

高等院校“卓越工程师”
教育培养计划配套教材

计算机辅助设计及分析

机械类

JISUANJI FUZHU SHEJI JI FENXI

米洁 刘相权 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等院校“卓越工程师”系列教材·机械类

计算机辅助设计及分析

米 洁 刘相杖 编著
郝静如 主审



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书系统地阐述了计算机辅助设计及分析的基本理论、关键技术和应用技术。全书共分为9章,内容包括:机械CAD技术概述、机械CAD的支撑技术、工程数据的处理技术、设计图形处理技术、建模技术、计算机辅助设计分析软件工程技术、虚拟样机仿真分析、有限元分析基础、ANSYS有限元分析。本书在注重内容系统性、完整性的基础上,重点强调工程技术的应用,将本学科一些应用性较广的新技术引入本书教学内容。鉴于目前有限元分析技术和虚拟样机技术在工程设计领域中的广泛应用,其已成为工程设计人员不可缺少的通用分析工具,本书介绍了ANSYS和ADAMS软件的使用方法和应用实例,以提高读者对所学理论的实际运用能力。

本书可作为机械工程类专业本科生和研究生教材,也可作为相关工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计及分析 / 米洁, 刘相权编著. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-5635-3747-1

I. ①计… II. ①米… ②刘… III. ①AutoCAD 软件 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 262988 号

书 名: 计算机辅助设计及分析

著作责任者: 米 洁 刘相权 编著

责任编辑: 王丹丹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编: 100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 14

字 数: 348 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-3747-1

定 价: 28.00 元

• 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

随着计算机的日益普及,计算机辅助设计及分析技术已在机械、电子、汽车、造船、航空航天等领域得到了广泛的应用。该技术在缩短新产品开发周期、降低开发成本、提高设计水平等方面效果显著,已成为机械工程类专业学生和相关工程技术人员的必修知识和常用技术。

计算机辅助设计及分析技术是一门交叉学科,所涉及的内容非常广泛,包括工程数据库、计算机图形学、建模技术、虚拟样机技术、有限元分析等多个学科。针对机械工程设计的特点,本书有选择的介绍了其中的常用技术,内容由浅入深、逐步展开,力求理论叙述条理清楚、通俗易懂。同时,计算机辅助设计及分析技术又是一门理论和实际应用结合非常紧密的技术。而当前国内的 CAD 教材一般或注重基本原理和关键技术的讲解,或针对某种软件进行介绍,缺乏对理论和应用的全面贯通。针对这种现状,本书作者在长期从事数字化集成设计教学和科研的基础上,结合工程应用的实际案例,除对相关系统知识进行讲解外,还将机械系统动力学仿真软件 ADAMS 和有限元分析软件 ANSYS 引入本书内容,以提高读者解决实际问题的能力。

本书由北京信息科技大学米洁、刘相权编著。其中第 2 章、第 4 章的第 3 节、第 5 章、第 6 章、第 8 章由米洁编写,第 1 章、第 3 章、第 4 章的第 1 节和第 2 节、第 7 章、第 9 章由刘相权编写,全书由米洁统稿。

全书由北京信息科技大学郝静如教授主审,在此表示衷心的感谢。

本书编写过程中得到了北京信息科技大学机电工程学院有关同行们的关心和帮助,在此表示感谢。

编写过程中参阅了大量参考文献,在此向有关作者一并感谢。

由于编者水平有限,书中不足、疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评、指正。

目 录

第 1 章 机械 CAD 技术概述	1
1.1 CAD 技术的基本概念	1
1.2 CAD 技术的发展	3
1.3 CAD 系统的功能及作业过程	6
1.4 CAD 系统的组成	8
1.5 CAD 技术的应用	20
1.6 CAD 常用支撑软件介绍	24
第 2 章 CAD 系统支撑技术	32
2.1 数据结构的基本概念	32
2.2 常见的数据结构	36
2.3 数据管理技术	41
2.4 计算机网络技术	48
第 3 章 工程数据的处理技术	53
3.1 数表的计算机处理	53
3.2 线图的计算机处理	58
3.3 数表的插值	65
3.4 曲线拟合	72
3.5 数表的文件化	74
第 4 章 设计图形处理技术	77
4.1 图形的表达与编辑原理	77
4.2 图形的几何变换	80
4.3 曲线与曲面	95
第 5 章 建模技术	103
5.1 概述	103
5.2 几何建模技术	107
5.3 特征建模技术	117
第 6 章 软件工程技术	122
6.1 软件开发遇到的问题	122
6.2 软件工程的观念	123

