



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电力系统综合自动化

(第三版)

杨新民 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电力系统综合自动化

(第三版)

主	编	杨新民	
编	写	朱雷鹤	
责任主	审	孙保民	
审	稿	谭伟璞	王 玮



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为中等职业教育国家规划教材。

全书共分八个单元，其中概论、计算机监控的基本原理及其本测控等三个单元为电力系统综合自动化的基础知识；电力系统综合自动化部分分四个单元，论述了发电厂计算机监控系统、变电站自动化系统、电力系统调度自动化及配电网自动化；第八单元介绍了智能电网。

全书选材内容体现了新技术、新知识和新方法，在阐述上力求深入浅出、通俗易懂，每一单元后都安排了习题，以加深对理论的理解。

本书主要用作中等职业教育电厂及变电站电气运行、继电保护及自动装置等相关专业的教材，也可供高职高专学生和工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力系统综合自动化/杨新民主编. —3 版. —北京:
中国电力出版社, 2014. 2

中等职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5123-5055-7

I. ①电… II. ①杨… III. ①电力系统-自动化-中等
专业学校-教材 IV. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 248335 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 1 月第一版

2014 年 2 月第三版 2014 年 2 月北京第十四次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 455 千字

定价 34.00 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

电力中等职业教育国家规划教材

编 委 会

主 任	张成杰					
副主任	杨昌元	宗 健	朱良镭			
秘书长	尚锦山	马家斌				
委 员	丁 雁	王玉清	王宝贵	李志丽	杨卫民	
	杨元峰	何定焕	宋文复	林 东	欧晓东	
	胡亚东	柏吉宽	侯林军	袁建文	涂建华	
	梁宏蕴					

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

2008年1月本书第二版发行后,于2010年被中国电力企业联合会、中国电力教育协会和中国电力出版社评为“2007~2009年度电力行业精品教材”。为感谢广大读者的厚爱和支持,在本书第三版出版之际,作者根据近年来电力系统的发展,改编了本书第五单元“变电站综合自动化系统”;新增了第八单元“智能电网”,并修订了全书。

电力系统发展已开始进入智能化阶段,但从我国电力系统的现状来看,大部分还处于“电力系统综合自动化”阶段。有关专家指出这种局面将会延续相当长一段时间,为此本书保留了大部分“电力系统综合自动化”内容,仅新编第八单元“智能电网”部分内容,以适应读者对新技术基础知识的需求。

变电站自动化系统从常规变电站自动化到变电站综合自动化、数字化变电站,再到智能化变电站,其硬件和软件的跨越有四五代之长,其教材内容发生了深刻的变化。尤其是我国的电网正处于变革时期,多种变电站自动化模式在相当长的时期内共存。为了适应这种状况,将第五单元的“变电所综合自动化系统”标题改为“变电站自动化系统”,保留原变电站综合自动化系统内容,另外增加传感器、网络通信和数字化变电站内容。在第二单元的“传感器”一节中增添了“电子式互感器”,为数字化变电站二次系统的前置信号“数字化”打下基础;在第五单元原“数据通信”一节中增添了“网络数据通信技术”;在“数字化变电站”课题中为突出数字化变电站的核心技术,重点介绍了“数字化采样技术”、“IEC 61850”协议标准和“GOOSE”等主要技术。智能化变电站虽然是变电站自动化系统发展的方向,但它更是智能电网中的重要节点,“智能化变电站”宜归在第八单元“智能电网”更为妥当。

本书第三版由杨新民老师负责全面修改和编写,朱雷鹤参与了本次修订工作。

由于本书所涉及的内容,尤其是新增内容多数为新技术,限于作者水平,难免存在一些不足和疏漏之处,诚恳希望各位专家及读者批评指正,并欢迎使用电子邮箱联系:zxdsj@21cn.com。

作者于杭州

2013年12月

第一版前言

《电力系统综合自动化》是教育部 80 个重点建设专业主干课程之一,是根据教育部最新颁布的中等职业学校电厂及变电站电气运行专业“电力系统”课程教学大纲编写的。

本书以培养学生的创新精神和实践能力为重点,以培养在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才为目标。教材的内容适应劳动就业、教育发展和构建人才成长“立交桥”的需要,使学生通过学习具有综合职业能力、继续学习的能力和适应职业变化的能力。

