

# 毗邻建筑物路基石方爆破振动控制分析

祝卫星

中交一公局第四工程有限公司 广西南宁 530033

**【摘要】**高速公路施工时,对于需要采用爆破作业的部位,不可避免的会对周边的建筑物造成不同程度的损坏,需要采用定性及定量的方法进行验算及安全评估,测设安全距离、炸材使用量,以期进行爆破施工时,能够很好的指导现场施工,同时也为地方政府破损赔偿标准的制定提供一定的参考,为地方居民的炮损索赔提供依据,避免地方居民的无理索赔要求,减少因爆破工程产生的纠纷。

**【关键词】**爆破;安全距离;振动监测;炮损

## 1 工程概况

项目施工路段沿线临近有村庄民房,红线与民房最近距离仅10m,民房与开挖区之间主要为坡地,相互间高差不一,部分民房高于开挖区,也有部分民房低于开挖区,周边民房主要为砖混结构,项目从2019年4月开始爆破,采用专业分包的形式,将路基土石方的爆破施工分包出去。根据爆破公司提供的爆破用炸药量的数据,最大一次配送炸药量为5688kg、雷管140发,平均单孔药量约41kg,最大单段药量控制在90kg以内;最小一次配送炸药量为384kg、雷管120发,平均单孔药量为3.2kg。采用数码雷管起爆网路,微差起爆,炮孔直径 $\Phi 90\text{mm}$ ,孔深3~9米。

为分析现场爆破振动影响,对毗邻路基沿线房屋行炮损进行技术鉴定,项目同步委托了广西桂大爆破公司进行爆破测振,通过现场布设监测点的方式,对爆破进行理论爆破振动监测,测试最大爆破振动速度,分析爆破安全距离。

## 2 爆破损坏类型分析

对于路基的石方爆破造成的结构物的损坏,主要存在以下三种:

**爆破振动:**爆破无功能量在爆破远区产生的地下、地面振动,当振动大的时候,对邻近建筑物、设施的稳定性和使用性能会产生不良影响。

**爆破飞石:**爆破时,因爆破参数掌握不准或防护质量差等原因导致爆破碎块脱离爆破体,飞散到远处能够对建筑物、设施及人员造成危害。

**爆破冲击波:**炸药爆炸时产生高温、高压气体对附近空气产生振动现象,对邻近建筑物、设施及人员造成危害。

爆破飞石和爆破冲击波是外在明显可见的伤害,不足以造成房屋出现裂缝,工程爆破的有害效应中,爆破振动对建、构筑物造成损伤最大。项目主要对第一种造成的炮损进行分析,避免爆破振动这种隐形危害,避免发生非爆破区域外居民的炮损索赔要求,减少与地方村民的纠纷,也为地方政府的协调工作提供理论依据。

## 3 爆破振动安全验算

爆破产生的振动主要取决于单段爆破的炸药量、传播距离、传播的介质、介质的坚固性、地质条件及爆破方法等。依据有关的法律规定:对于露天深孔、浅孔爆破,一般民用建筑物爆破振动允许的标准为 $V = 1.5 \sim 3\text{cm/s}$ ,根据现场的岩质、裂隙情况,项目的爆破振动取 $V_{\min} = 1.5\text{cm/s}$ ,地震波衰减系数取 $a = 1.5$ ;岩石的介质性质系数取 $K = 150$ 。根据测定点的平均最大单孔药量41kg和控制的单段药量90kg,分别进行验算,同时根据周边沿线民房最近距离进行理论反算。

### 3.1 爆破振动安全距离验算

依据相关的爆破规定,计算爆破安全距离采用萨道夫斯基据公式:

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

式中:R——爆破振动安全距离,m;V——保护对象所在地安全允许质点振速, $\text{cm/s}$ ;Q——最大单段炸药量,kg;K、a——与爆点至保护对象间的地形、地质等条件有关的系数和衰减系数。

爆区不同岩性的K、a值与岩性的关系:

坚硬岩石:K(50~150)—a(1.3~1.5)

中硬岩石:K(150~250)—a(1.5~1.8)

软岩石:  $K(250 \sim 350) - a(1.8 \sim 2.0)$

结果: 当按平均最小单孔药量 3.2kg 进行计算时, 爆破振动安全距离  $R=31.8m$ ; 当按平均最大单孔药量 41kg 进行计算时, 爆破振动安全距离  $R=74.3m$ ; 当按控制的单段药量 90kg 进行计算时, 爆破振动安全距离  $R=96.6m$ 。

采用最大单段药量 60kg 进行计算时爆破振动安全距离为 84.4m, 而当天距爆破点 60m 的监测点 1 测试的最大振动速度为 1.533cm/s, 验算的距离与测试的距离接近, 理论验算的结果与爆破振动对周边影响程度基本吻合。

### 3.2 爆破振动速度验算

计算沿线路土石方爆破时距离房屋不同距离处产生的振动速度:

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

沿线不同桩号位置与红线距离最近的民房分别有 10m、15m、20m、25m、70m 等, 分别根据最近的民房进行爆破振动速度验算, 计算得:

爆破振动速度计算结果表

距离 (m)	验算的爆破振动速度 (cm/s)		
	按平均最小单孔药量 3.2kg 时	按平均最大单孔药量 41kg 时	按控制的单段药量 90kg 时
10	8.49	30.37	45
15	4.62	16.54	24.5
20	3	10.74	15.9
25	2.15	7.69	11.39
70	0.46	1.64	2.43

### 3.3 爆破对最近处房屋可能产生损伤的最大单段药量计算

根据萨道夫斯基判据公式反推公式:

$$R = \left( \frac{K}{v} \right)^{\frac{1}{a}} Q^{\frac{1}{3}} \rightarrow Q = R^3 \left( \frac{v}{K} \right)^{\frac{3}{a}}$$

