

JISUANJI

FUZHU SHEJI

陈 为 主 编
范 骏 副主编
韩西娜

computer

计算机



辅助设计

computer

计算机 辅助设计

JISUANJI
FUZHU SHEJI

陈 为 主 编
韩西娜 范 骏 副主编



安徽人民出版社

责任编辑:张 旻

封面设计:宋文岚

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计/陈为主编. —合肥:安徽人民出版社,1999(2009.1,重版)

ISBN 978-7-212-01665-4

I. 计… II. 陈… III. 计算机辅助设计 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 68733 号

计算机辅助设计

陈 为 主 编

出版发行:安徽人民出版社

地 址:合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号出版传媒广场

邮 编:230071

发 行 部:0551-3533258 0551-3533292(传真)

经 销:新华书店

制 版:合肥市中旭制版有限责任公司

印 刷:合肥瑞丰印务有限公司

开 本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:340 千

版 次:2000 年 2 月第 1 版 2009 年 1 月第 2 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-212-01665-4

定 价:29.50 元

本版图书凡印刷、装订错误可及时向承印厂调换

内 容 简 介

本书在继承第1版体系结构的基础上,对部分内容作了增减、补充和修订。

改版后,全书的主要内容包括计算机辅助设计概述、计算机辅助设计系统、图形软件与数据交换的标准、数据结构与数据库系统、图形变换、常用曲线和曲面、几何造型方法、图形真实感、有限元与优化设计、计算机辅助设计与辅助制造、虚拟制造及其应用、产品创新设计的CAD方法以及计算机辅助工业设计发展状况与趋势。许多内容反映了计算机辅助设计领域的最新成果。

本书理论简明扼要,内容新颖实用,既可作为高等职业教育机电类专业教材,也可作为从事计算机辅助设计及其相关工作的工程技术人员参考书籍。

第2版前言

计算机辅助设计(CAD)技术是提高产品质量,加速产品更新换代,增强企业应变能力和国际竞争能力的必备手段。它的发展和应用水平已成为衡量一个国家科学技术和现代化水平的重要标志之一。

进入21世纪,虽然我国CAD技术的应用取得了巨大的成就,但与先进国家相比差距还很大。即使在国内,其CAD技术的应用也不平衡,仍需要教育工作者不断努力,继续培养大批具有CAD基础理论和掌握CAD技术新方法的专门人才,以提高我国CAD技术水平,适应市场竞争的需要。

本书第1版自1999年出版以来已多次重印,但由于CAD技术仍在不断发展,书中有些内容显得陈旧,需要增减、修订、补充和完善。编著者吸取读者的建议,经过分析、讨论,决定在保留第1版体系结构的基础上,删除第11章,对其他章节内容作补充和修订,以适应新时期对CAD教学和人才培养的需要。具体增减、补充和修订如下:

全书共分13章,介绍主要的内容有:计算机辅助设计概述、计算机辅助设计系统、图形软件与数据交换的标准、数据结构与数据库系统、图形变换、常用曲线和曲面、几何造型方法、图形真实感、有限元与优化设计、计算机辅助设计与辅助制造、虚拟制造及其应用、产品创新设计的CAD方法以及计算机辅助工业设计发展状况与趋势。

修订后的教材仍保持原有两大特点:

1. 内容全面:较全面介绍计算机辅助设计(CAD)、CAD/CAM及其集成的基本理论和应用,以及计算机辅助工业设计(CAID)技术发展状况与趋势。

2. 内容新:力求反映最新的研究成果(产品模型数据描述和交换标准STEP、多媒体对象描述环境标准PREMO、虚拟制造及其应用、产品创新设计的CAD方法、数控机床最新发展趋势以及计算机辅助工业设计技术发展状况与趋势)。

本书在编著和修订过程中,对原有人员进行了调整。

韩西娜参加第1、2、3、4、7、8章的编写,陈为参加了第5、6章的编写,范骏参加第9、10、11、12、13章的编写。全书由陈为汇总和定稿。

在本书编著过程中,参考和引用了大量的相关教材、期刊文章和其他相关文献资料,在此对文献的作者表示衷心的感谢!

