

计算机控制技术

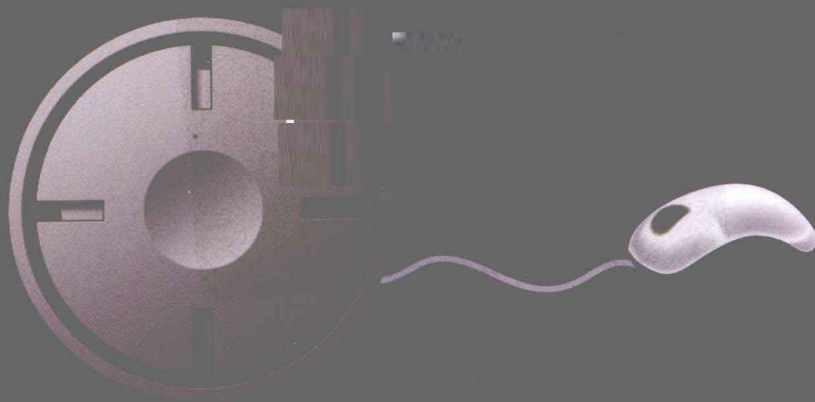
——工业控制工程应用理论与实践

郝 成 岳树盛 编著



C

omputer Control Technology



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等学校“十二五”电气自动化类规划教材

计算机控制技术

——工业控制工程应用理论与实践

郝 成 岳树盛 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以一个冶金工业生产过程的典型的计算机控制系统——集散系统为对象,有机联系起硬件、软件、控制理论、网络等多方面的知识,系统阐述计算机控制系统的设计及工程实现方法。

主要内容包括:计算机控制系统的组成,典型计算机控制系统的形式、发展和概况;计算机控制系统硬件设计;常规数字控制技术;现代控制技术;计算机控制系统软件设计技术;集散系统;计算机控制系统设计及实现。理论部分根据生产实际应用的情况做了适当取舍,以适合“按类培养”的要求。

本书可作为电气信息类、仪器仪表类、机械(机电)类本科生计算机控制类课程(如计算机控制、微机控制等)的教材,以及过程控制、机电控制、嵌入式系统等课程和综合设计的参考书,也可供相关领域工程技术人员参考。

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

计算机控制技术:工业控制工程应用理论与实践/郝成,岳树盛编著. —北京:电子工业出版社,2011.5
高等学校“十二五”电气自动化类规划教材

ISBN 978-7-121-13473-9

I. ①计… II. ①郝…②岳… III. ①计算机控制—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第084556号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:张京

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:787×1092 1/16 印张:15 字数:384千字

印次:2011年5月第1次印刷

印数:4000册 定价:29.00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。

高等学校“十二五”电气自动化类规划教材 丛书编委会

(按拼音排序, 排名不分先后)

编委会主任: 关新平

编委会副主任:

毕卫红 韩 璞 娄国焕 吴学礼 杨 鹏

专家组成员:

何 谓 高 蒙 李国洪 李建华

王培光 姚福来 赵书强

编委会委员:

常丹华 曹晓华 杜立强 顾和荣 侯培国

韩兵欣 郝 成 李书杰 李珍国 马翠红

牛培峰 孙孝峰 唐瑞尹 吴忠强 王建民

王海群 王静波 王立乔 杨友良 殷桂梁

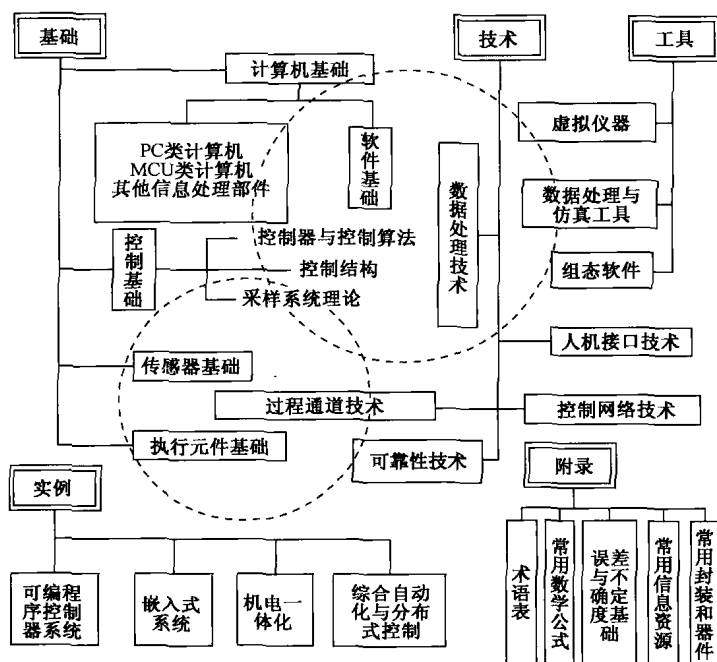
岳树盛 张宝荣 张秀玲 张燕君 张晓晖

前言

计算机控制是指计算机与控制的结合,即由计算机实现控制系统某些环节的功能。可以认为计算机控制是计算机、控制、系统与特定领域的融合,即以计算机为工具,以某些控制规律和数据处理算法为手段,运用一定的系统结构解决具体领域的实际问题。

计算机控制科学涉及计算机控制的基本理论、分析、设计与工程实现等多方面内容,采用计算机控制是我国实现现代化的重要标志。当前,计算机在实时控制领域得到了广泛应用,这就要求从事自动控制的工程技术和研发人员不仅要掌握生产工艺流程和自动控制理论的基本知识,还必须掌握计算机控制系统有关硬件、软件、控制规律、数据通信、现场总线网络技术和数据库、强电方面的电路、电气等专业知识和技术,从而达到设计 and 应用计算机控制系统的目的。

计算机控制类课程是多数高校控制、计算机、电气、机械自动化、电子等机电类专业的主干专业课程之一。之所以称“计算机控制”为一类课程,是因为计算机控制所涉及的内容非常广泛,具有明显的多学科、综合性等特点。此外,不同高校习惯的课程名称又不尽相同,常见的有计算机(过程、运动、机电系统)控制、微机控制、单片机控制等。计算机控制相关的知识和能力体系如下图所示。



这个知识和能力体系对于自动化专业的本科生来说,现有的课程很难完全涵盖,而非自动化专业课程涵盖得更为有限。而且很多的专用知识和技能,只能在实践中学习和培养。所涉及的知识过多、过杂,一般学生很难全面掌握。因此,一般的毕业生很难迅速进入自

动化工程师的角色，对计算机控制系统的设计、安装、调试更是无从着手。其中主要原因是对计算机控制系统的内涵缺乏总体的把握。

计算机控制技术这门课，应该覆盖所有的上述计算机控制相关的知识和能力对应的课程，起到提纲挈领的作用，使学生对计算机控制系统有一个总体的把握，在工作中知道怎样学习，学习什么，从而迅速进入角色。

根据编者多年教学和工程系统研究开发的实际经验，认为：电气信息类、仪器仪表类、机械（机电）类本科生学好计算机控制技术的关键在于理论和技术的实用性。一个规模较大的计算机控制系统，基本可以涉及上述的知识和能力体系。本书以一个冶金工业生产过程的典型的计算机控制系统——集散系统为主线，有机联系起硬件、软件、控制理论、网络等多方面的知识，使学生学习本课程时避免了“杂乱”的感觉，既增强了实用性，又提高了学生的学习兴趣。

全书共分 7 章。第 1 章为概述部分，介绍了计算机控制系统的一般概念、组成、分类及发展趋势；第 2 章重点介绍了总线和过程输入/输出接口技术，包括数据的采集及保持、模/数转换器、数模转换器、开关量接口技术和数据采集系统；第 3 章介绍了计算机控制系统的控制策略，包括数字 PID 控制、串级控制、达林算法和数字控制器设计；第 4 章介绍了先进控制技术；第 5 章介绍了计算机控制系统软件设计；第 6 章介绍了测控网络、现场总线及其标准；第 7 章介绍计算机控制系统的设计方法、软/硬件设计和综合举例。

本书是编者根据长期的教学经验、生产技术工作经验和科研成果，参考国内外大量文献和著作编写而成的。由郝成负责第 1 章、第 2 章、第 5 章、第 7 章的编写及全书的定稿工作，岳树盛负责第 3 章、第 4 章和第 6 章的编写。由于编者知识和经验所限，书中的错误和不妥之处请广大读者不吝指正。

