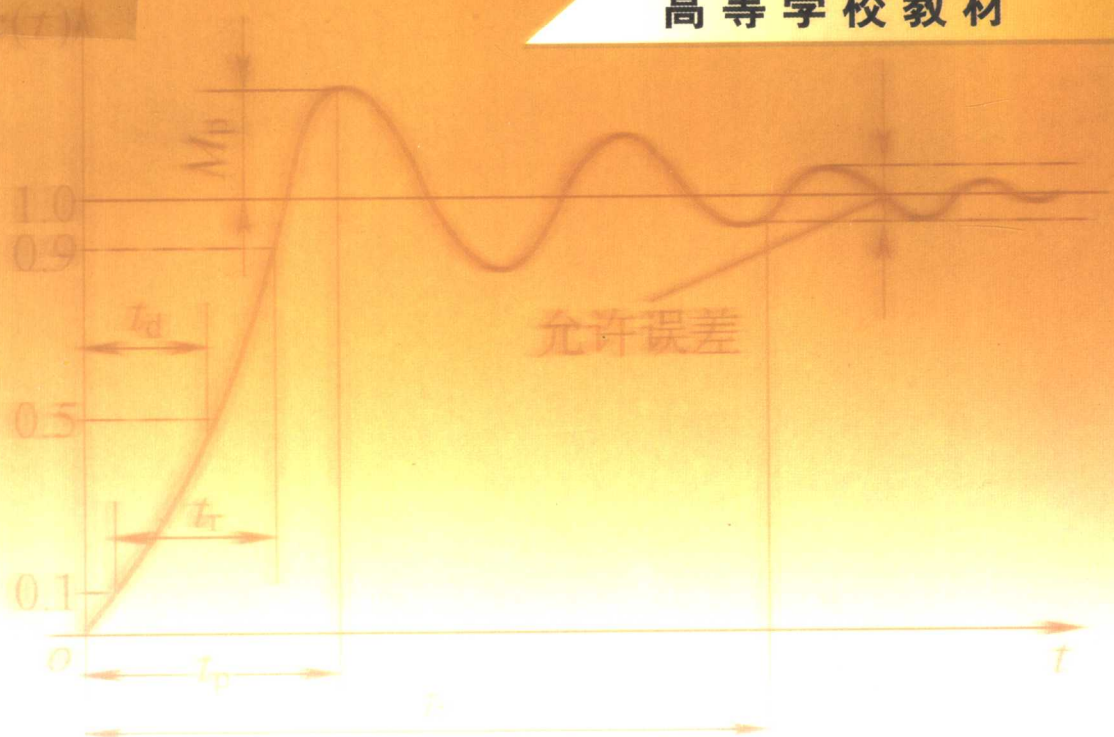


高等学校教材



# 控制工程基础

彭珍瑞 主编

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校教材  
控制工程基础

主 编 彭 珍 瑞  
副 主 编 孟 建 军 祁 文 哲  
主 审 程 瑞 琪

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 5 年 · 北 京

## 内 容 简 介

全书共十章。第一章介绍了机械工程控制的基本概念和控制系统的的基础知识。第二章讲述常用时间函数的拉普拉斯变换和基本的拉普拉斯变换定理。第三章以典型机械、电气和电子等系统作为研究对象,建立这些动态系统的数学模型。第四章研究系统在阶跃、斜坡和脉冲输入等典型试验信号作用下的时间响应,并介绍了单位反馈控制系统中的稳态误差分析方法。第五章研究控制系统的根轨迹分析并详细讨论了根轨迹的设计方法。第六章讨论了频率特性的极坐标图和对数坐标图。第七章介绍了劳斯稳定判据、奈奎斯特稳定判据、伯德稳定判据等系统稳定性分析方法。第八章研究采用频率响应法的设计和校正技术。第九章介绍离散控制系统的基本知识和基于 $z$ 变换的数学分析方法。第十章介绍 MATLAB 在控制系统分析中的应用方法的基础知识。每章后面都配有习题,供学生课后复习时用。

