

本系统领导
干部岗位培训教材

送变电施工现代技术

武汉水利电力学院 主编



河海大学出版社

送变电施工现代技术

武汉水利电力学院 主编

河海大学出版社

内 容 提 要

本书重点介绍送变电施工现代技术。具体内容有：工程爆破、水下浇筑混凝土、混凝土及金属构件的修补技术、现代施工机械、直升飞机在送变电施工中的应用、张力放线的力学计算、高压架空输电线路导线和地线的振动及蠕变、新型绝缘子、电气设备绝缘的现场测试技术、交流电网接地技术、变电站电气主接线的新形式和新型电气设备、变电站微机保护和监控、电力系统通信、高压直流输电等方面的新技术。上述专题各自成章，论述简练清晰，具有明显的科学性和实用性。

本书系电力建设施工企业领导干部岗位培训教材，也可供高等院校有关专业作教学参考书。

送 变 电 施 工 现 代 技 术

武汉水利电力学院主编

*

河海大学出版社出版

江苏省新华书店发行

武进县第三印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 印张21:75 插页1 字数537千字

1990年11月第一版 1990年11月第一次印刷

印数1—3000册

*

ISBN 7-5630-0269-3/TK·9

定价 6.75元

编写说明

为了适应水利电力系统大中型企业领导干部岗位职务培训工作的开展，部教育司、生产司、基建司组织了部分有专长的教授、讲师和专业科技干部，编写了一套体现水利电力行业特点的领导干部岗位培训教材，共有十四本，书名是《电力企业管理》、《电力生产企业现代管理》、《电力生产企业现代管理案例》、《电力生产现代技术(电网部分)》、《电力生产现代技术(供电部分)》、《电力生产现代技术(火电厂部分)》、《电力生产现代技术(水电厂部分)》、《电力建设现代管理》、《电力施工企业管理》、《火电施工现代技术》、《送变电施工现代技术》、《水电施工企业现代管理》、《水电施工企业经营管理》、《水电施工现代技术》。

这套教材主要是供给水利电力系统大中型企业局厂长(经理)、党委书记、总工程师、总经济师、总会计师岗位培训时使用，也可供其它经济管理干部和科技干部的岗位培训和高等院校有关专业选用。

由于经验不足，编写时间又很仓促，再加上当前水利电力企业正处在改革之中，一些问题正在研究探索，而且新的技术又在不断发展，因此，书中一定会存在着不完善或者欠妥之处，望读者批评指正。

水利电力部教育司

1987年8月

前 言

为开展电力系统大中型企业领导干部岗位职务培训工作,原水利电力部教育司、生产司、基建司组织编写了一套培训教材,《送变电施工现代技术》是其中一本,主要是供送变电施工部门总工程师与技术人员作科技干部岗位培训用,也可供高等院校有关专业参考。

由于送变电工程的设计、施工、运行是紧密相关的,因而本教材在内容选择上,不完全局限于施工,但以施工现代技术为中心,着重于有关新技术的概念、特点及应用的论述。近年来,送变电施工现代技术的内容十分丰富,不可能一一提及。在征求有关部门意见的基础上,本书列出了14个专题,专题间相互独立,各自成章,以便读者选取。各章的编者为

第一章 周祖仁

第二章 梁 润

第三章 聂天慧

第四章 查献元、张晓鲁、俞仲华(能源部电力建设研究所)

第五章 胡性侃

第六章 段克让

第七章 江日洪

第八章 黄齐嵩

第九章 栗福寿

第十章 方 瑜

第十一章 李日隆

第十二章 黄守盟

第十三章 陈一尧

第十四章 李光熹

方瑜、周祖仁担任由上述人员组成的武汉水利电力学院《送变电施工现代技术》编写小组组长。武汉水利电力学院继续教育中心郑明瑾同志在编写过程中做了大量的组织工作。

本教材由能源部超高压输变电建设公司李立涅高级工程师主审,其中第四章第三节由能源部电力建设研究所唐兴林高级工程师审阅,第十三章由湖北省电力调度所戴宏慈高级工程师审阅。在编写过程中,傅祖德、李博之、王国维、阳镇生、陈星金、马芝康、文深源、陈纲、孙熙亮、严子林、黄明观、谢思先、余俞昌、刘清荣、陈慈萱、杨康宁、严其照、周复光、徐树铨、陈家礼、程启武、刘翠莲、鲁若肥等专家教授提出了许多宝贵意见。中国电力企业联合会基建工作部孙莲芝同志对本书的编写给予热情的指导。在此,谨致谢忱。

由于编者经验不足,业务水平有限,编写仓促,再加上一些问题正在探索之中,新技术又在不断发展,因此,教材中必然存在不完善、欠妥或错误之处,恳请专家同行和广大读者批评指正。

