

计算机控制原理与系统

张汝波 徐东 编

哈尔滨工程大学出版社

计算机控制原理与系统

张汝波 徐 东 编

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制原理与系统/张汝波,徐东编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2002

ISBN 7-81073-364-8

I. 计... II. ①张...②徐... III. 计算机控制系统
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 066444 号

内 容 简 介

本书全面、系统地论述了计算机控制系统设计中所涉及的基础理论,全书共六章。在介绍了模拟连续系统的分析和设计方法的基础上,主要介绍了离散系统的分析方法以及离散系统的经典设计法和状态空间设计法,最后给出了计算机控制系统的设计实例。

本书可作为高等院校非自动控制专业的本科生教材,也可供从事计算机控制的教师和研究参考。

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
哈尔滨工程大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 11.25 字数 281 千字

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—1 000 册

定价:14.00 元

前 言

本教材是为非自动控制专业本科生编写的教材。考虑到非自动控制专业的课程设置情况,本书对连续系统的分析和设计方法进行了系统而简洁地介绍,以弥补非自动控制专业学生对这方面基础知识的欠缺。本书是作者总结多年教学工作的经验、参考近年来最新的教科书和有关文献编写而成的,全书共六章。

本书的第1章是绪论,详细介绍了有关计算机控制系统的基本概念。

第2章介绍了模拟控制系统的分析基础,重点介绍拉普拉斯变换、控制系统的数学模型、控制系统的性能指标、控制系统的稳定性分析、控制系统的误差分析及提高控制系统性能的基本方法。

第3章介绍了离散系统的分析基础,即 Z 变换和 Z 反变换、脉冲传递函数、 $[Z]$ 平面的稳定性分析和离散系统的稳态误差分析。

第4章介绍了模拟控制器的离散化方法和最小拍离散控制系统设计方法。

第5章介绍了离散控制系统的状态空间设计方法,主要介绍离散系统的能控性与能观性、离散系统的状态反馈设计和离散系统的输出反馈设计方法。

第6章介绍了计算机控制系统设计中的一些问题,给出了计算机控制系统设计实例。

由于笔者的水平所限,书中难免存在一些不足和错误之处,欢迎读者批评指正。

作 者

2002年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 自动控制的基本概念	1
1.2 自动控制系统的构成原理	2
1.3 计算机控制系统构成	4
1.4 计算机控制系统的类型	7
第2章 连续控制系统分析和设计	11
2.1 拉普拉斯变换	11
2.2 控制系统的数学模型	19
2.3 控制系统的性能指标	33
2.4 控制系统的动态特性分析	35
2.5 控制系统频率特性函数	44
2.6 控制系统的稳定性分析	51
2.7 控制系统的误差分析	61
2.8 提高控制系统性能的基本方法	63
习题	76
第3章 离散控制系统分析基础	78
3.1 计算机控制系统的信号转换过程	78
3.2 采样过程	79
3.3 信号保持	81
3.4 Z 变换	84
3.5 Z 变换的基本性质	89
3.6 Z 反变换	91
3.7 脉冲传递函数	94
3.8 $[Z]$ 平面的稳定性分析	101
3.9 离散控制系统的稳态误差分析	107
3.10 闭环零极点与动态品质的关系	110
习题	115
第4章 离散控制系统的经典设计法	117
4.1 模拟控制器的离散化方法	117
4.2 最少拍离散控制系统设计	122
习题	134
第5章 离散控制系统状态空间设计	136
5.1 状态空间与状态方程	136
5.2 线性定常离散系统的状态方程描述	138
5.3 离散系统状态方程与脉冲传递函数	142

5.4 离散控制系统的能控性与能观性	144
5.5 离散控制系统的状态反馈设计法	149
5.6 离散系统的输出反馈设计	153
习题.....	159
第6章 计算机控制系统设计实例	161
6.1 计算机控制系统设计中的一些问题	161
6.2 伺服系统的计算机控制设计	165
附录 拉普拉斯变换与 Z 变换表	172
参考文献	173

