



普通高等教育“十二五”规划教材  
卓越工程师教育培养计划——现代力学精品教材



# 爆破安全与测试技术

蔡路军 主编 马建军 主审



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材  
卓越工程师教育培养计划——现代力学精品教材

# 爆破安全与测试技术

蔡路军 主编

马建军 主审

科学出版社

北京

# 版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

## 内 容 简 介

本书结合实例和仪器,较为系统地阐述爆破中的安全及测试技术。其内容包括起爆安全、装药安全、爆破产生的危害及其测试技术、爆破安全管理、爆破器材管理、拆除爆破安全、水下爆破安全及爆破实验安全及测试。

本书主要作为工程力学、爆破、采矿、岩土等专业的本科生教材使用,也可作为相关专业科研人员和教师的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

爆破安全与测试技术/蔡路军主编. —北京:科学出版社,2014

普通高等教育“十二五”规划教材,卓越工程师教育培养计划,现代力学精品教材

ISBN 978-7-03-040669-9

I. 爆… II. 蔡… III. ①爆破安全—高等学校—教材②爆破效应—测试技术—高等学校—教材 IV. ①TB41②O38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 102234 号

责任编辑:高 嵘 孙翠勤 / 责任校对:董艳辉

责任印制:高 嵘 / 封面设计:苏 波

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市首壹印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

开本: B5(720×1000)

2014 年 5 月第 一 版 印张:14 3/4

2014 年 5 月第一次印刷 字数:281 000

定价:33.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



# “爆破安全与测试技术”编委会

主 编 蔡路军

副主编 吴 亮 韩 芳 司剑峰

主 审 马建军

# 前 言

近年来,随着国家建设的蓬勃发展,爆破应用非常广泛,在我国每年使用的各种炸药超百万吨,工业雷管超二十多亿发,导爆索上亿米,混装炸药车数百台,爆破从业人员上百万。虽然我国工程爆破水平普遍提高,爆破行业也取得了较大的成就,但爆破事故仍时有发生,安全生产形势依然严峻。爆破事故发生的原因很多,其中一个重要原因是从业人员缺乏爆破安全知识,违反爆破安全规程,对爆破工程的设计关注较多,对爆破产生的危害和爆破安全方面的关注较少,尤其是对定量监测爆破危害的爆破测试技术重视程度不够。

爆破安全技术和爆破测试技术是工程力学、爆破、采矿、岩土等专业的两门重要课程,但少有合适的教材或著作,给教学带来诸多不便。鉴于此,作者总结十多年的教学经验,尝试将爆破安全技术与爆破测试技术的主要内容融合为一体,组编成《爆破安全与测试技术》。本书以爆破安全为主线,将爆破测试技术应用于爆破安全的防护之中,融合爆破安全与测试技术的基本概念和理论,以工程实例为基础,既可指导工程实际生产,又适应了现代工程爆破的需要。本书兼顾理论与应用,可作为工程力学本科阶段的专业教材,同时也可作为采矿工程、建筑工程、水利工程、交通工程、地下工程、地质灾害防治工程等许多领域的专业教材。

本书将爆破安全主要分为爆前安全、爆后安全和安全管理三个方面。第2章和第3章对爆破前的安全进行介绍,主要是起爆中的拒爆和早爆,装药过程中的安全问题。第4章是爆破后安全的介绍,对爆破产生的六大危害及其测试方法进行较为详细的介绍。第5章和第6章对爆破安全管理和爆破器材安全方面进行介绍。第7章介绍拆除爆破中存在的实际问题。第8章介绍水下爆破中存在的实际问题。第9章介绍爆破实验中的安全问题。本书由蔡路军主编,马建军主审,吴亮、韩芳、司剑峰任副主编。第1、3、4、7、8、9章由蔡路军编写,第2章由马建军编写,第5章由吴亮编写,第6章由韩芳编写,第9章由司剑峰编写,全书由蔡路军统稿,马建军审核。

