



高等应用型人才培养规划教材

计算机控制技术 实用教程



袁 孜
汪道辉

主编
主审

王冬艳

李寿强

副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等应用型人才培养规划教材

计算机控制技术实用教程

袁 孜 主编

王冬艳 李寿强 副主编

汪道辉 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书作为计算机控制技术的实用教程,系统地阐述了计算机控制系统中所涉及的基础理论和应用技术。内容包括:计算机控制系统概述、分类及发展历程;计算机控制系统分析和设计的数学基础;过程输入、输出通道的基本结构与接口技术;常规和复杂的控制算法;集散测控网络技术;计算机控制系统的设计及应用。

本书主要用做高等院校、高等职业院校工业电气自动化、应用电子、计算机测控及计算机应用等专业的教材,也可作为相关技术人员的自学教材、培训教材和参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术实用教程/袁孜主编. —北京:电子工业出版社,2007.12
高等应用型人才培养规划教材
ISBN 978-7-121-05298-9

I. 计… II. 袁… III. 计算机控制—高等学校:技术学校—教材 IV. TP273
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 171410 号

策划编辑:吕 迈

责任编辑:宋兆武 侯丽平

印 刷: 北京市铁成印刷厂
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:13.25 字数:339 千字

印 次:2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:19.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

计算机控制技术这门课程是高职高专工业自动化、应用电子、计算机测控及计算机应用等专业的专业课程。编者根据在高等专科学校多年的教学和科研经验编写了这本教材。

在教材的编写过程中,编者依据高职高专教育人才培养目标,使教材体现系统性和前瞻性相融合、教师的可讲授性与学生的可应用性相并重的特色。具体体现在以下几个方面。

(1)编写中特别注意理论性与实效性相结合的原则,尽量避免理论知识的简单罗列,在理论、原理、思路等内容讲述之后,增加了应用实例的讲解。使理论知识、专业技术知识有较强的可读性和可操作性。

(2)在教材的编写中也注意了由浅入深、循序渐进的教学原则,首先让学生从浅显易懂的内容进入,再逐步加深知识的难度。

(3)在内容的安排上注意了实效性和量力性的原则,本书的编写尽量选择有代表性的、典型的、常用的技术。对于那些虽然很前沿、但理论性太强或学习难度较大的技术,本书只做简单介绍,不深入探讨,给学生奠定一定的基础,以便学生今后在工作实践中再进行深入学习。

本教材共分6章。第1章扼要地介绍了计算机控制系统概述、分类及发展历程;第2章介绍计算机控制系统分析和设计的数学基础;第3章介绍和分析了计算机控制系统过程输入、输出通道的基本结构与接口技术;第4章介绍和讨论了计算机控制系统常规和复杂的控制算法;第5章介绍了集散测控网络技术,包括数据通信与计算机网络、现场总线技术、集散控制系统和工控组态软件技术;第6章介绍了计算机控制系统的设计及应用,并通过两个实例详细讨论了计算机控制系统的设计和应用过程。

本教材学时数为48学时,后面的章节自学或选讲可将学时压缩到36学时。

本书由袁孜任主编,并编写第1、2、3章及第6章实例。王冬艳编写第4章及第6章前部分章节。李寿强编写第5章。本书由四川大学汪道辉教授担任主审,并给本书编写提出了许多宝贵的意见。编者在此对成都电子机械高等专科学校电子与电气工程系领导和老师给予的支持和帮助表示诚挚的感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者
2007年8月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机控制系统概述	1
1.1.1 计算机控制系统的概念	1
1.1.2 计算机控制系统的组成	2
1.2 计算机控制系统的分类	4
1.3 计算机控制系统的发展历程	8
习题 1	8
第 2 章 计算机控制系统分析和设计的数学基础	10
2.1 采样量化及保持	10
2.1.1 采样	10
2.1.2 量化	12
2.1.3 采样信号的复现	12
2.2 Z 变换与 Z 反变换	13
2.2.1 Z 变换	13
2.2.2 Z 变换的基本定理	15
2.2.3 Z 反变换	18
2.3 用 Z 变换解线性差分方程	20
2.4 脉冲传递函数	22
2.4.1 脉冲传递函数的定义	22
2.4.2 开环系统(或环节)的脉冲传递函数	22
2.4.3 闭环系统的脉冲传递函数	24
2.4.4 计算机控制系统的闭环脉冲传递函数	26
2.5 采样系统的性能分析	28
2.5.1 采样系统的稳定性	28
2.5.2 采样系统的稳态误差	30
2.5.3 采样系统的瞬态响应特性	31
习题 2	34
第 3 章 过程输入、输出通道的基本结构与接口技术	36
3.1 数字量输入、输出通道	36
3.1.1 数字量输入通道	36
3.1.2 数字量输出通道	38

