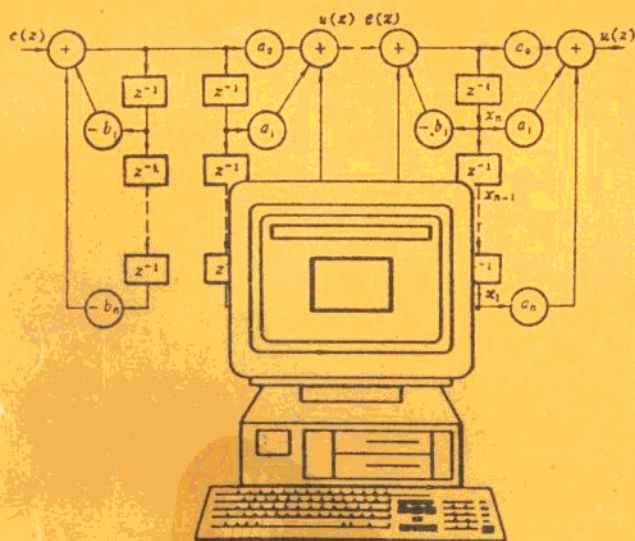


计算机控制原理及应用

卢敏生 张 谦 王 萍 编著



贵州人民出版社

PDG

天下之物小者，莫甚于此书之字也

410 周三晚 7:00

前言

《计算机控制原理及应用》介绍计算机控制系统设计及实现的原理与方法，以期读者能掌握计算机控制系统的硬件及软件组成、控制算法设计、如何用程序来实现各类控制决策等。书中着重指出了软硬件间的配合、合理分工，以及某些情况下软硬件相互代换的可能性。

本书把微型计算机与控制系统紧密结合，按照计算机控制系统的设计过程逐一叙述有关内容，使读者对计算机系统各设计步骤上涉及的知识形成有机联系。全书共分七章。第一章概述计算机控制系统的特点、分类及设计步骤；第二章讨论系统的硬件构成，考虑到用于工业控制的计算机机型随着计算机科学的发展不断更新，本章讨论不依赖于具体的背景机，不会因读者所熟悉的机型不同有所牵制；第三章叙述离散系统的数学模型及建立模型的实验方法；第四章介绍各类控制算法；第五章简述实时控制语言及实时操作系统；第六章说明从硬件、软件两个方面如何改善系统的可靠性；在设计方案比较阶段常需用到仿真技术，因此第七章介绍计算机控制系统的数字机仿真。

本书可作为工业自动化专业必修课程“计算机控制”的教材使用，其选材并不局限于某个单一的工业领域。内容安排上注意到理论的完整性及本课程技术发展前沿的介绍，又着重于计算机控制系统的工程实现。各章精选了适量习题，并列出内容紧密与本章结合、已正式出版的参考书籍。

本书是集体劳动的成果，由三所院校多年从事“计算机控制”课程教学的教师合作编写。具体分工为：苏州丝绸工学院卢敏生任主编，并编写了一、三、四、六、四章，郑州纺织工学院张谦任副主编，并编写了二、七、二章，天津纺织工学院王萍编写了第五章。最后由卢敏生统编全书。浙江大学陈希铨教授审阅全书并提出了许多宝贵的意见。在编写出版过程中得到了三校各级领导的支持，这里特别要感谢的是苏州丝绸工学院教务处及教材科的领导同志，没有他们的关心及具体支持，本书的出版是很难实现的。还要感谢陈智华、唐兵潮、於海传三位同志他们为本书的排印付出了很大的辛劳。

本书初稿自1981年起已在苏州丝绸工学院工业自动化专业及计算机应用专业的本科及专科作为教材试用过十届，并修订重印过三次。本次出版融

合了三校有关本课程教学的特色及部分科研成果作了全面的改动,使得该书在取材的系统性、先进性及叙述方式方面均有了很大的改进。但由于编者学识浅薄,书中一定还有错误或不当之处,恳请读者批评、指正。

