

● 大秦重载铁路培训系列丛书

# 重载铁路供电技术

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

# 重载铁路供电技术

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。全书共八章两大部分。接触网部分主要介绍了大秦重载铁路的概况,讲解了接触网 16 种重要设备在运营中的检修标准,检修工艺和要求。同时对部分接触网重要设备进行了故障分析,并对接触网事故的预防和检修原则作了进一步明确。牵引变电所部分主要阐述了牵引供电系统的组成,牵引变电所的接线及牵引变电所高压设备的构成、原理和检修工艺,并对牵引变电所的微机保护、远动控制、综合自动化做了详细地介绍。

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

重载铁路供电技术/闻清良主编. —北京:中国铁道出版社,2009. 10

(大秦重载铁路培训系列丛书)

ISBN 978-7-113-10638-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 183539 号

书 名:重载铁路供电技术

作 者:闻清良 主编

责任编辑:阚济存

电话:010-51873133

电子信箱:td51873133@163.com

封面设计:郑春鹏

责任校对:张玉华

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:北京新魏印刷厂

版 次:2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16 印张:12.75 字数:312千

印 数:1~1 500册

书 号:ISBN 978-7-113-10638-6/U · 2579

定 价:39.00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。大秦铁路分三期建成,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,至 1997 年完成。2006 年对全线进行了 2 亿 t 扩能改造。大秦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,求真务实地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培训系列丛书作为职工培训的适用教材。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《重载铁路供电技术》为系列丛书之一,李刚统稿并编写第二章第一、十、十三、十四节,第三章;彭兴荣编写第二章第二~九、十一、十二、十五、十六节;郑林鹰编写第四章,第八章;郑晓英编写第五章,第七章;胡晓燕编写第六章;牛春年、李刚编写第一章。全书由周立峰、刘永旭审稿。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 大秦重载运输发展情况.....            | 1   |
| 第二节 大秦重载运输特点.....              | 3   |
| 第三节 电气化铁道的组成及特点.....           | 4   |
| 第四节 接触网供电方式.....               | 7   |
| 第五节 接触网悬挂方式.....               | 9   |
| 复习思考题 .....                    | 12  |
| <b>第二章 接触网主要设备的运行与检修</b> ..... | 13  |
| 第一节 支柱与基础 .....                | 13  |
| 第二节 支持装置 .....                 | 22  |
| 第三节 接触线和承力索 .....              | 29  |
| 第四节 定位装置 .....                 | 38  |
| 第五节 吊 弦 .....                  | 47  |
| 第六节 绝 缘 子 .....                | 52  |
| 第七节 中心锚结 .....                 | 56  |
| 第八节 电 联 结 .....                | 60  |
| 第九节 分段绝缘器和分相绝缘器 .....          | 63  |
| 第十节 接触网线岔 .....                | 72  |
| 第十一节 补偿装置 .....                | 78  |
| 第十二节 隔离开关 .....                | 87  |
| 第十三节 锚段及锚段关节 .....             | 91  |
| 第十四节 软横跨及硬横跨 .....             | 97  |
| 第十五节 附加导线.....                 | 107 |
| 第十六节 桥梁、隧道接触网设备 .....          | 113 |
| 复习思考题.....                     | 116 |
| <b>第三章 接触网事故的预防与抢修</b> .....   | 118 |
| 第一节 接触网事故的预防.....              | 118 |
| 第二节 接触网事故的抢修.....              | 118 |
| 复习思考题.....                     | 119 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>第四章 电力系统及牵引供电系统</b> .....            | 120 |
| 第一节 电力系统.....                           | 120 |
| 第二节 牵引供电系统.....                         | 121 |
| 复习思考题.....                              | 125 |
| <b>第五章 高压电气设备</b> .....                 | 126 |
| 第一节 牵引变压器.....                          | 126 |
| 第二节 电压互感器和电流互感器.....                    | 135 |
| 第三节 高压断路器.....                          | 141 |
| 第四节 隔离开关设备概述与检修工艺.....                  | 148 |
| 第五节 高压熔断器.....                          | 150 |
| 第六节 电力电容器设备概述.....                      | 152 |
| 第七节 母线、裸导线与电力电缆.....                    | 155 |
| 第八节 避雷针和避雷器.....                        | 158 |
| 第九节 高压配电装置.....                         | 159 |
| 第十节 接地装置.....                           | 161 |
| 复习思考题.....                              | 164 |
| <b>第六章 牵引变电所主接线</b> .....               | 166 |
| 第一节 概    述.....                         | 166 |
| 第二节 牵引变电所一次侧的电气主接线.....                 | 167 |
| 第三节 牵引负荷侧的主接线.....                      | 169 |
| 复习思考题.....                              | 171 |
| <b>第七章 牵引变电所综合自动化</b> .....             | 172 |
| 第一节 微机继电保护原理及其在供电系统中的应用.....            | 172 |
| 第二节 远动系统.....                           | 175 |
| 第三节 牵引变电所综合自动化系统.....                   | 179 |
| 第四节 大秦铁路 DK3500 电气化铁道牵引供电综合自动化系统概述..... | 184 |
| 第五节 无人值班所变配电设备日常管理办法.....               | 189 |
| 复习思考题.....                              | 191 |
| <b>参考文献</b> .....                       | 192 |

