

综合超前地质灾害预报方法在 岚谷斜井隧道工程中的应用

王孝平

(中铁十九局集团有限公司, 北京 100176)

摘要: 在探讨6种隧道地质超前预报方法的基础上, 综合应用 TGP206、地质雷达和红外探水法, 预报岚谷斜井隧道工程中的不良地质。结果表明, 综合隧道地质预报方法, 能提高预测的准确性和精度, 能有效地减少事故, 确保施工安全。

关键词: 隧道工程; 地质预报; 综合; 岚谷斜井

中图分类号: U459; P642 **文献标识码:** A

1 引言

隧道工程的地质调查工作, 在勘测阶段往往只能完成其中一部分, 只能起到定性的或局部定量的评价, 还有一部分地质工作, 须在隧道施工过程中完成, 而在隧道施工过程中有可能出现诸如断层破碎带、富水区、溶洞、煤层采空区、软弱夹层带等地质灾害, 采用单一的超前预报方法在准确性方面并非十分可靠。而综合超前地质预报则是结合各种超前预报方法的优点, 使各种方法相互验证、相互补充, 由此建立起“地质—物探—钻探”隧道施工超前地质综合预报指导思想, 即地质调查与勘探结合、物探与钻探结合、长距离与短距离相结合、地面与地下相结合的综合预报的指导思想, 以此来提高超前预报的精度。有了准确的超前地质预报成果才能及时对先前施工技术方案进行补充或做出变更, 以确保施工人员的生命安全。

2 方法及原理

2.1 地面地质调查法

地面地质调查法是通过设计单位提交给施工单位两种重要的施工图纸, 隧道地质平面图、隧道地质剖面图, 在深入研究的基础上, 实地地勘与分析工程地质条件, 了解隧道所处地段的地质结构特征, 推断前方的地质情况。调查的内容包括地层与岩性的产

出特征、断裂构造与节理的发育规律、岩溶带发育的部位、走向、形态等。这种预报方法在隧道埋深较浅、构造不太复杂的情况下有很高的准确性, 但是在构造比较复杂地区和隧道深埋较大的情况下, 该方法工作难度较大, 准确性一般^[1]。

2.2 掌子面编录法

掌子面地质调查法即在隧道每个施工循环过程中, 爆破作业和出碴后, 对隧道新鲜的掌子面进行详细的地质素描。掌子面素描的主要内容包括岩性、产状、岩体结构、节理裂隙情况、风化卸荷特征、地下水特征、围岩变形破坏特征等。通过对掌子面进行详细的地质素描, 可以真实而准确的反映掌子面工程地质情况, 从而对下一步的施工进行正确的指导^[4]。

2.3 超前水平钻探法

钻探法根据地质构造情况分深孔长距离钻探、中距离钻探和浅孔短距离钻探三种。超前水平钻孔法是在隧道掌子面进行超前水平钻探, 通过钻进速度测试、岩芯采取率统计、钻孔岩芯鉴定等手段来确定掌子面前方地层的展布、地层岩石的软硬程度、岩体完整性及可能存在的断层、孔洞的分布位置。该方法属于直接探测法, 不足之处在于速度慢, 影响施工, 遇到水体或瓦斯突出等灾害时会造成危害, 而且其探测结果只是一孔之见, 难以形成面的概念。

2.4 TGP206 工作原理方法

TGP206 隧道地质预报系统利用在大于波长的

物性界面上产生地震反射波和利用小于波长的物性界面上产生绕射波的原理,进行隧道地质超前预报。两种声阻抗(介质速度与密度的乘积)存在差异的介质之间构成的面为物性界面。工作原理如图1所示^[6]。

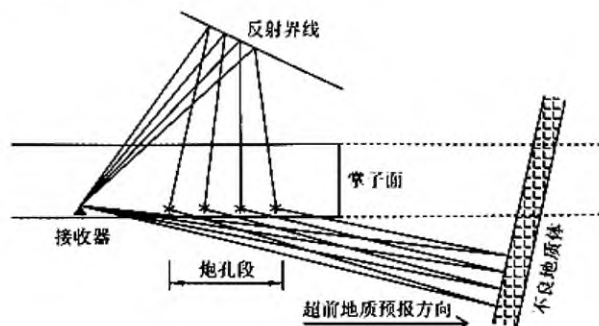


图1 TGP工作原理示意图^[2]

