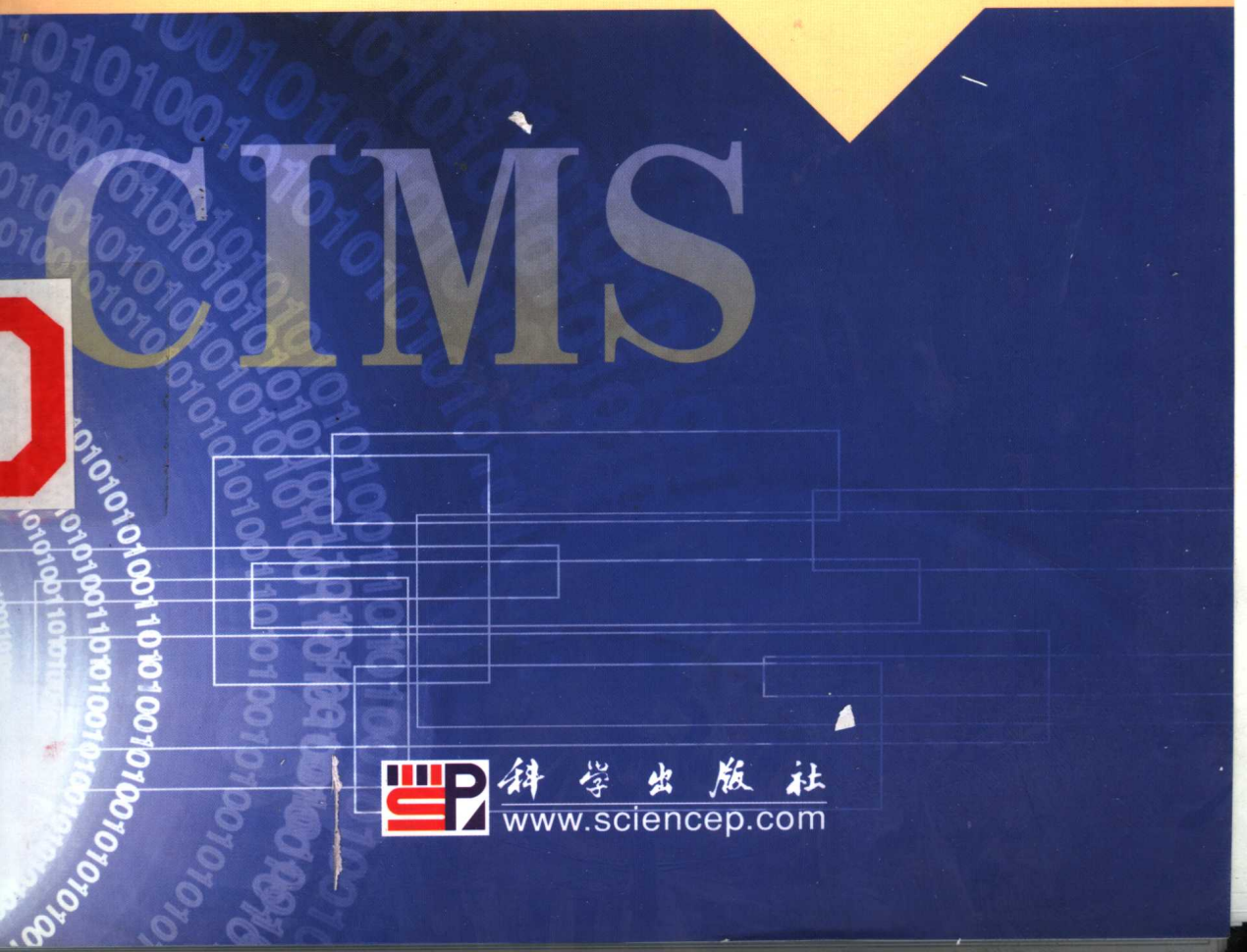


▶▶▶ 863 现代集成制造系统技术丛书

# 基于知识的三维CAD 技术及应用

杨海成 廖文和 著



 科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

863 现代集成制造系统技术丛书

# 基于知识的三维 CAD 技术及应用

杨海成 廖文和 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书以作者承担的国家“863”重大课题为基础,全面而系统地介绍了基于知识的三维CAD技术,反映了设计知识处理技术的最新研究成果。

全书共5章。第1章介绍CAD技术的发展和KBE的概念、研究进展和应用现状;第2章为设计领域中的知识处理技术;第3章是基于知识的三维CAD关键技术;第4章介绍基于知识的三维CAD系统结构与开发技术;第5章介绍当前开发的一些基于知识的CAD典型应用系统。

