



Beijing 2010
HIGHSPEED
7th World Congress on High Speed Rail
第七届世界高速铁路大会

第七届世界高速铁路大会论文集

上册

第七届世界高速铁路大会科学委员会

2010年12月 北京



2010年12月 北京

第七届世界高速铁路大会论文集

上册

第七届世界高速铁路大会科学委员会

中国铁道出版社

图书在版编目(CIP)数据

第七届世界高速铁路大会论文集. 上册/第七届世界高速铁路大会科学委员会编.
北京:中国铁道出版社,2010. 12
ISBN 978-7-113-12223-2

I. ①第… II. ①中… ②国… III. ①高速铁路—国际学术会议—文集
IV. ①U238-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 226713 号

书 名: 第七届世界高速铁路大会论文集 (上册)

作 者: 第七届世界高速铁路大会科学委员会

责任编辑: 吴 军 陈若伟 王 菁 电话: 010-51873094

封面设计: 崔 欣

责任校对: 张玉华

责任印制: 陆 宁

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

版 次: 2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

开 本: 880 mm × 1 230 mm 1/16 印张: 25.25 字数: 792 千

书 号: ISBN 978-7-113-12223-2

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话: 市电 (010) 51873170, 路电 (021) 73170 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 63549504, 路电 (021) 73187

CONTENTS 目录

中国高速铁路创新与发展	何华武	(1)
高速铁路工务运营维护与管理	康高亮	(7)
高速铁路无缝线路技术及养护维修	吴细水,高亮	(13)
既有线提速线路维护对策	曾宪海	(18)
高速铁路轮轨力测量技术发展	曾宇清,甄静,张格明,张岩,侯卫星	(24)
高风险隧道建造技术——高压富水岩溶隧道释能降压技术的研究与实践	张梅	(35)
郑西高铁大断面黄土隧道施工方法研究	李国良,宋冶,李雷,王新东,王刚	(43)
中国高速铁路典型和特殊结构桥梁	盛黎明	(51)
中国高速铁路大跨度桥梁发展与实践	陈良江,乔健	(60)
中国高速铁路运输组织	安路生	(65)
高速铁路调度指挥体系的研究	赵春雷,刘志明	(68)
创新高速铁路运输组织	丁孔信	(73)
高速列车速度与技术	张曙光	(76)
CRH380A 型高速列车振动、模态、噪声关系研究与应用	丁叁叁,赵艳菊	(82)
时速 350 公里及以上高速列车双弓受流技术研究与应用	张卫华,周宁,李瑞平,梅桂明,宋冬利	(91)
高速列车修程修制技术	刘刚,王华胜,文礼	(96)
高速动车组检修布局及设备设施配置研究与应用	刘瑞扬	(101)
高速列车检修工艺与方法研究	蒋芳政	(106)
中国高速铁路电力牵引供电系统实践与创新	王保国	(112)
中国高速铁路牵引供电理论体系研究	钱清泉,王祖锋,李群湛,高仕斌,何正友,吴积钦	(117)
高速铁路牵引供电系统技术标准体系	王祖峰,刘永红,李文豪	(130)
中国高速铁路建设项目管理	安国栋	(136)
中国高速铁路联调联试	陈璞	(139)
中国高速铁路技术综合试验研究	王澜	(143)
中国高速铁路安全技术体系	耿志修	(150)
中国高速铁路运营安全管理的研究与实践	陈兰华	(157)
高速铁路应急平台体系及关键技术研究	王富章,王英杰,李平,吴艳华	(164)
中国高速铁路技术标准体系	吴克俭	(169)
CTCS—3 级列控系统互联互通测试研究	宁滨,唐涛,李开成,张勇,袁磊,刘雨	(176)
中国高速铁路的防灾体系	张季良	(184)
中国高速铁路 CTCS-3 级列控系统应用实践	刘朝英	(189)

高速铁路列控系统发展趋势分析和研究	季学胜, 刘大为	(195)
CTCS-3 级列控系统技术方案	张 苑	(203)
中国铁路 GSM-R 发展报告	马 芳	(210)
GSM-R 技术在中国铁路的创新与发展	钟章队	(218)
高速铁路 GSM—R 承载 CTCS—3 级列控业务关键参数的研究	沈京川, 蔺 伟, 蒋志勇	(225)
中国高铁客站的创新与实践	郑 健	(233)
虹桥综合交通枢纽的规划设计	周铁征	(237)
高速铁路建设对加速中国城镇化进程的重要作用	林仲洪	(241)
高速铁路发展与中国铁路货运	郭玉华	(246)
中国高速铁路客运服务系统建设	詹子宁	(251)
京津城际高铁运输服务	李冰久	(255)
中国高速铁路客运产品设计	王 培	(259)
适应中国高速铁路客流特性的售票组织策略优化研究	张振利	(264)
高速铁路车票精确库存管理的研究	周亮瑾	(268)
高速铁路与资源节约	傅选义	(272)
中国高速铁路节能减排效应与对策研究	黄 茵, 谢汉生, 马 龙	(276)
中国高速铁路减振降噪技术措施	孙树礼 苏卫青 刘冀钊	(281)
高速铁路在住宅区的降噪措施和效果	李允中	(288)
高速铁路减振型轨道结构选型研究	王 梦, 王继军, 刘伟斌	(296)
高速铁路催生低碳运输新变革	张大为	(300)
高速铁路生态景观型声屏障研究	韩 鹏, 郑光玉, 代劲松, 廖建州, 徐志胜	(305)
无砟轨道线下工程沉降变形控制及评估	王同军	(310)
郑西高速铁路黄土工程技术创新与实践	钱征宇	(316)
武广高速铁路路基动态响应试验研究	赵有明, 叶阳升, 张千里, 蔡德钧	(320)
中国铁路高速道岔技术体系	郭福安	(325)
高速铁路无砟轨道技术	江 成	(330)
高速铁路无砟轨道扣件系统技术研究	肖俊恒, 赵汝康, 方杭玮, 王树国, 许绍辉, 葛 晶, 李子睿	(335)
中国高速铁路路网规划研究	杨忠民	(341)
高速铁路网规划和运输组织的理论与实践初探	赵海宽	(345)
基于资源整合的“实践主导式”中国高铁技术人才培训	曲 林	(349)
高速铁路技能人才培养的实践与管理	张重天	(354)
高速铁路动车组司机素质保障体系实践与研究	申瑞源	(359)
高速铁路促进经济社会发展	余邦利	(365)
高速铁路与转变经济发展方式	苏顺虎	(369)
中国高速铁路技术经济分析	王惠臣	(372)
高速铁路对区域经济协调发展的促进作用	周孝文	(377)
高速铁路联调联试技术	康 熊	(381)
京沪高速铁路工程	赵国堂	(387)
中国高速铁路系统集成方法与工程实践	程先东	(391)
中国高速铁路精密工程测量技术	王长进	(395)

