

自动控制原理

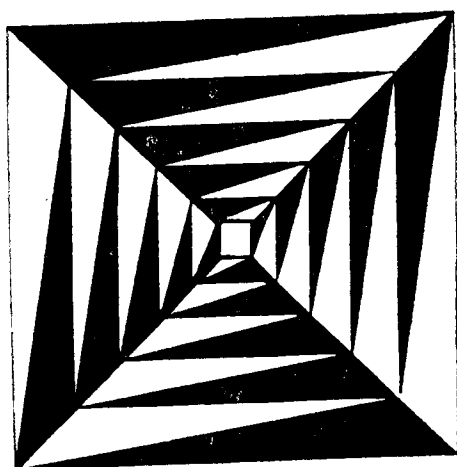
秦养浩 主编



安徽教育出版社

自动控制原理

秦养浩 主编



安徽教育出版社

《皖)新登字03号

自 动 控 制 原 理

安徽教育出版社出版发行

(合肥市金寨路 283 号)

新华书店经销 芜湖新华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 19.25 字数: 270,000

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

印数: 6,400

ISBN7—5336—1005—9/G·1454

定价: 7.30元

前 言

随着科学技术的进步,自动控制技术在各个领域中的应用已日趋广泛。自动控制原理也成为很多专业技术人员所必须掌握的基础理论。《自动控制原理》是介绍自动控制的基础理论教材。

本书共分六章,第一章叙述自动控制的一般概念,介绍反馈控制系统的原理和组成;第二章内容,主要包括物理系统数学模型的建立及各种形式数学模型的变换,为系统的定量分析作准备。该章还介绍学习自动控制原理所必须的数学基础——拉普拉斯变换;第三章着重于分析系统性能与系统结构和参数的定量关系,并由此出发,对系统的校正作了初步的介绍。读者在通过前三章的学习,能对自动控制原理基本内容和分析方法有一个初步的了解。

第四章、第五章分别介绍控制系统分析和设计的两种方法,两章都包含分析和校正两部分内容(系统的校正不再单独列成一章),自成完整体系,以使各章内容在思路上连贯,易于掌握,也便于读者根据要求灵活选用;第六章还介绍了采样系统理论的基础内容,这是为了适应计算机控制系统广泛应用的需要而设。可根据要求选用。

本书的编写,立足于基本概念、基本理论和基本方法的讲述;力求做到精简内容,避免对各类具体运算方法作太多的介绍;力求理论分析与物理概念相结合,以使内容通俗易懂,便于自学,并注意了内容的连贯性和分析的逻辑性。

为便于选用本教材的教师授课,作者对本教材的授课时间作如下建议,以供参考。

全书总学时约为80学时;各章授课学时分别建议为:

第一章 4 学时

第二章 16 学时 (含拉普拉斯变换4学时)

第三章 14—17 学时 (含非线性对系统的影响3学时)

第四章 12—14 学时

第五章 20 学时

第六章 8—10 学时

另外还建议开设系统的电子模拟实验(4学时)和频率特性测试实验(2小时),见附录。

对函授教学,若选用全部内容,授课学时数建议为180学时。

本书是为自动化类、电气类专业专科教学而编写的,也适用于机械、仪表

等专业的本科和专科的教学需要。因教材很适合自学，故对成人教育和函授教学尤为适用。

本书由合肥工业大学秦养浩任主编，第一、二、三章由秦养浩编写，第四章由安徽工学院潘宝珠编写，第五、六章由华东工学院马勤弟编写，合肥工业大学王孝武，江苏工学院张传安任本书主审人，哈尔滨电工学院徐松源参加了审稿，并提供了宝贵意见，在此表示感谢。

编者：1990年12月

目 录

第一章 自动控制的一般概念

§ 1—1 自动控制与自动控制系统	1
§ 1—2 自动控制系统的基本结构	5
一、闭环控制系统与开环控制系统	5
二、闭环控制系统的基本结构	6
§ 1—3 自动控制原理课程的基本内容	7
一、对控制系统基本性能的要求	7
二、系统结构参数对性能的影响	9
三、系统分析和设计的数学方法	13
小结	13
习题	15

