

文章编号: 1674—8247(2021)06—0084—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.06.016

漳州开发区双鱼岛旅游铁路建设方案研究

谢 鹏 何要超

(中铁大桥勘测设计院集团有限公司武汉分公司, 武汉 430074)

摘 要:新建漳州开发区双鱼岛旅游铁路位于福建省漳州市境内,其功能定位为双鱼岛旅游项目配套工程。新建铁路线路同时穿过海域段和海积平原,项目环境敏感点众多、建设条件复杂、施工风险高、难度大。本文结合漳州开发区城市规划、周围环境敏感点、厦门湾地形、地质等因素,从轨道交通模式的选择、区域内线路走向及站点布置、厦漳海底隧道实施难易程度等对双鱼岛旅游铁路建设方案进行综合分析。研究结果表明:(1)双鱼岛旅游铁路宜采用市域铁路模式;(2)推荐滨海新城站至双鱼岛站段线路方案采用沿南滨大道方案,线路沿滨海大道布置滨海新城、厦门大学分校、双鱼岛 3 座车站;(3)建议厦漳海底隧道位于花岗岩强风化层顶部,优先选择钻爆法施工。

关键词:旅游铁路; 建设方案; 线路走向; 海底隧道

中图分类号:U212.32 **文献标志码:**A

84

A Study on Construction Scheme of Shuangyu Island Tourism Railway in Zhangzhou Development Zone

XIE Peng HE Yaochao

(Wuhan Branch of China Railway Major Bridge Reconnaissance & Design Institute Co., Ltd., Wuhan 430074, China)

Abstract: Newly-built Shuangyu Island Tourism Railway in Zhangzhou Development Zone, Zhangzhou City, Fujian Province, a supporting work of Shuangyu Island Tourism Project, runs through the sea area and the marine plain, and is characterized by numerous environmental sensitive points, complex construction conditions, high construction risks, and great difficulties. Combining with the urban planning of Zhangzhou Development Zone, sensitive surrounding environment, topography and geology of Xiamen Bay, and other factors, this paper made a comprehensive analysis on the construction scheme of Shuangyu Island Tourism Railway, including selection of rail transit mode, the route direction and station layout in the region, and the implementation difficulty of Xiamen-Zhangzhou Subsea Tunnel. The results show that: (1) Shuangyu Island Tourism Railway should be constructed as an intracity railway; (2) The scheme along Nanbin Avenue is recommended for the section from Binhai New Town Station to Shuangyu Island Station, and three stations are proposed, namely Binhai New Town, Xiamen University Branch and Shuangyu Island; (3) It is suggested that Xiamen-Zhangzhou Subsea Tunnel should be located at the top of strongly weathered granite layer, and drilling and blasting method should be preferred for construction.

Key words: tourism railway; construction scheme; alignment; subsea tunnel

收稿日期:2021-06-15

作者简介:谢鹏(1980-),男,高级工程师。

引文格式:谢鹏,何要超.漳州开发区双鱼岛旅游铁路建设方案研究[J].高速铁路技术,2021,12(6):84-88.

XIE Peng, HE Yaochao. A Study on Construction Scheme of Shuangyu Island Tourism Railway in Zhangzhou Development Zone[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(6):84-88.

1 工程概况

漳州开发区双鱼岛旅游铁路地处漳州市,定位为双鱼岛旅游项目配套工程,是服务于厦漳旅游市场、打造厦门湾精品旅游品牌、沟通两地经济文化、以客为主的市域旅游铁路,同时兼顾厦漳同城化的区域交通。项目沿线人口密度较大,路网和独立水系众多,有高校、海洋物种自然保护区等众多环境敏感点;线路跨越厦门湾,沿线地形、地质条件复杂多变,气候具有高温、高湿、高盐等特点,项目设计难度较大^[1-4]。本文基于有效衔接轨道交通、加快实现便捷换乘、更好服务旅游通勤、降低经营开发等原则,充分考虑既有漳州市规划、客流、地形、地质、气候环境、投资等因素,对漳州开发区双鱼岛旅游铁路的交通模式、设站位置、线路走向方案进行了研究,提出了经济合理的双鱼岛旅游铁路建设方案。

