

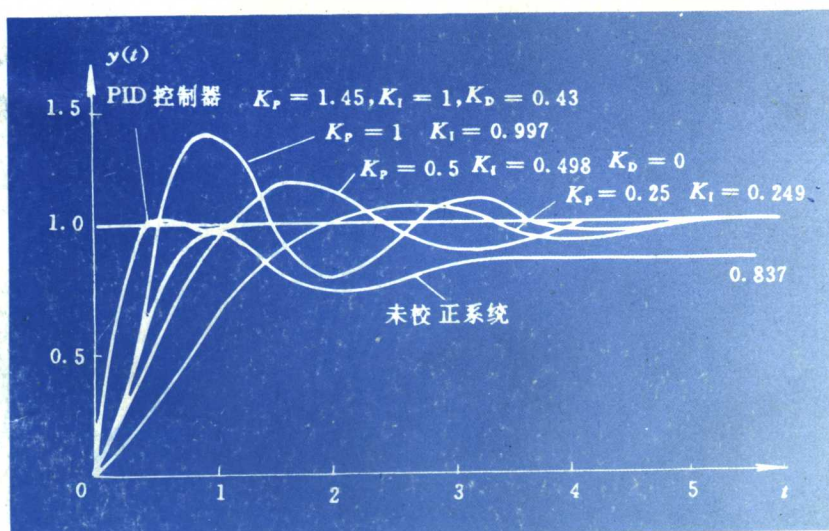
高等学校教材

计算机控制系统

JISUANJI KONGZHI XITONG

主 编 周雪琴

副主编 安锦文



西北工业大学出版社

高等学校教材

计算机控制系统

主 编 周雪琴

副主编 安锦文

周雪琴 安锦文
卢京潮 阎建国 张友民 编

西北工业大学出版社

1998年1月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 本书系统地阐述了计算机控制系统的基本理论、分析、设计方法以及实现中的一些具体问题。全书共十一章,可分为四部分:理论基础,基本的分析、设计方法,集散型控制系统,实现问题。每章都附有一定数量的习题以供读者学习时参考。

本书为计算机应用、自动控制类专业的研究生教材。也可作为同类专业高年级大学生的教材,以及有关工程技术人员的参考书。

高等学校教材
计算机控制系统
主 编 周雪琴
副 主 编 安锦文
责任编辑 李 珂
责任校对 齐随印

*

©1998 西北工业大学出版社出版
(710072 西安市友谊西路 127 号 电话 8493844)

陕西省新华书店发行
陕西省富平县印刷厂印装

ISBN 7-5612-1015-9/TP·144(课)

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:20.125 字数:488 千字
1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷
印数:1—3 500 册 定价:20.00 元

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

前 言

《计算机控制系统》一书是作者在西北工业大学自动控制系多年从事研究生、本科生教学工作以及科学研究工作的基础上总结编写而成的。在撰写过程中也参考吸收了国内外有关教材和文献资料的内容。

本书可分为四部分。一是计算机控制系统的理论基础:包括系统概念,信号转换及处理,数学模型;二是计算机控制系统的分析与设计方法:连续域-离散化设计,离散域设计方法,状态空间设计方法,多采样频率系统的分析与设计;三是集散型计算机控制系统:系统特点,人-机接口,通讯系统的构成等;四是计算机控制系统的实现:采样频率的选择,语言转换,计算机与传感器、执行机构的连接,等等。最后用一个典型随动系统作为实例,来具体阐明系统的设计与实现问题。全书共十一章,各章(除第一、十章外)后均附有一定数量的习题,以供读者参考。

本书把采样控制理论与计算机应用相结合,两者相互渗透,形成一个完整的整体——计算机控制系统。书中既介绍了经典控制理论和方法,也介绍了现代控制理论和方法,同时对新型计算机控制系统——集散控制系统,专列一章作较详细的介绍。

本书可作为自动控制类专业和计算机应用类专业的研究生教材。各章内容互相联系形成一个整体,同时也注意到它们之间的相对独立性,以便于不同教学要求的选用。

本书第一、二、八章由周雪琴编写,第三、四、六章由卢京潮编写,第五章(§5-1~§5-3)由张友民编写,第七、九章和第五章中§5-4、§5-5由安锦文编写,第十、十一章由阎建国编写。全书由周雪琴统稿任主编,安锦文为副主编。

该书由西安交通大学自动控制系刘文江教授、博士导师审阅。刘文江教授认真审阅了全部书稿,提出了许多宝贵意见,给本书增色不少,在此深表谢意。在本书撰写过程中得到了西北工业大学研究生院、自动控制系和自动控制理论及应用教研室有关领导和同志们的大力支持和帮助,在此谨向他们表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者指正。

编 者

1996年11月

目 录

第一章 概念	1
§ 1-1 计算机控制系统的组成及工作原理	2
§ 1-2 计算机控制系统的主要特点及分类	4
§ 1-3 计算机控制系统应用举例	7
第二章 计算机控制系统中信号转换和处理	11
§ 2-1 采样过程及其数学描述	12
§ 2-2 采样信号的复现	20
§ 2-3 信号的数字化过程	24
习题	27
第三章 计算机控制系统的数学模型	28
§ 3-1 z 变换及其性质	28
§ 3-2 脉冲传递函数	33
§ 3-3 频率特性	39
§ 3-4 差分方程	43
§ 3-5 状态空间描述	44
习题	54
第四章 计算机控制系统连续域-离散化设计	57
§ 4-1 连续域-离散化设计的基本原理	57
§ 4-2 一阶差分近似法	58
§ 4-3 脉冲响应不变法	60
§ 4-4 阶跃响应不变法	61
§ 4-5 零极点匹配法	62
§ 4-6 双线性变换法	63
§ 4-7 连续域-离散化设计举例	66
习题	71
第五章 基本控制器的设计	72
§ 5-1 用连续域-离散化法设计数字式 PID 控制器	72
§ 5-2 PID 控制器参数的整定	80
§ 5-3 纯滞后系统的控制	82

