

数字控制系统

吕淑萍 李文秀 编



哈尔滨工程大学出版社

数字控制系统

吕淑萍 李文秀 编

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字控制系统/吕淑萍,李文秀编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2002.10
ISBN 7-81073-379-6

I. 数... II. ①吕...②李... III. 数字控制
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 079218 号

内 容 简 介

本书介绍了计算机控制系统的基本概念、采样过程、信号恢复、Z 变换等,对分析与设计数字控制系统的 Z 域法、频率特性法、状态空间法、DDC 控制等均作了全面的阐述。对计算机控制的数据处理、设计原则和步骤也作了简要的介绍。最后给出了计算机控制系统的设计实例。书中还编制了一定数量的习题。

本书可作为高等院校各类自动化、电子与电子工程、机电一体化等本科专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼
发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001
新华书店经销
地矿部黑龙江测绘印制中心印刷厂印刷

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 14.75 字数 363 千字
2002 年 11 月第 1 版 2002 年 11 月第 1 次印刷
印数:1—1 000 册
定价:19.00 元

前 言

本书根据全国高等院校船舶类教材统编计划以及哈尔滨工程大学“十五”教材规划,对李文秀主编的《数字控制系统》(1991 年出版)一书进行了修订。随着计算机技术的发展,计算机控制技术也在不断地更新。修订版在保持原有特色基础上,更新了部分内容,使之更具有时代特色。本书修订工作主要是由吕淑萍完成的。

工业过程控制是计算机的一个重要应用领域,计算机控制技术正是为了适应这一领域的需要而发展起来的一门专业技术,它主要研究如何将计算机技术和自动控制理论应用于工业生产过程,并设计出所需要的计算机控制系统。

本书以大学理工科为背景,从理论及应用两方面介绍数字控制系统的分析与设计方法,全书着重于基本理论、基本概念和基本方法的叙述,力求做到论述浅显易懂,重点突出。本书可作为各类自动化、电子与电气工程、机电一体化等专业本科生 60 学时的教材,也可供从事工业过程控制的科技人员参考。

本书是作者在教学和参加科研工作的基础上,经充实内容编写而成。本书由李文秀(第 2 章至第 6 章)、吕淑萍(第 1、7、8 章、2.1 节、6.2 节、6.6 节)共同编写,吕淑萍负责全书的统稿、校核等工作。王晓陵副教授担任本书主审,仔细审阅了书稿,提出了许多极为宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,作者水平有限,错误及不当之处难免,敬请读者批评指出。

编 者

2001 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机控制系统概述	1
1.2 计算机控制系统的典型形式	4
1.3 计算机控制系统的发展	8
习题	10
第 2 章 离散系统分析数学基础	11
2.1 采样过程及采样定理	11
2.2 采样信号的恢复	17
2.3 Z -变换的定义及求法	20
2.4 Z -变换的基本定理	24
2.5 Z -反变换	30
习题	33
第 3 章 数字控制系统的数学描述	35
3.1 线性差分方程	35
3.2 线性差分方程的解	43
3.3 脉冲传递函数	47
习题	56
第 4 章 数字控制系统的分析	59
4.1 $[Z]$ 平面稳定性分析	59
4.2 数字控制系统的根轨迹分析	67
4.3 数字控制系统的频域分析	81
4.4 数字控制系统的稳态误差分析	90
4.5 采样时刻间的响应	96
习题	102
第 5 章 数字控制系统的状态空间分析	104
5.1 状态变量和状态空间	104
5.2 数字控制系统的状态空间描述	106
5.3 离散状态方程的解及传递函数阵	117
5.4 数字控制系统的能控性与能观测性	121
5.5 极点配置及观测器的设计	127
习题	137
第 6 章 数字控制系统的设计	139
6.1 数字控制器模拟化设计方法	139
6.2 数字 PID 控制器设计	149
6.3 数字控制器离散化设计	156

6.4 最少拍随动系统设计	163
6.5 最小均方误差系统设计	174
6.6 纯滞后控制技术	178
习题	184
第7章 数据采集及处理	186
7.1 计算机数据采集系统	186
7.2 数字滤波技术	190
7.3 标度变换方法	193
7.4 线性化处理	193
7.5 工业控制组态软件	195
7.6 控制系统软件其它问题的处理	197
习题	198
第8章 计算机控制系统设计	199
8.1 计算机控制系统设计的原则	199
8.2 计算机控制系统设计的步骤	200
8.3 啤酒发酵过程计算机控制系统	206
8.4 不等温回路的温度控制系统	212
8.5 梯度炉温模糊控制系统	216
习题	224
附录	225
参考文献	228

