

普通高等教育机电类规划教材

机电控制工程基础

左健民 主编
盛英 副主编



机械工业出版社
China Machine Press

340
7.1.1
2001

普通高等教育机电类规划教材

机电控制工程基础

主 编 左健民

副主编 盛 英

参 编 叶彦斐

主 审 王积伟



A1030186



机械工业出版社

本书以经典控制理论为基本内容,结合机电控制系统实例,阐述控制工程的基本理论、基本方法和基本内容。主要内容包括控制工程的基本概念、数学模型、时域和频域分析、控制系统的稳定性和性能分析、系统的校正设计、工程设计方法、线性离散系统的分析和设计以及控制系统计算机辅助设计。全书以讲清基本概念,以工程应用能力培养为主线,从工程控制的角度,培养学生掌握思考和分析问题的方法。

本书是高等工科大学机械设计制造及自动化专业系列教材之一,也可作为近机类、非自控类专业和自考学生的教材,同时可作为高职高专学生的教材和教学参考书。本书也可供工程技术人员学习机电控制工程时参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电控制工程基础/左健民主编. —北京:机械工业出版社, 2002.1
普通高等教育机电类规划教材
ISBN 7-111-09545-6

I. 机… II. 左… III. 机电一体化—控制系统—高等学校—教材
IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 079959 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:高文龙 版式设计:张世琴 责任校对:韩晶

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·8.375 印张·322 千字

0 001—4 500 册

定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀

左健民 高文龙

王晓天 蔡慧官

秘 书：周骥平

委 员：(排名不分先后)

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

韩雪清 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

序

人类满怀激情刚刚跨入充满机遇与挑战的 21 世纪。这个世纪是经济全球化、科技创新国际化的世纪，是新经济占主导地位的世纪，是科学技术突飞猛进、不断取得新突破的世纪。这个世纪对高等教育办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各个方面都提出了全新的要求，培养的人才必须具备新思想新观念、不断创新、善于经营和开拓市场、有团队精神等素质。

机械高等教育是我国高等教育的重要组成部分，21 世纪对它的挑战同样是严峻的。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是微电子技术、信息技术的发展，它们与机械技术紧密结合，从而形成传统制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等相交融、渗透的先进制造技术，使制造业和制造技术的内涵发生了深刻的变化。面向 21 世纪的机械制造业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。制造技术继续沿着 20 世纪 90 年代展开的道路前进。制造技术和自动化水平的高低已成为一个国家或地区经济发展水平的重要标志。而目前我国制造技术与国际先进水平还有较大差距，亟需形成我国独立自主的现代制造技术体系。面对这一深刻的变化和严峻的形势，我们必须认真转变教育思想，坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和江泽民同志提出的“四个统一”为指导，以持续发展为主题，以结构优化升级为主线，以改革开放为动力，以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点，以构建新的教学内容和课程体系、深化方法和手段改革为核心，努力培养素质高、应用能力与实践能力强、富有创新精神和特色的复合型人才。

基于上述时代背景和要求，由国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅（原江苏省教委）、江苏省以及部分省外高等工科院校成立了教材编审委员会，并组织编写了机械工程及自动化专业四个系列成套教材首批 31 本，作为向新世纪的献礼。

这套教材力求具有以下特点：

(1) 科学定位。本套教材主要用于应用型本科人才的培养。

(2) 强调实际、实践、实用，体现“浅、宽、精、新、用”所谓“浅”，就是要深浅适度；所谓“宽”，就是知识面要宽些；所谓“精”，就是要少而精，不繁琐；所谓“新”，就是要跟踪应用学科前沿，跟踪技术前沿，推陈出新，反映时代要求，反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺；所谓“用”，就是要理论联系实际，学以致用。

(3) 强调特色。就是要体现一般工科院校的特点、特色，符合一般工科院校的实际教学要求，不盲目追求教材的系统性和完整性。

(4) 以学生为本。本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想，不为教而教，要有利于培养学生自学能力和扩展、发展知识能力，为学生今后持续创造性学习打好基础。

当然，本套教材尽管主观上想以新思想、新体系、新面孔出现在读者面前，但由于是一种新的探索以及其他可能尚未认识到的因素，难免有这样那样的缺点甚至错误，敬请广大教师和学生以及其他读者不吝赐教，以便再版时修正和完善。

本套教材的编审和出版得到了国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅以及各主审、主编和参编学校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。

