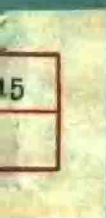




爆破器材丛书

导爆索



国防工业出版社

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。

爆破器材丛书

导 爆 索

阜双陆 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书主要介绍以黑索金为药芯的普通导爆索的结构、性能、生产过程和设备、所用原材料，以及生产中常见的安全质量问题及其处理方法。书的最后一章还对导爆索在爆破工程和机械加工中的应用（如爆炸割管、爆炸焊接等）作了扼要介绍。

本书可供从事爆破器材生产的工人、工程技术人员和管理干部参考，也可供矿山和工程爆破方面的广大职工参考。

爆破器材丛书

导 爆 索

阜双陆 编著

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

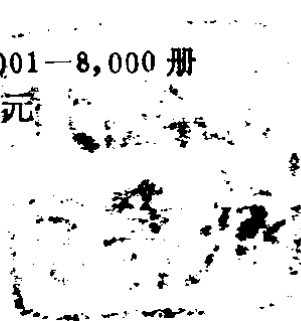
*

787×1092¹/₃₂ 印张4¹/₂ 92千字

1975年11月第一版 1975年11月第一次印刷 印数：0,001—8,000册

统一书号：15034·1454 定价：0.39元

(只限国内发行)



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《**硝铵炸药**》（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：“**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 导爆索的用途与发展简史	8
第二节 导爆索的品种与结构	15
第二章 导爆索爆轰的理论基础	18
第一节 炸药的燃烧和爆轰	18
第二节 导爆索的爆轰感度及其影响因素	25
第三节 炸药的极限直径和临界直径	29
第四节 普通导爆索主要技术条件的确定	35
第三章 主要原材料	41
第一节 黑索金	41
第二节 棉纱	49
第三节 沥青	54
第四节 石蜡和纸条	58
第四章 普通黑索金导爆索的制造	61
第一节 原材料的准备与加工	61
第二节 导爆索卷制	79
第三节 生产中常出现的故障和质量问题	90
第四节 导爆索生产中的安全技术要求	97
第五节 瑞典导爆索生产情况介绍	100
第五章 普通黑索金导爆索的技术要求和试验方法	102
第一节 技术要求	102
第二节 试验方法	106
第六章 导爆索在爆破工程中的应用	112

第一节	导爆索起爆法的优缺点	112
第二节	导爆索的联接	114
第三节	用导爆索进行毫秒爆破（微差 爆 破）	123
第四节	导爆索在其它方面的应用	132
第五节	使用导爆索注意事项	141

第一章 概 述

炸药已被广泛地应用于国民经济的各个部门。例如，在采矿方面，利用炸药进行露天和地下采掘；在水利方面，利用炸药“挖掘”排灌渠道，修筑水坝进行河床的清理与加深；在工业建筑方面，利用炸药采石作建筑材料和进行土石方工程；在交通运输方面，用炸药开凿隧道和劈山修路；在农业方面，用炸药疏松土壤、移山造田、垦荒和代替深耕等。近年来，随着金属爆炸加工工艺的发展，又为炸药在机械加工方面的应用开辟了新的途径。

炸药之所以能够为人类造福，是因为它具有 一种 宝贵的特性：即在外界能量的激发下能够在极短的时间内放出大量的热，并生成大量的气体产物，气体产物在热的作用下迅速膨胀作功。例如，一公斤梯恩梯炸药完成爆炸反应的时间仅约十万分之一秒，在这样短的时间内放出约 1000 仟卡的热量，生成 727 升的气体（标准状态下），这样多的气体在未来得及膨胀前就被加热到 $2000\sim 3000^{\circ}\text{C}$ ，因而压力高达 $10\sim 40$ 万个大气压，高温高压气体的膨胀就形成爆炸而做破坏功。

