

研 究 生 教 材

Intelligent Control of
Offset Printing Process

管力明/编著

胶印过程的 智能控制



科学出版社
www.sciencep.com

胶印过程的智能控制

管力明 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以印刷生产中典型的胶印过程为具体的研究对象,结合生产的实际情况,论述了胶印过程智能控制系统的基本理论与方法,具有较强的工程性和实用性;同时对进一步开展印刷领域智能化研究,具有一定的参考价值。

本书适合从事印刷工程、包装工程、机电一体化的研究人员和工程技术人员阅读,可作为印刷工程、包装工程等专业的硕士研究生和高年级本科生的教材及参考书。

图书在版编目(CIP)数据

胶印过程的智能控制/管黎明编著. —北京:科学出版社, 2007
ISBN 978-7-03-018492-4

I. 胶… II. 管… III. 平版印刷-智能控制-控制系统 IV. TS825

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 012470 号

责任编辑:陈晓萍/责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉/封面设计:三函设计

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 2 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2007 年 2 月第一次印刷 印张: 8 3/4

印数: 1—2 500 字数: 170 000

定价: 18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(路通))

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62135763-8003

序

现代印刷技术,除数字化、网络化及工艺流程一体化之外,最重要和普遍的特点是高速、高效和综合自动化。从1972年德国罗兰公司成功地先后研制出了多色胶印机遥控装置和质量控制系统以后的30多年中,印刷生产的自动化控制系统得到了迅猛的发展。目前,几乎世界上所有的印刷设备制造商都推出了自己的自动化控制系统,其中比较典型的包括海德堡以CP2000为代表的CPC(Computer Printing Control)系统、罗兰的PECOM系统、高宝的COLORTRONIC系统和小森的PAI印刷自动化集成系统、三菱公司的APIS II系统等。这些控制系统的形式及名称虽然不同,但其基本控制原理及功能大致相同,都是利用光电检测、机器视觉等先进的检测技术以及现代控制技术,特别是智能控制技术,来代替传统的机电式控制系统,在印刷过程中控制和监测整个印刷机(包括输纸、收纸、输墨、润湿装置和印刷机组以及其他辅助设备),实现印刷过程的全自动控制,不仅提高了印刷生产的自动化程度,大大缩短了印前准备及调节时间,而且保证了良好的印品质量。

而纵观国内情况,北人集团公司、上海电气集团印刷包装机械有限公司是国内印刷设备的主要供货商,同时也是国内印刷设备技术水平的代表。经过多年的努力,目前国产印刷设备已经可以实现单机自动化,但辅助操作自动化和联机自动化水平不高,与国外相比差距较大。为此,中国印刷及设备器材工业协会在组织调研的基础上,提出了在21世纪初的10至15年我国印刷及设备器材工业发展的28字方针,即“印前数字、网络化,印刷多色、高效化,印后多样、自动化,器材高质、系列化”。这一技术进步方针既符合国际印刷技术发展方向,同时又符合我国印刷技术发展实际需要,在印刷行业内取得了广泛共识。

本书作者结合在印刷过程控制领域研究工作中的总结,在参考国内外智能控制方面的重要文献以及印刷过程控制经验与成果的基础上,以及在分析胶印过程的控制要求与控制特性的基础上,提出了胶印过程的模糊神经网络控制方法,详细论述了所提出的控制方法实现的设计思路、设计方案,并介绍了系统设计中的知识表示、事例库的组织以及系统求解策略等关键问题的解决方案。这些方法与技术为印刷过程控制系统的开发应用提供了新的思路,进一步发展和完善了印刷自动化控制的理论方法体系。

