

全国统一刊号
15255—083

控制爆破

刘清荣 编

武汉工业大学

前 言

虽然普通的工程爆破已有几百年历史了，但控制爆破则是近几十年才发展起来的一门新技术。近年来，我国已将控制爆破技术应用到城镇旧建筑物、构筑物的拆除，收到了施工速度快、优质安全的效果。我国的控制爆破技术已达到世界先进水平，控制爆破研究机构 and 施工队伍比较雄厚，高难度和高精度的控制爆破技术正在不断发展和创新之中。

本书是为培训爆破员和从事控制爆破施工人员编写的，在叙述上力求简明易懂。书中以建筑物、构筑物等的拆除控制爆破为重点，介绍了我国专家、学者的理论与实践成果和典型拆除控制爆破施工实例，供读者借鉴。编者对为本书提供资料的科研、教学、设计等单位，表示衷心的感谢。

由于时间短，编者水平有限，错误和不妥之处在所难免，诚恳地期望广大读者批评指正。

编 者

一九八六年五月于武汉工业大学

目 录

第一章	绪论.....	(1)
第一节	控制爆破的发展简况.....	(1)
第二节	控制爆破的定义和要求.....	(3)
第三节	控制爆破的基本类型.....	(5)
第二章	控制爆破基本原理.....	(11)
第一节	等能原理.....	(11)
第二节	微分原理.....	(12)
第三节	失稳原理.....	(13)
第四节	缓冲原理.....	(18)
第五节	防护原理.....	(21)
第三章	控制爆破的设施与防护.....	(39)
第一节	爆破器材.....	(39)
第二节	孔位和爆破参数.....	(57)
第三节	炸药量的计算.....	(63)
第四节	装药结构.....	(72)
第五节	优选微差起爆时间.....	(77)
第六节	有效的防护.....	(83)
第四章	拆除控爆设计与施工.....	(90)
第一节	拆除控爆设计.....	(90)
第二节	施工准备工作.....	(93)
第三节	标孔及钻孔.....	(95)
第四节	装药与填塞.....	(100)
第五节	起爆方法的选择.....	(102)
第六节	拆除控制爆破实例.....	(109)

第五章	水压控制爆破	(128)
第一节	概述	(128)
第二节	药包位置的确定	(129)
第三节	炸药量的计算	(132)
第四节	水压控制爆破实例	(135)
附录一	武汉地区城镇控制爆破安全规则	(154)
附录二	爆破地震和自然地震的有关数据表	(158)
附录三	爆炸冲击波的有关数据表	(164)
附录四	爆破噪音对建筑物的损坏	(166)
附录五	国产爆破线路电桥和爆破欧姆表规格	(166)
附录六	国产电容式起爆器型号与规格	(167)
附录七	盲炮、残炮的产生、处理与预防	(168)
附录八	岩石可燃性按波阻抗分级	(169)
附录九	国产铵梯炸药组成与性能	(170)
附录十	国产胶质炸药组成与性能	(171)
附录十一	国产电雷管基本参数	(172)
附录十二	中华人民共和国民用爆炸物品管理条例	(173)
附录十三	民用爆炸物品名称	(181)
附录十四	性质相抵触的爆破器材名称表	(185)
参考文献		(186)

第一章 绪 论

第一节 控制爆破的发展简况

控制爆破是国内外从五十年代开始、六十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，曾采用了某些属于控制爆破的措施。随着适用于控制爆破的新炸药品种和微差爆破技术的出现，到六十年代，美、日、瑞典、丹麦等国已将控制爆破应用于城市建筑物、桥墩、基础的拆除、隧道的开挖和公路的改建等工程中。进入七十年代，控制爆破在破碎机理、所用能源、施工技术与实际应用等方面都有很大程度的发展。相继研制成功了以各类燃烧剂、易燃气体为能源的控制爆破，以水为介质传递爆炸能量的水压爆破等，它们能使爆破震动、飞石和噪音等的危害程度限制在规定范围之内。因而，控制爆破的应用范围日益扩大。近几年，它已经被应用到拆除超级高大建筑物和结构复杂的构筑物、开挖海底隧道、清除近岸礁石、抢救地震后的受难人员等方面，并收到了质量好、速度快、费用省等显著效果。如美国一家控制爆破公司，从1960年创建到1980年间，共进行过三千余次拆除控爆。1975年，该公司在巴西圣保罗市繁华的商业区内，采用控制爆破在5.5秒内炸塌了一座32层的钢筋混凝土结构大楼，而周围建筑物、管线网，人员均安然无事。该公司还曾拆除过难度较大的一个海面上高达55米的雷达塔（要求爆后重2860多吨的塔身定向塌倒，并

