

以达坂城隧道为例谈长隧道的综合地质勘察

钱伟平, 闫 渊

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 陕西 西安 710043)

摘 要: 长 4 580 m 的兰新第二双线达坂城隧道工程地质勘察, 采取综合勘探方法克服了工期紧迫、地形地质条件复杂的困难, 在较短时间内取得了高质量的地质勘察资料, 保证了隧道设计的如期进行。以此为

关键词: 长隧道; 综合勘探; 达坂城隧道

中图分类号: U452.1⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1671-1211(2009)S1-0022-04

1 概况

拟建兰新第二双线达坂城隧道位于新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市达坂城区境内, 进口位于吐鲁番盆地西北边缘白杨河右岸的天山脚下, 出口位于达坂城东南 6 km 处盐湖—柴窝堡山间洼地的边缘。隧道洞身地形呈锯齿状起伏, 沟梁相间, 坡面陡峻且风化破碎严重, 地面高程 1 034 ~ 1 376 m, 相对高差 30 ~ 350 m, 地形困难, 交通不便。隧道全长 4 580 m, 最大埋深 282 m, 属双线长隧道。

2 隧道地质条件

2.1 地形地貌

达坂城隧道在吐鲁番盆地西北边缘的白杨河河谷区穿越北天山主脉博格多南部山脉进入达坂城—柴窝堡山间盆地。洞身地形起伏、沟梁相间, 基岩裸露, 坡面陡峻, 地形起伏较大。地面高程 1 034 ~ 1 376 m, 相对高差 30 ~ 350 m。进口地形陡峭, 自然坡度 40° ~ 60°; 出口地形相对平缓, 自然坡度 30° ~ 50°。洞顶发育三条冲沟均为季节性的泥石流沟, 每年除了在较大降雨时有地表洪流外, 平时干枯无水。

2.2 气象地震

隧道所在为两个亚气象单元的分界带, 进口区属大陆性中温带极干旱气候区: 最热月平均气温 32.7, 极端最高气温 47.7, 极端最低气温 - 28.0, 多年平均降雨量 16.2 mm, 年最大降雨量 48.4 mm, 年最大蒸发量 3 608.2 mm; 出口区属大陆性中温带干旱气候区: 最热月平均气温 24.1, 极端最高气温 42.1

, 极端最低气温 - 41.5, 多年平均降雨量 271.4 mm, 年最大降雨量 419.2 mm, 年最大蒸发量 2 663.4 mm, 进出口气象特征差异较大。隧址尤其出口位于达坂城风区, 常年多风, 风向以 WNW 至 NW 最多, 风力大, 年平均风速一般为 6.2 m/s, 最大定时风速 34 m/s, 最大瞬时风速 40.7 m/s, 年均大风日数 (8 级) 156.8 d。

根据 1:400 万《中国地震动参数区划图》(GB18306—2001), 本工点地震动峰值加速度值为 0.10 g (相当于地震基本烈度为 7 度), 地震动反应谱特征周期为 0.40 s。

2.3 地层岩性

隧道通过地层单一: 进、出口及隧顶冲沟内分布有第四系洪积角砾土, 洞身地层均为石炭系中统凝灰质粉砂岩, 其岩性特征详述如下:

(1) 第四系洪积细角砾土 (Q_4^{pl6}): 分布于隧道进、出口坡面及洞顶冲沟中, 厚度 7 ~ 30 m, 灰褐色, 尖棱状为主, 成分为凝灰质粉砂岩, 粒径 2 ~ 20 mm 的约占 50% ~ 60%, > 20 mm 的约占 20% ~ 30%, 余为粉黏粒及杂粒砂充填。表层 1 ~ 3 m 稍密, 以下中密, 稍湿—潮湿, 级普通土, $\sigma_0 = 300 \sim 400 \text{ kPa}$ 。