2 轨道交通模式研究

目前沿线主要景区的交通方式仍以汽车、轮渡为主。若是在旅游旺季,车流较大,一方面给景区道路带来较大压力,大大限制了道路的通行能力;另一方面,随着游客接待人数的不断增加,特别是自驾车游、包车旅游的迅速增长,影响了景区内的旅游环境,加大了管理难度,不利于提升旅游品质。轨道交通具有运量大、输送能力强等优点,在能量消耗、环境污染、事故损失、道路占用等方面有着其它交通方式不可比拟的优点。不同交通模式时间对比如表 1 所示。

表 1 不同交通模式时间对比表

交通模式	汽车	轮渡	轨道交通
起终点	厦门岛内 (厦门市政府)	厦门岛内—双鱼岛	厦门岛内—双鱼岛
主要行程	招银疏港高速公路、招商大道、南滨大道	轮渡(同益码头—客运码头)	地铁 3 号线、双鱼岛旅游铁路
距离/km	42.2	16.5	17.6
时间/min	65	58	17

从表 1 可以看出,轨道交通可极大限度缩短旅游到达景区所经历的时间,提高游客的舒适度,提高景区交通服务水平与运输质量。因此推荐漳州开发区旅游交通模式采用轨道交通模式。

2.1 不同轨道交通模式特点分析

根据不同服务对象、服务水平、客运量、建设规模和管理方式等,轨道交通模式大致可分为城际铁路、城市轨道交通、市域铁路 3 个层次^[5-7]。不同轨道交通模式的特点对比如表 2 所示。

表 2 不同轨道交通模式特点对比表

交通类别	城际铁路	城市轨道交通	市域铁路
服务范围	主要服务于省会城市和主要大中城市之间的中长途客流,属于长大干线铁路	主要承担城市中心城区内的客运服务	将城市市区以外的多个点或组团与城市的交通接口连接起来,具有内聚外联的功能
运行速度/(km/h)	200~350	<100	100~160
平均站间距/km	5~20	1	2.5~5
单公里造价/(亿/km)	1.5~2.5	7~8	3~4

本线定位为双鱼岛旅游项目配套工程,是服务于厦漳旅游市场同时兼顾厦漳同城化的区域交通,线路长度较短。城际铁路主要服务于省会城市和主要大、中城市之间的中长途客流,其平均站间距较长,与本线的功能定位不相匹配;城市轨道交通主要承担城市中心城区内的客运服务,可满足本线的功能定位,但单公里造价高昂;市域铁路可将城市市区与周围的多个点或组团相连接,具有内聚外联的功能,不仅能满足本线的功能定位,而且造价也较城市轨道交通低廉。综合轨道交通模式分类、功能及工程造价来分析,本线宜按市域铁路进行建设。

2.2 双鱼岛定位及服务对象分析

漳州开发区双鱼岛是经国务院批准的中国首例经营性用海项目,本线作为连接厦门本岛与漳州开发区的旅游铁路项目,是双鱼岛项目招商和开发的重要支撑,是连接未来双鱼岛景区与鼓浪屿景区的主要交通工具,并与鼓浪屿景区交相辉映,促进漳州开发区融入厦门湾经济一体化,成为厦门的“第五城”,实现和厦门同城化发展。本项目近期、中期、远期对应的客流指标如表 3 所示。

表 3 漳州开发区双鱼岛旅游铁路客流指标表

类别	研究年度	2023	2030	2045
全日	客运量(万人次/d)	4.079	5.099	7.088
	客运周转量/(万人·km/d)	27.33	34.16	47.49
	平均乘距/km	6.7	6.7	6.7
	最大单向断面流量/(人次/d)	32 748	40 935	56 900
高峰小时	客运量(人次/h)	5 737	7 172	9 938
	客运周转量/(人·km/h)	38 438	48 052	66 585
	平均乘距/km	6.7	6.7	6.7
	最大单向断面流量(人次/h)	4 602	5 753	7 996

从表 3 可以看出,本线近期、中期、远期高峰小时最大断面发送客流分别为 4 602 人次、5 753 人次、7 966 人次。随着漳州开发区发展和完善,厦门本岛至漳州开发区日常公务通勤和生活出行需求的客流将稳步增长,厦门鼓浪屿景区与漳州开发区双鱼岛景区间的旅游客流在本线承担的客流中占相当的比重。

