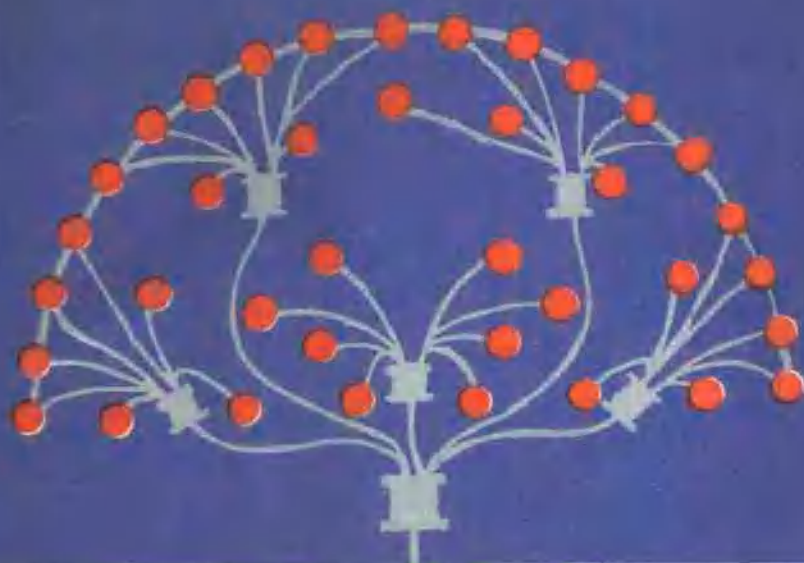




导爆管起爆技术

娄德兰

中国铁道出版社

71-252-42
L-253

导爆管起爆技术

娄德兰

中 国 铁 道 出 版 社

1995年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

起爆是爆破工程的关键环节。本书主要介绍导爆管起爆系统和非电起爆网路的原理、性能以及导爆管起爆网路在浅孔控制爆破、深孔爆破、洞室爆破、拆除爆破、隧道(隧洞)爆破中的应用。书中附有详细插图并列举许多实例,同时因其文字通俗易懂,因此不仅可供工程技术人员参考,而且也适于爆破工使用。

导爆管起爆技术

姜德兰

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 安鸿逵 封面设计 翟 达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:787×1092毫米 1/32印张:5.625 字数:124千

1995年8月 第1版 第1次印刷

印数:1—2000册

ISBN7-113-01982-X/TU·428 定价:6.00元

前 言

起爆網路的设计在爆破设计中是一个关键环节。多炮孔爆破时,要靠一定形式的起爆網路把引爆能量传递到各个炮孔中的雷管,才能使炸药起爆,实现理想的爆破。起爆網路设计的失误,将导致整个爆破的失败。

目前常用的起爆方法分非电起爆和电起爆两大类。非电起爆法包括导火索-火雷管起爆法、导爆索起爆法、塑料导爆管-延时非电雷管起爆法。

塑料导爆管起爆系统是近些年发展起来的新型起爆器材。以塑料导爆管为主要传爆器材组成的起爆網路布设简便,不受周围电场以及雷电等影响,安全可靠。这种起爆網路可以起爆小至一个混凝土基座的拆除爆破,大至装药数百上千吨,松动几十万上百万立方米的石方控制爆破。这种起爆網路的最大特点是可以由很少几个段别的延时起爆非电雷管组成微差起爆網路,实现大区域石方控制爆破。

实现一次好的工程爆破需要有好的起爆網路。而一个理想的起爆網路应具备以下条件:

第一,具有传递爆炸信号能力,有足够的能量可靠地引爆目前大量使用的各种类型的单质炸药和混合炸药;

第二,有安全撤离现场的时间,并能隔绝外界影响因素,避免过早激发;

第三,相邻炮孔之间或一个炮孔内上下部装药之间能按需要依序延时起爆;

第四,操作简便,成本低廉。

塑料导爆管起爆系统组成的起爆網路能够实现以上条

AEF 04/08

件,从而完成一项理想的工程爆破。它安全、简便,通过一定联结方式可进行孔内微差、孔外微差起爆,延时时间可任意择定,具有很大的灵活性。塑料导爆管起爆系统用于各种类型爆破中,显示出很强的生命力。