编 者

1989.11, 武汉

目 录

第一章 工程爆破

- 第一节 概述.....(1)
- 第二节 光面和预裂爆破.....(3)
- 第三节 拆除爆破.....(4)

第二章 水下浇筑混凝土

- 第一节 水下混凝土拌和物的技术要求.....(18)
- 第二节 水下混凝土拌和物的原材料.....(20)
- 第三节 水下混凝土配合比设计.....(23)
- 第四节 水下混凝土浇筑前的准备工作.....(26)
- 第五节 水下混凝土浇筑方法.....(28)

第三章 混凝土及金属构件的修补技术

- 第一节 混凝土裂缝的防渗、堵漏、补强和加固.....(34)
- 第二节 金属结构的防护技术.....(45)

第四章 施工机械化及其机具

- 第一节 基础施工机械.....(52)
- 第二节 张力放线设备.....(74)
- 第三节 液压提升装置.....(83)

第五章 直升飞机在送变电施工中的应用

- 第一节 直升飞机放线.....(99)
- 第二节 牵引索具及配重.....(108)
- 第三节 直升飞机吊塔及组塔施工技术.....(111)
- 第四节 通讯指挥系统.....(115)

第六章 张力放线的力学计算

- 第一节 概述.....(117)
- 第二节 悬点等高档距中架空线的计算.....(117)
- 第三节 悬点不等高档距中架空线的计算.....(122)
- 第四节 非均布荷载作用下孤立档架空线的计算.....(125)
- 第五节 放线出口张力和牵引力的确定.....(129)
- 第六节 紧线张力的计算.....(134)
- 第七节 放线滑车在施工时产生的各种角度计算.....(136)
- 第八节 地面划印法施工计算.....(140)

第七章 高压架空输电线路导、地线的振动及蠕变

- 第一节 导、地线的振动与防振技术.....(144)

第二节	导线舞动及控制舞动新装置	(149)
第三节	电线塑性伸长和蠕变补偿	(160)
第八章	新型绝缘子	
第一节	直流绝缘子运行中的积污	(167)
第二节	直流绝缘子污闪性能及影响因素	(170)
第三节	污湿下直流绝缘子串在长时间和短时间电压作用下的闪络特性	(174)
第四节	直流电压下绝缘子的老化和损坏	(176)
第五节	直流电压下绝缘子金属附件腐蚀问题的分析	(179)
第六节	直流绝缘子的造型和片数的选定	(182)
第七节	合成绝缘子的结构和材料	(184)
第八节	合成绝缘子与瓷绝缘子机电性能的比较	(185)
第九节	合成绝缘子污湿下的闪络性能	(186)
第九章	电气设备绝缘的现场测试技术	
第一节	大型变压器操作波感应耐压试验	(188)
第二节	局部放电的现场测试	(194)
第十章	交流电网接地技术	
第一节	接地装置问题	(207)
第二节	接地装置的电位升高及防护	(207)
第三节	降低接地电阻的措施	(211)
第四节	地网均压带的布置	(215)
第五节	接地装置的热稳定	(218)
第六节	接地装置防腐	(219)
第七节	接地电阻测量	(221)
第十一章	变电所电气主接线的新形式和新型电器设备	
第一节	现代变电所设计、建设和运行特点	(230)
第二节	大型变电所电气主接线及布置	(234)
第三节	新型电气设备简介	(244)
第十二章	变电所微机保护与监控	
第一节	综述	(269)
第二节	微机继电保护	(271)
第三节	变电所微机监控简介	(284)
第十三章	电力系统通信方式及其在系统中的应用	
第一节	通信在电力生产中的地位与作用	(288)
第二节	电力线载波通信	(289)
第三节	电力系统微波通信	(298)
第十四章	高压直流输电	
第一节	概述	(308)
第二节	直流输电系统的基本调节方式及其特性	(312)
第三节	直流输电系统的故障和保护	(314)

第四节	直流输电系统的谐波、滤波器和无功功率补偿.....	(317)
第五节	换流站及其主要设备.....	(320)
第六节	直流输电线路.....	(326)
第七节	直流输电系统的过电压保护和绝缘配合概念.....	(328)
第八节	直流输电系统调试简介.....	(333)

