

高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材



专业关键技术教材

# 高速铁路电力 供电技术

◎ 中国铁路总公司

GAOSU TIELU DIANLI  
GONGDIAN JISHU

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材

专业关键技术教材

# 高速铁路电力 供电技术

中国铁路总公司

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

## 内 容 简 介

本书为中国铁路总公司组织编写的高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材之一,是供电专业关键技术教材。全书共七章,主要内容包括:高速铁路电力供电电源和负荷、供电系统、高压电气设备、继电保护和控制设备、变电站自动化系统、电力远动监控系统和典型故障案例等。

本书适用于高速铁路供电专业技术人员培训,也可供高速铁路供电相关专业运用管理人员学习,对各类职业院校相关专业师生学习也有重要的参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

高速铁路电力供电技术/中国铁路总公司编著.

—北京:中国铁道出版社,2014.6

高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材

ISBN 978-7-113-17175-9

I. ①高… II. ①中… III. ①高速铁路—供电—技术  
IV. ①U238

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第195752号

高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材

书 名: 高速铁路电力供电技术  
作 者:中国铁路总公司

---

责任编辑:黄 璐 王风雨 编辑部电话:(路)021-73138 电子信箱:tdpress@126.com  
(市)010-51873138

封面设计:崔丽芳  
责任校对:孙 玫  
责任印制:陆 宁 高春晓

---

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>.

印 刷:北京铭成印刷有限公司

版 次:2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

开 本:787 mm × 1092 mm 1/16 印张:18 字数:453千

书 号:ISBN 978-7-113-17175-9

定 价:64.00元

---

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)  
打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

# Preface 前言

党的十六大以来,在党中央、国务院的正确领导下,我国铁路事业得到了快速发展,目前,中国高速铁路运营里程已经位居世界第一。在建设和运营实践中,我国高速铁路积累了丰富的经验,取得了大量创新成果。将这些经验和成果进行系统总结,编写形成规范的培训教材,对于提高培训质量、确保高速铁路安全有着十分重要的意义。为此,中国铁路总公司组织相关专业的技术力量,统一编写了这套高速铁路管理人员和专业技术人员培训系列教材。

本套培训教材共分高速铁路行车组织、机务、动车组、供电、工务、通信、信号、客运8个专业,每个专业分为科普教材、专业关键技术教材和案例教材三大系列。科普教材定位为高速铁路管理人员普及型读物,对本专业及相关专业知识进行概论性介绍,学习后能够基本掌握本专业所需的基本知识、管理重点、安全关键;专业关键技术教材定位为高速铁路专业技术人员使用的学习用书,对本专业关键技术进行系统介绍,学习后能够初步掌握本专业新技术和新设备的运用维护关键技术。案例教材定位为高速铁路岗位人员学习用书,对近年来中国高速铁路运营实践中发生的典型案例及同类问题的处理方法进行总结归纳,学习后能为处理同类问题提供借鉴。

本书为供电专业关键技术教材《高速铁路电力供电技术》,全书共七章,主要内容包括:高速铁路电力供电电源和负荷、供电系统、高压电气设备、继电保护和控制设备、变电站自动化系统、电力远动监控系统和一些故障案例等。编写过程中对武广、郑西、沪宁、京沪、石太等高铁线路运营实践情况进行了梳理和总结,精选了部分电力故障案例。通过对高速铁路电力供电系统的介绍,重点阐述了应用与我国高压电气设备、二次设备和远动监控系统,分析了一些电力设备故障的现象和原因,以期能够提升广大高速铁路电力管理人员和专业技术人员的知识面和提升故障处理能力。

本书由林国松主编,李炎、马珂、黄彦全主审。参加编写的人员有:

林国松(第一章、第五章)、张丽(第二章)、高国强(第三章)、易东(第四章)、张勤(第六章)、李炎(第七章),全书由林国松统稿。参加审定的人员有:陈修正、陈红英、宋新江、范华、张韬、李轶群、徐波、聿赞、陆云、左平、张忠权、左关联、王颖、张本川。本书编写过程中,还得到了国家铁路局、中国铁路总公司、各铁路设计院和铁路局供电处等部门专家们的大力支持与帮助,在此一并表示衷心感谢!

由于近年来高速铁路技术发展较快,同时编者的水平及精力所限,本书内容不全面、不恰当甚至错误的地方在所难免,热忱欢迎使用本书的广大读者以及行业内专家学者对本书提出批评、指正意见,以便编者对本书内容不断地改进和完善。

编 者

二〇一三年六月

# Contents 目 录

第一章 绪 论	1
第一节 概 述	1
第二节 铁路电力供电系统	3
第三节 高速铁路电力供电系统的特点	6
第二章 高速铁路电力供电系统	14
第一节 电力配电所主接线	14
第二节 电力供电方式	15
第三节 电缆贯通线路的电压分布	17
第四节 电缆贯通线路的无功补偿	26
第五节 电缆贯通线的感应电压与金属护层接地方式	32
第六节 电力供电的中性点接地方式	48
第七节 防雷接地	60
第八节 电力电缆故障测试与案例分析	68
第三章 高速铁路电力高压电气设备	75
第一节 智能箱式变电站	75
第二节 电力变压器和电力调压器	81
第三节 高压 GIS 开关柜	87
第四节 高压环网柜	99
第五节 低压智能型模数化组合开关柜	108
第四章 高速铁路电力供电保护和定值计算	116
第一节 电力系统继电保护基本原理简介	116
第二节 微机保护基本原理	124
第三节 电力供电线路单相接地故障分析	136

