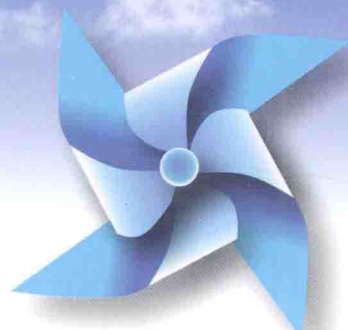


卓越工程师教育培养计划配套教材

机 械 工 程 系 列

计算机 控制技术



主编 周志峰

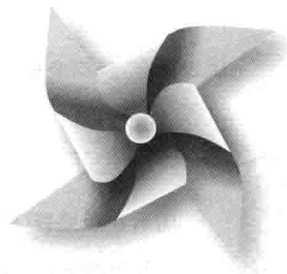
参编 吴建民 茅健

清华大学出版社

卓越工程师教育培养计划配套教材

机 械 工 程 系 列

计算机 控制技术



主编 周志峰

参编 吴建民 茅健

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书较系统地阐述了计算机控制系统的设计和实现方法,其内容包括:计算机控制系统概述、计算机测控通道设计、常见控制器件和驱动元件、数字控制器设计、控制系统的数据处理、系统抗干扰技术、控制网络技术。

本书可作为高等院校机械自动化、机电一体化、测控技术、自动化等专业本科生的教材或教学参考书,也可作为计算机控制技术的工程技术人员的参考书或培训教材。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/周志峰主编.--北京:清华大学出版社,2014

卓越工程师教育培养计划配套教材.机械工程系列

ISBN 978-7-302-34974-7

I. ①计… II. ①周… III. ①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(2013)第 314842 号

责任编辑:庄红权

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16.5

字 数:399 千字

版 次:2014 年 3 月第 1 版

印 次:2014 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:35.00 元

产品编号:049717-01

卓越工程师教育培养计划配套教材

总编委会名单

主 任：丁晓东 汪 泓

副主任：陈力华 鲁嘉华

委 员：（按姓氏笔画为序）

丁兴国	王岩松	王裕明	叶永青	刘晓民
匡江红	余 粟	吴训成	张子厚	张莉萍
李 毅	陆肖元	陈因达	徐宝钢	徐新成
徐滕岗	程武山	谢东来	魏 建	



随着科技和现代工业的发展,机械学科和计算机、电子电气、自动控制等学科的结合越来越紧密,高等院校机械类专业开设计算机控制技术课程已成趋势。由于专业原因,机械类专业学生在计算机基础、控制理论、电工电子、程序开发等方面的基础相对薄弱,而目前大部分计算机控制技术方面的教材主要是面向计算机、自动化、电力电子等专业,在内容上侧重计算机控制理论、控制方法等方面的讲授,并不适合机械类专业学生的学习,因此编写一本面向机械类专业或近机械类专业的计算机控制技术教材具有积极的意义和作用。

教材编写大纲的组织和设计参考了国内多所高等院校机械专业的培养方案和课程体系,力求教材体系完整和新颖,能较好地面向机械类专业,注重系统性和实践性,较充分地考虑机械类专业学生在计算机控制技术方面的基础,有利于学生的学习和自学。通过该课程的学习,学生能把“微机原理及应用”、“机械工程控制基础”、“电工电子”、“C 程序设计”等相关课程进行回顾、总结和提高,促进学生综合应用所学课程知识能力的提高,使学生较系统地掌握计算机控制系统相关知识,具备独立设计和实现基于单片机的计算机控制系统的能力。

全书共 7 章,围绕计算机控制系统的设计和实现展开。第 1 章介绍计算机控制系统的组成、特征、分类、发展过程及趋势,以及常见的控制计算机;第 2 章介绍计算机测控通道的设计,包括数字 I/O 通道、模拟量输入通道、模拟量输出通道、人-机接口设计、单元电路的级联和匹配以及逻辑电平的转换;第 3 章介绍常用控制器件和驱动元件,包括继电器、接触器、电磁阀、电力电子器件的基本原理,常用步进电机和伺服电动机工作原理及控制驱动电路;第 4 章介绍数字控制器设计,包括 Z 变换基础、数字控制器的模拟化设计、PID 控制算法、控制器离散化设计和大林算法;第 5 章介绍计算机控制系统常见的数据处理方法,包括程序设计基础、数据预处理、查表和排序、数字滤波等;第 6 章介绍计算机控制系统抗干扰技术,包括干扰噪声的形成、硬件抗干扰和软件抗干扰;第 7 章介绍计算机控制网络技术,包括工业控制网络概述、网络技术基础、工业以太网和现场总线。

