



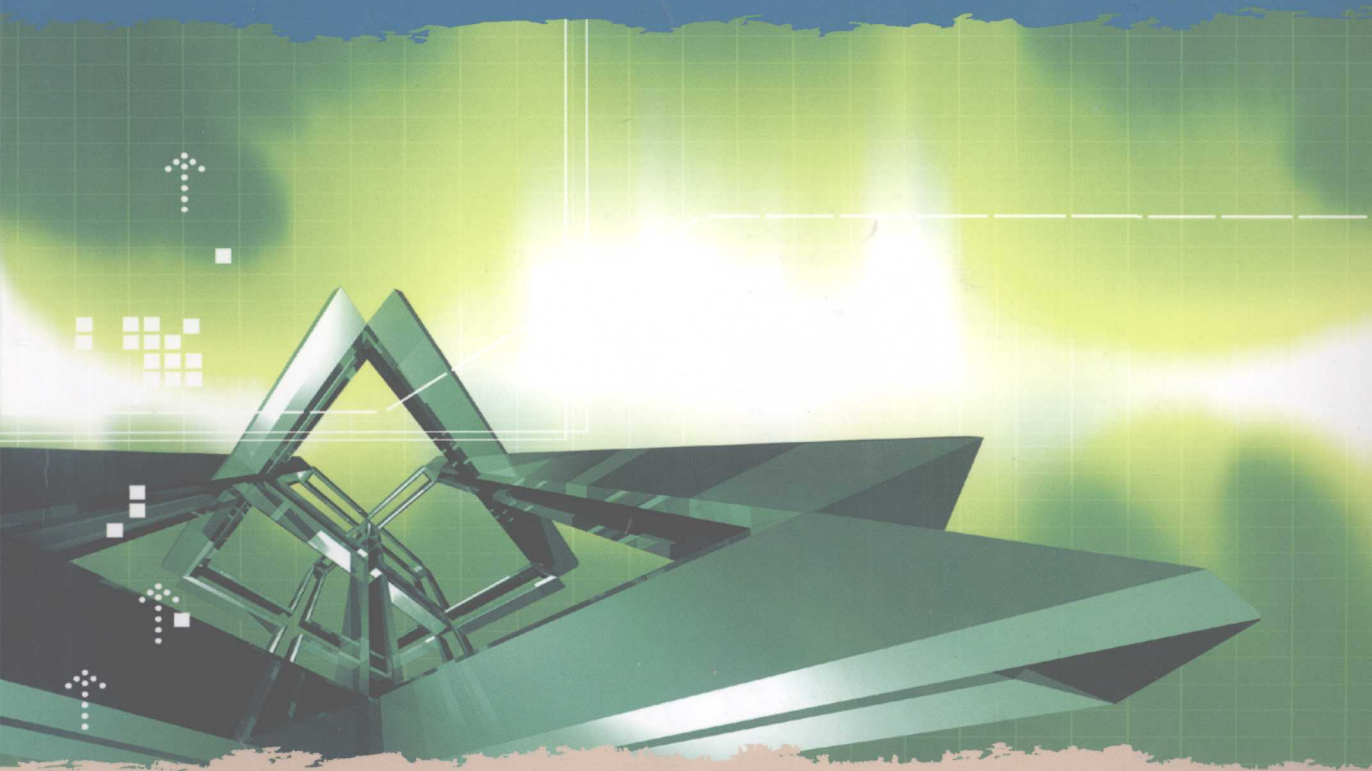
新世纪

新世纪高职高专
电气自动化技术类课程规划教材

自动控制原理及应用

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主审 王玉中 主编 郝芸



大连理工大学出版社



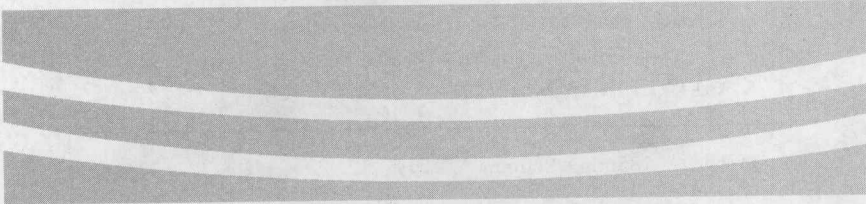
新世纪高职高专电气自动化技术类课程规划教材

自动控制原理及应用

新世纪高职高专教材编审委员会组编

主 审 王玉中

主 编 郝 芸 副主编 陈相志 霍淑珍 何 强



ZIDONG KONGZHI YUANLI JI YINGYONG

大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理及应用/郝芸主编. —大连:大连理工大学出版社, 2008. 11