第四节	中性点经消弧线圈接地时电缆贯通线保护整定·····	141
第五节	中性点经低电阻或直接接地时电缆贯通线保护整定·····	146
第六节	电缆贯通线重合闸的应用·····	149
第七节	电力供电线路故障定位·····	156
第八节	电力保护和控制装置实例·····	169
<b>第五章</b>	<b>高速铁路电力变配电所自动化系统·····</b>	<b>178</b>
第一节	变电所自动化系统的组成·····	178
第二节	变电所自动化系统通信网络·····	182
第三节	变电站自动化系统通信协议·····	192
第四节	变电所自动化系统站控层·····	195
第五节	变电站自动化系统监控子系统实例·····	199
<b>第六章</b>	<b>高速铁路电力远动监控系统·····</b>	<b>215</b>
第一节	远动监控系统的组成·····	215
第二节	远动监控系统的通信网络和协议·····	218
第三节	远动监控系统调度端的结构和功能·····	222
第四节	远动监控系统 RTU 结构和功能·····	256
第五节	高速铁路电力供电 RTU 设备·····	261
<b>第七章</b>	<b>高速铁路电力运行与维护·····</b>	<b>268</b>
第一节	高速铁路电力设备运行·····	268
第二节	高速铁路电力设备维护·····	274
第三节	高速铁路电力作业安全·····	275
第四节	高速铁路电力故障抢修·····	277
第五节	高速铁路电力故障分析·····	278
<b>参考文献</b>	·····	<b>280</b>

# 第一章 绪 论

## 第一节 概 述

电力系统是发电、输电、变电、配电到用电的一个有机整体(图 1-1 为一个电力系统简单示意图),其动力源可以是水能、热能等传统能源,也可以是太阳能、风能、核能等新能源,而铁路供电系统是电力系统中的一个子系统。



图 1-1 电力系统简单示意图

铁路供电系统划分为电力供电系统和牵引供电系统两个部分。电力供电系统为调度指挥、通信信号、旅客服务等业务提供可靠的电力保障,而牵引供电系统为电气化铁路的电力机车(或动车组)提供电能。

铁路电力供电系统优先从国家(或地方)取得可靠电源,通过沿铁路线架设的输配电网络分配给铁路用户。铁路电力供电系统平均每 60 km 建设一座变配电所,一般采用双电源供电进线,在铁路沿线架设 2 条贯通线(高速铁路称为一级贯通线、综合贯通线,普速铁路一般称为自闭线、贯通线),将配电所相互连接形成输配电网络,并向铁路沿线车站及区间负荷供电。相邻两变配电所之间的贯通线称为供电臂,每个供电臂均具备双端供电条件,并可以失压自投。

铁路电力供电系统中,进线电压与出线电压不同,经过变压器的称为变电站;进线电压与出线电压相同,一进多出称为配电所。包括 10 kV 变电所(10 kV 降压为 0.4 kV)、10 kV 配电所(进出线都是 10 kV)、10 kV 变配电所(10 kV 变电所和 10 kV 配电所合建)。与地方电力系统相比,铁路变配电所规模相对较小,出线一般只有几回到十几回。

铁路沿线电力负荷既有对供电可靠性要求很高的一级负荷,也有对可靠性要求一般的二级和三级负荷。以铁路沿线信号基站为例,铁路信号基站的可靠运行关乎铁路行车安全,对基站的供电电源可靠性有着严格要求。为了保证铁路沿线信号基站可靠供电,每个基站分别从两条贯通线各取一路电源,形成主备互供。

由此可见,铁路供电可靠性主要取决于变配电所和贯通线的运行水平。随着铁路行车向着高速、大密度迅速发展,对与行车安全密切相关的铁路电力系统供电可靠性的要求越来越高。传统上是依靠人员值班、沿线布置值班检修工区等方法监视控制供电网络运行,如人工调度、电话调度等方式,已经不能满足行车安全的要求。采用先进的电力自动化技术,实施远程自动监控和调度管理,是铁路电力系统必然的发展趋势。利用先进



的计算机软硬件技术、自动检测和控制技术、计算机通信和网络技术,对铁路电力系统的重要环节[如变配电所、贯通线路、信号电源(双电源)等]进行自动监视和控制,以提高运行管理及维护水平,保证铁路电力系统的安全、经济运行,并能够及时进行故障处理,缩小故障停电范围,迅速恢复供电,减少停电损失,提高供电可靠性,为列车安全、可靠地运行提供保障。

铁路电力调度自动化系统,主要由调度自动化主站[也称 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition System)主站或远动主站]、通信信道、站端系统及装置 3 部分组成。站端系统及装置是指变配电所微机保护及综合自动化系统、RTU(Remote Terminal Unit)、STU(Signal Terminal Unit)、FTU(Feedline Terminal Unit)以及其他现场自动化装置。

