

Initiating Devices

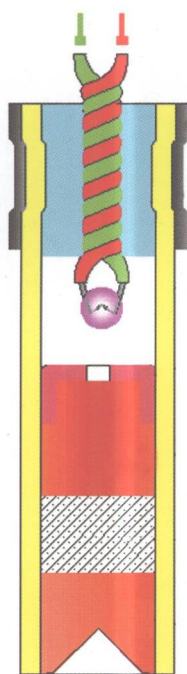
起爆器材

主 编 谢兴华
副主编 颜事龙 杨祖一

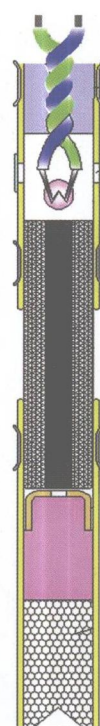
中国科学技术大学出版社



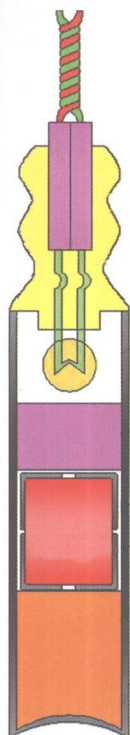
纸壳毫秒延期电雷管(煤矿许用)



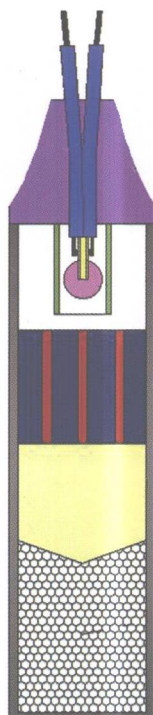
瞬发电雷管(药头式)



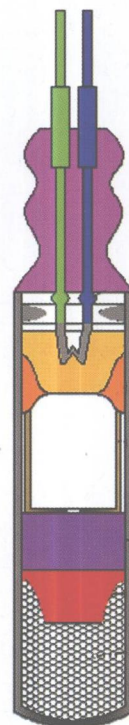
秒延期雷管(两节式)



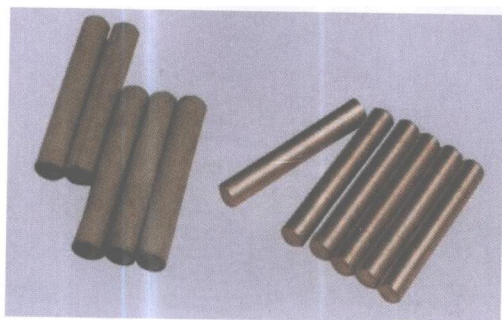
毫秒雷管结构图
(日本旭化成公司)



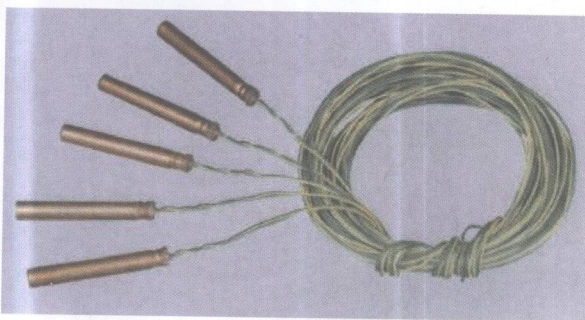
安全毫秒雷管结构图
(英国帝国化学工业公司)



秒延期雷管结构图
(美国杜邦公司)



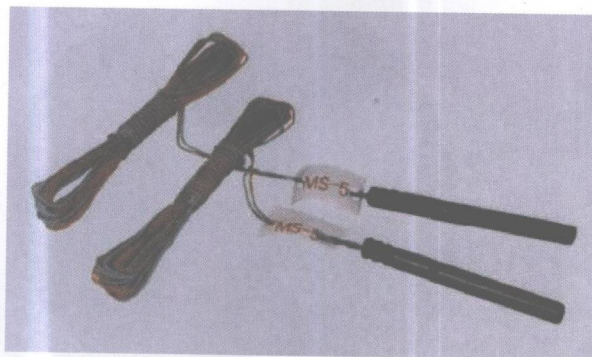
火雷管(纸壳、铜壳)



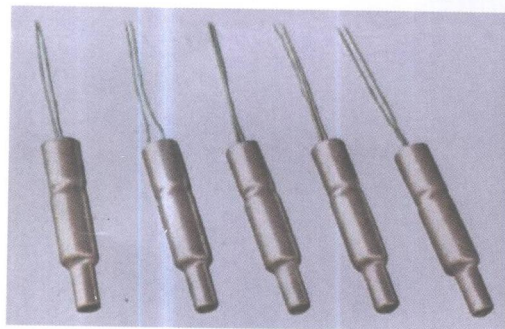
瞬发电雷管(铜壳)



