

文章编号: 1674—8247(2021)06—0065—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.06.013

沿江高铁宜昌至涪陵段规划选线设计研究

杜建军

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:高速铁路规划选线需考虑的因素繁多,如线路在路网中的适应性和匹配性、运输需求、地形地质条件、环境敏感区、重点工程选址、重大风险防控等。本文通过沿江高铁宜昌至涪陵段规划选线的设计实践,针对不同的影响因素,总结出了艰险困难山区高速铁路规划选线设计的主要对策,以供同行参考。

关键词:沿江高铁; 高速铁路; 规划选线; 风险防控

中图分类号:U212.32 文献标志码:A

Design Study on Planning-based Railway Location of Yichang-Fuling Section of Shanghai-Chongqing-Chengdu High-speed Railway

DU Jianjun

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

Abstract: There are many factors to be considered in the planning-based railway location for high-speed railways, such as the adaptability and matching of the line in the railway network, transportation demand, topographic and geological conditions, environmentally sensitive areas, site selection of key projects, the prevention and control of major risk, etc. Based on the design practice of planning-base railway location of Yichang-Fuling Section of Shanghai-Chongqing-Chengdu High-speed Railway and different influencing factors, this paper summarizes the main countermeasures of planning-based railway location design of high-speed railway in difficult mountainous areas for reference by peers.

Key words: Shanghai-Chongqing-Chengdu High-speed Railway; high-speed railway; planning-based railway location; risk prevention and control

沿江高铁的建设是落实“一带一路”倡议、长江经济带发展、新时代西部大开发、成渝地区双城经济圈等多重国家战略的重大支撑性项目。其中,宜昌至涪陵段位于武陵山区腹地、云贵高原东北缘,山高壁陡、河谷深切,工程地质特征具有“四多、四风险”的特点。“四多”即碳酸盐岩多、重力不良地质多、煤矿采空区多、缓倾“红层”软岩多;“四风险”即岩溶水风险、危岩落石和崩塌风险、煤层瓦斯和天然气风险、缓倾“红层”基底上拱风险。为典型的艰险困难山区高速

铁路。

1 项目自然特征

1.1 地形地貌

本项目位于川东平行岭谷区和鄂西南山区,行走于我国第二、第三级地形阶梯。湖北段位于云贵喀斯特高原之东北缘,总体上呈自西向东阶梯状倾斜的斜坡地貌,斜坡陡峻,河流切割深度大,相对高差200~800 m。重庆段位于云贵高原东北麓向四川盆地东缘

收稿日期:2021-08-16

作者简介:杜建军(1971-),男,高级工程师。

引文格式:杜建军. 沿江高铁宜昌至涪陵段规划选线设计研究[J]. 高速铁路技术,2021,12(6):65-69.

DU Jianjun. Design Study on Planning-based Railway Location of Yichang-Fuling Section of Shanghai-Chongqing-Chengdu High-speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(6):65-69.

过渡地带平行岭谷区,地形受地质构造控制,背斜成条状中低山,向斜成宽缓低山丘陵谷地,山脊与构造线一致,呈北东向展布,相对高差20~500 m^[1]。

1.2 不良地质条件

复杂的地质构造和地形地貌条件决定了宜昌至涪陵铁路工程沿线不良地质问题种类繁多,主要的不良地质有岩溶及岩溶水、危岩落石、滑坡、错落、岩堆、崩塌、泥石流、顺层、采空区、有害气体(天然气、煤层瓦斯)等,特殊岩土有膨胀(岩)土、软土及松软土、盐溶角砾岩等。控制工程的最主要地质问题为岩溶及岩溶水^[2]。

1.2.1 岩溶及岩溶水

研究区可溶岩发育,主要集中在方斗山和鄂西山区,可溶岩长度约为230.8 km,占线路总长的50.9%。湖北境内可溶岩占比达69.58%,对线路安全及选线设计影响最大。

