

大断面公路隧道岩溶探测及施工处治技术探讨

贾金晓¹, 王东², 曾知法¹, 秦峰¹

(1. 招商局重庆公路工程检测中心有限公司, 重庆 400000;
2. 四川公路桥梁建设集团有限责任公司公路三分公司, 四川 成都 610000)

摘要: 广西某三车道高速公路隧道在施工过程中遭遇了丰富的岩溶地质灾害, 利用地质雷达进行连续剖面探测对岩溶构造的前端进行精准定位, 并确定超前钻探布孔方案; 采用地质雷达及超前钻探的组合方式, 同时利用无人机探测技术对地质雷达预报异常区附近地表区域地质情况进行详细探测, 能够准确的探明岩溶构造的位置、规模、填充物特征等, 为隧道顺利施工跨越岩溶区提供指导, 并能达到防灾、减灾的作用。

关键词: 大断面公路隧道; 岩溶; 地质雷达; 超前钻探; 无人机探测

中图分类号: U45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 04—0121—04

广西地区喀斯特地貌异常发育, 为该区域工程施工造成极大困扰。如何精准的对岩溶构造进行探测对隧道施工安全及施工进度至关重要。目前, 超前地质预报的主要方法有地质调查法、地震波法、瞬变电磁、地质雷达法及超前钻探。隧道地质超前预报所采用的方法中, 地质雷达基于其高效、简便、精确度高、采集环境要求低等优点具有显著优势, 适合推广^[1]。刘坤、巨能攀等

对地质雷达频谱图件特征分析, 总结出从主频值、频谱图峰值特征和频谱图高频吸收情况 3 个方面的分析结果, 为推测不良地质体提供依据^[2]。文献^[3-5]已对某些区域典型的不良地质体的主频范围和频谱图曲线特征做了相关的研究, 如地质雷达 100MHz 的天线对介质水的主频值为 14MHz, 对湿润土壤的主频值为 17MHz。如何准确的探明岩溶构造的位置、规模、填充物特征等,

4 结论与建议

本文全面掌握研究区水文地质单元划分、场区地下水的补径排关系, 在概念模型的基础上建立数值模型, 并加以识别验证。分别模拟计算出枯水期低水位、丰水期高水位以及百年一遇洪水水位下研究区的渗流场特征, 得出以下结论:

(1) 枯水期时等值线间隔较为均匀。地下水位西高东低, 流场流向自西向东与雅江相符, 符合雅江对研究区影响占主导因素特点。

(2) 丰水期时等值线间隔局部不均匀。在东北角所截雅江水系河道处, 经与原地面实际高程计算, 该区域为水塘, 深度约在 2 ~ 3m, 符合真实情况。

(3) 丰水期工况与枯水期工况做比较时, 现有跑道区域地下水分析时变化幅度为 2.7 ~ 2.89m, 拟建跑道区域地下水分析时变化幅度为 2.69 ~ 2.77m。

(4) 百年一遇洪水工况与枯水期工况做比较时, 现有跑道区域地下水变化幅度为 3.86 ~ 4.05m, 拟建跑道区域的变化幅度为 3.83 ~ 3.97m。

(5) 场区中下游地下水枯水期补给雅江, 丰水期则由雅江反向补给, 且地下水位变化幅度较大, 建议在已建防洪堤一定范围内填筑渗透性较好的粗粒料, 外侧开挖取土, 防止渗透变形发生; 避开洪峰季节施工。

参考文献:

- [1] 杨裕云, 杨红刚, 吴有才. 与地下水作用有关的地质灾害[J]. 水文地质工程地质, 2003(S1):1-7.
- [2] 王军辉, 韩煜, 周宏磊. 城市地铁运营期间对地下水环境影响分析[J]. 工程地质学报, 2013, 21(03):408-415.
- [3] 张灿虹, 钱亚俊, 钟启明, 王保田. 竖向及水平向渗流作用下粉砂渗透特性研究[J]. 岩土工程学报, 2020, 42(S2):163-167.
- [4] 李攀峰, 刘宏, 张倬元. 某机场高填方地基的地下水问题探讨[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005(02):136-139.
- [5] 刘宏, 张倬元, 刘亚波. 九寨—黄龙机场地基软弱土工程地质特性研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003(02):41-45+51.
- [6] 张俊, 刘天罡, 董佳秋, 王晓勇, 查元源, 唐小平, 尹立河, Andrew J.Love. 含水层层状非均质对地下水流系统的影响[J]. 中国地质, 2020, 47(06):1715-1725.
- [7] 张祥伟, 竹内邦良. 大区域地下水模拟的理论和方法[J]. 水利学报, 2004(06):7-13.
- [8] 周奇, 岑国平, 冀鹏, 任韦波, 姜向民, 骆骏, 张磊. 采用 Visual Modflow 研究机场场区地下水渗流场[J]. 中国给水排水, 2011, 27(11):51-54.