新世纪高职高专电气自动化技术类课程规划教材

ISBN 978-7-5611-4593-7

I. 自… II. 郝… III. 自动控制理论—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 177612 号

中王王 审 主

大连理工大学出版社出版 芸 郝 主

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:12.25 字数:270 千字

印数:1~3000

2008 年 11 月第 1 版

2008 年 11 月第 1 次印刷

责任编辑:侯 晶

责任校对:范剑超

封面设计:张 莹

ISBN 978-7-5611-4593-7

定 价:22.00 元

总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且惟一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

如所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不



同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。

随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需要假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国100余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意,也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001年8月18日

前 言

《自动控制原理及应用》是新世纪高职高专教材编审委员会组编的电气自动化技术类课程规划教材之一。

随着科学技术的发展,自动控制技术已经广泛地应用于工农业生产、日常生活、科学研究、航空航天和国防军事等诸多领域,而当今的控制科学已经发展到以复杂系统为研究对象的智能控制阶段,并具有各种不同的研究方向。但是即使最先进的控制技术,最高深的理论研究方向,都可以在自动控制原理中找到它的思想方法的源头,这正是学习自动控制原理这门课程的意义所在。因此自动控制理论的学习与自动控制技术的运用至关重要。本教材是自动化及其相关专业的专业基础理论教材。

本教材本着“讲透理论,重在应用”的原则,讲解了自动控制系统中的基本概念、基本原理及控制系统的基本分析方法。本教材在编写过程中力求突出以下几个特点:

1. 注重课程的体系结构,以自动控制为主线,强调自动控制的基本概念、基本原理和基本分析方法,内容精炼,重点突出,不纠缠于细节推导。
2. 考虑到学生的特点,在理论完整的前提下,内容力求深入浅出,注重学生能力的培养,帮助学生树立工程意识。
3. 为便于学生的学习和对知识的理解运用,各章都配有典型例题、不同层次的习题,使学生能真正掌握知识点。
4. 注意将传统控制理论与计算机的应用相结合,引入了风靡世界的 MATLAB 软件,不仅介绍了该软件在控制系统的辅助分析和设计时的编程方法,还结合仿真结果进行了分析。

本教材共 6 章,其主要内容为自动控制的基本知识、控制系统的数学模型、控制系统的时域分析、控制系统的频域

分析、自动控制系统设计与校正、简单控制系统的分析与设计举例及附录。

本教材由天津电子信息职业技术学院郝芸任主编,漯河职业技术学院陈相志、天津职业大学霍淑珍、安徽水利水电职业技术学院何强任副主编,天津理工大学中环信息学院齐光磊、潍坊科技学院张建华和程艳辉参与了部分章节的编写。具体编写分工如下:第1章由何强编写,第2章、第6章和附录由陈相志编写,第3章和第5章由郝芸编写,第4章由霍淑珍编写,全书由郝芸组稿和定稿。河南焦作大学王玉中老师审阅了全书并提出许多宝贵的意见和建议,在此深表感谢。

为方便教师更好地开展立体化教学,本教材另配有电子课件和习题答案,请登录 <http://www.dutpgz.cn> 下载。

尽管我们在《自动控制原理及应用》教材特色的建设方面做出了很多努力,但由于高职教材建设还处于探索阶段,教材中仍可能会出现不足之处,恳切希望各相关高职院校教师和学生在使用本教材的过程中给予关注,并将意见和建议及时反馈给我们,以便修订时完善。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

