



DAQIN ZHONGZAI TIELU
DIANWU JISHU YU YINGYONG

大秦重载铁路 电务技术与应用

《大秦重载铁路电务技术与应用》编辑委员会 编著



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

大秦重载铁路电务技术与应用

《大秦重载铁路电务技术与应用》编辑委员会 编著

中 国 铁 道 出 版 社

2009年·北京

内 容 简 介

本书概括了我国重载铁路大秦线电务技术的应用,系统介绍了大秦线扩能改造后电务新技术设备的组成情况,其中包括了电务重载技术在科研、维护、管理等方面的成就,以及有代表性的各类电务设备的技术特征、功能与原理和应用与维护。

全书共四篇:第一篇概述了大秦线电务技术的发展情况、电务技术的成就、电务技术发展的基本经验;第二篇是信号技术,分别介绍了分散自律调度集中系统(CTC)、ZPW-2000A 移频轨道电路系统、2×2 取 2 计算机联锁、75 kg/m 电液道岔转换系统、计轴轨道电路技术、JT-C 一体化机车信号、微机监测系统、智能电源屏及远程切换技术和部分新器材的应用;第三篇是通信技术,分别介绍了 GSM-R 数字移动通信系统、GSM-R 调度通信系统、机车同步操控通信技术、机车综合无线通信设备(CIR)、GPRS 网络接口技术、可控列尾技术、大秦线 GSM-R 数字移动通信网络 SIM 卡二级管理系统、监测系统的应用;第四篇是综合技术,分别介绍了防雷与接地、LKJ 监控装置、电务检测车、轨面熔覆堆焊技术、集中天窗维修管理模式、设备技防技术、其他技术的应用。在上述各篇中,除叙述了各项电务技术的基本功能与原理外,还叙述了其应用情况,为今后的工作提供了有益的借鉴。

本书可供铁路工作者和有关的专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大秦重载铁路电务技术与应用/《大秦重载铁路电务技术与应用》编辑委员会 编著. —北京:中国铁道出版社,2009. 6

ISBN 978-7-113-10141-1

I. 大… II. 武… III. ①重载铁路—铁路通信②重载铁路—铁路信号 IV. U239.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 090611 号

书 名:大秦重载铁路电务技术与应用

作 者:《大秦重载铁路电务技术与应用》编辑委员会 编著

责任编辑:魏京燕 朱雪玲 电话:51873115 电子信箱:dianwu@vip.sina.com

封面设计:薛小卉

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:北京盛通印刷股份有限公司

版 次:2009年6月第1版 2009年6月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:32.5 字数:821 千

书 号:ISBN 978-7-113-10141-1/TP·3345

定 价:100.00 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

编委会和编纂人员

编辑委员会

主 编：武 汛
副 主 编：王启铭 刘树旺 王金虎 宋 钢
执行副主编：宋 钢
主 审：刘朝英 周 黎
编 辑：刘 仓 任 和 邢勇峰 杨建国

参加撰写和编审人员

第一篇	撰写	宋 钢					
	编审	穆建成					
第二篇	撰写	刘 新	李建清	王文辉	张 伟	单 冬	丁忠峰
		王永涛	郭 辉	黄翌虹	张松涛	邢力民	耿正静
		唐军挪	吴莉斌	张成斌	邱宽民	徐 迅	张 莉
		戴 亮	刘伟杰	杨水荣	李亚强	马全松	徐伟光
		王 健	王佰利				
	编审	张辉东	张飞飞	吉建国	刘 仓	闫贵青	樊金林
第三篇	撰写	钟章队	沈敏军	蒋文怡	丁建文	武贵君	陈 乐
		孙 斌	周军民	张 敏	李 辉	陈 松	潘 盾
		黄 微	李桂月	周 波	雷临平	李秀章	冯 波
		吉荣新	陈建平	吴佳平	陈 瑗	陈中英	张军宏
	编审	刘荣芳	王军亮	赵新红			
第四篇	撰写	杨 玲	余挺泉	邱晓杰	王成将	张言安	易争志
		苏军贵	张家欢	蔺 伟	吕豪英	赵全奇	郭向辉
		王洪亮	张跃辉	靳 琛	吉建国	林章港	俞明昌
		刘文红	杨 勇	李英成	张 爽	张 健	凌 力
		伍元忠					
	编审	闫贵青	赵新红	吉建国	周 丹	王军亮	王成将
		刘 仓	任 和	李向东			

前 言

大秦线作为我国铁路发展的标志性工程、现代化煤运通道重载运输的示范性工程和既有线扩能改造的样板性工程,在国家发改委的大力支持及铁道部的系统组织安排下,通过结合国情和路情,依靠重载技术的自主创新,在保持列车速度、密度不降低的同时,将列车重量由 5 000 t 提高到 1 万吨和 2 万吨,快速、成倍地提高了大秦铁路运输能力,为促进国民经济的发展作出了贡献。“大秦铁路重载运输成套技术应用”在 2008 年荣获“国家科技进步一等奖”。