全书共分七个单元,其中“概论”、“计算机监控的基本原理”及“基本测控单元”三个单元为电力系统综合自动化的基础知识;有关综合自动化部分,分为“发电厂计算机监控系统”、“变电所综合自动化系统”、“电力系统调度自动化”及“配电网自动化”等四个单元。

本教材是为适应当前电力系统一场新的技术革命而新开发的一门课程。因此本书较集中地体现了新技术、新知识、新方法在电力系统中的应用。但本教材为了理论与实践紧密结合,适应电力系统自动化及运行岗位上的要求,在选材内容和阐述上都力求深入浅出、通俗易懂,并在各单元适当安排了已经成熟的计算机测控技术及综合自动化系统实例和习题,从而充实了内容,加深了对理论的理解。对较深的内容,在标题上加“*”符号,可供选学。根据教学大纲要求,“配电网自动化”单元也作为选学内容。

本书的主要对象是“电厂及变电所电气运行”、“电力系统自动化”等专业的中专生;大专生及有关工程技术人员也可参考使用,还可作电力系统自动化培训班的培训教材。

本书的第四、六、七单元是由武汉电力学校余建华老师编写的;第一、二、三、五单元是由浙西电力教育培训中心输配电工程勘测设计室杨新民老师编写,并担任本书主编。

四川电力职业技术学院耿素清老师负责本书主审,提出了许多宝贵的意见,在此致以衷心的感谢。

由于本书所涉及内容大多数为新技术,有的内容是新近公布的;作者限于水平低浅、实践不够、理解不深等原因难免存在许多缺点和错误,诚恳希望读者批评指正,并欢迎使用电子邮箱联系:zxdsj@21cn.com。

作者于新安江

2001 年 8 月

第二版前言

《电力系统综合自动化》一书出版至今已整整六年了。在这六年中，我国的电力事业有了长足的发展，尤其是电力系统各行业在网络化、综合自动化方面有了较大的进展。而《电力系统综合自动化》这本书正是为适应电力系统新技术而开发的一门新课程，因此在《电力系统综合自动化》再版之际，理应反映近几年来电力系统的发展。为此，我们在“发电厂计算机监控系统”、“变电所综合自动化系统”、“电力系统调度自动化”几单元中作了较大幅度的增删和修改。

本书再版是在保留原版章节基础上进行的，在“计算机监控的基本原理”中增加了“智能变送器”和“GE90-70 可编程控制器及其在火电厂输煤系统中的应用”两部分；在“发电厂计算机监控系统”单元中，增加了“现场总线 FCS 控制系统”、“过程控制站”、“发电厂电气自动化系统”、“发电机的频率和有功功率自动控制”及“发电机数字式励磁系统和自动电压控制”几个部分；在“变电所综合自动化系统”单元中，增加了“基于 IEC 61850 标准的变电所自动化通信网络结构”、“VQC 精细调节方案”及“通信控制器”几部分；在“电力系统调度自动化”单元中，增加了“光纤通信”、“分布式调度自动化主站系统结构”、“电力系统自动发电控制 AGC”和“电力系统调度自动化的最新进展”几个部分；而对“配电网自动化”单元仅作了次序修改。另外为适应中专电力职业教育电气运行专业的理论水平与实践能力要求，将部分涉及单片微机的汇编程序和扩展部分内容作删除处理；将“电厂计算机控制系统运行操作”改为电厂实习课题。

本书在第一版的基础上，由杨新民老师负责全面修改和再版工作。

本书初版的主审耿素清老师在初版时提过许多宝贵意见，由于当初出版时间十分紧迫，有的意见来不及采纳，本次再版时就这些意见重新作了考虑并对教材相应部分做了修改和补充。为此，作者再次向耿素清老师致以谢意。

由于本书所涉及内容大多数为新技术，有的内容还是新近公布的，作者限于水平低浅、实践不够、理解不深等原因难免存在许多缺点和错误，诚恳希望各位专家指导和读者批评指正，并欢迎使用电子邮箱联系：zxdsj@21cn.com。

