



中国科学院机械工程系列规划教材

现代机械工程自动控制

柳洪义 罗忠 王菲 编著



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

中国科学院机械工程系列规划教材

现代机械工程自动控制

柳洪义 罗 忠 王 菲 编著

附 录 (附 录 目 录 参 考 文 献)

本书主要介绍现代机械工程自动控制的基本理论、基本方法和基本工程应用。全书共分五章。第一章介绍自动控制系统的组成、分类、性能指标和稳定性分析。第二章介绍自动控制系统的数学模型和传递函数。第三章介绍自动控制系统的频域分析和频域设计方法。第四章介绍自动控制系统的时域分析和时域设计方法。第五章介绍现代控制理论的基本概念和方法。

本书可作为高等院校机械工程及其自动化专业及相关专业的教材。

本书可作为从事机械工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

本书可作为从事机械工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

本书可作为从事机械工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

本书可作为从事机械工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

本书可作为从事机械工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

本书可作为从事机械工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

本书可作为从事机械工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

本书可作为从事机械工程及其自动化工作的工程技术人员参考。

科学出版社

北京

北京

内 容 简 介

本书是按高等院校“机械工程及其自动化”专业研究生培养目标编写的,分9章讲述了现代机械工程自动控制的基本原理、设计方法和在现代机械工程自动控制系统中的应用。内容涉及控制理论的基本概念、现代机械工程自动控制系统的驱动与传动、系统控制器及传感技术、线性系统的数学模型、线性系统的时域分析、状态空间分析和稳定性分析,系统校正与控制器设计、最优控制以及智能控制等。通过工程应用实例讲述现代机械工程自动控制系统的设计方法和理论,并加入了 MATLAB 语言在各章的具体应用举例,以便于用计算机进行分析研究。各章附有习题和部分参考答案,便于帮助读者事半功倍地学习现代机械工程自动控制系统的理论内容、设计步骤与分析方法等技术。本书的特点是深入浅出、概念清晰、原理简明、方法实用。

本书可作为高等工科院校机械工程及自动化类专业高年级本科生及研究生的教材,也可供广大科研人员、工程技术人员及高校教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代机械工程自动控制/柳洪义,罗忠,王菲编著. —北京:科学出版社, 2008

(中国科学院机械工程系列规划教材)

ISBN 978-7-03-022317-3

I. 现… II. ①柳…②罗…③王… III. 机械工程-自动控制-研究生-教材 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 086731 号

责任编辑:毛莹 段博原 / 责任校对:张怡君

责任印制:张克忠 / 封面设计:黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 9 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008 年 9 月第一次印刷 印张:22

印数:1—3 000 字数:412 000

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

序

装备制造业是我国国民经济中的重要基础工业。机械装备为各类产品的物化提供平台和载体,机械装备的技术水平是衡量社会生产力水平的重要标志,机械科学、机械工程技术和机械工业的发展水平对经济建设和社会发展的作用都至关重要。

目前,世界机械工业产值达到了总工业产值的 $1/3$ 以上。我国制造业增加值在国内生产总值所占的比重高达 40% ,我国财政收入的一半也来自制造业。随着加入 WTO,我国经济越来越融入全球经济体系,我国的制造业在世界制造业中的地位也越来越重要,并正从制造大国迈向制造强国。至少在 21 世纪的前 20 年,制造业将仍然是我国国民经济增长的主要来源,因此需要大批综合素质高、能力强的机械类专业人才。

另外,我国高等教育从精英型教育阶段进入了大众型教育阶段,实现了高等教育历史性的跨越式发展,技术的进步和社会的发展也对高等院校机械工程教育的人才培养提出了新的要求。

为此,中国科学院教材建设专家委员会和科学出版社组织我国机械工程领域的中国科学院院士、教育部教学指导委员会成员、教学名师以及经验丰富的专家教授组成编委会,共同组织编写了这套《中国科学院机械工程系系列规划教材》,以适应我国高等机械工程教育事业的发展,更好地实现机械工程类专业人才的培养目标。在规模上、素质上更好地满足我国机械科学技术和机械工业发展的需要,为建设创新型国家作出贡献。

本套教材主要有以下几方面的特点:

(1) 适应多层次的需要。本套教材依据教育部相关教学指导委员会制定的最新专业规范和机械基础课程最新的教学基本要求,同时吸取不同层次学校教师的意见,进行了教材内容的编排与优化,能够满足各类型高校学生的培养目标。

