

地铁外挂设备用房基坑开挖爆破施工技术

范玉亮

(中铁九局集团第六工程有限公司, 辽宁 沈阳 110051)

摘要:以青岛地铁3号线敦化路车站外挂设备用房基坑开挖为工程背景,对基坑开挖的爆破施工技术进行研究。为有效控制爆破振动和爆破飞石,结合露天开挖方法的特点确定采用浅孔台阶法爆破。综合考虑基坑周围复杂的施工环境,将基坑划分为3个爆区,不同爆区采用不同的爆破参数,提高施工效率,缩短工期。通过采用合理的爆破参数、装药结构以及爆破网路,取得良好的爆破效果,有效降低了爆破有害效应,保证基坑开挖过程的顺利进行。

关键词:基坑;浅孔台阶爆破;装药结构;爆破网路

中图分类号: TV542

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2015)03-0104-05

Blasting Techniques of Foundation Pit Excavation for Subway External Equipment House

Fan Yuliang

(No. 6 Engineering Co. Ltd, China Railway No. 9 Group, Shenyang, Liaoning 110051, China)

Abstract: With the foundation pit excavation project of Dunhua Road Station external equipment of Qingdao Subway Line 3 as the engineering background, the blasting techniques of foundation pit excavation were analyzed and studied in the paper. In order to effectively control blasting vibration and flying rock and combining the characteristics of open air pit excavation method, this study determined to adopt short-hole bench blasting. Based on the complicated construction environment, the foundation pits are divided into different blasting areas, each adopting a different blasting excavation scheme. In this way the construction efficiency was improved and the construction duration was shortened. By using reasonable blasting parameters, charging structures and blasting networks, very good blasting effect was achieved and the adverse effects of blasting was effectively controlled, thus ensuring the smooth progress of the excavation process.

Key words: foundation pits; short-hole bench blasting; charging structures; blasting network

敦化路车站是青岛地铁3号线的车站之一,位于南京路与敦化路交叉口南侧,沿南京路铺设。敦化路车站外挂设备用房基坑(以下简称基坑)位于南京路与吴兴一路交叉口北侧地块。基坑平面布置不规则,南北方向最长约53.9 m,东西方向最长约42.9 m,开挖深度约20.3 m。基坑地貌类型为剥蚀斜坡,岩石为花岗岩,地下水为基岩风化裂隙水,富水性差。基坑周围建筑物比较密集,东、南、北三个方向与5栋6层砖混楼房相邻,最小距离约为8.4 m。基坑周边建(构)筑物众多,城市道路、居民密集。爆破施工中极易产生爆破振动和飞石,扰动建筑物,造成建筑物沉降、倾斜、结构受损甚至倒塌^[1]。也可能对基坑支护结构产生影响或破坏,影响基坑边坡的稳定性,造成塌方。因此施工过程需做好飞石、振速的控制。

1 总体开挖方案

1.1 爆破开挖顺序

根据基坑设计、现场布置和周围环境,结合施工组织,基坑开挖采用“水平分块,竖向分层,机爆结合,先机后爆”的原则进行爆破施工。先施工第1层,利用现有临时竖井,以临时竖井为自由面,分别向东、向北进

收稿日期: 2015-03-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(10672091)

作者简介: 范玉亮(1982—),男,辽宁凌源人,工程师,主要从事隧道施工工程研究. E-mail: 94246325@qq.com.

行爆破开挖。第1层开挖完成后,进行第2层开挖,依次向下进行,直至基坑设计标高。基坑开挖顺序示意图如图1所示。



图1 基坑开挖顺序示意图

Fig.1 Sequence diagram of foundation pit excavation

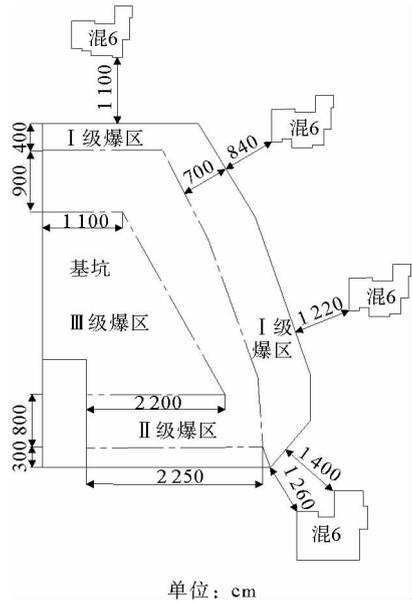


图2 爆区分级示意图

Fig.2 Blast zone classification diagram

图1中,1、2、3、4表示同一层岩体的开挖顺序。首先,对竖井锁口进行机械分块切割。机械分块切割完成后,向东先后对2、3进行爆破开挖,然后向北对4进行爆破开挖。基坑表层杂填土约为4 m,岩体层约23.3 m。杂填土层采用机械开挖,岩体采用分层爆破开挖。

