

普通高等教育



“十五”

PUTONG  
GAODENG JIAOYU  
SHIWU  
GUIHUA JIAOCAI

规划教材

# 楼宇自动化系统

曲丽萍 王修岩 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育



“十五”

PUTONG  
GAODENG JIAOYU  
SHIWU  
GUIHUA JIAOCAI

规划教材

# 楼宇自动化系统

主 编 曲丽萍 王修岩  
编 写 翟玉文 杨 潇 陈久伟  
主 审 曲永印



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

随着我国经济的迅猛发展,国内高层、甚至于超高层建筑拔地而起,相应地,楼宇自动化领域成了人们关注的焦点。

楼宇自动化系统包括:楼宇机电设备监控系统、消防报警系统、保安系统、广播音响系统、停车场管理系统、共用天线电视系统、卫星通信系统、信息互联系统、综合布线系统等。智能大厦楼宇自动化系统是建立在计算机技术、网络通信技术、集散型控制技术、现场总线技术、传动技术及机电设计技术等基础上,能够对各子系统的运行实现自动和实时的监控。

本教材在使广大读者了解、认识、接受智能大厦及楼宇自动化系统(BAS)内容后,还相应地提供一些BAS设计方法及产品选型方面的内容。本书集知识性、实用性、先进性于一身,除了可作为自动化、电气工程专业本科生的教材外,也适合合作建筑、楼宇自动化、办公自动化、网络通信、保安、物业管理等相关领域的高等职业技术学院、成人教育学院的教材,还可供相关专业的工程技术人员使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

楼宇自动化系统/曲丽萍,王修岩主编. —北京:中国电力出版社,2004

普通高等教育“十五”规划教材

ISBN 7-5083-2037-9

I.楼... II.①曲... ②王... III.房屋建筑设备-自动化系统-高等学校-教材 IV.TU855

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第094132号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2004年9月第一版 2004年9月北京第一次印刷  
787毫米×1092毫米 16开本 19.75印张 456千字  
印数 0001—3000册 定价 29.80元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 序

由中国电力教育协会组织的普通高等教育“十五”规划教材，经过各方的努力与协作，现在陆续出版发行了。这些教材既是有关高等院校教学改革成果的体现，也是各位专家教授丰富的教学经验的结晶。这些教材的出版，必将对培养和造就我国 21 世纪高级专门人才发挥十分重要的作用。

自 1978 年以来，原水利电力部、原能源部、原电力工业部相继规划了一至四轮统编教材，共计出版了各类教材 1000 余种。这些教材在改革开放以来的社会主义经济建设中，为深化教育教学改革，全面推进素质教育，为培养一批批优秀的专业人才，提供了重要保证。原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会在此间的教材建设工作中，发挥了极其重要的历史性作用。

特别需要指出的是，“九五”期间出版的很多高等学校教材，经过多年的教学实践检验，现在已经成为广泛使用的精品教材。这批教材的出版，对于高等教育教材建设起到了很好的指导和推动作用。同时，我们也应该看到，现用教材中有不少内容陈旧，未能反映当前科技发展的最新成果，不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要，而且一些课程的教材可供选择的品种太少。此外，随着电力体制的改革和电力工业的快速发展，对于高级专门人才的需求格局和素质要求也发生了很大变化，新的学科门类也在不断发展。所有这些，都要求我们的高等教育教材建设必须与时俱进，开拓创新，要求我们尽快出版一批内容新、体系新、方法新、手段新，在内容质量上、出版质量上有突破的高水平教材。

根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神，“十五”期间普通高等教育教材建设的工作任务就是通过多层次的教材建设，逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系。为此，中国电力教育协会在充分发挥各有关高校学科优势的基础上，组织制订了反映电力行业特点的“十五”教材规划。“十五”规划教材包括修订教材和新编教材。对于原能源部、电力工业部组织原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会编写出版的第一至四轮全国统编教材、“九五”国家重点教材和其他已出版的各类教材，根据教学需要进行修订。对于新编教材，要求体现电力及相关行业发展对人才素质的要求，反映相关专业科技发展的最新成就和教学内容、课程体系的改革成果，在教材内容和编写体系的选择上不仅要有本学科（专业）的特色，而且注意体现素质教育和创新能力与实践能力的培养，为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。考虑到各校办学特色和培养目标不同，同一门课程可以有多本教材供选择使用。上述教材经中国电力教育协会电气工程学科教学委员会、能源动力工程学科教学委员会、电力经济管理学科教学委员会的有关专家评审，推

