

文章编号: 1004-2954(2026)10-0019-05

宝成铁路扩能改造建设方案研究

柳鑫

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 西安 710043)

摘要:【目的】宝成铁路作为连接西南西北的重要铁路通道之一,宝鸡至阳平关段现状仍为单线铁路,能力利用率93.3%,能力已饱和;同时宝阳段到发线有效长度650~700 m,牵引质量仅2 600/3 000 t,与前后方通道不匹配,货物列车需在秦岭、阳平关、广元等站办理摘补机车、增减轴作业,运输组织不畅。随着研究年度西北—西南、华北—西南等跨区域货物交流日益旺盛,对宝成通道的扩能改造需求凸显。【方法】研究基于宝成铁路存在的问题、功能定位及运输需求,以构建满足运输能力需求、安全可靠的大能力高标准通道为目标,结合不同段落线路特征,采用“分层次、分段落”的研究方法,提出单线扩能、增建二线和新建双线三大建设方案。方案充分考虑地质灾害影响、合理利用既有线,从工程投资、运输组织、运输能力等层面对建设方案进行综合比选。【结果】分析表明,宝鸡至秦岭段采用新建双线、秦岭至阳平关段采用增建二线并延长到发线有效长度至850 m方案与区域铁路运输通道匹配性好,满足研究年度运输需求且工程投资节省,为宝成铁路扩能改造更好发挥通道运输效益提供参考。【结论】方法及成果可为同类研究提供指导与借鉴。

关键词: 铁路规划; 宝成铁路; 扩能改造; 建设方案; 新建双线; 增建二线

中图分类号: U218 **文献标识码:** A **DOI:** 10.13238/j.issn.1004-2954.202501240001

Research on Construction Plans for Capacity Expansion and Renovation of Baoji-Chengdu Railway

LIU Xin

(China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract: [Objective] The Baoji-Chengdu Railway is one of the crucial railway corridors connecting Southwest and Northwest China. However, the Baoji-Yangpingguan section remains a single-track railway with a capacity utilization rate of 93.3%, indicating that its capacity has reached saturation. Furthermore, the effective length of arrival-departure tracks in this section is only 650~700 m, and the traction tonnage is only 2 600/3 000 t, which is inconsistent with that of the connecting corridors. Freight trains need to undergo locomotive attachment/detachment and axle adjustment operations at Qinling, Yangpingguan, Guangyuan, and other stations, resulting in inefficient transport organization. As cross-regional freight exchanges between Northwest China and Southwest China and between North China and Southwest China continue to increase during the study period, the need for capacity expansion and renovation of the Baoji-Chengdu corridor has become increasingly prominent. [Methods] Based on the existing problems, functional positioning, and transport demand of the Baoji-Chengdu Railway, this study investigated construction schemes for a high-capacity and high-standard corridor that met transport capacity requirements while ensuring safe and reliable operation. Considering the characteristics of

different sections, a “hierarchical and segmented” research method was adopted, and three construction plans were proposed: single-track capacity expansion, addition of a second track, and construction of a new double-track railway. The plans fully considered the impacts of

收稿日期: 2025-01-24; 修回日期: 2025-04-18; 网络首发日期: 2025-06-13

基金项目: 内蒙古自治区交通运输科技创新项目(NJ-2024-02); 中铁第一勘察设计院集团有限公司科研项目(KF2022-11-PT01, KY24-C002)

作者简介: 柳鑫(1994—), 男, 工程师, 2020年毕业于中南大学交通运输工程专业, 工学硕士, 主要从事铁路运输组织研究工作, E-mail: liuxin_1116@qq.com。

geological hazards, made rational use of the existing railway, and were comprehensively compared in terms of engineering investment, transport organization, and transport capacity. [Results] The analysis showed that the plan involving construction of a new double-track railway from Baoji to Qinling, addition of a second track from Qinling to Yangpingguan, and extension of the effective length of arrival-departure tracks to 850 m had good compatibility with regional railway transport corridors, met transport demand during the study period, and required lower engineering investment. The plan provided a reference for the capacity expansion and renovation of the Baoji-Chengdu Railway and for improving the transport efficiency of the corridor. [Conclusion] The methods and results can provide guidance and references for similar studies.