作者于杭州

2007 年 4 月 30 日

目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明

前言

第一版前言

第二版前言

第一单元 概论	1
课题一 电力系统综合自动化的特点和发展趋势	1
课题二 电力系统综合自动化的内容及其功能	3
习题	6
第二单元 计算机监控的基本原理	7
课题一 微处理器	7
课题二 工业监控用的半导体存储器	13
课题三 数字量输入/输出接口	14
课题四 开关量输入/输出接口	22
课题五 模拟量输入/输出通道及工作原理	25
课题六 交流采样基本算法	34
课题七 传感器和变送器的的工作原理与应用	38
课题八 电子式互感器	50
习题	57
第三单元 基本测控单元	59
课题一 概述	59
课题二 单片机测控单元	61
课题三 可编程控制器测控单元	73
课题四 工控机测控单元	87
实验	94
习题	95
第四单元 发电厂计算机监控系统	96
课题一 发电厂生产过程自动化的发展史	96
课题二 发电厂计算机监控系统的控制方式及其结构	98
课题三 发电厂电气自动化系统	109
课题四* 发电厂的频率和有功功率自动控制	113
课题五* 发电机自动励磁调节和电压控制	117

课题六 发电厂计算机监控系统实例·····	123
实习题目 计算机控制系统的运行操作·····	127
习题·····	131
第五单元 变电站自动化系统·····	132
课题一 变电站自动化系统的发展及其趋势·····	132
课题二 变电站自动化系统数据通信·····	133
课题三 变电站综合自动化系统功能及结构原理·····	148
课题四 变电站微机监控系统·····	156
课题五 变电站综合自动化系统综合功能·····	160
课题六 变电站数字化采样技术·····	168
课题七 变电站网络通信协议 (IEC 61850 标准) ·····	174
课题八 数字化变电站·····	182
实习题目 综合自动化变电站监控系统后台机在线监控认识实习·····	193
习题·····	195
第六单元 电力系统调度自动化·····	197
课题一 电力系统调度自动化的实现·····	197
课题二 电力系统调度自动化的基本知识·····	200
课题三 电力系统调度自动化系统调度端·····	208
课题四 电力系统调度自动化远动终端装置·····	211
课题五* 电力系统自动发电控制 AGC ·····	213
课题六* 同步相量测量和广域测量系统 ·····	216
课题七 继电保护及故障信息系统·····	221
习题·····	226
第七单元 配电网自动化·····	228
课题一 配电网自动化系统概述·····	228
课题二 基于重合器的馈线自动化·····	233
课题三 基于 FTU 的馈线自动化系统 ·····	240
课题四 配电自动化的发展及系统方案·····	243
课题五 抄表及电能计量系统·····	247
习题·····	250
第八单元 智能电网·····	251
课题一 智能电网概述·····	251
课题二 智能电网的高级量测体系·····	256
课题三 智能电网的高级配电体系·····	258
课题四 高级输电运行体系·····	263
课题五 智能变电站·····	267
课题六 智能变电站的高级应用功能·····	277
习题·····	284

附录..... 285

 附图 1 某 220kV 线路保护 GOOSE 信息流图 285

 附图 2 根据附图 1 画出的某 220kV 线路保护 GOOSE 逻辑连接图 286

参考文献..... 287

概 论

内 容 提 要

电力系统综合自动化特点和发展趋势, 电力系统调度自动化系统, 火电厂自动化系统, 水电厂综合自动化系统, 变电站综合自动化系统, 配电网综合自动化系统的内容及其功能。

课题一 电力系统综合自动化的特点和发展趋势

一、电力系统综合自动化的产生

(一) 电力系统综合自动化的必要性

电力系统被控制的对象是十分复杂而庞大的。被控制的发、输、变、配电设备多达成千上万台, 这些设备分散在辽阔的地理区域内, 往往要跨越数个省份; 被控制的设备间联系十分紧密, 通过不同电压等级的电力线路连接成网状系统。由于整个电力系统在电磁上是互相耦合和连接的, 所以仅有电气设备的常规自动装置是很不够的, 还必须有整个系统(或局部系统)的综合自动化装置, 通过信息共享和功能互补将电力系统自动化提高到一个新的水平。

电力系统被控制的参数很多。这些参数包括电力系统频率、节点电压和为保证经济运行的各种参数, 如电力系统内成百上千台发电机组和无功补偿设备发出的有功功率和无功功率。监视和控制成千上万个运行参数是十分困难的任务, 仅靠常规的自动装置达不到实时性要求, 也就不能完成复杂的控制任务。

