

计算机控制系统

JISUANJIKONGZHIXITONG

陈忠信 王醒华 高金源 编

中央广播电视大学出版社



计 算 机 控 制 系 统

陈忠信 王醒华 高金源 编

中央广播电视大学出版社

计算机控制系统

陈忠信 王醒华 高金源 编

*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

国防科工委印刷厂印装

*

开本 787×1096 1/16 印张 30.25 千字 696

1989年8月第1版 1989年10月第1次印刷

印数 1—8000

定价 5.95 元

ISBN 7-304-00401-0/T P · 24

前 言

随着计算机技术的发展,特别是微处理机的迅速发展,现在越来越多的控制系统采用计算机或微计算机作为控制器。这就要求从事控制工程的技术人员不但要熟悉计算机,还应能将计算机更快、更好地用于自动控制系统。为此,就要进一步了解并掌握计算机控制系统的分析与设计实现的方法,并能解决将计算机用于控制后带来的一系列特殊问题。

近几年来,各个单位通过各种渠道普遍地进行了有关计算机、计算机语言、微机原理等知识的普及,中央电大也开出了相应的课程,但对于计算机控制系统的分析、设计与实现却介绍得很少。很多工厂、企业虽购置了一定数量的小型、微型计算机,但如何将其用于对生产过程的实时控制,还缺少必要的理论及实践知识。随着科学技术的飞速发展,机电一体化的进程越来越快,而机电一体化的核心问题就是如何将数控技术(即计算机控制技术)用于对机器设备的控制、检测。本课程就是为了解决上述问题而设置的。通过本课程的讲授与学习,学员将能学到计算机控制系统的分析、设计与实现的工程方法。

本课程共分八章:第一章,计算机控制系统概述,叙述了计算机控制系统的发展、组成结构与特点、分类;第二章,计算机控制系统中的信号,介绍了计算机控制系统中存在的几种信号形式的变换,着重分析了对系统最有影响的信号采样过程及采样定理;第三章,计算机控制系统的数学描述和分析方法,详细介绍了Z变换理论及其在计算机控制系统的分析中的应用,介绍了计算机控制系统的两种数学模型——差分方程及脉冲传递函数,介绍了对系统稳定性及系统误差的分析方法;第四章,计算机控制系统的模拟化设计,重点研究了各种离散化方法的特点、变换公式和应用场合,并给出了计算机辅助计算和辅助设计程序;第五章,计算机控制系统的离散域设计,介绍了三种离散域直接设计方法,并给出了计算机辅助设计程序;第六章,控制算法的编排实现及量化效应,详细讨论了控制算法的各种不同编排方法以及幅值量化对控制系统所产生的影响;第七章,计算机控制系统的工程实现(一);第八章,计算机控制系统的工程实现(二)。第七、八两章从计算机及外围设备在控制系统中应用的角度,介绍了计算机控制系统的硬件及软件的应用以及实现中遇到的一系列工程问题及其处理方法。第一、二、三章由陈忠信编写,第四、五章由王醒华编写,第六、七、八章由高金源编写,第七章特请仇志津及姚克章同志进行了初审,特表感谢,全书由陈忠信主编统稿,由牛振冬审阅。由于编者水平所限,书中难免有错误及不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 计算机控制系统概述	(1)
1-1 计算机控制系统的发展	(1)
1-2 连续控制系统与计算机控制系统	(5)
1-3 计算机控制系统的组成结构与特点	(6)
1-4 计算机控制系统的分类	(9)
1-5 计算机控制系统的设计与实现	(16)
本章小结	
第二章 计算机控制系统中的信号	(19)
2-1 计算机控制系统内信号的种类及特性	(19)
2-2 信号的采样过程和采样定理	(24)
2-3 信号的恢复与重构	(36)
2-4 模拟信号的整量化	(43)
本章小结	
习题	
第三章 计算机控制系统的数学描述和分析方法	(48)
3-1 采样信号的 Z 变换	(48)
3-2 计算机控制系统的数学描述	(67)
3-3 计算机控制系统的稳定性分析	(92)
3-4 计算机控制系统的性能指标	(107)
3-5 计算机控制系统的稳态误差	(109)
3-6 离散系统的频率特性	(117)
本章小结	
习题	
第四章 计算机控制系统的模拟化设计	(127)
4-1 模拟化设计概述	(127)
4-2 差分变换法	(128)
4-3 脉冲响应不变法	(135)
4-4 阶跃响应不变法	(140)
4-5 零极点匹配法	(144)
4-6 双线性变换法	(148)