浮于水面，以便于打捞)。1977年，罗马尼亚地震后，奥地利派出的控制爆破工作队，在距坍塌物下面的受难人员仅40厘米处进行控爆，安全无恙地救出受难人员，有效地加速了抢救工作。

我国在控制爆破的研究和施工方面，居世界先进国家之列。早在抗日战争时期，就曾使用某些控制爆破技术来炸毁敌人的部分工事和进行过其他工程的拆除。五十年代初期，辽宁弓长岭铁矿，华同铜矿和杨家杖子钼矿等曾采用空爆来加深掘进掏槽和控制井下峒室的周边整齐性。1956年，在武汉长江大桥龟、蛇山桥头石方开挖工程中，曾使用控制爆破施工方法。1958年东北工学院井巷爆破教研室在国内首次应用定向控爆技术拆除钢筋混凝土烟囱，并首次成功地采用了高温 $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 控制爆破。1959年，我国成功地进行了河北东川口水库定向控制爆破筑坝，五个洞室的总装药量为192.7吨，总爆土石方量 13.5万米^3 ，其中上坝的土石方量为 8.5万米^3 。六、七十年代，在采掘工程、水利电力工程、铁路、公路工程中，已推广应用光面爆破、预裂爆破以及缓冲爆破等控爆技术。在机械加工中，爆炸成型、爆炸切割、爆炸复合、爆炸压接等控爆技术水平得到了迅速的提高。控爆拆除工程也引起了普遍地重视和全面推广。1973年，北京铁路局采用控爆拆除了旧北京饭店约 2200米^3 的钢筋混凝土结构的地下室，保证了周围建筑群、交通和人员的安全。1976年，中国人民解放军工程兵工程学院曾运用控制爆破安全地拆除了天安门广场两侧总面积达 1.2万米^3 的三座大楼，这标志着大规模城市控爆拆除工程已进入一个新的阶段。1979年，铁道部第四勘测设计院应用水压控制爆破安全拆除了长5.7米，宽3.6米，高2.7米和壁厚50厘米的钢筋混凝土高压滤水罐。八十年代第一个春天，我国将控制爆破

创造性地应用到高难度、高精度的人体疾病治疗，即通过控爆来拆除膀胱结石，至今已治愈数十例，效果良好。1982年，湖北省爆破学会在高达 221 米的武汉市龟山彩色电视塔的基础开挖工程中，运用微差控爆开挖了近 8000 米³岩石，确保了距爆源仅 8 米的二频道发射塔、周围建筑群及 100 米处的长江大桥的安全。

目前，适应于建设需要的控爆组织相继产生。国内已有近百家承担控爆和常规爆破的公司或服务部。如广东省水利厅爆破公司、武汉静态爆破开发公司、中国科学院新技术开发公司、北京爆破工程公司，以及北方爆破公司等。在国外，苏、日、美等国有专业控制爆破公司；欧洲四十多个国家和地区设有专门控爆组织。可以确信，随着控爆理论研究的深入和技术、工艺及测试方法的改进，控制爆破在经济建设和国防建设中，必将得到进一步推广应用。

第二节 控制爆破的定义和要求

迄今为止，国内外对控制爆破的定义尚无统一的认识。一种看法是，该种爆破多用于城市旧建筑物或构筑物的拆除，故称为城市爆破或拆除爆破；另一种看法是，应将光面、预裂爆破等也称为控制爆破。从爆破学科来说，控制爆破和常规爆破是有区别的。譬如，在拆除楼房时，常规爆破法可不考虑倒塌方向、范围以及地震波、空气冲击波和飞石危害等，而控制爆破法必须考虑上述因素。