1.2.2 重力不良地质

研究区内地形切割强烈,加之地层古老,受多次构造运动影响,岩体破碎,节理发育,密布有大小不一的危岩落石、崩塌、滑坡、错落、岩堆、泥石流等重力不良地质。

1.2.3 采空区

研究区矿产较丰富,以煤矿为最,石煤、钒矿、锰矿次之。川东地区隔挡式背斜核部、两翼及鄂西的三叠系须家河组、二叠系龙潭组为主要优质含煤地层,分布大量密集采空区,局部地区分布较多石煤、钒矿、锰矿。采空区对线路选择制约性较大。

1.2.4 特殊地质条件

研究区可溶岩地段坡洪积、坡残积层多具膨胀性,地势低洼地段不同程度地分布有软土、松软土,三叠系下统嘉陵江组地层夹盐溶角砾岩,岩体质软、破碎,地下水常具强腐蚀性。

1.3 沿线水系及水电枢纽

区域为长江流域,主要有长江及其支流清江、龙河、乌江等,水电枢纽有三峡水电站、葛洲坝水利枢纽及支流上的水力发电站等,装机总量约达82亿kW。

1.4 环境敏感区

线路所经区域自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区等众多,分布有各级自然保护区88处、各级风景名胜区18处、各级地质公园8处、各级湿地公园15处、各级森林公园54处,水产种质资源保护区4处,水源保护区(含乡镇水源)196处。

2 规划选线决策因素

高速铁路规划选线需考虑的因素繁多,如线路的

政治、经济、国防意义及在路网中的作用,运输需求,所采用的铁路主要技术标准及与相邻线路标准的协调,行经地区的地形、地质条件,环境敏感区,沿线城镇、交通、通信和电力、水利建设、军事区等的分布及规划协调等^[3-5]。

3 规划选线设计原则

规划选线应坚持地形地质选线、减灾选线、重大工程优选选址、环境选线、与既有构筑物协调的安全选线、工程选线等理念,应用全寿命周期、风险管理和系统工程的原则,通过识别、评估地质灾害及其风险,从工程设计源头做好地质灾害风险的规避、防控、监测工作,以保证铁路的设计、建设和运营安全,最终选择出全寿命周期风险可控、系统最优的线路方案。

4 典型案例

规划选线设计的方案取舍,除受多种自然条件因素影响外,还受路网适应及匹配性、重点工程选址、重大风险防控措施等影响,需要权衡利弊,避重就轻,进行综合技术经济比较,优选出安全可靠、经济合理的线路方案。在沿江高铁宜昌至涪陵段规划选线设计中,依据上述原则,针对不同的影响因素,进行了大量的方案比选。

4.1 宜昌至恩施(利川)段线路走向方案研究

结合区域路网、经济据点分布、地形地质条件、环境敏感区、长江桥位等因素,研究了经巴东、经秭归、沿既有线、经长阳沿清江北岸、经五峰沿清江南岸、经五峰取直和经鹤峰7个方案,如图1所示。其中,经巴东方案临近在建宜昌至郑万高速铁路联络线,路网布局不合理,且巴东至建始岩溶强烈发育,风险极高;经秭归方案的秭归至野三关段地质条件差,岩溶强烈发育,隧道埋深大,无辅助坑道条件,岩溶水及工期风险大;经鹤峰方案线路绕长,不利于构建高质量的沿江高速铁路通道;经五峰取直方案线路走行于武陵山区腹地,隧道规模大,岩溶水风险高。研究决定对以上4个方案予以放弃,重点比选经五峰沿清江南岸、经长阳沿清江北岸和沿既有线3个方案。

