



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

# 计算机控制系统

席爱民 编著

 高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

# 计算机控制系统

席爱民 编著

高等教育出版社

## 内容简介

本书系统地阐述了计算机控制系统分析、设计的基本理论和方法。全书分 9 章, 主要内容有: 首先讨论计算机控制系统中信号的类型, 数学基础——Z 变换, 计算机控制系统的数学描述及脉冲传递函数, 差分方程及求解, 离散系统方框图变换方法, 系统特性分析及系统稳定性判定方法。随后讲述了数字控制器设计问题, 包括连续控制器离散化方法, 数字 PID 控制器的设计及改进, 快速被控对象的最少拍控制系统的设计以及具有大惯性、纯滞后被控对象的慢速系统的直接设计方法, 对一些有效的预估控制决策进行了探讨。本书还讨论了数字控制器的实现问题以及计算机控制系统的状态空间分析方法和有限拍控制系统设计。书中例题大部分采用 MATLAB 仿真和计算, 具有新颖的解题、设计思路。

本书可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化、测控技术以及自动控制等相关专业本科生教材, 也可供有关工程技术人员和教师参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

计算机控制系统/ 席爱民编著. —北京: 高等教育出版社, 2004.7

ISBN 7-04-014558-8

I. 计... II. 席... III. 计算机控制系统—高等学校—教学参考资料 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 044300 号

策划编辑 韩颖 责任编辑 俞丽莎 封面设计 于文燕  
责任绘图 朱静 版式设计 胡志萍 责任校对 尤静 责任印制 宋克学

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总机	010-82028899		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经销	新华书店北京发行所		
印刷	北京地质印刷厂		
开本	787×960 1/16	版次	2004 年 7 月第 1 版
印张	16.75	印次	2004 年 7 月第 1 次印刷
字数	310 000	定价	21.20 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

# 前 言

计算机的参与,是现代化的自动化系统实现的前提条件。随着微电子学、计算机技术的发展,要获得比模拟控制系统更好的控制性能,使控制系统具备新的功能,只有使用计算机控制系统。如果将计算机控制系统仅仅看作模拟控制系统的近似是很不够的,因为没有看到计算机控制的全部潜在能力。因此,熟练掌握计算机控制系统,就能够充分发挥计算机控制的全部潜能。

计算机控制系统存在着一些模拟控制系统所没有的现象,因此对其分析就要采取相应的理论。本书讨论的是采用计算机作为标准控制部件的数字控制系统,即计算机控制系统。由于系统中采用了计算机,要处理的是离散数字信息,所以相对连续控制系统而言,计算机控制系统也可以叫做离散控制系统。

本书的主要目的是使读者牢固掌握计算机控制系统的基础理论知识。这些知识对于自动化专业、自动控制等相关专业的教学是必不可少的内容,对于从事控制系统方面的工程技术人员来说也是必备的基础。

本书从第2章开始讨论计算机控制系统中信号的类型,并通过对离散信号的频谱分析引出采样定理。第3章介绍计算机控制系统的数学基础—— $Z$ 变换。重点介绍 $Z$ 变换定义及其重要性质和定理。第4章讲述计算机控制系统的数学描述及脉冲传递函数,引出描述离散系统的差分方程及脉冲传递函数的概念,讨论离散系统方框图变换方法。第5章介绍计算机控制系统特性分析及系统稳定性判定方法。

第6章、第7章讨论有关数字控制器设计问题。第6章讲述连续域-离散化设计方法,即在已设计出连续控制器后,采用适当的方法将连续控制器离散化。本章对一些离散化方法作了重点讨论,同时,还对当前用得较多的数字PID控制器的设计进行了详细的研究,讨论了改进方法。第7章讲述直接离散化设计方法。它是根据所要求的性能指标以及过程的脉冲传递函数,直接设计出数字控制器。这种设计方法目前正在大力探讨和发展。另外,还讲述了快速对象的最少拍控制系统的设计以及具有大惯性、纯滞后被控对象的慢速系统的设计,对一些有效的预估控制决策进行了探讨。第8章介绍数字控制器的实现问题,根据实现方框图,可以编写控制程序。第8章的内容,是学习第9章内容的基础。第9章讲述计算机控制系统的状态空间分析方法和有限拍系统设计。之所以将计算机控制系统的状态空间分析和设计方法单独成立一章,是为教学内容取舍提供方便。