为隧道施工防灾、减灾及顺利施工跨越岩溶区提供指导。

1 工程概况

广西某隧道全长 418m，最大埋深约为 197.1m，为三车道，最大开挖跨度达 17.65m。隧道区属构造峰丛洼地地貌，地形起伏极大，地面高程在 798.0 ~ 1030.0m 之间，相对高差达 232.00m，落差较大。隧道进出口路段坡度为 25~45°，最陡达 70°。隧道沿线基岩裸露，地层为石炭系上统马平组 (C3mp)、石炭系中统黄龙组 (C2hn) 灰岩。

2 案例分析

该隧道在掘进至 ZK15+966 桩号时揭露了岩溶构造，岩溶构造内部为块石、黄泥填充，填充物极破碎、弱含水，无自稳能力，开挖揭露情况如图 1。



2.1 超前地质预报情况

施工过程中主要采用了地质雷达及超前钻探的组合预报方案。

2.1.1 地质雷达探测

(1) 掌子面情况。探测时掌子面桩号为 ZK15+974，采用两台阶开挖施工，围岩为灰黑色中风

化灰岩，锤击声较清脆，岩质较坚硬；厚层状结构，岩体较完整；地下水不发育；围岩自稳能力较好，见图 2。



图 2 ZK15+974 掌子面围岩情况照

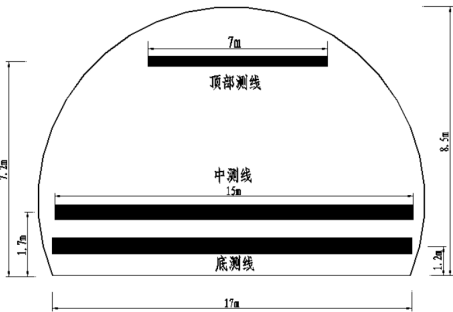


图 3 地质雷达预报测线布置示意图

(2) 测线布置。对于两台阶法开挖，根据现场条件，主要在上台阶掌子面上布置上下两条测线，即顶部测线和中测线（如图 3），利用开挖台架中部的左右侧做适当长度的控制探测，点测方式进行，平均点距约为 0.15m。

(3) 探测数据分析。雷达电磁波反射回波波形的分析：掌子面下部测线在掌子面前方 7.8m 位置出现较强烈的反射。反射波特征为：前端同相轴较连续、相位先负后正、振幅较强、能量衰减较弱；频谱特性呈现出多峰特征，主频在 65~120mhz 范围内，见图 4~5。推测异常区内填充物为块石夹泥，弱含水、极破碎；开挖后，掌子面下部右侧先揭露异常区。