本书的编著和出版为我国印刷工程学科开辟了新的发展空间,同时将促进国

内具有知识产权的印刷控制系统的研究与开发工作，从而推动我国印刷智能控制技术的应用，提高我国印刷工业的技术水平。

全国印刷专业学科组 组长
中国印机标准化技术委员会 副主任委员
全国印刷机械标准化技术委员会 顾问
中国出版工作者协会理事会 理事
北京印刷学院 教授
谢普南

前 言

近年来,随着计算机技术、自动化技术以及通信网络技术和信号处理技术的发展,制造业的自动化水平不断提高,自动监控系统以其准确、全面、实时地获取监测对象状态的特点,在企业生产过程的质量监控中得到重视、发展和应用。胶印生产是高速的复制过程,现代印刷动辄每小时近万张的印刷速度,若仅依靠现场操作人员迅速分析导致异常的原因、提出正确的处理方法并做出调整时,不良印品已大量形成。因此在这种情况下,借助于基于计算机的智能化数据处理方法和智能控制技术来帮助生产的操作人员去分析大量的现场监测信息,及时有效地找出导致异常的原因并提出正确的处理方法,对于确保胶印印刷过程中的质量稳定、降低印刷成本、提高印刷质量和生产效率,具有十分重要和深远的意义。本书根据笔者在印刷过程控制领域的研究工作的总结,在参考国内外智能控制方面的重要文献以及印刷过程控制经验与成果的基础上,就胶印过程的模糊神经网络智能控制理论和技术作尽可能全面的介绍,旨在探讨利用智能控制技术提高印刷生产控制的水平。

根据胶印过程与质量控制的特性,针对模糊逻辑系统有很强的知识表达能力和逻辑推理能力、但自学习能力比较差的特性,充分利用人工神经网络在自学习和函数逼近方面的独特优越性,将两者结合,用神经网络来实现模糊逻辑系统,并结合事例库专家系统的思想,本书首次提出了胶印质量的模糊神经网络控制方法,详细论述了所提出的控制方法实现的设计思路、设计方案,并在此基础上,提出了系统设计中的知识表示、事例库的组织以及系统求解策略等关键问题的解决方案。

本书第1章分析介绍印刷工业的发展现状与发展趋势,指出印刷过程的智能化是印刷工业发展的前沿课题,同时,智能控制技术的发展为印刷过程智能控制提供了有力的保障,并对国内外印刷过程控制技术的发展现状进行了评述。

第2章分析介绍胶印过程控制的特点。详细介绍了胶印过程的特性、胶印质量控制的过程参数、胶印质量的评价体系和评价指标,并利用系统化的观点,全面分析了胶印生产过程和质量影响因素,以及控制的要求与特点。

第3章简要介绍了胶印过程智能控制系统的专家控制、模糊控制以及神经网络控制的理论基础。

第4章介绍了胶印过程智能控制系统的总体设计技术,详细论述了系统的设

计思路与设计方案,并在此基础上,介绍了系统设计中的知识表示、事例库的组织等内容。

第5章针对胶印过程智能控制系统的总体要求与特点,将模糊系统与神经网络有机结合起来,介绍了胶印过程与质量智能控制系统的模糊神经网络系统结构。详细介绍了每个神经元结点输入输出之间的函数关系,将输入的模糊语言变量转变成数值量的求解策略,以及基于改进遗传算法的模糊隶属函数约束寻优的模糊神经网络学习算法。

第6章介绍了胶印过程智能控制系统的软件实现方法。

本书第3章由管力明、林剑共同编写,其余章节由管力明编写,全书由管力明统稿。在本书的编写过程中,施浒立教授、周以成副教授、刘彩凤副教授提出了修改意见,陈璧辉教授、陈国金教授给予了全力支持与帮助。期间,作者参阅和引用了许多相关的著作和论文。陈芳为本书的文稿整理做了大量工作。在此,向以上各位和其他为本书提供帮助的人们一并表示感谢。

由于笔者的水平有限,书中尚存一些不足和错误之处,欢迎读者批评指正。

管力明

2006年10月

于杭州电子科技大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 印刷智能化控制是印刷工业发展的前沿课题	1
1.2 智能控制技术为印刷智能化提供有力保证	5
1.3 印刷过程控制技术发展现状.....	10
第 2 章 胶印过程控制特性	15
2.1 胶印过程特性.....	15
2.2 胶印质量控制的胶印过程参数.....	18
2.3 胶印质量特性分析及评价指标体系的构建.....	21
2.3.1 印刷品质量的内涵	21
2.3.2 胶印质量控制指标体系	22
2.4 印刷过程的控制特点.....	31
第 3 章 胶印过程智能控制理论基础	35
3.1 专家控制基本理论.....	35
3.1.1 专家系统的功能与结构	35
3.1.2 专家系统的特点	37
3.2 模糊控制基本理论.....	38
3.2.1 模糊集合与模糊逻辑	38
3.2.2 模糊推理.....	41
3.2.3 模糊控制基本结构	43
3.2.4 模糊化与去模糊化	44
3.2.5 模糊规则的建立	46
3.3 神经网络基本理论.....	47
3.3.1 神经网络基本组成单元	47
3.3.2 前馈神经网络	49
3.3.3 优化 BP 学习算法	52
3.4 神经网络控制系统.....	55
3.4.1 神经网络控制的基本思想.....	55
3.4.2 基于神经网络的控制方案.....	56
第 4 章 胶印过程智能控制及知识表示	58
4.1 胶印过程智能控制的总体要求.....	58