第一章 工程爆破

第一节 概 述

一、爆破工程发展与应用简况

早在7世纪,我们的祖先在人类历史上最先发明了黑火药,13世纪经印度阿拉伯传入欧洲,到17世纪,匈牙利曾将黑火药用于采掘工程。到19世纪中叶,相继出现了雷汞、导火索、火雷管、硝酸炸药等爆破工程中所用的基本爆破器材。20世纪,先后发明了爆速快、起爆能强的导爆索和能准确控制起爆时间的秒延电雷管和毫秒延期电雷管。近年来国内外爆破工作者又研制和推广了塑料导爆管起爆系统及抗静电耐高温高压电雷管等新型爆破器材。为了满足不同类型爆破的需要,炸药新产品不断涌现。浆状炸药的问世,解决了硝酸炸药的防水问题,从而加快了工程进度,节省了工程投资。

随着工程爆破在国民经济建设中占有越来越重要的地位,又加上爆破作业机械化程度的不断提高,各种控制爆破技术得到了广泛的应用和发展。就送变电工程来说,塔杆基础的开挖和变电站的修建改建,某些现代爆破技术(如:拆除爆破、预裂爆破和光面爆破等)也是非常适用的,故本章特将上述内容分别进行论述。

二、爆破作用原理

爆破使岩石破碎是由爆炸应力波和爆轰气体膨胀推力共同作用的结果。其破坏介质的现象大体上可分为两种类型。

(一) 无限介质中的爆破

药包中心距自由面的垂直距离称为最小抵抗线,通常以 w 表示。对于一定量的装药,若其最小抵抗线超过某一数值时,则在岩石表面看不到破碎的迹象,只是在内部起了扩壶的作用,即在装药处周围形成空腔。随着爆源距离的增加,大致可分为压碎圈、裂隙圈和震动圈,如图1-1所示。

(二) 有自由面影响的爆破作用

如果装药的最小抵抗线小,药包作用受到了自由面的影响,也就是药包的破坏作用会破坏自由面的原始状态,结果形成了漏斗(图1-2)。

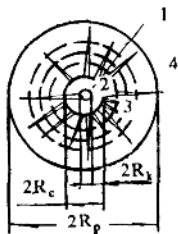


图1-1 爆破作用示意图

R_k —空腔半径; R_c —压碎圈半径; R_p —裂隙圈半径。

1—扩大空腔; 2—压碎圈; 3—裂隙圈; 4—震动圈

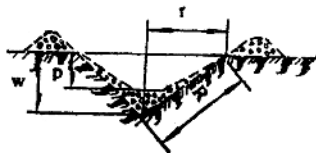


图1-2 爆破漏斗示意图

现将有关漏斗爆破的概念和名词分述如下:

- ① 爆破作用半径 R ——药包中心至爆破漏斗底圈上任一点的距离(见图1-2);
- ② 最小抵抗线 w ——(见图1-2);
- ③ 爆破漏斗半径 r ——爆破漏斗底圈半径(见图1-2);
- ④ 可见漏斗深度 ρ ——爆破后落到爆破漏斗的岩堆最深处至自由面的最短距离(见图1-2);
- ⑤ 爆破作用指数 n ——爆破漏斗半径与最小抵抗线的比值,亦即 $n = r/w$;
- ⑥ 松动爆破——爆破作用指数为 $0.6 < n < 0.75$,这时装药周围的破裂和自由面处的拉裂连成一体,形成一个明显的破坏区,但不形成漏斗,在自由面上只能看到岩石的松动和突起;
- ⑦ 减弱抛掷爆破——爆破作用指数为 $0.75 \leq n < 1$,这时除将漏斗范围内的岩石全部破碎外,还有一小部分破碎的岩石被抛出,这种爆破也有人称为加强松动爆破;
- ⑧ 标准抛掷爆破——爆破作用指数 $n = 1$,这时除爆破漏斗范围内的岩石全部破碎外,有将近一半的岩石被抛出;
- ⑨ 加强抛掷爆破——爆破作用指数为 $1 < n < 3$,这时爆破漏斗内的大部分岩石被抛出;
- ⑩ 集中药包——凡炮孔装药成为球形,或虽为矩形(柱形)但其中最大边长与最小边长之比值小于6,统称为集中药包;
- ⑪ 延长药包——凡矩形(柱形)装药的最大边长与最小边长之比值大于6的,统称为延长药包。

三、药量计算

药量计算方法,对不同爆破类型采用的方法是不同的,但总的原则是爆破体积与用药量成正比,即

$$Q = K \cdot V \quad (1-1)$$

式中 Q ——装药量(kg);

K ——炸药单耗(kg/m³);

V ——爆破总体积(m³)。

炸药单耗 K 是指爆破单位体积介质所需要的标准炸药量。它与爆破类型、炸药威力、岩石可爆性、爆破方法等因素有关,如在花岗岩露天平用地用2[#]岩石炸药进行爆破的 K 值是:严重风化者为1.1~1.3;轻风化者为1.3~1.5;完整岩石为1.5~1.7。

