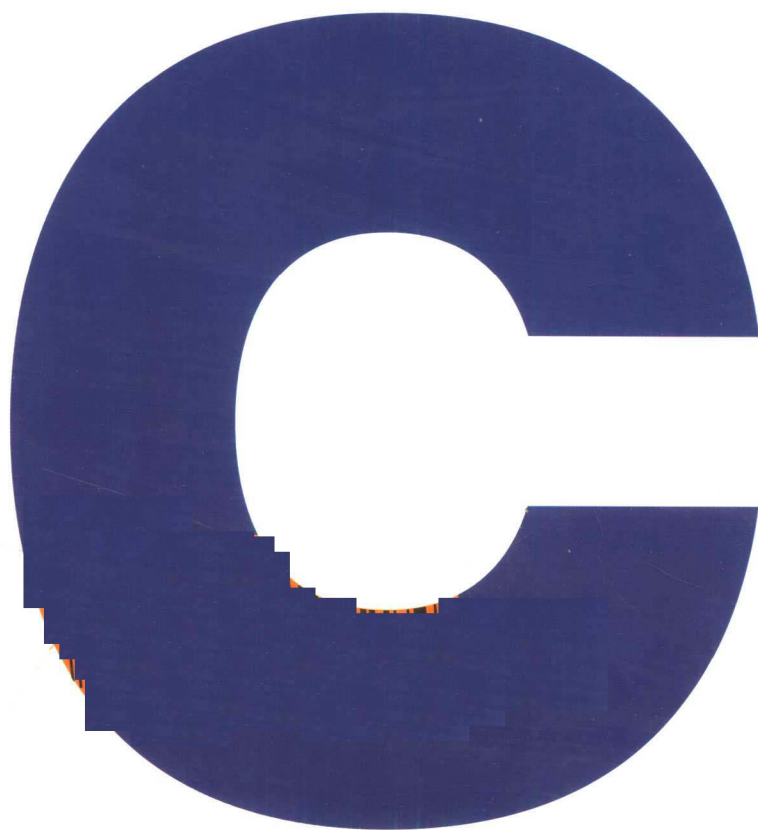


COMPUTER-AIDED INDUSTRIAL DESIGN



高等院校工业设计专业“世纪风”系列教材

计算机辅助工业设计

方兴 编著

华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高等院校工业设计专业
“世纪风”系列教材

计算机辅助工业设计

方 兴 编著

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助工业设计/方 兴 编著
武汉:华中科技大学出版社,2006 年 1 月
ISBN 7-5609-3608-3

I. 计…
II. 方…
III. 工业设计
IV. TB21

计算机辅助工业设计

方 兴 编著

责任编辑:刘 飞 刘锦东

封面设计:白木彰 佐藤直木 [日]

责任校对:陈 骏

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉龙文图文设计技术有限责任公司

印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:880×1230 1/16

印张:6.5

字数:190 000

版次:2006 年 1 月第 1 版

印次:2006 年 1 月第 1 次印刷

定价:39.00 元

ISBN 7-5609-3608-3/TB·80

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书根据工业设计专业的特点,着重于计算机辅助工业设计的系统性阐述,以三维建模、设计表达、虚拟工业设计以及虚拟展示的应用为重点,从而向设计师提示隐藏在造型背后的更为重要的 CAID 的标准和原则,以期达到树立工业设计师系统的 CAID 概念的目的。本书涉及的软件包括 CorelDRAW、Rhino、3DS MAX、Cult3D 等工业设计常用的数字化设计工具,每个软件通过一个设计实例来分析讲解,循序渐进,图文并茂,让读者真正掌握计算机表达工业设计概念的各种方法。

本书主要为满足目前国内工业设计专业本科教学的需要,适合作为此类课程的教材;同时也可以作为设计爱好者进行自学的参考书。

高等院校工业设计专业“世纪风”系列教材

编 委 会

(排名不分先后)

Lehmann	(德国斯图加特国立艺术与设计学院 教授)
白木彰	(日本国爱知县立艺术大学 副教授)
杨叔子	(华中科技大学 院士)
柳冠中	(清华大学 美术学院 教授)
何人可	(湖南大学 设计艺术学院 教授)
张福昌	(江南大学 设计学院 教授)
赵英新	(山东大学 工业设计系 教授)
许喜华	(浙江大学 工业设计系 教授)
张成忠	(重庆大学 人文艺术学院 教授)
陈汗青	(武汉理工大学 艺术与设计学院 教授)
马春东	(大连民族大学 设计学院 教授)
樊超然	(西安建筑科技大学 艺术学院 教授)



