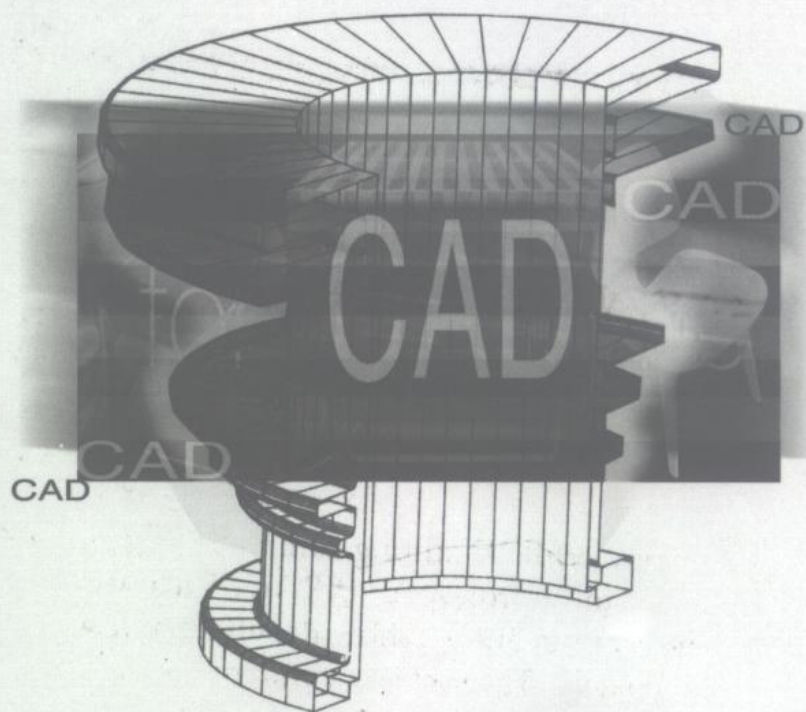


现代
CAD
技术

童秉枢
主编



现代 CAD 技术

童秉枢 主编



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

青
华
大

1.72

5/1

172391.72
TBS/

现代 CAD 技术

童秉枢 主编

孟明辰 李建明 田 凌 编著
张林鎔 孟祥生

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

15414/24 23

内 容 简 介

本书阐述了现代 CAD 技术的概念与研究内容,讨论了现代 CAD 技术中一些常见的重要技术,并将这些内容组织在设计集成化、设计网络化及设计智能化三篇共 15 章中。设计集成化的主要内容有:集成设计的理论与方法、产品共享信息模型的建立、产品数据管理技术、产品数据交换技术、产品装配设计技术等;设计网络化的主要内容有:协同设计的理论、协同设计中产品信息的交换与共享、协同设计过程的管理、协同设计中主要的网络应用技术等;设计智能化的主要内容有:智能 CAD 概述、知识表示、知识推理及设计型专家系统。以上内容力求反映国内外研究新成果,反映学科前沿的动态。

本书可作为研究生教材,也可作为大学本科高年级 CAD 教材,以及从事 CAD 应用和研究的广大科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代 CAD 技术/童秉枢主编. —北京:清华大学出版社,2000

ISBN 7-302-03902-X

I. 现... I. 童... II. 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(2000)第 28813 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研楼,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:北京人民文学印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:391 千字

版 次:2000 年 7 月第 1 版 2000 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-03902-X/TP·2282

印 数:0001~4000

定 价:19.00 元

前 言

由于先进制造技术、先进设计理论对 CAD 技术的推动,以及当前 CAD 技术的发展,CAD 正经历着由传统单元技术向复杂大系统环境下的设计自动化技术的重要转变,故本书取名为“现代 CAD 技术”。

现代 CAD 技术是指在复杂大系统(如先进制造)环境下,支持产品自动化设计的设计理论和方法、设计环境、设计工具三方面各有关技术的总称,它们能使设计工作实现集成化、网络化和智能化,达到提高产品设计质量,降低产品成本和缩短设计周期的目标。

本书选择了现代 CAD 技术中一些常见的重要技术进行讨论,并将这些内容组织在设计集成化、设计网络化及设计智能化三篇中。

第一篇为设计集成化,分为 6 章。第 2 章是对目前流行的并行设计与大规模定制设计理论与方法的阐述。第 3 到第 6 章分别讨论了一些重要的基础技术,它们是:产品共享信息模型的建立、产品数据管理技术、产品数据交换技术、产品装配设计技术。本篇最后一章,即第 7 章,对工程设计集成平台进行了讨论,希望给读者一个“如何集成”的概念。

