智能建筑技术丛书

建筑设备自动化系统设计

张九根　马小军　朱顺兵　等编著

人民邮电出版社

图书在版编目（CIP）数据

建筑设备自动化系统设计/张九根，马小军，朱顺兵等编著．—北京：人民邮电出版社，2003.12
（智能建筑技术丛书）

ISBN 7-115-11849-3

I．建… II．①张… ②马…③朱… III．房屋建筑设备—自动化系统—系统设计
IV．TU855

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 090396 号

智能建筑技术丛书

建筑设备自动化系统设计

◆ 编　　著　张九根　马小军　朱顺兵等
责任编辑　梁　凝

◆ 人民邮电出版社出版发行　　北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编　100061　　电子函件　315@ptpress.com.cn
网址　http://www.ptpress.com.cn
读者热线 010-67129258
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：787×1092　1/16
印张：19.75
字数：477 千字　　2003 年 12 月第 1 版
印数：1 – 4 000 册　　2003 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11849-3/TN· 2195

定价：32.00 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系　电话：（010）67129223

内 容 提 要

建筑设备自动化系统（简称 BAS）是现代计算机技术、现代通信技术和现代控制技术的结合，是智能建筑的主要系统，也是智能建筑的重要标志。本书系统地介绍狭义 BAS（即建筑设备监控系统）的原理与设计。在 BAS 的概念、系统构成、系统规划以及系统集成等方面体现广义 BAS。

全书共九章，前五章为原理性内容，后四章为实践性内容。原理性内容包括系统的总体概念、系统网络结构、系统各部分的结构和原理、主要控制对象系统的监控原理。实践性内容包括系统规划和工程设计、工程施工与验收、系统集成等。第九章介绍了可供借鉴的若干工程实例，便于读者在工程设计时参考。

本书力求具备系统性、实用性和规范性的特点。内容全面，理论与实践相结合，内容遵循现行的国家标准和规范。

本书读者对象为从事智能建筑工程的设计和施工管理人员、智能建筑物业管理人员、高等学校智能建筑相关专业的教师和学生。

丛 书 前 言

智能建筑技术丛书是由智能建筑技术丛书编审委员会组织编写的。

本丛书的编写以建设部颁发的《民用建筑电气设计规范》（JGJ/T 16-92）和《智能建筑设计标准》（GB/T 50314-2000）国家标准为依据，内容符合国家现行有关标准、规范和规程的规定。

现代信息技术的迅速发展和广泛应用，使人们对各类建筑物的使用功能和科学化管理提出了全新的要求，智能建筑就是在这一背景下出现的。智能建筑是以建筑为平台，兼备通信自动化、办公自动化、建筑设备自动化的功能，集系统结构、服务、管理及它们之间的最优化组合，向人们提供的一个安全、高效、舒适、便利的建筑环境。智能建筑应该是“智能”加“建筑”，智能建筑不仅需要自动控制、通信、办公系统、计算机网络等设施，更不能离开建筑这个载体，以及为建筑服务的与能源、环境有关的各种建筑设备；不仅需要各种 IT 硬件，而且需要对整个建筑设备进行优化管理的软件。因此，智能建筑技术是多学科的交叉和融汇。正因为这个原因，本系列丛书的作者也由多种相关专业的工程技术人员、学者、专家、教师组成，他们长期工作在设计、施工、开发、生产、教学、科研的第一线，具备扎实的理论基础和丰富的实践经验。

智能建筑技术丛书面向建筑、楼宇自动化、建筑设备、办公自动化、通信自动化、计算机网络、建筑消防和安全防范、系统集成等领域中从事工程设计、工程建设的工程技术人员，也可供房地产开发商、工程项目经理、大楼业主、承包商、物业管理人员使用，同时它也是高等学校相关专业学生有益的参考书。

智能建筑技术是一门跨专业的新兴学科。我们真诚地希望使用本丛书的广大读者提出宝贵意见，以便不断完善丛书的内容。

智能建筑技术丛书
编审委员会
2003 年 8 月

前　言

建筑设备自动化系统（BAS）是建筑智能化的支柱，BAS 通过对建筑物内设备的监控和管理，对设备实现以最优控制为中心的过程控制自动化；以节能为中心的能量管理自动化；以火灾控制为中心的防灾自动化；以运行状态监视为中心的维护管理自动化。

BAS 的工作范围通常有两种定义方法。一种是广义的 BAS，即将建筑物或建筑群内的电力、照明、空调、给排水、防灾、保安、车库管理等设备或系统进行集中监视、控制和管理的综合系统。另一种是狭义的 BAS，即仅限于建筑物或建筑群内的电力、照明、空调、给排水等设备或系统进行集中监视、控制和管理的综合系统。本书贯穿始终的是狭义的 BAS，即系统地介绍狭义 BAS（即建筑设备监控系统）的原理与设计。当然，在 BAS 的概念、系统构成、系统规划以及系统集成等方面亦涉及广义 BAS。

