

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2022.03.017

## 玻璃幕墙邻近区域浅孔控制爆破安全技术\*

薛永利,孙飞,顾云,李飞,刘勤杰,刘迪

(核工业南京建设集团有限公司,南京 211002)

**摘要:** 以某建设项目路基控制爆破工程为研究背景,为消除路基爆破产生的爆破飞石、振动对邻近玻璃幕墙造成的安全隐患,结合工程特点,对爆破参数及安全防护措施作如下设计:采用多打孔、少装药的方式,钻设孔排距为 $2.5\text{ m}\times 2.2\text{ m}$ 的密集炮孔,选择便于覆盖防护的矩形布孔方式,通过控制单孔装药量及填塞质量,确保爆破能量释放的均匀性;采用掏槽爆破方式,选取两孔一响的导爆管雷管毫秒延期起爆网路,合理设置各孔延期时间,避免段位叠爆现象,减少爆破振动产生的不利影响;在安全防护上,对全炮被覆盖与密目网加压炮被两种安全防护措施进行了优缺点对比,经综合考虑,选用了密目网加压炮被的安全防护措施。工程实践表明,玻璃幕墙安全无损,爆破效果良好。不仅有效地控制了爆破振动、爆破飞石等危害效应,而且与常规炮孔全覆盖防护方式相比,减少了防护工作量、节省了防护成本、降低了防护时破坏网路的概率,其爆破参数及安全技术措施的成功应用在一定程度上可为类似工程提供参考。

**关键词:** 路基开挖;控制爆破;参数优化;安全技术

**中图分类号:** TD235 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2022)03-0112-04

## Safety Technology of Shallow Hole Controlled Blasting in Adjacent Area of Glass Curtain Wall

XUE Yong-li, SUN Fei, GU Yun, LI Fei, LIU Qin-jie, LIU Di

(Nuclear Industry Nanjing Construction Group Co., Ltd., Nanjing 211002, China)

**Abstract:** Taking the controlled blasting engineering of subgrade of a construction project as the research background, the blasting parameters and safety protection measures are designed to eliminate the potential safety hazards caused by blasting flying stones and vibration caused by subgrade blasting to the adjacent glass curtain wall. The design includes: More holes and less charge are used to drill dense holes with a spacing of  $2.5\text{ m}\times 2.2\text{ m}$ , and a rectangular hole layout method is selected to facilitate covering and protection. By controlling the charge and filling quality of single hole, the uniformity of blasting energy release is ensured; In the way of cutting blasting, a method of simultaneous initiation of two holes in the millisecond delay initiation network is selected, and the delay time of each hole is set reasonably to avoid the phenomenon of section stacking and reduce the adverse impact of blasting vibration; In terms of safety protection, the advantages and disadvantages of the two safety protection measures of the quilt made of old tires cover and the quilt made of dense-mesh-pressurization old tires cover are compared. After comprehensive consideration, the safety protection measure of dense-mesh-pressurization old tires cover is selected. The engineering practice shows that the glass curtain wall is safe and nondestructive, and the blasting effect is good. Compared with the conventional full coverage protection method of blast holes, it not only effectively controls the harmful effects such as blasting vibration and blasting flying stones, but also reduces the protection workload, saves the protection cost and reduces the probability of damaging the network during protection. The successful application of the blasting parameters and safety technical measures can provide reference for similar projects to a certain extent.

**Key words:** subgrade excavation; controlled blasting; parameter optimization; security technology

随着社会经济的发展,爆破作为一种快速高效的手段,在基础建设中得到了广泛的应用,与此同时,随着国民维权意识的提高,对精细化爆破提出了更高的要求,精细化爆破效果主要衡量指标是爆破危害效应的精确控制,经查阅相关文献[1-10],国内外学者在爆破安全防护措施方面做了大量的试验研究工作,取得了丰富的成果。爆破危害效应的控制程度主要取决于工程环境,本文针对某基坑爆破开挖建设项目,在保证爆破质量的前提下,通过采取爆破参数优化、安全防护设计等一系列手段<sup>[6-8]</sup>,确保邻近玻璃幕墙的安全。

## 1 工程概况

### 1.1 基本情况

拟建项目位于河北省涞水县,总占地面积约1000亩,其中一期工程建筑面积为29.5万m<sup>2</sup>,按使用功能其划分为A、B、C、D、E五个区。A区在建办公主楼北侧邻近北环路(原始道路)需降方处理,根据岩土工程勘察报告显示,该区域主要为中风化白云岩,采用机械开挖不能满足施工进度要求,故决定采用控制爆破法进行场地开挖<sup>[5-10]</sup>。

