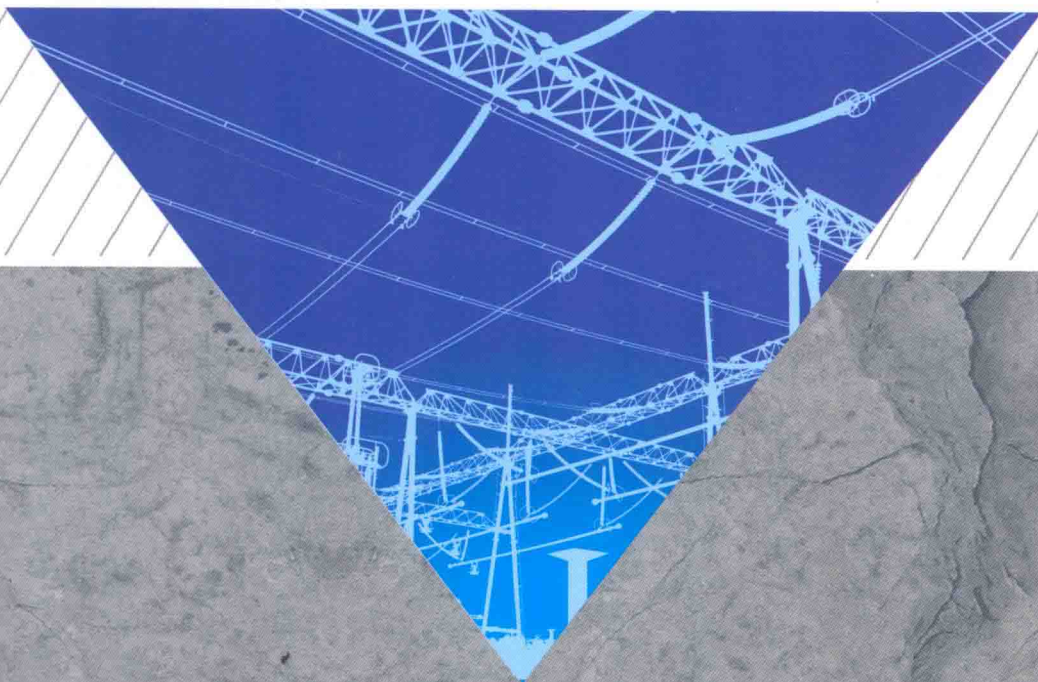


BIANDIANZHAN ZONGHE ZIDONGHUA  
XITONG SHIYONG JISHU

# 变电站综合自动化 系统实用技术

福建省电力有限公司 组编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

BIANDIANZHAN ZONGHE ZIDONGHUA  
XITONG SHIYONG JISHU

# 变电站综合自动化 系统实用技术

福建省电力有限公司 组编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书以现场生产实践为主线,理论联系实际,系统地介绍了变电站综合自动化基础知识、数据通信等,着重阐述了现场调试与维护。全书分8章,主要内容包括变电站综合自动化概述、测量与控制、二次回路及相关知识、数据通信、二次系统安全防护及调度数据网、变电站综合自动化相关系统、调试与维护、典型变电站综合自动化系统等。

本书由浅入深、内容精炼、面向生产实际、实用性强,可作为供电企业变电站综合自动化检修专业技术人员的培训教学用书,也可作为电力工程类大专院校师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

变电站综合自动化系统实用技术/福建省电力有限公司组编. —北京:中国电力出版社,2013.9

ISBN 978-7-5123-4575-1

I. ①变… II. ①福… III. ①变电所-自动化系统 IV. ①TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第125102号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2013年9月第一版 2013年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 18.5印张 450千字

印数0001—3000册 定价45.00元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

## 编 委 会

主 任 李功新

副主任 黄文英 郑宗安

委 员 任晓辉 郑志煜 黄 巍 吴善班

陆 榛 宋福海 许澄生 林静怀

## 编 写 组

主 编 吴善班

副主编 王云茂 陈建洪

参 编 (按姓氏拼音排序)

陈月卿 高可辉 龚 磊 韩 林

黄若霖 李泽科 林温南 刘云峰

邱建斌 张春欣 张龙文

## 前言

为了更好地服务“三集五大”体系建设，进一步提升“专业化检修”生产人员技能水平，本着“精简理论知识、突出现场实践”的原则，集聚了多位变电站综合自动化专家和现场技术人员的智慧，编写了《变电站综合自动化系统实用技术》一书。

变电站综合自动化系统是利用先进的计算机技术、现代电子技术、通信技术和信息处理等技术，对变电站二次设备（包括继电保护、控制、测量、信号、故障录波、自动装置及远动装置等）的功能进行重新组合、优化设计，实现对变电站全部设备运行情况的监视、测量、控制和协调的一种综合性自动化系统。其知识体系覆盖了电气主接线、二次回路、继电保护和自动装置、同期装置、防误闭锁、电压无功自动控制、同步相量测量、电能计量、数据通信、二次系统安全防护、电网调度自动化及计算机软件等。对于从事变电站自动化系统专业的技术管理、安装施工、维护检修和运行人员来讲，需要掌握的知识面广而杂，难以高效地做到理论联系实际、有的放矢。为了全面满足变电站自动化系统专业人员的需求，本书以现场生产实践为主线，坚持实用原则，理论联系实际，深入浅出地介绍变电站综合自动化系统知识内容，重点介绍现场调试与维护。同时，本书也把福建省电力有限公司近年来的自动化专业科技成果融入书中，为提升专业应用提供借鉴。

