



微機最優 控制應用 技術



北京希望電腦公司

序 言

20 世纪的后半世纪可以认为是控制和计算的时代,而根据 19 世纪法国科学家 A. M. 安培的论述,控制也包含有管理的含义。所以控制和计算几乎涉及到了人类生活的各个领域,而人类思维及生产实践的本身也必然导致一种自然的倾向——优化概念和优化活动。值得庆幸和纯属巧合的创举,在于 40 年代几乎同时创立了自动控制理论和世界第一台数字计算机,著名的维纳最优滤波理论及维纳—霍夫方程作为最优控制理论的早期成果仍是现代方法的重要借鉴。60 年代的到来,将最优控制理论带进了它的金字塔时代,这个时期,由于数学家的参与,掀起了一股理论召唤理论的狂潮,工程技术人员不能理解的抽象理论比比皆是,致使促成理论与应用的严重脱节,出现了所谓的鸿沟,这种鸿沟来自两个方面,其一方面是由于当时的状态所产生的鸿沟,例如理论导出的结果应用于实际问题的各种手段尚未成熟或者社会接受的条件还没具备等,这类鸿沟称为状态鸿沟。另一方面是由于当时的理论体系还不足以解决实际问题,需要新的理论或其他开发所产生的本质飞跃来加以解决的鸿沟,称为构造鸿沟。这两种鸿沟所带来的奇怪现象也明显表露出来。

70 年代的微处理机的问世,LSI 及 VLSI 技术的进步以及建立数学模型手段的完善化,为消除状态鸿沟带来最好的机遇,尤其是 80 年代高性能微型机及超级微型机的进入市场,终于使计算机与最优控制这对孪生姐妹实现了最完美的组合。控制加计算给人类社会带来了新的活力和创造。

国外从 70 年代后半期开始,微型机最优控制技术从广度和深度上都达到了一个新的阶段,即广泛化和成熟化阶段,基本上取代了 60 年代的仪表控制技术,权威们一致确认,仪表控制技术涉足的领域主要是常规控制(诸如 PID 控制)方面,而只有微型机才能真正发挥最优控制和分布式控制的魅力,将微型机用于常规控制无疑于换一件衣服而已。

我国的微型机最优控制技术的推广应用工作才进入初级阶段,远远谈不上广泛化和成熟化,但愿本书能为这个领域的工作起到一个抛砖引玉的作用,同时也希望能起到一个鼓动和引导的作用。

最后要感谢金传祚高级工程师为本书的编辑和出版所付出的辛勤劳动。

马启文

一九九二年六月于苏州

目 录

第一章 概述	(1)
一、最优控制和计算机控制的发展历史	(1)
二、计算机控制系统的特点	(3)
三、计算机控制系统的分类	(5)
四、工业控制机的体系结构	(7)
第二章 计算机控制系统的基本理论	(11)
一、离散时间系统和 Z 变换	(11)
1、采样过程	(11)
2、Shannon 采样定理	(12)
3、保持器	(14)
4、差分方程	(15)
5、Z 变换	(16)
6、Z 变换求介差分方程	(20)
7、离散系统(采样系统)脉冲传递函数	(20)
8、离散系统稳定性分析	(24)
9、离散系统的暂态特性(过渡过程特性)	(29)
10、离散系统的稳态误差	(31)
二、离散时间系统的状态空间法	(34)
1、离散系统的状态空间表达式	(34)
2、离散时间状态方程的解法	(36)
第三章 微型机最优控制的基本理论	(39)
一、线性最优控制理论的基本问题	(39)
(一)调节器问题	(39)
1、调节器问题的提出	(39)
2、品质指标求极值的必要条件和充分条件	(40)
3、调节器问题的应用技术	(42)
(二)伺服器问题	(46)
1、曼利姆参数展开法	(47)
2、模型—系统法	(48)
3、最优广义比例—积分—微分(PID)控制器	(49)
4、其他问题	(51)
(三)极点配置问题	(52)
1、极点配置问题的提出与概念	(52)
2、主导极点配置技术	(52)
3、二次型最优模型极点配置技术	(54)
(四)多输入—多输出系统的独立最优参数	(60)

1、线性定常系统	(60)
2、线性时变系统	(61)
(五)线性二次型最优控制的频率域方法	(61)
1、频域法的理论基础	(62)
2、向量维纳-霍夫方程及其求介方法	(62)
3、频率域条件下的两级直接设计方法	(64)
(六)奇异最优控制问题	(65)
二、参数最优化技术	(67)
(一)基本概念	(67)
(二)求介参数最优化问题的介析方法	(68)
(三)单参数寻优技术	(70)
(四)多参数寻优技术	(74)
三、静态最优控制技术	(83)
1、静态最优控制的数学表达式	(83)
2、静态最优控制的算法	(83)
3、线性规划法	(86)
4、登山法	(96)
四、自适应控制技术	(98)
(一)基于极值原理的系统	(99)
1、模型参考自适应系统	(99)
2、无模型的极值搜索系统(又称自整定极值系统)	(102)
(二)基于统计原理的系统	(104)
(三)基于动特性适应原理的系统	(107)
1、卡尔曼(Kalman)系统	(108)
2、Corbin 系统	(112)
(四)最优自适应控制技术	(113)
1、辨识子程序	(114)
2、最优综合子程序	(115)
3、适应补偿子程序	(117)
五、控制对象的数学模型	(119)
(一)数学模型的类型	(119)
1、静态数学模型	(119)
2、动态数学模型	(119)
3、噪声随机数学模型	(119)
(二)建立数学模型的方法	(120)
1、介析模型法(或称机理模型法)	(120)
2、系统辨识法	(121)
3、对象特性测试法	(126)
4、噪声随机模型的建立	(132)

