

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

电 气 、 自 动 化 、 应 用 电 子 技 术 系 列

21

自动控制原理

张 岳 白 霞 孔晓红 编著

清华大学出版社



21 世纪高职高专规划教材

电气、自动化、应用电子技术系列

自动控制原理

张岳 白霞 孔晓红 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要分为经典控制理论和现代控制理论两部分,以经典控制理论为主,内容包括控制系统的基本概念、控制系统的数学模型、时域分析法、频率特性法、控制系统的校正和设计、采样控制系统、状态空间法。

本书注重自动控制原理与工程实践相结合,基本原理与方法阐述透彻,层次分明,篇幅简练,且每章附有小结和习题,使本书更具有可教学性和可自学性。

本书适合作为高职高专工业电气自动化专业及其他相近专业的教材,也可供从事自动控制方面工作的工程技术人员参考使用。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理/张岳,白霞,孔晓红编著. —北京:清华大学出版社,2005.8

(21世纪高职高专规划教材.电气、自动化、应用电子技术系列)

ISBN 7-302-11325-4

I. 自… II. ①张… ②白… ③孔… III. 自动控制理论—高等学校:技术学校—教材 IV. TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 075049 号

出 版 者:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

责任编辑:刘 青

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:11.75 字数:238千字

版 次:2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-11325-4/TP·7459

印 数:1~4000

定 价:16.00元

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来源于教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富教学经验和多年实践经历的教师共同组成,建立“双师

型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

• 服务类

旅游系列

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量的教材。

高职高专教育教材编审委员会

前 言

自动控制原理

本书是依据高职高专对自动控制原理课程的要求,结合高职高专教育培养目标编写的。在编写过程中,充分考虑到高职高专教学时数少(计划 60 学时左右),而自动控制原理内容丰富的特点,以及目前高职高专学生的知识水平和能力结构的现状,力求做到理论知识“少而精,够用为度”,注重培养学生解决实际问题的能力。为了方便教学,每章均安排有小结和一定数量的习题。

教学实验在自动控制原理中占有重要的地位,本教材后附有“教学实验”部分,以供选用。

由于 MATLAB 软件是目前比较流行的仿真软件,本教材在附录中简单介绍了有关 MATLAB 软件的基础知识,以便读者能够初步掌握该软件在自动控制原理中的应用。

为了提倡“双语”教学,本教材后附有自动控制原理课程中常见的专业英语词汇表。

参加本书编写的人员有辽宁科技学院张岳(第 1~4 章,以及附录),辽宁科技学院白霞(第 5~7 章),河南科技学院孔晓红(教学实验)。全书由张岳担任主编。在编写过程中,借鉴了一些兄弟院校教材的部分内容,在此表示由衷的感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在不足和疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2005 年 8 月

目 录

自动控制原理

第 1 章 控制系统的基本概念	1
1.1 控制系统的发展历史	1
1.2 控制系统的基本类型	3
1.2.1 恒值控制系统和随动控制系统	3
1.2.2 线性控制系统和非线性控制系统	3
1.2.3 连续控制系统和采样控制系统	4
1.2.4 开环控制系统和闭环控制系统	5
1.3 控制系统的基本要求	6
小结	7
习题	8
第 2 章 控制系统的数学模型	10
2.1 建立动态微分方程的一般方法	10
2.2 传递函数	12
2.2.1 传递函数的基本概念	13
2.2.2 典型环节及其传递函数	15
2.3 系统的动态结构图	18
2.3.1 结构图的构成	18
2.3.2 控制系统的传递函数	19
2.4 结构图的等效变换	22
2.4.1 串联环节的等效变换	22
2.4.2 并联环节的等效变换	23
2.4.3 反馈环节的等效变换	24
2.4.4 结构图的等效变换法则	26