本书可以作为机械类、测控技术类以及热能与动力工程等专业学生学习该课程的教材,也可作为相关专业技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

控制工程基础/彭珍瑞主编. —北京:中国铁道出版社,2005.3  
ISBN 7-113-06423-X

I. 控… II. 彭… III. 自动控制理论-教材 IV. TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 016956 号

书 名: 控制工程基础

作 者: 彭珍瑞 主编

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑: 武亚雯

责任编辑: 阚济存

封面设计: 冯龙彬

印 刷: 北京市兴顺印刷厂

开 本: 787×960 1/16 印张: 14.75 字数: 289 千

版 本: 2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

印 数: 1~3000 册

书 号: ISBN 7-113-06423-X/TP·1445

定 价: 20.50 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话:(010) 51873134 发行部电话:(010) 51873171

# 兰州交通大学“十五”规划教材 编审委员会

主任:任恩恩

副主任:王晓明 盖宇仙

委员:(按姓氏笔划排名)

王 兵 王起才 朱 琨

陈宜吉 吴庆记 谢瑞峰

主 编:彭珍瑞

# 出版说明

近年来,兰州交通大学认真贯彻落实教育部有关文件精神,不断推进教育教学改革。学校先后出资数百万元,设立了教学改革、专业建设、重点课程(群)建设、教材建设等项基金,并制定了相应的教学改革与建设立项计划、项目管理及奖励办法等措施。根据培养“基础扎实、知识面宽、能力强、素质高”的高级专门人才的总体要求,学校各院(部)认真组织广大教师积极参加教学改革与建设,开展系统的研究与实践,取得了一系列教学改革与建设成果。

通过几年来的深化改革,各学科专业制定了新的人才培养目标和规格,构建了新的人才培养模式和知识、能力、素质结构,不断修订完善专业教学计划和教学大纲。教学内容和课程体系的改革是教学改革的重点和难点,学校投入力量最大,花费时间最长,投入精力最多,取得的成效也最为显著。突出反映在教材建设方面,学校在各学科专业课程整合、优选教材的基础上,制定了“十五”教材建设规划,积极组织教材编写工作,通过专家论证和推荐,优化选题,优选编者,以保证教材编写质量,最后由学校教材编审委员会审定出版,确保出版教材教育思想的正确性、内容的科学性和先进性、形式的新颖性以及面向使用专业的针对性和适用性。近年来,通过广大教师的努力,相继编著了一批高水平、高质量、有特色的教材(包括文字教材和电子教材)。这些教材一般是一些学术造诣较深、教学水平较高、教学经验比较丰富的教师担任主编,骨干教师参编,同行专家主审而定稿的。在教材中凝聚了编著教师多年的教学、科研成果和心血,这是他们在教学改革和建设中对高等教育事业做出的重要贡献。

本教材为学校“十五”教材建设资助计划项目,并通过了学校教材编审委员会审定。希望该教材在教学实践过程中,广泛听取使用意见和建议,适时进一步修改、完善和提高。

兰州交通大学“十五”规划  
教材编审委员会  
2003年4月

# 前 言

本书是为“控制工程基础”课程所编写的教材,可作为机械类、测控技术类以及热能与动力工程等专业学生学习该课程的教材。

本书以大学工科本科教学为背景,着重阐述了机械工程中的经典控制理论。系统且有重点地论述了线性定常控制系统的分析和研究方法,包括线性定常系统的时间域理论和复频率域理论。此外,还介绍了离散控制系统的概念和基本分析方法。考虑到 MATLAB 在控制领域日益广泛的应用,我们特添加了 MATLAB 在控制系统分析中的应用这一部分内容。

