

TSP203 在雁门关隧道地质超前预报中的应用

赵 华

(山西省交通科学研究院,山西 太原 030006)

摘要: TSP203 系统是瑞士 Amberg 工程技术公司最新研制并拥有专利的隧道地震探测仪,专门为隧道超前地质预报而设计的。将 TSP203 超前地质预报系统应用于雁门关隧道掌子面前方不良地质对象的预报工作,并结合地质雷达、水平钻探资料进行对比分析,发现其结果基本吻合,达到了超前地质预报的目的,为隧道快速掘进、支护材料的选择等提供可靠的地质资料与信息。

关键词: TSP203; 雁门关隧道; 超前地质预报; 应用

中图分类号: U456.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3528(2006)03-0054-02

随着我国高速公路建设的飞速发展,公路隧道工程日益增多,长度与深度也在不断变大,施工的速度也越来越快。完全依靠前期资料和施工经验判断分析隧道掌子面前方的地质情况,特别是在地质条件较为复杂的条件下,技术人员很难作出准确的判断,致使施工过程中经常出现坍塌、突水、突泥、涌砂、岩爆等现象经常发生。为了施工安全和高效,公路隧道超前地质探测更显重要。目前,瑞士 Amberg 测量技术公司开发研制的 TSP203 系统,采用地震波反射原理,能长距离地预报隧道掌子面前方的地质情况,如断层破碎带和其他不良地质带,作为一种新的地震探测方法,与其他预报方法相比,TSP203 在准确性和距离误差方面具有一定的优点。

1 工程概况

雁门关隧道位于国道主干线二连浩特至河口公路山西境新广武至原平高速公路段上,是大运高速公路的咽喉工程,是全线贯通的控制性工程。该隧道为上下行分离式隧道,左线长 5 150 m,右线长 5 235 m,左右线间距 50 m,隧道最大埋深 593 m,隧道净宽 10.5 m,全隧位于直线段,设计行车速度 80 km/h,是我国目前已建成的最长的高速公路隧道。

隧址地区属构造隆起上升区,侵蚀和剥蚀作用强烈,山坡北陡南缓,地形起伏大,高差悬殊,沟谷发育,山势陡峻,植被少,共分布有 27 条断层,其中切穿洞轴线的 13 条,表现为高角度的正断层和逆断层。走向为 $67^{\circ} \sim 280^{\circ}$,倾向为 $10^{\circ} \sim 345^{\circ}$,倾角为 34° 。

$\sim 85^{\circ}$ 。大部分断层岩体破碎、节理裂隙发育,地表为干沟,易于降水入渗、汇聚、富水,可发生涌水,对围岩的稳定性影响较大,推测最大涌水量为 $20 \text{ m}^3/\text{d}$ 。隧道开挖时易掉块、垮塌。

2 TSP 测量原理

TSP 应用了回声原理(地震反射波法)。地震波由特定爆破点的小型爆炸来产生,然后由接收器接收(见图 1)。当地震波遇到岩石强度发生重大变化(如物理性能、岩性、断层、破碎带等的改变)的地质标志性界面后,部分传入波能就会在衍射点反射。反射信号的传播时间与其距界面的距离成比例,所以提供的是直接测量。

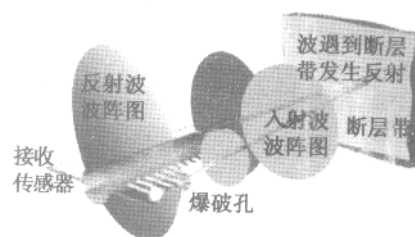


图1 TSP 测量原理

3 现场检测方法

3.1 隧道现场测点布置

现场对雁门关隧道进行了多次超前地质预报,测线布置如图 2 所示。本文以南段右线 K108+840—K109+040 为例验证 TSP203 应用效果。其三维布置示意图见图 3。

