



高等学校机电工程类“十二五”规划教材

自动控制原理

主编 王春侠



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机电工程类“十二五”规划教材

自动控制原理

主 编 王春侠

副主编 胡 波 吴艳杰

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书深入浅出地介绍了分析与设计反馈控制系统的经典控制原理,着重阐明基本概念、基本理论、基本方法和工程背景。全书共8章,内容包括自动控制的基本概念、控制系统的数学模型、线性系统的时域分析法、线性系统的根轨迹分析法、控制系统的频域分析法、线性系统的频域校正法、线性离散系统的分析与校正、非线性控制系统分析等。本书选材合理,重点突出,不仅在第一章简介了Matlab软件和基于Matlab的Simulink软件,而且在后续各章介绍了一些Matlab对控制系统进行计算机辅助分析与设计的应用实例,部分章中还给出了背景链接。书中提供了一定数量的例题和习题,以帮助读者加强对基本概念的理解和对基本理论的应用。

本书可作为一般工科院校自动化、电气工程、测控与仪表技术、计算机及应用、电子工程等专业的本科教材或主要参考书,也可供从事控制理论研究和控制工程应用的各专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理/王春侠主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2013.8

高等学校机电工程类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3071-7

I. ① 自… II. ① 王… III. ① 自动控制理论—高等学校—教材 IV. ① TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 160317 号

策 划 秦志峰

责任编辑 秦志峰 曹 锦

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 23

字 数 551千字

印 数 1~3000册

定 价 40.00元

ISBN 978-7-5606-3071-7/TP

XDUP 3363001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

为了满足高等学校教材内容专业面宽、授课时数少的要求，我们编写了这本适用于工科大学多种学科的“自动控制原理”课程的教材。

本教材的特点是：

1. 论述深入浅出，注重概念和方法，理论联系实际，涵盖了经典控制理论所有的知识点内容。

2. 在每章的开始给出教学目的与要求（知识结构、重、难点），让学生明白要学什么，学到什么程度；为什么要学。

3. 在背景链接中介绍相关主题，当其内容较多时给出相关网址以扩展纸质教材的内容，为教材的立体化打下基础。

4. 充分利用计算机辅助软件减轻计算负担，提高绘图精度。如在第四章编排了“利用 Matlab 绘制根轨迹”一节，在第五章编排了“利用 Matlab 绘制闭环系统的频率特性”的内容。另外，在各章中均编排了相关的 Matlab 分析或设计应用实例，一方面完善了分析方法，另一方面更有利于读者完成作业和上机练习。

全书共分八章，内容安排如下：第一章介绍有关自动控制系统的基本概念；第二章讨论线性定常系统的数学模型及其求取方法；第三章介绍线性定常系统的时域分析方法，重点讨论典型一、二阶系统动态性能指标的计算，系统参数与动态性能之间的关系，高阶系统的分析方法及系统稳定性的判定和稳态误差及其计算等有关问题；第四章介绍系统的根轨迹分析方法，重点介绍系统根轨迹图的绘制、系统性能的定性分析和根轨迹图的改造；第五章介绍系统的频率域分析方法，重点讨论频率域分析法的基本原理、系统开环频率特性的绘制以及在频率特性图中进行系统稳定性分析和性能计算的方法；第六章讨论线性系统的频域校正法；第七章介绍线性离散系统分析与校正的内容；第八章介绍非线性控制系统的特点及用描述函数法和相平面法分析的方法。

本书由陕西理工学院的王春侠担任主编，负责书稿的大纲拟订和全书的统稿工作，陕西理工学院的胡波和西安工程大学的吴艳杰担任副主编。本书第一、五、七、八章及附录由王春侠编写；第二、三、六章由胡波编写；第四章由吴艳杰编写。

在本书的编写过程中，参考和吸收了国内兄弟院校和近几年出版的国外相关书籍的部分内容，在选材上注重近几年国内外该研究领域的变化趋势。本书的出版得到了陕西理工学院教务处、电气工程学院以及自动化系等单位有关同志的鼓励及支持，常熟理工学院的谢启老师对书稿提出了不少宝贵的修改意见，在此谨致衷心的感谢！

限于编者的水平，特别是编写时间仓促，书中可能存在不妥之处，恳请广大读者和同行提出宝贵意见。

编 者

2013 年 1 月

目 录

第一章 自动控制的基本概念	1
1.1 自动控制的含义	1
1.2 自动控制的基本方式及其示例	4
1.3 自动控制系统的类型	16
1.4 自动控制系统的性能指标	17
1.5 自动控制系统的计算机辅助分析与设计工具	20
第二章 控制系统的数学模型	25
2.1 控制系统的时间域数学模型	25
2.2 控制系统的复数域数学模型	31
2.3 控制系统的结构与信号流图	34
2.4 Matlab 应用实例	49
习题	52
第三章 线性系统的时域分析法	56
3.1 线性系统的时域性能指标	56
3.2 线性系统的动态性能分析	58
3.3 线性系统的稳定性分析	73
3.4 线性系统的稳态误差计算	79
3.5 Matlab 应用实例	95
习题	99
第四章 线性系统的根轨迹分析法	103
4.1 根轨迹法的基本概念	103
4.2 绘制根轨迹的基本法则	107
4.3 广义根轨迹	119
4.4 利用 Matlab 绘制根轨迹	125
4.5 利用根轨迹分析系统性能	129
习题	141
第五章 控制系统的频域分析法	145
5.1 频率特性	145
5.2 典型环节与开环系统的频率特性	151
5.3 频域稳定判据	169
5.4 稳定裕度	177
5.5 用频率法分析闭环系统的时域性能	180
5.6 Matlab 应用实例	189

