

1997 年全国高技术重点图书 92366

模糊控制技术 在家用电器中的 应用

YIJIUJIUQINIAN QUANGUO
GAOJISHU ZHONGDIANTUSHU

MOHUKONGZHIJISHU ZAIJIAYONG
DIANQIZHONGDE YINGYONG

主编 黄布毅 副主编 崔光照

中国轻工业出版社

模糊控制技术在家用 电器中的应用

主 编 黄布毅

副主编 崔光照

中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

模糊控制技术在家用电器中的应用/黄布毅主编.-北京:中国轻工业出版社,1998.1
ISBN 7-5019-2130-X

I. 模... I. 黄... III. 模糊控制-应用-日用电气器具
IV. TM925

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 19904 号

责任编辑:白洁

*

中国轻工业出版社出版发行

(100740 北京市东长安街 6 号)

北京市卫顺印刷厂印刷 新华书店经销

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 10.75

字数: 279 千字 插页: 1 印数: 1-2500 册

定价: 24.00 元

ISBN 7-5019-2130-X/TP·034

内 容 简 介

模糊控制技术较早地在家用电器领域得到广泛的应用,使家电产品得以升级换代,这引起了家用电器制造业和有关专业人士的普遍重视。本书较系统地介绍了模糊控制技术的理论基础和应用方法,较详细地介绍了其在家用电器产品控制方面的设计和开发技术。全书共十章,内容包括模糊理论基础,模糊控制基础,模糊控制器及系统设计,神经网络在模糊控制系统中的应用,模糊控制家用电器的若干问题,模糊控制技术在电动洗衣机、家用电冰箱、空调器、电饭锅等产品中的应用,模糊控制系统的开发等。本书参考了国内外的大量文献资料,融合了编著者及有关人员在家用电器模糊控制技术方面的科研成果,把在产品上的具体应用作为基础,内容深入浅出,便于广大读者阅读。

本书可作为家用电器制造行业工程技术人员的参考书,也可作高等学校电器和控制等专业学生的教学参考书,并能作有关专业人员的培训教材。

5A021.1

前 言

模糊控制是近代控制理论中一种基于语言规则与模糊推理的高级控制决策,它是智能控制的一个重要分支。模糊控制技术是90年代的热点技术,在国际上已把它作为研制新一代电子产品的核心技术之一,在家用电器行业中得到了广泛应用,并显示出了它的优越性。

本书是作者多年来从事模糊控制理论及其在家用电器上应用的教学和科研工作的体会与总结,也是承担中国轻工总会科技攻关项目“神经模糊控制器的研究”以及国家计委重大科研项目“家用电器模糊控制技术应用研究”所取得的初步成果的综合,并引用了项目组成员发表的部分论文的内容。作者在编著此书时,力求选材新颖、实用,突出特色,内容叙述深入浅出、简明扼要,便于自学。

全书共十章,由黄布毅任主编,崔光照任副主编。其中,绪论、第七章、第八章和第九章由黄布毅编写,第五章和第十章由崔光照编写,第一章、第四章由孙向东编写,第三章由曹玲芝编写,第二章由曾庆山编写,第六章由孙玉胜编写。

刘献心教授审阅了全书,并在审阅过程中提出了许多宝贵意见,编者也得到了课题组同事们的支持和帮助,在此表示衷心的感谢,同时对于本书所引用的文献的作者一并表示谢意!

由于编者水平所限,文中疏漏之处在所难免,殷切期望读者批评指正。

编者

1997年2月于郑州

目 录

绪论	1
一、客观事物的模糊性	1
二、人类最善于处理和应用模糊概念	2
三、模糊集合论是描述模糊概念的有效工具	2
四、模糊控制与家用电器	5
五、模糊控制技术的发展趋势	6
第一章 模糊逻辑与模糊推理	8
第一节 模糊集合	9
一、模糊集合及其表示	9
二、模糊集合的基本运算	14
三、模糊集与普通集的关系	20
四、隶属函数的确定	24
第二节 模糊关系	30
一、模糊矩阵	30
二、模糊关系	34
三、模糊映射	41
第三节 模糊语言与模糊逻辑	42
一、模糊语言	42
二、模糊逻辑	49
第四节 模糊推理	58
一、模糊推理方法	58
二、模糊条件语句	61
第二章 模糊控制基础	65

