



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

WEIXING JISUANJI KONGZHI JISHU

微型计算机控制技术

(第4版)

杨根科 谢剑英 编著

· 检测 · 计算 · 控制 · 通信 · 管理

国家级规划教材；作者权威，学术领先；

全国优秀出版社倾力打造



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十一五”

微型计算机控制技术

(第4版)

杨根科 谢剑英 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书对计算机在工业控制系统应用中的基本理论和应用技术做了较全面系统、深入浅出的介绍。全书共 11 章,主要内容包括:计算机控制系统的一般概念、组成和典型工业应用,以及技术发展;计算机控制系统输入/输出接口技术;计算机控制系统的过程通道中关键模块工作原理,特别详述了模/数、数/模转换技术、过程通道的抗干扰技术;开环控制为主要特征的可编程控制器应用、数值控制中的插补技术和步进电机的控制;数字 PID 控制算法和基于开环闭环响应的参数整定方法;数字控制系统的直接控制器设计方法,特别考虑一定鲁棒性的设计方法;模型预测控制算法的原理和应用;计算机控制系统设计的基本要求、特点、一般步骤和设计案例;计算机分布式控制系统和先进控制在分布式控制系统中的应用;现场总线知识、网络化控制技术和在工业控制中的应用;工业控制系统的软件设计方法。书中有适量工程应用实例、习题和思考题。

本书可作为高等学校自动化、电气工程、信息工程、仪器仪表、计算机应用等专业教材,也适合机械工程、动力工程、化工生产、制药工程等广泛采用计算机控制技术的专业选修。还可供从事计算机应用、自动化控制、工业现场总线和分布式控制系统的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机控制技术/杨根科,谢剑英编著. —4
版. —北京:国防工业出版社,2016.5
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-118-10580-3

I. ①微… II. ①杨… ②谢… III. ①微型计算机—
计算机控制—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 126350 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24 字数 553 千字

2016 年 5 月第 4 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 59.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

本教材系普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本版本是在《微型计算机控制技术(第3版)》(谢剑英主编)的基础上,由上海交通大学杨根科、谢剑英再次修订编著。本次修订基本遵循了原有的课程内容安排,对少部分章节做了调整,并对全书内容进行了全面的修正、调整、删减和增补。

本教材较系统地介绍了计算机控制系统的基础知识和应用技术。全书共11章,分为三大模块:过程通道模块、控制模块和网络与应用模块。

过程通道模块中:第1章介绍了计算机控制系统的一般概念、结构和在工业生产过程的典型应用;第2章回顾了计算机系统的键盘、显示器和打印机等通用输入输出接口技术;第3章重点介绍了计算机控制系统的过程通道、模/数和数/模转换原理、典型芯片接口技术以及过程通道的抗干扰技术等。

控制模块包含数字控制系统的典型控制器、执行机构和数字控制理论,是本课程核心内容。其中:第4章以开环顺序控制为背景,重点介绍了顺序控制的可编程控制器、数值控制中的二维轨迹的插补问题以及步进电机的控制方法;第5章介绍了数字PID控制的参数整定方法以及修正算法等;第6章介绍了数字控制系统的直接设计方法,本章重点介绍无差拍最小拍控制器设计、最小拍随动系统控制器设计和最少拍无纹波随动系统控制器设计,以及非无差拍的惯性因子法、非最少拍的有限拍控制以及经验式的达林算法;第7章介绍了适用于工业控制的一类先进控制算法——预测控制,重点介绍了动态矩阵控制方法,并讨论了动态矩阵控制的改进和模型算法控制等。

其他部分为网络与应用模块。第8章介绍了计算机控制系统设计的基本要求和步骤,并通过具体实例说明设计过程;第9章介绍了分布式控制系统特点与应用;第10章介绍了工业网络化控制技术与应用;第11章介绍了工业控制系统的软件技术与应用。

