

见习机械设计工程师资格考试培训教材

计算机辅助设计 及制造技术

中国机械工程学会机械设计分会 组 编
王大康 主 编
刘志峰 王蕾 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



见习机械设计工程师资格考试培训教材

计算机辅助设计及制造技术

中国机械工程学会机械设计分会 组编

王大康 主 编

刘志峰 王 蕾 副主编

杨文通 主 审



机械工业出版社

本书是根据中国机械工程学会《见习机械设计工程师资格认证实施细则》的规定与要求而编写的。全书共分5章,包括计算机辅助设计技术、三维几何建模技术、计算机辅助工艺设计、计算机辅助制造技术和产品数据管理技术等内容。书中介绍了实现制造业企业信息化的主要应用技术基础,并介绍了国内外相关领域著名的软件产品,提供了部分典型应用案例。本书内容从理论到实践,注重应用,循序渐进。具有系统性、新颖性、实用性等特点。

本书作为见习机械设计工程师资格考试培训教材,可用于高等工科院校学生学习计算机辅助设计及制造技术课程的教材,也可供工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计及制造技术/王大康主编. —北京:机械工业出版社, 2005.7

见习机械设计工程师资格考试培训教材

ISBN 7-111-16853-4

I. 计… II. 王… III. ①计算机辅助设计-工程师-资格考核-教材②计算机辅助制造-工程师-资格考核-教材 IV. TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 073102 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:孙薇 邓海平

责任编辑:蔡开颖 版式设计:张世琴 责任校对:姚培新

封面设计:王伟光 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 8 月第 1 版 第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·17.25 印张·424 千字

定价:35.00 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) 68326294

封面防伪标均为盗版

培訓合格工程師
發展先進製造業

馮培恩
甲申年

冯培恩教授，博士研究生导师，国家有突出贡献中青年专家。现任九三学社中央副主席、全国政协常委、国际机器与机构理论协会中国委员会副主席、中国机械工程学会机械设计分会理事长、中国挖掘机械研究会理事长。

努力做好
中国机械
设计工程
师资格认
证事业。
姚福生

姚福生教授，博士研究生导师，中国工程院院士。现任中国机械工业教育协会理事长、中国机械工程学会副理事长、中国机械工程学会机械设计分会名誉理事长、中国电工技术学会副理事长等职。

任重道远

阮雪榆

二〇一一年一月

阮雪榆教授，博士研究生导师，中国工程院院士。现任国家模具 CAD 工程研究中心主任、上海模具技术研究所有限公司总裁。

发展职业资格
培训
提升机械设计
水平

闻邦椿
2004年4月1日

闻邦椿教授，博士研究生导师，中国科学院院士。现任 IFToMM（国际机器理论与机构学联合会）中国委员会委员、国际转子动力学技术委员会委员、亚太振动会议指导委员会委员、中国振动工程学会名誉理事长。

前 言

计算机辅助设计及制造技术是实现制造业企业信息化的主要应用技术基础,是工科大学生必备的重要的基础理论与技能。我国是制造业的大国,正在成为制造业的强国,计算机辅助设计及制造技术是实现我国制造业现代化必不可少的技术,也是提高我国制造业从业人员综合素质和创新能力的关键技术。随着计算机科学的迅速发展,加速了机械设计及制造技术的更新。为了使读者能在较短的时间内了解计算机技术的新知识,掌握计算机应用的新工具,我们编写了这本内容新颖、结构合理、实用性强的教材。

