

高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育自动化类专业规划教材

自动控制技术 基础与实践

ZIDONG KONGZHI JISHU
JICHU YU SHIJIAN

主 编 龙涛元 杨旭志 李 亭

副主编 谢智阳 武 威 张远海 廖鸿飞



中国工信出版集团



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育“十二五”规划教材
高等职业教育自动化类专业规划教材

自动控制技术基础与实践

主编 龙涛元 杨旭志 李 亭
副主编 谢智阳 武 威 张远海 廖鸿飞

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书既有较为全面的自动控制理论知识,也有丰富翔实的应用实践案例。全书内容主要包括自动控制技术基本概念、自动控制系统的基本元部件、自动控制系统数学描述、自动控制系统性能分析、自动控制系统设计方法、数字控制系统设计、控制算法,以及“造纸机主轴转动自动调速系统”和“稳压直流电源”设计与制作实例。全书主要以工程实例为载体,训练学生面向工程实际需求进行系统分析和设计的能力;用 Matlab 软件展现自动控制理论和自动控制系统设计方法,避免了烦琐的数学推导,通俗易懂。

本书可作为应用型本科和高等职业院校生产过程自动化技术、机电一体化技术、电气自动化技术等专业的教材,也可作为从事自动化工作的工程技术人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制技术基础与实践/龙涛元,杨旭志,李亭主编.--北京:电子工业出版社,2015.9

ISBN 978-7-121-26164-0

I. ①自… II. ①龙… ②杨… ③李… III. ①自动控制—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 114115 号

策划编辑:朱怀永

责任编辑:朱怀永

特约编辑:王 纲

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:368 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版

印 次:2015 年 9 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:32.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换,若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前言

自动控制技术是 20 世纪影响力最大的技术之一,也是 21 世纪最重要的高技术之一。生活活动、工业生产、军事、管理等各个领域都离不开自动控制技术。高等院校开设自动控制技术相关课程,能为制造业培养一批高技术技能型人才,满足先进制造业实现技术创新和技术升级对人才的迫切需求。

本书将抽象复杂的控制理论通过大量工程案例和 Matlab 软件变得实用和形象具体,易于学生接受。本书主要特色如下:

- ◇ 结合职业教育特点,突出理论够用、实用。
- ◇ 详细介绍构建自动控制系统的基本元件、自动控制理论,并以工程实例为载体进行阐述,读者通过本书的学习可以较为容易地开展一个自动控制系统的分析和设计。
- ◇ 自动控制理论的展现主要通过 Matlab 软件仿真,以图形的形式展现,形象具体,避免了复杂和烦琐的理论推导过程,强调训练学生对理论的理解和应用能力。

本书参考学时为 64~96 学时。

本书共有 9 章。第 1 章主要通过大量实际控制系统案例引出了自动控制技术基本概念等知识。第 2 章为通过大量实例介绍了自动控制基本元件的作用,以及常用自动控制基本元件的特性和应用知识。第 3 章通过工程实例和 Matlab 软件仿真介绍了系统数学模型的概念、建立、求解和应用。第 4 章通过 Matlab 软件仿真了工程实例的时域响应、频域响应、根轨迹,引出了系统的时域指标、频域特性和根轨迹相关知识。第 5 章主要介绍了零极点对系统动态特性的影响,系统的稳态误差分析,稳定性分析和灵敏度。第 6 章主要介绍了自动控制系统设计的一般步骤,系统校正装置类型和校正方式,以及基于 Bode 图和根轨迹的系统校正。第 7 章主要介绍了数字控制系统分析和设计。第 8 章主要介绍了普通 PID 和几种改进型 PID 算法应用。第 9 章主要介绍了“造纸机主轴转动自动调速系统”和“稳压直流电源”设计与制作过程。

本教材由中山火炬职业技术学院龙涛元、广东农工商职业技术学院杨旭志、广东工程职业技术学院李亭任主编;中山火炬职业技术学院廖鸿飞与张远海、河源职业技术学院谢智阳、广东白云学院武威任副主编。其中,龙涛元完成了第 2、5、7、8 章的编写,杨旭志完成了第 1、6 章编写,李亭完成了第 3、4 章编写,廖鸿飞完成了第 9 章编写;张远海参与了第 1、4、5 章的编写,谢智阳参与了第 6、7、9 章的编写,武威参与了第 2、3、8 章的编写。此书在编写和审核过程中,校企合作专业建设委员会的企业工程师,以及电子工业出版社朱怀永为本书提出了宝贵的意见,在此,谨向他们表示衷心感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2015 年 8 月