# 第一章 大秦重载铁路概述

本章简要介绍重载运输的基本概念、特点、重载运输的优越性;我国重载运输发展情况,大秦线重载运输的必要性,大秦重载运输发展的历程以及大秦重载运输方面的特点;重点介绍电气化铁道的组成、特点以及接触网的供电方式和悬挂方式。

## 第一节 大秦重载运输发展情况

### 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。

1984年在美国华盛顿成立了非官方组织国际重载铁路协会(简称IHHR),并由美国、中国、澳大利亚、加拿大和南非的铁路技术专家组成国际重载铁路顾问委员会。

2005年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)。

我国重载铁路运输的发展经历了四个阶段:

第一阶段(1984—1986年),属于改造既有线路开行重载组合列车阶段;

第二阶段(1985—1992年),为新建大秦铁路,开行重载单元列车阶段;

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

第四阶段(2002—至今),即大秦铁路开行2万t重载组合列车,繁忙干线开行了5 500~6 000 t重载混编列车阶段。

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。

### 二、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。

大秦线开通以来运量递增情况见表 1-1。

表 1-1 大秦铁路近期运量表

| 年度   | 运量<br>(万 t) | 年度   | 运量<br>(万 t) | 年度   | 运量<br>(万 t) | 年度      | 运量<br>(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。

### 三、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,是我国第一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,河北原阳县、逐鹿县、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,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,东至河北省三河县大石庄站,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,缓解了丰沙大同铁路运输紧张的状况。

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,至 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。

大秦线是我国铁路开展重载运输的典型代表: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。

大秦铁路所创造的奇迹,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(LOCOTROL)和铁路综合数字移动通信系统(GSM-R)系统的集成,成功开行了 2 万 t 重载组合列车,特别是自主研制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。

## 第二节 大秦重载运输特点

高密度大量开行重载列车,给车务、机务、车辆、工务、电务、供电各系统带来全新的课题与难度。大秦重载运输有如下特点。

### 一、重载运输机务特点

大秦重载运输机务核心特点是:机车长交路,机车动力分散或分布式动力系统牵引,机车无线同步操纵系统(LOCOTROL)。

### 二、重载运输专用车辆的特点

为了适应重载运输,作为载运工具的移动设备—铁路车辆,应具备特殊的结构和性能,其特点是大吨位、低自重系数、大延米载荷、低重心高度、便于迅速装卸、减少纵向冲动,加强纵向的承受能力、低动力作用转向架、高性能耐磨车轮等。

### 三、大秦重载货运作业、车站作业的特点

1. 装车组织方面:1 万 t、2 万 t 装车点采用环形线装车方式,装车设备为大容量的筒仓和定量漏斗,或为高架溜槽,也有的在堆料场下穿一座隧洞,由洞顶的漏斗装车。漏斗与电子磅相联,自动计量和打印记录。

矿点产量不够大而又分散或受地形限制,不能单独设置整列装车设备时,采取集运方式,用大型载重自翻汽车或皮带输送机将货物送至集运站的环形线上装车。

在大秦线的主要卸车地秦皇岛港卸煤码头,设有高效的卸车设备,设有环线或贯通式整列卸车线,以及和车型、卸车方法相适应的地面设施。卸车主要采用翻卸的方式。

2. 车站作业组织方面:车站的作业组织主要是列车接发工作。另外,途中规定技术站还

须进行乘务员换班和机车注油整备作业。技术站作业组织方面,开行 2 万 t 列车,必须进行 2 列万吨的组合。湖东编组站组合列车到发线有效长为 2 800 m 及以上,中部腰岔和信号机的数量为 3 个,线路分为 A、B、C、D 共四段,每段线路 650 m 左右,能够容纳下 210 多辆车辆及 4 台机车的长度。柳村南站为区段站,为大秦铁路的终点站,是与秦皇岛港煤三、煤四、煤五期相配套的卸车站。单元万吨重车到达柳村南站二场后,车站调度员根据煤种及对应港务局公司情况确定对位翻车机,本务机司机根据车站值班员布置的计划及调车信号显示直接对位翻车机,对位完毕后,本务机摘机经环线进入空车场入库或立折。

