

# 复杂艰险山区地质勘察及选线技术

何华武<sup>1</sup>, 曾强运<sup>2</sup>

(1. 中华人民共和国铁道部, 北京 100844; 2. 中铁第四勘察设计院集团有限公司, 武汉 430063)

[摘要] 宜万铁路处于复杂艰险山区, 其地形地质条件复杂, 不良地质现象突出, 简要介绍了宜万铁路地质问题特点、采取的综合地质勘察方法以及方案比选线等的相关情况, 为类似工程的勘察及选线提供借鉴。

[关键词] 宜万铁路; 地质特点; 地质勘察; 地质选线

[中图分类号] U 455 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2009)12-0009-04

## 1 宜万铁路地质特点

宜万铁路位于云贵喀斯特高原东北缘的鄂西山地, 走行在长江和清江分水岭地带, 属新华夏系第三隆起带北北东向构造带与长江中下游东西向构造的复合部位。区内地质构造复杂, 碳酸盐岩广布, 岩溶强烈发育, 地势陡峻、河谷深切。复杂的地形地貌、地质构造、工程地质和水文地质条件, 造就了该区不良地质问题的类型多、分布广、规模大的特点, 如岩溶、崩塌、滑坡、岩堆、危岩落石、瓦斯、高地应力等不良工程地质现象极为发育, 其中又以岩溶及岩溶水问题最为突出<sup>[1]</sup>。

宜万铁路是我国在地形、地质条件极为复杂的艰险山区修建的又一条高标准干线铁路, 其地质条件之复杂集“西南山区铁路之大成”, 建设条件之“艰、难、险”是目前我国山区铁路建设最困难的地区之一。特别是岩溶发育、突水突泥的风险程度为国内外罕见, 工程极为艰巨, 施工风险极大。

## 2 地质勘察

宜万铁路地质问题的多样性和复杂性对地质勘察工作提出了巨大挑战, 在勘察阶段针对宜万铁路的地质特点采取了有针对性的综合地质勘察工作, 并取得了良好成效。

### 2.1 采取超规范、多阶段的地质勘察

对于宜万铁路这样的复杂艰险山区铁路, 按常规的勘察阶段、勘察方法很难将极其复杂的地质问题逐一查清。因此, 在初测前增加了初测前加深地质工作阶段, 对榔坪至高坪段、恩施至利川段线路方案进行了初测前的加深地质勘察, 在初步查清线路所经地区岩溶及岩溶水发育规律等基础上, 提出具有比较价值的线路方案进行同精度初测。

此外, 在初测完成后, 对一些地质条件复杂、施工风险程度高而常规定测难以查清的重大工程, 又增加了专项地质勘察工作, 并采用当前最有效、最先进的勘察手段进一步摸清了控制性的重大地质问题。

通过草测、初测前加深地质勘察、初测、专项地质勘察、定测、补充定测等多个勘察阶段, 将存在高风险的线路方案及时予以舍弃, 并使现方案存在的地质问题逐渐清晰, 有效地降低了地质风险。

### 2.2 采取先进、有效的综合地质勘察方法

在宜万铁路各阶段的地质勘察过程中, 自始至终都采取了多种地质勘察手段并行的综合地质勘察方法。主要工作程序是在充分搜集、分析、研究既有资料的基础上, 以遥感判译先行, 以大面积地质测绘和大面积岩溶水文地质调查为基础, 以先进的 EH-4, GDP-32, V6, V5 等大地音频电磁物探技术和适量深孔钻探为主要勘察手段, 辅以必要的孔内测

[收稿日期] 2009-10-28

[作者简介] 何华武(1955-), 男, 四川资阳市人, 中国工程院院士, 教授级高级工程师, 博士生导师, 长期从事铁路客运专线和高速铁路技术研究; E-mail: xiongjie112@126.com

试试验(水文试验、综合测井、地应力测试、瓦斯测试、跨孔CT、全景式数字摄影等),土石水样试验和重要的水点、气象点的长期观测等综合勘察试验方法,以查明重大地质问题。