目 录

第 1 章 自动控制技术概述	1
1.1 自动控制技术认知	1
1.2 自动控制技术的应用实例	6
1.2.1 可编程精密烤箱	6
1.2.2 电脑刺绣机控制系统	8
1.2.3 汽车巡航控制系统(CCS)	9
1.3 控制技术发展简述	11
1.3.1 经典控制理论	12
1.3.2 现代控制理论	13
1.3.3 智能控制理论	14
思考与练习 1	14
第 2 章 构建控制系统的基本元件	17
2.1 控制系统元件的作用	17
2.2 电动机	19
2.2.1 电动机类型	20
2.2.2 电动机选择	21
2.2.3 直流电机结构原理与控制	24
2.2.4 交流电动机结构原理与控制	30
2.2.5 步进电动机结构原理与控制	33
2.2.6 伺服电机	34
2.3 常用传动部件的类型及应用	36
2.3.1 常用传动部件的类型	36
2.3.2 传动部件的选择	37
2.4 测量元件及信号处理电路	38
2.4.1 应用于运动控制系统的检测器件	39
2.4.2 应用于温度测控系统的温度检测器件	46
2.4.3 应用于压力测控系统的传感器	50
2.4.4 应用于测量电压、电流的传感器	52
2.4.5 处理检测元件信号的常用电路	53
2.5 控制系统常用电力电子器件及线路	55
2.5.1 常用电力电子器件	55
2.5.2 常用功率线路	58

2.5.3 功率线路在电机驱动器中的典型应用	61
思考与练习 2	64
第 3 章 控制系统数学描述	66
3.1 数学模型认知	66
3.2 数学模型——微分方程	67
3.2.1 线性系统微分方程的建立	67
3.2.2 用 Matlab 求解微分方程	69
3.3 传递函数	71
3.4 结构图	73
3.4.1 绘制结构图	73
3.4.2 结构图简化法则	75
3.4.3 闭环系统的传递函数	77
* 3.5 典型环节的传递函数和结构图	78
思考与练习 3	81
第 4 章 控制系统响应	82
4.1 引言	82
4.2 控制系统常用测试信号	82
4.3 控制系统时域响应	84
* 4.3.1 系统时域响应一般求法	87
4.3.2 时域响应性能指标描述	89
4.3.3 一阶、二阶系统时域响应	94
4.4 控制系统的频域响应	96
4.4.1 什么是系统的频域特性	96
4.4.2 频率特性的极坐标图(奈氏图)表示法	97
4.4.3 频率特性的伯德图(Bode)表示法	98
4.5 根轨迹	101
4.5.1 什么是根轨迹	101
4.5.2 利用 Matlab 绘制根轨迹	102
思考与练习 4	105
第 5 章 控制系统性能分析	107
5.1 系统零极点变化与暂态响应	107
5.1.1 零极点在 S 平面的表示	107
5.1.2 闭环零极点位置对暂态响应的影响	108
5.1.3 系统的主导极点	111
5.1.4 开环零极点对暂态响应的影响	112
5.2 稳态误差分析	115

5.2.1	反馈对系统稳态性能的影响	115
5.2.2	单位负反馈系统稳态误差分析	117
5.3	系统稳定性分析	120
5.3.1	系统稳定性定义	120
5.3.2	劳斯稳定判据	121
5.3.3	频域稳定性判据	122
5.3.4	相对稳定性	122
5.4	系统对参数变化的灵敏度	125
5.5	干扰信号的影响	127
	思考与练习 5	129
第 6 章	控制系统设计方法	130
6.1	控制系统设计过程	130
6.2	控制系统设计过程处理方法	131
6.2.1	系统固有部分的简化处理	131
6.2.2	确定系统预期频率特性的方法	132
6.3	控制系统校正	134
6.3.1	系统时域与频域性能指标的关系	134
6.3.2	校正装置类型	136
6.3.3	校正形式	138
6.3.4	基于根轨迹的系统设计法	151
6.3.5	基于 bode 图的系统设计法	152
	思考与练习 6	157
第 7 章	数字控制系统	160
7.1	数字控制系统认知	160
7.1.1	数字控制系统应用	160
7.1.2	直接数字控制系统结构	162
7.1.3	数字控制系统的信号变化	163
7.2	数据采样	164
7.3	数字控制系统分析	165
7.3.1	数字控制系统 Z 传递函数	165
7.3.2	数字控制系统 Matlab 仿真	167
7.3.3	数字系统稳定性	168
7.3.4	数字系统稳态误差	169
7.4	数字系统设计	171
7.4.1	数字系统采样周期的确定	171
7.4.2	基于 Matlab 的数字系统设计	171
	思考与练习 7	175

第 8 章 控制算法	176
8.1 模拟 PID 控制及 Matlab 仿真	176
8.1.1 PID 模拟电路实现	177
8.1.2 连续控制系统的模拟 PID 仿真	179
8.2 数字 PID 控制与仿真	181
8.3 几种 PID 改进算法与仿真	187
思考与练习 8	200
第 9 章 控制系统设计案例	201
9.1 某造纸机主轴转动自动调速系统制作	201
9.1.1 系统技术数据说明	201
9.1.2 系统方案设计	201
9.1.3 控制方案	207
9.1.4 系统实现	211
9.2 稳压直流电源制作	213
参考文献	223

第 1 章

自动控制技术概述

章节内容

- 1. 控制技术基本概念,控制系统类型,以及工程上对自动控制系统性能的要求。
- 2. 引入自动控制技术应用实例,说明控制系统框图和控制系统组成部分等概念。
- 3. 自动控制技术发展历史。

1.1 自动控制技术认知

控制技术是从人类控制活动实践中产生的一门科学技术,具有很强的应用背景,尤其在现代人类社会,控制技术渗透到各个领域,影响着人类生活和生产。早期的控制技术都是凭经验的控制活动,后来逐步发展为具有科学性和定量理论指导的自动控制技术。

