

城市控制爆破

(第二版)

冯叔瑜 吕 毅 编著
杨杰昌 顾毅成



中 国 铁 道 出 版 社

1996年·北京

城市控制爆破

(第二版)

冯叔瑜 吕 毅 编著
杨杰昌 顾毅成

中 国 铁 道 出 版 社

1996年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是在系统总结控制爆破实践经验和科研成果的基础上编写而成,主要介绍城市改建和厂矿技术改造中拆除工程的控制爆破技术。全书分九章:一、绪论,主要叙述城市控制爆破技术的发展、特点、应用范围和今后研究的课题;二、控制爆破设计及计算原理,主要阐述有关控制爆破的技术关键问题;三至六章,分别介绍各种类型构筑物的控制爆破设计原则、方法、工艺、安全防护和有关工程实例;七、水压控制爆破;八、控制爆破施工技术;九、控制爆破安全技术。

本书可供土建工程技术人员及有关教学、科研工作者参考,也可作为爆破训练班的教材。

城 市 控 制 爆 破

(第二版)

冯叔瑜 吕 毅 杨杰昌 顾毅成 编著

*

中国铁道出版社出版发行

责任编辑 安鸿逵 张 悦 封面设计 汪 达

各地新华书店经售

河北省遵化市胶印厂印

开本:787×1092毫米 $\frac{1}{32}$ 印张:8.75 字数:193

1985年12月第1版第1次印刷

1996年3月 第2版 第3次印刷

印数:8001—11000册

ISBN7-113-02196-4/TU·481 定价:11.50元

再版前言

本书初版已经十多年了。这些年来,控制爆破技术无论从广度或深度来看,都有了很大的发展。目前,全国有近 500 家专业爆破公司和 1 万多专业技术人员的庞大队伍。其中,绝大多数的公司和人员都在不同程度地从事着控制爆破的工程设计与施工工作。工程项目的难度也有所提高。十多层的高楼,80 多米的高烟囱以及难度相当大的各类特殊建筑物和构筑物的爆破拆除都能顺利地完成。控制爆破技术能在许多建设领域中越来越广泛地得到应用,为祖国的现代化建设服务,是十分令人鼓舞的。但是发展是不平衡的,由于各类爆破公司规模不尽相同,技术水平也存在许多差异。甚至有的未经爆破技术训练或完全缺乏爆破技术知识,也敢于承接爆破工程,以致造成爆破事故时有发生,带来不良的社会影响和经济损失。究其原因之一,是历年国家及各部颁布的各种爆破安全规程和爆破技术考核标准,以及从事爆破工作的各类人员培训制度未能得到充分贯彻执行的缘故。

在本书修订再版之时,除补充写进这些年技术进步的某些成果外,赘述几点不很成熟的意见供同行参考。

一、建筑物的倒塌方向、塌散范围以及爆破时产生坐落和后冲现象,必须紧密结合结构力学,特别是结构动力学原理,作到充分失稳和解体。正确掌握结构力学的基本原理,才能避免建筑物炸而不倒或不按设计要求倒塌而发生偏移;深入研究建筑物在起爆后倒塌的力学过程,用结构动力学的观点去观察分析产生座落与后冲现象的原因,将它们控制在最小范

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 控制爆破的发展过程	1
第二节 控制爆破的作用和意义	3
第三节 控制爆破发展的前景	5
第二章 控制爆破设计及计算原理	11
第一节 爆破对固体介质的破坏作用	11
第二节 控制爆破设计原理和方法	13
第三节 爆破计算参数的选择	18
第四节 炮孔布置与分层装药	25
第五节 控制爆破的药量计算及有关 计算公式	29
第三章 混凝土和钢筋混凝土大型块体的爆破 切割和解体	38
第一节 大型块体控制爆破的特点	38
第二节 块体切割爆破	43
第三节 大型块体的控制爆破解体与破碎	65
第四节 钻孔桩桩头的控制爆破	71
第五节 工程实例	74
第四章 钢筋混凝土框架结构的坍塌爆破	85
第一节 钢筋混凝土框架结构控制爆破坍塌 方案的选择	86
第二节 钢筋混凝土框架结构控制爆破坍塌的设计 原则和方法	89
第三节 钢筋混凝土框架结构控制爆破技术设计 ..	97

