



普通高等教育“十三五”规划教材
电气工程、自动化专业规划教材

计算机控制系统 (第3版)

董宁 陈振 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电气工程、自动化专业规划教材

计算机控制系统

(第3版)

董 宁 陈 振 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍计算机控制系统的基本理论、设计方法和工程应用实例。全书共9章。第1章介绍计算机控制系统的一般概念、组成、结构和发展概况,第2~3章主要介绍计算机控制系统的硬件设计,第4~7章主要介绍计算机控制系统控制器的设计,第8章介绍计算机控制系统的电磁兼容性设计,第9章是计算机控制系统的设计与实现的具体步骤以及一些实际工程实例。

本书可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化、机械电子工程等专业的本科生和研究生教材,也可供相关专业人员阅读参考。

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

计算机控制系统 / 董宁, 陈振编著. — 3版. — 北京: 电子工业出版社, 2017.2

电气工程、自动化专业规划教材

ISBN 978-7-121-30626-6

I. ①计… II. ①董… ②陈… III. ①计算机控制系统—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 304234 号

策划编辑: 凌 毅

责任编辑: 凌 毅

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

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: 20.75 字数: 558 千字

版 次: 1996 年 4 月第 1 版

2017 年 2 月第 3 版

印 次: 2017 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 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, 88258888。

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。

本书咨询联系方式: (010)88254528, lingyi@phei.com.cn。

前 言

计算机控制广泛应用于工业生产、交通运输、航空、航天、航海、核能和国防建设等部门,在国民经济和国防建设中起着重要的作用。近年来随着电力电子技术、微电子技术、控制技术的不断发展,计算机控制也发生了很大的变化,新的控制方法、新的控制思想和新的控制系统不断出现,促进了控制科学与工程的发展。教学上应该将这些最新发展和进步及时总结,使学生既能掌握传统方法,又能掌握最新方法和设计思想。该书作者长期从事相关的国家项目攻关、科学基金、横向科研和教学工作,在总结近年的教学和科研成果的基础上,系统地论述了计算机控制系统的结构、原理、设计和应用,既有理论分析又有应用实例。本书覆盖了工业控制计算机、输入/输出接口与过程通道、计算机控制系统的理论基础、计算机控制算法、计算机控制软件技术、通信、计算机控制系统设计与实现等内容,以引导读者按理论分析、仿真研究、工程设计与实现等循序渐进地来进行计算机控制系统的分析、设计和实现。

本书主要有以下特色:

(1) 密切结合工程实际,从应用的角度,全面系统地论述了计算机控制系统的结构、设计、实现等问题。理论深度适中,主要强调实际工程应用,使读者能更好地理解和掌握计算机控制的理论知识,并能用于解决实际计算机控制系统问题。

(2) 所举的工程实例具有典型性、代表性,内容既能体现传统技术又体现新技术的应用。通过具有不同代表性的多个典型实例,介绍不同典型计算机控制系统的构成原理、设计和分析方法。

(3) 在系统介绍传统方法的基础上,介绍计算机控制系统的自适应控制、滑模变结构控制、重复控制等。在介绍理论方法的同时,在实际工程中也得到了应用。对于计算机控制系统的电磁兼容和可靠性问题也进行了分析介绍,并给出了常用的一些解决方法。

本书共分为9章。第1章概述,主要介绍计算机控制系统的一般概念、组成、结构和发展概况。第2章通道接口技术,包括计算机对外围通道的控制、输入/输出通道的设计。第3章系统总线,主要介绍计算机控制系统中常用的几种总线。第4章数字PID控制器设计,主要介绍PID控制在计算机直接数字控制中的应用。第5章数字控制器的连续化设计方法,主要介绍按连续系统设计所得到的连续控制器,可通过哪些近似方法变换为离散控制器。第6章数字控制器的离散设计方法,主要介绍在离散域直接设计数字控制器常用的方法。第7章数字控制器的复杂控制规律设计方法,主要介绍自适应控制、滑模变结构控制、重复控制器等几种复杂控制器的设计。第8章计算机控制系统的电磁兼容性设计,主要介绍为保证计算机控制系统在复杂的干扰环境中能够稳定可靠地工作,经常采用的一些电磁兼容性设计方法。第9章计算机控制系统的设计与实现,主要介绍计算机控制系统的设计与实现的具体步骤,以及一些实际工程实例。

本书的第1版和第2版分别于1996年和2002年由北京理工大学出版社出版。每次出版,内容均有大幅度的更新。本书可供自动化、电气工程及其自动化、机械电子工程以及有关专业的本科生和研究生学习使用,也可供相关专业人员阅读。针对不同专业、不同层次的学生,可以根据学生已有的专业基础知识,采用讲授和自学相结合的方式有选择地组织教学。本书加“*”号的章节可以根据需要进行选讲和自学,例如第3章、第7章和第9章的部分实例。

