



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

自动控制原理

◎主编 彭冬玲



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

自动控制原理

主 编 彭冬玲

副主编 李 莉 郑立聪 李俊杰

李志千 李凤旭 车 玮



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书依照高等学校自动化及相关专业“自动控制原理”课程教学大纲而编写。本书是一本自动控制理论方面的入门教材。本着加强基础、突出处理问题的思维方法、培养学生自主学习能力和解决问题能力的原则,本书详细介绍了单输入单输出系统的建模、分析及校正的分析和综合方法。

本书内容分为三大部分,共八章。前六章为第一部分。其中,第1章介绍了自动控制理论的发展史、一般概念,在实例的基础上分析了系统的反馈原理和基本组成,最后提出了系统的性能要求;第2章介绍了数学模型的建立方法;第3章介绍了控制系统的时域分析;第4章介绍了根轨迹法;第5章介绍了控制系统的频域分析;第6章介绍频域串联校正的方法。第7章为第二部分,主要介绍非线性系统的基本理论和分析方法。第8章为第三部分,介绍了离散系统的数学建模、系统性能的 z 变换分析等。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

本书可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化、检测技术与自动化装置等专业的教材,也可作为电子信息工程和机电类各专业的教学用书,还可供自动控制等专业领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理/彭冬玲主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.6

应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-2859-2

I. ①自… II. ①彭… 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 108375 号

自动控制原理

Zidong Kongzhi Yuanli

彭冬玲 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:刘 静

责任监印:朱 玢

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:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.5

字 数:376千字

版 次:2017年6月第1版第1次印刷

定 价:35.00元



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

只有无知，没有不满。

Only ignorant, no resentment.

.....迈克尔·法拉第(Michael Faraday)

迈克尔·法拉第（1791—1867）：英国著名物理学家、化学家，在电磁学、化学、电化学等领域都作出过杰出贡献。

应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

卜繁岭	于惠力	方连众	王书达	王伯平	王宏远
王俊岭	王海文	王爱平	王艳秋	云彩霞	尼亚孜别克
厉树忠	卢益民	刘仁芬	朱秋萍	刘锐	刘黎明
李见为	李长俊	张义方	张怀宁	张绪红	陈传德
陈朝大	杨玉蓓	杨旭方	杨有安	周永恒	周洪玉
姜峰	孟德普	赵振华	骆耀祖	容太平	郭学俊
顾利民	莫德举	谈新权	富刚	傅妍芳	雷升印
路兆梅	熊年禄	霍泰山	魏学业	鞠剑平	

前言

PREFACE

本书依照高等学校自动化及相关专业“自动控制原理”课程教学大纲而编写的,是一本自动控制理论方面的入门教材。本着加强基础、突出处理问题的思维方法、培养学生自主学习能力和解决问题能力的原则,本书详细介绍了单输入单输出系统的建模、分析及校正的分析和综合方法。

本书内容分为三大部分,共八章。前六章为第一部分。其中,第1章介绍了自动控制理论的发展史、一般概念,在实例的基础上分析了系统的反馈原理和基本组成,最后提出了系统的性能要求;第2章介绍了数学模型的建立方法;第3章介绍了控制系统的时域分析;第4章介绍了根轨迹法;第5章介绍了控制系统的频域分析;第6章介绍频域串联校正的方法。第7章为第二部分,主要介绍非线性系统的基本理论和分析方法。第8章为第三部分,介绍了离散系统的数学建模、系统性能的 z 变换分析等。

在体系结构上,本书厘清“三纵三横”。“三纵”指系统在三域(时域、复域、频域)中的数学模型;“三横”指系统特性(稳定性、稳态特性、动态特性)的三种分析。本书基础内容为前六章,重点内容为第2~5章,扩展内容为第7章、第8章。本书适合60~70的理论课时安排。

本书在编写过程中,力求将基本原理和工程实际相结合,并结合编者多年讲授相应课程的经验,力求重点突出,概念准确,精简结构,讲清基本原理的同时保持课程内容的系统性和知识的连贯性,使本书具有教学和自学两相宜的特性。

本书由武昌理工学院彭冬玲担任主编,由武汉华夏理工学院李莉、南宁学院郑立聪和李俊杰、武昌理工学院李志千和李凤旭、西北师范大学知行学院车玮任副主编,由彭冬玲审核并统稿。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)免费注册并浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

