

复杂巨系统 理论·方法·应用

中国科学院工程中心 编

科学技术文献出版社

191776

复杂巨系统理论·方法·应用

中国系统工程学会 编

科学技术文献出版社



(京)新登字 130 号

内 容 简 介

《复杂巨系统理论·方法·应用》专题论文集,是为了总结和推动我国系统科学理论的发展而编辑出版的。全书共收集论文 125 篇,是从中国系统工程学会第八届学术年会收到的 314 篇来稿中评选出的。论文集反映了我国近年来系统科学理论和应用研究成果。全书共分五大部分即:复杂巨系统理论、决策理论、决策支持系统与专家系统、算法和应用。其涉及内容有:系统科学与系统工程综合评述;复杂系统的行为描述(如系统的演化、混沌、自组织、突变、分形、耗散和熵等);开放复杂巨系统从定性到定量综合集成方法论;系统工程各类技术和方法(如各种算法、遗传算法、神经网络、网络算法等);系统工程其他理论(如系统动力学、模糊系统、数理经济系统等);决策理论(如群决策、冲突分析、DEA、AHP 等);决策支持系统和专家系统以及系统工程在各类领域中的应用等。

本书可供系统科学和系统工程工作者、社会科学工作者、经济工作者、管理工作者、高等院校有关专业的研究生、大学生以及各部门有志用系统科学理论解决实际问题的科技人员和管理干部参考。

复杂巨系统理论·方法·应用

中国系统工程学会 编

*

责任编辑 王林、杨芸等

科学技术文献出版社出版发行

(北京市复兴路 15 号 邮政编码 100038)

北京奔信达科技发展公司激光照排印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 48 字数 1,100 千字

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—1000 册

ISBN 7-5023-0640-4/N·57

定 价 50.00 元

中国系统工程学会第八届年会论文集

《复杂巨系统理论·方法·应用》

编辑委员会

主 编: 顾基发

副主 编: 于景元、朱广田、陈光亚、经士仁、范文涛

编 委: (按姓氏笔划为序)

王其藩 朱松春 孙宏才 狄昂照

周 方 柳克俊 韩文秀

编辑成员: 王林、朱广田、张亚光、经士仁

责任编辑: 王林、杨芸等

封面设计: 王林

序 言

我国的系统科学和系统工程自 1978 年在全国范围内广泛宣传推广、研究、应用以来,已有近十六年的历史。中国系统工程学会按照理事会的精神,特别是根据钱学森名誉理事长关于发展系统科学思想体系以及系统工程在我国发展现状,早在 1985 年就提出了抓好“两头”,即:一头抓学科的基础理论研究——系统科学理论发展,另一头抓系统工程技术在各个领域的广泛应用。几年来在系统工程界的共同努力下在理论和应用两方面做了不少工作,使两头都有了进展。但是应该承认为了满足国家经济发展的形势需要,我们多次年会的主题是强调应用的。这次年会的主题:“复杂巨系统理论·方法·应用”,希望总结和推动我国系统科学的理论发展,这本论文集收集了钱学森及其他作者近年来研究处理开放复杂巨系统所提出的从定性到定量综合集成方法论的理论以及他们应用情况,例如在军事、经济、人工智能和区域发展等多方面的应用。特别是 1992 年钱学森在综合集成方法论基础上进一步提出了综合集成研讨厅的思想,研讨厅的构想与设计既反映了处理有人参与的复杂巨系统的理论、方法,诸如有系统的总体思想,而不是分解的还原论思想,充分考虑了人的智慧和感觉将各种知识综合集成起来,集智慧之大成,同时又大量采用当代高新技术,诸如计算机、分布式网络、临境技术、先进的通讯设备和人工智能等。这十来年系统工程界不少专家和学者在解决不少实际系统问题时,也已经发现原有的系统工程方法论和一些系统理论有种种不足之处,因此纷纷都在探索新的方法论(如软系统方法论,Shinayaka 系统方法论,螺旋式前进的方法论等等)以及新的系统理论。我们很高兴在这本论文集中收集了不少这方面论文,有的涉及新系统的定义(如难度自增殖系统),有的是针对复杂系统的行为的描述(如系统的演化、混沌、自组织、突变、分形、耗散和熵等),有系统工程的其他理论(如系统动力学、模糊系统和数理经济等),有系统工程各种技术(如决策技术、各种构模技术)和方法(如各种新算法:遗传算法、神经网络、网络算法等)。有关决策支持系统和专家系统的不少论文仍是近年来系统工程工具发展的一个重要方面。论文集最后一个重要组成部分是系统工程在各个领域的应用:社会、经济、农业、生态环境、区域发展、科技进步、交通运输、企业管理、军事和工业生产等等。