武昌学院副院长兼图书馆馆长 武昌学院图书馆馆长 武昌学院图书馆馆长 (编者)

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 1993年12月14日

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长 湖北大学图书馆馆长

目 录

前言	(1)
第一章 结论	
第一节 计算机控制系统的特点	(1)
第二节 计算机控制系统的分类	(3)
第三节 计算机控制系统的组成	(10)
第四节 计算机控制系统的设计步骤	(11)
习题	(12)
参考文献	(12)
第二章 计算机控制系统的硬件构成	
第一节 计算机及标准外部设备的选配	(14)
第二节 通道	(16)
一、模拟量输入通道	(17)
(一) 传感器	(17)
(二) 采样	(17)
1. 采样频率的选择	(17)
2. 采样开关及多路转换器	(23)
3. 采样及保持	(25)
(三) 放大器	(26)
(四) 数/模变换及模/数变换	(27)
1. 数/模转换的实现	(28)
2. 模/数转换的实现	(30)
3. 数/模、模/数转换器的主要技术指标	(32)
4. 单片转换器与微机接口	(34)
5. 采用电压——频率变换器的模/数转换	(35)
(五) 模拟量输入通道实例	(38)

二、模拟量输出通道	(39)
(一)并行数字——模拟转换方式	(39)
1. 模拟保持型输出	(39)
2. 保持器	(40)
3. 并行数/模转换器与微机接口	(44)
(二)串行数字——模拟转换方式	(46)
1. 步进电机及驱动电路	(46)
2. 步进机完成数/模输出	(47)
三、开关量输入/输出通道	(50)
第三节 接口	(51)
第四节 可编程序控制器	(52)
一、可编程序控制器的基本组成及工作原理	(52)
二、可编程序控制器的编程	(55)
习题	(55)
参考文献	(56)

第三章 数学模型及建模的实验方法

第一节 概述	(57)
第二节 线性离散系统的动态模型	(59)
一、差分方程	(59)
(一)差分方程的一般形式	(59)
(二)差分方程的求解	(60)
1. 递推法	(60)
2. Z变换法	(60)
(三)微分方程的差分化	(78)
1. 自变量的台阶形近似	(78)
2. 函数的梯形近似	(80)
二、脉冲传递函数	(81)
(一)脉冲传递函数 $W(z)$ 与单位脉冲响应 $h(t)$ 及传递函数 $W(s)$ 的关系	(81)
(二)差分方程与脉冲传递函数的相互转换	(84)

(三)复合环节脉冲传递函数的推求	(85)
三、离散状态空间表达式	(92)
(一)状态变量和状态空间表达式	(92)
(二)差分方程、脉冲传递函数与离散状态空间表达式的转换	(95)
(三)离散状态方程的求解	(101)
(四)采样控制系统的状态空间表达式	(104)
第三节 用实验数据建立数学模型	(107)
一、因子实验求系统动态模型	(107)
(一)实验数据	(107)
(二)最小二乘法求模型参数	(108)
二、相关分析法求系统动态模型	(113)
(一)相关函数与伪随机码	(113)
(二)相关分析法原理	(117)
(三)相关分析法求模型的具体步骤	(119)
(四)由脉冲响应推求动态模型的其他形式	(120)
(五)相关分析法的优点	(121)
三、飞升曲线法求数学模型	(122)
习题	(124)
参考文献	(128)
第四章 计算机控制系统的控制算法	
第一节 监测及处理系统	(129)
一、计算机联机监测系统	(129)
二、计算机控制机连接花板	(140)
第二节 程序控制及条件控制系统	(145)
一、概述	(145)
二、发泡成型机控制	(146)
三、数值控制原理	(151)
第三节 基于校正器概念的动态过程控制系统算法设计	(162)
一、动态品质与系统参数的关系——线性离散系统分析	(162)
(一)Z域分析法	(163)

