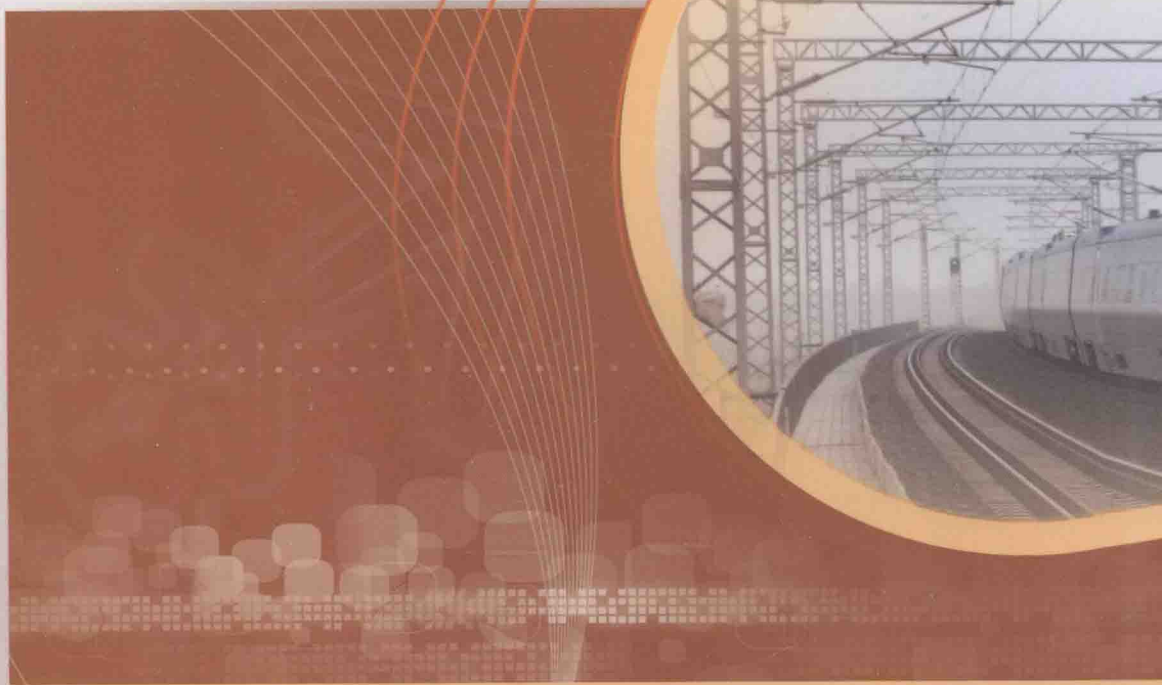




普通高等教育铁道部规划教材

# 铁路供电调度自动化 与信息化

陈奇志 主编 王保国 主审



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等教育铁道部规划教材

# 铁路供电调度自动化与信息化

陈奇志 主 编

王保国 主 审

中国铁道出版社

2013年·北京

## 内 容 简 介

本书全面系统地阐述了铁路供电调度自动化与信息化的基本原理和实用技术。全书共分为八章,主要包括:铁路供电调度自动化与信息化系统概况,调度端系统原理及功能,被控站 RTU 系统及数据的采集与处理,远动数据的传输与控制,远动传输通道及规约,铁路电力配电自动化,铁路供电信息化及管理信息系统,系统的可靠性和安全性。本书既侧重于基本原理的阐述,又根据当前的应用需求对铁路电力配电自动化系统、供电管理信息化和网络安全防护等技术做了介绍。

本书可以作为高等学校电气工程及其自动化专业、城市轨道交通自动化专业的教材,也可作为从事铁道电气化和工业自动化领域的工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

铁路供电调度自动化与信息化/陈奇志主编. —北京:中国铁道出版社,2013. 8  
普通高等教育铁道部规划教材  
ISBN 978-7-113-14701-3

I. ①铁… II. ①陈… III. ①电气化铁道-供电-自动化-高等学校-教材 IV. ①U223

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 055480 号

书 名:铁路供电调度自动化与信息化  
作 者:陈奇志 主编

---

责任编辑:阚济存      编辑部电话:010-51873133      电子信箱:td51873133@163.com  
封面设计:崔丽芳  
责任校对:马 丽  
责任印制:李 佳

---

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.51eds.com>  
印 刷:北京市昌平开拓印刷厂  
版 次:2013年8月第1版      2013年8月第1次印刷  
开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:18.5 字数:468 千  
书 号:ISBN 978-7-113-14701-3  
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

# 前 言

本书是由原铁道部教材开发领导小组组织编写,并经相关业务部门审定,适用于高等院校铁路特色专业教学以及铁路专业技术人员使用。本书为铁路牵引供电系列教材之一。

当前铁路供电系统的自动化水平和信息化程度逐步提高,但随着信息技术的迅猛发展,无论是已被广泛应用的远动监控系统,还是近年来逐步推广应用的供电管理信息系统,其所涉及的计算机、通信和电子等技术领域都发生了深远的变化。本书紧密结合铁路供电系统安全可靠运行的需求,以基本原理和最新的 IT 技术相结合的方式,系统地介绍了铁路供电调度自动化和信息化系统的结构、原理、功能和可靠性措施。