方兴,男,1962年10月出生,教授,博士,武汉理工大学艺术与设计学院副院长,数码设计艺术系主任。韩国光州大学(KWANGJU UNIVERSITY)国家公派高级访问学者。

主要从事数字媒体技术、计算机图形学、计算机辅助工业设计方面的教学与科研工作,近五年来,主持和参与多项国家级、省部级科研项目,十多项教学研究项目,发表学术论文40多篇,出版著作两部:《数字化设计表现》和《数字化设计艺术》。

目前研究领域:交互性数字艺术设计研究;游戏元素与结构设计研究;网络虚拟创新设计理论及应用研究;基于快速成型技术的产品创新设计。

计算机辅助工业设计——CAID,即在计算机及其相应的计算机辅助工业设计系统的支持下,进行工业设计领域的各类创造性活动。它以计算机软件技术为支柱,是信息时代的产物。与传统的工业设计相比,CAID令工业设计在设计方法、设计过程、设计质量和效率等方面都发生了质的变化。

20世纪90年代以来,随着计算机软硬件技术的日新月异,市场竞争日趋激烈,工业产品由传统的机械产品向机电一体化、信息电子产品方向发展,其技术含量大大提高。同时,社会的消费观念也不断发生变化,产品的功能已不再是消费者决定购买的最主要因素,产品的创新性、外观造型、个性化、环保性等因素愈来愈受到重视,在竞争中占据突出地位。

当年,包豪斯认为新的技术可以产生划时代的艺术,这种思想在以计算机引入工业设计为标志、对现代信息时代产生的变革中表现得淋漓尽致。计算机不仅仅成为当初设想的机器与程序语言的技术工具,而且成为了一种文化的界面,成为人类思维的一个外延,这种计算机文化尽管仍是雏形,但已表现出了强大的潜能与广阔性。计算机对设计的渗透与结合,不仅仅产生了人类对生产、制作的重新认识,更重要的是在整个设计领域中,对设计实践的对象、程序和设计者的思维、知识结构等产生了划时代的变革。

计算机对设计的变革,直接影响了人类设计的实践活动,改变了长久以来的传统的设计程序、设计方式,而且从根本上对人类设计的传统设计观点提出了挑战,计算机所带来的新的造型语言、表达方式彻底地改变了设计领域的形象,设计将为此产生深刻而生动的变化。

计算机对设计的变革,在很大程度上丰富了我们的思维、拓展了我们的能力:原来用传统方式会很困难甚至不可能的事变得简单、可能了;许多原来需要花费很多时间与精力的事,变得方便、快捷了,甚至可以做得干净利落、轻松自如。尽管设计的本质并不会也不可能因为计算机的引入而变化,对人类活动的创造依然是整个设计活动中的核心,但从整个人类设计历史的进程看,设计的发展是与技术的发展紧密相连的,设计与技术的发展过程是相互引导而不是迁就的进程。在社会信息化程度随着现代数字技术、传播工具的发展而日益加速的过程中,现代意义上的设计实质上也是一种完全遵循了“艺术与技术相结合”原则的数字化设计。计算机在现代设计艺术领域的特征表现,充分体现了在这场变革中技术与艺术的相辅相成性。

本书着重于计算机辅助工业设计的系统性阐述,以三维建模、设计表达、虚拟工业设计以及虚拟展示的应用为重点,从而向设计师提示隐藏在造型背后的更为重要的CAID的标准和原则,以期达到树立工业设计师系统的CAID概念的目的。

吴旭敏、郑达、赵震、杜鹃、郑杨硕、姬喆、李亨等为本书提供了很好的设计素材,为本书的完成付出了辛勤的劳动,在此一并表示感谢。

本书所涉及的内容较广,时间紧迫,内容难免有疏漏之处,对此,我们向读者表示歉意,也衷心地希望读者提出宝贵意见。

编者

2005年6月于武昌马房山

第1章

计算机辅助工业设计的现状

计算机辅助工业设计的产生可追溯到 20 世纪 60 年代初期。1962 年, 美国麻省理工学院的 Ivan Sutherland 博士发表了著名的论文, 并提交了第一个交互式计算机图形系统 Sketchpad, 从而奠定了计算机辅助设计(CAD)的核心——计算机图形学(Computer Graphics)的理论基础。这以后, 随着曲面与实体造型技术以及计算机硬件设备的发展, 高速中央处理芯片能处理大量信息, 充足的内 / 外存空间和输入 / 输出设备, 尤其是绘图机和显示器的出现以及硬件设备价格的迅速降低, 使 CAD/CAM 飞速发展。大量商品化的 CAD/CAM 软件走向各个领域。CAD 技术在 20 世纪 70 年代快速发展, 涌现出一系列专门化的 CAD 公司, 如 Coloma、Computer Vision 等; 计算机软件系统也相继出现, 如 PADI 几何造型系统、GOLD 系统、用于飞机设计的 CADAM、用于汽车外型设计的 DAC-I、IBM 公司的 SMS 软件等。计算机辅助设计技术的发展为其进入工业设计领域打下了基础。

