

建筑物爆破拆除

杨人光 史家增 著

中国建筑工业出版社

建筑物爆破拆除

杨人光 史家增 著

中国建筑工业出版社

全书包括绪论在内共九章。书中开始就引用了量纲分析及相似理论,为读者熟悉新爆破理论提供了物理及数学基础;而后着重于建筑物及烟囱的爆破失稳拆除,构筑物破碎、切割爆破拆除,罐体水压力爆破拆除等方面的理论与设计计算。在爆破器材方面除一般工业炸药之外,还涉及了水泥膨胀剂、铝热剂及塑料导爆管的应用与理论分析。

本书可供从事城市与工厂建筑拆除工程;城市土石方爆破施工的技术人员使用。

建 筑 物 爆 破 拆 除

杨人光 史家增 著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市平谷县大华山印刷厂印刷(北京平谷县大华山)

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 9³/₄, 字数: 219 千字

1985年3月第一版 1985年3月第一次印刷

印数: 1—9,300册 定价: 1.60元

统一书号: 15040·4736

前 言

近年来随着我国经济建设的发展，城市建设和工厂、矿山的改建扩建，都遇到了建筑物的拆旧建新的问题。由于这些拆除工程的规模大、工期紧，一般纯人工拆除或机械拆除，已不能满足需要。因此，各地纷纷借鉴矿山和工程爆破中常用的控制爆破技术，而采用爆破法拆除各种建筑物和构筑物。据笔者所知，这些爆破拆除，成功者不少，失败或效果不佳者亦不乏其例。城市建筑物拆除爆破虽与岩土爆破相通，但又具有其独有的特点；单纯借鉴和套用，往往不能得到预期的效果。为了总结提高拆除爆破技术，提高拆除工程的经济效果，笔者根据近年来参加爆破拆除工程实践和某些试验研究工作的体会和认识编成此书，想为爆破工程界提供一些有用的资料和论据，能否为爆破工程界所接受，尚有待品评。

由于工程爆破所涉及的因素复杂，加以测试和研究手段的落后，因而长期以来工程爆破基本上是以几何相似理论为基础。而为了适应于各种不同因素的变化，往往要借助于众多的因素系数，这些系数的选取和运用则大多依靠经验和经验数据，极少的一些数据可来自试验。那些效果不佳和失败的事例，多半是由于套用公式和系数选取不当所致。不少爆破工程界人士为了科学地解决工程爆破中所存在的问题，进行了大量的研究工作。研究工作表明，工程爆破技术是一种多学科的综合技术，除一般的数学、力学、材料学、岩石学和地质学等等之外，还大量涉及到岩石等脆性材料的断裂力

目 录

绪论	1
第一章 工程爆破中量纲分析及相似理论	12
第一节 有量纲量与无量纲量	12
第二节 有量纲量关系式的 π 定理	15
第三节 模型律和相似准则	20
第四节 工程爆破的能量准则	24
第二章 建筑物爆破拆除设计	40
第一节 构件的极限抗弯强度计算	40
第二节 超静定刚架结构弯矩分析	43
第三节 解体构件的运动	73
第四节 建筑物爆破拆除总体设计	81
第五节 逐段解体设计方案	86
第六节 定向倾倒设计方案	94
第三章 烟囱爆破拆除及设计	100
第一节 烟囱及其分类	101
第二节 烟囱倾倒运动	103
第三节 烟囱定向倾倒拆除设计	109
第四节 折叠式定向倾倒设计	116
第五节 砖烟囱定向倾倒与原地坍塌设计	121
第四章 非金属脆性体爆破机理	123
第一节 均质脆性材料爆破作用过程	123
第二节 脆性材料破坏机理	131
第三节 石膏与混凝土试块的爆破实验与分析	137
第四节 试块破碎实验的能量分析	150

