

中国高速铁路 动态验收

ZHONGGUO GAOSU TIELU DONGTAI YANSHOU

○ 卢春房 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

中国高速铁路动态验收

卢春房 主编

中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

通过京沪、京广等一批高速铁路技术创新和工程实践,形成了符合中国高速铁路建设特点的测试与验证技术,建立了完善的高速铁路动态验收技术体系,实现了高速铁路开通运营时一次达到设计速度,满足了不同速度等级的高速铁路之间互联互通的要求,保障了高速铁路运行安全、平稳、舒适。

本书从动态验收及其体系结构、工务工程、牵引供电工程、电务工程、自然灾害及异物侵限监测系统、客运服务系统、运行试验等方面对动态验收技术框架、工作流程、检测项目、检测方法、验收标准等进行了阐述,并以京沪高速铁路的动态验收为例进一步说明了高速铁路动态验收的内涵和作用,可为其他高速铁路动态验收提供借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

中国高速铁路动态验收/卢春房主编. —北京:中国铁道出版社,2014. 12

ISBN 978-7-113-19851-0

I. ①中… II. ①卢… III. ①高速铁路—工程验收—研究—中国 IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 309314 号

书 名: 中国高速铁路动态验收
作 者: 卢春房

责任编辑: 江新锡 赵 静 张卫晓 王 健 编辑部电话: 010-51873065
封面设计: 郑春鹏
责任校对: 龚长江
责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京铭成印刷有限公司

版 次: 2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷

开 本: 850 mm×1 168 mm 1/32 印张: 6.625 字数: 168 千

书 号: ISBN 978-7-113-19851-0

定 价: 35.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

中国高速铁路动态验收 编委会

主编：卢春房

委员：康 熊 叶阳升 李志义 吴明友
陈 璞 李永文 王哲浩 姚建伟
侯福国 张可新 刘 磊 左自辉
王小铁 朱飞雄 钟明琳

前 言

20 世纪 90 年代初,中国开始高速铁路研究,对高速铁路的设计建造、高速列车、运营管理、验证试验等关键技术组织攻关,开展了大量科学研究。1997 年到 2007 年 10 年间,中国铁路先后进行了六次大提速,特别是在中国第六次大提速试验期间,通过既有线 200~250 km/h 提速综合试验,对系统功能进行检测、调整,对测试手段、分析方法、调试技术进行探讨,初步形成中国铁路系统动态验收技术的雏形。

通过京津城际高速铁路的工程实践,形成了高速铁路动态验收以联调联试、动态检测及运行试验为主要内容的验收模式,建立了中国高速铁路动态验收所采用的测试技术和评价体系。通过京沪高速铁路动态验收实践,实现了 350 km/h 高速铁路全面、系统、长距离持续运行的检测验证试验,全面系统掌握了高速铁路动态检测验证技术,丰富了高速铁路系统动态检测方法,完善了高速铁路工程检测手段,构建了科学系统的评价指标,验证了高速铁路整体功能和性能达到设计要求。通过哈大、长吉、兰新、海南东环等高速铁路动态验收实践,掌握了高原、高寒、大风地区高速铁路动态验收技术,进一步丰富和完善了符合中国高速铁路建设特点的工程验收技术体系。

截至 2014 年底,高速铁路运营里程达到 1.6 万 km 以上,基本建成京沪、京广、郑西、杭长等一批设计速度 350 km/h 以“四纵四横”为主骨架的快速客运网。通过实施高速铁路动态验收,满足了高速铁路一次达到设计速度开通运营的要求,实现了不同速度等级的高速铁路之间互联互通,保障了高速铁路运行安全、平稳、舒适。工程实践证明,中国高速铁路动态验收技术体系是符合实际并行之有效的。

2014 年 12 月于北京

目 录

第一章 概 述	1
第一节 中国高速铁路概述	1
第二节 中国高速铁路建设与动态验收	11
第二章 动态验收及其体系结构	20
第一节 动态验收内容与组织	20
第二节 相互关系	25
第三章 工务工程动态验收	29
第一节 线下基础性能	29
第二节 车辆响应	59
第四章 牵引供电工程动态验收	67
第一节 供 变 电	67
第二节 接 触 网	73
第三节 远动系统	81
第五章 电务工程动态验收	83
第一节 通信系统	84
第二节 信号系统	102
第六章 自然灾害及异物侵限监测系统动态验收	117
第一节 自然灾害监测	118