Fig. 1 Scheme of TGP operation principle

探测时采用黄油耦合,定向安置孔中三分量检波器,记录检波器孔、距离检波器最近的炮孔和隧道掌子面的里程桩号,以及各炮孔间的距离,距掌子面5 m处开始布孔,炮孔布置在与主要构造面夹角小的一侧洞壁上。这样布置的目的有利于保证同侧检波器接收的地震回路路径为射线条件,因此应在与主要构造面夹角小的一侧洞壁上从里向外布置24个炮孔,孔径为40 mm,炮孔间距2 m,炮孔高度1.1 m,深度为1.5 m,倾角约为10°。然后在距第24爆破炮20 m处左右两侧各布置检波器接收孔,孔径为50 mm,深度为5 m。爆破孔药量一般控制在50 g,距掌子面最近的5个炮孔炸药量设为75 g,在孔中灌满水的条件下激发,按序依次起爆和进行数据采集。并需对炮孔布置段的隧道围岩进行描述。如图2所示。

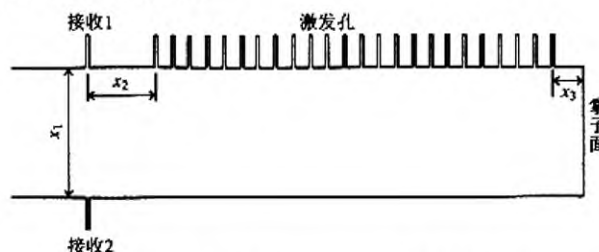


图2 TGP隧道地质超前预报炮孔布置图

Fig. 2 Blasthole layout for TGP prediction of tunnel geology

2.5 地质雷达法

地质雷达(Ground Penetrating Radar,简称GPR)是一种基于地下介质的电性差异对地下介质或物体不可见的目标或界面进行定位的电磁技术。它通过发射天线将高频电磁波以宽频带脉冲形

式定向送入地下,经存在电性差异的地下地层或目标体反射后返回地面,被接收天线所接收。高频电磁波在介质中传播时,其路径、电磁场强度和波形将随所通过介质的电性特征及几何形态而变化。故通过对时域波形的采集、处理和分析,可确定地下界面或目标体的空间位置及结构,可探测确定掌子面前方构造断裂、软弱夹层、岩溶洞穴等的分布位置以及探测确定隧道洞周以外岩溶洞穴的分布位置。工作原理如图3所示^[3]。

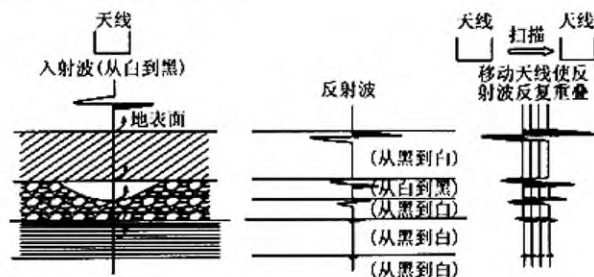


图3 地质雷达探测原理图

Fig. 3 Principle of geological radar detecting

2.6 红外探测法

由于分子的振动,地质体每时每刻都在由内部向外部发射红外辐射,并形成红外辐射场。当地质体由内部向外部发射红外辐射时,必然会把地质体内部的地质信息,以红外电磁场的形式传递出来。当隧道前方和外围介质相对比较均匀,且不存在隐伏灾害源时,沿隧道走向分别对拱顶、底板、左边墙、右边墙向外进行探测,所获得的红外探测曲线,具有正常场特征。当隧道断面前方或隧道外围任一空间部位存在隐伏灾害源时,隐伏灾害源产生的辐射场就一定会迭加到正常场上,使正常场中的某一段曲线发生畸变,畸变段称作红外异常。因此,红外探测就是根据红外辐射场曲线的异常来确定隐伏的灾害源。工作示意图如图4所示。^[5]

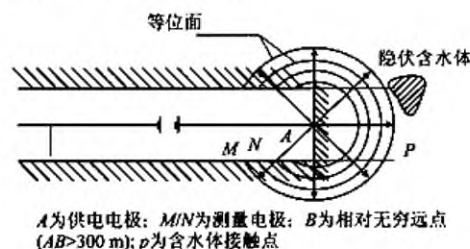


图4 红外探水仪示意图^[7]

