



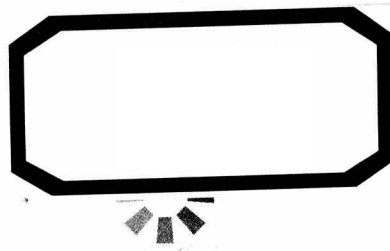
智能测控系统的 智能特性研究

刘东 著



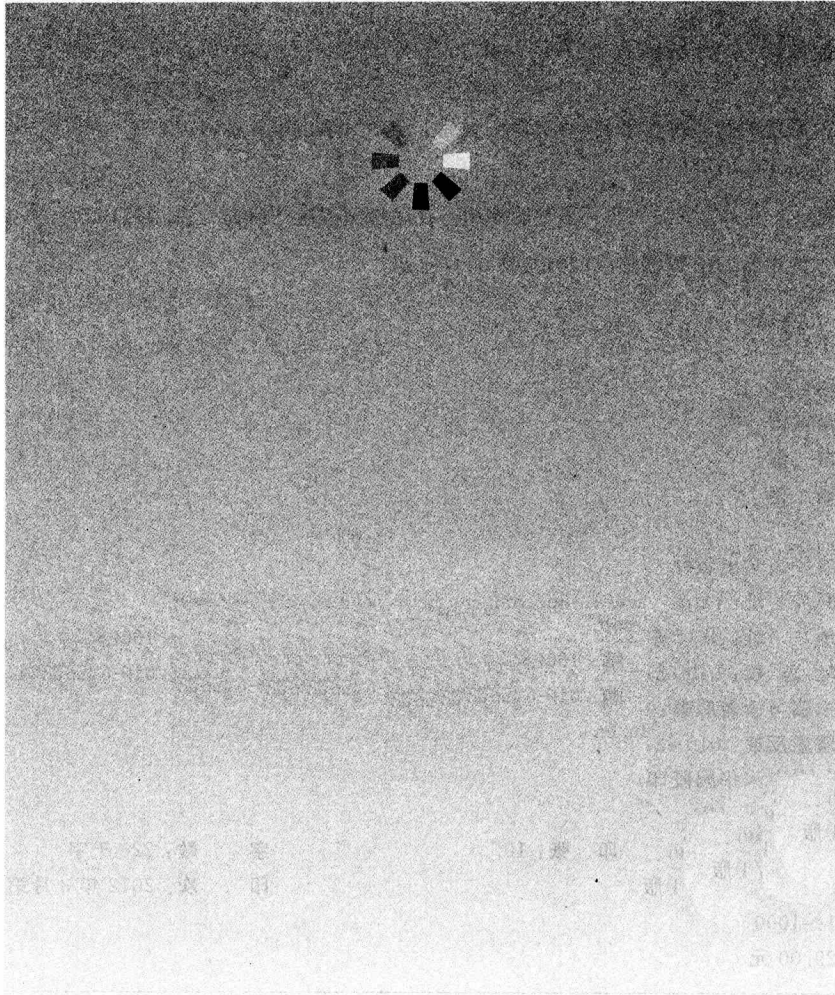
清华大学出版社





智能测控系统的 智能特性研究

刘东 著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共分5章,主要包括绪论、研究基础与算法平台、智能移动机器人的自主特性研究、复杂系统智能测控与信息融合、智能测控系统的智能水平评价研究等,可供从事智能测控系统的智能特性研究人员以及高校计算机应用、自动化和电子信息类专业师生阅读。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

智能测控系统的智能特性研究/刘东著.--北京:清华大学出版社,2012.3

ISBN 978-7-302-27936-5

I. ①智… II. ①刘… III. ①智能控制—自动检测系统—研究 IV. ①TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第009713号

责任编辑:谢琛

封面设计:常雪影

责任校对:白蕾

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:10

字 数:226千字

版 次:2012年3月第1版

印 次:2012年3月第1次印刷

印 数:1~1000

定 价:29.00元

产品编号:040845-01

前 言

随着信息技术的迅速发展,智能检测和智能控制系统得到了国内外专家学者的广泛关注,研究成果不断出现,其中部分成果已经应用到工矿企业和事业单位,在经济发展和 社会进步中起到积极的推进作用。正是在这个迅速发展的时期,人们对系统的智能特性 开始了专门研究,如何来正确认识和运用智能测控系统的智能特性,对其进一步的发展至 关重要。

《智能测控系统的智能特性研究》集中反映了作者在智能测控系统的智能特性和智能 水平方面所做的专门研究。搭建研究基础算法平台,探讨智能移动机器人的自主特性,结 合煤矿安全生产的复杂因素研究复杂系统的智能测控和信息融合,提出对智能系统及智 能测控系统进行智能特性和智能水平评价的定义、标准、规范、体系结构、评价指标、测试 方法、系统智商的计算方法和系统智能水平的评价规则。通过已有的研究和应用举例,为 进一步深入研究智能测控系统智能特性及其评价理论、方法和应用奠定基础。进而通过 对系统的广义智能研究与评价结果来促进智能测控系统的分析与设计、规范智能产品市 场、提升系统智能,从而取得更多的应用效益。

