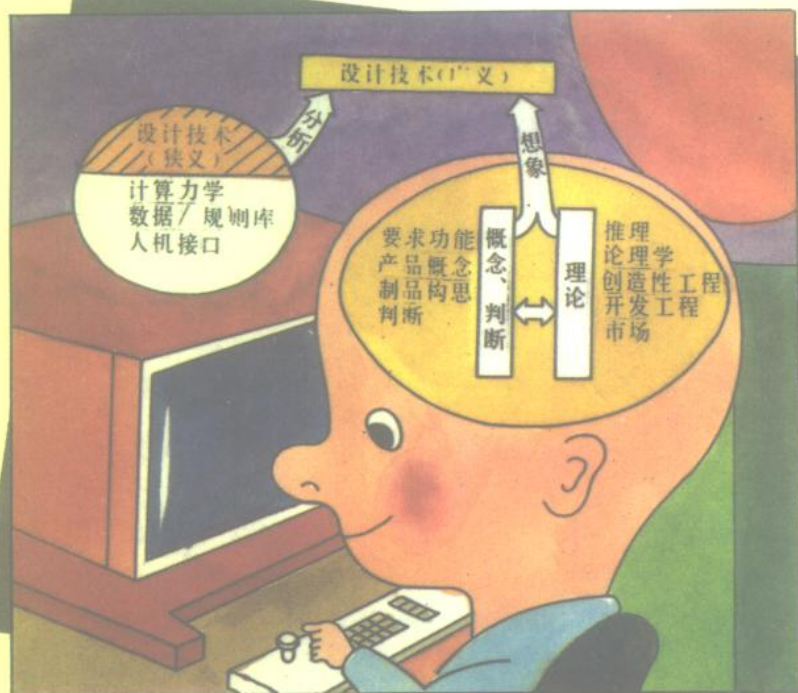


机械设计专家系统 研究与实践

吴慧中 陈定方 万耀青 著



中国铁道出版社

H122
W 87
CAD 丛书

机械设计专家系统研究与实践

吴慧中 陈定方 万耀青 著

(中国科学院计算技术研究所 CAD 开放研究实验室)

中 国 铁 道 出 版 社

1994年·北京

(京)新登字 063 号

DN 48/16

内 容 简 介

本书阐述了机械设计专家系统的内容,包括专家系统的基本概念、知识表示、知识获取、知识利用、专家系统开发工具与环境、机械设计专家系统实例、新一代机械设计专家系统展望,较为完整地介绍了上述内容的应用和如何建立一个设计型的专家系统,具有先进性、系统性与实用性,反映了目前国内外机械设计专家系统的先进水平和作者的研究成果与体会。是智能 CAD 领域中具有新意的丛书。

本书可作为具有计算机基本知识、从事机械设计(工程)的工程技术人员和教师的参考书,也可作为工科大学本科、研究生的选修课教材。

CAD 丛书

机械设计专家系统研究与实践

吴慧中 陈定方 万耀青 著

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 殷小燕 封面设计 陈东山

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:10.875 字数:278 千

1994 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—3500 册(平)

1—500 册(精)

(平)ISBN7-113-01633-2/TP·160 定价:20 元

(精)ISBN7-113-01634-0/TP·161 定价:25 元

前 言

计算机辅助设计(CAD)作为一种实用性极强、发展十分迅猛的科学技术,已成为传统产业改造、工程设计变革、劳动生产率提高和产品市场竞争力增强的有力手段,对一国经济发展具有重要的意义。

中国科学院计算技术研究所 CAD 开放实验室,于 1987 年 9 月经中国科学院批准成立,多年来它聚集了国内外 41 个单位的 240 余名优秀人才,在国家“七五”攻关计划、“863”高技术计划和国家自然科学基金项目等的经费支持下,开展了 CAD、计算机图形学、专家系统、工程数据库等的基础性研究和系统研究开发的大量工作,取得了一系列重大研究成果,并已成功地应用于电子、机械、建筑、地理、控制、工程管理及艺术等领域,为我国 CAD 科技的发展作出了重要的贡献。为对其中一些具有显著特色的研究成果及时进行总结、提炼和交流。CAD 开放实验室决定组织撰写这套 CAD 丛书,第一批包括:《专用集成电路行为功能级模拟技术》、《机械设计专家系统研究与实践》、《计算机在建筑设计造型中的应用》、《分形的计算机图象及其应用》、《计算机地理真实感图形》、《VHDL 语言及其应用》和《工程数据库》等共七部专著先行出版,其余专著也将根据研究进展,陆续撰写出版。

