



铁路科技图书出版基金

朔黄铁路 检测车

朔黄铁路 重载综合检测车

贾晋中 陆 生 彭丽宇 秦怀兵 著

SHUOHUANG TIELU
ZHONGZAI ZONGHE JIANCECHE

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

朔黄铁路重载综合检测车

贾晋中 陆 生 彭丽宇 秦怀兵 著

中国铁道出版社

2016年·北京

图书在版编目(CIP)数据

朔黄铁路重载综合检测车/贾晋中等著. —北京:中国铁道出版社, 2016. 12

ISBN 978-7-113-22498-1

I. ①朔… II. ①贾… III. ①重载铁路—检测车—研究 IV. ①U21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 269855 号

书 名: 朔黄铁路重载综合检测车
作 者: 贾晋中 陆 生 彭丽宇 秦怀兵 著

策 划: 刘 霞

责任编辑: 刘 霞

编辑部电话: (010)51873347

电子信箱: crplx2013@163.com

封面设计: 王镜夷

责任校对: 孙 玫

责任印制: 陆 宁 高春晓

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: 北京盛通印刷股份有限公司

版 次: 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

开 本: 889 mm×1 194 mm 1/16 印张: 25.25 字数: 483 千

书 号: ISBN 978-7-113-22498-1

定 价: 180.00 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

序

重载铁路可以实现大宗物资高效运输,是货运运输发展的必然要求,也是铁路货运现代化的重要标志。2005年国际重载协会理事会提出新的重载铁路标准,通过列车牵引质量、轴重和年运量及其线路长度三个指标阐明了重载铁路的定义。世界各国都通过既有线改造或新建线路,推动了重载铁路的发展。我国重载铁路在列车牵引质量、运营线路长度和年运量方面已处于世界前列,同时27 t和30 t轴重列车开始运营。

与普速铁路相比,重载铁路基础设施承受较大载荷,基础设施结构变形增大,部件伤损加快,维修养护工作量加大,同时检测难度增加,安全风险升高。为了保障运输安全,需要及时、高效和全面地检测基础设施状态,准确地对重载铁路系统进行安全评估。

朔黄铁路是目前我国运量第二位的重载铁路,朔黄铁路公司建立了既有普速铁路改造为30 t轴重的重载铁路运输技术体系,跻身于世界先进行列。同时多年来一直致力于重载检测技术的研究及应用,与国内外十余家科研院所、检测设备供应商联合创新,历时四年研制成功世界首列重载综合检测车,代表着世界重载铁路综合检测技术的先进水平。

本书系统总结了重载综合检测车的先进性、创新性和实用性,集中展示了检测系统组成、原理、系统集成、验证和数据综合分析等先进技术和研究成果,尤其是从实践中总结出的技术应用成果,为本书的亮点。上述成果首先在朔黄铁路成功运用,在基础设施病害诊断、状态评价和预测等方面发挥了重大作用,为重载铁路系统安全运营和基础设施检修提供技术支撑。

朔黄铁路公司近三年在重载铁路综合检测技术应用方面的宝贵经验,对基础设施质量寿命周期、基于大数据的维修优化决策等研究有较好的示范效应和推动作用,在重载铁路乃至普速铁路,值得借鉴和推广,将进一步推进我国重载铁路技术的发展。



2016年9月

前言

中国在跨入铁路客运“高铁时代”的同时,也跨入了铁路货运的“重载时代”。发展重载铁路运输是国际货运铁路的主要发展方向,重载运输已成为大宗货物最为经济有效的运输方式。

重载铁路大轴重、大密度、大运量、长编组的特点,使得基础设施承受较大荷载,造成其结构及其部件的疲劳伤损加快,变形增加,维修养护工作量加大,安全风险升高。为保证安全运输,必须全面掌握设备状态,实时评价设备质量,准确进行设备安全评估。要实现以上目标,应在现有静态监测的基础上,对基础设施进行周期性的动态检测。

自2009年以来,朔黄铁路发展有限责任公司本着“打造国内领先、世界一流‘绿色、高效、数字化’重载铁路”的目标,提出了重载综合检测车研发方案和理念,联合中、美、英、德等国内外铁路检测主流技术供应商和科研院所,于2013年共同研制成功世界首列重载铁路综合检测车,首次实现了重载铁路基础设施状态的动态、同步、综合检测,集成了首套基于同一时空坐标的检测数据综合分析系统,能够利用各专业同一时空检测数据进行关联设备质量分析和任意多次历史数据的对比分析,为朔黄铁路基础设施的安全运行和检修模式的变革提供技术支持。