自动控制技术是以自动控制理论为基础,以电子技术、传感技术、计算机技术和通信技术为工具,实现生产设备或生产过程某些物理量自动地按照特定规律变化的科学技术。借助自动控制技术能够使活动或工作过程控制自动化,如食品加工过程自动化、太阳能电池板追踪太阳轨迹自动化。采用自动控制技术实现生产过程,或某一机械自动地按照预定目标运行的装置或设备被称为自动控制系统,自动控制系统一般由给定环节、控制器装置、执行机构、被控对象、反馈环节 5 大部分组成。

1. 人工控制与自动控制

完成控制任务有人工控制和自动控制两种方法。**人工控制**是指控制活动中,控制目标是在人参与控制过程的情况下实现的,如图 1-1 所示驾驶员驾驶汽车,驾驶员通过调节方向盘改变汽车行驶方向,达到控制汽车行驶路线的目的。这种人工控制调节过程总结如下:

- ① 驾驶员眼睛测量汽车实际运行路线;
- ② 测量汽车实际路线与期望路线通过人的大脑进行比较,得出路径偏差大小和方向;
- ③ 大脑根据偏差大小和方向得出盘调整方向及大小控制指令,人手执行指令作用方向盘实现汽车行驶路径校正,使汽车按照期望路径行驶。

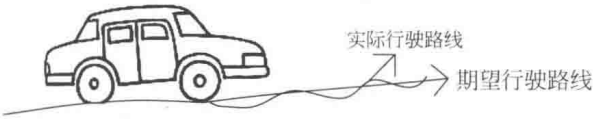


图 1-1 人驾驶汽车示意图

反之,控制过程没有涉及到人参与,仅由装置使被控对象按照预定的规律运动或变化,这就是**自动控制**。如图 1-2 所示房间温度控制,人启动电源开关和用遥控器设定室内期望

温度值后,空调控制装置会自动调节压缩机改变冷(热)释放量来调整房间温度,使房间温度保持在期望温度值的一定误差范围内(在容许的范围),人没有参与房间温度调整过程,属于温度自动控制。这种空调控制装置实现房间温度自动调节过程总结如下:

- ① 空调控制器接收遥控器发射的房间预设温度信息;
- ② 空调室内温度传感器检测室内温度,反馈至室内控制器;
- ③ 室内机控制器比较温度期望值和实际测量值得出温度差值大小和方向,并与室外机控制器通信;
- ④ 室外机控制器在接收到室内控制器发送信息后,发出适当指令控制压缩机运转速度,实现空凋制冷(制热)量大小调节,最终达到室内温度自动调节功能。

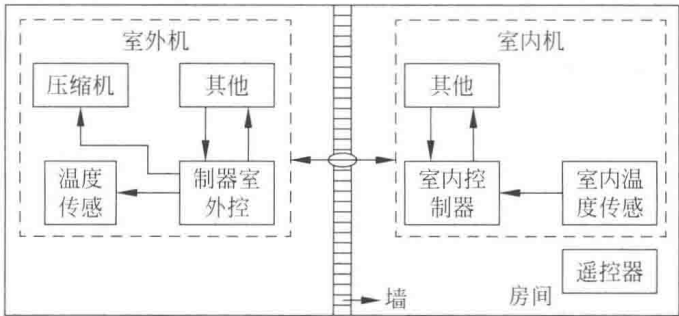


图 1-2 空调自动调节室内温度示意图

2. 控制系统常见类型

随着自动控制技术不断发展,自动控制系统类型越来越丰富。自动控制系统类型常根据参考信号特征、控制方式、控制系统元部件特性、控制系统输入输出数量等划分。

1) 根据参考输入信号与时间的关系划分

(1) 恒值控制系统

恒值控制系统是指系统参考输入(给定信号)与时间为恒定的常数关系,控制任务是使被控参数保持恒定。如图 1-3 所示开关稳压电源,参考输入(基准电压)与时间是恒定常数关系,控制器的作用就是接收系统输出电压采样电路的输出值,并与参考电压比较得到偏差,根据偏差调整控制信号(若为 PWM,则改变占空比)改变高频开关电路的开关管导通时间,达到输出电压稳定目的。

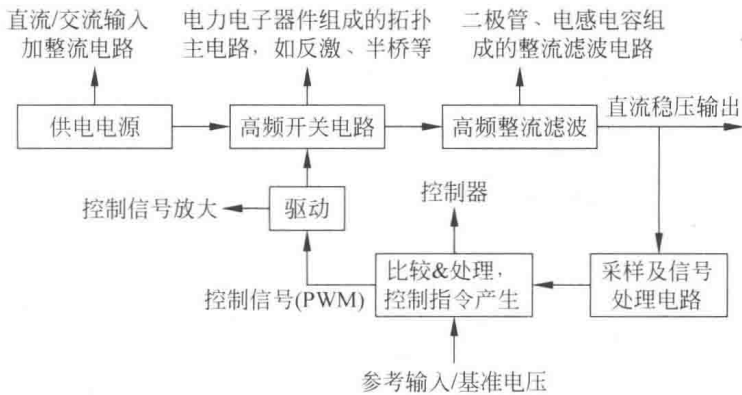


图 1-3 开关稳压电源基本电路示意图

在生产过程中,一般都要求在各种干扰作用下,系统通过反馈控制使过程参数(温度、压力、液位,成分等)维持在工艺给定值保持不变,所以生产过程很多控制系统都属于恒值控制系统。