普通高等教育机械工程及自动化专业机电类规划教材编审委员会

主任 邱坤荣

2001年元月于南京

前 言

现代技术的进步，带动了机电控制技术的飞速发展。自 20 世纪 50 年代开始，在机械制造领域机械加工技术朝着加工自动化的方向发展，走过了刚性自动线或自动化单机、数控（CNC）机床、加工中心和柔性制造系统（FMS）三个阶段，目前正向第四个发展阶段即计算机集成制造系统（CIMS）方向发展。而在其发展过程中，最显著的特点是机械制造将越来越密切地依赖于电子技术、检测技术、自动控制技术、计算机技术、系统论、信息论等现代科学技术，打破了发展初期那种机械部分与电气部分相拼合的设计和生模式，强调以产品（或系统）整体最优为目标，以自动控制为核心，高性能，多功能。这是机械制造业的一场深刻的技术革命。这种飞速的发展对工程技术人员的素质提出了越来越高的要求，同时也对培养人材的高等工程教育提出了更高的要求。

“机电控制工程基础”课程是机械设计制造及自动化专业的一门技术基础课。本教材以机电控制的应用为对象，主要阐述经典控制理论的有关基本概念、基本原理、基本分析方法、设计校正和工程设计方法，以期使学生通过本课程的学习，在传统静态设计的基础上建立起动态设计的概念，为后续课程运用控制理论和进一步深造打下基础。

本书共分十章，第一章和第二章是基础知识；第三章和第四章主要介绍了控制系统的时域和频域分析方法；第五章和第六章讲述了控制系统的稳定性和性能分析；第七章讲述了控制系统的设计和校正方法；第八章从工程设计的角度讲述了控制系统的工程设计方法；第九章主要介绍了线性离散系统的分析和设计；第十章主要讲述了控制工程设计软件 MATLAB 的应用。在内容叙述上，基础理论以“必需、够用”、讲清概念为原则，以工程应用能力培养为主线。全书教学时数约 60 学时。

本书是在左健民主编的《控制工程基础及应用》的基础上修订而成，这次修订由南京工程学院左健民任主编，西安电子科技大学盛英任副主编，南京工程学院叶彦斐参加编写，其中第二、三、十章由盛英编写，第四章由叶彦斐编写，其余由左健民编写。全书由左健民负责统稿和定稿，胡龙飞同学帮助编者做了大量的文字输入工作。由东南大学教授王积伟任主审，他对本书提出了许多宝贵意见，编者特向他们表示衷心感谢。

本书是高等工程教育本科机械类专业的教材，也可供高等工程专科、自学考试、成人高等学校使用。

本书在编写体系和内容取舍方面作了一些新的尝试，加之时间仓促，书中定有许多不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2001年8月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 控制系统的工作原理及其组成	1
第二节 对控制系统的基本要求	6
第三节 控制系统的基本类型	6
第四节 控制工程理论发展历史的简单回顾	8
习题	9
第二章 控制系统的数学模型	11
第一节 控制系统的微分方程	11
第二节 非线性数学模型的线性化	16
第三节 拉氏变换与反变换	18
第四节 传递函数	32
第五节 传递函数的方块图及运算	41
习题	55
第三章 控制系统的时域分析	61
第一节 典型输入信号与系统性能指标	61
第二节 一阶系统的时间响应	64
第三节 二阶系统的时间响应	67
第四节 高阶系统的时间响应	77
习题	79
第四章 控制系统的频率特性分析	81
第一节 频率特性的基本概念	81
第二节 幅相频率特性——奈氏图	85
第三节 对数频率特性——玻德图	94
习题	108
第五章 控制系统的稳定性分析	111
第一节 系统稳定的基本概念	111
第二节 劳斯稳定判据	113

第三节	奈氏稳定判据	119
第四节	玻德稳定判据	126
习题	.....	130
第六章	控制系统的性能分析	132
第一节	灵敏度	132
第二节	控制系统的时域和频域性能指标	135
第三节	控制系统的误差分析和计算	141
习题	.....	151
第七章	控制系统的校正设计	154
第一节	校正设计概述	154
第二节	校正装置及其特性	155
第三节	控制系统的串联校正	166
第四节	控制系统的并联校正	171
习题	.....	176
第八章	控制系统的工程设计	178
第一节	控制系统工程设计的概述	178
第二节	典型系统的特性	179
第三节	工程设计原则	188
习题	.....	197
第九章	线性离散控制系统	199
第一节	采样过程与采样原理	201
第二节	Z变换与Z反变换	203
第三节	脉冲传递函数	210
第四节	离散系统的品质分析	217
习题	.....	223
第十章	控制系统的计算机辅助分析与设计	226
第一节	MATLAB入门	226
第二节	控制系统的数学模型	233
第三节	控制系统性能分析	237
第四节	控制系统的校正设计	249
习题	.....	255
参考文献	.....	256

