

紧邻既有铁路岩墙爆破监测技术

余蝉眉

(中铁十二局集团第七工程有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘要 本研究通过在岩墙背部设置动态录像、振动速度测试、岩体损伤检测和位移测试四个监测手段, 分析随着爆破区域逐渐接近岩墙背部的情况下, 岩墙背部的动力响应特性, 建立了爆破荷载作用下岩墙背部振动、位移、内部损伤、剥落影像多维度数据监测及评估系统, 可以全方位掌握爆破过程中岩墙状态、确保爆破安全, 为后续爆破参数优化提供依据。

关键词 既有铁路 岩墙爆破 爆破位移监测

中图分类号: U416

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)03-0040-03

铁路建设过程中, 改、扩建既有线路日益普遍, 对于大方量的石方开挖, 爆破依然是最有效的开挖方法。对于邻近既有铁路的大方量石方爆破开挖大都采用预留岩墙深孔控制爆破技术, 即在靠近坡面一侧预留一定厚度的岩墙作为天然保护屏障, 岩墙内侧的山体采用常规深孔爆破方法施工^[1-2]。依托于监测技术的控制爆破预留岩墙可有效防止主体爆破造成的爆堆向既有抛掷和爆破飞石等危害, 同时岩墙自身稳定可避免滚石顺坡侵入既有线。通过精准控制爆破岩墙可以将处于复杂环境下大方量的石方转化为小方量的岩墙控制爆破, 大幅降低爆破施工难度, 提高施工效率, 保护既有线的运营安全。如何精准控制岩墙爆破控制参数, 具有现实意义。

本文依托渝怀二线漾头车站的预留岩墙爆破开挖进行了3次试验, 第一次爆破布设一排炮孔, 每个炮孔的孔间距为1.3m, 抵抗线为1.0m, 孔深为2.5m, 单孔装药量为0.8kg, 岩墙顶部共布设21个炮孔, 总共使用炸药量14.7kg。第二、三次试爆后炮孔分上下台阶两种装药参数, 上台阶爆破参数不变, 仍采用孔间距为1.3m, 炮孔抵抗线为1m, 孔深为2.5m, 下台阶布设两排炮孔, 孔间距为1.3m, 排间距为1.0m, 单孔装药量为0.8kg, 下台阶采用2孔一响。3次试验过程中分别在岩墙背部设置了动态录像、振动速度测试、岩体损伤检测和位移测试四个监测手段, 分析不同保留层厚度下岩墙背部的稳定性以及运动状态规律, 进而为岩墙快速爆破提供科学合理、安全高效的爆破参数, 确保了岩墙前方爆破体碎而不飞和岩墙后方裂而不塌, 做到了安全有效的精准控制爆破^[3-4]。

1 爆破振动监测技术

在试验中, 可根据岩墙背部岩体的振动传播规律, 分析可能出现振裂或出现拉伸破坏的情况。将测振传感器布设在岩墙背部, 形成横向和垂直2条测线, 测量爆破过程中预留岩墙的振动速度, 分析爆破参数与振速的关系、振速与岩体状态的关系以及岩墙背部爆破振动衰减规律。

1.1 测试设备

在试验过程中, 采用TC-4850爆破振动测振仪, 由振动速度传感器和数据记录器两部分组成。测振仪具有4通道, 可以并行采集, 采样率在100sps~100Ksps之间; 超低频1~500Hz可以采集X、Y、Z三向的振动速度, 其触发分为内触发与外触发, 并支持触发同步输出, 以实现多台仪器并行采集。测点布设情况: 在岩墙背部共布设了5个测点, 1#测点布设在最顶部, 距离岩墙顶部的距离为2.5m, 2#、3#和4#测点的之间的水平间距为1.5m, 1#、3#和5#测点的之间的竖向间距为1.5m。这样布设可以通过单个点或整体取平均值的方式分析爆破过程中岩墙的振动特征。

1.2 岩墙背面爆破振动分析

根据各测点的振动速度和频率统计岩墙厚度-振速关系曲线(见图1)。第2次试验爆破振动速度大于第1次, 岩墙厚度变薄, 振动衰减距离缩短, 此时岩体还比较完整, 振动值也相应增大; 而第3次爆破振动速度反而减小, 表明岩体内部已经出现大量裂隙, 减弱爆破振速波的传播, 得出现场岩墙不能继续爆破开挖, 只能通过机械处理完成。

