

● 大秦重载铁路培训系列丛书

# 重载铁路机务技术

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

# 重载铁路机务技术

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5章,主要包括:大秦重载铁路概述、HXD1型电力机车、HXD2型电力机车、Locotrol分布式动力系统、机车应用与安全。

本书可作为铁路职工培训,同时也可供相关技术人员、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

重载铁路机务技术/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 978-7-113-10657-7

I. 重… II. 闻… III. 重载铁路—铁路运输—技术培训—教材 IV. U239.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第193067号

书 名:重载铁路机务技术

作 者:闻清良 主编

---

责任编辑:刘红梅 电话:010-51873133 电子信箱:mm2005td@126.com

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:三河市华业印装厂

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:11.75 字数:292千

印 数:1~1000册

书 号:ISBN 978-7-113-10657-7/U·2584

定 价:36.00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。按照铁路局领导“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。

此次编写的教材由浅入深,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 5 000 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。一流的设备和技木,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,然后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《重载铁路机务技术》为系列丛书之一,由张靖军、牛春年编写第一章,郝虎编写第二章,杨霞编写第三章,王国正编写第四章,申国勤编写第五章。全书由杨霞统稿,谢振峰、闫永平审稿。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,本书可能存在一些不足,请读者批评指正。

编者

2009年8月

# 目 录

<b>第一章 大秦重载铁路概述</b> .....	1
第一节 国内外重载运输概况.....	1
第二节 大秦线重载运输概况.....	5
复习思考题 .....	13
<b>第二章 HXD1 型电力机车</b> .....	14
第一节 概    述 .....	14
第二节 HXD1 型电力机车的总体布置及通风系统 .....	17
第三节 HXD1 型电力机车电气系统 .....	23
第四节 HXD1 型电力机车车体及转向架 .....	31
第五节 HXD1 型电力机车空气制动系统 .....	39
第六节 HXD1 型电力机车电机及主要电气设备 .....	47
第七节 HXD1 型电力机车操作及应急故障处理 .....	63
复习思考题 .....	71
<b>第三章 HXD2 型电力机车</b> .....	72
第一节 概    述 .....	72
第二节 HXD2 型电力机车的总体布置及通风系统 .....	74
第三节 HXD2 型电力机车电气系统 .....	85
第四节 HXD2 型电力机车车体及转向架 .....	89
第五节 HXD2 型电力机车空气制动系统 .....	94
第六节 HXD2 型电力机车电机及主要电气设备 .....	102
第七节 HXD2 型电力机车操作及故障处理 .....	111
复习思考题.....	120
<b>第四章 Locotrol 分布式动力系统</b> .....	121
第一节 概    述.....	121
第二节 分布式动力系统设置.....	124
第三节 分布式动力操作.....	128
第四节 系统信息和报警信息.....	135
第五节 故障信息和代码及故障诊断.....	138
第六节 部件缩写与常用术语.....	143



---

复习思考题	145
<b>第五章 机车运用与安全</b>	<b>146</b>
第一节 LKJ2000 型列车运行监控记录装置	146
第二节 JT - C 系列机车信号车载系统	154
第三节 列车通信设备	157
第四节 自动过分相装置的使用	165
第五节 可控列尾司机控制盒使用说明	169
第六节 管内超长列车、组合列车、重载列车行车组织办法	173
复习思考题	177
<b>参考文献</b>	<b>178</b>

# 第一章 大秦重载铁路概述

铁路是我国国民经济的大动脉,多年来铁路承担全国货运量的60%~70%,在各种交通运输工具中起着主导地位和骨干作用。但是由于多方面原因发展缓慢,路网里程少,技术装备差,运力不足。因此,长期以来铁路一直处于运能与运量矛盾十分突出的困境,成为我国经济运行中的“瓶颈”,严重地制约了国民经济的发展。

大秦铁路是我国山西、陕西、内蒙古西部地区煤炭外运的主要通道,煤炭运量占全国铁路总煤炭运量近七分之一,为保障国民经济平稳有序发展和煤炭重点物资运输发挥了举足轻重的作用。大秦线大量采用了先进的重载技术,不断优化“大编组、高运量、高密度”的重载运输模式,技术装备现代化水平不断提高,运量逐年递增。大秦线重载万吨、2万t列车的成功开行,开创了我国乃至世界铁路货运重载运输的新纪元。