编 者

2011 年 1 月

目 录

第 1 章 计算机控制系统概述	1
1.1 自动控制系统的基本原理	1
1.1.1 电动机转速控制	1
1.1.2 飞剪角度控制	3
1.1.3 开环控制	4
1.1.4 闭环控制	4
1.1.5 对控制系统的基本要求	5
1.2 计算机控制系统的一般形式	6
1.2.1 一般概念	6
1.2.2 一般构成	7
1.2.3 工业控制计算机简介	8
1.3 计算机控制系统分类	13
1.4 轧钢生产线计算机控制系统简介	17
1.4.1 生产过程简介	17
1.4.2 控制要求	18
1.4.3 计算机控制系统的构成	20
1.5 计算机控制技术的发展趋势	21
习题	22
第 2 章 计算机控制系统硬件设计相关技术	23
2.1 并行总线技术	23
2.1.1 工控机总线	23
2.1.2 兼容 PC/ISA/EISA/PCI 的嵌入式总线	30
2.1.3 单片机总线	30
2.1.4 总线扩展技术	32
2.2 串行总线技术	34
2.2.1 RS-232C/RS-422/RS-485 串行通信总线	35
2.2.2 I ² C 总线	40
2.3 基于并行总线的接口与过程通道技术	43
2.3.1 信号的采样、量化和恢复	44
2.3.2 模拟量输入/输出接口与过程通道	46
2.3.3 数字量输入/输出接口与过程通道	63
2.3.4 数字量输入/输出通道设计	67
2.4 基于串行总线的接口与过程通道技术	68

2.4.1 基于 PC 串行总线的过程通道	68
2.4.2 基于 I ² C 串行总线的过程通道	70
2.5 硬件抗干扰技术	72
2.5.1 电源抗干扰措施	73
2.5.2 主机抗干扰技术	74
2.5.3 通道抗干扰技术	76
2.5.4 计算机控制系统的接地技术	79
习题	84
第 3 章 常规数字控制技术	85
3.1 数字控制器的连续化设计技术	85
3.1.1 数字控制器的连续化设计步骤	85
3.1.2 数字 PID 控制器的设计	88
3.1.3 数字 PID 控制器的改进	90
3.1.4 数字 PID 控制器的参数整定	93
3.2 数字控制器的离散化设计技术	97
3.2.1 数字控制器的离散化设计步骤	97
3.2.2 最少拍控制器的设计	98
3.2.3 最少拍有纹波控制器的设计	102
3.3 纯滞后控制技术	104
3.3.1 史密斯 (Smith) 预估控制	104
3.3.2 达林 (Dahlin) 算法	106
3.4 串级控制技术	110
3.4.1 串级控制的结构和原理	110
3.4.2 数字串级控制算法	111
3.4.3 副回路微分先行串级控制算法	112
3.5 前馈-反馈控制技术	113
3.5.1 前馈控制的结构和原理	113
3.5.2 前馈-反馈控制结构	114
3.5.3 前馈-反馈控制算法	115
3.6 解耦控制技术	116
3.6.1 解耦控制原理	118
3.6.2 数字解耦控制算法	119
3.7 现代控制技术理论简介	120
3.7.1 采用状态空间的输出反馈设计法	120
3.7.2 采用状态空间的极点配置设计法	122
3.7.3 采用状态空间的最优化设计法	127
习题	128

第 4 章 先进控制技术	130
4.1 模糊控制技术	130
4.1.1 模糊控制的数学基础	130
4.1.2 模糊控制原理	134
4.1.3 模糊控制器的设计	136
4.2 神经网络控制技术	139
4.2.1 神经网络基础	139
4.2.2 神经网络控制	140
4.3 专家控制技术	144
4.3.1 专家系统	144
4.3.2 专家控制介绍	146
4.3.3 专家控制的基本思想	148
4.3.4 专家控制的组织结构	150
4.4 预测控制技术	151
4.5 其他先进控制技术	151
习题	152
第 5 章 计算机控制系统软件设计相关技术	153
5.1 程序设计的一般技术	153
5.1.1 程序设计过程	153
5.1.2 模块化与结构化程序设计	153
5.1.3 面向过程与面向对象的程序设计	155
5.2 软件开发工具	156
5.2.1 人机接口开发软件	156
5.2.2 分散过程控制级开发软件	161
5.3 典型的控制方法的软件实现	164
5.3.1 通信程序	164
5.3.2 数字 PID 控制器的工程实现	167
5.3.3 标度变换	173
5.3.4 数字滤波	174
习题	177
第 6 章 分布式测控网络技术	178
6.1 工业网络技术	178
6.1.1 工业网络概述	178
6.1.2 数据通信编码技术	184
6.1.3 网络协议及其层次结构	185
6.1.4 IEEE 802 标准	187
6.1.5 工业网络的性能评价和选型	188
6.2 分布式控制系统	189