欢迎访问我们的网站:<http://www.dutpgz.cn>

联系电话:0411-84707492 84706104

编者

2008年11月



第 1 章 自动控制的基本知识	1
1.1 自动控制的一般概念	1
1.2 自动控制系统的组成	2
1.3 自动控制系统的类型	7
1.4 对控制系统性能的要求	9
本章小结	11
习题	12
第 2 章 控制系统的数学模型	14
2.1 微分方程	14
2.2 拉普拉斯变换与反变换	18
2.3 传递函数	22
2.4 动态结构图	29
2.5 反馈控制系统的重要传递函数	37
2.6 MATLAB 基础知识及其在结构图绘制与部分分式展开中的应用	39
本章小结	48
习题	48
第 3 章 控制系统的时域分析	51
3.1 线性定常系统的时域响应	51
3.2 线性定常系统的稳定性分析	54
3.3 线性系统的稳态误差	60
3.4 一阶系统的时域分析	70
3.5 二阶系统的时域分析	73
3.6 应用 MATLAB 进行系统时域分析	81
本章小结	85
习题	87
第 4 章 控制系统的频域分析	90
4.1 控制系统频率特性的概念	90
4.2 典型环节的频率特性	93
4.3 系统的开环频率特性曲线绘制	103

6 自动控制原理及应用

4.4 频域的稳定性判据	109
4.5 闭环系统性能与开环频率特性的关系	114
4.6 MATLAB 中系统频率特性分析	120
本章小结	124
习题	127
第 5 章 自动控制系统设计与校正	130
5.1 系统校正概述	130
5.2 校正装置及其特性	137
5.3 串联校正	142
5.4 系统工程设计方法	149
5.5 MATLAB 中控制系统的设计与校正	155
本章小结	167
习题	168
第 6 章 简单控制系统的分析与设计举例	169
6.1 单闭环无静差直流调速系统的性能分析	169
6.2 双闭环直流调速系统的工程设计	177
本章小结	184
附录	186
参考文献	187

第 1 章

自动控制的基本知识

1.1 自动控制的一般概念

1.1.1 自动控制技术

在科学技术高度发达的今天,自动控制技术起着非常重要的作用。自动控制就是在没有人直接参与的情况下,借助控制器及其他控制装置,使机器、设备或生产过程(即被控对象)及表征其工况的参数(即被控量),在各种扰动的作用下,仍能自动的按照预定的规律和参数运行。例如数控机床按照预定程序加工工件,当电网电压波动或负载变化时,仍能保持机床切削速度近似不变;石油化工行业中的反应塔出口温度控制的精确与否,直接影响着成品的质量,因此在进料温度、流量、反应塔加热温度、进风速度、环境温度等变化过程中,都应能自动维持反应塔出口温度的恒定;公共场所电梯运行中,客流量的变化导致电梯负载的变化会直接影响到电机的转速,而对电机转速的自动恒速控制能使电梯平稳运行;导弹发射后利用其制导系统能自动将导弹引导到敌方目标;人造卫星进入预定轨道并保持良好的运行轨迹,完成工作任务并被准确回收;嫦娥一号奔月的发射、变轨、制动等,这一切都是以高水平的自动控制技术为前提的。

自动控制技术被大量应用于工农业生产、医疗卫生、环境监测、交通管理、科研开发、军事领域,特别是空间技术和核技术。自动控制技术的广泛应用不仅使各种生产设备、生产过程实现了自动化,提高了生产效率和产品质量,尤其在人类不能直接参与工作的场合,就更离不开自动控制技术了。自动控制技术还为人类探索大自然、利用大自然提供了可能和帮助。此外,自动控制理论的概念、分析问题的方法,也为人类社会生活和社会活动的其他领域,提供了理论支持,例如生物学中的生物控制论、人造器官,经济学中的模拟经济管理过程、经济控制论等。

1.1.2 自动控制理论的发展过程

自动控制理论是研究自动控制规律的技术科学,它来源于实践,上升为理论,而又被应用于实践。

1945 年之前,属于控制理论的萌芽期。18 世纪后期,蒸汽机的使用提出了调速以求稳定的问题;1765 年俄国人波尔祖诺夫发明了锅炉水位调节器,1784 年,英国人瓦特发明

了调速器,利用小球离心调节器使蒸汽机转速保持恒定;1877 年诞生了奈氏判据和劳斯判据;19 世纪前半叶,发电机、电动机的使用促进了水利发展和电压、电流的自动调节技术的发展;19 世纪末、20 世纪初,内燃机的使用促进了制造业的发展,产生了伺服控制和过程控制;第二次世界大战期间,军事工业发展迅速,飞机、火炮、雷达被广泛应用了伺服机构及其他基于反馈原理的军用装备,在此期间总结了自动调节技术和反馈放大器技术,搭起了经典控制论的架子,但还没有形成一门学科。