本书可供从事数字化设计制造、数据挖掘、人工智能研究的科技人员参考,也可作为机械设计与理论、计算机辅助设计等相关专业研究生的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

基于知识的三维CAD技术及应用/杨海成,廖文和著. —北京:科学出版社, 2005

(863现代集成制造系统技术丛书/杨海成主编)

ISBN 7-03-014611-5

I. 基… II. ①杨 ②廖… III. 计算机辅助设计-应用软件, AutoCAD IV. TP391.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第119489号

责任编辑:段博原 贾丽芳 于宏丽/责任校对:曾 茹

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005年1月第 一 版 开本:135(720×1000)

2005年1月第一次印刷 印张:15 1/4

印数:1—2 500 字数:294 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环境〉)

# 《863 现代集成制造系统技术丛书》

## 编写委员会

名誉主任	孙家广	院士	国家自然科学基金委员会
主任	杨海成	教授	中国航天科技集团公司
副主任	王成恩	教授	东北大学
	林鹏	编审	科学出版社
委员	褚健	教授	浙江大学
	徐晓飞	教授	哈尔滨工业大学
	范玉顺	教授	清华大学
	刘晓冰	教授	大连理工大学
	孙林夫	教授	西南交通大学
	黄涛	研究员	中国科学院软件研究所
	林忠钦	教授	上海交通大学
	全春来	研究员	中国航天科工集团第二研究院
	谢庆生	教授	贵州大学
	李美莺	副教授	清华大学
	田荣斌	讲师	科技部高技术研究发展中心

## 序

世纪之交，世界的政治、经济和技术发生了前所未有的巨大变化，经济的全球一体化和全球信息化正在形成。而经济全球化和全球信息化使制造业的竞争环境、发展模式及运行效率与活动空间都发生了全面而深刻的变化。这些变化对我国制造业提出了严峻的挑战；当然，这也为实现我国制造业的跨越式发展提供了有利的条件和机遇。

由于我国工业化进程起步较晚，我国的制造业和制造技术与国际先进水平相比还存在着阶段性差距。这些差距包括：产品结构不合理且附加值不高、制造业能耗大且污染严重、产品创新能力较差且开发周期较长；制造工艺装备落后，成套能力不强；生产自动化和优化水平不高，资源综合利用率低；企业管理粗放、国际市场开拓能力弱；战略必争装备和竞争前核心技术的开发相对薄弱等。这些差距使得我国的制造业和制造技术还不能很好地满足国民经济发展和参与国际竞争的要求。不解决上述问题，中国的制造业就不能在激烈的竞争中生存和发展。要使我国制造业在国内、国际市场竞争中立于不败之地，为了尽快形成我国自主创新和跨越发展的先进制造技术体系，积极发展和应用先进制造技术，用信息技术提升和改造传统制造业已经刻不容缓。

世界各国十分重视发展制造业信息化与先进制造技术，许多跨国公司应用这些高新技术实现了设计、制造、管理和经营的一体化，加强在国际市场的垄断地位。例如，美国波音公司在波音 777 客机的研制中，由于使用了先进的产品开发设计技术，使开发周期从过去的 8~9 年缩短到 4.5 年，缩短了 40% 以上，成本降低 25%，出错返工率降低 75%，用户满意度也大幅度提高；美国通用汽车公司应用现代集成制造系统技术，将轿车的开发周期由原来的 48 个月缩短到了 24 个月，碰撞试验的次数由原来的几百次降到几十次，应用电子商务技术降低销售成本 10%；美国 Exxon-Mobil 石油公司应用先进的综合自动化技术后，使企业的效益提高 5%~8%，劳动生产率提高 10%~15%。可见，先进制造与信息技术应用已经成为带动制造业发展的重要推动力。

为了占领先进制造与自动化技术的制高点，许多国家都提出了跨世纪的研究计划。例如，美国政府提出了《美国国家关键技术》、《先进制造技术计划》、《敏捷制造与制造技术计划》和《下一代制造 (NGM)》等计划；在欧共体的《尤里卡计划 (EUREKA)》、《信息技术研究发展战略计划 (ESPRIT)》和《第六届框架研究计划》中，与先进制造技术有关的项目占有相当大的比重；德国政府提出

了《制造 2000 计划》、《微系统 2000 计划》和《面向未来的生产》等计划；日本的《智能制造系统计划》、《极限作业机器人研究计划》、《微机器研究计划》和《仿人形机器人研究计划》，英国的《国家纳米技术计划 (NION)》，韩国的《高级先进技术国家计划 (G7 计划)》等都将先进制造与信息技术列为重要研究内容。