在电务技术方面,通过新技术、新装备的大量开发运用,紧紧围绕服务重载运输的科技创新及科学的维修保障体系的建设,为重载运输搭建了新技术平台,为运输组织提供了现代化手段,为重载运输提供了通信支撑,为运输安全构筑了新保障体系,满足了大秦线扩能和重载运输的发展需要,促进了我国铁路重载运输装备水平的提高,为路网建设中十余条运煤通道提供了电务现代技术装备及其运用的范例。正如铁道部刘志军部长所说的:“铁路运输对通信信号技术的依赖程度,从来没有像现在这样紧密”。

大秦线电务技术是铁路实现速度、密度、重载现代化的关键技术之一,随着铁路新技术的发展,电务设备不断更新换代,设备的技术含量和复杂程度越来越高。通过采取综合防雷、环境监测、综合视频监控、基于 GSM-R 的机车信号远程监测等技术手段,对通信信号设备的稳定性和可靠性的提高提供了重要保障,特别是 CTC/TDCS 系统采用了数字化、网络化、信息化技术,是对传统调度指挥模式的革命性突破。

大秦铁路是我国第一条开通了拥有自主知识产权 GSM-R 通信系统的重载铁路线,全部采用国产设备实现,并在世界范围内首次将欧洲 GSM-R 通信技术和美国 LOCOTROL 技术融合在一起,实现了多机车间同步起动、同步加速、同步减速、同步制动操控,为 2 万吨重载组合列车的机车同步操控信息提供了承载通道。大秦铁路是太原铁路局管辖的煤炭重载通道。太原铁路局按照铁道部党组的统一部署,面对大秦铁路运量每年增运 5 000 万吨的运输目标,发挥技术优势,创新运输组织,在铁道部的正确领导下,组织国内最有实力的单位,共同攻关,有针对性地引进国际铁路重载运输领域先进成熟的部分关键技术装备,加以消化吸收,成

功掌握了开行 2 万吨重载组合列车的一系列核心技术,大幅度提高了运输能力,相当于又新建了 3 条大秦铁路。2002 年至 2008 年,大秦铁路运量从 1 亿吨提高到了 3.4 亿吨,成为世界上运量最大的铁路。

当世界铁路重载运输正蓬勃发展时,以大秦铁路成功的重载运输为范例,系统介绍大秦铁路重载电务技术与应用非常必要。《大秦重载铁路电务技术与应用》是落实科学发展观,围绕新技术、新装备服务于重载运输的一次具体实践,是科技创新和科学维修保障体系建设的一次系统总结。

本书全面系统论述了大秦重载铁路通信信号技术在保证大秦重载铁路开行 2 万吨重载组合列车的系列综合试验中的作用、依据及成果,以及新技术、新装备和围绕服务重载运输的科技创新情况。系统介绍了大秦线扩能改造后电务新技术设备的组成情况,其中包括电务重载技术在科研、维护、管理等方面的成就,以及有代表性的各类电务设备的技术特征、功能与原理和应用与维护。全书共四篇:第一篇概述了大秦线电务技术的发展情况、电务技术的成就、电务技术发展的基本经验;第二篇是信号技术,分别介绍了分散自律调度集中系统(CTC)、ZPW-2000A 移频轨道电路系统、 2×2 取 2 计算机联锁、75 kg/m 电液道岔转换系统、计轴轨道电路技术、JT-C 一体化机车信号、微机监测系统、智能电源屏及远程切换技术和部分新器材的应用;第三篇是通信技术,分别介绍了 GSM-R 数字移动通信系统、GSM-R 调度通信系统、机车同步操控通信技术、机车综合无线通信设备(CIR)、GPRS 网络接口技术、可控列尾技术、大秦线 GSM-R 数字移动通信网络 SIM 卡二级管理系统、监测系统的应用;第四篇是综合技术,分别介绍了防雷与接地、LKJ 监控装置、电务检测车、轨面熔覆堆焊技术、集中天窗维修管理模式、设备技防技术、其他技术的应用。在上述各篇中,除叙述了各项电务技术的基本功能与原理外,还叙述了其应用情况,为今后的工作可提供有益的借鉴。

本书力求全面、翔实、客观地介绍大秦线扩能改造后电务技术的发展历程,深入浅出地阐述各种新设备、新技术的技术条件、组成原理和维护管理等。因此,它既可为铁路专业技术人员和相关的专业人员提供技术参考,又可为业内人士了解重载铁路电务技术在国内的应用提供参考。

本书于 2008 年下半年筹备,2009 年 1 月正式启动,近 70 名铁路电务系统专家参加了撰写、编审工作。为本书提供资料并参加撰稿与编审的单位有:铁道部运输局基础部、铁道部科技司、太原铁路局、中国铁道科学研究院、北京全路通通信信号研究设计院、北京交通大学、华为公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、株洲南车时代电气股份有限公司、北京交大微联科技有限公司、北京佳讯飞鸿