但是，也只有人们掌握了使炸药安全、可靠的起爆方法以后，炸药的应用才是可能的。由于使用炸药的环境是各式各样的，故炸药的起爆方法也就有很多种，应用的起爆器材也各不相同。导爆索就是起爆器材中的一种。

第一节 导爆索的用途与发展简史

一、导爆索的特点

从外观上看，导爆索很象一条细而长的绳索，实际上它是内含炸药的爆炸物。现代导爆索的结构分为两部分——索芯（药芯）和外壳。索芯部分直径为 3~4 毫米，由粉状猛炸药——太安（季戊四醇四硝酸酯）或黑索金（环三亚甲基三硝胺）构成。索芯被外壳包裹着，外壳是用棉、麻等纤维材料缠绕制成，直径为 5.5~6.2 毫米。有的导爆索在纤维壳外再涂覆一薄层树脂。

作为起爆器材，导爆索有一个重要特点：它的爆轰是需要另一种起爆器来激起的，然后它再去起爆与它相联接的另一段导爆索或者炸药包。在实际使用中，都是利用一个雷管来起爆导爆索。从形式上看，雷管的起爆能被导爆索“传导”至远处的许多个炸药装药点上去了，这也是导爆索名称的由来。

长期实际使用的经验表明，目前生产的导爆索能可靠的直接起爆各种工业炸药，甚至像铵油炸药（硝酸铵和柴油的混合物）等较为钝感的硝铵炸药，在炮孔内也均能用导爆索直接起爆，而不需要另加中继起爆药包。

总之，导爆索是以猛性炸药（黑索金或太安）为索芯，以棉麻纤维等为被覆材料能够传递爆轰波的索状起爆器材。

二、导爆索在爆破工程中的用途

在爆破工程中，导爆索主要用在需要同时起爆几个炮孔内的炸药装药的场合。

电雷管起爆法虽然也能达到同时起爆多个炮孔装药的目

的，但是两者相比之下，导爆索起爆法具有安全、简便、可靠的特点。在某些爆破环境里，往往必须使用导爆索来同时起爆多个炮孔的炸药装药。比如：

1. 在杂散电流较大的环境：冶金矿山或露天煤矿，矿岩均有一定的导电能力；另一方面，矿山又使用了大量的电气设备和导电路路，它们难免会由于绝缘不好等原因而产生漏电，致使部分电流流入矿岩中，这就是一般所谓的杂散电流。显然，由于杂散电流的存在，就有可能引起炮孔中电雷管的早爆，发生事故。在这种场合如使用电雷管起爆法进行爆破时，根据爆破规模和实地测量杂散电流大小的不同，需要采取矿山局部停电或全部停电。导爆索结构中没有电发火装置，故丝毫不受杂散电流的威胁，同时，它也不受雷电感应、静电或功率强大的电波等的影响。正由于这个缘故，导爆索在露天或无瓦斯的地下矿山的大、中型爆破作业中应用得很广泛。另外，采用导爆索起爆法，因为炮孔内炸药装药中不带有雷管，这样就防止了处理拒爆装药等操作带来的不安全问题。又由于导爆索的机械感度比雷管低得多，故保管、运输等过程中的危险性也大为减小。所以有时把导爆索起爆法称为安全起爆法。

2. 在设备条件较差的旷野大型爆破环境：导爆索起爆法的准备工作较为简单，不需要电源、仪表、导线等辅助工具和设备，爆破前，也不存在电雷管起爆法的爆破网路电流的复杂计算等问题。因此对许多旷野大型爆破作业是很适合的。

3. 用低爆速的钝感炸药在深炮孔装药的情况：当炮孔很深，装的又是较为钝感和爆速较低的炸药（大部分工业硝

铵炸药属于这种情况), 这时从炮孔口至底部全长贯通导爆索起爆药包, 不但能使药包爆炸完全, 并能提高爆破效果。这是因为导爆索的爆速很高 (6500米/秒以上), 在导爆索的爆炸作用下, 炮孔内沿着导爆索的装药几乎是同时发生爆炸, 全部炸药装药的能量释放时间大为缩短, 增加了爆炸的破坏作用。

