

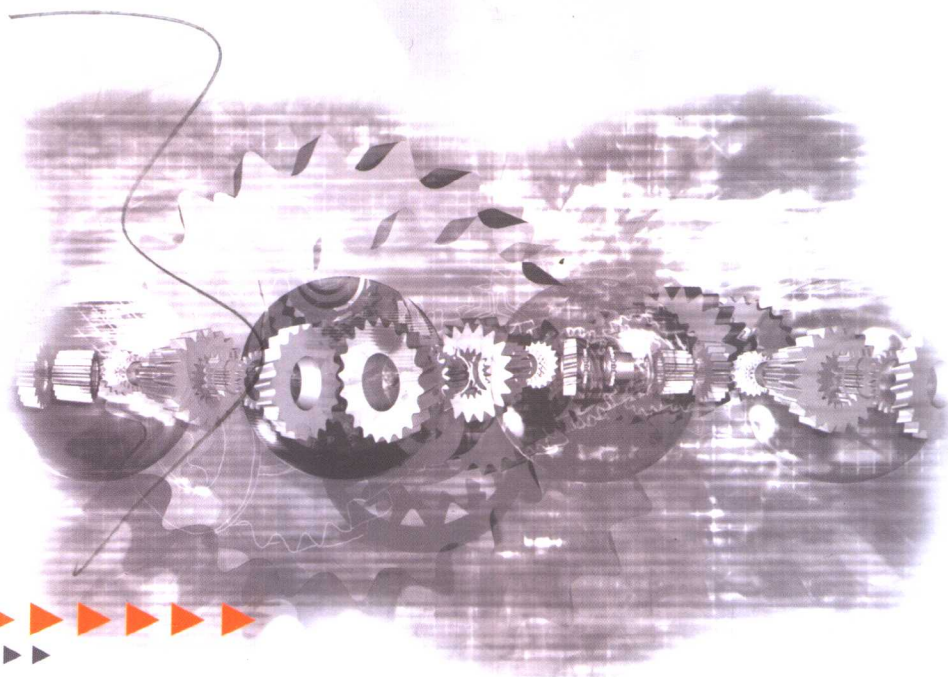
机械电子工程
学校
高等

规划
教材

机械控制

工程基础

董玉红 徐莉萍 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TH16

高等学校机械电子工程规划教材

机械控制工程基础

主编 董玉红 徐莉萍
参编 田 彧 刘亚俊 吴开宇
主审 张立勋

机械工业出版社

本书主要讲述控制工程的基本概念和基础知识,以及 MATLAB 软件在控制系统分析与设计中的应用。内容包括系统的数学模型、时域分析、频域分析、系统的稳定性以及系统校正设计等部分。

全书在讲清基本原理和概念的同时,结合目前最流行的 MATLAB 软件,讲述 MATLAB 软件在系统的数学模型、时域分析、频域分析、系统的稳定性以及系统校正设计等方面的应用,以增强教材的实用性和先进性。

全书还注重控制理论在机械工程中的应用,并以适当的机械系统实例结合机械工程的实际,运用控制理论以及 MATLAB 软件,对系统进行分析与设计,为学生将来解决控制工程的实际问题打下基础。

全书章节内容连贯,系统性强,各章均配有习题与思考题,并在书后附有部分习题的参考答案。

本书作为高等学校机械电子工程专业的规划教材之一,适用于机电专业、机械设计制造及自动化等专业本科生的技术基础课教材,也可供控制系统设计、MATLAB 应用的工作者及相关专业的工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械控制工程基础/董玉红,徐莉萍主编.—北京:机械工业出版社,2006.6

高等学校机械电子工程规划教材

ISBN 7-111-18573-0

I. 机... II. ①董...②徐... III. 机械工程-控制系统-高等学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 013433 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:冉晓华 责任校对:李秋荣

封面设计:陈沛 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 11.5 印张 · 282 千字

定价:17.00 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) 68326294

编辑热线:(010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

高等学校机械电子工程规划教材编委会

主任：谢存禧
副主任：贾建援 熊诗波 孔祥东 高文龙
秘书：林颖
委员：谢存禧 贾建援 熊诗波 孔祥东 高文龙
 芮延年 隋秀凜 孟宪颐 李强 张河新
 赵学增 刘志峰 方庆瑄

前 言

随着现代科学和计算机技术的迅速发展,将控制理论应用于工程实际,解决工程实际问题显得日益重要。机械工程控制论的理论和方法正成为广大学生和工程技术人员分析问题和解决问题的有效手段,它是高等学校机械电子工程专业的重要技术基础课之一。

作为一本技术基础课教材,为了紧跟时代的发展,本书在讲清基本控制原理和概念的同时,讲述了目前最流行的 MATLAB 软件在系统的数学模型、时域分析、频域分析、系统的稳定性以及系统校正设计等方面的应用及实现,以增强本教材的实用性和先进性。本教材同时紧密结合机械工程实际,以适当的机械系统为例,运用控制理论以及 MATLAB 软件,对系统进行分析与设计。这不仅有利于加强控制工程基础与专业课之间的联系,而且为学生今后将控制理论应用于机械工程实际,解决工程实际问题打下坚实的基础。