Key words: railway planning; Baoji-Chengdu Railway; capacity expansion and renovation; construction plan; construction of a new double-track railway; addition of a second track

引言

宝成铁路翻越秦岭,北接陇海铁路、东衔成渝铁路、南连成昆铁路,是我国铁路网骨架中沟通西北与西南的第一条铁路干线^[1],被誉为“破解蜀道之难的里程碑”,是连接西南西北的重要生命线。目前,川渝地区形成宝成(中通道)、襄渝—西康(东通道)、兰渝(西通道)三条北上通道^[2],2023年西南地区北向货物交流重车方向(下行入川方向)达1.5亿t,货流水平逐年增长,西北—西南、华北—西南等跨区域货物交流日益旺盛^[3],预测研究年度将达3亿t以上。西康—襄渝运能趋于饱和,兰渝线随着疆煤外运^[4]也将接近饱和,对宝成通道的扩能改造需求凸显^[5]。

但与此同时,既有宝成铁路沿线地质灾害具有频次高、数量多、危害大的特点,在空间和时间上具有集中诱发和群发的特征^[6],翻越秦岭工程艰巨、改造代价大。因此,如何选择合理的扩能改造建设方案,对项目工程设置、投资等具有重要影响^[7],同时对推进补齐宝成铁路运输质量短板、强化路网薄弱区段、完善西南地区北出通道意义重大^[8]。

1 线路概况及运营存在的问题

1.1 既有宝成铁路概况

宝成铁路作为连接我国西北地区和西南地区的第一条铁路动脉,1958年正式建成通车,1975年完成电气化改造,1999年阳平关至成都完成复线改造。现状宝鸡至阳平关段为单线,阳平关至成都段为复线。其中宝鸡至秦岭段限制坡度30‰,到发线有效长度700m,三机牵引2600/3000t;秦岭至成都段限制坡度13‰,牵引质量为2600/3000t、4000t,货物列车需在秦岭站摘挂补机,在阳平关、广元等站办理增减轴作业。

1.2 运营存在的问题

单线段运输能力小,限制客货运输增长需求。

2024年宝成铁路宝鸡至阳平关段承担客车4对/d、货车28对/d,能力利用率93.3%,能力已饱和,不能满足运量进一步增长的需求^[9];阳平关至成都双线区段,区间能力尚有一定富余。预测2035年、2040年、2050年宝成铁路宝鸡至阳平关段客车对数分别为8、12、15对/d,货运量分别为3930、4910、5800万t/年,单线能力已无法满足预测年度运输需求,成为能力瓶颈区段^[10],影响铁路通道运输能力整体发挥^[11]。

主要技术标准低且与区域路网相关线路标准不统一,通道运输质量不高。宝成铁路衔接的相关线路基本为电气化铁路,川渝地区北向通道的主要线路大部分为双线铁路,到发线有效长度均为850m系列,牵引质量4000~4500t;现状区域内仅宝成铁路宝鸡至阳平关段到发线有效长度650~700m,牵引质量2600/3000t;宝成铁路宝鸡至秦岭越岭段,线路采用30‰大坡度,是中国既有铁路运营线路中坡度最长最陡、弯道最多最急的铁路干线,运营安全风险高;线路允许速度方面,宝鸡至阳平关段500m以下半径曲线占线路总长超过40%,以300m半径居多,允许速度仅70km/h,其中越岭段允许速度60km/h,客车旅行速度43.9km/h,通道客货运输质量不高。

沿线地质灾害频发,影响运营安全。受建设期技术经济条件限制,宝成铁路多走行于河谷阶地,地质灾害极为发育,全线不良地质灾害主要集中在越岭段和嘉陵江河谷段,病害类型^[12]主要有落石、溜坍、崩塌、滑坡、泥石流、风化剥落等。线路过马角坝后,逐步进入成都平原,不良地质整体弱发育。宝成铁路自建成以来经过多轮集中抢险、整治及改线,但未根治。