马建军、段卫东、钟冬望和熊祖钊四位老师始终关心本书的形成,给予了许多有益的指导,书中也包含了他们诸多的学术思想和劳动,在此谨致衷心的感谢。本书得到了国家自然科学基金“空气间隔装药爆破破岩机理及其效应研究”(项目编号:51004079)、“基于贝叶斯法的抽水蓄能电站地下厂房结构模型修正方法研究”(项目编号:51108358)和交通厅基金“秦巴山区片岩隧道爆破关键技术研究”(项目编号:2012857216)的资助。感谢学校和中铁港航的支持。同事磨季云、陈浩、李明

方及研究生姜贵、彭胜、殷秀红、黄小武、李丽丹等为本书的资料整理、录入、校对工作付出了辛勤劳动,在此一并表示感谢。

由于水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请同仁和读者批评指正。

编者

2014年3月

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 爆破工程	1
1.2 爆破安全	2
1.3 爆破测试	3
第 2 章 起爆安全	5
2.1 早爆	5
2.1.1 雷电引起的早爆及其预防	5
2.1.2 电磁波、高压电及射频电对电雷管的安全影响	6
2.1.3 静电引起早爆的预防	7
2.1.4 杂散电流及其预防	9
2.2 拒爆	10
2.2.1 炸药因素造成的拒爆	10
2.2.2 起爆网路和操作不当引起的拒爆	12
2.2.3 拒爆的处理	15
第 3 章 装药安全	17
3.1 作业地点的安全保障	17
3.2 浅孔、深孔和药室手工装药的安全	18
3.2.1 浅孔装药的安全措施	18
3.2.2 深孔装药的安全问题	19
3.2.3 手工进行药室装药的作业安全	20
3.3 机械装药的安全	21
3.4 填塞质量的一般要求	25
3.5 二次破碎的爆破安全	25
第 4 章 爆后安全及测试技术	27
4.1 爆破地震效应及监测系统	27
4.1.1 爆破地震概述	27
4.1.2 爆破地震波的强度预报	29
4.1.3 爆破振动效应安全评价标准	32
4.1.4 爆破振动安全距离	41
4.1.5 爆破测震仪	45

4.1.6	爆破振动监测 .....	49
4.1.7	爆破振动的控制及降振措施 .....	55
4.2	爆破空气冲击波 .....	56
4.2.1	爆炸空气冲击波的形成和传播 .....	57
4.2.2	爆炸空气冲击波的基本参数计算 .....	59
4.2.3	爆破冲击波安全允许距离 .....	62
4.2.4	爆破冲击波对建筑物、人员的危害程度 .....	64
4.2.5	爆炸空气冲击波测试系统 .....	66
4.2.6	爆炸空气冲击波防护措施 .....	70
4.3	水下爆破冲击波 .....	71
4.3.1	水下爆炸冲击波的特点 .....	71
4.3.2	水下爆破冲击波传播及衰减规律 .....	72
4.3.3	水下爆破冲击波安全距离 .....	75
4.3.4	水下爆破冲击波测试系统 .....	77
4.3.5	水下爆破冲击波的控制与防护 .....	82
4.4	爆破飞石 .....	83
4.4.1	爆破飞石产生的原因 .....	83
4.4.2	爆破飞石安全距离 .....	84
4.4.3	爆破飞石控制与防护 .....	88
4.5	爆破有害气体 .....	90
4.5.1	炮烟中有毒气体的主要成分及危害性 .....	90
4.5.2	炸药爆炸时产生有毒气体的主要原因 .....	92
4.5.3	爆破后有毒气体安全距离的计算 .....	93
4.5.4	有害气体传感器特点及检测报警仪的分类 .....	93
4.5.5	有毒气体检测仪的选择 .....	95
4.5.6	有害气体的检测 .....	97
4.5.7	有毒气体的防治措施 .....	104
4.6	爆破噪声危害与控制 .....	105
4.6.1	噪声基本概念 .....	105
4.6.2	噪声的评价及声压级计算 .....	106
4.6.3	噪声的危害及允许标准 .....	108
4.6.4	噪声的测量 .....	111
4.6.5	噪声的控制措施 .....	115
4.7	爆破粉尘 .....	116
4.7.1	粉尘性质 .....	116



