

长梁山隧道地质综合勘探

张文贤*

(铁道部第三勘测设计院)

提 要 长梁山隧道长 12.78km, 仅次于大瑶山隧道, 是我国第二座双线特长隧道, 位于山西省宁武县与原平县交界处的恒山山脉西南端, 横穿桑干河与滹沱河的分水岭。该段山峦重叠, 山势陡峭, 沟壑纵横, 相对高差约 400m, 属中低山区。本文介绍其地质综合勘探方法, 并应用各种勘测资料, 开展了四个专题研究, 均取得了较好的效果。

主题词 隧道 地质 综合勘探

1 地质综合勘探方法

综合勘探工作方法, 是在航空(或卫星)像片判释、地质测绘的基础上, 用物探指导钻探, 并在钻孔内进行综合测井, 应用井中测流技术与传统水文地质试验相结合, 综合分析各种地质勘测资料, 编制成果报告。

1.1 航测遥感

应用四个层次五个片种的遥感数据。第一个层次是美国陆地卫星 MSS, 有四个波段的图像, 地面分辨率为 79m, 用于分析区域构造格局的宏观研究, 概略评价工程地质条件。第二个层次是美国陆地卫星 TM, 有七个波段的图像, 比例尺放大到 1:100 000(彩色合成), 根据需要进行不同波段的组合, 影像清晰。第三个层次是前苏联卫片有四个波段, 地面分辨率为 10m, 比例尺放大到 1:100 000(彩色合成)。适用于分析区域格架及判释不良地质现象, 选用彩色合成和黑白片对测区的构造和岩组进行整体性判释。第四个层次是 1:25 000 的黑白航空像片, 地面分辨率为 1.5m 左右, 主要用于判释构造、岩组、不良地质现象的分布。通过遥感航片室内判释, 盘道梁~华北屯向斜核心以泥质岩为主, 两翼为砂岩、泥质岩互层。在向斜轴部和两翼有 4 条区域断裂(F_5 , F_{20-5} , F_{12} , F_{26})线性影像清晰。通过遥感室内判释为大面积地质测绘打下了基础。

1.2 工程地质测绘

在遥感判释的基础上, 对越岭隧道进行了大面积工程地质测绘和专门性水文地质工作。测绘面积 80km², 填绘 1:10 000 地质图, 调查民用机井 7 个, 泉点 43 个, 断层 33 条及煤矿开采区的分布范围。

* 本文收稿日期: 1994-11-10 张文贤 高级工程师 铁道部第三勘测设计院二分院 天津 邮码: 300142

地质测绘采用路线穿越法及顺层追索法。对重要的岩性、构造、泉点,用经纬仪实测。通过大面积测绘查清了隧道地区基岩裸露地段的岩组、断层的分布位置;被黄土、碎石土覆盖地段采用先物探后钻探的方法进行勘查。

1.3 综合物探

(1) 电法勘探

电测探点 46 个,联合剖面线总长 5 250m,高密度电测线总长 5 167.0m。绘制电测深 P_s 值剖面图,指导布置钻孔。

(2) 地震折射波法

采用简单连续观测系统,检波距 10m,双重追踪,沿隧道轴线布置贯通测线,布置的范围在轴线两侧 50~70m 内。共布设排列 105 个,测线总长 11 880m,占全隧道的 93%。应用表层完整界面速度测定,按地质测绘的岩层倾角推至洞身设计标高处,并充分利用钻孔岩芯进行测试。

(3) 岩芯测试

将钻孔内有代表性岩芯在室内测定波速。测试岩芯计 48 块。

(4) 综合测井

综合测井包括视电阻率法、自然电位法、井温扩散法、以及井中测流技术。

长梁山隧道正洞和辅助工程钻孔均进行了物理测井,结合钻孔资料综合确定岩性、破碎带的位置,采用扩散法测定钻孔中含水层位置,井中测流技术测定了钻孔内地下水渗透系数、流向、涌水量。