§ 5-4 串级控制	90
§ 5-5 前馈控制	97
习题	100
第六章 计算机控制系统的离散域设计	102
§ 6-1 z 平面根轨迹设计法	102
§ 6-2 δ_T 域设计法	113
§ 6-3 频率域设计法	117
§ 6-4 解析设计法	123
习题	131
第七章 计算机控制系统状态空间设计	133
§ 7-1 计算机控制系统的可控性和可观测性	133
§ 7-2 状态空间设计法	142
§ 7-3 状态反馈和极点配置	150
§ 7-4 状态观测器设计	158
§ 7-5 调节器与伺服器的设计	167
§ 7-6 二次型指标的最优控制	176
习题	183
第八章 控制算法的结构编排与实现	186
§ 8-1 控制算法的结构编排	186
§ 8-2 控制器系数量化分析	190
§ 8-3 控制器变量量化误差的分析	192
§ 8-4 量化误差的非线性分析法	197
§ 8-5 控制器的动态范围和量化误差的补偿	205
§ 8-6 比例因子配置和溢出保护	207
§ 8-7 控制算法的实现	212
习题	222
第九章 多采样频率系统的分析与设计	223
§ 9-1 多采样频率的配置	223
§ 9-2 多采样频率系统的等效变换	224
§ 9-3 多采样频率系统的性能分析	234
§ 9-4 多采样频率系统的设计方法	236
习题	238
第十章 集散型控制系统	240
§ 10-1 概述	240

§ 10-2 集散控制系统的结构简介	244
§ 10-3 集散控制系统中的上层算法	251
第十一章 计算机控制系统的设计与实现	263
§ 11-1 一般计算机控制系统的设计	263
§ 11-2 数-模(D/A)和模-数(A/D)转换器的设计	268
§ 11-3 实时控制程序的特点与设计	276
§ 11-4 计算机与传感器、执行机构的匹配与连接	285
§ 11-5 计算机控制系统中各种干扰的抑制	293
§ 11-6 计算机控制系统设计举例	299
习题	304
附录	305
附录 A HY—6070 通用数据采集控制板	305
附录 B 拉普拉斯变换和 z 变换表	310
附录 C δ_T 变换表	311
主要参考文献	313

第一章 概 论

计算机控制系统是以自动控制理论与计算机技术为基础的,它的发展与计算机的发展是密切相关的。

1946 年美国生产出第一台电子计算机,用于科学计算。50 年代初就有一些科学家想把它用于航空航天系统,但因体积太大未能实现。50 年代中期开始研究用于工业控制方面的计算机,当时汤姆森·拉莫·伍尔里奇(Thomson Ramo Woolrige—TRW)航空公司与得克萨斯柯(Texaco)公司联合提出了一个可行性研究报告。经过初步讨论,决定针对得克萨斯州(Texas)的波特·阿瑟(Port Arthur)炼油厂的一台聚合装置进行研究。该系统于 1959 年 3 月 12 日在线运行。这一台计算机控制着 26 个流量,72 个温度,3 个压力和 3 个成分,共 104 个变量。该系统的基本功能是使反应器的压力最小,确定对几个反应器供料的最佳分配,根据催化剂活性测量结果来控制热水的流入量,以及确定最佳回流。实质上计算机还是处在监督方式运行和作为设定值控制运行这两种控制方式。

TRW 公司和得克萨斯柯公司的这项开创性工作,引起了计算机制造商和各研究组织的极大兴趣。工业界看到了这是提高工业自动化的一种有效手段,计算机工业看到了计算机应用的新市场,学术界则看到了一个新的研究领域。他们在推广应用的同时纷纷开始各种各样的可行性研究,在不同的工业领域,以不同的速度推动了这种技术的发展,一年内安装 37 套系统,一年之后,系统年台数增长到 159 套。

1962 年,英国的帝国化学工业公司(ICI)研制了一台名为费伦帝·阿格斯(Ferranti Argus)计算机,这台计算机代替了过程控制系统中全部模拟式仪表装置,它直接测量 224 个变量和控制着 129 个阀门。这是模拟技术直接被数字技术所代替,是计算机控制新纪元的开始。为了强调计算机直接地控制生产过程把这种计算机控制系统称为直接数字控制(DDC)系统。

由于一台数字计算机成本很高,而增加一个控制回路的费用却很低,这样就促使人们在一台计算机上尽可能多的控制一些回路,构成了如图 1-1 所示的一种集中型计算机控制系统的形式。集中型计算机控制系统的特点是计算机的利用率高。但可靠性是一个关键问题,计算机一旦出现故障,整个系统都不能工作。另外,控制回路越多,控制变量必然也越多,软件的编制难度就越大,也就越复杂。

