瓶中被搅动情况不良等因素的影响。

此外，断芯线或药斗中没有及时加料也常造成断、细药。

断、细药是导火索的重大质量问题，药芯的变化，实质上就是其密度的变化，故处理时应认真准确。

通常干燥季节药芯较粗、较均匀；潮湿季节的药芯普遍较细，且细药现象较多，因此，生产中通常在潮湿季节适当的加大药嘴直径（约增大0.1毫米），以补偿其不足的装药量。

当药芯直径不合格时（即药芯直径小于 2.2 毫米时），应根据实际情况，剪掉不合格索段，以保证导火索的质量。

近几年来，为解决导火索断、细药问题，我国有很多工厂组织了以工人为主体的“三结合”的科研小组，他们克服了重重困难，进行了大量的试验研究工作，已经取得了可喜的成果。

检测、控制导火索断、细药的方法主要有：气动法、光电效应法、容抗电桥法、触点式开关电路法、射线检测法和机械（滚珠）法等几种。这些方法在生产中先后都进行了试用，其中比较成熟的有气动法、光电效应法和触点式开关电路法。

一、气动法检测、控制导火索断、细药

图 5-7 是气动法控制导火索断、细药的示意图。

气动法控制导火索断、细药的基本原理如下：

在导火索通过的专用的探测头中（探测头安装在头道盘下部）通以定值的气压（ 1 公斤/厘米^2 ），当产生断、细药时，它就将导火索满药与断、细药时的直径变化所产生的气压差，作用到气电转换元件（电接点压力表）上，再经过相应的电气线路（见图 5-6）达到控制制索机的停转。

采用气动法控制导火索断、细药时，须注意以下几个问题：

第一，元件选择：

节流阀是检测断、细药气路中的重要元件，节流孔选择不当时，检测结果就不正确。节流孔过大时，导火索直径变化大，检测精度低，常常有漏检的现象；节流孔过小时，导火索直径变化范围小，检测结果过严，生产中发生微小的直径变

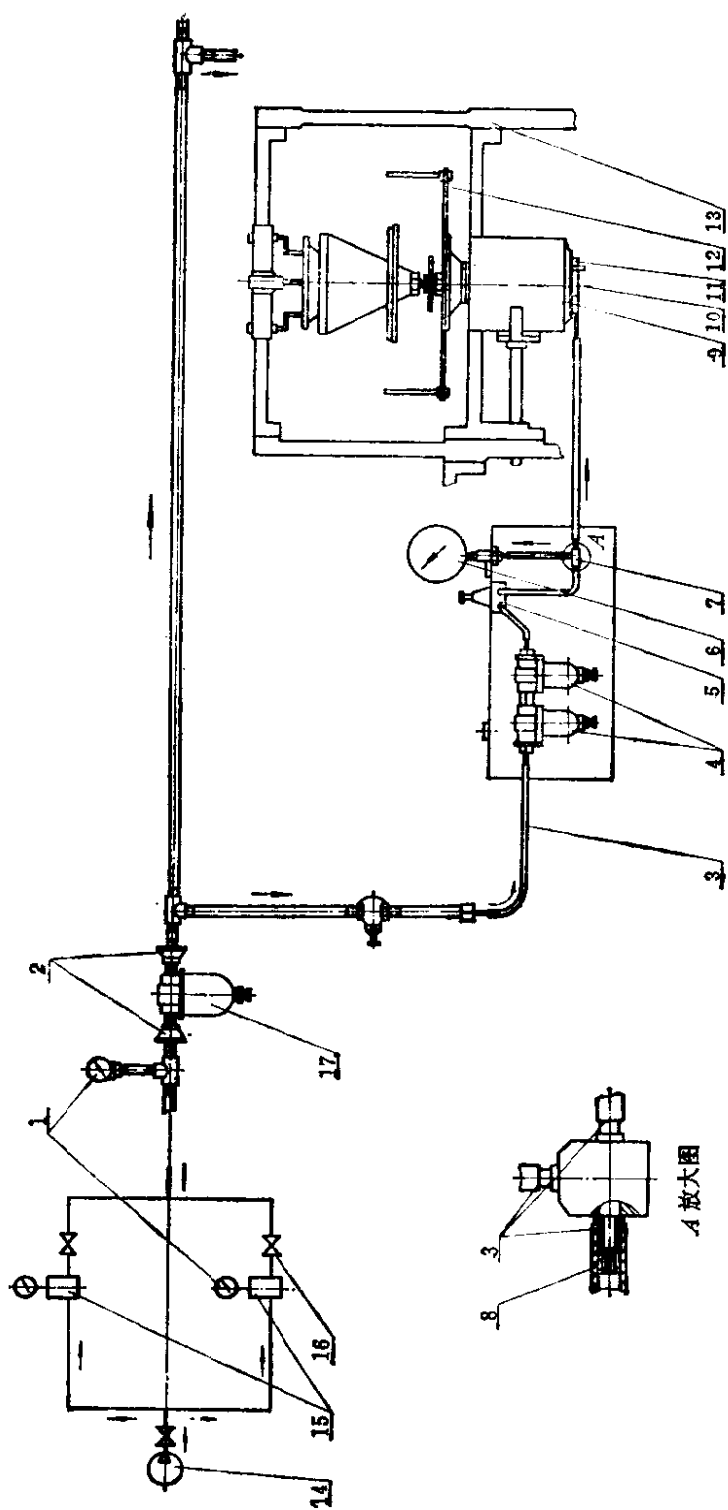


图5-7 气动法控制导火索断、细药示意图

1—气压表(0~10公斤/厘米²); 2—异径管接头; 3—塑料管(φ4×0.7); 4—过滤器(QL-2型); 5—定值器(输出1公斤/厘米²); 6—电接点压力表(YX-160); 7—三通; 8—节流阀; 9—制索机法兰盘; 10—导火索; 11—测头; 12—道盘; 13—制索机架; 14—空气压缩机(气压6公斤/厘米²); 15—过滤器; 16—阀门; 17—大流量过滤器(SQL-01型)。

化即造成自动停车，极易造成误检自停。试验证实，根据制索机及所处季节的特点，节流孔选择在0.6~1.5毫米之间较好。电接点压力表与节流阀是相互影响的元件，若定值器以1公斤/厘米²为气压条件，电接点压力表以选择0~2.5公斤/厘米²的表头较为适用。应用电接点压力表的工作气压差以不超过0.2公斤/厘米²较好。

第二，压缩空气的净化与输送：

压缩空气中往往含有很多的油脂、水分、灰尘等杂质，这些物质对气动元件的检测精度和导火索质量影响极大，故应事先作好压缩空气的净化处理。一般可采用三级过滤。自空气压缩机输送进来的压缩空气首先通过大型空气过滤罐，然后再进入大流量过滤器和小型滤清器。经过三级空气过滤，从而获得纯净的压缩空气。这样既能保证气动元件的要求，又可保证产品质量。

检测的气路，要求结合牢固，密封良好，测头与节流阀间的管路越短越好。若气路有漏气或测头与节流阀间的管路过长，将显著地影响检测的灵敏度。

为充分保证过滤器（罐）的作用，生产过程中应定时放气，排除过滤后的油脂、水分和灰尘，一般每班放气不少于两次。

第三，机械零件的选择：

测头一般是自制的元件，它的材质、尺寸对检测结果影响很大，所以在测头的规格尺寸确定后，应以耐磨材料制造。试验证实，测头的实际尺寸应略小于头道盘钢模尺寸的0.1~0.15毫米较好。设计测头时，应考虑使用测头的互换性。

选择节流孔的规格可与调节电接点压力表配合进行。当

节流孔固定时，也可适当的调节电接点压力表的工作点。当定值器的气压为 1 公斤/厘米² 时，其动作点可调整在 0.8~0.9 公斤/厘米² 范围。

第四，电气线路：

气动法控制导火索断、细药的电气线路原理图如图 5-8 所示。

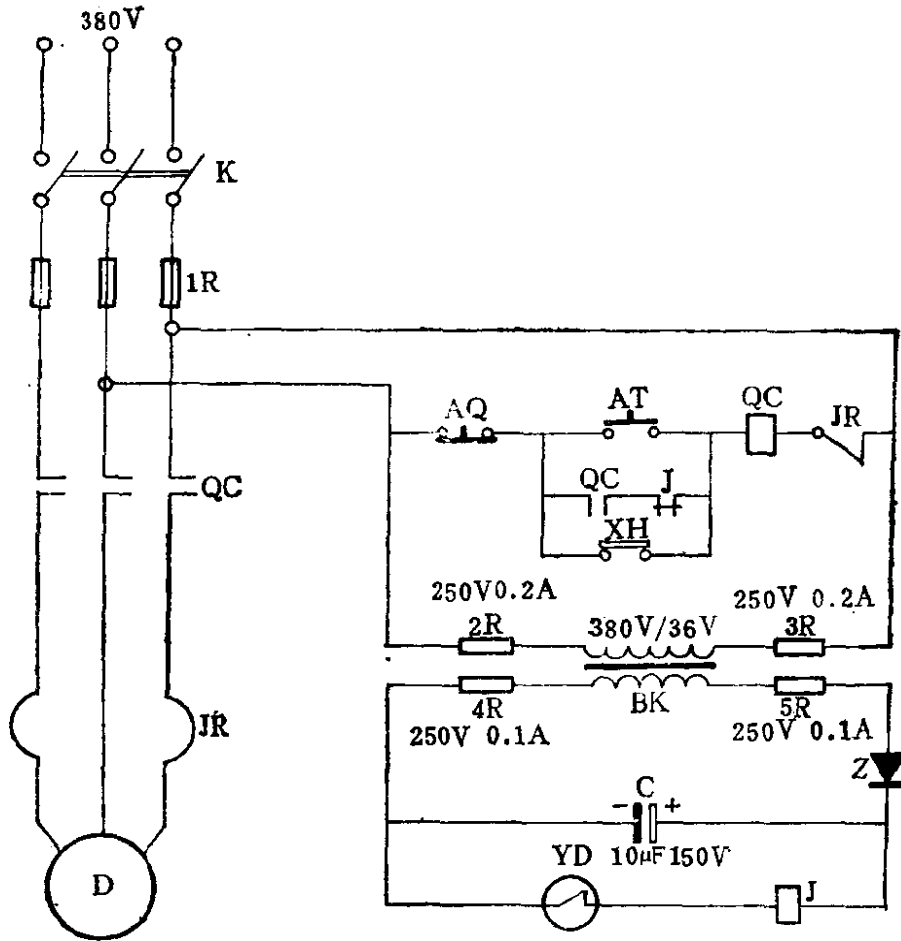


图5-8 气动法控制导火索断、细药电气原理图

YD—电接点压力表；Z—硅整流管；J—小型直流继电器；
C—电解电容器；BK—控制变压器；JR—热继电器；IR—熔断器；XH—行程开关；2R、3R、4R、5R—仪用熔断器；
JR—热继电器（附在QC上）；QC—磁力启动器；K—三相负荷开关；AQ、AT—按钮；D—交流电动机。

图 5-8 中制索机电动机 D 的电源电压是 380 伏，由三相闸刀开关及磁力启动器 QC 控制，小型直流继电器 J 常闭触头串联在磁力启动器 QC 的自锁回路里，小型直流继电器 J 由低压变压器 BK、硅整流管 Z、电解电容器 C 组成整流装置供电，电接点压力表 YD 常开触头串联在小型直流继电器 J 的回路中。当导火索出现断药、细药时，气动测头压力下降到规定范围以下，电接点压力表触头 YD 闭合，小型直流继电器 J 的线圈有电，其常闭触头 J 打开，磁力启动器 QC 的线圈断电，电动机停止转动。

制索机的启动：由于行程开关 XH 的常开触头并联在制索机的启动按钮 AT 上，当将制索机离合器手柄从停车方向推开时，行程开关 XH 的常开触头闭合，磁力启动器 QC 得电，电动机运转，然后再拉回制索机离合器手柄，制索机即正常运转。

气动法检测导火索断、细药是通过气电转换元件将气压信号传递到电气线路中而实现自动控制的。电路中元件作用的确实性对检测结果是否正确有很大影响，例如磁力开关等电器装置有时灵敏度不够，应注意检修和更换。

试验证实，气动法检测导火索断、细药效果是很可靠的，它还具有结构简单、易于掌握、安全方便的特点。在相应的条件下，还可检测出芯线断线或松动等情况。对于断内层线，也可大部分得到控制。

目前，气动法控制导火索断、细药的工作已基本试验成功。它在运行中没有电火花，是比较适用于火工生产的检测装置。因此，只要坚持实践第一的观点，认真总结经验，就能使它进一步得到完善，从而更有效地控制断、细药。

二、电容电桥法检测、控制导火索断、细药

有的厂采用电容电桥法检测导火索断、细药，它是采用电容变化引起电桥平衡变化的原理进行测定的。导火索通过探测头的弧形电容器，当药芯直径有变化时，弧形电容器的两个极板间距离发生改变，从而引起电容量发生变化。弧形电容器的电容量可用下列关系式求得：

$$C = A(1 + \varepsilon_1) + B \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_2 + \varepsilon_1} \varepsilon_1 \left(\frac{a}{R} \right)^2$$

式中 A 、 B ——常数；

ε_2 ——黑火药介电常数；

ε_1 ——药芯以外的棉线等物质的介电常数；

a ——药芯直径；

R ——弧形电容器直径。

当药芯 a 减小时，电容量 C 成平方倍的减小，因弧形电容器为电桥的一臂，故当电容变化时，使电桥的平衡受到影响，从而有讯号输出，并被振荡频率载频到放大器、检波器、微分器、积分器等电路进行检测，从而带动执行机构控制停车。

探测头由振荡器、电桥、阴极输出器组成。

仪器本身由高频放大器、检波器、低频放大器、低放输出器、比较器、鉴别器、微分器、积分器、记忆电路、放大器、驱动电路、控制电路所组成。

三、光电法检测、控制导火索断、细药

光电法检测导火索断、细药，是根据导火索在产生断药、细药时，其直径发生变化，使光电探头中的光路接通，光敏电阻起作用而传出信号的原理进行检测的。

断、细药光电检查仪由探头、主机、打印装置、电源箱等部分组成。

探头由光导管、光源（6.3 伏电珠）、直流电磁铁、滑块和调解盘组成。安装于制索机一道盘下部。

主机由直流放大器、灵敏继电器和中间继电器组成。安装于制索机附近。

打印装置由电磁离合器、印槽、行程开关、传动轮组成。安装于涂料盒前面。

具体操作中，当导火索直径变小时，与探头连接的滑块产生位移，滑块与导火索靠近而形成间隙，此时光路通过间隙照射到光导管上，即可发出信号，经放大后驱动执行机构自动打印和停车。