电气股份有限公司、北京交大思诺科技有限公司、北京津宇嘉信科技开发有限公司、北京联泰信科铁路信通技术有限公司、北京首科中系希电信息技术有限公司、北京中北信号软件有限公司、北京中电华大电子设计有限责任公司、南京泰通科技有限公司、深圳市恒毅兴实业有限公司、固安北信铁路信号有限公司、河南辉煌科技股份有限公司、河南蓝信科技有限公司、深圳长龙铁路电子工程公司、太原电务器材厂、上海铁大电信设备有限公司、西安信通博瑞特铁路信号有限公司等。

在此一并向关心和积极支持本书编写和出版工作的所有单位、领导和专家表示诚挚的感谢!

本书涉及的时间范围是2004年至今,书中“当前”、“目前”等词均指2009年初。

由于编者的水平有限,书中难免有遗漏和错误之处,敬请读者批评指正。

《大秦重载铁路电务技术与应用》编辑委员会

2009年6月

目 录

第一篇 综 述.....	1
第一章 概 述.....	1
第一节 大秦重载铁路的发展简况.....	1
第二节 大秦重载铁路电务技术应用需求.....	3
第二章 电务技术典型应用与技术创新.....	6
第一节 大秦重载铁路电务技术典型应用.....	6
第二节 科技创新与维修保障体制建设	10
第二篇 信号技术	14
第一章 分散自律调度集中系统	14
第一节 概 述	14
第二节 系统组成	14
第三节 原理和功能	33
第四节 系统的特点	37
第五节 系统的维护	50
第二章 ZPW-2000A 轨道电路系统	55
第一节 概 述	55
第二节 系统组成	55
第三节 系统抗干扰论证	58
第四节 原理和功能	61
第五节 大秦线解决方案	74
第六节 信号系统试验	75
第七节 工程使用原则	90
第八节 维护要求	92
第九节 技术应用情况	97
第十节 大同南—湖东四线 ZPW-2000A 移频轨道电路.....	98
第三章 2×2 取 2 计算机联锁	101
第一节 概 述	101
第二节 系统组成	102
第三节 功能与原理	106
第四节 大秦线解决方案	115
第五节 应用与维护	120
第四章 ZY 系列电液道岔转换系统	123

第一节 概 述	123
第二节 ZYJ7 型电液道岔转换系统的组成	125
第三节 ZYJ7 型电液道岔转换系统的原理	136
第四节 ZYJ7 型电液道岔转换系统的特点	140
第五节 ZYJ7 型电液道岔转换系统的应用与维护	140
第六节 ZYJ4 和 ZYJ6 型电液道岔转换系统简介	145
第五章 计轴轨道电路技术	147
第一节 概 述	147
第二节 设备组成	149
第三节 设备功能与原理	154
第四节 大秦线解决方案	160
第五节 应用与维护	163
第六章 机车信号	165
第一节 概 述	165
第二节 系统构成、功能及原理	167
第三节 机车信号在大秦重载区段的运用	200
第四节 机车信号检测设备	206
第七章 微机监测系统	215
第一节 概 述	215
第二节 系统组成	216
第三节 原理和功能	219
第四节 大秦线监测网络	231
第五节 运用与维护	235
第八章 智能电源屏及远程切换技术	237
第一节 概 述	237
第二节 智能电源屏的构成	238
第三节 智能电源屏的功能与原理	241
第四节 大秦线解决方案	250
第五节 应用与维护	254
第九章 新 器 材	257
第一节 BES-1600/ZPW 型一体化扼流适配变压器	257
第二节 LED 信号机	259
第三节 双灯泡双灯丝定焦盘灯组	269
第三篇 通信技术	272
第一章 GSM-R 数字移动通信系统	272
第一节 GSM-R 基本知识及发展历史	272
第二节 大秦线 GSM-R 建设情况	273
第三节 大秦线 GSM-R 业务介绍	275
第四节 GPRS 网络技术	278