2.4.5 系统结构图等效变换举例	27
小结	29
习题	29
第3章 时域分析法	33
3.1 典型输入信号及时域性能指标	33
3.1.1 典型输入信号	33
3.1.2 输入量为单位阶跃函数的系统暂态性能指标	35
3.2 控制系统的稳定性	35
3.2.1 线性系统稳定性的概念	35
3.2.2 劳斯判据	36
3.3 一阶系统的阶跃响应	39
3.3.1 一阶系统的数学模型	39
3.3.2 一阶系统的暂态响应	40
3.3.3 一阶系统的暂态性能指标	40
3.3.4 三种典型输入信号响应之间的关系	41
3.4 二阶系统的阶跃响应	42
3.4.1 二阶系统的数学模型	42
3.4.2 二阶系统的暂态响应	43
3.4.3 二阶系统的暂态性能指标	45
3.4.4 高阶系统与闭环主导极点	49
3.5 系统的稳态误差分析	49
3.5.1 误差与稳态误差	49
3.5.2 在典型输入信号作用下的稳态误差	50
3.5.3 扰动信号作用下的稳态误差	54
3.5.4 减少稳态误差的措施	56
小结	56
习题	56
第4章 频率特性法	60
4.1 频率特性的基本概念	60
4.1.1 频率特性的定义	60
4.1.2 频率特性的描述方式	61
4.2 典型环节的频率特性	62

4.2.1	放大(比例)环节	62
4.2.2	积分环节	63
4.2.3	微分环节	64
4.2.4	惯性环节(一阶系统)	65
4.2.5	二阶振荡环节(二阶系统)	67
4.2.6	延迟环节	69
4.3	开环频率特性的绘制	70
4.3.1	幅相频率特性曲线的绘制	70
4.3.2	对数频率特性曲线的绘制	73
4.4	稳定性判据	77
4.4.1	奈奎斯特稳定判据	77
4.4.2	控制系统的相对稳定性	79
4.5	开环频率特性与性能指标	81
4.5.1	开环频率特性与系统性能	81
4.5.2	开环频率特性与系统暂态性能指标	83
小结		85
习题		85
第5章	系统的校正与设计	89
5.1	系统校正的概念	89
5.2	几种基本控制规律	90
5.2.1	比例控制(P控制)	90
5.2.2	比例微分控制(PD控制)	90
5.2.3	比例积分控制(PI控制)	91
5.2.4	比例积分微分控制(PID控制)	91
5.3	常用校正装置与特性	91
5.3.1	超前校正装置	91
5.3.2	滞后校正装置	92
5.3.3	滞后-超前校正装置	93
5.4	常用的校正方法及校正装置的设计	94
5.4.1	串联校正	94
5.4.2	反馈校正	100
5.4.3	复合校正	102
5.5	常用的工程设计方法	103

5.5.1 几种常见的近似处理	103
5.5.2 二阶工程设计	104
5.5.3 三阶工程设计	106
小结	107
习题	107
第6章 采样控制系统	109
6.1 采样控制系统的基本概念	109
6.1.1 采样脉冲控制系统	109
6.1.2 数字控制系统	110
6.2 信号的采样和保持	110
6.2.1 信号的采样	110
6.2.2 信号的保持	112
6.3 z 变换	113
6.3.1 z 变换的定义	114
6.3.2 z 变换的求取	114
6.3.3 z 变换的基本定理	117
6.3.4 z 反变换	118
6.4 采样系统的传递函数	119
6.4.1 脉冲传递函数的基本概念	119
6.4.2 开环系统(或环节)的脉冲传递函数	120
6.4.3 闭环采样系统的脉冲传递函数	121
6.5 采样系统的稳定性与稳态误差	124
6.5.1 采样系统的稳定性	124
6.5.2 采样系统的稳态误差	126
小结	128
习题	128
第7章 状态空间法	130
7.1 状态空间法的基本概念	130
7.1.1 基本术语	130
7.1.2 状态空间法的建立	132
7.1.3 状态空间法的特点	134
7.2 状态空间法的表达方式	134

7.2.1	一般时域描述转换为状态空间描述	135
7.2.2	系统的频域描述化为状态空间描述	136
7.2.3	依据状态变量图列写状态空间表达式	139
7.2.4	传递函数的状态空间最小实现问题	141
7.2.5	由状态空间表达式到传递函数矩阵的转换	142
7.3	系统的能控性和可观测性	142
7.3.1	能控性和可观测性的概念	143
7.3.2	线性定常单输入单输出系统的能控性判据	143
7.3.3	线性定常系统的可观测性判据	145
7.3.4	对偶原理	149
7.3.5	能控标准型和可观测标准型	149
7.4	状态反馈与极点配置	150
7.4.1	单输入单输出系统的状态反馈和输出反馈	150
7.4.2	极点配置法	152
小结		154
习题		154
教学实验		157
实验 1	控制系统的数学模型仿真	158
实验 2	控制系统的时域分析	158
实验 3	控制系统的频域分析	160
附录 A	拉普拉斯变换	162
附录 B	MATLAB 基础知识简介	164
B.1	MATLAB 的开发环境	164
B.2	MATLAB 的基本知识	165
B.3	部分 MATLAB 函数说明	167
附录 C	常用中英文对照表	171
参考文献		175