中国高速铁路创新与发展

何华武

(中国铁道部,北京 100844)

摘要:介绍了近年来中国高速铁路的发展成就,总结了中国高速铁路建设、运营技术创新成果,论述了高速铁路对经济社会发展的巨大意义,阐述了中国高速铁路成功实践的路径和经验。

关键词:高速铁路;关键技术;创新;工程实践

中国铁路以推进建设“资源节约型、环境友好型”社会为使命,以快速扩充运输能力,快速提升装备水平为主线,在既有线提速、高速铁路、装备现代化、高原铁路、重载铁路等方面实现了重大跨越。尤其是高速铁路开通运营并与普速铁路网共同作用,客货运量大幅增长,运输持续安全稳定,为经济社会可持续发展提供着重要支撑和保障作用,得到全社会的广泛赞誉,成为世界高速铁路发展的又一成功示范。

1 中国高铁取得巨大成就

中国幅员辽阔,人口众多,人均资源少,在经济与社会发展面临人口、资源、环境等因素制约的情况下,发展高速铁路适合中国国情。中国高铁的发展经历了部分既有线时速 200 ~ 250 km 提速改造,新建时速 250 km 以客为主兼顾货运铁路,新建持续运行时速 350 km 等级客运铁路三个发展阶段。截止 2010 年 11 月底,中国高铁营业里程达 7 531 km(不包括台湾地区),在建高速铁路约 1.0×10^4 km,已成为世界上高铁系统技术最全、集成能力最强、运营速度最高、运营里程最长、在建规模最大的国家。

1.1 部分既有线提速达到世界高铁标准

2007 年 4 月 18 日,以主要繁忙干线为重点,实现第六次大面积提速。目前,既有线提速时速 200 ~ 250 km 线路营业里程 3 209 km,大量开行“和谐号”动车组列车,并与 6 000 t 级货物列车和双层集装箱列车共线运行。创造了客货共线铁路行车速度、列车速差、列车密度、牵引质量的世界纪录。中国铁路进入了高速时代。

1.2 建成投产一批高速铁路

中国新建高速铁路已有 4 322 km 投入运营。其中时速 350 km 的京津、武广、郑西、沪宁、沪杭高速铁路 2 154 km,代表了当今世界高铁的领先水平。

(1) 京津高铁

全长 120 km,设 5 座车站,全线采用无砟轨道,87% 桥梁通过,仅用时 3 年建成。2008 年 8 月 1 日开通运营,创造了世界第一条轮轨铁路时速 350 km 最高商业运营速度,京津间直达列车 30 min 内到达。

(2) 武广高铁

全长 1 069 km,设 18 座车站,全线采用无砟轨道,采用有效措施处理了 310 km 岩溶地段,各类桥梁 691 座,隧道 226 座,桥隧占 66.7%,仅用时 4 年半建成。2009 年 12 月 26 日开通运营,两地间 3h 直达,创造了世界高铁上千公里持续运行速度最高记录。首次实现重联动车组列车最高试验时速 394.2 km。

(3) 郑西、沪宁、沪杭高铁

中国中西部地区第一条,世界首条在黄土、湿陷性黄土地区修建的时速 350 km 郑西高铁,2010 年 2 月 6 日开通运营,郑西间直达列车 2 h 内到达。在大范围软土、深厚软土地区修建时速 350 km 的沪宁、沪杭高铁,2010

年陆续开通运营,表现出高平稳的运行品质。

(4) 时速 250 km 高铁投入运营 2 168 km

先后建成运营了胶济、合宁、合武、石太、东南沿海等一批运行时速 250 km 的高铁。

1.3 投运一批国产“和谐号”高速列车

系统搭建了具有世界一流水平的技术平台,时速 350 km 动车组实现批量生产。2008 年 8 月,时速 350 km 高速列车在京津高速铁路投入运营。2010 年 9 月 28 日,“和谐号”CRH380A 高速列车在沪杭高铁运行试验中,最高时速达 416.6 km,创世界运营铁路运行试验最高速度。目前,投入运营的“和谐号”高速列车 419 多组。

1.4 开通一批客运综合交通枢纽

中国铁路改建和新建了一批客运枢纽。已投产的北京南、天津、上海虹桥、武汉、长沙南、广州南等客运枢纽,彰显出现代客运综合交通枢纽的价值。运营表明,体现出能力充足、流线合理、功能完善、换乘便捷的特点。

1.5 在建一批高速铁路

京沪、哈大、京武等时速 350 km 的高铁正在如火如荼建设,尤以京沪高铁举世瞩目。京沪高铁,纵贯四省三直辖市,横跨黄河、长江等水系;全长 1 318 km,其中桥梁占线路总长的 80.5%,路基占 18.3%,隧道占 1.2%,除跨长江、黄河 2 座特大桥外,全部采用无砟轨道;是世界上一次建成线路最长、标准最高的高速铁路,预计京沪间实现 4 h 内直达。

2 中国高铁技术创新支撑

中国面对特殊地质、艰险山区等极其困难的建设条件,不同速度列车跨线运行等十分复杂的运营条件;依靠技术创新支撑,突破了一系列重大、关键技术难题;首次实现世界高速铁路持续安全稳定运营时速 350 km 目标,创造了新记录。

2.1 工程建造技术

(1) 线路与路基工程

突破不同速度列车共线运行,线路参数设置难题;实现了大速差列车群共线及路网兼容运行。针对软土、岩溶、湿陷性黄土等特殊地基,采取可靠的地基处理措施,有效控制路基的工后沉降(表 1)。突破复杂地质条件地基处理、路基填筑,线下构筑物刚度均匀化技术难题;满足了无砟轨道的铺设条件,实现路基沉降变形收敛可控。

