

■ 面向21世纪高职高专规划教材 ■

机械CAD—Pro/E应用及开发

陕西工业职业技术学院 刘锡锋 主编
天津理工学院 董黎敏



 机械工业出版社
China Machine Press

面向 21 世纪高职高专规划教材

机械 CAD——Pro/E

应用及开发

主 编	刘锡锋	董黎敏
参 编	左大平	史翠兰
	修学强	廖致远
主 审	朱世和	

机 械 工 业 出 版 社

本书系统地论述了CAD技术的基本理论、应用方法及开发思想。内容涵盖三个方面：第一方面是CAD技术的基本理论，包括CAD的基本概念、造型理论、装配技术；第二方面是CAD应用软件Pro/E的使用方法，包括基本功能模块的使用方法以及减速器的设计实例；第三方面是CAD的软件开发技术，包括软件开发基本理论与方法、AutoCAD平台的开发实例、Pro/E平台的开发实例。

本书力求在编写方式与风格上有所突破与创新，其基本编写思路为：理论上力求讲清够用，重点在实用上，在软件开发上主要是介绍一种思路。

本书是高等职业技术学院CAD/CAM专业的教材，也可作为本科机械工程类、电气工程类专业，高等职业技术学院其它专业的教材，同时也可供广大从事CAD/CAM技术研究与工程应用的技术人员作参考用书。

本书是面向21世纪高职高专“计算机辅助设计专业”规划教材之一，其它书籍请参见封四和书末的简介。

图书在版编目(CIP)数据

机械CAD Pro/E应用及开发/刘锡锋、董黎敏主编. —北京：机械工业出版社，2002.5
面向21世纪高职高专规划教材
ISBN 7-111-10025-5

I. 机... II. ①刘... ②董... III. 机械设计；计算机辅助设计—应用软件，Pro/E—高等学校：技术学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第022401号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑：倪少秋 版式设计：霍永明 责任校对：张媛

封面设计：鞠杨 责任印制：路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002年6月第1版·第1次印刷

1000mm×1400mm B5·10.5印张·408千字

0 001—4 000册

定价：26.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

封面防伪标均为盗版

前 言

目前世界科技在迅速发展,以信息技术为代表的新技术正在给世界带来日新月异的变化。在制造业,以 CAD/CAM 技术为基础的先进制造技术正在迅速发展并广泛地普及应用,它对传统制造业带来了革命性的变化。而中国已加入 WTO,融入世界经济之中,这将给中国带来前所未有的机遇与挑战,有专家预言,中国将成为世界制造中心。中国的制造业如何利用这次机遇,加快用先进制造技术改造传统产业,不断地提高创新意识,实现在新的经济环境下跨越式发展,是制造业和与之相关的服务业十分关注的事情。

目前我国的高等职业教育逐渐得到了社会各界的认可,在教育体系中的定位也逐渐清晰,并且招生规模迅速扩大。但随之而来的问题也不少:教学体系尚在探索中;“双师型”教师队伍还未形成;适合于高职的教材还不多,这在 CAD/CAM 专业方面体现得尤为突出。虽然目前有关 CAD/CAM 方面的技术书籍不少,但多见两类:一类是研究生、本科生所用的教材,其特点是侧重于阐述 CAD/CAM 方面的理论;另一类是 CAD/CAM 软件的培训教材,是基于某一类商用软件使用手册的翻译本。而想找到既有基础理论、软件使用操作,又有 CAD 软件开发方面知识的教材是较为困难的。本教材基于这样的编写思路:在 CAD 的理论方面,力争将最新的观点讲出与讲清,重点交待清楚理论的特点与适用的场合,但不推导、不展开;在 CAD 软件的操作方面,以当前流行的 CAD 软件 Pro/E 为平台,介绍该软件的主要功能与使用方法,并介绍理论在软件中的体现,最终为读者在使用 CAD 软件方面打下一个基础,即便在实际中用到其它 CAD 软件,也会很快入门;在 CAD 软件开发方面,介绍了几种 CAD 软件的开发方式与实例,目的是通过这些方法与实例,使读者掌握有关 CAD 开发的思路与一般流程。