本书由董宁和陈振编写。在编写过程中得到了张宇河教授的支持和帮助,并提出许多宝贵

意见。赵晓瑞、陈斯参加了部分插图整理工作。在此一并表示衷心地感谢！书末列出了部分参考书目，在此谨向参考过的列出和未列出书目的编著者致以衷心的感谢！

由于本书作者学识和水平有限，虽然尽力而为，但仍难免会有不妥和错误之处，敬请广大读者批评指正，并给予谅解。

作者

2016年12月于

北京理工大学

目 录

第1章 概述.....	1	2.3.4 可编程数据放大器	64
1.1 计算机控制系统的一般概念	1	2.3.5 轴角/数字转换器	67
1.2 计算机控制系统的组成	4	2.4 数字量输入/输出通道	81
1.2.1 计算机控制系统的硬件组成	4	2.4.1 数字量输入通道	81
1.2.2 计算机控制系统的软件组成	6	2.4.2 数字量输出通道	83
1.3 计算机控制系统的结构形式	7	2.4.3 数字量接口的典型应用	85
1.3.1 操作指导控制系统	7	习题与思考题 2	87
1.3.2 直接数字控制系统	7	*第3章 系统总线	88
1.3.3 监督控制系统	8	3.1 总线的一般概念	88
1.3.4 集散控制系统	8	3.1.1 总线的分类	88
1.3.5 现场总线控制系统	9	3.1.2 总线的特性及性能指标	89
1.3.6 综合自动化系统	9	3.1.3 总线标准	90
1.4 计算机控制系统的发展概况和 发展趋势.....	10	3.1.4 总线控制方法	91
1.4.1 计算机控制系统的发展概况 ..	10	3.1.5 总线结构	92
1.4.2 计算机控制系统的发展趋势 ..	13	3.1.6 标准总线的优点	94
习题与思考题 1	14	3.2 常用的内部总线	95
第2章 通道接口技术	15	3.2.1 STD 总线	95
2.1 计算机对外围通道的控制	15	3.2.2 IBM PC/XT/AT 总线	96
2.1.1 输入/输出指令	15	3.2.3 MCA 总线	104
2.1.2 中断	18	3.2.4 EISA 总线	104
2.1.3 接口	21	3.2.5 PCI 总线	105
2.2 模拟量输出通道	25	3.3 常用外总线	122
2.2.1 D/A 转换原理	25	3.3.1 RS-232C 总线	122
2.2.2 D/A 转换器的技术参数	27	3.3.2 RS-422 总线	123
2.2.3 集成 D/A 转换器及其 接口技术	28	3.3.3 USB 总线	123
2.2.4 双极性模拟量输出的实现	38	3.3.4 IEEE1394	125
2.2.5 模拟量输出通道的结构形式 ..	39	3.4 现场总线	126
2.2.6 多路开关	40	3.4.1 现场总线的定义和特点	126
2.2.7 采样保持器	43	3.4.2 现场总线网络协议模式	127
2.2.8 模拟量输出通道举例	46	3.4.3 现场总线分类	127
2.3 模拟量输入通道	47	3.5 总线模板举例	129
2.3.1 A/D 转换原理	48	3.5.1 主要技术指标	131
2.3.2 A/D 转换器的技术参数	52	3.5.2 工作原理	131
2.3.3 集成 A/D 转换器	53	习题与思考题 3	135
		第4章 数字 PID 控制器设计	136
		4.1 数字 PID 算法	136

4.1.1 模拟 PID 控制器	136	6.3 频率响应设计法	209
4.1.2 数字 PID 控制器	138	6.3.1 双线性变换和 w 平面	210
4.2 数字 PID 控制器的		6.3.2 w 平面设计步骤	213
参数整定	140	6.3.3 设计举例	213
4.2.1 采样周期的选择	140	6.4 纯滞后控制技术	215
4.2.2 实验试凑法确定 PID		6.4.1 Smith 预估控制	216
控制参数	142	6.4.2 大林算法	218
4.2.3 实验经验法确定 PID		6.5 状态空间设计法	222
控制参数	143	6.5.1 单输入单输出的二阶系统	223
4.3 数字 PID 控制器的		6.5.2 多输入多输出快速	
改进算法	145	系统设计	229
4.3.1 积分算法的改进	145	习题与思考题 6	233
4.3.2 微分算法的改进	147	* 第 7 章 数字控制器的复杂控制规律	
4.3.3 其他 PID 控制算法	149	设计方法	235
习题与思考题 4	155	7.1 自适应控制技术	235
第 5 章 数字控制器的连续设计方法	156	7.1.1 自适应控制的产生	235
5.1 使用连续化设计方法的条件 ..	156	7.1.2 自适应控制的定义	236
5.2 连续化设计步骤	157	7.1.3 自适应控制的基本原理和	
5.3 $D(s)$ 的离散化方法	158	类型	236
5.3.1 脉冲响应不变法	159	7.1.4 局部参数最优化理论	240
5.3.2 阶跃响应不变法	161	7.2 滑模变结构控制	247
5.3.3 差分变换法	163	7.2.1 滑模变结构控制原理	248
5.3.4 双线性变换法	166	7.2.2 二阶系统开关控制	250
5.3.5 频率预畸变的双线性		7.2.3 滑动模态	252
变换法	168	7.2.4 伺服系统滑模控制器设计	253
5.3.6 极点零点对应法	171	7.3 重复控制器的设计	257
5.4 各种离散化方法的比较	174	7.3.1 重复控制原理	257
5.5 设计举例	180	7.3.2 重复控制系统的稳定性	260
习题与思考题 5	186	7.3.3 重复控制器设计	261
第 6 章 数字控制器的离散设计方法	187	习题与思考题 7	262
6.1 解析设计法	187	第 8 章 计算机控制系统的电磁兼容性	
6.1.1 最少拍系统的设计	188	设计	263
6.1.2 无纹波最少拍系统的设计	194	8.1 电磁兼容性的概述	263
6.1.3 最少拍系统的讨论	198	8.2 噪声源	264
6.2 根轨迹设计法	200	8.3 噪声抑制技术	265
6.2.1 z 平面的根轨迹	200	8.3.1 屏蔽	265
6.2.2 z 平面极点位置与动态响应的		8.3.2 接地	268
关系	202	8.3.3 去耦	271
6.2.3 系统性能指标与 z 平面极点		8.3.4 隔离	273
位置的关系	205	8.4 数字信号的传输	276
6.2.4 设计举例	206	8.5 电源系统的抗干扰措施	282