第二章 GSM-R 固定用户接入交换系统	287
第一节 概 述	287
第二节 FAS 系统的组成	288
第三节 FAS 系统的功能与原理	289
第四节 大秦线 FAS 调度通信系统	292
第五节 系统维护与故障处理	303
第三章 机车同步操控通信技术	306
第一节 GSM-R 机车同步操控信息传输系统	306
第二节 800 MHz 无线数据传输系统	311
第三节 同步操控 800 MHz 地面补偿设备	319
第四章 机车综合无线通信设备	324
第一节 概 述	324
第二节 设备组成	324
第三节 功能与原理	327
第四节 大秦线解决方案	328
第五节 应用与维护	329
第六节 接口定义	334
第五章 GPRS 接口服务器	339
第一节 概 述	339
第二节 GRIS 的组成	339
第三节 GRIS 的主要功能和原理	340
第四节 大秦线应用方案	342
第五节 应用与维护	343
第六节 GROS 简介	344
第六章 GSM-R 光纤直放站	345
第一节 概 述	345
第二节 设备组成	345
第三节 设备工作原理	349
第四节 光纤直放站应用及技术指标	353
第五节 网 管	355
第七章 GSM-R 数字移动通信网络 SIM 卡二级管理系统	357
第一节 概 述	357
第二节 系统结构	358
第三节 系统功能	360
第四节 系统硬件要求	363
第八章 可控列尾监测系统	365
第一节 概 述	365
第二节 系统组成	365
第三节 系统功能和工作流程	367
第四节 监测数据传输可靠性保障方案	368

第五节 大秦线应用方案	369
第九章 监测系统	371
第一节 漏泄电缆状态实时监测系统	371
第二节 LOCOTROL 通信监测系统	378
第四篇 综合技术	386
第一章 防雷与接地	386
第一节 电务综合防雷系统	386
第二节 防腐贯通地线	400
第三节 重载铁路牵引电流对信号电缆影响的探讨	403
第二章 列车运行监控装置(LKJ)	409
第一节 概 述	409
第二节 车载设备构成	409
第三节 硬件介绍	412
第四节 软件介绍	418
第五节 大秦线重载列车 LKJ 控制模式	422
第六节 LKJ 故障与处理	425
第三章 电务检测车	436
第一节 信号动态检测评估系统	436
第二节 通信动态检测系统	445
第四章 采用轨面堆焊技术解决轨道电路分路不良	451
第五章 集中天窗修管理模式	455
第一节 组 织	455
第二节 管 理	455
第三节 安 全	457
第四节 效 果	458
第六章 大秦线信号设备技防措施的研究	460
第七章 其他技术	464
第一节 基于 GSM-R 的机车信号远程监测系统	464
第二节 信号专家系统	473
第三节 大秦线综合视频监控系统	482
第四节 环境及动力监控系统	496

第一篇 综 述

第一章 概 述

第一节 大秦重载铁路的发展简况

作为我国第一条双线重载电气化运煤专线,大秦铁路西起北同蒲线的韩家岭车站,东至秦皇岛地区的柳村南站,全长 653 km。铁路分两期建成,一期工程(大石庄站以西)于 1985 年 1 月开工,1988 年 12 月 28 日开通运营。二期工程(大石庄站以东)于 1988 年 6 月开工,1992 年 12 月 21 日开通运营。铁路最初的设计能力为 5 000 万吨/年,1997 年改造后形成 1 亿吨/年的运送能力。近几年来,通过一系列扩能改造,其运输能力得到快速提升,继 2004 年运量突破 1.5 亿吨之后,2005 年突破 2 亿吨,2006 年又成功突破 2.5 亿吨,2007 年突破 3 亿吨,2008 年突破 3.4 亿吨。

长期以来,煤炭在全国一次能源生产和消费中的比重一直保持在 70% 以上。山西、陕西、内蒙西部(“三西”)是我国主要煤炭基地,大秦铁路是“三西”煤炭外运的最重要的一条运输通道,承担着全国六大电网、五大发电公司、380 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。

随着国民经济持续快速发展,大秦铁路运输需求已远远超过 1 亿吨的设计能力。2003 年末,为满足运输需求快速增长的需要,铁道部根据党中央、国务院的要求,作出了在大秦铁路开行 2 万吨重载列车的重大决策。

大秦铁路全线为双向自动闭塞,包括正线和到发线全部采用电气化牵引。大秦铁路多山区、多隧道、多曲线,共有隧道 48 个,隧道累计总长 65.8 km,最长的军都山隧道长约 8.4 km。重车方向有两段长大下坡道:一段线路长度为 47 km,平均坡度达 -8.2% ;另一段线路长度为 50 km,平均坡度 -9.1% ,最大坡度达 -12% ,是大秦铁路重载运输的最困难区段。

2004 年 12 月至 2006 年 5 月,铁道部共组织了七次大型的系统综合试验和百余次专项试验,为 2 万吨重载组合列车的成功开行提供了充分的科学依据。

2004 年 12 月 12 日,刘志军部长、胡亚东副部长亲自指挥,成功试验开行了中国铁路第一列 2 万吨($4 \times 5\,000\text{ t}$)重载组合列车。这次综合试验历时两个月,验证了 800 MHz 电台与 LOCOTROL 技术结合的可行性,对 SS_4 机车与 LOCOTROL 技术、CCB II 制动机的集成性能进行了试验和评估。

2005 年 7 月 7 日至 13 日,进行了第二次 $4 \times 5\,000\text{ t}$ 重载组合列车综合试验,重点对 SS_4 机车改造方案、新型 C_{80} 车辆、机车自动过分相设备进行了试验验证。