第四章 输入—输出(I/O)过程通道和数字滤波技术	(137)
一、I/O 过程通道(PIO)	(137)
(一)PIO 的基本要求	(138)
(二)开关量 I/O 通道	(140)
1. 开关量输入通道	(140)
2. 开关量输出通道	(142)
(三)脉冲量 I/O 通道	(144)
1. 脉冲量输入通道	(144)
2. 脉冲量输出通道	(145)
(四)模拟量输入输出通道	(145)
1. 模拟量输入通道	(146)
2. 模拟量输出通道	(174)
(五)光电耦合器件	(184)
1. 光电耦合器的特点和性能	(184)
2. 光电耦合器的类型与电气参数	(184)
3. 光电耦合器的输入输出电路	(186)
二、数字滤波技术	(189)
1. 替换法	(189)
2. 离散模拟法	(191)
3. 根匹配法	(191)
4. 状态变量法	(192)
三、卡尔曼(Kalman)滤波技术	(192)
1. 最优线性估值问题	(193)
2. 最优线性递推估值方程(卡尔曼滤波器)	(195)
第五章 微型机最优控制的硬件实现	(199)
一、通用微型机实现	(199)
1. System 320 高档工业控制机	(200)
2. Intel 3021 AT 总线工业控制机	(202)
3. STD 总线工业控制机	(202)
二、专用微控制器实现	(206)
1. MPC-20 概述	(206)
2. MPC-20 主机系统	(209)
3. 接口模板	(209)
4. MPC-20 编程软件	(210)
5. 目标系统状态及控制	(211)
三、可编微程序位片机实现	(212)
(一)可编微程序控制原理	(212)
1. 微程序控制	(212)
2. 可编微程序控制设计	(213)

3. 微程序控制器的速度问题	(214)
(二) 位片式微型机结构	(215)
1. 算术逻辑单元	(215)
2. 微程序控制器	(219)
(三) 可编微程序设计	(221)
1. 确定微指令字格式	(221)
2. 编制微程序	(223)
3. 代真及控制存储器分片	(224)
4. 微程序设计汇编语言	(224)
四、单片微型机实现	(227)
1. MCS-96 单片机系列	(227)
2. 高性能 80C196 单片机	(232)
3. RISC(精简指令系统)单片机	(238)
五、单板计算机实现	(241)
1. iSBC286/10 的一般描述	(242)
2. iSBC286/10 的功能说明	(243)
3. MULTIBUS 系统体系结构	(245)
六、网络结构的实现	(247)
1. 分布式控制的网络结构	(248)
2. 面向工业控制和过程控制的局域网	(248)
3. 设计实时过程网络的主要因素	(249)
4. 工业控制局域网标准	(251)
5. 工业过程实时控制计算机网络的实现	(253)
七、实时信号处理问题	(261)
第六章 微型机最优控制的软件实现	(262)
一、实时控制操作系统	(263)
二、iRMX 86 操作系统	(264)
(一) 功能说明	(265)
1. 进程管理	(265)
2. 内存管理	(268)
3. 中断管理	(268)
4. 文件管理	(269)
5. 人机接口	(271)
(二) 特点概述	(271)
1. 执行环境特征	(271)
2. 开发环境特征	(276)
三、高级实时程序设计语言	(278)
(一) 适用于实时过程的高级语言 FORTH	(278)
1. FORTH 语言的基本原理	(278)

2、FORTH 语言的特点	(286)
3、FORTH 语言和其他语言的比较	(287)
(二)集成式实时高级程序设计语言 Ada	(289)
1、Ada 语言的特点	(289)
2、Ada 语言的基本概念	(290)
(三)实时模块式高级开发语言 Turbo Pascal	(297)
1、Turbo 系列软件之特点	(297)
2、Turbo 工具箱	(299)
(四)专用实时编程语言 RPL	(300)
1、RPL 的主要特点	(300)
2、RPL 编程工具	(305)
四、控制软件(应用软件)	(306)
(一)ONSPEC 控制软件系统	(306)
1、ONSPEC 系统的最小硬件配置	(308)
2、并发 DOS(CDOS)	(309)
3、ONSPEC 数据表	(309)
4、I/O 模板	(310)
5、ONVIEW 分析工具	(312)
6、实现过程控制策略的控制块	(313)
(二)黎卡提(Riccatian)方程的计算机求介和编程	(315)
五、微型机控制软件的其他要求	(318)
1、微程序设计技术的发展	(318)
2、设计应用软件的几点意见	(318)
六、微型机最优控制系统的开发问题	(319)
1、控制系统的 CAD 技术	(319)
2、充分利用开发工具和 CASE	(319)
3、可靠性开发	(321)
第七章 微型机最优控制的应用实例	(322)
一、航空航天领域中的应用	(322)
(一)飞机自动着陆系统拉平轨迹的最优控制	(322)
(二)工作于稳定性边界域的飞行器自适应自动驾驶仪	(334)
二、工业生产过程领域中的应用	(342)
(一)采用现代控制理论的氨合成专用控制装置	(343)
(二)单晶炉炉温及砷化镓单晶直径的最优控制	(346)
(三)硅砖隧道窑变坩埚自适应控制系统	(355)
(四)发酵过程的微型机最优控制	(359)
(五)钢铁工业中的微型机最优控制	(360)
三、能源控制领域中的应用	(363)
(一)空调系统的控制	(363)