第 1 章 绪 论

随着科学技术的进步,人们越来越多地用计算机来实现控制系统,因此,充分理解计算机控制系统是十分必要的。近几年来,计算机技术、自动控制技术、检测与传感技术、显示技术、通信与网络技术、微电子技术的高速发展,给计算机控制技术带来了巨大变革。人们利用这种技术可以完成常规控制技术无法完成的任务,达到常规控制技术无法达到的性能指标。本章主要介绍计算机控制系统的一些基本概念、发展概况和趋势,为后续各章的学习奠定必要的基础。

1.1 计算机控制系统概述

1.1.1 计算机控制系统的一般概念

计算机控制系统是在自动控制技术和计算机技术飞速发展的基础上产生的。本世纪 50 年代中期,经典的控制理论已经发展相当成熟和完善,并在不少工程技术领域中得到了成功的应用。但是,经典的控制理论也有明显的局限性,很难实现高要求的复杂系统设计和复杂控制规律。现代控制理论的发展,为自动控制系统的分析、设计与综合增添了理论基础,而计算机技术的发展为新型控制规律的实现提供了非常有效的手段,两者的结合极大地推动了自动控制技术的发展。

连续控制系统的典型结构如图 1-1 所示,系统中各处的信号均为连续信号。

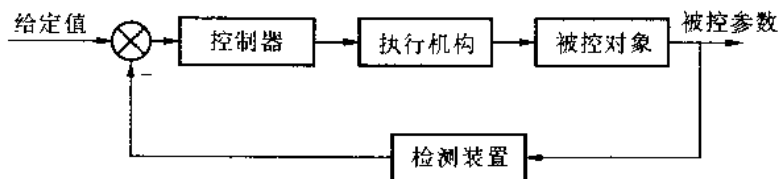


图 1-1 连续控制系统的典型结构

图 1-1 中,给定值与反馈值经过比较器比较产生偏差,控制器对偏差进行调节计算,并产生控制信号驱动执行机构,从而使被控参数的值达到期望值。将连续控制系统中的比较器和控制器的功能用计算机来实现,就组成了一个典型的计算机控制系统,其基本框图如图 1-2 所示。在计算机控制系统中,计算机的输入和输出信号都是数字信号,而被控对象的被控参数一般都是模拟量,执行器的输入信号也大都都是模拟量,因此,需要有将模拟信号转换为数字信号的 A/D 转换器,以及将数字信号转换为模拟信号的 D/A 转换器。

在计算机控制系统中,除了包含有数字信号外,由于被控对象是连续的,因此也包含有连续的信号。所谓数字信号是指在时间上离散、幅值上量化的信号。因此,计算机控制系统也

称为数字控制系统。如果忽略幅值上的量化效应,数字信号即为离散信号,此时,计算机控制系统又称采样控制系统。如果将连续的被控对象连同保持器一起进行离散化,那么采样控制系统即简化为离散控制系统。

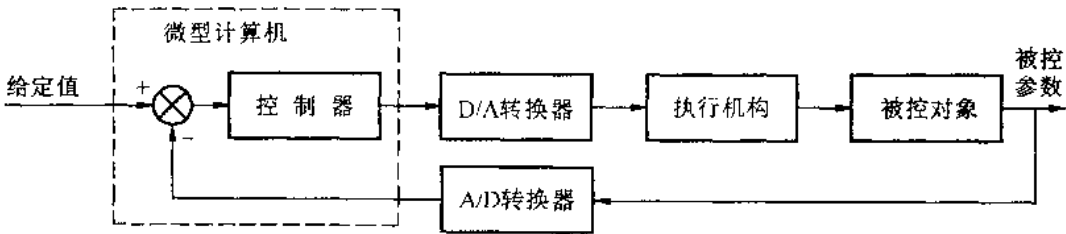


图 1-2 计算机控制系统基本框图

计算机控制系统的控制过程通常可以归结为以下两步：

- (1) 数据采集及处理。即对被控对象的被控参数进行实时检测,并输给计算机进行处理。
- (2) 实时控制。即按设计的控制规律计算出控制量,实时向执行器发出控制信号。