随着现代化建设的迅猛发展,爆破工程所处的环境越来越复杂,条件越来越苛刻,风险大。塑料导爆管起爆系统能帮助我们安全地完成任各。

我院(铁道建筑研究设计院)是最早推广应用塑料导爆管起爆系统的单位之一。几年来,我们根据不同的爆破工程和爆破目的——拆除爆破、深孔爆破、洞室石方爆破、深水石方爆破,不同的爆破环境以及现场实际备有的起爆器材,研究设计敷设过各种相应的爆破网路,并获得了多项科研成果奖,把塑料导爆管非电起爆技术推向一个个新的水平,孔外微差起爆网路的设计和理论分析达到了国际先进水平。

鉴于目前工程爆破界认识塑料导爆管这种新型起爆器材优越性的人尚不很多,还没有广泛地将塑料导爆管用于工程爆破。因此,作者结合多年来的研究成果和实践经验写成这本书,希望能对推广应用塑料导爆管,对正在使用塑料导爆管起爆网路的爆破工程技术人员有所助益。

本书避免复杂的公式推导,力求用简练的语言、浅显的道理告诉读者怎样做,使读者看了以后能照着去实施。

本书有些内容,引用了不少同事和同行的论著和一些单位的资料,在此表示衷心的感谢。本书在写作过程中,承蒙阮月波工程师的大力协助,亦表示感谢。

书中错误和不妥之处,诚恳希望读者批评指正。

作 者

1994年12月

目 录

第一章 导爆管起爆网路.....	1
第一节 导 爆 管.....	1
第二节 导爆管起爆系统	11
第三节 导爆管起爆网路形式	24
第二章 微差起爆技术	36
第一节 微差爆破机理	37
第二节 微差起爆间隔时间	38
第三节 微差起爆网路	44
第四节 起爆时间偏差	54
第三章 导爆管在浅孔控制爆破中的应用	59
第一节 浅孔石方控制爆破的特点	59
第二节 浅孔控制爆破常用的起爆网路	60
第三节 工程实例	65
第四章 导爆管在深孔爆破中的应用	76
第一节 深孔爆破的特点	76
第二节 微差起爆网路	76
第三节 大爆区深孔爆破网路设计	83
第四节 工程实例	86
第五章 导爆管在洞室爆破中的应用	96
第一节 洞室爆破的特点	96
第二节 起爆网路的基本形式	97
第三节 洞室爆破网路设计.....	105
第四节 工程实例.....	110
第六章 导爆管在拆除爆破中的应用.....	126

第一节	拆除爆破的特点.....	126
第二节	基础拆除爆破起爆网路.....	127
第三节	烟囱水塔定向倒塌起爆网路.....	133
第四节	楼房拆除爆破起爆网路.....	136
第五节	旧桥拆除爆破起爆网路.....	147
第六节	网路联结注意事项.....	154
第七章	导爆管在隧道(洞)爆破中的应用.....	156
第一节	隧道(洞)爆破的特点.....	156
第二节	微差起爆网路.....	157
第三节	工程实例.....	162
第八章	导爆管在水下爆破工程中的应用.....	166
第一节	水下爆破的特点.....	166
第二节	起爆网路.....	169
第三节	工程实例.....	171
参考文献		174

第一章 导爆管起爆网路

第一节 导 爆 管

一、导爆管的构造

塑料导爆管是内壁涂覆有极薄层炸药粉末的空心塑料软管。不同型号的导爆管所用的塑料品种不完全相同,颜色也不一样。涂覆在内壁上的混合粉末中常用的炸药有奥克托今、黑索金、太安、梯恩梯、二硝基乙脒、特屈儿,单一品种或以上两种及两种以上的混合物。

我国普通型号(H-2型)塑料导爆管的结构如图1-1所示,系高压聚乙烯管,呈乳白色,涂覆在内壁上的炸药粉末通常为由奥克托今(或黑索金)等猛炸药、适量铝粉及少量工艺附加物组成的混合药粉,每米导爆管药量为14~18mg。