(2) 结构体系完备。各门课程的知识之间相互衔接,以便学生完整掌握学科基本概念、基本理论,了解学科整体发展趋势。本套教材除主教材外,还配有辅导书、多媒体课件、习题集及网络课程等。

(3) 作者经验丰富。参加本套教材编写的人员不少来自相关国家重点学科、国家机械教学基地的院校,有些还是国家级、省部级教学成果奖获得者,是国家级、省级精品课程建设负责人以及相关院校的骨干教师代表。

(4) 理论与实际相结合,加强实践教学。在达到掌握基本理论、基本知识、基本技能的教学要求下,注重例题、设计实践和实验教学,着力于学生分析问题能力、创新能力和实际动手能力的培养。

另外,为了保证本套教材的质量,编委会聘请国内知名的同行专家对教材进行了审定。

我们还将根据机械科学与工程学科发展的战略要求,对本套教材不断补充、更新,以保持本套教材的系统性、先进性和适用性。

我们热忱欢迎全国同行以及关注机械科学与工程教育、教学及教材建设的广大有识之士对我们的工作提出宝贵意见和建议,共同为我国机械工程教育的发展而努力。

中国科学院院士 闻邦椿
2006年5月

前 言

科学技术起源于人类对原始机械和力学问题的研究。随着人类社会的发展,机械出现在人们日常生活、生产、交通运输、军事和科研等各个领域。人们不断地要求机械最大限度地代替人的劳动,并产生更多、更好的劳动成果,这就要求机械不断地向自动化和智能化方向发展。如今,具有自动化功能的机器越来越多,如各种数控机床、机器人、柔性自动化生产线、自动导航的大型客机、适合不同用处的运载火箭等。自动化机械具有完成各种功能的机械结构的同时,还具有控制机械结构完成所需动作的自动控制系统,这两部分有机地结合在一起,形成一个具有希望功能的现代机电一体化系统。如何使自动化机械系统具有优良的性能,是一个复杂的系统工程问题。系统的设计者不仅应该拥有全面的现代机械设计理论知识和丰富的实践经验,同时应该拥有设计自动控制系统的理论和经验。然而自动控制理论的描述离不开数学,在大多数自动控制理论书籍中使用了大量的数学理论,而关于这些理论在实际问题中的应用的讲述相对较少,这就使得大多数机械类专业学生学习自动控制理论时感到抽象和困难,对学习这些理论的目的性缺乏认识,影响了学习兴趣,学习效果欠佳,即使学完之后,设计一套机械自动控制系统也会感到无从下手。

本书便是基于上述背景和问题,力求以新的观点、方式和体系来编写一套适用的现代机械工程自动控制类教材。以现代机械工程中常见的机电系统为研究对象,注重系统硬件设计方法与控制理论基本概念的深入理解,强调基本原理和方法的内在联系及其在工程实际中的应用,采用了 MATLAB 语言作为辅助学习工具,帮助读者增强学习效果。为了达到以上目的,本书采取了理论与实际紧密结合的方法,具体做法是首先给出具有代表性的机械工程自动控制系统的实例,提出在设计自动控制系统时要解决的关键问题和步骤,包括系统的硬件设计和理论分析,使系统工作稳定、快速和精确;然后给出解决这些关键问题的途径,即学习相关的技术知识和理论;最后应用这些知识和理论来分析典型系统,让读者可以看到所学理论的用处,帮助读者从整体上掌握现代机械程控制系统的分析和设计方法。另外,为了进一步帮助读者巩固所学的内容,在每一章后面都有习题和部分参考答案。

本书参考了兄弟院校的同类教材和论文,我们对这些教材的编著者和论文作者表示诚挚的感谢。同时,感谢担任本书主审的闻邦椿院士和东北大学刘杰教授对本书进行细致的审阅及提出宝贵的意见。感谢为本教材付出辛勤劳动的在读的、和已毕业的我的博士生和硕士生。对给予本书出版大力支持的东北大学研究生

