

# “大系统控制论”的创立及其应用

涂序彦<sup>†</sup>

(北京科技大学 计算机与通信工程学院, 北京 100083)

## 1 引言

本文为纪念钱学森先生的名著《工程控制论》出版60周年、总结我国工程实践中控制理论与方法的研究进展、展望控制理论与工程控制面临的挑战及未来发展方向而作。

缅怀“工程控制论”学科的创建人、奠基人,世界名著《工程控制论》的撰写人,科学大师钱学森院士。当年的情景历历在目,记忆犹新。

作者有幸在恩师钱学森先生的亲自关怀、指导、支持下,为了学习、继承、发展钱学森先生创立的“工程控制论”,从20世纪70年代,研究“大系统理论”及其应用。

1975年–1977年,率先在我国开展“大系统理论”研究,在中国科学院自动化研究所的《控制与信息系统综述专集》(1977年,第1卷,第1期)撰写发表了国内第一篇“大系统理论及应用”论文。

1976年–1986年,率先在我国开展“人工智能”研究,研究开发我国第一个“专家系统”。1985年,北京钢铁学院首届“系统科学与优化技术”学术讨论会,作者在学术报告“大系统控制论探讨”中,提出:在“大系统理论”与“人工智能”相结合的基础上,创建“大系统控制论”新学科的思想。钱学森先生应邀出席,发表关于“大系统理论要创新”的讲话,认为:“大系统控制论”是一门技术学科,也是控制论的一个组成部分,是对控制论的一个发展。1986年,《系统工程理论与实践》第1期,发表了钱学森先生关于“大系统理论要创新”的讲话,以及涂序彦的论文“大系统控制论探讨”。

1994年–2005年,涂序彦撰写出版了我国第一部《大系统控制论》专著(国防工业出版社,1994年)。涂序彦等撰写出版了《大系统控制论》(修订版)专著(北京邮电大学出版社,2005年)。

“大系统控制论”是大型控制、管理、信息系统的建模、分析、设计的方法学,适用于工程技术、社会经济、生物生态等领域的多种复杂大系统。

本文简述:大系统广义模型化方法,多变量、大系

统协调控制,最经济控制,大系统智能控制与智能管理的应用情况。

## 2 大系统“广义模型化”方法及其应用

大系统“广义模型”方法包括:集成化模型、变粒度模型、智能化模型、控制者模型等,体现在:“多层状态空间、多重广义算子模型、广义知识表达方法”中,应用于:研究世界大系统模型、开发智能管理系统、大型专家系统、智能自律分散系统、大规模信息网络,多领域、多类型计算机控制系统与管理系统。应用实例如下:

### 2.1 “多层状态空间”模型的应用

由于社会经济、工程技术领域的许多实际大系统通常具有多级、多层结构,所以“多层状态空间”模型适用于上述大系统的建模,开发国民经济、工程技术领域的多部门的计算机辅助系统,多企业管理、控制一体化系统。

例如:研究开发冶金、石油、电力、机械、烟草、制药、商业、旅游行业的智能管理系统、决策支持系统、管理信息系统、办公自动化系统、电子政务系统、电子商务系统、企业资源计划ERP系统等。

### 2.2 “多重广义算子”模型的应用

“多重广义算子模型”适用于具有多段结构的大系统,如:生产过程的工艺流程,大河流域的污染控制,企业协作供需链,计算过程程序流,经济运作资金流,办公事务工作流等各种信息流、能量流、物料流系统等。

例如:应用于计算机指令系统设计,利用广义算子描述基本指令、复合指令的功能以及指令流的执行操作过程,进行指令系统的计算机辅助设计与仿真实验;应用于交通事故处理案例分析系统开发,利用广义算子模型,表述各种案情要素之间的因果关系,分析案件产生与发展的规律,开发计算机辅助案例分析与处理系统。