4.1.1 方案说明

(1) 经五峰沿清江南岸方案

线路自宜昌北站引出,经长阳、五峰、景阳、恩施北至利川,线路全长281.0 km。

(2) 经长阳沿清江北岸方案

线路自宜昌北站引出,至长阳后沿清江北岸走行,依次经过资丘、景阳、恩施北至利川,线路全长

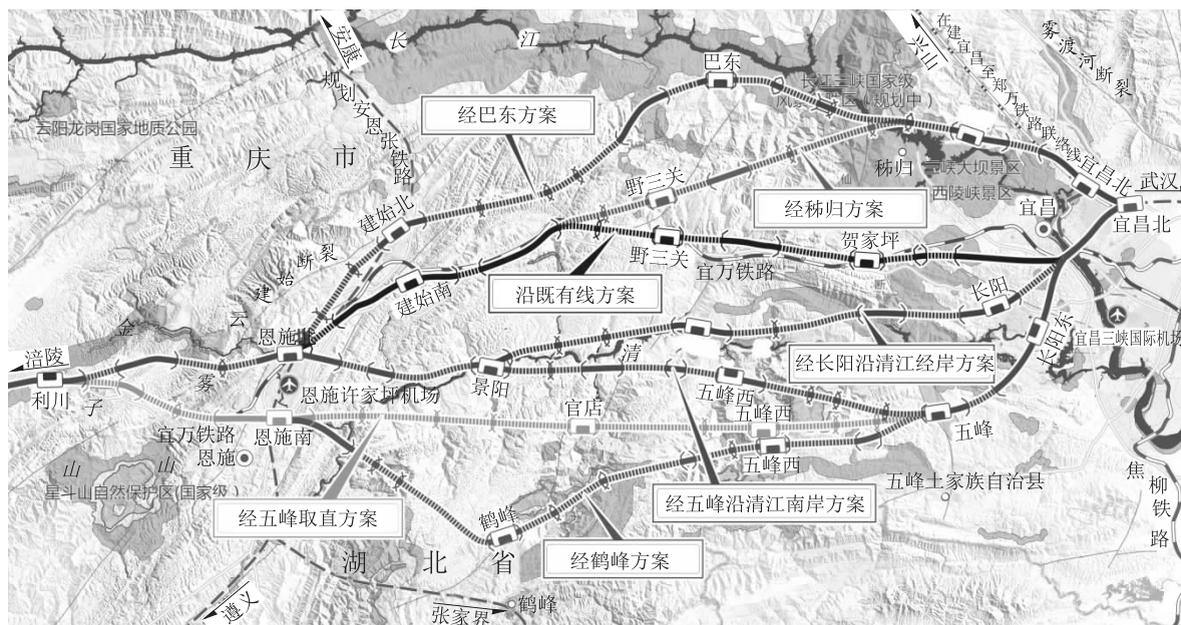


图1 宜昌至利川段线路方案示意图

261.83 km。

(3) 沿既有有线方案

线路自宜昌北站引出,沿既有宜万铁路经贺家坪、野三关、建始、恩施北至利川,线路全长 263.74 km。鉴于宜万铁路突水、突泥致使施工期重大事故及运营期中断行车的教训,对既有线的野三关、大支坪隧道方案做了详细研究,最终选取尽量靠近既有有线降落漏斗、标高高于既有线的方案。沿既有有线水文地质断面示意图如图2所示。

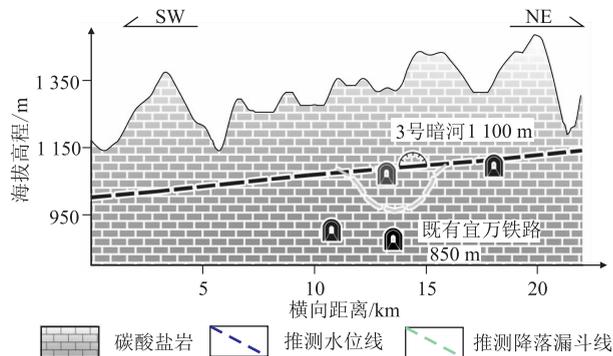


图2 沿既有有线水文地质断面示意图

4.1.2 工程技术经济综合比选

主要工程数量及投资比较如表1所示。

(1) 线路长度及投资分析

经五峰沿清江南岸方案较经长阳沿清江北岸、沿既有有线方案线路长度分别为 19.18 km、17.26 km,投资分别多 34.509 亿元、33.708 亿元。经五峰沿清江南岸方案虽有所绕长,但线路经过的五峰、长阳两县均

表1 主要工程数量及投资比较表

序号	工程项目	经五峰沿清江南岸方案	经长阳沿清江北岸方案	沿既有有线方案
1	建筑长度/km	281.000	261.83	263.74
2	桥梁/座-延长米	102-55 521.5	100-50 323.3	98-50 837.5
3	隧道/座-延长米	75-200 517.8	70-188 386.5	68-184 554.6
4	桥隧总长/km	256.04	238.71	235.39
5	估算投资(静态)/亿元	505.803	471.294	472.094
	差额/亿元	0	-34.509	-33.708

