



“十二五”国家重点图书出版规划项目
材料科学研究与工程技术系列(应用型院校用书)

材料成型CAD设计基础

Fundamentals of material forming CAD design

主 编 刘万辉
副主编 张 丹
陈丽丽
成 烨

院士专家著书 体现先进性 前瞻性 反映材料领域的研究成果

学科融合贯通 注重交叉性 学术性 立足材料科学的人才培养

内容丰富翔实 追求研究性 实用性 促进材料工程的创新发展

哈尔滨工业大学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目
材料科学研究与工程技术系列(应用型院校用书)

材料成型 CAD 设计基础

主 编 刘万辉

副主编 张 丹 陈丽丽 成 烨



哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书由9章组成,系统介绍了CAD/CAE/CAM等技术在材料加工领域中的应用和发展概况、数据处理技术、有限元理论基础,并结合相关教学实践和实例,重点阐述了冲压模、注塑模、铸造成形、焊接成形等加工过程中的设计原则,以及Pro/E、UG、Moldflow、Solid Works、Imageware、Geomagic Studio等软件的相关内容。

本书的特点是通用性与实用性较强,立足于普通高校的应用型人才的培养,既可以作为高等院校材料科学与工程各专业教材,也可供相关专业技术人员参考。

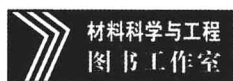
图书在版编目(CIP)数据

材料成型 CAD 设计基础/刘万辉主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2012.7

ISBN 978-7-5603-3621-3

I. ①材… II. ①刘… III. ①工程材料-成型-计算机辅助设计- AutoCAD 软件 IV. ①TB3-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 14591 号



责任编辑 许雅莹

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 肇东市一兴印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 12.5 字数 304 千字

版 次 2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3621-3

定 价 25.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

计算机辅助设计是利用计算机快速的数值计算和强大的图文处理功能来辅助工程技术人员进行产品设计、工程绘图和数据管理的一门计算机应用技术,如制作模型、计算、绘图等。现在,它已成为工厂、企业和科研部门提高技术创新能力,加快产品开发速度,促进自身快速发展的一项必不可少的关键技术,冲击着传统技术领域的工作模式。计算机辅助设计技术的水平已经成为衡量一个国家工业技术水平的重要标志。

本书主要为满足高等工科院校材料加工学科以及相关专业的教学需要而编写的一本通用性较强的教材。为此,本书概述了计算机辅助设计技术的发展,较为系统地介绍数据处理技术、有限元理论基础等内容,结合相关教学实践和实例,按章节具体阐述了冲压模、注塑模、铸造成形、焊接成形等加工方法的设计过程,以及 Pro/E、UG、Moldflow、Solid Works、Imageware、Geomagic Studio 等相关软件内容。在各部分内容编写上力求深入浅出,突出应用型人才的培养,理论联系实际,注重知识体系及内容的实用性。本书既可以作为高等院校材料加工及相关专业的教材,也可供相关领域的专业技术人员参考。

本书由长期从事材料加工方向教学的教师编写,刘万辉担任主编并进行统稿,编写第 1、3 章;张丹编写第 2、4、5 章;陈丽丽编写第 6、7 章;成烨编写第 8、9 章;鲍爱莲、史晓萍等参与了书中图表及文字内容的校核,并提出宝贵建议。同时,在教材编写过程中得到了编写人员所在单位的领导及老师们的关注与支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 6 月

目 录

第1章 概 述	1
1.1 计算机辅助设计过程	1
1.2 计算机辅助设计的发展概况	2
1.3 计算机辅助设计在材料加工中的应用	4
1.4 计算机辅助设计在其他领域的应用	6
1.5 计算机辅助设计技术的发展方向	8
第2章 数据/图形处理基础知识	11
2.1 数据处理技术	11
2.2 图形处理技术	21
第3章 有限元理论基础	38
3.1 有限元单元类型及形函数	38
3.2 稳态热传导问题的有限元法	46
3.3 弹塑性有限元法	55
3.4 刚(粘)塑性有限元法	57
第4章 冲压模具 CAD/CAM 技术	62
4.1 模具 CAD/CAM 系统	62
4.2 冲裁模 CAD/CAM 设计系统	63
4.3 级进模设计系统	75
4.4 覆盖件模具设计系统	86
第5章 注射模 CAD/CAM 技术	100
5.1 注射模概述	100
5.2 注射模 CAD 技术	103
5.3 注射模成形零部件的设计	108
5.4 标准模架的建库与选用	111
5.5 典型结构与零件设计举例	117
第6章 铸造成形技术	122
6.1 铸造成形 CAD	122

