

计算机控制技术

张艳兵 王忠庆 鲜 浩 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

计算机控制技术

张艳兵 王忠庆 鲜浩 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统介绍计算机控制应用技术,全书分为8章,第1章介绍了计算机控制系统的特点、结构、工作过程、典型的应用方式和发展趋势;第2章讨论了I/O接口技术和I/O通道的组成及工作原理;第3章是常用控制程序设计,包括巡回检测、数字滤波、标度变换、报警程序、查表技术等;第4章和第5章分别介绍了数字控制器的连续化设计和离散化设计方法;第6章讨论了各种总线在计算机控制系统中的应用;第7章讲述了计算机控制系统的设计过程以及设计实例;第8章主要介绍了分布式计算机控制系统的特点、体系结构、发展趋势以及典型的DCS系统。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/张艳兵,王忠庆,鲜浩编著. —北京:
国防工业出版社,2006.8
ISBN 7-118-04641-8

I. 计... II. ①张... ②王... ③鲜... III. 计算机
控制 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077597 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17 字数 388 千字

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

计算机控制是自动控制理论与计算机技术相结合产生的一门新兴学科,是随着计算机技术的发展而发展起来的,是一门跨学科、应用性、技术性、综合性都很强的专业技术课程,内容涉及到自动控制理论、微型计算机原理、模拟电子技术、数字电子技术等专业基础知识,主要研究计算机控制系统的控制原理和分析设计方法以及基本的设计技能,并能够设计出简单的计算机控制系统。计算机控制技术是我国高等院校自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、机电一体化等专业的主干课程。

本书分为8章,第1章介绍了计算机控制系统的特点、结构、工作过程、典型的应用方式和发展趋势;第2章讨论了I/O接口技术和I/O通道的组成及工作原理;第3章是常用控制程序设计,包括巡回检测、数字滤波、标度变换、报警程序、查表技术等;第4章和第5章分别介绍了数字控制器的连续化设计和离散化设计方法;第6章讨论了各种总线在计算机控制系统中的应用;第7章讲述了计算机控制系统的设计过程以及设计实例;第8章主要介绍了分布式计算机控制系统的特点、体系结构、发展趋势以及典型的DCS系统。

全书由张艳兵统稿,并编写了第3、4、5、7章,第2、6章由鲜浩编写,第1、8章由王忠庆编写。在编写过程中参考了兄弟院校的相关教材和许多优秀的计算机控制方面的论文,在此向这些书籍、文章的作者表示真诚的谢意。

由于计算机控制技术发展迅速及编者的水平所限,书中难免存在错误和不当之处,恳请广大读者及同行专家批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 计算机控制系统概述	2
1.2 计算机控制系统的组成	6
1.2.1 计算机控制系统的硬件	6
1.2.2 计算机控制系统的软件	9
1.3 计算机控制系统的分类	10
1.3.1 操作指导控制系统	10
1.3.2 直接数字控制系统(DDC)	10
1.3.3 计算机监督控制系统(SCC)	11
1.3.4 分布式控制系统(DCS)	12
1.3.5 计算机集成制造系统(CIMS)	12
1.3.6 现场总线控制系统(FCS)	14
1.3.7 嵌入式控制系统	16
1.4 计算机控制系统的发展概况及发展趋势	17
1.4.1 计算机控制系统的发展历史	17
1.4.2 计算机控制系统的发展趋势	19
习题1	21
第2章 计算机控制系统的 I/O 接口和 I/O 通道	22
2.1 I/O 接口在计算机控制系统中的应用	22
2.2 I/O 控制方式	24
2.2.1 程序控制方式	24
2.2.2 中断控制方式	28
2.2.3 存储器直接存取方式(DMA)	29
2.2.4 通道控制方式	30
2.3 I/O 接口设计的一般方法及应用举例	32
2.3.1 数字量的输入输出	32
2.3.2 开关量的输入输出	33
2.4 I/O 通道的组成及工作原理	34
2.4.1 数字量输入输出通道	34
2.4.2 模拟量输入输出通道	38
2.5 D/A 转换器的原理及应用	45
2.5.1 D/A 转换器的原理	46