整个装置由一个稳压电源箱供电，电源箱是由稳压器、调压器、灯丝变压器和整流器等组成的。

图 5-9 所示为一种比较简单的光电法断、细药检测仪的线路图。

本仪由探测头、本机、执行机构、音响报警和稳压电源组成。其原理简单说明如下：

① 探测头是将产生断、细药时导火索的直径变化转换成电信号的装置，其中装有光电管 3DU33 和光源（6.3 V 小灯泡一只）；

② 本机为一晶体管双稳态触发器，平时由开关 K 置于 G_4 截止、 G_5 导通的状态，当由探头送一脉冲信号后，双稳态触发器翻转，使 G_4 导通、 G_5 截止；

③ 执行机构是由继电器 J 和电动机开关组成，当 G_5 处于截止状态时，继电器 J 释放，从而断掉电动机电源，制索

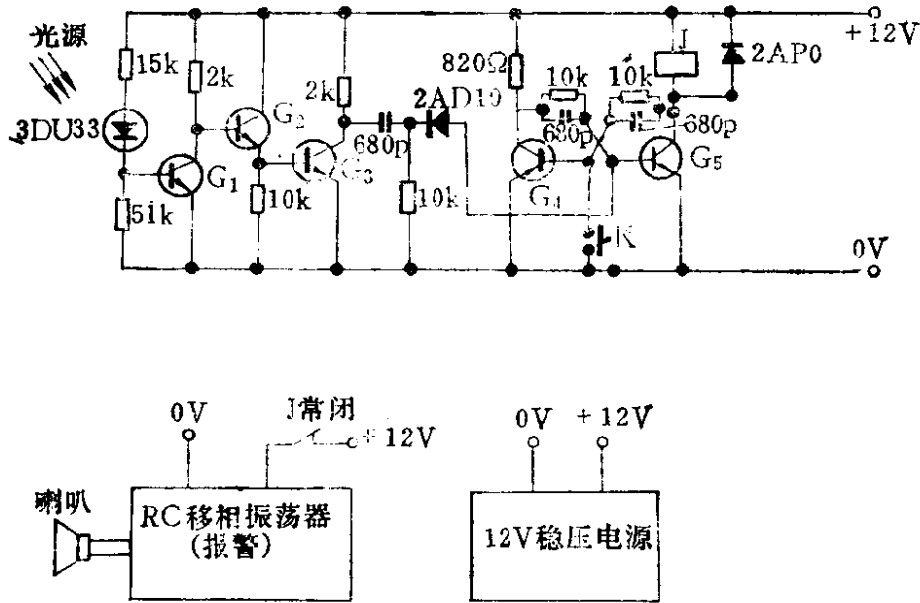


图5-9 导火索断、细药光电检测仪线路图

机便停止运转；

④报警器为一 RC 移相振荡器，能发出约 1 千赫兹的音频信号，电源由继电器 J 的常闭触点控制。当继电器释放时，电源接通，喇叭发出音响报警信号；

⑤ 全机直流电源由 12V 稳压器供给。

四、触点式开关电路法检测、控制导火索断、细药

这是某厂技术革新小组创造的一种断、细药检测仪，它具有结构简单、制作方便、灵敏可靠的特点，其原理和线路如图 5-10 所示。

检测仪由探测头、主机、执行机构和稳压电源几部分组成。其工作原理如下：

A、B 是探测头的两个电触点，导火索直径正常时，A、B 不接触。当由于断药、细药或断线、断纸而引起导火索直径偏小时，滑块就会受到弹簧的推力而向定块靠近，从而使

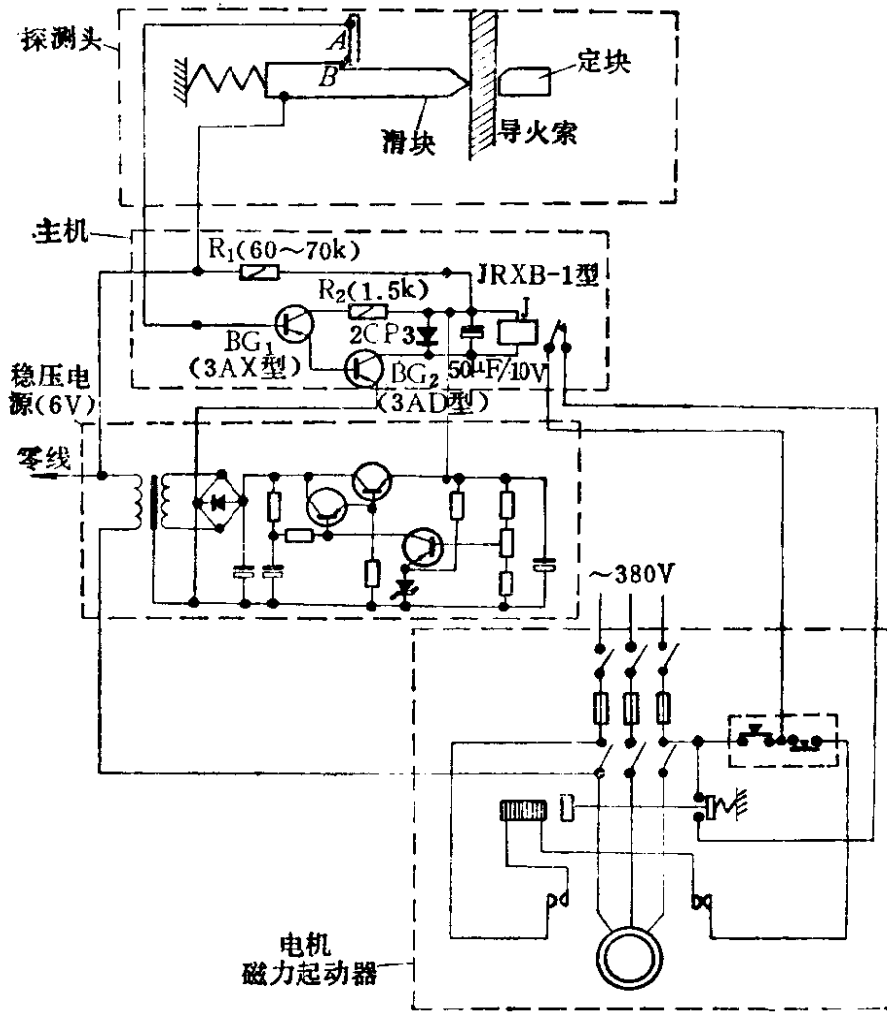


图5-10 触点式晶体管检测仪原理线路图

A、B两触点接触，三极管BG₁的基极就会通过一个工作偏流，集电极电路就有电流流通，而BG₁的集电极电流也是BG₂的基极电流，进而也使BG₂的集电极电路也有电流流通，继电器J就工作，常闭触点断开，电动机电源被切断，制索机即停止运转。

当A、B两触点闭合或断开时会不会产生火花呢？实践证明是不会的。这是因为A、B两点间通过的电流很小，约0.09毫安，接触时间很短，约1秒以下，所以产生的热量

很小，并且这些热量一部分降在电阻 R_1 上，余下部分 远远不能使触点金属发生氧化和点燃黑火药。

调整时，应使 BG_1 的基极电流在 0.5mA 以下， BG_2 的集电极电流在 $100\sim 200\text{mA}$ 以下，越小越好，以能使电磁铁可靠地工作就行了。选用的 JRXB-1 型继电器 直流电阻为 $55\ \Omega$ ，额定工作电压 4V ，吸合电流 $\leq 57\text{mA}$ ，释放电流 12mA ，应将四组接点并联成一组使用。稳压电源 可选用晶体管收音机直流电源，直流输出 6V ， $100\sim 150\text{mA}$ 。

前面所介绍的检测导火索断、细药方法，目前基本上是处在生产试用阶段，有些具体问题尚待进一步实践。遵照毛主席关于“**实践——认识——再实践——再认识**”的教导，我们除可参考上述方法进行试验而外，还应广开思路，敢于实践，大胆革新，为彻底解决控制导火索断、细药的问题而不断的努力，创造出安全、可靠的新方法，以保证导火索的质量。

第五节 制索中的其他质量问题

导火索的产品质量除了断、细药问题外，还有各被覆层的包缠质量问题，这些问题多与设备的工装条件、工艺控制以及防潮措施等有关，本节就谈谈这些方面的问题。

一、设备工装条件的影响

设备工装条件是指制索机的整体结构、各运转部分的转动稳定情况和转速，各零、部件的相互配合，以及易磨损件的及时更换等。如果制索机在运转过程中震动大、齿轮松动（滑动）、皮带衔接不紧、药瓶和各层轮盘有运转不平稳现象，可使药嘴下药不匀、包缠质量降低、内层线包缠不平滑（呈麻花状或拉直线），导致了生产出来的导火索燃速不稳或

有透火现象。制索机齿轮滑动对导火索燃速的影响如表 5-2 所示。

表5-2 制索机齿轮滑动对产品质量的影响

试 验 内 容	半 成 品 燃 速	烘 干 后 成 品 燃 速
制索机立轴下的 24:20 齿轮组滑动, 一、二道线盘转动不正常	107~110秒/米 (17米)	108~112秒/米(28米) 严重透火 4 次 断药断火 1 次

此外, 药嘴、钢模配合不当, 或钢模磨损变大时, 可使导火索紧度变小, 性能降低。其主要表现有, 感觉导火索松软、外观粗糙不平、沥青涂层过厚或过薄、内层线包缠较松或导火索外径变粗等现象。应及时检查药嘴、钢模直径和更换合格的钢模。其检查周期随药嘴、钢模的应用部位和所选用的材质而不同。在正常情况下, 外层线钢模、沥青钢模易磨损, 使用时间较短, 内、中层线钢模磨损较小, 使用时间较长。当所用材料为工具钢时, 应至少两个月检查一次内、中层线钢模的直径, 而对沥青钢模和外层线钢模, 则应根据沥青涂层的变化和外层线包缠质量的变化随时确定。为了提高钢模的耐磨性能, 延长使用时间, 最好选用硬质合金等耐磨材料制造钢模, 用不锈钢等材料制造药嘴, 以增长它们的使用寿命, 增长生产的稳定期, 从而达到保证产品质量、降低工艺报废的效果。

药嘴、钢模规格的确定应适当, 如有配合不当, 将使产品质量低劣, 制索操作不便。

综上所述, 适当的工装能使药粉在包缠物中具有一定的密度, 且使制索操作方便, 同时又不出现药粉溢出和包缠不

严的情况，从而保证所制成的导火索外观平滑、紧实、性能稳定。

二、工艺控制问题

制索工艺的控制对导火索质量有很大影响，例如制索时的沥青温度，它既关系到沥青涂层的质量，又关系到停车时沥青对导火索药芯的影响。沥青温度过高时，沥青涂层薄，停车时对导火索药芯破坏作用大，容易造成药芯硬结，甚至渗入药芯；沥青温度过低时，虽然对药芯质量影响较小，但有涂层过厚，甚至涂敷不匀或者涂不上沥青（即拉白线）的现象，因此也不能保证导火索质量，故沥青温度应控制适当，通常 30* 甲石油沥青使用温度为 95~125℃ 之间，在这个温度下的停车时间不应超过一分钟，否则，停车时间过长，沥青浸渍部分的药芯受到破坏，这时操作中应予剪掉。

诸如此类，工艺中象断线、断纸等问题同样对产品结构、产品性能有影响，故应按制索工艺技术条件进行处理。

三、防潮问题

制造导火索的棉线、纸条、黑火药等原材料对水分子都有一定的亲合力，因而它们都有吸湿性。空气中相对湿度愈大，则吸水愈多。导火索的原材料及其制成品水分含量增大到一定值，即会导致燃烧性能和传火能力降低。所以，导火索的纺制工艺过程中应作好防潮工作，尤其是潮湿季节和潮湿地区生产导火索，防潮工作更有其重要的意义。

多年来的生产教训表明，原材料及导火索受潮后，必然导致导火索质量低劣，它是一个由水分的量变到性能质变的过程。空气中相对湿度增大时，棉线、纸条、黑火药的水分含量都相应提高，黑火药的流散性变小，制索时装药量会减

少。例如,在正常情况下生产的导火索的全重为 24.6~24.8 克/米,而受潮后的导火索全重则降至 23.4 克/米,有的下降得还要多些。实测结果表明:导火索内层线水分含量为 7.7% 和药芯水分含量为 1.37% 时,则导火索燃烧速度变快同时燃烧时产生爆声。因此生产过程要消除和减少受潮因素,以确保产品质量。

导火索纺制中应抓好如下防潮措施:

(1) 合理地安排工艺流程:生产中的原材料应符合技术标准的要求,并使其周转量压缩到最低限度,以减少吸潮的机会。

(2) 控制外来水源:操作中防止汗滴、汗手沾污原材料及制成品;需要烘干的导火索要及时的倒松、烘干,不应在制索大轮上长时间缠放;开车前检查药瓶内壁是否干燥,不应在凝有水珠的条件下开车生产,从操作中消除和减少受潮因素。

(3) 保持工房干燥:当天气晴朗、室外湿度小于室内时,应开窗通风;当天气闷热或阴雨,室外湿度大于室内时,应将门窗关闭,以防潮气侵入;当室内外的湿度都很高时,最好采用生石灰、氯化钙吸收空气中的水分,以降低室内的湿度。为了保证产品质量,改善劳动条件,最好采用调温、调湿的空调设备,使室内经常保持相对湿度在 65% 左右。

(4) 加强防潮管理:原材料在传递、包装与贮存时的环境条件,对产品质量也可产生直接的影响,因此也应加强防潮的管理工作。特别是对棉线、黑火药的运输,须有相应的防潮措施,如在湿度较大或下雨天气运输与贮存时应有防雨设备,转手库应安装保温暖气管等,以使原材料保持

干燥。

黑火药、二料、硝酸钾等包装采用木箱或厚帆布袋较好，而不宜采用塑料箱或金属箱，因为它们有凝结水珠的缺点。

制索机用药盒的制造材料用纸和布为好。药盒的制作方法是在相当于黑火药装量为2~2.5公斤的模型上，用草板纸和布分层缠绕成型后，表面涂以虫胶漆而成。这样的药盒既有利于防潮，又有利于安全生产。

(5) 杜绝油脂沾污导火索：当有油脂等物质沾污导火索药芯时，其燃烧速度变慢。我们曾作过内层线涂油实验(见表5-3)，结果说明药芯被油沾污后制成的导火索燃烧性能变坏。

表5-3 内层线涂油试验

试验内容	制索后燃速	烘干后成品燃速	存放25天后燃速
13根内层线中有两根涂机油	111~115秒/米	147~153秒/米	134~150秒/米

生产中沾污油脂的可能性很多，所以应严格操作方法，加强整洁管理，以保证导火索的质量。

第六节 生产中影响导火索质量的因素

一、密度

单位体积所具有的重量叫密度。用克/厘米³表示。

$$\text{即} \quad \text{密度} = \frac{\text{重量(克)}}{\text{体积(厘米}^3\text{)}}$$

导火索的密度是影响其燃烧速度、燃烧性能、点火难易、

喷火能力和防潮性能的重要因素。导火索的密度有两方面的含义，一方面是指药芯密度；另一方面是指包缠材料的包缠密度。这两方面对导火索都有直接的影响。要使导火索中的黑火药形成比较稳定的燃烧规律，且具有一定的喷火能力和防潮能力，就必须使导火索的药芯和包缠材料具有一定的密度。如果导火索药芯密度过小，即黑火药比较疏松，一般会出现气孔多、火焰感度高（容易点火）、燃烧速度快、燃烧性能不够稳定等现象；如果药芯密度过大，即黑火药比较密实，一般会出现气孔相对减少、火焰感度低（难点火）、燃烧速度慢等现象。导火索的药芯直径与其密度的关系见表5-4。