本书是 1994 年 11 月中国系统工程学会第八届年会准备材料中的一部分,其中有几篇论文也是 1994 年 6 月科委组织的第二次香山科学会议(该次会议主题是“开放复杂巨系统的方法论”)上大会报告经整理而成的,特别高兴的是这两次会议都得到钱学森名誉理事长的大力支持和关心。

承蒙各方支持,此次会议收到 314 篇文章,由于篇幅所限我们只选取了其中 125 篇,我们感谢所有投稿者对我们学会工作的支持。我们也感谢所有为本书出版的审、编、校、印及组织出版方面出过力的同志,没有他们的努力这本书是不可能短短的一年内如期完成。

由于编、审匆促,论文集中有谬之处,敬请读者批评指正。

顾基发

1994 年 8 月

目 录

第一部分 复杂巨系统理论

从简单系统与知识系统到人机结合的智能系统	戴汝为(3)
系统科学革命和系统工程技术革命	于景元(11)
资源环境 E—生态 E—经济 E 系统——3E 系统理论	王毓云(19)
国防系统分析的综合集成—挑战、机遇、对策	王寿云(33)
系统工程方法论的演变	顾基发(42)
系统科学与系统工程——在中国的发展、展望	经士仁(54)
客观非理性与复杂系统的多逻辑理论	黄长征(64)
开放系统、复杂系统和开放的复杂巨系统	周建中(68)
开放的复杂巨系统的多层面建模	秦世引(73)
面向开放复杂性大系统的 I ³ DSS	赵宏(79)
复杂系统的模型表示理论与模型组织理论	陈绥阳(84)
系统演化的原理与特征	陈忠、王浣尘(92)
自组织临界性理论及其科学和哲学意义	嘎日达、王雨田(97)
一种工作行为演化模型与混沌控制	王浣尘(101)
混沌经济系统的定量特征及其计算方法	宋学锋(106)
可逆线段自映射能产生混沌吗?	丁义明(113)
基本突变理论的数学基础	郭晓鸣(119)
有人参与复杂系统自组织/组织合作原理	杨家本(123)
结构建模框架的重构	王孝通、杨德礼(128)
复杂巨系统的分形结构及其嵌套式建模	肖人彬、周济、马莘、费奇(135)
难度自增殖系统的一类概率模型	刘怀高(141)
一个激励—响应式社会行为控制模型及其分析与应用	王再英、张金锁(144)
时滞不确定线性系统稳定性的实用判别方法	吴冲锋、王浣尘(151)

不确定大型时滞系统的分散镇定	温香彩、刘永清、关治洪(156)
大型线性时不变奇摄动系统的燃料最优控制	连瑞兴(163)
宏观经济模型及其控制	黄国石(168)
一种系统辨识建模及其经济应用	刘惠生(173)
一个普适的经济模型—预测与控制的非线性分析	徐寅峰、堪垦华、汪应洛(181)
社会经济系统预测的非线性途径	张世英、高仁祥、刘豹(187)
大规模复杂系统的智能结构模式及其可协调性	李龙洙、李哲奎、金相民(192)
用植被覆盖度表示的反沙漠化系统形成耗散结构的熵论证	孙宏义(197)
生态经济系统的演变与熵值	冯尚友、梅亚东(200)
生态经济复合系统双模态调控原理	钟守楠、冯尚友(205)
浅说集对分析在复杂系统研究中的应用	赵克勤、楼宛华(210)
系统动力学理论、方法的发展与延拓	王其藩(215)
变结构系统动力学模型的探讨	裴伟民、陈培友(221)
市场场巨系统的研究方法—市场场系统论	马培荣(225)
新产品开发系统整体协调功效原理初探	姚德民、江沿滨(232)
含两个时间标度的交通模型	顾国庆、钟家雄、许伯铭(236)

