



0号高速综合 检测列车

侯卫星 主 编
刘 刚 副主编
康 熊



0 HAO GAOSU ZONGHE

JIANCE LIECHE

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路科技图书出版基金资助出版

0 号高速综合检测列车

侯卫星 主 编
刘 刚 康 熊 副主编

中国铁道出版社

2010年·北京

图书在版编目(CIP)数据

0号高速综合检测列车/侯卫星主编. —北京:中国铁道出版社,2010.10

ISBN 978-7-113-11076-5

I. ①0… II. ①侯… III. ①高速铁路—铁路线路—检查车 IV. ①U216.3 ②U238

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第142586号

书 名: 0号高速综合检测列车

作 者: 侯卫星 刘 刚 康 熊

责任编辑: 熊安春 吴 军 杨 哲 电话: 010-51873094

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 孙 玫

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: 北京信彩瑞禾印刷厂

版 次: 2010年10月第1版 2010年10月第1次印刷

开 本: 889 mm × 1 194 mm 1/16 印张: 17.75 字数: 501千

印 数: 1~2 000册

书 号: ISBN 978-7-113-11076-5

定 价: 180.00元

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,请与本社发行部调换。

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

侯卫星

作者简介



侯卫星同志 1982 年 1 月毕业于上海铁道学院。现任铁道部运输局副局长、教授级高级工程师,兼任中国铁道学会车辆委员会副主任、北京交通大学教授,是中国铁道学会高级会员,第六届詹天佑铁道科学技术奖——人才奖获得者,1996 年铁道部批准为首批青年科技拔尖人才,2002 年享受国务院政府特殊津贴,2003 年铁道部批准为铁路专业技术带头人,曾多次获得铁道部科技进步奖或中国铁道学会科技奖,其中,特等奖 2 项、一等奖 1 项、二等奖 2 项、三等奖 4 项。

他长期担任四方车辆研究所技术负责人,从事科研和技术管理工作多年,主持过多项铁路提速、重载及高速预研方面的科研攻关、新产品开发、大型试验手段建设和技术改造任务,多次出席国际学术会议,发表了一批有价值的论文。他提出的车轴断裂强度分析、脱轨空间三维接触计算、车辆载荷谱三参数威布尔分布拟合、实物轮对动态脱轨试验台仿真试验等丰富了铁道车辆基础理论,具有较高的学术意义和工程应用价值。

2003 年调部后,先后在高速铁路建设领导小组办公室、工程管理中心和运输局等部门工作,负责组织编制了《京沪高速动车组技术条件》、《京沪高速动车组技术引进与国产化方案》和《京沪高速铁路装备技术引进与国产化论证材料》等,开展了轮对内侧距与踏面形状关系、高速轮轨匹配试验及高速轮对国产化的研究,是我国铁路时速 200 公里和时速 300 公里高速动车组技术引进和国产化工作主要参加者之一。

近年来,他负责组织了 0 号高速综合检测列车研制和高速铁路系统集成接口管理方法研究,所研制的我国首列综合检测列车,成功解决了动车组制造,高精度检测设备开发,综合系统集成等技术难题,填补了国内高速铁路技术空白,并已成功运用 50 余万公里,总体水平处于世界领先。他所研究的接口管理方法,结合京津城际铁路工程实践,提出了接口管理的基本方法、主要程序和管理工具,规范了我国客运专线系统集成接口管理。同时,他还完成了京津城际铁路联调联试技术总结任务。

侯卫星同志是在研的铁道部科研项目“京沪高速铁路运营安全监控及监控技术的研究”的负责人和国家“863”重点攻关项目“最高试验速度 400 公里/小时高速检测列车关键技术与装备研制”的具体组织者。

《0号高速综合检测列车》

参编人员名单

主 编：侯卫星

副主编：刘 刚 康 熊

编 委：康高亮 韩凤武 杨宏图 刘作琪 王卫东
杨 弘 罗国伟 董晓峰 黎国清 许贵阳
卢西伟 王星明 杨景宏 王 澜 陈明慧
赵 钢 谭 松 张继文 陈东生 孙忠国
曾宇清 李泽宇 谢保锋 李海浪 王惠生
杨 超 周伟旭 王欣鑫 刘秀波 梁志明
蔺 伟 韩通新 石海明 况 宇 刘维桢
李向东 刘金朝 李 琴 顾世平 孙淑杰
王登阳 张文轩 韩 强 高利民 李红艳
俞翰斌 张 爽 田新宇 徐贵红 任盛伟
刘伶萍 沈京川 韩庐平 朱司华 周 正

序

党的十六大以来,按照国务院批准的《中长期铁路网规划》,中国铁路紧紧抓住加快发展的黄金机遇期,坚持“高标准、讲科学、不懈怠”,组织展开了前所未有的大规模客运专线建设。随着京津城际铁路、武广高速铁路以及合武、石太、甬台温、温福、郑西等一批客运专线的开通运营,标志着中国铁路已经昂首迈入高速时代。