8.6 CPU 抗干扰措施	284	9.2.2 计算机控制系统的 工程设计	291
习题与思考题 8	286		
第 9 章 计算机控制系统的设计与 实现	287	* 9.3 计算机控制系统的设计实例	294
9.1 计算机控制系统的设计原则与 步骤	287	9.3.1 飞行仿真头位跟踪视景 显示系统	294
9.1.1 设计原则	287	9.3.2 机械臂控制系统	299
9.1.2 设计步骤	288	9.3.3 三轴转台系统	309
9.2 计算机控制系统的实现过程 ...	290	附录 A z 变换简表	322
9.2.1 计算机控制系统的 可行性论证	290	参考文献	324

第1章 概 述

1.1 计算机控制系统的一般概念

随着计算机技术的迅猛发展,计算机及其应用已经成为高新科学技术的重要内容和标志之一,它在国民经济的各个领域正在发挥着引人注目的作用。

计算机控制是自动控制理论和计算机技术相结合的产物。自动控制理论特别是现代控制理论的发展,为计算机控制提供了理论工具,计算机技术为新型控制规律的实现以及高性能控制系统的构造提供了有力的实现工具,其技术的发展又促进了自动控制理论的发展及应用。

计算机控制的应用领域十分广泛,它已经不仅仅应用于国防、航天、航空等高精尖学科,在现代工业生产及农业、交通、通信、楼宇、金融、教育及家电等民用领域中,计算机控制的应用也已经十分普及。实际上,理论与工程应用并重的计算机控制技术已经成为各行业都不可缺少的基本技术之一。

自动控制系统可以分成调节系统和伺服系统两类。调节系统要求被控对象的状态保持不变,一般输入信号不作频繁调节;而伺服系统则要求被控对象的状态能自动地、连续地、精确地复现输入信号的变化。“伺服(Servo)”一词是拉丁语,指“奴隶”的意思,它包含使系统像奴隶一样忠实地按照命令动作,而命令是根据需要不断变化的,因此伺服系统又称作随动系统。对于机械运动控制系统,被控对象状态主要有速度和位置,如速度伺服系统、位置伺服系统。本书主要讨论位置伺服系统。

自动控制系统按其构成方式又有开环系统和闭环系统之分。开环系统简单,但不能保证控制质量,被控变量易受外界条件变化的影响。而闭环系统通过引入被控变量的反馈,利用偏差进行控制使得被控变量紧紧跟踪输入信号,从而保证了控制质量。因此自动控制系统一般采用闭环控制方式。

以电力传动中常遇到的直流电动机速度控制系统为例。图 1-1 所示电路中,通过改变给定电位器滑块的位置可以改变输出脉冲宽度,经功率放大后,调节电动机的转速和方向。被控制量电动机的转速会因电网电压或负载的波动而发生变化,若要维持原转速不变,必须由人工调整给定电压。这种系统的输出量对系统的控制作用没有影响的控制系统称为开环控制系统,这种控制方式的控制性能较差,系统的控制精度取决于系统各环节(包括控制对象)的参数稳定性,因此只能应用在对控制质量要求不高的场合。

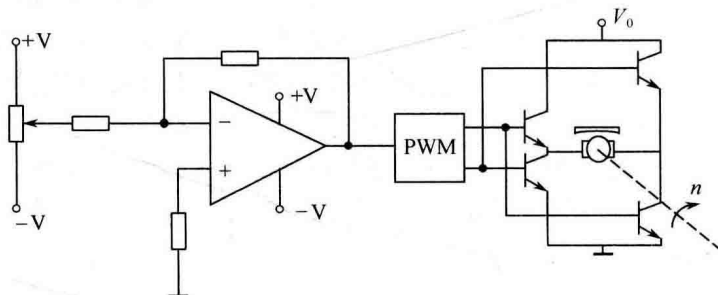


图 1-1 开环控制系统

对图 1-1 的开环控制系统进行改造,在直流电动机轴上再安装一个测速发电机就构成了闭环控制系统,如图 1-2 所示。图中采用测速发电机对转速进行检测,然后引到系统的输入端与给定值进行比较,一旦发现输出转速波动,电机电枢电压也要相应地发生变化,以使转速保持稳定。这种系统的输出量对控制作用有直接影响的系统,称为闭环控制系统。