如在长大复杂岩溶隧道的专项地质勘察过程中,首先对复杂长大岩溶隧道在室内采用1:10 000和1:50 000航片,辅以1:200 000 TM影像图进行判释遥感判释,对隧道区进行地貌单元划分,判明隧道区岩溶分布位置、类型以及主要构造形迹的位置、延伸等<sup>[2]</sup>。

根据遥感判译成果,分阶段进行野外地质调绘和岩溶水文地质调查。首先从区域地质调查人手,进行1:10 000大面积工程地质和水文地质测绘。通过调绘,查明了岩溶地貌特征,可溶岩岩溶发育与地层岩性、构造、水动力条件的制约关系;岩溶发育空间分布规律;岩溶水的赋存规律和补径排特征及其与隧道的关系,危害程度,并选择重要水点进行长期观察以及设置降雨量长期观测站,为水文参数的确定收集基础数据。

在上述工作的基础上,采用了以大地音频电磁法(EH-4, V5, V6, GDP-32)为主要物探方法,以地震折射和高密度电法为辅助方法,大致确定了隧道的构造形态、部分断层的位置和产状,圈定了大的岩溶异常区,为深孔布置、地质资料的修正和岩溶发育规律、特征的分析、隧道工程地质水文地质条件的分析判断提供了依据。而后根据物探异常及地质分析有针对性地布置了深孔钻探进行验证,并进行水文地质试验,获取土工试样,进行物探测井、地应力测试、瓦斯测试,从而取得工程地质、水文地质参数,为设计施工提供科学依据。

宜万铁路综合勘察方法的运用,对于查明工程所处的地质背景、岩溶和岩溶水的发育特征及其与隧道的关系及危害程度、为各隧道的岩溶水文地质条件评价奠定了基础,对有效规避存在的地质风险起到了至关重要的作用。由于宜万铁路地质问题的复杂性,加之目前所有勘察、勘探手段的局限性,尚不可能完全查清某些复杂的地质问题,因此在施工期间必须加大施工地质工作以作为对勘察工作的有效补充,如在施工期间进行的超前地质预报工作,隧道的工前、工后隐伏岩溶探查工作以及路堑基底的隐伏岩溶探查工作等。

### 3 地质选线

通过多阶段、多方法的综合勘察,取得的地质资

料十分丰富,如何针对工程实际,指导线路走向,进行地质选线,有效规避地质风险,则有赖于对所取得的地质资料的全面、系统的分析、研究及总结等工作。为此,在宜万铁路立项初期,就开展了“宜万铁路工程地质综合选线”研究专题,全面系统地对该区域内的复杂岩溶及岩溶水发育特征等关键技术问题开展攻关研究,指导线路方案的选择。

首先从大的宏观区域分析入手,研究了整个鄂西地区的岩溶水文地质条件,分析、对比、研究了沿河的清江方案和靠近分水岭的越岭方案的岩溶水文地质条件。对比分析认为,宜万铁路越岭方案和清江沿河方案所经过的地质构造、地层岩性有相似之处,均较复杂。但是由于越岭方案靠近分水岭,而清江方案则沿清江排泄区,其地质条件又存在较大差异,主要表现在:清江方案岩溶发育受清江侵蚀基准面控制,越岭方案则主要受清江支流侵蚀基准面控制;清江干流作为区域地下水的最大排泄场所,使得清江方案较越岭方案水文地质条件更为复杂,碳酸盐岩岩溶化程度更高;隧道工程多处于岩溶地下水季节变动带、水平循环带;加之大型滑坡群等不良地质现象较多。总体来讲,越岭方案的地质条件较清江方案好,因而最终选择了越岭方案作为宜万铁路的贯通方案。

其次,通过大面积的区域性分析后,又由面到线,对选定的贯通方案进行了重点地段的分析研究,如堡镇越岭地段、榔坪至高坪、恩施—利川地段的线路方案选择。

堡镇隧道采用绕避碳酸盐岩的北岸碎屑岩隧道方案(见图1),避开了南岸岩溶、岩溶水发育区,隧道的水文地质条件得到了明显改善。

榔坪至高坪段线路是宜万铁路越岭地段之一,前期研究了野三关南方案、野三关南改善方案、野三关北方案、野三关北改善方案等。经加深地质工作,查明了测区内庙岭上巨厚层巨型顺层古滑坡、响水坪暗河系统、岩溶强烈发育情况,以及支井河左岸陡坡顺层和金龙坪古滑坡、杨家湾岩堆等重大不良地质体;经优化,提出野三关隧道北方案和野三关隧道南方案,经综合经济技术比较后,推荐了野三关隧道南方案(见图2)。