全书共十章。第一章介绍了机械工程控制的基本概念和控制系统的基础知识。第二章讲述了常用时间函数的拉普拉斯变换和基本的拉普拉斯变换定理。第三章以典型机械、电气和电子等系统作为研究对象,建立这些动态系统的数学模型。第四章研究系统在阶跃、斜坡和脉冲输入等典型试验信号作用下的时间响应,并介绍了单位反馈控制系统中的稳态误差分析方法。第五章研究控制系统的根轨迹分析并详细讨论了根轨迹的设计方法。第六章在介绍频率响应基本知识的基础上,讨论了频率特性的极坐标图和对数坐标图。第七章介绍了劳斯稳定判据、奈奎斯特稳定判据和伯德稳定判据等系统稳定性分析方法。第八章研究采用频率响应法的设计和校正技术,其中详细地介绍了采用伯德图方法的超前、滞后以及超前一滞后校正装置的设计,PID 控制以及对控制器的参数值进行优化选取的方法。第九章介绍离散控制系统的基本知识和基于  $z$  变换的数学分析方法。第十章介绍 MATLAB 在控制系统分析中的应用方法的基础知识。

本书强调基本概念,在介绍控制理论的过程中力求避免高深的数学论证。书中也提供了一些数学证明以加深读者对有关内容的理解。书中的例题经过精心安排,使读者可以较好地理解所讨论的相关内容。每章后面都配有习题,以便读者巩固所学知识。

本书是在以任课教师多年的控制工程基础课程讲义的基础上经过精心组织编写而成的。体系结构和取材强调基础性和实用性。可作为相关专业工科大学本、专科学生教材,也可供系统与控制领域的广大工程技术人员和

科技工作者学习参考。

本书在编写过程中重点参考了杨叔子院士和陈康宁教授主编的《机械控制基础》教材,在此表示深深的感谢。另外,参考和借鉴了其他优秀教材的部分内容,在此一并表示感谢。

本书由彭珍瑞主编,孟建军和祁文哲为副主编,由程瑞琪博士主审,最后由彭珍瑞和祁文哲共同统稿。本书第三章、第四章和第十章由彭珍瑞博士编写;第二章、第七章第三节、第九章由孟建军教授编写;第一章、第五章、第六章、第七章第一节由祁文哲副教授编写;第七章第二、四、五节由董海棠副教授编写;董海棠、殷红合写了第八章。

本书编校过程中,李爱姣副教授、杨世强博士和李忠学博士作了大量的工作,并提出了许多宝贵的意见。另外,李方、殷达瑞、贾云光、杨泽青和王丽文作了部分绘图和校正工作,在此一并表示感谢。

另外,本书的出版得到了中国铁道出版社、兰州交通大学教务处和机电学院领导的大力支持和关心。

由于编者水平有限,书中难免会有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者  
2005年2月

# 目 录

符号说明	1
<b>第一章 绪 论</b>	2
第一节 机械工程控制论的基本含义	2
第二节 机械控制工程的基本概念	3
第三节 机械控制的应用举例	5
第四节 本课程特点与学习方法	7
习 题	8
<b>第二章 拉普拉斯变换的数学方法</b>	10
第一节 拉氏变换的定义	10
第二节 典型函数的拉氏变换	10
第三节 拉氏变换的性质	12
第四节 拉氏反变换	19
第五节 用拉氏变换解微分方程	24
习 题	26
<b>第三章 系统的数学模型</b>	28
第一节 系统的微分方程	28
第二节 传递函数	34
第三节 典型环节的传递函数	36
第四节 系统传递函数方框图及其简化	40
第五节 相似系统	49
习 题	51
<b>第四章 系统的时间响应分析</b>	53
第一节 时间响应概述	53
第二节 典型的输入信号	57
第三节 一阶系统的时间响应	58
第四节 二阶系统的时间响应	60
第五节 高阶系统的时间响应	65
第六节 系统时域性能指标	67