荐作为高等学校教材。

在“十五”教材规划的组织实施过程中，得到了教育部、国家经贸委、国家电力公司、中国电力企业联合会、有关高等院校和广大教师的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务，不可能一蹴而就，需要不断完善。因此，在教材的使用过程中，请大家随时提出宝贵的意见和建议，以便今后修订或增补。（联系方式：100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222）

**中国电力教育协会**

# 前 言

本书是编者多年对智能楼宇的教学、科研和设计实践的总结。书中从楼宇自动化发展历史、楼宇机电设备监控系统、保安系统、消防报警系统、广播音响系统、停车场车辆监控系统、共用天线电视系统及卫星通信系统、楼宇内信息互联系统、楼宇综合布线系统、西门子楼宇智能产品几个方面，介绍了楼宇自动化系统的原理、设计、运行等方面内容。本书除作为普通高等学校自动化、电气工程专业本科生教材外，也适合作建筑、楼宇自动化、办公自动化、网络通信、保安、物业管理等相关领域的高等职业技术学院、成人教育学院的教材，还可供相关专业的工程技术人员培训使用。

本书由北华大学曲丽萍副教授、王修岩副教授主编。书中第一、二、三、四、六章内容由曲丽萍副教授编写，第五、七章内容由吉林化工学院的翟玉文教授编写，第八章内容由吉林化工学院杨潇讲师编写，第九章内容由北华大学王修岩副教授编写，第十章内容由北华大学陈久伟工程师编写。全书由北华大学曲永印教授审稿。在本书编写过程中参考并引用了国内众多专家学者的研究成果，使本书内容得以充实，在此，我们对这些作者表示深深的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥与错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2004年5月

# 目 录

序	
前言	
<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 智能大厦 .....	1
第二节 智能大厦的组成 .....	2
第三节 楼宇自动化系统的设计 .....	4
第四节 集散型计算机控制系统 .....	5
第五节 楼宇自动化的体系结构 .....	11
<b>第二章 楼宇机电设备监控系统</b> .....	15
第一节 空调通风监控系统 .....	15
第二节 给水、排水监控系统 .....	22
第三节 供配电系统 .....	25
第四节 楼宇照明系统 .....	28
第五节 电梯系统 .....	35
<b>第三章 保安系统</b> .....	47
第一节 防盗报警系统 .....	47
第二节 电视监控系统 .....	51
第三节 出入门禁控制系统 .....	56
<b>第四章 火灾报警消防系统</b> .....	61
第一节 概述 .....	61
第二节 火灾探测器 .....	63
第三节 消防报警控制器 .....	65
第四节 消防灭火及联动控制 .....	68
<b>第五章 广播音响系统</b> .....	74
第一节 广播音响系统概述 .....	74
第二节 广播音响系统的组成与功能 .....	76
第三节 广播音响系统的设计 .....	82
<b>第六章 停车场自动管理系统</b> .....	93
第一节 停车场管理系统的组成和功能 .....	93
第二节 停车场的主要设备 .....	95
<b>第七章 共用天线电视系统及卫星通信系统</b> .....	97
第一节 共用天线电视系统概述 .....	97
第二节 共用天线电视系统的设备 .....	104
第三节 共用天线电视系统的设计 .....	109

第四节	数字卫星通信系统 .....	112
第五节	卫星系统的多址方式 .....	117
<b>第八章</b>	<b>楼宇内的信息网络系统 .....</b>	<b>120</b>
第一节	通信网络 .....	120
第二节	信息交换平台 .....	132
第三节	楼宇内的 Intranet .....	150
<b>第九章</b>	<b>综合布线系统 .....</b>	<b>156</b>
第一节	概述 .....	156
第二节	综合布线工程设计 .....	176
第三节	干线子系统 .....	196
第四节	设备间 .....	213
第五节	管理区 .....	221
第六节	建筑群干线子系统 .....	243
第七节	光纤传输系统 .....	248
第八节	电气保护 .....	250
第九节	建筑物控制系统综合布线设计 .....	260
<b>第十章</b>	<b>楼宇自动化典型产品应用 .....</b>	<b>266</b>
第一节	西门子楼宇产品介绍 .....	266
第二节	西门子 S600 顶峰系统设计应用 .....	282
	参考文献 .....	305



# 第一章 概 述

## 第一节 智能大厦

### 一、什么是智能大厦 (Intelligent building)

美国计算机与信息科学专家麦里森教授在他的《智能大厦发展趋势》中对智能大厦作了非常确切的定义：智能大厦是一幢或一组大楼，其内部拥有居住、工作、教育、医疗、娱乐等一切设施；大楼拥有内部的电信系统，为大楼居住的人员提供广泛的计算机和电信服务；大楼还拥有供暖、通风、照明、保安、消防、电梯控制和进出大楼的监控等子系统，从而为大楼内的居住人员建立一个更加富有创造性、更高的效率和更为安全舒适的环境。