从自动控制学角度看, 电力系统故障是电力系统自动控制的扰动信号。电力系统故障的发生是随机的, 而且故障的发生和切除几乎是同时存在的, 也就是说扰动的同时伴随着被控制对象结构的变化, 这就增加了控制的复杂性。有时电力系统故障, 致使系统失去了稳定, 会造成灾难性的后果。然而综合自动化具有较高的系统监控实时性, 能做到精确测量, 快速控制, 系统就不易失去稳定, 即使在电力系统失去稳定后也能较快地使系统恢复稳定。

总之, 保证电力系统安全、优质、经济运行单靠发电厂、变电站和调度中心的常规、单一功能的自动装置是不够的。电力系统的实时性、快速性、稳定性要求, 必须依靠系统的综合自动化才能实现。

(二) 电力系统自动化的发展及趋势

1. 单一功能自动化阶段

在电力系统内的发电设备及其功率不断增加, 供电范围也不断扩大的情况下, 设备现场的人工就地监视和操作不能满足电力系统运行需要时, 为了保证电力系统安全运行和向用户供应合格电能便出现了单一功能的自动装置。这些自动装置是指继电保护装置、自动操作和调节装置(如断路器自动操作、发电机自动调压和自动调速装置)、远距离信息自动传输装

置〔即远动装置，也就是常说的（四遥装置），即遥测、遥信、遥调、遥控〕。

在单一功能自动化阶段，电力系统继电保护、自动监控、远动三者的理论和技术分别发展成了三门独立的技术。尽管如此，电力系统继电保护、远动、自动监控仍然同属于自动化的范畴。因此，单一功能自动化阶段的特点是：①电力系统继电保护、电力系统远动和自动监控三者各自成体系，分别完成各自的功能；②对单个电气设备完成某种单一功能自动化过程；③电力系统中各发电厂和变电站之间的自动装置没有什么联系；④电力系统的统一运行主要靠电力系统调度中心的调度员根据遥信、遥测信息，加上调度员自己的知识和经验，通过电话或遥控、遥调来指挥。

2. 电力系统综合自动化阶段

随着电力系统装机容量和供电地域的不断扩大，电力系统的结构和运行方式越来越复杂而多变，同时对电能质量、供电可靠性和运行经济性的要求也越来越高。在这种情况下，单一功能的自动化装置已经不能使调度人员在很短的时间里掌握复杂多变的电力系统运行状态，并做出及时而正确的决策。甚至在复杂的情况下，大量的遥信、遥测的信息使得调度人员不知所措，以致延误了事故处理或作出错误的决定，导致事故扩大。

20 世纪 90 年代以来，随着微电子技术、信息技术、网络通信技术的发展，以微处理器为核心的自动装置在电网控制领域得到了广泛的应用，促进了电力系统综合自动化阶段的产生。电力系统综合自动化系统就是利用自动控制技术、信息处理和通信技术，以计算机为核心的自动装置代替单一功能的自动化装置，对电厂、变电站、电网执行自动监视、测量、控制和协调的一种综合性的自动化系统。

3. 电力系统自动化的发展趋势

进入 21 世纪，随着经济的发展、社会的进步、科技和信息化水平的提高以及全球资源和环境问题的日益突出，用户对电能可靠性和质量要求不断提升，电力系统正面临着前所未有的挑战和机遇。近年来研究表明，智能控制特别适合那些用传统方法难以解决的复杂系统的控制问题。显然，智能控制成为电力系统自动化发展的方向，电网智能化就成为电网发展的必然选择。智能控制在电力系统工程应用方面具有非常广阔的前景，依靠现代信息、通信和控制技术，积极发展智能电网，以适应未来可持续发展的要求，正成为当今电力系统自动化的发展趋势。

国家电网公司根据我国能源资源较贫乏及分布很不均衡的特点和目前电网自动化发展的实际情况，提出了发展“坚强智能电网”的战略目标。国家电网公司还公布了规划试点、全面建设、引领提升三阶段的建设方案，同时也确定了智能电网发展建设的技术实现手段，为我们展示了智能电网的美好前景和实现途径。本书为适应电力系统自动化发展趋势的要求，将在第八单元对智能电网做扼要的论述与解析。

