

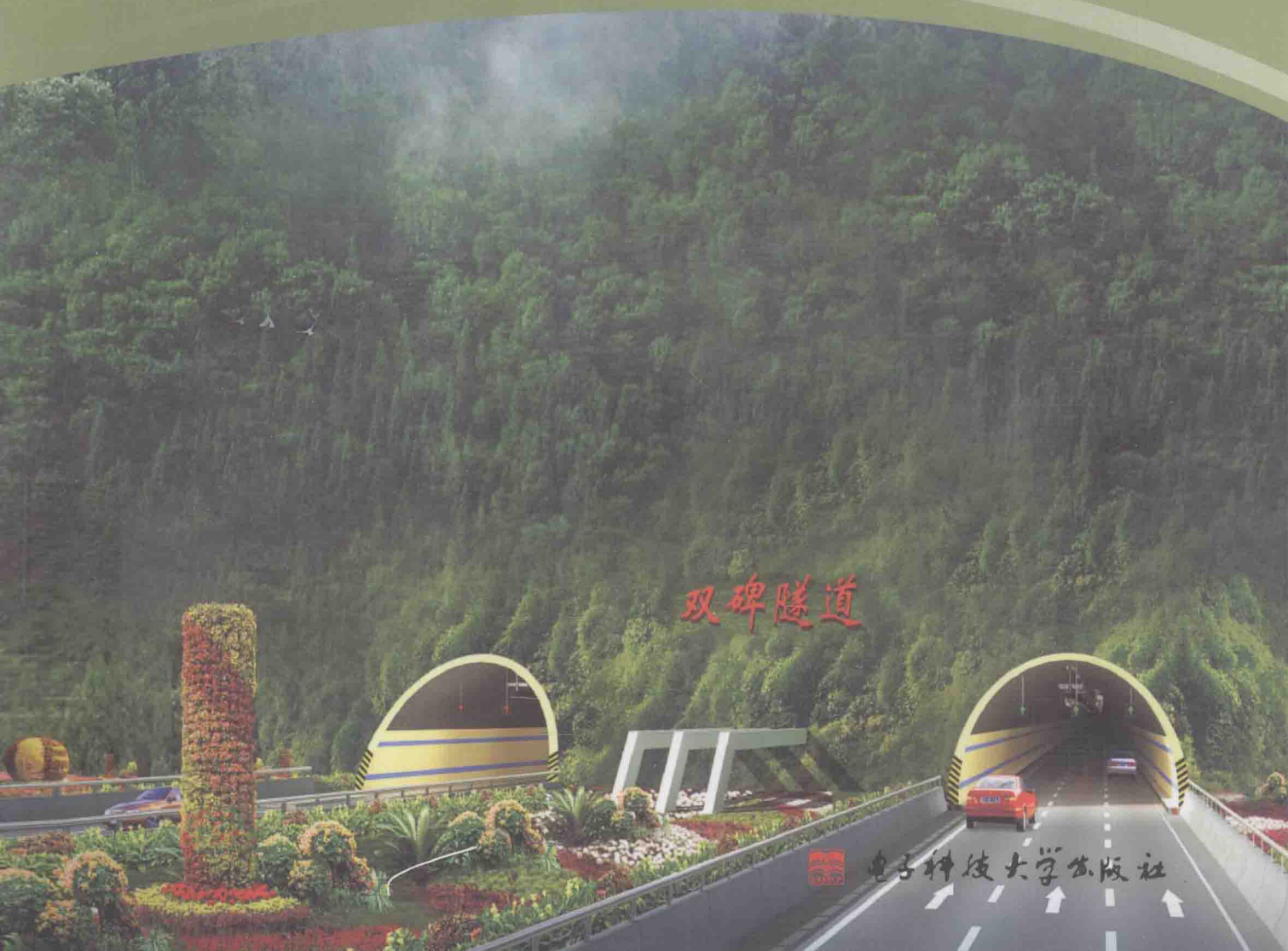
隧道 桥梁 道路 水港

SUIDAO QIAOLIANG DAOLU SHUIGANG

——2011年学术交流会

论文集

四川省公路学会工程施工专业委员会 编



电子科技大学出版社

隧道 桥梁 道路 水港

——2011年学术交流会论文集

四川省公路学会工程施工专业委员会 编



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

隧道 桥梁 道路 水港 : 2011年学术交流会论文集 / 四川省公路学会工程施工专业委员会编. — 成都 : 电子科技大学出版社, 2011.10
ISBN 978-7-5647-1002-6

I. ①隧… II. ①四… III. ①隧道工程 - 学术会议 - 文集②桥梁工程 - 学术会议 - 文集③道路工程 - 学术会议 - 文集④港口工程 - 学术会议 - 文集 IV. ①
U4-53②U65-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第220193号

隧道 桥梁 道路 水港

——2011年学术交流会论文集

四川省公路学会工程施工专业委员会 编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 李述娜
责任编辑: 李述娜
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 四川经纬印务有限公司
成品尺寸: 210mm × 285mm 印张: 30 字数: 800千字
版 次: 2011年10月第一版
印 次: 2011年10月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-1002-6
定 价: 98.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
◆本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

2011年四川省公路学会工程施工专业委员会学术年会将在重庆召开，依托重庆双碑隧道开展广泛的学术交流。

2011年施工专业委员会学术交流会共收到论文110篇。四川省公路学会工程施工专业委员会组织专家对全部论文进行了认真的评审，精选出95篇编辑成论文集。

论文集分为隧道、桥梁、道路、水港四个篇章，这些论文是作者从事隧道、桥梁、道路、水港教学、研究、设计、施工、检测的探索实践和经验总结，集中反映了我省及我国现阶段隧道、桥梁、道路、水港建设发展的先进技术水平，有较高的学术性、实用性和参考价值。

本论文集得到了四川公路桥梁路桥建设集团有限公司、四川路桥建设股份有限公司及其隧道分公司、重庆双碑隧道建设有限公司、四川路桥重庆双碑隧道项目经理部的大力支持和积极参与，在此向上述单位、论文作者、参加论文评审的各位专家、以及对论文征集、编审、出版等工作给予帮助、支持的单位和个人表示衷心感谢！

