

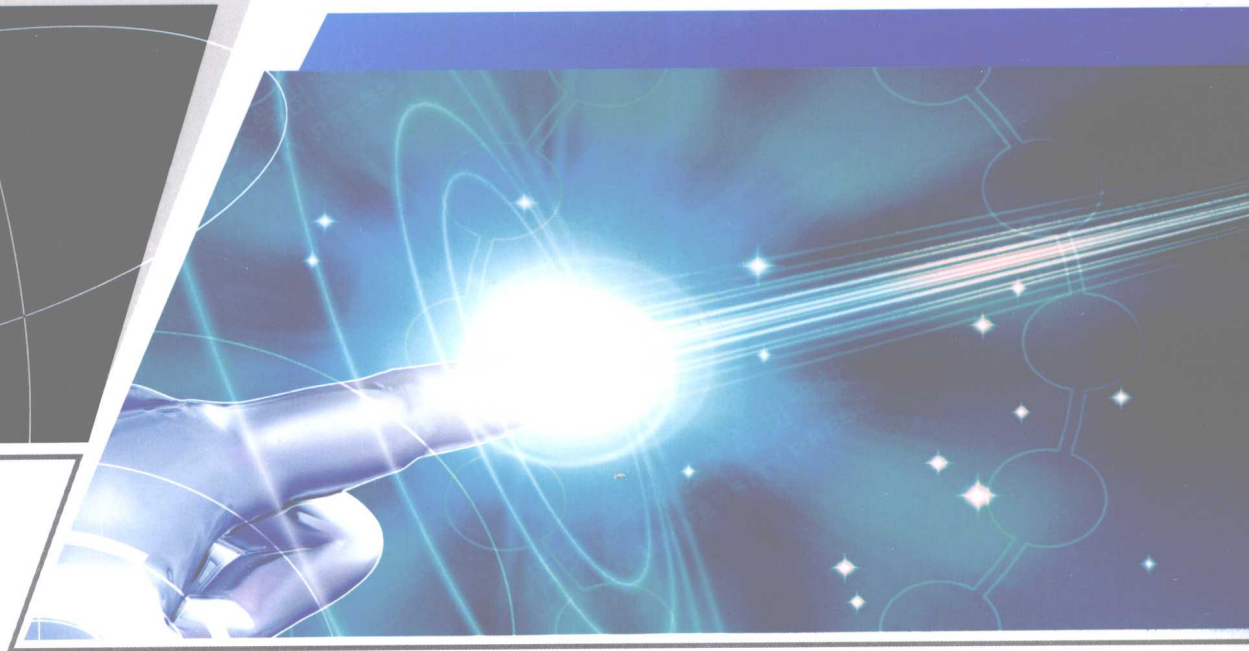


高职高专电子信息类“十一五”规划教材

自动控制原理与应用

主编 高金玉

主审 刘雨棣



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专电子信息类“十一五”规划教材

自动控制原理与应用

主 编 高金玉

副主编 李常峰

主 审 刘雨棣

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书全面阐述了自动控制系统的基本理论及应用。全书共七章,其中前六章主要讲述线性定常连续系统的建模、分析、校正等内容,第7章为线性离散系统的分析与设计。全书主要包括:线性系统数学模型、时域响应分析、根轨迹分析、频域特性分析、控制系统校正、采样控制系统,以及在 MATLAB 支持下对控制系统的计算机辅助分析与设计。全书内容取材新颖,阐述深入浅出,为了便于自学,各章均有丰富的例题和习题。

本书可作为高职高专院校电气自动化技术、仪表及测试、机械、动力及冶金等专业的教材,也可作为相关人员的自学教材。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理与应用/高金玉主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2009.8

高职高专电子信息类“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2251-4

I. 自… II. 高… III. 自动控制理论-高等学校-教材 IV. TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 124830 号

策 划 寇向宏

责任编辑 邵汉平 寇向宏

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 2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 16.5