在本书编著过程中,得到了陈军同志的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

本书理论简明扼要,内容新颖实用,既可作为高等职业教育机电类专业教材,也可作为从事计算机辅助设计及其相关工作的工程技术人员参考书籍。

由于作者水平有限,本书有错误和不妥之处,恳请读者不吝赐教。

编著者

2008年7月

第 1 版前言

计算机辅助设计(CAD)技术是提高产品质量,加速产品更新换代,增强企业应变能力和国际竞争能力的必备手段。它的发展和水平已成为衡量一个国家科学技术和现代化水平的重要标志之一。

本书是作者在长期从事计算机辅助设计的教学和科研工作的基础上,参考国内外同类书籍、广泛收集国内外最新资料编著而成。

全书共分 14 章,介绍主要的内容有:计算机辅助设计概述、计算机辅助设计系统、图形软件与数据交换的标准、数据结构与数据库系统、图形变换、常用曲线和曲面、几何造型方法、图形真实感、有限元与优化设计、计算机辅助设计与辅助制造、CAPP 与 PPC 集成研究现状与进展、虚拟制造及其应用、产品创新设计的 CAD 方法以及计算机辅助工业设计发展状况与趋势。

本书有两大特点:

1. 内容全面:较全面介绍计算机辅助设计(CAD)、CAD/CAM 及其集成的基本理论和应用。

2. 内容新:力求反映最新的研究成果(产品模型数据描述和交换标准 STEP、多媒体对象描述环境标准 PREMO、CAPP 与 PPC 集成研究现状与进展、虚拟制造及其应用、产品创新设计的 CAD 方法以及计算机辅助工业设计技术发展状况与趋势)。

本书由陈为主编。林小宁参加第 10 章(10.4,10.5)的撰写、瞿学良参加第 2 章的撰写、蒋琦娟参加第 1 章的撰写、高如松参加第 9 章的撰写,其余各章节由陈为撰写并作最终统稿。陈平同志录入了全书的文稿并提出了许多修改意见。

在本书编著过程中,得到了余斌、宋家明同志的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

本书可作为高等学校工科师生的教材,还可作为从事计算机辅助设计及其相关工作的工程技术人员参考书籍。

由于作者水平有限,本书有错误和不妥之处,恳请读者不吝赐教。

编著者

目 录

第 2 版前言	1
第 1 版前言	2
第 1 章 计算机辅助设计概述	1
1.1 CAD 概念	1
1.2 CAD 技术的发展过程	3
1.3 CAD 技术的发展现状	5
1.4 CAD 技术的应用	7
1.5 CAD 技术产生的效益	11
1.6 CAD 系统的主要功能	13
第 2 章 计算机辅助设计系统	15
2.1 CAD 系统的构成和分类	15
2.1.1 CAD 系统的基本构成	15
2.1.2 CAD 系统的分类	16
2.2 CAD 系统的硬件	21
2.2.1 主机	21
2.2.2 输入设备	22
2.2.3 输出设备	24
2.2.4 外存储设备	30
2.3 CAD 系统的软件	31
2.3.1 CAD 软件分类	31
2.3.2 CAD 系统软件	31
2.3.3 CAD 支撑软件	32
2.3.4 CAD 应用软件	38
2.4 CAD 系统的设计与选择	39
2.4.1 CAD 系统设计应考虑的问题	39
2.4.2 CAD 系统选择的原则	39
第 3 章 图形软件与数据交换的标准	42
3.1 图形软件的标准	42
3.1.1 计算机图形参考模型(CGRM)	44

3.1.2	图形系统标准	44
3.1.3	语言联编标准	47
3.1.4	图形元文件(CGM)与图形接口(CGI)标准	48
3.1.5	图形系统一致性测试标准	49
3.2	产品数据交换标准	50
3.2.1	基本图形交换规范(IGES)	50
3.2.2	产品模型数据描述和交换标准(STEP)	51
3.2.3	IGES与STEP的区别	55
3.3	多媒体对象描述环境(PREMO)	55
3.3.1	PREMO的基本内容	55
3.3.2	PREMO的特点	56
3.3.3	STEP和PREMO的结合	56
3.4	窗口管理系统	57
3.4.1	几种常用的窗口系统	57
3.4.2	窗口系统的特点	57
第4章	数据结构与数据库系统	59
4.1	数据结构	59
4.1.1	基本概念	59
4.1.2	数据的逻辑结构	61
4.1.3	数据的存储结构	63
4.1.4	数据结构在CAD中应用	65
4.2	数据库系统	69
4.2.1	数据库的基本概念	70
4.2.2	数据库系统的主要特点	71
4.2.3	数据库系统的体系结构	72
4.2.4	数据模型	72
4.3	工程数据库系统简介	77
4.3.1	工程数据分析	77
4.3.2	工程数据库系统的主要特点	78
4.3.3	工程数据库与CAD的关系	78
第5章	图形变换	83
5.1	窗口视图变换	83
5.1.1	用户域和窗口区	83
5.1.2	屏幕域和视图区	84
5.1.3	窗口区—视图区坐标变换	84
5.2	图形裁剪	86