第四节	钢筋混凝土框架结构控制爆破施工与安全防护.....	103
第五节	工程实例.....	107
第五章	高大建筑物的拆除爆破.....	118
第一节	楼房的控制爆破.....	119
第二节	烟囱与水塔的拆除爆破.....	129
第三节	工程实例.....	142
第六章	地坪和沟槽的控制爆破.....	156
第一节	地坪爆破.....	156
第二节	沟槽爆破.....	159
第三节	整平地面的爆破.....	172
第四节	微差爆破.....	178
第五节	工程实例.....	182
第七章	水压控制爆破.....	192
第一节	水压爆破原理及药量计算公式.....	192
第二节	水压爆破设计与施工.....	200
第三节	工程实例.....	204
第八章	控制爆破施工技术.....	216
第一节	施工组织安排.....	216
第二节	钻孔爆破施工.....	230
第三节	起爆网路.....	236
第九章	控制爆破安全技术.....	247
第一节	爆破震动.....	247
第二节	爆破飞石、冲击波与噪声	257
第三节	杂电干扰及早爆的预防.....	264
参考文献		270

第一章 绪 论

第一节 控制爆破的发展过程

利用炸药的能量做功,从而达到一定工程目的的工程爆破,已有几百年的历史。20 世纪以来,工程爆破的应用范围已深入到国民经济建设的各个领域,爆破规模已达到了一次起爆炸药量以万吨计的程度。人们普遍承认,爆破方法是工程施工中的一项特殊方法,是完成人力或机械力所不能胜任的一种非同寻常手段的施工方法。

长期的爆破实践表明,工程爆破虽然能完成工程的设计目标,但是伴随着药包爆炸时爆破作用的发生,周围环境的人员、设备和各种设施的安全,都受到冲击波、地震波和个别飞散的碎块的极大威胁。例如,空气冲击波可以使一定距离内的人畜遭受伤亡,建筑物和设施被摧毁;地震波能使地面和地下的建筑物被震倒和破坏;个别飞石则可能击伤较远距离内的人和物。因此,长期以来工程爆破只限于在荒山旷野,人烟稀少和无重要建筑物的地区使用,在必须对城镇附近的工程进行爆破时,只有采取消极的迁避措施,致使工程爆破的应用范围受到很大的限制。

爆破器材新品种的发展,特别是第二次世界大战以后,许多城市、工厂和建筑物被战争破坏,以及各国经济的迅速恢复和发展,大量工业设施的重建和改建,这就给爆破工作者提出了一系列的课题,扩大了爆破技术的应用范围,使工程爆破进

入国民经济建设的各个领域,让危险性很大的爆破方法从旷野进入城市和工厂。这就是近 40 年来由于爆破技术的进步,从而发展起来的控制爆破技术。

在我国,建国后在国民经济大规模建设的发展中,就出现了需要进行控制爆破的问题,例如 50 年代铁路复线的修建和旧线的技术改造工程,以及其后的北京车站的修建和重庆第二钢铁厂附近铁路线路石方的爆破,武汉长江大桥桥头蛇山半路堑的开挖工程等项目,为了保证既有线的运输畅通和爆破工点附近房屋建筑的安全,都曾分别采取了控制爆破规模和装药数量与相应的防护措施,对工程任务的顺利完成起了一定的作用,不过当时大多以采取有效的防护措施为主。