确保高速铁路安全高效运营,是中国铁路面临的新的、巨大的挑战。高速铁路系统复杂,基础设施各子系统之间,基础设施与移动设备之间关联性极强,为此,国外高速铁路普遍采用综合检测列车进行综合检测,并将检测结果作为指导基础设施养护维修的重要依据。日、法、意等国铁路先后研制了“East-i”、“IRIS320”、“阿基米德”等高速综合检测列车。高速综合检测列车以高速动车组为载体,集现代测量、时空定位同步、大容量数据交换、实时图像识别和数据综合处理等先进技术于一体,涉及高速铁路多个技术领域,是实现高速铁路周期性高速综合检测的关键技术装备,也是高速铁路最具代表性的高新技术装备之一。

0号高速综合检测列车是中国自主研制的首列高速综合检测列车。在铁道部组织下,中国铁道科学研究院、长春轨道客车股份有限公司,以及国内相关科研、装备制造等单位开展了联合攻关。参研人员本着保障高速铁路“零误差、零缺陷、零故障”的理念,站在世界高速新技术发展的前沿,坚持博采众长、自主创新、勇攀高峰、勇创一流,解决了动车组研制、检测设备开发、综合系统集成等方面技术难题,取得了一系列关键技术突破,用了不到2年时间,完成了研制任务,实现了预期目标,填补了中国高速铁路技术的空白。与国外综合检测列车相比,0号高速综合检测列车系统集成度更高、检

测项目更全、检测技术更先进,综合数据处理能力更强,总体上处于世界领先水平。

0号高速综合检测列车2008年6月交付,随即投入京津城际铁路联调联试,并用于多条新建客运专线联调联试和高速营业线周期性综合检测,目前已累计检测运行超过50万公里,在确保客运专线建设质量和运营安全中发挥了不可替代的作用。同时,还为高速铁路安全评判体系、基础设施检测标准、高速铁路轨道谱、高速轮轨关系、弓网关系等重要的基础性研究提供了试验平台。

为满足高速铁路不断发展需要,在0号高速综合检测列车的基础上,中国铁路深化技术创新,研制时速400公里高速综合检测列车,采用先进的综合检测数据处理系统,不久的将来投入运用后,将有力地支撑中国高速铁路网安全高效运营,并成为中国高速铁路技术引领世界的重要标志。

本书作者都是0号高速综合检测列车研制的具体组织者和研制者,书中反映了他们近年来积极探索、勇于实践、大胆创新所取得的最新成果,本书是中国出版的第一部介绍高速综合检测列车的专著,系统介绍了所构建的技术平台和具体方案,内容丰富。相信本书的出版不仅对专业技术人员技术创新有重要的参考价值,而且对各级领导、广大干部职工学习高速铁路知识也是一本极好的教材。

张曙光

目 录

第一章 概 论	1
第一节 0号检测列车开发背景	1
第二节 国外检测列车的发展	2
第三节 0号检测列车研制过程	6
第四节 0号检测列车技术创新点	10
第五节 0号检测列车运用概况	12
第二章 总体设计方案	13
第一节 设计技术目标	13
第二节 系统技术架构	15
第三节 列车配置方案	16
第三章 动车组的研制	19
第一节 总体设计和系统集成	19
第二节 铝合金车体设计制造	20
第三节 转向架系统	21
第四节 制动系统	21
第五节 新颖的列车内装	21
第六节 空调系统	22
第七节 电磁兼容设计	22
第八节 牵引及辅助系统	23
第九节 列车网络	25
第十节 UPS 电源系统	25
第十一节 动车组复杂的电气连接工艺	26
第十二节 检测设备安装设计及接口	26
第十三节 综合检测车调试关键技术	36
第四章 轨道检测技术	40
第一节 国内外现状	40
第二节 技术要求	41
第三节 系统组成	42
第四节 实施方案	45
第五章 轮轨动力学检测系统	62
第一节 国内外现状	62



第二节 技术要求	62
第三节 系统组成	63
第四节 实施方案	64
第六章 接触网检测系统	76
第一节 国内外现状	76
第二节 技术要求	77
第三节 技术方案	78
第七章 通信检测系统	95
第一节 国内外现状	95
第二节 技术要求	95
第三节 系统组成	96
第四节 实施方案	97
第八章 信号检测系统	109
第一节 国内外现状	109
第二节 基本功能	110
第三节 系统组成	113
第四节 技术指标	114
第五节 实施方案	115
第九章 综合系统	143
第一节 列车专用网络和自诊断系统	143
第二节 定位同步系统	159
第三节 多媒体显示系统	170
第四节 车载数据综合处理系统	177
第五节 环境视频采集处理系统	180
第六节 车地大容量数据无线传输系统	182
第七节 整车机柜配置	184
第八节 综合布线	185
第十章 数据处理技术	188
第一节 国内外概况	188
第二节 检测数据综合处理平台	188
第三节 综合评价方法的研究	199
第四节 科研阶段性成果	202
第十一章 设计验证	213
第一节 检测系统验证	213
第二节 动车组验证	261
第三节 基本结论	264
第十二章 主要技术创新及结论	267
第一节 主要技术创新	267
第二节 运用情况	271
第三节 结 论	271