上述过程中的实时概念,是指信号的输入、计算和输出都要在一定时间(采样间隔)内完成。上述过程的不断重复,使整个系统能够按着一定的品质指标工作,并且对输出参数和设备本身所出现的异常状态及时进行监测并作出迅速处理。

例 1-1 啤酒罐计算机温度控制系统

啤酒罐计算机温度控制系统是多点温度控制系统,如图 1-3 所示。啤酒罐的温度要多点控制,各点温度由铂电阻、恒流源、放大器等构成的测量电路转换成电压信号,由多路开关,采样保持器巡回检测,各点温度经 A/D 转换器变成数字量送到计算机与给定值进行比较后,按照一定的规律(通常为 PID)运算,输出控制量,然后经过 D/A 转换器、保持器、执行机构分别控制啤酒罐相应各点的温度。

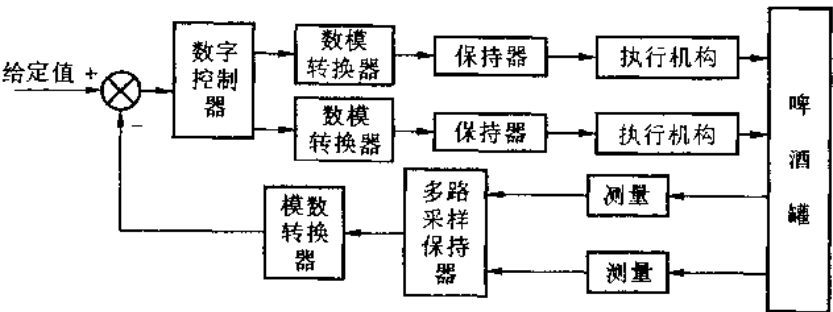


图 1-3 啤酒罐计算机温度控制系统

1.1.2 计算机数字系统的组成

计算机控制系统由计算机系统和被控对象组成,如图 1-4 所示。计算机系统又由硬件和软件组成。

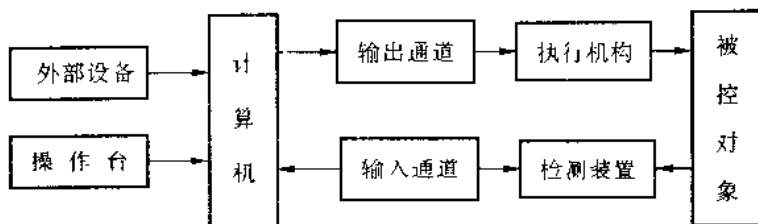


图 1-4 计算机控制系统的组成

硬件包括计算机、过程输入输出通道、外部设备、检测装置、执行机构和操作台等。

1. 计算机

计算机是计算机控制系统的核心,通过接口可以向系统的各个部分发出各种命令,同时对被控对象的被控参数进行实时检测及处理。其具体功能是完成程序存储、程序执行、数值计算、逻辑判断、数据处理等工作。

2. 过程输入输出通道

过程输入输出通道是计算机和被控对象(或生产过程)之间设置的信息传送和转换的连接通道。过程输入通道把被控对象的被控参数转换成计算机可以接受的数字代码。过程输出通道把计算机输出的控制命令和数据,转换成可以对被控对象进行控制的信号。过程输入输出通道一般分为: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。

3. 外部设备

实现计算机和外界交换信息的设备称为外部设备(简称外设)。外部设备包括人-机通信设备、输入/输出设备和外存储器等。

输入设备有键盘、光电输入机等。它主要用来输入程序和数据。

输出设备有打印机、记录仪、显示器(数码显示器或CRT显示器)等。它主要用来向操作人员提供各种信息和数据,以便及时了解控制过程。

外存储器(简称外存)有磁带、磁盘装置等,它们兼有输入输出功能,主要用来存储系统程序和数据。

4. 检测装置及执行机构

在计算机控制系统中,为了对被控对象进行控制,首先必须对被控参数进行采集,如温度、压力、液位、流量等。为此,必须通过检测装置,即传感器,把非电量参数转换成电量,再送入计算机。此外,为了控制被控对象,还必须有执行机构,其作用是控制各参数的流入量,例如,在温度控制系统中,根据温度的误差来控制加热炉的煤气(或油)量;在水位控制系统中,控制进入容器的水的流量。

5. 操作台

操作台是操作人员与计算机控制系统进行“对话”的装置,主要包括如下几部分:

(1) 显示装置,如显示屏幕或荧光数码显示器,以显示操作人员要求显示的内容或报警信号。

(2) 一组或几组功能键,通过功能键,可向主机申请中断服务。其中包括复位键、启动键、打印键、显示键等。

(3) 一组或几组数字键,用来输入某些数据或修改控制系统的某些参数。

软件是指能够完成计算机控制系统各种功能的程序系统。它是计算机控制系统的中枢神经。在软件的指挥下,整个系统进行协调地工作。软件系统由系统软件和应用软件组成。

系统软件是指为提高计算机使用效率,扩大功能,为用户使用、维护和管理计算机提供方便的程序的总称。系统软件通常包括操作系统、语言加工系统和诊断系统,具有一定的通用性,一般随硬件一起由计算机生产厂家提供。

应用软件是用户根据要解决的实际问题而编写的各种程序。在计算机控制系统中则是指完成系统内各种任务的程序,如控制程序、数据采集及处理程序、巡回检测及报警程序等。

1.1.3 计算机控制系统的特点

计算机控制系统与连续控制系统相比,具有以下特点:

1 在连续控制系统中,各处的信号都是连续模拟信号。而在计算机控制系统中,除含有连续模拟信号外,还有离散信号、数字信号等多种信号。因此,计算机控制系统是模拟和数字信号的混合系统。

2 在连续控制系统中,控制规律是由模拟电路实现的,控制规律越复杂,所需要的模拟电路往往越多。如果要修改控制规律,一般必须改变原有的电路结构。而在计算机控制系统中,控制规律是由计算机通过程序实现的(数字控制器),修改一个控制规律,只需修改程序,一般不对硬件电路进行改动,因此具有很大的灵活性和适应性。

3 计算机具有丰富的指令系统和很强的逻辑判断功能,能够实现模拟电路不能实现的复杂控制规律。

4 在连续控制系统中,给定值与反馈值的比较是连续进行的,控制器对产生的偏差也是连续调节的。而在计算机控制系统中,计算机每隔一定时间间隔,向 A/D 转换器发出起动转换信号,对连续信号进行采样,经过计算机处理后,产生控制信号通过 D/A 输出,将离散时间信号转换成时间连续信号,作用于被控对象。因此,计算机控制系统并不是连续控制,而是离散控制。

5 在连续控制系统中,一般是一个控制器占用一套控制设备,控制一个回路。而在计算机控制系统中,由于计算机具有高速的运算处理能力,一个数字控制设备包括多个数字控制器,可以采用分时控制的方式,同时控制多个回路。

6 采用计算机控制,如分级计算机控制、集散控制系统、计算机网络等,便于实现控制与管理一体化,使工业企业的自动化程度进一步提高。

1.2 计算机控制系统的典型形式

计算机控制系统所采用的形式与它所控制的生产过程的复杂程度密切相关,不同的被控对象和不同的要求,应有不同的控制方案。计算机控制系统大致可分为以下几种典型的形式。

1.2.1 操作指导控制系统

操作指导控制系统的构成如图 1-5 所示。该系统不仅具有数据采集和处理的功能,而且能够为操作人员提供反映生产过程工况的各种数据,并相应地给出操作指导信息,供操作

人员参考。

该控制系统属于开环控制结构。计算机根据一定的控制算法(数学模型),依据测量元件测得的信号数据,计算出供操作人员选择的最优操作条件及操作方案。操作人员根据计算机的输出信息,如CRT显示图形或数据、打印机输出等去改变调节器的给定值或直接操作执行机构。

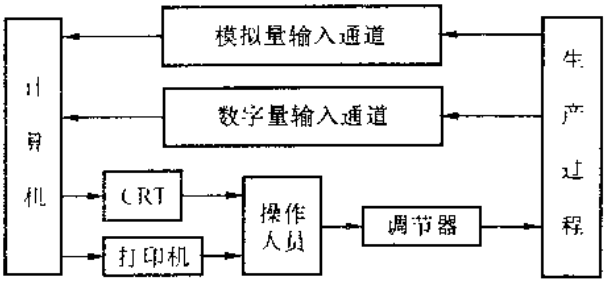


图 1-5 操作指导控制系统

操作指导控制系统的优点是结构简单,控制灵活安全。缺点是要由人工操作,速度受到限制,不能控制多个对象。

1.2.2 直接数字控制系统

直接数字控制(Direct Digital Control,简称DDC)系统的构成如图1-6所示。计算机首先通过模拟量输入通道和开关量输入通道实时采集数据,然后按照一定的控制规律进行计算,然后发出控制信息,并通过模拟量输出通道和开关量输出通道直接控制生产过程。DDC系统属于计算机闭环控制系统,是计算机在工业生产中最普遍的一种应用方式。