第一节 模糊控制原理	65
一、模糊控制的引入及实现	65
二、模糊控制过程	72
第二节 精确量与模糊量的相互转化	74
一、精确量的模糊化	74
二、模糊量的去模糊	80
第三节 模糊控制规则	86
一、模糊控制规则的表示	86
二、模糊控制规则的生成	87
三、模糊控制规则的优化	90
四、模糊控制算法	94
第三章 模糊控制器及系统设计	100
第一节 模糊控制器的基本结构	100
一、模糊控制器的基本构成	100
二、常用的几种模糊控制器	101
第二节 模糊控制器的设计	111
一、模糊控制器的结构设计	111
二、一般设计方法	112
三、改善模糊控制性能的途径	121
第三节 模糊控制系统	124
一、模糊控制系统辨识	124
二、模糊控制系统的稳定性分析	141
三、模糊控制系统的仿真与优化	147
第四节 单片机与模糊控制	149
一、单片机的特点及应用	149
二、单片机与模糊控制	150
三、单片机及其选用	151
第四章 神经网络在模糊控制系统中的应用	153
第一节 神经网络	153
一、人工神经网络的发展史	154
二、神经元和神经网络	159

三、人工神经网络的特点	161
四、人工神经网络的类型	166
第二节 模糊神经网络	169
一、神经网络与模糊逻辑	169
二、模糊神经网络	170
第三节 基于神经元网络的模糊控制器	174
一、神经模糊控制器	174
二、一种基于神经网络的自校正模糊控制器	178
第五章 模糊控制家用电器的若干问题	184
第一节 家用电器的特点及其对控制系统的要求	184
一、家用电器的若干特点	184
二、家用电器产品的主要性能指标	185
三、对家电产品控制系统的要求	185
第二节 家用电器模糊控制器	188
一、家电模糊控制器的预期目标	188
二、控制器的硬件系统	189
三、控制器的软件系统	192
第三节 电磁干扰及其抑制和试验	196
一、电磁干扰源及抑制方法	197
二、产品中常用的抑制干扰方法	202
三、抗干扰试验	204
第六章 模糊控制技术在家用电动洗衣机中的应用	209
第一节 全自动洗衣机中的基本控制关系	209
一、全自动洗衣机的基本结构和工作过程	209
二、全自动洗衣机的控制关系	212
三、主要传感器及其检测原理	214
第二节 控制器的构成及设计	224
一、控制系统的构成	224
二、输入输出参量设计	225
三、控制规则与模糊推理	230
四、神经模糊控制洗衣机控制器	232

第三节 洗衣机模糊控制系统介绍	234
一、系统的组成	234
二、硬件电路设计	234
三、软件设计	236
四、滚筒洗衣机中的串激调速与模糊控制	237
第七章 模糊控制技术在空调器中的应用	241
第一节 空调器的工作原理及其对自动控制系统的 要求	241
一、空调器制冷系统简介	241
二、空调器运行的技术指标	243
三、空调器对其控制系统的要求	244
第二节 模糊控制系统的构成	245
一、目标机型及控制变量的设定	245
二、控制方案的确定	245
三、空调器的模糊控制器	247
第三节 空调器模糊控制硬件系统	250
一、室内控制系统构成	250
二、室外装置的控制系統	252
三、其他控制功能	253
第四节 空调器模糊控制软件设计	253
第五节 自动除霜控制	255
一、结霜过程	255
二、除霜方法	256
三、开始除霜时间的判断	256
第六节 PMV 智能预测器	258
第八章 模糊控制技术在电冰箱中的应用	260
第一节 电冰箱模糊控制系统的构成	260
一、硬件控制系统	261
二、系统软件设计	263
第二节 模糊控制器的设计	264
一、制冷过程和控制目标的分析	264