2.5.2 D/A 转换器的应用	48
2.6 A/D 转换器的原理及应用	49
2.6.1 A/D 转换器的原理	49
2.6.2 A/D 转换器的应用	52
2.7 I/O 通道的抗干扰技术	52
2.7.1 干扰的分类	53
2.7.2 干扰的耦合方式	54
2.7.3 常见的抗干扰技术	54
习题 2	55
第 3 章 常用控制程序设计	56
3.1 巡回检测程序设计	56
3.2 数字滤波程序设计	60
3.2.1 算术平均值滤波	60
3.2.2 中值滤波	62
3.2.3 一阶滞后滤波	63
3.2.4 程序判断滤波	64
3.2.5 加权算术平均值滤波	66
3.2.6 多级数字滤波器	67
3.3 标度变换程序设计	68
3.3.1 线性参数标度变换公式	68
3.3.2 非线性参数标度变换公式	69
3.4 上下限报警处理程序设计	70
3.5 软件抗干扰技术	71
3.6 查表技术	74
3.7 数据预处理技术	77
3.7.1 系统误差的自动校准	77
3.7.2 线性插值法	78
3.8 中小功率直流电机调速控制	80
3.9 步进电机控制	84
3.9.1 步进电机的结构与工作原理	85
3.9.2 步进电机的工作方式	86
3.9.3 步进电机程序控制原理	87
习题 3	91
第 4 章 数字控制器的连续化设计方法	93
4.1 数字控制器的连续化设计步骤	94
4.2 模拟调节器的离散化方法	96
4.3 PID 算法的数字实现	101
4.3.1 模拟 PID 调节器	101
4.3.2 PID 算法的数字实现	105

4.4 几种改进的PID控制算法	107
4.4.1 对积分项的改进	107
4.4.2 对微分项的改进	111
4.4.3 其他改进的PID控制算法	113
4.5 PID控制器的参数整定	117
4.6 纯滞后对象的控制算法——施密斯(Smith)预估控制	122
习题4	124
第5章 数字控制器的离散化设计方法	126
5.1 数字控制器的离散化设计步骤	126
5.2 最少拍无差随动系统的设计	128
5.2.1 典型输入下理想最少拍无差系统的设计	128
5.2.2 最少拍控制器的物理可实现性和稳定性要求	131
5.2.3 最少拍有纹波控制器的设计	132
5.2.4 最少拍无差控制器的局限性	136
5.3 最少拍无纹波随动系统的设计	138
5.4 数字控制器的频域设计法	144
5.4.1 w 变换	144
5.4.2 数字控制器的频率特性	146
5.4.3 数字控制器的频域法—— w 变换法设计步骤	148
5.4.4 串联相位滞后校正器的 w 变换法设计	149
5.4.5 串联相位超前校正器的 w 变换法设计	152
5.5 纯滞后对象的控制算法——大林算法	154
5.5.1 大林算法的设计原则及数字控制器的形式	155
5.5.2 振铃现象的产生及其消除	156
5.5.3 大林算法的设计步骤	160
5.6 数字控制器的实现方法	161
5.6.1 直接程序设计法	161
5.6.2 串行程序设计法	162
5.6.3 并行程序设计法	164
习题5	165
第6章 总线技术在计算机控制系统中的应用	168
6.1 概述	168
6.1.1 总线结构	168
6.1.2 总线的分类	170
6.1.3 总线特性及性能指标	171
6.1.4 总线标准	172
6.1.5 总线控制方法	173
6.2 PC的局部总线	173
6.2.1 ISA 工业标准总线	173

6.2.2	EISA 扩展的工业标准结构总线	178
6.2.3	PCI 总线	179
6.3	并行通信技术	183
6.3.1	PC 并口	183
6.3.2	Enhanced Parallel Port Mode(EPP)	185
6.4	串行通信技术及其标准总线	188
6.4.1	串行通信技术	188
6.4.2	串行通信标准总线	194
6.5	现场总线技术及其应用	196
6.5.1	现场总线控制系统的优越性	197
6.5.2	现场总线系统的技术特点	197
6.5.3	典型现场总线简介	198
习题 6		200
第 7 章	微型计算机控制系统的设计与实践	201
7.1	系统设计的基本要求和特点	201
7.1.1	系统设计的基本要求	201
7.1.2	系统设计的特点	203
7.2	微型计算机控制系统的设计方法及步骤	203
7.2.1	设计步骤	204
7.2.2	系统的设计及实现过程	205
7.3	微型计算机控制系统设计举例	209
7.3.1	ControX2000 组态软件简介	209
7.3.2	直流电机控制系统设计	213
7.3.3	步进电机控制系统设计	216
7.3.4	温度控制系统设计	232
习题 7		239
第 8 章	分布式计算机控制系统	240
8.1	概述	240
8.1.1	分布式计算机控制系统的概念	240
8.1.2	分布式计算机控制系统的特点	241
8.1.3	分布式计算机控制系统设计的基本原则	243
8.2	分布式计算机控制系统的体系结构	244
8.3	分布式计算机控制系统的发展	249
8.4	横河电机 CENTUM CS 3000 R3 集散控制系统	255
习题 8		260
参考文献		261