第一章 概 论

0号高速综合检测列车(以下简称:0号检测列车)是我国自主研制的首列高速综合检测列车,研制工作在铁道部的组织下进行,中国铁道科学研究院(以下简称:铁科院)负责系统集成和检测技术开发,长春轨道客车股份有限公司(以下简称:长客股份)负责动车组研制。

最高运营时速250 km的0号检测列车,采用国产动车组,可对轨道几何、动力学、接触网、通信、信号、线路环境等进行实时检测和综合数据处理,整体技术达到了世界先进水平。

0号检测列车名称的含义是:中国高速铁路“0”误差、“0”缺陷、“0”故障。

0号检测列车于2008年6月7日正式出厂。自7月1日起即应用于我国首条时速300 km以上高速铁路——京津城际铁路的联调联试,为保障京津城际铁路的按期开通发挥了重要作用。京津城际铁路开通运营后,0号检测列车不仅承担京津城际铁路周期性安全检测任务,同时,还承担京沪、京广、京哈、陇海、沪昆、广深、胶济等既有提速干线的检测任务。

0号检测列车在新建客运专线及提速干线运营检测中发挥着不可替代的作用,已成为我国高速铁路基础设施状态分析和安全评估的关键技术装备。

同时,0号高速综合检测列车高质量的检测数据在高速铁路安全评判标准、基础设施检测标准的研究制定和高速轮轨关系、弓网关系等领域的基础性研究中也发挥着巨大作用。

高速综合检测列车涉及高速动车组、动态测量、计算机数据处理等高新技术,目前世界上只有少数几个国家可以掌握高速综合检测列车研制技术,0号检测列车的成功研制和应用是我国铁路在高速领域技术创新的重大突破,不仅填补了我国铁路高速综合检测技术的空白,也标志着我国铁路在这一技术领域跨入了世界先进行列。

第一节 0号检测列车开发背景

高速铁路基础设施系统复杂,相互之间关联性强,影响因素多,为了保障高速列车行车安全、提高运输效率、降低运营成本,国外高速铁路已广泛采用综合检测技术,通过综合数据分析,对高速列车运行品质及基础设施状态变化规律作出评价,为高速铁路运营安全评估和指导养护维修提供技术支撑。高速综合检测列车是进行高速铁路基础设施高速综合检测的重要技术装备,对于仅开行高速动车组的客运专线而言,其更是必不可少检测手段。

2004年1月,国务院常务会议审议通过了我国历史上第一个《中长期铁路网规划》,为我们描绘了中国铁路客运专线建设的宏伟蓝图。随后,2007年10月在《综合交通网长期发展规划》中,对铁路网总体规模进行了调整,2008年再次进行了补充完善。按照规划,到2020年我国铁路网规模将增加到12万 km以上,新建客运专线及城际铁路将达到1.6万 km以上,与既有线提速改造工程相衔接,未来我国将形成连接所有省会及50万人口以上的城市、覆盖全国90%以上人口、总里程达到5万 km以上的快速客运网,这将大大缩短城市间时空距离,省会城市间总旅行时间节省50%以上。到2012年,将有1.3万 km高速铁路投入运营,其中时速350 km的有8 000 km,时速250 km的有5 000 km。

2007年4月18日第六次大提速后,既有线时速200 km及以上线路延展里程达到6 227 km,其中时速250 km线路达到1 019 km。2008年8月1日我国首条时速300 km以上高速铁路京津城际铁路

开通运营,随后合武、合宁、石太等一批新建客运专线陆续通车。目前,新建高速铁路已开通运营6 000多 km。

随着大规模铁路客运专线建设的全面展开,以及既有线提速的实施,标志着中国铁路已大踏步地迈入高速时代,无疑这对铁路基础设施检测技术提出了越来越高的要求,综合检测列车开发已十分迫切。0号检测列车研制是京津城际铁路建设过程中,铁道部组织的高速铁路关键技术攻关项目之一。

高速列车的安全、平稳运行,对线路轨道、牵引供电、通信、信号等基础设施的技术指标及其稳定性要求极高,采用高速铁路综合检测列车,对轨道几何状态、加速度、轮轨力、接触网几何参数、弓网动态作用、供电参数、通信、应答器、轨道电路等进行动态检测,综合分析和评价基础设施运行状态,对于保障高速铁路安全高效运营具有十分重要的作用。

