



中国计算机学会
学术著作丛书

中国智能 CAD'94

潘云鹤 主编

879

09



清华大学出版社
广西科学技术出版社

73.877
S09

中国计算机学会学术著作丛书

中国智能 CAD'94

潘云鹤 主编

清华大学出版社
广西科学技术出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是首届中国智能 CAD 学术会议论文集,汇集了 30 篇论文,包括知识与数据库,设计问题求解,资料自动理解,智能交互,智能图形学等领域的研究成果。本书的重点是设计问题求解技术的研究和智能 CAD 在机械、电子、化工设备、工艺美术等领域的应用,体现了理论与实际的结合,对从事人工智能与计算机辅助设计的技术人员有参考价值。

版权所有,翻印必究。

DL18/22 14

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标志,无标志者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

中国智能 CAD'94:首届中国 ICAD 学术会议论文集/潘云鹤等著. —北京:清华大学出版社,1994

ISBN 7-302-01547-3

I. 中… II. 潘… III. 计算机辅助设计-学术会议-文集 IV. TP391.72-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 05471 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者:北京市海淀区清华园印刷厂印刷

发行者:新华书店总店科技发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:12 字数:293 千字

版 次:1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN7-302-01547-3/TP·637

印 数:001—800

定 价:15.00 元

清华大学出版社 广西科学技术出版社
计算机学术著作出版基金

评 审 委 员 会

主 任 委 员 张效祥

副主任委员 周远清 汪成为

委	员	王鼎兴	杨芙清	李三立	施伯乐	徐家福
		夏培肃	董韫美	张兴强	徐培忠	

出版说明

近年来,随着微电子和计算机技术渗透到各个技术领域,人类正在步入一个技术迅猛发展的新时期。这个新时期的主要标志是计算机和信息处理的广泛应用。计算机在改造传统产业,实现管理自动化,促进新兴产业的发展等方面都起着重要作用,它在现代化建设中的战略地位愈来愈明显。计算机科学与其它学科的交叉又产生了许多新学科,推动着科学技术向更广阔的领域发展,正在对人类社会产生深远的影响。

科学技术是第一生产力。计算机科学技术是我国高科技领域的一个重要方面。为了推动我国计算机科学及产业的发展,促进学术交流,使科研成果尽快转化为生产力,清华大学出版社与广西科学技术出版社联合设立了“计算机学术著作基金”,旨在支持和鼓励科技人员,撰写高水平的学术著作,以反映和推广我国在这一领域的最新成果。

计算机学术著作出版基金资助出版的著作范围包括:有重要理论价值或重要应用价值的学术专著;计算机学科前沿探索的论著;推动计算机技术及产业发展的专著;与计算机有关的交叉学科的论著;有较大应用价值的工具书;世界名著的优秀翻译作品。凡经作者本人申请,计算机学术著作出版基金评审委员会评审通过的著作,将由该基金资助出版,出版社将努力做好出版工作。

基金还支持两社列选的国家高科技重点图书和国家教委重点图书规划中计算机学科领域的学术著作的出版。为了做好选题工作,出版社特邀请“中国计算机学会”、“中国中文信息学会”帮助做好组织有关学术著作丛书的列选工作。

热诚希望得到广大计算机界同仁的支持和帮助。

清华大学出版社
广西科学技术出版社 计算机学术著作出版基金办公室

1992年4月

序 言

计算机是当代发展最为迅猛的科学技术,其应用几乎已深入到人类社会活动和生活的一切领域,大大提高了社会生产力,引起了经济结构、社会结构和生活方式的深刻变化和变革,是最为活跃的生产力之一。计算机本身在国际范围内已成为年产值达 2500 亿美元的巨大产业,国际竞争异常激烈,预计到本世纪末将发展为世界第一大产业。计算机科技具有极大的综合性质,与众多科学技术相交叉而反过来又渗入更多的科学技术,促进它们的发展。计算机科技内容十分丰富,学科分支生长尤为迅速,日新月异,层出不穷。因此在我国计算机科技尚比较落后的情况下,加强计算机科技的传播实为当务之急。