其中第10章和11章是新内容,第3章~第8章做了重大改动,其他章节也做了相应校正。

本教材按照3或4学分设计教学内容,并建议配合实验加深对理论知识的理解和应用技术的掌握。

参与本书改编和课程教学的还有苏剑波、卢俊国、王贺升、琚长江和潘常春等,在此对本单位同事们和家人的支持一并致谢。

鉴于计算机、网络和自动化技术的飞速发展,书中难免有疏漏之处,敬请广大读者指正。

编著者于上海交通大学
2016年3月

目 录

第 1 章 计算机控制系统概述	1
1.1 计算机控制的概念	2
1.2 计算机控制系统的组成	4
1.2.1 计算机控制系统的硬件	4
1.2.2 计算机控制系统的软件	6
1.2.3 计算机控制系统的网络结构	6
1.3 计算机在工业控制中的典型应用	7
1.3.1 数据采集和监视系统	7
1.3.2 直接数字控制系统	8
1.3.3 监督控制系统	8
1.3.4 分布式控制系统	9
1.3.5 工业网络化控制技术	9
1.4 典型工业受控对象	9
1.5 国内外主要计算机控制设备介绍	10
第 2 章 基本通用接口技术	12
2.1 通用输入输出接口	12
2.1.1 基本可编程并行接口	12
2.1.2 通用可编程串行接口	14
2.2 人机交互设备与计算机的接口	15
2.2.1 键盘和显示器的基本结构和工作原理	15
2.2.2 键盘、静态显示器和单片机串行接口	17
2.2.3 键盘、动态显示器和单片机串行接口	19
2.2.4 键盘、显示器和单片机并行接口	22
2.2.5 微型计算机与 CRT 显示器接口	26
2.3 打印机、MODEM 与微型计算机的接口	29
2.3.1 打印机串行接口	29
2.3.2 打印机并行接口	31
2.3.3 微型计算机与 MODEM 接口	33
习题与思考题	34
第 3 章 过程通道和数据采集系统	35
3.1 概述	35

3.1.1	过程通道的组成和功用	35
3.1.2	信号转换中的采样、量化和编码	36
3.1.3	TTL 和 CMOS 电路	39
3.2	模拟量输入通道	39
3.2.1	模拟量输入通道的一般组成	39
3.2.2	多路转换器	40
3.2.3	可编程序放大器	42
3.2.4	采样与保持器	43
3.3	D/A 与 A/D 转换技术	45
3.3.1	D/A 转换原理	45
3.3.2	A/D 转换原理	46
3.3.3	A/D 与 D/A 转换器的主要技术指标	48
3.4	单片 A/D 转换器及其与微处理器的接口	51
3.4.1	8 位 A/D 转换器及其接口	51
3.4.2	12 位 A/D 转换器及其接口	54
3.5	数据采集系统	55
3.5.1	数据采集系统的结构方案	55
3.5.2	数据采集系统实例	56
3.6	模拟量输出通道	60
3.6.1	多路模拟量输出通道的结构形式	60
3.6.2	8 位 D/A 转换器及其接口	61
3.6.3	12 位 D/A 转换器及其接口	63
3.6.4	双极性模拟量输出的实现	64
3.7	过程通道的抗干扰措施	66
3.7.1	干扰的来源和干扰的分类	66
3.7.2	常态干扰的抑制	70
3.7.3	共模干扰的抑制	71
3.7.4	其他抗干扰措施	72
3.8	小结	79
	习题与思考题	80
第 4 章	程序控制和数值控制	81
4.1	顺序控制器	81
4.1.1	专用计算机顺序控制器	82
4.1.2	可编程逻辑控制器	90
4.2	开环数值控制	107
4.2.1	数值控制的基本原理	107
4.2.2	逐点比较法插补原理	109
4.3	步进电机的控制	123

4.3.1	步进电机的工作方式	124
4.3.2	步进电机的脉冲分配程序	125
4.3.3	步进电机的速度控制程序	128
4.4	小结	131
	习题与思考题	131
第5章	数字PID控制算法	132
5.1	准连续PID控制算法	132
5.1.1	模拟PID调节器	132
5.1.2	数字PID控制算法	134
5.2	对标准PID算法的改进	136
5.2.1	“饱和”作用的抑制	136
5.2.2	干扰的抑制	141
5.2.3	对标准PID算法的改进	143
5.2.4	基于模型的PID算法的改进	144
5.3	PID调节器参数选择	146
5.3.1	凑试法确定PID调节参数	146
5.3.2	实验经验法确定PID调节参数	147
5.3.3	采样周期的选择	149
5.4	应用实例	152
5.4.1	控制系统简介	152
5.4.2	控制系统设计	154
5.4.3	专家自整定PID	155
5.5	小结	155
	习题与思考题	156
第6章	数字控制器的直接设计方法	157
6.1	参数优化的低阶控制算法	158
6.2	最少拍数字控制器设计	160
6.3	最少拍随动系统的设计	162
6.3.1	最少拍系统的稳定性设计	162
6.3.2	最少拍随动系统的局限性	168
6.4	最少拍无纹波随动系统的设计	171
6.5	惯性因子法	173
6.6	非最少的有限拍控制	176
6.7	达林算法	177
6.8	小结	181
	习题与思考题	181