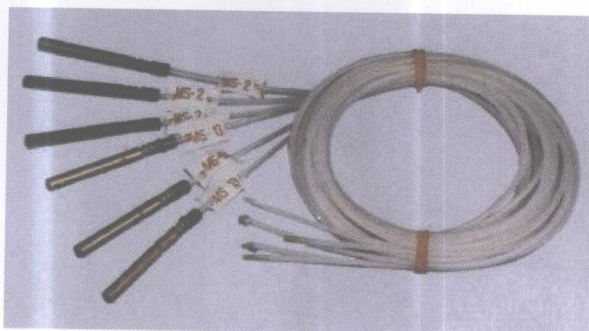
导火索式秒延期电雷管



毫秒延期电雷管(铁壳)



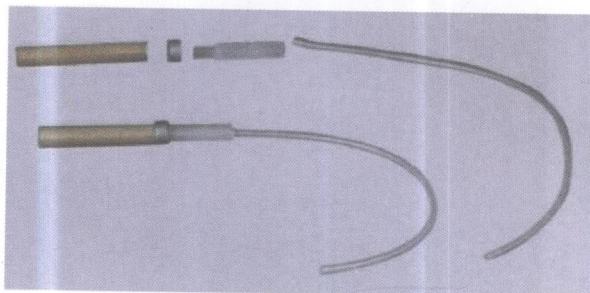
耐温安全电雷管



毫秒延期导爆管雷管



双向继爆管



导爆管雷管组装关系

序

随着我国国民经济的飞速增长和工程施工的蓬勃开展,大规模、多样化工程爆破作业需要大量的工业炸药和起爆器材。工业炸药是一种特种能源,它被起爆实现能量的充分释放离不开可靠的起爆器材。起爆器材是爆破器材中最重要的材料之一,我国是生产使用民用起爆器材种类较多、数量最大的国家。起爆器材是我国工农业生产和工程建设必不可少的特种生产资料,同时,在国防和航空航天领域也有广泛的应用。

起爆器材主要包括雷管、索类火工品。火雷管和导火索是古老而又常用的起爆器材,世界发达国家早在 20 世纪 80 年代就已经淘汰火雷管。随着我国科学技术的发展和对社会公共安全等综合因素的考虑,火雷管和普通工业导火索于 2008 年被禁止使用。取而代之的是性能优良的电雷管、塑料导爆管雷管、系列导爆索和继爆管等。

当今的起爆器材,已经是集化学、物理、电工学、新材料、信息处理技术于一体的高技术产品。特别是近几年来,性能优良、生产无污染的新型起爆药,无起爆药雷管,刚性电引火元件,人机分离的连续化、自动化雷管装填设备,已经在生产中成功推广应用;数码电子雷管已经进入工程应用阶段;雷管编码技术以及雷管编码信息计算机管理系统的应用,在世界范围内实现了对每发雷管由生产至爆炸消亡全过程的跟踪管理。我国起爆器材整体生产技术水平与世界发达国家的差距越来越小。

起爆器材相对炸药、火药而言,具有对热能、机械能、静电、射频、雷电等作用的敏感性,在国内外起爆器材生产、运输、储存、使用历史上,发生了无数次燃烧、爆炸伤亡事故。1998 年以来,在我国的工业雷管生产过程中就发生了 50 多次燃烧爆炸事故,究其原因,一个普遍的问题就是人们对起爆器材的安全本质了解不够,违反安全规则操作。

《起爆器材》一书从基本原理出发,系统地汇编了各种起爆器材的性能特性,对于指导起爆器材的生产、运输、储存、使用和销毁全过程的安全管理具有重要意义。本书著述了新近国内外点火起爆理论与应用技术成果,兼顾产品设计原理与工程应用有机结合,反映了新产品、新技术、新工艺和新方法的前沿科技水平,注重安全与环保方面的进展介绍。

本书是国家特色专业弹药工程与爆炸技术的必修课、安徽省精品课程和安徽省高等学校“十一五”省级规划教材,是当前弹药工程与爆炸技术学科专业学生急需的教材,也是爆破工程、爆炸加工和公共安全管理与安全评价等领域工程技术人员掌握起爆器材系统专业知识的书籍。