本书是根据中国机械工程学会《见习机械设计工程师资格认证实施细则》的规定与要求而编写的。全书共分5章:第1章是计算机辅助设计技术,主要介绍CAD系统的构成、CAD质量保证体系、用户界面设计、设计资料管理和图形基础等内容;第2章是三维几何建模技术,主要介绍三维几何建模的方法、图形输入、机械零件的特征建模和SolidWorks三维设计方法与应用实例;第3章是计算机辅助工艺设计,主要介绍计算机辅助工艺设计的概念及步骤、半创成式CAPP系统、人工智能技术、网络化CAPP系统及其实例和开目CAPP系统与编程实例;第4章是计算机辅助制造技术,主要介绍计算机辅助制造技术的基本概念、CAM的支撑系统、数控加工技术、网络化CAM实例和Cimatron NC及其应用实例;第5章是产品数据管理技术,主要介绍产品数据管理的概念、PDM系统的体系结构及功能、PDM在现代企业中的应用、产品结构配置、工作流程管理、产品生命周期管理、PDM的实施和开目PDM的功能与应用实例等内容。

本书根据我国制造业企业信息化的要求,以CAD/CAPP/CAM/PDM技术及应用为主导,围绕计算机辅助设计及制造的有关知识和技术展开讨论,基本囊括了CAD/CAPP/CAM/PDM的理论与应用内容。书中介绍了相关领域国内外著名的软件产品,提供了部分典型应用案例,同时提供了思考题与习题,供读者检验学习效果时参考。

本书内容从理论到实践,注重应用,循序渐进,具有系统性、新颖性、实用性等特点。

全书由王大康教授任主编,刘志峰、王蕾任副主编,杨文通教授任主审。第1章由王大康、刘志峰撰写,第2章由刘志峰、孟祥志撰写,第3章由王蕾、张乃龙撰写,第4章由孟祥志、谢川、王建华撰写,第5章由刘志峰、王蕾撰写。

本书编写过程中得到了武汉开目公司、Cimatron公司、生信实维有限公司的

支持与帮助，并提供了生动、翔实的案例，特此表示衷心的感谢！

本书作为见习机械设计师资格考试培训教材，可用于高等工科院校学生学习计算机辅助设计及制造技术课程的教材，也可供工程技术人员参考使用。

在本书编写过程中，由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第 1 章 计算机辅助设计技术	1
1.1 计算机辅助设计概述	1
1.2 CAD 系统	6
1.3 CAD 质量保证体系	10
1.4 用户界面设计	11
1.5 设计资料管理	19
1.6 图形基础	31
思考题与习题	36
第 2 章 三维几何建模技术	37
2.1 几何建模方法	37
2.2 图形输入	42
2.3 机械零件的特征建模	43
2.4 SolidWorks 三维设计	70
思考题与习题	92
第 3 章 计算机辅助工艺设计	93
3.1 计算机辅助工艺设计的概念	93
3.2 计算机辅助工艺设计的步骤	96
3.3 成组技术	97
3.4 半创成式 CAPP 系统	102
3.5 人工智能技术	106
3.6 网络化 CAPP 系统	110
3.7 网络 CAPP 系统的实例	114

3.8 开目 CAPP	125
思考题与习题	139

第 4 章 计算机辅助制造技术	140
4.1 计算机辅助制造概述	140
4.2 CAM 的支撑系统	146
4.3 数控加工技术	149
4.4 网络化 CAM 实例	168
4.5 Cimatron NC	174
思考题与习题	193

第 5 章 产品数据管理技术	194
5.1 产品数据管理概述	194
5.2 PDM 系统的体系结构及功能	204
5.3 PDM 在现代企业中的作用	207
5.4 产品结构配置	209
5.5 工作流程管理	212
5.6 产品生命周期管理	217
5.7 PDM 的实施	218
5.8 产品数据管理开发实例	220
5.9 开目 PDM	232
思考题与习题	263

参考文献	264
-------------------	-----

第 1 章 计算机辅助设计技术

1.1 计算机辅助设计概述

计算机辅助设计 (Computer Aided Design) 即 CAD 技术已经成为企业提高创新能力、产品开发能力和增强企业竞争能力的一项关键技术。随着“CAD 应用工程”的大力推广和应用,促进了我国制造业信息化的发展。