习题	195
第六章 线性系统的频域校正法	199
6.1 系统的设计与校正问题	199
6.2 常用校正装置及其频率特性	206
6.3 串联校正	214
6.4 反馈校正	228
6.5 复合校正	233
6.6 Matlab 应用实例	237
习题	240
第七章 线性离散系统的分析与校正	244
7.1 离散系统的基本概念	244
7.2 信号采样与保持	250
7.3 z 变换理论	258
7.4 线性离散系统的数学模型	268
7.5 离散系统的性能分析	277
7.6 离散系统的数字校正	292
7.7 Matlab 应用实例	301
习题	308
第八章 非线性控制系统分析	312
8.1 非线性系统的基本概念	312
8.2 描述函数法	316
8.3 相平面法	329
8.4 Matlab 应用实例	343
习题	350
附录 Laplace 变换	356
参考文献	362

第一章 自动控制的基本概念

教学目的与要求：了解自动控制的基本概念和自动控制理论的发展及应用状况，掌握自动控制系统的类型、组成及所研究的主要内容，明确本课程的特点、学习方法及基本要求。

重点：反馈控制的基本概念，自动控制系统的组成和系统的基本要求。

难点：控制系统的性能要求。

1.1 自动控制的含义

1.1.1 自动控制技术及应用

所谓自动控制，是指在无人直接参与的情况下，利用外加的设备或装置(控制装置或控制器)使工作机械、设备或生产过程(被控对象)的某些物理量(被控制量)按预定的规律(给定量)运行。事实上，任何技术设备、工作机械或生产过程都必须按要求运行。自动控制技术是当代发展最迅速、应用最广泛、最引人注目的高科技，是推动新的技术革命和新的产业革命的关键技术。

例如，在工业控制中，若要发电机正常供电，则其输出的电压和频率必须保持恒定，尽量不受负荷变化的干扰；若要数控机床加工出高精度的工件，就必须保证其工作台或刀架的进给量准确地按照程序指令的设定值变化；若要使烘烤炉提供优质的产品，就必须严格地控制炉温。对压力、温度、流量、湿度、配料比等的控制都广泛采用了自动控制技术，而在高温、高压、剧毒等对人身体健康危害很大的场合，自动控制更是必不可少的。

在军事和空间技术领域，要使导弹能自动跟踪并命中敌方目标，弹身就必须按照雷达和计算机组成的制导系统的命令而作方位角和俯仰角的变动；要把数吨重的人造卫星送入数百公里高空的轨道，使其所携带的各种仪器能长期、准确地工作，就必须保持卫星的正确姿态，使它的太阳能帆板一直朝向太阳，无线电发射天线一直指向地球……自动控制具有十分重要的意义。

随着生产和科学技术的发展，自动控制技术在工业、农业、交通运输、国防建设和航空航天事业等领域的应用水平越来越高，并且已扩展到经济与社会生活的各个领域，如通信、生物、医学、环境、经济等领域。自动控制技术已成为促进当代生产发展和科学技术进步的重要因素。

1.1.2 自动控制科学发展简史

自动控制科学是研究自动控制过程共同规律的技术科学，它源于自动控制技术的应

用,又服务于自动控制技术的实践。

早在古代,劳动人民就凭借生产实践中积累的丰富经验和对反馈概念的直观认识,发明了许多闪烁着控制理论智慧火花的杰作。在公元前 1400 至公元前 1100 年的中国、古埃及和巴比伦就出现了自动计时漏壶(自动计时漏壶系统示意图如图 1-1 所示)。

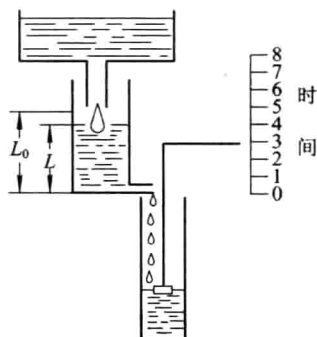


图 1-1 自动计时漏壶系统示意图

1788 年,英国人瓦特(J. Watt)在他发明的蒸汽机上使用了离心调速器(采用离心调速器的蒸汽机转速控制系统示意图如图 1-2 所示),解决了蒸汽机的速度控制问题,进一步推动了蒸汽机的应用,促进了工业生产的发展。但是,有时为了提高调速精度,蒸汽机速度反而出现大幅度振荡,其后相继出现的其他自动控制系统也有类似的现象。因为当时还没有自动控制理论,所以不能从理论上解释这一现象。为了解决这个问题,不少人为提高离心式调速机的控制精度进行了改进研究。还有人认为系统振荡是因为调节器的制造精度不够,从而努力改进调节器的制造工艺,这种盲目的探索持续了大约一个世纪之久。