本书是在作者原编著出版的《计算机控制系统》一书基础上,根据多年的教学经验,参考国内外的相关优秀教材编著而成。书中反映了当前计算机控制系统的发展状况,讲述主要基础知识。全书例题大部分采用 MATLAB 仿真和计算,具有新颖的解题、设计思路。适合于 40~50 学时的教学。

本书初稿经由北京航空航天大学李行善教授审阅,提出了许多宝贵的修改和补充建议。在此表示衷心地感谢。青年教师徐胜军、研究生高岩、柳春平、安坤、毛建东、李惠君、李旭芳对书稿进行了多次校对,信控学院副院长嵇启春对本书的编写也给予了大力支持,在此一并致谢。

由于作者知识水平有限,书中难免有不妥之处,诚请读者批评指正。

席爱氏

于西安建筑科技大学

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 概述.....	1
1.1.1 计算机控制系统.....	1
1.1.2 计算机控制系统组成.....	2
1.2 计算机控制系统的类型、特点.....	4
1.2.1 计算机控制系统的类型.....	4
1.2.2 计算机控制系统的主要特点.....	8
1.3 计算机控制系统的发展概况及趋势.....	8
1.4 计算机控制理论的发展.....	11
习题.....	14
<b>第 2 章 计算机控制系统的信号特征</b> .....	15
2.1 信息变换原理.....	15
2.1.1 数字控制系统方框图及系统信息.....	15
2.1.2 采样过程及理想采样信号的特征.....	16
2.1.3 采样定理.....	22
2.2 采样信号的恢复与保持器.....	25
2.2.1 理想滤波器.....	26
2.2.2 零阶保持器.....	27
2.2.3 一阶保持器.....	30
习题.....	33
<b>第 3 章 Z 变换</b> .....	35
3.1 Z 变换定义.....	35
3.1.1 Z 变换定义及表达式.....	35
3.1.2 简单函数的 Z 变换.....	37
3.2 Z 变换的重要性质和定理.....	41
3.3 Z 反变换.....	49
3.3.1 幂级数展开法.....	50
3.3.2 部分分式法.....	51
3.3.3 反演积分法(留数法).....	56
习题.....	59

<b>第 4 章 计算机控制系统的数学描述及脉冲传递函数</b> .....	61
4.1 离散系统 .....	61
4.2 差分方程 .....	62
4.2.1 线性常系数差分方程 .....	62
4.2.2 差分方程求解 .....	63
4.3 脉冲传递函数( $z$ 传递函数) .....	68
4.3.1 脉冲传递函数的定义 .....	69
4.3.2 脉冲传递函数的求取 .....	69
4.4 计算机控制系统脉冲传递函数及系统方框图变换方法 .....	72
4.4.1 计算机控制系统脉冲传递函数 .....	72
4.4.2 计算机控制系统方框图分析 .....	78
习题 .....	83
<b>第 5 章 计算机控制系统特性分析</b> .....	86
5.1 计算机控制系统稳定性分析 .....	86
5.1.1 连续系统稳定性及稳定条件 .....	86
5.1.2 $s$ 平面与 $z$ 平面的映射关系 .....	87
5.1.3 计算机控制系统的稳定性 .....	88
5.2 计算机控制系统的稳定性判定方法 .....	92
5.2.1 通过双线性变换进行稳定性分析 .....	92
5.2.2 朱里(Jury)稳定性准则 .....	96
5.2.3 采样周期对闭环系统稳定性的影响 .....	100
5.3 计算机控制系统动态过程 .....	101
5.3.1 闭环离散系统的暂态响应 .....	102
5.3.2 修正 $Z$ 变换 .....	106
5.3.3 含有滞后环节的计算机控制系统的输出响应 .....	110
5.3.4 利用修正 $Z$ 变换求采样点之间的信息 .....	112
5.4 计算机控制系统的稳态误差分析 .....	115
5.4.1 计算机控制系统的稳态误差与稳态误差系数 .....	115
5.4.2 计算机控制系统对干扰输入作用的响应 .....	120
习题 .....	122
<b>第 6 章 计算机控制系统连续域-离散化设计方法</b> .....	125
6.1 连续域-离散化设计的基本原理 .....	126
6.2 连续控制器的离散化方法 .....	127
6.2.1 后向差分法 .....	128
6.2.2 前向差分法 .....	130