1945 年,美国人伯德(Bode)的“网络分析与放大器的设计”奠定了控制理论的基础,至此进入经典控制理论时期,此时已形成完整的自动控制理论体系。它是以系统传递函数为基础,研究单输入-单输出线性控制系统的分析和设计问题,产生了时域法、频域法、根轨迹法、相平面法、描述函数法等分析方法,用来讨论系统动态特性、稳定性的代数 and 几何判据、稳态响应及系统校正等问题。

20 世纪 60 年代初,随着现代应用数学新成果的推出和检测技术、计算机技术的应用,空间技术的发展提出许多复杂的控制问题。用于导弹、卫星和宇宙飞船上的“控制系统的一般理论”(卡尔曼 Kalman)奠定了现代控制理论的基础。现代控制理论主要研究多输入-多输出、多参数系统,高精度复杂系统的控制问题,主要采用的方法是以状态空间模型为基础的状态空间法,提出了最优控制等问题。

20 世纪 70 年代以后,各学科相互渗透,要分析的系统越来越大,越来越复杂,自动控制理论继续发展,进入了大系统和智能控制时期。例如智能机器人的出现,就是以人工智能、神经网络、信息论、仿生学等为基础的自动控制取得的很大进展。

尽管出现的各种理论都精辟而透彻,但在实践中常常发现仍是古典频域法最为适用。究其原因,在于复杂理论所基于的精确模型难以得到。另外,使控制理论实用化的一个重要途径就是数学模拟(仿真)和计算机辅助设计(CAD)与分析,这部分内容在教材的相应章节均有介绍。

本书中介绍的经典控制理论是自动控制理论中最基本也是最重要的内容,它在工程实践中用得最多,也是进一步学习自动控制理论的基础。

1.2 自动控制系统的组成

1.2.1 自动控制系统的结构与反馈控制理论

自动控制系统的种类较多,被控制的对象千差万别,需要控制的物理量也是多种多样,如温度、湿度、压力、流量、转速、加速度、位移等等。组成这些控制系统的元部件虽然有很大的差异,但是控制系统的基本结构却大致相同。我们可以分析如图 1-1 所示的人工水箱液位控制系统原理图来了解自动控制系统的结构组成。

图中 F_1 为放水阀, F_2 为进水阀,水箱希望的液位

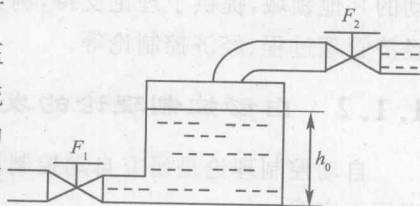


图 1-1 人工水箱液位控制系统原理图

高度为 h_0 。当放水使得水箱液位降低而被人眼看到,人就会打开进水阀,随着液位的上升,人用大脑比较并判断水箱液位达到 h_0 时,就会关掉 F_2 。若判断进水使得实际液位略高于 h_0 ,则需要打开 F_1 放水而保证液位高度 h_0 。在这个过程中,人参与了以下三方面的工作:

- (1) 用眼睛观察到实际液面的下降(实际液面高度 h_1);
- (2) 用大脑将实际液面与要求液面高度进行比较(h_1 与 h_0 产生偏差);
- (3) 根据比较的结果(h_1 与 h_0 偏差的正负),用手操作阀的开启或闭合。

显然,在这个控制系统中,用人工控制不能保证系统所需的控制精度,并且需要人全程的参与。为减轻人的劳动强度,因此可将上述系统转换为如图 1-2 所示的水箱液位自动控制系统。图中若放水阀 F_1 开度增加而使得水箱液位下降,液面浮子也会随之下降,与给定电压比较所得偏差电压 u 会增大, u 通过放大器放大后拖动电动机,使得进水阀 F_2 开度增加,从而使水箱液位上升并恢复到要求的 h_0 。达到这个高度时,浮子位置决定的电压与给定电压相同,使偏差电压 u 为 0,电机停止运行,进水阀 F_2 的开度在合适位置,使进水量与出水量相同,水箱液位保持在要求的高度。

