

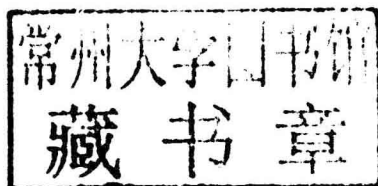
铁路重载提速货车技术

TIELU ZHONGZAI TISU HUOCHE JISHU

王春山 陈雷 编著
杨绍清 主审

铁路重载提速货车技术

王春山 陈 雷 编著
杨绍清 主审



中 国 铁 道 出 版 社

2010年·北 京

内 容 简 介

铁路货车重载提速技术包括货车走行技术、车体技术、货车纵向缓冲与连接技术、制动技术、新材料及应用技术、制造技术、数字化模拟技术、可靠性技术、试验技术等,其支撑体系包括先进的设计制造技术、完善的技术管理、标准化及信息系统等。

本书分为 11 章,全面总结了我国铁路货车重载提速技术的发展历程,科学、系统地阐述了铁路货车重载提速关键技术,同时介绍了国外铁路重载、快捷货车的发展情况。本书是第一部全面、系统论述我国铁路货车重载提速技术的书籍,许多内容为作者多年来所进行的科研成果的总结,具有创新性、规范性、服务性、资料性、系统性和理论性,对未来我国铁路重载、快捷货车技术的发展具有指导意义。

本书是从事铁路货车研发、制造、维修、应用的工程技术人员,关注中国铁路货车发展的技术人员和管理人员,大专院校的师生,系统全面地了解和掌握中国铁路货车重载提速技术的窗口,也是一本不可多得的专业技术参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

铁路重载提速货车技术/王春山,陈雷编著. —北京:中国铁道出版社,2010. 3
ISBN 978-7-113-11068-0

I. ①铁… II. ①王…②陈… III. ①铁路车辆:货车-重载运输-行车速度 IV. ①U272

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 027906 号

书 名:铁路重载提速货车技术

作 者:王春山 陈 雷 编著

责任编辑:薛 淳 韦和春 聂清立 王明容 王风雨

编辑助理:孙 楠

封面设计:郑春鹏

责任校对:张玉华

责任印制:郭向伟

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:北京铭成印刷有限公司

版 次:2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

开 本:880 mm×1 230 mm 1/16 印张:32.25 字数:1020 千

书 号:ISBN 978-7-113-11068-0

定 价:150.00 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,请与本社读者服务部调换。

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



铁路是我国国民经济的大动脉,铁路货物周转量占全国货物运输总量的 35%。我国铁路用仅占世界 6% 的营业里程,完成了世界铁路货运 25% 的运输量。我国铁路运输能力极其紧张,特别是与煤炭等能源运输有关的线路运输能力达到饱和,成为制约国民经济快速发展的“瓶颈”。在铁路客货共线条件下如何提高货运能力成为世界上没有先例的复杂难题。重载、快捷是当今世界铁路货物运输的发展方向。以美国、加拿大、澳大利亚、南非、巴西等国家为代表,其铁路以货物运输为主,线路条件好,主要发展大轴重的重载运输,货车轴重大、载重高、速度低,列车编组辆数多、运行密度小。以法国、德国等为代表的欧洲国家铁路以客运为主,为满足特定货物的运输要求而大力发展快捷运输,货车轴重小、载重轻、速度高,列车编组辆数少。

我国 1998 年开始研究 120 km/h 转向架及货车技术,2000 年 P₆₅ 型行包快运棚车在固定线路以 115 km/h 速度开行五定班列;2002 年全面开始新造 120 km/h 货车,2004 年既有货车通过换装转 K2 型转向架开始 120 km/h 提速改造,2008 年我国铁路 60 余万辆货车已全面迈上了 120 km/h 台阶,成为世界上 120 km/h 货车技术最成熟、应用最广泛的国家。2004 年、2006 年 25 t 轴重的 C₈₀ 型铝合金、C_{80B} 型不锈钢系列运煤专用敞车分别在大秦线投入运用,并开行了 2 万 t 重载组合列车,大秦线实现了年运量 1 亿 t、2 亿 t、3 亿 t、3.4 亿 t 的跨越;以 C₇₀ 型敞车为代表的 23 t 轴重 70 t 级系列货车于 2006 年全面投产;2003~2006 年,世界上规模最大、距离最长、车型最全的 120 km/h 环行线可靠性试验研究顺利完成;货车制造三大工艺创新技术全面应用,我国铁路货车制造技术水平和产品质量大幅提升。中国铁路货车在客货共线运营、安全可靠要求高的条件下,实现了速度、密度、重量同步提升,走出了一条具有中国特色的提速、重载并举发展之路,满足了我国国民经济又好又快发展的要求。