70 年代中期和后期,控制爆破技术有了较大的发展,逐步由铁路工地转移到城市建筑物和构筑物的拆迁、改建和拆除方面,控制爆破也开始成为工程爆破中的一项新技术。天安门广场旧邮局房屋的拆除,新北京饭店基础部分地下防空工事的拆除,北京新建国际饭店基坑开挖中,3000m³ 钢筋混凝土结构物的拆除,以及其它各地的许多类似工程,都是在这个时期胜利完成的。控制爆破对减轻劳动强度、加速工程施工进度和保证安全等方面起了重要作用。因此,在 1978 年的全国科学大会上,控制爆破作为新的技术成就,获得了国家的奖励,从此得到了迅速发展。目前已逐步深入到国民经济建设的各个领域,全国各地先后组成了控制爆破的专业组织;许多爆破工作者也在不断地为需要使用控制爆破技术的工程,提供技术咨询、技术设计和施工的技术服务工作,积极地为我国四个现代化的建设贡献力量。

第二节 控制爆破的作用和意义

大家知道,控制爆破与旧的乱石横飞、破坏性极大的其它工程爆破相比较,在技术上有着本质的区别,它是以保证爆破工点附近人和物的安全为首要任务,因而得以从人烟稀少的荒山旷野进入人口稠密、房屋鳞次栉比的城镇和工厂地区。控制爆破技术的发展大大地开拓了工程爆破的应用领域,它不仅可以在居民点和城镇闹市区进行爆破作业,还能在工厂厂房和其它建筑物内部进行室内的爆破作业,从而解决了长期以来需要花费很多劳动力,付出很高劳动强度才能完成的工程施工问题。它既能有效地缩短工程施工期限,又能节约工程费用,具有明显的经济效益。

许多工程实例足以说明控制爆破技术在工程施工中的巨大作用,例如:

1. 一座高数十米的砖结构烟囱,用人工拆除,仅搭脚手架一项,就得花费大量材料和人工,需半月左右才能完成,而采用控制爆破,只需少量机械和人工,2~3 天之内就可完成拆除工作,包括按指定方向倾倒和清理残渣。特别是对于钢筋混凝土结构的烟囱,用人工拆除时,不仅效率非常低,而且有着极大的危险性。

2. 一座铁路或公路桥梁,如果某一桥墩损坏,必须拆除重建,在拆除旧桥墩的工作中,费工、费时是可以想象的。采用控制爆破则只需将桥梁顶起,高出桥墩顶面 0.5m 左右,在墩身钻孔爆破,极短时间内便可将桥墩炸除。

3. 工厂厂房内,有的机械设备需要更新,拆除其旧钢筋混凝土或混凝土的基座时,用人工凿除是非常困难的,如果用控

制爆破拆除,工效可以提高 30~40 倍,并可以做到不影响厂内其它机器的运转和正常的生产活动。

4. 人们曾在电视屏幕上看到国外闹市区一座高层楼房,一声闷响后,随即冒出尘烟,缓缓地塌了下去,几分钟后,烟散尘净,高楼便不复存在,而邻近房屋则安然无恙。这样的高层建筑物的控制爆破拆除法,在国内外都是经常可以见到的爆破实例。不难想象,这种高层钢筋混凝土框架结构物,如用通常的人工或机械拆除,不但费工费时,而且人身安全也难以保证。

从上述实例可以看到,控制爆破技术的适用范围是十分广泛的,爆破的规模可大可小,随工程量的需要而定。在讲求经济实效的现代社会,作为独特的施工方法,其作用和意义是非常重大的。

必须说明,目前,无论在国内国外,对于控制爆破的含义还缺少一致的认识。有的认为这种爆破多用于城市环境,便叫作城市爆破;有的认为它主要是用来拆除旧建筑物和构筑物,因此应该叫做拆除爆破;有的则扩大控制爆破的内容,把深孔爆破中的光面、预裂爆破也叫做控制爆破。

广义而论,所有的工程爆破都是有一定工程目的的,都应该在用药量、爆破范围、安全距离等方面受到控制,但这不等于说所有的爆破都称为控制爆破,否则其范围就太广泛了,容易在名词上与通常所说的控制爆破混淆不清。

