

普通高等院校机电工程类规划教材

控制工程基础

主编 沈艳 孙锐

主审 杨平

普通高等院校机电工程类规划教材

控制工程基础

主编 沈艳 孙锐

主审 杨平

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍经典控制理论和现代控制理论中控制系统分析和综合的基本方法。全书共分9章,前6章属于经典控制理论中的线性定常连续控制系统问题,主要包括:绪论、控制系统的数学模型、控制系统的时域分析、控制系统的根轨迹分析、控制系统的频域分析、控制系统的设计与校正;第7章为线性离散系统的分析与校正;第8章为非线性控制系统分析;第9章为现代控制理论概述。书末附录可供阅读时查询之用。

本书总结多年教学经验,参考国内外教材,贯彻“夯实基础”、“理论与实践紧密结合”的原则,强调基本概念和工程应用,收录了一定数量的结合工程实际的设计实例。同时本书还介绍了运用 MATLAB 软件研究控制系统的方法,内容严谨精炼、叙述生动透彻,便于自学。

本书可以作为机械、电子、计算机应用技术、电子信息工程、工业工程、测控技术及仪器等非自动控制的相关专业学生的教材,亦可供有关工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

控制工程基础/沈艳,孙锐主编.—北京:清华大学出版社,2009.9
(普通高等院校机电工程类规划教材)

ISBN 978-7-302-20635-4

I. 控… II. ①沈… ②孙… 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 154420 号

责任编辑:庄红权

责任校对:刘玉霞

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:15.5 字 数:370 千字

版 次:2009 年 9 月第 1 版 印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.80 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:034153-01

前 言

2007年,电子科技大学“工程控制基础”课被评为四川省精品课程,为配合该课程进一步建设,贯彻“夯实基础”的原则,在注重基础理论与基本概念的基础上,结合机械类专业及其他相近专业的知识结构和教学特点,组织编写了本教材。

在编写本教材的过程中,作者结合多年的教学经验,参考了国内外有关书籍和文献,从教学、考研以及工程性需求的角度,比较全面地阐述了经典控制理论的基本内容,并结合工程实际介绍了设计实例和运用 MATLAB 软件研究控制系统的方法。同时,为适应学科发展,对现代控制理论进行了概要介绍。本书在内容编排上力求概念表达准确,知识结构合理,循序渐进;在叙述方法上,力求深入浅出,突出重点,便于读者自学以更好多掌握本课程的基本理论和学习方法。

本书由沈艳编写第1、4~9章以及全书各章 MATLAB 方法及设计实例,孙锐编写第2、3章及附录。本书由沈艳统稿,杨平教授主审。

本书在编写过程中,杨平教授、姚伯威教授、古天祥教授、吕强、徐俊、武好明、李学生等人给予了指导和帮助,提出了很多建设性意见和宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。同时,本书吸取了许多兄弟院校同行作者编写教材的优点,得到了许多老师的帮助,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中难免存在错误与不妥之处,殷切希望同行及广大读者批评指正。

编 者
2009年8月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 控制系统工作原理和组成	2
1.3 自动控制系统的分类	7
1.4 自动控制系统的基本要求	8
1.5 控制工程基础的研究内容	9
小结	9
习题	9
第 2 章 控制系统的数学模型	12
2.1 数学模型概述	12
2.2 传递函数	16
2.3 控制系统结构图及其简化	22
2.4 信号流图	25
2.5 控制系统建模的 MATLAB 方法	28
2.6 设计实例：磁盘驱动读取系统	29
小结	31
习题	31
第 3 章 控制系统的时域分析	34
3.1 典型输入信号及性能指标	34
3.2 一阶系统的时域分析	36
3.3 二阶系统的时域分析	39
3.4 高阶系统的时域分析	47
3.5 控制系统的稳定性	48
3.6 控制系统的误差分析	52
3.7 控制系统时域分析的 MATLAB 方法	58
3.8 设计实例：漫游车转向控制系统	59
小结	61
习题	61
第 4 章 控制系统的根轨迹分析	64
4.1 根轨迹的基本概念	64
4.2 常规根轨迹	67
4.3 广义根轨迹	71