本书由福建省电力有限公司组织编写，吴善班任主编，王云茂、陈建洪任副主编，由省内具有丰富现场经验的专家和技术人员参与编写。其中，第1章由张龙文编写，第2章由张春欣、林温南编写，第3章由陈月卿编写，第4章由黄若霖编写，第5章由陈建洪、邱建斌编写，第6章由陈建洪、张春欣、邱建斌编写，第7章由陈建洪、张春欣、黄若霖、张龙文、刘云峰编写，第8章由陈建洪、高可辉、张龙文编写。王云茂、龚磊、韩林、李泽科、林温南对有关章节进行审核。全书由王云茂、陈建洪统稿。

本书在编写过程中得到了福建省电力有限公司领导和专家的大力支持与帮助，中国电力出版社也对本书的出版给予了大力支持，在此编者谨致以诚挚的感谢。

由于编者水平有限，加之成书时间仓促，难免存在疏漏之处，恳请各位专家和广大读者批评指正。

编者

2013年6月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 变电站综合自动化概述</b> .....	1
1.1 变电站综合自动化的基本概念 .....	1
1.2 变电站综合自动化系统的结构形式 .....	7
1.3 变电站综合自动化的发展方向.....	15
<b>第 2 章 变电站综合自动化的测量与控制</b> .....	19
2.1 变电站综合自动化的信息.....	19
2.2 变送器测量基本原理.....	21
2.3 交流采样技术及其应用.....	31
2.4 变电站状态量的采集.....	38
2.5 变电站控制技术及同期功能实现.....	44
2.6 变电站时钟同步的建立与应用.....	49
<b>第 3 章 二次回路及相关知识</b> .....	56
3.1 概述.....	56
3.2 二次回路的分类.....	57
3.3 二次回路的接线图.....	57
3.4 常见的二次回路.....	62
3.5 变电站的防误闭锁.....	68
3.6 变电站 UPS/逆变电源系统 .....	75
3.7 监控系统与站用电和直流电源关系.....	76
<b>第 4 章 变电站综合自动化的数据通信</b> .....	78
4.1 数据通信基础.....	78
4.2 变电站综合自动化系统的通信网络.....	91
4.3 数据传输中采用的通信规约.....	97
4.4 IEC 60870-5-104 规约的扩展应用 .....	107
<b>第 5 章 二次系统安全防护及调度数据网</b> .....	116
5.1 二次系统安全的基本原则及防护策略 .....	116
5.2 二次系统安全防护常见技术措施 .....	118
5.3 变电站二次安全防护方案 .....	125
5.4 电力调度数据网 .....	126

5.5	路由器和交换机的原理与配置 .....	128
5.6	防火墙和加密认证装置的原理与配置 .....	140
<b>第 6 章</b>	<b>变电站综合自动化相关系统</b> .....	<b>154</b>
6.1	同步相量测量 (PMU) .....	154
6.2	电能量采集系统 .....	167
6.3	电压无功自动控制 (AVQC) .....	174
<b>第 7 章</b>	<b>变电站综合自动化调试与维护</b> .....	<b>184</b>
7.1	变电站综合自动化标准化作业规范 .....	184
7.2	现场作业实例 .....	196
7.3	反事故措施内容和要求 .....	203
7.4	自动化设备故障分析要点 .....	204
7.5	常见故障诊断与处理 .....	207
7.6	典型故障案例 .....	212
7.7	变电站综合自动化四遥调试的实践 .....	216
<b>第 8 章</b>	<b>典型变电站综合自动化系统</b> .....	<b>223</b>
8.1	CSC2000 (V2) 变电站综合自动化系统 .....	223
8.2	RCS - 9700 变电站综合自动化系统 .....	250
8.3	NS2000 变电站综合自动化系统 .....	265
	<b>参考文献</b> .....	<b>287</b>



# 第 1 章

## 变电站综合自动化概述

本章主要介绍变电站综合自动化的基本概念、基本特征，重点讲述了变电站综合自动化的结构形式，并指出了变电站综合自动化的发展方向。

### 1.1 变电站综合自动化的基本概念

#### 1.1.1 电力系统自动化

电力系统是一个连续运行的系统，电能的生产、传输、分配和消耗都是同时完成的，因此，变电站的运行也是连续的。为了掌握变电运行状态，需要对有关电气量进行连续测量，供运行监视、记录；为了保障变压器、输电线路的安全运行，需要实现过电流、过电压等故障的安全保护；为了向电网调度提供系统运行状态，需要将表征电网运行的有关信息向上级调度传送；为了向用户提供合格的电能，需要进行有关的控制调节。所有这些，绝大部分不可能由人工来完成，都需要采用自动化技术。

电力系统自动化是指应用各种具有自动检测、决策和控制功能的装置系统，通过信号系统和数据传输系统对系统各元件、局部系统或全系统的运行工况进行就地或远方的自动监视、调节和控制，保证电力系统安全、可靠、经济运行和向电力用户提供合格的电能。

电力系统自动化是二次系统的一个组成部分。通常是指对电气设备及系统的自动监视、控制和调度。电力系统自动化是一个总称，它由多个子系统组成，每个子系统完成一项或几项功能。从电力系统运行管理区分，可以将电力系统自动化内容划分为几个部分：电力调度自动化系统、发电厂综合自动化系统、变电站综合自动化系统和配电网综合自动化系统，而发电厂综合自动化系统又可分为火电厂综合自动化系统和水电厂综合自动化系统，如图 1-1 所示。