为提高运输组织效率,便于将综合检测列车编入高速列车运行图,同时,更好地反映在列车高速运行条件下,基础设施的动态响应,目前,国外高速综合检测列车尽量采用“等速检测”方式检测,即检测速度与高速列车运行速度相等。

尽管通过在旅客列车上加挂检测车也可进行综合检测,但是对于只运行高速动车组的客运专线而言,加挂检测车基本上无法实现,同时,单节检测车的空间毕竟有限,各类检测设备的安装和作业场地都将受到限制,为此,采用检测列车进行综合检测已成为必然选择。

除了承担高速铁路的验收试验、日常检测任务外,高速综合检测列车还是一个高速铁路技术研究的流动试验室。通过高速综合检测列车对基础设施和动车组运行状态大量数据的累积,可为高速铁路轮轨关系、弓网关系、列车运行控制、高速列车动力学、气动性能、关键零部件疲劳可靠性等基础研究提供理论验证平台,可为建立以现代计算机仿真技术为核心的基础设施综合数据处理专家系统提供仿真检验条件,可为新方案和新产品提供装车运用考验。

第二节 国外检测列车的发展

为了确保高速铁路安全高效运营,目前,日本、意大利、法国、英国等高速铁路发达国家已普遍采用装备先进检测设备并具备综合数据处理和分析功能的高速检测列车对基础设施进行综合检测。德国和美国由于普遍采用机车牵引方式,没有专门的高速综合检测列车,对基础设施综合检测一般通过加挂综合检测车来实现。

综合检测的内容,主要包括轨道几何、接触网、通信、信号、线路环境等基础设施状态,以及轮轨接触状态、车辆加速度等高速列车的动态性能。综合检测的目的,是保障高速铁路运行安全,并通过对检测数据的综合分析,研究基础设施对高速列车运行的影响及其故障恶化规律,指导养护维修。

日本先后研制了最高检测速度 275 km/h 的“黄色医生”和“East-i”(图 1-2-1),法国 2006 年研制完成了最高检测速度 320 km/h 的“IRIS320”(图 1-2-2),意大利 2003 年研制完成了最高检测速度 220 km/h 的“阿基米德”(图 1-2-3),英国则 2006 年研制完成了最高检测速度 200 km/h 的“NMT”(图 1-2-4)等高速检测列车。



图 1-2-1 日本“East-i”检测列车



随着高速检测列车的检测速度不断提高,近年来,为满足高速动态检测需要,国外开展了大量检测设备技术研究,已形成了比较完整的检测理论和试验验证方法,并开发出一批实用的检测设备。

各国综合检测列车对比如表 1-2-1 所示。

有些国家,如:德国和美国,高速铁路往往高中速混跑,客货共线,综合移动检测一般通过在旅客列车上加挂试验车来实现,因此,没有开发高速综合检测列车,但其也拥有先进的综合检测技术。



图 1-2-2 法国“IRIS320”检测列车



图 1-2-3 意大利“阿基米德”检测列车



图 1-2-4 英国“NMT”检测列车

表 1-2-1 各国综合检测列车对比

型号	完成时间	最高检测速度	基本组成	检测项目	定位同步系统	车载数据综合处理	地面数据综合分析处理及管理平台
日本 East-i	2002 年	275 km/h	6 辆编组动车组	信号系统、线路视频、监测、接触网、轨道测量、定位系统、无线通信	利用转速传感器和每公里一个的地面点进行定位修正	各单元独立工作,独立与地面各部门进行数据交互,交互过程为非无线方式	各检测单元具有独立的车载数据记录单元,车载对数据不分析处理,数据各自存储到数据技术中心分别处理,并依靠记录图像进行人工识别,可为维修保养提供指导;数据管理平台通用性较差