智能大厦（也称为智能楼宇和智能建筑）应具有以下基本功能：

- 智能大厦经过优秀的结构设计、系统设计、服务设计和管理设计，最终提供一个高效、经济的环境。
- 智能大厦可为其管理者提供管理代价最小、管理效果最为显著的现代化管理方式。
- 智能大厦能够为业主、管理者和住户提供一个投资合理、优雅舒适、便利快捷、高度安全的环境空间。

### 二、智能大厦的发展历程

世界上最早建成的智能大厦，当数 1984 年建成的美国康涅狄格州哈特福德 (hartford) 市的“都市办公大楼” (city place building) 和 1985 年 8 月在日本东京青山建成的青山大厦。

美国康涅狄格州哈特福德市的“都市办公大楼”是由“联合技术建筑系统” (united technologies building system) 公司承包，负责大楼的空调设备、照明设备、防火和防盗系统、通信系统。这幢大厦高 38 层，总建筑面积达 10 多万  $m^2$ ，被誉为世界上最早的智能大厦。

该大厦具有公共的昂贵设备，而各住户只要以分租的方式即可获得其使用权，既节省空间，又节省费用；同样，大厦还具有公共的计算机、程控用户交换机和计算机局域网络系统，可为用户提供语音通信、文字处理、电子邮件、情报资料检索及科技计算机服务；大厦内的建筑设备实现了综合管理自动化，大楼配有空调设备、防火设备、电梯系统，这些设备都是以提高节约能源和达到综合安全性为目标，不仅由于节约能源而使住户的租金费用降低了，同时还使住户感到更安全、更舒适、更方便。

东京的青山大楼也同样具有良好的综合功能。大楼具备上、下班签到系统、食堂记账系统、进出门户身份卡检验系统；楼内设有电子邮件、录像机系统，提高了办公效率；大楼设计时已消除了许多不安全因素，且配有各类设施，以应付各种灾害，确保楼内安全；楼内设有水循环利用系统、自然能源利用系统、排热回收利用系统，以达到节约能源的目的；楼内各层很少有柱子及固定隔墙，保有最大弹性，适于用户各种需要。

从这些最早的智能大厦的功能来看，主要依赖计算机技术、自动控制技术和通信技术（即所谓的“3C”技术）及集成技术，这些就构成了智能楼宇自动化技术。

继这两幢智能大厦之后,美国、日本、法国、瑞典、英国、香港、新加坡、马来西亚等地又兴建了许多智能楼宇,我国相对来讲起步较晚,但近几年发展比较快,在北京、上海、广州等大城市已先后建起了具有相当水准的智能建筑,如北京的京广中心、中国国际贸易中心、上海花园饭店、上海商城等。

智能建筑的发展是科学技术和经济水平的综合体现,已成为一个国家、地区和城市现代化水平的重要标志之一。在我国,智能建筑越来越多地受到政府部门的重视,建筑中的智能部分已列为设计的先决条件之一,智能建筑也正朝着规范化方向发展;智能楼宇技术及相关产品已正在发展成为一个新兴的技术产业,各大高校、科研院所及相关厂商也都在密切关注,积极投入,有些专家预计,智能建筑产业将成为21世纪非常有前途的产业之一。

目前,智能大厦已从单一地建造发展到成群的规划和建造。日本的建设省提出了以智能楼宇为核心,建设所谓“智能城市”的设想,并且已在大阪兴建了“大阪商业公园”(OSAKA BUSINESS PARK),充分显露出这种动向。

智能楼宇也不仅限于智能办公大楼,且已正在向公寓、医院、学校、体育馆等建筑领域扩展,特别是住宅扩展而出现智能住宅的前景,将使智能楼宇未来有更广阔的发展天地。

## 第二节 智能大厦的组成

### 一、智能大厦的组成结构

智能楼宇系统按照功能划分可分为三部分:楼宇自动化系统、通信自动化系统、办公自动化系统。这三部分共用楼宇内的信息资源和各种软、硬件资源,它们完成各自的功能,并相互联动、协调、统一在智能楼宇总系统中。在智能楼宇中,要实现上述三个功能子系统的一体化集成,需要将各个部门、各个房间的语音、数据、视频、监控等不同信号线进行综合布线,形成楼宇内或楼宇群之间的结构化综合布线系统,见图1-1。这个综合布线系统是上述三个功能子系统的物理基础。