## 第一节 国内外重载运输概况

### 一、我国重载运输发展情况

客运高速和货运重载是我国铁路发展的两大趋势。

重载运输是指在一定的技术装备条件下,扩大列车编组长度,大幅度提高列车重量,达到提高运输能力和运输效率的运输方式。重载运输是目前世界上许多国家铁路大宗货物运输普遍采取的一种货运发展模式。

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,选择晋煤外运北通道——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3700t的列车合并成一列,采用ND5型机车双机牵引总重达7400t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C62A,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,每天开行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)。试验成功后,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7000t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6500t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7000~8000t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。

大秦铁路建成后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SS<sub>3</sub>型电力机车牵引、120辆运煤敞车组成、全长1620 m的万吨实验列车,并于1992年分别正式开行了单机牵引6000 t、双机牵引10000 t的单元式重载列车,车辆为C63A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(后逐步改造为76 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5000~6000 t。

第三阶段(1992年~2002年):改造繁忙干线,开行5000 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1050 m,开行5000 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5000 t的实验列车。1993年4月1日起京沪、京广线部分区段5000 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5000 t重载列车运行线。至此,我国三大繁忙干线都开行了5000 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(2002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5500~6000 t重载混编列车。

2003年,铁道部根据国民经济发展的需求,作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记录。

中国铁路在不断提高大秦铁路运输能力的同时,也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5000 t提高到5500~6000 t,进一步提高了繁忙干线运输能力。据初步估算,全国5000 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3105 t,比2000年2675 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。

## 二、国外重载运输概况

20世纪60年代开始,随着科学技术的进步,特别是电子工业的发展,许多国家铁路技术装备水平有了明显的提高,为开行重载运输提供了一定的物质基础,重载运输得到越来越多的国家的广泛重视。一些幅员辽阔、货源丰富,煤炭、矿石、粮食等大宗货物运量占较大比重的工业发达国家,重载运输发展尤为迅速。

重载运输的主要特点在于列车重量加大,列车编组加长,实现全程直达运输,使一条铁路尽可能地多输送车流,充分发挥铁路集中、大宗、长距离、全天候的运输优势,达到铁路运输能力高效率、多运快运、降低成本的目的。

### (一) 重载运输的模式

世界各国发展重载运输,大致可分为两种模式。

#### 1. 重载单元列车

以美国和加拿大为代表,包括巴西、澳大利亚和南非等国的重载运输均采用此种模式。这些国家路网规模大、行车密度小,在大宗货物运量集中的方向上,组织从货物装车地到卸车地之间循环往返的固定编组、货物品种单一的重载单元列车,列车质量为 6 000 ~ 15 000 t 以及 20 000 t 以上。通过货物集中发运、快速装卸、加快列车周转,使运输成本降低,提高铁路的竞争能力。

#### 2. 整列式重载列车和组合列车

前苏联的重载运输就采用这种模式。前苏联为解决在客货列车混跑的繁忙干线上,列车数量多,行车密度大,通过能力紧张等问题,组织开行 5 000 ~ 10 000 t 及 10 000 t 以上的整列式重载列车和组合列车(两列及两列以上普通货物列车连挂,头尾相接),以挖掘既有技术设备的潜力,有效地提高运输能力,达到加速车流和货流输送的目的。

重载列车的重量并没有统一的标准,由各国根据各自的具体技术条件和运营需要确定。现在北美的重载单元列车重量通常为 6 000 ~ 14 000 t(个别列车重量为 25 000 t),巴西的单元列车重量为 15 000 t,南非为 14 000 ~ 20 000 t,澳大利亚为 23 000 ~ 25 000 t,前苏联在繁忙干线上的重载列车重量一般为 6 000 ~ 12 000 t,西欧一些国家的重载列车重量为 5 000 ~ 5 500 t。

1986 年在加拿大召开的第三届国际重载运输会议上讨论确定,凡属重载运输应当至少满足下列三个条件中的两项要求。这三个条件是:年运量不少于 2 000 万 t 的线路;列车重量达到和超过 5 000 t,车辆轴重至少为 21 t,即重载列车重量标准应当为  $\geq 5 000$  t。