2 宝成铁路扩能改造思路及原则

结合现状分析,既有宝成铁路宝鸡至阳平关段为单线,运输能力小、主要技术标准低、沿线地质灾害频发,作为川渝地区北上重要通道之一,为提高线路输送

能力^[13],亟需进行改造。

为提升铁路网络运能,制定高质量低成本的扩能改造方案是必要手段之一^[14]。结合运量、功能定位以及既有宝成铁路在路网中的位置,综合考虑既有宝成至秦岭段为 30‰大坡道单线、秦岭至阳平关段为 13‰坡度单线、阳平关至成都为 13‰坡度双线的技术特征,在充分考虑地质灾害影响、充分利用既有线的思路下分层次、分段落进行展开。

本线阳平关至成都段已形成双线大能力通道,到发线有效长度为 850 m,牵引质量为 4 000 t,经检算研究年度能力可满足运输需求。因此,建设方案重点研究宝鸡至阳平关段,在重点解决运输能力瓶颈^[15]、满足研究年度运输需求^[16]的同时,合理提高通道技术标准及运输安全性;并对工程病害进行分级,危及列车行驶安全的病害进行原位整治;对于地质灾害无法原位整治,或整治后仍存在较大风险的段落进行局部绕行改线。

3 通道建设方案研究

3.1 方案综述

结合扩能改造思路和原则以及宝鸡至阳平关段既有特征,在提高通道运输能力^[17]的同时,消除 30‰坡度运营风险、提高主要技术标准、降低地质灾害影响,因此,结合单线铁路扩能主要手段^[18]及宝成铁路不同段落线路特征,采用分层次:单线扩能、增建二线、新建双线^[19],分段落:岭前段、越岭段、岭后段的研究方法,提出宝成铁路扩能改造方案。方案构成如图 1 所示。

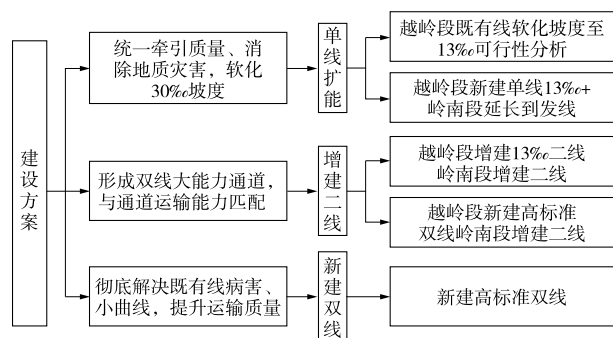


图 1 建设方案构成

Fig. 1 Composition of construction plans

3.2 单线扩能方案

宝鸡至阳平关现状为单线,研究重点是软化越岭段坡度^[20],岭南红花铺至阳平关段延长到发线有效长度至 850 m,统一全线牵引质量,对既有线路地质灾害及工程病害进行分级整治。

3.2.1 越岭段既有线路软化坡度至 13‰可行性分析

越岭段宝鸡至秦岭段限制坡度 30‰,到发线有效长度为 700 m,现状采用三机(HXD3+SS4+HXD3)牵

引,牵引质量为 2 600/3 000 t,在秦岭站摘挂补机。

既有线路自宝鸡(海拔 600 m)迂回展线足坡上升至秦岭站(海拔 1 385 m),工程以桥隧及陡坡路基为主,地质灾害突出、边坡防护工程大、工程设置困难。故既有线路软化坡度至 13‰几乎无法利用既有线路线位,既有线路废弃率将达 91%,任家湾—秦岭约 39 km 既有线路全部废弃,软化坡度工程等同于新建单线,改建既有线路经济性差。