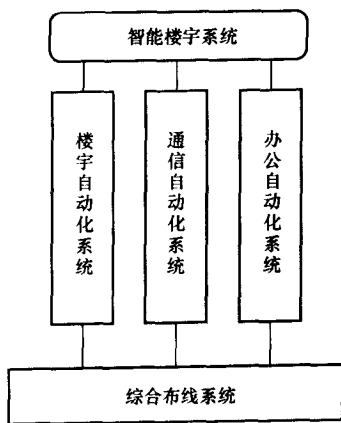


图 1-1 智能楼宇系统组成

#### (一) 楼宇自动化系统

楼宇自动化系统 (building automation system, BAS), 又称为建筑物自动化系统。它采用最新的传感技术、自动控制技术、计算机组态、网络集成、信息交换技术等, 对楼宇内所有机电设备施行自动控制, 这些机电设备包括变

电配电、给水、排水、空气调节、采暖、通风、运输、火警、保安等。而楼宇综合管理人员又通过计算机对上述设施实行综合监控管理, 包括空调管理系统、保安系统、消防系统、停车场监视系统等, 保证设备高效、可靠运行, 为用户提供安全、便利、舒适的工作环境和生活环境。

#### 1. 环境调理及能源利用系统

环境调理系统包括冷热负荷预测和控制系统、湿度控制系统、二氧化碳浓度控制系统,

各种冷热源机组、空调机组、新风机组等监视控制、水泵控制、水箱水位控制、排水控制、节水控制等系统。能源利用系统包括太阳能集热系统、蓄热控制管理系统。

## 2. 防火与保安系统

防火系统包括火灾自动检测、自动报警、自动消防系统，用于实现火灾全局告警、火灾定位、自动通风、自动排烟；另外，还包括气体报警（又称瓦斯报警或煤气报警）、漏电报警等。

保安系统包括闭路监视系统、电子门自动开关系统、刷卡身份识别系统等。

## 3. 供电系统

供电系统包括变、配电设备和自备发电电源设备，昼光利用照明、点光调光照明，功率因数改善等。

## 4. 物业设备及管理系统

物业设备系统包括电梯控制、扶梯控制、单元门控制、停车场控制。

物业管理系统包括操作数据采集、运行情况分析、能源计量、故障诊断、报警信息记录、机器维修记录、设备更新计划等。

### (二) 通信自动化系统

通信自动化系统（communication automation system, CAS），是利用最新的信息技术构成智能楼宇的信息游走系统，通过星罗棋布的通信系统保证各种语音、数据、图像在楼宇内传输，并通过专线系统和卫星系统保证楼宇内通信网络与楼宇外各种通信网络的连接与信息传递。

通信自动化系统是要利用一种具有高度数字化能力的综合业务数字网，实现在一个数字网中传输、交换、处理语音、数据、图文等，实现信息收集、存储、传送、处理和控制，即只通过一个网络为用户提供电话、传真、电报、图文、电子邮件、电视会议、数据通信及移动通信等服务。

### (三) 办公自动化系统

办公自动化系统（office automation system, OAS），是借助于各种先进的办公设备，提供文字处理、模式识别、图像处理、情报检索、统计分析、决策支持、计算机辅助设计、印刷排版、文档管理、电子商务、电子数据交换、来访接待、电视会议、同声传译等，以提高办公效率，达到更好的办公效果，使各类业务来往更加规范化、快捷化、便利化。

就办公自动化处理内容而言，可分为两类：一是基于文字和数据的办公自动化系统，这类系统相对来讲发展较早，技术也相对比较成熟，实现的方式也多样化。它通常是由各种文字处理机、各种高档微机及办公室网络工作站构成，实现办公自动化的软件也是多种多样、且已成为具有不同版本的成熟产品；二是基于声、像的办公自动化系统，这类系统是针对语音、图形、图像的处理，它主要使用可以同时传输、交换语音、数据、图形和图像的多媒体网络，而连接在多媒体网络的终端也必须是能够处理语音、图形、图像信号的终端设备和各类网络服务器。通过多媒体网络与终端设备的不同组合，我们可以构造出各种各样的办公系统，像电话会议系统、电视会议系统等，这些系统可以提供语音的扩音、记录、压缩检索等服务，还能够提供各类图像的传送、存储及检索服务。

#### (四) 结构化综合布线系统

结构化综合布线系统 (structured cabling system, SCS), 是通过整体化设计, 将楼宇自动化系统、通信自动化系统和办公自动化系统中的语音、数据、视频等信号综合在一套标准的布线系统中, 构成智能楼宇的感知、思考、决策体系。

结构化综合布线系统, 按照其应用环境和处理对象的不同, 可分为建筑物建筑群布线系统 (premises distribution system, PDS)、智能楼宇布线系统 (intelligent building system, IBS)、工业布线系统 (industry cabling system, IDS)。