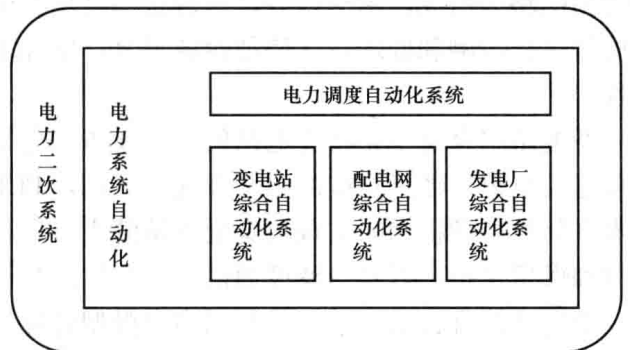


图 1-1 电力系统自动化划分示意图



### 1.1.2 变电站综合自动化及其系统

变电站是介于发电厂和电力用户之间的中间环节，由主变压器、母线、断路器、隔离开关、避雷器、并联电容器、互感器等设备或元件集合而成，具有汇集电源、变换电压等级、分配电能等功能。电力系统内的继电保护、自动装置和远动机等二次设备也安装在变电站内。因此，变电站是电力系统的重要组成部分。

在电力系统的正常运行中，变电站是一个重要环节，它完成电能的传输、电压的变换和电能分配等多方面的功能，在电力系统中起着十分重要的作用，其运行具有电力系统中电能快速变化和电气过程快速传播的特点。因此，当系统运行中出现异常情况时，变电站必须做出快速的反应，及时处理，这是人工手动操作做不到的，同样也必须采用自动化技术。

众所周知，一个变电站主要包括一次系统和二次系统两大部分。一次系统完成电能的传输、分配和电压变换工作，二次系统完成对一次设备及其流经电能的测量、监视和故障告警、控制、保护以及断路器闭锁等工作。此外，实现对变电站运行工况的测量、监视、控制、信息显示、信息远传的变电站（发电厂）远动系统已显示出越来越重要的作用。通常，也将厂站远动系统纳入二次系统的范畴。

常规变电站的二次系统主要包括四个部分，即继电保护、故障录波、监控后台以及远动机部分。这四个部分不仅完成的功能各不相同，其设备（装置）所采用的硬件和技术也完全不同。长期以来，围绕着变电站二次系统，存在着不同的专业和相应的技术管理部门。本质上是同一个系统但在技术和管理上却条块分割，已越来越不适应变电技术发展的要求。其主要缺点是：第一，继电保护、故障录波、监控后台和远动机的硬件设备，基本上按各自的功能配置，彼此之间相关性小，设备之间互不兼容。第二，二次系统的硬件设备型号多、类别杂，很难达到标准化。第三，大量电缆及端子排的使用，既增加了投资，又得花费大量人力从事众多装置间联系的设计、配线、安装、调试、修改或扩充。第四，常规二次系统是一个被动的系统，不能正常地指示其自身内部故障，因而必须定期对设备功能加以测试和校验。这不仅能加重维护工作量，更重要的是不能及时了解系统的工作状态，有时甚至会影响对一次系统的监视和控制。

随着电子技术、计算机技术的迅猛发展，微机在电力系统自动化中得到了广泛的应用，先后出现了微型继电保护装置、微型故障录波器、微机监控和微机远动装置。这些微机装置尽管功能不一样，但其硬件配置却大体相同，主要由微机系统、模拟量、状态量的输入和输出电路等组成。由于这些设备装置都是从变电站主设备和二次回路中采集信号，并对这些信号进行检测和处理，这使得设备重复，增加了投资，并使接线复杂化，影响了系统的可靠性。

变电站综合自动化将变电站的二次设备（包括测量仪表、信号系统、继电保护、自动装置和远动机等）经过功能的组合和优化设计，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，实现对全变电站的主要设备和输、配电线路的自动监视、测量、自动控制 and 微机保护，以及与调度通信等综合性的自动化功能。

变电站综合自动化系统是利用多台微型计算机和大规模集成电路组成的自动化系统，该系统代替常规的测量和监视仪表，替代了常规控制屏、中央信号系统和远动屏。用微机保护代替常规的继电保护屏，还克服了常规的继电保护不能与外界通信的缺点。变电站综合自动

化是自动化技术、计算机技术和通信技术等高科技技术在变电站领域的综合应用。变电站综合自动化系统可以采集到比较齐全的数据和信息，利用计算机的高速计算能力和逻辑判断功能，可方便地监视和控制变电站内各种设备的运行和操作。从当前实现的功能和技术水平上衡量，变电站综合自动化系统具有功能综合化、结构微机化、操作监视屏幕化、运行管理智能化等特点。

变电站综合自动化系统在二次系统具体装置和功能实现上，用计算机化的二次设备代替和简化了非计算机设备；数字化的处理和逻辑运算代替了模拟运算和继电器逻辑。相对于常规变电站二次系统，变电站综合自动化系统增添了“变电站主计算机系统”和“通信控制管理”两部分。“通信控制管理”作为桥梁联系变电站内部各部分之间、变电站与调度控制中心之间，使其相互交换数据，并对这一过程进行协调、管理和控制。“变电站主计算机系统”对整个综合自动化系统进行协调、管理和控制，并向运行人员提供变电站运行的各种数据、接线图、表格等画面，使运行人员可远方控制断路器分、合操作，还提供运行和维护人员对自动化系统进行监控和干预的手段。“变电站主计算机系统”代替了很多过去由运行人员完成的简单、重复和繁琐的工作，如收集、处理、记录、统计变电站运行数据和变电站运行过程中所发生的保护动作，断路器分、合闸等重要事件，同时，还可按运行人员的操作命令或预先设定执行各种复杂的工作。

