

浅埋隧道塌方冒顶后 TSP 及监控量测回顾性分析研究

周露^{1,2}

(1.长沙理工大学, 湖南 长沙 410114; 2.湖南华显规划设计研究院有限公司, 湖南 长沙 410076)

摘要: 浅埋隧道塌方冒顶时有发生,特别是在雨季。为提高预测预报灾害的准确度,保障施工安全,文中对浅埋隧道发生塌方冒顶前的地质超前预报(TSP)及监控量测进行回顾性分析研究,将 TSP 在隧道一定区域内从定性、半定量分析解释优化至定量分析,极大提高预测预报的准确度,同时掌握隧道所处一定区域内沉降、形变在雨季时的变化速率等特征,特别是塌方冒顶前的极限累计变化量和日变化速率,为隧道施工安全提供技术支持。

关键词: 隧道;浅埋隧道;塌方;冒顶;地质超前预报(TSP);监控量测

中图分类号: U458.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)02-0147-03

目前,中国已有约 1 万座公路、铁路隧道,总长度 5 000 km 左右,隧道数量及总长度均居世界第一。在建隧道也很多,其中浅埋隧道塌方冒顶时有发生,特别是在雨季,有了水源、水量,常导致岩体滑层、垮塌。地质超前预报(TSP)及监控量测是隧道安全施工的重要手段。20 世纪 50 年代,日本 OYO 在隧道两侧平行于隧道底板布置发射源和接收器,研发了 HSP 水平声波剖面法。中国曾昭璜利用隧道垂直剖面获得负视速度同相轴来识别掘进头前方的反射波标准,并据此推测反射界面,该方法即为隧道垂直地震剖面法(TVSP)。发展至今的 TSP 技术已成为一种多波多分量高分辨率的地震反射方法。隧道监控量测作为新奥法的三大核心之一,主要是对实测数据进行现场分析、处理,为确定实际围岩级别及变形特性提供准确依据,并决定二次衬砌的施作时间等。

1 TSP 和监控量测简介

如图 1 所示,TSP 是在隧道围岩中用炸药激发 24 个震源点,弹性波传播中遇到构造破碎带、岩溶发育带等分界面时,部分地震信号会反射回来,利用加速度传感器接收反射波,使用专业软件处理分析掌子面前方地质体信息,达到地质超前预测预报的目的。

隧道监控量测主要是对隧道净空收敛、拱顶下沉、锚杆抗拔力、地表下沉、围岩位移、砼应变等信息进行监控,为隧道施工中围岩稳定性和支护、衬砌施作提供可靠信息,并为施工中调整围岩级别、修改支护系统设计和变更施工方法提供依据。

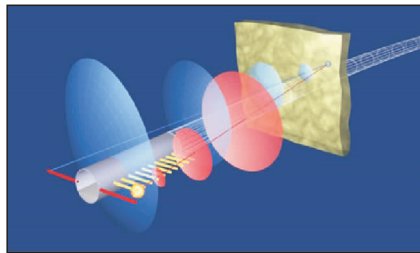


图 1 TSP 原理示意图

采用 TSP303plus 超前地质预报系统,其观测系统主要包括炮孔布置、传感器钻孔布置、测试前准备等,其中测线布置见图 2。

监控量测使用的设备有地质罗盘仪、光学水准仪、钢钢水准尺、收敛仪、计算机软件等。监测项目主要有地表沉降(22 个测点位)、洞内拱顶沉降(46 个测点位)、洞内净空收敛(46 个测点位)。

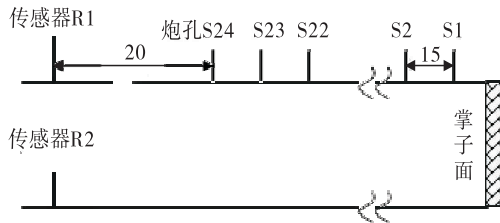


图 2 TSP 观测系统布置示意图(俯视图,单位:m)