字 数 386千字

印 数 1~4000册

定 价 24.00元

ISBN 978-7-5606-2251-4/TP·1145

XDUP 2543001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

西安电子科技大学出版社
高职高专电子信息类“十一五”规划教材
编审专家委员会名单

主任：杨 勇

副主任：张小虹

成 员：（按姓氏笔画排列）

马 琳	王 平	王宏军	丛迎九
卢庆林	李常峰	李德家	李文森
刘 勇	张玉莲	张 伟	郭亚红
战德刚	段智毅	祝瑞花	栾春光
曾照香	彭丽英	雷少刚	黎 伟

项目策划：毛红兵

策 划：曹 昉 寇向宏

电子教案：马武装

前 言

自动控制技术广泛应用于工农业生产、交通运输和国防建设的各个领域。自动控制技术以控制理论为基础,以计算机为手段,解决了一系列高科技难题,诸如宇宙航行、航空航天工程、导弹制导与导弹防御体系等领域的一些高精度控制问题,在科学技术现代化的发展与创新过程中,发挥着越来越重要的作用。

“自动控制原理”是自动化学科的重要理论基础,是专门研究有关自动控制系统中基本概念、基本原理和基本方法的一门课程,是电气自动化技术专业的一门核心基础理论课程。学好自动控制理论对掌握自动化技术有着重要的作用。本书从基本概念、基本分析方法入手,结合生产和生活中的实例,以时域分析方法为主线,时域分析和频域分析并进,利用直观的物理概念,使学生充分理解系统参数与系统指标之间的内在联系,由浅入深地引导学生理解和掌握经典控制理论的精髓。

本书是根据电气自动化技术专业“自动控制原理”的教学大纲编写而成的,适用于自动化专业及其它电气信息类学生使用。在编写过程中,编者充分注意到以下几点:

(1) 注重体系的基本结构,强调控制理论的基本概念、基本原理和基本方法,内容精练,重点突出,不以细节为主。

(2) 以学生为本,加强能力培养,遵照认知规律,内容叙述力求深入浅出、层次分明;注意理论的完整性与工程实用性相结合,培养学生的工程意识。

(3) 引入了风靡世界的 MATLAB 软件来实现控制系统的辅助分析和设计,以培养学生现代化的分析与设计能力,适应 21 世纪教学现代化的发展要求。

(4) 为了便于不同层次的学生和读者自学,各章都有较丰富的、有难度层次的典型例题和习题,并有部分习题需应用 MATLAB 求解。

为适应教学要求,针对本门课程的特点,对自动控制理论的内容及习题做了精选,例题量大,便于练习掌握。引入 MATLAB 软件来解决自控原理中复杂的计算问题,简化了解题难度,有利于课堂理论教学向实际工程实践过渡;同时,采用 MATLAB 生成图形提高了绘图精度,便于学生深刻了解变化细节和变化过程。本书在编排上,一方面只介绍古典控制论,这样的结构学生容易接受;另一方面,对内容做了精选,以介绍基础性的理论为重点。随着科学技术的飞速发展,学生要学习的知识越来越多,对于控制理论这样的基础课,学时数没必要太多,只要求学生了解或掌握一种分析系统性能的数学方法而已。不同的学校可根据实际计划学时,选择不同的章节学习,对其余内容可开选修课。

本书由山东信息职业技术学院高金玉任主编,济南职业学院李常峰任副主编,西安航空技术高等专科学校刘雨棟任主审。参加编写的人员有:山东信息职业技术学院赵钊(第 3、5、6 章),高金玉(第 1、2 章),李常峰(第 4、7 章),全书由高金玉统稿。在审稿会

上，主编、主审及参编又对书稿进行了认真细致的审阅、修改和订正，进一步提高了本书的质量。在此，对各位老师的辛勤参与以及有关院校和西安电子科技大学出版社的大力支持，一并致以诚挚的感谢。