6.2.1 DCS 概述	190
6.2.2 DCS 的分散过程控制级	193
6.2.3 DCS 的集中操作监控级	195
6.2.4 DCS 的综合信息管理级	196
6.3 现场总线控制系统	197
6.3.1 现场总线概述	197
6.3.2 五种典型的现场总线	200
6.3.3 工业以太网	203
6.4 系统集成与集成自动化系统	204
6.4.1 系统集成的含义与框架	204
6.4.2 集成自动化系统的体系结构	207
6.4.3 综合自动化技术	209
6.5 分布式测控网络设计举例	212
6.5.1 基于 PLC 的 Profibus 分布式测控网络	212
6.5.2 基于 PC 串行总线的测控网络	214
6.5.3 测控网络应用设计举例	216
习题	217
第 7 章 计算机控制系统设计与实现	218
7.1 控制系统总体设计	218
7.1.1 控制系统设计的原则	218
7.1.2 系统的总体方案设计	218
7.1.3 硬件的工程设计和实现	219
7.1.4 软件的工程设计和实现	222
7.2 加热炉计算机控制系统设计	223
7.2.1 加热炉工艺流程及控制要求	223
7.2.2 控制系统应实现的功能	226
7.2.3 系统硬件设计	226
7.2.4 系统软件设计	227
习题	228
参考文献	229

第1章 计算机控制系统概述

自动控制对工农业生产和科学技术的发展具有越来越重要的作用。它不仅在宇航、导弹制导、核技术等尖端技术领域必不可少，而且在一般工业生产过程中也具有重要意义。早在 20 世纪 40 年代，古典控制理论的发展导致一系列的基于机械、电子技术的自动控制系统的出现，但随着生产技术的进步和科学技术的发展，要求有更加复杂、更加完善的控制装置，以达到更高的精度、更快的速度和更大的效益。常规的控制方法难以满足如此高的性能要求。电子计算机出现并应用于自动控制，使得自动控制发生了巨大的飞跃。计算机具有计算精度高、速度快、存储量大等特点，并且能够进行逻辑判断，因此可以实现高级复杂的控制算法，获得快速、精密的控制效果。计算机所具有的信息处理能力，能够把过程控制和生产管理有机地结合起来，从而对工厂、企业或企业体系的管理实现自动化。

现在人们越来越多地用计算机来实现控制系统，在此基础上发展出一系列的计算机控制技术。计算机控制是一门新兴的学科，它以自动控制理论与计算机技术为基础。近年来，自动控制技术、计算机技术、网络与通信技术、检测与传感器技术、显示技术、电子技术的高速发展，给计算机控制技术带来了巨大的变革，人们利用这些技术可以完成常规控制技术无法完成的任务，达到常规控制技术无法达到的性能指标。

本章内容主要有：自动控制系统的基本原理、计算机控制系统的分类、计算机控制系统的发展概况和发展趋势等，从而使读者对计算机控制系统有一个整体了解。

1.1 自动控制系统的基本原理

首先讨论两种典型的连续自动控制系统，然后了解自动控制系统的结构、工作原理和特点。

1.1.1 电动机转速控制

冶金工业系统中，轧钢机采用直流电动机拖动，生产过程中需要调节电动机转速。图 1-1 是直流电动机转速控制系统示意图。系统中③是电枢控制的直流电动机，它具有恒定的激磁电流，电动机的转速和电枢电压 u_a 成正比。可以改变给定电位计①的滑臂位置而得到给定电压 u_g ，并通过放大器②放大而获得电枢电压 u_a 。因此，电动机转速和给定电压 u_g 有一一对应的关系，将电位计滑臂调到适当位置，就可得到所需要的转速。这一系统的控制关系可用图 1-2 所示的原理图表示。

当电动机的负载转矩变化很小、系统元件特性比较稳定时，图 1-1 所示的控制系统可

以满足预期的要求。否则,电动机的实际转速与期望值相比将有较大的误差。为了克服或减小负载转矩变化对转速的影响,可以采用干扰补偿的办法,但是,采用干扰补偿的系统一般不能解决由于元件特性不稳定所产生的输出误差。如图 1-3 所示的带偏差控制作用的速度控制系统则可以减小或消除各种因素引起的转速变化。