3.2.2 越岭段新建 13‰单线方案

考虑到越岭段既有线路软化坡度至 13‰可能性较小,对越岭段新建单线方案进行研究,按 13‰限制坡度、到发线有效长度 850 m、速度 160 km/h 新建单线;同时岭南段延长到发线至 850 m,可实现宝鸡至阳平关段按 13‰、4 000 t 贯通,与本线阳平关至成都段、陇海线、宝中线和兰渝线匹配性均较好,统一牵引质量、减少摘挂补机及增减轴等技术作业。越岭段新建正线长度 70.7 km,静态投资 64 亿元;岭南段延长到发线至 850 m,延长到发线及地质灾害改线 66.5 km,并进行病害原位整治,静态投资 80 亿元。该方案投资合计 144 亿元。

越岭段形成双线规模,存在新建线作为下行线、既有线路作为上行线(轻车方向)连发和既有线路与新线均按单线成对组织两种方式。

连发组织:越岭段两线按上下行分线运输,列车按连发组织,能力较为虚糜,同时轻车方向利用既有线路多数车站无延长到发线的可能,与前后方通道到发线有效长、牵引质量不匹配,轻车方向需在红花铺增减轴,运输组织顺畅性相对较差。

成对组织:越岭段新线和既有线路分别按单线成对组织运输,越岭段新建线路与岭南段形成到发线有效长 850 m、牵引质量 4 000 t 技术标准前后方统一的单线,承担通道的主要客货运输,既有线路承担少量动集旅游列车及货物列车。

通过上述分析,越岭段两种组织方式能力均受红花铺至阳平关段单线能力控制,按双单线成对组织更为合理。能力控制区段平面图能力为 37.5 对/d,在开行 4 对/d 客车的基础上,可承担货运量 2 812 万 t/年。近期其余 2 098 万 t/年货运量需经西康等相关线路绕行,增加社会物流成本。

3.3 增建二线方案

单线扩能方案能力不满足需求^[21],增建二线将形成双线大能力通道,并消除地质灾害点,客货流按最优径路分配。

(1) 越岭段 13‰单绕方案

该方案宝鸡至任家湾段软化坡度至 13‰并增建二线;任家湾至秦岭段新建单线;红花铺至阳平关增建二

线,既有线延长到发线有效长并进行地质灾害分级整治。将 13‰增建二线作为下行重车线,形成既有上行线 30‰、下行线 13‰的组合,存在牵引质量与相关线路不匹配,增加了增减轴、机车摘挂等技术作业,同时该段与既有车站无法连通,运输组织及养护维修条件差。

(2)越岭段 13‰双绕方案

该方案宝鸡至任家湾段软化坡度至 13‰并增建二线,任家湾至红花铺按 13‰限制坡度、到发线有效长度 850 m、速度 160 km/h 新建双线,岭南段增建二线,尽量引入既有车站,既有线延长到发线有效长度至 850 m。新建正线长度 227 km,其中越岭段双线 53 km,增建二线 174 km(宝鸡—任家湾、红花铺—阳平关),工程投资 239 亿元。该方案宝鸡至阳平关段形成双线,能力可满足运输需求,限制坡度 13‰、牵引质量 4 000 t,与相关线路匹配性好,该方案示意如图 2 所示。