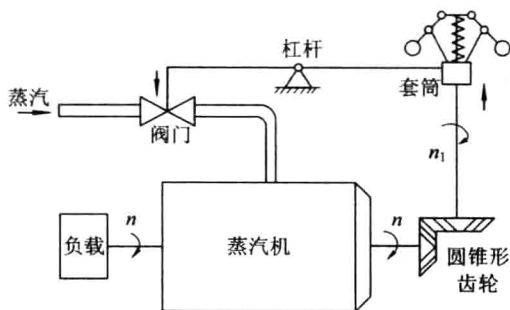


图 1-2 采用离心调速器的蒸汽机转速控制系统示意图

1868 年,英国人麦克斯韦(J. Maxwell)通过对调速系统线性常微分方程的建立和分析,解释了瓦特速度控制系统中出现的不稳定问题,并且发表了论文《论调速器》,开辟了用数学方法研究控制系统的途径。麦克斯韦的这篇著名论文被公认为自动控制理论的开端。英国人劳斯(E. Routh)和瑞典人赫尔维茨(A. Hurwitz)分别在 1877 年和 1895 年独立地建立了直接根据代数方程的系数判别系统稳定性的准则。这些方法奠定了经典控制理论中时域分析法的基础。

1922 年俄裔美国人米罗斯基(N. Minorsky)提出 PID 控制方法。1925 年英国人亥维赛

(O. Heaviside)把拉普拉斯变换(简称拉氏变换)应用到求解电网络的问题上,提出了运算微积。不久拉普拉斯变换就被应用到分析自动调节系统问题上,并取得了显著成效。1927年美国人布莱克(H. Black)提出放大器性能的负反馈方法。1932年,美国人奈奎斯特(H. Nyquist)运用复变函数理论建立了以频率特性为基础的稳定性判据,很好地解决了布莱克放大器的稳定性问题,奠定了频率响应法的基础。1942年,美国人哈里斯(H. Harris)在拉普拉斯变换的基础上引入了传递函数的概念,用方框图、环节、输入和输出等信息传输的概念来描述系统的性能和关系。这样,就把原来由研究反馈放大器稳定性而建立起来的频率法更加抽象化了,因而也更有普遍意义,可以把对具体物理系统,如力学、电学等的描述,统一用传递函数、频率响应等抽象的概念来研究。1945年,美国人伯德(H. Bode)和尼柯尔斯(N. Nichols)进一步将频率响应法加以发展,形成了经典控制理论的频域分析法,为工程技术人员提供了一个设计反馈控制系统的有效工具。1948年,美国人伊万思(W. Evans)创立了根轨迹分析方法,为分析系统性能随系统参数变化的规律性提供了有力工具,进一步完善了频域分析方法。

美国人维纳(N. Wiener)于1948年发表了《控制论》,这部具有深远影响的著作标志着控制论的诞生。1954年,中国人钱学森出版了《工程控制论》,全面总结了经典控制理论,标志着经典控制理论的成熟。

经典控制理论研究的对象基本上是以线性定常系统为主的单输入/单输出系统,还不能解决如时变参数问题以及多变量、强耦合等复杂的控制问题。

第一次世界大战期间,反馈控制方法被广泛用于设计和研制飞机自动驾驶仪、火炮定位系统、雷达天线控制系统及其他军用系统。这些系统的复杂性和对快速跟踪、精确控制的高性能追求,迫切要求拓展已有的控制技术,促使了许多新的见解和方法的产生,同时,还促进了对非线性系统、采样系统以及随机控制系统的研究。

前俄国人李雅普诺夫(A. Lyapunov)于1892年创立稳定性理论。20世纪50年代后期,空间技术的发展急需解决更复杂的多变量系统、非线性系统的最优控制问题。同时,计算机技术的发展也从计算手段上为控制理论的发展提供了条件。1956年前苏联人庞特里亚金(L. Pontryagin)提出极大值原理;同年,美国人贝尔曼(R. Bellman)创立了动态规划,而极大值原理和动态规划为解决最优控制问题提供了理论工具。1959年匈牙利裔美国人卡尔曼(R. Kalman)提出了著名的卡尔曼滤波器,并在1960年又提出系统的可控性和可观测性问题。到20世纪60年代初,一套以状态方程作为描述系统的数学模型、以最优控制和卡尔曼滤波为核心的控制系统分析、设计的新原理和方法基本确定,现代控制理论应运而生。现代控制理论适用于多变量、非线性、时变系统。

为了解决现代控制理论在工业生产过程中的应用中所遇到的被控对象精确状态空间模型不易建立,合适的最优性能指标难以构造,所得最优控制器往往过于复杂等问题,科学家们通过不懈努力,在近几十年中不断提出一些新的控制方法和理论,例如,自适应控制、模糊控制、预测控制、容错控制、鲁棒控制、非线性控制和大系统控制、复杂系统控制等,大大地拓展了控制理论的研究范围。目前控制理论还在向更深、更广阔的领域发展,无论是在数学工具、理论基础方面,还是在研究方法上都产生了实质性的飞跃。

尽管自动控制系统种类繁多,且用途和具体结构各不相同,但是它们都离不开反馈控制的概念和方法。

1.2 自动控制的基本方式及其示例

1.2.1 自动控制的基本方式

一般自动控制系统的组成如图 1-3 所示,参与控制的信号来自三条通道,即给定量(输入量) $r(t)$ 、干扰(扰动)量 $n(t)$ 、被控量(输出量) $c(t)$ 。除被控对象外,有四种功能部件:① 测量装置:用以测量被控量或干扰量。② 比较器:将反馈量 $b(t)$ 与给定量进行比较,产生偏差量 $e(t)$ 。比较器用“ $\otimes$ ”表示。③ 控制器:根据比较后的偏差进行运算,产生控制量 $u(t)$ 。④ 执行器:接收控制信息并操纵被控对象。