6.2.3	双线性变换法	132
6.2.4	具有频率预畸的双线性变换法	134
6.2.5	脉冲响应不变法	138
6.2.6	阶跃响应不变法	139
6.2.7	匹配零、极点映射法	140
6.3	数字 PID 控制器设计	145
6.3.1	典型 PID 控制	145
6.3.2	数字 PID 控制器参数的整定	152
6.3.3	数字 PID 控制器算法的改进	155
	习题	158
<b>第 7 章</b>	<b>计算机控制系统的直接设计方法</b>	<b>161</b>
7.1	最少拍数字控制器设计方法	162
7.1.1	控制量初值不加规定的最少拍数字控制器设计	162
7.1.2	规定控制量的最少拍数字控制器设计	169
7.2	最少拍数字控制器的一般设计方法	173
7.2.1	最少拍有纹波系统确定闭环脉冲传递函数 $\Phi(z)$ 的一般方法	173
7.2.2	最少拍无纹波系统设计	179
7.3	纯滞后系统数字控制器的设计(Dahlin 算法)	183
7.3.1	数字控制器 $D(z)$ 的形式	183
7.3.2	振铃现象及其消除	185
7.3.3	具有纯滞后系统数字控制器直接设计的步骤	190
7.4	施密斯(Smith)预估补偿算法	190
7.5	滞后过程的预估控制系统设计	193
	习题	197
<b>第 8 章</b>	<b>数字控制器的实现</b>	<b>199</b>
8.1	直接结构法	199
8.1.1	直接程序法	199
8.1.2	标准程序法	200
8.2	间接结构法	202
8.2.1	串联程序法	202
8.2.2	并联程序法	203
8.2.3	梯形程序法	204
8.3	无限脉冲响应数字控制器和有限脉冲响应数字控制器	208
8.3.1	无限脉冲响应数字控制器	208
8.3.2	有限脉冲响应数字控制器	209



8.3.3 有限脉冲响应数字控制器的实现	209
习题	213
<b>第 9 章 线性离散系统的离散状态空间分析、设计方法</b>	<b>215</b>
9.1 线性离散系统的离散状态空间分析方法	215
9.1.1 线性离散系统的离散状态空间表达式	215
9.1.2 由差分方程导出离散状态空间表达式	216
9.1.3 线性离散系统状态方程的求解	222
9.1.4 线性离散系统的 $z$ 传递矩阵	225
9.1.5 线性离散系统的 $z$ 特征方程	227
9.1.6 计算机控制系统的离散状态空间表达式	230
9.1.7 用离散状态空间法分析系统的稳定性	234
9.2 线性系统离散状态空间设计方法	236
9.2.1 离散系统的能控性和能观测性	236
9.2.2 离散状态空间有限拍系统设计方法	242
习题	253
<b>参考文献</b>	<b>256</b>

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 概 述

计算机具有信息存储记忆、逻辑判断推理和快速数值计算功能，是一种强大的信息处理工具，其应用已经渗透到人类活动的各个领域，强有力地推动着技术与科学的全面进步。随着计算机技术的迅猛发展，计算机在工业控制中的应用也越来越广泛。如今计算机控制已广泛应用于各行各业技术工程和各类工业生产制造过程的控制中。人们在计算机控制推广应用的技术实践中不断总结、创新，完善了计算控制系统的分析设计理论和方法，促进了工程实现技术的不断发展，目前，计算机控制已经成为以控制理论和计算机技术为基础的一门新的工程科学技术，是从事自动化技术工作的科技人员必须掌握的一门专业知识。本书将侧重系统讲述有关计算机控制系统的分析及设计的基本理论和方法，以及一些较为实用的计算机先进控制算法。

