



普通高等教育“十三五”规划教材暨智能制造领域人才培养规划教材

控制工程基础

KONGZHI GONGCHENG JICHU

吴华春 石志良 张和平 周 斌 编著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等教育“十三五”规划教材

暨智能

教材

控制工程基础

吴华春 石志良 张和平 周 斌 编著

控制系统组成
控制系统的

控制系统的

控制系统的

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本书主要介绍经典控制理论中时域分析、频域分析和控制系统设计与校正的方法。全书共分6章,第1章、第2章介绍了控制系统工作原理及组成、数学模型等基础知识;第3章和第4章介绍了控制系统分析方法;第5章为PID控制律及控制系统设计与校正;第6章为硬盘和磁悬浮小球控制实例设计。每章均配套有教学提示、教学要求、深化拓宽、案例、小结和习题。本书既可作为高等学校近机械类和非机械类专业控制工程基础课程的教材,也可作为自考教材和高职高专工科机械类、机电类专业教材,并可供相关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

控制工程基础/吴华春等编著. —武汉:华中科技大学出版社,2017.7

ISBN 978-7-5680-3219-3

I. ①控… II. ①吴… III. ①自动控制理论-高等学校-教材 IV. ①TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 181622 号

控制工程基础

Kongzhi Gongcheng Jichu

吴华春 石志良 张和平 周 斌 编著

策划编辑:余伯仲

责任编辑:姚 幸

封面设计:原色设计

责任校对:祝 菲

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:12

字 数:249千字

版 次:2017年7月第1版第1次印刷

定 价:29.80元



华中科大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

在科学研究与社会生产活动的过程中,将人类从复杂、危险、烦琐的劳动环境中解放出来,并大大提高其控制效率,控制工程技术起着越来越重要的作用。控制工程是工程科学的一个分支,它涉及利用反馈原理对动态系统的自动影响,以使得输出值接近期望值。而每一次新的控制理论、控制方法、控制设备的出现,也促进了其他学科与工程技术的发展。控制工程技术已经成为从事科学研究与社会生产的技术人员必须掌握的专业技术基础知识。

“控制工程基础”是机械类专业本科生必修的一门专业基础课。武汉理工大学在20世纪70年代就开设了“控制工程基础”课程,是全国最早开设此课程的高校之一。武汉理工大学的教师经过几十年的教学和科研实践,在教学内容、教材和实验室建设等方面积累了很多宝贵经验和科研案例素材,并力图将这些经验体会、案例素材融入本书的内容中,以便读者能更全面、更深入地了解“控制工程基础”的全貌。

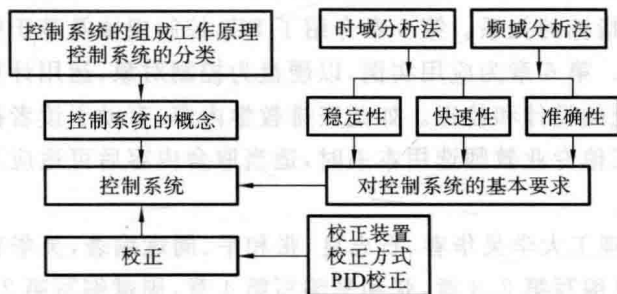
1. 课程简介

“控制工程基础”是控制理论在机械工程实践中具体应用的分支学科,它的研究对象是工程中的各种功率流、物质流、信息流的控制系统,其内容着重从信息的角度,阐述和讨论各种控制系统性能的理论分析方法和控制系统的工程设计方法。

“控制工程基础”课程主要介绍经典控制理论,阐述和讨论单输入单输出系统的理论分析方法和以校正方法为主的系统综合方法。

“控制工程基础”课程的特点是理论性、逻辑性较强,概念术语多,需要用到微分方程、复变函数、拉氏变换等数学工具。因此,课程教学应强调理论联系实际,从物理本质、数学描述等方面阐明物理概念,以基本概念为核心,以基本原理、基本方法为主线进行教学。在教学体系上以系统分析为重点,按分析方法展开,从时域分析逐渐进入频域分析,从连续系统再到离散系统。讲授本课程时,要求学生自学 MATLAB 语言,并能用该语言解答习题和进行控制系统设计。