3.2 模拟量输入通道	40
3.2.1 模拟量输入信号调理电路	41
3.2.2 多路转换器	43
3.2.3 采样/保持器	45
3.2.4 A/D 转换器及其主要参数	46
3.2.5 A/D 转换器芯片及与单片机接口	49
3.3 模拟量输出通道	58
3.3.1 模拟量输出通道结构	58
3.3.2 单极性与双极性电压输出电路	58
3.3.3 V/I 变换	59
3.3.4 D/A 转换器及其主要参数	60
3.3.5 D/A 转换器芯片及与单片机接口	61
习题 3	66
第 4 章 常规和复杂的控制算法	67
4.1 数据采集和处理	67
4.1.1 数字滤波	67
4.1.2 线性化处理	72
4.1.3 标度变换	76
4.2 数字控制器模拟化设计方法——数字 PID 控制	77
4.2.1 数字 PID 的基本控制	77
4.2.2 数字 PID 的改进	79
4.2.3 数字 PID 的参数整定	82
4.3 数字控制器离散化设计方法	85
4.3.1 最少拍有波纹控制系统设计	85
4.3.2 最少拍无波纹控制系统设计	90
4.3.3 大林算法	92
4.3.4 数字控制器的实现	94
4.4 史密斯预估控制	96
4.4.1 史密斯预估控制原理	96
4.4.2 史密斯预估控制器的计算机实现	98
4.5 数字串级控制	99
4.5.1 串级控制的结构和原理	99
4.5.2 数字串级控制算法	100
4.5.3 副回路微分先行串级控制算法	101
4.6 数字前馈-反馈控制算法	101
4.6.1 前馈控制的结构和原理	101
4.6.2 前馈-反馈控制结构	102
4.6.3 数字前馈-反馈控制算法	103

4.7 模糊控制系统及其应用	103
4.7.1 模糊控制系统的组成	104
4.7.2 模糊控制系统的基本原理	105
4.7.3 模糊控制系统的特点及发展	108
习题 4	109
第 5 章 集散测控网络技术	111
5.1 数据通信与计算机网络	111
5.1.1 数据通信概述	111
5.1.2 通信方式	115
5.1.3 信道复用技术	119
5.1.4 串行通信接口及标准	120
5.1.5 计算机网络概述	125
5.1.6 工业控制网络技术	128
5.2 现场总线技术	130
5.2.1 现场总线概述	130
5.2.2 几种典型的现场总线	133
5.3 集散控制系统(DCS)	136
5.3.1 DCS 概述	136
5.3.2 DCS 的分散过程控制级	138
5.3.3 DCS 的集中操作监控级	140
5.3.4 DCS 的综合信息管理级	142
5.4 工控组态软件技术	144
5.4.1 概述	144
5.4.2 iFIX 组态软件	146
5.5 应用举例——变电站自动化系统	153
5.5.1 概述	153
5.5.2 变电站自动化系统的实现	153
习题 5	156
第 6 章 计算机控制系统的设计及应用	157
6.1 系统设计原则和步骤	157
6.1.1 系统设计的原则	157
6.1.2 系统设计的步骤	158
6.2 系统的抗干扰与可靠性技术	161
6.2.1 控制系统的干扰	161
6.2.2 控制系统的抗干扰措施	162
6.2.3 硬件的可靠性措施	164
6.2.4 软件的可靠性措施	164
6.2.5 软件的安全性	165

6.3 生产过程计算机控制系统设计举例	166
6.3.1 单片机温度控制系统	166
6.3.2 直流电动机单片机位置速度控制系统	180
习题 6	200
参考文献	201

