

● 大秦重载铁路培训系列丛书

重载铁路车辆技术

主 编 闻清良



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

大秦重载铁路培训系列丛书

重载铁路车辆技术

主 编 闻清良

副主编 王启铭

中 国 铁 道 出 版 社

2009年·北 京

内 容 简 介

本书为大秦重载铁路培训系列丛书之一。全书共分为8章,主要包括:大秦重载铁路概述、重载铁路主型货车、主型重载货车转向架、紧凑型轴承及缩短型车轴、车钩缓冲装置、制动装置、大秦重载列车走行公里统计系统、地对车安全监控预警体系。

本书可作为铁路职工培训,同时可供相关技术人员、管理干部以及从事重载铁路相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

重载铁路车辆技术/闻清良主编. —北京:中国铁道出版社,2009.11

(大秦重载铁路培训系列丛书)

ISBN 978-7-113-10609-6

I. 重… II. 闻… III. 重载铁路-铁路车辆-技术培训-教材 IV. U239.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第209123号

书 名: 重载铁路车辆技术

作 者: 闻清良 主编

责任编辑: 阚济存 电话: 010-51873133 电子邮箱: td51873133@163.com

编辑助理: 李慧君

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 孙 玫

责任印制: 金洪泽 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: 河北省遵化市胶印厂

版 次: 2009年11月第1版 2009年11月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 8 字数: 196千

印 数: 1~4 300册

书 号: ISBN 978-7-113-10609-6/U·2575

定 价: 17.00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

编委会名单

主 任： 闻清良

副主任： 杨国秀 王全献 俞 蒙 王启铭

王金虎 杨占虎

委 员： 薛建东 宁志云 刘 俊 郭善宏

高春明 赵 昕 张书军 王旭荣

邢 东 宋 刚 周毅民 李 江

主 编： 闻清良

副主编： 王启铭

策 划： 薛建东 宁志云

序

职工教育是铁路运输企业的重要基础工作。全面落实科学发展观和实现铁路又好又快的发展,对铁路职工教育管理、高技能人才培养和职工队伍建设提出了新的更高的要求。太原铁路局面对新体制、新形势、新任务、新挑战,深入贯彻“务实、高效、创新、争先”方针,始终坚持“五个不动摇”,全面推行“1233”安全工作法,牢固树立“和谐发展,人才强企”、“安全是天,教育为本”的责任意识,围绕安全生产、重载增量、深化企业改革等中心工作,规范管理,强基达标,全方位加强职工教育培训,着力提高全员的实践能力和创新能力,以素质保安全,以素质强质量,以素质上任务,以素质增效益,以素质促发展,为发展新“太铁”,实现新跨越提供了坚实的素质保障和人才支撑。

随着铁路现代化建设与发展的深入推进,运输任务的日益繁重,安全压力的不断加大,新技术、新材料、新设备、新工艺的大量运用,职工“培训—考核—使用—待遇”一体化机制的全面实施,编印一套适应铁路安全运输生产需要的职工培训教材迫在眉睫。按照路局领导“全局上下要牢固树立‘提高素质强安全’的思想,抓紧建立完整配套、针对性强、能够适应新变化、新要求的职工培训教材”的指示要求,本着方便职工学习技术业务,提升职工岗位技能水平,严格标准化作业,确保运输安全,推进整体工作,塑造铁路良好形象的主旨,我局特组织有关人员编写了5册现场实用培训教材和一套大秦重载铁路技术方面的培训教材,从而进一步完善了全局职工培训教材体系,为提高职工教育培训质量奠定基础。

本套教材多采用问答形式,由浅入深,循序渐进,通俗易懂,可作为职工全员培训、岗位动态达标和任职转岗的培训教材,也可用于职工自学。

在教材编制过程中得到了太原铁路局各业务处、室和基层站段的大力支持,在此一并表示感谢。

书中不妥之处,恳请读者指正。

太原铁路局
2009年8月

前 言

大秦铁路是我国第一条重载单元双线电气化运煤专线,全长 653 km,横贯山西、河北两省,北京、天津两市,主要承担着西煤东运任务,在缓解煤、电、油运“瓶颈”制约,促进国民经济又好又快发展中具有重要的作用。大秦铁路分两期建成,一期工程于 1985 年 1 月开工,1988 年 12 月 28 日开通运营。二期工程于 1988 年 6 月开工,1992 年 12 月 21 日开通运营。三期工程为年输送能力 1 亿 t 配套工程,1995 年开工,1997 年完成。2006 年对全线进行了 2 亿 t 扩能改造。铁路最初的设计能力为 5 500 万 t/年。