第二章 线性系统的数学模型

§ 2—1 系统运动方程式的建立	17
§ 2—2 线性化	19
§ 2—3 拉普拉斯变换	21
一、定义	21
二、拉氏变换的性质	22
三、拉氏反变换	26
四、线性常微分方程的拉氏变换解法	28
§ 2—4 传递函数	29
一、线性系统运动方程式的求解	29
二、传递函数	30
§ 2—5 线性系统的典型环节	33
一、惯性环节	34
二、比例环节	34
三、积分环节	35
四、微分环节和比例微分环节	37
五、振荡环节	38
六、延迟环节	39
§ 2—6 结构方块图及其变换和化简	40
一、结构方块图	40
二、结构图的等效变换	44

三、闭环系统的传递函数	51
§ 2—7 信号流图与梅逊公式	53
一、信号流图	53
二、信号流图的等效变换	54
三、梅逊公式	55
小结	58
习题	61

第三章 系统的时域分析

§ 3—1 系统的性能指标和典型输入信号	64
一、典型输入信号	64
二、系统的时域性能指标	66
§ 3—2 一阶系统的时域分析	67
一、阶跃响应	67
二、斜坡响应	68
三、脉冲响应	69
§ 3—3 二阶系统的时域分析	70
一、二阶系统的阶跃响应	71
二、参数 ζ 、 ω_n 对系统暂态响应的影响	72
三、二阶系统的性能指标	75
四、二阶系统的脉冲响应和斜坡响应	79
五、系统传递函数的零点对性能的影响	79
六、二阶系统的比例微分控制	81
七、微分负反馈的应用	82
§ 3—4 高阶系统的时间响应	85
一、高阶系统的单位阶跃响应	86
二、主导极点	86
§ 3—5 稳定性分析	88
一、稳定性的概念	88
二、线性系统的稳定条件	88
三、线性系统稳定性的判定方法—劳斯判据	89
§ 3—6 稳态误差	93
一、输入作用时的稳态误差	94
二、扰动作用引起的稳态误差	98
三、提高控制系统稳态精度的方法	100
§ 3—7 非线性因素对系统性能的影响	105
一、饱和特性	106
二、不灵敏区特性	107
三、间隙特性	108
四、摩擦特性	108
小结	109

习题.....	113
---------	-----

第四章 根轨迹法

§ 4—1 根轨迹的一般概念.....	116
一、根轨迹与根轨迹分析法.....	116
二、根轨迹方程.....	118
三、根轨迹的幅角条件和模值条件.....	119
四、幅角条件和模值条件的应用.....	119
§ 4—2 根轨迹的绘图规则.....	120
一、绘图规则.....	121
二、根轨迹绘图规则小结与例题.....	129
§ 4—3 系统极点和零点的确定.....	133
一、 K^* 与系统极点的关系.....	133
二、系统零点的确定.....	135
§ 4—4 广义根轨迹.....	135
一、广义根轨迹的概念.....	135
二、广义根轨迹的作图方法.....	135
三、广义根轨迹绘图举例.....	136
§ 4—5 零度根轨迹.....	137
一、零度根轨迹的基本概念.....	137
二、零度根轨迹方程的特点以及绘图规则.....	137
三、绘制零度根轨迹的实例.....	138
§ 4—6 增加开环零点、极点对根轨迹及K的影响.....	139
一、增加开环零点的作用.....	139
二、增加开环极点对根轨迹的影响.....	140
三、增加开环零点、极点对系统开环放大倍数的影响.....	142
§ 4—7 系统的校正.....	143
一、系统校正的基本概念.....	143
二、校正方式.....	143
三、校正装置及其传递函数.....	144
§ 4—8 系统的根轨迹法校正.....	147
一、根轨迹法的串联校正.....	147
二、串联超前校正.....	148
三、串联迟后校正.....	151
四、根轨迹法校正的局限性.....	152
小结.....	153
习题.....	154