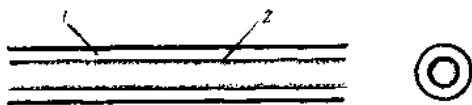


图 1-1 H-2型塑料导爆管构造

1——塑料管;2——涂覆的炸药粉末。

另外,还有一些用非高压聚乙烯(像尼龙、聚丙烯、低压聚乙烯等)为管材的塑料导爆管,以适应特殊条件的爆破需要。

因为目前导爆管的管材均为塑料,尚未见有其他材质的,所以本书以下叙述中将塑料导爆管简称为导爆管。

二、导爆管的传爆原理

导爆管受到一定强度的激发冲量作用后,管内出现一个向前传递的爆轰波,它是一个作用时间在 0.1ms 以下的三角形压力脉冲波。开始时,它有一个从不稳定传播到稳定传播的过程,这个过程约需长 30cm 导爆管,只要管内混合炸药的密度是一致的,爆轰波的传播速度将是恒定的。

维持导爆管内信号传递的能源是管内混合炸药的反应放热。正常传爆时,导爆管内壁上粘附的炸药粉末受到爆轰波前沿冲击波波阵面上的高温和压力作用,炸药表面发生化学反应,反应的中间产物迅速向管内扩散,与空气混合后继续发生剧烈的爆炸。爆炸时放出的热量,一部分使余下的炸药微粒继续反应,一部分用来维持管内的温度和压力,支持前沿冲击波向前移动,前移的冲击波使未反应的炸药发生反应,形成导爆管的稳定传爆。冲击波传播到管口时,出现以导爆管出口轴心为球心的球面波。这种球面波不能直接引爆工程炸药,但能激发雷管内敏感度较强的副起爆药而使雷管起爆。这种球面波使得冲击波波阵面面积扩大成扇形扩散,在此范围内若置有导爆管,则导爆管将被传爆。这种球面波遇到阻挡会反射回来,若紧挨着出口阻挡物置有导爆管,此导爆管能被传爆。

导爆管被引爆后,我们可以看到管内闪着一道白光,前头有一个特别亮的光点向前快捷移动。整根导爆管除个别地方被爆轰波击穿个小洞外,塑料管不会遭到损坏。

导爆管既可从轴向引爆,也可从侧向引爆。轴向引爆就是把引爆源对准导爆管管口,侧向引爆是把引爆源置于导爆管管壁外方。轴向起爆的传爆原理已如上述。侧向起爆时,外界激发冲量作用到管壁,管壁发生变形处于受压状态,管腔中空

气介质形成绝热压缩,产生一系列压缩波,这些压缩波叠加发生压力突跃升高的冲击波,冲击波引发炸药粉末发生化学反应,形成稳定传爆。

三、导爆管的主要性能及其质量检验

(一)导爆管的技术性能

1. 传爆速度

导爆管的传爆速度与管内壁涂覆的混合药粉的组成有关。用单一的奥克托今或黑索金的,爆速为 1500~1900m/s,加入适量铝粉后,爆速提高到 1950~2050m/s。用太安代替奥克托今的,爆速为 2000~2060m/s。用 60%黑索金与 40%梯恩梯的,爆速为 1900~2000m/s。用二硝基乙脲的,爆速为 1700~1800m/s。爆速为 1850~2200m/s 的称高爆速导爆管,爆速低于 1700m/s 的称低爆速导爆管。

导爆管的传爆速度还受环境温度影响。这种影响是通过环境温度对管材的影响来实现的。随着环境温度的降低,管材变硬,导爆管传爆时,管壁形变减小,则爆速提高;反之,环境温度升高,管壁变软,爆速会降低。实验表明,高压聚乙烯导爆管随温度变化的规律可用下式表式:

$$D_t = D_{t_0} + \alpha(t_0 - t)$$

式中 D_t ——环境温度 t ℃时的爆速, m/s;

D_{t_0} ——环境温度 t_0 ℃时的爆速, m/s;