二、电力系统综合自动化的目的和特点

（一）电力系统综合自动化的目的

大容量和高速度的大型计算机和微型计算机及其网络系统在电力系统的应用，发挥了计算机储存信息大、综合能力强、决策迅速等许多优点。电力系统综合自动化的目的就是利用计算机这些优点，将电力系统实时运行的能量管理系统（EMS）和配电网调度控制系统（DAS）以及在电力工业各部门中用于管理和规划的管理信息系统（MIS）结合起来，将不同层次的电力系统调度自动控制功能和日常生产的计划管理功能在信息共享和功能互补上很

好地结合起来,使电力系统运行的安全性、经济性提高到一个新的水平。

目前,我国电力系统综合自动化已将 EMS 和 DAS 系统结合起来,并已成功地与 MIS 结合在一起。电力系统综合自动化还在不断地完善和发展中,可以预计,今后电力系统综合自动化将提高到一个更高、更新的水平。

(二) 电力系统综合自动化的特点

1. 电力系统综合自动化系统模式

图 1-1 示出了电力系统自动控制系统的工作模式。电力系统的运行结构、参数和事故状态通过电力系统远动装置的遥信 (YX)、遥测 (YC) 和通信装置传送到调度中心的调度计算机。在调度计算机中,首先对远动传来的信息进行处理,得出表征电力系统运行状态的完整而准确的信息;然后根据电力系统的运行结构求出表征电力系统实时运行状态的数学模型;最后根据电力系统运行的要求作出对电力系统实施控制的决策。调度计算机作出的控制决策再通过远动装置的遥控 (YK) 和遥调 (YT) 及通信装置传送到电力系统。电力系统中的自动装置接到从调度传来的 YK 和 YT 信息之后,对电力系统的运行结构和参数进行控制和调节,使电力系统进入一个新的运行状态。这个新的运行状态和参数再通过远动装置的 YX、YC 和通信装置传到调度中心的调度计算机。上述过程周而复始不停地进行,实现了实时对电力系统内众多发电机组和电力设备进行监视和控制。



图 1-1 电力系统综合自动化系统工作模式图

2. 电力系统综合自动化的特点

由图 1-1 所示的综合自动化系统可以看出:它将电力系统自动监控、远动装置和通信装置及调度计算机有机地结合起来,组成了一个自动控制系统。这个综合自动化系统是一个典型的、规模很大的自动控制系统。

由上述分析可见,电力系统综合自动化系统的特点是:①用一套自动化系统或装置来完成以往两套或多套单一功能的自动化系统或装置所完成的工作。②具有信息共享和功能互补的特点。在调度中心及电力系统管理决策机关里可以共享从电力系统发电厂、变电站上传的 YX 和 YC 信息。而电力系统内发电厂和变电站得到的 YK 和 YT 信息体现了功能互补,其 YK 和 YT 信息中已含有专家系统中的控制决策。③具有智能控制特点。在调度计算机内从数学模型的建立到控制决策做出,其中既含有电力系统的控制理论,又含有电力系统长期运行的实践经验模式。这是一种较好地符合电力系统实际运行的控制模式。

课题二 电力系统综合自动化的内容及其功能

电力系统综合自动化是二次系统的一个组成部分,通常是指电力设备及系统的自动监视、控制和调度自动化的综合总称。它是由许多子系统组成的。每个子系统完成一项或多项功能;同时它们又组成一个系统,在这个系统中达到信息共享和功能互补。它是一个自动监视和控制的系统。这个系统从不同侧面来观察分析,可以有不同的子系统划分。例如,从调度角度来划分,有发电和输电调度自动化和配电网综合自动化;从系统运行角度来划分,有

电力系统调度自动化、发电厂自动化、变电站综合自动化；从电力系统自动控制角度来划分，有发电机综合自动控制、电压和无功功率综合自动控制、电力系统安全自动控制、电力系统频率和有功功率综合自动控制，等等。

一、电力系统调度自动化系统

电力系统调度自动化系统的功能可概括为：控制整个电力系统的运行方式，使电力系统在正常状态下安全、优质、经济地向用户供电，包括自动发电控制功能（即 AGC 功能）及系统无功电压控制功能（即 VQC 功能）；在缺电状态下做好负荷管理；在事故状态下迅速消除故障的影响和恢复正常供电。电力系统调度自动化系统的任务是综合利用电子计算机、远动和远程通信技术，实现电力系统调度管理自动化，有效地帮助调度员完成调度任务。