型号	完成时间	最高检测速度	基本组成	检测项目	定位同步系统	车载数据综合处理	地面数据综合分析处理及管理平台
法国 IRIS320	2006 年	320 km/h	10 辆车编组, 其中 2 辆机车、8 辆客车	信号系统、线路视频监测、无线通信 - GSM/GSM-R、环境视频监控	全系统具有统一的测速定位及统一信息位置, 包括: 惯性系统、线路特征数据	有冗余的整车数据和测速定位及同步网络, 采用光纤数连接, 全车数据集中进行分析和对地数据交换	车载统一的综合分析及与地面信息交互; 车上数据分析管理平台; 地面轨道维修管理系统; Timon
意大利阿基米德	2003 年	220 km/h	6 辆车编组, 其中 1 辆电力机车、4 辆客车	信号、接触网、GSM/GSM-R、轨枕作用力、车辆加速度、各种视频及环境监测	两套冗余的同步系统; 测速定位包含的融合信息包括: 4 个转速传感器、单点系统、多普勒测速雷达、数字标签及应答器、DGPS	有冗余的整车数据和测速定位及同步网络, 采用光纤数连接, 全车数据集中到第 5 节车上, 进行综合分析和对地数据交换	基于 GPRS 等的紧急故障实施交互; 车载统一的综合分析及与地面信息交互, 利用 CD、DVD 等向地面存储数据; 数据的综合利用——测量、分析及保养规划一体化; 地面数据分析管理平台: RAMSYS
英国 NMT	2006 年	200 km/h	7 辆车编组, 其中 2 辆内燃机车、5 辆客车	线路视频监测、接触网几何、钢轨加表面、扣件检测	两套冗余的同步系统; 测速定位包含的融合信息包括: 4 个转速传感器、单点系统、惯性系统、DGPS、数字标签及应答器	有冗余的整车数据和测速定位及同步网络, 采用光纤数连接, 全车数据集中到第 5 节车上, 进行综合分析和对地数据交换	车载统一的综合分析及与地面信息交互; 数据的综合利用——测量、分析及保养规划一体化; 地面数据分析管理平台: TrackSys

随着高速综合检测技术的发展,近年来,日本、意大利、法国、英国等国正在建立地面数据综合处理中心。力图充分利用移动综合检测获得的大量数据,建立基础设施状态管理和分析评估系统,在保障高速铁路运营安全的同时,为指导养护维修提供决策依据,实现高速铁路基础设施动态管理。国外的实践表明,在保证高速铁路安全高效运营中,地面数据综合处理中心正在发挥越来越重要的作用。

目前,国外高速铁路发达国家已基本实现了通过地面数据中心对检测数据的统一管理,为基于检测数据分析进行铁路基础设施维护保养做了大量的研究工作,建立了从检测数据管理、分析到辅助养护维修决策信息管理的一体化系统。

在日本,检测数据采用了随车实时处理、批处理和地面系统后台综合处理等 3 种处理方式。意大

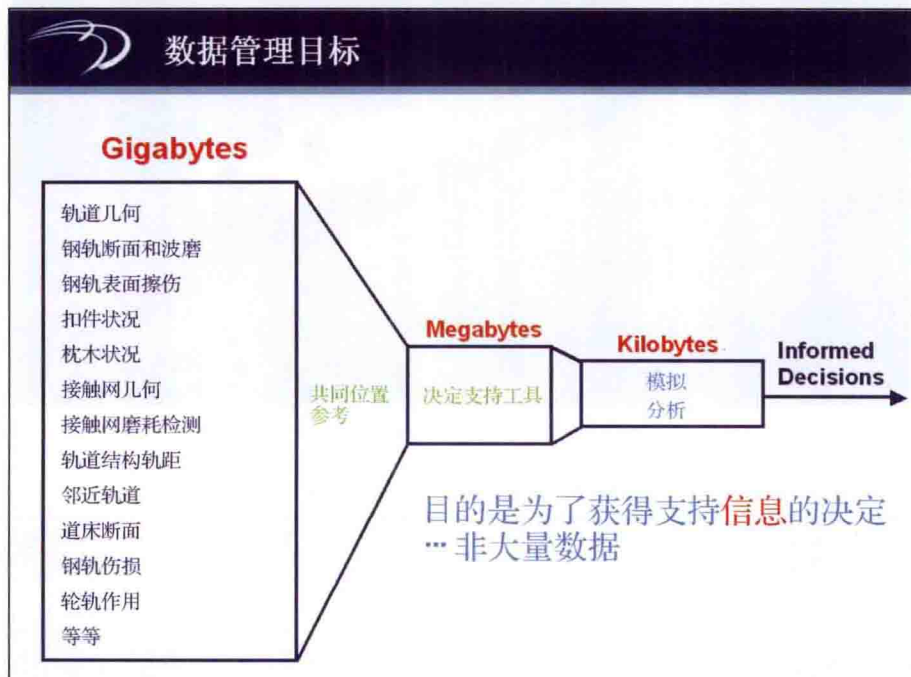


图 1-2-5 英国 TrackMaster 软件



利铁路基础设施管理局(RFI)建立了“国家铁路基础设施数据诊断中心(CDN)”,建立了铁路基础设施数据管理、预测分析和决策支持平台。英国前 DeltaRail 公司的 TrackMaster(图 1-2-5、1-2-6)、意大利 MERMEC 公司的 RAMSYS(图 1-2-7)、法国铁路 SNCF 的 TIMON 和美国 AMTRACK 公司使用的数据分析系统 TrackIT 则是集铁路基础设施基础数据、检测数据分析和线路养护维修辅助决策于一体的信息管理系统。美国 Bentley 公司的 Optram 是一套开放性的面向铁路检测数据分析处理和线性资产信息管理的集成平台,可以实现检测数据分析、设备趋势预测、作业质量评价及可视化管理等功能(图 1-2-8)。德国 DB 的工务管理信息系统有 SAP R3 和 IIS,前者主要完成设备的静态管理、维修计划管理及维修投资经费的管理与控制;后者可以实现轨道几何状态和钢轨伤损状况信息数据的输入、超限判断、波形显示及相邻次检测数据的分析比较、报告汇总等功能。