第1章 绪 论

计算机控制是自动控制理论与计算机技术相结合产生的一门新兴学科, 计算机控制技术是随着计算机技术的发展而发展起来的。自动控制技术在许多工业领域获得了广泛的应用, 但是由于生产工艺日益复杂, 控制品质的要求越来越高, 简单的控制理论有时无法解决复杂的控制问题。计算机的应用促进了控制理论的发展, 先进的控制理论和计算机技术相结合推动计算机控制技术不断前进。自从 1971 年美国 Intel 公司生产出世界上第一台微处理器 Intel 4004 以来, 微处理器的性能和集成度几乎每两年就提高一倍, 而价格却大幅度下降。在 30 多年的时间里, 微型计算机经历了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机几个大的发展阶段, 目前 64 位机也已经问世。微型计算机的出现, 在科学技术上引起了一场深刻的变革。随着半导体电路集成技术的发展, 微型计算机的运行速度越来越快, 可靠性大大提高, 体积越来越小, 功能越来越齐全, 成本却越来越低, 使微型计算机的应用越来越广泛。微型计算机不仅可应用于科学计算、信息处理、办公娱乐、民用产品、家用电器等领域, 而且在仪器、仪表及过程控制领域也得到了广泛的应用。仪器、仪表在测量过程自动化、测量结果的数据处理及系统控制等方面有着重要的应用, 在许多高精度、高性能、多功能的测量仪器中都采用了微处理器技术。过程控制也是微型计算机应用最多的一个方面, 控制对象已从单一的工艺流程扩展到整个企业的生产、管理以及现场各种设备的控制中, 采用分布式计算机控制, 实现了企业的控制和管理一体化, 大大提高了企业的自动化程度。

近年来, 随着计算机技术、自动控制技术、检测与传感器技术、网络与通信技术、微电子技术、CRT 显示技术、现场总线智能仪表、软件技术以及自控理论的高速发展, 计算机控制的技术水平大大提高, 计算机控制系统的应用突飞猛进。利用计算机控制技术, 人们可以对现场的各种设备进行远程监控, 完成常规控制技术无法完成的任务, 微型计算机控制已经被广泛地应用于军事、农业、工业、航空航天以及日常生活的各个领域。可以说, 21 世纪是计算机和控制技术获得重大发展的时代, 大到载人航天飞船的研制成功, 小到日用的家用电器, 甚至计算机控制的家庭主妇机器人, 到处可见计算机控制系统的应用。计算机控制技术的发展日新月异, 作为现代从事工业控制和智能仪表研究、开发及使用的技术人员, 必须不断学习, 加快知识更新的速度, 才能适应社会的需要, 才能在工业控制领域里继续遨游。

微型计算机控制技术是一门跨学科、应用性、技术性、综合性都很强的专业技术课程, 要求具备较强的自动控制理论、微型计算机原理、模拟电子技术、数字电子技术等专业基础知识。通过学习, 要求掌握计算机控制系统的控制原理和分析设计方法, 具备基本的设计技能, 能够设计出简单的计算机控制系统。

本章主要介绍微型计算机控制系统的基本概念、特点、组成、分类、发展过程及发展趋势。

1.1 计算机控制系统概述

1. 微型计算机控制系统的概念

在闭环负反馈控制系统中, 需要对被控参数 y (如温度、压力、流量、液位、转速、位移等) 进行检测, 与给定值 r 进行比较, 得到系统的偏差信号 $e = r - y$ 。然后直接根据系统的偏差 e , 经过控制器加工后输出控制量 u , 最后去控制执行机构, 使系统的输出 y 等于给定值 r , 系统偏差为零。闭环负反馈控制系统的结构如图 1.1 所示。

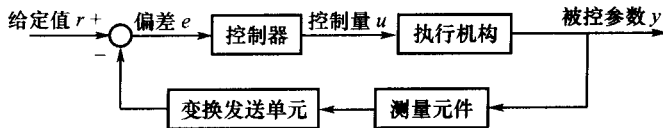


图 1.1 闭环负反馈控制系统的结构框图

图 1.1 中变换发送单元主要负责把测量元件输出的被测参数变换成电压或电流信号, 反馈给控制器; 控制器把反馈信号与给定值进行比较后, 产生控制信号, 修正执行机构的动作, 使系统的输出达到预定的控制要求。在闭环负反馈控制系统中, 信号的传递、比较和加工由测量元件、变换发送单元、控制器、执行机构来完成, 其中控制器和测量单元是控制系统中的两个关键部分, 直接影响着控制的精度和性能。