控制系统的基本概念

1.1 控制系统的发展历史

自动控制与许多现代科技领域有着密不可分的联系,它已经成为现代社会活动中不可缺少的重要组成部分。什么是自动控制?自动控制就是指在没有人直接参与的情况下,利用控制装置(称为控制器)使机器设备或生产过程(称为被控对象)的某种工作状态或某参数(称为被控量,或称为输出量)按照预先设定的规律(称为参考输入或输入量)自动地运行。例如,人造地球卫星能够准确地进入预定轨道运行并且准确回收,宇宙飞船能够准确地降落在月球上并且安全返回,数控机床能够按照预先编制的程序自动地切割工件等都是自动控制水平发展的结果。

实现自动控制的理论称为自动控制理论。所谓自动控制理论,就是研究自动控制共同规律的技术科学。从自动控制理论发展的历程看,大致可分为以下三个阶段。

1. 经典控制理论阶段(20 世纪 40~60 年代)

自动控制理论有着悠久的发展历史。早在三千多年前,中国人就发明了自动计时的“铜壶滴漏”装置;公元 132 年,东汉人张衡发明了世界上第一台自动测量地震的“地动仪”。

18 世纪欧洲产业革命的兴起,加快了经典控制理论和技术的产生与发展。1765 年俄国人波尔祖诺夫发明了最早的、具有历史意义的反馈系统——蒸汽机锅炉水位调节器;1784 年英国人瓦特发明了蒸汽机离心式调速器。在大机器时代,如何判定及设计稳定、可靠的调节器成为当时的主要研究课题。1872 年劳斯和 1890 年赫尔维茨先后提出了线性系统稳定性的代数判据,1892 年李雅普诺夫提出了非线性系统的稳定性判据,从而总结和发展的经典时域分析法;1932 年奈奎斯特发表了反馈放大器稳定性的著名论文,给出了在频域内系统稳定性的判据;1940 年伯德又进一步提出了简便、实用的频域响应的

对数坐标图,1945年伯德写了“网络分析和反馈放大器设计”一文,奠定了经典控制理论的基础。50年代是经典控制理论发展和成熟的阶段。

经典控制理论的内容主要包括频率法(拉普拉斯变换及 z 变换)、根轨迹法、相平面法、描述函数法、稳定性的代数判据和几何判据、校正网络等。经典控制理论较好地解决了单输入单输出自动控制系统存在的问题。与此同时,自动控制系统不断由线性控制向非线性控制发展,由定常系数控制向时变系数控制发展,由连续控制向采样控制发展,由分散控制向集中控制发展,由反馈控制向前馈控制、最优控制发展。

2. 现代控制理论阶段(20世纪60~70年代)

随着空间技术和电子计算机的快速发展,促进了现代控制理论和技术的产生与发展。50年代初期,空间技术的发展迫切需要对多输入多输出、高精度参数的时变系统进行设计和分析。当时,对于像这类控制系统都是经典控制理论无法解决的。于是,出现了把高阶常微分方程转化为一阶微分方程组的方法来描述系统的动态过程,即“状态空间法”,这一新的自动控制理论就是现代控制理论。1954年贝尔曼提出了动态规划理论,1956年庞特里亚金提出了极大值原理,1960年卡尔曼发表了“控制系统的一般理论”,1961年卡尔曼又与布西合作发表了“线性滤波和预测问题的新结果”,这一切奠定了现代控制理论的基础。70年代初期,奥斯特隆姆和郎道在自适应控制理论和应用方面作出了贡献。

现代控制理论的内容主要包括状态空间法、系统辨识、最佳估计、最优控制。现代控制理论基本上解决了多输入多输出自动控制系统的问题,系统既可以是线性的、定常的,也可以是非线性的、时变的。现代控制理论不但很好地应用于航空航天及军事等领域,而且还在工业生产过程中逐步发挥作用。

3. 大系统理论与智能控制理论阶段(20世纪70年代至今)

