



高职高专计算机系列教材

中国计算机学会高职高专教育学组推荐出版

计算机控制技术

俞光昀 陈战平 季菊辉 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高职高专计算机系列教材

计算机控制技术

俞光昀 陈战平 季菊辉 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以微控制器在智能化测量和自动控制中的应用为主线,概要地介绍了连续控制系统和计算机测控系统的工作原理和基本结构,从应用的角度介绍测控系统中主要使用的传感器和执行器,循序渐进地介绍了微机测控系统的输入/输出技术、数据处理和抗干扰技术、常用的控制算法和控制参数整定技术以及可编程序控制器的工作原理和应用技术。本书还介绍了微机测控系统中使用的先进的微控制器及微机测控系统的最新发展。本书还列举了许多工业、农业、医疗、家用电器等各个领域使用的微机测控系统实例,供不同行业的读者学习。本书编写过程中尽量避免复杂的数学推导和理论分析。

本书适合初学控制原理和其他相关知识的计算机应用、机电一体化、电气、机械及医疗仪器等专业的学生使用,也可供从事微机应用或自动化工作的工程技术人员参考。

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/俞光昀编著. —北京:电子工业出版社,2002.6

高职高专计算机系列教材

ISBN 7-5053-6686-6

I. 计... II. 俞... 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 (2002) 第 036199 号

责任编辑:张孟玮 洪国芬 特约编辑:孙 俊

印 刷:北京大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:474 千字

版 次:2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印 数:6000 册 定价:23.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。

联系电话:(010)68279077

出版说明

高职高专的计算机专业面临着两方面的巨大变化,一是计算机技术的飞速发展,另一方面是高职高专教育本身的改革和重组。

当前,计算机技术正经历着高速度、多媒体网络化的发展,计算机教育特别是计算机专业的教材建设必须适应这种日新月异的形势,才能培养出不同层次的合格的计算机技术专业人才。为了适应这种变化,国内外都在对计算机教育进行深入的研究和改革。美国 IEEE 和 ACM 在推出了《Computing Curricula 2000》之后,立即又推出了《Computing Curricula 2001》。全国高校计算机专业教学指导委员会和中国计算机学会教育委员会在 1999 年 9 月也提出了高等院校《计算机学科教学计划 2000》(征求意见稿)。目前,国内许多院校老师、专家正在研究《Computing Curricula 2001》,着手 21 世纪的中国计算机教育的改革。

高专层次和本科层次的计算机教育既有联系又有区别,高专层次的计算机教育旨在培养应用型人才。自 20 世纪 70 年代末高等专科学校计算机专业相继成立以来,高等专科学校积极探索具有自己特色的教学计划和配套教材。1985 年,在原电子工业部的支持下,由全国数十所高等专科学校参加成立了中国计算机学会教育委员会大专教育学组,之后又成立了大专计算机教材编委会。从 1986 年到 1999 年,在各校老师的共同努力下,已相继完成了三轮高等专科计算机教材的规划与出版工作,共出版了 78 种必修课、选修课、实验课教材,较好地解决了高专层次计算机专业的教材需求。

为了适应计算机技术的飞速发展以及高职高专计算机教育形势发展的需要,中国计算机学会教育委员会高职高专教育学组和高职高专计算机教材编委会于 2000 年 7 月开始,又组织了一批本科高校、高等专科学校、高等职业技术学院和成人教育高等院校的有教学经验的老师,学习研究参考了高等院校《计算机学科教学计划 2000》(征求意见稿),提出了按照新的计算机教育计划和教学改革的要求,编写高专、高职、成人高等教育三教统筹的第四轮教材。

第四轮教材的编写工作采取了以招标的方式征求每门课程的编写大纲和主编,要求投标老师详细说明课程改革的思路、本课程和相关课程的联系、重点和难点的处理等。在第四轮教材的编写过程中,编委会强调加强实践环节、强调三教统筹、强调理论够用为度的原则,要求教学计划、教学内容适应高等教育发展的新形势。本套教材的编者均为各院校具有丰富教学实践经验的教师。因此,第四轮教材的特点是体系结构比较合理、内容新颖、概念清晰、通俗易懂、理论联系实际、实用性强。

