文章编号: 0258-2724(2016)03-0525-09

DOI: 10.3969/j. issn. 0258-2724. 2016. 03. 011

高速铁路建设对我国铁路运输的影响

彭其渊1,2, 李建光1, 杨宇翔1, 文 超1,2

(1. 西南交通大学交通运输与物流学院,四川成都610031; 2. 综合交通运输国家地方联合工程实验室,四川成都610031)

摘 要:高速铁路在我国的大规模建设并投入运营,在提升铁路路网规模与质量、缓解运输能力紧张、提高铁路运输服务质量等方面均取得了显著效果.通过全面总结高速铁路建设运营对铁路网络结构与规模、运输服务能力、快速客货运网络、现代化综合客运枢纽建设等方面的提升效果,系统阐述了高速铁路建设对运输组织模式、列车运行图编制理论、夜间列车运输组织方法、动车组运用、高速铁路调度指挥体系理论与方法构建等行车组织方法创新的推动作用,以及对我国基础设施建设技术和动车组制造及控制技术等铁路建设与装备水平持续提升的促进作用,揭示了高速铁路建设对我国国民经济持续快速发展的重要支撑作用,为实施我国"一带一路"和"高铁走出去"国家战略提供了理论支撑.

关键词: 高速铁路;路网规模;服务质量;行车组织方法;技术装备创新

中图分类号: U238 文献标志码: A

Influences of High-Speed Railway Construction on Railway Transportation of China

PENG Qiyuan^{1,2}, LI Jianguan¹, YANG Yuxiang¹, WEN Chao^{1,2}

(1. School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2. National United Engineering Laboratory of Integrated and Intelligent Transportation, Chengdu 610031, China)

Abstract: Large-scale construction and operation of high-speed railway in China have achieved outstanding results in improving the network scale and quality, alleviating the shortage of transport capacity, and improving the quality of rail transport services. This paper summarizes the influences of high-speed railway systematically from the aspects of promotion of railway network conditions in structure and scale, improvement of transport service capacity, establishment of express passenger and freight network, and construction of modern integrated passenger transportation hub. The high-speed railway construction has greatly boosted theoretical and methodological innovations in railway transport organization mode, timetabling, overnight trains operation, EMU operation scheduling, and high-speed rail dispatching; and promoted the infrastructure construction technologies and EMU manufacturing and control technology. Therefore, the construction of high-speed railway plays an important role in supporting the sustained and rapid development of China's national economy. All these achievements provide a good theoretical support for implementation of China's national strategies of "One Belt and One Road" and "Export of high-speed rail technologies".

Key words: high-speed railway; railway network condition; railway transportation service; train operation management; railway equipment innovation

收稿日期: 2015-11-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(U1234206,61503311); 中国铁路总公司科技开发计划资助项目(2014X009-F)

引文格式: 彭其渊,李建光, 杨宇翔,等. 高速铁路建设对我国铁路运输的影响[J]. 西南交通大学学报,2016,51(3):525-533.

随着我国高速铁路的大规模建设并投入运营, 因高速铁路速度快、输送能力大、安全性好、正点率 高、舒适方便、能耗较低等特点,在提升铁路路网规 模与质量、缓解运输能力紧张、提高铁路服务质量 等方面均取得了显著效果.

从 2008 年京津城际高速铁路开通运营以来, 我国高速铁路的规模及运营水平已居于世界领先 水平. 截至 2015 年 10 月,我国已开通运营的高速 铁路里程超过 1.8 万 km,运营里程占世界高铁总 里程的 60% 以上.

目前,我国高峰时期每天开行高速动车组列车3 200 多列,高速铁路承担了全国铁路年客运量的近 40%.高速铁路的开通运营和逐步成网,完善了我国铁路网络结构,提高了铁路路网质量和运输能力,改善了铁路运输服务质量,促进了我国铁路行车组织理论和方法的创新,推动了铁路建设技术和装备技术的持续提升,为我国国民经济的持续快速发展起到了有力的支撑作用.

近年来,我国很多学者基于不同的视角和出发 点,研究了高速铁路运输组织模式、多种速度列车 共线运行及跨线列车组织方法、开行方案与运行图 综合优化技术、夜间行车组织方法等. 这些研究提 高了铁路技术创新水平,为我国高速铁路的发展提 供了有力的理论支撑与技术支撑[1]. 文献[2]从列 车开行方式、应急处理、客运站工作组织、列车开行 以及调度指挥方法等角度出发,分析介绍了我国高 速铁路的运输组织概况. 文献[3]基于我国高速铁 路的主要技术特点,对其线路走向、车站站场布置、 主要运输通道客货分线、运输组织协调等运输组织 理论进行了探讨,分析了高速铁路规划建设和其运 输组织实践等问题. 文献[4]分析了高速铁路上不 同运输组织模式的优缺点,认为我国目前应采用不 同速度列车共线匹配运行模式,在高速铁路完全成 网后再发展为全高速运输组织模式: 文献[5] 从固 定设备、移动设备、通过能力、旅行速度等方面出 发,研究了我国高速铁路不同速度列车的合理匹配 问题:文献[6]将高速铁路列车开行方案与运行图 结合起来考虑,建立优化模型以探讨旅客出行费用 和铁路企业效益的综合最优;文献[7-8]针对我国 高速铁路夜间行车条件的实际情况,重点研究了夜 间列车的4类组织方法及天窗设置方案.