本书研究范围主要涉及智能检测与控制、系统评价等领域,与控制论、信息论、系统 论、生命科学、计算机科学、人工智能、人工生命等多个学科的理论基础和分析方法及应用 技术。

智能测控系统的智能特性是可以研究、提升和评价的,采用系统分析、系统设计、系统实 施、系统仿真、定量计算、定性描述和实例验证等多种方法,说明了预期结果的可达性和研究 意义,为智能测控系统的智能特性研究工作和促进智能测控系统的健康发展做出了努力。

全书共分 5 章。第 1 章“绪论”,主要介绍智能的提出、基于人工智能的智能测控系 统、基于人工生命的智能测控系统及其智能特性的提出和发展。第 2 章“研究基础与算法 平台”,介绍了主要的研究基础,搭建了人工神经网络等几种常用的算法平台。第 3 章和 第 4 章分别介绍智能移动机器人的自主特性研究和复杂系统智能测控与信息融合,选择 了轮式智能移动机器人和以煤矿安全生产为复杂背景的测控系统对象,进行其系统智能 特性的开发与研究。第 5 章“智能测控系统的智能水平评价研究”,提出了广义智能评价 的理论体系,介绍了系统智能水平评价系统的系统设计、系统实施和评价结果,可为进一 步深入研究智能测控系统的智能特性奠定基础。

本书中涉及的研究内容得到了涂序彦、尹怡欣等博士生导师们的指点及国家自然科 学基金的支持。在本书的选题、撰写、定稿和出版过程中,得到了北京联合大学项目经费 支持。作者在此表示深深的敬意。

由于作者水平有限,书中内容难免有不当和错误之处,敬请有关专家和广大读者批评 指正。

作 者

2011 年 10 月

· I ·

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 智能的提出	1
1.2 基于人工智能的智能测控系统	1
1.3 基于人工生命的智能测控系统	3
第 2 章 研究基础与算法平台	5
2.1 研究基础	5
2.1.1 智能测控及智能测控系统.....	5
2.1.2 人类智能与智能测控系统智能水平的影响因素分析	12
2.1.3 系统的拟人智能特性	14
2.2 算法平台设计.....	16
2.2.1 平台的总体设计	16
2.2.2 图像主要特征提取子系统设计	17
2.2.3 图像逻辑运算子系统设计	18
2.2.4 基于形象思维识别子系统设计	19
2.2.5 人工神经网络处理模型子系统设计	20
2.2.6 复杂系统预测子系统程序设计	20
2.3 算法平台运行.....	22
2.3.1 平台系统的主控运行	22
2.3.2 图像主要特征提取子系统的运行	22
2.3.3 图像逻辑运算子系统的运行	22
2.3.4 基于形象思维识别子系统的运行	24
2.3.5 人工神经网络处理模型子系统的运行	26
2.3.6 复杂系统预测子系统的运行	29
第 3 章 智能移动机器人的自主特性研究	31
3.1 智能移动机器人的开发平台.....	31
3.1.1 开发平台简介	31
3.1.2 二次开发接口	32
3.1.3 相关类说明	33
3.2 智能移动机器人自识别的特性研究.....	36
3.2.1 硬件设计	36
3.2.2 软件设计	37

3.2.3	标定工作	41
3.3	智能移动机器人的自主移动研究	42
3.3.1	系统的设计与开发	42
3.3.2	系统基本功能的实现	46
3.3.3	基于神经网络信息融合的自主避障	48
3.3.4	基于模糊信息融合的自主避障	49
3.3.5	运动目标的自主跟踪	53
第4章	复杂系统智能测控与信息融合	56
4.1	测控系统的总体设计	56
4.1.1	背景描述	56
4.1.2	系统总体设计	57
4.2	复杂系统底层的智能测控	58
4.2.1	温度和压力信号检测系统	58
4.2.2	环境测控系统软件与算法研究	65
4.2.3	复杂围岩裂隙的探测	75
4.3	复杂系统顶层的智能融合特性研究	91
4.3.1	基于粗糙集的信息融合理论	91
4.3.2	基于神经网络的信息融合理论	92
4.3.3	基于粗糙集和神经网络的信息融合	93
第5章	智能测控系统的智能水平评价研究	97
5.1	智能控制系统智能水平评价的研究现状	97
5.1.1	对机器的图灵测试	97
5.1.2	对人的智商的测试	97
5.1.3	其他对智能系统的评价	98
5.1.4	对智能控制系统智能水平的评价	99
5.1.5	研究现状中待解决的问题	100
5.2	智能系统的广义智能评价理论体系	102
5.2.1	广义智能评价的定义、标准及规范	102
5.2.2	广义智商算法	103
5.2.3	广义智能评价方法	104
5.2.4	智能测控系统智能水平评价系统的体系结构	105
5.3	智能控制系统智能水平评价系统的系统设计	108
5.3.1	系统组织层设计	108
5.3.2	系统协调层设计	109
5.3.3	系统执行层设计	114
5.4	几种智能方法和智能特性的测评举例	117

