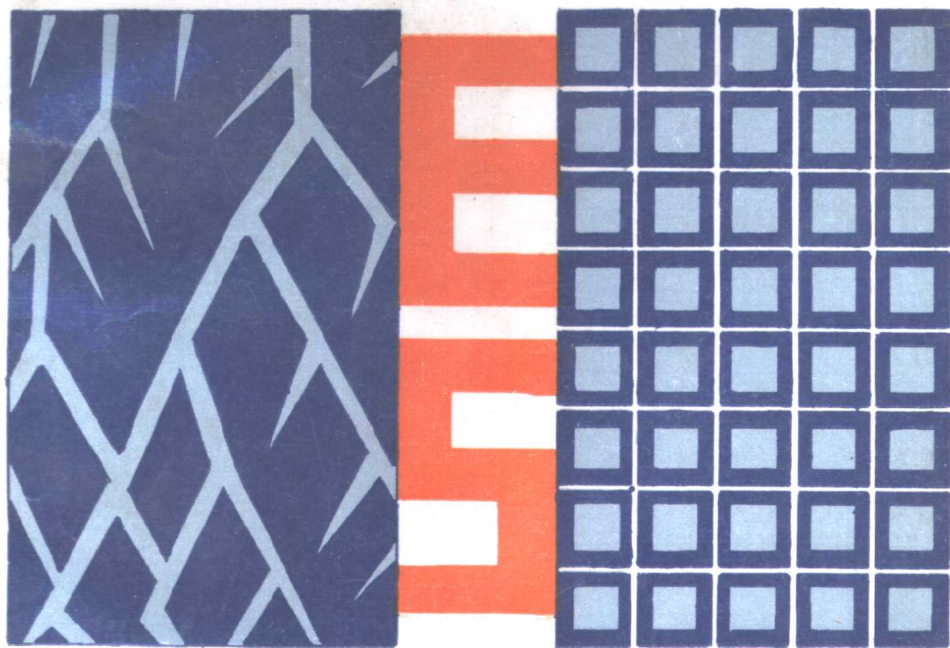

机电产品现代设计统一培训教材

专家系统

冯培恩 刘谨 主编



机械工业出版社

机电产品现代设计统一培训教材

专 家 系 统

冯培恩 刘谨 主编



机械工业出版社

(京)新登字054号

内容简介

本书是机电产品现代设计系列教材之一。书中系统地阐述了专家系统的基础知识、技术及其在机械设计中的应用。全书共分11章,包括专家系统概述、专家系统语言(LISP和PROLOG)、知识表示方法、求解和推理策略、专家系统开发工具,并以一些开发成功的汽轮机、机床和挖掘机设计专家系统为例说明了专家系统的开发方法、步骤及其在机构设计中的应用。此外,还介绍了专家系统在机械制造中的应用和例子。

本书适用于具有初步计算机应用基础和机械设计专业知识的机械产品设计人员、机械设计专业大学生和研究生使用。

专 家 系 统

*

责任编辑:李天骄 版式设计:朱淑珍

封面设计:姚 毅

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京通县向阳印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经营

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 7.5 · 字数 200千字

1993年7月北京第1版·1993年7月北京第1次印刷

印数 0,001—4,000 · 定价 7.00元

*

ISBN 7-111-03668-9/TH · 432

编辑委员会

主任委员：郭志坚

副主任委员：李宜春 潘兆庆

委	员：	周长源	孙靖民	张存库	杨敢新	刘元杰
		陈康民	赵松年	赵学仁	万耀青	李光泉
		郭青山	范祖尧	束鹏程	李振南	计有为
		卢玉明	雷闻宇	徐宗俊	薛继良	许大中
		黄纯颖	欧宗瑛	周 济	洪如娟	韩中光

序 言

在各级领导部门、高等院校的倡导和宣传下,机电行业的现代设计方法推广和培训工作取得了很大进展,并且已经见了成效。1990年,机电部颁发了机电科(1990)213号文件及附件《加强机电产品设计工作的规定》,明确地指出了推广和普及现代设计方法的重要性,并把现代设计方法推广纳入宏观管理的轨道。从1989年到现在,有关部委和地方的机电制造主管部门在充分酝酿和讨论的基础上,制定了机电产品现代设计试点项目共1401项。到目前为止,1/3的项目已经完成。一些企业在完成这些项目的过程中,创造了明显的经济效益,尝到了甜头。