站端系统安装在监控现场,如变配电所、控制柜、信号电源、车站线路开关等,负责向主站发送数据,接收并执行主站下发的各种控制命令。

调度主站是调度自动化系统的数据中心和调度指挥中心,它负责收集和处理各种站端系统及装置采集的各类信息,提供人机交互接口记忆许多管理功能,并下发各种控制调节命令,从而实现电力系统的远程监控、故障处理和远程调度。随着计算机软硬件技术的迅速发展和用户需求的不断提高,利用 SCADA 系统实时数据和历史数据实现铁路电力生产管理等功能,完成铁路电力系统的管控一体化。主站系统主要由计算机硬件系统和软件系统、计算机网络、通信设备、模拟屏或投影系统、UPS 及打印机等附件组成,高速铁路电力 SCADA 监控主站设置在铁路总公司和铁路局,与牵引供电合台,一班值班人员同时管理;普速铁路电力 SCADA 监控主站设置在供电段。这是整个铁路电力调度自动化的核心,也是调度人员与自动化系统交互的接口。主站系统性能的好坏,直接关系到整个电力自动化系统运行的效果,在设计、选型时应该慎重考虑。

在设计电力自动化系统方案时,应该遵循开放性和标准化的原则,做到统筹规划、全面考虑,避免就事论事的设计技术方案,防止出现多个“孤岛自动化系统”。基本思路是:以铁路局电力调度为信息管理中心,以供电段或水电段为电力调度监控中心,以变配电所、信号电源、车站开关座位基本监控节点,实现 SCADA、变配电所监控和管理、信号电源监控、车站开关监控及线路自动化等基本功能,还可以在此基础上进一步实现 AM/FM/GIS 和电力产生管理等高级功能。整个电力自动化系统,要使用一个统一的主站系统,即调度自动化主站。

铁路电力系统站端系统变配电所基本采用国家电力行业通用的综合自动化技术,在我国变电站、变配电所自动化系统工作发展十分迅速。20 世纪 90 年代初,国内电力系统开始研制和生产集中式的变电站自动化系统,它将传统变电站二次部分的保护、控制、信号、测量、远动等功能分类集中处理,基本上仍保留原有变电站二次部分的分工界限,因此也称为“变电站集控装置”;20 世纪 90 年代中期开始研制分散式变电站自动化系统,主要是将原来“集控台”上面向间隔层的功能分布到各一次设备“间隔单元”中去,即功能下放,而所内全局性的监控以及与上级主控站的通信处理功能单独形成站控层。目前,“分散分布”式已经成为变电站自动化技术的主流,特别适用于像铁路变配电所这样的中低压变电站,并逐渐向高压变电站发展。铁路沿线站端设备监控基本采用铁路标准自行研发的 RTU,其监控技术

也是在综合自动化基础上开发的。

由于行业原因,铁路变配电所自动化起步较晚,因此,铁路变配电所在设计、建设时可以结合自身特点,充分借鉴地方电力系统的经验,发挥后发优势。

(1)变配电所自动化系统作为电力调度自动化的一个子系统,应服从电力调度自动化的总体设计,其配置、功能包括设备的布置应满足电网安全、优质、经济运行以及信息分层传输、资源共享的原则。

(2)所内自动化及无人值班站的接入系统设计应从技术上保证所内自动化系统的硬件接口满足国际标准。系统的支撑软件符合 ISO 开放系统规定,系统的各类数据、通信规约及网络协议的定义、格式、编程、地址等与相应的电力调度自动化系统保持一致,以适应铁路电力自动化的发展要求。

(3)由于铁路变配所电压等级较低,在新建项目中应尽量采用分布式变配电所自动化技术,即坚持分层、分布、功能下放的原则,凡可以在间隔层完成的功能如保护、备用电源自投、电压控制等,无需通过上位机去完成。为了提高系统可靠性,变配电所层和通信系统可以冗余配置。

(4)要积极推行保护、测量、控制一体化设计,并确保保护功能的相对独立性和动作可靠性。分布式系统的 SOE 分辨率通过保护单元来实现。保护、测量、控制原则上可合用电压互感器(TV),对电量计费、功率总加等有精度要求的量的可接电流互感器(TA),供监视用的量(运动信息)可合用保护 TA。

(5)自动化系统设计中应优先采用交流采样技术,减轻 TA、TV 的负载,提高测量精度。同时可取消光字牌屏和中央信号屏,简化控制屏,由计算机承担信号监视功能,使任一信息做到一次采集、多次使用,提高信息的实时性、可靠性,节约占地空间,减少屏柜、二次电缆的设计、安装和维护工作量。

(6)目前铁路系统内的变配电所自动化系统各部件之间的联系许多采用串行口一点对多点通信方式(RS-232),其通信速率和资源共享程度均受到限制,故建议采用总线型网络结构,如现场总线(RS-485、CAN、LON 等)或工业以太网(TCP/IP),这样网上每个节点都可与网上其他节点直接通信,提高了通信效率,减少了布线的复杂性。

(7)变配电所内存在较强的电磁场干扰,特别是电气化铁路沿线的变配电所干扰更为严重。从抗电磁干扰角度考虑,在选择通信介质时可优先采用光纤通信方式,这一点对分散式变配电所自动化系统尤为适用。