四川省公路学会工程施工专业委员会编辑委员会

二〇一一年十月

目 录

■隧道

双碑隧道下穿既有铁路爆破施工技术·····	范仁玉 陈先国 康海波 (1)
重庆双碑隧道出口端洞口段施工方案及措施·····	康海波 陈先国 范仁玉 (6)
重庆双碑隧道出口端下穿建筑物爆破方案·····	陈先国 康海波 范仁玉 (10)
长大隧道快速成洞施工技术探讨·····	肖志明 杜 明 (16)
马鞍山隧道超前钻孔瓦斯预测预报研究·····	邱继云 肖志明 曾晓勤 (19)
软弱围岩进洞大管棚超前支护施工技术的几点探讨·····	杜 明 杨 理 (23)
酸水湾隧道进口仰坡稳定性分析与加固·····	李辉忠 曾晓勤 张 啸 (28)
超前管棚在穿越隧道松散堆积围岩的应用·····	张志彬 (33)
达万高速公路宝石连拱隧道施工技术·····	林升相 卢晓颖 向恒非 李 林 (39)
金竹山隧道涌水处治(开挖后周边注浆)技术分析·····	杜江林 彭 波 何晓琴 吴继林 朱德清 (46)
浅谈隧道仰拱施工技术·····	赵水林 (52)
沙坪隧道出口滑坡处置方法及技术措施·····	周 新 胡 剑 邓川荣 张学明 (55)
隧道不良地质施工探讨·····	杨 杰 高志敏 向恒非 (60)
万源至达州高速公路金竹山隧道信息化施工技术·····	王新胜 彭 波 杜江林 吴继林 李 林 (65)
叙岭关隧道车行横通道衬砌施工·····	高 杰 (70)
叙岭关隧道穿越大型溶槽坍方地段施工技术·····	高 杰 (73)
宜泸高速涪溪口隧道下穿水库施工方案·····	陈先国 曹平辉 韦远飞 张 浩 (77)

■桥梁

浅谈先简支后连续T梁翼缘板下负弯矩施工·····	张 瑞 汪程清 蒲吉祥 (82)
桩基成孔、斜孔事故处理及预防·····	易长清 赵仕国 (85)
浅谈先张法预应力混凝土薄壁管桩(PTC)静压施工·····	张方旭 汪程清 范叔兵 (88)
浅谈山区高墩简支T梁的架设安装·····	巩吴睿 陈显福 曾明生 (93)
南溪长江大桥南锚碇施工测量控制·····	闵 祥 邓远洪 杨 果 李 涛 (99)
南溪长江大桥上横梁施工中斜腿系杆钢支架的应用·····	杨 明 闵 祥 李 涛 (102)
悬索桥隧道锚开挖施工技术研究·····	闵 祥 杨 明 王科甫 (106)
隧道式锚碇洞内散索鞍吊装·····	王忠海 闵 祥 赵 耀 (113)
新版《公路桥涵施工技术规范》的编制与特点·····	曹 瑞 (117)
钢管混凝土组合高墩在大跨径连续刚构桥梁中的应用·····	汪碧云 杨 君 牟廷敏 万中茎 陈友谊 (123)

合江长江二桥桁架式前支点挂篮的设计构思·····	裴宾嘉 刘小波 周密 顾剑波 袁华昭 徐显桃	(132)
合江长江二桥塔梁同步施工可行性分析·····	裴宾嘉 朱永发 刘小波 刘 扬 殷新峰 谢光辉 蒋建军	(141)
泸州茜草长江大桥施工关键技术创新·····	吴洪朗 冯强林 黄修华 刘小波 李尚昆 张 杰	(148)
泸州市茜草长江大桥三角斜拉挂篮吊杆换向铰接施工技术·····	谢 恒 吴洪朗 李尚昆	(157)
新政嘉陵江特大桥主梁轻型简易挂篮设计·····	魏亚洲 唐 勇 黄兴胜	(161)
新政嘉陵江特大桥深水高桩承台钢吊箱施工技术·····	黄兴胜 唐 勇 魏亚洲	(164)
新政嘉陵江特大桥深水基础施工技术创新·····	唐 勇 乔胜俊 黄兴胜 魏亚洲	(167)
新政嘉陵江特大桥主梁0#梁段现浇托架设计·····	魏亚洲 黄兴胜 唐 勇	(171)
刍议高速公路简支桥梁施工中几何问题解决措施之己见·····	乔长喜	(175)
三台涪江大桥开启式简易浮桥设计与施工·····	田 炜 冯 轶 黄满园 何 锐 吴继林	(179)
深水桥墩裂缝水下修复技术·····	牟行勇 王 祥 孙 晶 秦建均	(182)
谈谈山区高速公路桥梁高墩滑模施工技术·····	田贵洪 张剑宁	(188)
桥墩系梁设计对结构地震响应的分析·····	向正松 彭 伟 吴方燕	(193)
宁波市外滩大桥关键施工技术·····	张艳丽 陈良春 廖德川	(200)
现浇箱梁高支架平移施工技术·····	李尚昆 吴洪朗 周 剑 马馨军	(204)
乌江三桥前支点挂篮弧形首的计算·····	裴宾嘉 曹 瑞 詹 伟 陈正旭	(209)
渠江特大桥开启式浮桥的设计方案比选·····	李春桃 钟建平 贺刚强	(215)
T梁预制场优化设计和施工·····	张宗建 何岳松	(220)
赤石大桥挂篮设计及安装技术探讨·····	魏亚洲 倪 红 陈明凯	(223)
大型钢管支架平移施工的安全控制措施·····	彭高川	(229)
50米T梁边梁在张拉时的侧弯控制技术·····	常 蓉	(233)
高墩预应力盖梁施工技术控制·····	卢 君 杨相森 岳翠萍	(236)
深沟峡谷地段桥梁基础及下部构造施工技术与质量控制·····	辜文昱 王 丽	(244)
现浇连续箱梁施工与预应力控制技术·····	龙 锐 辜文昱	(251)
射水河大桥水下桩基二次开球湿接桩技术·····	颜吉祥 汤海滨 何应洪 张 翔	(256)
小孔径钻孔法在桥梁桩基施工中的运用·····	杨 杰 文新华 高志敏 向恒非	(259)
浅谈斜腿钢构天桥施工技术·····	江俊杰 彭 波 何晓晴 罗金权	(263)
旋挖钻、冲击钻在桩基施工中的选用·····	张维福 杨红丽	(270)
浅析预应力箱梁外观质量控制·····	唐昌丽 邹 强 简 旭	(275)
广元到南充高速公路转山河互通大桥现浇连续箱梁WDJ碗扣式满堂支架施工 ·····	黄美林 杨大伟 刘 东 杨忠刚 李 阳 李将来	(278)
30米先简支后连续T梁体系转换施工工艺·····	何 宁 周建超	(283)
初探旋挖钻机在川西平原特殊卵石地层的适宜性·····	张红梅	(289)
翻板管式冲锤冲击钻孔应用实践·····	卓 越 倪 红 张 捷 郭 勇	(292)
浅覆盖层地质条件下大跨径钢栈桥的设计与施工·····	苟 勇 林 伟 姚昌良 杨 鑫 王天宗 雷景敏	(297)
内江市内棹路南段一期道路建设工程跨铁路刚构桥梁拆除与铁路防护·····	王新华 邹品德	(303)
钢管立柱门吊设计与施工·····	左孔海 田 炜 冯 轶 宋辉林	(307)