大秦线中间站到发线的长度,为 2 800 m 左右,中部设腰岔和进路信号机,以满足空车组合和编组单元万吨列车的需要,全线保证每 40 ~ 80 km 可有一个停车站。同时,由于大秦线车流主要来自北同蒲线,为满足单元万吨、万吨组合列车始发和待避客车的需要,大新、东榆林、北周庄、金沙滩、怀仁、韩家岭等站到发线有效长已延长至 1 700 m,这样就可以实现万吨列车约每 20 多 km 可有一个停会站。

#### 四、大秦重载运输工务设备的特点

该方面特点有:使用高强度重型钢轨、铺设新型道岔、铺设跨区间无缝线路、优化轨枕结构、采用优质道砟。线路维修采用大型养路机械化维修。

#### 五、大秦重载运输信号、通信系统特点

1. 闭塞设备特点:区间采用先进的四显示集中移频双向自动闭塞。

2. 联锁设备特点:车站集中设备全部采用计算机联锁。车站轨道电路方面,各站轨道电路已广泛使用 1 000 A、1 200 A 及以上的大容量扼流变压器,并加装适配器,以提高轨道电路抗干扰能力。道岔转辙机方面,各站道岔为三相交流电液转辙机,75 kg/m 重型道岔均采用了 ZYJ-7 型带钩式外锁装置的转辙设备。

3. 通信设备特点:大秦线已建成铁路移动信息综合系统(GSM-R)。

#### 六、大秦重载运输调度指挥方面特点

在列车调度指挥、行车控制方面,大秦全线已全部采用列车调度指挥系统(TDCS)及分散自律调度集中(CTC),更加有利于发挥最大的运输效能。

### 第三节 电气化铁道的组成及特点

采用电力牵引的铁道称为电气化铁道,其由电力机车和牵引供电装置组成的,牵引供电装置一般分成牵引变电所和接触网两部分。电力机车、牵引变电所和接触网通常被称为电气化铁道的“三大件”,如图 1-1 所示。

大秦铁路重载运输采用了电力牵引。电力牵引作为当前较先进的铁路列车牵引方式,实现了“多拉快跑”。而作为其中组件之一的接触网,作为牵引变电所与电力机车的桥梁,其输送电能的可靠性、稳定性、安全性、连续性,已越来越重要。只有实现这些性能,大秦重载能力的稳定并进一步提升才有可能。

#### 一、电力机车

电力机车靠其顶部升起的受电弓,直接接触导线取得电能。每台电力机车前后各有一台

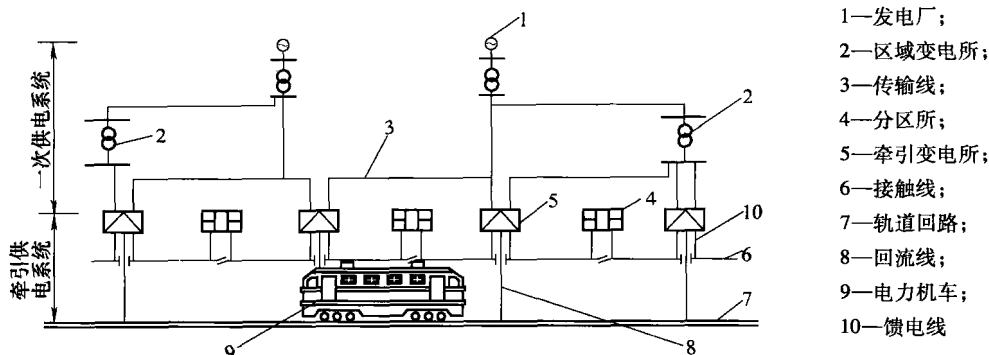


图 1-1 电气化铁道供电系统

受电弓,由司机控制其升降。

受电弓升起工作时,以  $(68.6 \pm 9.8) \text{N}$  也就是  $(7 \pm 1) \text{kg}$  重力的接触力紧贴接触线摩擦滑行,将电能引入。机车主断路器将电压加至变压器,经变压器变压、硅半导体整流器组整流供直流牵引电动机,通过齿轮传动驱动轮对使列车运行。