(8)按铁路电力系统长远发展规划,变配电所的发展应该是“无人值班、无人值守”,这对铁路系统具有重要的经济效益和社会效益。但是鉴于铁路系统的实际情况,目前还需要一个先积极试点、积累经验、制定统一的技术规范,再逐步过渡的过程。

## 第二节 铁路电力供电系统

铁路电力贯通线电压等级通常为 10 kV,供电臂距离 50 ~ 70 km,特殊情况下如青藏铁路采用 35 kV 电压等级,供电臂距离约为 150 km。

为保证铁路各用电设备的可靠、安全用电,铁路电力系统保证各级供配电系统的相互匹

配,除发生大面积自然灾害(如地震、战争、电网崩溃等)或故意损坏外,其可靠性满足每天 24 h 的运输需要(含“维修天窗”时间),并满足以下要求:

- (1)当铁路供电网络中的一条外部电源线路停电时,不能导致一级负荷停电。
- (2)当铁路供电网络中的一条供电线路停电时,不能导致一级负荷停电。
- (3)当铁路供电网络中的一台供电设备停止供电时,不能导致一级负荷停电。

铁路电力供电系统示意图如图 1-2 所示。

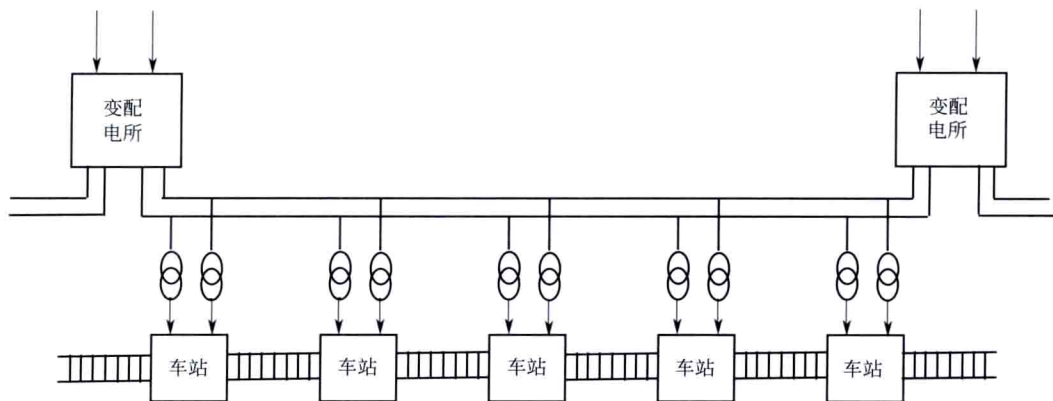


图 1-2 铁路电力供电系统示意图

变配电所两路相互独立的进线电源由公共电网提供,进线电压等级有 10 kV、35 kV、110 kV、220 kV 等。变配电所一般配置调压器,其基本额定变比是 10/10 kV。当主母线侧电压在 0.875 ~ 1.125 倍的额定电压值范围内变化时,调压器调整分接头以维持贯通母线侧电压在 10 kV 左右。调压器一般有 9 个挡位,通过调节挡位来改变变比系数,比如当主母线电压为 0.875 倍额定电压时,分接头应在最高挡 9 挡,主母线电压为 1.125 倍额定电压时,分接头在最低挡 1 挡。调压器的驱动电动机一般使用两相电源,保护装置分别开出升压或降压继电器,使电容正向或反向充电,从而改变两相电源的超前与滞后的关系,驱动电机向正、反两个方向旋转,带动挡位切换机构实现升、降压功能。

铁路电力负荷分为车站负荷和区间负荷两大类。车站负荷主要为通信、信号、防灾报警、自动检售票、客服、电力监控、消防系统、各类水泵、各类通风机、空调、自动扶梯、电梯、电热设备和各类生产生活照明及站区照明负荷。区间负荷主要为通信、信号中继站、光纤直放站、牵引变电所操作电源、隧道照明及监控设备等。按重要程度分为 3 个负荷等级,一级负荷包括:通信、信号、防灾报警、自动检售票、客服、电力监控、消防系统、应急照明、站台照明、地下出站厅照明、主控制室照明等。

客运专线典型变配电所供电示意图如图 1-3 所示。

其运行方式为:

- (1)对于 10 kV 配电所,采用单母线真空断路器分段运行方式,两路 10 kV 进线电源分别送至两段母线上,正常时,母联打开,两路电源同时运行,互为备用;当一路检修或发生故障时,母联闭合,由另一路电源供电。一级负荷电力贯通线、综合电力贯通线分别经调压器调压后供电。

