

文章编号: 0451-0712(2005)01-0216-03

中图分类号: U452.1

文献标识码: B

# 大湾隧道掌子面前方岩石结构的 TSP203 超前预报

匡文龙<sup>1,2</sup>, 古德生<sup>1</sup>, 周科平<sup>1</sup>, 朱自强<sup>3</sup>, 刘新华<sup>2</sup>

(1. 中南大学矿业工程博士后流动站 长沙市 410083; 2. 湖南科技大学土木工程学院 湘潭市 411201;

3. 中南大学信息与物理工程学院 长沙市 410083)

**摘 要:** 通过对大湾隧道掘进中掌子面前方岩石结构的 TSP203 超前预报, 结合对开挖掌子面的详细地质素描等工作, 可知该隧道右线 YK78+761~+773 段属 II 类围岩, YK78+773~+835 段为 III 类围岩, 其中 YK78+773~797、YK78+830~+835 区段内岩体较破碎, 可能有软弱夹层存在, 尤其在 YK78+786 附近和 YK78+830~+835 可能有断层破碎带或裂隙密集带通过, 为施工单位合理安排施工作业进度、减少工程隐患提供了科学依据。

**关键词:** TSP203; 高速公路隧道; 岩石结构; 超前预报

由于高速公路对线型和坡度的特殊要求, 使隧道成了高速公路翻山越岭的最佳优选方案。然而高速公路隧道所穿过的地层往往复杂多变, 因此, 在隧道的掘进过程中, 经常要遇到许多不良地质现象, 如断层、节理、裂隙、破碎带、溶洞等。这些不良地质的存在, 不仅影响掘进速度, 有时甚至还会造成严重的工程事故, 因此, 查明地质条件与岩土工程地质特征至关重要。若能准确地提前了解掌子面前方岩石结构的变化情况, 不仅可以及时合理地安排掘进进度、修正施工方案、安排防护措施, 还可以避免许多险情的发生。笔者通过参加在建的上(海)瑞(丽)高速公路湖南境内大湾隧道掘进中掌子面前方岩石结构的地质超前预报工作, 结合实地探测的有关成果, 介绍 TSP203 探测方法在隧道掘进中超前预报时的有关应用。

## 1 工作现场地质条件

大湾隧道为一座上、下行分离的四车道高速公路隧道, 左线(ZK78+665~ZK80+730)长 2 065 m; 右线(YK78+700~YK80+708)长 2 008 m, 目前正由浙江环宇隧道工程公司承建。本次工作的实地探测是在该隧道右线已掘进了 61 m 处的掌子面附近(YK78+761)进行的, 超前预报的最大长度为 100 m

(YK78+861)。

由地表观察可知, 在探测段(YK78+761~YK78+861)的地形地貌相对较为平缓, 隧道埋深较浅(约 15 m, 属浅埋段)。区段内地表水不发育, 右洞隧道上部地形为斜坡形, 常年无积水。地下水位埋深大于 40 m, 隧道位于地下水位线之上。因而, 隧道的涌水量仅为大气降水补给, 尽管岩体内节理裂隙发育, 但多呈紧闭型, 因此导致大气降水补给微弱, 对隧道(预报段)施工影响不大。

洞室内围岩主要岩性为: 黄褐色强风化~弱风化砂质板岩夹泥质板岩、硅质板岩和炭质板岩等, 由于受到区域构造应力的影响, 岩石挤压褶曲明显, 局部揉皱现象极为发育, 并伴有挤压片理等迹象。掌子面上可见 3 组裂隙交叉发育于围岩之中, 并将岩层切割成不规则状的棱形块体, 从而导致了隧道围岩整体性能变差, 对隧道开挖极为不利。因此, 为了保证施工的顺利进行, 受邵怀高速公路指挥部委托, 我们进行了此次超前地质预报工作。

## 2 TSP203 超前地质探测的原理与方法

TSP203 超前地质预报系统, 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器, 该系统从数据采集、处理到成果评估都实现了高

度智能化。作为专门为隧道等地下工程的超前地质预报而研制开发的先进设备,TSP203 可以方便快捷地预报掌子面前方 100~200 m 范围内的地质情况,从而为隧道的施工以及变更施工工艺等提供科学依据。

2.1 TSP203 工作原理

与其他反射地震波方法一样,TSP203 采用了回声测量原理。地震波在指定的震源点(通常是在隧道的任意一侧墙面,将 24 个炮点布成一条直线)用小药量激发产生。当地震波在岩石中以球面波的形式传播,遇到岩石物性界面(即波的阻抗差异界面,如断层、岩石破碎带和岩性变化等)时,一部分地震波信号反射回来,另一部分信号则折射进入前方介质。反射的信号将被高灵敏度的地震检波器所接收。由于反射信号的旅行时间和反射界面距震源的距离成正比,因此能提供一种直接的测量。