4.2	胶印过程智能控制的总体设计	60
4.3	胶印过程智能控制的知识组织	63
4.3.1	胶印过程智能控制的知识表示	63
4.3.2	胶印过程智能控制系统的事例库	73
第5章	胶印过程智能控制策略	77
5.1	模糊神经网络基本结构	77
5.2	胶印过程智能控制的模糊神经网络	79
5.2.1	胶印过程智能控制的模糊神经网络输入	79
5.2.2	胶印过程智能控制的模糊神经网络输出	81
5.3	胶印过程智能控制的模糊神经网络算法	81
5.3.1	传统的模糊神经网络学习算法	81
5.3.2	胶印过程智能控制的模糊神经网络学习算法	83
5.3.3	仿真实验	87
第6章	胶印过程智能控制系统的实现	90
6.1	软件的开发	90
6.1.1	软件开发的科学方法	90
6.1.2	软件的开发工具	94
6.1.3	MATLAB 仿真工具	95
6.2	胶印过程智能控制系统软件流程及实现	100
6.2.1	胶印过程智能控制系统的软件流程	100
6.2.2	胶印质量智能控制系统的软件流程及实现	101
附录	胶印质量智能控制功能的算法实现	111
	主要参考文献	127

第 1 章 绪 论

1.1 印刷智能化控制是印刷工业发展的前沿课题

印刷业是新闻出版业和文化产业的一个重要组成部分,是经济文化发展配套的服务性很强的加工制造业,往往跟随地区经济文化发展水平的提高而发展。印刷业又是一个高新技术信息产业,印刷工业产品是一种使用范围十分广阔、各行各业都离不开、无人不用、无所不在的产品。印刷业的产品内容丰富,从书籍、报刊到钞票、标签和邮票等无所不包。

在 21 世纪电子媒体和因特网迅速发展的信息时代,印刷媒体和印刷技术面临自发明以来最严峻、最重大的技术挑战,但是依然有美好的前景,拥有广阔的未来。虽然电子媒体和因特网有更强的时效性和更多的个性化内容,可以与客户对话,可更快、更广泛地搜索信息,但是信息资料印刷品不仅没有失去其重要意义和迷人的魅力,而且印刷品需求量会越来越大。

首先是印刷媒体的发展还远未达到其极限。据介绍,德国人均印刷品年消费为 450 马克,美国为 600 马克,日本为 800 马克,全球人均印刷品年消费为 56 美元,西欧和北美国家印刷品消费占了全球的 70%~80%。由于印刷品的需求会随着人口的增长、可供支配收入的增长、生活水平的提高、教育水平的提高、社会的进步而增加,因此印刷品市场远未达到极限,其绝对值将与电子媒体需求量共同增长。其次,包装印刷是印刷媒体新需求的重要支柱,而包装印刷品的功能是电子媒体所不能替代的。印刷品不仅是书籍、杂志和报纸,而且包括包装印品、广告、样本、说明书等。包装具有保护产品功能、能显示信息、具有迷人魅力、能提高产品竞争力等特点,这些功能是电子媒体所不能代替的。三是印刷媒体的优点可以长期保存,随时随地阅读要比使用计算机更方便。四是印刷媒体的技术进步——数字印刷和印刷流程数字化,使印刷媒体在现代媒体中处于媒体核心地位,是媒体工业的支柱。电子媒体、因特网信息源与现代印刷媒体前期制作过程是基本相同的,实际上现代媒体和因特网的信息源不少来源于印刷媒体及其数据库,而电子媒体和网上信息下载也离不开现代印刷工艺。印刷媒体领域进一步增长将与电子媒体部分融合,印刷技术进步和工艺的变化,能提高印刷工业走向多媒体服务业进程中的竞争能力。正如 Drupa 展览会资料中所肯定的:“印刷媒体具有数不胜数的优点,也是无可比拟的、不可替代的,所以在下个世纪,印刷媒体依然具有美好的前景”。事实上,自 1998 年以来,世界印刷业的年均增长