本书第一章介绍 CAD 的基本概念与目前的发展状况;第二章介绍几何造型理论及在 Pro/E 中的实现方法;第三章介绍数据接口技术及标准;第四章介绍装配技术以及 Pro/E 中装配的实现;第五章介绍 Pro/E 中产品工程图的形成方法;第六章介绍在 Pro/E 中进行齿轮减速器的设

计,包括零件的造型设计、装配设计、产生工程图的实例流程;第七章介绍 CAD 软件开发的基本理论、方法,在 Auto CAD 系统中的开发方式与实例,在 Pro/E 系统中的开发方式与实例。

本书是面向 21 世纪高职高专“计算机辅助设计专业”规划教材之一,其它书籍请参见封四和书末的简介。

本书由陕西工业职业技术学院刘锡锋、天津理工学院董黎敏担任主编,张家界航空工业职业技术学院左大平、陕西国防工业职业技术学院修学强、辽宁机电职业技术学院史翠兰、湖南工业职业技术学院廖致远参加编写。各章分工如下:第一章由董黎敏编写,第二章由刘锡锋编写,第三章由左大平编写,第四章由廖致远、刘锡锋编写,第五章由史翠兰编写,第六章由修学强编写,第七章第一节由董黎敏编写、第二节由史翠兰编写、第三节由左大平编写、第四节由董黎敏编写;全书第一至第六章由刘锡锋统稿,第七章由董黎敏统稿。

全书由天津理工学院朱世和教授主审。朱教授在百忙中审阅了本书,提出了许多宝贵的修改意见,在此谨致以衷心的感谢。

在本书的编写过程中,引用了参考文献中的内容,在此对这些被引用的文献作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足、错误之处在所难免,敬请同行、读者批评指正。

编者
于咸阳

目 录

前言

第一章 概述 1

第一节 CAD 的基本概念 1

一、传统设计过程分析 1

二、CAD 的基本概念 2

三、CAD 系统的工作方式 2

第二节 CAD 发展概况及应用 3

一、CAD 技术的发展史 3

二、CAD 技术发展趋势 4

三、CAD 技术的应用 5

第三节 CAD 系统的功能与任务 7

一、CAD 系统的基本功能 7

二、CAD 系统的主要任务 7

三、常用商用软件 8

第四节 CAD 系统的硬件 10

一、CAD 系统的硬件构成 10

二、CAD 硬件系统的布局方式 11

第五节 CAD 系统的软件 14

一、系统软件 14

二、支撑软件 15

三、应用软件 16

第六节 CAD 系统的选用原则 16

一、CAD 硬件系统的选

用原则 16

二、CAD 软件系统的选用原则 17

练习题 17

第二章 几何造型原理与应用 18

第一节 概述 18

第二节 造型原理 18

一、线框造型的原理与特点 18

二、曲面造型的原理与特点 20

三、实体造型的原理与特点 24

四、特征造型的原理和特点 28

五、参数化设计技术 30

第三节 Pro/E 系统介绍 32

一、Pro/E 系统概述 32

二、Pro/E 系统环境界面 32

三、Pro/E 的文件操作 39

四、Pro/E 的输入操作 42

五、窗口界面的设置 43

六、模型显示的设置 47

七、图层的概念及设定 51

八、Pro/E 系统的使用方法 52

第四节 Pro/E 系统中造型的实现 53

一、Pro/E 的平面草图设计	53	第三节 STEP 接口标准	166
二、Pro/E 基准特征的建立	78	一、STEP 标准概述	166
三、Pro/E 三维实体特征造型的概念	89	二、STEP 标准的组成	166
四、Pro/E 三维实体特征的建立	94	三、基于 STEP 标准应用的实现	170
五、三维实体特征的编辑与系统相关参数设置	122	第四节 其它接口标准	170
六、Pro/E 的曲面特征的建立	136	一、PDES 标准	170
七、曲面特征向实体特征转化	151	二、DXF 标准	171
第五节 Pro/E 系统中的特征操作	152	三、STL 标准	172
一、特征的父子层次关系	152	四、VRML 标准	173
二、特征的重定义 (Redefine)	153	第五节 Pro/E 中接口技术的实现	173
三、特征的隐藏与恢复	155	一、Pro/INTERFACE 模块	173
四、特征的删除	157	二、Pro/E 系统数据文件的交换	174
五、特征父子关系的变更	157	三、Pro/E 系统数据交换的应用	175
六、特征的插入与调序	158	练习题	178
练习题	160		
第三章 接口技术	162	第四章 装配造型原理及应用	179
第一节 产品数据及其交换	162	第一节 装配造型的基本概念	179
第二节 IGES 接口标准	163	一、装配造型及装配技术	179
一、IGES 标准的文件结构	164	二、模型的信息组成	180
二、IGES 标准中的元素描述	165	三、装配造型应具备的基本功能	181
三、IGES 标准的特点	165	四、装配中的逻辑关系	182
		第二节 装配模式	184
		一、bottom-up 设计过程	184
		二、top-down 设计过程	185
		三、middle-out 设计过程	186