本书由安徽理工大学谢兴华教授主编,我有幸参与其中,相信她的出版将会为培养爆炸物品专业技术人才以及指导爆炸物品科研、生产、使用、安全评价与管理做出贡献。

杨社一

2009年1月18日

前 言

起爆器材是以物理化学、化学反应动力学、力学、燃烧学、爆炸力学、安全工程、检验理论、电子学、化工机械、凝聚态物理和测量技术为基础的一门综合技术科学。其主要内容包括火工品与含能材料的燃烧和爆炸特性、各种点火起爆能量转换原理、点火起爆控制原理与应用技术,这些理论与技术在民用爆破器材、爆破工程、爆炸加工、烟花爆竹和武器弹药系统的性能设计和安全控制方面具有理论指导意义和重要的实用价值,贯穿了科学性、可行性和经济性相结合的原则。

本书是关于点火起爆理论与技术的专业教材,主要介绍炸药、火药、推进剂与烟火药的点火起爆理论与安全技术,包括各种不同刺激能量如机械能、电能、光能、冲击波能和热能等诱导的点火与起爆原理,以及起爆器材的组成、结构、设计、生产、贮存、运输、使用、销毁和相关安全技术。

本书参考和归纳了国内外有关专著及大量文献资料。内容兼顾理论和实践两个方面,并注意理论联系实际,融合了起爆理论基础和器材设计的内容。在理论研究方面着重介绍了基本概念、基本方法、主要结论及其应用范围。在器材设计与工程应用方面主要介绍了起爆器材结构与性能。对实验研究方法和测试技术给予了重视,介绍了一些新的研究途径和手段。特别是兼顾了安全技术的讲述。向被引用的专著、教材、论文、专利和科技文献的作者表示敬意和谢意。

本书可适用于弹药工程与爆炸技术、特种能源与烟火技术、含能材料、爆破工程、消防工程、影视烟火特效、防火防爆、化工安全、采矿工程、地质工程、热能工程、火工品、爆炸加工、安全工程、应用化学和工程力学等专业的本科生、硕士研究生、博士研究生的专业知识的学习,以及相关领域的科技工作者、工程师和技术骨干的专业学习与培训。

本书由谢兴华(安徽理工大学教授)任主编,全国优秀教师、安徽省爆破协会副理事长、安徽理工大学校长、博士生导师颜事龙教授和中国国防科工委民用爆破专家组秘书长杨祖一教授级高级工程师任副主编。颜事龙编写第3、4、9、13章,杨祖一编写第1、7、10、18章,周慧生编写第2、5、6、8章,其他章节由谢兴华编写。谢兴华负责统稿,颜事龙负责审稿并提供资助,杨祖一撰写序言。郭子如教授、徐颖教授、马志钢副教授、王惠娥讲师、王卫国讲师、吴红波博士、郭进讲师和刘伟讲师参加了本书的部分编排和初校工作。文稿计算机输入由研究生罗伟、张虎、郭宏元、章晋英、杨敏会和朱晶完成。同时,在编写过程中得到胡学先、沈

兆武教授的指导。在此一并表示由衷的谢意。

本书得到安徽省精品课程“起爆器材”、国家特色专业“弹药工程与爆炸技术”建设经费、安徽省教学改革项目“武器类专业的工程整合”、安徽省科技攻关项目“工业炸药生产中意外爆炸的预防”(07010302189)、安徽省高校科研创新团队“新型爆破器材及现代控制爆破技术”(TD200705)、安徽理工大学首批优秀创新学术群体“岩石动力学及现代控制爆破技术”、淮南市自然科学基金和安徽理工大学博士基金等项目经费的资助,在此表示衷心的感谢。限于编者水平和经验,书中缺点错误在所难免,敬请读者批评指正。

谢兴华

2009年1月

目 录

序	i
前言	iii
第 1 章 绪论	1
1.1 起爆器材的作用及发展简史	1
1.2 起爆器材的分类及设计要求	3
1.3 起爆器材应用的药剂	4
第 2 章 热起爆	8
2.1 热爆炸方程	8
2.2 热爆炸方程的求解	10
2.3 爆炸延滞期的求解	19
2.4 热起爆的影响因素	20
第 3 章 机械能起爆	23
3.1 热点学说	23
3.2 摩擦起爆	27
3.3 撞击起爆	31
3.4 针刺起爆	33
3.5 气泡绝热压缩起爆	35
第 4 章 冲击波起爆	40
4.1 均相炸药冲击波起爆	40
4.2 非均相炸药冲击波起爆	45
4.3 冲击波起爆临界能量	49
4.4 炸药冲击波感度的测定	52
4.5 亚微米炸药的冲击波起爆研究	55
第 5 章 电起爆	58
5.1 电起爆的类型	58
5.2 炸药和空气混合物的击穿	60