CAD 技术是集计算机图形学、数据库、网络通讯等计算机及其他领域知识于一体的综合性高新技术;是先进制造技术的重要组成部分;也是提高设计水平、缩短产品开发周期、增强行业竞争能力的一项关键技术。CAD 技术具有涉及面广、技术变化快、投入产出高、功能强等特点,能够满足广大用户需求的变化和不断增长的要求。

1.1.1 CAD 概念

早期 CAD 是指计算机辅助绘图 (Computer Aided Drafting),随着计算机软硬件技术的发展,人们逐步认识到单纯使用计算机绘图不能称之为计算机辅助设计。真正的设计是整个产品的设计,它包括产品的构思、功能设计、结构分析、加工制造等。二维工程图设计只是产品设计中的一小部分,于是 CAD 的缩写也由 Computer Aided Drafting 改为 Computer Aided Design, CAD 也不再仅仅是辅助绘图,而是整个产品的辅助设计。

计算机辅助设计是利用计算机强有力的计算功能和高效率的图形处理能力,辅助设计师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的一种技术。它是以计算机、外围设备及其系统软件为基础,包括概念设计、方案设计、造型设计、优化设计、有限元分析、仿真模拟及产品数据管理等内容。随着 Internet/Intranet 网络和并行、高性能计算及事务处理的普及,异地、协同、虚拟设计及实时仿真也得到广泛应用。

CAD 技术的应用范围很广,其设计对象包括:机械、电气、电子、轻工、纺织产品,甚至延伸到艺术、电影、动画、广告和娱乐等领域,产生了巨大的经济及社会效益,有着广泛的应用前景。

1.1.2 CAD 技术的发展过程

20 世纪 40 年代计算机问世,由于计算机的使用尚不普遍,主要是用于科学计算。当时,尽管在计算机系统中已经开始配置了图形显示器,但由于计算机图形学的理论还没有形成,而且当时显示器的性能较差,所以,尚未具备人机交互功能。但是到了 20 世纪 50 年代末期,美国麻省理工学院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,这种功能的出现预示着交互图形生成技术的诞生。

1963 年,美国麻省理工学院的 I.E.Sutherland 在他发表的博士论文中提出了 SKETCHPAD 系统。该系统采用的 TX2 计算机,可以用光笔在图形显示器上实现选择、定位等交互功能。

而且,计算机可根据光笔指定的点画出直线,也可以指定圆心或半径后画出圆等。该系统对符号和图案的存储采用分层的数据结构,即将一幅较复杂的图形通过分层调用各有关子图来合成。尽管该系统较原始,但是这些基本理论和技术为交互图形的生成和显示技术的发展奠定了基础。

20世纪60年代中后期,美国的一些大公司投入了相当资金对CAD技术进行研究和开发,研制出一些CAD系统。如IBM公司的SMS、SLT/MST用于设计自动化系统,洛克希德公司研制的用于二维绘图的CAD系统,通用汽车公司为设计汽车车身和外形而开发的CAD-1系统等,到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。

从20世纪60年代末期至70年代中期,CAD技术的发展较快,已有商品化的硬件和软件,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/CAM商品化系统。由于在这一时期计算机硬件的性能不断完善,图形输入板、大容量的磁盘存储器和廉价的存储管显示器等相继出现,并研制出简单的线框式三维CAD系统。

20世纪80年代至今,计算机技术突飞猛进,特别是微机和工作站的发展和普及,再加上功能强大的外围设备,如大型图形显示器、绘图仪、激光打印机的问世,极大地推动了CAD技术的发展,CAD技术已进入实用化阶段,广泛服务于机械、电子、宇航、建筑、纺织等产品的总体设计、造型设计、结构设计、工艺过程设计等环节。

我国自20世纪60年代开始研究开发CAD软件,当时主要是研究开发二维绘图软件,并利用绘图机输出二维图形。现在,二维参数化绘图、有限元分析、曲面造型和数控加工编程等CAD软件在机械、电子、建筑、石化、轻工、造船等行业已经初具规模,成绩显著。