1.1

计算机辅助工业设计的硬件环境

与传统的设计师依靠画板、纸、笔、颜料进行绘图、设计一样, 拥有计算机辅助工业设计(CAID)技术的设计师也应具备起码的计算机硬件设备, 包括: 主机、显示器、键盘、鼠标、输入 / 输出设备等。在信息产业飞速发展的今天, 计算机硬件平台的发展也是“长江后浪推前浪”, 不仅发展为以高性能的微控制器为核心, 而且以 SOC(System On Chip)为主的控制中心极大地推动了嵌入式领域的发展, 应用范围日益扩大, 应用产品的形式也更加多样化。随着功能需求增多, 应用程序的品种和功能也愈加丰富、齐全, 这对设计师来讲, 无疑是拥有了更好地实现设计构想与创意、更充分地展现设计能力的工具。从这个角度讲, CAD 的硬件平台是提高设计效率的基础之一。

计算机主机是计算机系统的灵魂, 目前 CAD 的工作主要是在以下三种硬件环境下完成的。

1.1.1 CAD 工作站

CAD 工作站(CAD Workstation)具有大规模、系统化的产品开发和设计制作能力。它精于复杂的工业产品设计和影视处理。如 SGI 以其先进的工程工作站、图形图像工作站和服务服务器领导了新一代三维图形的潮流, 也是目前工业设计中的巨人, 与之相匹配的 Alias 工程设计软件, 在造型设计上有着其他软件无法比拟的特长。配套软件 Pro/E、Intergraph、I-DEAS、CATIA、Eve LID 等从结构入手, 通过 CAD/CAM 系统, 从设计制图、造型设计、肌理、材质效果的表现到预想图, 再到数据输出, 直至制作出高精度模具或切割成实样模型, 实现了工业设计过程的自动化。其他的品牌有 SUN 图形工作站, HP 图形工作站, IBM 图形工作站, DELL 图形工作站, 联想图形工作站等。

1.1.2 PC 机与苹果电脑

PC 机(PC Machine)在普及应用领域得到了最广泛的发展, 而目前计算机技术在 PC 机处理芯片上的惊人发展, 使更快、更具威力的新一代 PC 机处理器不断涌现。这意味着众多使用 PC 机的设计师在创作中将会更加得心应手。PC 机高端的中央处理器目前主要集中在 Intel 公司的 Pentium 4 系列和 AMD 公司的 Athlon 64 系列上。随着网络技术的进一步发展和 PC 机的更高配置与良好价位, 以及显卡 GPU 技术的飞速发展和专业级显卡的逐渐普及, 使得设计师尤其是个人设计师, 在设计上有了更广阔的天地。随着用于 PC 机上的平面设计软件、工程设计软件的日益增加, 使得 PC 机用户也更加“奔腾”

起来。

Apple 公司从 1984 年推出 Macintosh 系统(苹果电脑),在平面设计上卓有成就。在世界各国的平面设计和制作公司中占较大比重。苹果机 Mac 机型从 6100 发展到 PowerMac8100 及最新的与 PC 机兼容的 G6,具有很好的功能和运行效率,主要应用于印刷前处理,如图文处理、平面设计、印刷广告技术。在苹果机上运行的软件主要有用于平面设计的 Freehand、Illustrator、Photoshop、PageMaker 等,用于三维设计的 Form-Z、Infiniti-D、Studio Pro 等,用于工程制图的 Power CAD、Minicad 以及用于多媒体编辑和制作的 Director MX、Adobe Premier Pro 等。

1.1.3 显示系统

一般的微机应用领域,普遍以 17 英寸~19 英寸的彩色模拟显示器和 VGA (Video Graphics Adapter)或 SVGA (Super VGA)为主流配置,256 色为彩色图形显示的基本要求,高解析度可获得更好的显示质量,而从整个计算机图形图像应用领域的发展趋势看,更高性能的 PCI EXPRESS 3D 图形加速显示卡和 17 英寸以上的大直角屏幕显示器甚至液晶显示器,都必将成为新的主流配置。