5.3	炸药内空气击穿起爆	61
5.4	电能作用下起爆器材的安全	65
5.5	炸药静电火花感度	67
5.6	炸药晶体击穿起爆	71
5.7	电爆炸喷涂	73
第6章	光起爆与激光起爆	75
6.1	可见光起爆	75
6.2	激光起爆	80
第7章	灼热桥丝式电雷管	84
7.1	桥丝式电雷管的发火过程	85
7.2	桥丝式电雷管感度和发火时间	86
7.3	桥丝式电引火元件的无损检验	89
7.4	耐温耐压电雷管	92
第8章	可靠性与检验方法	97
8.1	起爆器材可靠性设计	97
8.2	感度实验的统计方法	98
8.3	传爆可靠性的实验方法	101
8.4	起爆器材可靠性的计算方法	107
8.5	矿用雷管发火可靠度	114
第9章	起爆药制造与性能	121
9.1	二硝基重氮酚的结构	121
9.2	二硝基重氮酚的性质	121
9.3	二硝基重氮酚的制造方法及化学反应	126
9.4	二硝基重氮酚的制造工艺	130
9.5	二硝基重氮酚的废水处理	142
9.6	其他起爆药的性质及制造	144
9.7	国外起爆药的概况	160
第10章	黑火药和延期药制造	163
10.1	黑火药概述	163
10.2	影响黑火药燃速的因素	165
10.3	黑火药的生产工艺	167
10.4	延期药制造	171

10.5 国外延期药示例	184
第 11 章 国内瞬发雷管制造	186
11.1 火雷管制造	186
11.2 瞬发电雷管制造	199
11.3 电引火元件的制造	200
11.4 瞬发电雷管的装配工艺	205
11.5 油井电雷管及无起爆药雷管	213
11.6 雷管的性能测试	219
第 12 章 国内延期雷管制造	233
12.1 延期电雷管概述	233
12.2 延期电雷管的结构及延期系列	235
12.3 延期电雷管的装配工艺	237
12.4 延期电雷管的性能及质量检验	242
12.5 新型延期电雷管	246
第 13 章 导火索导爆索制造	255
13.1 导火索制造	255
13.2 导爆索制造	259
13.3 国外索类火工品	270
第 14 章 管状起爆器材制造	273
14.1 导爆管制造	273
14.2 继爆管及非电雷管	288
第 15 章 国外瞬发起爆器材	295
15.1 国外瞬发雷管的介绍	295
15.2 国外电发火元件的特点	298
15.3 雷管装配工艺	300
15.4 抗杂散电流电雷管	300
15.5 国外石油射孔用火工品	303
15.6 电磁雷管	308
第 16 章 国外延期起爆器材	315
16.1 国外毫秒延期电雷管	315
16.2 抗机械撞击和杂散电流的雷管	321

16.3	电子雷管	324
第 17 章	起爆与爆炸装置	331
17.1	小尺寸装药的爆炸	331
17.2	传爆装置	338
17.3	爆炸序列设计	343
第 18 章	起爆器材制造安全	349
18.1	安全生产基本知识	349
18.2	防止雷管生产爆炸事故基本对策措施	352
18.3	废品销毁的安全知识	355
18.4	运输及储存的安全知识	356
参考文献		361

第 1 章 绪 论

1.1 起爆器材的作用及发展简史

起爆器材是能够受外界很小能量激发,即能按设定要求发火或爆炸的元件、装置或制品。它的作用是产生热冲能或爆炸冲能,同时伴有高温高速气体、灼热颗粒、金属飞片等,并能够传给火药或炸药,将其点燃或引爆,特殊场合也可作为独立能源对外做功。起爆器材是属于火工品中的一部分。

起爆器材爆炸产生的能源一般不直接用于工程爆破,在工程方面主要用来起爆各种矿用炸药或其他工程爆破使用的炸药,再由炸药爆炸释放能量完成各种爆破工程。

起爆器材包括雷管、导火索、导爆索、导爆管等,其中雷管占有主要的地位。

在 1867 年以前,黑火药是唯一被应用的火药。那时候,它主要被用作爆破炸药,后又被用作点火药、传火药、延期药和发射药。黑火药用于爆破工程时,最初多用引火捻、引火绳等引爆。这种引火物可称为最早的起爆器材。至 1831 年,发明了将黑火药连续卷在麻绳或棉线中心的方法,制成了导火索,1840 年出现了防水导火索。后来,导火索还用作延期元件,对它的燃烧速度可以控制,出现了各种燃速不同的导火索。由于黑火药制成的导火索延时准确性、点火可靠性均较差,发达国家在 20 世纪 80 年代就已基本淘汰了导火索;2008 年上半年,随着火雷管被淘汰,导火索在我国工程爆破中也被彻底淘汰。