铁路货车重载提速技术包括货车走行技术、车体技术、货车纵向缓冲与连接技术、制动技术、新材料及应用技术、制造技术、数字化模拟技术、可靠性技术、试验技术等,其支撑体系包括先进的设计制造技术、完善的技术管理、标准化及信息系统等。本书全面总结了我国铁路货车重载提速技术的发展历程,科学、系统地阐述了铁路货车重载提速关键技术,同时介绍了国外铁路重载、快捷货车的发展情况。该书是第一部全面、系统论述我国铁路货车重载提速技术的书籍,许多内容为编者多年来所进行的科研成果的总结,具有创新性、规范性、服务性、资料性、系统性和理论性,对未来我国铁路重载、快捷货车技术的发展具有指导意义。本书是从事铁路货车研发、制造、维修、应用的工程技术人员,关注中国铁路货车发展的技术人员和管理人员,大专院校的师生,系统全面地了解和掌握中国铁路货车重载提速技术的窗口,也是一本不可多得的专业参考书籍。

青岛四方车辆研究所有限公司、齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司、南车长江车辆有限公司、南车二七车辆有限公司、南车眉山车辆有限公司、西安轨道交通装备有限责任公司、太原

轨道交通装备有限责任公司、包头北方创业股份有限公司、中国铁道科学研究院、北京交通大学、西南交通大学、同济大学、大连交通大学等单位为本书的编写在人员、资料等方面给予了大力支持。

本书的编写,是在那些曾经从事铁路货车技术和管理工作的同志们多年沉淀、积累的基础上完成的,尽管他们没有亲自参加编写,但他们当年编制的技术管理文件和保存的珍贵背景材料,丰富了本书的内容;田缙谟、谈大同、宋凤书、陈伯施等老领导对铁路货车技术和管理快速发展发挥了重要的领导作用。在此表示衷心的感谢!

本书由铁道部运输局装备部杨绍清主审,王春山、陈雷编著。参加编写人员:铁道部运输局装备部余明贵、刘吉远、赵长波、黄毅、周磊;青岛四方车辆研究所有限公司王凤洲、曹志礼、刘宏友、田葆栓、胡洪涛、刁克军、汤劲松;齐齐哈尔轨道交通装备有限责任公司于跃斌、于维、王胜坤、李立东、崔英俊;南车长江车辆有限公司李加良、刘文亮、焦辉、王宝磊;南车二七车辆有限公司兰叶、于世明;南车眉山车辆有限公司朱迎春、李亨利、邓兴伟;西安轨道交通装备有限责任公司金耀辉、侯军;太原轨道交通装备有限责任公司刘文胜、谢剑锋;包头北方创业股份有限公司李建国、何立文、刘齐泰;中国铁道科学研究院陶强、王成国、王新锐、王京波、马大炜;北京交通大学李强、龚卓蓉、谢基龙;西南交通大学王勇;同济大学胡用生;大连交通大学万朝燕。

由于经验和水平有限,书中难免存在错误和疏漏之处,恳请广大读者和业内人士批评指正,并及时将使用中发现问题告知我们。

作 者

目 录



1 绪 论	1
1.1 我国铁路重载提速运输的创新发展	1
1.2 我国铁路货车的发展	2
1.2.1 我国铁路货车发展历程	2
1.2.2 铁路货车重载提速取得的主要成果	2
1.2.3 走向国际市场的中国铁路货车	3
1.3 铁路货车重载提速关键技术	4
1.4 重载提速技术支撑体系	4
1.4.1 标准体系	4
1.4.2 试验与评价	5
1.4.3 信息化及技术管理	5
参考文献	5
2 走行技术	6
2.1 概 述	6
2.1.1 重载提速转向架技术的突破	6
2.1.2 我国铁路货车转向架发展历程	7
2.2 抗菱技术	10
2.2.1 抗菱刚度与车辆动力学性能的关系	10
2.2.2 三大件货车转向架抗菱刚度分析	12
2.2.3 交叉支撑转向架	15
2.2.4 摆动式转向架	26
2.3 低动力技术	40
2.3.1 低动力技术理论	40
2.3.2 轮对弹性定位技术	45
2.3.3 减振悬挂技术	53
2.3.4 摆动式转向架降低轮轨动力作用的分析	58
2.3.5 径向技术	60
2.4 转向架与车体连接技术	71
2.4.1 连接参数与车辆动力学性能的关系	71
2.4.2 心盘连接技术	72
2.4.3 弹性常接触旁承技术	75
2.5 轮轴技术	78
2.5.1 车轮技术	78
2.5.2 车轴技术	84