2005 年 11 月至 2006 年 1 月,采用“1+2+1”编组方式,进行了 4 次 $2 \times 10\,000\text{ t}$ 综合试验(204 辆 C_{80}),检验了 LOCOTROL 系统利用 GSM-R 网络进行信号传输的可行性,对普通 C_{80} 和新型 C_{80} 编组的组合列车的纵向动力学性能及制动性能进行了试验,并对机车加装 CIOM 模块

后的功能及性能等进行了验证。

在大秦铁路的系列综合试验表明:

(1)采用 800 MHz 无线数据传输设备,可以满足以 LOCOTROL 系统开行 $4 \times 5\,000\text{ t}$ 重载组合列车的要求。

(2)采用 GSM-R 网络,可以满足以 LOCOTROL 系统开行 $2 \times 10\,000\text{ t}$ 重载组合列车的要求。

经过综合试验验证,大秦铁路开行 2 万吨组合列车是完全可行的。2006 年 3 月 28 日,按照积极采用“先进、成熟、经济、适用、可靠”的方针,通过对系统集成创新,有效解决了大秦铁路开行 2 万吨重载组合列车的“山区铁路通信可靠性、长大下坡道周期制动、长大列车纵向冲动”等三大技术难题;成功开行了 $4 \times 5\,000\text{ t}$ 和“1+2+1”、“1+1+可控列尾”编组方式的 2 万吨重载组合列车,使我国铁路重载运输技术水平跨入了世界先进行列,并取得了如下成果:

- 在世界铁路上,首次实现了 LOCOTROL 技术与 GSM-R 技术结合,有效解决了机车间通信距离限制的关键问题。

- 在世界铁路上,首次实现了 800 MHz 电台与 LOCOTROL 技术结合,使通信传输距离由 450 MHz 的 650 m 提高到 800 MHz 的 790 m,主从控机车采用广播和接力相结合方式传送信息。

- 在世界铁路上,首次采用单套 LOCOTROL 系统与机车结合,实现主控机车双端同步操纵控制功能。机车仅装单套 LOCOTROL 系统和 CIOM 模块,与美国 GE 公司推荐的安装双套 LOCOTROL 系统方案相比,200 台机车设备改造节约资金 1 亿元。

2007 年 4 月,成功进行了应用 2 台大功率“和谐”型电力机车(HXD 型)牵引 2 万吨列车的综合试验,标志着我国铁路重载牵引动力又上了一个新的台阶。

大秦铁路开行 2 万吨重载列车,大幅度提高了运输能力,相当于又新建了 3 条大秦铁路。2002 年至 2008 年,大秦铁路运量从 1 亿吨提高到了 3.3 亿吨,成为世界上运量最大的铁路,预计到 2010 年前将达到 4 亿吨,截止到 2009 年 5 月,已开行 2 万吨列车 24 686 列。

大秦线之所以能屡创佳绩,得益于新技术、新装备的大量开发运用;得益于紧紧围绕服务重载运输的科技创新;得益于科学的维修保障体系的建设。

为把大秦线建设成世界一流重载铁路,不断引进先进的信号联锁设备,其中区间自动闭塞系统采用我国具有自主知识产权的 ZPW-2000A 无绝缘自动闭塞系统,由原来的三显示变为四显示,提高了列车在区间的通过能力,采用高频和低频相结合的技术,提高了轨道电路的稳定性和抗干扰性。

采用了先进的 2×2 取 2 的 EI32 型计算机联锁系统,增加了现场脱机测试的软/硬件接口,实现现场脱机测试、试验、维护;采用网络图模式,站场改造时不用进行全场联锁试验;减少了室内设备数量和故障点,提高了防止混线误动的能力和设备的稳定性。

大秦线配套重型轨上道使用的外锁闭安装装置和 ZYJ7 型液压转辙机,提高了道岔抗重载列车的冲击能力,确保了重型轨道岔转换的稳定性。

大秦线不仅引进吸收并创新运用了美国 GE 公司生产的 LOCOTROL 分布式机车无线同步操纵系统,还采用了 GSM-R 数字移动通信系统,使通信信号覆盖全线,消除了多年来因山区通信盲区对运输造成的困扰,成功掌握了开行 2 万吨重载组合列车的一系列核心技术。

电务部门结合大秦线重载、大密度运输的实际情况,通过建立科学的维修保障体系,树立电务设备零故障的维修理念,为重载运输提供了可靠的电务设备技术保障。

第二节 大秦重载铁路电务技术应用需求

重载运输技术已成为国际公认的铁路货运发展方向。大秦线作为全国最重要的能源大动脉,承担着西北、华北煤炭生产基地原煤外运的重担,是世界上同等铁路中运量最大的运煤专线。自建成以来,相继开行了 5 000 t、6 000 t 重载列车,以及多种车型编组的万吨单元重载列车和万吨组合重载列车,2006 年开始成功试验开行了 2 万吨重载列车。围绕万吨、2 万吨列车的开行,系统地引进和开发了一大批国际、国内领先的运输装备和配套技术。