表 1 无砟轨道路基工后沉降控制标准(mm)

一般路基	沉降较均匀、能满足轨道调整后竖曲线标准	路桥(隧)衔接处的差异沉降
≧15	≧30	≧5

(2) 桥梁工程

科学确定高速铁路设计荷载和常用梁型(图 1),突破 900 t 双线整孔箱梁制、运、架,大跨高墩等一批新结构特殊桥梁技术难题;桥梁工程实现了工厂化、机械化快速施工。攻克武汉天兴洲和南京大胜关等特殊结构桥梁技术难题,使这些桥梁成为当今世界高速铁路桥梁最杰出的代表作。南京大胜关长江特大桥为 6 线铁路桥,其中高铁设计时速 350 km,主跨为(108+192+336+336+192+108)m,采用伸缩量 1 000 mm 的轨道温度调节器、800 mm 的梁端伸缩装置和 18 000 t 的大吨位球型支座;这些新技术、新设备等在高速铁路工程建设中均属首创。

(3) 隧道工程

高速铁路隧道设计考虑列车进入隧道诱发的空气动力效应对行车、旅客舒适度和环境等方面的不利影响,根据隧道洞口的环境要求设置缓冲结构,并突破江河水下、岩溶、黄土、软岩、断层修建大断面隧道技术难题;实现高

速列车隧道内时速 350 km 安全运行和交会。

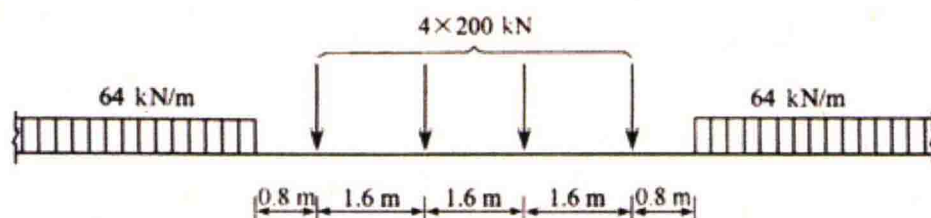


图 1 ZK 标准活载图式



图 2 武广高铁隧道内时速 350 km 交会

(4) 无砟轨道工程

研发多种形式的无砟轨道,突破无砟轨道与信号轨道电路适应性,钢轨高纯净度冶炼、高精度轧制,厂制百米、场焊五百米,道岔轮轨关系、岔区刚度合理设置与均匀化,扣件系统调距、调高、绝缘等技术难题;实现无砟轨道的大面积应用和轨道的高平顺、高稳定、少维修。

(5) 牵引供电

突破高强度、高电导率、高磨损性接触线等技术难题;实现大张力接触网、高强度接触线、远程监控等技术及产品广泛应用。

(6) 综合交通枢纽



图 3 北京南站三铁共站布置图

突破多线引入同站,列车进路交叉干扰,以及点线能力协调技术难题;实现高铁、城际、普铁三铁共站,列流大进大出。突破过去交通方式分治,效率不高、换乘不便难题;实现空间换平面,城市轨道交通、公交、出租车乃至空港多种交通方式融合、立体现代客运综合交通枢纽。

(7) 精密工程测量

突破轨道空间几何毫米级精度控制难题(表2);构建了勘测、施工、线形维护“三网合一”精密测量控制网,实现了轨道的精确定位和构筑物变形量控。

表2 无砟轨道静态铺设精度标准

高低		轨向	水平	扭曲	轨距
幅值(mm)	2	2	2	2	$\pm 1(1/1\ 500)$
弦长(m)	10	10			

2.2 高速列车与运行控制技术

(1)“和谐号”CRH380 高速列车

新一代“和谐号”CRH380 高速动车组,进一步突破了轮轨动力学、气动阻力、噪音控制、结构材质耐久性、大功率牵引和高效制动等方面技术难题;实现最高持续运行时速 380 km,安全性、可靠性、舒适度等提高到新水平。

列车运行试验表明:“和谐号”CRH380 高速动车组流线型头型气动性能更优,列车气动阻力降低 4.3%,气动噪声降低 6%,气动升力及交会压力大幅降低。车体和局部刚度明显提高,在整车仅增重 6% 情况下实现,避免了车体与转向架等激扰产生共振。气密强度与气密性更好,车体能承受 6 kPa 的交变载荷,疲劳寿命超过 20 年;车内压力从 4 kPa 降至 1 kPa,用时优于国际普遍采用的 50"值。系统提升转向架速度和经济性,转向架临界速度进一步提高,同时车轮每 10×10^4 km 平均磨损降低约 24%。取得更好的减振降噪效果,车内噪声 ≥ 68 dB。同时还在牵引单元功率提升、制动系统优化、智能化控制方面取得突破。

(2)列车运行控制系统

实现时速 200 ~ 250 km 的 CTCS—2 级列控系统、时速 350 km 等级的 CTCS—3 级列控系统。采用 GSM—R 无线通信实现车—地双向列控信息传输,满足时速 350 km 级列车最小追踪间隔 3 min 要求;通过集成 CTCS—2 实现两个速度等级高速列车跨线运行。

(3)系统集成与安全

中国高铁动检和运营维护在安全可靠指标基础上,增加了旅客舒适度指标,技术要求更高。建立了集成技术标准和管理体系,把联调联试及试运行等技术要素与建设和运营有机衔接,实现了高铁各子系统的集成与优化。

中国把高铁安全摆在最核心、最关键的位置。安全技术落实在建设、运营全过程;通过对自然灾害的实时监测、预警,及应急救援体系;保障运营持续安全稳定。

2.3 运营管理技术

(1)客运服务

构建了结构先进、功能完整、性能优越、操作简单、高度集成、安全可靠的现代化铁路客运服务系统。包括自动售检票、旅客服务、市场营销策划三大业务系统,设置呼叫中心和互联网系统作为与旅客沟通的技术平台。

(2)运营维护

按照“精检慎修”的原则,采用固定检测和移动检测相结合的综合检测技术。通过高速综合检测列车等,对线路轨道、接触网、通信信号等进行动态综合检测;通过评估、诊断和数据处理等措施;实现对固定设施的实时检测和科学维修。