大秦铁路现属于太原铁路局。把大秦铁路建设成为世界一流的重载高效铁路,是铁道部党组贯彻落实科学发展观、加快和谐铁路建设、实施内涵扩大再生产的重大战略举措。2005 年太原铁路局成立以来,始终坚持“五个不动摇”的指导思想,全面推行“1233”安全工作法,在铁道部有关部门和兄弟单位的大力支持下,紧紧围绕大秦线的运营、建设和发展,自主创新谋发展,优化组织提效率,千方百计攻难关,使大秦线运量连续以每年增运 5000 万 t 的速度发展,2006 年完成了年运量 2.5 亿 t 目标,并成功实现了大秦公司股改上市,实现了铁路运输业在国内资本市场上市的重大突破。2007 年运量达到 3 亿 t,2008 年实现 3.4 亿 t,2009 年运输能力可达到 4 亿 t 以上。作为中国铁路改革发展的标志性、示范性和样板性工程,大秦铁路以惊人的发展速度创造了单条铁路重载列车密度最高、运输能力最大、运营效率最好的世界纪录,是目前世界上运输能力最大的重载运输铁路。

大秦铁路作为大能力的煤运通道,上游连接储煤约占全国 60% 的山西、陕西和内蒙古西部,下游辐射我国 26 个省区市以及世界 15 个国家和地区。太原铁路局充分发挥纽带作用,凝聚煤矿、港口、煤炭用户和专用铁路、地方铁路以及相邻铁路局的力量,形成了产运需直接对接、集运疏协调互动的大系统。

大秦铁路采用双线电气化重载技术,机车、车辆、工务、电务、供电、装卸设备以及运输组织均达到或接近世界先进水平。一流的设备和技術,必须拥有一流的职工队伍。太原铁路局一直非常重视职工队伍建设,把职工培训始终作为安全运输生产的先行,建立了培训—考核—使用—待遇一体化的职工培训机制,以“安全取胜、素质为本”和“职工教育是安全生产第一道关口”为思想理念,以“符合现场实际、解决实际问题、职工作业实用”为出发点和落脚点,务真求实搞好职工教育培训工作。

为进一步加强大秦重载铁路职工培训工作,提高培训质量,太原铁路局决定编写大秦重载铁路职工培训适用教材。我们根据太原铁路局教材编写要求与安排,在广泛深入现场调研的基础上,邀请太原铁路局相关业务处室和站段共同研讨编制了教材编写大纲,按照大纲确定具体编写内容,通过专家与编者共同论证大纲及内容,再次调研收集资料写出教材初稿,在专门召开的审稿会上确定修改内容最后审查定稿。

大秦重载铁路培训系列丛书全面讲述大秦铁路重载技术,体现先进性和适用性,用于大秦铁路职工培训,同时可供技术人员、管理干部以及关心大秦重载铁路的其他读者参考。

本系列教材共七册,分为《重载铁路行车技术》、《重载铁路机务技术》、《重载铁路工务技术》、《重载铁路电务技术》、《重载铁路车辆技术》、《重载铁路供电技术》、《重载铁路货运技术》。本册《重载铁路车辆技术》为系列丛书之一,由刘瑞宏统稿,刘瑞宏、牛春年编写第一章;李存海编写第二章、第三章、第四章;刘瑞宏编写第五章、第六章;李玉编写第七章;高建文编写第八章。由高辉、张军、孟敬伟审稿。本书在编写过程中得到太原铁路局相关业务处室和站段的大力支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编写时间较紧,本教材可能存在一些不足,请读者批评指正。

编 者

2009年8月

目 录

第一章 大秦重载铁路概述	1
第一节 铁路重载运输技术的发展	1
第二节 大秦重载运输概述	5
第三节 铁路重载车辆的特点	8
复习思考题	11
第二章 重载铁路主型货车	12
第一节 C _{63A} 型敞车	12
第二节 C ₇₆ 型敞车	15
第三节 C _{76A} 型敞车	18
第四节 C ₈₀ 型敞车	20
第五节 C _{80B} 型敞车	24
第六节 C _{80C} 型敞车	28
第七节 C ₇₀ 型敞车	29
复习思考题	33
第三章 主型重载货车转向架	34
第一节 2D 轴控制型转向架	34
第二节 转 K5 型转向架	37
第三节 转 K6 型转向架	41
第四节 转 K7 型转向架	46
复习思考题	50
第四章 紧凑型轴承及缩短型车轴	51
第一节 紧凑型轴承	51
第二节 缩短型车轴	58
复习思考题	61
第五章 车钩缓冲装置	62
第一节 16、17 号车钩系统组成	62
第二节 牵引杆装置	67

第三节 MT-2 型缓冲器	69
复习思考题	72
第六章 制动装置	73
第一节 120-1 型控制阀	73
第二节 空重车无级自动调整装置	78
第三节 手制动装置	87
第四节 铁道货车脱轨自动制动装置	91
复习思考题	95
第七章 大秦重载列车走行公里统计系统	96
复习思考题	99
第八章 地对车安全监控预警体系	100
第一节 货车运行故障动态图像检测系统(TFDS)	100
第二节 红外线轴温探测系统智能跟踪装置(THDS)	103
第三节 货车运行状态地面安全监测系统(TPDS)	108
第四节 滚动轴承早期故障轨边声学诊断系统(TADS)	114
复习思考题	117
参考文献	118