(2) 程序控制系统

程序控制系统是指系统参考输入(给定信号)随时间按照一定规律变化,即给定信号(参考输入)大小变化规律是可以预先确定的时间函数,控制任务是使系统输出按照事先预设的规律变化。如图 1-4 所示热处理炉的温度控制,热处理炉在启动前,预先通过面板设定了炉体内部温度按照时间变化的规律曲线(期望温度曲线),在正常工作过程中,温度控制器实时接收温度变送器送回的实际炉体内部温度,并与预先存储的期望温度曲线作比较,根据差值产生控制信号调整晶闸管导通时间,控制加热丝释放热量速度和总量,实现炉体内部温度按照期望温度变化,即炉体内部实际的温度时间曲线复现期望温度时间曲线。

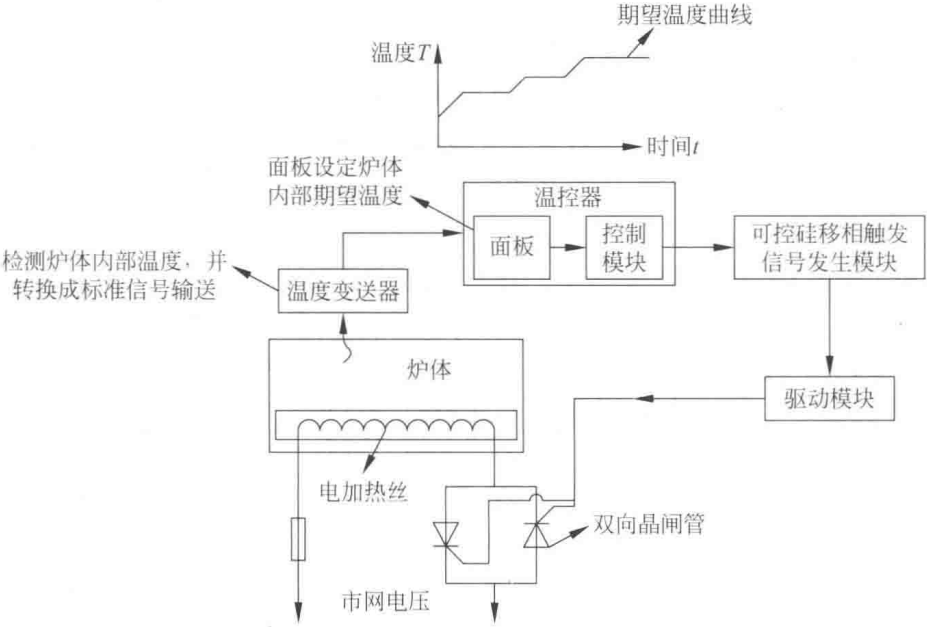


图 1-4 热处理炉温度控制示意图

(3) 随动控制系统

随动控制系统,也称为伺服控制系统或追踪控制系统,是指系统的参考输入(给定信号)随时间任意变化的系统,即给定信号(参考输入)大小变换规律是无法预先确定的时间函数,控制任务是在各种情况下保证输出以一定的精度跟随参考输入信号的变化而变化。如图 1-5 基于光敏检测元件的太阳轨迹跟踪系统,如果电池板固定不动,太阳运动导致光线不能垂直入射电池板表面,同时由于事先无法知道太阳准确的实时位置,故需要光电传感器实时检测出太阳位置发送给控制器,控制器输出控制指令控制步进电机 A 和步进电机 B 调整太阳能电