显示系统是设计过程中直接面向对象的计算机界面,作为设计者来说,了解显示器的一些技术参数和显示卡的组合是很必要的。

在建筑、工业设计过程中,“多屏显示”成为一种颇有吸引力的技术。多屏显示可用来将同一应用程序的界面在两个屏幕上同时打开,或在两个屏幕上同时打开两种不同软件,设计者可以在单屏上同时使用这两个软件,这样使屏幕的有效面积大大扩展。输入设备除了传统的计算机输入设备如鼠标、光笔、数字化仪外,随着模拟实体设计的发展,摄像机、数码照相机、图像扫描仪、三维空间探针、三维扫描仪也广泛进入计算机输入设备中,尤其以彩色扫描仪使用较广泛。

彩色扫描仪依外形可分手持、台式、鼓式,扫描质量依次提高,尤其是以在桌面系统中使用的高解析度滚筒扫描仪扫描质量最高,解析度可达 8 000dpi 以上。

输出设备中硬拷贝输出有传统的单色打印机、绘图仪,近年来,彩色打印机广为流行。彩色喷墨打印机以其低廉的价格成为要求不高的办公自动化领域的主角,但对于 CAD 领域,热敏式打印机可作为专业的彩色拷贝打印机。热敏式打印机主要有蜡转移(Wax Transfer)和热升华(Dyed Fusion)两种。激光彩色打印机可以提供较高的解析度,但在色彩方面表现不佳。在彩色桌面印前系统中,无论是输入还是输出均有卓越的发展。

1.2

常用的 CAD 软件平台

CAD 软件的专业化,不断地促进了计算机辅助工业设计的发展,对于设计人员来说,熟练掌握一种以上 CAD 应用核心软件,并能够联合运用多类核心软件及相关辅助软件是很有必要的。目前较通用的几类有:

- ① 直接生成位图图像的平面绘图软件,如 PC 和 MAC 平台的 Animator PRO、Adobe Photoshop、Fractal Painter Design 等;
- ② 基于向量图形的平面绘图软件,如 CorelDRAW、Freehand、Adobe Illustrator 等;
- ③ 面向三维造型生成向量图形的绘图软件,如 PC 平台的 AutoCAD、3DS MAX、Maya、Rhino、Mac-

intosh 平台的 Form-Z、Studio Pro、Infiniti-D 等,在工作站上的 Alias、SoftImage 工程设计软件等;

④ 动画生成软件,平面设计的如 Flash MX、Animator PRO、CorelDRAW 中 Move 模块;三维造型的如 3DS MAX、Maya、Lightwave 等;

⑤ 工业产品结构造型软件,如 Pro/E、Solid Works、CATIA 等;

⑥ 位图图像增强软件,亦可直接生成位图,如 Adobe Photoshop;

⑦ 图形、图像、文字编排软件,如 PageMaker、InDesign、Quick-Express、Illustrator 等;

⑧ 不同类型图像文件格式转换软件,如 Hijack,可作 BMP、PCX、JPG 等许多图像文件的转换,其他一些看图软件也有类似功能,如 ACDSee。

目前在软件开发上,大部分软件趋向于专业性与交互性,在强大的自身特点外,往往还融合其他软件的功能,如 Corel 公司开发的 CorelDRAW 软件在 DRAW 模块为主的前提下,其图片处理(Photo Paint)、平面动画(Animation)、三维绘图(Motion 3D)等都有较好发展。因此,正确把握软件的特色、利用其各自的特长是进行计算机辅助工业设计和设计表现的关键,而选择合适的平台与相应的设计软件并进行综合运用也是其重要原则。

1.3

多媒体技术和虚拟现实对未来设计的展现

计算机为人类的设计活动带来了革命性的进步,但人们总希望计算机对设计的贡献不仅仅局限于制作、演示。随着信息时代的到来,计算机多媒体技术与虚拟技术的应用将给设计界创造一个广阔而崭新的前景。

多媒体技术是一个融文字、数据、声音、图形、图像、动画等视讯信息为一体的处理平台,它的最大特点就是实时性、交互性、体验性。多媒体技术是信息科技与艺术的整合,这种新兴的数码技术给人们带来了前所未有的便利。多媒体的协同工作环境是融合了计算机的交互性、网络的分布性、以及多媒体综合性的集成系统。通过多媒体技术,它可以让位于不同地点的设计师、客户、工程师自由地交换信息,看到对方图形、修改同一文件、讨论同一项目,检索计算机中的多媒体资源,共同完成设计任务;并且可以给没有相应专业知识背景的客户提供一整套的设计图,展示效果图和身临其境的三维动画环境。通过形象、声音和动画,使设计项目得到全方位、多视角的展现。

虚拟现实技术是计算机软/硬件技术、传感技术、人工智能及心理学等飞速发展并融合的结晶。通过计算机,虚拟现实技术能生成一个逼真的虚拟现实世界,提供给用户以视觉、听觉甚至触觉的实时反馈模拟系统。