第一章 绪 论

“机电控制工程基础”课程主要阐述有关自动控制技术的基本理论及其在机电行业的应用。当前，随着计算机技术的发展，机械制造行业发展的一个明显而重要的趋势是越来越广泛而深入地引入控制理论与电子控制技术相结合。例如，数控机床、工业机器人、电气液压伺服系统、机床动态分析、动态测试、锻压焊接自动化设备、精密仪器设备等都是典型的机电结合的产品，在整个设计制造和使用过程中都要用到控制工程的基础知识。可以预计，21世纪的机械产品（或系统）将是以整体最优为目标、以自动控制为核心的高性能的、多功能的机电一体化产品。因此，控制理论不仅是一门极为重要的学科，而且也是科学方法论之一。控制工程理论强调用系统的、反馈的、控制的方法来分析研究工程实际问题。

第一节 控制系统的工作原理及其组成

一、控制系统概述

要了解什么是控制系统，首先要知道什么是控制。按照控制论创始人维纳的经典定义，控制论是“关于动物和机器中的控制和通信的科学”。这句话的含义是对机械设备采取一定的措施，使其生产过程或被控对象的某些物理量准确地按预期规律变化。例如，要想使发电机正常供电，就必须设法保持其输出电压恒定，尽量使其不受负荷变化和原动机转速波动的影响；要想使数控机床加工出高精度的零件，就必须采取措施保证其工作台或刀架准确地跟随指令进给；要想使烘炉提供合格产品，就必须保证炉温符合生产工艺的要求。这里所说的采取措施就是实行某种控制，这种具有控制作用的系统才可以称为控制系统。显然，上述的发电机、数控机床、烘炉都可以称之为控制系统。也可以把它们看成是受控对象。而电压、工作台或刀架的位置、炉温是表征这些机器装备工作状态的物理参量，它们是被控制量。额定电压（要求的电压）、进给的指令（加工要求）、规定的炉温等都是这些物理参量所应保证的数字，称之为控制量。

由此可知，控制系统是具有控制量、控制对象和被控制量这三层含义的系统。然而，对于那些不要求存在严格的物理参量作为输出量的设备，就不能看成是具有完整意义的控制系统。如抽水机、搅拌机、普通卷扬机等一般的机械，都

不具有明显的控制意义。它们或者是开、或者是关，除了这两种工作状态之外，再没有第三种工作状态。而一架飞机，一条轧钢生产线或者一台机械加工中心，它们都具有随时变化着的工作状态，始终存在着控制量和被控制量的矛盾，没有控制，它们就不能正常工作。

控制量输入后，作用于受控对象，使受控对象产生一定的被控制量，成为系统的输出。因此，可以说控制系统是由输入到输出的一系列信号的传递过程，它要求人们把传统的观察问题的方式方法加上控制和通信的观点，不仅把以物理参量形式出现的控制量与被控制量看成是传递的信号，而且也可以把以物质结构形式出现的受控对象看成是具有某种意义的信号。这样，一个物理系统就成为具有控制及其信号传递过程的系统。

这里要注意的是，一个系统往往除了存在信号传递路线以外，同时也存在能量传递路线，有的还存在物质输送路线，因此要分清它们的区别。例如，在一条轧钢生产线中，既有控制系统，又有能量传递系统，还有钢坯在线上来回运送的系统，三者结合为一体，彼此有着紧密的联系。它们之间的关系是：控制系统起着支配能量的传输和物质的运送作用。不要把能量的输入和物质的进出也看成是控制量的输入和被控制量的输出。不能把它们混淆起来，尽管它们交叉存在于同一系统之中。控制理论研究的内容是控制作用如何使设备的工作满足预定的要求，初学者对此往往不易明确，须引起重视。

二、控制系统工作原理

在各种生产过程以及生产设备中，常常需要使某些物理量，如温度、压力、位置、转速等保持恒定，或者让它按照一定的规律变化。要满足这些条件，就应对生产机械或设备进行及时的控制、调整，以抵消外界的扰动和影响。下面将从实现恒温控制的例子中，总结出一般控制系统的工作原理。