一、发展需求

在 2003 年以前,大秦线担当煤炭运输的主要技术装备为 SS₄ 型电力机车、C₆₃ 货车等,在开行 1 万吨列车时,暴露出了技术装备性能上的若干不足,如果开行 2 万吨重载列车,现有技术装备将难以满足列车安全可靠运行的要求。当时,大秦线区间自动闭塞设备制式为分散式三显示自动闭塞;区间采用 25 Hz 相敏轨道电路+4 信息移频电码化;车站联锁设备大部分为 6502 电气集中联锁;既有调度集中系统仅作为电务系统的监督使用,这一切制约着大秦线运量的提高,大秦铁路运能和运量之间的矛盾十分突出。为此,铁道部经研究论证,提出了“大秦铁路 2 万吨重载运输成套技术装备”的研究课题,以实现大秦铁路 2 亿吨的年运输能力。

因此,铁道部和太原铁路局根据运输需求,对大秦线开行 2 万吨重载列车、实现 2 亿吨直至 3.5 亿吨以上年运输能力进行了系统研讨和全面论证,就部分关键技术组织了多次中外技术交流。研究和论证得出结论:多年来在行车指挥自动化系统和建设方案上的研究投入,积累了丰富的技术资料 and 实际经验,并且拥有集科研、开发和推广为一体的高科技群体;计算机联锁已普遍实现与调度监督的接口等当时技术发展的实际情况,进一步开行 2 万吨重载列车,研发技术先进、性能可靠、系统配套的技术装备是非常必要和不可缺少的,依靠国内自主的力量研发这些技术也是可行的。

此后,铁道部和太原铁路局组织国内最有实力的单位,共同攻关,有针对性地引进国际铁路重载运输领域先进成熟的部分关键技术装备,加以消化吸收,用 2~3 年的时间,研究试制出了具有国际先进水平的,适合大秦铁路重载运输的分散自律调度集中系统(CTC)、ZPW-2000A 移频轨道电路系统、2×2 取 2 计算机联锁、75 kg/m 电液道岔转换系统、计轴轨道电路技术、JT-C 一体化机车信号、微机监测系统、智能电源屏及远程切换技术,以及 1 600 A 扼流适配变压器、LED 信号机、SD-2 双灯泡双灯丝定焦盘灯组等大秦线适用的电务新设备、新器材。通过配合大秦线进行的 2 万吨列车综合牵引试验,这些新技术的综合性能也得到了试验和运行考验。

二、电务技术发展应用

1. 通信技术

大秦线在 GSM-R 通信平台上,利用 LOCOTROL 技术成功开行了 2 万吨重载组合列车,在世界铁路中率先实现了 LOCOTROL 技术和 GSM-R 平台的结合。为保证机车乘务员间通信畅通,SS₄ 机车加装了路内研发的 400M+400k 人工通信电台及深圳长龙公司开发的 GSM-R 网络通信电台,将原 LOCOTROL 系统单端操纵改造为双端操纵,把 LOCOTROL 技术由过去的点到点通信传输,发展为系统网络通信传输,实现了 LOCOTROL 系统 800 MHz 电台与 GSM-R 网络的自动切换。通过一系列的技术集成和先后大小上百次试验,其中综合试验 26 次,成功解

决了山区铁路中的通信可靠性问题、长大下坡道的周期制动问题和长大列车的纵向冲动问题,使得编组 210 辆、2 600 多米长的货车前后同步操纵误差仅为 0.6 s,为大密度开行万吨、2 万吨重载组合列车提供了可靠的通信保障。

为进一步完善重载列车机车同步操控系统,成功研发了大秦线机车同步操控系统通信接口监测系统,该系统通过对 GSM-R 网络 Abis 接口的信令监测、提取和分析,达到了对 GSM-R 终端用户通信过程信令的实时跟踪和分析诊断,实现了上述信息与机车公里标数据的准确对应,为机车同步操控系统的故障诊断以及 GSM-R 网络的优化和运营维护提供了参考依据,对完善和发展大秦线、北同蒲线等线路的 GSM-R 网络具有重要作用。该项研究成果填补了铁路 GSM-R 网络在线实时监测的空白,为机车同步操控系统提供了可靠的技术支持。

通过对 GSM-R 网络采用在隧道区段设置 GSM-R 光纤直放站及对部分漏泄电缆实时监测等方法进行补强,提高了通信信号的稳定性,解决了大秦线 GSM-R 网络无线信号盲区和弱信号区的覆盖问题。