4-7 离散化方法总结和设计举例	(159)
4-8 数字PID控制器	(167)
4-9 计算机实用程序	(183)
本章小结	
习题	
第五章 计算机控制系统的离散域设计	(201)
5-1 Z平面根轨迹设计法	(201)
5-2 W平面设计法	(227)
5-3 解析设计法	(254)
5-4 计算机实用程序	(277)
本章小结	
习题	
第六章 控制算法的编排实现及量化效应	(294)
6-1 控制算法的编排	(294)
6-2 数的二进制定点表示及特性	(302)
6-3 比例因子的配置	(312)
6-4 变量量化效应分析	(322)
6-5 变量量化的非线性效应分析	(339)
6-6 系统量化及对系统特性的影响	(354)
6-7 控制算法编排实现步骤	(360)
习题	
第七章 计算机控制系统的工程实现(一)	(363)
7-1 计算机控制系统的计算机	(363)
7-2 计算机控制系统的外部设备及接口	(369)
7-3 计算机控制系统实时控制程序设计	(401)
习题	
第八章 计算机控制系统的工程实现(二)	(441)
8-1 计算机控制系统中的传感器与执行机构	(441)
8-2 采样频率的选择	(448)
8-3 计算机控制系统中的抗干扰	(455)
8-4 系统故障及可靠性	(467)
习题	
部分习题答案	
参考文献	

第一章 计算机控制系统概述

计算机控制系统对于给定的被控对象施加一定的控制,保证被控对象按规定的方式运行,从而完成既定的工作任务。为了得到较高的控制质量,通常采用闭环反馈控制,遵循着控制原则:测量误差,利用误差的反馈产生控制作用,控制被控对象,从而达到减小或消除误差的目的。

从信息的观点来分析和设计控制系统时,可把整个控制系统的功能看做是对信息的获取、传递、加工处理和信息反馈,以实现系统向预定目标的运动。对于任何形式的控制系统,其关键是信息的获取、存贮及处理。在连续控制系统中,通常采用各种模拟式仪表与电路,由于其功能的限制,常常难于对信息进行复杂的处理,因而降低了控制系统的控制质量。由于计算机具有强大的存贮及信息处理的能力,用它实现系统的控制就能高质量地完成各种复杂的控制功能。随着计算机技术的飞速发展,特别是各代微型机的相继出现,使得由计算机参与各类控制过程有了突破性的进展。

1-1 计算机控制系统的发展

自从1946年第一台数字计算机出现以来,计算机技术有了极大的发展。与此同时,计算机控制理论也并驾齐驱地飞速发展,计算机控制系统就是在这两者的基础上产生和发展起来的。控制理论为计算机控制系统提供了分析设计的理论基础,计算机技术为其提供了具体实现的硬件及软件。我们首先就其发展历史给以简单介绍。

一、计算机技术用于控制系统的发展

将数字计算机用于控制系统开始于50年代,最初是研究将计算机用于军事中导弹和飞机的控制。那时由于计算机的体积大,耗能多,可靠性差,所以初期也只能用于地面控制站,当时用于机载控制的只是一些称为数字微分分析器的专用计算机。

计算机控制的主要进展是在工业过程控制中,这可大致划分为四个发展阶段:

(一)计算机用于过程控制开创于1956年。当时首先由 TRW (Thomson Ramo Woolridge) 航空公司与得克萨斯 (Texaco) 公司提出了用于炼油厂的一台聚合装置的计算机控制系统方案,设计出了一个采用 RW-300 计算机的聚合装置计算机控制系统,并于1959年3月投入试运行。它控制了26个流量,72个温度,3个压力和3个成分。这项开创性工作在计算机制造商和各研究组织中间唤起了对过程控制的极大兴趣。

此时计算机的主要任务是:对系统的过程参数进行巡回检测,搜集加工,寻找最佳运行条

件,操作人员据此进行操作或修改模拟调节器的设定值,根据打印的输出数据完成调度和生产计划,报告产量和原材料的消耗等。当时所作只能达到静态最优。

这一时期的计算机运行速度慢,其加法时间的典型值是1毫秒,乘法时间是20毫秒;可靠性差,其平均无故障时间(MTBF)只有50—100小时。因此还不能用计算机直接控制生产对象。这一时期的计算机控制系统可归结为两类,即计算机巡回检测及数据处理系统和操作指导控制系统。

(二)直接数字控制(DDC)阶段。该阶段是从1962年开始的,这年英国帝国化学工业公司(ICI)制造出了一套直接数字控制系统(DDC),完全代替了常规的模拟仪表控制装置,计算机直接测量224个过程参数和直接控制129个阀门。促成这种变革的主要原因是:

1. 价格因素。随着过程控制回路数的增加,模拟控制装置增多,其总价格也呈线性增加。当用计算机完成控制职能时,一台计算机可分时控制多个回路,增加回路数只由增加程序段即可完成,因此增加回路的费用很小,回路数越多,用 DDC 控制越便宜。

2. DDC 控制简化了操作装置。由简单的一台屏幕显示器及键盘代替了整面墙壁的模拟仪表盘。

3. DDC 控制的灵活性。随着生产过程的变化,需变更控制规律,这时在模拟控制系统中需改变控制器的硬件设备,而在 DDC 系统中只需变更程序的编排,并可引入专门的 DDC 语言以简化编程工作。

在1962—1965年期间 DDC 系统取得了显著的进展。这一时期的计算机的典型数据是:加法时间100微秒,乘法时间1毫秒,平均无故障时间1000小时,比初创期的计算机数据提高了一个数量级。