本书由周志峰主编,并负责第 1、2、3、5、6 章内容的编写;吴建民负责第 4 章的编写;茅健负责第 7 章的编写。陈宁、陈康、宋春月等研究生在编写资料的整理方面做了大量工作。

由于作者学识水平有限,疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月



第 1 章 计算机控制系统概述	1
1.1 计算机控制系统的特征和组成	1
1.1.1 计算机控制系统的特征和工作原理	1
1.1.2 计算机控制系统的硬件组成	4
1.1.3 计算机控制系统的软件	5
1.2 计算机控制系统的分类	6
1.2.1 操作指导控制系统	6
1.2.2 直接数字控制系统	6
1.2.3 监督计算机控制系统	7
1.2.4 集散控制系统	8
1.2.5 现场总线控制系统	9
1.2.6 计算机集成制造系统	9
1.3 计算机控制的发展概况和趋势	10
1.3.1 计算机控制的发展过程	10
1.3.2 计算机控制理论和新型控制策略	11
1.3.3 计算机控制系统的发展趋势	13
1.4 常见的工业控制计算机	14
1.4.1 单片微型计算机	14
1.4.2 可编程控制器(PLC)	19
1.4.3 工控机	23
习题与思考题	29
第 2 章 计算机测控通道设计	30
2.1 开关量输入/输出通道	30
2.1.1 开关量输入通道	30
2.1.2 开关量输出通道	32
2.1.3 开关量输入/输出通道设计	33



2.2	模拟输入通道	35
2.2.1	模拟信号数字化	35
2.2.2	输入通道组成	40
2.2.3	信号调理	41
2.2.4	模拟多路开关	53
2.2.5	采样/保持器	54
2.2.6	A/D 转换器及接口设计	56
2.2.7	模拟输入通道设计举例	66
2.3	模拟输出通道	67
2.3.1	模拟输出通道的基本理论	67
2.3.2	输出通道组成	71
2.3.3	D/A 转换器及接口设计	72
2.4	人-机接口设计	78
2.4.1	键盘	79
2.4.2	LED 数码管	81
2.5	单元电路的级联和匹配	85
2.5.1	电气性能的匹配	85
2.5.2	信号耦合和时序配合	86
2.5.3	电平转换接口	87
	习题与思考题	91
第3章	常用控制器件和驱动元件	92
3.1	继电器和接触器	92
3.1.1	继电器	92
3.1.2	接触器	95
3.2	电磁阀	95
3.3	电力电子器件	96
3.3.1	普通晶闸管(单向可控硅)	96
3.3.2	双向晶闸管(双向可控硅)	99
3.3.3	单结晶体管及触发电路	101
3.3.4	全控型器件	104
3.4	固态继电器	110
3.4.1	交直流固态继电器	110
3.4.2	参数固态继电器	112
3.5	步进电机	114
3.5.1	结构和工作原理	114
3.5.2	类型及结构	116
3.5.3	基本特性	118



3.5.4 步进电机控制	121
3.6 直流伺服电动机	125
3.6.1 结构和工作原理	125
3.6.2 基本特性和技术参数	126
3.6.3 工作状态	131
3.7 交流伺服电动机	131
习题与思考题	134
第4章 数字控制器设计	135
4.1 Z变换基础	135
4.1.1 Z变换的定义	135
4.1.2 基本序列的Z变换	137
4.1.3 单边Z变换的性质	138
4.2 数字控制器的模拟化设计	142
4.3 PID控制算法	145
4.3.1 PID控制器原理	145
4.3.2 数字PID控制器	147
4.3.3 数字PID控制算法的改进	149
4.3.4 数字PID控制器参数的整定	152
4.4 控制器离散化设计	155
4.4.1 离散化设计步骤	155
4.4.2 最少拍控制器设计	156
4.4.3 最少拍无纹波控制器设计	161
4.5 大林算法及振铃现象	162
4.5.1 大林算法	162
4.5.2 振铃现象及其消除方法	164
习题与思考题	168
第5章 控制系统的数据处理	170
5.1 程序设计技术	170
5.1.1 程序设计的步骤与方法	170
5.1.2 工业控制组态软件	172
5.2 测量数据预处理技术	175
5.2.1 系统误差的自动校准	175
5.2.2 线性化处理	176
5.2.3 量程变换	177
5.2.4 标度变换	179
5.2.5 插值算法	181