爆破总体积 V 对于延长药包和集中药包的计算方法是不同的。

对于延长药包:

$$V = H \cdot a \cdot w \quad (1-2)$$

式中 H ——台阶爆破梯级高度(m);

a ——孔距(m)。

台阶爆破如图1-3所示。

对于集中药包:

当 $n = 1$ 时,则 $V = w^3$; $n \neq 1$ 时, $V = (0.4 + 0.6n^3)w^3$ 。

式中各符号意义同前。

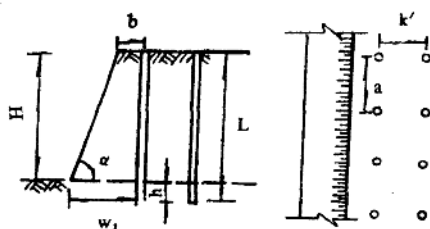


图1-3 台阶爆破示意图

H —台高； w_1 —底盘抵抗线； h —超钻； L —孔深； a —孔距； k' —排距； α —台阶坡面角； b —孔边距

第二节 光面和预裂爆破

一、基本概念

光面和预裂爆破是控制爆破的一种。若在岩石开挖工程中采用一般的爆破方法，由于地震效应往往会使围岩受到一定程度的破坏，造成超挖或使其强度和稳定性降低。光面和预裂爆破则明显地降低爆破对围岩的破坏及其它有害作用。

预裂爆破在设计轮廓面上布置一排较密的炮孔即预裂孔。孔内装药相对一般炮孔要减弱些，装药孔之间也可留一部分空孔。在主爆区起爆前先爆预裂孔，从而在沿预裂孔的联接面上形成一条具有一定宽度的裂缝。

预裂爆破和光面爆破的主要区别是：预裂爆破是在主爆区爆破前，先在设计开挖周边爆出一条缝；而光面爆破则是在主爆区爆破后，沿周边爆出平整的壁面，留下清晰可见的半边孔。两种爆破的原理是相似的，只是爆破参数略有不同而已。故本节只着重介绍预裂爆破的有关问题。

二、爆破参数

(一) 孔径与孔距

在露天深孔爆破时，预裂孔的孔径、药卷直径和孔距比其他开挖孔小。预裂孔的孔径通常采用50~100mm。孔距取孔径的10~15倍。若预裂爆破质量要求较高时，孔距还应适当减小。

(二) 装药量

深孔爆破预裂孔线装药量一般为0.1~1.0kg/m不等，具体情况应根据岩石类型和孔深而定。

由于炮孔底部岩石夹制作用大，为确保预裂缝贯通到孔底，在孔底1~2m长度上应加强装药；孔深小于5m时，每米装药量增加1~2倍；孔深为5~10m时，加大2~3倍；孔深大于10m时，加大3~5倍。

预裂爆破采用不偶合装药，即药包直径小于孔径，使孔壁与药包之间留有空气间隙。通常用孔径与药卷直径的比值来表示装药的不偶合程度，称为不偶合系数。预裂孔装药结构如图1-4所示。不偶合系数直接影响孔壁压力的大小，根据国内外经验，以取2~5为宜。

在预裂爆破中，除预裂孔外，距预裂孔最近的一排炮孔的布置和参数，对爆破效果也有影响。一般情况下，邻近预裂孔的炮孔排距应小于最小抵抗线。如果要求进一步降低对围岩的影响和地震效应，还可将邻近预裂孔的一排主爆孔的孔径、排距和孔内装药量减少；也可

将这排主爆孔改为辅助预裂孔，但要先起爆辅助预裂孔，然后再起爆原来的预裂孔。在坚硬的岩层中也可在预裂孔之间加导向孔，以更利于预裂缝的形成。

三、预裂爆破的施工

(一) 测量放样

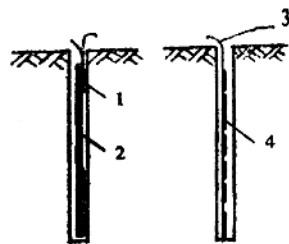
要按设计要求放出预裂线，并按设计孔距放出孔位，进行编号，将孔深、倾角、孔径等详细标明在孔旁木牌上。只有保证了钻孔精度，才能保证预裂爆破效果。

(二) 钻孔施工

钻孔精度的要求是：准、正、平、直、齐。一般认为，钻到孔底时，其偏差不允许大于15cm，否则将严重影响预裂壁面的质量。

(三) 预裂孔的起爆

预裂炮孔最好在开挖区炮孔钻设前爆破，以便根据爆后地面的情况判断预裂效果。但这样做很难保证在进行开挖区炮孔钻设时，预裂缝的质量不受影响。同时，钻机需要搬出搬进，在施工上增加了麻烦。所以预裂孔和开挖区主爆孔往往是一次起爆的，但预裂孔要超前一段时间，通常是：对于软岩，超前时间不少于150ms；对于硬岩不少于75ms。