第1章 绪 论

随着科学技术的进步和发展,从单台计算机的直接监督控制到多级计算机监督控制系统,以及分布式、网络化、智能化的集控制和管理为一体的计算机控制系统,正在各行各业得到普遍的应用。计算机在自动控制领域中的应用,有力地推动了自动控制理论及自动控制技术的发展。而通信网络技术的介入,使大规模的计算机控制系统成为控制系统领域的发展趋势。计算机控制技术已成为自动控制技术、计算机技术、通信网络技术和管理技术在自动控制系统领域的综合应用。

本章主要介绍计算机控制系统的概念及其组成、计算机控制系统的分类、计算机控制系统的发展历程。

1.1 计算机控制系统概述

1.1.1 计算机控制系统的概念

在学习计算机控制系统之前,首先看一下常规模拟自动控制系统的组成和原理,如图 1-1 所示。

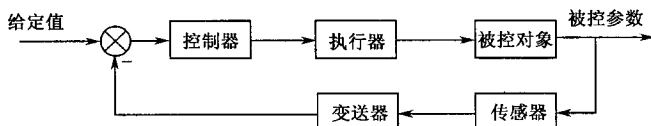


图 1-1 常规模拟自动控制系统的组成和原理

系统通过传感器将被控对象的被控参数(如压力、流量、温度和转速等)检测出来变换成一定形式的电信号,反馈给控制器;控制器将反馈信号与给定值信号进行比较形成误差信号,并根据误差信号按预定的控制规律进行调节,从而产生一个控制信号驱动执行机构工作,使误差趋于零,被控参数达到给定值。

若自动控制系统中控制器的功能由计算机来实现就构成了计算机控制系统。计算机控制系统是计算机参与控制并借助一些辅助部件与被控对象相联系,以获得一定控制目的而构成的系统。这里的计算机通常是指数字计算机,可以有各种规模,从微型计算机到大型的通用或专用计算机。辅助部件主要指输入/输出接口、检测装置和执行装置等。与被控对象的联系和部件间的联系,可以有有线方式,如通过电缆的模拟信号或数字信号进行联系;也可以是无线方式,如用红外线、微波、无线电波、光波等进行联系。被控对象的范围很广,包括各行各业的生产过程、机械装置、交通工具、机器人、实验装置、仪器仪表、家庭生活设施、家用电器和儿童玩具等。控制目的可以是使被控对象的状态或运动过程达到某种要求,也可以是达到某种最优化目标。

由于计算机运行的是数字量,而变送器输出的信号及大多数执行机构所能接受的信号都是模拟信号,因此计算机输入和输出信号时要加上将模拟量变成数字量的 A/D 转换器,以及将数字量变换成模拟量的 D/A 转换器。计算机控制系统的基本框图如图 1-2 所示。

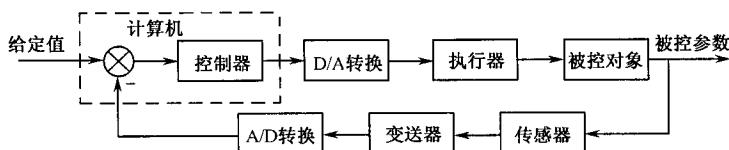


图 1-2 计算机控制系统的基本框图

计算机控制系统,从本质上来看,它的控制过程可以归结为以下三个步骤。

①实时数据采集:对被控参数的瞬时值进行检测并输入。

②实时决策:对采集到的被控量进行分析和处理,并按已定的控制规律,决定将要采取的控制策略。

③实时控制:根据控制策略,实时地对执行机构发出控制信号。

实时的概念是指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间内(至少在采样周期内)完成;上述过程不断重复进行,使系统按照所要求的性能指标运行,并对被控量和设备本身的异常现象及时做出处理。

1.1.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机和生产过程两大部分组成。计算机是指按生产过程控制特点和要求设计的工控机或单片机系统等,它包括硬件和软件两部分:硬件由主机及操作台、通用外部设备、接口和输入/输出通道等组成;软件是指系统软件和应用软件等能完成系统各种功能的程序总和。生产过程包括被控对象、测量装置、变送装置、执行机构和电气开关等。图 1-3 给出了计算机控制系统的组成框图。

