

陕京三线永定河隧道爆破振动检测与控制研究

邢承忠

(北京正泰恒通爆破工程有限公司 北京 102471)

摘 要 以陕京三线永定河隧道爆破工程为依托,开展隧道爆破施工对邻近房屋振动安全的分析与控制研究。通过现场爆破振动远程实时监测试验与理论分析,获得了适用于该隧道区域的爆破振动速度传播与衰减规律,讨论了隧道附近的爆破振动特性及对周边建筑结构的安全影响,提出了对偏远山区更应关注爆破振动对人及环境的惊扰。

关键词 隧道开挖 爆破振动 振动检测 安全评价

中图分类号 U458.1 **文献标识码** A **文章编号** 1009-4539(2013)08-0042-03

Blasting Vibration Detection and Control for the Tunneling Under Yongding River on the Shanxi-Beijing Third Gas Line

Xing Chengzhong

(Beijing Zhengtaihengtong Blasting Engineering Co. Ltd., Beijing 102471, China)

Abstract Based on Yongdinghe river tunnel blasting project on the Shanxi-Beijing third gas line, analysis and research are carried out for security influence of tunnel blasting on adjacent building. Through on-site blasting vibration remote real-time monitoring tests and theoretical analysis of blasting vibration, the study finds out that the PPV attenuation law and vibration transmission speed applicable to the area of the tunnel. And it discusses the characteristics of nearby tunnel blasting vibration and its effect on the safety of the surrounding structure. Finally, the paper proposes more attention should be paid to the blasting vibration disturbance to the people and the environment in remote mountain area.

Key words tunnel excavation; blasting vibration; vibration test; safety evaluation

1 引言

随着我国交通事业的迅速发展,隧道开挖爆破对邻近建筑物、构筑物产生的振动危害越来越受到人们的重视。为控制爆破振动给周边建筑物与居民带来的危害,工程上多采用振动监测来了解爆破的振动强度,分析爆破地震对地表建筑物安全的影响程度^[1-2]。因此,在隧道开挖施工时,必须对隧道开挖时爆破引起的爆破振动进行信息化的施工监测,来保证施工质量和施工安全以及建筑物、构筑物的安全,以此来指导隧道工程爆破参数的设计及后续施工。

下面以陕京天然气三线工程永定河隧道爆破项目为背景,通过对现场监测掘进爆破引起的邻近房屋不同位置的爆破振动速度波形,对试验实测振动数据进行分析,以此来研究其地表振动的特性与

其变化规律,讨论隧道附近的地表振动特性及爆破振动对邻近建筑物、构筑物结构的影响。

2 隧道爆破及振动监测

陕京三线输气管道工程是北京市重点工程,其中永定河隧道工程进口段位于北京市门头沟区丁家滩村附近,隧道总长 1 124 m,净宽 3.4 m,净高 3.4 m。隧道施工自进口和出口双向施工,爆破振动影响范围主要集中在进口段。

该隧道洞口段地质条件为Ⅳ级围岩,采用“短进尺、弱爆破”。单循环爆破需要炸药约 50 kg,采用分段毫秒延时起爆,最大单响药量 13 kg,要求在爆破实施过程中,保证周围建筑与环境的安全,严格控制爆破飞石和爆破振动。

2.1 爆破测振监测方案

陕京三线永定河隧道爆破工程地质及间距条件下,监测和分析爆破地震对邻近房屋设施的影响是控

收稿日期:2013-04-18

制爆破振动的基础和必要措施^[3-4]。通过测试距爆区最近民房的地面质点振动速度,可分析爆破振动强度、爆破振动衰减规律以及了解爆破振动对周围民房的影响程度,同时可根据实地监测结果及时调整爆破参数和施工工艺,为后续的爆破提供设计依据。

振动检测采用了 TC-4850N 型 3G 网络远程实时爆破振动测振仪,它是目前国内较高水平的爆破振动测量设备。爆破振动波传至拾振器时,爆破振动记录仪自动地记录传感器输入的振动信号,并将振动波储存在仪器内,同时将数据通过 3G 网络上传到数据中心服务器,检测单位、爆破施工单位以及业主等授权的用户可实时读取和分析爆破振动波,保证了监测的可靠性、权威性和公正性,其工作原理见图 1。