1. S域与Z域的关系	(163)
2. 离散系统的稳定性	(164)
3. 离散系统的暂态过程	(169)
4. 离散系统的稳态误差	(171)
5. 根轨迹法的应用	(174)
(二) 时域分析法	(175)
(三) 频率特性法	(176)
二、确定校正器的脉冲传递函数——线性离散系统的综合	(177)
(一) 模拟/数字化设计方法	(177)
1. 单参数PID控制规律的计算机实现	(178)
2. PID参数的整定	(183)
3. 其他控制规律介绍	(184)
4. 微分方程或传递函数表示的校正器	(188)
(二) 直接数字设计方法	(189)
1. Z平面上的根轨迹法	(190)
2. 频率响应法	(193)
3. 解析法	(193)
(1) 有限拍性能指标的数字系统设计	(194)
(2) 惯性因子法	(202)
(3) 控制对象具有纯滞后的数字系统设计	(204)
三、数字校正器的计算机实现——线性离散系统控制算法设计	(211)
(一) 直接程序设计法	(211)
(二) 串行程序设计法	(213)
(三) 并行程序设计法	(214)
第四节 基于系统输入输出描述的控制算法设计	(215)
一、模型控制算法	(215)
二、动态矩阵控制算法	(226)
第五节 智能控制系统	(236)
一、智能控制的发展与分类	(236)
二、专家控制	(236)

三、模糊控制	(239)
第六节 计算机动态过程控制系统实例	(243)
一、程序升温控制系统	(243)
二、调速系统	(251)
习题	(254)
参考文献	(257)
 第五章 计算机控制系统的软件组织	
第一节 概述	(258)
第二节 实时控制语言简介	(259)
一、与汇编语言子程序混合编程	(259)
二、增加有关控制的语句	(262)
第三节 实时操作系统简介	(262)
一、实时操作系统的构成及使用	(262)
二、实时操作系统的管理功能	(264)
三、监控程序	(271)
第四节 应用程序设计	(272)
参考文献	(274)
 第六章 计算机控制系统的可靠性措施	
第一节 工业控制机的可靠性	(275)
一、使用环境、隔离及接地	(275)
二、利用软件提高主机的可靠性	(276)
第二节 传感器误差的自动校准	(280)
一、随机误差的处理	(280)
二、系统误差的处理	(282)
第三节 通道可靠性措施	(289)
一、开关噪音的克服	(289)
二、消除长线反射	(290)
三、电磁干扰及数字滤波	(291)
参考文献	(294)

第七章 控制系统的数字机仿真研究

第一节 概述	(295)
一、控制系统分析、设计中采用仿真技术的意义	(295)
二、仿真分类	(295)
第二节 连续系统数字仿真	(297)
一、连续系统数值算法	(297)
二、连续系统的数字仿真程序	(302)
(一)连续系统仿真程序结构	(302)
(二)面向框图的数字仿真程序	(302)
第三节 连续系统离散相似法数字仿真	(318)
一、连续系统状态方程的离散化	(318)
二、典型环节离散方程系数的确定	(319)
三、线性系统离散相似法仿真程序	(322)
四、非线性控制系统的数字仿真程序	(330)
第四节 采样控制系统的数字仿真	(335)
一、采样控制系统仿真基础	(336)
二、采样控制系统数字仿真程序	(339)
第五节 智能控制仿真	(345)
一、动态模型库	(346)
二、智能控制仿真程序结构	(346)
习题	(348)
参考文献	(349)

附录

I. 常用函数的Z变换表	(65)
II. 几种常见的离散反馈系统输出量Z变换	(91)

第一章 绪 论

电子计算机的三大应用领域为：科技计算、数据处理及自动控制。计算机问世，首先是在科技计算方面取得了人工计算无法相比的成就而为人们所重视。但其作用真正被普遍认识，使其渗透到现代社会生活的各个方面，功绩却应归于它在数据处理及自动控制方面的应用。至今，用于数据处理及自动控制的计算机数量，早就大大超过了用于科技计算的计算机了。