图 1-2 是调度自动化系统的结构简图。图中主站（MS）安装在调度中心，远动终端（RTU）安装在发电厂和变电站。在实现了综合自动化的厂（站）里 RTU 就是该厂（站）的自动监控系统的通信控制器。在 MS 和 RTU 之间通过远动通道相互通信，实现数据采集和监视与控制。RTU 是调度自动化系统与电力系统相连接的装置。RTU 功能之一是采集所在厂（站）电力设备的运行状态和运行参数，如电压、电流、有功功率和无功功率、有功电量和无功电量、频率、水位、断路器分合信号、继电保护动作信号等；RTU 功能之二是接收主站通过通道送来的调度命令，如断路器控制信号、功率调节信号、改变设备整定值的信号及返回给主站的执行调度命令后的操作信息。

图 1-3 是调度中心主站系统的结构简图。主站通信控制器（MTU）接收各厂（站）RTU 送来的信息，将其送往主计算机，并将主计算机或调度员发出的调度命令送往各厂（站）的 RTU。主计算机是主站的核心，负责信息加工和处理，包括检测一些模拟量参数是否越限，开关量是否有变位等。人机联系设备有屏幕显示器（CRT）或模拟屏及键盘、打印机等。显示器将主计算机信息处理结果显示出来；键盘接收调度员命令，决定是否对电力系统实行控制和调节。主站还要将经过处理的信息向上一层的调度中心转发，通常通过数据通信网进行。

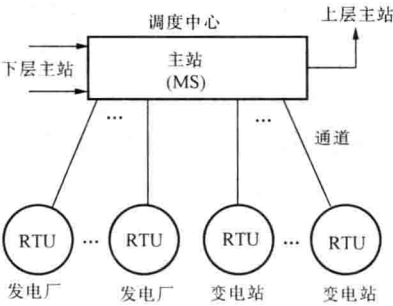


图 1-2 调度自动化系统结构简图

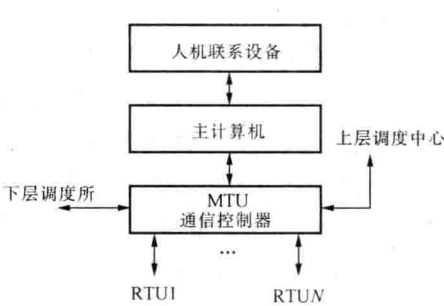


图 1-3 调度中心主站系统结构简图

电力系统调度自动化系统结构的一个特点是分层结构。通常电力系统调度控制分为国调、网调、省调、地区调、县（市）调五个层次。

在发电厂和变电站装设的远动终端（或当地计算机监控站）直接采集实时信息，只有涉及上层调度网的信息才向上层调度传送。调度中心集中信息后作适当处理编辑再向更高层次的调度转发。这种分层采集信息和分层控制简化了系统结构，减少了通道量和信息量，使信息的实时性明显提高。

二、火电厂自动化系统

火电厂自动化系统的功能是通过各种自动化系统实现的。大容量火力发电机组的自动化系统主要有计算机监控（或数据采集）系统、机炉协调主控制系统、锅炉自动控制系统、汽轮机自动控制系统、发电机综合自动控制系统、旁路控制系统、辅助设备自动控制系统等部分组成。

（一）计算机监控系统

该系统包括厂级监视用计算机及分散控制系统的信息采集系统，其功能是对锅炉、汽轮机、发电机及电气设备发电过程参数和设备运行状态进行监视。它取代了部分常规仪表，提高了对机组的监视能力，并有大量的历史数据存储，可作为对机组运行问题进行分析的依据。这是传统仪表及常规自动装置无法实现的。

（二）机炉协调主控制系统

该系统根据负荷调度命令和电力系统频率，在单元机组所能承担负荷的情况下，对汽轮机自动控制系统和锅炉自动控制系统发出指挥和控制指令。系统还可按负荷需求和机组运行状态采用不同的运行方式。该系统具有的综合控制功能，也是一般的常规自动装置无法比拟的。

（三）发电机综合控制系统

该系统简称 TAGEC 系统，是一种计算机数字综合控制系统，其功能包括发电机开停顺序控制、励磁控制（AVR）、调速控制（GOV）、稳定裕度监视控制等。该系统将发电机作为一个统一的被控对象，按照多变量最优控制理论进行控制。因此，它是一个发电机励磁和调速的综合优化控制系统。显然在 TAGEC 系统中已包含原 AGC 和 AVC（自动电压控制）在内。