由于成书匆忙,疏漏难免,恳请读者批评指正。

编者

2017年3月

目录

CONTENTS

第 1 章 绪论	(1)
1.1 自动控制系统的一般概念	(1)
1.2 自动控制方式	(3)
1.2.1 开环控制	(3)
1.2.2 闭环控制	(3)
1.3 自动控制系统的组成及术语	(4)
1.3.1 自动控制系统的组成	(4)
1.3.2 自动控制系统实例	(6)
1.4 自动控制系统的分类	(7)
1.4.1 按系统输入信号划分	(7)
1.4.2 按系统传输信号的性质划分	(7)
1.4.3 按系统的输入-输出特性划分	(8)
1.5 对自动控制系统的性能要求及本课程的主要任务	(8)
1.5.1 对自动控制系统的性能要求	(8)
1.5.2 本课程的主要任务	(9)
小结	(9)
习题	(9)
第 2 章 控制系统的数学模型	(11)
2.1 控制系统的时域数学模型——微分方程	(11)
2.1.1 常见元部件的微分方程	(12)
2.1.2 系统的微分方程	(14)
2.2 拉普拉斯变换	(15)
2.2.1 拉氏变换的定义	(16)
2.2.2 常用函数的拉氏变换	(16)
2.2.3 拉氏变换的基本定理	(16)
2.2.4 拉氏反变换	(17)

2.2.5	用拉氏变换分析系统	(19)
2.3	控制系统的复域数学模型——传递函数	(20)
2.3.1	传递函数的定义	(20)
2.3.2	传递函数的性质	(22)
2.3.3	无源网络和有源网络的传递函数建模	(22)
2.4	典型环节及其传递函数	(22)
2.4.1	比例环节	(23)
2.4.2	惯性环节(非周期环节)	(24)
2.4.3	积分环节	(24)
2.4.4	振荡环节	(25)
2.4.5	微分环节	(25)
2.4.6	时间延迟环节(滞后环节)	(26)
2.5	控制系统的结构图	(26)
2.5.1	系统结构图的组成要素	(26)
2.5.2	系统结构图的建立方法	(27)
2.5.3	系统结构图的基本连接方式	(29)
2.5.4	闭环控制系统常用的传递函数	(30)
2.5.5	系统结构图的等效变换	(31)
2.6	控制系统的信号流图	(34)
2.6.1	信号流图中的术语介绍	(35)
2.6.2	信号流图与结构图之间的等效关系	(35)
2.6.3	梅森公式	(36)
小结		(40)
习题		(40)
第3章	控制系统的时域分析	(43)
3.1	典型输入信号及其拉氏变换	(43)
3.1.1	阶跃信号	(43)
3.1.2	斜坡信号	(44)
3.1.3	抛物线信号	(44)
3.1.4	脉冲信号	(44)
3.1.5	正弦信号	(45)
3.2	控制系统的时域性能指标	(45)
3.2.1	动态性能指标	(45)
3.2.2	稳态性能指标	(46)
3.3	控制系统的稳定性	(46)
3.3.1	稳定性的概念	(46)
3.3.2	稳定的充分必要条件	(47)
3.3.3	稳定性判据——劳斯判据	(48)

3.3.4 劳斯表的特殊情况	(49)
3.3.5 劳斯判据的应用	(50)
3.4 控制系统的稳态误差	(51)
3.4.1 误差及稳态误差	(51)
3.4.2 系统的类型和开环增益	(52)
3.4.3 稳态误差系数	(52)
3.4.4 扰动信号作用下的稳态误差	(55)
3.5 一阶系统的时域响应	(56)
3.5.1 一阶系统的数学模型	(56)
3.5.2 一阶系统的单位阶跃响应	(56)
3.5.3 一阶系统的单位脉冲响应	(57)
3.5.4 一阶系统的单位斜坡响应	(58)
3.6 二阶系统的时域响应	(59)
3.6.1 典型二阶系统的数学模型	(59)
3.6.2 典型二阶系统的单位阶跃响应	(59)
3.6.3 典型二阶系统的动态性能指标	(63)
3.7 高阶系统的时域响应	(65)
3.7.1 高阶系统时域响应的特点	(65)
3.7.2 高阶系统的降阶	(66)
小结	(67)
习题	(67)
第4章 根轨迹法	(70)
4.1 闭环控制系统的根轨迹	(70)
4.1.1 根轨迹的定义	(70)
4.1.2 根轨迹方程	(71)
4.1.3 根轨迹方程的应用	(72)
4.2 绘制根轨迹的基本规则	(73)
4.2.1 规则1 根轨迹的分支数、对称性和连续性	(73)
4.2.2 规则2 根轨迹的起点和终点	(74)
4.2.3 规则3 根轨迹的渐近线	(74)
4.2.4 规则4 实轴上的轨迹段	(76)
4.2.5 规则5 根轨迹的分离点和会合点	(76)
4.2.6 规则6 根轨迹的起始角和终止角	(78)
4.2.7 规则7 根轨迹与虚轴的交点	(79)
4.2.8 规则8 根之和	(80)
4.3 参数根轨迹	(81)
4.4 根轨迹的应用	(82)
4.4.1 开环零、极点对根轨迹的影响	(83)