第 1 章 绪 论

1.1 自动控制的基本概念

1.1.1 自动控制技术及其应用

自动控制技术广泛地应用于工农业生产、交通运输、国防和宇航等各个领域。随着生产和科学技术的发展,自动控制技术所起的作用越来越重要,自动化的水平也越来越高。

所谓自动控制,是指在没有人直接参与的情况下,利用控制装置使被控制对象(如机器、设备或生产过程)的某一物理量(或工作状态)自动地按照预定的规律运行(或变化)。例如,化工生产过程中反应塔的温度或压力能够自动地维持恒定不变,数控车床按预定程序自动地切削工件,跟踪雷达和指挥仪组成的防空系统使火炮自动地瞄准目标,无人驾驶飞机按预定航迹自动飞行、降落,人造地球卫星在预定轨道上运行并准确回收等等,都是应用自动控制技术的结果。

在国民经济各部门中,因为广泛地应用了自动控制技术,所以在改善劳动条件、提高产品质量和劳动生产率、实现企业管理自动化等各个方面,取得了明显的效果。在宇宙航行、导弹制导等科学技术领域中,自动控制技术具有特别重要的作用。特别是近二十多年来,电子计算机已成为自动控制技术不可分割的重要组成部分,并为自动控制技术的发展和應用开辟了广阔的新天地。

1.1.2 自动控制系统

自动控制系统是指能够对被控制对象的工作状态进行自动控制的系统。它一般由控制装置和被控制对象组成。被控制对象(简称被控对象)是指要求实现自动控制的机器、设备或生产过程。例如,飞机、锅炉、机床以及化工生产过程等。控制装置则是指对被控对象起控制作用的设备总体。例如,有用来测量温度、压力或飞行姿态等物理量的测量设备,有对位移、速度、压力或电压等物理量进行变换和放大的变换、放大设备,有操纵飞机舵面偏转的舵机、操纵反应塔流量的阀门等操纵设备。

我们所见到的自动控制系统,其功用及组成是多种多样的,结构有简有繁。它可以是只控制一个物理量,如温度、压力、电压的简单系统,也可以是包括一个企业、机构全部过程的大系统;可以是一个具体的工程系统,也可以是抽象的社会系统、生态系统或经济系统等。

1.1.3 自动控制理论

自动控制理论是研究自动控制共同规律的技术科学。它在发展初期,是以反馈理论为基础的自动调节原理,随着生产和科学的进步,现已发展为一门独立的学科——控制论。控制论包括工程控制论、生物控制论和经济控制论。工程控制论主要研究自动控制系统中的信息变换和传送的一般理论及其在工程设计中的应用。而自动控制原理仅仅是工程控制论的一

个分支,它只研究控制系统分析和设计的一般理论。根据自动控制技术发展的不同阶段,自动控制原理相应分为“经典控制理论”和“现代控制理论”两大部分。

经典控制理论是指 20 世纪 50 年代末期所形成的理论体系,它主要是研究单输入—单输出线性定常系统的分析和设计问题,其理论基础是描述系统输入—输出关系的传递函数。多年来,经典控制理论在工程实践中得到了成功的应用。

现代控制理论是 20 世纪 60 年代初期,为适应宇航技术发展的需要而出现的新理论。现代应用数学的研究和电子计算机的应用大大地推进了它的发展。目前,现代控制理论正向大系统理论和人工智能理论等方面深入发展。

现代控制理论主要是研究具有高性能、高精度的多输入—多输出、变参数系统的分析和设计问题,如最优控制、最优滤波、自适应控制等。描述系统的方法是基于系统状态这一内部特征量的状态空间法。

值得指出的是,现代控制理论的发展,虽然解决了经典控制理论所不能解决的许多理论问题和工程问题,但这绝不意味着经典控制理论已经过时。相反,在自动控制技术的发展中,由于经典控制理论便于工程应用,故其今后还将继续发挥其理论指导作用,而现代控制理论则可以补其不足。两者相辅相成,才能不断地推动自动控制理论和应用的发展。