竭诚希望广大师生对本套教材提出批评建议。

中国计算机学会教育委员会高职高专教育学组
2001 年 1 月

先后参加中国计算机学会教育委员会高职高专教育学组和高职高专计算机教材编委会学术活动的部分学校名单

山西师范大学	天津轻工业学院
河北师范大学	浙江大学
承德石油高等专科学校	宁波高等专科学校
河北大学	福州大学
保定职业技术学院	重庆电子职业技术学院
北京科技大学	湖南大学
北京市机械工业管理局职工大学	湖南计算机高等专科学校
北方工业大学	中国保险管理干部学院
北京船舶工业管理干部学院	湖南税务高等专科学校
海淀走读大学	长沙大学
北京信息工程学院	湖南财经高等专科学校
中国人民大学	邵阳高等专科学校
北京师范大学	江汉大学
沈阳电力高等专科学校	中国地质大学
辽宁交通高等专科学校	武汉职业技术学院
吉林大学	河南职业技术学院
吉林职业师范学院	平原大学
黑龙江大学	安阳大学
哈尔滨工业大学	开封大学
哈尔滨师范大学	洛阳大学
上海理工大学	河南大学
上海第二工业大学	广州市财贸管理干部学院
上海交通大学	广东轻工职业技术学院
上海商业职业技术学院	广州航海高等专科学校
上海电机技术高等专科学校	韶关大学
上海旅游高等专科学校	佛山科学技术学院
金陵职业大学	南宁职业技术学院
南京建筑工程学院	广西水利电力职业技术学院
南京工程学院	桂林电子工业学院
南京师范大学	柳州职业技术学院
常州工学院	成都电子机械高等专科学校
无锡职业技术学院	电子科技大学
苏州市职工大学	成都师范高等专科学校
空军后勤学院	四川师范学院
连云港化工高等专科学校	云南财贸学院
泰州职业技术学院	西安电子科技大学
潍坊高等专科学校	兰州石化职业技术学院
青岛化工学院	兰州师范高等专科学校

前 言

本教材是由高职高专计算机教材编委会征稿,经中国计算机学会教育委员会高职高专学组评审推荐,由电子工业出版社出版的。

本教材共分 13 章,以微处理器在测量控制中的应用技术为中心,介绍了组成微机测控系统的各个环节。在选材上考虑了适应性(非自控专业读者)、实用性、系统性和完整性。其中,第 1 章到第 4 章介绍了自动控制系统的基本知识和控制系统中使用的传感器、执行器,目的是为非自动控制专业的读者提供有关测量和控制方面的必要知识,包括自动控制系统的工作原理、对计算机控制系统的基本要求、控制系统的分类、连续控制系统的数学模型和传递函数分析法、传感器和执行器等。已经学过自动控制原理课程的读者可以略去这部分内容。第 5 章到第 12 章介绍了微机测量控制所需的各种技术,包括计算机测量控制系统输入/输出技术、数据处理技术、抗干扰技术、PID 控制技术、复杂控制系统、可编程程序控制器、集散系统和 CIMS 系统简介以及微机测量控制系统中使用的先进单片机。第 13 章介绍了由单片机、工控机、PLC 组成的微机测控系统和数控机床的实例。本教材编写过程中注重物理概念的叙述,避免复杂的数学推导,力求做到重点突出、通俗易懂、注重实用。

本教材由南京师范大学俞光昀担任主编。陈战平编写了第 3 章、第 12 章;季菊辉编写了第 2 章、第 6 章、第 9 章,俞光昀编写了第 1 章、第 4 章、第 5 章、第 7 章、第 8 章、第 10 章、第 11 章和第 13 章。全书由俞光昀统一编排定稿。南京航空航天大学顾宝根教授担任本书的主审,对本书的初稿进行了认真的修改,并提出了许多宝贵的意见,编者对顾教授的热情帮助和认真指导表示诚挚的感谢。