“控制工程基础”课程的知识点及其联系如下所示。



2. 课程知识点索引

1) 控制系统及建模

系统(控制、控制系统);自动控制;开环控制;闭环控制;复合控制;恒值控制;程序控制;伺服控制;连续控制;离散控制;稳定性;准确性;快速性;反馈(正、负);数学模型;解析建模;实验建模;微分方程;标准型;负载效应。

2) 传递函数

典型环节;拉氏变换;线性定理;微分定理;积分定理;延迟定理;位移定理;初值定理;终值定理;拉氏反变换;待定系数;简单极点;复数极点;重极点;方框图;计算法则;等效法则;梅森公式;开环传递函数;闭环传递函数;偏差传递函数。

3) 时间响应

典型信号;时间响应;阶跃响应;脉冲响应;速度响应;微积分性质;稳态分量;瞬态分量;欠阻尼;临界阻尼;过阻尼;零阻尼;负阻尼;性能指标;上升时间;峰值时间;调整时间;平稳性;振荡次数;最大超调量;稳态误差;终值定理;误差系数;位置误差系数;速度误差系数;加速度误差系数。

4) 频率响应

频率响应;频率特性;幅频特性;相频特性;实频特性;虚频特性;极坐标图(Nyquist图,奈奎斯特图);对数坐标图(Bode图,伯德图);最小相位;相位交界频率;幅值交界频率;相位裕量;幅值裕量;谐振频率;谐振峰值;截止频率;劳斯判据;劳斯阵列;内积、外积;复角定理;奈奎斯特判据;伯德判据;穿越。

5) 系统分析及校正

校正;校正装置(控制器);校正实质;校正方式;串联校正;反馈校正;顺馈校正;干扰补偿;P校正;PI校正;PD校正;PID校正。

本书共6章。第1章介绍了开环控制、闭环控制、复合控制的原理,控制过程的物理本质,单变量反馈控制系统的组成和分类,以及系统基本要求的稳定性、快速性、准确性概念。第2章介绍了数学模型的概念、建模方法、拉普拉斯变换、传递函数、数学模型的图解方法。第3章介绍了控制系统时域分析,包括稳定性分析、瞬态性能、稳态误差分析与计算。第4章介绍了控制系统的频域分析,包括频域响应与频率特性的概念,频率特性的图解方法,控制系统的开环频率特性,频域性能指标与时域性能指标的关系。第5章介绍了PID控制规律及基于频域分析的控制系统设计和校正。第6章为应用实例,以硬盘为控制对象,运用计算机辅助设计技术,进行控制系统的设计和校正。如此安排教学内容,有助于读者循序渐进掌握控制工程的知识;其他专业教师选用本书时,适当取舍内容后可适应不同层次及不同专业的教学要求。

本书由武汉理工大学吴华春、石志良、张和平、周斌编著,吴华春统稿。具体编写分工为:石志良编写第2、3章,张和平编写第4章,周斌编写第2章部分,吴华春

编写其余章节。书中部分内容参考了相关企业的产品资料和兄弟院校同行作者的有关文献,在此对书中所列参考文献、引用的相关教材与资料的作者、译者和单位一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不足及欠妥之处,恳请同行及广大读者批评指正。

编著者

2017年3月于武汉

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 控制理论的基本含义	(1)
1.1.1 经典控制理论	(2)
1.1.2 现代控制理论	(2)
1.2 控制系统的基本概念	(3)
1.2.1 系统的概念	(3)
1.2.2 控制与自动控制的概念	(3)
1.3 控制系统的工作原理与组成	(4)
1.3.1 控制系统的工作原理	(4)
1.3.2 控制系统的组成	(6)
1.4 控制系统的基本类型	(7)
1.4.1 按控制策略分类	(7)
1.4.2 按输入信号的性质分类	(8)
1.4.3 按传递信号的性质分类	(9)
1.5 控制系统的性能要求	(9)
本章小结	(10)
习题	(11)
第 2 章 控制系统的数学模型	(12)
2.1 控制系统的微分方程	(12)
2.1.1 微分方程建立步骤	(13)
2.1.2 控制系统的微分方程	(13)
2.2 拉氏变换与反变换	(15)
2.2.1 拉氏变换的定义	(15)
2.2.2 典型时间函数的拉氏变换	(16)
2.2.3 拉氏变换定理	(18)
2.2.4 拉氏反变换	(21)
2.2.5 拉氏变换求解线性微分方程	(25)
2.3 控制系统的传递函数	(26)
2.3.1 传递函数的定义	(26)