第五章 频率特性法

§ 5—1 频率特性及其几何表示法.....	158
一、频率特性的基本概念.....	158

二、频率特性的几何表示法	160
§ 5—2 典型环节的频率特性	161
一、比例环节	162
二、积分环节	162
三、微分环节	163
四、惯性环节	163
五、比例微分环节	166
六、二阶振荡环节	166
七、二阶微分环节	169
八、延迟环节	169
§ 5—3 系统的开环频率特性	171
一、开环频率特性的对数坐标图	171
二、开环频率特性的极坐标图	174
三、最小相位系统和非最小相位系统	179
§ 5—4 奈奎斯特稳定判据	181
一、奈奎斯特稳定判据	181
二、对数稳定判据	189
三、稳定裕量	191
四、对数坐标图稳定裕量	193
§ 5—5 开环对数幅频特性与系统性能的关系	195
一、低频区	195
二、中频区	197
三、高频区	198
§ 5—6 闭环频率特性	198
一、等M圆图	198
二、等N圆图	200
§ 5—7 闭环幅频特性与时域性能的关系	201
一、二阶系统幅频特性与时域性能的关系	202
二、高阶系统幅频特性与时域性能的关系	203
§ 5—8 频率法在系统校正中的应用	204
一、频率法校正的基本概念	204
二、串联校正	204
三、反馈校正	217
小结	220
习题	225

第六章 采样控制系统

§ 6—1 概述	230
一、采样系统举例	230
二、采样系统的典型结构图	231
三、数字控制系统	232
§ 6—2 信号的采样和复现	232

一、采样过程	232
二、采样定理	234
三、信号的复现与零阶保持器	236
§ 6—3 Z 变换	238
一、 Z 变换的定义	238
二、 Z 变换的基本定理	241
三、 Z 反变换	244
§ 6—4 采样系统的数学模型	245
一、差分方程	245
二、脉冲传递函数	246
三、环节串联时的脉冲传递函数	248
四、有零阶保持器时的脉冲传递函数	249
五、闭环系统的脉冲传递函数	250
§ 6—5 采样系统分析	252
一、采样系统的输出响应	253
二、采样系统稳定性的判别方法	257
三、采样系统的稳态误差	260
§ 6—6 采样系统的校正方法	261
小结	262
习题	264

附 录

附录1 模拟计算机与数字计算机在控制系统研究中的应用	267
附录2 实验一：系统电子模拟	280
附录3 实验二：频率特性的测试	283
附录4 部分习题答案	285
参考文献	296

第一章 自动控制的一般概念

随着生产的发展和科学技术的进步,随着人们生活水平的提高,自动控制技术的应用日益普遍,它已涉及到生产和生活的各个领域。自动控制技术既能使生产的高质量、高水平得以保证,又大大提高了生产率,在经济上取得极大效益。它已成为工、农业现代化和国防现代化的必不可少的技术手段。即使在日常生活中,人们也越来越多地直接从自动控制技术中得到方便和实惠。自动控制技术和自动化水平已成为衡量现代化水平的重要标志。

§ 1-1 自动控制与自动控制系统

自动控制是指在没有人直接参与的情况下,通过控制装置对被控对象进行控制,使其某些物理量能自动地按照人们所预定的规律变化,以满足使用需求。这里所指的被控对象,可以是一个具体器件(如电动机等),也可以是一个设备,甚至可以是一个生产过程或其它系统。

例如,在交流发电机的电压自动恒定系统中,发电机就是被控对象,发电机发出的电压就是被控制的物理量,该物理量的人为预定规律是保持恒定不变。这是因为只有发电机发出电压恒定在某一数值(如 220 伏),才能保证由它供电的照明和其它用电设备的正常运行。

又如防空火炮对雷达天线的自动跟踪系统,火炮为被控制对象,炮口的指向即为被控制量。被控制量的预定变化规律是自动地跟随雷达天线的偏转而偏转。由于雷达天线是跟随飞机的位置而偏转的,因此火炮炮口就能自动地瞄准飞机。

由被控对象和对其实行自动控制的一些装置,组成了自动控制系统。下面通过几个实例来说明系统实现自动控制的原理。

【例1-1】 液位自动控制系统。

图1-1为一个液位自动控制系统原理图。它实现对液位系统的自动控制,其功能是在水箱有不同出水量时,水箱液位高度自动地保持在预先设定值上不变,这样也就保持了出水口的液压为定值。显然,该系统的被控量是液位高度。

系统的工作原理如下:液位预定的高度由电位器抽头位置 a 确定。当液位为该预定高度时,电位器活动头 b 由浮球带动,正好也移到 a 的位置,致使 a 、 b 两点间电位相等,