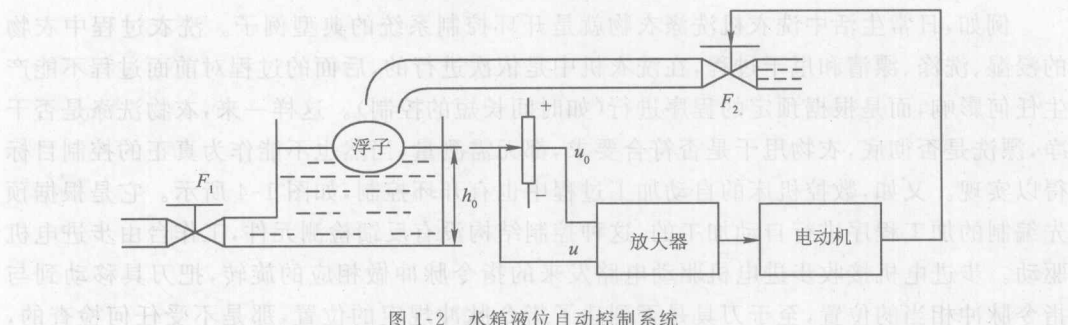


图 1-2 水箱液位自动控制系统

在图 1-2 所示的控制系统中,主要有以下五部分组成:

- (1) 被控对象:水箱,其中水箱液位是被控对象中的被控量;
- (2) 检测及转换装置:浮子及电位器,它将水箱实际液位高度转换为电压;
- (3) 比较环节:浮子的位置转换的实际电压与给定电压(对应要求的液位高度 h_0)通过差动放大器比较产生偏差;
- (4) 控制装置:根据偏差的大小、极性,通过放大器和电动机产生控制信号作用在进水阀上;
- (5) 执行机构:进水阀根据控制信号产生动作,改变水箱液位高度,从而自动控制水箱液位,使其满足给定值 h_0 的要求。

通过以上分析可以看到,人眼睛对水位的观察和大脑对水位是否达到要求的判断,完全由浮子、电位器及放大器承担,实现了自动控制。自动控制和人工控制的基本原理是相同的,它们都是建立在“基于偏差而消除偏差”的基础上。所以,为了测量偏差,必须将系统实际的输出信号反馈到输入端。

1.2.2 开环控制与闭环控制

自动控制系统有两种基本的控制方式:开环控制和闭环控制,这两种控制方式是以系

统的输出信号是否反馈到输入端来区分的,与其对应的系统我们分别称为开环控制系统和闭环控制系统。

若通过某种装置将输出信号的部分或全部引回输入端,去影响控制信号,最终影响系统的输出,这种作用称为反馈。若系统中设有反馈环节,称为闭环控制系统;不设置反馈环节的,称为开环控制系统。这里所说的“环”是指由反馈环节构成的信号传递回路,是与由输入信号传递到输出端的顺向作用方向相反的信号传递。

1. 开环控制系统

开环控制系统是指系统的被控量只受控于控制量,而对控制量不能反过来施加影响的系统,即输出量与输入量间不存在反馈的通道。这种系统既不需要对输出量进行测量,也不需要输出量反馈到系统输入端与输入量进行比较。控制装置与被控对象之间只有顺向作用,没有反向联系。开环控制系统结构原理框图如图 1-3 所示。

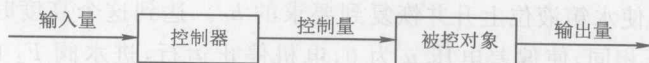


图 1-3 开环控制系统结构原理框图

例如,日常生活中洗衣机洗涤衣物就是开环控制系统的典型例子。洗衣过程中衣物的浸湿、洗涤、漂清和甩干过程,在洗衣机中是依次进行的,后面的过程对前面过程不能产生任何影响,而是根据预定的程序进行(如时间长短的控制)。这样一来,衣物洗涤是否干净,漂洗是否彻底,衣物甩干是否符合要求,都无需测量,当然也不能作为真正的控制目标得以实现。又如,数控机床的自动加工过程中也有开环控制,如图 1-4 所示。它是根据预先编制的加工程序进行自动加工的,这种控制结构没有反馈检测元件,工作台由步进电机驱动。步进电机接收步进电机驱动电路发来的指令脉冲做相应的旋转,把刀具移动到与指令脉冲相当的位置,至于刀具是否到达了指令脉冲规定的位置,那是不受任何检查的,因此这种控制的可靠性和精度基本上由步进电机和传动装置来决定。