从双鱼岛功能定位和承担的主要客流分析,本线的建设宜充分考虑双鱼岛游客旅游的要求、服务对象的特殊性,建议本线按市域铁路进行建设。

2.3 轨道交通模式推荐

从上述综合分析可以看出,本项目建设时应充分考虑旅游客流的季节性、舒适性、游览性和安全性等,本项目轨道交通模式为连接厦门本岛与漳州开发区的市域旅游铁路,线路的主要技术标准如表 4 所示。

表 4 线路主要技术标准表

序号	主要技术标准	推荐意见
1	铁路等级	市域轨道交通
2	正线数目	单线
3	速度目标值	120 km/h
4	最大坡度	25‰
5	最小曲线半径	一般 1 200 m,困难 800 m,限速地段结合城市建筑、列车运行速度确定
6	牵引种类	电力(AC25KV)
7	列车类型	CRH6 型城际动车组
8	列车运行控制方式	采用 CTCS2 + ATO 功能的自动控制系统
9	行车指挥系统	调度集中

3 轨道交通建设方案研究

本文参考既有文献的研究结论,抓住选线工作的主要制约因素,充分贯彻“规划选线”、“地质选线”、“环保选线”、“重大工程优先选址”的原则^[8-13],对漳州开发区双鱼岛旅游铁路建设方案进行研究。

根据漳州市远期规划铁路规划布置,新建铁路西侧远期接入港尾站,东侧近期引入厦门大学站,远期经厦门大学站引入厦门车站,线路的大致走向确定,结合周围的客流来源、疏散等因素考虑,线路设站 4 个,分别为滨海新城站、厦门大学分校站、双鱼岛站及厦门大学站。滨海新城站至双鱼岛站,沿线地势开阔平坦、人口密布、路网发达,其线路平面方案需重点关注。双鱼岛站至厦门大学站线路需穿越厦门湾海域,厦门湾海域附近有珍稀海洋物种保护区等诸多环境敏感点,线路需进行绕避,综合考虑海底地质、地形因素,线路平面方案摆动余地较小,单线路纵断面方案受地质条件、隧道施工方法等影响较大,纵断面需进行重点关注。

3.1 滨海新城站至双鱼岛站段

该段主要位于漳州开发区内,线路走向主要受地方规划、客流需求、工程投资等方面影响,本次主要研究了沿南滨大道方案和穿虎甲山方案,两方案沿线均设滨海新城、厦门大学分校、双鱼岛 3 个车站。

3.1.1 方案概述

(1)沿南滨大道方案(方案 I)

方案 I 线路从白沙村附近的滨海新城站接出,沿

南滨大道前行,沿线经店地村、厦门大学漳州分校、绿海学城、厦门湾 1 号,至双鱼岛陆岛连接桥附近设双鱼岛站,线路方案比较段终点为 AK 9 + 160. 00。该比较方案共设有 9 个曲线,最小曲线半径 500 m。沿线设桥梁 1 座 1. 1 km,隧道 1 座 7. 008 km,桥隧比重 88. 52%。

(2)穿虎甲山方案(方案 II)

方案 II 线路从白沙村附近的滨海新城站接出,穿多肽用地东南侧后,在尖山桥附近设厦门大学分校站,出站后线路经厦门大学漳州校区西侧,穿行虎甲山,至半山片区的永鸿用地北侧后与南滨大道重合,在双鱼岛陆岛连接桥附近设双鱼岛站,比较段终点 A1K 8 + 560. 42。该比较方案线路长 8. 56 km,共设有 5 个曲线,最小曲线半径 500 m。沿线设桥梁 2 座 2. 56 km,隧道 2 座 4. 96 km,桥隧比重 87. 85%。

3.1.2 主要方案比选

两种线路方案对应的主要工程数量及投资如表 5 所示,其优缺点对比如表 6 所示。

表 5 主要工程数量及投资比较表

工程项目			方案 I	方案 II
1	新建长度/km		9. 16	8. 56
2	房屋拆迁量/m ²		33 272	27 772
3	路基	土石方/(10 ⁴ m ³)	5. 48	6. 80
		圪工/(10 ⁴ m ³)	0. 79	1. 12
4	用地/亩		86. 4	163. 4
5	桥梁	桥梁合计/(座 - 延长米)	1 - 1 100	2 - 2 560
6	隧道	隧道合计/(座 - 延长米)	1 - 7 360	2 - 4 960
7	桥隧比重/%		92. 36	87. 85
8	预估算总额(静态)/亿元		30. 079	28. 786