5.2.6	越限报警处理	183
5.3	查表及数据排序技术	184
5.3.1	数据排序技术	184
5.3.2	查表技术	186
5.4	数字滤波技术	187
5.4.1	限幅滤波和中值滤波	187
5.4.2	平均值滤波	189
5.4.3	低通数字滤波	190
5.4.4	复合数字滤波	191
	习题与思考题	191
第6章	抗干扰技术	193
6.1	干扰噪声的形成	193
6.1.1	噪声源	193
6.1.2	噪声的耦合方式	194
6.1.3	噪声的干扰模式	197
6.2	硬件抗干扰技术	198
6.2.1	电源系统抗干扰	198
6.2.2	接地技术	200
6.2.3	过程通道抗干扰	206
6.2.4	印刷电路板抗干扰	209
6.3	软件抗干扰技术	213
6.3.1	软件冗余技术	213
6.3.2	软件陷阱技术	215
6.3.3	数字量传输通道软件抗干扰技术	219
6.3.4	看门狗技术	219
	习题与思考题	227
第7章	控制网络技术	228
7.1	工业控制网络概述	228
7.1.1	企业信息化	228
7.1.2	控制网络的特点	229
7.1.3	控制网络的类型	229
7.2	网络技术基础	230
7.2.1	网络拓扑结构	230
7.2.2	介质访问控制技术	231
7.2.3	差错控制技术	233
7.2.4	TCP/IP 参考模型	234



7.3 工业以太网	238
7.3.1 工业以太网与以太网	238
7.3.2 以太网的优势	239
7.3.3 工业以太网的关键技术	240
7.3.4 常见工业以太网协议	243
7.4 现场总线	243
7.4.1 现场总线概述	243
7.4.2 典型现场总线	246
习题与思考题	250
参考文献	251



计算机控制系统概述

计算机控制是自动控制发展的高级阶段,是自动控制的重要分支。计算机控制系统利用计算机的硬件和软件代替自动控制系统的控制器,以自动控制理论、计算机技术和检测技术等为基础,广泛应用于现代工业生产的各个领域。

随着计算机技术、高级控制策略、检测和传感器技术、现场总线智能仪表、通信和网络技术的高速发展,计算机控制技术水平大大提高,已从简单的单机控制发展到复杂的集散控制系统、计算机集成制造系统等。

1.1 计算机控制系统的特征和组成

从模拟控制系统发展到计算机控制系统,控制器结构、控制器中的信号形式、系统的测控通道内容、控制量的产生方法、控制系统的组成思想等都发生了重大变化。计算机控制系统在系统结构方面有自己的特点,在功能配置方面都呈现出模拟控制系统无可比拟的优势,在工作过程、方式等方面都存在着必须遵循的准则。

1.1.1 计算机控制系统的特征和工作原理

典型的计算机控制系统如图 1.1.1 所示。计算机控制系统由硬件和软件两个基本部分组成,硬件指计算机本身及其外部设备,软件指管理计算机的程序及生产过程应用程序,只有软件和硬件有机结合,计算机控制系统才能正常运行。

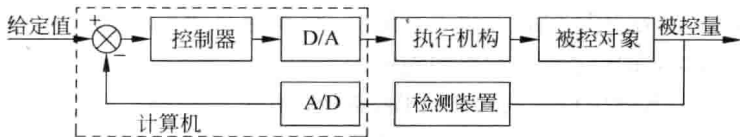


图 1.1.1 计算机控制系统基本框图

1. 结构特征

模拟连续控制系统中都采用模拟器件,而在计算机控制系统中除测量装置、执行机构等常用的模拟部件外,其执行控制功能的核心部件是计算机,所以计算机控制系统是模拟和数



字部件的混合系统。

模拟控制系统的控制器由运算放大器等模拟器件构成,控制规律越复杂,所需要的硬件就越多、越复杂,模拟硬件的成本几乎和控制规律的复杂程度成正比,假设要修改控制规律,一般需要改变硬件结构,而在计算机控制系统中,控制规律是用软件实现的,修改控制规律只需修改软件,一般不需要改变硬件结构,因此便于实现复杂的控制规律和对控制方案进行在线修改,使系统具有很大的灵活性和适应性。