(2) 中石炭统凝灰质粉砂岩 (C_2^{sc}): 灰绿夹紫红色、灰黑色, 中薄层构造, 粉砂状结构, 岩质较硬, 受构造影响严重, 节理、裂隙较发育, 岩层被切割成块状, 岩体较破碎, 局部有 20 ~ 50 cm 宽的硅质岩脉体贯穿。表层强风化层厚 15 ~ > 20 m, 级软石, $\sigma_0 = 600 \sim 800 \text{ kPa}$; 以下弱风化层 级次坚石为主, $\sigma_0 = 800 \sim$

收稿日期: 2009-06-08

作者简介: 钱伟平 (1957-), 男, 高级工程师, 岩土工程专业, 从事铁路工程地质工作。E-mail: ytcqwp@163.com

1 000 kPa。层理产状: N84 W/S,洞身段为 N75 °~85 ° W/51 °~73 S。主要发育四组节理:

N14 °~22 W/56 °~57 N,间距 15~20 cm,较平直,闭合—微张,延伸 0.5~2 m;

N34 °~86 E/52 °~70 N,间距 10~25 cm,较平直,闭合—微张,延伸 0.8~2 m;

N12 °~19 W/35 °~77 S,间距 8~12 cm,较平直,微张,延伸 0.5~5 m;

N16 E/76 S,间距 25 cm,平直,微张,延伸 3~5 m。

2.4 地质构造

本区属天山褶皱系博格多复背斜南翼,走向大致东西,岩层南倾。构造带内出露有晚古生代—新生代的地质层。区内新构造运动明显。隧道出口段发育有达坂城—柴窝堡盆地与依连哈比尔尕山的分界断层 F₉,断层东起达坂城东南,沿达坂城—柴窝堡盆地南缘呈近 EW 向西延,断层全长逾 100 km,断层倾向南,为压性逆断层。受该断层影响,隧道尤其是出口段岩体普遍较为破碎,并有次级小断层和节理密集带间隔发育。

2.5 水文地质

隧道工程区有白杨河贯穿,常年流水,因隧道进、出口高于白杨河 30 m 以上,故河流对隧道不构成影响。隧道洞顶的冲沟为季节性流水沟,山高、沟深、坡陡,“V”型,植被覆盖差,平时干枯无水,在有较大降雨时,沟谷内往往形成洪流,对浅埋的隧道可能会构成影响。

隧道洞身在穿越断层破碎带,褶皱带,节理密集带、岩性接触带等地段时,可能会有地下基岩裂隙水的影响,雨季在穿越地表冲沟地段时,也会有地下水沿基岩裂隙水入渗影响施工,由于本区气候干旱,降雨量较小,预计地下水水量不大,不会对施工及安全构成大的影响。

3 隧道地质勘察

3.1 勘察过程

兰新第二双线于 2008 年四季度正式提上日程,随即于 2008 年 11 月中旬展开全线初测。由于进入冬季,隧道的初测是在充分搜集利用附近既有铁路勘察资料和图上深入研究、现场区域调绘的基础上,采用工程地质调绘为主、钻探、取样、测试辅助的手段在基本确定的推荐方案和主要比较方案上开展工作。期间,完成了三个隧道方案的区域地质调查和两个隧道方案的浅孔和深孔钻探、取样、测试。参见图 1。隧道方案上,采用工程地质调绘、综合物探、浅孔与深孔钻探、取样试验、综合测试相结合的综合勘察手段,及时、圆满地完成了任务。本次结合地质调绘首先在隧道进、出口及洞身浅埋段布置钻孔 18 个,同时沿隧道洞身运用 V8 音频大地电磁探测手段进行了贯通探测(详见图 2),在此基础上布置 >100 m 深孔 6 个进行验证、核对,收到了良好的效果,查明了隧道的工程地质、水文地质条件,比较合理地划分了隧道的围岩级别^[1]。