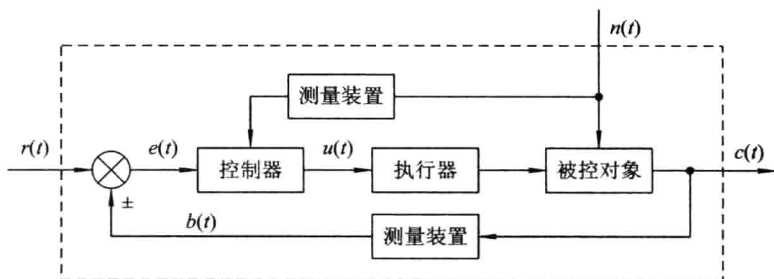


图 1-3 一般自动控制系统的组成

下面根据不同的信号源来分析自动控制的三种基本方式:开环控制、闭环控制和复合控制。

1. 开环控制

定义:系统的输出量与控制器输入端之间不存在反馈回路,输出量对系统的控制作用没有影响。开环控制分为按给定值操纵的开环控制和按干扰补偿的开环控制。

1) 按给定值操纵的开环控制

按给定值操纵的开环控制系统原理方框图如图 1-4 所示,控制器仅仅由给定信号产生控制作用,再由执行器操纵被控对象,从而控制被控量。



图 1-4 按给定值操纵的开环控制系统原理方框图

例 1-1 按给定值操纵的电炉炉温开环控制系统原理图如图 1-5(a)所示,要求炉温保持在恒值 T_0 。

解 被控对象是电炉,被控量是炉内温度 T ,控制器是定时开关,执行器是电阻丝,炉温的给定值 T_0 由定时开关给出,该系统方框图如图 1-5(b)所示。根据控制要求,把定

时开关固定在对应于 T_0 的定时值, 闭合定时开关接通电源, 通过电阻丝给电炉定时加热, 使电炉炉温 T 达到并保持在给定炉温 T_0 。实际上, 由于存在电源电压的波动或炉门的开、闭, 炉内实际温度与期望温度会出现偏差, 有时偏差较大。

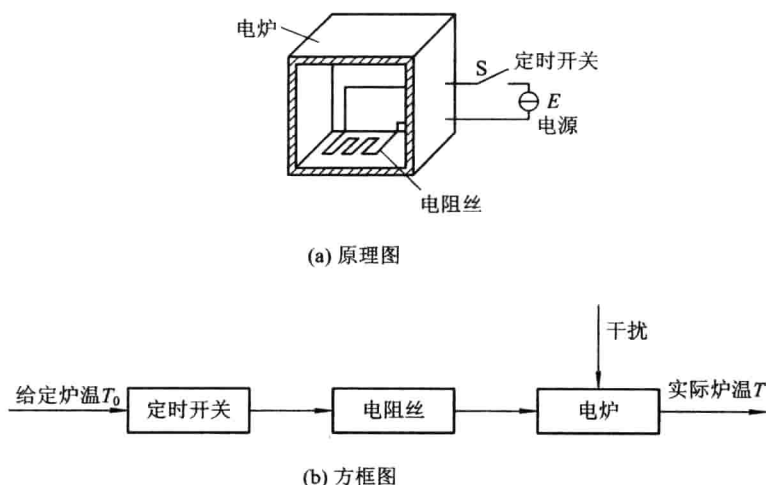


图 1-5 按给定值操纵的电炉炉温开环控制系统

例 1-2 按给定值操纵的转盘转速开环控制系统原理图如图 1-6(a)所示, 要求转盘以恒速 n_0 旋转。

解 被控对象是转盘, 被控量是转盘转速 n , 功率放大器是控制器, 直流电动机是执行器, 转速的给定值 n_0 由电位器滑动端给出, 该系统方框图如图 1-6(b)所示。根据控制要求, 把电位器滑动端固定在对应于 n_0 的位置, 闭合电源 E , 电位器就给出确定的电压 U_r , U_r 经功率放大器输出电压 U_a , U_a 作用在直流电动机电枢两端, 使直流电动机及转盘的转速 n 达到并保持在给定转速 n_0 。实际上, 由于存在励磁电流的波动或负载的增减, 转盘实际转速与期望转速会出现偏差。