4.7.2	粉尘测试	119
4.7.3	尘肺病	124
4.7.4	粉尘爆炸及预防	125
4.7.5	粉尘的综合控制	129
<b>第5章</b>	<b>爆破安全管理</b>	<b>133</b>
5.1	爆破安全管理依据	133
5.2	爆破从业人员安全管理	133
5.2.1	爆破从业人员的任职条件与职责	134
5.2.2	爆破作业人员培训	135
5.3	爆破工程分级	135
5.4	爆破作业单位	137
5.4.1	爆破作业单位	137
5.4.2	爆破作业单位资质	137
5.4.3	爆破作业单位的安全职责	139
5.5	爆破工程的安全申报与审批	139
5.6	爆破安全监理	140
5.6.1	建设监理与爆破安全监理	140
5.6.2	爆破安全监理的基本要求	142
5.6.3	爆破安全监理的主要内容与方法	144
5.6.4	爆破安全评估	148
5.7	安全作业环境	149
5.8	安全调查	150
<b>第6章</b>	<b>爆破器材安全管理</b>	<b>152</b>
6.1	爆破器材的储存	152
6.1.1	爆破器材的储存	152
6.1.2	爆破器材的库房管理	154
6.1.3	临时性爆破器材库和临时性存放爆破器材	155
6.2	爆破器材的运输	157
6.2.1	一般规定	157
6.2.2	铁路运输	158
6.2.3	水路运输	158
6.2.4	道路运输	158
6.2.5	航空运输	158
6.2.6	往爆破作业地点运输爆破器材	158

6.3	爆破器材的检验与销毁 .....	159
6.3.1	爆破器材检验的主要内容和方法 .....	159
6.3.2	爆破器材的销毁 .....	163
<b>第7章</b>	<b>拆除爆破安全</b> .....	<b>168</b>
7.1	基础、地坪类拆除爆破的安全技术 .....	169
7.2	高耸建筑物爆破安全技术 .....	171
7.3	楼(厂)房爆破安全技术 .....	172
7.3.1	楼房爆破拆除失误原因 .....	172
7.3.2	楼房预拆除的安全性 .....	173
7.3.3	楼房拆除爆破事故的预测预防 .....	174
7.3.4	楼房拆除爆破事故预防措施 .....	176
7.4	水压拆除爆破的安全技术 .....	180
<b>第8章</b>	<b>水下爆破安全</b> .....	<b>182</b>
8.1	一般规定 .....	182
8.2	水下钻孔爆破 .....	183
8.2.1	水下钻爆工序 .....	183
8.2.2	钻孔安全 .....	183
8.2.3	爆破安全 .....	184
8.3	水下裸露爆破 .....	185
8.4	其他水下爆破 .....	186
8.4.1	水下岩塞爆破 .....	186
8.4.2	破冰爆破 .....	187
8.4.3	爆炸挤淤与夯实 .....	187
8.4.4	潜水爆破和 underwater 结构物拆除爆破 .....	188
<b>第9章</b>	<b>爆破实验安全及测试</b> .....	<b>189</b>
9.1	爆破实验安全分析 .....	189
9.1.1	爆破实验安全因素 .....	189
9.1.2	爆破实验安全管理 .....	191
9.1.3	爆破实验安全措施 .....	192
9.2	爆破高速摄影 .....	198
9.2.1	高速摄影及分类 .....	198
9.2.2	高速摄像系统 .....	200
9.2.3	Memrecam GX-8 高速摄影机及使用方法 .....	203
9.3	爆炸容器实验 .....	212
9.3.1	爆炸容器实验 .....	212

## 目 录

---

9.3.2 1 kg TNT 当量空气中爆炸保护容器 .....	212
9.3.3 10 g TNT 当量深水模拟爆炸容器 .....	215
9.3.4 爆炸容器使用安全注意事项 .....	220
<b>参考文献</b> .....	<b>222</b>