4.4.2 用根轨迹分析系统的性能	(85)
小结	(87)
习题	(87)
第5章 控制系统的频域分析	(90)
5.1 频率特性	(90)
5.1.1 线性定常系统对正弦输入信号的正弦响应	(90)
5.1.2 频率特性	(91)
5.1.3 频率特性的图形表示方法	(92)
5.2 典型环节的频率特性	(93)
5.2.1 典型环节介绍	(93)
5.2.2 最小相位环节的频率特性	(94)
5.2.3 非最小相位环节的频率特性	(99)
5.3 系统的开环频率特性	(99)
5.3.1 系统的开环极坐标图(奈氏图)	(99)
5.3.2 系统的开环对数频率特性图(伯德图)	(101)
5.3.3 最小相位系统和非最小相位系统	(103)
5.4 频域稳定判据	(104)
5.4.1 幅角原理	(104)
5.4.2 奈奎斯特稳定判据	(105)
5.4.3 对数稳定判据	(108)
5.5 系统动态性能的频域分析与频域指标	(109)
5.6 系统的频域分析	(112)
5.6.1 开环频率特性指标与时域指标的关系	(112)
5.6.2 闭环频率特性指标与时域指标的关系	(113)
5.6.3 对数频率特性图的三频段理论	(114)
小结	(115)
习题	(116)
第6章 控制系统的校正与设计	(119)
6.1 概述	(119)
6.1.1 系统的常见性能指标	(119)
6.1.2 校正方式	(120)
6.1.3 常见系统校正方法	(121)
6.2 基本控制规律——PID 控制规律	(121)
6.2.1 P(比例)控制规律	(121)
6.2.2 PI(比例-积分)控制规律	(122)
6.2.3 PD(比例-微分)控制规律	(123)
6.2.4 PID(比例-积分-微分)控制规律	(124)
6.2.5 PID 控制电路	(126)

6.3 常见校正装置及串联校正	(126)
6.3.1 相位超前校正	(127)
6.3.2 相位滞后校正	(132)
6.3.3 相位滞后-超前校正	(136)
6.3.4 有源校正网络	(139)
6.4 局部反馈校正	(140)
6.4.1 局部反馈校正的基本原理	(140)
6.4.2 速度反馈	(141)
6.5 复合校正	(142)
6.5.1 按输入补偿的复合控制系统	(143)
6.5.2 按扰动补偿的复合控制系统	(143)
小结	(145)
习题	(146)
第7章 非线性系统分析	(148)
7.1 非线性系统的概述	(148)
7.1.1 非线性系统与线性系统的本质区别	(148)
7.1.2 非线性系统的分析方法	(149)
7.2 典型非线性特性	(150)
7.3 相平面法	(152)
7.3.1 相平面的基本概念	(152)
7.3.2 相轨迹的特点	(153)
7.3.3 线性系统的相轨迹	(153)
7.3.4 非线性系统的奇点和奇线	(157)
7.3.5 相轨迹的绘制方法	(158)
7.3.6 非线性系统的相平面分析	(161)
7.4 描述函数法	(165)
7.4.1 描述函数的定义	(165)
7.4.2 典型非线性特性的描述函数	(166)
7.4.3 组合非线性特性的描述函数	(170)
7.4.4 用描述函数法分析非线性系统	(171)
7.5 利用非线性特性改善系统的性能	(175)
小结	(176)
习题	(177)
第8章 离散系统分析	(180)
8.1 离散系统的基本概念	(180)
8.1.1 离散信号	(180)
8.1.2 离散系统	(180)
8.2 采样与恢复	(182)