第一章 大秦重载铁路概述

本章主要介绍重载运输的基本概念、重载列车组织形式,国内、外重载运输发展情况,重点介绍大秦重载运输发展的历程、基本概况及重载专用车辆的特点。

第一节 铁路重载运输技术的发展

目前,货物列车重载运输技术发展迅速,几乎所有的铁路大国都开行了重载列车,重载运输技术已被国际公认是铁路货运发展的方向。我国铁路的重载运输与提速战略相配合,在客运列车大面积提速前提下,5 000 t 重载列车的开行范围已遍及五大繁忙干线,重载新线也在不断修建,推行重载运输极大地提高了我国铁路劳动生产率。

一、铁路重载运输的定义及特点

铁路重载运输是指行驶列车总重大、行驶轴重大的货车或行车密度和运量特别大的铁路运输。铁路重载运输的主要特点是:在一定的铁路技术装备条件下,扩大列车编组长度,不降低行车速度,大幅度提高列车重量,充分利用运输设施的综合能力,采用大功率内燃或电力机车(一台或多台)牵引达到一定重量标准的运输方式,发挥铁路集中、大宗、长距离、全天候的运输优势,达到增加运输能力、提高运输效率、降低运输成本的目的。

由于各国铁路运营条件、技术装备水平、发展重载运输的着眼点不一样,采用的重载列车运输类型和组织方式也各有特点。对于重载列车的重量过去并没有规定统一的标准,都是开行重载列车的国家根据各自的具体技术条件和运营需要,按照相对于普通列车的重量和长度进行确定的。

为了促进各国铁路重载运输的发展,1986 年 10 月在加拿大温哥华召开的第三届国际重载会议上,在综合各国铁路重载运输发展水平的基础上,国际重载协会(IHHA)通过了铁路重载运输的定义:线路年运量在 2 000 万 t 及其以上,列车牵引重量至少为 5 000 t,列车中车辆轴重达到 21 t。具备上述三个条件之二者,可视为铁路重载运输。

1994 年 6 月在国际重载运输年会上,对铁路重载运输的定义作了一些修改。凡具备以下三个条件之二者,可视为铁路重载运输线路:

- (1)经常、定期或准备开行总重最少为 5 000 t 的单元或组合列车。
- (2)在长度至少为 150 km 的铁路区段上,年计费货运量最少达到 2 000 万 t 及其以上。
- (3)经常、定期或准备开行轴重 25 t 及以上的列车。

2005 年在国际重载运输协会的巴西年会上,对重载运输的定义作了新的修订:重载列车牵引重量至少达到 8 000 t(以前为 5 000 t);轴重(或计划轴重)为 27 t 及以上(以前为 25 t);在至少 150 km 线路区段上年运量超过 4 000 万 t(以前为 2 000 万 t)。具备上述三个条件之二者,可视为铁路重载运输。

重载运输在运送大宗货物上显示出高效率、低成本的巨大优势,是铁路运输规模经济和集约化经营的典范。铁路重载运输已成为许多国家追求的现代货运方式。

二、重载列车的组织形式

目前,国内外铁路开行的重载列车组织形式主要有单元式、整列式和组合式重载列车三种。

(一)单元式重载列车

单元式重载列车的概念最早是在美国提出的,它是以固定的机车车辆(大功率机车+一定编组辆数的同一类型的专用货车)组合成为一个运输单元,并以此作为运营计费单位,在装卸车站间循环直达运行的货物列车。其特点是:实行“五固定”,即固定机车、车底、货种、装卸站、卸车站;货物装卸时不摘机车整列装卸;运行过程中不进行改编;按规定走行公里整列入段检修。在机车车辆充足的情况下,采用这种重载运输组织模式可以最大限度减少运营支出,大幅度降低运输成本;但要求货源充足,货物品类单一,货物到发地点统一,机车车辆、线路站场、装卸仓储等设备配套,并要采取最合理的运行图及最佳周转方案。

这种重载运输方式目前运用范围最广,经济效益也最显著。在路网规模大、行车密度小、货运比重大、运能较富裕的美国、加拿大、澳大利亚等国,组织开行从装车地到卸车地之间的重载单元列车,通过货物集中发送、快速装卸、加速机车车辆周转来降低成本,从而获得较大的效益,提高了与其他运输方式的竞争能力。我国大秦重载运煤专线前期开行的就是重载单元列车。

(二)整列式重载列车

整列式重载列车是采用普通列车的组织方法,由挂于列车头部的大功率单机或多机牵引,由不同型式和载重的货车车辆混合编组,达到规定载重量标准的列车。这种列车的运输特点和普通列车一样,采用一般列车的作业方法,列车到达、解体、编组、出发、取车、送车、装车、卸车和机车换挂等作业均与普通列车相同。这种列车不像单元式重载列车那样要求严格,既不要求“五固定”,在运输途中还可根据实际需要进行改编,也不要求整列装卸以及整列入段检修,因此具有更大的通用性。