我国正处于实施"一带一路"和"高速铁路走出去"国家战略的关键时期,铁路开始大力挺进国际市场,并致力于制定铁路技术与标准^[9].而已有

研究多数视角单一,缺乏关于高速铁路运营后对我 国铁路运输组织影响的系统总结.

在此背景下,本文从高速铁路对我国路网质量提升、行车组织理论和方法创新、高速铁路相关技术装备升级等角度,系统阐释和总结高速铁路的建设和运营对我国铁路运输的巨大影响,助力中国铁路技术走向世界.

高速铁路建设显著提升了我国铁路网的质量

1.1 扩大了铁路路网规模

从 2004 年《国家中长期铁路网规划》实施到 2014 年的 10 年间,在高速铁路建设的推动下,我国铁路网的网络质量得到了根本性的改善,复线里程、复线比例、电气化率等指标均实现了翻番(如表 1 所示),为客货运输质量的提升准备了良好的硬件条件.

表 1 高速铁路建设前后我国铁路网络质量对比 Tab. 1 Comparison of the railway network quality before and after the construction of high-speed railway

| 年份 | 营业 里程/ (万 km) | 复线 里程/ (万 km) | 复线 比例/ % | 路网密度/ (km· (万 km²) ⁻¹) | 电气化 里程/ (万 km) |
|------|---------------------|---------------------|----------------|--|----------------------|
| 2004 | 7.44 | 2.49 | 33.5 | 77.51 | 1.9 |
| 2008 | 8.00 | 2.90 | 36.2 | 83.00 | 2.8 |
| 2012 | 9.80 | 4.40 | 44.8 | 101.70 | 5.1 |
| 2014 | 11.20 | 5.70 | 50.8 | 116.48 | 6.5 |

目前,我国铁路营业里程已超过11.5万km, 互连互通的铁路网络已经基本形成,高速铁路也已 基本建设成网.一个结构完善的高质量铁路运输网 络,有利于提高基础设施使用效率及增加网络流 量.基础设施的互联互通为运输方案的优化及线路 的优势互补提供了条件,显示出规模效应.

1.2 增强了主要通道的运输能力

随着我国高速铁路的大规模建成和投入运营, 形成了以高速铁路和既有线构成的大能力铁路运输通道,比如以京沪高速铁路为主体的京沪铁路运输通道、以京广高速铁路为主的京广铁路运输通道等,大幅提升了通道的运输能力和铁路路网质量.通过高速铁路的建设,在既有线铁路网上释放并形成了大能力的货物运输通道,大大缓解了我国铁路运输长期以来的对国民经济发展的制约,原先运能不足导致的货运产品设计单一、运输时限难以保障 等问题在一定程度上得到解决.

近年来,我国铁路既有线每天开行零散白货快货列车200多列,最高运行速度达到了160 km/h,每天发送散货7万t以上,极大提高了高附加值货物的输送比例和输送效率. 2015年1~9月,铁路散货总发送量为15106万t,同比增加1642万t、增长了12.2%.

随着高速铁路的完工开通和逐渐成网,铁路客

运能力也大幅度提升,客运量和客运周转量不断增长,尤其是节假日增开了大量列车,有效缓解了长期以来铁路客运能力紧张的问题.

表 2 是高速铁路规划建设以来的近 10 年间运输能力、客运量、客运周转量、旅客列车平均旅行速度、高速铁路客运量等主要客运指标的对比,给出了 2014 年与 2015 年 (开始修建高速铁路)/2008 年(高速铁路开始运营)的指标增幅.

表 2 高速铁路修建运营以来的主要客运指标对比

Tab. 2 Comparison of main passenger transport indicators after operation of high-speed railway operation

| 相关指标 | 2005 年/2008 年 | 2014 年 | 增幅/% |
|--------------------------------|---------------|-----------|----------|
| 旅客列车对数 | 1 293 | 2 447 | 89. 25 |
| 客运量/亿人次 | 11.56 | 23.57 | 103.93 |
| 客运周转量/(亿人・km) | 6 062.00 | 11 604.75 | 91.43 |
| 旅客列车旅行速度/(km·h ⁻¹) | 65.2 | 72.6 | 11.35 |
| 高速铁路客运量/亿人次 | 0.07 | 3.88 | 5 442.86 |
| 高速铁路客运量所占比例/% | 0.61 | 16.46 | |
| 高速铁路旅客周转量/(亿人·km) | 15.6 | 1446.1 | 9 169.87 |
| 高速铁路旅客周转量所占比例/% | 0.26 | 12.46 | _ |

高速铁路运营后,运输通道能力得到优化配置,产生了大量的诱增客货流量.以京沪客货运通道为例,高速铁路开通前后的通道客运量、通道货运量等指标的对比如表 3 所示,给出了 2013 年与2010 年相比的增幅.