注:比较范围:滨海新城站—双鱼岛站

表 6 方案优缺点分析比较表

序号	方案 I	方案 II
优点	①线路两侧商业林立、人员密集、车站布置于沿线人流交汇处,吸引客流量范围大 ②线路基本采用高架或地下方式,对地方规划影响较小 ③途经漳州开发区,线路的建设有利于区内沿线商机和人流的聚集,且符合开发区功能要求,有利于促进开发区的发展	线路长度较短,工程投资较方案 I 较省
缺点	线路稍长,工程投资较方案 II 大	①穿越开发区半山片区和在建的永鸿地产,与地方规划不适应 ②除厦门大学漳州校区段外基本不经过沿线商机和人流的聚集区

综上分析:沿南滨大道方案虽然线路较长,工程投资稍大,但线路穿越开发区金融商务中心,站点布置于

人流密集区,对客流的吸引能力强,且符合地方城市规划,故推荐沿南滨大道方案。

3.2 双鱼岛站至厦门大学站段

3.2.1 方案概述

线路从双鱼岛站出站后,继续沿南滨大道行进,至南炮台公园下穿厦门湾海域。线路经厦门本岛后沿演武路向北,至演武路与大学路交叉路口设置厦门大学站,本期工程终点为 AK 15+215.00,终端预留与和国铁厦门站直接顺接的条件。结合厦门湾海域地质情况、厦门大学站的设置需求、隧道施工工艺需求以及跨海隧道出口的设置等因素,本次研究了线路穿越厦门湾海域段不同纵坡间的比选。

厦门湾厦漳跨海隧道海底段海水深约 20 m,下伏花岗岩强风化层(W3)埋深 35~70 m,花岗岩弱风化层(W2)埋深为 70~80 m。该隧道拟采用公铁两用分修,公铁三洞并行布置,公路隧道两线互为救援,铁路隧道利用临近公路隧道救援。铁路隧道为单洞双线布置,轨面以上有效净空面积应不小于 73 m²,隧道端断面布置如图 1 所示。

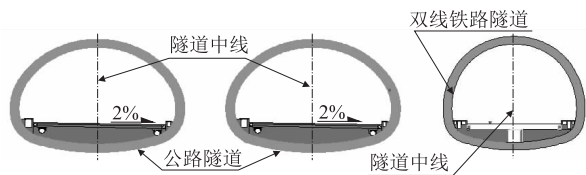


图 1 公铁隧道断面布置图

若将隧道海底段洞身完全设置于花岗岩 W2 内时,其线路高程将位于 -100~-130 m 之间,隧道埋深太大,本隧道位于厦门岛内的出口段无设置车站条件,难以实现本线与地铁 3 号线的换乘功能。若将隧道海底段完全设置于强风化花岗岩 W3 底部时,隧道埋深最低处高程为 -70 m,隧道经过地层地质情况相对较好,但因隧道埋深问题,导致厦门大学站线路高程约 -40 m,距离地表高差约 45 m;在实现本线与地铁 3 号线的换乘功能上仍存在较大困难,与和国铁厦门站顺接的条件将更一步恶化。因此在进行纵坡方案比选时,不宜将该两地层方案进行详细更深入研究,本次重点研究厦漳跨海隧道浅埋方案、隧道 W3 顶部方案。

(1) 隧道浅埋方案(方案 I)

该方案海域段隧道基本经行于 W4 全风化土状花岗岩内,该地层土质偏软,隧道基底位于土层与花岗岩强风化层接触带附近,并略靠近软土地层范围内,隧道海底段地表上覆淤泥及砂层厚约 25~35 m,隧道最大埋深高程为 -50 m,适宜采用盾构法施工,如图 2 所示。该方案在厦门大学站处,本线路高程与地铁 3 号

线高程能得到较好衔接。

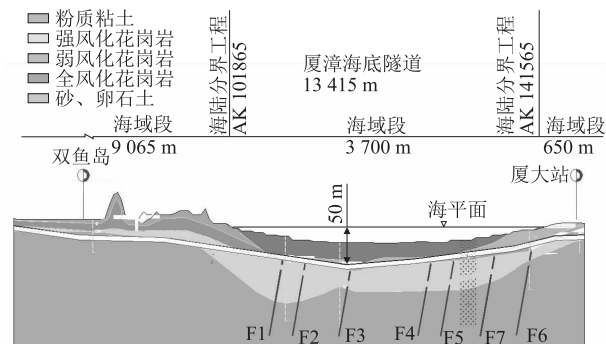


图 2 厦漳跨海隧道浅埋方案坡度示意图

(2) 隧道 W3 顶部方案(方案 II)