第7章 模型预测控制算法	183
7.1 概述	183
7.2 动态矩阵控制	185
7.2.1 动态矩阵控制的原理和算法	185
7.2.2 设计参数的选择	192
7.3 动态矩阵控制算法的讨论	196
7.3.1 时滞对象的动态矩阵控制	197
7.3.2 带有前馈的动态矩阵控制	198
7.3.3 动态矩阵-PID 串级控制	200
7.3.4 有约束时的动态矩阵控制算法	203
7.4 多变量系统的动态矩阵控制	207
7.4.1 多变量系统的动态矩阵控制算法	207
7.4.2 多变量系统的动态矩阵建模	210
7.5 模型算法控制	212
7.5.1 模型算法控制的基本原理	212
7.5.2 模型算法控制的一步优化算法和多步优化算法	216
7.6 应用实例	219
7.7 小结	221
习题与思考题	222
第8章 计算机控制系统设计	223
8.1 计算机控制系统设计的基本要求和特点	223
8.1.1 系统设计的基本要求	223
8.1.2 系统设计的特点	225
8.2 计算机控制系统设计的一般步骤	225
8.2.1 确定控制任务与系统整体方案	226
8.2.2 选择微处理器和外围设备	226
8.2.3 建模和控制算法确定	227
8.2.4 系统总体方案设计	227
8.2.5 硬件和软件的具体设计	228
8.3 计算机控制系统设计	229
8.3.1 系统的选择和配置	229
8.3.2 总线负载的考虑	230
8.3.3 专用微型计算机系统设计	233
8.4 工业控制系统设计实例	235
8.4.1 温度仪表控制系统	235
8.4.2 锅炉计算机控制系统设计	245
8.4.3 啤酒发酵控制系统设计	249

8.4.4	ControlLogix 在转炉控制中的应用	253
8.5	小结	257
	习题与思考题	257
第9章	分布式计算机控制系统	258
9.1	概述	258
9.1.1	分布式控制系统概念	258
9.1.2	各类控制系统的特点与比较	259
9.1.3	分布式计算机控制的发展	261
9.1.4	分布式控制系统的组成及体系结构	262
9.2	分布式控制的技术发展	265
9.2.1	分布式控制系统的硬件和软件的发展	266
9.2.2	分布式计算机控制系统网络体系的发展	268
9.2.3	现场总线技术和智能化仪表的发展	269
9.3	分布式计算机控制系统的基本控制器	272
9.4	分布式计算机控制系统和先进控制	275
9.4.1	控制系统的功能层次结构	275
9.4.2	先进控制	278
9.4.3	先进控制技术的应用	286
9.5	分布式计算机控制系统的应用	288
9.5.1	分布式控制系统在水和水处理方面的应用	288
9.5.2	分布式控制系统在轨道交通自动化方面的应用	291
9.6	小结	293
	习题与思考题	293
第10章	工业网络化控制技术及应用	294
10.1	概述	294
10.2	现场总线概述	296
10.2.1	现场总线原理和发展概况	296
10.2.2	现场总线的实质	297
10.2.3	现场总线的结构	299
10.2.4	几种典型的现场总线	301
10.3	工业以太网概述	319
10.3.1	工业以太网概述	319
10.3.2	几种典型的工业以太网	322
10.4	工业网络化控制系统体系结构	333
	习题与思考题	334
第11章	计算机控制系统软件技术及应用	335
11.1	计算机控制系统软件概述	335

11.1.1	计算机控制系统软件组成简介	336
11.1.2	软件工程设计方法	336
11.2	工业控制软件介绍	345
11.2.1	现场控制软件	345
11.2.2	过程监控软件	349
11.2.3	系统管理软件	351
11.3	组态软件设计概述	354
11.3.1	组态软件的基本功能	355
11.3.2	组态软件的主要特点	355
11.3.3	组态软件的组成结构	355
11.3.4	组态软件国内外产品介绍	356
11.3.5	组态软件程序设计	358
11.4	控制系统软件在水处理中的应用案例	362
11.5	小结	365
	习题与思考题	365
	附录 采样系统的 Z 变换	366
	参考文献	372