恩施至利川段线路,发育有著名的小溪河、白果坝暗河系统,沿清江分布多处古滑坡,前期研究了清江北岸方案、清江南岸方案、见天坝方案、箐口方案、长庆隧道方案、姚家坪隧道方案和笔架山隧道方案

等。经加深地质工作,查明了影响线路方案的堰塘滑坡,马者、木贡顺层、天楼地枕巨型古滑坡等不良

地质和小溪河暗河、白果坝暗河系统分布情况,经综合技术经济比较后,推荐了箐口方案(见图3)。

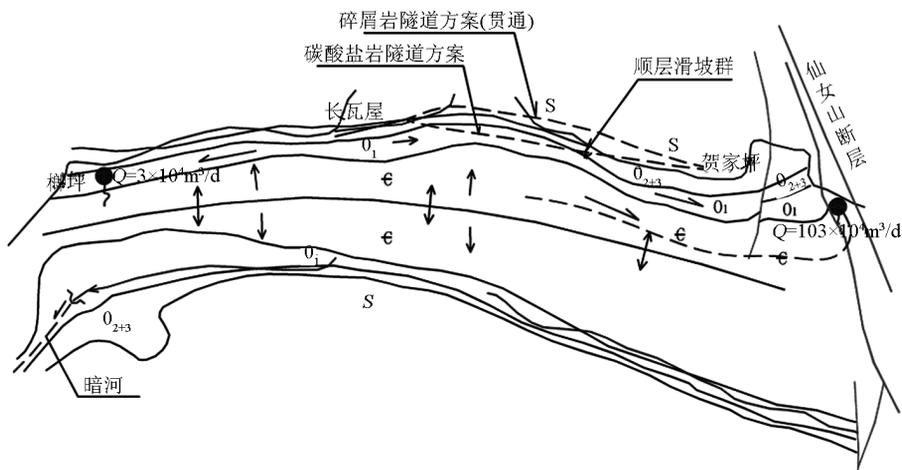


图1 堡镇地区地质概略图

Fig. 1 The outline map of Buzhen geological

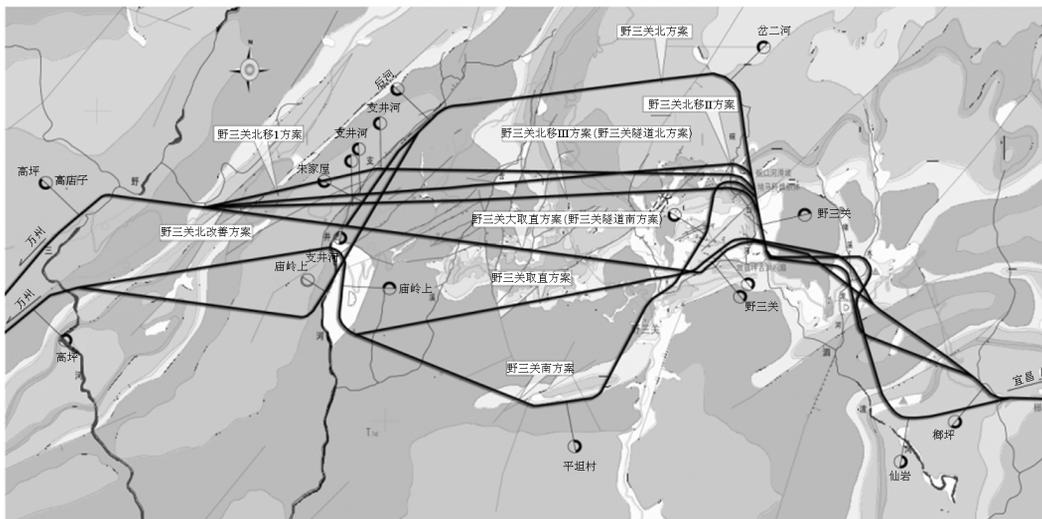


图2 榔坪至高坪段线路方案示意图

Fig. 2 The program diagram of Langping to Gaoping

#### 4 结语

1) 对于复杂艰险山区地质勘察宜采用多阶段、多方法的综合勘察技术以基本查明沿线的工程地质及水文地质条件,并在施工过程中加强施工地质工作,特别是超前地质预报工作<sup>[3]</sup>。