5.2.1 二维线段的裁剪	86
5.2.2 多边形裁剪	90
5.2.3 三维线段的裁剪	90
5.3 图形变换	92
5.3.1 图形变换的方法	92
5.3.2 二维图形变换	93
5.3.3 三维图形变换	100
5.4 投影变换	105
5.4.1 正投影变换矩阵	106
5.4.2 正轴测投影变换	107
5.4.3 斜轴测投影变换	108
5.4.4 透视投影变换	110
第6章 常用曲线和曲面	118
6.1 曲线和曲面的基本知识	118
6.1.1 参数方程表示的特点	118
6.1.2 对参数方程处理的几种常用方法	119
6.1.3 曲线和曲面的特性	120
6.2 常用的参数曲线和曲面	122
6.2.1 Bezier 曲线与曲面	122
6.2.2 B-Spline(B样条)曲线与曲面	126
6.2.3 非均匀有理B样条曲线和曲面(NURBS)	127
第7章 几何造型方法	130
7.1 几何造型概述	130
7.1.1 几何造型概念	130
7.1.2 几何造型发展	130
7.2 常用的几何造型方法	131
7.2.1 线框造型	131
7.2.2 曲面造型	131
7.2.3 实体造型	137
7.2.4 特征造型	141
7.2.5 分数维造型	145
7.2.6 参数化几何造型和变量化几何造型	150
7.3 几何造型CAD/CAM中的应用	153
第8章 图形真实感	154
8.1 概述	154
8.2 消隐处理	154

8.2.1	消除隐藏线	154
8.2.2	消除隐藏面	160
8.3	明暗处理	161
8.3.1	光照模型(明暗模型)	161
8.3.2	透明效果	164
8.3.3	阴影处理	165
8.4	色彩处理	166
8.4.1	色彩的基本概念	166
8.4.2	常用的色彩模型	168
8.5	纹理处理	170
第9章	有限元与优化设计	172
9.1	有限元	172
9.1.1	概述	172
9.1.2	有限元分析的基本原理	173
9.1.3	有限元分析的前置处理和后置处理	177
9.1.4	ANSYS 软件介绍	180
9.2	优化设计	181
9.2.1	优化设计的基本要素和数学模型	182
9.2.2	优化设计分类和常用的优化设计方法	184
9.2.3	优化设计一般过程	185
第10章	计算机辅助设计与辅助制造	187
10.1	CAD/CAM 概论	187
10.1.1	CAD/CAM 的基本概念	187
10.1.2	CAD/CAM 运行环境	189
10.1.3	CAD/CAM 系统的软件	191
10.1.4	CAD/CAM 生产流程	191
10.1.5	CAD/CAM 的技术贡献	193
10.2	CAE——计算机辅助工程	195
10.2.1	有限元法	195
10.2.2	边界元素法	196
10.2.3	模态分析法	196
10.3	CAPP——计算机辅助工艺规程	196
10.3.1	CAPP 的发展概况与趋势	196
10.3.2	CAPP 系统的分类	199
10.3.3	CAPP 的几项关键技术	200
10.4	数控加工技术	201

10.4.1	数控的概念	201
10.4.2	数控机床的组成与工作原理	202
10.4.3	数控的坐标系统	203
10.4.4	数控运动的控制方式	205
10.4.5	数控的应用与效益	206
10.4.6	数控编程	207
10.4.7	CNC,DNC 和 AC	209
10.4.8	数控机床发展趋势	212
10.5	CAD/CAM 系统集成	214
10.5.1	CAD/CAM 系统集成的必要性	214
10.5.2	CAD/CAM 系统集成程度	214
10.5.3	CAD/CAM 系统集成的关键技术	215
10.5.4	计算机集成生产系统	215
第 11 章	虚拟制造及其应用	218
11.1	虚拟制造	218
11.1.1	虚拟现实与计算机仿真	218
11.1.2	虚拟产品	219
11.1.3	虚拟制造技术与虚拟制造系统	220
11.1.4	VM 与其他先进制造技术	220
11.1.5	VM 的分类	222
11.1.6	VM 的意义	222
11.2	VM 的过程与体系结构	222
11.3	VM 的关键技术	223
11.3.1	硬件方面有关技术	223
11.3.2	软件方面关键技术	224
11.4	VM 的应用实例	225
11.4.1	设计	225
11.4.2	生产	225
11.4.3	销售	225
11.5	VM 的软硬件和研究近况	225
11.5.1	与 VM 相关的软硬件	225
11.5.2	研究近况	226
第 12 章	产品创新设计的 CAD 方法	228
12.1	分解功能方案设计方法	229
12.1.1	功能逻辑分解方法	229
12.1.2	FBS 方法	229