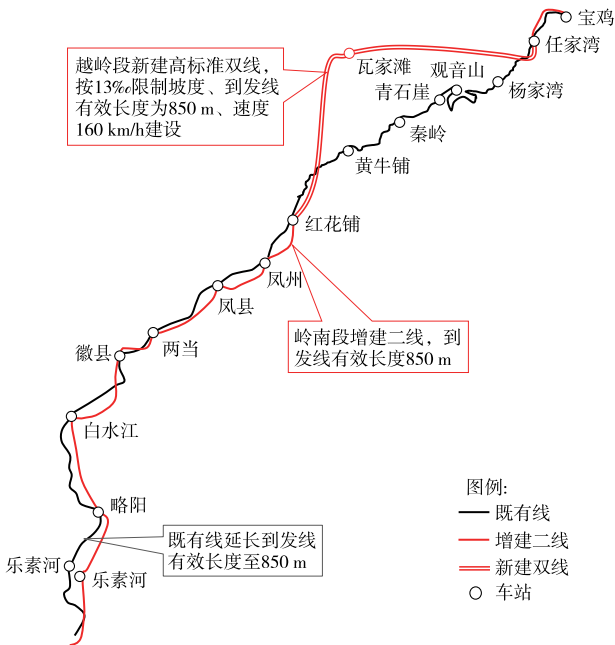


图 2 越岭段 13‰双绕方案示意

Fig. 2 Schematic diagram of 13‰ double-track detour plan across mountain pass section

根据本项目功能定位和运量预测结果,宝成铁路宝鸡至阳平关段远期在路网中应承担合理分配的运量为 5 800 万 t/年、客车 15 对/d,双线承担较为适配,相关线路运量水平也更为均衡,物流径路最为合理,因此,推荐采用增建二线、越岭段双绕方案。

3.4 新建双线方案

为彻底解决既有线标准低、地质灾害和病害严重等问题,研究新建双线方案,宝鸡—任家湾增建二线,任家湾—阳平关一次双线,既有线维持现状,新建双线方案示意如图 3 所示。

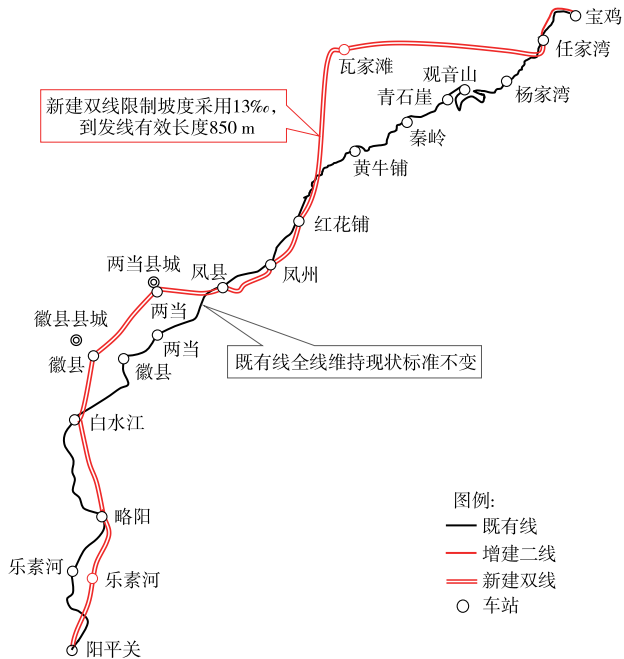


图 3 新建双线方案示意

Fig. 3 Schematic diagram of construction of a new double-track railway

新建双线限制坡度采用 13‰,到发线有效长度 850 m、速度 160 km/h,新建双线尽量串联经济据点,靠近两当、徽县县城设站,引入凤州、凤县、略阳等既有站。新建双线长度 230 km,工程投资 313 亿元。既有线维持现状,可用于地方旅游开发或地方货运。

3.5 综合比较及推荐意见

结合前述对不同改造方案分析,从工程投资^[22]、运输组织、运输能力^[23]等方面对各方案进行比选,见表 1。本线为西南地区北向东出主通道,由表 1 分析可知,单线扩能与通道功能不符,宜为双线规模;单线扩能方案虽然节省投资,但能力不能满足需求,新建双线较增建二线方案投资增加较多。为满足运输需求并节省工程投资^[24],本段建设方案推荐增建二线方案,越岭段新建双线,岭南段增建二线并延长到发线有效长。