丛书从不同侧面比较系统地反映了 CAD 与计算机图形学国内外的最新动向和成就,将对这一领域技术在中国的传播、提高与推广产生积极的影响,也为我国广大设计工作者,大专院校教师和学生提供一种有价值的参考书。我相信广大读者必将能从这套丛书中得到助益。

中国计算机学会理事长

中国科学院院士 张效祥

一九九三年七月

CAD 丛书编委会

主编:魏道政

编委:石教英

许隆文

刘明业

刘慎权

周堤基

林宗楷

唐荣锡

唐璞山

序 言

1987年9月,中国科学院批准成立了中国科学院计算技术研究所CAD开放研究实验室,承担了国家“七·五”攻关、“863”高技术计划和国家自然科学基金项目,聚集了国内外41个单位的240余名优秀人才,在CAT、CAD、图形学、专家系统、工程数据库等的基础研究和高水平CAD系统研制方面,均取得了重大研究成果。这些成果在电子、机械、建筑、地理、控制、工程管理和艺术等领域得到成功的应用。

为了对这些研究成果进行总结、提炼与升华,我们室决定组织并撰写一套CAD丛书,并将陆续出版。

这套丛书的第一批包括7本著作,它由20余名中青年学者,历时3年撰写而成的:

《专用集成电路行为功能级模拟技术》介绍了行为功能级模拟器及硬件描述语言DDL,以RISC PARC为例讨论了ASIC的DDL描述及模拟器的使用方法,研讨了全机性行为功能级模拟的策略与测试码的选择问题。

《机械设计专家系统研究与实践》阐述了机械设计专家系统的基本概念、基本理论、专家系统开发环境与工具,以作者所研制的多个机械设计专家系统为实例较为完整地介绍了如何建立一个设计型的专家系统,如何评价这些系统等问题,并对新一代机械设计专家系统进行了展望。

《计算机在建筑设计造型中的应用》以作者研制“中国古典园林三维模拟系统”、“中国皇家园林三维模拟系统”和“计算机辅助建筑造型系统”等为实例,从理论与实践的结合上介绍了在计算机屏幕上逼真地显示园林景观的真实感图象,通过改变视点和视线方向,可动态地模拟游人在园林环境中所得到的身临其境的艺术感受。

《分形的计算机图象及其应用》将分形作为研究和处理自然(如工程中不规则图形)的有力的理论工具。这本书介绍了分形几何的有关理论、方法与计算机图象生成算法,以及可充分显示混沌、分形之美,而且也展示出分形应用的若干重要领域。

《计算机地理真实感图形》从地理科学应用及其图形表现方法的特点出发,根据地图生产过程的本質,将地图信息、地图数据的提取、逻辑结构、存取管理、图形描述等用具有真实感的三维立体图来表示。这项技术可用于编制各种专题地图、军事导航、国土管理开发决策、水利交通规划等领域。

《VHDL 语言及其应用》介绍了硬件描述语言 VHDL,它正成为世界范围计算机辅助设计的交流媒介。VHDL 现在是 IEEE1076 标准,并得到工业界的广泛支持。这本书介绍了 VHDL 的基础、数据类型、行为描述、结构描述、VHDL 的高级特点、VHDL 的建模技术和如何使用 VHDL 进行硬件设计。

《工程数据库》阐述了工程数据库的特点它在集成化技术中的应用、数据模型、数据库语言、版本管理、工程数据库管理系统及数据库技术发展趋势等等。

应该说目前这几本书仅仅反映我们室一小部分的工作,但它们从不同侧面反映了 CAD 与计算机图形学领域国内外的先进技术与最新动向。可以欣慰地说,在取得一批优秀成果基础上撰写的这套丛书的出版雄辩地表明在所论及的领域,我国学者已经成功地缩小了与国际先进水平的差距。

我们十分高兴的是中国计算机学会理事长、中国科学院院士张效祥教授亲自为这套丛书写了十分精辟的前言。我们希望这套丛书能对有关的研究与开发人员和广大的设计人员有所益处。

这套丛书所论及的研究工作得到了国家“七·五”、“八·五”科技攻关项目、国家自然科学基金、国家“863”高科技项目的支持。而这套丛书的出版则得到了铁道科技出版基金的资助。“八·五”铁道技术进步规划要点提出要以电子技术应用与机电一体化作为铁路工业产品的第二次更新换代的关键技术,并特别强调在工业产品、工程设计和房屋建筑等方面广泛采用 CAD 技术。这套丛书在中国铁道出版社出版表明了铁道部门的主管领导和专家委员会的远见卓识。

