

TSP203 型隧道超前地质预报系统及应用

蔡运胜

(天津华北地质勘查局, 天津 300181)

摘要:介绍了 TSP203 型超前地质预报系统的组成、性能以及工作原理与方法, 数据处理的步骤, 通过工程实例分析说明其应用效果。

关键词: TSP203 系统; 隧道围岩; 超前地质预报

中图分类号: P631.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2004)02-0184-03

TSP203 型(Tunnel seismic prediction 203 system)隧道地震波探测超前地质预报系统, 是由瑞士安伯格测量技术公司(Amberg Measuring Technique Co.)^①于 2001 年新近开发研制生产的, 是目前国内外在该领域较先进的隧道隧洞及地下开挖工程的探测设备。它主要用于开挖隧道工作面(掌子面)前方不良地质体、断裂破碎带、含水带等, 进行探测和超前地质预报, 适用于公路、铁路、煤炭及水电系统的各种类型的开挖隧道。对地质体的性质、位置和规模如: 地层界线、断层挤压破碎带、富水带、溶洞、水化软岩和淤泥带, 能够进行准确地探测和判定, 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。相比其他同类探测仪器的性能, 该仪器具有: ①探测距离远, 掌子面前方 250~500 m(硬岩 300~500 m 甚至更远, 最远可达 1 000 m 以上, 软岩 250~400 m); ②解释距离大, 有效解释距离为 150~200 m(与地面地质勘查资料相结合, 其解释距离可达 200~300 m); ③分辨率高, 最高分辨率为 1 m; ④可进行全方位空间三维探测。

1 TSP203 系统组成和性能

1.1 采集记录器

12 个采样接收通道, 24 位数模转换器; 采样间隔 62.5/125 μs, 最大信号记录长度为 14 468 个采样点(1 808.5 ms); 仪器动态范围 120 dB; 4 个三分量传感器接口; 一台特制高性能集成式 PC 笔记本电

脑; Windows 界面下的采集和分析软件。

1.2 信号接收器(传感器)

2 个三分量高灵敏度加速度地震波接收传感器; 传感器的频带范围 0.5~5 000 Hz; 传感器的横向灵敏度 < 1%。

1.3 其他附件设备

启爆器、触发器、信号电缆连接线、角度量测器、角度校正器、长度为 2 m 的精密钢质套管和专用锚固剂等。

2 TSP203 系统的工作原理

TSP203 超前地质预报系统利用地震波在不同弹性介质中产生的反射波来预报隧道掘进前方及周围岩层的地质状况。它是在开挖隧道掌子面后方一定距离(约 55 m 范围)的侧壁上布置一排爆破点(一般为 24 个), 依次进行微量爆破, 产生的地震波信号在隧道周围岩体内向前传播, 当遇到岩石强度变化即波阻抗界面时, 就会产生一部分反射波信号, 当界面两侧的岩石强度差别越大, 反射回来的信号就越强。返回的信号用安放在隧洞两侧的 2 个高灵敏度三分量加速度传感器接收, 根据返回信号的时间、方位和炮点间的相互距离, 对接收信号用专用数据处理软件进行计算处理, 最后得出掌子面前方不同地质体的性质、位置和规模等信息。

3 TSP203 系统的检测安装

TSP203 超前地质预报系统是安装在掌子面附

① TSP203 Tunnel Seismic Prediction. Amberg Measuring Technique Co.

② TSPwin Processing & Evaluation Software Manual Version1.1 Amberg Measuring Technique Co.

近的侧壁边墙上,一般情况下,它是由 2 个接收传感器孔和 24 个爆破孔组成。接收传感器距离掌子面约 55 m,对称安装在洞壁两侧,1 号传感器与爆破孔在同一侧,并与第一个爆破孔相距 20 m;爆破孔间距离 1.5 m,孔深 1.5 m,孔径 38 mm,孔口距隧洞地面高度 1.0 ~ 1.2 m,孔身向下倾斜 10° ~ 20°;接收器孔深 1.9 ~ 2.0 m,孔径 42 ~ 45 mm,孔口距隧洞地面高度 1.0 ~ 1.2 m,孔身向上倾斜 5° ~ 10°。