(三)小型计算机阶段。这一时期始于1967年,此时期的特点是随着集成电路技术的发展,使计算机的体积变得更小,运算速度更快,更加可靠。此时,典型过程控制计算机的字长为16位,主存贮器的容量为8—124K 字,加法时间2微秒,乘法时间5微秒,CPU 单元的平均无故障时间为20000小时。这就可以更加有效地设计计算机过程控制系统。尽管如此,但直到1975年,一台小型机的主机仍在一万美元左右,一个小系统的价格很难低于十万美元。对于大量的控制问题,计算机控制仍然是可望而不可及,因此计算机控制系统仍难普及。

(四)微型计算机阶段。这一阶段始于七十年代初期。随着大规模集成电路制造工艺的发展,从而使以微处理机为核心的微型计算机迅速发展,这就使计算机控制发生了革命性的转折。微型机的出现使系统硬件费用急剧地减少,例如,1980年一台相当于1975年小型计算机性能的微型机的价格已下降到500美元。微型机的可靠性大大提高,尺寸结构越来越小,计算速度越来越快,更主要的是可以将微型机安放到生产过程现场,进行“分散”控制,七十年代中期,国外许多厂商纷纷推出“分散型控制系统”产品。目前在市场需求的压力下,各个工厂都在设计和生产各自的标准化系列产品,并且已经设计出以微机为基础的专用调节器。

二、 计算机控制理论的发展过程

与连续控制系统不同,在计算机控制系统中,由于控制规律是用数字计算机实现的,而计

计算机仅仅具有处理数字信号的能力,所有计算机控制系统都只根据离散时间上的过程变量值来工作。因此,在计算机控制系统的分析、设计和实现中会遇到一系列与连续系统理论不同的问题。

(一)采样问题。由于数字计算机的离散时间性质,故采样是计算机控制系统的基本特征,因此,必须对采样过程有一个深入的理解。需要弄清信号在什么条件下才能只根据它在离散点上的值重现出来。该问题是由乃奎斯特解决的。他证明,要将正弦信号从它的采样值复现出来,每个周期内至少必须进行两次采样。香农在1949年完全解决了此问题,这就是采样定理。

(二)差分方程。如同连续系统用微分方程描述一样,离散系统用差分方程来描述,并以差发方程特征根的形式来定义离散系统的稳定性。

(三)变换方法。受分析连续控制系统的拉普拉斯变换方法的启发,古尔维兹于1947年对序列 $[f(kT)]$ 引进了一个变换,它定义为

$$Z[f(kT)] = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)Z^{-k}$$

后来,在1952年该变换被定义为 Z 变换。 Z 变换理论导出了比较简单的结果,但存在着局限性,它只给出系统在采样时刻的特性,系统在采样时刻之间的特性用 Z 变换无法知道,而且已经证明,在采样时刻无振荡的系统,可能在采样时刻之间出现隐藏振荡,由此可给系统的工作造成很大损害。为了求得采样时刻之间的信息,在1950—1956年之间,又提出了另一种分析方法——修正 Z 变换或称改进 Z 变换。 Z 变换法在五十年代末已经成熟,这种理论模仿线性时不变连续时间理论,引出了脉冲传递函数(或称 Z 传递函数)的概念,为采样系统的分析与设计提供了有效的数学工具。

上述三方面的数字控制理论都是属于经典控制理论的范畴,并且仅仅适用于单输入和单输出的线性定常系统,而且和连续时间系统的研究理论相对应。如前所述,连续时间控制系统的输出量与输入量之间的关系用微分方程描述,与此对应,在数字控制系统中,输出与输入量之间的关系是用差分方程描述;在连续时间系统中应用的数学工具是拉氏变换,而在数字控制系统中应用的是 Z 变换,在连续时间系统中使用传递函数概念,在数字系统中则用脉冲传递函数的概念。上述问题将在本书的相应章节中叙述。

(四)以状态空间方法为基础的现代控制理论

工程系统的现代趋势是朝着更加复杂的方向发展,这是由于复杂的任务和高精度的要求引起的。复杂系统可能是多输入——多输出的,也可能是时变的。由于对系统的性能指标提出越来越高的要求,很多问题只有用大型数字计算机才能解决。用经典控制理论对复杂系统进行分析、设计就遇到了很大困难。为适应新的需要,一种新方法——现代控制理论在1960年左右便发展起来,这种理论是建立在状态空间概念上的,状态空间理论在五十年代后期已经建立。现代控制理论主要用于多输入多输出系统,系统可以是线性或非线性的,参数是定常的或时变的,现代控制理论在本质上是时域方法,它可以使工程技术人员对于给定的性能指标设计出最佳控制系统。最近二十年来,现代控制理论有了很大发展,特别是发展了多种适用于不同场合