国际电工委员会（IEC）根据国际上变电站自动化系统发展的情况，于1997年国际大电网会议（CIGRE）WG 34.03工作组在“变电站内数据流的通信要求”报告中，提出了“变电站自动化”（SA, Substation Automation）和“变电站自动化系统”（SAS, Substation Automation System）两个名词。此名词被国际电工委员会的TC 57技术委员会（即电力系统通信和控制技术委员会）在制定的IEC 61850（即变电站通信网络和系统）标准中采纳。我国习惯称之为“变电站综合自动化”和“变电站综合自动化系统”。

在IEC 61850变电站通信网络标准中，对变电站自动化系统（SAS）的定义为：变电站自动化系统就是在变电站内提供包括通信基础设施在内的自动化。

### 1.1.3 变电站综合自动化系统基本特征

变电站综合自动化系统就是通过监控系统的局域网通信，将微机保护、微机自动装置、微机远动装置采集的模拟量、开关量、状态量、脉冲量以及一些非电量信号，经过数据处理及功能的重新组合，按照预定的程序和要求，对变电站实现综合性的监视和调度。因此，综合自动化的核心是监控系统，而综合自动化的纽带是监控系统的局域通信网络，它把微机保护、微机自动装置、微机远动功能综合在一起形成一个具有远方数据功能的监控系统。变电站综合自动化系统最明显的特征表现在以下几个方面：

（1）功能实现综合化。变电站综合自动化技术是在微机技术、数据通信技术、自动化技术基础上发展起来的。它综合了变电站内除一次设备和交、直流电源以外的全部二次设备。微机监控系统综合了变电站的仪表盘、操作屏、模拟屏、变送器屏、中央信号系统等功能，远动的RTU功能及电压和无功补偿自动调节功能。图1-2所示为一套在线运行的变电站综合自动化系统。

微机保护（和监控系统一起）综合了事件记录、故障录波、故障测距、小电流接地选线、自动按频率减负荷、自动重合闸等自动装置功能，并有较完善的自诊断功能。

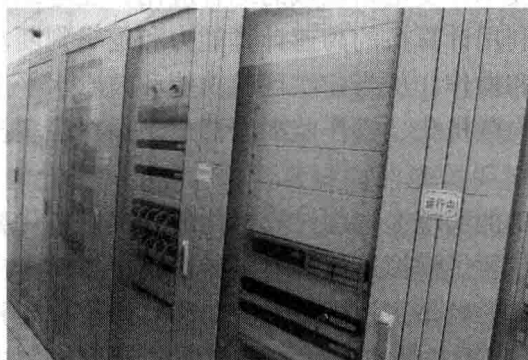


图 1-2 一套在线运行的变电站综合自动化系统

实现测量及状态跟踪、在线修改定值或投退某些保护功能，还具有运行、告警、跳位、合位、保护跳闸和保护重合闸指示灯；装置通过以太网接入变电站综合自动化系统，可完成远方监视、控制和操作功能。

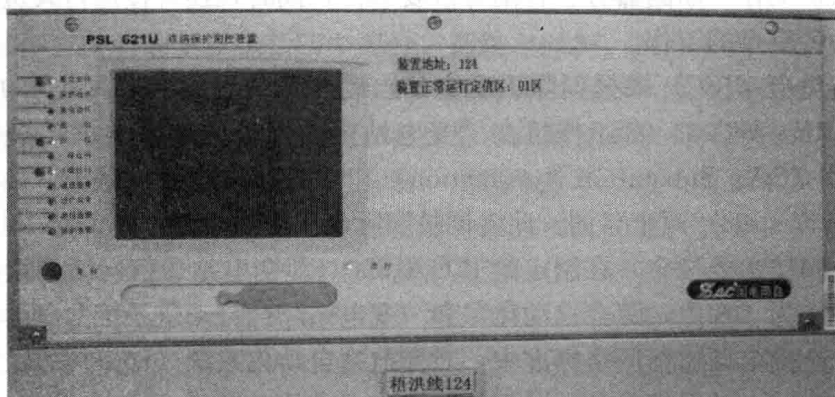


图 1-3 PSL 621U 型数字式线路保护测控装置示意图

需要指出的是，综合自动化的综合功能，“综合”并非指将变电站所要求的功能以“拼凑”的方式组合，而是指在满足基本要求的基础上，达到整个系统性能指标的最优化。对于中央信号系统及仪表和对设备控制操作的功能综合是通过监控系统的全面综合，而对于微机保护及一些重要的自动装置（如备用电源自动投入）是接口功能综合，是在保证其独立的基础上，通过远方自动监视与控制而实现的，例如对微机保护装置仍然要求保证其功能的独立性，但通过对保护状态及动作信息的监视及对保护整定值查询修改，保护的投退、录波远传、信号复归等远方控制来实现其对外接口功能的综合。这种综合的监控方式，既保证了保护和一些重要自动装置的独立性和可靠性，又把保护和自动装置的自动化性能提高到一个更高的水平。

(2) 系统构成模块化。保护、控制、测量装置的数字化采用微机实现，并具有数字化通信能力，利于把各功能模块通过通信网络连接起来，便于接口功能模块的扩充及信息的共享。另外，模块化的构成，方便变电站实现综合自动化系统模块的组态，以适应工程的集中式、分布分散式和分布式结构集中式组屏等方式。

(3) 结构分布、分层、分散化。变电站综合自动化系统是一个分布式系统，其中微机保

护、数据采集和控制以及其他智能设备等子系统都是按分布式结构设计的，每个子系统可能有多个 CPU 分别完成不同功能，这样一个由庞大的 CPU 群构成了一个完整的、高度协调的有机综合（集成）系统。这样的综合系统往往有几十个甚至更多的 CPU 同时并列运行，以实现变电站自动化的所有功能。