12.2	功能单元的结构设计方法	230
12.3	装配的产品改良设计方法	230
12.3.1	坐标系约束方法	230
12.3.2	位置约束方法	231
12.3.3	运动学方法	231
12.3.4	fits - against 方法	231
12.4	全过程设计方法及模型	232
12.4.1	面向对象设计模型	232
12.4.2	GDT 模型	232
12.4.3	逐步求精模型	232
第 13 章	计算机辅助工业设计发展状况与趋势	234
13.1	计算机辅助工业设计内涵	234
13.1.1	工业设计概念	234
13.1.2	计算机辅助工业设计基本内涵	236
13.1.3	计算机辅助工业设计与创新设计	236
13.2	计算机辅助工业设计发展状况	236
13.2.1	计算机辅助造型技术的研究	236
13.2.2	CAID 中人机交互技术的研究	237
13.2.3	CAID 中智能技术的研究	237
13.2.4	CAID 中高新技术的应用研究	238
13.2.5	商品化软件中的工业设计模块	238
13.3	计算机辅助工业设计发展趋势	239
13.3.1	现代工业设计发展方向	239
13.3.2	CAID 有待解决的关键技术	239
13.3.3	CAID 的发展趋势	240
	参考文献	241

第 1 章

计算机辅助设计概述

1.1 CAD 概念

1. 狭义 CAD

狭义上, CAD 就是单纯的计算机辅助设计。计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD), 是伴随着计算机技术的产生和发展而不断发展的高新技术, 它利用计算机强大的计算功能和高效的图形处理能力, 辅助设计人员进行工程和产品的设计与分析, 以达到理想的目的或取得创新成果。

随着科学技术的不断发展, 特别是计算机的飞速发展, 使得人们对 CAD 的认识不断提高, 对 CAD 的理解进一步加深。

20 世纪 60 年代, 人们对 CAD 的普遍认识只是停留在“在工程设计过程中, 借助于计算机进行多项计算”上。当时, 国外的文献上对 CAD 概念也是按这种理解出现的。

之后, 又有人把 CAD 理解为“计算机自动绘图”, 因为, 在工程设计中大量的的是绘图。甚至还有人把 CAD 中的 D 认为 Drafting(制图)的缩写。

从事计算机制造的公司, 认为“用已有的计算机可以帮助他们设计新的计算机, 这就是 CAD”。即使到了 70 年代末还有一些学会、刊物仍认为“CAD 就是计算机设计计算机”。

以上几种对 CAD 的认识与理解是不全面的, 都未能揭示正在发展的 CAD 的本质。

然而, 有些人根据科学技术的发展趋势, 对 CAD 作了超前预测。美国麻省理工学院(MIT)伺服机构实验室的 D. T. ROSS, 在 20 世纪 60 年代末对 CAD 曾大胆提出这样的表述:“CAD 系统的目的是把设计者与计算机结合为一个问题求解组, 使较之各自单独工作时, 能更有效地达到设计问题的目标。”

1973 年, 国际信息处理联合会(IFIP)第五技术群众会, 在荷兰召开了“关于 CAD 原理工作会议”。会上, 对 CAD 的定义提出了指导性的原则:“CAD 是一种技术, 其中人与机器结合为一个问题求解组, 紧密配合, 各自所长, 从而使其工作优于每一方, 并为应用多学科的方法的综合性协作提供了可能。”这一指导原则突出了 CAD“人机配合、取长补短”的基本性质, 为与会者普遍接受。

目前, 对 CAD 的认识与理解是这样的: CAD 是以计算机为辅助工具来完成产品设计过程中的各项工作(如草图绘制、零件设计、零件装配、装配干涉分析等), 并达到提