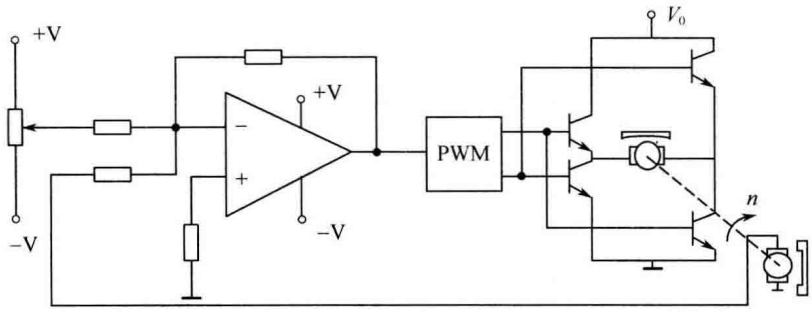


图 1-2 闭环控制系统

由上可见,一个闭环控制系统需要对被控参数进行检测,然后与给定值比较,再对误差信号进行加工,最后去控制执行机构。控制框图如图 1-3 所示。

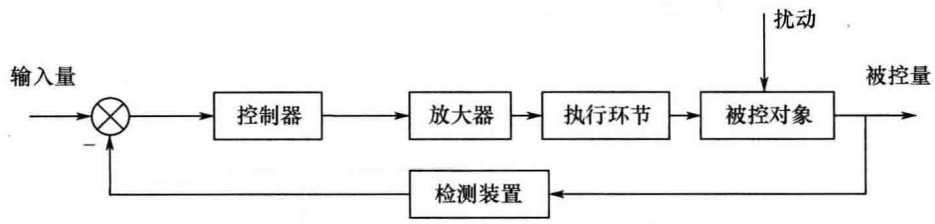


图 1-3 闭环控制系统框图

- 检测装置:对系统输出量进行检测。
- 比较元件:对系统的输入量和输出量进行比较,给出偏差信号,起信号综合作用。
- 放大器:对微弱偏差信号进行放大,使之可输出足够的功率。
- 执行环节:根据放大后的偏差信号,对被控对象执行控制任务,使被控制的输出量与给定量相一致。
- 被控对象:系统需要进行控制的机器、设备或生产过程,被控对象内要求实现自动控制的物理量称为被控量或系统输出量。
- 控制器:也称校正装置,用于改善闭环系统的动态品质和稳定精度,系统中的控制器可设计成各种形式。

信号检测与控制器是控制系统中的两个关键部分,它们影响着控制系统的性能和应用范围,如果把图 1-3 中的控制器用计算机来代替,就可以构成最基本的计算机控制系统。为使计算机处理的数字信号与执行机构处理的模拟信号能够协调起来,系统中必须加入两种变换器,即将检测装置检测到的模拟信号转换成数字信号的 A/D 转换器和将数字控制器输出的数字信号转换成模拟信号的 D/A 转换器。这样一个计算机控制系统的框图如图 1-4 所示。

- A/D 转换器实现模拟量向数字量的转换,通常包含以下 3 种形式的转换:
- ① 模拟信号采样,即按一定的时间间隔(称为采样周期)对连续信号进行采样,将其变成时间上断续的离散信号;
 - ② 信号幅值的整量化,即将采样信号幅值按有限字长的最小量化单位分层取整,变成幅值离散的信号;

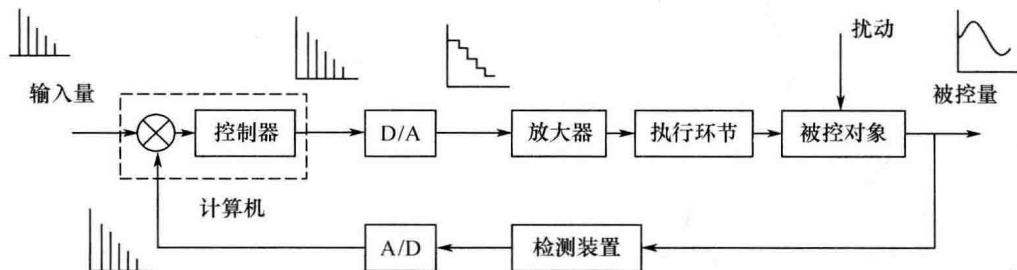


图 1-4 计算机控制系统框图

③ 数字编码,即将已整量化的分层信号转换为等值的二进制数码信号,即数字信号。

D/A 转换器实现数字量信号向连续模拟信号的转换,通常包含以下两种形式的转换:

① 数字解码,即把数字量转换为等值的模拟脉冲信号;

② 信号恢复,即把解码后的模拟脉冲信号变为随时间连续变化的信号。实际上,信号恢复通常采用零阶保持器,它把时间断续的模拟脉冲信号保持采样的间隔时间,使信号变为时间连续信号。

系统中的控制器是由计算机的控制算法程序实现的,A/D 转换器和 D/A 转换器都只能是周期性工作,因此控制系统引入计算机之后就成为离散时间控制系统。计算机控制系统有时也称为数字控制系统,这是强调在控制系统中包含有数字信号。

计算机控制系统的工作过程可以归纳为:

① 实时数据采集——对被控参数的瞬时值进行检测、转换并输入计算机中;

② 实时决策——对采集到的表征被控参数的状态变量进行分析,并按已给的控制规律进行计算,决定进一步的控制策略;

③ 实时控制——根据决策的结果,适时地对控制机构发出控制信号。

控制过程的 3 个步骤对计算机来说实际上只是执行算术、逻辑运算和输入、输出操作。上述 3 个步骤不断重复,使整个系统能按一定的动态(过渡过程)指标进行工作,且可对被控量和设备本身所出现的异常状态进行及时监督并迅速作出处理,这就是计算机控制系统最基本的功能。