中国计算机学会一直把出版图书刊物作为学术活动的重要内容之一。我国计算机专家学者通过科学实践,做出了大量成果,积累了丰富经验与学识。他们有撰写著作的很大积极性,但相当时期以来计算机学术著作由于印数不多,出版往往遇到不少困难,专业性越强越有深度的著作,出版难度越大。最近清华大学出版社与广西科学技术出版社为促进我国计算机科学技术及产业的发展,推动计算机科技著作的出版工作,特设立“计算机学术著作出版基金”,以支持我国计算机科技工作者撰写高水平的学术著作,并将资助出版的著作列为中国计算机学会的学术著作丛书。我们十分重视这件事,并已把它列为学会本届理事会的工作要点之一。我们希望这一系列丛书能对传播学术成果、交流学术思想、促进科技转化为生产力起到良好作用,能对我国计算机科技发展具有有益的导向意义,也希望我国广大学会会员和计算机科技工作者,包括海外工作和学习的神州学人积极投稿,出好这一系列丛书。

中国计算机学会

1992 年 4 月 20 日

序

智能 CAD(ICAD)横跨人工智能(AI)和计算机辅助设计(CAD)两个领域,其重要性已引起各国学者的广泛注意,发展日见迅猛。本书选录首届中国 ICAD 会议的三十篇论文。它表明了我国在此领域中已形成一支兼具规模与素质的队伍。

智能 CAD 包含一个广泛的研究领域。从信息处理空间的角度观察,设计可以被看作是由设计者的记忆、思维、学习、交互、表达等几方面能力综合活动的一个过程。迄今为止的 ICAD 对上述各方面的活动都已一一参与,结果形成了如知识与数据库,设计问题求解,资料自动理解,智能交互,智能图形学等领域。这些子领域构成了对智能 CAD 研究内涵的一种划分。

本书的一个重点是设计问题求解技术的研究,所收论文达 12 篇。由于设计问题求解的过程中既含有逻辑思维,又含有形象思维;所处理之对象,既不同于符号之抽象,又不同于图形之具体;其理论技术与 AI 和 CG 皆若接若离,既领域广阔,又曲折有致,故能吸引了众多学者,形成了 ICAD 研究之核心。本书的论文涉及设计中的认知模型、形象模型、case 推理、不确定性推理、不精确推理,几何推理,多专家系统,类比方法,约束满足方法,神经网络方法等等众多理论与技术,反映出极为活跃的探索与研究工作的。

本书的另一个重点是 ICAD 在机械、建筑、电子、化工设备、工艺美术等等领域应用的研究,所涉论文达十余篇。它表明 ICAD 已经走出书斋,扎扎实实地投入应用之中。不难看出,这种理论与实际的彼此映辉,正预示了 ICAD 必有一个繁荣灿烂的未来。

潘云鹤

1994 年 3 月 4 日

目 录

一、智能 CAD 理论与方法

用于智能 CAD 系统的设计模型综述与评价	庄越挺 潘云鹤 3
智能 CAD 系统中的 CASE 推理研究	耿卫东等 9
一种面向对象的设计问题求解模型	周 波等 16
广义类比推理模型及其应用	徐冬溶等 22
智能可视图形接口设计的研究	吴非非等 27
几何设计约束的表示与满足问题研究	陈恩红等 33
工程三视图的三维自动恢复	吴成东等 40
基于神经网络的 CAD 模型自动特征识别	王建翔等 47
电路阵列布局设计问题的神经网络方法	周青山等 52
直线、圆弧的矢量化及识别——自适应多重决策算法	卢朝阳等 58

二、CAD 的专家系统技术

机械设计专家系统的不精确推理模型	吴慧中等 65
齿轮精加工刀具设计专家系统中的知识表示	李文斌等 70
机械设计多专家系统的一种组织和控制方法	殷国富 75
机床夹具设计专家系统——JFDES	康金胜等 82
CAD Framework 中基于知识的设计流管理	许建国 87
剃齿刀设计专家系统的总体结构及其知识库的构造方法	郝胜强 94
基于实例推理的设计型专家系统策略与实现	毛 权等 100
一个面向机械产品变型设计知识表达模型:VDO	江 力等 106
面向机械 CAD 的知识处理技术和方法	鲁东明等 112
形状与形状设计中的状态知识描述	陈德人 118