1.2 自动控制系统的构成原理

本节首先研究手动控制过程的规律性,然后据此规律性构成自动控制系统。

1.2.1 手动控制

在手动控制过程中,人们通过目测观测被控制对象的输出,并根据观测结果,手动调整输入。下面是一个例子。

飞行员要使飞机大体上在某一高度上飞行,但是飞行中存在着许多使飞机偏离预定高度的干扰因素,例如气流的作用、发动机推力的不均匀等等。飞行员不断观察仪表板上的高度表。当指示的高度低于预定高度时,就需拉起驾驶杆,使飞机爬高;反之,当指示的高度超过预定高度时,则需压下驾驶杆,使飞机

下降。这个控制过程可以用图 1.1 形象地表示,图中箭头的方向表示信息传递的方向。这里飞机是被控制对象,飞行高度是被控制参数,各种干扰因素使被控制参数偏离预定的值。高度表是测量装置,它测量被控制参数。飞行员判断预定高度与测量高度之间的误差,并根据误差的性质操纵驾驶杆。驾驶杆则是执行装置,它执行飞行员的命令,并通过高度机构,改变飞机的高度。像图 1.1 这种表示控制过程各部分的功能和信息传递关系的图,称为方框图。方框图使控制过程一目了然。

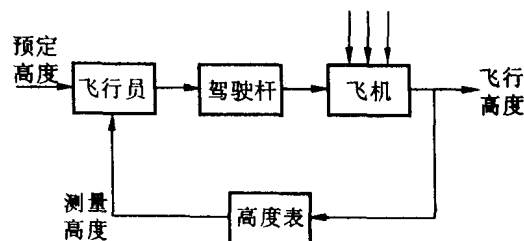


图 1.1 操纵飞机的控制过程

通过上述实例,可以概括手动控制的本质如下:

- ① 控制过程包括两个部分,被控制对象和控制部分。

② 被控制对象(如飞机或高空舱等)的状况可以用一个或多个物理量来说明(如高度或温度、压力等),这些物理量称为被控制量,通常用字母 x 来表示。控制的简单目的就是使被控制量 x 达到预定的量 y ,称 y 为参考量。

③ 控制部分有三个基本要素:测量装置、操纵者、执行装置。测量装置对被控制对象的状况进行量测;操纵者根据所测得的结果和预定的控制要求,进行判断、分析;执行装置则把操纵者的控制命令作用到被控制对象上。

④ 被控制对象与测量装置、操纵者、执行装置所组成的控制部分之间,形成一个闭合的控制回路。闭合回路是建立控制过程的一个特征。

1.2.2 闭环负反馈

手动控制过程,需要操纵者在闭合回路内进行一定的分析、判断。因此,手动控制的主要缺点是,要人参与,控制过程未实现自动化。因为,在控制性能要求很高、控制过程非常迅速、控制系统十分复杂的情况下,人难以胜任分析、判断的工作,更何况在有些控制过程中,是不允许人直接处于闭合回路内的,否则会危及人的生命,所以,我们就必须创造出自动控制系统。只要找到了手动控制过程的规律性,我们就能够用自动装置代替操纵者,把人从闭合回路中解放出来。

什么是控制过程的规律性呢?回到操纵飞机的例子。如果预定的飞行高度为 y ,测量的飞行高度为 x ,飞行员就能判断出误差 $e = y - x$ 。他就应该根据误差 e 来操纵驾驶杆。当 $e > 0$ 时,应拉起驾驶杆,增大 x ;若 $e < 0$,则压下驾驶杆,减小 x 。 $|e|$ 越大,驾驶杆应改变得越大。因此,误差 e 就是飞行员进行控制的最基本、最重要的信息。而控制的目的是为了减小误差 e ,并使之趋于零。概言之“发现误差,减小误差”,这就是控制的方法。

据此方法,最简单的自动驾驶仪只需构成误差信号 e 就能代替人的作用,如图 1.2 所示。图中,高度计是测量装置,它测量出飞机的实际飞行高度 x 。由于干扰作用,飞机的实际飞行高度又往往偏离预定的飞行高度 y 。比较装置代替了操纵者,它检测出误差 $e = y - x$,然后通过作为执行装置的高度机构,操纵飞机往消除误差 e 的方向运动。因为干扰是不断地作用的,误差 e 就不断产生,所以上述控制过程始终存在。