高设计质量、缩短开发周期、降低成本的目的。从技术层面上讲,CAD 借助相关的计算机软硬件系统,应用多种学科,研究与产品设计相关的问题描述、分析计算、设计优化、图形处理以及动画仿真等内容。

2. 广义 CAD

从广义范围讲,CAD 是 CAD/CAE/CAM 的高度集成。CAD 主要完成产品的设计与开发,CAE(Computer Aided Engineer)主要完成产品的优化与分析,CAM(Computer Aided Manufacturing)主要完成产品的模拟加工与制造。当前的 CAD 软件,不仅可进行 CAD/CAE/CAM 的高度集成,而且普遍拥有 PDM(Product Data Management,产品数据管理)软件,其功能贯穿产品的开发设计、优化分析和生产制造全过程。以下是与 CAD 相关的一些基本概念:

(1) CAM(Computer Aided Manufacturing,计算机辅助制造)

从狭义上来讲,CAM 指 NC(Numerical Control,数控)程序编制,包括刀具路径规划、刀位文件生成、刀具轨迹仿真及 NC 代码生成等。从广义上讲,CAM 是借助计算机完成从生产准备到产品制造的全过程的各项活动,包括 CAPP、工装设计、计算机辅助数控加工编程、生产作业计划、制造过程控制、计算机辅助质量检测(CAQ)与分析、产品数据管理(PDM)等。

(2) CAE(Computer Aided Engineering,计算机辅助工程)

CAE 是以现代计算力学和有限元为基础、以计算机仿真为手段,对设计产品进行结构参数、强度、寿命、运动状态与优化性能等方面的工程分析,用于测量与校核产品的优化程度和可靠性。

(3) CAPP(Computer Aided Process Planning,计算机辅助工艺规程)

CAPP 是以计算机为辅助工具,根据产品的设计信息、要求及产品制造工艺技术要求,交互地或自动地确定出产品加工方法和方案,包括加工方法选择、工艺路线确定和工序设计等。

(4) PDM(Product Data Management,产品数据管理)

PDM 是企业设计和工艺部门的基础数据平台,各种 CAX(如 CAD、CAPP、CAE、CAM 等)的应用通过 PDM 进行集成,以 PDM 作为企业设计和工艺的数据管理中心以及流程控制中心。

(5) PLM(Product Lifecycle Management,产品生命周期管理)

PLM 实施一整套的业务解决方案,把人、信息和过程有效地集成在一起,作用于整个企业,遍历产品从概念到报废的全生命周期,支持与产品相关的协作研发、管理、分发和使用产品定义信息,是一种企业信息化的商业战略。

(6) ERP(Enterprise Resource Planning,企业资源计划)

ERP 是建立在信息技术基础上,以系统化的管理思想,为企业决策层及员工提供决策运行手段的管理平台。ERP 主要管理企业的生产领域,通过网络、数据库和一定的接口,与 PDM 相连接,并和自动化的制造系统相结合。

(7) CIMS(Computer Integration Manufacture System, 计算机集成制造系统)

CIMS 是指以计算机为中心的现代化信息技术应用于企业管理与产品开发制造的新一代制造系统,是 CAD、CAM、CAPP、CAE、CAQ、PDM、ERP、管理与决策、网络与数据库及质量保证系统等子系统的技术集成。CIMS 以充分的信息共享,促进制造系统和企业组织的优化运行,提高了企业的竞争能力及生存能力。

1.2 CAD 技术的发展过程

CAD 技术从产生到现在,经历了酝酿阶段、形成阶段、迅速发展阶段、广泛应用阶段和集成阶段。

1. 酝酿阶段(20 世纪 50 年代—60 年代初期)

20 世纪 50 年代,CAD 主要以计算机辅助分析(Computer Aided Analysis,简称 CAA)为主。强调在工程设计中,借助计算机对一些复杂问题进行分析计算。研究者们主要致力于算法研究,如连续结构工程分析的有限元算法、双三次样条插值等均是在这一时期研究出的。图形输出设备(如,显示简单图形的“旋风 I”示波器、Calcomp 公司研制的滚筒式绘图仪、Gerber 公司研制的平板式绘图仪等)也是从那个时候开始被研制出来。20 世纪 50 年代末,出现了光笔。麻省理工学院(MIT)成功研制了批处理语言系统的数控自动编程系统(Automatically Programming Tool,简称 APT),该系统避免了手工处理大量复杂计算的繁琐工作,是最初的计算机辅助编程系统。这阶段主要解决了计算机图形输入输出和显示等基本问题,为 CAD 技术奠定了基本的物质和技术基础。