由表 3 可见,京沪高速铁路开通以后,通道总 客运量和高速铁路运量均大幅度上升. 这说明京沪 高速铁路的开通使得铁路客运通道更具有吸引力, 大量客流从既有线路往高速线路发生转移. 2014年京沪高速铁路客运量达到了1亿人次,占全国动车组客运量的1/8. 货运量方面,对比2010年和2011年数据,货运量和周转量均有明显上涨,说明高速铁路的开通对既有线货运能力的释放效果显著. 但是随着国家经济政策和产业结构的调整,铁路货运受到冲击,致使后几年货运需求不足,京沪通道货运量、周转量增幅不大.

表 3 京沪高速铁路开通前后运输通道主要运输指标对比

Tab. 3 Comparison of transport indicators after operation of Beijing-Shanghai high-speed railway

| 相关指标 | 2010年 | 2011年 | 2013 年 | 增幅/% |
|---------------------|----------|----------|----------|---------|
| 通道总客运量/亿人 | 1.25 | 1.08 | 1.68 | 17.50 |
| 通道总旅客周转量/(亿人·km) | 804.21 | 814.43 | 1173.36 | 45.90 |
| 京沪高速铁路客运量/亿人 | _ | 0.21 | 0.86 | 309. 52 |
| 京沪高速铁路旅客周转量/(亿人·km) | _ | 149.09 | 591.04 | 296.43 |
| 京沪通道货运量/万 t | 5 439.00 | 5 733.00 | 5 470.69 | 0.58 |
| 京沪通道货运周转量/(亿 t·km) | 781.29 | 902.06 | 864.08 | 10.60 |

1.3 构建了快速客货运输服务网络

高速铁路的修建大多与既有铁路线平行,并与 既有线形成了大运能的铁路运输通道.以高速铁路 为主要骨架,构建了包括高速铁路、区际快速铁路、 城际铁路、既有线提速干线和市域快速铁路等的快 速铁路网,建成了环渤海、长三角、珠三角、长株潭、 成渝等城际铁路网络. 这一便捷、大运能的客运服 务网络,基本覆盖了50万人口以上的城市,同城效应凸显,城市之间社会经济交流得到加强.目前,高速动车组的开行范围已覆盖我国28个省、直辖市,连接了160多个地级市.同时,跨线动车组列车的开行,使高速铁路的速度优势向既有铁路网络辐射,拓展了高速铁路的服务范围.以成都至北京、广州等地的跨线动车组为例,动车组经沪汉蓉快速通

道,在汉口站接入京广高速铁路运行,大幅度地缩 短了各地区之间的运行时间,显著提升了区域内各 节点和各区域之间的可达性. 铁路快速客运服务网 络有力地促进了各个重要节点之间的区域交流,特 别是增强了中长距离城市之间的交互与联系,强化 和巩固了跨区域的交流合作,提高了铁路网络的整 体效率,扩大了我国重要交通枢纽中心域的辐射范 围. 高速铁路分流了既有线的大量旅客列车,为既 有线开展快捷运输提供了基本保障,形成了以主要 干线为骨架、区域高等级线路为支撑的快速货运网 络,各铁路局相继开行了大量局管区域内货运快 线,包括特快货运班列和快速货运班列等,极大地 提高了白货的送达速度.

1.4 建成了现代化综合客运枢纽

高速铁路车站的设计突出了人性化、立体化、多样化和智能化设计理念,强调功能性、系统性、经济性、文化性和先进性的建设原则.现代综合客运枢纽建设符合区域、城市以及综合交通运输体系的发展要求,充分考虑与地域文化相融合、近远期需要,兼顾建设的投入与维护成本,以确定枢纽的合理规模、布局和标准.经过近10年的发展,建成了一批以北京南站、上海虹桥站、武汉站、广州南站等为代表的现代化综合客运枢纽.在高速铁路综合客运枢纽的设计过程中,考虑以铁路运输为主体,整合交通资源,推进各种交通方式从分散独立向集约化发展.上海虹桥站衔接了京沪、沪昆高速铁路和沪宁城际高速铁路,集航空、城市公交、快运巴士、地铁于一体,实现了各种运输方式的零换乘,是我国现代化综合客运枢纽的标志.

2 高速铁路建设大幅提高了铁路运输服务质量

2.1 缩短了旅客出行时间

2004 年,我国列车的最高运行速度是 160 km/h,直达特快列车的旅行速度为119 km/h. 而在此后的10年间,我国铁路通过第6次铁路大 提速和高速铁路建设,列车的最高运行速度已经能 够达到350 km/h.目前,动车组最高运营速度为 300 km/h,旅行速度达280 km/h.高速铁路的运营,大幅缩短了旅客的在途旅行时间.例如,京津城 际高速铁路开通以后,北京至天津的旅行时间由 2 h 缩短至30 min,北京、天津这两大城市真正实 现了同城联动;京广高速铁路开通以后,北京到广 州的旅行时间由近 30 h 缩短为 8 h. 旅客出行时间的缩短,深刻地影响着人们的生活模式和出行行为,甚至从根本上改变了人们传统的职住模式.