本教材在编写过程中,吸取了许多兄弟院校计算机控制技术教材的优点,得到了许多老师的帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,错误和不足之处在所难免,敬请同行和读者批评指正。

编 者
2002 年 2 月

目 录

第 1 章 计算机控制系统概述	(1)
1.1 自动控制系统的工作原理	(1)
1.1.1 自动控制的任務	(1)
1.1.2 反馈控制系统的工作原理	(1)
1.1.3 反馈控制系统的组成	(2)
1.1.4 自动控制系统的类型	(3)
1.2 对控制系统的基本要求	(4)
1.2.1 控制系统的典型外作用函数	(4)
1.2.2 闭环控制系统的过渡过程	(6)
1.2.3 闭环控制系统的控制指标	(6)
1.2.4 计算机控制系统的综合控制指标	(7)
1.3 计算机控制系统的组成和分类	(8)
1.3.1 计算机控制系统的一般概念	(8)
1.3.2 计算机控制系统的硬件组成	(8)
1.3.3 计算机控制系统的软件组成	(10)
1.3.4 计算机控制系统的分类	(11)
小结	(16)
习题	(16)
第 2 章 连续控制系统的数学模型和传递函数分析法	(18)
2.1 被控对象特性的类型	(18)
2.1.1 有自衡非振荡过程的响应曲线	(18)
2.1.2 无自衡非振荡过程的响应曲线	(19)
2.1.3 有自衡振荡过程的响应曲线	(19)
2.1.4 具有反向特性的过程的响应曲线	(20)
2.2 被控对象特性的一般分析	(20)
2.2.1 放大系数 K_0	(20)
2.2.2 时间常数 T_0	(22)
2.2.3 时滞 τ	(23)
2.3 微分方程的建立	(24)
2.3.1 建立系统微分方程的一般规律	(24)
2.3.2 建立微分方程的步骤和方法	(25)
2.4 拉氏变换和传递函数	(26)
2.4.1 拉氏变换	(26)
2.4.2 常用函数的拉氏变换表	(26)
2.4.3 拉氏变换法则	(27)

2.4.4 从微分方程到传递函数	(28)
2.4.5 用拉氏反变换求系统或环节的输入响应	(28)
2.5 方块图及其变换	(29)
2.5.1 方块图	(29)
2.5.2 方块图的等效变换	(31)
2.6 控制系统的阶跃响应	(34)
2.6.1 一阶系统的阶跃响应	(34)
2.6.2 二阶系统的阶跃响应	(35)
2.7 控制系统的稳定性和稳定判据	(38)
2.7.1 稳定性的基本概念	(38)
2.7.2 劳斯稳定判据	(38)
小结	(40)
习题	(40)
第3章 传感器	(42)
3.1 传感器概述	(42)
3.1.1 传感器的作用及组成	(42)
3.1.2 传感器分类	(42)
3.1.3 对传感器的主要技术要求	(43)
3.1.4 不同领域使用的传感器	(43)
3.1.5 用于机器人的传感器	(44)
3.1.6 家用设施中使用的传感器	(45)
3.1.7 医疗卫生保健领域使用的主要传感器	(45)
3.2 机械量传感器	(46)
3.2.1 压电传感器	(46)
3.2.2 电感式接近传感器	(49)
3.2.3 光栅位移传感器	(51)
3.3 热工量传感器	(54)
3.3.1 集成温度传感器	(54)
3.3.2 高分子材料湿度传感器	(59)
3.3.3 涡流流量传感器	(61)
3.4 光传感器	(63)
3.4.1 光电式传感器	(63)
3.4.2 红外光传感器	(73)
3.4.3 紫外线传感器	(74)
3.5 其他传感器	(77)
3.5.1 气敏传感器	(77)
3.5.2 超声波传感器	(79)
3.5.3 霍尔传感器	(80)
小结	(82)
习题	(83)