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 机械工程的发展与控制理论的应用	1
1.3 控制系统应用举例	4
1.3.1 工作台位置自动控制系统	4
1.3.2 磁悬浮系统	8
1.3.3 简单机械手	11
1.4 机械自动控制系统的分类	12
习题	13
第 2 章 自动控制系统的驱动器与传动装置	14
2.1 概述	14
2.2 直流伺服电动机及其控制	14
2.2.1 直流伺服电动机的分类和特点	15
2.2.2 直流伺服电动机的控制特性	15
2.2.3 直流伺服电动机的驱动与控制	19
2.2.4 无刷直流伺服电动机	22
2.3 交流伺服电动机及其控制	23
2.3.1 概述	23
2.3.2 交流伺服电动机的控制特性	23
2.3.3 交流伺服电动机的使用	27
2.4 步进电动机及其控制	30
2.4.1 步进电动机的主要性能指标	31
2.4.2 步进电动机的控制特性	33
2.4.3 步进电动机的选择与使用	33
2.5 特种电动机及其应用	35
2.5.1 力矩电动机	35
2.5.2 直线电动机	36
2.6 运动控制系统中的传动机构	37
2.6.1 谐波齿轮传动机构	37

2.6.2	滚珠丝杠和直线导轨	38
2.6.3	同步齿型带和带传动机构	38
2.7	驱动系统设计	38
2.7.1	一般性设计原则	39
2.7.2	设计举例	40
2.8	工程实例中的驱动及其传动技术	41
	习题	43
第3章	机械工程中的常用自动控制系统	44
3.1	概述	44
3.2	微控制系统	45
3.3	专用控制系统	47
3.4	计算机控制系统	48
3.4.1	通用工业控制计算机	48
3.4.2	数据采集卡及常用传感器	50
3.4.3	其他类型工控机	54
3.5	运动控制卡	55
3.6	可编程自动化控制系统	60
3.7	工程实例中的控制系统设计	61
3.7.1	倒立振子/台车控制系统	61
3.7.2	简单机械手	62
	习题	64
第4章	现代机械工程系统数学模型的建立	65
4.1	自动控制系统的微分方程	65
4.2	自动控制系统的传递函数	67
4.3	控制系统的状态空间描述	68
4.3.1	基本概念	68
4.3.2	自动控制系统的状态空间表达式	69
4.4	状态空间表达式的建立方法	72
4.4.1	建立状态空间表达式的直接方法	72
4.4.2	由微分方程求状态空间表达式	77
4.4.3	由系统传递函数写出状态空间表达式	82
4.5	从系统的状态空间表达式求传递函数矩阵	83
4.5.1	传递函数矩阵的概念	83
4.5.2	由状态空间表达式求传递函数矩阵	84
4.6	离散控制系统的数学模型	87
4.6.1	离散控制系统概述	87

4.6.2	Z 变换和 Z 反变换	89
4.6.3	离散系统的差分方程	92
4.6.4	离散系统的传递函数	94
4.6.5	离散系统的状态空间表达式	99
4.7	MATLAB 的运用与分析	103
4.7.1	系统数学模型的 MATLAB 表示	103
4.7.2	系统模型的转换	105
4.8	工程实例中的数学模型的建立	108
4.8.1	工作台位置自动控制系统	108
4.8.2	倒立振子/台车控制系统	111
4.8.3	简单机械手	113
	习题	115
第 5 章	机械工程自动化系统的时域分析	119
5.1	单输入单输出系统时域分析	119
5.1.1	一阶系统的时域响应	119
5.1.2	二阶系统的时间响应	121
5.2	线性定常齐次状态方程的解	128
5.2.1	直接求解	128
5.2.2	利用拉氏变换求解	130
5.3	矩阵指数	131
5.3.1	矩阵指数的一般性质	131
5.3.2	特殊矩阵指数的性质	131
5.4	状态转移矩阵	135
5.4.1	基本概念	135
5.4.2	状态转移矩阵的性质	136
5.5	线性常系数非齐次状态方程的解	136
5.5.1	直接求解法	136
5.5.2	利用拉氏变换求解	139
5.6	线性系统的可控性与可观性	139
5.6.1	线性连续系统的可控性判别准则	140
5.6.2	线性连续系统的可观性判别准则	144
5.6.3	可控性与可观性的对偶关系	147
5.6.4	磁球悬浮系统分析实例	148
5.7	系统的可控标准型与可观标准型	150
5.7.1	系统的可控标准型	150
5.7.2	系统的可观标准型	153