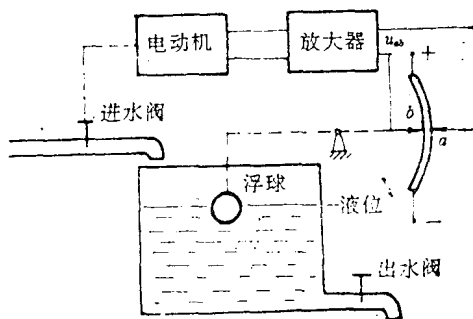


图1-1 液位自动控制系统

即放大器输入电压 $u_{ab} = 0$ 。因而带动进水阀门的伺服电动机的输入电压也为零，电动机处于静止状态，阀门的开启位置不变。这时水箱的进水量与出水量相等。

当改变出水阀门的开启程度时，水箱出水量随之改变。在进水量不变的情况下，液位必然会相应变化。液位的变化量，可以通过由浮球带动的电位器活动头 b 的位置的改变得到反映。 b 点和 a 点的位置差，即反映了实际液位和预定液位间的偏离量。当液面下降，反映液位偏差量的电压 u_{ab} 为正，该电压经放大器放大后，驱动伺服电动机正转，使进水阀门的开启程度加大。反之，当液面上升， u_{ab} 为负，这个偏差电压将使伺服电动机反转，使进水阀门的开启程度减小。这样，通过差值电压 u_{ab} ，便实现了对进水量的自动调整。进水量的调整趋势，总是使差值电压 u_{ab} 减小，只有差值电压 $u_{ab} = 0$ 时，调整过程才结束。这时，液位达到预先设定的高度，电位器 b 点位置和 a 点位置一致。

在上述系统中，预定的液位高度是由电位器抽头 a 的位置给定的，该位置称为给定量。改变 a 的位置，水箱中液位的高度也将随之改变，所以这个给定量也就是该系统的控制量。水箱中液位高度是否达到由给定量确定的位置，是通过浮球及与其机械联动的电位器活动头 b 来测量的，因此，这是一个测量装置。测得的液位将通过电位器与给定位置（即 a 点位置）作比较， a 、 b 两点的位置差即反映了液位偏离给定值的差值，这个差值称为误差。 u_{ab} 即是这一误差值的电量表达形式。该误差量经放大后驱动伺服电机，调节进水阀门，以达到消除给定量与被控制量之间误差的目的。

当进水管的水压改变，或者人为地改变水箱的出水量。都会打破进、出水量间的平衡而引起液面高度的波动。这类引起被控制量发生偏离的作用，统称为扰动作用。由于不论任何原因引起的液位偏离都能反映在 a 、 b 两点的位置差上，因此，也就同时会存在 u_{ab} 对进水阀门的调整。所以自动控制系统，可以通过以上的自动调整作用来减少或消除扰动作用的影响。

为了明确系统中各组成部件的职能和各物理量间的相互作用关系，用职能方块来表示以上的液位控制系统，如图1-2。

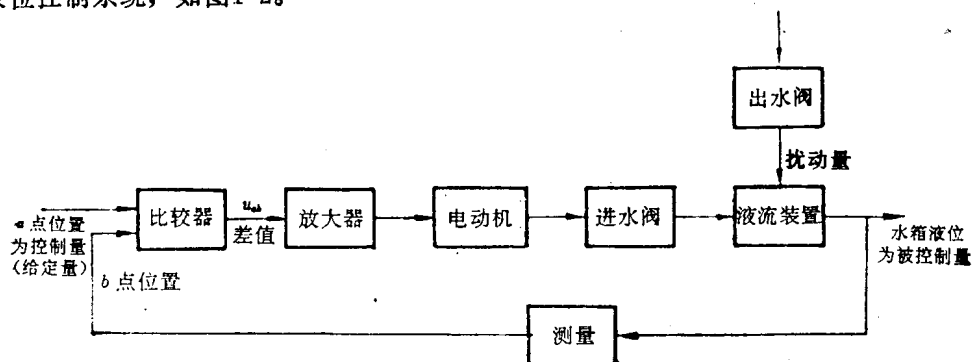


图1-2 液位控制系统职能方块图

系统的被控制量是水箱液位的高度，通常称为系统的输出量。输出量的预定值是电位器 a 点位置给定的，所以这是输入系统的控制量，通常简称为输入量。而其它进入系统的扰动作用是系统的扰动量输入，通常简称为扰动量。如出水阀门开启程度的变化，进水压力的变化等都属于扰动量。系统保持液位高度为预定值的原理，是通过测量装置对输出量进行不间断