Fig. 4 Scheme of infrared water detector

3 工程概况

岚谷斜井该区域内总体构造主要为新华夏系的构造形迹,主要由一组走向近于南北逐渐向北东向

偏转的扭性断裂挤压带和长轴呈北东向的大型花岗岩侵入体表现最为清楚,为闽西北隆起带并最早出露海面,遭受强烈的侵蚀和剥蚀。晚古生代发生加里东运动,中生代三叠系纪发生印支运动,造成山脉隆起带两翼产生一系列北东向拗陷。受区域构造的影响,区内断裂构造发育,岩体垂直节理,裂隙弱发育,山间冲沟多形成节理裂隙密集带。

4 工程实例

在岚谷斜井工程实例中,地质调查显示并无岩溶发育,主要施工地质问题为软弱夹层、断层破碎带、局部涌水。据此,主要采用 TGP、红外探水、地质雷达以及超前炮孔的综合超前预报方法。本次预报范围为 XK1+022~XK0+872,全长 150 m。

4.1 TGP206 的应用

TGP 对波形图的分析应遵循以下准则:

①正反射振幅表明硬岩层,负反射振幅表明软岩层。②若 S 波反射较 P 波强,则表明岩层含水。③左右洞壁对比,以激发和接收在同一侧的资料为主的原则。④纵横波资料对比,以纵波资料为主的原则。

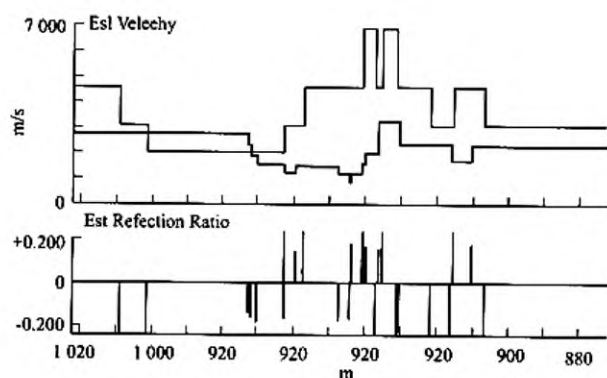


图 5 XK1+022~XK0+872 成果图

Fig. 5 Results of XK1+022~XK0+872

通过对成果图图 5 的分析, XK1+010~XK0+970 处纵波波速明显下降,因此岩体完整性降低,破碎程度增加;而在 XK0+970~XK0+930 处,纵波明显上升,因此岩体完整性开始变得较好但是横波下降较快因此岩层比较富水。设计图纸中 XK1+500~XK0+600 处岩体完整,围岩级别是 II 级节理裂隙不发育,地下水贫乏。施工事实证明了此次超前预报的准确无误性,鉴于该段岩层变化较大且之前与设计图纸有较大出入因此加强对该段的预测并在掌子面里程为 XK0+916 处预测又进行一次 TGP 超前预报,成果图见图 6、图 7、图 8 所示。

