

文章编号: 1000-8152(2008)04-0597-06

控制论创立六十年

万百五

(西安交通大学 机械制造系统工程国家重点实验室, 陕西 西安 710049)

摘要: 本文综述控制论提出后它的60年的发展, 包括历史遭遇、对哲学引起的变革, 并更新它的定义和归纳它的方法论. 对目前出现的误解进行分析. 对控制论的形成及其奠基人之争发表了看法. 最后对控制论的推广、应用及其未来进行了评论.

关键词: 控制论; 复杂性; 必需变异度; 2阶控制论; 实验认识论; 自组织系统

中图分类号: T811 **文献标识码:** A

Sixty years of Cybernetics since founding

WAN Bai-wu

(State Key Laboratory of Manufacturing Systems Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi 710049, China)

Abstract: This paper briefly reviews the development of Cybernetics for 60 years since its emergence, including the historical suffering from prejudice and the reform brought to philosophy, updates its definition and summarizes its methodologies. The misunderstandings appeared about Cybernetics are analyzed. The author gives his point of view about the process of formation and the founder of Cybernetics. Finally, the prospective development and applications are discussed.

Key words: Cybernetics; complexity; law of requisite variety; second order Cybernetics; experimental epistemology; self-organized system

在科学的发展上可以得到最大收获的领域是各种已经建立起来的部门之间的被忽视的无人区. 正是这些科学的边缘区域, 给有教养的研究者提供了最丰富的机会.

诺伯特·维纳《控制论》

控制论这门科学是在20世纪40年代发展起来的. 它的诞生是以美国数学家诺伯特·维纳(Norbert Wiener, 1894~1964)1948年出版的名著《控制论, 或关于在动物和机器中的通讯和控制的科学》(Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine)作为标志(见图1)^[1]. 该著作论述了要发展一门普遍适用的控制学科, 并且要从统一的观点来考察各种系统的控制和通讯问题. 1950年维纳在出版的《人有人用处, 控制论与社会》(The Human Use of Human Beings, Cybernetics and Society)小册子^[2]中, 着重论述了通信、法律、社会政策等等与控制论的联系. 进一步认为控制论在社会系统中应用的可能性已经出现. 著作震惊了世界学术界. 它为现代科学的研究提供了一套新的思想和方法, 并促进了当代哲学观念的变革. 书中的这种新颖思想和观点吸引了各领域众多的学

者, 纷纷研究和在自己的领域引进控制论. 它被认为是20世纪上半叶的科学理论的伟业之一.

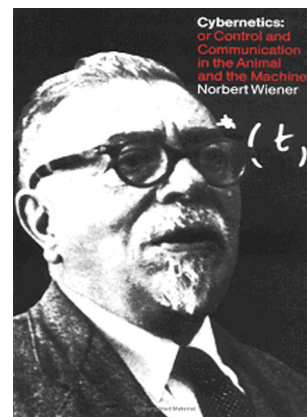


图 1 诺伯特·维纳的《控制论》

Fig. 1 Norbert Wiener's "Cybernetics"

1 《控制论》发表后的60年(60 years after publication of “Cybernetics”)

然而,控制论的整个或部分观点,一开始在前社会主义阵营多数国家受到官方支持的某些学者的抵制和批判.1956年的前苏联《大百科全书》称控制论为“反动的伪科学”.一本前苏联1954年再版的著名的自动调整(控制)教科书的绪论(中译本)称:“控制论者的主要目的是要用机器来代替人,而在思想活动方面要建立一支能服从帝国主义需要的思维的机器.…”这种出于意识形态的偏见和自然科学与社会科学“水火不容”的教条,在20世纪50年代中期通过学术讨论逐步被克服.

此后,控制论在世界范围内推动了有关学科的发展,并孵化了一批新的学科,即:控制论发展出各分支:生物控制论(与医学控制论)、工程控制论(与机器人)、社会、经济控制论(与管理控制论)、军事控制论(military Cybernetics)、自然控制论(natural Cybernetics,生态、环境、资源等控制)及其他.控制论的理论、概念和方法在计算机技术的支持下,已经远远超越了60年前主要为工业生产和军事装备服务的范围,广泛应用到生物、医学、生理、心理、生态、环境、资源、经济、政治、军事和社会科学的各领域及自然科学中的物理、化学等,往往能引导出令人意外的新发现.由于各类学科的关注,控制论研究者中还包括数学家、哲学家、心理学家、软件专家、管理专家等,他们对控制论的理解不尽一致,观点不尽相同,形成流派并派生支派,例如,一般的理论控制论、智能控制论、心理控制论等.其他还有软件控制论(software Cybernetics)、计算控制论(computational Cybernetics)等等.