为使接收传感器能够牢固地固定并与周围岩体很好地耦合,保证采集信号的质量,采集信号前先将 2 m 长的保护接收器的金属管套用特制锚固剂旋绞固定在岩体内,调节垂直方向,时间控制在 5 min 之内,之后则完全凝结固定。

每个爆破孔的装药量为 30 ~ 100 g 不等,需要根据围岩的软硬、完整破碎程度以及距离接收传感器的位置远近而定,必要时还可以适当加大药量。

现场布线、爆破、信号数据采集,可在 1.5 h 之内全部完成。

4 数据计算处理过程

TSP203 系统数据处理专用软件,其计算分析过程共分为 11 个步骤:数据调整,带通滤波,首波拾取,拾取处理,爆破能量平衡,直达波损耗系数 Q 值估算,反射波提取,P 波、S 波分离,波速计算分析,纵向深度位置搜索,反射界面提取。

当上述各步骤依次完成后,即可得出预报的掌子面前方围岩中二维、三维反射界面的图形显示(图 1),通过选择相应的密度参量,同时也能得出预

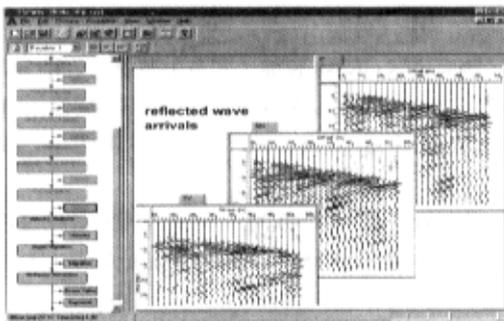


图 1 数据计算处理过程

报区段内各类围岩的工程力学参数如纵波波速 v_p 、横波波速 v_s 、泊松比 σ 、剪切模量 μ 、拉梅系数 λ 、体积模量 κ 、动态杨氏模量和静态杨氏模量等,以此来综合分析推断围岩中不良地质体、断裂挤压破碎带、富水带、溶洞、水化软岩的分布特征,进而划分出隧道围岩的工程类别。

5 工程实例

2002 年 8 月,我们使用 TSP203 系统对正在施工中的雁门关隧道进行了超前地质预报。雁门关隧道位于山西省大(同)—运(城)高速公路的新广武至原平路段上,是交通部规划的二连浩特—河口国道主干线的重要组成部分,隧道采用双洞单向交通,设计单线延米 10 365 m,单洞净宽 10.5 m,最大埋深约 600 m。隧址区位于北岳恒山山脉的西段,属构造隆起上升区,侵蚀和剥蚀作用强烈,地形险峻,地质条件十分复杂。虽然在工程前期的隧道选址阶段,也曾进行过工程地质勘察,但勘察工作只能局限于地表的地质调查和数量有限的钻孔资料,所以对工程施工过程中所必须的岩体质量评价和围岩类别划分则过于粗略,远不能满足施工要求。加之岩石中节理裂隙发育,地质构造变化频繁,局部地段因富含水而时常发生涌水现象,因此施工难度极大,事故隐患多,工程掘进速度异常缓慢。为使隧道施工能够正常开展,提前做好应急措施,需要提供出开挖掌子面前方岩性变化和构造分布的详细地质信息,所以决定利用 TSP203 系统对隧道左线(出口)、隧道右线(进口)、隧道左线(进口)进行超前地质预报,并及时提交预报结果和资料,正确指导施工。

为了验证预报结果的准确性和可靠性,随后对开挖过程中隧道掌子面前方的围岩情况进行了连续的跟踪调查,并根据工程建设方、监理方和施工方后来反馈回来的信息,均证实了 TSP203 系统预报结果与掘进围岩情况相一致,也证明预报结果是可信的,真正起到了超前地质预报的作用,直接指导了施工生产,有效地促进了工程进度,避免了意外事故的发生(表 1)。