(a) 连续装药 (b) 分散装药

图1-4 预裂孔装药结构示意图

1—雷管；2—小直径药卷；

3—导爆索；4—标准药卷

第三节 拆除爆破

一、拆除爆破的发展过程及现状

拆除爆破是从50年代开始出现，60年代以来才迅速发展起来的一项新型爆破技术。早在第二次世界大战后，日、德等国为拆除战争遗留的废弃建筑物和构筑物，就曾采用了某些爆破拆除的措施。随着适用于拆除爆破的新炸药品种和微差爆破技术的出现，到60年代，美、日、瑞典、丹麦等国已将爆破技术用于城市建筑物、桥墩、基础的拆除和改建工程中。进入70年代，拆除爆破在破碎机理、能源利用、施工技术与实际应用等方面都有了很大程度的发展，相继研制成功的无声破碎剂和水压爆破技术等均在拆除爆破中得到成功的应用，使拆除爆破的飞石和噪音等危害范围能控制在最小的限度内。因此，拆除爆破的应用范围日益扩大。近年来，在国外这种技术已经推广到拆除80层以上的高大建筑物和结构复杂的构筑物，并收到了质量好、速度快、费用省等显著效果。

我国在拆除爆破的研究和施工方面，也居先进国家行列。早在抗日战争时期，曾使用拆除爆破的某些措施来拆除工事。1976年，工程兵学院用拆除爆破安全地拆除了天安门广场两侧总面积达1.2万m²的三座大楼，标志着大规模城市拆除爆破工程的新阶段。

在水利水电建设中，拆除爆破也逐步得到了采用。1982年，白山水电站下闸蓄水后，需在水位上升之前的短期内，拆除坝前进水口邻近的三个实体钢筋混凝土栈桥墩(墩高21m、厚3m、长10m)，拆除总方量为1500m³，由于采用了现代拆除爆破技术，使这一工程得以安全、迅速、经济地完成。1983年，某电站工程使用了55t无声破碎剂，成功地完成了某些特殊工程部位的拆除工作，避免了因爆破引起的地基振动和对周围建筑物的破坏影响，减轻

了工人体力劳动，加快了工程进度。

目前我国从事拆除爆破的专家已出版了这方面的专著，如：武汉工业大学刘清荣编著的《控制爆破》；铁道部第四勘测设计院关志中编著的《控制爆破》；南京工程兵学院林学圣等编著的《控制爆破》和中国科学院扬人光等编著的《建筑物爆破拆除》等。

在送变电工程的土建工程中，相对来说，由于规模较小，环境也不甚复杂，所以不论在建筑物拆除方面或基础开挖方面目前还是用一般的常规方法。但《拆除爆破》不需要复杂的专用设备，也不受环境的限制，能在所谓“禁区”中解决用一般爆破方法无法克服的技术困难，因此，它将会逐步地应用到送变电工程所在的领域里。

二、拆除爆破基本原则

(一) 分散化与微量量化原则

拆除爆破的分散化与微量量化原则是将爆破某一目标所需的总装药量进行分散化与微量量化处理。“多打眼、少装药”是爆破工作者对分散化、微量量化原则的通俗而形象的说明。换句话说，就是把总装药量“化整为零”，合理地、微量地装在分散的大量炮孔之中，通过分批微差多段起爆，既达到爆破质量的要求，又显著降低爆破地震波、空气冲击波、飞石和噪音的危害作用。

天安门广场两侧的总建筑面积达 1.2万m^2 的三座钢筋混凝土大楼的安全爆破拆除，是运用分散化和微量量化原则的一个典型实例。该三座建筑物，地处闹市，交通频繁，爆后不许出现任何人身事故，也不许损坏周围建筑物群及管线网等设施。爆破工作者科学地把400多公斤的总炸药量分散地装在8999个炮孔之中，平均每孔装药量只有 48.8g ，有效地控制了爆破危害作用。

(二) 失稳原则

在认真分析和研究建筑物或结构物的受力状态、荷载分布和实际承载能力的基础上，运用拆除爆破技术将承重结构的某些关键部位爆破松动，使之失去承载能力，并破坏结构的刚度，迫使建筑物或结构物的整体失去稳定性，而在其本身的自重作用下原地坍塌或定向倾倒，这一原则称为失稳原则。现以拆除钢筋混凝土框架结构为例来进一步说明失稳原则。