管理干部培训对现代设计方法推广起了很大的促进作用。从1988年到现在,有关部委和几乎所有的地方主管部门都举办了各种形势的管理干部现代设计方法学习班、研讨班,大部分领导同志都是通过这些培训才对现代设计方法有所了解,并认识到了推广现代设计方法的紧迫性。很多负责同志在接受培训后积极主动地要求承担项目试点任务。

推广现代设计方法的中心环节和中心内容是设计人员尤其是骨干设计人员的培训。因为只有让大多数设计人员掌握了现代设计理论和设计技术,并将之应用于产品开发和设计,从根本上提高机电产品的设计水平和产品水平,才会产生巨大的经济效益,促进整个行业的迅速发展。为此,机电部科技司于1990年9月在上海专门召开了一次由行业主管部门、高等院校的领导、专家、学者参加的现代设计统一培训联席会议,决定对设计人员进行有计划、有步骤的统一培训,并由一直协助科技司进行现代设计方法推广工作的机电产品设计信息中心负责组织有关专家编写一套融科学性 with 实用性为一体的培训教材,即《机电产品现代设计统一培训教材》,这套教材共分14册,各分册的名称是:计算机辅助

设计、优化设计、可靠性设计、工业艺术造型设计、设计方法学、反求工程技术、有限元法、价值工程、机械动态设计、三次设计、疲劳设计、专家系统、智能工程、模块化设计。

现代设计方法,既不是单纯指计算机技术,也不单纯指以设计的一般规律和一般途径为研究对象的设计方法学。它应当包括一切先进的设计理论、设计技术和设计方法,是一切先进而行之有效的设计思想的集成与统一。现代设计培训应当把学以致用作为基本原则。正因为如此,被邀请参加编写教材的作者大都是现代设计方法推广中有丰富实践经验的专家和学者,而这套教材不仅系统地介绍了现代设计方法的基本内容,还列举了大量应用实例。

设计是一项涉及多种学科、多种技术的交叉工程。它既需要方法论的指导,也依赖于各种专业理论和专业技术,更离不开技术人员之经验和实践。现代设计方法是在继承和发展传统的设计方法的基础上融汇新的科学理论和新的科学技术成果而形成的。因此,推广现代设计方法,并不是要完全抛弃传统方法和经验,而是要让广大设计人员在传统方法和实践经验的基础上掌握一把新的思想钥匙。

设计是产品生产和经营的后盾,企业实现自主设计是我国企业自力更生的主要标志。要想以优秀的产品占领国内外市场,就要在设计上下大功夫。这就要求我们尽快更新设计人员的知识结构,更新设计基础数据和设计手段,提高产品开发和改进的速度和效益。希望大家在实践中了解和学习这套教材,更希望现代设计方法在产品开发的实践中结出累累硕果!

机械电子工业部副总工

郭志坚

1991年8月

前 言

专家系统技术是人工智能科学中应用最为广泛的分支领域之一。专家系统所具有的非数值知识,其中包括大量人类专家的经验知识的处理能力,使计算机的工业应用如虎添翼,迅速发展。

机械设计问题的求解不仅需要用到自然科学的基础知识,而且需要吸取领域专家在设计实践中积累起来的大量宝贵经验。无数事实证明,富有经验的优秀设计师往往能比刚出校门、同样富有才华的设计师以较快的速度设计出较好的产品来。专家系统技术能帮助我们实现众多领域专家设计经验的归纳和利用,使经验的继承和发展大大超越了“师徒之间”的时空限制,从而大大推进了设计质量和效率的提高,因而近年来引起了工程设计界的巨大兴趣和高度重视。一些试验性的机械设计专家系统开始在机械工业的一些产品开发中得到成功的应用,并首先在系列产品和组合产品的开发中产生明显的社会效益和经济效益。

本书作者都来自机械设计及制造专业,近年来有机会学习和参与了开发机械设计专家系统的实践,通过合作编写这本教材,希望给尚无经验又有兴趣的同行提供一个适当的起点。

由于篇幅限制和专家系统技术的实践性,仅仅读完本书恐怕还不意味着掌握了开发设计型专家系统的本领,要达到这一目的还须直接参与一定的培训和实践。我们准备组织这样的培训,同时提供通用的支撑软件,读者可以直接与编者联系。

参与本书编写工作的有:浙江大学冯培恩、潘双夏(第6、9、10章)、上海工业大学刘谨、陈敏贤(第1、3、4、8章)、杭州汽轮机厂谢和坤(第5、7章)和杭州重型机械厂何利力(第2、11章)。主编为冯培恩和刘谨。