2.3.2	传递函数的基本性质	(27)
2.3.3	典型环节的传递函数	(28)
2.4	系统方框图及其简化	(33)
2.4.1	控制系统框图绘制步骤	(34)
2.4.2	方框图的连接方式	(35)
2.4.3	方框图的简化	(36)
2.5	控制系统常用传递函数	(39)
2.5.1	闭环系统的开环传递函数	(39)
2.5.2	给定输入作用下的闭环传递函数	(40)
2.5.3	扰动作用下的闭环传递函数	(40)
2.6	信号流图和梅逊公式	(41)
2.6.1	信号流图	(41)
2.6.2	梅逊公式	(43)
2.7	非线性模型的线性化	(45)
2.7.1	线性化问题的提出	(45)
2.7.2	非线性数学模型的线性化	(45)
2.8	控制系统建模举例	(47)
	本章小结	(49)
	习题	(50)
第3章	控制系统的时域分析	(54)
3.1	时域响应	(54)
3.2	典型输入信号	(55)
3.3	一阶系统的时域分析	(57)
3.3.1	一阶系统的单位阶跃响应	(58)
3.3.2	一阶系统的脉冲响应	(59)
3.4	二阶系统的时域分析	(59)
3.4.1	二阶系统的单位阶跃响应	(60)
3.4.2	控制系统的时域性能指标	(63)
3.4.3	二阶系统的脉冲响应	(66)
3.5	高阶系统的时域分析	(69)
3.5.1	高阶系统的单位阶跃响应	(69)
3.5.2	主导极点	(71)
3.5.3	高阶系统阶跃性能指标	(72)
3.6	控制系统稳定性分析	(73)

3.6.1 稳定的概念	(73)
3.6.2 稳定的条件	(74)
3.6.3 劳斯稳定判据	(76)
3.7 控制系统稳态误差分析	(79)
3.7.1 偏差及误差的概念	(79)
3.7.2 系统的类型和偏差系数	(81)
3.7.3 扰动作用下的稳态误差	(83)
3.7.4 控制系统稳态精度改善措施	(84)
本章小结	(85)
习题	(86)
第4章 控制系统的频域分析	(89)
4.1 频率特性的基本概念	(89)
4.1.1 频率响应	(89)
4.1.2 频率特性	(90)
4.1.3 频率特性的求取方法及表达方式	(91)
4.2 典型环节的频率特性	(95)
4.2.1 比例环节	(95)
4.2.2 惯性环节	(95)
4.2.3 一阶微分环节	(98)
4.2.4 二阶振荡环节	(99)
4.2.5 积分环节	(103)
4.2.6 延迟环节	(104)
4.3 控制系统的开环频率特性	(105)
4.3.1 最小相位系统	(105)
4.3.2 系统开环传递函数奈奎斯特图的绘制	(106)
4.3.3 系统开环传递函数伯德图的绘制	(109)
4.3.4 传递函数的实验确定法	(112)
4.4 系统稳定性的频域分析	(116)
4.4.1 奈奎斯特稳定性判据	(116)
4.4.2 伯德稳定性判据	(122)
4.4.3 控制系统的相对稳定性	(124)
4.5 系统动态性能的频域指标	(126)
4.5.1 闭环系统的频率特性	(126)
4.5.2 闭环频域性能指标	(128)

4.5.3 开环系统频域性能指标	(130)
4.5.4 用开环系统频率特性分析闭环系统性能	(131)
本章小结	(132)
习题	(133)
第5章 控制系统的综合与校正	(138)
5.1 校正的基本概念	(138)
5.1.1 控制系统的性能指标	(138)
5.1.2 控制系统的校正概念	(139)
5.1.3 系统常用校正方式	(139)
5.2 PID控制器	(140)
5.2.1 PID控制器	(140)
5.2.2 P控制	(141)
5.2.3 PI控制	(142)
5.2.4 PD控制	(144)
5.2.5 PID控制	(145)
5.3 PID控制器的实现	(146)
5.3.1 PD控制器	(147)
5.3.2 PI控制器	(147)
5.3.3 PID控制器	(147)
5.4 反馈校正	(148)
5.4.1 反馈校正的连接形式	(148)
5.4.2 反馈校正的特点	(149)
5.5 复合校正	(149)
5.5.1 顺馈补偿	(150)
5.5.2 前馈补偿	(151)
本章小结	(151)
习题	(152)
第6章 控制系统计算机辅助设计	(154)
6.1 概述	(154)
6.2 硬盘控制分析与建模	(155)
6.2.1 硬盘工作原理	(155)
6.2.2 硬盘控制建模	(158)
6.3 MATLAB简介	(159)
6.3.1 MATLAB简介	(159)