计算机用于工业生产的自动控制起步于五十年代，化学工业是最早使用计算机的工业部门，在六十年代初期就已取得较为成熟的经验。随后，由于计算机的飞跃发展，其应用领域很快扩展到钢铁、电力、机械制造、轻工、纺织等许多工业部门，为提高生产率及改善产品质量带来了良好效果。

以计算机作为核心部件的自动控制系统称之为计算机控制系统。以下分别讨论计算机控制系统的特点、分类、组成及其设计步骤。

第一节 计算机控制系统的特点

一、信息处理的数字化。计算机只能处理数字量，因而采用计算机的控制系统必定是一个离散型的系统，如果控制的对象也是离散型的，也即是说由对象获取的信号本身是数字信号，输给对象的控制信号也只不过是数字信号，这样的系统，称之为纯粹的离散系统，一般所说的离散系统指的是这一类。控制系统含有连续部分，也即是说整个系统的信息传输中，有的环节输入或输出是连续信号，这样的系统就称为连续系统。一般来说，控制的对象，如化工过程的参数、电机速度等等，均是连续变化的量，因此连续系统是常见的。在这类对象的计算机控制系统中所传输的信号在系统不同部位将具有不同的物理形式，如图 1.1。

为了用计算机对信号进行处理，首先应该将连续的输入量通过采样器离散化。离散信号是时间上不相连续的一个信号序列，但离散信号还可以是模拟的，即其取值可以在一定范围内任意选定，不受限制。为此还得进行数字化，即需将离散信号的幅值用有限的数位表示出来，这才成为数字信号。

被控对象 → 数据采集 → 偏差计算 → 控制输出
采样器

2: 模拟信号, 3: 离散信号, 4: 离散信号经采样和量化。
5: 离散信号经控制。

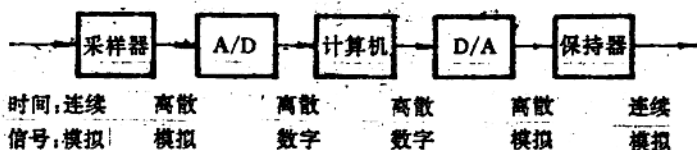


图 1-1 信号通过数字计算机时所产生的变换

计算机输出的信号是离散数字信号,为了作用于受控制的物理对象,需将数字信号转换为模拟的,并通过保持器成为连续的。因为系统中信号有采样、离散的过程,因此称为采样控制系统或采样离散系统。

区别于一般由调节仪表或逻辑电路来实现的自动控制系统,计算机控制系统还具有以下几个特点:

二、可以灵活改变控制功能

计算机替代了调节仪表等控制用元器件的功能,用程序来实现控制,因此改变控制功能只需变换相应的控制程序,提供了极大的灵活性。

三、易于实现综合控制

因为计算机具有很强的判断计算能力,再通过中断、分时等方式实现多回路的检测、最优决策、报警、核算、记录等多方面的工作,这在一般的仪表控制中较难做到。

四、实时性很强

采用计算机控制之后,生产调度管理信息、控制决策、生产过程数学模型的修正均可由计算机根据生产现况计算分析后提供,因此可以及时地指导生产,适应生产现况的变化。但计算机控制,目前也存在一些弊病:

五、一次投资较高

目前由于国内计算机的售价较高,计算机组成的控制系统一次性投资较大。而且对于必须确保安全运行的工业部门还常常采用两套计算机并行完成控制,构成所谓“双机系统。”因此许多场合限制了采用计算机控制系统。

随着微型机的出现,计算机的价格大幅度地下降,据统计,计算机的性能价格比每隔 5~8 年提高 10 倍,也即每 5~8 年之后相同性能的计算机售价将下降为十分之一。因此不久的将来,在工业部门广泛使用计算机实现自动

控制是可以预见的。

六、使用、维护的技术力量要求较高

由于计算机本身的结构比较复杂,使用、维护的技术力量得经过专门的培训。

第二节 计算机控制系统的分类

目前,计算机控制系统一般按两种方式分类,或是按照控制系统中计算机参与控制的方式,或是按照计算机所采用的控制规律。

一、按照计算机参与控制的方式,计算机控制系统可分为以下五类:

(一)巡回检测、数据收集及处理

计算机以巡回方式周期性地检查、测量生产过程中的各项参数,并进而进行处理、制表、显示、报警,及时地提供情况。严格说来,这不属于计算机控制,只是为人工控制发展为自动控制提供资料,因此将它看成是计算机应用于工业控制的低级阶段。例如纺织织机的电子计算机监测即是个典型的数据收集及处理系统。此外化工过程中也有类似的数据采集处理系统。

(二)操作指导控制

计算机不直接作用于控制器上,它对控制对象进行检测,收集的数据经处理,提出控制决策,而由操作人员管理生产过程。

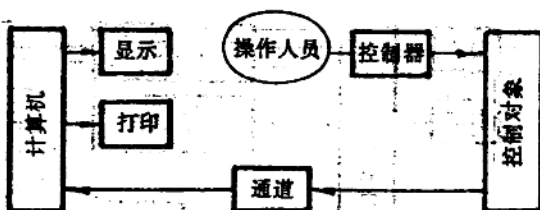


图 1.2 操作指导系统示意图

这种方式可靠、安全,特别是计算机的可靠性不太高的情况下更显重要。如果计算机给出的操作指导不合适,操作人员可以不采用。操作指导也常用于控制系统的初试期,试验新数学模型或控制算法等情况。

(三)直接数字控制

计算机对被控物理量进行检测,经判断、决策,其输出的控制信号直接作用于控制对象。计算机可以用不同的控制算法来体现不同的调节作用,替代了控制器的功能,因其直接完成了对对象的控制,且控制信号是数字量,故称为直接数字控制,一般称为 DDC 系统, (Direct Digit Control)。

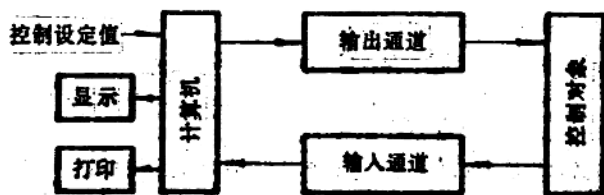


图 1.3 直接数字控制系统示意图

直接数字控制一般用于多个回路,相当于一台多回路的数字调节装置。当控制的回路比较多时,由于一台计算机替代了大量的调节仪表及装置,在经济上也是合理的。给定、显示、记录、报警等将集中在计算机控制台上,使操作十分方便,改变计算机程序就可实现比较复杂的控制规律,因此 DDC 控制系统目前使用较多。但是计算机直接联系着生产对象,这类系统对计算机可靠性及实时性的要求就较高。

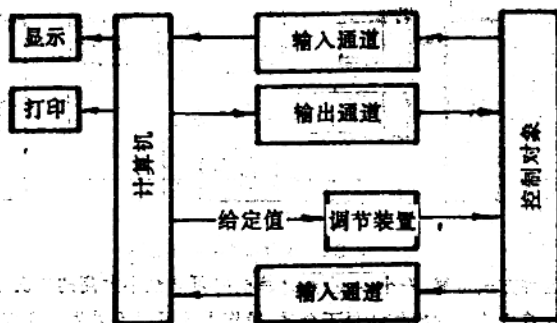


图 1.4 监督控制的两种形式

(四) 监督控制

计算机在收集数据、处理、判断之后,综合各方面的情况,提出了最佳的设定点或控制规律,并直接作用于系统,使其始终按最佳状态运行,监督控制与操作指导的区别在于它的判断与决策直接作用于系统,而不通过操作人员的选择。