上海交通大学翁世修教授为本书的主审。浙江大学潘晓弘博士对部分章节提出了修改意见。编者在此对所有的支持和帮助者

表示衷心的感谢。

最后，编者将感谢所有本书的热心读者，特别感谢指出本书错误、疏漏及其它不足之处的各位读者。

编者

一九九二年九月

目 录

序 言

前 言

第1章 概论	(1)
1.1 专家系统概述	(1)
1.2 专家系统的基本结构.....	(6)
1.3 专家系统的发展概况.....	(13)
第2章 LISP语言	(17)
2.1 引言.....	(17)
2.2 基本LISP函数	(18)
2.3 谓词、条件函数、定义函数.....	(22)
2.4 符号原子特性表及数组.....	(27)
2.5 LAMBDA定义.....	(30)
2.6 LISP语言的输入输出函数	(30)
2.7 迭代.....	(32)
2.8 FEXPR型函数和MACRO型函数.....	(34)
第3章 PROLOG语言	(38)
3.1 PROLOG的基本概念	(38)
3.2 搜索	(45)
3.3 表	(51)
3.4 算术运算.....	(54)
3.5 动态数据库.....	(56)
第4章 知识表示	(58)
4.1 谓词逻辑表示法.....	(59)
4.2 语义网络表示法.....	(61)
4.3 框架表示法.....	(65)
4.4 基于规则的产生式表示法.....	(67)
4.5 知识获取与机器学习.....	(71)

第5章 求解策略和推理方法	(75)
5.1 问题的表达和求解策略.....	(75)
5.2 推理基础.....	(84)
5.3 语义网络推理和框架推理.....	(86)
5.4 产生式系统推理机设计.....	(89)
第6章 专家系统开发工具	(121)
6.1 引言	(121)
6.2 通用人工智能语言	(121)
6.3 知识表示和处理语言	(123)
6.4 专家系统外壳	(126)
6.5 专家系统开发工具箱	(131)
6.6 小结	(133)
第7章 TDES汽轮机方案设计专家系统	(134)
7.1 概述	(134)
7.2 静态结构	(136)
7.3 动态结构	(146)
7.4 机构	(150)
第8章 模块化仪表车床设计的专家系统	(153)
8.1 模块化机床设计	(158)
8.2 ILMD专家系统的结构	(154)
8.3 知识的表达	(155)
8.4 推理及控制策略	(160)
8.5 知识库的管理	(153)
8.6 ILMD专家系统的框图	(165)
第9章 液压挖掘机方案设计的专家系统	(167)
9.1 总的开发策略	(167)
9.2 问题描述	(168)
9.3 知识库的建立	(169)
9.4 推理机的构造	(181)
9.5 设计实例	(187)
第10章 机械设计专家系统的开发及应用	(190)
10.1 机械设计进程.....	(190)

10.2	机械设计中应用专家系统技术的可能.....	(191)
10.3	设计型专家系统的特点.....	(195)
10.4	机械设计专家系统的开发进程.....	(197)
第11章	专家系统在机械制造中的应用.....	(212)
11.1	机械制造中的专家系统.....	(212)
11.2	制定焊接工艺卡的专家系统.....	(218)
参考文献		(227)

第1章 概 论

1.1 专家系统概述

人工智能(Artificial Intelligence 简称AI)被誉为本世纪的三大科学技术成就之一,受到了世界各国的普遍重视。而60年代中期作为人工智能的一个应用领域的专家系统(Expert System简称ES)的出现,使得人工智能的研究从实验室走向了现实世界。专家系统的研究推动了人工智能的发展,开创了计算机求解非数值问题的有效途径,它和自然语言理解以及机器人技术一起已成为人工智能研究最活跃的三大领域。随着它的飞跃发展,世界各国已经在化学分析、医疗诊断、地质勘探、气象预报、故障处理、语音识别、图象处理、过程控制、农业、经济和军事等领域研制了大量的专家系统,有些系统声称在性能上已达到甚至超过了同领域中人类专家的水平,它的应用已开始产生了巨大的经济效益。目前,专家系统已渗入到各个领域,并受到各行各业的普遍重视,已成为世界各国热门的竞争课题之一。

1.1.1 什么是专家系统

专家系统是迅速发展起来的一个人工智能的应用领域。设计一个专家系统,其基本思想是使计算机的工作过程能竭尽全力地来模拟领域专家解决实际问题的过程,即模拟领域专家如何运用他们的知识与经验来解决问题的方法与步骤。所以专家系统实际上是一个(或一组)能在某特定领域内,以人类专家水平去解决该领域中困难问题的计算机程序。由于专家系统的功能主要依赖于大量的知识,这些知识均存在知识库中,通过推理机按一定的推理策略去解决问题,所以它也被称为知识基系统。专家系统是研究用解决某专门问题的专家知识来建立人机系统的方法和技术。