速度约为2%，每年产值大体在6 200亿美元，约占全球总产值的1.1%，从而使印刷业成为全球规模最大的制造业之一。

近10年来，随着世界制造中心向亚洲转移，与出版、食品、日化、烟草、轻工等众多行业息息相关的印刷业，其工业产值在我国的年均增长速度一直在10%以上，2004年达到2 775亿元，占GDP的2%，2005年达到3 000亿元。目前，中国拥有92 000多家印刷企业，从业人员达到350多万人，在国民经济40个主行业中，印刷行业已上升到第12位。中国的珠三角、长三角和环渤海经济带是中国印刷最发达的地区。浙江的温州、苍南，广东的中山，河北的雄县、三河、廊坊、东光，上海的浦东，安徽的桐城等地区，已形成区域性包装印刷基地，印刷业在当地已成支柱产业。随着我国经济的发展和人民生活水平的提高，印刷业必然是一个同步并超前发展的行业。据国内外有关专家的统计预测，目前，我国印刷品的消耗量仍然很低，1997年全球人均印刷品消耗是56美元，我国人平均才10美元，只占全球人均消耗的1/5，只有德国的1/20，美国的1/30，日本的1/40，远远达不到世界平均水平。这也正说明，从发展的前景来看，我国的印刷业市场潜力十分巨大，前景相当广阔。可以这样说，我国印刷业已经形成可以满足我国经济、文化等各行各业需要的门类齐全的独立完整的工业体系。

我国加入WTO之后，出版印刷行业将逐步放开，更多的企业参与到激烈的市场竞争中来。目前我国印刷业在世界的排位与我国的大国地位很不相称，印刷业的整体水平还很落后，甚至直到现在也还未做好工业经济时代应完成的基本建设。大家已经看到，在知识经济时代，印刷业将要发展为高生产力的制造业、并成为信息产业的一个组成部分，它对于任何一个国家和地区都将是至关重要的行业。毫无疑问，我国印刷业今后发展得如何，将直接影响和联系着我国政治、文化、人民生活乃至整个国民经济。那么，如何才能尽快地赶上国内外同行业中先进企业的水平，如何尽快提高产品质量并在竞争中获胜，就是我国印刷行业所面临的重大战略性问题。

今天，我们面临着从模拟技术、数字技术并存，向以数字技术、网络技术和多媒体技术为主要手段的数字时代转变。印刷产业的技术基础发生了巨大的变化，这种变化带动了产业技术、产业形态、产业管理和盈利模式的改变，影响到印刷媒体产业的各个领域。这给印刷行业提供了前所未有的发展机遇，同时也提出了挑战。我国印刷业的整体发展水平还很落后，无论从印刷技术和装备水平上，还是从企业的管理水平上，与世界发达国家相比，都仍有很大的差距。这些差距主要表现在：产品的稳定性、可靠性差；质量自动检测、自动控制技术方面基本空白。拿印速来说，德国高宝利必达单张纸胶印机的印速高达每小时18 000份，而我国生产的单张纸胶印机最高印速仅达每小时12 000份；就功能和用途

而言,美国麦安迪 2200 型印刷机各种功能齐备,包括模切、打孔、打堙、复卷、横切、扇折和传递,广泛应用于各种印刷品加工,包括不干胶、价格挂牌、药品包装、化妆品包装、刻度标签以及其他许多方面,而我国生产的印刷机大部分还处于单一用途状况。中国印刷工业将面临采用先进的高新印刷技术的新需求。为适应中国印刷工业发展的新需求,中国印刷及设备器材工业协会在组织调研的基础上,提出了在 21 世纪初的 10 至 15 年我国印刷及设备器材工业发展的 28 字方针,即“印前数字、网络化,印刷多色、高效化,印后多样、自动化,器材高质、系列化”。这一技术进步方针既符合国际印刷技术发展方向,同时又符合我国印刷技术发展实际需要,在印刷行业内取得了广泛共识。