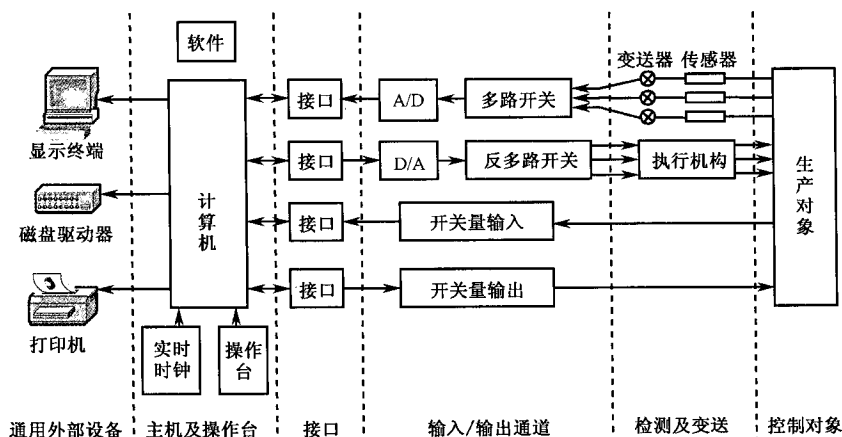


图 1-3 计算机控制系统的组成框图

1. 主机

CPU 及其内存储器(ROM、RAM)合称为主机,这部分是系统的核心。主机根据输入通道检测得到的各种参数,按照人们预先安排的程序,自动地进行信息处理、分析和计算。常用的主机有工业控制机、单片机和可编程控制器等,采用何种计算机作为主机,取决于系统任务的复杂程度及需要达到的技术指标。

2. 输入/输出通道

输入/输出通道又称过程通道,它是主机与生产过程建立信息传递与转换的连接渠道。过程通道又可分为模拟量输入通道、模拟量输出通道、数字量(开关量)输入通道和数字量(开关量)输出通道。带有 A/D 转换器的模拟量输入通道用来连接各类以模拟信号为输出的传感器,也可直接用做模拟形式的电压或电流的输入端。模拟量输出通道带有 D/A 转换器,使微机能对模拟形式的执行机构或输出设备进行控制。数字量(开关量)输入通道用来接收外界以“开关”形式表示的信息,数字量(开关量)输入也可以编码的形式向微机系统输入信息;这种信息既可以是命令信息(要求微机执行某种动作),也可以是单纯的数据信息。数字量(开关量)输出通道通常用来控制开关型执行机构(继电器、步进电机等),也可用来以编码的形式输出信息。

3. 通用外部设备

通用外部设备按功能可分为三类:输入设备、输出设备和外存储器。

常用的输入设备有键盘、鼠标和扫描仪等,输入设备主要用来输入程序和数据。常用的输出设备有打印机、记录仪和显示器等,输出设备主要用来把各种信息和数据按人们容易接受的形式,如数字、曲线和字符等提供给操作人员。外存储器如磁盘、光盘、移动硬盘、USB 存储装置等,主要用来存储系统的程序及有关数据。

4. 接口

接口起着媒介作用,使主机与过程通道及通用外部设备之间的信息交换得以顺利实现。接口也可作为主机和各种工作速度不同的外设之间进行数据传送时的暂存器和控制设备。

5. 操作台

操作台可以说是一台专用的外部设备,是系统实现人机对话的主要手段。操作人员通过它可了解系统的运行情况,必要时可通过它修改系统的某些参数,干预系统的运行。操作台至少应配有通用的输入设备(如键盘,供输入命令或数据使用)和显示设备(如 CRT,用来显示运行状态),以及专用的控制面板(带有各种按键、扳键、开关等输入控制器件和各种指示灯,报警装置等输出器件)。

6. 系统总线

总线是一组信号线的集合,用于传送规定信息的公共通道。被某一标准化组织批准或推荐的总线规约即为某种总线标准,符合某种总线标准的总线称为某种标准总线。按照总线所连接的对象不同,可以把总线分为芯片总线、板极总线、系统总线和外总线。系统总线也称为内总线,是一个计算机内部各模块之间传送信息的总线。常用的标准系统总线有 STD, XT, ISA, MCA, EISA, VESA, PCI, CPCI, PXI, VXI 和 AGP 等总线。外总线用于计算机系统之间传送信息。常用的标准外总线有 IEEE-488、RS-232C、RS-485、I²C、SPI 和 USB 等通信总线。