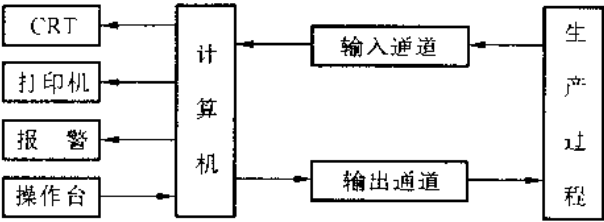


图 1-6 直接数字控制系统框图

由于DDC系统中的计算机直接承担控制任务,所以实时性好、可靠性高和适应性强。为了充分发挥计算机的利用率,一台计算机通常要控制几个或几十个回路,那就要合理地设计应用软件,使之不失时机地完成所有控制功能。

1.2.3 监督控制系统

监督控制 SCC(Supervisory Computer Control)系统中,计算机根据原始工艺信息和其它参数,按照描述生产过程的数学模型或其它方法,自动地改变模拟调节器或以直接数字控制方式工作的微型计算机中的给定值,从而使生产过程始终处于最优工况。从这个角度上说,它的作用是改变给定值,所以又称设定值控制 SPC(Set Point Control)。监督控制系统有两种不同的结构形式,如图1-7所示。

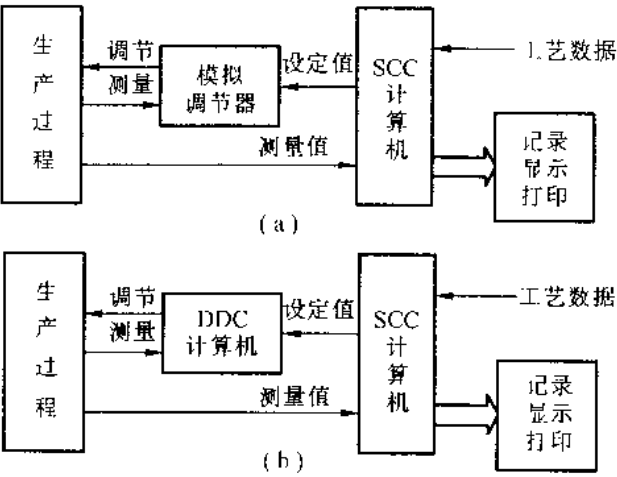


图 1-7 监督控制系统的两种结构形式

(a)SCC + 模拟调节器系统;(b)SCC + DDC 系统

(1) SCC 加模拟调节器的控

制系统

该系统是由微型机系统对各物理量进行巡回检测,并按一定的数学模型对生产工况进行分析、计算后得出控制对象各参数最优给定值送给调节器,使工况保持在最优状态。当 SCC 微型机出现故障时,可由模拟调节器独立完成操作。

(2) SCC 加 DDC 的分级控制系统

这实际上是一个二级控制系统,SCC 可采用高档微型机,它与 DDC 之间通过接口进行信息联系。SCC 微型机可完成工段、车间高一级的最优化分析和计算,并给出最优给定值,送给 DDC 级执行过程控制。当 DDC 级微型机出现故障时,可由 SCC 微型机完成 DDC 的控制功能,这种系统提高了可靠性。

1.2.4 分散型控制系统

分散型控制系统 DCS (Distributed Control System),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,把系统从上到下分为分散过程控制级、集中操作监控级、综合信息管理级,形成分级分布式控制,其典型结构如图 1-8 所示。