4.4	控制系统根轨迹分析	75
4.5	控制系统根轨迹分析的 MATLAB 方法	78
4.6	设计实例: 激光操纵控制系统	79
	小结	81
	习题	81
第 5 章	控制系统的频域分析	83
5.1	频率特性的基本概念	83
5.2	频率特性的图形表示法	86
5.3	开环幅相频率特性的绘制	90
5.4	开环对数频率特性的绘制	98
5.5	频域稳定性分析	105
5.6	相对稳定性	113
5.7	闭环频域特性	115
5.8	控制系统频域分析的 MATLAB 方法	116
5.9	设计实例: 雕刻机位置控制系统	118
	小结	120
	习题	120
第 6 章	控制系统的设计与校正	123
6.1	概述	123
6.2	串联校正装置	128
6.3	频率法串联校正	131
6.4	根轨迹法串联校正	138
6.5	PID 控制器与串联校正	143
6.6	反馈校正	146
6.7	复合校正	147
6.8	线性系统校正的 MATLAB 方法	149
	小结	152
	习题	152
第 7 章	线性离散系统的分析与校正	154
7.1	概述	154
7.2	信号的采样与保持	156
7.3	离散系统的数学模型	159
7.4	离散系统的性能分析	164
7.5	离散系统的综合	170
7.6	MATLAB 方法在离散系统中的应用	174
7.7	设计实例: 工作台控制系统	175
	小结	176
	习题	176

第 8 章 非线性控制系统分析	179
8.1 非线性特性概述	179
8.2 描述函数法	182
8.3 相平面分析法	190
8.4 逆系统方法	199
8.5 MATLAB 方法在非线性和应用	201
小结.....	203
习题.....	203
第 9 章 现代控制理论概述	206
9.1 控制系统的状态空间分析法	206
9.2 控制系统的可控性和可观测性	212
9.3 李雅普诺夫稳定性分析	215
9.4 线性定常系统的综合	223
9.5 状态空间分析的 MATLAB 方法	227
9.6 设计实例: 自动检测系统	228
小结.....	230
习题.....	231
附录 A 拉普拉斯(Laplace)变换和 z 变换	233
附录 B 常见的无源及有源校正网络	235
参考文献	237

第 1 章 绪 论

1.1 概 述

在科学技术飞速发展的今天,自动控制技术不仅在机械、电子、电力、化工、航空航天等各个学科领域得到了广泛应用,而且,还扩展到了交通管理、生物医学、生态环境、经济管理、社会科学和其他许多社会生活领域,促进了各学科之间的相互渗透。自动控制技术已经成为现代化社会的不可缺少的组成部分。

所谓自动控制,是指在没有人直接参加的情况下,利用控制装置使被控制的对象(如机器、设备或生产过程等)的某个工作状态或参数(即被控量)自动按照预定的规律运行。例如,化工生产中反应塔的温度和压力能够自动维持恒定不变;数控机床能够按预先排定的工艺程序自动进行切削,加工出预期的几何形状;跟踪雷达和指挥仪所组成的防空系统能使火炮自动瞄准目标;无人驾驶飞机能按预定航线自动飞行;人造地球卫星能够发射到预定轨道并能准确回收等,这些都是自动控制技术的应用。

自动控制理论是研究自动控制共同规律的技术科学。20 世纪 50 年代形成的经典控制理论以线性定常系统为主的单输入单输出系统为研究对象,以传递函数作为描述系统的数学模型,以时域分析法、根轨迹法和频域分析法为主要分析设计工具。该理论为指导当时的控制工程实践发挥了极大的作用。但是,经典控制理论不能解决如时变参数、多变量、强耦合等复杂的控制问题。20 世纪 60 年代初,现代控制理论应运而生,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。现代控制理论主要研究多变量、变参数、非线性、时变系统的分析和综合问题。

近几十年中,科学家们不懈努力,不断提出一些新的控制方法和理论,大大扩展了控制理论的研究范围。控制理论发展阶段如表 1.1 所示。

表 1.1 控制理论发展阶段表

时 间	理 论	实际应用背景
20 世纪 50~60 年代	经典控制理论	单机自动化
20 世纪 60~70 年代	现代控制理论	机组自动化
20 世纪 70~80 年代	大系统理论	控制管理综合自动化
20 世纪 80~90 年代	智能控制理论	智能自动化
20 世纪 90 年代~21 世纪	集成控制理论	网络控制自动化

1.2 控制系统工作原理和组成

1.2.1 人工控制系统和自动控制系统

在各种生产过程及生产设备中,常常需要使其中某些物理量(如温度、压力、位置、转速等)保持恒定,或者让它们按照一定的规律变化。要满足这些要求,就应该对生产过程或生产设备进行及时的控制或调整。下面以一个恒温控制系统为例,分析如何实现对恒温系统的自动控制。