60 年代,数字计算机技术取得了更大的进展,出现了体积小,运算速度快、价格低的小型计算机。它的出现,强有力地促进了计算机控制系统的迅速发展和更广泛的应用。1970 年到 1975 年用于过程控制的计算机的数目约由 5 000 台增加到 5 万台,5 年内约增加 10 倍。

1972 年出现了微型计算机,其体积更小,价格更便宜。微型计算机的出现,打开了大大小小的控制领域和管理部门的大门,使计算机控制系统的结构形式发生了根本变化,由集中型计

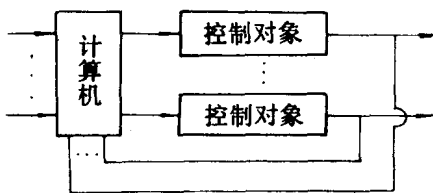


图 1-1 集中型计算机控制系统

算机控制系统,发展成集散型计算机控制系统(也称为分布式控制系统)。集散型计算机控制系统(简称 TDCS)是以微处理机为核心,实现地理上或功能上分散的控制,又通过高速数据通道把各个分散点的信息集中起来,进行集中的监视和操作,并实现高级复杂的控制规律。

现在欧、美、日等国家都已大批量生产各种型号的分布式综合控制系统,尽管有各种不同的型号,然而,它们的结构都是大同小异的(如图 1-2 所示)。它们都是由以微处理机为核心的基本控制器、高速数据通道、CRT 操作站和监督计算机等组成。

集散型控制系统有很多优点,系统是积木式结构,结构灵活可大可小,易于扩展;可靠性高,采用 CRT 显示技术和智能操作台,操作、监视十分方便,容易实现复杂的控制规律等。

集散型计算机控制系统的结构形式,可以是分级控制、网络控制,……结构形式。

随着计算机的微型化,计算机控制系统的应用领域越来越广泛,控制对象从小到大,从简单到复杂都可以由计算机参与控制。计算机可以控制单个电机或阀门,也可以控制和管理一个车间、整个工厂以至整个企业。计算机可以是单个回路参数的简单控制,也可以是复杂控制规律的多变量解耦控制、最优控制、自适应控制乃至具有人类智慧功能的智能控制。

计算机控制既是一门新兴的学科,又与自动控制存在着密切的关系。事实上,早在 50 年代就已经有了采样系统的控制理论,随着计算机的推广和应用,人们不断总结,不断提高,逐步形成了计算机控制理论,而计算机控制系统的分析方法和设计方法也在不断提高的基础上逐步趋向成熟。

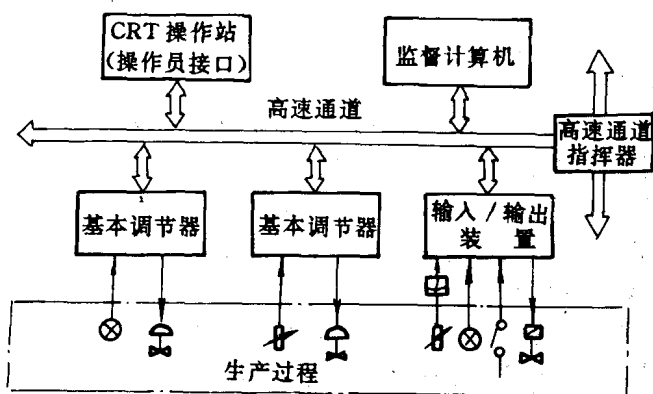


图 1-2 TDCS 的基本结构

§ 1-1 计算机控制系统的组成及工作原理

计算机在控制系统中主要承担控制器的任务,亦即系统中控制规律是由数字机实现。所以使用控制规律的种类就能大量增多,例如,它不难在控制器中采用非线性计算、引入逻辑判断和完成大量的计算。它还可以利用表格存储数据,以便积累系统特性的知识等。

计算机控制系统和连续控制系统一样,都是按误差进行控制的闭环负反馈的控制系统。

图 1-3 所示的火炮位置随动系统属连续控制系统。由雷达测出目标的高低角 α 、方位角 β 和斜距 γ ,经电子网络滤除或削弱原始信号中夹杂的各种干扰,然后用模拟器计算出给定值。被控对象炮筒的实际位置由测量电位计测出,把所测得的信号作为位置反馈信号与给定值进行比较,得出两者的偏差信号。为了改善系统性能,本系统采取了三个措施:引入由有源网络组成的串联校正;用测速发电机提供并联校正信号;用电子开关实现系统工作状态转换的逻辑控制(当偏差信号大于某限制值时,断开主反馈,使电机以最大速度向减小偏差方向运动,若小于某一限制值时再接通主反馈,以便提高系统的跟踪精度)。由上分析可见,连续系统中传递的信