目前,在我国繁忙干线上开行的重载列车主要为这种模式,其他国家应用较少。以客运为主的一些欧洲国家,目前也在结合本国实际条件,开行不同重量的整列式重载列车。

(三)组合式重载列车

组合式重载列车是由两列及以上同方向运行的普通货物列车首尾相接、合并组成的列车。机车分别挂于原各自普通货物列车首部,由最前方货物列车的机车担任本务机车,运行至前方某一技术站或终到站后,分解为普通货物列车。这种重载运输方式始于1964年,在前苏联应用较多。它实质上是在线路通过能力紧张的区段,利用一条运行线行驶两列及以上普通货物列车的一种扩大运输能力的方式。我国大秦线开行的2万t重载列车,采用的就是两个10000t列车组合的形式。

此种列车比前两种重载列车灵活,既可在装车站(集运站)或编组站内组合成列,整列进入卸车站;也可在途中适当地点分解成原列进入卸车站,或在解体站分解为两列以后,再进入卸车站。既适用于始发和技术直达列车,也适用于直通列车和区段列车。但其对机车操纵控制技术和运输组织各环节有更多要求,因而在世界范围内应用不太广泛。

三、国际重载铁路运输发展现状

自 1985 年国际重载运输协会成立以来,世界范围内的货物列车重载运输技术发展犹如雨后春笋,生机勃勃。重载运输代表了铁路货物运输领域的先进生产力,在多个重载运输国家,如美国、加拿大、澳大利亚、南非、巴西、瑞典等国,由于推行重载运输极大地提高了铁路劳动生产率,目前他们的铁路货运收入均达到了历史上的最高水平。像俄罗斯、印度等一些大国在重载运输方面也在奋起直追,并已取得良好的效果。

(一)重载列车最高牵引重量近 10 万 t

世界各国重载铁路借助于采用新技术,促使重载列车牵引重量不断增加。2001 年 6 月 21 日澳大利亚西部的 BHP 铁矿集团在纽曼山—海德兰重载铁路上创造了重载列车牵引总重 99 734 t 的世界最高纪录。在巴西 CVRD 铁矿集团经营的卡拉奇重载铁路上,开行重载列车的平均牵引重量 39 000 t。南非 Orex 铁矿重载线是窄轨铁路(1 077 mm 轨距),开行重载列车的平均牵引重量已达 25 920 t,美国最大的一级铁路公司联合太平洋铁路公司(UP)经营的铁路里程为 54 000 km,其所有列车的平均牵引重量已达 14 900 t,一般重载列车的平均牵引重量普遍达到(2~3)万 t,其复线年货运量在 2 亿 t 以上。

(二)重载运输推广范围日益扩大

重载运输技术在越来越多的国家得到应用,不仅在幅员辽阔的大陆国家(如美国、加拿大、澳大利亚、南非等国)重载铁路上大量开行重载列车,而且目前在欧洲传统以客运为主的客货混运干线铁路上也开行重载列车,德国铁路从 2003 年开始在客货混运既有铁路(汉堡—萨尔兹特)上开行轴重 25 t,牵引重量 6 000 t 的重载列车,最高运行速度 80 km/h,同时开行速度 200~250 km/h 的旅客列车。2005 年 9 月开始,法国南部铁路正式开行 25 t 轴重的运送石材的重载列车。芬兰铁路正在研究开行 30 t 轴重的重载列车。欧洲铁路客运非常发达,每年运送 90 亿人次,6 000 亿人公里。但欧洲铁路货运同样也很繁忙,货运量占全世界铁路货运总量的 30%,而且每年还以 4.4%~7.5% 的速度增加。欧洲铁路的货运量中有 30% 的重载运输潜力。2001 年以欧洲铁路为主体的国际铁路联盟(UIC)以团体名义加入国际重载运输协会,成为团体理事成员,由此可见,欧洲铁路发展重载运输的战略已成定局。

(三)美国已在既有高速铁路东北走廊线上开行 30 t 轴重的重载列车

2003 年美国在东北走廊高速铁路线的巴尔的摩和佩里维尔间不仅开行 240 km/h 的 Acela 高速列车,还同时开行轴重为 30 t、平均速度为 80 km/h 的重载列车,Acela 高速列车的动力车轴重为 25.5 t,高速客车轴重为 15.9 t。这是世界既有线高速铁路上同时开行重载货物列车轴重最大的一条铁路,其年货运量达 3 700 万 t,年客运量 2 650 万人,每日开行 122 列客货列车。

(四)重载运输取得日益显著的经济效益

美国铁路自 1980 年全国发展重载运输以来,铁路货运占领美国货运市场的份额直线上升,从 1980 年的 35% 增加到 2000 年的 41%,车辆的平均载重增加了 15.1%,虽然运价已降至 116 美分,但运行成本还下降了 60%,线路维修成本下降了 42%,创造的年利润已达美国铁路历史上的最高水平(81 亿美元)。美国最大的铁路公司之一的联合太平洋铁路公司(UP)2002 年重载运输收入已达 107 亿美元,其中煤炭运输收入占 22%。