要实现电炉恒温箱的控制,可以有两种方法:人工控制和自动控制。图 1.1 是电炉炉温人工控制系统,用电炉加热,使其温度升到 800°C ,然后使炉子的温度保持 800°C 不变。由于很多干扰因素,如电源电压的波动、环境温度的变化等,将使温度发生变化。为了抵消这些干扰因素的影响,通过操作人员调整调压器,改变电炉回路的电流值,从而达到所要求的控制炉温在 800°C 的目的。

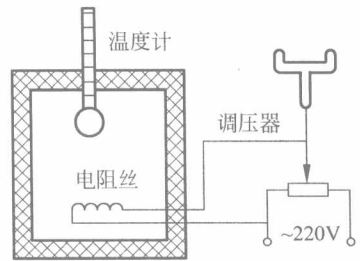


图 1.1 电炉炉温人工控制系统

人工控制的过程如下:

- (1) 观察由温度计测出的炉温;
- (2) 与要求的温度值进行比较,得到偏差;

(3) 根据偏差的大小和方向进行控制。若炉温高于 800°C ,则朝着减小加热电流的方向转动调压器,从而使炉温下降;若炉温低于 800°C ,则朝着加大加热电流的方向转动调压器,使炉温上升;若炉温处于 800°C ,则不动调压器。

因此,人工控制过程就是“检测偏差和纠正偏差”的过程。而这个过程都是通过人实现的,人在此过程中,起到了测量、比较、判断、操作的作用。

对于图 1.1 所示的系统,如果能够找到一个控制器代替人的职能,那么一个人工控制系统就可以变成一个自动控制系统了。图 1.2 为电炉炉温自动控制系统。图中电压 u_1 比拟于所要求的炉温值 $T_1 = 800^{\circ}\text{C}$,电压 u_2 比拟于炉内实际温度 T_2 , $\Delta u = u_1 - u_2$ 比拟于温度的偏差信号 $\Delta T = T_1 - T_2$,此 Δu 经过电压放大器、功率放大器放大后,控制执行电机的旋转速度与方向,并通过减速器带动调压器动作。

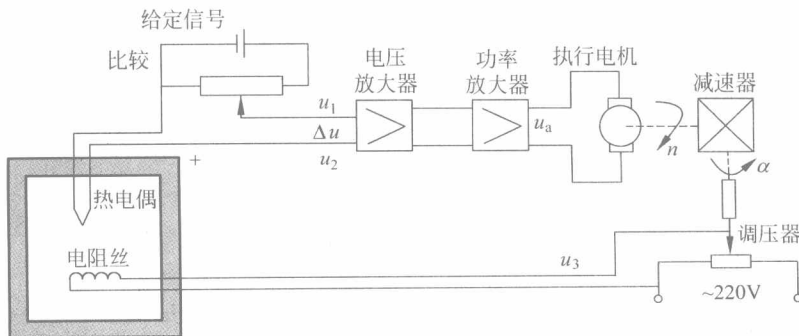


图 1.2 电炉炉温自动控制系统

控制过程如下：假如某种原因使炉温 T_2 高于要求的炉温值 T_1 ，即 $T_2 > T_1$ ，则有 $u_2 > u_1$ ，则得到偏差信号 $\Delta u = u_1 - u_2 < 0$ 。偏差信号 Δu 经放大后，将控制执行电机转动，并通过减速器带动调压器朝减小电炉加热的方向转动，使炉温 T_2 及反馈信号 u_2 下降，进而使偏差信号 Δu 下降，直到 $u_2 = u_1$ ，即偏差信号 $\Delta u = 0$ 时，执行电机停止转动，电炉的温度恢复到要求的数值。反之亦然。

上述自动控制系统和人工控制系统极其相似，误差测量装置类似于操作者的眼睛（测量作用），自动控制器类似于操作者的头脑（比较作用），执行机构类似于操作者的肌体（执行作用）。

自动控制系统的工作原理归纳如下：测量偏差（测量输出实际值，即被控制量，获得偏差），利用偏差，最后达到减小或消除偏差。由此可见，利用偏差进行控制是自动控制系统工作的基础。