如果用微型计算机来代替图 1.1 中的控制器, 就构成了一个微型计算机控制系统, 其结构如图 1.2 所示。

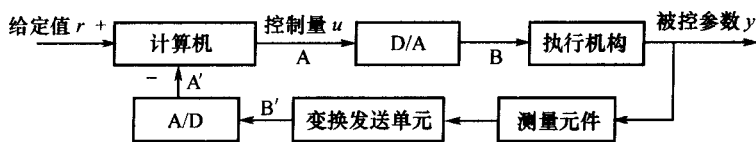


图 1.2 微型计算机控制系统的结构框图

用微型计算机代替控制器, 只要选择合适的控制算法, 计算出控制量 u 和偏差 e 之间对应的差分方程, 就可通过软件编程来实现控制功能, 而且可以实现比较复杂的控制规律, 结构灵活, 速度快, 可靠性也比较高。计算机只能接收和发送数字信息, 因此必须把被控的模拟参量经过 A/D 转换器转换成数字信号, 才能输送给计算机; 计算机经过判断、比较、加工后输出数字信息形式的控制量, 也必须经过 D/A 转换器转换成模拟信号, 才能控制执行机构产生动作。A/D 转换器和 D/A 转换器是模拟量输入通道以及模拟量输出通道的重要组成部分, 与计算机控制系统的精度、速度、控制质量息息相关。

什么是系统? 钱学森同志给出的定义是: 系统是按照一定秩序相互联系着的一组事物。也就是说系统是为达到共同目的, 具有特定功能, 相互之间互相关联、制约、作用, 具有有机联系的一些组成部分所构成的整体。整体大于部分之和, 这是系统论的重要结论。所以我们所设计的系统, 性能一定要可靠。利用所学的知识, 把各个部分组成一个可靠的整体, 充分发挥每一部分的作用, 实现所要完成的任务, 达到控制要求。系统的设计不是简单的堆砌, 它必须通过严格的论证、详细的设计、缜密的思考、大量的试验

和复杂的调试后,才能投入使用。

什么是控制?控制是指为了实现一定的目标所采用的一般方法和手段。控制论科学中的控制是指对系统的一种作用,它使系统保持稳定,朝某一个确定的方向、状态发展。所谓自动控制,就是在不需要人工直接参与的情况下,通过控制器自动地使生产过程按照预期的规律运行,自动完成一定的任务,并满足一定的性能指标要求。

由此可以给出计算机控制系统的概念。简单地讲,含有计算机,并且由计算机完成部分或全部控制功能的自动控制系统,就可称为计算机控制系统。严格来说,计算机控制系统是建立在计算机控制理论的基础上,为完成控制任务,以计算机作为控制器,通过程序实施实时控制的自动控制系统。计算机控制系统必须满足一定的性能指标要求,各个部分的设计必须全盘考虑,综合设计。如果系统中的计算机是微型计算机,则称之为微型计算机控制系统。

2. 计算机控制系统的特点

计算机控制系统与连续系统相比,具备以下基本特点:

(1) 在结构上,计算机控制系统是混合系统

计算机的输入和输出都是数字信息,只能处理数字信号。被控参数为模拟参量时,必须采用 A/D 和 D/A 转换器,实现模拟量和数字量之间的转换,才能用计算机对模拟参量进行数据采集,通过机械或电气手段去控制连续变化的模拟变量,检测与驱动部分经常采用模拟装置。另外用计算机实现生产过程的自动控制,需要处理数字量输入输出信号,比如开关的闭合与断开、继电器的吸合与释放、指示灯的亮与灭、马达的启动与停止、阀门的打开与关闭、系统的启动与停止等。有时还需要用输入缓冲器收集生产过程的状态信息,用输出锁存器锁存状态输出信号,用地址译码器给外围设备分配地址,用总线驱动器扩充总线的负载能力,这些都是系统中的数字部分。因此计算机控制系统中既包含数字部分,又包含模拟部分,在结构上是一个混合系统。常规的连续系统使用的都是模拟部件。

(2) 计算机控制系统中包含多种信号形式

计算机控制系统中包含模拟量输入输出通道和数字量输入输出通道,需要通过采样和量化过程把模拟量转换成数字量,完成模拟参量的数据采集;通过 D/A 转换和输出保持把数字量转换成模拟量,驱动执行机构,达到控制目的,完成控制任务。因此计算机控制系统中包含有连续模拟、离散模拟、离散数字等多种信号形式。连续系统中只使用模拟部件,因此只包含连续模拟信号。

(3) 计算机控制系统的分析和设计需要先进的理论支持

计算机控制系统在结构上是一个混合系统,包含多种信号形式。从图 1.2 可以看出,如果把计算机控制的闭环系统从 A 或 A' 点断开,其输入和输出都是数字信号,因此可以把计算机控制系统近似看作离散控制系统,采用离散系统的控制理论直接分析和设计数字控制器,这种设计方法称为直接设计法或离散化的设计方法;如果把计算机控制的闭环系统从 B 或 B' 点断开,其输入和输出都是模拟信号,因此可以把计算机控制系统近似看作连续控制系统,采用连续系统的分析和设计方法,设计出连续控制器,再把它离散化,求出差分方程,最后编程实现,这种方法称为间接设计法或模拟化的设计方法。