第二节 异物侵限监测	123
第七章 客运服务系统动态验收	126
第一节 客运服务系统功能	127
第二节 关键管理业务功能	136
第三节 客运服务系统与外部系统接口	137
第四节 客票系统安全保障功能	139
第八章 其他项目动态验收	144
第一节 综合接地	144
第二节 电磁环境	149
第三节 振动噪声	151
第四节 声屏障	157
第五节 屏蔽门/安全门	161
第九章 运行试验	163
第一节 列车运行图参数	163
第二节 故障模拟	176
第三节 应急救援演练	182
第十章 京沪高速铁路的动态验收	188
第一节 工程概况	188
第二节 验收过程	191
第三节 动态验收结果	197
后 记	203
参考文献	204

第一章 概 述

第一节 中国高速铁路概述

一、发展历程

20 世纪 90 年代初,中国开始高速铁路研究,对高速铁路的设计建造、高速列车、运营管理、验证试验等关键技术组织攻关,开展了大量科学研究。在此基础上,进行了广深铁路提速改造,修建了秦沈客运专线,实施了既有线铁路六次大提速等,为构建中国高速铁路技术标准体系奠定了必要基础。

2008 年 8 月 1 日,京津城际铁路正式开通运营,如图 1.1.1 所示。其列车运营速度 350 km/h,最高试验速度创下了 394.3 km/h 的纪录,这是中国第一条速度 350 km/h 的高速铁路。



图 1.1.1 京津城际铁路首发列车

2011年6月30日,京沪高速铁路正式开通运营,如图1.1.2所示。其设计速度目标值350 km/h,并以350 km/h的持续运行速度进行动态检测,最高试验速度创下了486.1 km/h的纪录。京沪高速铁路作为中国重大基础交通工程和世界上一次建成线路最长、标准最高的高速铁路,它的建成开通运营,对国民经济和社会发展具有重大意义。



图1.1.2 从上海虹桥站始发的第一趟京沪高铁列车

按照国家中长期铁路网规划和铁路“十一五”、“十二五”规划,中国基本建成京沪、京广、郑西、杭长等一批设计速度350 km/h以“四纵四横”为主骨架的快速客运网,形成了比较完善的高速铁路技术体系。京广高速铁路如图1.1.3所示。

2014年底,中国铁路运营里程已突破11万 km,其中高速铁路运营里程达到1.6万 km以上,基本覆盖省会及人口在50万以上城市。根据我国中长期铁路网规划,2020年在环渤海、长江三角洲、珠江三角洲、长株潭、成渝以及中原城市群、武汉城市圈、关中城镇群、海峡西岸城镇群等经济发达和人口稠密地区建成城际客运系统,覆盖区域内的主要城市。



图 1.1.3 京广高速铁路

中国高速铁路坚持自主创新,经过不懈努力,攻克重重难关,依靠自己的力量进行了高速铁路勘测设计、工程施工。经过建设实践,中国系统掌握了复杂路基处理、长大桥梁工程、大断面隧道工程、轨道工程、牵引供电、通信信号等高速铁路建设技术和运营管理维修技术。通过技术创新和工程实践,形成了符合中国高速铁路建设特点的测试与验证技术,丰富了高速铁路系统集成方法,建立了完善的高速铁路动态验收技术体系,从而保障了高速铁路运行安全、平稳、舒适。

二、主要优势

现代交通运输方式主要包括铁路运输、公路运输、航空运输、水路运输、管道运输等。铁路运输作为一种重要的陆地运输方式,在综合交通运输网中起主导作用,担负主要的客货运输任务。高速铁路的发展使得铁路运输网更加完善,更充分地体现国民经济大动脉角色。作为一种现代化交通运输方式,高速铁路具有速度快、便捷舒适、安全可靠、运输能力大、节能环保等优点。高速铁路的建设不仅增加了居民的出行选择,也可以更好地满足不同层次旅客的出行需求。

1. 速度快

速度是高速铁路的技术核心,也是高速铁路技术经济优势的最主要指标,中国高速铁路在运营速度方面不断创世界新高。高速铁路是目前陆上运行速度最快的交通运输工具,中国先后开通了不同速度等级高速铁路。虽然航空运输在速度方面更快,但中国高速铁路发车密度堪比公交车,高速铁路凭其旅行时间短、高效、随到随走等优势而显示出巨大的竞争力。图 1.1.4 为高速运行的动车组。



图 1.1.4 高速运行的动车组

2. 便捷舒适

高速铁路以其线路平顺、列车运行平稳的特点,以及动车组良好的气密性和隔音效果,为旅客创造了舒适的乘坐体验环境。随着人民物质生活水平的提高,旅客对乘坐交通工具的舒适程度要求也越来越高。高速铁路通过优化空间线形几何参数,采用平纵断面平顺连接,提高了路基、桥梁、隧道、轨道等结构稳定性,同时严格控制基础设施精度,保证无砟轨道铺设轨距允许偏差 $\pm 1\text{ mm}$,轨向、高低、水平为 $\pm 2\text{ mm}$,有效保障了动车组运行的平稳性、舒适度。同时,动车组车厢设计人性化,车内各种设施齐全、布置合