本章将概述计算机控制系统的组成、类型、特点、任务以及计算机控制的发展概况及趋势，并了解计算机控制系统理论的发展过程，明确进一步学习的方向。

### 1.1.1 计算机控制系统

典型计算机反馈控制系统如图 1.1 所示。过程输出  $c(t)$  是连续时间信号，输出信号通过 A/D 转换器，转换成数字信号。系统给定值  $r(t)$  经 A/D 转换器转换成数字信号，与反馈值比较得出误差信号  $e(kT)$ ， $e(kT)$  在计算机内部使用一种算法进行处理，输出数字信号，经 D/A 转换器转换成离散序列信号  $u(kT)$ ，该信号经保持器输出连续信号  $u(t)$ ，然后送到被控对象上。数字计算机顺序操作，每一步操作都需要一定的时间。在采样点之间，保持器的输出保持为常数，系统开环运行。要求系统的输出  $c(t)$  与给定值  $r(t)$  保持一致。

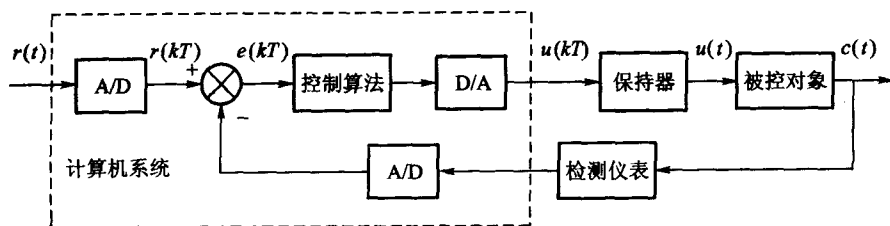


图 1.1 典型计算机反馈控制系统

由上面的分析可见，系统中存在着两种截然不同的信号，即模拟连续信号及数字离散信号。因而对于计算机控制系统的分析和设计就不能完全采用连续控制理论，需要有相应的离散控制理论与之相适应。不同类型信号混合的分析有时是困难的，然而，在大多数的情况下，描述系统在采样点上的表现就足够了。

### 1.1.2 计算机控制系统组成

由上可知，计算机是计算机控制系统中的核心装置，是系统中信号处理和决策的机构，它相当于控制系统的神经中枢。计算机控制系统是由硬件和软件两部分组成的。

#### 1. 硬件组成

计算机控制系统的硬件主要由主机、外部设备、过程输入输出设备和被控对象组成，如图 1.2 所示。

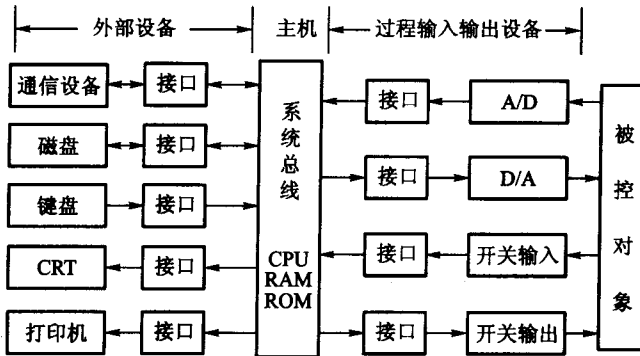


图 1.2 计算机控制系统的硬件组成框图

现分述如下：

#### (1) 主机

由中央处理器(CPU)和内存储器(RAM 和 ROM)通过系统总线连接的主机是计算机的核心，也是整个控制系统的核心。它按照预先存放在内存中的程序、指令，不断通过过程输入设备获取反映被控对象运行工况的信息，并按程序中规定的控制算法，或操作人员通过键盘输入的操作命令自动地进行运算和判断，及时地产生并通过过程输出设备向被控对象发出相应控制命令，以实现对被控对象的自动控制目标。