监督控制与直接数字控制的区别在于直接数字控制按已选定的控制算法工作只是充当了一个调节器,而监督控制还根据情况自动改变设定值或控制规律,功能上有了飞跃。

如果调节器还采用模拟式的,监督作用只改变调节器的设定值则称为设定控制。

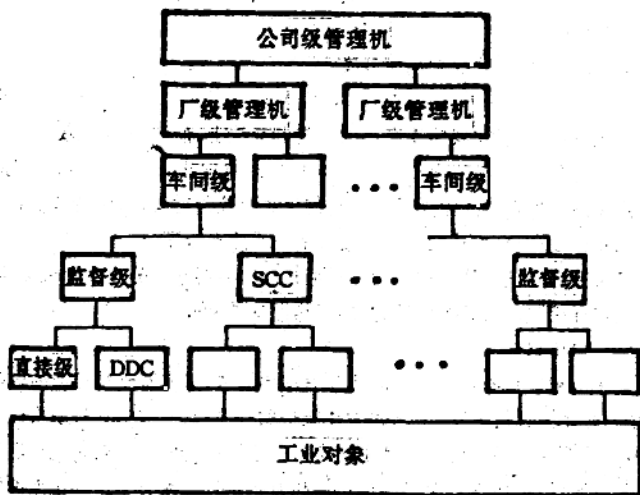


图 1.5 多级控制系统示意图

(五) 多级控制

计算机在工业生产中的应用,开始时分别从生产管理及生产过程的自动控制两个方面同时发展的,发展更臻完善的形式显然是要求生产管理计算机系统能直接指挥控制用的计算机系统,而控制生产过程的计算机系统又能直接向管理计算机系统汇报生产现状,因此从功能上要求就出现了多级计算机的控制系统。

模拟量
集散系统(分散控制) 硬件
开发 可编程控制(PLC、PC)

另外,从可靠性考虑,如果由一台计算机处理整个生产过程的全部控制问题,由于功能过分集中,一旦计算机出现故障,则影响全局,造成严重后果。控制集中的程度越高,现场信息收集传递所需的设备投资也越大,系统设计复杂,配线也复杂、系统可扩展性、灵活性也差,维修麻烦,应用程序的研制工作量也大,从而影响其推广使用。为了提高系统的可靠性,将计算机的功能分配在几个级,整个系统由若干台计算机组成,相互间由通讯线路联接。当一台计算机出现故障时,也可以自动切换到另一台工作正常的、空闲的计算机,这样,各台机互为备用,又经济又能提高工作的可靠程度。由中小型的上位计算机对所辖范围进行监督和管理,可集中在控制室,而直接控制生产的下位机可以分散在各个生产现场,这就形成了多级控制系统。

多级控制也称集散型控制或分布式控制。

二、按照所采用的控制规律分类

控制系统由于所采用的控制规律不同,就有不同的控制功能。在计算机控制系统中,控制规律就体现在不同的控制算法上,所谓控制算法,就是计算机由收集信息,加工处理至得到结果向控制对象输出,这一全部过程所遵循的计算规则。控制算法体现了人的控制思想及控制对策,因此是控制系统设计的重要任务之一,也是我们所要讨论的一个重要方面。

自动控制系统按其对被控量的过渡过程有无要求可分为二个大类:位置控制及过程控制。它们的设计方法,工作原理差别较大。

(一)位置控制

如果对被控量的过渡过程品质没有提出要求,只着眼于被控量的稳态值(位置),称之为位置控制。常见的如注塑机的程序控制,羊毛衫针织横机的控制,数控绘图仪等等。这类控制系统是根据事先安排的程序或条件确定控制量及延续时间,每输出一次控制量将使执行机构进行至一个新的位置或变更到一个新的状态,而对变化过程中的情况不必予以考究。在许多文献及书籍中又称它作数字顺序控制。

位置控制系统又可分为两种,程序控制及条件控制。

1. 程序控制

程序控制是最简单的控制系统,它已应用于各个工业领域。在某些生产过程中要求被控量按照一定的时间规律变化,为了达到这个目的就必须使被控量的设定值严格地按照上述的时间规律变化,这样的控制称为程序控制。