另外，按照变电站物理位置和各子系统功能分工的不同，综合自动化系统的总体结构又按分层原则来组成。按 IEC（国际电工委员会）标准，典型的分层原则是将变电站综合自动化系统分为两层，即站控层和间隔层。另外，过程层主要包含一次设备，如图 1-4 所示。

随着技术的发展，自动化装置逐步按照一次设备的位置实行就地分散安装，由此可构成分散（层）分布式综合自动化系统。

(4) 操作监视屏幕化。变电站实现综合自动化后，不论是有人值班还是无人值班，操作人员不是在变电站内，就是在主控室或调度室内，面对彩色屏幕显示器，对变电站的设备和输电线路进行全方位的监视与操作。常规庞大的模拟屏被液晶显示器上的实时主接线画面取代（如图 1-5 所示）；常规在断路器安装处或控制屏进行的跳、合闸操作，被液晶显示器上的鼠标操作或键盘操作所取代；常规的光字牌报警信号，被液晶显示器画面闪烁和文字提示或语言报警所取代，即通过计算机上的 CRT 显示器，可以监视全变电站的实时运行情况和对各断路器设备进行操作控制。

(5) 通信局域网络化、光缆化。计算机局域网技术和光纤通信技术在综合自动化系统中得到普遍应用。因此，系统具有较高的抗电磁干扰的能力，能够实现高速数据传送，满足实时性要求，组态更灵活，易于扩展，可靠性大大提高，而且大大简化了常规变电站繁杂量大的各种电缆，方便施工。

(6) 运行管理智能化。变电站综合自动化另一特征是运行管理智能化。智能化不仅表现在常规的自动化功能上，如自动报警、自动报表、电压无功自动调节、小电流接地选线、事故判别与处理等方面，还表现在能够在线自诊断，并不断将诊断的结果送往远方的主控端。这是区别常规二次系统的重要特征。简而言之，常规二次系统只能监测一次设备，而本身的故障必须靠维护人员去检查、去发现。综合自动化系统不仅监测一次设备，还每时每刻检测自己是否有故障，这就充分体现了其智能性。

运行管理智能化极大地简化了变电站二次系统，取消了常规二次设备，功能强大，信息齐全，可以灵活地按功能或间隔形成集中组屏或分散（层）安装的不同系统组态。进一步说，综合自动化系统打破了传统二次系统各专业界限和设备划分原则，改变了常规保护装置不能与调度（控制）中心通信的缺陷。

(7) 测量显示数字化。长期以来，变电站采用指针式仪表作为测量仪器，其准确度低、读数不方便。采用微机监控系统后，彻底改变了原来的测量手段，常规指针式仪表全被计算

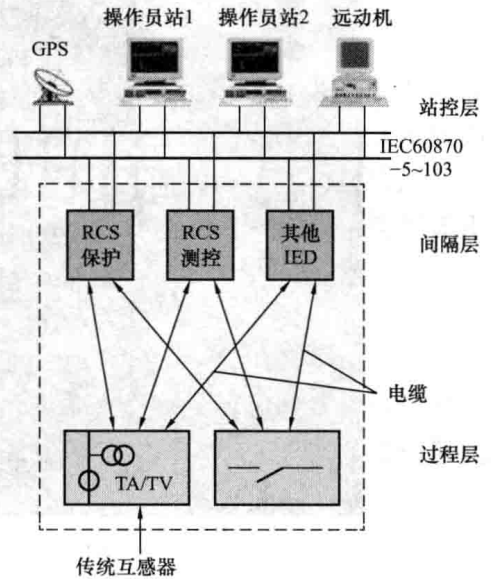
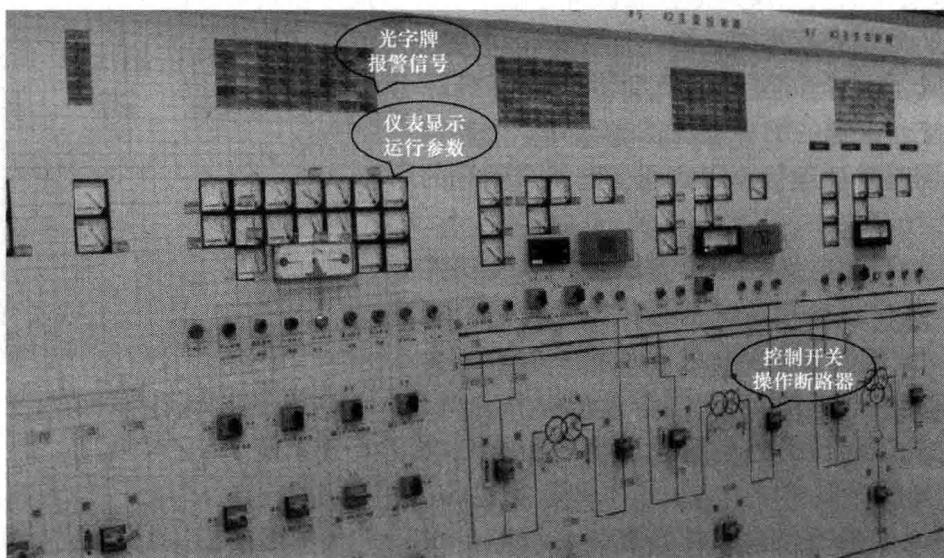
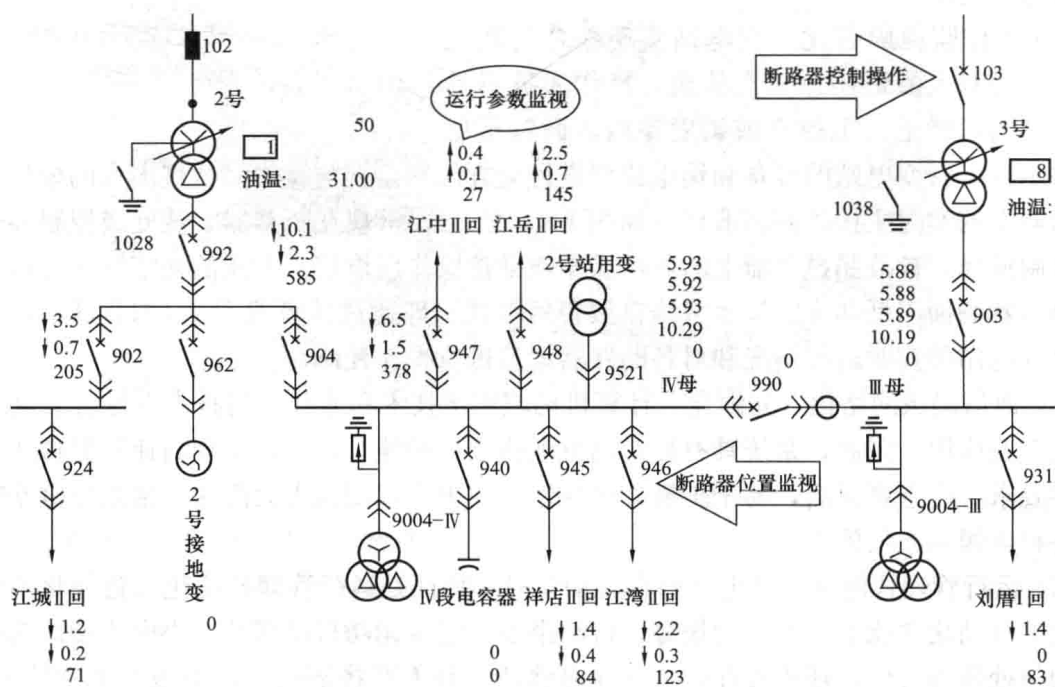