第二篇为设计网络化,分为 4 章。出于把相近内容尽量放在一起的考虑,故将设计理论中的协同设计放入此处作为第 8 章;第 9、第 10 两章分别讨论协同设计中产品信息的交换与共享以及设计过程的管理;第 11 章是对协同设计中主要的网络应用技术的讨论。

第三篇为设计智能化,分为 4 章。主要讨论设计型专家系统技术。第 12 章是智能 CAD 概述,阐述了智能 CAD 的概念及其研究的问题;第 13、第 14 章对实现设计型专家系统中的两个最重要的问题,即知识表示和推理进行了详细讨论;第 15 章,也是全书最后一章,讨论了实现设计型专家系统的其他问题,并给出了一个实例。

本书力求做到:

(1) 反映最新 CAD 技术 以集成化、网络化、智能化为主线,反映国内外研究新成果,讨论学科发展的前沿问题。

(2) 反映与总结作者的研究成果 本书作者群多年从事 CAD 技术、CIMS 应用工程、并行工程及各种基金项目等的研究与开发工作,接触国内外 CAD 学科前沿,取得了一批研究成果,这些内容也将反映在本书中。

(3) 理论联系实际 根据作者的实践经验,力求给出解决问题的具体思路、体系结构、算法、实例等,以求对读者有指导和帮助作用。

本书可作为研究生教材,又可兼作大学本科高年级的 CAD 教材以及广大科技工作者的参考书,因此,一方面要尽量反映现代 CAD 技术的最新发展,让读者了解 CAD 的前沿技术,另一方面又不能空泛地讨论这些技术,要注意它们的普遍性与实用性,为此,在选材时,既注重了基础技术,也对我们自己的开发成果加以介绍。

参加本书编写的有:童秉枢(第 1、12、13、14、15 章),孟明辰(第 3、5 章及第 2 章的 2.1 节),李建明(第 4、7 章),田凌(第 8、10 章),孟祥生(第 9、11 章),张林馆(第 6 章及第 3 章的

3.2 节),阴向阳(第 2 章 2.2)。还有黄利平、冯春华及彭继忠参加了第 4、第 7 章的编写。全书由童秉枢负责汇总和整理。

由于现代 CAD 技术博大精深,作者的知识水平与实践经验远不能与此相适应,故书中内容定有不当或错误之处,恳请读者批评指正。

作者

1999 年 6 月

目 录

第 1 章 现代 CAD 技术概论	1
1.1 CAD 技术的内涵	1
1.2 先进制造技术对 CAD 技术的影响	2
1.2.1 计算机集成制造系统对 CAD 技术的影响	3
1.2.2 并行工程对 CAD 技术的影响	3
1.2.3 敏捷制造对 CAD 技术的影响	4
1.3 现代 CAD 技术的发展	5
1.3.1 当前 CAD 技术的发展	5
1.3.2 基于微机的第四代 CAD 系统初显端倪	5
1.4 现代 CAD 技术的概念与研究内容	8
1.4.1 现代 CAD 技术的概念	8
1.4.2 现代 CAD 技术的研究内容	9
1.5 本书结构	9

第一篇 设计集成化

第 2 章 产品集成设计的理论与方法	11
2.1 并行设计	11
2.1.1 并行设计的基本概念	11
2.1.2 并行设计的基本特征	11
2.1.3 并行设计中的几个关键技术	15
2.1.4 并行设计的实施	18
2.2 大批量定制设计	19
2.2.1 大批量定制的基本概念	19
2.2.2 大批量定制设计的基本概念	21
2.2.3 大批量定制的设计方法	23
2.2.4 大批量定制设计的实施	25
第 3 章 产品共享信息模型的建立	28
3.1 产品信息模型	28
3.2 装配信息模型	30
3.2.1 装配建模的基本策略	30
3.2.2 装配模型的信息组成	32
3.2.3 装配模型的基本结构	33
3.2.4 装配模型的实现	35