为了便于研究问题，把实际的物理系统（见图 1.2）画成如图 1.3 所示的方框图（或称方块图）。所谓方框图表示系统结构中各元件的功用，以及它们之间的相互连接和信号传递线路。方框图包含三种基本单元，如图 1.4 所示。

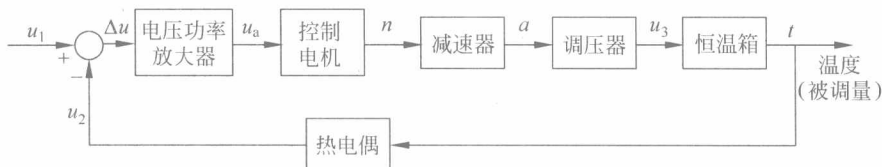


图 1.3 炉温自动控制系统方框图

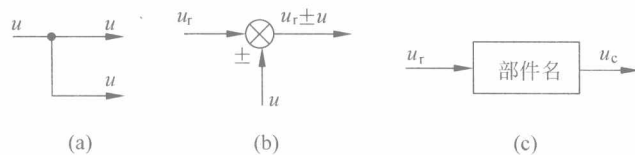


图 1.4 方框图的基本组成单元

(1) 引出点 如图 1.4(a)所示。表示信号的引出或信号的分支，箭头表示信号传递方向，线上标记信号为传递信号的时间函数。为书写方便省去变量 t ，如 $u(t)$ 一般简写成 u 。从同一位置引出的信号在性质和数值方面完全相同。

(2) 比较点 如图 1.4(b)所示。表示两个或两个以上信号进行加或减的运算。“+”号表示信号相加；“-”号表示信号相减。

(3) 元件方框 如图 1.4(c)所示。方框中写入元、部件名称，进入箭头表示其输入信号，引出箭头表示其输出信号。

1.2.2 自动控制的基本方式

自动控制系统最常见的控制方式有 3 种：开环控制、闭环控制和复合控制。对于某一个具体的系统，采取什么样的控制手段，应该根据具体的用途和目的而定。

1. 开环控制系统

如果系统的输出、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,这样的系统为开环控制系统。开环控制系统方框图如图 1.5 所示。

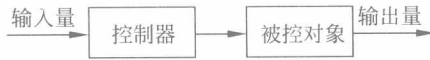


图 1.5 开环控制系统方框图

图 1.6 为导弹发射架开环控制系统。控制信号 u_1 通过放大器变为 u_a 加在执行电机的控制绕组上,执行电机则带动负载转过一个角位移 θ_0 ,这个系统对被控制量(负载转角)不进行任何检测,且没有反馈,不产生偏差信号。因此,它无法对系统进行再控制。

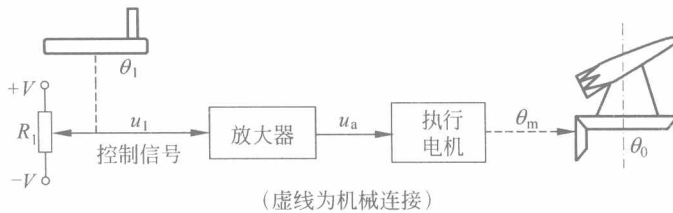


图 1.6 导弹发射架开环控制系统

2. 闭环控制系统

凡是系统的输出、输入端间存在反馈回路,即输出量对控制作用有直接影响的系统,叫做闭环控制系统。闭环控制系统方框图如图 1.7 所示。通常,从系统输入量到输出量之间的通道称为前向通道;从输出量到反馈信号之间的通道称为反馈通道。

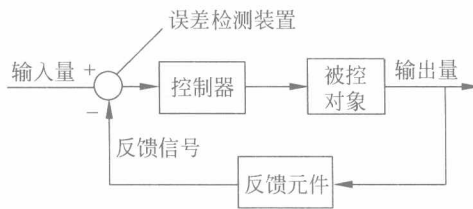


图 1.7 闭环控制系统方框图

对图 1.6 所示导弹发射架开环控制系统引入反馈回路,即用电位器 R_2 直接检测被控制量(负载转角),然后反馈到输入端,就构成了闭环控制系统,如图 1.8 所示。

从图 1.8 中可以明显看出,产生控制作用的关键是偏差信号,只有当偏差信号不为零时,才存在控制过程。当偏差信号为零时,控制过程就停止。偏差信号是对被控制量不断测量、转换并反馈到系统的输入端与控制量相减(即负反馈)得到的。这种将系统的输出信号引回到输入端,与输入信号相比较,利用所得的偏差信号对系统进行调节,达到减小偏差或消除偏差的目的称为负反馈控制原理。它是构成闭环控制系统的核心。