的测量, 并将测量的结果 (b 点的位置) 回馈到输入端 (即反馈) 与输入量 (a 点位置) 比较, 取二者差值 (误差量) 作为对输出量进行调整的依据, 通过调整作用, 使输出量 趋于 预 定 值。

从以上分析可以知道, 系统中存在对输出量的测量, 尤其是将测量信号反馈回输入端, 与输入量进行比较, 是系统得以实现自动控制的关键所在。由于反馈信号是与输入量相减, 样的反馈称为负反馈。

如果对液位采用人工控制方式, 其控制作用是依据浮球指示的液面高度的偏差, 人工调整电位器活动抽头 b 点的位置, 来调整进水阀门的。而在自动控制系统中, 是通过将浮球指示与电位器活动头 b 联接, 形成负反馈, 这就完全取代了人工控制作用。这不但节省了人力, 减轻了人的劳动强度, 而且控制的可靠性和精度都比人工控制高。

【例1-2】 闸门位置控制系统。

图1-3为闸门位置控制系统的原理图。闸门是由电动机 M 带动上下移动的, 系统中闸门预定的位置由电位器的活动头 a 的位置所确定。改变 a 点位置, 闸门也将随之上下移动, 系统能自动保持闸门位置与 a 点位置相一致。其工作原理如下:

系统中闸门实际位置是系统的输出量, 它是通过与闸门机械联接的电位器活动头 b 来测量, 测得的结果与给定位置 a (该位置即为输入量) 比较, 形成输出量的负反馈。不论怎样变化 a 点位置, 闸门必定跟随 a 点位置移动。因为只要闸门位置与 a 点要求不一致, 即 a 、 b 两点存在位置误差时, 则差值电压 u_{ab} 经放大后, 驱动电动机带动闸门向减小误差的方向运动, 直至闸门达到要求的位置, 即 a 、 b 位置一致时电机才停转。