建设北京、上海等 6 个动车组检修基地和一批运用所,承担动车组高级修程和日常检修、维护,其工艺、设备,检修方式及检修质量达到世界一流水平。

3 中国高铁重大影响及发展展望

速度的提升,拉近了空间距离,缩短了旅行时间,突破了观念桎梏。高铁网与普速铁路网共同作用,铁路收益超过预期;同时改变着中国经济的运行节奏,推动着生产力布局优化调整,城镇化加速发展,影响着国人的生活消

费观念,给社会文明进步持续提供着不竭的动力。

3.1 中国铁路主要指标成效显著

(1) 主要运营指标持续增长

2009 年,旅客发送量完成 15.25 亿人,每个旅客平均行程 517 km;货物发送量完成 33.2 亿 t,每吨货物平均运距 751 km。2003 年以来客、货发送量年均分别增长 7.8%、6.0%。客货总换算周转量完成 33 118 亿吨公里,2003 年以来年均增长 7.0%。

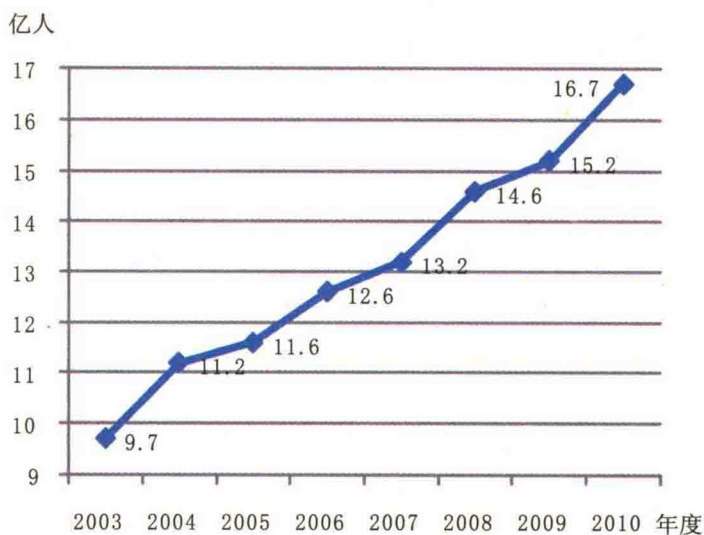


图4 中国铁路旅客发送量

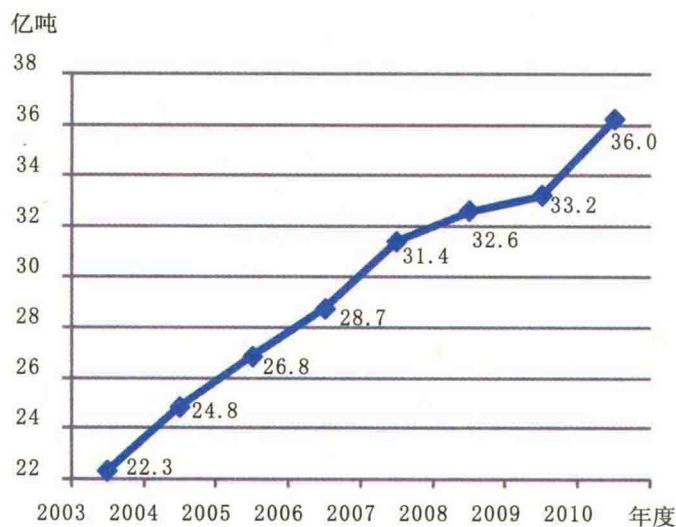


图5 中国铁路货物发送量

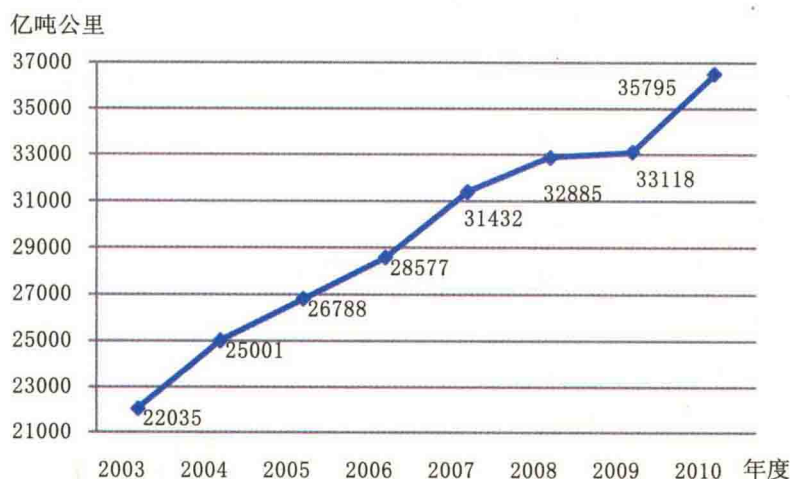


图6 中国铁路总换算周转量

注:2010 年全年数据以前三季度统计实绩预测得到。

(2) 节能减排指标持续下降

2003 年以来单位运输工作量综合能耗年均降低 5.2% ;主要污染物排放量逐年下降,化学需氧量(COD)排放量年均降低 5.1% ,二氧化硫(SO₂)排放量年均降低 4.5% 。

(3) 高铁运营大幅提高了客运能力,极大释放了既有线货运能力

目前,中国高铁日均发送旅客约 100 万人次,客流持续快速增长。京津高铁日均发送 7.94 万人,最高日 12.3 万人;武广高铁日均发送 5.4 万人,最高日 12.7 万人;沪宁高铁日均发送 17.8 万人,最高日 29 万人。

高铁的开通运营,为实施客货分线运输创造了条件,运输能力得到极大释放。胶济高铁运营,既有线年增货运能力 2 920 万吨;武广高铁运营,既有线年增货运能力 8 760 万吨;沪宁高铁运营,既有线年增货运能力 8 395 万吨。

仅以上3条高铁释放的既有线货运能力,年合计达2.0亿吨。

实践证明,中国建设高铁收益超过预期。

3.2 高速铁路对经济社会影响重大

(1) 促进经济发展方式的转变

交通运输行业是资源占用型和能源消耗型行业,发展高速铁路,推动交通方式转型,可以节省土地,节约大量宝贵的石油资源,减少碳排放。

高速铁路大量采用高新技术产品,对发展战略性新兴产业有强劲带动作用,促进了中国装备制造业的结构优化、技术升级。长三角、珠三角、环渤海等经济圈得以向更深腹地延伸,推动着地区产业转移,牵引着相关产业结构、发展方式调整。