最近30年来,控制论、信息论和系统论对国际社会、政治和法律事务等领域产生过强大影响,其中人口学的发展可能是有代表性的.20世纪80年代以来,我国控制论科学家广泛介入人口发展过程的研究,对人口系统稳定性和控制规律取得了意想不到的突破.中国政府依据这一理论,制定了中国的计划生育政策.认为只要坚持当前的政策,20~30年后中国的人口将停止增长.中国不会发生西方所喧嚷的人口“爆炸”.国务院的发展研究中心和国务院的部、委所属研究或“智囊”单位,以及全国一些社会与经济控制论研究单位和学者为我国的国民经济和社会提供了多种不同用途、不同观点的宏观经济数学模型,它们和其它数据、信息在一起,帮助国务院进行宏观调控,使经济能高速平稳发展,甚至出现“过热”迹象时能使经济系统“软着陆”^[3].

与此同时,控制论与开放的复杂巨系统的研究结合起来^[4],提出人在社会系统中既是观察者又

是系统中的生产者和消费者,由此引出了2阶控制论(second order Cybernetics)^[5].

与第二次世界大战前相比,控制论和工程控制论所推动的自动化技术发生了翻天覆地的变化.由于微电子和计算机技术的迅速进步和普及,自动控制技术已彻底改造了制造业、交通运输和第三产业.在今天的社会生活中,自动化装置和机器人更是无处不在.制造(加工)、过程工业已接近全面自动化.在国防工业、军事和航空航天技术上广泛应用的同时,自动化装置已开始应用于农业现代化和广泛进入楼宇、办公室和家庭.机器人已应用于农业^[3].

目前控制论思想在全世界和我国正在广泛传播,一方面发展新的分支,一方面控制论方法和各分支的研究在深入.在过去与自然科学“水火不容”的社会科学领域,从教学行政工作、某一课的具体教学方法(甚至包括体育课和体育锻炼)、思想工作、党政领导艺术到国家创新体系、多种管理(包括图书馆、网络、金融、社会犯罪、国家、土地)等等,研究者无不试图采用控制论的基本思想来解决问题或改进自己的工作.这是令人高兴的现象.远不是个别西方记者所说的,维纳和他的控制论已被人忘却.控制论正硕果累累,对各学科和社会、经济及人类生活、思想发生深远的影响.

在控制论取得光辉成就的同时,哲学上也引起了一系列的争论.控制论在哲学领域涉及到以下3个主要问题:1)黑箱方法.应用这种方法,可以不涉及复杂系统内部的具体结构,而进行功能模拟,为此,机器能“繁殖”自己.然而系统和模型是什么关系;2)机器与思维.“机器能够思维吗?”“机器的智能超过人吗?”它涉及思维与物质的关系这一哲学的基本问题;3)信息究竟是物质还是精神,或者是与这两者并列的“第三种东西”^[6].

2 控制论的定义和方法论(Definition and methodology of Cybernetics)

控制论被认为是综合性、边缘性、基础性的科学.尽管一般系统具有质量、能量和信息3个要素,但控制论只着眼于信息方面,只研究系统的行为方式.以控制论、信息论和系统论的“三论”所孕育的科学方法论,是人类认识世界和改造世界强有力的武器.

对控制论的理解存在一些失误:1)控制论=控制理论=控制的理论=需要进行控制的道理和议论;2)控制论是…一种“方法论”.

例如,一本控制论的教科书自称“重点在‘现代控制理论’”;国外著作《The control of Perception》被译为《认知控制论》,“量子控制论”论文的英文标题被译为“quantum control theory”,译著者可能有其理由,但很易使人将控制论与控制理论

等同起来. 发生这类情况较多. 有的论著宣称控制论就是‘控制的理论’; 更有部队新战士入伍, 按条例要将头发剃短, 这当然有一番道理, 形成论文“头发控制论”发表.