由于黑火药性质的局限性,不能满足爆破规模的日益发展。十七八世纪化学科学的蓬勃发展,为当时各种新炸药的合成提供了基础。早在 1846 年,已制成硝化甘油,但直到 1867 年,才作为炸药而获得应用;苦味酸早在 1771 年只作为染料被应用于纺织工业中,于 1885 年才用于装填炮弹。这些猛炸药在被合成之后,迟迟未能用于实际爆破,原因是找不到一种准确可靠和安全的起爆方法。

强有力的局部机械冲击可以造成猛炸药的爆炸。在堆量相当大时,用火焰点燃,可以由燃烧转变为爆轰;在密闭情况下点火,也有条件产生同样的结果。但是,这些方法都是无法控制的,因而不是可靠、安全和具有实用价值的方法。

1867 年,诺贝尔发现了起爆和爆轰现象,开创了一个在军事和工程上广泛使用猛炸药的新纪元。他的基本方法是用一类猛炸药激发另一类猛炸药,前一类猛炸药就称为起爆药,它很容易被火焰点燃,并瞬间由燃烧转为爆轰,所产生的高温、高压、高速气流对后一类猛炸药实施强有力的局部冲击,实现炸药的爆轰。将起爆药装填在铜制管壳内,便构成了最早的“雷管”。而最初装入雷管中的起爆药,是早在 17 世纪中叶就制成的雷汞。

起爆药的发明和爆轰现象的发现,为雷管的产生提供了物质基础和理论基础;而雷管则是一把打开猛炸药能源的钥匙。

诺贝尔时期的雷管,因为是单一装药,所以称为单装雷管。当时,根据雷汞装药量的不

同,把雷管分成 10 个号,以区别它的威力等级。在工程上多使用 6 号和 8 号雷管,这就是沿用至今的 6 号雷管和 8 号雷管的起源。经过 100 多年的发展,雷管的结构已大不相同,虽然号数一样,其装药量和威力与当初已多有差异,而且各国也有了各国的标准。

为了提高雷管的威力缩短雷管的长度,1920 年后出现了复装雷管。这种雷管上部装有起爆药,下部装有猛炸药,当时采用的猛炸药是梯恩梯或特屈儿,后来绝大部分改为太安或黑索今。当时的起爆药,除雷汞外,又出现雷汞和氯酸钾的混合物称为爆粉,以及氮化铅。由于猛炸药比起爆药的威力大,所以复装雷管比同样装药量的单装雷管的起爆能力高。为了进一步加强管内起爆药对猛炸药的起爆能力和防止漏药,1924 年开始在雷管起爆药柱上面扣上加强帽。这就是沿用至今的火雷管的基本结构。

1881 年出现了瞬发电雷管,即在火雷管的上部固定一个电引火元件。这种雷管应用场合较广,并为其他品种电雷管的诞生奠定了基础。

随着爆破工程的发展,在 1927 年出现了导火索秒延期电雷管。秒延期电雷管和瞬发电雷管不同之处是在通电之后隔一定时间才爆发,并且可以做成各种延期时间。当成组串联、一次通电后,就分段按顺序爆炸,因此这种雷管也叫段发雷管,当初各段时间间隔在一秒以上。在这个基础上,于 1930 年又制成了无气体型秒及半秒延期雷管。1945 年,无气体延期雷管的时间精度更进一步提高,出现了延期时间由十几毫秒至数百毫秒的品种,这就是毫秒雷管及短秒延期雷管,它可以配成多种系列,每个系列可配合十几乃至几十段,为实施毫秒微差爆破提供了可靠的手段。

为了适应特殊的爆破条件的需要和随着科学技术的发展,相继出现了刚性电引火药头电雷管、抗杂散电流电雷管、抗静电雷管、油井电雷管、薄膜电雷管、半导体桥雷管、少起爆药雷管、编号雷管、网络雷管、爆炸桥丝电雷管、磁电雷管、无起爆药雷管、非电起爆雷管和数码电子雷管等品种。至今,小小一枚雷管已经是集化学、物理、电工学、新材料、信息处理技术于一身的高技术产品,其生产工艺装备也已经逐渐实现了自动化、连续化操作。

导爆索是一种传递爆轰波的索状起爆材料,它和雷管一样可以起爆炸药。最早的导爆索是在一条小直径的软金属管里装满硝化棉或梯恩梯。1919 年由于大量生产了爆速高、威力大、感度好的太安、黑索今等猛炸药,以它们为药芯,将金属外壳改成棉麻纤维外壳,这样,导爆索才得以大量生产和使用。之后又研制了煤矿导爆索、油井导爆索等品种。

