

城市复杂环境下的大体积石方爆破工程安全控制技术

刘广发

(中铁二十四局集团有限公司, 福建 福州 350000)

摘要: 基于控制爆破方法, 针对爆破区域地质条件和周边环境特点, 进行理论计算研究分析, 提出科学合理的分区—动态—静态爆破作业方法, 并结合其他爆破安全控制技术措施, 成功地实现了在城区复杂环境中的安全爆破作业任务。

关键词: 复杂环境 控制爆破 振动 飞石 分区

DOI: 10.12319/j.issn.2096-1200.2022.22.148

一、引言

近年来城市建设项目日益增多, 迫于城市建设安全压力, 国家和地方各级单位对城市工程建设安全管控也提出了更高的标准和要求。尤其在复杂的城市环境中开展爆破工程作业, 这对于建设工程本身和城市公共安全来说无疑是一项严峻挑战。本文依托在建的城市市政工程实际, 基于控制爆破理论和控爆措施, 针对复杂周边环境下的大体积石方爆破工程, 提出创新的安全控制技术和方法进行研究及应用, 以保证工程建设安全。

二、工程概况

本项目为新建生活性城市主干路, 全长2.89km, 沿线城市环境复杂。其中K0+740~K1+020区段为连绵的两座双驼峰状山包, 形成两个最高开挖点, 边坡高23.17m。开挖区纵向长度280m, 横向宽度130m, 开挖石方量为38.97万m³。开挖区周围有大量的民房聚居区, 距离最近的民房不到10m。开挖区东面是110KV的高压变电站, 距离开挖区32.5m。东面有5条10KV的高压输电线, 电线杆距离开挖区4.9m。

三、控制爆破安全技术分析

“控制爆破”是指通过一定的技术措施严格控制爆炸能量和爆破规模使爆破的声响、振动、飞石、倾倒方向、破坏区域以及破碎物的散开范围在规定限度以内的爆破方法^[1]。

(一) 爆破振动控制要求

本工程采用露天深孔爆破, 取振动频率 $f=10\sim 60\text{ Hz}$, 参照《爆破安全规程》^[2], 各爆破振动控制要求为: 爆破区周围一般的自建简单结构的民房, 爆破振动控制取值为2.0 cm/s。110kv变电站, 爆破振动控制取值0.6 cm/s。10KV高压

线杆爆破振动控制取值为3.0 cm/s。

(二) 安全允许药量确定

根据3.1爆破振动控制要求, 对本工程单段最大允许起爆药量进行计算, 列公式:

$$R = \left(\frac{k}{V} \right)^{\frac{1}{a}} Q^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

式中:

R—爆破振动安全允许距离 (m);

Q—齐爆时为总药量, 延迟爆破时为最大单段起爆药量 (kg);

V—保护对象所在地的安全允许质点振速 (cm/s);

K, α —跟爆破点地形、地质条件相关的系数和衰减指数。

根据公式(1)推导可知, 一次最大起爆药量公式为:

$$Q = R^3 \cdot \left(\frac{V}{K} \right)^{\frac{3}{a}}$$

考虑到现场爆破介质为中硬岩石, 结合《爆破安全规定》和工程经验, K值取200, α 取1.6, 根据计算得到单段允许炸药用量与安全距离关系表1:

(三) 单孔最大药量确定

综合考虑, 深孔松动爆破方案确定为: 爆破孔径为90mm, 爆破台阶高度8m, 爆破孔超深1m, 台阶爆破底盘抵抗线按照 $W1 \geq Hctg\alpha + B$ 取值, 台阶坡面角 α 按照现场实际取值约85°, 施工钻机作业安全距离B, 取2.5m至3.0m之间。经计算:

$W1 \geq 8ctg85^\circ + 2.5 = 3.2\text{m}$, 根据现场地质条件和其他项目工程经验, 本次爆破采用松动爆破的炸药每立方消耗量 q 按照0.3~0.45kg取值。深孔松动爆破单排钻孔间距按3.5m