西澳大利亚的 BHP 重载铁路公司从 1980 年到 2000 年,由于开行重载列车,运输油耗下降 43%,机车利用率提高 36%,车轮、钢轨寿命提高 3~5 倍,劳动生产率提高 5 倍,达到

6 000 万 t·km/人·年,居世界铁路之首位。昆士兰铁路营业里程 1 万 km(基本是窄轨 1 067 mm),2004 年—2005 年货物发送量 1.76 亿 t,其中重载煤运达 1.425 亿 t,每周开行 1 万 t 重载列车 460 列,年营业收入 23 亿澳元,税前利润 1.91 亿澳元。

四、我国重载铁路运输发展现状

长期以来,铁路在我国交通运输中一直起主导作用,承担着全国货运量近 70%,客运量近 60%,但铁路路网里程少,技术设备差,发展速度缓慢,运能与运量矛盾十分突出,尤其是沿海及繁忙干线运输能力严重不足。大力开展重载运输,加速提高铁路运输能力,是铁路发展的一个重要途径,20 世纪 80 年代初,经过多次论证,国家做出了修建我国第一条电气化重载铁路—大秦线的重要决策,拉开了我国重载铁路运输的序幕。

我国重载铁路运输的发展经历了四个阶段。

第一阶段(1984 年—1986 年):改造既有线路开行重载组合列车。

我国铁路营业里程少,行车密度大,线路负荷重,且客货混跑,长期以来一直是制约国民经济发展的“瓶颈”,1984 年 11 月,铁道部成立了重载组合列车开行实验领导小组,选择晋煤外运通道——丰沙大线和京秦线作为试点,开行组合式重载列车。1985 年 3 月 20 日正式开行组合列车,是将普通 3 700 t 的列车合并成一列,采用 ND5 型机车双机牵引总重达 7 400 t 的重载组合列车。重载组合列车从大同西站出发直达秦皇岛东站,采取了固定品类(煤炭)、固定车底、固定机车、固定到发线、固定运行线的运输组织方式。车辆为 C₆₁ 或 C_{62A},采用了高摩合成闸瓦,103 型制动阀,滚动轴承及 13 号车钩等多项新技术。卸车后原列返回大同。1986 年 4 月 1 日组合列车正式纳入运行图,每天开 6 对。

为了扩大重载列车的开行范围,铁道部决定在沈山线试验开行非固定式的重载组合列车(不受车底、车型、制动机型号等限制)。实验成功后,与 1985 年 8 月起在山海关到沈阳间下行方向正式开行列车总重 7 000 t 的重载组合列车,1986 年 4 月 1 日组合列车正式纳入运行图,每天开行 7 列。此后,重载组合列车开行范围扩大:1985 年 7 月,在石家庄至济南间开行了非固定式的重载组合列车;在京广线平顶山至武汉间开行双机牵引 6 500 t 的重载组合列车;在京沪线徐州北至南京东间开行双机牵引 7 000 ~ 8 000 t 的重载组合列车。随着重载运输范围的扩大,铁路运输能力显著提高。

第二阶段(1985 年—1992 年):新建大秦铁路,开行重载单元列车。

为扩大晋煤外运能力,1985 年大秦铁路开工建设。大秦铁路是借鉴北美、澳大利亚等国开行重载列车经验后,由我国自行设计建设的第一条双线电气化重载运煤货运专线。全线分三期完成。1988 年底全长 411 km 的大同至大石庄一期工程完工。1992 年底,大石庄至秦皇岛 242 km 二期工程完工。1997 年,全线 1 亿 t 配套工程完工。

大秦铁路建成初期比去年开行重载单元列车,并逐步开展各种重载列车实验。1990 年 6 月大秦铁路开行了由两台 SS₃ 型电力机车牵引、120 辆运煤敞车组成、全长 1 620 m 的万吨实验列车。并于 1992 年分别正式开行了单机牵引 6 000 t、双机牵引 10 000 t 的单元式重载列车,车辆为 C_{63A} 型,采用 120 型制动机、高强度旋转式车钩及大容量缓冲器等多项新技术,车辆轴重为 21 t,钢轨为 60 kg/m。由于当时技术不够完善,万吨列车出现过断钩现象。实际运营列车牵引质量在 5 000 ~ 6 000 t。

第三阶段(1992 年—2002 年):改造繁忙干线,开行 5 000 t 级重载混编列车。

为缓解京沪、京广、京哈等繁忙干线的运输紧张状况,铁道部决定通过调整机车类型和延

长车站到发线有效长至 1 050 m, 开行 5 000 t 级重载混编列车。1992 年 8 月, 京沪线徐州北至南京东间、京广线石家庄至郑州北间成功开行总重超过 5 000 t 的实验列车。1993 年 4 月 1 日起京沪、京广线部分区段 5 000 t 重载列车正式纳入列车运行图。1997 年 4 月 1 日, 我国第一次大提速后, 京哈线也安排开行了 5 000 t 重载列车运行线。至此, 我国三大繁忙干线都开行了 5 000 t 级整列式重载混编列车。并扩展到哈大、焦枝等既有线以及新建的朔黄线、侯月线。