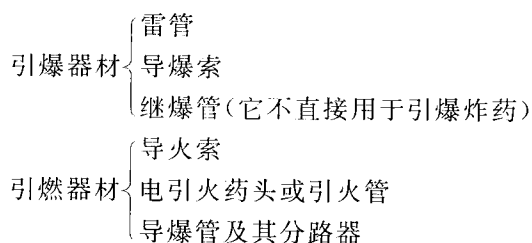
继爆管是同导爆索配套使用的一种延期起爆器材,将它串接在两根导爆索之间,就能使一根导爆索的爆轰传递给另一根,并起到毫秒延期作用,可用这种方法,实施导爆索地面网路毫秒控制爆破。

我国是最早发明火药的国家,勤劳的中国人民积累了丰富的火工技术方面的经验,但在世界近代史上已经落伍了。新中国成立前,我国仅有的几个由外国资本家控制的工厂,生产也已经奄奄一息;新中国成立后,随着国民经济建设的蓬勃展开,对起爆器材品种和产量的需求不断增长,至 2006 年全国生产工业雷管 32 亿发,索类产品 10 亿米。特别是近十年来,起爆器材科研活动异常活跃,新颖起爆药不断涌现,非起爆药雷管工业化生产技术居世界领先水平,性能优良的刚性电引火药头电雷管、等间隔毫秒雷管、磁电雷管等占有相当比重,人机分离的连续化、自动化雷管装填设备已经具备推广应用的条件,数码电子雷管已经进入工程应用阶段,通过雷管编码技术以及雷管编码信息计算机管理系统,在世界范围内首先实现了对每发雷管由生产至爆炸消亡全过程跟踪管理。我国起爆器材整体生产技术水平与世界发达国家的差距越来越小。

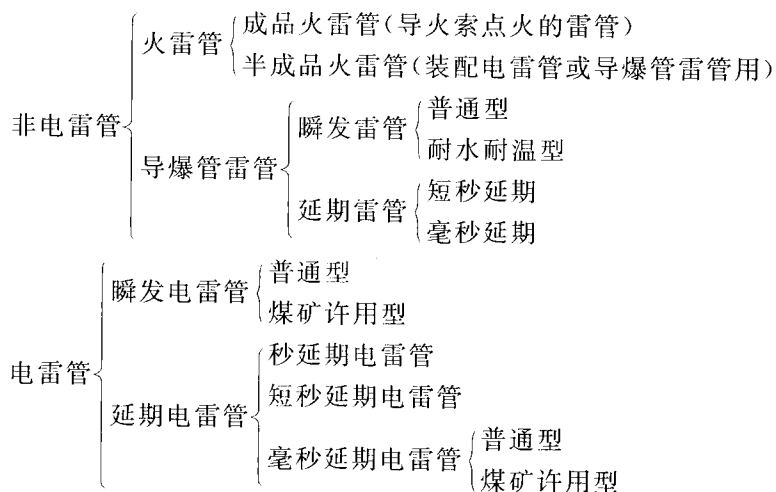
1.2 起爆器材的分类及设计要求

1.2.1 起爆器材的分类

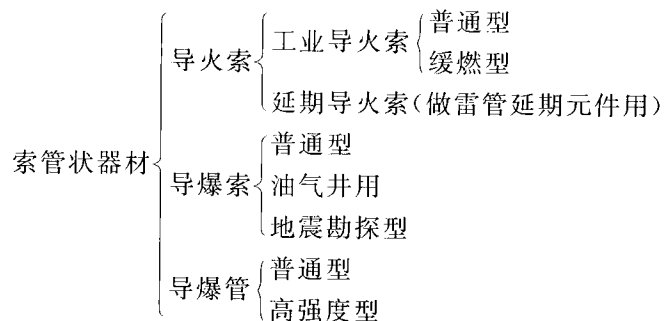
1. 起爆器材按作用特性分类



2. 雷管的分类



3. 索管状产品的分类



1.2.2 起爆器材的设计要求

1. 适当的感度

感度是指起爆器材作用时,需要激发能量的大小。感度高表示激发时输入的能量小;感度低则需要输入的能量就大。感度要适当,这样才能确保作用的准确、可靠以及生产、运输、贮存和使用的安全。

2. 适当的威力

威力是指起爆器材作用时输出能量的大小。威力的大小是要满足使用的要求,威力小不能起爆炸药或不能完成预定的任务;威力过大也无必要,除造成材料的浪费外,对一些特殊用途的产品,还可能不利于任务的完成。

3. 良好的安定性

安定性是指产品长期存放在一定条件下,不会发生自燃、自爆和变质或失效。安定性的好坏决定于起爆器材中所使用的药剂本身或相互之间,以及药剂与其盛装的金属壳、非金属零件之间,在一定的温度和湿度下贮存一定时间是否发生物理或化学变化。不发生变化或变化很小时,安定性好;反之,安定性差。