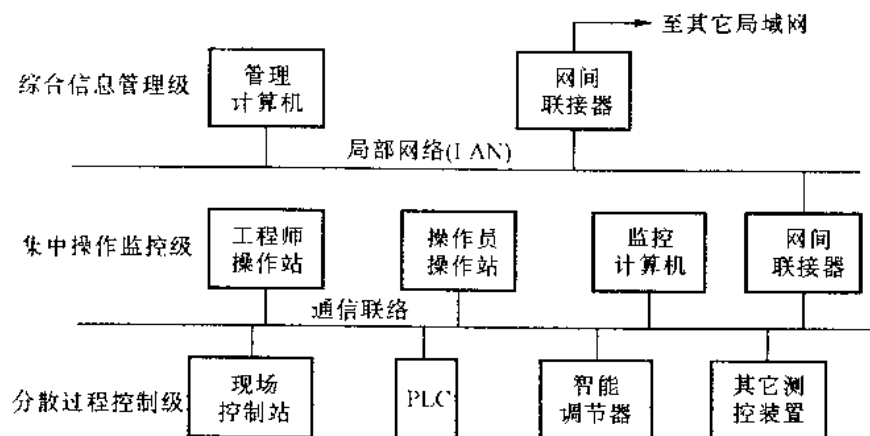


图 1-8 DCS 结构示意图

(1) 分散过程控制级

此级是直接面向生产过程的,是 DCS 的基础,它直接完成生产过程的数据采集、调节控制、顺序控制等功能,其过程输入信息是面向传感器的信号,如热电偶、热电阻、变送器(温度、压力、液位)及开关量等信号,其输出是驱动执行机构。

(2) 集中操作监控级

这一级以操作监视为主要任务,兼有部分管理功能。这一级是面向操作员和控制系统工程师的,因而这一级配备有技术手段齐备,功能强的计算机系统及各类外部装置,特别是 CRT 显示器,以及需要较大存储容量的硬盘或软盘支持,另外还需要功能强的软件支持,确保工程师和操作员对系统进行组态监视和操作,对生产过程实行高级控制策略、故障诊断、质量评估等。

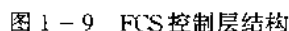
(3) 综合信息管理级

这一级由管理计算机、办公自动化系统、工厂自动化服务系统构成,从而实现整个企业

(4) 通信网络系统

1.2.5 现场总线控制系统

现场总线的节点设备称为现场设备或现场仪表,节点设备的名称及功能随所应用的企业而定。用于过程自动化构成 FCS 的基本设备如下:



② 执行器:常用的执行器有电动、气动两大类,每类又有多个品种。执行器的基本功能是信号驱动和执行,还内含调节阀输出特性补偿、PID 控制和运算等功能,另外还有阀门特性自校验和自诊断功能。

③ 服务器和网桥:服务器下接 H_1 和 H_2 ,上接局域网 LAN(Local Area Network);网桥上接 H_3 ,下接 H_4 。

④ 辅助设备: H_1 /气压、 H_1 /电流和电流/ H_1 转换器;安全栅;总线电源;便携式编程器等。

⑤ 监控设备:工程师站供现场总线组态,操作员站供工艺操作与监视,计算机站用于优化控制和建模。

FCS的核心是现场总线。现场总线技术是20世纪90年代兴起的一种先进的工业控制技术,它将当今网络通信与管理的观念引入工业控制领域。从本质上说,它是一种数字通信协议,是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、全分散、双向传输、多分支结构的通信网络。是控制技术、仪表工业技术和计算机网络技术三者的结合,具有现场通信网络、现场设备互连、互操作性、功能块分散、通信线供电、开放式互连网络等技术特点,这些特点不仅保证了它完全可以适应目前工业界对数字通信和自动控制的需求,而且使它与Internet互连构成不同层次的复杂网络成为可能,代表了今后工业控制体系结构发展的一种方向。

现场总线控制系统作为一种新一代的过程控制系统,无疑具有十分广阔的发展前景。但是,我们同时也应看到,FCS与已经经历了二十多年不断发展和完善的DCS系统相比在某些方面尚存在着一些问题,要在复杂度很高的过程控制系统中应用 FCS 尚有一定的困难。当然,随着现场总线技术的进一步发展和完善,这些问题将会逐渐得到解决。

1.3 计算机控制系统的发展

1.3.1 计算机控制系统的发展过程

计算机控制技术是自动控制理论、计算机技术相结合的产物,因此,计算机控制系统的发展是与自动控制理论、计算机的发展密不可分的。1946 年美国生产出了世界上第一台电子计算机,50 年代初便有人想将计算机用于航天或航空系统的控制。然而由于当时的计算机体积太大,消耗功率太多,而且也不太可靠,因此,这样的想法在当时尚不可能实现。到了 50 年代中期,由于工业过程控制计算机的体积和功率消耗不妨碍它在工业过程控制中应用,人们开始研究将计算机用于过程控制。经过几年的努力,到了 50 年代末,已经有计算机控制系统在工业生产中投入运行。