号都是连接的模拟信号。

当图 1-3 所示系统由数字计算机代替滤波器、给定值计算、校正计算及电子开关时,即为计算机控制系统如图 1-4 所示。

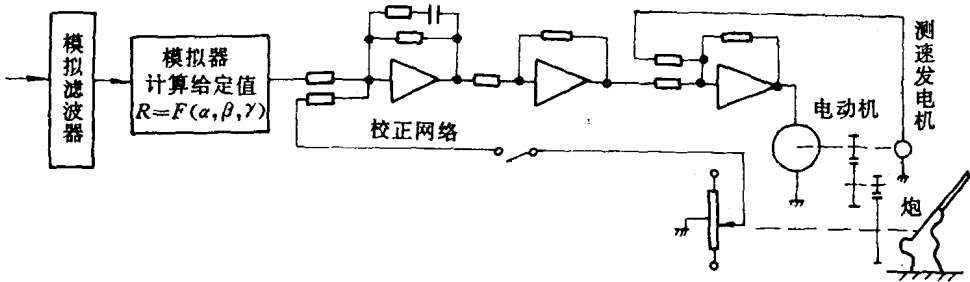


图 1-3 火炮连续控制系统

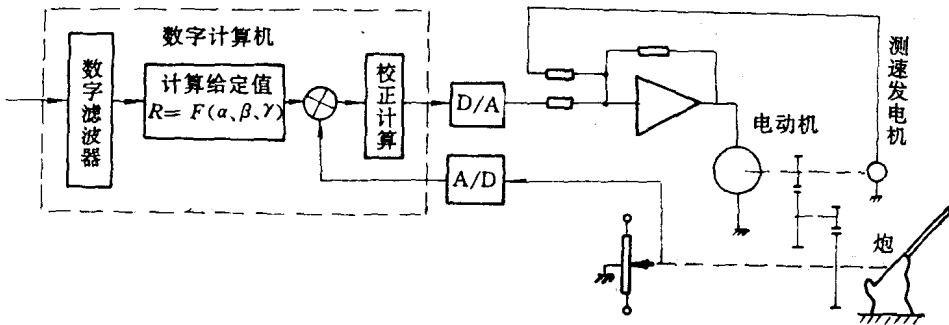


图 1-4 火炮位置计算机控制系统

由上述实例可见,计算机控制系统主要由下述各部件组成。

- (1) 被控对象 如火炮系统的火炮炮筒。
- (2) 执行机构 如火炮系统中的直流电机。
- (3) 测量装置 火炮系统中采用的测量电位计和测速发电机。
- (4) 模-数转换器(A/D)和数-模转换器(D/A)。

(5) 多路传输器(多路开关) 当几个信号源的信号,要由同一台计算机或同一个通讯通道处理时,需用多路开关按预定的顺序把信号传输到计算机或通讯通道上,实现分时处理。

(6) 数字计算机(包括硬件和软件) 它在计算机控制系统中主要起控制器的作用,对信号进行加工,形成所需要的控制信号,其次它还能承担数据处理、监督、管理等任务。计算机硬件除主机以外,还有输入、输出通道,人-机通讯设备和存储器等外部设备。其软件包含有系统软件和应用软件等。本例中数字机的作用是:对采集的原始信号进行滤波,计算给定值,计算偏差量,对偏差信号进行加工处理,形成并输出控制信号,利用软件对系统进行逻辑控制,等等。

若各部件用方框来表示,可画出火炮位置计算机控制系统的方框图,如图 1-5

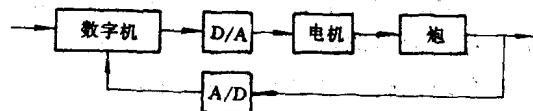


图 1-5 火炮位置计算机控制系统方块图

所示。

§ 1-2 计算机控制系统的主要特点及分类

一、系统的主要特点

计算机控制系统相对连续控制系统而言,其主要特点有:

(1) 结构上的特点 连续系统中的主要装置均为模拟部件,而计算机控制系统必须包含有数字部件——数字计算机。计算机控制系统通常是模拟和数字部件的混合系统。若系统中都是数字部件,则称为全数字控制系统。

(2) 信号形式上的特点 连续系统中各点信号均为连续模拟信号,而计算机控制系统中除有连续模拟信号外,还有离散模拟、数字、……多种信号形式。计算机控制系统中,就数字计算机的输入、输出信号的传递过程及其信号变换形式,如图 1-6 所示。图中 $r(t)$ 为连续模拟信号, $r^*(t)$ 、 $u^*(t)$ 为离散模拟信号, $r(kT)$ 、 $u(kT)$ 为数字信号, $u_k(t)$ 为连续阶梯形的模拟信号。图中 Δt_1 、 Δt_2 和 Δt_3 分别表示计算机输入、运算和输出所花费的时间,把输入到输出所花费的时间(即 $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$) 称为计算时延。

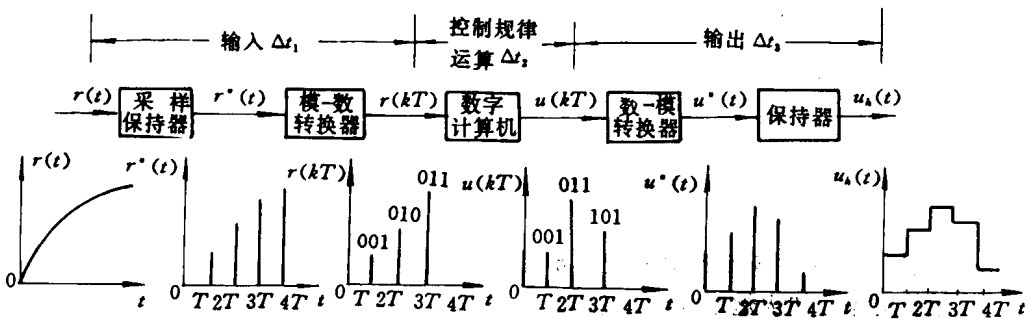


图 1-6 计算机的输入输出信息的变换和传递

(3) 信号传递时间上的差异 连续系统中(除纯延迟环节外)模拟信号的计算速度和传递速度都极快,可以认为是瞬时完成的,即该时刻的系统输出反映了同一时刻的输入响应,系统各点信号都是同一时刻的相应值。而在计算机控制系统中就不同了,由于存在“计算时延”,因此,系统的输出与输入不是在同一时刻的相应值。详见第八章。

