

文章编号: 1674—8247(2020)01—0011—06  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.01.003

## 中国铁路发展概况与技术展望

谢 毅 寇峻瑜 姜 梅 余浩伟

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

**摘 要:**轨道交通产业作为中国的重要基础设施,目前已进入高速、多元化发展阶段。文章针对中国铁路发展历程及现状进行了概括,并展望了其发展趋势。对于中国铁路蓬勃发展的内因,主要从路网规模、装备水平、客货运量、总体技术、技术体系和中国铁路“走出去”六个方面进行了阐述,包括铁路营业里程、铁路复线率和电化率、完整的车辆谱系、客货运量和保有量、动车组水平等。未来的轨道交通将朝着网络化、国际市场、更快、更重、更难、更新和更广的方向迈进。

**关键词:**中国; 铁路; 轨道交通; 发展; 运营里程

**中图分类号:**U239.5 **文献标志码:**A

## Development and Technical Prospect of China Railway

XIE Yi KOU Junyu JIANG Mei YU Haowei

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

**Abstract:** As an important infrastructure in China, the rail transit industry has entered a high-speed and diversified development stage. The development history and current situation of China Railway are summarized and its development trend is prospected in the paper. The internal causes of the booming development of China Railway are analyzed mainly from such six aspects as railway network scale, equipment level, passenger and freight traffic volume, overall technology, technical system and “China Railway going global”, including railway operating mileage, railway double line rate and electrification rate, complete vehicle pedigree, passenger and freight traffic volume and holdings, EMU level. In the future, the rail transit will move towards networking, international market, and faster, heavier, harder, newer and wider directions.

**Key words:** China; railway; rail transit; development; operating mileage

轨道交通是指基于固定线路的轨道,通过专用的轨道运输车辆,实现旅客及货物运输的一种交通方式。随着铁路技术的多元化发展,轨道交通呈现出越来越多的类型,不仅普遍应用于长距离的陆地运输,也广泛运用于中短距离的城市公共交通中。

作为国家的重要基础设施、大众化的交通工具,铁路在中国综合交通运输体系中处于骨干地位。随着我

国城市化进程的不断加快和城市规模的不断扩大,轨道交通建设进入高速发展期,轨道交通工具在人们出行方式的选择中发挥的作用也愈发重要。

改革开放 40 年来,中国铁路犹如一条腾飞的巨龙,呼啸驰骋,取得了世人瞩目的成就。本文主要针对中国铁路的发展历程、现状进行总结,对铁路技术未来发展方向进行展望,以期为中国轨道交通的建设、规划

收稿日期:2019-11-27

作者简介:谢毅(1975-),男,教授级高级工程师。

引文格式:谢毅,寇峻瑜,姜梅,等. 中国铁路发展概况与技术展望[J]. 高速铁路技术,2020,11(1): 11-16.

XIE Yi, KOU Junyu, JIANG Mei, et al. Development and Technical Prospect of China Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(1): 11-16.

及发展提供参考。

## 1 中国铁路历史沿革

中国铁路在发展浪潮中,主要经历了以下6个阶段。

### (1) 开创时期(1876—1893年)

1876年,中国第一条营业性铁路—上海吴淞铁路建成通车,距今已有一百多年的历史,这也开创了中国铁路的先河<sup>[1]</sup>。

### (2) 缓慢发展时期(1894—1948年)

铁路虽作为国家的基础产业、国民经济的大动脉,但在中国解放前发展极为缓慢,总共修建铁路约1.3万km。1909年,中国自主设计和施工建造的第一条铁路干线—京张铁路建成通车。

### (3) 抢修恢复时期(1949—1952年)

新中国的成立为铁路事业的发展开创了新的道路,国家开始对铁路进行抢修恢复,铁路事业得到迅速发展。1952年,新中国第一条铁路—成渝铁路建成通车,全国铁路营业里程增加到2.2万km。