全书章节内容连贯,系统性强,结构紧凑。内容共分六章:第一章绪论,主要对机械工程控制论和 MATLAB 软件进行概要介绍;第二章系统的数学模型,主要讲述运用力学、电学知识对系统建模的方法,以及传递函数、方框图、信号流图等重要概念,并对常用机械系统、电网络系统和机电系统的传递函数进行推导,最后讲述系统数学模型的 MATLAB 实现;第三章时域分析,主要对一阶系统、二阶系统在典型输入信号作用下的时间响应进行分析,并定义了二阶系统的性能指标,介绍了稳态误差的概念与计算,最后讲述系统时域分析的 MATLAB 实现;第四章频域分析,主要介绍频率特性的概念,重点讲述典型环节的频率特性及系统频率特性的极坐标图和对数坐标图的绘制,并介绍了系统闭环频率特性的概念和闭环系统性能分析,最后讲述了频域分析的 MATLAB 实现;第五章系统的稳定性,主要介绍稳定性的基本概念,重点讲述代数稳定判据和乃奎斯特稳定判据,并介绍了系统的相对稳定性及衡量稳定裕度的性能指标,最后讲述了系统稳定性的 MATLAB 实现;第六章系统校正设计,主要介绍了校正的概念与功能,重点讲述串联校正、PID 校正以及反馈校正,并给出了利用 MATLAB 软件进行串联校正设计的实例。在附录 A 中给出了常用函数拉氏变换表;在附录 B 中给出了部分习题的参考答案。

本书由哈尔滨理工大学董玉红、河南科技大学徐莉萍主编,由哈尔滨工程大学博士生导师张立勋教授主审。全书内容的编者分工为:第一、六章及有关 MATLAB 软件的内容由董玉红编写;第二章由北京建筑工程学院田彧编写;第三章由华南理工大学刘亚俊编写;第四章由河南科技大学徐莉萍编写;第五章由哈尔滨理工大学吴开宇编写。全书由董玉红统稿。

张立勋教授对本书提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

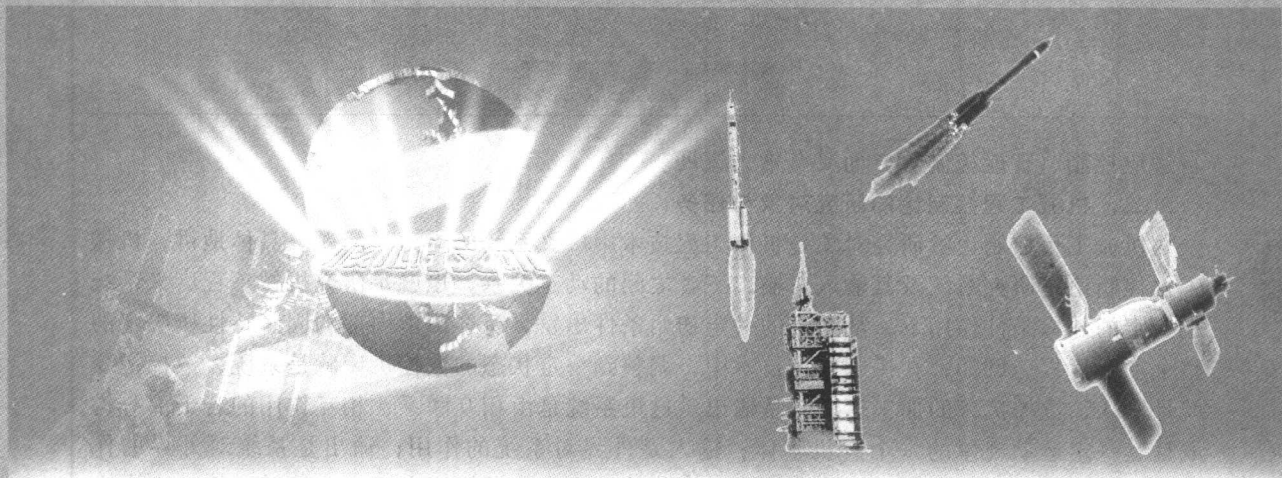
由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 9 月

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 机械工程控制论概述	1
第二节 控制系统的工作原理与组成	4
第三节 控制系统的分类与基本要求	6
第四节 MATLAB 语言简介	8
习题与思考题	25
第二章 系统的数学模型	26
第一节 系统的微分方程	26
第二节 拉普拉斯变换与反变换	32
第三节 传递函数	37
第四节 系统框图及简化	45
第五节 信号流图与梅逊公式	52
第六节 物理系统的传递函数推导	54
第七节 系统数学模型的 MATLAB 实现	57
习题与思考题	63
第三章 时域分析	66
第一节 概述	66
第二节 一阶系统的时间响应	68
第三节 二阶系统的时间响应	70
第四节 高阶系统的响应分析	75
第五节 稳态误差分析与计算	76
第六节 时域分析的 MATLAB 实现	84
习题与思考题	86
第四章 频域分析	88
第一节 概述	88
第二节 典型环节的频率特性	93
第三节 系统开环频率特性的绘制	101
第四节 闭环频率特性	112
第五节 闭环系统性能分析	115
第六节 频域分析的 MATLAB 实现	117
习题与思考题	120
第五章 系统的稳定性	122
第一节 概述	122
第二节 劳斯稳定判据	124
第三节 乃奎斯特稳定判据	128
第四节 系统的相对稳定性	134
第五节 系统稳定性分析的 MATLAB 实现	137
习题与思考题	141
第六章 系统的校正设计	144
第一节 概述	144
第二节 串联校正	146
第三节 PID 校正	154
第四节 反馈校正	158
第五节 系统校正设计的 MATLAB 实现	161
习题与思考题	171
附录 A 常用函数拉氏变换表	173
附录 B 部分习题参考答案	174
参考文献	178