60 年代是计算机控制进入实用和开始逐步普及的阶段。60 年代后半期,计算机厂家生产出了各种类型的适合工业过程控制的小型计算机,其主要特点是体积更小、速度更快、工作更可靠和价格更便宜,这使得对于较小的工程问题也能利用计算机来控制。但这个阶段仍然主要是集中型的计算机控制系统。经验表明,在采用集中型计算机控制时,由于控制任务过于集中,一旦计算机出现故障,将对整个生产过程和整个系统带来严重影响。采用多机并用的方案,虽然可以提高集中控制系统的可靠性,但必然要增加投资。

自从 1972 年出现了微型计算机,计算机控制技术进入了崭新的发展阶段。微型计算机的最突出的优点是价格便宜、体积小。这就使得不管多么小的控制任务均可以采用微型计算机进行控制。现代一些工业的特点是高度连续化、大型化,装置与装置、设备与设备之间的联系日趋密切。过去,由于计算机比较昂贵,一台计算机要完成很多任务,因而多采用集中式的控制结构。现在由于计算机比较便宜,并考虑对现代化工业企业进行综合管理和最优控制,已开始采用分散型微处理器控制的分级计算机控制和集散控制系统,对工业的发展起到了巨大促进作用。

与计算机硬件相比,计算机软件的发展则要慢得多,在整个 50 年代至 70 年代,软件生产的改进很有限。到 70 年代末,许多计算机控制系统仍采用汇编语言编程。现在已采用高级语言进行实时控制,如 BASIC、C、Pascal 语言。而且可视化应用程序开发工具,如 Visual Basic、Visual C++、C++ Builder 等,为界面开发提供了非常方便的手段。

1.3.2 计算机控制系统的发展趋势

根据目前计算机控制技术的发展情况,展望未来,前景诱人。要发展计算机控制技术,必须对生产过程知识,测量技术,计算机技术和控制理论等领域进行广泛而深入的研究。

1 推广应用成熟的先进技术

(1) 普及应用可编程序控制器(PLC)

近年来,由于开发了具有智能 I/O 模块的 PLC,它可以将顺序控制和过程控制结合起来,实现对生产过程的控制,并具有高可靠性。

(2) 广泛使用智能调节器

智能调节器不仅可以接受(4 ~ 20)mA 电流信号,还具有 RS - 232 或 RS - 422/485 异步串行通信接口,可与上位机连成主从式测控网络。

(3) 采用新型的 DCS 和 FCS 系统

发展以位总线(Bitbus)、现场总线(Fieldbus)技术等先进网络通信技术为基础的 DCS 和 FCS 控制结构,并采用先进的控制策略,向低成本综合自动化系统的方向发展,实现计算机集成制造系统(CIMS)。

2. 大力研究和发展智能控制系统

经典的反馈控制、现代控制和大系统理论在应用中遇到不少难题。首先,这些控制系统的设计和分析都是建立在精确的系统数学模型的基础上的,而实际系统一般无法获得精确的数学模型;其次,为了提高控制性能,整个控制系统变得极其复杂,增加了设备的投资,降低了系统的可靠性。人工智能的出现和发展,促进自动控制向更高的层次发展,即智能控制。智能控制是一类无需人的干预就能够自主地驱动智能机器实现其目标的过程,也是用机器模拟人类智能的又一重要领域。

(1) 分级递阶智能控制系统

分级递阶智能控制系统是在研究学习控制系统的基础上,并从工程控制论的角度,总结人工智能与自适应、自学习和自组织控制的关系之后而逐渐形成的。

由 Saridis 提出的分级递阶智能控制方法,作为一种认知和控制系统的统一方法论,其控制智能是根据分级管理系统中十分重要的“精度随智能提高而降低”的原理而分级分配的。这种分级递阶智能控制系统是由组织级、协调级、执行级三级组成的。

(2) 模糊控制系统

模糊控制是一类应用模糊集合理论的控制方法。一方面模糊控制提供一种实现基于知识(规则)的,甚至语言描述的控制规律的新机理;另一方面,模糊控制提供了一种改进非线性控制器的替代方法,这种非线性控制器一般用于控制含有不确定性和难以用传统非线性控制理论处理的装置。