第四阶段(2003 年至今): 大秦铁路开行 2 万 t 重载组合列车, 繁忙干线开行了 5 500 ~ 6 000 t 重载混编列车。

2003 年, 铁道部根据国民经济发展的需求, 做出了大幅度提高大秦线运输能力的决定, 经过两年多的科学论证与实验, 通过系统集成创新, 于 2006 年 3 月 28 日在大秦铁路正式开行 2 万 t 重载组合列车, 大幅度提高了大秦线运输能力, 使中国铁路重载运输技术水平跨入了世界先进行列。2 万 t 重载组合列车的开行, 使大秦铁路仅用 4 年时间就实现了年运量从 2002 年 1 亿 t 到 2008 年 3.4 亿 t 的飞跃, 创造了重载铁路年运量的世界纪录。

中国铁路在不断提高大秦铁路运输能力的同时, 也在不断提高繁忙干线列车牵引质量。2007 年 4 月 18 日, 全国铁路第六次大面积提速后, 京沪、京广、京哈等繁忙干线重载列车牵引定数由 5 000 t 提高到 5 500 ~ 6 000 t, 进一步提高了繁忙干线运输能力。据初步估算, 全国 5 000 t 及以上重载线路里程已达 1 万多 km。2006 年货物列车牵引质量达 3 105 t, 比 2000 年的 2 675 t 提高了 16%。重载运输在我国已初具规模, 技术水平位居世界重载运输前列。

第二节 大秦重载运输概述

大秦铁路是我国第一条开行重载列车的双线电气化运煤专用铁路, 途经山西、河北、北京、天津四省市, 全长 653 km, 是山西、陕西和内蒙古西部等“三西”地区煤炭外运的主要通道, 号称“中国重载第一路”。

一、大秦铁路重载运输发展历程

大秦线西起山西省大同市, 于韩家岭站与北同蒲线接轨, 向东穿越雁北高原、桑干河峡谷, 经山西大同县、河北阳原县、涿鹿县、怀来县过永定河与丰沙、京包铁路立体交叉, 沿官厅水库北岸进北京延庆县, 穿过军都山隧道, 经北京昌平区、怀柔区, 与京承铁路立体交叉, 经平谷区过三河市, 在大石庄站通过联络线与京秦线段甲岭站相接; 途经天津蓟县、河北遵化市、迁西、抚宁等县, 跨黎河、滦河、青龙河、洋河等河流, 最后到达大秦线终点站柳村南站。大秦线与京承、京秦、京山、迁曹等多条干线接轨, 地形复杂、山区多、隧道长(3 000 m 以上的隧道有: 军都山隧道全长 8 640 m, 是我国 20 世纪 80 年代第 2 座长大双线隧道, 白家湾隧道 5 058 m, 景忠山隧道 3 760 m, 花果山隧道 3 741 m, 大尖团隧道 3 333 m, 河南寺隧道 3 284 m, 另外还有多个 3 000 m 以下的隧道)、站间距离大, 重车线最大上坡道为 4‰, 最大下坡道为 12‰(化稍营—涿鹿段 53.6 km、延庆—茶坞段 64.8 km 为桥隧连续的长大下坡道线路), 线路最小曲线半径为 500 m。

大秦铁路始建于 1985 年, 由铁道部第三勘测设计院担任总体设计, 全线共分 3 期建设。一期工程西起大同枢纽北同蒲的韩家岭车站, 东至河北省三河线大石庄站, 通过联络线与京秦铁路段甲岭站接轨。正线全长 411 km, 1988 年 12 月 28 日开通, 一期工程建成后, 大同煤可经由本线引入京秦铁路运至秦皇岛, 缓解了丰沙大同路运输紧张的状况。

二期工程自大石庄站,经过天津蓟县、河北玉田、遵化、迁安、抚宁等县,至柳村南站的三期煤码头,正线全长 242 km。工程于 1992 年 12 月 1 日开通运营,二期工程建成后运煤列车从大同经大石庄,直达秦皇岛三期码头,可不再绕行京秦铁路。

三期工程为年数总能力 1 亿 t 配套工程,1995 年开工,至 1998 年完成。通过扩建湖东编组站、茶坞区段站,增建秦皇岛、大同枢纽疏解线和联络线,完善通信、信号、电力、给排水等配套工程的方式,使大秦线铁路达到 1 亿 t 的输送能力。

2006 年对大秦铁路全线进行 2 亿 t 扩能改造,对大同地区、北同蒲线等煤源装卸地点、湖东编组站、秦皇岛东编组站(包括柳村南站)及沿线车站装车线、卸车线、到发线进行改造,增加线路有效长(到发线有效长 2 800 m),增设腰岔,大大提高了装卸作业能力,提高了列车编组辆数、牵引重量,保证了开行 2 万 t 重载列车的需要,整体提高了大秦铁路运输能力。