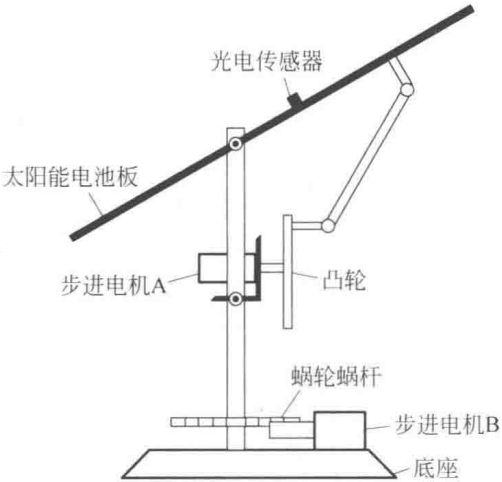


图 1-5 基于光敏检测元件的太阳轨迹跟踪系统

池板水平角和方位角,使得太阳光线垂直入射电池板表面。

2) 根据信号类型划分

(1) 连续控制系统

连续控制系统也称为模拟控制系统,是指构成控制系统的各个环节的输入和输出信号都是时间的连续函数。采用模拟仪器、仪表实现生产自动化控制的系统都属于连续控制系统。

(2) 离散控制系统

离散控制系统是指构成控制系统的某些环节或元件的输入或输出信号在时间上是离散的。离散信号可由连续信号通过采样开关获得,因此具有采样功能的系统属于离散控制系统。

3) 根据系统控制方式划分

(1) 闭环控制系统

图 1-6 所示为晶闸管调速系统,从图可知 ΔU 通过放大器、触发器和晶闸管整流装置顺向作用控制电机速度;电机转速通过测速发电机(BR)电路输出与转速成一定关系的反馈电压 U_f , U_f 与给定电压 U_i 之差为 ΔU ,故系统输出转速通过测速发电机与输入建立了反向联系,并影响速度变化。通常将这类控制装置与被控对象之间既存在顺向作用,又存在反向联系的控制系统称为闭环控制系统,由于是基于偏差来实现速度调节,又称为反馈控制系统。

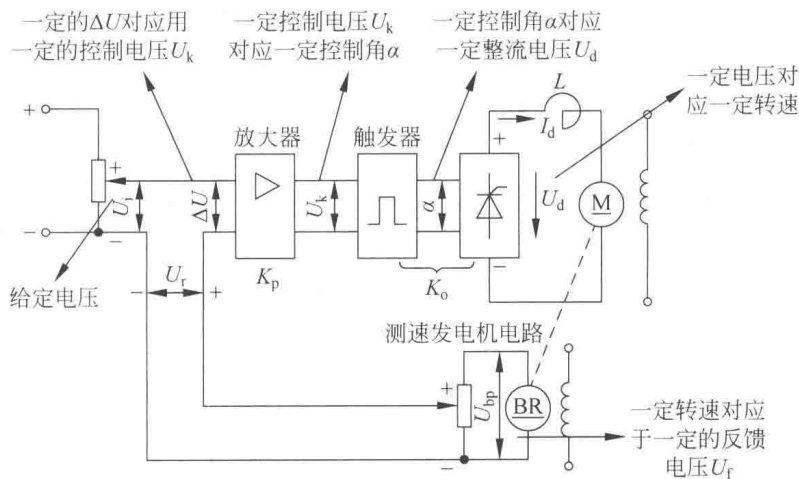


图 1-6 晶闸管调速系统

(2) 开环控制系统

如果将图 1-6 所示晶闸管调速系统的测速发电机电路去掉,系统的控制器与被控对象电机之间就只存在顺向作用,系统信号流向是单向从输入端流向输出端,作用路径不是闭环的,这类控制系统称为开环控制系统。

4) 根据系统输入/输出数量划分

(1) 单变量控制系统

如果一个系统的被控参数和作用被控对象的控制量均各只有 1 个,那么这类系统称为单变量控制系统,也称为单输入单输出控制系统,如图 1-6 所示调速系统为单变量控制系统。

(2) 多变量控制系统

被控参数和作用控制对象的控制量都多于 1 个,且各控制回路之间有耦合关系,那么这类系统称为多变量控制系统,也称为多输入多输出控制系统。如广泛应用于化工行业使液

态混合物各成分物质分离的精馏塔系统,被控参数有移位和温度,控制量有液位和温度2个控制量,且温度和液位控制回路相互影响,则为多变量控制系统。

5) 根据系统元件特性划分

(1) 线性控制系统

构建系统的所有环节或元件的特性可以用线性微分方程(差分方程)来描述的控制系统称为线性控制系统。线性控制系统的特点是满足线性叠加原理,即当参考输入为多个输入时,控制系统的总输出为单个输入信号作用时系统输出分量之和。

如果描述系统特性的微分方程(差分方程)的系数为常数,这类系统为线性时不变系统(线性定常系统);反之,系数是时间函数的这类系统称为线性时变系统。

(2) 非线性控制系统

构建系统的环节或元件的特性存在需要用非线性方程来描述的控制系统称为非线性控制系统。非线性系统不能采用叠加原理。实际的控制系统严格来说都是非线性系统,为了便于研究,如果在工作区间内系统变量表现为单值关系,可将其简化为线性关系处理,这样便于采用线性控制理论加以分析和讨论,如使用运放的控制系统,由于运放存在线性区和非线性区,若控制系统工作范围为运放线性区,则把运放作为线性元件考虑。而对于无法线性化的非线性控制系统需要用非线性控制理论分析和讨论。

3. 自动控制系统性能特性

在食品加工、纺织、造纸、电力、化工、轧钢等制造业上,在航空、汽车,运输工业和国防工业上,在农业种子培育、播种,收割上都广泛使用了自动控制技术。采用自动控制系统使上述各行各业的机械运行,或生产过程都实现了自动化,尽管不同控制任务对控制系统的具体要求不同,但总的来说,稳定性、动态特性和稳态特性是对控制系统的基本技术要求。

(1) 稳定性

稳定性反映了系统在各种激励作用下且激励信号消失后,系统恢复到平衡状态的能力。系统是否稳定是系统能否使用的前提。如图1-3所示的开关稳压电源系统,如果不稳定,就表现为系统在电磁干扰、负载波动,或电网电压波动等扰动作用后,其输出无法保持在某一固定电压不变,而是振荡或发散,即控制装置无法使被控量(系统输出)跟随指令运行,显然这样的开关电源是无法为其他电子设备提供所需的电压值,故不稳定的开关稳压电源无法使用。