钢筋混凝土整体框架结构的爆破拆除

方式可分为原地坍塌、折叠倾倒和定向倾倒等，其共同点都是需要形成倾复力矩和相应数量的转动支座。工程实践经验表明，倾复力矩是可以通过以下方式获得：

①爆破破坏倾倒方向各个立柱的不同高度来形成倾复力矩(见图1-5)。

由图1-5a可见，承重立柱I至IV的破坏高度依次取 $h_4 > h_3 > h_2 > h_1$ 。在各立柱与顶板连接处，适当地将混凝土炸松以形成“塑性区”，同时起爆所有立柱，由于各立柱下塌位移量不同，框架将以立柱I根部A点为支点，在重力倾复力矩作用下顺时针转动倾倒，如图1-5b、c所示。

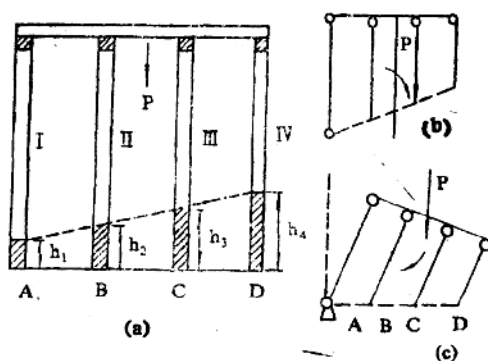
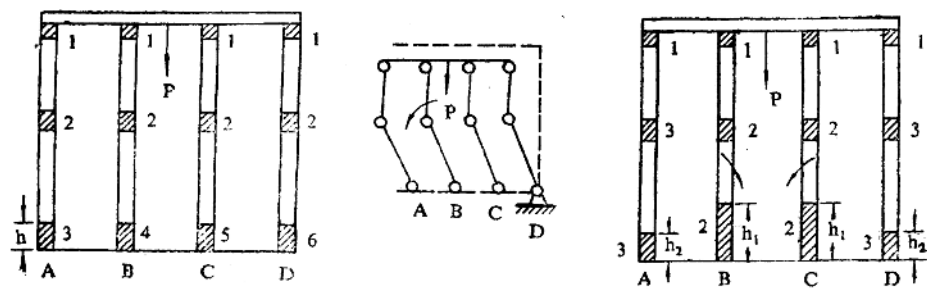


图1-5 不同破坏高度倾倒示意图

② 运用毫秒分段延时起爆技术，使各个立柱按照严格的毫秒延时间隔依次起爆来产生倾复力矩。

如图1-6(a)所示，设承重立柱A至D的爆破破坏高度 h 相等，但按图中标出的毫秒延时间隔依次起爆。立柱A和立柱B开始向下塌落，框架即失去平衡，形成重力矩；柱C起爆后，柱架则以柱D根部为支点，在重力倾复力矩作用下按逆时针方向倾倒，如图1-6(b)所示。

③ 将承重立柱的不同爆高与不同毫秒延时起爆相结合，以实现框架倾倒的综合方式。图1-7即为原地中间向下坍塌的爆破拆除示意图。图中 h_1 、 h_2 表明不同位置的不同破坏高度，1，2，3表明不同位置的起爆顺序。



(a) (b)
图1-6 不同延时起爆倾倒示意图

图1-7 不同爆高与延时爆破相结合，原地倾倒示意图

应着重指出：为确保钢筋混凝土框架失稳，凡妨碍倾倒的一切梁、柱、板箍等都必须为主爆之前预先切除。

(三) 防护原则

在研究爆破理论和分析爆破危害作用特点的基础上，通过一定的技术措施，对已受到控制的爆破地震、空气冲击波、飞石、噪音等危害再加以防护，称之为防护原则。

1. 爆破地震对建筑物的影响及防护

(1) 爆破地震强度及其判据

近几十年来，关于爆破地震强度的判据引起了国内外爆破工作者的普遍重视。通常，采用质点在垂直地面方向的振动速度 V_1 作为爆破地震强度的主要判据。振速计算公式多采用苏联学者萨道夫斯基(M. A. Садовский)经验式：

$$V = K \left(\frac{Q^{\frac{1}{3}}}{R} \right)^a \quad (1-3)$$

式中 V ——介质质点的振动速度，cm/s。

Q ——炸药量(kg)。齐发爆破时取总药量；秒差、半秒差爆破时取最大一段的药量；毫秒微差爆破时取折算药量(等于各段药量的平方和的开方)。

R ——爆源中心至被保护物的距离，m。

K ——综合系数，与介质性质、爆破类型和起爆方法等因素有关。在岩石中， K 值通常取为30~180，土壤中一般取为100~220。

a ——衰减指数，与传播距离和地质地形等因素有关。近距一般为1.5~2.3；远距一般为1.0~1.5。

关于爆破振动对建筑物或构筑物不产生破坏的允许振速标准,我国尚无统一规定。根据观测数据分析和统计,表1-1中所列的允许垂向振速,可供爆破设计时参考。

表1-1 建筑物或构筑物允许垂向振速 V_L

建筑物或构筑物类型	坚固程度	V_L (cm/s)
砖石建筑物	一般	≤ 5
	坚固	7~8
混凝土结构物	一般	10~12
	坚固	14~15
特殊保护的建筑物、构筑物、重点文物		$\leq 1\sim 2$