经常采用的计算机控制理论包括:采样定理、差分方程、Z 变换法、状态空间理论、

最优控制、随机控制、自适应控制、系统辨识等。

(4) 计算机控制系统能实现复杂的控制规律

计算机控制系统的控制规律通过计算机用软件来实现。计算机具有很强的运算和逻辑判断能力，只要能够计算出控制算式，不论多么复杂的控制规律，都可编写出控制程序，用计算机来完成。而模拟部件由于受到元件的限制，当频率较低或控制规律比较复杂时，往往难以实现。用程序实现复杂的控制规律，可以提高系统的稳定性，降低成本。

(5) 计算机控制系统的控制规律灵活多样

用程序实现控制规律，修改更加容易、方便、灵活。实际控制中，受控对象的模型参数随温度、时间等发生变化，因此用计算机控制时可以在线修改控制参数，适应模型的不确定性。另外改变控制方案时，只需修改控制程序，而不需要改变硬件电路，控制规律灵活多变，而不增加成本，调试也方便。

(6) 计算机控制系统可分时控制多个回路

随着生产规模的不断扩大，生产工艺日趋复杂，控制的参数也越来越多。而计算机的运算速度比较快，实时性好，而且有很强的运算能力，因此用计算机可以依次巡回检测各个参数，分时控制多个回路。在大型的计算机控制系统中，采用分布式控制，进行分散控制，可对几百个，甚至几千个回路实时控制，并集中管理。

(7) 计算机控制系统提高了企业的自动化程度

在现代化企业中，采用分级分布式控制结构，计算机不仅要承担控制任务，而且还要负责工厂和企业的管理、现场的监控、信息的远程传送等工作，实现了企业的控制与管理一体化。利用系统监控组态软件，设计人员可以组态用户界面，操作人员足不出户，就可了解现场的各种运行情况，实现远程监控。通过网络，可实现企业的全局管理，进一步提高了企业的自动化程度。分级分布式计算机控制系统从上到下分为 3 级：综合管理级、操作监控级、直接控制级，其结构如图 1.3 所示。

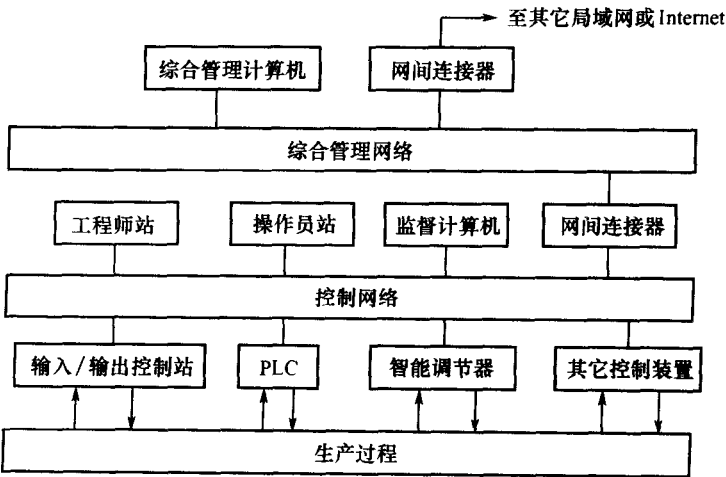


图 1.3 分布式计算机控制系统的体系结构

3. 计算机控制系统的控制过程

计算机控制系统中的控制器是通过计算机的控制程序实现的，被控参数的数据采集

由 A/D 转换器完成；控制器的输出经过 D/A 转换后，才能控制执行机构。数据转换需要一定的时间，因此 A/D 转换器和 D/A 转换器都只能是周期性地分时为每一个通道分别进行服务。引入计算机后，控制系统成为离散时间控制系统。从本质上看，计算机控制系统的工作过程可归纳为以下 3 个方面：

(1) 实时数据采集

数据量输入通道负责被控参数瞬时值的实时检测和转换，并输入计算机。模拟量输入通道通过传感器把模拟参量转换成电压或电流信号，经过 A/D 转换后，送给计算机。数字量输入通道通过缓冲器输入各种数字量信息。输入的数据经过比较、判断、处理后进行显示、打印、报警等操作，方便操作人员及时掌握系统的运行状态，对现场的各种情况进行监视。