(二)太阳热能的利用技术.....	(364)
(三)汽车发动机的控制.....	(365)
四、机械加工领域中的应用	(365)
(一)计算机辅助制造(CAM)系统	(365)
(二)机床的最优控制问题.....	(366)
五、在社会、经济及其他领域中的应用.....	(371)
(一)分级式智能化城市交通管制系统.....	(371)
(二)社会生产力增长模型的最优控制.....	(378)
(三)在医疗系统内的应用.....	(378)
结束语.....	(379)

第一章 概 述

一、最优控制和计算机控制的发展历史

人类在生产斗争和科学实验中使用自动控制的方法由来已久。我国是世界文明史的发源地之一,因此在自动控制领域也存在光辉的成就,早在西汉时期发明的指南车,就是按扰动补偿原理构成的开环自动调节系统,北宋时期发明的水运仪象台,就是按照被调量偏差设计的闭环非线性控制系统。西方第一次工业革命前,英国人瓦特发明的蒸汽机调速器就是著名的闭环控制系统。1868年麦克斯威尔(J·C·Maxwell)发表了历史性著作“论调节器”,开创了控制理论的起点,而作为最优控制理论的起点却要追溯到19世纪初,欧拉(Euler)、拉格朗日(Lagrange)、勒让得(Legendre)和威尔斯脱拉斯(Weierstrass)等创立了独立的数学分支—变分法,后又由马格(Mager)、波尔查(Bolza)、麦克申(Mcshane)、海斯吞司(Hustenes)和勃利斯(Bliss)等人所发展和完善。到了本世纪四十年代,美国数学家维纳(N·Wiener)把信息、物质、能量并列为构成系统的三大要素,迎来了控制理论的新纪元。著名的维纳—可尔莫哥洛夫(КОЛМОГОРОВ)最优滤波理论及维纳—霍夫(Hopf)方程作为最优控制理论的早期成果仍是现代方法的重要借鉴。50年代,最优控制问题开始分化为两个方向:一个是所谓参数最优化问题,目标是使控制偏差 $e(t)$ 达到最小,采用的品质指标有 $\int_0^{\infty} e^2(t)dt$ (称为ISE)以及 $\int_0^{\infty} t|e(t)|dt$ (称为ITAES)等,尤其是利用ISE时,当目标值为阶跃输入,可实行分析设计,一旦分析设计失效,可通过模拟计算机利用试探法求得最优参数。另一个方向就是所谓伺服系统的非线性最优控制,它积极利用非线性特征来获得比线性系统更为优越的性能。例如从经验上可求得操作量受限制时的最小时间控制问题的解,这就是著名的Bang-Bang控制方式,美国学者拉沙列(J·P·La Salle)发展了这些结果而建立了Bang-Bang原理。与此同时,苏联学者费尔得鲍姆(A·A·Фельдбаум)和列尔涅尔(A·Я·Лернер)处理了相类似的问题。1954年苏联数学家庞特略金(П·С·ПОНТЯГИН)等人重新把具有很长历史的变分法以新的形式进行处理,并于1956年宣布了新理论——最大值原理(或称最小值原理),它不仅可处理最小时间控制问题,而且可处理ISE等一般控制问题。最大值原理号称最优控制理论的金字塔,然后从分析上求解仅限于最小时间控制问题和线性二次型问题,对于一般的最优控制问题往往导致不易求解的非线性两点边界值问题,因此从“求解”的角度出发,最大值原理仅仅只有理论上的指导价值,而缺乏工程应用上的价值。1951年美国数学家别尔曼(R·Bellman)等人在研究多阶段决策过程的最优控制问题时提出了最优化原理,并进而发展成动态规划理论,它可以解决古典变分计算和最大值原理难以解决的两点边界值问题,也可解决控制作用受到约束的问题,这种方法通常可用数字计算机获得递推的数值解,若所处理问题的状态变量维数较高时,则要求较大的存贮容量。60年代初,美国数学家卡尔曼(R·E·Kalman)首先导出了线性二次型高斯(LQG)问题的最优控制解,并解决了最优控制的逆问题。

从50年代末期到60年代末期,最大值原理和动态规划理论几乎主宰了整个最优控制问题的理论领域。这个时期,由于数学家的参与,几乎进入了理论召唤理论的狂热时期,系统结构、辨识、估