三、智能 CAD 的应用

高精度插齿刀设计的智能化 CAD 系统	郭文亮等 125
基于知识的 UIMS 的研究	陈一如等 130
专家系统在集成电路版图编辑系统中的应用	蒋焱斌等 135
基于知识的中国古建三维造型的研究	黄希妍等 140
计算机辅助设计肌理图案系统	姚康荣等 144
普通铣刀设计的智能 CAD 系统	王 劲 152
智能计算机辅助设计系统 ICADS 及其应用	刘明生 157
基于注射成形机理的注塑模型腔及型芯的特征构型	顾正朝等 163
高精度级进模 CAD 系统中冲裁工艺安排	白立新等 169
智能 CAPP 及其实现方法	孔繁胜 174

智能 CAD 理论与方法

9515113

用于智能 CAD 系统的设计模型综述与评价^{*}

庄越挺 潘云鹤

浙江大学人工智能研究所

[摘 要] 在智能 CAD 的研究中,人们提出了各种设计模型,有分析—综合—评价模型,生成—测试模型,约束满足模型、知识工程模型等等,本文对之作了一个综述,最后提出了对 ICAD 的研究应特别重视认知过程,特别是形象思维的论点。

[关键词] 设计模型,约束满足,认知,形象思维。

一、引 言

AI 发展至今,在咨询、诊断等一些领域中的应用最为成功,其中以 MYCIN、XCON 等著名的专家系统为代表。但在最能体现智能的创造性本质这一点的设计领域中,智能却是一直没有被很好地运用与体现,成功的智能 CAD 系统为数甚少,原因之一是由于设计类问题自身的特点。

设计类问题大多是不良定义(ill-defined)的问题^[1]。其问题空间在没有得出其全部解或某些局部解的情况下是无法明确地构筑出来的,而咨询、诊断类问题却与之不同,它们的问题空间是确定的,因而解的结果范围也是可以预料的。

设计问题的复杂性还在于它们包含了非规范性。Gero^[2]认为设计问题可以分为三类:程序的,改良的和创造的。对于后两种,目前的 AI 方法很不适应。

尽管如此,研究者在智能 CAD 上还是抱着很大的热情和希望,提出了各种的设计模型与方法。本文的着重点便是综述一下现在智能 CAD 上通常使用的设计模型,最后提出了对于智能 CAD 的展望。

二、设计模型综述与评价

在研究设计理论的过程中,人们提出了许多的设计模型(Design Model),有针对某个领域的模型,也有所谓的通用模型。所有这些模型的目都是为实现具体的智能 CAD 系统提供理论。本节将着重讨论各类设计模型。

1. 分析—综合—评价模型(ASE)

该模型是由 Asimow 城 1962 年提出的^[3],主要观点是把每一个设计活动分解成为三个阶段(图 1)。

分析:理解设计的问题,并且形成一个对目标的显式的描述;

综合:寻找可能的解答;

* 本项研究得到攀登计划以及浙江大学科学基金资助。

评价;确定解的合法性、与目标的接近程度以及从多个可能解中选取最佳的方案。

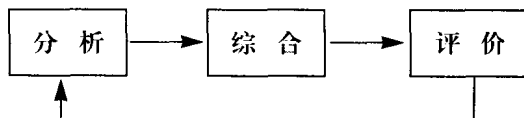


图 1

该模型的特点是:三个阶段是顺序的、循环的。每一次循环不是简单的重复,而是比前一次来得更为详细。该模型甚至于可表达成为递归的形式:

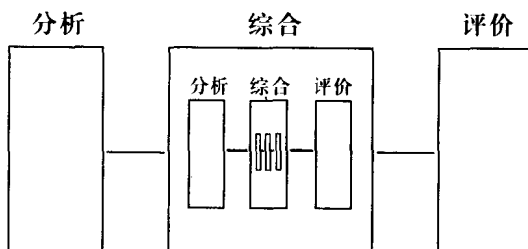


图 2

因此,在综合发前没有必要将设计问题完全分析清楚,这一点符合人们的设计习惯和设计的实际情况。

综合过程是不是仅仅为简单的分解—综合—评价过程呢? ASE 对于设计究竟是怎么得出来的,其实一点也没有涉及到,这是其缺点所在。

CMU 的 EDESYN 系统^[4]是基于 ASE 模型的实例。在此系统中,通过目标分解法以及元素重组法解决综合,用多重准则(criteria)法解决评价。

2. 生成—测试模型(GT)

