

混凝土结构的切割爆破技术

龚汉松^{1,2}

(1. 中国地质大学(北京)工程技术学院,北京 100083; 2. 海南省地质矿产勘查开发局,海南 海口 570206)

摘要:通过大量的素混凝土及钢筋混凝土结构切割爆破实践,分析归纳出其主要爆破参数计算方法和工程施工技术特点。将这些计算方法和技术要点应用于工程实践,取得了较好的切割爆破效果,达到了相应的工程目的。

关键词:混凝土结构;切割爆破;不耦合装药;技术参数;工程实例

中图分类号:TU751.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)11-0054-03

Cutting Blasting Technology for Concrete Structure/GONG Han-song^{1,2} (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Hainan Bureau of Geological and Mineral Exploration and Development, Haikou Hainan 570206, China)

Abstract: Calculating method for main blasting parameters and construction technology features are analyzed and summed up by a lot of cutting blasting engineering cases of plain concrete and reinforced concrete structure. The calculating method and main technology produced good results.

Key words: concrete structure; cutting blasting; decoupling charging; technical parameter; engineering case

在城市改扩建及各类建筑物拆除过程中,经常遇到某些大型混凝土或钢筋混凝土结构物需要拆除一部分而保留另一部分,有时需要把大型块体一分为几,这些都可以采用切割爆破方法来达到工程目的。笔者通过大量的工程实践,对混凝土及钢筋混凝土结构切割爆破的工程实践资料进行了分析处理,提出了一套在工程上具有较好应用价值的技术方法和技术参数。

根据爆破对象的不同及所采用技术方法的差异,可以将混凝土结构的切割爆破技术分为2种类型,即:素混凝土结构切割爆破和钢筋混凝土结构切割爆破。

1 素混凝土结构切割爆破

只要在素混凝土结构的设计位置和方向形成裂隙,即达到切割素混凝土结构的工程目的。但素混凝土结构切割爆破往往有其特殊要求,如要求爆破不能使保留部分遭受破坏,爆破振动不能对保留体上的设施产生不利影响。有时除要求保留体不允许破坏外,往往还要求切割面平整。为了达到上述目的,可以采用光面切割爆破或者预裂切割爆破。光面切割爆破就是沿设计切割面布置一排密集炮孔,采用不耦合装药降低爆破对炮孔周壁的破坏,在主

爆区之后起爆,以形成平整的切割面。预裂切割爆破就是沿设计切割面布置一排密集炮孔,采用不耦合装药降低爆破对炮孔壁的破坏,在主爆区之前起爆,从而在主爆区与保留区之间形成预裂隙,以减小主爆区爆破时对保留结构体的破坏并形成平整的切割面。如果装药参数及起爆方式选择合理,这两种方法均能得到平整的切割面,均能用来切割素混凝土结构。比较而言,预裂爆破能进一步降低对保留部分的破坏,能更可靠地达到设计目的。

1.1 光面及预裂切割爆破的技术关键

光面和预裂切割爆破,其爆破过程特点是药包爆破既要保证炮孔周壁不受爆炸冲击波和爆生气体的压碎,又要保证在爆生气体及爆破应力波的作用下沿设计线布置的炮孔能贯通成缝。

从炸药爆炸理论可知,爆轰波波阵面上的压力可达 $(0.5 \sim 1) \times 10^4$ MPa,在耦合装药的情况下,可使药包周围的介质形成压碎区。为了控制乃至消除这种压碎区,光面和预裂切割爆破常常采用缓冲原理,即采用不耦合装药,并严格控制药量,使爆炸能量得到合理的分配和利用。

为了保证沿设计线布置的炮孔贯穿,必须选择合理的炮孔间距,并保证沿同一设计线布置的炮孔钻凿在同一平面内。另外,在设计切割面转弯处及

收稿日期:2007-07-05

作者简介:龚汉松(1962-),男(汉族),湖北应城人,中国地质大学(北京)博士在读,海南省地质矿产勘查开发局副局长、教授级高级工程师,地质工程专业,工学硕士,从事地质工程及爆破工程的施工与管理工,海南省海口市南沙路88号海南省地质矿产勘查开发局, hansong@sina.com。

临近自由面处,应布置导向空眼。同时,根据光面及预裂切割爆破成缝机理的研究成果,应尽量保证所有的切割爆破炮孔同时起爆,即所有的切割爆破药包须用低段位同段毫秒差雷管或即发雷管起爆。为了充分利用爆轰气体的能量,提高光面和预裂切割爆破裂缝的贯通效果,切割爆破的炮孔口必须进行堵塞。