第一章

绪 论

机械控制工程是研究控制论在机械工程中应用的科学。它是一门技术科学，也是一门跨控制论与机械工程领域的边缘学科。随着工业生产和科学技术的不断向前发展，机械工程控制论这门新兴学科越来越为人们所重视。原因是它不仅满足今天自动化技术高度发展的需要，同时也与信息科学和系统科学紧密相关，更重要的是它提供了辩证的系统分析方法，即不但从局部，而且从整体上认识和分析机械系统，改进和完善机械系统，以满足科技发展和工业生产的实际需要。

第一节 机械工程控制论概述

一、控制论

控制论、相对论和量子论被称为是 20 世纪上半叶的三项科学革命，也是人类认识客观世界的三大飞跃。控制论是自动控制、电子技术、计算机科学等多种学科相互渗透的产物，是在 20 世纪 40 年代酝酿形成的。1948 年 N·维纳发表了著名的《控制论》，它基本上形成了经典控制理论。1954 年，我国科学家钱学森在美国运用控制论的思想和方法，首创了工程控制论，把控制论推广到工程技术领域，奠定了工程控制论这一技术科学的基础。不久又相继出现了生物控制论、经济控制论和社会控制论。因此，控制论在建立后很短时期内便迅速渗透到许多科学技术领域，极大地推动了近代科学技术的发展。

按照自动控制技术发展的不同阶段，控制理论分为两大部分：经典控制理论和现代控制理论。经典控制理论以传递函数为基础，主要研究单输入—单输出系统的分析和控制问题。现代控制理论是在经典控制理论的基础上，于 20 世纪 60 年代后发展起来的。它是以状态空间分析法为基础，主要分析和研究多输入—多输出、时变、非线性等系统的最佳控制问题。近年来由于计算机技术和现代应用数学的迅速发展，现代控制理论在最佳滤波、系统辨识、

自适应控制、智能控制等方面又有重大进展。

二、机械工程控制论的研究对象与任务

机械工程控制论的研究对象是机械工程技术中广义系统的动力学问题。具体地讲，机械工程控制论是研究系统及其输入、输出三者之间的动态关系，也就是研究机械工程广义系统在一定的外界条件作用下，从系统的一定初始条件出发，所经历由内部的固有特性所决定的整个动态历程。例如，在机床数控技术中，调整到一定状态的数控机床就是系统，数控指令就是输入，数控机床的加工运动就是输出。这里系统是由相互联系、相互作用的若干部分构成且有一定运动规律的一个有机整体；输入是外界对系统的作用；输出是系统对外界的作用。通常机械工程控制论简称机械控制工程，其所研究的系统可大可小、可繁可简，完全由研究的需要而定，因而称之为广义系统。

由此可见，就系统及其输入、输出三者之间的动态关系而言，机械工程控制论的任务主要研究解决以下几个方面的问题：

1) 当系统已定，输入已知时，求出系统的输出（响应），并通过输出来研究系统本身的有关问题，称系统分析。

2) 当系统已定，系统的输出也已给定时，要确定系统的输入，使输出尽可能符合给定的最佳要求，称系统的最优控制。

3) 当输入已知，输出也给定时，要确定系统，使其输出尽可能符合给定的最佳要求，称最优设计。

4) 当输入和输出均已知时，求系统的结构与参数，即建立系统的数学模型，称系统辨识或系统识别。

5) 当系统已定，输出已知时，要识别输入或输入中的有关信息，称滤波与预测。

从本质上看，问题1)是已知系统与输入求输出，问题2)和5)是已知系统与输出求输入，问题3)和4)是已知输入与输出求系统。

本书主要是以经典控制理论来研究问题1)，即通过已知系统与输入求输出，来进行系统分析方面的问题研究。

三、反馈及反馈控制

控制论的核心内容是通过信息的传递、加工处理和反馈来进行控制。控制论把一切能表达一定含义的信号、符号、密码和消息等统称为信息。所谓信息传递，是指信息在系统及过程中以某种关系动态地传递，亦称转换。例如，对于机床加工工艺系统，要研究机床的加工精度问题，可将工件尺寸作为信息，通过工艺过程的转换，对加工前后工件尺寸的分布情况，运用信息处理的理论和方法来进行研究。

机械控制工程中一个最基本、最重要的概念就是反馈。将系统的输出全部或部分地返回系统的输入端，并与输入信号共同作用于系统的过程，称为反馈或信息反馈。如果反馈回去的信号与系统的输入信号方向相反，称之为负反馈；如果方向相同，则称之为正反馈。

在工程技术领域中，随着自动化程度的提高，已广泛采用自动控制系统。在自动控制系统中，通常存在着反馈控制。所谓反馈控制就是利用反馈信号对系统进行控制。下面以机械动力学的典型实例：蒸汽机离心调速器调速系统（见图1-1），来对反馈控制加以说明。

如图1-1a所示，离心调速器由离心机构、比较机构和转换机构等部分组成。对调速系统的调节要求是：调节进入蒸汽机的蒸汽量 q ，使蒸汽机在不同的工作负载 T 时，输出转速