第二部分 决策理论

多准则群决策问题群体理论性的研究	方然(241)
有限方案的群决策方法	华中生、梁梁(246)
基于证据知识的不确定型决策	郑彦、徐南荣(252)
Stackelberg 主从对策的交互式两层决策方法	蔡建立、夏洪胜(257)
合作对策的 C 一值分配及其与参考点协商解的一致性	王先甲、陈瑛(263)
动态多指标决策解析的新方法	韩朝、樊治平(270)
决策分析中的影响图	詹原瑞(276)

信息不完全下的组合仲裁	郭文革、陈琰(284)
冲突分析理论及其在社会经济研究中的适用	何信生、刘洪(292)
反倾销措施的对策之冲突分析	何信生、刘洪(297)
建模运算及其在宏观决策分析中的应用	秦寿康、陈湛本、董伟立(303)
需求变化条件下的动态决策	施放(310)
一种市场策略与生产计划的集成方法	顾培亮、徐学军(317)
指标评价系统的元素关系及其综合方法	包涵龄(328)
DEA 有效决策单元的排序方法	卢宗华(334)
人力资源对国民经济发展贡献评价的 DEA 模型	迟旭、杨德礼(339)
企业集团的经济效益评价方法的探讨	吴文江、李刚(347)
层次分析法在造船周期因素分析中的应用	朱嘉龙(350)
县区间数的综合评估法	陈世联(356)

第三部分 决策支持系统与专家系统

实现智能决策支持系统的面向对象方法	冯珊、田园(363)
大型智能 DSS 数据库规划、调度及启发式查询	张明柱、汪应洛(369)
管理支持系统(MSS)的概念及框架	左小德、顾培亮(374)
基于图形的建模之支持系统(GMSS)的研究与实现	陈剑、刘朝阳、马佐群(382)
决策支持系统中的反馈机制	孙占山(389)
复杂对象系统综合评价决策支持系统开发环境的研究	王宗军(394)
区域环境 DSS 的知识子系统的设计	王清则、苏贵影、陈昕(400)
软方法思想在水资源决策支持系统中的一些应用	唐锡晋、顾基发(405)
GSS 中传统文化研究模式的探讨	席酉民、井润田(410)
系统动力学在决策支持系统中的应用	甄富允、杜国志(416)
专家系统及其在石油勘探开发中应用的若干问题	郑生宏、徐超杰(419)

电子情报分析专家系统	梁百川(424)
一个具有学习功能的大坝病害诊断与安全评价专家系统	鄢志红、郑旌辉(433)
Fuzzy 数学在知识量化形式化推理中的几点应用	蔡庆生、李凡长、徐金辉(438)
信息检索系统中的自然语言处理	林耀燊、李文捷、黄绵辉(447)

第四部分 算 法

遗传算法在非线形优化问题中的应用	徐博艺、刘刚、赵敏强(453)
遗传算法用于 0—1 规划的新途径	王众托、孙艳丰(458)
用遗传算法解生产线存储器配置问题	刘昶、涂葦生(464)
遗传算法及其在神经网络学习算法中的应用	李大伟、戴建设、李救安(471)
前馈神经网络的正交遗传算法学习方法及其在水稻育种中的应用	姜力孚、郑维敏、陈剑、李荣改、王玉珍(476)
领域知识和数据结合的神经网络学习方法和应用	刘朝阳(480)
基于神经网络的综合预测模型	姜大立(484)
基于神经网络的一种多目标决策方法	吴清烈、徐南荣(490)
关于网络系统的平衡问题	陈光亚(497)
一类网络图的广义连通性	李元左、韩正勇(502)
一种复杂系统主回路分析的新方法——回路增益弹性法	严广乐、张耀华(509)
二次广义网络规划的分解算法	王哲民、叶耀华(515)
一种网络设计方法及其应用	刘文奇(520)
大型计划网络图结构分析的矩阵方法	杨建国(527)
基于网络描述的系统模型及其管理系统	李敏强、寇纪淞、纪仕光(534)
随机运输网络最短路分布研究	施欣(538)
交互式多目标群决策的模糊规划方法	侯志林、金毅、郑彦(544)