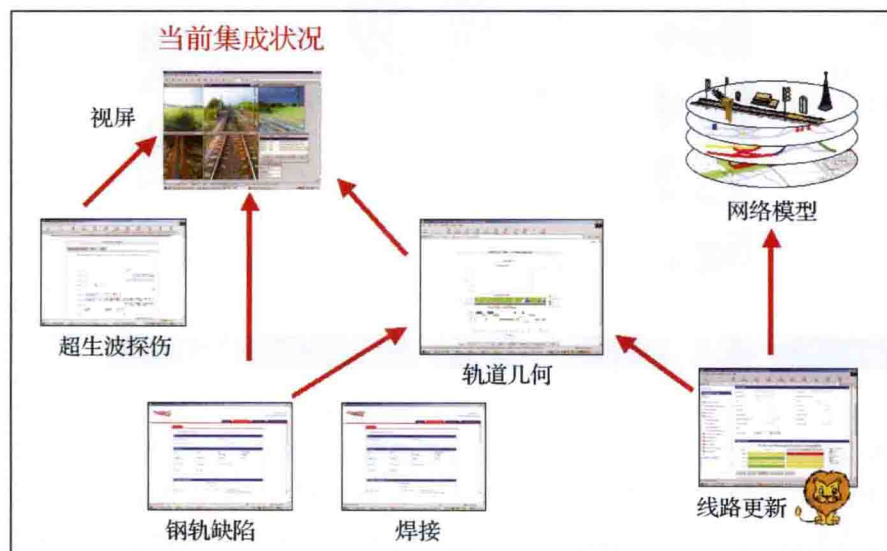


图 1-2-6 英国 TrackMaster 软件

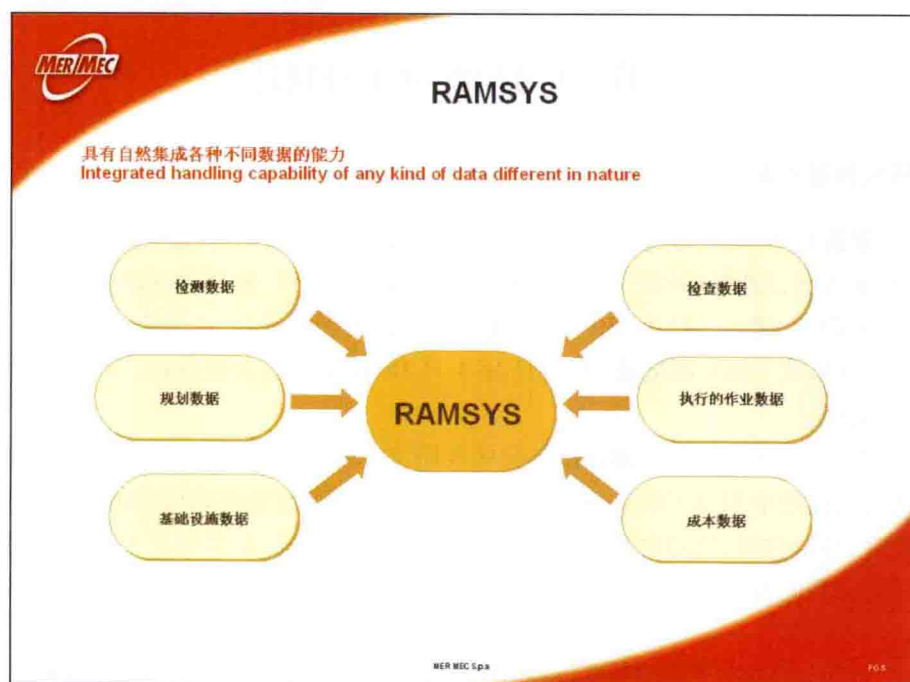


图 1-2-7 意大利 RAMSYS 铁路基础设施管理系统



图 1-2-8 美国 Optram 软件

从发展趋势上看,英国、意大利和美国等国已经逐步开始将移动综合检测与地面数据综合分析处理中心相结合,构建统一的数据管理信息系统,为高速铁路的养护维修提供决策信息,为列车运行安全提供保障。总体上讲,近年来国外高速综合检测数据分析和应用技术取得了很大发展,并在确保高速铁路运营安全,指导基础设施养护维修方面发挥越来越大的作用。但是,要使这项技术真正达到成熟,无论基础理论,还是应用技术上还有许多问题需要解决,还有一个不断完善的过程。