5.4.1	对智能方法的测试举例	117
5.4.2	对智能特性的定性测评举例	128
5.4.3	智能水平的定量测评举例	130
5.5	智能移动机器人的智能水平评价研究	133
5.5.1	智能移动机器人对颜色识别特性的测试	133
5.5.2	智能移动机器人智能特性测试器的设计和开发	136
5.5.3	智能移动机器人广义智能测试量表及其智能特性	136
5.5.4	智能移动机器人系统的广义智能评价举例	138
参考文献		142

第 1 章 绪 论

众所周知,传统的检测与经典的控制理论诞生于 20 世纪 40 年代,半个多世纪以来为科技进步和人类社会发展做出了巨大的贡献。然而,随着日益增长的测控需求,测控对象由最初较为理想的或典型的测控系统逐步扩展成复杂的系统并具有不确定性,原有的测控理论和测控方法面对现实当中大量复杂系统的测控则开始显得无能为力。智能测控为解决复杂系统的测控问题应运而生,把人工智能的理论、方法和技术结合到测控系统当中,有力地促进了智能测控系统的快速发展。基于人工智能、人工生命和广义人工智能的智能测控系统的研究已经受到国内外专家学者的持续关注。

1.1 智能的提出

毫无疑问,人具有智能。但机器或人造系统可以具有“智能”吗?长期以来,人们对“智能”的理解众说纷纭,有的人把含有电脑 CPU 的系统称为智能系统,有的人把某些自动化的系统称为智能系统,有的人把带有信息采集和处理功能的系统称为智能系统。于是,各种智能仪表、智能器械、智能设备、智能装置、智能产品、智能电器、智能武器、智能系统纷纷涌入市场。在这其中,确有真正“智能”的存在,但也有某种程度上对“智能”误解的存在。

我们认为,电脑化、自动化、信息化不等同于智能化,它们是智能化的基础、条件和手段。电脑化是使传统的产品或系统含有了电脑,电脑可以用来实现计算等功能。自动化是指产品或系统在没有人或很少有人参与的情况下,按着人的要求,采取自动控制或自动运行的方式,完成其承担的任务。信息化则体现在系统信息的采集、传输、处理及应用上。在电脑化、自动化和信息化当中不一定都有智能的含义。

然而,什么是智能系统的智能特性呢?目前还需要研究,才能澄清尚存的一些模糊概念,进而正确地认识“智能”和正确地评价系统的智能特性。我们认为,智能产品或系统应从两个方面来理解,一是指它具有了某些仿人或拟人的智能特性,二是指它采用了人工智能或人工生命的理论、方法和技术。

因此,针对智能测控系统的智能特性进行专门地研究,对澄清其概念、促进其发展是十分必要的,这不仅是学术的需要,也是应用的需要。

1.2 基于人工智能的智能测控系统

30 年来,智能测控理论与智能测控系统发展迅速。从智能测控的概念和结构理论角度来看,较具代表性的有傅京孙(K. S. Fu)于 1971 年提出把智能控制(IC)作为人工智能

和自动控制的交接领域,即描述为自动控制系统(AC)与人工智能(AI)的交接作用,这种交接作用可以用 AC 和 AI 的二元交集结构来表示。萨里迪斯(G. N. Saridis)于 1977 年把傅京孙的智能控制扩展为三元结构,即把智能控制看做人工智能、自动控制和运筹学(OR)的交接。同时,他还提出一个主要由 3 个智能感知级组成的分级智能控制系统,顶级由人工智能起作用;第二级由人工智能和运筹学起作用;最低级要求具有很高的精度,由自动控制理论进行控制。李祖枢等在研究仿人智能控制中提出另一种智能控制的三元结构,即智能控制是人工智能技术、计算机科学技术与自动控制技术的交叉产物。蔡自兴提出四元智能控制结构,把智能控制看做自动控制、人工智能、信息论和运筹学 4 个学科

的交集。

从系统定义的角度来看,较具代表性的是傅京孙列举的三种智能控制系统,即人作为控制器的控制系统、人机结合作为控制器的控制系统、无人参与的自主控制系统。萨里迪斯认为,通过自主智能机实现其控制目标而无须操作人员参与的系统称为智能控制系统。众所周知,几乎所有的智能控制系统都含有智能检测子系统,因此,对智能测控系统的研究很有必要。涂序彦等先生则认为应从系统特性和系统方法两方面来定义智能测控系统是具有拟人智能特性的测控系统,是基于智能测控方法的测控系统。