开放的复杂水资源巨系统特点与权重的表示	陈守煜(550)
投资系数矩阵的一种快速生成法——系统辨识法	黄丹(555)
具有二层结构的系统摄动选择模型	何湘藩、陈明琴(562)

第五部分 应 用

科技进步算法的规范化	狄昂照(571)
技术进步因素分离及评价	李光金、刘永清(574)
评价技术进步的投入产出分析方法研究	雷明(580)
基金预算分配理论与分层协调目标规划模型	韩文秀、关伟(590)
利用经济剩余原理确定农业科研投资重点的方法研究	王培志、李玉平(596)
房地产投资决策中的动态投资回收期决策模型	陈昕、刁惠文、张沁文(601)
郑州市人口发展与控制研究	张彦东、牛存义、李智(605)
北京城市发展宏观政策分析系统	张世英(614)
洗煤过程控制中的最优控制模型及求解方法	时贞军、王长钰(619)
价格双轨制下的市场结构企业行为与政府干预	陈宏民(623)
经济系统的多项调控手段	徐维鼎(630)
生产函数与技术进步的一个新命题	王成璋、涂锦(636)
多元变系数投入产出模型及应用	施泉生(640)
对产业结构几个基本概念的系统思考	杨建梅(647)
中外合资企业经济效益排序研究	冯根尧、王茂策(652)
系统边界重定义：企业发展的策略	周德群(659)
一类库存系统中销售策略研究	戴建国(664)
大型复杂工业系统对空袭灾害的响应分析	程立国、袁正如(668)
装备维修保障能力综合评价模型与算法	杨宇航(678)
基于定性推理的故障诊断系统研究	陈剑(683)
通讯网的 Fuzzy 可靠性分析	杨春德、周宗放、陈发堂(689)

区域综合运输网不平衡度概念及其在运网优化与分析中的应用

..... 徐一飞、张雷(694)

公共交通网络运营分析与评价研究 尹相勇、吴江娇(699)

交通运输机制转换的系统动力学分析 贾顺平(704)

乡镇交通运输系统的资金筹措 张香平(709)

土地利用与交通系统研究的理论与模型

..... 范炳全、徐亦文、张燕平、贺曙光、金芬(718)

土地利用规划的总体设计与软件开发

..... 宋兆鸿、张光宇、冯国强、王惠华(726)

系统动力学在农业发展规划研究中的应用

..... 魏宏森、王元知、严国和、田原(736)

综合集成方法及其在区域规划中的应用 赵秀生、魏宏森(741)

森林的系统观与整体管理 徐国祯(747)

植物生产系统工程的内容和方法 杜心田、张根森(753)

基于 FMS 刀具流的零件静态聚类 张列平、唐勇、王浣尘(758)

第一部分

复杂巨系统理论

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

从简单系统与知识系统到 人机结合的智能系统

戴汝为

(中国科学院自动化研究所人工智能实验室 100080)

一、简单系统的发展

从第二次世界大战对科学技术的要求与影响而蓬勃发展起来的自动控制系统及控制论,在军事、工业及管理等方面已得到广泛的应用,并渗透到工程技术、自然科学和社会科学的各个部门,这是工程背景很强的学科。提到这一学科,人们很自然地会联想到 50 年代《工程控制论》在我国出版后,所产生的巨大影响。从一般意义上讲,《工程控制论》起到奠定理论基础,并指出今后进一步研究方向的作用,它是自动控制学科中最具有远见卓识的科学预见的著作。值得强调的是,在这之后,自适应控制已大致形成,并把满足某种指标的控制问题,化成控制变量及系统状态变量在闭区域上变化的变分问题,建立了以极大值原理和动态规划为核心内容的最优控制。到了 1960 年美国科学家卡门(Kalman)对自动控制理论的发展作了一个基本总结,提出了“现代控制理论”,现代控制论的提出是与以下两件事紧密相关的:(1)空间技术的需要;(2)计算机技术的发展而导致对可适应数字计算机的数学模型需求。应该说现代控制理论是 1960 年至今的自动控制系统与理论获得进展的一个重要标志。现代控制理论曾经在运动物体的控制等一些领域中(突出的例子是空间技术)得到成功的应用。这一阶段中人们所追求的是研制不用人参与的、完全自动运行的所谓“自主系统”。这类系统在工作环境固定不变,即“干净环境”(象空间环境)中应用是成功的。这类系统属于简单系统的范畴。但在一些复杂环境中,就难以设计和研制能合乎要求的自主系统。这一段工作是系统发展历史的第一时代。