6.3	软件开发过程	124
6.4	软件生命期	127
第 7 章	虚拟样机仿真分析实例	129
7.1	ADAMS 建模基础	129
7.2	连杆机构的建模与仿真分析实例	130
7.3	凸轮机构的设计与仿真分析实例	144
7.4	齿轮机构的建模与仿真分析实例	152
第 8 章	有限元分析基础	162
8.1	有限元法简介	162
8.2	一维杆件系统的有限元法	165
8.3	弹性力学基础	169
8.4	平面问题的三角形单元求解	174
8.5	有限元建模	179
第 9 章	ANSYS 有限元分析实例	185
9.1	悬臂梁的有限元分析实例	186
9.2	简支梁的有限元分析实例	193
9.3	轴承座的有限元分析实例	202
9.4	桁架的有限元分析实例	209
参考文献		218

第 1 章

机械 CAD 技术概述

计算机的出现及其技术的发展,实现了将人类从脑力劳动解放出来的愿望。早在几十年前,计算机就已作为重要的工具,辅助人类承担一些单调、重复的劳动,如辅助数控编程、工程图样绘制等。在此基础上逐渐出现了 CAD(Computer Aided Design,计算机辅助设计)、CAPP(Computer Aided Process Planning,计算机辅助工艺过程设计)及 CAM(Computer Aided Manufacturing,计算机辅助制造)等概念。其中 CAPP 是连接 CAD、CAM 的桥梁,如图 1-1 所示。

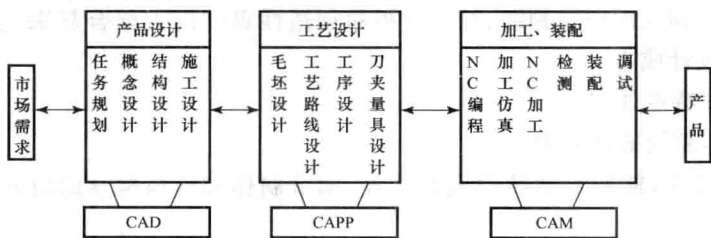


图 1-1 CAD/CAM 应用过程

随着计算机技术在工业中的不断普及, CAD 技术已渗透到社会发展的各个角落,包括机械、电子、造船、航空航天、建筑和纺织等领域。CAD 技术给制造业从产品设计到加工制造的整个开发过程带来了根本性的变革,并已成为企业技术创新、开拓市场的强有力的技术手段。

CAD 技术的普及应用不仅对传统产业的改造、新兴产业的发展、劳动生产率的提高、材料消耗的降低、国际竞争能力的增强均有巨大的带头作用,而且 CAD 技术及其应用水平正成为衡量一个国家科学技术现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

1.1 CAD 技术的基本概念

随着科学技术的发展,人们生活水平的不断提高,消费者的价值观正在发生结构性的变化,呈现出多样化与个性化,为了适应这种变化,工厂的产品也向着多品种、中小批量方向发展。要适应这种瞬息万变的市场要求,则要求生产更具有柔性,对设计人员相应提出了更高的要求。计算机辅助设计(CAD)就是满足这种新的要求而产生的一种新的设计方法。

1.1.1 CAD 技术的定义

传统的机械设计方法是凭借直接、间接经验,通过类比分析确定方案,然后对机械零件做必要的计算,最后将部分合成整机。这种方法的特点如下:

- (1) 依赖于人;
- (2) 计算中用近似方法,精度低;
- (3) 周期长、效率低;
- (4) 常规设计全局考虑少。

目前,与计算技术相关的数学、物理、力学、系统工程学等学科的最新成果开始应用于机械设计、优化设计、可靠性设计、有限元分析、价值分析等方面。现代机械设计就是在传统机械设计方法的一般原理下,计算机技术和各种现代科学方法的有机结合。它继承了传统设计中有益的东西,又注入了现代科学的精华,从而形成了崭新体系。

计算机辅助设计是指工程技术人员以计算机为工具,用各自的专业知识,对产品进行总体设计、绘图、分析和编写技术文档等设计活动的总称。CAD 技术将计算机高速的数据处理、海量存储能力和人的逻辑判断、综合分析和创造性思维能力结合起来,实现了高效率 and 自动化,降低了设计成本。