6.3.2 MATLAB Simulink	(161)
6.4 硬盘控制系统校正	(162)
6.4.1 硬盘控制系统性能分析	(162)
6.4.2 硬盘控制系统时域校正	(164)
6.4.3 硬盘控制系统频域校正	(169)
6.5 磁悬浮小球系统校正	(171)
本章小结	(175)
习题	(175)
参考文献	(177)

第1章 绪 论

教学提示

引导初学者正确理解控制系统的基本概念,控制系统的工作原理及其组成,反馈的含义,控制系统的基本类型,控制系统的基本要求。

教学要求

正确理解控制系统的工作原理,掌握控制系统的构成和各部分的作用,理解反馈及反馈控制的基本概念,掌握控制系统的基本要求,了解本课程应用领域。

深化拓宽

引入经典控制理论,介绍控制理论的发展及现代控制理论的基本内容;结合控制系统的组成框图,介绍计算机控制系统,并说明现代工业企业的控制方法及实施物理构件。

1.1 控制理论的基本含义

控制在生活、生产、农业、军事、管理等各个领域,特别在国民经济的各个部门一直发挥着十分重要的作用,并有着非常广泛的应用。例如:日常生活中的交通灯控制、硬盘驱动控制、空调温度控制;工业生产中的轧钢、造纸、自动加工;现代农业中的自动打捆机、节水灌溉、病虫害检测;军事和航天中的火控系统、雷达跟踪、人造卫星;社会经济中的人口控制、财贸信贷控制等。控制理论已经渗透到各个领域,并伴随着其他科学技术的发展,极大地改变了整个世界。控制理论的核心思想就是通过信息的检测、传递、加工并加以反馈来进行控制。

“控制工程”是控制理论在机械工程实践中具体应用的分支学科,它的研究对象是工程中的各种功率流、物质流、信息流的控制系统,其内容着重从信息的角度,阐述和讨论各种控制系统性能的理论分析方法和控制系统的工程设计方法。简单讲,就是利用控制理论及技术解决现代工业、农业以及其他社会经济等领域日益增长的自动化、智能化需求的重要工程问题。因此,控制理论在工程和科学技术发展过程中起着非常重要的作用。

控制理论从解决生产实践问题开始,反过来又大大促进了生产技术,从而派生出“控制工程论”这一新型的技术科学。根据自动控制理论的内容和发展阶段,控制理论可分为经典控制理论和现代控制理论。

1.1.1 经典控制理论

经典控制理论即古典控制理论,也称为自动控制理论。早在古代,人们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,发明了许多闪烁控制理论智慧火花的杰作。如两千年前我国发明的指南车,北宋时代利用天衡装置制造的水运仪象台,还有 20 世纪初研制的飞机电动陀螺稳定装置,现在发展成自动驾驶仪,但这仅仅是人们在实践中直观探索的结果,尚无理论上的指导。

随着导弹和航天活动的发展,对飞行器控制的精度要求大大提高,原来在控制系统设计中因缺乏系统理论指导而采用的试凑法已不能满足设计需要,必须寻求相关理论来指导控制系统的设计。第二次世界大战期间,由于建造飞机自动驾驶仪、雷达跟踪系统、火炮瞄准系统等军事装备的需要,推动了控制理论的飞跃发展。1948 年,维纳(N. Wiener)发表了著名的《控制论》,从而基本上形成了经典控制理论,使控制工程有了系统的理论支撑。经典控制理论是以传递函数为基础,以时域法、频域法和根轨迹法作为分析和综合系统方法,主要研究单输入单输出这类系统的分析和控制问题。1954 年,我国科学家钱学森发表了《工程控制论》这一名著,将控制论推广到工程技术领域,为“控制工程”奠定了理论基础。