本书是在作者编写的教学用讲义的基础上，结合教学体会（重点是指导学生课程设计和毕业设计的体会）和工程设计及工程实施的经验，重新组织编写的。在编写时力求体现系统性、实用性和规范性的特点。

系统性。内容全面，涵盖了系统的组成原理、系统设计、工程施工与验收、系统集成等诸方面。

实用性。理论与实践相结合，前五章为原理性内容，后四章为实践性内容。可操作性强，工程设计中常常遇到的一些问题都给了较为明确的答复。

规范性。本书内容从基本概念到设计原理、从文字描述到图形符号等均遵循现行的国家标准和规范。

本书共九章。第一章先建立系统的总体概念，重在阐明系统网络结构；第二章至第四章分别介绍系统各部分的结构和原理；第五章介绍主要控制对象系统的监控原理；第六章为系统规划和工程设计，规划部分强调宏观决策的原则和方法，设计部分满足施工图设计的需要；第七章为工程施工与验收；第八章介绍系统集成的概念和 BAS 集成方法；第九章介绍了可供借鉴的若干工程实例。

本书由张九根主编，马小军、朱顺兵为副主编。第一章由邵如平编写，第二章至第四章由马小军编写，第五章由龚延风、邵如平编写，第六章由张九根、龚延风编写，第七章和第八章由朱顺兵编写，第九章由邵如平编写，附录由张九根、邵如平编写。

感谢刘建峰为本书绘制了大部分插图。

由于作者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免有不足或不妥之处，敬请读者赐教。

作者

2003 年 7 月

智能建筑技术丛书编审委员会成员

编委会主任：林金桐（教授、中国通信学会常务理事、
北京通信学会副理事长、
北京邮电大学校长）

编　　委：（以姓氏笔画为序）

王　波　王谦甫　付保川　寿大云　吴成东
陆宏琦　苏　曙　张九根　韩　宁

丛 书 主 编：王谦甫（教授级高级工程师、北京市建筑设计研究院
顾问总工程师）

丛 书 主 审：寿大云（教授、高等学校建筑环境与设备工程专业指导
委员会智能建筑指导小组组长）

目　　录

第一章　建筑设备自动化系统的一般概念……1
第一节　概述……1
第二节　系统的服务功能与网络结构……26

第二章　检测变送装置与执行机构……33
第一节　检测的基本概念……33
第二节　检测变送装置……37
第三节　常用执行器……53

第三章　分站……68
第一节　分站的硬件组成……68
第二节　分站软件……75

第四章　中央站……80
第一节　中央站硬件及其组态……80
第二节　中央站软件……83

第五章　控制对象监控原理……89
第一节　制冷与空调系统监控原理……89
第二节　给排水系统监控原理……120
第三节　供配电与电力照明……124
第四节　电梯系统监控……128

第六章　系统规划与设计……132
第一节　系统规划与设计的一般原则……132
第二节　网络结构规划……142
第三节　监控总表的编制……146
第四节　分站设计……160
第五节　中央站及监控中心设计……163
第六节　电源、接地、线路选择与敷设……166
第七节　BAS 施工图设计……175

第七章　BAS 工程施工与验收……184
第一节　工程施工……184

第二节　系统调试……199
第三节　工程验收……205

第八章　BAS 系统集成……213
第一节　系统集成的概念……213
第二节　建筑设备自动化系统集成的方法……221
第三节　能量管理概论……254

第九章　工程实例……261
第一节　控制对象系统应用实例……261
第二节　建筑设备自动化系统的选型……272
第三节　工程实例……274

附录　BAS 工程常用图形符号及文字符号……299

主要参考文献……304

第一章　建筑设备自动化系统的一般概念

第一节　概　　述

一、建筑设备自动化系统（BAS）的含义和整体功能

建筑设备（或建筑物）自动化系统（BAS，Building Automation System）是现代控制技术在建筑物中的应用，它是根据现代控制理论和控制技术，采用现代计算机技术，对建筑物（或建筑群）的电力、照明、空调、给排水、防灾、保安、车库管理等设备或系统，以集中监视、控制和管理为目的而构成的综合系统，以使建筑物内的有关设备合理、高效地运行，这就是广义的 BAS。