2.5.3 轴承技术	89
参考文献	92
3 车体技术	94
3.1 概 述	94
3.2 车体承载技术	94
3.2.1 承载方式	94
3.2.2 纵向力的传递	95
3.2.3 车体刚度	96
3.3 轻量化技术	97
3.3.1 必要性和设计原则	97
3.3.2 敞车的轻量化	98
3.3.3 其他车型的轻量化	99
3.4 车体防腐技术	101
3.4.1 表面处理	101
3.4.2 预涂底漆	102
3.4.3 涂 料	102
3.4.4 防电化学腐蚀(锌铬涂层)	104
3.5 车体新结构	106
3.5.1 70 t 级货车共有新结构	106
3.5.2 70 t、80 t、100 t 级敞车特有新结构	107
3.5.3 70 t 级棚车新结构	118
3.5.4 双层集装箱平车、70 t 级平车-集装箱共用车新结构	120
3.5.5 70 t 级罐车新结构	125
3.5.6 70 t 级漏斗车新结构	131
3.6 车辆装卸技术	137
3.6.1 敞车的装卸性能	138
3.6.2 棚车的装卸性能	146
3.6.3 罐车的装卸性能	147
3.6.4 漏斗车的装卸性能	150
参考文献	154
4 货车纵向缓冲与连接技术	155
4.1 概 述	155
4.1.1 重载提速货车对连接技术的要求	155
4.1.2 中国铁路货车车钩缓冲装置发展历程	156
4.2 重载提速货物列车纵向动力学	158
4.2.1 重载列车纵向动力学的研究方法	158
4.2.2 重载列车纵向动力学的仿真计算模型	159
4.2.3 仿真计算在大秦线重载运输的应用	161
4.2.4 编组方式对重载组合列车纵向动力学的影响	166
4.2.5 大秦线重载组合列车长大下坡道安全运行的仿真计算	167
4.2.6 新型技术装备对重载列车纵向动力学性能影响的研究	173
4.3 重载货车缓冲器冲击性能的数字试验研究	177
4.3.1 缓冲器冲击试验的数字模型	177

4.3.2	缓冲器参数对其阻抗特性的影响分析	179
4.3.3	不同缓冲装置重载列车的纵向力	180
4.4	车钩、钩尾框和牵引杆	183
4.4.1	13 系列车钩和钩尾框	184
4.4.2	16、17 型联锁车钩和钩尾框	188
4.4.3	牵引杆	197
4.5	缓冲器	200
4.5.1	MT-2 型缓冲器	200
4.5.2	HM 系列缓冲器	201
4.5.3	HN-1 型缓冲器	202
	参考文献	203
5	制动技术	205
5.1	概 述	205
5.1.1	制动技术的发展概况	205
5.1.2	重载、提速制动技术应解决的主要问题	207
5.2	货车空气制动控制技术	210
5.2.1	空气制动控制与列车制动能力	210
5.2.2	空气制动控制与列车纵向力	212
5.2.3	空气制动控制与长大下坡道列车操纵	213
5.2.4	通用性及混编性能	216
5.2.5	空气控制阀与检修、运用	219
5.2.6	120/120-1 型货车空气控制阀	219
5.2.7	空重车自动调整装置	228
5.2.8	旋压密封式制动缸	232
5.3	基础制动技术	234
5.3.1	高摩擦系数合成闸瓦	234
5.3.2	转向架基础制动装置	251
5.3.3	ST2-250 型双向闸瓦间隙自动调整器	257
5.4	脱轨自动制动技术	260
5.4.1	脱轨制动装置作用原理	260
5.4.2	脱轨制动装置结构简介	261
5.4.3	脱轨制动装置的特点	262
	参考文献	263
6	新材料及其应用	265
6.1	概 述	265
6.1.1	采用新材料的目的	265
6.1.2	新材料的应用及效果	265
6.1.3	货车用材料的发展历程	266
6.2	高强度耐候钢	266
6.2.1	耐候钢的发展历程	266
6.2.2	耐候钢的牌号及化学成分	267
6.2.3	耐候钢的性能	268
6.2.4	耐候钢在 70 t 级货车上的应用	270

6.3 不 锈 钢	273
6.3.1 不锈钢材料货车发展历程	273
6.3.2 牌号及化学成分	274
6.3.3 材料性能	275
6.3.4 不锈钢材料在 C _{80B} 型不锈钢运煤敞车上的应用	277
6.4 铝 合 金	278
6.4.1 铝合金材料在铁路货车上的应用历程	278
6.4.2 牌号表示方法和状态代号	278
6.4.3 化学成分	279
6.4.4 材料性能	279
6.4.5 铝合金材料在 C ₈₀ 型铝合金运煤敞车上的应用	280
6.5 低合金铸钢(B+、C、E 级铸钢)	281
6.5.1 B+、C、E 级铸钢化学成分	282
6.5.2 B+、C、E 级铸钢力学性能	283
6.5.3 B+、C、E 级铸钢的热处理工艺	283
6.5.4 低合金铸钢在铁路货车上的应用	284
6.6 复合材料	285
6.6.1 定义和分类	285
6.6.2 性能特点	285
6.6.3 复合材料在铁路货车上的应用	286
6.7 非金属材料	288
6.7.1 分类及性能特点	288
6.7.2 非金属材料铁路货车配件	289
参考文献	290
7 制造与检测技术	291
7.1 概 述	291
7.2 整体芯铸造技术	291
7.2.1 货车摇枕、侧架铸造工艺的发展	292
7.2.2 摇枕、侧架传统铸造工艺	293
7.2.3 货车摇枕、侧架整体芯铸造技术	296
7.2.4 摇枕、侧架整体芯配套技术	301
7.2.5 实施效果	303
7.3 焊接技术	307
7.3.1 焊接技术的发展	307
7.3.2 货车焊接工艺	311
7.4 组装技术	316
7.4.1 转向架组装	316
7.4.2 车体组装	316
7.4.3 制动系统模块化组装	318
7.5 货车自动化生产线	320
7.5.1 轮轴生产线	320
7.5.2 转向架生产线	320
7.5.3 原材料表面处理、下料生产线	320