1.1.2 现代控制理论

20 世纪 50 年代,由于军事、空间技术、数控技术及现代设备日益增加的复杂性要求,特别是电子计算机技术的成熟和现代应用数学的发展,控制工程出现了一个迅猛发展时期,控制理论达到了一个新阶段,产生了现代控制理论。特别是在 1892 年,俄国的李雅普诺夫(Lyapunov)提出系统稳定性判定方法;1957 年,美国的贝尔曼(R. I. Bellman)提出了动态规划理论;1960 年,美国的卡尔曼(R. E. Kalman)提出了卡尔曼滤波理论。这些推动了现代控制理论的发展。现代控制理论的应用目前已遍及工业、农业、交通、环境、军事、生物、医学、经济、金融和社会各个领域,与机械工程、计算机技术、仪器仪表工程、电气工程、电子与信息工程等领域密切相关。

现代控制理论是以状态空间法为基础,研究多输入、多输出、时变参数、分布参数、随机参数、非线性等控制系统的分析和设计问题。现代控制理论的核心之一是最优控制理论。这种理论改变了经典控制理论以稳定性和动态品质为中心的设计方法,将系统在整个工作期间的性能作为一个整体来考虑,寻求最优控制规律,从而大大改善系统的性能,如发动机燃料和转速控制、轨迹修正最优时间控制、最优航迹控制、自动着陆控制等。现代控制理论主要包含线性系统理论、非线性系统理论、最优控制理论、随机控制理论和适用控制理论。

1.2 控制系统的基本概念

1.2.1 系统的概念

系统是由若干相互作用和相互依赖的事物组合而成的具有特定功能的整体。任何事物都是一个整体,大至宇宙、国家、复杂的工业过程,小至一个单位、一个器件。在工程领域,系统可以是机械的、液压的、电的、气动的、热的、生物医学的,或者这些系统的某种组合,如磁悬浮列车就是由机、电、磁、热等系统组成。

通常一个较大系统可能包括若干个较小的子系统。不仅系统的各部分之间存在非常紧密的联系,而且系统与外界之间也存在一定的联系,如图 1.1 所示。将外界对系统的作用称为输入或激励,它包括给定的输入和干扰,即图 1.1 中的 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$; 将系统

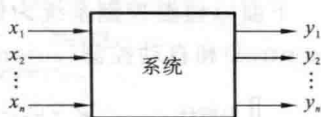


图 1.1 系统的表示

对外界的作用称为输出或响应,即图 1.1 中的 $y_i (i=1, 2, \dots, n)$ 。通常,输入和输出都是物理变量。例如:温度、压力、液位、电压、位移、速度等。

系统可大可小,可繁可简,甚至可“实”可“虚”,完全由研究的需要而定,通常将它们统称为广义系统。从信息论的观点出发,任何系统的组成都包括物质、能量、信息三个要素。物质构成系统的形体,系统的运动离不开能量,而信息则是系统的灵魂。

1.2.2 控制与自动控制的概念

“人猿相揖别,只几个石头磨过”。人——控制者,工具——被控制者,也称为控制对象。控制就是反映人和工具关系的一个概念。概括来讲,控制就是按照预先给定的目标,改变系统行为或性能的方法。例如轧制钢坯,轧出厚度一致的高精度铁板中的温度控制、成分控制、厚度控制、张力控制等。那么什么是自动控制呢?

自动控制是指在没有人直接参与的情况下,利用外加的设备或装置(称控制装置或控制器),使机器、设备或生产过程(统称被控对象)的某个工作状态或参数(即被控量)自动地按照预定的规律运行。众所周知,人造卫星按指定的轨道运行,并始终保持正确的姿态,使它的太阳能电池的一面一直朝向太阳,无线电天线一直指向地球;金属切削机床的速度在电网电压或负载发生变化时,能自动保持近似地不变;化学反应釜的温度或压力自动地维持恒定,人体体温始终保持在一定范围等。以上这些案例都体现了自动控制的结果:当外界条件发生变化时,系统能自动调节,适应其变化。