在建筑物内设置 BAS 的目的是使建筑物成为具有最佳工作与生活环境、设备高效运行、整体节能效果最佳而且安全的场所。BAS 的整体功能可以概括为以下 4 个方面：

① 对建筑设备实现以最优控制为中心的过程控制自动化；

② 实现以运行状态监视和计算为中心的设备管理自动化；

③ 实现以安全状态监视和灾害控制为中心的防灾自动化；

④ 实现以节能运行为中心的能量管理自动化。

有时将防灾自动化（包括火灾报警和安全防范系统）和广播、通信系统分离开来，形成狭义的建筑设备自动化系统（亦称建筑设备监控系统）。由于防灾自动化和广播、通信系统有专门的书籍介绍，本书主要介绍狭义的 BAS。

二、过程控制系统发展简介

过程控制系统的发展史是控制理论和仪器、仪表装置更新和改进的发展史。20 世纪 50 年代以前，由于当时的生产规模较小，检测控制仪表尚处于发展的初级阶段，所采用的仅仅是安装在生产设备现场，只具备简单测控功能的基地式气动仪表，其信号仅在本仪表内起作用，一般不传送给别的仪表或系统，操作人员只能通过生产现场的巡视了解生产过程的状况。系统结构为单输入、单输出的定值控制系统。

随着生产规模的扩大，操作人员需要综合掌握多点的运行参数与信息，需要同时按多点的信息实行操作控制，于是出现了气动、电动系列的单元组合式仪表，出现了集中控制室。生产现场各处的参数通过统一的模拟信号，如 0.02～0.1MPa 的气压信号，0～10mA、4～20mA 的直流电流信号，1～5V 直流电压信号等，送往集中控制室。操作人员在集中控制室内可以纵观生产流程各处的状况，各单元仪表的信号可以按需要组合。系统结构可以是复杂控制系统（如串级控制、比值控制、均匀控制、前馈控制和选择性控制等等）。

采用上述技术进行生产过程控制时，将带来一系列难以解决的问题：由于模拟信号的传递需要一对一的物理连接，信号传输的抗干扰能力较差，因而计算和控制精度较差。对于非

常复杂的控制系统，用模拟技术难以实现，于是人们开始寻求用数字信号取代模拟信号，因而出现了直接数字控制。在早期的数字计算机控制阶段，由于数字计算机技术尚不发达，计算机价格昂贵，人们一般希望用一台计算机取代控制室中几乎所有的仪表盘，这就是所谓的集中式数字控制系统。集中式数字控制系统尽管解决了复杂系统的建模和控制精度问题，但一旦计算机发生故障，就会造成所有控制回路瘫痪，从而导致系统崩溃、生产停产的严重局面，这种危险的集中系统结构很难为生产过程所接受。

随着计算机可靠性的提高及价格的大幅下降，出现了数字调节器、可编程控制器（PLC）以及由多个计算机递阶构成的集中、分散相结合的集散控制系统（TDS，Total Distribution System），亦称 DCS（Distribution Computer System）。在 DCS 中，测量变送仪表一般为模拟仪表，因而它是一种模拟、数字混合系统。这种系统在功能、性能上较模拟仪表、集中式数字控制系统有了很大进步，可在此基础上实现装置级、车间级的优化控制。但是，在 DCS 系统形成的过程中，由于受计算机系统早期存在的系统封闭这一缺陷的影响，各厂家的产品自成系统，不同厂家的设备不能互连在一起，因而难以实现互换与互操作，组成更大范围信息共享的网络系统存在很多困难。

20 世纪 90 年代以来出现的现场总线控制系统（FCS，Fieldbus Control System）则突破了 DCS 系统中通信由专用网络的封闭系统来实现所造成的缺陷，把基于封闭、专用的解决方案变成了基于公开化、标准化的解决方案，即可以把来自不同厂商而遵守同一协议、规范的自动化设备通过现场总线网络连接成系统，从而实现综合自动化的各种功能；同时把 DCS 集中与分散相结合的集散系统结构变成了新型全分布式结构，把控制功能彻底下放到现场，依靠现场智能设备本身便可实现基本控制功能。

三、计算机控制技术简介

在智能建筑中，计算机技术与自动控制技术的结合是构成智能建筑之建筑设备自动化系统的关键技术。数字计算机强大的计算能力、逻辑判断能力和大容量存储信息的能力使得计算机控制技术能够解决常规控制技术解决不了的难题，能达到常规控制技术达不到的优异性能指标。与采用模拟调节器的自动调节系统相比，计算机控制技术能够实现先进的控制策略，以保证高精度、高性能；控制灵活，能够在线修改控制方案；性能价格比高；便于实现控制与管理相结合，使自动化程度进一步提高。因此，建筑物的机电设备采用计算机控制以后，才能真正提供一个安全、节能、高效而又便利的环境。