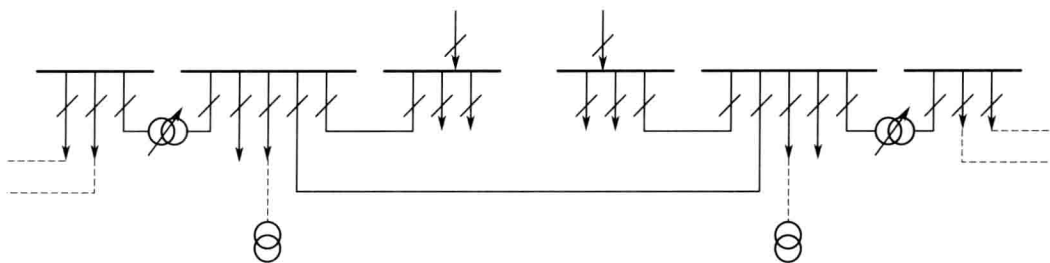


图 1-3 变配电所供电示意图

(2) 对于进线电压等级为 220 kV、110 kV、35 kV 的变配电所,先由进线变压器将受电电源变为 10 kV 电源供到进线母线上,再通过与 10 kV 配电所相同的方式,将电能供出。

(3) 车站用电负荷的 2 台变压器一次侧分别接在 10 kV 两段母线上,二次侧分别馈出一段低压母线,为单母线分段运行方式,用电负荷分别接在两段低压母线上,两台变压器同时运行,当一台变压器检修或发生故障时,分段开关闭合,两段母线一、二级负荷由另一台变压器供电,三级负荷自动切除。

(4) 向重要的一级负荷供电的二级低压母线,采用单母线分段运行方式。

变压器设低压总计量,动力照明分开计量。

(5) 配电所设无功集中补偿装置,补偿后的功率因数在 0.9 以上。

在我国普速铁路的电力供电系统中,其自闭线、贯通线以架空形式为主,采用中性点不接地系统,可以保证自闭线、贯通线在单相接地情况下维持运行 2 h,以争取抢修时间内维持供电。从地方接取独立电源 2 路,一般每 60 km 建设一座变配电所。供电负荷主要是沿线火车站,平均每 10 km 一处。个别也有区间负荷,一级负荷有信号中继站、通信基站等。变配电所设备采用户内布置,为电力通用产品,一般属于同类产品中等档次。车站供电一般采用户外布置,重要干线也有采用箱式变电站。区间负荷一般采用户外布置,个别采用箱式变电站。重要干线设有远动系统,主站设在供电段,通道主要采用 TMIS 通道或自建通道,主要控制沿线车站高压开关,为贯通线路故障抢修提供远程切除故障区段的条件。运行中突出的问题是由贯通线构成的输配电网受外部环境(风、雨、雪、雷、电、雾、露、冰、霜、地震等)影响较大,特别是临近树木的贯通线路。架空线路采用周期性维护,工作量较大。

普速铁路电力供电系统的负荷主要集中在车站;高速铁路较普速铁路而言通信、信号等与行车密切相关的一、二级负荷有了很大增加,如增加了区间信号基站、通信基站,其中信号基站与通信基站共用,防灾与通信基站同设一个基站内,分设两个区域。

贯通线上的负荷以站点的形式沿线分散分布。贯通线上的站点大致可以分成基站、直放站以及中继站二类。基站与直放站主要是起通信的作用,中继站除了负责通信,还包括传递信号等作用。其中,平均 3 km 设置一处基站、直放站,平均 15 km 设置一处中继站。除了通信、信号这些负荷之外,在各个站点里还装设有照明和空调等设备,以维护设备正常运行和工作人员的操作及检修。

相对于普速铁路而言,高速铁路电力供电系统的车站负荷其重要等级提高了,主要

体现在任何负荷停电,都可能导致旅客候车、进站等受到影响。如:防灾、基站、站检票闸机、空调、照明等虽然均为二级负荷,但其重要性视为一级,应重点保障。其供电方式是为主站提供两路电源,一路一级贯通,一路综合贯通,由用户切换使用,可以带所有负荷。

## 第三节 高速铁路电力供电系统的特点

高速铁路电力供电系统承担着铁路运输生产调度指挥、通信信号、旅客服务等系统供电任务,是确保铁路安全、稳定、高效运营的基础设施之一。高速铁路电力供电系统主要由外部电源、变配电所、沿线两回高压电力贯通线路、站场电力线路构成。与普通相比,高速铁路电力供电系统还增加了 220/10 kV 专用电源,与牵引供电共用同一进线。为了提高高速铁路电力供电系统的管理水平和应急处置能力,应用先进的计算机和通信技术,将高速铁路电力设备纳入供电监控与数据采集系统(PSCADA 系统)进行远程监视和控制。高速铁路电力供电系统示意图如图 1-4 所示。