二、食品温度及热容量检测原理	265
三、确定食品温度的模糊推理框图	266
四、模糊变量、隶属函数、推理法则	267
五、制冷工况的控制决策	269
第三节 冰箱蒸发器着霜量的检测	269
一、电冰箱的除霜工艺	269
二、着霜量的模糊推理分析	270
三、着霜量软传感器的设计	271
第九章 模糊控制技术在电饭锅中的应用	274
第一节 模糊控制系统的构成	274
一、硬件控制系统	274
二、系统软件设计	276
第二节 模糊控制器的设计	276
一、电饭锅炊饭过程分析	276
二、炊饭量 m 的模糊推理法则	277
三、加热功率控制决策的模糊推理法则	279
第十章 模糊控制系统的开发	282
第一节 模糊控制系统的开发工具	283
一、开发系统介绍	283
二、开发环境	286
三、模糊系统开发软件工具	289
第二节 通用与专用模糊芯片	303
一、模糊逻辑电路	303
二、通用模糊芯片	307
三、NLX230 的应用举例	315
四、专用模糊芯片简介	322
· 参考文献	326

绪 论

模糊控制是建立在模糊集合论基础上的一种控制理论，它是智能控制的一个分支。自古以来，还没有哪种控制理论像模糊控制这样被普通大众所熟悉、所议论，这完全出乎控制理论界的意料。它应该归功于这项控制技术在家用电器产品上的广泛应用，使“模糊”这一名词深入千家万户，挂在百货商店的橱窗上。这也说明模糊控制技术本身有强大的生命力。之所以出现这种席卷全球的“模糊”热潮，是有其内在原因的。

一、客观事物的模糊性

在我们的日常生活中常遇到大量的模糊概念和模糊现象，对此人们已经习以为常了。例如“今天天气很冷”、“他的个子很高”、“她太胖了”等等，这里的“很冷”、“很高”、“太胖”都是模糊概念，都无法用传统的数学方法定量描述。尽管如此，人们都还能接受并理解这些模糊概念，而不因为它“太模糊”而遭到冷落。因为模糊现象是客观存在，谁能说清某人的头发到底有多少根呢？有谁试图去弄清这一命题呢？即使是弄清了，又有什么实际意义呢？精确和模糊是事物的两个方面，是相对而言的，模糊是普遍现象，精确是一种特例，在数学领域内它们属于两个范畴。

其实，人们早就开始研究如何描述这种普遍存在的模糊现象。20世纪初，数学家罗素（Bertranel. Russell）就发表过关于“含糊性”的论文。他认为“所有的语言都是模糊的”，所谓“红的”、

“老的”都不是清晰的、明确的，甚至连 1m、1s 这样的数量词语，也都还不是精确的。20 世纪 30 年代，英国学者 M·布莱克(Max. Black)在研究事物的“含糊性”时，就提出了“轮廓一致”的概念，以此来度量含糊的属性。从这些例子我们可以看出，事物的模糊性是普遍存在的客观现象，如何来描述这种现象，把它纳入数学的范畴，人们早就作了不懈探索。

二、人类最善于处理和应用模糊概念

虽然数学家们没找到分析、归纳模糊现象的最好方法和工具，但并不影响人们对模糊现象的理解和应用，控制论的创始人维纳在谈到人胜过任何最完善的机器时说过：“人具有运用模糊概念的能力”，人类思维最善于处理模糊概念，最善于对模糊事物进行识别和判决。例如汽车司机，他要在有限的空间下，将车停在某一规定的位置，正像人们所熟悉的那样，他将会把车前进一点、后退一点，方向盘向左一点、向右一点地来回几次操作运转，最后将车准确地停在规定的位置。在这里司机观察的都是模糊现象，处理的“前进一点”、“向左一点”都是模糊数据，最终达到了既定目标。又如需要在会议室内将某人找出来，托别人代办时，你只要说出这个人是秃顶、大胡子的胖男人，他就能很快地将这个人找出来。“秃”、“大胡子”、“胖”都是模糊描述，他能根据模糊概念作出正确的判断。但如果你告诉他这个人的头发、胡子有多少根，体重是多少，他倒很为难了。这就说明在某种情况下，对模糊概念的处理和应用，要比精确的计算更加实用，而人类思维最善于处理这类问题。

三、模糊集合论是描述模糊概念的有效工具

如何把人类处理模糊概念的思维特点用数学工具表达出来，

使一些模糊性的自然语言作为算法语言直接进入计算机程序，让计算机模拟人脑的思维活动，完成更加复杂的任务，这正是模糊数学产生的直接背景。

1965年，美国加利福尼亚大学帕克莱分校电子工程系的扎德教授（L. A. Zadeh）发表了“模糊集合论”的论文，提出了用“隶属函数”这个概念来描述事物差异的中间过渡，从而突破了经典集合论中“属于”或“不属于”两者必居其一的绝对关系。扎德教授这一开创性的工作，标志着数学的一个新分支“模糊数学”的诞生。模糊数学是一种数学工具，它以数学的方法应用隶属函数去恰当地描述事物的模糊性，并且把具有模糊现象和模糊概念的事物处理成精确的东西。