1.4 地质钻探

为了验证地质调查测绘和物探成果资料,先后钻探 15 孔计 1 859m,其中正洞地质钻探 11 孔,计 1 598.67m,在钻探中采用了清水钻探工艺,这种方法,提高了钻孔资料的准确性,为后期综合测井创造了条件,并在钻孔内进行了水文地质试验及取岩样作物理力学试验。

1.5 岩土试验

勘测阶段取岩样 163 组。由铁三院、天津地质研究所、中国科学院地质力学所对岩样作矿物鉴定、化学试验、粘粒含量、膨胀量、膨胀压力、吸水率、崩解试验、自由膨胀率、蒙脱石含量等近 30 项试验。经过上述项目试验分析,取得了泥质岩、砂质岩、断层岩的各项试验指标。

1.6 隧道围岩分类专家系统

上机前,根据隧道地区勘察资料建立数据表。根据屏幕提示,将隧道围岩的性质、岩体节理裂隙发育情况,地下水的类型及涌水量,受地质构造影响的程度,岩石的饱和极限抗压强度等输入微机,得出隧道围岩类别判别建议。

2 勘探资料的综合分析

2.1 对泥岩膨胀的分析、研究

在隧道勘察的基础上,查清了洞身通过的岩性为长石砂岩、泥岩、断层构造岩。其中陈家庄组以长石砂岩为主,局部夹泥岩;和尚沟组以泥岩为主,局部为泥岩与长石砂岩互层;刘家沟组以长石石英砂岩为主,局部夹薄层砂质页岩;孙家沟组长石石英砂岩与泥岩、页岩互层。根据定

测前子阶段和定测取样,试验结果见表 1。

表 1 膨胀岩试验指标统计

岩石名称	地层名称	项目名称	粘粒含量 %	蒙脱石占岩石矿物含量	膨 胀 性 试 验				
					自 由膨胀率	无荷膨胀量	0.0125MPa 下的膨胀率	膨胀压力(干燥后浸水)	膨胀性岩样占试验总数
			($<2d$)	%	%	%	%	MPa	%
泥	和尚沟组 P_{1sh}^3	范围值	4.42 }	4.39~9.89	8~35	0.2~25.1	0.25~8.5	0.15~1.55	44
		平均值	20.82 }		19	27.8	1.21	0.61	
		$\geq 30\%$	为 P_{1sh}^1		12.5				
		≤ 1	}			48			
		≥ 1	值 P_{1sh}^1			48	37.4	20.6	
	刘家沟组 P_{2sh}^2	范围值	($<5u$) 7.62 }	5.49~10.57	2.5~38	0.5~8.45	0.2~1.7	0.05~1.63	53
		平均值	31.22 }		18	2.89	2.07	0.74	
		≤ 1	为 P_{2sh}^1			62.5	54.5		
		≥ 1	}					27	
			P_{2sh}^3 值						

从表 1 试验数据分析,小于 2μ 的粘粒含量为 4.22~20.82,小于 5μ 的粘粒含量为 7.62~31.22,蒙脱石含量为 4.39~10.57,自由膨胀率为 2.5~38。依据这些指标判断,结论是,长梁山隧道泥质围岩具有微~弱膨胀性。

2.2 区域断裂的分析

通过地质综合勘探,并将所有勘探资料汇总在一起进行综合分析,查清了该隧道通过盘道梁~华北屯向斜的核部,交角约 55° ,基本与 F_{20-5} 断裂重合,向斜轴在地表面表现不很明显。穿过隧道的断裂共有 33 条,其主要断裂有 4 条(F_5 、 F_{20-5} 、 F_{12} 、 F_{26}),在地质测绘的基础上布置物探测线,反过来,通过物探资料验证,不仅可以使物探资料得到检验和修正,而且两者结合,可以使资料解释深化,从而提高地质资料质量。

隧道进口段,在中线两侧各 300~1 000m 处的沟壁上发现断层露头 10 处,而隧道中线岩石风化严重,确定破碎带宽度困难。采用综合物探法,断层破碎带表现为电阻率低,地震波速慢的特点,经地质作图,推测出隧道中心位置出现断层带的范围。