全书共分为八章。第一章介绍铁路供电调度自动化和信息化系统的组成、基本性能指标、功能及发展历程。第二章介绍调度端系统的结构、功能、软硬件技术和相关的子系统。第三章介绍被控站 RTU 系统,首先介绍被控站的分类、结构和功能,然后介绍了数字量、脉冲量和模拟量的采集处理和接口电路,最后介绍了被控站常见的数据通信接口。第四章介绍远动数据的传输与控制,包括数据的传输方式与控制规程、调制与解调、传输控制和差错控制编码技术。第五章介绍远动数据传输通道、远动通信规约及现场设备层通信规约。第六章介绍铁路电力配电自动化技术,主要是配电网络建模、故障判断原理和算法,以及各类馈线自动化终端设备。第七章介绍铁路供电信息化的现状,并以铁路供电管理信息系统为例,介绍了系统的业务流程分析、系统结构和系统功能。第八章介绍铁路调度自动化和信息化系统的可靠性措施和网络安全防护知识。

本书在选材上既注重系统的体系性,加强了对远动数据的传输与控制所涉及的通信相关技术的介绍,同时还注重系统的完整性,根据当前铁路供电自动化系统的发展需要增加了铁路电力配电自动化系统、供电管理信息化和网络安全防护方面的内容。由于铁路供电调度自动化和信息化系统是一个综合性的应用系统,所涉及的应用技术众多,所以本书在强调体系性和完整性的同时,由于篇幅的限制未能对所有涉及的应用技术做深入的介绍。读者若需要相关领域更加详细的



信息则需查阅其他专业书籍。

本书由西南交通大学陈奇志主编,中国铁路总公司王保国主审。第一、二章由王倩编写,第三章由张勤编写,第四章的第三、第五节和第八章的第一至第五节由陈维荣编写,第六章由何正友编写,第七章的第一节和第八章的第六节由李岗编写,第七章的第二至第五节由胡晓鹏编写。陈奇志编写了第四章的第一、第二和第四节以及第五章。

在本书的编写过程中,曾参考和使用了相关文献和资料,同时不少专家提出了宝贵的建议和意见,在此一并感谢。

限于编者水平,书中疏误和不足之处在所难免,敬请各位专家、读者批评指正。

编者

2013年8月

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第一章 概 述                 | 1   |
| 第一节 铁路供电调度自动化系统的分类及构成   | 1   |
| 第二节 铁路供电调度自动化系统的性能指标    | 10  |
| 第三节 铁路供电信息系统的主要功能       | 12  |
| 第四节 铁路供电调度自动化与信息系统的关系   | 13  |
| 复习思考题                   | 15  |
| 第二章 调度端系统原理及功能          | 16  |
| 第一节 调度端系统结构及原理          | 16  |
| 第二节 调度端系统硬件设备组成及功能      | 20  |
| 第三节 调度端系统的典型硬件配置        | 27  |
| 第四节 调度端系统的软件结构          | 33  |
| 第五节 调度端的子系统实现           | 38  |
| 第六节 高速铁路供电综合调度自动化系统     | 43  |
| 复习思考题                   | 48  |
| 第三章 被控站 RTU 系统及数据的采集与处理 | 49  |
| 第一节 被控站系统的功能及结构         | 49  |
| 第二节 数字量的采集              | 55  |
| 第三节 脉冲量的采集              | 59  |
| 第四节 数字量的输出              | 60  |
| 第五节 模拟量的采集              | 61  |
| 第六节 被控站系统常见的数据通信接口      | 87  |
| 第七节 远程通信管理软件实现          | 95  |
| 复习思考题                   | 96  |
| 第四章 远动数据的传输与控制          | 97  |
| 第一节 通信系统概述              | 97  |
| 第二节 数据传输方式及传输控制规程       | 105 |
| 第三节 数据的调制与解调            | 111 |
| 第四节 数据通信的同步控制           | 127 |
| 第五节 数据的差错控制编码           | 136 |



|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 复习思考题                     | 149 |
| <b>第五章 远动数据传输通道及通信规约</b>  | 151 |
| 第一节 远动数据传输通道及通信介质         | 151 |
| 第二节 通信传输规约                | 160 |
| 第三节 基本远动任务传输通信规约          | 162 |
| 第四节 电能累计量传输规约             | 189 |
| 第五节 现场设备层通信传输规约           | 191 |
| 复习思考题                     | 203 |
| <b>第六章 铁路电力配电自动化技术</b>    | 204 |
| 第一节 铁路电力配电网简介             | 204 |
| 第二节 铁路电力配电线路典型故障分析        | 208 |
| 第三节 铁路电力配电自动化系统           | 212 |
| 第四节 铁路馈线自动化               | 215 |
| 第五节 铁路电力配电网的建模与故障诊断       | 219 |
| 第六节 远程自动抄表系统              | 229 |
| 复习思考题                     | 231 |
| <b>第七章 铁路供电信息化及管理信息系统</b> | 232 |
| 第一节 概述                    | 232 |
| 第二节 铁路供电管理业务              | 235 |
| 第三节 铁路供电管理业务分析            | 237 |
| 第四节 铁路供电管理信息系统结构          | 251 |
| 第五节 铁路供电管理信息系统功能          | 257 |
| 复习思考题                     | 263 |
| <b>第八章 系统的可靠性和安全性措施</b>   | 264 |
| 第一节 常用的可靠性指标              | 264 |
| 第二节 系统的冗余配置设计             | 265 |
| 第三节 硬件可靠性设计               | 267 |
| 第四节 软件可靠性设计               | 272 |
| 第五节 接地技术                  | 275 |
| 第六节 网络安全及病毒防护措施           | 278 |
| 复习思考题                     | 289 |
| <b>参考文献</b>               | 290 |

