

大系统控制论

涂序彦 著

国防工业出版社

大系统控制论

涂序彦 著

国防工业出版社

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

大系统控制论/涂序彦著, —北京:国防工业出版社,
1994
ISBN 7-118-01261-0

I. 大… II. 涂… III. ①大系统-控制论②控制论-大系
统 IV. N94

大系统控制论

涂序彦 著

责任编辑 陈洁

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 10 5/8 275 千字

1994 年 9 月第 1 版 1994 年 9 月北京第 1 次印刷 印数 1— 2 000 册

ISBN 7-118-01261-0/TP·165

定价:13.80 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

建社四十周年献礼图书

GTF51/09

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

2. 学术思想新颖,内容明确、具体、有突出创见,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科学技术现代化和国防现代化需要的高科技内容的专著。

3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科学技术现代化和国防现代化需要的新技术、新工艺内容的科技图书。

4. 填补目前我国科学技术领域空白的薄弱学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展评审工作,职责是:负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的

出版,随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金

第一届评审委员会组成人员

主任委员：邓佑生

副主任委员：金朱德 太史瑞

委 员：尤子平 朵英贤 刘琯德

(按姓氏笔画排列)

何庆芝 何国伟 张汝果

范学虹 金 兰 柯有安

侯 迁 高景德 莫梧生

曾 铎

秘 书 长：刘琯德

前 言

如何控制大系统?如何进行大型控制、管理及信息系统的分析和设计?如何改善大系统的运行状态?这是现代科学技术面临的重大课题。

从70年代开始,大系统理论及其应用已在国内外受到广泛的重视,人们在控制理论和运筹学相结合的基础上,发展了大系统理论。但是,大系统的复杂性、主动性、不确定性、不确知性和维数灾,使现有的基于数学模型的大系统理论处于困境,需要探讨新方法、新途径。

为此,我们进行了一系列探索。1981年,在中国人工智能学会成立大会上,提出了大系统理论与人工智能相结合的思想,建议在系统科学与计算机科学相结合的基础上,研究大系统控制、管理和决策的新方法。1983年,在国际自动控制联合会(IFAC)关于大系统的专题学术会议上,提出了多级自寻优控制、多级模糊控制等大系统灵活自动化的新方案,它有助于解决大系统的不确定、不确知和主动性问题。1985年,在IFAC/IFORS/IFIP关于人工智能的应用学术会议上,发表了关于大系统智能控制与智能管理的论文,提出了多级专家系统的新方法。1986年,在《系统工程理论与实践》上,发表论文大系统控制论探讨,提出建立控制论的一个新分支学科——大系统控制论的设想。

为了解决大系统分析、设计和模型化方面的难题,我们将人工智能专家系统等方法,引入到大系统工程中来,提出了大系统广义模型化方法、启发式优化方法以及多层状态空间、多重广义算子等广义模型;研究了大系统结构分析与综合问题,提出了信息结构能通性的概念和分析方法;将多变量协调控制推广到大系统,研究了递阶大系统、分散大系统的协调控制;提出了最经济控制、最经济

观测的概念,研究了控制系统最经济结构综合问题。另一方面,也将大系统理论的分解-协调方法等,引入到人工智能与知识工程中,用来研究大型专家系统的设计方法。此外,还研究了人体控制系统的多级结构和协调控制,以便获得有益的启示,用于工程技术和社会经济大系统的设计与控制。

本书是作者关于上述科研工作的一个简要的总结,也是有关“大系统控制论”新学科的一个初步作品。

在大系统控制论的研究工作中,曾得到钱学森、杨家墀、疏松桂等先生的鼓励和支持,以及其他同志的关心和帮助,在此表示衷心感谢。

涂序彦

内 容 简 介

大系统控制论是研究各种大系统控制过程共同规律和方法的一个新学科。本书是关于大系统控制论的专著,主要论述大系统控制论的基本内容和方法。全书共二十章,包括:大系统广义模型化,大系统结构分析与设计,大系统协调控制、最经济控制、大系统智能控制、智能管理,大型专家系统等内容。

本书可供从事大型控制、管理与信息系统设计的科研、教学和工程技术人员阅读,也可作为高等院校有关专业的教学参考书。

目 录

第一章 绪论	1
1.1 大系统的共性	1
1.2 大系统理论要创新	3
1.3 控制论的发展	5
1.4 大系统控制论的产生	8
第二章 大系统控制论的设想	11
2.1 大系统控制论的研究对象	11
2.2 大系统控制论的研究目的	12
2.3 大系统控制论的基本内容	13
2.4 大系统控制论的科学方法	16
第三章 广义模型化	20
3.1 广义模型化的提出	20
3.2 广义模型的概念	26
3.3 广义模型的体系	31
3.4 广义模型化的方法	40
第四章 多层状态空间模型	46
4.1 状态空间模型的泛化	46
4.2 模型简化方法及问题	52
4.3 多层状态空间模型结构	61
4.4 多层状态空间建模方法	68
第五章 多重广义算子模型	71
5.1 传递函数模型的拓广	71
5.2 智能操作模型的提出	78
5.3 广义算子模型	92
5.4 多重广义算子模型	95
第六章 广义知识表达方法	103
6.1 知识表达方法	103