70年代末,控制理论从广度和深度上向“大系统理论”和“智能控制理论”方向发展。所谓大系统理论是以过程控制和信息处理为理论基础,研究规模庞大、结构复杂的多输入多输出控制系统。大系统理论的主要内容包括自适应控制、鲁棒控制、预测控制、现代频域控制等,应用于生产过程、空间技术、交通运输、环境保护等大型系统以及社会科学领域。目前,大系统理论仍然处于研究和发展中。

所谓智能控制理论是研究和模拟人类思维方式及其控制与信息传递过程的规律,应用于具有仿人智能的工程控制与信息处理系统,例如智能机器人。60年代初期,Smith提出采用性能模式识别器来学习最优控制法以解决复杂系统的控制问题;1965年Zadeh创立模糊集合论,为解决复杂系统的控制问题提供了强有力的数学工具;1966年Mendel提出了“人工智能控制”概念;1967年Leondes和Mendel正式使用“智能控制”,标志着智能控制思想已经形成。70年代初期,傅京孙、Gloriso和Saridis提出了分级递阶智能控

制,并成功地应用于核反应、城市交通等控制领域;70年代中后期,Mamdani 创立基于模糊语言描述控制规则的模糊控制器,并成功用于工业工程控制。80年代以来,专家系统、神经网络理论及应用对智能控制起着促进作用。智能控制的主要内容包括专家系统、神经网络、模糊控制等。随着科学技术的不断发展,智能控制理论还会不断丰富和发展。

1.2 控制系统的基本类型

随着自动化技术和自动控制理论的发展,自动控制系统也日益复杂和日趋完善,涌现出各种类型的自动控制系统。下面就从不同的角度,阐述几个常见的自动控制系统的基本类型以及它们的主要特点。

1.2.1 恒值控制系统和随动控制系统

按给定量的变化规律来划分,控制系统分为恒值控制系统和随动控制系统。

1. 恒值控制系统

恒值控制系统又称镇定系统或自动调节系统,这种类型的系统是以给定量恒定不变为主要特点,其基本任务就是保证系统在任何扰动信号作用下,系统的被控量保持恒定,如以温度、压力、速度为参变量的控制系统大多数都属于恒值控制系统。

2. 随动控制系统

这种类型的系统是以给定量随着时间任意变化为主要特点,其基本任务就是保证被控量以一定的精度跟踪(复现)给定量的变化。如位置随动系统、导弹发射架的控制、程控机床等都属于随动控制系统。

1.2.2 线性控制系统和非线性控制系统

按组成系统主要元件的性能来划分,控制系统分为线性控制系统和非线性控制系统。

1. 线性控制系统

它是由线性元件组成的控制系统,采用线性微分方程或差分方程来描述系统的状态和性能。如果方程的系数是常数,也称为线性定常系统,线性定常系统是经典控制理论中最常用来描述系统状态和性能的数学模型。线性控制系统的主要特点就是具有齐次性和叠加性,而且系统的响应与初始状态无关。

2. 非线性控制系统

系统中含有一个或多个非线性元件,采用非线性微分(差分)方程来描述系统。其特点就是具有非齐次性和非叠加性,而且系统的响应与初始状态有关系。如含有像放大器

和电磁元件这类具有饱和特性元件的控制系统就属于非线性控制系统。

1.2.3 连续控制系统和采样控制系统

按系统中的信号是否随着时间进行连续变化来划分,系统分为连续控制系统和采样控制系统。

1. 连续控制系统

系统中各部分的信号都是时间的连续变化函数,常采用线性微分方程、拉普拉斯变换、传递函数、频率特性对系统进行数学描述和性能分析。目前,大多数闭环控制系统都属于连续控制系统,如常规 PID 仪表控制器。

2. 采样控制系统

系统中某一处或多处的信号是以脉冲序列或数码形式进行传递的,其主要特点是将连续时间函数 $e(t)$ 通过脉冲开关或采样开关变为离散的脉冲序列 $e^*(t)$ 。采样控制系统常用差分方程、 z 变换、脉冲传递函数、频率特性对系统进行数学描述和性能分析。

对于离散信号取脉冲形式的系统称为采样脉冲控制系统,如图 1-1 所示。如果采用数字计算机或数字控制器将连续形式的信号转变为数码形式的系统,称为采样数字控制系统。图 1-2 所示为典型的采样数字控制系统。由于计算机的输入量 $e^*(t)$ 和输出量 $u^*(t)$ 是数字量,所以要在计算机的前和后分别加入模数转换装置 A/D 和数模转换装置 D/A。工业计算机控制系统就属于典型的采样数字控制系统。