# 第一章

## 概述

本章主要讲述铁路供电调度自动化与信息系统要解决的基本问题,使用该系统的必要性和目的以及铁路供电调度自动化及信息系统的分类、基本概念及基本组成,使读者了解相关系统的结构、功能及主要性能指标。

### 第一节 铁路供电调度自动化系统的分类及构成

#### 一、基本概念

铁路供电调度自动化系统是为铁路供电调度提供自动化服务的系统,为了解其分类及组成,首先要了解相关的基本概念。

##### (一)铁路供电系统

铁路列车正常可靠的运行,必须要有可靠的铁路供电系统来保证。铁路供电系统分为牵引供电系统和电力配电系统两大部分。所谓牵引供电系统是指为电力机车、动车组提供牵引动力的供电系统,其供电可靠性影响行车安全;所谓电力配电系统是指承担除提供牵引动力以外所有地面行车设施的供电任务,包括通信系统、信号系统、生产、车站、供水系统以及生活等铁路用电负荷,其供电可靠性不仅直接影响铁路运输系统的正常安全运行,还关系到很多铁路职能部门的正常工作。

##### 1. 铁路牵引供电系统

铁路牵引供电系统是将电力部门提供的 110 kV、220 kV 或更高电压等级的外部电源转换为 27.5 kV 的接触网供电电压。牵引供电系统采用的供电方式主要有直接供电方式、BT(吸流变压器)方式、AT(自耦变压器)方式,其中主要的供电设施包括:牵引变电所、分区所、开闭所和 AT 所。

##### 2. 铁路电力配电系统

铁路电力配电系统是由电力配电所和沿线架设的电力贯通线构成的输配电网,将电力系统 10 kV 或 35 kV 中压电力传输至铁路沿线用户端,并经过变压器转变为铁路终端用户的 400 V 电压。从电力系统的角度看,铁路负荷属于终端负荷,直接面对最终用户,铁路电力配电系统中电力配电所多为 10 kV 配电所和 35 kV(变)配电所,少量为 110 kV(变)配电所,这取决于地方供电系统电源的情况和铁路就地负荷的要求。铁路电力配电系统是一个沿铁路敷设的单一辐射网,各变(配)电所沿铁路线基本均匀分布,并且互相连接,构成手拉手供电方式,其供电线路通常称做贯通线。贯通线路通常分作以下两类:

(1)专用贯通线,也称一级贯通线或自动闭塞线(简称自闭线)。一级贯通线为铁路一级负





荷供电。一级负荷是指中断供电将引起人身伤亡、主要设备损坏、大量减产、造成铁路运输秩序混乱。属于一级负荷的主要用户有：调度集中、大站电气集中联锁、自动闭塞、驼峰电气集中联锁、驼峰道岔自动集中、机械化驼峰的空压机及驼峰区照明、局通信枢纽及以上电源室、中心医院的手术室、特等站和国境站的旅客站房、站台、天桥、地道及设有国际换装设备的用电设备、内燃机车电动上油机械、局电子计算中心站。一级负荷的供电原则是采用两路可靠电源确保即使在一路电源故障的情况下也不间断供电，并对两路电源的转换时间有要求。

(2)综合贯通线(简称贯通线)。综合贯通线为铁路二级、三级负荷供电。二级负荷是指中断供电将引起产品报废、生产过程被打乱、影响铁路运输。属于二级负荷的主要用户有：机车、车辆检修和整备设备、给水所、非自动闭塞区段的小站电气集中联锁和色灯电联锁器联锁、分局通信枢纽及以下电源室、调度通信机械室、编组站、区段站、洗罐站、大中型客(货)运站、隧道通风设备、加冰所、医院、红外线轴温测试装置、道口信号。二级负荷的供电原则是采用两路电源或一路可靠电源，确保除故障情况下的不间断供电。不属于一、二级负荷者即为三级负荷。

在实际系统中，一般复线自动闭塞区段敷设两条贯通线，单线或非自动闭塞区段敷设一条贯通线。

## (二)监控系统

凡是基于计算机或微处理器的，对生产过程或生产设备进行监测、控制、管理的系统都可称为监控系统。

监控系统可按多种方式分类，如根据监控的距离范围可分为近距监控系统和远程监控系统两大类，前者如工厂自动化监控系统，后者如铁路牵引供电和铁路电力配电远动系统等。按照计算机参与过程监控的目的和方式可分为操作指导监控系统、直接数字监控系统、计算机监督控制系统和计算机分级监控系统，具体介绍如下：

### 1. 操作指导监控系统

在操作指导监控系统(Operation Guide Control System, OGCS)中，计算机的输出不直接作用在执行器上，而仅输出为使生产过程处于最优状况所需的操作条件，以指导操作人员操作。这种系统的监督控制由计算机实现，但直接控制则是人工操作的，所以也叫做计算机开环监督系统，其构成如图 1-1 所示。OGCS 的特点是：它每隔一定时间获取一批现场数据，按生产过程的工艺要求或数学模型计算出达到最优运行状态的操作条件，并打印和显示给操作人员。操作人员根据自己的生产经验、现场情况和安全程度等因素，认可后手动改变调节器的设定值或手动操作执行器，以达到控制生产过程的目的。