第1章 计算机控制系统概述

计算机的发展正迅速渗透各行各业,其迅猛和普及之势是许多人始料不及的。计算机的发展同时又以网络化、模块化和微型化为特征,为其应用开辟了无限广阔的前景。计算机解放了人类的智力,提高了人类的能力和工作效率。计算机在工业领域正成为不可缺少和不可替代的强有力的控制工具。由于计算机控制系统的应用,许多传统的控制结构和方法被替代,工厂的信息利用率大大提高,控制质量也更趋优良和稳定。计算机的发展也推动了自动控制理论和应用的发展。

现在,由于计算机的微型化、网络化、性能价格比的上升和软件功能的日益强大,计算机控制系统不再是一种昂贵的系统,它几乎可以出现在任何场合:实时控制、监控、数据采集、信息处理、数据管理等等。

科学技术的发展、人类面临的有限资源的利用和对环保的日益重视、生产规模的扩大和相关工艺的复杂性,使得自动化和先进控制方法成为必不可少。常规的经典控制理论在解决简单的自动控制系统设计和应用方面是强有力的工具,并一直发挥着很大的作用。目前,由于此方面的控制理论、控制模式和研究已经达到相当成熟的程度,它在许多工业和生产部门起着非常大的作用,并形成了标准化和系列化的产品。但是,由于生产工艺的复杂性和人们对控制品质的追求,简单的控制理论有时无法解决复杂的控制问题,如对有系统约束、多变量耦合等对象特征及系统优化、自适应等控制要求,常规算法往往无能为力。

计算机的应用促进了控制理论的发展,使得复杂的控制策略或算法的实时实现成为可能。先进控制的理论和计算机技术的发展推动了工业控制的微型化、智能化、网络化和先进控制理论的应用。同时,成功的应用也促进了控制理论的持续和深入的开展。因此,计算机在工业生产和理论研究中发挥的作用是无法估量的。

计算机在工业自动化领域中的应用,经历了逐步发展到快速成长的过程。20世纪50年代初,首先在化工生产中实现了计算机的自动测量和数据处理。1954年人们开始在工厂实现计算机的开环控制。1959年在美国的一个炼油厂实现了工业控制中的第一个计算机闭环控制系统。1960年还是在美国的一个合成氨厂采用RW-300计算机系统实现了计算机监督控制。1963年在英国的一个化工厂实现了直接数字控制DDC(Direct Digital Control)。这是计算机控制系统发展的初级阶段。

1965—1969年是工业计算机控制进入实用和开始逐步普及的阶段。由于小型计算机的商品化,计算机控制系统的可靠性不断提高,而成本却逐年下降,控制算法也在应用中得到考验和发展,因此计算机在生产控制中的应用有了很大的发展。此阶段中,受设备、控制理论等方面的约束,计算机控制以集中型的计算机控制系统为主。其缺点是,集中型的计算机采用高度集中的控制结构,控制系统的任何故障将导致严重的后果,如对生产装置和生产系统的严重影响。解决的方法是采用备份工作,但将导致投资的增加。

20 世纪 70 年代后,计算机控制系统进入大量普及阶段,控制结构、控制理论、实时控制的安全性和可靠性也得到充分研究,特别是分级分布式控制方法得到了重视和应用。现代工业的复杂性,生产过程的高度连续化、大型化的特点,使得局部范围的单变量控制方法成为信息孤岛,难以提高系统的控制品质。只有采用先进控制算法、优化控制等来解决。这种控制系统称为集散式控制系统或计算机分布式控制系统。它的控制策略是分散控制、集中管理,同时配备友好、方便的人机监视界面和数据共享。集散式控制系统或计算机分布式控制系统为工业控制系统的上水平提供了基础。

近几十年来,计算机的微型化、操作系统平台的逐渐统一和网络技术的飞速发展,使得计算机控制系统的普及和应用有了突飞猛进的发展。而计算机控制系统的性能价格比的不断提高更加速了这种趋势。在化工、电力、冶金、纺织等行业中,各类先进的计算机控制设备正发挥着巨大的作用,甚至参与信息管理和决策支持。同时网络化控制技术发展,在先进的制造技术与管理技术的应用,如计算机集成制造、柔性制造系统以及过程控制等,给工业生产带来了可观的效益。