3 水文地质条件分析

预测施工期间地下水总涌水量为 $21\,749\text{m}^3/\text{d}$,隧道长 12.78km,平均每 km $1\,702\text{m}^3/\text{d}$,属

于地下水发育隧道。运营期间排水量为 $5\,000\sim 7\,000\text{m}^3/\text{d}$ 。

该隧道地下水以基岩裂隙水为主。发育在裂隙、断裂带较多的砂岩中。构造节理延伸较远,张开裂隙充填物一般较少,形成一个连通性较好的含水层。砂岩与泥岩互层地段,泥岩具有相对隔水作用。这样不但影响厚层砂岩的含水条件,而且对砂岩中的地下水上下连通起到了限制作用。因此,局部砂岩中的地下水具有不同程度的承压性,地下水较发育至不发育。

断层带水:从区域上分析,该隧道穿过向斜轴部,向斜中的含水层是远距离补给的,地下水一般沿层面或构造裂隙汇集于轴部,是地下水储存的良好场所。同时,向斜内发育有北东向张性、张扭性断裂,断裂带内为角砾岩,松散结构,成为相对的富水带。以泥岩地层为主的地段,地下水不发育至较发育。地下水富水性不均一,统一的自由水面和相对隔离的孤立的带状水同时存在。隧道分段涌水量见表 2。

表 2 隧道分段涌水量预测

里 程	总涌水量 m^3/d	每公里涌水量 m^3/d	地下水发育程序
DK20+105~DK22+950	2 178	766	地下水不甚发育段
DK22+950~DK25+270	12 499	5 868	地下水很发育段
DK25+270~DK28+020	3 124	1 063	地下水不发育至较发育段
DK28+020~DK30+750	2 813	1 037	地下水不发育至较发育段
DK30+750~DK31+490	1 240	1 664	地下水发育段
DK31+490~DK32+885	757	557	地下水不甚发育段

调查中发现 DK25+085 右 20m 上升泉,泉水从断层带中流出,冯家沟村村民饮用该泉水。施工时,将发生突水,而且地下水位下降,给农业和生活用水带来影响,产生不良环境水文地质问题。

4 隧道围岩分类

对隧道作了弹性波速和钻孔岩芯声波测试,结果见表 3。

表 3 基岩弹性波速与岩芯声波对比

序号	岩 性	基岩弹性波速	岩芯声波测试	围岩分类
1	断层破碎带	$V=2.0\text{km/s}$	$V=1.0\sim 2.1\text{km/s}$	I
2	P_2sh^1 砂岩与泥岩互层	$V=2.1\sim 3.7\text{km/s}$	$V=2.1\sim 3.3\text{km/s}$	II
3	P_2sh^3 泥岩为主	$V=2.7\sim 4.0\text{km/s}$	$V=2.8\sim 4.0\text{km/s}$	III
4	P_2sh^2 砂岩为主	$V=3.7\sim 4.1\text{km/s}$	$V=3.2\sim 4.0\text{km/s}$	IV

将查表、物探、计算机专家系统进行综合分析,确定围岩分类见表 4。

表 4 长梁山隧道围岩分类对比预测方法

查 表 分 析 确 定			物探按弹性波纵波速度划分			
铁路隧道围岩分类			铁路隧道围岩分类			
里 程	长度 m	围岩 类别	里 程	长度 m	V_p (km/s)	围岩 类别
DK20+105~+165	60	Ⅲ	冲沟发育,物探布测线困难			
DK20+165~+210	45	Ⅰ				
DK20+210~+440	230	Ⅲ	DK20+350~+450	100	2.5~4.0	Ⅳ
DK20+440~+500	60	Ⅰ	DK20+450~+600	150	2.0~2.3	Ⅲ
DK20+500~DK21+300	800	Ⅳ	DK20+600~DK21+160	560	2.5~4.0	Ⅳ
计算机专家系统评判			预 测			
铁路隧道围岩分类			铁路隧道围岩分类			
里 程	长度 m	围岩 类别	里 程	长度 m	围岩 类别	
DK20+105~+165	60	Ⅲ	DK20+105~+165	60	Ⅲ	
DK20+165~+260	95	Ⅰ	DK20+165~+260	95	Ⅰ	
DK20+260~+440	180	Ⅲ	DK20+260~+440	180	Ⅲ	
DK20+440~+500	60	Ⅰ	DK20+440~+600	160	Ⅰ	
DK20+500~DK21+300	800	Ⅳ	DK20+600~DK21+300	700	Ⅳ	