1.2 爆区分划

根据爆心与建筑物的空间关系及爆破振动控制要求,对钻爆设计与爆破施工进行分级管理^[2]。本工程将基坑划分为两个部分进行施工,第一部分是临时竖井锁口机械分块拆除,第二部分是场地爆破。根据临时竖井锁口结构,进行机械分块拆除。根据爆心与周围建筑物的距离 D ,将场地分为3个爆区,分别为I级爆区、II级爆区和III级爆区。爆区分级示意图如图2所示。其中,I级爆区是指 $D < 15$ m 的区域;II级爆区是指 $15 \text{ m} \leq D < 25$ m 的区域;III级爆区是指 $D \geq 25$ m 的区域。

1.3 爆破方案选择

露天爆破开挖一般有深孔台阶爆破和浅孔台阶爆破两种方式^[1-2]。深孔台阶爆破规模较大,一次开挖方量大,产生的爆破振动也较大,适用于对爆破振动要求不大的环境。浅孔台阶爆破规模较小,一次开挖方量小,产生的爆破振动也较小,适用于周围环境条件复杂、对爆破振动要求较高的城市开挖爆破^[3]。

本工程属于复杂条件下城市露天控制爆破。根据前述条件,本工程的总体方案确定为浅孔台阶爆破。浅孔台阶爆破示意图如图3所示。

图3中, H 表示台阶高度, ω 表示底盘抵抗线, l_1 表示堵塞长度, l_2 表示装药长度, h 表示超深, a 表示孔距, b 表示排距, α 表示台阶坡面角。

2 爆破设计方案

1) 台阶高度 H

I级、II级、III级爆区台阶高度 H_1, H_2, H_3 取值均为 2.0 m。

2) 炮孔深度 L 、超深 h

由 $L = H + h$, h 取值范围为 0.2~0.5 m,本工程 $h = 0.3$ m, I级、II级、III级爆区孔深 L_1, L_2, L_3 取值 2.3 m。

3) 底盘抵抗线(w)

$w = (25 \sim 35)d$, d 为炮孔直径, 其值为 42 mm, 由此可得 $w = 1.0 \sim 1.5$ m。根据工程经验, I 级爆区: $w_1 = 0.7$ m; II 级爆区: $w_2 = 1.0$ m; III 级爆区: $w_3 = 1.3$ m。

4) 孔距 a 、排距 b

$$a = (1.0 \sim 1.2)w, b = (0.8 \sim 1.0)w$$

据此计算得: $a_1 = 0.8$ m, $b_1 = 0.6$ m; $a_2 = 1.2$ m, $b_2 = 0.8$ m; $a_3 = 1.5$ m; $b_3 = 1.0$ m。

5) 单孔装药量 Q

$Q = qabL$, q 为单位耗药量。随着爆心与建筑物距离的减小, 为保护建筑物不受爆破振动的破坏, 其值随之减小^[4-6]。

考虑 III 级爆区距离楼房较远, 为取得较好爆破效果, q_1 取值为 0.30 kg/m^3 , 则计算单孔药量 $Q_1 = 1.03 \text{ kg}$, 实际取 1.0 kg ; II 级爆区 q_2 取 0.28 kg/m^3 , $Q_2 = 0.618 \text{ kg}$, 取 0.6 kg ; I 级爆区距离楼房较近, q_3 取 0.26 kg/m^3 , 单孔药量 $Q_3 = 0.29 \text{ kg}$, 实际取 0.3 kg 。

6) 堵塞长度 l_1 、装药长度 l_2

I 级爆区 $l_{11} = 2.0$ m; $l_{21} = 0.3$ m; II 级爆区 $l_{12} = 1.7$ m; $l_{22} = 0.6$ m; III 级爆区 $l_{13} = 1.3$ m, $l_{23} = 1.0$ m。

各级爆区的炮孔布置及起爆顺序如图 4 所示。II 级、III 级爆区采用逐孔毫秒延时爆破, 采用连续装药方式, 炮孔装药剖面图如图 5 所示。I 级爆区采用孔内毫秒延时爆破, 分层装药, 炮孔装药剖面图如图 6 所示, 具体实施如下: 将每个孔的药卷分 A、B、C 三段, 各段药量均为 0.1 kg 。起爆时按 A、B、C 依次起爆。各爆区对应的爆破方案参数表如表 1 所示。