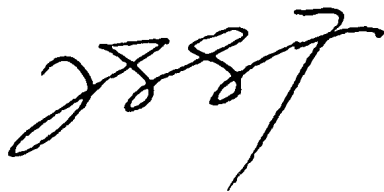
近 10 多年来，我国有关部门有计划地部署了一系列国家级重点科技项目，有效地促进了我国制造业信息化与先进制造技术的研究与应用推广，如，科技部组织实施的 863 计划的 CIMS 技术主题、智能机器人技术主题，“九五”国家科技攻关计划的 CAD 应用工程、精密制造技术开发与应用、数控技术与装备、现场总线控制技术开发与应用、工业机器人应用、激光技术应用等重点项目；总装备部在“九五”期间，组织实施了我国武器装备先进制造技术的发展项目；航空、航天、兵器和机械等许多行业和部门在“九五”期间组织实施了行业先进制造技术项目；国家计委、经贸委等部委在用高技术改造传统产业方面也推行了一系列计划。上述计划和项目极大地推动了我国制造业信息化与先进制造技术的发展。

综观各国先进制造与自动化技术计划的制定和实施情况可以看到，先进制造和自动化技术的发展有其深刻的国际经济竞争背景。这些先进制造与自动化技术计划提出时即以提高本国制造业的国际竞争能力、促进经济增长和提高国家综合实力为目标，既注重技术的前瞻性和前沿性，更重视来自产业界的实际需求；在关键技术的选择上对系统集成技术与工艺装备研究开发并重，通过系统技术、信息技术和自动化技术的引入来提高制造企业的竞争能力；同时也可以看到，各国在发展先进制造与自动化技术的过程中，政府通过若干计划的实施起到了关键的引导和调控作用，并形成了一套有效的研究开发及推广应用的管理机制和创新机制。

国家“十五”863 计划先进制造与自动化技术领域针对我国国民经济建设和社会发展主战场的重大需求，瞄准国际先进制造与信息技术前沿，在制造业信息化工程关键技术的研究开发和集成应用、战略必争装备和竞争前核心技术的研究开发、基础制造装备与成套装备的研究开发、先进制造与自动化前沿创新技术的研究等四个方面，按照一个工程（制造业信息化工程）、两个主题（现代集成制造系统技术主题、机器人技术主题）、四个专项（数据库管理系统及其应用、微机电系统 (MEMS)、7000 米深海载人潜器、集成电路制造装备）的布局，组织开展了前沿创新技术研究、产品研发与产业化、集成应用示范工程三个层次的相关工作。

“十五”计划自启动以来，经过大家三年多的辛勤工作，多项研究课题已经取得阶段性成果，为了进一步推广应用制造业信息化及先进制造技术，国家“十

五” 863 计划现代集成制造系统技术主题专家组精心组织，汇集了部分课题的优秀研究成果，编写出版了一套《863 现代集成制造系统技术丛书》，这套丛书将随着课题研究工作的不断深入分批与各位读者见面。相信这一套著作对我国从事制造科技研究、开发及应用的各级科技人员、管理人员具有重要的参考价值，同时也希望通过这套丛书，让社会了解和评价我们工作中的部分成果。我们真诚欢迎大家对我们的工作提出宝贵的意见和建议。



国家“十五” 863 计划先进制造与自动化技术领域专家委员会主任  
中国工程院院士  
2004 年 9 月

# 目 录

序

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 现代产品设计方法 .....	1
1.2 KBE 的研究现状与进展 .....	3
1.2.1 CAD 的发展和 KBE 的提出 .....	3
1.2.2 KBE 的定义 .....	4
1.2.3 KBE 与其他设计技术的比较 .....	5
1.2.4 KBE 国内外研究现状 .....	6
1.2.5 机械设计知识处理技术当前研究现状 .....	6
1.3 商用 CAD 系统对 KBE 的应用度分析 .....	8
1.4 本书的目标与特色 .....	9
<b>第 2 章 设计领域中的知识处理关键技术</b> .....	12
2.1 机械设计知识的特点 .....	12
2.2 机械设计知识表示技术 .....	13
2.2.1 知识表示的一般方法 .....	13
2.2.2 基于实例的设计知识表示方法 .....	16
2.2.3 基于本体论的实例与规则统一动态表达机制 .....	18
2.2.4 设计标准的表达机制 .....	24
2.3 设计知识推理技术 .....	42
2.3.1 设计知识一般推理方法 .....	42
2.3.2 基于实例的推理 .....	43
2.3.3 CBR 和 RBR 集成推理 .....	61
2.4 设计知识挖掘技术 .....	67
2.4.1 CAD 数据挖掘研究意义与现状 .....	67
2.4.2 基于实例库的 CAD 数据挖掘应用框架 .....	72
2.4.3 实例聚类分析 .....	74
2.4.4 设计规则挖掘 .....	80
2.4.5 CAD 数据规范挖掘 .....	82
2.4.6 用户应用模式挖掘 .....	86