概括起来，控制爆破可作如下定义：根据工程要求和爆破环境、规模、对象等具体条件，通过精心设计，采用各种施工与防护等技术措施，严格地控制爆炸能的释放过程和介质的

破碎过程，既要达到预期的爆破破碎效果，又要将爆破范围、方向以及爆破地震波、空气冲击波、噪音和破碎物飞散等的危害控制在规定的限度之内，这种对爆破效果和爆破危害进行双重控制的爆破，称为控制爆破。

控制爆破除满足一般常规爆破的《全国爆破安全规程》的各项规定外，还应全部或部分地达到下列几点要求：

1. 控制被爆体的破碎程度 对于大多数的被爆体，通常要求爆后“碎而不抛”或“碎而不散”，甚至要求“宁裂勿飞”，即形成龟裂型松动爆破。在拆除建筑物或构筑物时，要求控制被爆体在原地坍塌或就近坍落。在开采建筑石材和饰面石材时，则要求切割成缝，成型后与原岩脱离。

2. 控制爆破的破坏范围 控制爆破的破坏范围必须严格地与设计尺寸相符，其误差不得超过设计规定值，做到准确定位，即爆上留下(或爆下留上)、爆左留右(或爆右留左)、爆前留后(或爆后留前)及爆边留中(或爆中留边)等。换言之，控制爆破应有高水平的爆破设计和施工工艺，做到准确地、整齐地切割预爆部位，同时保持保留部位完整无损。

3. 控制被爆体的坍倒方向 对于高大建筑物或构筑物(高层框架结构、烟囱、水塔等)，爆破后要求倒向指定的方向，避免在坍倒过程中危及附近建筑群或管、线网设施。在铁路或公路旁边坡进行爆破时，还必须控制爆堆的堆积形状和范围，以免影响车辆正常运行。

4. 控制爆破的危害作用 通过合理选用控爆参数、起爆工艺与加强防护等技术措施，将爆破地震波、空气冲击波、噪音和飞石等的危害作用严格地控制在允许范围之内，确保爆区周围的人和物的安全。

第三节 控制爆破的基本类型

根据工程爆破的主控目的和要求，基本上可把冶金、铁路交通、水利电力、建筑材料、城市建设、地质探矿以及国防工程等部门中常用的控制爆破，归纳成以下几种类型。

1. 三定控制爆破

三定控制爆破是指定向、定距和定量的控制爆破。如以控制爆堆抛散方向为主要目的，则可简称为定向爆破。

三定控制爆破常用于水利工程中的定向爆破筑坝。此时，不仅对爆破方向应严加控制，而且对爆堆质心的抛掷距离和抛至坝体范围内的爆方量(即上坝土石方量)亦需要控制。聚能切割爆破、穿甲爆破以及建筑物、构筑物定向拆除爆破等，均属于定向控制爆破。

2. 四减控制爆破

四减控制爆破是指爆破过程中以及爆破后减少爆破地震波、空气冲击波、飞石和噪音的控制爆破。当主控目的为减少爆破地震波的破坏作用时，可简称为减震爆破；同理，当主控目的分别为减少空气冲击波、飞石和噪音的危害作用时，可分别称为减冲爆破、减飞爆破和减音爆破。

在城市构筑物、建筑物等拆除爆破工程、路基开挖工程、露天矿永久边坡的爆破工程中，常用四减控制爆破或减震控制爆破。

四减控制爆破的最终目标是四无爆破(即无震动、无冲击波、无飞石和无噪音)。在使用工业炸药和高能燃烧剂爆破的条件下，四无爆破难以实现。因而在爆破器材和爆破方法方面，应另辟蹊径。武汉工业大学(原武汉建材学院)、北京建材

科学研究所等单位研制成功的静态爆破剂(亦称膨胀剂),可以实现四无爆破。同时,静态爆破剂可以和工业炸药联合使用,取长补短,充分发挥动、静两态爆破的作用。

3. 成型控制爆破

成型控制爆破是指爆破后按爆轰质分离体或金属薄板形成一定的几何形状和尺寸的控制爆破。建筑石材和饰面石材的开采、某些金属板材的加工、航天工程特殊型壳体的加工以及光学萤石、冰洲石、水晶、宝石等保护晶体的开采时均可采用成型控制爆破。

根据原岩自由面数目和成缝切割方向之不同,常见的在花岗岩、大理石、汉白玉等石材成型控制爆破,又分下列几种类型:

- 单向成型控制爆破 { 立孔成型控制爆破,
平孔成型控制爆破;
- 多向成型控制爆破 { 一平一立双面成型控制爆破,
一平二立三面成型控制爆破,
一平三立四面成型控制爆破。

4. 光面控制爆破

光面和稳定控制爆破是指爆破后原岩体的切割面或裂面具有一定的平整度及能保持原岩体本身稳定性控制爆破。此种类型爆破在露天矿永久边坡爆破、铁路和公路的路堑及边坡爆破、井下巷道、洞室及隧道爆破工程中有着很大的推广应用价值。国内外所采用的光面爆破、预裂爆破、缓冲爆破等,均属于这一类型的控制爆破。

5. 拆除控制爆破

目前,国内外常见的拆除控制爆破主要用在以下几个方面:

- (1)大型块体的切割和解体。常见的有厂房设备基础、

各种建筑物、构筑物、基础以及桥梁、墩台、码头、船坞、桩基、岩石的拆除。此类爆破的特点是材质不一，形状多样，环境复杂。

(302) 钢筋混凝土框架结构的拆除 对此类结构物的爆破，往往受到场地条件的限制，因而常常采用原地坍塌、定向倾倒和抛掷倒塌等爆破方式。

(303) 建筑物、构筑物的拆除 常见的有楼房、群体建筑、烟囱、水塔、铁塔、塔等物的拆除。一般用定向倾倒、单向或双向抛掷倒塌以及原地炸落等爆破方式。

(404) 金属结构物拆除 桥梁、船舶(沉船)、废旧船等)的支柱、钢管、大支型梁等物的拆除爆破属于此类型。

(505) 高温窑炉物拆除 常见的有高炉、平炉和炼焦炉中凝结块和炉渣等的拆除爆破。

(606) 地物拆除 常见的有清理道路、地坪、飞机跑道和停机场等的拆除爆破。

(707) 其他工程的拆除爆破。

3.6 联合控制爆破

上述的几种爆破类型中，成型控爆、光面帮稳定和定向、定距、定量抛爆，均属于提高和改善爆破质量方面的控制爆破，而防震、减冲、减震和减音控爆，则属于减小爆破危害方面的控制爆破。在实际爆破工程中，经常会遇到既要要求控制爆破质量，而同时又在安全上又有严格要求，即要求减小乃至基本上消除爆破危害的情况。因此，不仅有单一型的控制爆破，而且联合控制爆破更为多见。例如，在露天矿二次破碎工程中的定距减震控制爆破，在石材开采工程中的成型减震控制爆破，在拆除建筑物、构筑物等拆除工程中的定向或抛掷控制爆破等。

4.7 特殊控制爆破

在日趋复杂的工程爆破实践中，有时必需满足某一项或某几项特殊要求，此类控制爆破称为特殊控制爆破。兹举几例如下：

(1) 抛松控制爆破

在洞室或深孔爆破工程中，对同一个被爆体要求一侧抛掷，另一侧松动破碎，此种类型的控爆称为抛松控制爆破。

抛松控制爆破多用于矿山的露天剥离扩建工程。在这种情况下，被爆体的一侧往往有工业场地、建筑物、管线网及住宅区等，需要进行保护。该保护侧的岩石只准原地松动破碎，不容许出现有飞石、滚石等危害现象。例如江西铁山垅钨矿、辽宁海城滑石矿的露天剥离扩建工程的百吨级炸药的抛松控制爆破，均属于此类。

(2) 高温控制爆破

在被爆体温度高于常温下所进行的控爆称为高温控制爆破。根据被爆体温度之不同，高温控制爆破又可分成以下三种亚类，即：

高温控制爆破	{	低高温控制爆破 ($50 \sim 200^{\circ}\text{C}$)；
		中高温控制爆破 ($200 \sim 500^{\circ}\text{C}$)；
		超高温控制爆破 ($>500^{\circ}\text{C}$)。

高温控制爆破可用于高硫矿床的开采、石油井的爆破、高温凝结物的爆破，以及高炉、平炉和炼焦炉的修炉及处理炉瘤等。

高温控制爆破在安全上要求很严格，每次控制爆破，必须做到“安全、隔热、准爆”。

(3) 水下岩塞控制爆破

水下岩塞控制爆破是指在天然湖泊或在已建成的水库中，通过控制爆破将水下岩塞一次爆通形成进水口的爆破方法。按照爆后岩碴处理方式之不同，水下岩塞控制爆破可分为两种，

即:

水下岩塞控制爆破 { 集碴式岩塞控制爆破;
泄碴式岩塞控制爆破。

水下岩塞控制爆破的基本特点之一,就是此类爆破是在水和岩石两种不同介质的交界处进行的,因此,它同单纯陆地爆破或水下爆破既有相同之处又有所区别。水下岩塞控爆在爆破时除产生爆破地震波、空气冲击波之外,还产生水中冲击波、气泡脉冲、波浪以及水气岩碴混合体的冲击作用。由此可见,进行水下岩塞控爆时对岩塞附近的水坝、闸门等水工建筑物及隧洞等必须采取有效的安全防护措施。此外,水下岩塞控爆必须将岩塞一次爆通,成形良好,否则,会给工程处理带来很大的困难。

我国自1971年以来,相继在辽宁211工程、江西玉山七一水库及黑龙江210等工程中,成功地进行了水下岩塞控制爆破。世界上,挪威、法国、瑞士等采用此法较多。特别是挪威的天然湖泊多,近七十年以来,已完成了300多个水下岩塞控爆工程;其中最深的岩塞位于水下85米,并成功地采用了双岩塞控制爆破。

(4) 医疗控制爆破

应用于人体疾病的临床医疗方面的控制爆破,称为医疗控制爆破。

1980年春,西安市中心医院与兵器工业部204所合作,经过百余次空间和动物体内试验,在国内外首次应用控制爆破排除了人体内的膀胱结石。1984年4月,又成功地用控爆排除了直径大于3厘米的膀胱结石。

目前,正对肾结石及胆道、胆囊结石等采用医疗控制爆破进行深入的研究。

(5) 急救控制爆破

应用于紧急情况下的急救、救生和救灾等方面的控制爆破，称为急救控制爆破。

近几年来，急救控制爆破技术的发展非常迅速。例如，在地震救灾时，采用定向穿孔(洞)药包或穿孔弹爆开已坍塌的墙壁或梁柱等，安全而迅速地救出受灾人员。又例如，在海上遇难时，可将平时叠放保存的控爆救生圈(衣、筏)迅速投入水中，并启动起爆拉索，使该救生圈(衣、筏)内某些易产生大量气体的化合物(如碳酸盐类可产生大量的 CO_2 ；金属氢化合物产生大量的 H_2 ；等等)瞬时释放出大量气体充满救生圈(衣、筏)，急救落水人员。

在救火紧急情况下，可采用控爆方法瞬时爆开墙、梁、柱、板等以及必要时瞬时打开保险柜锁及门锁等。控爆气体发生装置灭火器和控爆干粉灭火器使用灵便，应急性强，在交通不便及水源不足处更为有用。

(6) 疏松控制爆破

应用于疏通管道、溜井或漏斗口堵塞、疏松粉体结块物以及疏浚河道等方面的控制爆破，称为疏松控制爆破。

在采矿工程中，经常会出现放矿溜井或放矿漏斗堵塞事故，运用控爆技术可以安全而有效地处理堵塞溜井的事故。在航道工程中，可用控爆法疏浚河道、炸除暗礁及冰排等。当化工原料散体氯化钠堆结块时，疏松控爆能使它迅速地疏松开来。

此外，还有用于人工爆炸合成金刚石等方面的合成控制爆破以及用于军事和国防工程中的军工控制爆破和特工控制爆破等等。

控爆类型还不限于上述几种，有许多控制爆破法尚在不断的改进与创新之中。

第二章 控制爆破基本原理

第一节 等能原理

根据爆破对象、条件和控爆要求，优选控爆参数，即选取最优的孔径、孔数、孔距、排距和炸药单耗等，采用合适的装药结构、起爆方式及炸药品种，以期达到每个炮孔所产生的爆炸能量与破碎该孔周围介质所需的最低能量相等，即使介质只产生一定宽度的裂缝或原地松动破碎，而无剩余的能量造成危害。这一原理，称为等能原理。