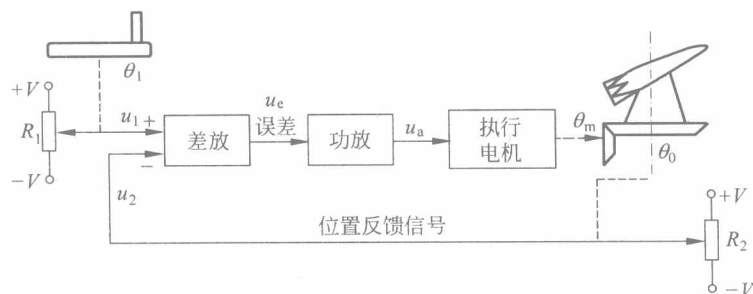


图 1.8 导弹发射架闭环控制系统

闭环控制是最常用的控制方式,通常所说的控制系统,一般都是指闭环控制系统。闭环控制系统是本课程讨论的重点。必须指出,在系统主反馈通道中,只有采用负反馈才能达到控制的目的。若采用正反馈,将使偏差越来越大,导致系统发散而无法工作。

一般来说,开环控制系统结构比较简单,成本较低,工作稳定。当系统控制量的变化规律能预先知道,并且不存在外部扰动(或有办法抑制)时,采用开环控制较好。由于开环控制系统没有反馈,故没有纠正偏差的能力,抑制干扰能力差,对外扰动和系统内参数的变化比较敏感,从而引起系统的控制精度降低。一般用于可以不考虑外界影响或精度要求不高的场合,如洗衣机、步进电机控制及水位调节等。

闭环系统的一个突出优点是采用了反馈,因此对外扰动和系统内参数的变化引起的偏差能够自动纠正,抑制干扰能力强。由于系统对参数变化不敏感,可以采用精度不太高而成本比较低的元件组成一个精确的控制系统。但是采用反馈装置需要添加元部件,造价较高,同时也增加了系统的复杂性。如果系统的结构参数选取不适当,控制过程可能变得很差,甚至出现振荡或发散等不稳定的情况。

3. 复合控制系统

如果要求实现复杂而准确度较高的控制任务,则可将开环控制与闭环控制结合起来,组成开环-闭环控制方式,称为复合控制系统。复合控制实质上是在闭环控制回路的基础上,附加一个输入信号(给定或扰动)的前馈通道,对该信号实行加强或补偿,以达到精确的控制效果。关于复合控制系统的结构和设计将在第 6 章中详细介绍。