因此,就系统及其输入、输出三者之间的动态关系而言,控制工程主要研究并解决如下两个方面的问题。

(1) 系统分析:在系统的结构和参数已经确定的条件下,对系统的性能进行分析,并提出改善性能的途径。

(2) 系统综合:根据系统要实现的任务,给出稳态和动态性能指标,要求组成一个系统,并确定适当的参数,使系统满足给定的性能指标。

1.3 控制系统的工作原理与组成

1.3.1 控制系统的工作原理

下面以恒温控制系统为例,分析其控制过程。实现恒温控制有人工控制(manual control)和自动控制(automatic control)两种方法。首先来讨论人工控制。

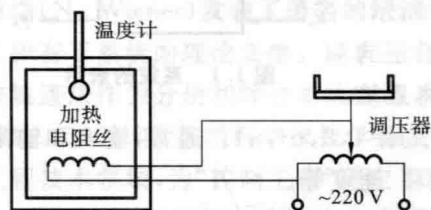


图 1.2 人工控制的恒温箱

对于人工控制的恒温箱,可以通过调压器改变加热电阻丝的电流,以达到控制温度的目的,箱内温度是由温度计测量的,图 1.2 所示为人工控制的恒温箱简图。要实现这样一个恒温控制系统,必须解决以下几个问题。

1) 控制目的是什么

克服外来干扰,保持恒温箱内的温度恒定在某个给定的希望值上,这个希望值就是系统的输入信号(输入量,在这里就是设定的温度)。

2) 受控对象是什么

图 1.2 中的受控对象就是恒温箱。

3) 输出信号(受控量)是什么

描述受控对象行为、状态特征的某个物理量。输出信号是受输入信号控制的信号,总是要求它随输入信号变化而变化的。故输出信号就是恒温箱内的实际温度。

4) 输出信号如何检测

采用各种检测装置(传感器)将输出物理量转换为电量。人工控制是通过观测温度计来检测实际温度的。

综上所述,图 1.2 所示的人工控制过程可总结如下。

(1) 通过人眼观察测量元件(温度计)测出恒温箱的温度(被控制量)。

(2) 将被测温度与要求的温度值(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进行控制。当恒温箱温度低于所要求的给定温度时,就移动调压器动触头使电流增加,产生更多的热量,温度升高;反之移动调压器动触头使电流减小,温度降低。

因此,人工控制的过程就是测量、求偏差、再控制以纠正偏差的过程。简单地讲

就是“检测偏差,纠正偏差”。

这种人工控制方式要求操作者随时观察箱内温度的变化情况,随时进行调节。可见劳动量大,且受操作者情绪影响。那么能否找到一个控制器代替人的职能呢?把人工控制变成一个自动控制系统,图 1.3 所示的就是一个利用热电偶检测、调压器调整的自动控制系统。

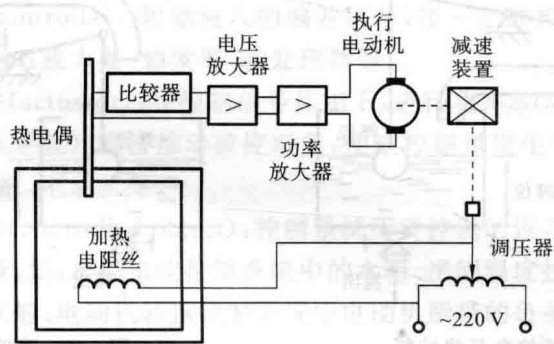


图 1.3 恒温箱的自动控制系统

图 1.3 中的恒温箱实际温度由热电偶转换为对应的电压 u_2 ；期望温度由电压 u_1 给定，并与实际温度 u_2 比较得到温度偏差信号 Δu ；温度偏差信号经电压、功率放大后，用以驱动执行电动机，并通过减速装置拖动调压器。当温度偏高时，调压器动触头向减小电流的方向运动（左），反之加大电流（右），直到温度达到给定值为止，此时，偏差 $\Delta u=0$ ，电动机停止转动。这样就完成了所要求的控制任务，这些装置便组成了一个自动控制系统。

上述恒温箱的控制过程可以用职能方块图表示成图 1.4 所示的框图。其中⊗代表比较元件，箭头表示信号传递方向。从图 1.4 中可以看出反馈控制的基本原理，各环节的作用是单向的，每个环节的输出是受输入控制的。虽然控制装置不同，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最基本的方法。