### 1.2 项目特征

爆破区域为A区北环路,长度约60m,宽度约14m,需爆破降方深度在1.1~4.5m。待爆岩体为中风化白云岩,因北环路原始道路依山而建,路面浮土较薄,拟直接对降方区域进行浅孔控制爆破。

### 1.3 周围环境

爆区南侧距离在建办公主楼幕墙结构最近约20m,需要重点保护;东侧、西侧和北侧为自然山林,无保护目标,详见图1、图2。

### 1.4 爆破重难点分析

本工程为北环路原始道路浅孔控制爆破,周围在建项目多,环境复杂,尤其距在建办公主楼玻璃幕墙仅有20m,为确保玻璃幕墙的安全,需对爆破参数进行精细化设计,严格控制单孔装药量,并采取安全有效的防护措施,防止爆破飞石对玻璃幕墙的损坏。

## 2 爆破参数设计

### 2.1 炮孔布置

结合北环路路基设计标高与室外地面标高,标

定设计各孔孔深,采用 $\phi 90$  mm 高风压钻机进行钻孔作业。钻孔角度为90°,为后期安全防护便捷,呈矩形布置。为保证北环路路基一次性爆破到位,结合现场实际工况,孔距 $\times$ 排距为2.5 m $\times$ 2.2 m,布孔7排,共计245个,见图3。



图1 周围环境示意图

Fig. 1 Sketch map of surrounding environment

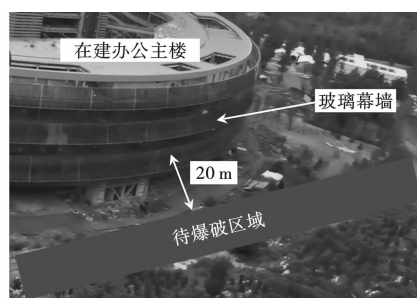


图2 爆区与在建办公主楼相对位置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of relative position between blasting area and Princess building under construction

### 2.2 孔网参数设计

本次爆破主要是浅孔控制爆破,根据体积平衡法计算公式

$$Q = q \times a \times L \times W$$

式中: $Q$ 为单孔药量,kg; $q$ 为炸药的单耗,kg/m<sup>3</sup>,因本次爆破为掏槽爆破,中间孔单耗取0.42 kg/m<sup>3</sup>,边孔单耗取0.38 kg/m<sup>3</sup>;  $L$ 为炮孔深度,m; $W$ 为最小抵抗线,m; $a$ 为孔距。爆破参数见表1。

表1 爆破参数表

Table 1 Table of blasting parameters

炮孔编号 (自西向东编号)	炮孔 深度/m	装药 长度/m	单孔 药量/kg	填塞 长度/m
1~85	2.00	0.40	2.00	1.60
86~205	2.50	0.60	3.00	1.90
206~225	4.60	1.60	10.00	3.00
226~245	5.00	2.00	12.00	3.00
合计	970	/		

注:1.炮孔倾角为90°,孔排距为2.5 m $\times$ 2.2 m;线装药密度为5.4 kg/m;2.考虑到炸药单箱24 kg,爆破炸药计划使用量为984 kg。

收稿日期:2022-06-18

作者简介:薛永利(1982-),男,高级工程师,学士,从事爆破危害效应控制方面的研究,(E-mail)358470122@qq.com

通讯作者:孙飞(1989-),男,工程师,硕士,从事爆炸毁伤作用机理方面的研究,(E-mail)1326662880@qq.com。

基金项目:江苏省地质矿产勘查局年度科研项目(2021KY10)

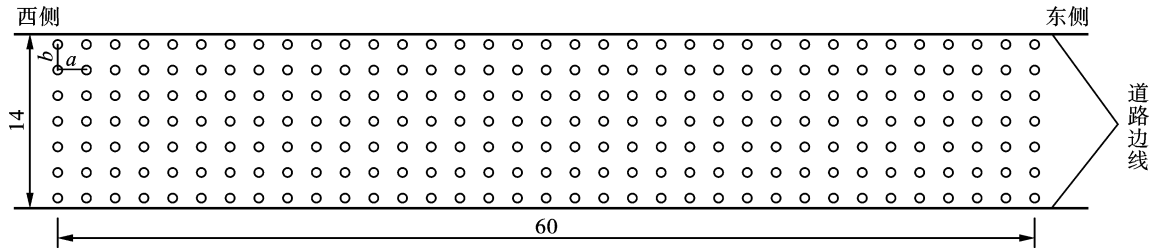


图3 炮孔布孔平面示意图(单位:m)