1.1 计算机控制的概念

计算机控制系统由控制计算机本体(包括硬件、软件和网络结构)和受控对象两大部分组成。工业生产中的自动控制系统随控制对象、控制算法和采用的控制器结构的不同而有所差别。从常规来看,控制系统为了获得控制信号,要将被控量 y 和给定值 w 相比较,得到偏差信号 $e = w - y$ 。然后直接利用 e 来进行控制,使系统的偏差减小直到消除偏差,被控量等于给定值。这种控制,由于控制量是控制系统的输出,被控制量的变化值又反馈到控制系统的输入端,与作为系统输入量的给定值相减,所以称为闭环负反馈系统,其结构如图 1-1(a)所示。

从图 1-1(a)可知,该系统通过测量传感器对被控对象的被控参数(如温度、压力、流量速度等物理量)进行测量,再由变送单元将这些量转换成一定形式的电信号,反馈给控制器。控制器将反馈信号对应的工程量与系统给定的设定值工程量比较,如有误差,控制器自然产生控制信号来驱动执行机构进行工作,使被控参数的值与给定值保持一致。此类负反馈控制是自动控制的基本形式,也是大多数控制系统具备的结构。

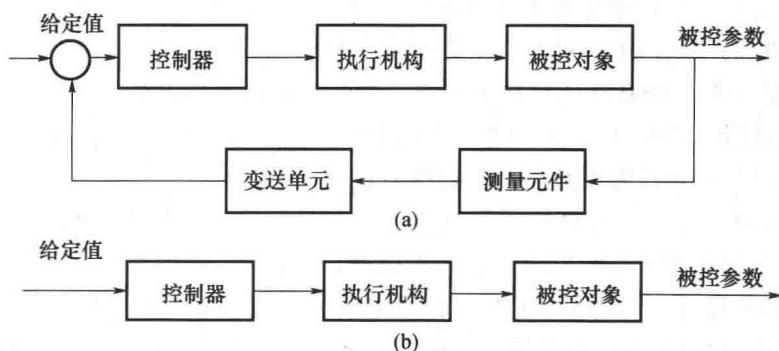


图 1-1 控制系统的一般形式

(a) 闭环控制系统框图; (b) 开环控制系统框图。

图1-1(b)是另一种控制结构,即开环控制系统。它与闭环控制系统的区别在于它不需要控制对象的反馈信号。它的控制是直接根据给定信号去控制被控对象工作的。这种系统本质上不会实时地消除由被控参数偏差给定值带来的误差,控制系统中产生的误差全部反映在被控参数上。它与闭环控制系统相比,控制结构简单,在数控加工等应用非常广泛。

从图1-1可以看出,自动控制系统的基本功能是信号的转换、传递和加工。这些功能是由传感器的检测、变送装置、控制器和执行装置来完成的。控制器是控制系统中最重要的部分,它从质和量的方面决定了控制系统的性能和应用范围。

如果把图1-1中的控制器用计算机系统来代替,就可以构成计算机控制系统,其基本框图如图1-2所示。

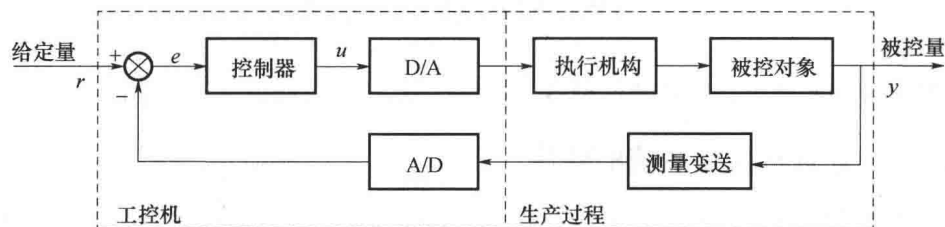


图1-2 计算机控制系统基本框图

计算机控制系统在结构上也可分为开环系统和闭环系统两种。

在计算机控制系统中,计算机处理的输入和输出信号都是数字化量。因此,在这样的控制系统中,需要有将受控量(或被控参数)模拟信号转换为数字信号的模/数(A/D)转换器,以及将数字控制信号转换为控制量为模拟输出信号的数/模(D/A)转换器。

控制系统中引进计算机,就可以充分运用计算机强大的计算、逻辑判断和记忆等信息加工能力。只要运用微处理器的各种指令或高级代码,就能编出符合某种控制规律的程序。微处理器执行该程序,就能实现对受控量或被控参数的控制。