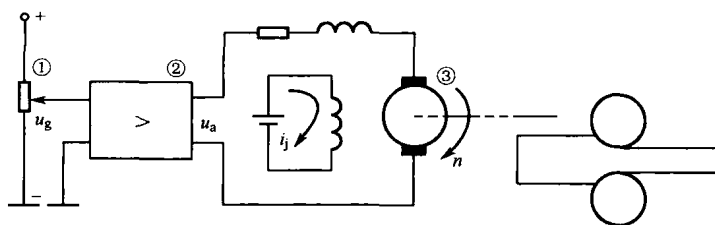


图 1-1 直流电动机转速控制系统示意图

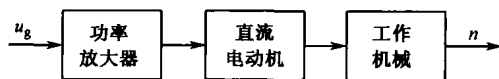


图 1-2 直流电动机转速控制系统原理图

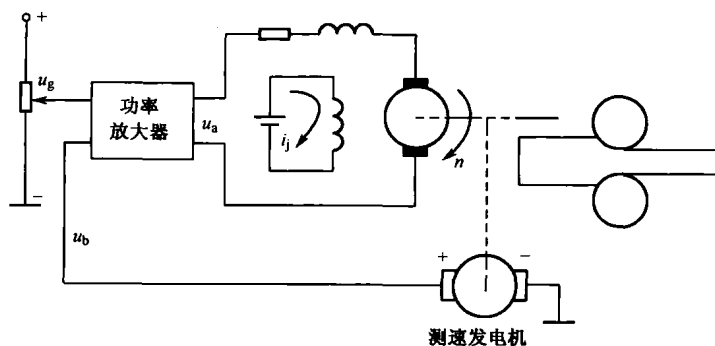


图 1-3 带偏差控制作用的速度控制系统

在这个系统中,电动机的转速是由电压 u_g 和 u_b 共同控制的。测速发电机用来测量实际转速,并将与实际转速对应的电压 u_b 回送到加法器件(比较器),然后与给定电压 u_g 进行比较。当负载转矩变化或由于其他原因使电动机转速高于(或低于)要求的转速时,电压 u_b 便升高(或降低)。比较器输出的偏差电压 $\Delta u = u_g - u_b$ 相应减小(或加大),因而经放大器放大后的电压 u_a 也相应降低(或升高),从而使电动机的转速下降(或升高)而恢复到要求值。如图 1-4 所示是这一控制系统的原理图。

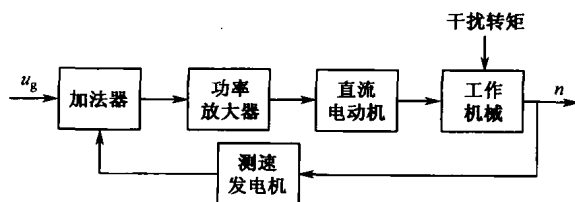


图 1-4 带偏差控制作用的速度控制系统原理图

1.1.2 飞剪角度控制

冶金工业系统中某些机械采用直流电动机拖动变换位置（角度），例如飞剪。它是一个位置随动控制系统，如图 1-5 所示。

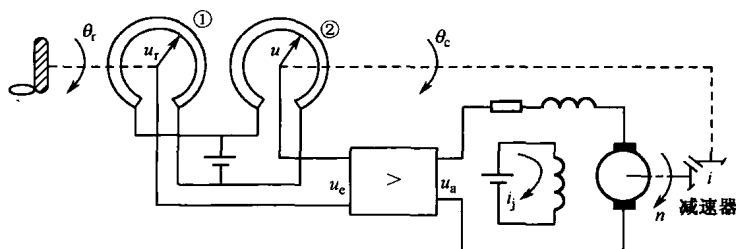


图 1-5 随动控制系统

图 1-5 所示的随动控制系统的任务是保证输出轴始终紧紧跟踪输入轴变化，系统工作原理如下：利用两个电位计①和②，分别把输入轴和输出轴的转角 θ_t 和 θ_c 变成相应的电压，然后把这两个电压反向串联（相减），即可以得到与角度偏差 $\theta_e = \theta_t - \theta_c$ 成比例的电压 u_e ，该电压经过放大器放大后加到电动机上，电动机的轴经减速器和输出轴相连，并且同时带动电位器②的电刷移动，如果 $\theta_e \neq 0$ ，则 $u_e \neq 0$ ，放大后的电压 u_a 驱动电动机转动，转动方向最终应使 θ_c 向 θ_t 接近，使 θ_e 减小。最后，两者取得一致， $\theta_c = \theta_t$ ，则 $u_e = 0$ ，电动机停止转动，系统进入平衡状态（假定元件没有死区）。这样就保证了输出轴紧紧地跟随着输入轴变化。