### (4) 铁路骨架基本形成时期(1953—1978年)

1953—1980年,中国铁路经过5个“五年计划”的建设,取得了辉煌的成绩。至1980年底,铁路营业里程达4.9万km,客货换算周转量达7 087亿t×km。

### (5) 中国铁路新的发展时期(1979—2002年)

自十一届三中全会以来,国民经济步入新的发展时期。至2003年底,中国铁路达到7.3万km,居亚洲第一,世界第三。

### (6) 蓬勃发展新时期(2003年—至今)

2003年建成运营的秦沈客运专线,全线设计时速达到200~250km,这是中国第一条真正意义上的高速铁路<sup>[2]</sup>,也标志着中国进入高速铁路时代。至2018年底,全国铁路营业里程达到13.1万km。

## 2 中国铁路蓬勃发展

2003年起,中国铁路大规模建设正式拉开序幕,如今中国铁路已从最初的“追赶者”变身成世界铁路的“领跑者”,尤其是中国高速铁路实现了飞速发展,成为中国一张最闪亮的“名片”。

### 2.1 路网规模引领世界

国家“四纵四横”全面建成运营,路网规模不断增加。2018年末,全国铁路营业里程达到13.1万km,相比1949年增长了5倍;高速铁路从无到有,营业里程达到了2.9万km,占世界高速铁路里程的2/3,居世界第一。全国铁路营业里程情况,如图1所示。

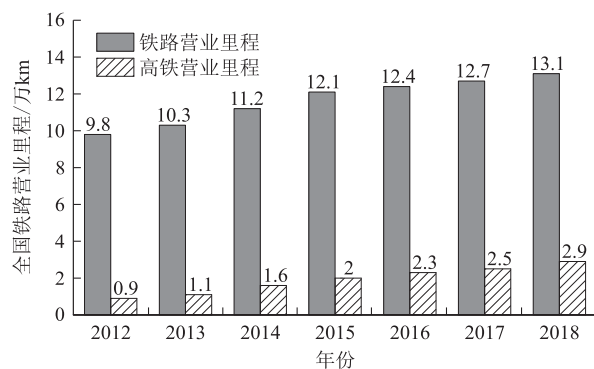


图1 全国铁路营业里程情况图

### 2.2 装备水平大幅提升

#### 2.2.1 铁路复线率、电化率逐年提高

截止2018年底,全国铁路营业里程12.1万km,其中,复线里程7.3万km,复线率60.6%;电气化里程8.7万km,电化率72.3%,复线率和电化率相比2012年均有较大提升,全国铁路复线率和电气化率,如图2所示。

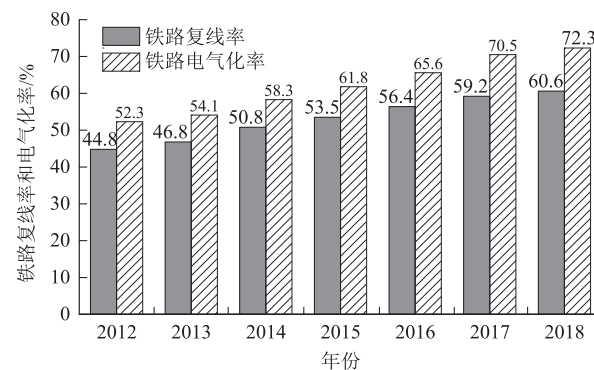


图2 全国铁路复线率和电气化率图

#### 2.2.2 具有完整的机车车辆谱系

##### (1) 客运

###### ① 速度160 km/h及以下

客运机车:内燃机车、电力机车。

客运车辆:22型车辆、25型车辆。

动力集中动车组:CR200。

###### ② 速度200~300 km/h

动车组:CRH1、CRH2、CRH3、CRH5、CR300。

###### ③ 速度300 km/h以上

动车组:CRH380A、CRH380B、CRH380C、CRH380D、CR400。

##### (2) 货运

###### ① 速度160 km/h及以下

货运机车:电力机车、内燃机车。

货运车辆:敞车、棚车、平车、罐车等。

## ② 速度 200 km/h 以上

货运动车组:以客运动车组为平台进行改造。

### 2.2.3 铁路客货列车保有量逐年增长

全国铁路客车和动车组保有量如图3所示,全国铁路货运车辆保有量如图4所示。从图3、图4可以看出,铁路客车和动车组保有量逐年增长,2018年的数量(72000、25776)相比2012年(55764、8648)分别增长了29.12%和1.98倍;铁路货运车辆保有量稳中有升。

