

文章编号: 1674—8247(2019)06—0069—04  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.06.014

## 成渝客运专线主要工程地质问题及地质选线

陈明浩 王 朋 赵 平

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

**摘 要:**成都至重庆客运专线跨成都平原、川中平缓低褶带及川东高褶带,区内地形地质条件复杂,本线重大工程地质问题有煤矿采空区、石材采空区、岩溶及岩溶水、浅层天然气等,严重地制约了铁路选线与重大工程设置的可行性。文章在充分总结西南复杂艰险山区铁路地质选线经验的基础上,提出了高速铁路地质选线定线原则。根据这些原则本线共绕避煤矿采空区 5 座、石材采空区 2 处,优化线位 5 段,最大限度降低了岩溶及岩溶水、浅层天然气对铁路工程的影响,地质选线效果显著,可为后续在相似地质环境下新建高速铁路勘察提供借鉴。

**关键词:**客运专线;地质选线;工程地质;线路方案

中图分类号:U212.35 文献标志码:A

## Major Engineering Geological Problems and Geological Route Selection of Chengdu-Chongqing Railway

CHEN Minghao WANG Peng ZHAO Ping

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

**Abstract:** Chengdu-Chongqing Passenger Dedicated Line crosses Chengdu Plain, gentle and low fold belt in Central Sichuan and high fold belt in East Sichuan, where the terrain and geological conditions are complex. The major engineering geological problems of the line include the coal mine goaf, stone goaf, karst and karst water, and shallow natural gas, which seriously restrict the feasibility of the railway route selection and the setting of major project. On the basis of fully summarizing the experience of railway geological route selection in the complex difficult and dangerous mountainous area of Southwest China, this paper puts forward the route selection and alignment principle of high-speed railway. According to the principle, the line bypasses 5 coal mine goafs, 2 stone goafs, and the locations of 5 sections are optimized in the line, which minimizes the influence of karst and karst water and shallow natural gas on railway engineering. The geological route selection effect is significant, which can provide reference for the survey of new high-speed railway in similar geological environment.

**Key words:** passenger dedicated line; geological route selection; engineering geological; route scheme

### 1 工程概况

成都至重庆铁路是我国西南地区第一条设计速度

350 km/h 的客运专线,是成渝经济区综合交通网的骨干,也是沪汉蓉快速客运通道的重要部分。线路自成都枢纽成都东站引出后,沿途经过四川省龙泉、简阳、

收稿日期:2018-04-28

作者简介:陈明浩(1983-),男,高级工程师,注册土木工程师(岩土)。

引文格式:陈明浩,王朋,赵平. 成渝客运专线主要工程地质问题及地质选线[J]. 高速铁路技术,2019,10(6):69-72.

CHEN Minghao, WANG Peng, ZHAO Ping. Major Engineering Geological Problems and Geological Route Selection of Chengdu-Chongqing Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(6): 69-72.

资阳、内江后进入重庆市境内,经荣昌、永川、璧山、沙坪坝后达本线终点重庆枢纽重庆站,线路全长307.931 km。

全线共设车站12个,正线桥梁298座,隧道46座(其中龙泉山隧道全长7 328 m,是西南地区建成运营的第一座浅层天然气高瓦斯双线铁路隧道;新中梁山隧道长4 124 m,是西南地区第一座按最高行车速度350 km/h建成运营的高风险双洞双线铁路岩溶隧道),桥隧比重67.4%,工程总投资398.9亿元。本项目沿线地质条件复杂,不良地质和特殊岩土种类多、分布广、危害大,自2009年开始勘察,2015年12月通车。至今已运营将近4年,运营观测结果表明,线路状况良好,列车运行安全、平稳。本文结合成渝客运专线地质勘察和专项地质研究工作,回顾总结该区域主要工程地质问题及地质选线技术原则,以期供后续在相似地质环境下新建高速铁路的勘察设计工作予以参考借鉴。