7.5.4	车体生产线	321
7.5.5	车体油漆喷涂线	327
7.6	检测技术	327
7.6.1	在线检测	327
7.6.2	无损检测	330
7.7	精益制造	335
7.8	小 结	336
	参考资料	336
8	数字化模拟技术	337
8.1	三维实体设计	337
8.1.1	三维实体设计的特点	338
8.1.2	三维实体设计方法	338
8.1.3	三维设计示例	351
8.2	货车车体结构优化设计	360
8.2.1	结构优化设计基本概念	360
8.2.2	货车结构的优化设计方法	361
8.2.3	货车结构优化设计示例	366
8.3	车辆动力学性能仿真分析	371
8.3.1	车辆动力学仿真技术的发展	371
8.3.2	车辆多体系统动力学研究方法	372
8.3.3	车辆动力学主要仿真软件	374
8.3.4	货车动力学仿真计算示例	375
8.3.5	仿真结果与试验结果的对比分析	381
8.4	工艺模拟设计	384
8.4.1	工艺模拟设计的基本概念	384
8.4.2	工艺模拟设计的方法	385
8.4.3	工艺模拟设计实例	388
8.5	三维实时交互仿真技术在货车系统中的应用	396
8.5.1	系统流程	397
8.5.2	三维图形实时绘制优化设计	399
8.5.3	碰撞检测方案设计	400
8.5.4	三维实时交互仿真系统构建方法	400
8.5.5	三维交互平台运行实例	400
8.5.6	三维交互仿真特点	402
	参考文献	402
9	疲劳可靠性技术	404
9.1	概 述	404
9.2	疲劳可靠性设计	404
9.2.1	线性累积损伤理论	404
9.2.2	影响疲劳强度的因素	405
9.2.3	疲劳设计方法	406
9.2.4	车体结构疲劳分析示例	408
9.2.5	摇枕和侧架的疲劳寿命分析示例	413

9.3 疲劳试验	417
9.3.1 疲劳试验概念	417
9.3.2 摇枕、侧架的疲劳试验方法	418
9.3.3 交叉支撑装置、弹簧托板、副构架疲劳试验	422
9.3.4 制动梁疲劳试验	425
9.4 载荷谱试验研究	426
9.4.1 载荷谱概述	426
9.4.2 载荷谱测试工况	427
9.4.3 载荷时间历程的实测	427
9.4.4 雨流计数法	427
9.4.5 C ₇₀ 型通用敞车载荷谱的测试	428
9.5 疲劳可靠性技术研究的展望	438
参考文献	439
10 试验技术	440
10.1 概 述	440
10.2 我国铁路货车运行安全可靠性试验基本内容	440
10.2.1 型式试验	440
10.2.2 综合及专项试验	441
10.2.3 重载提速货车环行线可靠性试验	441
10.3 铁路货车型式试验评价标准及内容	442
10.3.1 静强度试验	442
10.3.2 冲击试验	442
10.3.3 动力学性能鉴定试验	443
10.4 环行线可靠性试验	448
10.4.1 试验目的与流程	448
10.4.2 试验特点	448
10.4.3 试验方法	449
10.4.4 试验结果分析及评价	453
10.4.5 试验结论	482
10.5 线路运行提速综合试验及专项试验	483
10.5.1 试验目的	483
10.5.2 试验方法	483
10.5.3 试验结果	485
10.6 影响动力学性能的关键参数测试	489
10.6.1 心盘、旁承回转摩擦阻力矩测试	490
10.6.2 转向架抗菱刚度测试	490
10.6.3 转向架抗剪刚度测试	490
10.6.4 转向架相对摩擦系数测试	491
10.6.5 转向架耐磨材料摩擦副摩擦系数的测试	492
参考文献	493
11 重载提速货车技术的发展与展望	494
11.1 国外铁路重载、快捷运输	494
11.1.1 国外铁路货运体系	494

11.1.2 国外铁路重载运输发展特点..... 494

11.1.3 国外铁路货车技术现状..... 496

11.2 国内外货车发展影响因素分析..... 497

11.2.1 运营里程..... 497

11.2.2 线桥条件..... 498

11.2.3 站场长度与信号区间..... 498

11.2.4 机车车辆限界..... 498

11.2.5 气候条件与车辆配属..... 498

11.2.6 客货运输模式..... 498

11.3 我国铁路重载货车发展展望..... 498

11.3.1 客货分线后我国铁路货车发展要求..... 499

11.3.2 重载货车技术目标..... 500

参考文献..... 501

结 束 语..... 502

1.1 我国铁路重载提速运输的创新发展

重载、快捷是当今世界铁路货车的发展方向,是提高铁路货运能力和综合经济效益的有效途径。以美国、加拿大、澳大利亚、南非、巴西等为代表的国家铁路以货物运输为主,线路条件好,主要发展大轴重重载运输,货车轴重大、载重高、速度低,列车编组辆数多、运行密度小。以法国、德国等为代表的欧洲国家铁路以客运为主,为满足特定货物的运输要求而大力发展快捷运输,货车轴重小、载重轻、速度高,列车编组辆数少。世界各国的重载、快捷运输都取得了巨大的经济效益和社会效益。