第4章 执行器	(84)
4.1 执行器概述	(84)
4.1.1 执行器应具备的主要技术特征	(84)
4.1.2 执行器的分类及特点	(84)
4.2 气动执行器	(85)
4.2.1 气动执行器的基本结构和工作原理	(85)
4.2.2 气动执行器与计算机的连接	(86)
4.3 电动执行器	(86)
4.3.1 伺服电动机	(86)
4.3.2 步进电机	(88)
4.3.3 调节阀	(90)
4.3.4 电磁阀	(90)
4.3.5 固态继电器	(91)
4.4 液压执行器	(94)
4.5 防火、防爆和手动/自动、无扰动切换	(95)
4.5.1 防爆栅	(95)
4.5.2 手动/自动、无扰动切换	(95)
小结	(97)
习题	(97)
第5章 计算机测量控制系统输入/输出技术	(98)
5.1 模拟量输入通道	(98)
5.1.1 输入信号的处理	(98)
5.1.2 模拟多路开关	(101)
5.1.3 程控增益放大器	(103)
5.1.4 采样和采样定理	(110)
5.1.5 A/D转换器和微处理器的连接	(114)
5.2 模拟量输出通道	(120)
5.2.1 模拟量输出通道的结构形式	(120)
5.2.2 单片 D/A 转换器和 CPU 的连接	(121)
5.2.3 D/A 转换器的输出方式	(124)
5.2.4 D/A 转换模板的通用性	(125)
5.3 开关量输入/输出通道	(126)
5.3.1 数字量输入接口	(127)
5.3.2 数字量输出通道	(128)
小结	(128)
习题	(129)
第6章 数据处理技术	(130)
6.1 数字滤波	(130)
6.1.1 惯性滤波法	(130)
6.1.2 算术平均滤波法	(132)

6.1.3 加权平均滤波法	(133)
6.1.4 中值滤波法	(134)
6.1.5 防脉冲干扰平均值法(复合滤波法)	(134)
6.1.6 滑动平均滤波法	(135)
6.1.7 程序判断滤波法	(136)
6.2 标度变换与线性化处理	(137)
6.2.1 标度变换	(137)
6.2.2 线性化处理	(137)
6.3 查表技术	(141)
6.3.1 顺序查表法	(141)
6.3.2 折半查表法	(142)
6.3.3 计算查表法	(142)
6.4 报警处理	(142)
6.4.1 越限报警处理	(142)
6.4.2 声、光和语音报警	(144)
小结	(148)
习题	(148)
第7章 微机测控系统抗干扰技术	(149)
7.1 干扰的来源和传播途径	(149)
7.1.1 干扰的种类	(149)
7.1.2 干扰传播途径	(150)
7.2 干扰抑制的基本原则	(150)
7.3 干扰抑制技术	(151)
7.3.1 电源系统的抗干扰措施	(151)
7.3.2 接地系统的抗干扰措施	(153)
7.3.3 I/O接口的抗干扰措施	(156)
7.3.4 输入/输出传输线的抗干扰措施	(159)
7.3.5 静电和电磁干扰的抑制	(163)
7.3.6 软件抗干扰措施	(163)
小结	(166)
习题	(166)
第8章 数字PID控制	(167)
8.1 数字PID控制算法	(167)
8.1.1 连续控制系统的PID控制规律	(167)
8.1.2 位置式PID算式	(168)
8.1.3 增量式PID算式	(168)
8.1.4 PID程序设计时应考虑的若干问题	(169)
8.2 积分饱和及其抑制	(170)
8.2.1 积分饱和的原因及其影响	(170)
8.2.2 积分饱和的抑制	(171)