CAD 技术是一门飞速发展的技术,这套丛书不可能涉及到它的所有领域,甚至也不可能涉及到某一领域的所有方面。人们对 CAD 技术的研究、认识将不断深化。因此,我们希望有更多的专家、学者和有关人士能关心、支持和参与这套丛书工作,并给我们提出宝贵意见。

中国科学院计算技术研究所 CAD 开放

研究实验室主任 林宗楷

一九九三年五月

作者序言

人工智能(AI)技术已有 30 多年历史,专家系统(ES)是其中最活跃的分支之一。把专家系统引入机械设计,在国外仅有 10 多年历史,国内则将近 10 年。机械设计专家系统(MDES)技术这一研究新领域具有广泛的应用前景,成为当前世界上最热门的研究课题之一。它把计算机从数值处理扩展到非数值处理的范畴,包括知识与经验的集成、推理和决策,力图将设计过程自动化,使计算机应用进入一个新的阶段,是计算机应用的深化,是使设计过程智能化。

作者在国内较早从事机械设计专家系统的研究和应用,10 年来先后承担此领域的国家自然科学基金及国家科技攻关项目。自 1987 年以来作为中国科学院计算技术研究所 CAD 开放研究实验室的客座研究人员,承担了该室 MDES 的研究课题,并取得了若干科技成果。在此基础上,共同撰写了《机械设计专家系统研究与实践》一书,作为中国科学院计算技术研究所 CAD 开放研究实验室的丛书之一。

本书共分九章。第一章对专家系统的基本概念、基本结构、机械设计专家系统的流程特点以及概念图作了精炼、形象的描述。第二章论述了专家系统中的知识、知识分类和常见的知识表示方法。这些方法有基于规则的产生式表示、框架表示、一阶谓词逻辑表示、语义网络表示、过程表示等。还根据机械设计知识的特点,着重探讨了适合机械设计专家系统的混合知识表示、不精确知识表示及高阶谓词逻辑知识表示。第三章展开了对知识获取的任务、方法及自动获取原理的讨论,并简单介绍了国内外一些典型的知识获取工具,包括作者所研究与设计的知识获取工具 EDACS。第四章是关于知识的利用。对基于知识的推理、非单调推理、不精确推理、搜索、规划以及知识的组织、管理与维护作了论述,其中对主观

Bayes 方法、可能性理论和 D-S 证据理论作了较为详细的描述。第五章介绍了专家系统开发工具的作用、分类、著名的骨架系统 E-MYCIN 和 KAS、通用知识表示语言 OPS5、组合开发工具 AGE,并重点介绍了作者所研制的通用机械设计专家系统的骨架系统 GMDES。第六章围绕 MDES 的建造,分析了 MDES 的复杂性,探讨了设计问题的概念化与形式化,对 MDES 的控制策略、推理机设计、评价与子系统设计、测试与考核进行了有特色的分析。在第七、第八章里,以标准三角胶带传动、齿轮传动、齿轮箱、轴类零件 CAPP、数控加工中心伺服进给驱动系统、叉车整机稳定性、压力容器、压铸模等为对象,从不同侧面叙述了作者所研制的 MDES 的结构、特点和建立的技巧。第九章对新一代机械设计专家系统进行了展望。

本书较为完整地介绍了上述内容和如何建立机械设计专家系统,具有先进性、系统性与实用性,体现了目前国内外机械设计专家系统的先进水平,反映了作者研究和实践的特色。

本书可作为具有计算机基本知识、从事机械设计(工程)的工程技术人员和教师的参考书,也可作为理工科大学研究生、本科生的选修或必修课教材。

本书由南京理工大学(原华东工学院)吴慧中教授、武汉水运工程学院陈定方教授、北京理工大学万耀青教授担任主编。第一章由陈定方编写;第二、三、四、五、九章由吴慧中编写;魏治杰参加了第三章第四、五节的编写工作;第六章由陈定方(第一、二、三、四、五节)、孙国正(第六、七节)编写;第七章由陈定方(第一、二、四节)、万耀青与项红(第三节)编写、第八章由陈定方(第一、二节)、范涛(第三节)、陈怀国(第四节)编写。万耀青担任了本书的主审工作。陶德馨、吴永明、黄心渊曾为本书的编写提供了有益的素材,党翠兰、王英林、汤家树、贺年、陈丹为本书的整理抄写及描图作了许多工作。