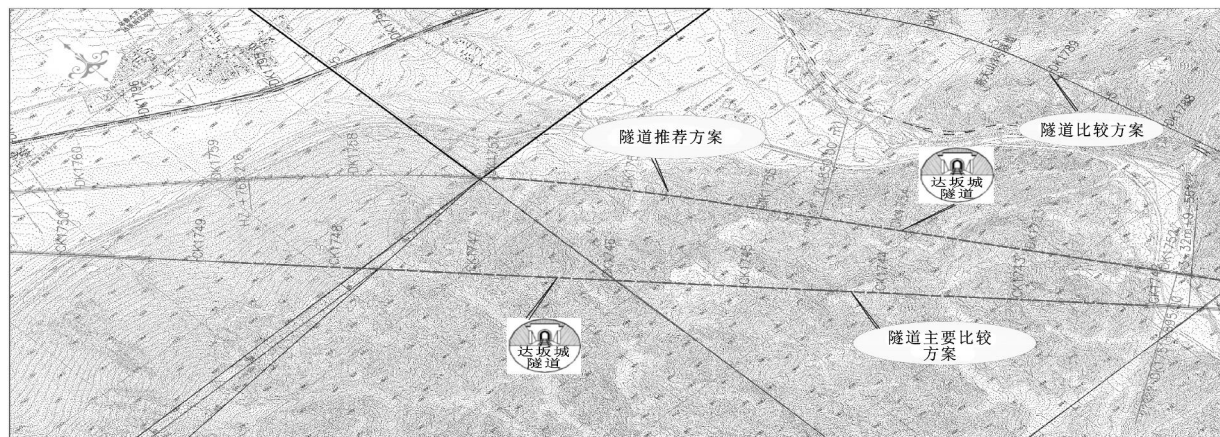


图 1 达坂城隧道方案比选示意图

3.2 勘察效果

3.2.1 围岩级别划分

在进行 V8 音频大地电磁探测前的初测阶段,隧道围岩级别的划分通常按区域地质调绘、结合隧道地表地形、围岩岩性、隧道埋深、地质构造、水文地质条件等

分析进行,随意性大,往往缺乏合理根据。

在进行 V8 音频大地电磁探测后的定测阶段,隧道围岩级别划分基本依据 V8 二维反演断面图结合钻探资料进行:将隧道洞身通过的电阻率 = 100~250 Ω·m 的兰色区域划分为 II 级围岩,计 1 010 m/6 段,占隧道总

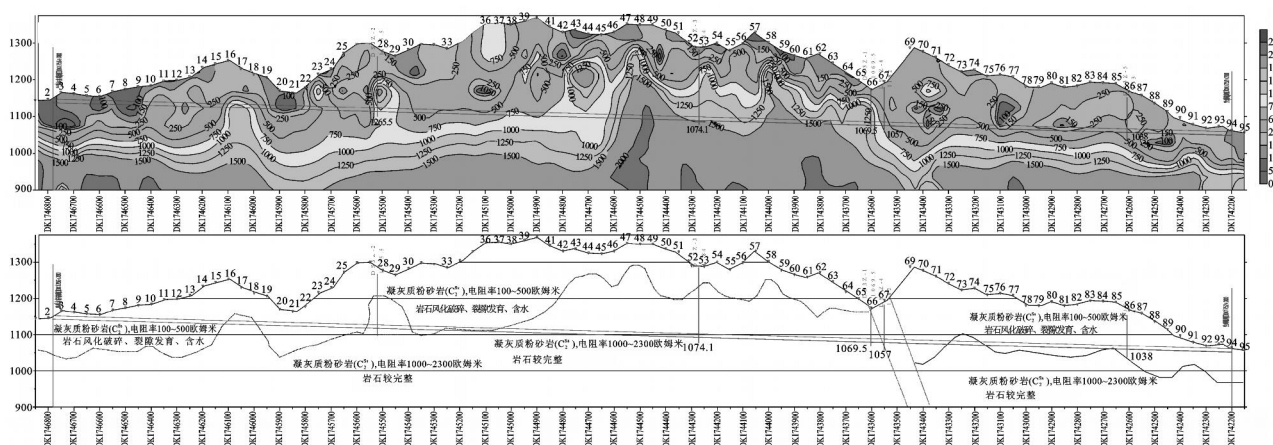


图2 大阪城隧道音频大地电磁法 (AMT) 二维反演及物性地质断面图 (1:5000)