5.8	离散状态方程的解	155
5.8.1	递推法	155
5.8.2	Z变换法	155
5.9	离散系统的可控性与可观测性	156
5.9.1	线性离散系统的可控性	156
5.9.2	线性离散系统的可观测性	157
5.10	MATLAB在状态空间分析的应用	158
5.10.1	矩阵指数函数的计算	158
5.10.2	线性定常连续系统的状态空间模型求解	159
5.10.3	连续系统的离散化	162
5.10.4	线性定常离散系统的状态空间模型求解	163
5.10.5	系统的可控性和可观测性判断	163
5.11	工程实例中的时域分析	166
5.11.1	工作台位置自动控制系统	166
5.11.2	倒立振子/台车控制系统	168
5.11.3	简单机械手	169
	习题	171
第6章	系统稳定性分析	176
6.1	系统稳定性的基本概念	176
6.2	代数稳定性判据	178
6.2.1	赫尔维茨判据	178
6.2.2	劳斯判据	180
6.3	李雅普诺夫稳定性分析法	185
6.3.1	平衡状态	185
6.3.2	范数的概念	186
6.3.3	李雅普诺夫稳定性定义	186
6.3.4	李雅普诺夫函数 $V(x)$ 的符号定义	188
6.3.5	二次型标量函数的正定性	189
6.3.6	李雅普诺夫直接法	189
6.4	线性定常系统的稳定性分析	190
6.5	离散系统的Z域分析	192
6.5.1	离散系统的稳定性分析	192
6.5.2	极点分布与瞬态响应的关系	194
6.5.3	离散系统的稳态误差	195
6.6	离散系统的稳定性分析	197
6.7	MATLAB在系统稳定性分析中的应用	198

6.7.1	线性定常连续系统的李雅普诺夫稳定性分析	198
6.7.2	线性定常离散系统的李雅普诺夫稳定性分析	199
6.8	工程实例中的稳定性分析	201
6.8.1	工作台位置自动控制系统	201
6.8.2	倒立振子/台车控制系统	202
6.8.3	简单机械手	203
	习题	204
第7章	现代机械自动控制系统设计	207
7.1	概述	207
7.1.1	设计要求	207
7.1.2	控制器结构	208
7.1.3	设计的基本原则	209
7.2	并联校正	210
7.2.1	反馈校正	210
7.2.2	顺馈校正	211
7.3	串联校正	212
7.3.1	Bode 定理简介及应用	213
7.3.2	相位超前校正	214
7.3.3	相位滞后校正	215
7.3.4	相位滞后—超前校正	216
7.4	控制器类型	217
7.4.1	PID 控制器	217
7.4.2	有源相位超前控制器	222
7.4.3	有源相位滞后控制器	223
7.4.4	有源相位滞后—超前控制器	223
7.5	系统的状态反馈	224
7.6	系统的输出反馈	225
7.7	系统极点的配置	226
7.7.1	齐次状态方程的极点配置	226
7.7.2	非齐次状态方程的极点配置	227
7.8	状态观测器及其设计	228
7.8.1	全维状态观测器的设计	228
7.8.2	带有状态观测器的闭环控制系统	230
7.8.3	降维状态观测器的设计	233
7.9	离散系统的校正与设计	236
7.9.1	模拟化设计法	236

7.9.2	离散设计法	237
7.9.3	最少拍设计	238
7.10	MATLAB 在系统设计中的应用	242
7.10.1	极点配置	242
7.10.2	状态观测器设计	244
7.11	工程实例中的系统设计	245
7.11.1	工作台位置自动控制系统	245
7.11.2	倒立振子/台车控制系统	247
7.11.3	简单机械手	249
	习题	251
第 8 章	最优控制理论基础	256
8.1	概述	256
8.2	最优性能指标	258
8.2.1	积分型最优性能指标	258
8.2.2	末值型最优性能指标	259
8.2.3	综合最优性能指标	259
8.2.4	最优控制的约束条件	260
8.3	系统的最优参数问题	260
8.4	连续系统的二次型最优控制	261
8.4.1	连续系统二次型调节器问题的求解	262
8.4.2	连续系统二次型调节器问题的拓展	263
8.4.3	MATLAB 实现	264
8.5	离散系统的二次型最优控制	265
8.5.1	离散系统二次型最优控制问题的求解	265
8.5.2	采用离散极小值原理的求解	266
8.5.3	最小性能指标的计算	268
8.6	动力减振器的最优控制	274
	习题	276
第 9 章	智能控制理论基础	279
9.1	智能控制的结构	279
9.2	学习控制系统	280
9.2.1	学习控制的发展	280
9.2.2	学习控制的基本原理	281
9.2.3	学习控制的应用举例	282
9.3	模糊控制系统	285
9.3.1	集合的基本概念和术语	285