本线位于四川盆地内,所经地貌类型主要有侵蚀堆积、剥蚀、构造剥蚀、构造侵蚀、构造溶蚀等形成的冲积平原、丘陵、低山三种,龙泉山、华蓥山呈北东 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 绵延于盆地中,宏观上将盆地分为西部平原、中部丘陵及东部平行岭谷三大地貌单元,地面高程200~700 m<sup>[1]</sup>。

测区位于扬子准地台川中台坳,跨成都平原、川中平缓低褶带及川东高褶带,构造形迹主要为龙泉山箱状背斜和华蓥山帚状褶皱束(川东南弧形构造带)。

沿线主要出露中生界白垩系(K)、侏罗系(J)及三叠系(T)地层。三叠系(T)地层分布于重庆地区(四川盆地东部平行岭谷区)低山背斜核部及两翼;白垩系(K)地层主要出露于成都平原及龙泉山脉两侧;第三系缺失;第四系(Q)松散堆积物分布较广,在冲积平原区、河谷阶地、缓丘槽谷等低洼地带较为集中且厚度较大<sup>[2]</sup>。

## 2 主要工程地质问题

制约铁路选线的主要工程地质问题为煤矿采空区、石材采空区、岩溶及岩溶水、有害气体等<sup>[3-4]</sup>。

### 2.1 煤矿采空区

测区川东南弧形构造带的西山背斜、沥鼻峡背斜、温塘峡背斜、观音峡背斜东西两翼或核部分布有三叠系上统须家河组( $T_3xj$ )含煤地层,煤矿开采历史悠久,煤层大面积被开采,开采方式多为斜井开拓,走向长壁式采煤法,手镐、爆破落煤或机械采煤,平巷人力推车

运输或机车运输,斜井、下山绞车提升,全陷法管理顶板。煤层大面积采空后,引起地表下沉变形,发展形成移动盆地。

### 2.2 石材采空区

测区石灰岩产出层主要为华蓥山大断裂以东平行岭谷区的螺观山背斜、西山背斜、新店子背斜两翼侏罗系中下统自流井组东岳庙段( $J_{1-2}z^1$ )中部的介壳灰岩,厚2 m;大安寨段( $J_{1-2}z^3$ )灰白、灰黑色石灰岩和介壳灰岩,矿石质量较好,厚1.5~19 m,一般厚5~8 m。可用作冶金和化工原料,烧石灰或改良酸性土壤。当地老乡开采自流井组( $J_{1-2}z$ )灰岩用于烧制石灰、粉碎碎石作石料,大面积开采后形成石材采空区。据现场调查,一般采用仓房式开采,部分采用走向长壁式开采,预留石柱支撑顶板,石柱间距7~12 m,开采巷道不规则,开采1~2层,一般采高0.5~5 m,顶板多为泥灰岩和钙质泥岩,石材采空区开采深度较浅,地面变形比较剧烈,常见地表塌陷或开裂。

### 2.3 岩溶及岩溶水

全线可溶岩地段主要分布在新中梁山隧道观音峡背斜核部及两翼的三叠系中统雷口坡组( $T_2l$ )、下统嘉陵江组( $T_{1j}$ )及飞仙关组第三段( $T_{1f}^3$ )的碳酸盐岩地层,地貌上形成东西两个岩溶槽谷。自20世纪70年代襄渝铁路中梁山隧道建设以来,一系列铁路、公路隧道的修建,对测区的水文地质条件产生了显著影响,如渝怀铁路隧道修建期间,附近的凌云水库被疏干。本线路紧邻库容约 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的下大天池水库,隧道施工将使本区水文地质条件发生较大改变,对于生态环境敏感、地下水环境复杂的中梁山地区,可能引起地表水库、鱼塘水的漏失,井泉点的干枯等一系列环境地质问题,甚至可能出现地表变形、塌陷等地质灾害。