系统较具代表性的智能特性有自学习、自识别、自适应、自组织、自诊断等系统特性。较具代表性的智能方法有模式识别、模糊控制、神经网络控制、基因控制(即遗传算法)、混沌控制、小波分析、分层递阶控制、博弈论及自然语言理解等方法。人工智能基于人们对客观事物的认识由浅入深、滚动发展,用于模拟人对客观对象或特定环境的响应与行为。而基于人工智能的测控系统具有分析、调控、决策的能力,或具有克服干扰追踪目标、去伪存真的能力。

今天,模糊集理论、神经网络理论、遗传算法等及其应用技术已成为智能测控前沿性的课题,并已开始渗入到控制领域及以外的众多学科。

虽然智能控制理论和智能测控系统的研究及应用已经取得了许多成果,但总体上说,应用尚不够成熟。例如,模糊控制器在工程中的应用,成功的例子有蒸汽发电机、交流伺服系统、空调器、洗衣机,但这些几乎都是二维模糊控制器,结果不能令人满意,因为二维模糊控制器无法消除自衡被控制对象的静态控制偏差;遗传算法引入神经网络,用于自适应寻找神经网络最优的参数,其本质上是按梯度寻优的一种方法,容易陷入局部最优解,所以它可能不是真正的全局优化;神经网络控制器采用的完全微分型 PID 控制器的调节品质不如不完全微分型 PID 控制器,只是由于简单才使用完全微分型,使其控制效果不够理想;无论是神经网络或模糊控制,直接应用于快速时变对象、非线性对象、大滞后对象与多干涉扰动对象都有困难。它可借助于过程控制的系统经典结构,构成预估补偿、非线性补偿、变量平衡结构、解耦或逆控制等方法,使不良特性(大滞后、强干扰、高非线性等)得到弱化或抑制。在此基础上,再实施相应的智能测控,可以获得更好的实际效果,但这种较有深度的应用实例微乎其微;混沌优化利用混沌轨迹对参数微变的灵敏性,使得混沌算法在测控系统的寻优或辨识中初具活力,离成熟应用还有很大的距离。人们试图利用

遗传算法,通过性能指标评价函数,决定模糊控制器的参数、研究遗传算法的编码、种群选择、迭代评价、交叉与变异概率选择等。所有这些基于人工智能的研究,对智能测控系统都具有重要的支撑作用。

1.3 基于人工生命的智能测控系统

基于人工生命的智能测控系统的发起人之一涂序彦先生早在1988年《人工智能及其应用》一书中就描述过拟人智能控制的概念和定义,为基于人工生命的智能测控系统的提出奠定了基础。他认为:具有拟人智能测控特性,或采用智能测控方法的系统,可称为智能测控系统。其中:

拟人智能测控特性是模拟、延伸、扩展的人的智能特性,而人的智能特性包括人的个体和群体的多层次、多方面的智能特性,如自学习、自适应、自组织、自寻优、自镇定、自识别、自规划、自协调、自修复、自繁殖等智能特性。相比之下,智能测控方法则是人们较熟知的。

北京科技大学的尹怡欣、涂序彦教授于2002年10月在中国人工智能学会第一届“人工生命及应用”专题学术会议上正式提出了“基于人工生命的智能控制系统 ICS/AL (Intelligent Control System based on Artificial Life)”的概念,标志着“基于人工生命的智能控制系统”的研究在我国已经开始。近年来,分别在韩国及我国的北京、广州、香港等地召开了有关“人工生命”的专题学术会议。尹怡欣教授主持的国家自然科学基金项目——“基于人工生命的智能控制系统研究及应用”提出了基于人工生命的智能控制系统体系结构和总体设计方案,确立了项目研究的内容。其中,主要的研究内容有:

(1) 基于人工生命的智能控制系统(ICS/AL)体系结构与总体设计,指出 ICS/AL 是人工生命与智能控制系统相结合的产物,是引用人工生命的概念、理论、方法和技术,在现有智能控制技术的基础上,研究与开发的具有类似于自然生命系统的控制性能和特性的新型智能控制系统。