严格地讲,控制爆破的划分,不应该受到使用环境、爆破规模、爆破对象等条件的限制,而只是对爆破的影响范围、爆破震动、飞石、空气冲击波等加以有效控制。例如烟囱的爆破,常规方法不计较它的倒塌方向和飞石距离;房屋的拆除不顾及邻近建筑物的影响,都不能称作控制爆破。因此,归纳起来,

控制爆破应该包涵以下几方面的内容。

1. 控制爆破的破坏范围。这就是要求只破坏需要破坏的部分,保留需要保留部分的完整性,如切除桥梁墩、台或机床基座的某一部分,以及拆除房屋建筑需要拆除的部分等。

2. 控制建筑物在爆破后的倒塌方向和影响范围。要求爆破后的烟囱倒向指定的方位,在倒塌过程中不影响附近的指定方位以外的建筑设施;要求被拆除房屋不砸坏邻近的房屋;要求通车线路旁边路堑边坡石方的开挖爆破,不致危及行车安全或者中断行车。

3. 控制爆破时破碎块体的堆积范围和个别碎块的飞散方向与抛出距离。要求在厂房内拆除机床基座时,飞块不打坏附近其它正在运转的机器;市区街道上拆除房屋,碎块不致飞散到邻近房屋或打伤来往车辆和行人,塌落和瓦砾不阻碍街道的交通;边坡爆落的石块不能堆塌到行车轨道上,更不能打伤轨道和轨枕,以致影响行车安全。

4. 控制爆破时产生的地震波和空气冲击波的作用范围。要求由地震和空气冲击波所产生的效应,不致损坏爆破工点附近的建筑物或其它设施,更不能危害居民的身体健康。此外,还要控制爆破时发出的音响强度,免得附近的人员,在心理上受到恐吓的威胁。

明确地说,能够满足上述全部或几个主要条件的爆破,才能算作控制爆破,这也是不同于常规的工程爆破的主要的区分条件。

第三节 控制爆破发展的前景

前面已经谈到,控制爆破是一项比较新的技术,最近几年发展很快,我国许多城市都采用了这项技术,并通过设计和施

工的实践,解决了许多城市改建工程中的困难问题,收到了明显的经济效益,正在为四化建设贡献力量,引起了人们的注意。

时代在前进,技术也在不断发展,展望未来,今后尚有很多课题需待研究解决。这可从以下几个方面看到。

1. 控制爆破和许多工程技术一样,在目前情况下理论研究工作落后于实践的。本来对于土岩爆破的理论研究工作,虽然经过了几百年的长期努力,但仍然落后于工程实际。对控制爆破在技术上的成就,就更是如此,所以现时的计算公式和计算参数,确实是本着设计者的经验,形成了百花齐放的局面。

大家知道,常规爆破计算药包重量的经验公式,虽然是由经验确定其中某些计算参数,然而公式本身的形式还是有一定理论根据的。例如,著名的鲍列斯科夫(M. M. Борецкий)公式:

$$Q = KW^3(0.4 + 0.6n^3)$$

式中 Q ——药包重量;

K ——单位用药量系数;

W ——最小抵抗线;

n ——爆破作用指数。

这个公式也可写成下列形式

$$Q = 0.4KW^3 + 0.6KW^3n^3,$$

可以看出药包重量包含两个部分,前者 $0.4KW^3$ 是表明岩质被破碎、松动所消耗的炸药能量;后者 $0.6KW^3n^3$ 则是将破碎后的岩块抛出一定数量和距离所消耗的炸药能量。它们共同之点,都是与爆破漏斗体积 W^3 有直接的重要关系,这就是炸药的消耗量,随爆破物体的体积成正比例变化,即 $Q \propto V$ 这样