这些误解多少涉及到Cybernetics的译名“控制论”. 前者是从希腊词κυβερνήτης的“舵手”、“驾驭人”来的, 维纳借用来命名了这门新科学. 20世纪50年代初期我国从前苏联引进多种“自动控制”教科书, 仿照俄文译为“自动调节”. 所以Cybernetics才被译为“控制论”. 但后来在世界范围内术语“自动调节”几乎都被术语“自动控制”所概括或代替. 中国科学家钱学森1955年回国后曾建议将Cybernetics译为“控制学”, 但控制论译名已经在国内广为流传. 台湾译为“操控学(模控学)”, 美国译为“事理学”, 至少可以避免产生误解.

上述误解1)涉及控制论的定义. 其中的控制理论应是自动控制理论, 但它仅是控制论所应用的一种工具或方法, 基本方法应包括经典控制理论、现代控制理论、大系统理论、智能控制和智能系统四者的原理与方法. 而钱学森1954年旅美时出版的有世界影响的《Engineering Cybernetics》(《工程控制论》)[7]是控制论用于工程和物理系统, 是分析、设计自动控制系统的理论和技术, 一般认为工程控制论也即是自动控制理论.

维纳以它的书名给出控制论的“定义”. 60年来, 恐怕没有一门科学的定义像控制论那样的诸说纷纭. 作者认为, 目前“控制论”的定义宜更新表述为: 利用经典和现代控制理论以及智能控制和人工智能技术, 对复杂系统的通信和控制进行研究的科学; 复杂系统包括工程系统、生物系统(包括大脑活动)、自然系统和社会经济系统等.

上述误解2)涉及控制论的方法论. 控制论和其他独立的学科一样, 有它自己独特的方法论. 方法论从学科中提炼、升华出来, 但它又不是学科本身, 两者不能混同. 作者认为, 控制论的方法论可以归纳为: 它强调对不同部门的系统进行信息分析, 确定输入、输出和研究信息的处理、加工内容及过程; 对系统进行闭环和反馈及其因果性质的分析; 通过“黑箱”和功能模拟方法建立系统的模型, 探讨系统的特性等; 采用计算机进行仿真; 采用类比的方法引进其他部门系统中有用的思想, 如进化、适应、自繁殖、自组织、最优化、特别是智能等, 来控制该系统以制造、培育、创建出能满足人们目的的更好的新机器(人造系统).

3 控制论和各主要分支的进展(Development of Cybernetics and its branches)

随着科学技术的进步和计算机的出现, 控制论

研究的对象越来越复杂, 例如, 工程系统中的核电站和经济系统中的社会经济模型等. 因此, 复杂性(complexity)的问题就提出来了[4]. 其中一个重要的概念就是必需变异度律(law of requisite variety). 当一个系统变得越来越复杂的时候, 系统的控制者一定也要变得更复杂, 因为有更多的功能需要调节. 换言之, 要调节的系统越复杂, 系统的调节者—控制器就必须越复杂. 必需变异度律不只可用于控制机器和人体, 还可用于社会系统. 这是由控制论先驱英国R.阿什比(Ashby)提出的[8].

将控制论原理运用于社会系统引起了对系统观察者的角色的注意. 观察者在试图研究和理解一个社会系统时, 是无法将自己与系统分离开来的, 也无法阻止自己对系统产生影响. 如果从1948年后一段的控制论研究的是被控制系统, 被称为1阶控制论; 则20世纪70年代中期后一段的控制论研究的是自治系统, 被称为控制论的控制论(Cybernetics of Cybernetics), 或2阶控制论. 它将控制论的原理运用于理解“观察者”的角色. 其代表性学者为美国的H.冯·福埃斯特(Von Foerster)[5].

美国麻省理工学院教授心理学家W.麦卡洛克(McCulloch)是扩大控制论范畴的一位重要人物. 他是1946到1953年, 由梅西基金会议赞助的一系列跨学科的、孕育控制论的学术讨论会议的主席. 会议讨论自调节系统中的反馈环与循环因果关系. 早在1943年, 他和数学家W.皮茨(Pitts)合作提出形式神经元的数学模型(称为MP模型)[9]. 从此, 开创了神经科学理论研究的时代.

