

文章编号: 1674—8247(2022)03—0072—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2022.03.014

渝湘高速铁路穿越南山隧道方案比选研究

才 广

(中铁二院重庆勘察设计研究院有限责任公司, 重庆 400023)

摘 要:渝湘高速铁路长江越岭隧道东西方向穿越南山,南山呈北东向展布,地形起伏较大,地势陡峻,地下溶洞、地下河、岩溶泉等均有发育,岩溶槽谷地表水均通过漏斗、落水洞等转入地下,而未形成大的地表水系。根据现有 4 条南山隧道的穿越位置、工程特点,以及长江越岭隧道线路走向、渝中半岛主要建、构筑物分布及对既有工程的南山隧道情况的资料收集和现场调查,拟定了 3 个穿南山方案。综合分析工程地质条件、环境影响、社会风险和工程风险等因素,推荐选定经翠云水库方案,工程地质条件较好,社会风险、环境风险均可控,且该方案隧道岩溶段采用下坡,保证了可溶岩段地下水通过顺坡自然排出洞外,避免了岩溶水倒灌长江隧道 V 形坡段的风险,工程及运营风险亦可控。

关键词:隧道工程; 方案比选; 现场调查; 工程风险; 选线分析

中图分类号:U212.32 **文献标志码:**A

72

Study on Comparison and Selection of Tunnel Options for Chongqing-Hunan High-speed Railway Crossing the Nanshan Mountain

CAI Guang

(CRECC(Chongqing) Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Chongqing 400023, China)

Abstract: The Yangtze River Mountain-crossing Tunnel of Chongqing-Hunan High-speed Railway passes through the Nanshan Mountain in the east-west direction. The Nanshan Mountain is distributed in the northeast direction, featuring relatively large topographic relief, steep terrain, and developed underground karst caves, underground rivers, karst springs, etc. The surface water in karst troughs flows underground through depression cones, sinkholes, etc., without forming a large surface water system. Three options for crossing the Nanshan Mountain are proposed according to the alignment and engineering characteristics of the existing 4 tunnels in the Nanshan Mountain, the route alignment of the Yangtze River Mountain-crossing Tunnel, the distribution of main buildings and structures in Yuzhong Peninsula, the data of tunnels in the Nanshan Mountain collected from the existing projects, and the field investigation results. In view of such factors as engineering geological conditions, environmental impacts, social risks and engineering risks, the option of passing through Cuiyun Reservoir is recommended. Moreover, in this option, the karst section of the tunnel is downgrade, which ensures that the groundwater in the soluble rock section naturally drains out of the tunnel through the slope, and avoids the risk of karst water flowing backwards into the V-shaped slope section of the Yangtze River Tunnel, so that the engineering and operation risks are controllable.

收稿日期:2022-03-30

作者简介:才广(1975-),男,高级工程师。

引文格式:才广. 渝湘高速铁路穿越南山隧道方案比选研究[J]. 高速铁路技术,2022,13(3):72-75.

CAI Guang. Study on Comparison and Selection of Tunnel Options for Chongqing-Hunan High-speed Railway Crossing the Nanshan Mountain[J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(3):72-75.

Key words: tunnel engineering; option comparison and selection; field investigation; engineering risk; analysis on route location

近年来,为了更好地促进西南地区经济发展,我国加快了西南地区的交通建设,加强了各城市间的经济来往,西南地区铁路线路建设突飞猛进。地处丘陵和山区的重庆,虽然面积广阔,但由于地形的特殊导致隧道成为必要的城市交通建设,随着城市隧道线路越来越长,且重庆地区多为褶皱山,隧道穿越山处在向斜或背斜区域,穿越的地层岩性也复杂多样,存在形态丰富的地下河、地下溶洞、岩溶泉、岩溶地层等,各岩层的工程地质特征差异也非常大,加大了重庆地区隧道修建的难度和成本。拟建铁路隧道选出一条安全可靠,经济适用的隧道线路具有一定意义。

拟建铁路隧道穿越重庆南山,其地质复杂,地形起伏较大,地势陡峻。在山脉中部,岩溶沟谷、洼地、漏斗、落水洞、竖井以及溶沟及石芽等岩溶形态丰富,地下溶洞、地下河、岩溶泉等均有发育。现有多条隧道穿越南山,且各个隧道穿越南山的地质情况也有一定差异:内环高速真武山隧道穿越地层存在可溶岩层、煤线、采空区、瓦斯等不良地质^[1];市政道路南山隧道穿越岩层岩溶地下水丰富,存在涌水隐患^[2];轨道6号线铜锣山隧道在隧道建设中多次遇到溶洞,发生过涌水、突泥、塌方等地质灾害^[3];市政道路慈母山隧道施工期发生过涌水,主要来源于松散堆积层孔隙水、基岩风化裂隙水等^[4]。

