

物探技术在军都山隧道施工中的应用

铁道部第三勘测设计院 郑传泰 郝 明

军都山隧道是大秦铁路的重点工程。在开挖过程中,出现了严重的“突泥突水”现象,致使施工一度中断。部基建总局要求采用物探技术迅速探出未开挖部分的地质构造情况。

一、隧道地质概况和采用的物探方法

测区位于燕山山脉中段南侧,属中山区。山坡自然坡度一般在 30° 左右,个别地段达 45° 以上。

在工作段内地层主要为侏罗纪多次喷发的火山岩。属中性火山岩,主要有安山质、粗安山质的凝灰岩,凝灰熔岩和熔岩,还发育有安山斑岩和花岗岩。测区内山坡多为茂密的灌木覆盖,局部及沟谷地带有基岩出露。隧道洞身距地表最大深度达600m。

我们投入了反射波法、折射波法及高密度电法等综合物探方法,并适当进行地质调查。这几种方法相互取长补短,相互验证,组成了较完整的综合勘探程序,取得了较好的效果。

二、地震勘探

折射波法:首先做了最佳炮检距,最佳激发和接收条件及仪器工作参数选择的试验工作。在此基础上设计了观测系统。采用10m检波距最大炮检距为1160m。

为了尽量增加勘探深度,改善激发条件,我们把主炮点设在山沟内。主炮点与分水岭高差达110~290m。从而使折射波的最大勘探深度可达250m以上。

在实施中,我们采用了表层剥去法观测系统,观测中采用大互换,远追踪。每个排列保持三次以上的追踪。考虑到为反射波数据处理的静校正提供各层速度值,尽量加密炮点,在地形变化点处一般也都增设炮点,以保证准确及尽可能地消除地形影响。

解释中首先检查时距曲线的平行性,连接点及互换时,以保证资料可靠的对比性。解释方法采用了表层剥去法。根据实际规律,我们按四层解释。异常点处,注意其地形变化,若凹形地形,在平行测线两侧再设排列,以保证异常的准确性。折射波解释结果见图1

地震反射波法:做了一定正演计算和较多的试验工作,以确定最佳偏移距和仪器工作参数。我们采用6次覆盖观测系统,考虑到地形变化大,计算机处理技术等方面问题,没有采用组合检波。为了使激发能量尽可能往下传播,每个炮点上压放若干草袋土。