8.3 数字 PID 算法的改进	(173)
8.3.1 实际微分 PID 算式	(173)
8.3.2 带死区的 PID 算式	(175)
8.3.3 给定值突变时的改进算法	(176)
8.3.4 砰砰——PID 复合控制	(176)
8.4 PID 调节器参数的整定与在线修改	(176)
8.4.1 扩充临界比例度法	(177)
8.4.2 PID 参数的在线修改	(178)
小结	(178)
习题	(179)
第 9 章 复杂控制系统	(180)
9.1 串级控制	(180)
9.1.1 串级控制原理及优点	(180)
9.1.2 串级控制系统的确定	(181)
9.2 比值控制	(182)
9.2.1 单闭环比值控制	(182)
9.2.2 双闭环比值控制	(182)
9.2.3 变比值控制系统	(182)
9.2.4 串级比值控制系统	(184)
9.3 前馈控制	(184)
9.3.1 前馈控制是按扰动进行的开环控制	(184)
9.3.2 完全补偿的条件	(185)
9.3.3 前馈-反馈控制系统	(185)
小结	(186)
习题	(186)
第 10 章 可程序控制器	(187)
10.1 PLC 的工作原理与硬件组成	(187)
10.1.1 PLC 的基本组成部件	(187)
10.1.2 可程序控制器的特点	(187)
10.1.3 可程序控制器的应用	(188)
10.1.4 PLC 的工作原理	(189)
10.1.5 PLC 的硬件	(190)
10.2 PLC 的编程语言及软件设计	(191)
10.2.1 梯形图编程语言	(192)
10.2.2 顺序功能图编程	(199)
10.3 可程序控制器控制注塑机	(202)
10.3.1 注塑机的工艺流程	(202)
10.3.2 确定 I/O 点及分配 I/O 地址	(202)
10.3.3 控制系统梯形图	(203)
10.3.4 梯形图指令表	(204)

小结	(205)
习题	(206)
第 11 章 集散系统和 CIMS 系统简介	(207)
11.1 集散系统	(207)
11.1.1 系统的主要特点	(207)
11.1.2 基本组成部件	(208)
11.1.3 DCS 的结构特点	(209)
11.1.4 DCS 的体系结构	(210)
11.1.5 典型 DCS 系统简介	(211)
11.2 计算机集成制造系统(CIMS)简介	(213)
11.2.1 CIMS 追求生产活动的整体优化	(213)
11.2.2 CIMS 的组成	(214)
11.2.3 CIMS 的基础技术	(215)
11.2.4 CIMS 结构	(216)
小结	(219)
习题	(219)
第 12 章 微机测控系统使用的先进单片机	(220)
12.1 PIC 系列单片机	(220)
12.1.1 PIC 单片机的主要特点	(220)
12.1.2 PIC 系列单片机的性能及命名规则	(223)
12.1.3 PIC 单片机的 RISC 指令系统	(230)
12.1.4 PIC 单片机应用系统开发	(232)
12.2 Motorola 系列单片机	(233)
12.2.1 Motorola 系列单片机的性能及命名规则	(233)
12.2.2 Motorola 系列单片机的主要特点	(233)
12.2.3 Motorola 系列单片机的指令系统特点	(244)
12.2.4 Motorola 系列单片机应用系统开发	(246)
小结	(247)
习题	(247)
第 13 章 微机测控系统实例	(248)
13.1 带 LED 显示和 4×4 键盘的 4 通道电压表	(248)
13.1.1 系统硬件电路	(248)
13.1.2 程序框图	(250)
13.1.3 参考程序	(251)
13.2 电饭煲的模糊控制	(261)
13.2.1 烧饭的工艺过程	(261)
13.2.2 硬件电路	(261)
13.2.3 软件设计	(263)
13.3 高档 PLC 电厂输煤程控系统	(265)
13.3.1 系统要求	(265)

13.3.2 PLC 选择 (265)

13.3.3 系统结构 (265)

13.3.4 上位机 (265)

13.3.5 系统组态图 (266)

13.4 数控机床 (267)

13.4.1 车床数字控制器的主要任务 (267)

13.4.2 逐点比较法插补原理 (268)

13.4.3 数字控制中其他一些重要概念 (272)

13.5 锅炉微机控制系统 (274)

13.5.1 锅炉工艺流程简介 (274)

13.5.2 锅炉微机控制的实现 (275)

13.5.3 系统硬件配置 (277)

13.5.4 系统软件 (278)

小结 (280)

习题 (280)

参考文献 (281)