9.3.2	模糊控制的理论基础	287
9.3.3	模糊控制的基本原理	289
9.3.4	模糊控制的应用举例	296
9.4	专家控制系统	302
9.4.1	专家控制系统的结构	302
9.4.2	专家系统的类型	303
9.4.3	专家控制系统的應用举例	304
9.5	人工神经网络控制系统	307
9.5.1	人工神经元模型	307
9.5.2	人工神经网络的构成	308
9.5.3	人工神经网络的学习算法	309
9.5.4	人工神经网络应用举例	311
9.6	仿人智能控制	313
9.6.1	仿人智能控制的基本思想	314
9.6.2	仿人智能控制的原型算法	314
9.6.3	仿人智能控制器设计的基本步骤	315
9.6.4	仿人智能控制的应用举例	316
9.7	其他智能控制方法	320
9.7.1	智能 PID 控制	320
9.7.2	自适应控制系统	323
	习题	326
	参考文献	327
	部分习题参考答案	328

第 1 章 绪 论

1.1 引 言

随着科学技术和现代工业的发展,自动控制系统的应用越来越广泛。所谓自动控制,指的是在没有人直接参与的情况下,利用控制器自动控制机器设备或生产过程(统称为被控对象)的工作状态,使之保持不变或按预定的规律变化。所谓自动控制系统,指的是能实现自动控制目标的组合系统(机-电组合、机-光-电组合、机-电-液组合等)。在日常生活中,我们需要自动控制室内的温度和湿度;在交通领域,我们需要自动控制汽车和飞机精确而又安全地从一个地方到达另一个地方;在机械加工中,我们需要能按预先设定的工艺程序自动切削工件,从而加工出预期几何形状的数控机床或加工中心;在航空航天领域,我们需要能按照预定航线自动起落和飞行的无人驾驶飞机,以及能自动攻击目标的导弹发射系统和制导系统等,这些都是自动控制系统的实例。

近年来,自动控制技术已经渗透到人类社会的各个方面、各个角落,在机械工程、石油化工、交通运输、采矿、冶金、水利电力、环境保护、食品、纺织等行业得到了极为广泛的应用,我们日常活动的每一个方面几乎都受到自动控制技术的积极影响。

自动控制技术之所以能有如此广泛的应用,是因为它使生产过程具有高度的准确性,能有效地提高产品的性能和质量,同时节约能源和降低材料消耗;能极大地提高劳动生产率,同时改善劳动条件,减轻工人的劳动强度;在国防方面,能有效提高各种武器装备的现代化水平,增强攻击和防御能力等。

电子技术和计算机技术的高速发展使其在自动控制领域的作用和地位日益突出,绝大部分现代机械系统都已离不开电子和计算机控制设备。本书的主要内容就是解决现代机械系统的自动控制问题,既不是单纯地讨论机械系统,也不是抽象地介绍自动控制理论,而是通过典型的实例,介绍现代机械工程自动控制系统的结构和特点,引出学习现代自动控制理论的必要性和主要学习内容,使读者明确为了研制出高水平的现代机械工程自动控制系统所必须具备的理论基础、系统分析方法和设计方法。

1.2 机械工程的发展与控制理论的应用

人类的祖先在制作和使用工具以后,就逐渐开始制作和使用机械了。人类最

初使用机械的目的是省力,或者增大人的力量。最古老、最简单的机械是杠杆,通过杠杆,人可以移动直接用手不能移动的重物。利用自然力(如风车和水车的使用)是人用机械的动力把自己从繁重的体力劳动中解脱出来的开始。蒸汽机和电动机的发明,为机械提供了有效并且使用方便的动力。机械的不断发展不仅使人类从繁重的体力劳动中解放出来,而且大大地提高了劳动效率和产品质量。人类认识到机械在生产中的重要作用,就不断地改进旧机器和发明新机器来满足各种各样不断增长的需要。在机械工程发展过程中,人们一直致力于机器的自动化,因为只有自动化的机器才能生产出更多更好的产品,并能进一步地减少人们在生产过程中紧张而繁重的劳动,因此不断提高机器的自动化水平,一直是人类追求的目标。

虽然在几百年前,人类就开始运用自动控制的初步原理,但自动控制理论的形成是在 20 世纪 40 年代。由于当时军事技术和工业生产中都出现了许多亟待解决的系统控制问题,即要求设计的系统工作稳定、响应迅速,并且精度高。这就需要对系统作深入的理论研究,揭示系统内部的运动规律,即系统性能与系统结构以及参数之间的关系。最初所涉及的系统是单变量输入/输出、用微分方程及传递函数描述的系统,形成的理论称为经典控制论。传递函数从本质上代表了一个系统的特性,建立了单输入单输出系统的输出与输入之间的内在关系,通过对一个系统传递函数的研究,就可以得知该系统的稳定性、快速性和精确性。建立在经典控制理论基础上的模拟量自动控制系统,至今在许多工业部门仍占有重要地位。经典控制理论的重要性还在于它是现代控制理论的基础。