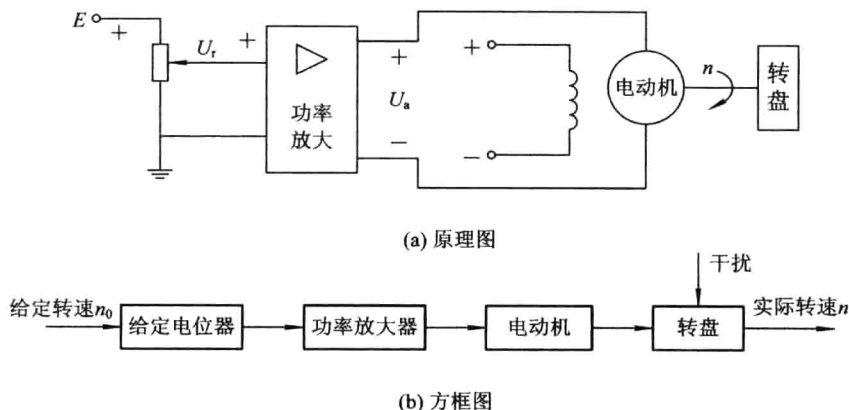


图 1-6 按给定值操纵的转盘转速开环控制系统

按给定值操纵的控制系统控制装置只按给定值来控制被控对象。该控制系统结构简单, 相对成本低, 但是对可能出现的被控量实际值偏离给定值的偏差没有任何修正能力,

抗干扰能力差，控制精度不高。

2) 按干扰补偿的开环控制

按干扰补偿的开环控制系统原理方框图如图 1-7 所示，利用干扰信号产生控制作用，以及时补偿干扰对被控量的直接影响。

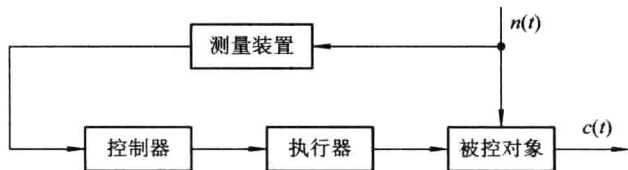
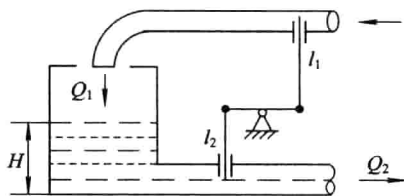


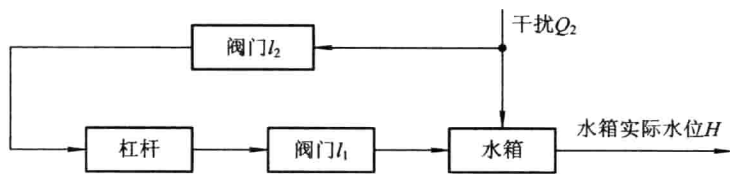
图 1-7 按干扰补偿的开环控制系统原理方框图

例 1-3 按干扰补偿的水箱水位开环控制系统原理图如图 1-8(a)所示，要求无论出水流量 Q_2 是增大还是减少，水箱水位总是保持在恒值 H_0 。

解 被控对象是水箱，被控量是水箱水位 H ，杠杆是控制器，闸板阀门 l_1 是执行器，闸板阀门 l_2 是干扰量 Q_2 的测量装置，水箱水位的期望值 H_0 由杠杆平衡位置给出，该系统方框图如图 1-8(b)所示。根据控制要求，先将水箱蓄水到期望水位 H_0 ，再使杠杆平衡，此时水箱出水流量 Q_2 与进水流量 Q_1 相等，水位 H 维持在期望值 H_0 附近。若 Q_2 增大，则 l_2 抬高，杠杆右倾并联动 l_1 开大，从而 Q_1 增大，使水位 H 维持在 H_0 附近。结果是，无论 Q_2 是增大还是减少，实际水位总是维持在期望值 H_0 附近。



(a) 原理图



(b) 方框图

图 1-8 按干扰补偿的水箱水位开环控制系统

例 1-4 按干扰补偿的转盘转速开环控制系统原理图如图 1-9(a)所示，要求无论转盘负载是加重还是减轻，转盘均以恒速 n_0 旋转。

解 被控对象是转盘，被控量是转盘转速 n ，功率放大器是控制器，直流电动机是执行器，电阻 R 是干扰量 i 的测量装置，转盘转速的期望值 n_0 由额定负载对应的电动机枢电压 U_{n0} 给出，该系统方框图如图 1-9(b)所示。根据控制要求，把电位器滑动端固定在额定负载情况下对应于 n_0 的位置，闭合电源 E ，电位器就给出确定的电压 U_r ，使电动机及转

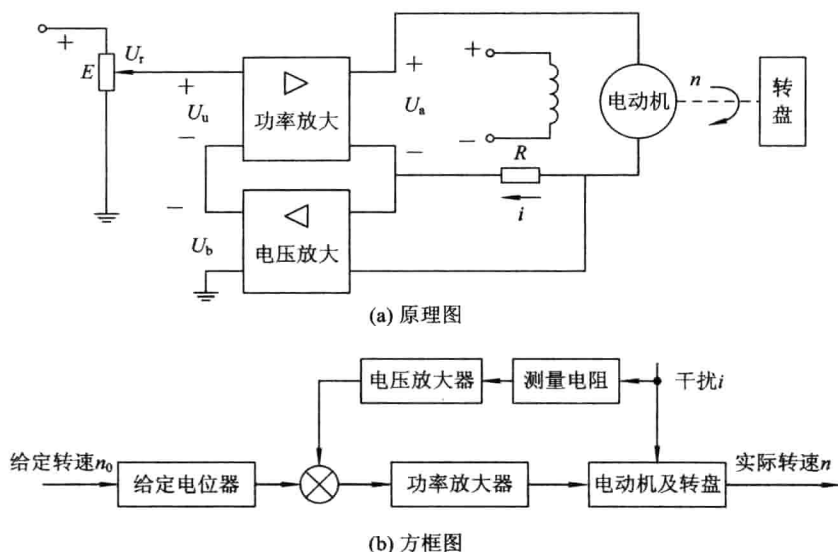


图 1-9 按扰动控制的直流电动机速度开环控制系统

盘的转速 n 达到并保持在给定转速 n_0 ，此时电动机电枢电压 U_a 等于 U_{a0} 。若负载加重，则 n 下降，导致电机电枢电流 i 增大，电压放大器的输出电压 U_b 增大，从而使 U_a 增大， n 回升，最终使转速 n 维持在期望值 n_0 附近。结果是，无论负载是加重还是减轻，转盘实际转速 n 总是维持在期望值 n_0 附近。