CAD 的工作特点如下:

- (1) 效率高,缩短研制周期

采用 CAD 技术,能明显地减少设计计算、图纸制作和资料检索的时间,大大提高设计速度。

- (2) 提高设计质量

在 CAD 技术中,数学模型一般都比较准确,计算精度大大提高,而且可以进行优化设计、有限元分析等计算,使设计结果准确可靠。

- (3) 系列化、标准化、通用化

设计人员可以利用 CAD 系统建立标准图及标准设计库,也可以修改原有产品设计中的参数得到新的设计结果。由于可以充分利用以前的设计结果,CAD 系统在标准化、系列化、通用化方面有突出的优势。

- (4) 无图纸化生产的前提,提供 CAM、CIMS 基础

在 CAD 系统中,信息可以通过电子文档来存储和传递,因此信息的交流快捷而可靠。同时,随着 CAD/CAM 技术的发展,CAD 的信息可以直接转化成 CAPP 和 CAM 所需的信息,为实现计算机集成制造打下基础。

对 CAD 比较容易存在的误解有以下两点:

- (1) 错误认为 CAD 只是将以前在图纸上绘图设计改为在计算机上进行设计,忽略了计算机在计算速度、修改、存储等方面的优势。

- (2) 错误认为计算机能够自动设计,能够完全替代人的作用。目前一些系统将人的经验知识嵌入软件,使得计算机虽有一定的智能,但只具备有限的能力。计算机本身只会机械地执行程序,在执行过程中随着外界条件的变化而做出任何灵敏的甚至“聪明”的反应都是程序编制者预先安排的结果。

1.1.2 CAD/CAM 集成技术

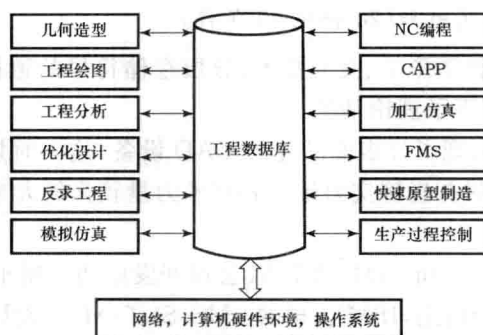


图 1-2 CAD/ CAM 集成系统总体模式

在实际生产中,设计和制造是密切相关的,制造阶段所需的信息和数据大多来自设计阶段,因此,对设计和制造来说,这些数据和信息应该是共享的。但是,CAD、CAPP、CAM 技术在相当长的时间里是按照各自的轨迹独立发展起来的,各系统之间很难自动完成数据交换,例如,CAD 系统设计的结果不能直接为 CAPP 系统接受,若进行工艺过程设计时,还需要人工将 CAD 输出的图样文件等信息转换成 CAPP 系统所需要的输入数据,这不但影响了效率的提高,而且在人工转换中难免发生错误,从而严重阻碍了 CAD、CAPP、CAM 效益的发挥。

随着计算机日益广泛深入的应用,人们很快认识到,只有当 CAD 系统输入的信息能为后续活动(如 CAPP、CAM)继续应用时才是最经济的,为此提出了 CAD/CAPP/CAM 集成的概念,致力于 CAD、CAPP 和 CAM 各应用模块之间进行信息自动传递和转换的研究,以便将业已存在的 CAD/CAPP/CAM 系统集成起来。

如图 1-2 所示,理想的 CAD/ CAM 集成系统应该与一个公共数据库相连,应用程序使用存储在公共数据库的信息,实现产品生产工艺规程编制、生产过程控制、质量控制、生产管理等产品生产全过程的信息集成。目前,CAD/CAM 集成系统已经进入应用和成熟阶段。

1.2 CAD 技术的发展

1.2.1 CAD 技术的产生与发展

1. 准备和酝酿时期(20 世纪 50~60 年代初)

这一时期 CAD 技术处于被动式的图形处理阶段。

20 世纪 40 年代,计算机问世。1950 年美国麻省理工学院研制成功阴极射线管(CRT),作为图形显示终端,结束计算机只能处理字符数据的历史,并于 1950 年首先在计算机上采用了阴极射线管做成的图形终端,并能被动地显示图形,由此开始了交互式计算机图形学的研究。交互图形生成技术开始萌芽。