随着现代科学技术的发展,多输入多输出的复杂系统越来越多,如各种数控机床和各种用途的机器人等。经典控制理论不能解决这类问题,于是产生了现代控制理论。现代控制理论用状态空间描述系统,所建立的状态空间表达式不仅表达系统输入、输出间的关系,而且还描述系统状态变量随时间的变化规律。现代控制理论在实际应用时需要大量快速的运算,电子技术和计算技术的发展,给现代控制理论的产生和发展提供了在现代化系统中实际应用的技术条件。现代控制理论的基础部分是线性系统理论,它研究如何建立系统的状态方程,如何由状态方程分析系统的时域响应、稳定性、系统状态的可观测性与可控制性,以及如何利用状态反馈或输出反馈改善系统性能等。用状态空间表达一个系统,特别适合用电子计算机对系统进行分析和综合,电子计算机的发展使现代控制理论更具优越性和实际应用价值,所以现代控制论在现代机械工程及许多其他高科技领域得到了普遍的应用。现代控制理论的一个重要部分是最优控制,就是在已知系统的状态方程、初始条件及某些约束条件下,寻求一个最优控制向量,使系统在此最优控制向量作用下的状态或输出满足某种最优准则。电子计算机及计算方法的迅速发展,使最优控制成为应用越来越广泛的自动控制方法。

智能控制技术是一个方兴未艾的领域。智能控制特别适用于在现代机械工程

及许多其他高科技领域中存在一些无法建立精确数学模型的系统,或者根本无法建立系统数学模型的系统,或者具有强非线性的复杂系统,或者受外界环境变化、系统本身参数变化、受外界严重干扰的系统。虽然智能控制还处于初级阶段,但它具有无限的发展空间,是以往的任何控制理论和技术无法比拟的。人类可以把所有的知识以及获取知识的方法注入智能控制系统,也可以把聪明人的思维方法(对所获取信息的分析、特性提取、推理、判断、决策、经验的获取、积累与提高等)“教给”智能控制系统。人类的智能在不断发展,智能控制系统也将不断地发展。智能控制近年来发展较快,并在实际工程中开始广泛应用。

自适应控制是近十年来发展较快的现代控制论分支,和模糊控制、神经网络控制、仿人控制一样,同属于智能控制范畴。自适应控制系统通过调节自身控制律参数,以适应外界环境变化、系统本身参数变化、外界干扰等影响,使整个系统能按某一性能指标运行在最佳状态。

近二十几年来发展起来的模糊控制、人工神经网络等智能控制方法可以不依赖系统的精确模型,对于强非线性、大时滞及时变系统都可以取得较为满意的控制效果。在计算机控制系统中,控制器的控制作用是通过计算机软件实现的,不但可以方便地进行控制系统的调试,而且可以通过改变控制算法来实现不同的控制作用。模糊控制及人工神经网络控制等智能控制方法都是通过计算机软件实现控制作用的。由于计算机控制系统中对输出量的测试和反馈比较以及控制量的输出等都是数字量,较模拟量控制更能实现高精度控制和增强系统抗干扰的能力,同时使设备与设备、系统与系统组成网络和进行网络化控制成为可能。

表 1.1 简要列出了各个发展阶段的机械系统自动化程度。由表 1.1 可以看出,机械的发展是一个由简单到复杂的发展过程。随着机械的发展,机械所能完成的工作越来越复杂,在越来越大的程度上帮助人完成越来越高级的工作。机械工程发展到今天,智能机器的出现是发展的必然结果。

表 1.1 各个发展阶段的机械系统自动化程度

	使用目的	传感与检测	决策与控制	发展程度	典型例子
简单工具	工作方便、提高效率、省力	人的五官	人	单一操作	扳手、锤子、螺丝刀
简单机械	完成简单工作	人的五官	操作者	简单机械化	小型提升机、除草机
复杂机械	完成复杂工作	人的五官	技术工人	复杂机械化	普通机床、普通汽车
自动机器	自动完成确定工作	传感器	人与控制器	自动机器	数控机床、工业机器人
智能机器	无人操作,自主完成任务	多种传感器	智能控制器	自主机器	各类智能机器人