表5-4 药芯直径与药芯密度表

药 芯 直 径 (毫米)	装药量 (克/米)	药芯密度 (克/厘米 ³)
2.2	7	1.84
2.3	7	1.68
2.4	7	1.55
2.5	7	1.43
2.6	7	1.32
2.7	7	1.22
2.8	7	1.14
2.9	7	1.06

导火索装药量和药芯直径的关系可按下列公式进行计算：

$$\rho = \frac{4g}{\pi d^2 l}$$

式中 ρ ——药芯密度 (克/厘米³)；
 g ——导火索的装药量 (克)；
 d ——药芯直径 (厘米)；

l ——导火索长度 (厘米)。

导火索的燃烧速度随药芯的装药密度而变化, 密度增大时, 燃烧速度慢 (见表 5-5)。

表5-5 导火索的燃速与装药密度试验结果

药 嘴 直 径 (毫米)	药 芯 装 药 密 度 (克/厘米 ³)	燃 烧 速 度 (秒/米)
2.0	0.62	86.9
2.5	0.76	91.4
3.0	0.96	96.1
3.5	1.15	103

导火索药芯的装药密度决定于药嘴直径、黑火药的堆积密度、内层线钢模直径、芯线和内层线的规格、制索机齿轮的传动比及制索的工艺情况。

当药嘴直径不变时, 内层线钢模直径愈大, 制出的导火索药芯密度愈小, 其燃烧速度愈快; 反之, 其导火索燃烧速度愈慢。

当所用芯线规格不同时, 药芯的密度亦不同, 线的直径愈粗、愈紧, 带下去的黑火药愈多, 因而药芯密度愈大, 导火索燃速也愈慢; 相反, 线的直径愈细、愈松, 制出的导火索燃速愈快。制索时芯线的松紧程度可影响导火索燃速变化的范围为 2 ~ 3 秒/米。但由于制索机系非标准设备, 设备的安装和工装尺寸规格也不完全一致, 故芯线的松紧度并不是所有制索机都符合上述规律, 而有时所得结果是相反的。

包缠材料的包缠密度对导火索的质量影响也较大, 但内外层的影响程度是不相同的。在正常情况下, 内层线变化影响药芯密度的变化较大, 而外层包缠材料对药芯密度影响则

较小，但对燃烧时的排气情况影响却较大，所以内层线产生变化时，其导火索的燃烧速度是按药芯密度的变化规律而变化；其它各层包缠材料变化时，则按导火索燃烧时所形成的压力影响而变化。

制索机传动件的传动比对药芯密度影响也较显著。例如，当成品轮转速较快或轮直径较大时，导火索被牵引得快，药芯密度就减小，同时包缠材料的包缠密度也普遍变小。当制索机齿轮的传动比改变时，也对药芯密度和包缠材料的包缠密度有相应地影响。

密度的变化必然引起导火索性能的改变，为制得性能稳定的导火索，就应从工装条件、机械设备、原材料、操作方法等方面严格掌握，使生产在相对稳定的条件下进行。

二、压力

压力对导火索性能的影响包括自然大气压力(简称外压)和导火索燃烧时生成的气体压力(简称内压)，还有一种机械外力所施加的压力(简称机械压力)。外压和内压对导火索性能的影响规律是一致的，即压力愈高，导火索的燃烧速度愈快；压力愈低，导火索的燃烧速度愈慢。我国地幅广阔，地形复杂，气压差大，了解压力对导火索性能的影响具有很大的实用意义。当在不同海拔高度(如高山上和平原上)使用导火索时，就要考虑外压的影响。表 5-6 所示即为不同气压下导火索的燃速试验结果；表 5-7 为毫米水银柱与海拔高度的关系。

内压的高低与药芯的装药量、沥青层的厚度、外层包缠材料的包缠密度和燃烧时导火索本身的存在状态等条件有关。

表5-6 不同气压下的导火索燃速试验结果

气 压 (毫米水银柱)	导火索燃烧速度 (秒/米)	气 压 (毫米水银柱)	导火索燃烧速度 (秒/米)
700	114	450	122
650	114.5	400	122.7
600	116.5	350	123
550	119.5	300	125
500	120.3		

表5-7 不同高度下水银柱的毫米高度

高 度 (米)	水银柱的毫米高度	高 度 (米)	水银柱的毫米高度
0	760.00	2500	555.73
500	713.85	3000	522.02
1000	670.53	3500	490.36
1500	629.84	4000	460.62
2000	591.62	4500	432.70

当导火索处在密闭和平直状态燃烧时，燃速较快；而在大气中和弯曲状态下燃烧时，燃速较慢。表5-8是导火索平直和弯曲状态的燃烧速度比较结果。

表5-8 导火索在平直状态和弯曲状态燃速比较表

导 火 索 长 度 (毫米)	平直状态的燃烧时间 (秒)	弯曲时(ϕ 20毫米)燃烧时间 (秒)
500	56.4	57
1000	108.1	111.8
1500	155.7	163.7
2000	216.5	225.3
2500	272.0	281.5
3000	214	37.4

机械压力对导火索的影响与受压方式、受压程度和受压部位有关。机械压力的作用可导致导火索性能严重破坏，当所加的机械压力足以造成燃烧的排气道堵塞时，将使导火索内压急剧上升而产生燃烧时透火以致爆炸的现象。因为当导火索受到机械压力后，容易引起变形，破坏了导火索的组织结构，严重时可使导火索产生速燃与爆燃。因此，制造与使用导火索的过程中应消除机械压力和撞击的影响，以保证导火索的正常性能。

三、温度

导火索的燃烧速度也受温度的影响而变化，因为黑火药的燃烧是一个复杂的化学反应，化学反应速度随温度的升高而增加。

导火索在常压、低温条件下的燃烧速度的变化，可由表5-9的试验数据看出。试验结果表明，当温度愈低时，燃烧速度愈慢。

表5-9 温度对导火索燃速影响的试验

温 度 (°C)	燃 烧 速 度 (秒/米)	温 度 (°C)	燃 烧 速 度 (秒/米)
-45 ± 3	121.5	-5 ± 3	114.3
-35 ± 3	120.8	0 ± 3	114
-25 ± 3	118.5	5 ± 3	112.5
-15 ± 3	116.5		

基于温度对导火索性能的影响，导火索在浸水试验时要求水温在10~30°C之间；贮存导火索时不应超过40°C；使用导火索的环境温度不能太高（例如用作高炉爆破等）。

应当指出，这里指的是环境温度对导火索燃速的影响，而

制索时沥青温度对导火索质量的影响情况则不同。沥青温度在制索时反映在导火索的结构中是沥青层的厚薄，沥青温度愈高，导火索上的沥青层愈薄，而沥青层的厚薄主要影响导火索燃烧时的排气阻力。当沥青层愈厚时，对导火索燃烧的气体产物阻力愈大，所形成的内压愈高，则导火索燃速愈快；沥青层愈薄，对导火索燃烧的气体产物阻力愈小，排气容易，内压相对降低，则导火索燃速减慢。所以研究温度对导火索的影响时，应将制索时沥青温度与导火索燃烧时的环境温度的概念区别开来。因为这两种温度对导火索性能的影响恰好是相反的。

四、水分

导火索受水分的影响包含着两个方面的意义，一是原材料带来的水分（简称为内在水分）的影响；另一方面是空气中所含的水分，即空气的湿度（简称为外在水分）的影响。

导火索的水分含量决定于原材料的水分、空气的相对湿度和工艺过程中的操作质量等几个方面。在一定的范围内，黑火药的水分含量愈高，制成的导火索的燃烧速度愈快；反之，燃烧速度愈慢（见表 5-10）。

表5-10 黑火药的水分含量对导火索燃速的影响

黑火药的水分含量 (%)	定长导火索燃烧时间 (秒)
0.205	79.7
0.270	76.7
0.446	72.4
0.900	66.9

当黑火药中的水分含量超过 1.5~2.0% 时，导火索的燃烧速度即渐渐变慢，增大至 5% 左右时，燃烧速度显著变

慢，有时甚至产生断火等现象（见表5-11）。

表5-11 导火索浸水后的燃速试验结果

黑火药的水分含量 (%)	导火索燃速 (秒/米)	黑火药的水分含量 (%)	导火索燃速 (秒/米)
1.81	110~115	5.17	127~146
2.49	112~118	6.78	135~155
3.45	115~125		有断火出现

空气中的相对湿度增大时，导火索吸湿的可能性增大，空气相对湿度愈大，导火索吸附或吸收的水分愈多。

水分在导火索燃烧时将变成蒸汽。由水变成蒸汽时是吸热过程，当一克分子 100°C 的水变成同温度的蒸汽时，需吸收 9.7 千卡热量。在极高的温度 (2000°C) 时，还有百分之几的水产生离解。

导火索中的黑火药水分含量过大时，燃烧中变成水蒸汽所需要的热量愈多，在导火索装药量一定的情况下，水分吸收的燃烧热愈多，反应温度降低得愈低，则导火索燃烧速度愈慢。当水分含量在 1.5~2.0% 以下时，燃烧时水分变成蒸汽，使导火索燃烧内压升高，但还没有达到影响燃烧反应温度的程度，所以其燃烧速度随蒸汽压的增加而变快。

但当黑火药的水分含量超过 1.5~2.0% 时，水分蒸发吸收的热量已足以影响燃烧反应的速度，所以燃烧速度随着含水量的增加而逐渐变慢。当水分含量增大至 5% 左右时，由于水分的蒸发吸收的热量多，所以有可能使反应不能继续维持下去，因而有时产生断火现象。

从以上分析可以看出，生产中要保证导火索的质量，必须从各方面减少导火索及其原材料吸收水分的机会。

第七节 导火索的计量成卷

导火索计量成卷工序设置与否，取决于制索机的结构，如果制索机实现了制索、计量、成卷联动一体化，则所制成的导火索只经晾干不需烘干，其倒松、烘干和本工序即可取消，而直接将导火索送往普验工序。若制索机尚无与计量成卷联动一体化，则导火索需经倒松、烘干后再转入本工序。

倒松系将制索机卸下的索轮，在倒松机上倒松成松散的索捆（见图 5-11），然后送入温度为 40~50℃ 的烘房内用

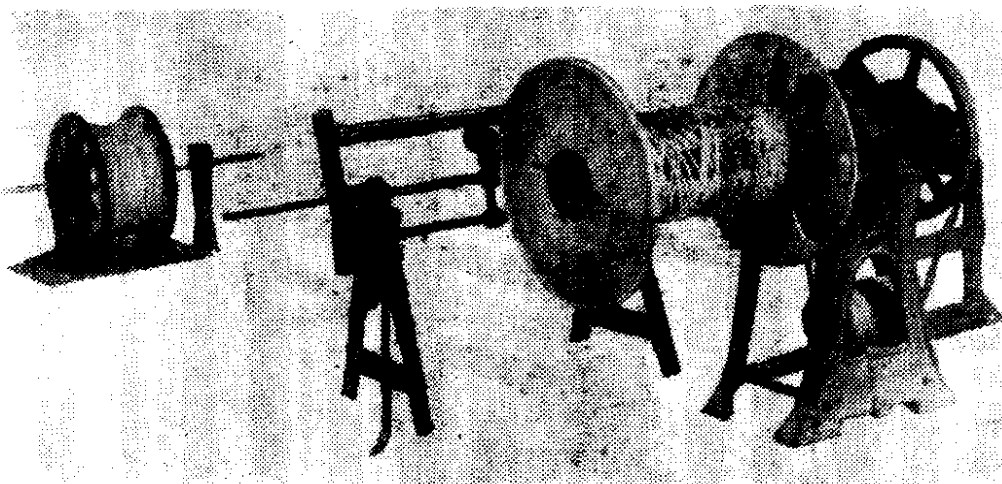


图5-11 倒松机

热风干燥，烘干时间为一昼夜。表 5-12 为导火索在烘房内的烘干时间对其燃烧速度的影响试验，从实验结果可以看出，导火索在烘干时以基本达到干燥为度，而不需过多的延长烘干时间。

为简化工序，有的在制索机上装有直接计量成卷的设备，使导火索在制索机上直接缠绕成松散的索捆，不经倒松工序即可直接送去普验。

导火索计量成卷是在专用的计量成卷机（图5-12）上进

表5-12 烘干时间对燃速影响的试验

试验项目	燃速结果	燃烧速度 (秒/米)	燃速差 (秒/米)
烘前燃速		109~112	3
烘一天		110~112	2
烘二天		111~112	1
烘三天		113~115	2
烘五天		112~115	3

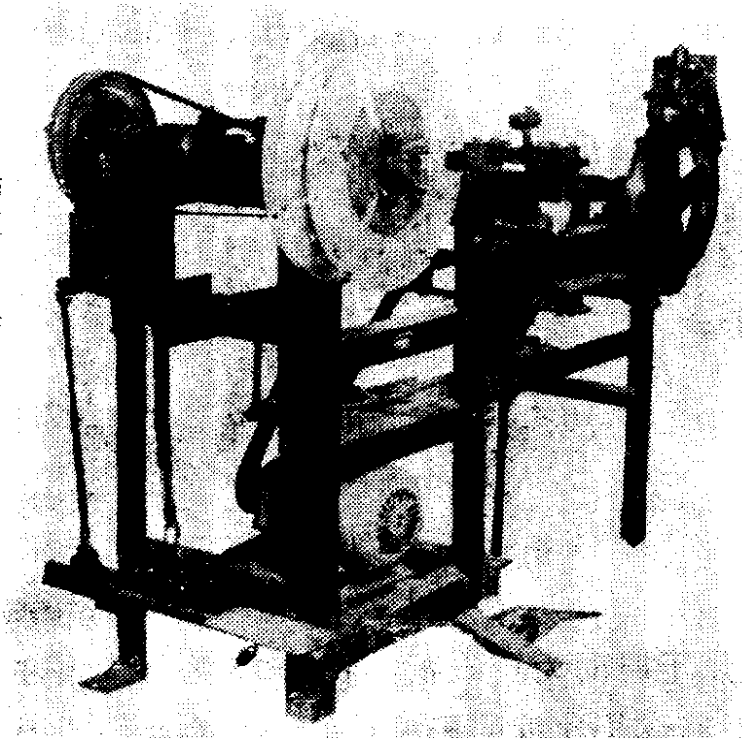


图5-12 导火索计量成卷机

行,使索捆盘卷成规则而且数量准确的索盘,每盘 250 ± 2 米。

倒松、烘干、计量成卷等工序的操作,不应使导火索有机械损伤。盘卷后的索卷,应计量准确,捆扎结实。索头沾以防潮剂。

在计量成卷的操作中,发现计量数字有疑时,应对索盘

进行称重检查。在一般情况下,可用单位长度导火索的重量,推算成 250 米的重量的方法对索盘进行重量检查,必要时才进行每盘长度的实际测量。

为保护导火索索头药芯以及防潮,通常要沾以防潮材料,目前多应用石蜡、沥青或聚乙烯醇水溶液作防潮剂。但石蜡、沥青具有钝化药芯和操作不便的缺点,故索头防潮剂逐渐以聚乙烯醇溶液所代替。聚乙烯醇溶液配制简单,使用方便,无须用蒸汽加热熔化,所以逐步推广用聚乙烯醇代替石蜡或沥青具有一定的实际意义。