有关系统的研究是从简单到复杂的。关于什么是复杂系统,有各式各样的说法。我们认为具有复杂行为的系统,表现在系统的部件之间,或子系统之间有着很强的耦合作用,具有难以线性化的非线性性质,所以会出现极限环甚至混沌现象。另外,系统具有高度的不确定性,要求具有实时性,而且难以用传统的方法建立系统的数学模型。许多工业生产过程就是这种复杂系统的典型例子。另外,被控制对象本身虽然不复杂,但是对这种对象加以控制后所形成的系统是在复杂的环境之中运行的,由于环境的复杂而导至在这一环境中能够有效运行的系统也必然是复杂的。典型的例子是研制能为家庭生活服务的机器人。一个家庭这样的环境是很不规整的,因此家用机器人的控制也成为复杂系统的控制问题。这类问题用传统的控制理论与方法很难奏效。经过较长时期的孕育与发展,国内外已认识到把人工智能的原理与方法及人的经验与智能用于复杂系统的控制是解决复杂系统控

制的主要途径，并开展了许多有意义的工作。例如在不了解对象动态特性的情况下，用“模糊控制”对倒摆的控制就是一个成功的例子。这可以认为是发展的第二阶段，把人的知识经验直接注入到控制系统中去。

在我国，人们正在致力于发展的第三个阶段，处理更加复杂的系统问题，钱学森等把系统的研究拓广到开放复杂巨系统的范畴⁽¹⁾。他们对各式各样的系统进行分类，并分析所遇到的各种系统；概言之，不外乎自然系统以及人所制造出来的人工系统两大类。再进一步，根据组成系统的子系统种类的多少和它们之间的关联关系的复杂程度又可以再分为简单系统及巨系统两类，即

(1) 简单系统：组成系统的子系统数量比较少，子系统之间的关系比较单纯，如一个温度控制系统就是一个简单系统。

(2) 巨系统：组成系统的子系统数量非常大，成亿、上百亿、千亿。如果系统中子系统的种类不太多，而且它们之间的关联关系又比较简单，则称为简单巨系统。如果子系统的种类很多，并且有层次结构，子系统之间的关系又很复杂，就称为复杂巨系统。如果系统又是开放的，开放是指系统与系统中的子系统分别与外界有各种信息交换，系统中的各子系统能够通过与周围环境的交互作用增加适应的能力，这种系统就称为开放复杂巨系统。例如生物系统、人脑系统等。大多数的人造系统都是简单系统，如一般的控制系统或信息系统，而且不具有开放性，就是自动化工厂也只不过是人工的大系统而已。至于开放的复杂巨系统，这种系统无论在结构、功能、行为方面都很复杂，以至于到今天它的大多数性能我们还不清楚。

对系统进行分类后，在文献(1)中提出了处理开放复杂巨系统的方法是“从定性到定量的综合集成法”，并且阐明基于近代科学还原论的定量方法论的局限性，引用了德国著名物理学家普朗克的话：“科学是内在的整体，它被分解为单独的整体不是取决于事物的本身，而是取决于人类认识能力的局限性。实际上存在着从物理到化学，通过生物学和人类学到社会学的连续链条，这是任何一处都不能被打断的链条。”当人们认识到科学还原论的局限时，就以系统论作为指导了；系统论是整体论与还原论的统一，现代系统论不是简单地回复到古代的直观朴素整体观去，而是在近代精密科学的基础上，在局部细节弄清楚的基础上，向整体论的更高形态的发展。它是分析与综合的统一，微观和宏观的统一，整体论与还原论的统一，整体论与重点论的统一。它运用从定性到定量的综合集成法。它体现了集人类科学思维方法、集现代科学方法、集人类智慧之大成，所以是一种更为综合、更高层次的科学思维方法，是思想方法论发展史上的又一飞跃。⁽¹⁷⁾应该说，90年代初，开放的复杂系统及从定性到定量的综合集成法的提出是对系统科学发展的一大贡献。