(3) 专家控制系统

专家控制系统所研究的问题一般都具有不确定性,是以模仿人类智能为基础的。工程控制论与专家系统的结合,形成了专家控制系统。

(4) 学习控制系统

学习是人类的主要智能之一。用机器来代替人类从事体力和脑力劳动,就是用机器代替人的思维。学习控制系统是一个能在其运行过程中逐步获得被控对象及环境的非预知信息,积累控制经验,并在一定的评价标准下进行估值、分类、决策和不断改善系统品质的自动控制系统。

(5) 神经网络控制系统

基于人工神经网络的控制,是智能控制的一个崭新研究方向。尽管我们尚无法肯定神经网络控制理论及其应用研究将会有多大的突破性成果,但是,可以确信,神经控制是一个很有希望的研究方向。这不但是由于神经网络技术和计算机技术的发展为神经控制提供了基础,而且还由于神经网络具有一些适合于控制的特性和能力。现在神经控制的硬件尚未真正

解决,对实用神经网络控制系统的研究,也有待继续开展与加强。

随着多媒体计算机和人工智能计算机的发展,应用自动控制理论和智能控制技术来实现先进的计算机控制系统,必将大大推动科学技术的进步和提高工业自动化系统的水平。

3. 单片机的应用将更加深入

随着电子技术的发展,单片机的功能将更加完善,因而单片机的应用也更加普及。它们将在智能化仪表、家电产品、工业过程控制等方面得到更广泛的应用。总之单片机的应用将深入到各个领域。

习 题

- 1-1 什么是计算机控制系统?它由哪几部分组成?
- 1-2 计算机控制系统的典型形式有哪些,各有什么优缺点?
- 1-3 计算机控制系统的发展趋势表现在哪几个方面?

第2章 离散系统分析数学基础

用计算机代替连续时间控制系统中的控制器再加上必要的附加装置,则可以构成计算机控制系统,如图2-1所示。

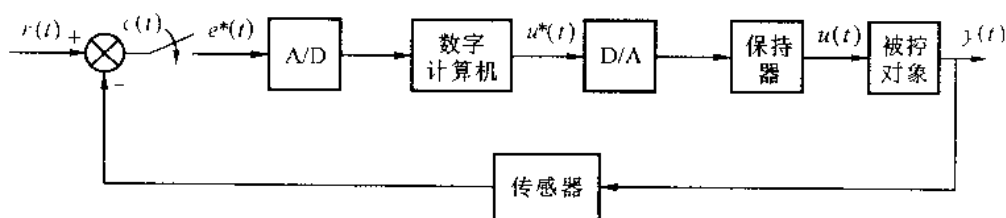


图2-1 计算机控制系统

因为计算机只能处理离散时间的数字信号,而被控制对象的输出往往是模拟量,如速度、压力、温度、流量、液位等。为了使计算机控制系统能够得以实现,需要将连续时间信号 $e(t)$ 离散化,即经过采样、量化,编码成数字量后,才能输入计算机进行运算和处理。这一过程通常由采样/保持电路和A/D转换器实现。计算机根据某种控制算法,对输入的数字序列 $e^*(t)$ 加以一系列的运算,得到控制量 $u^*(t)$,它也是一个数字序列。 $u^*(t)$ 经过D/A转换和保持器后又变成分段连续的信号或模拟信号 $u(t)$,作为被控对象的输入,控制被控对象实现控制目标。

因此,在计算机控制系统的分析与设计中,必须考虑连续时间信号和离散时间信号的相互转换问题。即采样、量化,A/D和D/A转换以及保持器等问题。

2.1 采样过程及采样定理

2.1.1 采样过程的数学表示

连续信号是定义在整个连续时间范围内,并且其幅值在某一区间内也呈现连续值的信号。根据是否将连续信号在时间上和幅值上的离散化,可以得到以下四种信号,如图2-2所示。

图2-2(a)连续时间信号;图2-2(b)连续时间整量化信号(随时间分段连续变化,幅值取离散值);图2-2(c)采样信号(仅在离散时间取值,幅值为连续变化);图2-2(d)数字信号(仅在离散时间取值,幅值取离散值)。

与连续信号不同,图2-2(b)所表示的模拟信号只能按一组断续的阶跃值变化。换句话说,它只能取一组离散的数值。将幅值可以连续取值的信号变成幅值只能取离散值的过程称为整量化。因此,这种信号也称为连续时间整量化信号。