### (二) 重载列车的牵引动力

重载列车的牵引机车,有用内燃机车的,也有用电力机车的。美国和加拿大用内燃机车,其他国家多用电力机车。

对于牵引重载列车的机车,有两个基本要求:足够大的功率和足够大的黏着牵引力。

机车牵引重载列车,要以规定的计算速度通过限制坡道,在平道上也要达到一定的速度。由于列车重量大,列车运行阻力大,要求机车的功率也大。一台机车的功率通常不够,则以双机或多机牵引重载列车。单节机车的功率大,则可以减少机车数量,减少机车购置费及维修费用,降低运输成本,电力机车的功率较内燃机车大,故重载运输采用电力牵引是有优点的。

各国用于重载牵引的机车,不论内燃机车或电力机车,近些年来都有增大功率的趋势,其目的在于减少牵引机车的台数,降低运输成本。

重载列车在起动时,在通过限制坡道时,列车的阻力较大,因此对机车的牵引力就有一定的要求。但机车的最大牵引力不能超过机车黏着牵引力,因此对机车的轴数、轴重、能发挥的黏着系数都有一定的要求。轴重受线路的限制,美国内燃机车的轴重达 28 ~ 30 t。机车能够发挥的黏着系数,不同类型的机车相差甚大,通常称为该机车黏着性能的好坏。例如,一般地说,电力机车的黏着性能比内燃机车好(黏着系数大 10% 以上);交流传动机车比直流传动的黏着性能好;机车用径向转向架时通过曲线时的黏着系数不下降,与直道上一样;微机控制的防空转装置能使轮轨间的黏着潜力得到充分的利用。美国 GM 公司与德国西门子公司联合开发,于 1992 年推出的 SP70M - AC 内燃机车,其特征为交流传动、微机控制及径向转向架,称为

径向交流机车。该机车达到了前所未有的黏着水平和牵引能力,美国以重载运输著称的柏灵顿北方铁路,提出一份 350 台 SD70M-AC 内燃机车的订货单,准备用来代替原有的 600 台直流电传动内燃机车,以节约机车运行和维修费用、降低运输成本。

必须指出,机车的功率及牵引力必须同时满足要求。若功率足够但牵引力不足,则有时无拉不动列车;若功率不足则列车不能达到规定的速度。

重载列车用双机或多机组合牵引,如果牵引重载列车的机车集中在列车头部,尽管机车功率可以增加,但受车钩强度及制动性能的限制,列车重量不可能有更大的提高,否则极易造成车钩断裂、列车分离,不能保证行车安全。机车集中在列车头部时,通常只用双机牵引,而不用更多的机车牵引。

几乎所有的重载列车,无论是美国等国的重载单元列车还是前苏联的超重超长列车,在列车质量超过 10 000 ~ 12 000 t 时,都采用多台机车组合,合理地分布在列车头部和中部,根据列车重量确定所需机车台数。头部机车担当本务机车,中部机车按本务机车司机指令进行操纵,根据大量理论及试验研究,为了减轻列车制动时的纵向冲动,中部机车配置在距列车尾部 1/3 左右列车长度时为好。

重载牵引的机车在列车头部和中部分散布置,可以减轻列车纵向冲动,减小车钩力,避免断钩事故,但却增加了前后机车的可靠联系、协调配合、同步运转的复杂性。美国采用遥控系统,由装设在本务机车上的主控设备和装在中部辅助机车上的受控设备组成。司机操纵指令由列车无线通信信道传送,受控设备接收后经过逻辑处理,通过控制电路使牵引或制动装置动作,实现辅助机车按照要求同步或独立工作。这种遥控系统在许多国家得到应用,前苏联的超长超重列车和组合列车,利用无线电台联络,由装设在辅助机车上空气同步操纵和制动装置实现同步操纵和制动,还可借助于中继阀切断中部机车的牵引功率。

重载列车遥控同步操纵,在山区和长隧道线路区段运行往往会出现干扰和无线电波传送困难,使前后机车的无线通信联系中断。为了保证无线电波在长隧道内传送的可靠性,各国多采用在隧道内加装波导线,隧道口装设中继器的方式解决,同时,也在寻求更好的措施。

### (三)重载列车制动和牵引操纵

重载牵引需要一整套的先进技术与之配套,才能保证行车安全。机车车辆必须性能良好,制动装置和车钩缓冲器的性能要适应重载牵引,还要正确操纵制动机,否则列车纵向冲动剧烈,会产生很大的纵向冲击力,冲击或拉曳列车致使列车断钩分离。