表1 单段允许炸药用量与安全距离关系表

R/m Q/kg V/cm·s ⁻¹	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0.6	0.1	0.1	0.5	1.2	2.3	4.0	6.4	9.5	13.6	18.6	24.8	32.1
2.0	0.6	1.4	4.8	11.4	22.2	38.4	61.0	91.0	129.6	177.8	236.7	307.3
3.0	1.3	3.0	10.3	24.3	47.5	82.2	130.5	194.7	277.3	380.3	506.2	657.2

表2 深孔爆破参数表(第二排起)

孔径/mm	台阶高度/m	孔深/m	孔距/m	排距/m	超深/m	单耗/kg·m ⁻³	堵塞长度/m	单孔药量/m
Φ90	2.00	2.30	2	1.5	0.30	0.35	1.8	2.31
	5.00	6.00	3.5	3	1.00	0.35	2.0	20.21
	8.00	9.00	3.5	3	1.00	0.35	3.0	32.34
	10.00	11.00	3.5	3	1.00	0.35	4.5	40.43

取, 钻孔排间距按3m取。综合以上各参数计算:

第一排孔的每孔装药量为:

$$Q = q \cdot a \cdot W_1 \cdot H = 0.3 \times 3.5 \times 3.2 \times 8 = 26.88 \text{kg};$$

第二排起每孔装药量:

$$Q = k \cdot q \cdot a \cdot b \cdot H = 1.1 \times 0.35 \times 3.5 \times 3 \times 8 = 32.34 \text{kg};$$

式中: k—考虑受前面各排孔的矿岩阻力作用的增加系数, k=1.1~1.2;

深孔爆破参数汇总: 一般标准的深孔台阶爆破高度按照10m设计, 但因现场地形地质条件的约束, 很多情况下不能形成标准设计台阶, 因而进行爆破参数设计时, 除进行了标准台阶的参数设计外, 选择了8m、5m台阶作为备选参数。深孔控制爆破参数见表2所示。

(四) 安全允许距离确定

由表2可知: 延时爆破的最大单段药量为: Φ90 mm的钻孔, 台阶高8m, 装药量为 32.34kg; Φ90 mm的钻孔, 台阶高5m, 装药量为 20.21kg; 台阶高2m, 装药量为 2.31kg。根据公式(1), 结合保护对象所在地安全允许质点振速要求, 分别验算当爆破台阶高度为8m、5m、2m时各爆破点与保护对象对应的安全允许距离: 变电站: 120m、103m、50m; 一般民房: 57m、48m、24m; 高压线杆: 44m、38m、18m。

(五) 爆破飞石距离确定

本次爆破飞石按照拆除爆破中的飞石弹道公式^[3-4],

$$S = \frac{V_0^2}{g} \text{ 进行计算, 列公式:}$$

$$V_0 = 20(Q^{1/3}/W)^2 \quad (2)$$

式中: V₀—飞石初始速度, m/s;

Q—药包药量, kg;

g—重力加速度, m/s²;

W—最小抵抗线, m, 深孔取3m, 潜孔取1.5m, 因底盘抵抗线均大于排距, 取W=排距。

参照表3.3可知, 9m深孔爆破飞石距离计算为:

$$V_0 = 20 \times (32.34^{1/3}/3.0)^2 = 22.56 \text{m/s}, S = 22.56^2/9.8 \approx 51.92 \text{m};$$

2.3m浅孔爆破飞石距离计算为:

$$V_0 = 20 \times (2.31^{1/3}/1.5)^2 = 15.53 \text{m/s}, S = 15.53^2/9.8 \approx 24.62 \text{m};$$