如果系统从 CPU 级开始组装,则可以采用自行设计的总线,这种针对具体应用而设计的总线条数少,成本会降低。如果组装系统是以选购一台计算机为基础,则可利用该计算机的总线作为系统总线,充分利用计算机的扩展插槽,加入自行研制的硬件部分,使组建系统的速度

加快。如果想购置由计算机厂商提供的各类硬件模块来组成系统,则需选取标准的系统总线,这种组建方法也能缩短系统硬件的研制周期。

7. 软件组成

计算机控制系统的软件包括系统软件和应用软件。应用软件是为实现特定控制目的而编制的专用程序,如数据采集程序、控制决策程序、输出处理程序和报警处理程序等。它们涉及被控对象的自身特征和控制策略等,由实施控制系统的专业人员自行编制。应用软件的开发占软件开发工作量的大部分。就控制系统而言,应用软件是一个直接的控制程序,而其他的系统软件则是为它服务的。因此,应用软件的优劣将会给系统的精度和效率带来很大影响。系统软件一般包括操作系统、语言处理程序和服务性程序等,它们通常由计算机制造厂为用户配套提供,有一定的通用性。如果控制系统采用制造商提供的成品计算机,则可有相应配套的系统软件提供。为更适合应用的目的,可以适当修改或补充已有的系统软件。如果从硬件模块级开始组装系统,往往系统软件也需要自行编制。

1.2 计算机控制系统的分类

1. 计算机控制系统按照所完成的功能分类

1) 操作指导控制系统 (Operational Information System, 简称 OIS)

操作指导控制系统的构成如图 1-4 所示。该系统属于开环控制结构,计算机只对系统过程参数进行收集、加工处理,然后输出数据,由操作人员(或别的控制装置)根据测量结果来改变设定值或者进行必要的操作。

操作指导控制系统的优点是结构简单,控制灵活且安全,一台计算机可代替大量常规显示和记录仪表,从而对整个生产过程进行集中监视,可得到更精确的结果,对指导生产过程有利。缺点是人工操作控制不及时,也不能控制多个对象。

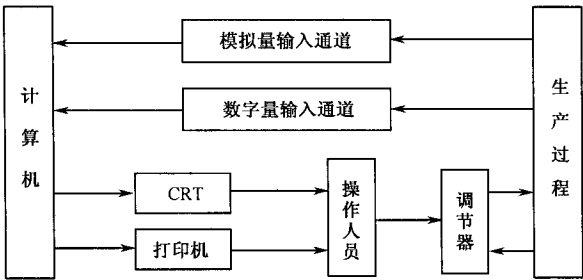


图 1-4 操作指导控制系统的构成

2) 直接数字控制系统 (Direct Digital Control, 简称 DDC)

直接数字控制系统的构成如图 1-5 所示。计算机通过输入通道实时采集系统过程参数,经加工处理,然后发出控制信息,并通过输出通道直接控制生产过程。计算机直接参与控制,系统经计算机构成了闭环控制系统。

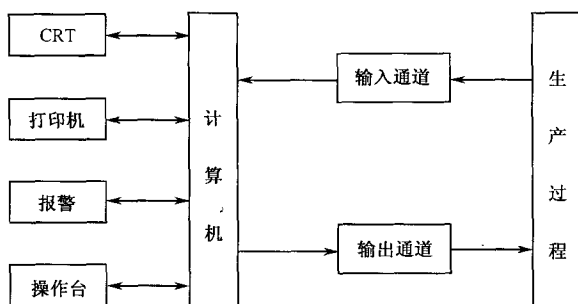
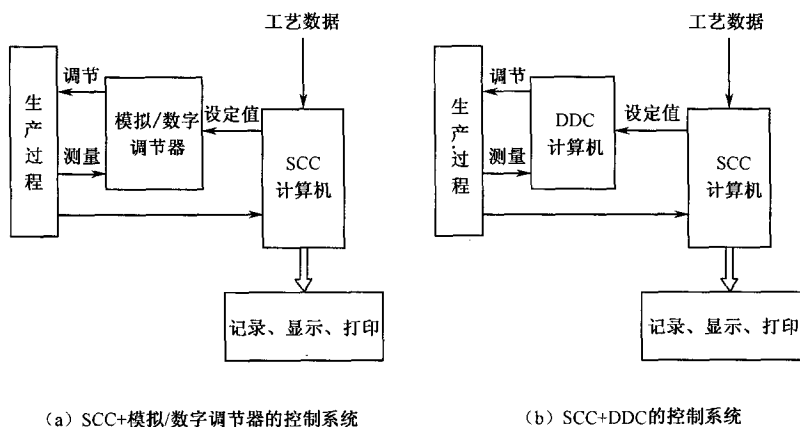