实现恒温控制有两种方法：人工控制和自动控制。然而，自动控制是受人工控制的启发而实现的。图 1-1 所示为人工控制的恒温控制箱，人们可以通过调节调压器来改变电阻丝的电流，以达到控制温度的目的。箱内的温度是由温度计测量并显示的，人工调节的过程可以归结为：

1) 观察由测量元件（温度计）测出的恒温箱的温度（被控制量）。

2) 与要求的温度值（给定值）进行比较，得出偏差的大小和方向。

3) 根据偏差的大小和方向再进行控制。当恒温箱温度高于所要求的

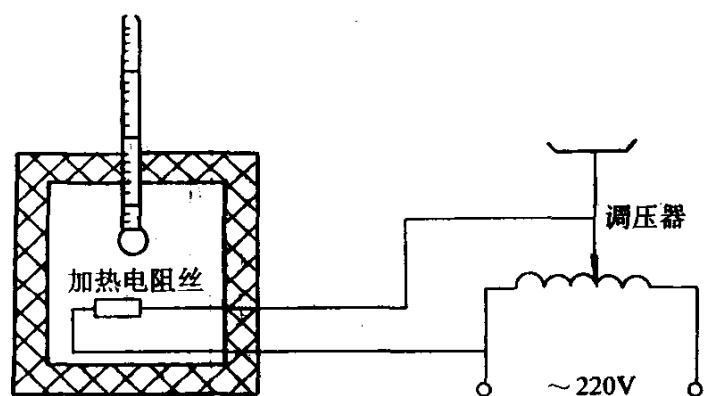


图 1-1 人工控制的恒温箱

给定温度值时，就移动调压器使电流减小，温度降低；若温度低于给定的值，则移动调压器，使电流增加，温度升到给定范围。

由此可见，人工控制的过程就是测量（温度计）、求偏差（人脑）、再控制（调压器）以纠正偏差的过程。简单地讲就是“检测偏差并用于纠正偏差”的过程。

对于这样简单的控制形式，如果能找到一个控制器代替人的职能，那么这样一个人工调节系统就可以变成自动控制系统了。图 1-2 所示即为一个自动控制系统。其中恒温箱的温度是由给定信号电压 u_1 控制，当外界因素引起箱内温度变化时，作为测量元件的热电偶，把温度转换成对应的电压值 u_2 ，并反馈回去与给定信号 u_1 相比较。所得结果即为温度的偏差信号 $\Delta u = u_1 - u_2$ 。经过电压、功率放大后，用以改变电动机的转速和方向，并通过传动装置拖动调压器调节触头。当温度偏高时，动触头向着减小电流的方向运动；反之加大电流，直到温度达到给定值为止。即只有在偏差信号 $\Delta u = 0$ 时，电动机才停转，这样就完成了所要求的控制任务，而所有这些装置便组成了一个自动控制系统。

