

复杂城市环境下边坡预裂爆破应用与效果检验

陈艳春¹, 项斌¹, 虞子平², 傅张涛³

(1. 浙江省隧道工程公司, 浙江 杭州 310030; 2. 浙江省建工集团有限责任公司, 浙江 杭州 310012; 3. 浙江省地矿勘探院, 浙江 杭州 310016)

摘要:城市名胜风景区内某建筑工程基坑开挖遇山体石方,需进行岩石边坡爆破施工。为了降低爆破振动危害和保护边坡开挖轮廓面的预期效果,采用了预裂爆破技术。经过合理设计,提出了预裂爆破方案,并按照方案精心施工,同时对周边重点建(构)筑物的爆破振速进行监测。结果表明:各监测点振动速度远小于安全允许范围,宏观爆破效果良好,为后期开挖爆破提供了良好的开挖条件,该预裂爆破技术对类似工程具有一定指导意义和参照价值。

关键词:岩石边坡;预裂爆破;监测分析;效果检验

中图分类号: TU751.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2016)08-0081-04

Application and Effect Test of Slope Pre-splitting Blasting in Complicated Urban Environment/CHEN Yan-chun¹, XIANG Bin¹, YU Zi-ping², FU Zhang-tao³ (1. Zhejiang Tunnel Engineering Company, Hangzhou Zhejiang 310030, China; 2. Zhejiang Construction Engineering Group Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310012, China; 3. Institute of Geology and Mineral Resources Exploration of Zhejiang, Hangzhou Zhejiang 310016, China)

Abstract: Mountain rocks were encountered in the excavation of a construction project in urban scenic spot, rock slope blasting was to be carried out in this case. Pre-splitting blasting technology was used to reduce the blasting vibration damage and protect the integrity of the excavation profile. A pre-splitting blasting scheme was proposed based on the suitable design and the construction was carried out carefully in accordance with the scheme; meanwhile, the blasting vibration velocity of surrounding buildings was monitored. The results show that the vibration velocity of each monitoring point was much less than safety permission ranges with good macro blasting effect, which provides favorable excavation conditions for later blasting. This pre-splitting blasting technology has certain reference for the similar projects.

Key words: rock slope; pre-splitting blasting; monitoring analysis; effect test

1 工程概况

某地下室基坑开挖,遇山体石方,机械开挖无法施工,需进行岩石边坡爆破施工,设计开挖基坑底标高为+16.7 m,在+29.6 m处设置有一台阶,台阶宽度为2.0 m。边坡分别为1:0.3和1:0.15。该工程位于西湖5A级景区内,周边环境复杂,需爆破区域南侧距北山街130 m,距东侧玛瑙寺最近约95 m,距南侧西湖230 m。本项目区域也位于爆破区南侧,最近房屋离爆破区35 m。爆区北、西侧50 m范围内为山体,其中距浙江档案馆约10 m。场地区域地质构造隶属华东平原沉积区中的长江三角洲徐缓沉降区,新构造运动不明显,地震活动微弱,无活动断裂穿越,区域稳定性较好。需爆破区域岩性为晶玻屑熔结凝灰岩,凝灰结构,块状构造,岩质坚硬,表土层已剥离。

2 问题的提出

为保护岩石边坡稳定性,从基坑底+16.7~+29.6 m台阶采用预裂爆破,沿设计开挖轮廓线,并平行于坡面打一排倾斜孔,先于中主爆孔起爆,从而形成预裂孔连线方向平整的预裂缝^[1]。

然而,生产实践表明,影响预裂爆破效果的因素众多,包括工程地质条件、爆破参数的选取以及施工质量的影响^[2]。预裂爆破的主要技术参数均与岩石物理力学性质直接相关。爆破参数的选择则包括孔距、孔径、不耦合作用、装药结构、炸药类型、起爆时间间隔等,其选取直接关系到预裂缝是否贯通及预裂面的平整度。钻孔施工精度对炮孔负担面积、预裂缝的形成均有直接关系,可能造成严重的超欠挖现象^[3]。而在实际工程中,预裂爆破效果并不理想,在方案设计和施工方面仍存在着很多问题。

收稿日期:2016-03-31

作者简介:陈艳春,男,汉族,1971年生,工程师,主要从事隧道施工方面的工作,浙江省杭州市古墩路673号瑞博国际A幢1301室, wuchen-617@163.com。