#### (2) 外部设备

常用的外部设备有 4 类：输入设备、输出设备、外存储器和通信设备。  
输入设备：常用的是键盘，用来输入(或修改)程序、数据和操作命令。

输出设备：通常有打印机、CRT 显示器等，它们以字符、曲线、表格、图形等形式来反映被控对象的运行工况和有关控制信息。

外存储器：通常是磁盘(包括硬盘和软盘)。它们兼有输入和输出两种功能，用来存放程序和数据，作为内存存储器的后备存储器。

通信设备：用来与其他相关计算机控制系统或计算机管理系统进行联网通信，形成规模更大、功能更强的网络分布式计算机控制系统。

以上这些常规的外部设备通过接口与主机连接便构成具有科学计算和信息处理功能的通用计算机，但是这样的计算机不能直接用于控制。如果用于控制，还需要配备过程输入输出设备构成计算机控制系统。

### (3) 过程输入输出设备

过程输入输出(简称 I/O)设备是计算机与被控对象之间信息联系的桥梁和纽带，计算机与被控对象之间的信息传递都是通过 I/O 设备进行的。I/O 设备分为过程输入设备和过程输出设备。

① 过程输入设备：包括模拟输入通道(简称 A/D 通道)和开关量输入通道(简称 DI 通道)，分别用来将测量仪表测得的被控对象各种参数的模拟信号和反映被控对象状态的开关量或数字信号输入计算机。

② 过程输出设备：包括模拟输出通道(简称 D/A 通道)和开关量输出通道(简称 DO 通道)。D/A 通道将计算机产生的数字控制信号转换为模拟信号，再经保持器后输出，驱动执行装置对被控对象实施控制；DO 通道将计算机产生的开关量控制命令直接输出驱动相应的开关动作。

### (4) 被控对象

一般来说，被控对象是连续模拟环节，而计算机输出数字信号，该信号经 D/A 转换、保持器后成为连续信号，加到被控对象上。在以后的分析中，我们将保持器、执行机构以及被控对象看作一个整体，称为广义被控对象。

## 2. 软件组成

上述硬件构成的计算机控制系统只是一个硬件系统，还必须配备相应的软件系统才能实现预期的各种自动化功能。软件是计算机工作程序的统称，软件系统亦即程序系统，是实现预期信息处理功能的各种程序的集合。计算机控制系统的软件系统的优劣不仅关系到硬件功能的发挥，而且也关系到控制系统的控制品质和操作管理水平。计算机控制系统的软件通常由系统软件和应用软件两大软件组成。

### (1) 系统软件

系统软件即计算机通用性软件，主要包括数据结构、操作系统、数据库系统和一些公共服务软件(如各种计算机语言编译、程序诊断以及网络通信等软件)。系统软件通常由计算机厂家和软件公司研制，可以从市场上购置。计算机

控制系统设计人员一般没有必要研制系统软件，但是需要了解和学会使用系统软件，以便更好地开发应用软件。

## (2) 应用软件

应用软件是计算机在系统软件支持下实现各种应用功能的专用程序。计算机控制系统的应用软件一般包括控制程序，过程输入输出接口程序，人机接口程序，显示、打印、报警和故障联锁程序等。其中控制程序用来执行预先设计的控制算法，它的优劣直接影响控制系统品质；过程输入输出接口程序与过程输入输出通道硬件相配合，实现计算机与被控对象之间的数据信息传递，一方面为控制程序提供反映被控对象运行工况的数据；另一方面又将控制程序运行结果所产生的控制信号送出驱动执行装置。一般情况下，应用软件由计算机控制系统设计人员根据所确定的硬件系统和软件环境来开发编写。