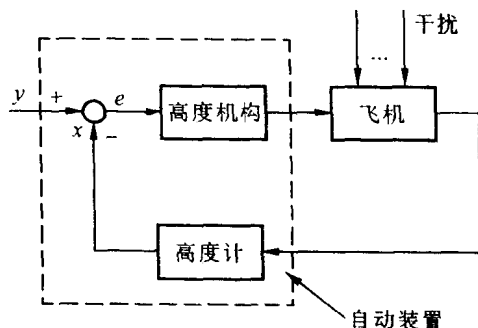


图 1.2 高度自动控制系统

由本例可以概括出控制过程的规律性:

- ① 控制的目的是使被控制量达到预定的参考量, $x \rightarrow y$;
- ② 控制的信息是参考量与被控制量的误差, $e = y - x$;
- ③ 控制方法是发现误差、减小误差。

基于上述规律构成的控制系统,因为被控制量是控制系统的输出,而它变化着的值又反馈到控制系统的输入端,与作为输入量的参考量相减,所以这种控制系统称为闭环负反馈控制系统。

在这种控制系统中,无论造成误差的干扰因素有多少,误差是由系统内部元件参数变化还是外部因素的变化引起的,有没有规律性,该系统总是趋于减少误差而工作。因此闭环负

反馈控制具有很大的优越性。

一般连续自动控制系统,就是根据闭环负反馈原理构成的。如图 1.3 所示,测量比较装置将被控制量 x 与参考输入量 y 相比较,以构成误差信号 $e = y - x$ 。模拟式控制器对误差信号进行加工,生成控制信号 u ,再经执行机构作用到被控制对象上,使系统减小误差,直到被控制量 x 达到参考量 y 。这里,模拟式控制器是为了提高控制系统的性能而设置的。我们以后将会知道,直接用误差信号 e 去驱动执行装置,往往不能得到满意的控制性能。

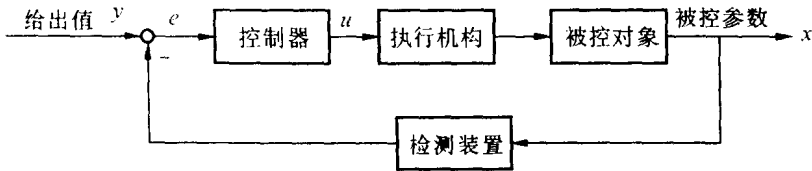


图 1.3 自动控制系统的典型结构

1.3 计算机控制系统构成

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。20 世纪 50 年代中期,经典的控制理论已经发展成熟和完备,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,在对复杂系统的设计和复杂控制规律的实现上很难满足更高的要求。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。

图 1.4 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,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 1.4 所示。如果计算机是微型计算机,就组成微型计算机控制系统。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。

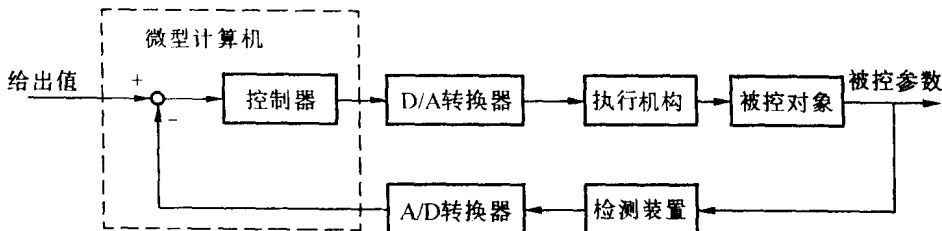


图 1.4 计算机控制系统基本框图

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,因此其中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,计算机控制系统即简化为离散控制系统。如果将连续的被控对象同保持器一起进行离散化,那么采样制控制系统又称采样控制系统。

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,即按已设计的控制规律计算出控制量,实时向执行机构发出控制信号。

上述过程的实时概念,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,并且对被控参数和设备本身所出现的异常状态及时进行监测并做出迅速处理。