在经典集合论中，假定所有的分类都是有明确边界的，任一被讨论的对象要么是属于这一类，要么是不属于这一类；一个命题不是真，就是伪，不存在亦真亦伪或者非真非伪的情况。

世界上有些事物可以用普通集合描述，有些事物则无法用普通集合描述，例如男人和女人的集合都具有清晰的外延和内涵，可以用普通集合描述；而聪明人和蠢人的集合则没有明确的边界，其外延和内涵都是模糊的，就无法用普通集合描述。

模糊集合具有灵活的隶属关系，它允许被讨论的对象在集中的隶属程度为从0到1之间的任何值，即“不属于”到“属于”中间逐渐的过渡。这种描述元素（对象）在集合中隶属程度的特征函数称为隶属函数。扎德教授发明的用隶属函数来描述模糊集合的方法是一项重大的贡献，是模糊集合论的精髓，有了这一工具，模糊集合论就有了实际应用的价值，许多数学问题也就迎刃而解了。

模糊控制是应用模糊集合论、模糊推理逻辑的一种控制技术。模糊集合论不仅开辟了数学的一个新分支，而且更重要的是它为工程技术领域开辟了一条解决疑难问题的新渠道。特别是它在自动控制系统中获得了广泛应用。传统的自动控制理论在很大程度

上依赖于建立系统的数学模型，通过输入、输出量间的传递函数，判断系统的性质，并引入修正环节来改善系统的动态特性。然而，在许多情况下被控对象（或者是生产过程）精确的数学模型很难建立，有时甚至是办不到的。例如，有些对象难以用一般的物理和化学方面的规律来描述，有的影响因素很多，而且相关之间又有交叉耦合，至使其数学模型十分复杂、难以求解而没有实用价值。还有一些生产过程缺乏适当的测试手段，或者测试装置无法进入被测试区域，例如有玻璃窖、发酵反应釜之类存在的工艺过程，参变量多，又存在不同程度的时变性，且常常含有非线性环节，类似这样的系统要建立数学模型就有很大的困难，难以用传统的自动控制理论进行系统的分析和设计。

与此相反，对于上述这些被控对象或生产过程，有经验的操作人员进行手动控制，往往可以收到令人满意的效果。因此人们就企图找到可以模拟人脑思维的手段，它的核心就是要发挥人脑思维善于处理模糊概念、善于应用模糊推理去识别现象、作出正确判断的能力。模糊集合论恰恰就是在这种需求的引导下出现的很有实用价值的数学工具。1974年英国的 E. H. Mamdani 首先利用模糊控制语句组成模糊控制器，并把它用于锅炉和蒸汽机的控制，在实验室中获得成功，这一开拓性的工作，标志着模糊控制论的诞生。自此以后，英国、丹麦、荷兰、日本等欧亚学者和工程技术人员做了大量的工程试验，模糊控制器被广泛地用于加热炉、铁道自动控制和化工生产过程的自动控制中，收到了很好的效果。

从1979年开始，我国也开展了模糊控制理论及其应用的研究工作。1979年，北京控制工程研究所李宝绥、刘志俊等人研究了典型模糊控制器的性能，并与PI控制器作了比较。1980年，北京师范大学和上海铁道学院楼世博给出了模糊控制器的数学模型，并首先提出了模糊控制器可响应性的概念。1981年，我国的模糊理论和应用研究学者以及工程技术人员成立了中国模糊系统和模

模糊数学学会，并创办了世界上第二份模糊专业学术杂志“模糊数学”。这期间主要侧重于模糊理论的研究，并且显示出了较强的实力。随后，各高等学校、各科研机构也在模糊控制方面开始了广泛的应用研究，取得了许多可喜的成果。扎德教授曾经说过：“中国是模糊理论研究世界四强之一”。1987年在日本召开的第二届国际模糊系统会议上，共发表论文210篇，其中中国学者的论文就有50篇。尽管如此，我们也应该看到，我们在应用方面的研究成果，水平还不够高，在模糊逻辑技术的开发手段上基本上还停留在原始的手工编程的阶段，有待进一步的发展。