注:比较范围 AK 0+000~AK 281+000(宜昌北至利川)

为呼南通道原规划经过的主要经济据点,客观上为呼南通道的路网布局优化创造了条件。

呼南通道优化前经宜昌,线路自襄阳起,经由荆门、宜昌、长阳、五峰、石门、临澧等9个县市,全长 413.512 km。在此情况下,湖北省拟修建荆门至荆州城际铁路,两条铁路新建总长 485.112 km,投资 868.350 亿元。

呼南通道优化后经荆州,线路自襄阳起,经由荆门、荆州、宜城、津市、临澧等7个县市,全长 351.810 km。在此情况下,荆门至荆州城际铁路功能可由沿江高铁通道代替,新建总长 351.810 km,投资 598.077 亿元。优化后线路长度减少 133.302 km,投资节省 270.273 亿元。呼南通道优化前后经济技术比较如表2所示。

呼南通道优化后,原呼南通道所经行的五峰土家族自治县、长阳土家族自治县可由沿江通道覆盖,综合分析,绕长约 19.2 km 经五峰沿清江南岸方案在路网布局上更具有经济优势。

表2 呼南通道优化前后综合技术经济比较表

项目	呼南通道优化前 (经宜昌方案)	呼南通道优化后 (经荆州方案)
路网布局	1.呼南通道经宜昌方案(413.512 km) 2.荆门至荆州城际(71.6 km)	呼南通道经荆州方案(351.810 km)
呼南通道长度/km	413.512	351.810
呼南通道经济据点	荆门、宜昌2个地级市;宜城、当阳、长阳、宜都、五峰、石门、临澧7个县市	荆门、荆州2个地级市,宜城、公安、澧县、津市、临澧5个县市
桥梁总长/座-km	249-220.435	244-232.645
隧道总长/座-km	92-131.545	22-44.324
桥隧总长/km	351.98	276.97
桥隧比例/%	85.1	78.7
呼南通道静态投资/亿元	756.705	627.651
综合长度(呼南通道+荆荆城际)/km	485.112	351.810
综合静态投资(呼南通道+荆荆城际)/km	868.350	598.077
综合静态投资差值/km	0	-270.273

(2)从工程地质条件分析

经五峰沿清江南岸方案可溶岩段落长度127.6 km,线路主要敷设与垂直循环带内,岩溶水风险小。

经长阳沿清江北岸方案可溶岩段落长141.6 km,线路主要敷设与垂直循环带内,整体岩溶水风险小。但资丘隧道长18.3 km,穿越“酒杯”型含水构造,核部为三叠系灰岩,为主要的集水层,其下的隔水层为二叠系上统龙潭-吴家坪含煤地层,厚104 m,受断层和向斜构造影响,隔水层易失去隔水效果,隧道施工过程中可能袭夺上层岩溶含水层,岩溶水风险较高。资丘隧道水文地质断面如图3所示。

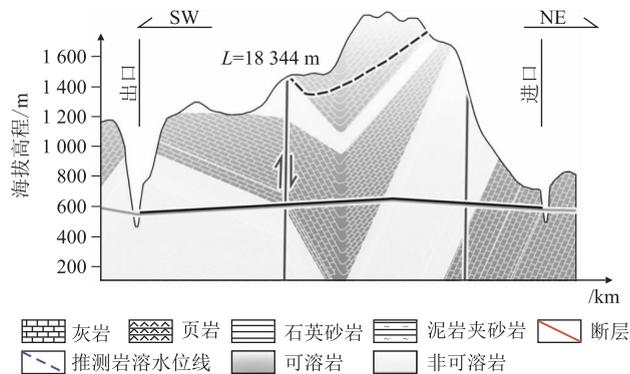


图3 资丘隧道水文地质断面图

沿既有有线方案可溶岩段落长131.24 km,越岭段线路靠近分水岭,远离清江及长江,岩溶强烈发育,地下水位高,隧道主要走行于水平循环带内,岩溶水风险极大。

综上所述,经五峰沿清江南岸方案工程地质条件

最好,其次为经长阳沿清江北岸方案,沿既有有线方案最差。

(3)从经济社会发展的带动作用分析

经五峰沿清江南岸方案和经长阳沿清江北岸方案开辟了新路,路网布局更为合理;经五峰沿清江南岸方案在沿线覆盖人口总量、GDP总量、旅游资源方面均高于另外两方案,更有利于带动旅游资源开发和沿线经济发展。