(2) 降震措施

目前,国内外常见的降震措施主要有:

① 在爆区四周开挖防震沟或打设防震孔,或在被保护物与爆源之间开挖一定深度的防震沟,或钻凿密集的单排、多排空孔,是减振的有效措施。在混泥土地坪、路面、楼板等进行局部拆除爆破时,为防止爆破震坏其保留部位,可采用切缝机在爆除区周围切缝,某些有利地形,如河流、沟渠、断层破碎带、采空区、凹坑、沟谷等,应充分加以利用。必要时,也可采用预裂爆破成缝。

② 限制装药量。对一次起爆的炸药量严格加以限制,是减震的重要措施。在允许爆破振速已确定的条件下,每次起爆的最大药量就可由公式(1-3)求出。

③ 采用毫秒微差起爆。据测定,在总装药量及其他爆破条件相同的情况下,采用毫秒微差起爆的爆破振速比齐发爆破平均降低40~60%。实践证明:装药起爆时差超过20ms,每次爆炸形成的地震波基本上可视为独立作用的波。因此,毫秒微差爆破时,总装药量爆炸引起的爆破地震强度可按最大一段起爆药量来计算。在炮孔内、排内和排间均可使用毫秒微差分段顺序起爆,以提高降震效果。

④ 分析爆破作用的特点。爆破地震的强度是随着爆破作用指数 n 值的加大而减弱的。从降震目的来看,松动爆破最差,加强松动次之,抛掷爆破最优。在药室爆破和深孔爆破中,最小抵抗线方向的爆破地震强度最小,反向最大,侧向居中。沿炮孔连线方向的爆破振动速度要比垂直于该连线方向的为小。根据这些特点,利用爆破性质、最小抵抗线方向等不同因素来达到降震的目的。

⑤ 分析被保护物的特征。实践证明,低矮厚实的建筑物和构筑物比高大、细长(烟囱、水塔、电视塔等)建筑物和构筑物的抗震性能好;大跨度空旷建筑及承重建筑物的抗震性能差;所在位置低于爆源的建筑物和构筑物的抗震性能比高于爆源者要优;位于突出山包、陡壁上的建筑物和构筑物比平地上容易被震坏。

2. 爆炸冲击波对建筑物的影响及其防护

炸药爆炸时,部分能量转变为冲击波,这部分能量不仅被无益地消耗掉,而且所产生的冲击波对人身、建筑物和设施等的安全均有害。

(1) 地面爆破空气冲击波安全距离的确定

药包在地面爆炸时,空气冲击波对人员的最小安全距离 R ,可按下式确定:

$$R_k = K_k \cdot Q, (m) \quad (1-4)$$

式中 Q ——炸药量, (kg);

K_k ——系数, 当人员在掩体内时 $K_k = 5$, 无掩体时 $K_k = 30$ 。

(2) 水中冲击波安全距离的确定

在水中或水底进行爆破时, 水中冲击波对人员、船舶及其他保护对象的最小安全距离 R , 可按式计算:

$$R_k = K_k \cdot \sqrt[3]{Q}, (m) \quad (1-5)$$

式中 Q ——炸药量(kg);

K_k ——与保护对象及装药条件有关的系数, 见表1-2。

表1-2 水中冲击波安全距离系数 K_k

药包类型	人 员		机 动 船		备 注
	游泳	潜水	停船	行船	
水中药包	275	825	33	60	停泊或航行的木船 均按行船取 K_k 值
水底钻孔、药室	136	408	16	30	

(3) 爆炸冲击波的防护

在拆除爆破工作中, 采取分散微量装药, 炮孔堵塞良好, 并采用毫秒微差起爆和精心复盖等技术措施, 固然可以减弱爆炸冲击波的强度。然而对于爆源附近的重点保护对象仍需采取相应的冲击波防护措施。

① 防波堤。一般用沙袋、土袋或水袋构筑。堤宽、高和长度应根据被保护对象的尺寸、重要程度以及冲击波强度等因素确定。有时为加强防波能力, 可将沙袋堤修筑在两层铁索网之间, 组成沙袋铁索联合防波堤。

② 阻波墙。可采用直径为12~14cm的圆木构筑成密集木排或木垛, 也可选用混凝土块、砖、料石、沙袋、水袋等材料砌筑。当阻挡强冲击波时, 应相隔一定距离错开修筑2~3座阻波墙。