第三节 Pro/E 中装配模块的使用.....	186	二、轴类零件的造型设计.....	213
一、Assembly 模块简介.....	186	三、轮类零件的造型设计.....	213
二、装配体的编辑与修改.....	188	第三节 减速器的装配设计.....	215
三、装配操作过程与实例.....	188	一、大、小齿轮部件装配.....	215
四、装配体的爆炸图.....	192	二、箱座部件的装配.....	216
五、干涉检查.....	193	三、总装配.....	216
练习题.....	195	第四节 工程图的形成.....	217
第五章 工程图	196	第七章 CAD 软件开发基础及实例	218
第一节 Pro/E 的工程图模块.....	196	第一节 CAD 软件开发基础.....	218
一、进入工程图模块.....	196	一、软件开发方法.....	218
二、工程视图类型.....	197	二、CAD 系统开发的过程.....	221
三、建立工程图的一般步骤.....	198	三、工程数据的处理技术.....	222
四、工程图工作环境的设置.....	198	四、CAD 软件的二次开发.....	242
第二节 Pro/E 中工程图的实现.....	200	第二节 AutoCAD 软件开发技术及实例.....	244
一、创建工程图文件.....	200	一、概述.....	244
二、增加视图.....	200	二、AutoLISP 语言及应用.....	245
三、尺寸标注.....	201	三、菜单开发.....	250
四、形位公差标注.....	203	四、AutoCAD 对话框设计.....	254
五、表面粗糙度标注.....	204	第三节 Pro/E 中标准件的开发实例.....	269
练习题.....	204	一、Pro/E 的开放形式及开发手段.....	269
第六章 减速器的设计实例	206	二、界面定制.....	269
第一节 概述.....	206	三、标准件库开发.....	278
第二节 减速器的零件设计.....	207		
一、箱体类零件的造型设计.....	207		

第四节 商用CAD软件 Pro	练习题	302
/E 中某类产品设计	附录 A ShaftPPD. cpp 程序	
方法的实现	清单 (第七章第四节	
一、应用程序接口	示例程序)	303
二、商用CAD软件 Pro	附录 B Pro/E 的主菜单	320
/E 中某类产品设计	参考文献	322
方法的实现		
		296

第一章 概 述

第一节 CAD 的基本概念

一、传统设计过程分析

机械设计是产品从设计、制造、装配、销售到使用整个生命周期中的第一个环节，也是最重要的环节，它对产品性能的影响通常占 80% 左右。

1. 传统机械设计过程

传统机械设计过程如图 1-1 所示，一般经历如下几个阶段：

(1) 概念设计 通过调查研究，资料收集，仔细分析用户需求，在此基础上确定产品功能，进而构思方案，进行分析与论证，最后获得一组可行的原理性方案（图 1-1 中的第 1 至第 3 框）。其中，方案设计基本上决定了产品的结构、使用功能及经济性，是产品设计最关键的阶段。