1. 计算机控制系统的组成

自动控制是指通过某种控制方法，使得某些变量按照指定的规律变化。控制方法有开环控制和闭环控制两类，传统的按偏差进行控制的闭环控制系统如图 1-1 所示，测量元件对被控对象的被控参数进行测量，将被控参数反馈给控制器，控制器再将反馈信号与给定值进行比较，如有偏差，控制器就产生控制信息，驱动执行机构工作，通过执行机构的动作，改变被控参数的数值，直至被控参数值满足预定要求为止。

将图 1-1 中的控制器用计算机来代替，即可构成计算机控制系统，如图 1-2 所示。测量元件测得被控参数后，由 A/D 转换器将模拟量变成数字量并送入计算机，计算机将所测数据和给定值进行比较，输出数字偏差量，再由 D/A 转换器将数字量变成模拟量，驱动执行机构动作，从而调节被控参数的数值，使之满足预定要求。

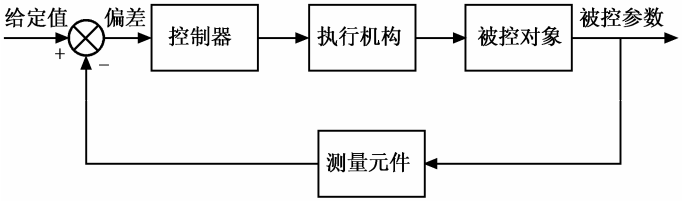


图 1-1　闭环控制系统框图

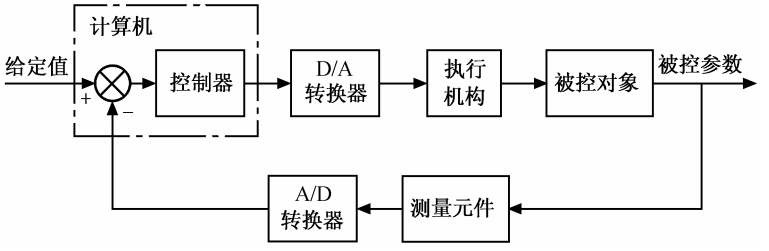


图 1-2　计算机控制系统的基本框图

计算机控制系统的控制过程通常可归结为下述两个步骤：

① 数据信号采集：对被控参数的瞬时值进行检测，经由 A/D 转换器转换，输出给计算机。

② 输出控制信号：对采集到的被控参数变量进行分析，按已定的控制规律进行过程控制，适时地对执行机构发出控制信号。

上述过程不断重复，使整个系统能够按照一定的动态品质指标进行工作，并且对被控参数和设备本身出现的异常状态及时监督，同时迅速做出处理。

对连续量的变化过程进行控制，要求控制系统能够满足实时性要求，即在一定的时间内必须完成对输入量的处理和控制命令的发出。若超出所允许的时间，整个控制也就失去了意义。

计算机控制系统由硬件和软件两部分组成。

（1）硬件部分

硬件部分由控制计算机和现场仪表组成。

控制计算机包括：主机、外围设备和系统总线；过程输入/输出设备；人机联系设备和通信设备等。

现场仪表包括测量变送元件和执行机构。

硬件组成如图 1-3 所示。

① 主机：由中央处理机（CPU）和内存储器（RAM、ROM）组成。主机是计算机控制系统的核心。它根据过程输入设备送来的反映生产过程的实时信息，按照内存储器中预先存入的控制算法，自动地进行信息处理与运算，及时地选定相应的控制策略，并且通过过程输出设备立即向生产过程发送控制命令。

② 外围设备：常用的外围设备根据其功能可分为输入设备、输出设备和外存储器 3 种。输入设备用来输入程序、数据或操作命令，如键盘终端、鼠标等。输出设备如打印机、绘图机、CRT 显示器等，它以字符、曲线、表格、画面等形式来反映生产过程的工况和控制信息。