第五节	临空面对爆破单耗的影响	155
第六节	在非均质脆性体中的爆破	164
第七节	爆破堵塞长度对爆破效果的影响	173
第五章	构筑物钻孔爆破拆除	189
第一节	崩裂爆破	189
第二节	排孔爆破及宽孔距爆破	192
第三节	石方控爆技术	198
第四节	台体崩裂爆破设计	200
第五节	切割爆破	203
第六节	漏斗爆破或加强漏斗爆破	205
第七节	混凝土薄板或墙体的浅孔爆破	210
第八节	特殊结构爆破拆除药量计算	212
第九节	静态胀裂切割及拆除技术	214
第十节	毫秒差爆破技术在控爆中的应用	224
第六章	水压力爆破拆除原理及设计	226
第一节	水中冲击波在固壁反射的单位冲量值 近似计算	226
第二节	水中冲击波与可动圆筒壁面的相互作用	229
第三节	水压力爆破薄壁圆筒药量公式	238
第四节	药量计算模型律的验证	244
第五节	水压力爆破的飞石距离	246
第六节	水压力爆破拆除薄板结构	249
第七节	水压力拆除爆破设计	254
第八节	水压力爆破拆除工程实例	257
第九节	水压力爆破技术的新应用	264
第七章	炸药与材料力学特性	273
第一节	爆震波参数关系	273
第二节	爆轰气体的膨胀规律	277
第三节	铝热剂的应用	278

第四节	导爆管	289
第五节	混凝土及配筋混凝土的力学性能	233
第八章	安全施爆及防护措施	293
第一节	施爆过程不安全因素的分析	293
第二节	施爆安全技术措施	297
第三节	爆破安全范围的设计	298
第四节	主要爆破灾害的防护措施	303
参考文献		305

绪 论

建筑物拆除爆破工程分为两大类型：一类是建筑物拆除爆破工程，如楼宇、厂房、桥梁等建筑物；另一类是构筑物及设施爆破拆除工程，如各种基础、水塔、烟囱、煤气罐等。建筑物爆破拆除是应用炸药能量局部破坏建筑物支撑部位，如柱、梁，使其失去稳定性，靠本身自重势能实现建筑物的倾倒或坍塌；而构筑物和设施爆破拆除则是直接靠炸药能量，使其按一定的要求解体 and 破碎。

这两种类型爆破拆除工程，最大特点是位于稠密建筑群和建筑物中，故拆除工作与保护其它建筑物的矛盾显得十分突出。例如，当拆除与“保护”的厂房仅有一厘米伸缩缝的距离，要求拆除厂房安全解体，而保留厂房安然无恙，如图 1。又如拆除室内大型设备基础，确保大型设备及房屋不受损伤。

因此，建筑物拆除爆破工程，比一般爆破工程更需要严格地控制爆破冲击波、爆破震动及飞石范围。可以说“拆除”与“保护”的矛盾统一，就决定了建筑拆除爆破设计这门新兴科学技术的全部内容。

近几年来，由于我国工业和科学技术的不断发展，工艺和设备的不断更新，以及人民生活水平的不断提高，许多工业厂房、民用建筑不适应这一新的发展，需拆除重建，使这门新兴科学技术迅速发展起来。

在拆除爆破工程的实践中，必须应用框架结构力学分



图 1 拆除靠近厂房的烟囱

析，确定框架结构失稳破坏条件；分析解体构件的总体运动，控制解体后的构件大小、运动方向及坍落位置；分析建筑物坍落过程的弯矩、内力及运动特性控制坍落范围；应用材料断裂力学原理，计算切割爆破参数；通过电子计算机模拟各种类型建筑物排除设计方案，分析“拆除”与“保护”的具体条件，保证整个工程设计的优化。

在施工手段上，根据钻孔爆破及堵塞作用的规律，大体上有以下几种施爆技术：

一、密孔爆破

包括有切割爆破、崩裂爆破和破碎性爆破等，如图 2 所示。

其中切割爆破技术近年来发展较快，既可用于岩体开



(a)



(b)



(c)

图 2 密孔爆破

(a) 切割爆破; (b) 崩裂爆破; (c) 钢筋混凝土破碎性爆破

挖, 亦可用于建筑物或设备基础以及某些构筑物的拆除, 而且还可用于爆破拆船、冰层切割和建筑石材开采。

毫秒差预裂爆破(图 3)及弧形导向爆破(图 4)亦均属切割爆破, 运用了近代岩石断裂力学原理, 即

$$K_I = P_c \varphi / \sqrt{\pi a_1}$$

式中 a_1 ——孔距, 又作为预切割长度;



图 3 毫秒差爆破切割面



图 4 弧形导向爆破

P_0 ——孔内压力；

φ ——孔径；

K_r ——岩石断裂强度因子。

与同步预裂爆破相比，毫秒差预裂爆破的孔距加大，降低了装药集中程度，减小了震伤范围，一次爆破药量减少近半，切割面仍能保持平整（参见图3）。

因为延发爆破的孔，起着爆破孔直线导向孔的作用，发展了装药孔直线导向爆破，并在此基础上提出了弧形导向孔爆破。

二、无飞石控爆

是水隙药石爆破的发展。即运用水渗流到爆破裂隙中后，以水动力压迫使裂隙发育，进而再形成分叉裂隙，从而减小破碎块度。虽属钻孔爆破，但每米钻孔爆破量大大提高。因其无飞石、无空气冲击波、噪音小、震动低，在城市大型基础拆除和基槽开挖中当有发展的前景、无飞石爆破如图5所示。