该方案海域段隧道经行于花岗岩强风化层(W3)顶部,隧道海底段地表上覆层厚约 35~45 m,隧道最大埋深高程为 -60 m,适宜采用钻爆法施工。该方案线路在厦门大学站处轨面高程为 -22 m,距地表高差为 27 m,与地铁 3 号线立体交叉条件后埋深比较合理,车站与地表通道的设置较为理想,如图 3 所示。

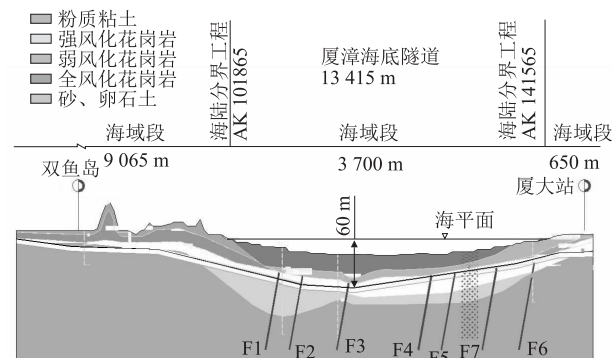


图 3 厦漳跨海隧道 W3 顶部方案坡度示意图

3.2.2 主要方案比选

本隧道海底段按不同埋深控制,隧道洞身线位分别设置于软土地层或花岗岩地层时,根据地质适应性,方案 I 和方案 II 可分别选用盾构法或钻爆法施工,方案优缺点对比如表 7 所示。

采用盾构方案时,机械设备投入大,并可能出现地层软硬不均或局部遭遇孤石的风险,且横通道施工难度大,成本高,总体经济性差;采用钻爆法方案时,虽然隧道断裂、风化槽地段的施工难度相对较大,但目前已积累了较为成熟的施工经验,且技术成熟,总体经济性相对较好。从技术经济性综合考虑,建议本隧道优先选择钻爆法施工,推荐隧道 W3 顶部方案。

3.3 推荐线路方案综合概述

推荐方案线路从白沙村附近的滨海新城站引出,

表 7 方案优缺点分析比较表

序号	方案 I	方案 II
优点	①厦门大学站埋深浅,车站服务质量较好 ②盾构法施工适应性好,施工难度较小 ③工程投资 44 408 万元(不含公路隧道部分),工期 60 个月	①适宜采用钻爆法施工,工法施工技术成熟,经验丰富 ②横通道位于花岗岩强风化地层内,采用钻爆法施工,难度相对较小 ③工程投资 389 035 万元(不含公路隧道部分),工期 72 个月
缺点	①若地勘工作不详细,容易导致隧道洞身位于上软下硬地层或软土地层内分布体积较大的孤石时,增加盾构法施工难度 ②横通道主要位于饱和砂土地层,采用冻结法施工时,成本较高,施工风险相对较大	①厦门大学站埋深较深,车站服务质量偏差 ②钻爆法施工工期较长,且该海域断层、风化槽较多,施工过程中存在坍方、涌突水等风险

沿南滨大道行进,经店地村、厦门大学漳州分校、厦门湾 1 号,至双鱼岛陆岛连接桥附近设双鱼岛站;其后线路继续前行,至南炮台公园穿越厦门湾海域进入厦门思明区,沿演武路向北,止于大学路,线路终点 AK 15 + 215.00。沿线设桥梁 1 座 1.10 km,隧道 1 座 13.415 km,路基 0.7 km,共设有滨海新城、厦门大学分校、双鱼岛、厦门大学 4 个车站。

4 结语

本文充分贯彻“规划选线”、“地选质线”、“环保选线”,“重大工程优先选址”的理念,结合漳州开发区城市规划、厦门地区综合交通规划等因素,从轨道交通形式的选择、区域内线路走向及站点布置、厦漳海底隧道实施难易程度等进行综合分析,推荐建设方案采用市域铁路的轨道交通形式,沿滨海大道布置滨海新城、厦门大学分校、双鱼岛 3 站,厦漳海底隧道位于花岗岩强风化层上部,并采用钻爆法进行建设。本文对城区交通轨道及海底隧道的建设具有一定的借鉴意义。

参考文献:

[1] 林明山. 厦漳泉城际铁路 R1 线厦门境内方案研究[J]. 福建建材, 2020(1): 41-42.
LIN Mingshan. Study on the Scheme of R1 Line of Xiamen Zhangquan Intercity Railway in Xiamen [J]. Fujian Building Materials, 2020(1): 41-42.