一个主要的理论依据。

目前关于控制爆破药包重量的计算,有着各种各样的经验计算式,有的沿用上述古典计算式的前半部分,即认为控制爆破的炸药能量,主要是用于破碎介质,这无疑是有一定道理的,但在实用中便会发现数学计算上的矛盾。因为控制爆破在工程应用中,一般都是最小抵抗线 $W < 1.0\text{m}$ 的微量装药,而小于 1.0 与大于 1.0 的数值的立方乘积有相反的结果,会得出极其微小的药包重量数值,例如 $W^3 = 0.1^3 = 0.001$,显然 1g 或稍多于 1g 炸药的药包,不可能破碎出 0.1m 这样一个最小抵抗线的爆破漏斗。

为此,有的提出药包重量的计算,主要与炮孔深度 l 有关,即 $Q = Kl$,不难看出,这只能在最小抵抗线 W 是一定的,而且炮孔深度在一定范围内才是合理的;又有的人提出应该按 W^2 计算药量的意见,即 $Q = KW^2$,这意味着药包重量与爆破漏斗的侧面积有关,或者说与破碎块体的表面积有关;此外,还有许多形式的计算公式。这些都不足以说明控制爆破的作用原理,而正是我们今后将要研究解决的重要问题。

必须说明,从控制爆破的作用原理来看,与常规爆破是有所不同的。比较合理的对常规爆破的理论说法,认为首先是由爆轰波转变的应力波在介质中传播,当波阵面到达介质的临空面时,由于波的反射产生拉伸波,首先破坏介质的结构,随之,由于爆炸气体膨胀将已破坏的介质推移前进,并继续使之破碎成细小的块体。控制爆破的作用机理,也应基本上与之相同,只是起主导破坏作用的应是炸药本身在爆炸时生成的气体产物,在高压作用下,介质受到气体膨胀时引起的拉应力和剪切应力,在准静态作用下使之破碎。这是与常规爆破理论之不同点。

为了合理地阐明控制爆破作用原理,可应用一百多年前俄国工程师伏罗洛夫(М. М. Фролов)提出的 $Q=a_1W^2+a_2W^3$ 药包重量计算式加以解释,该式中,前者表明药量 Q 和 W^2 成正比例关系,可认为是破坏爆破漏斗表面所消耗的炸药能量,显然,在大的最小抵抗线的药包计算时,本项是可以忽略不计的,而在小值的最小抵抗线,特别是控制爆破药包的计算时,却是重要的一项。因为对于控制爆破来说,既不要求对介质作过分的破碎,也不要求产生抛掷。但欲将上述公式应用于控制爆破工程实践,尚需进行大量试验研究工作。

2. 控制爆破的起爆技术比常规爆破复杂得多,因为控制爆破所要破坏的对象是各种各样的,形状也很不相同,所以起爆技术必须随之变化,以求获得良好的爆破效果,这包括使用不同的起爆器材和起爆的顺序。例如,在城市市区进行爆破,来自各种电源(广播电视台的射电、高压输电,机械电瓶以及地面和地下的电流导体等等)的杂散电流,隐藏着极大的早爆事故的危險,采用电力起爆法是很不安全的。又如,拆除高层建筑时,受到倾倒方向和塌落宽度的影响,起爆顺序必须结合力学要求去考虑各层梁柱的爆破先后和间隔的时差。所有这些都比常规爆破要求严格,爆破设计者应仔细加以考虑。

近年来我国爆破工作者在发展控制爆破技术和起爆技术方面做了大量工作,基本上解决了一般建筑物和构筑物拆除问题,能够有效地控制爆破的飞石、空气冲击波和地震效应;完善了塑料导爆管非电起爆系统的连接工艺;掌握了某些物体的水压爆破技术。这些技术上的成就是非常重要的,使国民经济建设收到了明显的经济效益。但是由于实践机会的缺少,对于高大建筑物,如高层建筑、特高烟囱及类似建筑物的控制爆破,如何作到就地坍塌,定向倒落等技术问题,和国外一样,