(2) 基于人工脑的智能控制器是引用人工脑的有关研究成果,如元胞自动机、感知机、联想机、认知机等,在现有智能控制器的基础上,研究开发的新型智能控制器。

(3) 基于人工感官的智能检测仪表是引用人工器官的有关研究成果,如人工眼、人工耳、人工鼻等,在现有智能检测仪表的基础上,研究开发的新型智能检测仪表。

(4) 基于人工器官的智能执行机构是引用人工器官的有关研究成果,如人工肢体、人工关节、人工脏器等,在现有智能执行机构的基础上,研究开发新型智能执行机构。

(5) 基于人工生命的智能控制系统的系统评价。

(6) 冶金工业连续轧制生产过程智能化应用试点系统。

综上,当把计算机测控技术应用到复杂的生产过程中,使之达到或超过人的操作水平时,这种由计算机实现的测控系统就具有了某些人的智能,构成了智能测控系统。当把人工生命的概念、理论、方法和技术引入到智能控制系统后,人们更加强调智能测控系统具

有的下列一般特点：有足够的关于人的控制策略、被控对象及环境的有关知识以及对这些知识的运用；能以知识表示的非数学广义模型和以数学表示的混合控制过程，采用开闭环控制和定性定量控制结合的多模态测控方式；具有变结构特点，能总体自寻优，具有自适应、自组织、自学习和自协调能力；具有补偿和自修复能力；具有判断决策能力；具有高度的可靠性。

因此，智能测控系统通过智能机自动地完成预定的测控过程，其智能机可以在熟悉或不熟悉的环境中自动地、或人-机交互地完成拟人任务。

总之，对智能测控系统的智能特性进行研究，既要借鉴前人的经验，又要有所创新；既要关注基础理论及算法平台，又要结合具体的智能系统，通过系统的设计、试验和实施，有针对性地进行智能特性研究。

第 2 章 研究基础与算法平台

2.1 研究基础

在介绍智能测控系统的研究基础之前,首先讨论智能控制系统的智能特性和智能水平,以及影响智能测控系统智能的主要因素。

2.1.1 智能测控及智能测控系统

1. 智能测控系统的属性

智能测控可表述为驱动智能机器自主地实现其测控目标的过程,它是一类无须(或很少需)人工干预就能够独立地驱动智能机器实现其目标的自动测控。智能测控系统可以通过驱动自主智能机器来实现其测控目标而无须(或很少需)操作人员参与的系统。

智能测控系统具有如下属性:

1) 智能属性

体现仿人或拟人智能的特性,它是区别于传统测控或常规测控的重要标志,来源于模拟人的知识和经验,它不排斥传统测控模式,可以与传统测控方法混杂使用,以收到更好的测控效果。值得一提的是,现有智能测控系统的智能水平与人的智能相比是微乎其微的。但是,就是这微乎其微的智能水平,已经带来了由传统测控系统到智能测控系统的质量飞跃。

2) 测控属性

智能测控系统的功能是实现对被测控对象的测试控制,这是它最重要的使能属性。如果失去了测控功能的系统就不能称其为测控系统。对测控系统进行测试与控制的目的使使被测控对象的状态与期望状态相同或相近。

3) 系统属性

智能测控系统与智能化仪表及常规控制器的区别是:它强调对复杂系统施加智能测控,它测控的不仅是单一的测控回路,也不仅是测控回路的简单组合,而是复杂的、分层递阶的、趋向分布式和网络化的综合测控系统,但它包容、不排斥传统的测控系统。智能和测控属性以分层和分布的形式在系统中体现。智能水平和控制效果则以整体和综合的形式通过系统评价和输出来展示。

2. 智能测控系统的分类

1) 按给定环节的函数类型分类

按给定环节的给定函数类型进行分类,可将智能测控系统分为以下三类。

(1) 恒值智能测控系统

恒值自动调节系统给定环节给出的函数是系统要求保持的恒值。该类系统的功能是要克服各种对被调节量的扰动而保持被调节量为恒值。

若在恒值自动调节系统中使用了智能的测控方法或系统具有了智能特性,则该系统就称为恒值智能测控系统。

(2) 程序智能测控系统

程序自动测控系统给定环节给出的给定作用为一个预定的程序。该类测控系统的功能是要按照预定的程序来控制被控制量。

若在程序自动测控系统中使用了智能的测控方法或系统具有了智能特性,则该系统就称为程序智能测控系统。

(3) 随动智能测控系统

随动系统给定环节给反馈测控系统的输入信号是预先未知且随时间变化的函数。该类控制系统的功能是要按照预先未知的规律来控制被控制量。

若在随动系统中使用了智能的测控方法或系统具有了智能特性,则该系统就称为随动智能测控系统。

2) 按人的参与程度进行分类

1971年,傅京孙首次提出智能控制系统,并归纳了三种类型的智能测控系统:

(1) 人作为控制器的测控系统。人作为控制器的测控系统具有自学习、自适应和自组织的功能。

(2) 人机结合作为控制器的测控系统。机器完成需要连续进行的并需快速计算的常规控制任务,人则完成任务分配、决策、监控等任务。

(3) 无人参与的自主测控系统。为多层的智能测控系统,需要完成问题求解和规划、环境建模、传感器信息分析和低层的反馈测控任务,如自主机器人。

3) 按测控方法进行分类

1985年8月,IEEE在美国纽约召开第一届智能控制学术讨论会,随后成立了IEEE智能控制专业委员会。1987年1月,在美国举行了第一次国际智能控制大会。智能控制逐步派生出了模糊测控、专家测控、神经测控等重要分支。