目前从工程地质勘察到设计阶段,已有一套体系。陈茜茜^[5]基于岩溶区高速铁路建设实践,结合相关地质特征,寻求了隧道工程建设对地下水环境影响较小且工程投资低的线路优化选址方案;王佳权^[6]在根据勘察资料,布线原则,采用避重就轻,在强岩溶发育带设法避让的方针完成线路方案评价;宋旭东^[7]就田德铁路岩溶发育特征及岩溶形态特征,提出岩溶中低山选线原则及防治措施;李金城^[8]以武陵山隧道群工程为例,根据岩溶危害与施工风险、线位布设条件及投资方面对线路进行优化比选,确定合理方案,降低工程投资和施工风险,优化岩溶区隧道地质选线工作;孙柏林^[9]按照《隧道岩溶涌水专家评判系统》对红岩寺进行涌水量预测,再根据岩溶水文地质条件提出一种利于施工和环保的最优线路;毕焕军^[10]利用多阶段综合勘察技术,查明岩溶及岩溶水的发育特征及分布规律,提出岩溶区水文地质选线原则;曹化平^[11]分析并总结铁路岩溶隧道工程地质选线的多条原则,以降低隧道

突水突泥风险,控制施工堵水工程投资;宋章^[12]等针对岩溶灾害的特性及危害形式,对岩溶区减灾选线、勘察技术、灾害风险评估及防治技术的国内外研究现状及发展趋势进行了详细的述评;朱颖^[13]等介绍复杂艰险山区高速铁路减灾选线设计成套技术,该技术成功突破复杂艰险山区修建高速铁路的技术瓶颈。

本文对渝湘高速铁路长江隧道穿越南山方案进行研究,分析相关影响因素,并结合现有的工程现状、工程经验以及实际的工程条件,针对3个线路方案,综合考虑工程地质条件、工程风险、社会影响、经济适用、运营维护等方面因素,选择合适的线路方案,制定安全可靠且经济适用的穿越方案。

1 工程概况

为降低渝湘高铁长江隧道穿越南山隧道的施工及运营风险,首先对既有工程的南山隧道情况做了资料收集和现场调查,为确定穿越南山储水构造的平面位置及竖向高程提供必要的技术支撑。

南山自然地形受地质构造控制,背斜成条状低山,向斜成丘陵谷地,构造线与山脊一致,呈北东向展布。地形起伏较大,地势陡峻。在山脉中部,岩溶沟谷、洼地、漏斗、落水洞、竖井以及溶沟及石芽等岩溶形态丰富,地下溶洞、地下河、岩溶泉等均有发育。岩溶槽谷地表水均通过漏斗、落水洞等转入地下,而未形成大的地表水系。

根据收集勘察成果资料,通过对既有工程南山隧道的勘察、施工、运营期资料收集和现场调查,穿越南山慈母山隧道和真武山隧道通道施工、运营基本无风险,6号线和南山隧道通道施工还是有一定的施工、运营、环保风险,但风险可控。

可见,依据南山既有隧道的施工运营及调查的地质情况,对于南山越岭段,线路标高越高,线路越往北靠近非可溶岩段落,线路风险越低。

2 隧道穿南山方案概述

根据线路走向、渝中半岛主要建构筑物分布及对既有工程的南山隧道情况的资料收集和现场调查,线路在下穿渝中区、长江后于南山地段从北至南比选了3个穿南山方案,如图1所示。

2.1 经翠云水库方案

隧道下穿长江后,于海棠烟雨公园处进入重庆市

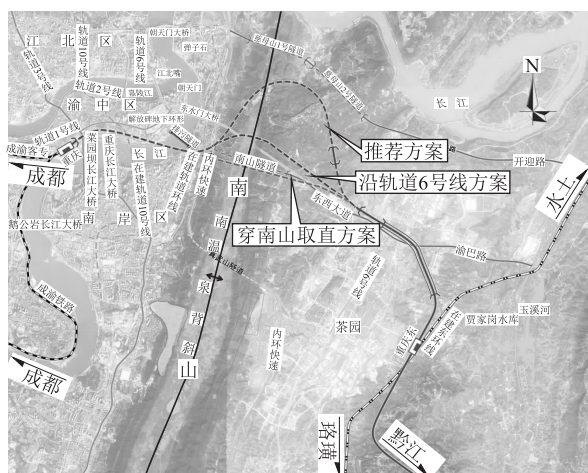


图1 隧道方案比选示意图

南岸区,下穿南滨路和东原1891,下穿轨道环线上浩站、内环快速和南山,经翠云水库后在大岚垭处出长江隧道,设桥跨沟后在李家院子入隧道,下穿规划六纵线经刘家坪,沿昌都·三江花园地块边缘出隧道,下穿在建道路,上跨纵一路、石塔立交和在建茶涪路后在金科博翠园和恒大滨河左岸两地块之间高架通过,经长岭岗进入重庆东站。