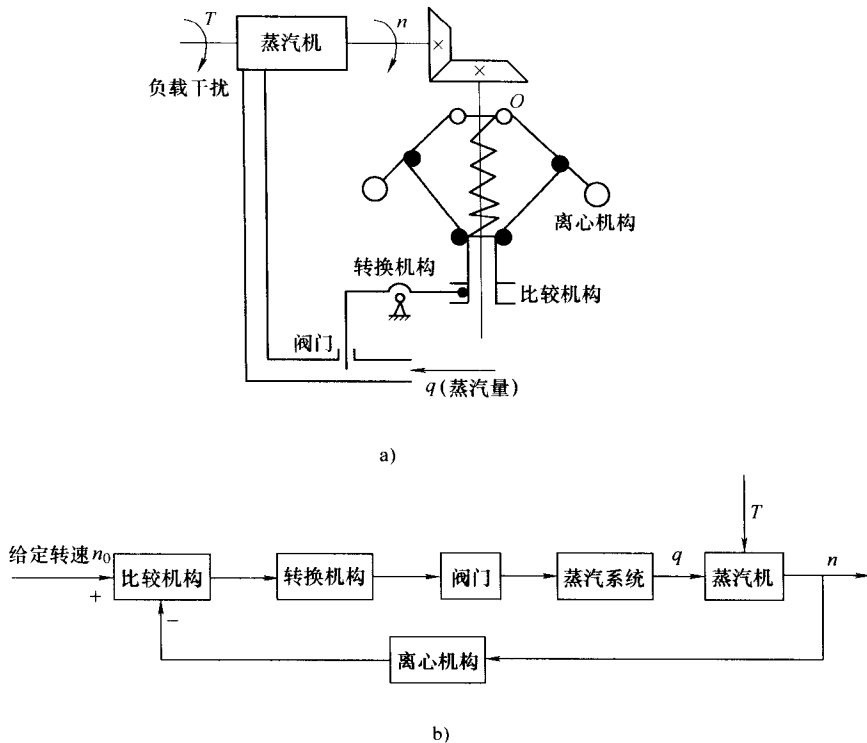


图 1-1 蒸汽机离心调速器调速系统

a) 结构示意图 b) 调速原理框图

n 保持不变。调速过程为：当外界负荷变化使 T 减小时，因为蒸汽带入的功率不变，输出转速 n 将上升； n 上升后，离心机构以 O 点为支点进一步张开，比较机构的滑套上升，带动转换机构的杠杆，将调节阀的阀门关小， q 随之下落，使 n 降低逐渐趋向原给定值。显然，蒸汽机的输出转速 n 是通过离心调速器，根据转速 n 变化后调节蒸汽量 q 的大小来使其回复给定值的，这就是转速 n 本身的反馈控制。

如图 1-1b 所示为调速系统的原理框图。由图可见，在这里反馈信息为实际转速 n ，经与给定转速 n_0 相比较形成一个闭环系统。通常人们利用反馈控制原理在机械系统或过程中加上一个人工的反馈，构成一个自动控制系统，这种反馈称为外反馈。离心调速器就是人为加上的反馈控制装置，目的在于抵抗负荷变化所引起的输出转速的变化。但是，在许多机械系统或过程中，往往存在相互耦合作用形成非人为的“内在”反馈，从而构成一个闭环系统，这种反馈称为内反馈。例如，机械系统中作用力与反作用力的相互耦合从而形成内在反馈。又如在切削过程中自激振动的产生，也必是存在内在的反馈使能量在内部循环，促使振动持续进行。因而，许多机械系统从表面上看是开环系统，没有人为加上反馈控制，但经过分析可以发现它们实质上都是闭环系统。机械系统或过程中广泛存在着内反馈或外反馈，这里要注意必须是从动力学而不是静力学的观点，从系统而不是孤立的观点进行分析，才能揭示系统或过程的本质。

第二节 控制系统的工作原理与组成

一、工作原理

所谓控制系统，是指系统的输出能按照要求的参考输入或控制输入进行调节的系统。下面以水箱液位控制为例，分析人工控制和自动控制的控制过程。图 1-2 为人工控制水箱液位的示意图。人工控制的目的是克服水箱出水口扰动量 q_2 变化，保持水箱液位恒定。操作人员可以通过改变进水阀门的开口度，控制进水量 q_1 ，达到控制水箱液位的目的。人工调节过程可归纳如下：

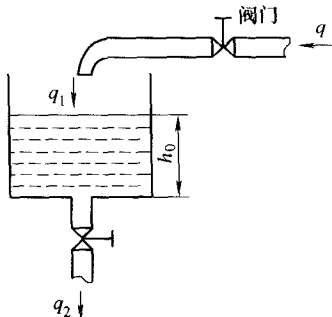


图 1-2 水箱液位的人工控制

- 1) 操作者观察液位的高度或液位计的读数，这是人眼的功能；
- 2) 将实际的液位高度与给定液位高度进行比较，得出液位偏离给定值的大小和方向，这是人脑的功能；
- 3) 根据偏差值的大小和方向，再控制进水阀门的开口度，改变进水量，这是人手的功能。

由此可见，人工控制过程就是观测、求偏差及进行纠正偏差的过程。简言之“求偏与纠偏”的过程。如果将上述人工控制过程中操作人员的作用由自动控制器来代替，一个人工调节的系统就变成一个自动控制系统。

图 1-3 所示为水箱液位的自动控制系统。在这个自动控制系统中，用浮子作为测量元件代替人眼，用电位器作为比较器代替人脑，用放大器、电动机及减速器作为驱动环节代替人手。水箱液位的自动控制过程为：当电位器的电刷位于中点位置，其输入电压为 u_1 时，电动机 M 不动，控制阀门有一定开口度，水箱中进水量与出水量相等，液位保持在希望值上。一旦进水量 q_1 或出水量 q_2 发生变