这是由 Popper 于 1972 年提出的^[5]。其主要观点是将设计视为在一个状态空间中的问题求解搜索过程。首先是生成一种假设,然后用已有的现象或数据去测试,如发现有不能满足假设的现象,则再次生成一个新假设,如此重复,直到找到能符合所有现象的假设作为设计的解。

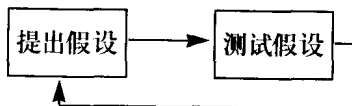


图 3

正如我们前面已经指出的,设计问题是一个病态结构(ill-structure)。为了使用该模型,Simon 于 1973 年提出:设计师通过将原始的设计问题降级成有组织的一组子任务,从而使病态结构转化为良性结构(well-structure)。

一个人类设计师,可以随时从其长期记忆中回想起某种约束或某个子目标,但所有这些因素却无法包含在问题描述之中,所以问题求解中任务的形成是动态的。问题描述应不断地被修改用以解释真实情况,所以问题求解器需要面对的是一个良性结构。

该模型简单明了,许多设计系统中都或多或少地使用这种思想。但对于复杂的设计问题,

由于难以进行问题结构从病态到良性的转移,因而就很难整个地使用此模型了,只能用于局部的范围之内。

3. 约束满足模型(CS)

该模型提出的出发点是把设计进行形式化,以逻辑表达设计要求(即对设计问题的描述),通过逻辑推理的办法得到最终的设计结果。它把设计的最终要求概括为一组特性以及相应的约束条件,并以此作为问题求解的最终状态。设计任务从初始问题状态开始,每一中间状态中都包含这些特性,推理的过程即是不断满足状态中特性的各个约束条件。

基于约束满足模型的设计是当前最为流行的,我们归纳一下这方面的研究:

(1) 1962 年,Ivan Sutherland 建造了第一个基于约束的绘图系统 SKETCHPAD,该系统允许对任意物体以及约束的定义,它成为交互式计算机图形学以及基于约束设计方法的先驱。Alan Borning 的 THINGLAB 系统完成了 SKETCHPAD 所遗留的工作。

(2) 约束语言的研究

Steele 和 Sussman 于 1978 年提出了一种用于建立约束网的语言;Ascend 于 1989 年提出了一种用于工程应用的约束语言与环境,其类 Pascal 语言受 ThingLab 系统影响,增加了对象阵列,自动单元转化等等。

(3) 代数方法解决几何约束

变分几何(Variational geometry)是一个用代数方法表达并满足几何约束的典型代数方法,基于牛顿——拉普森解法之上。Serrano 等人提出一个基于约束的机械 CAD 环境 MCAE。其中约束网被表示成为有向图,节点代表参数,弧线代表约束关系。他们提出了一个双匹配描述法(bipartite matching representation)来自动生成参数的依赖图,采用基于约束网拓扑的算法去评价约束,检测约束过度与约束不足。

(4) 利用约束进行实体造型

Bruderlin 开发了一个自动建造三维几何物体的系统,物体是用拓扑结构以及几何约束来描述的。其 3D 实体造型器提供的多面体操作作用作勾画空间物体的图形编辑器。

Kimura 和 Suzuki 提出了一个产品造型的一般框架,其几何约束包纳了范围很广的几何信息,诸如维数、公差、装配,他们提议用一阶谓词逻辑和面向对象相结合的方法来处理几何约束。用实体模型来存储产品的外形描述,用逻辑公式描述实体模型各元素之间的几何约束。

Arbab 和 Wing 探索了几何中的公理知识如何结合到几何造型器之中以增强几何信息的表达能力和操作的语义。

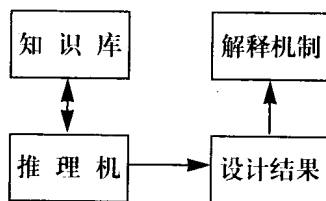


图 4

4. 基于知识的设计模型

把设计师的知识提炼出来构成知识库,并通过对知识的运用来进行设计以及通过知识的

学习来改善知识库的内容,提高系统的设计能力,这种方法,称为 CAD 的知识工程方法。其中最为成功的便是专家系统设计模型,其总体结构为:

设计问题的知识库常被分成二类:

(1) 设计过程的知识:即关于如何进行设计的知识,其中包括设计的一般原理,设计的常识等等;

(2) 设计对象的知识:即设计对象的部件、结构、材料、用途等等,包括设计规范,典型产品,结构原型和部件类型等。

从总体上看,基于知识的设计模型主要有二大方向:

(1) 让计算机复制人类的设计行为,即仅仅是让计算机进行领域的某项设计。但由于对具有智能行为的设计的研究并未彻底清楚,使得当今的知识表达,自动推理以及问题求解技术只能迎合极小部分的人类设计行为。专家系统便是朝着这种设计专门化的方向所作出的努力。

(2) 为设计人员提供智能支撑。这一方法不仅缓解了设计研究中现实可用手段不足的局限性,而且使得我们能在更大的规模以及更高的复杂性层次上去研究设计中的智能活动。爱丁堡大学的 EDS^[6](Edinburgh Designer System)代表了这一领域。他们认为目前要提出一种完善的设计理论为时尚早,因而提出了一个基于探索的设计模型,用以作为对设计的智能支持,该设计模型如图 5。

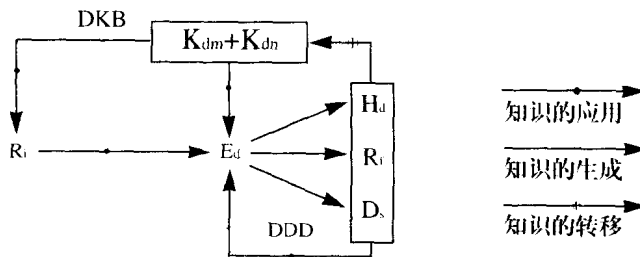


图 5

DKB——领域知识库	Hd——设计探索的历史
Kdm——领域知识	Rf——最终设计要求的描述
Kdn——设计知识	Ds——最终设计说明
Ri——对初始设计要求的描述	DDD——设计描述文档
Ed——设计探索过程	

该模型中,知识库是动态的,设计的探索过程以及设计的历史状态将不断地引起领域知识库的增值,同时,新的知识库也影响设计的过程,整个设计是在不断探索中完成的。

5. 基于 case 的设计模型

这是近年来发展很迅速的一种设计模型,其核心思想源于人类解决问题时不无例外地借助于先前的某种例子这种事实。其基本模型可以表达如下:

- (1) 把设计问题描述成为一组功能要求;
- (2) 从 case 库中选取一个最佳的 case;
- (3) 将此 case 与设计要求进行匹配;

(4) 重复(2)、(3)得到最好的 case,并在此 case 基础上依赖于当前的设计问题具体情况作修改,综合成为某种新的 case,作为最后的设计结果。

基于 case 的设计模型之研究焦点在于:

(1) 如何描述 case,不同的智能 CAD 系统面对的 case 会有许多不同。比如在处理物理系统时,一个 case 的描述除了其物理属性之外,必定还有功能行为。

(2) 如何在某个 case 基础上作出修改而形成新的 case——最终成为设计过程,这一步骤在设计学中称为综合,在 AI 中称为 CBR(基于 case 的推理)。

这方面的研究已引起了很多学者的兴趣,如卡-梅隆大学的机器人研究所以基于 case 的推理与定性推理相结合的方法进行 CAE 的研究,他们采用语言描述,功能块流程图,因果图,以及定性集构造空间等多重手段描述 case,并对基于这些表示的综合作了研究。

三、认知对设计模型的作用

综观以上各类设计模型,我们发现存在着一个共同的缺陷:即它们并未从人脑认知思维过程的深层去研究设计问题的(或仅仅是简单的认知模型而已),于是难免造成了这样的局面:尽管人们绞尽脑汁地提取设计专家的知识,但由于这些知识的运用与人之真正认知过程相去甚远,而使得计算机的设计模拟并未真正地体现出人类的智能。

浙江大学人工智能研究所从研究形象思维为突破口进行了设计思维模型的研究。认为设计思维过程远远不止推理、比较和搜索这类抽象的思维操作,更重要的是诸如联想、变形、综合等形象思维类的操作,通过时空、情感相关、概念类似、感觉特征类似等导航机制来完成从记忆网络中的一个结点到另一个结点的发展的操作。