作为中国重要的煤炭运输通道,大秦线承担着全国铁路 80% 的煤炭运量,负责全国六大电网、五大发电公司、350 多家主要发电厂、十大钢铁公司和 6 000 多家企业生产用煤和民用煤、出口煤的运输任务。大秦铁路从全线开通运营(1992 年底)时年运量 4 000 万 t 到 2002 年 1 亿 t,经历了 10 年。而通过不断的扩能改造和技术创新,运输能力得到快速提升,2003 年 9 月 1 日,在大秦线正式开行万吨单元重载列车;2004 年 6 月 25 日,在大秦线开行万吨重载组合列车;2006 年 3 月 28 日,在大秦线开行 2 万 t 重载列车。大秦运量从 2002 年的 1 亿 t 上升至 2008 年的 3.4 亿 t,突破了世界单条重载铁路年运量不超过 2 亿 t 的极限,创造了世界铁路重载运输的奇迹。

二、大秦铁路重载运输特点

在大秦铁路的建设中通过技术创新,中国铁路掌握了重载机车、重载货车和重载线路等一系列重载核心技术。世界上首次实现了机车无线同步操纵系统和铁路综合数字移动通信系统的系统集成,成功开行了 2 万 t 重载组合列车,特别是国产和谐型大功率交流传动电力机车的投入运用,有效提高了运输效率。目前,大秦铁路已经形成了具有自己特色的重载技术体系,重载运输技术达到了世界先进水平。大秦铁路各专业新技术、新设备简介如下。

(一)工 务

大秦线是全国唯一的一条运煤重载干线,线路钢轨采用重型 75 kg/m PD₃ 钢轨,重车线已全部铺设为 75 kg/m 无缝线路,共计 645 km,与之相匹配的 75 kg/m 固定心混凝土枕道岔共计 170 组。为了消除重载车轮对辙岔有害空间的冲击,减少伤损辙岔的频繁更换,重车线全部改铺为 75 kg/m SC381 可动心混凝土枕道岔。提高了轨道承载能力,运行限速 80 km/h。空车线铺设为 60 kg/m 无缝线路,空车运行限速由过去的 70 km/h 提高到 80 km/h。

线路维修采用大型养路机械化维修。

(二)电 务

大秦线 GSM-R 系统采用了目前最成熟的 GSM 系统,与光纤数字传输系统、信息化系统、交换系统、基站系统、列车调度系统、电源系统、终端等组成了具有铁路特色的 GSM-R 铁路移动交换网。大秦线传输系统与用户接入系统,用来承载信号系统 CTC 和集中监测系统、GSM-R 系统、牵引供电和电力远动系统、铁路信息化系统和车辆系统相关业务,为其提供传输通道。

信号设备采用了国内外最先进的技术,站场微机联锁控制,站内区间微机监测,站内和区间信号设备采用了模块化智能化电源屏,实现了对电源屏的微机监控和主屏与备用屏的自动切换。

ZPW2000 - A 型无绝缘移频自动闭塞取消了钢轨绝缘接头,实现了四显示闭塞,提高了列车通过能力。

EI32 - JD 型双冗余微机联锁系统,提高了设备监控能力。

ZYJ - 7 电动液压转辙提高了道岔抗重载列车冲击能力和道岔转换的稳定性。

(三) 供 电

大秦线牵引变电系统目前采用最先进的综合自动保护装置和远动系统,实现了微机化管理。综合自动化装置主要功能有数据采集与处理、控制、报警处理、安全管理、绘画、显示、报表、历史趋势分析、事件顺序记录、事故追忆、WEB 浏览、模拟盘驱动、数据通信、复示终端、遥控、运行事务管理、系统自诊断等,使牵引供电管理更具规范化和科学化。牵引供电远动系统,将牵引变电设备通过 GSM - R 光纤数字传输系统集中在电力调度所内,具备信息完整、提高效率、正确掌握系统运行状态、加快决策、能帮助快速诊断出系统故障状态等优势,是以计算机为基础的生产过程控制与调度自动化系统。它可以对现场的运行设备进行监视和控制,以实现数据采集、设备控制、测量、参数调节以及各类信号报警等各项功能。它对提高电网运行的可靠性、安全性与经济效益,减轻调度员的负担,实现电力调度自动化与现代化,提高调度的效率和水平等方面有着不可替代的作用。

(四) 机 务

大秦线的主型机车是 HXD 型电力机车、SS₄ 型电力机车,机车安装了 GE 公司的 LOCOTROL 无线同步操控系统和 CCB - II 型制动控制系统。

HXD₁ 型、HXD₂ 型和谐号电力机车是一种大功率的交流传动电力机车,由西门子公司和株洲电力机车厂联合生产,总功率达 9 600 kW,最高时速可达 120 km,具有再生制动功能。该机车引进消化吸收了欧洲先进、成熟的轨道电力牵引技术,采用八轴交流传动,单节轴式为 B0 - B0,轴重为 25 t,具有启动牵引力大、黏着性能好、易于维护、安全可靠等特点。此外,还具有能牵引或顶送重载列车的调车机车。