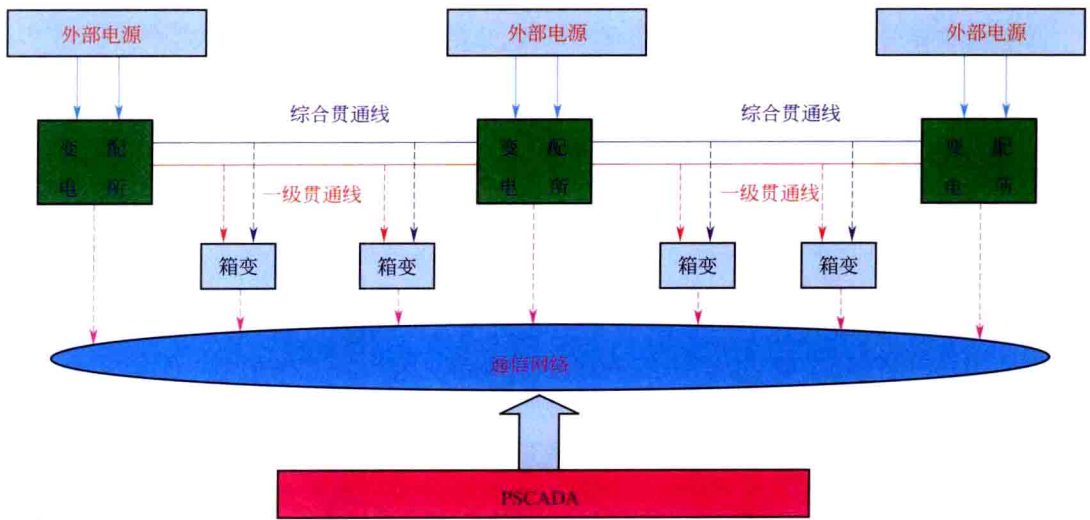


图 1-4 高速铁路电力供电系统示意图

### 一、高速铁路电力供电系统构成

#### 1. 高速铁路电力供电系统的外部电源

高速铁路供电电源应优先采用公共电网中可靠的外部电源。当技术、经济合理时,可与牵引变电所共用电源,外部电源应保证高速铁路电力供电的安全性、可靠性、可用性和可维护性。一般情况下,高速铁路的配电所设置两路独立的 10 kV 外部电源,当枢纽地区用电容量较大 10 kV 电源无法满足供电要求时,可与当地供电公司协商接引相互独立的两路 110 kV 外部电源,变压后供贯通线路及枢纽动力照明负荷。

## 2. 电力变配电所

高速铁路电力变、配电所按照无人值班设计,通过 SCADA 系统远动操作、监视。两路电源供电的 10 kV 变、配电所应采用单母线分段接线,单电源 10 kV 变配电所采用单母线接线;向区间 10 kV 贯通线路供电的变、配电所应设有载调压器及专用母线段。由于高速铁路火车站平均 50 km 一处,与贯通线供电臂距离基本相等,因此,一般每个火车站建有变配电所。车站信号、通信由贯通线供电,车站建有 10/0.4 kV 变电所,电源取自车站 10 kV 变配电所,车站其他负荷由站房变电所供电。

### (1) 110 kV、10 kV 变配电所

根据铁路用电负荷性质和特点,每间隔 40 ~ 60 km 设置铁路 110 kV、10 kV 变配电所 1 座,向沿线一级负荷和综合负荷贯通线路供电,相邻所以对贯通线路形成互供条件,需要时还可跨所供电。110 kV 变电所宜采用户外装置;35(10) kV 变(配)电所宜采用户内成套配电装置。

高压开关设备及调压器分别布置在独立的房间内,变压器及低压柜布置在一个房间内。

变配电所采用综合自动化系统,利用先进的计算机技术、现代电子技术、通信技术和信号处理技术,对配电所的二次设备(包括测量、信号、保护、控制、自动和远动装置等)进行功能的组合和优化设计,从而实现对配电所的主要设备(变压器、电容补偿装置和输、配电线路等)进行自动监视、测量、控制和保护,以及与调度通信等综合性的自动化功能。由保护测控单元、当地监控单元、现场总线、视频监控单元和通信单元等组成。

在低电阻接地系统中,中性点与大地之间用很小的电阻相连,一旦发生单相接地故障,就会产生高达几百安的接地电流,必须迅速可靠地将这个电流切断,必须设置零序电流保护。由于馈出母线侧采用不接地系统,贯通母线侧采用低电阻接地系统,为确保电网安全运行,取消馈出母线与贯通母线联络开关。

以电缆为主的电力贯通线,发生瞬间接地故障的概率较低,多为永久性故障,由调度指挥备用电源投入,有利于故障处理和恢复正常运行状态,防止扩大故障范围,因此备自投一般运行在退出状态。

变配电所继电保护及自动装置配置情况见表 1-1。

表 1-1 变配电所继电保护及自动装置配置

单元名称	继电保护	自动装置
电源	电流速断、定时限过电流、低电压	
母联	电流速断	带故障自动闭锁功能的备用电源自投
变压器	电流速断、定时限过电流、温度、过负荷	
调压器	电流速断、定时限过电流、温度、过负荷、零序过电流	
一般馈出线	电流速断、定时限过电流	单相接地信号
贯通馈出线	电流速断、定时限过电流、低电压、零序过电流	一次自动重合闸、备用电源自投、单相接地信号
无功补偿柜	电流速断、过电压、低电压	
母线电压互感器		母线绝缘监察

### (2) 10/0.4 kV 变电所

各站、段(所)负荷集中的地方设 10/0.4 kV 变电所,两路电源取自车站 10 kV 变配电所,车站站房变电所一般与站房综合楼合建。站房变电所如图 1-5 所示。