值、自适应控制、随机控制、微分对策等理论汹涌而起,工程技术人员不能理解的抽象理论比比皆是,致使引起理论与应用的严重脱节,出现了所谓“鸿沟”,例如理论导出的结果应用于实际问题的各种手段尚未成熟或者社会接受的条件还没具备等,这类鸿沟称为状态鸿沟。另一种是由于当时的理论体系还不足以解决实际问题,需要新的理论或其他开发所产生的本质飞跃来加以解决的鸿沟,称为构造鸿沟。这两种鸿沟所带来的奇怪现象也逐渐表露出来。

首先从复杂过程控制领域发出了责难。当然,这种责难不仅指向最优控制,而且也指向整个现代控制理论。责难的主要理由在于如下,为了确定最优控制规律,既要给定过程模型,也要知道参数,而且不能存在过程外部干扰。控制规律的计算是困难而烦琐的,控制规律只是把对应于某种初始状态的最优输入规定为时间函数而加以确定。把这样的理论应用到诸如化学过程控制等方面难以达到令人满意的程度。只要看看当时化学过程所应用之实例,甚至最优反馈理论也同样不能避免非难,所采用的品质指标多数是状态变量和操作量的二次方加权,而此加权通常是自由选择的,如此建立的最优操作量带有一定的任意性。同时,反馈需要测定全部状态变量,这当然很难做到,而需要采用伦勃格(Luenberger)观测器,其结果是引入相位超前因素,由于对噪声的敏感而使设计者烦恼不已。这里所提到的情况多数属于状态鸿沟,期待理论工作者和实际技术人员加以解决,但又往往存在不合拍的地方,而解决这种不合拍正是理论和技术紧密结合的控制工程人员的一项任务。

为了解决理论联系实际的控制工程问题,至少需要具备如下几个条件:第一,要建立问题处理的数学模型,并了解全部现象的结构;第二,建立工程上的控制目标模型;第三,研制和生产有效地实现控制系统要求而被设计的系统装置,诸如传感器、滤波器、计算机等,其中计算机将是最优控制的核心部件。然而在整个60年代,这三个条件虽然得到了开发,但仍处于未成熟状态,况且学习过现代控制理论的技术人员也是从70年代开始陆续进入工业领域,要接受新的处理方法及积累实际经验都需要几年的时间。基于上述形势,60年代或70年代前半期,最优控制理论的应用尚处于准备阶段,到70年代后半期,尤其进入80年代后,由于大量控制工程人员的成熟化,加上超级微型机、超级小型机、STD标准总线控制模块、可编程控制器(PLC)等控制装置的开发和完善化,遍及各个领域的最优控制开始进入应用高潮时期。

60年代以来,由于能源危机的出现,商业竞争的加剧、生产能力的提高、宇宙空间的开发和军备竞赛的上升等因素迫使所有工业部门——化学、钢铁、汽车、食品、飞机、导弹、机械、纺织等部门开始利用最优控制和计算机控制来寻求更高的效率。企业家力争其投资的最大收益,计划管理人员追求高的产出和最低的成本,武器工程师力求设计出物理条件约束下具有最大破坏力的武器系统,空间技术专家希望求得人造卫星的最优下降轨迹、从而获得轨道上的最大有效负荷。

1952年,国外开始将计算机用于化学工业的监控过程、数据处理和自动测量,并累计打印出有助于管理的生产过程参数。1954年,曾利用计算机实现开环控制,辅助操作人员根据计算机处理结果来调节系统参数。1957年在石油蒸馏调节过程中采用了闭环计算机控制方式。1958年进行了直接数字计算机控制(DDC)的试验,先后在一个电站和一个炼油厂实现了闭环定值控制,即所谓计算机在线过程控制。1960年在合成氨和丙烯腈生产过程中实现了计算机监督控制(Supervisory Computer Control)。

根据国外专家的权威性论证和试验,计算机控制的最高收益表现于现代控制方式中(包括最优控制和自适应控制),而在常规控制方式中(如PID调节器控制),计算机控制的收益接近于模拟式的仪表控制(如我国的DDZ—I和DDZ—II等)。因此,国外从1966年开始,将计算机控制侧重于最优过程控制和自适应控制,从深度和广度上打开了计算机控制的崭新局面。

1971年世界第一个微处理机4004面世至今,相继开发了1位、4位、8位、16位和32位微处理

机产品,国际市场上源于微型机商品化的产品已包括单片与多片微型机、可编程逻辑控制器(PLC)、单板与多板微型机、专用与通用微型机系统、超级微型机系统、个人与家用微型机、便携式微型机、微型机开发系统和微型机局域网络等。就拿我国的情况来看,截止1988年底,我国已拥有各类微型机30万台左右。由于微型机具有体积小、重量轻、功耗省、价格低、系统设计灵活、可靠性高等优点,确实引起了数字控制系统和计算机控制系统在实现方式上的重大变革。