(4) 工作方式上的特点 连续系统中,一个控制回路配有一个控制器,而计算机控制系统中,一个控制器(数字计算机)通常可以同时为多个控制回路服务。它利用依次巡回方法实现多路控制,表 1-1 为串行分时控制的巡回控制。如 n 个相同回路巡回一次所需时间为 $n(\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3)$ 。为了节省巡回时间,充分发挥硬件作用,一般采用并行分时控制,如表 1-2 所示。其 n 个相同回路巡回一次所需时间为 $(n+2)\Delta t$,其中 Δt 为 Δt_1 、 Δt_2 和 Δt_3 中的最大者。

在分级控制和集散控制系统中,基层控制回路常采用控制器和被控对象一一对应的关系,而在高层均采用一对多的方式,这时就需要考虑分时控制问题。

表 1-1 串行分时控制

$k-1$ 路	输入、运算、输出	执行
k 路		输入、运算、输出
$k+1$ 路		输入、运算、输出

表 1-2 并行分时控制

$k-1$ 路	输入	运算	输出	执行
k 路		输入	运算	输出
$k+1$ 路		输入	运算	输出

二、计算机控制系统的分类

计算机控制系统的分类方法很多,可以按照系统的功能分类,也可以按照控制规律分类,还可按控制方式分类。

1. 按系统功能可分为

(1) 数据处理系统 尽管数据处理不属于计算机控制的范畴,然而,一个计算机控制系统离不开数据的采集和处理。

数据处理系统对生产过程中大量参数作巡回检测、处理、分析、记录以及参数的越限报警。对大量参数进行实时分析以达到对生产过程进行各种趋势分析。计算机数据处理系统结构图如图 1-7 所示。

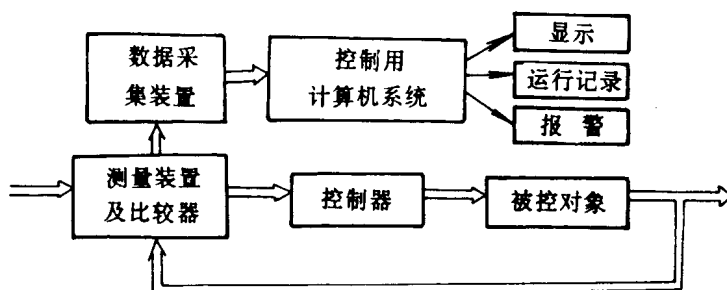


图 1-7 数据处理系统

(2) 直接数字控制(简称 DDC)系统 直接用数字机作为过程变量控制回路的控制器,这种方式叫直接数字控制——DDC(Direct Digital Control),如图 1-8 所示。由于计算机的特点与优势,除了能够实现 PID 控制规律外,还能进行多回路控制、前馈控制、纯滞后补偿控制、多变量解耦控制以及最优、自适应等复杂规律的控制。

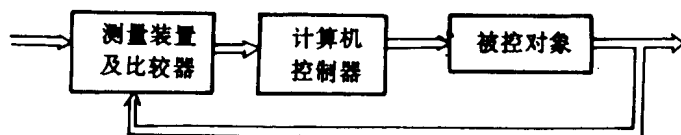


图 1-8 直接数字控制系统

(3) 监督控制(简称 SCC)系统 在监督控制系统中,计算机的输出用来直接改变模拟控制器或 DDC 的设定值,所以又叫做计算机设定值控制系统(简称 SPC),它有两种类型:一种是 SCC 加模拟控制器的系统,在这种系统中,计算机的输出并不直接对被控对象施加影响,而是根据现场测得的各种有关变量的情况,经过分析、计算来改变控制器的设定值。计算机只监视

模拟控制器的工作情况,修改给定值,因而称为监督控制系统,如图 1-9 所示。另一种是 SCC 加数字控制器的系统,系统中计算机的输出直接改变数字控制器的设定值,往往在系统中,计算机在执行监督控制的同时,也兼完成直接数字控制任务。

监督控制可以提高系统的可靠性,当模拟或 DDC 控制器发生故障时,监督控制计算机可以代替前者完成操作任务;当监督控制计算机发生故障时,模拟或 DDC 控制器又能独立执行任务。

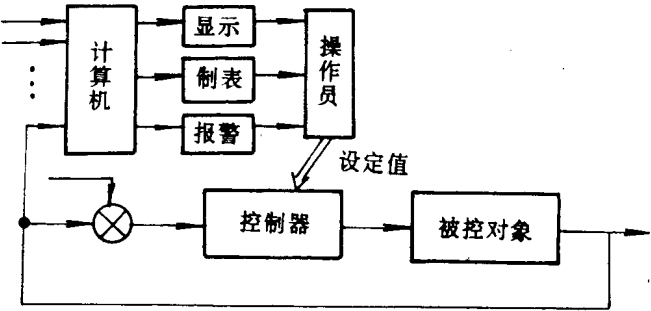


图 1-9 监督控制系统

(4) 分级控制系统 随着现代工业生产的发展,急需提高生产过程的自动化和管理水平。为此不仅要求计算机参与控制,而且也需要计算机完成生产管理任务。分级控制系统中,除了直接数字控制和监督控制外,还包含工厂级集中监督计算机和企业级经济管理计算机等多个计算机。整个系统分成很多相互联系的层次,层次又称为级,各级都有自己的控制目标,各级各类计算机之间使用高速通讯线路互相连接,及时沟通信息,协调一致地进行工作。