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 爆破工程

人类对爆破的研究与应用,源远流长。早在公元 7 世纪,我们的祖先就首先发明了火药。唐代炼丹家孙思邈在《丹经》一书中,详细地记载了用硝、硫、炭三种成分配制黑火药的过程。宋代,火药被用于军事。公元 13 世纪,火药经印度、阿拉伯传入欧洲。1627 年,匈牙利将黑火药用于采掘工程,从而开拓了工程爆破的历史。受爆破器材的限制,早期的爆破很不安全。1831 年才出现了导爆索,1867 年瑞典人诺贝尔发明了火雷管,同年又制成以硅藻土为吸收剂的硝化甘油炸药,并由瑞典化学家德理森和诺尔宾首次研制成功硝铵炸药,至此,工程爆破的安全性才有了一定保障,工程爆破所用的最基本的爆破器材已经齐全。进入 20 世纪,爆破器材和爆破技术又有了新的进展。1919 年,出现了以钛铵为药芯的导爆索;1927 年,在瞬发电雷管的基础上研制成功秒延期电雷管;1946 年,研制成功毫秒延期电雷管;20 世纪 50 年代初期,铵油炸药得到了推广应用;1956 年,库克发明了浆状炸药,解决了硝铵炸药的防水问题;1977 年美国阿特拉斯炸药公司生产出工业用小直径雷管敏感的乳化炸药;20 世纪 80 年代,又研制和推广了导爆管起爆系统。

工程爆破在国民经济建设中有着广泛的用途,在煤矿、金属矿、建材矿山等工业领域,爆破方法是破碎矿岩最主要的手段。我国年采煤约 36 亿吨,其中除少量用水力或机械开采外,大部分都是用爆破方法开采的。在冶金行业和非金属行业,我国年消耗铁矿石量和石灰石均在亿吨以上,这些矿石主要是以爆破方法为主要施工手段而开采的。中深孔爆破技术是现代工程爆破技术的主要发展方向,已得到非常广泛的应用,同时发展了毫秒延期爆破、挤压爆破、预裂爆破和光面爆破等技术。如准格尔、安太堡等露天煤矿采用深孔爆破技术一次爆破规模达到上千吨炸药量,并取得了逐孔毫秒延期爆破的丰富经验。地下矿山除应用常规的浅孔、中深孔爆破外,大直径深孔爆破也得到了推广应用,并已形成“VCR”“台阶深孔”“束状深孔”“高阶段深孔”等各具特色和应用条件的技术,如安庆铜矿的高阶段达 120 m。

在铁路、公路和水利工程中,采用定向抛掷爆破可将土石方抛掷到预定的位置,从而加快车场、公路或大坝的建设速度;隧道巷道爆破广泛应用毫秒延期爆破和光面爆破技术,可精确地控制超欠挖,节省材料费用和成本;在特小净距平行隧

道开挖爆破、繁华地区浅埋暗挖双层隧道爆破技术、浅埋过江隧道爆破、繁华地区地下铁道爆破开挖和隧道减振控制爆破技术都获得了新的突破。

在城市建筑物、构筑物 and 基础等拆除爆破中,控制爆破得到了空前的发展和应用。在城市进行工程爆破,技术上的要求与野外的爆破工程有着很大差别。它首先要求保证周围的人和物的安全,其次是装药量不能过多,而装药的炮孔数量却远远超过野外的土石方爆破,我国至今已积累了一次准确起爆 12 000 个炮孔的经验。城市控制爆破技术的发展,不仅将过去危险性大爆破作业由野外安全可靠地移植到人口密集的城镇,更为重要的是创造了许多新技术、新工艺和新方法。我国已成功地在复杂环境中采用定向倒塌、双向折叠、三向折叠等控制爆破方法拆除了近百座高 100 m 以上的钢筋混凝土烟囱,还成功完成了数十座高 60 m 以上的大型冷却塔的爆破拆除工作,如 2012 年 2 月 12 日武汉安全环保研究院爆破拆除南昌发电厂 210 m 烟囱,爆破地震波、空气冲击波以及爆破飞石、粉尘等危害均控制在较小范围,这次爆破不但刷新了国内乃至亚洲爆破的最高高度,同时也是第一次在高耸建(构)筑物中使用电子数码雷管和降尘技术,是一次高难度的、精密的、绿色环保的爆破典范。