综合分析结果为在 XK0+890~860 范围存在

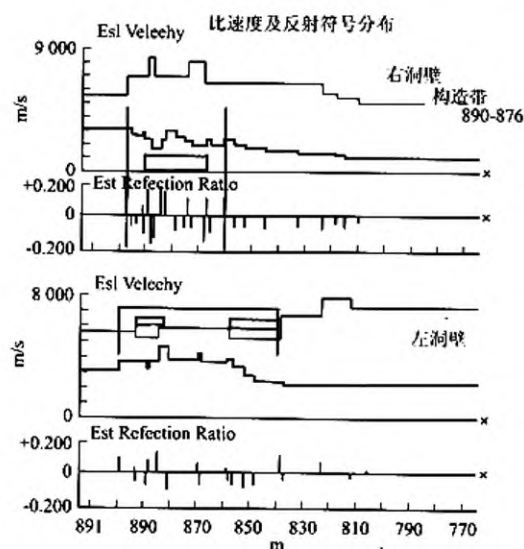


图 6 XK0+916~XK0+816 成果图

Fig. 6 Results of XK0+916~XK0+816

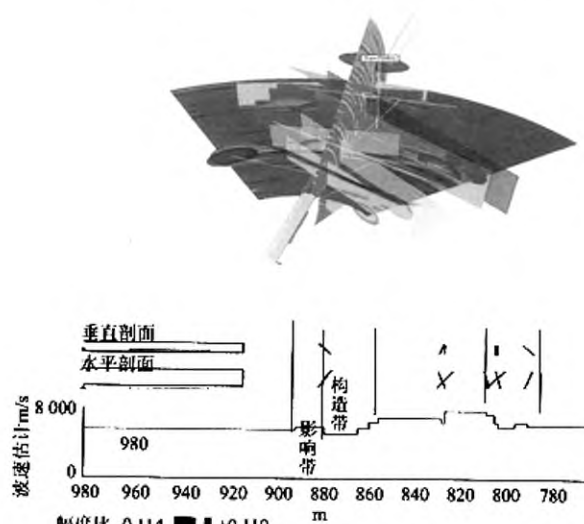


图 7 XK0+916~XK0+816 段 3D 扫描图

Fig. 7 3D scanning of XK0+916~XK0+816

断层构造带;断层构造带及影响带在隧道的左右两侧分布不一;在 XK0+890~860 范围可见横波反射比纵波反射强,富水的反映;根据横断面扫描图上均可见在掌子面后存在一条裂隙密集带,宽度为 5 m 左右,极有可能与构造带连通,发生突水事件。因此加强对该段进行了地质雷达以及红外探水的超前预报。

4.2 地质雷达的应用

预报里程范围 XK0+916~XK0+886(即预报隧道掌子面前方 30 m),图 9 为掌子面处波形图。

根据现场地质调查、现场开挖围岩揭露的实际情况,结合雷达探测数据,综合分析得出以下结论:掌子面前方 XK0+916~XK0+886 范围内,围岩局

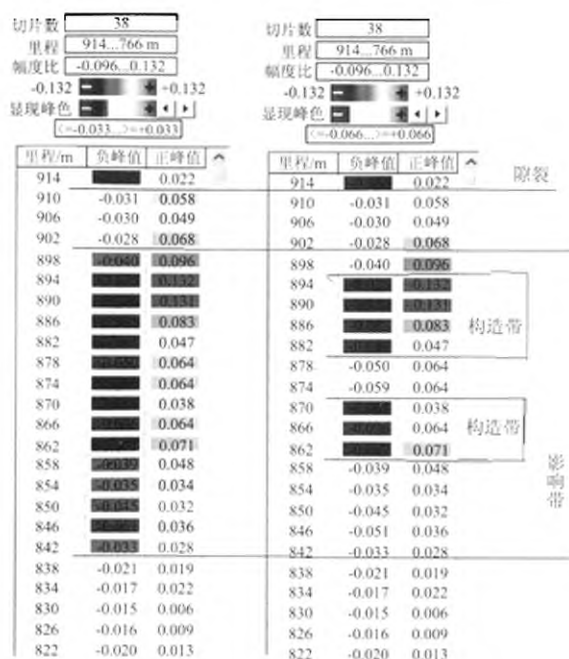


图8 XK0+916~XK0+816段参数图

Fig.8 Parameters of XK0+916~XK0+816

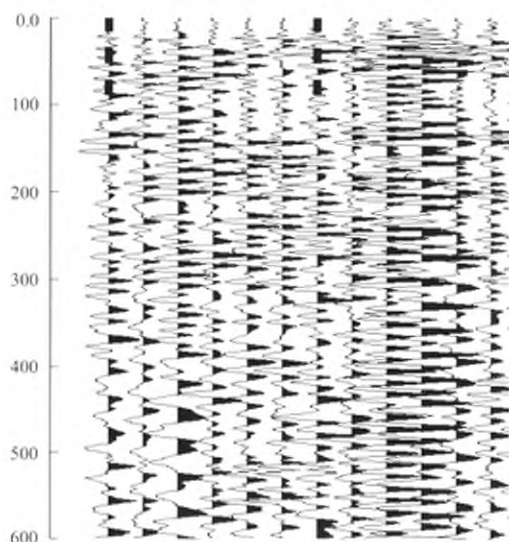


图9 掌子面 XK0+916 处的雷达波形图

Fig.9 Radar oscillogram of the working face at XK0+916

部节理裂隙较发育,岩体较破碎。其中在掌子面前方 6 m 范围内,在 XK0+901~XK0+896 以及 XK0+892~XK0+886 段节理裂隙相对发育,岩体相对破碎,发育一定量的裂隙水,围岩较易塌落掉块,稳定性稍差。在施工过程中注意控制好施工进度,及时支护和防排水,建议按Ⅲ+级围岩施工。