第八节 导火索的外观普验与包装

一、导火索的普验

普验,就是对导火索外观作全面检查,检验的方法是用目测法。

经普验后应对索卷整容,并使其外观项目合乎要求。其质量要求如下:

- (1) 索卷内无折伤、污染和显著变形的产品;
- (2) 索卷中的外层线断(并)一根不超过 6 米;排列不均匀者不超过 150 毫米,超过者应剪掉;
- (3) 索卷内的最短索段不低于 1.5 米;
- (4) 索头应沾以有红色标记的防潮剂。一般可采用红色聚乙烯醇水溶液作索头防潮剂。

在进行外观普验的同时,有时可以查觉产品中的某些反常现象。例如,当索卷长度不合乎规定时,操作者在搬放索卷的过程中可感觉到索卷重量异常或索卷大小有差异;当制索工序漏剪的有标记的不合格产品和断、细药产品混入产品

中时，有时也可被普验工序检查出来。

制索机直接计量成卷的索卷，必须经普验后再在通风条件下晾干，晾干时间不低于一昼夜，然后再转入包装工序。从烘干工房来的导火索，须经普验后才可转入包装工序。

二、导火索的包装

导火索包装工序的组批方法和包装要求应按导火索技术标准的有关规定进行。产品按四卷（1000米）为一篓（箱），10篓（箱）为一批的数量组批。经成品验收人员按技术标准检验合格后，再行封篓（箱）。包装方法与包装标志应符合铁路运输的有关规定。其具体内容应如下：

（1）组批数量和验收数量：一般每批导火索为1~5万米，各厂根据生产规模而定。生产批量应基本固定，不宜经常变动。以每批按万分之二十五的比例取样检验，合格后才能验收。

（2）组批方法和包装方法：正常生产的组批应控制索机号顺序组批，使每批的组成机号压缩到最低限度。个别机号才跨批组合，而不应杂乱无素的任意组合，以便在验收中发现问题时便于检查原因。

导火索的内包装以聚氯乙烯塑料袋较好，也可用双层牛皮纸袋（其中一层为防潮纸）。外包装为竹篓或荆条筐，也可用木箱。包装时产品内应附有产品说明书和产品验收合格证。

（3）验收过程的问题处理：验收过程中消耗的导火索，在包装时应以同数量的合格品补足。验收中的具体问题，按导火索技术标准的有关规定进行处理。

第九节 导火索的解剖

解剖导火索是进一步了解导火索的结构及其质量的方法之一，它对制造和使用导火索具有一定的指导意义。

一、导火索的解剖

1. 解剖导火索的方法：

将结构完整的导火索剪切成 1 米、0.5 米等定长的索段，称其重量后，由表及里的逐层向里解剖。解剖过程中对包缠物的伸长、螺旋数、螺距、重量等内容进行逐项检测和记录。

2. 解剖的记录：

以三层纸工业导火索为例，解剖结果如表 5-13 所示。

解剖表中各项内容的意义如下：

(1) 全重及重量：

导火索全重系指每米的克重。

单项重量是用与解剖结果相同的材料，单独称量所得的重量。

(2) 伸长：缠绕在一米长的导火索上的材料，拉直后的长度叫伸长。

(3) 螺旋数：单根材料缠绕在一米长的导火索上的圈数叫螺旋数。

(4) 螺距：单根包缠材料在导火索上缠绕一周，相邻一圈的最短中心距离叫螺距。螺距的数值通常是以螺旋数推算而来：

$$\text{螺距} = \frac{1000 \text{毫米}}{\text{一米导火索缠绕的螺旋数}}$$

表5-13 三层纸工业导火索解剖结果(一例)

序号	解剖项目	名称和规格	解剖结果			
			重量 (克/米)	伸长 (米/米)	螺旋数 (个/米)	螺旋距 (毫米/个)
1	导火索全重		22.28	—	—	—
2	外涂料	聚乙烯醇	0.40	—	—	—
3	外层线	28×4棉线10根	1.45	1.37	54	18.3
4	外层纸	80克/米 ² 纸袋纸28±1毫米直拉	2.40	1.09	—	—
5	中层纸	80克/米 ² 导火索纸20±1毫米斜缠	2.40	1.35	46	21.6
6	沥青层	30*甲石油沥青	2.00	—	—	—
7	中层线	60×4棉线(并)4根	1.10	1.29	62	16.2
8	内层纸	80克/米 ² 纸袋纸28±1毫米直拉	2.60	1.18	—	—
9	内层线	60×4棉线(并)13根	2.90	1.06	35	28.5
10	芯线	18×4棉线4根	0.28	0.98	—	—
11	药芯	黑火药粉	6.75	—	—	—

二、解剖导火索的意义

1. 解剖的意义

解剖导火索能较深刻地了解导火索的结构，可以进一步掌握导火索的有关技术数据，为制订原材料技术消耗定额、改进产品结构提供参考数据。

2. 解剖结果的应用

(1) 直接应用的有关数据

查表 5-13 后可推算出如下数据：

每万米导火索的全重为：22.3 公斤；

每万米导火索需 18×4 棉线（芯线用）2.8 公斤；

需 60×4 棉线（内、中层线）40 公斤；

需 28×4 棉线（外层线）14.5 公斤；

需纸条总计 74 公斤；

需黑火药粉 67.5 公斤。

(2) 间接应用的有关数据

在检测制索机成品轮直径和成品轮每转一周所需的时间后，结合表 5-13 可推算出制索机各层包缠材料的转数。

举例：某一制索机的成品轮直径为 390 毫米，成品轮转速为 7 秒/周，求该机的单位时间的产量和内、中、外层线，中层纸的转速。

解：

已知：成品轮直径为 390 毫米；

成品轮转速为 7 秒/周。

则：成品轮周长 $= \pi D = 3.14 \times 390 = 1225$ 毫米

即相当于制索机在 7 秒钟可生产导火索 1.225 米。则：

每分钟制索机产量 $= \frac{60 \text{ 秒} \times 1.225 \text{ 米}}{7 \text{ 秒}} = 10.5 \text{ 米}$

从表 5-12 可知：

内层线螺旋数为 35 个/米；

中层线螺旋数为 62 个/米；

外层线螺旋数为 54 个/米；

中层纸螺旋数为 46 个/米。

则各层材料的每分钟转速为：

内层线 = $10.5 \text{ 米/分} \times 35 \text{ 个/米} = 367.5 \text{ 转/分}$ ；

中层线 = $10.5 \text{ 米/分} \times 62 \text{ 个/米} = 651 \text{ 转/分}$ ；

外层线 = $10.5 \text{ 米/分} \times 54 \text{ 个/米} = 567 \text{ 转/分}$ ；

中层纸 = $10.5 \text{ 米/分} \times 46 \text{ 个/米} = 483 \text{ 转/分}$ 。

要求得各旋转部位的转速，除可按上述方法进行计算而外，还可按电动机转速和机器上各传动齿轮的传动比进行逐级计算；也可用转速表进行直接测量主轴转速后推算出各层包缠材料的转速。

第六章 质量问题讨论

毛主席教导我们：“一切产品，不但求数量多，而且求质量好，耐穿耐用。”导火索是一种起爆器材，它的质量好坏不仅具有经济意义，而且关系着使用爆破器材的矿山、工地的爆破工同志的生命和健康，所以我们必须严格检查，认真控制，把好各道质量关，坚决不让质量不合格的产品出厂。

导火索的质量问题讨论系以《工业导火索的质量标准》为依据，结合生产特点和经常出现的问题，从外观、尺寸、喷火性能、燃烧速度、燃烧性能和防潮性能等六项指标分别进行论述。一般说来，普遍出现的质量问题，其造成的原因是集中的，而个别出现的质量问题，则往往是由于偶然原因或特殊原因造成的。

第一节 外观和尺寸

一、外观

导火索外观存在的问题一般有以下几点：

- (1) 外层线排列不匀或有断纱、并纱的现象；
- (2) 外层有灰尘、泥土、砂粒，或导火索被油脂、蜡粪等污染；
- (3) 有扁索（或称变形）、扭伤、折伤及其他机械损伤等疵病；
- (4) 有黑火药粉沾污导火索表面。

单纯有灰尘、泥土、砂粒等表面沾染时，对导火索的性能影响不大，只是影响其外观。但这些污染往往与油类污染混淆不清，因此，当发现有混淆不清的污染时，应将其剪下单独处理，而不应作合格品。因为一旦有油类污染将有钝化药芯、影响产品质量的可能。当确认是灰尘、泥土的污染时，在生产中采取预防措施后，对此产品可作适当处理。不论是灰尘、泥土的污染，还是油脂、蜡类的污染均属不正常的现象，应采取适当技术措施，以确保导火索外观的均一性。生产中不允许黑火药粉沾污导火索。

当导火索有被挤扁、碰扁、扭伤、折伤等机械损伤时，其防潮性能、燃速与燃烧性能均会受到影响，生产中应严格控制，发现后全部剪除。

加强生产管理，掌握正确的操作技术，做到整洁文明生产，是保持导火索外观质量的基本方法。此外，铁器机件如制索机成品轮的锈蚀也可污染导火索外观，亦应注意防止。

造成导火索机械损伤的原因，多为机械设备运转不正常和操作方法不当。如制索机、计量成卷机等设备挤线轮过紧时，可使导火索被挤扁；制索、倒松等工序的操作方法不当时能使导火索被扭伤、折伤。

二、尺寸

导火索的尺寸主要是指索卷长度、外径和药芯直径等三项。

索卷长度一般是以每米全重与其每盘重量的比值进行估算而得出的。必要时则才以米尺对索卷进行实际测量，以校核索卷长度。

导火索的外径尺寸是为了与雷管配合而提出的。一般火

雷管的内径为 6.14~6.18 毫米，导火索的外径为 5.2~5.8 毫米。如果导火索的外径过大，则与雷管结合时操作不便；如果过小，不但与雷管衔接不牢，而且会产生导火索药芯与雷管中加强帽的传火孔不同心，容易使雷管产生拒爆。

工业导火索的外径超过标准的情况很少出现，而外径偏小的情况有时存在，其主要原因如下：

(1) 由于产品结构和原材料使用不当，而出现影响产品外径的现象；

(2) 制索时产生断、细药，导火索外径也偏小；

(3) 包缠材料有问题，如纸的厚度不够，沥青涂层过薄，这些因素易造成导火索局部或大段地产生外径偏小的情况。

药芯直径是保证燃速稳定、燃烧性能合格和足够喷火性能的必要条件。药芯直径低于 2.2 毫米者，一般称作细药。

细药情况一般有两种表现：一种是均匀细药，而药芯直径仍可保持在 1.8 毫米以上。此时如果其它技术指标合格，则这种产品尚可起到传递火焰、引爆雷管的作用，因此可作超差的次品处理；另一种是断断续续的不均匀细药。这种细药对产品质量危害较大，往往在细药部位燃过之后，由于细药部排气孔道狭小，转入正常药芯燃烧时，容易产生堵塞排气通路，使局部压力骤增，因而产生透火甚至爆炸。

断断续续的细药对燃烧性能的影响之试验结果如表 6-1 所示。试验样品是每隔 1.25 米，细药 10 厘米左右，样品长度为 20 米。

试验结果表明，当药芯断断续续细药，其直径低于 2.0 毫米时，导火索已不能保持原有性能，药芯直径愈小，性能

表6-1 断断续续细药对导火索燃烧性能的影响

细药处药芯直径 (毫米)	试验数量 (米)	燃烧情况
2.0	1×20	正常
1.7	1×20	透火三处
1.5	1×20	透火三处，爆炸1次

愈差，有产生透火和爆炸的情况。

基于上述情况，当发现药芯断断续续细药时，不论什么原因造成的，均应彻底剪除，以保证导火索的质量。

第二节 燃烧速度和喷火性能

一、燃烧速度

导火索的燃烧速度是以一定长度的导火索燃烧时所需要的时间来表示（秒/米）。工业导火索的燃速规定为 100~125 秒/米。生产工艺要求：同一批药粉（即同一滚桶的药量），在同一台制索机车上所制成的导火索，燃速差应不超过 7 秒/米；不同批的药粉在同一台机车上制成的导火索，燃速差应不超过 10 秒/米。当燃速差超过这一界线时，应查明原因，采取措施，以确保导火索质量的稳定。

在正常生产中，只要严格掌握工艺条件，就可制出燃速合格（100~125秒/米）的导火索，超出范围的情况是极少见的。

生产中影响导火索燃烧速度的因素较多，在前面有关章节中均已作了叙述，本节着重介绍运输、贮存与使用过程中处理不当时对导火索燃速的影响。

当导火索在运输、贮存与使用中受到碰撞、挤压等机械

损伤时，索壳发生变形，其防潮能力降低，排气阻力较小。故燃烧速度变慢。但由于碰撞，挤压等条件是以使排气道造成堵塞时，则导火索燃烧速度将显著变快，甚至产生速燃与爆炸。

导火索上有油脂、蜡类等污染时，它们有可能渗入药芯，使导火索产生缓燃或断火的现象，特别是在环境温度较高时，如 100°C 以上，不但外面的油脂、蜡类渗入药芯的可能性增大，而且药芯中的各种组分受热后也产生变化，使导火索性能变得更低劣。导火索在寒冷地带使用时，环境温度低，导火索燃烧时的热量损失较大，使化学反应速度下降，因而燃速减慢。温度愈低，热量损失愈大，参加化学反应物质的活性愈小，故导火索的燃烧速度愈慢。

我国地势复杂，当在海拔高度较高的山上使用导火索时，由于气压低，导火索的燃烧速度会变慢；因为地区高度而引起的燃速变化属于正常现象，一般可用调节导火索长度来解决。

二、喷火性能

历年的生产实践表明，导火索的喷火性能在生产秩序稳定、原材料正常的情况下是比较容易掌握的指标，很少有不合格的情况，为此，生产中一般只作抽验。喷火试验的结果，既可反映导火索的喷火强度，又可反映其火焰感度。

