

Application of Advanced Geological Forecast Technology for East Tianshan Extra-long Tunnel Crossing Fault Fracture Zone

Qipeng Ye

China Communications First Public Bureau Group Co., Ltd., Beijing, 100024

Abstract

During the construction of the East Tianshan extra-long tunnel project, the geology is complex, diverse, water-rich, and rapidly changing, the tunnel construction will cross the water-rich fault to break the geological section, and it is very easy to have problems such as landslides, deformation, mud and water bursts, and there are comparisons, there is a relatively large construction risk. Combined with the actual situation of the advanced geological forecast of the East Tianshan extra-long tunnel, the surrounding rock conditions when crossing the fault and broken zone are analyzed, and the support parameters are adjusted in time for early warning to ensure the construction effect and provide reference for related projects.

Keywords

tunnel construction; crossing faults; broken zone; geological prediction

东天山特长隧道穿越断层破碎带超前地质预报技术应用

叶齐鹏

中交一公局集团有限公司, 中国·北京 100024

摘要

东天山特长隧道工程施工过程中,地质复杂、多元、富水、快变,隧道施工将从富水断层破碎地质段穿越,极易出现塌方、变形、突泥突水等问题,存在比较大的施工风险。结合东天山特长隧道超前地质预报实际情况,对穿越断层破碎带时的围岩情况进行分析,及时预警调整支护参数,保证施工效果,为相关工程提供借鉴。

关键词

隧道施工; 穿越断层; 破碎带; 地质预报

1 工程概况

东天山特长隧道起点位于松树塘滑雪场西侧,隧道全长 11769.5m,采用分离式双向四车道。左线长度 11767m,右线长度 11775m。主洞隧道内纵坡为+0.5%及-1.67%。隧道主洞断层总长度为 660m,断层带左右洞净距 34.64m,最大埋深 577m,最小埋深 494m。穿越断裂带时,围岩自稳能力差,易产生塑性变形,成洞困难,隧道开挖拱部不及时支护易产生坍塌,侧壁极易产生坍塌,需要超前地质预报情况采用不同的加强支护措施,文章以该工程为例,重点对隧道穿越地层破碎带超前地质预报方式进行探讨^[1]。

2 水文地质情况

2.1 水文

隧址区地表水多为雨季雨水沿山坡两侧汇集径流,多属季节性溪流,水量较小。地下水按储藏条件及水动力特性

可分为松散层孔隙水和基岩裂隙水两个类型。松散层孔隙水主要由降水、冰雪融水或地下水补给。基岩裂隙水为各种岩性的构造裂隙水和风化裂隙水,构造裂隙水含水层均一性较差,呈层间裂隙水或脉状裂隙水,具承压性;当渗水压力或水位变化时,可产生动水压力,易导致边坡基岩崩塌。在寒冬条件下基岩裂隙水可在地表结冰。隧道进口 F2 断层带测的泉水流量为 1.5L/s,为赋水断层。

2.2 地质

断层带位于巴里坤塔格北麓,由巴里坤南向东延伸,断裂带全长 110Km,断面略具波状,走向 292°,倾向南倾,倾角 65°~80°,具明显的逆冲断裂性质。断层带组成物质为糜棱岩、片状岩及岩块等,胶结较为紧密,断面弯曲,粗糙,该断层破碎带具低阻异常特征,说明该断裂带岩体破碎且相对富水,断裂宽度几十米至数百米不等,与隧道相交处断层破碎带宽约 320m。断层两侧地层为泥盆系中统大南湖组第五亚组地层,岩性主要为不均匀互层凝灰岩、凝灰质砂岩等,薄层结构,岩体破碎,裂隙发育^[2]。

【作者简介】叶齐鹏(1979-),男,中国河北三河人,本科,工程师,从事隧道施工现场安全管理研究。

3 超前地质预报方法

3.1 目的和目标

超前地质预报的目的是在施工前期地质勘查成果的基础上,进一步查明掌子面前方一定范围内围岩的地质条件,超前探测地层岩性、软弱层的位置、岩体完整程度、断裂带位置、宽度、破碎程度、富水性,等不良地质以及隐伏的重大地质问题。重点预报突水突泥及断层破碎带等不良地质的具体位置、规模及影响程度,控制掌子面前方 30m 范围内不良地质体预报。预报突水突泥及断层破碎带具体位置及可能带来的灾害程度,降低地质灾害发生的风险,提供必要的地质参数,进一步确定保证围岩稳定性的工程措施及合理的施工方法;优化施工方案提供依据,确保施工安全;为编制竣工文件提供可靠的地质文件。其中,表 1 为超前地质预报主要项目表。