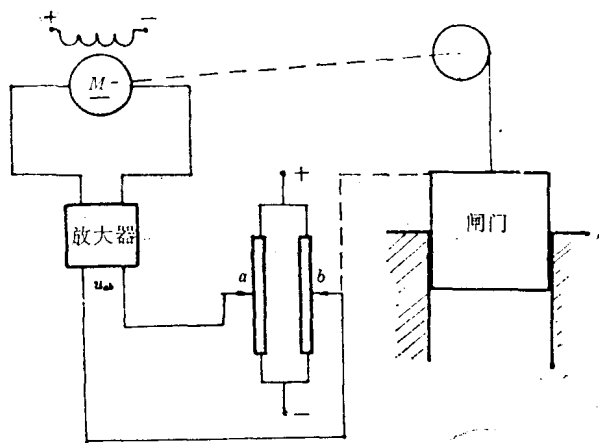


图1-3 闸门位置控制系统

闸门位置控制系统的控制原理也可用职能方块图表示, 如图1-4。

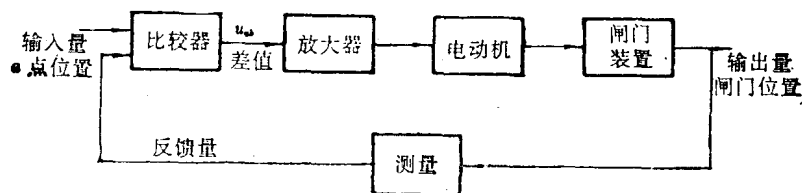


图1-4 闸门位置控制系统职能方块图

【例1-3】 函数记录仪。

函数记录仪是一种通用的自动记录仪, 它可以在匀速走动的纸带上记录下输入电压信号

对时间的函数曲线，其原理示意如图1-5所示。

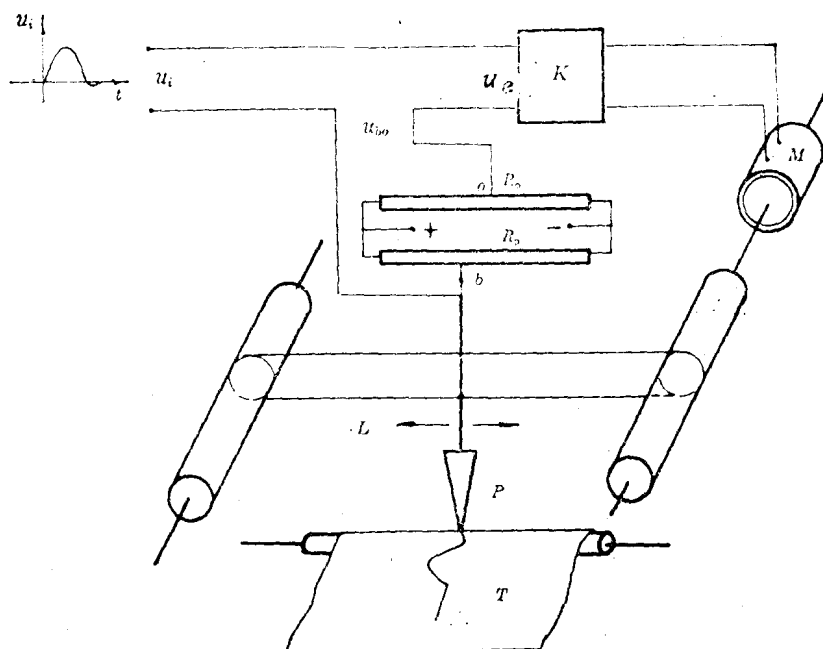


图1-5 函数记录仪原理示意图

记录仪的输入是被测量的电压信号 u_i ，由伺服电动机带着记录笔 P 移动，所产生的位移 L 为输出量。该位移量 L 能精确地与输入电压 u_i 保持一致。这样，记录笔便在匀速走动的纸带 T 上，记录与 u_i 一致的时间函数曲线。

记录笔与电位器 R_0 活动点 b 联结，电位器 R_0 的活动点 o 保持在中间位置。则电压 u_{bo} 即是记录笔离中间基准点位移 L 的电量表示。若位移 L 与输入电压 u_i 不一致 ($u_{bo} \neq u_i$)，即 $u_i - u_{bo} = u_e$ 存在，则通过放大器放大，驱动伺服电动机 M 转动，通过机械传动，带动记录笔作调整移动，使 L 和 u_i 很快达到一致。当输入电压信号 u_i 是随时间不断变化的函数时，记录笔的位移 L 也应随 u_i 作相应的变化，这样就能在匀速走动的纸带上记录下输入电压随时间变化的函数曲线。

在函数记录仪中，输入的被测量 u_i 信号是随时间不断变化的，要求输出量（记录笔的位移）也跟随输入作一致的变化。这不仅是要有偏差，就能自动调整，而且还要求调整要快，输出对输入量改变要有较快的响应，不然输出量就不能正确反映不断变化的输入量。通常把输入量随机变化的这类自动控制系统称为随动系统；而把输入量在一段时间内保持不变的自动控制系统称为恒值控制系统，例如例 1-1 的液位控制系统就是恒值控制系统。

随动系统在工业上，尤其在军事上应用较多。如大型船舶船舵的操纵系统、防空火炮对雷达天线的自动跟踪系统等。随动系统由于输入信号不断随机变化，因此它在技术要求上与恒值系统不尽相同，由此也会造成二者结构上的局部差别，但它们实现自动控制的基本原理是完全相同的。函数记录仪的职能方块图如图1-6。

以上介绍的三个自动控制系统，虽然用途不同，物理对象也不相同，但它们实现自动控

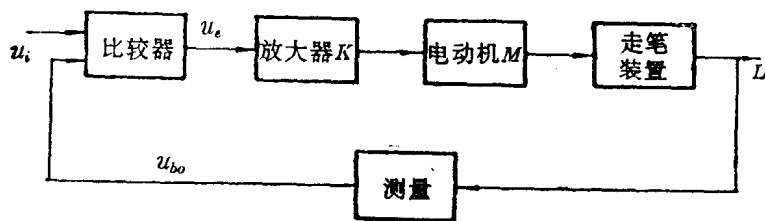


图1-6 函数记录仪的职能方块图

制的基本原理是相同的，都是通过对输出量的测量，并将测得的值反馈回输入端与输入量进行比较，实现了负反馈。输入量与负反馈量的差值，反映了输出量偏离预定值的数值。利用这个误差值对输出量进行调整控制，以使误差趋于减小，或直至误差消失。