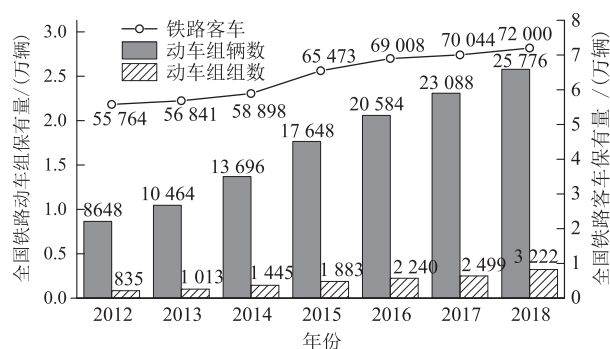


图3 全国铁路客车和动车组保有量图

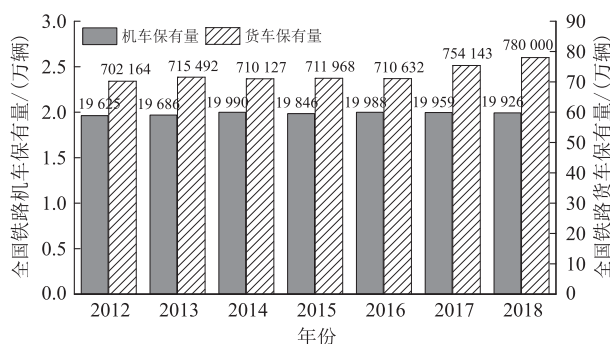


图4 全国铁路货运车辆保有量图

### 2.2.4 复兴号动车组整体水平国际领先

中国标准动车组命名“复兴号”并实现时速350 km运营,树立起世界高速铁路建设运营的新标杆,该动车组具有八大优势:

(1)整体设计及车体、转向架、牵引等关键技术具有国际领先水平。

(2)在254项重要标准中,中国标准占84%。

(3)覆盖全速度系列。350 km/h等级的CR400、250 km/h等级的CR300、160 km/h等级的CR200。

(4)寿命更长。设计寿命30年(“和谐号”设计寿命为20年)。

(5)身材更好。列车阻力相比既有CRH380系列降低7.5%~12.3%,人均百公里能耗下降17%左右。

(6)安全性更高。全车部署2500余项实时监测

点,采集各种车辆状态信息1500余项;可自动报警或预警,并能根据安全策略自动采取限速或停车措施。

(7)舒适度更高。空调系统充分考虑车外压力波的影响,减小通过隧道或列车交会时旅客耳部的不适感;可提供不同的光线环境;WiFi全覆盖;增加列车高度和座位间距。

(8)互联互通性。不同生产厂家、不同技术规范和图纸生产的动车组,能重联运行和完全一致地控制操作;统一了零部件标准,实现了零部件可互换。

自2018年7月起,全国铁路已配属170.5对“复兴号”动车组;2019-2020年计划将进一步购置复兴号动车组,其中350 km/h等级500组、250 km/h等级403组、160 km/h等级380组。

### 2.3 客货运量持续增长

随着铁路网规模的不断扩大,客货运量得到了大幅增长。2018年国家铁路旅客发送量达33.17亿人,其中动车组客运量18.7亿人,相比2012年分别增长了76.53%和2.67倍。2012-2018年全国铁路旅客发送量如图5所示。