表 1 雁门关隧道超前地质预报资料及跟踪调查结果对比

雁门关隧道左线(出口)	雁门关隧道右线(进口)	雁门关隧道左线(进口)
预报 :K111 + 682 ~ 679(3 m)正常硬质岩石,受地质构造影响严重,节理裂隙发育,有层状软弱面,呈块碎状结构。 开挖 :K111 + 680 围岩节理裂隙发育,呈块碎状结构,有小型坍塌,稳定性差。	预报 :K108 + 886 ~ 898(12 m)正常硬质岩石,节理发育,整体呈块状结构,稳定。 开挖 :K108 + 887 围岩节理发育,呈块状结构,基本稳定。	预报 :K109 + 440 ~ 453(13 m)断裂破碎带,有掉块或小型塌方危险,其中 K109 + 452 ~ 453 为富水带,按 II 类加强围岩进行施工,做好超前支护和排水。 开挖 :K109 + 453 断裂破碎带,围岩呈块碎状结构,有掉块和坍塌,向外涌水。

6 结束语

TSP203 超前地质预报系统具有观测精度高、探测距离远等特点,能够准确地反映出隧道掌子面前方不良地质体的规模、性质、位置和产状。作为使用

该仪器的专业人员,需要不断学习,总结经验,在资料处理过程中要依据不同情况进行参数设置,掌握全面的地质信息,了解施工工程的实际情况,将仪器探测得出的图形显示结果转化为对围岩类别的准确划分,这样才能更好地起到超前地质预报的作用。

THE TSP203 TYPE TUNNEL GEOLOGY FORECAST SYSTEM AND AN ANALYSIS OF ITS APPLICATION RESULT

CAI Yun-sheng

(North China Geological Survey, Tianjin 300181, China)

Abstract : This paper deals with the TSP203 type tunnel wall rock geological forecast system, describing its constituents, functions, working principle and method, and the steps of data processing. Examples are given to illustrate its application results.

Key words : TSP203 system, tunnel wall rock, geology forecast

作者简介:蔡运胜(1965 -)男,山西运城人,高级工程师,1987年毕业于桂林冶金地质学院物探系物探专业,现在天津华北地质勘查局,主要从事工程物探和建筑工程质量检测工作。

· 企业风采 ·

重庆地质仪器厂

重庆地质仪器厂是原地质矿产部直属专业从事地球物理勘探仪器研制、生产的国家重点企业,是中地装备集团物探仪器的生产基地。30多年来企业聚集了国内地勘仪器研制和生产的优秀人才,吸收国际先进的电子仪器制造技术,开发生产了地震、电法、测井、检波器、放射性测量等5个门类各种型号的地质仪器。这些仪器广泛应用于地质找矿、工程勘查、地震监测、寻找地下水等领域。我厂依靠严格的企业管埋、可靠的产品质量,于2001年获ISO9001国际质量体系认证。

目前,我厂生产的物探仪器有:

电法仪器:TEM-1瞬变电磁测量系统;DDS-3甚低频电磁仪;DUK系列高密度电法测量系统;DZD系列多功能直流电法仪;DDC-6型电子自动补偿仪;DJF₅-10型5kW时间域激电仪发射机;DJF₁₀-10型10kW时间域激电仪发射机;DJS-8型激电仪接收机;DZ-3型3kW整流电源。

地震仪:DZQ6A、DZQ6B型6道工程地震仪(面波仪)、DZQ24~48道地震仪(面波仪)。

检波器:100Hz,有垂直检波器、水平检波器、井中

检波器、垂直水平合成三分量检波器及高灵敏度、高阻尼检波器。

测井仪器:JGS-1智能工程测井系统;绞车300m手摇绞车,300~2000m变频控制自动绞车;探管:贴壁组合探管,密度、声波、井温、三侧向、磁化率、电极系、井径、能谱等探管。

放射性仪器:HFS-6型α射线快速测量仪、FD-803A型γ射线检测仪、HYX-6微机X射线荧光仪、FD-256A多道能谱仪。

重庆地质仪器厂竭诚为客户服务,欢迎来电、来函咨询与洽谈。

地 址:重庆市沙坪坝区半边街2号 400033

电 话:023-65291554;13908371410

传 真:023-65291557

网 址: <http://www.cgif.com.cn>

电子信箱: cdy@cgif.com.cn