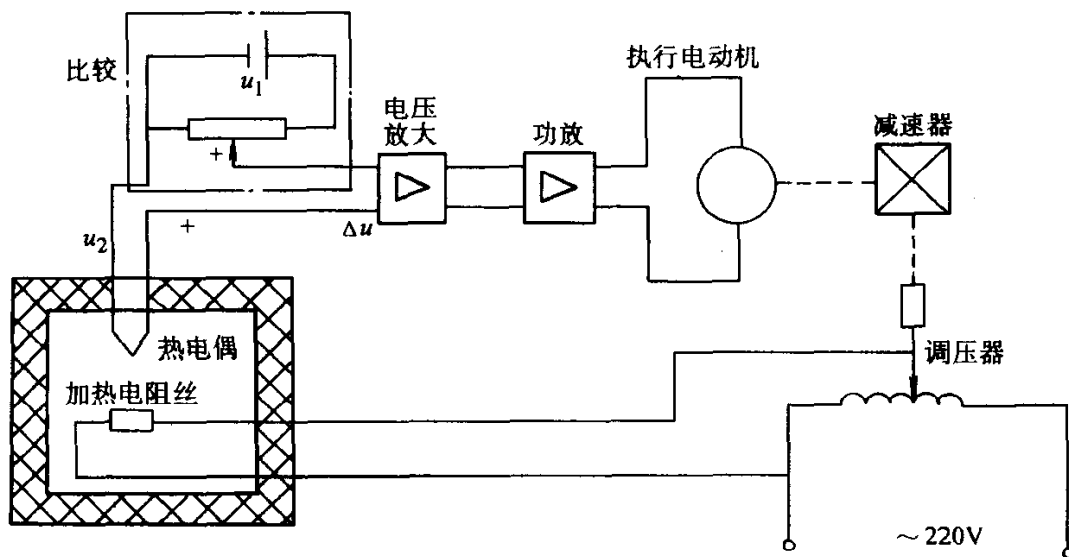


图 1-2 恒温箱的自动控制系统

上述人工控制系统和自动控制系统是极相似的，执行机构类似于人手；测量装置相当于人的眼睛；控制器类似于人脑。另外，它们还有一个共同的特点，就是要检测误差，并用检测到的偏差去纠正偏差，可见没有偏差便没有调节过程。在自动控制系统中，这一偏差是通过反馈建立起来的。给定量也叫控制系统的输入量，被控制量称为系统的输出量。反馈就是指输出量通过适当的测量装置将信号全部或部分返回输入端，使之与输入量进行比较。比较的结果叫偏差。因此基于反馈基础上的“检测偏差并用以纠正偏差”的原理又称为反馈控制原理。利

用反馈原理组成的系统称为反馈控制系统。

图 1-3 所示为恒温箱温度自动控制系统职能方块图，图中 \otimes 代表比较元件，箭头代表作用的方向。从图中可以看到反馈控制的基本原理。也可以看到，各职能环节的作用是单向的，每个环节的输出是受输入控制的。总之，实现自动控制的装置可各不相同，但反馈控制的原理却是相同的，可以说，反馈控制是实现自动控制的最基本的方法。

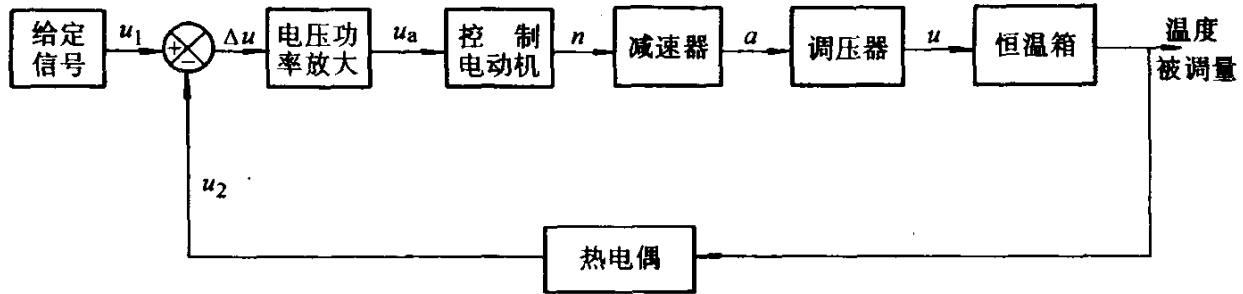


图 1-3 恒温箱温度自动控制系统职能方块图

三、开环控制与闭环控制

从上述恒温箱自动控制系统的工作原理中可以看出一个重要的现象，即输出量要返回来参与控制，产生对系统起控制作用的控制信号。这种输出量（或被控制量）能给控制过程以直接影响的控制系统，称为闭环控制系统。“闭环”的含义就是应用反馈作用来减少系统的误差。这种系统突出的优点是精度高。当系统由于干扰、元件的质量、传动链间的间隙等因素的影响而使输出量偏高于给定值时，可以通过反馈测量元件将其检测出来，并力图减少这一偏差，这是闭环系统最重要的功能。

闭环系统也有缺点。这类系统是检测误差并用以纠正偏差，或者说是靠偏差进行控制，在工作过程中系统总会存在偏差。由于组成系统的元件的惯性、死区等因素的存在，很容易引起振荡，使系统不稳定。因此精度和稳定性之间的矛盾是闭环系统存在的主要矛盾。

如果控制系统的输出端和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，这样的系统称之为开环控制。如图 1-1 的人工控制的恒温箱系统，如果没有操作者的经常调节，任凭干扰因素影响，置实际温度于不顾，这样的系统就是开环控制系统。开环控制系统是使一定的输入量产生一定的输出量。如果由于某种干扰使输出量偏高期望值时，它没有纠正偏差的能力，要进行补偿，必须借助人工改变输入量。所以开环控制系统的精度较差。但是如果组成系统的元件特性和参数值比较稳定，而且外部的干扰也比较小时，这种系统也可以保证一定的精度。