(4)从重点隧道工程条件及风险分析

各方案重点工程概况如表3所示。从表3可以看出,经五峰沿清江南岸方案的工程风险最小。

综上所述,经五峰沿清江南岸方案虽线路较长,工程投资较多,但可为呼南通道优化调整创造条件,综合经济效益最佳,且工程地质条件最好,工期最短,服务范围更广,能更多地带动沿线旅游资源开发和经济社会发展,助力脱贫攻坚战略,更加有利于生态环境保护,故推荐采用经五峰沿清江南岸方案。

表3 各方案重点工程概况表

控制性工程	沿既有有线方案	经长阳沿清江北岸方案	经五峰沿清江南岸方案
最长隧道	贺家坪隧道长18 305 m,人字坡,设置贯通平导+2横洞,工期54个月	资丘隧道长18 344 m,岩溶强发育,且水位高,人字坡,设置贯通平导+2横洞,工期59个月	景阳隧道长11 635 m,岩溶强发育,靠近排泄区,岩溶水位低,人字坡,设置贯通平导+1横洞,工期39个月
高风险隧道	新野三关隧道长12 949 m,岩溶强发育,人字坡,设置贯通平导,工期55个月	朝东岩隧道长10 064 m,岩溶强发育,靠近排泄区,岩溶水位低,单面坡,设置贯通平导+2横洞,一号横洞工区采用高度机械化配套组织施工,工期45个月	朝东岩隧道长10 064 m,岩溶强发育,靠近排泄区,岩溶水位低,单面坡,设置贯通平导+2横洞,一号横洞工区采用高度机械化配套组织施工,工期45个月
工程风险	风险大	风险较大	风险较小

4.2 涪陵长江桥位方案

结合沿线地质地形条件、跨越长江桥位等因素研究了永柱桥位、新韩家沱桥位、清溪桥位3个方案。方案示意如图4所示。

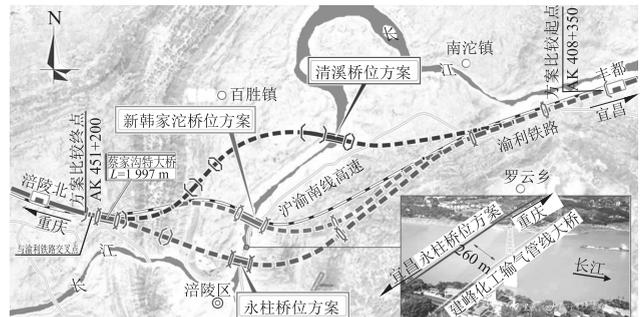


图4 跨越长江桥位方案示意图

(1) 从线路技术条件分析

永柱桥位方案引入涪陵北站不限速;新韩家沱桥位方案受地形条件及既有铁路影响,有2个半径4500 m曲线,需限速;清溪桥位方案引入涪陵北站不限速,但跨江后连续采用2个半径6000 m曲线,线形条件较差。因此,永柱桥位方案线路技术条件最好。

(2) 从长江桥位比较分析

永柱桥位河段顺直,常水位江面宽约440 m,主跨采用450 m斜拉桥,主桥总长786 m;新韩家沱桥位靠近既有渝利铁路韩家沱长江大桥布置,河道微弯,常水位水面宽度420 m,主跨采用450 m斜拉桥,主桥总长830 m;清溪桥位河道微弯,常水位水面宽度550 m,主跨采用550 m斜拉桥,主桥总长1110 m。因此,永柱桥位最好。