由于知识在专家系统中起着决定性作用，所以一般将建立专家系统的工作过程称为知识工程。

1.1.2 专家系统的特点

专家系统是一种基于知识的智能程序，它与传统的程序相比有如下特点。

1.1.2.1 具有启发性

专家系统运用领域内的理论与常识性知识以及专家长期实践中累积起来的宝贵经验，这些经验通常没有严谨的理论依据，很难保证其在各种情况下的普遍正确性，但在一定条件下解决问题，它们往往简洁而有效，能够起到有效的简化问题或快速求解问题的作用，从而使系统具有启发性。而不是基于算法的传统过程。这使计算机的应用范围大大地扩大了。因为，世界上的大部分工作不是数值计算性的，而是以知识为基础，通过推理来完成的。

1.1.2.2 具有透明性

专家系统能解释本身的推理过程，给出求解过程的推理路径，使系统具有一种透明的界面。它又能完成向用户提供咨询的任务，加强了用户对专家系统的可接受性，也为专家系统的改进、完善提供了方便。

1.1.2.3 具有灵活性

专家系统由于知识库和推理机的相对独立，使它可以方便地在非编辑状态下不断对知识进行增删和修改，有利于知识库的扩充及完善，不断提高系统的性能。另外专家系统强调符号处理，并希望有一个理想的人机接口，做到专家或用户能以一种接近自然语言的语言甚至口语形式同系统进行信息的交流。这些都是传统程序所不具备的特点。

1.1.3 专家系统的作用和意义

专家系统的发展十分迅速。尤其是最近十多年来，随着各领域中专家系统不断地涌现，在解决实际问题中所起的作用也越来越大。专家系统能如此迅速发展，是由于它具有下述重要的意义

和作用：

(1) 专家系统可以使专家的知识在不受时间和空间的限制下更广泛地为人类服务。专家的经验 and 知识是极宝贵的，但他们不能永远工作。在他们退出工作岗位以前，把他们的知识集中归纳起来，构成专家系统，永远保留下来，这就是不受时间限制的意义。此外，专家总是少数，例如，我国医学专家不多，如果将他们的知识和经验总结成专家系统，而且拷贝成几百甚至更多的副本，用于各地，那就等于在全国各地都有许多专家在为人们治病，这就是不受空间限制的意义。

(2) 专家系统可靠性好，工作效率高。专家系统能克服人类专家的许多弱点，如一个专家在工作中难免有疏忽、遗漏，此外还有精神紧张、疲倦及受周围环境的影响等因素。而专家系统却能不知疲倦，不受干扰，准确无误地工作，避免了人类专家的许多失误。

(3) 专家系统能促进领域学科的发展。专家系统的研制将促使领域专家们认真深入地总结他们的专业知识和经验。专家系统有良好的透明性，它具有解释和教学功能，能回答有关它做的一切，能把它的知识传授给用户，而且专家系统能汇集许多领域专家的知识，使它解决问题的能力 and 知识的广博，优于单个专家的作用。专家系统具有这种总结知识、传播知识及自学功能，便可促进领域科学的发展。

(4) 专家系统能促进计算机科学的发展。专家系统的研制和开发一方面扩大了计算机的应用领域，另一方面不断向人们提出新的研究课题，推动了新的计算机体系的研究，促进了计算机科学的进一步发展。

(5) 专家系统的使用具有良好的经济和社会效益。据有关资料报道，美国从1982~1984年两年间，由于运用了专家系统，相当于增加了四百多亿人年工作量，使每人的工作效率相当于传统工作效率的两千多倍。至于专家系统保存与传播知识等所获得的社会效益，那就更明显了。

1.1.4 专家系统的分类

专家系统按其求解问题的性质可分为以下几种主要类型:

1.1.4.1 解释型系统

它的任务是通过对输入数据的分析来确定这些数据的含义。属于这类系统的有数据分析、信号解释、图象分析、语音信号理解和化学结构等,这类系统的特点是:

- (1) 能处理不完备信息。
- (2) 当数据出现矛盾时,能假设哪一部分的数据可信,然后再对它作验证。
- (3) 能处理不可靠的数据。
- (4) 有解释模块,能对复杂的推理过程作出解释。