1.2.3 反馈控制系统的基本组成

对于一个控制系统来说,不管其结构多么复杂,用途各种各样,但它都是由一些具有不同职能的基本元件或基本环节所组成。图 1.9 所示为一个典型的反馈控制系统。

(1) 给定元件 主要用于产生给定信号或控制输入信号。例如,图 1.6 导弹发射架闭环控制系统中的电位器 R_1 。

(2) 测量元件 也称反馈元件,用于检测被控量或输出量,产生主反馈信号。如果测出的物理量属于非电量,一般要转换成电量以便处理。

(3) 比较元件 用来比较输入信号和反馈信号之间的偏差。比较元件在多数控制系统中,是和测量元件结合在一起的,它可以是一个差动电路,也可以是一个物理元件(如电

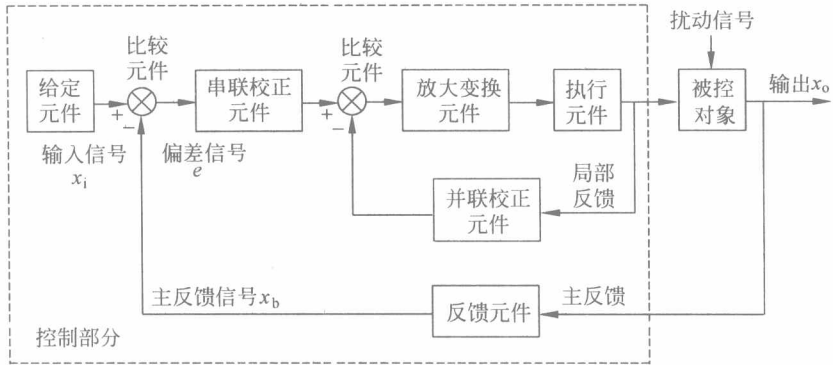


图 1.9 典型反馈控制系统的一般组成

桥电路、差动放大器、自整角机等)。

(4) 放大变换元件 对微弱的偏差信号进行放大和变换,使之能够推动执行机构调节被控对象。例如功率放大器、电液伺服阀等。

(5) 执行元件 根据放大后的偏差信号,对被控对象执行控制任务,使被控制量与希望值趋于一致。

(6) 校正元件 也称补偿元件,是参数或结构便于调整的元件,用来改善或提高系统的性能。常用串联或反馈的方式连接在系统中。例如 RC 网络、测速发电机等。

(7) 被控对象 自动控制系统中需要进行控制的机器、设备或生产过程。

(8) 被控量 描述被控对象工作状态的、需要进行控制的物理量。

[例 1-1] 函数记录仪是一种通用记录仪,它可以在直角坐标上自动描绘两个电量的函数关系。同时,记录仪带有走纸机构,可以描绘一个电量对时间的函数关系。函数记录仪的工作原理如图 1.10 所示,试简要分析系统的控制原理,并画出系统原理方框图。

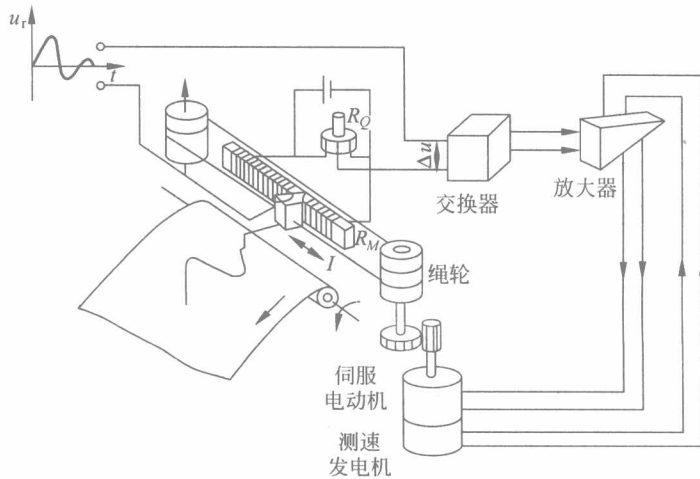


图 1.10 函数记录仪工作原理图

解：函数记录仪的输入(给定量)是待记录电压,被控对象是记录笔,笔的位移是被控量。系统的任务是控制记录笔位移,在纸上描绘出待记录的电压曲线。

系统的控制原理为:在图 1.10 中,测量元件是由电位器 R_Q 和 R_M 组成的桥式测量电路,记录笔就固定在电位器 R_M 的滑臂上,因此,测量电路的输出电压 u_p 与记录笔位移成正比。当有慢变的输入电压 u_r 时,在放大元件输入口得到偏差电压 $\Delta u = u_r - u_p$,经放大后驱动伺服电动机,并通过齿轮减速器及绳轮带动记录笔移动,同时使偏差电压减小。当偏差电压 $\Delta u = 0$ 时,电动机停止转动,记录笔也静止不动。此时 $u_p = u_r$,表明记录笔位移与输入电压相对应。如果输入电压随时间连续变化,记录笔便描绘出相应的电压曲线。

函数记录仪控制系统方框图见图 1.11。其中,测速发电机是校正元件,它测量电动机转速并进行反馈,用以增加阻尼,改善系统性能。

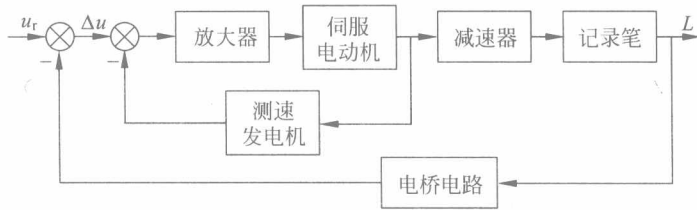


图 1.11 函数记录仪控制系统方框图

1.3 自动控制系统的分类

自动控制系统的形式是多种多样的,用不同的标准划分,就有不同的分类方法。常见的有如下几种。

1. 恒值系统、随动系统和程序系统

根据输入量的变化规律,可分为恒值系统、随动系统和程序系统。

(1) 恒值系统 输出量以一定精度等于给定值,而给定值一般不变或变化很缓慢(扰动可随时变化)的系统称为恒值系统。例如前面提到的温度控制系统。

(2) 随动系统 在闭环系统中,如果控制信号为一任意时间函数(随机信号),其变化规律无法预先确定,而输出量能够以一定的准确度随输入量的变化而变化的系统称为随动系统。随动系统亦称伺服系统。例如函数记录仪系统。