<b>第 3 章 基于知识的三维 CAD 关键技术</b> .....	92
3.1 基于知识的三维建模技术 .....	92
3.1.1 表格驱动的产品级三维参数化建模 .....	93
3.1.2 基于系统的建模 .....	96
3.1.3 基于联接单元的跨零件建模 .....	99
3.2 三维零件库建库技术 .....	104
3.2.1 零件库的概念及扩展 .....	104
3.2.2 零件的三维数字化定义 .....	105
3.2.3 零件库建库平台技术 .....	107
3.2.4 支持异构 CAD 系统的零件库建库技术 .....	111
3.2.5 基于 Web 的三维零件库技术 .....	127
3.3 基于知识的 CAD/CAM 集成技术 .....	150
3.3.1 特征概念与工件加工区域特征分析 .....	150
3.3.2 特征与工艺决策 .....	154
3.3.3 基于制造特征的工艺知识导航编程技术的应用 .....	162
<b>第 4 章 基于知识的三维 CAD 系统与开发技术</b> .....	164
4.1 CAD 系统的软件开发 .....	164
4.1.1 典型三维 CAD 系统框架结构 .....	165
4.1.2 基于知识的三维 CAD 系统构成与工具集 .....	167
4.2 CAD 系统的开发技术 .....	172
4.2.1 通用 CAD 系统的二次开发方法 .....	172
4.2.2 基于 CAD 几何造型平台的开发 .....	173
4.3 基于 ACIS 平台的三维 CAD 开发技术 .....	174
4.3.1 基于 ACIS 平台的开发技术 .....	174
4.3.2 ACIS 的几何与拓扑 .....	175
4.3.3 ACIS 的接口 .....	176
4.4 基于 CATIA 的二次开发技术 .....	180
4.4.1 RADE 工具 .....	182
4.4.2 CAA 应用的基本框架 .....	182
4.5 基于 UG 的二次开发技术 .....	184
4.5.1 UG/Open .....	184
4.5.2 UG/Open 与执行 License .....	185
4.5.3 UF 函数命名规则 .....	186
4.5.4 内部 UF 的编程框架 .....	186
4.5.5 UI Styler .....	187

4.5.6 应用程序结构 .....	187
<b>第5章 基于知识的三维 CAD 应用系统 .....</b>	<b>188</b>
5.1 面向工程机械的知识驱动的三维 CAD 系统 .....	190
5.1.1 工程机械 CAD 的概况 .....	190
5.1.2 知识驱动的工程机械三维 CAD 系统构成 .....	191
5.1.3 系统应用 .....	192
5.2 面向夹具的知识驱动的三维 CAD 系统 .....	199
5.2.1 夹具 CAD 的概况 .....	199
5.2.2 知识驱动的夹具三维 CAD 系统构成 .....	201
5.2.3 系统应用 .....	202
5.3 面向冲裁模具的知识驱动的三维 CAD 系统 .....	206
5.3.1 冲压模具 CAD 的概况 .....	206
5.3.2 知识驱动的冲裁模三维 CAD 系统构成 .....	207
5.3.3 系统应用 .....	210
5.4 面向汽车行业的知识驱动的三维 CAD 系统 .....	214
5.4.1 汽车整车总体设计 CAD 概况 .....	214
5.4.2 传统汽车整车总体设计 CAD 系统 .....	216
5.4.3 基于知识的汽车总体设计 CAD 系统 .....	217
5.4.4 系统应用 .....	221
<b>参考文献 .....</b>	<b>223</b>

# 第1章 绪 论

## 1.1 现代产品设计方法

制造业竞争的日益全球化及市场的更加成熟和理性，对产品设计提出了更新更高的要求。要提高产品功能，自然要求创新设计方法。现代产品设计方法包括多学科优化设计、基于发明创造方法学（TRIZ）的设计、公理化设计、并行设计、智能设计、协同设计和绿色设计等。这些设计理论和方法围绕着 T（投放市场的时间）、Q（产品质量）、C（产品成本）、S（支持服务）、F（适应市场变化的灵活性）和 G（无污染）、节省资源等方面展开，即要求以最短的时间和最低的成本设计出适应市场需求、质量最好、环境负荷最小的产品，并对用户提供最好的服务。