所采集的数据,用“IBM-3081”型计算机处理。

由于本区系火山岩地层,没形成明显的速度界面,断层又是高倾角的,加上小构造及节

理裂隙发育,至使最后结果的时间剖面不尽理想。但这必竟是一次有意义的山区反射试验。

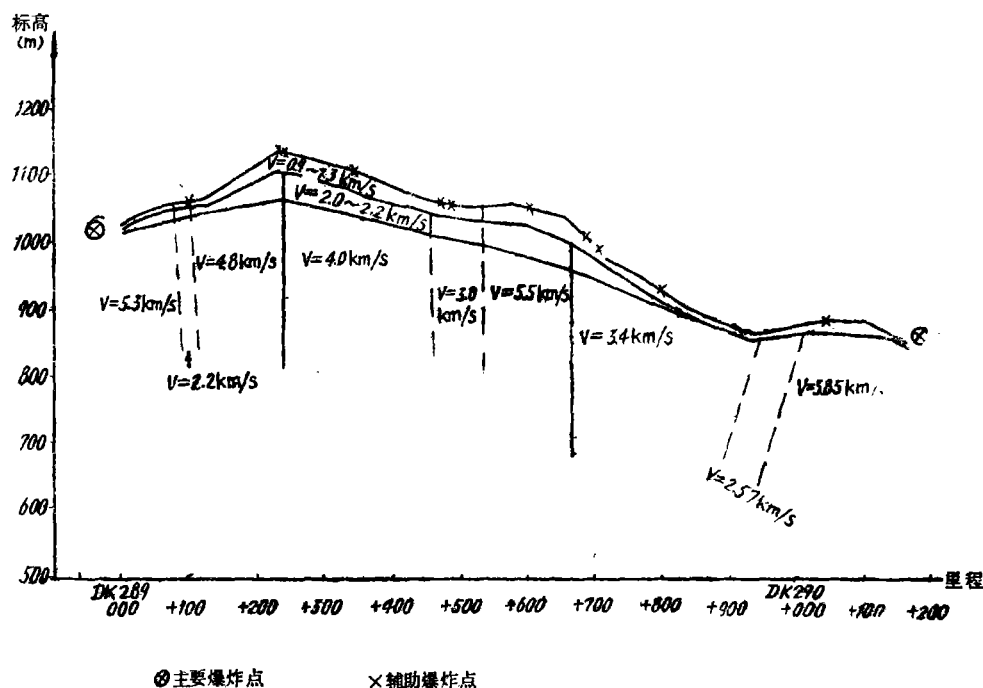


图1 折射波解释结果

三、高密度电法与电剖面信息论

我们只有400m长,相邻极距为10m的辫子线。为了争取工期,对于 $AB/2 \leq 150m$ 的用辫子线测量,点距和相邻极距之差都选为20m。即测量了 $AB/2$ 为30m, 50m, 70m, 90m, 110m, 130m, 150m各个读数(用辫子线测量,也可组成不同的装置,这次仍用过去做过的温纳尔装置);对于 $AB/2 > 150m$ 用梯度装置的四极对称电测深测量,测深点距和相邻电极距之差都为40m,测量了 $AB/2$ 为180m, 220m, 260m, 300m, 340m, 380m, 420m各个读数。本应再测深些,因工期紧,只做到记录点深度在施工最关心部位达到隧道洞身。

记录点深度取为 $AB/3$ 。是基于通常理论上为勘探深度近似于 $AB/3$ 。而实际上,勘探深度和电测深的曲线类型有关。笔者从多年解释电测深实践中发现,电测深曲线,特别是假类型曲线特征点的 $AB/2$,在不少情况下很接近该特征点所反映的层面的解释深度。所以在军都山隧道高密度电法中把记录点深度定为 $AB/2$,而且记录点定在通过MN中点的垂直线上。为了对比,还按日本地质计测株式会社定记录点方法另画一种等 ρ_s 曲线图。结果两者深部差别较大。按我们做法勾出断层产状较陡,在洞身处和实际挖出的断层位置较吻合,而后一种方法勾出的断层产状较缓,浅部和实际情况差别不大,深部有一定差别,在洞身处与实际断层竟相差达100m以上。