第三节 0 号检测列车研制过程

一、前期研究和基本条件

动车组设计制造技术、基础设施检测技术、综合集成技术是高速综合检测列车开发的基本条件。

在动车组技术方面,按照国务院“引进先进技术、联合设计生产、打造中国品牌”要求,我国铁路通过引进消化吸收再创新,建立了时速 250 km 高速动车组技术创新平台,通过自主开发了 CRH1、CRH2 和 CRH5 动车组,并形成了批量制造能力,2007 年 4 月 18 日第六次大提速时,首批国产时速 250 km 动车组成功投入运用。

在检测技术方面,我国铁路长期跟踪国外高速铁路综合检测技术的发展,开展了大量前期研究工作,并在历次铁路大提速中积累了轨道、接触网、通信信号等基础设施移动检测的经验,自主开发的轨道检测、测力轮对、弓网检测、轨道电路检测等装置取得了很大进展,基本满足了我国铁路既有有线运用的需要。近年来,又在此基础上,通过加强与国外的合作,我国铁路在高速检测技术上也做出了积极探索。

在集成技术方面,我国铁路曾经开发过多种轨道检测车、通信信号检测车、接触网检测车和信号检测车。特别是 2007 年 4 月,为满足提速干线检测需要,在 CRH2-010A 动车组上加装检测设备,作为过渡综合检测列车的运用实践,为我国高速综合检测列车的开发,尤其是系统综合集成提供了可贵



的直接经验。

2003年起,铁道部组织了铁路综合检测技术国际交流,在北京先后与美国、日本、法国、德国、英国、澳大利亚、意大利等国的铁路运用部门、综合检测列车开发商、检测设备供应商进行了技术交流。为准确掌握国际综合检测技术的最新发展和综合检测列车的开发组织、运用管理,2006年9月,铁道部组织了对德国、法国、英国和意大利铁路的综合检测列车考察,详细了解了欧洲高速铁路综合检测的管理模式,综合检测列车的开发组织、系统集成、关键技术与特点等。

同时,铁道部组织进行了高速综合检测列车技术方案研究,铁道科学研究院会同长春轨道客车股份有限公司起草了《高速综合检测列车技术条件》。

二、项目的组织实施

2006年11月铁道部决定启动我国首列时速250 km高速综合检测列车研制,并由铁道部运输局负责具体实施推进。新研制的综合检测列车配属铁科院。综合检测列车动车组面向国内企业招标采购。检测设备利用亚洲银行贷款,面向全球国际招标采购。由铁科院负责检测系统集成,通过招标确定长客股份为综合检测列车动车组研制单位。铁科院负责检测技术开发的单位主要有基础设施检测研究所、机车车辆研究所、通信信号研究所等。国外合作伙伴(设备供应商)分别为:轨道检测设备美国 ENSCO,测力轮对美国 TTCI,接触网检测设备德国 DB。通信、信号检测和综合系统开发铁科院主要通过联合国内企业实现。

三、总体技术方案

按照铁道部的要求,0号检测列车的研制在CRH系列动车组技术平台上,选择世界一流的关键检测设备,充分发挥国内科研单位和制造企业作用,借鉴国外成功经验,通过集成创新来完成。

(一) 主要技术指标

综合检测列车最高运行速度不小于250 km/h,可在新建200~250 km/h及以上速度等级客运专线和200 km/h及以上既有提速线上双向检测运行,各检测系统在列车运行速度250 km/h的范围内应满足实时测量的要求。

1. 检测系统

轨道检测系统检测项目主要包括轨距、轨距变化率、(左右)轨向、(左右)高低、超高、水平、三角坑、曲率、曲率变化率、未平衡超高及其变化率、车体横向、垂向和纵向加速度、构架横向和垂向加速度、(左右)轴箱横向和垂向加速度等。其中轨距测量精度:±0.5 mm;轨向测量精度:±1.5 mm(1.5~25 m),±4 mm(25~70 m),±10 mm(70~200 m);高低测量精度:±1 mm(1.5~25 m),±3 mm(25~70 m),±5 mm(70~200 m)。

轮轨作用力测量系统由2条测力轮对、分布式数据采集设备和数据处理单元组成。可连续测量轮轨垂向力、横向力、轮轴力、脱轨系数、减载率等参数。垂向力测量精度:±4%或2.0 kN;横向力测量精度:±4%或2.0 kN;纵向力测量精度:±4%或2.0 kN;轮轨接触点测量精度:±3.0 mm。