受电工滑板的最大工作范围为 1 250 mm,允许工作范围是 950 mm,如图 1-2 所示。

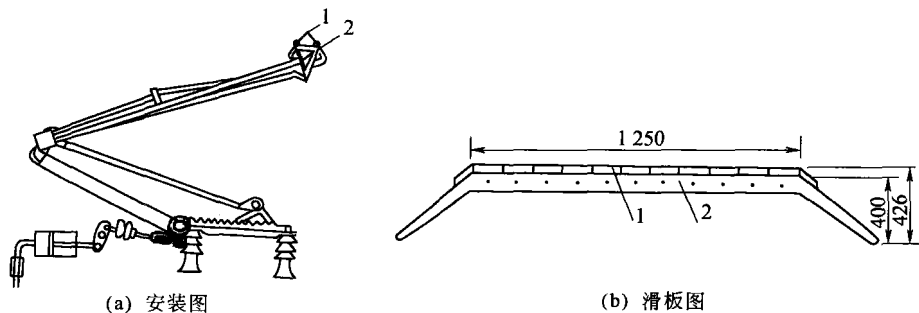


图 1-2 受电弓滑板

1—接触板条;2—滑板

## 二、牵引变电所

牵引变电所的任务是将电力系统输送来的电能电压降低,同时以单相方式馈送至接触网上。电压的变换由牵引变电所进行。将电力系统的三相电改变为单相方式输出是通过牵引变压器的电气接线达到的。

我国目前所用的牵引变压器有三相式、三相—二相式和单相式三种类型。三相式变压器线圈接成星形—三角形连接组,连接标号为  $Y/\Delta-11$ ,次边为三角形。三角形的一角与钢轨和接地网连接,另两角分别接至牵引变电所的两边供电分区的接触网上(又称为两个供电臂),因此,使接触网对地(钢轨)为单相电。三相变电所高压侧电压为 110 kV,低压侧(又称牵引侧)电压为 27.5 kV,如图 1-3、图 1-4 所示。