第 1 章 计算机控制系统概述

当前,世界先进工业国家正处在由“工业经济”模式向“信息经济”模式转变时期,技术进步因素在经济增长中占有 70%~80% 的主要作用。“以高新技术为核心,以信息化为手段,提高工业产品的附加值”已经成为现代工业企业自动化的重要发展目标,事实上也是各行各业的重要发展目标。在现代企业的生产管理中,大量的物理量、工艺参数、特性参数需要进行实时检测、监督管理和自动控制。这是现代化生产必不可少的基本手段。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,正在各行各业得到越来越普遍的应用。因此,在我国实现四个现代化的过程中,计算机控制技术起着极其重要的作用。

1.1 自动控制系统的工作原理

1.1.1 自动控制的任務

任何机器、设备或生产过程都必须按照规定的要求运行。例如,要使发电机正常发电,必须使发电机的输出电压保持在额定电压,尽量不受负荷变化和原动机转速波动的影响;要想使退火炉加工出合格的产品,就要使退火炉的温度在不同的时刻达到规定的要求;要想使电冰箱能够冷冻食品,就要使冰室温度达到用户的设定温度,尽量不受环境温度或冰室中冷冻物品数量变化的影响。

在上述例子中,发电机、退火炉、电冰箱都是机器设备;电压、炉温、冰室温度是表征这些机器装备工作状态的物理量;而额定电压、规定的炉温、冰室设定温度就是机器设备在运行过程中对这些状态参量的要求。所谓的自动控制就是在没有人直接参与的前提下,应用控制装置自动地、有目的地控制或操纵机器设备或生产过程,使它们具有一定的状态或性能。所以,如果能够设计出某种装置,能自动地使发电机的输出稳定在额定电压,使退火炉的温度在要求的时间达到规定的温度,使电冰箱的冰室温度降低到用户的设定温度,这些设备就是发电机、退火炉以及电冰箱的自动控制装置。

各种控制装置的具体任务虽然不同,但究其实质却不外乎是对被控对象的某些物理量进行控制,自动保持其应有的规律性。

1.1.2 反馈控制系统的工作原理

首先,通过实例来说明自动控制和自动控制系统的基本概念。

图 1.1 是蒸汽加热器自动控制系统示意图。冷流体从左端流入加热器,被蒸汽加热后的热流体从右端流出供下一道工序使用。图中 TT 是 Temperature Transducer(温度变送器)的首字母缩写,SP 是 Set Point(设定值)的首字母缩写,TC 是 Temperature Controller(温度控制器)的首字母缩写。设该系统已经处在平衡状态,热流体的出口温度已经稳定在设定值。但是在该系统中,有许多因素都会影响出口温度,使出口温度偏离设定值,这些因素称为干扰。现在,假定由于某种原因,输入的冷流体流量突然增加,由于加热蒸汽的流量不可能同时增加,热流体的出口温度必然会降低,温度变送器将该温度值检测出来后送给温度控制器,控制器将其与设定温度 SP 进行

比较,发现出口温度低于设定值,可按照某种事先约定的控制算法计算出调节阀的控制量,使调节阀的开度增大,从而使输入的蒸汽流量增加,使出口温度得以提高。经过一段时间以后,出口温度恢复到设定温度,达到自动控制的目的。该系统的工作过程如图 1.2 所示。