### 2.4 有害气体

四川盆地是一个含油气盆地,从震旦系至侏罗系均发育油气储层,线路经过川西气区、川西南气区和川南气区三个油气区。背斜是储集油气最有利的构造,只要构造完整,无断裂破坏,生、储、盖条件具备,就能形成油气田或含油气构造,下伏油气就会对上覆地层进行浸染,产生不同程度的油气迹象。气田主要以丘状缓倾背斜为主,含油气构造多为低山陡倾背斜,根据现场原位测试成果,表明油气田及含油气构造与天然气显示密切相关,一般背斜核部天然气浓度较高。浅层天然气燃烧或爆炸是隧道工程的一种常见地质灾害,也是困扰隧道安全施工、运营的一大难题。

3 地质选线研究

根据主要工程地质问题,本文重点研究了重庆境内线路走向方案比选,永川箕山、大足石材采空区、新中梁山隧道局部方案比选。

3.1 重庆境内线路走向方案比选

线路从内江进入重庆,需穿越巴岳山、云雾山、缙云山、中梁山,控制线路方案的主要工程地质问题为煤矿采空区,结合各山脉煤矿采空区的分布情况,研究了经永川绕行方案和大足取直方案。线路走向方案比选示意如图1所示。

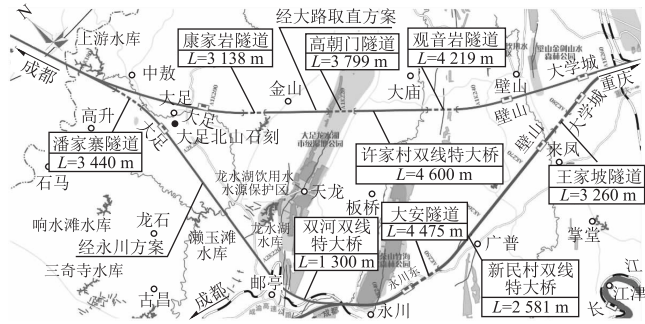


图1 重庆境内线路走向方案比选示意图

通过煤矿资料收集、现场调查访问、井下实测、物探及深孔钻探验证等综合勘察手段,查明了煤矿采空区分布范围及特征,工程地质条件对比如表1所示。

线路方案	主要工程地质问题	推荐方案
经永川绕行方案	绕避了巴岳山、云雾山大面积分布的煤矿采空区,仅从永川区协合煤矿、金佳煤矿、箕山煤矿采动影响边界附近通过。以桥梁和路基工程通过了西山、新店子、东山含油气构造,有害气体对铁路工程影响相对较小	经永川绕行方案虽较大足取直方案线路增长,但其最大程度降低了煤矿采空区及有害气体对铁路的影响,推荐经永川绕行方案
大足取直方案	高朝门隧道通过大足县红伍联煤矿、福狮煤矿、铜梁县共和煤矿;观音岩隧道通过璧山县梅江乡煤矿,主要开采T <sub>3</sub> xj <sup>3</sup> 煤层,煤层厚度0.3~0.9 m,最低开采水平巷道+150 m,煤矿采空区位于隧底以下170 m,影响长度1.5 km。高朝门隧道和观音岩隧道通过了西山和花果山含油气构造,为高瓦斯隧道	

3.2 永川箕山局部方案比选

影响该段线路走向的主要因素为箕山煤矿采空区,永川区城市现状及发展规划,成渝高速公路等。研究了绕避采空区方案(贯通方案)、穿采空区方案(高速公路南侧设站方案和北侧设站方案),方案比选平面示意如图2所示。