根据飞石距离计算结果表明: 本次深孔爆破飞石飞散半径约为52m, 潜孔爆破飞石距离约为25m。

四、分区控爆施工方法

(一) 分区爆破总体平面布置

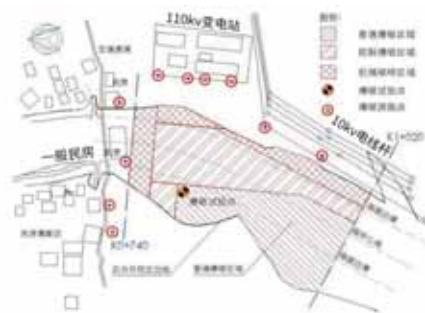


图4.1 静态—动态分区控爆总平面

(二) 爆破等级分区划分的确定

对本次方案控制爆破和普通爆破的等级分类定义为:

- ①孔径在Φ90mm以上, 孔深在9m以上, 一般不采取爆破防护措施的为普通爆破。
- ②孔径在Φ90mm以内, 孔深在9m以下, 采取爆破防护措施的控制爆破。
- ③孔径在Φ90mm以内, 孔深在6m以下, 采取爆破防护措施的精控制爆破。

根据第3章节的爆破安全验算数据, 综合分析, 进行精准爆破等级分区划分, 即分区精准控爆法。总体爆破分区划分为静态爆破开挖区、控制爆破区、一般爆破区, 其中在距离保护区很近的爆破区域, 采取精细控制爆破措施。爆破分区图详见图4所示。

变电站对应的开挖区块划分: 距离变电站50m以内的区域, 采用静态机械破碎的方式进行作业。距离变电站50~103m的区域, 采用Φ90 mm, 孔深在2m~6m的精细控制爆破方案。距离变电站103~120m的区域, 采用Φ90 mm, 孔深在6m~9m的控制爆破方案。距离变电站120m外的区域, 采用Φ90 mm, 孔深在9m的普通爆破方案。

一般民房对应的开挖区块划分: 距离民房24m以内的区域, 采用静态机械破碎的方式进行作业。距离民房24~48m的区域, 采用Φ90 mm, 孔深在2m~6m的精细控制爆破方案。距离民房48~57m的区域, 采用Φ90 mm, 孔深在6m~9m的控制爆破方案。

高压线及电杆对应的开挖区块划分: 距离高压线及电杆18m以内的区域, 采用静态机械破碎的方式进行作业。距离高压线及电杆18~38m的区域, 采用Φ90 mm, 孔深在

2m~6m的精细控制爆破方案。距离高压线及电杆44m外的区域,采用 $\phi 90$ mm,孔深在9m的普通爆破方案。

(三) 爆破振动防控技术措施

在保护物与爆破区之间布置减振孔,最大程度衰减爆破振动的传播。减振孔在临近保护设施处布置,采用 $\phi 90$ 的孔径,孔距为0.3~0.5m,孔深超过爆破孔深度2m,布置2~3排,能有效衰减爆破振动40%~60%。在靠近保护区附近的石方,预先采用机械破碎,形成的隔振沟槽,切断爆破振动向变电站和高压线保护对象的传播的途径。

在正式爆破施工前,进行爆破试验,根据试爆情况进行参数调整,指导现场施工。根据不同爆破条件、地形和地质情况下的爆破振动衰减规律,求得精确的本工程地质的K值, α 值,校核爆破危害效应对周围民房的影响,以确定爆破安全控制标准。验证本次方案设计的爆破孔网参数,起爆网路设计及单位耗药量是否合理,并根据实验情况进行调整。

成立爆破振动监测小组,监测爆破振动是否符合设计,以便调整爆破参数。根据爆破方案,对爆源周边一定范围内的振动敏感部位进行振动监测。监测点应布置在靠近敏感的建筑(构)筑物部位。本次爆破一次使用4台爆破测振仪,分别在选取建筑物基础迎面前置,爆破点和测振点布置见图4。