应当指出，计算机控制系统中的控制计算机(简称控制机或工控机)跟通常用作信息处理的通用计算机(如 PC 机)，不仅在结构上而且在技术性能方面都有较大差别。由于控制机要对被控对象进行实时控制和监视，需要不间断长期可靠地工作，而且其工作环境一般都较恶劣，所以控制机不仅需要配置过程输入输出设备实现与被控对象之间的信息联系，而且还必须具有实时响应能力和很强的抗干扰能力以及很高的可靠性。控制机可靠性一般要求整机系统及其功能模板的平均无故障时间 MTBF(Mean Time Between Failures)，分别为 1 年和 10 年以上，因此，控制机通常都是由专门厂家按照其技术性能要求采用模块化、标准化、系列化设计生产制造的，或是选用专门厂家生产的控制机系列的功能模板和部件，通过组装构成。控制机的实时响应能力是指计算机中信号的一次输入、运算和输出能在规定的很短时间内完成，并且能够根据被控对象的参数变化及时地做出相应处理的能力。控制机实时响应能力不仅与计算机硬件性能指标有关，而且更多地取决于系统软件和应用软件。因此，在选用系统软件和编写应用软件时，应该考虑到对软件的实时性要求，并设法提高应用软件的质量，减少程序的计算和执行时间。

## 1.2 计算机控制系统的类型、特点

### 1.2.1 计算机控制系统的类型

计算机控制系统利用其中计算机强大灵活的信息处理功能，不仅可以实现图 1.1 所示的反馈控制功能，而且还可以实现其他多种自动化功能。比如，监测与操作指导、直接数字控制、顺序控制、监督控制以及控制管理集成等功能。如果计算机控制系统按照其功能或工作任务分类，可以分为以下几种

类型。

### 1. 计算机监测与操作指导系统

计算机监测与操作指导系统的结构如图 1.3 所示。这种系统常用于生产过程控制的基本功能是监测与操作指导。监测是由计算机通过输入通道 A/D 接口构成的外围设备,实时地采集被控对象运行参数,经适当运行处理(如数字滤波、非线性补偿、误差修正、量程转换等)后,以数字图表或图形曲线等形式,通过 CRT 实时显示,向操作人员提供全面反映被控对象运行工况的信

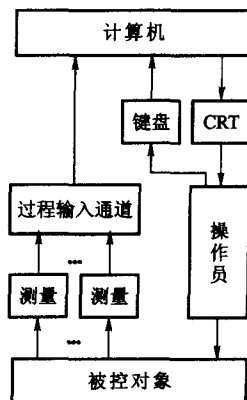


图 1.3 计算机监测与操作指导系统

息,使操作人员能够对被控对象运行工况全面监视。当被控对象运行中,某些重要参数偏离正常值范围时,计算机发出报警信号,提醒操作人员进行紧急操作,以确保被控对象安全正常工作。计算机实时显示被控对象运行工况的信息,同时还通过 CRT 给出操作指导信息,供操作人员参考。计算机给出的操作指导信息有两种,一种是计算机按照预先建立的数学模型和控制优化算法,通过计算给出的相应控制命令由 CRT 显示输出,控制命令执行与否由操作人员凭经验抉择;另一种是计算机按照预先存放在特定工况下的操作方法顺序,再根据被控对象实际工况和流程,逐条输出操作信息,用以指导操作。

### 2. 计算机直接数字控制系统

计算机直接数字控制系统,简称 DDC(Direct Digital Control)系统,是指用计算机代替常规模拟控制器,直接对被控对象进行控制的系统。其中 DDC 反馈系统结构如图 1.1 所示。DDC 系统利用计算机强有力的数值计算和逻辑判断推理能力,通过软件不仅可以实现常规的反馈控制、前馈控制以及串级控制等控制方案,而且可以方便灵活地实现模拟控制器难以实现的各种先进复杂的控制律,如最优控制、自适应控制、多变量控制、模型预测控制以及智能控制等,从而可以获得更好的控制性能。