水下爆破主要应用于挡水围堰或岩坎拆除爆破、港湾航道疏浚炸礁、淤泥与沙土地基爆炸加固处理以及水库水下岩塞爆破等,发展非常迅速,应用领域不断扩大。如三峡上游围堰拆除爆破工程,拆除围堰总长度 480 m,拆除方量  $1.86 \times 10^5 \text{ m}^3$ ,最大爆破水深 30 m,采用现场混装的乳化炸药,总装药量为 191.3 吨。

在机电工程中,爆炸加工技术发展迅速,利用爆炸能可以将金属冲压成形、将两种金属焊接在一起、将金属表面硬化和切割金属或者人工合成金刚石等。另外,采用高温爆破法还可以清除高炉、平炉和炼焦炉中的炉瘤或爆破金属炽热物等。

目前工程爆破已从传统的岩土爆破渗透到国民经济建设的各个领域,由于现代爆破技术的发展,人们完全有能力利用炸药的爆炸能量去完成大量机械或人力难以完成的工作,现代爆破技术在众多领域发挥着巨大的作用,产生了良好的社会、经济效益。

## 1.2 爆破安全

安全是工程永恒的主题,爆破工程更是如此。爆破作业的安全措施包括两个方面的内容。第一是为了爆破作业本身能够安全施工所必需的措施;第二是为防止由于爆破可能产生的二次事故和恶劣影响所必需的措施。这些都是为了圆满完成爆破作业所必须考虑的重要问题。而分析爆破事故产生的原因,或是由于爆破管理的疏漏,未能遵守爆破安全规程的要求;或是由于爆破技术的失误以及对客观规律认识不够而造成。

爆破安全,指采取必要的安全防护和监测措施,保证爆破作业与环境安全,把爆破振动、空气冲击波、飞石、有害气体、噪声、粉尘和对生态环境影响等爆破危害限制在允许范围以内,保证施工与爆破安全。

工程爆破的最基本特性在于对安全的高度重视。工程爆破是利用炸药爆炸产生的巨大能量作为施工手段,为工程建设服务的一种技术。炸药是易燃易爆物品,在特定条件下,其性能是稳定的,储存、运输和使用都是安全的,但如果使用不当或意外爆炸则会给人们带来灾难。据统计,在我国企业职工伤亡事故中,各类爆炸事故总数(包括由爆破引起的事故)占伤亡事故总数的40%以上。为此,我国有关部门制定了一系列有关工程爆破的规程。例如,《民用爆炸物品管理条例》《爆破作业人员安全技术考核标准》《爆破安全规程》《大爆破安全规程》《拆除爆破安全规程》《乡镇露天矿爆破安全规程》等。上述爆破行政条例和技术法规是每一位爆破工作者必须掌握并遵守的法律,只有严格按照规程施工,才能确保施工的安全。

工程爆破的特点在于对爆破作业人员的素质有较高的要求。对爆破事故的统计分析发现,造成爆破事故的主要原因是人为因素,而人为因素造成爆破事故的主要原因是爆破作业人员素质差、安全意识差和违章作业。因此,所有爆破人员都应参加安全技术和考核,每个爆破人员都应明确自己的职责和权限。在《爆破安全规程》中把爆破作业人员分成:爆破工作领导人、爆破工程技术人员、爆破段(班)长、爆破员、爆破器材库主任、爆破器材保管员和爆破器材试验员。《爆破安全规程》中规定,进行爆破工作的企业必须设有爆破工程领导人、爆破工程技术人员、爆破段(班)长和爆破器材库主任。工程爆破有着严格的规章制度,对炸药的使用、运输、保管及施工每一个步骤都有着严格的规定。这些规定都是从成千上万例事故中总结出来的,是血的教训,每一个爆破工作者都应严格遵守。