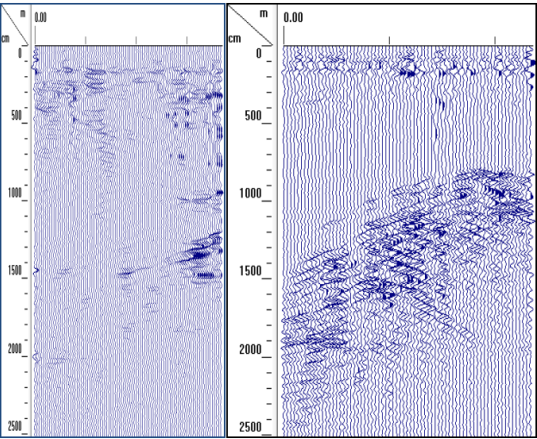


图 4 顶部测线和中测线雷达反射波形图

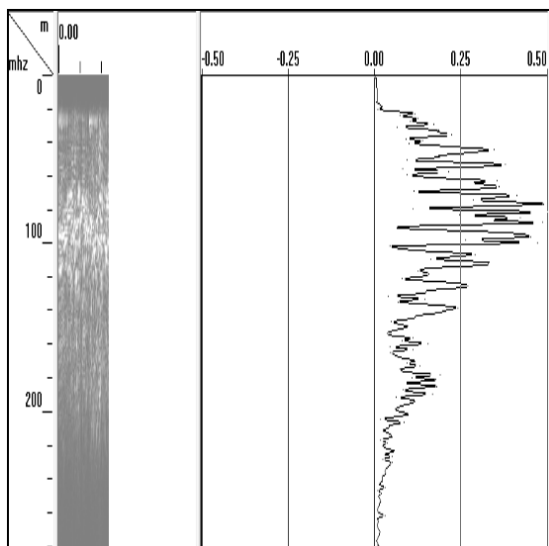


图5 中测线雷达频谱特征图

2.1.2 超前钻探测

根据地质雷达探测情况，提前进行超前钻孔布置，在掌子面下部左、右侧及上部偏右侧布置钻孔，进一步查明岩溶构造的规模、形态、充填特征。据钻孔探查：岩溶区纵向延伸约 13.5~22m，填充物为黄泥、碎石、略潮湿。

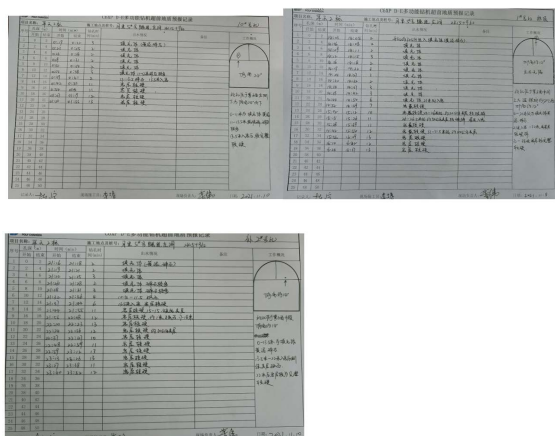


图6 超前钻探现场记录表

2.1.3 无人机探测

结合地勘资料及施工部位埋深等数据，利用无人机进行地表探测，探测结果查明：该施工部位为天坑型漏斗。



图7 无人机探测画面

2.2 处治方案

根据岩溶综合探测结果，确定该岩溶区施工穿越方案，具体如下：

第一，加强溶洞段的超前支护措施。该段超前支护措施采用 $\phi 108 \times 6$ 或 $8\text{mm} \times 24\text{m}$ （长度暂定）超前管棚 + $\phi 50 \times 5\text{mm} \times 4.5\text{m}$ 超前注浆小导管形成完整的超前支护体系。严格注浆措施以有效加固溶洞内的松散体，注浆前应先行注浆现场试验，确定水泥浆水灰比。

第二，加强衬砌支护参数。将岩溶段衬砌类型调整为 S5-R，并采用单侧壁导坑法掘进。

第三，加强锁脚支护措施。

第四，溶洞段下台阶开挖时，严格控制开挖进尺（每循环进尺不得超过 1m）。同时，应补充钻孔以准确探明仰拱底下溶洞填充物分布范围，根据实际情况制定相应仰拱基底处治方案。

第五，处治过程中，对初期支护变形情况进行持续监测，做好危险预警工作并提前做好应急预案措施，若有异常情况，应及时撤离人员机械并上报相关责任方；必要时根据监测结果进一步加强支护参数。