生产中因不便进行喷火性能试验，所以，通常以控制药芯直径来保证喷火性能。

当药芯细药、试验样品端面剪切不平整、玻璃管内径过大或过小和导火索安放位置不正确时，喷火试验结果受影响，尤其是进行喷火性能考查试验时（例如喷火距离为 70 毫米

以上时), 影响更为显著。故进行喷火试验时, 不仅应注意检查导火索的药芯直径, 而且要使所用工具合格, 操作方法正确。

导火索的喷火能力受药芯直径和被覆力影响较大。当导火索药芯端面受到水、油等杂质污染时, 喷火性能下降, 甚至不喷火。

第三节 燃 烧 性 能

燃烧性能良好的导火索应无断火, 透火, 外壳燃烧, 速燃与爆炸等现象。它是保证导火索点火可靠和爆破安全的重要标志, 因此, 研究导火索的燃烧性能是保证导火索质量的重要课题。

大量的试验研究结果表明, 影响导火索燃烧性能的因素是多方面的。为此, 研究问题时要抓住主要矛盾, 同时作到对具体问题的具体分析。下面分析对燃烧性能影响较大的几个主要因素。

一、断火

断火就是导火索在燃烧过程中由于某种原因发生化学反应中断而不能继续传递火焰的现象。

造成断火的原因有以下三种。

第一、导火索无药或少药(或称细药)造成的断火, 其影响因素如下:

(1) 制索时没有及时向药杯中添加药粉, 或处理废品时将导火索错剪或漏剪;

(2) 黑火药受潮结块, 制索时药嘴堵塞, 影响正常下药;

(3) 黑火药中或制索时使药粉中混入了杂质,堵塞药嘴造成断药;

(4) 制索时有芯线断线或并线的现象,或芯线、内层线的接头疙瘩太大,挤扁或挤断了药芯,造成了断药;

(5) 制索过程中停车时间较长,使沥青锅中的一段导火索,长时间处于高热的沥青中,使沥青中的油脂渗入了药芯,或使药芯的组成受到破坏,而造成药芯变质,引起断火;

(6) 制索中的偶然条件,如芯线同时断线,又“自动”的接起等原因,造成药芯局部断药。

第二、导火索严重受潮,或因产品结构不合格防潮能力降低,造成吸收水分过多失去点燃能力而断火。

导火索受到折伤、扭伤等机械损伤时,其防潮能力降低,也可造成断火。

第三、在运输和使用中导火索受油脂、蜡类等有机物质的沾污,并渗入药芯,使黑火药钝化而造成燃烧断火。

二、透火、外壳燃烧

导火索燃烧时有火星从索壳喷出的现象称为透火(或称跑火);索壳有火焰燃起或有阴燃的现象称为外壳燃烧。这两种质量问题是表现程度不同而性质相近。

造成透火和外壳燃烧的主要原因如下:

(1) 黑火药的配比不适当,使其燃烧热增高,或药中混有提高热传导的物质,如金属屑、金属丝等物质混入药中容易造成透火(见表 6-2);

(2) 制索原材料不合格,如纸的紧度小,厚度薄,或沥青的闪点低或涂层薄;

(3) 导火索包缠物的被覆力太小,导火索较松软;

表6-2 黑火药中掺有杂质对导火索燃烧性能影响的试验

试 验 项 目	半 成 品 燃 烧 情 况	成 品 燃 烧 情 况
药粉中掺9% 的青铜球粉	105~111秒/米外皮烧黄	103~114秒/米透火
药粉中掺20% 的黄沙	111~113秒/米透火	112~119秒/米透火
药粉中掺 5.2%小胶皮粒	105~108秒/米透火	105~106秒/米透火
药粉中掺9% 的自来水	113~116秒/米	101~108秒/米透火轻微爆声

(4) 药嘴过大, 装药量太多;

(5) 内层线包缠不严而露出药粉, 或药粉撒落在内层纸上或内、中层线上;

(6) 导火索中有断缺纸, 或有断缺线, 或有受到机械损伤等缺陷;

(7) 使用导火索的环境温度过高 (例如在 50°C 以上), 或导火索上污染有有机物质, 如汽油、煤油等, 则可引起透火或外壳燃烧, 甚至发生爆炸。

三、速燃与爆燃

导火索在燃烧时燃烧速度显著变快的现象称为速燃。燃烧时伴随有爆声的现象称为爆燃, 严重时就变为爆炸。实际上速燃的概念没有一个明确的燃速界限, 所以, 往往与燃速快的概念 (燃速接近标准燃速范围的上限) 不易分清。

导火索在燃烧过程中, 由于排气道堵塞等原因其内压骤然增加到一定值时, 就会产生爆声, 此时燃烧速度也显著变快, 所以形成爆燃。

导火索发生爆声时必然产生速燃或爆燃。正常情况下,

速燃往往伴随有爆声，无爆声的局部燃速变快是不易直观地察觉的。

造成速燃与爆燃的基本因素有如下几点：

1. 水分

当导火索水分含量较高时，燃烧后水分蒸发为水蒸汽，增加了黑火药分解产物中的气体比例，同样条件下，气体量愈大，内压愈高，则燃速愈快，气体量增大到一定值就会出现爆燃等现象。

从另一方面来说，当水分含量较高时，黑火药的火焰感度降低，水的汽化会消耗一定的热量，故化学反应速度变慢，药粉的分解愈不完全，固体产物也相对增加，造成堵塞排气孔道的因素也相应增加，所以容易形成爆燃的现象。

导火索的制成品和半成品的水分含量与下列条件有关。

(1) 当棉线、纸、黑火药等原材料的水分含量较高时，可使导火索的水分含量增高；

(2) 生产过程中的温度、湿度、烘干时间、包装方式、操作方法等因素的不良影响，也可使导火索水分含量增高；

(3) 生产、运输、贮存、使用过程中，导火索受到机械损伤或遇到恶劣的环境条件时，它的防潮能力降低，同样也可使导火索的水分含量提高。

2. 温度

温度对导火索的影响，从制造、运输、贮存到使用的过程中都是同时存在的。温度除能影响其燃速外，当其增高到一定值，足以加速材料变质和药芯硬化时，即可使导火索发生变质，即产生爆炸。当导火索处在较高温度的环境中燃烧时，其燃烧热不易散失与传导，致使内压增高，产生爆炸或

爆燃，故导火索不应在太高的温度下使用。

3. 排气道堵塞

排气道堵塞是造成爆炸的必要条件。堵塞排气道同样可以提高内压，使气体量骤然增加而产生爆炸。

当药芯中含有外来杂质（如砂粒等）时，燃烧中的固体产物增加，容易造成排气道堵塞而产生爆燃（见表 6-2）。

当黑火药配比不当或不匀时，燃烧中固体残渣增多，容易产生排气道堵塞（见表 6-3）。

当导火索由于机械撞击产生变形，或压死排气孔道时，也可产生爆炸与爆燃。

表6-3 黑火药的成分和细度变化对
导火索燃烧性能影响的试验

序号	黑火药成分 (%)			药粉细度	燃烧速度 (秒/米)	燃烧情况
	硝酸钾	硫磺	木炭			
1	64	26	10	60目/吋筛全通	108~114	正常
2	64	26	10	药芯中有铜丝	102~108	有透火
3	65	17	18	100目/吋筛全通	90~94	透火较多
4	65	17	18	120目/吋筛全通	60~62	速燃
5	65	16	19	100目/吋筛全通	92~94	—
6	65	16	19	120目/吋筛全通	60~71	速燃
7	65	15	20	100目/吋筛全通	72~74	—
8	65	15	20	120目/吋筛全通	60~68	速燃

综上所述，造成导火索速燃与爆燃的因素很多，根据历年来的生产经验，在雨季出现导火索爆炸事例较多，故生产中应作好防潮工作，加强整洁生产，稳定生产条件，严格操作方法等措施解决。

表 6-3 试验结果表明，当黑火药中木炭成分增加时，燃

速变快，且细度愈大，燃速愈快。在上述成分中细度达 120 目/时筛全通的情况下，基本上导火索燃烧已成为“速燃”状态。

除此以外，运输、贮存、使用导火索的过程中也应作好防潮工作，加强对导火索的外观、尺寸、性能的检查，以保证导火索的质量和爆破作业中的安全。

第四节 防潮性能

导火索防潮性能的指标是根据运输、贮存与使用的需要而提出的，使其在一般的潮湿环境中保持良好的性能。

导火索的防潮性能通常是按技术标准以浸水试验的方法来检验，这种方法是防潮能力的一种加速试验。其检验结果与导火索的质量和浸水时导火索的状态（弯曲程度）、水温和水的质量有关。浸水性能不良的导火索在运输、贮存与使用的过程中容易引起性能变化，甚至失去传导火焰的作用。当导火索盘卷的直径愈小、水温愈高、水中有腐蚀性的杂质时，其所得浸水试验结果愈差，因此，浸水试验的标准规定，导火索盘卷直径不应低于 250 毫米，在水温为 10~30℃ 1 米深的静水中进行试验。

三层纸工业导火索以石油沥青作防潮剂，因沥青层厚度较小，故它只具有一定的防潮能力，而不能作防水导火索使用。在进行水中和潮湿度大的爆破作业时，以塑料导火索和沥青质涂料导火索较为适宜。

沥青层是导火索的主要防潮材料，当沥青层涂敷不匀或因机械损伤等原因破坏沥青层时，导火索的防潮能力也受到破坏。

导火索的产品结构及其包缠材料的包缠质量对其防潮能力也有一定的影响,触摸时感到松软的导火索,包缠材料被覆能力低,防潮能力弱;结构中出现有断(并)线、断纸,线或纸包缠不严和局部排列不匀的导火索防潮性能较差。当导火索防潮性能不良时,会引起燃速、燃烧性能的变化,所以,工厂产品定型时,浸水试验一般要高于标准的规定。

保证导火索防潮性能的主要方面是产品结构,而对产品结构影响较大的是导火索的制索操作。如沥青层的厚度,各层线、纸的包缠质量等。此外,在其它过程中,导火索受到机械损伤时对其防潮性能也有很大的影响。

第五节 质量分析与判断

导火索是由多种原材料经过多道工序制造而成,各层包缠物形成一个有机的整体。导火索中的很多质量问题也是多种因素相互影响而产生的,所以,从原材料、设备、产品结构、操作直至运输、贮存与使用的每一个环节,都要尽力避免影响产品质量的各种因素。导火索质量出现问题时,一般可从以下几点来分析问题存在的原因。

一、原材料的分析

不合格的原材料有时会混入产品中,尤其对产品性能影响较大的原材料指标是首先应当注意的。这些指标有:

(1) 硝酸钾的含量、氯化物含量、钙镁盐含量、灼烧后盐酸不溶物等;

(2) 木材的种类与质量(如是否有腐朽、疤节等);按木炭的技术标准进行全项检验,木炭是否有木焦油等;

(3) 硫含量、硫中是否有砂粒、硫化氢及硫酸、亚硫

酸等；

(4) 黑火药中水分、各组分的比例、细度、发火点、杂质等项；

(5) 棉线中的水分含量、杂质含量等；

(6) 沥青的软化点、针入度、伸长度及蒸发减量；

(7) 纸的厚度、耐折度、抗张度以及均匀性。

二、产品结构

产品结构是否合理是产品质量的关键一环。导火索一般是通过解剖来了解其结构的。通过质量不合格导火索与合格导火索结构的对比来查找问题之所在。记录格式与解剖项目参见第五章有关部分。

解剖试验一般采用对比的方法进行，所以试验时往往同时解剖两种或数种同类导火索。

三、工艺与操作

生产中各道工序的操作者应自觉地严格执行工艺规程。一般说来，工艺规程的规定是生产的需要，是多年来生产经验的科学总结，因此操作者不应违章作业。如有不合理的地方，应当由工人、技术人员与领导干部共同研究试验后修订，而不应擅自修改。生产实践证明，不少质量问题与安全事故的发生是违章操作造成的结果。

当确认原材料合格，结构合理，有可能是操作上的原因时，作为导火索制造厂就应从原材料加工到成品包装逐个工序认真地查找影响导火索质量的具体原因。其中应以制药和制索为重点检查工序。很多常见因素，如汗珠的侵入、烘干温度的高低、油脂的污染、倒松与盘卷的质量等条件都不容忽视。

四、机械设备与工卡量具

健全而良好的工卡量具与运转良好的机械设备也是生产高质量导火索的重要条件之一。

千分尺、卡尺、秒表应定期校验与维修，不应流于形式。实践证明，一块秒表测定两根或两根以上的导火索时，不但操作不便，而且往往出现错检与漏检的现象。因此，不适当的试验方法将会造成不准确的试验结果。

制造导火索所需用的各种设备，经过长年运转，容易出现不正常现象，需要及时地检查与维修。设备的“带病”运转直接影响到安全生产和导火索的质量。以导火索制索机为例，如果发生齿轮松动或头道盘、二道盘漏油，或齿轮配合不当，启动与制动不灵，都能造成导火索的质量不合格。因此，正常生产中对设备应做到定期维修，以保证导火索质量。

五、气候与环境

气候与环境主要是指气压、气温、湿度、风向与生产场地对导火索产生的影响，气候中诸因素的变化，往往是交织在一起而又互相制约的。如若温度升高，则相对湿度相应降低，它就有利于导火索的烘干质量。但当烘房内排气不良时，空气中含水量再加上导火索烘出的水分，使空气中水蒸汽分压升高，就形成了高温高湿环境，这种环境对导火索的质量是十分不利的，长时间处于这种环境中的导火索往往产生爆炸或速燃。

第六节 废品的处理

由于种种原因，导火索生产过程中会出现一些废品，把质量不合格的导火索及其主要原材料挑出来，是确保导火索

使用安全的必要措施。但要控制尽量少出废品，以节约原材料，降低成本。对于导火索废品应及时处理，不得乱丢乱放。因为它是易燃易爆物品，不及时处理会增加安全隐患。处理时应慎重严肃，有组织有领导的统一进行。

导火索生产中各道工序的废品不同，因此处理方法也就不同。下面对各种废品（包括次品）分别进行讨论。

一、导火索

不合格的导火索，即所谓导火索废品分两种情况：

第一种情况是完全失去延期、传火或引爆雷管作用的导火索。这类导火索主要是回收棉线。其方法是将废导火索先进行煮泡和捶打，然后除去药粉和逐层剥掉棉线。

列为回收棉线的导火索有：

- (1) 因燃烧性能有爆炸、速燃而报废的；
- (2) 中层线、内层线沾污药粉以及无内层纸的，或内层线油污严重的；
- (3) 沥青浸渍时间过长的；
- (4) 因断火而报废的；
- (5) 点燃过但外层无烧焦的；
- (6) 各工序剪下的小段导火索。