在上述装药条件下如果用雷管起爆, 则装药的爆炸是从一点上开始, 然后再向炮孔底部方向传播。由于炸药的爆速较低, 这不但使得全部爆炸过程的时间比导爆索起爆法为长而降低了爆破效果; 有时炮孔底部的装药密度由于受上部炸药爆炸后产生的压力作用而增大了, 随着密度的增加, 炸药变得更为钝感, 结果炮孔底部装药可能会产生爆炸不完全或者燃烧的现象。甚至产生拒爆。而导爆索起爆法则不会产生这种情况。

4. 装药间距离很近, 又要求装药“同时”起爆的场合: 瞬发电雷管虽也能“同时”起爆不同地点的炸药装药, 但在特殊环境里, 如对“同时”性要求很高, 一般的工业电雷管就往往不能胜任了, 这时可用导爆索起爆法。石油井的射孔就是一个例子。

石油油井中的钢套管壁在地下石油层的一段上有许多小孔, 石油就是从这些小孔渗到钢管内来的。这些小孔是在钢套管下到油井后再用特殊的小型炸药装药——“聚能射孔弹”射出来的。一个射孔弹射一个孔, 把一群射孔弹放到油井内, 用导爆索“同时”起爆, 一下子就射出许多孔来。图 1-1 是射孔示意图。

实际射孔时, 一米长的导爆索上往往系有十来个射孔弹,

弹与弹之间距离很近。导爆索用雷管起爆后，各射孔弹就被导爆索“同时”起爆，引起互不影响的爆炸，在套管上射出孔来。

在这种情况下，如用一般工业电雷管直接起爆射孔弹就不行了。因为目前的工业电雷管进行成组串联爆炸时，即使通过雷管的起爆电流达到规定的数值，雷管间也不能完全同时起爆，而是有先有后，它们的时间差可达百分之几秒左右。这样一来，射孔弹的爆炸也就有了先后的差别，这个差别即使只有约百分之一秒，也会引

起先起爆的射孔弹破坏尚未爆炸的射孔弹，从而达不到定向射孔的目的。相对比较，导爆索起爆法在装药间距离很近的条件下，“同时”性比电雷管起爆法好得多。

近年来，爆破工程中普遍推广着一种新的爆破法——毫秒爆破法（或称微差爆破法，参阅第六章第三节）。用导爆索起爆法的爆破作业中，只要在导爆索起爆网路中串联上“继爆管”就能实现毫秒爆破。