TSP203 超前地质预报系统的现场布置及测试过程由一系列(通常为 24 个)炮点、两个三维接收传感器(X、Y、Z 方向)、接收机及数据处理系统组成,见图 1 所示。

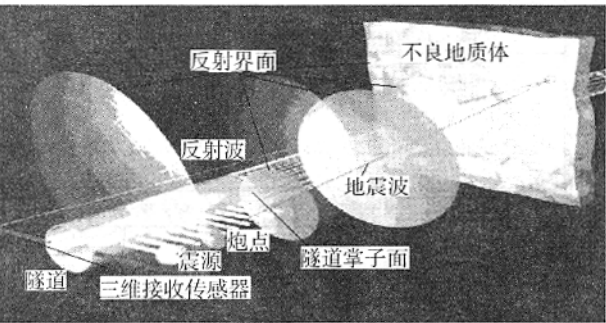


图 1 TSP203 系统的方法原理与野外布置

TSP203 系统是通过在掌子面后方一定距离内的一系列炮点中实施微型爆破来发射信号的,根据地震波在不均匀地质体中所产生的反射波的特性来预报掌子面前方及其周围临近区域的地质情况。其使用范围广,既可用于极软岩层也可用于极硬岩层,预报距离长,对施工干扰少,可以在隧道的施工间隙进行,即使专门安排,其工作时间也只有 1 h 左右,提交资料及时,在现场采集数据的第二天即可提交正式的成果报告,便于及时指导现场施工。

2.2 仪器系统组成及技术性能

本次探测采用的仪器系统主要由记录单元和接收单元两大部分组成,各部分的技术指标如下。

2.2.1 记录单元

- (1)12 道;
- (2)24 位 A/D 转换;
- (3)采样间隔:62.5μs;
- (4)带宽:8 000 Hz;
- (5)记录长度:7 218 采样点;
- (6)动态范围:120 dB;
- (7)道数:1~12 ;
- (8)可卸载的 P III 笔记本电脑。

2.2.2 接收单元

- (1)三分量加速度地震检波器;
- (2)灵敏度:1 000mV/g±5%;
- (3)频率范围:0.5~5 000 Hz;
- (4)横向灵敏度:>1%;
- (5)工作环境温度:0~65℃;
- (6)MS Windows 作为软件平台。

处理及评估软件具有高度智能化,有自动和高级两种处理方式可供选择。

3 探测资料解释

根据 TSP 探测结果,掌子面前方 100 m 范围内,围岩纵波速度为 3 945~4 805 m/s,密度为 2.45~2.55 g/cm<sup>3</sup>,泊松比为 0.21~0.31,静态杨氏模量为 22~29 GPa。围岩稳定性总体较好,但在局部地段出现有软岩层及节理裂隙较发育的地段,围岩稳定性降低。预测中的软弱岩层为炭质板岩或以炭质板岩为主的岩层。有关 TSP203 的探测情况如图 2、图 3、图 4 所示,表 1 为具体推测结果。

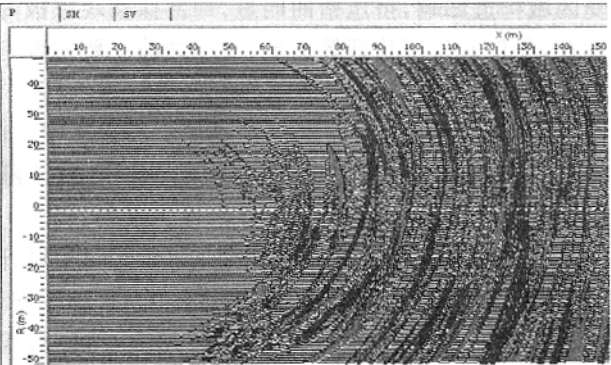


图 2 大湾隧道深度偏移剖面

4 结论和建议

通过开挖掌子面的地质调查和野外素描可知,洞室内围岩岩性主要为:黄褐色强风化~弱风化砂质板岩夹泥质板岩、硅质板岩和炭质板岩等,属于志留系周家溪群,主要岩层产状 5°/95°/40°。区段内