第二种情况是虽有个别指标达不到技术要求，但其疵病较为严重的导火索。这类导火索尚能起到延期、传火或引爆雷管的作用，可列为次品处理。

列为次品导火索的有：

- (1) 均匀细药，而药芯直径不低于 1.8 毫米者；
- (2) 在同一索段内，内层线、中层线和外层线单独或同时断、并二根者；

- (3) 断(并)一根外层线,其长度超过6米者;
- (4) 沥青涂敷不匀;局部无外层涂料或涂敷不匀者(包括散头现象);
- (5) 中层纸、外层纸单独缺一层者;
- (6) 外径超差品以及外观不合格者;
- (7) 燃速超出规定而无其它疵病者;
- (8) 燃烧中有透火现象而无其它疵病者。

二、黑火药

因打扫卫生或操作不当而使黑火药中混入砂土、木屑、水滴等杂质时,应统一收集管理,不得混入合格品中。当收集到一定数量时,用水溶法或焚烧法处理。

用水溶法处理黑火药,可以回收硝酸钾,降低成本,所用设备也比较简单,它是安全易行值得推广的方法。

水溶法回收硝酸钾的原理,是利用硝酸钾溶于水而木炭和硫不溶于水的性质,然后进行过滤分离并浓缩母液,硝酸钾就结晶出来。其操作方法如下:废药经热水浸泡与煮沸后,硝酸钾溶于水中。然后在离心机内通过2~3层绸布趁热将溶液滤出。滤出的溶液即为硝酸钾溶液。将此溶液进行蒸发、浓缩,降温后硝酸钾便结晶出来。结晶分离出来的母液可循环使用。所得的硝酸钾若外观与质量不合格时,可重新溶解、过滤、浓缩、结晶,然后烘干,直到合格为止。水溶法回收硝酸钾,除按上述程序外,还应注意水源的质量与净化。在可能的条件下,用蒸馏水作溶解液较好。

水溶法一般可以从废药的总量中回收50%左右的硝酸钾。

焚烧法处理黑火药比较简单,可在空旷场地将废药铺成

薄层，用导火索引燃，但这种方法具有污染空气，浪费原料和提高成本的缺点。焚烧时应注意选择场地，使其远离建筑物、农作物以及森林等，引燃时注意引燃者的位置，以保证操作者的安全。焚烧后对灰烬要处理妥当，以防后患。

生产过程中，因燃速不合格等原因黑火药整批退修和零星积累起来而未受潮的退修药，经过筛后（一直未用的整批药则不需过筛），可按工艺规程适量的装入滚桶与新投的料同时球磨混合。如因黑火药的原材料不合格或配比不合格而配制的药，则不能轻易地作退修药处理。

三、木炭及木焦油

木炭的运输和选分积累起来的炭屑和炭末，可单独或与其它材料混合作燃料。弃之不用一则浪费，再则也污染环境。

木焦油是一种可以充分综合利用的物质，它的成分因树种的不同而不同。而一般木焦油均含有木醋酸、甲醇、苯酚、甲醛等化工原料。综合利用木焦油时，应在木炭炉的木气、木焦油的出口处以冷凝器或捕集器收集，然后进行分馏或其他加工。

四、棉线

在棉线的运输、烘干、加工与导火索的纺制等工序中，往往有棉线受潮、污染的问题。当棉线严重受潮时，应加温烘干，合格后方可使用。发霉、变质、油污以及乱纱和清扫卫生积存起来的棉线，应统一保管与处理。

五、纸

纸盘加工以及导火索纺制等工序报废的纸条、废纸和纸盘，除可作重新造纸的原料外，还可用纸绳机将纸条加工成纸绳，供商店捆扎包装物用。

第七章 导火索的原材料和成品检验

第一节 原材料的检验

导火索是由索芯和索壳两大部分组成的。索芯为黑火药，有粒状、粉状和半粒半粉状三种。我国多以粉状黑火药制造工业导火索。黑火药及其各组份（硝酸钾、木炭、硫）的分析检验方法详见《黑火药》一书，本书不再赘述。

索壳的组成材料种类较多，如沥青、棉线、纸、玻璃纤维、塑料、涂料等。本节只就通用的几种主要原材料（沥青、棉线和纸）的检验方法及其注意事项作简要的介绍。

一、沥青的检验

沥青在导火索中用作防潮剂，一般为石油沥青。对于导火索来说，这种沥青的必检项目有软化点、蒸发减量、闪点及针入度等。

1. 软化点的测定：

（1）原理 石油沥青软化点是试样在测定条件下，因受热软化而下坠达 25.4 毫米（即一时）时的温度，以 $^{\circ}\text{C}$ 表示。

（2）操作方法 这里介绍的是环球法测定软化点。

从水或甘油保温槽中取出盛有试样的黄铜环，放置在环架（如图 7-1 所示）中层板的圆孔中，并套上钢球定位器。把整个环架放入烧杯中，调整水面或甘油液面至深度标记，

环架上任何部分均不得有气泡。将温度计由上层板中心孔垂直插入，使水银球与铜环下面齐平。将钢球放入定位器。然后加热三分钟，并使烧杯内水或甘油温度以 $5 \pm 0.5^\circ\text{C}/\text{分}$ 的速度上升。在整个测定中，如温度的上升速度超出此范围时，则试验应重作。

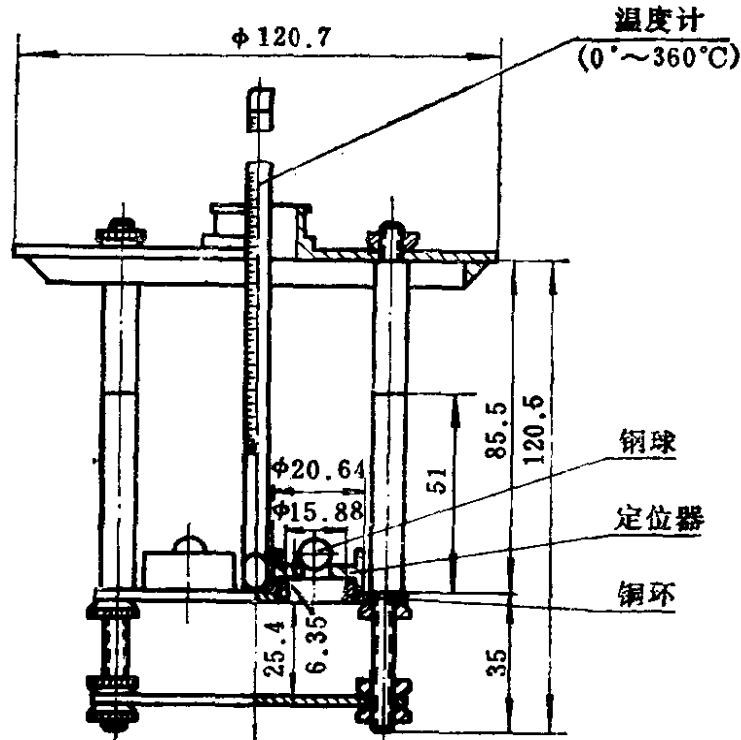


图7-1 环架（环球法测定软化点用）

试样受热软化下坠至与下层底板相接触时的温度即为试样的软化点。

一般取平行的两个测定结果的算术平均值作为测定结果。当软化点低于 80°C 时，两个平行测定结果允许差数为 0.5°C ，如软化点等于或高于 80°C 时，其允许差数为 1°C 。

（3）操作注意事项

① 冬天或室温较低时，从保温槽中取出装有试样的黄铜环，应尽快放在环架上并进行试验。

② 试验过程中，烧杯和各环的平面在试验的全部过程中应处于水平状态。

2. 针入度的测定：

(1) 原理、石油沥青的针入度是在一定的温度和时间內，在一定的荷重下，标准针（如图 7-2 所示）垂直穿入试样的深度（单位为 1/10 毫米）。非经另行规定，标准针、针的连杆及附加砝码的合重为 100 ± 0.1 克，温度为 25°C ，时间为 5 秒。

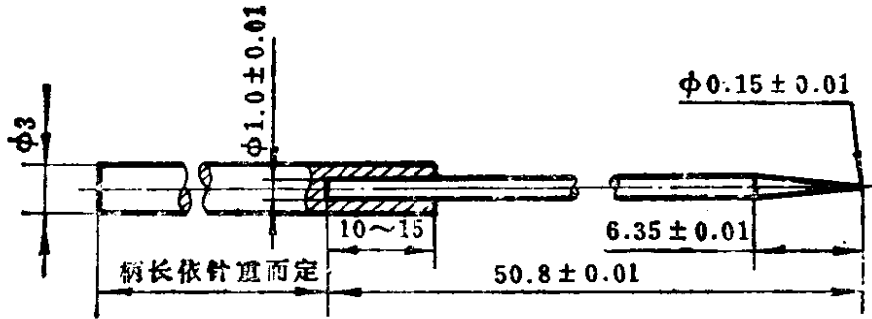


图7-2 标准针（经淬火并磨光）

(2) 操作方法 盛样皿恒温一小时后取出，放入水温严格控制为 25°C 的平底保温皿中，试样表面以上的水层高度应不少于 10 毫米。将保温皿放在针入度计（如图 7-3 所示）的圆形平台上，调节标准针的高度，使针与试样表面刚好接触。然后拉下活杆，使与连接标准针的连杆顶端接触，并将刻度盘指针指在“0”位。

开动秒表，同时用手紧压按钮，使标准针自由地穿入沥青中，经过 5 秒钟，停压按钮，使针停止。这时再拉下活杆与标准针连杆顶端接触。这时刻度盘指针所指的读数即为试样的针入度。

针入度为 25 以下时，允许误差为 2，针入度为 25~75 时，允许误差为 3。

(3) 操作注意事项 作试验所用沥青应加热（不得高于软化点 100°C ）溶化，并搅拌至无气泡，过滤后方可倒入盛样皿中，以防标准针插到杂质或气泡上，影响针入度的真实性。

3. 闪点：

(1) 原理 在规定的条件下加热石油沥青，其蒸气与空气的混合物接触火焰时，闪火的温度称为石油沥青开口闪点。

(2) 操作方法 用电炉（也可用煤气灯或酒精喷灯）加热坩埚，使沥青温度较快地上升，迅速达到 $10 \pm 2^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 的升温速度。当估计到闪点前 40°C 时，加热速度限制为每分钟上升 $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。当估计到闪点前 10°C 时，沿着坩埚边沿的水平面，在离沥青表面 $10 \sim 14$ 毫米处，用点火器的火焰慢慢移动，此火焰长度应为 $3 \sim 4$ 毫米。火焰移动的时间，由坩埚的一边至另一边为 $2 \sim 3$ 秒，每温升 2°C ，重复一次点火操作。

在沥青的局部或全部表面上呈现第一次蓝色火焰时，则

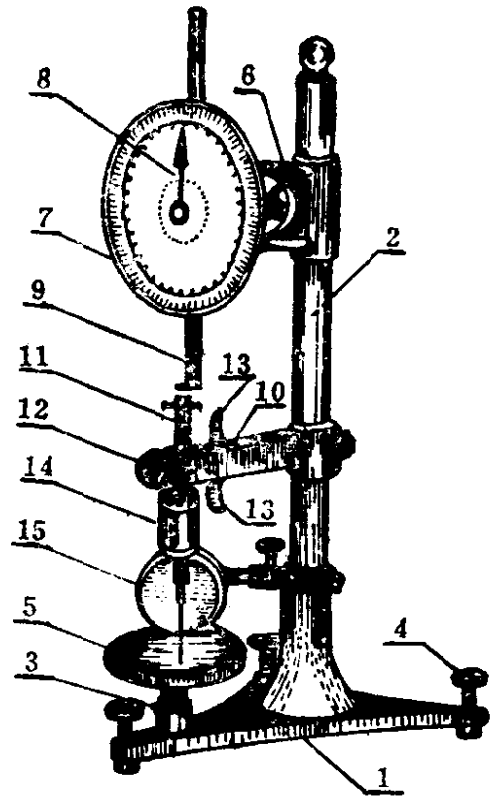


图7-3 针入度计

- 1—基台；2—支柱；3—小支柱；
4—螺旋；5—旋转圆台；6—肩；
7—刻度盘；8—指针；9—齿杆；
10—肩；11—枢轴；12—按钮；
13—突出梢；14—筒状砝码；
15—小镜。

温度计所示温度即为闪点。

(3) 操作注意事项

① 作完第一次实验后，其内坩埚需用汽油洗净，并需用煤汽灯或酒精灯加热以完全除去汽油，加热后的坩埚待冷到 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ 时，再作第二次试验。

② 沥青的注入量：对于闪点 210°C 以下的石油沥青，使液面离坩埚边沿为 12 毫米，对于闪点高于 210°C 的石油沥青，使液面离坩埚边沿 18 毫米。注入量用量规检查。

③ 点火器的火焰不要过长，同时遮避室内的光线，以使闪火明显，如呈现不明显的闪火时，必须升温 2°C 后继续作点火试验。

4. 蒸发减量：

(1) 原理 沥青的蒸发减量是试样在一定温度下经过一定时间后的重量损失，以占原试样的重量百分数来表示。

(2) 操作方法 向预先称量精确到 0.0002 克的金属杯中注入约 50 ± 0.5 克熔融了的去掉水分的沥青。注入时要注意勿使沥青滴落在高于注入沥青液面的金属杯的内表面上，并称量精确到 0.001 克。

将称量过的盛有试样的盛样皿，放入预先升温至 $160^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的电烘箱内，置于烘箱上层的温度计的水银球附近，水银球底距上层板约 1 厘米（一次放入烘箱中的盛样皿不得多于六个，同时烘箱上下气孔座全部打开）。以温度回升至 160°C 时开始算起，在 $160\pm 1^{\circ}\text{C}$ 下连续保持 5 小时，取出盛样皿放入干燥器中，冷却至室温后（约 1 小时）进行称量，精确到 0.001 克。

沥青的蒸发减量百分数（ X ）按下式计算：

$$X = \frac{G_1 - G_2}{G_1 - G} \times 100\%$$

式中 G_1 ——加热前盛有试样的试样皿重量 (克);
 G_2 ——加热后盛有试样的试样皿重量 (克);
 G ——试样皿重 (克)。

取两次平行试验结果, 以算术平均值作为测定结果。两次平行试验结果与算术平均值的误差, 不得大于算术平均值的 $\pm 20\%$ 。

(3) 注意事项 当沥青的挥发分较大时, 烘箱内盛样皿的个数应适当减少。否则对仪器增加腐蚀, 甚至引起沥青挥发蒸气着火。

二、棉线的检验

导火索用棉线除了检验外观外, 一般还需测定抗拉力、捻度、号数 (英制为纱支数) 和回潮率。

1. 抗拉力

按 GB403-71 规定, 棉纱线缕纱的抗拉力在缕纱强力机上测定, 以圈长 1000 毫米、圈数 100 圈的强力 (公斤) 来表示。缕纱强力机的钩子直径为 11 毫米。测定时按规定摆成一定宽度, 并保持平正状态, 不得互相扭转与重迭。