的具体算法。现在正是借助于数字计算机把现代控制理论应用于工业生产过程控制的大好时机。

(五)在计算机控制系统的工程实现中遇到的新问题

1. 在计算机控制系统的设计中所得到的控制算法需在计算机上编排实现。这时所有参与计算的变量和参数都是用计算机的有限字长来表示的,因而产生由于幅值量化所带来的问题。在系统控制算法的设计阶段,通常假定信号只在时间上断续而在幅值上是连续的,系统是一采样系统。在控制算法实现时,由于结构编排与字长的不同,将对控制质量产生不同程度的影响,从而出现许多在连续系统和采样系统中不曾出现的问题。例如,由于量化引起的溢出,系数量化误差,量化及溢出非线性对系统的影响等。

2. 在计算机控制系统的硬件及软件实现时,为了减少上述影响,需合理的选择器件并需采取相应的保护措施,从而实现满足设计要求的完整系统。

在本书中将对上述问题进行专门论述。

(六)系统辨识及自适应控制理论的发展

当我们应用上述理论解决实际问题时,需要有效的建模手段。建立模型的目的或者是为了研究系统性能,或者是为了对系统进行控制。例如,为了用经典方法设计数字控制器,就需要知道描述系统的差分方程或脉冲传递函数,如用最优控制理论求系统的最优控制作用,则必须事先知道系统的状态方程。

从理论上来说,应该可以通过列出系统各个变量间物理的或化学的关系式建立系统的动态模型,这就是理论建模。但是随着生产过程复杂程度的增加,很难用理论的方法建模,更何况在生产过程中,由于条件的变化,干扰的变化,过程参数一般随时间发生变化。在这种情况下,就发展了用实验的方法进行建模的理论。由计算机对系统的输入信号和输出信号进行巡回检测并记录,然后按照一定的算法对这些数据进行计算处理,从而得到一个能最好地拟合输入输出数据的参考模型,用这种方法建立系统的动态模型就称为系统辨识。目前系统辨识已经形成现代控制理论的一个重要分支。

随着计算机技术及现代控制理论的发展,尤其是系统辨识理论的发展,又重新唤起人们对自适应控制的兴趣。

在实际控制问题中,控制对象和环境往往有如下的不定性:被控对象的结构和参数的不确定性是普遍存在的;被控对象的动态特性随外界环境的变化而变化;被控对象的动态特性也随着系统本身的变化而变化。如何对未知的或知之甚少的时变系统进行控制,使其获得所要求的性能,这就是自适应控制理论所要解决的问题。为满足上述的特殊设计要求,自适应控制器应该具有如下功能:在控制过程中通过对输入量、输出量或状态变量的测量,增加对被控对象的了解;根据不同的设计方法,对自适应控制器的参数进行调节或直接综合出合适的控制量,从而使控制系统的输出或某个综合指标达到预期的要求。

由于本课程的课时所限,书中对自适应控制只给出设计概念,感兴趣的读者可参阅有关专著。

1-2 连续控制系统与计算机控制系统

计算机控制系统和连续控制系统的共同点是：它们都是由测量变换部件、放大部件、校正装置、执行机构和被控对象等组成；它们都是按误差进行控制的负反馈闭环系统。图1-1是一个典型的连续位置随动系统。系统控制的任务是使被控对象的输出位置跟踪指令信号。为了

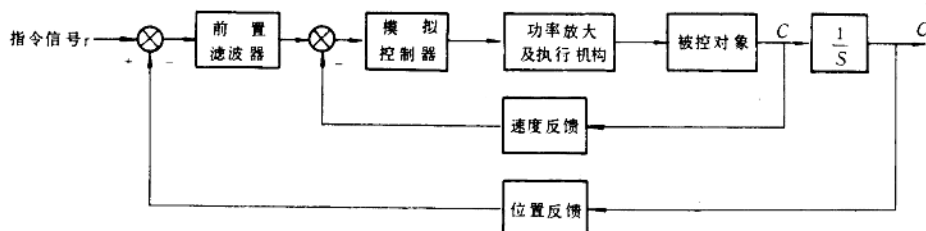


图1-1 位置连续控制系统

改善系统的稳定性，在系统中引入了速度反馈。在该系统中的主要部件都是模拟器件，在系统中的信号都是时间变量 t 的连续信号。

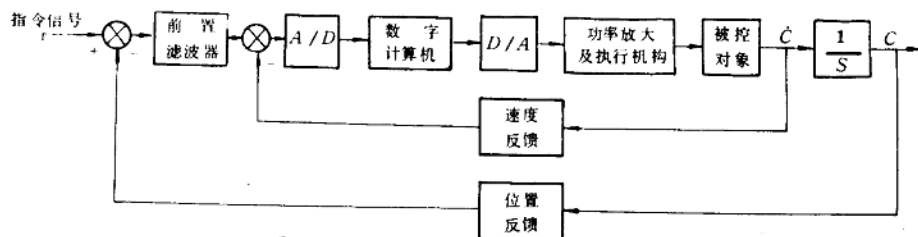


图1-2 位置计算机控制系统

当用数字计算机作控制部件时，图1-1所示系统可按图1-2构成。此时，原系统中由模拟控制器完成的校正计算任务改由计算机完成。由于数字计算机仅仅具有处理数字信号的能力，而不能处理连续信号，因此若用数字计算机来完成控制任务，那么输入计算机的模拟信号必须先变换成数字信号，计算机输出的数字控制信号必须变换成模拟信号才能使模拟部件接受并执行。所以在计算机控制系统中必须对连续信号进行必要的变换以适应上述要求。粗略地看，这种变换主要包括：