α ——爆速温度系数, m/s·°C, 即温度每变化 1℃时爆速的改变, 其值与塑料品种、加工条件有关。常用的 α 值为: $t_0 = 14^\circ\text{C}$, 当 $t < t_0$ 时, $\alpha \approx 0$; $50^\circ\text{C} > t > t_0$ 时, 低爆速导爆管 $\alpha = 4.78\text{m/s} \cdot ^\circ\text{C}$, 高爆速导爆管 $\alpha = 3.22\text{m/s} \cdot ^\circ\text{C}$ 。

表 1—1 为华东工学院生产的 H-2 型导爆管爆速随环境温度变化的实测值。

H-2 型导爆管爆速实测值(m/s) 表 1-1

温度 t(℃)	-42	-20	0	14	22.5	34	50	70
高爆速导爆管	2029	2015	2013	1991	1955	1929	1851	1672
低爆速导爆管	1691	1684	1677	1672	1635	1581	1481	1385

2. 抗电性能 在长 10m 的导爆管两端加 30kV 直流电压(电容 300pF)1min,不起爆。

3. 抗火性能 导爆管放在明火上烧,不被引爆。

4. 抗冲击性能 使用卡斯特落锤仪,用 10kg 的落锤从 150cm 高处自由落下侧向冲击导爆管,不被引爆。

5. 抗拉性能 允许使用静拉力:50℃时,4kN;20℃时,60kN;-40℃时,90kN。

6. 抗水性能 在水深 80m 处放置 48h 性能不变,仍能可靠起爆。

(二)导爆管的使用条件

导爆管在下列使用条件下均能正常传爆:

1. 传爆长度从零点几米至几千米;
2. 导爆管内断药长度不超过 15cm;
3. 环境温度-40℃~50℃;
4. 导爆管局部打结、拉细或对折(但未将管腔堵死);
5. 在深达 180m 的水下;
6. 用胶布、套管或其他方法对接导爆管。

导爆管在下列情况下将发生拒爆现象;

1. 导爆管内有大于 20cm 的断药;
2. 导爆管内有炸药结节,即混合药粉涂层在管内堆积

成节,传爆时有可能将导爆管炸断或炸裂;

3. 导爆管裂口大于 1cm;

4. 导爆管腔由于种种原因被堵塞,例如有水、砂粒、木屑等异物,或者过分对折;

5. 水下使用时管壁出现破洞。

导爆管不能用于有瓦斯和煤尘爆炸危险的处所。

(三)导爆管的贮存

导爆管的贮存期与其构成材料和贮存保管条件有关。高压聚乙烯管保存得当可以存放 10 年以上,军用炸药的贮存期可超过 15 年,掺加了铝粉的贮存期也相当长。目前尚未发现这几种物质间有化学作用,因而导爆管的贮存期决定于保管条件。

导爆管应存放于仓库中。仓库内通风要好,库内温度不宜过高,避免阳光照射导爆管。产品应用塑料袋封装,以减少氧化作用。严禁将导爆管长期堆放在露天,以防阳光曝晒、雨淋和高温。实验表明,导爆管在阳光下曝晒一两个月管壁就会脆化、龟裂,这是由于塑料分子受紫外线和氧的作用发生降解造成的。

普通型号的导爆管按上述要求存放,贮存期可超过 5 年,爆速和其他性能基本不变。在爆破精度要求较高的场合,使用前最好对导爆管作性能检验。

(四)导爆管的质量检验

导爆管无法用仪器进行量测,又是一次性消耗品,因此在现场使用前要作必要的质量检验,确认质量合格后方可使用。

质量检验的内容包括外观检查、消耗性试爆和爆速测试。用于不太重要的爆破工程时,可只作外观检查和消耗性试爆;用于较大的或较重要的工程则应作爆速测试。

1. 外观检查

就是从外观上查看有无断药、破损、破洞、过细过粗、管腔堵死等会影响传爆的缺陷,若有,则弃之不用,或者妥善处理后再用。另外还要察看端头的密封情况,若密封不良,应把端头多剪掉一些。

2. 消耗性试爆

欲试爆的导爆管,每卷两端头各剪取 10~20m 用来试爆,试爆的内容有:单根导爆管,导爆管对接,导爆管引爆火箭管,导爆管侧向起爆。试爆必须 100% 成功,方可放心使用。