(2) 动态特性

动态特性主要反映了系统在过度过程的振荡幅度、振荡频繁度以及时间长短等特性。所谓过度过程是指系统在各种有效或无效信号激励作用下从一个平衡状态到达另一平衡状态的过程,这个过程也称为系统的动态响应过程。如图1-4所示的恒温控制系统,炉体内部常温是一个平衡状态,设定温度为另一状态,在启动恒温控制系统后,炉体内部温度在温控系统的控制作用下,温度反复被调整直至稳定在设定温度值的过程为恒温控制系统的动态响应过程。显然,动态过程可能出现温度在期望温度值上下波动的振荡情况,这反映了系统不太平稳;到达期望温度所需时间有长有短,越短说明系统能快速复现指令信号,反之说明系统反映迟钝。过度过程时间长短、振荡强度和频度、输出最大值等是衡量系统动态特性的具体参数。实际控制工程对控制系统动态特性都提出了不同要求。

(3) 稳态特性

稳态特性是反映了系统在过度过程结束阶段(通常也指的是正常工作阶段)系统的实际输出值与期望值之间的差值大小,也称为稳态精度,一般用稳态误差 e_{ss} 来衡量,越小说明系

统控制精确性越高。在实际应用中,都会对控制系统提出精度要求,如图 1-3 所示的开关稳压电源输出电压精度为 $\pm 0.1\%$ 、定位控制系统定位精度为 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 等都反映了对控制系统稳态特性的要求。

综上所述,我们期望控制系统在上述 3 个方面的特性都表现很优异,但实际上由于 3 个方面的特性都是相互制约,即如果缩短系统过度过程,则会使系统振荡性加强;如果提高系统的控制精度,则会引起动态特性变化;如果改善系统的相对稳定性,系统过度过程会加长,反应迟缓(这种相互制约特性将在后面章节详细讨论)。由于应用在各行各业的自动控制系统的控制对象、目的、要求不同,因而对动态特性和稳态特性的要求也不相同,如恒值系统对稳态特性要求相对较高,随动控制系统侧重对快速性要求,因此控制系统设计师的工作就是充分利用控制理论和设计方法寻求一种满足控制任务要求的折中方案。

本书主要关心的是用线性时不变方程描述的线性时不变自动控制系统,也会简要提到离散系统、可线性化的非线性时变系统。

1.2 自动控制技术的应用实例

1.2.1 可编程精密烤箱

图 1-7 所示为可编程精密烤箱,其主要用途是用于工业烘烤各种电子元器件产品。可编程精密烤箱主要由箱体(被控对象)、电气系统(系统供电及电气保护)、控制系装置组成。其中,控制装置是控制箱体内部温度与湿度在预定值的核心部分,其主要功能是控制箱体内部温度保持在设定值的 $\pm 0.1\%$ 和湿度保持在设定值的 $\pm 1\% \text{R} \cdot \text{H}$ (相对湿度)。

精密烤箱工作原理如图 1-8 所示。工作人员通过触摸设定箱体温度 T_i ; 控制器把接收到的箱体实际温度 T_o 送给液晶显示装置显示,以便工作人员实时了解工作状态; T_f 为检热体 K 型热电偶(如图 1-9 所示)检测箱体内部温度的信号。控制器接收了箱体的期望温度 T_i ,也接收了箱体内部的实际温度的反馈信息 T_f 。根据工作目的是使箱体内部实际温度 T_o 复现期望温度 T_i (容许误差为 $\pm 0.1\%$),当箱体内部元件吸收热量与其他因素造成的热量损失总和 Q_s 与加热体向箱体提供的热量 Q_m 达到平衡时,箱体内部温度保持不变,若 Q_s 大于 Q_m 则会引起箱体内部温度下降,反之温度则会上升。由于元件数量、烘烤元件所处的不同阶段、环境变化等因素都会造成 Q_s 的波动,引起箱体内部温度波动,这就需要通过调节加热体(陶瓷加热片)的工作时间和功率进行调节,改变 Q_m 变化速度和大小进而实现箱体内部温度控制。图 1-8 中的 SSR 为固态继电器,其通断是可控的,控制信号为 T_c 。 T_c 是由控制器发出的控制量 T_o 经过驱动装置放大得到的信号。

通过上述描述,可以知道当可编程精密烤箱需要维持温度在某一设定值的工作过程:当因某种因素使得箱体内部温度低于设定温度时,即 $T_o < T_i$,控制器根据差值大小输出合适的 T_c 信号使 SSR 接通,加热装置工作发热,经过热传导,使箱体内部温度上升,直至“相