2. 捻度

捻度是以长 10 厘米的棉线的捻数来表示。其测定按 GB403-71 的规定在 Y331 型捻度计上进行。

除用捻度计进行测量外, 还可用解捻式捻度测定器或自制的带有标距为 100 毫米的夹持器上测定。试验时先把缕纱或筒纱轻轻拉出一段, 然后夹入第一个夹持器中, 把线拉直, 线的另一端夹入第二个夹持器中, 保持两夹间的中心标距为

100 毫米。与合股线的合捻方向相反捻转，以 180 度为一次地旋转第二夹持器，直至线的各股平行为止。所得数据的二分之一即为捻度。

3. 纱线号数与回潮率

摇取缕纱在纱线测长器上进行，测长器的纱框周长为 1000 ± 1 毫米，圈数为 100 圈，共长 100 米。导纱动程必须是 22 ± 1 毫米，校正时以 28 号纱作标准。

将摇取的缕纱在天平上逐缕称重，精确度需不大于缕纱重量的 0.5%。以 G_1 表示。

称重后的缕纱放置在烘箱中的烘篮内，在 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 范围内烘至恒重（每隔 10 分钟的二次称重差异不超过原称重 0.05%，以最后一次称重为准）。以 G_2 表示。

公定回潮率（8.5%）时的重量 $G = G_2(1 + 8.5\%) = 1.085G_2$ 。

$$\text{试样的实际回潮率} = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \times 100\%。$$

$$\text{试样的实际号数} = \frac{G}{100} \times 1000 = 10.85G_2。$$

三、纸

生产导火索时可以用专用的导火索纸和纸袋纸作为包缠纸。这两种纸的主要检验项目为：重量、厚度、耐折度、抗张度、伸长率和水分等。

1. 重量和厚度

（1）重量 取 100×100 毫米的试样至少 5 张作为一组，一并称量，称准至 0.02 克。纸重按下式计算：

$$G = \frac{g}{F}$$

式中 G ——每平方米纸的重量（克）；
 g ——试样总重量（克）；
 F ——试样总面积（米²）。

（2）厚度 根据 GB451-64 规定，纸的厚度在厚度计上测定，但应符合下列要求：

测量面积为 2 ± 0.05 厘米²，单位压力为 1 ± 0.1 公斤/厘米²，分度值为 0.01 毫米，两测量面积的平行度在 0.005 毫米以内，可动之测量板上下移动的方向应与固定测量板的表面垂直，多次测量后零点应保持不变，刻度值精确度在 0.005 毫米以内。

2. 耐折度的测定

切取宽 15 毫米，长 100 毫米（在最大张力为 1.3 公斤的耐折度测定器上测定时用 140 毫米）的试样，平衡地夹紧于测定器的夹子上，加以张力（1 公斤）后往复折叠至试样断裂。

耐折度以 180°C 往复折叠的次数表示。

3. 抗张度和伸长率的测定

（1）样品的规格与处理 将长 250 毫米、宽 15 ± 0.15 毫米、标距 180 毫米（即上下两夹子的端面间距为 180 毫米）的纸条按纵向和横向各取 10 条，放置在 20 ± 5 °C、相对湿度 $65 \pm 5\%$ 的特殊干燥器中烘干 24 小时以上，进行平衡。

（2）试验过程

- ① 调整试验机，使其具有 100 毫米/分的速度。
- ② 将标准试样平衡地夹于试验机的夹持器上，两夹间的标距为 180 毫米。
- ③ 开动试验机，使拉杆均匀下降，直至试样破坏。

④ 记录试样破坏时的最大负荷值，准确至 0.1 公斤，同时从延伸尺上记录试样破坏时的伸长率，准确至 0.1%。

取 10 个试样（纵、横向各 5 条）的算术平均值作为试验结果，准确到：绝对张力：0.1 公斤；伸长率：0.1%。

4. 水分的测定

(1) 原理 取一定量的试样置于已恒量的称量瓶中，在一定的恒温装置中烘至恒量，以减量法求出结果。

利用水分快速测定仪测定水分。

(2) 操作方法之一

① 先将称量瓶烘至恒重，再将 5 克试样切成小块，置于已知重量的称量瓶中称重（准确至 0.0002 克）。

② 在温度为 100~105℃ 的烘箱中，将称量瓶中之试样烘干至恒重，取出置于干燥器中冷却至室温，再次称量应准确至 0.001 克。

③ 按下式计算纸的水分：

$$X = \frac{W_2 - W_1}{W_2} \times 100\%$$

式中 X ——水分含量；

W_2 ——试样干燥前的重量（克）；

W_1 ——试样干燥后的重量（克）。

(3) 操作方法之二 将红外线水分快速测定仪的电压调至 210 伏，并将仪器调至刻度清晰，“0”点在投影屏的黑线正中。

用仪器所附的样品盘（盘号与仪器号同）在辅助天平上称取剪碎的 5 克试样。

将试样连盘一同放入水分快速测定仪中，加码盘中放 5

克砝码。打开旋钮观察投影面内是否对准零点，如不对则稍增减样品使其达到“0”点。打开仪器门，开亮红外线灯，干燥15分钟，然后关闭红外线灯，并在投影屏上读出水分百分比（读中间的一行数即为称取5克样品时的水分百分比，每一小格表示0.1%水分）。

第一个样品测定完应使仪器冷却后再测第二个样品。

第二节 导火索的技术标准

工业导火索技术标准是验收产品的主要依据，也是检验产品质量的主要尺度，所以不仅检验人员要了解这些标准，而且生产工人也应该了解这些规定，以便在生产操作当中正确掌握操作方法，保证产品质量，做到“安全、优质、高产、低消耗”。

一、导火索的技术条件

1. 外观 导火索的外观应均匀，不应有折伤，变形，发霉，严重油污和剪断处有散头的现象。但允许有：

（1）外层线断（并）一根，其长度不超过6米；

（2）外层线排列不均匀，其长度不超过150毫米；外层包塑料的导火索（即塑料导火索）不准有折伤，变形，缺料，气孔等疵病。

2. 导火索尺寸

（1）导火索外径：5.2~5.8毫米；

（2）药芯直径：不低于2.2毫米；

（3）索卷长度：250±2米，其中最短路段不低于1.5米，索头必须有防潮剂浸封。

3. 喷火强度 不低于40毫米。

4. 燃烧速度 100~125秒/米。

5. 燃烧性能 燃烧时不得有断火，透火，外壳燃烧，爆声及速燃等现象。

6. 浸水性能 在一米深（水温 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ）静水中浸泡 2 小时（塑料导火索浸 5 小时）后，燃速及燃烧情况应符合本标准的要求。

此外，为了全面考查导火索的性能潜力，在产品定型时，除按导火索技术条件检验外，通常还要进行如下参考试验：

1. 弯曲燃烧和弯曲浸水试验

将 3 米长的导火索，弯曲成内径 20 毫米弹簧状，进行点燃和浸水试验，测定燃烧速度及燃烧性能。浸水试验可以按不同的浸水时间进行试验。

2. 正常浸水试验 同上述试验的取样相似，将导火索盘成内径不小于 250 毫米索卷，放入一米深的常温静水中，相隔一定时间取样一次，直至导火索失去定时安全延期点火和引爆雷管的作用。但由于条件所限，一般不作引爆雷管试验。因为一旦雷管遇水或受潮不易区别拒爆原因。

3. 喷火试验 引燃距离从 40 毫米开始，每次增加 10 毫米。直至出现不能引燃的距离。此试验目的在于了解正常状态的最大引燃距离。

4. 高低温试验 高低温试验分高低温循环和单一情况两种试验条件。

高低温循环试验主要是模拟产品的长期贮存试验。

单一情况试验，即单独低温（ -45°C ）或单独高温（ $+45^\circ\text{C}$ ）试验，主要考查产品在比较恶劣的条件下的使用情况。一般要求在高温范围内，外观不发粘，低温时外观不龟

裂，同时其他性能也达到一定的要求。

5. 全燃试验 主要是了解导火索在长度不同时，其燃速及燃烧性能的规律，试验长度为3米，5米，10米或其它长度。

有的还进行加压试验，高温高湿或低温低湿等单项或循环试验，从而全面地了解导火索的性能。

二、导火索技术指标的意义

1. 外观：导火索的外观一般为白色，或在外层线用一根或数根其它颜色的线代替，一根或数根白线作为不同产品的区分标志。为了和导爆索相区别而不用全红色。

外观虽属表面问题，但在一定程度上都反映着导火索的质量，当导火索有断外层线，折伤，油污等缺陷时，可使其防潮能力降低，燃烧性能不良等现象，所以导火索外观是不可忽视的指标。

2. 尺寸：保证导火索的外径是为了使其与雷管配合适当。当外径过粗或过细时，会造成两者的同心度偏移，严重时影响爆破效果。

导火索的药芯直径是为了控制药芯密度，保证喷火能力和性能均一。也是导火索装药量的参数指标。药芯不均匀时，导火索燃烧也不会稳定，试验表明，当导火索药芯直径变化时，其燃速也产生相应的变化。导火索药芯直径过细是产生局部燃烧性能不良的原因之一。因此，药芯直径是反映导火索质量的重要指标。

导火索的索卷长度和最短索段的要求，是根据导火索使用的需要而确定的。

3. 性能：导火索的燃烧速度和燃烧性能是检验导火索

稳定性的技术指标。燃速差过大和燃烧时产生爆声的导火索，容易出现炸药早炸而发生意外伤害，所以，燃速和燃烧性能是保证导火索性能的基本指标。

导火索的喷火强度在爆破作业中具有很重要的实际意义。它标志着对雷管的作用能力。喷火能力通常与药芯直径有密切关系，药芯直径小的导火索喷火力弱。为此，制造与使用导火索时，对其药芯直径都应严格控制与检验，以保证导火索的性能可靠。

导火索的防潮性能是表示导火索在制造、运输、贮存与使用过程中对潮湿环境的抵抗能力。浸水试验是考查导火索防潮能力的一种方法。导火索的浸水试验要求浸入温度为 $10\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的纯净水中，当温度过高和过低时，试验结果将产生变化。当水中含有杂质（例如化学物质）时，对试验结果也将产生影响。

第三节 导火索的成品检验

导火索成品检验，一般包括外观及尺寸检验，燃速及燃烧性能检验、喷火强度检验和浸水性能检验等。现将检验方法简要介绍如下。

一、外观及尺寸检验

将选出的导火索卷打开，用目测的方法检查导火索的外观。

用千分尺在导火索的任意处垂直测量外径两次，取平均值精确到0.1毫米。

用游标卡尺在剪切平整的导火索的任意断面处，垂直测量药芯直径两次，取平均值，精确到0.1毫米。

用皮尺或专用“测量工具”测量导火索的长度，精确到0.1米。

用剪刀将导火索连续剪切成长为3~5毫米的索段，同时用目测的方法观察药芯直径是否均匀（此试验方法用于检验导火索半成品）。

二、燃速及燃烧性能检验

从外观合格的导火索索卷中，将索头剪去约50毫米，任取一米长的索段十根，点燃导火索的一端，同时用秒表测定从一端点燃到另一端喷火的时间，精确到1秒。

在检验测试燃速的同时，要不断观察其燃烧性能。

三、喷火强度检验

从抽取的导火索试样中，剪取0.1米长的索段20根，试样两端要平整，整个试样不得弯曲。

取两根试样分别插入内径为6.0~7.0毫米，长为150~200毫米，内壁干净的玻璃管内，使管内两索头间距离为40毫米，引燃一根试样，当火焰在玻璃管内喷火时，应能将另一根试样点燃。

四、浸水性能检验

将抽取的导火索试样两端用防潮剂浸封约50毫米，然后盘成内径不小于250毫米的索卷，浸入深度为1米的常温静水中（水温10~30℃）浸2小时后取出，擦去试样外面的水，剪掉两端防潮剂部分，剪取1米长的试样十根，按燃速及燃烧性能检验方法，测定其燃速，并观察其燃烧性能。

第八章 安全生产的有关问题

第一节 工房与安全要求

一、工房危险级别的划分

根据国家有关安全生产规范，导火索生产各工序按其危险程度大致可分为三类。即爆炸危险级、起火危险级和火灾危险级。

1. 爆炸危险级（甲、乙、丙级）

该类工序因其危险程度分为甲、乙、丙三级。

三料的制造、筛药、干燥、周转库、药库等工房，一旦发生事故后，对周围的工房有威胁，但较起爆药和猛炸药的爆炸程度及破坏程度要小，因而以上各工序列为乙级。

2. 起火危险级（丁级）

凡是产品能产生自燃或在空气中能强烈燃烧，且可引起邻近建筑物燃烧的工房，属于丁级。例如，导火索的制造和烘干工房、周转库和成品库。二料的制造、筛药、干燥及周转库等工房即属起火危险级工房。

3. 火灾危险级

凡不属于上述各项，且有可能因温升等原因造成自燃、剧烈着火的工房，属于火灾级危险工房。

例如，硝酸钾粉碎、干燥、周转库；棉线的干燥、周转库；棉线轮的加工、线库及周转库；沥青的熬制及沥青库；木材的储存、选炭及木炭周转库；纸盘的加工及纸库；导火

索的检验、计量、普验、包装及周转库等工房，均属火灾危险级。

二、工房最小允许距离的确定

所谓最小允许距离（即安全距离）是指某一工房发生爆炸时能保证人的安全和对附近其它建筑物不会产生严重破坏的最小距离。

甲、乙级工房之间的最小允许距离以及与其它工房的最小允许距离，可采用如下公式进行计算：

$$R = K\sqrt{g}$$

式中 R ——最小允许距离（米）；

K ——系数（参阅表 8-1 和表 8-2 选取）；

g ——最大存药量（公斤）。

计算时， K 值应根据工房的危险等级和有无土围墙（或叫防爆土堤）而定。其具体数值如表 8-1 所示：

表 8-1 系数 K 的数值

危险工房等级	其它工房或建筑物		
	双方均无土围	单方有土围	双方均有土围
甲	4.5	1.7	0.85
乙	2.8	1.2	0.60

根据系数和最大炸药总量，计算工房的最小允许距离，无论计算结果如何，甲、乙级工房之间的最小允许距离不得小于 35 米。

丙、丁级和有火灾危险的工房之间的最小允许距离如表 8-2 所示。

表8-2 其它危险工房之间的最小允许距离

危险工房等级	最小允许距离 (米)	
	距丙、丁级	距火灾危险级
丙、丁级	35	35
火灾危险级	35	按国家防火标准

三、工房结构的选型

1. 爆炸危险级工房的选型

(1) 房屋的结构

考虑到防爆和清洁的要求，爆炸危险级工房应用轻质砖（如炉渣砖），也可用普通砖。但不得用空心砖墙砌筑，因为空心砖墙强度差，经不起震动，容易倒塌。也不能用石头砌筑，因为一旦发生事故，石头将会被抛出，对周围建筑物和人身安全都有影响。屋盖为钢檩条或钢筋混凝土檩条，上设石棉瓦的轻型屋盖。所谓轻型屋盖，是指屋盖的单位面的重量不大于 150 公斤/米^2 ，同时又采用非燃烧材料制成。