2. 形成阶段(20 世纪 60 年代)

20 世纪 60 年代初期,CAD 转向以研究图形系统为主的方向。1962 年,美国麻省理工学院林肯实验室的 I. E. Sutherland 发表了一篇有关人机通信图形系统的博士论文,第一次使用了“Computer Graphics”(计算机图形学),开创了交互式计算机绘图领域。随后又研制了人机通信的图形系统,该系统允许设计者操作光笔和键盘,并可在显示器的屏幕上显示图形,实现人机交互作业,这标志着 CAD 技术的诞生,为 CAD 的商品化打下了理论基础。随后,相继出现了很多商品化的 CAD 软件系统和设备,例如美国 IBM 公司开发的以大型机为基础的 CAD/CAM 系统,通用汽车公司研制的用以实现各个阶段汽车设计的 DAC-1 系统,洛克希德飞机公司出台的 CADAM 系统和贝尔电话公司推出的 GRAPHIC-1 系统等。

3. 迅速发展阶段(20 世纪 70 年代)

20 世纪 70 年代前后,CAD 中出现了多种交互式图形系统,简化了图形图像的生成,又由于小型计算机、超小型计算机、图形输入板、磁盘和廉价的存贮管显示器相继出现,使得 CAD 商品化。一批面向中小型企业的 CAD 系统相继出现。同时,开展了人机对话和设计、分析、绘图一体化的系统研究。这种系统比较简单,性能价格比远不如现在。这一阶段一个重要的特色,就是光笔、存储器、光栅扫描显示器、图形输入板等设备开始进行使用,并出现了面向中小企业的 CAD 软硬件系统,该系统可完成线框造型,并初步应用了曲面造型。这一时期,CAD 的工作人员们又完成了许多理论工作,二维绘图

理论、隐线处理和曲面处理理论都有了很大发展,数据库理论、有限元分析及应用和优化设计开始进入 CAD 领域,奠定了当今 CAD 的基础。

4. 广泛应用阶段(20 世纪 80 年代—90 年代初期)

20 世纪 80 年代后,是 CAD 技术广泛应用的阶段,这一阶段硬件设备性能大大提高。随着计算机技术的飞速发展,特别是超大规模集成电路的出现,使得计算机性能不断提高而价格却大幅度下降。由于工作站和微机的广泛应用,光栅扫描显示器、大容量的磁盘、高性能的数字化仪、图形输入板、扫描仪、数码摄像机的不断出现,加上各类绘图软件和应用软件的配合,使得 CAD 技术得以高速发展,并广泛应用于各个领域。

软件功能不断提高,逐渐走向标准系列化、商品化和工程化。以往的图形软件通用性差,对 CAD 的普及和发展极为不利,图形软件的标准化解决了这一问题,采用统一的数据结构和数据库成为 CAD 软件开发的趋势。这一阶段软件不仅可以绘制工程图纸,还具有三维造型、有限元分析和数值优化的能力,曲面造型、实体造型和特征造型等技术开始发展并应用于某些商业化 CAD 系统。例如,1982 年,美国 Autodesk 公司推出了基于个人计算机平台的 AutoCAD 二维绘图软件,该软件具有较强的绘图、编辑、尺寸标注、图案填充和二次开发功能,并具有部分三维造型功能;1988 年,美国 PTC 公司推出了 Pro/Engineer(简称 Pro/E)产品,它具有参数化、基于特征和单一数据库等优点。

5. 集成化、标准化、智能化和网络化阶段(20 世纪 90 年代—现在)