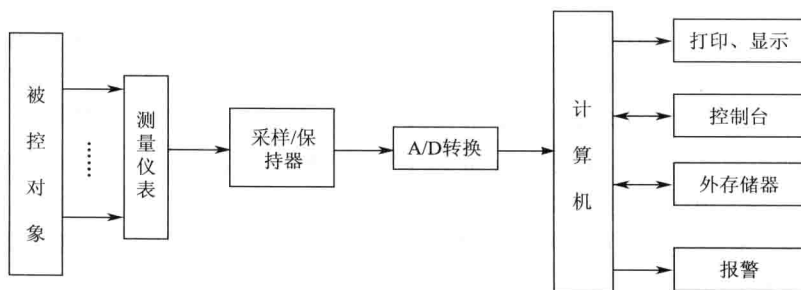


图 1-1 操作指导监控系统框图



## 2. 直接数字监控系统

在直接数字监控系统(Direct Digital Control, DDC)中,计算机通过数字输入信道(通道)采集被控对象的各参数,经过一定的逻辑运算后得到的结果,再经过数字输出信道,直接作用于被控对象,使各被控参数符合所要求的性能指标,其构成如图 1-2 所示。DCC 的特点是:系统功能由软硬件自动完成,运行中不需人工干预。它的优点是灵活性大,只要改变相应的程序即可改变控制规律。

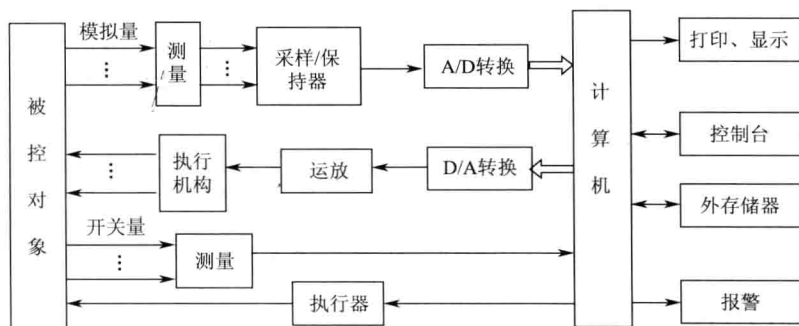


图 1-2 直接数字监控系统框图

## 3. 计算机监督控制系统

在计算机监督控制系统中(Supervisory Computer Control, SCC),监督计算机根据生产过程的参数和数学模型计算参数的最佳给定值,作为模拟或数字调节器的给定值,其构成如图 1-3所示。SCC 的特点是:直接数字控制与监督控制相结合完成计算机监控过程,即底层的基础控制采取直接控制,直接控制的设定值等功能由人工辅助完成。

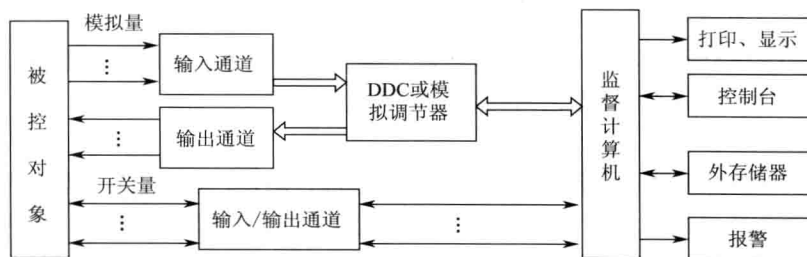


图 1-3 计算机监督控制系统框图

## 4. 计算机分级监控系统

现代工业生产不仅要求计算机参与过程控制,还需要计算机完成生产管理任务。显然,仅仅采用一台计算机来同时完成庞大的管理和复杂的控制两方面任务是不恰当和不现实的,解决这个矛盾的途径之一就是采用计算机分级监控系统(Hierarchy Computer Control, HCC),其构成如图 1-4 所示。HCC 的特点是:系统由多台计算机组成,这些计算机按递阶方式配置,所以又叫做计算机递阶监控系统,是一种多级多目标监控结构。各级计算机根据相应目标完成相应的过程控制和管理任务。

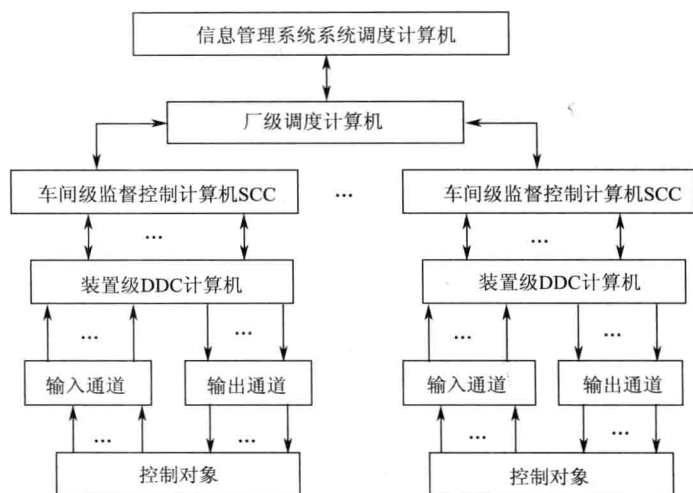


图 1-4 计算机分级监控系统框图

### (三) 远动系统与铁路供电调度自动化系统

远程监控系统常被称为远动系统(Telecontrol System),也称为 SCADA 系统(Supervisory Control And Data Acquisition System),它不同于近距监控系统的最大特点就是它利用了远程通信技术进行信息传输,实现对远方设备的监视和控制。