麦卡洛克发现, 在作为科学的神经生理学与作为哲学的一个连接点—认识论, 也就是知识的学习之间有一种联系. 他认识到知识是在大脑中形成的. 根据自己对物理与哲学“交集”的研究, 建立了一个新的领域. 他将此称为“实验认识论”(experimental epistemology), 用神经生理学研究知识. 目的在于要解释神经网络的活动是怎样产生人们所体验的感觉与想法的. 人类的大脑大概是最为非凡的调节器, 调节着人的身体以及在自己环境中的许多其他系统. 大脑是怎么运作的理论, 就是人类的知识是怎样产生出来的理论. 由此还派生出用控制论的观点研究“认知”和“感知”的控制等[10].

此外, 控制论学者还提出自组织系统和自治系统的概念. 自组织系统就是在走向平衡的过程中能发展成为更有组织的系统. 为了改变这类系统, 要将它放到一个选定的环境中, 使系统与环境的互动才能促进系统形成所要求的发展. 早期, 控制论通常用于寻找、研究既定目标的系统, 2阶控制论则用于为自己定义目标的系统(自治系统或自设定(self-reference)系统). 例如, 我国社会经济就是一个自治

系统,自设定的目标是小康社会。

维纳及其“团队”遵循本文开始节录的他的一段名言,从工程、生物、社会领域间的“无人区”创立控制论。而广大追随者又从控制论与上述各领域间的无人区创立了控制论多个分支。现将几个主要分支的进展简述如下:

生物控制论(医学控制论) 具体研究方向有生物控制系统(包括血压、呼吸、体温、神经、内分泌和肌肉起控制系统等)、遗传及其控制、神经控制、生物行为控制、仿生学、药物动力学、大脑模拟、医学控制论等等。具体研究项目如:研究生物体中通信和控制的动态过程,研究生命体遗传、发育、进化中的动力学规律,研究生物体与周围环境相互联系和制约中的反馈机制,以及由于神经系统在脊椎动物的功能调节控制中的重要性,特别重视对神经控制的研究;从神经元开始到利用人工神经网络模型通过电子技术模拟人脑部分活动和功能的研究;开展人脑功能(包括感知、决策、行动)的宏观建模和模拟的研究,如研究人如何下棋;以及研究人的运动“共济失调”病,对蝙蝠的捕食的研究,中医理论,基因调控网络的研究等。

工程控制论(由钱学森命名) 近40年来取得巨大发展,由它带动起来的自动化和与机器人,应用于生产和社会生活的各方面:机器人作为人类20世纪最伟大的发明之一,正日新月异地变化。机器人已经不仅成为先进制造业不可缺少的自动化装备,而且正以惊人的速度向海洋、航空航天、军事等各个领域渗透,特别是自主的智能机器人。工程控制论移植了自组织、自主、进化、自繁殖等控制论概念,使自适应、自校正、容错的研究和应用以及进化算法等方面取得的新成果,并使控制系统的“智能”大为增加,从而出现了“智能控制系统”用以处理不确定性。工程系统正面临强大的计算、通信(网络)和众多传感信息集成环境下大型工业系统的高精度、高产品质量的控制和管理优化决策的挑战。

社会、经济控制论 1) 将社会经济系统(socioeconomic system)看成是一个具有反馈调节,特别是信息反馈的控制系统; 2) 对社会经济系统进行定量的描述与处理,建立经济模型,以求达到最优控制,作出有效、合理的经济决策; 3) 社会经济控制的主要任务是:给出最优的经济决策,通过最优的经济管理,实现预期的经济指标。例如:国民经济GDP的大起大落就是社会经济系统欠稳的表现。调控目标:8%的GDP增长和持续发展、以人为本。调控手段:税率、投资、项目审批、通货控制、公债、利率以及相关的政策等。当前各国的经济子系统通过世界贸易组织(WTO)强关联在一起,某大国的经济子系统出现衰退,或者石油、粮价飞涨时,我国应如何宏观调