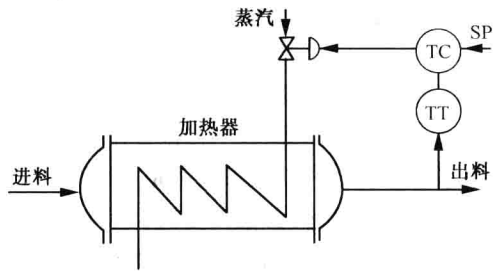


图 1.1 蒸汽加热器自动控制系统示意图

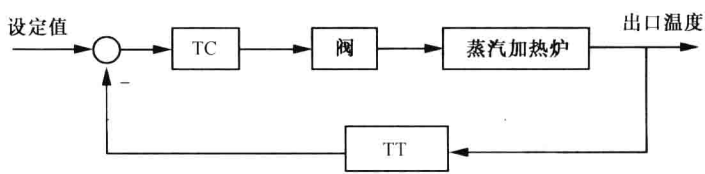


图 1.2 蒸汽加热炉出口温度控制系统方框图

在图 1.2 所示的控制系统中,系统的输出量即加热炉的出口温度,由温度变送器反馈到系统的输入端,由控制器将设定值和反馈信号进行比较,求得实际输出信号和设定值之间的偏差,再根据偏差的大小去调节执行机构,由执行机构的输出(称为操纵变量)去影响被控制量,达到减小或消除偏差的目的,最后使系统又恢复到原先的平衡状态。这种系统的输出量反馈到输入端与设定值进行比较,故称为反馈控制系统。加入了反馈之后,整个系统构成一个闭合回路,所以反馈控制系统又称为闭环控制系统。加入反馈的目的是为了检测偏差,而控制器的作用是纠正偏差,所以反馈控制系统的工作原理就是检测偏差和纠正偏差。

1.1.3 反馈控制系统的组成

尽管控制系统由不同元件组成,系统的功能亦不一样,但大多数都采用了负反馈工作原理。相同的工作原理决定了它们必然有类似的结构,例如它们都含有检测装置、比较器、放大装置和执行装置等。

一般来说,一个闭环控制系统由以下基本元件或装置组成:

- ① 被控对象 自动控制系统需要进行控制的机器、设备或生产过程。
- ② 被控制量 被控对象内要求实现自动控制的物理量。
- ③ 检测元件 对系统输出量进行测量的装置。
- ④ 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。
- ⑤ 放大元件 对微弱偏差信号进行放大,使之可输出足够的功率。
- ⑥ 控制器 或称校正装置,将偏差信号进行比例、积分、微分等控制运算的器件,产生控制信号操纵执行元件,用于改善系统的性能。
- ⑦ 执行元件 根据控制器的命令,改变操纵变量的大小,使被控制的输出量与给定值一致。

典型的自动控制系统的基本组成可用图 1.3 表示,“-”号表示两个量相减,即负反馈。

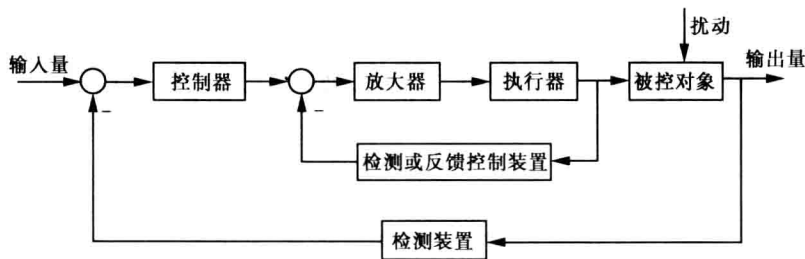


图 1.3 自动控制系统的基本组成

信号从输入端沿箭头方向到达输出端的传输通路称为前向通路;系统输出量由检测装置反馈到输入端的传输通路称为反馈通路;前向通路与反馈通路一起构成外闭环,称为主回路。此外还有局部反馈及由它构成的内闭环。有两个以上反馈通路的系统称为多闭环系统。

一般说来,控制系统都有有用信号和扰动,它们都作为系统的输入信号。系统的有用信号决定系统的输出量的变化规律;而扰动是系统不希望的外作用,它破坏有用信号对系统输出量的控制。但在实际系统中,扰动是不可避免的,如电源电压波动、工件数量变化和负载大小等都是实际存在的扰动。系统的输入信号一般是指有用信号。

1.1.4 自动控制系统的类型

反馈控制系统中的输入量如果恒定不变,此类反馈控制系统称为定值控制系统。如给定量按已知规律变化,该系统仍称为定值控制系统。在有的控制系统中给定量的变化不为人们所预知,但仍要求系统输出量能迅速地跟随给定量的变化。最典型的例子为火炮控制系统,它必须能迅速跟随敌机的行踪,而敌机运动的规律是不可能预先知道的。这类系统既要迅速跟随给定量的变化,又要克服扰动量对系统的影响,称为随动系统。显然,设计或分析随动系统要比定值系统要求高得多,但所用的基本理论几乎一样。