从稳定性的角度看，开环系统比较容易建造，结构也比较简单，因为开环系统不存在稳定性的问题。

当对整个系统的性能要求比较高时，为了解决闭环控制精度和稳定性之间存在的矛盾，往往将闭环和开环结合在一起应用，即采用复合控制，这是比较合理的。

四、控制系统的组成

上述的闭环系统，只是控制系统的基本组成形式，要想获得理想的控制效果，还必须增加其它有关元件。一个典型的反馈控制系统如图 1-4 所示，该系统包括反馈元件、给定元件、比较元件（或比较环节）、放大元件、执行元件及校正元件等。

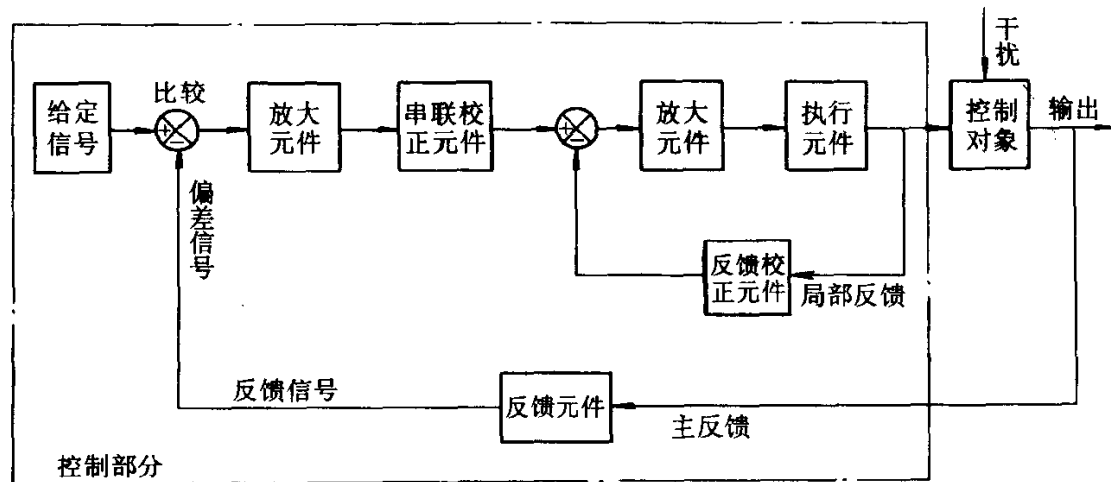


图 1-4 典型的反馈控制系统方块图

给定元件 主要用于产生给定信号或输入信号。

反馈元件 它产生与输出量有一定函数关系的反馈信号，这种反馈信号可以是输出量本身，也可以是它的函数或导数。例如图 1-2 中的热电偶。

比较元件 它用来比较输入信号与反馈信号之间的偏差，它可以是自整角机、旋转变压器、机械式差动装置等物理比较元件，也可以是如图 1-2 中所示的差接的比较电路，所以有时我们也称之为比较环节。

放大元件 对偏差信号进行信号放大和功率放大的元件。

执行元件 直接对控制对象进行操作的元件，如图 1-2 中的执行电动机。

控制对象 控制系统所要操纵的对象，即负载。它的输出量即为系统的输出（被控制量）。

校正元件 或称校正装置，用以稳定控制系统，提高性能，常用的有反馈校正和串联校正两种校正形式。

尽管一个控制系统由许多起着不同作用的元件所组成，但从总体上来看，比

较元件、给定元件、放大元件、执行元件和反馈元件等共同起着控制作用。而剩余部分就是被控对象。因此，任何控制系统可以说仅由控制部分和受控对象两部分组成，图 1-4 中双点划线所包含的内容就是控制部分。

第二节 对控制系统的基本要求

自动控制系统用于不同的目的、要求也往往不一样。但自动控制技术是研究各类控制系统共同规律的一门技术，对控制系统有一个共同的要求，一般可归结为稳定、准确、快速。

1. 稳定性 由于系统存在着惯性，当系统的各个参数分配不当时，将会引起系统的振荡而失去工作能力。稳定性就是指动态过程的振荡倾向和系统能够恢复平衡状态的能力。输出量偏离平衡状态后应该随着时间收敛并且最后回到初始的平衡状态。稳定性的要求是系统工作的首要条件。