[2] 中铁二院勘察设计院有限责任公司. 漳州开发区段城市轨道交通方案研究[R]. 成都:中铁二院勘察设计院有限责任公司, 2014.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Study on Urban Rail Transit Scheme in Zhangzhou Development Section[R]. Cheng Du: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2014.

[3] 中铁二院工程集团有限责任公司. 厦漳泉大都市区城际轨道交通建设规划[R]. 成都:中铁二院工程集团有限责任公司, 2014.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Construction

Planning of Intercity Rail Transit in Xiamen Zhangquan Metropolitan Area[R]. Cheng Du: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2014.

[4] 中铁二院工程集团有限责任公司. 厦漳泉大都市区城际轨道交通建设规划 R3 线及延伸进岛方案补充研究[R]. 成都:中铁二院工程集团有限责任公司, 2014.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Supplementary Study on Intercity Rail Transit Construction Planning R3 Line and Extension Scheme in Xiamen, Zhangzhou and Quanzhou Metropolitan Area[R]. Cheng Du: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2014.

[5] 王跃辉, 黄晓宇, 梁青槐, 等. 城际铁路与市域铁路过轨运行适应性分析[J]. 建设科技, 2020(7): 82-86.
WANG Yuehui, HUANG Xiaoyu, LIANG Qinghuai, et al. Adaptability Analysis of through Operation of Inter-City Railway and Suburban Railway [J]. Construction Science and Technology, 2020(7): 82-86.

[6] 周晓琦. 对当前市域铁路发展的思考[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(5): 11-14.
ZHOU Xiaoqi. Reflection on Current Development of Suburban Railways[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(5): 11-14.

[7] 曾志长. 市域铁路工程投资分析与控制探讨[J]. 铁路工程技术与经济, 2018, 33(4): 4-6.
ZENG Zhichang. Discussion on Investment Analysis and Control of Urban Railway Engineering[J]. Railway Engineering Technology and Economy, 2018, 33(4): 4-6.

[8] 朱颖. 铁路选线理念的创新与实践[J]. 铁道工程学报, 2009, 26(6): 1-5.
ZHU Ying. Innovation and Practice on Railway Location Concept[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2009, 26(6): 1-5.

[9] 杜振江. 杭衢铁路新安江至金千货场段线路方案优化 [J]. 高速铁路技术, 2021, 12(1): 80-83.
DU Zhenjiang. Optimization of Route Scheme of Hangzhou-Quzhou Railway from Xinan River to Jinhua-Qiandaohunan Railway Freight Yard [J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(1): 80-83.

[10] 胥晓璠. 盐泰锡常宜铁路引入盐城地区方案研究[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(6): 90-94.
XU Xiaofan. Research on the Scheme of Introducing the Yancheng-Taizhou-Wuxi-Changzhou-Yixing Railway into Yancheng [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(6): 90-94.

[11] 张学伏. 西宁至成都高速铁路拉脊山选线研究[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(2): 106-111.
ZHANG Xuefu. Research on Route Selection of Lajishan Section of Xining-Chengdu High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(2): 106-111.

[12] 杨晖. 新建兰渝高铁线路走向方案研究[J]. 铁道标准设计, 2020, 64(12): 5-9.
YANG Hui. Research on Route Planning of Lanzhou to Chongqing High-speed Railway[J]. Railway Standard Design, 2020, 64(12): 5-9.

[13] 胡永占. 西十高速铁路穿越秦岭山区空间地质综合选线对策 [J]. 铁道建筑, 2020, 60(8): 148-151.
HU Yongzhan. Spatial Geological Comprehensive Route Selection Strategies for Xi'an-Shiyan High Speed Railway Crossing Qinling Mountain Area[J]. Railway Engineering, 2020, 60(8): 148-151.