“实时”含有及时、即时和适时的意思。所谓“实时”是指信号的输入、计算和输出都是在一定时间范围内完成的。也即计算机对输入信息以足够快的速度进行处理,并在一定的时间内作出反应或控制。

但是“实时”不等同于“同时”,因为从被控对象参数的采集到计算机的控制输出作出反应,是需要经历一段时间的,即存在一个实时控制的延迟时间,这个延迟时间的长短,反映了实时控制的速度,只要这一时间足够短,不至于错过控制的时机,便可以认为这个系统具有实时性。不同的控制过程,对实时控制速度的要求是不同的;即使是同一种被控参数,在不同的系统中,对控制速度的要求也不相同。例如炼钢炉的炉温控制,延迟 1s 仍然认为是实时的;而一个火炮控制系统,当目标状态变化时,一般必须在几毫秒或几十毫秒之内及时控制,否则就不能击中目标了。

根据图 1-4 可以看出,实时性指标取决于下列时间延时:检测仪表延时,过程输入(A/D)延时,计算机运算延时,数据传输(D/A)延时等,如图 1-5 所示。由上面三步所构成的循环周期就是实时时间,也称为采样周期 T_s 。本书主要讨论计算机控制伺服系统,控制对象大多是快速变化对象,因此要求的实时时间一般为毫秒级。计算机控制系统的实时时间常由定时中断产生。

和连续系统相比,计算机控制系统除了能完成常规连续控制系统的功能外,还具有以下一些特点:

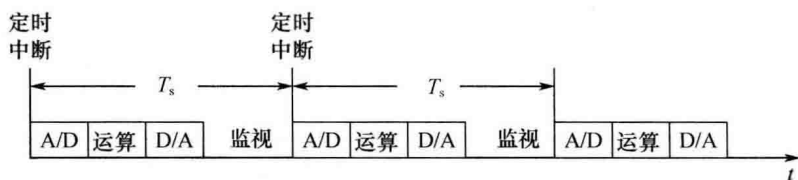


图 1-5 实时时间

- ① 计算机控制系统是混合信号系统,包含多种信号形式;
- ② 计算机控制系统的分析和设计需要先进的理论支持,能实现复杂的控制规律,且控制规律灵活多样;
- ③ 计算机控制系统可分时控制多个回路,适应性强,灵活性高;
- ④ 计算机控制系统使得控制与管理容易结合并实现更高层次的自动化;
- ⑤ 计算机控制系统能够比较方便地实现系统的自动检测和故障诊断,提供了系统的可靠性和容错、维修能力。

1.2 计算机控制系统的组成

尽管计算机控制系统随着服务对象的不同其组成的规模也不同,但是其基本组成是相同的,一般分为硬件和软件两大部分。

1.2.1 计算机控制系统的硬件组成

计算机控制系统必须有一套性能良好的硬件支持才可以有效地运行。图 1-6 所示为计算机控制系统硬件配置的基本组成,图中虚线框内表示实时控制所必需的计算机系统的最小配置。

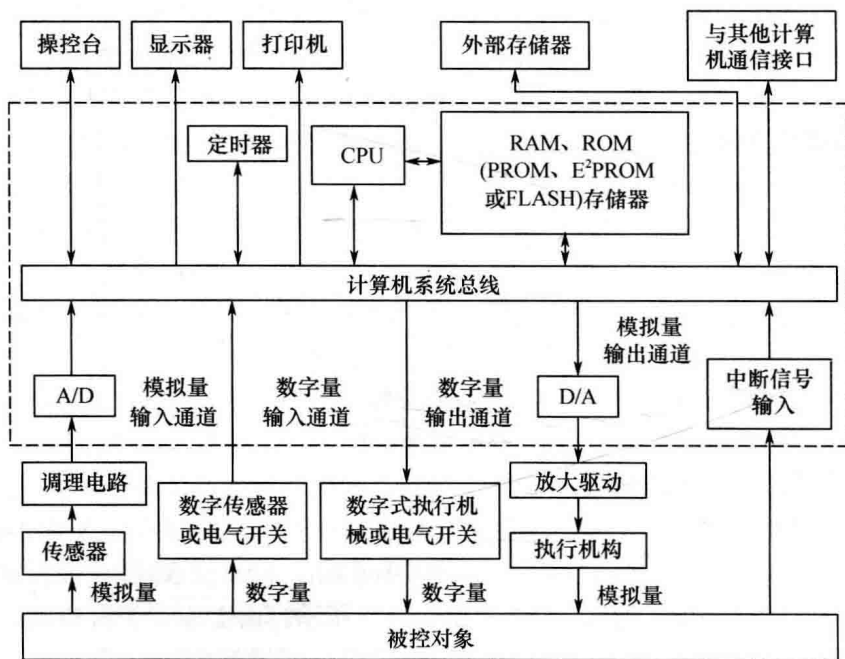


图 1-6 计算机控制系统硬件组成框图

1. 主机

由微处理器、内存储器及时钟电路组成,是控制系统的核心。它根据输入通道送来的被控对象的状态参数,按照预先安排好的程序,自动进行信息处理,并作出相应的控制决策,然后以信息的形式通过输出通道发出控制命令,控制被控对象进行工作。