2.2 增加了旅客列车服务频率

随着高速铁路的运营,我国旅客列车的开行数量增长显著.目前,我国铁路旅客列车的开行对数已近3000对,而2004年全国旅客列车的开行数量仅为1293对,我国铁路里程在10年间增加了近54%,而旅客列车开行数量增长了132%,以每万公里开行旅客列车数来计近似计算旅客列车服务频率,可以得到我国目前铁路旅客列车的服务频率是2004年的2.5倍左右.旅客列车开行数量的增加、列车制动性能的提升以及相关通信信号系统等技术的革新,使我国列车高峰小时车站追踪间隔缩短至5 min,而2004年既有京沪线直达特快列车的最小车站追踪间隔时间为7 min.京津、沪宁、广深等城际高速铁路已基本实现公交化运行,保障了城市群之间的高列车服务频率,重要城市的服务频率至少达到2004年的两倍.

2.3 加速了铁路货物送达速度

为了提高铁路货运市场的竞争力,提升货物运输质量,加速铁路货物送达速度,我国铁路综合利用高速铁路列车、客车行李车、货物快运、直达列车等运输方式,以航空、公路为补充,制定不同的货物运输解决方案,实现差异化、个性化运输,满足客户的不同需求.

高速线路建立了高速铁路货物枢纽中转站,有条件的车站也陆续开办了货运业务.高速列车覆盖的区域,实现了城市之间 10:00 前承运、运距不超过 1 000 km 的货物当日到达,运距范围 2 000 km 内的货物次日到达.既有线运输能力的释放,为开行快速货物列车提供了可能,加速了铁路的货物送达速度. 我国铁路既有线陆续开行了速度为160 km/h 的特快货物列车,实行了货物列车客车化的运输组织模式,有效保障了铁路货物的运达时限.对既有线上 120 km/h 以上速度等级的货物快运列车,按基本列车运行图规定时间及方案确定的中转接续时间计算线上运行时间,各级调度人员通过加强货物列车运行情况的监控,对快捷货物列车重点监控.

2.4 实现了铁路与其他运输方式的便捷换乘

在依托高速铁路车站规划建设综合客运枢纽时,实现了多种运输方式的高效衔接与换乘,集各种交通方式于一体. 统筹高速铁路客运枢纽设计与

城市交通发展规划,实现了旅客的高效换乘和各运输方式站场间的合理衔接,充分利用建设空间,兼顾铁路线路、干线公路、航空站场与城市轨道交通、地面公共交通、私人交通的接续,实现了各类交通场站之间的快速连接和各类运输方式的"零距离换乘".

2008 年 8 月 1 日投入使用的北京南站通过采用地上两层,地下三层的布局,与地铁 4、14 号线垂直换乘,是内地首个与地铁"零距离"换乘的火车站.北京南站通过根据客流流向流量合理分布各类运输方式线路站场、科学设置各类导向标示等方法,合理组织旅客流线,减少客流在枢纽内部的冲突,实现了旅客在枢纽内走行距离、换乘成本的综合最优.上海虹桥站是我国唯一一个实现高速铁路、航空、地铁、城市常规公共交通同站换乘的车站,极大地满足了各类旅客的换乘需求.

3 高速铁路建设运营有力推进了我国铁路行车组织理论与方法创新

3.1 实践了客货分线运行及高速铁路多种速度列 车共线运行的运输组织模式

我国修建高速铁路的源动力之一是提升客货运输质量、释放既有线的能力,实现客货分线运输. 商务、公务客流对出行时效性要求较高,而探亲旅游客流对出行时效性要求相对较低且对票价率较敏感,形成了不同市场细分客流并对旅行速度有着差异化需求. 在我国经济发展水平不均衡、不同出行人群对出行品质追求不同的情况下,提供多样化、不同层次的客运产品是旅客对高速铁路的要求之一.

高速铁路运营初期,一方面要开行高等级的高速列车以满足追求速度和效率的旅客需求;另一方面,也要适当考虑开行速度等级较低、票价率较低的高速列车,以满足不同经济能力旅客的出行需要.

为了满足多层次的旅客需求和保障跨线列车的开行条件,我国高速铁路采取多种速度列车共线运行的运输组织模式,即在设计速度 350 km/h 的线路上实行 300 km/h 的高速列车和 200~250 km/h 的普速动车组共线运行;在设计速度 200~250 km/h 的线路上,实行动车组与160 km/h 的普通客车共线运行的开行模式.采用高速线上多种速度列车共线运行,对于延伸高速铁路的服务范

围和辐射区域、满足不同层次旅客出行需求有着积极意义,是现阶段我国高速铁路发展的现实选择.

我国高速铁路线长、车站多,多种高速列车共 线运行使高速列车的停站组合规模异常巨大,与也 是多种速度列车共线运行的日本东海道新干线相 比,组织复杂度和难度要大得多,中国高速铁路多 种速度高速列车共线运行的运输组织模式为世界 高速铁路运输组织模式进行了开创性的探索.