第七节 控制系统的稳态误差 .....	72
习 题 .....	81
<b>第五章 根轨迹设计方法</b> .....	83
第一节 根轨迹的定义 .....	83
第二节 根轨迹与根轨迹方程 .....	84
第三节 绘制根轨迹的基本规则 .....	88
第四节 根轨迹图绘制举例 .....	95
第五节 参量根轨迹的绘制 .....	97
第六节 用根轨迹法分析控制系统 .....	100
习 题 .....	104
<b>第六章 频率特性分析</b> .....	107
第一节 频率特性概述 .....	107
第二节 频率特性的极坐标图 .....	111
第三节 频率特性的对数坐标图 .....	119
第四节 最小相位系统和非最小相位系统 .....	126
第五节 闭环频率特性及频域性能指标 .....	128
习 题 .....	130
<b>第七章 系统稳定性分析</b> .....	133
第一节 稳定性的概念 .....	133
第二节 劳斯稳定判据 .....	137
第三节 奈奎斯特稳定判据 .....	142
第四节 伯德稳定判据 .....	151
第五节 系统的相对稳定性分析 .....	153
习 题 .....	155
<b>第八章 系统的设计与校正</b> .....	158
第一节 系统的设计与校正概述 .....	158
第二节 串联校正 .....	159
第三节 PID 校正器的设计 .....	169
习 题 .....	176
<b>第九章 离散控制系统</b> .....	179
第一节 引 言 .....	179
第二节 信号的采样与复原 .....	180
第三节 $z$ 变换和 $z$ 反变换 .....	184

第四节	脉冲传递函数	189
第五节	差分方程	193
第六节	离散控制系统的性能分析	195
习 题		200
<b>第十章</b>	<b>应用 MATLAB 的控制系统分析</b>	<b>202</b>
第一节	MATLAB 应用的基础知识	202
第二节	基于 MATLAB 的经典控制系统的分析	212
第三节	控制系统分析中常用的 MATLAB 命令和函数	220
习 题		223
参考文献		224



## 符号说明

$m$	质量	$\omega$	角速度
$c$	阻尼系数	$T$	时间常数或时间
$k$	弹簧刚度	$\tau$	延迟时间或时间
$R$	电阻	$\omega_n$	无阻尼固有频率
$C$	电容	$\omega_d$	有阻尼固有频率
$L$	电感	$\omega_T$	转角频率
$K$	增益或放大系数	$\omega_g$	相位交接频率
$f(t)$	外力	$\omega_c$	增益交接频率或剪切频率
$\mathcal{L}[\ ]$	拉普拉斯变换	$\omega_b$	截止频率
$\mathcal{F}[\ ]$	傅立叶变换	$\omega_r$	谐振频率
$r(t)$	输入(激励)	$\xi$	阻尼比
$c(t)$	输出(响应)	$M_r$	相对谐振峰值
$R(s)$	$\mathcal{L}[r(t)]$	$M_p$	超调量
$C(s)$	$\mathcal{L}[c(t)]$	$K_g$	增益裕度
$R(j\omega)$	$\mathcal{F}[r(t)]$	$\gamma$	相位裕度
$C(j\omega)$	$\mathcal{F}[c(t)]$	$u$	一般表示电压
$\delta(t)$	单位脉冲函数	$i$	一般表示电流
$u(t)$	单位阶跃函数	$\epsilon(t)$	偏差
$g(t)$	单位脉冲响应函数	$E(s)$	$\mathcal{L}[\epsilon(t)]$
$n(t)$	干扰信号	$e(t)$	误差
$G(s)$	传递函数或前向通道传递函数	$E_1(s)$	$\mathcal{L}[e(t)]$
$G(j\omega)$	频率特性	$\varphi, \theta$	一般表示相位
$H(s)$	反馈回路传递函数	$j$	表示 $\sqrt{-1}$
$H(j\omega)$	反馈回路频率特性	$x(t)$	时域变量
$B(s)$	闭环系统反馈信号	$x^*(t)$	$x(t)$ 采样后的时间序列
$G_K(s)$	系统的开环传递函数	$f_s$	采样频率
$G_B(s)$	系统的闭环传递函数	$z[\ ]$	$z$ 变换
$G_K(j\omega)$	系统的开环频率特性	$X(z)$	$z[x(t)]$
$G_B(j\omega)$	系统的闭环频率特性	$G(z)$	离散系统的传递函数(或称脉冲响应函数)
$N(s)$	$\mathcal{L}[n(t)]$		
$n$	单独使用时一般表示转速		