图 1-4 变电站综合自动化结构分层示意图





(a)



(b)

图 1-5 常规变电站和综合自动化变电站监视与操作对比图

(a) 常规变电站的监视、操作、光字牌报警信号屏；(b) 综合自动化变电站实时监视与操作主界面

机显示器上的数字显示所代替，直观、明了。而原来的人工抄表记录则完全由打印机打印、报表所代替。这不仅减轻了值班员的劳动，而且提高了测量精度和管理的科学性。

正是由于变电站综合自动化系统具有的上述明显特征，使其发展具有强劲的生命力。因此，近几年来，研究和应用变电站综合自动化进入了高潮，其功能和性能也不断完善。

## 1.2 变电站综合自动化系统的结构形式

自1987年我国自行设计、制造的第一个变电站综合自动化系统投运以来，变电站综合自动化技术已得到了突飞猛进的发展，其结构体系也在不断完善。由早期的集中式发展为目前的分层分布式。在分层分布式结构中，按照继电保护与测量、控制装置安装位置的不同，可分为集中组屏、分散安装、分散安装与集中组屏相结合等几种类型。同时，结构形式正向完全分散式发展。

### 1.2.1 集中式的结构形式

集中式结构的综合自动化系统，集中采集变电站的模拟量、开关量和数字量等信息，集中进行计算与处理，分别完成微机监控、微机保护和一些自动控制等功能。这种结构形式主要出现在变电站综合自动化系统问世的初期，如图1-6所示。集中式是传统结构形式，所有二次设备按遥测、遥信、电能计量、遥控、保护功能划分成不同的子系统。

集中结构也并非指由一台计算机完成保护、监控等全部功能。多数集中式结构的微机保护、微机监控和与调度等通信的功能也是由不同的微型计算机完成的，只是每台微机承担的任务多一些。例如监控机要负担数据采集、数据处理、断路器操作、人机联系等多项任务；担任微机保护的计算机，可能一台微机要负责几回低压线路的保护等。这种结构形式的综合自动化系统国内早期的产品较多。如南京自动化研究院系统研究所的BJ-2型、南京自动化设备厂的WBX-261型、烟台东方电子信息产业集团的基于WDF-10型的综合自动化系统、许昌继电器厂的XWJK-1000型的变电站综合自动化系统、上海惠安系统控制有限公司的powerware-WIN型的综合自动化系统等。

这种结构形式是按变电站的规模配置相应容量、功能的微机保护装置和监控主机及数据采集系统，它们安装在变电站主控室内。主变压器、各种进出线路及站内所有电气设备的运行状态通过电流互感器、电压互感器经电缆传送到主控制室的保护装置或监控计算机上，并与调度控制端的主计算机进行数据通信。当地监控后台完成当地显示、控制和报表打印等功能。

集中式综合自动化系统的特点是：①能实时采集变电站中各种电气设备的模拟量、脉冲量、断路器状态量，完成对变电站的数据采集、实时监控、制表、打印、事件追忆及显示负荷曲线、变电站主接线图功能。②值班员可通过画面操作变电站内的电气设备，并能检查操作正确与否。③系统具有自诊断和自恢复功能，当设备受到外界瞬间干扰信号而影响正常工