(3) 程序系统 如果控制信号的变化规律为已知时间函数,即事先确定的程序,这类控制系统称为程序控制系统。图 1.12 是数字程序机床控制系统原理方框图,可以构成开环控制系统或闭环控制系统(虚线所示)。

程序控制系统和随动系统的输入量都是时间的函数,不同之处在于前者是已知的时间函数,后者是未知的任意时间函数,而恒值系统也可视为程序控制系统的特例。

2. 线性系统和非线性系统

根据系统元件特性是否线性,可将系统分成线性系统和非线性系统。

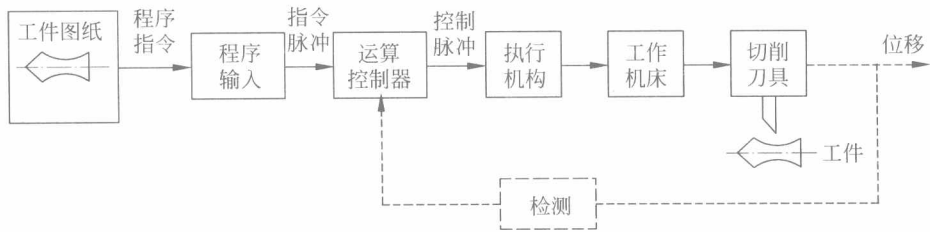


图 1.12 数字程序机床控制系统

(1) 线性系统 组成系统元件的特性均是线性的,其输入输出关系都能用线性微分方程描述。如果线性微分方程的各项系数都是与时间无关的常数,则称线性定常系统,或线性时不变系统。如果描述系统的微分方程的系数是时间的函数,则称线性时变系统。线性系统的主要特点是齐次性和叠加性,系统的响应与初始状态有关。

(2) 非线性系统 组成系统的元件中,有一个或多个元件的特性是用非线性微分方程来描述的。非线性系统不能互用叠加原理,其响应时间的特征与初始状态有很大关系。严格地说,实际物理系统在某种程度上都是非线性的,然而在很多情况下通过近似处理和合理简化,大量的物理系统都可以在一定范围内足够准确地化作线性系统来处理。

3. 连续系统和离散系统

根据系统内信号传递方式的不同可分为连续系统和离散系统。若系统中所有信号都是连续信号,则称为连续系统。如果系统中有一处或几处的信号是离散信号(脉冲序列或数字编码),则称为离散系统(包括采样系统和数字系统)。

1.4 自动控制系统的基本要求

工程技术应用中,对控制系统都有一定的具体要求,但由于控制对象不同,工作的方式不同,完成的任务不同,因此对系统品质指标的要求也往往不一样。但是反映反馈控制系统主要性能的指标是一样的,一般可归纳为:稳定性、快速性和准确性(稳态精度),即稳、快、准。

1. 稳定性

由于系统存在惯性,当系统的各参数配合不当时,将会引起系统振荡,而失去工作能力。稳定性是指系统重新恢复平衡状态的能力,是控制系统正常工作的首要条件。

2. 快速性

所谓快速性,就是指当系统的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慢程度。快速性是衡量系统质量高低的重要指标。

3. 准确性

准确性是指在调整过程结束后,实际输出量与希望输出量之间的误差,称为稳态误差或稳态精度。它是衡量系统控制精度的重要指标。

由于被控对象的具体情况不同,各种系统对三项性能指标的要求应有所侧重。例如恒值系统一般对稳态性能的限制比较严格,随动系统一般对动态性能的要求较高。同一个系统,这三项性能指标之间是相互制约的。提高过程的快速性,可能会引起系统强烈振荡;改善了平稳性,控制过程又可能很迟缓,甚至使最终精度也很差。

1.5 控制工程基础的研究内容

控制工程基础主要研究工程系统中状态的运动规律和改变运动规律的可能性和方法,建立和解释系统结构、参数、行为和性能间的确定的和定量的关系。本课程研究的内容主要分为系统分析和系统设计两个方面。