图 1-5 直接数字控制系统的构成

DDC 控制相对于常规模拟控制的优点是实时性好、可靠性高和灵活性大。能用数字运算形式对若干个回路,甚至数十个回路的生产过程进行比例-积分-微分(PID)控制,使工业受控对象的状态保持在给定值上,误差小且稳定。而且只要改变控制算法和应用程序便可实现较复杂的控制,如前馈控制和最佳控制等。一般情况下,DDC 控制常作为更复杂的高级控制的执行级。DDC 计算机控制系统已成为当前计算机控制系统中主要控制形式之一。

3) 监督控制系统(Supervisory Computer Control,简称 SCC)

监督控制系统是针对某一种生产过程,依据生产过程的各种状态,按生产过程的数学模型计算出生产设备运行的最佳给定值,自动地或人工地调整模拟调节仪表或直接数字控制系统等执行级的给定值,由 DDC 或调节仪表对生产过程各个点(运行设备)行使控制,保证受控的生产过程始终处于最佳状态运行。直接影响 SCC 效果优劣的首先是它的数学模型,为此要经常的运行过程中改进数学模型,并相应修改控制算法和应用控制程序。监督控制系统依据不同的执行级有两种不同的结构形式,如图 1-6 所示。



(a) SCC+模拟/数字调节器的控制系统

(b) SCC+DDC的控制系统

图 1-6 监督控制系统的构成

SCC+模拟/数字调节器的控制系统中,由计算机系统对各物理量进行巡回检测,并按一定的数学模型,计算出最佳给定值并送给模拟/数字调节器。此给定值在模拟/数字调节器中与检测值进行比较后,其偏差值经模拟/数字调节器计算,然后输出到执行机构,以达到调节生产过程的目的。当 SCC 计算机出现故障时,可由模拟/数字调节器独立完成操作。

SCC+DDC 的控制系统实际上是一个两级控制系统,一级为监控级 SCC,另一级为 DDC。

监控级 SCC 的作用与 SCC+模拟/数字调节器系统中的 SCC 一样,完成车间或工段一级的最优化分析和计算,并给出最佳给定值,送给 DDC 级计算机直接控制生产过程。两级计算机之间通过接口进行信息联系,当 DDC 级计算机出现故障时,可由 SCC 级计算机代替,大大提高了系统的可靠性。

4)集散控制系统(Distributed Control System,简称 DCS)

集散控制系统的构成如图 1-7 所示。微型计算机和网络技术的出现与迅速发展,为实现分散控制、集中管理提供了物质和技术基础。该系统采用分散控制、集中操作、分级管理和综合协调的设计原则,将系统从下到上分为分散过程控制级、集中操作监控级、综合信息管理级,即“操作站—控制站—现场仪表”的三层结构模式,形成分级分布式控制。

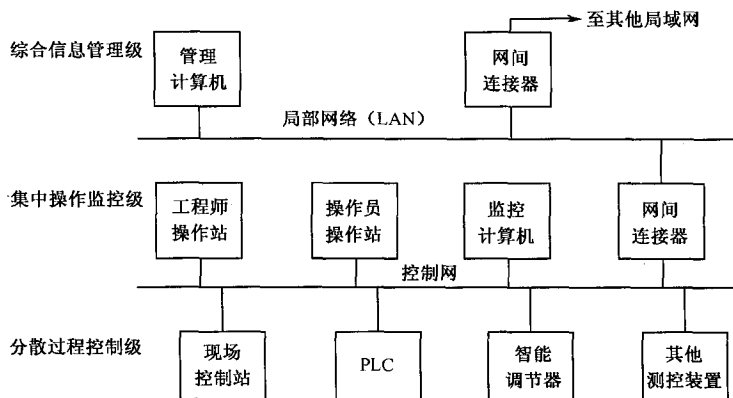


图 1-7 集散控制系统的构成

分散过程控制(DDC)级,主要用于直接控制生产过程,进行 PID 或前馈控制;集中操作监控(SCC)级,主要用于进行最佳控制或自适应控制或自学习控制计算,并指挥 DDC 级同时向综合信息管理(MIS)级汇报情况。DDC 级通常用微型计算机,SCC 级一般用小型计算机或高档微型计算机。

