

西秦岭特长隧道综合地质勘察效果分析与评价

高勤运

(中铁第一勘察设计院集团有限公司 陕西省铁道及地下交通工程重点实验室,西安 710043)

摘要 兰渝铁路西秦岭特长隧道地质条件复杂,岩溶、活动断裂、高地应力等工程地质问题突出。文章采用综合地质勘察技术,评价和预测了围岩特征、构造与地应力、地下水与岩溶等情况,与隧道施工揭示的地质情况进行对比,评判了地质勘察效果,分析了勘察效果与施工揭示情况有出入的原因。在此基础上,提出了长大深埋隧道勘察中应注重区域地质构造背景的分析研究、尽量开展钻探验证、扎实做好水文地质抽(压)水试验等建议。

关键词 深埋特长隧道 综合地质勘察 围岩 构造 地下水 评价

中图分类号:U455 **文献标识码**:A

1 引言

近年来,随着隧道设计理念、施工技术及施工装备的不断进步与发展,出现了很多大断面、深埋特长隧道^[1],对地质勘察工作提出了越来越高的要求。目前国内长大深埋隧道多采用以遥感判释为基础,地质调绘、综合物探为主,辅以钻探、测试等的综合地质勘察方法^[2,3]。兰渝铁路西秦岭特长隧道因地形地质条件复杂、埋深大、采用TBM施工等因素,也使用了综合地质勘察方法^[4],摸清了隧址区的岩性、断裂、地下水、地应力、地温等宏观控制因素,总体技术、经济效益显著。基于工程实践,对比勘察与施工揭示的地质条件,评判、研究勘察效果,总结经验与教训,对提高地质认知能力、拓宽勘察思路、选择合理勘察手段、推动勘察技术进步十分重要。

2 工程概况

西秦岭特长隧道地处甘肃省陇南市秦岭高中山区麻崖子梁,是我国已建成穿越秦岭最长的隧道,左线全长28 236 m,右线28 234.84 m,线间距40 m,最大埋深约1 250 m。该隧道通过秦岭褶皱系之南秦岭冒地槽褶皱带,洞身地层主要为石炭系、泥盆系、下元古界灰岩、千枚岩、砂质千枚岩、变砂岩,构造及

构造裂隙水发育,岩溶、活动断裂、高岩温、高地应力是隧道面临的主要工程地质问题。

3 勘察方法与成果

采用综合地质勘察方法,同时注重选取先进、成熟、有效的勘探手段。通过提升地质调绘、勘探的质量、效率和精度,综合分析成果资料,为隧道合理设计、安全施工提供保障。

3.1 综合勘察手段的应用

兰渝铁路穿越秦岭地区,山高坡陡,高程多在1 000~2 400 m之间,相对高差约为1 300 m,沟谷深切,多呈“V”字型,植被发育,人烟稀少,交通十分不便。勘察伊始,充分利用遥感图像视域广阔、信息丰富等特点,采用ETM7卫星数据和1:1万黑白航片,对隧道通过区地形地貌、地层岩性、地质构造及大型不良地质等宏观地质背景进行了分析。

野外调绘是地质勘察的最基本工作,也是关键工作。在区域地质资料和遥感判释图的基础上,采用剖面调查和界线追踪相结合的方法,累计完成近90 km²的工程地质调绘及相应的1:50 000,1:10 000和1:2 000的平面图,各类地质点368个,岩体体积节理数(J_v)统计点31个,对隧道通过区岩性、构造、

修改稿返回日期:2018-09-21

作者简介:高勤运(1971-),男,教授级高级工程师,主要从事地质勘察设计工作,E-mail: gqy5502@163.com.