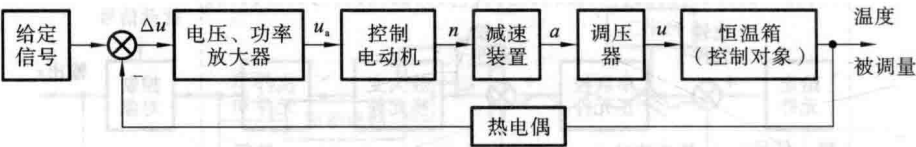


图 1.4 恒温箱自动控制框图

对比恒温箱的人工控制和自动控制过程，两种控制是极其相似的，即测量装置类似人的眼睛，控制器类似人脑，执行机构好比人手。它们的共同点就是都要检测偏差，并用检测到的偏差去纠正偏差。因此可以说，没有偏差就不会有控制调节过程。在自动控制系统中，偏差就是通过反馈建立起来的。反馈就是检测输出量送回到输入端，并与输入信号相比较产生偏差信号的过程。若反馈的信号与输入信号相减，使

产生的偏差越来越小,则称为负反馈,见图 1.5 所示的液位控制系统;反之,则称为正反馈,见图 1.6 所示的液位控制系统。反馈控制就是采用负反馈并利用偏差进行控制的过程,而且,由于引入了被控量的反馈信息,整个控制过程为闭合的,因此反馈控制也称闭环控制。

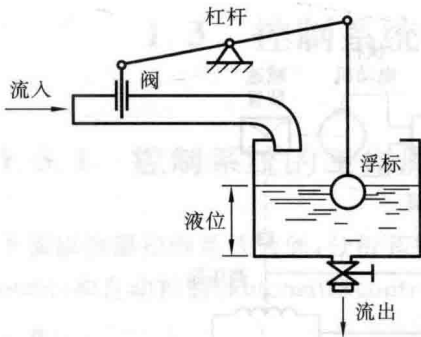


图 1.5 液位负反馈控制

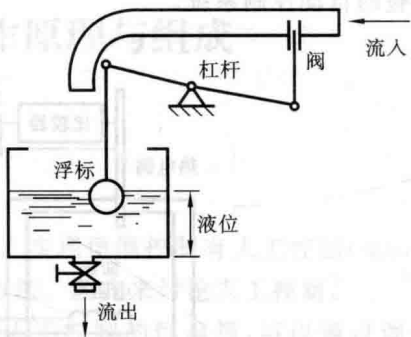


图 1.6 液位正反馈控制

综上所述,可以得到控制系统的工作原理:① 检测输出量(被控制量)的实际值;② 将输出量的实际值与给定值(输入量)进行比较得出偏差;③ 用偏差值产生控制调节作用去消除偏差,使得输出量维持期望的输出。

1.3.2 控制系统的组成

通过恒温箱的温度控制分析可发现,不同的控制对象或生产过程,利用相应的控制元件组成不同用途的控制系统,组成这些控制系统的元件可以是电气的、机械的或液压的。系统的结构也不尽相同,但这些系统一般均采用负反馈的基本结构,其典型的控制系统框图如图 1.7 所示。一般包括给定元件、反馈元件、比较元件、放大元件、执行元件及校正元件等。下面阐述各个元件的含义及作用。

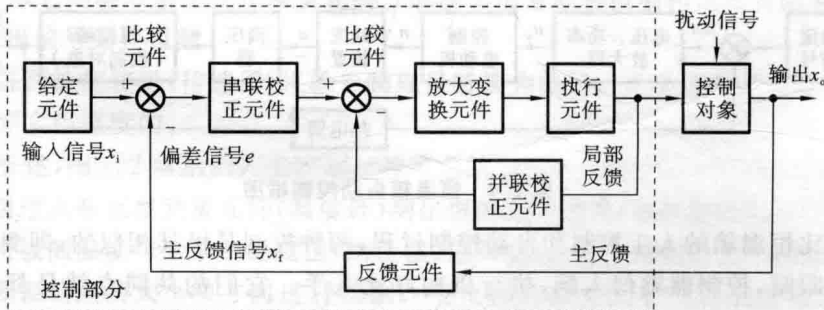


图 1.7 典型控制系统的组成

(1) 给定元件(reference input):根据系统输出量的期望值,产生系统的给定输入信号的环节,如将期望恒定的温度值转换为相应电压值。