采样变换。它将连续信号转换为时间上离散的信号；

数字化。它将模拟信号转换为数字信号，即模/数(A/D)变换；

数字信号转换为模拟信号。即数/模(D/A)变换；

离散信号转换成连续信号。即通常所说的信号保持或重构。

为实现上述变换，在计算机控制系统里常要附加相应的信号变换部件：采样器、数/模变

换器(D/A)、模数变换器(A/D)以及保持器。

1-3 计算机控制系统的组成结构与特点

一、 计算机控制系统的组成

由图 1-2 的简单结构图可见,计算机控制系统主要由以下部分组成:

(一) 被控对象。通常是一个连续变化的动态物理过程,在结构图中即是负载的运动过程。

(二) 功率放大及执行机构。由它产生具体的控制作用以驱动被控对象的运动。目前也有可由数字信号直接推动的执行机构,如步进电机,但种类不多,在本书中只讨论由连续信号驱动的执行机构。

(三) 测量变换装置。用来测量被控对象的运动状态、干扰等信号并将信号放大、变换成一定量程的模拟信号。通常的测量变换装置以模拟式的居多,例如在图 1—2 中用测速电机测量速度反馈信号,用位置传感器测量位置反馈信号。随着数字技术的发展,已有越来越多的数字测量装置问世并被广泛采用,但本书中只讨论模拟式测量变换装置。

(四) A/D 及 D/A 变换器(其中包括采样与保持装置)。它们对输入输出计算机的信号进行变换,以使数字计算机与被控对象的信号类型相协调。

(五) 数字计算机系统。它在控制系统中起控制器的作用,对信号进行存贮、加工处理,按控制任务的要求形成控制指令,输出控制信号。数字计算机系统包括硬件和软件两部分。

1. 硬件部分——包括主机和外部设备。主机由中央处理机(CPU)、内存、输入输出设备等组成,有时称为“裸机”。外部设备包括人—机联系设备、过程输入输出设备、在主机之外的大容量存贮器——外存贮器。不同规模的计算机所包括的硬件设备的多少,规模大小各不相同,这视控制任务规模的大小,复杂程度而定。

2. 软件部分——软件是指计算机的程序系统。它可分为系统软件和应用软件两大类。

系统软件是为用户配备的,通常包括:程序设计系统、语言编译程序、服务程序(装入、调试、诊断)和实时操作程序及与计算机密切相关的程序。

应用软件包括描述控制规律以及实现控制动作的那些程序,它广泛涉及到生产工艺、生产设备、控制理论、控制工具等各方面。

一般系统软件由计算机制造厂提供,并总具有一定程度的通用性。应用软件则由配套厂或使用单位自行设计。

二、 计算机控制系统的基本结构及作用

根据以上所述组成部件,一般计算机控制系统的结构组成如图 1-3 所示。被控对象(过程)的有关参数(如温度、压力、流量、转速和转角等)由测量变换部件进行测量放大,再经采样器采样,将时间上连续的信号变成时间上离散的模拟信号,再经 A/D 变换器变换成数字信号输入计算机进行存贮处理,在计算机内形成的数字式指令信号经 D/A 变换器变换成模拟信号,经输

出控制设备(如功率放大器等)操作执行机构,以达到控制被控对象按预定的要求运动。对系统的给定控制量,可通过人—机联系设备由键盘输入计算机,过程的参数可在计算机屏幕上显示出来。由上述可知,在计算机控制系统中,计算机主要起三个作用:

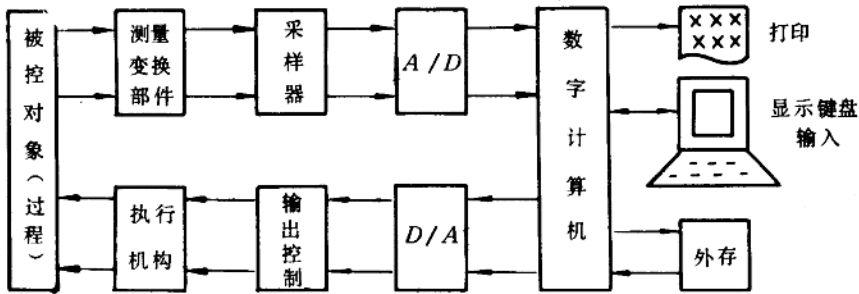


图 1-3 计算机控制系统示意结构图

1. 数据处理。完成数据的巡回采集、分析处理、性能计算以及选点显示、记录、定时制表等。
2. 监控。完成越限报警、事故预报与处理、设备的自动启停、系统诊断与管理等。
3. 实时控制。根据给定的控制规律,对过程实现在线实时控制。