3.2 发展了列车运行图编制理论和方法

与普速铁路相比,对高速铁路列车运行图的优化编制要求要高得多.高速铁路列车运行图的优化编制需重点关注以下方面:

- (1) 高速铁路通过能力的运用具有明显的时段性特征,列车运行图的空费时间多;
- (2) 高速铁路列车运行图的铺画标准更高、条件更苛刻,由于仅运行旅客列车,列车运行图铺画时不能像普速铁路那样压货保客,因此,高速铁路列车运行图的刚性要强得多;
- (3)以运输计划为基础计划安排日常生产并进行动态控制的特点更加鲜明,需要更加注重高速铁路列车运行图对运输生产的规划指导作用;
- (4) 高速列车的开行受动车组维修及周转制约,需尽量提高动车组的上线率;
- (5)综合维修天窗对列车开行的制约作用明显,进一步增加了列车运行图的刚性;
- (6) 列车运行图的编制要充分考虑相关运行 线的紧密接续,方便旅客换乘.

为了满足上述要求,我国高速铁路列车运行图在编制过程中,努力实现客货分线运输,采用灵活的列车开行方案,高速铁路动车组以本线为主并兼顾跨线列车,主要城市之间开行一站直达列车;列车高密度、小间隔运行,在始发站实现5 min 列车连续发车,列车区间运行实现3 min 追踪间隔,在始发站努力在整点或半点安排开行高速列车;高速铁路列车运行图分为基本运行图和节假日运行图,开行定期列车和季节列车,日常运营可增加临时列车.

在如此繁忙的高速铁路网络上,我国已探索出提高高速铁路列车运行图的执行质量、保障高速铁路的运输服务质量,以及降低高速铁路的行车指挥复杂性,充分发挥高速铁路高速度、高密度、高安全性和高正点率优势的运行图编制方法,发展了我国铁路列车运行图编制理论和方法.

3.3 丰富了铁路通过能力运用优化方法

高速铁路的通过能力主要受运输组织模式、列车种类、速度、停站、运行图铺画方式、车站间距、天窗设置等设备和运营因素的影响.

我国高速铁路采用统一速度标尺的方法,尽量做到所有高速列车的区间运行时分相等,使由于速差产生的能力扣除只取决于不同类型动车组起停车附加时分的差异,若起停车附加时分相同,则由于不同速度等级列车产生的此项能力无损失.为了充分利用高速铁路通过能力,在能力紧张区段或时段,高速铁路采用规格化的列车停站模式或阶段平行的铺图形式,以尽量减少能力损失.尽可能提高通过能力,使之与客流量的相适应,充分发挥高速铁路网络优势,通过优化网络化列车开行方案提高通过能力的运用效率.

对既有线而言,在一个时段内,即使旅客客流较少,旅客列车开行较少,其富余的通过能力可以通过货物列车进行填补,从而使通过能力得到充分利用.但对于高速铁路而言,其通过能力的计算则必须基于旅客出行的时空特征.无流或少流开车将导致上座率低、运能浪费、增加运营成本.

在客流不足以开行列车的部分时段和区段,高速线路无法像既有线那样开行货运列车以充分利用线路通过能力,造成线路能力的浪费.

为了解决高速铁路由于客流无流或少流带来的时段性能力利用率低的问题,我国高速铁路努力发挥高速铁路的网络规模效应,广泛采用高速线之间、高速线与既有线之间开行动车组跨线列车的组织形式.通过合理优化网络跨线列车在时间或区间方面的分布,实现跨线列车与本线列车的错峰运行,可以用跨线列车填补由于本线客流不足造成的线路能力浪费.以京广高速铁路武广段9:00~15:00下行为例,若只运行本线列车,由于客流限制,出现通过能力浪费,每日所有车站发车平均追踪间隔时间约为12.97 min;而开行跨线列车后,列车间追踪间隔更小,未利用的线路能力得到部分填补,所有车站发车平均间隔时间缩短至9.82 min,能力利用率提高约24%.

3.4 首创了高速铁路夜间列车开行模式

高速铁路夜行列车为旅客利用夜间时间远距 离出行提供了有效途径,能够有效地拓展旅客出行 时间范围,利用夜间休息时间实现远距离出行,能 够充分利用时间,降低旅途疲劳和差旅费用.同时, 组织高速铁路夜间行车能够有效利用高速铁路夜 间通过能力,充分发挥网络化运营优势.为了满足旅客夜间旅行的需求,从2013年春运起,京广高速铁路试运行夕发朝至列车,于2015年春运后常态化运行.

目前,我国高速铁路夜间列车—周开行4d(周五~周—),根据客流情况每日开行6~10对,运行径路为深圳(广州)—北京以及广州(深圳)—上海,只经停途中大站.其中深圳(广州)—北京区段全程运行时间约12h,平均发车间隔6min,平均上座率保持在87.5%(2015年1月~2015年4月,以下同),人均里程1703km.广州(深圳)—上海区段全程运行时间12h,平均发车间隔5min,平均上座率达90.7%,人均里程1356km.由上座率和人均里程可以看出,夜间高速列车极具市场竞争力,方便了旅客出行,受到广大旅客的青睐.