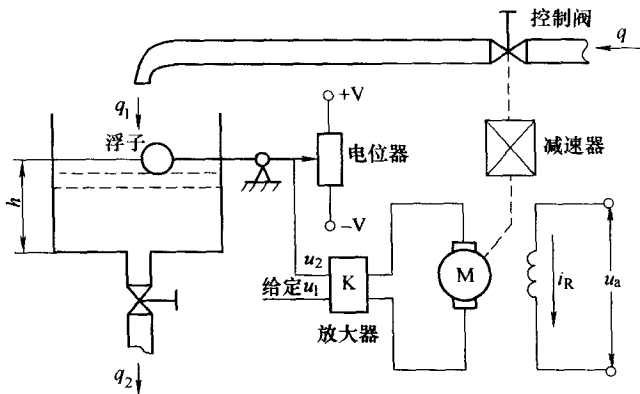


图 1-3 液位自动控制系统示意图

化，例如使液面上升时，浮子位置也相应升高，通过杠杆作用使电位器电刷下移，此时其电压为 u_2 ，从而给电动机提供一定的控制电压 $\Delta u = u_1 - u_2$ ，驱动电动机及减速器减小阀门开口度，使水箱的进水量减少。水箱液面开始下降，浮子位置也相应下降，直至偏差 $\Delta u = 0$ ，电位器电刷回到中点位置，系统重新处于平衡位置，液面恢复给定高度。反之，若水箱液位下降，则系统会自动增大阀门开口度，加大进水量，使液位上升到给定高度。

由此可见，控制系统的工作原理可以归纳如下：

- 1) 检测被控制量或输出量的实际值；

2) 将实际值与给定值进行比较得出偏差值;

3) 用偏差值产生控制调节作用去消除偏差。

这种基于反馈原理,通过检测偏差再纠正偏差的系统称为反馈控制系统或闭环控制系统。通常反馈控制系统至少具备测量、比较和执行三个基本功能。

液位自动控制系统框图如图 1-4 所示。图中箭头表示信号作用的方向,⊗代表比较元件,每一个方框代表一个环节。每个环节的作用是单向的,且输出受输入控制。该图清楚地说明了反馈控制的基本原理。可以说,反馈控制是实现自动控制最基本的方法。

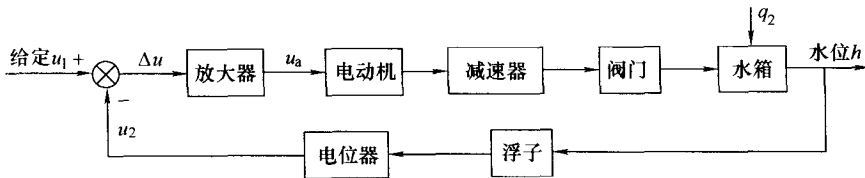


图 1-4 液位自动控制系统框图

二、控制系统的组成

1. 控制系统的组成

图 1-5 所示为反馈控制系统的组成框图,通常称为闭环控制系统。由图可见,闭环控制系统一般由给定元件、反馈元件、比较元件、放大元件、执行元件及校正元件等单元组成。当一个控制系统的框图中没有反馈回路时,称之为开环系统。开环系统较闭环系统简单,其系统组成中没有反馈元件和比较元件。

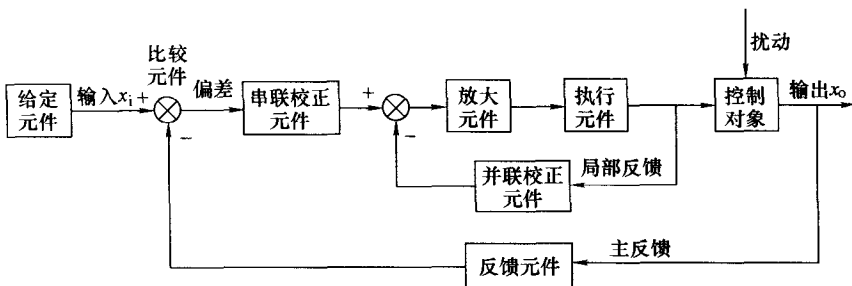


图 1-5 闭环控制系统的组成框图

2. 控制系统的基本概念和术语

(1) 给定元件 主要用于产生给定信号或输入信号。

(2) 反馈元件 测量被控制量或输出量,产生主反馈信号。反馈元件一般使用检测元件,为了便于传输,这些检测元件通常是用电量来测量非电量的一些元件。例如,用电位计或旋转变压器将位移或转角变换为电压信号;用热电偶将温度变换为电压信号;用光栅测量装置将直线位移变换为数字电信号等。

(3) 比较元件 用来接收输入信号和反馈信号并进行比较,产生反映两者差值的偏差信号。

(4) 放大元件 对较弱的偏差信号进行放大以推动执行元件动作。放大元件有电气的、液压的和机械的等。

(5) 执行元件 直接对被控对象进行操纵的元件, 例如伺服电动机、液压马达及伺服液压缸等。

(6) 校正元件 校正元件不是反馈控制系统所必须具有的, 它是为了改善系统控制性能而加入系统中的元件。校正元件又称校正装置。串联在系统前向通道上的称为串联校正装置, 并接在反馈回路上的称为并联校正装置。

以上介绍了控制系统的工作原理和基本组成。下面将常用的控制系统的一些基本概念和名词术语归纳如下:

(1) 被控对象 在控制理论和控制技术中, 运动规律或状态需要控制的装置称为被控对象或控制对象。

(2) 控制器 在控制系统中, 除被控对象以外的所有装置, 统称为控制器。因此, 控制系统可以说由控制器和控制对象两部分组成。

(3) 输入信号 又叫输入量、控制量或给定量。从广义上讲, 输入信号是指输入到系统中的各种信号, 包括对系统输出不利的扰动信号在内。一般来说, 输入信号是指控制输出量变化规律的信号。

(4) 输出信号 又叫输出量、被控制量或被调节量。表征被控对象运动规律或状态的物理量。输出信号是输入信号作用的结果, 因此, 它的变化规律应与输入信号之间保持确定的关系。