8.2.1	采样过程	(182)
8.2.2	采样定理	(183)
8.3	信号保持器	(185)
8.3.1	零阶保持器时域特性	(185)
8.3.2	零阶保持器的数学模型	(185)
8.3.3	零阶保持器的物理实现	(186)
8.4	z 变换	(186)
8.4.1	z 变换的定义	(187)
8.4.2	z 变换的方法	(187)
8.4.3	z 变换的基本性质	(189)
8.4.4	z 反变换的求法	(191)
8.5	脉冲传递函数	(193)
8.5.1	脉冲传递函数的定义	(193)
8.5.2	开环脉冲传递函数	(194)
8.5.3	闭环控制系统的脉冲传递函数	(197)
8.6	离散系统稳定性分析	(200)
8.6.1	离散系统稳定的充要条件	(200)
8.6.2	离散系统的稳定判据	(202)
8.7	离散系统的稳态性能分析	(205)
8.8	离散系统的动态性能分析	(207)
	小结	(209)
	习题	(210)
附录 1	拉氏变换及 z 变换表	(213)
附录 2	常见系统的根轨迹	(215)
附录 3	常用校正装置	(216)
	参考文献	(219)

第1章

绪 论

【内容提要】

自动控制原理是自动化学科的专业基础课,研究自动控制系统的基本概念、基本原理和基本方法。本章介绍控制系统的控制方式、控制原理、基本组成和分类,以及本课程的基本任务。

【知识要点】

开环控制方式,闭环控制方式,反馈,被控对象,线性定常系统,稳定性,精度,动态性能。

【教学重点】

开环控制与闭环控制的区分,闭环控制系统的基本组成和工作原理,控制系统实例分析。

自动控制技术在最近几十年发展得十分迅速,自动化水平成为衡量一个国家现代化程度的重要标志之一。目前自动控制技术主要用于工业、农业、国防及航空航天等领域。电阻炉温度能按设定的温度保持恒定,水箱的液位能自动地按设定的液位调整进水管阀门,生产线上的物料的湿度能保持恒定,导弹能准确地命中目标,人造卫星能按预定轨道运行……这些都是自动控制技术发展的结果。

自动控制是一门理论性很强的工程技术,实现自动控制的理论统称“自动控制理论”,它分为三个部分,即“经典控制理论”“现代控制理论”“大系统理论与智能控制理论”。

1. 经典控制理论时期(20世纪40年代至60年代)

工业生产和军事技术的需要促进了经典控制理论和技术的产生与发展。1945年,美国人Bode“网络分析与放大器的设计”,奠定了控制理论的基础。20世纪50年代经典控制理论趋于成熟。

主要内容:采用频率法、根轨迹法、相平面法、描述函数法,对单输入单输出系统进行分析;讨论系统稳定性的代数和几何判据以及校正网络等。

2. 现代控制理论时期(20世纪50年代末至60年代初)

空间技术的发展提出了许多复杂控制问题,推动了现代控制理论的产生和发展。现代控制理论用于导弹、人造卫星和宇宙飞船上,解决多输入、多输出、时变参数、高精度复杂系统的控制问题。Kalman“控制系统的一般理论”奠定了现代控制理论的基础。

主要内容:状态空间法,系统辨识,最佳估计,最优控制。

3. 大系统理论和智能控制理论时期(20世纪70年代至今)

各学科相互渗透,要分析的系统越来越大、越来越复杂。



1.1 自动控制系统的一般概念

自动控制是指在无人直接干预的情况下,利用控制装置(简称控制器)使被控对象(或生产过程等)的工作状态(或被控量,如温度、压力、流量、pH酸碱度、位置、速度等)按照预定的要求运行(或满足预定的要求)。“自动”是相对于人工操作而言的,自动控制即代替人工操作,减轻人的重复劳动,在恶劣的环境下取代人工操作,具有速度快和精度高的特点。下面通过两个例子来说明自动控制系统的基本工作原理。

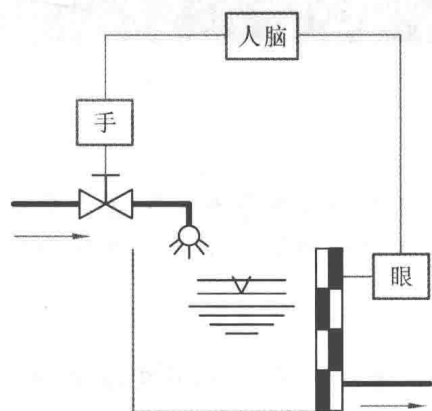


图 1-1 水箱水位人工控制系统

图 1-1 所示的为水箱水位人工控制系统。其工作原理如下:给定水箱期望水位,当出水量过大,水位偏低时,手动调节进水阀门开度,使水位升高到期望水位;当水箱的水位高于期望水位时,人将执行相反的控制过程,使进水阀门开度减小;当水位正常时,阀门开度维持不变。其工作原理方框图如图 1-2 所示。