6.2	铸造成形过程数值模拟 CAE	128
6.3	铸造成形 CAM	136
第 7 章	焊接成形 CAD/CAE 技术	140
7.1	焊接成形 CAD	140
7.2	焊接专家系统	144
7.3	焊接成形 CAM 及焊接机器人	149
7.4	焊接成形过程的数值模拟 CAE	152
第 8 章	Pro/E 与 UG 软件系统	157
8.1	Pro/Engineer 软件系统	157
8.2	Unigraphics 软件系统	171
第 9 章	其他 CAD/CAE 软件系统	178
9.1	Moldflow 软件系统	178
9.2	Solid Works 软件系统	184
9.3	逆向工程软件	186
9.4	I-DEAS 软件系统	188
参考文献		190

第1章 概 述

1.1 计算机辅助设计过程

20 世纪 70 年代后期,一个以计算机辅助设计(Computer Aided Design,CAD) 技术为代表的新的技术改革浪潮席卷了全世界,它不仅促进了计算机本身性能的提高和更新换代,而且几乎影响到全部技术领域,冲击着传统的工作模式。以计算机辅助设计为代表的先进技术已经并将进一步给人类带来巨大的影响。计算机辅助设计技术的水平成为衡量一个国家工业技术水平的重要标志。

计算机辅助设计是计算机科学技术发展和应用中的一门重要技术,是利用计算机快速的数值计算和强大的图文处理功能来辅助工程师、设计师、建筑师等工程技术人员进行产品设计、工程绘图和数据管理的一门计算机应用技术,也是综合了计算机科学与工程设计方法的一门新兴学科。其显著特点是:提高设计的自动化程序和质量,缩短产品开发周期,降低生产成本,促进科技成果转化,提高劳动生产效率,提高技术创新能力。设计人员在设计中用计算机对不同方案进行大量的计算、分析和比较,以决定最优方案;各种设计信息,不论是数字的、文字的或图形的,都可以存放在计算机的内存或外存里,并能快速地检索。设计人员通常用草图开始设计,将草图变为工作图的繁重工作可以交给计算机完成;并利用计算机进行图形的编辑、放大、缩小、平移和旋转等有关的图形数据加工工作。计算机辅助设计对提高设计质量,加快设计速度,节省人力与时间,提高设计工作的自动化程度具有十分重要的意义。现在,它已成为工厂、企业和科研部门提高技术创新能力,加快产品开发速度,促进自身快速发展的一项必不可少的关键技术。

与计算机辅助设计相关的概念有:

计算机辅助分析(Computer Aided Engineering,CAE),就是把 CAD 设计或组织好的模型,用计算机辅助分析软件对原设计进行仿真设计成品分析,通过反馈的数据,对原 CAD 设计或模型进行反复修正,以达到最佳效果。

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacture,CAM),就是把计算机应用到生产制造过程中,以代替人进行生产设备与操作的控制,如计算机数控机床、加工中心等都是计算机辅助制造的实例。CAM 不仅能提高产品加工精度、产品质量,还能逐步实现生产自动化,对降低人力成本、缩短生产周期起很大的作用。

把 CAD、CAE、CAM 技术结合起来,使得一项产品由概念、设计、生产到成品形成,节省了相当多的时间和成本,而且保证了产品质量。计算机辅助设计过程如图 1.1 所示。

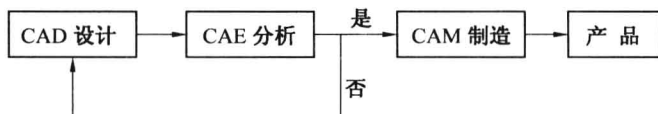


图 1.1 计算机辅助设计过程

1.2 计算机辅助设计的发展概况

计算机辅助设计技术从产生到现在只是短短的几十年,但它的技术发展之快、应用之广、影响之大,令人瞩目。20 世纪 90 年代后,计算机软硬件技术的突飞猛进的发展,以及互联网的广泛应用,更是极大地促进了 CAD 技术的发展。自 1950 年计算机辅助设计技术诞生以来,已广泛地应用于机械、电子、建筑、化工、航空航天以及能源交通等领域,产品的设计效率飞速提高。