箕山煤矿始建于1970年,开采标高+600~±0 m,

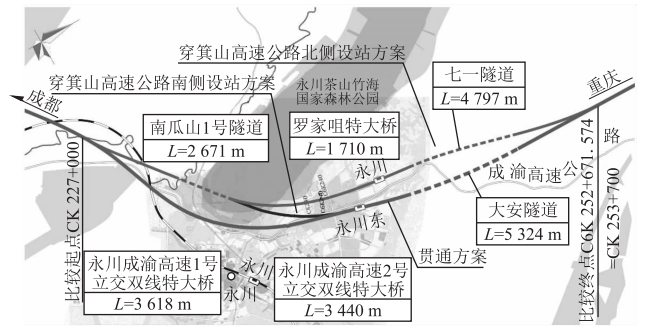


图2 永川箕山局部方案比选平面示意图

开采须家河组三段、一段K8、K13煤层,煤厚0.29~0.57 m,矿井设计生产能力15万t/年,采用平硐暗斜井开拓,已形成大面积煤矿采空区,易引起地表下沉变形。穿箕山高速公路南侧设站方案通过采空区影响长度0.8 km,穿箕山高速公路北侧设站方案通过采空区影响长度1.3 km,对铁路危害极大,不推荐。受城市规划建设影响,贯通方案位于现状采动影响范围外,但位于最终采动影响范围内,采动区影响界线与线位关系如图3所示。因此对煤矿应进行限制开采,确保铁路工程运营安全。

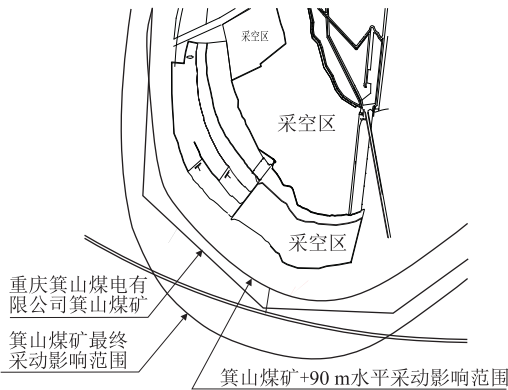


图3 重庆箕山煤矿采动影响界线与线位关系

3.3 大足石材采空区局部方案比选

控制该段线路走向的因素主要有石灰岩采空区、煤矿采空区、成渝高速公路、成渝铁路、城镇规划等。研究了高速公路北侧站位、高速公路南侧站位两方案。

在搜集资料和地质测绘的基础上,采用超高密度电法、对称四极直流电测深法、地震反射波法等综合物探确定疑似采空区域,通过钻孔进行验证。查明了石材采空区分布范围及特征<sup>[5]</sup>,工程地质条件对比如表2所示。

3.4 新中梁山隧道局部方案比选

新中梁山隧道位于岩溶发育、地下水环境复杂、生态环境敏感的中梁山地区,在查明测区工程地质和水

表2 大足石材采空区局部方案工程地质条件综合对比表

线路方案	主要工程地质问题	推荐方案
高速公路 北侧站位 方案	通过太平场和双石桥场石材采空区,主要开采大安寨段( $J_{1-2}z^3$ )灰岩,开采1~2层,采高0.5~5 m,采空区位于线路下方0~58 m,影响长度260 m	太平场石材采空区地表已发生开裂塌陷,稳定性差,同时开采深度大,处理较困难,故推荐高速公路南侧站位方案
高速公路 南侧站位 方案	通过双石桥场石材采空区,主要开采大安寨段( $J_{1-2}z^3$ )灰岩,开采1~2层,采高2~6 m,采空区位于线路下方约10 m,影响长度350 m	

文地质条件的基础上,需合理确定线路方案及隧道标高<sup>[6]</sup>。经充分研究,初步确定3个隧道方案,即双线隧道D1K方案、双线隧道D2K方案及双洞双线D3K方案。

双洞双线D3K方案与遂渝高速公路大学城隧道和襄渝铁路中梁山隧道相交,可充分利用既有隧洞形成的降落漏斗,隧道标高位于铁路隧道和公路隧道标高之间,避免了降落漏斗范围的进一步扩大;此方案距离下大天池水库较远,可最大程度降低工程施工对区内水文地质条件的影响;另外,此方案隧道分修单孔隧道洞径较小,降低了形成新的地下水径流通道的可能性,可保证隧道施工、运营的安全。经技术、经济、工程、安全等因素综合比选,推荐双洞双线D3K方案。