从本质上讲,虚拟现实是一种崭新的人机交互界面,是物理现实的仿真,通过 VR(Virtual Reality)系统,用户不但可以进入计算机所产生的虚拟世界,而且可以通过视觉、听觉和触觉与虚拟世界进行多维的实时沟通。VR 显示的视像是模拟人的双眼观察物体而显示的体现图,并能根据用户头部的转动而改变视野,比普通的计算机三维图像更为逼真;数据传感手套通过内置气囊的膨胀来模拟压力;语音识别合成系统可以识别用户的指令并实时应答;通过数据手套、轨迹追踪、语音识别、摄像机等输入设备,VR 系统获取用户表达的自然信息;通过高速运算的计算机系统处理,由头盔、显示器、声音、触觉输出装置及语音合成装置等以人类感官易于接受的形式将信息反馈。以荷兰 Delft 理工学院在 Virtuality SV-1000 模拟器上开发的三维 CAD 系统为例,设计师戴上 VR 头盔和手套后,便置身于计算机模拟的工作室中, he 可以从材料板上取下相应的基本形体,并可以像使用黏土一样对材料进行造型;材料的可

塑性及模型的大小可任意设定,并可做精确造型;如同对待实体一样,设计师可从各个角度对所做的产品模型斟酌其造型,并亲身体验产品的手感、体量,一切都在惟妙惟肖的场景中进行。

从工业社会的物质文明向后工业社会的非物质文明转变,将是 21 世纪设计发展的总趋势,而推进这一转变的关键就是以多媒体技术与虚拟现实技术为代表的信息技术。21 世纪的设计将从有形的设计向无形的设计转变,从物的设计向非物的设计转变,从产品的设计向服务的设计转变,从实物产品的设计向虚拟产品的设计转变。在信息时代里,使 CAD 技术不断地向一体化、高效化的人机交互方式发展是人类设计活动未来发展的必然趋势。

信息社会的数字化设计与工业社会的物理设计的显著区别,在于它的“非物质趋向”和“虚拟现实性”。随着经济的持续快速增长,我国进入了信息技术高速发展的时期,中国的数字技术应用已渐与世界同步。信息技术的应用和普及,孕育着社会发展和艺术设计的巨大机遇。中国的设计艺术将不可避免地像世界其他国家一样,面临数字时代的挑战和机遇。

1.4

计算机设计表现图的概念与意义

从广义上讲,凡是利用计算机技术表现设计构思或完成最终设计效果的“图”,均可认为是计算机设计表现图。这种“图”包含了静态和动态的表现,具体而言,它是表达实体如环境、建筑、工业产品等方面的设计效果图,这种图大部分用于设计投标方案或展示,部分高级软件输出的“图”也可以直接用于 CAM 或其他制造行业;或是表现平面设计、图形、图像创意、包装、版面的设计图,展示了以计算机技术代替传统技能的一种效果,体现了与现代印刷、出版技术接轨的趋势;或是通过现代多媒体技术和虚拟现实技术展示的各种声、形、像全方位的效果图。

利用计算机进行设计具有以下特点:

- ① 计算机技术可以科学地、艺术地表现设计的效果,使设计师、客户与计算机能自然、轻松地沟通;
- ② 计算机技术可以多角度、多质地、多色彩地展现不同方案,从中得到最佳的方案;
- ③ 计算机设计的优点充分体现在方案的快速修改和更替上,而不同于传统技能中的重复、低级劳动;
- ④ 计算机设计表现图对于设计者来说还具有递增的设计速度和设计能力,计算机可以对设计师的设计要素不断地进行积累,包括个人的、群体的和外来的积累。

计算机世界是一个具有无穷奥秘的领域,对于设计师来说,在迈入这个殿堂之后我们仍需拾阶而上,一步步地探索它的真谛。

第2章

计算机辅助工业设计总述

2.1.1 实体三维建模的意义

随着计算机软硬件技术的发展,三维(3D)CAD 技术及其绘图软件日趋成熟和普及应用。例如,MDT、AutoCAD、UG、CATIA、Solid Works 等许多三维软件已得到广泛应用。三维设计时代已经到来。三维 CAD 正逐步取代传统的二维设计方法。利用三维 CAD 软件进行设计与建模,能够体现出“设计从三维开始”的设计理念,符合当前形势发展的需要,跟上时代的步伐。而 AutoCAD 是国内用户使用最多的一种软件,它提供了大量的绘图及编辑功能,能满足用户的不同需求。“计算机辅助设计几乎推动着一切领域的设计革命”。近年来,CAD 技术的应用已经辐射到了各行各业。CAD 技术的应用已涉及机械、建筑、船舶、航空、航天、汽车、轻工、纺织等行业的设计工作。