继爆管是专和导爆索配合使用的一种延时起爆器材。使用时，把它串联在两段导爆索中间，它就能把前一段导爆索

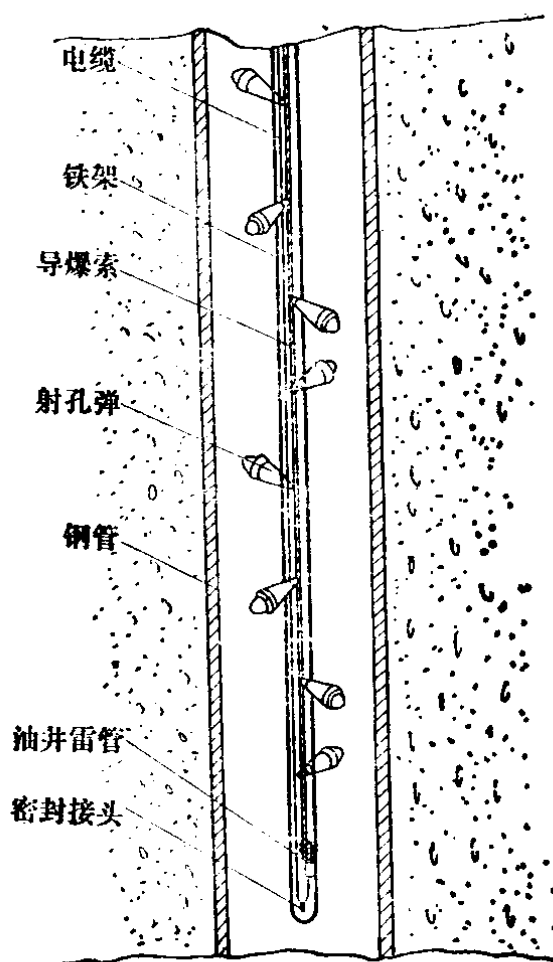


图1-1 射孔弹起爆示意图

的爆轰延迟一定的毫秒时间后，再传给下段导爆索。继爆管和导爆索一样，不受地下杂散电流、雷电感应等的威胁。

随着金属爆炸加工工艺的发展，导爆索在爆炸成型、爆炸焊接等方面也广泛的应用着。这将在第六章第四节进行介绍。

三、导爆索的发展简史

导爆索的产生与发展和其它科学技术一样，首先是依赖于生产力的发展。

导爆索作为一种起爆器材，它的发展必然是和炸药以及爆破技术的发展紧密联系着的。

十八世纪末到十九世纪初，社会生产力有了很大的提高，采矿工业广泛的发展起来，产生了需要威力较大的炸药的要求。当时在采矿和军事上使用的炸药只有黑火药，起爆黑火药的器材是导火索。

后来发明了用硅藻土吸收硝化甘油而制成的所谓代那迈特炸药，它的威力大大超过了黑火药。对新炸药的起爆方法的研究结果发现了炸药的爆轰和爆轰波能起爆炸药的现象，即利用另一种炸药（如雷汞之类的所谓起爆药）的爆炸能很容易地激起代那迈特炸药的稳定而高速的爆轰，从而得到该条件下的最大作功效果。爆轰现象的发现，人们制出了新型的起爆器材——火雷管。初期的火雷管是把雷汞压装在金属小壳内制成，这种雷管用导火索引爆。稍后，又在火雷管内增添了一个通入电流后就能产生火焰的电发火装置，做成了所谓的电雷管。

雷管的发明是爆破技术发展上的一个重大飞跃，从此爆破的规模越来越大，技术要求也愈来愈复杂。前面已经讲过，

电雷管起爆法并不是在所有条件下都是安全和适合的，雷电、静电、导电线网路的感应、动力和照明线路的漏电等都有可能造成电雷管的爆炸事故。于是导爆索这种起爆器材就应生产力的发展和军事上的需要而于 1879 年出现了。

最先制出的导爆索是以铅为外壳，硝化棉做药芯。以后导爆索又不断的得到改进，从 1879 年至今，导爆索的发展过程可分为两个阶段，1919 年大致上是这两个阶段的划分点。

第一个阶段，导爆索的特点是用软金属做外壳。铅壳硝化棉导爆索使用了二十多年，在 1904 年出现了铅壳梯恩梯药芯导爆索，1906 年又制出了锡壳苦味酸药芯导爆索。这类导爆索的外径一般都在 5~6 毫米左右，爆速 5000~7000 米/秒。

这一阶段的导爆索之所以要用金属做外壳，是和炸药的发展水平分不开的。当时能供实际使用的猛炸药硝化棉、梯恩梯、苦味酸等，在装药直径较小时，如没有坚固的外壳是不能引起爆轰的（参阅第二章第三节）；又因为导爆索在使用上免不了需要弯曲，所以铅、锡一类的软金属就成了最适合的外壳材料了。

金属壳的导爆索制造复杂，成本很高，弯曲性小，笨重不便，特别是这类导爆索的爆轰感度不良，只有当导爆索和导爆索的敞露药芯紧密接触时，爆轰才能由一根导爆索传至另一根导爆索。