外存储器包括磁盘、磁带等，它兼有输入和输出两种功能，可用来存放程序和数据，作为内存储器的后备存储设备。

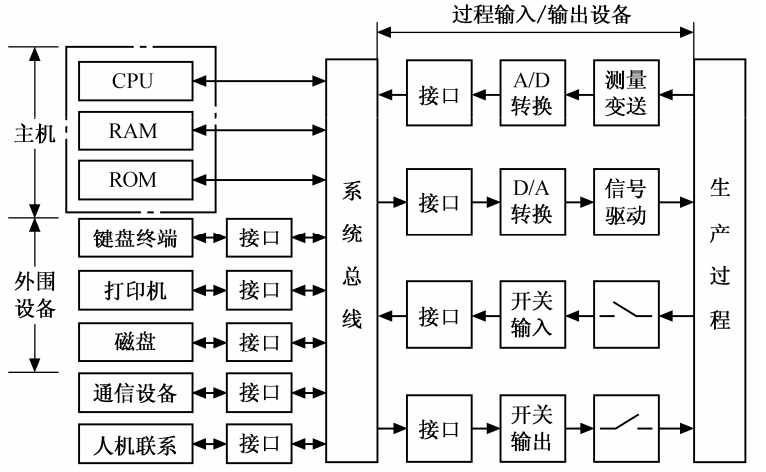


图 1-3　计算机控制系统的硬件组成框图

③ 过程输入/输出设备：在计算机控制系统中，过程输入/输出设备在生产过程和计算机之间起着纽带和桥梁的作用。通过输入设备，计算机接受过程参数；通过输出设备，计算机输出控制信号。过程输入设备包括模拟量输入通道（AI 通道）和开关量输入通道（DI 通道），AI 通常先把信号采集装置（变送器）采集到的模拟量信号（如温度、压力、流量等）转换成数字信号再输入计算机中，DI 通道则直接输入开关量信号或数字量信号至计算机。过程输出设备包括模拟量输出通道（AO 通道）和开关量输出通道（DO 通道），AO 通道通过 D/A 转换器把数字信号转换成模拟信号后再输出至驱动单元，DO 通道则直接输出开关量信号或数字量信号至驱动单元。

④ 人机联系设备：计算机控制系统通过人机联系设备实现人机对话，使得操作员与计算机之间能够进行信息交换。常见的人机联系设备由 CRT 显示器、键盘、专用的操作显示面板或操作显示台等组成，通过这些设备可以显示生产过程的过程参数和设备运行状态，给生产操作人员提供操作输入平台，显示操作结果。人机联系设备也称为人机接口或人机界面，是人与计算机之间联系的界面。

⑤ 通信设备：用于不同地理位置、不同功能的计算机或设备之间进行信息交换。

（2）软件部分

软件分为系统软件和应用软件两大类。

① 系统软件一般包括操作系统、汇编语言、高级算法语言、过程控制语言、数据库、通信网络软件和诊断程序等。

② 应用软件一般分为过程输入程序、过程控制程序、过程输出程序、人机接口程序、打印程序、公共服务程序、历史数据库、实时数据库，以及控制系统组态、画面生成、报表曲线生成和测试等工具性支撑软件。

2. 计算机控制系统的分类

按计算机参与控制的形式，计算机控制系统分为开环控制系统和闭环控制系统。

按控制规律，计算机控制系统分为顺序控制系统、常规控制系统（如 PID 控制）、高级控制系统（或先进控制系统，如最优控制、预测控制等）、智能控制系统等等。

按系统应用及应用特点，计算机控制系统分为操作指导控制系统、直接数字控制系统、监督计算机控制系统、集散控制系统（或分散控制系统）、现场总线控制系统、生产集成控制系统等。

（1）操作指导控制系统

操作指导控制系统的构成如图 1-4 所示。其中，模拟量输入通道主要由信号变换器、多路切换开关和 A/D 转换器组成，用来采集模拟量信号；开关量输入通道主要由光电耦合器和数字量输入单元组成，用来采集开关触点信号。

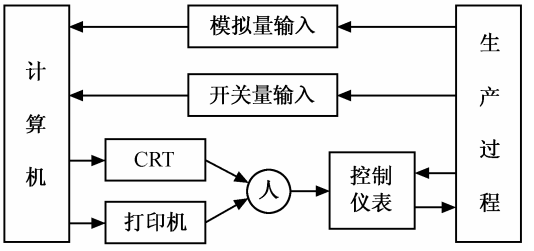


图 1-4　操作指导控制系统框图

图 1-4 所示是一个开环控制系统，计算机的输出设备与生产过程没有直接联系，控制动作是由操作人员接受计算机的指示去完成的。计算机通过模拟量输入通道和开关量输入通道采集到实时数据以后，根据一定的控制算法（数学模型）计算出供操作人员选用的最优操作条件及操作方案。操作人员再根据 CRT 或打印机输出的操作指导信息去调节控制仪表，从而对生产过程进行控制。

（2）直接数字控制系统

直接数字控制（DDC，Direct Digital Control）系统的构成如图 1-5 所示。计算机通过模拟量输入通道（AI）和开关量输入通道（DI）采集到实时数据，然后按照一定的控制规律进行计算，最后发出控制信号，并通过模拟量输出通道（AO）和开关量输出通道（DO）直接控制生产过程。因此，DDC 系统是一个闭环控制系统，是计算机在工业生产过程中最普遍的一种应用方式。