§ 1-2 自动控制系统的的基本结构

一、闭环控制系统和开环控制系统

1. 闭环控制系统

在前面所介绍的自动控制系统实例中，都是通过测量装置把输出量以负反馈引到输出端，并依据误差进行调节，从而达到自动控制的目的。在这类系统中，由于负反馈的存在，系统中的信号是沿着由输入到输出的前向通道，以及由输出再回馈到输入端的反馈通道所组成的闭合环路流通，因此称它为闭环控制系统，也称反馈控制系统。

闭环控制系统由于存在对输出量的测量和负反馈，因此，不论任何原因引起输出量偏离要求的数值，只要测量装置能够测得偏离值，都可以通过负反馈作用，实现对输出量的自动调整，使偏离值趋于消失。这使系统在输入量改变时，输出量将随之准确地改变，以保证输出量与输入量一致（包括相等或成比例）。而当外界有扰动作用于系统时，引起的输出量的偏离也能通过自动调整，使输出量基本不受扰动作用的影响。

闭环系统实现自动控制的关键是存在测量和负反馈。要保证控制的精度，反馈信号必须真实地反映输出量，且与输出量精确地保持一致。若反馈回路中的器件（如测量装置）出现性能不稳或参数波动，将会使反馈信号不能真正地反映实际输出量。依据这个失真的反馈信号对输出量进行调整，当然就会出现偏差。因此在闭环系统中，必须保证反馈回路装置的精度和性能的稳定。对前向通道中系统的主要设备，一般没有很高的精度要求。因为在前向通道中，其器件性能或参数不稳定所引起输出量的偏离，同样可以通过负反馈作用得以调整。

由于闭环系统对组成系统的主要功率设备没有过高的精度要求，因此降低了系统的造价。

应用负反馈的闭环控制，是一种基本的自动控制方式，其应用极为广泛，除了在生产

国防上普遍应用外，在日常生活中也常有应用。如家用电冰箱、电饭锅的温度自动控制就是典型的闭环控制。它们的温度自动调整作用，都是通过温度测量和负反馈作用而直接得到的。

2. 开环控制系统

开环控制系统的特点是输出量虽然受输入量的控制，但是系统中没有对输出量的测量和负反馈。因此，当组成系统的器件性能变化或外界干扰作用引起输出量的变化时，系统不能自动产生调整作用，因而器件性能的稳定和扰动量的大小对控制精度的影响很大。通常在开环自动控制系统中，“自动”的含义仅是指输入量的变化规律是自动给出的，系统的工作程序是自动转换的。

由于开环控制不能产生对输出量的自动调整，因此一般在控制精度要求不高，或外界扰动影响较小时，才考虑采用开环控制系统。当然，开环控制系统的精度与系统中所使用的各部分器件的精度有直接关系，这一点与闭环控制系统不同。

自动洗衣机基本就是一个开环自动控制系统，它的工作程序是由定时器预先给定的。工作时是按时间自动转换工作方式和程序，如洗、漂、离心去湿等。但是对洗衣的结果（如洁净状况）并不进行检测，更不能按洗衣的结果来调整工作程序。