(5) 反馈信号 它是输出信号经过反馈元件变换后加到输入端的信号。若反馈信号的符号与输入信号相同, 称为正反馈; 反之, 称为负反馈。控制系统中的主反馈通常采用负反馈, 以免系统失控。系统中的局部反馈, 主要用于系统进行校正等, 以满足控制系统的性能要求。

(6) 偏差 系统的输入量与反馈量之差, 即比较环节的输出。

(7) 误差信号 它是指输出量的实际值与希望值之差, 通常希望值是系统的输入量。这里需要注意, 误差和偏差是不相同的概念, 只有在单位反馈系统, 即反馈信号等于输出信号的情况下, 误差才等于偏差。

(8) 扰动信号 又叫干扰信号。扰动信号是指偶然的无法加以人为控制的信号。扰动信号也是一种输入信号, 通常对系统的输出产生不利的影响。

第三节 控制系统的分类与基本要求

一、控制系统的分类

控制系统的种类很多, 在实际中可以从不同的角度进行分类。

1. 按输入量的变化规律进行分类

(1) 恒值控制系统 恒值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)。这种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定值。

工业生产中的温度、压力、流量、液位等参数的控制, 以及某些原动机的速度控制, 机床的位置控制等均属此类控制。

(2) 程序控制系统 这种控制系统的输入量不为恒定值, 其变化规律是预先知道和确

定的。可将输入量的变化规律预先编成程序，由程序发出控制指令，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，使控制对象按照指令的要求运动。

图 1-6 所示为一个数控机床切削加工的程序控制系统。将待加工的工件按图样要求预先编制成加工程序，将程序指令通过输入装置送到数控装置进行计算，产生的控制脉冲使刀具和工件按程序指令的要求运动，这样就加工出所需工件的外形。

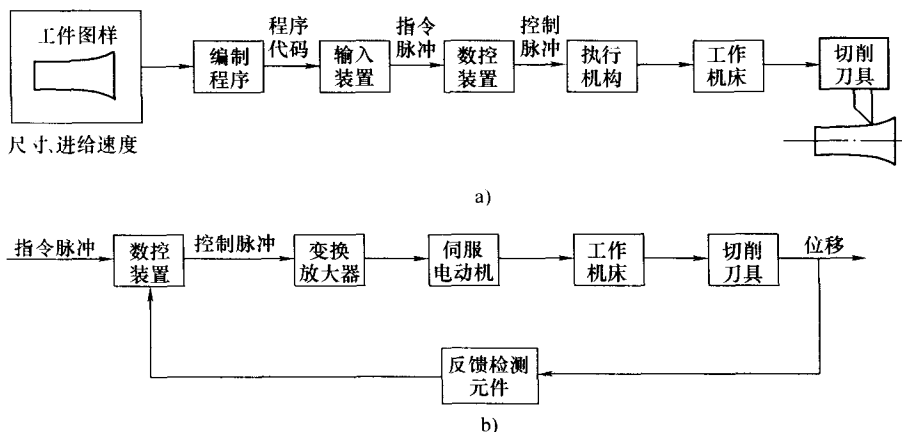


图 1-6 程序控制系统

a) 数控加工过程原理图 b) 数控机床进给系统框图

(3) 随动系统 随动系统又称伺服系统。这种控制系统输入量的变化规律是不能预先确定的。当系统的输入量发生变化时，要求输出量迅速平稳地随着输入量变化，并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，也可以由目标物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自动跟踪系统等均属于随动系统。

2. 按系统中传递信号的性质分类

(1) 连续控制系统 连续控制系统是指系统中各部分传递的信号都是连续时间变量的系统。连续控制系统又可分为线性系统和非线性系统。能用线性微分方程描述的系统称为线性系统，不能用线性微分方程描述、存在着非线性部件的系统称为非线性系统。

(2) 离散控制系统 离散控制系统是指系统中某一处或几处的信号是以脉冲序列或数字量传递的系统，又称数字控制系统。由于连续控制系统和离散控制系统的信号形式差别较大，因此在分析方法上有明显的不同。连续控制系统以微分方程来描述系统的运动状态，并用拉氏变换法求解微分方程；而离散控制系统则用差分方程来描述系统的运动状态，用 Z 变换法引出脉冲传递函数来研究系统的动态特性。

此外，还可以按描述系统的数学模型将控制系统分为线性控制系统和非线性控制系统；按系统部件的类型分为机电控制系统、液压控制系统、气动控制系统、电气控制系统等。

二、基本要求

自动控制系统应用的场合不同，对系统性能的要求也不同。但从控制工程的角度出发，对每个控制系统却有相同的基本要求，一般可归纳为稳定性、准确性和快速性。

1. 稳定性

稳定性是保证控制系统正常工作的首要条件。因为控制系统中都包含储能元件,若系统参数匹配不当,就可能引起振荡。稳定性就是指系统动态过程的振荡倾向及其恢复平衡状态的能力。对于稳定性满足要求的系统,当输出量偏离平衡状态时,应能随着时间收敛并且最后回到初始的平衡状态。

2. 准确性

准确性是指控制系统的控制精度,一般用稳态误差来衡量。所谓稳态误差是指以一定变化的输入信号作用于系统后,当调整过程结束趋于稳定时,输出量的实际值与期望值之间的误差值。准确性是衡量控制系统性能的重要指标。例如数控机床稳态误差愈小,加工精度就愈高。

3. 快速性

快速性是指当系统的输出量与输入量之间产生偏差时,系统消除这种偏差的快慢程度。快速性是在系统稳定的前提下提出的,它是衡量控制系统性能的又一个重要指标。快速性好的系统,消除偏差的过渡过程时间短,因而就能复现快速变化的输入信号,并具有较好的动态性能。