20 世纪 50 年代末期,美国麻省理工学院(MIT)林肯实验室研制的空中防御系统就能

将雷达的信号转换为显示器上的图形,操作者可以用光笔指向显示屏幕上的目标来拾取所需的信息。1959年12月,在MIT召开的一次会议上提出了CAD概念。

2. 蓬勃发展和进入应用时期(20世纪60年代)

这一时期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技术的发展和应用打下了理论基础。

20世纪60年代中期出现了许多商品化的CAD设备,这一时期CAD系统的特点是规模庞大,价格昂贵。因此,只有经济实力雄厚和技术力量较强的大型企业和研究单位才能研究和应用CAD技术。

1963年,美国通用汽车公司(GM)和IBM公司开发成功了用于汽车前窗玻璃线型设计的DAC-1系统。60年代中后期,IBM公司的SMS、SLT/MST设计自动化系统。洛克希德公司研制的主要用于二维绘图CAD系统。美国通用汽车公司为设计汽车车身和外形而开发的CAD-1系统。美国的CDC公司也开发了作为商品销售的Digigraphic CAD系统。60年代末,美国安装的CAD工作站已达200多台,可供几百人使用。

3. 技术商品化、广泛使用时期(20世纪70年代)

1970年美国Applicon公司第一个推出完整的CAD系统。出现了面向中小企业的CAD商品化系统。这一时期对三维几何造型也开始研究。

70年代末,32位工作站和微型计算机的出现对CAD技术的发展起了极大的推动作用。

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。

4. 高速发展、突飞猛进时期(20世纪80年代)

在这个时期,随着微型计算机的性价比的提高,以PC386、486为主机的CAD/CAM系统不断增加;相应的软件技术如数据管理技术、有限元分析、优化设计等技术也迅速提高,商品化软件的出现,促进了CAD技术的推广和应用。

图形系统和CAD工作站的销售量与日俱增,至1988年,美国实际安装CAD系统发展到63 000套;CAD技术从大中企业向小企业扩展;从发达国家向发展中国家扩展;从用于产品设计发展到用于工程设计和工艺设计。实体造型技术成为主流并走向成熟,大大拓展了CAD应用技术领域。

5. 开放式、标准化、集成化和智能化的发展时期(20世纪90年代后)

(1) 由于微机加Windows操作系统与工作站加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。CAD技术已不停留在过去单一模式、单一功能、单一领域的水平。

(2) 一些工业先进国家和国际标准化组织都在从事标准接口的开发工作,图形接口、图形功能日趋标准化。

(3) 出现集成化的CAD系统和一批商品化的集成软件。在CAD系统中综合应用文本、图形、图像、语言等多媒体技术和人工智能和专家系统等技术,大大提高了自动化设计的程度,出现了智能CAD的新学科。

1.2.2 CAD 在我国的发展

从 1985~1990 年进行了大规模的 CAD 技术的开发与研究。在国家统一规划下,选择了 24 种机械产品作为开发对象,包括汽车、拖拉机、减速器、组合机床等。参加技术攻关的有 250 多个单位,涉及人员达 2 600 人,取得了 40 多项科研成果,攻克了一些 CAD 关键技术,如三维造型、有限元分析等。

“八五”期间,机械工业 CAD 开发与推广又被列入国家科委重点科研项目,从“七五”攻关成果中优选了 13 个机械产品 CAD 应用软件,进一步完善、推广,取得了一定的成果。

1995 年,机械工业部推行了“CAD 应用 1215 工程”,即选择 12 家企业开展“甩掉图板”的试点工作,探索 CAD 技术在企业应用的实际经验。此项目的实施,使企业产生了明显的效益,为企业推广应用 CAD 技术提供了宝贵的经验。

机械工业部将 1997 年定为机械工业 CAD 应用发展年,以国家科委、机械工业部等单位主办的“首届全国 CAD 应用工程博览会”于 1997 年 7 月在北京举行。CAD 应用工程工作已取得丰硕成果,并已列入“九五”计划的重点项目。

国内高等院校和科研院所在 CAD 支撑和应用软件的开发上担任极其重要的角色。在优化设计方面,华中科技大学(原华中理工大学)的优化程序库 OPB 及机械零件的优化设计程序早在 20 世纪 80 年代末就在工矿企业推广;在二维交互绘图系统方面,华中理工大学开目 CAD,以及与清华大学共同研制的 GH-MDS 都已经在国内行业中推广;在三维造型和几何设计方面,北京航空航天大学 PAN-DA、清华大学和华中科技大学(原华中理工大学)共同开发的 CADMIS 等都实现了参数化特征造型、曲面造型、数控加工和有限元分析的集成;在有限元方面,大连理工大学研制分析软件 IFEAS 与华中理工大学的有限元前后处理系统 GH-FEM 实现了集成;在数控编程方面,南京航空航天大学的超人 CAD/CAM 能实现复杂曲面的造型和数控代码的自动生成和加工仿真。