74

2.2 沿轨道6号线方案

线路在下穿渝中半岛和长江段与推荐方案一致,在穿过内环快速路后,线路下穿轨道6号线并沿轨道6号线往东穿越南山,在经过轨道6号线刘家坪车辆段后在昌都·三江花园地块边缘出长江隧道接推荐方案。

2.3 穿南山取直方案

线路在下穿渝中半岛和长江段与推荐方案一致,过长江后线路直行,沿既有市政道路南山隧道穿越南山,在南山隧道出口外路基段下穿东西大道后沿轨道6号线刘家坪车辆段边缘和昌都·三江花园地块边缘出长江隧道接推荐方案。

3 方案比选

3.1 线路长度及投资比选

穿南山取直线路平面顺直,线路长度最短,较推荐方案短4.64 km,较沿六号线方案短0.63 km。主要工程投资最小,较推荐方案少7.8亿元,较沿6号线方案少4.2亿元,推荐方案线路长度、工程投资增加较大。

3.2 工程地质条件比选

(1) 经翠云水库方案

隧道位于岩溶水平循环带,主要工程地质问题为煤层与低瓦斯、岩溶与岩溶突水突泥、地表出露地层为

须家河组的砂岩、页岩,隧道最大埋深约330 m,由于上覆多层页岩为相对隔水层,施工时对地表环境影响较小,不会导致地表水的大量流失,岩溶水头高度约250 m;故该隧道工程地质条件相对较为复杂,但地质风险可控。

(2) 沿轨道6号线方案

隧道位于岩溶水平循环带,主要工程地质问题为煤层与低瓦斯、岩溶与岩溶突水突泥、地表出露地层为嘉陵江组的灰岩、角砾岩,隧道最大埋深约430 m,岩溶槽谷表面覆盖厚层红粘土,地表建筑较多。施工时对地表环境影响较大,将会导致地表水的大量流失,并可能导致地下水疏干范围内的地面产生大面积塌陷、房屋开裂;隧道穿越岩溶段落约1105 m,岩溶水水头高度约250 m。故该隧道工程地质条件复杂,社会影响大,工程风险高。

(3) 穿南山取直方案

隧道位于岩溶水平循环带,主要工程地质问题为煤层与低瓦斯、岩溶与岩溶突水突泥、地表出露地层为嘉陵江组的灰岩、角砾岩,隧道最大埋深约400 m,岩溶槽谷表面覆盖厚层红粘土,地表分布住宅和学校,隧道施工将会导致地表水的大量流失,并可能导致地下水疏干范围内的地面产生大面积塌陷,隧道顶部为涂山湖,隧道施工将会严重疏干湖水,破坏地表生态;隧道穿越岩溶段落约1350 m,岩溶水水头高度约270 m,故该隧道工程地质条件极复杂,社会影响极大,工程风险极高。

4 结 论

文章根据现有4条南山隧道的穿越位置、工程特点,以及长江越岭隧道线路走向、渝中半岛主要建、构筑物分布及对既有工程的南山隧道情况的资料收集和现场调查,分别对3个穿越南山的隧道线路方案进行比选分析,得出主要结论如下:

(1) 经翠云水库方案(推荐方案)地质条件较其它两方案好,对岩溶槽谷稍有影响;沿轨道6号线方案工程地质条件复杂,对地表环境影响较大,社会风险和工程风险均较高。穿南山取直方案工程地质条件最复杂,社会风险、工程风险、环境风险均极高;受长江江底高程控制沿轨道6号线方案和穿南山取直方案在岩溶段落存在岩溶水倒灌隧道江底段的可能,施工和运营风险极高;经翠云水库方案(推荐方案)在岩溶段落的岩溶水将顺坡排向隧道出口,施工和运营风险小。

(2) 经综合比选发现,经翠云水库方案线路长度较长,投资较大,工程地质条件较好,社会风险、环境风险均可控,且该方案隧道岩溶段采用下坡,保证了可溶

岩段地下水通过顺坡自然排出洞外,避免了岩溶水倒灌长江隧道 V 形坡段风险,工程及运营风险亦可控,本次研究推荐经翠云水库方案。

参考文献:

[1] 张兴来, 蒋树屏, 韩道均, 等. 真武山隧道设计技术特点[J]. 公路, 2005, 50(5): 175 – 179.
ZHANG Xinglai, JIANG Shuping, HAN Daojun, et al. Design Technique Characteristics of Zhenwu Mountain Tunnel[J]. Highway, 2005, 50(5): 175 – 179.