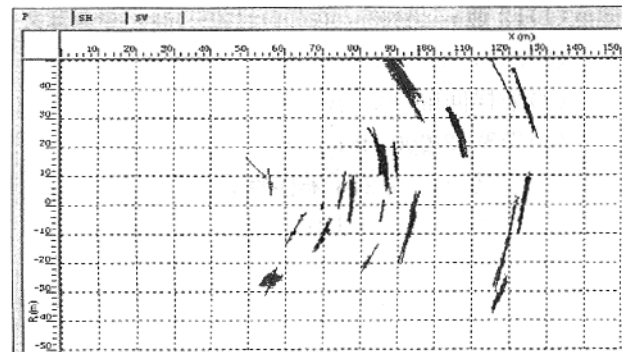


图 3 大湾隧道提取的反射层

表 1 TSP203 超前地质预报结果

序号	里程	长度/m	推断结果
1	YK78+761~+773	12	强风化岩层,节理裂隙较发育
2	YK78+773~+797	24	强~弱风化岩层,局部夹软弱岩层、节理发育
3	YK78+797~+803	6	强~弱风化岩层,节理裂隙发育
4	YK78+803~+817	14	强~弱风化岩层,局部节理发育
5	YK78+817~+830	13	强~弱风化岩层,节理裂隙较发育
6	YK78+830~+835	5	弱风化岩层,局部夹软弱岩层、节理发育
7	YK78+835~+861	9	弱风化岩层,局部节理发育

受区域构造影响,挤压褶皱明显,局部揉皱现象极为发育,并伴有挤压片理等迹象。节理裂隙主要发育有 3 组,其产状分别为  $5^{\circ}/95^{\circ}/40^{\circ}$ ,  $285^{\circ}/195^{\circ}/85^{\circ}$ ,  $235^{\circ}/145^{\circ}/60^{\circ}$ 。3 组裂隙交叉发育于围岩之中,并将岩层切割成不规则状的棱形块体,从而导致了隧道围岩整体性能变差,对隧道开挖极为不利。

结合本次综合预报工作中 TSP203 探测和对开挖掌子面的详细素描,可知该隧道右线 YK78+761~+773 段仍属Ⅱ类围岩, YK78+773~+835 段属强~弱风化岩,隧道围岩为Ⅲ类,在 YK78+773~797、YK78+830~+835 区段内岩体较破碎,可能有

炭质板岩夹层(即软弱夹层),尤其在 YK78+786 附近和 YK78+830~+835 可能有断层破碎带或裂隙密集带通过。建议:在隧道开挖过程中应进行超前支护。YK78+835~+861 围岩条件较好,可视其情况变更支护方案。

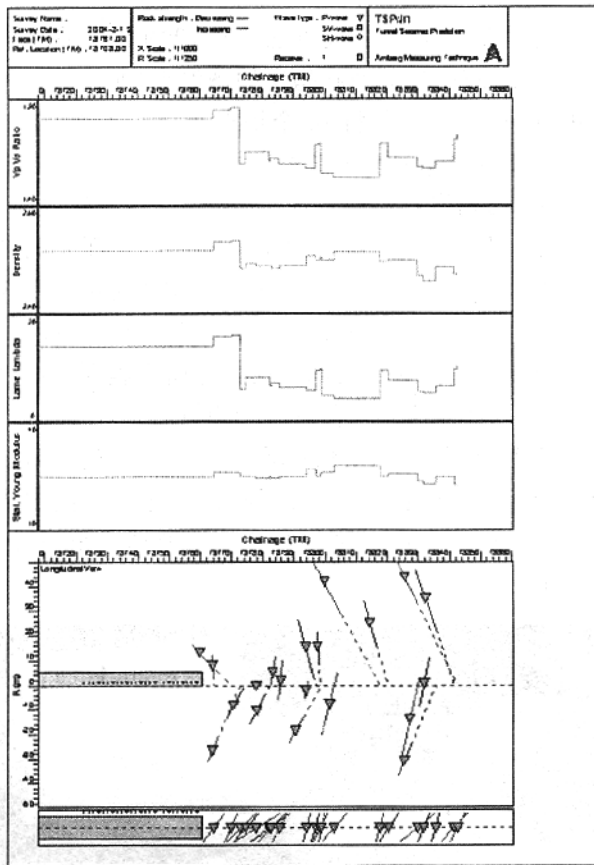


图 4 大湾隧道 2D 结果显示

参考文献:

- [1] 王告函. 地质勘探在公路隧道建设中的地位与作用[J]. 公路,2000,(12).
- [2] 湖南省交通规划勘察设计院. 大湾隧道详细勘察报告(内部资料). 2001.
- [3] 黄成光. 公路隧道施工[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [4] 湖南省地质矿产局. 湖南省区域地质志. 区域地质[M]. 北京:地质出版社,1988.