重载铁路综合检测车以25T型客车为载体,集成了铁路路基道床、轨道、钢轨超声波探伤、接触网、信号、无线通信、地面红外线轴温等检测设备,搭载了数据采集、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。该车最高检测速度80 km/h,满足朔黄重载铁路“等速检测”的要求,能够一次性对全部基础设施进行病害查找和安全状态评定,是提高重载铁路基础设施的检测效率、指导养护维修、确保运输安全的重要技术装备,也是重载铁路最具代表性的“数字化”高新技术装备之一。

配套建立的地面数据处理中心,具备海量检测数据存储管理、检测数据图表化综合联动显示与对比、病害闭环管理、综合评价评估等功能。

本书对该车车辆及各检测系统的组成、功能、检测原理等作了详细介绍,并对三年多来的运用成果进行了系统总结,对该车在实现查找基础设施病害、评价基础设施质量和预测基础设施质量发展趋势功能方面发挥的作用进行了深入挖掘。期望本书对重载铁路检测技术发展和提高数据应用水平有所启迪和帮助。

本书由高国良主审。

其他主要参与人员有:杨文(第三章)、杜守信(第三章)、刘畅(第四章、第五章)、孔宾(第六章、第十一章)、肖志宇(第七章)、陈斐(第七章)、刘丰(第八章)、徐志强(第八章)、郝帅(第八章)、林佳乐(第八章)、郭江龙(第八章)、闫志春(第八章)、武雷(第九章)、王贵鑫(第十章)、符立强(第十章)、马乐(第十二章)、许渊博(第十三章)、张俊生(第十四章)、崔志超(第八章、第十二章)、刘中彦(第二章)、孙刚强(第二章)、袁其刚(第二章)、常卫军(第二章)、丁捷(第二章)、胡生林(第二章)、马延朋(第二章)、顾青(第二章)、王勇涛(第二章)、唐磊(第二章)、陈后卫(第二章)、罗娟娟(第二章)、吴龙发(第二章)。

本书在撰写过程中,中国铁道科学研究院、北京启帆路通科技有限公司、中车洛阳机车有限公司、河南蓝信科技有限公司、北京中北通信信息技术有限公司、北京康拓红外技术股份有限公司等系统集成商提供了技术资料,在此深表感谢。

由于水平所限,书中不可避免地有错误或不当之处,敬请广大读者批评指正。

2016年8月

目 录

第一章 概 述	1
第一节 重载综合检测车研发背景及过程	2
第二节 国内外综合检测车现状	4
第三节 重载综合检测车总体方案	12
第四节 重载综合检测车技术创新	16
第五节 重载综合检测车运用情况	20
第二章 车辆研制	25
第一节 车辆总体设计	25
第二节 车辆设计	27
第三节 转向架系统	29
第四节 制动系统	30
第五节 电气系统	31
第六节 检测系统和车载设备安装设计	34
第七节 车辆技术创新	44
第八节 车辆维护和检修	44
第三章 轨道几何检测系统	46
第一节 轨道基础知识	46
第二节 国内外轨道检测技术	47
第三节 系统技术条件	51
第四节 系统组成和功能	53
第五节 检测原理	58



第六节 功能验证	63
第七节 实践及应用	67
第八节 轨道检测技术未来发展方向	84
第四章 钢轨波磨检测系统	88
第一节 钢轨波磨基础知识	88
第二节 国内外波磨检测技术	90
第三节 系统技术条件	91
第四节 系统组成及功能	92
第五节 检测原理	95
第六节 功能验证	96
第七节 实践及应用	98
第八节 波磨检测技术未来发展方向	102
第五章 轨道巡检检测系统	103
第一节 国内外轨道巡检检测技术	103
第二节 系统技术条件	107
第三节 系统组成和功能	107
第四节 检测原理	110
第五节 功能验证	112
第六节 实践及应用	113
第七节 巡检检测技术未来发展方向	118
第六章 建筑限界检测系统	120
第一节 国内外限界检测技术	120
第二节 系统技术条件	122
第三节 系统组成及功能	123