1. 系统分析

系统分析是指在控制系统结构参数已知、系统数学模型建立的条件下,分析系统的稳定性、快速性和准确性。

2. 系统设计

系统设计是在已知被控对象及其技术指标要求的情况下,寻求一个能完成控制任务、满足技术指标要求的控制系统。在控制系统的主要元件和结构形式确定的前提下,设计任务往往是需要改变系统的某些参数或改变系统的结构,选择合适的校正装置,计算确定其参数,加入系统之中,使其满足预定的性能指标要求。

分析和设计是两个完全相反的命题。分析系统的目的在于了解和认识已有的系统。对于从事自动控制的工程技术人员而言,更重要的工作是设计系统,改造那些性能指标未达到要求的系统,使其能够完成确定的工作。

小 结

本章从人工控制和自动控制的比较入手,介绍了控制系统的组成、工作原理以及基本概念和有关的名词、术语。

控制系统按其是否存在反馈可分为开环控制系统和闭环控制系统。闭环控制系统又称为反馈控制系统,其主要特点是将系统输出量经测量后反馈到系统输入端,与输入信号进行比较得到偏差,由偏差产生控制作用,控制的结果是使被控量朝着减少偏差或消除偏差的方向运动。

自动控制系统根据不同的角度,有多种分类方法,对自动控制系统的基本要求是:稳、准、快。

习 题

1-1 试比较开环控制系统和闭环控制系统的优缺点。

1-2 日常生活中有许多闭环和开环控制系统。试举几个具体例子,并说明它们的工

作原理,画出结构方框图。

1-3 图 1.13 是液面自动控制系统的两种原理示意图。在运行中,希望液面高度 H_0 维持不变。

- (1) 试说明各系统的工作原理。
- (2) 画出各系统的方框图,并说明被控对象、给定值、被控量和干扰信号是什么。

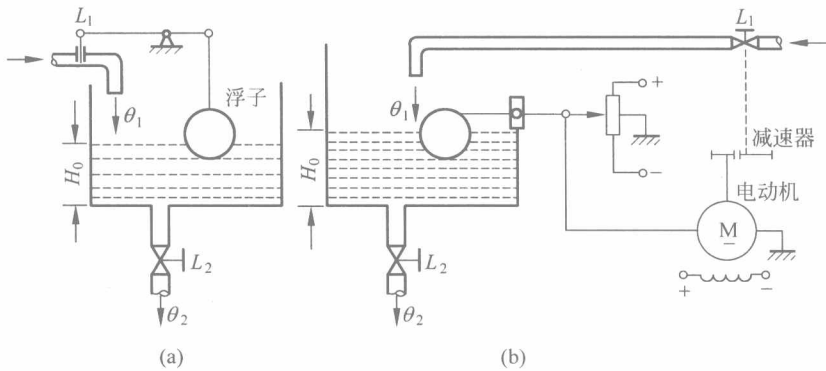


图 1.13 液位自动控制系统

1-4 若将图 1.13(a)所示系统的结构改为如图 1.14 所示,试说明其工作原理。并说明其与图 1.13(a)比较有何不同,对系统工作有何影响。

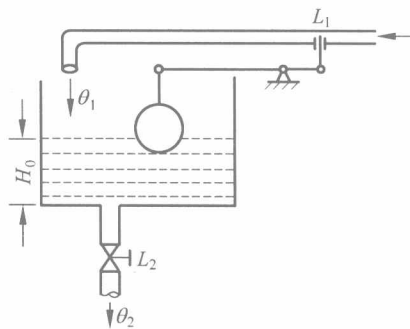


图 1.14 题 1-4 图

1-5 图 1.15 是控制导弹发射架方位角的电位器式随动系统原理图。图中电位器 P_1 、 P_2 并联后跨接到同一电源 E_0 的两端,其滑臂分别与输入轴和输出轴相联结,组成方位角的给定元件和测量反馈元件。输入轴由手轮操纵;输出轴则由直流电动机经减速后带动,电动机采用电枢控制的方式工作。试分析系统的工作原理,指出系统的被控对象、被控量和给定量,画出系统的方框图。

1-6 许多机器,像车床、铣床和磨床,都配有跟随器,用来复现模板的外形。图 1.16 就是一种跟随系统的原理图。在此系统中,刀具能在原料上复制模板的外形。试说明其工作原理,画出系统方框图。