这种按干扰补偿的开环控制系统是直接从扰动取得信息并据以改变被控量，因此它只适用于扰动量是可测量的场合。而且一个补偿装置只能补偿一个扰动因素，对于不可测干扰以及被控对象、各功能部件内部参数变化对被控量的影响，系统自身是无法控制的。按干扰补偿的开环控制适用于存在强干扰且变化比较剧烈的大惯性系统。

2. 按偏差调节的闭环控制

1) 闭环控制系统的基本组成

闭环控制系统的原理方框图如图 1-10 所示，从系统输入量到输出量之间的通道称为前向通道；从输出量到反馈量之间的通道称为反馈通道。

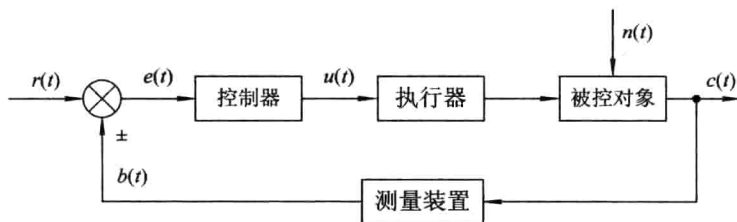


图 1-10 闭环控制系统原理方框图

由于采用了反馈，使信号的传输路径形成闭合回路，因此系统输出量反过来直接影响控制作用。这种通过反馈使系统构成闭环，并按偏差产生控制作用，用以减小或消除偏差的控制系统称为闭环控制系统或反馈控制系统。闭环控制可自动调节被控量因干扰和内部

参数变化而引起的变动。在反馈控制系统中,如果反馈信号的作用是加强输入信号的作用,则称为正反馈控制系统;如果反馈信号的作用是减弱输入信号的作用,则称为负反馈控制系统。自动控制原理中主要研究的是负反馈控制系统。

2) 反馈控制原理

其实,人的一切活动都体现出反馈控制的原理,人本身就是一个具有高度复杂控制能力的反馈控制系统。例如,人用手拿取桌上的书,汽车司机操纵方向盘驾驶汽车沿公路平稳行驶等,这些日常生活中习以为常的平凡动作都渗透着反馈控制的深奥原理。

下面通过解剖转盘转速人工调节的动作过程,透视一下它所包含的反馈控制机理。转盘转速人工反馈控制系统原理图如图 1-11(a)所示,希望的转盘转速 n_0 是手运动的指令信息。调速时,首先人要用眼睛连续目测转速表指示的转盘实际转速 n ,并将这个信息送入大脑,然后由大脑判断 n 与 n_0 之间的偏差,并根据其大小发出控制手的命令,指挥手去调节电位器的输出电压 U_u 的大小,从而改变电动机电枢电压 U_a ,逐渐使 n 与 n_0 之间的偏差减小。只要这个偏差存在,上述过程就要反复进行,直到该偏差减小为零,使转盘转速 n 得到调节。该系统方框图如图 1-11(b)所示,可以看出,大脑控制手调节电位器的过程,是一个利用偏差产生控制作用,并不断使偏差减小直至消除的运动过程。反馈控制实质上是一个按偏差进行控制的过程,因此,反馈控制原理就是按偏差控制的原理。

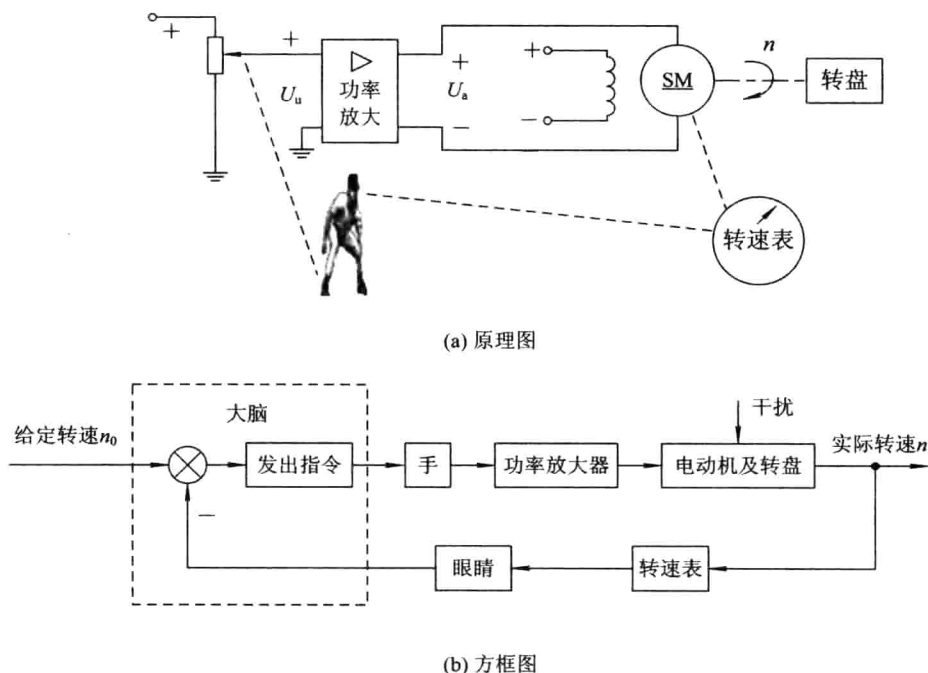


图 1-11 转盘转速人工反馈控制系统

转盘转速自动反馈控制系统原理图如图 1-12(a)所示。

转盘转速 n 由电动机同轴带动的测速发电机 TG 测量并转换成电压 U_f , U_f 反馈到电压放大器的输入端,与对应希望转速 n_0 的给定电压 U_r 进行比较,得出偏差电压 $U_e = U_r - U_f$ 。 U_e 间接地反映出转速误差的大小和方向, U_e 经放大后成为 U_a , 用以控制电动机及转盘转速

n ，可以实现与图 1-11(a) 所示人工反馈控制系统同样的控制目的。显然，测速发电机代替了人的眼睛，电压放大器代替了人的大脑和手，该系统方框图如图 1-12(b) 所示。