我国对爆破作业安全工作高度重视,多年来一直致力于提高我国爆破技术水平、加强民用爆炸物品的管理、规范爆破作业的设计与施工、培训和提高爆破作业人员安全技术素质的工作。2003年,新的《爆破安全规程》(GB6722—2003)颁布执行,标志着我国工程爆破的安全施工与管理进入了一个新时代,更好地体现了与国际接轨。针对爆破器材与爆破技术的快速发展和爆破安全管理新的要求,2010年,专家又对该标准做了进一步的修订。

### 1.3 爆破测试

爆破测试技术在我国的发展也非常迅速,从业人员增多,测试手段丰富,规模日益增大,应用越来越广。1977~1985年,国家计委组织的有全国25家重点科研设计单位的三百多名科研人员参加的国家重点科研项目“七七工程设计”,进行了一系列大型爆破试验和现场测试,对爆破效应进行了综合性测试,规模大、时间长、

内容多,是对我国爆破测试技术的综合应用。

爆破是一种高速瞬态的作用过程,许多信息只能依靠精密仪器来获得。常用方法有电测法、光测法和声测法。电测法是电阻应变法的简称,即将爆破信号转换成电信号进行测量的方法,具有灵敏度高、范围广的特点,应变片重量轻、体积小且可在高(低)温、高压等特殊环境下使用,测量过程中的输出量为电信号,便于实现自动化和数字化,并能进行远距离测量及无线遥测。光测法是利用光杠杆原理、光波干涉原理和激光多普勒效应等测量爆破信号的方法,具有物理图像清晰、真实、非接触测量和全场显示等独特特点。声测法是利用声波传播到爆破介质裂隙界面上时,根据两种介质的波阻抗不同、能量变化非常明显的特点,来估算爆破作用的破坏范围。

爆破测试技术的主要任务是通过爆破测试,揭示各种爆破过程的破坏机理,积累大量有价值的资料,探索普遍规律,为研究爆破机理创造条件,并通过对直接观测的大量基本参数的分析,建立一些半经验公式,为爆破工程提供科学依据,解决爆破工程实践中遇到的一些实际问题。并且,通过对爆破危害的监测和对各种爆破器材爆炸性能的测试,为环保部门制定环境保护和进行安全施工提供科学依据,也为充分利用炸药爆炸能量和研制新型爆破器材提供依据。

目前爆破测试技术向自动化、微型化、多功能方向发展,能较好地满足爆破技术发展的需要。

本书较为全面地介绍爆破作业中的安全问题及其测试技术,特别是爆破危害问题。爆破危害多种多样,爆破施工场所不同,问题的重要性也不同。一般地,可能引起危害的主要有爆破振动、爆炸冲击波、噪声、毒气、飞石等,因此,本书针对这些问题,对其要点进行详述。针对具体的安全问题,对其常用的测试技术进行了基本的介绍,在简要介绍测试仪器的基础上,重点对测试方法进行较为详细的说明,加强其实用性介绍,对测试项目中的若干技术问题重点进行介绍,并对危害预防和控制进行说明。

爆破安全与测试技术是一门综合性应用性很强的学科,与爆炸、炸药、安全、声学和光学等多种学科有着极其密切的关系,因此,应对其进行系统的学习,精通爆破安全与测试技术,为爆破的安全防护、爆破工程的发展作出贡献。

## 第2章 起爆安全

爆破工程中由于一些原因可能会导致爆破不能正常实行,即起爆出现问题。起爆安全主要包括早爆和拒爆。在爆破网路的设计和施工中,既要保证网路安全准爆,又必须防止在正式起爆前网路的早爆和起爆后的网路的拒爆。引起爆破网路的早爆和拒爆的原因很多,有爆破器材、爆区周围环境、网路设计、错误的操作等方面。

爆破作业中的早爆,往往造成重大恶性事故。引起早爆的原因很多,如雷电、电磁波、高压电、射频电、静电、杂散电流作用于雷管或炸药而发生的早爆,或者由于导火索、雷管质量问题,都可能发生早爆事故。

拒爆(雷管或者炸药没有引爆)、半爆(爆轰波在炸药中传速中断,留有残药)、爆轰不完全(未达到稳定爆轰状态),一般统称拒爆,俗称盲炮,不仅影响爆破效果,而且造成不安全因素,对拒爆应及时处理。