在模拟控制系统中,一般是一个控制器控制一个回路,而计算机控制系统中,由于计算机具有高速的运算处理能力,所以可以采用分时控制的方式,同时控制多个回路。

计算机控制系统在本质上和其他控制系统没有什么区别,也存在着开环控制系统、闭环控制系统等不同类型的控制系统。

2. 信号特征

模拟控制系统中所有的信号都是连续模拟信号,而计算机控制系统中除了连续模拟信号外,还有离散模拟、离散数字等多种信号形式,计算机控制系统中的信号流程如图 1.1.2 所示。

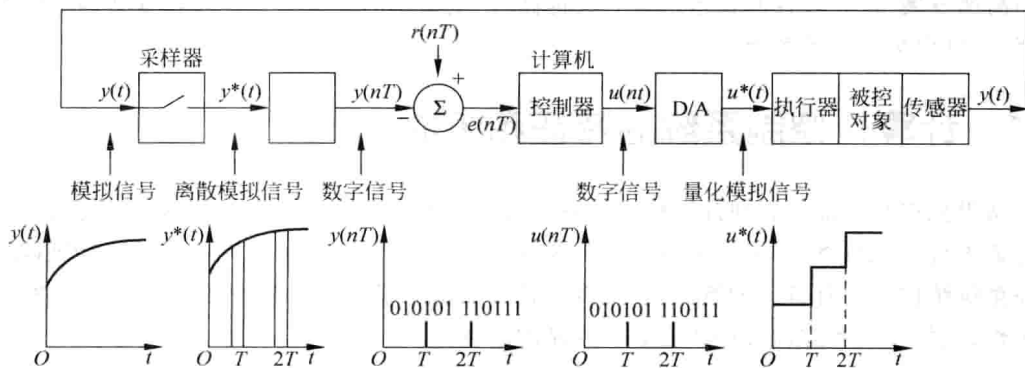


图 1.1.2 计算机控制系统的信号流程

在控制系统中引入计算机,利用计算机的运算、逻辑判断和记忆等功能完成多种控制任务。由于计算机只能处理数字信号,为了信号的匹配,在计算机的输入和输出端必须配置 A/D 转换器和 D/A 转换器。反馈量经过 A/D 转换器转换成数字量以后才能进入计算机,然后计算机根据偏差,按某种控制规律进行运算,计算结果再经过 D/A 转换器转换成模拟信号输出到执行机构,完成对被控对象的控制。

按照计算机控制系统中信号的传输方向,系统的信息通道通常由 3 部分组成:

- (1) 输入通道,包含由 A/D 转换器组成的模拟量输入通道和开关量输入通道。
- (2) 输出通道,包含由 D/A 转换器组成的模拟量输出通道和开关量输出通道。
- (3) 人-机交互通道,系统操作者通过人-机交互通道向计算机控制系统输入相关命令,提供操作参数,修改设置内容等,计算机通过人-机交互通道向系统操作者显示相关参数、系统工作状态、对象控制效果等。

计算机通过输出通道向被控对象或工业现场提供控制量;通过输入通道获取被控对象



或工业现场信息。当计算机控制系统没有输入通道时,称为计算机开环控制系统。在开环系统中,计算机的输出只随给定值变化,不受被控参数影响,通过调整给定值达到调整被控参数的目的。当被控对象出现扰动时,计算机无法自动获取扰动信息,因此无法消除扰动,控制性能较差。当计算机控制系统仅有输入通道时,称为计算机数据采集系统。在计算机数据采集系统中,计算机的作用是对采集来的数据进行处理、归类、分析、储存、显示和打印等,计算机的输出和系统的输入通道参数有关,但不影响或改变生产过程的参数,这样的系统可认为是开环系统,但不是开环控制系统。