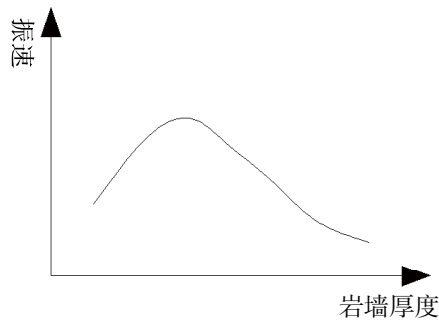


图1 岩墙厚度与振速关系图

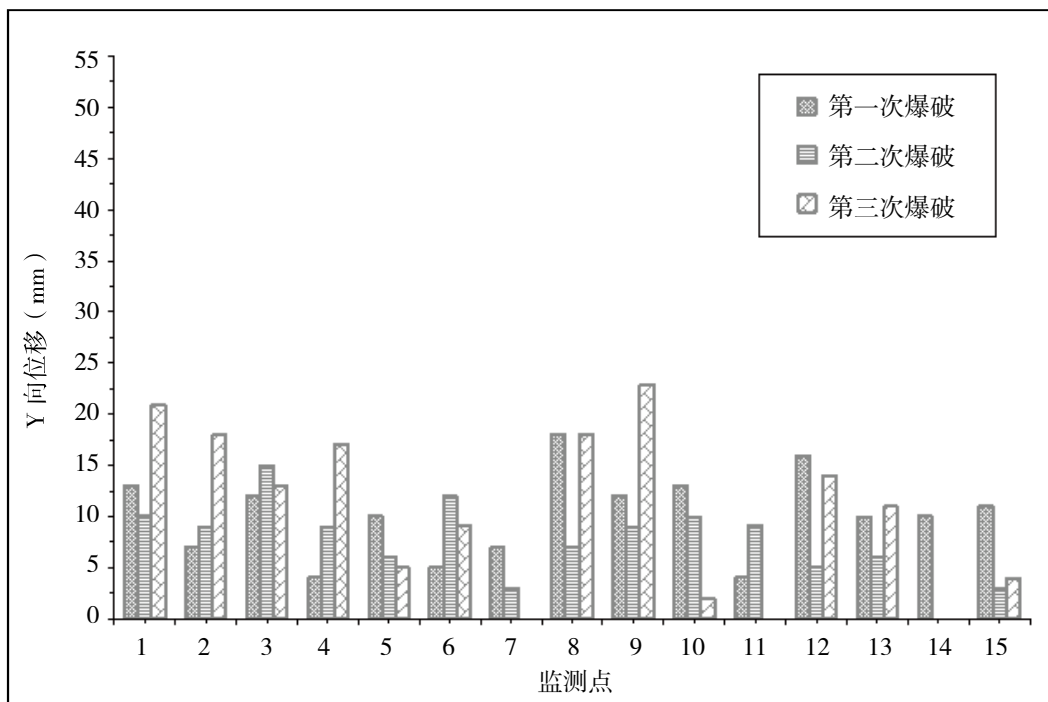


图2 爆破岩墙位移数据柱状图

2 爆破位移监测技术

在预留岩墙靠近既有铁路的侧面，布置网状位移监测点，选择通视良好、无扰动、稳固可靠、远离形变护坡高度3倍以上比较稳定的地方埋设基准点，使用全站仪采集观测点三维坐标数据，通过多点高精度解算技术来解算监测点的坐标，从而达到监测岩墙背部表面位移（如位移方向、位移速率、累计位移等）的目的，得到爆破作用下预留岩墙背部变形情况。对每次爆破后岩墙背部的位移变化进行了监测，分析不同爆破参数下岩墙背部的位移情况^[5-6]。

爆破位移监测分析：（1）通过位移测试（图2），第三次爆破时岩墙岩体内已经出现了大量裂隙和喷浆

层脱落，同时测点也出现了较大的位移变化量，进而说明了第三次爆破时已经超过安全极限范围；（2）受爆破冲击荷载作用，岩墙背部岩体产生的位移以垂直于岩墙方向为主，且随着爆破作用距离缩短位移逐渐增加。

3 岩体内部损伤监测技术

对岩墙背部需保留部分进行采用声波损伤测试，在不同爆破参数下对背部围岩的损伤情况进行分析，确保岩墙背部围岩出现可控程度的损伤，而不会出现大面积的垮塌，为爆破参数的选择提供参考依据。