建筑物建筑群布线系统, 是应用于各类商务环境和各类办公环境的, 为传送数字网络信息而专门设计的配线系统。这类系统大多采用双绞线传输语音、数据、图像信号, 采用光纤传输数据、图像信号, 这种系统在设计时不但要考虑信号电缆的眼前需要, 还要想到将来扩容、发展的需要。

智能楼宇布线系统是以楼宇环境控制及管理为主, 它包括数据处理系统、数据通信系统、语音通信系统、图像传输系统和楼宇自动化系统。智能楼宇布线系统可以传送供热、通风、空调等的控制信号, 可以传输保安系统、消防系统、照明系统、时钟系统、传呼系统等等的传感器信号和控制信号, 完成楼宇内的各种协调、控制和管理。

工业布线系统, 用于工业系统的传感器信息、控制信息、管理信息的快速且准确的传递和信息的共享。它包括过程控制数据和状态、传动控制的数据和状态、能源供应系统的数据和状态、流水作业线的数据采集和数据共享、仓库进销存数据查询、生产任务的计划及完成情况信息等等。

### 第三节 楼宇自动化系统的设计

#### 一、楼宇自动化系统设计的依据

根据我国国家标准, 楼宇自动化系统设计的依据应为 GB/T 50314—2000《智能建筑设计标准》。

根据我国国家标准“民用建筑电气设计规范”的要求, 在对建筑物的自动化系统进行选型和设计时需要注意二点:

- 采用集散型控制系统 (DCS)。
- 采用局域网技术。

#### 二、楼宇自动化系统的设计考虑

楼宇自动化系统按照其自动化程度可分为三种情况:

##### (一) 单机自动化

指楼宇设备中的单个设备可以配备自动检测、调节的设备, 实现分散设备的优化控制和管理。

##### (二) 分系统自动化

指楼宇设备和设施按功能划分的各个子系统, 诸如电力供应与管理、照明控制与管理、环境控制与管理、消防报警与控制、保安监控等子系统分别实现自动监控。

### (三) 综合自动化

指上述多个子系统组合为一个整体, 实现其全局的优化控制和管理。

楼宇自动化系统功能是: 调节、控制楼宇内的各种设施, 诸如通风、空调、变配电、照明、电梯、给排水、消防、保安等等; 检测、显示各运行参数, 监视、控制其运行状态; 根据外界条件、环境因素、负载变化情况自动调节各种设备, 使其始终运行在最佳状态; 自动监测并处理停电、火灾、地震等突发事件; 自动实现对电力、供热、供水等能源的使用、调节和管理, 进而保证工作环境、居住环境安全可靠、舒适宜人。

楼宇自动化系统按其功能可划分为电力供应系统(高、低压变配电), 环境控制系统(空调、通风、给水、排水), 安保系统、消防系统、广播系统等等。这些系统被控制、监视、测量的点数多, 有的多达上千点到上万点, 系统设备布局分散, 许多都分散在楼宇各层和角落。楼宇自动化系统就是要将这些数目较多、位置分散的设备集成为一个综合系统, 其核心技术是集散型计算机控制系统。楼宇自动化系统的核心是中央管理计算机, 中央管理计算机通过信息通信网络与各个子系统的控制器相连, 组成分散控制、集中监控和管理的功能模式, 各个子系统之间通过网络进行信息交换和联动, 实现优化控制管理, 最终形成统一的BAS整体。

## 第四节 集散型计算机控制系统

### 一、计算机控制系统

图 1-2 是一个按偏差进行控制的单回路控制系统。被控对象的输出  $y(t)$  是被控量, 如转速、位移、温度、压力、流量、液位、成分等。控制的目的是使被控量尽可能准确、及时地与给定信号  $r(t)$  相等。为了对被控对象进行控制,  $y(t)$  经传感器及变送器的测量、变换后与给定信号  $r(t)$  相比较。如有偏差, 控制器将根据偏差产生控制信号  $u(t)$ , 通过执行机构, 使被控量达到预定值。

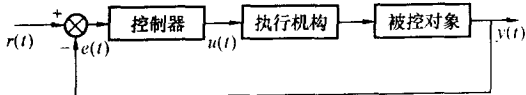


图 1-2 单回路控制系统

在控制系统中, 控制器是核心部分。常规控制系统的控制器是模拟电路构成的模拟控制仪表, 其主要缺点是功能单一、缺乏灵活性, 若改变系统的控制方案就要更换模拟控制仪表, 这对工程系统是不方便的。由于模拟控制仪表是随偏差出现的时间连续起作用的, 所以又称为连续控制器。以连续控制器为核心的控制系统称为连续时间控制系统。