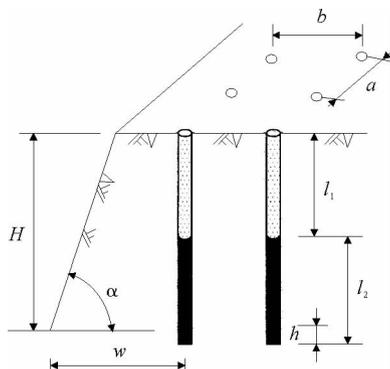


图 3 浅孔台阶爆破示意图

Fig. 3 Schematic diagram of shallow-hole bench blasting

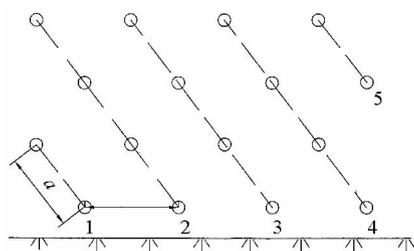


图 4 爆区炮孔布置及起爆顺序

Fig. 4 Blasting area blasthole pattern and sequence of initiation

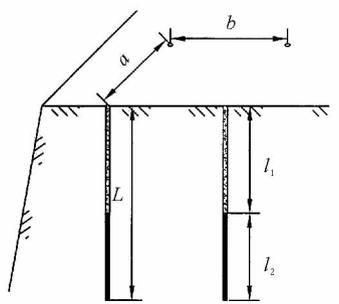


图 5 II 级、III 级爆区炮孔装药剖面图

Fig. 5 Level II, level III blast hole charge profile

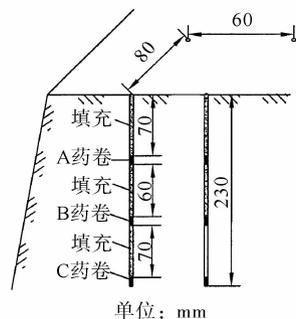


图 6 I 级爆区炮孔装药剖面图

Fig. 6 Level I blast hole charge profile

表 1 浅孔台阶爆破参数表
Tab. 1 Short-hole bench blasting parameters

| 爆区 | 孔深/m | 超深/m | 孔距/m | 排距/m | 抵抗线/m | 堵塞长度/m | 装药长度/m | 单孔装药量/kg |
|--------|------|------|------|------|-------|--------|--------|----------|
| I级爆区 | 2.3 | 0.3 | 0.8 | 0.6 | 0.7 | 2.0 | 0.3 | 0.3 |
| II级爆区 | 2.3 | 0.3 | 1.2 | 0.8 | 1.0 | 1.7 | 0.6 | 0.6 |
| III级爆区 | 2.3 | 0.3 | 1.5 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 1.0 |

3 起爆网路

II级和III级爆区,采用孔外排间3段延期(第一排炮孔用瞬发导爆管雷管),孔内从9段起逐孔起爆,复试串联的导爆管接力试逐孔毫秒延时起爆网路^[7-11]。I级爆区采用孔外排间3段延期(第一排炮孔用瞬发导爆管雷管),孔内A药卷连9段,B药卷连10段,C药卷连接11段,逐孔孔内延期起爆,复试串联的导爆管接力式逐孔毫秒延时起爆网路。II级、III级爆区起爆网路如图7所示,I级爆区起爆网路如图8所示。

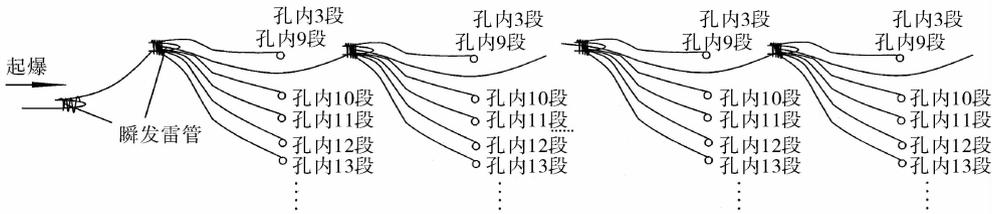


图 7 II级、III级爆区起爆网路示意图

Fig. 7 Level II, level III detonation initiation network

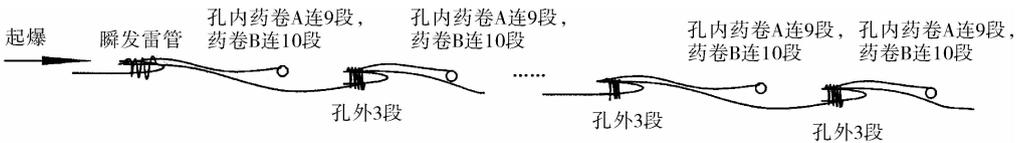


图 8 I级爆区起爆网路示意图

Fig. 8 Level I detonation initiation network

4 结束语

整个基坑开挖过程中,飞石控制在基坑范围内,通过监测数据可得知其振速控制在 1 cm/s 以内,爆破效果良好。综上可得出以下结论:

- 1)为有效控制爆破振动与爆破飞石,结合露天爆破开挖方法的特点,确定采用浅孔台阶法爆破。控制单段最大起爆药量,采用逐层起爆或逐孔起爆,取得良好爆破效果。
- 2)综合考虑基坑周围的复杂施工环境,将基坑划分为 3 个爆区。不同的爆区采用合理的爆破参数、装药结构以及爆破网路,提高施工效率,保证了基坑开挖工程的顺利进行。
- 3)敦化路车站基坑开挖的爆破工程属于复杂环境下的城市控制爆破,整个工程通过确定合理的爆破参数,有效控制了爆破有害效应,避免了爆破飞石、爆破振动、爆破噪声等对周围建(构)筑物以及流动人群的伤害。

参考文献:

- [1]王海亮. 工程爆破[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008: 111-113.
- [2]史庆涛. 地铁车站基坑开挖控制爆破技术[J]. 江苏建筑, 2008(1): 61-63.
Shi Qingtao. Application of blast-control technology in excavation of subway station's foundation pit[J]. Jiangsu Construction, 2008(1): 61-63.
- [3]周楠楠, 王海亮. 深基坑开挖钻爆施工技术[J]. 国防交通工程与技术, 2014, 12(5): 71-73.
Zhou Nannan, Wang Hailiang. Construction technology of drilling and blasting for the excavation of deep foundation pits[J]. Traffic Engineering and Technology for National Defence, 2014, 12(5): 71-73.
- [4]张鲁南, 王海亮. 公路路堑深孔爆破方案的优化与实践[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2014, 33(3): 65-68.
Zhang Lunan, Wang Hailiang. Optimization and practice of blasting program for highway cutting hole[J]. Journal of Shandong Univeristy of Science and Technology: Natural Science, 2014, 33(3): 65-68.
- [5]钟慧民. 紧邻铁路的地铁车站深基坑施工技术[J]. 探矿工程: 岩土钻掘工程, 2011, 38(12): 58-60.
Zhong Huimin. Construction technology of deep excavation for subway station adjacent to railway[J]. Exploration Engineering, 2011, 38(12): 58-60.
- [6]谢兆耕, 傅先华. 紧贴运营地铁隧道的深基坑施工技术[J]. 施工技术, 2008, 37(9): 13-15.
Xie Zhaogeng, Fu Xianhua. Construction technology of deep foundation pit adjacent to metro tunnel[J]. Construction Technology, 2008, 37(9): 13-15.
- [7]刘向科, 王海亮, 孙志果, 等. 三种孔外延期导爆管起爆网路的工程试验研究[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2014, 33(2): 63-66.
Liu Xiangke, Wang Hailiang, Sun Zhiguo, et al. The engineering experimental research of three outer-hole delay firing circuit [J]. Journal of Shandong Univeristy of Science and Technology: Natural Science, 2014, 33(2): 63-66.
- [8]艾鸿涛. 临近地铁隧道的深基坑开挖分析[D]. 上海: 同济大学, 2008: 61-65.
- [9]陈忠云. 深基坑爆破开挖对邻近既有隧道结构影响的动力分析[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2014: 1-7.
- [10]朱朝祥, 蔡伟, 杨建军. 深基坑爆破开挖技术在地铁工程中的应用[J]. 爆破, 2009, 26(4): 49-52.
Zhu Chaoxiang, Cai Wei, Yang Jianjun. Application of blasting excavation technology of deep foundation ditch in subway project[J]. Blasting, 2009, 26(4): 49-52.
- [11]孙松, 王海亮, 彭志燕. 竖井爆破控制技术[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2015, 34(1): 106-110.
Sun Song, Wang Hailiang, Peng Zhiyan. The control of flyrock in shaft blasting[J]. Journal of Shandong Univeristy of Science and Technology: Natural Science, 2015, 34(1): 106-110.

(责任编辑: 吕海亮)