综上所述,永柱桥位方案线路技术条件好,跨越长江桥位好,桥梁工程规模小,投资适中,故推荐采用永柱桥位方案。

4.3 恩施至利川岩溶风险防控方案研究

既有铁路宜万线在施工及运营期间出现了较为严重的岩溶突水突泥事故,沿江高铁宜昌至涪陵段与其在同一廊道内,因此在规划选线设计时,采用“先绕避、短通过、抬高程、傍河边、靠既隧、顺坡排、浅覆盖、防崩滑”岩溶区选线二十四字原则对岩溶风险进行了重点防控。

恩施至利川段岩溶洼地、落水洞、漏斗广为分布,宜万铁路马鹿箐隧道施工及运营期间多次发生特大突水灾害,造成巨大损失。鉴于此,该段线路方案根据岩溶区风险防控选线原则,结合地形地质条件,重点比选了靠清江、长隧取直和沿既有有线3个方案,如图5、隧道水文地质示意图如图6所示。

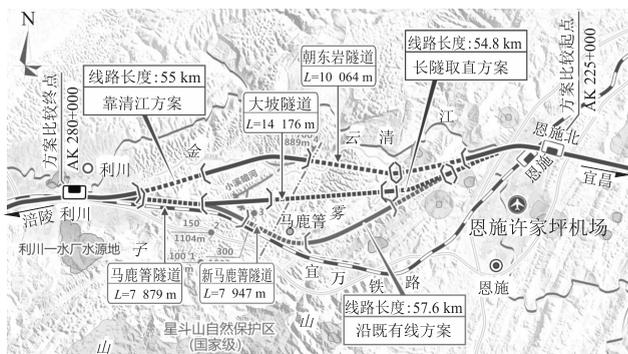


图5 恩施至利川段线路方案示意图

经研究,沿既有有线方案虽可利用既有隧道的降落漏斗,符合“靠既隧”原则,但线路仍位于岩溶水水平循环带、暗河下方,突水突泥风险大,且施工期间对既

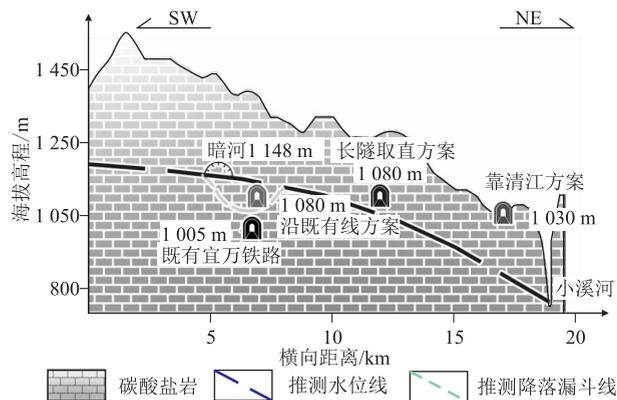


图6 恩施至利川段隧道水文地质示意图

有线影响大,因此推荐采用“傍河边”的靠清江方案。

5 结束语

艰险困难山区高速铁路规划选线设计的方案取舍除受自然特征影响外,还受路网适应及匹配性、重点工程选址、重大风险防控措施等影响,需权衡利弊,进行综合技术经济比较,优选出安全可靠、经济合理的线路方案。

参考文献:

- [1] 中铁二院工程集团有限责任公司. 新建宜昌至涪陵铁路勘察设计项目设计投标文件[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2020.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Tender Documents of Design Package of Survey and Design for New Yichang Fuling Railway [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2020.
- [2] 朱颖, 姚令侃, 魏永幸. 复杂艰险山区铁路减灾选线理论与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
ZHU Ying, YAO Lingkan, WEI Yongxing. Theory and Technology of Railway Location with Disaster Mitigation in Challenging Mountain Areas [M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [3] 卿三惠. 高速铁路建造技术·施工卷[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.
Qing Sanhui. Construction Technology for High-speed Railways-Construction Volume [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2013.
- [4] 朱颖. 高速铁路建造技术·设计卷[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2015.
ZHU Ying. Construction Technology for High-speed Railways-design Volume [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2015.
- [5] 郑天池, 龙宗明. 贵阳至南宁高速铁路避灾减灾选线设计[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(S1): 121-126.
ZHENG Tianchi, LONG Zongming. Route Selection Design with Disaster Avoidance & Decrease for Guiyang-Nanning High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(S1): 121-126.