从整个系统结构考虑,主机应具有较完善的中断系统、足够的存储容量、完善的 I/O 通道和实时时钟。应注意主机的运算速度及数据存取速度,应满足在一个采样周期内完成单路或多路数据采集、处理、运算及将输出量输出到执行机构等所需的时间。其信息处理能力要与控制系统的性能要求相适应。

常用的计算机控制系统主机有可编程序控制器(PLC)、工控机(IPC)、单片机、DSP(数字信号处理器)、智能调节器(智能调节器是一种数字化的过程控制仪表)等。

2. 标准外部设备

常用的标准外设按功能分为 3 类。

输入设备:键盘、鼠标、扫描仪等,用来输入程序、数据和操作命令。

输出设备:打印机、绘图机、CRT 显示器等,它们以字符、曲线、表格和图形等形式反映控制过程。

外存储器:磁盘、磁带、光盘等,它们兼有输入和输出两种功能,用来存放程序和数据。

3. 过程通道

过程通道是计算机和被控对象之间交换信息的桥梁,是计算机控制系统按特殊要求设置的部分。按传送信号的形式可分为模拟量通道和开关量通道,按信号传送的方向可分为输入通道和输出通道。

① 模拟量输入通道:用来将被控对象的模拟量被控(或被测)参数转变为数字信号并送给计算机,它由以下几部分组成。

- 传感器(检测元件):用来对被控参数瞬时值进行检测,将其变为电信号。

- 变送器:用来将传感器得到的电信号转变为统一的直流电流($0\sim 10\text{mA}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$)或直流电压($0\sim 5\text{V}$ 或 $1\sim 5\text{V}$)信号。

- 多路采样器:也称多路模拟开关或多路转换器,用于对多路模拟量信号进行分时切换,即将时间上连续的模拟量信号转换为时间上离散的模拟量信号。

- A/D 转换器:用于将时间上离散、幅值上连续的模拟量信号转换成幅值也离散的数字信号,并送入主机中处理。为减少被控参数值随时间变化对 A/D 转换器精度的影响,可在多路采样器之后加接采样保持器和信号放大器。其中放大器的作用是把输入的微弱信号(当没有变送器时)放大到 A/D 转换器所要求的输入电平,并在模拟量输入信号和 A/D 转换器间进行阻抗匹配和隔离。

② 模拟量输出通道:许多执行机构的控制信号是模拟的电压或电流信号,因此计算机输出的数字信号必须经 D/A 转换器变为模拟量后,方能去控制执行机构。执行器按动力源可分为电气式、液压式、气动式和其他方式。对于气动或液压的执行机构,需经过电-气和电-液转换装置。

在电气执行器中,一般有交直流伺服电机、步进电机、电磁线圈等。

当要控制多个回路时,还需使用多路输出装置进行切换。考虑到多个回路的输出信号在时间上是离散的,而执行机构要求的是连续的模拟量信号,所以多路输出的信号都应采用输出保持器加以保持后再去控制执行机构。

③ 开关量输入通道:用于将控制现场的各种继电器、限位开关等的状态(通或断)输入计

算机。

④ 开关量输出通道:控制系统中继电器、接触器的闭合或断开,电机的启动、停止,指示灯和报警信号的通断,都可以用输出“0”和“1”状态来控制。完成这些功能的部件就组成了开关量输出通道。

由上可知,过程通道由各种硬件设备组成,它们起着信息交换和传递的作用,配合相应的输入、输出控制程序,使主机和被控对象间能进行信息交换,从而实现对生产机械、过程的控制。

4. 接口

接口是用来协调计算机与外设和过程通道的工作,是通道和计算机之间的中介部分,经接口联系,通道便于接受计算机的控制,使用它可达到由计算机从多个通道中选择特定通道的目的。

5. 人机联系设备

操作员与计算机之间的信息交换是通过人机联系设备进行的。在计算机控制系统中,一般应有一个控制台(或操作面板),以便操作人员能和计算机系统“对话”,使操作人员及时了解被控对象、过程的状态,进行必要的人为干预,修改有关参数或紧急处理某些事件。

人机联系设备中最简单、最基本和最普通的形式是装有按钮、转换开关、拨码开关、指示灯、LED 显示器和带有声光报警器的操作面板。这种操作面板一般是由用户根据具体情况自行设计的。

现在的工业控制机系统生产厂商常为用户提供了操作控制台,它是一种高性能的人机接口设备。它采用 CRT 或先进的触摸显示屏,即可以以屏幕窗口画面的形式或以文件表格的形式提供人与过程的界面或人与系统的界面。将整个生产过程置于操作人员的监视之下,通过屏幕向操作人员提供生产过程的全部信息。例如:被测参数的即时值、历史值,设备的运行状态的曲线和棒图,越限参数的报警,故障显示等。操作人员可根据生产的需要进行某些必要的干预操作,如改变参数的设定值和调节器的整定参数、启动某些泵机和开关阀门等操作,从而控制系统的运行。

有些厂商提供适用于各种操作系统平台下的系统监控组态软件,用户不需要编程就能从工业生产对控制的要求出发方便地选择控制算法、控制策略,将各功能模块互连构成控制系统,动态显示各种组态画面、绘制显示图表、建立有关数据库,生成所需的应用软件。