夜间列车开行带来了新的运输组织问题,传统高速铁路在0:00~6:00之间设置夜间垂直天窗,在这种天窗模式下夜间列车难以运行.针对夜间列车开行以后的天窗模式,学者们提出了包括矩形天窗下的高速列车开行模式^[10](包括既有线运行模式、"等线"模式、换乘模式)、开设日间天窗、设置分段矩形天窗^[11]、隔日单向矩形天窗^[12]等天窗开设新模式.

目前,京广高速铁路采用的是开设分时段、分区段的矩形天窗模式. 当天有夜间列车开行时,天窗采用"尽量开满、只检查不维修"的形式,即尽量选择空闲时间较长的时段开设并不强制要求开满4h,且只对线路进行检查,若无影响行车安全的重大问题,则不再进行维修作业. 当天没有夜间列车开行时,严格执行综合维修天窗制度,在0:00~6:00之间开设垂直矩形天窗,并在天窗结束后开设由动车组担当的确认列车.

3.5 改进了动车组运用组织体制

高速铁路动车组运用计划作为基本计划的一个重要组成部分,决定了动车组检修执行和动车组运用的分配,必须结合列车运行图、综合乘务计划、动车段所的位置及能力等考虑其编制与执行.

我国高速动车组和既有线旅客列车车底一样, 配属于固定的动车段所,采用由铁路局安排担当指 定区段交路的固定区段使用模式.但在高速铁路路 网复杂化、列车单程运行里程不断延长的情况下, 我国的动车组供给仍显不足,使用方案优化空间和 容错空间较小等问题开始凸显.为此,我国逐步变 革既有铁路客车底固定区段使用的模式,动车组的运用开始由固定区段使用向半固定或不固定区段使用模式转变. 动车组完成一次运行任务后,下一次担当的运行区段不再受到限制. 在给定的路网范围内,对动车组担当的交路不作固定安排,而是根据需求,在满足修程修制、固定设备等前提下灵活担当列车运行任务,允许动车组在外段进行日常检修工作.

为了提高动车组运用效率和保障日常动车组周转,我国高速铁路实行动车热备车制度,并保证动车组备用率达到10%,这个标准比世界高速铁路动车组的备用率要高,目的是提高我国高速铁路运营初期的应急处置能力,尽可能保证高速铁路的正常运行秩序.通过建立动车组运用检修基地,我国高速动车组实行了库内检修整备一体化作业.

3.6 构建了高速铁路调度指挥体系理论

高速铁路以调度指挥系统为神经中枢,由工务工程、牵引供电、通信信号与列车控制、调度指挥、旅客服务等多个子系统构成,是一个复杂的网络化巨系统,其安全可靠度的影响因素众多、耦合关系复杂. 我国高速铁路调度指挥系统由列车调度、计划调度、动车调度、供电调度、旅客服务调度和综合设施调度等6个子系统构成[13].

为了满足高速铁路安全、正点、高效的运输组织基本要求,我国研究了高速铁路调度指挥系统的理论和方法,并实现了高速铁路调度指挥系统在纵向层级、横向专业子系统、不同调度所之间以及高速铁路与既有线调度指挥系统之间,在组织架构、功能设置、协同控制、信息交互与共享等方面的协同.

通过分析高速铁路调度指挥系统铁路总公司调度中心、铁路局调度所、基层站段纵向各层级的组织架构及业务流程,提出了纵向层级之间协同动作的作业流程、实施方案、信息交互及共享机制,从高速铁路调度指挥系统组织架构、功能设置、协同控制、信息交互与共享等方面,构建了高速铁路调度指挥系统纵向层级层次协同理论和方法.建立了我国高速铁路调度指挥系统常态情况下列车调度与计划调度、动车调度、供电调度、旅客服务调度、综合设施调度等专业调度子系统之间的主辅协同关系及其工作机制,构建了非常态情况下应急调度与列车调度、计划调度、动车调度、供电调度、旅客服务调度、综合设施调度等专业子系统主辅协同关系及工作方法.

4 高速铁路建设积极推进了铁路建设及装备水平的持续提升

高速铁路建设是一项具有综合系统集成技术、复杂性极强的工程,我国高速铁路根据国务院"引进先进技术,联合设计生产,打造中国高速铁路品牌"的指导方针,在最近10年迅速进步,形成了中国高速铁路的完备技术体系[14-15].高速铁路的建设运营推进了高速铁路装备及建设技术的持续快速更新升级,实现了"引进技术,中国制造,中国创造"的跨越式发展.我国高速铁路在工程建设、高速列车、列车运行控制、系统集成、运营管理等领域掌握了核心技术,形成了具有自主知识产权的核心技术体系,成为了世界上高速铁路系统技术最全、集成能力最强、运营里程最长、运行速度最高、在建规模最大的国家.