铁路是我国国民经济的大动脉,全国铁路 90% 以上的货运运力用于保障关系国计民生的重点物资等运输,全国 85% 的木材、85% 的原油、80% 的钢铁及冶炼物资、60% 的煤炭、大量的“三农”物资等运输是由铁路完成的^[1]。2000 年以前,我国铁路的运营里程不足 7.8 万 km,仅占世界铁路总里程的 6%;干线铁路主要为 60 kg/m 钢轨,桥梁设计制造载荷约为美国 E-80 标准载荷的 70%,与国外相比,桥梁承载能力较低;线路信号区间小,列车运行闭塞分区短,严格限制列车的制动距离;客货共线运行,运输密度大,对货车可靠性要求高。1990 年以来,社会需求对铁路客货运输的需求快速增长,铁路货运每天完成的装车量不到社会需求的 1/3,许多繁忙干线运输能力紧张,特别是与煤炭等能源运输有关的线路运输能力达到饱和,成为制约国民经济快速发展的“瓶颈”。

在上述条件下,如何提高我国铁路货运能力成为一个世界上没有先例的复杂难题。1998 年,我国开始研究 120 km/h 提速转向架及货车技术,1999~2000 年,成功推出 P₆₅ 型行包快运棚车,在杭州北至乌鲁木齐、昆明至哈尔滨等固定线路以 115 km/h 速度运行,当年即创造了巨大的经济效益。2002 年,全面开始制造 120 km/h 货车,2004 年既有货车开始换装转 K2 型转向架 120 km/h 提速改造,2008 年我国铁路 60 余万量货车已全面迈上了 120 km/h 台阶,成为目前世界上 120 km/h 货车技术最成熟、应用最广泛的国家。

2003~2006 年,在 120 km/h 提速货车技术基础上,为进一步提高大秦线运输能力,成功推出了 25 t 轴重的 C₈₀ 型铝合金、C_{80B} 型不锈钢系列运煤专用敞车;为进一步提高通用线路的运输能力,成功研制了以 C₇₀ 型敞车为代表的 23 t 轴重 70 t 级系列货车,并于 2006 年全面投产。配套研发了高性能转向架、新型车钩连接缓冲装置及空气控制阀等关键技术;开展了世界上规模最大、距离最长、车型最全的 120 km/h 环形线可靠性试验研究;创新并应用世界先进的三大工艺新技术(B+级钢摇枕、侧架整体芯铸造、不锈钢焊接、制动系统模块化组装等),延长了货车检修周期。我国铁路货车技术达到了世界先进水平。

我国铁路经过十年的创新与发展,在客货共线运营、安全可靠要求高的条件下,实现了速度、密度、重量同步提升,走出了一条具有中国特色的提速、重载并举发展之路。在全国铁路统一技术管理模式下,重载提速货车技术全面推广应用,铁路货运能力迅速提高,我国铁路用仅占世界 6% 的里程,完成了世界铁路货运 25% 的换算周转量^[2]。这标志着我国铁路货车重载提速技术及其支撑体系已进入世界先进行列,多项关

键技术达到了世界先进水平,满足了国民经济又好又快发展的需要。

1.2 我国铁路货车的发展

1.2.1 我国铁路货车发展历程

1949年新中国成立后,我国铁路货车的设计、制造经历了两个发展阶段、实现了三次大的升级换代。第一阶段是从1949年至1957年的仿制国外产品阶段,第二阶段是从1957年至今的自行设计、自主创新阶段。我国铁路货车三次大的升级换代如下:

(1)1956~1957年,新中国第一个自主设计、载重50 t的 P_{13} 型棚车诞生,载重30 t货车在我国全面停产,标志着我国铁路货车实现了载重由30 t级向50 t级的第一次升级换代。这一时期,我国铁路货车主要采用滑动轴承、K型三通阀和2号车钩,车体材料为普通碳素结构钢,钢木混合结构,车辆自重大、承载能力低。

(2)1976~1978年,载重60 t的 C_{62A} 型敞车落成和载重50 t级货车在我国全面停产,标志着我国铁路货车实现了载重由50 t级向60 t级的第二次大的升级换代。这一时期,转8A型转向架研制成功,推广采用滚动轴承、103型空气分配阀和13号车钩,车体材料采用了耐候钢,车辆承载能力和性能有了较大提升,车辆商业运营速度空车70 km/h、重车80 km/h,列车编组一般不超过5 000 t。