合理布置爆破工作面,结合现场地形条件尽量将爆破临空面向环境好的面布置,可以减少爆破冲击波和爆破飞散物。要求爆破临空面(抛掷面)要避免变电站、民房和高压线方向。并且爆破临空面的反方向为爆破后座面,爆破后座面是爆破振动传播的最优途径,因此尽量避免变电站高压线杆方向,避免直接传播。

在爆破施工中,除了采用台阶爆破精细控制外。在临近高压线塔地带,采用间隔装药或者空气间隔不耦合装药结构减振措施。同时爆破网路采用逐孔起爆技术,孔间延时在不影响爆破网路传爆的前提下,尽量把延时做到最大^[5]。选择合理的微差时间。通过设定合理的起爆微差时间,使各段地振波不发生明显叠加,降低爆破振动强度。本方案爆破微差网路时间设计为每个爆破单响之间微差连接时间必须大于110ms,即用5段以上的延时管连接,排间用5段以上的延时管连接。爆破网路采用非电起爆网路系统,避免高压线周围杂散电流干扰。

(四) 爆破飞石防控技术措施

该区域存在强风化岩层,软弱夹层的不良地质情况。对于不良地质区域采取以下飞石防控措施:加强现场评估,慎重选择爆破孔位,对于有软弱夹层、溶槽裂隙、地

下水的位置,要避免钻孔,并且加强验孔环节的作业检查。减少爆破单孔装药量,加强爆破装药质量控制,提高填塞长度,选择合理的爆破参数,优化爆破网路连接。碰到地下水丰富的地带,要严格制定水孔装药措施并准备抽排水设备,加强堵塞,堵塞长度不够或堵塞质量不好,容易造成冲炮,出现大量飞石。在泥夹石处对装药面采用胶皮网和砂袋组合加强覆盖的主动防护措施。靠近变电站、民房、高压线采取精细控制爆破的区域,要求在爆破区范围内对各爆点用砂袋、胶帘、竹笆等物进行三重以上的严密覆盖,覆盖物相互搭接长度不小于30cm,覆盖物搭接处及最上层以砂袋压实。覆盖时需将起爆网路保护好,以免将网路破坏。在民房聚居区、变电站附近的精细控制爆破区搭设一道防护屏障,采用脚手架搭设支撑结构,用钢丝网和竹笆挂在安全防护排架上。搭建长度大于爆区3m,高度不小于6m。爆破抵抗线朝向无建筑物的空旷地带^[6]。

五、结语

采用分区控爆施工方法,成功的完成了在复杂城市环境中的安全爆破作业任务。通过此次爆破作业的研究与应用,总结出以下几点:(1)依靠科学精准的理论计算数据,提出静态、动态爆破相结合的分区控爆法,即根据爆破安全允许距离,严格按控制等级,划分出各爆破区块,从主动防护上实现降低爆破振动对周围环境影响。(2)在采用分区控爆法的前提下,加以减振孔、减振沟、爆破试验、爆破监测以及延时爆破和采用间隔装药等技术措施,进一步有效降低了爆破振动的不利影响。(3)合理的选择爆破参数,优化爆破网路连接,精准设置爆破抵抗线朝向,加强不良地质的现场评估,采取专门的处理措施,采取主动和被动双重防护相结合的方式,可有效的防止爆破飞石的安全危害。

参考文献

- [1]刘丹丹.岩石微差爆破与齐次爆破效果的数值模拟对比研究[D].山东:山东科技大学,2018.
- [2]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会.爆破安全规程:GB6722-2014[S].2014.
- [3]熊炎飞,董正才,王辛.爆破飞石飞散距离计算公式浅析[J].工程爆破,2009,15(3):31-34.
- [4]中国工程爆破协会《爆破手册》第二次审稿会[J].工程爆破,2010,(1):95.
- [5]令狐延,钟佳,李广金.基于控制爆破的精细化施工技术研究与运用[J].科技创新导报,2018(10):43-46.
- [6]卢宏力.大高差起伏地形露天爆破地震效应及其预测控制[D].湖南:湖南科技大学,2019.