(2) 初步设计 从前一阶段一组可行性原理方案中选一优化方案，绘制总布置草图，确定各部件基本结构和形状，确定相应数学模型，进行主要设计参数的分析计算与优化。

(3) 详细设计 确定设计对象的细部结构，最终完成总布置图和零、部件图，并编写技术文件。

2. 传统设计过程的特点

1) 它的每一个环节都是依靠设计者用手工方式完成的。一般是凭借设计者的经验知识，通过类比分析法或经验公式来确定设计方案，因而设计工作周期长、效率低。

2) 方案的拟定在很大程度上取决于设计者的个人经验，即使同时拟订了少数几个方案，也难以获得最优方案。

3) 在分析计算工作中，由于受人工计算条件的限制，只能采用静态的或近似

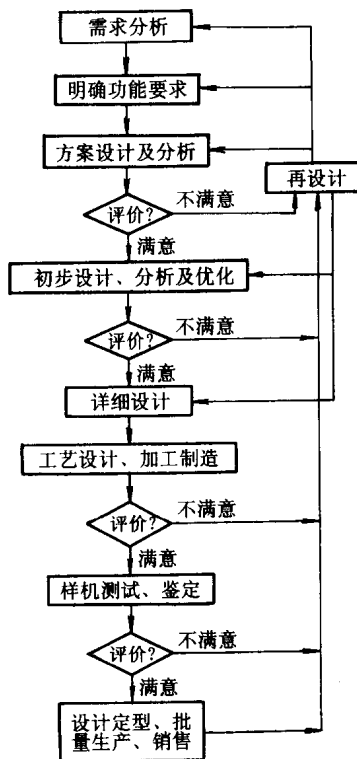


图 1-1 传统设计过程

方法,难以用动态的或精确的方法计算,计算结果未能完全反映零部件的真正工作状态,从而影响了设计质量。

由此可见,详细设计的终结并不意味着最终获得了一个好的设计。机械产品在经历了制造加工、样机测试、批量生产以及销售使用后,将返回大量信息,需对产品进行不断修改。机械产品设计是一个“设计—评价—再设计”的反复迭代、不断优化的过程。在人工设计的情况下,设计周期长,设计质量不高。因此实现某种程度的自动化,缩短设计周期,降低设计成本,提高设计质量,就成为机械设计发展的迫切要求,正是在这样的背景下产生了计算机辅助设计(CAD)。

二、CAD 的基本概念

计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称CAD)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,它是一门多学科综合应用的新技术,是一种现代设计方法。

CAD技术是通过计算机和CAD软件对“产品”进行分析、计算与仿真、产品结构和性能的调整与优化、工程绘图,把设计人员具有的最佳特性(创造性思维、形象思维与经验知识、综合判断与分析能力)同计算机强大的记忆与检索信息能力、大量信息的高速精确计算与处理能力、易于修改、工作状态稳定且不疲劳的特性结合起来,从而大大提高了设计速度与效率,提高了设计质量,降低了设计成本。

三、CAD 系统的工作方式

应用CAD系统进行产品设计的过程如图1-2所示,在提出了设计对象的功能要求后,建立产品的设计模型,利用设计专家系统进行方案设计与优选;然后利用CAD系统的造型、装配功能进行产品的三维造型、装配设计;接着对设计的产品进行工程分析及计算、仿真分析、优化设计等,根据分析、计算结果再对设计进行修改;修改满意后进行详细设计;最后编制全部设计文档,输出工程图。

近几年来,由于计算机技术和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,使得CAD技术有了很大的扩展。现在的CAD过程往

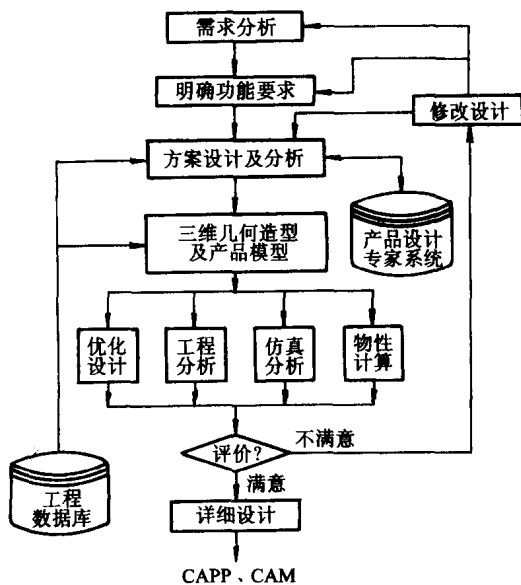


图 1-2 CAD 设计过程

往与计算机辅助工艺规程设计 (CAPP) 及计算机辅助制造 (CAM) 包容在一起, 形成 CAD/CAM 集成系统, 使得在 CAD 系统中所产生的数据可直接应用于 CAM 中, 这对提高产品制造精度, 缩短生产周期、降低成本有更明显的作用。