长的 22.05%; 将电阻率 $= 250 \sim 750 \Omega \cdot m$ 的绿色区域划分为 I 级围岩, 1930 m/8 段, 占隧道总长的 42.15%; 将电阻率 $> 750 \Omega \cdot m$ 的橘黄色区域划分为 II 级围岩, 1640 m/3 段, 占隧道总长的 35.80%。据此划定的各级围岩的长度和比例, 与附近既有兰新线提速改造的 3 座长隧道施工变更后的相近。从而, 减少了围岩划分的盲目性, 增加了合理性、可靠性^[2]。

3.2.2 解译验证断层

针对 V8 二维反演及物性地质断面图的解译成果, 又布 5 个深孔 2 个浅孔进行验证: 电阻率 $= 100 \sim 250 \Omega \cdot m$ 兰色区域的岩心, 风化破碎, 颜色变化, 主要呈

角砾土状; 电阻率 $= 250 \sim 750 \Omega \cdot m$ 绿色区域的岩心, 构造破碎, 原岩颜色, 岩心碎块状为主, 部分短柱状; 电阻率 $> 750 \Omega \cdot m$ 橘黄色区域的岩心, 相对完整, 原岩颜色, 岩心 30 ~ 50 cm 柱状为主。

为判定物探解译出“断层”的存在, 在洞身地表的断层范围先后钻探 2 个深孔, 相距约 50 m (参见图 2), 结果 1 孔钻进 40 m 便进入岩心呈柱状的完整岩层中, 另一孔钻至 122.4 m 进入岩心呈柱状的完整岩 (参见图 3)、该孔岩芯主要呈碎块状的破碎岩层, 从而证实了物探解译“断层”或完整基岩陡坎的存在, 肯定了由此附近划分 I 级、II 级围岩的合理性, 提高了深孔钻探的目的性。

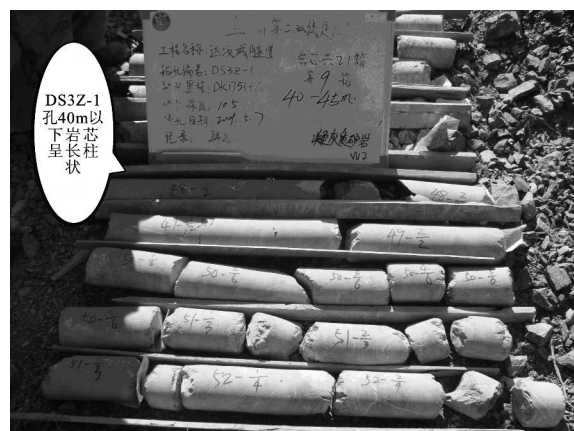


图3 隧道洞身物探“断层”两深钻孔不同深度的岩心对比

4 关于长隧道的综合地质勘察

以达坂城隧道为例, 结合之前南疆铁路吐库二线中天山特长隧道 (22 467 m)、兰新铁路兰武二线乌鞘岭特长隧道 (20 050 m) 等的地质勘察经验, 对长隧道、特长隧道开展综合地质勘察工作作以下探讨:

4.1 初测前加深地质工作

地质条件复杂的长隧道、特长隧道所在越岭地段, 有条件时应酌情尽量安排初测前加深地质工作, 没有条件时也应先于其它专业及早安排区域地质调绘和综合地质勘察工作, 为越岭线路的方案研究和越岭隧道的方案比选打好基础。

加深地质工作应利用高精度卫星遥感影像视域宽阔、信息直观、传递迅速的特点,通过室内研判,从宏观上掌握线路及隧道工程区的地质条件和控制线路与隧道的重大不良地质问题;通过大面积详细区域地质调绘,核对并进一步落实区域地质条件,结合必要的综合物探和工程钻探,初步了解越岭隧道范围内的工程地质、水文地质条件,对各个线路与越岭隧道方案的工程地质条件进行评价。