表 1 超前地质预报主要项目表

项目	预报主要内容	主要方法 / 仪器	重点预报地段
常规预报	地层岩性	地质素描法, TSP, 物探法	断层破碎带软弱围岩地段
	地质构造	钻探孔, TSP	断层破碎带
异常预报	不良地质	TSP, 钻探孔, 地表观察及地质素描法	溶洞、暗河
	地下水	钻探孔, TSP, 地质素描法, 物探法, 测流计	高水压地段

3.2 地质素描

地质素描是对已开挖掌子面的地质状况作如实的调查,并进行详细编录,采集必要的地质数据。具体包括:对掌子面地层岩性、节理发育程度、受构造影响程度、围岩稳定状态等进行详细编录。其中,表 2 为地质素描的方法及预报成果表。

表 2 地质素描的方法及预报成果表

序号	方法	形成成果
1	采用罗盘仪,洞内观察等方法,实测岩层产状、节理产状及间距、微构造产状、断层产状等,分段测绘	分析岩体各种参数,进行掌子面的工程地质评价,做出掌子面断面图,据其作常规预报展示图和分段预报报告书
2	做标准地层剖面和岩层层位	预报预测软弱岩层的位置,提出施工建议措施
3	观察掌子面断层及微构造出现情况、对产状进行量测	分析断层、微构造的产状规律,据其在掌子面部位、构造走向与隧道轴向的关系作出地质预报图

3.3 TSP 超前地质预报系统

TSP 超前地质预报系统是专门为隧道和地下工程超前地质预报研制开发的,可方便快捷地预报掌子面前方 100~200m 范围内的断层破碎带、软弱地层等不良地质情况提供了一种强有力的方法和工具,通过超前地质预报提前了解掌子面前方的地质变化情况,合理安排掘进速度,及时优化施工方案,加强防护措施,从而能够确保安全、顺利地通过不良地质地段。

TSP 超前地质预报系统测线布设在掌子面附近的边墙上,它由两个接收器孔和 24 个炮孔组成,两个接收器孔对称分布在两边墙,24 个炮孔等间距布置在两侧边墙。在数据采集前,钻孔、接收传感器套管安装,以及接收器孔、炮孔倾角倾向和各孔距基准点距离的测量要先期完成。

由于这些准备工作不影响正常施工,因此可与隧道施工作业同时进行。当正式爆破采集数据时,洞内一切施工必须停止,以确保采集到的数据尽可能少的受外界噪声的干扰。在数据采集时,相互间要做好配合,以减少对施工的影响。在熟练的情况下,数据采集时间可控制在 1h 以内。其中,表 3 为 TSP 预测的方法及预报成果表。

表 3 TSP 预测的方法及预报成果表

预测方法	预报成果
利用地震波的反射原理预测	推断断层、岩层破碎带等不良地质体的位置、规模、性质 反射界面的岩性参数、产状及岩石力学参数

3.4 地质雷达预报

应用电磁波反射原理进行探测,通过测定与岩溶含水性有关的介电常数的变化来探测充水的地质体,如含水的断层、岩性界面等。

采用地质雷达对岩性结构变化进行短距离(10~40m 以内)的精确预报。地质雷达作为 TSP 超前地质预报的补充,在高水压地段对 TSP 预报的异常点进行补充探测。例如,确定异常体的规模、性质、危害等有困难时采用地质雷达进行补充探测,同时地质雷达用于隧道底部、边墙、隧顶外或其他出水部位可能隐伏洞穴的探测,效果较好。其中,表 4 为地质雷达预报方法和预报成果表地质雷达预报方法和预报成果表。

表 4 地质雷达预报方法和预报成果表

预测方法	预报成果
探测充水的地质体	判定断层、岩性的界面,确定异常体的规模、性质、危害
隧道底部、边墙、隧顶或其他出水部位	可能隐伏洞穴的探测

3.5 红外探水

红外探水测量速度快,基本不占用工序时间。资料分析快,测量完毕,即可得出初步结论,编写报告可在2h内完成。红外探水有较高的准确率,但是它对水量、水压等重要参数无法预报。可了解掘进前方20~30m范围内,是否存在隐伏水体、是否存在含水断层、是否存在含水破碎带。用红外探测属非接触探测,在隧道壁上定探点,使用仪器的激光器在壁上打出一个红色斑点。定好探点后扣动扳机,就可在仪器屏幕上读取探测值。