### （1）多学科优化设计

多学科优化设计的主要思想是在复杂系统设计的整个过程中利用分布式计算机网络技术来集成各个学科的知识，应用有效的设计优化策略，组织和管理设计过程。其目的是通过充分利用各个学科之间的相互作用所产生的协同效应，获得系统的整体最优解，通过实现并行设计，来缩短设计周期，从而使研制出的产品更具有竞争力。复杂产品设计优化的目标是一个综合指标，以下两种方法备受关注：一是概率设计，概率设计的本质是将确定性设计方案转变为概率性设计方案，它着重于调节各种具体功能需求的平均值，以最大可能地满足客户的期望，并减少平均值的变动；另一是健壮性设计，健壮设计问题的核心在于优化性能的同时使变动量最小。

### （2）基于发明创造方法学的设计

TRIZ 的基本原理为①所有的技术系统都是按照相同的规律进行演化和发展的；②在一个技术系统的发展过程中，对系统中任何一部分进行改进，将会导致和系统中其他部分发生冲突，解决这个冲突使系统整体性能得到改善，这个过程的重重复使系统更接近理想状态。TRIZ 理论总结了技术进化的 8 种模式、40 条发明原理、39 个技术参数、冲突矩阵和 76 个发明性问题的标准解决方案。

### （3）公理化设计

在公理化设计理论中，设计空间被划分为顾客需求域、功能域、载体域和过程域。设计过程被描述为以顾客需求为驱动的域之间的映射过程。在设计活动中，每个域的元素被逐层分解。层级的概念表示了在每一个域中自顶向下的层次

结构。在各个域中进行层次分解的过程中,较高层次上所作的决策影响到在较低层次上对问题的描述,即每个域中的层次结构不是在各自域中独立形成的,而是依赖于在域之间进行“之”字映射,从而使设计问题得以分解。按照公理化设计思想,产品设计是从一个域向另一个域的映射过程,在映射过程中必须遵守“独立性公理”,而在所有满足独立性公理的设计中,满足“信息最小公理”的设计为最好的设计。

#### (4) 并行设计

并行设计从并行工程衍生而来,是一种全新的设计理念。并行工程要求从产品概念设计阶段即开始考虑、关注下游设计、活动的相关约束,其目的是尽可能早地发现设计中存在的问题,减少设计重复次数,改善设计与制造之间的相容性。支持并行设计的方法很多,诸如面向制造的设计、面向装配的设计等。并行设计的提出和实施实际上也是市场竞争的产物。传统串行方式的弊端通常导致长的设计周期和高的设计成本,使企业很难对市场作出快速反应,削弱了企业的竞争力。

#### (5) 智能设计

人类的设计活动本质上是一个复杂的智能决策过程。所谓智能设计是针对基于计算机的设计活动,使计算机具有模拟人类在设计活动中的智能决策的功能。近些年崛起的人工神经网络是研究脑、利用脑的生动实例。然而人类对于脑的认识还非常有限,人工神经网络是对人脑某一层面非常简单的模拟。人工智能研究进展的缓慢是制约计算机智能化的重要原因。尽管如此,智能化仍然是计算机领域未来的重要研究方向。在产品设计方面,智能设计主要是研究将 CAD 技术与 AI 技术相融合,也就是能够对设计活动中的决策过程给予支持。智能设计的实现能够显著改善设计质量与效率,迅速提升新手的设计水平,同时也使设计结果更加一致。

#### (6) 协同设计

全球计算机网络,特别是 Internet 的发展使得实时交互协调设计成为可能。不同的设计人员之间,不同的设计组织之间,不同部门的工作人员之间均可实现资源共享,实时交互协调参与、合作设计。协同设计有助于发挥员工的创新精神和主动性,形成以人为核心的企业内外部计算机辅助工程协同系统,从而提供设计质量、缩短设计开发周期、降低设计开发成本,与协同设计相对应诞生了敏捷制造方式及虚拟企业组织等。

#### (7) 绿色设计

可持续发展战略已得到全球的认同。绿色设计是指在产品设计时必须考虑产品在制造、销售、使用和回收时可能对环境带来的负面影响,尽可能减少产品的环境负荷。一般认为,绿色设计应遵循这样一些基本原则,即生态环境友善、