武汉交通科技大学(原武汉水运工程学院)和南京理工大学已

先后两轮使用本书给硕士研究生讲授“机械设计专家系统”课程，收到了良好的效果。

在本书出版之际，作者感谢中国科学院计算技术研究所 CAD 开放研究实验室为客座提供了良好的研究工作和生活条件，使得本书所论及的研究工作和本书的出版得以顺利完成。感谢中国铁道出版社殷小燕编辑为本书出版所付出的辛勤劳动。

机械设计专家系统的研究和应用正在向深层发展。鉴于目前国内有关实用专家系统设计的书籍甚少，编著本书目的是希望与更多的同行进行交流切磋，共同繁荣科技事业。囿于作者的水平，难免有不足和错漏之处，欢迎广大读者批评、指正。

作者

一九九三年三月于北京

目 录

第一章 机械设计专家系统概论	(1)
第一节 专家系统的产生与发展.....	(1)
一、人工智能的诞生	(1)
二、ES 是当今 AI 研究领域中的热门	(2)
三、ES 研究的意义和趋势	(3)
第二节 专家系统的结构与特点.....	(4)
一、专家系统的基本结构	(4)
二、ES 的力量在于它存贮的是知识	(6)
第三节 机械设计专家系统.....	(7)
一、机械设计的流程和特点	(7)
二、机械设计专家系统的概念图.....	(14)
第二章 知识表示	(16)
第一节 知识表示的必要性	(16)
一、知识和知识的分类.....	(16)
二、知识表示的必要性.....	(17)
第二节 基于规则的产生式表示	(19)
一、产生式的定义.....	(19)
二、产生式的形式描述及语义.....	(20)
三、适合于产生式表示的问题领域.....	(21)
第三节 框架表示	(22)
一、框架的定义.....	(22)
二、框架的形式描述及语义.....	(25)
三、框架表示的特点.....	(26)
第四节 一阶谓词逻辑表示	(27)
一、一阶谓词逻辑的定义.....	(27)
二、一阶谓词的形式描述及语义.....	(28)

三、一阶谓词逻辑表示的特点·····	(28)
第五节 语义网络表示 ·····	(29)
一、语义网络的定义·····	(29)
二、语义网络的形式描述及语义·····	(31)
三、语义网络结构的特点·····	(32)
第六节 过程表示 ·····	(33)
一、过程表示动态知识·····	(33)
二、过程表示的特点·····	(34)
第七节 不精确知识的表示 ·····	(35)
一、模糊谓词·····	(35)
二、模糊规则(或模糊产生式)·····	(36)
三、模糊框架·····	(37)
四、模糊语义网络·····	(38)
第八节 机械设计知识的类型与特点 ·····	(38)
一、机械设计知识的类型·····	(39)
二、机械设计知识的特点·····	(40)
第九节 机械设计专家系统中知识的表示方法 ·····	(42)
一、常用的机械设计知识表示·····	(42)
二、机械设计知识的混合表示·····	(47)
三、机械设计几何结构的多层谓词逻辑表示·····	(52)
第三章 知识获取 ·····	(55)
第一节 知识获取的任务 ·····	(55)
第二节 知识获取方法的分类 ·····	(56)
第三节 知识的自动获取与学习 ·····	(59)
一、知识获取的自动化问题·····	(59)
二、示例学习·····	(60)
三、类比学习·····	(67)
第四节 知识获取工具 ·····	(70)
一、知识获取工具的任务·····	(70)

二、知识获取工具 NCGWT、SALT、GPMIL 简介	(71)
三、通用机械设计专家系统 GMDES 中知识 获取工具 EDAKS 实例	(78)
第五节 知识获取的步骤	(83)
第四章 知识的运用	(86)
第一节 基于知识的推理	(86)
一、推理方式	(86)
二、形式演绎推理	(87)
第二节 非单调推理	(91)
一、非单调推理的基本出发点	(91)
二、非单调推理方法	(92)
三、非单调推理的应用	(98)
第三节 不精确推理	(99)
一、不精确推理模型的框架	(100)
二、不精确推理模型的描述	(102)
三、抽象描述	(110)
第四节 搜索	(111)
一、搜索问题	(111)
二、搜索方向	(112)
三、搜索方法	(112)
第五节 规划	(117)
一、求解问题的规划	(117)
二、层次规划	(118)
三、日程表	(118)
四、手段——目标分析	(119)
第六节 知识的组织、管理与维护	(119)
一、知识库的组织	(120)
二、知识库的管理与维护	(121)
第五章 专家系统开发工具	(123)