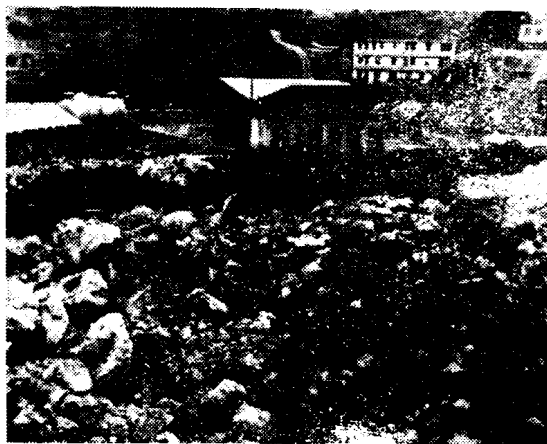


图5 无飞石控制爆破

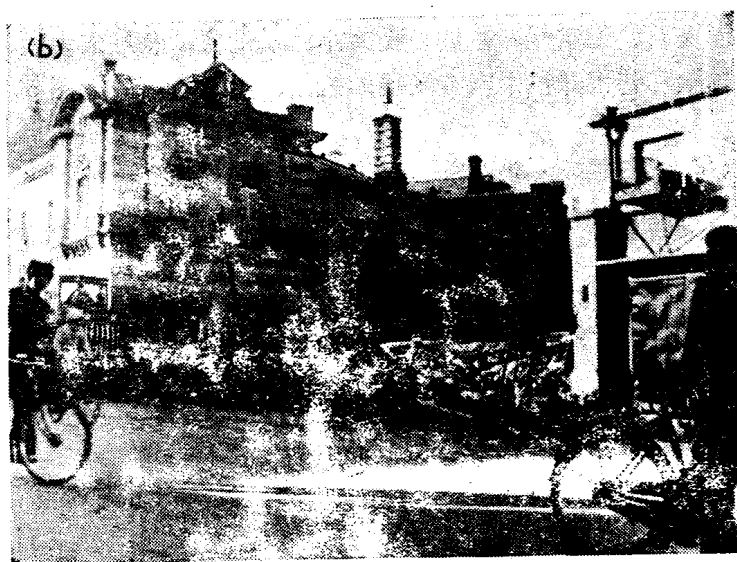


图 6 水压力爆破拆除罐体
(a) 施爆前外景; (b) 爆破后现场

三、水压力爆破

是近年发展起来的爆破技术。即利用水作为传能介质，依靠水中首次冲击波及二次加载使各种薄壁罐体结构破裂解体。按水压力与薄壁罐体结构作用的特性，解体判据分为冲量判据和能量判据。目前已应用于大型加强配筋的储罐拆除，且已取得良好的效果。其结果如图6所示。

四、惯性约束爆破

惯性约束爆破，亦可属无钻孔爆破施工法。例如欲拆除的混凝土墙或其它构筑物的一侧紧靠着砂土或其它可渗水的土，就可将水灌入砂土中作为惯性约束体。灌水后在墙边挖一个药室（图7），装药、填塞后即可施爆。当没有这样的条件时，亦可在欲破坏的柱旁砌砖（图8），砌砖时预留药室，这后砌的砖体亦为惯性约束体。