二、计算机控制系统的特点

计算机控制系统是用计算机作为控制部件来实现某种过程(包括生产、军事、社会、管理等过程控制)自动化的系统。它由计算机、受控对象、测量装置、过程输入输出通道、输出装置、操作台、驱动装置等组成。图1—1表示某种工业控制系统组成方框图,生产过程中被控参数经敏感变换部件(传感器和变换器)变成电信号,再经输入通道对该信号进行预处理和转换,变成计算机可以理介和处理的代码,送到计算机中央处理机(CPU)进行运算判断、然后经过输出通道进行信号反转换(将数码变为模拟信号),送回生产现场,通过驱动装置或机构对生产过程进行控制。用于生产过程控制的计算机通称为工业控制机。

工业控制机系统与用于其他领域的计算机一样,应包括硬件和软件两部分。

硬件部分包括:

1、主机——它是计算机控制系统的核心,由运算器、控制器和存贮器等组成,完成程序存贮、程序执行等操作,即完成数值计算、逻辑判断及数据处理等任务。

2、外部设备——它是计算机控制系统的输入输出设备、辅助存贮设备和过程通道设备。包括有操作控制台、软盘驱动器、光电输入机、扫描设备、宽行打印机、显示器(包括CRT显示器、液晶显示器、LED显示器、等离子显示器等)、控制台电传打字机、数传机等。辅助存贮设备主要是硬盘驱动器子系统和数据流磁带机,过程通道设备将反映过程状态参数的模拟电信号转换成计算机可接受和识别的代码,并把计算机输出转变成过程执行机构的控制信号。

3、自动化仪表——它是联系受控对象与计算机过程通道设备的必不可少的部分,包括有检测仪表、显示仪表、调节仪表及执行机构等。自动化仪表有时也划归到生产过程或独立于计算机及受控对象之外。

软件部分包括:

1、系统软件——包括汇编程序、编译程序、管理程序、监控程序、诊断程序、高级语言及操作系统等。

2、应用软件——包括描述生产过程、控制规律以及实现控制动作的程序。它与受控对象的性质与计算机控制方式密切相关,因而不是由计算机厂家提供,而是由用户或第三方所编写的。

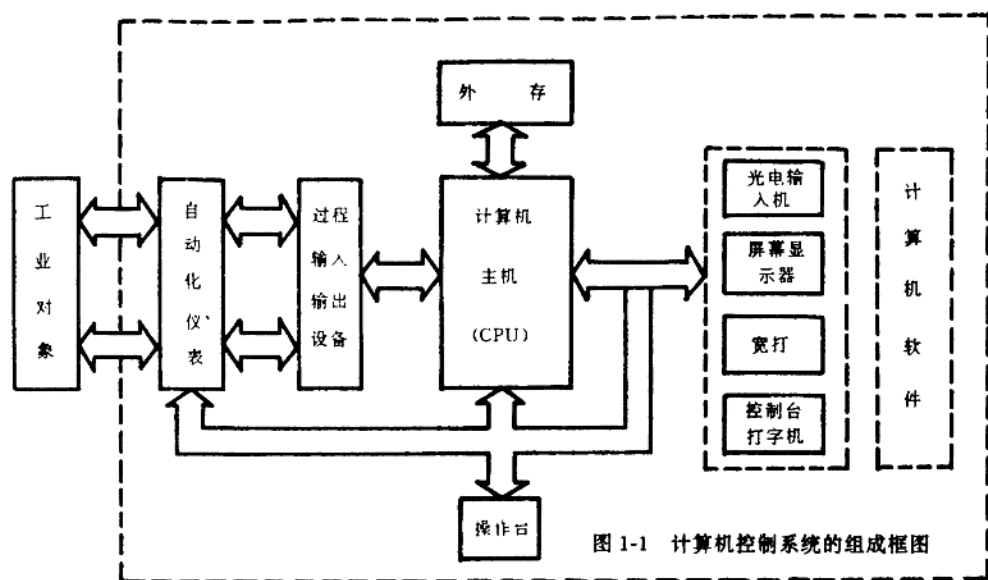


图 1-1 计算机控制系统的组成框图

计算机控制系统相对模拟仪表控制系统来说具有下列特点：

1、精度高、量程大——计算机不存在模拟器的零位漂移，容易介决线路的非线性特性以及各种噪声干扰，通过重复测量可以大大提高测量精度，量程不受器件本身限制；

2、可重复性高——计算机受温度、振动等环境条件变化的影响不大，因此往往不需要进行现场再调整，同类产品互换性强；

3、灵活性大——可以不改动硬件而依靠软件来改变处理功能；

4、功能强——在速度允许条件下，可进行非常复杂的控制规律的运算，诸如 PID 控制、前馈控制、最优控制、数字滤波、介耦等，甚至包括非线性、状态观测器、自适应、自学习等新型控制技术；

5、可靠性高——现代计算机采用 LSI、VLSI 技术，而且易采用自检、冗余技术等措施；

6、记录处理方便——利用各类外部设备可打印、显示、记录、读出数据、表格及文件等。

但计算机控制系统也存在不足之处：实时控制响应速度受到限制和软件开发维护费用较高。

计算机控制系统的实现还必须具备下列条件：

(1)要建立正确反映生产过程规律的数学模型。为了寻找生产过程的最佳工艺过程，实现最优控制，以达到最好的经济效果，必须建立正确反映生产过程规律的数学模型。

(2)要保证实时性。生产过程的计算机控制应根据过程的动态特性、自动地作出快速响应，并及时给予控制。当过程发生紧急情况时，必须及时处理以防事故发生，并要及时引入现场丢失的某些信息，所以必须具备实时时钟与完善的中断系统。