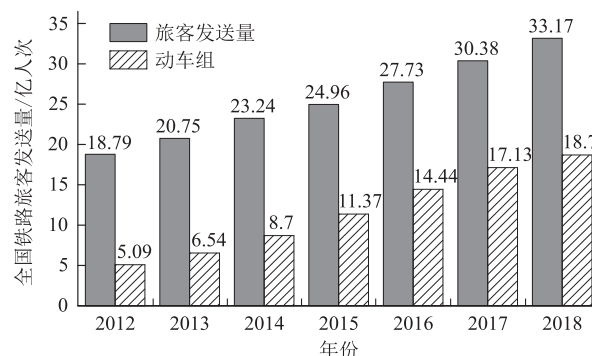


图5 全国铁路旅客发送量图

全国铁路货运总量如图6所示。从图中可以看出,2018年全国铁路货物总发送量完成31.91亿t,货物总周转量25800亿t×km,相比2017年分别增长了9.32%和7.09%。

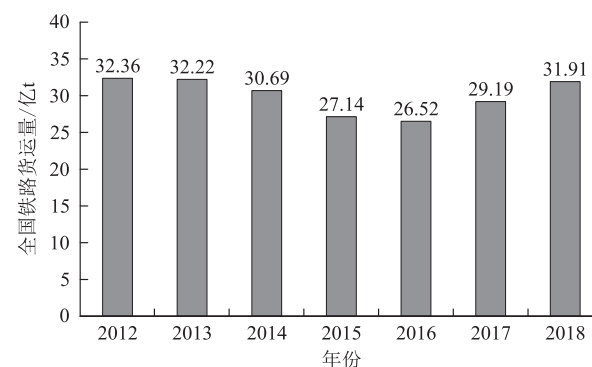


图6 全国铁路货运总量图

2.4 总体技术世界先进

以高速、高原、高寒、重载铁路发展为依托,工程建设、装备制造、系统集成等创新成果显著,自主发展能力与核心竞争力不断增强,中国铁路总体技术水平进入世界先进行列。

2.5 技术体系最为完整

中国已经形成了涵盖高速铁路、城际铁路、客货共线铁路、重载铁路的完整铁路技术体系,各项主要技术指标如表1所示。

表1 中国铁路技术体系表

铁路等级	高速铁路			城际铁路			客货共线铁路			重载铁路
设计速度/( km/h)	350	300	250	200	160	120	200	160	120	100、80
线间距/m	5.0	4.8	4.6	4.2	4.0		4.4	4.2	4.0	4.0
最小平面曲线半径/m	5 500	4 000	2 800	2 000	1 300	800	2 800	1 600	800	800(600)
最大(限制)坡度/‰	30			30			单机6~15‰;双机或三机≤30‰			单机4‰;双机9‰或三机14‰
到发线有效长度/m	650			400、325、290			1 050、850、750、650			2 800、1 700
列(机)车类型	电动车组			电力、内燃机车			—			—
列车运行控制方式	CTCS-2、CTCS-3	CTCS-2		CTCS-2	CTCS-0、CTCS-2		CTCS-2	CTCS-0/1		—
行车指挥方式/闭塞类型	调度集中系统							自动闭塞、自动站间闭塞、半自动闭塞		

2.6 中国铁路走向世界

中国正将铁路数十年的发展成果与经验同世界进行分享,展现“中国速度”的非凡魅力。同时以中国铁路技术助力全世界铁路发展,并开展了一大批重大项目建设,包括坦赞铁路、蒙内铁路、亚吉铁路等建成项目,中老铁路、伊朗高速铁路、莫喀高速铁路、印尼雅万高速铁路等在建项目。

成全方位、多层次、复合型的互联互通,构建高效、便捷的轨道交通网络体系,是必然的发展方向之一<sup>[3]</sup>。

铁路凭借其速度快、运量大、经济、环保等诸多优势,已成为世界各国大力发展的交通运输体系,轨道交通产业面临着高速发展的机遇。展望未来,铁路技术将会朝着“更快、更重、更难、更新、更广”的维度进一步提升。

3 中国铁路发展规划

根据国家发改委发布的《中长期铁路网规划》,预计到2020年,铁路网规模将达到15万km,其中高速铁路约3万km,覆盖80%以上的大城市;到2025年,铁路网规模将达到17.5万km左右,其中高速铁路约3.8万km左右;远期,铁路网规模将达到20万km左右,其中高速铁路约4.5万km左右。