在实际中,由于控制对象的具体情况不同,每类控制系统对稳定、准确、快速这三方面的要求各有侧重。例如,调速系统对稳定性要求较严格,而伺服系统对快速性要求较高。即使对于同一系统,稳、准、快也是相互制约的。提高快速性,可能会引起强烈振荡,降低了系统的稳定性;改善了稳定性,控制过程可能会过于迟缓,快速性甚至准确性都会变差。如何分析和解决这些矛盾,正是本课程所要讨论和学习的重要内容。

第四节 MATLAB 语言简介

MATLAB 是美国 Mathworks 公司开发的大型数学计算软件,它提供了强大的矩阵处理和绘图功能,并具有界面友好的用户环境。由于 MATLAB 可信度高、灵活性好、使用方便、人机界面直观、输出结果可视化,所以目前在世界范围内被科技工作者和大学生们广泛使用。MATLAB 带有一些强大的具有特殊功能的工具箱,几乎涵盖了所有工业、电子、医疗、建筑等各个领域,已经成为国际上最流行的软件之一。现在的 MATLAB 已不仅仅是一个“矩阵实验室”(Matrix Laboratory),而且已经成为一种实用的计算机高级编程语言,是工程技术人员的必备软件。

一、MATLAB 的系统界面

1. MATLAB 窗口

MATLAB 具有强大的编程功能和易操作的交互式计算环境。MATLAB 语言被认为是一种解释性能语言,在其工作空间(Workspace),用户可以在 MATLAB 的命令窗口中键入一个命令,就可以直接进行数字运算,也可以应用 MATLAB 语言编写应用程序,运行程序及跟踪调试程序。MATLAB 软件会对命令和程序的各项语句进行翻译,然后在 MATLAB 环境中对它进行处理,最后返回结果。

启动 MATLAB6.5 后,出现 MATLAB 的系统界面如图 1-7 所示。MATLAB 系统界面的最上面是“MATLAB”标题栏,标题栏下面是条形菜单栏,菜单栏下面是工具栏按钮与设置当前目录(Current Directory)的弹出式菜单框及其右侧的查看目录树的按钮。在工具栏下面的大

窗口就是 MATLAB 的主窗口，在大窗口里设置有四个小窗口：工作空间（Workspace）、当前目录（Current Directory）、命令历史（Command History）与命令窗口（Command Window）。在最下面是“Start”开始按钮。命令窗口是用户和 MATLAB 进行交互的主要场所。

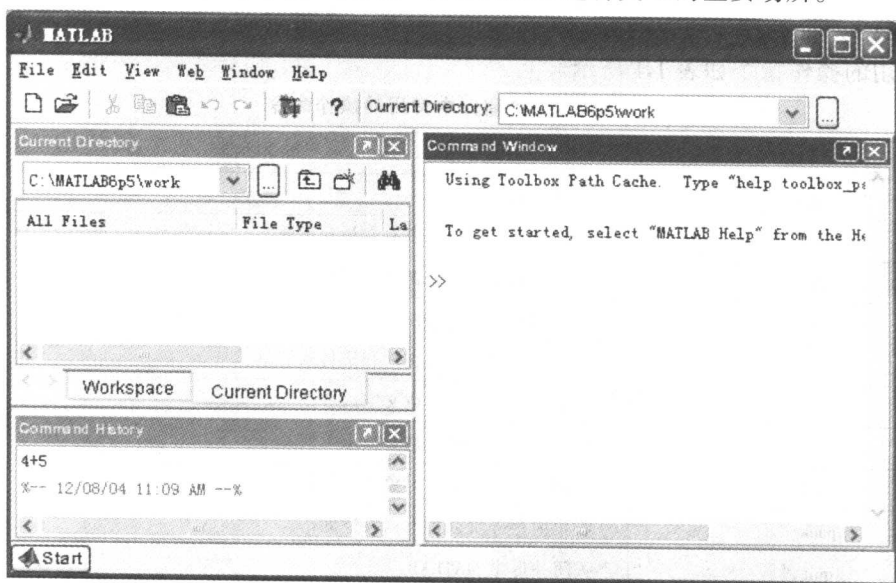


图 1-7 MATLAB 的系统界面

MATLAB 命令窗口的最上面两行是系统初始提示信息，第三行就会出现 MATLAB 环境提示符号“>>”和光标位置符。在命令窗口中，命令的执行类似 DOS 的行命令形式。从提示符处输入命令，按回车键后执行命令，并且一行可以输入多条命令，各命令用逗号或分号隔开。逗号告诉 MATLAB 显示结果，分号禁止显示。例：

```
>> a = 10; b = 20; c = 30,
```

运行后：c =

30

如果一个表达式一行写不下，MATLAB 允许续行，键入“...”回车，即可在下一行继续输入。注意在“...”前面留有空格，并且变量名不能分成两行，注释语句不能续行。在%后的所有文字为注释，执行 MATLAB 时忽略%及其后的文本。用户可以在任何时刻用【Ctrl + C】中断 MATLAB 的运行。

光标控制键可以再调用，重复编辑前面已输入的命令。假设你错误地输入某个指令，例：

```
>> a = (1 + sqrt(5)) / 2
```

在此指令中应输入 sqrt，而不是 sqt，回车后 MATLAB 则显示：

```
??? Undefined function or variable 'sqt'.
```

为了避免重复输入上述一行句子，你可以按↑，错行重新显示，用←键移动光标定义插入所缺 r 字母。重复使用光标↑可以调用指定某几个字母开头的命令行。在 MATLAB 中，输入的命令存储在缓冲区内，可以调用指定某几个字母开头的命令行。例如，输入 plo 字母，然后按↑键，就调用前面的最近一次 plo 开头的命令。MATLAB 是一个标准的 Windows 界面，

