

## 爆破振动监测技术在高压富水隧道施工中的应用

靳俊奇

贵州路桥集团有限公司, 贵州 贵阳 550001

[摘要] 随着近几年西部地区交通工程建设的大发展, 公路工程项目不断增多, 公路隧道工程项目也越来越多、越来越大, 同时面临的施工环境也越来越复杂。在各种复杂的施工影响因素中对既有隧道、既有建筑物、构筑物等易损部位的保护是一个比较常见的问题; 当前钻爆法施工对既有隧道、既有建筑物、构筑物等关于对隧道振动要求及监测方法未进行明确的说明; 文中提及的德江隧道高压富水段施工就涉及到需要对爆破振动进行控制并实时监测, 通过收集德江隧道爆破施工振动监测数据及实际效果, 分析隧道监测技术在高压富水段施工中的应用。

[关键词] 隧道; 爆破施工; 振动监测

DOI: 10.33142/ec.v2i5.386

中图分类号: U455

文献标识码: A

### Application of Blasting Vibration Monitoring Technology in Construction of High Pressure Water-rich Tunnel

JIN Junqi

Guizhou Luqiao Group Co., Ltd., Guizhou Guiyang, China 550001

**Abstract:** With the great development of traffic engineering construction in Western China in recent years, the number of highway engineering construction projects is increasing, the number of highway tunnel projects is increasing, and the construction environment is becoming more and more complex. The protection of vulnerable parts such as existing tunnels, existing buildings and structures is a common problem among all kinds of complex construction influencing factors. At present, the requirements and monitoring methods of tunnel vibration for existing tunnels, existing buildings and structures are not clearly explained in the construction of drilling and blasting method. The construction of high-pressure water-rich section of Dejiang Tunnel mentioned in this paper involves needs. The blasting vibration is controlled and monitored in real time. By collecting monitoring data and actual effect of blasting vibration in Dejiang Tunnel, application of Tunnel Monitoring Technology in Construction of High Pressure and Rich Water Section.

**Keyword:** Tunnel; Blasting construction; Vibration monitoring

#### 1 工程状况

德江隧道地处贵州高原东北部的武陵山山脉向大娄山脉过度的斜坡地带。德江端起点段属德江县龙泉土家族乡所辖, 隧道中部至务川端终点段属德江县沙溪土家族乡所辖。德江隧道为分离式特长隧道, 隧道进口端测设线间距约 20m, 出口端测设线间距约 33m。左幅隧道起讫桩号为 ZK6+760-ZK12+265, 长 5505m, 最大埋深约 534m。右幅隧道起讫桩号为 YK6+755-YK12+180, 长 5425m, 最大埋深约 537m。ZK9+600.00~ZK10+650.00 以及 YK9+600.00~YK10+650.00 段位于石朝向斜核部向两翼过渡地段, 水文地质条件极其复杂, 洞身围岩主要为二叠系栖霞组灰岩夹泥岩、钙质泥岩, 岩溶弱发育、富水性弱, 隧道开挖时揭露溶洞诱发大规模突泥、涌水的可能性较小, 但其上部茅口组地层富水性强, 岩溶强发育, 地下水易沿基岩节理、裂隙面下渗至洞身段落形成线状、涌流状涌水, 二叠系栖霞组与茅口组岩层之间存在一层 6~9m 的, 为隔水层, 该隔水层与隧道拱顶最近距离为 36m。隧道上方岩体内有一地下暗河及多处溶洞发育, 水量极其丰富, 稳定地下水位位于隧道设计顶板以上约 210m, 水头压力大, 存在承压水。

德江隧道为单向坡, 下坡施工, 下坡掘进距离约 2500m, 与洞口高差约 58m, 一旦涌水将对工程安全、质量造成极大影响。鉴于此, 通过邀请相关爆破方面专家审定, 德江隧道富水段在爆破施工时, 需对爆破振动进行控制, 按照相关规定经专家评审, 德江隧道爆破振动在距爆破点 36m 处质点速度控制标准为  $V=4.0\text{cm/s}$ 。为确保爆破振动得到有效控制, 在采取必要的爆破控制手段的前提下, 必须进行相应的振动监测。