富水情况及不良地质现象进行了详细核实、验证,为深入认识和评价隧道地质条件、统筹安排综合勘探与测试奠定了基础。

综合物探技术是进行大面积调查和深部探查的主要手段,具有“点、线、面结合,深浅结合,多层次,多参数”的立体化优势,能够做到对各种工程地质问题的相互印证,减少误判,提高效率^[5]。根据西秦岭特长隧道地形条件、埋深及地质调绘结果,共布置可控源音频大地电磁法(CSAMT)约14.3 km、音频大地电磁法(AMT)2.25 km、高频大地电磁法(EH4)10.2 km、高密度电法和折射波层析法(地震勘探)28.3 km进行测试,最大化地获得了隧道深部的地质信息,经合理、准确地解译,得出了隧道的宏观地质条件。

钻探是隧道深部探查最直观的手段,也是其它孔内原位测试、水文地质测试、综合测井的基础。在对比分析及评判遥感、地质调绘及综合物探成果后,需在代表性地段,如岩层分界线、断层破碎带、不整合接触带、各种不良地质体、地下水富集带及物探异常带等处布置钻孔进行验证,并贯彻“一孔多用、综合测试分析”的原则,利用深孔进行包括视电阻率、自然电位、水文、声速、自然伽玛和密度测井及井温测量、抽提水试验,必要时开展地应力测试,以获取洞身各地层的物性参数、水文地质参数及区域应力场特征等资料。西秦岭隧道共完成浅孔606 m/13孔,深孔3563 m/7孔(其中岩性控制3孔、断裂带3孔、不整合接触带1孔),并在2个深孔中进行了地应力测试,还完成了23组岩石试验工作(其中14组为TBM施工岩石试验)。

上述地质勘察工作流程完成后,进入资料综合分析、整理阶段。该阶段着重分析各种资料之间的关联性,进行相互验证,做到宏观控制与微观分析相结合,力求对各种地质现象做出合理解释。

3.2 勘察成果

勘察成果表明,西秦岭隧道主要通过3个时代的6套地层(图1),以白马-贾昌-临江-康县区域

全新活动断裂(f_6)为界,北侧为泥盆系灰岩、千枚岩(占全隧的23.76%);南侧以下元古界砂质千枚岩、变砂岩及千枚岩夹变砂岩为主(占68.84%),仅局部出露石炭系千枚岩;其余为断层破碎带,Ⅱ级、Ⅲ级围岩占55.1%;洞身穿越5条断层($f_{54}, f_6, f_{55}, f_{59}, f_{60}$)、5个小褶皱(均发育于下元古界地层中),断层破碎带宽约1390 m;地下水主要为构造裂隙水和岩溶裂隙水,最大总涌水量为124807 m³/d,断层发育地段、节理密集带、岩溶发育区是地下水主要储水场所,也是产生集中涌水、突发性涌水的主要地区;地表灰岩有小范围溶蚀地貌,无溶蚀洼地、泉水等地下岩溶发育特征,为弱发育的岩溶,形成大型岩溶水的可能性不大,不会出现大的突涌水(泥)地质灾害;实测地应力显示本区以北西向构造应力为主,处于高地应力状态,灰岩、变砂岩等硬质岩可能会产生中等以上岩爆,断层带中可能出现收敛、片帮剥落等变形破坏。此外,隧道区属地热正常地带,7个深孔(最深810 m)内的测温为13.14℃~21.87℃,没有出现高岩温现象。除部分较破碎的岩体和断层带以外,全隧工程地质条件总体上较好, f_6 断裂以南的下元古界地层适宜采用TBM施工(不含 f_{55}, f_{59}, f_{60} 断层破碎带)^[6,7]。

4 施工与设计对比

根据隧道施工揭示的地质条件及施工中出现的工程地质问题,重点在隧道围岩级别、构造与地应力、地下水与岩溶等方面与设计进行了对比。

4.1 围岩级别

开挖揭示地层岩性与设计基本相符,由于受区域构造及地应力影响,局部段落岩体较为破碎,稳定性较差,甚至发生了较大变形。

石炭系砂质千枚岩南、北两侧以断层与下元古界变砂岩、千枚岩夹变砂岩接触,呈浅灰-青灰色,千枚状薄层构造,为软质岩,较完整,以Ⅲ级围岩为主,Ⅳ级围岩次之。该段共长643 m,采用钻爆法开挖。施工揭示与设计一致,层间结合良好,负变更长