经过 10 年的努力,中国高速铁路在重大装备、建设技术方面均取得了开拓性成果.

在高速铁路工程建设方面,研发了无渣轨道成套技术及高速钢轨、扣件、道岔等轨道设备,满足了线路高平顺、高稳定的列车运行要求,能够满足多类型恶劣气候环境的建设需要,适应全年温差近100℃的变化区间,并成功解决了地面沉降、路基防冻、复杂地质条件下隧道施工、深水大跨桥梁施工、风沙堆积、高温胀轨等高难技术问题.

在重大装备方面,中国完全掌握了自主化的 CRH5 型动车组牵引电传动系统和网络控制系统设计制造技术,拥有世界上从时速 200~500 km 各种速度等级的动车组,谱系最完整. CRH380AL 高速动车组于 2010 年创造了时速 486.1 km 的世界铁路最高运营速度,时速 500 km 试验列车在2011 年创造了时速 605 km 的最高轮轨试验速度,实现了高速轮轨、高速受流、高速制动等关键技术的创新与突破.

在列车运行控制方面,自主集成了 CTCS-3 系统,能够实现基于 GSM-R 无线通信的车、地信息双向传输,保障了列车运行安全,并开始向下一代 LTE-R 技术发展.

在建设技术方面,通过高速铁路建设实践,掌握了常用跨度简支箱梁的制造、运输、架设成套技术,攻克了跨大江大河和高架站桥等复杂桥梁难题;中国高速铁路轨道、隧道建造技术更高,且具备应对各种复杂情况的能力,实现了高速隧道内时速

350 km 列车安全运行与会车.

中国高速铁路建设已由技术引入向技术输出转变,在"高速铁路走出去"战略的推动下,中国高速铁路开始走向世界,包括印尼雅万高速铁路、新马高速铁路、美国加州高速铁路、土耳其安伊高速铁路等在内的多个海外建设项目正在竞标或已开始修建.其中,印尼雅万高速铁路已成功中标,土耳其安伊高速铁路二期项目已完工.

中国高速铁路建设技术、装备制造水平的提升 和完备自主知识产权的形成,已使高速铁路成为中 国外交的一张金名片.

5 结束语

经过10年的发展,我国高速铁路发生了翻天 覆地的变化.高速铁路的大规模建设和运营,极大 地加强了我国铁路的物理网络结构、改善了物理网 络的性能、提高了铁路网络的质量.高速铁路分流 既有线旅客列车后,既有线能力释放为既有线提升 货运质量提供了有力保障.构建的由高速铁路、区 际快速铁路、城际铁路、提速干线和市域快速铁路 构成的快速客运网络,极大地方便了旅客的出行, 提高了旅客服务质量,大幅增加旅客列车服务 频率.

在运输组织方面,我国高速铁路探索了客货分线运行及高速线多种速度列车共线运行的新模式,发展了列车运行图的编制理论和方法,创新了高速铁路夜间行车组织方法,构建了高速铁路调度指挥体系理论.高速铁路建设也促进了中国高速铁路在重大装备、建设技术方面的开拓性创新,基础设施建设、动车组制造及控制技术均已处于世界领先水平.同时,这些创新性的理论突破和实践运用,为我国铁路转型、应对其他运输方式的竞争压力、实现市场化奠定了坚实基础.

在高速铁路建设运营的实践中,培养了一大批 具有国际领先水平的学者和组织管理者,为我国 "高速铁路走出去"和"一带一路"国家战略的实施 提供有力的支撑。

参考文献:

[1] 盛光祖. 开创铁路科学发展新局面为全面建成小康社会作出新的贡献: 在全国铁路工作会议上的报告(摘要)[J]. 铁道经济研究,2013,111(1): 1-5,11. SHENG Guangzu. To create a new situation of scientific development in all railway and make new contributions

- to building a well-off society in an all-round-a report on the National Railway Work Conference (abstracts)[J]. Railway Economics Research, 2013, 111(1): 1-5,11.
- [2] 安路生. 中国高速铁路运输组织[J]. 中国铁路, 2010(12): 9-11.
 - AN Lusheng. Organization of Chines high-speed railway[J]. Chinese Railways, 2010(12): 9-11.
- [3] 赵海宽. 高速铁路网规划和运输组织的理论与实践 初探[J]. 铁道经济研究,2010,98(1): 32-34. ZHAO Haikuan. Theory practices on the programming of high-speed rail network and transportation organization[J]. Railway Economics Research, 2010, 98(1): 32-34.
- [4] 林晓雪. 客运专线运输组织模式研究[J]. 中国铁路,2009(10); 21-23.