爆炸能量是炸药爆炸后所放出的全部能量。炸药爆炸对外的做功过程，就象一特殊“热机”工作过程一样，其化学潜在能在爆炸反应的瞬间转化为热能，然后靠爆炸气体的膨胀，热能又转化为对外界作用的机械功。单位炸药爆炸能

$$A = Q_0 \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \text{焦/公斤}, \quad (2-1)$$

式中， Q_0 ——单位炸药爆热，焦/公斤；

T_1 ——爆炸反应终了瞬间爆炸气体的温度；

T_2 ——爆炸气体膨胀后的温度。

根据等能原理要求，炸药周围被破坏的介质只是原地松动破碎，即只形成一些割裂性的裂缝。因此，岩石介质破坏所需能量就等于介质中新表面形成所需的能量。如裂纹表面能用 Φ 表示，则裂纹扩展单位面积所需能量为 2Φ 。若炸药周围岩石介质破坏后形成的裂纹表面积为 F ，则需要能量总和为

2FΦ。

按上述的定义，等能原理可用下面数学表达式来描述：

$$QQ_1\eta\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = 2\Phi F, \quad (2-2)$$

式中，Q——炮孔装药量，公斤；η——爆炸能利用系数，该值与孔网参数、装药结构、起爆方式等因素有关，由实验而定。

第二节 微分原理

控制爆破的微分原理是将爆炸某一目标所需的总装药量进行分散化与微量化处理的原理，故亦称为分散化与微量化原理。“多打眼，少装药”是控制爆破工人对分散化、微量化原理的形象而通俗的说明。换言之，它是将总装药量“化整为零”，合理地、微量地装在分散的多炮孔中，通过分批微差多段起爆，既达到爆破质量的要求，又显著地降低爆破危害的目的。

如果要求采用等能原理控爆后，炸药周围的介质只产生裂缝、原地松动破坏，则当一次药量较大且比较集中时，这一点是很难做到的。这种情况下，距炸药一定距离范围内的岩石介质往往会受到过度的破坏，产生塑性变形，有时还会出现抛掷现象，只有在距药包较远处，岩石介质才只形成裂纹，而没有过大的破坏。另外，炸药过于集中，容易形成地震波，降低了炸药能量的利用率。微分原理的应用，就是要消除那些由于炸药量过于集中而造成的不良效应。因此，可以说，微分原理是以等能原理为基础，将药量微分化，亦即将爆炸能量微分化，从而达到控制爆破目的。

由于炸药微量化后，气体膨胀后的温度 T_2 会显著下降，故可近似地取 $T_2 = 0$ 。根据式(2-2)，微分原理可用下式来描

述:

$$Q_0 \eta \cdot dQ = 2\phi dF, \quad (2-3)$$

式中, dQ 、 dF ——对炸药量和破坏体新表面取微分; 其他符号的意义与式(2-2)相同。

微分原理广泛用于市区内的一些建筑物的控爆拆除。天安门广场两侧, 总建筑面积达1.2万米²的三座钢筋混凝土大楼的控爆拆除, 就是运用微分原理的一个典范实例。该三座建筑物地处闹市, 交通频繁的地区, 工程兵科学地、巧妙地将重达439公斤的总炸药量分散地装在8999个炮孔中, 平均每孔装药量为48.8克, 有效地控制了爆破的危害作用。又如瑞典歌德堡市中一条繁华大街上有座大楼, 楼前人流车流不断。爆破拆除该座大楼时, 将200公斤炸药分散地装在800个炮孔中, 平均每孔装药量为250克, 分成18段微差起爆, 爆后大楼原地坍落, 周围建筑物安然无恙, 交通未中断。1981年, 铁道部第四勘测设计院在武汉市葛店化工厂控爆拆除建筑面积600米²、高21米框架式的大楼时, 曾将5.28公斤总药量分散地装在209个炮孔中, 每孔平均装药25.3克, 分四段微差起爆, 从而达到了预期的控爆效果。

第三节 失稳原理

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, 运用控制爆破将承重结构的某些关键部位爆松, 使之失去承载能力, 同时破坏结构的刚度, 建筑物或结构物在整体失去稳定性的情况下, 在其自重作用下原地坍塌或定向倾倒, 这一原理称为失稳原理。

当采用控制爆破拆除钢筋混凝土框架大楼时, 根据上述的