还没有较大的把握性。这都有待于今后在理论研究上与力学、物理力学的紧密结合方面加强工作,才不致重蹈国外特高烟卤砸坏房屋的覆辙。

此外,在起爆技术上,选择合理的时差,合理的起爆顺序,以求达到完全满足设计要求的理想效果,也还需要从物理力学方面加强这方面的试验研究工作。

至于完善燃烧剂、膨胀剂的配方与应用工艺,提高这些物质的可靠性,安全性,使之与炸药配套,合理使用,从而收到最佳的破坏效果、最大的经济效益,都还有待于爆破工作者的继续努力。在水压爆破技术的推广使用方面,也还存在着应用范围窄小,破坏机理不清楚,计算不够准确等问题。所有这些,都是爆破工作者迫切需要解决的问题。

3. 到目前为止,在控制爆破的实施中,为了保证安全,防护材料费用在材料费中仍占较大比例,这就增加了工程费用,同时也说明了对药量计算、参数选择方面的理论研究工作和经验积累,尚属欠缺的现状。

经验表明,某些拆除工程,由于采取了可靠的防护措施,确实做到了无飞石、无冲击波和无噪音的安全要求,但是其防护费用过高,这在经济上是不够合理的。形势所迫,继续发展控制爆破的实用价值,提高其经济效益,必须从爆破技术上提高它的安全可靠性,方能使爆破时产生的危害受到有效地控制。

解决问题的途径应该从两个方面入手:其一,积累爆破的实际经验以增加爆破参数的准确程度,这可从加强科学仪器观测手段和提高量测技术上得到合理的解决;其二,需要在爆破器材方面多做创新工作,发展炸药新品种的研究和生产,例如低爆速高威力、低爆速低威力炸药的系列产品,以及与之配

套的铝热燃烧剂、膨胀破碎剂等等,让爆破工作者有足够的选择余地,可以根据爆破对象的环境条件和工程要求的具体条件,选择所需用的爆破器材,从而决定技术可靠、经济合理的爆破方案。

总之,随着四化建设的发展,控制爆破技术必须跟上形势的需要,向应用范围的广度和技术安全可靠的深度发展。

第二章 控制爆破设计及计算原理

第一节 爆破对固体介质的破坏作用

炸药是目前爆破工程中使用的一种主要能源。当埋置在固体介质中的一些数量炸药的药包爆炸时,炸药于瞬间(约十万分之一、二秒内)便可完成激烈的化学反应,转变成比原体积大数百倍的高温高压气体产物向四周传播。当这种瞬间产生的超高压气体突然作用于药室或炮孔孔壁周围的固体介质时,便立即使其受到十分猛烈的冲击压缩,于是在周围的介质中便产生了强大压力的冲击波。在固体介质中,冲击波是以应力波的形式向周围传播的,应力峰值随着应力波传播距离的增加而降低,当应力峰值超过介质的动载极限抗压强度时,则介质在体积被压缩过程中遭到粉碎或断裂破碎。紧邻药包表面的一层介质,由于直接承受了爆炸时最大压力的作用,便产生塑性变形。根据对大量浅孔控制爆破作业面的观测,药包周围的压碎区是很小的,当炮孔直径为 4cm 时,压碎区厚度一般不大于 2cm,均未超过药包半径的一倍。通常压碎区的厚度随炸药爆压的增高而有所增大,而随压碎区内介质的极度破碎,炸药的能量亦被大量消耗;如果介质的动载抗压强度不高,则压碎区消耗的炸药能量也就少一些。

固体脆性材料的爆破试验表明,在紧邻压碎区外有一非常密集的径向裂缝和环向裂缝交错区。这是由于径向压应力波的作用使介质在切向受拉的结果,如图 2-1 所示,取压碎区外变形区 $ABCD$ 单元段加以放大后进行分析,当 AB 段即