 LIN Xiaoxue. Research on the transportation organization of passenger railway line[J]. Chinese Railways, 2009(10); 21-23.
- [5] 李博,殷巧琳. 我国高速铁路列车速度合理匹配研究 [J]. 铁道运输与经济,2013,35(6): 37-42. LI Bo, YIN Qiaolin. Research on reasonable speed matching of Chinese high-speed trains[J]. Railway Transport and Economy, 2013, 35(6): 37-42.
- [6] 周文梁,史峰,陈彦,等. 客运专线网络列车开行方案 与运行图综合优化方法[J]. 铁道学报,2011, 33(2):1-7. ZHOU Wenliang, SHI Feng, CHEN Yan, et al. Method of integrated optimization of train operation plan
 - Method of integrated optimization of train operation plan and diagram for network of dedicated passenger lines[J]. Journal of the China Railway Society, 2011, 33(2): 1-7.
- [7] 彭其渊,杨奎,文超,等. 我国高速铁路夜间行车组织方法[J]. 西南交通大学学报,2015,50(4):569-576.
 - PENG Qiyuan, YANG Kui, WEN Chao, et al. Organization methods of overnight operation for Chinese high-speed railways[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2015, 50(4): 569-576.
- [8] 杨奎,彭其渊,鲁工圆,等. 高速铁路天窗设置与夜间 列车运行协调优化技术 [J]. 铁道学报,2015,37(4):1-7.
 - YANG Kui, PENG Qiyuan, LU Gongyuan, et al. Co-optimization between maintenance curfew and overnight train plan in high speed railway[J]. Journal of the China Railway Society, 2015: 37(4): 1-7.
- [9] 何华武. 中国高铁:"追赶者"何以变成"领跑者" [J]. 电气时代,2011(2): 35.
 - HE Huawu. Chinese high speed railway: a learner to a

[14]

top runner [J]. Electric Age, 2011(2): 35.

- [10] 王相平,花伟,李博,等. 基于矩型天窗下客运专线 开行夕发朝至列车的可行性研究[J]. 铁道运输与 经济,2007(11): 16-17. WANG Xiangping, HUA Wei, LI Bo, et al. Feasibility research on the overnight trains in passenger lines with rectangular maintenance window[J]. Railway Transport and Economy, 2007(11): 16-17.
- [11] 徐小勇. 客运专线维修天窗与夕发朝至列车协调研究[J]. 城市轨道交通研究,2010(10): 77-79.

 XU Xiaoyong. Coordination between skylight setting and evening-morning train on passenger dedicated lines[J]. Urban Mass Transit, 2010(10): 77-79.
- [12] 校磊,安定. 高速铁路列车夜间开行维修天窗设置研究[J]. 铁道运输与经济,2013(9): 58-61.

 XIAO Lei, AN Ding. Research on setting up night maintenance window for high-speed railway trains[J].

 Transport and Economy, 2013(9): 58-61.
- [13] 彭其渊,周磊山,马驷. 高速铁路调度指挥[M]. 北京:中国铁道出版社,2011: 14-16.

卢春房. 积极适应新常态全面推进自主化为铁路创

- 新发展提供科技支撑,在中国铁路总公司科技工作 会议上的讲话(摘要)[J]. 中国铁路, 2015(8): 1-5. LU Chunfang. Adapt to the "New Normal" situation actively and boost self-reliance creation to provide scientific support to the railway innovative (abstract)[J].developments Chinese Railways, 2015(8): 1-5.
- [15] 盛光祖. 以创新发展为主线主动适应新常态努力开创铁路改革发展新局面,在中国铁路总公司工作会议上的报告(摘要)[J]. 中国铁路,2015(2):1-6. SHENG Guangzu. Adapt to the "New Normal" situation and start the new revolution of railway with innovative development: a report on the working conference of China railway corporation (abstract)[J]. Chinese Railways, 2015(2):1-6.

作者简介:



彭其渊(1962—),教授,博士,博士生导师,1983年至今任职于西南交通大学交通运输与物流学院,现任综合交通运输智能化国家地方联合工程实验室主任.研究方向为运输组织优化理论与方法、系统工程、综合运输系统规划与组织指挥智能化.承担国家自然科学基金高铁联合基金重点项目及面

上项目、国家 863 计划项目、科技支撑计划项目、省部级等各类项目 70 余项. 获得铁道部科技进步一等奖、中国铁道学会科技奖一等奖、茅以升铁道科技奖、詹天佑铁道科学技术成就奖等奖励和荣誉称号 10 余项, 获国家教学成果奖4项. 主编出版国家级规划教材3部,编著出版专著和教材7部,发表学术论文近200篇. 国家万人计划领军人才和国家教学名师,教育部交通运输与工程学科教学指导委员会铁道运输分委会委员,全国工程教育专业认证协会交通运输类专业认证分委会委员.

E-mail: qiyuan-peng@ swjtu. cn



文超(1984—),博士,讲师,2012年至今任职于在西南交通大学交通运输与物流学院.研究方向为铁路运输组织优化理论与方法.滑铁卢大学博士后.承担国家自然科学基金青年项目、教育部博士点基金项目、中国铁路总公司科技开发项目等各类项目10余项.先后获得四川省科技进步奖三等奖

1 项、中国铁道学会科技奖二等奖 1 项. 发表学术论文 40 余篇,参编教材 5 部. 国际铁路运营管理优化研究协会 (IAROR)成员.

E-mail: wenchao@ swjtu. cn

(中文编辑:秦萍玲 英文编辑:兰俊思)