单相变电所一般采用两台单相变压器联成开口三角形连接,符号标为 V/V 接法,如图 1-5 所示。

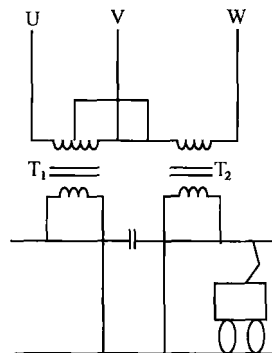


图 1-3 斯科特原理接线图

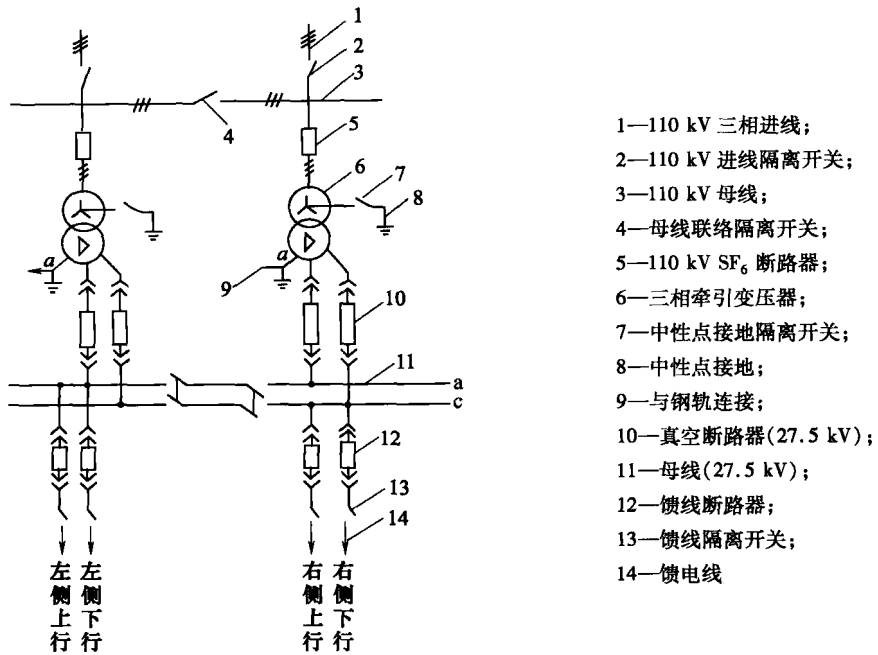


图 1-4 三相牵引变电所主接线图

大秦铁路主要采用 AT 供电方式,其牵引变电所的变压器采用较特殊的接线方式,这种特殊的接线方式称为斯科特(Scott)接线方式(图 1-3),或者接成另一种称为伍德布里齐(Wood Bridge)接线方式,这样的变电所称为三相一二相变电所(图 1-4)。这种接线方式的特点为变压器次边电压提高至 55 kV,在其供电臂上并接自耦变压器(AT),自耦变压器(AT)两边线圈匝数相同,通过接线使供电接触网上的电压仍为 27.5 kV。大秦线目前主要采用这种供电方式。

### 三、接触网

接触网是架设在铁路线路上空,向电力机车供给电能的特殊形式的输电线路。根据大秦线目前运输情况,接触网额定电压依然为 25 kV(即接触导线对钢轨间的电压),而最低电压要求不低于 21 kV 若当行车速度为 140 km/h 时,最低应保持 23 kV。

#### 1. 接触网的要求

- (1) 在各种恶劣环境条件下应能不间断供电,保证机车受电弓在最大运行速度时能正常取流。
- (2) 器材要有足够的机械强度和电气强度,要有相应的抗腐蚀能力,零件要尽量标准化、系列化,具有互换性。
- (3) 结构合理,方便施工和运行。
- (4) 接触网发生故障后,便于抢修并尽快恢复行车供电。

#### 2. 接触网的组成

接触网由支柱与基础、支持装置、定位装置和接触悬挂(包括补偿装置)四部分组成,如图 1-6 所示。

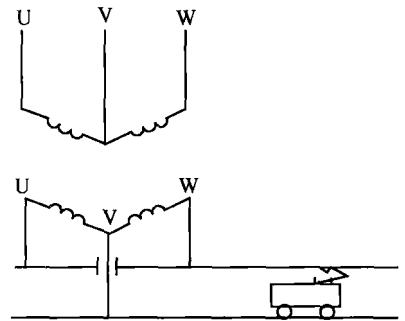
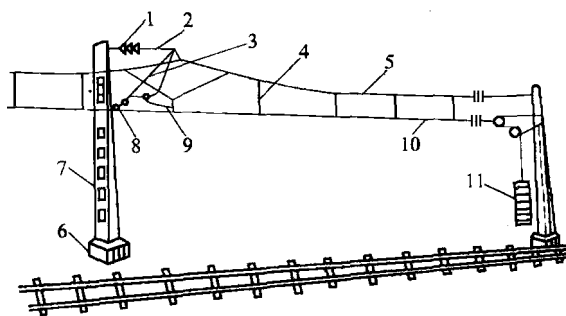
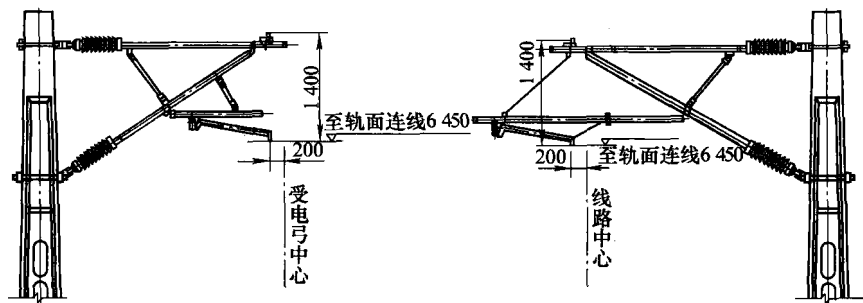


图 1-5 V/V 接线的原理接线图



(a) 带拉杆的水平腕臂



(b) 带斜撑的平腕臂

图 1-6 接触网基本组成

1—悬式绝缘子;2—拉杆;3—腕臂;4—吊弦;5—承力索;6—基础;7—支柱;8—棒式绝缘子;  
9—定位器;10—接触线;11—坠砣

### (1) 支柱与基础

由支柱、基础及下部附件组成。用于承受接触悬挂、支持装置的负荷,并把接触悬挂固定在规定的位上。

### (2) 支持装置

包括腕臂、拉杆(压管)、定位装置、软横跨(硬横跨)等,它的作用是支持悬挂,并把悬挂的负荷传递给支柱和基础。

### (3) 定位装置

包括定位管、定位器以及相关连接零件等,其作用是固定接触线的位置,使接触线在受电弓滑板运行轨迹范围内,保证接触线与受电弓良好接触受流、取流,同时将接触线的水平负荷通过支持装置传递给支柱。