2007 年 6 月 24 日,试验开行了用 2 台大功率“和谐”型电力机车加可控列尾装置牵引 2 万吨重载组合列车。可控列尾装置采用无线通信的方式实现与主控机车的同步排风,以及整列车的同步制动,是大秦线“和谐”型机车通过“1+1+可控列尾装置”的编组方式开行 2 万吨重载列车的主要牵引模式。

2. 信号技术

结合 2 亿吨站场改造项目,对重载配套电务信号基础设施设施进行了更新改造,信号系统集成采用 ZPW-2000A 型四显示自动闭塞信号设备和分散自律式调度集中系统(CTC),区间设置通过信号机,15 个站(场)改造为计算机联锁站,道岔转辙机采用电液转辙机。在交流传动电力机车上安装主体化机车信号,列车在区间以主体化机车信号显示为行车凭证。

(1)为实现调度中心对全线列车的集中统一调度、统一指挥,发挥运输最大效能,提高运输能力,确保正点率和服务质量,降低运营成本,研制开发了大秦线分散自律调度集中系统(CTC)。该系统采用了先进的计算机网络和控制技术,具有更高的安全性、可靠性和可维护性。在实现列车进路自动控制的同时,将调车进路控制也纳入系统统一管理,避免了中心调度人员与车站行车人员频繁交接控制权的问题,提高了系统的使用率。该系统的使用,优化了运输组织结构,提供了运输效率,于 2007 年拆除了西张庄、东井集、罗家屯、铁炉、东城乡、王家湾、木林、平安城、抚宁北 9 个车站,为大秦线生产力布局调整及减员增效提供技术保障。

(2)随着大秦线万吨列车的开行,站场股道有效长延长到 2 800 m,由于站场、股道延长较多,部分道岔的控制距离加长。若控制距离加长超过原标准后,可能会发生电机堵转、道岔不能正常转换等故障。大秦线既有线路,股道、道岔、电缆和电源制式均已成型;改造时,在投入、设备型号不增加太多,便于现场维修的需求下,通过吸收 ZYJ7 型电液转辙机的优点,对液压站进行设计改进,使单线串电阻达到 54 Ω ,控制距离达到原有的 1.8 倍,解决了由于股道延长带来的道岔控制距离加大、控制电缆成倍增加的问题,满足大秦线改造的需要,产生良好的社会效益和经济效益。

(3)由于大秦线多桥梁、隧道,大量隧道区段存在道床漏泄过大,电阻太低等问题。每年受潮湿气候影响,部分区间发生轨道电路“红光带”故障,使自动闭塞轨道电路设备无法正常使用,可靠性降低,对铁路运输的正常秩序产生影响。对于货运来说,站内侧线多用于存车,利用率较低,钢轨易生锈,也导致分路不良。计轴设备在大秦线的应用,有效改善了以上局面。基本解决了隧道内道床电阻泄漏和部分区段“压不死”的问题,在保障行车安全、提高运输效

率方面起到了积极的作用。

(4) 在交流传动电力机车上安装主体化机车信号,为适应大秦重载区段的特殊应用条件, JT1-CZ 2000 机车信号在对不同的电力机车、牵引供电方式及线路的情况下的干扰进行深入研究的基础上,通过创新的抑制牵引电流谐波的梳状滤波器技术、强牵引电流干扰下的安全识别等关键技术,针对国内主流推广的 ZPW-2000 系列轨道电路制式,抗牵引电流干扰突破性地达到了 200 A 不平衡电流的指标,成功解决了机车信号在大秦线重载条件下远高于其他线路的强牵引电流干扰的技术难题。

(5) 微机监测系统是确保行车安全、信号维修体制改革及信号技术自身发展的需要而应运而生的一项专为电务维护人员使用的新型设备。具有可增强信号故障分析处理能力,减少故障发生数量和延时,完善信号设备的监测、监控等功能。配合新上 EI32-JD 型计算机联锁及 CTC 改造,对大秦线沿线各站原有微机监测设备进行了扩容改造,增加监督站内设备功能。2008 年开始,配合 ZPW-2000A 轨道电路的全面使用,按照铁道部新技术条件的要求,将全线微机监测全面升级为 2006 版,增加了微机监测对包括 ZPW-2000A 轨道电路在内的更多电务装备性能的监测报警功能,并实现了车站-工区-车间-电务段与路局电务处的联网。大秦线微机监测系统已成为电源屏、轨道电路日常测试、信号设备故障和隐患的检查、分析等信号维修工作中不可缺少的工具,在提高维修质量、压缩故障延时等工作中发挥着重要的作用。

3. 综合技术

随着铁路新技术的发展,电务信号与通信设备不断更新换代,需要操作与维护的设备种类和数量大幅度地提高,设备的技术含量和复杂程度也越来越高,电务设备通过采取综合防雷、环境监测、综合视频监控、信号设备的质量控制、机车信号的远程监测及新设备的测试维护等技术手段,对电务设备的稳定性和可靠性提供重要保障。