图 1-3 所示的为水箱水位自动控制系统。其工作原理如下:给定水箱期望水位,水位测量变送器测得水位并传送给控制器,控制器将当前水位与给定的水位进行比较,根据比较结果发出不同指令,使执行器对进水阀门进行相应的调节,使水位处于期望状态。其工作原理方框图如图 1-4 所示。

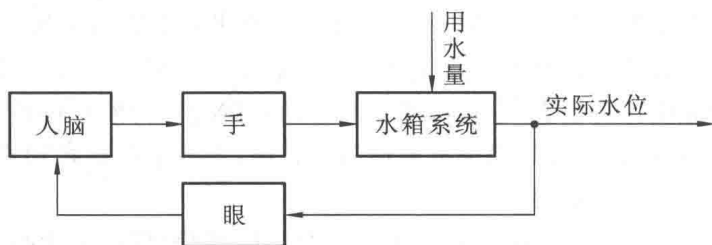


图 1-2 水箱水位人工控制系统工作原理方框图

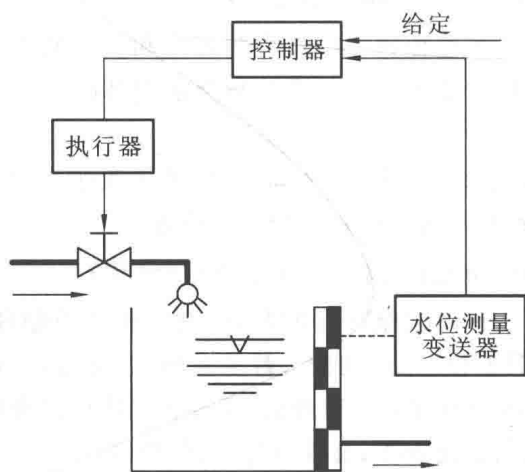


图 1-3 水箱水位自动控制系统

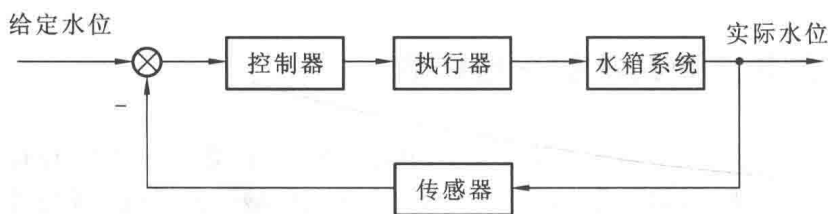


图 1-4 水箱水位自动控制系统工作原理方框图

图 1-4 中⊗是比较元件的符号。

对比以上两个例子可以看出,用控制器代替人脑,传感器代替人眼,执行器代替人手,从而实现了从人工控制到自动控制的转变。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“测量偏差,修正偏差”的基础上,并且为了测量偏差,必须把系统的实际输出反馈到输入端。

1.2 自动控制方式

1.2.1 开环控制

最简单的自动控制方式是开环控制。开环控制是指控制器与被控对象之间只有顺向作用而没有反向联系的控制过程。

图 1-5 所示的是开环控制系统工作原理方框图。

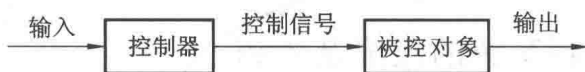


图 1-5 开环控制系统工作原理方框图

开环控制系统根据输入信号通过控制器产生控制信号,控制信号直接作用于被控对象,使系统产生预期的输出。开环控制系统结构简单,成本低廉,工作稳定,不存在振荡问题。信号由给定输入值至输出量单向传递。一定的给定值对应一定的输出量。系统的控制精度取决于系统事先的调整精度。在输入和扰动确定的情况下,开环控制仍可取得比较满意的结果。但是,由于开环控制不能自动削弱或抑制系统元件参数的变化以及外来未知干扰对系统精度的影响,所以为了获得期望的输出,就必须选用高质量的元器件,其结果必然导致投资增加、成本提高。因此开环控制系统多用于系统结构参数稳定和扰动信号较弱的场合,如自动售货机、自动报警器、自动流水线等。