节约资源、延长产品使用寿命和提高可回收性等。

以上对现代产品设计的理论和方法进行了简单的概括。需要指出的是, 这些设计方法并不是孤立的, 它们相互联系, 彼此支持, 都是以数字化设计为基础的。同时, 在这些代表前沿的设计活动中, 对设计的外延关注较多, 而对设计的内涵、设计的本质, 比如如何使企业的设计资源得以充分利用, 特别是设计知识的提取、融合、重用和深化等关注的还很不够。如何综合应用以上设计理论和方法, 在数字化、网络化的环境中挖掘、共享和重用企业级的设计知识, 基于知识的工程 (knowledge based engineering, KBE) 便应运而生。

## 1.2 KBE 的研究现状与进展

### 1.2.1 CAD 的发展和 KBE 的提出

CAD 技术经过半个多世纪的发展, 在理论、技术、系统和应用等方面都有了长足的进步, 已经成为实现产品设计制造自动化、增强企业竞争能力、加速国民经济发展和国防现代化建设的一项重要高新技术。1989 年美国国家工程科学院将 CAD/CAM 技术评为当代 (1964 年~1989 年) 十项最杰出的工程技术成就之一。CAD 技术的发展可概括为以下几个阶段:

1) 20 世纪 70 年代, 利用 CAD 技术生成数字化图纸提高了绘制工程图纸的效率, 但并没有真正起到辅助设计的作用。

2) 20 世纪 80 年代, 参数化建模技术利用基于特征的 CAD 技术建立全参数化驱动的三维模型, 并以此为基础, 对整体设计和部件进行有限元分析、运动分析、装配的干涉检查和 NC 自动编程等, 以保证设计符合实际工程需要。但这时的 CAD 技术只是面向产品开发过程中的某一环节。

3) 20 世纪 90 年代以来, 基于过程的 CAD 技术使产品数据模型能够在全生命周期的不同环节 (从概念设计、结构设计、详细设计到工艺设计和数控编程) 间进行转换, 支持集成的、并行的产品设计及其相关的各种过程 (包括制造过程和支持过程), 帮助产品开发人员在设计开始阶段就考虑产品从概念形成到产品报废处理的所有因素, 包括质量、成本、进度计划和用户要求。

但是, 以几何模型为主的 CAD 系统无法将领域设计原理和知识、同类设计以及专家经验等融入到几何模型中去, 因此无法实现知识型资源的重用, 设计者仍然需要进行大量的重复性设计工作。在产品设计初期, 这种情况影响了设计者的创新性工作。

为了使设计者集中精力进行创新性设计, CAD 系统应帮助设计者从重复性的工作中解脱出来, 美国 1998 年提出了 KBE 的概念, 使机械 CAD 系统可以利用计算机延伸以创造性思维为核心的人类专家的设计能力, 尽可能地实现设计过

程的自动化。这才是真正意义上的设计工具。人类专家进行设计的过程取决于专家对知识的掌握、处理和应用,没有知识的应用,就无法进行分析、判断和决策,也就无法进行知识的积累、提升,因此设计自动化就是对知识的自动化。

KBE 系统为解决传统 CAD 系统存在的问题提出了解决方案,如设计原理的体现、约束是否冲突、如何在设计阶段进行产品估价、设计制造是否可行以及设计的最终产品是否符合外观要求等,同时提供优化方案。KBE 系统所要达到的目的是使产品的有效信息在整个生命周期中都可得到应用,从而获得最优化方案。

KBE 是技术创新和产品开发的基础,它使制造业的 CAX 技术有一个质的飞跃。英国 Warwick 制造组的 Chapman 博士指出,到 2010 年,KBE 对于企业的重要性,就如同 CAD/CAE/CAM 在 20 世纪 90 年代给工业界带来的变革同样重要。美国福特 (Ford) 汽车公司将 KBE 作为 21 世纪发展战略中信息领域的关键技术之一。国家科技部也把 KBE 列入“十五”重点研究内容,以推动 KBE 技术在行业中的应用。

### 1.2.2 KBE 的定义

KBE 直译为基于知识的工程,我国台湾又译作“知识积累”。迄今为止,尚无一种公认的、完备的 KBE 的定义。一些机构给出的 KBE 定义列举如下:

英国 Coventry 大学的 KBE 中心认为 KBE 是一种存储并处理与产品模型有关的知识,并基于产品模型的计算机系统;是目前促进工程化、实用化产品开发的最值得注意的软件方法。