■道路

CFG桩施工管理和质量控制·····	冯海洋	汪程清	范叔兵	(310)
利用过湿土作为高速公路路基填料的应用及探讨·····	常浩	张小平	谢富琴	(313)
浅谈蒲永高速公路砂桩施工技术·····	宋梦华	蒲吉祥	汪程清	(316)
莆永高速A1合同段标准化建设和施工经验总结·····	蒲吉祥	王华玲	张方旭	(320)
浅谈Superpave与AC型沥青混合料配合比设计方法·····	董武斌	王芳	邓川荣	(328)
浅析正交异性钢桥面铺装技术·····			董武斌	(332)
沥青混合料转运车在摊铺中的应用·····	董武斌	王芳	李青芸	袁先军 (337)
高速公路高填路堤软土地基处理及高填路堤施工技术·····	左其海	彭波	向恒非	罗金权 唐晓燕 (341)
静态爆破在广巴高速公路中的应用·····	高志敏	朱德清	罗金权	左其海 (347)
沥青路面施工技术探析·····		袁先军	李青芸	刘东 (352)
浅谈高填路堤冲击碾压补强压实施工工艺·····	刘惠莉	胡剑	金春霞	蒲俊竹 (355)
强夯技术在高速公路大块石高填方路基施工中的应用·····	金天江	黄岗	梁朝勇	冉志华 谭旭 (358)
PVC复合土工膜在土石坝防渗心墙施工中的应用·····			曹彬	张剑宁 (364)
浅谈集中拌合砼配合比设计要点及优选方案·····	郑健	彭波	罗金权	左其海 (370)
自动喷淋养生系统在预制场中的运用·····	何应军	郑宏	罗守宏	缪成银 (380)
高寒山区长大纵坡路段沥青路面车辙损害原因及处治技术·····	陈波	朱成云	金春霞	舒送林 陈俊 (382)

■水港

浅谈上跨重要交通要道采取的安全防护措施·····				寇光明 (386)
浅谈接线和跨越高速公路施工的交通组织及安全防护措施·····		张小平	汤晓东	(389)
浅析工程造价固定结算方式·····		王丽	辜文昱	(394)
桥梁施工现场安全管理探讨·····		张义	王敏	(398)
浅谈施工企业的成本管理·····	吴秀丰	吴继林	李林	唐晓燕 (401)
空间预应力分析及算例·····	何长春	陈丽丽	高志敏	罗德高 罗金权 (405)
三一HBT80C-2122III型混凝土泵在荆岳长江大桥北岸索塔施工中的使用情况分析·····			汪兴櫟	(412)
国产中型轮式装载机故障分析与检查综述·····			汪兴櫟	(421)
浅议公路桥梁施工技术质量管理标准化·····		陈明凯	李邦伟	(431)
在极端气候条件下桥梁结构混凝土耐久性的探讨·····			王笑天	(436)
浅议编制桥梁施工方案中容易忽视的问题·····		陈明凯	李邦伟	(440)
Excel在工程测量中的运用·····	孙晶	王祥	牟行勇	田亮 (443)
高边坡开挖测量控制方法·····	邱生焰	何纪国	黄海民	赵小波 (453)
浅谈混凝土质量通病的防治·····	张平	刘小蓉	谭元教	卢晓颖 (455)
高塔混凝土结构物尺寸误差产生原因分析·····			黄靓	(458)
铁路客运专线CFG桩施工要点及质量控制·····		杨光	陈明凯	(463)

双碑隧道下穿既有铁路爆破施工技术

范仁玉¹ 陈先国² 康海波¹

(1. 四川路桥隧道分公司；2. 四川路桥股份有限公司)

摘 要：结合工程实例，论文阐释了双碑隧道浅埋地层条件下穿越既有铁路开挖方案设计、爆破振动控制方法以及爆破振动监测等技术措施。

关键词：下穿铁路 爆破振动 监测 爆破控制

一、工程概况

双碑隧道设计为双向六车道隧道，位于重庆沙坪坝区双碑村。隧道全长4373m，测设中线间距为20m。隧道在K6+445（Kz6+445）下穿越既有渝黔铁路客车引入线及重庆枢纽歌乐山联络线，交叉角度90°。隧道拱顶距铁路路基20m。隧道施工与重庆枢纽歌乐山的联络线相互影响，影响范围为K6+485 K6+405，长80m。该段围岩为Ⅳ级，地质构造为剥蚀丘陵地貌，下伏基岩以自流井组地层为主，部分珍珠冲组地层和新田沟组地层，以泥质岩为主，局部夹碳酸盐岩、粉砂岩；岩层节理裂隙不发育，岩层产状90°∠57°。

二、隧道开挖方案

由于覆盖层较薄，震感比较明显，为了确保铁路的运行安全，爆破开挖的过程中，如何控制爆破振动和铁路沉降成为了施工中的重点和难点。隧道爆破开挖采用台阶法开挖，开挖循环进尺为1.2m。在开挖掌子面距铁路50m左右处试爆，根据振动监测和沉降量的量测结果调整爆破参数。爆破质点振动速度严格控制在2cm/s范围之内。

三、爆破设计

1. 爆破参数设计

(1) 爆破参数设计如表1所示。

表1 爆破技术参数表

炮孔直径（mm）	炮孔深度（m）	炸药单耗 q （kg/m ³ ）	单循环爆破炸药耗量 （kg）	单孔装药量 （kg）	堵塞长度（m）
40	1.4	0.8～1.0	70～88	0.4～0.6	0.8

(2) 炮孔布置。爆破的炮孔布置如图1所示。施工作业时,掘进炮孔的位置允许在5~10cm范围内调整,其余的调整间距则不能大于5cm。控制爆破炮眼参数表如表2所示。