根据本工程特点,本工程边坡处采用预裂爆破,经过认真设计,精心施工,达到了预裂爆破预期效果,并为后期开挖爆破提供了良好的条件。

3 预裂爆破技术参数

3.1 钻孔直径

为了控制单孔药量,降低爆破振动,结合该工程目前使用钻机的实际情况,采用液压潜孔钻机、直径90 mm的钻头钻孔。

3.2 钻孔间距

预裂爆破中,钻孔间距的大小直接决定爆破能否顺利完成以及边坡开挖后的效果,孔距 a 的选取与孔径 D 直接相关,同时考虑到爆破效果,与岩石的完整性、坚硬程度也有一定关系。

经验公式:

$$a = (8 \sim 12)D \quad (1)$$

岩石破碎软弱时取小系数,反之取大值。根据经验公式孔距应为0.608~0.912 m,考虑到本工程预裂爆破区域为凝灰岩,块状构造,岩质坚硬以及工期紧的要求,决定取0.8 m,布孔如图1所示。

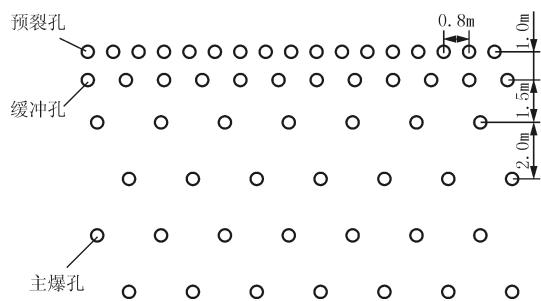


图1 布孔示意图

3.3 线装药密度 Δx (g/m)

线装药密度决定着炮孔负担面积,其选取既要考虑起爆威力是否能达到相邻孔的起爆条件,也要考虑不破坏孔壁的爆炸能量上限,根据如下经验公式选取^[4]:

$$\Delta x = 0.36\sigma_{\text{压}}^{0.63} a^{0.67} \quad (2)$$

式中: $\sigma_{\text{压}}$ ——岩石极限抗压强度; a ——孔距。

本工程岩性为晶玻屑熔结凝灰岩,孔距为0.8 m,代入经验公式(2)进行计算,本预裂爆破工程的每米线装药为300~350 g/m。

3.4 不耦合系数

采用 $\varnothing 32$ mm的2号岩石乳化炸药,而炮孔直径为90 mm,考虑到 K_d 在2~4范围为宜,本工程不

耦合系数 K_d 取3.5。

3.5 装药结构

装药结构分为孔底加强装药段,正常装药段以及孔口堵塞段。加强段装药量为正常段 Δx 的1~2倍,取600~700 g/m;正常段装药300~350 g/m;减弱段1~1.5 m,减弱段装药量是正常段 Δx 的1/3,根据工程经验,堵塞段取1.2 m。在堵塞过程中,不要过紧,并保持药卷在孔中央位置,避免药卷在炮孔内弯曲。装药结构如图2所示。

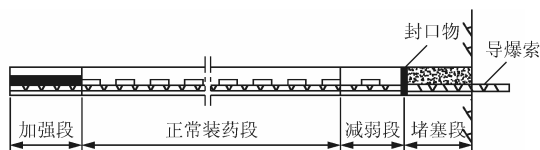


图2 预裂爆破装药结构示意图

3.6 布孔方式

预裂爆破中,预先起爆的为预裂孔,其后主爆孔进行爆破开挖。为了降低相互之间影响,在两者中间布设缓冲孔^[5],其装药量和孔数均小于预裂孔,且需保证与预裂孔之间的排距 W_1 合理,过小会造成孔间贯通,过大会改变预裂孔爆破方向,破坏预裂面,两者均会影响预裂效果。本工程选择 $W_1 = 1.0$ m。如图3所示,预裂孔沿坡度1:n边坡开挖线进行布孔。

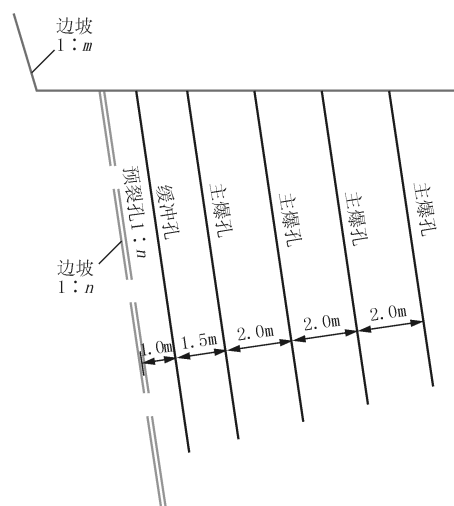


图3 预裂爆破钻孔剖面示意图

3.7 起爆方式

预裂孔孔内使用导爆索,取3~4个孔为一段,孔内在导爆索上连接毫秒雷管,采用非电雷管起爆,预裂孔起爆100~150 ms后,一排主爆孔起爆,预裂孔布置位置及待爆区示意图4。