第一节 专家系统开发工具的作用	(123)
第二节 专家系统开发工具的分类	(124)
一、专家系统开发工具的基本结构	(124)
二、专家系统开发工具的分类	(125)
第三节 骨架系统 EMYCIN 和 KAS	(128)
一、EMYCIN	(128)
二、KAS	(129)
第四节 通用知识表示语言 OPS5	(134)
一、概 述	(134)
二、工作存储及工作存储元	(135)
三、产生式及产生式存储	(136)
四、用户过程	(138)
五、OPS5 的解释程序	(139)
六、用户命令	(140)
第五节 组合开发工具 AGE	(140)
第六节 机械设计专家系统的骨架系统的建造	(141)
一、机械设计的特殊性	(141)
二、机械设计专家系统的骨架系统的建造	(143)
第七节 示例——GMDES 通用的机械设计专家系统的 骨架系统	(145)
一、研制 GMDES 骨架系统的必要性	(145)
二、GMDES 骨架系统的总体结构	(146)
三、机械设计知识的集成表示方法	(147)
四、基于多种知识表示的多级知识获取子系统	(147)
五、高效推理机	(149)
六、多级模糊综合评价	(149)
七、模糊决策	(151)
八、知识库的管理与维护	(152)
九、系统用户接口	(153)

第六章 机械设计专家系统的建造	(155)
第一节 机械设计专家系统的复杂性分析.....	(155)
第二节 设计问题的概念化与形式化.....	(156)
第三节 机械设计专家系统的控制策略.....	(157)
一、推理机与控制策略	(157)
二、工程设计专家系统的控制策略	(158)
第四节 机械设计专家系统的推理机设计.....	(159)
一、推理和结构	(160)
二、推理效果和效率	(161)
三、控制策略与算法	(163)
四、冲突消解	(165)
第五节 机械设计专家系统的评价与决策子系统的 设计.....	(166)
一、评价子系统的任务	(166)
二、评价方法	(167)
第六节 知识工程师与领域专家的结合.....	(176)
一、领域间的相互渗透	(176)
二、专家系统的设计思想与结构	(177)
三、专家系统的建造与精炼	(178)
第七节 机械设计专家系统的测试与考核.....	(178)
一、机械设计专家系统的考核要点	(178)
二、对机械设计专家系统进行评价的方法	(179)
第七章 机械设计专家系统实例(一)	(181)
第一节 标准三角胶带传动设计专家系统(JDDES)	(181)
一、JDDES 的总体结构	(181)
二、运行实例	(187)
第二节 齿轮传动设计专家系统(GDDES)	(189)
一、GDDES 的适用范围	(189)
二、GDDES 的总体结构	(190)

三、GDDES 中的再设计模块	(191)
四、运行实例	(193)
第三节 齿轮传动箱设计专家系统(GBES)	(201)
一、GBES 系统结构	(202)
二、GBES 的知识表示和知识库	(204)
三、控制策略和推理机	(209)
四、ES 同现行 CAD 方法的结合	(216)
五、知识库的编辑和维护	(218)
六、GBES 的主要功能和特点	(219)
七、GBES 运行示例	(221)
第四节 轴类零件 CAPP 设计专家系统(CAPPES)	(230)
一、CAPP 的概念	(230)
二、CAPPES 的构成	(231)
三、CAPPES 的建造	(232)
第八章 机械设计专家系统实例(二)	(242)
第一节 数控加工中心伺服进给驱动系统设计专家系统 (SFDSES)	(242)
一、SFDSES 概况	(242)
二、SFDSES 的建立	(243)
三、SFDSES 的运行实例	(248)
第二节 叉车整机稳定性分析专家系统(CCWDES)	(259)
一、CCWDES 的建立	(259)
二、CCWDES 运行实例	(269)
第三节 压力容器智能化 CAD 及换热器设计 专家系统(HEDES)	(271)
一、YLRQCAD 的基本结构	(271)
二、HEDES 的建立	(272)
三、HEDES 的学习功能	(275)
第四节 压铸模结构设计专家系统	(279)

一、系统的技术路线分析	(279)
二、系统的总体结构与控制策略	(282)
三、系统的知识库设计	(289)
四、系统功能模块的设计	(303)
第九章 新一代机械设计专家系统展望	(314)
第一节 专家系统的发展	(314)
一、专家系统的理论与方法不断丰富	(314)
二、模糊技术应用于专家系统	(316)
三、实时专家系统	(316)
四、专家系统开发工具日趋完善	(317)
五、专家系统与神经网络的有机结合	(317)
第二节 新一代机械设计专家系统展望	(318)
一、新一代机械设计专家系统的特征	(318)
二、分布式专家系统	(320)
三、协同式专家系统	(323)
四、具有学习功能的专家系统	(326)
参考文献	(329)