3.3 零件信息模型.....	39
3.3.1 基于特征的零件信息模型.....	39
3.3.2 特征建模系统的结构.....	43
3.3.3 特征建模的用户界面.....	44
3.3.4 特征信息提取与匹配.....	46
3.3.5 STEP 文件的生成	47
第4章 产品数据管理技术	48
4.1 产品数据管理(PDM)技术概述	48
4.1.1 基本概念.....	48
4.1.2 开放式体系结构.....	48
4.1.3 支持 PDM 系统实现的主要使能技术	49
4.2 PDM 系统的主要功能	51
4.2.1 电子仓库.....	51
4.2.2 工作流或过程管理.....	52
4.2.3 产品结构与配置管理.....	53
4.2.4 零件分类管理.....	54
4.2.5 工程变更管理.....	54
4.2.6 其它.....	54
4.3 PDM 系统的信息建模	55
4.3.1 面向对象的建模方法.....	55
4.3.2 PDM 系统的基本对象模型	58
4.3.3 产品结构与配置管理模型.....	61
4.4 PDM 系统的应用实施	64
4.4.1 PDM 实施的一般方法	64
4.4.2 典型 PDM 软件简介	66
4.4.3 PDM 软件选型	68
4.4.4 应用实施实例.....	69
4.5 产品数据管理技术的发展趋势.....	71
第5章 产品数据交换技术	73
5.1 STEP 标准的特点	73
5.2 STEP 标准的体系结构	74
5.2.1 描述方法.....	76
5.2.2 集成信息资源.....	76
5.2.3 应用协议.....	77
5.2.4 实现方法.....	77
5.2.5 一致性测试.....	78
5.3 EXPRESS 语言	78
5.3.1 模式.....	78
5.3.2 实体类型.....	79

5.3.3	实体数据类型的说明	81
5.3.4	EXPRESS 的表达式	81
5.3.5	内部常量、函数、过程	82
5.3.6	EXPRESS 语言实例	82
5.4	STEP 标准应用协议	83
5.4.1	应用协议的内容及形式规范	83
5.4.2	应用协议的建立	84
5.5	建立应用协议实例	84
5.5.1	应用活动模型(AAM)	85
5.5.2	引用标准	86
5.5.3	术语与缩写	87
5.5.4	应用参考模型(ARM)	87
5.5.5	应用解释模型(AIM)	90
5.5.6	形状特征模式(JW-form-feature-schema)	90
5.5.7	实现方法	91
5.5.8	协议实现的一致性测试目的和要求	94
第 6 章	产品装配设计技术	95
6.1	产品装配设计的地位与内容	95
6.1.1	装配设计的重要性	95
6.1.2	装配设计的内容	95
6.1.3	装配设计在集成化产品设计中的地位	96
6.2	产品装配设计的评价	96
6.3	DFA 的方法及应用	97
6.3.1	早期 DFA 方法	97
6.3.2	广义设计中的同步 DFA 方法	100
6.3.3	DFA 系统的构造与应用	104
6.4	从 DFA 到 DFx——面向整个生命周期的设计方法	108
6.4.1	DFA 向 DFMA 的发展	108
6.4.2	面向产品整个生命周期的 DFx 工具	109
第 7 章	工程设计集成平台	110
7.1	工程设计集成平台概述	110
7.1.1	CIMS 应用集成平台	110
7.1.2	工程设计集成平台	111
7.1.3	工程设计集成平台应具备的主要功能	111
7.2	CAX 系统与工程设计集成平台的应用集成与信息集成	113
7.2.1	以商用 PDM 系统为核心建立工程设计集成平台	113
7.2.2	CAX 系统与工程设计集成平台的应用集成	115
7.2.3	基于工程设计集成平台的 CAX 系统间的信息集成	118
7.3	工程设计集成平台与 MIS、车间控制器的信息集成	120

7.3.1 CAx 分系统与 MIS 分系统的集成分析	120
7.3.2 CAx 分系统与车间控制器分系统的信息集成	121
7.3.3 CAx 分系统与其它分系统的共享信息模型	122
7.3.4 基于全局共享信息系统 GIS 的信息集成的实现	122

第二篇 设计网络化

第 8 章 产品协同设计的提出与概念	124
8.1 产品协同设计的提出	124
8.1.1 敏捷制造技术的发展	124
8.1.2 虚拟制造技术的发展	127
8.2 协同设计的基本概念	130
8.2.1 协同理论	130
8.2.2 计算机支持的协同工作	131
8.2.3 协同设计的基本概念及内涵	132
8.2.4 协同设计中的关键技术	134
第 9 章 协同设计中的产品信息交换与共享	136
9.1 异构 CAD/CAM 系统间数据交换问题的研究现状	136
9.2 异构 PDM 系统间的产品数据交换	139
9.2.1 异构 PDM 系统间产品数据交换问题的研究现状	139
9.2.2 异构 PDM 系统间数据交换的一个实例	141
第 10 章 协同设计中产品设计过程的管理	147
10.1 产品开发过程建模	147
10.1.1 IDEF3 模型	147
10.1.2 OPN 模型	148
10.1.3 基于 OPN 模型的冲突分析	149
10.2 产品开发过程中的冲突管理	150
10.2.1 协同设计中冲突管理的概念及内涵	150
10.2.2 协同设计中的冲突分析	151
10.3 冲突管理的关键支持技术	153
10.3.1 冲突避免技术	153
10.3.2 冲突检测技术	154
10.3.3 冲突解决技术	154
10.4 协同设计管理系统	155
10.4.1 协同设计的支持环境——协同 CAD 系统	155
10.4.2 协同设计管理系统的实现	156
第 11 章 协同设计中的网络应用技术	158
11.1 web 技术及其应用	158
11.1.1 web 技术的基本概念	158
11.1.2 基于 web 的 Internet 计算模式	160