第四节 检测原理	125
第五节 功能验证	129
第六节 实践及应用	132
第七节 限界检测技术未来发展方向	139
第七章 路基道床检测系统	140
第一节 路基道床基础知识	140
第二节 国内外探地雷达技术	145
第三节 系统技术条件	147
第四节 系统组成及功能	150
第五节 检测原理	159
第六节 实践及应用	167
第七节 路基道床检测技术未来发展方向	180
第八章 钢轨超声波探伤系统	183
第一节 钢轨超声波探伤基础知识	183
第二节 国内外钢轨探伤车检测技术	187
第三节 系统技术条件	191
第四节 系统组成及功能	192
第五节 功能验证	202
第六节 实践及应用	205
第七节 探伤检测技术未来发展方向	220
第九章 接触网检测系统	222
第一节 接触网基础知识	222
第二节 国内外接触网检测技术	225
第三节 系统技术条件	226

第四节 系统组成及功能	228
第五节 检测原理	243
第六节 功能验证	247
第七节 实践及应用	253
第八节 接触网检测技术未来发展方向	261
第十章 信号检测系统	263
第一节 信号基础知识	263
第二节 国内外信号检测技术	265
第三节 系统技术条件	266
第四节 系统组成及功能	268
第五节 检测原理	274
第六节 功能验证	278
第七节 实践及应用	284
第八节 信号检测技术未来发展方向	293
第十一章 无线通信检测系统	294
第一节 无线通信基础知识	294
第二节 国内外无线通信检测技术	302
第三节 系统组成及功能	303
第四节 检测原理	305
第五节 实践及应用	307
第六节 无线通信检测技术未来发展方向	310
第十二章 红外线轴温探测设备检测系统	312
第一节 红外线轴温探测站基础知识	312
第二节 国内外红外线轴温检测技术	316

第三节	系统技术条件	317
第四节	系统组成及功能	319
第五节	检测原理	325
第六节	实践及应用	329
第七节	红外线轴温探测设备检测技术未来发展方向	334
第十三章	综合系统	335
第一节	基础知识	335
第二节	国内外综合系统技术	337
第三节	系统技术条件	337
第四节	系统组成及功能	340
第五节	系统工作原理	349
第六节	实践及应用	358
第七节	综合系统技术未来发展方向	366
第十四章	数据处理系统	367
第一节	国内外检测数据处理技术现状	368
第二节	技术要求	369
第三节	系统组成及功能	370
第四节	功能验证	378
第五节	检测数据处理技术未来发展方向	389
参考文献		390

第一章 概 述

朔黄铁路重载综合检测车是世界首列集成铁路路基道床、轨道、钢轨超声波探伤、接触网、信号、无线通信、地面红外线轴温检测于一体的重载铁路综合检测设备,由朔黄铁路发展有限责任公司联合国内外先进检测设备生产厂家及科研院所创新研发,于 2014 年 1 月正式投入运行。

重载综合检测车(图 1-1)以 25T 型客车为载体,集成了数据采集、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,是提高重载铁路基础设施检测效率、指导养护维修、确保运输安全的重要技术装备,也是重载铁路最具代表性的“数字化”高新技术装备之一。



图 1-1 朔黄铁路重载综合检测车

重载综合检测车最高检测速度 80 km/h,满足重载铁路“等速检测”的要求,能发现基础设施病害,并对其进行安全状态评定。特别是在世界上首次将路基道床检测和钢轨超声波探伤系统集成于综合检测车,为最重要的技术创新。

与综合检测车相配套,朔黄铁路发展有限责任公司建立了地面数据处理中心,综合检测车实时将检测数据传输到地面数据处理中心,对各专业检测数据进行管理,通过基础设施检测数据综合分析,判断各专业病害的相互关联性及设备质量发展趋势。

总体而言,重载综合检测车及其配套系统实现了铁路基础设施病害查找定位、质量评定评价、趋势预测监控,通过实时监测、综合分析、数据挖掘,发掘各专业检测数据间的相关性,掌握设备病害发展规律,总结设备状态变化趋势,具有综合性、先进性、高效性、实时性等特点,为“数字化”重载铁路的代表性装备,用于指导基础设施维护养护,延长基础设施使用寿命和确保安全运营。

第一节 重载综合检测车研发背景及过程

一、朔黄铁路发展有限责任公司基本概况

朔黄铁路发展有限责任公司(以下简称朔黄铁路公司)成立于1998年2月18日,是神华集团控股的合资铁路公司,主要负责朔黄铁路、黄万铁路、黄大铁路的运营管理和建设。

朔黄铁路是我国“西煤东运”第二条通道的重要组成部分,是目前已投入运营的投资规模较大、技术装备先进的重载铁路。该铁路西起山西省神池县神池南站,东至河北省黄骅市黄骅港站,正线总长594 km,属国家Ⅰ级、双线电气化重载铁路。