随着 CAD 技术的发展和人们需求的不断提高,人工智能等各类技术逐渐融入 CAD 系统中,形成了基于各种知识的 CAD 系统(或智能 CAD 系统)。知识的应用使 CAD 系统的“设计”功能和设计自动化水平大大提高,对产品设计全过程的支持程度加强,促进了产品和工程的创新开发。

世界发达国家已把计算机辅助设计技术作为增强企业生产竞争力和促进发展的重要手段。近年来,我国加大了计算机辅助设计技术的研究、应用和推广,越来越多的设计单位和企业采用这一技术来提高设计效率、产品质量和改善劳动条件。目前,我国从国外引进的 CAD 软件有几十种,国内的一些科研机构、高校和软件公司也都立足于国内,开发出了自己的 CAD 软件,并投放市场,使 CAD 技术应用呈现出一片欣欣向荣的景象。

在 CAD 软件发展初期,CAD 的含义仅仅是图版的替代品,即 Computer Aided Drawing(or Drafting),而非指现在的 CAD(Computer Aided Design)技术总称。CAD 技术以二维绘图为主要目标的算法一直持续到 20 世纪 70 年代末期,以后作为 CAD 技术的一个分支而相对单独、平稳的发展。CAD 技术的发展主要经历了以下几个时期。

1.2.1 技术准备和诞生

1950 年,美国麻省理工学院研制出 WHIRLWIND 1(旋风 1)计算机的一个配件——图形显示器。1958 年,美国 Calcomp 公司研制出由数字记录仪发展成的滚筒式绘图机,美国 GerBer 公司把数控机床发展成平板式绘图机。20 世纪 50 年代,计算机由电子管组成,用机器语言编程,主要用于科学计算,图形设备仅仅具有输出功能,CAD 技术处于酝酿和准备阶段。20 世纪 50 年代末,美国麻省理工学院在 WHIRLWIND 计算机上开发了 SAGE 战术防空系统,第一次使用了具有指挥功能和控制功能的阴极射线管 CRT(Cathode Ray Tube),操作者可以用光笔在屏幕上确定目标,它预示着交互式图形生成技术的诞生,为 CAD 技术的发展做了必要的准备。

1.2.2 技术创新和广泛应用

20 世纪 60 年代初,MIT 林肯实验室 Ivan Sutherland 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,从而为 CAD 技术的发展和應用打下了理论基础。美国麻省理工学院的博士生 Ivan Sutherland 研制出世界上第一台利用光笔的交互式图形系统 SKETCHPAD;但在 20 世纪 60 年代,由于计算机及图形设备价格昂贵,技术复杂,只有一些实力雄厚的大公司才能使用这一技术。作为 CAD 技术的基础,计算机图形学在这一时期得到了很快的发展。20 世纪 60 年代中期出现了商品化的 CAD 设备,CAD 技术开始进入发展和广泛应用阶段。60 年代末,美国 CAD 工作站安装数量已达 200 多台,可供几百人使用。

20 世纪 70 年代推出了以小型机为平台的 CAD 系统。1970 年美国 Applicon 公司率先推出了完整的 CAD 系统。后期,图形软件和 CAD 应用支撑软件被不断充实提高,图形设备,如光栅扫描显示器、图形输入板、绘图仪等亦相继推出和完善。于是,20 世纪 70 年代出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统。70 年代末,美国 CAD 工作站安装数量超过 12 000 台,使用人数超过 2.5 万。

1.2.3 产业性的突飞猛进

20 世纪 80 年代,大规模和超大规模集成电路、工作站和 RISC(精简指令集计算机)等的出现使 CAD 系统的性能大大提高。与此同时,图形软件更趋成熟,二维、三维图形处理技术、真实感图形技术以及有限元分析、优化、模拟仿真、动态景观、科学计算可视化等方面都已进入实用阶段,包括 CAD/CAE/CAM 一体化的综合软件包使 CAD 技术又上了一个层次。在这个时期,图形系统和 CAD/CAM 工作站的销售量与日俱增,美国实际安装 CAD 系统至 1988 年发展到 63 000 套。CAD/CAM 技术从大中企业向小企业扩展,从产品设计发展到工艺设计和工程设计,从发达国家向发展中国家扩展。

1.2.4 发展的日趋成熟

20 世纪 90 年代时期的发展主要体现在开放式、标准化、集成化和智能化等几个方面。例如,CAD 标准化体系进一步完善,系统智能化成为又一个技术热点,集成化成为 CAD 技术发展的一大趋势,科学计算可视化、虚拟设计、虚拟制造技术是 20 世纪 90 年代 CAD 技术发展的新趋向。在 CAD 系统中,综合应用正文、图形、图像、语音等多媒体技术和人工智能、专家系统等技术大大提高了自动化设计的程度,出现了智能 CAD 新学科。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,形成如图 1.2 所示的智能 CAD 系统。