图 1-4 数控机床开环控制原理框图

由于开环控制系统无反馈环节,因此其优点是系统结构和控制过程简单,调试方便,稳定性好,成本低。缺点是抗干扰能力差,当受到干扰(如负载变化、电源电压波动、元件参数变化等)影响时,系统没有自调节能力,控制精度较低。因此该系统对元器件精度要求较高。开环控制系统一般用于对控制性能要求不高,系统输入-输出之间的关系固定,干扰较小或可以预测并能进行补偿的场合。

2. 闭环控制系统

闭环控制系统是指在控制器与被控对象之间不仅有正向控制作用,而且输出端与输入端之间还存在反馈控制作用的系统。反馈有正反馈和负反馈之分。当反馈量极性与输入量同相时为正反馈。正反馈应用较少,只是在补偿控制中偶尔使用。当反馈量极性与输入量反相时,则称为负反馈。闭环控制的实质就是利用负反馈,使系统具有自动修正被控量(输出量)偏离参考给定量(输入量)的控制功能。因此,闭环控制又称反馈控制,闭环

控制系统又称为反馈控制系统,其系统结构原理框图如图 1-5 所示。



图 1-5 闭环控制系统结构原理框图

闭环控制系统的优点是抑制干扰的能力强,对元件特性变化不敏感,能改善系统的响应,适用范围广。在闭环控制系统中,无论是由于外部扰动还是系统内部扰动,只要使被控制量偏离给定值,闭环控制就会利用反馈产生的控制作用去消除偏差。但也正由于反馈的引入增加了系统的复杂性。另外由于闭环系统是检测偏差用以消除偏差来进行控制的,在工作过程中,系统总会存在偏差,由于元件惯性等因素,很容易引起系统的振荡,从而使系统不能稳定工作。因此控制精度和稳定性之间的矛盾始终是闭环控制系统存在的主要矛盾。

1.2.3 自动控制系统举例

分析自动控制系统时,我们先要明确几个问题:系统中被控对象是什么?被控量是什么?系统中的干扰有哪些?检测系统由哪些环节组成?下面介绍几个控制系统的具体例子。

1. 调速控制系统

如图 1-6 所示为电动机调速控制系统结构原理图。该控制系统的任务是保持电动机恒速运行。系统中被控对象为电动机,被控量是电动机的转速,检测环节由测速机等组成,系统中的干扰主要是负载的变化。其控制原理为:测速机测电动机的转速,并将转速转换成电压信号,与给定电位器事先设定的输出电压 U_r 相比较, $\Delta U = U_r - U$ 。 ΔU 经放大装置放大为 U_a ,用来控制电动机。

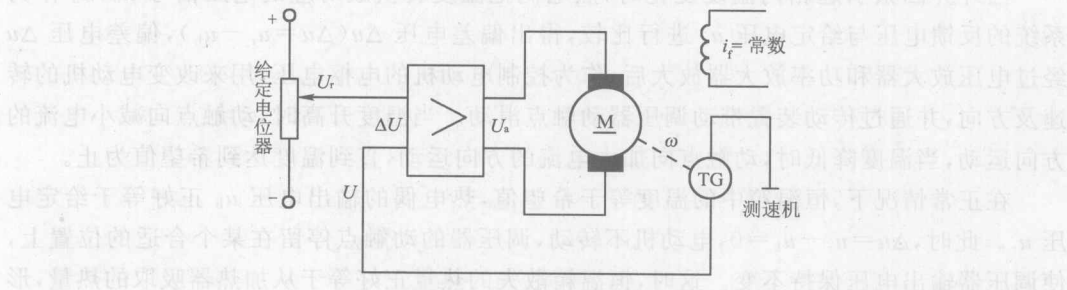


图 1-6 电动机调速控制系统结构原理图

如果电动机的负载加大,将会导致电动机转速下降,从而使测速机的输出电压 U 减小, ΔU 将变大,经放大后使电动机的电枢电压相应变大,从而使电动机转速提高。调速控制系统原理框图如图 1-7 所示。

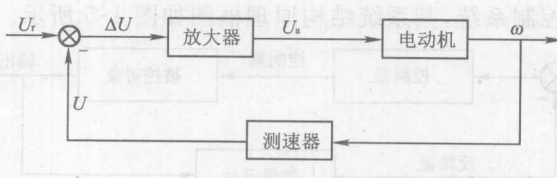


图 1-7 调速控制系统原理框图

2. 恒温箱控制系统

如图 1-8 所示为恒温箱控制系统结构原理图,该系统中恒温箱是被控对象,恒温箱中的温度是被控量,给定量是由给定电位器设定的电压 u_r (表征希望的温度),测量环节由热电偶组成。恒温箱系统原理框图如图 1-9 所示。