4. 环保性好

在生产过程中,不应有三废排放或通过技术手段可得到治理;爆炸生成物尽可能不会污染环境。

5. 实用性好

工艺路线和装配结构简单,易于实现工业化生产。

6. 经济性好

在保证起爆器材性能良好的条件下,结构要简单;零件加工容易;采用的原料来源丰富,价格低廉。

7. 实现系列化、标准化、通用化

一种好的起爆器材应能实现系列化、标准化、通用化。这对提高生产率、降低成本、扩大适用范围、保证质量和安全都有十分重大的意义。

1.3 起爆器材应用的药剂

1.3.1 起爆药

在起爆器材的装填中,一部分产品要装入起爆药,由于起爆药是首先爆炸的装药,所以常称为主药、第一装药、原发装药等。它的作用是起爆猛炸药,使其达到稳定的爆轰。

起爆药是炸药的一个类别,因此起爆药具备炸药的一切基本性质,但也具有区别于一般炸药的特征,其特征一般有以下几方面:

(1) 起爆药的感度高,在较小的初始冲能如火焰或热能、冲击或摩擦作用下,即可被激发而发展为爆轰。

(2) 起爆药的爆速增长快,起爆药爆炸变化一经开始,其速度就很快地加速进行,在较

短的时间或长度内,能从发火点的初始燃烧扩展为稳定爆轰。

(3) 具有一定的起爆能力,即起爆药爆轰形成后,其爆轰波足以激发引爆多数单体炸药与混合炸药,使其很快达到稳定爆轰。起爆药的爆炸变化速度增长快及其爆轰速度也较高时,起爆能力较强。

起爆药的起爆能力,通常用极限药量来衡量,某种起爆药对某种猛炸药的极限药量,是指能引爆 0.5g 猛炸药装药达到稳定爆轰所需起爆药的最小装药量。极限药量越小,表明起爆能力越强。

(4) 生成热多为负值,因大多数起爆药是吸热化合物。炸药的爆热是爆炸产物生成热与炸药生成热之差。所以当起爆药本身生成热为负值时,爆热较大。

对起爆药的要求如下:

(1) 对于撞击、摩擦等机械作用的敏感度要小,以利安全。

(2) 化学安定性要高,在一般的贮存条件下长期贮存不会变质;在一定时期内,在热、光、水汽、二氧化碳的作用下并不改变其理化性质和爆炸性质;不与外壳起化学变化。

(3) 生产过程无三废排放或可治理并达到合格排放,爆炸产物无二次污染问题。

(4) 具有良好的流散性,以利于机械装填。

(5) 具有良好的耐压性能,起爆药装填受压后,对火焰的感度不应有明显下降;达到稳定爆轰的反应加速期增加较小,极限药量变化较小。

(6) 产品结晶中微粉较少,不易飞扬,以消除生产隐患和保证工人健康。

(7) 生产工艺简单,原料来源丰富、价格低廉。

到目前为止,我们还不能讲已经找到某一种完全满足了这些要求的起爆药,即便是最常用的几种,也还有某些方面的不足,不过经过长期的探索、实践、对比和改进,我们对起爆药的生产和使用,已日趋完善。近年来,起爆药新品种如叠氮胍镍等也有可喜进展。

起爆药分为化合起爆药及混合起爆药。化合起爆药分很多类别,常用的有雷酸盐类中的雷汞 $[\text{Hg}(\text{ONC})_2]$;叠氮化物类中的叠氮化铅 $[\text{Pb}(\text{N}_3)_2]$;硝基酚重金属盐类中的三硝基间苯二酚铅 $[\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb} \cdot \text{H}_2\text{O}]$;及重氮化合物中的二硝基重氮酚 $[\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_2\text{ON}_2]$ 。

混合起爆药为两种或两种以上的起爆药相混合;或起爆药与氧化剂相混合组成的起爆药,这种起爆药的感度及起爆性能都较好。还有,起爆药与猛炸药混合的微起爆药发展势头良好。

雷汞是最早发现和使用时间最长的一种起爆药,早在 17 世纪中叶就已制成并研究了它的爆炸性质,到 1867 年开始用于雷管中。雷汞差不多满足了对起爆药的所有要求,但严重不足的是它以稀贵的金属水银和大量的酒精作为基本原料。此外,在制造雷汞的过程中产生大量的有害气体;它的耐压性较差,摩擦感度较高,对热的化学安定性较低。这些缺陷,迫使人们探求一种可以代替它的新起爆药。

叠氮化铅在 1890 年已被合成,叠氮化铅最突出的优点是爆轰成长期极短,所以起爆能力强,极限药量小;另外耐压性能、耐热性及热安定性好。其缺点为生产过程安全性较差;另外其火焰感度低。近几年来,我国引进国外先进技术,可将叠氮化铅制成球形,使其流散性、使用安全性能进一步提高,有望在生产上进一步扩大应用。