(1) 近年来,以 6502 电气集中为代表的继电联锁系统逐步由效率更高、功能更强的计算机联锁系统所替代。计算机联锁、TDCS、CTC、微机监测等微电子设备大量上道运用,使铁路信号设备微电子化趋势明显,对信号设备的可靠运行提出了更高的要求。但由于电子产品自身耐压能力较弱,雷击、过电压波等侵入造成的设备损坏事故时有发生。结合大秦线的特点,建立了将公网、铁路防雷标准有机结合,将信号设备、GSM-R 网络的雷电防护统筹,以车站信号建筑物为中心的电务综合防雷系统,避免雷电对电务设备的损坏,保护电务设备的正常使用。

(2) 随着我国铁路列车速度不断提升,机车交路越来越长,对机车信号提出了更高的要求。但是长期以来,地面信号发码设备的维护技术手段,以电务试验车、人工添乘观察为主,存在监测间隔时间长、无法远程动态监测等局限,已经越来越不能满足铁路发展形势的需要。基于 GSM-R 的机车信号远程监测系统,利用无线通信技术、计算机网络技术、信息处理技术以及大秦线 GSM-R 网络等条件,实现对机车信号车载设备的远程、实时在线监控,提高了机车信号设备的整体管理和维护水平。

(3) 为了确保电务信号和通信机房的安全,提高维护质量、降低运行维护的成本,采用环境及动力监控系统,通过对机房采取集中监控、集中维护、集中管理模式,可进一步确保机房安全和提高设备的可靠运行,实现机房少人、无人值守,减少维护运营成本,并可解决提高维护质量、工作效率和提高劳动生产率之间的矛盾,为设备运行的更安全、可靠、稳定和更加现代化提供保障。

第二章 电务技术典型应用与技术创新

第一节 大秦重载铁路电务技术典型应用

一、大秦线分散自律调度集中系统(CTC)

分散自律调度集中系统(CTC)是综合了计算机技术、网络通信技术和现代控制技术,采用智能化分散自律设计原则,以列车运行调整计划控制为中心,兼顾列车与调车作业的高度自动化的调度指挥系统,是一个符合我国国情、路情的高度自动化的调度指挥系统。

大秦线分散自律调度集中系统(CTC)于2007年5月底开始全线建设,2007年12月底完成。由调度中心子系统、车站子系统和网络子系统组成,全长653 km,共2个调度区段,含20个CTC控制车站,19个区间中继站,7个TDCS指挥车站(其他线接入站)和一个调度中心;系统采用通用的互联网体系结构,局中心和各车站通过交换机将本地设备各自连接成为一个局域网,然后通过路由器将上述局域网互联成为大覆盖范围的广域网;实现并解决了在大秦线重载运输干线下按图自动排列列车进路等关键技术。

其中CTC列调系统根据大秦线作为重载运输货运专线的实际运营状况及具体需求,实现依据事先设计的规则对列车计划自动调整、区间列车的合并/分解需求及合并/分解后列车车次号的处理、大秦天窗修期间区间扣车停留及其他特殊功能等专用需求。

大秦线CTC系统在自律控制方面,针对大秦线大部分车站存在股道超长,股道中间设置进路信号机,部分进路信号机无列车运行信号,不能直接作为列车进路的防护信号机等实际特点,在列车排列进路及报点策略上进行特殊处理,实现了科学的列车进路触发时机处理、不同的车站股道状况进行不同的列车排列进路处理、对不同性质的车站采取不同的列车进路报点策略处理、调车进路的特殊处理及其他特殊作业的处理,满足了大秦线特殊的重载运输作业的需求,提高了车站的利用率及通过能力。

大秦线CTC系统还实现了与计算机联锁、GSM-R、既有网络、既有TDCS等系统的无缝结合和融合。

大秦线CTC系统的应用,实现了大秦线列车和调车作业控制权的协调统一及高度自动化,减少了人工作业条件下的作业误差,较好地适应大秦线列车运行繁忙、车站作业复杂的局面,为大秦线生产力布局调整及减员增效提供了技术保障。

二、ZPW-2000A 轨道电路系统

ZPW-2000系列轨道电路制式因其安全性高、可靠性高、抗干扰能力强等特点,作为我国自动闭塞轨道电路的统一制式在全路推广应用,已在全国多条干线成熟应用。ZPW-2000A轨道电路其系统设计和器材容量可满足最大牵引网流1 000 A、钢轨最大不平衡牵引回流100 A的要求。由于大秦铁路扩能牵引供电改造是在既有设备开行万吨单元列车、年运量为1亿吨的基础上改造为具备开行2万吨单元列车,年运量近期为2亿吨,远期为4亿吨的能力,其扩能改造后运量为设计运量的一倍,负荷增长很大。信号系统必须满足最大牵引网流达到2 000 A、