3. 控制方法特征

由于计算机控制系统包含连续信号和数字信号,所以计算机控制系统和连续控制系统在本质上有许多不同,需要采用专门的理论来分析和设计,常用的设计方法有模拟调节规律离散化设计方法和直接设计法。

4. 功能特征

1) 软件代替硬件

主要体现在两方面:一方面当被控对象改变时,计算机及其相应的过程通道硬件只需作少量的变化,甚至不需作任何变化,而只需面向新对象重新设计一套新控制软件即可;另一方面可以用软件来实现逻辑部件的功能,从而降低系统成本,减小设备体积。

2) 数据存储

计算机具有多种数据保存方式,如软盘、U 盘、移动硬盘、磁盘、光盘、固定硬盘、EEPROM、RAM、纸质打印、纸质绘图等,保证系统断电时不会丢失数据,有了这些数据保存措施,人们在研究计算机控制系统时可以从容应对突发问题,在分析解决问题时可以大大减少盲目性,提高系统研发效率,缩短研发周期。

3) 状态、数据显示

计算机具有强大的显示功能。常见的显示设备有 CRT 显示器、LCD 显示器、LED 数码管、LED 矩阵块、LCD 模块、LCD 数码管、各种类型打印机、各种类型绘图仪等,显示内容有给定值、当前值、历史值、修改值、系统工作波形、系统工作轨迹仿真图等,通过显示内容可以及时了解系统的工作状态、被控对象的变化情况、控制算法的控制效果等。

4) 管理功能

计算机具有串行通信或联网功能,利用这些功能可实现多套计算机控制系统的联网管理,资源共享,优势互补;可构成分级分布集散控制系统,满足生产规模不断扩大、生产工艺日趋复杂、可靠性更高、灵活性更好、操作更简易的大系统综合控制的要求,实现生产过程的最优化和生产规划、组织、决策、管理的最优化。

5. 计算机控制系统的工作原理

根据图 1.1.1 的计算机控制系统基本框图,计算机控制过程可归纳为以下 4 个步骤。

(1) 实时数据采集:对来自测量变送装置的被控量的瞬时值进行检测并输入。

(2) 实时控制决策:对采集到的被控量进行分析和处理,并按已定的控制规律决定将要采取的控制行为。



(3) 实时控制输出：根据控制决策适时地对执行机构发出控制信号，完成控制任务。

(4) 信息管理：随着网络技术和控制策略的发展，信息共享和管理成为计算机控制系统越来越重要的功能。

上述过程不断重复，整个系统按照一定的品质指标进行工作，并对控制量和设备本身的异常现象及时做出处理。

6. 计算机控制系统的工作方式

1) 在线方式和离线方式

生产过程和计算机直接连接，并受计算机控制的方式称为在线方式或联机方式；生产过程不和计算机相连，且不受计算机控制，而是靠人进行联系并进行相应操作的方式称为离线方式或脱机方式。

2) 实时方式

所谓实时是指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间内完成，即计算机对输入信息以足够快的速度进行控制，超出了这个时间就失去了控制的时机，控制也就失去了意义。实时的概念不能脱离具体的过程，一个在线系统不一定是一个实时系统，但一个实时系统必定是在线系统。

1.1.2 计算机控制系统的硬件组成

计算机控制系统硬件组成框图如图 1.1.3 所示。硬件指计算机本身及其外围设备，一般包括中央处理器(CPU)、程序存储器(ROM)、数据存储器(RAM)、各种接口电路、以 A/D 转换器和 D/A 转换器为核心的模拟量输入/输出(I/O)通道、数字量输入/输出(I/O)通道以及各种显示/记录设备、运行操作台等。

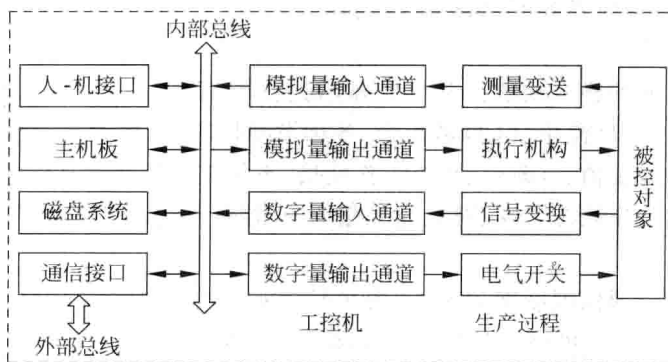


图 1.1.3 计算机控制系统硬件组成框图

1. 主机

CPU、ROM、RAM 及时钟电路、复位电路等构成的计算机主机是组成计算机控制系统的核心部分，主要进行数据采集、数据处理、逻辑判断、控制量计算、报警处理等，通过接口电路向系统发出各种控制命令，指挥全系统有条不紊地协调工作。