计算机控制系统执行控制程序的过程如下。

- (1) 实时数据采集。对被控参数在一定的采样间隔进行检测,并将采样结果输入计算机。
- (2) 实时计算。对采集到的被控参数进行处理后,按一定的预先规定的控制规律进行控制率的计算,或称决策,决定当前的控制量。
- (3) 实时控制。根据实时计算结果,将控制信号作用到控制的执行机构。
- (4) 实时通信。由于网络化控制技术的采用,实时通信是实时控制的基础保障。
- (5) 信息管理。随着网络技术和控制策略的发展,信息共享、管理与协调也是计算机控制系统优势所在。

上述测、控、算、通、管的过程不断重复,使整个系统能够按照一定的动态品质指标进行工作,并且对被控参数或控制设备出现的异常状态及时监督并作出迅速的处理。

上面所讲的计算机控制系统的一般概念中,计算机直接连接着工业设备,不通过其他介质来间接进行控制决策。这种生产设备直接与计算机控制系统连接的方式,称为“联机”或“在线”控制。如生产设备不直接与计算机控制系统连接,则称为“脱机”或“离线”

控制。如果计算机能够在工艺要求的时间范围内及时对被控参数进行测量、计算和控制输出,则称为实时控制。实时控制的概念与工艺要求紧密相连,如快速变化的压力对象控制的实时控制时间要比缓慢变化的温度对象的实时控制时间快。实时控制的性能通常受仪表的传输延迟、控制算法的复杂程度、微处理器的运算速度和控制量输出的延迟等影响。

一个在线系统不一定是实时系统,一个实时系统必定是在线系统。

由于计算机的参与,计算机控制系统的目的包含:降低原材料消耗,提高生产率,提高产品质量,减轻劳动强度,以及实现其他要求(如环保等)。因此,其概念和方法必然和现代控制论中的最优控制、自适应控制、智能控制等有密切联系。

1.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机硬件设备、控制软件和计算机通信网络3个部分组成。

1.2.1 计算机控制系统的硬件

一个基本的计算机控制系统的硬件主要包括:微处理器(CPU)、存储器(RAM/ROM)、数字I/O接口通道、A/D和D/A转换器接口通道、人机联系设备(如键盘和显示器)、通信网络接口和电源等。它们通过微处理器的系统总线(地址总线、数据总线和控制总线)构成一个完整的系统。其框图如图1-3所示。下面对各部分作简要说明。

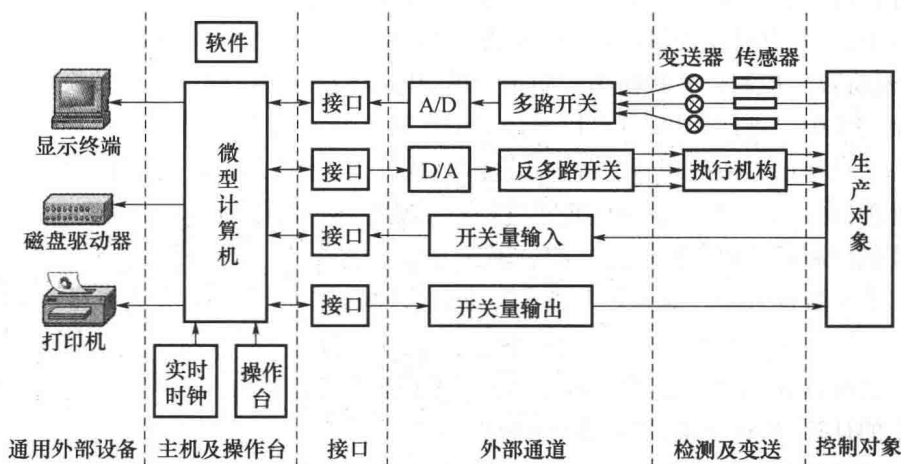


图 1-3 计算机控制系统硬件的一般组成框图

1) 计算机主机

主机由CPU和存储器构成。它通过由过程输入通道发送来的工业对象的生产工况参数,按照人们预先安排的程序,自动地进行信息的处理、分析和计算,并作出相应的控制决策或调节,以信息的形式通过输出通道,及时发出控制命令。主机中的程序和控制数据是人们预先根据控制对象的特征编制的控制算法。计算机控制系统执行控制程序和系统程序,完成事先确定的控制任务。