2) 当线路难以躲避所有岩溶、岩溶水发育区和不良地质体问题时,宜采用多方案综合比选,按“两害相权取其轻”的原则进行取舍。

3) 线路通过岩溶地区时,线位在平面上宜尽量

选择在补给区,线位通过标高宜尽量选择在地下水垂直渗流带内;隧道纵坡宜设置成人字坡并宜考虑设置排水洞室。

#### 参考文献

[1] 杜文山,曹柏树,刘坡拉,等.宜万铁路工程地质勘察总报告[R].武汉:铁道第四勘察设计院,2003  
 [2] 李小和,曹柏树.宜万铁路主要工程地质问题及勘察方法[J].铁道工程学报,2005,(201):260-267  
 [3] 邓宣明.枝万线控制方案选择的主要工程地质问题及选线[J].铁道工程学报,2001,(2):59-66

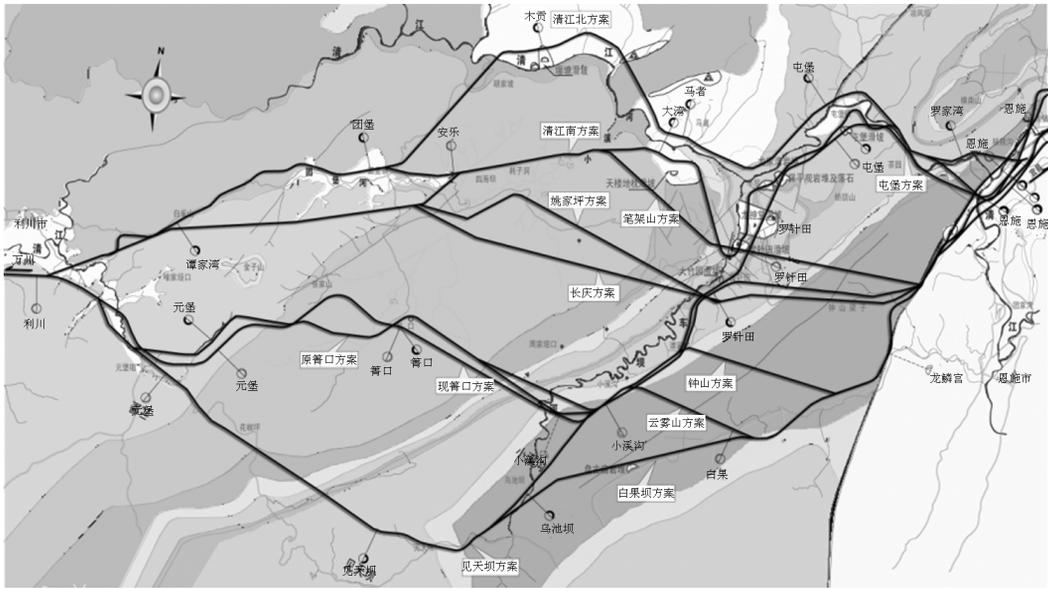


图 3 恩施至利川段线路方案示意图

Fig. 3 The program diagram of Enshi to Lichuan

## Miscellaneous dangerous mountain geological survey and the line selection techniques

He Huawu<sup>1</sup>, Zeng Qiangyun<sup>2</sup>

(1. Ministry of Railways, P. R. C, Beijing 100844, China; 2. China Railway 4th Survey and Design Group Co., Ltd. Wuhan 430063, China)

[ **Abstract** ] Yichang–Wanzhou Railway which locates in complicated and dangerous mountain areas has complicated geologic conditions and extremely bad geologic phenomena. The article aims to provide some references for similar investigation and route selection by briefly introducing the geologic characteristics, the integrated methods for geologic survey and route selection.

[ **Key words** ] Yichang–Wanzhou Railway; geologic characteristics; geologic investigation; geology route selection