按测控方法进行分类,现有的智能测控系统主要有以下几种。

(1) 模糊测控系统

1965年美国学者扎德(Zadeh)教授最早提出模糊集合的概念,突破了经典集合论中属于或不属于的绝对关系。1974年Mamdani等人首次将模糊推理成功地应用于蒸汽机控制。20世纪70年代末又出现了模糊控制器的算法结构、模糊控制规则分析、最优模糊控制等模糊理论研究成果。20世纪80年代在原有的模糊控制系统基础上出现了多种改进形式,如自适应模糊控制、模糊PID混合控制等。20世纪90年代以来,理论成果有模糊测控系统数学描述和分析、模糊控制系统的设计理论、自适应模糊控制、模糊建模和基于模糊模型的控制等,在应用方面提出了模糊PID控制、模糊监督控制、模糊逻辑与神经网络、遗传算法相结合的方法等,已经在工业应用中获得了满意的效果。目前,模糊测控大多是采用“基于知识的模型”,这种模糊控制系统不需要被控对象准确的数学模型,主要将有关经验和直觉构造成IF-THEN式的模糊控制规则等,易于学习、掌握和使用。

(2) 专家测控系统

1968年美国学者费根鲍姆(E. A. Feigenbaum)教授开发出第一个专家系统

DENDRAL,该系统是一个化学专家系统。专家系统是一个智能程序系统、具有相关领域内大量的专家知识、能应用人工智能技术模拟人类专家求解问题的思维过程进行推理,解决相关领域内的困难问题,并且达到领域专家的水平。1983年瑞典著名自动控制理论专家 K. J. Astrom 提出将专家系统技术引入自动测控领域,1986年正式提出专家测控系统的理论。

(3) 神经测控系统

早在1943年心理学家 W. S. McCulloch 和数学家 W. Pitts 首次提出了人工神经元的概念。1949年 D. O. Hebb 提出了改变神经元连接强度的著名的 Hebb 规则。Rosenblatt 命名感知器。20世纪60年代初期 Widrow 等提出了自适应线性元,Steinbuch 等提出了学习矩阵。20世纪70年代 Grossberg 以生物学和心理学证据为基础,提出几种具有新颖特性的非线性动态系统结构。Kohonen 发展了他在自组织映射方面的研究工作。Werbos 开发出反向传播算法。Hopfield 在神经元交互作用的基础上引入一种递归型神经网络。20世纪80年代中期,Parker 和 Rumelhart 等重新发现反向传播算法。20世纪80年代以后,神经网络在自动控制系统中得到应用,用神经元网络设计的控制系统具有高度的自适应性和鲁棒性,对于非线性和不确定性系统也取得了满意的测控效果,这些测控效果是传统的测控方法难以达到的。

(4) 基于人工生命的智能测控系统

1987年在美国举行了第一次关于“人工生命”的专题学术研讨会,标志着“人工生命”作为一门新学科的命名和诞生。后来,在美国、日本、欧洲等地都召开了多次国际学术会议,推动了“人工生命”的研究与开发热潮。1997年,我国召开过第一次有关“人工生命”的学术会议,近年以来,我国才加快了研究步伐,分别在北京、广州、香港等地召开了有关“人工生命”的专题学术会议,推动了国内的研究工作。

2002年10月我国学者在中国人工智能学会第一届“人工生命及应用”专题学术会议上提出“基于人工生命的智能控制系统是在应用人工生命的理论、方法和技术的基础上设计和实现的智能控制系统”。它的突破性在于不仅在智能控制器上模仿人的智能,而且还在传感器、执行机构等环节上模仿人体控制系统的行为,体现了人工生命是对自然生命的模拟、延伸、扩展等特点。

上述几种智能测控系统在实现当中,模糊测控系统分别由模糊控制器、执行器、传感器、A/D、D/A 转换及被控对象组成一个闭环测控系统。模糊控制器中包括模糊化、模糊规则、模糊推理和解模糊等环节。

专家测控系统分别由专家控制器、传感器和被控对象组成了一个闭环测控系统。专家控制器中包括知识库、推理机、规则集等环节。

神经测控系统分别由神经网络和被控对象组成了一个闭环控制系统。神经网络具有自学习和自适应的功能,它起到了智能控制器的作用。

基于人工生命的智能测控系统分别由基于人工脑的智能控制器、基于人工感官的反馈测量装置、基于人工器官的控制执行机构和被控对象组成了一个闭环测控系统。在控制系统的每个环节中都引入了人工生命、拟人智能的概念。