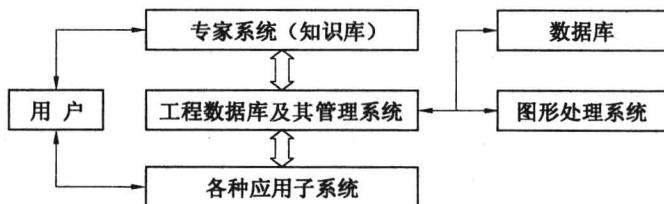


图 1.2 智能 CAD 系统

1.3 计算机辅助设计在材料加工中的应用

材料加工在机械制造业中占有重要地位,是制造业中各行业的基础。即使计算机、信息技术产业飞速发展的时代,它仍然在国民经济中起主导作用。材料加工所包含的范围很广,主要有液态金属成形、金属塑性成形、焊接、金属的表面处理、粉末冶金成形、激光快速成形等,而且不断有新的工艺出现。材料加工是一门涉及材料、物理和化学、力学、机械、电子、信息等许多学科交叉的学科。材料加工 CAD 技术是传统材料加工技术与计算机技术、控制技术、信息处理技术等相结合的产物,是材料加工和技术进步的标志。

1.3.1 铸造成形工艺

铸造成形工艺包括铸造工艺 CAD 以及铸造工装(模具/模板)CAD。前者的主要功能有铸造浇注系统设计,浇/冒口补缩系统设计,冷铁的设计,砂芯的设计,铸造分型面的确定,加工余量的确定,起模斜度的确定,开放浇注系统库、冒口库、冷铁库、芯头库的建立,工艺图的标注与打印等,可以实现铸造工艺的快速准确设计。另外,基于有限元分析的优化技术在 CAD 系统配套使用,例如充型过程模拟、凝固过程模拟、应力应变分析、微观组织模拟等,为制定合理的铸造工艺起到了有力的指导作用。

铸件充型流动与凝固过程数值模拟在短短十余年的发展过程中,由二维到三维,由简单到复杂,由工作站到微机,由实用化到商品化,为铸造生产提供越来越重要的指导作用。华中科技大学推出的商品化三维模拟软件华铸 CAD,这些铸造模 CAD 软件在铸造生产中取得了显著的效益,已覆盖了铸钢、球墨铸铁、灰铸铁、铸铝和铸铜等各类铸件,大到一二百吨,小到几千克,无论是解决缩孔和缩松,还是优化浇冒口结构,提高生产效率,改进浮渣等方面,都发挥了明显的作用。

1.3.2 塑性成形工艺

塑性成形工艺包括冷冲模、冲裁模、弯曲模、拉深模以及锻造模设计 CAD。随着工业技术的发展,产品对模具的需求越来越多,传统的模具设计与制造方法不能适应工业产品及时更新换代和提高质量的要求。因此,国外先进工业国家对模具 CAD/CAM 技术的开发非常重视。早在 20 世纪 60 代的初期,国外一些飞机和汽车制造公司就开始了 CAD/CAM 的研究工作,投入了大量人力和物力。各大公司都先后建立了自己的 CAD/CAM 系统,并将其应用于模具的设计与制造。目前,应用 CAD/CAM 技术较普遍的为美、日、德等国。日本丰田汽车公司于 1965 年将数控用于模具加工。20 世纪 80 年代初期开始用覆盖件冲模 CAD/CAM 系统,该系统包括设计覆盖件的 NTDFB、CADET 软件和加工凸/凹模的 TINCA 软件。利用坐标测量仪测量黏土模型,并将数据送入计算机,将所得图形经平滑处理后,再把这些数据用于覆盖件设计、冲模的设计与制造。该系统有较强的三维图形功能,可在屏幕上反复修改曲面形状,使工件在冲压成形时不致产生工艺缺陷,从而保证了模具和工件的质量。模具型面的模型保存在数据库中,TINCA 软件可利用这些数据,进行模具型面的数控加工。美国的 Diecomp 公司开发的计算机辅助级进模设计系统 PDDC,可以完成冷冲模设计的全过程,包括从输入产品和技术条件开始设计出

最佳样图,确定操作顺序、步距、空位、总工位数,绘制带料排样图,输入模具装配图和零件图等,比传统设计提高功效8倍以上。在优化设计方面,利用有限元技术的应力应变分析在塑性成形CAD中已获得较为普遍的应用。