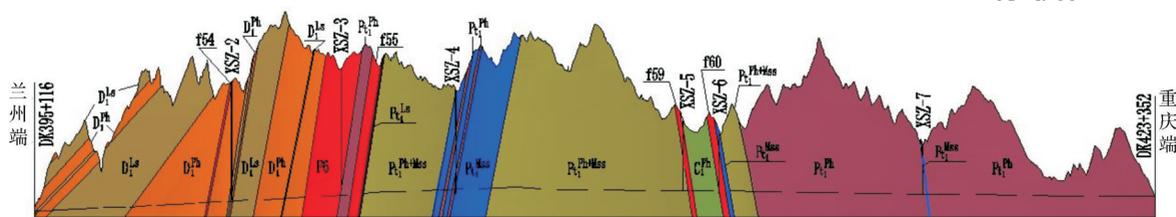


图1 西秦岭隧道地质纵断面示意

Fig.1 Geological profile of the West Qinling tunnel

度为110 m。

泥盆系灰岩、千枚岩分布于 f_6 断层以北,总长为6 710 m,其中灰岩段长2 848 m,千枚岩段长3 862 m,采用钻爆法开挖。灰岩段露头处自然山坡多呈直立状,产状稳定,石质坚硬,层间结合紧密,完整性较好,为Ⅱ级、Ⅲ级围岩,开挖揭示大多数地段与设计相符,仅一小段岩性发生变化,以浅灰、灰黑色薄层状千枚岩、炭质千枚岩夹灰岩为主,层间结合差,岩体呈碎石状结构,完整性较差。灰岩段共变更围岩级别1 319.8 m,其中正变更长度790.8 m,负变更长度529 m。泥盆系千枚岩,浅灰色,含钙质,较完整—较破碎,以Ⅲ级、Ⅳ级围岩为主,实际开挖揭示基本与设计一致,局部地段因含有灰黑色炭质千枚岩夹层,且充填大量方解石脉,岩体破碎—极破碎,变更为Ⅳ级、Ⅴ级围岩。千枚岩段共变更长度1 831.5 m,其中正变更长度607 m,负变更长度1 224.5 m。

下元古界灰岩、砂质千枚岩夹变砂岩、变砂岩、砂质千枚岩分布于 f_6 断层以南,总长19 444 m,其中灰岩段109 m,砂质千枚岩夹变砂岩段8 021 m、变砂

岩段930 m、砂质千枚岩段10 384 m,采用TBM掘进12 874 m。实际开挖后灰岩由于受 f_{55} 断层带的影响,完整程度差异较大,正变更长度40 m,负变更长度31 m。砂质千枚岩夹变砂岩、砂质千枚岩呈青灰—灰绿色,变余结构,千枚状构造,泥钙质胶结,岩质较软,产状稳定,较完整—较破碎,为Ⅲ级、Ⅳ级围岩;实际开挖揭示地层岩性没有变化,但局部地段受构造影响较重,千枚岩节理较发育,以薄层状为主,结合较差,岩体较破碎,变更为Ⅳ级围岩,共计正变更长度4 486 m,负变更长度835 m。变砂岩呈灰绿色,变余砂状结构,中厚层状构造,岩质较硬,完整性较好,为Ⅱ级、Ⅲ级围岩;施工揭示夹有薄层千枚岩,受高地应力影响,节理裂隙发育,掉块严重,共有265 m变更为Ⅳ级围岩。1 390 m的构造岩主要是断层角砾和压碎岩,开挖后局部地段完整性相对较好,其中,425 m由Ⅴ级变更为Ⅲ级、Ⅳ级围岩。

西秦岭特长隧道围岩共计正变更长度6 188.8 m,负变更长度3 154.5 m,围岩变更率为33.09%(表1),围岩Ⅰ类变更3项,Ⅱ类变更6项。总体来看,施工