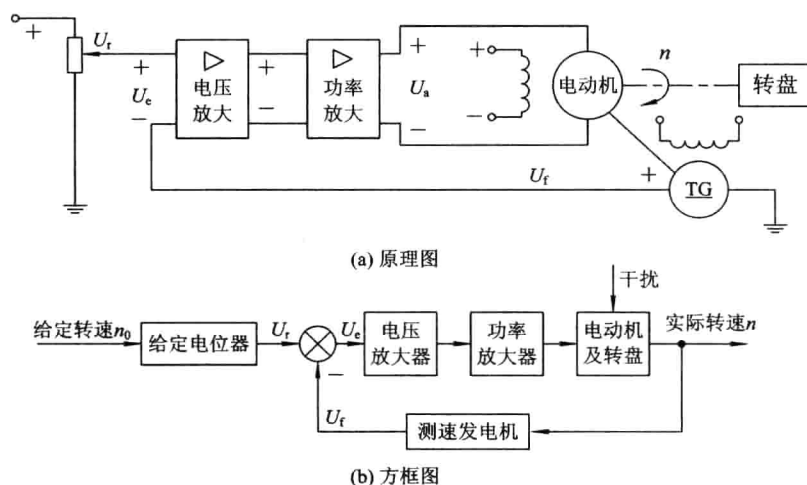


图 1-12 转盘转速自动反馈控制系统

3. 复合控制

复合控制实质上是在闭环控制回路的基础上，附加了一个输入信号或者扰动作用的顺馈通路，来提高系统的控制精度。顺馈通路通常由补偿装置组成，如图 1-13(a)、(b) 所示，分别称为按输入信号补偿和按扰动作用补偿的复合控制系统。通常，按输入信号补偿的复合控制可以提高系统的控制精度；按扰动作用补偿的复合控制能够减小扰动对系统输出的影响。

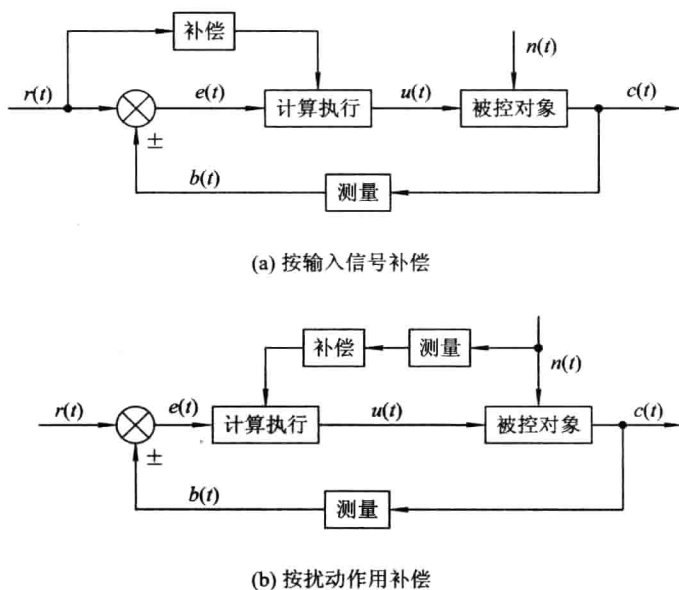


图 1-13 复合控制系统原理方框图

对于图 1-12(a)所示转盘转速自动反馈控制系统,只有在偏差出现后才产生控制作用,因此在强干扰作用下,控制过程中转速可能波动较大,采用按干扰补偿的复合控制更为合宜。按扰动作用补偿的转盘转速复合控制系统的原理图和方框图分别如图 1-14(a)和(b)所示。