在随动系统中，当指令信号变化时，输出轴便精确地复现输入轴的变化规律。这个系统的原理图如图 1-6 所示。

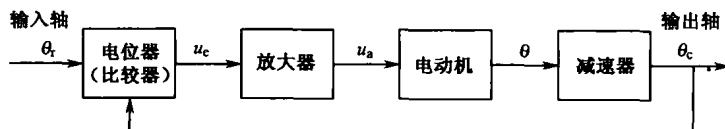


图 1-6 随动控制系统原理图

由上面两种系统的讨论，可知如下结论。

(1) 自动控制系统的典型结构如图 1-7 所示。自动控制系统是由控制装置和被控对象（或被控过程）两大部分组成的。对被控对象（或被控过程）产生控制调节作用的设备或装置称为控制装置。一般的控制装置包括如下环节。

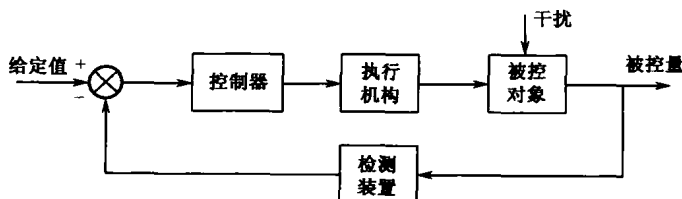


图 1-7 自动控制系统的典型结构

① 检测装置。检测装置的任务是对系统被控量进行检测,并把它转换成与参考输入相同的物理量后,送入比较环节。前述系统中的测速发电机和测量电位计等就是检测反馈元件。

② 比较器。比较器的作用是将检测反馈装置送来的信号与参考输入进行比较,得出两者偏差(误差)信号。比较器一般用符号 $\times$ 表示;“-”表示输入信号与反馈信号相减,即负反馈;“+”表示正反馈。

③ 放大元件。放大元件的作用是将比较环节输出的微弱信号进行放大。前述系统中的电压放大器和功率放大器等都是放大元件。

④ 执行机构。执行机构将放大元件的输出信号转变成机械运动,从而对受控对象施加控制调节作用。前述系统中的电动机就是执行机构。

⑤ 校正装置。校正装置(或称控制器、调节器)是对偏差信号进行比例、积分、微分等运算的元件,参数或结构便于调整,用于改善系统性能。

⑥ 被控对象。被控对象是指接受控制的设备(或过程),如前述系统中的工作机械等。

(2) 自动控制系统是在没有人直接参与的情况下,利用控制装置对受控对象进行控制操纵,使被控量按照参考输入保持常值或跟随参考输入的变化规律而变化的装置。被控量是指系统的输出,它是受控对象中被控制的一个物理量,如速度控制系统中工作机械的速度、随动系统中的转角等。参考输入又称给定值,它是对系统进行控制的给定输入,如速度控制系统中的给定电压 u_g 、随动系统中的角度 θ 等。

1.1.3 开环控制

被控量(输出)不影响系统控制的控制方式称为开环控制。在开环控制中,不对被控量进行任何检测,在输出端和输入端之间不存在反馈联系。这种控制方式的特点是:在给定输入端到输出端之间的信号传递是单向进行的。图 1-1 所示的直流电机转速控制系统采用的就是这种控制方式。

这种控制方式的缺点是:当被控对象或控制装置受到干扰,或者在工作过程中元件特性发生变化而影响被控量时,系统不能进行自动补偿,被控量控制精度难以保证。但是由于它的结构比较简单,在控制精度要求不高或元件工作特性比较稳定而干扰又很小的场合应用比较广泛。

1.1.4 闭环控制

被控量参与系统控制的控制方式称为闭环控制。闭环控制的原理如图 1-7 所示,由图 1-7 可见,在闭环控制中,在给定值和被控量之间,除了有一条从给定值向被控量方向传递信号的前向通道外,还有一条从被控量到比较元件传递信号的反馈通道。控制信号沿着前向通道和反馈通道循环传递,因此闭环控制又称反馈控制。在闭环控制中,被控量时时刻刻被检测,再经过信号变换,并通过反馈通道回送到比较元件和给定值进行比较,比较后得

到的偏差信号经放大元件放大后送入执行元件。执行元件根据所接受的信号的大小和极性,直接对受控对象进行调节,以进一步减小偏差。可见,只要闭环控制系统出现偏差,而不论该偏差是干扰造成的,还是由系统元件或受控对象工作特性变化所引起的,系统都能自行调节以减小偏差。故闭环控制系统又称按照偏差调节的控制系统。