限于作者水平，且时间较紧，书中难免有不妥之处，敬请各位读者批评指正，便于进一步修订与完善。

编 者

2009 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 自动控制系统的一般概念	1
1.2 自动控制系统的基本控制方式	2
1.2.1 开环控制方式	2
1.2.2 闭环控制方式	3
1.2.3 其它控制方式	3
1.3 自动控制系统的分类	4
1.3.1 按给定量的变化规律分类	4
1.3.2 按系统的特性分类	4
1.3.3 按系统的信号形式分类	5
1.3.4 按系统的输入与输出信号的数量分类	5
1.4 对自动控制系统性能的基本要求	6
1.5 基于 MATLAB 的控制系统分析与设计	7
1.5.1 MATLAB 7.0 的界面环境	7
1.5.2 MATLAB 7.0 主窗口	8
1.5.3 Command Window(命令窗口)	8
1.5.4 Workspace(工作空间窗口)	9
1.5.5 Current Directory(当前目录窗口)	9
1.5.6 Command History(命令历史窗口)	10
1.5.7 启动平台窗口和 Start 按钮	11
1.5.8 MATLAB 帮助系统	11
小结	11
习题	11
第 2 章 控制系统的数学模型	13
2.1 控制系统的时域数学模型——微分方程	13
2.2 拉普拉斯变换基础	15
2.2.1 拉氏变换的概念	15
2.2.2 几个常用函数的拉氏变换	15
2.2.3 拉氏变换的几个重要运算定理	18
2.2.4 拉氏反变换	21
2.2.5 用拉氏变换求解微分方程	23
2.3 控制系统的复数域数学模型——传递函数	23
2.3.1 传递函数的定义及特点	23
2.3.2 典型环节的传递函数	24

2.4 控制系统的动态结构图	25
2.4.1 结构图的组成与作用	25
2.4.2 建立系统的结构图	25
2.4.3 结构图的等效变换及简化	27
2.5 控制系统的重要传递函数	30
2.6 解题示范	32
小结	36
习题	37
第3章 线性系统的时域分析法	39
3.1 阶跃响应的性能指标	39
3.2 典型二阶系统时域分析	40
3.2.1 一阶系统的单位阶跃响应	40
3.2.2 典型二阶系统的单位阶跃响应	42
3.2.3 欠阻尼二阶系统动态性能指标的估算	45
3.2.4 二阶系统的性能改善	50
3.3 高阶系统分析	54
3.3.1 高阶系统的阶跃响应	54
3.3.2 偶极子和闭环主导极点	55
3.3.3 高阶系统的动态指标的估算	55
3.4 线性系统稳定性分析	57
3.4.1 稳定的定义	57
3.4.2 线性系统稳定的充要条件	57
3.4.3 劳斯稳定判据	58
3.4.4 劳斯稳定判据在系统分析中的应用	62
3.5 线性系统稳态误差分析	64
3.5.1 稳态误差的定义	64
3.5.2 系统类型	65
3.5.3 稳态误差的分析	65
3.5.4 扰动信号作用下的稳态误差	69
3.6 解题示范	70
小结	79
习题	79
第4章 系统根轨迹分析法	82
4.1 根轨迹的概念及闭环极点的确定	82
4.1.1 根轨迹的概念	82
4.1.2 闭环极点的确定	84
4.2 绘制根轨迹的基本法则	85
4.3 广义根轨迹	96
4.3.1 参数根轨迹	96
4.3.2 零度根轨迹	98
4.4 系统性能分析与估算	101
4.4.1 主导极点、偶极子及时间响应	102
4.4.2 系统性能的定量估算及定性分析	103