20世纪80年代起,有些大型企业和设计院成套引进CAD系统,在此基础上进行开发和应用,取得了一定的成果。随着改革开放和发展商品经济的需要,我国的CAD技术有了较大的发展。进入90年代,各工业部门普遍制定了开发CAD技术的计划,广泛应用CAD技术,以提高产品的设计质量和经济效益。同时在CAD技术的理论研究和软件开发方面作了大量的工作,并取得了丰硕的成果。国家科技部和各工业部门都十分重视CAD技术的发展,并有计划、有步骤地在全国各地建立CAD咨询服务中心,对有关人员进行CAD技术方面的培训,以提高其CAD应用素质。

CAD技术的发展经历的几次大的技术革新如下:

1. 曲面造型技术

20世纪70年代,为解决飞机和汽车制造中遇到的大量的自由曲面问题,出现了贝塞尔算法,使人们利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的开发者在二维绘图CAD/CAM系统的基础上,开发出以表面模型为特征的自由曲面建模方法,推出了三维曲面造型系统CATIA。它的出现,标志着计算机辅助设计技术从单纯模仿工程图样的三视图模式中解放出来,实现用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。

2. 实体造型技术

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部件的全部属性,在理论上有助于统一CAD/CAE/CAM的模型表达,给设计带来了方便,它代表

着 CAD 技术的发展方向。

3. 参数化技术

进入 20 世纪 80 年代中期, CV 公司提出了一种比无约束造型更新颖、更好的算法——参数化实体造型方法。参数化设计一般是指设计对象的结构形状比较定型, 可以用一组参数来约定尺寸关系, 参数与设计对象的控制尺寸有显式对应关系, 设计结果的修改受尺寸驱动。生产中最常用的系列化产品就是属于这一类型。它的主要特点是: 基于特征的设计、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改。随后成立的参数化技术公司 (PTC) 研制出 Pro/ENGINEER (Pro/E) 参数化软件。使得参数化技术成熟起来, 使通用零部件设计更为简便易行。参数化技术的成功应用, 使它在 20 世纪 90 年代几乎成为 CAD 业界的标准。

4. 变量化技术

SDRC 公司以参数化技术为蓝本, 提出了一种比参数化技术更先进的实体造型技术——变量化技术。变量化技术既保持了参数化技术的优点, 同时又克服了它的许多不足之处, 为 CAD 技术的发展提供了更大的空间和机遇, 图 1-1 为变量化范例图。变量化设计 (Variational design) 通过求解一组约束方程来确定产品的尺寸和形状, 约束方程可以是几何关系, 也可以是工程计算条件, 设计结果的修改受到约束方程驱动。变量化设计允许尺寸欠约束的存在, 这样设计者可以采用先形状后尺寸的设计方式, 将满足设计要求的几何形状放在第一位而暂不用考虑尺寸细节, 设计过程相对宽松。变量化设计可以用于公差分析、运动机构协调、设计优化、初步方案设计选型等, 尤其在作概念设计时更加得心应手。

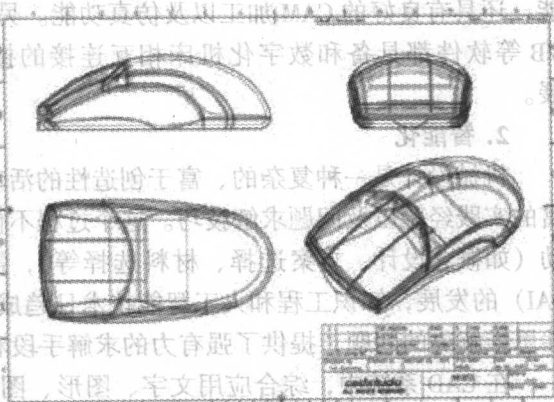


图 1-1 变量化范例图

SDRC 公司按照变量化技术思想, 于 1993 年推出全新体系结构的 I-DEAS Master Series 软件。SDRC 公司的 I-DEAS 成为美国福特汽车公司首选的 CAD/CAM 软件。