1.2.3 CAD 技术的发展趋势

1. 集成化

为适应设计与制造自动化要求,特别是近些年来出现的 CIMS 的要求,进一步提高集成水平是 CAD 系统发展的一个重要方向。集成化的目的是实现在整个产品生命周期中各个分系统间信息流的畅通和综合。集成涉及功能集成、信息集成、过程集成与动态联盟中的企业集成。

2. 智能化

设计活动包括推理型工作、方案的构思与拟定、最佳方案选择等。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 CAD 相结合,形成智能化 CAD 系统是机械 CAD 的发展趋势。智能化 CAD 系统的发展将对信息科学的发展产生深刻的影响。

3. 标准化

随着 CAD 技术的发展,工业标准化问题越来越显示出重要性。CAD 系统的集成一般建立在异构的工作平台之上,为了支持异构跨平台的环境,要求 CAD 系统必须是开放的系统,必须采用标准化技术。

目前已制定了一系列相关标准,如面向图形设备的标准计算机图形接口(CGI)、面向图形应用软件的标准 GKS 和 PHIGS、面向不同 CAD 系统的产品数据交换标准 IGES 和 STEP 等标准。这些标准规范了 CAD 技术的应用与发展。

4. 网络化

网络技术使 CAD 系统实现异地、异构系统在企业间的集成成为现实。网络化 CAD/CAM 技术可以实现资源的取长补短和优化配置,极大地提高企业的快速响应能力和市场竞争力,“虚拟企业”、“全球制造”等先进制造模式由此应运而生。

5. 虚拟化

虚拟设计是一种新兴的多学科交叉技术。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,利用这项技术可使设计人员能与多维的信息环境进行交互。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,评价和修改,大大减少实物模型和样件的制造,降低了产品成本,缩短了产品的开发周期。同时,将设计人员在 CAD/CAM 环境下的活动提升到人机融为一体的交互活动,充分发挥设计者的智慧和决策作用。

1.3 CAD 系统的功能及作业过程

1.3.1 CAD 系统的主要功能

CAD 系统与外界进行信息传递与交换的基本功能是靠硬件提供的,而系统所能解决的具体问题是由软件保证的。

硬件应具备的功能有:计算功能、存储功能、输入/输出功能、交互功能。

软件应具备的功能有以下几种。

1. 几何建模

几何建模功能是 CAD 的核心功能。几何建模所提供的有关产品设计的各种信息是后续作业的基础。利用 CAD 系统提供的几何建模功能,用户可以实现:

(1) 构造产品零件的几何模型、产品及部件的三维装配模型;

(2) 对产品各零件间可能存在的装配干涉进行分析,评价产品的可装配性,避免真实装配中的种种问题;

(3) 对运动机构进行机构内部零部件之间及机构与周围环境之间的干涉碰撞分析检查,避免各种可能存在的干涉碰撞问题。

2. 工程分析

采用三维几何模型和装配模型可以对不同产品的性能做深入准确的分析,这是传统手工设计方法所无法比拟的。并且借助于计算机工具,可以采用各种可视化手段把分析结果表示出来。通过计算机工程分析这种方法,可以取代传统设计方法所进行的大量模型试验,缩短设计周期,降低设计成本。常用的工程分析内容包括以下几种:

(1) 有限元分析。对产品结构的应力、应变、强度、振动、热变形、磁场、流场等分析计算

并直观显示计算结果；

(2) 优化设计。为获取最佳性能,需要进行优化设计。包括总体方案优化、零件结构优化、工艺参数优化等。

(3) 运动学、动力学分析。对机构的位移、速度、加速度及关节的受力进行自动分析并进行运动仿真。

3. 工程绘图

工程图纸是设计工程师的语言,因此 CAD 系统的工程绘图功能是必不可少的。

(1) CAD 系统应具备二维图形的处理能力。

(2) 应具有二、三维图形的转换功能,能够将三维几何造型直接转换为二维图形,并保持二者之间的信息关联。

4. 工程数据管理

CAD 系统涉及的数据量大,种类多,因此,CAD 系统应能提供有效的工程数据管理手段。通常,采用工程数据库管理系统作为统一的数据环境,实现 CAD 系统中各种工程数据的管理,支持工程设计与制造全过程的信息流动和交换。