如果将图 1-2 中系统的控制器用数字计算机代替, 就成为了计算机控制系统。其系统框图如图 1-3 所示。

与模拟控制系统相比, 计算机控制系统具有灵活性、实时性好、综合处理及控制功能强、精确度高、稳定性好等特点。

计算机控制系统在工业过程及生产制造领域的应用可细分为很多类, 而且站在不同的角度, 分类的方法也有所不同, 主要分类方法有以下几种。

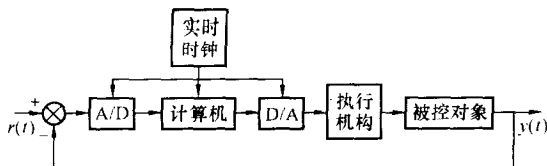


图 1-3 计算机控制系统

### (一) 以控制算法划分

可以分为逻辑控制、数值控制和混合控制三种。逻辑控制是以逻辑状态的判别为基础，其过程的输入是一些表示过程状态的开关量，这些量在计算机中进行各种逻辑条件的判别与逻辑运算，如逻辑与、逻辑或、逻辑非，其运算结果及控制输出也是一些控制过程状态的开关量，目前广泛使用的可编程序控制器（PLC）就是一种典型的逻辑控制计算机。数值控制是以数值的运算为基础的，其输入是各种现场测量值，经过计算机的数值计算，得到数值的控制结果并输出。数值控制需要依据被控过程的动态特性及传递函数，得出控制算法的“数学模型”，其用途主要是对连续过程进行调节与控制。混合控制则综合了逻辑控制和数值控制的算法，其输入、输出量既包括状态，也包括数值，而计算机的处理也包含了逻辑运算和数值计算这两方面的内容。

### (二) 以控制方式划分

可以分为开环控制、闭环控制和监督控制三种。开环控制是一种预定程序的控制方法，它根据预先确定的控制步骤一步一步地实施控制，而被控过程的状态并不直接影响控制程序的执行。闭环控制则要根据被控过程的状态决定控制计算机的内容和实施控制的时机，计算机需要不断检测被控制过程的实时状态，并根据这些状态及控制算法得出控制输出，对被控过程实施控制。而监督控制则需要有人工的介入，计算机的任何控制输出都是由人来决定和实施的，计算机并不直接对被控过程实施控制。监督控制一般用于对那些得不出明确控制程序或控制算法的过程，这些过程可能涉及的情况比较复杂，以计算机的能力目前尚不能自动做出控制结果，因此必须由人来做出判断和裁决。

### (三) 以控制对象划分

从被控过程的性质看，基本上可以分为连续过程、离散过程和以批次为基础的过程三种。连续过程是一种不间断的生产过程，其产品形态往往是流体，对这种过程的控制目标主要是产品的产量和质量，对连续过程的控制常常使用闭环的方式，其控制算法也是以数值控制为主。离散过程是一种单件形态产品的生产过程，这种生产过程往往分成许多道工序，对离散过程的控制就是要对每道工序进行控制，使工件在生产线上经过各道工序的加工逐步从原料变成半成品、成品。对离散过程的控制方式多为开环形式，而控制算法多为逻辑控制。批次的过程则兼有连续控制和离散控制的特点，它是以一个批次的生产为基础，在一个批次内的生产以连续过程为主，而批次的转换则以离散过程为主，对于批次的过程处理往往还附带有生产管理方面的功能，如产品的数量、原料、能源消耗的统计、成本的核算等等。

### (四) 以控制功能划分

基本上可分为直接数字控制（DDC）和设定值控制（SCC）两种。DDC 和 SCC 都是闭环控制系统，但控制层次有所不同，DDC 是指计算机根据过程输入，通过控制算法得到控制输出后直接通过计算机与过程现场的输出接口进行输出，以对被控过程实施控制的计算机控制系统，DDC 一般用于较小的单回路控制。SCC 则是由计算机根据过程输入，通过控制算法得

到一个指导性的设定值，由此设定值来规定回路控制的目标值，再由回路控制设备实施具体的控制输出。回路控制设备可以是自动化仪表，也可以是 DDC 级的计算机，SCC 一般完成较大范围的控制协调，控制优化功能，属于高层控制的范围。