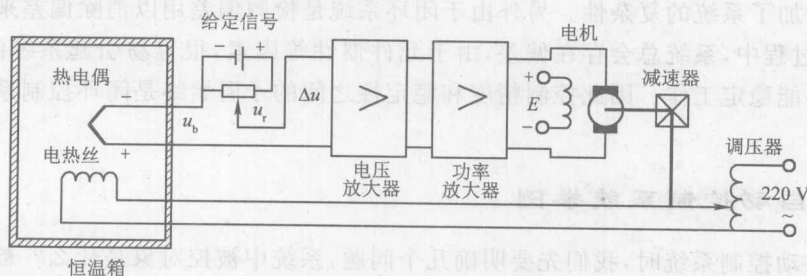


图 1-8 恒温箱控制系统结构原理图



图 1-9 恒温箱系统原理框图

当外界因素引起箱内温度变化时,热电偶把温度转换成对应的电压信号 u_b , u_b 作为系统的反馈电压与给定电压 u_r 进行比较,得出偏差电压 Δu ($\Delta u = u_r - u_b$),偏差电压 Δu 经过电压放大器和功率放大器放大后,作为控制电动机的电枢电压,用来改变电动机的转速及方向,并通过传动装置带动调压器动触点滑动。当温度升高时,动触点向减小电流的方向运动,当温度降低时,动触点向加大电流的方向运动,直到温度达到希望值为止。

在正常情况下,恒温箱中的温度等于希望值,热电偶的输出电压 u_b 正好等于给定电压 u_r 。此时, $\Delta u = u_r - u_b = 0$,电动机不转动,调压器的动触点停留在某个合适的位置上,使调压器输出电压保持不变。这时,恒温箱散失的热量正好等于从加热器吸取的热量,形成稳定的热平衡,使温度保持恒定。

3. 导弹发射架方位角控制系统

如图 1-10 所示为导弹发射架方位角控制系统结构原理图。该系统的控制任务是使发射架能够转动到希望的角度。导弹发射架是被控对象,被控量是发射架转动的方位角 θ ,给定量是手轮转动的方位角 θ_r 。导弹发射架方位角控制系统原理框图如图 1-11 所示。

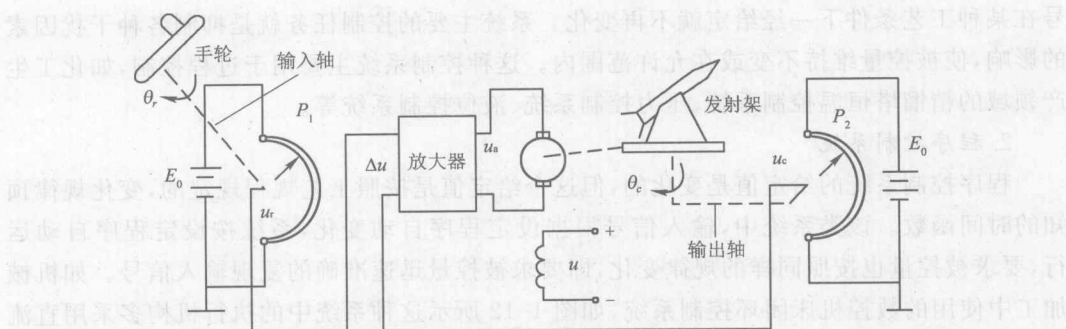


图 1-10 导弹发射架方位角控制系统结构原理图



图 1-11 导弹发射架方位角控制系统原理框图

电位器 P_1 、 P_2 并联后跨接到同一电源 E_0 的两端构成电桥电路，其滑臂分别与输入轴和输出轴相连接，起检测和比较作用，并表征希望角度和实际转动角度之差的偏差信号 Δu 。输入轴由手轮操作；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。