4.5 解题示范	106
小结	111
习题	112
第5章 线性系统的频域分析法	116
5.1 频率特性	116
5.1.1 频率特性的定义及特点	116
5.1.2 频率特性的几何表示方法	117
5.2 典型环节的频率特性	119
5.3 系统的开环频率特性	128
5.3.1 控制系统的开环频率特性	128
5.3.2 最小相位系统和非最小相位系统	136
5.4 奈奎斯特稳定判据的应用	138
5.4.1 奈氏稳定判据的数学基础——幅角原理	138
5.4.2 奈奎斯特稳定判据	139
5.5 控制系统的频域性能指标——稳定裕度	146
5.5.1 幅值裕度	147
5.5.2 相位裕度	148
5.6 闭环频率特性	151
5.6.1 闭环频率特性指标	151
5.6.2 开环频率特性与闭环频率特性的关系	152
5.7 频率法系统分析	153
5.7.1 用开环频率特性分析系统的性能	153
5.7.2 用闭环频率特性分析系统的动态性能	156
5.8 解题示范	157
小结	164
习题	164
第6章 线性系统的校正方法	167
6.1 校正的基本概念	167
6.1.1 校正的定义	167
6.1.2 校正方式	167
6.2 无源校正	169
6.2.1 无源串联超前校正	169
6.2.2 无源串联滞后校正	174
6.3 有源校正	178
6.3.1 基本控制规律	179
6.3.2 三种常用的调节器	180
6.3.3 串联校正分析	182
6.4 复合校正	189
6.4.1 按扰动补偿的前馈控制	189
6.4.2 按输入补偿的顺馈控制	190
6.5 解题示范	190
小结	195
习题	195

第 7 章 线性离散系统	197
7.1 离散系统的基本概念	197
7.1.1 离散系统的定义、分类及典型结构	197
7.1.2 离散系统的优点	201
7.2 信号的采样	201
7.2.1 采样过程	201
7.2.2 采样定理	204
7.3 信号的保持	207
7.4 z 变换理论	209
7.4.1 z 变换的定义及求法	210
7.4.2 z 变换的性质	212
7.4.3 z 反变换	213
7.5 离散系统的数学模型	217
7.5.1 差分方程	217
7.5.2 脉冲传递函数	219
7.5.3 由结构图求脉冲传递函数	221
7.5.4 数学模型之间的转换	228
7.6 离散系统性能分析	229
7.6.1 稳定性的分析	229
7.6.2 稳态误差计算	237
7.6.3 动态性能的定量计算与定性分析	240
7.7 解题示范	247
小结	250
习题	251

第1章 绪 论



本章要点

- 自动控制系统的基本控制方式；
- 自动控制系统的分类和基本性能要求；
- MATLAB 7.0 软件的基本介绍。

本章难点

- 自动控制系统的基本控制方式、分类和性能要求；
- MATLAB 7.0 软件的应用。

1.1 自动控制系统的一般概念

所谓自动控制是指在没有人直接参与的情况下，利用控制装置(或控制器)操作被控对象的某个状态或参数，使其按预设定的规律自动运行。

自动控制在工农业生产、军事及航空航天领域都得到了广泛应用。例如，在工业上，机器设备的速度控制，锅炉的温度和压力控制，数控机床按照预定的程序自动地切削工件等；在军事上，雷达和火炮自动跟踪目标的随动控制，导弹自动制导控制等；在航空航天方面，人造卫星及宇宙飞船能准确地进入预定轨道并返回地面控制等，都是自动控制技术的具体应用。

在这些自动控制系统实例中，尽管功能、结构不同，但它们都由控制装置和被控对象组成，我们称之为系统。

自动控制原理是研究自动控制技术的基础理论，主要研究自动控制系统的组成、分析与设计。其发展过程一般可分为以下三个阶段：

(1) 20 世纪 40~60 年代，称为“经典控制理论”时期。经典控制理论主要解决单输入单输出问题，主要采用传递函数、频率特性、根轨迹为基础的频域分析方法。此阶段所研究的系统大多是线性定常系统；对非线性系统，分析时采用的相平面法一般不超过两个变量。

(2) 20 世纪 60~70 年代，称为“现代控制理论”时期。在这个时期，计算机技术的飞速发展推动了自动控制技术的发展。此阶段所采用的状态空间法，可以解决多输入多输出问题；系统既可以是线性的、定常的，也可以是非线性的、时变的。

(3) 20 世纪 70 年代末至今, 控制理论主要在“大系统理论”和“智能控制”方面发展。前者是用控制和信息的观念, 研究各种大系统的结构方案、总体设计中的分解方法和协调等问题的技术理论; 后者研究与模拟人类智能活动及其信息传递过程的规律, 研究人工智能的工程控制与信息处理系统。