DDC 系统是最重要的一类计算机控制系统,通常它能直接影响控制目标的实现。DDC 系统性能的优劣不仅跟计算机硬件和软件技术有关,而且更主要的是它涉及很多控制理论问题。正因为如此,DDC 系统被列为本书的主要研究对象。需要指出,DDC 系统在系统结构上,可以说同模拟控制系统没有什么本质性的区别,只是用计算机的数值计算替代模拟电子线路来实现各种控制律而已,但是,就系统中信号的类型而言,DDC 系统和模拟控制系统却有着很大差别。模拟控制系统是连续系统,系统中只有一种类型的信号,即连续时间信号(简称连续信号),而 DDC 系统则是混合系统,系统中既有连续信号又有离散信号

(即离散时间信号),同时存在这两种类型的信号,其他类型的计算机控制系统也是如此。由此决定了处理模拟控制系统数学描述、分析和设计的理论与方法不能直接用于计算机控制系统。计算机控制系统需要另有与之相对应的理论和方法来处理。关于如何处理计算机控制系统的数学描述、分析和设计问题的理论与方法,正是本书后面要讲述的主要内容。

### 3. 计算机顺序控制系统

这种系统中,计算机根据被控对象运行状态,严格按照预定的时间先后顺序或逻辑顺序产生相应的操作命令,并以开关量形式输出,使被控对象各个环节或部件按照预定的规则顺序协调动作来完成相应的生产加工任务。这种系统常用于机械加工过程和连续生产过程中的启动、停止以及故障联锁保护阶段,数控机床就是一种典型的计算机顺序控制系统。市面上出售的各种类型可编程控制器,又称 PLC(Programming Logical Controller)就是专门用于顺序控制系统的控制计算机。

### 4. 计算机监督控制系统

计算机监督控制系统简称 SCC(Supervisory Computer Control)系统,是由 DDC 系统加监督级构成的,其结构如图 1.4 所示。监督计算机根据反映被控对象运行工况的数据和预先给定的数学模型及性能目标函数,按照预先确定的优化算法或监督规则,通过相应计算机的计算和推理判断,为 DDC 系统提供最优设定值,或修改 DDC 系统控制规律中的某些参数或某些控制约束条件等,使控制系统整体性能指标更好,工作更可靠。在小规模计算机控制系统中监督级功能也可用 DDC 级同一台计算机通过软件来实现。