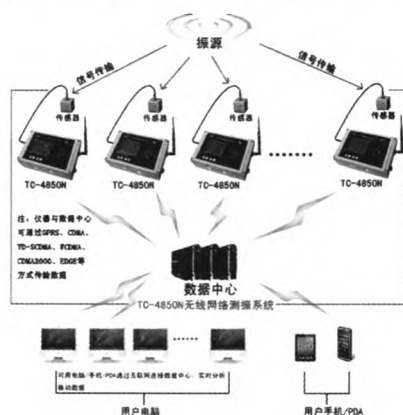


图 1 仪器的基本工作原理

2.2 测试点布置

在实际监测过程中传感器布置在住户和洞口附近,传感器用石膏粉固定在监测点的基岩上,涂抹在传感器上的石膏粉要薄而结合紧密,水平 X 轴方向对准爆破点,监测点布置如图 2 所示。

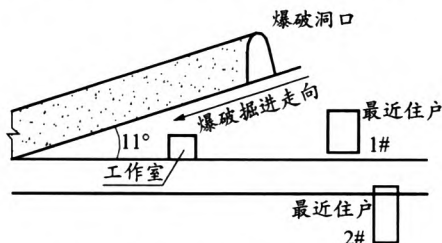


图 2 隧道施工爆破测振监测点布置

3 爆破振动监测结果分析

3.1 检测结果及分析

根据现场实际情况和监测目的,在陕京三线永定河隧道距进洞口 50 m、70 m 和 80 m 处(工作室、铁道建筑技术 RAILWAY CONSTRUCTION TECHNOLOGY 2013 (8)

最近住户 1#和最近住户 2#)分别布置测点,以监测隧道爆破施工对居民住房的影响作用。永定河隧道掌子面爆破总装药为 54 kg,分 9 段,最大段装药约 13 kg。其爆破监测结果见表 1。

表 1 爆破监测结果

测点号	峰值速度/ ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	主振频率/ Hz	药量/ kg	爆源距离/ m	备注
1	0.41	18.8	30	90	水平
2	0.57	45.4	54	70	垂直
3	0.54	34.5	50	60	垂直
4	0.32	11.4	54	110	方向
5	0.47	33.3	54	100	水平
6	0.28	9.7	54	120	垂直
7	1.42	29.4	54	50	垂直
8	0.85	41.7	54	40	垂直
9	0.16	20.0	12	90	垂直
10	0.23	9.7	30	100	垂直
11	0.23	10.8	50	110	垂直

通过 TC-4850N 仪器得到的典型波形见图 3。

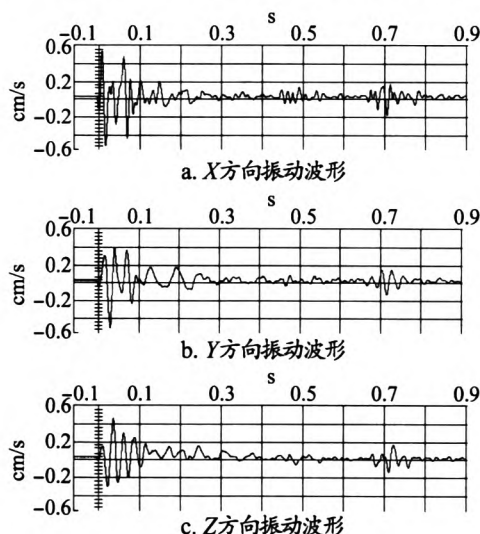


图 3 x、y、z 三个方向上的爆破振动波形

通过对爆破监测结果的比较分析,得出最大一次的爆破振动速度是工作室监测点处,其值为 1.41 cm/s ,与安全允许值比较在允许条件之下,并且因振动频率较高,对工作室没造成任何损伤。

从图 3 分析可知,爆破振动强度分布特点是:掏槽爆破引起的爆破振动特别强烈,其他部位的爆破(扩槽、周边、底板等)振动都较小。扩槽、周边、底板爆破振动较小的原因临空面条件较好,从扩槽眼和周边光爆眼的爆破振动波形和峰值特点分析,8

段以上段位的雷管多孔同段爆破时振动波段明显分散。由此看来楔形掏槽虽然爆破效果和技术经济指标较好,但因爆破夹制作用太大,引起的爆破振动强烈,只有调整优化楔形掏槽方案才能降低掏槽段的爆破振动。

3.2 振动衰减规律回归分析

根据表1爆破测振获得的数据,结合萨道夫斯基公式 $V = K(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R})^\alpha$, 绘制垂直方向的萨道夫斯基回归曲线。