11.1.3	web 技术在协同设计中的应用	163
11.2	多媒体会议系统	165
11.2.1	多媒体会议系统概述	165
11.2.2	多媒体会议系统的基本配置、服务与工作模式	166
11.2.3	典型会议系统简介	167

第三篇 设计智能化

第 12 章	智能 CAD 概述	171
12.1	智能 CAD 的形成	171
12.1.1	传统 CAD 技术的局限性	171
12.1.2	专家系统的发展	171
12.1.3	智能 CAD 的形成	172
12.2	智能 CAD 的概念及其发展	174
12.2.1	智能 CAD 的概念	174
12.2.2	智能 CAD 发展的两个阶段	174
12.3	智能 CAD 研究的基本问题	176
第 13 章	知识表示	179
13.1	概述	179
13.2	产生式规则表示	179
13.2.1	什么叫产生式系统	179
13.2.2	规则的表达	180
13.2.3	规则集与推理网络	183
13.2.4	概念推理网络及其节点层次管理	184
13.3	框架表示	186
13.3.1	框架的一般结构	187
13.3.2	框架与规则的联接	189
13.4	面向对象的知识表示	190
13.4.1	面向对象的方法及特点	190
13.4.2	对象类的框架结构	191
13.4.3	对象类框架结构的形式定义	192
第 14 章	知识推理	195
14.1	知识推理简介	195
14.2	基于规则的推理	196
14.2.1	规则知识的存储	196
14.2.2	正向推理	197
14.2.3	反向推理	200
14.2.4	混合推理	203
14.2.5	约束推理	204
14.3	框架推理	207

14.3.1	一般结构框架的推理	207
14.3.2	某些框架功能的实现	208
14.3.3	对象类框架的推理	209
14.4	基于实例的推理	210
14.4.1	基于实例推理的基本思想	210
14.4.2	实例的表示与组织	211
14.4.3	实例的检索	212
14.4.4	实例的修正与存储	213
14.4.5	CBR 应用举例	213
14.5	基于原型的推理	216
14.5.1	基于原型的设计	216
14.5.2	原型的表示与组织	217
14.5.3	基于原型的推理机制	220
14.5.4	基于原型的设计系统结构	220
第 15 章	设计型专家系统	222
15.1	专家系统概述	222
15.1.1	专家系统的特点与类型	222
15.1.2	专家系统的基本结构	223
15.1.3	机械设计型专家系统的特点	224
15.1.4	专家系统实例——“动物识别”专家系统	225
15.2	设计型专家系统的控制与求解策略	227
15.2.1	总控策略	227
15.2.2	过程控制策略	228
15.2.3	方案设计专家系统的求解策略与系统结构	230
15.3	知识库建造	232
15.3.1	知识获取	233
15.3.2	知识库的组织结构	235
15.3.3	知识库的维护	236
15.4	设计型专家系统的开发及举例	238
15.4.1	设计型专家系统的开发过程	238
15.4.2	龙门铣进给箱方案设计专家系统	239
	主要参考文献	246

第1章 现代CAD技术概论

1.1 CAD技术的内涵

CAD(computer aided design)是一种用计算机硬、软件系统辅助人们对产品或工程进行设计的方法与技术,包括设计、绘图、工程分析与文档制作等设计活动,它是一种新的设计方法,也是一门多学科综合应用的新技术。

传统CAD涉及以下一些基础技术:

- (1) 图形处理技术 如自动绘图、几何建模、图形仿真及其它图形输入、输出技术。
- (2) 工程分析技术 如有限元分析、优化设计及面向各种专业的工程分析等。
- (3) 数据管理与数据交换技术 如数据库管理、产品数据管理、产品数据交换规范及接口技术等。
- (4) 文档处理技术 如文档制作、编辑及文字处理等。
- (5) 软件设计技术 如窗口界面设计、软件工具、软件工程规范等。

近十多年来,由于先进制造技术的快速发展,带动了先进设计技术的同步发展,使传统CAD技术有了很大的扩展,我们将这些扩展的CAD技术总称为“现代CAD技术”。本书的宗旨就是在传统CAD技术的基础上,较全面地向读者介绍现代CAD技术。本章将对现代CAD技术形成的背景、现代CAD技术的概念及研究内容作概要说明。有关的详细内容将在以后章节中分别叙述。