控才能避免引起其子系统的大波动,甚至整个大系统的衰退。

军事控制论 20世纪60年代“军事控制”一词很快出现在前苏联和东欧各国。将控制论的思想和方法应用于军事指挥和武器控制,大大提高了军事自动化水平。控制论和信息论中的现代控制理论、信息处理、模式识别、仿真技术、人工智能、机器人以及系统工程等,已逐步成为现代军事技术的核心,并且正在向军事领域中的各方面扩展。各个军事上的自动化涉及范围很广,当前主要有以下四个方面: 1) 武器装备精确制导; 2) 军事指挥自动化; 3) 作战、训练仿真模拟化; 4) 军事决策科学化。其中包括采用大规模的虚拟现实和构成鲁棒的可重构的决策系统等。

自然控制论 自然界是一个复杂的巨系统^[11]。它包括生态、环境、资源、气候等问题。在大规模的经济建设中,产生了人和自然界如何协调发展、如何“和谐”相处的问题。自然控制论研究的是对自然界的自动调节和人工调控的机理,以及人工调控的理论、方法和技术^[12]。遇到的困难是,如何建立自然大系统模型及其参数估计,包括数学模型、大量观测数据的数值模拟以及基础知识的融合;其调控问题,也就是选择对自然大系统的探测部位(测量)以及控制区域(控制量)和作业方法(控制规律)等。

在20世纪90年代中期提出自然控制论以前,生态、环境、资源、气候等都分别研究相应的控制问题:生态控制的基本任务之一是用系统和信息观点及方法分析、设计、规划和控制人工生态系统;环境控制是研究环境的综合治理和优化以及在新的生态平衡格局下人类怎样适应和协调;环境控制是将环境当作受控的开放系统,研究实施有效的控制行为,使人们的生存环境质量维持在一个良好的水平。环境控制中的控制行为主要有3个方面:局部污染处理、综合环境治理和环境系统管理,例如:治沙、治沙尘暴及治理水土流失。在遵循控制论的“循环经济”和“节约资源、能源”思想指导下的“生态工业园”和农村的“生态家园”,是中国工业和农业的持续发展方向;资源控制,研究资源的合理利用和再循环。如:南水北调,西气东输系统的分析、设计和优化;气候控制是研究全球气候变暖的预防和后果治理等。

4 控制论的形成及其奠基人之争(Formation and dispute in founder of Cybernetics)

上节提到维纳的团队,实际上是以维纳和墨西哥生理学家、哈佛大学医学院教授A.罗森勃吕特(Rosenblueth)为首、不同领域的“一群科学家”,他们“担任”“这些空白边缘地区”(见本文初维

纳的语录)的探索和“查勘工作”^[1]。团队经历了哈佛医学院的关于科学方法论的讨论会、在普林斯顿召开的后来被称为对控制论的全面讨论会,到由梅西基金会支持的关于反馈环与循环因果关系的系列讨论会,十多年里在各自领域研究和实验的基础上逐步交流、争论、理解、酝酿、探讨、升华形成了集体的创新成果“控制论”。维纳是其主要创始人之一,由于执笔《控制论》这本学科的奠基性著作,被誉为控制论的奠基人。

然而,维纳及其名著《控制论》受到罗马尼亚医生和心理学家斯特凡·奥多布莱扎(Stefan Odobleja, 1902~1978)的“挑战”。后者经过长期个人潜心研究,1938~1939年在巴黎用法文出版了他的《协调心理学》(Psychologie Consonantiste)两卷著作。被遗忘35年后,他认为,他揭示的是人类的思维活动和心理活动,但却面对整个世界,并总结出9条规则。他认为这是“一般的理论控制论”的奠基著作,要早于维纳10年。1978年他用罗马尼亚文出版争辩性的论著《协调心理学与控制论》^[13]。国内外也有较少哲学家和“理论控制论”学者支持这种观点:“控制论真正奠基人应是奥多布莱扎而且创立于1938年,诞生于罗马尼亚”。本文作者认为,论“协调心理学”的命名表明,奥多布莱扎当时对它的作用、功能的理解似乎不像他后来所说的那样。“一般的理论控制论”。因限于篇幅,不能展开说明和比较他和维纳贡献的异同。这里援引罗马尼亚的米海·德勒格奈斯库(Mihai Draganescu)教授^[13]在为《协调心理学》罗马尼亚文版(1982)所写的导言中的话“...奥多布莱扎不能被认为是控制论的奠基人,这个荣誉无疑属于维纳,但是奥多布莱扎不仅是控制论的先驱者,而且也在一般控制论概念的创立上占有世界性优先...”^[14]。本文作者认为这种评价是公允的。