综合信息管理(MIS)级主要功能是实现信息实时处理,为各级决策者提供有用的信息,以便做出生产计划、调度和管理方案,使计划协调和经营管理处于最优状态。这一级可根据企业的规模和管理范围的大小分成车间管理级、工厂管理级和公司管理级等若干级,每级又依据要处理的信息量的大小确定采用的计算机类型。一般情况车间管理级的 MIS 用小型计算机或高档微型计算机,工厂管理级的 MIS 用中型计算机,而公司管理级的 MIS 则用大型计算机,或者用超大型计算机。

车间管理级的 MIS 主要功能是根据工厂级下达的生产品种、数量命令和搜集的生产过程的状态信息,随时进行合理调度,实现最优控制,指挥 SCC 级监督控制。

工厂管理级的 MIS 主要功能是接受公司下达的生产任务,并根据本厂的实际情况进行最优化计算,制订本厂生产计划和短期(旬或周或日)安排,然后给车间管理级下达生产任务。

公司管理级的 MIS 主要功能是对市场需求预测计算,制订战略上的长期发展规划,并对订货合同、原料供应情况和企业的生产状况,进行最优生产方案的比较、选择、计算,制订出整个公司较长时间(月或旬)的生产计划、销售计划,并向各工厂管理级下达任务。

5)现场总线控制系统(Fieldbus Control System,简称 FCS)

现场总线技术是在 20 世纪 80 年代后期发展起来的一种先进的现场工业控制技术,它综

合了数字通信技术、计算机技术、自动控制技术、网络技术和智能仪表等多种技术手段,从根本上突破了传统的“点对点”式的模拟信号或数字-模拟信号控制的局限性,构成一种全分散、全数字化、智能、双向、互连、多变量、多节点的通信与控制系统。

现场总线控制系统的构成如图 1-8 所示。现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络,其基础是智能仪表。分散在各个工业现场的智能仪表通过数字现场总线连为一体,并与控制室中的控制器和监视器一起共同构成现场总线控制系统。现场总线控制系统是基于现场总线的分布式控制系统。它采用了不同于 DCS 的“工作站—现场总线智能仪表”二层结构模式,降低了系统总成本,提高了可靠性,在国际标准统一后,可实现真正的开放式互联系统结构。并接受各工厂、各部门发回来的信息,实行全企业的总调度。

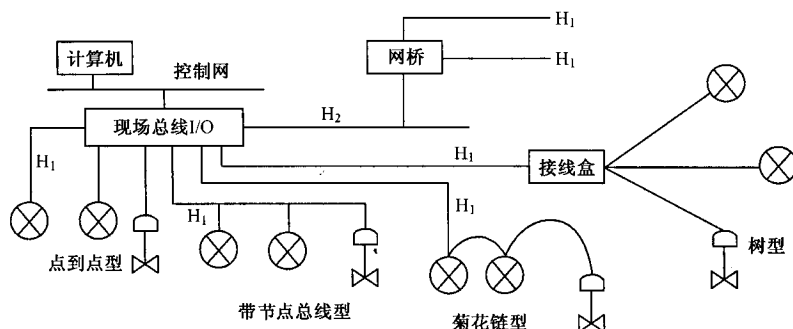


图 1-8 现场总线控制系统的构成

2. 计算机控制系统按照控制规律分类

1) 程序控制和顺序控制

程序控制是被控制量按照一定的、预先规定的时间函数变化,被控制量是时间的函数。

顺序控制视为程序控制的扩展,在各个时期所给出的设定值可以是不同的物理量,而且每次设定值的给出,不仅取决于时间,还取决于对以前控制结果的逻辑判断。

2) 比例-积分-微分控制(PID 控制)

调节器的输出是调节器输入的比例、积分和微分的函数。PID 控制是现在应用最广、最为广大工程技术人员熟悉的技术。PID 控制结构简单、参数容易调整,无论模拟调节器或数字调节器,多使用 PID 控制结构。