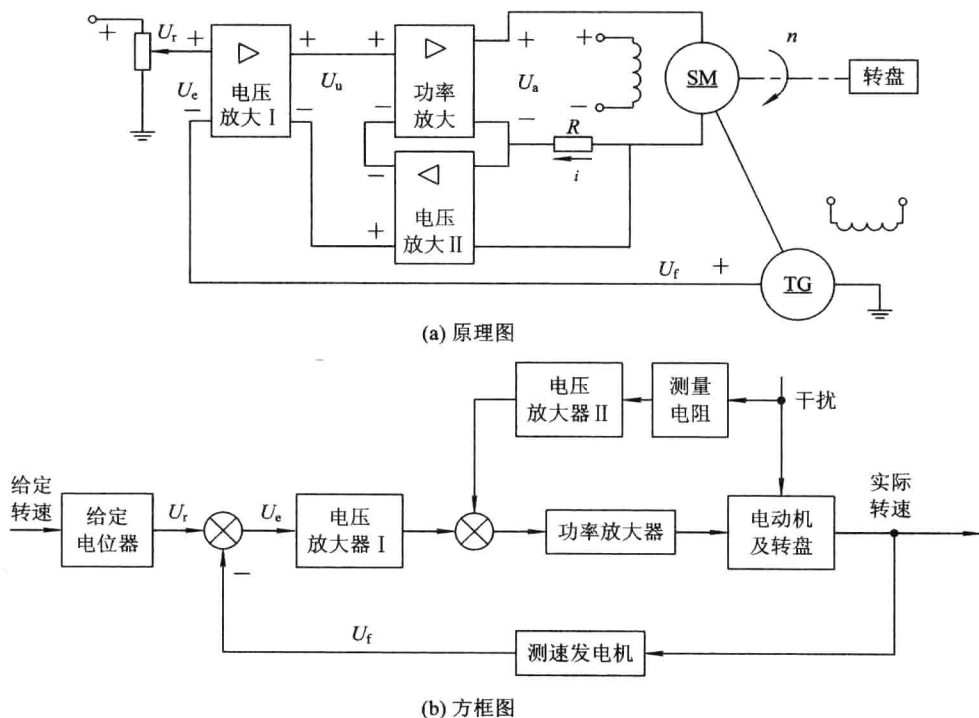


图 1-14 转盘转速复合控制系统

1.2.2 自动控制系统示例

1. 平移自动门

自动门在商场、宾馆、饭店、机场、车站、银行等场合已得到了广泛应用,其中平移自动门的用量最大,约占自动门总量的 90% 以上。悬挂式平移自动门控制系统原理示意图如图 1-15 所示。

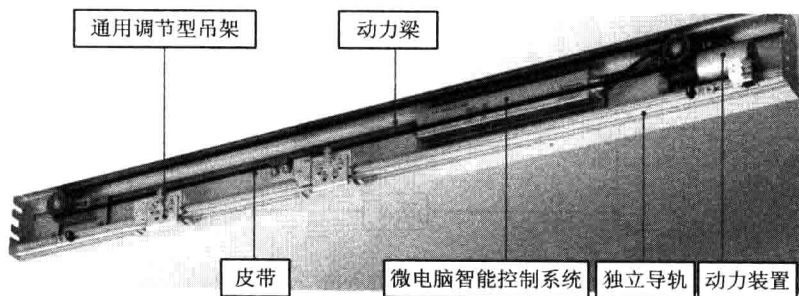


图 1-15 平移自动门控制系统原理示意图

当微波雷达或红外传感器探测到感应区有人时,将脉冲信号传给微电脑,微电脑判断后发出控制信号,驱动无刷直流电动机正向旋转,并由齿轮箱减速将动力传给同步带,再由同步带带动吊具系统和门扇按设定的程序开启、加速、全速、制动后慢行、全开,在开门后保留一段时间再关门。关门操作也按设定程序作相反的运动。平移自动门控制系统原理方框图如图 1-16 所示。

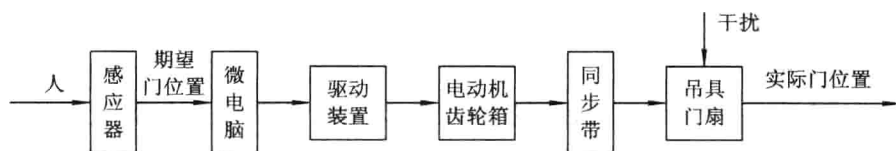
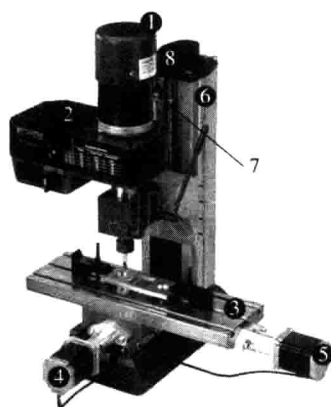


图 1-16 平移自动门控制系统原理方框图

2. 经济型数控铣床

经济型数控铣床能够完成基本的铣削、镗削、钻削及攻螺纹等工作,可加工各种形状复杂的凸轮、样板及模具零件等。因为其结构简单,成本较低,当前被最广泛地应用于机械加工领域。典型的经济型立式数控铣床包括如图 1-17 所标示的八个部分。立柱固定在底座上,用于安装和支撑机床各部件,而纵向工作台、横向溜板安装在升降台上。主轴交流电动机使刀具旋转,通过纵向进给步进电动机、横向进给步进电动机和垂直升降进给步进电动机的驱动来完成 X、Y 和 Z 坐标的进给。电器柜安装在床身立柱的后面,其中装有电器控制部分。



- 1— 主轴交流电动机;
- 2— 三角传动带;
- 3— 铣平的钢制工作台;
- 4— Y 轴步进电动机;
- 5— X 轴步进电动机;
- 6— 立柱;
- 7— 燕尾形导轨与丝杠;
- 8— Z 轴步进电动机

图 1-17 经济型立式数控铣床

根据零件形状、尺寸、精度和表面粗糙度等技术要求,将 PC 机编程生成各个坐标的 CNC 插补给定指令输入微型计算机,实现步进电动机所需脉冲的换算和分配,多路脉冲信号经过光/电隔离、功率放大后,控制步进电机及减速器旋转,并由丝杠带动该坐标机械执行部件的进给。经济型立式数控铣床系统一个坐标的进给控制系统原理方框图如图 1-18 所示。受步进电动机的步距精度和工作频率以及传动机构的传动精度影响,经济型数控系统的速度和精度都较低。