近年来, 随着计算机和信息技术的迅速发展, 自动控制理论的发展已经超越了学科界限, 朝着以控制论、信息论和仿生学为基础的智能控制方向发展。

1.2 自动控制系统的的基本控制方式

自动控制系统的形式是多种多样的, 对于某一个具体的系统, 采用什么样的控制手段, 要视具体的用途和目的而定。

1.2.1 开环控制方式

开环控制是一种最简单的控制方式, 其特点是, 在控制器与被控对象之间只有正向控制作用而没有反馈控制作用, 即系统的输出量对控制量没有影响。开环控制系统的框图如图 1-1 所示。

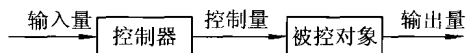


图 1-1 开环控制系统

由图可见, 这种控制系统结构简单, 对于每一个参考输入量, 都有一个相应的输出量与之对应。系统的精度主要取决于元器件的精度、系统的调整精度及被控对象的状态。

当系统的内部干扰和外部干扰影响不大、精度要求不高时, 可采用开环控制方式。这种控制系统由于没有输出反馈, 对控制量没有任何影响, 因此系统没有消除或减少偏差的功能, 这是开环系统最大的缺点。

例如, 图 1-2(a) 是一个直流电动机开环控制系统。图中, 电动机是电枢控制的直流电动机, 要求带动负载以一定的转速转动。其电枢电压由功率放大器提供, 当调节电位器滑臂位置时, 可以改变功率放大器的输入电压, 从而改变电动机的电枢电压, 最终改变电动机的转速。图 1-2(b) 是它的框图, 该系统的控制精度完全取决于所用元件性能的优劣及校准的精度。

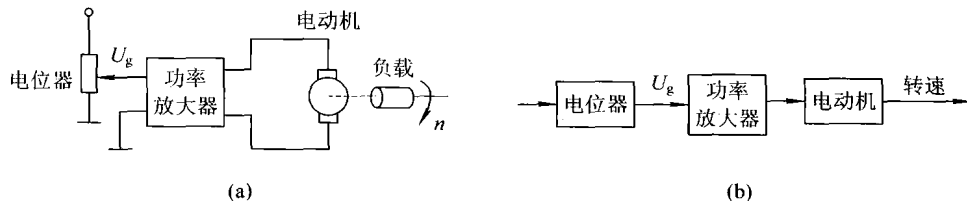


图 1-2 开环直流调速系统

这种开环控制方式的作用路径不闭合, 结构简单、调整方便、成本低, 应用在很多场合, 如自动售货机、自动洗衣机、数控机床等。

1.2.2 闭环控制方式

若将输出量反馈到系统的输入端，并与参考输入量进行比较，则构成闭环控制系统，框图如图 1-3 所示。其特点是，控制作用不是直接来自给定输入，而是系统的偏差信号，由偏差信号对控制对象进行控制；系统被控量的反馈信息又反过来影响系统的偏差信号，即影响控制作用的大小。这种自成循环的控制作用使信息的传递路径形成一个闭环。闭环控制的实质是利用负反馈作用来减小系统的输出误差，故又称闭环控制为反馈控制。