# 第一章 绪 论

控制理论不仅是一门极为重要的学科,而且也是科学方法论之一。控制理论在工程技术领域中体现为“工程控制论”,在机械工程领域中体现为“机械工程控制论”。机械控制工程是研究“控制论”在“机械工程”中应用的技术学科,是一门介于“控制论”与“机械工程”技术理论领域的边缘学科。“机械工程控制论”是一门新兴学科,其中大量的问题包括从概念到方法,从定义到公式,从理论的应用到经验的总结,都急需进一步探讨。本书主要是涉及经典控制理论的主要内容及其应用。

## 第一节 机械工程控制论的基本含义

### 一、控制论

相对论、量子论和控制论被认为是 20 世纪上半叶的三大伟绩,是人类认识客观世界的三大飞跃。控制论是第二次世界大战中在电子技术、火力控制技术、航空自动驾驶、生产自动化、高速电子计算机等科学技术迅速发展的基础上形成的。它抓住一切通讯和控制系统所共有的特点,站在一个更概括的理论高度揭示了它们的共同本质,即通过信息的传递、加工处理和反馈来进行控制,这就是控制论的中心思想。

控制论是一门既与技术科学又与基础科学紧密相关的边缘学科。实践证明,它不仅具有重大的理论意义,而且对生产力的发展、生产率的提高、尖端技术的研究与尖端武器的研制以及对社会管理等方面都发生了重大的影响。因此,控制论在它建立后很短时期内便迅速渗透到许多科学技术领域,大大推动了近代科学技术的发展,并从中派生出许多新型的边缘学科。例如,生物控制论——运用控制论研究生命系统的控制与信息处理;经济控制论——研究经济计划、财贸信贷等经济活动及其控制;社会控制论——运用控制论研究社会管理与社会服务;工程控制论——控制论与工程技术的结合等。

### 二、机械工程控制论

现代工业生产趋向于实现最佳控制,亦即要求利用最少的能源与原材料消耗,使成本最低,取得最大的经济成效、最高的生产率和最好的产品质量等等。因此,能源、国防、运输、机械、化工、轻工等各个工业生产领域都对工程控制论提出了范围极其广大、内容极其深刻而复杂的理论性问题,促使工程控制论不断向更深入的方向发展。钱学



森在《工程控制论》再版前言中指出,“无论学习工程控制论的读者或者研究工作者,都至少应该熟悉一个具体领域中的工程实际问题,这样才能对这一学科中的基本命题、方法和结论有深刻的理解”。因为在工业生产以及交通运输等各个领域中,机械系统(包括流体系统)、机械生产过程是最为广泛存在的,所以有必要建立以研究机械工程技术问题为主要对象的“机械工程控制论”或简称“机械控制工程”这样一门技术科学。

机械工程控制论是研究以机械工程技术为对象的控制论问题。具体地讲,是研究在这一工程领域中广义系统的动力学问题,也就是研究系统及其输入、输出三者之间的动态关系。例如,在机床数控技术中,调整到一定状态的数控机床就是系统,数控指令就是输入,而数控机床有关的运动就是输出。

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

(1)当系统已定、并且输入已知时,求出系统的输出(响应),并通过输出来研究系统本身的有关问题,即系统分析。

(2)当系统已定,且系统的输出也已给定,要确定系统的输入应使输出尽可能符合给定的最佳要求,即系统的最优控制。

(3)当输入已知,且输出也已给定时,确定系统应使得输出尽可能符合给定的最佳要求,此即最优设计。

(4)当输入与输出均已已知时,求出系统的结构与参数,即建立系统的数学模型,此即系统识别或系统辨识。

(5)当系统已定,输出已知时,以识别输入或输入中的有关信息,此即滤波与预测。

从本质上看,问题(1)是已知系统与输入求输出,问题(2)与(5)是已知系统与输出求输入,问题(3)与(4)是已知输入与输出求系统。

本书主要是以经典控制理论来研究问题(1),也以适当篇幅来研究其他问题。

## 第二节 机械控制工程的基本概念

反馈是机械工程控制论中的一个最基本、最重要的概念。无论是机械工程系统(包括流体系统)以及过程还是生物系统或者社会经济系统都存在有信息的传递与反馈,并可利用反馈进行控制以使系统按一定目的进行运动。下面简单介绍一下与机械控制工程相关的几个概念以及对控制系统的分类和要求。