### 2.1 早 爆

早爆就是炸药在预定的起爆时间之前起爆。早爆往往是在人员尚未撤离工作面之前发生的,此时,起爆的各种准备工作还没有做完,这种意外事件,是严重的爆破事故,往往造成重大恶性事故。

引起早爆的原因很多,主要包括:①雷电直接击中非电爆破网路或爆破器材;②明火引起的早爆;③火力爆破事故,主要是由于导火索快燃、过短造成的;④电爆网路事故,包括工业电、起爆电源、仪表电、雷电、静电、杂散电流、射频电、感应电引起的早爆;⑤运输事故,主要包括撞车、撞船、装载运输炸药及碾药等造成的早爆;⑥误操作引起早爆;⑦高温环境造成的早爆事故;⑧打残眼导致爆炸;⑨销毁爆破器材引起爆炸;⑩石头砸响盲炮、雷管、炸药引起早爆;⑪化学反应引起早爆,主要是由于炸药自燃或与某种矿粉直接接触所造成的,特征是爆炸前有大量的棕色二氧化碳气体从药包中冒出,紧接着是爆炸响声。

#### 2.1.1 雷电引起的早爆及其预防

##### 1. 雷电引起的早爆的主要原因

###### 1) 直接雷击

爆破网路和脚线直接遭受雷击时,在雷管上产生的热效应、机械和电磁作用是强大的,但由于爆破网路一般沿地面敷设,附近往往有较高的构筑物和设备,直



接雷击的早爆是罕见的。

### 2) 电磁场的感应

成为闭合回路的电爆网路,被雷电磁场的磁力线所切割,在电爆网路中产生的电流足以起爆电雷管。据分析,我国矿山因雷电引起的早爆事故多属于这种类型。

### 3) 静电感应

在带电云块的电场作用下,雷管和爆破网路上可能积蓄感应电荷,这些电荷在云块放电后成为自由电荷,造成雷管早爆。

## 2. 预防雷电引起早爆的措施

(1) 雷雨季节宜采用非电起爆法;

(2) 在露天爆区不得不采用电力起爆系统时,应在区内设立避雷针系统;

(3) 在雷雨多发地区和季节,宜将一切通往爆区的导体(如铁轨、金属管道)暂时切断,以防止电流流入爆区;

(4) 如正在装药连线时出现了雷电,应立即停止作业,爆区作好警戒,将全体人员撤离到安全地点;

(5) 对硐室爆破,遇有雷雨时,应立即将各导硐口的引出线端头放入硐口至少 2 m 的悬空位置上。同时将所有人员撤离到安全地区。

### 2.1.2 电磁波、高压电及射频电对电雷管的安全影响

爆破作业在日益现代化的环境中,还应注意由于电磁波、高压电及射频电等工业设施可能引起的早爆事故。

无线电波的功率随离发射天线距离的增大而衰减。许多实验证明,在其一定范围内,若有爆破网路,则在网路中可能产生感应电流,其能量足以使电雷管发火。

广播电台的 AM 发射(调幅波),其频率为 0.535~1.605 MHz,因为发射台功率一般比较大、频率低,其感应电流在爆破网路中衰减少,应特别予以注意。

广播、电视台的 FM 发射(调频波),危险程度要低一些,因为虽然发射台功率也比较大,但频率高,因而其感应电流在爆破网路中迅速衰减。

为了防止感应电流对起爆网路中的药包产生早爆,其主要措施有:

(1) 爆区与射频源的安全距离,应符合安全规程。否则,应进行电雷管引火头的模拟试验,或采取非电起爆;

(2) 电爆网路应顺直,贴地铺平,尽量缩小导线圈定的闭合面积,电爆网路两根主线间距不得大于 15 cm。最好采用双股导线,网路导线与电雷管脚线不准与任何天线接触,且不准一端接地;

(3) 禁止流动射频源进入作业现场。已进入且不能撤离的射频源,装药开始前应暂停工作。现场使用的无线电话机,宜选用超高频段的发射频率;

(4) 禁止在 20 kV 以上动力线 100 m 范围内进行电爆破作业。