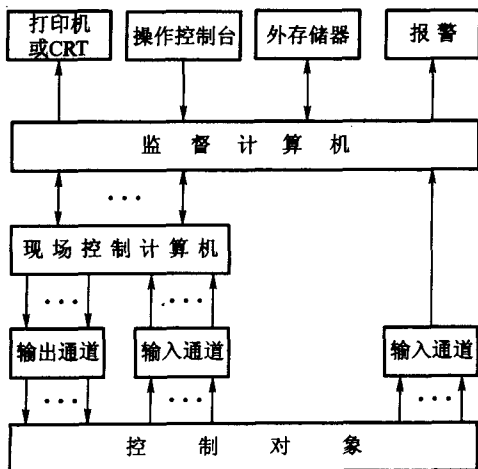


图 1.4 计算机监督控制系统

## 5. 集散型控制系统

集散型控制系统又称为分散控制系统，简称 DCS(Distributed Control System)，其结构如图 1.5 所示。

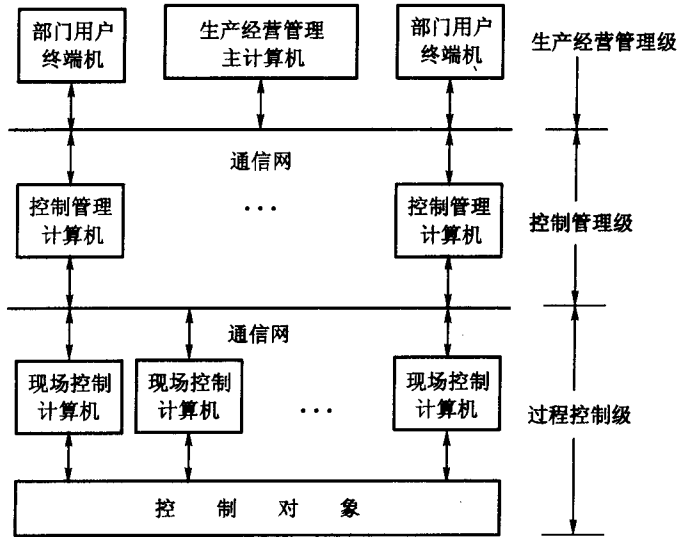


图 1.5 DCS 控制系统

该系统是运用计算机通信技术，由多台计算机通过通信网互相连接而成的控制系统，因而它具有网络分布结构。

DCS 采用分散控制、集中管理、分而自治和综合协调的设计思想，将工业企业的生产过程控制、监督、协调与各项生产经营管理工作融为一体，由 DCS 中各子系统协调有序地进行，从而实现管理、控制一体化。系统功能自下而上分为过程控制级(或装置级)、控制管理级(或车间级)、生产经营管理级(或企业级)等，每级由一台或数台计算机构成，各级之间通过通信网连接。其中过程控制级由若干现场控制计算机(又称现场控制单元/站)对各个生产装置直接进行数据采集和控制，实现数据采集和 DDC 功能；控制管理级对各个现场控制计算机的工作进行监督、协调和优化；生产经营管理级执行对全厂各个生产管理部门监督、协调和综合优化管理，主要包括生产调度、各种计划管理、辅助决策以及生产经营活动信息数据的统计和综合分析等。

DCS 具有整体安全性，可靠性高；系统功能丰富多样；系统设计、安装、维护、扩展方便灵活；生产经营活动的信息数据获取、传递和处理快捷及时；操作、监视简便等优点，可以实现工业企业管理、控制一体化，提高工业企业的综合自动化水平，增强生产经营的灵活性和综合管理的动态优化能力，从而



可以使工业企业获取更大的经济和社会效益。

DCS自20世纪70年代中期出现以来,其技术和应用发展很快,如今已成为计算机工业控制系统的主流,也代表了今后工业企业综合自动化的发展方向。自20世纪70年代中期以来,许多国外仪表公司已陆续推出了各种类型的DCS产品,如美国Honeywell公司的DTCS3000, Foxboro公司的SPECTRUM,日本横河公司的CENTUM-XL都是较为典型的具有控制管理集成功能的DCS产品。我国十多年来已有很多石化、冶金、电力等大、中型企业先后引进了DCS,并获得了成功的应用。

### 1.2.2 计算机控制系统的主要特点

计算机控制相对于模拟控制的主要特点可以归纳为:

① 计算机控制利用计算机的存储记忆、数字运算和CRT显示功能,可以同时实现模拟变送器、控制器、指示器、手操作器以及记录仪等多种模拟仪表的功能,并且便于监视和操作。

② 计算机控制利用计算机快速运算能力,通过分时工作可以用一台计算机同时控制多个回路;并且还可以同时实现DDC、顺序控制、监督控制等多种控制功能。

③ 计算机控制利用计算机强大的信息处理能力,可以实现模拟控制难以实现的各种先进复杂的控制策略,如最优控制、自适应控制、多变量控制、模型预测控制以及智能控制等,从而不仅可以获得更好的控制性能,而且还可实现对于难以控制的复杂被控对象(如多变量系统、大滞后系统以及某些时变系统和非线性系统等)的有效控制。

④ 计算机控制系统调试、整定灵活方便,系统控制方案、控制策略以及控制算法及其参数的改变和整定,只通过修改软件和键盘操作即可实现,不需要更换或变动任何硬件。

⑤ 利用网络分布结构可以构成计算机控制、管理集成系统,即DCS,实现工业生产与经营的管理、控制一体化,大大提高了工业企业的综合自动化水平。

⑥ 计算机控制系统中同时存在连续型和离散型两类信号,系统中必有A/D和D/A转换器实现连续信号与离散信号相互转换。连续系统控制理论不能直接用于计算机控制系统分析和设计。

## 1.3 计算机控制系统的发展概况及趋势

计算机控制的发展同计算机本身的发展有着紧密的联系,计算机每更新换代一次,计算机控制就前进一步,上一个新台阶。