我们研究认知对设计模型的作用主要以二种方法进行:

1. 以理论研究的方法,分析综合认知科学特别是形象思维的以心象为核心的形象信息模型;

2. 以实验心理学的方法,研究设计思维过程的模型。[7]指出了设计的多模型特性,并分析出形状方案设计思维的四种模型,它们是:

- | | |
|-----------|-----------|
| (1) 对象选例型 | (2) 约束联想型 |
| (3) 分解综合型 | (4) 抽象逆反型 |

作者认为智能 CAD 系统的研究要跃上一个新水平,必须从研究认知、思维出发,然后建立反映设计思维本质的设计模型系统。

四、结 论

本文主要综述了智能 CAD 系统中经常采用的设计模型,并提出了研究 ICAD 必须从研究思维建立认知模型为核心的观点,希望能抛砖引玉,促进国内对于 ICAD 研究的深入。

参 考 文 献

- [1] G. Fisher & K. Nakakoji, Making design objects relevant to the task at hand. AAAI-91: 67
- [2] Gero J S. Knowledge Engineering in Computer-Aided Design North-Holland: Amsterdam, 1985
- [3] Asimow W. Introduction to Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1962
- [4] Maher M L. Synthesis and Evaluation of Preliminary Designs. AI in Design, 1985
- [5] Popper K. Conjectures and Refutations. the Growth of Scientific knowledge, 1972
- [6] Tim Smithers et al. Design as Intelligent Behaviour. An AI in Design Research Programme AI in Design, 1985
- [7] 潘云鹤. 设计思维过程的类型与模式. 浙大人工智能研究所, 1993, 11

智能 CAD 系统中的 CASE 推理研究

耿卫东 潘云鹤 何志均

杭州 浙江大学人工智能研究所 CAD&CG 重点实验室 310027

[摘 要] 本文对智能 CAD 系统中的 CASE 推理作了一些研究。根据设计活动的特点。着重从设计 CASE 的表示、组织、检索、调整、学习等方面探讨了智能 CAD 系统中的 CASE 推理技术与 AI 中的 CASE 推理技术的不同,给出了一个一般性的基于 CASE 的设计推理过程。并扼要讨论了智能 CAD 系统中的 CASE 推理技术的发展方向。

[关键词] CASE 推理,基于模型的推理,定义不良。

一、引 言

CASE 推理是 AI 中新崛起的一种重要推理技术。一般认为^[1], CASE 推理起源于 Shanker 在《Dynamic Memory》中所做的工作,后由其学生逐渐发展起来。它基于人的认知过程,其核心思想是:在进行问题求解时,使用以前的求解类似问题的经验来进行推理,而不必从头做起。这与 AI 中的基于模型的推理技术形成鲜明的对比,一个典型的 CASE 推理过程可以归纳如下:

- (1) 根据当前的问题从 CASE 库中检索出相应的 CASE。
- (2) 调整该 CASE 中的求解方案,使之适合于求解当前问题。
- (3) 求解当前问题并形成新的 CASE。
- (4) 根据一定的策略将新 CASE 加入到 CASE 库中。

设计是一个面向目标的、有约束的决策、探索和学习活动^[2],它根据设计说明给出的设计对象的期望功能(或行为)的描述,产生出符合设计要求的设计结果。研究表明^[2,3,4],设计人员通常依据以前的设计经验来完成当前的设计,并不是每次都从头开始设计,以前的失败经验被用来避免犯同样的错误,而成功的经验则被用来指导当前的设计。可以看出,设计活动中的推理过程与 CASE 推理非常相似。

Smithers 在分析了传统的 CAD 系统面临的困难之后,提出了将 AI 技术融合进 CAD 系统中,并给出了研究智能 CAD 系统的三个途径^[5]。设计推理技术的研究是其中的一个重要方面。本文着重从这方面来对智能 CAD 系统作一些研究和探讨。

我们把跟设计推理有着很大相似之处的 CASE 推理技术作为出发点,选择了一种非常典型的设计活动——造型设计为研究领域,分别从 CASE 的表示、CASE 的组织与检索,CASE 的调整与学习等几个方面来探讨智能 CAD 系统中的 CASE 推理技术。

• 国家自然科学基金、863 智能计算机主题和攀登计划资助研究项目,并得到浙江省自然科学基金的支持。