美国 Washington 大学机械工程系的 Dale E. Calkins 教授认为 KBE 是一种设计方法学,将与下一代 CAD 技术紧密结合。使用启发式的设计规则,它将涵盖构件、装配和系统的开发。KBE 系统存储产品模型,它包含了几何和非几何信息,以及描述产品如何设计、分析和制造的工程准则。

美国 Ford 汽车公司的 J. A. Penoyer 等人认为 KBE 运用知识完成工程任务,这些知识是特意积累和存储的,并以计算机作为中介。KBE 通常指一些计算机系统,如专家系统、基于网络的知识库等。Penoyer 等人将 KBE 系统分为产生式 KBE 系统、咨询式 KBE 系统、创新式 KBE 系统和选择式 KBE 系统,认为 KBE 系统的最大特点是将知识处理和几何推理相结合,因而可有效提高设计质量和效率。

英国 Cranfield 大学的 Huihua Li 博士认为, KBE 是一种特殊类型的基于知识的系统,它专注于工程设计以及后继的制造、销售等活动。

UGS 公司认为 KBE 是获取智能对象或人造物(如零件)的生命周期内实质的方法学,包括操作性、功能性和性能的要求以及获取它的进一步变化。UGS

更进一步指出, KBE 是可以记录和重用工程设计规则的系统, 是可以记录和重用工程设计公式的表单, 选择和装配相关零件的系统。

上海交通大学模具 CAD 国家工程研究中心认为: KBE 是通过知识驱动和繁衍, 对工程问题和任务提供最佳解决方案的计算机集成处理技术。

综合以上定义, 作者认为 KBE 是以给设计经验不足者以导引, 同时最大限度减少设计者的重复劳动为目标, 综合利用各种设计理论和知识处理技术, 在已有知识与经验的基础上, 通过知识的表达、重用与挖掘, 对工程问题提供优化解决方案的计算机集成处理技术。其主要内涵包括: 知识的表达、重用和挖掘、各种知识处理技术与 CAX 和 PLM (product life management, 产品全生命周期管理) 技术的集成。

### 1.2.3 KBE 与其他设计技术的比较

KBE 与其他设计技术有着一定的区别, 以下从构型 (configuration)、工程 (engineering) 和几何 (geometry) 角度对各类技术进行比较。构型主要指决定产品构件装配关系的工程规则与需求, 工程主要指公式化的规则、基于知识的工程分析以及与已有的工程分析的接口, 几何主要指几何模型与图纸等。KBE 是一个 CEG (构型、工程和几何) 集成的开放式环境, 它以产品知识模型为中心, 将产品设计、工程分析、评估、绘图、加工、数据库等集成起来, 这是完全区别于其他技术的。

#### 1. KBE 与 CAD 的比较

传统的 CAD 一般进行如创建几何、绘图等的过程, 而 KBE 不仅可以实现上述功能, 更对整个设计过程建模, 并运用于设计过程的各个层次以改善设计开发过程。

在参数化 CAD 中, 几何尺寸的约束关系是驱动力; 而 KBE 中, 知识是驱动力, 构型和工程规则驱动几何。

#### 2. KBE 与传统专家系统的比较

##### (1) 系统的功能与任务不同

专家系统一般只处理单一领域知识的符合推理问题, 而 KBE 系统可以处理多领域知识和多种描述形式的知识, 是集成化的大规模知识处理环境。KBE 系统不仅要处理某些设计环节的经验性知识, 更要对设计的全过程, 实现设计各环节的集成。

##### (2) 体系结构不同

专家系统一般只解决某一领域的特定问题, 难以与其他智能系统集成, 是一

种封闭的体系结构；而 KBE 系统是面向整个设计过程，甚至是产品全生命周期的各异构系统的集成，是一种开放的体系结构。KBE 系统并不局限于某些设计环节的自动化，必须具有面向异构系统（如专家系统、数值仿真、图形系统等）的集成能力，这种集成的需求促进了 KBE 的开放性。

### (3) 运作模式不同

专家系统由于一般局限于单一知识领域范畴，相当于模拟设计专家个体的推理活动；而 KBE 系统涉及多领域、多学科知识范畴，是模拟和协助人类专家群体的推理决策活动，更多地融合了系统工作的思想。

### (4) 知识获取能力不同

专家系统一般不具备知识获取能力，只能用放在系统中的知识解决问题，难以满足产品开发的创新需求；而 KBE 是一种主动的知识获取与集成过程，具有自我生成的知识繁衍特性，因而拓宽了知识获取的途径。