影响企业竞争力的因素是品种、质量、价格和效率,在这些因素中,质量是决定一切的关键因素。近 10 年来,我国先后引进了德国、日本等国家的单张纸胶印机等多项高档印刷机械,大大提高了我国包装印刷设备水平。随着印刷设备档次的提升,各类高档印刷品也日益增多。而纵观国内的印刷厂商,一部分已拥有先进的设备,具备了相同的生产技术能力,但结果是产品雷同,企业缺少竞争力。印刷厂如何能在同行业中保持领先地位、进而获取合理的利润,其关键还是在于企业本身是否能提供独特的新技术和良好、稳定的印刷质量。众所周知,高速发展的世界经济,已经进入了一个崭新的时代,全世界已达成共识,把它称作知识经济的时代。其最主要的特征就是电子技术、计算机以及网络技术的迅速发展,国际市场一体化进程的加快,产品技术含量的不断提高和新旧产品的快速更迭。面对日趋激烈的市场竞争,每一个企业都会感觉到前所未有的生存压力,一言兴邦,“质量”稳定事关兴邦兴国的千秋大业。世界著名的质量专家、美国的 J. M. 朱兰博士,曾在美国质量协会年会上发言指出:20 世纪是生产力世纪,21 世纪是质量世纪。不久前,他又进一步强调:“21 世纪是高科技发展的质量世纪”。质量作为一种理念和文化,将渗透到社会的各个方面。再看“第七次世界印刷大会”指导委员会主席彼得·雷恩先生的深刻分析,他说:“目前,各国、各行业都面临成本、价格、产品需求和供应方面的压力,印刷业也不例外。纸张、劳动力的成本增加,印刷技术、新媒体、新的做生意的方式及印刷品的购买者购买力的变化都会影响印刷效益……技术的变化、经济对印刷业的影响会使所有的公司改进服务、生产工艺及与客户的通信方式。生产率的提高、价格的竞争、环境问题、替代传统印刷方式的印刷方法及网络的发展等,也需要革新性的解决方案及应用方案。”这些高度概括性的中肯分析,对印刷业各方面人员都有深入研究和借鉴的价值。

目前,印刷领域常用的印刷方法有四大类。它们是:

凸版印刷——利用与印章相同的原理,使油墨从凸起的图像版面转移到承印物上。

凹版印刷——使油墨从刻在光滑金属版面上的着墨孔或凹槽中转移到承印物上。

平版印刷——使油墨从只接受油墨的平滑版面区域转移到承印物上。

丝网印刷——利用孔状模版来控制油墨，使油墨漏印到承印物上。

胶版印刷（也称胶印）作为平版印刷的一种主要方法，是现代印刷的重要分支，由于具有印刷速度快、产品精细、墨色鲜艳、图文清晰和生产周期短的特点，在书刊、报纸、商业印刷等领域得到了广泛应用，一直在出版和商业印刷领域占据着绝对的统治地位，特别是画册类高档印刷品只能用胶印来完成。这是因为胶印机发展到今天，技术已经非常成熟，在图像细节再现方面具有其他印刷方式无法比拟的优势。目前，胶印在国外基本上占有印刷总额的一半以上；在我国印刷领域，胶印已经非常普及，在各种印刷方式中所占比例最大，是我国出版、包装印刷领域最主要的印刷方式，因此，在我国，胶印机的装机量最大。胶印机六大国际供应商海德堡、曼罗兰、高宝、小森、三菱、秋山，近几年在中国的销售量节节攀升。

与丝网印刷、凸版印刷、凹版印刷相比，胶印（平版印刷）是一种比较复杂的生产工艺过程，也是最典型、应用最广泛的一种印刷手段。胶印中最基本的印刷原理是利用油水不相溶、印版具有选择性吸附的两大规律使油墨和水在印版上保持相互平衡来实现网点转移，并以此达到印刷品图像清晰、色彩饱满的效果。理想的胶印工艺以各种印刷材料和成分的理化特性为基础，其中最重要的理化特性包括印版、墨辊、橡皮布、油墨、润版液、承印材料等。在胶印过程中，油墨、润版液、印版、橡皮布和承印物等印刷材料的印刷适性以及印刷压力、水墨平衡等印刷工艺条件都会直接影响印刷过程和印刷效果。目前，在胶印生产中，主要依靠一线操作人员的经验来确定具体的工艺参数和条件，并判定印品质量，主观因素占很大比例。如何能及时、准确地分析相关数据信息，科学地制定工艺规程，从传统的“经验判断”转向“科学定量分析”，提高质量控制的科学性、规范性和合理性，从而提高印品质量，降低印刷废品率，是印刷领域迫切需要解决的关键问题。