总之，人们越来越认识到，以控制、决策系统及过程的控制为主要内容的自动化的进展与信息技术有着极为密切的关系。随着微电子、计算机及通讯网络的飞速发展，人类从事生产的劳动生产资料将发生极大的变化。信息资源，知识资源将在生产中占主导地位，这标志着现代社会生产已由工业化时代进入信息化时代。在这个时代中，人们已经掌握了大量的信息存储、快速信息处理等手段。当前又出现了原子测控技术的探索，使用这种技术，可成千上万倍地提高芯片的集成度与信息处理的速度。可以看出，在不远的将来就可在原子和分子水平上实现新的信息处理机制，又加以多年来在控制理论与系统方法方面积累的大量科研成果，这就为极大地延伸自动化的范畴打下了基础，并自然地将其推向“人

机结合”的智能自动化这一目标，进入“人机结合的大成智慧”的第三个时代，其特点是群体专家知识的利用。

二、知识系统的发展

与上述控制科学技术发展三个时代平行，我们要审视人们使用计算机模仿人的智能，即人工智能，也在演变。从科学的发展来看，40年代初在第二次世界大战对科学技术的要求与影响下，计算机科学、控制论、人工智能等蓬勃发展起来，机器智能研究的兴起可以说是这个时期的产物。在人工智能(AI)研究方面，Turing被后人尊为人工智能思想的奠基人；他的贡献在于对机器智能的描述，提出把基于离散量的递归函数作为智能描述的基础。另外，他提出了著名的“Turing实验”，给出了测试机器是否具有智能的基于行为主义的标准。早期的研究在于计算机证明数学定理，研制出具有学习功能的跳棋程序，把人工智能的研究结果用于解决的数学问题等方面取得了一些成就。这些成就使人倍受鼓舞，以至于对人工智能的发展作了过分乐观的估计。1958年有的人工智能专家充满自信地预计：用不了10年，计算机将要成为世界象棋冠军；用不了10年，计算机将要发现和证明重要的数学定理；用不了10年，计算机将可以谱写出达到优秀作曲家水平的乐曲；用不了10年，在计算机上将形成大多数的心理学理论，甚至于还预测：按现在发展趋势，80年代将是全面实现人工智能的时代。到了2000年，机器的智能将会超过人了……然而人工智能研究的实践所给出的回答使人们的头脑冷静下来。实际的情况是从60年代到70年代，人工智能取得的成果远远达不到专家们的美好期望。但是在缓慢的进程中也总结出了一些成果。其中，知识工程所取得的成就最使人工智能研究引以自豪。知识工程与通常人们所说的构建专家咨询系统，即以专家水平进行诊断与咨询的计算机软件，只是说法的不同。知识工程的历史是以1969年美国著名的科技专家Feigenbaum公布第一个专家系统DENDRAL开始的，进而他在1977年国际人工智能联合会议上综合与阐述了许多AI科技人员对AI研究的新观点，大体概括为⁽²⁾：知识工程师所实践的技术是把人工智能研究中产生的原理和工具用到需要专家知识解决的那些应用难题上。获取知识，表达知识，并适当地应用知识来构造和说明推理路线等技术问题，是知识库系统设计中的的一些重要问题。构造智能媒介这种技术是程序的技术的一部份，也是它的扩充，用大量的知识来表达和推理也是制造复杂的计算机程序的技术；即改变了以往认为几个推理定律再加上强大的计算机就会产生专家和超人的性能这一起主导作用的信念，认识到用以往所遵循的“通用的求解策略”这一能力有限的方法来解决很复杂的问题实在是难以达到目的，需要转向狭隘定义的应用问题。专家系统就是研究利用针对某个专门问题的专家知识建立人机系统的方法和技术来进行问题求解。专家的能力涉及专家两个方面的知识，即公开的知识 and 人所掌握的经验性的知识。公开的知识包括事实和专业中的理论等，这种知识往往记录在教科书和参考书中；专家所掌握的知识指的是专家通过实践获得的经验知识，称为启发式(heuristic)知识。这种知识是专家区别于非专家的标志所在，能使专家在必要时作出猜测，辨别有希望的解决途径，并能有效地处理错误或不完全的数据。可以说专家经验性的知识是专家能力的关键所在，专家系统或知识系统的威力是从它所处理的知识中产生的。由于把着重点放在解决狭隘定义的应用问题，科技人员研制开发了大量的、