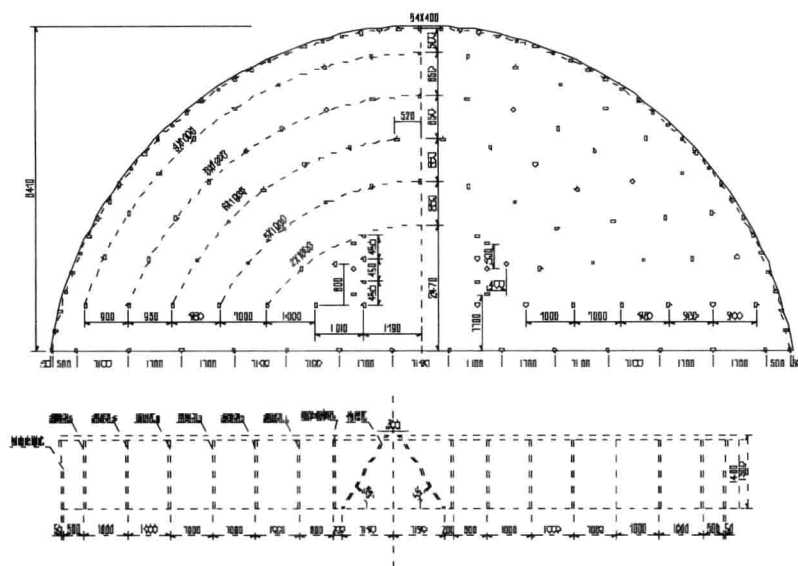


图1 掘进爆破炮孔布置图(单位mm)

表2 控制爆破炮眼参数表

炮眼类别	孔深(m)	排距(m)	孔口距(m)	与掌子面夹角(°)
掏槽孔	2	0.45	2.4	55
辅助掏槽孔	1.4	0.5	2.8	90
掘进孔	1.4	0.85	1.0	90
周边眼	1.4		0.4	2

(3) 装药结构与炮孔堵塞。

2. 装药结构

为降低掘进爆破产生的地震效应,以及削弱爆破对围岩的损害,各炮孔均采用不耦合装药。掏槽孔设计装药量为5卷 $\phi 32\text{mm}$ 、长度为200mm的药卷;辅助掏槽孔设计装药量为4卷 $\phi 32\text{mm}$ 、长度为200mm的药卷;掘进孔设计药量均为3卷 $\phi 32\text{mm}$ 、长度为200mm的药卷;光爆孔装药量为3卷 $\phi 22\sim 24\text{mm}$ 、长度为200mm的药卷。

为改善爆破效果,所有炮孔均采用反向起爆方法引爆孔内炸药,即起爆药卷置于炮孔底部。

如果有使用导爆索的条件,周边孔以采用导爆索起爆为宜,这样能够保证所有周边孔同时起爆,获得更好的爆破效果。其装药结构如图2所示。

如果不采用导爆索起爆光爆孔药卷,则自孔底起采用连续装药结构,1发非电导爆管雷管起爆,孔口段留0.4m的空隙不装药,形成轴向不耦合。



图2 周边光面爆破孔装药结构

3. 炮孔堵塞

炮孔堵塞采用配合比为1:3的黏土与细沙的混合物或黏性较好的黏土堵塞。堵塞所用的炮棍采用木质或竹质材料制作。装药结构及炮孔堵塞示意图如图3所示。

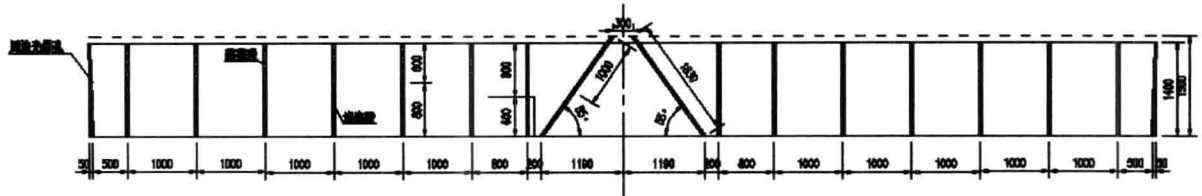


图3 装药结构及炮孔堵塞示意图 (单位mm)

4. 起爆网路设计

掘进爆破的起爆顺序为：由中间掏槽孔至外围掘进孔逐排微差起爆，最后起爆光爆孔，同排炮孔同时起爆。相邻排的微差时间间隔为25~50ms，最后一排爆孔与光面爆破孔的微差时间不小于100ms。

主爆区采用同次起爆、孔内分段延迟的非电导爆管起爆网路。同排炮孔用同段雷管起爆，每孔内装1发毫秒雷管。所有炮孔的导爆管起爆雷管采用簇并联方式连接，网路的传爆雷管采用电雷管或导爆管雷管爆炸激发。

为达到各炮孔的排间微差时间要求，按图示序号①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑨→⑩顺序起爆，所用的雷管段别分别为3、5、6、7、8、9、10、11、12和13或15。最后1段雷管起爆光面爆破孔的主传导爆索。光面爆破孔采用导爆索起爆，即药卷绑扎在导爆索上，各孔的起爆导爆索用导爆管雷管起爆。

掘进爆破起爆网路示意图如图4所示。

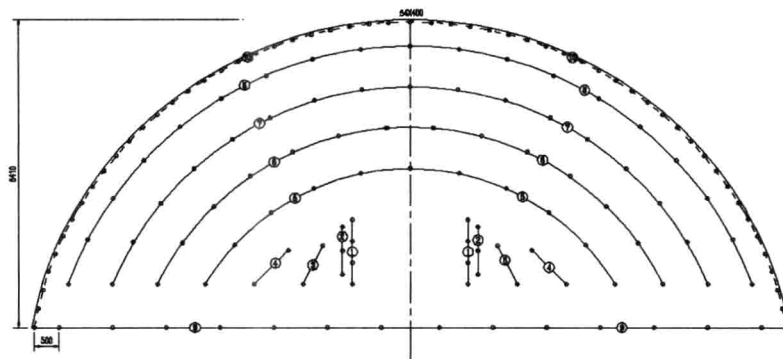


图4 掘进爆破起爆网路示意图

四、爆破振动的控制技术

爆破振动强度的进一步控制通常是采取限制一次爆破规模或降低一次爆破中单段最大爆破药量，前者需要缩短单循环爆破进尺，后者需要增加一次起爆的雷管段别。对于本隧道施工而言，由于工期压力大，缩短单循环爆破进尺势必延长工期，不能实现按时完成工程的目标。因此，只能从增加一次掘进爆破的雷管段别、掏槽孔分段装药及掏槽孔毫秒延迟的起爆形式来降震。