远动系统的主要功能包括:

#### 1. 遥控 YK(Romote-Control, Telecontrol)

从调度端发出命令以实现远方操作和切换。如开关的“分”“合”、故障信号的复归等。

#### 2. 遥信 YX(Telesignal)

将被控站的设备状态信号远距离传送给调度端。如开关位置信号、报警信号等。

#### 3. 遥测 YC(Telemetering)

将被控站的某些运行和环境参数传送给调度端。如有功和无功功率、电度、电压、电流等电气参数,温/湿度、接触网故障点距离标定量等非电气参数。

#### 4. 遥调 YT(Teleadjusting)

调度端直接对被控站某些设备的工作状态和参数进行调整。如调整变压器的变压抽头等。

早期的远动系统只是具备传统的遥控、遥信、遥测、遥调功能。随着计算机技术、电子技术、通信技术的发展,除了常规四遥功能外,现代远动系统还具备数据处理、调度管理、在线培训、辅助决策等功能,因此也常被称做调度自动化系统(Dispatching Automation System)。

### (四) 铁路供电调度自动化系统的分类

铁路供电调度自动化系统按所监控对象的不同分为牵引供电调度自动化系统、铁路电力调度自动化系统以及铁路供电调度自动化系统。

#### 1. 牵引供电调度自动化系统

牵引供电调度自动化系统,也称做牵引供电远动系统、牵引供电监控系统或牵引供电 SCADA 系统,是指监控对象仅为铁路牵引供电设备的远动系统。牵引供电系统是地方电力系统的特殊用户,其特殊性决定了电气化铁道的远动系统与地方电力系统中的远动系统既有共性,也有区别。它们的基本功能和作用是一样的,但系统结构、网络拓扑以及一些具体技术



和要求又不尽相同。

首先,牵引供电系统采用单相交流供电,电压等级高达 27.5 kV 的接触网对相距不远的远动信道有相当严重的电磁干扰。因此在设计铁路牵引供电远动系统时,必须采取强有效软硬件抗干扰措施来克服这种电磁干扰。

其次,在地方电力系统中,各发电厂、变电所的地理布局大多为辐射状的分散布局,因此其相应的电力远动系统的信道结构也多为星形辐射状结构。而在牵引供电系统中,各变电所、开闭所则是沿铁路线分布,其通信线路呈相应的线状分布。因此电力远动信道为适应这种特点,大多采用环形结构或总线形结构。

从系统功能和容量上,电气化铁路牵引供电远动系统由于每天都需要对接触网进行停电检修,因此对相关所内电气开关的操作频繁、开关数量多,且可靠性要求极高,以确保行车安全和检修人员人身安全。

此外,由于牵引供电远动系统的负荷电力机车是一个移动冲击性负荷,与电力系统的静止负荷相比,电气量变化幅度大,更容易造成牵引供电网故障,所以牵引供电远动系统的数据采集方式不采用周期上送而是突发上送模式,以便及时、准确的将故障信息送到控制中心进行处理,并及时进行相应的操作控制,以缩短事故的影响时间。

## 2. 铁路电力调度自动化系统

铁路电力调度自动化系统,也称做铁路电力远动系统、铁路电力监控系统、或电力 SCADA 系统,是指监控对象仅为铁路 10 kV 配电设备的远动系统。

铁路电力远动系统和牵引供电远动系统在调度端、被控站 RTV 硬件和通道结构上基本一致,但在监控对象、数据采集要求及应用软件功能上存在一定的差异:

(1)基本监控对象为(变)配电所 10 kV、35 kV 进、出线开关,配电网的环网开关、分段开关,以及低压侧开关等。

(2)电力配电设备除了配置在(变)配电所内,还有很多配电设备(如箱式变电所)沿铁路线分散配置,而牵引供电设备多集中在牵引所内。

(3)电力配电系统远程终端数量大,每个远程终端采集量较少,但总的采集量大。牵引供电远动系统则相反。

(4)电力配电系统中的开关设备的远动操作频率低,牵引供电设备远动操作频率高。

(5)电力配电远动系统更侧重的是对遥测量的采集和监视,故障类型及故障区断的判定,要求遥测数量大、采集精度高而对遥控开关的控制频度较少。铁路电力远动系统的控制操作更多用于当故障发生时,立即切除故障区段,恢复故障区段供电。

## 3. 铁路供电调度自动化系统

随着铁路局运行管理模式的调整,尤其是随着高速铁路的建设,出现了监控对象集铁路牵引供电系统和电力配电系统为一体的铁路供电调度自动化系统,也称为二电合一的供电远动系统,或综合 SCADA 系统。