Fig. 3 Layout plan of blasting holes( unit:m)

2.3 起爆网路设计

本次爆破共有 245 个孔,为减少爆破过程中边缘炮孔的夹制作用,确保爆破效果,有效控制爆破振动,采取掏槽爆破形式,选用导爆管雷管起爆网路,双孔一响,每 14 孔为一个起爆单元,共分 18 个起爆

单元,为确保前一单元起爆后下一单元才引爆,不产生重叠起爆现象,各相邻单元之间采用 10 段孔外毫秒延期雷管(延期时间 380 ms)联接,总爆破时差为  $18 \text{ ms} \times 380 \text{ ms} = 6840 \text{ ms} = 6.84 \text{ s}$ ,爆破网路设计见图 4。

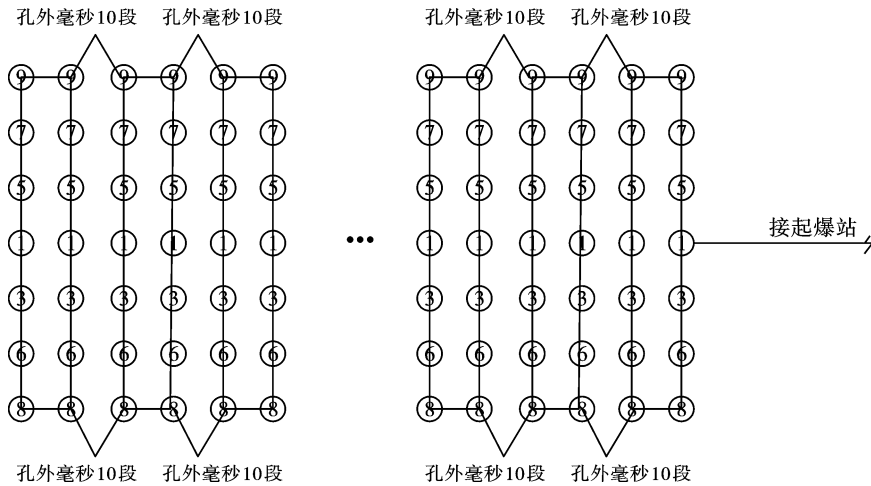


图4 起爆网路示意图

Fig. 4 Schematic diagram of initiation network

3 安全防护技术

3.1 常规安全防护技术

在复杂环境下爆破,为避免爆破飞石对周围环境的影响,通常采用由废旧轮胎编制而成的炮被对炮孔覆盖的防护措施,见图 5。由于炮被具有重量大、透气、柔性好等特点,在工程应用中可有效地避免爆破飞石对保护目标的损害。但炮被单价高、覆盖过程费时费力,为提高爆破施工效率,节省成本,急需一种更加安全、便捷的防护方法。

3.2 防护材料选取

综合考虑现场工况及现有材料,拟采用密目网加压炮被的防护措施,相比于常规炮被防护,该防护措施主要有以下优点:

(1)节省劳动力。全炮被防护是将联网完毕后的每个炮孔均使用炮被覆盖,炮被是使用废旧轮胎

编制而成,覆盖时需四个人逐孔覆盖,劳动强度较大;而炮被加密目网式防护,将密目网(8层)逐排覆盖好炮孔后,每间隔 5 个炮孔使用炮被加压在密目网上,大大节约劳动力。



图5 常规炮被防护示意图

Fig. 5 Schematic diagram of conventional tyres quilt protection

(2)节省时间。密目网防护采用双人操作,整

排覆盖,密目网首尾重叠不小于3 m,重叠处使用炮被压盖,有效节省了覆盖防护的时间。

(3)节省成本。单卷密目网20 m,单价约15元,可覆盖8个孔左右,平均每卷密目网可节省6张炮被,炮被单价约130元/张,平均每孔可节约成本78元。

(4)安全简便。使用全炮被覆盖时,四人抬炮被,在炮区行走过程中,由于视线问题,脚极易触碰已经联好的网路,不仅容易工作人员绊倒摔伤,更增加了发生盲炮的风险。

(5)有效防护爆破飞石。全炮被覆盖防护措施,在爆破时只能防止孔口周围覆盖区域的飞石,而采用8层密目网加炮被防护措施,可有效防止孔间的飞石,增加了防护的范围,提高了安全性。