接触网检测系统由3号车的接触式测量、非接触测量、供电参数检测系统和数据分析系统,6号车的接触式测量系统和供电参数检测系统等组成。非接触测量系统完成的检测项目包括:接触线拉出值、接触线高度、接触线动态高度、接触线相互位置(线岔位置、锚段关节、定位器坡度)、接触线磨耗;接触式测量系统的测量项目包括:弓网接触力、硬点(垂向加速度)、冲击(纵向加速度);供电参数包括:离线燃弧、网侧电流、网侧电压、自动过分相功能检测。其中接触线高度测量精度:±10 mm;拉出值测量精度:±10 mm;接触力测量精度:±5 N;硬点和冲击测量精度:<1%。

通信检测系统可检测项目包括:无线场强覆盖,450M无线列调和GSM-R;话音通信,呼叫建立时间和成功率、切换成功率、话音质量;分组数据,附着成功率、数据传输时延、数据丢包率、数据吞吐

量;电路数据 QoS,连接建立失败概率、连接建立时间、端到端数据传输时延、链路失效概率、传输干扰率及恢复时间等。

信号检测系统由应答器检测设备、轨道电路检测设备、补偿电容检测设备、ATP 信息记录设备、数据处理系统和自诊断系统等组成,具有检测和记录轨道电路信息、补偿电容、电流不平衡率及谐波、应答器信息、ETCS1 和 CTCS2 级 ATP 工作状态等功能。

综合系统由定位同步、列车专用网络与自诊断、环境视频采集处理、多媒体显示和车载数据综合处理等系统组成,定位修正精度 ≤ 2 m,列车专用网络主干交换带宽 1 000 Mb/s,桌面交换带宽 100 Mb/s,视频图像叠加线路名、里程、速度等信息后实时存储到计算机硬盘中,将环境视频信息、DGPS/GIS 信息、各系统检测波形图等会议室和演示厅大屏幕显示设备上分别显示输出,实现各检测系统的波形、超限和统计特征数据集成管理,实现 GIS、视频、设备台账和养护维修作业等基础信息,检测数据、超限数据、统计数据及其相关检测信息综合显示、联动查询、回放、历史数据对比、数据变化趋势分析等功能。

2. 动车组

动车组编组车辆数为 8 辆,其中有通信信号检测车 2 辆、接触网检测车、轨道检测车、数据综合处理车、卧铺车、会议车和生活车各 1 辆。运营速度不小于 250 km/h,最高试验速度 275 km/h,最大静轴重 ≤ 17 t,通过最小曲线半径在连挂运行时为 145 m、单车调车时为 100 m。

(二) 主要技术决策

为满足 0 号检测列车的未来运用需求,铁道部运输局多次组织专家,进行技术方案论证,并对技术方案作出以下决策。

(1) 检测列车动车组在 CRH5 动车组技术平台上进行研制,动车组为 8 辆编组,设通信信号检测车、会议车、接触网检测车、综合系统车、轨道及动力学检测车、生活车、卧铺车和信号检测车,列车编组见图 1-3-1,以满足检测系统设备安装、检测作业、人员作息等需要。

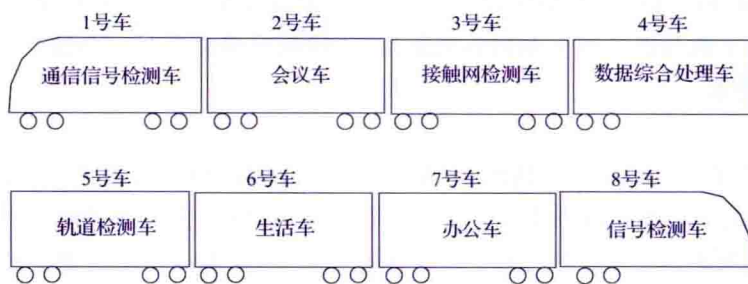


图 1-3-1 0号高速综合检测列车编组图

(2) 轨道检测设备采用惯性基准法和激光摄像等技术,测量轨距、轨距变化率、轨向、高低、超高、水平、三角坑、曲率、曲率变化率、未平衡超高及其变化率、车体加速度、构架加速度、轴箱加速度等参数,满足对线路质量进行评价的需要。

(3) 采用连续测量法高精度测力轮对,除检测垂向力、横向力外,还可精确检测纵向力、轮轨接触点,以满足安全检测和高速轮轨关系研究的需要。

(4) 接触网检测系统要求弓网检测系统具备检测弓网动态接触压力、硬点、冲击、接触线高度、拉出值、磨耗、火花次数、火花时间、接触线动态抬升量以及弓网运行环境监视功能,为接触网运行维护提供科学依据。

(5) 通信检测系统要求具备检测国内各主要干线的无线场强覆盖、通信服务质量和列车运行控制无线信道传输质量等主要功能,以确保行车指挥语音通话质量,以及调度命令和列车运行控制信息安全可靠传输。