(3)2003~2006年, C_{80} 、 C_{70} 等载重80 t级运煤专用敞车、70 t级通用货车研制成功,120 km/h货车技术全面应用,载重60 t级货车全面停产,标志着我国铁路货车实现了载重由60 t级向70 t级和80 t级,时速由空车70 km、重车80 km向120 km的第三次大的升级换代。随着第三次升级换代,铁路货车在速度、载重和技术性能上有了质的飞跃。转K2、转K4、转K5、转K6等轴重21 t、25 t的120 km/h转向架全面应用。通用货车普遍采用120型空气控制阀、17型高强度车钩、Q450NQR1高强度耐候钢车体材料。大秦线专用货车采用120-1型空气控制阀、16型和17型高强度车钩或铝合金不锈钢车体材料。车辆综合技术性能达到了世界先进水平,实现了专用线列车牵引2万 t、通用线列车牵引5 000 t~1万 t的重载运输。

1.2.2 铁路货车重载提速取得的主要成果

(1)载重80 t级专用货车实现了2万 t重载组合列车运输

2003年以来,大秦线重载货车技术快速提升,从轴重21 t、载重60 t的 C_{63A} 型敞车升级为轴重25 t、载重80 t的 C_{80} 型铝合金、 C_{80B} 型不锈钢运煤专用敞车;车辆商业运营速度达到了100 km/h,并具有120 km/h的能力储备;采用了铝合金或不锈钢车体,具有世界先进水平的转K6、转K5型转向架,120-1型空气控制阀,16、17型车钩、RFC型牵引杆及大容量缓冲器;车辆按运行里程检修,配件实行寿命管理。截至2008年底,大秦线 C_{80} 型铝合金、 C_{80B} 型不锈钢运煤专用敞车达到2.84万辆,不锈钢货车数量居世界第一。性能先进的载重80 t级专用货车的问世,为大秦铁路重载运输提供了优良的装备保障。2万 t重载组合列车的开行^[2],使大秦线实现了年运量2003年1亿 t、2005年2亿 t、2008年3.4亿 t的跨越,标志着我国重载铁路货车技术已经跨入了世界先进行列。

(2)通用货车全面向70 t级升级换代

从2006年开始,载重60 t货车停止生产,全面生产时速120 km、载重70 t新型货车,新造通用货车实现了由载重60 t级向70 t级全面升级换代。70 t级新型货车与载重60 t级货车相比,载重增加了17%;车体材料采用屈服强度450 MPa高强度耐候钢,许用应力提高了30%;车体纵向承载能力从2 250 kN提高到2 500 kN,满足了1万 t编组列车纵向力的要求。70 t级新型货车“时速120 km、轴重23 t、载重70 t、列车编组5 000~10 000 t”四大技术指标同步集成,适应了中国铁路“客货共线、高效周转、安全第一”的特殊条件和要求,货物运输能力大幅提升。

(3)开行双层集装箱车专列

2004年4月18日, X_{2K} (X_{2H})型双层集装箱班列正式投入商业运营,在北京至上海、郑州至青岛等干线

运行,填补了我国双层集装箱运输空白,标志着我国集装箱运输进入了一个崭新阶段。 $X_{2K}(X_{2H})$ 型双层集装箱平车轴重 25 t、载重 78 t、商业运营速度 120 km/h、重心高 2 400 mm,充分利用线路的上部限界条件,实现了在电气化线路条件下集装箱双层运输,与单层集装箱平车相比,集装箱装载能力提高 40% 以上。

(4) 货车 120 km/h 提速改造全面完成

自 2004 年开始,通过换装转 K2 型转向架及配套改造制动系统、上心盘和上旁承等项技术对原有 60 t 级货车实施提速改造,货车运行速度由 70~80 km/h 提高到 120 km/h。到 2008 年底,既有货车提速改造工作全面完成,满足 120 km/h 商业运营要求的铁路货车达到 60 余万辆。在较短的时间内,我国铁路货车整体技术水平实现了快速提升,适应了铁路运输能力的大幅增长需求,为迅速缓解铁路运输紧张局面提供了强有力的支持。

(5) 制造工艺技术得到全面提升

全面推广应用新技术、新工艺、新装备、新材料,建成了车体焊接、转向架组装、大部件铸造、轮对加工组装等先进生产基础工艺线;广泛采用机械手、数控设备、柔性化制造装备等先进的生产手段,形成了我国铁路货车专业化、规模化的生产能力;2006 年以来,以 B+ 级钢摇枕侧架整体芯铸造、不锈钢焊接、制动系统模块化组装为代表的工艺技术创新与应用,使我国铁路货车制造技术、产品质量有了质的飞跃,货车生产开始向精益化转变,为铁路装备现代化和快速发展提供了有力保障。

1.2.3 走向国际市场的中国铁路货车

我国的铁路货车产品出口始于 20 世纪 60 年代初,出口主要对象为斯里兰卡、坦桑尼亚、赞比亚、阿尔巴尼亚等国家。20 世纪 80 年代初至 90 年代初中期,随着我国改革开放和市场经济的发展,铁路货车产品陆续出口到缅甸、泰国、尼日利亚等市场,这一时期的出口铁路货车应用了国内铁路货车技术进步取得的成果,但总体技术水平与先进国家产品还有较大差距。