2 TSP 数据处理与分析

TSP 数据基本处理流程为偏移距计算→数据准备→数据旋转→数据设置→时变高截→带通滤波→初至拾取→拾取管理→拾取处理→炮能量均衡→Q 估计→反射波提取→P、S 波分离→速度分析→深度偏移→提取反射层。首先输入炮点、接收点和隧

道相关信息,将质量合格的地震道用于数据处理与解释。若纵波速度减小,表明节理裂隙发育;若为正反射振幅,表明岩层坚硬;若为负反射振幅,表明软弱岩层;反射振幅越强,反射系数、波阻抗差异越大;若纵波反射比横波反射弱,表明岩层含水;若纵横波速度比或泊松比突然增大,可能是由流体引起。

如图3、图4所示,该段围岩主要为页岩,受地

层岩性、构造影响,围岩呈较破碎~破碎状,局部含水,局部可能存在夹泥或软弱夹层。预测预报的掌子面前方150 m内,在后期进入雨季时垮塌冒顶段的纵波波速为4 897~5 038 m/s、横波波速为2 888~2 992 m/s,相对于其他正常段,波速偏低,但差异不明显,推断为雨季时节有了水源、水量,致使岩体滑层、垮塌。

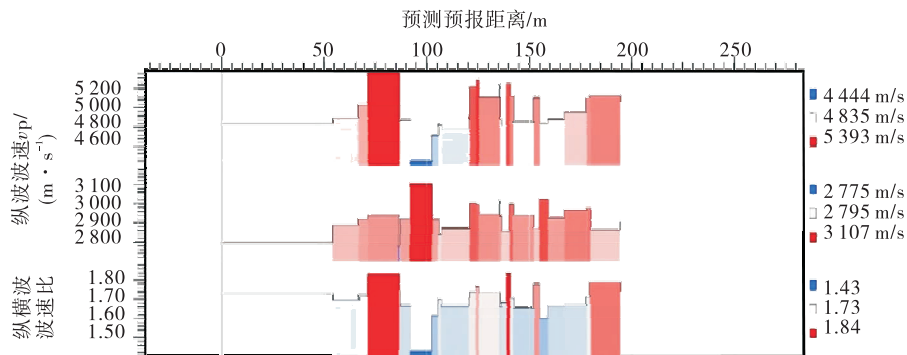


图3 岩石属性图

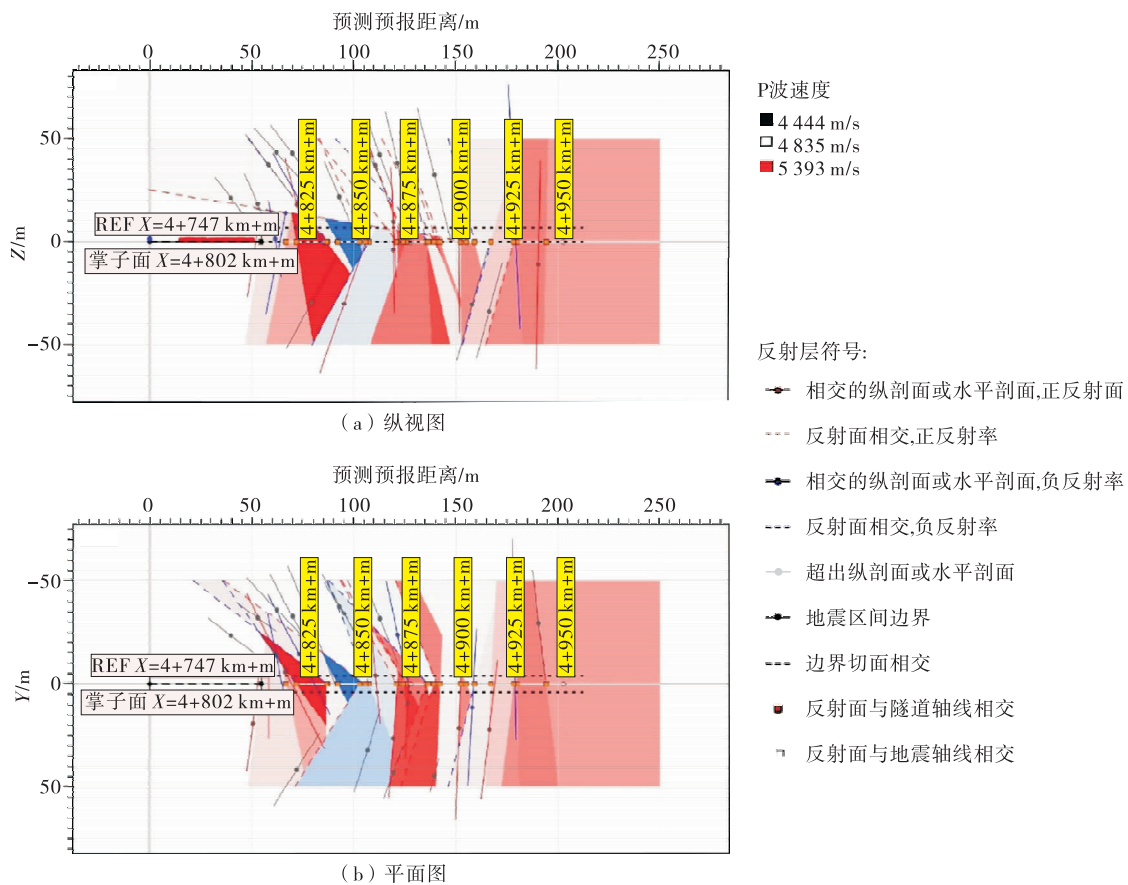