(3)需要有较丰富的指令系统。计算机要完成对生产过程的自动控制，往往需要各种各样的指令，尤其是逻辑判断指令和外围设备控制指令，另外还可能要有输出跟踪、操作反馈等一些特殊功能的指令。

(4)必须具备较完善的过程输入/输出通道。配置有高质量的检测仪表、调节仪表及模/数、数/模转换装置等。

(5)要配备工业控制所需的应用软件和比较完整的实时操作系统，使工业控制机发挥更好的效

能。

(6)要满足环境的适应性。像化工、机械、冶炼等生产过程常伴有高温、有害气体、电火花或尘埃等恶劣环境,对工业控制机的工作带来不利影响,因此必须采取有力的抗干扰措施。

(7)计算机的精度、速度和存贮容量视应用要求而灵活选择。一般来说,字长范围约8位~24位居多,速度范围约10万次/秒~300万次/秒,内存容量约为8K字节~256K字节。

三、计算机控制系统的分类

计算机控制系统可按照性能好与复杂程度分类,也可根据控制方法或管理方法分类。

下面就从控制方法来描述微型机控制系统的类型。

1、离线控制方式—如图1-2所示,诸如生产过程的巡回检测、操作指导和统计分析等。巡回检测是通过传感器获得反映过程参数的电信号,并实现采样与模/数转换,输入微型机,进行必要的运算处理,定时打印制表,也可按操作人员要求随机打印、抽样显示,当量值越限或发生故障时发生报警信号,使操作人员及时准确了介生产现场,以保证生产过程正常进行。

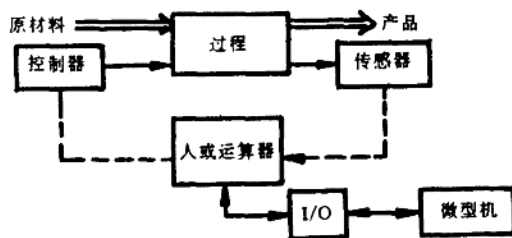


图 1-2

2、程序控制方式—如图1-3所示,诸如程序控制线切割机、程序控制针织机、绣花机以及无人驾驶飞机的飞行轨迹控制等。这是一类控制规律简单、运行速度要求不高,专用性较强的计算机控制系统,它不需复杂的运算器与控制器,只用小容量的只读存储器(ROM)来存放控制受控过程的基本指令与数据,控制器逐条读取这些指令与数据,就能很好实现控制。由于微型机的出现和发展,这类控制系统将得到广泛应用。

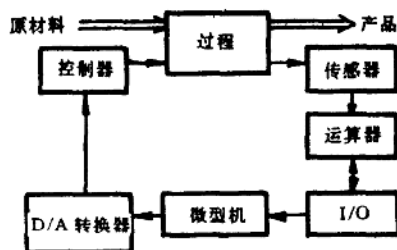


图 1-3

3、数据采集和处理方式—如图1-4所示,诸如实验室设备的数据采集和处理系统等。这是比巡

回检测高一档的系统,它不仅由微型机提供受控过程现时数据和参数,并在异常情况下提供报警,而且还可以根据一定的数学模型对数据进行运算处理,实行生产过程质量与运行方式的运算,按予定要求进行比较,操作人员根据比较结果来管理和操纵受控过程。

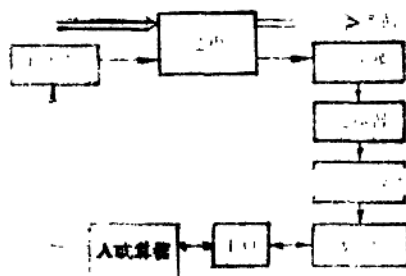


图 1-4

4、实时闭环控制方式一如图 1-5 所示,诸如生产过程的直接数字控制(DDC)、监督控制(SCC)、最优控制、自适应控制等。

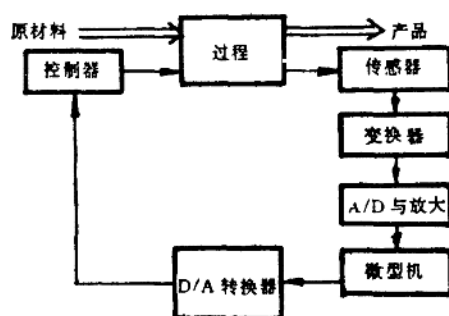


图 1-5

(1)直接数字控制(DDC)系统

这是一种多回路数字调节装置,用数字运算方式完成 PID(比例-积分-微分)调节控制。它是古典控制理论的典型应用,也是目前我国使用较多的一种控制方式。但这种控制系统并不能充分发挥计算机效能,必须根据实际情况适当引入一些新的调节规律,扩大系统的功能。

(2)监督控制(SCC)系统

监督控制(简称监控)是一种较高级的控制方式,它可同时兼顾各种任务,例如可进行操作指导、管理控制、甚至可对模型进行修正。在控制功能上,它不仅可以进行定值控制,还可以实现顺序控制、最优控制以及自适应控制等,这种控制系统往往应配备功能很强的超级微型机,并配有比较丰富完善的应用软件。