6. 通信设备

现代化控制系统被控过程的规模一般比较大,对被控对象的控制和管理也很复杂,往往需要几台或几十台计算机才能分级完成控制和管理任务。这样,在不同位置、不同功能的计算机之间和设备之间就需要通过通信设备进行信息交换。为此,需要把多台计算机或设备连接起来构成计算机通信网络。

1.2.2 计算机控制系统的软件组成

硬件只为计算机控制系统提供了物质基础,要想把人的思维 and 知识用于对被控过程的控制和管理,则必须提供软件。软件是各种程序的统称,软件的优劣不仅关系到硬件功能的发挥,而且也关系到计算机对被控过程的控制品质和管理水平。

软件通常分为两大类:系统软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件一般包括操作系统、程序设计系统、通信网络软件和诊断系统等,具有一定的通用性。系统软件一般由厂家提供,不需要用户设计。

2. 应用软件

应用软件是控制系统设计人员针对某个具体任务,根据所选用的硬件及软件环境和系统要求而编制的控制和管理程序。一般包括控制算法程序、输入/输出接口程序、监控程序和信息管理程序等。

由于计算机控制系统是实时在线运行的系统,在构成计算机控制系统硬件及软件时,必须充分保证系统运行的实时性及可靠性。

1.3 计算机控制系统的结构形式

计算机控制系统分类的方法有很多种,可以按照控制方式、控制规律和控制关系进行分类,按照计算机参与控制方式分类,可分成以下几种类型。

1.3.1 操作指导控制系统

操作指导控制系统的结构如图 1-7 所示,这是计算机应用于工业生产过程中最早的一种形式。该系统不仅具有数据采集和处理的功能,而且能够为操作人员提供反映生产过程工况的各种数据,并相应地给出操作指导信息,供操作人员参考。

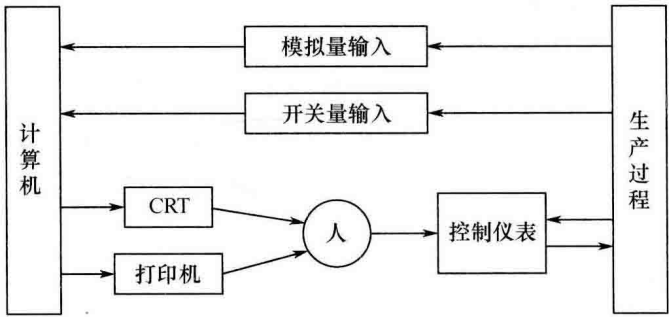


图 1-7 操作指导控制系统结构示意图

计算机首先通过模拟量输入通道和开关量输入通道实时地采集数据,然后根据一定的控制或管理方法进行计算,最后通过 CRT 或打印机输出操作指导信息。另一种是按照预先存入计算机的操作顺序和操作方法,根据生产工艺流程逐条输出操作信息。

操作指导控制系统是一种开环控制系统,其优点是结构简单,控制灵活、安全。缺点是要人工操作,速度受到限制,不适合用于快速过程的控制和多个对象的控制。

1.3.2 直接数字控制系统

直接数字控制系统(Direct Digital Control)简称 DDC,如图 1-8 所示,计算机首先通过模拟量输入通道(A/D)和开关量输入通道(DI)实时采集数据,然后按照一定的控制规律进行计算,最后发出控制信息,并通过模拟量输出通道(D/A)和开关量输出通道(DO)直接控制生产过程。DDC 系统属于计算机闭环控制系统,是计算机在工业生产过程中最普遍的一种应用方式。

由于 DDC 系统中的计算机直接承担控制任务,所以要求实时性好、可靠性高和适应性强。为了充分发挥计算机的利用率,在早期的时候,一台计算机通常要控制几个或几十个回路,那就要合理地设计应用软件,使之不失时机地完成所有功能。现在使用单片机等,可用一台单片机控制一套系统。

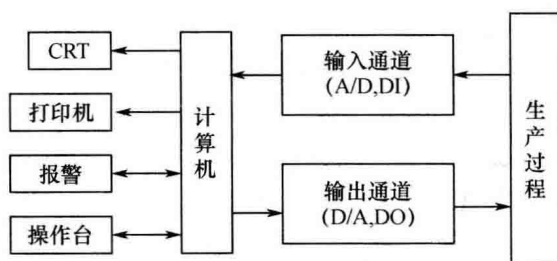


图 1-8 DDC 结构示意图

工业生产现场的环境恶劣、干扰频繁,直接威胁着计算机的可靠性。因此,必须采取抗干扰措施来提高系统的可靠性,使之能适应各种工业环境。

1.3.3 监督控制系统

监督控制系统(Supervisory Computer Control, SCC)通常采用两级计算机,第一级为 DDC 用计算机,完成上述直接数字控制的功能;第二级为 SCC 计算机,它根据反映生产过程工况的数据和数学模型进行必要的计算,给 DDC 计算机提供各种控制信息,比如最佳给定值和最优控制量等。如图 1-9 所示。