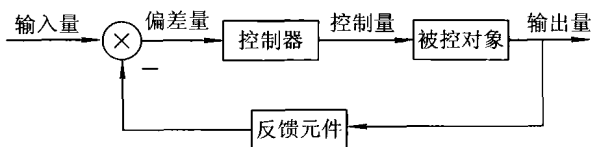


图 1-3 闭环控制系统

闭环控制实例如图 1-4(a)所示，为直流电动机闭环控制系统，图 1-4(b)为其控制方框图。

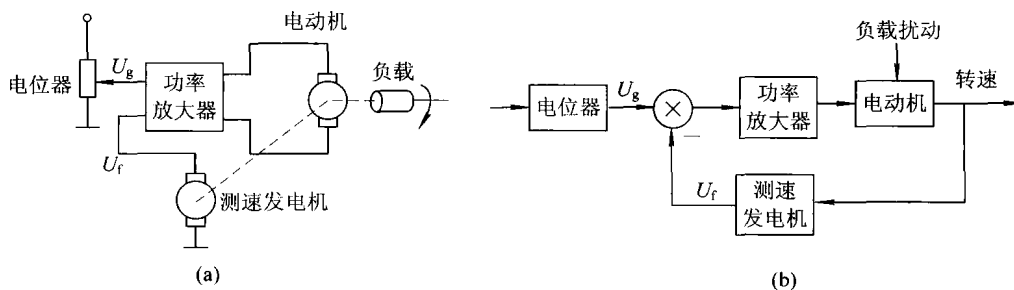


图 1-4 直流电动机闭环控制系统

该系统在原有开环控制的基础上，增加了一个由测速发电机构成的反馈回路，用来检测输出的转速，并给出与电动机转速成正比的反馈电压。将这个代表实际输出转速的反馈电压与代表希望输出转速的给定电压进行比较，所得出的偏差信号将作为产生控制作用的基础，通过功率放大器来控制电动机的转速。在控制过程中，只要偏差存在，控制作用就总是存在，控制的最终目的是减少偏差，提高控制精度。

控制过程如下：当系统受到扰动影响时，例如负载增大，则电动机的转速降低，测速发电机的端电压减小；在给定电压不变时，则偏差也会增大，使功率放大器的输入电压增加，电动机的电枢电压升高，使转速增加。反之亦然，这样就抑制了负载扰动对电动机转速的影响。同样，对其它扰动因素，只要影响到输出转速的变化，上述调节过程就会自动进行，从而保证系统的控制精度，提高抗干扰能力。

1.2.3 其它控制方式

1. 最优控制

最优控制是要求控制系统实现对某种性能标准的最佳控制。它通常要求优质、高产、低耗、高效率，一般与时间、燃料消耗、能源供给等有关。例如，钢铁冶炼过程中往往希望时间最短或燃料最省；远程飞机希望实现每单位体积燃料的最大飞行距离，以提高飞机的远航能力等。其中，最简单的一种最优控制是时间最优控制，它在自动化仪表、电机电压

控制及轧钢机控制中得到了广泛应用。

2. 自适应控制

自适应控制有自动适应的能力,即当系统特性或元件参数变化或扰动作用很剧烈时,它能自动测量这些变化并自动改变系统结构与参数,使系统适应环境的变化并始终保持最优的性能指标。例如,飞机的位置能随飞行高度、速度而变化;导弹质量重心能随燃料消耗而变化等,这时,必须采用自适应控制才能保持最优控制性能。

3. 智能控制

智能控制是自动控制发展的高级阶段,是人工智能、控制论、系统论和信息论等多种学科的高度综合与集成,是一门新的交叉前沿学科。从广义上讲,智能控制是研究对复杂的不确定性被控对象(过程)采用人工智能的方法有效地克服系统的不确定性,使系统从无序到期望的有序状态转移的方法及其规律。

1.3 自动控制系统的分类

随着科学技术的发展,自动控制系统的应用已经渗透到各个领域,且形式多种多样,性能与结构各异,因此可以从不同角度对其进行划分。下面列出几种分类方法。

1.3.1 按给定量的变化规律分类

1. 恒值控制系统

当系统的输入为恒定量时,能克服扰动量对系统的影响,使输出量为对应于输入量的恒定值,这类系统称为恒值控制系统。

例如,工业中采用的液位控制系统、直流电动机调速系统,及其它恒定压力、恒定流量、恒定温度等系统都属于这类系统。

2. 随动系统(又称伺服系统)