我国模具CAD/CAM的研究与开发始于20世纪70年代末,发展也很迅速。到目前为止,先后通过国家有关部门鉴定的有精冲模、普通冲裁模、级进模、汽车覆盖模、辊锻模、锤锻模和注塑模等CAD/CAM系统,但有些系统仍处于试用阶段,尚未在生产中推广应用。为迅速改变我国模具生产的落后面貌,应继续加速模具CAD/CAM的研究开发和推广应用工作。

1.3.3 焊接成形工艺

焊接结构生产的各个环节中计算机得到了广泛的应用。20世纪90年代初,国际焊接学会将这类应用概括为“计算机辅助焊接技术(Computer Aided Welding, CAW)”。现在CAW已不仅限于焊接结构和接头的计算机辅助设计、焊接工装计算机辅助设计、焊接工艺计算机辅助设计、焊接工艺过程计算机辅助管理等以计算机软件为主的许多方面,而且还涵盖了焊接过程模拟、焊接工艺过程控制、传感器以及生产过程自动化等与计算机应用有关的方面。

20世纪80年代出现了计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)的概念。CIMS是一种从订货到加工,直至发货的全部过程的各个步骤都可以从计算机中及时得到必需的信息的集成系统。焊接CIMS系统,自20世纪90年以来在造船、桥梁、建筑、汽车等行业中得到了一些应用。以船舶生产为例,设计人员首先要根据设计标准和用户要求进行初步设计,然后在对结构强度、刚度分析的基础上,考虑生产方面制造能力,再运用CAD、CAE等软件进行分段的详细设计。另一方面,焊接生产的计划管理与装配焊接过程设计,则通过计算机系统的资本资产定价模式(Capital Asset Pricing Model, CAPM)和计算机辅助工艺过程设计(Computer Aided Process Planning, CAPP)系统来实现。

1.3.4 注射成型工艺

注射成型工艺包括产品图/模具型腔图的尺寸转换、标准模架与典型结构的生成、模具零件图和总装配图的生成、模具刚度与强度校核、设计进程管理、模具成本分析与计算等。已成熟的商品化注射模工艺分析软件,可以预测注射成型流动和保压阶段的压力场、温度场、应力应变场和凝固层的生成,从而有效地指导实际生产。在西方先进工业国家,注射模CAD/CAE/CAM技术的应用已非常普遍。公司之间模具订货所需的塑料制品资料已广泛使用电子文档,能否具有接受电子文档的模具CAD/CAM系统已成为模具企业生存的必要条件。

当前,国际上已经开始使用基于网络的模具CAD/CAE/CAM集成化系统,其智能化程度正逐步提高,已成为衡量模具软件先进性和实用性的重要标志之一。20世纪90年代初,能用于注射制品几何造型和数控加工的模具CAD/CAM系统,主要是在工作站上采用UNIX操作系统开发和应用,如在模具行业中应用较广的美国Pro/E、UG II、CADD5,法国CATIA、EUCLID和英国的DUCT5等。随着计算机技术的飞速发展,在90年代后期,基

于 Windows 操作系统的新一代计算机软件,如 Solid Works、Solid Edge、MDT 等崭露头角,这些软件不仅在采用 NURBS 曲面三维参数化特征造型等先进技术方面继承了工作站级 CAD/CAM 软件的优点,并且在 Windows 风格、动态导航、特征树、面向对象等方面具有工作站级软件所不能比拟的优点。同时,许多软件都在智能化方面做了大量的工作。如英国 Delcam 公司在原有软件 DUCT5 的基础上,为适应最新软件发展及实际需求,向模具行业推出了可用于注射模 CAD/CAM 的集成化系统。该系统覆盖了几何建模、注射模结构设计、反求工程、快速原型、数控编程及测量分析等领域,系统的每一个功能既可独立运行,又可通过数据接口进行集成分析。以色列 Cimatron 公司的注射模专家系统,能根据脱模方向优化成分模面,其设计过程实现了加工参数的优化等,这些具有智能化的功能可显著提高生产率和质量。

三维设计与三维分析的应用和结合是当前注射模技术发展的必然趋势。在注射模结构设计中,传统的方法是采用二维设计,即先将三维的制品几何模型投影为若干二维视图后,再按二维视图进行模具结构设计。这种沿袭手工设计的方式已不能适应现代化生产的集成化技术的要求,在国外已有越来越多的公司采用基于实体模型的三维模具结构设计。与此相适应,在注射过程模拟软件方面,也开始由基于中性层面的二维分析方式向基于实体模型的三维分析方式过渡,使三维设计与三维分析的集成得以实现。