### 一、系统及控制系统

1. 系统是指完成一定任务的一些部件的组合。

在控制工程中所指的系统是广义的。广义系统不限于物理系统(如一台机器);也可是一个过程(如切削过程,生产过程);同时,一些抽象的动态现象(如在人-机系统中



研究人的思维及动态行为),也可以把它们视为广义系统去进行研究。

2. 控制系统是指输出能按照要求的参考输入控制输入进行调节的系统。

## 二、反 馈

所谓信息的反馈,就是把一个系统的输出信号不断地或经过中间变换后全部或部分地返回,再输入到系统中去。如果反馈回去的信号(或作用)与原系统的输入信号(或作用)的方向相反(或相位相差 $180^\circ$ )则称为“负反馈”,如果方向或相位相同,则称之为“正反馈”,如图 1-2-1 所示。

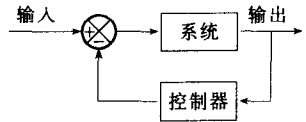


图 1-2-1 反馈

## 三、控制系统的分类

控制系统的分类方式很多,按系统是否存在反馈,将系统分为开环系统和闭环系统。

(1) 开环系统:系统的输出量对系统无控制作用,或者说无反馈回路的系统。例如洗衣机,它按洗衣、清水、去水、干衣的顺序进行工作,无需对输出信号即衣服的清洁程度进行测量;又如简易数控机床的进给控制,输入指令,通过控制装置和驱动装置推动工作台运动到指定位置,而位置信号不再反馈。这些都是典型的开环系统。开环系统的方框图如图 1-2-2 所示。



图 1-2-2 开环系统

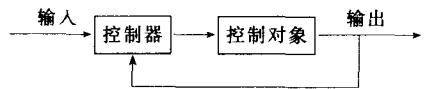


图 1-2-3 闭环系统

(2) 闭环系统:系统的输出量对输入量起控制作用的系统。换言之,存在反馈回路的系统。闭环系统的方框图如图 1-2-3 所示。

## 四、对控制系统的基本要求

评价一个控制系统的好坏,其指标是多种多样的,但对控制系统的基本要求(即控制系统所需的基本性能)一般可归纳为:稳定性、快速性和准确性。

(1) 系统的稳定性:由于系统存在着惯性,当系统的各个参数分配不当时,将会引起系统的振荡而失去工作能力。稳定性就是指动态过程的振荡倾向和系统能够恢复平衡状态的能力。稳定性是系统工作的首要条件。

(2) 响应的快速性:这是在系统稳定的前提下提出的。快速性是指当系统输出量与给定的输入量之间产生偏差时,消除这种偏差的快速程度。

(3) 响应的准确性:是指在调整过程结束后输出量与给定的输入量之间的偏差,这也是衡量系统工作性能的重要指标。例如数控机床精度愈高,则加工的精度也越高。



由于被控对象的具体情况不同,各种系统对稳、快、准的要求各有侧重。例如,随动系统对响应快速性要求较高,而自动调整系统对稳定性提出较严格的要求。

### 第三节 机械控制的应用举例

如同其他技术科学一样,机械工程科学的主要任务之一就是要掌握、了解机械工程系统或过程的内部矛盾规律,也就是系统或状态的动态特性,要研究其内部信息传递、变换规律以及受到外加作用时的反应,从而决定控制它们的手段和策略,以便使之达到人们所预期的最佳状态或最理想的状态。