在原规划“四纵四横”主骨架基础上,增建高速铁路,并充分利用既有铁路,形成以“八纵八横”主通道为骨架、区域连接线衔接、城际铁路补充的高速铁路网,实现省会城市高速铁路通达、区际之间高效便捷相连。实现相邻大中城市间1~4h交通圈,城市群内0.5~2h交通圈。

2020年,预计实现铁路旅客发送量约40亿人次,客运周转量约1.7万亿人公里,占全社会市场份额分别为20%、30%;铁路货运量将达到45亿t,货运周转量约3.3万亿t×km,占全社会市场份额分别为8%、23%。

4.1 更快:400 km/h 及以上更高速度轨道交通制式的研究与应用

“速度是人类永恒的追求”。受轮轨磨耗、脱轨安全性及高速受电等因素的影响,轮轨铁路想实现超过400 km/h的运营速度具有一定难度。国内轮轨交通的最高运营速度为350 km/h,中铁二院设计的莫斯科至喀山高速铁路设计速度400 km/h,是全世界设计时速最高的铁路。我国上海高速磁浮是目前世界上唯一运营速度大于400 km/h的轨道交通,最高运营速度430 km/h。

为进一步提升陆地轨道交通的速度,填补现有高速铁路(350 km/h)与航空运输(800~1 000 km/h)之间的速度空白,世界各国均在“更快”的轨道交通领域开展技术研发。经过国内数十家科研院所的攻关,国内首辆600 km/h高速磁浮样车已于2019年下线;日本研发的高温超导磁浮列车的测试速度已达到603 km/h,正在积极推进东京品川-名古屋-大阪的磁悬浮中央新干线,最高速度500 km/h,预计将于2027年开通运营。此外,针对低真空管道(隧道)超高速磁浮技术,中美两国正在从原理技术层面进行深入研究。

4 技术发展展望

经济的快速发展对交通运输提出了更高要求,形

2019年9月19日,中共中央、国务院发布《交通强国建设纲要》,明确提出合理统筹安排时速600 km级高速磁悬浮系统、低真空管(隧)道高速列车等技术储备研发。更高速度等级的轨道交通发展已上升到国家层面,将成为未来客运轨道交通发展的主要方向。

#### 4.2 更重:轴重30 t以上重载铁路的研究与应用

国内外铁路重载运输技术的发展经验表明,增加轴重是提高列车重量、扩大线路运输能力的主要途径。

我国重载铁路技术已经达到世界领先水平,构建了涵盖不同轴重等级的重载铁路技术体系,系统掌握了30 t轴重重载铁路机车车辆、线路设施关键技术。大秦铁路普遍开行2万t重载组合列车,完成3万t重载组合列车开行试验,年最高运量突破4.5亿t,成为世界上年运量最大的重载线路;首列30 t轴重万吨重载列车已于2014年在朔黄铁路开行;线路长达1 800 km的浩吉铁路于2019年正式开通运营,是世界上一次性建成投入使用里程最长的重载铁路。

但重载列车在运营过程中暴露出了纵向冲动大、轮轨作用力大、轮轨磨耗严重等一系列问题<sup>[4]</sup>,随着技术的不断发展,我国重载铁路技术已进入系统提升及大规模推广应用阶段,后续研究重点主要体现在重载铁路养护维修技术、重联编组列车牵引制动控制技术、径向转向架技术、更大轴重及复杂环境重载铁路建设技术及设计、施工、运营、维护技术的创新性突破等方面。

#### 4.3 更难:高寒、高海拔、高温、艰险山区及海外等更多应用环境的研究与应用

随着东部路网的不断完善,中国铁路建设主战场逐渐向中西部地区转移,以川藏铁路为典型代表的西部铁路网规划建设项目多处于复杂艰险山区,区域地形条件复杂、自然环境恶劣。复杂艰险山区铁路需要克服高山峡谷等复杂地形,还要预防各种地质灾害,例如具有山区高海拔特点的川藏铁路工程就面临着地表高寒、隧道高温等难点<sup>[5]</sup>。