为了弥补雷汞和叠氮化铅的某些缺陷,导致了混合起爆药的产生。最早在 1910 年出现的“爆粉”就是其中之一,它是雷汞和氯酸钾的混合物。在欧美一些国家,多采用叠氮化铅与三硝基间苯二酚铅的混合物,这样就有助于改善叠氮化铅的火焰感度而又基本保留了氮化

铅的起爆能力,三硝基间苯二酚铅是一种对火焰非常敏感的起爆药,于1914年制得,但它的起爆力较小,不宜单独用作起爆药。我国科技工作者研制的D·S共沉淀、K·D复盐起爆药等,具有相容性好、火焰感度高、不吸潮、起爆性能优良、稳定;生产过程废水量少、成分简单、容易处理;原材料易得、成本低等优点。但由于其装填过程中极易爆炸,近年来逐渐被淘汰。

二硝基重氮酚早在1858年就已合成,当初作为染料,后来才确认它具有起爆药的基本性质。最早制得的二硝基重氮酚,呈松散的片状或针状粉末,无法装填。20世纪50年代工作的重点是探索一套能制成有使用价值的二硝基重氮酚的生产工艺,并在国内得到大面积推广应用,但由于该起爆药耐压性能差、粉尘大,尤其是生产过程中产生大量污水而无有效治理办法,人们极力探讨完善和改进的措施,但至今仍无有效办法。

近些年,对含能配合物和络合物的研究,各国科技人员都表现出了极大的热情,我国科技人员在此方面取得了令人鼓舞的成果。其中GTG起爆药和NHN起爆药已经在生产上得到推广应用。

GTG起爆药即“高氯酸三碳酰肼合镍(Ⅱ)”,是由碳酰肼的水溶液与高氯酸镍的水溶液在一定温度和条件下反应制得的一种配合物。GTG起爆药为白色多面体结晶,理论密度为 $2.076\text{g}/\text{cm}^3$,相对密度为 $2.07\text{g}/\text{cm}^3$,假密度为 $0.9\sim 1.2\text{g}/\text{cm}^3$,具有良好的流散性。性质稳定、不吸潮、不分解、耐热性好,生产用原材料的毒性比叠氮化铅生产用原材料的毒性低。其摩擦感度、撞击感度和静电感度与猛炸药太安相当,在常规条件下难以被火焰点燃;生产过程中废水量较少等优点,已经被一些雷管生产企业采用;其缺点是湿态下与铁等金属不相容。

NHN起爆药是硝酸三肼合镍(或者硝酸三肼镍)的简称。英文写法为:Nickel Hydrazine Nitrate,化学式 $[\text{Ni}(\text{N}_2\text{H}_4)_3](\text{NO}_3)_2$ 。二价镍离子是具有配位数为6的金属离子,唯一的空间构型是八面体。镍离子居于八面体中心,六个顶角分别为六个氮原子占据。由于其分子内同时含还原性、氧化性基团,故具有燃烧和爆炸特性。NHN起爆药为玫瑰色聚晶,晶体不很规则,但密实均匀,粒度一般在 $60\mu\text{m}$ 以上;相对密度 $2.129\text{g}/\text{cm}^3$;实测假密度 $0.7\sim 0.95\text{g}/\text{cm}^3$;几乎不溶于水、甲醇和乙醚,微溶于乙醇和丙酮;NHN与浓硫酸作用会发生燃烧,但与浓硝酸或稀的酸碱溶液作用,只发生缓慢分解,不燃不爆;NHN对棉织品和化纤制品等无着色能力,也不会沾染人体皮肤,因而其制备和使用都非常洁净,可大大改善起爆药生成环境;生产过程中的污水易处理。

另外,我国对非起爆药雷管研究始终未间断,而且取得了应用性成果。其中最典型的成功例子如下:KBG起爆药,由高氯酸钾和苦味酸铅经机械混合而成,装填过程中通过强约束实现了起爆药的功能,该药剂具有低机械感度、火焰感度较好,而且工业污染废水少,已经在工业化生产中应用几十年。活塞式雷管,将单质炸药如太安超细粉碎后造粒,再通过装配强约束结构,将药剂点燃形成燃烧产生冲击破片引爆后续装药,该项技术中无任何原来意义上的起爆药成分,生产、使用全过程均安全,无任何废水产生,目前已经实现工业化应用。

1.3.2 猛炸药

各种起爆器材绝大多数也要装入猛炸药,猛炸药是由起爆药激发而爆炸,它的作用不仅是传递起爆药已形成的爆轰波,而且还能把它提高到更大的速度,从而形成稳态爆轰压力并持续一定时间。