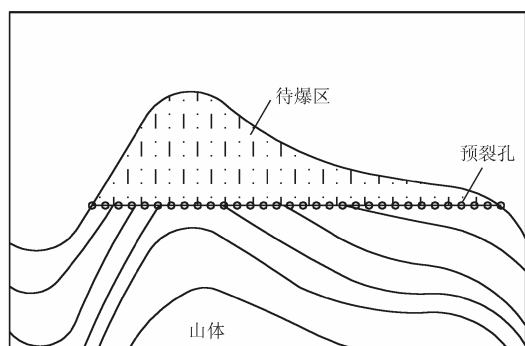


图 4 预裂爆破平面布置示意图

4 爆破振动监测

4.1 监测方案

本工程爆破振动监测采用 TC-4850 智能爆破测振仪,在各监测点处布设该仪器配套的传感器采集爆破产生的地震波信息,传感器能动态监测速度、加速度、位移、频率、压力等信息并可通过配套软件在电脑上进行处理和分析^[6]。根据爆破工程经验,在实际工程中往往以质点振动速度作为爆破振动破坏程度的安全判据^[7]。该爆破测振仪可以同时采集爆破振动速度的三个垂直分量,其频谱分析功能可以自动绘制振动频率曲线^[8-9]。

考虑到本工程位于国家 5A 级景区,需控制爆破振动,不对周边重点建(构)筑物结构造成损伤等,选择其中 6 个重点建(构)筑物,分别在其地基处布置 6 个监测点。监测点 1 为项目部办公楼,监测点 4 位于爆破区东侧寺庙,监测点 2、3 位于爆破区东南侧饭店,监测点 5 位于爆破区南侧居民楼,监测点 6 选取爆破区南侧环湖建筑,具体监测点布置方式见图 5。

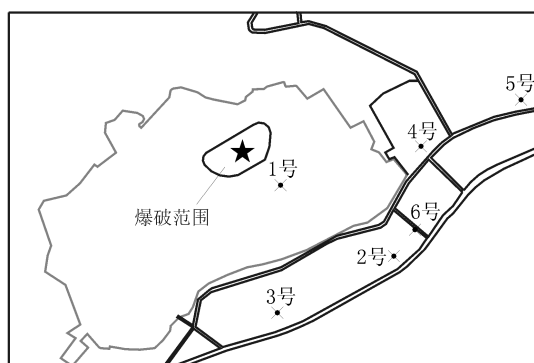


图 5 测点布置示意图

4.2 监测结果及分析

爆破后,利用电脑中配套软件强大的数据处理

功能对从传感器获取的信息进行分析处理,可得到爆破区周边 6 个监测点的爆破振动测试结果,详见表 1。

表 1 爆破振动测试数据

测点	爆心距/m	振速分量最大值/($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)			主频率/Hz		
		x	y	z	x	y	z
1	30	0.832	0.558	0.724	31.250	28.986	31.008
2	200	0.108	0.159	0.265	17.778	25.806	25.316
3	179	0.123	0.084	0.166	24.691	17.621	20.408
4	195	0.401	0.607	0.445	16.393	29.197	31.008
5	309	0.048	0.056	0.050	59.702	81.633	46.512
6	206	0.087	0.117	0.080	43.011	38.095	28.369

从表 1 可以看出,监测点 1 相比较其他测点离爆心距离最近(为 30 m),其质点振速分量最大值大于其他监测点(为 0.832 cm/s)。监测点 5 离爆心距离最远,其质点振速分量最大值小于其他监测点(为 0.056 cm/s)。监测点 2、3、4、6 爆心距离相差不大,但因其分别布设在爆破区域的不同方位,质点振速未表现出明显的衰减规律。

依据《爆破安全规程》(GB 6722—2014)^[10]爆破振动安全允许标准,地面建筑物根据不同类型、用途以及建筑自身质量、新旧程度采用保护对象所在地对应频率下基础质点峰值速度作为安全判据,其安全允许值见表 2。