图4 TSP 二维成果图

3 监控量测统计与分析

如图5所示,JGD35-1、JGD35-2、JGD35-3、

JGD36 4个洞内拱顶沉降测点的拱顶沉降测值中,沉降变化量最大的测点为JGD35-3和JGD36,最大累计变化量为-35 mm,日变化速率为-0.67

mm/d。

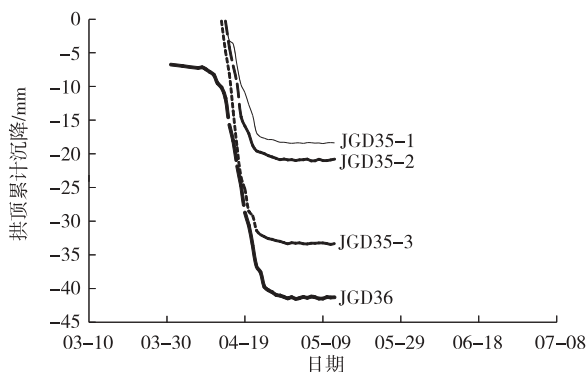


图5 洞内拱顶累计沉降曲线

如图6所示,JSL35-1、JSL35-2、JSL35-3、JSL36 4个洞内净空收敛测点的收敛测值中,收敛变化量最大的测点为JSL35-3和JSL36,最大累计变化量为-20 mm,日变化速率为-0.38 mm/d。

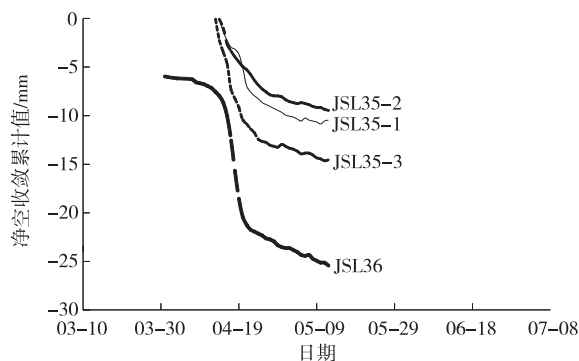


图6 洞内净空收敛累计曲线

4 结论

通过TSP回顾性分析、定量解释,虽然该段围岩强度有所增强、岩质较硬,但岩体较破碎、节理裂隙较发育,施工中应注意安全。根据监控量测所得洞内拱顶沉降、净空收敛变化速率,隧道所处一定区域内沉降、形变在雨季时的变化特征,特别是塌方冒顶前的极限累计变化量和日变化速率,可为隧道施工安全提供有力的技术支撑。