如果输入信号为预先未知的随时间任意变化的函数,要求输出量精确地、快速地跟随输入信号,则这类系统称为随动系统。

随动系统在工业、国防中有着极为广泛的应用,例如火炮自动控制系统、雷达跟踪系统、自动驾驶系统、函数记录仪、自动导航系统等都属于这类系统。

3. 程序控制系统

如果系统的输入量按既定规律变化,系统的控制过程按预定的程序进行,则这类系统称为程序控制系统。例如数控机床控制系统,其输入命令是根据加工要求,事先编制好的程序。

1.3.2 按系统的特性分类

1. 线性系统

当系统中各元件的输入、输出特性是线性特性,系统的状态和性能以线性微分方程或差分方程来描述时,这种系统称为线性系统。线性系统的主要特性是具有齐次性和叠加

性；系统的时间响应特性与初始状态无关。

根据表示线性系统的方程的系数是否是时间的函数，也可将线性系统分为线性定常系统和线性时变系统。若线性微分方程的各项系数均为与时间无关的常数，则为线性定常系统；若线性微分方程的系数中有时间函数项，则称为线性时变系统。

2. 非线性系统

当系统中有一个非线性特性元件时，则系统的微分方程只能由非线性方程来描述，这样的系统称为非线性系统。非线性系统也有定常系统和时变系统之分，非线性常系数微分方程没有完整统一的解法，在数学上较难处理，不能应用叠加原理，研究起来也不方便，所以只能在一定条件下用近似分析的方法来处理。

1.3.3 按系统的信号形式分类

1. 连续控制系统

若系统中各元件的输入量和输出量均为时间的连续函数，则这类系统称为连续系统。这类系统的运动规律可用微分方程来描述。

2. 离散控制系统

在控制系统中，只要有一处的信号是脉冲序列或数码时，该系统即为离散系统。这种系统的状态和性能一般采用差分方程来描述。

对连续信号采样，可以得到离散的脉冲序列，再对脉冲序列进行量化，可以得到序列的数字信号。通常把数字序列形成的离散系统称为数字控制系统。计算机控制系统是典型的数字控制系统，其结构框图如图 1-5 所示。

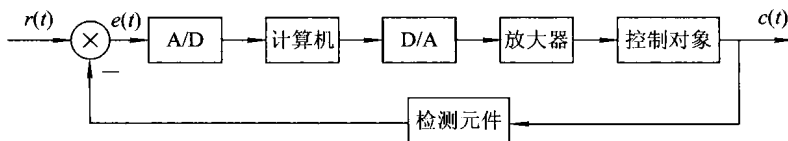


图 1-5 典型的计算机控制系统框图

1.3.4 按系统的输入与输出信号的数量分类

1. 单变量系统(SISO, Simple Input Simple Output)

所谓单变量系统，是指不考虑系统内部的通路与结构，只有一个输入量和一个输出量的控制系统，其构成框图如图 1-6 所示。单变量系统是经典控制理论的主要研究对象，也是本课程主要研究的内容。

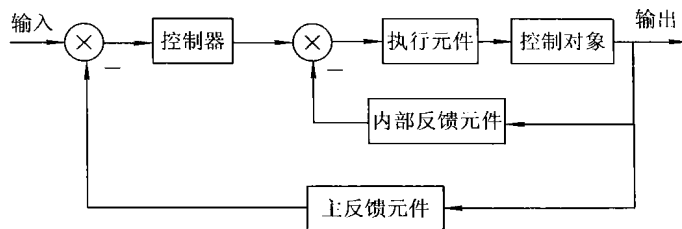


图 1-6 单变量系统构成框图

2. 多变量系统(MIMO, Multiple Input Multiple Output)