计算机控制系统由计算机系统和被控对象组成,如图 1.5 所示。计算机系统又由硬件和软件组成。

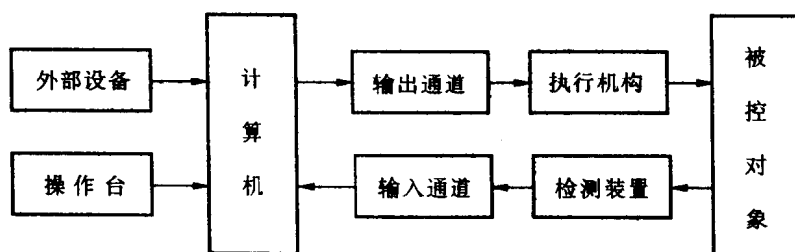


图 1.5 计算机控制系统的组成

1.3.1 硬件

硬件包括计算机、过程输入输出通道、外部设备和操作台等。

(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(或生产过程)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(或生产过程)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、开关量输入通道和开关量输出通道。

(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、纸带穿孔机和显示器(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)有磁带装置、磁盘装置,它们兼有输入输出功能,主要用来存储系统程序和数据。

(4) 操作台

操作台是操作人员与计算机控制系统进行“对话”的,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。其包括复位键、启动键、打印键和显示键等;

③ 一组或几组数字键,用来送入某些数据或修改控制系统的某些参数。

1.3.2 软件

软件是指能够完成各种功能的计算机控制系统的程序系统。它是计算机系统的神经中枢,整个系统的动作,都是在软件的指挥下进行协调工作的。它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,其具有一定的通用性,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。

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,各处的信号是连续模拟信号。而在计算机控制系统中,除仍有连续模拟信号外,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,并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的,而是离散控制的。

⑤ 在连续控制系统中,一般是一个控制器控制一个回路。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,一个数字控制器经常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。

1.4 计算机控制系统的类型

根据计算机在控制系统中的控制功能和控制目的,可将计算机控制系统分为以下几种类型。

1.4.1 操作指导控制系统

操作指导控制系统的结构如图 1.6 所示。所谓操作指导是指计算机的输出不直接用来控制被控对象,只是每隔一定时间用计算机进行一次采集,将系统的一些参数经 A/D 转换后送入计算机进行计算及处理,然后进行报警、打印和显示。操作人员根据这些结果去改变调节器的给定值或直接操作执行机构。

操作指导控制系统是一种开环控制结构。该系统的优点是结构简单,控制灵活和安全。缺点是要人工操作,速度受到限制,故不适合用于快速过程的控制和多个对象的控制。它主要用于计算机控制系统研制的初级阶段,或用于试验新的数学模型和调试新的程序。

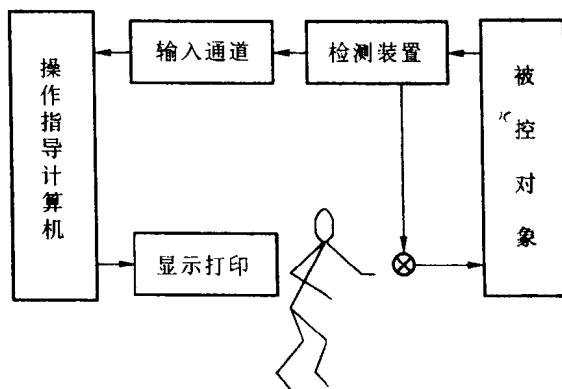


图 1.6 操作指导控制系统

1.4.2 直接数字控制系统

直接数字控制 DDC(Direct Digital Control) 系统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 1.7 所示。计算机通过检测装置对一个或多个系统参数进行巡回检测,并经过输入通道送入计算机。计算机根据规定的控制规律进行运算,然后发出控制信号直接去控制执行机构,使系统的被控参数达到预定的要求。