铁路供电调度自动化系统的结构与牵引供电远动系统或铁路电力远动系统基本一致,功能集牵引供电远动系统或铁路电力配电远动系统功能于一体。

## 二、铁路供电调度自动化系统的组成

铁路供电调度自动化系统(以下简称远动监控系统)包括对铁路供电设备相关信息的采



集、处理、传输、显示、控制等全部功能。它由调度端、被控端和远动信道三大部分构成,其原理框图如图 1-5 所示。

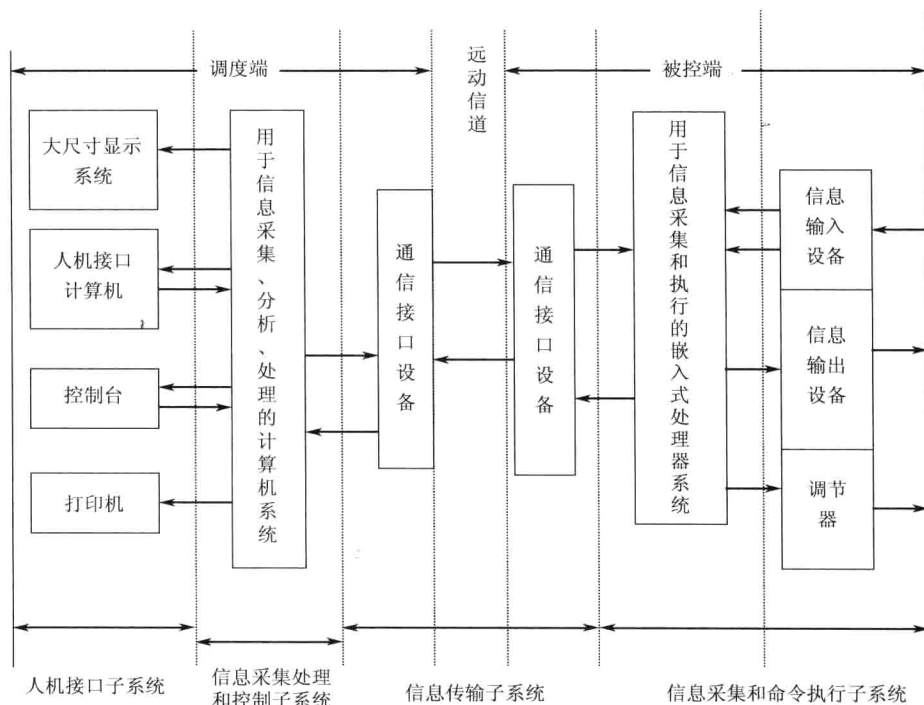


图 1-5 远动监控系统原理框图

(1)调度端:设在电力调度所内完成远方对象的监控、数据统计及管理功能等。

(2)被控端:被控端完成远动监控系统的数据采集、预处理,发送、接收及输出执行功能,常规远动系统被控端为远方终端设备(Remote Terminal Unit,RTU),而集继电保护、监视控制于一体的被控端多采用综合自动化系统(Substation Automation System,SAS)。

(3)远动信道:连接调度端与被控端的通信通路称为远动信道,可分为有线信道及无线信道,用于传输远动信息。

牵引供电调度自动化系统的调度端一般设在铁路局的电力调度所内,电力配电调度自动化系统的调度端一般设在供电段内,而被控端一般设在铁路沿线的牵引所或电力变配电所、箱变、环网柜、低压变电所内,它们之间的信息通过远动信道来传输。调度端的主要任务就是对被控站送来的信息进行加工、处理,并根据需要进行各种报表、记录的打印、存储、显示,对事故信号进行报警,以及操作员通过人机接口向各被控端发出操作命令等。被控端 RTU 的主要功能则是采集所亭内各开关量的状态、电气量的参数并及时上送调度端,以及执行调度端发来的各种操作命令等。远动信道是传输远动信号的信道,它是调度端和被控端间的通信纽带。

下面具体介绍远动监控系统中三大组成部分及功能。

#### (一)调度端组成

如图 1-5 所示,调度端系统按功能划分主要包括信息采集处理和控制子系统、人机接口子系统和通信接口设备。



### 1. 信息采集处理和控制子系统

信息采集处理和控制子系统,是整个调度端系统的核心。它对采集到的远动信息进行加工、计算及处理,把结果通过人机接口子系统呈现给调度人员或者通过执行子系统直接进行远方控制、调节操作。它由调度端的计算机硬件和软件系统组成。

#### 1) 计算机硬件系统

计算机硬件系统可以采用从简单的单台计算机直至多台不同类型的计算机组成的复杂系统。相应的配置方式有:集中式的单机或多机系统、分层式的多机系统和网络式的分布系统。

(1)集中式单机配置是由一台计算机执行所有数据采集、人机联系和应用程序的功能。为了提高可靠性,设置一台备用计算机,构成双机系统。这种配置适用于小型的远动监控系统,也是早期普遍使用的方式。

(2)分层式多机配置是把数据采集和通信等实时性较强的任务由独立的前置处理机完成,其他人机联系和应用程序任务则由主计算机完成。前置处理机和主计算机之间具有高速数据信道实现信息交换。还可分为三个层次,如分成前置机、主控机和后台机,其中主控机担任远动监控任务,后台机担任安全分析计算等任务。为了提高可靠性,各层次的计算机配置多采用双重化冗余配置。20世纪70~80年代大量采用这种配置。

(3)分布式配置是把各项功能进一步分散到多台计算机中去,由局域网(Local Area Network, LAN)将各台计算机连接起来,各台计算机之间通过 LAN 交换数据。备用机也同样连接在局域网上,并可随时承担同类故障机或预定的其他故障机的任务。如果这种系统进一步在硬件接口和软件接口中都遵循一定的国际标准或工业标准,使不同厂家的产品容易互连,容易扩充,就可称之为开放系统(Open System)。这种配置是20世纪80年代后期开始出现的,现在被广泛采用。