以数控机床工作台的驱动系统为例。一种简单的控制方案是根据控制装置发出的一定频率和数量的指令脉冲驱动步进电机,以控制工作台或刀架的移动量,而对工作台或刀架的实际移动量不作检测,其工作原理如图 1-3-1(a)所示。这种控制方式简单,但问题是从驱动电路到工作台这整个“传递链”中的任一环的误差均会影响工作台的移动精度或定位精度。为了提高控制精度,采用图 1-3-1(b)所示的反馈控制,以检测装置,随时测定工作台的实际位置(即其输出信息),然后反馈送回输入端,与控制指令比较,再根据工作台实际位置与目的位置之间的误差,决定控制动作,达到消除误差的目的。图 1-3-1(b)中检测装置即为反馈环节。

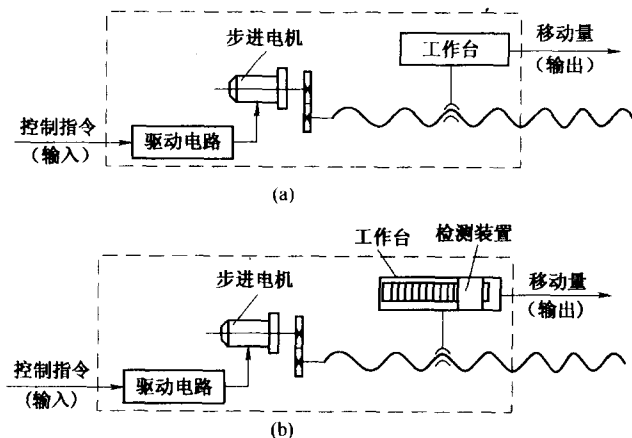


图 1-3-1 两种控制方式

以上所述正是“机械控制工程”或“机械工程控制论”的主要内容。大多数自动控制系统、自动调节系统以及伺服机构都是应用反馈控制原理控制某一个机械刚体(例如机床工作台、振动台、炮身或火箭体等,以下是一个机械生产过程(例如切削过程、锻压过程、冶炼过程等等)的机械控制工程实例。

#### 例 3-1 液压压下钢板轧机

图 1-3-2 是一台反馈控制的液压压下钢板轧机原理图。由于钢板轧制速度及精度要求愈来愈高,现代化轧钢机已用电液伺服系统代替了旧式的机械式压下机构。图中工作辊的辊缝信息  $h_g$  或钢板出口厚度信息  $h$  (或者  $h_g$  与  $h$  两者兼有)由检测元件 3 测出并反馈到电液伺服系统 2 中,发出控制信号驱动油缸 1,以调节轧制辊缝从而使钢板出口厚度  $h$  保持在要求公差范围内。

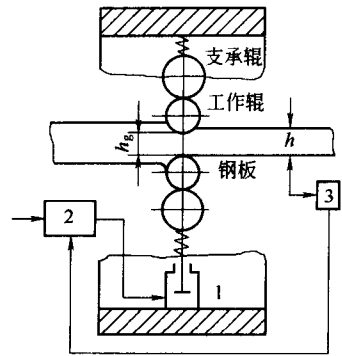


图 1-3-2 液压压下(钢板厚度自动控制)钢板轧机原理图  
1—油缸;2—电液伺服系统;3—检测元件。

为了使上述钢板轧机伺服系统能发挥其高灵敏度、高精度的优良特性,必须应用机械控制工程有关理论进行分析、综合。

### 例 3-2 静压轴承

图 1-3-3 是一个薄膜反馈式径向静压轴承。当主轴受到负荷  $W$  后产生偏移  $e$ ,因而使下油腔压力  $p_2$  增加  $\Delta p$ ,上油腔压力  $p_1$  减少  $\Delta p$ 。这样,与之相通的薄膜反馈机构的下油腔压力增加  $\Delta p$ ,上油腔压力减少  $\Delta p$ ,从而使薄膜向上变形弯曲。这就使薄膜下半部高压油输入轴承的流量增加,而上半部减少,轴承主轴下部油腔产生反作用力  $R(R=2\Delta p \cdot A_c, A_c$  为油腔面积)与负荷  $W$  相平衡以减少偏移量  $e$  或完全消除偏移量。图 1-3-4 为静压轴承信息传递过程。