第六，加强防排水措施，加密设置环向盲管及横向导水管，并考虑适当增大横向导水管的直径；为给隧道运营期增加排水富余度，在岩溶段至洞口增设小型中央排水沟。

2.3 监测变形情况

岩溶填充物极为破碎、松软，处治过程中初期支护变形较大，累计变形达到 160mm，遂趋于稳定并顺利穿越岩溶区，处治效果较好，监测情况如下图。

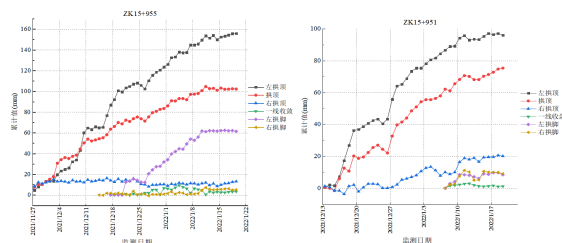


图8 溶洞段监测断面变形曲线

3 结论

地质雷达电磁波在遇到岩溶构造时反射现象明显；通过对雷达回波的振幅、相位、衰减特征、频谱特征等数据分析，可以初步判断岩溶构造位置、填充物特征信息；

道路设施移交接管现状及对策研究

饶倩¹, 宗军良¹, 杨瑞华²

(1. 上海黄浦江越江设施投资建设发展有限公司, 上海 200092; 2. 上海城建职业学院, 上海 200438)

摘要: 规划验收、档案验收、环保验收、前期证照完备性成为道路工程建设项目完成竣工备案销项的主要制约因素。通过分析目前道路移交接管中存在的难点问题, 提出推进道路设施移交接管的对策建议, 并设计了道路设施移交接管的流程。

关键词: 道路; 工程移交; 接管

中图分类号: TU990.05 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 04—0124—04

随着我国城市化进程的快速推进, 新建、改建的道路设施大量增加, 道路设施的管理要求也不断提高。目前, 道路设施实行建管分离, 由于建设养护主体分离, 验收与移交滞后, 使得建设与养护管理容易产生脱节, 容易形成管理盲区。铁新纳^[1]等对郑州城市隧道移交接管工作的深入研究和实践, 提出可城市隧道的移交接管变得制度化、程序化方法; 程有水^[2]等以上海市中环线(浦东段)公共配套绿地养护接管为例, 提出道路绿地的养护接管办法; 汤庭柱^[3]结合重庆在市政工程接管过程中发现的问题, 提出意见和建议; 张宏^[4]结合苏南某开发区市政工程移交实例, 从强化联动机制、明确工程移交时限、细化移交内容等环节; 梁善峰^[5]等分析了由于征地拆迁、建设质量、后期损坏等各种原因所导致

的移交问题。总体上, 目前对于道路设施移交进行的研究仍然比较少, 针对目前道路设施移交接管工作所存在的突出矛盾, 规范道路设施建成后的移交接管流程, 确保工程建设与管理的无缝衔接, 开展道路设施移交接管研究工作具有重要意义。

1 道路设施移交接管现状

到目前为止, 我国交通部、住建部层面还没有移交接管的相关“规范”。上海、北京、天津、福建省在设施移交接管方面出台了一些管理性文件, 但在具体的实施过程中, 移交接管主要是上级指令, 依靠上级指令解决的只是移交给谁这个环节, 设施上的一些问题在事前事后都会存在。

利用地质雷达预报系统可以对岩溶构造的前端进行精准定位, 并为超前钻孔布孔方案提供依据; 采用地质雷达及超前钻探的组合方式, 能够准确的探明岩溶构造的位置、规模、填充物特征等, 为处治方案设计提供合理依据;

岩溶隧道采用地质雷达及超前钻探的组合预报方式, 能够提前发现异常, 及时采取处治措施, 起到防灾减灾的作用。

通过对隧道岩溶探测及施工处治, 可以为大跨度公路隧道岩溶探测、设计施工提供较好的工程指导意义。

参考文献:

- [1] 刘东坤, 巨能攀, 霍宇翔. 地质雷达在不同介质填充下的频谱差异分析 [J]. 现代隧道技术, 2013, 50(005):23-28.
- [2] 刘伟, 周斌, 甘伏平, 等. 隧道超前预报中不同性质充填溶洞地质雷达正演实验研究 [J]. 现代隧道技术, 2014, 51(1):153-158.
- [3] 杨峰, 彭苏萍. 地质雷达探测原理与方法研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [4] 齐甦. 隧道地质超前预报技术与应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [5] 杨耀, 羊春华, 曾国. 探地雷达在隧道岩溶普查中的应用 [J]. 物探与化探, 2010, 34 (3): 410-414.