DDC 系统中的计算机直接承担着控制任务，因而要求实时性好、可靠性高和适应性强。早期的 DDC 系统为了充分发挥计算机的作用，一台计算机通常要控制几个甚至几十个回路，因此必须合理设计应用软件，使之适时地完成所有功能。由于工业生产现场恶劣的环境和频繁的干扰直接威胁着计算机的可靠运行，因此必须采取抗干扰措施来提高系统的可靠性，使之能适应各种工业环境。

（3）监督计算机控制系统

监督计算机控制（SCC，Supervisory Computer Control）系统的构成如图 1-6 所示。SCC 系统通常采用两级计算机，其中 DDC 用计算机（称为第一级）完成上述直接数字控制功能；SCC 用计算机（称为第二级）则根据反映生产过程工况的数据和数学模型进行必要的计算，给 DDC 用计算机提供各种控制信息，如最佳给定值和最佳控制量等。

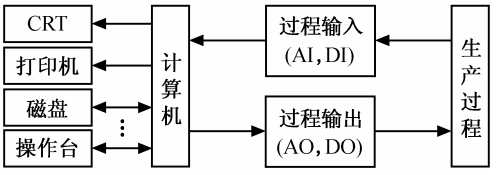


图 1-5　直接数字控制系统框图

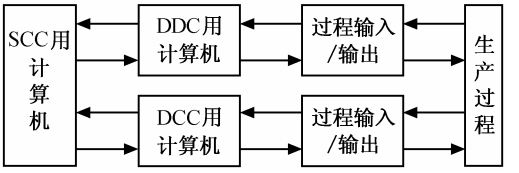


图 1-6　监督计算机控制系统框图

DDC 用计算机与生产过程连接，直接承担控制任务，因而要求可靠性高、抗干扰强，并能独立工作。一般选用模板机或微型机作为 DDC 用计算机。

SCC 用计算机承担高级控制与管理任务，信息存储量大，计算任务重，一般选用高档微型机或小型机作为 SCC 用计算机。

（4）分散控制系统（DCS）

随着计算机技术的发展、工业生产过程规模的扩大以及综合控制与管理要求的提高，人们研制出了以多台微型机为基础的分散控制系统（DCS），如图 1-7 所示。DCS 采用分散控制、集中操作、分级管理、分而自治和综合协调的设计原则，自下而上分为若干层，分别完成控制、监督和管理的功能。

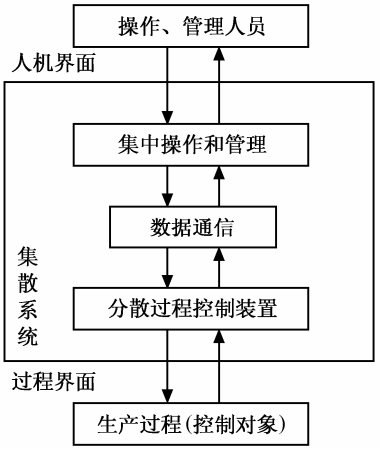


图 1-7　分散控制系统的组成

（5）现场总线控制系统（FCS）

如图 1-8 所示，现场总线技术将专用的微处理器置入传统的现场测量控制仪表中，从而使之具备数字计算和数字通信能力，将智能仪表（智能传感器、智能执行器）连成网络，使控制、报警、趋势分析等功能分散到现场级仪表中，从而使控制结构进一步分散化。现场总线控制系统突破了 DCS 中通信由专用网络的封闭系统来实现所造成的缺陷，把基于封闭、专用的解决方案变成了基于公开化、标准化的解决方案，即可以把来自不同厂商而遵守同一协议、规范的自动化设备通过现场总线网络连接成系统，实现综合自动化的各种功能；同时把 DCS 集中与分散相结合的集散系统结构变成了新型全分布式结构，把控制功能彻底下放到现场，依靠现场智能设备本身便可实现基本的控制功能。