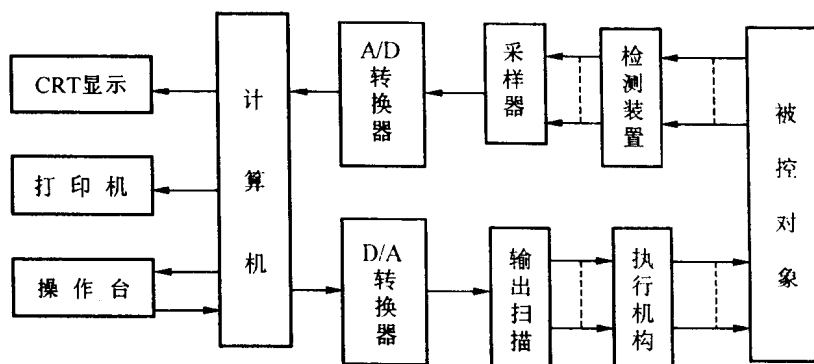


图 1.7 直接数字控制系统

DDC系统中的计算机参与闭环控制过程,它不仅能取代模拟控制器,实现多回路的PID(比例、积分、微分)调节,而且,只通过改变程序就能有效地实现较复杂的控制,如前馈控制、非线性控制、自适应控制和最优控制等。

1.4.3 监督计算机控制系统

监督计算机控制(Supervisory Computer Control)系统简称 SCC 系统,其结构如图 1.8 所示。在 DDC 系统中,是用计算机代替模拟控制器进行控制的。而在 SCC 系统中,则是由计算机按照描述生产过程的数学模型,计算出最佳给定值送给模拟控制器或者 DDC 计算机,最后由模拟控制器或者 DDC 计算机控制生产过程,从而使生产过程始终处于最佳工作。

监督计算机控制系统有两种不同的结构形式。一种是 SCC + 模拟控制器系统,另一种是 SCC + DDC 系统。

(1) SCC + 模拟控制器的控制系统

该系统原理图如图 1.8(a) 所示。在此系统中,计算机对系统的被控参数进行巡回检测,并按一定的数学模型对生产工况进行分析、计算出被控对象各参数的最优给定值送给模拟控制器。此给定值在模拟控制器中与检测值进行比较,其偏差值经模拟控制器计算后输出给执行机构,以达到被控参数调节的目的。当 SCC 计算机出现故障时,可由模拟控制器独立完成操作。

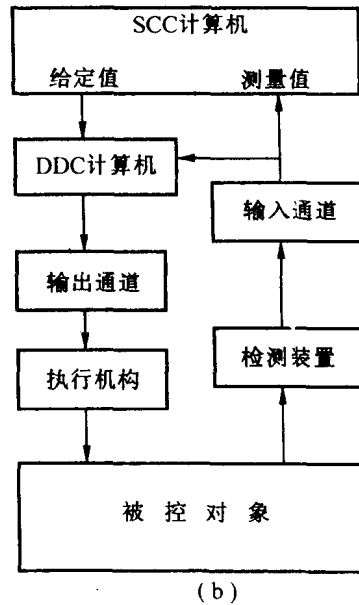
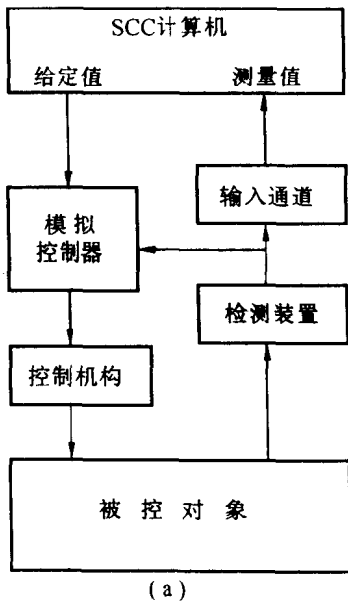


图 1.8 监督计算机控制系统

(2) SCC + DDC 的控制系统

该系统原理图如图 1.8(b) 所示。在此系统中,SCC 与 DDC 组成了二级控制系统,二级为监督控制级 SCC,其作用与 SCC + 模拟控制器系统中的 SCC 一样,完成车间或工段等高一级的最优化分析和计算,给出最佳给定值,送给 DDC 级计算机直接控制生产过程。SCC 级计算机与 DDC 级计算机之间通过接口进行信息传送。当 DDC 级计算机出现故障时,可由 SCC 级