(1) 集成化

在此之前,CAM 与 CAD 经历了从相互独立发展到逐步集成的一个过程。直到 20 世纪 70 年代后期,人们才意识到在计算机上进行设计与制造联接起来的需要和可能。计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing,简称 CIM)是借助计算机,把企业中与制造有关的各种技术系统地集成起来,以提高企业适应市场竞争的能力。1973 年,美国的瑟夫哈林顿博士在《Computer Integrated Manufacturing》中首次提出 CIM 的概念,指出企业的各个生产环节是不可分割的,产品制造过程实质上是信息采集、传递、加工处理的过程。进入 20 世纪 80 年代以后,人们把注意力集中到 CAD/CAM 一体化以及 CAD 技术集成化即 CIM(计算机集成制造)的研究上来,从而形成了真正的 CAD 系统。20 世纪 80 年代初、中期,CAD 技术集成化实现 CAD/CAM 一体化,并开始实现 CAD、CAPP(计算机辅助工艺规程编制)、CAM(计算机辅助制造)和 PPC(生产计划与控制)各大模块之间的信息流一体化。同时,一些与制造过程密切相关的计算机辅助技术得以发展,如计算机辅助工装与夹具设计、计算机辅助质量控制(CAQ)等。

20 世纪 90 年代前后,CAD 技术贯穿到设计、制造、管理的全过程。数据库技术的飞速发展,使设计、制造、生产工艺集成于工程库的集成化开始形成。同时,CAD 技术中采用了集成电路及其功能块来实现有关软件和算法的功能;多处理机、并行处理技术用于 CAD 中,使工作速度数以百倍地提高;有限元分析技术、优化技术也飞速发展,促进了 CAD/CAM 技术的推广和应用;网络技术在 CAD 中普遍被采用,使近程和远程的资源能即时共享。CAD 技术已不再停留于单一模式、单一功能和单一领域的水平,已进一步向集成化、智能化的方向发展,强调资源共享和信息集成以及产品生产与组织管

理的高度自动化,并出现了以解决数据标准和数据交换问题的 PDM 系统。

近年来,人们在 CAD/CAM 一体化的基础上,对全面实现从生产决策、产品设计直到销售的整个生产活动过程的自动化,特别是技术和管理科室工作的自动化进行了研究,并把它们集成一个完整的制造系统——CIMS(计算机集成制造系统),现在越来越多的 CAD 软件实现了系统的集成,如 Pro/Engineer、UGII、CATIA、Master CAM、CAXA 等。

(2) 标准化

20 世纪 80 年代以来,国际标准化组织(ISO)和美国国家标准化委员会(ANSI)都在积极研究和制订图形软件标准。目前制订的图形软件标准有:窗口管理系统、计算机图形元文件、计算机图形设备接口、图形核心系统、交互式程序员级层次结构图形系统、基本图形交换规范、产品模型数据转换标准以及多媒体对象描述环境等。

(3) 智能化

人工智能(Artificial Intelligent,简称 AI)和专家系统(Expert System,简称 ES)技术所构成的智能化设计已开始 CAD 技术中应用,大大提高了自动化设计程度,出现了 ICAD(Intelligent CAD,智能 CAD)。ICAD 把工程数据库及其管理系统、知识库及其专家系统、用户接口管理系统集于一体。当前的 CAD 软件都具有诸如智能化的尺寸标注、智能导引等功能,CAD 系统智能化的程度越来越高,节省了以往复杂操作所占用的大量时间,用户对系统的使用更加简单方便。

(4) 网络化

随着高速 CPU 处理器、大容量存储设备和宽带通信网络等现代计算机、通信硬件技术的成熟以及计算机网络的普及,CAD 也逐渐实现了网络化。通过 Internet 和局域网,不同的设计人员打破时空界限,可在网络上方便地进行全球性的交流,并可完成协同设计。协同设计,是指企业内不同设计部门、不同专业方向上或者同一项目的不同设计企业之间进行协调和配合。实现设计协同是未来 CAD 的主要发展方向之一。虚拟会议可促进设计人员之间自由讨论、发表见解,并立即见到在产品所有方面的结果。设计协同功能可解决工程师、供应商与客户间对关键产品设计问题的协调工作,设计协同使异地数据共享成为可能。

1.3 CAD 技术的发展现状

经过半个世纪的发展,CAD 技术有了长足的进步。目前 CAD 软件主要运行在工作站或微机平台上。当今 CAD 软件动态主要表现在:PDM 技术的实施、采用微机作为开发和应用平台以及现代集成制造系统(CIMS)的应用。

1. PDM 技术的实施

产品从设计到报废,有其固有的生命周期。在采用 CAD 以前,产品的设计、工艺以及经营管理过程中涉及的各类图纸、技术文档、工艺卡片、生产单、修改单、采购单、成本核算单和材料清单等均由人工编写、审批、归类、分发和存档,所有的资料均通过技术资料室进行统一管理。采用计算机技术后,上述与产品有关的信息都变成了电子信息。