

高等学校教材

计算机辅助三维制图

赵勇 主编

—— *Solid Edge*



清华大学出版社 北京交通大学出版社

高等学校教材

计算机辅助三维制图

——Solid Edge

赵 勇 主编

清华大学出版社
北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书是在教改的基础上编写的一本新型教材——计算机辅助三维制图。本书以三维造型为核心，将制图技术、机械制图、计算机绘图融合为一体。强调知识的系统性和完整性，处理好多项内容的有机结合，突出重点，拓宽知识面，在继承和发展的基础上，体现出本书的特色和创意。

全书内容分为：绪论，零件草图，三维零件造型，标准件与常用件三维造型实践，工程图的计算机绘制及实践，三维零件装配及实践。

本书可作为高等学校机械类各专业教材，也可供自学者、其他各类学校有关师生及工程技术人员参考。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机辅助三维制图: Solid Edge / 赵勇主编. — 北京: 清华大学出版社; 北京交通大学出版社, 2005.9

(高等学校教材)

ISBN 7-81082-612-3

I. 计… II. 赵… III. 三维-计算机辅助设计-应用软件, Solid Edge-高等学校-教材
IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 100881 号

责任编辑: 陈 芳

出 版 者: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010-62776969 <http://www.tup.com.cn>

北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010-51686414 <http://press.bjtu.edu.cn>

印 刷 者: 北京东光印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 14 字数: 343 千字

版 次: 2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-81082-612-3/TP·228

印 数: 1~4000 册 定价: 19.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。
投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@center.bjtu.edu.cn。

前 言

为适应高等教育创新、发展的需要,立足于加强知识、素质和能力的综合培养等教学改革的教育理念,在进行教学实践及改革的基础上,编写了结合制图技术、机械制图、计算机绘图的新型教材——计算机辅助三维制图。

本教材强调制图知识继承与发展的关系,充分结合了先进的计算机辅助三维绘图的特色,创新和充实传统的制图内容,使计算机辅助三维制图知识与技能有机结合,以实现图形表达能力、空间想像能力和创新能力的培养。

本书的主要特点包括:

(1) 计算机三维绘图作为手段和绘图方式融入教材的始终,通过学习可使学生掌握一种先进的计算机三维绘图软件;

(2) 强化投影与三维造型的训练;

(3) 从草图的建立、三维零件的绘制入手,介绍了制图基础中的紧固件和常用件三维造型、工程图及其实践、三维装配及其实践,并突出三维设计的表达特点。

本教材图样清晰,文字简练,便于自学。

本书由北京交通大学赵勇主编。刘之汀编写了第4章的4.1、4.3、4.4节,第5章的5.10节,第6章的6.12节,其余各章节均由赵勇编写。

本书在编写过程中得到了北京交通大学机电学院领导及教师的大力支持,在此致以深情谢意。同时教材编写过程中参考了一些国内的同类著作,特向有关作者表示感谢。

限于编者的经验和水平,书中不当之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者
2005年8月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 制图技术的发展	1
1.1.1 制图技术的理论基础——工程图学	1
1.1.2 计算机辅助三维制图技术	2
1.2 计算机绘图概述	3
1.2.1 计算机绘图与计算机图形学	3
1.2.2 计算机绘图与计算机辅助设计	3
1.2.3 计算机绘图方式	4
1.2.4 图形系统的运行方式	4
1.3 微型计算机图形系统的构成与分类	5
1.3.1 系统的基本构成	6
1.3.2 系统的分类	8
1.4 微型计算机图形系统软件选择	13
1.4.1 系统软件	13
1.4.2 通用三维绘图软件	13
1.4.3 Solid Edge 简介	17
1.5 计算机辅助三维制图的研究对象和任务	20
1.6 课程的学习方法	20
习题	20
第 2 章 零件草图	21
2.1 基本概念	22
2.1.1 零件草图和轮廓图	22
2.1.2 闭环和图素	22
2.1.3 约束	22
2.1.4 尺寸驱动	23
2.1.5 几何关系驱动	24
2.1.6 全约束图形	24
2.2 草图设计综述	25
2.2.1 草图设计环境	25
2.2.2 绘制草图步骤	26
2.3 智能导航	27
2.3.1 智能导航设定	28
2.3.2 捕捉精度设定	30
2.4 绘制图形	31
2.4.1 绘制图形的线段命令	31