2. I/O 接口

I/O 接口和 I/O 通道是主机和外部连接的桥梁。常用的 I/O 接口有并行接口、串行接口等,它们大部分是可编程的。I/O 通道有模拟量 I/O 通道和数字量 I/O 通道。模拟量 I/O 通道的作用是:一方面将由传感器得到的工业对象的生产过程参数变换成二进制代码传送给计算机;另一方面将计算机输出的数字控制信号变换成控制操作执行机构的模拟信号,实现对生产过程的控制。数字通道的作用是:除完成编码数字输入、输出外,还可将各种继电器、限位开关等的状态通过输入接口传送给计算机,或将计算机发出的开关动作逻辑信号由输出接口传送给生产设备中的各个电子开关或电磁开关。

3. 通用外部设备

通用外部设备主要是为扩大计算机主机的功能而设置的,用来显示、打印、存储和传送数据,常用的有打印机、记录仪、图形显示器(CRT)、软盘、硬盘等。

4. 传感器和执行机构

传感器的主要功能是将检测的非电量参数转变成电学量,如热电偶把温度信号变成电压信号,压力传感器把压力变成电信号等。变送器的作用是将传感器得到的电信号转换成适合计算机接口使用的电信号,如 0~10mA 直流信号。此外,为了控制生产过程,还必须有执行机构,常用的执行机构有电动、液动、气动调节阀,开关,交、直流电动机,步进电机等。

5. 操作台

操作台是人-机交互的桥梁,通过它可以向计算机输入程序、修改内存数据、显示被测参数以及发出各种操作命令等。它主要由以下 4 部分组成。

(1) 作用开关:电源开关、操作方式(自动/手动)选择开关等。通过这些开关,人们可以对主机进行启停、设置和修改数据以及修改控制方式等,作用开关可通过接口和主机相连。

(2) 功能键:包括复位键、启动键、打印键及工作方式选择键等。

(3) LED 数码管及 CRT 显示器:用来显示被测参数及操作人员感兴趣的内容,如显示数据表格,系统流程、开关状态以及报警状态等。

(4) 数字键:输入数据或修改控制系统的参数。

1.1.3 计算机控制系统的软件

对于计算机控制系统而言,除了硬件组成部分以外,软件是必不可少的。软件是指完成各种功能的计算机程序的总和,如完成操作、监控、管理、计算和自诊断程序等。软件是计算机控制系统的中枢,整个系统的动作都是在软件的控制下协调工作的,按功能分类,软件可分为系统软件和应用软件两大部分。

系统软件一般是由计算机厂商提供的,用来管理计算机本身资源,方便用户使用计算机的软件,主要包括操作系统、各种编译软件和监控管理软件等。这些软件一般无需用户自己



设计,它们只是作为开发应用软件的工具。

应用软件是面向生产过程的程序,如 A/D 和 D/A 转换、数据采样、数字滤波、标度变换、控制量计算等程序。应用软件一般由用户自己根据实际需要开发,应用软件的优劣,对控制系统的功能、精度和效率有很大的影响,它的设计是十分重要的。

1.2 计算机控制系统的分类

计算机控制系统与其所控制的对象密切相关,控制对象不同,其控制系统也不同。计算机控制系统的分类方法很多,可按系统的功能、工作特点分类,也可按控制规律、控制方法分类。

按照控制方式分类,计算机控制系统可分为开环控制和闭环控制;按照控制规律分类,可分为程序和顺序控制、比例积分微分控制、有限拍控制、复杂规律控制及智能控制等;按照系统的功能、工作特点分类,可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、现场总线控制及计算机集成制造系统等。