如果设定信号 $r(t)$ 的变化规律为已知函数,即事先确定的程序,则称这类控制系统为程序控制系统。以数字程序控制机床为例,如图 1.4 所示。

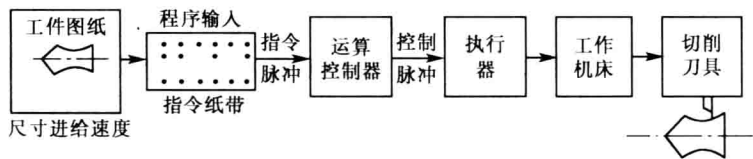


图 1.4 数字程序控制机床示意图

数字控制,是用数字量来控制机器部件运动的一种控制。在数字控制中,执行机构的运动可由数字控制器输出的二进制信息来控制。图 1.4 是开环控制系统,它是由程序输入设备、运算控制器和执行器所组成的,程序输入设备的作用是根据加工图纸的要求选定加工过程,编制程序指令送入运算控制器,运算控制器完成对指令脉冲的寄存、交换和计算,并输出控制脉冲给执行器,执行器再将运算控制器送来的电脉冲信号变成驱动机床的运动,完成程序指令的要求。执行器可以选用步进电动机。

数字程序控制机床的控制系统也可以是闭环系统,如图 1.5 所示。在闭环系统中执行器

为电动机,变换放大器将控制脉冲变换成能对电动机进行控制的电压,于是电动机驱动切削刀具,按图纸要求进行加工。

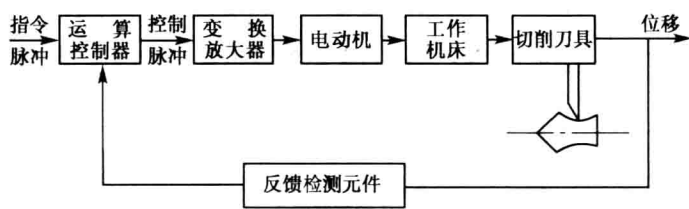


图 1.5 闭环数字程序控制机床

1.2 对控制系统的基本要求

控制系统在没有受到外作用时,总是处在一个稳定的平衡状态,系统的输出亦保持其原来状态,当系统受到外作用时,其输出必将发生相应的变化。在实际系统中电路中存在储能元件电感 L、电容 C,在机械系统中存在机械惯量,并且受到电源电压或功率的限制,因此输出量不能按照希望的规律迅速到达,而要有一个过渡过程。当外作用信号不同时,其过渡过程也不同。在理想状态下,输出量应完全复现输入信号,但由于系统结构及其他因素,系统稳定时,给定量与系统反馈量之间会出现误差,称为稳态误差,它是衡量控制系统稳态控制精度的指标。

1.2.1 控制系统的典型外作用函数

为了对各种控制系统的性能进行统一评价,通常选定几种典型的外作用形式。目前在工程设计中常用的典型外作用函数有阶跃函数、斜坡函数、抛物线函数及脉冲函数等。

1. 阶跃函数

阶跃函数的数学表达式为

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ R & t \geq 0 \end{cases} \quad (1.1)$$

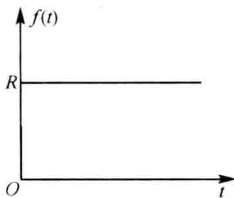


图 1.6 阶跃函数

式(1.1)表示在 $t=0$ 时,出现幅值为 R 的阶跃函数,如图 1.6 所示。当 $R=1$ 时称为单位阶跃函数,它是控制系统中应用得最多的一种评价系统动态性能指标的典型输入。例如轧钢机电力拖动中钢坯被送入轧辊间的瞬间,或突然接通给定电源,或突然增加加热蒸汽流量等都可认为是阶跃函数作用于系统。

2. 斜坡函数

斜坡函数的数学表达式为

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ Rt & t \geq 0 \end{cases} \quad (1.2)$$

式(1.2)表示斜坡函数是从 $t=0$ 时刻开始随时间以恒定速率 R 增长的函数,如图 1.7 所示。