5 结束语(Concluding remarks)

1) 推广和应用控制论。

建议为非自动化专业的大学高年级本科生和研究生,包括工、农、医、管理、财经、人文等专业开设“控制论导引”之类的选课,教材可考虑如文献[11]。

目前在管理控制论的范畴内,就有财务、金融、会计、通货、成本、产品质量等二十几种控制论的论著发表。国际上通行的做法是只有够得上分支或亚分支的才冠以“某某控制论”。对较小问题的控制论成果的表述方式为“基于(或应用)控制论对...的研究”(... Cybernetic approach to...)。因此,国内“某某控制论”的“提法”似乎太多,已经成

为国内有关学术界一种值得注意的倾向。学者们应用控制论的观点、方法试图解决某一具体问题,有一定的新见解,不等于已创立一个新的“控制论分支”。哪些够得上新的分支是较为慎重的事情,应由广大控制论学者、专家在大型专业会议上讨论得出大多数人认同的结论。

2) 控制论的未来^[15~17]。

控制论各分支都有它自己的“前沿”研究课题(参见第3节)。然而,控制论的重要发展必定与对非常复杂的系统,或称复杂性的研究联系在一起,必将与我国的建设、世界及人类的发展和进步联系在一起。

人脑和人类社会是两个最复杂的系统。首先,控制论研究脑神经系统的信息处理问题,包括神经元与神经网络模型的研究、感觉信息处理的研究、人脑如何融合各种信息、脑理论与脑模型的研究、脑和计算设备的连接界面和用意念来控制设备或计算机等。这对研究脑的功能和帮助脑残者恢复某些功能有极重要的意义。

其次,控制论有望运用于对整个社会的控制和管理,包括经济、人口、财富分配、治安、医疗保障、居民寿命、资源、污染、生态环境等。这就是把整个社会看作一个特大的具有反馈的控制系统或复杂巨系统,法律、舆论、道德、习俗、宗教等都是反馈控制的具体社会形式,通过决策和执行机构(国家行政部门)实现其调节管理作用。

世界正面临全球气候变暖,大自然和环境遭受严重破坏等威胁。由于贫国和富国差异的扩大,出现贫穷骚乱、人道主义危机、霸权主义和恐怖活动等影响世界的安全;建设一个和谐世界的问题亟待解决^[15,16]。此外,我国正面临经济过热、房价上涨过快和国际上高油价和高粮价的压力,经济快速发展同时要避免发生经济泡沫,以及因贫富差距的扩大、失业和社会不公正等而造成的犯罪和群发骚乱。控制论应为建设一个经济“持续、平稳、协调增长”下,构建“资源节约型、环境友好型”的和谐社会提供科学的决策方案。

控制论应有所作为,并在解决这些问题中发展和提高自身。特别要指出,2阶控制论和必需变异度律的应用。人在这些系统中不仅是“观察者”,更是“行动者”,所以应该在相应系统的建模中加入一个“人类”的子系统模型。对于特别复杂的大系统,人们的控制策略和措施应该相应更为复杂。

参考文献(References):

- [1] 维纳 N. 控制论: 或关于在动物和机器中控制与通信的科学[M]. 第2版. 郝季仁, 译. 北京: 科学出版社, 1963.
- [2] 维纳 N. 人有人用处—控制论与社会[M]. 陈步, 译. 北京: 商务