6.2	广义知识表达方法	105
6.3	广义知识表达树	107
6.4	广义知识表达网	110
6.5	广义知识表达技术的应用	112
第七章 控制论模型		116
7.1	控制论系统	116
7.2	控制论模型化问题	121
7.3	控制论模型化方法	124
7.4	控制者模型	126
第八章 智能化模型		131
8.1	智能模型的概念与方法	131
8.2	自学习模型	133
8.3	自适应模型	137
8.4	自组织模型	141
第九章 大系统分析		145
9.1	大系统分析的任务	145
9.2	大系统分析的内容	147
9.3	大系统分析的特点	151
9.4	大系统分析的方法	154
第十章 大系统控制结构分析		160
10.1	大系统基本结构	160
10.2	大系统的结构变型	166
10.3	大系统的结构进化	170
10.4	人体控制系统结构的启示	174
第十一章 信息结构能通性分析		179
11.1	信息结构能通性	179
11.2	状态控制信息结构能通性分析	185
11.3	状态观测信息结构能通性分析	189
11.4	输出控制信息结构能通性分析	191
第十二章 结构可靠性与经济性		194
12.1	信道结构强度	194
12.2	信道结构冗余度	198

12.3	信道结构可靠性	199
12.4	信道结构经济性	203
第十三章 结构可控性与可协调性		206
13.1	结构可控性、可观性概念	206
13.2	结构可控性、可观性判据	208
13.3	大系统可协调性	210
13.4	大系统结构可协调性	216
第十四章 稳定性与自镇定		219
14.1	稳定性与稳定化	219
14.2	“大~小”系统稳定性与组合稳定化	222
14.3	基于知识的自镇定系统	225
14.4	基于神经网络的自镇定系统	228
第十五章 多变量协调控制		234
15.1	协调控制原理	234
15.2	协调控制系统分析	239
15.3	协调控制系统综合	243
15.4	协调控制的应用	247
第十六章 大系统协调控制		251
16.1	递阶大系统协调控制	251
16.2	分散大系统协调控制	254
16.3	人体大系统协调控制	257
16.4	经济大系统协调控制	261
第十七章 最经济控制		265
17.1	最经济控制问题的提出	265
17.2	最经济控制系统结构综合	267
17.3	可控性、可观性的实用价值	274
17.4	分型可控性、分型可观性	279
第十八章 大系统智能控制		282
18.1	大系统智能控制的概念	282
18.2	大系统智能控制的类型	284
18.3	大系统智能控制的方法	286
18.4	多级自寻优控制系统	288

第十九章 大系统智能管理	296
19.1 智能管理概念的提出	296
19.2 智能管理系统设计思想	299
19.3 智能管理系统关键技术	303
19.4 智能管理系统开发策略	308
第二十章 大型专家系统	310
20.1 大型专家系统的发展	310
20.2 大型专家系统总体方案	312
20.3 广义知识表达与综合知识库	316
20.4 灵活推理方法与自组织推理机	318
参考文献	325