目前流行的 CAD 技术基础理论主要是以 Pro/E 为代表的参数化造型理论和以 SDRC/I-DEAS 为代表的变量化造型理论两大流派。

5. 特征造型

特征造型是 CAD 建模方法的一个新里程碑, 它是在 CAD/CAM 技术的发展和應用达到了一定的水平, 要求进一步提高生产组织的集成化和自动化程度的历史进程中孕育成长起来的。过去的 CAD 技术从二维绘图起步, 经历了三维线框、曲面和实体造型发展阶段, 都是着眼于完善产品的几何描述能力, 即描述产品的几何信息; 而特征造型则是着眼于更好地表达产品完整的功能和生产管理信息, 为建立产品的集成信息模型服务。特征 (feature) 兼有形状和功能两种属性, 它包括产品的特定几何形状、拓扑关系、典型功能、绘图表示方法、制造技术和公差要求。特征造型技术使得产品的设计工作在更高的层次上进行, 设计人员的操作对象不再是原始的线条和体素, 而是产品的功能要素。特征的引用直接体现了设计意

图,使得建立的产品模型更容易为人理解和组织生产,为开发新一代的基于统一产品信息模型的 CAD/CAPP/CAM 集成系统奠定了基础。

1.1.3 CAD 技术发展趋势

目前 CAD 技术正在向集成化、智能化、网络化的方向发展。

1. 集成化

数字化制造技术是用数字化定量、表述、存储、处理和控制的方法,支持产品全生命周期和企业的全局优化运作。从这个意义上讲数控机床的诞生是人类社会进入数字化制造时代的起点,也为 CAD/CAPP/CAM/CAE (Computer Aided Design & Process Planning & Manufacturing & Engineering) 集成提供了可能。大型 CAD 软件的开发越来越与后续的 CAPP/CAM /CAE 各环节紧密结合,如 Pro/E、UG、SolidWorks 等大型商用软件,不但具备强大的三维造型功能,还具有良好的 CAM 加工以及仿真功能。另外,许多高级编程语言,例如 JAVA、VC++、VB 等软件都具备和数字化机床相互连接的接口,这些优势技术促进了 CAD 集成化的发展。

2. 智能化

机械设计是一种复杂的、富于创造性的活动,设计过程中需要大量的领域专门知识、丰富的实践经验以及问题求解技巧。这个过程不仅仅是数值计算,而且包含了大量的决策性活动(如概念设计、方案选择、材料选择等),需要进行思考、推理和判断。随着人工智能(AI)的发展,知识工程和人工智能技术日趋成熟,为机械设计中需要专家丰富经验和创造性思维解决的问题,提供了强有力的求解手段和工具。

在 CAD 系统中,综合应用文字、图形、图像、语音等多媒体技术和人工智能技术大大提高了自动化设计的程度。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 所示的结构。

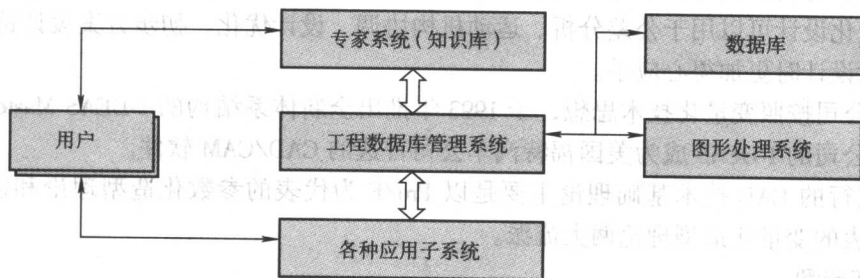


图 1-2 智能 CAD 系统

3. 网络化

自 20 世纪 90 年代以来, CAD/CAPP/CAM 技术日趋成熟,应用越来越广,跨国式动态企业联盟使用网络化制造技术进行异地协同设计与加工。网络企业联盟面对市场需求与机遇,针对某一特定产品,利用以因特网为标志的信息高速公路,灵活而快速地组织社会制造资源(人力、设备、技术、市场等),按资源优势互补的原则,迅速地组成一种跨地域的、靠电子