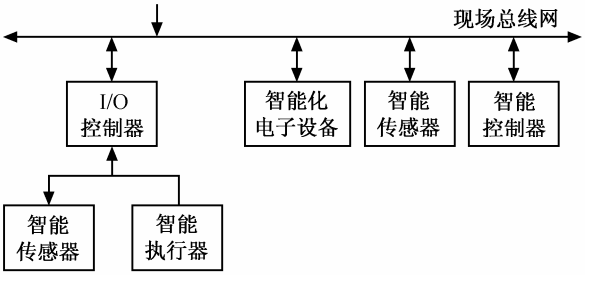


图 1-8　现场总线控制系统的组成

（6）计算机集成制造系统（CIMS）

如图 1-9 所示，CIMS 除完成直接面向过程的控制和优化任务外，还能在获取生产全部过程尽可能多的信息基础上，实现整个生产过程的综合管理、指挥调度和经营管理。

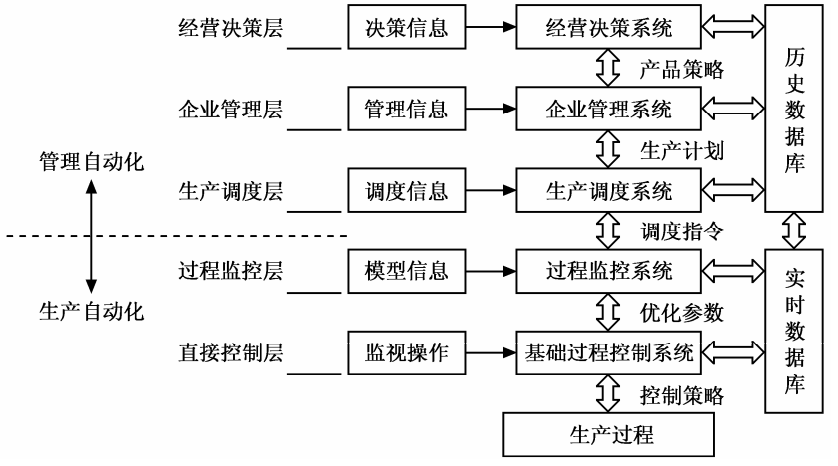


图 1-9　计算机集成制造系统

3. 直接数字控制系统

（1）直接数字控制系统的组成

直接数字控制系统主要由过程输入通道、过程控制计算机和过程输出通道等三部分组成，如图 1-10 所示。

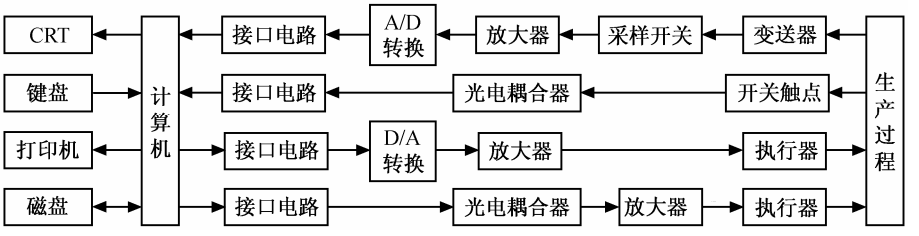


图 1-10　直接数字控制系统组成框图

① 过程输入通道。过程输入通道将生产过程的信息传给计算机，包括模拟量输入通道和数字量输入通道。模拟量输入通道把反映生产过程状况的模拟量信号（温度、压力、流量等）转换成计算机可以接受的数字量信号，数字量输入通道再把反映生产过程状况的开关、触点信号传送给计算机。

a．模拟量输入通道由变送器、采样开关、放大器、A/D 转换器和接口电路组成，如图 1-10 所示。其中，变送器的作用是将非电量信号变换成标准电信号，例如温度变送器、压力变送器、流量变送器可分别将温度、压力、流量变换成 0～10mA DC 或 4～20mA DC 的电信号。

在模拟量输入通道中，为了充分利用 A/D 转换器，可将 8、16、32 路被测信号共用一个 A/D 转换器，此时必须用多路采样开关轮流切换多路被测信号，即采用分时 A/D 转换方式。被测信号的输入方式通常分为单端输入和双端输入两种，前者占用一路采样开关，信号共地；

后者虽然占用两路采样开关，但是它对抑制共模干扰非常有效。

由于变送器输出信号的变量形式、量程范围大小不一，因而必须采用前置放大器对从变送器送来的信号进行处理。前置放大器的任务是将输入的小信号放大到 A/D 转换器的量程范围之内（如 0～5V DC），为能适应多种小信号的放大需要，可设计成可变增益放大器。

A/D 转换器的作用是将由放大器输出的模拟电压信号变换成数字信号，再经接口电路传送给计算机。计算机通过接口电路对 A/D 转换器、放大器和采样开关进行控制，以保证模拟量输入通道按一定的时序正常地工作。

为提高模拟量输入通道的抗干扰能力，可采用隔离措施。一是采用光电隔离放大器，二是接口电路的数字信号采用光电耦合器。

b．数字量输入通道由开关触点、光电耦合器和接口电路组成，如图 1-10 所示。反映生产过程通/断状态的触点信号经过光电耦合器和接口电路变换成数字信号后传送给计算机。

② 过程控制计算机。在 DDC 系统中，计算机直接承担运算和控制任务。过程控制计算机通过过程输入通道采集被控对象的各种模拟量和数字量参数信号，然后根据预定的控制算法（如 PID 控制算法、模糊控制算法等）进行运算，向被控对象发出控制信号，再经由输出通道直接控制调节阀等执行机构动作。