1.3.2 CAD 系统的作业过程

通常,产品的设计过程需要经历需求分析、功能设计、方案设计、总体设计、详细设计、分析计算、审核校验、结果表达等工作流程。

传统机械设计方法的特点和局限性:设计方法主要为类比设计和经验设计,设计手段主要为手工方式,设计计算主要为静态、近似计算,设计周期长,绘制装配图、零件图占整个设计周期的 70% 左右的时间,设计中存在的问题在样机试制、装配、调试时才能发现。

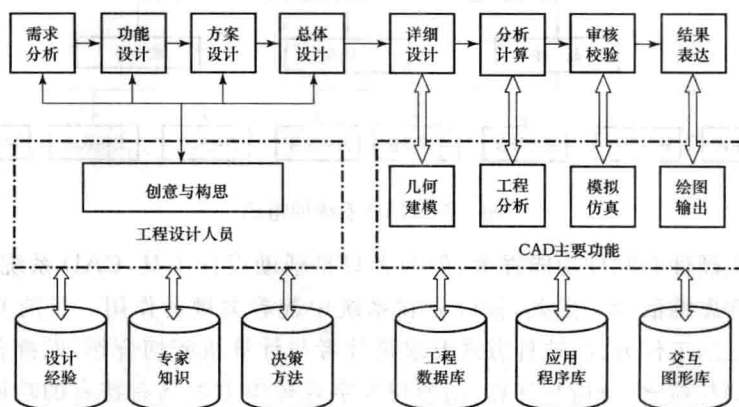


图 1-3 CAD 作业过程

CAD 是设计过程中的一种信息处理系统,它在工程设计人员对产品创意构思的基础上主要从事设计对象的描述、系统分析、方案优化、计算分析、图形处理、模拟仿真等作业。下面以图 1-3 为例阐述 CAD 的作业过程。

(1) 创意与构思。这一部分工作目前主要由人工来完成。即设计人员在市场需求分析的基础上,创造性的进行产品的功能设计、方案设计、总体设计的构思,充分发挥人的逻辑判

断、综合分析和创造性思维能力。

(2) 设计人员在产品概念设计的基础上从事产品的几何造型,完成产品几何模型的建立。

(3) 提取模型中的相关数据进行工程分析和计算,例如有限元分析、优化设计、仿真模拟等。

(4) 根据计算分析结果决定对设计进行修改,满意后编辑全部设计文档,输出工程图。

从CAD作业过程可以看出,CAD技术也是一项产品建模技术,它是将产品的物理模型转化为计算机内部的数据模型,以供后续的产品开发活动所共享,驱动产品生命周期的全过程。

1.4 CAD系统的组成

1.4.1 CAD系统的组成

CAD系统的运行环境由硬件、软件、设计者三部分所构成,如图1-4所示。其中硬件主要包括计算机及其外围设备等具有有形物质的设备。硬件是CAD系统运行的基础,硬件的每一次技术突破都带来CAD技术革命性的变化。软件是实现各项功能技术的核心。若使硬件各个元件能进行正确的协同工作,要有软件的控制、指挥实现。硬件好比是人的身体,而软件好比是人的头脑,两者只有有机地组织起来才能充分发挥作用。

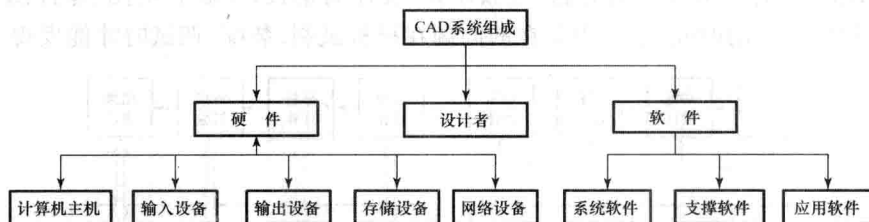


图 1-4 CAD系统的组成

虽然计算机硬件和软件功能强大,但两者只是辅助设计工具,CAD系统的运行离不开设计者的创造性思维活动。因此,设计者在系统中起着关键的作用。目前CAD系统基本都采用人机交互的工作方式,这种方式要求设计者与计算机密切合作,发挥各自所长:计算机在信息的存储与检索、分析与计算、图形与文字处理等方面具有特有的功能;设计者则在创造性思维、综合分析、经验判断等方面占有主导地位。