可以利用菜单中的命令完成对命令窗口的操作。它的使用方法与 Windows 的一般应用程序相同。

2. MATLAB 常用的操作命令

MATLAB 对命令窗口可以通过菜单命令进行操作，也可以通过键盘输入控制指令。命令窗口中常用的操作指令如表 1-1 所示。

表 1-1 命令窗口中常用的操作命令

指令名称	指令功能
cd	改变当前工作目录
clear	清除工作空间中的所有变量和函数
clc	擦除 MATLAB 命令窗口中所有显示的内容
clf	擦除 MATLAB 当前窗口中的图形
dir	列出指定目录下的文件和子目录清单
disp	在运行中显示变量或文字内容
echo	控制运行文字指令是否显示
hold	控制当前图形窗口对象是否被刷新
pack	收集内存碎块以扩大内存空间
quit	关闭并退出 MATLAB
type	显示所指定文件的全部内容

在 MATLAB 命令窗口里，当输入、编辑并运行命令、函数与程序并进行各种不同类型的数学运算时，有很多控制键和方向键可用于语句行的编辑。如果能熟练使用这些按键或其快捷键将大大提高工作效率。表 1-2 列出了 MATLAB 命令窗口中的快捷键。

表 1-2 MATLAB 命令窗口中的快捷键

键盘操作	功能
↑	Ctrl + p 调出前一个命令行
↓	Ctrl + n 调出后一个命令行
←	Ctrl + b 光标左移一个字符
→	Ctrl + f 光标右移一个字符
Ctrl + →	Ctrl + r 光标右移一个单词
Ctrl + ←	Ctrl + l 光标左移一个单词
Home	Ctrl + a 光标移至行首
End	Ctrl + e 光标移至行尾
Esc	Ctrl + u 清除当前行
Del	Ctrl + d 清除光标所在位置后的字符
Backspace	Ctrl + h 清除光标所在位置前的字符
	Ctrl + k 删至行尾

3. start 开始菜单

MATLAB 系统界面下的【Start】按钮，类似于 Windows 系统桌面平台左下角的【开始】按钮，不仅两者名称、设置的位置，而且模式与功能都相似。现在按下【Start】按钮，再选

择【Toolboxes】后的 LTI Viewer, 如图 1-8 所示。

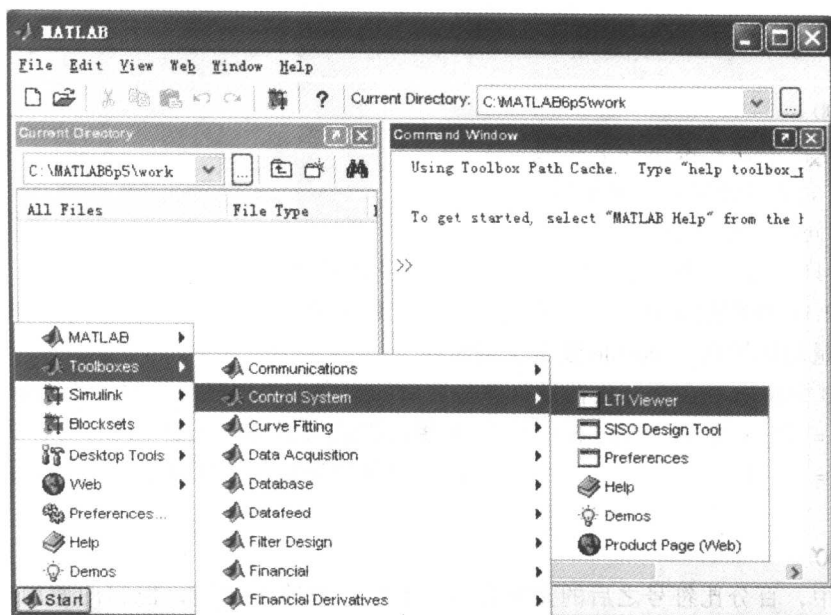


图 1-8 【Start】按钮及其下拉菜单

二、MATLAB 数学运算

用 MATLAB 进行数学运算, 就像在计算器上算算术一样简单方便。因此, MATLAB 被誉为“草稿纸式的科学计算语言”。在 MATLAB 的工作空间中, 可以极为方便地直接进行一般的算术运算、复数运算、矩阵运算等数学运算。

1. 算术运算

运用 MATLAB 可以完成一般常用的加 (+)、减 (-)、乘 (*)、除 (/)、幂次 (^) 等数学运算, 最快速简单的方法是在 MATLAB 命令窗口 (Command Window) 内的提示符号 (>>) 之后输入表达式, 并按下【Enter】键即可。例:

```
>> (5 * 2 + 3.5) / 5
```

```
ans =
```

```
2.7000
```

MATLAB 会将运算结果直接存入默认变量 ans, 代表 MATLAB 运算后的答案 (Answer), 并在屏幕上显示其运算结果的数值 (在上例中, 即为 2.7000)。

若不想让 MATLAB 每次都显示运算结果, 只需在表达式最后加上分号 (;) 即可, 例:

```
>> (5 * 2 + 3.5) / 5 ;
```

在上例中, 由于表达式后面加入了分号, 因此 MATLAB 只会将运算结果储存在默认变量 ans 内, 不会显示于屏幕上; 在需要时取用或显示此运算结果, 可直接输入变量 ans, 例: (接上例):

```
>> ans
```

```
ans =
```

```
2.7000
```