### 2.3 “广义知识表达”方法的应用

在许多大型专家系统、知识工程系统设计中,需要

应用“广义知识表达”方法,以表达多学科、多类型的,静态的、动态的,定性的知识,定量的数据。

例如:广义知识表达树、广义知识表达网,应用于研究开发经济管理专家系统,外贸企业管理专家系统,医疗诊断、辅助治疗专家系统,故障诊断、事故处理专家系统等。

### 3 “协调控制”理论及其应用

多变量协调控制理论、大系统协调控制策略,广泛应用于电力、水利、造纸、冶金、化工、水泥、纺织、食品、药品、饲料等多变量、多输入、多输出、多干扰的多变量控制系统,复杂的工程技术、社会经济、生物生态大系统。应用实例如下:

#### 3.1 多变量协调控制的应用

“多变量协调控制理论”应用于水力发电站、火力发电厂多机组并联运行与负荷平衡,电力网多电站联合运行与负荷调度;研究开发升船机、船闸多电机同步控制系统,长网造纸机分布传动速度协调控制系统,雷达多度随动系统;冶金企业多机架连轧机、卷取机的速度、张力协调控制系统,纺织企业浆纱机速度、张力协调控制系统;化工、食品、药品、饲料企业的原料配比协调控制系统,水泥原料配比与窑炉温度多变量协调控制系统等。

#### 3.2 大系统协调控制的应用

“递阶大系统协调控制方法”应用于冶金、电力、机械、化工等生产过程,研究开发集散式工业控制系统,多级、多层、多段协调控制系统。

例如:发电厂多级协调计算机管理与控制系统,冶金企业多层协调计算机管控一体化系统,石油化工生产过程多段协调计算机控制与管理系统。

分散大系统的协调控制策略,如导引协调、分组协调、循环协调、全息协调等,用于研究开发气田、油田的分散化计算机管理信息系统、生产过程调度系统、企业资源计划ERP系统、供需链协调控制系统等。

### 4 “智能控制”理论及其应用

大系统智能控制、智能管理的理论方法、实现技术,应用于多部门、多行业计算机控制与管理系统的研究与开发。应用实例如下:

#### 4.1 大系统智能控制的应用

大系统的“多级智能控制”理论方法、实现技术,应用于冶金、电力等行业,研究开发生产过程的智能控制、智能管理的多级智能自动化系统。

例如:高炉、鼓风机多级专家系统、多级自寻优控制系统、退火炉多级模糊控制系统等。

大系统的“多层智能控制”理论方法、实现技术,应用于研究开发大型冶金企业计算机管控一体化系统。

例如:由自组织、自适应、自寻优及常规控制组成的多层计算机控制系统。

大系统的“多段智能控制”理论方法、实现技术,应用于化工、石油等流程工业的生产过程自动化,研究开发从原料、半成品到产品“一条龙”的、工艺流程多段智能自动化系统。

#### 4.2 大系统智能管理的应用

大系统的“智能管理”系统的总体设计思想、关键技术、开发策略,应用于冶金、电力、机械、烟草、石油、旅游、商业、医药等领域,研究开发多种计算机辅助管理系统。

例如:智能管理信息系统、智能办公自动化系统、智能决策支持系统、智能ERP系统等。

智能管理系统的“多库协同”技术,由数据库、知识库、模型库、方法库、图形库、图像库、语音库等组成的多库协同系统,广泛用于多部门、多行业的计算机管理系统,构建数据基础型、知识主导型等大型多媒体综合信息库。

智能管理系统的“智能优化方法”,如启发式线性规划、启发式动态规划、自学习非线性规划,应用于研究开发输油管线的智能调度系统、省级、市级经济管理信息系统。

智能管理系统的“人机协调”技术,如人机合理分工、人机双向友好交互、自然信息通信、人机智能结合等方法和技术,应用于研究开发多媒体人机智能界面、支持产品创新设计的人机和谐智能CAD系统、大型工程项目设计的计算机支持协同工作系统等。