高温、高寒带来的大温差以及高差显著的地形条件使得山区铁路建设遭遇巨大挑战,也使得常温、低海拔环境下运行的轮轨铁路不能完全等同运用到该复杂场景,各项技术、装备均需进行针对性的研发与创新。

另外,近年来中国铁路逐步走出国门,由于海外和国内市场的差异性,应根据国外习惯和环境特点开展线路设计,结合实际的运营环境研发更适宜的车辆、装备,如适用于热带丛林、气候湿热、降雨量大、施工环境差的东南亚地区的车辆、装备等,这对中国铁路技术的

不断创新提出了新的挑战。

#### 4.4 更新:高水平的轨道交通技术及装备的研发与应用

将轻量化、新材料,卫星遥感、无人机、5G通信、大数据、人工智能等技术与铁路技术结合并推广使用,开发新型的轨道交通装备与车辆、提高装备技术水平,以更好地满足铁路发展与建设,是铁路技术后续一段时期内发展的总体趋势和应遵循的宗旨。

如车体轻量化,包括铁路车辆建造的轻量化(高分子、复合材料等)以及铁路车辆内饰的全新功能性材料;卫星遥感、无人机技术<sup>[6]</sup>等可帮助解决铁路项目勘察设计中面临的实际需求,辅助地形勘测、地质资料获取等;5G技术可有效提升列车故障率的检测和保障列车运行的安全性<sup>[7]</sup>;铁路大数据应用可为客货运输、基础设施检测、动车组管理、工程建设等提供指导<sup>[8]</sup>等。

#### 4.5 更广:实现功能、车型、运营组织模式的转变

西部地区经济发展与群众出行急需大运量、全天候的铁路,但受人口、自然环境、经济、产业等条件制约,西部地区建设轨道交通的经济效益较差,想将铁路修建到中国西部山区的每一个县城,预计在相当长的一段时间之内都很难实现。

为改变西部地区铁路建设处于落后状态的局面,需要考虑从理念上进行转变与创新。改变传统铁路的单一功能定位与运输组织模式,提升铁路服务的覆盖面与吸引力。如将运输与旅游相融合,打造多样化的铁路产品;实行客货物资共车共线,满足铁路客货运输功能;开行度假专列,打造轨道上的豪华酒店等。既可促进山区经济发展,又能带动铁路产业。

此外,近年来国内兴起的齿轨铁路,可有效解决轮轨铁路爬坡能力不足的问题,实现了传统特定坡度特性车型的理念突破,使铁路沿陡峻地面修建成为可能,可大幅减少桥隧等重点工程,降低工程建设难度和投资。

## 5 结论

我国轨道交通,包括高速和普速铁路、城际和城市轨道交通均已步入黄金发展时期,这得益于路网规模、大幅提升的装备水平、完整先进的技术和装备体系、关键核心技术的创新突破等,中国轨道交通正引领世界轨道交通产业的发展。展望未来,中国轨道交通正朝着互联互通、更快、更重、更难、更新和更广的技术层面进一步发展。

参考文献:

[1] 杨玲. 回顾铁路发展历程, 展示铁路技术成就[C]//中国科协2005年学术年会论文集—西部科普场馆建设与发展. 太原:山西省新闻出版局, 2005:181-186.

YANG Ling. Review of Railway Development Course and Show of Railway Technology Achievement [C]// Proceedings of 2005 Academic Annual Meeting of China Association for Science and Technology—Construction and Development of Science Popularization Venues in Western China. Taiyuan: 2005:181-186.

[2] 梁东成. 中国高速铁路的发展与规划[J]. 地理教育, 2013, 34(11):62.

LIANG Dongcheng. Development and Planning of High-speed Railway in China [J]. Education of Geography, 2013, 34(11): 62.

[3] 张安锋, 刘涛. 城市轨道交通网络互联互通的四种运营模式[J]. 城市轨道交通研究, 2016,19(7): 127-132.