1.4 计算机辅助设计在其他领域的应用

计算机辅助设计是一个涵盖范围很广的概念,概括来说,CAD 的设计对象最初包括两大类,一类是机械、电子、汽车、航天、轻工和纺织等领域的零部件;另一类是工程设计类产品等,如建筑工程。如今,CAD 技术的应用范围已经延伸到各行各业,如电影、动画、广告、娱乐和多媒体仿真(如模拟霜冻植被受损的过程)等。

1.4.1 在制造业中的应用

CAD 技术在机械制造行业的应用最早,也最为广泛。众所周知,一个产品的设计过程要经过概念设计、详细设计、结构分析和优化、仿真模拟等几个主要阶段。采用 CAD 技术进行产品设计不但可以使设计人员甩掉图板,更新传统的设计思想,实现设计自动化,降低产品的成本,提高企业及其产品在市场上的竞争能力;还可以使企业由原来的串行式作业转变为并行作业,建立一种全新的设计和生产技术管理体制,缩短产品的开发周期,提高劳动生产率。同时,现代设计技术将并行工程的概念引入到整个设计过程中,在设计阶段就对产品整个生命周期进行综合考虑。先进的 CAD 应用系统已经将设计、绘图、分析、仿真、加工等一系列功能集成于一个系统内。较常用的软件有 UG II、I-DEAS、CATIA、PRO/E、Euclid 等 CAD 应用系统,这些系统主要运行在图形工作站平台上。在 PC 平台上运行的 CAD 应用软件主要有 Cimatron、Solid Work、MDT、Solid Edge 等。目前在二维 CAD 系统中 Autodesk 公司的 AutoCAD 占据了相当的市场。

如今世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM 技术进行产品设计,而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM 软件的开发,以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。

1.4.2 工程设计中的应用

CAD 技术在工程领域中的应用有以下几个方面:

- (1) 建筑设计,包括方案设计、三维造型、建筑渲染图设计、平面布景、建筑构造设计、小区规划、日照分析、室内装潢等。
- (2) 结构设计,包括有限元分析、结构平面设计、框/排架结构计算和分析、高层结构分析、地基及基础设计、钢结构设计与加工等。
- (3) 设备设计,包括水、电、暖各种设备及管道设计。
- (4) 城市规划、城市交通设计,如城市道路、高架、轻轨、地铁等市政工程设计。
- (5) 市政管线设计,如自来水、污水排放、煤气、电力、暖气、通信(包括电话、有线电视、数据通信等)各类市政管道线路设计。
- (6) 交通工程设计,如公路、桥梁、铁路、航空、机场、港口、码头等。
- (7) 水利工程设计,如大坝、水渠、河海工程等。
- (8) 其他工程设计和管理工作,如房地产开发及物业管理、工程概预算、施工过程控制与管理、旅游景点设计与布置、智能大厦设计等。

1.4.3 仿真模拟和动画制作

应用 CAD 技术可以真实地模拟机械零件的加工处理过程、飞机起降、船舶进出港口、物体受力破坏分析、飞行训练环境、作战方针系统、事故现场重现等。如今,CAD 技术已进入到人们的日常生活中,在电影、动画、广告和娱乐等领域同样大显身手。电影拍摄中利用 CAD 技术已有十余年的历史,在文化娱乐界已大量利用计算机造型仿真出逼真的现实世界中没有的原始动物、外星人以及各种场景等,并将动画和实际背景以及演员的表演天衣无缝地合在一起,在电影制作技术上大放异彩,拍制出一个个激动人心的画面。美国好莱坞电影公司主要利用 CAD 技术构造布景,利用虚拟现实的手法设计出人工不可能做出的布景。这不仅能节省大量的人力、物力,降低电影的拍摄成本,而且还可以给观众造成一种新奇、古怪和难以想象的环境,获得极大的票房收入。