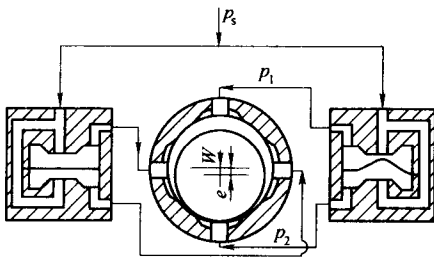


图 1-3-3 薄膜反馈式径向静压轴承

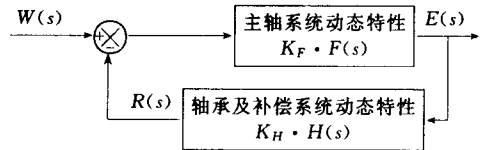


图 1-3-4 静压轴承信息传递

### 例 3-3 车削过程分析

图 1-3-5 所示的车削过程,往往会产生自激振动,这种现象的产生与切削过程本身存在内部反馈作用有关。当刀具以名义进给  $x$  切入工件时,由切削过程特性产生切削力  $p_y$ ,在  $p_y$  的作用下,又使机床—工件系统发生变形退让  $y$ ,从而减少了刀具的实际进给量,刀具的实际进给量变成  $a=x-y$ 。上述的信息传递关系可用图 1-3-6 的闭环系统来表示。这样,对于切削过程的动态特性,切削自激振动的分析,完全可以应用控制理论有关稳定性理论进行分析,从而提出控制切削过程、抑制切削振动的有效途径。



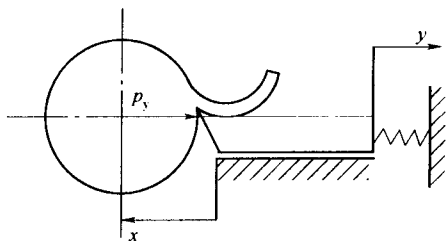


图 1-3-5 车削过程

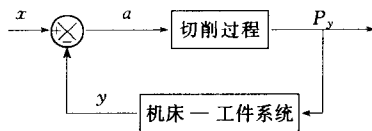


图 1-3-6 车削过程信息传递

### 例 3-4 工业机器人

图 1-3-7 所示工业机器人要完成将工件放入指定孔中的任务,其基本的控制方框图如图 1-3-8 所示。其中,控制器的任务是根据指令要求,传感器所测得的手臂实际位置和速度反馈信号,考虑手臂的动力学,按一定的规律产生控制作用,驱动手臂各关节,以保证机器人手臂完成指定的工作并满足性能指标的要求。

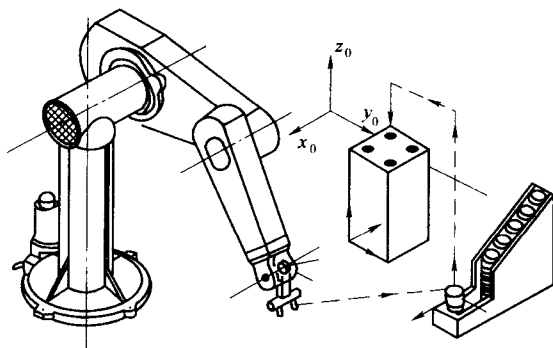


图 1-3-7 工业机器人完成装配工作

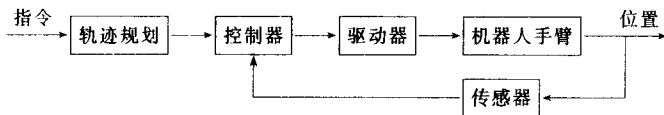


图 1-3-8 工业机器人控制方框图

## 第四节 本课程特点与学习方法

本课程是一门比较抽象的技术基础课。它不能限于专业技术中,仅研究专业技术问题,但必须概括工程实践,紧密结合专业实际。它应用数学、物理的基础理论来抽象与概括机械制造领域中有关的系统动力学问题,在数理基础课程与专业课程之间架起一道桥梁。本课程与理论力学、机械原理等技术基础课程不同,它更抽象、更概括,涉及的范围更为广泛。