第二节 CAD 发展概况及应用

一、CAD 技术的发展史

在过去的 40 多年里, CAD 技术经历了五个主要发展时期。

(1) 20 世纪 50 年代——准备和酝酿时期 1950 年, 美国麻省理工学院 (MIT) 研制出类似于示波器的图形设备“旋风 1 号”(Whirlwind I), 利用它可以显示简单图形。1958 年, 美国 Calcomp 公司研制出滚筒式绘图仪, Gerber 公司研制出平板绘图仪, 由此开始了交互式计算机图形学的研究, CAD 技术处于被动式的图形处理阶段。

(2) 20 世纪 60 年代——蓬勃发展和进入应用时期 这是交互式计算机图形学发展的最重要时期。1962 年美国 MIT 林肯实验室的学者 I. E. Sutherland 研究出了名为 Sketchpad 的系统, 发表了“Sketchpad: 一个人机通讯的图形系统”的博士论文, 首次提出了计算机图形学、交互技术、分层存储符号的数据结构等新思想, 从而掀起了大规模研究计算机图形学的热潮, 并开始出现 CAD 这一术语。20 世纪 60 年代中期出现了许多商品化的 CAD 设备, 但由于当时刷新式图形显示器价格十分昂贵, 因此 CAD 系统很难普及及推广。20 世纪 60 年代后期存储管式显示器以其低廉的价格进入市场, CAD 系统的成本下降很多, 于是出现了一批厂商, 他们将硬、软件放在一起成套出售给用户, 即所谓的 Turnkey 系统 (交钥匙系统), 并很快形成了 CAD/CAM 产业。20 世纪 60 年代末, 美国 CAD 工作站安装数量已达 200 台, 可供几百人使用。

(3) 20 世纪 70 年代——广泛使用的时期 计算机交互图形技术日渐成熟并在工业界中日益得到应用。1970 年, 美国 Applicon 公司推出第一个完整的 CAD 系统。在此期间出现了廉价的固体电路随机存储器, 产生逼真图形的光栅扫描显示器、光笔、图形输入板等多种输入形式的图形输入设备, 出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统。20 世纪 70 年代末, 美国 CAD 工作站安装数量超过 12000 台, 使用者超过 25000 人。

(4) 20 世纪 80 年代以后——突飞猛进的时期 进入 20 世纪 80 年代, 工业界认识到了 CAD/CAM 新技术对生产的巨大作用, 于是在设计与制造方面对 CAD/CAM 销售商提出了各种各样的要求, 导致了新理论、新算法的大量涌现。在软件方面做到了将设计与制造的各种单个软件集成起来, 其中尤为重要是实体造型理论与系统的发展及应用。出现了许多实体造型系统, 如通用汽车公司的

Gmsolid、Computer vision 公司的 Solidesign 等等。与此同时,计算机硬件及输入输出设备也有很大发展,同时计算机网络开始得到应用。20 世纪 80 年代末,美国实际安装 CAD 系统达到 63000 套。

(5) 20 世纪 90 年代——开放式、标准化和智能化方向发展的时期 这一时期的特点为:

1) 开放性。CAD 技术和系统的开放性取决于其所用计算机和系统软件的开放性。由于微机及其 Windows 98/2000/NT 操作系统与工作站及其 UNIX 操作系统在以太网的环境下构成了 CAD 系统的主流工作平台,因此,现在的 CAD 技术和系统都具有良好的开放性。

2) 标准化。主要表现在图形接口、图形功能日趋标准化。从 1977 年由 SIGGRAPH 图形特别小组 GSPC 推出 CORE 图形标准以来,相继出现了计算机图形接口 (CGI, Computer Graphics Interface), 计算机图形文件标准 (CGM, Computer Graphics Metafile Kernel System), 图形核心系统 (GKS, Graphics Kernal System), 程序员层次交互式图形系统 (PHIGS, Programmer's Hierarchical interactive graphics System), 基本图形交换规范 (IGES, Initial Graphics Exchange Specification) 和产品数据交换规范 (STEP, STandard for the Exchange of Product Mode Data) 等。这些由国际标准化组织 (ISO) 制定的标准为 CAD 技术和系统的推广、移植和信息资源共享起到了重要作用。

3) 集成化。CAD 技术的集成化主要体现在四个方面:

① 系统构造由过去单一功能变成集成功能,软构件和软总线技术普遍采用,出现了由计算机辅助设计 (CAD) /计算机辅助工艺设计 (CAPP) /计算机辅助制造 (CAM) /计算机辅助工程 (CAE) /产品数据管理 (PDM) 等功能模块集成的计算机集成制造系统 (CIMS, Computer Integrated Manufacturing System)。

② CAD 技术中的有关软件和算法不断固化,即用集成电路及其功能块来实现有关软件和算法的功能。

③ 多处理机、并行处理技术用于 CAD 中,使工作速度成数量级地提高。

④ 网络技术在 CAD 中被普遍采用,使近程和远程的资源都能即时共享,逐步实现异地、协同、虚拟设计和制造。

4) 智能化。智能 CAD 把工程数据库及其管理系统、知识库及其专家系统、拟人化用户接口管理系统集于一体,形成智能 CAD 系统。

集成化、智能化 CAD 技术与系统是真正实现设计自动化的关键。

二、CAD 技术发展趋势

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。

随着计算机性能的不断提高, 计算机网络技术、先进制造技术、先进设计理论的迅速发展, 使得 CAD 系统及其相关技术获得了迅猛发展和广泛的应用; 而 CAD 技术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, 产生了“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的。因此 CAD 技术的发展趋势是设计集成化、设计网络化、设计智能化和虚拟设计技术。

(1) 设计集成化 为适应设计与制造自动化的要求, 特别是近年来出现的 CIMS 的要求, 进一步提高集成水平是 CAD 技术发展的一个重要方向。

(2) 设计网络化 由于计算机网络技术的迅速发展与日益成熟, 将 CAD 系统与计算机网络技术结合就形成新型的 CAD 系统——协同设计技术。协同设计是一种在网络环境下支持多企业合作完成新产品设计的产品开发方式, 它是以制造全球化为背景的一种新的产品开发技术, 即由异地分布的多个优势互补的企业采用并行工程的思想来进行新产品的开发。它实现了企业间信息的高度集成与共享。产品的协同设计是实现先进制造模式如敏捷制造与虚拟制造的最重要的一项技术, 也是传统设计方法在新历史时期发展的必然趋势, 它的应用, 可使产品的开发周期进一步缩短, 从而实现高质量、低成本地开发出满足市场需求的新产品。

(3) 设计智能化 机械设计是一种复杂的、富于创造性的活动, 设计过程中需要多领域的专门知识、丰富的实践经验及问题求解技巧。现有的 CAD 技术在机械设计中只能处理数值型的工作, 包括计算、分析与绘图。然而, 设计过程不仅仅是数值计算, 而且包含了大量的决策性和创造性活动, 这些工作依赖于一定的知识模型, 采用符号推理方法才能获得圆满解决。因此将人工智能技术, 特别是专家系统技术, 与传统的 CAD 技术结合起来, 形成智能化 CAD (ICAD, Intelligent Computer Aided Design) 系统是机械 CAD 发展的必然趋势。

(4) 虚拟设计技术 虚拟设计是一种新兴的多学科交叉技术, 是以 CAD 技术为基础, 利用虚拟现实技术发展而来的一种新的设计系统。它涉及多方面的学科研究成果与专业技术。通过以虚拟现实技术为基础, 以机械产品为对象, 使设计人员能与多维的信息环境进行交互; 同时, 利用这项技术也可以大大地减少实物模型和样件的制造, 可以极大地缩短产品开发周期, 节省制造成本。当今在不少大公司的产品设计中都采用了这项先进技术, 例如通用汽车公司、波音公司、奔驰汽车公司、福特汽车公司等。随着科技日新月异的高速发展, 虚拟设计在产品的概念设计、装配设计、人机工程等方面必将发挥更加重大的作用。

三、CAD 技术的应用

1. CAD 技术在全球的应用

近几年来, CAD 技术的开发和应用在国内外各行各业的产品和工程设计、制造中得到了蓬勃发展, 在机械、汽车、船舶、航空、航天、电子、服装、建筑等领域中都取得了显著的成果和效益。在国外, 最早应用 CAD 技术的是从飞机、汽车等大型制造业开始的。随着计算机硬、软件的发展, CAD 系统的价格逐渐降低, 使得中小企业也有能力应用这一技术。