图 1-5 站房变电所

10/0.4 kV 变电所变压器由配电所主母线高压馈出回路直接供电,低压侧采用单母线分段接线并设电容补偿装置。其单路进线电源主接线如图 1-6 所示。

高压环网开关柜采用 SF<sub>6</sub> 负荷开关、变压器采用干式变压器带外罩、低压开关柜采用组合式柜型并配置数字化仪表,便于远方监控。10/0.4 kV 变电所内高压环网柜、变压器、低压开关柜布置在同一房间内。

### (3) 10/0.4 kV 箱式变电站

箱式变电站电源由一级负荷贯通线主供,综合电力贯通线备供,主要对区间通信、信号等一级负荷供电。箱式配电所采用组合式模块化的结构设计,由高压配电设备部分、二次设备部分、所用变压器、有载电力调压器、补偿电容器、交直流电源等组成,以上各设备单独安装在各自的不锈钢壳体内。这种结构具有技术先进、安全可靠、自动化程度高、组合方式灵活、投资省、见效快、占地面积小等优点。箱式变电站主接线如图 1-7 所示。

10/0.4 kV 箱式变电站 10 kV 侧进出线回路设高压负荷开关,环网接线,变压器回路采用带熔断器负荷开关保护。箱式变电站内负荷开关均采用电动操作机构纳入 SCADA 系统,实现自动隔离故障电力线路、故障定位、非故障段自动恢复供电等功能。区间 10 kV 电力贯通线路上设置箱式电抗器,补偿贯通线路电容电流。

箱式变电站采用中压预装箱式变电站, SF<sub>6</sub> 负荷开关,其操作电源采用交流并配置 UPS 装置作为备用电源。沿线区间供电的箱式变电站采用基本统一模式。通信、信号双电源专用箱变与通信基站、信号中继站机房相邻设置,其他箱变独立设置。箱式变电站设高压环网开关间隔和变压器、低压开关、RTU 间隔。