开环控制中没有负反馈，是结构上最简单的一种控制方式。它不会出现由于负反馈的存在而引起的影响系统工作稳定性等问题。因此，也不需要对其控制原理进行过多的理论探讨。

二、闭环控制系统的基本结构

通过以上的讨论，可见组成一个闭环自动控制系统，除了被控制对象外，还必须以下几个组成部分：

1. 测量、反馈环节

用来对被控制量进行测量，并将测量值反馈至输入端，以便实现负反馈控制。

2. 比较环节

将反馈量与输入量进行比较，并取其差值作为对被控制量进行调整的依据。为了保证比较量为相同的物理量，有时对测量信号要进行物理量的变换。

3. 执行环节

根据比较所得的误差信号，执行对被控制对象的直接控制，使被控制量趋于要求值。

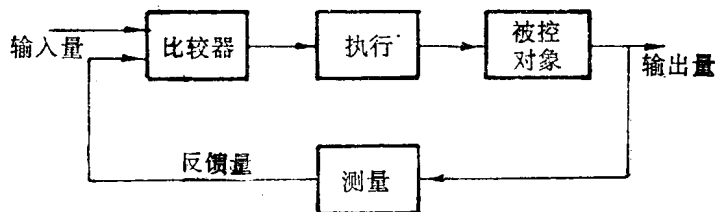


图1-7 闭环系统的基本结构

由被控制对象、测量反馈环节、比较环节和执行环节等几个基本部分，即可组成一个最基本的闭环系统。其结构用方块图表示如图1-7。

在实际系统中，除了以上基本环节外，有时为改善系统的性能，在系统中再加入附加的放大环节和校正环节。有关这方面的内容，将在本课程后面介绍。

把系统各组成部分称为环节，这是因为每一环节可以由多个元、器件或装置组成，也可能同一器件或装置，有兼作一个以上环节的作用。但是，不论系统是多么简单，都包含有以上几个基本组成部分。下面，以日常生活中使用的调温熨斗为例加以说明。

调温熨斗的电气原理如图 1-8，其供电电源为交流 220V。

当熨斗接入电源，其电热丝通过开关 K 的闭合而流过电流为熨斗加热。开关 K 的动触点是由热膨胀系数相差很大的两种不同材料的金属片叠合而成的双金属片。当温度升高到某个确定的数值， K 的动触点受热变形而与静触点脱开，切断电源使加热停止。当熨斗温度下降至某定值时， K 的触点又恢复闭合，再次接通电源给电热丝加热。这样就使温度自动地保持在要求的温度范围内。为了使熨斗温度可调，在开关 K 的静触点上方设置一调节螺丝 T ，可根据要求的使用温度调节（旋转）螺丝，以改变静触点位置，从而改变了开关 K 断开时所对应的熨斗的温度，以达到控制熨斗温度的目的。尽管这个温度控制系统的组成元件很少，但是几种基本环节却很齐全：温度的设定是由开关 K 的静触点位置给出；温度的测量和反馈则是由开关 K 的动触点来实现；开关 K 的两个触点间的位置关系，起了比较环节的作用；执行环节是电热丝，由它实现对熨斗温度的直接控制。在这个温度控制系统中，一个开关 K ，起了几个环节的作用。

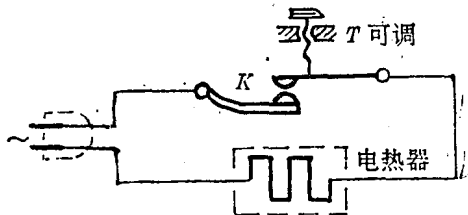


图 1-8 调温熨斗电气原理图

§ 1-3 自动控制原理课程的基本内容

自动控制理论是研究自动控制系统共同规律的科学。随着生产的发展和科学技术的进步，控制理论也随之有了很快的发展。其应用领域已不仅仅限于工程控制技术，在经济控制和生物控制以及其它控制领域都得到卓有成效的应用。控制理论已发展为一门独立的学科——控制论。它对人类社会经济的发展和科学的进步起着重要的作用。

“自动控制原理”是工程控制理论中的一个部分，主要是研究控制系统的分析和设计的一般理论。由于自动控制技术在各工程技术学科中的广泛应用，因此“自动控制原理”不但是自动控制和自动化类专业的重要技术基础课程，对其它如电气、仪表、机械、冶金、化工等专业的工程技术人员来说，也需对自动控制原理有相当程度的了解，才能适应所从事专业的自动化发展的需要。

本课程主要是介绍闭环控制系统的组成，及其实现自动控制的基本原理，并通过数学方法对自动控制系统进行分析和归纳，从而建立系统的结构和参数与系统性能间的定量关系，进而从理论上找到正确设计和调整自动控制系统的方法。

一、对控制系统的基本性能要求

自动控制的目的，是使作为系统输出量的被控制量，能自动地按要求的规律变化。而这