理,每个旅客所占的活动空间比汽车和民航都要大,旅客乘坐也更加舒适。

高速铁路全面推行网络购票、电话订票和购票实名制,并在客流较大车站实现了自助售票,提高了客运服务质量,方便了旅客,客票系统如图 1.1.5 所示。高速铁路综合交通枢纽实现零换乘,车站无障碍设施完善实用,站车客服系统方便完备,候车环境舒适。同时,高速铁路的运行基本不受天气影响,正点率高,发车间隔也小。这些都为旅客营造了便捷的出行环境,因此,高速铁路也在不断改变人们的生活方式,出行时选择舒适、快捷的高速铁路将成为一种趋势。

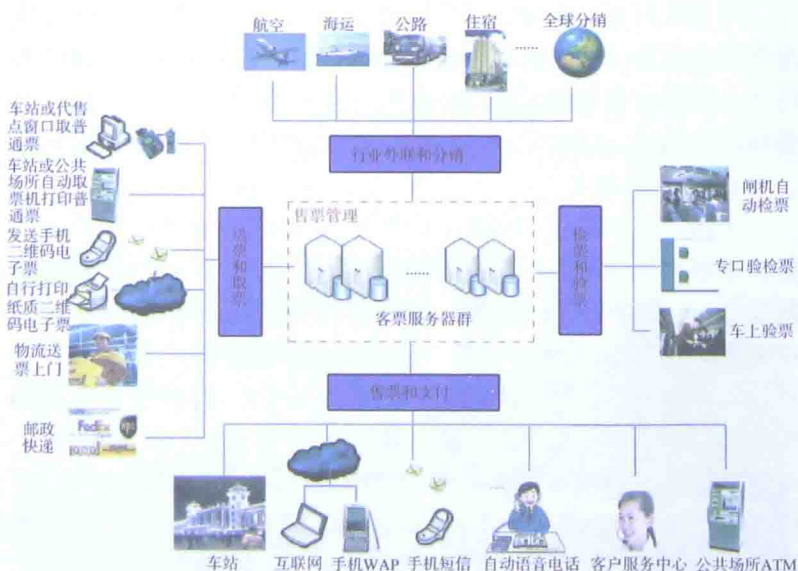


图 1.1.5 便捷的客票系统

3. 安全可靠

高速铁路有一系列完善的安全保障系统。在中国高速铁路的全面风险管理过程中,通过采取一系列的措施,构建了设备稳定可

靠、管理科学严密、人员素质过硬的高速铁路安全风险防控体系,有效保障了高速铁路的安全可靠运营。这些措施包括采用先进的综合检测列车,应用基础设施监测技术、列车运行状态监控技术、动车组运用维护管理技术、防灾安全监控技术,构建完善的应急救援体系,推动线路基础设施养护维修机械化作业等。

高速铁路的适应性强。通过京沪、京广、哈大、长吉、兰新、海南东环等工程实践,系统掌握了长大干线、高寒地区、多风地区、复杂地质等高速铁路建设、验收、运营等技术,可以实现全年不间断运营。此外,铁路运输具有较高的连续性和可靠性,适合长短途的双向运输。

高速铁路正点率高。当今社会,人们生活节奏越来越快,每位旅客都希望能够正点抵达目的地,这样他们才能有效安排自己的时间。由于高速铁路系统设备具有很高可靠性,加上铁路部门具备较高的运输组织水平,所以高速铁路旅客列车的正点率相当高。

4. 运输能力大

中国高速铁路技术先进,安全可靠,且运输能力具有竞争优势。中国高速铁路列车追踪间隔时间最小按 3 min 设计,目前实际按 5 min 铺画列车运行图,高峰小时如果考虑三分之一的时间连续 5 min 追踪,其他时间按 10 min 的间隔追踪,一小时单方向可开行 8 趟列车,长短编组列车各按 50% 考虑,高峰小时单方向可输送旅客 7 200 人左右。推算到一天,考虑到 4 小时天窗,以及开行确认列车和垂直天窗时间的影响,有效行车时间 18 小时,日行车量单方向最大可达到 140 列左右,旅客输送能力约 12.6 万人,因此高速铁路运输能力是很大的。

此外,高速铁路是大宗、通用的交通运输方式,能承担大量的货物运输,在哈尔滨、北京、郑州等 20 个城市开办当日达、次日达、次晨达三项高速铁路快递业务。高速铁路是运送快件最理想的途径,不受交通堵塞、航空管制等因素影响,除极端天气外,高速铁路快递准点率非常高。