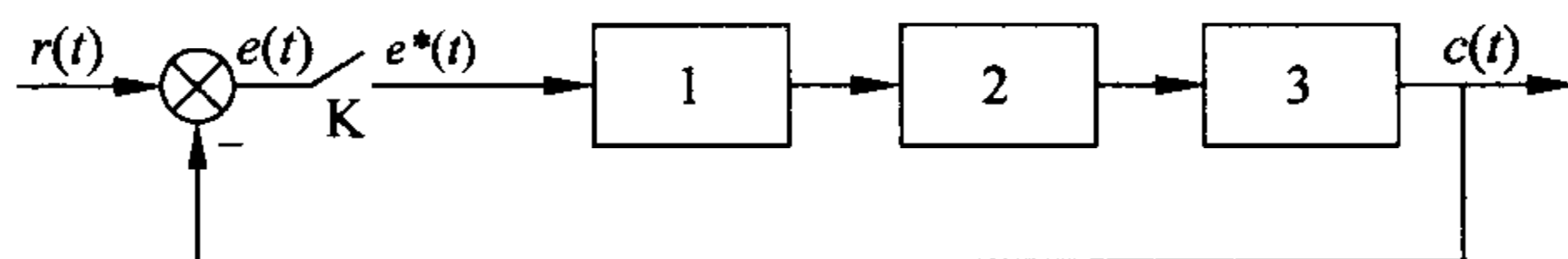


图 1-1 脉冲控制系统

1—脉冲控制器；2—数据保持器；3—控制对象

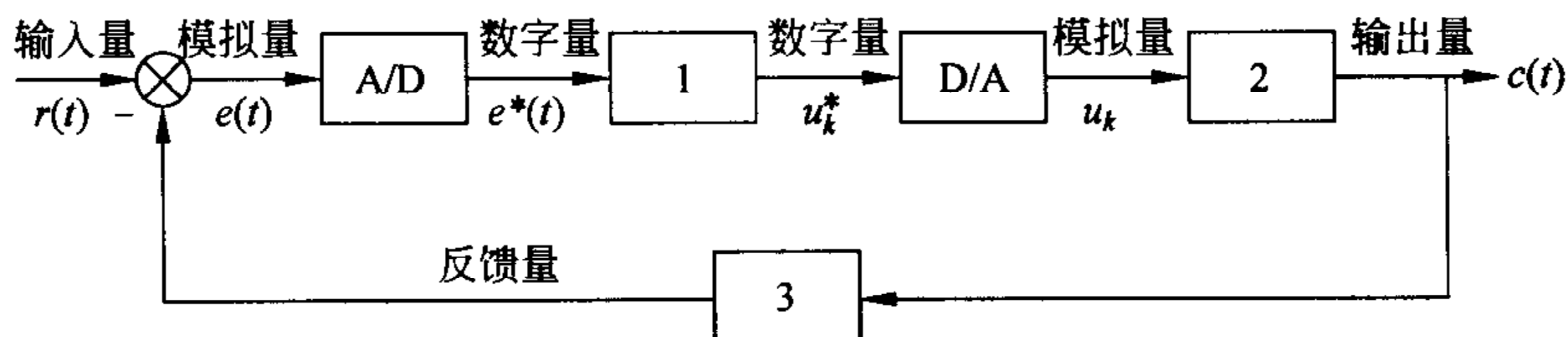


图 1-2 采样数字控制系统

1—计算机；2—控制对象；3—检测装置；A/D—模数转换；D/A—数模转换

1.2.4 开环控制系统和闭环控制系统

按控制方式划分,控制系统分为开环控制系统和闭环控制系统。

1. 开环控制系统

它是指组成系统的控制装置与被控对象之间的信号是单向传递的。其特点是系统的输出量对系统的输入量不产生影响,由于不需要对输出量进行测量,所以,这种类型的控制系统很容易实现。其缺点是一旦遇到各种干扰后,系统就无法实现正常控制,因此,这种类型系统的控制精度很难保证。如图 1-3 所示的直流电动机速度控制系统,就是一个开环控制系统的例子,图 1-4 表示了直流电动机速度开环控制系统的输入量与输出量之间的关系。又如包装机等自动化流水线、传统的交通红绿灯控制系统等也都属于开环控制系统。