1. 增加掘进爆破的雷管段别

由于6段以上非电导爆管雷管的段间延期时间在50~100ms以上，因而将6段以上双号段别全部用上，即采用1、3、5、6~15段，其中，1段瞬发雷管作为传爆雷管使用，以避免在用1段雷管传爆的同时又用1段雷管起爆掏槽孔而出现炸断或拉断起爆网路的情况出现，确保起爆网路的可靠性，如图5所示。这样单段最大爆破药量将会减小约50%。

2. 掏槽孔分段装药

结合爆破监测数据和振速振动波形图发现,通过增加雷管段别后有效地降低了质点的振动速度。但掏槽孔爆破引起的振动仍然比较大,因此合理地控制掏槽孔的装药量,对爆破振动强度的控制起着关键作用。改变原设计掏槽孔采用连续装药的方式,进行分段装药,如图6所示。即第一段装完药后,用40cm的炮泥进行堵塞,再装第二段药,其中两段的装药量可以根据围岩的情况进行调整。这样很好地控制了掏槽眼一次起爆的最大装药量,有效地减少了爆破振动。

3. 掏槽孔毫秒延迟的起爆形式

由于掏槽孔爆破的自由面条件差、夹制作用大,产生的振动效应最为强烈。因此,在雷管段别足够的条件下,应尽可能将掏槽炮孔分为多个段别延迟起爆,以减少同时起爆的掏槽孔炸药量。掘进爆破的掏槽孔起爆可分为3个段别,如图7所示。掏槽孔爆破的单段最大装药量减小为原来地1/3,并且将掏槽孔的第一响设计在最上方,其爆破形成的槽腔能够在一定程度上阻断其下部掏槽孔爆破产生的地表振动效应。

五、地表沉降及爆破振速监测

1. 地表沉降观测

主要了解地表下沉量随开挖面的下沉数值和下沉量对地表铁路的影响,地表测点布置如图8所示。

从铁路沉降观测的数值来分析,隧道掌子面通过铁路线时的单次最大沉降数值为0.15mm($<0.2\text{mm/d}$),掌子面通过铁路线40m后,其累计沉降为2.6mm。

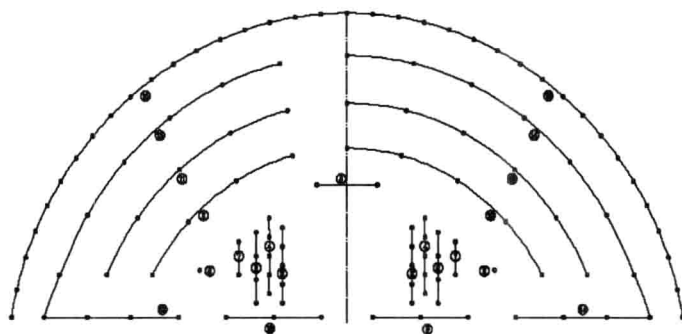


图5 增加雷管段别后的起爆网路形式

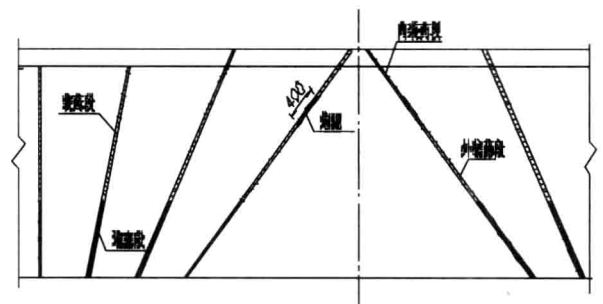


图6 分段掏槽装药方式图

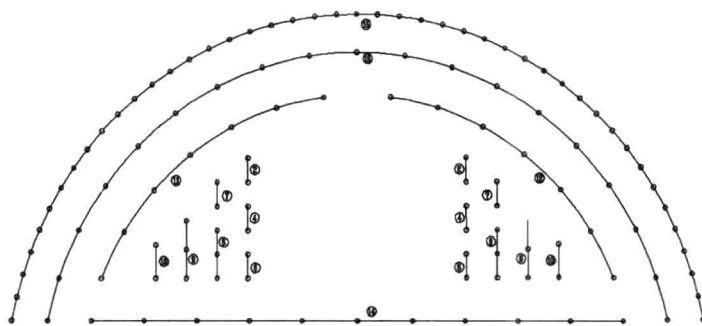


图7 掏槽孔毫秒延迟的起爆形式

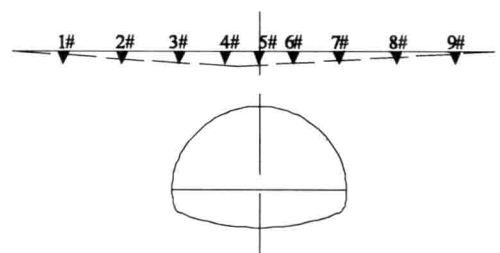


图8 铁路地表监测点布置

2. 爆破振动监测（结果如表3所示）

表3 爆破监测结果

测点编号	最大振动速度（cm/s）	频率（Hz）	安全允许爆破振动速度（cm/s）
测点 1	1.418	50.6	2.0
测点 2	0.894	50.6	2.0
测点 3	1.436	61.0	2.0
测点 4	1.631	59.8	2.0
测点 5	1.479	57.9	2.0

从上面的分析可知，实测的各项数据均在设计和爆破控制范围以内，由此可知隧道开挖方案和爆破设计是可行的。

六、结束语

在整个下穿铁路过程中，出现了2次大于2cm/s的安全允许爆破振动速度，但超值量小，次数少。经对监测数据的分析和现场观察，双碑隧道爆破施工过程中，未对既有铁路产生任何影响。增加一次掘进爆破的雷管段别、掏槽孔分段装药及掏槽孔毫秒延迟的起爆形式等方法有效地控制了爆破振动，对以后类似工程提供了宝贵的经验。

重庆双碑隧道出口端洞口段施工方案及措施

康海波¹ 陈先国² 范仁玉¹

(1. 四川路桥隧道分公司; 2. 四川路桥建设股份有限公司)