传感器和 A/D 转换器是模拟量输入通道的重要组成部分，直接影响着数据测量的精度，应该根据实际精度、环境、参数范围、成本等进行选择。

(2) 实时控制决策

计算机对采集到的各种数据进行分析 and 处理，按照计算机程序的控制算法进行计算，以决定控制策略，输出控制量。此过程通过计算机由控制程序来完成。用户根据控制要求确定控制算法后，可从系统的体积、成本、速度、可靠性、稳定性等方面着手选择计算机，常用的有单片机、可编程逻辑控制器(PLC)、PC、工控计算机、数据信号处理器(DSP)等。最后编写控制程序，用计算机实现控制规律。常用的控制算法有 PID 控制、最少拍控制、大林算法等。

(3) 实时控制输出

根据控制策略，计算机发出的控制量经过 D/A 转换后实时控制执行机构，完成控制任务。此过程通过 D/A 转换器或数字量输出通道完成。D/A 转换器决定着控制的质量，需要根据执行机构的速度、控制信号的范围、精度以及环境要求进行选择。

计算机控制就是不断重复以上 3 个过程来控制整个系统按照一定的品质指标进行工作，并且对被控对象本身出现的异常情况进行实时监控和及时的处理。

计算机控制系统必须满足实时性指标要求，一个实时控制系统必须工作于在线方式。我们把生产设备是否直接受计算机的控制分成“联机”方式(也称“在线”方式)或“脱机”方式(也称“离线”方式)。在计算机控制系统中，计算机直接连接生产过程，并对其进行直接控制的方式称为“联机”方式(也称“在线”方式)；如果生产过程不直接接受计算机的控制，而是通过磁带、磁盘等中间介质，靠人进行联系并执行相应的操作，这种方式称为“脱机”方式(也称“离线”方式)，它不能对系统进行实时控制。

什么是实时？实时是指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间间隔(采样周期)内完成，计算机对输入的信息必须以足够快的速度进行处理并在一定的时间内做出反映或者进行控制。一旦超出了这个时间间隔，就失去了控制的时机，控制就失去了意义。实时的概念不能脱离具体的受控过程，应该与工艺要求紧密相连。例如对炉温、液位控制时，其变化过程比较缓慢，在几秒钟内完成一次循环，其控制仍然是实时的；对火炮系统来说，当目标状态变化时，必须在几毫秒之内及时控制，否则就不能击中目标，因此间隔时间必须短一些。

实时性指标是计算机控制系统设计中必须重点考虑的指标要求，工作于在线方式的

系统不一定是实时系统，但一个实时系统必定工作于在线方式。计算机控制系统的实时性指标通常取决于检测仪表的延时、过程量的输入延时、微处理器的运算延时、控制量的输出延时以及控制算法的复杂程度等因素。

1.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统由控制计算机和生产过程两大部分组成，两者之间通过数据通道进行信息交换。计算机包括硬件和软件两部分。生产过程包括受控对象、测量单元、变换发送单元、执行机构、电气开关等装置。数据通道包括模拟量输入通道、模拟量输出通道、数字量输入通道和数字量输出通道。图 1.4 给出了计算机控制系统的一般组成框图。

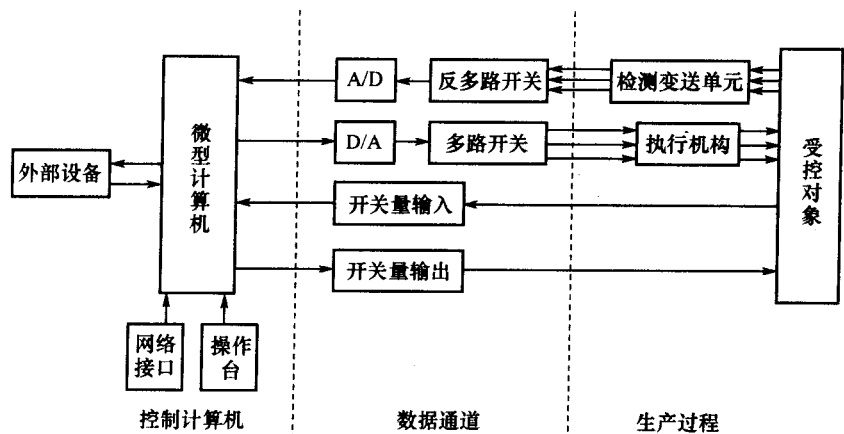


图 1.4 计算机控制系统的一般组成框图

下面介绍计算机控制系统的硬件和软件组成。

1.2.1 计算机控制系统的硬件

一台基本的计算机控制系统的硬件主要包括：计算机主机、I/O 接口、外围设备、检测变送单元、执行机构、操作台以及网络设备等。不同的系统可以选择不同的硬件，一般可以根据需要进行扩展。现在已经有许多厂家生产出具备各种功能的接口板，并用标准总线连接起来。用户可根据需要进行选择，使用非常方便，比如 STD 总线工业控制机、PC 总线控制机等，都属于这类设备。