4.3 红外探水的应用

本次预报岚谷斜井掌子面里程为 XK0+916,红外探水预报距离为 30 m,故本次报告探测范围为

XK0+916~XK0+886 段。成果图如图 10 所示。

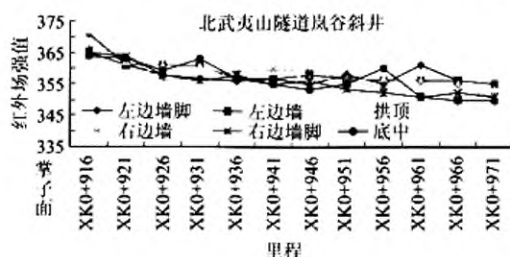


图10 红外探测曲线图

Fig.10 Curve of infra water detecting

通过现场观测,掌子面微弱湿润。由红外探测仪测定的数据看,掌子面红外辐射场强的差值小于安全值 10,但是红外探测曲线在一个较大的范围内波动,可以推断前方 5 m 范围内红外辐射场局部异常,局部发育一定量裂隙水,有出现一定量的涌水。在施工过程中应做好安全防范措施,确保施工安全。

4.4 综合预测结论

综合 TGP206、地质雷达及红外探水的预报结果,定性判断为掌子面前方 5 m 处存在裂隙密集带而且富水,水量大小尚无法准确预测,建议施工时加大超深炮孔以探测水的具体位置,以及水量的大小。XK0+890 至 860 范围存在断层构造带。事实证明在 XK0+911 处发生突水事件,水量较大,顺着超深炮孔喷射而出,因施工方根据超前预报的结果采取了相应的减排水措施,所以并无人员伤亡事件的发生。

5 结语

在岚谷斜井隧道施工过程中,通过地质雷达超前探测法、TGP 超前探测法及红外探水法,以及超前钻孔等,进行综合地质超前预报,并贯穿整个隧道,使隧道施工在特殊地质地段或不良地质地段能够及时采取有效的预防措施。因此,隧道地质超前预报对于施工的安全、经济有着重要意义。通过本文的研究,可得出以下结论:

(1) 综合地质超前预报工作应作为一道工序纳入施工组织设计中。特别在复杂隧道施工地质预报工作中,应坚持地质调查与勘探结合、物探与钻探结合、长距离与短距离相结合、地面与地下相结合开展多层次、多手段的综合超前地质预报,并贯穿整个施工过程。

(2) 对于 TGP 来说,采集好数据才是做出准确预测的前提,因此在现场一定要安放好检波器并请施工单位配合暂停施工现场的机器来配合完成数据

的采集。

(3) 对于超前预报方法所推测出来的某些复杂、可能会发生严重工程事故的不良地段,建议提前做好防护措施并按照其可能发生的最差状况来施工。

参考文献

[1] 余世根,张光武,柳海波.综合超前地质灾害预报方法在椿树垭隧道中的应用[J].工程地球物理学报,2010,7(3):373-367.
[2] 王晓川,卢义玉,夏彬伟,等.超前地质预报在大相岭隧道施工

中的应用[J].重庆大学学报,2009,32(10):1174-1180.
[3] 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,2009,6(4):475-479.
[4] 刘越,王振宇,周志星.基于掌子面编录的隧洞地质超前预报研究[J].人民黄河,2009,31(8):94-95.
[5] 龙浪波,王鹰.多种超前地质预报方法在某隧道施工的应用[J].施工技术,2008,37(11):100-102.
[6] 刘云祯.TGP 隧道地震波预报系统与技术[J].物探与化探,2009,33(2):170-177.
[7] 王明生.T 论隧道施工中超前地质预报技术的应用[J].科技情报开发与经济,2010,20(1):151-153.

APPLYING AN INTEGRATION METHOD IN PREDICTING GEO-HAZARDS
IN THE LANGU INCLINE SHAFT TUNNEL ENGINEERING

Wang Xiao-ping

(China Railway 19th Bureau Group Corporation,Beijing 100176,China)

Abstract: After looking into six techniques of tunnel geology prediction, TGP206, geological radar and infrared water detection were then integrated to predict the unfavorable geology of the Langu incline shaft tunnel object. The results have proven the integration method to be capable of increasing the prediction accuracy and precision, effectively reducing accidents and ensuring construction safety.

Key words: tunnel engineering; geological prediction; integration; Langu incline shaft

作者简介: 王孝平(1973—),男,高级工程师,吉林省蛟河市人,1997年毕业于兰州铁道学院铁道工程专业,工学学士,主要从事工程技
术管理工作。