(2) 加快工业化和城市化进程

高速铁路,提高了城市快速可达性,增强了城市群内外联系,触发了大城市新组团,催生了区域城市群。天津滨海新区、长株潭、沪宁、沪杭等城市群均是典型范例。随着工业化和城市化进一步发展,区域间、城乡间差距将大为缩小。

(3) 改变人们的生活

高铁发展推动的同城化、城乡一体化等,极大地丰富了人们的物质文化生活,拓展着人类社会的生存时空,带来投资观念、就业观念、生活理念、商业理念和旅游格局的变化,改变着人们的生活,将推动中国深刻的变化。

3.3 优质高效实施中国铁路网规划蓝图

独特的国情,决定中国必须拥有大规模、高速度铁路,而这些又深刻地影响、改变着中国。中国铁路将有序、优质、高效实施国家《中长期铁路网规划》,实现“人便其行、货畅其流、服务优质”的目标。

到2020年中国铁路运营里程将达到12万km以上,其中高速铁路1.6万km以上。以高速铁路为主骨架的快速客运网将连接人口50万以上大城市,覆盖全国90%以上人口。

4 结 论

中国高铁建设标准高、质量优、速度快,运营安全稳定,收益超过预期。

中国高速铁路的成功实践:得益于中央政府正确领导和各方面的大力支持;得益于国家综合国力的大幅度提升;得益于承载绿色交通使命,加快建设资源节约型、环境友好型社会的强大动力推进;得益于从标准制定、勘察设计、装备制造、建设施工、运营管理等方面强大的资源调配及巨系统集成能力;得益于长期研究试验和工程实践积累,在集世界各家高铁技术所长基础上,补充完善、研发提升、创新开拓,形成具有自主知识产权,高标准、高水平的成套高铁技术。

中国铁路愿与世界铁路同行互利共享中国高速铁路成套技术创新成果、建设和运营经验,引领世界铁路焕发生机,实现绿色交通——铁路的复兴。

参 考 文 献

- [1] 何华武. 创新的中国高速铁路技术(上)[J]. 中国工程科学, 2007, 9(9): 4-18.
- [2] 何华武. 创新的中国高速铁路技术(下)[J]. 中国工程科学, 2007, 9, (10): 4-18.
- [3] 何华武. 京津城际铁路科技创新[J]. 中国工程科学, 2007, 11(1): 4-16.
- [4] 张曙光. 高速列车设计方法研究[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [5] 中华人民共和国铁道部. 高速铁路设计规范(试行)[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2010.

高速铁路工务运营维护与管理

康高亮

(中国铁道部运输局基础部,北京 100844)

摘要:论文概要分析了在覆盖区域大、地质复杂的条件下,中国高速铁路工务工程“高可靠性、高稳定性、高平顺性”的技术特点,针对路网规模大、运营速度快、行车密度大的特征,围绕高速铁路运营的“安全、舒适、秩序”,研究提出工务设备管理维护模式,在高速铁路安全运营实践的基础上,提出了适合中国高速铁路工务设备检查、监控、修理的对策。

关键词:高速铁路;管理;安全

1 概述

近年来,中国高速铁路(以下简称高铁)建设得到迅猛发展。1997~2007年,中国铁路先后进行了既有线六次大提速,旅客列车时速从120 km提速到200~250 km,新建设时速250 km、350 km的高铁相继投入运营,目前高铁总运营里程已达7 531 km。中国已成为世界上高铁营业里程最多、运营速度最高、在建高铁规模最大的国家。到2012年中国将建成并投入运营高铁的里程将达到1.3万 km。

1.1 中国高铁的特点

中国是以大陆性为主的国家,地域辽阔,地质条件复杂,资源分布不均衡,区域经济、城乡经济发展水平差异性大,且正处于工业化和城镇化加快发展的时期。这些显著的地理、地质特征和社会经济发展需求,决定了中国高铁具有以下特点:

(1)运行速度快。已开通运营的京津、武广、郑西、沪杭高速铁路,以及将要开通的京沪、哈大等高速铁路运行时速达到350 km;

(2)地质、地形复杂。已开通的高铁覆盖中国的大部分区域,地质、地形复杂,气候条件差异很大。比如:京津城际是软土路基,武广高铁是岩溶路基,郑西高铁是湿陷性黄土路基;

(3)运营时间短。中国高铁运营的起步是从2007年的第六次提速开始的,到目前仅3年多的时间,时速350 km的高铁运营只有2年多时间。

1.2 中国高铁建设体现“高可靠性、高稳定性、高平顺性”

众所周知,高铁自问世以来,优秀的安全业绩是其得以长足发展的重要保证。因此,针对覆盖区域大、地质和气候条件复杂多样的情况,中国高铁在建设期就遵循“高可靠性、高稳定性、高平顺性”的理念,在充分考虑复杂地形、地质、气候条件的基础上,提出并建立了中国高铁工务工程的技术标准体系,以此来保证高铁长期运营的绝对安全和良好的运行品质。

(1)大量采用桥梁、隧道结构

中国高铁大量采用桥梁、隧道结构。高架、长桥、大跨度桥梁和长大隧道多是中国高铁桥隧工程的典型特征,桥隧比例一般都在60%~70%。

桥梁90%以上采用32m双线预应力混凝土整孔预制简支箱梁主型结构;隧道断面大、进出口设计采用早进晚出的原则,改善了隧道的受力性能、降低了运营风险。

跨江、跨河、跨既有交通网的大跨度桥梁也由过去的单一结构体系朝着复合结构体系发展,不仅解决了大跨度

的问题,也解决了结构刚度问题。比如:新建的武汉天兴洲大桥就是采用连续钢桁斜拉桥复合体系,最大跨度已达到 504 m。

大量桥梁、隧道结构的采用,保证了复杂地质条件下工务工程的稳定、可靠,有效控制了基础沉降和变形,不仅满足了“高可靠性、高稳定性、高平顺性”和“少维护”的要求,同时也将高铁对周边环境的影响降到了最低程度,满足了生态环境的要求。