任何设计都表现为一种过程,每个过程都由一系列设计活动组成。这些活动既有串行的设计活动,也有并行的设计活动。目前,设计中的大多数活动都可以用CAD技术来实现,但也有些活动尚难用CAD技术来实现,如设计的需求分析、设计的可行性研究等。将设计过程中能用CAD技术实现的活动集合在一起就构成了CAD过程,图1-1就说明了设计过程与CAD过程的关系。随着现代CAD技术的发展,设计过程中越来越多的活动都能用CAD工具加以实现,因此CAD技术的覆盖面将越来越宽,以至整个设计过程就是CAD过程。

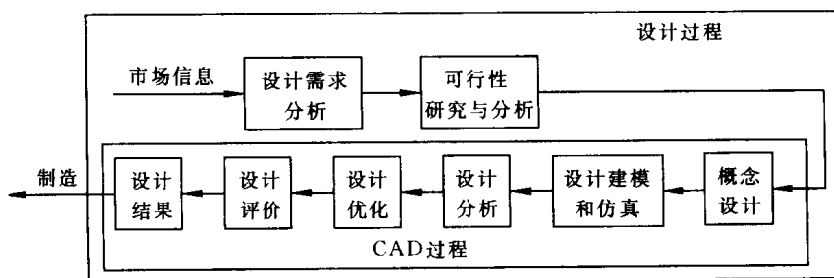


图 1-1 设计过程与 CAD 过程的关系

值得指出的是:不应该将CAD与计算机绘图、计算机图形学混淆起来。下面叙述后二

者的技术内涵。

计算机绘图的内涵:计算机绘图是使用图形软件和硬件进行绘图及有关标注的一种方法和技术,以摆脱繁重的手工绘图为其主要目标。

计算机图形学(computer graphics,CG)的内涵:计算机图形学是研究通过计算机将数据转换为图形,并在专用设备上显示的原理、方法和技术的科学(根据 ISO 在数据处理词典中的定义)。

CG 的研究内容有以下四个方面:

(1) 硬件 指图形输入设备、图形处理设备、图形显示设备和图形绘制设备。

(2) 图形软件设计 如二维绘图系统、三维造型系统、动画制作系统、真实感图形生成系统等。

(3) 图形处理的理论与方法 如几何元素和图形的生成方法、实体表示理论与拼合算法、图形变换、图形的消隐与裁剪、真实感图形生成等等。近年来,CG 向更深的方向发展,出现了分布式图形处理、声像一体化、分数维几何、虚拟现实、多媒体技术以及科学计算可视化等高新理论与技术。

(4) 实际应用中的图形处理问题 涉及广阔的应用领域、如统计管理、测量、生物、医学、药学、模拟与动画、美术、办公自动化等。

从以上对 CAD、计算机绘图及 CG 的叙述可以看出它们三者之间是有区别的,但也有联系。可以简单地表述如下:

计算机绘图是 CG 中涉及工程图形绘制的一个分支,可将它看成一门工程技术,它为人们以软件操作方式绘制图样提供服务;计算机绘图不是 CAD 的全部内涵,但它是 CAD 技术的基础之一;CG 是一门独立的学科,有自己丰富的技术内涵,它与 CAD 有明显区别,但它的有关图形处理的理论与方法构成了 CAD 技术的重要基础。

1.2 先进制造技术对 CAD 技术的影响

21 世纪,经济竞争是世界各国竞争的焦点和世界发展的重要推动力。对制造业而言,每个企业都面临着持续多变和不可完全预测的全球化市场竞争,竞争的核心是以知识为基础的新产品的竞争。为了提高竞争力,企业必须解决好产品的 T、Q、C、S、E 难题,即以最快的上市速度 T(time to market)、最好的质量 Q(quality)、最低的成本 C(cost)、最优的服务 S(sevice)及最清洁的环境 E(environment)来满足顾客的不同需求和社会可持续发展的要求。面对激烈的竞争,近二十年来,特别是近十年来,人们将制造技术与飞速发展着的信息技术、自动化技术、现代管理技术与系统技术有机融合,逐渐形成了新一代先进制造技术。今天它已成为改善产品 T、Q、C、S、E,提高企业敏捷性、柔性、健壮性的关键手段。它正推动着制造业进入信息化、自动化、智能化、敏捷化的历史新时期。