1.4.4 其他领域的应用

CAD 技术除了在上述领域中的应用外,在轻工、纺织、家电、服装、制鞋、医疗和医药乃至体育等方面也得到广泛应用。例如,在电气和电子电路方面,CAD 技术最早曾用于电路原理图和布线图的设计工作,后来 CAD 技术扩展到印刷电路板的设计(布线及元器件布局),并在集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路的设计制造中大显身手,并由此大大推动了微电子技术和计算机技术的发展。以往我国在纺织品及服装的生产过程中的花样设计、图案的协调、色彩的变化、图案的分色、描稿及配色等工作均由人工完成,速度慢,效率低,采用 CAD 技术后迅速扭转了上述劣势,满足了国际市场中批量小、花色多、质量高、交货及时的要求,加快了我国纺织及服装企业走向国际市场的步伐。

1.5 计算机辅助设计技术的发展方向

计算机辅助设计技术作为成熟的普及技术已在企业中广泛应用,并已成为企业的现实生产力。围绕企业创新设计能力的提高和网络计算环境的普及,计算机辅助设计将朝着标准化、智能化、集成化、网络化、三维化及多媒体虚拟化等方向发展,甩掉图板,实现全自动无纸化设计、生产和制造,是计算机辅助设计发展的最终目标。纵观目前计算机辅助设计技术的发展现状,其今后的发展呈现以下趋势。

1.5.1 CAD/CAM/CAE 等集成技术

集成技术是 CAD 技术发展的主要趋势之一,集成化的角度是多角度、多层次的,它可以是一个 CAD 系统内部各模块之间的集成,也可以是工程设计领域中 CAD 与 CAPP、CAE、CAM 之间的集成。

(1) 各种不同 CAD 之间集成的标准化

CAD 和 CAM 技术在开始时是各自独立发展的,后来人们才开始意识到需要集成,以致在硬件、软件、数据格式、存储和信息传递等方面的统一十分困难。由此可见,CAD 技术发展的一个重要因素就是软件的标准化、规范化,需要制定一系列标准,如图形标准、网络标准、产品数据交换等。

(2) 专家系统化

专家系统能模拟专家解决问题的过程,首先研究设计要求及各种有关事实和数据,然后应用专业知识进行反复综合与分析,最后得到满意的设计方案。专家系统基本结构如图 1.3 所示。

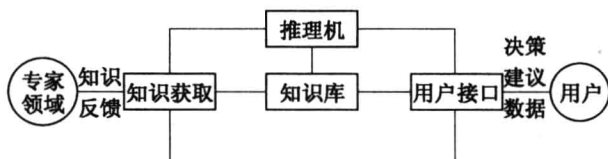


图 1.3 专家系统基本结构

(3) 人机接口

人机接口是用户与专家系统的窗口,能输入用户的问题和有关信息,输出供用户参考的方案和有关信息。

1.5.2 人工神经网络

人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)是由大量的、简单的处理单元(神经元)互联组成的大规模分布式并行信息处理系统,它通过模拟人脑的神经系统组织结构,能对复杂问题进行有效求解。

(1) 与专家系统相比,它有自由独特的特点。神经网络具有自组织和自学习的能力,通过有导师和无导师学习,可以方便地记忆有关知识,这有利于机械设计中的知识获取和表达。人工神经网络表现出比较好的容错性,即使问题描述有部分错误时,往往也能得

到较好的结果。

(2) 将 ANN 用于智能 CAD, 为概念设计、设计思维过程中的形象思维模拟、设计知识的自动获取和经验知识的表示以及回溯问题的模拟提供了一条新的途径。

1.5.3 与知识工程的融合——智能化

随着人工智能技术的发展, 将人工智能的思想、方法和技术引入到传统的 CAD 系统, 模拟人脑推理分析, 提出设计方案和策略。以知识和知识工程为基础的专家系统的出现推动了 CAD 系统的智能化, 如图 1.4 所示。基于知识的设计库能及时准确地向设计人员提供产品开发所需的信息与帮助, 解决产品设计中对知识的需求问题; 同时利用动态导航技术实现 CAD 系统操作的人性化、智能化, 如自动对图形进行捕捉、提示, 自动标注尺寸关系, 自动检查图形的过约束和欠约束, 使用户有更多的精力和时间投入到创造性的工作中。

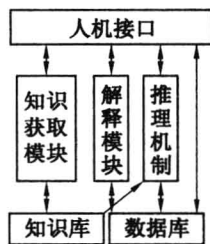


图 1.4 智能化的专家系统

1.5.4 并行工程

并行工程是随着 CAD、CIMS 技术发展提出的一种新的系统方法, 这种方法的思路就是并行的集成的设计产品及其开发的过程。它要求产品开发人员在设计阶段就考虑产品整个生命周期的所有要求, 包括质量、成本、进度、用户要求等, 以便更最大限度地提高产品开发效率及一次成功率。其示意图如图 1.5 所示。