1.4.2 CAD系统的硬件

CAD系统的硬件由主机及其所属外围设备(包括输入设备、输出设备、存储设备、网络设备)组成,如图1-5所示。

CAD系统硬件的配置与一般计算机系统有所不同,主要差别是要求较完善的人机交互设备及图形输入/输出装置。CAD系统对硬件的具体要求为:

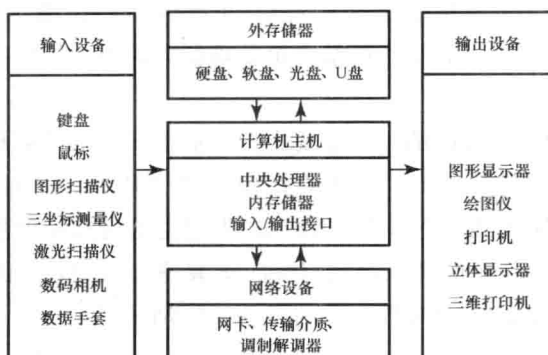


图 1-5 CAD 系统的硬件组成

- (1) 强大的图形处理功能。
- (2) 需要有相当大的外存储容量。
- (3) 友好方便的人机交互功能。
- (4) 良好的通信联网功能。

下面将对 CAD 系统的主要硬件进行简要介绍。

1. 主机

主机是计算机的主体,由中央处理器(Central Processing Unit,CPU)、内存储器(也称内存)及输入/输出(I/O)接口组成,是计算机系统硬件的核心,图 1-6 为计算机主板。

中央处理器是计算机的心脏,其主要功能是处理数据,由控制器和运算器两部分组成。控制器是实现计算机各部分联系及程序自动执行的部件,其功能是从内存中依次取出命令,产生控制信号,向其他部件发出指令,指挥整个运算过程。控制器是统一指挥、协调其他部件的中枢。运算器是进行算术、逻辑运算的部件。

内存储器也称内存,如图 1-7 所示,与外存储器相对应。之所以叫内存储器,是因为它安装在计算机内部,通常是安装在主板上。它的作用是暂时存储处理器需要处理的数据或处理后的结果。也就是说,内存是计算机处理器的工作空间。它是处理器运行的程序和数据必须驻留于其中的一个临时存储区域。内存存储是暂时的,因为数据和程序只有在计算机通电或没有被重新启动时才保留在这里。在关机或重新启动之前,所有修改过的数据应该保存到某种永久性的存储设备上(如硬盘),以便将来它可以重新加载到内存里。

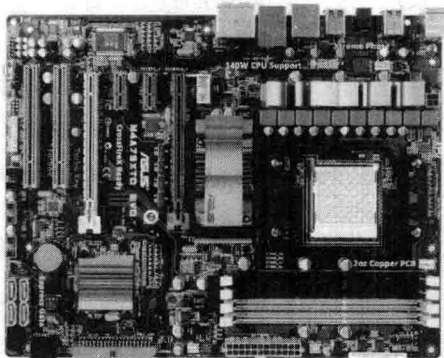


图 1-6 主板

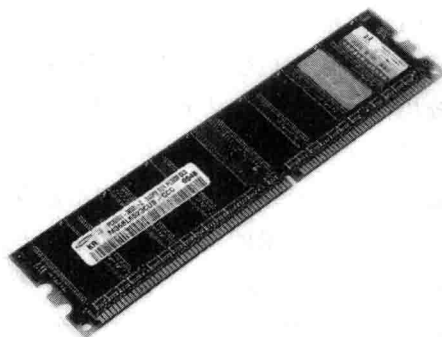


图 1-7 内存

主机的类型和性能很大程度上决定了 CAD 系统的使用性能。功能较强的 CAD 系统都选用工作站作为系统的主机。用于衡量主机处理能力的重要指标有:

(1) 运算速度

运算速度是衡量计算机性能的一项重要指标。通常所说的计算机运算速度是指每秒钟所能执行的指令条数,一般用“百万条整数指令/秒”(MIPS)或“百万条浮点数指令/秒”(MFLOPS)来描述。MIPS 或 MFLOPS 值越大,表明主机处理速度越快。微型计算机一般采用主频来描述运算速度,一般说来,主频越高,运算速度就越快。例如,Intel 公司的 CPU 主频最高已达 3.20 GHz 以上,AMD 公司的可达 400 MHz 以上。