5. 节能环保

高速铁路适应了建设生态文明的需要。高速铁路与航空、高速公路相比,是较为节能的交通方式。有关资料统计表明,完成相同的运输工作量,公路和航空消耗的能量分别是高速铁路的数倍至数十倍。为了降低高速铁路的能耗,采取了很多节能措施。如动车组采用了“再生制动”技术,能够通过制动产生部分电能并回收利用;“流线型”车头有效降低高速运行阻力,也减少了电能消耗;线路条件也为动车组提供了节能保障——选择较大的曲线半径、较小的坡度、较短的路由,即路直、坡缓,动车组在这样的路上跑起来自然省力。通过使用新型材料等技术,使车体重量减轻,从而节省牵引能耗。

高速铁路采用电力牵引,不用消耗石油,可利用多种形式的能源,如图 1.1.6 所示。从环保视角来看,高速铁路使用的电能为二次能源,对环境污染小,而且由于是电力牵引,基本消除了油烟、粉尘及其他废气的环境污染。



图 1.1.6 低能耗的动车组

为降低噪声对人们的影响,高速铁路在相应区段采用了声屏障。此外,高速铁路路基、桥梁采用了比普通铁路更加稳定的结构形式,高速铁路的轨道采取无缝线路和减振措施,轨道更加平顺,动车重量较普通列车更轻、性能更优。这些因素的共同作用,大大降低了高速铁路的振动和噪声。列车上采用了密闭式集便装置,卫生间污物收集后到车站卸污地点集中收集处理,这样既方便了乘客,又保护了铁路沿线的环境。

通过综合采用设计节能、运营节能、装备节能新技术,积极采用减振降噪技术,注重环境选线、节约用地等措施,高速铁路有效降低了能耗水平对环境的影响,真正实现了“绿色交通”。

三、技术特点

高速铁路技术是一个庞大、复杂的体系,涉及机械、土木、电子、电气、材料、信息、控制等多个学科领域。高速铁路主要由工务工程、牵引供电、通信信号、安全风险防控、系统集成等部分组成,其主要特点是满足高速度、高密度、大运量、长距离、高舒适性及多种运输组织形式需求;采用高平顺性、高稳定性、高耐久性且少维修的基础设施;建立智能化的列车自动控制系统及信息化的运营管理系统;高度重视环境保护,追求高安全性、高可靠性及低运营成本。

1. 工务工程技术特点

为保证高速列车能够长期、持续地安全、平稳运行,要求线下基础具有高平顺性、高稳定性、高精度、小变形、少维修等特点。线下基础的这些技术特点是高速铁路有别于中低速铁路的最主要特点之一,需要从线路平纵断面、路基、轨道、桥梁、隧道等各方面选用必要的技术标准和措施加以保证。

(1) 线路

为保证高速列车的运行安全、平稳和旅客的舒适度,高速铁路线路的主要特点是平、纵断面变化应尽可能平缓。为此增大了线

间距、曲线半径、缓和曲线、夹直线的长度及坡段长度等。此外,高速铁路规定的缓和曲线、夹直线的长度和最小坡段长度等纵断面标准都较高,从而为高速列车的平稳、舒适地运行提供了良好的基础。

(2) 路基

高速铁路路基基床采用层状结构,提高了压实标准,同时强化了路基结构。为了保证高速铁路路基刚度的均匀性,在路基与桥梁,路堤与横向结构物(框构、箱涵),路堤与路堑,土质、软质岩、硬质岩的路堑与隧道,有砟轨道与无砟轨道,不同的无砟轨道类型等连接处设置过渡段,以使路基刚度变化平缓。对于高速铁路而言,路基工程变形是设计、施工控制的重点。

(3) 轨道

高速铁路对轨道结构的技术要求主要是保证轨道高平顺性、高可靠性、长寿命和高稳定性。高速铁路轨道的主要技术特点是采用 60 kg/m 的 100 m 长定尺钢轨、跨区间无缝线路、大号码道岔和无砟轨道。

(4) 桥梁

高速铁路桥梁的梁体必须具有足够大的竖向刚度、横向刚度和抗扭刚度,限制温差和混凝土徐变产生的上拱变形,以保证线路的高平顺性和避免不良的车、桥动力响应;墩台必须具有足够大的纵向刚度,以限制桥上无缝线路轨道的附加应力和制动时梁轨相对位移,保证线路的稳定;桥梁结构及构造布置应符合耐久性要求,并便于检查和维修。高速铁路桥梁采用中国客运专线标准(ZK)活载作为高速铁路设计活载图式,其能涵盖各类运行列车荷载;并采用了刚度大、整体性能好的结构,如简支梁、连续梁、组合梁等;优先选用双线整孔箱形梁桥。

(5) 隧道

为了减缓隧道内空气动力学效应的不利影响,高速铁路隧道采用了斜切式、明洞扩大式等不同形式洞门,必要时还设置了洞口