程序控制要求有二种功能：按时间进行规定的动作，如阀门开闭，控制各次动作的量，如阀门开启的程度等。

早期的程序控制由程序控制器实现，当然程序控制器也可以由计算机来替代，在这样的控制系统中，对计算机的要求是不高的，只须完成一些简单的运算及有一个小存储器存放程序及数据。由于引入了计算机，其功能远较程控电路强，往往已不是单纯由计算机给出一个时间函数的控制规律，还进行对系统动作的监督及校验。计算机程序控制系统中，若需改变其控制的时间规律只需改写计算机程序显然是很方便的。

程序控制大半用于开环控制系统，在闭环系统中常用于确定下级控制的设定值。

2. 条件控制

若系统每一时刻设定值的确定并不是单纯遵循着一个固定的时间函数，而是取决于对此时刻之前系统条件及上一次控制结果的逻辑判断，也即是同时涉及了设定值及反馈回来的信息，这类控制系统称为条件控制系统。比如电梯升降控制系统是一种条件控制系统，其行进速度的设定取决于电梯在此时间之前已达到的位置。又如数控线切割机，其刀具的行进也取决于上一步行进的结果等等。在有的书籍中把这类控制亦称为顺序控制。

计算机出现之前由专用的控制器已实现了条件控制，广泛应用于各工业生产过程。用计算机替代专用控制器也为提高系统的控制性能提供了灵活性。

(二) 过程控制

如果对被控量的全过程，包括其动态过程及静态过程，均有所要求，则称为过程控制。对于静态过程的要求体现在静态误差指标，对动态过程的要求体现为动态品质指标。

这类系统惯常被称为反馈系统。将输出被控量反馈与设定值进行比较，使工业对象的各个控制参数保持在设定值，其目的在于克服扰动引起的偏差。它又可分为给定值控制，随动控制等。

这类控制规律在化工、冶金等许多工业部门用得比较广泛，分析及设计的理论也较成熟，对连续的受控对象常采用所谓PID调节，这类控制规律当然也可由计算机实现，用离散系统理论也可设计出其他方式的调节规律来实现控制过程。

1. 过程控制系统控制规律

过程控制系统中在基本控制规律的基础上还发展了控制品质更好的一些控制方式:

1. 前馈控制

在只有反馈控制的系统中,必须在干扰造成一定后果后,才能产生抗干扰的控制作用,若干扰在不断的变化,这种控制总是落后于干扰。前馈控制则不是在干扰影响到被控量之后,而是在测得干扰量大小之后,被控量未受影响之前,在干扰点的前方加入一个补偿量,使它正好完全抵销干扰对被控量的影响。

2. 比值控制

在生产过程中,有时要求两个被控量保持一定的比值,例如燃烧煤气的加热炉,在不同的加热阶段,要求空气流量与煤气流量保持不同的比值,实现这种要求的控制叫做比值控制。比值控制的特点是受控的各参数之间彼此发生了关系。

除此之外还有串级控制、选择性控制等等。

若自动控制系统的目的在于追求某一指标最佳,则系统的控制方式就需采用最佳控制或自适应控制。

3. 最佳控制

所谓最佳控制是对于一个特定的系统在运转条件不变的情况下,根据采入的工艺参数,经过分析、综合,能适当地选择控制规律,调整给定值,使系统的某种性能指标取得最佳值。

必须指出“最佳”是对某一种目标而言,例如要求某部分机械在规定的限制条件下完成一定工作所消耗的燃料最少,则称为能量最佳。若要求某系统在一定条件下,以最快的速度完成某一工作,则称为时间最佳。

4. 自适应控制

最佳控制是对一个特定的系统,在运转条件不变的情况下,保证某一目标最优。如果运转条件经常改变,仍要求指定的目标最优,实现这样目的的控制称为自适应控制。

自适应控制有许多种类:以改变控制系统参数来达到对条件的适应,称为自动参数整定系统。以改变控制系统本身结构来达到对条件适应,称为自组织系统。随着运转条件的不断改变,能不断积累控制经验,根据所积累的经