1.2.2 闭环控制

另一种自动控制方式是闭环控制。闭环控制是指控制器与控制对象之间既有顺向作用又有反向联系的控制过程。

闭环控制系统工作原理方框图如图 1-6 所示。

它对系统的输出进行测量,并将输出反馈至输入端与输入(预期的输出)进行比较(相减),利用其误差信号对系统进行控制。闭环控制实质上就是反馈控制,即利用系统误差来消除系统误差。

反馈按反馈极性的不同分成正反馈和负反馈两种。我们所讲述的反馈控制系统,如果无特殊说明,一般都指负反馈控制系统。反馈控制系统能够有效地削弱或抑制元件参数的变化以及外来未知干扰的影响。反馈控制系统是本书研究的重点。

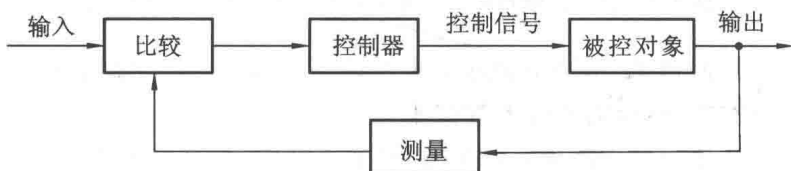


图 1-6 闭环控制系统工作原理方框图

综上所述,开环控制方式和闭环控制方式各有优缺点,适用场合也不同,现总结如下。

开环控制的特点如下。

- (1) 输出不影响输入,对输出不需要测量,通常容易实现。
- (2) 组成系统的元部件精度高,系统的精度才会高。
- (3) 系统的稳定性不是主要问题。

闭环控制的特点如下。

- (1) 输出影响输入,所以能削弱或抑制干扰。
- (2) 低精度元件可组成高精度系统。
- (3) 因为可能发生超调、振荡现象,所以稳定性很重要。

在实际工程中,应根据工程要求及具体情况来决定控制方式。如果事先预知输入量的变化规律,又不存在外部和内部参数的变化,则采用开环控制较好。如果对系统外部干扰无法预测,系统内部参数又经常变化,为保证控制精度,采用闭环控制则更为合适。

1.3 自动控制系统的组成及术语

1.3.1 自动控制系统的组成

下面通过例子说明自动控制系统的组成。

图 1-7 所示的是自动火炮系统中角度跟踪系统的工作原理方框图。其工作原理如下:当雷达捕捉到目标(飞机)后,即将测得的飞机运动数据(如距离、方位角、俯仰角、速度等)送入指挥仪进行处理,指挥仪计算出火炮发射所需的位置角(方位角和俯仰角)提前量数据输入收信仪;同时,将通过检测装置测得的火炮实际位置角也输入到收信仪并进行比较;当二者存在误差时,收信仪就会输出一个电压信号,经放大后驱动执行电机,使执行电机按一定的速度和方向旋转,再经过减速装置,使火炮自动地按位置角提前量跟踪目标,这样,当目标进入火炮的射击范围时,指挥仪便发出射击指令,打击目标。