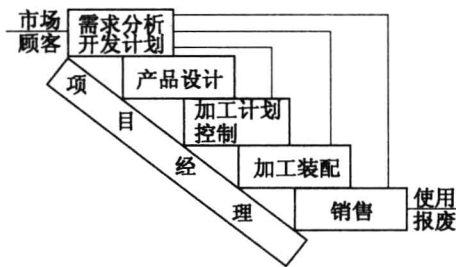


图 1.5 并行工程

1.5.5 CAD 的虚拟设计技术

虚拟技术是以 CAD 为基础的一种新的制造系统, 这种系统又分为增强的可视化系统和基于虚拟现实的 CAD 系统。

(1) 增强的可视化系统

利用现行的 CAD 系统进行建模, 通过对数据格式进行适当的转换输出虚拟环境系统。在虚拟的环境中利用三维的交互设备(如头盔式显示器、数据手套等)在一个虚拟真实的环境中, 设计人员对虚拟模型进行各个角度的观察。目前投入使用的虚拟设计多采用增强的可视化系统, 这主要是因为基于建模系统还不够完善, 相比之下, CAD 建模技术比较成熟。

(2) 基于虚拟现实的 CAD 系统

利用这样的技术用户可以在虚拟环境中进行设计活动,与纯粹的可视化系统相反,这种系统不再使用传统的二维交互手段进行建模,而直接进行三维设计。

1.5.6 与 Internet 和电子商务的紧密结合

随着 Internet 技术和电子商务的迅猛发展,产生了一种全新的设计、生产和商务模式,这种基于网络的协作模式对于企业控制设计与制造成本、提高产品质量和加快新品上市速度是至关重要的。

CAD 技术在国内国际一直处于不断发展与探索之中,随着人工智能、多媒体、虚拟现实、信息等技术的进一步发展,CAD 技术必然朝着集成化、智能化、协同化、网络化的方向发展,使工程设计进一步自动化,以降低企业成本,提高工作效率,赢得市场竞争主动权。

第2章 数据 / 图形处理基础知识

2.1 数据处理技术

在模具设计和制造工艺设计中,只有为数不多的设计准则和规范是以公式表达的,大量准则是以数表和线图的形式给出的。在建立模具 CAD/CAM 系统时,必须将这些数表和线图以计算机能处理的方式表达出来。

建立模具 CAD/CAM 的过程就是信息处理的过程,包括信息的输入、产生、转化、存储和输出等方面。通常,模具 CAD/CAM 系统的程序规模很大,结构相当复杂。要提高系统的效率,不仅设计程序的结构和算法,同时也设计数据结构与管理方法。在应用程序的执行过程中,经常需要利用一些标准数据或其他程序的运行结果,系统各部分是通过数据交换相互联系的,因此,数据管理在模具 CAD/CAM 系统中的作用十分重要。

在传统的手工设计中,标准数据和资料是技术人员通过查手册等工具书获得的,而在模具 CAD/CAM 系统中,就要将这些资料先以数据库或文件形式加以管理,然后在设计时由计算机按要求自动检索和调用,或者在程序编制过程中融于其中,将其程序化,随着程序的运行,自然选用。

2.1.1 数表的程序化

工程中的数表有两类:一类是记载设计中所需的各种数表,如各类材料的力学性能、物理性能等,这些数据之间彼此没有明显的关系;另一类是列表函数,用以表达工程中某些复杂问题参数间的关系。由于复杂问题通常难于用理论公式准确表示,而是通过实验观察或用简化公式计算后,再根据经验加以修正,因此是一些离散的数据,可表示为

$$y_i = f(x_i) \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

式中, x_i 与 y_i 的对应关系可以组成一张表,称为列表函数。

数表的程序化是指将数表中的数据直接编入程序中。这种方法处理的数表在本质上与设计手册中的数表没有区别,只是做了方便程序检索或调用的处理。

从理论上讲,数表或列表函数已经是结构化了的数据,一维数表、二维数表或多维数表分别与计算机算法语言中的一维数组、二维数组或多维数组相对应,很容易通过程序进行赋值和调用。下面以一维数组和二维数组存放数表为例说明这一方法。

1. 一维数表

一维数表是最简单的一种数表,其数据可存放在一维数组中。表 2.1 所示的数表为各种材料的密度。在程序化时,可以用一个一维数组存放这张数表。在程序运行过程中,只要给定有关材料的代码,即可从数组中查找到相应的密度值参与运算。