随着我国铁路货车技术的快速发展和提高,中国铁路货车的国际竞争能力大幅提升。1998 年,我国向澳大利亚整机出口 C_2 型集装箱平车和 C_{35} 型粮食漏斗车,首次实现铁路货车整机出口发达国家,标志着我国铁路货车出口进入了一个崭新的阶段。近十年来,我国已累计向澳大利亚、巴西、新西兰、沙特、哈萨克斯坦等三十多个国家,出口了四十多个品种、近万辆铁路货车产品,实现了批量出口,展示了中国铁路货车的综合实力。我国出口铁路货车的成就主要体现在:

(1) 大轴重铁路货车技术达到了世界先进水平。批量出口澳大利亚的 35.7 t 轴重矿石车,采用不锈钢车体、高强度车钩、锻造钩尾框、高性能转向架,车辆自重 22 t、载重 120.8 t,列车编组 3.4 万 t 运行;出口澳大利亚的 40 t 轴重矿石车,采用电空制动、单元制动转向架等先进技术,采用不锈钢或耐候钢车体,车辆自重 21.7~22.7 t、载重 138.3~137.3 t,列车编组 3 万~4 万 t 运行,满足了国外特殊运用条件的要求。

(2) 产品种类多样,满足了个性化需求。整机产品涵盖不同轨距、不同轴重的敞车、棚车、平车、罐车、漏斗车和集装箱车等多种专用车辆。出口货车轨距包括 1 000 mm、1 067 mm、1 435 mm、1 520 mm、1 600 mm 等,轴重包括 21 t、25 t、29.8 t、32.43 t、35.7 t、40 t 等系列,摇枕、侧架、高强度车钩、锻造钩尾框、大容量缓冲器、空气控制阀等车辆配件实现出口,中国铁路货车产品及相关技术在国外较大范围内得到应用。

(3) 中国铁路货车技术标准在国际上逐步得到推广。多年实践证明,采用我国铁路货车相关标准设计、制造的出口铁路货车,满足了国外运用要求。我国的技术标准逐渐得到了国外用户认可,这些标准与国外先进标准处于相当水平,尤其是摇枕、侧架、高强度车钩、锻造钩尾框、大容量缓冲器等考核标准处于世界先进水平。

从我国铁路货车出口的发展历程可以清晰地看到,国内铁路货车的技术进步为出口货车奠定了坚实的技术基础,而铁路货车产品的出口也促进了国内铁路货车技术的进一步提升。近年来,实现出口的国内铁路货车制造企业逐步增多,凸显了在统一技术管理政策指导下,我国铁路货车制造业综合实力的快速、全面提升,中国已经成为世界铁路货车制造业的主要力量。随着客货分线后重载提速技术的进一步发展,铁路货车将从装备出口向技术出口转变,推进世界铁路货车技术快速发展。

1.3 铁路货车重载提速关键技术

铁路货车重载提速关键技术主要包括货车走行技术、车体轻量化及新材料技术、货车纵向缓冲与连接技术、制动技术和制造工艺技术等,各项关键技术同步提升和系统集成,使中国铁路货车轴重、载重、运行速度和列车牵引重量等综合技术性能实现了新突破。

(1) 走行技术

采用交叉支撑、摆动式和副构架式转向架,通过轮对弹性定位和侧架弹性连接技术、侧架摆动技术和轮对径向控制技术的应用与完善,降低了轮轨动作力,减少钢轨磨耗和线路损坏,使我国铁路货车运行速度由 70~80 km/h 提高到 120 km/h、轴重由 21 t 提高到 23~25 t,车辆运行稳定可靠;采用高分子复合材料的组合式斜楔、常接触弹性旁承和心盘磨耗盘,减轻了磨耗部位的磨耗,方便运用和检修。

(2) 车体轻量化和新材料技术

采用不锈钢、铝合金和屈服强度为 450 MPa 的高强度耐候钢等新材料,创新研发不同断面冷弯型钢技术,优化车体结构设计,应用非金属材料配件,实现了车体轻量化,降低了自重系数,提高了有效载重,提升了车辆运输能力,增加了综合经济效益。

(3) 货车纵向缓冲与连接技术

采用 16、17 型高强度车钩提高车辆连接强度和防分离性能,提高车辆连接可靠性;创新研发应用锻造钩尾框技术,大幅提升钩尾框的疲劳寿命。采用牵引杆、大容量缓冲器等技术减小车辆纵向连接间隙,与机车同步操纵系统和 120-1 型空气控制阀制动装置配套,降低列车纵向冲动,满足了 2 万 t 重载列车运行要求。

(4) 制动技术

120 型或具有常用加速制动功能的 120-1 型空气控制阀,配套 KZW-A 型无级空重车自动调整装置、旋压密封式制动缸、闸瓦间隙自动调整器、新型高摩合成闸瓦、新型组合式制动梁、不锈钢管系、嵌入式风缸等,干线列车满足商业运营速度 120 km/h、牵引重量 5 000~1 万 t;同时,大秦线列车采用同步操纵系统和牵引杆技术,满足商业运营速度 100 km/h、牵引重量 2 万 t 的制动性能要求,有效降低了长大货物列车纵向冲动。