#### (五) 以系统结构划分

无论哪种计算机控制，在控制系统本身，都可分为集中结构 (CCS) 和分散结构 (DCS) 两种。所谓集中结构，是指由单一的计算机完成控制系统的所有功能和对所有被控对象实施控制的一种系统结构，显然，这种结构对计算机的要求极高，首先它必须有足够的处理能力和极高的可靠性，以保证功能的实现和系统的安全。集中系统的好处是系统的整体性、协调性好。由于是集中的方式，所有现场状态集中在一个计算机中处理，因此中央计算机可以根据全面情况进行控制计算和判别，在控制方式、控制时机的选择上可以进行统一的调度和安排，但集中结构的计算机系统危险集中、系统可靠性差。而 DCS 除借鉴了集中系统的集中管理、全局优化的长处，在系统的处理能力和系统安全性方面都明显优于集中系统。这是由于 DCS 使用了多台计算机分担控制的功能和范围，使处理能力大大提高，并将危险性分散。DCS 由于具有以上优点，现在已成为计算机控制系统的主流结构，DCS 面临的关键问题是系统的整体协调性的解决。经过多年的发展，DCS 目前都采用了有效的多层次结构，即将系统分为现场控制层、协调控制层、管理控制层等等。这些层次各完成不同的功能，如现场控制层主要完成 DDC 的功能，协调控制层完成 SCC 的功能，而管理控制层完成范围更广泛、更高层的管理控制功能。在同一层次中，各个计算机的地位、功能是等同的，它们分别完成整个控制范围中的某一部分，而它们之间的协调，一部分靠与同层次中其他计算机的数据通信实现，而主要则依赖上一层次的计算机，这样可以较好地满足计算机控制系统的可靠性、可用性和整体协调性等要求。

在实际应用中不同用途的计算机控制系统还有很多差异。如对现场过程量的 I/O，就可以分为近程 I/O 和远程 I/O 两种。近程 I/O 是将过程量直接通过信号电缆引入计算机，而远程 I/O 则必须通过远程终端单元 (RTU) 实现现场 I/O 采集和控制，在 RTU 和计算机之间通过远程的通信线路实现连接和信息的交换。又如，近年来现场控制测量仪表的智能化技术发展很快，智能化仪表实际上就是传统仪表和小规模的 DDC 计算机结合而成的产品。

智能化仪表的出现使得计算机控制系统的现场控制层更加分散，更加深入到生产设备，集散系统的整体结构也发生了相应的变化，特别是现场总线技术逐步成熟后，计算机控制系统的分散化、智能化更是成为一种必然的发展趋势。

## 二、集散型控制系统的结构

DCS，即所谓集散型控制系统，又称分散型控制系统，是相对于集中式控制系统而言的一种新型计算机控制系统，它是在集中式控制系统的基础上发展、演变而来的。在生产过程自动化领域中，集中式控制系统是指那种将过程数据输入输出 (PIO)、实时数据库的管理、实时数据的处理与保存、历史数据库的管理、历史数据处理与保存、人机界面的处理 (MMI)、报警与日志记录、报表直至系统本身的监督管理等所有功能集中在一台计算机中的系统。集中式控制系统的优点是结构简单、清晰，集中式的数据库很容易管理，并容易保证数据的一致性。但其缺点很多，首先各种功能集中在一台计算机中，使得软件系统相当庞

大,各种功能要由很多实时的任务去完成,而任务数量的增加导致系统开销增大,计算机运行效率下降;其次由于集中式的系统需要庞大而复杂的软件体系,使得系统的软件可靠性下降。实际运行情况表明,集中式系统在现场运行时出现的故障70%以上是由于设计不良或存在缺陷的软件造成的,因此尽管很多集中式系统为了保证硬件可靠性而精心设计了双重冗余与备份,但仍然避免不了故障的出现,甚至加了冗余的系统故障率反而高于没有冗余的系统,究其原因,均是软件引起的问题;再者系统的可扩性差,限于计算机硬件的配置与能力,一个系统在建立时基本上就已经确定了其最终能力。如果能预见到其规模的扩充,只有预留计算机的处理能力,这将造成很大的投资上的浪费;另外集中式的系统将所有的功能、所有的处理集中在一台计算机上,大大增加计算机失效或故障对整个系统造成的危害性,所有实时信息、历史数据和处理功能集于一身,一旦出现问题,造成的后果都是全局性的。

鉴于集中式控制系统存在的种种问题,人们开始针对这些问题寻求解决方案,其中有几思路是非常具有建设性的,事实上这也成了日后DCS设计的基本原则。

- 针对过程量的输入、输出处理过于集中的问题,设想使用多台计算机共同完成所有过程量的输入、输出。每台计算机只处理一部分实时数据,而每台计算机的失效只会影响到自己所处理的那一部分实时数据,不至于造成整个系统失去实时数据。
- 用不同的计算机去处理不同的功能,使每台计算机的处理尽量单一化,以提高每台计算机的运行效率,而且单一化的处理在软件结构上容易做得简单,提高了软件的可靠性。
- 用计算机网络解决系统的扩充与升级问题。与计算机的内部总线相比,计算机网络具有设备相对简单、可扩性强、初期投资较小的特点。只要选型得当,一个网络的架构可以具有极大的伸缩性,从而使系统的规模可以在很大程度上实现扩充而并不增加很多费用,换句话说,就是系统的成本可以随着规模的扩充基本上呈线性增长的趋势。
- 网络中的各台计算机处于平等地位,在运行中互相之间不存在依赖关系,以保证任一计算机的失效只影响自身。