尽管金属壳导爆索有上述许多缺点，由于爆破作业的需要，也还是一直使用了四十多年。当时，这种导爆索全部应用在军事爆破作业中。

就是在导爆索发展的这一阶段上，人们也在努力设法取

消金属外壳，采用早已流行的毕氏导火索一样的棉麻纤维外壳。不用金属作外壳而又能在小直径下爆轰的炸药当时仅有雷汞。雷汞是极敏感的炸药，一直是当做雷管内的起爆药使用。1887年曾制造过以纤维为外壳，钝感雷汞为药芯的导爆索，以后又制造过用雷汞和其它猛炸药(如特屈儿)的混合物作药芯的导爆索。由于这类导爆索对火焰和机械作用的敏感度相当高，制造和使用均极危险，因此它的发展受到限制。

这一时期还出现过“复合导索”。它是在铅壳梯恩梯导爆索外再套上一层软壳，两壳之间装上黑火药。用火点燃黑药层时，“复合导索”用每秒约一厘米的速度稳定燃烧，内部梯恩梯也随着融化燃烧，“复合导索”这时起导火索的作用；如果用雷管起爆，“复合导索”能以4000~5000米/秒的速度爆轰，起到导爆索的作用。这种起爆器材制造复杂，实用价值不大，不久就停止生产了。

1919年是导爆索发展新阶段的开始。这一年也正是新型猛炸药太安和黑索金从试验研制进入大规模生产和实用的开始年代。这两种炸药都有非常优良的爆轰性能：爆速高、威力大、爆轰感度好，特别是它们不用坚固的外壳包裹就能在小直径下爆轰。具备这些性能的炸药正是作导爆索药芯的理想炸药。这一年制出了用棉麻纤维为壳，太安作药芯的导爆索。从此导爆索摆脱了沉重的金属外壳，生产简单，使用方便，成本也大为降低。这样一来，不但在军事上、在民用爆破作业中导爆索也被大量使用起来。

目前，实际使用的各种导爆索的外壳都是用棉麻、纸、树脂等材料制成。金属壳导爆索生产量极少，仅用于某些特殊用途。作为索芯炸药不外乎是太安或黑索金，我国当前

多使用黑索金。当药芯细度、密度等条件相同，太安的爆轰感度略优于黑索金，在稍小一些的直径下也能爆轰，这是太安炸药的优点。但是黑索金的制造原料来源广泛，机械感度低于太安，生产安全，特别是采用特殊的黑索金制造工艺方法，制出专供导爆索药芯用的细结晶黑索金，可使黑索金导爆索的爆轰性能完全不逊于太安导爆索。

上面讲到的导爆索爆轰时，要产生强大的火焰，有引爆瓦斯和矿尘的危险，故只能在露天和无瓦斯或矿尘危险的井下爆破作业使用。

在1954~1956年间又发展了一种所谓“安全导爆索”。安全导爆在爆轰时产生的火焰较小，温度较低，不会引爆瓦斯或矿尘，专供在有瓦斯或矿尘危险的井下爆破作业中使用。

安全导爆索是在普通导爆索的药芯或外壳内加入了消焰剂制成的。消焰剂的作用是把导爆索爆轰瞬间的火焰和温度降低到不能引爆瓦斯或矿尘的程度。往药芯内掺入的消焰剂一般是碳酸盐或多羧基酸的盐类粉末。药芯内掺入消焰剂数量较多时，会降低导爆索的爆轰性能，如果把消焰剂掺入外壳就可以避免这种影响，不过其制造过程会稍为复杂一些，这种导爆索一般的用热塑性的合成树脂或天然树脂做外壳，如聚氯乙烯、聚乙烯、聚己烯、天然或合成橡胶、沥青等。可用作消焰剂的物质很多，像冰晶石、碳酸氢钠、氯化钠、氯化钾等。

第二节 导爆索的品种与结构

一、导爆索的品种

按照应用环境不同，导爆索可分为两大类：第一类是用于露天和无瓦斯或矿尘危险的井下爆破作业的“露天导爆索”；