2. 快速性 这是在系统稳定的前提下提出的。快速性是指系统输出量与给定的输入量之间产生偏差时，消除这种偏差过程的快速程度。

3. 准确性 是指在调整过程结束后输出量与给定的输入量之间的偏差，或称为稳态误差，这也是衡量系统工作性能的重要指标。例如数控机床稳态误差愈小，则加工精度就愈高，而一般恒温和恒速系统的稳态误差都可在给定值的 1% 以内。

由于受控制对象的具体情况不同。各种系统对稳、准、快的要求各有侧重。例如，伺服系统对快速性要求较高，而调速系统则对稳定性有较严格的要求。

在同一系统中，稳、准、快是相互制约的。快速性好，可能会有强烈振荡；改善稳定性，控制过程又可能过于迟缓，精度也可能变坏。分析和解决这些矛盾，也是本学科讨论的重要内容。对于机械传动系统来说，首要的是稳定性，因为过大的振荡将会使部件过载而损坏。此外要防止自振，降低噪声，增加刚度等等，这些都是控制工程理论研究的中心问题。

第三节 控制系统的基本类型

目前自动控制技术在各行各业中正在发挥着越来越大的作用。从普通的家用电器到动力生产和宇宙空间探索的复杂控制系统都离不开自动控制。

在第一节中，我们已对控制系统从概念上作了较详细的叙述，并以恒温控制系统为例，介绍了控制系统的工作原理和系统的组成。这些介绍对于其它类型的系统也是适用的，实际工程中，可以从不同的角度对控制系统进行分类。例如，根据信号传递路径可以分为开环控制和闭环控制系统；根据输入量的特征可以分

为恒值控制系统，程序控制系统和伺服控制系统；根据对系统描述方法的不同可以分为线性控制系统和非线性控制系统；根据系统中传递信号的性质可分为连续控制系统和离散控制系统；根据系统部件的类型又可以分为机电控制系统、液压控制系统、气动控制系统等等。为了进一步了解控制系统的实质，下面将按不同的研究方法，简要地说明几种不同类型的控制系统的重要特点。

一、恒值控制系统、程序控制系统和伺服控制系统

1. 恒值控制系统

这种控制系统的输入量是一个恒定值，一经给定，在运行过程中就不再改变（但可定期校准或更改输入量）。恒值控制系统的任务是保证在任何扰动作用下系统的输出量为恒值。工业生产中的温度、压力、流量、液面等参数的控制，有些原动机的速度控制，工作母机的位置控制，电力系统的电网电压、频率控制等，均属此类。

2. 程序控制系统

这种系统的输入量不为常值，但其变化规律是预先知道和确定的。可以预先将输入量的变化规律编成程序，由该程序发出控制指令，在输入装置中再将控制指令转换为控制信号，经过全系统的作用，使被控对象按指令的要求运动。计算机绘图就是典型的程序控制系统。工业生产中的过程控制系统按生产工艺的要求编制成特定的程序，由计算机来实现其控制。这就是近年来迅速发展起来的数字程序控制系统和计算机控制系统。微处理机控制将程序控制系统推向了更普遍的发展阶段。

3. 伺服控制系统

伺服控制系统又称随动系统，主要是一些控制机械位移和速度的系统。这种系统的输入量的变化规律是不能预先确定的。当输入量发生变化时，则要求输出量也迅速、平稳地跟随着变化，且能排除各种干扰因素的影响，准确地复现控制信号的变化规律。控制指令可以由操作者根据需要随时发出，也可以由目标或相应的测量装置发出。如机械加工中的仿形机床、武器装备中的火炮自动瞄准系统以及导弹目标自动跟踪系统等均属于伺服控制系统。

二、连续控制系统和离散控制系统

控制系统中各部分传递信号都是连续时间变量的系统称为连续控制系统。前面介绍的各类系统除了计算机控制系统外，都是连续控制系统。

近年来，计算机用于控制系统已日益增多。由于计算机只能接受和处理数字信号，如果给定的信号和反馈的信号都是连续信号，就需要采取脉冲采样来实现对系统的控制。这种控制系统中某一处或数处的信号是以脉冲序列或数码的形式传递的系统称为离散控制系统。

由于连续控制系统和离散控制系统的信号形式有较大差别，因此在分析方法