2) 常规外部设备

常规外部设备可分为输入设备、输出设备和存储设备,并根据控制系统的规模和要求来配置。

常用的输入设备有键盘、鼠标、数字化仪等,主要用来输入程序和数据等。

采用的输出设备有显示器、打印机、记录仪等。输出设备将各种数据和信息提供给操作人员,使其能够了解过程控制的情况。

存储设备用来存储数据库和备份重要的数据,主要有磁盘、磁带机以及便携移动硬盘等。

3) 输入/输出通道

计算机的输入/输出(也可以表示成 I/O)通道,又称过程通道。工业对象的过程参数一般是非电物理量,必须经过传感器(又称一次仪表)变换为等效的电信号。为了实现计算机对生产过程的控制,必须在计算机和生产过程之间设置信息的传递和变换的连接通道,这就是过程输入/输出通道。它是生产过程控制特殊要求的。

过程通道一般可分为模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道、开关量输出通道,其详细情况在以后的章节中将专门重点介绍。

检测变送单元、电动和气动的执行单元以及电力拖动的交流和直流驱动装置也是计算机控制系统设计人员应该掌握和熟悉的领域。

4) 输入/输出接口

过程通道是不能直接由主机控制的,必须由“接口”来传送相应的信息和命令。计算机控制系统的接口,根据应用不同,有各种不同的接口电路。从广义上讲,过程通道属于过程参数和主机之间的作用接口。这里讲的接口是指通用接口电路,一般有并行接口、串行接口和管理接口(包括中断管理、直接存取 DMA 管理、计数/定时等),以及计算机互联的网络接口等。

对计算机控制系统的设计人员来说,应能在众多的集成化、标准化可编程接口电路中,熟练选用接口电路和配置相应的硬件,组成完整的符合要求的接口。

5) 运行操作台

计算机的标准人机接口是用来直接与 CPU 对话的。程序员使用该人机设备(运行操作台)来设置检查程序。当主机硬件发生故障时,维修人员可以利用此设备判断故障。生产过程的操作人员必须了解控制台的使用细节,否则会引起严重后果。当然该控制台的软保护也是很重要的。

生产过程的操作人员与计算机控制系统进行“对话”以了解生产过程状态,进行参数修改和系统维护,在发生事故时可以进行人工干预等。

计算机控制系统的运行操作台应该具备如下功能:

- (1) 要有屏幕或数字显示器,以显示过程参数、状态、画面和报警;
- (2) 要有一组简单功能键进行控制操作;
- (3) 要有一组数字键进行数据操作;
- (4) 采用硬保护和软保护措施,保证键盘的误操作不致引起严重的后果。

图 1-4 给出了 A-B 公司的现场运行操作台 PanelView 的形式。



图 1-4 PanelView

1.2.2 计算机控制系统的软件

计算机控制系统的硬件是完成控制任务的设备基础,而计算机的操作系统和各种应用程序是履行控制系统任务的关键,通称为软件。软件的质量关系到计算机运行和控制效果的好坏、硬件功能的充分发挥和推广应用。软件主要分系统软件和应用软件:系统软件提供计算机运行和管理的基本环境,如 DOS、Windows、UNIX 等以及网络平台;应用软件有语言加工软件,如汇编、编译软件和控制系统的编程软件,如罗克韦尔公司的 RS View32、RS Logix 等,由于属于专业化的软件,它们非常方便用户的二次开发,同时也保证了软件的安全性。当然也有用户根据自己系统的要求开发的特殊控制软件。软件一般对计算机控制系统的依赖性较大。

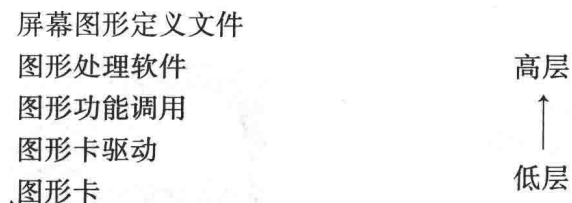
不同的控制对象和不同的控制任务在软件组成上有很大的区别。平衡系统硬件和软件的性能和功能,只有当确定系统硬件后,才能确定如何配制软件。在计算机控制系统中,每个控制对象或控制任务都配有相应的控制软件。这些应用软件采用何种语言和技术,也是各不相同的,不过现在的主流语言是面向对象的 VC 和 VB 等,采用的主要技术有 OLE、DDE、ActiveX、OPC 等。在控制系统中,应用软件是一个直接的控制程序,而其他的程序是为它服务的。所以,应用程序的质量会给系统的精度和效率带来很大的影响。