黄万铁路位于河北省东部、天津市南部,线路南起朔黄铁路黄骅南站,北至天津港神港站,正线总长69 km,属于国家Ⅰ级、单线铁路。

黄大铁路是我国环渤海铁路的重要组成部分,线路北起朔黄铁路黄骅南站,南至益羊铁路大家洼车站,设计全长216.8 km,国家Ⅰ级、单线电气化铁路,预计2018年12月建成通车。

二、朔黄铁路公司主要设备情况

管内已建成投入运营线路正线最小曲线半径400 m,上行最大限制坡度4‰、下行12‰,上行线为75 kg/m跨区间无缝线路,下行线为60 kg/m标准轨,共有隧道77座、桥梁411座;接触网3 000条换算公里,设15个牵引变电所、14个分区所、1个开闭所,1个配电所;信号设备共计43个站场;通信设备共计45站,其中通信站3站,中间站通信机械室42站,长途光缆线路783.135皮长公里,长途电缆线路771.755皮长公里;全线布置双向下探红外线轴温探测设备24套、单向下探红外线轴温探测设备9套。

三、重载综合检测车的研发背景

朔黄铁路自2000年5月18日开通,当年运量547万t,自运营以来运量快速增长,2014年完成运量2.53亿t。

随着运输量的持续增长,列车密度增大,轴重增加,铁路基础设施病害增多,而重载铁路大运量、大密度的运输,留给基础设施检修的时间十分有限,运输与维修的矛盾凸显。为适应新形势、新发展,在运量不断增长的情况下确保基础设施状态良好,朔黄铁路公司对基础设施检修维护模式进行创新,力求实现“动态检测、静态监控、综合分析、立体养护、状态检修、寿命管理”的重载铁路检修维护模式。

全面、及时、准确地掌握设备状态和设备质量变化的客观规律,实时评价设备质量,准确进行设备安全评估,是检修模式变革的前提。现行以人工检测为主的静态检测方式用人多、效率低,不但检测手段单一、运输资源占用多、对运输生产影响大,且人身安全系数低,必须加大科技投入,利用动态综合检测设备进行设备质量评价和安全状态评估,保障铁路运输生产安全。

自 20 世纪 70 年代开始,国外已开始研发高速综合检测车,国内 2008 年成功研发 0 号综合检测车。综合检测车对高速铁路基础设施进行定期检测、等速检测和综合检测,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指标。相对于高速铁路而言,重载铁路大轴重、大密度、大运量、长编组的特点,使得铁路基础设施状态变化周期缩短、损伤破坏加快、恶化程度加剧、安全风险升高,更需要研发重载综合检测车进行周期性检测。

朔黄铁路公司为实现“打造国内领先、国际一流‘绿色、高效、数字化’重载铁路”的战略目标,致力于重载综合检测技术的研发。自 2009 年以来,提出重载铁路综合检测车研发方案和理念,联合中、美、英、德等国内外铁路检测主流技术供应商和科研院所共同开发,历时五年,重载综合检测车于 2014 年 1 月正式上线运用,同年 8 月通过中国铁道学会评审验收。

四、重载综合检测车的特点

1. 集成度高

重载综合检测车集成了轨道检测、钢轨超声波探伤、路基道床检测、接触网检测、信号动态检测、无线通信检测、红外线轴温探测设备检测等七大检测系统,通过数据综合分析及处理能够对各专业设备进行综合检测、分析、评判。

2. 技术先进

联合中国铁道科学研究院、英国 Ziteca 公司、美国 Sperry 公司、德国 DB 公司等国内外一流设备制造厂商和科研院所,研发了适合重载铁路的大轨检系统、综合系统、路基道床检测系统、钢轨探伤系统、接触网检测系统,统一集成安装在重载综合检测车。

3. 高效检测

综合检测车检测速度为 80 km/h,与运输列车等速,一次上线作业能够实现全部专业项目的检测,减少了运输资源占用,不影响运输秩序。

4. 分析综合

通过对同一时空轨道检测、钢轨探伤、路基道床检测、接触网检测等数据综合分析,总结归纳引起设备状态变化的真正原因,为设备维修提供依据,为查找设备病害提供可靠保证,提高设备检修效率和质量。