表1 隧道围岩级别调整统计

Table 1 Statistics of the classification adjustments of the tunnel surrounding rocks

项目名称		正变更				负变更				
		Ⅱ-Ⅲ	Ⅱ-Ⅳ	Ⅲ-Ⅳ	Ⅳ-Ⅴ	Ⅲ-Ⅱ	Ⅳ-Ⅱ	Ⅳ-Ⅲ	Ⅴ-Ⅲ	Ⅴ-Ⅳ
西秦岭隧道(左线) (28 236 m)	长度/m	45	665	4 871.8	607	353	961.5	1 278	73	489
	比例/(%)	0.16	2.36	17.25	2.15	1.25	3.40	4.53	0.26	1.73

揭示地层岩性、围岩分级与设计基本相符,较为准确,达到了地质勘察工作的目的,成效较为显著。

引起围岩级别变更的主要原因是:

(1) 本区山高坡陡,地形起伏大,且隧道深埋,对物探成果影响较大,造成依据物探成果划分的围岩级别与实际有些出入;

(2) 受复杂构造及高地应力的影响,洞身岩体完整程度与地表调查的有一定差距,且变化较为频繁,造成围岩级别断续变化;

(3) 泥盆系灰岩、千枚岩中局部夹杂的炭质千枚岩,会导致岩体完整性变差。但在地表没有露头,的情况下,要查明炭质千枚岩软弱夹层的具体分布段落,目前还没有好的勘察方法和手段;

(4) 施工方法对围岩也有一定影响。例如,在下元古界砂质千枚岩层段,虽然采用TBM掘进,围岩受扰动小,但后期围岩受高地应力影响,洞壁岩体往往有开裂、剥离和掉块等现象^[8];反观采用光面爆破开挖后,洞室较为稳定、平顺^[9],鲜有剥落,围岩变

更也少。下元古界地层段钻爆法与TBM法施工围岩变更情况对比见图2。

4.2 地质构造与地应力

西秦岭隧道通过的5条断层均采用钻爆法施工。开挖显示, f_{54} 断层位置变化较大,整体向北推移了295~328 m,宽度缩减为40 m; f_6 断层北侧边界向

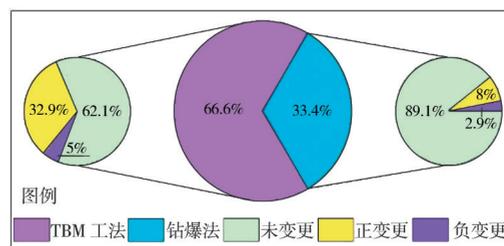


图2 钻爆法与TBM法施工围岩变更对比

Fig.2 Comparison on the alterations of the surrounding rock classifications in the case of drill & blast method and TBM construction method

南移动 59 m, 宽度变为 832 m; f_{55} 断层南侧边界向北移动 44 m, 实际宽度只有 177 m; f_{50} 断层没有变化; f_{60} 断层北侧边界南移 10 m, 宽度变化为 155 m, 断层破碎带总宽度为 1 244 m。与设计相比, 断层数量、规模、位置和要素整体较为准确。至于 f_{54} 断层位置变动原因, 可能与深部地层产状变化有关, 当然主观认识的片面性也是原因之一。若仔细分析调绘、钻探成果, 将断层面按上、下盘岩层产状处理为曲面, 可能会更准确一些(图3)。