### 3. 10 kV 电力贯通线

高速铁路设置两回 10 kV 电力贯通线,一条称为一级负荷贯通线,另一条称为综合负荷

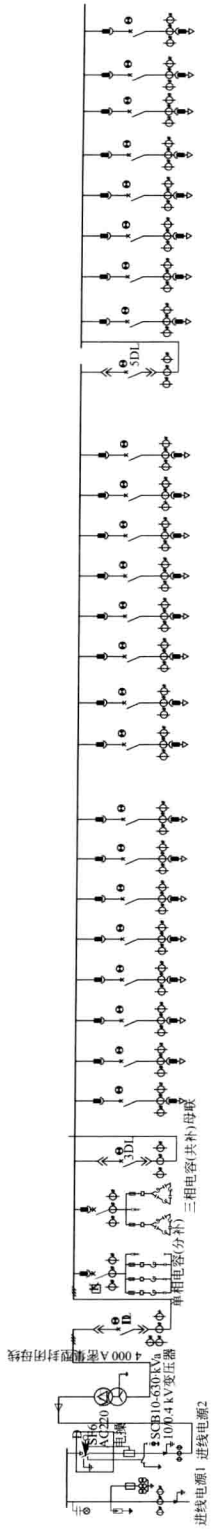


图 1-6 车站变电所主接线图

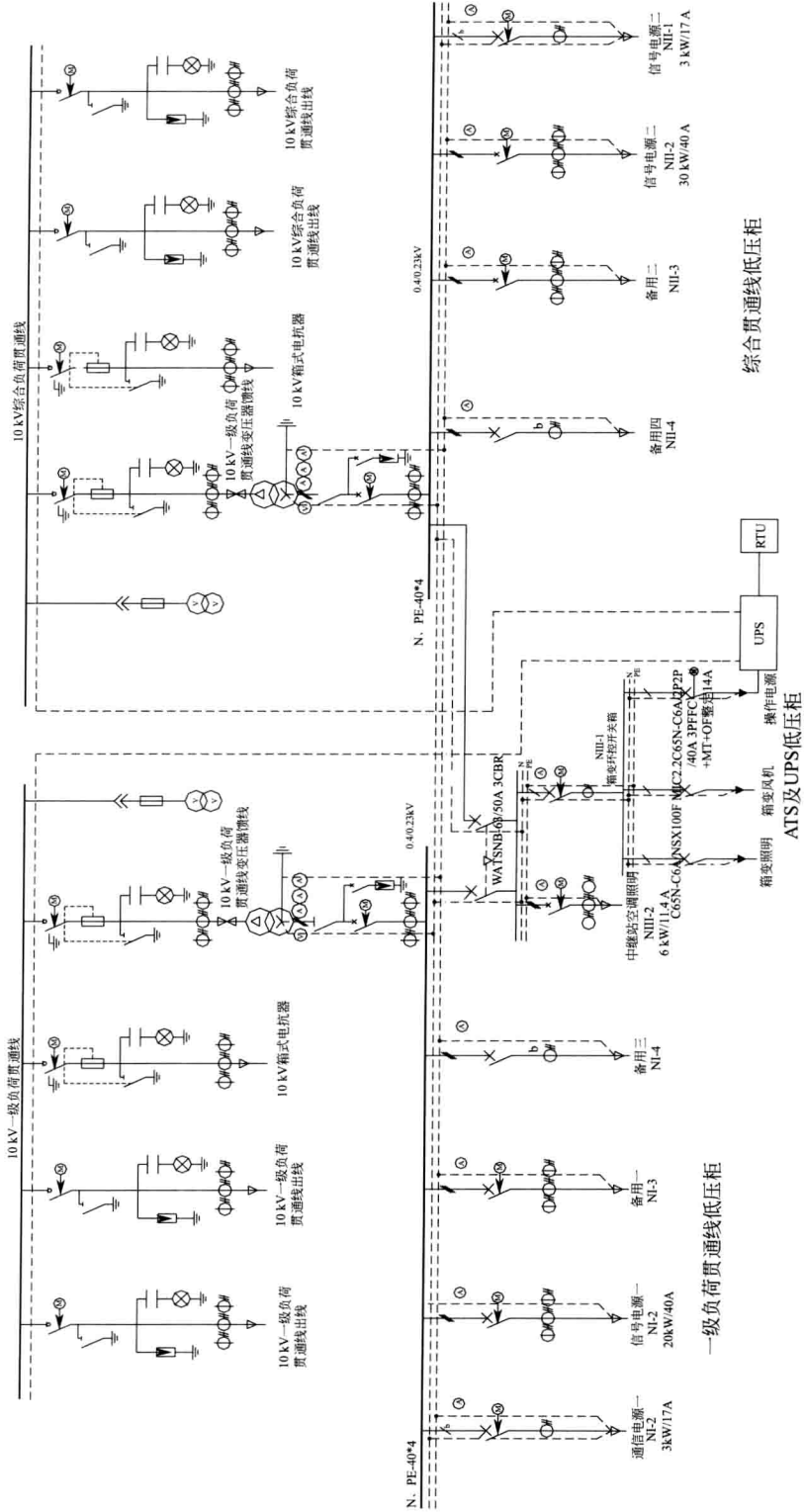


图 1-7 箱式变电站主接线图



贯通线,分别沿铁路两侧预制电缆槽敷设,成为站点变电站的两路进线电源,为车站及区间负荷提供电能。沿线与行车有关的通信、信号、综合调度系统等由一级负荷电力贯通线主供,综合电力贯通线备供。其他用电负荷及各牵引变电所所用电源由综合电力贯通线提供电源,在区间各用电点设置 10 kV 箱式变电站。高压电力贯通线路和站场电力线路宜采用铜芯电缆线路,全电缆电力贯通线宜采用单芯电缆。石太、甬台温、温福等客专贯通线路采用架空与单芯电缆混合方案。其他客专采用全电缆电力贯通线单芯电缆。

区间负荷大面积增加,沿线设有信号中继站、通信基站,350 km/h 线路平均每 2 km 一处,250 km/h 线路平均每 5 km 一处,均为一级负荷,还设有公安值守点、隧道照明等,贯通线主要为这些负荷供电。

### 二、高速铁路电力主要特点

高速铁路运营具有高速度、高密度、高可靠性的特点,因此高速铁路电力系统设计采用了不同于普速铁路设计的全新理念,体现了我国铁路现代化水平。

#### 1. 采用“线路入地、设备进屋、全程监控”的设计理念

我国普速铁路电力系统伴随着国家电网建设和铁路建设得到不断发展,从每个车站分别接引地方电源的“点式”供电,发展到站区、枢纽集中配电的“站区”供电;再发展到以自动闭塞、电力贯通线为骨架,辐射铁路区域内各级用户的“网络”供电,电力系统的供电质量和可靠性不断增强,不再受单路电源停电、线路单点故障的影响。但由于供电网络整体配置水平不高,还存在以下突出的问题:

(1) 电力线路主要采用架空线路,设备长期暴露在室外,抗风雨雷电等自然灾害能力差,遇有恶劣天气故障频发。

(2) 电力系统设备整体水平较低,设备故障率较高。

(3) 没有远动监控,故障抢修手段落后,故障处理和抢修主要依靠人力,延误故障恢复时间。

高速铁路运营特点对电力供电提出了更高的可靠性要求,在有灾害情况下,应迟于行车相关系统损坏,并且先于行车相关系统恢复。为从根本上解决普速铁路存在的普遍问题,切实有效地提高供电可靠性,高速铁路电力采用了线路入地、设备进屋、全程监控的设计理念,提高了铁路供电设备配置水平。其主要优点体现在以下方面。

#### (1) 线路入地、设备进屋,提高了系统抵抗自然灾害能力

高速铁路电力系统两回电力贯通线多数采用单芯电缆线路,敷设方式不同于普速铁路电缆直埋敷设方式,采用沿线路两侧电缆槽内敷设方式,实现了线路入地;高速铁路电力变配所设备都布置在室内,采取紧凑型,无人值守设计,区间负荷供电采用箱式变电站,实现了设备进屋。这些特点使得高速铁路电力设备运行环境得到极大改善,减少了人为破坏,大大提高了系统抵抗自然灾害的能力。

#### (2) 全程监控,提高了供电可靠性、灵活性和故障抢修能力

高速铁路电力系统通过 SCADA 系统,对变配电站的高压电气设备、交一直流操作电源及贯通线路所有箱变、高压开关、车站变电所、所有高低压开关及供电回路进行全程监控,实