(5) 制造工艺技术

B+级钢摇枕侧架整体芯铸造、不锈钢焊接、制动系统模块化组装三大新工艺的应用,使中国铁路货车制造工艺技术、产品质量、管理水平有了质的飞跃,为中国铁路货车精益制造模式奠定了重要基础;以转向架和 120 阀为重点的精益制造实施,推进了中国铁路货车制造和管理创新,铁路货车制造质量全面提升。摇枕、侧架、车钩和钩尾框等大部件应用高能射线 DR 成像及工业 CT 检测技术进行内部缺陷检测,车轴和轮对加工组装实现在线自动检测、内部超声波检查,转向架交叉支撑装置组装等采用在线正位检测,涡流和磁记忆检测等技术逐渐应用于重要零配件检测,提高了产品安全可靠性。

1.4 重载提速技术支撑体系

重载提速货车技术以试验与评价、标准体系、信息化与技术管理等支撑体系为依托,促进了走行技术、车体轻量化及新材料技术、车辆连接技术、制动技术和制造工艺技术等关键技术的发展,形成了载重 70 t 级、80 t 级重载提速系列货车产品。

1.4.1 标准体系

通过试验室试验、线路试验、环行线试验等,逐步完善了我国铁路货车强度、冲击等各项考核标准,应用计算机辅助设计和大型综合软件仿真分析,形成了包括计算分析、试验台评估、综合线路试验等在内的铁路货车评价体系;形成了包括铁路货车设计、制造、试验评估、运用、检修、安全保障等方面,以国家标准、铁道行

业标准、企业标准及铁道部颁布相关技术要求等为主体的铁路货车标准体系,有效指导我国铁路货车技术的全面发展。

1.4.2 试验与评价

2003 年底至 2007 年,在北京环行试验基地对载重 60 t 级提速货车、70 t 级通用货车和 80 t 级运煤专用货车等车型货车,进行了 35.2 万 km、持续运行速度 120 km/h 的可靠性试验研究,全面测试了车辆 120 km/h 运行稳定性、关键配件的可靠性和对线路的影响,系统研究了车辆各部件参数匹配、磨损限度,验证了中国提速、重载货车的可靠性。

在提速重载货车的技术创新过程中,对敞车、棚车、平车、罐车、漏斗车等车型提速、重载货车进行了上百次的线路动力学性能试验;在对摇枕、侧架、制动梁、交叉杆等零部件进行的多次线路动应力测试研究基础上,在京秦线、大秦线开展了车辆载荷谱测试;为系统验证既有提速货车和新型货车对各种线路条件的适应性,在胶济线、京秦线、遂渝线及陇海线等进行了大规模的线路综合性试验。

全面采用三维设计,应用结构强度分析、疲劳寿命分析、动力学性能仿真分析和工艺模拟分析方法,通过试验验证,优化设计结构,缩短研发周期,提高产品可靠性。

1.4.3 信息化及技术管理

持续推进车辆信息化建设,全面应用铁路货车技术管理信息系统(HMIS)、铁路车号自动识别系统 AEI 设备、车辆调度信息管理系统,应用铁路货车技术基础数据库管理系统,为加强铁路货车技术管理和监督考核提供科学、准确的数据支撑,形成了铁路货车设计、制造、检修、运用技术信息“信息共享、全程跟踪、统一管理”的现代化管理系统,建成了中国铁路货车现代化技术管理平台。

采取产品设计、生产、维修资质管理、产品招投标管理、产品验收管理、产品质量监督管理等主要管理方式,对铁路货车产品从设计、制造、维修、运用到产品报废的全生命周期内的各个阶段进行科学、有效管理,逐步形成了以铁路主要技术政策、铁路技术管理规程、产品型号管理、生产许可管理、产品制造技术管理、重要零部件生产资质管理、出口车过轨运输车辆技术管理、产品监督抽样验收、技术管理信息系统技术规范等为主要内容,涵盖产品设计、制造、运用、检修、检验、安全监测及信息化等方面的技术管理体系,有效保证铁路货车各项工作的有序实施,促进货车产品技术的健康快速协调发展。

经过多年的创新与实践,我国铁路货车通过自主创新、集成创新和引进消化吸收再创新,形成了“产、学、研、用”相结合的技术开发体系,铁路货车设计制造技术、产品质量、管理水平有了质的飞跃,我国铁路货车提速重载技术已跻身于国际先进行列。中国铁路未来将逐步实现客货分线,铁路货车技术将快速发展,达到世界铁路货车技术先进水平。

参 考 文 献

- [1] 刘志军. 让“人便其行、货畅其流”早日变成现实[EB/OL]. [2009-9-11]. http://www.gov.cn/jrzq/2009-09/11/content_1415512.htm.
- [2] 刘志军. 抓住难得历史机遇,加快铁路改革发展,进一步开创和谐铁路建设新局面[J]. 铁道经济研究, 2009(1): 1-14.