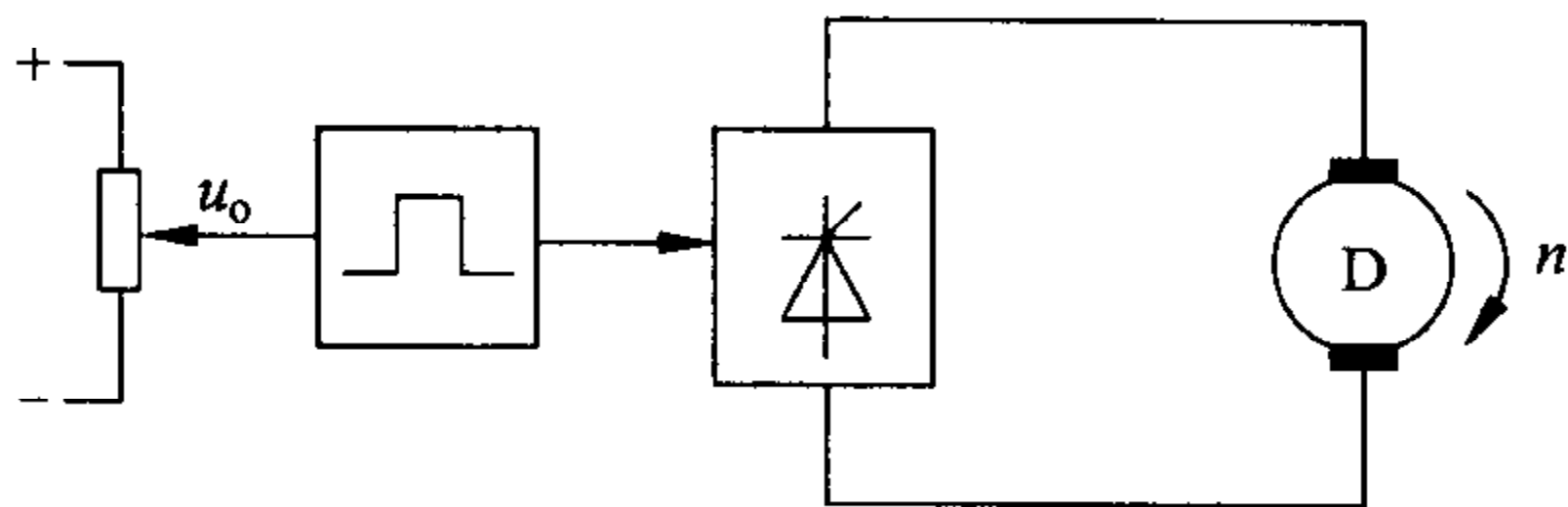


图 1-3 电动机速度控制系统

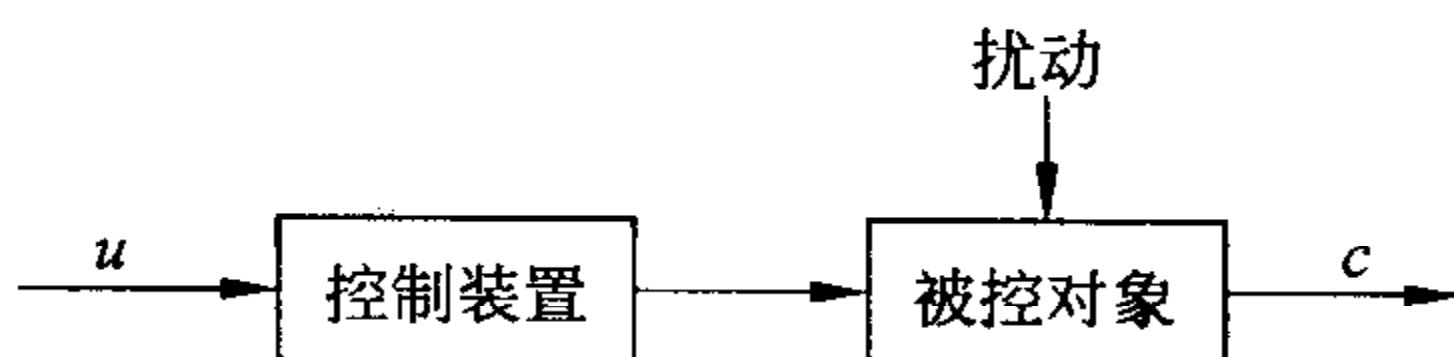


图 1-4 开环控制系统示意图

2. 闭环控制系统

指控制装置与被控对象之间既有向前信号传递,又有信号反向联系的控制系統,它是将测量到的输出量反馈到输入端形成闭合环路,与输入量进行比较,得到偏差信号来产生控制作用,达到消除或减小偏差的目的。这一控制过程的原理称为反馈原理,由于这个反馈作用能使输出量按照相反方向变化,如果经过反馈使系统的偏差增大,即正反馈,就达不到自动控制的目的,所以,一般闭环控制系统都采用负反馈。闭环控制系统能补偿、抵抗干扰信号对系统的影响,提高系统的精度。但同时需要考虑到系统的稳定性。图 1-5 所示为闭环控制系统的一个例子。目前,闭环控制系统已经得到普遍应用,如加热炉的炉温控制、轧机的速度控制和位置控制等都属于闭环控制系统。

一个典型的闭环控制系统一般由以下几部分组成:

- (1) 控制对象:指要进行控制的设备或过程。所要控制的某个物理量或某种状态,就叫做系统的输出量或被控量。
- (2) 执行装置:一般由传动机构和调节机构组成,直接作用于控制对象,使被控量达到所要求的数值。
- (3) 检测装置:用于检测被控量,并将其转变为与给定量相同的物理量。
- (4) 比较装置:将检测到的反馈量与给定量进行比较,确定两者之间的偏差量。