闭环控制从原理上提供了实现高精度控制的可能性,它对控制元件的要求比开环控制低。但与开环控制系统相比,闭环控制系统设计比较麻烦,结构也比较复杂,因而成本较高。

闭环控制是自动控制中广泛采用的一种控制方式。当控制精度要求较高、干扰影响较大时,一般都采用闭环控制。图 1-3 所示的速度控制系统及图 1-5 所示的随动系统都是闭环控制系统。

1.1.5 对控制系统的基本要求

控制系统工作的场合不同,对它的性能要求也不同。

控制系统的任务是使被控量按参考输入保持常值或跟随参考输入变化。但要在任何时间都做到这一点并不容易。例如,当图 1-5 所示的随动系统的指令电位计①在瞬间转动一个单位角度时,由于系统惯性的存在,以及能源功率的限制,工作机械不可能立即跟随转动相等的角度。当偏差产生的控制作用使工作机械转过与给定值相等的角度时,由于惯性关系,工作机械将仍以一定的速度继续旋转,因而出现反向偏差,控制系统又产生反向控制作用,使工作机械反向转动。如此周而复始,出现了振荡的跟踪过程。控制系统的这一运动过程称为动态过程(或瞬态过程、暂态过程、过渡过程等)。当系统结构及其参数匹配合理时,经过一定时间后,被控量将趋于希望值,称为进入稳态。

图 1-8 表示了在阶跃输入信号作用下,几种系统的被控量的变化过程。图中 $x(t)$ 表示输入, $y(t)$ 表示输出。

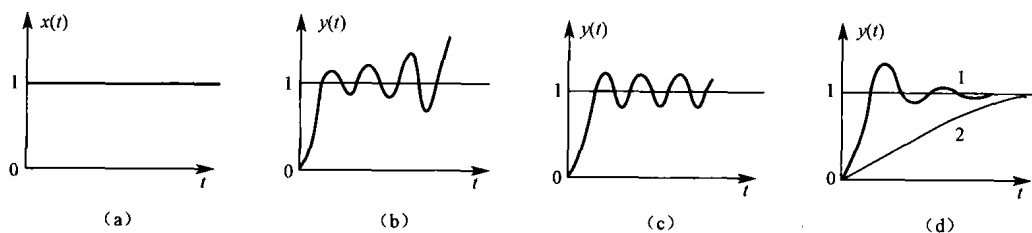


图 1-8 阶跃输入信号作用控制系统输出

显然,不是所有系统都能正常工作。系统要能正常工作,必须满足如下基本要求。

(1) 稳定性。稳定性是指系统被控量偏离给定值而振荡时,系统抑制振荡的能力。对于稳定的系统,随着时间的增长,被控量将趋近于希望值。可见,稳定性是保证系统正常工作的先决条件。图 1-8 (b) 和图 1-8 (c) 所示的系统是不稳定的,这种系统不能工作。

(2) 快速性。快速性是指被控量趋近希望值的快慢程度。快速性好的系统,它的过渡过程时间短,能复现快速变化的控制信号,因而具有较高的动态精度。图 1-8 (d) 所示的系统 1,其快速性要比系统 2 好。稳定性和快速性是反映动态过程好坏的尺度。

(3) 精确性。精确性是指过渡过程结束后, 被控量与希望值接近的程度。也就是当系统过渡到新的平衡工作状态后, 被控量与希望值的偏差的大小。系统的这一性能指标称为稳态精度。

系统的这些特性, 取决于系统的各个部分的结构和参数, 包括被控对象和控制装置的参数, 控制理论的基本任务就是在已知对象参数和控制要求的前提下, 求出控制装置的参数, 用计算机实现的控制装置依然需要控制理论指导以实现这些要求。

1.2 计算机控制系统的一般形式

1.2.1 一般概念

在图 1-7 所示的自动控制系统中, 利用计算机的运算、逻辑判断和记忆等功能, 将控制器和比较环节用计算机来实现, 就组成了一个典型的计算机控制系统, 如图 1-9 所示。在这里给定量和反馈量都是二进制数, 为了信号的匹配, 计算机的输入/输出两侧分别带有模/数 (A/D) 转换器和数/模 (D/A) 转换器, 反馈量经过模/数转换器送入计算机。计算机接收了给定量和反馈量后, 运用计算机中微处理器的各种指令对该偏差值进行运算, 进而输出控制量。从本质上看, 计算机控制系统的工作原理可归纳为以下 3 个步骤。