虽然目前二维图形在工程设计、生产制造和技术交流中起着很重要的作用,但有很多场合,需要再通过实体造型来分析产品的动态特性,直观地表达设计效果,构造动画模型等。因此,三维造型是现代设计中的重要手段之一。

传统的设计方法是工程师在大脑中构思三维的产品,再通过大脑的几何投影,把产品表现在二维图样上。工程师有一大半的工作消耗在三维实体和二维工程图的相互转换和烦琐的查表、计算、绘图中,而制造工人又要把二维的图样在大脑中反映成三维的实体然后进行加工制造。

采用 CAD 技术(尤其是三维 CAD 技术)后,工程师就可以直接在计算机上进行零件设计和产品的装配;产品的制作过程几乎与真实的产品制造没有差别,计算机屏幕上的产品就是未来产品的三维图像。工程师还可以在 design 过程中,利用 CAD 技术尤其是三维 CAD 技术完成手工难以完成的和低效率的工作。简单地说,CAD 技术的应用需求主要来自以下两方面。

(1) 机械设计及机械加工方法的新趋向

传统的机械设计过程是一种三维思想—二维表达—三维加工与装配的过程,工人在加工中首先要看懂图纸,想像零件,这是一种从二维到三维的思维过程。这种用二维工程图表达零件的三维形状的方法工作量较大,且缺乏直观性。随着计算机技术的发展,计算机辅助设计的广泛应用改变了机械产品设计与加工的手段与方法,特别是计算机三维 CAD 设计软件应用的普及,使得传统的机械设计和制造逐步实现了直接进行三维零部件的结构设计与加工,即从三维思想到三维表达的设计加工过程。这种方法具有形象、直观、精确、快速的特点,实现了计算机辅助设计、制造一体化的无图样加工。

(2) 高技能人才培养的需要

学校作为培养人才的基地,在教学模式上要适应新技术的要求,尤其是高技能人才培养更需要适应社会与市场发展的新形势。实体三维建模是机械制造过程中的一门先进的新技术,高技能人才只有掌握这门技术才能显示其先进性。

引入实体三维建模,利用计算机辅助设计软件可以准确、直观、生动地展现各种机械图形,还能更方便地构造出各基本体,并将其组合或切割,从而构造出新的组合体。

2.1.2 设计与制造的集成

随着科技的进步,企业技术改造的加强,计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)在制造业得到了广泛应用。而 CAD/CAM 的集成(一体化),并不是 CAD 和 CAM 技术的简单叠加,它是一项整体技术,是把某一过程经数字化后输入计算机,进行计算和处理,并由计算机控制,以所要求的物化形式输出。在此过程中,有大量的信息需要在设计和制造之间进行交换,还有大量的信息是设计和制造共同享有的,人可以通过交互系统进行必要的干预,使设计过程、制造过程、管理过程不仅达到信息化和自动化,而且达到系统的全局最优化。

设计和制造的集成是计算机集成制造的基础,同时为并行工程的实现提供了手段。在并行设计时,设计人员要不断查询各种后续过程的信息,而制造工程师也需要随时调用设计结果,查询有关设计信息,并向设计人员反馈制造信息。设计与制造集成后,可以大大提高设计效率和设计品质,可以显著缩短设计和制造周期,有效降低产品的设计制造成本。

图 2-1 所示是一个理想的 CAD/CAM 系统,它表达了一个集成的概念。要实现 CAD/CAM 集成,应抓住三项关键技术:几何建模、数据接口和公用数据库。这里重点对几何建模技术进行论述。