#### 2) 计算机软件系统

计算机软件可分为三个层次:系统软件、支持软件和应用软件。

(1)系统软件包括操作系统、语言编译和其他服务程序,是计算机制造商为便于用户使用计算机而提供的管理和 Service 性软件。

(2)支持软件主要有数据库管理、磁盘阵列管理、集群管理等软件。

(3)应用软件是最终实现铁路供电调度自动化各种功能的软件。

### 2. 人机接口子系统

铁路供电调度自动化系统的很多功能是通过人机接口子系统(Human Machine Interface, HMI)来表达的。它可以使操作人员的责任从收集和查看数据转变为分析数据并进行运行监视。通过它,操作人员可以很形象地掌握铁路供电系统运行信息。人机界面的基本设备包括大尺寸显示设备、图形显示设备、报警设备、打印设备。

#### 1) 大尺寸显示设备

早期的大尺寸显示设备多采用模拟屏设备。模拟屏一般由发光组件和不发光的马塞克块拼装组成来显示各个所的电气主接线图,从而可以直观地表示整个供电系统的全貌。模拟屏上还可显示主接线图中主要设备的状态,如断路器、隔离开关的分合状态。模拟屏一般不作交互操作,只作信息显示用。通常装设在控制室面向操作人员一面的墙壁上。它的优点是能够宏观地显示系统全网的状态,缺点是占地面积较大,接线图修改困难。

大尺寸显示设备还可以采用投影仪和屏幕组成,也可以由 DLP 拼接屏组成,可以与计算



机同步显示。投影仪和 DLP 拼接屏幕的优点是显示方式灵活,可以兼顾视频等多种信号显示,接线图及显示模式修改方便。但其缺点是不能完全显示供电系统的全貌,且投影灯泡的寿命较短,维护成本较高。

## 2) 图形显示设备

图形显示设备通常是大尺寸的显示器,利用该显示设备可完成以下功能:

- 显示牵引供电系统实时运行状态的系统接线图,各所亭的主接线图,在图中以不同的颜色元件的断路器、隔离开关的状态,主要元件的运行参数(频率、电压、功率、电流)。用闪烁表示元件状态的变化或运行参数的异常。

- 以表格形式显示系统的运行数据。
- 以曲线或棒图显示数值和趋势。
- 用文字显示各类报警信息。
- 用文字或表格方式显示各类事故记录。
- 显示调度自动化系统本身的配置。

## 3) 报警设备

常见报警设备有计算机扬声器、警铃或警笛。前两者用于报告一般警告信息,警笛用于报告重要故障,也可以通过扬声器音响的频率区分预告报警和事故报警。

## 4) 打印设备

打印设备用于提供电力系统运行状态的永久记录,一般打印运行记录、事故记录、有选择的系统状态报告、统计和运行报表。也可在运行人员要求下进行召唤打印。

## 3. 通信接口设备

通信接口设备主要完成与调度端被控端的通信接口功能,起到通信枢纽的作用。一方面能够把调度端的控制等下行命令信息转发给被控端,另一方面可以接收被控端的上行命令,并通过调度端局域网转发给调度端的信息采集处理和控制子系统和人机接口子系统。

### (二) 被控端组成

早期的远动系统被控端是由远程终端 RTU 构成,RTU 完成测控功能。现代的远动系统根据不同的应用场景,被控端常采用集测控/继电保护功能为一体的综合自动化系统及变性能 RTU。本书不讨论变电所综合自动化系统的结构及功能,本章所指被控端为 RTU 设备。

RTU 的主要功能是现场数据的采集和处理,对现场设备传送控制命令,向调度端传输信息和从调度端接收指令,电力配电 RTU 还具备故障录波、故障判断等辅助功能。

牵引供电远动系统被控端 RTU 设置于牵引变电所、开闭所、AT 所接触网开关控制箱等处,用以采集和发送所亭的实时运行参数,接收并执行调度中心控制与调节命令的终端设备。

电力远动系统被控端 RTU 设在配电所、开关站、电力箱变、环网柜等处,它负责采集所在区域电力配电系统运行的状态和测量数据,并向调度中心传送信息;执行调度中心发往该电力监控终端的控制和调度命令。

无论对牵引供电还是电力配电 RTU,其基本组成结构是一致的,包括:

(1) 主控制处理子系统: CPU 板,含微处理器、内存等实现对各 I/O 模块的管理和数据处理。

(2) 遥控输出子系统: YK 板,及相应的出口继电器。

(3) 遥信输入子系统: YX 板,采集现场监视对象的实时状态。





(4)模拟量输入子系统:YC板,采集测量对象的电压、电流、功率信息。

(5)电量量输入子系统:电度板,采集脉冲量。

(6)通信接口子系统:完成运动数据的收发。

(7)电源子系统:为RTU各模板提供电源。

### (三)运动信道的组成

运动信道是信息传输子系统的重要组成部分,包含通信介质及相关的通信传输设备,负责完成调度端与被控端系统间的数据传输。铁路供电调度自动化系统运动信道分为有线信道和无线信道。有线信道采用对称电缆、同轴电缆、架空明线或光纤作为传输介质;无线信道通常以自由空间(如微波、卫星通信等)为传输介质。

运动信道所采用的传输介质不同,通常还需配置不同的通信接口设备,例如音频有线信道常用的通信接口设备是调制解调器;光纤信道常采用路由器;无线信道常采用有线/无线转发装置等。