(3)最优控制系统

这是一种最有发展前途的控制系统。首先要建立受控过程的数学模型,并确定受控过程的某项或综合性品质指标,微型机根据予先确定的最优化数学模型对检测到的过程参数及数据信息进行运算,并将运算结果转换成适当的控制量,对有关的控制参数进行调节,使上述品质指标达到最佳(极大值或极小值),从而达到过程闭环控制。

(4)自适应控制系统

这种控制系统的特点是,当系统环境条件发生变化而引起受控对象结构参数、初始条件、对象

阶次、滞后特性等变化时,仍能保证系统满足某种最优准则。因此在控制系统中经常引入灵敏度模型实现生产过程的自学习控制以及采用登山原理,不断发生搜寻动作,逐次逼近系统的最优工作状态的办法。登山原理一般是指收敛速度较慢的最陡下降法,最新的发展有牛顿—高斯法和共轭梯度法等。自适应控制系统目前分为两大类,一类称为自调谐式调节器系统,另一类称为模型参考自适应系统。

5、分级计算机控制系统—这是一种大型的综合性控制系统。如图 1-6 所示。国外大型企业多数采用分级控制系统,采用大中型计算机进行生产、计划和销售管理,而各分厂的过程控制机往往是采用微型机,然后将他们互连成网即构成分级计算机控制系统。例如日本新日铁君津公司内部,第一级为战略决策级,总公司按经济予测模型建立生产销售中长期计划。第二级为在线调度管理计划级(厂级),建立短期计划,编制年度计划,根据批处理机的作业指令编制细目,把实时作业指令传送给车间控制级或直接终端设备。第三级为监控级(SCC),属于过程控制小型机系统。第四级是直接控制(DDC)系统,采用微型机居多。

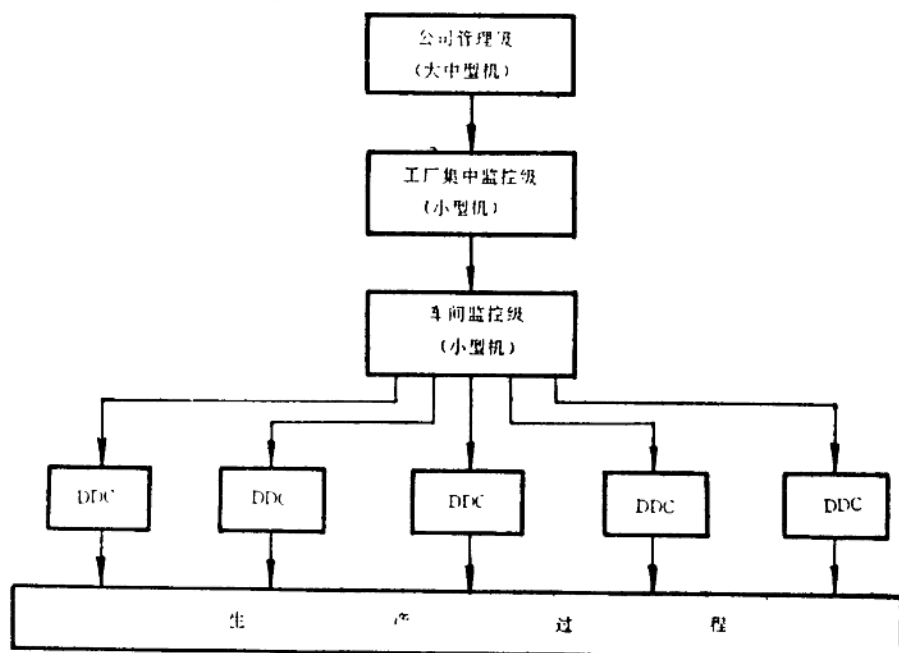


图 1-6

微型机控制系统中的微型机主要承担监控、数据处理、和最优控制的角色。在监控状态,微型机实现诸如搜索(扫描)、警告、诊断和监控等操作。在数据处理状态,微型机执行诸如数据采集、数据记录、品质计算和显示等操作。而在最优控制状态,微型机确定控制规律、实行数字滤波、形成最优决定以便达到系统最优化。实际上,微型机控制系统的最优控制状态才可能保证最大的经济效益。

四、工业控制机的体系结构

随着微电子技术的发展及工业过程控制自动化水平的提高,工业控制计算机的体系结构也在不断地改进,这突出地表现在从集中型工业控制机发展到分散型控制系统的体系结构。

从总体上看,工业控制机的体系结构分集中型和分散型两大类,若立足于不同的角度,工控机体系结构又可分成不同的结构类型、结构级别、结构层次。

从体系结构类型角度来区分,工控机体系结构可以分为四种结构类型:

(1)集中型——采用公用的计算机,对多个过程量进行集中采集、控制,属于独立型的控制装置,包括数据采集装置、直接数字控制(DDC)机、批量控制器、顺序控制器、单回路/多回路智能控制器、自动化测试系统、数控(CNC)系统等。