从系统功能角度来分,除作为核心的监控程序外,可分为前处理程序、服务程序和后处理程序。前处理程序是指那些直接与生产过程有关的处理程序,即这些程序直接参与系统的控制过程,提供系统工作的基本服务;服务程序是指计算机控制系统对所有外设和人机联系等工作的程序,这些程序有时也称为监控程序,它与控制过程没有直接的联系,但它承担的工作是系统所不可少的;后处理程序是指那些与系统控制过程完全无关的部分,如对硬件和软件的诊断程序等,它保证系统本身的可靠性。一个典型的控制系统的软件至少包括初级监控程序和前处理程序。

1.2.3 计算机控制系统的网络结构

网络技术在计算机控制系统中的比重越来越大。计算机控制系统的网络结构可以分为两大类:一类称为对等式网络结构(peer-to-peer);另一类称为客户机/服务器结构(Client/Server)。这种分类主要是按照网络各节点之间的关系确定的。

首先我们需要将网络上各个节点的功能分为若干层次,从硬件开始一层层向上,越往上越靠近具体的应用。层次划分后,就可以定义低层(靠近硬件的层次)的功能是其上一层的 Server,而上层的功能是其下一层功能的 Client。如果我们以一个图形处理的功能为例,可以按如下的功能层次进行划分:



如果在一个网络中有两个节点,这两个节点中都具有从底层到高层的所有功能,那么这两个节点是对等的,它们组成了一个 peer-to-peer 结构的网络。如果这两个节点在

功能层次上不同,例如节点 A 具有从图形卡到图形功能调用等层次的功能,而节点 B 则有上两层功能,那么要完成一个图形的显示,必须由节点 B 先行处理,然后将处理结果通过网络传送到节点 A,再由节点 A 完成最终的图形显示。这样,节点 A 是 Server 的节点,节点 B 是 Client 的节点,它们组成了一个 Client/Server 结构的网络。

另一种在微型计算机之间相互交互信息的标准是微软的对象链接嵌入 OLE (Object Linking and Embedding)。这种标准允许两台微型计算机之间交换文档、图形等对象。而在底层支持 OLE 网络通信的则是动态数据交换 DDE (Dynamic Data Exchange),它是由 IBM 和微软共同发展起来的在应用软件之间相互传递信息的标准。

1.3 计算机在工业控制中的典型应用

工业用计算机控制系统与所控制的生产过程的复杂程度密切相关,不同的控制对象和不同的控制要求,应该具有不同的控制方案。现从应用特点、控制目的出发,介绍几种典型的应用。

1.3.1 数据采集和监视系统

计算机在数据采集和处理时,主要是对大量的过程参数进行巡回检测、数据记录、数据计算、数据统计和处理、参数的越限报警及对大量数据进行积累和实时分析。这种应用方式,计算机不直接参与过程控制,对生产过程不直接产生影响,图 1-5 是这种应用的典型框图。

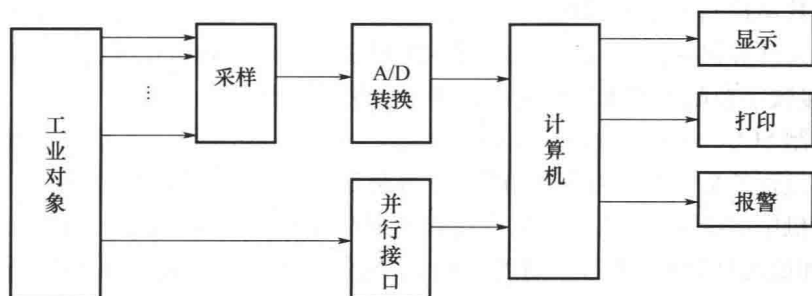


图 1-5 数据采集、数据处理组成框图

在这种应用方式中,计算机虽然不直接参与生产过程的控制,但其作用还是很明显的。首先,由于计算机具有速度快等特点,故在过程参数的测量和记录中可以代替大量的常规显示和记录仪表,对整个生产过程进行集中监视。同时,由于微处理器具有运算、逻辑判断能力,可以对大量的输入数据进行必要的集中、加工和处理,并且能以有利于指导生产过程控制的方式表示出来,故对指导生产过程有一定的作用。另外,计算机有存储大量数据的能力,可以预先存入各种工艺参数,在数据处理过程中进行参数的越限报警等工作。

此外,这种应用方式可以得到大量的统计数据,利于建立理想的数学模型。而闭环控制有时为建立较复杂的数学模型,则需通过具体生产实践,从大量积累的数据中抽象出来。