3. 爆速测试

如果要精细检验导爆管,则应测试导爆管传爆速度。

导爆管传爆速度的测定要借助于仪器。这里推荐采用湖南湘西无线电厂制造的 BQ-2 型爆破器材参数综合测试仪。它测定导爆管传爆速度的原理是:将导爆管穿入一铜管中,在铜管两端各有一穿透管壁的刻槽(两刻槽间的距离 L 应事先量好),对着刻槽固定光敏元件,光敏元件的引线分别接至仪器的“开门信号接收”和“关门信号接收”接线柱;引爆导爆管,导爆管中传爆的光点经过“开门”光敏元件时,仪器开始计时,待光点经过“关门”光敏元件时,光敏信号令仪器停止计时,显示屏即显示从“开门”到“关门”这段时间的时间值 t ,则可求出导爆管传爆速度 $u=L/t$ 。例如,两刻槽间距 $L=40\text{cm}$,显示的时间 $t=204\mu\text{s}$,则传爆速度 $u=0.4\div0.000204=1960\text{m/s}$ 。

四、引爆导爆管的方法

用明火烧、用锤击都不能引爆导爆管。导爆管依靠强烈冲击波来稳定传爆。凡是能形成强烈冲击波的手段都能引爆导爆管。

引爆导爆管的方法有下面几种。

(一)用击发枪、击发管引爆

击发枪外形像手枪。导爆管插入枪管,装上发火帽,扳动扳机,撞击发火帽即可引爆导爆管。

击发管是一钢管,后端装置一强力弹簧。导爆管从钢管前端插入,装上发火帽,释放弹簧,撞针撞击发火帽而引爆导爆管。

由于火帽发出的冲击能较弱,通常只能轴向引爆单根导爆管。引爆时,导爆管端头与火帽间距离不得大于 3cm,否则将拒爆;火帽受潮或撞针冲力不够时,会使火帽发出的冲击能减小,影响引爆甚至拒爆。

(二)用电雷管起爆器引爆

将要引爆的导爆管用电工胶布绑扎在电雷管外,电雷管两脚线经电线引接至电雷管起爆器输出接线柱上,起爆器充电,按下起爆按钮,电雷管被引爆,进而引爆导爆管。

由于电雷管起爆时的冲击能量大,它可以侧向引爆多达数十根导爆管。电雷管使用前应当用电雷管测试仪(俗称电桥)检测,选质量合格者。

(三)用导火索火雷管引爆

将一小段导火索与火雷管联结好,把要引爆的导爆管用电工胶布捆绑在火雷管外,点燃导火索,引爆火雷管进而引爆导爆管。

火雷管起爆时的冲击能量大,它可以侧向引爆数十根导爆管。

(四)用导爆管击发笔引爆

用击发枪、击发管引爆导爆管和用火雷管引爆导爆管,都要将主导爆管从工作面引至起爆地点(起爆地点选安全距离

外或较隐蔽的地方),在大型爆破中要消耗一段很长的导爆管,不经济。

导爆管击发笔是专门用来引爆导爆管的一种装置。它是,以高压脉冲电作为电源,用电线取代作引线用的主导爆管,而电线可反复用,所以它方便,安全,经济。

常用的 JFB-1 型击发笔,外形同自来水钢笔,长 120mm,直径 12mm,用绝缘性能好的塑料制成,笔尖即放电元件,有固定的放电间隙,保持最佳灵敏度,外径 1.17mm,用时插进导爆管里。为适于不同的作业场合,生产了将放电元件装入塑料管中(JFB-2 型)和塑料盒中(JFB-3 型)形成系列产品。它的配套专用电源为电容放电器,脉冲电压达 1600V。

使用前要作检查和试爆。击发笔的脚线要无损伤,无短路、断路现象,笔尖清洁无异物,开路电阻为无穷大,用 1000V 兆欧表检测绝缘性能应大于 $2M\Omega$ 。导线应无漏电,无断路、短路现象,电阻值应小于 10Ω 。若超过 10Ω 需更换较大截面的导线或改用 JFB-3 型击发笔。按说明书要求组装后进行试爆:将击发笔尖插入长约 50cm 的导爆管端头,联结导线和电源,送电,起爆,确认正常后即可携至现场使用。