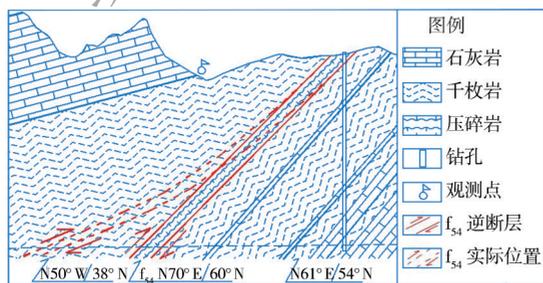


图3 f_{54} 断层设计与施工位置变化示意

Fig.3 The designed and actual positions of Fault f_{54}

勘察过程中预测高地应力条件下灰岩、变砂岩等硬质岩可能会产生中等以上岩爆, 断层带可能出现收敛、片帮剥落等变形现象。实际钻爆法施工中灰岩未出现岩爆现象, TBM 施工时仅在局部埋深较大的下元古界厚层、完整变砂岩中有轻微的岩爆, 对隧道施工影响不大, 其余地段多表现为岩体沿节理、裂隙的瞬间开裂、剥落, 造成拱部坍塌掉块较多。围岩收敛变形出现在受 f_{54} 断层影响的泥盆系千枚岩段中, 开挖揭示该段有 567 m 实际多为黑色薄层炭质千枚岩, 呈碎片、粉末状, 初期支护变形严重, 最大沉降量为 195 mm, 最大收敛量达 524 mm, 对施工进度影响较大。

从总体上看, 虽然 f_{54} 断层在隧道洞身的位置发生较大变化, 硬质岩岩爆、断层带大变形的具体段落也没有准确判断, 但就目前的技术方法与勘察手段来说, 实际施工中遇到的地质问题与勘察时分析的基本一致, 对地质构造与地应力的勘察达到了预期目的。

4.3 地下水与岩溶

隧道区地下水分为岩溶裂隙水、断裂构造脉状裂隙水中等富水区, 构造裂隙水弱富水和节理裂隙贫水区。实际施工过程中涌水量与设计相比偏小, 断裂带、向斜核部、背斜两翼、灰岩及灰岩与千枚岩接触部位、物性异常带也未产生大的涌水。分析实际水量偏小的原因, 主要是受地形影响, 个别钻孔无法实施, 而涌水量为采用径流模数法及地下水水力

学法综合预测的结果, 且用裘布依公式预测深埋隧道的正常涌水量时, 预测结果往往可能偏大^[10,11]。

泥盆系灰岩呈灰白—青灰色, 中厚层构造, 岩质较硬, 地表小范围为溶蚀地貌, 隧道影响范围内无溶蚀洼地、泉水等地下岩溶发育特征, 物探及钻探也未揭示岩溶现象, 为弱发育的岩溶。施工中仅右线揭示有一自左侧拱腰至右侧边墙贯穿的溶洞, 左侧处开口高 6 m, 宽 2.5 m, 碎石填充; 右侧高 4.7 m, 宽 4.5 m, 无填充, 无水, 深度不可见, 其余段落再未见明显溶蚀现象, 基底探查中也未发现异常^[12]。

经施工验证, 对地下水与岩溶的勘察结论准确。

5 对长大隧道地勘工作的认识与建议

回顾该隧道的建设过程, 虽然地质勘察采用了国内成熟的技术手段与方法, 施工中大部分地质条件也与勘察报告相符, 勘察成果显著, 但对于施工中围岩性质、断层位置的变化、涌水量较设计偏小等问题, 仍需系统思考与总结, 以为类似长大、复杂隧道地质勘察提供参考。

(1) 对于地质复杂山区越岭隧道的勘察, 尤其要充分收集、分析区域地质构造背景资料, 掌握区域构造轮廓、宏观构造特征及区域地质发展史, 为地质选线、合理确定隧道位置打好基础。

(2) 认真细致地做好大面积工程地质调绘工作, 加强对遥感解译、工程地质调绘及综合物探成果的分析研究, 在此基础上且条件允许时, 最好对断层破碎带、物探异常带、岩溶发育带、富水带等均进行钻探验证^[13]。

(3) 在大地构造单元的接合部位, 抑或构造体系的分界处, 褶皱、断裂等构造发育, 加之地形地貌、地层岩性等的影 响, 地应力非常复杂, 在隧道深埋的情况下, 洞室开挖会破坏岩体原始应力状态, 应力重分布对围岩完整程度影响较大, 应充分考虑, 尤其是硬质岩^[14]。