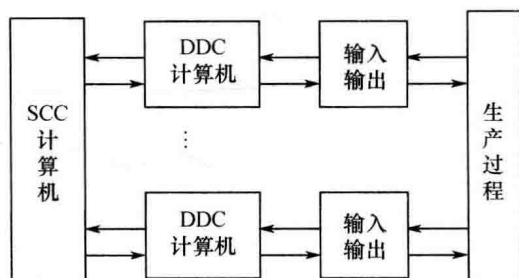


图 1-9 SCC 结构示意图

这种控制效果主要取决于所建立数学模型的优劣。该数学模型一般是针对某一目标函数设计的,如果数学模型能使目标函数达到最优状态,则控制过程就能达到最优状态;如果数学模型不理想,控制效果也不会理想。这种类型的系统已趋减少。

1.3.4 集散控制系统

随着工业生产过程规模的扩大和综合管理与控制要求的提高,人们开始应用以多台计算机为基础的集散控制系统(Distributed Control System, DCS)。DCS 是将控制系统分成若干个独立的局部子系统,用以完成被控过程的自动控制任务,通过通信网络将各个局部子系统联系起来,实现大系统意义上的总体目标优化,通过协调器实现全系统的协调控制。

集散控制系统是控制(Control)、计算机(Computer)、数据通信(Communication)和屏幕(CRT)显示技术的综合应用,通常也将集散控制称为 4C 技术。集散控制系统对企业经营管理和生产过程控制分别由几级计算机进行控制,采用分散控制、集中操作、分级管理控制和综合协调的原则进行设计,系统从上而下分成生产管理级、控制管理级和过程控制级等,各级之间通过数据传输总线及网络互相连接起来,如图 1-10 所示。系统中的过程控制级完成过程的检测与直接控制任务。控制管理级通过协调过程控制器工作,实现生产过程的动态优化。生产管理级完成生产计划和工艺流程的制定以及对产品、人员、财务管理的静态优化。

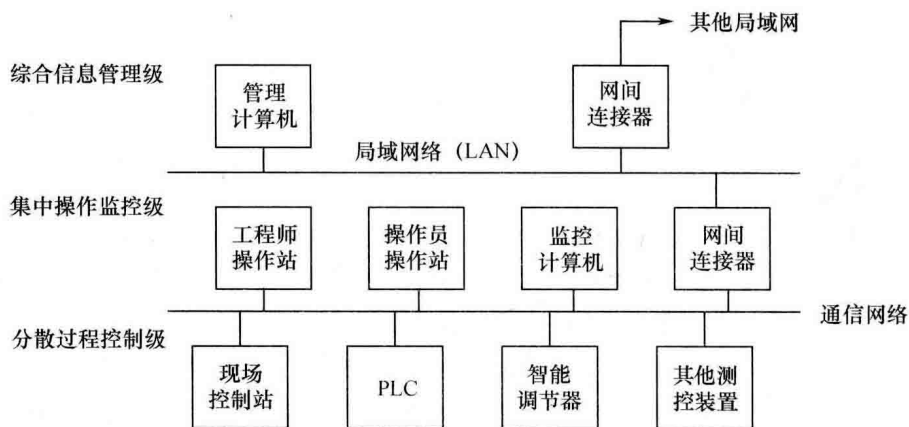


图 1-10 DCS 结构示意图

集散控制系统是作为过程控制的一种工程化产品提出的，目前在运动控制与逻辑控制领域也得到了发展，形成了综合自动化系统。

1.3.5 现场总线控制系统

现场总线控制系统(Fieldbus Control System,FCS)是新一代分布式控制系统,如图 1-11 所示。DCS 的结构模式为“操作站——控制站——现场仪表”3 层结构,系统成本较高,而且各厂商的 DCS 有各自的标准,不能互连。FCS 与 DCS 不同,FCS 的结构模式为“操作站——现场总线智能仪表”两层结构,FCS 用两层结构完成了 DCS 中的 3 层结构功能,降低了成本,提高了可靠性,可实现真正的开放式互连系统结构。

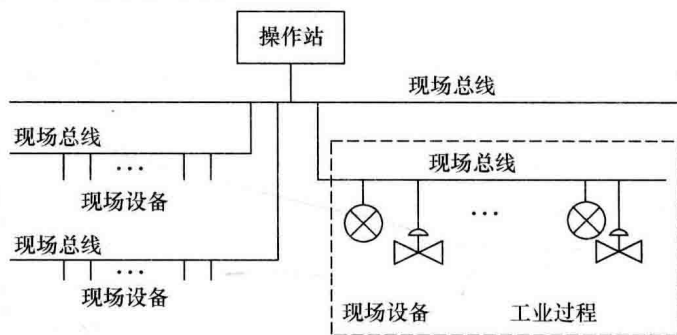


图 1-11 FCS 结构示意图

现场总线控制系统的核心是现场总线。根据现场总线基金会(Field Bus Foundation)的定义,现场总线是连接智能设备与控制室之间的全数字式、开放的、双向的通信网络。

现场总线的节点是现场设备或现场仪表,如传感器、变送器和执行器等,但不是传统的单功能现场仪表,而是具有综合功能的智能仪表。如温度变送器,不仅具有温度信号变换和补偿功能,还具有 PID 控制和运算功能。现场设备具有互换性和互操作性,采用总线供电,具有本质安全性。现在国际上流行的设备级的通信网络有很多,如 CANBUS、LONWORKS、PROFIBUS、HART 和 FF 等。

1.3.6 综合自动化系统

在现代工业生产中,综合自动化系统不仅包括各种简单和复杂的自动调节系统、顺序逻辑控