摘要: 重庆双碑隧道出口端洞口右侧有重庆三十二中学, 左侧有耐火材料厂, 距离洞口位置较近, 洞口顶部有高压电杆、高压铁塔、铁路、居民区, 属浅埋, 隧道所在区域属重庆市城区, 如何减小爆破对学校、洞顶高压电杆、铁塔、铁路、居民区的影响成为洞口段施工的关键。针对以上实际情况, 提出了具体的爆破防护措施, 根据不同的围岩及施工循环进尺制订了爆破专项方案, 加强爆破震动监测。从监测的结果来看, 学校及居民区楼房、铁路线、高压电杆等建筑结构是安全的, 这些措施取得了预期的效果。

关键词: 爆破震动 下沉 监控量测 震动监测 减振

一、隧道出口端概况

双碑隧道位于重庆市沙坪坝区双碑, 双碑隧道工程全长4373m, 隧道路线中线间距为20m, 双向6车道。双碑隧道出口位于沙坪坝区双碑重三十二中北侧, 左洞出洞口的里程桩号为K6+637, 右洞出洞口为YK6+675, 前进方向96°, 呈直线形, 隧道轴线与岩层走向近于直交, 洞顶埋深-1.2~21m。

该段隧道属构造剥蚀丘陵地貌, 地势西高东低, 斜坡坡向与岩层倾向一致, 为顺向斜坡地形, 地形坡角20°~25°, 基岩广泛裸露, 残积层土一般土体的厚度为2~4m; 岩层节理裂隙不发育, 层理发育, 层间结合力较差, 基岩强风化层厚约3m, 地下水贫乏; 未发现滑坡, 斜坡现状稳定。

左洞里程K6+667~673, 右洞YK6+651~675段为隧道明挖段, 明洞两侧洞壁高2.0~10m, 洞壁上部为2~3m的残坡积土, 下部为新田沟组杂色泥岩。施工开挖形成人工边坡后, 土层稳定性差, 隧道轴线与地形等高线垂直相交, 出洞口段不存在偏压现象。

二、针对学校采取的施工措施

1. 学校与隧道洞口的位置关系

重庆市三十二中位于隧道的右侧, 与隧道间隔大约25m, 洞口位置高于三十二中楼房20m (如图1所示), 如果洞口放炮, 飞石可能飞到楼房上去, 打破三十二中职工楼房的窗户玻璃, 甚至对人员造成伤害。爆破震动也将对楼房产生较大的影响, 对教学、对学生及教师心理产生一定的影响。

2. 采取的施工措施

右洞距离三十二中较近, 爆破产生的飞石、震动等对三十二中有一定的影响, 施工中必须加以控制。施工中采取以下措施:

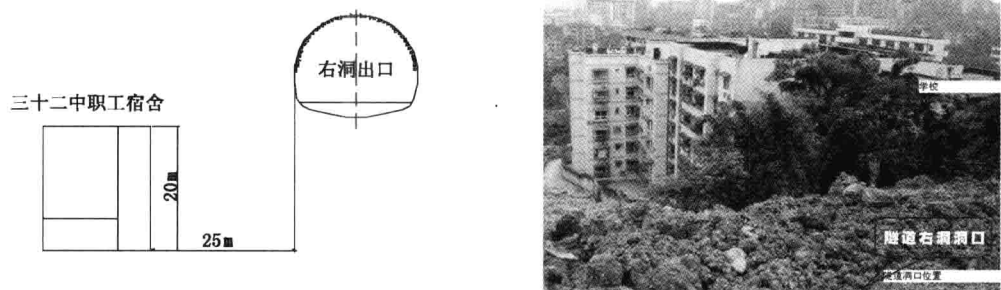


图1 学校与隧道洞口的位臵关系（左图为立面图）

（1）左右洞洞口前20m全部采用机械配合人工开挖，即采用风镐挖掘、挖机开挖，对大的孤石采用少量装药拆成较小块度后运走。

（2）对洞口段孤石采用控制爆破技术，多打眼，少装药，并采取一定的防护，装好药、连好线后，在孤石上覆盖一层竹牙板并将竹牙板捆绑在孤石上，竹牙板用小钢丝绳连起来，形成一个整体。小钢丝绳或用锚杆固定，目的是不让爆破的飞石飞起来，如图2所示。