(1) 实时数据采集: 对来自测量变送装置的被控量的瞬时值进行检测和输入。

(2) 实时控制决策: 对采集到的被控量进行分析和处理, 并根据已定的控制规律, 决定将要采取的控制行为。

(3) 实时控制输出: 根据控制决策, 适时地对执行机构发出控制信号, 完成控制任务。

上述过程不断重复, 使整个系统按照一定的品质指标进行工作, 并对被控量和设备本身的异常现象及时做出处理。

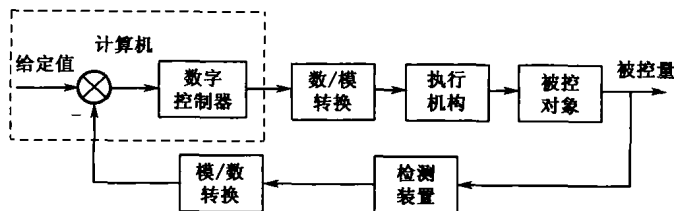


图 1-9 典型的计算机控制系统

在计算机控制系统中, 生产过程和计算机直接连接并受计算机控制的方式称为在线方式或联机方式; 生产过程不和计算机相连, 且不受计算机控制, 而是靠人进行联系并做相应操作的方式称为离线方式或脱机方式。

实时是指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间内完成, 即计算机以足够快的速度对输入信息进行控制, 超出了这个时间, 就失去了控制的时机, 控制也就失去了意义。实时的概念不能脱离具体过程, 一个在线的系统不一定是实时系统, 但一个实时控制系统必定是在线系统。

1.2.2 一般构成

计算机控制系统由计算机（工业控制机）和生产过程两大部分构成。

1. 工业控制机

工业控制机是指按生产过程控制的特点和要求而设计的计算机，它包括硬件和软件两个组成部分。

1) 硬件组成

工业控制机的硬件包括主板、内部总线和外部总线、人机接口、磁盘系统、通信接口、输入/输出通道。

主板：主板由中央处理器（CPU）、内存储器（RAM、ROM）、监控定时器、电源掉电检测、保护重要数据的后备存储器体、实时日历时钟等部件组成，是工业控制机的核心。在控制系统中，主机主要进行必要的数值计算、逻辑判断、数据处理等工作。

内部总线和外部总线：内部总线是工业控制机内部各组成部分进行信息传输的公共通道，它是一组信号线的集合。常用的内部总线有 IBM PC 总线、ISA 总线、PCI 总线和 STD 总线。外部总线是工业控制机与其他计算机和智能设备进行信息传输的公共通道，常用外部总线有 RS-232C 和 USB。

人机接口：人机接口由操作台、标准的 PC 键盘、显示器和打印机组成。操作台是计算机控制系统中人机对话的联系纽带，操作台一般由 LED 显示、操作按钮/开关、状态指示灯等组成。

磁盘系统：磁盘系统可以用半导体虚拟磁盘，也可以配通用的软磁盘和硬磁盘。

通信接口：通信接口是工业控制机和其他计算机或智能外设通信的接口，常用 RS-232C 和 USB。

输入/输出通道：输入/输出通道是工业控制机和生产过程之间设置的信号传递和变换的连接通道。它包括模拟量输入通道、模拟量输出通道、数字量（或开关量）输入通道、数字量（或开关量）输出通道，它的作用有两个：① 将生产过程的信号变换成主机能够接受和识别的代码；② 将主机输出的控制命令和数据变换后作为执行机构或电气开关的控制信号。

2) 软件组成

计算机控制系统的硬件只能构成裸机，它只为计算机控制系统提供了物质基础。裸机只是系统的躯干，既无思维，又无知识和智能，因此必须为裸机提供或研制软件，才能把人的知识和思维用于对生产过程的控制。软件是计算机控制系统的程序系统，它可分为系统软件和应用软件。

系统软件包括实时多任务操作系统、引导程序、调度执行程序，如美国 Intel 公司推出的 iRMX86 实时多任务操作系统、美国 Ready System 公司推出的嵌入式实时多任务操作系统 VRTX/OS，还有 Linux、WinCE 等实时多任务操作系统。除了实时多任务操作系统以外，也常常使用 Windows 等系统软件。

应用软件是系统设计人员针对某个生产过程编制的控制和管理程序。它包括过程输入