美国、前苏联等国改进重载列车的制动系统和牵引操纵的主要措施有以下四点。

#### 1. 采用性能良好的制动机

机车制动机是列车制动系统的操纵机构。美国重载列车主要采用 26-L 型机车空气制动机,该制动机除了适合于干线机车运营的所有特性外,还增加了安全控制、超速控制和列车自动控制的特殊功能。前苏联牵引重载列车的机车采用 394 和 222M 自动制动阀,这些制动机作用可靠,并有利于降低重载列车的纵向冲动。

美国铁路货车上主要使用 ABD 和 ABDW 空气分配阀,前苏联铁路货车主要装用 270 型和 483 型空气分配阀。这些空气分配阀具有制动波速高,作用灵敏可靠等特点,能减少制动时列车的纵向冲动。

#### 2. 采用可靠的车钩缓冲装置

列车制动时产生纵向冲动,纵向冲动的程度取决于列车长度及制动装置的性能。缓冲器

承受、缓冲、衰减列车的纵向冲击,车钩承受纵向冲击力。缓冲器应具有足够的承受冲击的容量、阻抗力和行程,车钩应具有足够的抗拉强度,以免断钩。美国铁路货车用的缓冲器为 Mark50 型,前苏联用 III-1-TM 型,它们的容量均在 50 kJ 左右,能够满足重载列车的要求。

近年来国外出现一种新的弹性胶泥缓冲器,这是利用一种过去用于军工的新材料“弹性胶泥”作为缓冲材料。这种缓冲器结构简单,检修便捷。波兰生产 73ZW 型弹性胶泥缓冲器的容量自重比达到 Mark50 型缓冲器的 2.2 倍。

国外重载列车的车辆采用的车钩抗拉强度均达到 300 t,满足重载列车的要求。

### 3. 装用列车分离保护装置

列车分离保护装置是在重载列车发生意外情况时,保证列车的安全运行。

美国重载列车使用多机组合方式牵引的机车都装有 A-2 型充风截断控制阀。在遇到意外情况施行紧急制动时,A-2 阀动作,及时切断机车功率和通向制动管的压缩空气,对列车施行紧急制动而不致造成列车断钩分离。

前苏联采用制动管分离报警装置,对重载列车制动管压力异常或发生断裂时进行监督,作出反应,并自动采取措施切断机车功率,并使列车停车。

### 4. 制定制动机操纵规程和对司机培训

美国根据重载列车运行要求和制动机的技术特性,制定了防止列车断钩的机车操纵方法。前苏联 1981 年颁布的《铁路机车车辆制动机使用规程》中,专门对列车重量为 6 000 t 及编组长度为 350 轴以上的超重超长列车和组合列车的制动机整备和操作作了具体详细的规定,以保证重载列车的安全运行。

为了提高重载列车司机熟练的操纵技能,各国都很重视对司机进行牵引和制动操纵的理论和实践的培训,选拔合格的人员担当重载列车的机车司机。一些国家已广泛应用模拟机车操纵台来培训司机,能模拟重载列车各种不同的运行工况,既提高了培训司机的效果又节约了大量经费,取得了良好的效果。

## 第二节 大秦线重载运输概况

### 一、大秦线发展重载运输的必要性

我国煤炭生产和供应以山西、陕西、内蒙古西部“三西”地区为主,其煤炭存储量占全国的 60%,生产量占全国的 1/3,净调出占全国的 2/3。能源主要消费地则集中于东南沿海,铁路煤炭运输呈现“西煤东运、北煤南运”的格局,大秦铁路作为我国西煤东运的最主要大运输通道,承担着全国铁路 18% 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,肩负着三西地区煤炭外运的重要任务。

近年来,随着国民经济的快速发展,社会对能源的需求越来越旺盛,煤电油的运输成为当前制约社会经济发展的瓶颈。为解决运输能力紧张、能源紧张的问题,铁道部提出了“把大秦线重载扩能工程建设成铁路跨越式发展的标志性工程、现代化重载煤运通道的示范性工程、既有线扩能改造的样板性工程”的目标要求,大秦铁路不断进行站场改造和技术创新,大大突破了世界单条重载铁路年运量不超过 2 亿 t 的理论极限,到 2008 年大秦线运量完成 3.4 亿 t。“十一五”末期,大秦线年运量将实现 4 亿 t。