1.2 预裂切割爆破的主要参数

预裂切割爆破的主要参数有炮孔直径、炮孔长度、炮孔间距及单孔装药量。这些爆破参数目前主要采用经验公式确定。

目前素混凝土结构切割爆破一般采用 $\varnothing 40$ mm 直径的炮孔装药,在这种情况下,需要确定的爆破参数只有炮孔间距、炮孔长度及单孔装药量。常用的单孔装药量计算公式为:

$$q = \lambda aH$$

式中: q ——单孔装药量, g; a ——炮孔间距, m; H ——预裂厚度, m; λ ——预裂单位用药系数, g/m^2 , 亦可近似为预裂单位面积的用药量, 视材质情况参照表 1 选取。

表 1 预裂切割爆破单位用药系数表

介质抗压强度 /MPa	炮孔间距 /cm	λ /($g \cdot m^{-2}$)	线装药密度 /($g \cdot m^{-1}$)
10	57	173.66	99
20	52	273.08	142
50	45	513.33	231
80	42	704.00	296
100	41	814.63	334
150	38	1092.11	415

表 1 中还列出了在炮孔直径 40 mm 的情况下,可供参考的炮孔间距及相对应的线装药密度。

预裂切割爆破的条件不同,炮孔长度的确定原则也不相同。板状及块状体的切割,即在炮孔前方存在一个自由面时,炮孔长度 $l = (0.6 \sim 0.8)H$, H 小时取小系数值, H 大时取大系数值。当炮孔前方部分需要保留时,炮孔长度 $l = (0.9 \sim 1.1)H$, 介质强度低又不允许破坏下部保留体时取小系数值, 介质强度高或不要求开挖面很平整时取大系数值。

1.3 光面切割爆破的主要参数

光面切割爆破参数主要包括最小抵抗线 w 、炮孔间距 a 、炮孔长度 l 和单孔装药量 q , 其中最小抵抗线 w 和炮孔间距 a 可按下列公式确定:

$$w = (7 \sim 20)d$$

$$a = (0.6 \sim 0.8)w$$

式中: d ——炮孔直径, mm。

单孔装药量 q 和炮孔长度 l 可参照预裂切割爆破选取。

2 钢筋混凝土结构切割爆破

钢筋混凝土结构切割爆破与素混凝土结构切割爆破在技术上有着很大的差异,仅仅在钢筋混凝土结构的设计位置和方向上用爆破的方法形成裂缝,因钢筋的牵制,钢筋混凝土结构是无法分离的。笔者认为,用爆破方法切割钢筋混凝土结构,只有将结构预定位置和方向的一条具有一定宽度的窄条形区域内的混凝土全部炸碎,使其钢筋完全暴露,然后用其它方法(如气割)切割钢筋,才能达到切割分离钢筋混凝土结构的目的。

2.1 薄板状钢筋混凝土结构切割爆破

对于厚度小于 400 mm 的薄板状钢筋混凝土结构,通过多次实践,其切割爆破可以呈梅花形交错布置 2 排平行的炮孔,主要参数如下:

$$a = b = H/2$$

$$l = (H + h)/2$$

$$q = KabH$$

式中: q ——单孔装药量, g; a ——炮孔间距, m; b ——炮孔排距, m; l ——炮孔深度, m; h ——药包高度, m; H ——钢筋混凝土结构厚度, m; K ——单位用药系数,一般取 $(2.0 \sim 2.5) \times 10^3 g/m^3$ 。

在进行爆破施工时,装药后炮孔必须完全堵塞,全部药包用低段位同段毫秒差雷管起爆。爆破时,在最小抵抗线方向,碎石定向抛掷距离较远,必须采取相应的防护措施。

2.2 厚钢筋混凝土结构切割爆破

实践证明,对于厚度大于 400 mm 的钢筋混凝土结构的切割爆破,若采用薄板状钢筋混凝土结构的切割爆破方法,很难取得良好的效果。笔者认为,应借用坑道爆破技术的掏槽爆破方法,在结构设计位置和方向布置炮孔时,布置部分空心眼,以创造更多的自由面,并作为介质破碎松散的补偿空间,降低爆破力对结构其它部位的破坏作用。具体的炮眼布置方法可采用如图 1 所示的方式。

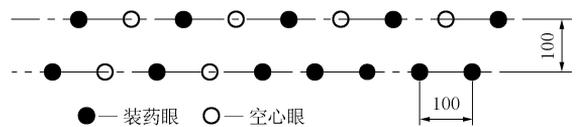


图 1 厚钢筋混凝土结构切割爆破炮眼布置图

其主要爆破参数为:

$$a = b = 100 \text{ mm}$$

$$q = 2\beta abH$$

$$l = [m/(1+m)]H + h/2$$

式中: m ——单孔药包个数,即装药层数,由方程 $m = q/(24 + m)$ 确定,四舍五入取整数; β ——单位用药系数,这里取 $(3.5 \sim 4.07) \times 10^3 \text{ g/m}^3$ 。