## 三、铁路供电调度自动化系统的功能

在铁路供电调度自动化系统中,调度端需要正确和及时地掌握每时每刻都在变化着的牵引或电力供电系统设备的运行情况,完成天窗作业,处理影响整个牵引(电力)供电系统正常运行的事故和异常情况,迅速、正确、可靠地收集分散在几十、几百乃至上千公里以外的所亭内表征牵引(电力)供电系统设备运行状态的信息,及时地以友好人机界面向调度员显示,并对所有数据进行分析、处理、存储及打印,并转发其他系统共享。

调度端的主要功能包括:在远方对其所管辖的电气设备的遥控操作,包括单控和程控操作;收集运动被控端上送的采集信息进行分析、处理和控制,包括自动监视与报警处理;故障录波、故障报告的处理;事件的顺序记录;屏幕显示和操作;自动按需生成报表和记录、自动(按需)打印;大屏幕显示控制;复视功能等。

对于RTU被控端,其功能包括:可靠的控制输出功能;遥测、遥信采集功能;程序自恢复功能;设备自诊断功能;信道监视功能;向调度的双信道并能自动切换的功能。

除了上述共有的基本功能外,牵引供电调度自动化系统还具有以下特有的功能:

(1)调度端可设置系统分析工作站,主要用于对整个牵引供电系统的分析,根据接入本系统监控范围的电气化铁路供电设备的运行状态的实时信息、历史事项以及历史信息对整个牵引供电系统作出全局分析。

(2)对于常产生事故的供电设备进行分析,根据故障点标定信息,判断出事故经常发生的地点、时间以及原因。

(3)为保证整个供电系统的正常运行提供有效的方案,预防和减少事故的发生;同时对事故发生后如何进行处理提供解决办法,还可以在分析工作站上完成调用故障录波、负荷录波、故障报告等信息,查看整定值,辅助完成故障分析功能。

(4)可以生成各种与调度管理相关的报表、文档工作,完成相应的牵引供电系统调度管理提供了读写整定和整定区切换的接口,实现倒闸作业管理、检修计划管理和接触网作业管理,实现录入、修改和删除功能。

铁路电力配电调度自动化系统所特有的功能主要体现在故障区段标定方面或馈线自动化(或是配电网故障诊断和断电管理)方面:

(1)故障自动定位到站间、隔离和快速恢复供电。





(2)提供故障过程开关设备动作的跟踪记录和查询功能。

(3)小电流接地区段自动判别。

(4)断线检测及断线区段判别。

(5)其他故障信息,如故障录波。

铁路牵引供电及电力配电系统的一个主要特点是供电设施是沿铁路线分布的。供电系统一般设有电力调度所,统一指挥供电系统在正常及事故情况下的运行工作,并集中管理沿铁道线分布的牵引变电所、开闭所、AT所、配电所、开关站、箱式变电站环网柜等电力设施。为了保证供电系统运行的可靠性和经济性,电力调度所一方面必须及时掌握系统的实际运行情况,将供、配电系统的开关位置信号、警报信号及主要电气运行参数等迅速、正确、可靠地反映给调度所;另一方面当调度员切实了解到供、配电系统的运行情况并进行判断处理后,应对现场设备下达命令,直接操作某些设备或调整某些参量,从而完成实时控制的任务。

铁路供电调度自动化系统也是一种远动系统,其主要任务:一是集中监视,以确保供电系统的安全可靠运行。在正常情况下,提供调度员全面掌握供电系统的运行方式;在事故情况下,帮助调度员及时了解事故的原因和范围,加快事故处理。二是集中控制,提高劳动生产率。三是准确记录历史数据,并通过报表、图形等显示形式还原各个时刻运行状态。调度人员可以借助远动装置进行遥控或遥调,实现无人化或少人化,并提高运行操作质量,改善现场运行人员的劳动强度。

## 第二节 铁路供电调度自动化系统的性能指标

对任何一种调度自动化系统而言,都可以用系统的性能指标,或主要技术要求来衡量其优劣或作为设计、选型的要求,一般来说主要有如下几大类:

### 一、可靠性

铁路供电调度自动化系统的可靠性是指设备在技术要求所规定的工作条件下,能够保证所规定的技术指标的能力。

铁路供电调度自动化系统也像其他自动化系统应用在重要牵引供电及电力供电设备的监控中,一般要求24小时不间断运行,对于系统的可靠性有很高的要求。由于铁路供电调度自动化系统包含硬件和软件,所以可靠性评价也分为硬件可靠性和软件可靠性。由于铁路供电调度自动化系统不同于一般监控的最大特点是需要远程信息传输,因此可靠性还包括信息传输的可靠性。

铁路供电调度自动化系统中每个设备的可靠性一般用平均故障间隔时间(Mean Time Between Failure, MTBF),即两次偶然故障的平均间隔时间来表示。目前一般远动系统平均故障间隔时间要求控制中心达到5 000 h以上,被控站达到10 000 h以上。而整个系统的可靠性通常以系统可用率表示。

$$\text{系统可用率} = \frac{\text{运行时间}}{\text{运行时间} + \text{停用时间}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式(1-1)中停用时间包括故障和维修时间。影响系统可用率的重要因素有:设备的质量、维护检修情况、环境条件、电源供电可靠性及其备用的程度等。

远动信息传输过程中,会因干扰而出现差错。传输可靠性是用信息的差错率表示的。