## 1.2.4 KBE 国内外研究现状

KBE 是当前国内外研究的热点，英国 Coventry 大学、Cranfield 大学、美国 Washington 大学等都正在开展 KBE 的研究。许多跨国公司如 Boeing、G E、Ford、British Aerospace、Jaguar、Lotus、SAAB from Europe、Mitsubushi、Hitachi、Mazda、Honda、Matsushita 等都成立了专门的 KBE 研发部门。

UGS 等公司组成的北美 KBE 协调小组、KTI 赞助支持的 IIUG 组织和 Coventry 大学与几家大公司组成的 MOKA (methodology and tools oriented to knowledge-based engineering applications) 组织每年都召开年会，交流 KBE 研究的最新成果。

已开发的 KBE 应用开发工具有 NASA 的 CLIPS、Brightware 的 ART、Camsoft 的 DCLASS、Haley Enterprise 的 ECLOPSE 等，特别是 Concentra 的 ICAD、Technosoft 的 AML、Engineering Intent corporation 的 INTENT 能把规则知识与几何图形相结合，能方便地用以开发 KBE 应用系统。

国内 KBE 的研究尚处在起步阶段，上海交通大学、同济大学、华中理工大学、长春工业大学（原吉林工学院）分别就模具、汽车车门、齿轮等特定领域的 KBE 的应用进行了研究。针对制造业知识的特点，对知识处理技术的研究有待进一步深入。

## 1.2.5 机械设计知识处理技术当前研究现状

机械产品设计知识内容丰富、形式多样，包括各种立法规定、国家标准、设计公理、公式和专利等，但决定企业生存和发展的还是企业工程师长期积累的设计经验和技能。产品设计知识处理技术包括设计知识的建模、重用和挖掘。



## 1. 设计知识的建模

形式化和结构化的知识称为知识模型。在专家系统研究中,不同领域的专业知识按推理方式分类成不同的知识模型。定性推理研究提出了物理世界建模的一般法则。L 系统和遗传算法分别给出了生物发育和生命演化的模型。基于模型的推理已成为专家系统的基本技术之一。从目前的发展情况来看,以下几类模型特别值得重视和研究:面向 Agent 的模型、面向本体的模型、面向并行推理的新一代黑板模型、面向分布式推理的网络模型、面向移动通信的推理模型、能演化的模型、自组织模型、容错模型、共生模型。知识模型研究有着明确的实用意义。大规模的知识模型开发必然会提出一个标准化问题,否则就无法交流并推广使用。本体论(ontology)应用于工程领域,用一套术语唯一地表示领域知识概念,避免了由于知识模型差异产生的术语失配,能有效地表达形式化的规则。在机械 CAD 领域,目前的特征信息模型尚不能包含领域专家的知识及相应的推理,使系统的智能模块处于传统的相对独立的知识库、推理机模式,系统集成度低,更不能满足在线辅助决策的实用要求。当前有关知识建模语言和交换格式的研究很多,包括斯坦福大学知识系统实验室提出的 KIF 和 Ontolingua、美国 CYC 公司提出的 CYC、加拿大 Toronto 大学提出的 TOVE、荷兰 Amsterdam 大学提出的 Common KADS 和德国 Karlsruhe 大学提出的 UPML 等,但成功的应用实例尚不多见。如何针对制造业知识的特点,综合利用各种合适的知识模型,构建开放式的集成知识模型,是 KBE 研究首先要解决的问题。

## 2. 设计知识的重用

机械产品设计知识的重用主要包括常用零部件的重用、产品实例的重用和设计规则的重用。

零件库是当前 CAD 研究的热点之一。国际标准化组织(ISO)在 ISO TC184/SC4(国际标准化组织第 184“工业自动化系统与集成”技术委员会/第 4《工业数据》分技术委员会)下成立了 WG2“零件库”工作组,致力于中性零件表达机制的研究,即研究一种独立于具体 CAD 系统的中性的零件描述机制,现已制定了零件库国际标准 PLIB(parts library, ISO13584)。我国已引入该标准,制定和颁布了相应的国家标准 GB/T 17645。作为一种设计知识积累和管理的工具,零件库的动态扩充性就显得尤为重要,即用户不必修改和重新编译程序就能把经常使用的零件及其规格参数、非几何信息添加到零件库,以供今后重用。对于面向特定行业的 CAD 系统,还需要归纳各种典型的装配关系,开发专用的组合件库,以形成更高层次的建库手段,进一步提高设计效率。

机械产品的设计是一个复杂的、弱理论支持的过程,很多设计知识和经验很