三、 计算机控制系统的特点及优缺点

(一) 计算机控制系统的特点

谈到计算机控制系统的特点,这是与连续控制系统比较而言,我们从三方面加以说明:

1. 结构上的特点。目前绝大多数计算机控制系统都是由数字部件和模拟部件组成的混合系统。完全由数字部件组成的全数字控制系统虽然存在,但还不普遍。本书主要研究混合式计算机控制系统。

2. 系统中信号形式上的特点。由于混合形式的计算机控制系统中既有数字部分,又有模拟部分,因此在系统中的信号如图 1-4 所示有以下几种形式:

连续模拟信号。各测量变换部件的输出信号(r_1)及 D/A 变换后保持器的输出信号(r_7)都是时间上的连续模拟信号。

离散模拟信号。采样器的输出(r_2)是周期脉冲序列或非周期脉冲序列,或称离散模拟信号。在相邻两脉冲之间无信号传递,相邻两脉冲之间的时间称为采样周期,如果在同一系统中所有离散信号的采样周期相等并且同步采样,则称为单速率采样;若一个系统中出现不同的采样周期,则称为多速率采样。另外还有随机采样、脉冲调宽采样等等。在实际系统中经常采用的是单速率和多速率采样,本书主要讨论这两种采样形式。

连续数字信号。这种信号在时间上连续,在幅值上已量化成数码。在数字机内存贮和处理的信号(r_4)属于这种类型。

离散数字信号。这种信号的特点是在时间上是离散信号,在幅值上是数码。 A/D 变换器的输出信号(r_3)及计算机的输出信号 r_5 属于这种类型。上述信号的定义将在第二章中叙述。

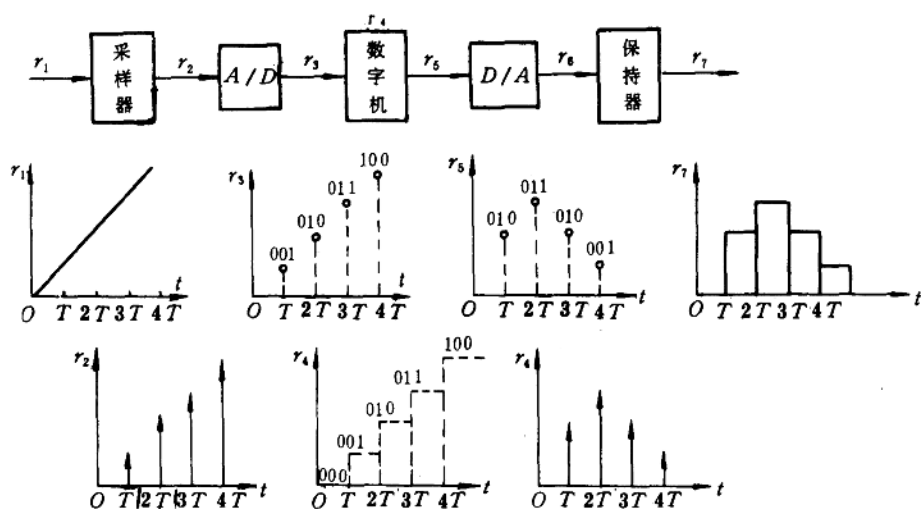


图 1-4 计算机控制系统中的信号形式

3. 系统工作方式上的特点。

在连续控制系统中控制器都是由硬件设备或电路构成,而且一台控制器仅为一个控制回路服务,要想改变控制方案,必须重新配置硬件设备或电路。而在计算机控制系统中,一台计算机可同时起多台控制器的作用,为多个控制回路服务。每个控制回路的控制方式由软件(即程序)来形成,为了改变控制方式,不需要改变系统的硬件,只需改变控制算法,编出新的程序即可。

(二) 计算机控制系统的主要优点

由常规仪表组成的连续控制系统虽具有可靠性高、易于维护操作等优点,并得到了广泛的使用,但是随着生产向大型化、连续化、生产品种多样化方向的发展,对自动化的要求越来越高,常规的连续控制系统的应用受到了限制。例如,它难以实现多变量的控制,难以用常规模拟仪表构成复杂的控制规律,难以实现最优控制、自适应控制、时变控制等,难以改变控制方案。而计算机控制系统除了能完成常规连续控制系统的所有控制功能外,还有它独特的优点。

1. 由于数字计算机的运算速度快、精度高,有丰富易变的逻辑判断功能和大容量的存储单元,因此能实现复杂的控制规律,从而可达到较高的控制质量。

2. 由于计算机具有分时操作的功能,所以一台计算机能代替多台常规控制仪表。一台数字机的最初投资虽然较大,但增加一个控制回路的费用却很小。对于连续系统来说,控制规律越复杂,所需要的硬件也就越多越复杂,因此,模拟硬件的成本几乎和控制规律的复杂性成正比。对于计算机控制系统来说,控制规律都是由编制计算机程序之后在计算机上运行而实现,控制规律的改变和复杂程度的提高,都不需改变计算机硬件,只需改变控制程序,因此控制系统的功能/价格比值高,系统成本低。