#### 2 监测方法及设备

本项目采用现场试验, 后通过软件分析, 具体试验方法如下:

(1) 当监测震源平面位置落后于另一侧隧道时, 应将监测点布置于已施工隧道迎爆侧。

(2) 当监测震源平面位置领先于另一侧隧道时, 监测点应设置在本隧道爆破源后方, 此时需对仪器做好保护措施。为准确反应爆破振速的时效性, 在爆破作业时, 应同时至少监测 5 个断面的振速; 第一种情况应在平行于爆源处既有线迎爆侧布置一个监测点, 以此测点为中心点, 两侧以对称布置监测点, 距离分别为 10m、20m、30m、40m; 第二种情况应从爆破源后 10m 开始设置五个监测点, 距离分别为 10m、20m、30m、40m、50m; 在相同药量下分别进行几轮爆破测试, 收集振动数据, 进行评判。

对于隧道的振动监测, 初支时预留监测设备安放洞室, 监测点尽量设置在围岩上, 若条件限制必须安置于混凝土上, 需对测点位置进行打磨, 测点位于衬砌表面的需去除表面浮浆及杂物, 安装传感器时, 将传感器 X 方向指向爆源方向。监测点位置确定后, 使用生石膏粉加水调制成浆糊状, 将传感器黏结在隧道内平整面的测点上, 使其与接触面紧贴, 最后用夹具和膨胀螺丝固定好传感器, 防止掉落。

爆破测振仪是爆破振动监测的专业仪器, 对于不同环境下的振动监测, 所选用的仪器设备也不尽相同。出于对运营隧道振动监测人员安全等各方面考虑, 本项目使用四川交博科技生产的 L20-N 型网络爆破测振仪, 其主要特点为可通过网络远程控制仪器和管理文件, 该设备还具有报警功能, 当质点速度超出所设定的值时, 系统会自动发送短信或邮件, 真正做到实时监测爆破振动, 还减少了人员的投入。

### 3 监测数据统计分析

爆破振动测试设备可以监测质点振动速度的三个分量值、主振频率及振动速度随时间的衰减变化曲线, 和被保护岩层关系最密切的是质点振动速度, 本文主要分析质点振动速度。设备传感器 X 轴为径向对应爆源方向, Y 轴为切向对应掌子面水平平行方向, Z 轴为垂向对应隧道拱顶方向。从监测的数据来看, 三个方向的振速总体而言是径向最大, 切向次之, 垂向最小; 随着距离爆破源越来越远, 质点振速急剧衰减; 持续时间在 0.5s-1.0s 之间。因数据较多, 本文仅列举出距离爆破源 36m 处的部分监测数据。通过调整药量和调整爆破段数、调整布孔方式等手段调整爆破振速以满足本工程需要, 同时通过各种组合, 总结出隧道工程爆破振动的传播规律, 以对今后爆破施工起到一定的指导意义。通过多次试验, 最终我部确定的最大单段装药量为 24kg, 段别主要为单数段, 可根据总药量多少灵活调整。最终通过爆破监测调整后的距离爆破源 36m 出的质点振动速度满足不超过 4cm/s 的要求。并在气候的爆破施工中运用信息化爆破施工监测技术及时监测爆破振动速度, 较好地指导了后续阶段隧道的爆破施工作业。

数据统计分析表

距离爆破源 36m 处, 单段最大药量 24kg 时部分监测数据											平均值
径向 (X)	2.852	3.886	2.482	2.962	3.181	3.607	3.518	3.653	3.172	3.447	3.276
切向 (Y)	2.188	2.203	2.052	2.237	2.025	1.839	1.363	2.262	2.751	2.434	2.135
垂向 (Z)	2.105	2.095	1.985	2.058	1.856	2.347	0.705	2.194	1.542	2.042	1.893