(4) 涌(突)水是隧道施工中常见的地质灾害, 也是勘察阶段研究、预测的核心内容。为提高长大深埋隧道地下水涌水量的预测精度, 关键是要查明围岩渗透特性^[15], 因此扎实做好水文地质抽(提)水或压水试验非常重要; 同时要采取多种方法进行涌水量计算, 相互补充、相互印证。

(5) 必须重视和加强施工地质工作。通过施工揭示的地质条件, 进行补充调查及测试, 进一步修正和完善资料, 并及时开展变更设计, 以保证施工正常有序进行。

6 结 语

兰渝铁路西秦岭特长隧道采用地质调绘、物探为主,遥感、钻探及测试为辅的综合地质勘察方法,经对比、评判勘察与施工揭示的地质条件,除围岩级

别变更率偏高外,构造与地应力、地下水与岩溶等方面均与设计基本相符,勘察效果良好,取得的经验与教训值得后续类似工程借鉴。

参考文献

References

- [1] 王梦恕. 21世纪山岭隧道修建的趋势[J]. 铁道工程学报, 1998(增): 4-7.
WANG Mengshu. The Trend of Mountain Tunnel Construction in the 21st Century[J]. Journal of Railway Engineering Society, 1998(S): 4-7.
- [2] 楼文虎, 舒磊. 中国第一座特长越岭隧道—西康铁路秦岭隧道[J]. 铁道工程学报, 2005(增): 185-191.
LOU Wenhui, SHU Lei. The Chinese Extra-long Mountain Ridge Tunnel—Qinling Tunnel in Xi'an—Ankang Railway[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2005(S): 185-191.
- [3] 李国和, 许再良, 王子武. 长大隧道综合勘察技术应用研究[J]. 现代隧道技术, 2009, 46(增1): 105-111.
LI Guohe, XU Zailiang, WANG Ziwu. Research on the Application of Comprehensive Survey Technology in Long Tunnels[J]. Modern Tunnelling Technology, 2009, 46(S1): 105-111.
- [4] 李景山. 兰渝线西秦岭特长隧道综合地质勘察[J]. 现代隧道技术, 2012, 49(4): 63-68.
LI Jingshan. Comprehensive Geological Survey of the West Qinling Tunnel on the Lanzhou—Chongqing Railway[J]. Modern Tunneling Technology, 2012, 49(4): 63-68.
- [5] 中铁第一勘察设计院集团有限公司. 兰渝线兰州至广元段地质加深工程地质总报告[R]. 西安: 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 2007.
China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd. General Report of Detailed Geological Engineering of the Lanzhou—Guangyuan Section of Lanzhou—Chongqing Railway[R]. Xi'an: China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 2007.
- [6] 中铁第一勘察设计院集团有限公司. 西秦岭特长隧道工程地质勘察报告[R]. 西安: 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 2009.
China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd. Geological Survey Report of Extra-Long Western Qinling[R]. Xi'an: China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 2009.
- [7] 中铁第一勘察设计院集团有限公司. 西秦岭特长隧道工程水文地质勘察报告[R]. 西安: 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 2009.
China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd. Hydrogeological Survey Report of Extra-Long Tunnel Project in Western Qinling [R]. Xi'an: China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 2009.
- [8] 周泉. 兰渝线西秦岭特长隧道地应力特征及危害[J]. 西南交通大学学报, 2012, 47(增): 217-221.
ZHOU Quan. Characteristics and Hazards of the Ground Stress in the Extra-Long Tunnel of Lanzhou—Chongqing Railway in Western Qinling[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2012, 47(S): 217-221.
- [9] 陈明辉, 翁敦理. 光面爆破技术在城市地铁隧道施工中的应用[J]. 现代隧道技术, 2012, 49(2): 132-135.
CHEN Minghui, WENG Dunli. Application of Smooth Blasting Technique in the Construction of Urban Metro Tunnels[J]. Modern Tunnelling Technology, 2012, 49(2): 132-135.
- [10] 中华人民共和国行业标准. 铁路工程水文地质勘察规范: TB10049-2014[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2015.
Industrial Standard of the People's Republic of China. Code for Hydrogeological Investigation of Railway Engineering: TB10049-2014[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2015.
- [11] 王跃飞, 李军, 黄辉, 等. 深埋特长雪峰山公路隧道工程地质勘察技术研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 19(4): 96-100.
WANG Yuefei, LI Jun, HUANG Hui, et al. Study of Engineering Geological Exploration Technique in Deep Imbedded and Extra-Long Highway Tunnel[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2008, 19(4): 96-100.
- [12] 中铁第一勘察设计院集团有限公司. 兰渝铁路桔柑、范家坪、西秦岭隧道岩溶复查报告[R]. 西安: 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 2014.
China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd. Review Report of Karst in Jugan Tunnel, Fanjiaping Tunnel and Western Qinling Tunnel of Lanzhou—Chongqing Railway[R]. Xi'an: China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 2014.
- [13] 中华人民共和国行业标准. 铁路工程地质勘察规范: TB10012-2007[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
Industrial Standard of the People's Republic of China. Code for Geology Investigation of Railway Engineering: TB10012-2007[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2007.