先进制造技术必然十分重视产品设计问题。众所周知,没有创新产品,没有适销对路的新产品,即使做到 T、Q、C、S、E 也是白搭,也会在竞争中败下阵来。因此 T、Q、C、S、E 的前提是有好的产品设计。所以采用先进制造技术的企业必然将产品设计这个环节视作其生命线,先进设计技术必然成为先进制造技术的核心之一。可以这样认为:市场竞争促进了先进制造技术的发展,先进制造技术的发展推动了先进设计技术的发展,先进设计技术离不开

CAD 技术,因此 CAD 技术获得了巨大的发展。

为了具体说明先进制造技术对 CAD 技术的影响,现就三个典型的先进制造模式对 CAD 技术的影响作些分析。

1.2.1 计算机集成制造系统对 CAD 技术的影响

自从 1973 年美国的约瑟夫·哈林顿(Joseph Harrington)提出计算机集成制造(computer integrated manufacturing, CIM)概念以来,近十余年, CIM 哲理及其技术在实践中不断充实、完善与发展。在我国,自 1986 年以来,在国家 863 计划支持下,对 CIM 的理论与应用进行了深入研究与实践,概括出了对 CIM 的以下认识:

CIM 是一种组织、管理与运行企业的哲理,它将传统的制造技术与现代信息技术、管理技术、自动化技术、系统工程技术等有机结合,借助计算机(硬、软件),使企业产品全生命周期——市场需求分析、产品定义、研究开发、设计、制造、支持(包括质量、销售、采购、发送、服务)以至产品最后报废、环境处理等各阶段活动中有关的人/组织、经营管理和技术三要素及其信息流、物流和价值流有机集成并优化运行,实现企业制造活动的计算机化、信息化、智能化、集成优化,以达到产品上市快、高质、低耗、服务好、环境清洁,进而提高企业的柔性、健壮性、敏捷性,使企业赢得竞争。

CIMS(computer integrated manufacturing system)是一种基于 CIM 哲理构成的计算机化、信息化、智能化、集成化的制造系统。

必须指出,以上对 CIM 和 CIMS 的认识已大大超过了早期对 CIM 和 CIMS 的认识,这种认识已概括了后面将要叙述的并行工程和敏捷制造的含义。不过,为了从历史上来考察各种先进制造模式对 CAD 技术的影响,在这里我们准备讨论这种深化的 CIMS 对 CAD 的影响,还是将讨论限制在早期 CIMS 对 CAD 的影响上。

早期 CIMS 技术的核心是信息集成,而且主要关注企业内部的信息集成,即针对在设计、加工制造及管理中大量存在的自动化孤岛,解决信息正确、高效的共享与交换。

这种信息集成的要求自然要在工程设计系统中体现出来,即解决 CAD、CAPP(computer aided process planning)、CAM(computer aided manufacturing)系统内部的信息集成以及该系统与 CIMS 中加工制造和管理分系统间的信息集成。

具体对 CAD 技术而言,就是要解决异构环境下的信息集成,为此要解决三个关键问题:

(1) 产品建模问题 以参数化造型或特征造型为建模手段,以 STEP(standard for the exchange of product model data)标准所定义的产品信息模型为依据,建立能满足产品生命周期内各环节需要的完整的信息模型,即产品的数字化模型,以作为信息共享与交换的基础。

(2) 数据交换问题 采用符合标准的数据交换规范,做好不同应用软件间的接口。

(3) 工程数据管理问题 形成逻辑上集中、物理上分布的数据的集成管理环境,解决异构数据库间的相互访问。

1.2.2 并行工程对 CAD 技术的影响

关于并行工程(concurrent engineering, CE)有多种提法,但是,至今较为公认的是 1986

年美国国防分析研究所在其 R-338 研究报告中提出的并行工程的定义。定义如下:

并行工程是对产品及其相关过程(包括制造和支持过程)进行并行、一体化设计的一种系统化的工作模式。这种工作模式力图使开发者从一开始就考虑到产品全生命周期(从概念形成到产品报废)中的所有因素,包括质量、成本、进度和用户需求。

根据上述定义,不难看出,并行工程这种先进制造模式的技术核心除了继承早期 CIMS 的信息集成外,其主要特点是过程集成。过程集成就是要对企业的各种活动过程进行重构,将产品开发过程中的各种串行过程尽可能多地转变为并行过程,使在设计早期就能考虑到产品的可装配性、可制造性、可测试性、可维护性、可靠性、可支持性及成本合理性等因素,使各阶段工作及时交流、协调,避免跨阶段的大返工。此外,过程集成还意味着以产品为中心,由各有关部门人员组成的多学科小组(团队)的人员的集成。

并行工程过程集成的特点对 CAD 技术提出了以下要求:

- (1) 支持开发过程的重构和建模。
- (2) 实现协同设计的环境,支持多学科队伍的协同工作。
- (3) 提供功能集成、信息集成的支持并行设计的 CAx (CAD、CAPP、CAM…)和 DFx (design for performance、assembly、manufacture、test、quality、cost、service…)工具。

1.2.3 敏捷制造对 CAD 技术的影响

敏捷制造 (agile manufacturing, AM) 是 1991 年美国里海 (Lehigh) 大学亚科卡 (Iacocca) 研究所在《美国 21 世纪制造企业战略》报告中所提出的一种先进制造技术。其后得到世界各国的重视,进行了广泛的研究与实践。但到目前为止,关于 AM 还没有一个一致的、公认的定义。

AM 的基本思想是将灵活的动态联盟组织、先进的柔性生产技术和高素质的人全面集成,使企业能够应付迅速变化和不可预测的市场需求,以获得长期稳定的经济效益。

为了实现敏捷制造,除了做到信息集成和过程集成外,还必须实现企业集成。企业集成就是针对某一特定产品,选择合作伙伴,组建企业动态联盟,充分利用联盟企业所具有的设计资源、制造资源、人力资源等,解决联盟内的信息集成与过程集成,将新产品快速推向市场。

AM 最基本的特征是要具备一种能力,即在多变的市场环境下,抓住稍纵即逝的机遇,快速开发出能充分满足顾客需要的新产品。由此可见,新产品的设计对 AM 具有何等重要的意义,因此对于这种敏捷制造模式必须要有敏捷设计的模式。

基于动态联盟的敏捷设计对 CAD 技术提出了以下要求:

- (1) 提供实现产品敏捷设计的使能技术 如资源共享、信息服务、合作建模、联盟内的数据管理与设计过程管理等技术。
- (2) 提供支持产品敏捷设计的网络通信平台及相关技术的解决方案 如 WWW 技术、邮件通信、远程传输、安全保密等。

以上论述了三种典型的先进制造模式的定义及基本思想,揭示了信息集成—过程集成—企业集成的发展历程,阐明了它们对 CAD 技术发展的巨大影响。由于这种影响,现代 CAD 技术也在沿着信息集成—过程集成—企业集成的道路发展。还应该看到,随着先进制造技术的不断发展,将会出现更多的制造模式,提出更新、更强的集成要求,因此还将继续对

CAD 技术施加影响,对 CAD 技术提出更高的要求。

1.3 现代 CAD 技术的发展

1.3.1 当前 CAD 技术的发展

CAD 技术开始于 20 世纪 50 年代,经历了 50 年代与 60 年代的形成、70 年代的发展与 80 年代的兴旺,到现在已在二维绘图、三维几何造型等方面取得了很大的成就并达到普遍应用的地步。回顾历史,CAD 图形支撑软件发展的历程大致如下:

第一代 CAD 系统出现于 60 年代,这一代系统主要用于二维绘图,其技术特征是利用解析几何的方法定义有关点、线、圆等图素。

第二代 CAD 系统始于 70 年代,这一代系统直到目前还在广泛应用,其技术也还在不断发展,它们主要是二维交互绘图系统及三维几何造型系统。在几何造型方面分别采用了三维线框模型、曲面模型和实体模型。在实体造型上广泛采用了实体几何构造法(CSG 法)和边界表示法(B-rep 法),并在系统内部采用了数据库技术,形成了众多商品化程度高的实用系统。

第三代 CAD 系统始于 80 年代中期,在建模方法上分别出现了特征建模和基于约束的参数化和变量化建模方法,由此出现了各种特征建模系统以及二维或三维的参数化设计系统,而且出现了这两种建模方法互相交叉、互相融合的系统。这种系统常常在二、三维模型之间以及与 CAM 系统之间有内部统一的数据结构及共同的数据库,因此做到了二、三维模型修改时的相互关联性,以及 CAD/CAM 的信息集成。

现在,CAD 技术仍在向前发展,在国外有人称它为“下一代 CAD 系统”,这里我们称它为第四代 CAD 系统,即 1.4 节中将要介绍的现代 CAD 技术的商品化系统。这是一种支持新产品设计的综合性环境支持系统,它能全面支持异地的、数字化的、采用不同设计哲理与方法的产品设计工作。但是目前还不能提供成熟的商品化的第四代 CAD 系统,因为各种相关技术还在研究与发展中。