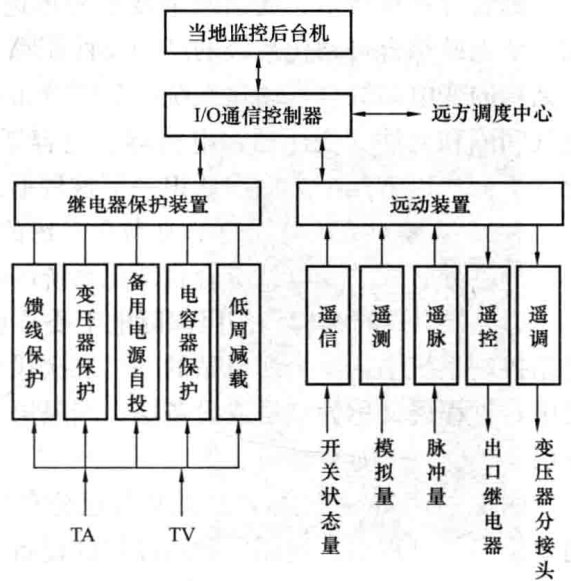


图1-6 集中式变电站综合自动化系统结构框图

作时，系统能发出自恢复命令，使设备重新进入正常工作状态。④造价低，适合小型变电站的新建或改造。

集中式综合自动化系统的缺点有：①每台计算机的功能较集中，如果一台计算机出故障，影响面大，因此必须采用双机并联运行的结构才能提高可靠性。②集中式结构软件复杂，修改工作量大，调试麻烦。③组态不灵活，对不同主接线或规模不同的变电站，软、硬件都必须另行设计，工作量大，因此影响了批量生产，不利于推广。④集中式保护与长期以来采用一对一的常规保护相比，不直观，不符合运行和维护人员的习惯，调试和维护不方便，程序设计麻烦，只适合保护算法比较简单的情況。

变电站综合自动化系统的目标是实现变电站的小型化、无人化和高可靠性，针对集中式系统的诸多不足，分布式综合自动化系统相继出现。

### 1.2.2 分层分布式的结构形式

随着计算机技术、通信网络技术的迅速发展以及它们在变电站综合自动化系统中的应用，变电站综合自动化系统的结构及性能都发生了很大的改变，出现了目前流行的分层分布式结构的变电站综合自动化系统。分层分布式结构的变电站综合自动化系统是以变电站内的电气间隔和元件（变压器、电抗器、电容器等）为对象开发、生产、应用的计算机监控系统。下面从以下几个方面来认识一下这种形式的变电站综合自动化系统。

#### 1. 分层分布式变电站综合自动化系统的结构

分层分布式的变电站综合自动化系统的结构特点主要表现在以下三个方面。

(1) 分层式的结构。按照国际电工委员会（IEC）推荐的标准，在分层分布式结构的变电站控制系统中，整个变电站的一、二次设备被划分为三层，即过程层、间隔层和站控层。其中，过程层又称为0层或设备层，间隔层又称为1层或单元层，站控层又称为2层或变电站层。

图1-7所示为我国某110kV分层分布式结构的变电站综合自动化系统的结构图，图中简要绘出了过程层、间隔层和站控层的设备。按照该系统的设计思路，图中每一层分别完成分配的功能，且彼此之间利用网络通信技术进行数据信息的交换。

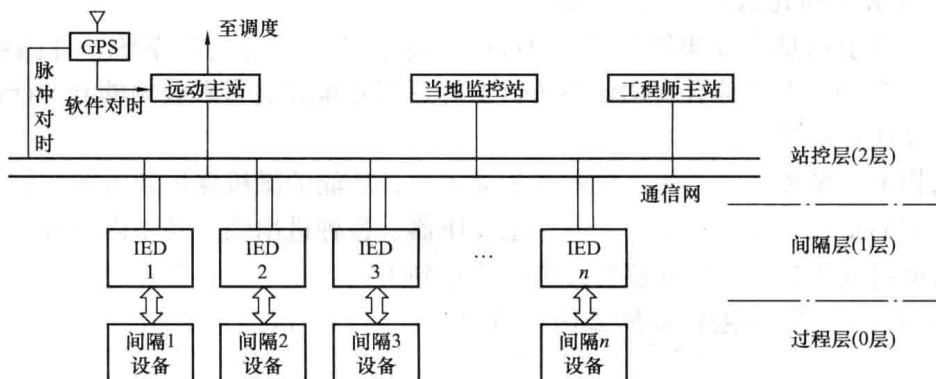


图1-7 110kV分层分布式的变电站综合自动化系统结构

过程层主要包含变电站内的一次设备，如母线、线路、变压器、电容器、断路器、隔离开关、电流互感器和电压互感器等，它们是变电站综合自动化系统的监控对象。



过程层是一次设备与二次设备的结合面，或者说过程层是指智能化电气设备（IED）的智能化部分。过程层的主要功能分以下三类。

1) 电力运行的实时电气量检测：主要是电流、电压、相位以及谐波分量的检测，其他电气量如有功、无功、电能量可通过间隔层的设备计算得出。

2) 运行设备的状态参数在线检测与统计：变电站需要进行状态参数检测的设备主要有变压器、断路器、隔离开关、母线、电容器、电抗器以及直流电源系统。在线检测的内容主要有温度、压力、密度、绝缘、机械特性以及工作状态等数据。

3) 操作控制的执行与驱动：包括变压器分接头调节控制，电容、电抗器投切控制，断路器、隔离开关合分控制，直流电源充放电控制等。

过程层的控制执行与驱动大部分是被动的，即按上层控制指令而动作，比如接到间隔层保护装置的跳闸指令、电压无功控制的投切命令、对断路器的遥控分合命令等。在执行控制命令时具有智能性，能判别命令的真伪及其合理性，还能对即将进行的动作精度进行控制，能使断路器定相合闸、选相分闸，在选定的相角下实现断路器的关合和开断，要求操作时间限制在规定的参数内。又例如对真空断路器的同步操作要求能做到断路器触头在零电压时关合，在零电流时分断等。