值得一提的是智能测控算法在智能测控系统中得到应用。1975年美国学者 Holland

教授首先提出遗传算法,这是一种借鉴生物界自然选择和自然遗传机制的随机化搜索算法,选择、交叉和变异是遗传算法的三个主要操作算子,它们构成了所谓的遗传操作。遗传算法能搜索全局最优解,它在控制领域的应用大致分为两大类:一类是离线设计和分析,例如利用遗传算法优化模糊控制器等。另一类则是在线自适应调整,用来确定未知的或非稳定系统的特征,或对控制器进行自适应调整。

20世纪90年代后出现基于免疫学原理开发用于工程应用的免疫算法,它具有解决候选个体的多样性、学习记忆、高效率并行搜索等特点。免疫遗传算法是一种基于免疫的改进遗传算法,其核心是免疫算子,它通过接种疫苗和免疫选择来完成的。除了免疫算法与遗传算法混合应用外,它们还与人工神经网络等混合应用到智能测控系统之中。

4) 按系统结构进行分类

智能测控要面向复杂测控系统。对于一些比较简单的系统,引入智能控制并不值得,应优先考虑使用传统控制方法来解决一些比较简单的问题,这符合人类处理问题的正常思维。否则,简单的智能测控系统的复杂性、故障率和成本高于同类传统测控系统,那么智能测控的优越性就会受到影响。但是,研究简单系统可以为进一步研究复杂系统奠定基础。

(1) 闭环测控结构的测控系统

从20世纪40年代至今,采用PID控制律的单输入单输出简单反馈控制回路已成为过程控制的核心系统。目前,PID控制仍广泛应用,因为PID控制是对人的简单而有效操作方式的总结与模仿,足以维护一般工业过程的平稳操作与运行。从20世纪50年代开始,逐渐发展了串级PID、前馈、预估等较复杂一些的控制系统。人工智能和智能测控问世后,专家PID测控、模糊PID测控、神经PID测控等随之产生和应用,使得控制回路中增加了模糊测控、神经测控、专家测控等人工智能和人工生命的成分,提升了系统的智能测控水平。

(2) 分层递阶结构的测控系统

除传统的测控功能外,智能测控系统增加了规划、决策、学习等智能功能。因此,智能测控需要将智能的测控与常规的测控加以有机地结合。分层递阶智能测控从工程控制论出发,总结人工智能与自适应控制、自学习控制和自组织控制的关系而逐渐形成早期的智能控制理论体系,是智能测控最早的理论之一。

意大利学者维拉(A. Villa)提出的知识基/解析混合二层智能测控,用于解决复杂离散事件的控制设计问题,该理论已在一些智能测控系统中获得应用。

美国学者萨里迪斯(G. N. Saridis)提出的三级递阶智能控制理论指出:控制智能根据分级管理系统中的“精度随智能提高而降低(IPDI)”的原理而逐级分配的。该系统由组织级、协调级和执行级三级组成。该理论为现代工业、空间探索、核处理和医学等领域内应用的自主控制系统提供了一个有效的方法。

还有其他一些递阶控制方案。我国的红旗自主汽车的四层递阶控制结构(任务规划层、行为决策层、行为规划层和操作控制层),该四层递阶控制方法于2003年用于红旗车自主的自动驾驶控制,获得国际先进水平的成果。

(3) 分布式及网络化结构的控制系统

20 世纪 80 年代集散控制系统(DCS)发展成为实用化系统,而这时现场总线(FCS)的问世使控制系统的结构又向前推进一步。FCS 将 DCS 的输入输出单元和控制站彻底分散到现场设备或现场仪表中,操作站只管组态,实现了总线彻底开放,方便互连。它通过智能现场设备来完成控制和通信任务,把现场总线的分布式结构与“本地智能”紧密结合在一起,进行统一编程、组态和诊断。现有分布式现场总线控制系统(FCS)和分布式网络控制系统(NCS),前者是后者的初级阶段,现场总线逐渐转向工业以太网。NCS 用通信网络连接智能现场设备和自动化系统,实现现场设备控制的分布化和网络化,加强了现场控制和上层管理的联系。

多智体控制系统中智体(Agent)具有控制功能,它包括通信层、协调层和控制层。一组 Agent 之间通过相互协调实现对复杂系统的控制,便构成多智体控制系统。

总之,控制系统的体系结构逐步地从单一的“孤岛”向综合的网络化方向发展,而系统实时数据库的形态、现场 I/O 与人机界面(HMI)连接都发生了根本转变,基于浏览器/服务器(B/S)的综合网络结构将挑战客户机/服务器(C/S)结构。