一般情况，爆炸危险级工房不采用木结构，因为一旦发生事故，木结构会成为火种而被抛射出去，对周围的建筑物会引起火灾或爆炸。如果材料缺乏，可以考虑作木檩条、木屋面板，上设石棉瓦或普通瓦屋面。如用木檩条、木屋面板时，为了保证室内清洁，应制做防火顶棚，涂防火漆，顶棚上面不要有任何孔洞。室外之雨棚应采用轻型结构。

黑火药操纵室的房屋是布置在土围墙之内，应考虑采用适当的钢筋混凝土结构，以保证发生事故时，操纵室内人员的安全。

(2) 建筑构造和装修要求

地面作不发火的沥青地面或在水泥压光面层上铺设橡皮板。采用木平台，上面铺设橡皮板。为了便于清扫和能用水冲洗，墙面应采用水泥砂浆粉刷，并刷白色油漆，顶棚上应涂白色油漆，地面应有一定坡度，坡向地漏。

门窗一律采用外开式普通门窗，窗台高度为0.3~0.4米。门窗的小五金采用有色金属或有色金属与黑色金属的混合件。

电动机室的墙洞，应注意密闭，以防粉尘从洞孔飞入而引起危险。

(3) 防爆土围墙

土围墙的高度，应不低于土围墙内工房屋檐高度。条件许可时，高出工房屋檐1.5米时，则更为安全。

土围墙与地面构成之角度应为 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。

土围墙顶部的宽度应不小于1米。

土围墙之根部距工房的距离不应小于1米，亦不应大于3米。

工房与土围墙之间应考虑排水沟。

土围墙可用泥土筑制而成，不允许采用石块、砖块等坚硬重质材料，也不允许用轻质可燃材料。土围墙的地脚可用砖石砌筑，但其高度不应超过0.8米。

2. 起火危险级工房的结构选型

(1) 房屋结构

可作木屋架、木檩条、木屋面板，上设普通瓦的屋盖，砖墙承重，在制索等爆燃工房应作防火顶棚。在烘线工房因室内要求温度较高，故在顶棚上应加保温层。

门窗应为外开式普通门窗，制索工房应为安全窗，其窗

台高度应为 0.6~0.8 米。

(2) 建筑构造及装修要求

工房地面均可采用水泥压光地面，最好为不发火沥青地面，在制索等爆燃工房的墙面应用石灰砂浆粉刷，外涂胶质涂料。建筑无特殊要求。

四、设备安装的要求

1. 电器设备的安装

对有爆炸危险的建筑物内的配电箱、照明分电箱、磁力启动器等，需要装于专用的电气室内或电机室内，亦可装于室外，但需要有防水、防尘措施。引至各用电设备的线路，选用铜芯橡皮绝缘电线穿于钢管内，电线管路应密封，尽量沿外墙敷设，电动机的控制按钮，采用防爆型，安装在被控制的工艺设备附近便于操作的地方。黑火药制造工房的滚桶电动机，要求远距离操纵。其控制按钮可选用普通型的，安装于控制室内的控制盘上，在有爆炸危险的房间内的照明灯具，应选用安装在墙上或窗上的透光灯，灯具开关，亦可选用密闭型或防水、防尘型安装于室外。

对有起火危险的建筑物，其动力配电箱、照明用电箱应选择密闭的，其位置最好选择在本建筑物内，靠近负荷较集中，操作和进出线方便的地方，也可选用普通型的放在电机室内。要求电线的绝缘，不使受到生产用的蒸汽及气体腐蚀。配电线路可选用铝芯绝缘电线，穿于钢管内。电动机的控制按钮、照明灯具及控制开关可选用密闭型或防水、防尘型的。

对有爆炸危险的建筑物，防止直接雷击，应采用独立式避雷针，要求距离建筑物不少于 5 米，避雷针的接地装置与生产接地装置应分开。避雷针接地装置的流散电阻不应大于

10 欧姆。如能将接地电阻减少到 4 ~ 5 欧姆, 则更为理想。

对有爆炸危险的工房内, 不要安装电钟、电铃等, 因为这些设备经常产生火花, 增加发生爆炸危险的可能性, 否则, 应采取有效的防爆或隔绝措施。

2. 机械设备的安装

对有爆炸危险的机械设备与动力设备, 应分别安装在便于操作的两个房间内, 安装与修理应在消除产生火花和爆炸危险的条件下进行, 安装的机械设备, 应便于装卸和操作, 有利于发现问题和解决问题。在爆炸危险性的厂房内, 不允许采用平皮带, 而采用三角带比较安全, 或采用减速器传动, 以防止平皮带摩擦产生静电荷增高的问题。

五、供排水装置

工房应设有消防水龙头或消防水池, 其目的在于及时制止火灾的扩大蔓延, 不致因失火而引起爆炸。消防栓供水流量按 25 升/秒考虑。爆炸工房的采暖方式, 不允许用火炉或其它明火采暖, 应采用热风或热水采暖或热风、热水的联合采暖, 水的温度为 80~60℃; 爆燃工房允许采用低压蒸汽采暖或水采暖, 温度为 130~70℃。为便于擦洗, 管路最好涂以与药粉的颜色有明显区别的油漆, 以易于观察和清洗。

按工艺要求, 为防止粉尘在室内的积聚, 各生产建筑物需经常进行冲洗地面、墙及顶棚, 为此需设置室内冲洗龙头。下水道中将有硫等粉尘混入, 排水时应予注意。

第二节 导火索生产的安全要求

从事导火索生产的人员, 必须掌握导火索生产的工艺规程和安全技术知识, 以便正确地进行生产, 正确地管理生产

和正确地使用安全护具。为此，提出如下安全技术要求。

一、做好交接班工作

交接班必须在生产岗位上进行。按分工负责岗位交接设备运转，交接生产情况、工具文件、注意事项等。交班人必须把生产中的有关问题详细告诉接班人，接班人经过检查清楚后接班，交班人方能离开。单班生产时，应作好生产记录。

二、搞好整洁生产

在生产的全过程中，为了保证安全生产和产品质量，对原材料、半成品、成品要切实作到防火、防油、防水和防折伤产品；对设备要作到加强管理，正确使用，定期维护，定期检查与修理；对生产场地要作到整洁有序，经常维持和清扫室内、外卫生，消除积存的药尘和垃圾，把事故和事故因素消灭在萌芽之中。

三、消除外来杂质

杂质对于黑火药的安定性和感度有很大的影响，由于杂质的本身性质不同，它们能够增加或降低火药的感度和安定性。因此，一切原材料、半成品——硝酸钾、硫、木炭、硫-炭混合物、黑火药、棉线、沥青等应该是洁净的。黑火药的原材料在配制中必须完全消除机械杂质，硫-炭混合物、黑火药必须经铜丝筛或绢丝筛过筛，而不允许用铁丝筛。

新烧制的木炭，炉温降至 80℃ 以下方可出炭转入密封池。自完成炭化停火之时起，转入选炭工序的木炭，根据情况不少于七天。黑火药只准在用硬质木材和皮革制造的滚桶内混合，滚桶的铁轴必须紧紧地包以皮革。滚桶上的轴承部分，应该用铜或有色金属制的轴瓦，并应有良好的润滑。接触黑火药的机器、工具应用有色金属或木质制造。黑火药的

容器应为木制或厚帆布袋，不可用铁制容器。制造硫-炭混合物和黑火药的滚桶，必须有良好的接地装置。抛洒报废的药粉，要装入专用的木箱内，这种火药不准继续加工使用，只能用水溶法和焚烧法处理。黑火药的库房存药量不应超过计算的最大存药量。

四、严格操作方法

工房内及火工区域严禁烟火，严禁铁器撞击，所用工具应为铜、铝合金、木质材料制造，或用镀铜材料制造。工房内不准穿带有钉子的鞋操作。搬运药箱、药盒时要轻拿轻放。修理制造黑火药的设备要将药粉清洗干净后方可进行。在正常情况下，黑火药滚桶在运行期间，工房内及其附近不得有人。有爆炸危险或有起火危险的工房内及其附近，不应堆放擦车布及各种油类物质，以免升温自燃。进入各种有爆炸、起火危险的工房工作前，应先拨开窗户插销。

五、健全规章制度

有爆炸、起火和火灾的危险工房内，不得使用明火照明，只允许用防爆或封闭式电器照明。在必须气焊、电焊和其他动火修理时，须经车间领导批准，安全和消防部门检查允许后方可进行，严格地执行动火制度。

第三节 导火索运输、贮存与使用中的安全要求

导火索是易燃易爆物品，它在装卸、运输、贮存和使用过程中都有一定的危险性，所以有关部门制定了一些规则和要求，这是保证安全的必要措施，也是生产、运输和使用单位都应遵守的。除了这些规定而外，这里谈谈这方面的一般安全知识，使有关人员能根据导火索的特性加以注意，以利

于确保产品质量和使用安全。

一、导火索的运输与贮存

一般的运输工具（如火车、汽车、船、畜力车、人力车等）均可装载导火索，但装车高度以不超过车箱高度为宜。运输中应绝对避免明火，注意防潮、防火、防油污和防止压伤、折伤等机械损伤，若有受雨淋或严重机械损伤的导火索，不允许再用于爆破作业。

在合乎要求的库房里贮存导火索，在有效期（技术标准规定导火索的存放有效期为二年）内其质量是完全可以保证的。表 8-3 的试验记录表明，普通三层纸工业导火索贮存约九年的时间，其燃烧速度仍然正常。

表 8-3 工业导火索长期贮存试验记录

试 验 日 期	贮 存 时 间	燃烧速度 (秒/米)
65年10月21日		107~110
66年12月22日	14个月	107~115
67年10月21日	24个月	111~116
68年 8 月 2 日	34个月	115~118
69年 8 月 6 日	46个月	106~116
70年 7 月 7 日	57个月	108~111
71年 5 月19日	70个月	111~115
72年 7 月12日	84个月	110~113
73年 8 月 7 日	97个月	106~115
74年11月 5 日	112个月	108~111

试验结果表明，导火索是比较稳定的，在适当的运输、贮存条件下，完全可以使其完好的保存下来。

在一般情况下，在合格库房里存放的导火索即使超过了有效期，它的质量也能达到标准要求，但使用前必须经过全

面的检查,进行外观、尺寸、燃烧速度、燃烧性能、喷火性能、防潮性能等项鉴定,做到心中有数,确认合格的导火索仍可用于爆破。

导火索不应露天堆放,因为受风吹、日晒、雨淋的导火索性能变坏,使用时很不安全。表8-4是对露天存放的导火索进行燃速试验后的记录,虽然存放期间天气干燥少雨,但其燃速仍然急剧下降。

表8-4 露天存放导火索的燃速试验

测 试 日 期	存 放 时 间	燃 速 (秒/米)
67年 3月11日	新制样品	112~117
67年 3月20日	9天	110~116
67年 4月30日	49天	110~116
67年 8月24日	163天	80~106

所以,导火索在运输、贮存时一定作好防潮、防水、防火、防有机溶剂和油类的侵蚀,防日光暴晒等等,库房里要求干燥、通风、温度不超过40℃为宜。

二、导火索的使用

在进行爆破作业之前,当对导火索进行加工、运送与装填炮眼时,除应严格遵守有关规定外,还应注意以下几点:

(1) 导火索在使用前进行加工时,首先检查其外观是否有油污污染和折伤变形等问题,是否符合技术标准要求。确认已受潮、发霉变质的导火索,应该报废,即使经过烘干,也不能再用于爆破作业,以确保安全。

(2) 使用质量良好的导火索时,首先应将索头剪去约50毫米,剪断后导火索不得散头。剪切的导火索端面应平整,不得呈马蹄形等,同时逐根检查其药芯直径,出现有药

芯直径小于 2.2 毫米者不能立即使用，应通知制造厂查明原因。导火索的结构应保持完整。剪断后的导火索应注意勿使索头受到破坏和潮湿。

(3) 导火索与雷管结合时应插放到位，结合牢固，切勿转动，作好防潮。特别是索头更要防止其受潮和油污，以保证其点火和引爆的可靠性。

(4) 导火索不应在高温条件下使用（例如高炉爆破），因为它在这种条件下燃烧时有爆炸和速燃的问题。在环境温度超过常温的条件下，温度愈高，导火索的燃烧性能愈坏。

导火索不应在加压条件下使用，当所施加的压力足以使导火索燃烧排气道堵塞时，例如脚踩、局部压力过大时，会使导火索燃烧时内压骤增，造成速燃与爆燃。

导火索不能受到机械损伤或过度弯曲，否则，燃烧时有透火、燃烧速度不稳等问题，严重时也会产生重大事故。

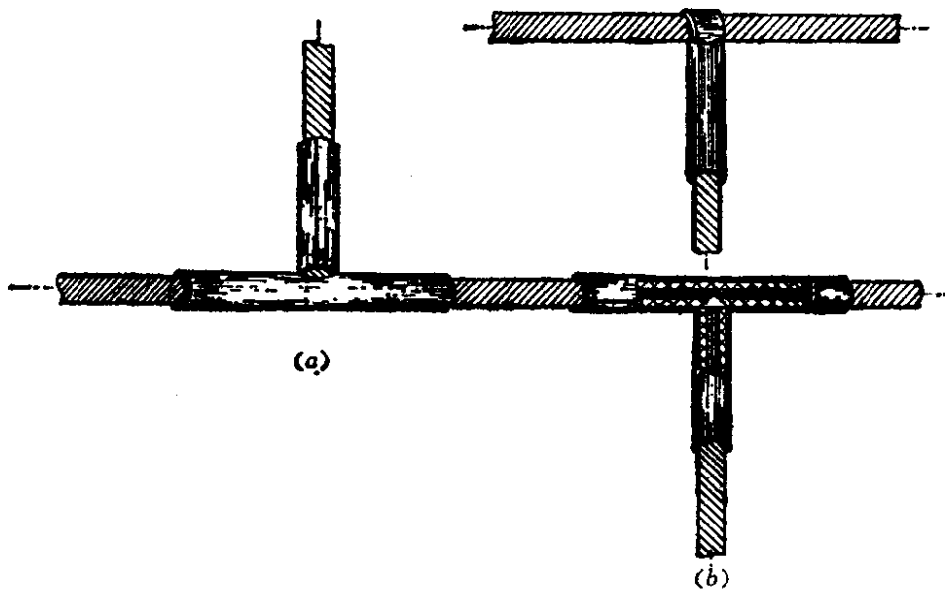


图8-1 一次点火法群炮连接示意图
a—三通式联接； b—单管舌卷式联接。

(5) 在进行群炮爆破的操作中, 为了保证点火的安全, 可采用一次点火法连接导火索。

一次点火法是利用一根导火索作母线, 根据爆破的需要将母线在不同的部位切出 V 型缺口, 再将通向各炮眼中的导火索按爆炸的先后次序牢固的镶嵌在三通中 (如图 8-1 所示), 要保证其传递火焰作用确实可靠。爆破时, 只需点燃母线, 即可使群炮中的导火索, 按先后次序引燃。