网络联系的、统一指挥的运营实体。

网络企业联盟的组建是由市场牵引力触发的,针对市场机遇,以最短的时间、最低的成本、最少的投资向市场推出高附加值的产品。而当市场机遇不存在时,联盟解散,根据新的市场机遇重新组建新的联盟,因而该联盟是动态的。

1.1.4 CAD 技术的应用

CAD 技术主要的应用领域有以下几个方面:

1. 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。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。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,以保持在教学上的领先地位和国际市场上的优势。

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。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的整个生命周期进行综合考虑。当前,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。现在较常用的软件有 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、SolidWorks、Pro/E、Solid3000 等。

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。

3. 电气和电子电路方面的应用

CAD 技术最早用于电路原理图和布线图的设计工作。目前,CAD 技术已扩展到印制电路板的设计,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的发展。

4. 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过程、飞机起降、船舶进出港口、产品的失效分析、飞行训练环境、作战系统、事故现场重现等。在文化娱乐界已大量利用计算机制作出现实世界中没有的动物、外星人以及各种场景等，并将动画、实际背景和演员的表演天衣无缝地结合在一起，摄制出一个个激动人心的巨片。

5. 其他应用

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都得到广泛的应用。

1.2 CAD 系统

1.2.1 CAD 系统结构

CAD 系统的构成从其体系结构讲可分为三个层次，如图 1-3 所示。基础层由计算机、外围设备和系统软件组成。系统软件在工作站上流行 UNIX 操作系统，在微机上流行 Windows、Linux 系统，随着网络的广泛使用，异地协同虚拟 CAD 环境将是 CAD 支撑层的重要发展趋势。应用层针对不同应用领域的需求由各自的 CAD 专用软件来支持相应的 CAD 工作。