5. 趋势预测

通过对历史检测数据各项评价指标、统计指标的纵向对比分析,预测设备状态发展趋势,建立设备维修预警机制,杜绝设备故障的发生。

6. 病害闭环

地面数据处理系统将超限数据及时通知设备管理单位,并传送到朔黄铁路本质安全管理信息系统,在系统内生成危险源警告提示。设备管理单位对超限数据进行现场检查复核,制定整治方案,组织维修,记录整治后人工检测数据,并将以上措施在风险预控信息系统填记,下次检测时对整治效果进行复查,如合格在系统内销号,危险源警告解除,实现超限数据的闭环管理。

7. 动态展示

实现了基于 GIS 的轨道状态、大值病害查询和立体展示,综合分析 with 处理超限数据,并通过朔黄铁路公司开发的 GIS 系统实现大值病害、轨道质量状态、设备台账的综合动态直观展示。

五、重载综合检测车研制的意义

(1)实现不同专业同时检测,有效利用运输资源,减少对行车组织的干扰。对运输繁忙干线具有重要意义,具有较高的经济价值。

(2)实现不同专业同一时空数据综合分析,提高查找病害及病害整治效率。

(3)实现设备检测由人控到机控的转变,为设备维修决策提供客观、翔实的依据。

(4)通过综合分析检测数据,为设备维修提供依据,预测设备病害发展趋势,实现寿命管理,真正从“周期修”向“状态修”的转变,实现线路设备检修模式的变革。

第二节 国内外综合检测车现状

21 世纪初,日本、法国、意大利、英国等发达国家,先后研制了“East-i”、“IRIS 320”、“阿基米德”、“NMT”等高速综合检测车并投入运用,我国首列综合检测车于 2008 年投入运用。国内外综合检测车对高速铁路基础设施进行定期检测、等速检测和综合检测。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指标。通过对检测数据开展综合分析,研究基础设施状态对高速列车运行的影响及其恶化规律,指导养护维修。

一、国外综合检测车现状

1. 日本

从 1975 年开始,日本铁路先后研制了 4 列“Yellow Doctor”综合检测车(图 1-2),分

别配备东日本、东海和西日本公司,承担对所辖范围新干线的电气和轨道状态的动态检查,每列车由 7 辆车组成,最高检测速度 210 km/h。综合检测车的运行计划预先安排在列车运行计划中,每 10 天检测一次。



图 1-2 “Yellow Doctor”综合检测车

2002 年,用 E3 改造的“East-i”(图 1-3)交付使用,在东日本公司所辖新干线和既有线执行综合检测任务。“East-i”为 6 辆编组的动车组,最高检测速度 275 km/h,检测内容主要包括轨道几何参数、信号、无线通信、接触网、轮轨作用力、环境噪声等,利用转速传感器和每公里一个的地面点进行定位。



图 1-3 “East-i”综合检测车

“Yellow Doctor”和“East-i”列车上各检测单元独立工作,各检测系统具有独立的车载数据显示、记录单元。车载不对数据进行分析处理,数据通过非无线方式各自转储到相应专业部门的数据技术中心分别处理,并依靠记录图像进行人工识别,其地面分析处理、维护管理决策系统也相对独立。例如,西日本公司在小仓站附近设有小仓线路中心、小仓电力中心、小仓通信中心,负责对山阳新干线的相关数据进行分析处理,指导维修保养。

整个检测车在速度、时间和里程位置上保持同步,但是数据管理平台通用性较差。

2. 法国

法铁(SNCF)从2002年开始组织研发“IRIS 320”综合检测车(图1-4),该列车于2006年4月开始试运行,利用运行图中预留的运行线,每15天对高速线检测一次。“IRIS 320”为2动8拖共10辆编组,最高检测速度320 km/h,检测内容主要包括轨道几何参数、信号、接触网、无线通信 GSM/GSM-R、环境视频监控、转向架及车体加速度等。“IRIS 320”具有统一的测速定位及时钟信息发布系统,通过车上数据分析管理平台,各检测系统数据可集中进行综合分析并对地数据交换。



图 1-4 “IRIS 320”综合检测车

同时,SNCF 还组织同步开发了地面轨道维修管理系统 Timon,建立利用检测数据进行基础设施管理和综合维修指导体系。

3. 意大利

意大利铁路基础设施管理局(FS RFI)于1998年开始进行综合检测车前期技术条件和方案的研究,2003年“阿基米德”号综合检测车(图1-5)完成系统验收并投入检测运营,I级线路每两周检测一次,II级线路每月检测一次。该检测车由4节客车、1节机车和1节控制车组成,最高检测速度220 km/h,检测内容主要包括轨道几何参数、信号、接