### 5 “最经济控制”理论及其应用

根据我国当年的国情,作者曾经提出“最经济控制”的新概念,研究开发“最经济控制”理论方法与实现技术。应用实例如下:

#### 5.1 卫星姿态最经济控制系统

最经济控制、最经济观测的理论方法、实现技术,应用于研究开发天文科学卫星的准三轴姿态控制系统。基于被控制对象“卫星星体”自旋引起的三轴耦合关系,可用二套控制设备、二套观测装置,进行卫星的准三轴姿态控制。从而,可节约控制装置、观测装置的设备投资,实现卫星姿态的最经济控制,节约卫星姿态控制系统的运行费用。

#### 5.2 造纸企业最经济控制系统

最经济控制、最经济观测的理论方法、实现技术,应用于造纸企业技术改造,研究开发低成本自动化系统,利用被控制对象中各变量之间的相互耦合,可节省造纸机控制装置、观测装置的设备投资、造纸机控制系统的运行费用。

### 5.3 建筑行业最经济控制系统

最经济控制、最经济观测的理论方法、实现技术,应用于建筑行业,研究开发大型生产设备“水泥拌合楼”的低成本自动化系统,可节约“水泥拌合楼”的控制装置、观测装置的设备投资,可节省大型“水泥拌合楼”低成本自动化系统的运行费用。

“最经济控制”理论方法与实现技术,可以广泛应用于各行各业多种低成本自动控制系统的设计与实现。

## 6 结论

综上所述,本文简要论述了“大系统控制论”的大系统“广义模型化”方法、多变量协调控制理论、大系统协调控制理论及其在工程技术、社会经济领域的应用情况。

为了学习、继承、发展大科学家钱学森先生创立的“工程控制论”,作者有幸在恩师钱学森先生的亲自关怀、指导、支持下,在“大系统理论”与“人工智能”相结合的基础上,创建了“大系统控制论”新学科,撰写出版了《大系统控制论》专著。

展望未来,希望年青的专家们、学者们、学子们,学习、继承、发展大科学家钱学森先生创立的“工程控制论”,促进“工程控制论”、“大系统控制论”更广泛地应用,为发展我国的现代科学技术事业,建设我国的和谐社会服务。

### 参考文献(References):

- [1] 钱学森, 宋健. 工程控制论(修订版) [M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [2] 钱学森. 大系统理论要创新 [J]. 系统工程理论与实践, 1986, 6(1): 1.
- [3] 涂序彦. 大系统理论及其应用 [J]. 自动化, 1977, 1(1): 1-33.  
(TU Xuyan. Large systems theory and its application [J]. *Automation*, 1977, 1(1): 1-33.)
- [4] 涂序彦. 大系统理论及应用讲座(第1讲) [J]. 信息与控制, 1980, (1): 74-81.
- [5] 涂序彦. 大系统理论及应用讲座(第1讲) [J]. 信息与控制, 1980, (2): 71-80.
- [6] 涂序彦. 大系统理论及应用讲座(第1讲) [J]. 信息与控制, 1980, (3): 73-80.
- [7] 涂序彦. 大系统理论及应用讲座(第1讲) [J]. 信息与控制, 1980, (4): 72-81.
- [8] 涂序彦. 大系统控制论探讨 [J]. 系统工程理论与实践, 1986, 6(1): 2-6.  
(TU Xuyan. Large systems cybernetics [J]. *Systems engineering theory and practice*, 1986, 6(1): 2-6.)
- [9] 涂序彦. 大系统控制论 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.
- [10] 涂序彦, 王枏, 郭燕慧. 大系统控制论(修订版) [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2005.

### 作者简介:

**涂序彦** (1935-), 男, 教授, 博士生导师, 中国自动化学会荣誉理事, 中国人工智能学会荣誉理事长, 目前研究方向为大系统控制论及应用、人工智能及应用, E-mail: tuxuyan@126.com.