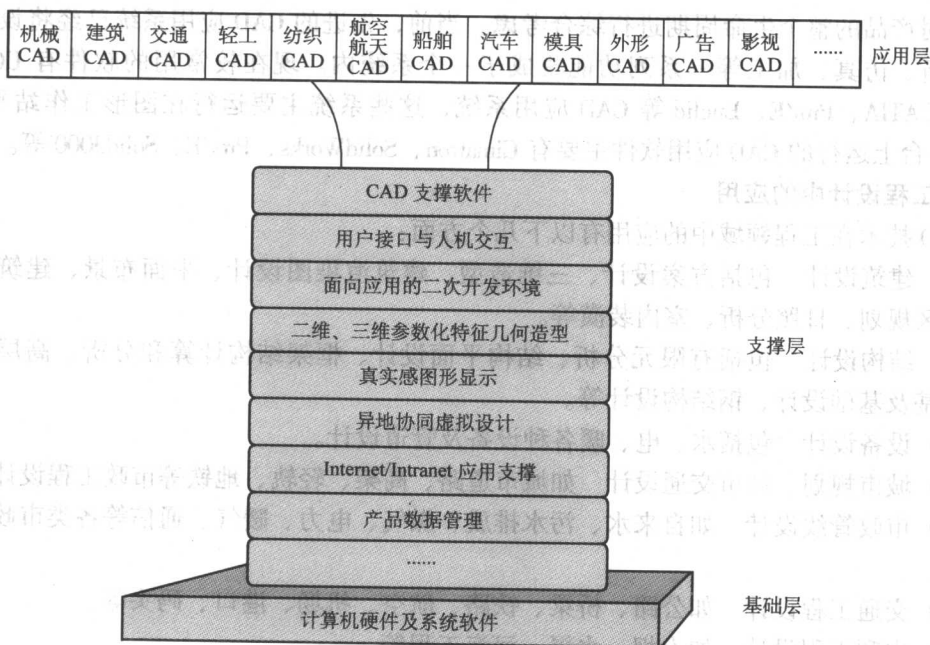


图 1-3 CAD 系统的三层结构

CAD 系统是由一系列硬件和软件组成的，如图 1-4 所示。硬件是计算机和外部设备的统称，软件是指在硬件上运行的程序以及与程序有关的所有文件。根据系统的要求，硬、软件的配置可能有所不同，而最低的硬、软件配置，是以满足系统的基本功能为目标。根据计算

机系统规模的大小,可以将计算机辅助机械设计系统分为单机系统、局域网络系统和万维网络系统。系统软件和硬件的配置,如图 1-5 和图 1-6 所示。

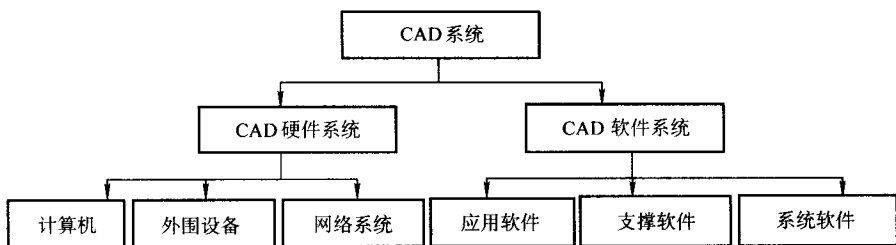


图 1-4 CAD 系统组成图

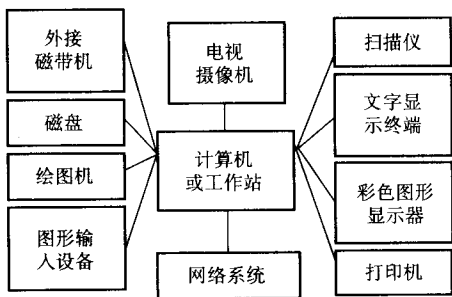


图 1-5 CAD 系统硬件配置

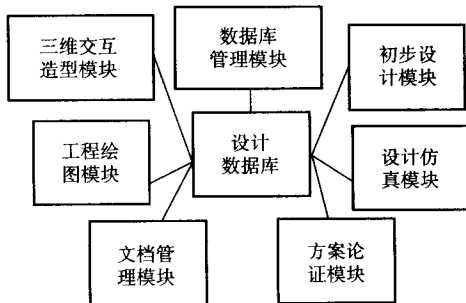


图 1-6 CAD 系统软件配置

1.2.2 CAD 系统硬件

CAD 系统的硬件由计算机、外围设备、网络系统组成。计算机分为大型机、中小型机,工作站和微机四大类。外围设备包括鼠标、键盘、扫描仪等输入设备和显示器、打印机、绘图仪、拷贝机等输出设备。网络系统由网卡、集线器、中继器、网桥、路由器、网关、Modem 等硬件设备连接到网络上,实现资源共享。网络的连接方式即网络的拓扑结构可分为:星形、总线形、环形、树形、星形和环形等组合形式。先进的 CAD 系统都是以网络的形式出现的,特别是在并行工程环境中,为了进行产品的并行设计,网络更是必不可少的。那种单机 CAD 的工作方式在大中型企业中将逐渐被淘汰。

下面介绍几种常见的 CAD 系统硬件。

1. 计算机

计算机也称为主机,由中央处理器、内存储器以及外部设备接口等组成。它是整个计算机硬件系统的核心,它的性能对 CAD 系统的性能影响很大。选用计算机的主要性能指标是运算速度、字长和内存大小等。

2. 输入设备

输入设备是人机交互的重要工具,设计人员通过输入设备向计算机输入数据、程序、图形等信息。输入设备包括键盘、鼠标、光笔、数字化仪、图形输入板、扫描仪、数码相机、