### (4) 接触悬挂

包括接触线、吊弦、承力索和连接它们的零件以及锚段关节处的补偿装置等,它的作用是将电能通过接触网传递给电力机车,保证电力机车受电弓正常取流。

## 第四节 接触网供电方式

重载电气化铁路牵引网供电方式采用 AT 供电方式,接触网上下行同相单边供电,在分区所处并联。



我国电气化铁道采用工频单相 25 kV 交流制,这种不对称供电回路,在其周围空间产生电磁场,对邻近通信、广播设备产生干扰,为了减少电气化铁道对沿线通信设备的干扰影响,保证其正常工作及设备、人身安全,在牵引供电系统的供电方式上采取了许多措施。目前,我国的牵引供电方式主要有四种。

### 一、AT 供电方式

国外电气化铁道实践证明,AT 供电方式相比过去采用的 BT 供电方式有较大的优越性(运行速度快、牵引重量大、对通信干扰影响小),工作原理如图 1-7 所示。

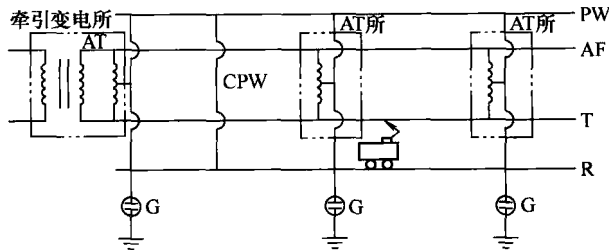


图 1-7 AT 供电方式工作原理图

AT—单相自耦变压器;PW—保护线;AF—正馈线;T—接触线;R—钢轨;  
CPW—横向连接线;G—放电器

在 AT 变电所中的自耦变压器,其线圈两端分别接到接触悬挂和正馈线上,其中点与钢轨相接,形成两条牵引电流回路。牵引变压器的次边电压为 55 kV,而次边线圈两端头分别接馈出线,以 27.5 kV 的电压送至接触网和正馈线上。自耦变压器的线圈以中点抽头分成两半,这两半线圈匝数相等,所以,自耦变压器的整个线圈和半个线圈的关系即为原边和次边的关系,其变比为 2:1,使供给接触网上的电压仍按 27.5 kV 馈出。若机车取流为 1,则自耦变压器原边电流为 1/2,由于接触网与钢轨及正馈线与钢轨间的自耦变压器两半线圈上的电压是相等的,在理想情况下,接触网与正馈线中流过的电流大小相等,方向相反,因此,正馈线如同 BT 供电方式的回流线作用一样,对通信线路的干扰得到有效的防护。

AT 供电方式当中,保护线相当于架空地线,在自耦变压器 AT 处经接触悬挂的接地部分或双重绝缘中部同钢轨相连接。保护线电位一般在 500 V 以下,正常情况下无牵引电流通过。当绝缘子发生闪络时,短路电流可通过保护线作为回路,提高信号电路的可靠性。同时,对接触网起屏蔽作用,减少对架空通信线的干扰,另外也起避雷器的作用,通过放电器(保安器)入地。

横向连接线(CPW 线)将钢轨与保护线并联,其目的是在钢轨对地泄漏电阻和机车取流较大时,降低钢轨电位。

自耦变压器除了在牵引变电所馈出线处设置外,在供电臂中还要单独设置自耦变压器的场所即 AT 所。AT 所的间隔距离除考虑防止干扰外,还同供电回路阻抗及钢轨电位的影响有关,一般按 10~15 km 设置。

从牵引供电方面来看,BT 供电方式要串接吸流变压器,使牵引网阻抗增大,严重恶化接触网电压质量,使牵引变电所间隔距离限制在 40 km 左右。串接的吸流变压器又增加能耗,并且在接触网上形成许多电分段,造成机车通过时通过分段时取流状态不良,使接触网运行条件恶化,尤其是对高速列车和在大负荷电流条件下更为严重,易损伤滑板及接触线,加上吸上线与