1. 计算机主机

计算机主机是整个控制系统的指挥部和神经中枢，相当于人的大脑，它接收过程输入通道发送的各种数据，实现被测参数的巡回检测，通过控制程序对数据进行处理、判断、比较、计算后，输出控制量，及时发出控制指令。主机是系统中重要的组成部分，设计人员根据控制对象的特点选择控制算法，计算出控制算式，用软件实现控制功能。主机的性能直接影响到系统的功能、性能指标以及接口电路的设计等，必须综合考虑成本、体积、速度、精度、可靠性等各个因素进行选择，常用的有 Intel 80x86、8051 以及

8096 系列单片机、PLC、DSP 等。

2. 常规的外围设备

常规的外围设备主要是为了扩大主机的功能而设置的，可以分为输入设备、输出设备、存储设备等，可根据控制系统的需要进行配置，用来输入程序、设定控制参数、显示、打印、存储或传送数据。

常用的输入设备有键盘、鼠标等；输出设备有 CRT 显示终端、电传打印机、纸带打孔机、记录仪等；存储设备有磁盘、光盘。这些设备就像计算机的五官和四肢一样，大大扩充了主机的功能。

3. I/O 接口

I/O 接口是外围设备和计算机之间联系的桥梁，它们通过 I/O 接口交换数据。接口电路的功能包括地址译码、负载扩充、电平转换、中断申请、数据缓冲或锁存等。一般的连续化生产过程中被测参数大都为模拟量，而计算机只能接收和发送数字量。因此必须加入 A/D 和 D/A 转换器，实现模拟量和数字量之间的转换。目前绝大多数 I/O 接口电路都是可编程的，比如串行接口 8251、并行接口 8255、定时/计数器 8253、中断控制器 8259 等。

4. 操作台

操作台是计算机控制系统中人机对话的联系纽带，操作人员通过操作台直接与 CPU 对话，可以输入控制程序、修改数据、显示被测参数、指示系统的工作状态、发出各种控制指令等。

操作台应包括以下组成部分：

(1) 数字键

包括 0~9 以及小数点等数字键，用来输入数字，设定或修改控制参数。

(2) 功能键

通过功能键可向 CPU 提出中断服务请求，控制系统执行相应的功能。常用的功能键有复位键、启动键、停止键、自动运行、手动方式、显示按键等。

(3) 作用开关

作用开关通过接口与主机相连，操作人员可通过开关对系统进行启动、停止、地址跳线、设置初值、修改数据等操作。

(4) 屏幕或数字显示器

用来显示过程参数、工作状态、监控画面和报警信息等。常用的显示器有数码管显示器、液晶显示器(LCD)、CRT 显示器等。数码管只能显示数字和简单的字符；LCD 可显示汉字、菜单、英文字符以及简单的图形；CRT 显示器通常对系统进行监控，通过组态软件，可显示数据、流程图、数据的历史曲线和实时曲线、报警状态和现场的运行情况。通过控制界面，操作人员可通过鼠标、键盘等修改数据和发出控制指令，实现远程控制，进行人机交互。

(5) 状态指示

通过发光二极管可以指示控制系统的运行状态。比如电源接通指示、系统正常运行指示、系统出错指示、系统报警指示等。通过不同的颜色，指示不同的工作状态，方便操作人员及时了解系统的运行情况。

(6) 保护措施

采取硬件和软件保护措施,比如消除抖动、按键回读等,保证键盘的误操作不致引起严重后果。

5. 检测变送单元

工业过程的过程参数一般是非电量,必须经过传感器变换为等效的电信号,比如用热电偶把温度转化为电压信号;用压力变送器把压力变换成电信号等。这些信号经过变送器转换成统一的标准信号(0V~5V 或 4mA~20mA)。检测变送单元精度的高低直接影响微型计算机控制系统的精度,是计算机控制系统设计人员必须掌握的技术之一。

6. 执行机构

执行机构往往与被控对象连为一体,控制各个参数的变化过程。比如在电加热炉温度控制系统中,根据温度误差计算出的控制量经过 D/A 转换后,通过调节加热炉的通电时间来控制温度的变化;在水位控制系统中,D/A 转换后的控制量通过调节进入容器的水流量来控制水位的变化。执行机构有电动、气动、液压等方式,常用的有步进电机、直流电机、可控硅元件等。