3. 由于计算机具有记忆和判断功能,所以可通过计算机综合生产的各方面情况,在环境或生产过程参数变化时能及时作出判断,选择最合理最有利的方案和决策,从而使计算机控制系统具有很强的灵活性和适应性。

4. 计算机控制系统还有一些连续控制系统所不具备的优点,如没有漂移,抗干扰、抗噪声能力强等。

5. 随着计算机技术的发展,特别是微型机的生产发展,使得计算机控制系统在体积和重量上都比模拟系统小得多,成本低得多。

由于计算机控制系统具有以上的优点,特别是由于大规模集成电路的出现与发展,从六十年代末期开始,小型计算机,特别是微处理机的发展,使得数字计算机极快地深入到一般控制领域,开始逐步取代模拟控制部件,甚至对最简单的单环控制系统也开始使用微机或单片机控制。

1-4 计算机控制系统的分类

对计算机控制系统有多种分类方法。下面根据数字计算机的应用特点和参与控制的方法,以及控制规律的不同特点进行大致分类如下:

一、按数字机参与控制的方法可分为以下六类:

(一) 计算机巡回检测和

数据处理系统。

严格说来它不属于计算机控制系统,只是为人工控制发展为自动控制提供资料。因此,也可把它看作是计算机应用于工业控制的低级阶段,如图1-5所示。该系统将生产过程的各种需要收集的参数,经测量变换器、采样及模/数(A/D)变换器变换后,定时地巡回送入计算机内存中,然后由计算机对数据进行分析处理。当出现异常时发出声光报警,需要时,可人工请求打印输出或选点显示,或者按要求定时制

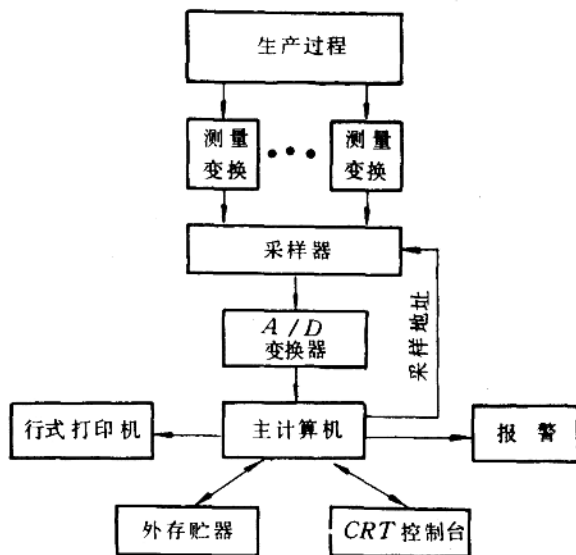


图 1-5 计算机巡回检测和数据处理系统

表打印或将数据处理的结果记录在外存储器中,作为资料保存和供分析使用。

(二) 操作指导控制系统,如图 1-6 所示。在该系统中,计算机的输出不直接作用在执行机构上,计算机只是在规定的时刻采集和处理过程参数数据,输出一些数据(打印或显示),由操作人员依照这些数据去改变、调节给定值或直接操作执行机构。在这种系统里,计算机只起数据处理及监督作用。这种控制方法的优点是可以安全地试验新方案、新设备;或在闭环控制接通之前先进行这种开环控制的试运行,以便考核计算机工作的正误;或用于试验新的数学模型和调试新的控制程序,也可用此控制方法训练不熟悉控制方法的人员。其缺点是仍需人工操作,速度受到限制,不能同时控制多个回路。

这种控制系统在生产实践中得到了广泛的应用。例如在冶金工业中,无论在高炉炼铁,转炉炼钢以及各种轧制过程的计算机控制中都用得很多。

(三) 直接数字控制(DDC)系统

在这种系统中,计算机对多个被控物理过程进行巡回检测,根据给定值及控制规律计算控制指令,计算机的输出经 D/A 变换后直接去控制执行机构,使各个被控制参数保持在给定值上,故称这种系统为直接数字控制系统,如图 1-7 所示。它的主要功能是代替常规模拟式调节仪表。

它的主要功能是代替常规模拟式调节仪表。

(四) 计算机监督控制系统(SCC)即(Supervisory Computer Control)的缩写。该系统中的计算机根据对生产过程中各种参数的测量值、给定值、操作限制,按照生产过程的数学模型,根据原料、成本与成分、产品的价格等因素计算出最佳的控制方案,对模拟式调节器或 DDC 控制系统提供最佳给定值,据此改变其以前的给定值,然后由模拟控制器或 DDC 控制系统直接控制生产过程的被控量,从而使生产过程总是在最佳工作状态下运行。