收稿日期 2006-02-09,修回日期 2006-04-17

作者简介:赵 华(1978—),女,山西长子人,工学硕士,2004 年毕业于兰州大学资源环境学院。

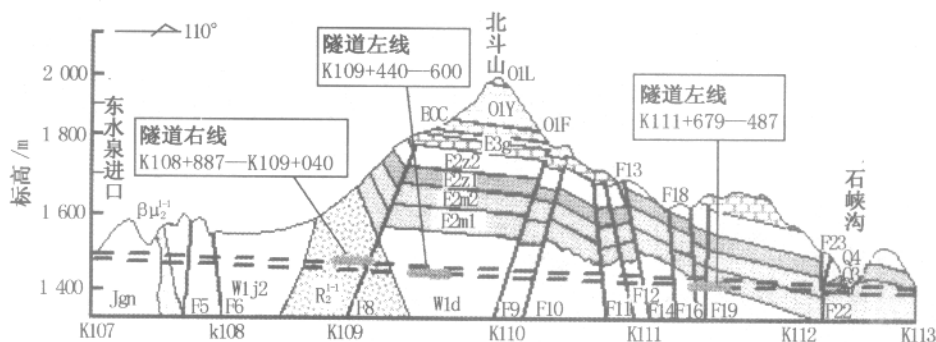


图2 TSP203在雁门关隧道超前地质预报区段布置

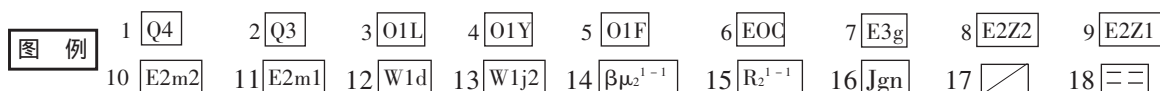


图3 右线 TSP 三维布置图

3.2 数据处理

按照现场布置资料将隧道纵断面、接收器和爆破点位置的几何数据输入到系统软件, TSPWin 就会将原始记录数据分类整理, 以三向分量 X 、 Y 、 Z 的形式显示, 供接收器使用。

探测段 R_1 、 R_2 接收器每一分量 (X 、 Y 、 Z) 的 22 个波形按照升序间距 (爆破点至接收器的距离) 显示, 将每一道波形标准化到其最大振幅, 首次接收到的地震信号代表直达压缩波 (P 波)。然后, 每一接收器的数据可按照设定流程图所控制的 11 个主要步骤进行地震数据处理。

步骤 1: 数据设置; 步骤 2: 带通滤波器; 步骤 3: 初至波检取; 步骤 4: 检取初至波处理; 步骤 5: 爆破能量平衡; 步骤 6: Q 评价; 步骤 7: 反射波抽取; 步骤 8: $P-S$ 波分离; 步骤 9: 速度分析; 步骤 10: 深度空间变换处理; 步骤 11: 反射波抽取。

3.3 雁门关地质超前预报综合成果

将多个参数及反射界面汇总生成综合成果图, 可直观看到围岩强度的变化情况, 并将主要的反射界面、不良地质体的产状、走向及范围呈现在图上, 它非常方便施工单位详细计划施工, 改善施工方法和措施。TSP 评价的最后结果形成竖向纵剖图和水平面俯视图文档。

3.4 验证

为了检验预报资料的准确性和可靠度, 对各探测隧道的开挖围岩及施工掌子面情况进行了跟踪调查, 将上述里程范围的调查结果与原来的预报情况绘制在一张图上进行对比如图 4 所示。

通过对开挖隧道掌子面围岩情况的连续跟踪调查, 并对比先前提交的 TSP 探测成果及超前地质预报结果, 分析认为预报结果与实际围岩开挖情况基本吻合, 起到了超前地质预报的作用。

3.5 预报结果与前期勘查资料对比

前期地质勘查资料、超前地质预报结果和实际开挖揭示结果的对比见表 1。

表 1 前期地质勘查资料、超前地质预报结果和实际开挖揭示结果对比

桩号	前期地质勘查资料	超前地质预报结果	实际开挖揭示结果
K108+840—K109+040 (右线)	节理很发育, 岩体被切割成碎块状, 呈碎石状压碎结构, 该段围岩受地质构造影响较重, 局部很严重。地下水属构造裂隙水, 主要接受大气降水入渗补给, 可发生渗水, 地下水对围岩影响不大。局部可产生掉块, 侧壁稳定。围岩岩性以变质岩为主	K108+900 处为断裂破碎带, 有掉块甚至小型坍塌危险; K108+930、K108+965、108+970、108+980、K109+000 处为断层软弱面, K109+040 段为正常硬质围岩节理裂隙发育, 呈块状镶嵌结构。该段主要为吕梁早期变质花岗岩	K108+930 处软弱断层, K108+960 节理发育, K108+970、K108+979 处有断层, 围岩为斜长角闪岩, 变质花岗岩与超前地质预报吻合