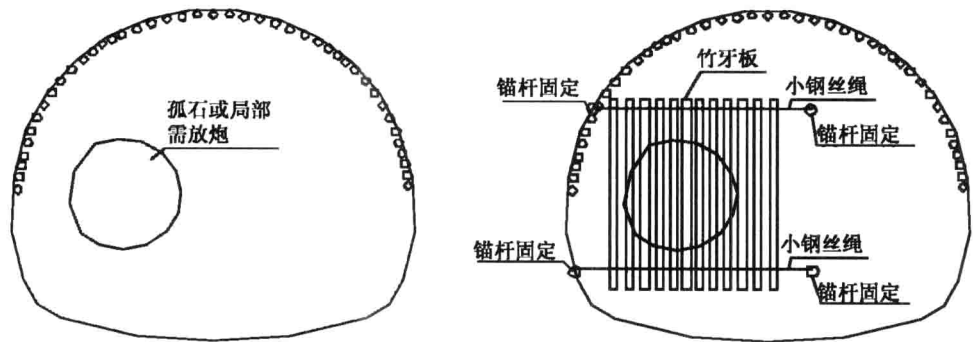


图2 洞内控量爆破示意图

（3）修建防震墙。在右洞右侧修建防震墙，防止放炮冲击波冲击三十二中教师宿舍。防震墙下部采用条石砌筑，高2~3m，上部采用砖砌筑，高12m，如图3所示。

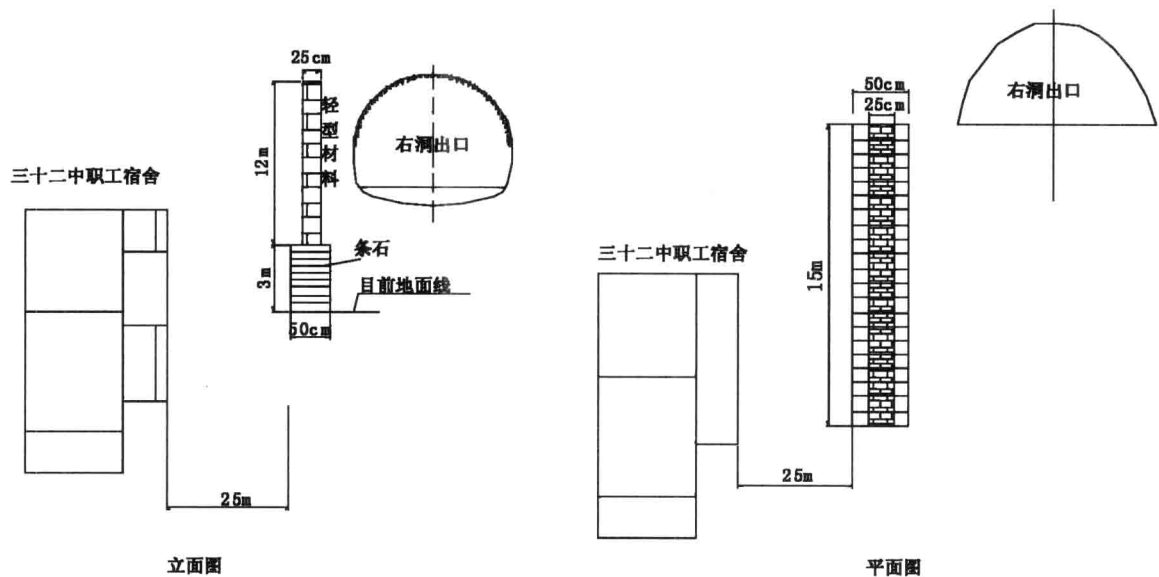


图3 防震墙设置位臵

(4) 核实地形地物, 收集相关资料。施工前与监理、指挥部、学校、当地政府、电力部门或其他有公信力的外围单位一起收集相关资料, 核实地形地物及隧道的关系, 并与相关部门取得联系, 征求他们的意见。并对右侧三十二中职工宿舍进行调查, 看是否有开裂、倾斜等异常情况, 并拍照、录像取证, 设置观测标识、标记, 做好施工前既有工程的记录。

(5) 加强震动监测。每次放炮前, 用仪器监测爆破的震动, 爆破质点震动速度按 2cm/s 控制, 如果震动大了, 就调整施工方案。三十二中职工宿舍及洞口前方的楼房都进行震动监控(此项工作邀请重庆交通大学进行)。

(6) 洞口段施工噪声控制。施工中尽量减小噪声, 减少对三十二中及附近居民的影响, 放炮作业尽量安排在白天进行, 按“建筑施工场界噪声限值”标准执行。

施工作业进程中, 用手持式噪声测量仪在场地周边、居民楼周边测量施工噪声, 并做好记录, 如超过噪声限制值, 则要加以控制。

(7) 洞口段施工放炮作业的防护措施。为了抢进度, 洞口段除前 20m (包括明洞)采用挖机配合人工开挖外, 仍要进行放炮作业, 对学校仍有较大的影响, 必须采取必要的防护措施。

① 每次放炮前做好防护措施: 出口采用帆布加工成帘子挂在洞口, 主要目的是减小炮声, 由于右洞靠近三十二中宿舍, 用工字钢焊接成一个框架, 把竹牙板夹在框架中间, 连接成整体起到防护飞石的作用(具体如图4所示)。

② 减小炮震的方法: 每次装炮要用炮泥堵孔, 周边孔采用小直径药卷, 多打孔、少装药、减小循环进尺(每循环进尺仅 1.2m)、控制每次起爆的总药量、每时段的装药量。

③ 根据不同的围岩级别采用 1.2m 、 $2\sim 2.2\text{m}$ 、 3m 的循环进尺开挖, 为降低爆破震动, 采取掏槽分段装药且用炮泥隔开的方式、分层掏槽、掏槽孔, 辅助掏槽孔采用分段延时起爆降低每段雷管的起爆总药量的方法来降低爆破震动(具体方案另撰文详细阐述)。



图4 洞口放炮防冲击及飞石防护

三、下穿高压电杆、铁路线及居民区的施工措施

1. 高压电杆、铁路、居民区与隧道的位置关系

高压电杆距洞口水平距离约 17m , 与隧道拱顶高程相差约 12m , 高压铁塔离洞口水平距离 49m , 高程相差约 50m ; 隧道左线下穿桩号 $K6+445$, 下穿渝黔铁路客车引入线及重庆枢纽歌乐山联络线, 该段铁路路基高程 265.5m , 双碑隧道与铁路线高程相差近 30m , 下伏为中等风化杂色泥岩, 隧道洞顶以上中等风化岩石厚度 20.00m 左右, 隧道的建设与“重庆枢纽歌乐山联络线”相互影响。在隧道出口附近, 周围的居民较多, 施工放炮震动、地表下沉易引起周围建筑物开裂破坏, 因此隧道下穿这些地段时要控制地表沉降, 如图5所示。

2. 施工措施

(1) 隧道施工前应收集相关资料, 核实地形、地物及与隧道的相互关系, 并与相关部门取得联系, 征求意见和建议。

(2) 收集铁路、铁塔、地面建筑(包括周围的民房)的相关资

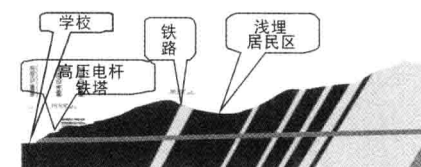
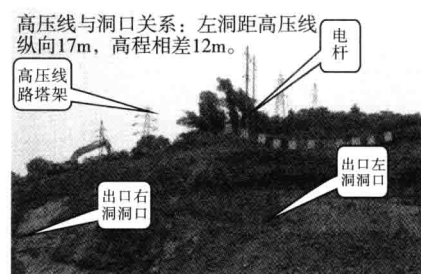


图5 高压电杆、铁路线及居民区与隧道的关系

料对既有工程进行调查,并详细记录,包括摄像和拍照,设置观测标识、标记等,做好施工前既有工程的记录。认真核查设计文件,若与设计文件不符,应及时提出,以便处理。

(3) 采用人工开挖或弱爆破形式掘进,同时加强超前支护及初期支护,短进尺、弱爆破、初砌紧跟、加强洞内、处监测、严格控制洞内拱顶下沉和洞外地表沉降。开挖时采用108mm大管棚加42mm小导管配合使用,对限制隧道拱顶下沉和地表下沉有很好的效果。

(4) 对地表建筑物进行监测,包括沉降和偏斜监测,掌握地表建筑对隧道开挖掘进通过建筑物下方的反应,建立地表下沉、偏斜随隧道开挖通过建筑物的反应曲线,对最大沉降、偏斜量进行预测,如果最大沉降及最大偏斜量较大,建筑物开裂下沉,则要停止作业,采取措施。