1.1.4.2 预测型系统

它的任务是根据过去和现在的模型来预报未来的趋向。属于这类系统的有天气预报、交通预报、人口预测、农业产量估计和军事预测等。这类系统的特点是:

- (1) 能综合不完整的信息。
- (2) 能解释各种可能的未来变化及排序并预测灵敏度。
- (3) 能协调和利用不同的数据源的知识。
- (4) 具有随时间变化不断适应事件的自适应能力。

1.1.4.3 诊断型系统

它的任务是根据观察及测得的数据、推断出系统的故障。属于这类系统的有医疗、机械、电子和软件诊断等。这类系统的特点是:

- (1) 考虑多种故障同时存在的可能性。
- (2) 尽可能地识别诊断设备本身可能的故障。
- (3) 故障可能随机间断出现,有时需要通过一些强制或诱发措施来进行检测。
- (4) 在遇到难以检测或需花费高代价才能得到信息时,应能决定采取什么措施。
- (5) 对一些复杂的尚未完全掌握的诊断对象,系统能用几个

局部模型结合起来权衡考虑。

1.1.4.4 规划型系统

它的任务是根据约束条件，作出行动的安排或调度方案。属于这类系统的有工程规划、机器人行动规划、自动程序设计、通信网规划和军事作战规划等。这类系统的特点是：

(1) 对复杂的规划问题，能探索各种可能的计划方案，并能处理子目标之间的相互作用问题。

(2) 能处理不确定因素和时间推理。

(3) 如果规划有多个执行者时，系统能处理好协调工作。

(4) 考虑分层规划。

1.1.4.5 设计型系统

它的任务是根据约束条件，构思出所需的目标方案。这类系统的特点是：

(1) 能预测并检验某些中间设计结果并随时调整设计方案。

(2) 协调各项设计要求，满足全局要求。

(3) 在完成或修改各个设计子任务时要考虑到全局要求，避免子任务之间的相互重迭或冲突。

(4) 进行有关空间、结构或形状等方面的推理，而目前对于这些方面还没有成熟的技术。

(5) 将设计的特征描述形成一个精确、完整的设计方案或图样。

1.1.4.6 监控型系统

它的任务是分析运行过程中的当前状态，预测可能发生的结果，并在必要时实行控制。这类系统的范畴很广，它的关键监控条件常常依赖于系统的当前环境，故它要求系统能够根据时间和环境的变化来改变所期望的条件，以防误报、漏报的发生。

1.1.4.7 教学型系统

它的任务是根据学生的行为表现，找出学生存在的问题和解决办法。

除此之外，还有决策型系统、控制型系统及修理型系统。

上述专家系统又可以进一步归纳成分析型决策支持系统和设计型决策支持系统两大类型。解释、预测、诊断、监控和教育等型系统都属于分析型，它们的共性是通过给定数据的分析，从事先准备好的候选结论中选择最合适的结论。规划和设计型系统则属于设计型，其共同点是构造满足约束条件下的最适当的行动规划或设计系统。

一般认为，处理设计型问题比处理分析型问题更困难，原因在于前者的求解结果往往不是确切定义的，因而推理更为复杂，需要更多的知识和“智能”。

1.2 专家系统的基本结构

一个完整的专家系统结构由图1—1所示的六个部分组成。其中数据库、知识库、推理机和人机接口是必不可少的部分。解释部分、知识获取部分是期望部分。下面分别介绍这些部分。

1.2.1 知识库

知识库是领域知识的存储器。它存储专家经验、书本知识与常识性知识，是专家系统的核心部分。知识库可以由事实性知识和推理性知识组成。

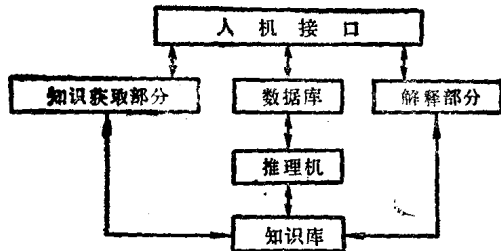


图1—1 专家系统示意图

例如，“磨损、齿面疲劳、塑性变形、轮齿折断以及其它损伤是轮齿失效的五大形式”是事实性知识。“如果带传动，那么常设有带的定期张紧或自动张紧装置”是推理性知识。知识是决定一个专家系统性能的主要因素。一个知识库必须具备良好的可用性、确实性和完善性。知识的确实性与完善性决定于领域专家，而知识的可用性很大程度上取决于设计专家系统的知识工程技术人员如何表达专家的知识，即称为知识的表达。如果存放在计算机中的知识用起来很不方便，这就是可用性差。因此，要建立一