3) 最小拍控制

最小拍控制的性能指标是要求设计的系统在尽可能短的时间里完成调节过程。最小拍控制通常用在数字随动系统的设计中。

4) 复杂规律的控制

生产实践中控制系统除了给定值的输入外,还存在大量的随机扰动。另外,性能指标也不单是过渡过程的品质,而是包括能耗最小、产量最高和质量最好的综合性指标。对于存在随机扰动的系统,仅用 PID 控制难以达到满意的性能指标,因此,针对生产过程的实际情况,可以引进各种复杂规律的控制。例如,串级控制、前馈控制、纯滞后补偿控制、多变量解耦控制、最优控制、自适应控制和自学习控制等。值得指出的是,最优控制、自适应控制及自学习控制都要用到繁杂的数学计算,因此,通常需要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

智能控制理论是一种把先进的方法学理论与解决当前技术问题所需要的系统理论结合起来的学科。智能控制理论可以看做是三个主要理论领域的交叉或汇合,这三个理论领域是人工智能、运筹学和控制理论。智能控制实质上是一个综合的自动化系统。

1.3 计算机控制系统的发展历程

20 世纪 50 年代初,计算机就开始用于工业生产过程控制,现代控制理论与计算机的结合,产生了新型的计算机控制系统。1952 年,在化工生产中实现了计算机自动测量和数据处理;1954 年开始用计算机组成开环控制系统;1957 年在石油工业中实现了蒸馏过程的计算机控制;1959 年世界上第一台过程控制计算机在美国得克萨斯州的一个炼油厂正式投入运行。

早期的计算机采用电子管,体积大、速度慢、可靠性差,主要用于数据处理和操作指导。随着半导体技术的发展,计算机运算速度不断加快,可靠性也不断提高,1962 年,英国卜内门化学工业公司开始用计算机代替常规的模拟控制器,实现了直接数字控制(DDC),中国此时也开始了计算机控制的试点。

20 世纪 60 年代后期,由于小型计算机的出现,计算机控制的成本逐年下降,可靠性不断提高,在生产控制中的应用得到迅速发展。但这个阶段仍然主要是集中型的计算机控制系统。其缺点是若计算机出现故障,将对整个装置和系统带来严重影响,采用多机并用可以提高可靠性但会增加成本。

20 世纪 70 年代,由于价格便宜、体积小、使用灵活方便的微型计算机的出现,开创了过程计算机控制的新时代,即从传统的集中控制系统革新为分散控制系统。世界上几个主要的计算机和仪表制造厂于 1975 年几乎同时生产集散控制系统。

20 世纪 80 年代,计算机向着超小型化、软件固化和控制智能化方向发展,出现了只控制一两个回路的数字控制器,集散控制系统已发展得很成熟。在 80 年代中期,由于智能仪表和计算机网络的发展,新一代集散控制系统——现场总线控制系统开始出现并在 90 年代得到迅速发展。

进入 20 世纪 90 年代,计算机控制技术的发展更加明显。计算机在价格下降的同时,功能却更加丰富,可以完成各种复杂的控制算法,使得最优控制、自适应、自学习和人工智能等先进的控制方法得以实现。随着自动化技术、计算机技术、通信技术和管理技术的发展与结合,计算机系统不仅能完成直接面向过程的控制和优化任务,还能进行整个生产过程的综合管理和指挥调度,构成计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacture System, CIMS)和计算机集成过程系统(Computer Integrated Processing System, CIPS)。一个典型的工业自动化系统为三层网络结构:低层是用现场总线将智能测试、控制设备,以及工控机或者 PLC 设备的远程 I/O 点连接在一起的设备层;中间层是将 PLC、工控机及操作员界面连接在一起的控制层网络;而上层的 Ethernet 以 PC 或工作站为主完成管理和信息服务任务。三级网络各司其职,体现了目前工业自动化的典型结构。

习题 1

1. 什么是计算机控制系统？
2. 计算机控制系统的工作原理归纳为哪几步？
3. 计算机控制系统由哪几部分组成？
4. 什么是总线、内部总线和外部总线？
5. 计算机系统的类型按功能分为哪些？各有什么优缺点？
6. 计算机系统的类型按控制规律分为哪些？
7. 目前工业自动化的典型结构是什么？