各式各样的专家系统和决策支持系统。在国内，这门工程技术近 10 年才发展起来，已经取得了较大进展。

近年来有关智能模拟的研究，还取得了一些成果。例如令人注目的构建能战胜(或势均力敌)国际象棋大师的软硬件系统终于获得初步成功，由 IBM 的 RISC/6000 系统控制 4 个特制的硬件而构成的系统 Deep Thought 2，速度可达每秒选择 8 百万个棋子位置。该系统于 1991 年在悉尼举行的第 12 届国际人工智能会议期间与澳大利亚冠军 Danayl Johnsen 进行比赛，经过一个下午的较量，以 1:1 的平局告终。这些工作为今后进行机器智能的研究与付诸实际应用起到积极的作用。

总之，人们在人工智能(AI)的旗帜下满怀希望地奋斗了多年，由于历史的局限及对问题的困难程度估计不足，使人工智能三十多年的研究历史充满着曲折。

虽然专家系统的研究获得了成功，但 80 年代后期的一系列事件又强烈地冲击了 AI 研究者辛辛苦苦建立起来的体系。例如，在人工神经网络的研究方面，由于反向传播网络的成功，使 AI 的研究者不得不承认，人工神经网络及大规模并行处理技术对于模拟人类的“感知”，是一条有效的途径。实际上联接机制网络是描述智能行为的另一类重要理论基础。在知识工程的兴起并获得成功的情况下，日本的有关人士又对“知识信息处理系统”作了过份乐观的估计与期望，制订与实施了第五代计算机计划。日本第五代计算机的研制未达到预期效果是对传统 AI 的又一次冲击。在这种背景下，使得国内外的 AI 研究者不得不从动机、理论及实践等诸方面，对传统的人工智能研究进行反思。通过对目标、方法论、路线等的重新思考，汲取经验教训，由此为人工智能的进一步发展扫清了障碍、明确了方向。

以专家系统作为代表的知识系统与上一节所说的控制系统，虽然都是系统，但有所不同。知识系统概而言之，是一种包括符号表示、符号推理及启发式搜索的计算机程序。知识系统设计中强调的不是控制系统中所关注的“动态性能”等，它所面临的是“结构不良”的问题。它的特点是在对一个问题的统计特性知之甚少的情况下，也能利用一些规则，通过启发式的搜索而获得某些结果。这样的处理在控制系统中是难以完成的，相对而言，能够解决比较具体、复杂的系统问题。从五十年代末至九十年代这一阶段，可以说是“人工智能”的时代，其特点是专家知识的利用。

三、智能系统—人机的结合

当前，对于研制智能系统应该采取“人机结合”的方针，看来已经为大家所接受。但是人们认识与接受这一方针是花了相当多的精力与时间的。前面已经提到过，以往人工智能(AI)研究的先驱者们对于 AI 所取得的成就及前景作过一些过于乐观的评述。常言道，当局者迷旁观者清，哲学家休伯特·德雷福斯(Hubert L.Dreyfus)在 1979 年的《计算机不能做什么》一书中(副标题是“人工智能的极限”)⁽⁴⁾，提出了一些重要的和带有根本性的问题。他看到所有的人工智能基础研究进展都十分缓慢，他把这种进展缓慢看作是存在着不可逾越障碍的标志，而不是那种为克服困难取得成功之路上所应付出的正常代价。在该书最后一节，标题是人工智能的未来，提出了人与机器相结合的观点，他谈到以前巴希莱尔、奥·格尔和约翰·皮尔斯他们都主张采用可使计算机与人共生的系统。并强调了罗森