LOCOTROL 无线同步操控系统(包括 DP 分布式动力系统和 CCB - II 制动控制系统,采用电子指令信号控制机车的牵引和控制,并通过无线通讯方式与同列机车建立主从同步控制关系)利用自身的 800 MHz 电台或通过 GSM - R 通信网络,实现了机车控制命令的不间断传输,以主控或被控的方式完成对同一列车的多台机车的 DP(分布式动力)链接,实现对列车的同步制动或牵引,消除了机车操纵的不一致,减小了列车运行中的纵向冲动,缩短了空气制动的排、充风时间,为组合列车的平稳运行打下了良好的基础。

LOCOTROL 同步操控系统和 GSM - R 通信系统的运用,解决了 2 万 t 列车在长大下坡道上运行的循环制动问题,为 SS₄ 机车按 1 + 2 + 1 编组牵引 2 万 t 列车安全运行提供了技术保障。

CCB - II 型制动控制系统是一种基于网络的电空制动系统,系统的各个单元通过网络技术连接并相互交换信息,从而有效地控制制动系统的功能。其作用是控制全列车或单独控制机车的制动、缓解和运行。在机车建立 DP 链接时从控机车的制动控制系统受主控机车控制。

GSM - R 车载通信设备实现了司机乘务员间的无线通信及调度命令的实时传输。

LKJ2000 型列车运输监控记录装置是集列车超速防护、列车控制与列车运行数据记录于

一体的列车行车安全控制装置。运行记录数据通过 IC 卡将列车运行的限速、速度、信号、机车手柄级位、列车管压、公里标及线路数据等参数转存至地面分析系统,地面分析系统将列车运行数据经过翻译、整理,以直观的全程记录、运行曲线、各种报表等形式再现列车运行全过程,为机务的现代化管理及事故分析提供准确的依据。

机车自动过分相装置为机车过分相提供了安全保障。

(五) 车 辆

1. 新型车辆

为开行 2 万 t 重载煤炭运输专列而研制开发了 C_{76} 、 C_{80} 、 C_{80B} 型等重载专用车辆,其商业运营速度为 100 km/h,能与秦皇岛三、四、五期煤码头的拨车机、列车定位机和三车翻车机相匹配,实现不摘钩连续翻卸作业。并能适应环形装车、直进直出装车和解体装车作业及运行时机车动力集中牵引要求。

C_{76} 、 C_{80} 型车辆的主要结构特点有:

(1) 采用双浴盆式结构,充分利用下部限界空间,有效降低了车辆重心高度,提高了车辆运行平稳性。

(2) 主要梁件和板材件采用屈服强度为 450 MPa 的 Q450NQR1 高强度耐大气腐蚀钢。

(3) 采用 25 t 轴重下交叉支撑转向架或摆式转向架。

(4) 采用高强度车钩,大容量缓冲器,可换装牵引杆装置,从而降低重载列车的纵向冲动。

C_{80B} 型不锈钢运煤敞车也是为开行 2 万 t 重载列车设计制造的运煤专用车辆。该车自重 20 t、载重 80 t、换长 1.1、商业运营速度 100 km/h。

结构特点主要是:车体采用了不锈钢材料,与 C_{80} 相比增加了车体整体刚度和强度,减轻了车体自重,增大了容积和载重,提高了材料的抗腐蚀能力。

2. 现代化的机检设备

为适应大秦线运输组织的新形势需要,进一步提高运输效率及车辆检测水平,在全路率先安装了车辆检测信息系统,对确保车辆运行安全起到了很大的作用。货车运行故障动态检测系统(TFDS)、货车滚动轴承早期故障轨边声学诊断系统(TADS)、车辆红外线探测车号自动识别系统(THDS)、货车运行故障动态检测系统(TFDS)和列车动态运行地面监测(TPDS)系统已在大秦线全面推广使用。

第三节 铁路重载车辆的特点

为了适应重载运输,铁路的固定设施和移动设备必须有一定的技术改造,其中作为载运工具的铁路车辆应具备一些特殊的结构和性能,主要表现在如下几个方面。

一、大吨位

扩大车辆吨位的途径:增加轴重和增加轴数。增加轴重须加强线路,更换重型钢轨;增加轴数,使车辆结构复杂,并增加车辆自重。铁路专家经过长期论证,最后统一了认识,采取逐步增加轴重的途径来提高铁路车辆的吨位。

早在 1988 年—1995 年期间,美国在普韦布洛 SAST 环线上进行了 35.4 t 轴重的重载列车与线路相互作用运行试验,累计运行 10 亿 t,并对开行 35.4 t 轴重的重载列车安全性和经济性进行了研究,重点对制约增加轴重的主要因素,如桥梁、轨道、道砟、路基、焊接接头等进行详细