胶印与其他印刷手段一样，是大量复制的技术，其产品是视觉产品。胶印过程从广义上讲，应当包括设计、制版、印刷、印后加工等过程，也就是通常所说的印前、印刷、印后三大过程。现代质量工程技术把质量控制划分为若干阶段。首先，在产品开发设计阶段的质量控制叫做质量设计，在生产过程阶段又分为工艺设计阶段和制造阶段，工艺设计阶段的质量控制也叫质量设计。在生产中需要对生产过程进行监测，该阶段称为质量监控阶段。在质量监控过程中，质量的好坏主要来自于制造工序本身的质量，即质量监控或生产过程控制仅仅对先天设计的波动大小进行维护，因而是后天的维护阶段。随着质量改进与持续改进质量观

点的形成和这方面质量实践的成功,生产过程控制在质量问题上的重要性得到越来越多的关注。生产过程控制虽不能创造新的质量,但它是质量改进的先行技术。特别是在胶印生产中,印刷过程就是忠实地再现出设计好的内容,从这个意义上讲,胶印过程智能控制技术具有更重要的意义和应用价值。

近年来,随着计算机技术、自动化技术以及通信网络技术和信号处理技术的发展,制造业的自动化水平不断提高,自动监控系统以其准确、全面、实时地获取监测对象状态的特点,在企业生产过程的质量监控中得到重视、发展和应用。胶印生产是高速的复制过程,现代印刷动辄每小时近万张的印刷速度,依靠现场操作人员去迅速分析导致异常的原因和提出正确的处理方法并做出调整时,不良印品已大量形成。因此在这种情况下,只有借助于基于计算机的智能化数据处理方法和智能控制技术来帮助生产的操作人员去分析大量的现场监测信息,及时有效地找出导致异常的原因并提出正确的处理异常的方法,对于确保胶印印刷过程中的质量稳定,降低印刷成本,提高印刷质量和生产效率,具有十分重要和深远的意义。

1.2 智能控制技术为印刷智能化提供有力保证

自动控制理论是与人类社会的发展密切联系的一门学科。自从19世纪J. C. Maxwell对具有调速器的蒸汽发动机系统进行线性常微分方程描述及稳定性分析以来,经过20世纪初Bode、Nichols、Nyquist等人的杰出贡献,才形成经典反馈控制的理论基础。第二次世界大战期间军事上的需要以及随后工业大发展的要求又使自动控制理论取得了重大进展。这期间的控制理论主要是采用频率法对控制系统进行描述、分析和设计,其中有很多有效的设计方法,如Nyquist图法和根轨迹法等。目前,经典控制理论仍然在工业过程控制中发挥着重要的作用,解决了许多控制问题。由于现代控制理论所采用的各种控制系统分析综合方法都是在取得控制对象数学模型基础上进行的,而数学模型的精确程度对控制系统性能的影响很大,往往由于某种原因对象参数发生变化使数学模型不能准确地反映对象特性,而无法达到期望的控制指标,使得现代控制理论在处理难以建立精确数学模型的一些复杂工业过程和系统时,显示出了严重的不适应性和局限性。

造成现代控制理论的成果很少得到实际应用的主要原因是:

- 1) 现代控制理论依赖理想化的精确的对象数学模型。
- 2) 控制算法较为理想化。
- 3) 设计方法越来越数学化。
- 4) 实际生产过程中有许多需要靠操作人员的知识和逻辑思维来解决的问题,而现代控制理论显得无能为力。

为了解决这类实际控制问题,一方面需要不断地完善现代控制理论,推动鲁棒控制、变结构控制和自适应控制等理论和方法的研究;另一方面需要开辟新的控制思路和控制途径,促使智能控制作为控制领域的一个新的分支不断发展。现今,随着智能控制在众多工程领域里的成功应用,它已经成为控制理论和技术领域中最富于魅力和最具应用性的分支之一,受到了控制工程师们广泛的关注。