- [14] 严金秀. 大埋深特长山岭隧道技术挑战及对策[J]. 现代隧道技术, 2018, 55 (3): 1-5.
YAN Jinxiu. Technical Challenges of Super-long Mountainous Tunnels at Great Depth[J]. Modern Tunnelling Technology, 2018, 55 (3): 1-5.
- [15] 徐则民, 黄润秋. 深埋特长隧道及其施工地质灾害[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2000.
XU Zemin, HUANG Runqiu. Deep-Buried Extra-Long Tunnel and the Geological Disaster during Construction[M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2000.

Analysis and Evaluation on the Effect of Comprehensive Geological Survey of the Extra-long Western Qinling Tunnel

GAO Qinyun

(Shaanxi Railway and Underground Traffic Engineering Key Laboratory (FSDI), Xi'an 710043)

Abstract The geological conditions of the extra-long West Qinling tunnel on Lanzhou-Chongqing railway are complex which is characterized by karst, active faults and high geostress. The characteristics of surrounding rocks, structure, geostress, groundwater, karst and so on are evaluated and predicted by comprehensive geological survey. The effect of geological survey is evaluated and the reasons for the difference between survey results and actual conditions disclosed by construction are analyzed based on a comparison with the geological conditions obtained by tunnel construction. The suggestions are proposed such as focusing on the analysis and research of the background of regional geologic structure, implementing drilling verification and carrying out hydrogeological pumping test for the long deep-buried tunnels.

Keywords Deep-buried extra-long tunnel; Comprehensive geological survey; Structure of surrounding rocks; Groundwater; Evaluation

(上接第 133 页)

On the Design of the Four-tube Ten-lane Highway Tunnel Based on Passenger-Freight Division

LI Yuwen¹ LENG Xiqiao¹ BAI Fan²

(1 Sichuan vocational and technical college of communications, Chengdu 611130; 2 Sichuan Highway Planning, Survey, Design and Research Institute Ltd., Chengdu 610041)

Abstract As for the highway tunnel with massive traffic flow or near the urban area, the lane numbers in tunnel are mostly the same as that of the roadways. However the specified operation speed in the tunnel is often slower than that of the roadway and it results in decline of traffic capacity in tunnel and traffic jam at tunnel entrance. Taking the Longquanshan tunnel of Tianfu airport highway for example, a multi-dimension analysis is conducted in terms of tunnel operation management speed, traffic capacity, construction feasibility and etc. a passenger-freight division based four-tube and ten-lane tunnel system is proposed, namely 2 lanes (freight wagons) + 3 lanes (passenger cars) + 3 lanes (passenger cars) + 2 lanes (freight wagons), thus the tunnel has the same traffic capacity as that of roadway and the safety of tunnel construction and operation are ensured.

Keywords Highway; Four-tube and ten-lane tunnel; Design; Axis; Passenger-freight division