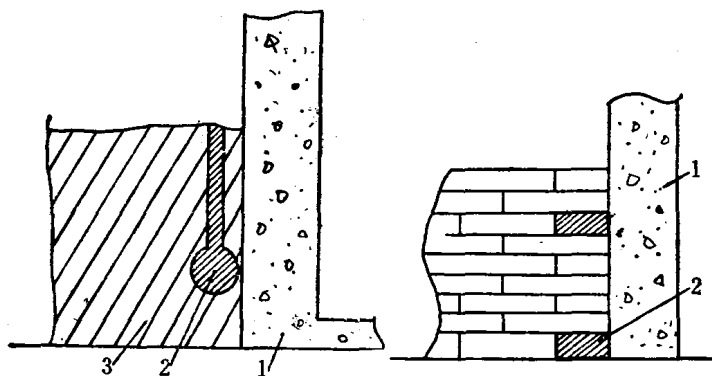


图7 砂土中灌水的惯性约束体爆破拆除示意

1—待拆的墙；2—药包；3—砂土及土罐水作为约束体

图8 砖砌惯性约束体爆破拆除示意

1—上部药包；2—下部药包

五、水泥膨胀剂静态胀裂

这是除工业炸药和铝燃烧剂之外的一种新的“爆破”能

源。用以切割混凝土及配筋混凝土和其它砌体。这是在研究和测试水泥膨胀剂水化过程的力学特性、水化物弹性模量及体膨胀应变、极限膨胀压及各种强度材料的有效胀裂压的基础上，运用岩石断裂力学的原则，建立了孔距与孔径的关系及设计参数。混凝土的胀裂结果如图 9 所示。



图 9 水泥膨胀剂静态胀裂

总之，近几年我国科技人员在爆破技术上，从各方面进行了广泛的探讨与实践，都取得长足的进步和不同程度的成果。相信，通过进一步的科学研究与实践，会使控爆技术日臻完善。

建筑物拆除爆破工程技术与常规机械拆除技术相比，其最大的特点是，能以最短的时间，最低的费用，最安全地完成拆除任务。特别是对一些高大建筑物的拆除，“控制爆破更加显出它的优越性。目前，爆破拆除建筑物实践证明，影响其费用高低，除了建筑物结构的复杂程度以外，很大程度上取决于人们对爆破拆除技术掌握的程度。若缺乏最优化设计，虽也能炸倒一座建筑物，但各层构件将重叠一起，或者

解体不充分。因此，大部分构件还要靠二次爆破或落锤撞击，进行再次解体，以致使机械清碴费用大大增加。若进行方案对比，实现最优化设计，爆破拆除的构件解体一般要小于5吨以下，便于装碴，如图10所示。最优设计的拆除单价将大大降低，一般每立方米为30~35元；拱架结构建筑物，拆除单价将更低。这是因为充分解体使装碴机械台班效率提高，单位拆除体的费用亦随之降低。



图 10 建筑物爆破拆除坍塌的碴堆

建筑物及设施的爆破费用与人工钻孔锤击分割费用（在条件许可情况下）相比，大体相近。但是人工锤击钻孔分割劳动强度大，钢筋混凝土就更加困难，因此不是在特殊情况下，应该尽量避免采用。但对于大型薄壁结构（如大型贮气罐等），采用钻孔爆破每立方米费用将会高达150元，有时甚至还多得多。而根据水压力爆破施工实践和不少单位所作的对比试验证明，采用水压力爆破费用为常规钻孔爆破费用的1/10左右。因此，根据拆除对象的不同选择不同的施爆方

案，是爆破拆除设计中的一项重要内容。

应该指出的是，尽管城市建筑物拆除爆破具有很多的特殊性，但它与岩石（包括土方）爆破技术之间是互为依存、互相渗透的，两者都属于工程爆破这个范畴，两者的发展和进步都促进整个工程爆破技术的发展。就整个工程爆破技术而言，在过去很长的时间里，均建立在几何相似的纯经验性的认识阶段，即爆破工程阶段，正如二十年代现代水力学的初期阶段，即水力工程阶段一样，因而抑制了工程爆破技术发展和应用的深度与广度。但是工程爆破的实践，总是为工程爆破技术的发展开辟新途径。七十年代以来，在积累大量工程爆破实践经验的基础上，运用量纲分析的科学方法，并且吸收近代力学发展的成果（如爆炸力学、岩石断裂力学、水下爆炸、岩体力学、结构分析等），建立起了土岩体爆破、抛掷及堆积的力学计算模型。揭示了土岩体爆破、抛掷、堆积规律。导出工程爆破实用经验公式，并赋予经验公式各种系数以确切的力学意义。因此就为构成爆破工程学这门新兴的学科打下基础，而且随着爆破工程学的深化和完善，开拓出一系列近代工程爆破新技术。因此，可以这样说，当前爆破技术的发展，已经逐步脱离纯经验性的积累，而开始以爆破工程学的理论为指导，进行着自觉的试验和探讨，这已是爆破工程学逐步完善和提高的一个重要途径。尽管近代爆破工程学还只是初步形成阶段，但已经具备了相当丰富的内容。笔者认为这些内容主要有：

（1）工程爆破中的量纲分析所揭示的土岩破坏的能量准则、爆破抛掷深度范围、体积应变能准则、切割断裂能量准则（包括静态胀裂能量准则）、岩石挤压破碎塑性功准则；