参考文献:

- [1] 李术才,刘斌,孙怀凤,等.隧道施工超前地质预报研究现状及发展趋势[J].岩石力学与工程学报,2014,33(6):1090-1113.
- [2] 罗利锐,刘志刚,闰怡冲.超前地质预报系统的提出及其发展方向[J].岩土力学,2011,32(4):614-618.
- [3] 赵永贵,蒋辉.隧道地震超前预报技术现状分析与新进展[J].公路隧道,2010(1):1-7.

- [4] 俞文生,刘志刚.概论隧道超前地质预报技术体系[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2009,6(3):379-381.
- [5] 赵永贵.国内外隧道超前预报技术评析与推介[J].地球物理学进展,2007,8(4):1344-1352.
- [6] 庞大鹏.诸永高速公路隧道监控量测数据处理及超前地质预报方法研究[D].长春:吉林大学,2008.
- [7] 靳子良.地震波在超前地质预报应用中的研究[D].广州:华南理工大学,2011.
- [8] 姜洪涛.高速公路隧道施工监测与信息反馈[D].成都:西南交通大学,2005.
- [9] 肖宽怀.隧道超前预报地球物理方法及应用研究[D].成都:成都理工大学,2012.
- [10] 孟陆波.隧道超前地质预报技术与计算机辅助预报系统研究[D].成都:成都理工大学,2009.
- [11] 邵国强.破碎围岩隧道监控量测方案设计[J].山西建筑,2007,5(15):312-313.
- [12] 易志强.隧道施工监控量测数据挖掘及其变形预测[D].长沙:长沙理工大学,2011.
- [13] 龚斌,周小波.魔石隧道监控量测技术[J].湖南交通科技,2011,37(3):110-113.
- [14] 郑浩.隧道超前地质预报方法及其在过江底隧道施工中的应用[J].河北交通科技,2007,9(3):55-60.
- [15] 李天斌,孟陆波,朱劲,等.隧道超前地质预报综合分析方法[J].岩石力学与工程学报,2009,12(12):2429-2436.
- [16] 李希忠,朱自强,柳群义.隧道超前地质预报的方法探讨[J].工程地球物理学报,2009,8(4):475-479.
- [17] 汪成兵,丁文其,由广明.隧道超前地质预报技术及应用[J].水文地质工程地质,2007(1):120-122.
- [18] 谯勉江,莫裕科,刘洪炼,等.TST技术在石棉隧道超前地质预报中的应用[J].工程地球物理学报,2009,4(2):196-202.
- [19] 丁雄,王超林,余熠.某隧道塌方前后的监控量测及数据分析[J].采矿技术,2014(6):33-35+54.
- [20] 袁晓军.隧道浅埋段冒顶事故与监控量测数据相关性的分析[J].辽宁省交通高等专科学校学报,2015(2):18-20+21.
- [21] 党利民.隧道浅埋段监控量测数据分析及冒顶预测[J].山西建筑,2010,36(27):331-332.
- [22] 朱中全.隧道浅埋段的超前地质预报与监控量测[J].土工基础,2014,28(5):102-105.
- [23] 邹金杰,顾鑫杰,章立峰,等.浅埋暗挖原理在西部某隧道冒顶塌方治理中的应用[J].现代隧道技术,2016(2):202-206.

收稿日期:2020-08-10