(2) 不同结构物间均设置了过渡结构物

不同结构物连接处均设置过渡段,过渡段采用沿线路纵向倒梯形方式,有效减少了桥梁、路基和隧道等工程结构物的差异沉降,使不同结构物之间纵向刚度均匀过渡。

(3) 时速 300 km 及以上的高铁全部采用无砟轨道结构

为保证轨道结构的高稳定和高精度,中国新建设计时速 300 km 及以上的高铁广泛采用稳定性好、维护工作量少、轨道刚度均匀一致的无砟轨道结构^[1]。区间线路主要采用单元板式、纵连板式和双块式无砟轨道结构,道岔区采用轨枕埋入式和板式无砟轨道结构。

(4) 采用百米长定尺钢轨一次铺设跨区间无缝线路

中国高铁按客专和兼顾货运两种情况,分别采用强度级别 880 MPa 和 980 MPa 的百米长定尺钢轨。该钢轨由中国自行设计、生产,纯净度、平直度和综合机械性能均居世界先进水平。定尺钢轨采用固定闪光焊接技术焊接成 500 m 长轨;工地钢轨焊接采用移动闪光焊技术;道岔内及两端钢轨锁定采用铝热焊,新线一次铺设完成跨区间无缝线路^[2]。

(5) 道岔全部采用高速可动心轨道岔

中国高铁道岔系统全部采用几何尺寸高精度、各部位支承刚度均匀一致、整体结构稳定、动态性能优良、转换安全可靠的高速可动心轨道岔^[1],保证了高速列车通过道岔区的运行平稳性和旅客乘坐舒适性。

(6) 轨道系统采用三维精测网控制

中国高铁建立了分三级布网的平面测量控制网(CPI、CPII和CPⅢ)和分二级布设的高程测量控制网^[1],该系统为勘测设计、工程施工和运营维护过程中轨道位置的确定、基础沉降变形检测等提供了统一的测量及控制基准,保证了轨道结构高平顺性的有效控制。

2 高铁工务设备管理维护

中国高铁工务设备管理维护遵循“安全、舒适、秩序”的理念,按照“管、检、修”分立的原则,在总结中国既有线运行管理经验和京津、武广、郑西、合武、合宁等多条高铁运营管理实践的基础上,形成了一整套适合中国国情、路情的高铁工务设备管理体制、管理方法和修理标准^[2]。

2.1 组织机构

(1) 日常管理属地化

中国有着多年的普速铁路管理经验,特别是经过六次大提速,更丰富了既有线的管理经验。为充分借助既有铁路的管理经验,有效地利用提速铁路的管理资源,中国高铁实行属地化管理,工务设备的日常静态检查、临时修理、作业计划的编制和验收等工作,由铁路局所属工务段下设的高速线路车间和路桥车间负责(见图 1)。先期开通的高铁运营管理的成功,证实了这种管理模式的有效性。

(2) 高级修理区域化

为强化专业性高级修理和检测,在高铁开通运营前期,铁道部组建了北京、上海等 6 个高速铁路基础设施维修基地,维修基地拥有世界顶级的大型工务设备修理机械和检测设备,如:用于钢轨修理的 96 头打磨列车和铣磨车,用于有砟道床捣固修理的三枕连续式捣稳车,用于钢轨探伤的探伤列车等。基地受委托分区域负责工务设备的高级修理和动态精确检测。

(3) 提前介入无缝化

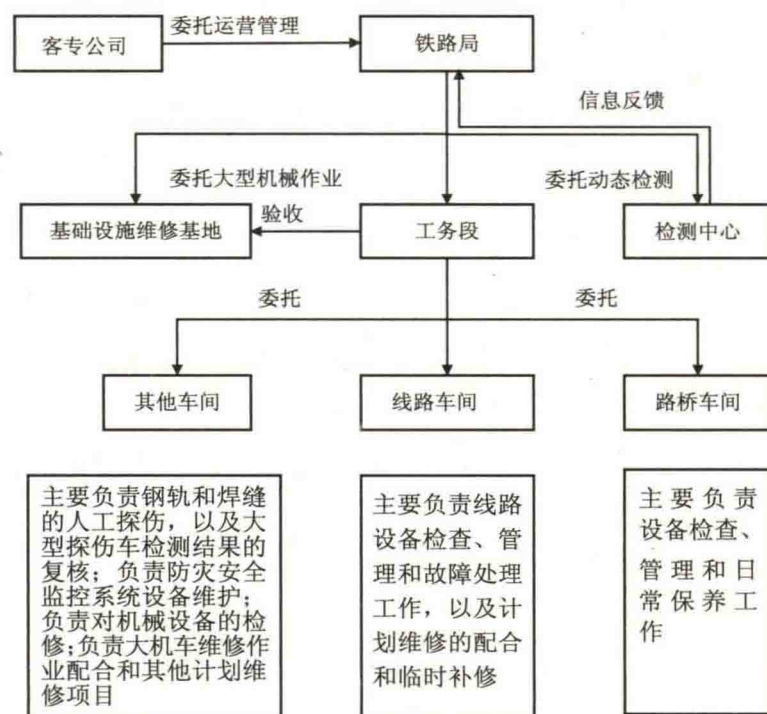


图1 工务维护管理图示

提前介入是中国高铁管理的又一特点。所谓提前介入是指高铁的运营维护人员介入到高铁前期的工程建设中去。通过提前介入工程建设、设备精调和联调联试,使维护管理人员系统掌握高铁工务工程的建设情况,了解高铁工务工程相关技术标准,熟练掌握高铁轨道检测、精调技术和维护方法,达到培训高铁运营管理维护人才的目的;同时也实现了高铁工程和运营管理的无缝衔接。

2.2 管理制度

(1) 严格的安全管理制度

中国高铁在建设初期就全线安装封闭栅栏、上跨桥防异物侵限系统、风雨雪检测系统、关键地点的视频检测系统等。开通运营后,建立了包括:每天夜间4个小时的垂直“天窗”修制度;上道作业登、销记制度;每日开行确认列车检查线路制度等,使高铁安全在制度上得到了保证。

(2) 有效的设备检查、监测制度

中国高铁工务设备检查坚持“动态检查为主,动、静态检查相结合,结构检查与几何尺寸检查并重”的原则。制度规定了:轨道结构静态检查的方式、方法和周期;轨道、桥梁、隧道、路基的检查内容、周期及检查的具体要求;防排水及安全防护设施的检查要求等。对设备的薄弱处所特别规定了专项检查、监测制度。这些制度保证了工务设备状态在有效的监控之中。