计算机代替,因此,大大提高了系统的可靠性。

1.4.4 分级计算机控制系统

生产过程中既存在控制问题,也存在大量的管理问题。同时,设备一般分布在不同的区域,其中各工序、各设备同时并行地工作,基本相互独立,故全系统比较复杂。过去,由于计算机价格高,复杂的生产过程控制系统往往采取集中控制方式,以便对计算机充分利用,这种控制方式由于任务过于集中,一旦计算机出现故障,将会影响全局。价格低廉而功能完善的微型计算机的出现,则可以由若干台微处理器或微型计算机分别承担部分任务,这种分级(或分布式)计算机控制系统有代替集中控制系统的趋势。

该系统的特点是将控制任务分散,用多台计算机分别执行不同的任务,既能进行控制又能实现管理。图 1.9 所示的分级计算机控制系统是一个四级系统,各级计算机的任务如下。

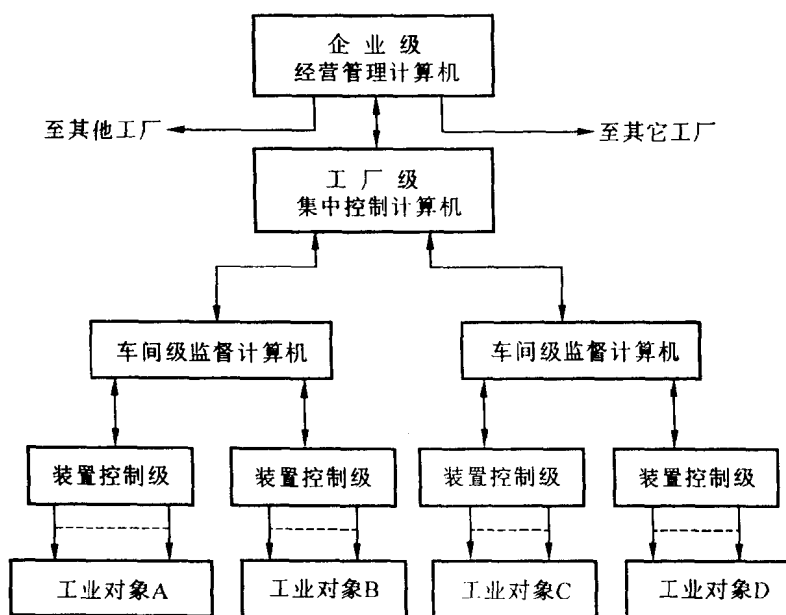


图 1.9 分级计算机控制系统

装置控制级(DDC 级)对生产过程直接进行控制,如进行 PID 控制或前馈控制等,使所控制的生产过程在最优的工况下工作。

车间监督级(SCC 级)根据厂级下达的命令和通过装置控制级获得的生产过程的数据,进行最优控制。它还担负着对车间内各个工段的协调控制及对 DDC 级的监督等任务。

工厂集中控制级,它根据上级下达的任务和本厂情况,制定生产计划、安排本厂工作、进行人员调配及车间的协调,并及时将 SCC 和 DDC 级的情况向上级反映。

企业管理级制定长期的发展规划、生产计划、销售计划,发命令至各工厂,并接受各工厂、各部门发回来的信息,制定全企业的总调度。

集散控制系统也称为分布型计算机控制系统(Distributed Computer Control System),简称 DCCS,或者称为综合分散控制系统(Total Distributed Control System),简称 TDCS。这些只是翻译的差别,其含义相同。

集散控制系统是以微处理技术为基础,集成了控制(Control)技术、计算机(Computer)技术、通信(Communication)技术和屏幕显示(CRT)技术,简称“4C”技术。该系统实现了地理和功能上的分散控制;通过高速数据通道,把分散的信息集中起来;通过集中监视和操作实现复杂的控制规律,构成了全新的控制系统。其原理方框图如图 1.10 所示。