还有,采用计算机直接控制(DDC),数据库位于中间,是人机界面与现场 I/O 的连接枢纽,若这台计算机、数据库出现故障,则整个系统就将瘫痪。

DCS 结构引入了网络结构,将多个用户数据库与多个现场数据库连接,实现了分散控制,风险分担。

C/S 结构将网络分别与用户、现场相连,中心数据库与网络相连,用户通过网络访问服务器的中心数据库,现场数据也通过网络到达服务器中心数据库。服务器中心数据库承担着繁重的服务任务和数据交换负荷。

B/S 结构的中心数据库直接分散到各个现场,用户可通过网络浏览器随意访问各个现场的数据和信息,既提高了服务质量,又降低了系统风险。

3. 智能测控系统的智能特性和智能水平

1) 智能

关于智能,现在尚没有一个统一的定义。智能通常是指人类智能,即指人认识客观事物并运用知识解决实际问题的能力,集中表现在反映客观事物深刻、正确、完全的程度上和应用知识解决实际问题的速度和质量上,往往通过观察、记忆、想像、思考、判断等表现出来。它是在掌握人类知识经验和从事实践活动(即认识过程)中发展的。它是先天素质、社会历史遗产和教育的影响以及个人努力三方面因素相互作用的产物。人类智能示意图如图 2.1 所示。

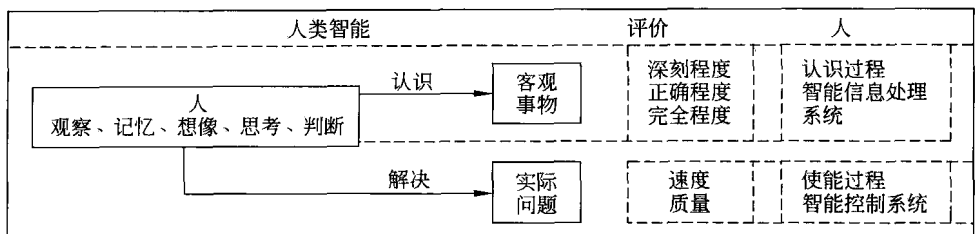


图 2.1 人类智能示意图

人类的认识过程是一个非常复杂的行为,至今尚未能被完全解释,人们从不同的角度对它进行研究。例如,将人类与计算机进行比较、对系统的智能进行假设和推论的情况如下所述。

将人类心理活动的不同层次与计算机的层次比较,如图 2.2 所示。心理活动的最高层级是思维策略,中间层是初级信息处理,最低层级为主要生理过程,即中枢神经系统、神经元和大脑的活动。与此相应的是计算机的程序、语言和硬件。

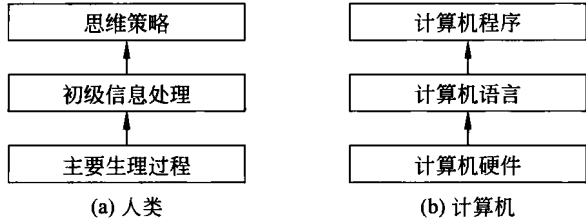


图 2.2 人类心理活动与计算机的比较

人的认知操作和机体状态变化的原理可用式 2.1 表示：

$$\left. \begin{aligned} T &\rightarrow T + 1 \\ x &\rightarrow x + \Delta x \\ \Delta x &= f(S, R) \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

其中, T 表示时间变量, x 表示认知操作, x 的变化 Δx 为当时机体状态 S (机体的生理、心理及记忆等) 和外界刺激 R 的函数。

计算机也以类似的原理进行工作。可以把人看成一个智能信息处理系统。

信息处理系统又叫符号系统。符号系统的基本任务和功能就是辨认相同的符号和区别不同的符号。符号可以是头脑中的抽象符号,或是电子计算机中的电子运动模式,或是头脑中神经元的某些运动方式。一个完善的符号系统具有下列 6 种基本功能：

- (1) 输入符号。
- (2) 输出符号。
- (3) 存储符号。
- (4) 复制符号。
- (5) 建立符号结构：通过找出各符号间的关系,在符号系统中形成符号结构。
- (6) 条件性迁移：根据已有符号,继续完成活动过程。

如果一个符号系统具有上述 6 种功能,能够完成全过程,那么它就是一个完整的符号系统。人能够输入信号,如用眼睛看,用耳朵听,用手触摸等。计算机也能通过键盘、磁带、光盘等输入符号。人具有上述 6 种功能,装载了运行程序的计算机也具备符号系统的这 6 种功能。

任何一个系统,如果它能表现出智能,那么它就必定能够执行上述 6 种功能。反之,任何系统如果具有这 6 种功能,那么它就能够表现出智能。

人是物理符号系统,具有智能;计算机也是一个物理符号系统,也可以具有智能,但它们可以用不同的原理和方式进行活动。所以,计算机并不一定都是模拟人活动的,它可以