分级控制系统的结构如图 1-10 所示。系统中装置级为最底层,进行直接数字控制;车间监督级负责全车间生产协调,包括安排生产计划,备品备件等。工厂级根据企业下达的任务和本厂实际情况,订出生产计划和短期任务安排,向各车间下达任务,再依据车间汇报定期修订厂级生产计划。企业经营管理级负责总的协调,根据采购、销售、支出等安排总的的生产计划,并进行企业经营方向的决策。

用于生产管理的计算机,特别是企业级的计算机应具有较强的计算和数据数据处理能力,适当的内、外存容量,一般还应配备数据库。

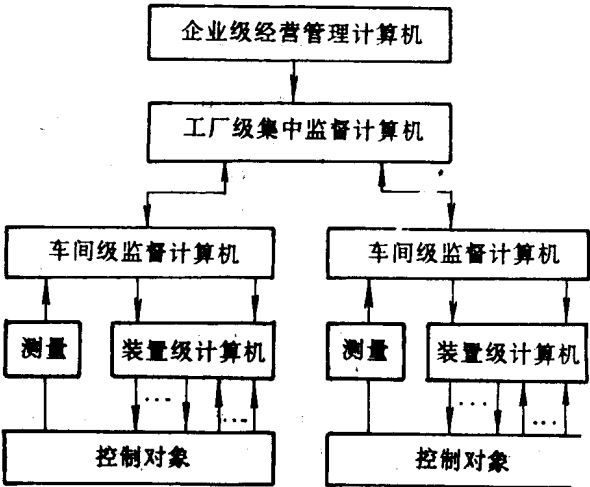


图 1-10 分级控制系统

(5) 集散型控制系统(简称 TDC) 分布式控制系统是集计算机技术、通讯技术、显示技术和控制技术于一体的新型计算机控制系统,其概况已在本章一开始作了介绍,详见第十章。

(6) 计算机网络 有一台中央计算机(CC)和若干台卫星计算机(SC)构成计算机网络,中央计算机配置了齐全的各类外部设备,各个卫星计算机可以共享其资源,结构如图 1-11 所示。

2. 按照控制规律计算机控制系统可分为

(1) 程序控制 在这种系统中其控制规律是,使被控量按照一定的、预先规定的时间函

数变化的系统。也可以在各个时间段而给出的设定值是不同的物理量,而且设定值的给出,不仅取决于时间,还取决于对以前的控制结果的逻辑判断。

(2) 比例-积分-微分控制(简称PID控制) PID控制,不只是在过去而且在现在仍然是应用最广,最为广大工程技术人員熟悉的技术。它结构简单,参数容易调整。

(3) 最少拍控制 最少拍控制是使系统调节时间最短的一种控制规律。要求设计的系统尽可能在最少几个采样周期内完成控制过程。通常在数字随动系统中使用。

(4) 复杂规律的控制 复杂规律的控制包括串级控制,前馈控制,纯迟后补偿控制,多变量解耦控制以及最优、自适应、自学习控制等。特别要指出的是最优控制、自适应控制以及自学习控制都需用繁杂的数学计算,因此,往往需要寻找高效的控制算法和高性能的计算机才能实现这些复杂规律的控制。

(5) 智能控制和模糊控制 智能控制理论和模糊控制理论是分别把先进的有关理论与解决当前技术问题所需要的系统理论相结合的学科分支。

3. 按照控制方式分类

计算机控制系统可分为开环控制、闭环控制和复合控制。

本书主要讨论的是闭环计算机控制系统的理论和方法以及闭环计算机控制系统的分析和设计。

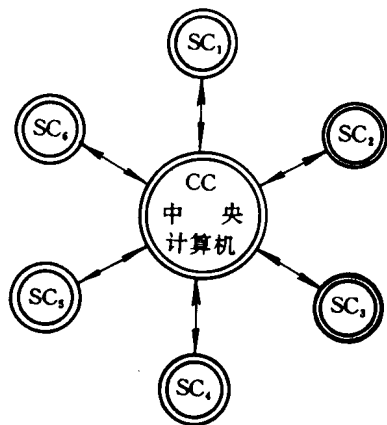


图 1-11 计算机网络

§ 1-3 计算机控制系统应用举例

计算机控制应用领域是非常广泛的,控制对象从小到大,从简单到复杂。可以是单回路的简单控制,也可以是多回路的复杂控制。

本节中,将列举几个计算机控制系统的典型例子,从而进一步了解计算机控制系统的结构、功能以及计算机控制的特点。

一、数字式飞行控制系统

图 1-12 是飞机单轴数字式飞行控制系统的示意图。图中传感器分别测量飞机姿态参数,如俯仰角 θ 、俯仰角速度 $\dot{\theta}$ 、法向加速度 N 等。解调器将交流信号转换为直流信号。滤波器采用低通滤波器,它将抑制传感器输出信号中夹杂的高频噪声。