第一章 绪 论

1.1 大系统的共性

现代社会日趋信息化、系统化,在工程技术、社会经济、生态环境等各领域出现了许多复杂的大系统。如图 1-1 所示。

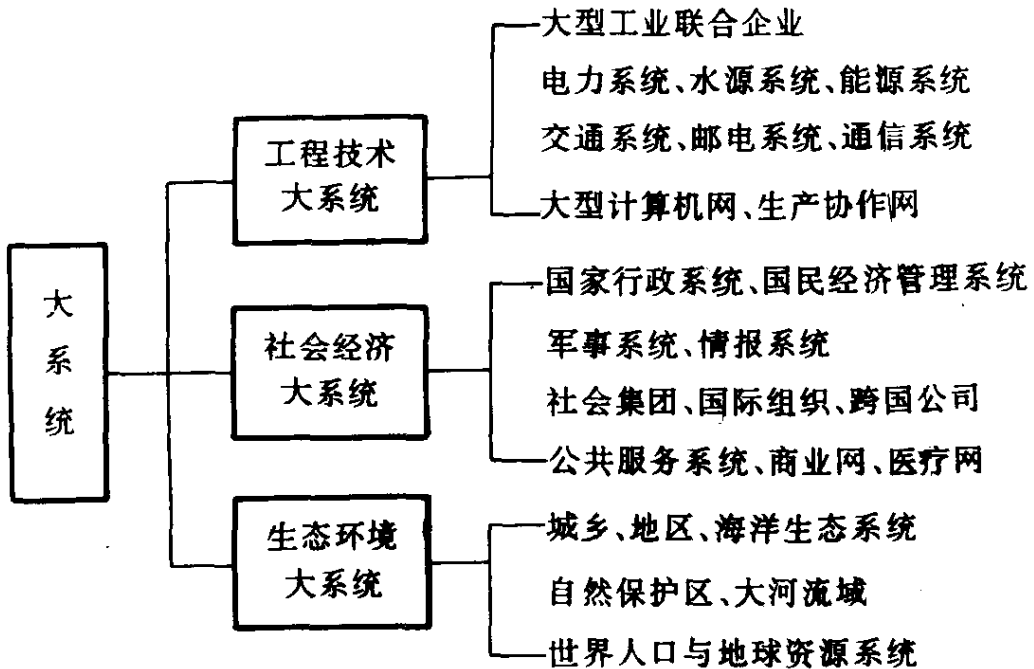


图 1-1 大系统

大系统具有下列共性。

(1) 规模庞大。大系统包含的子系统(小系统)、部件、元件甚多。通常,大系统占有的空间大,经历的时间长、涉及的范围广,具有分散性。

(2) 结构复杂。大系统中各子系统、各部件、元件之间的相互关系复杂。通常,大系统中不仅包含有物,还包含有人,具有“人-物”、“人-人”、“物-物”之间的多种复杂关系,是主动系统。

(3) 功能综合。通常,大系统的目标是多样的(技术的、经济的、

生态的……),因而,大系统的功能必是多方面的(质量控制、经营管理、环境保护,……)、综合性的。

(4)因素众多。大系统是多变量、多输入、多输出、多目标、多参数、多干扰的系统。而且,不仅有“物”的因素,还有“人”的因素,不仅有技术因素,还有经济因素、社会因素等。具有不确定性、不确知性。

由于大系统关系到经济发展、社会进步、人民生活、国家安危、世界稳定、生态环境等大问题,所以,在国际上受到广泛的注意和重视,这表现在以下几方面。

(1)国际学术会议的“热门”论题。大系统是很多重要国际学术会议关注的问题。例如 IFAC 国际自动控制联合会,IFORS 国际运筹学联合会,IFIP 国际信息处理联合会等。并且,召开过多次关于大系统的专题学术会议。

(2)研究机构的重大课题。许多国家的研究机构、高等院校都进行有关大系统的研究工作,例如美、英、法、前苏联、日等,而且,1972年,在维也纳成立了 IIASA 国际应用系统分析研究所,专门研究涉及世界范围的大系统问题。

(3)学术刊物的重要专题。大系统是控制理论、运筹学、信息处理等方面学术刊物的重要专题。例如 IEEE Trans, AC-23, NO. 2, April, 1978 出版了大系统专刊。而且,1980年,关于大系统的专门的国际学术刊物 Large Scale Systems 也创刊了。

重视的原因在于,如果大系统运行状态好、效益高、稳定、可靠、优化、协调,将有利于国计民生,造福于人类社会;反之,大系统运行状态差、效益低、失稳、故障、劣化、失调,将危害人民的生命财产,破坏社会环境、国家安定乃至世界和平。

因此,如何对大系统进行控制和管理?如何进行大系统分析、预测、规划、设计以改善大系统的运行状态,提高运行效益,这是人们面临的重大课题。

1.2 大系统理论要创新

实际大系统需要人们去探讨和研究大系统的理论和方法,现代科学技术为发展大系统提供了理论基础和发展条件。

60年代末,70年代初,在国外,许多控制理论、运筹学、系统科学方面的专家、学者纷纷从事大系统问题研究,例如:M. D. Mesarovic, D. A. Wisman, L. S. Lasdon, W. Findersen, P. V. Kokotovic, J. D. Pearson, D. D. Siljak, M. G. Singh, A. N. Michel, A. P. Sage, Y. C. Ho, M. Athans, H. Chetnut, 榎木义一, 田村坦之, A. Я. Лернер 等。

在国内,1976年,我们在中国科学院自动化所开展了大系统理论研究,1977年,发表了“大系统理论及其应用”论文。1978年,在中国自动化学会作了关于大系统的学术报告。1979年,发表“关于大系统理论的几个问题”论文,在清华大学开设了“大系统理论”讲座。1980年,在中国科学院研究生院开设了“大系统理论”课程。原华中工学院、西安交大、清华大学、原北京航空学院等院校,中国科学院系统科学研究所、原七机部二院等研究机构,也相继进行了大系统理论及应用的研究工作。

大系统理论在下列方面取得了进展:

- (1)大系统结构分析与综合;
- (2)大系统模型化及模型简化;
- (3)大系统稳定性;
- (4)大系统最优化;
- (5)大系统多级递阶控制;
- (6)大系统分散控制。

主要采用时域数学模型(微分或差分方程组、代数方程组),通过分解-协调或分解-集结方法,将控制理论中的稳定性理论、最优控制理论、多变量控制理论等,和运筹学中的线性规划、非线性规划等加以推广,应用于大系统的分析与综合。可以说,现有的大系统理论基本上是第二代控制理论(即所谓“现代控制理论”)与运筹