各种型号的集散型控制系统的组成结构与功能都大同小异,就其规模而言可分为小型、中型和大型集散系统。系统结构具有递阶控制结构、分散控制结构和冗余化结构特征。

### (一) 递阶控制结构

递阶控制结构表现为多层结构、多级结构和多重结构三种形式。

#### 1. 多层结构

多层结构是按照系统中决策的复杂性分层。一个存在不确定因素的复杂控制系统,可分为四个递阶层:直接控制层,采用一般的简单PID控制;优化控制或监视层,在一定的对象数学模型和参数已知的条件下,按优化指标确定直接控制层的控制器设定值;学习层或自适应层,通过对实际系统的观测来辨识优化层中所使用数学模型的结构和参数,使模型和过程尽量保持一致;自组织层,按系统总控制目标选择下层所用模型结构、控制策略等。当总目标变动时,能自动改变优化层所用优化性能指标。当辨识参数不满意时,能自动修改自适应层的学习策略等。



## 2. 多级结构

为了减少同一级的各个子系统之间的信息交换和决策的冲突,或实现全局最优目标的需要,在分散的各决策子系统上加一级协调级,用于下级决策的协调和信息的交换。处于上级的协调器控制着下级的若干决策器,每个决策器有各自的控制决策和控制目标。协调器通过对下级决策的干预或修正,来保证决策器分别找到的决策能满足整个上级控制目标的要求。例如,车间级接收从各工段送来的操作决策和相应的性能信息,通过协调策略得到的干预信息再送达各工段。

## 3. 多重结构

多重结构主要是从建模来考虑。一个复杂的自动化生产过程可认为由三重结构形成。第一重是把系统看成按一定物理规律变化的实体;第二重是从信息处理和控制角度把过程看成一个受控系统;第三重从经济学角度,把系统看成一个经济实体,来评价它的效益和利润。这三重都可以用数学模型来描述。因此,可以从多方位来观察和研究这个系统,从而找到对该系统的各种约束。

集散控制系统需要处理复杂的工业生产过程,既要分散控制又要集中管理,这就决定了必须采用递阶控制结构。这种系统结构灵活,容易改变,系统容量可以扩大或缩小;系统控制功能强,除了直接控制以外,还可与高级现代控制相配合;这种结构可降低信息存储量和计算量,减少了计算时间;可设置备用子系统,降低成本,提高可靠性,各级的智能化都能进一步提高系统的性能,得到最好的经济效益与技术效益。

### (二) 分散控制结构

分散控制结构是针对集中控制可靠性差而提出的。与递阶控制结构的区别是,分散控制结构是一个自治的闭环结构。它的结构可以是垂直型、水平型以及两者混合的复合型。

垂直型,是以上下关系为基础的结构,上层小,下层向左右方向扩大,形成金字塔形。系统的通信发生在上、下位设备之间,其主导权由上位设备掌握,对下位设备的动作有监视和调整的权限。水平型是对等的分散子系统以自我管理为基础的系统结构。在通信系统中,这些子系统具有平等的地位。复合型是把水平型和垂直型结合起来,各子系统进行各自管理的同时,互相之间还形成上、下阶层关系。各子系统有较强的独立性,正常时上位子系统进行监视和支持下位的工作,上位子系统的故障及处理其他事物不影响下位子系统间数据交换和各自的功能,只有当下位子系统超限、偏离一些约束条件时,上位子系统才发挥控制管理作用。集散控制系统大多是采用复合型分散控制结构。

分散控制结构是以良好的通信系统为基础的,过分的分散,使系统通信量增大、响应速度下降。同样,过分的集中,因受微处理器处理速度限制而使信息得不到及时处理,造成响应速度变慢。因此,考虑到经济性、响应性、灵活性、可靠性等多方面因素,集散控制系统的纵向分散常分为3~4层。

### (三) 冗余化结构

冗余化结构是DCS提高可靠性的一种重要手段。由于DCS中个别环节发生故障时,仅是该局部环节丧失功能,所以一般只要对万一发生故障时难以应付的重要设备以及对全局有影响的公共部分,都要有重点地采用冗余化结构。DCS中采用的冗余化结构方式大致如