该系统的工作过程:当驾驶员操纵驾驶杆时,控制指令通过力传感器、前置滤波器、分时采样、A/D 转换进入计算机,在计算机中,与当时的飞行姿态信息一起,按预定的算法进行计算,输出控制规律,通过 D/A 转换成连续控制规律,由执行机构(即舵机)操纵飞机舵面偏转,使飞机改变姿态按驾驶指令规定的姿态和轨迹飞行。

图 1-13 是飞机单轴自动驾驶仪多采样周期的计算机控制系统,系统中速度反馈和位置反馈采用不同的采样周期 T_1 和 T_2 。通常,如果一个回路中信号变化的速率远低于另一个回路中信号变化的速度,则较低速率回路的采样周期可以选得比较大。在同一个系统中,存在几个不

同采样周期的采样器,便称为多采样频率系统。

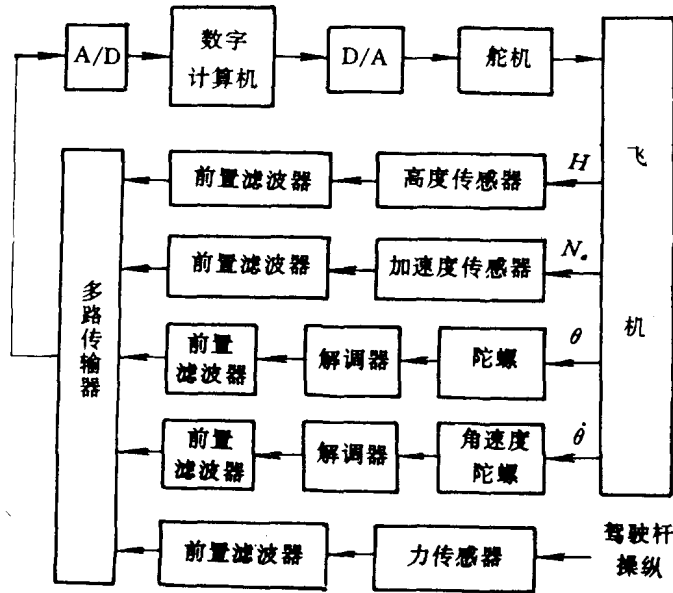


图 1-12 数字式飞行控制系统

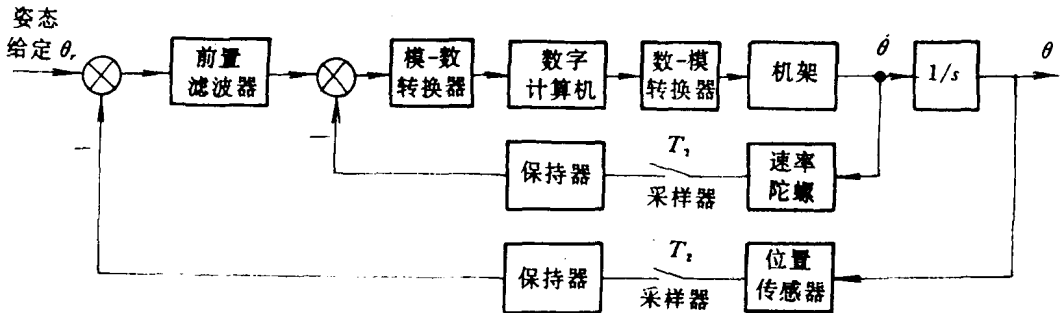


图 1-13 飞机单轴自动驾驶仪多采样周期的计算机控制系统

二、太阳能收集器随动系统

太阳能收集器随动系统,它的任务是控制太阳能收集器时刻对准太阳。该系统包含有方位和俯仰两个控制回路,图 1-14(a)是其中一个回路的示意图。两个回路的敏感元件是由两组位置相互垂直的光电二极管组成,如图 1-14(b) 所示,它们分别安装在太阳能收集器的 X 轴(属于方位)和 Y 轴(属于俯仰)上,光电管连接在各自的测量桥路的相邻两臂上。当两个光电管接收到的太阳光强弱不同时,电桥失去平衡,输出信号通过 A/D,进入计算机进行算法运算,经过 D/A、功放,驱动电机使太阳能收集器向着减小电桥不平衡方向运动对准太阳,即使所在方位(或俯仰)线上的两个光电二极管对称于太阳垂直射线,从而保证收集器正对太阳光射线。由于太阳在不断地运动,故太阳能收集器也应不断地跟随太阳运动。可见,系统的跟踪精度将直接影响太阳能的利用率。