最典型的应用是美国波音公司对波音 777 飞机的设计。波音公司花了近亿美元, 采用美国 IBM 和法国达索公司开发的 CATIA 三维设计与仿真系统, 用以定义、描述整架飞机外形及有关零部件, 并检验它们之间是否有干涉情况, 使得在波音 777 飞机的设计制造过程中不再制作传统的全尺寸实物模型, 设计数据信息实现共享, 达到飞机设计史上的最高阶段“无纸”飞机设计。

汽车工业代表着一个国家机械制造业发展的水平, 一直是 CAD/CAM 技术应用的先锋和大户。国际上, 美国福特汽车公司在 CAD/CAM 技术方面处于领先地位。早在 20 世纪 80 年代初期, 福特公司就着手 CAD/CAM 系统的规划, 建立了以工作站为主体的环型网络系统; 1985 年已经有一半以上的产品设计工作使用图形终端实现; 1986 年新开发的 TAURUS 和 SABLE 轿车, 大约 70% 的外桥件采用 CAD/CAM, 应用率达 100%。法国雷诺汽车公司应用 Euclid 软件作为 CAD/CAM 的主导软件, 目前已有 95% 的设计工作量用该软件完成, 并开发出很多适合汽车工业需求的模块。德国各大汽车公司普遍采用 CATIA 作为其 CAD/CAM 系统的主导软件。1994 年, 德国大众决定用 CATIA 和 Pro/E 作为其将来开发新车型的主导 CAD 系统。由上所述, CAD 技术之所以重要, 是因为它推动了几乎一切领域的技术革命, CAD 技术的应用水平已成为衡量一个国家科学技术水平的重要标志之一。

2. CAD 技术在我国的应用

我国的 CAD 技术起步于 20 世纪 70 年代, 可以说比工业发达国家晚了将近 10 年。“六五”和“七五”期间, 我国在 CAD 技术的各个方面, 开展了许多研究、开发和推广应用工作, 所取得的成果, 为生产力的发展注入了技术进步的因素, 起到了可喜的促进作用。例如原机电部选定对汽车、拖拉机、电机、机床等 20 个主要产品进行应用开发, 并已程度不同的投入应用。“八五”期间, 根据“抓应用、促发展、见效益”的方针, 又重点抓了 CAD 技术的推广应用和普及工作, 使得 CAD 技术在各个领域较快地发展。根据 1992 年的抽样调查结果可知, 机械电子行业已有 CAD 系统 16076 套, 航空工业系统约有 90% 以上配备了不同档次的计算机, 工程设计院 90% 以上的计算工作量、50% 左右的方案设计、30% 左右的绘图工作量通过 CAD 完成。“九五”期间, 国家科委将 CAD 应用工程列为重中之重, 将进一步普及和深化 CAD 应用工程列为“科教兴国”的重要内容, 提出大规模推广和应用 CAD 技术, 到 2000 年, 我国 CAD 的开发和应用水平已基本达到国外中等发展

国家 20 世纪 90 年代中后期的水平。为了促进制造业应用新技术、新知识的力度,我国科学技术部在 CAD 应用工程 2000 年规划纲要中提出,重点在机械制造业的大中型骨干企业和科研单位中普及应用 CAD 技术,加快应用 CAD 等新技术对传统产业的改造。

在 CAD 应用过程中,国内的高等院校和科研所在 CAD 支撑和应用软件的开发上担任极其重要的角色。开发研制了不少自主知识产权的 CAD 软件,如 CAXA 实体设计、CAXA 电子图板、GH-MDS、GH-InteCAD、PICAD、开目 CAD 和凯图 CAD-TOOL 等,这些软件都已经在国内行业中推广使用;在有限元分析、优化设计、工艺设计、数控加工、仿真模拟、产品数据管理、制造资源管理、企业资源管理、异地协同虚拟设计制造等方面的研究也有很多成果,提供了丰富的 CAD 软件系统,建立起我国自己的 CAD 行业,为我国 CAD 技术的普及应用提供了有利的技术支持。

第三节 CAD 系统的功能与任务

一、CAD 系统的基本功能

一个 CAD 系统应具有如下基本功能:

(1) 输入输出功能 在 CAD 系统运行中,用户需不断地将设计要求、各步骤的具体数据等输入计算机中,通过计算机的处理,能够输出系统处理的结果。输入输出的数值可以是数值的和非数值的(例如图形数据、文本、字符等)。