火电厂的综合自动化系统还有厂用电控制系统及辅机自动控制系统部分。它们与前面三个控制系统综合为一个完整的自动化系统。

三、水电厂综合自动化系统

水电厂综合自动化系统主要包括水轮发电机组自动发电控制系统（即 AGC）、水电厂计算机监控系统、梯级水电站综合自动化系统。

水电厂计算机监控系统是将水电厂运行状态量（如机组开、停、空载、发电、调相，断路器分合状态及继电保护动作信息）、运行参数（如电压、电流、功率、水位、温度、压力、位移）等实时信息，通过计算机监控系统的输入/输出接口送入计算机系统。计算机监控系统根据上述实时信息，经过分析、计算作出控制决策，然后再通过输出接口对水轮发电机组启停实行控制，对有功功率、无功功率进行调节，对断路器进行分合，对闸门进行启闭控制等。水电厂的实时运行参数和主设备的运行状态等信息可以通过通信设备传送到上级调度中心，同时厂站级计算机系统也接收电力系统调度中心送来的调度命令对水电厂的设备进行控制和调节。

此外，水电厂综合自动化系统还应有遥视（工业电视系统）、消防系统及水情自动测报系统。

四、变电站综合自动化系统

变电站综合自动化系统包括变电站微机监控、微机继电保护、微机自动装置、电压和无功综合控制等子系统。

变电站微机监控系统的功能应包括变电站模拟量、开关量、电能量的数据采集，事件顺序记录（SOE），故障录波和测距，谐波分析与监视，变电站操作控制，人机联系，现场级通信及与上级调度通信的全部功能。由于微机保护的重要地位，在变电站综合自动化系统中微机保护装置与微机监控系统是相对独立的。电压和无功综合控制系统（VQC 系统）实现了变电站内电压和无功的自动控制，同时还接受调度中心的调节控制命令。

随着电网的发展，对变电站的要求越来越高。变电站综合自动化后，在变电站通信协议 IEC 61850 标准制定的推动下，变电站自动化系统走上了数字化和智能化的道路，变电站自动化系统又发生了一次较大的变革。变电站的智能化对电网智能化起到了很大的促进作用，智能电网的发展将又进一步促进变电站智能化向更深的层次发展。

五、配电网综合自动化系统

国家电网公司安全运行与输电运营部发布了《配电系统自动化规划设计导则试行方案》。根据该导则，配电系统自动化应备有配电网调度自动化系统、变电站、配电站自动化系统、馈线自动化系统（FA）、自动制图（AM）/设备管理（FM）/地理信息系统（GIS）、用电管理自动化系统、配电系统运行管理自动化系统、配电网分析软件系统（DPAS）等应用系统功能。

配电网调度自动化系统主要包括配电网数据采集与监控系统（SCADA）、配电网电压管理系统、配电网故障诊断和断电管理系统、操作票专家系统。

馈线自动化系统（FA）主要包括馈线控制及数据检测系统、馈线自动隔离和恢复系统。

AM/FM/GIS 系统统称为图资系统。其目的是形成以地理背景为依托的分布概念以及电网资料分层管理的基础数据库。图资系统与 SCADA 系统提供的实时信息有机地结合，可提高调度工作质量；图资系统与各种管理系统结合，可提高管理工作效率。

配电网自动化涉及范围大、内容多且复杂，是一个庞大的系统工程。随着社会的发展，对配电网质量的要求越来越高，故其功能也在不断增加、调整，新的智能设备将不断涌现，配电网自动化将以智能化的面貌出现。

习 题

1. 电力系统为什么要采用综合自动化技术？
2. 单一功能自动化阶段的特点是什么？
3. 电力系统综合自动化是如何产生的？
4. 电力系统综合自动化的目的是什么？
5. 根据电力系统综合自动化系统模式图说明它是怎样实时地对电力系统众多的电力设备进行监控的？
6. 说明电力系统综合自动化的特点。
7. 电力系统调度自动化、火电厂自动化、水电厂综合自动化、变电站综合自动化、配电网综合自动化系统有一个共同的特点是什么？
8. 试简述我国电力系统自动化的发展趋势。