在临近工作面的地方选好放置击发笔的位置。在起爆点将导线一端短路,然后向工作面方向铺设,到击发笔处作导通测试,确认导线完好后待用。剪取约 2m 导爆管安装在击发笔尖上,将击发笔脚线与导线联好,设专人看管,待无关人员撤离至安全区后,将击发笔上的导爆管和起爆网路联结。人员全部撤离。在起爆点按指挥员指令接电源,送电,起爆。

爆后回收击发笔和电线,检查修理击发笔尖,留待下次再用。

(五)用电雷管起爆器接起爆头起爆

在电雷管起爆器的输出端接上起爆头(也称起爆栓),将导爆管插在起爆头的放电针上。起爆器充电至指示强度,按下起爆钮,起爆头的放电针产生一定强度的高频振荡电火花,引爆导爆管。

起爆器是一种电子仪器,使用、携带都很方便、安全。

(六)用导爆索起爆

将导爆管捆在导爆索外,在导爆索传爆过程中引爆导爆管。这是利用炸药爆炸产生的冲击波来引爆导爆管的一种方法。

用发火帽、雷管和导爆索引爆导爆管,都是借助于炸药爆炸产生冲击波来引爆导爆管,作业中隐含着不安全因素。但是火雷管可以就地取材,不需要专门的起爆装置,且能侧向同时引爆多根导爆管,在实践中是最受欢迎的一种起爆方法。导爆管击发笔和电雷管起爆器接起爆头是用脉冲电流产生的高频电火花引爆导爆管,它安全,还可以节省一大段用作引线的导爆管,但每次只能引爆一根导爆管,并且要购置专用起爆装置,不经常作爆破施工的单位不常用。

实际工作中,应根据具体情况,因地制宜地选择合适的起爆方法。对于长期进行爆破作业的单位,最好能购置导爆管击发笔或起爆器,使用起来既安全又经济。

五、导爆管的连接

一捆导爆管总有用完的时候,在需要延长的地方,要将新导爆管与它连接起来。联网路时难免联错,在不该剪断的地方把导爆管剪断了,要重新接起来。导爆管联成网路时,也免不了要有连接。

1. 单根导爆管的连接可用连接管。连接管是比导爆管稍粗些的圆塑料管。选取内径比导爆管外径稍小的塑料管, 什么颜色的都可, 将它剪成 $5\sim 8\text{cm}$ 一截。把要连接的导爆管端头剪去一小段, 直至不潮、不脏、不断药, 然后将它们相对插进连接管中即可(插不进去时, 可把导爆管拉一拉, 拉细一点)。连接好的接头, 稍稍用力往外拉会感到不易拉脱。在雨天或有水的场地, 须用防水胶条把连接处包好。

2. 一根导爆管与多根导爆管连接, 可用联接管。见本章第二节。

六、特种导爆管

近年来, 为了满足多种爆破工程的需要, 生产了耐高温、高强度的复合结构塑料导爆管。

这种导爆管有两层, 内层管选用耐低温、透明度好、粘附能力强、易于加工的塑料, 按照常规工艺生产, 外层管选用耐高温、抗拉强度高、抗腐蚀性能强的塑料, 采用复合工艺在内层管外复合而成。这种导爆管能满足混装车预装药对起爆器材的要求, 适用于自动化装药机。其结构尺寸为: 内管内径 $1.4\pm 0.1\text{mm}$, 内管外径 $2.1\pm 0.5\text{mm}$, 外管外径 $3.0\pm 0.1\text{mm}$ 。

特种导爆管的主要性能:

1. 耐高温—— 80°C 恒温 72h, 性能正常;
2. 耐低温—— -40°C 恒温 72h, 性能正常;
3. 耐酸性—— $\text{pH}=1$ 时, 在 80°C 的酸性溶液中恒温浸泡 72h, 性能正常;
4. 耐碱性—— $\text{pH}=14$ 时, 在 80°C 的碱性溶液中恒温浸泡 72h, 性能正常;
5. 抗水性——水深 1m 处浸泡 30 天, 不影响传爆性能,