四、模糊控制与家用电器

90年代初期，日本在国际市场上推出了一大批模糊控制家用电器产品，如洗衣机、微波炉、空调器、吸尘器、电冰箱等，而且被日本民众所接受。在日本，模糊逻辑已深深地渗透到日常生活中，达到了家喻户晓的程度。日本的模糊家用电器产品已经涌入欧美市场，给欧美有关人士造成了极大的心理压力。日本的成功归功于其学术界、工程界、产业界和政府部门（如通产省、科技厅等）之间的通力合作。1989年，日本开始实施一个投资12亿日元、历时五年的发展规划，肯定了模糊控制理论及其应用研究的重要性和必要性，从长远的角度制定了目标，明确了模糊领域研究的范围和具体的开发课题，提出了系统化的研究策略。日本政府、产业界和学术界都认为，既然模糊技术与系统同整个国民生活直接相关，并且模糊系统还具有使人类与社会产生调和的要素，那么就应该取得国民的理解与协助，这就要求传播媒介向国民提供这方面的信息，普及这方面的知识。这一政策，收到了极大的社会效益，二三年时间日本的家用电器产品几乎全部模糊控制化了，受到了消费者的普遍欢迎。这里除了产业经济政策的导向外，其内在原因是家用电器产品最适于采用模糊控制技术。

众所周知，现代家用电器应用了不少高新技术，如超声、激光、微电子、计算机等，其控制系统的复杂程度并不亚于其他机器。但是，家用电器的运行状态、环境条件、工作模式差异很大，操作者的知识层次也有很大差别，操作意识带有很大的经验成分和极大的随意性，这些特殊情况决定了家用电器应用模糊控制技术的优越性，它最大限度地体现了人们使用操作家用电器时的经验和处理模糊概念的能力。事实证明，模糊控制技术促使家用电器产品更新换代，大大提高了家用电器的控制性能，使其操作更加简便，并有明显的节能效益。

近几年来，我国的家用电器企业也紧跟国际先进潮流，加强了模糊控制家电产品的开发研究工作，各高等学校、科研机构也投入了很大的技术力量从事这一工作，并已取得可喜的成果。国产化的家用电器模糊控制器也有多种产品推向市场，增强了家电产品的竞争力，保护了民族工业的顺利发展，可望在不久的将来，我国会形成有一定规模的家用电器模糊控制器产业。

五、模糊控制技术的发展趋势

迄今为止，模糊控制技术已对我国的工业、信息产业、建筑、交通等众多领域产生了重要影响，特别是模糊家电产品的出现更是普及了大众对模糊控制技术的认识。但应该指出，模糊控制技术仍然是一项正在发展中的新技术，至今它还没有完善的系统分析手段，无法论证它的稳定性。另外，一个模糊控制系统的品质优劣，取决于两方面的因素，一是模糊控制规则的获取，二是输入模糊变量论域和隶属函数的确定。一般情况下，这两者都是实验分析和操作人员的经验的汇总，这个过程容易掺杂人为的主观因素。近几年来，自动控制界的学者和工程技术人员，正在探索将神经网络技术与模糊控制技术相融合的方法，以求提高模糊逻辑推理的智能性。模糊逻辑推理着眼于用模糊语言变量来表达人

脑思维善于处理模糊概念的能力，通过模糊规则作出判断，属于宏观的功能体现。神经网络是从人脑的微观结构出发去模拟人类思维的信息通道和信息处理过程，突出人脑自学习、自适应的功能。很明显，这两种模仿人脑智力的方法，都有各自的优点，也都存在不足，如果将两者有机地结合起来，取长补短，就可以产生一种最有效的人工智能研究方法。这样的智能模糊控制系统，可以根据样本数据学习生成各种模糊变量的论域及模糊控制规则，可以根据相邻规则的情况自动填补空缺的规则，可以根据环境的变化自适应调整控制规则等等。目前已有的研究成果表明，神经网络技术与模糊控制技术相结合，是模糊控制的一个重要发展趋势。

我国模糊控制理论及其应用的研究方兴未艾，发展势头很高，它有可能在短期内形成一批产业，使我国在这一领域内、在国际上占有一席之地，为保护民族工业、增强我国产品的出口竞争力，作出重大贡献。