4.2 地调为基础、物探作先导

地质调绘是工程地质工作中可谓原始的工作方法,但也是必不可少和最有效的方法,是工程地质勘察工作的基础。在室内进行了航片、卫片遥感判释后的现场地质调绘,针对性和目的性更强,在山区地形地质条件十分困难的情况下,对合理确定调查路线,准确圈定地层岩性的分布范围、查明各岩层之间的接触关系及产状,查明控制和影响线路方案的各种不良地质现象,查明线性构造的属性和断裂层构造的证据,进而确定断裂带的分布范围、宽度、破碎程度与影响宽度,为后续开展的物探工作与钻探工作做好铺垫、打好基础。

综合物探,尤其是高精度、大纵深的 V5 或 V8 大地音频电磁探测在地质条件复杂的山区越岭段和特长隧道地质勘察中,是伴随勘测必须开展的一项工作,更是工程地质勘察、各种勘探手段的先导。策划和开始于越岭线路和特长隧道方案基本确定、深孔钻探实施之前。沿隧道洞轴贯通的 V5 或 V8 大地音频电磁探测和与在洞身断带、岩带、富水带、节理密集带、地表沟槽等部位及 V8 探明的低阻异常区辅助使用的其它方法(如电法、震法、瞬变电磁等)配合进行往往能收到良好的效果,并且能相互验证、取长补短,解决物探手段多解性问题。

4.3 深孔钻探、综合测试

在详细地质调绘与大量综合物探工作的基础上,根据初步探明的断带、岩带、富水带、节理密集带、地表沟槽等的分布和重要的地层控制点、岩性变化不明点、物性参数异常点等,结合钻探目的、工期要求、道路交通、修路难易和钻孔深度、孔内测试工作要求等,综合

考虑共布置深孔钻探。

每个深钻孔除钻探造孔外,尚需根据地层岩性的不同和需要采集岩、土、水样,确定岩土的物理力学指标和判定水的侵蚀性;策划和设计进行物探工程测井、水文测井等综合测试,如井径、井斜、井温,采用放射性测定岩石密度,地震测井测定岩石的完整程度,水文测井测定地下水流向、流速等;根据需要进行抽水或提水、压水或注水试验,确定地层的孔隙率和渗透系数;必要时开展孔内水压致裂地应力测试,确定围岩的地应力大小和方向。

通过深钻孔内的各项测试、试验,详细查明洞身围岩工程性质、物性参数、完整性、富水性、放射性、地应力、水量、水质等定量指标,必要时为常规钻爆法与 TBM 施工的工法研究进行诸如石英含量、耐磨性、可钻性等特殊指标的实验。从而达到一孔多用的目的。

5 结语

随着隧道施工机械和施工技术的发展进步,长隧道、特长隧道工程必将越来越多。地质条件复杂的长隧道工程勘察由于其重要性及复杂性,须采取有别以往的勘察方法与手段——即综合地质勘察的方法。

在时间、工期允许的情况下,应考虑进行初测前加深地质工作。采取多种方法、手段开展综合地质勘察。只有将多种方法、各种手段很好的加以利用,才能更好、更快地做好长隧道、特长隧道的地质勘察工作。

长隧道、特长隧道综合地质勘察,应该循序渐进,推崇充分搜集、分析、利用既有资料,深入开展区域和工程地质调绘,充分发挥各站物探手段尤其 V8 大地音频电磁探测手段效果,在此基础上,有针对性布设钻孔,有目的地开展深孔钻探和孔内测试工作的综合地质勘察方法,以更快、更好地开展越岭段长隧道、特长隧道的地质勘察工作。

参考文献:

- [1] 闫渊. 达坂城隧道工程地质勘察报告 [R]. 2009.
- [2] 韩永琦. V8 大地音频电磁探测物探报告 [R]. 2009.