从围岩分类对比预测方法中可以看出,同一围岩类别,采用的勘测手段不一样,其围岩类别不完全一样,则采用较低一级的围岩类别。

隧道通过地段,Ⅳ类围岩长 4 100m,占总长 32.1%,Ⅲ类围岩长 6 395m,占整个隧道的 50%,Ⅰ类围岩长 2 285m,占总长 17.9%。

总之,长梁山隧道综合勘测的基本方法是:地质测绘指导物探布置测线;发现地层岩性异常,提出钻孔布位建议;同时地质测绘又结合物探资料进行调查;钻探完成以后,又进行综合测井;使各种手段有机的组合起来,使各种勘探资料互相验证、互相补充,达到提高质量的目的。通过综合勘探和四项专题研究,查清了隧道洞身地段的地层岩性、构造断裂、工程地质、水文地质、环境工程地质特征和不良地质问题。四册专题报告内容较齐全,数据丰富,体现了综合勘探的优越性。

SYNTHETICAL GEOLOGICAL PROSPECTING OF CHANGLIANGSHAN TUNNEL

Zhang Wenxian

Second Sub-institute, Third Survey and Design Institute of MOR, Tianjin 300142

Abstract The Changliangshan Tunnel is a double-tracked tunnel with a special length of 12.78km which is only less than the length of the Dayaoshan Tunnel in China. The tunnel is situated in the boundary region of Ningwu and Yuanping of the Shanxi Province, crossing the southwest terminal of the Hengshan Mountain which is the watershed of the Sanggan River and the Hutuo River. This mountain section is a medium-low mountainous area with multipeaked hills, steep slopes, crisscross gulleys and the relative difference of heights nearly 400m. The synthetical geological prospecting methods have been introduced in this paper. By applying the various prospecting data, four special research subjects are developed and useful results are obtained.

Keywords tunnel; geology; synthetical prospecting

京九铁路武汉联络线铺通

1994 年 12 月 25 日,京九铁路武汉联络线举行铺通庆典。

铁道部部长韩杼滨、副部长孙永福和湖北省常务副省长李大强等有关方面的领导参加了庆典仪式。

武汉联络线起于京九铁路阜九段的麻城区段站,经麻城、红安、黄陂,在横店车站与京广线接轨。全长 82.46km。武汉联络线在路网中地位十分重要,它从中段连接京九、京广两大干线,大大增强了路网的机动性。这条铁路的早日铺通,对于加快阜九正线的建设,促进沿线地区经济发展,加速大别山革命老区脱贫致富有着重要意义。

武汉联络线是由铁道部第四设计院设计,中国铁路工程总公司实行施工总承包。自 1993 年 3 月 21 日开工以来,参加施工的铁五局和郑州局武汉工程总公司近万名铁路建设者,冒严寒、战酷暑,日夜奋战,经过 21 个月的顽强拼搏,顺利地完成了线下主体工程。为了早日铺通武汉联络线,承担铺架任务的铁道部第五工程局新运处的干部职工,自 1994 年 10 月 1 日正式开铺以后,没有休过一个星期天,一个节假日,风餐露宿,日夜奋战工地上。在工程总公司阜九指挥部精心组织协调和线下施工单位的紧密配合下,仅用了 86 天就铺通了该联络线。武汉联络线的提前铺通为阜九段由麻城向南北铺架打开了通道,为阜九段提前铺通奠定了基础。

(林 芳供稿)