当导弹发射架的方位角与输入轴方位角一致时，系统处于相对静止状态。当摇动手轮顺时针转动，将会使电位器 P_1 的滑臂转过一个角度，此时 $\theta_r > \theta_c$ ，产生一个误差角 $\theta_e = \theta_r - \theta_c$ ， θ_e 通过电位器 P_1 和 P_2 转换成偏差电压 $\Delta u = u_r - u_c$ ， Δu 经放大器放大后驱动电动机转动，带动导弹发射架顺时针转动，直至 $\theta_c = \theta_r$ ， $u_r = u_c$ ，偏差电压 $\Delta u = 0$ ，电动机停止转动。系统在新的条件下达到平衡，即发射架处于新的希望位置。当手轮逆时针转动时，调节过程相反。

该系统只要 $\theta_r \neq \theta_c$ ，偏差就会产生调节作用，作用的结果是消除偏差 θ_e ，使输出量 θ_c 严格地跟随输入量 θ_r 的变化而变化。

1.3 自动控制系统的类型

自动控制系统的形式是多种多样的，采用不同的标准进行划分，就有不同的分类方式。常见的分类方式有以下几种：

1.3.1 恒值系统、程序控制系统与随动系统

按输入信号的变化规律进行划分，可将系统划分为恒值系统、程序控制系统与随动控制系统。

1. 恒值控制系统

所谓恒值控制系统，是指这类控制系统的给定值是恒定不变的。该类系统中，输入信

号在某种工艺条件下一经给定就不再变化。系统主要的控制任务就是抑制各种干扰因素的影响,使被控量维持不变或在允许范围内。这种控制系统主要用于过程控制,如化工生产领域的精馏塔恒温控制系统、压力控制系统、液位控制系统等。

2. 程序控制系统

程序控制系统的给定值是变化的,但这个给定值是按照工艺规程规定的,变化规律预知的函数。该类系统中,输入信号根据设定程序自动变化,系统按设定程序自动运行,要求被控量也按照同样的规律变化,即要求被控量迅速准确的复现输入信号。如机械加工中使用的数控机床闭环控制系统,如图 1-12 所示这种系统中的执行机构多采用直流电机(小惯量伺服电机和宽调速力矩电机)作为驱动元件,反馈测量元件采用光电编码器(码盘)、光栅、感应同步器等。又如化工生产中的间歇反应器的升温控制系统,食品工业中的罐头杀菌温度控制系统,干燥窑周期作业的加热设备控制等。

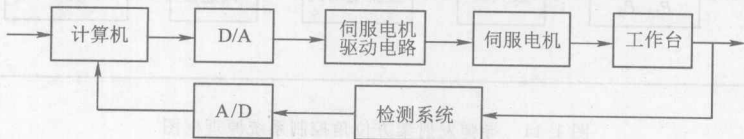


图 1-12 数控机床程序控制系统原理框图

3. 随动控制系统

随动控制系统也称自动跟踪系统,该类系统中,输入信号是预先不能确定的随时间任意变化的函数。该系统要求被控量以尽可能小的误差尽快地跟随输入量变化。生产过程中的比值控制就属于随动控制系统,如要求甲流体的流量和乙流体的流量保持一定的比值关系,从而保证生产质量,那么当甲流体的流量在生产中是随机变化时,就要求乙流体的流量能快速而准确地随之变化。又如函数记录仪、雷达天线跟随系统、高炮自动瞄准系统等。在随动系统中,扰动的影响是次要的,系统分析、设计的重点是系统的快速性和准确性。如果被控制量是机械位置或其导数,这种随动系统我们也称作伺服系统。

随动系统和程序控制系统的参考输入量都是时间的函数,差别在于随动系统的输入量是未知的任意时间函数,而程序控制系统的输入量是已知的时间函数。而恒值控制系统可以看做是程序控制系统的一种特例。

1.3.2 线性系统与非线性系统

按系统各环节输入与输出关系的特征进行划分,可将系统划分为线性控制系统与非线性控制系统。

1. 线性控制系统

线性控制系统中,所有环节(或元件)的输入输出都是线性关系,系统的状态和性能可以用线性微分方程来描述,线性系统满足叠加原理和齐次性原理,因此可以用线性系统理论进行分析。线性控制系统又分为线性定常系统和线性时变系统。

2. 非线性控制系统

该类系统中,至少有一个元件的输入输出关系是非线性的。因此不满足叠加原理和齐次性原理,必须采用非线性系统理论来分析。如存在死区、间隙和饱和特性的系统就是