### 4 爆破振动控制技术

控制爆破振动的措施主要有三类: 一是针对爆破源采取的措施; 二是针对爆破振动的传播过程采取的措施; 三是针对控制对象采取的措施。鉴于隧道工程施工的特殊性, 一般施工现场主要采取前两类对爆破振动进行控制, 本项目在不断调试的过程中主要总结出了以下几种适合隧道工程施工的减振爆破施工方法。

#### 4.1 导向孔预裂减振爆破

导向孔预裂减振爆破主要是通过通过在拱部周边布设减振孔形成减振隔离带, 以及在掏槽区增设减振孔达到减振的目的。其原理是利用爆破临空面和减振隔离带在爆破时对爆破振动能量的大量吸收及消耗, 使隔离带后面的区域受到的振动大大减小。同时减少了一次爆破的装药量, 在爆破时也大大减少了对周边围岩的扰动, 从而确保振动值的控制。根据监测数据显示, 采用此类型减振爆破效果良好。但是该方法的缺点是增加了钻孔数量, 导致钻孔时间延长。

#### 4.2 导坑先行预留扩挖层爆破

根据向斜核部段落实际揭露地质情况, 如围岩整体性好, 无较大的节理或构造面, 开挖后掌子面有足够自稳时间, 则向斜核部段落距隔水层 3 倍洞径影响范围段可采用下导坑先行、后续预留扩挖层、光爆层的施工方案, 即将隧道分为三部分爆破施工, 先行爆破位于隧道底部的超前下导坑 (超前下导坑设计高度在 3m 左右, 先行导坑超前后续扩挖面约 2~3m), 然后再扩挖至拱顶约 1m 高度处, 再扩挖预留光爆层。经试验该方法可以很好的满足振动波速要求。该方法的

缺点是增加了工序，使循环时间延长，对工期不利。

### 4.3 控制段最大装药量

通过本次爆破振动监测表明，当降低起爆药量时，可以使质点的振动速度减小，达到减振的目的。通过数据分析最终本项目单段最大装药量为 24kg，可以有效控制距离爆破源 36m 处振动波速不大于 4cm/s。

最终本项目选择的简单易行的控制单段装药量的方法来控制爆破振动速度，在其他隧道的具体用中，可以灵活选用不同的控制方法，再进行爆破振动监测，从而确保爆破振动在规范要求范围内。

## 5 结论

当单段药量和总用药量相同时，距离中心点相同的监测点振动并无太大变化，据本文监测数据结果来看，可以理解为在 10~20m 为振动敏感区域；20~30m 则为相对安全区域。通过控制爆破手段，并及时进行爆破振动监测，对德江隧道 36m 处的泥岩隔水层能起到较好的保护作用，有效减低了涌水的安全风险。

根据本次爆破振动监测的实施，总结出关于爆破振动监测应注意下列几点：

(1) 为了确保隧道结构及监测设备的安全，需要在隧道内合理布设测点，测点距离爆破源过近需采取必要的保护措施。

(2) 测点数目要适当，一般以 5 个测点为宜，以便有足够的数据分析地面振动传播的传播、衰减规律。

(3) 测点数目及布设方式可根据现场实际情况进行适当调整。

### [参考文献]

[1] 陈胜. 基于爆破振动监测与控制技术的应用研究[J]. 工程技术, 2017, 11(12): 309.

[2] 陈荣, 刘鹏. 谈在建铁路线周边控制性爆破施工的控制[J]. 山西建筑, 2018, 44(33): 67-68.

[3] 胡刚, 吴云龙. 爆破地震振动控制的一种方法[J]. 煤炭技术, 2004, 23(4): 104.

作者简介：靳俊奇，(1983-)，本科贵州路桥集团有限公司高级工程师，主要从事公路工程路基桥梁隧道施工。