3.1 声波测试原理

在岩墙拆除过程中，声波测试利用岩石的声学特性，通过声波在岩体内传播的声学参数间接地分析岩

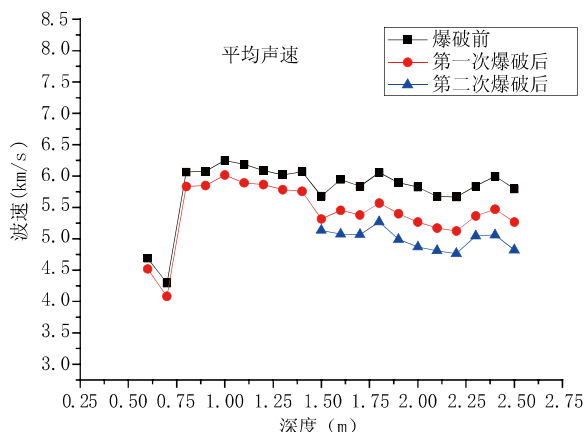


图3 平均声波速度随深度变化趋势图

石的内部结构特征以及力学特性，具有简单、快速、经济和无损害等特点。基于声波检测原理，采用非金属声波检测仪进行测试。

3.2 测试设备与试验监测方案

在试验区采用钻孔声波检测技术，测试爆破损伤深度。现场测试设备采用的是武汉中岩股份有限公司（原中国科学院武汉岩土力学研究所智能仪器室）所生产的RSM-SY5(T)非金属声波检测仪来进行损伤测试。测试于爆破完成后进行，以减小岩体时效松弛带来的影响；每次测试前，对所用测试仪器按规范要求进行了校正，确保测试结果的准确性；试验现场采用水耦合法，自孔底向孔口测试一次（包含孔口位置），以获取整个声波孔数据。

3.3 超声波测试结果分析

根据《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》中规定：当声速降低率 $\geq 15\%$ ，爆破对岩体影响明显，岩体达到极限破坏程度。通过平均声波速度随深度变化趋势（如图3所示）分析：随着距离的减小，损伤逐渐增加，距炮孔1.1m处的岩体已完全损伤。最后一排孔的保留距离不能低于2.2m，即保留层厚度为抵抗线的2.2倍。

4 岩墙影像监测技术

在可以清晰拍摄到岩墙靠近既有线的安全区域安装高速摄影机，对爆破过程中的预留岩墙进行拍摄，记录爆破作用下岩墙的运动以及可能出现掉块或滚石的情况，通过对高清影像资料进行分析，得到其中的一些影响规律。现场采用高速视频录像的方式对岩墙的正、背面和顶部三个方向进行拍照和视频采集，视频收集均采用了高清数码相机，视频收集点布设情

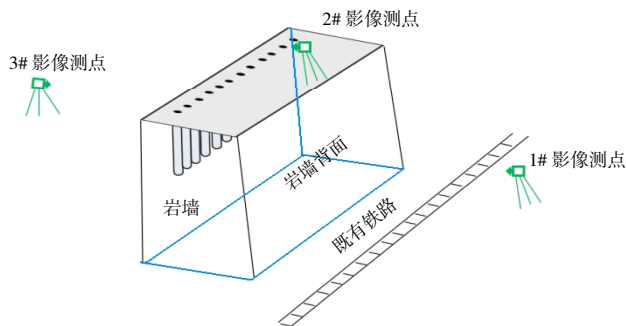


图4 影像测点分布情况示意图

况如图4所示。

岩墙影像监测分析：结合岩墙拆除爆破正面、顶部和背面图像分析，认为第一次爆破，岩墙背部稳定性保持良好，尚未达到岩墙所承受的极限破坏距离；第二次岩墙爆破时，已经接近岩墙所承受的极限破坏距离；而第三次岩墙爆破时，基本达到或超过岩墙所承受的极限破坏距离，此时，岩墙最后一排孔的保留层厚度为最小抵抗线的2.1~2.2倍，与理论计算值基本一致。

5 结论

通过对岩墙背部的动态录像、振动速度、岩体损伤和位移等进行测试结果综合分析，得到了岩墙爆破岩体的动力响应特性，验证了多边界爆破药量计算方法和岩墙爆破时能量分配系数计算公式的正确性，为复杂环境岩墙爆破及防护方案设计提供了理论支撑。监测技术在依托工程渝怀二线濠头车站预留岩墙爆破施工中发挥良好的监测作用，为爆破施工提供了可靠的安全保障，值得推广应用。

参考文献：

- [1] 孟海利. 大孔径宽孔距浅孔控制爆破拆除岩墙技术[J]. 铁道建筑, 2015(07):86-88.
- [2] 孟海利, 郭尧, 施建俊. 渝涪铁路紧邻既有有线扩整控制爆破技术[C]. 中国爆破新技术III, 2012.
- [3] 汪旭光. 爆破设计与施工[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2011.
- [4] 戴俊. 岩石动力学特性与爆破理论(第2版)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2014.
- [5] 尚晓江, 苏建宇. ANSYS/LS-DYNA 动力分析方法与工程实例[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [6] 白金泽. LS-DYNA3D 理论基础与实例分析[M]. 北京: 科学出版社, 2005.