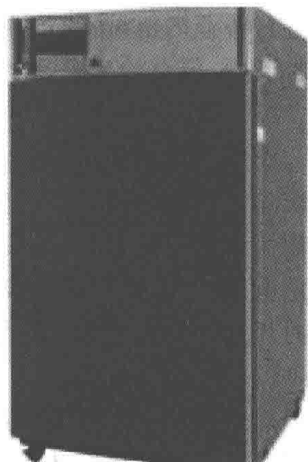


图 1-7 精密烤箱

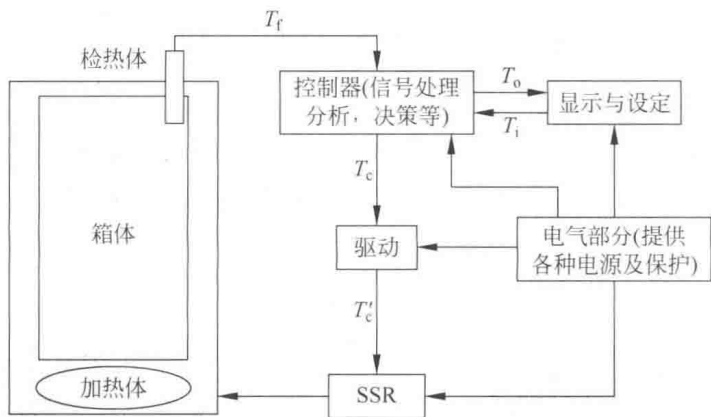


图 1-8 精密烤箱工作原理图

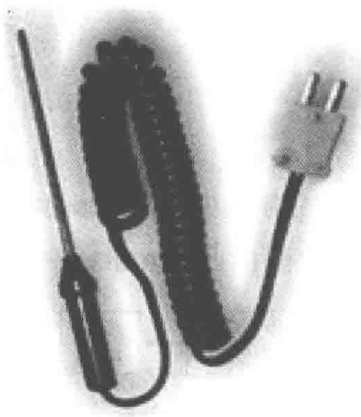
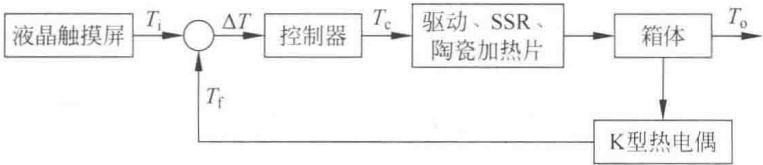


图 1-9 热电偶

等”，反之，即 $T_o > T_i$ ，控制器输出 T_c 使 SSR 断开，加热装置停止工作，箱体内部温度会通过一定方式自动降低。上述温度控制过程也可通过绘制方框图更清晰地表达，见图 1-10 所示。



温度控制框图

图 1-10 温度控制方框图

图 1-10 能够清晰地反映出信号是系统某一个环节的输出，又作用于另一个环节，系统的各个环节功能也非常清楚。在控制技术学科中，称图 1-10 为可程式精密烤箱的控制系统方框图。控制系统方框图构成要素是：带箭头线(→)、矩形框(□)，信号汇合点(⊗)3 要素组成。三要素的作用分别如下。

- ① 带箭头线(→)：用于表示信号在系统中的流动方向。
- ② 矩形框(□)：用于表示系统各个功能模块，并用功能名作为文字标注。
- ③ 信号汇合点(⊗)：仅用于表示信号的汇合(通常在比较器汇合并进行比较等运算)。

1.2.2 电脑刺绣机控制系统

图 1-11(a)为电脑刺绣机,图 1-11(b)为用于驱动刺绣机针头的步进电机及其驱动器。在电脑刺绣设备中,计算机控制器将图案转换成针头的动作指令输给步进电机驱动器,驱动步进电机运转带动针头按照指令前后左右运动;步进电机是脉冲控制型电机,即 1 个输入脉冲对应电机旋转一个固定角度(称为一步),故给一定数量的脉冲就能实现一定位移运动控制。针头工作台运动控制原理方框图如图 1-12 所示。

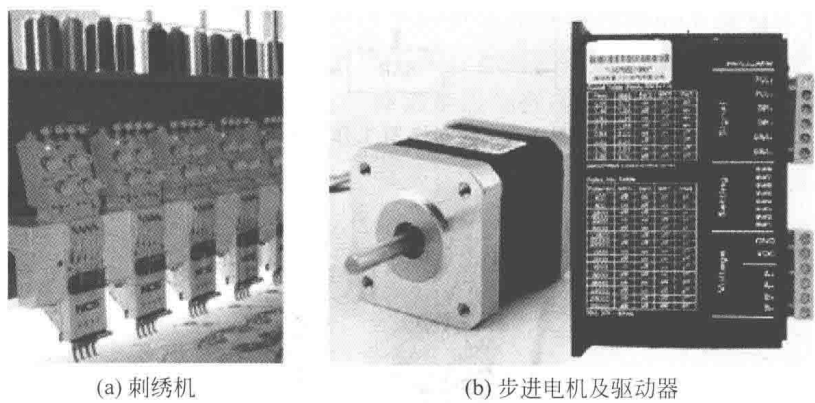


图 1-11 电脑刺绣机



图 1-12 针头工作台运动控制框图

图 1-13 所示为刺绣机工作台 X-Y 轴向位置控制原理方框图。为了实现工作台 X-Y 轴向位置的精准控制,工作台采用了伺服电机驱动实现。图 1-13 中位置传感器将刺绣机工作台 X-Y 轴位置检测出来,并反馈回输入端。计算机控制器输出的给定位置信号与位置传感器输出信号在信息处理单元中进行比较得到位置偏差,伺服控制器将偏差按照一定控制规律(如 PID 控制等)运算得出控制电机运行指令,控制指令经过放大后驱动伺服电机完成工作台 X-Y 轴向运动控制。