从断层的直流电法反映的一般规律来看,常见的有两种情况:一种是断层两边都是高阻

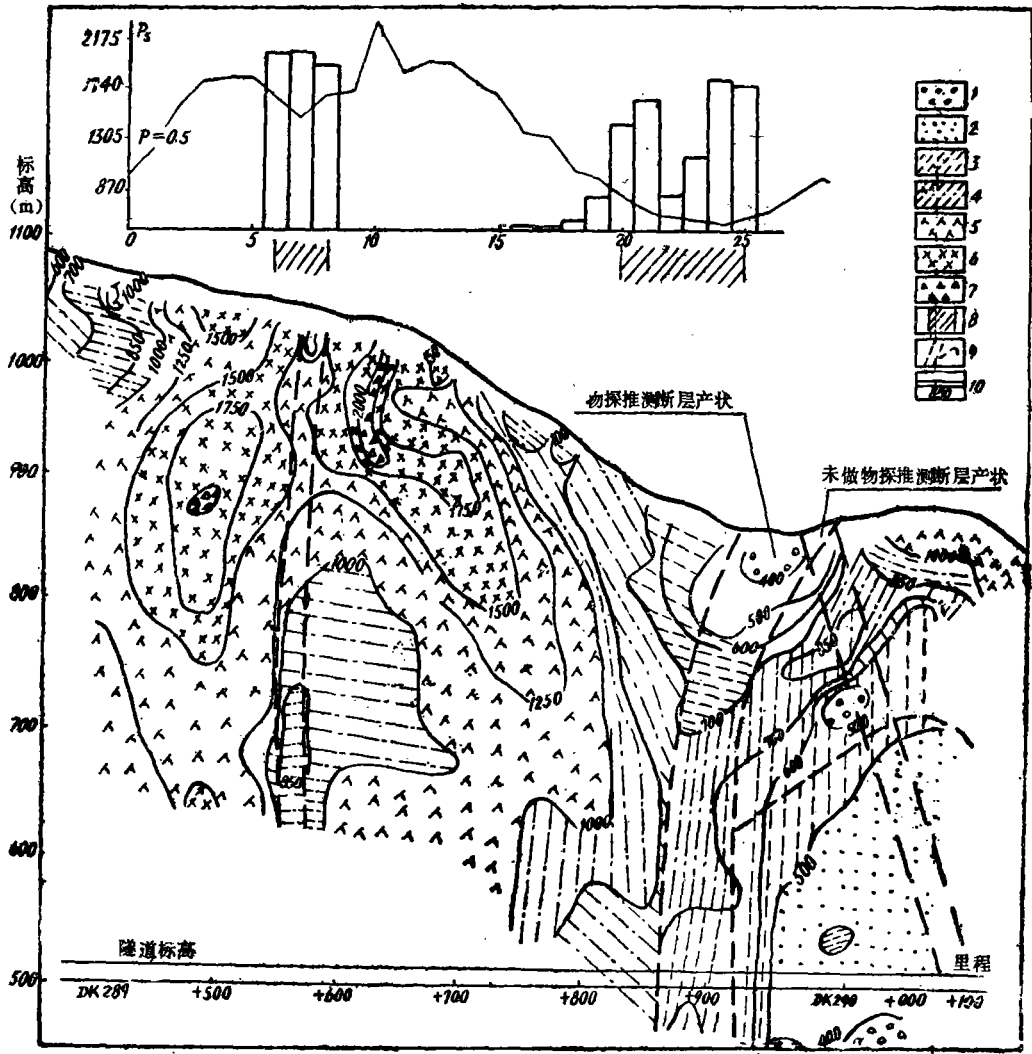


图2 高密度电法及电剖面信息论成果

1— $<400\Omega \cdot m$; 2— $400-500\Omega \cdot m$; 3— $500-700\Omega \cdot m$; 4— $700-1000\Omega \cdot m$; 5— $1000-1500\Omega \cdot m$;
6— $1500-2000\Omega \cdot m$; 7— $>2000\Omega \cdot m$; 8—电剖面信息论定的破碎及裂隙发育带; 9—推断的断层及安
山斑岩界线; 10—隧道及横坐标(m)

岩层。这样断层为相对低阻反映,明显时可形成联合剖面正交点,电测深等 ρ_s 曲线也会出现两边高阻中间相对低阻的“八字形”;另一种是断层一边是高阻岩层,另一边是低阻岩层,这时即使断层电阻率低于阻岩层,但是当两者差异不很大,且断层宽度也不很大时,断层在电剖面及电测深等 ρ_s 曲线上,往往也只出现类似于界面的反映。

在日本,不同的公司,高密度电法的装置及解释方法也不一样,地质计测株式会社用温纳尔装置,把电阻率按大小分为5个等级,用不同颜色表示电阻率范围,按低阻找断层。日本国铁等单位,采用偶极装置用“八字形”等 ρ_s 曲线定断层。从上述分析可以看出:这两种方法都有一定片面性。这次我们不采用将 ρ_s 值分为5级的做法,并且把某一深度的 ρ_s 值用带一

定放大系数的电剖面信息论处理,以帮助发现断层。从图2可看出:定出的二条断层中,左侧那个,电阻率并不低,但有“八字形”等 ρ_s 曲线;右侧那个,上部反映出低阻,底部呈界面反映电剖面信息论处理对二个断层都有反映,它对找断层及确定断层宽度较有效。

四、工程地质评价

通过上述几种方法的综合分析,在此成果的基础上,对测区内隧道洞身围岩的工程性质做出总的评价,然后对物探异常点做重点地质调查。

依据《铁路隧道设计规范》,进行了洞身弹性波围岩分类的尝试。从已知段到未知段逐段划分围岩类别。并依据综合物探资料分析结果,对测区内隧道围岩的工程地质性质进行分段评价。

隧道贯通后,我们到军都山隧道工地进行了回访。开挖结果证明,物探确定的400~600 m深隧道洞身处的二处断层位置较准确。在工程地质评价上,物探也有一定效果(见表1,表2)。

军都山隧道物探总的评价表 表1

总的评价	物探结论	整个测区波速及电阻率均偏低,围岩类别属中等。除已发生突泥突水段外,并无类似较大规模异常
	验证结果	除突泥突水段外,围岩类别多为Ⅲ~Ⅳ类,个别地段可达Ⅴ类,无较大规模断层。

军都山隧道弹性波围岩分类及岩性评价 表2

里 程		DK289+115 ~+135	+115~+240	+240~+450	+450~+518	+518~+670	+670~+800	+800~+908
地震波速km/s		2.2	3.5	4.0	3.0	5.5	3.4	2.57
物探结论	弹性波围岩分类	Ⅲ	Ⅲ-Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ-Ⅳ	Ⅲ-Ⅳ
	岩性评价	围岩破碎或裂隙发育	节理发育	节理发育	小构造及裂隙发育,裂隙水较发育	节理较发育至不发育	节理发育	断层影响带及主断层(即突泥突水段)
验证结果	围岩分类	Ⅳ	Ⅳ-Ⅴ	多为Ⅳ类局部Ⅴ类和Ⅲ类	Ⅲ类占72% Ⅳ类占28%	Ⅲ-Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ-Ⅳ
	地质描述	围岩破碎裂隙发育,但自稳性较好	节理发育	节理发育	小构造及裂隙均发育裂隙水较发育	节理发育	节理发育	断层及影响带(即突泥突水段)