从20世纪60年代起,由于空间技术、计算机技术及人工智能技术的发展,控制界学者在研究自组织、自学习控制的基础上,为了提高控制系统的自学习能力,开始注意将人工智能技术与方法应用于控制系统。1965年,美国著名控制理论专家扎德(L. A. Zadeh)创立了模糊集合论,同年,美国著名科学家Feigenbaum着手研制了世界上第一个专家系统;傅京孙首先提出把人工智能中的直觉推理方法用于学习控制系统。1966年,Mendel提出了“人工智能控制”的概念。直到1967年,Leonides和Mendel才首先正式使用“智能控制”一词,并把记忆、目标分解等一些简单的人工智能技术用于学习控制系统,提高了系统处理不确定问题的能力,这标志着智能控制思想的萌芽。从70年代开始,傅京孙、Gloriso和Saridis等人从控制角度进一步总结了人工智能技术与自适应、自组织、自学习控制的关系,正式提出了智能控制就是人工智能技术与控制理论的交叉,并创立了人-机交互式分级递阶智能控制的系统结构,为分级递阶智能控制的形成奠定了基础。

1974年,英国马丹尼(E. H. Mamdani)将模糊集和模糊语言逻辑用于控制,创立了基于模糊语言描述控制规则的模糊控制器,并成功地将其用于工业过程控制。自此,模糊控制在工业过程、家用电器以及高技术领域的一系列的成功应用,充分显示了模糊控制的巨大应用潜力。

进入20世纪80年代,由于微机的迅速发展以及人工智能的重要领域——专家系统技术的逐渐成熟,使得智能控制和决策的研究及应用领域逐步扩大,并取得了一些应用成果。到了80年代中后期,在控制、计算机、神经生理学等学科的密切配合下,智能控制又在寻求新的合作,神经网络理论和应用研究为智能控制的研究起到了重要的促进作用。

进入90年代后,智能控制的研究异常迅猛。模糊系统、神经网络、进化计算这三个新学科已成为研究智能控制的重要基础。目前,将神经网络与模糊控制技术相互结合,取长补短,形成一种模糊神经网络技术,由此可以组成一组更接近于人脑的智能信息处理系统,其发展前景十分诱人。

智能控制系统的智能可归纳为以下几方面:

- 1) 先验智能:有关控制对象及干扰的先验知识,可以从一开始就考虑在控制系统的设计中。

- 2) 反应性智能:在实时监控、辨识及诊断基础上对系统及环境变化的正确

反应能力。

3) 优化智能: 包括对系统性能的先验性优化及反应性优化。

4) 组织与协调智能: 表现为对并行复杂任务或子系统之间的有效管理与协调。

智能控制的概念是针对系统及其控制环境和任务的不确定性而提出来的。智能控制过程是含有复杂性、不确定性、模糊性且一般不存在已知算法的非传统数学公式化的过程。在智能控制过程中, 以知识信息为基础进行推理和学习, 用启发式方法来引导求解过程, 从而得以在大范围内实现快速自组织的目标。因此, 就智能控制过程而言, 系统应当设计成为对环境 and 任务的变化有快速的应变能力, 而且要能完成各种难以用传统的分析数学以及统计数学方法定义得清楚的任务。

目前, 智能控制已形成多种方法, 其中比较典型的有专家控制系统、模糊控制系统和神经网络控制系统等, 并以它们为代表, 经过了短短一二十年的发展, 给整个控制理论带来了无限的生机和活力。

专家控制系统是一种基于知识的控制方法, 作为人工智能在控制领域的较早尝试, 专家控制系统在解决某些复杂系统的控制问题时取得了令人满意的效果。专家系统模拟人类操作者, 利用工程师的经验和知识, 并与控制器的算法相结合, 实现对过程的有效控制。由于专家的经验通常以规则形式表示, 因此, 有时也称基于规则的控制。按照专家系统影响被控过程的形式; 专家系统控制可以分为直接专家系统控制和间接专家系统控制两种。在直接专家系统控制中, 专家系统位于内环或执行级中, 以及外环或监控级中。专家系统直接给出控制信号, 影响被控过程; 专家系统根据测量到的过程信息及知识库中的规则, 导出每一采样时刻的控制信号, 驱动过程、实现控制作用。在间接专家系统控制中, 专家系统位于外环或监控级中, 它通过层间界面指导内环或执行级的工作。