根据表1中的数据,利用最小二乘法回归分析的原理进行线性回归,求得:

$K=32.4, \alpha=1.4$, 回归直线见图4。故可得出掌子面爆破时振动速度的传播衰减规律,即

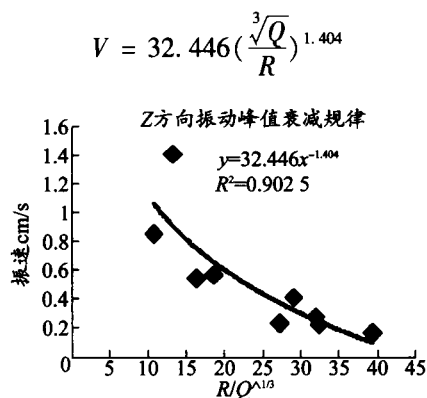


图4 萨道夫斯基公式的回归曲线

因此根据得到的回归系数,可以描述地表特定点的振动衰减规律,从而对某一地区的振动速度进行预测^[5]。根据现场最近房屋距离为50 m和设计标准值2.0 cm/s计算得爆破设计中最大单段炸药量为20.8 kg。虽然爆破设计中的最大单段炸药量13 kg小于计算的最大允许药量,但是为了保证民房的安全,还是要对爆破加强监控量测,以免意外情况发生。通过检测和计算发现:地面上振动峰值超过1 mm/s安静区域的人就有感觉,振动峰值小于5 mm/s人们都可承受。当爆破振动大于10 mm/s时,在没有预告的情况下突然发生振动,人们就开始有抱怨和投诉了,但民房是安全的。随着人们法制观念的增强,维权意识的提高,对爆破影响的容忍度越来越低,为避免法律纠纷,在确定爆破安全控制标准时,不仅仅考虑对建筑物的破坏影响,而更加关注人的感受、心里承受能力等人性的指标。陕京三线永定河段爆破施工中居民点的爆破振动基本控制在10 mm/s以下,且避

开早中晚休息时间爆破,尽量做到人情关怀,这是工程安全顺利进展的保证。

4 结论

以陕京三线永定河隧道爆破工程实测结果为依据,通过对隧道爆破振动安全问题的研究和解决,获得如下结论:

(1)对实测爆破振速峰值进行回归分析,得到了现场场地条件下质点振速峰值衰减规律,据此限定单段最大药量条件下的振速峰值,并对周边建筑的安全性进行综合分析和检验。

(2)实测数据表明,振动峰值超过1 mm/s安静区域的人就有感觉,振动峰值小于5 mm/s人们心理可承受,当爆破振动大于10 mm/s可能有抱怨和投诉。关于爆破振动幅值控制不仅要针对建筑物结构的抗振能力作安全标准,而且应考虑对周边居民的生活和健康的影响。因此,居民区爆破振动须小于10 mm/s。

(3)受自由面条件的影响,不同类型炮孔爆破引起的振动效应差异较大。根据测试的爆破地震波图可以看出,掏槽孔爆破的振动效应最强烈,爆破振动波形图的峰值几乎都是出现在掏槽眼振动区域;辅助孔和周边孔在同等单段装药量条件下,爆破引起的地表振速明显偏小。因此,在今后的爆破工作中应该控制好掏槽眼的药量,这对减少爆破振动具有决定意义。

(4)陕京三线隧道爆破工程项目的爆破振速虽然都控制在国家标准范围内,但初始爆破过程中因爆破振动偏大对周边居民正常生活造成了一些不便。在今后实际爆破工作中还要根据周边环境的实际情况,及早做好宣传和走访工作,采取控制预防措施,确保爆破与周边环境协调和谐。

参考文献

- [1] 谭忠盛,杨小林,王梦恕.复线隧道施工爆破对既有隧道的影响分析[J].岩石力学与工程学报,2003,22(2):281-285.
- [2] 刘勇,张兴明,朱永全.双跨连拱隧道爆破振动测试[J].石家庄铁道学院学报,1998,11(2):63-66.
- [3] 刘世波,翟永昌,杨年华.隧道与路基爆破振动检测评价[J].铁道建筑,2006(12):63-65.
- [4] 张世雄,胡建华,阳生权,等.地下工程爆破振动监测与分析[J].爆破,2001,18(2):49-52.
- [5] 杨年华,刘慧.近距离爆破引起的隧道周边振动场[J].工程爆破,2000(6):37-42.