多变量系统有多个输入量和多个输出量,其特点是变量多、回路也多,且相互之间出现多路耦合。多变量系统构成框图如图 1-7 所示。

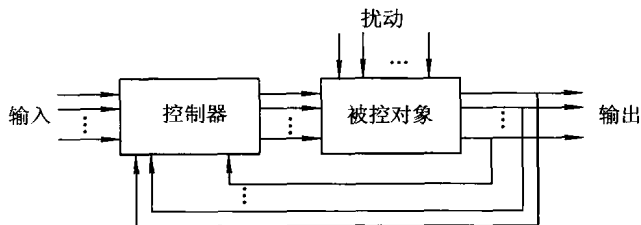


图 1-7 多变量系统构成框图

多变量系统是现代控制理论研究的主要对象,以状态空间法分析为基础。

除此之外,还可以从其它角度将控制系统分为确定性系统和非确定性系统、集中参数系统和分布参数系统等。

1.4 对自动控制系统性能的基本要求

实际的控制系统多种多样,对每一个控制系统都有不同的特殊要求,但对所有的控制系统来说,都有最基本的要求,那就是稳定性、快速性和准确性。

1. 稳定性

如果系统受到干扰后偏离了原来的工作状态,当扰动消失后,能自动回到原工作状态,则称这样的系统是稳定的;反之,当扰动消除后,系统的输出趋于无穷或进入振荡状态,则称这样的系统是不稳定的。

稳定性是对系统的基本要求,是保证系统正常工作的前提,不稳定的系统不能实现预定任务。稳定性通常由系统内部的结构决定,与外界因素无关。

2. 快速性

对过渡过程的形式和快慢提出的要求,一般称为动态性能。动态性能是指系统过渡过程的快速性和振荡性。

由于系统总是包含一些惯性元件,因此系统的输出跟随输入的变化总是有一定的延迟,这个时间越短,快速性就越好。又由于有些系统的阻尼比较小,因此系统从一个稳态进入另一个稳态时,要经过若干次衰减振荡,如图 1-8 所示,且在振荡过程中会出现超调现象。

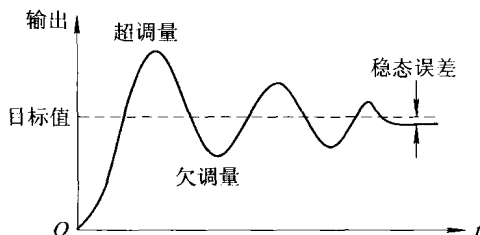


图 1-8 控制系统稳定性示意图(阶跃输入)

3. 准确性

系统的准确性用稳态误差来衡量,也就是指系统的控制精度。

对一个稳定的系统而言,过渡过程结束后,系统输出量的实际值与期望值之差称为稳态误差,它是衡量系统控制精度的重要指标。稳态误差越小,表示系统的准确性越好,控制精度越高。

1.5 基于 MATLAB 的控制系统分析与设计

MATLAB 是由美国 Mathworks 公司推出的一种科学计算和工程仿真软件,它的名称源自 Matrix Laboratory,专门以矩阵的形式处理数据。MATLAB 将高性能的数值计算和可视化编程集成在一起,并提供了大量的内置函数,具有强大的矩阵计算和绘图功能,从而被广泛地应用于科学计算、控制系统、信息处理等领域的分析、仿真和设计工作中。

目前, MATLAB 产品族的功能包括:

- 数值分析;
- 数值和符号计算;
- 工程与科学绘图;
- 控制系统的设计与仿真;
- 数字图像处理;
- 数字信号处理;
- 通信系统设计与仿真;
- 财务与金融工程。

本书在介绍传统自动控制理论的同时,也将这一功能强大的计算机辅助工具列入本课程的教学内容中,穿插学习 MATLAB 在控制系统分析设计中的应用,初步了解如何利用 MATLAB 软件来解决控制系统设计的部分实际问题。

1.5.1 MATLAB 7.0 的界面环境

双击 Windows 桌面上的快捷图标 , 会出现如图 1-9 所示的 MATLAB 7.0 启动画面,首次启动后的界面窗口如图 1-10 所示。

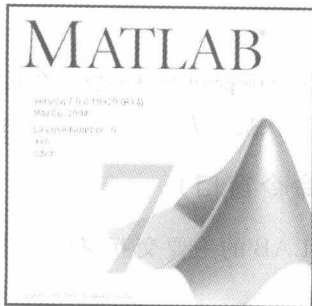


图 1-9 MATLAB 7.0 启动画面