专家系统只是通过对控制器的结构或参数进行调整, 间接地影响被控过程。例如, 为防止控制回路中突变产生的影响, 在自适应控制中可以有从结构中切除参数估计过程的专家系统; 在门D控制器中可以有自调整参数的专家系统; 在这些情况下, 专家系统只是根据其各种输入信号和专家经验完成参数估计过程或调整ND参数, 而不直接在每个采样周期内都去确定控制动作。但是这种基于知识的专家系统在知识的获取、知识表达和推理方式上存在着固有的缺陷, 如知识的来源主要靠专家经验、知识“瓶颈”、知识“组合爆炸”等, 这使得专家控制方法在工程应用上受到限制。

而模糊控制和神经网络控制方法在一定程度上避开了这个问题, 而且它们表达信息和推理的方式更合乎人的思维的特点。因而, 模糊控制和神经网络控制更为许多控制领域的专家所重视。

模糊控制是以模糊集合理论为基础的一种新兴的控制手段,是采用由模糊数学语言描述的控制律(控制规则)来操纵系统工作的控制方式。美国的控制论专家 L. A. Zadeh 教授 1965 年创立了模糊集合论,从而为描述、研究和处理模糊性现象提供了一种新的工具,并在 1968~1973 年期间先后提出语言变量、模糊条件语句和模糊算法等概念和方法,使得某些以往只能用自然语言的条件语句形式描述的手动控制规则可采用模糊条件语句形式来描述,从而使这些规则成为在计算机上可以实现的算法。1974 年, E. H. 曼达尼和 S. 阿西里安成功地把这种想法应用于小型汽轮机的控制,开拓了模糊控制的方向。此后,模糊控制方法迅速得到推广,被应用于热交换器、水泥窑、交通管理等许多领域。一种利用模糊集合的理论来建立系统模型,设计控制器的新型方法——模糊控制也随之问世了。模糊控制的核心就是利用模糊集合理论,把人的控制策略的自然语言转化为计算机能够接受的算法语言所描述的控制算法,这种方法不仅能实现控制,而且能模拟人的思维方式对一些无法构造数学模型的被控对象进行有效的控制。

随着计算机及其相关技术的发展,模糊控制也由最初的经典模糊控制发展到自适应模糊控制,专家模糊控制和基于神经网络的自学习模糊控制。其实现方式也由最初在微型机(单片机)上用软件方法实现发展到应用模糊控制开发出模糊计算机进行直接控制。目前世界上已研制出各种专用硬件模糊控制器(模糊芯片),主要应用于液压伺服系统、机器人、汽车、家电产品等控制领域。应该指出的是,模糊控制对那些难以获得数学模型或模型非常粗糙的工业系统,如那些大滞后、非线性等复杂工业对象实施控制有独特优势,但它绝不可以代替经典的自动控制,而是扩展了一般的自动控制。在一些实际过程中,人们也常把模糊控制与一般的自动控制结合在一起应用,并且已研制出神经模糊网络的家电产品,将模糊控制技术与人工神经网络、专家系统等人工智能中一些新技术相结合,向着更高层次的研究和应用发展。但是,如模糊算子、模糊关系方程的求解等模糊控制理论方面,还有许多不完善的地方,有待人们去深入研究。

神经网络控制是智能控制的一个分支,具有学习能力与自适应性,为解决复杂的非线性、不确定、不确定知系统与环境的控制问题提供了一种新的途径。神经网络通过模拟生物神经处理单元的功能以及它们之间的连接方式来得到知识获取、存储和应用的方法,是一种具有一定智能水平的仿生物系统。

神经网络控制的研究始于 20 世纪 60 年代,1960 年, Widrow 和 Hoff 首先把神经网络用于控制系统。Kilmer 和 McCulloch 提出了 KMB 神经网络模型,并在“阿波罗”登月计划中应用并取得良好的效果。1964 年, Widrow 等用神经网络对小车倒立摆系统实行控制并取得了成功。70 年代,神经网络研究处于低谷,所以神经网络控制没有再发展。从 80 年代后期开始,神经网络控制随着形势发展而重新得到重视,但大多数研究集中在自适应控制方法上,目前,它正朝智能