表 1 方案综合比选

Tab. 1 Comprehensive comparison of plans

方案	单线扩能	增建二线	新建双线
新建线路长度/km	70.7	227	230
工程投资/亿元	144	239	313
投资差值/亿元	-95	—	74

续表1

方案	单线扩能	增建二线	新建双线
运输组织	按双单线成对组织,越岭段新建线路与岭南既有有线形成标准统一、路网匹配,可实现长交路、运输组织顺畅	按双线追踪运行,增建二线作为下行线,既有有线作为上行线(轻车方向),减少钢轨磨损,旅行时间下行较上行节省 88.9 min	建设高标准双线铁路,按追踪运行,彻底解决既有有线小半径、病害等问题,上、下行速度目标值一致,运输质量高
运输能力	能力不足,控制区段平图能力 37.5 对/d,可承担客车 4 对/d,货运 2 812 万 t/年	能力满足运输需求,平图能力 188.6 对/d,远期输送能力客车 15 对/d,货运 11 494 万 t/年	

4 结语

宝成铁路是西南地区重要的北上骨干通道之一,宝鸡至阳平关单线段线路能力饱和,成为通道运输瓶颈,亟需扩能改造。研究以提高通道运输能力为主要目标,结合不同段落线路特征,采用“分层次、分段落”的研究方法,提出单线扩能、增建二线和新建双线三个建设方案。

在充分考虑提高通道主要技术标准、消除大坡度运营风险、降低地质灾害影响、充分利用既有工程的基础上,利用综合分析的方法推荐与运输需求适应性好、工程投资节省、绕避地质灾害的宝鸡至秦岭段采用新建双线、秦岭至阳平关段增建二线并延长到发线有效长度至 850 m 方案。研究采用的“分层次、分段落”研究方法,可为宝成铁路扩能改造提供参考,并对其他类似扩能改造项目研究提供方法借鉴。

利益冲突声明/Conflict of Interests:

所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献/Authors' Contributions:

柳鑫是该论文的唯一作者,独立完成了论文写作及修改工作。

参考文献:

[1] 陈志亮. 铁路入川通道运输组织优化研究[J]. 铁道运输与经济, 2019,41(6):20-24.
CHEN Zhiliang. A Research on the Optimization of Transportation Organization of Railway Corridor Access to Sichuan[J]. Railway Transport and Economy, 2019,41(6):20-24.

[2] 陈希荣. 西北至西南铁路客运新通道规划布局研究[J]. 铁道标准设计,2021,65(8):1-6.
CHEN Xirong. Study on the Planning of New Railway Passenger Corridor from Northwest to Southwest[J]. Railway Standard Design, 2021,65(8):1-6.

[3] 赵志强. 陕煤入川渝铁路运输通道方案研究[J]. 铁道标准设计, 2024,68(11):12-18.
ZHAO Zhiqiang. Research on the Railway Transportation Corridor Scheme of Shaanxi Coal Entering Sichuan and Chongqing[J]. Railway Standard Design, 2024,68(11):12-18.

[4] 程大龙. 新疆煤炭外运铁路运输增量对策探讨[J]. 铁道货运, 2023,41(4):9-14.
CHENG Dalong. Discussion on Countermeasures for Transportation Increment of Xinjiang Coal Outward Railway[J]. Railway Freight Transport, 2023,41(4):9-14.

[5] 李华. 疆煤外运相关问题分析及对策研究[J]. 煤炭工程,2023,

55(3):188-192.
LI Hua. Problems in Outward Coal Transport from Xinjiang and the Countermeasures[J]. Coal Engineering, 2023,55(3):188-192.

[6] 高树全,蒋良文,牟元存,等. 西南复杂艰险山区铁路隧道超前地质预报技术[J]. 现代隧道技术,2024,61(2):52-59.
GAO Shuquan, JIANG Liangwen, MOU Yuancun, et al. Advanced Geological Forecasting Techniques for Railway Tunnels in the Complex and Treacherous Mountainous Areas of Southwest China[J]. Modern Tunnelling Technology, 2024,61(2):52-59.

[7] 方华. 拉日铁路扩能改造方案研究[J]. 铁道运输与经济,2019, 41(4):47-51,126.
FANG Hua. A Research on Capacity Expansion Scheme of Lasa to Shigatse Railway[J]. Railway Transport and Economy, 2019,41(4):47-51,126.