大秦线开通以来运量递增情况见表 1-1。

表 1-1 大秦运量表

年度	运量(万 t)	年度	运量(万 t)	年度	运量(万 t)	年度	运量(万 t)
1988	2.0	1994	5 174.3	2000	7 469.0	2006	25 378
1989	2 006.9	1995	5 586.8	2001	9 271.8	2007	30 380
1990	3 318.5	1996	5 879.9	2002	10 339	2008	34 000
1991	3 413.6	1997	5 811.7	2003	12 170	“十一五” 末期	40 000 (计划)
1992	4 259.9	1998	5 450.0	2004	15 286		
1993	4 658.8	1999	6 163.8	2005	20 302		

由表 1-1 可以得知,大秦线完成这样的运量,这样的巨额增量,靠传统的一般运输方式是绝对无法完成的!以 2004 年 1.5 亿 t 为例,如果以当时开行的 5 000 t/列计算,每日须开行 110 列,而当时大秦线最大通过能力只能达到 96 列。办法和出路只有一条,那就是实现铁路运输方式的创新与突破,大力开展重载运输,可见,大秦线发展重载运输是非常必要的。

## 二、大秦线重载运输发展历程

大秦铁路途经山西、河北、北京、天津四省市,全长 653 km,是我国第 1 条以开行重载单元列车为主的双线自动闭塞电气化铁路运煤专线,是我国北路煤炭运输的主要通道。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,经平谷区过河北三河市,在大石庄站通过联络线与京秦线段甲岭站相接;途径天津蓟县,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,是当时我国第 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,由铁道第三勘测设计院集团有限公司担任总体设计,全线共分三期建设。一期工程西起大同枢纽北同蒲的韩家岭车站,东至河北省三河市大石庄站,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。

三期工程为年输送能力 1 亿 t 配套工程,1995 年开工,1997 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。

大秦铁路通过不断的扩能改造和技术创新,运输能力得到快速提升,扩能不断取得重大成果。1992 年大秦线全线建成通车后,全线列车重量初期为重车 3 500 t,每月开行万吨试验列车 1 列(120 辆 C63 编组,双 8K 牵引),随着运量的增长,又逐步开行 5 000 t、5 500 t、6 000 t 普通重载列车,2003 年,正式开行万吨重载列车,2004 年又逐步开行 9 000 t、9 500 t、11 000 t 单元重载列车和万吨组合列车,从 2004 年年初,试开行 2 万 t 重载列车,2004 年底 2 万 t 列车试验成功后试运行,2006 年 3 月 28 日,在大秦线正式开行 2 万 t 重载列车。这期间,大秦运量从 2002 年的 1.034 亿 t 上升至 2008 年的 3.4 亿 t。

大秦线是我国铁路开展重载运输的典型代表,有几个值得纪念的日子将永远铭刻在中国重载运输发展史上: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。

大秦铁路之所以能够创造奇迹,首先得益于新技术创新,大秦铁路掌握了重载机车、重载货车、重载线路等一系列核心技术。大秦线在世界上首次实现了机车无线同步操纵系统(Lococontrol)和铁路综合数字移动通信系统(GSM-R)的集成,成功开行了 2 万 t 重载组合列车,特别是自主研发生产出和谐型大功率交流传动电力机车,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,重载运输技术水平达到世界先进水平。

为提高大秦线重载运输的集约化程度,形成规模效应,太原铁路局加快建设煤炭战略装车点,逐步取消万吨以下编组列车,实现全线开行 1 万 t 和 2 万 t 重载列车。同时,大秦铁路充分发挥新体制、新装备优势,修改完善规章制度,进一步优化机车乘务制度,实行轮乘制及双司机配班单司机值乘,延长了机车交路,实现了重载直达。

#### (一) 万吨以下重载列车

我国铁路重载运输是从 1983 年开始研究试验,由中国铁道科学研究院主持在环行线上首次进行了万吨列车的试验并取得成功。

1988 年大秦线一期工程完成并开通运营,1990 年在大秦线上进行了单元万吨重载列车运行试验和 SS<sub>3</sub> 电力机车双机重联牵引万吨重载列车运行试验,在试验开行万吨列车期间,也暴露出一些技术装备性能上的不足。

主要问题如下。

- (1) 长大下坡道上空气制动机缓解后充风不足。
- (2) 不能执行《铁路技术管理规程》(以下简称《技规》)规定以 20 km/h 速度缓行要求。
- (3) 多机车牵引的协调操纵和合理利用牵引动力的性能不具备。
- (4) 运煤敞车轴重 21 t,空重比为 0.38,载重系数太低。
- (5) SS<sub>4</sub> 型电力机车启动牵引力不足。
- (6) 调度指挥系统装备落后。