③ 防冲屏。一般用木、竹、草席等轻型材料构筑, 用以防护地面爆炸的空气冲击波。防冲屏尺寸须视波强及被保护物条件而定。迎向爆源方向的屏面应有60~75°的斜度, 以疏导冲击波。对于重点保护对象, 可修筑2~3道防冲屏。

④ 防波帷幕。阻波气泡帷幕是防护水中冲击波的有效措施。在爆源和被保护物之间, 在水下安装站有两排密集小孔的钢管, 输入压缩空气, 小孔中连续放出微小气泡, 由于浮力作用, 气泡群自水下向水面运动, 形成一道气泡帷幕。当冲击波与帷幕相遇时, 波的部分能量消耗于杂乱无章的气泡表面反射, 还有部分能量则耗费于声阻突变和气泡压缩, 从而削弱了冲击波强度。显然, 气泡密度愈大、数量愈多和帷幕愈厚, 则阻波效果愈佳。

⑤ 消波药包。目前消波药包主要有相向药包和截阻药包两种。前者是在爆区布置两组或两排相向起爆的药包, 起爆后两个相向运动的冲击波碰撞而削弱(参数选择合理时, 冲击波强度可削弱1/2~3/4); 后者是在主药包的空气冲击波传播途中, 在适当距离上延迟若干毫秒起爆一个适量的裸露阻截药包, 其产生的反向冲击波, 能使主药包的冲击波强度降低1/3~1/2左右。

⑥ 疏波通道。对于峡谷或井巷中的爆炸空气冲击波，宜疏不宜堵，应使其通道畅通，以利泄爆。同理，靠近爆源的地面建筑物，门窗应打开，并使其固定。

3. 爆破飞石安全距离的确定及防护

在最小抵抗线和爆破作用指数已定的情况下，我国常用下列公式来计算个别飞石安全距离 R_f ：

$$R_f = 20K_f \cdot n^2 \cdot w \quad (1-6)$$

式中 n ——爆破作用指数，常用 $0.6 \sim 1.75$ ；

w ——最小抵抗线(群药室爆破时，取最大值)， m ；

K_f ——与地形、风向、风速等因素有关的系数，一般取 $K_f = 1.1 \sim 1.5$ 。

爆破飞石的控制和防护措施主要有：

① 优选爆破参数，特别是炮位和最小抵抗线这两个关键因素要精心选定。要严格避免炮孔位于软弱夹层、破碎带或混凝土接触面。炮孔装药前应认真校核最小抵抗线方向与大小，切勿超量装药。

② 提高炮孔堵塞质量，堵塞长度应足够，堵塞物中不得夹杂有碎石。

③ 采用空隙装药结构和使用低威力、低爆速的炸药有利于控制爆破飞石。

④ 加强复盖物遮挡。复盖物要有一定的强度、弹性和质量。通常最好用废旧胶管编成的胶管帘再加盖帆布。根据不同的爆破对象及其周围环境情况，对飞石可采取全面防护、重点防护及两者联合的防护方法。

三、拆除爆破的设计与施工

(一) 拆除爆破的设计

1. 基础拆除爆破

基础拆除常用松动爆破来进行，其目的是将基础爆炸松动后加以清除，而不需要将其炸飞。基础按材质分通常有石灰浆砌砖基础、水泥砂浆砌砖基础、混凝土基础和钢筋混凝土基础等四种。

(1) 炮眼布置

混凝土或钢筋混凝土基础拆除爆破时的炮眼布置如图1-8所示。

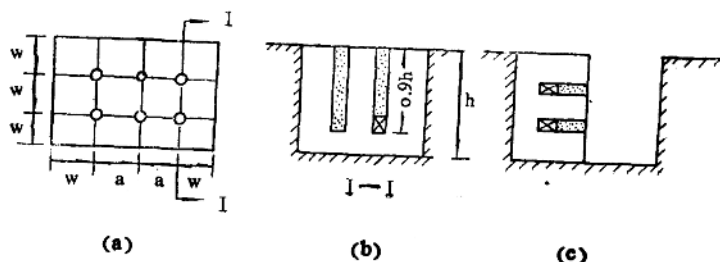


图1-8 基础爆破炮眼布置图

炮眼直径一般不宜大于28mm，深度常取其等于基础高度或厚度。

最小抵抗线的长度等于炮眼深度的0.5~0.7倍。

炮眼间距为最小抵抗线的1.0~1.3倍。排间距通常等于最小抵抗线的长度[图1-8(a)]。

如果用一排炮眼进行爆破时，炮眼应钻设在基础的中心线上。用水平炮眼爆破时，应先