## 4 爆破效果

通过现场对爆破效果的观察,见图6。密目网与炮被移位较小,部分炮被被掀翻,密目网无破损现象。邻近玻璃幕墙未出现破损现象,爆破整体效果良好。



图6 爆后效果

Fig. 6 Effect of blasting

## 5 结论与展望

(1)将改进后的爆破安全防护措施应用于现场施工,未对邻近玻璃幕墙造成损坏,且大大提高了工作效率,降低了防护成本,取得了显著效果,因此该防护措施在该工程中具有可行性,同时可在一定程度上为类似工况的爆破工程提供参考。

(2)通过爆破观察,部分炮被被掀翻,说明该处装药、填塞中,作业人员未按设计要求施工,导致单孔装药量偏大或填塞质量差。后续施工中应加强作业人员技术宣贯及安全意识。

(3)后续拟进行爆区密目网全覆盖,四周加压炮被的防护措施,进一步提高爆破施工安全。

### 参考文献 (References)

[1] 国家安全生产监督管理总局. GB6722—2014 爆破安全规程[S]. 北京:中国标准出版社,2015.  
[1] State Administration of Work Safety. GB6722—2014 Safety regulations for blasting[S]. Beijing: China Standards

Press,2015. (in Chinese)

- [2] 王德宝,马宏昊,沈兆武,等. 城市复杂环境下基坑爆破降振及振动检测[J]. 工程爆破,2015,21(1):47-51.  
[2] WANG D B, MA H H, SHEN Z W, et al. Blasting vibration damping and monitoring of foundation pit under urban complex environment [J]. Engineering Blasting, 2015, 21(1):47-51. (in Chinese)  
[3] 李洪伟,邓军,颜事龙,等. 复杂环境下楼房深基坑岩石控制爆破安全技术[J]. 爆破,2016,46(2):83-86.  
[3] LI H W, DENG J, YAN S L, et al. Safety technology of controlled blasting in deep foundation pit under complicated surroundings[J]. Blasting,2016,46(2):83-86. (in Chinese)  
[4] 王璞,陈志刚,张道振,等. 市区复杂环境下深基坑开挖控制爆破[J]. 工程爆破,2010,16(1):35-39.  
[4] WANG P, CHEN Z G, ZHANG D Z, et al. Controlled blasting for deep foundation pit excavation in complex city condition[J]. Engineering Blasting, 2010, 16(1):35-39. (in Chinese)  
[5] 吕小师,孙博. 紧临既有有线石方控制爆破技术及安全防护措施[J]. 爆破,2011,28(4):97-100.  
[5] LV X S, SUN B. Close to the existing rock blasting control technology and safety protection measures [J]. Blasting, 2011, 28(4):97-100. (in Chinese)  
[6] 许成宇. 邻近LNG站路堑石方控制爆破技术[J]. 黑龙江科技信息,2016(6):241-242.  
[6] XU C Y. Control blasting in condition of neighboring LNG [J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2016(6):241-242. (in Chinese)  
[7] 刘凤钱,池恩安,耿贵刚. 复杂环境下高边坡爆破施工安全控制实践[J]. 采矿技术,2011,111(3):109-111.  
[7] LIU F Q, CHI E A, GENG G G. Safety control practice of high slope blasting construction under complex environment [J]. Mining Technology, 2011, 111(3):109-111. (in Chinese)  
[8] 李玉景,赵文,赵光荣,等. 闹市区超深基坑开挖的控制爆破技术[J]. 工程爆破,2019,25(5):41-45.  
[8] LI Y J, ZHAO W, ZHAO G R, et al. Control blasting technique for ultra-deep foundation pits in downtown area [J]. Engineering Blasting, 2019, 25(5):41-45. (in Chinese)  
[9] 孙永,张文锡,任书明,等. 城区地铁车站基坑分块爆破技术[J]. 工程爆破,2018,24(6):28-32.  
[9] SUN Y, ZHANG W X, REN S M, et al. Block blasting control technology of foundation pit of subway station in urban area [J]. Engineering Blasting, 2018, 24(6):28-32. (in Chinese)  
[10] 刘国军. 复杂环境下深基坑砂岩爆破[J]. 工程爆破,2021,27(1):74-78.  
[10] LIU G J. Sandstone blasting of deep foundation pit under complex environment [J]. Engineering Blasting, 2021, 27(1):74-78. (in Chinese)

英文编辑:陈东方