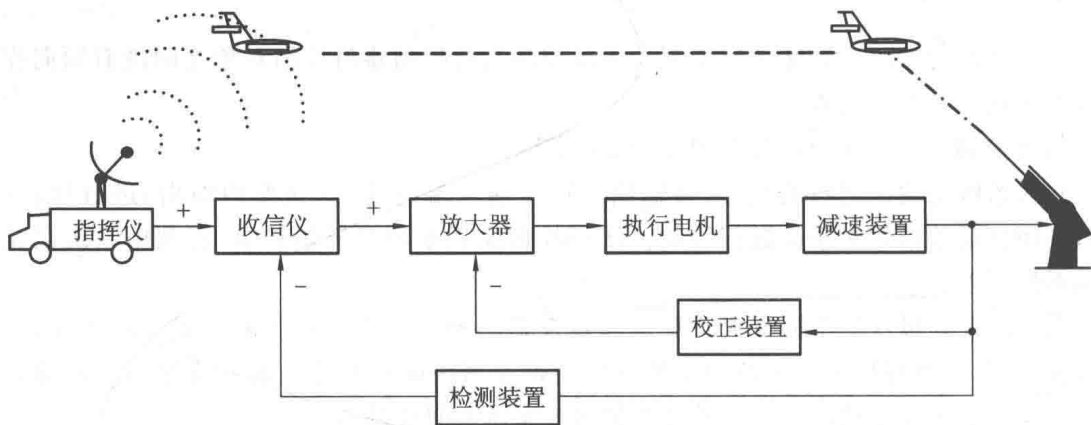


图 1-7 自动火炮系统中角度跟踪系统的工作原理方框图

这是一个闭环控制系统,系统中引入了负反馈信号,收信仪是比较装置,它产生的系统误差信号对系统进行控制,从而消除系统误差。

闭环控制系统工作时可能产生振荡现象,甚至不稳定,使系统无法正常工作。图 1-7 中的校正装置便是为改善系统的性能而设计的。

从上面的例子可以看出,闭环控制系统的基本组成为:比较元件;放大元件;执行元件;校正元件;被控对象;测量元件。

典型闭环控制系统的组成框图如图 1-8 所示。

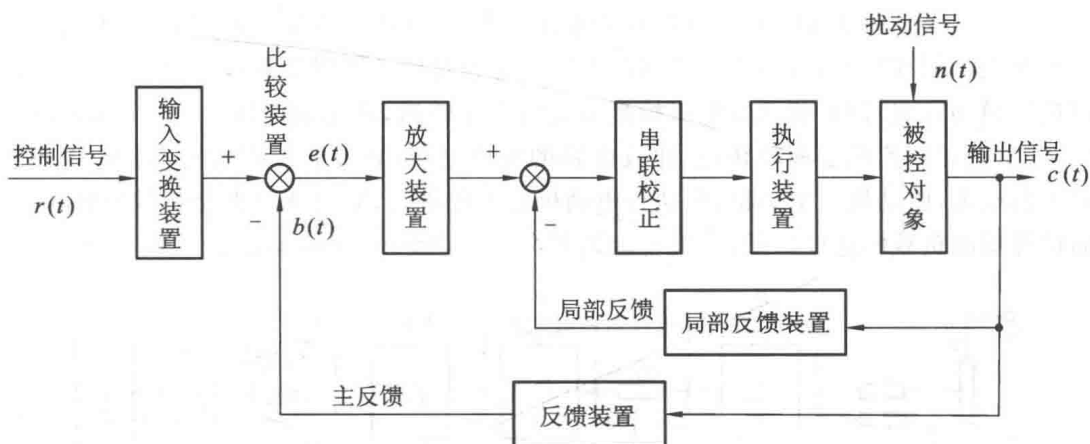


图 1-8 典型闭环控制系统的组成框图

给定元件:产生输入信号的装置。

反馈元件:用来测量被控量并按特定的函数关系反馈到系统的输入端的器件。

比较元件:把输入信号与反馈信号相减,其输出为误差信号,简称为误差。

放大元件:用于将误差信号变换为适合控制器执行的信号。它根据控制的形式、幅值及功率来放大变换。

执行元件:用于接收变换和放大后的偏差信号,并将其转换为对被控对象进行操作的控制信号。

被控对象:要求实现自动控制的机器、设备或生产过程。

校正元件:为了改善系统的性能而引入的。简单的校正元件可以是一个阻容网络,复杂的校正元件可以是一个微型计算机。串联校正元件是串接在系统前向通道中的校正装置。在系统局部反馈回路内接入的反馈元件称为反馈校正装置。

控制量:也叫输入信号,是给定值或参考输入,是系统控制目标的反映。

被控量:也叫输出信号,是系统中被控制的量,反映了被控对象的运行状态,一般为物理量。

扰动信号:除输入信号外,影响系统输出的其他输入。

反馈信号:反馈装置的输出,是将系统(或元件)的输出信号经处理送到系统(或环节)的输入端的信号。

偏差信号:输入信号与主反馈信号进行比较(相减),其输出为偏差信号。

误差信号:是指系统的输出量的实际值与期望值之差。期望信号一般用与输入信号有一定比例关系的信号来表示。在单位反馈的情况下,期望值就是系统的输入信号,误差信号就是偏差信号。

前向通道:信号从输入端沿箭头方向到达输出端的传输通道。

反馈通道:系统输出量经测量装置将输出信号反馈到系统输入端的通道。此外还有局部反馈通道。

回路:前向通道与主反馈通道一起构成主回路。