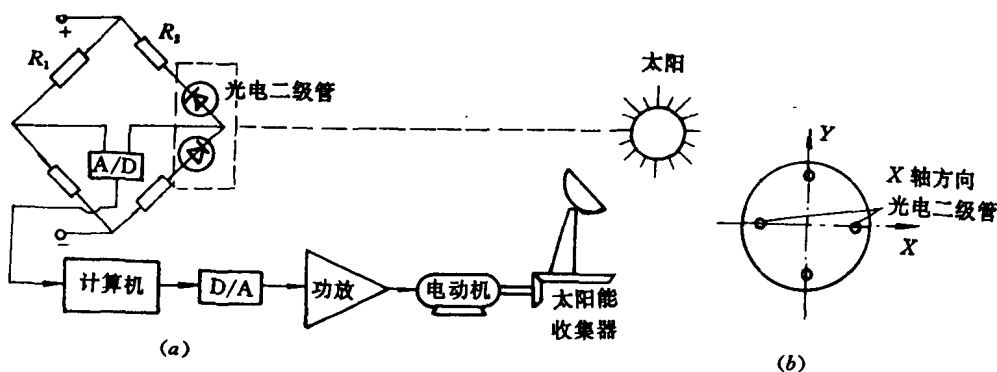


图 1-14 太阳能收集器控制系统

三、玻璃熔窑计算机温度控制系统

该系统是多点温度控制系统,如图1-15所示。玻璃熔窑的温度需要多点控制,各点温度经测量线路变换成电信号,由多路转输器巡回检测,各点温度数据经 A/D 变换成数字量送到计算机与给定值比较后,按一定的控制规律运算,输出控制量,然后经 D/A、保持器、执行器分别控制熔窑内相应各点的温度。

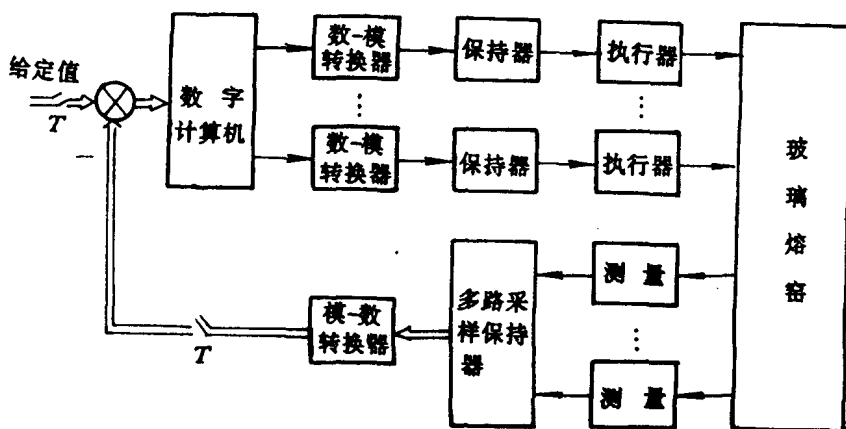


图 1-15 玻璃熔窑计算机温度控制系统

四、机器人计算机控制系统

机器人每个运动轴都由单独的回路进行控制。现代的机器人,每个回路的控制器包括一个微处理器。控制器将参考输入及反馈信号进行比较,确定传输给驱动组合的瞬时指令。驱动组合包括一个功率放大器和一个执行机构(如直流伺服电机),有时还有测速发电机作为附属反馈设备,用它闭合驱动组合的内回路。主反馈是编码器或同步器等位置反馈装置,这些装置将感受到的实际位置输给控制器以闭合主控回路,形成各自的基本的计算机控制系统。

机器人是一个多级计算机控制系统,如图1-16所示。机器人是根据人的命令来工作的。因此,机器人必须与人打交道,图1-16中央计算机的左侧部分表示了人和计算机相互联系部分。

机器人的能力依赖于计算机。因此,计算机的性能好坏以及如何由多个计算机组成系统是非常重要的。机器人有多个输入传感器,有手和脚的驱动机构,需要实时进行很多复杂的计算。因此,按其功能进行分散处理是有利的。为了实时处理,采用很多个高速微处理和专用的图像处理器。

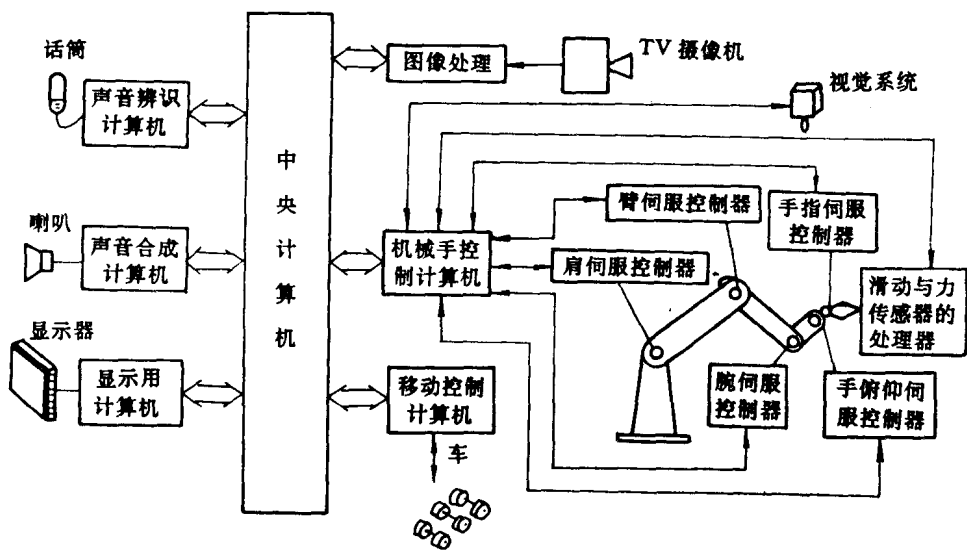


图 1-16 机器人计算机控制系统

计算机控制系统的例子可以举出成千上万,然而,由上述例子可以看出,尽管控制对象可以五花八门,被控量可能千差万别,但是对于基本计算机闭环控制系统的结构,却是大同小异,都有相同的工作原理和共同的特点。