(3) 规范的作业管理制度

高铁工务设备的检查、维护全部在天窗内进行,工务设备维修坚持重检慎修的原则,工务轨道结构维修在作业前,由专业技术人员在综合分析动、静态检测资料的基础上,制定详尽的修理作业方案。修理作业方案实行登记管理、分级审批制度。作业方案中明确作业项目、作业量、作业方法和人员分工。

2.3 设备监控

(1) 智能化的检测与监测

中国高铁工务设备的检查和监控,采用动静态相结合的模式,并对特殊地段和结构物处轨道状态进行全天候实时监控。

①检测标准体系的建立。中国铁路通过多年的研究和实车试验,并经过京津、武广、郑西、合武、合宁等高铁运营实践验证,参考国外标准,形成了一套完整的动静态检测标准体系,提出了200~250 km/h,300~350 km/h速度

等级下的动、静态检测项目和检测标准。

例如:为研究高速运行条件下不同形式轨道不平顺对动车组运行安全性和平稳性的影响,在武广高铁进行了时速 350 km 运行条件下预设轨道不平顺性的实车试验,为高铁轨道状态检测标准体系的建立和完善提供了技术依据。

②轨道动态检查。中国高铁采用中国自行研制的检查车和检查仪等检测设备对轨道状态进行周期性检查,其中检查车每 10 ~ 15 天检查一次;动车组上安装车载式线路检查仪,每天对线路进行监控;轨道结构的状态检查和巡视按周期进行。通过各种检查检测方式和手段的综合应用,实现了对高铁工务设备的科学检查和全天候监控,及时掌握了高铁工务设备的质量状况,确保了运营安全。

③设备静态检查。为掌握路基、桥梁等基础设施的长期沉降变形,选择在特殊轨道结构(桥上道岔区、伸缩调节器等)、大跨度桥梁、复杂地质条件的路基区段预置变形监测系统,实现轨道状态的实时监测、查询和评估。

以京津城际铁路(60+100+60)m 连续梁为例,自 2008 年 8 月 1 日开通运营以来,选择典型大跨桥梁,对梁体竖向变形、温度场及梁轨相对位移等进行实时监控,图 2 所示为梁体竖向变形的变化,一天内连续梁体的中跨和边跨挠度变化量分别在 1 mm 和 0.5 mm 范围之内。

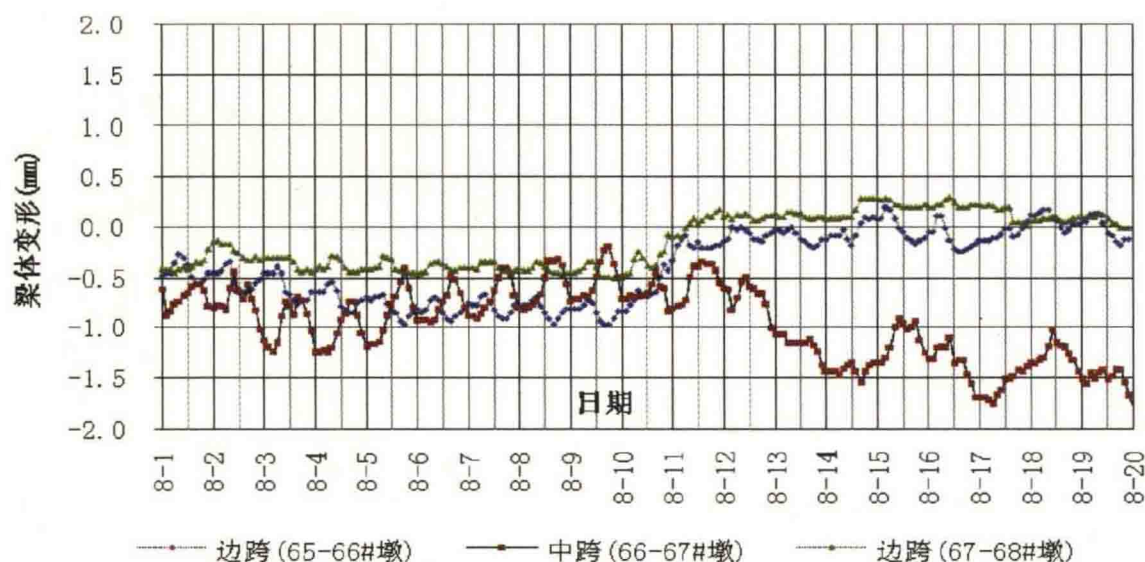


图 2 (60+100+60)m 连续梁桥变形监测结果

(2) 全寿命周期的信息化管理

为保证高铁工务设备管理的规范、高效和精确,中国高铁依托数字化的平台,实现了对高铁工务设备管理、检测监测、养护维修全生命周期信息化管理。该系统以地理信息系统(GIS)为支撑,对运营维护期间的动静态检测和监测信息、养护维修作业信息等进行采集,并对各种信息进行智能化综合分析,为准确判断工务设备状况、记录高铁沿线设备技术状态、灾害对设备的影响以及科学养护维修的各级决策提供数据和技术支持,实现对高铁工务管理、检测、维修流程的统一管理,达到提高效率、降低成本、保障安全运行的目标。

(3) 技术先进的修理手段

自 20 世纪 80 年代开始,中国通过引进、消化、吸收、再创新,走自主发展的道路,逐步拥有了一批技术先进、作业精度高的道床作业、钢轨修理等大型养护机械和附属设备,同时还配置了种类繁多、灵活便捷、修理精度高的小型作业机械和机具。

2.4 维护及标准

中国高铁工务设备修理标准的建立和维护作业均贯彻“以舒适保安全”的理念。

(1) 修理标准体系

经综合经济技术比较,中国重新建立了轨道几何尺寸管理标准体系,规定了精准的轨道几何尺寸日常管理

标准^[1]。轨道几何尺寸管理标准具体见表 1、2、3。该标准体系对中国高速建设和维护管理质量起到了积极的促进作用。

(2) 修理作业
 中国高铁工务设备修理分为三个修程,即周期性修理、经常保养和临时修理,其修理作业主要由具有高作业精度和高作业效率的大型修理机械来完成。

表 1 有砟轨道静态几何尺寸允许偏差

	高低、轨向			水平	扭曲	轨距	轨距变化率
幅值	2 mm	2 mm/5 m	10 mm/150 m	2 mm	2 mm	± 1 mm	1/1500
备注	弦长 10 m	基长 30 m	基长 300 m	—	基长 3 m	—	—