(2) 交互功能 在 CAD 系统中,交互功能为用户与系统连接的桥梁。友好的用户界面,是保证系统完成复杂设计任务的必要条件。

(3) 图形显示功能 CAD 设计过程是一个人机交互的过程,从产品的造型、构思、方案的确定、结构分析到加工过程的仿真,系统应随时保证用户能够观察系统的运行情况,能对中间运行结果进行实时的编辑和修改。用户的每一次操作,都能从显示器上得到反馈,直至取得最佳的设计效果。

(4) 存储功能 CAD 系统运行时,通常数据量很大,往往有很多算法生成大量的中间数据,特别是对图形的操作、交互式的设计以及结构分析中的网格划分等。为了保证系统能够正常地运行,CAD 系统必须配置容量较大的存储设备,支持数据在各模块间正确传递。

二、CAD 系统的主要任务

机械 CAD 的基本内容包括建模、分析、仿真、绘图和工程数据库的管理等五个方面。因此,CAD 系统应具有如下主要任务:

(1) 几何建模 几何建模是把物体的几何形状转变为计算机能接受的数学描述。这种数学描述允许物体的图像通过计算机辅助设计系统在图形终端上进行显

示和变换。目前,最常用的几何描述模型有线框模型、曲面模型及实体模型等。

(2) 装配和分析 对产品零件设计完毕后,按实际装配关系进行模拟装配,以分析产品的装配性能,还可进行运动模拟和干涉检查。

(3) 计算和分析 几何模型建立后,应对该模型进行静、动态下的强度、刚度、振动和热变形等方面的分析。计算分析方法分为解析法和数值解法。数值解法中常用的有:有限元法、边界元法、有限差分法及数值积分法等。

(4) 动态仿真 仿真就是在计算机上构造与实际系统相一致的模型进行试验和研究,以检验设计的合理性。通过仿真可以修改设计参数和系统方案,从而减少样机试制和试验次数。

(5) 工程绘图及技术文档生成 工程绘图及技术文档生成包括绘制工程图(零件图、部件图及装配图等)、机构特性图及生成零件清单、设计说明书等各种技术文件。图形可由计算机辅助绘图系统生成;在三维 CAD 系统中,可通过三维几何造型自动生成二维图形。

(6) 工程数据库的管理 在 CAD 工作中,利用数据库技术,统一管理工程数据和图形,为各个专业设计提供共享数据的模式和它们之间的接口,完成对设计信息的存取、加工、转换等。在 CAD 系统中,需要建立数据库管理各种数据,其中包括零、部件的结构参数、材料规格等制造所需要的数据,以及设计计算过程中所产生的各种数据等。

(7) 网络通信能力 由于 CAD/CAM 技术日趋成熟,可应用于越来越大的项目,这类项目往往不是一个人,而是多个人、多个企业在多台计算机上协同完成。因此必须利用计算机网络技术建立分布式 CAD/CAM 集成系统。

三、常用商用软件

根据硬件使用环境、产品性能及应用领域的不同大致可以分为以下几类:

1. 应用于微机的 CAD 软件

(1) 国外 CAD 支撑平台软件 最具代表性的软件是美国 Autodesk 公司的 AutoCAD。它作为一个软件开发平台,在全球有几千家基于其上的开发环境。此外,Intergraph、Sigraph、Microstation 等也有一定的知名度。

(2) 国内自主版权 CAD 支撑平台 国内自主版权支撑平台主要有开目 CAD/CAPP,凯思 PICAD,高华 GH-Inte CAD,凯图 CAD-TOOL,北航海尔的 CAXA 电子图版等。它们的价格从近万元到几百元不等,开发商多为 CAD 软件联盟成员。自 1992 年起陆续进入市场,由于符合国情,遵循国家标准,设计绘图速度快,价格相对低廉而占据了越来越大的市场份额。

(3) 基于 AutoCAD 平台的二次开发软件 国内产品如华中理工大学华中软件公司的 InteCAD、浪潮 CAD 系统工程公司的浪潮 CAD 和国防科技大学的银河 CAD 等。二次开发主要是对 AutoCAD 进行汉化并添加图形库、标注等功能。