1.3.2 基于微机的第四代 CAD 系统初显端倪

近年来,由于微机性能的不断提高,微机 CAD 系统及其相关技术获得了迅猛发展,在大、中、小型企业的新产品设计、CIMS 应用工程及并行工程应用中大显身手,显示了它能担纲主角的能力。为了具体说明上文中提到的第四代 CAD 系统的风貌,特从微机 CAD 系统近年来在平台环境及功能两方面的发展所达到的水平,并加上作者的预测来具体描述一个基于微机的综合性环境支持系统,目的是让读者比较具体地了解这种新一代 CAD 系统的概貌。

1. 微机 CAD 平台环境

本书将目前 CAD 平台环境已经达到的水平称为“基本的集成开放环境”,它具有以下特点:

(1) 有专用的转换接口 平台的各功能模块间有统一的数据库或有专用的内部数据转换接口,保证了各模块可以在集成状态下运行。

(2) 有众多的增值软件 它们中有些使设计环境更为完善,如各种国标的实现、标准件库、符号库等等;有些是应用软件,如常用零部件设计、钣金件排料及设计、模具设计等。增值软件越多,用户的开发工作就越少。

(3) 合作伙伴软件的无缝集成 采用战略联盟的思想,由 CAD 系统的主供应商与最有优势的相关软件供应商组成的联盟,把一些优秀的支撑软件无缝集成到主供应商软件系统中,使 CAD 环境更完善。

(4) 良好的系统开放性 提供多种接口和手段,方便用户做深入的二次开发,例如提供制作界面的工具、内嵌的程序设计语言、图形数据交换接口等。

图 1-2 所示为基于 Autodesk 公司的 AutoCAD 系统的微机平台环境,基本上满足了集成与开放的要求。

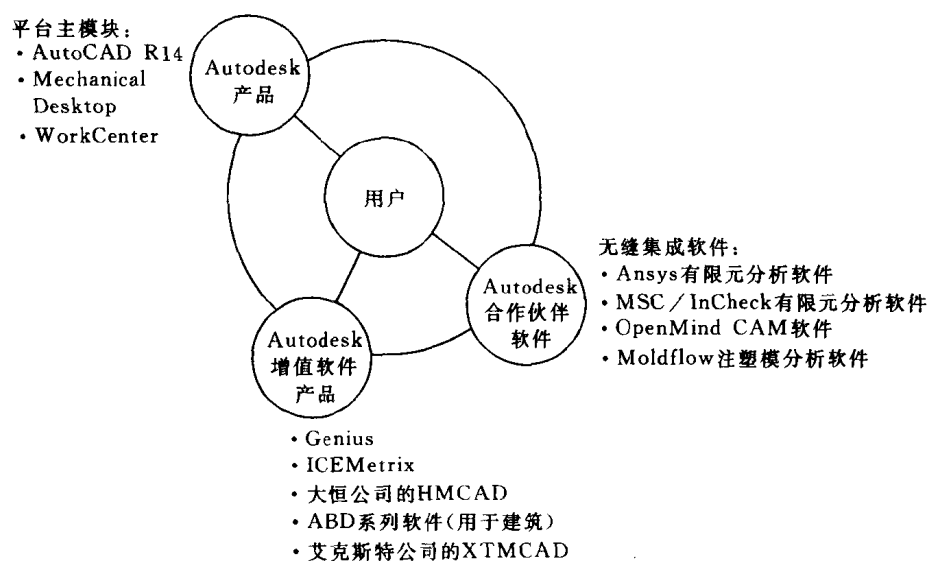


图 1-2 基于 AutoCAD 的微机平台环境

本节将微机平台环境的进一步发展称为“高级的集成开放环境”,它应具有以下特点:

(1) 具有完备的数字化产品模型定义及产品数据管理和过程管理的能力,使无纸设计与制造成为可能。

(2) 具备广域网上协同设计和虚拟设计的环境,例如 Autodesk 公司拟定了在互联网上传输图形文件的 DWF(drawing web format)格式,开发了 web 上的 DWF 文件浏览器 Whip!,并借助于 Windows NT 和 Windows 95 实现了电子邮件传输等业务。

(3) 信息交换标准化。这是一项十分重要的工作,它涉及 internet/intranet 环境下动态联盟的设计/制造业务中的各种传输信息的标准化问题,例如零件标准化、产品模型定义数据的标准化(如 STEP)、支持异构分布式环境下互操作与信息集成的标准化,如 CORBA(common object broker architecture)、商务报告标准化等。

(4) 高度的系统开放性。具备各种应用接口(application interface, API)、工具箱(toolkit)、语言联编等手段。以 AutoCAD 系统为例,它提供了种类相当丰富的各种应用开发接口,例如有开发应用程序的 AutoLISP 语言;有开发外部功能的 C 语言编程环境 ADS(AutoCAD development system);创建对话框的对话控制语言 DCL(dialog control