4 地质选线原则

鉴于成渝客运专线的设计标准高,地质条件复杂,勘察和设计过程始终与一定深度的线路方案研究相配合,在大范围区域地质调绘的基础上,开展多方案或方案组合的比选。在地质选线研究过程中,主要坚持遵循以下复杂地质条件下高速铁路选线定线技术原则:

(1)针对大面积地下开采的煤矿采空区,易发生地表下沉变形,形成移动盆地的特点,线路应进行绕避,正确划分现状及充分开采影响范围,将铁路工程宜设置在采空塌陷影响区范围外一定距离。

(2)针对石材采空区具有分布广、埋深浅,地表易变形、开裂、塌陷等特点,线路应绕避密集分布、处理难度大的大中型石材采空区,对于无法绕避的小型石材采空区,应在查明其空间分布范围及工程特征的基础上,彻底处理,不留后患。

(3)线路不宜直接穿越油气田或含油气的背斜构造,无法绕避时,应选择矿床较薄、构造简单、危险性小的地段以短距离通过,尽量采用路堤、桥梁等浅表工程类型。

(4)线路应大角度通过岩溶及岩溶水发育地带,

尽量靠近既有隧道、洞室等地下建筑物,并将其置于既有建筑物形成的降水漏斗内。

5 结论

成都至重庆客运专线跨成都平原、川中平缓低褶皱带及川东高褶皱带,区内地形地质条件复杂,煤矿采空区、石材采空区、岩溶及岩溶水、浅层天然气构成了控制线路方案的主要工程地质问题。本文在充分总结吸取西南复杂艰险山区铁路地质选线经验的基础上,提出了高速铁路地质选线定线原则,绕避煤矿采空区5座,石材采空区2处,优化线位5段,最大限度降低了岩溶及岩溶水、浅层天然气对铁路工程的影响,地质选线效果明显。

参考文献:

[1] 中铁二院工程集团有限责任公司. 新建铁路成都至重庆客运专线地质报告[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2010.  
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Engineering Geology Report of Chengdu-Chongqing Passenger Dedicated Line [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2010.

[2] 宋章,赵平,陈明浩. 既有成渝铁路线地质灾害特性及防治对策分析[J]. 铁道工程学报, 2017, 34(8): 16-21.  
SONG Zhang, ZHAO Ping, CHEN Minghao. Analysis of the Characteristics of Geological Disasters and Its Prevention Methods along the Chengdu-Chongqing Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2017, 34(8): 16-21.

[3] 杜宇本, 蒋良文. 大瑞铁路大保段主要工程地质问题及地质选线[J]. 铁道工程学报, 2010, 27(4): 23-28.  
DU Yuben, JIANG Liangwen. Main Problems in Engineering Geology and Alignment in Dali-Baoshan Section of Dali-Ruili Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2010, 27(4): 23-28.

[4] TB 10012-2019 铁路工程地质勘察规范[S].  
TB 10012-2019 Code for Geology Investigation of Railway Engineering [S].

[5] 陈明浩,王朋,赵平. 成渝客专石材采空区的勘察与评价研究[J]. 铁道工程学报, 2015, 32(2): 11-15.  
CHEN Minghao, WANG Peng, ZHAO Ping. Research on the Survey and Evaluation of Chengdu to Chongqing Inter-city Train Stone Goaf [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2015, 32(2): 11-15.

[6] 王朋,屈科. 成渝铁路客运专线中梁山隧道水文地质选线[J]. 西南交通大学学报, 2012, 47(S1): 166-170.  
WANG Peng, QU Ke. Hydrological Route Selection of Zhongliangshan Tunnel in Chengdu-Chongqing Passenger Dedicated Line [J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2012, 47(S1): 166-170.

(编辑:刘会娟 张红英)