表 2 爆破振动安全允许标准

保护对象类别	安全允许质点振动速度/($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)		
	$f \leq 10 \text{ Hz}$	$10 \text{ Hz} < f \leq 50 \text{ Hz}$	$f > 50 \text{ Hz}$
一般民用建筑物	1.5 ~ 2.0	2.0 ~ 2.5	2.5 ~ 3.0
工业和商业建筑物	2.5 ~ 3.5	3.5 ~ 4.5	4.2 ~ 5.0
一般古建筑与古迹	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5

按照被保护对象类别,测点 1、5、6 的保护对象属于一般民用建筑,测点 2、3、4 的保护对象属于商业建筑物。从表 1 中一次爆破各测点爆破振动实测数据可知:除测点 5 爆破振动主频率属于 $f > 50 \text{ Hz}$ 范围,其余 5 个测点均属于 $10 \text{ Hz} < f \leq 50 \text{ Hz}$ 。对比表 2 中一般民用建筑物及工业和商业建筑物对应频率范围的安全允许质点振动速度可知,6 个测点质点振动速度 3 个分量中的最大值均远小于爆破安全规程(GB 6722—2014)所规定安全允许质点振动速度范围,说明了本次预裂爆破不会对周边重点建(构)筑物结构造成破坏性的影响。

4.3 宏观观测结果

经过精心布置,该岩石边坡预裂爆破后,爆破效

果良好(见图6)。经机械清渣,进行详细统计可知,爆后边坡面不平整度 $<25\text{ cm}$,边坡围岩有着较为明显的半孔痕迹,残留半孔率约75%,局部破碎岩层段残留半孔率较低,从图6中可看出整体爆破面较为平整,无明显岩石片落现象。从宏观观测结果可看知,该岩石边坡预裂爆破工程达到了预期效果,为后期开挖爆破提供了良好的开挖条件并提高了爆后岩石边坡稳定性。



图6 边坡预裂效果图

5 结语

(1)考虑到本工程位于城市名胜风景区内,周边环境复杂,需采用精确的城市定向控制爆破,同时

为保证边坡稳定性并为后期开挖爆破提供良好的开挖条件,岩石边坡采用预裂爆破进行开挖。

(2)影响预裂爆破效果的主要因素众多,参考爆破工程经验并结合工程特点,经过认真设计,提出了预裂爆破方案,并按照方案精心施工。

(3)选取工区周边重点建(构)筑物结构物布设爆破振动监测点,6个测点质点振动速度均远小于安全规程所规定安全允许质点振动速度范围。预裂爆破后整体爆破面较为平整,不平整度 $<25\text{ cm}$,残留半孔率约75%,达到了预期的效果。对类似工程具有一定的指导意义和参照价值。

参考文献:

- [1] 李建华. 预裂爆破技术在大型露天矿山的应用[J]. 有色金属, 2015, 67(3): 76-81.
- [2] 常永刚, 贺昌斌, 乔殿宏, 等. 露天煤矿预裂爆破的设计施工与评价[J]. 工程爆破, 2005, 11(2): 34-36.
- [3] 冯桂云, 刘长玲. 预裂爆破在边坡开挖中的应用研究[J]. 工程爆破, 2013, 19(4): 25-29.
- [4] 吴立, 闫天俊, 周传波. 凿岩爆破工程[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2005.
- [5] 尹吉, 王明君. 预裂爆破技术在某露天矿中的应用[J]. 露天采矿技术, 2014, (9): 65-67.
- [6] 葛双成, 刘全忠, 章晓桦, 等. 露天矿山爆破对混凝土工程的振动影响监测分析[J]. 工程爆破, 2010, 16(2): 70-82.
- [7] 支伟, 吴立, 袁青. 地下水封洞库爆破振动监测及分析[J]. 爆破, 2014, 31(4): 46-49.
- [8] 刘玉山, 陈建平. 大轩岭小净距隧道爆破振动监测与分析[J]. 爆破, 2008, 25(2): 92-94.
- [9] 蔡冻, 吴立, 梁禹. 野山河隧道爆破振动监测与分析[J]. 爆破, 2009, 26(4): 89-92.
- [10] GB 6722—2014, 爆破安全规程[S].
- [11] 项斌. 复杂城市环境下岩石边坡控制爆破设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(6): 88-91.