1.2.1 操作指导控制系统

操纵指导控制系统(Operational Information System, OIS)指计算机的输出不直接用来控制被控对象,而只是对系统过程参数进行收集、加工处理,然后输出数据,操作人员根据这些数据进行必要的操作,其原理如图 1.2.1 所示。操作指导控制系统的优点是结构简单、控制灵活安全,特别适用于未摸清控制规律的系统,常用于计算机控制系统研制的初级阶段,或用于试验新的数字模型和调试新的控制程序等。由于需要人工操作,所以操作指导控制系统不适用于快速过程控制。

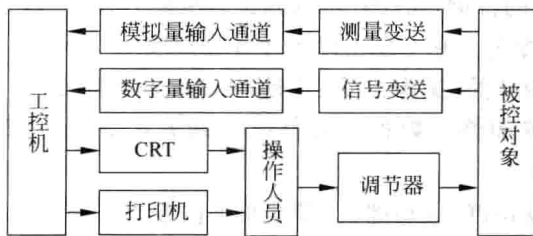


图 1.2.1 操作指导控制系统原理图

1.2.2 直接数字控制系统

直接数字控制(Direct Digital Control, DDC)是计算机用于工业过程控制最普遍的一种方式,其结构如图 1.2.2 所示,计算机通过输入通道对一个或多个物理量进行循环检测,并根据规定的控制规律进行运算,然后发出控制信号,通过输出通道直接控制调节阀等执行结构。DDC 系统中的计算机参加闭环控制过程,它不仅能完全取代模拟调节器,实现多回路的 PID 调节,而且不需要改变硬件,只需通过改变程序就能实现多种较复杂的控制规律。

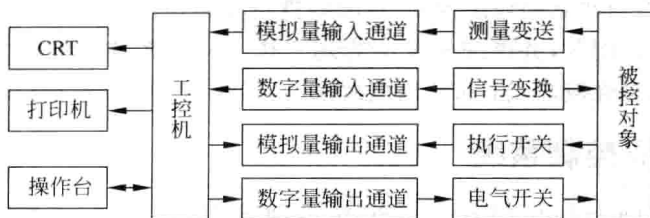


图 1.2.2 直接数字控制系统

1.2.3 监督计算机控制系统

在监督计算机控制(Supervisory Computer Control, SCC)系统中,计算机根据工艺参数和过程参量检测值,按照所设计的控制算法进行计算,计算出最佳设定值直接传给常规模拟调节器或 DDC 计算机,最后由模拟调节器或 DDC 计算机控制生产过程。SCC 系统有两种类型:一种是 SCC 加上模拟调节器;另一种是 SCC 加上 DDC 的控制系统。监督计算机控制系统构成如图 1.2.3 所示。

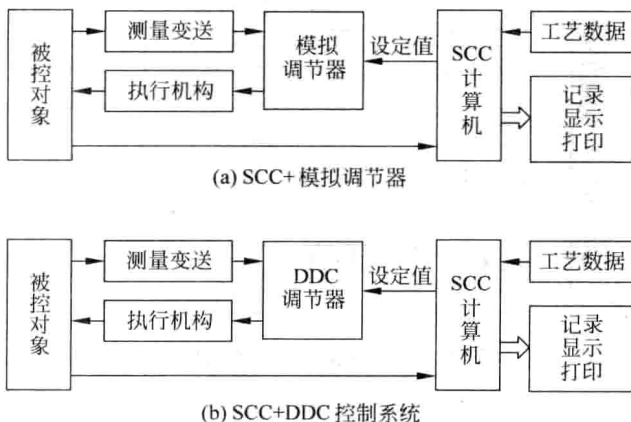


图 1.2.3 监督计算机控制系统

1. SCC 加上模拟调节器的控制系统

这种类型的系统中,计算机对各过程参数进行巡回检测,并按一定的数学模型对生产工况进行分析,计算后得出被控对象各参数的最优设定值送给调节器,使工况保持在最优状态。当 SCC 计算机发生故障时,可由模拟调节器独立执行控制任务。

2. SCC 加上 DDC 的控制系统

这是一种二级控制系统,SCC 系统可采用较高档的计算机,它与 DDC 系统之间通过接口进行信息交换。SCC 计算机完成工段、车间等高一级系统的最优化分析和计算,然后给出最优设定值,送给 DDC 计算机执行控制。

在 SCC 系统中,通常选用具有较强计算能力的计算机,其主要任务是输入采样和计算