- 印书馆, 1978.
- [3] 控制论与科学技术革命[C/OL]//赵生才. 香山科学会议第110次学术讨论会. www.xssc.ac.cn/Web/ListConfs/ConfBrief.
- [4] 系统、控制与复杂性科学[C/OL]//香山科学会议第227次学术研讨会. www.scie.com/Article/Com/autocontrol/200.
- [5] Von FOERSTER H. *Cybernetics of Cybernetics, Second Edition*[M]. Future Systems, Minneapolis, 1995.
- [6] 冯国瑞. 系统论、信息论、控制论与马克思主义哲学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1991.
- [7] 钱学森. 工程控制论[M]. 戴汝为, 何善培, 译. 北京: 科学出版社, 1980.
(QIAN Xuesen. *Engineering Cybernetics*[M]. Beijing: Science Press, 1958.)
- [8] ASHBY W R. 控制论导论[M]. 张理京, 译. 北京: 科学出版社, 1965.
(ASHBY W R. *An Introduction to Cybernetics*[M]. New York: Wiley, 1956.)
- [9] MCCULLOCH W, PITTS W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity[J]. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 1943, 5: 115 – 133.
- [10] MCCULLOCH W. A historical introduction to the postulational foundations of experimental epistemology[M]//*Embodiments of Mind*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1965.
- [11] 万百五, 韩崇昭, 蔡远利. 控制论导引[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [12] 自然控制论的理论方法和重大科学问题[C/OL]//香山科学会议第29次学术讨论会. www.xssc.ac.cn/web/ListConfs/ConfDetail.
- [13] (罗马尼亚)斯特凡·奥多布莱扎. 协调心理学与控制论[M]. 柳凤运, 蒋本良, 译. 北京: 商务印书馆, 1997.
- [14] JURCAU N. Two specialists in Cybernetics: Stefan Odobleja and Norbert Wiener: Common and different features[C]//*Proceedings of the 20th World Congress of Philosophy*. Boston, Massachusetts, August 10-15, 1998.
- [15] VALLEE R. Cybernetics and systems, from past to future[J]. *Kybernetes*, 2003, 32(5/6): 853 – 857.
- [16] PALMER J D, SAGE A P, SHERIDAN T B, et al. The IEEE systems, man, and Cybernetics society: Historical development, current status, and future perspectives[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics—Part C: Application and Reviews*, 2003, 33(1): 13 – 23.
- [17] MURRAY R M, et al. Future directions in control in an information-rich world[J]. *IEEE Control System Magazine*, 2003, 23(2): 20 – 33.

作者简介:

万百五 (1928—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为大工业过程递阶稳态优化控制、智能控制和工业产品质量模型与控制等, 多次获得国家教委科技进步一等奖、二等奖和三等奖, 发表学术论文400余篇, 著(译)书6种, 包括有关工业大系统专著2本, E-mail: wanbw@mail.xjtu.edu.cn.

下期要目

- 基于Back-stepping的高超声速飞行器模糊自适应控制..... 高道祥, 孙增圻, 罗 熊, 杜天容
- 粒子滤波在机动飞行器轨道确定中的应用..... 林 健, 林晓辉, 曹喜滨
- 串联弦系统的控制器和补偿器的设计及其Riesz基..... 刘东毅, 尚英锋, 许跟起
- 单相UPQC的逆系统解耦控制器设计..... 戎袁杰, 李春文, 汤洪海, 郑雪生
- 基于神经网络的迟滞逆模型..... 马连伟, 谭永红, 邹 涛
- 基于快速回归算法的RBF神经网络及其应用..... 杜大军, 费敏锐, 李力雄
- 具有Hammerstein模型描述的非线性系统的基于混合神经网络的预测控制..... 向 微, 陈宗海, 盛 捷
- 求解高维多模优化问题的自适应差分进化算法..... 张贵军, 俞 立, 冯远静
- 三维高速机动目标跟踪交互式多模型算法..... 彭冬亮, 郭云飞, 薛安克
- T-S模糊广义系统的逼近性..... 马俊峰, 张庆灵
- 自校正多传感器观测融合Kalman估值器及其收敛性分析..... 邓自立, 郝 钢
- 多任务联盟形成中的Agent行为策略研究..... 蒋建国, 苏兆品, 张国富, 夏 娜
- 六自由度并联机器人分散鲁棒非线性控制..... 赵东亚, 李少远, 高 峰
- 基于网络遥操作机器人系统的理论与控制方法分析..... 王世华, 胥布工, 刘云辉, 席 宁
- 退火递归神经网络极值搜索算法及其在无人机紧密编队飞行控制中的应用..... 胡云安, 左 斌, 李 静
- 基于速度观测模型的可重构机械臂补偿控制..... 李 英, 朱明超, 李元春