4 结论及建议

TSP203 超前地质预报系统是一个较好的隧道开挖长距离地质预报方法。在数据处理及解释过程中, 必须要结合前期勘察资料, 如有必要还可配合围岩及岩石的波速测试。只有这样, (下转第 64 页)

0.994 4, 斜弯角 $\theta = -7.41^\circ$, 在斜弯曲下最大实测拉应变为 $293\mu\epsilon$, 最大压应变为 $-231\mu\epsilon$. 在梁体架设、横梁联结完成后, 梁体的斜弯曲能得到改善。

从图 2 及图 3 可以看出: 随着截面弯矩的增大呈现良好的线性关系, 这说明跨中截面在检验荷载作用下处于弹性工作阶段, 工作状态良好。应力实测值与计算值之比在 0.59 ~ 0.88 之间, 梁体的实际应力小于理论值, 具有一定的安全储备。在最大试验荷

载作用下, 梁体整体和控制截面处于很好的线弹性工作状态。

5 结论

振弦式应变仪适合桥梁静态应变的快速测量, 使用方便简单, 易于操作, 对粘贴要求不高, 对绝缘度和导线长度无要求, 测试精度能够满足工程要求, 值得在实际应用中进行推广。

The Application of Vibrating String Deformeter to Quick Detection of Bridge

YANG Wei¹, GAO Zhi-fei², YANG Chun-yan³

(1. Guangzhou Subway Operating Department, Guangzhou, Guangdong 510308, China;

2. Research Institute of Science & Technology,

Guangzhou Railway Group Company, Guangzhou, Guangdong 510600, China;

3. Shanxi Provincial Yanbei Transportation Co., Ltd, Datong, Shanxi 037006, China)

Abstract: The paper introduced the work principle and methods of vibrating string deformeter survey for reference.

Key words: bridge; detection; static strain; vibrating string deformeter

(上接第 55 页)

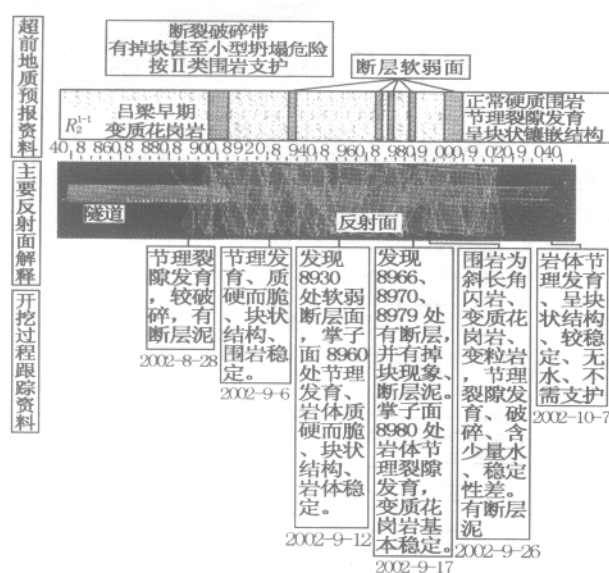


图 4 雁门关隧道右线 K108+840—K109+040
超前地质预报对比资料

才能准确有效解释推断隧道掌子面前方的不良地质体及断层带的富水情况, 从而为隧道工程的快速掘进、支护材料的提前准备以及灾害事故的有效预防提供可靠的地质资料与信息。

参考文献:

- [1] 叶英. 隧道超前地质预报方法探讨[G]. 2003 年全国公路隧道学术会议论文集. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [2] 温树林, 吴世林. TSP203 在云南元磨高速公路隧道超前地质预报中的应用[J]. 地球物理学进展, 2003, 18(3): 465 - 471.
- [3] 陈建峰. 隧道施工地质超前预报技术比较[J]. 地下空间, 2003(1): 5 - 8.
- [4] 鲁光银, 朱自强. TSP 在公路隧道超前地质预报中的应用研究[J]. 水文地质工程地质, 2005(2): 101 - 103.

The Application of TSP203 to Geological Forecast of Yanmenguan Tunnel

ZHAO Hua

(Shanxi Provincial Research Institute of Communications, Taiyuan, Shanxi 030006, China)

Abstract: Combined with the construction practice, the paper introduced the geological forecast work of TSP203 in Yanmenguan Tunnel for reference.

Key words: TSP203; Yanmenguan Tunnel; geological forecast; application