(2) 字长

字长是指中央处理器在一个指令周期内从内存提取并处理的二进制数据的位数,如 32 位机。字长越多,表明一次处理的信息量越大,计算速度越快,计算精度越高。市场上常见的计算机的字长有 32 位、64 位等几种。

按照主机功能等级不同,可将计算机分为大中型机、小型机、工程工作站及微型计算机等档次。

(1) 大中型计算机

一台大中型计算机可以连接几十至几百个图形终端和字符终端及其他图形输入和输出设备。支持多用户同时工作,优点是:系统具有一个大型的数据库,可以对整个系统的数据实行综合管理和维护,计算速度极快。缺点是:如果 CPU 失效,则整个用户都不能工作,随着计算机的总负荷增加,系统的响应速度将降低。随着计算机性价比的不断提高,由大中型计算机构成 CAD 系统的应用逐渐减少。

(2) 小型机

小型机的性价比优于大中型机,20 世纪 70 年代末 80 年代初的 CAD 系统多采用这种机型,80 年代中期以后,小型机逐渐被性价比更好的工程工作站所替代。

(3) 工程工作站

工程工作站是 20 世纪 80 年代初的出现的介于个人微机 and 小型机之间的新型计算机。由于它为工程技术人员提供了比较理想的独立使用工作环境,故称为工程工作站。与一般小型机相比,工程工作站具有较强的人机交互、图形显示和处理功能,具有高速网络通信能力,能够方便地通过网络组成分布式计算机系统,是较理想的 CAD 系统硬件平台。

(4) 微机

随着个人微机性价比的不断提高,目前采用个人微机进行 CAD 不仅成为可能,而且发展较快。高档微机的功能已接近工程工作站水平,许多原来只能在工程工作站上运行的 CAD 软件已被移植到微机平台上。目前,由微型计算机组成的 CAD 系统在我国已占有主流地位。图 1-8 为苹果公司生产的超薄笔记本。

由于网络技术的发展,现在微机已能与大型机、小型机和工作站联网,成为整个网络的一个结点,共享大型机和工作站等的资源。这样,大型机系统、小型机系统、工作站系统和微机系统就不再相互割裂,而成为一个有机的整体,在网络中发挥各自的优点,使得原来要在小型机和工作站上进行的 CAD 工作可由微机来完成。



图 1-8 苹果笔记本电脑

2. 存储设备

计算机存储器有内、外存储器之分。要想将计算机处理的有用信息永久性保存,就要采用辅助的外存储器。外存储器是 CPU 不能直接访问的存储器,它需要经过内存储器、CPU 及 I/O 口交换信息。目前,常见的外存储器有硬盘、软盘、光盘、U 盘等类型。

(1) 硬盘

如图 1-9 所示,硬盘是最为常见的计算机内部使用的存储设备。随着用户对个人计算机性能的需求日益提高,硬盘也在朝着大容量、高速度、低噪音的方向发展,目前的主流硬盘容量为 320~1 500 GB,影响硬盘容量的因素有单碟容量和碟片数量。硬盘是个人计算机中存储数据的重要部件,其容量就决定着个人计算机的数据存储量大小的能力,这也就是用户购买硬盘所首先要关注的参数之一。其他比较重要的参数有读/写速度、数据传输速度等。

(2) 软盘

存储容量为 1.44 MB,目前已逐渐被更为方便的 U 盘所取代。

(3) U 盘

如图 1-10 所示,U 盘是一种小容量移动存储器,大多采用 USB 接口,具有写入速度快、存储安全、携带方便等优点。目前,容量一般为 1~64 G,随着大容量移动存储设备的普及和技术的不断发展,U 盘的容量会越做越大。



图 1-9 硬盘

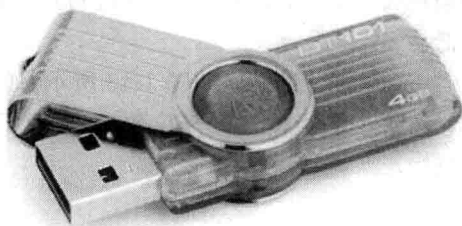


图 1-10 U 盘