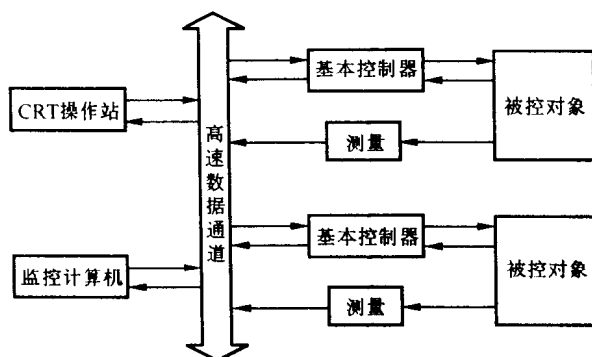


图 1.10 集散控制系统

图 1.10 中,测量是数据采集装置,用来收集过程变化和现场控制信息,基本控制器的功能是完成现场控制任务。测量装置与基本控制器将现场信号进行预处理后,经高速数据通道送入上位计算机。基本控制器可以是数字的,也可以是模拟控制装置。显示器操作站是人—机接口装置,完成显示操作任务。监控计算机的功能是协调基本控制器,完成过程的动态优化任务。有些控制系统,还有上一级计算机,即管理计算机,其主要功能是完成工艺流管理、产品管理、生产计划管理、财物管理和人员管理等。

这种系统功能分散,危险也分散。某一子系统出现故障,不会对整个系统的工作构成危险。全部系统由高速数据通道(数字通信网络)联成一个整体,可以分享系统内的资源和信息。因此集散控制系统可以看成是一个分布式计算机系统。操作人员可以在中央控制室,对整个系统进行集中管理和集中操作。

第2章 连续控制系统分析和设计

本章以线性定常连续控制系统为研究对象,以数学建模、分析和设计为主要研究内容,用时域和频域两种方法进行讨论,从而建立起经典控制理论的基本概念和研究方法。

2.1 拉普拉斯变换

拉普拉斯变换(Laplace Transform)是对系统进行分析建模和设计的基本数学工具。经典控制理论对系统进行分析 and 设计,需要建立数学模型。而常系数线性微分方程的求解,有两种方法:一种为经典解法,这是属于高等数学的内容;一种为拉普拉斯变换解法,这属于工程数学的内容。用拉普拉斯变换解方程,可以得到系统在复频域的数学模型——传递函数,这是经典控制理论最基本、最重要的概念。

2.1.1 拉普拉斯变换的定义

拉普拉斯(Laplace)变换法(简称拉氏变换法)是解线性常系数微分方程的有力工具。拉氏变换法把时间域(即“ t ”域)中的函数变换为频率域(即“ s ”域)中相应函数。变换法的主要优点如下。

① 简化函数。“ t ”域中控制系统中常见的时间 t 的指数函数、阻尼函数等,简化为“ s ”域中复变量 s 的简单的代数函数。

② 简化运算。“ s ”域中对时间 t 的微分、积分的运算,简化为“ s ”域中乘、除复变量 s 的运算,从而将“ t ”域中的线性系数微分方程,简化为“ s ”域中的代数方程。

若 $x(t)$ 是定义在 $t > 0$ 上的时间函数,则其拉氏变换的定义为

$$X(s) = L[x(t)] = \int_0^{\infty} x(t)e^{-st} dt \quad (2-1)$$

式中, $s = \sigma + j\omega$ 是复变量(称为复频率)。

时间函数 $x(t)$ 称为 $X(s)$ 的拉氏反变换

$$x(t) = L^{-1}[X(s)] = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\infty}^{c+j\infty} X(s)e^{st} ds, (t > 0) \quad (2-2)$$

式中, c 是一比 $X(s)$ 的所有奇点的实部都大的任意实数。

今后,凡是时间函数(也叫原函数)都用小写字母表示,如 $x(t)$ 、 $y(t)$;对应的变换(也叫象函数)都用大写字母表示,如 $X(s)$ 、 $Y(s)$ 。

应指出,时间函数 $x(t)$ 仅在 $t > 0$ 上有定义, $t < 0$ 时可假定为零: $x(t) = 0(t < 0)$ 。这样的函数称为单边函数。如果约定 $t = 0$ 为研究问题的时间的起点,那么只需注意 $t > 0$ 的行为,因此单边函数的假定具有工程的合理性。

为了使用方便,附录中给出了常用函数的拉氏变换。由时间函数求其拉氏变换,或者有拉氏变换求其时间函数,均可利用该表,或查阅更详细的拉氏变换表。