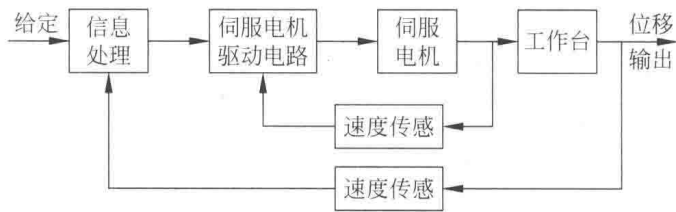


图 1-13 刺绣机工作台 X-Y 轴向位置控制方框图

根据开环控制和闭环控制定义,图 1-7 所示程式精密烤箱温度控制和图 1-13 所示刺绣机工作台 X-Y 轴向位置控制均为闭环控制系统。图 1-12 所示刺绣机针头工作台位移控制为开环控制。开环控制和闭环控制的基本控制原理方框图一般用图 1-14 和图 1-15 表示。控制原理方框图显示了开环控制与闭环控制的结构不同;闭环控制系统存在反馈环节,开环控制没有反馈环节;在特性方面,开环控制系统在受到干扰信号作用时,没有自动

调节能力,系统输出量会偏离目标值,而闭环控制系统由于反馈环的存在,在系统受到干扰使系统输出偏离目标值时,能够自动调节实现系统输出重新回到目标值。

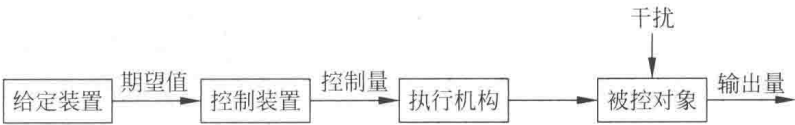


图 1-14 开环控制系统基本方框图

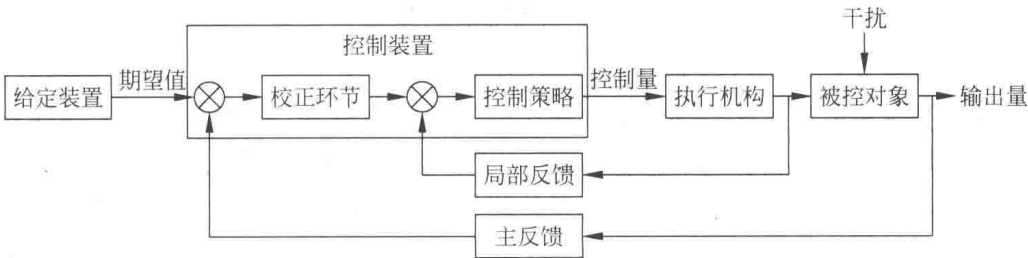


图 1-15 闭环控制系统基本方框图

因此开环控制系统常用于控制要求不高、系统输入/输出关系明确、干扰少且小的场合；而闭环控制系统控制精度高,抗干扰能力强,应用范围很广泛,但由于增加了反馈环节,会引起系统稳定性问题,且使系统结构变得复杂,增加系统成本。

1.2.3 汽车巡航控制系统(CCS)

自动控制技术广泛使用于现代汽车,如发动机的燃油控制系统、CCS (Cruise Control System)、电子点火提前角控制系统、电子制动分配系统、驱动防滑控制系统等。CCS 是一种舒适性驾驶设备,能减轻驾驶员的操纵劳动强度,提高汽车行驶舒适性的自动控制装置。

CCS 的具体作用是:驾驶员在汽车行驶过程中按照所需要的速度给出指令,不用踩油门踏板就可以自动地保持车速,使汽车以恒定的速度行驶。尤其装有自动变速器的汽车,因无需使用离合器,驾驶员在 CCS 的辅助下,只需要手握方向盘就可以轻松驾驶,减轻疲劳,同时减少不必要的车速变化,能得到较好的燃油经济性。图 1-16 为汽车装有 CCS 的示意图。

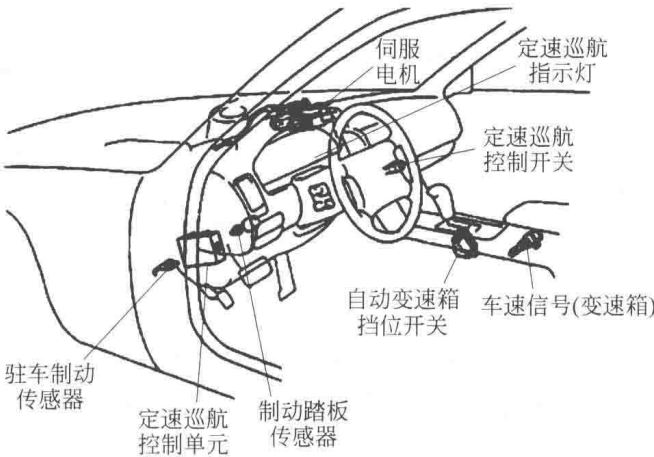


图 1-16 汽车装有 CCS 示意图