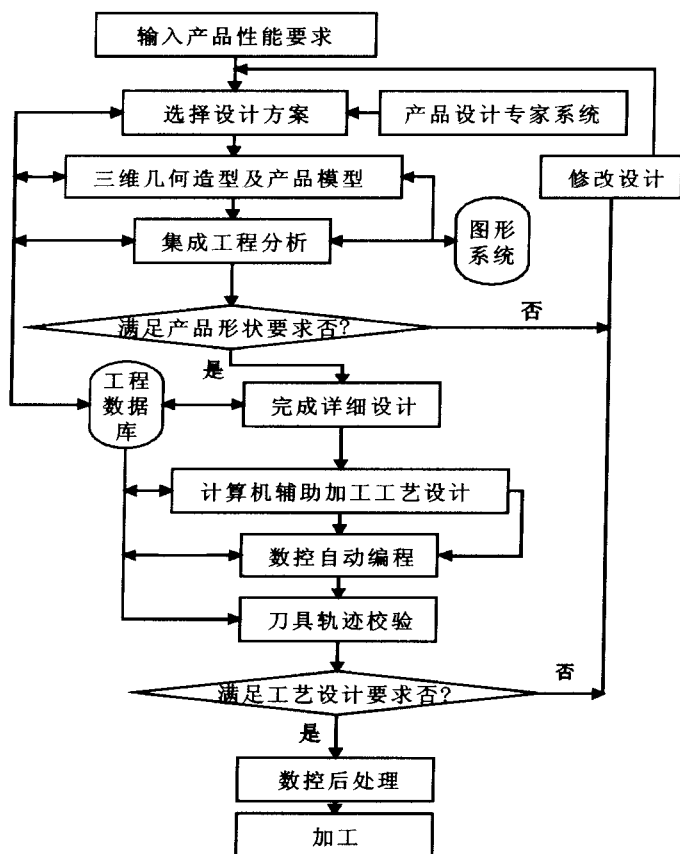
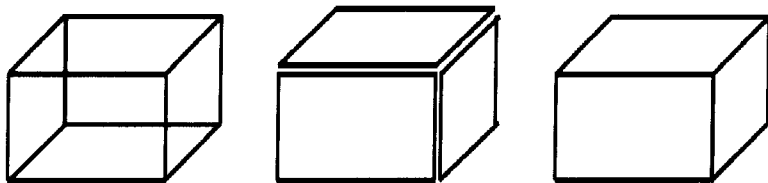


图 2-1
CAD / CAM 集成系
统框图

在 CAD/CAM 集成系统中,图形信息的生成、传递、响应、分析和反馈是很重要的,要求零件的几何建模系统除了提供几何信息、生成工程图样和其他 CAD 系统能够接收的图形转换接口外,还必须提供分析信息,以生成有限元分析的网络和工艺信息、检测信息,以便进行工艺设计(CAPP)及组织信息。

在几何造型中,为了克服某种模型的局限性,在实用化的几何造型系统中常同时使用三种建模方式:线框建模、表面建模和实体建模,如图 2-2 所示。而对实用化的加工而言,还需建立特征建模系统。

图 2-2
三种建模方式
线框建模 (左)
表面建模 (中)
实体建模 (右)



(1) 线框建模

线框建模用线条表示物体上的轮廓、交线及棱线,以此反映物体的立体形状。这种建模方式所需信息最少、所占存储空间也最少,但没有面的信息;许多情况下存在信息不完整、多义性的问题。

(2) 表面建模

表面建模是对物体各种表面或曲面进行描述的建模方法,常用于其表面不能用简单的数学模型进行描述的物体,如汽车、飞机、船舶等的一些外表面。这种建模方法的重点在于由给出的离散数据构造曲面,使该曲面通过或逼近这些点,一般需采用插值、逼近和拟合算法。常用的算法有 Bezier 曲线、B 样条曲线、Coons 曲面、Bezier 曲面和近几年发展起来的 NURBS 曲面。表面建模还可以用于有限元网格划分、多坐标数控编程、计算刀具的运动轨迹等。表面建模的缺点是各个面之间相互关系的信息无法表达,如果需同时考虑多个面时,就不能采用表面建模方法。

(3) 实体建模

三维实体建模是目前 CAD 绘图软件中一种较为先进的几何建模方法,已成为运动学分析、物理特性计算、装配干涉检验、有限元分析等方面不可缺少的工具。按其定义几何数据的情况,实体建模方法可分为构造实体几何(CSG)和边界建模(B-rep)两类。

〈1〉构造实体几何

该方法根据任何一个实体都是由有限个体素所组成的原理,采用典型的几何体素进行拼合(通过体素的交、并、余的运算)。

〈2〉边界建模

该方法运用组成形状的面以及面与面之间的拓扑关系来表达形状。物体的拓扑构造提供关于哪些面交于哪些边,一个已知点有多少面与之相交等信息。由物体的几何形状规定其顶点、棱边和面的位置与尺寸,从而将它们固定于空间。只有几何形状与其拓扑关系结合在一起,才能完全并且惟一地在空间定义该物体。在边界建模中,一旦定义了一个特殊的拓扑构造,在不改变基本拓扑的条件下,可在零件设计中进行多种不同的操作,以调整其几何形状。

(4) 特征建模

线框建模、表面建模和实体建模为几何建模方法,都是基于计算机图形学的基础,对物体的几何形状进行描述,产生所需的零件图形。作为加工对象而言,除几何形状及尺寸外,还必须提供零件的材料、加工精度、表面品质、形位误差等信息,而上述几何建模方法并未提供这些工艺信息,因此,它们不能满足加工工艺的需要。特征建模方法成就了 CAD/CAM 系统的集成特性,它提供了零件的几何信息和工艺信息,其内容归纳起来有:

- ① 零件的几何形状信息;
- ② 作为加工对象的孔、沟槽及面等形面特征;
- ③ 有关形面特征的位置、尺寸及其公差;
- ④ 对于形面特征的加工规定(如表面抛光、发黑等);
- ⑤ 形面特征之间的关联;
- ⑥ 各加工面的表面粗糙度。

零件结构的确定取决于产品的功能,而工艺设计取决于加工观点(可加工性和结构的工艺性)。因

此,特征建模系统必须提供几何形状加工特征信息,在设计准则、加工基准及测量基准不一致时,需进行转换。在集成系统中,还必须提供结构分析特征信息。简单的形面特征可以组成一个复合特征,成为一个独立的特征单元。

一个特征建模系统包括特征建模器、产品数据库和应用接口等三个部分,其中:特征建模器用于生成零件的特征模型;产品数据库用于存储几何学的和非几何学的的数据;应用接口用于与其他系统进行数据交换。创建特征模型有以下三种方法。

- ① 采用特征设计:实现对零件特征的准确描述,简化零件的几何规范,为 CAD、CAPP、CAM、CAQ 等提供共同的数据基础,又称为特征造型。
- ② 特征识别与提取:从 CAD 数据库中的零件几何描述中获取零件的特征数据。
- ③ 特征的定义:在现有 CAD 系统上,建立基于特征的零件信息模型。

2.1.3 三维设计的里程碑

三维设计的里程碑实质上就是三维 CAD 的几次技术革命。

自 20 世纪 50 年代 CAD 技术发展,到今天三维设计技术的广泛应用,此间经历了几次大的技术革命。

(1) 基于曲面模型的三维设计

20 世纪 60 年代出现的三维 CAD 系统只是简单的线框模型。这种模型是以形体的棱边或交线作为形体的数据结构来定义的,它只能表达基本的几何信息,不能有效地表达几何数据间的拓扑关系。由于缺乏形体的表面信息,CAE(计算机辅助工程)及 CAM 均无法实现。此时的三维设计实质上处于三维绘图阶段。进入 20 世纪 70 年代,法国人提出了贝赛尔算法使得用计算机处理曲线及曲面问题变得可行。法国达索飞机制造公司也基于此算法,开发出以表面模型为特点的三维造型系统 CATIA。CATIA 的出现标志着三维设计技术从单纯模仿工程图样的三视图模式中解放出来,首次实现以计算机完整描述产品零件的主要信息,同时也使得 CAM 技术的开发有了实现的基础。在这个时期,CAD 技术价格极其昂贵,软件商品化程度也很低,所以此阶段的三维设计只在少数受国家财政支持的军火商中应用。如 CALMA 由美国通用电气(GE)公司支持、CADAM 由美国洛克希德(Lochheed)公司支持、CV 由美国波音(Boeing)公司支持、I-DEAS 由美国国家航空及宇航局(NASA)支持、UG 由美国麦道(MD)公司支持、CATIA 由法国达索(Dassault)公司支持等。

曲面模型主要应用于计算机图像系统环境下对曲面的表示、设计、显示和分析。若把线框模型中的某些棱边包围的部分定义为“面”,所形成的就是曲面模型。反映在数据结构中,就是在线框模型的数据结构基础上,增加面的有关信息以及连接指针。它起源于汽车、飞机、船舶、叶轮等的外形放样工艺,由 Coons、Bezier 等大师于 20 世纪 60 年代奠定其理论基础。曲面造型在近几年得到了长足的发展,这主要表现在研究领域的急剧扩展和表示方法的开拓创新。从研究领域来看,曲面造型技术已从传统的曲面表示、曲面求交和曲面拼接,扩充到研究曲面变形、曲面重建、曲面简化、曲面转换和曲面等距性。

(2) 基于实体模型的三维设计

尽管有了表面模型,CAM 的问题可以基本解决。但由于表面模型只能表达形体的表面信息,难以准确表达零件的其他特性,如质量、重心、惯性矩等,对 CAE 十分不利,最大的问题在于分析前处理特别困难。基于对 CAD/CAE 一体化技术发展的探索,SDRC 公司于 1979 年发布了世界上第一个完全基于实体造型技术的大型 CAD/CAE 软件——I-DEAS。由于实体造型技术能够精确表达零件的全部属性,在理论上有助于统一的模型表达,给三维设计带来了惊人的方便性。可以说,实体造型技术的普及应用标志着 CAD、CAE、CAM 三维设计发展史上的第二次技术革命。

与曲面模型不同,实体模型规定了表面完整的拓扑关系,从形体的任一个面都可以遍历它所有的面、边和点,并规定了面的哪一侧是实体。实体模型能够反映外部模型比较完整的几何信息,是真实而