当 $m \geq 2$ 时,即分2层及2层以上装药时,各层药包装药量不应相等,里层药包装药量应比外一层药包装药量增加 15% ~ 20%,各层药包的层间距应相等。

3 工程实例

3.1 素混凝土桥墩的切割爆破拆除

某铁道工程局正承建的某特大型铁路桥,因条件变化需要拆除某桥墩的 1/3。桥墩原全高 12 m,其中 8 ~ 12 m 部分需要拆除。要求拆除后切割面平整,0 ~ 8 m 保留部分无任何内损伤。大桥正好跨过一村庄,桥墩四周环境比较复杂,西 5 m 和东 7 m 有居民房屋,西 10 m 是正在运行的原焦枝单线铁路。

因爆破抛掷的初始高度较大,故应对爆破抛渣进行控制。经现场勘查,确定采用预裂切割爆破和定向抛掷爆破进行拆除。预裂切割面确定在 8.1 m 标高处。此处桥墩断面尺寸为 $3.5 \times 2.5 \text{ m}^2$;桥墩的砣标号为 425 号。其预裂切割爆破方法为:断面长边上布置炮孔,因当时钎杆长度限制,从两个长边沿短边方向对凿炮眼,两边炮眼深度 l 均为 1.15 m。为严格控制爆破作用,采用多打眼少装药的方法,炮孔布置如图 2 所示。

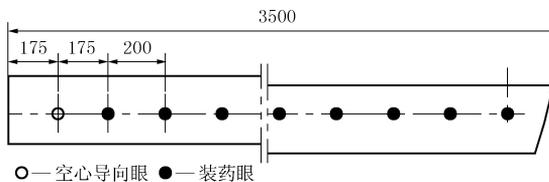


图 2 桥墩切割爆破炮眼布置图

装药炮孔间距定为 200 mm,其主要参数为:

- (1) 炮孔直径 $d = 40 \text{ mm}$;
- (2) 炮孔间距 $a = 200 \text{ mm}$;
- (3) 炮孔深度 $l = 1.15 \text{ m}$;
- (4) 单孔装药量 $q = \lambda aH$,此处 $H = 2.5/2 = 1.25$

m。

根据表 1 用插值法求出 425 号砣结构的 λ 值,即 $\lambda = 453.26 \text{ g/m}^2$ 。

故 $q = 453.26 \times 0.2 \times 1.25 = 113.32 \text{ g}$

取 $q = 110 \text{ g}$

把 110 g 炸药分成 30、35 和 45 g 的 3 个药包,采用空气柱间隔装药。45 g 药包置于孔底;35 g 药包置于孔深 0.68 m 处;30 g 药包置于孔口与炮泥紧靠,炮泥堵塞长度 200 mm。药包采用竹片定位,药包之间采用导爆索传爆;全部药包均采用即发电雷管起爆。

爆破后,切割面平整。经铁道设计部门观测,下部保留部分无任何损伤。

3.2 薄钢筋混凝土板结构的切割爆破

钢筋混凝土板结构尺寸为 $6000 \text{ mm} \times 3500 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$,有一层 $\text{Ø}10 \text{ mm}$ 的钢筋,布筋密度为 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 。根据用户要求,需将该结构沿长边方向等分为 3 部分。设计在板长边方向三等分的各等分线两侧梅花形布置 2 排炮孔,其主要爆破参数为:

$$a = b = 200 \text{ mm}$$

$$l = (H + h)/2 = (300 + 50)/2 = 175 \text{ mm}$$

$$q = KabH = 2.0 \times 10^3 \times 0.2 \times 0.2 \times 0.3 = 24 \text{ g}$$

这里取 $h = 50 \text{ mm}$, $K = 2.0 \times 10^3 \text{ g/m}^3$

爆破时,将板倾斜放置,倾角为 15° 左右。全部炮泥堵实,全部药包均用即发电雷管起爆。为了安全起见,板的上表面进行了覆盖。起爆后,爆渣沿板的外法线方向定向抛出,板的 2 条三等分线处被爆破出一条约 200 mm 宽的窄缝,并完全暴露出钢筋。气割割除钢筋后板被整齐地分割为三等分。

4 结语

素混凝土结构与钢筋混凝土结构切割爆破技术方法存在着很大的差异。笔者在实践中总结出来的切割爆破技术方法及相应的爆破参数确定方法,反过来应用于工程实际时取得了良好的技术效果,达到了相应的工程目的。对于不同的应用条件,笔者提出的技术方法及爆破参数确定方法可能会产生一定的误差,敬请同行们批评指正并提出修正意见。

参考文献:

- [1] 冯淑瑜. 城市控制爆破[M]. 北京:中国铁道出版社,1986.
- [2] 史雅语,等. 工程爆破实践[M]. 合肥:中国科技大学出版社,2002.
- [3] 周昕清. 爆炸动力学及其应用[M]. 合肥:中国科技大学出版社,2001.