探测数据输入计算机后,由专用软件绘成顶板探测曲线、两壁探测曲线。根据探测曲线特征判断含水构造或含水体的潜在危害。当红外探测发现前方存在含水构造时,通过高密度电法电测解决前方含水构造至掌子面距离和给出破碎带的宽度。

3.6 超前钻探

超前钻探的主要作用之一是通过钻探给出前方含水构造的涌水量。由于涌水量与水源有关、与水头压力有关、与爆破后出水断面大小有关,因而目前所有物探仪器均不能确定涌水量的大小。

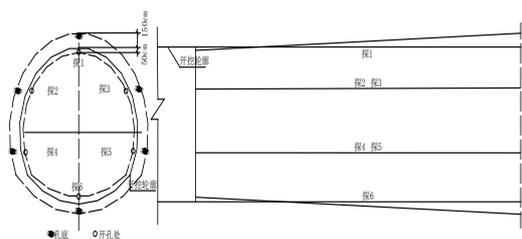


图1 正洞超前地质探孔布置图

通过钻探,当水量很小时,可继续掘进;当水量超过排水能力时,就注浆堵水。探孔打设每次30m,搭接5m。

3.7 超前地质预报及类型

隧道的超前地质预报主要采用地质调查、加深炮孔探测、地震波探测、红外探测和超前钻孔探测等手法进行预报,对重点地段和地震波探测异常地段,采用超前钻孔等方法加强探测和验证,超前预报的类型和采取的方法如表5所示。

表5 超前地质预报积累性

类型	采取方法
A类: 极易发生突水、涌泥段	(1) 常规地质法
	(2) 物探法(地震法反射法+红外探水+地质雷达)
	(3) 超前钻探法(超前钻孔5孔+加深炮眼)

类型	采取方法
B类: 物探显示异常地段、受溶岩影响段、可溶岩与非溶岩接触带,非可溶岩断层破碎带	(1) 常规地质法
	(2) 物探法(地震法反射法+红外探水+地质雷达)
	(3) 超前钻探法(超前钻孔3孔+加深炮眼)
C类: 可溶岩一般段或地表环境要求较高的非可溶岩地段	(1) 常规地质法
	(2) 物探法(地质雷达)
	(3) 超前钻探法(超前钻孔1孔+加深炮眼)
D类: 非可溶岩一般段	(1) 常规地质法
	(2) 物探法(地质雷达)

3.8 超前地质长期预报和短期预报方法

如表6所示,长期预报和短期预报相结合,采用TSP超前地质预报系统进行长距离宏观控制,红外探水连续实施,地质雷达进一步强化、补充和验证,加大超前水平钻探和孔内数码成像的力度,加强常规地质综合分析,把发生地质灾害的概率降至最低^[3]。

表6 长期预报和短期预报方法表

地质预报项目		预报内容
长期 预报	地表调查	岩层产状及其变化,构造在隧道地表的发育规律等
	TSP203探测	断层、围岩等级变化及不良地质情况
	超前水平地质探孔	验证物探预报情况,围岩类别判定等
	地质素描	隧道掌子面地质素描及地质分析预报
短期 预报	地质雷达	隧道底部探测、周边出水部位探测

4 结论

东天山特长隧道穿越断层破碎带时,针对断层破碎带、岩溶地质、软弱夹层不良地质体,在结合大量以往的工程预报实例的基础上,根据工程实际情况总结出具有针对性的超前地质预报实施方案,并将方案应用于实际工程中的效果进行分析,验证方案的可靠性。通过努力,顺利从该破碎带穿过,为今后类似的隧道工程超前地质预报工作提供有力参考。

参考文献

- [1] 勾通.玉峰山隧道施工中不良地质现象及处理措施[J].山西建筑,2009,35(10):319-320.
- [2] 周海英.隧道穿越断裂带管棚钢管定向钻进与定向注浆技术[J].施工技术,2018,47(18):81-83.
- [3] 王章琼.晏鄂川.王亚军.隧道穿越片岩断层破碎带塌方涌水机理及处治技术[J].施工技术,2018,47(24):5-8.