(2)分级型——系统结构是分级的,每级均有相应的计算机承担运算/处理任务,级间一般通过串行或并行通信连接。分级型系统又可分为二级系统、三级系统、分级分布式系统。

(3)分散型——其体系结构充分地采用了“4C”(Control、Computer、Communication、CRT)技术而构成的横向分散、纵向分层的体系结构。特别是数据通信网络技术的采用,将各个分散的装置有机地连接在一起,使整个系统的信息互相沟通,融为一体。分散型控制系统又包括多回路分散型系统、单回路分散型系统、分布式控制系统等。

(4)集成型(或称综合型)——在连续过程控制方面,集成型控制系统将过程控制与企业管理有机结合起来。在制造业控制方面,称之为计算机集成制造系统(CIMS),综合采用了系统科学、控制理论、计算机技术、通信技术、制造工艺以及计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助生产(CAM)、数值控制(NC)的成果。各种功能进行纵向、横向以及设计制造集成。纵向集成是以信息系统集成为主体,包括企业管理、生产大纲、制造资源计划、在线调度、递阶控制以及设备控制的集成。横向集成是指分布系统的集成。

从计算机控制功能角度来看,工控机可分为四种结构级别:

(1)现场控制级——对受控过程直接进行控制;

(2)监督控制级——实行 SCC 或 SPC 控制;

(3)车间管理级——车间级的生产调度管理;

(4)综合控制管理级——全厂性的管理。

从递阶控制分层角度来看,工控机可分为四种结构层次:

(1)直接作用层——是受控对象和控制设备之间的接口,能实时地与受控对象相互作用,类同现场级;

(2)监督控制层——对第一层进行监督控制(SPC)、最优控制以及事件的处理等,类同监控级;

(3)自适应功能层——可更新第一、二层有关算法参数,使数学模型和系统的特性相适应、更新和事故监视功能有关的参数,提供应急计划;

(4)自组织功能层——对较低几层的有关算法结构的选择作出决定,此决定取决于对目标特性及系统内部关系、外部协调关系的全面了介,从而组织模型结构和模型选择。

工业控制机体系结构的发展演变有下列趋势:

1、从集中型控制向分散型控制过渡

这种过渡主要是为了克服集中型结构存在系统扩充性不强、灵活性不够、信息沟通不便以及危

险集中等弱点,但并不意味着集中型系统被淘汰了,两者是相辅相成的,况且集中型控制系统也在不断更新,尤其是微型机系统的应用,使集中型控制系统产生了质的变化,对于小型或中小型控制系统仍有很大吸引力。分散型体系结构的发展正是针对集中型结构的弱点而发展起来的,它具有下列特点:

- (1)分散控制——是指控制功能分散,负荷分散,从而危险分散,提高系统可靠性;
- (2)系统构成采用模块化结构,易于扩充,提高了使用的灵活性;
- (3)使用高速数据通信网络,使整个系统信息共享,提高了信息流通性;
- (4)控制功能齐全,控制算法丰富,引用新型控制规律,提高了系统可控性;
- (5)友好的人—机会话,丰富而直观的仪表化显示画面,专用功能操作键盘及采用“软键”技术,一次触摸方式,提高了操作简易性;
- (6)系统强功能组态功能、图形显示、历史趋势曲线显示功能、报警功能等,提高了系统的实用性;
- (7)具有事故报警、手操作单元后备措施、冗余化、双重化措施,提高了系统的安全性;
- (8)具有完善的软/硬件自诊断措施,故障的自动检测技术可诊断到模板级,并且有模板出错指示,提高了系统的可维护性;
- (9)配套齐备,具有系统的完好性;
- (10)信息集中管理,提高了控制管理的综合能力和管理水平。

2、从多回路向单回路分散型系统过渡

将单回路分散危险性和多回路复合控制两方面功能相结合,也就是做到硬件上单回路的分散思想和软件上多回路系统的多功能进行组合控制。特别是在 DDC 系统内,每一个控制回路采用微处理机构成具有予处理功能的单回路调节器。至于数据采集及顺序控制系统可采用公用的微型机,且可以自由地交换信息。

3、从依赖于宿主计算机(Host Computer)的分散型系统过渡到没有宿主机的分布式控制系统。

配置有分布式数据库,将宿主计算机要执行的功能分散到各个控制站中,形成总体分散结构,故有人将它称为第三代分散型系统。

4、从分散型系统向集成系统过渡

实现企业管理、生产管理、过程控制集成一体的综合管理控制集成系统。

5、从常规化向智能化控制系统过渡

包括传感器及执行机构在内的整体智能化控制系统,又称自组织或自学习控制系统。

正是上述分散型系统的特点和发展演变,使分散型系统由连续过程自动化(PA)向着包括工厂自动化(FA)、实验室自动化(LA)、办公室自动化(OA)各个内容的全厂性自动化系统发展。因此可以说分散型系统结构代表了自动化仪表向系统化、多样化、智能化、分散化、高精度化、小型轻量化及节能化发展的必然方向。

发展分散型控制系统应注意的几个技术问题:

- (1)遵守国际标准——从国外许多厂家发展分散型系统的经验来看,应该尽量采用国际标准,