[2] 李代国. 铜锣山隧道区岩溶特征及地下水文分析[J]. 路基工程, 2019(3): 146 – 152.
LI Daiguo. Study on Karst Characteristics and Groundwater Hydrology of Tongluoshan Tunnel[J]. Subgrade Engineering, 2019(3): 146 – 152.

[3] 李术才, 刘斌, 孙怀凤, 等. 隧道施工超前地质预报研究现状及发展趋势[J]. 岩石力学与工程学报, 2014, 33(6): 1090 – 1113.
LI Shucai, LIU Bin, SUN Huaifeng, et al. State of Art and Trends of Advanced Geological Prediction in Tunnel Construction[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2014, 33(6): 1090 – 1113.

[4] 周桂龙, 郭运华, 陈志平. 隧道施工涌水量预测方法及应用[C]. 中国岩石力学与工程学会会议论文集. 2012. 11.
Zhou Guilong, Guo Yunhua, Chen Zhiping. The Application of Water Gushing Prediction Method in Tunnel Construction [C]. Chinese Society for Rock Mechanics&Engineering.

[5] 陈茜茜. 基于地下水控制的假角山背斜高铁隧道选址研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2020.
CHEN Qianqian. Study on Site Selection of Anticline High-speed Rail Tunnel in Jiajiao Mountain Based on Groundwater Control [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2020.

[6] 王佳权. 贵阳至遵义公路南白镇 – 忠庄铺段岩溶发育特征与路线方案评价[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 2008, 37(5): 4 – 10.
WANG Jiaquan. The Evaluation of Karst Growth Features and Road Schemes of the Section from Nanbai Town to Zhongzhuangpu in the Road from Guiyang to Zunyi [J]. Journal of Guizhou University of

Technology (Natural Science Edition), 2008, 37(5): 4 – 10.

[7] 宋旭东. 田德铁路岩溶区域工程地质评价与选线原则[J]. 铁道建筑技术, 2011(6): 75 – 77.
SONG Xudong. Principles for the Route Selection and Engineering Geological Evaluation of Tian-de Railway in Karst Region [J]. Railway Construction Technology, 2011(6): 75 – 77.

[8] 李金城. 黔张常铁路武陵山越岭隧道群工程地质选线[J]. 铁道工程学报, 2014, 31(12): 1 – 6.
LI Jincheng. Geological Route Selection of Tunnel Group through Wuling Mountain on Qianjiang-Zhangjiajie-Changde Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2014, 31(12): 1 – 6.

[9] 孙柏林. 红岩寺特长岩溶隧道水文地质分析与选线设计[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2014, 10(8): 190 – 194.
SUN Bailin. Hydrogeological Analysis and Route Location Design of Hongyan Temple Extra-long Karst Tunnel [J]. Journal of Guizhou University of Finance and Economics, 2014, 10(8): 190 – 194.

[10] 毕焕军. 黔张常铁路岩溶区水文地质选线研究[J]. 铁道工程学报, 2018, 35(2): 11 – 13.
BI Huanjun. Research on the Railway Location Based on Hydrogeology in the Karst Area for Qianjiang-Zhangjiajie-Changde Railway[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2018, 35(2): 11 – 13.

[11] 曹化平, 王科. 铁路岩溶隧道工程地质选线研究[J]. 高速铁路技术, 2011, 2(1): 31 – 36.
CAO Huaping, WANG Ke. Study on Geological Route Selection for Railway Tunnel Engineering in Carst Zone[J]. High Speed Railway Technology, 2011, 2(1): 31 – 36.

[12] 宋章, 王科, 蒋良文, 等. 岩溶区铁路勘察防治技术研究现状及发展趋势[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(5): 38 – 43.
SONG Zhang, WANG Ke, JIANG Liangwen, et al. Research Status and Developing Trends of Reconnaissance and Control Technology of Railway in Karst Area[J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(5): 38 – 43.

[13] 朱颖, 魏永幸, 蒋登伟, 等. 复杂艰险山区高速铁路减灾选线设计研究[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(2): 7 – 11.
ZHU Ying, WEI Yongxing, JIANG Dengwei, et al. Research on Route Selection Design of High-speed Railway for Disaster Reduction in Complex and Dangerous Mountain [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(2): 7 – 11.