到 1997 年,万吨列车仅开行了 53 列。由于在行车安全、机车质量等方面陆续暴露出严重问题,引起各级领导的高度重视,于 1998 年 3 月 11 日决定 SS<sub>4</sub> 改型电力机车单机牵引由 6 000 t 下调为 5 000 t、5 500 t。

#### (二) 单元万吨列车

2003 年是大秦线重载运输迅猛发展的一年。这一年,先后在北同蒲线、大秦线进行了 SS<sub>4</sub> 改型机车双机重联牵引 1 万 t、DJ1 机车双机重联牵引 1 万 t、1.2 万 t 的静置试验和运行试验。9 月 1 日,铁道部在湖东电力机务段举行了单司机执乘万吨列车首发式。此后使用 DJ1 机车



每日开行 5 对万 t 列车,单司机执乘、3 人配班,机车交路为安太堡(云岗)—湖东—柳村间“随车继乘肩回式半循环交路”。自此,标志着大秦线重载列车迈出了新的步伐。

2003 年 12 月起,随着云支线、北同蒲线万吨装车点的增加,配属湖东电力机务段的 20 台 DJ1 机车已不能满足需要,由 SS<sub>4</sub> 改机车双机重联牵引的 9 000 t 列车开始在大秦线运行,当年就完成货运量 1.2 亿 t。

进入 2004 年以后,DJ1 机车双机重联牵引重量增至 1.1 万 t,SS<sub>4</sub> 改型机车双机重联牵引重量增至 9 500 t。5 月 1 日起,为实现大秦线年运量 1.5 亿 t 的奋斗目标,日开行万吨(含 9 500 t)列车达到 25 对。

#### 1. 开行单元万吨列车需要解决的主要问题

- (1) 重载列车在长大下坡道运行时列车增速过快。
- (2) 空气制动循环次数多,造成列车尾部风压不足。
- (3) 大秦线部分区段接触网电压低于规定的标准值。

#### 2. 采取的措施

(1) 编制了《万吨列车操纵示意图》、《万吨列车安全预案》、《低网压区段万吨列车安全运行措施》等安全操纵规范。

(2) 将机车原有压缩机更换为螺杆式压缩机,提高机车对长大列车的迅速供风能力,增强压缩机工作的可靠性。

(3) 机车车钩升级换代为 MT-2 型。

(4) 对转向架和主变压器枕梁实施加强筋补焊改造。

(5) 走行部连接件采用新的防缓技术。

(6) 安装了列尾装置。

#### (三) 人工组合万吨列车

2004 年大秦线年运量目标 1.5 亿 t,从当时大秦线运输现状看,万吨列车装车点有限,列车密度已经达到每 13 min 开行 1 列。为了提高运输效率、减少列车编组时间,根据国外重载列车机车分布式牵引原理,结合大秦线运输实际,前部机车与中部机车采用电台呼唤,通过人工操纵实现基本同步。

2004 年 4 月 30 日进行了人工万吨组合列车静置试验,2004 年 5 月 17~26 日在大新一湖东间及湖东—茶坞间分别进行了 2 次运行试验。通过试验数据分析,决定大秦线开行人工万吨组合列车,6 月 25 日正式开行人工万吨组合列车。2006 年 2 月 8 日达到日开行 36 对,截止到 2006 年 6 月 30 日已开行人工万吨组合列车 10 166 对,因人工操纵无法真正实现同步控制,陆续暴露出一系列行车安全问题。

存在主要问题有以下两点。

(1) 前部机车利用电台联系中部机车指挥操纵,同步性能差,极易引起列车冲动,甚至因电台联系不通,操纵不同步,发生列车断钩分离事故。

(2) 列车在低速运行时,产生紧急制动可能引发车辆车钩挤压事故。

#### (四) 2 万 t 列车开行历程

根据铁道部部署,大秦线要尽快形成 2~4 亿 t 的年运输能力。为完成这一规划,铁道部研究决定在大秦线开行 2 万 t 重载组合列车,而开行 2 万 t 重载组合列车是一个庞大的系统工程,涉及铁路系统的各个专业。

#### 1. 涉及的专业