[8] 邓艳梅. 北煤入渝铁路运输通道扩能方案研究[J]. 铁道货运, 2022,40(9):1-11.
DENG Yanmei. Research on Capacity Expansion Scheme of Railway Corridor for Coal Transported from North China to Chongqing[J]. Railway Freight Transport, 2022,40(9):1-11.

[9] 王伯英. 新疆至宁夏煤炭铁路运输径路及扩能方案研究[J]. 铁道工程学报,2024,41(8):17-22.
WANG Boying. Study on Coal Railway Transportation Path and Capacity Expansion Scheme from Xinjiang to Ningxia[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2024,41(8):17-22.

[10] 梁必翔. 南北通道区域路网扩能改造投资方向研究[J]. 中国铁路,2024(3):105-110.
LIANG Bixiang. Investment Direction of Regional Railway Network Capacity Expansion and Reconstruction in North-south Corridor[J]. China Railway, 2024(3):105-110.

[11] 李雨鸿. 中哈口岸后方铁路通道扩能综合研究[J]. 铁道运输与经济,2022,44(8):14-21.
LI Yuhong. Comprehensive Study on the Capacity Expansion of Railway Passages Behind China-Kazakhstan Ports[J]. Railway Transport and Economy, 2022,44(8):14-21.

[12] 赵文. 阿尔金山地区主要地质问题分析与铁路选线对策[J]. 铁道建筑,2019,59(3):97-99,103.
ZHAO Wen. Analysis of Main Geological Problems in Altun Region and Countermeasures of Railway Alignment Selection[J]. Railway Engineering, 2019,59(3):97-99,103.

[13] 宁得春. 昆玉铁路扩能改造总体方案研究[J]. 工程技术研究, 2024,9(22):190-192.
NING Dechun. Research on the Overall Scheme of Capacity Expansion Reconstruction of Kunyu Railway[J]. Engineering and Technological Research, 2024,9(22):190-192.

(下转第 39 页)

- pressible Soil Subgrade for High-speed Railways[J]. Railway Standard Design, 2023, 67(7): 36-41.
- [21] 王祥,余雷,王亚威,等. 高速铁路中等压缩性土沉降试验研究[J]. 铁道标准设计,2023,67(7):30-35.
WANG Xiang, YU Lei, WANG Yawei, et al. Settlement Study on Medium Compressible Soil of High-Speed Railways[J]. Railway Standard Design, 2023,67(7):30-35.
- [22] LI J, LI L W, YU L, et al. Progress in the Treatment Technique of Medium-and Low-compressibility Soil Foundations under High-speed Railway Subgrade[J]. International Journal of Geomechanics, 2025, 25(10):04025206.
- [23] 秦尚林,戴张俊,陈善雄,等. 基于原位试验的高速铁路中低压压缩性土智能识别方法研究[J]. 铁道标准设计,2023,67(7):12-18.
QIN Shanglin, DAI Zhangjun, CHEN Shanxiong, et al. Research on Intelligent Identification Method of Medium-Low Compressible Soil for High-speed Railway Based on in-situ Test[J]. Railway Standard Design, 2023,67(7):12-18.
- [24] 王瑗琳,崔俊杰,韩志霞,等. 高速铁路中低压压缩性土地基沉降控制有关问题研究[J]. 铁道标准设计,2018,62(11):10-14.
WANG Ailin, CUI Junjie, HAN Zhixia, et al. Research on Settlement Control of Medium-Low Compressible Soil Foundation of High Speed Railway [J]. Railway Standard Design, 2018, 62(11): 10-14.
- [25] 熊勇,罗强,张良,等. 基于变形时间效应的高速铁路地基压缩层厚度计算方法[J]. 中国科学:技术科学,2014,44(7):755-769.
XIONG Yong, LUO Qiang, ZHANG Liang, et al. Calculating Method Based on Deformation Time Effect on Thickness of Compressible Stratum in High-speed Railway Foundation[J]. Scientia Sinica (Technologica), 2014,44(7):755-769.
- [26] 李剑,陈善雄,王祥,等. 高速铁路中低压压缩性土路基工后沉降计算方法研究[J]. 铁道标准设计,2023,67(7):19-23.
LI Jian, CHEN Shanxiong, WANG Xiang, et al. Research on Settlement Calculation Method of High-speed Railway Medium-Low Compressible Soil Subgrade[J]. Railway Standard Design, 2023,67(7): 19-23.