表 2 无砟轨道静态几何尺寸允许偏差

	高低、轨向			水平	扭曲	轨距	轨距变化率
幅值	2 mm	2 mm/8a	10 mm/240a	2 mm	2 mm	± 1 mm	1/1 500
备注	弦长 10 m	基长 48a	基长 480a	—	基长 3 m	—	—

注:a 为扣件节点间距,单位 m。

表 3 道岔(直向)静态几何尺寸允许偏差

	高低	轨向	水平	扭曲(基长 3 m)	轨距	轨距变化率
幅值	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	± 1 mm	1/1 500
弦长	10 m	10 m	—	—	—	—

高铁钢轨的修理主要是钢轨打磨,钢轨的周期性打磨为每年一次,经常保养则是根据钢轨表面状态检查和检测结果决定的钢轨打磨修理。打磨作业采用 48 头和 96 头打磨列车和道岔打磨车。钢轨打磨可以预防钢轨表面的早期损伤并获得与车轮匹配良好的钢轨廓形。

有砟轨道道床的周期性修理为每年一次,经常保养则是根据轨道状态动静态检查结果决定的修程。道床修理作业,主要由三枕连续式捣稳车完成,修理由运营和路基变形引起的道床变形,以保持轨道的稳定和平顺。道床修理以三维精测控制网为基准确定修理量,保证了修理质量。

对无砟轨道的其他结构物,如轨道板的裂纹、支撑层的开裂等采取修补方式进行小型修理。此外,还使用人工方式利用小型机械对钢轨焊接接头、道岔的个别处所进行打磨修理,以保持轨道结构的完整和状态稳定。

3 结 束 语

三年以来的运营实践表明,中国高铁工务设备保持了“高稳定、高可靠、高平顺”。既有线提速线路质量不断提高,图 3 所示的综合检测百公里平均大值个数变化表明了这一点;新建开通运营的京津等无砟轨道高铁、合宁等有砟轨道高铁的 TQI 指数分别保持在 3.8 和 4.2 以下。稳定的工务设备质量保证了高铁运营“安全、舒适、秩序”目标的实现。

目前中国自行研制的更高时速轨检车,正在试运行,正式投入使用后将可实现高铁包括轨道系统在内的基础设施全项目等速检测。综合巡视系统目前也在试运行,项目包括:钢轨状态、轨道板(轨枕)裂损、扣件系统及轨旁设备等的检查和检测。这些系统的运用,将使中国高铁工务设备的检测、监测系统更加完善,将进一步提高高铁运营的安全、可靠程度。

中国高铁正处在快速发展期,随着开通运营高铁数量的增加和运营时间延长,需要深入研究更多的问题。

中国铁路将通过持续的再创新,运用先进科技手段解决管理维护过程中遇到的新问题。

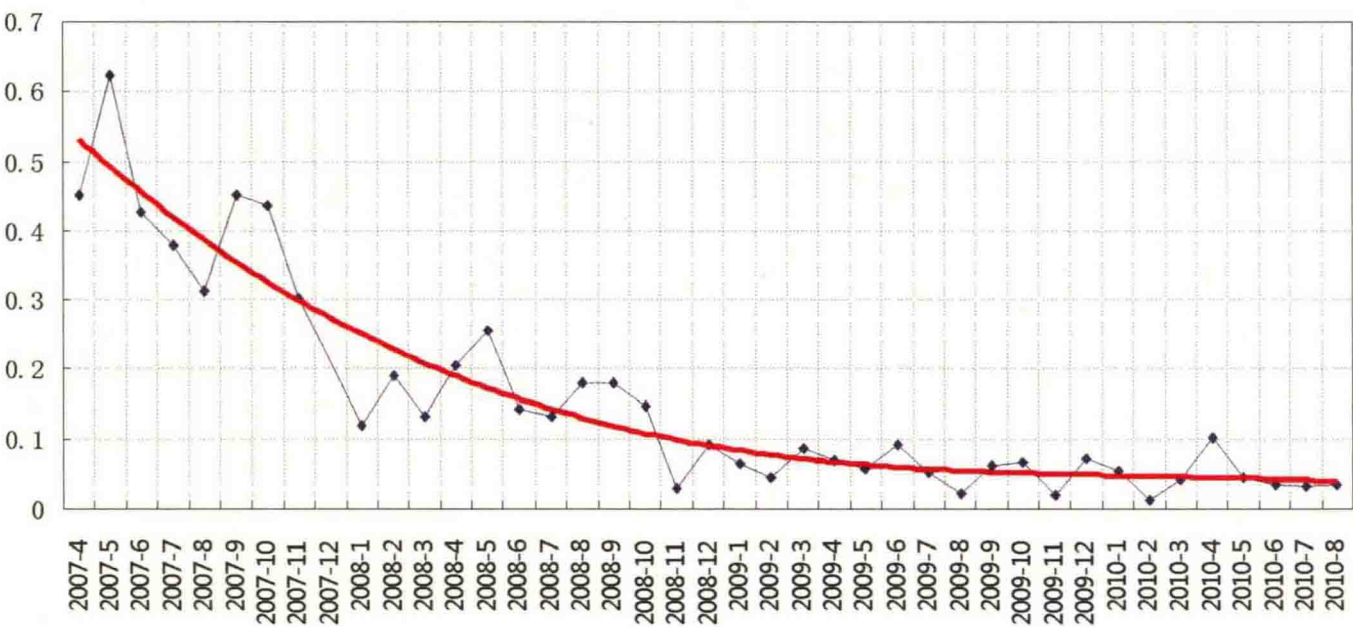


图3 全部线路区段综合检测百公里平均大值个数变化

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国铁道部. 铁路客运专线技术管理办法(试行). 北京:中国铁道出版社,2010.
 [2] 中华人民共和国铁道部. 高速铁路工务管理指导意见. 北京:中国铁道出版社,2010.