ZHANG Anfeng, LIU Tao. Four Operation Modes of Urban Rail Transit Network Interconnection and Intercommunication [J]. Urban Mass Transit, 2016, 19(7): 127-132.

[4] 李芾, 安琪, 黄春蓉. 中国铁路机车车辆装备技术发展及展望[J]. 中国铁路, 2012,51(11):11-17.

LI Fu, AN Qi, HUANG Chunrong. Development and Prospect of Locomotive and Vehicle Equipment Technology in China [J]. Chinese Railways, 2012, 51(11): 11-17.

[5] 魏永幸,陈国庆,蒋良文,等. 川藏铁路高寒大温差及高地温关键致灾问题与对策[C]//“川藏铁路建设的挑战与对策”2016 学术交流会议文集. 北京:人民交通出版社, 2016:481-486.

WEI Yongxing, CHEN Guoqing, JIANG Liangwen, et al. Key Disaster Problems and Countermeasures of High Temperature and High Ground Temperature in Sichuan-Tibet Railway [C]// Proceedings of The 2016 Academic Exchange Conference-Challenges and Countermeasures of Sichuan-Tibet Railway Construction. Beijing: China Communications Press, 2016: 481-486.

[6] 冯威. 高寒高海拔复杂艰险山区无人机勘察技术应用[J]. 铁道工程学报, 2019, 36(8): 9-13.

FENG Wei. Application of Unmanned Aerial Vehicle Survey Technology in Alpine and High Altitude Complex and Difficult Mountainous Area [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2019, 36(8): 9-13.

[7] 刘志英. 5G 技术及其在铁路通信中的应用[J]. 通信技术, 2018,51(2): 394-398.

LIU Zhiying. 5G Technology and Its Application in Railway Communication [J]. Communications Technology, 2018, 51(2): 394-398.

[8] 王同军. 中国铁路大数据应用顶层设计研究与实践[J]. 中国铁路, 2017,56(1): 8-16.

WANG Tongjun. On Top-Level Design for China Railway's Big Data Application & Case Study [J]. Chinese Railway, 2017, 56(1): 8-16.

(编辑:白雪 张红英)

(上接第 10 页)

[6] 周栋梁, 韩正, 亓帅, 等. 一种中低坍落度混凝土用减水剂的保坍机制研究[J]. 新型建筑材料, 2018, 45(11): 1-4.

ZHOU Dongliang, HAN Zheng, QI Shuai, et al. Study on Slump Loss Resistant Mechanism of Water-reducing Agent for Low-middle Slumps Concrete [J]. New Building Materials, 2018, 45(11): 1-4.

[7] 葛婷, 田帅, 马文云. 粉煤灰对混凝土性能影响的试验研究[J]. 山西建筑, 2019, 45(19): 84-86.

GE Ting, TIAN Shuai, MA Wenyun. Experimental Study on the Impacts of Fly Ash on the Properties of Concrete [J]. Shanxi Architecture, 2019, 45(19): 84-86.

[8] 贺芳芳. 矿物掺合料混凝土抗氯盐侵蚀性能和抗钢筋锈蚀性能研究[D]. 南宁: 广西大学, 2017.

HE Fangfang. Chloride Resistance and Anti-corrosion of Reinforcement of Concrete with Mineral Admixtures [D]. Nanning: Guangxi University, 2017.

[9] 张立群, 贾辰辰, 张晓冉, 等. 矿物掺合料和引气剂对混凝土抗盐冻性能影响的研究[J]. 新型建筑材料, 2018, 45(12): 5-9.

ZHANG Liqun, JIA Chenchen, ZHANG Xiaoran, et al. Study on the Influence of Mineral Admixtures and Air-entraining Agents on the Salt-freezing Resistance Performance of Concrete [J]. New Building Materials, 2018, 45(12): 5-9.

[10] TB 10005-2010 铁路混凝土结构耐久性设计规范[S].

TB 10005-2010 Code for Durability Design on Concrete Structure of Railway [S].

(编辑:赵立红 张红英)