SCC 系统就其结构来讲有两种:一种是 SCC + 模拟调节器;另一种是 SCC + DDC 控制系统。

1. SCC + 模拟调节器。该系统的原理图如图 1-8 所示。在此系统中,SCC 监督计算机的作用是收集、检测信号及管理命令,然后按照一定的数学模型计算并输出给定值到模拟调节器 T。此给定值在模拟调节器 T 中与检测值进行比较后,其偏差值经模拟调节器计算后输出到执行机构,以达到调节生产过程参数的目的。这样系统就可以根据工况的变化,不断地改变给定值,以达到实现最佳控制的目的。而一般的模拟系统是不能随意改变给定值的。因此,这种系统

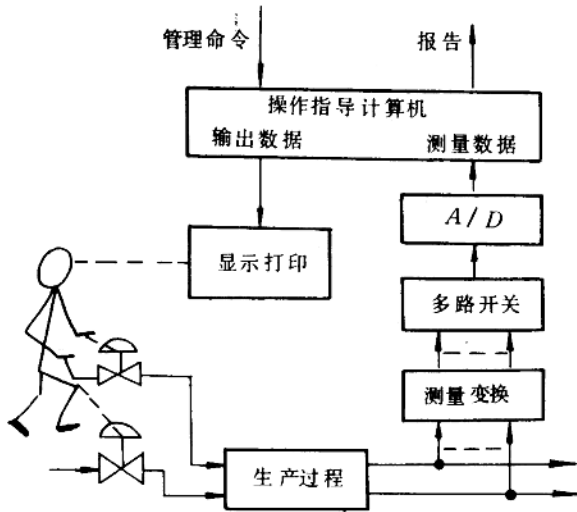


图 1-6 操作指导系统

特别适合于老企业的技术改造,既用上了原来的模拟调节器,又实现了最佳给定值控制。

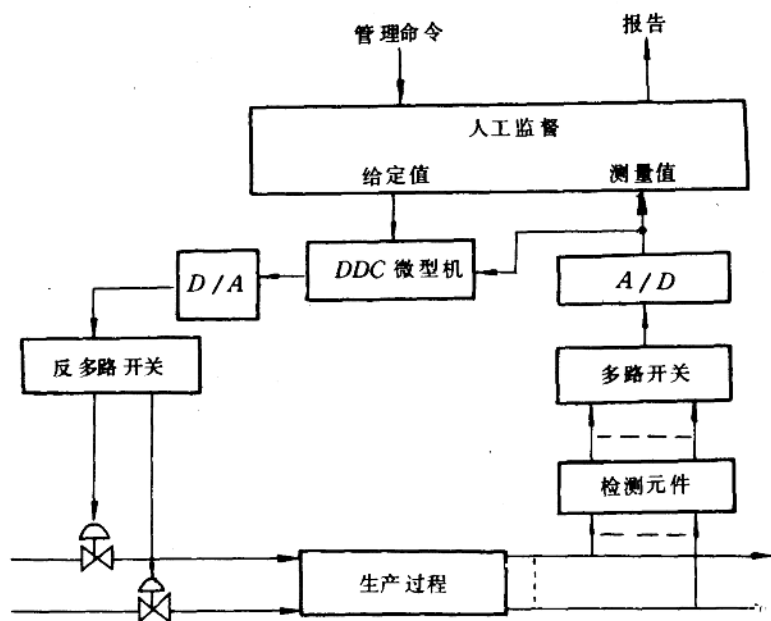


图 1-7 DDC 控制系统

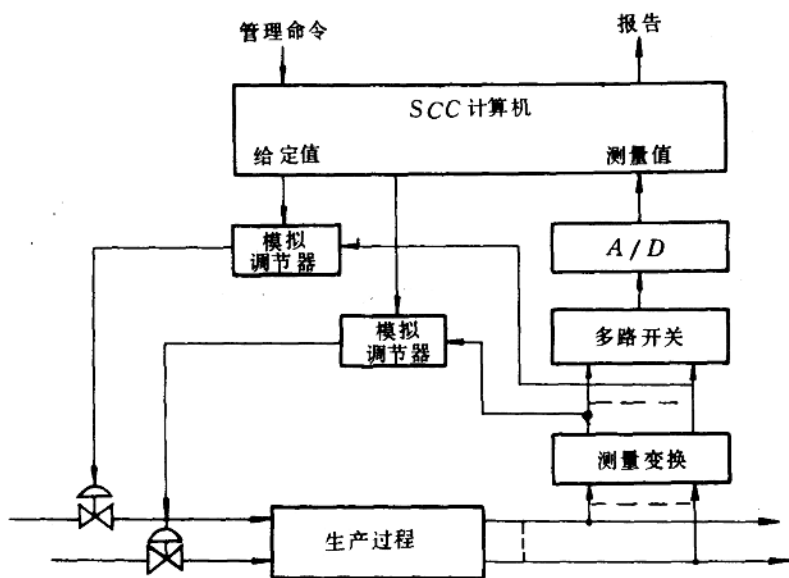


图 1-8 SCC + 模拟调节器控制系统

2. SCC + DDC 控制系统。SCC + DDC 控制系统原理图如图 1-9 所示。

该系统为两级计算机控制系统,一级为监督级 SCC,其作用与 SCC + 模拟调节器系统中的