7. 网络设备

在分级分布式计算机控制系统中,网络是非常重要的组成部分,各级控制器通过网络交换数据,传送信息。计算机控制系统中的网络结构分为两大类:对等式网络结构(Peer-to-Peer)和客户机/服务器结构(Client/Server)。

通过网络和系统监控软件,可对系统进行远程监控。远程监控是指通过本地 Modem、公用电话网、远端 Modem 来监控远端设备。

假设有如图 1.5 所示的一个分布式网络测控系统,其中有 3 个用于采集数据和控制现场设备的现场控制站、一个用于保存数据和连接整个系统的服务器、3 台对整个系统进行监视和管理的管理计算机。现场控制站 3、服务器、3 台管理计算机用 TCP/IP 协议连接在一起,构成一个局域网,控制站 1 通过 485 通信方式连接到服务器,控制站 2 通过 Modem 通信方式连接到服务器。

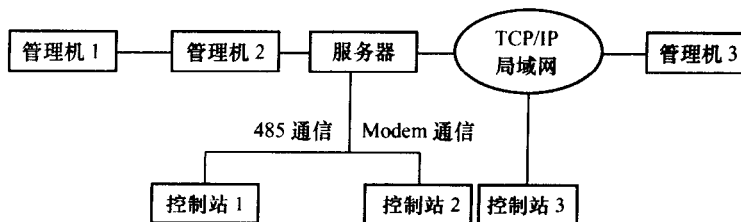


图 1.5 分布式网络测控系统结构

服务器、3 台管理计算机、控制站 3 都配置有网卡,通过集线器 HUB 把它们连接在一起。服务器上同时应配置 485 通信转换卡和 Modem 通信卡,控制站 1 上配置 485 通信转换卡,控制站 2 上配置 Modem 通信卡,分别通过通信电缆和电话线连接到服务器上。管理计算机上能实时显示所有检测点的数据和操作控制点的输出状态,所有要保存的数据都保存在服务器中。通过管理计算机可以查看历史数据和历史曲线,打印输出各种报表。

1.2.2 计算机控制系统的软件

计算机控制系统的硬件是完成控制任务的设备基础,软件是履行控制任务的关键,关系到计算机运行和控制效果的好坏以及硬件功能的发挥。所谓软件是指计算机的操作系统和各种应用程序的总和,比如操作、监控、管理、控制、计算、数据处理、数字滤波、自诊断等。软件分为系统软件和应用软件两大部分。

1. 系统软件

系统软件一般由计算机厂家提供,不需要用户自己设计。作为开发应用软件的工具,系统软件提供了计算机运行和管理的基本环境,包括以下内容:

(1) 监控程序或操作系统

监控程序是一种低级计算机的管理程序,主要功能是扫描键盘,实现人机对话,接受用户程序,并进行显示、调试、修改、故障诊断,显示和修改存储器的内容。系统通电后会自动进入监控程序,监控各种程序的运行。

操作系统是计算机的一种高级的大型管理程序,是在监控程序的基础上进一步扩展许多控制程序形成的,主要功能是实现人机对话,管理计算机、操作台、显示器、存储器、打印机、磁盘驱动器、文件以及作业的进程等。比如 DOS、Windows、Windows NT、UNIX 等。

(2) 汇编、解释和编译软件

汇编程序负责把汇编语言程序变为计算机可以识别的机器语言目标程序。解释程序可以把用某种语言编写的源程序,翻译成可执行的目标程序,翻译一句执行一句。编译程序把用高级语言编写的源程序,编译成某中间语言(比如汇编语言)或机器语言目标程序。比如 8051 汇编语言程序、C51、C96、PL/M、Turbo C、Borland C 等。

2. 应用软件

计算机控制系统的应用软件是面向生产过程的程序,一般由计算机控制系统的设计人员编写,包括数据采集、数据处理、数字滤波、标度变换、键盘显示、控制算法等。针对控制系统的控制功能,设计应用软件时应留有余地,便于扩充和修改。应用软件应采用模块化结构进行设计,一个模块就是一个子程序,通过子程序的调用实现控制功能。

不同的控制对象和不同的控制任务在软件组成上有很大的区别。在系统设计时,应该对系统的硬件和软件功能进行协调分配。确定了系统的硬件组成后,才能确定软件的配置。应用程序可以分为通用程序和专用程序两大类。

(1) 通用程序

通用程序在计算机控制系统中经常用到,主要包括:数码转换程序、查表程序、函数运算程序、数据的巡回检测、数字滤波及标度变换程序、上下限检查及报警程序、数据处理等。

(2) 专用程序

专用程序是针对一个具体的控制系统和不同的控制规律编写的用户应用程序,主要有控制算法程序、输出控制程序、通信程序等。

计算机软件在传统工业控制领域中已经得到了广泛的应用,目前软件设计已经成为