间隔层各智能电子装置（IED）利用电流互感器、电压互感器、变送器、继电器等设备获取过程层各设备的运行信息，如电流、电压、功率、压力、温度等模拟量信息以及断路器、隔离开关等的位置状态，从而实现对过程层进行监视、控制和保护，并与站控层进行信息的交换，完成对过程层设备的遥测、遥信、遥控、遥调等任务，如图 1-8 所示。在变电站综合自动化系统中，为了完成对过程层设备进行监控和保护等任务，设置了各种测控装置、保护装置、保护测控装置、电能计量装置以及各种自动装置等，它们都可被看做是 IED。

间隔层设备的主要功能如下：

- 1) 汇总本间隔过程层实时数据信息。
- 2) 实施对一次设备保护控制功能。
- 3) 实施本间隔操作闭锁功能。
- 4) 实施操作同期及其他控制功能。
- 5) 对数据采集、统计运算及控制命令的发出具有优先级别的控制。
- 6) 承上启下的通信功能，即同时高速完成与过程层及站控层的网络通信功能。必要时，上下网络接口具备双口全双工方式，以提高信息通道的冗余度，保证网络通信的可靠性。

站控层借助通信网络（通信网络是站控层和间隔层之间数据传输的通道）完成与间隔层之间的信息交换，从而实现对全变电站所有一次设备的当地监控功能以及间隔层设备的监控、变电站各种数据的管理及处理功能（如监控后台及工程师工作站）；同时，它还经过通信设备（如远动机），完成与调度中心之间的信息交换，从而实现对变电站的远方监视。

站控层的主要任务可列为：

- 1) 通过两级高速网络汇总全站的实时数据信息，不断刷新实时数据库，按时登录历史

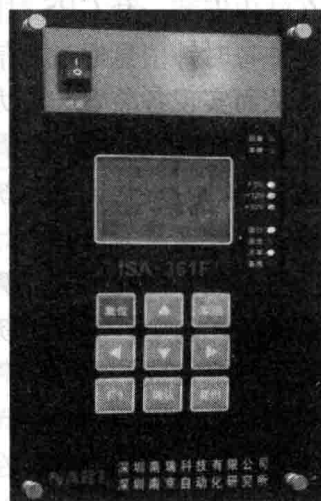


图 1-8 间隔层 IED 装置示意图

数据库。

- 2) 按既定规约将有关数据信息送向调度或控制中心。
- 3) 接收调度或控制中心有关控制命令并转间隔层、过程层执行。
- 4) 具有在线可编程的全站操作闭锁控制功能。
- 5) 具有(或备有)站内监控后台,人机联系功能,如显示、操作、打印、报警,甚至图像、声音等多媒体功能。
- 6) 具有对间隔层、过程层诸设备的在线维护、在线组态、在线修改参数的功能。
- 7) 具有(或备有)变电站故障自动分析和操作培训功能。

需要指出的是,在大型变电站内,站控层的设备要多一些,除了通信网络外,还包括由工业控制计算机构成的1~2台监控后台、1~2台远动机、工程师工作站等,但在中小型的变电站内,站控层的设备要少一些,通常由一台或两台互为备用的计算机完成监控、远动及工程师站的全部功能。

一般变电站监控系统还采用了GPS(Global Positioning System,全球定位系统)对时,需要在站内安装一套GPS时间同步装置。GPS时间同步装置采用卫星星载原子钟作为时间标准,并将时钟信息通过通信电缆送到变电站综合自动化系统各有关装置,对它们进行时钟校正,从而实现各装置与电力系统统一时钟。

(2) 分布式的结构。所谓分布,是指变电站综合自动化系统的构成在资源逻辑或拓扑结构上的分布,主要强调从系统结构的角度来研究和处理功能上的分布问题。由于间隔层的各IED是以微处理器为核心的计算机装置,站控层各设备也是由计算机装置组成的,它们之间通过网络相连,因此,从计算机系统结构的角度来说,变电站综合自动化系统的间隔层和站控层构成的是一个计算机系统,而按照“分布式计算机系统”的定义——由多个分散的计算机经互连网络构成的统一的计算机系统,该计算机系统又是一个分布式的计算机系统。在这种结构的计算机系统中,各计算机既可以独立工作,分别完成分配给自己的各种任务,又可以彼此之间相互协调合作,在通信协调的基础上实现系统的全局管理。在分层分布式结构的变电站综合自动化系统中,间隔层和站控层共同构成分布式的计算机系统,间隔层各IED与站控层的各计算机分别完成各自的任务,并且共同协调合作,完成对全变电站的监视、控制等任务。

分布式系统结构的最大特点是将变电站综合自动化系统的功能分散给多台计算机来完成。分布式模式一般按功能设计,采用主从CPU系统工作方式,多CPU系统提高了处理并行多发事件的能力,解决单CPU运算处理的瓶颈问题。各功能模块(常是多个CPU)之间采用网络技术或串行方式实现数据通信,选用具有优先级的网络系统较好地解决了数据传输的瓶颈问题,提高了系统的实时性。分布式结构方便系统扩展和维护,局部故障不影响其他模块正常运行。

如微机型变压器保护,主要包括差动速断保护、比率制动型差动保护、电流电压保护等,主保护的功能由一个CPU单独完成;后备保护主要由复合电压电流保护构成,过负荷保护、气体保护触点引入保护装置,经由微机保护出口;轻瓦斯保护动作信号报警;温度信号经温度变送器输入微机保护装置,可发超温信号并据此启动风扇,后备保护功能也由一个CPU单独完成,主保护CPU和后备保护CPU分开,各自完成各自功能,增加了保护的可靠性。