③ 过程输出通道。过程输出通道将控制信息作用于执行机构，包括模拟量输出通道和数字量输出通道。模拟量输出通道把计算机输出的数字控制信号转换成模拟电压或电流信号，再经过放大器去驱动调节阀等执行器，实现对生产过程的控制；数字量输出通道将计算机输出的开关信号经放大器去驱动电磁阀和继电器等执行器。

a．模拟量输出通道由接口电路、D/A 转换器、放大器和执行器组成，如图 1-10 所示。其中，接口电路的作用有两个：一是将计算机输出的控制信号送到 D/A 转换器的输入端，二是启动 D/A 转换器。D/A 转换器的作用是将数字控制信号变换成电流或电压信号，再经放大器去驱动执行器。为了提高模拟量输出通道的抗干扰能力，在接口电路和 D/A 转换器之间采用了光电耦合器，对数字输出信号进行光电隔离。

b．数字量输出通道由接口电路、光电耦合器、放大器和执行器组成，如图 1-10 所示。计算机输出的开关控制信号经接口电路、光电耦合器和放大器去驱动电磁阀和继电器等执行器。

（2）直接数字控制系统的基本算法

在连续系统中，PID 算法是一种最基本的控制算法。PID 控制算法利用偏差量的比例（P）、积分（I）和微分（D）变量对生产过程进行控制，它是传统控制理论中最为经典和成熟的算法。根据数字技术的发展要求，对 PID 算法进行离散化，就可很方便地用于计算机控制领域，在被控对象的数学模型和参数不很明确的情况下，PID 算法可以经过在线整定使整个系统达到比较满意的效果。因此，将模拟调节规律离散化的数字 PID 算法已被工业过程计算机控制系统普遍采用，成为 DDC 系统的基本算法。

模拟调节器的理想 PID 算式为：

$$u(t)=K_{\mathrm{p}}\left[e(t)+\frac{1}{T_{\mathrm{i}}}\int_0^t e(t)\mathrm{d}t+T_{\mathrm{d}}\frac{\mathrm{d}e(t)}{\mathrm{d}t}\right] \qquad (1\text{-}1)$$

式中，$e(t)$——偏差（设定值与实际输出值之差）；

$u(t)$——控制量；

K_p——比例放大系数；

T_i——积分时间常数；

T_d——微分时间常数。

其传递函数的形式为：

$$W(s)=\frac{U(s)}{E(s)}=K_p\left(1+\frac{1}{T_i s}+T_d s\right) \tag{1-2}$$

为了能在计算机上进行运算，必须将连续形式的微分方程转化为离散形式的差分方程。

设 T 为采样周期（与系统时间常数相比，T 足够小），k 为采样序号（k=0, 1, 2, …），可用矩形法计算面积来代替积分环节，以差分代替微分环节，即：

$$\int_0^t e(t)\mathrm{d}t=\sum_{j=0}^{k}e(j)T$$

$$\frac{\mathrm{d}e(t)}{\mathrm{d}t}=\frac{e(k)-e(k-1)}{T}$$

代入式（1-1），可得差分方程：

$$u(k)=K_p\left[e(k)+\frac{1}{T_i}\sum_{j=0}^{k}e(j)T+T_d\frac{e(k)-e(k-1)}{T}\right] \tag{1-3}$$

式中，$e(k)$——第 k 次采样所得偏差值；

$e(k-1)$——第（k–1）次采样所得偏差值；

$u(k)$——第 k 时刻的控制量。

上述式中的采样周期 T 越小（与系统时间常数比较而言），则被控制过程与连续控制过程越接近，因而该控制算法称为“准连续控制”。

根据离散 PID 算法的不同表现形式，PID 算法可以分为以下两种方法。

① 位置式算法。式（1–3）中的控制量 $u(k)$与执行机构（如调节阀）的位置相对应，因此被称为位置式算法。

应该说明，数字 PID 控制器的输出 $u(k)$通常都送给 D/A 转换器，它首先将 $u(k)$保存起来，然后变换成模拟量（如 0～10mA DC），再作用于执行机构，直到下一个控制时刻到来为止。因此，D/A 转换器应具有零阶保持器的功能。

位置式算法的缺点是，积分项的计算需要保留所有 k 时刻之前的偏差值，因而计算较繁，占用大量的内存和时间。

② 增量式算法。将式（1-3）转化成递推形式：

$$u(k-1)=K_p\left[e(k-1)+\frac{1}{T_i}\sum_{j=0}^{k-1}e(j)T+T_d\frac{e(k-1)-e(k-2)}{T}\right] \tag{1-4}$$

将式（1-3）减去式（1-4），得：