(编辑:杨中)

(上接第 23 页)

- [14] 边利平. 国家能源集团铁路网扩能改造方案与车流径路联合优化模型[J]. 铁道运输与经济,2022,44(增刊1):148-156.
BIAN Liping. Joint Optimization Model for Network Capacity Expansion Revamping Scheme and Car Flow Routing of China Energy[J]. Railway Transport and Economy, 2022,44(S1):148-156.
- [15] 李崇. 东北铁路运输能力适应性分析和补强措施研究[J]. 铁道货运,2024,42(11):25-30.
LI Chong. Adaptability Analysis and Reinforcement Measures of Northeast Railway Transportation Capacity [J]. Railway Freight Transport, 2024,42(11):25-30.
- [16] 赵荣辉. 唐遵铁路扩能改造方案研究[J]. 铁道经济研究,2023(4):39-43.
ZHAO Ronghui. Research on Tangzun Railway Expansion and Reconstruction Program[J]. Railway Economics Research, 2023(4):39-43.
- [17] 田雨. 能源保供形势下临哈铁路扩能改造方案研究[J]. 中国铁路,2024(12):68-74.
TIAN Yu. Research on Capacity Expansion and Reconstruction Scheme of Linhe-Hami Railway in the Context of Energy Supply Guarantee[J]. China Railway, 2024(12):68-74.
- [18] 呼泉. 大准铁路单线区段运输能力提升研究[J]. 交通运输工程与信息学报,2021,19(3):93-101.
HU Xiao. Research on Transport Capacity Expansion of the Dazhun Railway in Single Line Section[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2021,19(3):93-101.
- [19] 杨丽娟,刘剑飞. 既有单线半自闭铁路扩能改造方案研究[J]. 铁道勘察,2022,48(4):91-97.
YANG Lijuan, LIU Jianfei. Research on the Schemes of Capacity Expansion for the Existing Single Track Semi-automatic Block Railway [J]. Railway Investigation and Surveying, 2022,48(4):91-97.
- [20] 冯德泉. 格库铁路最大坡度方案研究[J]. 铁道标准设计,2023,67(1):62-69.
FENG Dequan. Study on Maximum Gradient Scheme of Golmud-Korla Railway[J]. Railway Standard Design,2023,67(1):62-69.
- [21] 李敬伟. 广大单线铁路扩能改造方案研究[J]. 铁道运输与经济,2020,42(6):12-16.
LI Jingwei. A Study on the Reconstruction Plan of the Guangtong-Dali Single Track Railway[J]. Railway Transport and Economy, 2020, 42(6):12-16.
- [22] 杨浩. 新建包西一瓦日铁路联络线工程建设方案研究[J]. 铁道工程学报,2024,41(4):7-12.
YANG Hao. Research on the Construction Plan of the New Baoxi to Wari Railway Connection Line Project[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2024,41(4):7-12.
- [23] 王子健. 格库铁路扩能改造需求与对策研究[J]. 铁道勘察,2024,50(3):115-121.
WANG Zijian. Study on the Demand and Countermeasures of Capacity Expansion and Renovation of Golmud-Korla Railway[J]. Railway Investigation and Surveying, 2024,50(3):115-121.
- [24] 韩冰,吴明辉. 天津至蓟州铁路扩能改造工程方案研究[J]. 铁道货运,2023,41(8):25-31.
HAN Bing, WU Minghui. Research on Capacity Expansion and Reconstruction Project of Tianjin-Jizhou Railway[J]. Railway Freight Transport, 2023,41(8):25-31.

(编辑:邓帅)