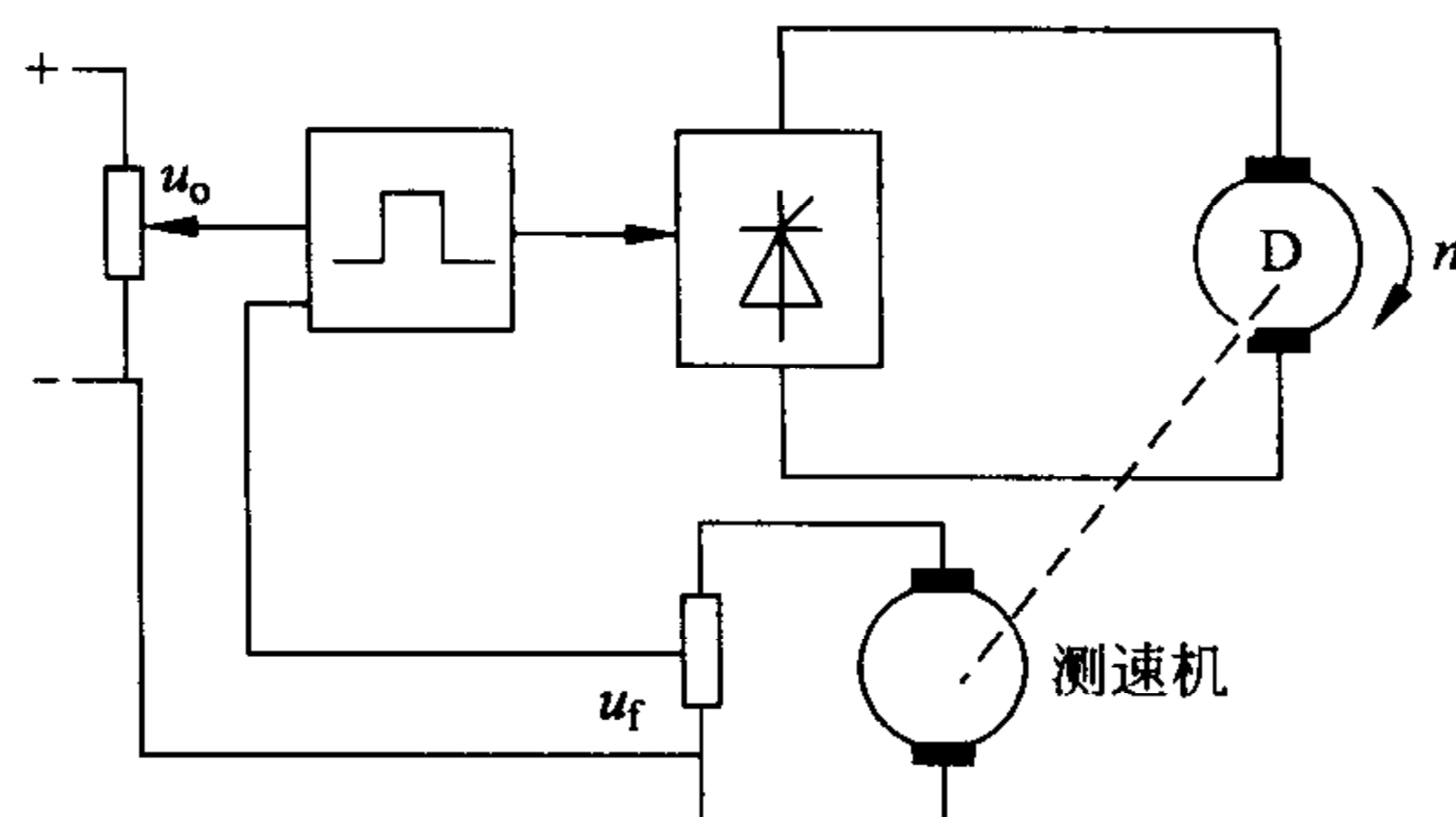


图 1-5 闭环速度控制系统

(5) 校正装置：为改善系统特性而附加的装置；通过某种规律对偏差量进行运算，用运算的结果去控制执行装置，以达到改善被控量的稳态和暂态性能的目的。

(6) 放大装置：一般由放大器件组成，将偏差量放大、变换成适合执行装置作用的信号。

其中，比较装置、放大装置、校正装置统称为控制装置。图 1-6 就是一个典型闭环控制系统的示意图。

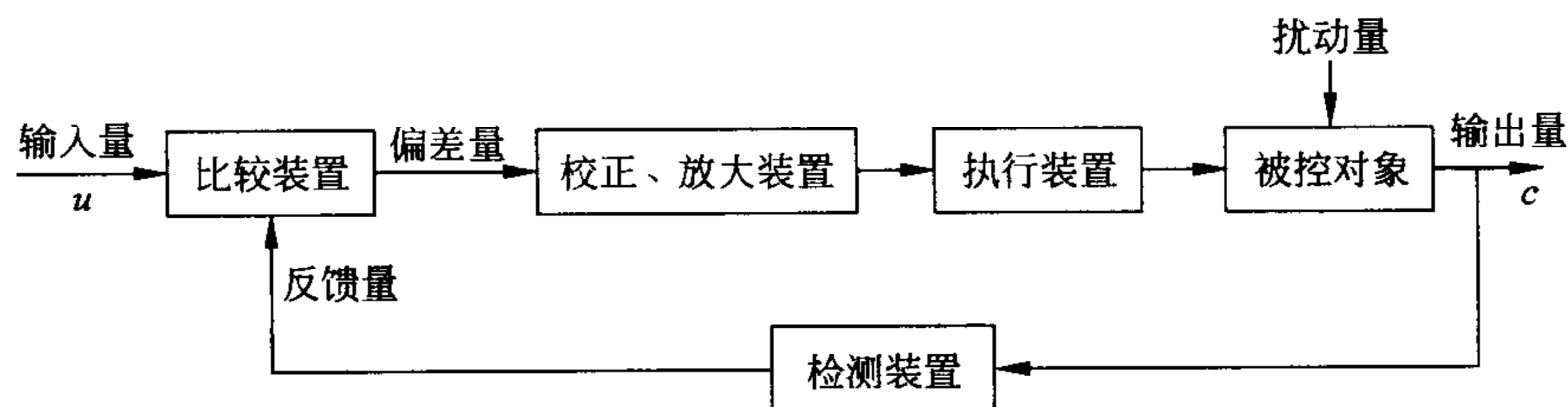


图 1-6 闭环控制系统示意图

在有些系统中，还可以将开环控制系统和闭环控制系统结合在一起，构成复合控制系统，它是在闭环控制系统的基础上增加一个干扰信号的补偿控制，以提高控制系统的抗干扰能力，但它只适用于干扰量是可以测量的场合。

自动控制系统的分类方法还有许多，在此不一一赘述。本书中，将重点研究和分析恒值、线性、连续的闭环控制系统的理论和方法。

1.3 控制系统的基本要求

虽然控制系统有许许多多的划分方法，而且每种类型的控制系统又可能有各自不同的要求，但是，它们都有一个共同的基本要求，就是稳定性、快速性和准确性。