(5) 以爆破方式下穿地表建筑物和铁路线时,进行专门的爆破设计,采用侧壁导坑法开挖,在原围岩开挖方法的基础上,减小一次开挖的面积,减小一次起爆的药量,严格控制震动速度,周边孔采用小直径药卷。

(6) 对高压电杆基础进行加固。高压电杆地面采用小导管注浆加固,小导管参数为 $1\text{m} \times 1\text{m}$,长度5m,注纯水泥浆,注浆压力 $0.5 \sim 1\text{MPa}$ 。立面首先采用小导管注浆加固,后挂 $\phi 6.5$ 钢筋网,并喷C25砼,喷砼厚度25cm,最后用浆砌片石将高压电杆保护起来,防止下雨冲刷电杆周围土体引发失稳(如图6所示)。



图6 高压电杆加固

(7) 加强爆破震动监测及沉降观测。每次放炮时,在件路线及居民区设置爆破震动监测点,爆破质点震动速度按 2cm/s 控制,严格按照《爆破安全规程》的相关要求施工,发现异常,应立即停止掘进,采取加固措施,并及时向相关部门汇报,保障既有建筑物的施工安全。在铁路线上设置沉降观测点,密切注意铁路的沉降(如图7所示),如有异常立即停止掘进,找出原因,采取相应的措施。

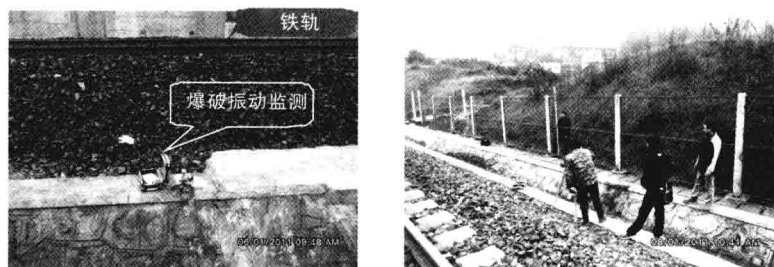


图7 爆破震动监测及沉降观测

四、结束语

为了保护隧道附近的建筑物,必须采取防护措施防止飞石及爆破震动。针对隧道出口端洞口右侧有重庆三十二中学,左侧有耐火材料厂,洞口顶部有高压电杆、高压铁塔、铁路、居民区等实际情况,预先对建筑物锚喷、注浆加固,竹牙板防飞石、重型帆布防爆破冲击,加强爆破震动监测,不断地调整装药量。从监测的结果来看,学校及居民区楼房、铁路线、高压电杆等建筑结构是安全的,这些措施取得了预期的效果。这些措施可以为其他类似工程提供参考。

重庆双碑隧道出口端下穿建筑物爆破方案

陈先国¹ 康海波² 范仁玉²

(1. 四川公路路桥股份有限公司; 2. 四川路桥隧道分公司)

摘 要: 重庆双碑隧道出口端洞口顶部有高压电杆、高压铁塔、铁路、居民区, 属浅埋, 隧道所在区域属重庆市城区, 如何减小爆破对洞顶高压电杆、铁塔、铁路、居民区的影响成为洞口段施工的关键。最先采用中隔墙法开挖, 后又根据隧道工期紧的实际情况, 针对不同的围岩级别、下穿不同的建筑物, 在采用台阶法开挖时设计了循环进尺分别为1.2m、2~2.2m、3m三种爆破方案, 掏槽采取分段装药、分层掏槽、分段延时起爆, 以减小掏槽每段雷管的起爆总药量和控制爆破震动以及加强爆破震动监测, 根据监测结果现场不断地加以调整装药量。从监控的结果来看, 在采用上下台阶法开挖时, 居民区楼房、铁路线、高压电杆等建筑结构是安全的。

关键词: 爆破震动 下沉 下穿建筑物 掏槽

一、隧道出口端概况

1. 隧道出口端的地质情况

双碑隧道位于重庆市沙坪坝区双碑, 双碑隧道工程全长4373m, 隧道路线中线间距为20m, 双向6车道。左洞出洞口里程桩号为K6+637, 右洞出洞口为YK6+675, 岩层陡倾, 倾角一般为70°~80°, 隧道轴线与岩层走向近于直交, 洞顶埋深-1.2~21m。

该段隧道属构造剥蚀丘陵地貌, 地势西高东低, 斜坡坡向与岩层倾向一致, 为顺向斜坡地形, 地形坡角20°~25°, 基岩广泛裸露, 残积层土一般土体厚度为2~4m; 岩层节理裂隙不发育, 层理发育, 层间结合力较差, 基岩强风化层厚约3m, 地下水贫乏; 未发现滑坡, 斜坡现状稳定。

2. 高压电杆、铁路、居民区与隧道的关系

高压电杆距洞口水平距离约17m, 与隧道拱顶高程相差约12m (如图1所示), 高压铁塔离洞口水平距离49m, 高程相差约50m, 电力设施在施工过程中要严格保护, 如有损坏会带来严重影响; 隧道左线下穿桩号K6+445, 下穿渝黔铁路客车引入线及重庆枢纽歌乐山联络线, 该段铁路路基高程265.5m, 双碑隧道与在建铁路线高程相差近30m, 下伏为中等风化杂色泥岩, 隧道洞顶以上中等风化岩石厚度约20m。在隧道出口附近, 隧道洞顶周围的居民较多, 隧道施工从居民区下方通过, 居民区大多为2~4层小楼房, 为居民自

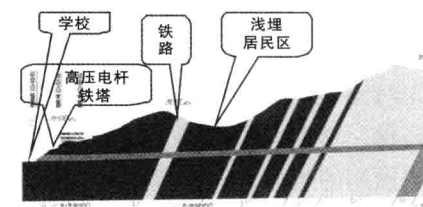
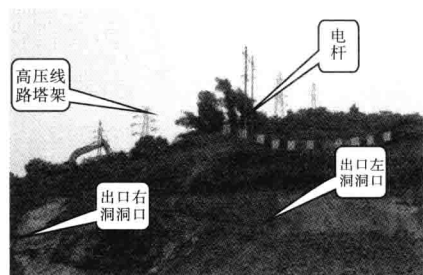


图1 高压电杆、铁路线及居民区与隧道的关系