沿线不同桩号与红线距离最近的民房分别有 10m、15m、20m、25m、70m 等, 以下分别对最近的民房进行爆破振动速度验算, 同时按 100m 进行验算可能对一般民用建筑产生损伤的最大单段药量 (即有可能产生损伤的计算药量), 经计算得:

距离 10m 最大单段药量 0.1kg, 距离 15m 最大单段药量 0.33kg, 距离 20m 最大单段药量 0.8kg, 距离 25m 最大单段药量 1.56kg, 距离 70m 最大单段药量 34.4kg, 距离 100m 最大单段药量 100kg。

爆破振动安全允许标准

序号	保护对象类型	安全允许振速 $V(\text{cm/s})$		
		$f \leq 10\text{Hz}$	$10\text{Hz} < f \leq 50\text{Hz}$	$50\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$
1	土窑洞、土坯房、毛石房屋	0.15~0.45	0.45~0.9	0.9~1.5
2	一般民用建筑物	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0
3	工业和商业建筑物	2.5~3.5	3.5~4.5	4.2~5.0
4	一般古建筑与古迹	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.5

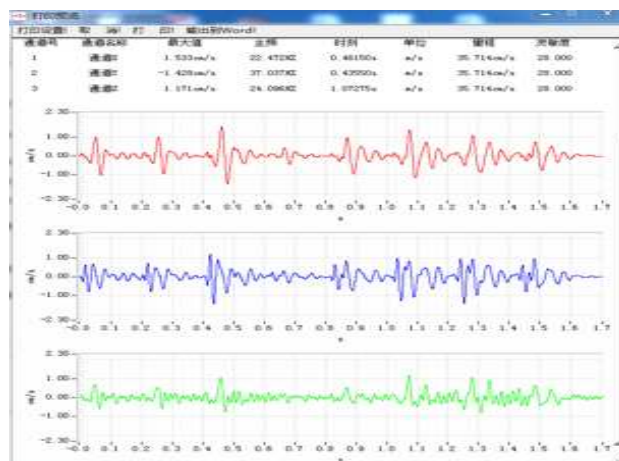
注 1: 表中质点振动速度为三个分量中的最大值, 振动频率为主振频率;  
注 2: 频率范围根据现场实测波形确定或按如下数据选取; 露天深孔爆破  $f$  在 10Hz~60Hz 之间; 露天浅孔爆破  $f$  在 40Hz~100Hz 之间。

## 4 爆破振动监测数据分析

为了确定爆破对周边的影响程度和参考比较爆破理论验算, 通过对 K160+700 ~ 890 段路基土石方爆破进行爆破振动监测分析, 该次爆破配送炸药量为 792kg、雷管数 120 发, 采用数码雷管起爆网路, 微差起爆, 炮孔深度 3 ~ 5m, 平均单孔药量 6.6kg, 最大单段药量 60kg。该次共布置两个监测点, 监测点 1 位于爆破区东北侧约 60m 处, 监测点 2 位于爆破区西南侧约 130m 处。

爆破振动测试结果汇总表

测点编号	至爆破点距离 (m)	水平 X 方向		水平 Y 方向		垂直 Z 方向	
		峰值 (cm/s)	主频 (HZ)	峰值 (cm/s)	主频 (HZ)	峰值 (cm/s)	主频 (HZ)
1	60	1.533	22.472	1.428	37.037	1.171	24.096
2	130	0.449	30.303	0.246	21.978	0.332	26.667



60m 测点爆破振动波形图

注: 以上波形图, 均为 X、Y、Z 通道波形分离显示图, 其中, 红色线条表示 X 通道振动波形, 蓝色线条表示 Y 通道振动波形, 绿色线条表示 Z 通道波形。

根据爆破测试结果, 距离爆破点 60m 时振动最大值为 1.533cm/s, 大于一般民用建筑最小值 1.5cm/s; 距离爆破点 130m 时振动最大值为 0.449cm/s, 小于一般民用建筑最小值 1.5cm/s, 因此在施工时, 需要准确掌握结构物距离爆破点的距离, 采用平均最大的单孔药量和控制的单段药量进行计算, 取最小值进行控制, 针

对性的进行炮孔的布设及炸药的用量, 尽量减少爆破振动。

## 5 小结

在爆破作业中, 需要根据爆破点与民房的距离, 严格控制最大单段药量, 以控制爆破振动, 爆破区与民房间采用机械提前开挖减震沟或隔振带。在距离民房 40m 范围内爆破时, 需要采用浅孔爆破, 距离民房 40m 范围外可采用深孔爆破, 深孔爆破孔径调整为 76mm 直径炮孔, 浅孔爆破和深孔爆破均应根据民房距离严格控制单段最大药量, 以控制爆破振动, 当临近民房爆破时, 需

要进行爆破振动监测, 以确定实际的爆破振动深度, 从而指导和改进爆破施工。

## 【参考文献】

- [1] 北京交科公路勘察设计研究院. 广西壮族自治区荔浦至玉林公路两阶段施工图设计 (K158-900~K175+050).2018.6.
- [2] 中国国家标准化管理委员会. GB6722-2014《爆破安全规程》[M]. 国家标准出版社.2014.12.
- [3] 闫鸿浩, 李晓杰. 城镇露天爆破新技术 [M]. 中国建筑工业出版社.2015.9.
- [4] 周传波, 蒋楠, 夏开文, 罗学东, 路世伟. 岩石爆破动力作用机理与响应特征 [M]. 科学出版社.2017.01.