2.4.2	绘制图形的圆弧命令	34
2.4.3	绘制图形的圆和椭圆命令	35
2.4.4	绘制图形的矩形命令	37
2.4.5	阵列	38
2.5	编辑图形	40
2.5.1	选取图形	40
2.5.2	编辑图形的倒角命令	41
2.5.3	编辑图形的剪裁命令	42
2.5.4	编辑图形的偏移命令	43
2.5.5	编辑图形的几何变换命令	44
2.6	图形的尺寸标注与尺寸驱动	47
2.6.1	标注尺寸格式设定	47
2.6.2	智能尺寸	48
2.6.3	图素间尺寸	49
2.6.4	图形的尺寸驱动	52
2.7	图形的几何约束	52
2.7.1	几何约束关系	53
2.7.2	两点间的几何约束	53
2.7.3	两线段间的几何约束	53
2.7.4	相切	55
2.7.5	图形的全局几何约束	56
2.7.6	关系助手	56
2.8	图形的参数化	59
2.8.1	零件变量表	59
2.8.2	零件变量的显示控制	60
	习题	61
第3章	三维零件造型	63
3.1	三维零件造型方法的发展	63
3.1.1	三维零件造型方法简介	63
3.1.2	零件造型的线框方法	63
3.1.3	零件造型的表面方法	64
3.1.4	零件造型的实体方法	64
3.2	基于草图的特征造型方法	64
3.2.1	特征造型方法流程	65
3.2.2	特征造型参考平面	66
3.2.3	特征造型的拉伸距离	70
3.3	三维特征造型	71
3.3.1	增加材料的三维特征造型方法	72
3.3.2	削去材料的三维特征造型方法	79

3.3.3	常见工艺特征的三维造型方法	80
3.3.4	特征复制的三维造型方法	93
3.3.5	三维特征造型的定位参考方法	95
3.4	三维造型特征的修改及其参数设定	97
3.4.1	基于动态工具条的特征修改及参数设定	97
3.4.2	基于快捷菜单的特征修改及参数设定	98
3.5	三维特征造型的资源查找器	99
3.5.1	特征查找器	99
3.5.2	零件库	101
3.5.3	零件族	102
3.5.4	传感器	106
3.5.5	特征回放	109
	习题	109
第4章	标准件与常用件三维造型实践	111
4.1	螺纹紧固件三维造型实践	111
4.1.1	六角螺母三维造型	111
4.1.2	六角螺栓三维造型	113
4.2	齿轮、蜗杆与蜗轮三维造型实践	114
4.2.1	直齿圆柱齿轮三维造型	114
4.2.2	圆锥齿轮三维造型	115
4.2.3	蜗杆与蜗轮三维造型	116
4.3	键三维造型实践	118
4.3.1	圆头普通平键三维造型	118
4.3.2	半圆键三维造型	121
4.3.3	钩头楔键三维造型	122
4.4	弹簧三维造型实践	122
4.4.1	压缩弹簧三维造型	123
4.4.2	拉伸弹簧三维造型	124
第5章	工程图的计算机绘制及实践	127
5.1	工程图及其基本内容	127
5.2	工程图绘制环境	127
5.2.1	工程图绘制界面	127
5.2.2	工程图绘制命令	128
5.2.3	工程图绘制步骤	128
5.3	工程图绘制规范设置	129
5.3.1	图幅设置	129
5.3.2	标题栏设置	129
5.3.3	投影分角设置	130
5.3.4	绘图样式设置	130

5.3.5	用户模板设置	131
5.4	工程图的绘制	131
5.4.1	工程视图向导	131
5.4.2	主要视图	133
5.4.3	辅助视图	134
5.4.4	局部放大视图	134
5.5	剖视图和局部剖面图	135
5.5.1	剖面分割线	135
5.5.2	剖视图	135
5.5.3	局部剖面图	136
5.6	工程图编辑	136
5.6.1	视图间距调整	137
5.6.2	工程视图分割	137
5.6.3	工程视图转换	138
5.6.4	视图添加新图素	138
5.6.5	工程视图变换	139
5.6.6	更改视图线型	139
5.6.7	隐藏/显示图线	139
5.6.8	视图添加对称线	139
5.6.9	工程视图属性编辑	140
5.7	工程图尺寸标注	141
5.7.1	智能尺寸	141
5.7.2	尺寸自动标注	143
5.8	工程图辅助标注	144
5.8.1	表面粗糙度符号	144
5.8.2	焊接符号	145
5.8.3	形位公差符号	145
5.8.4	基准	146
5.8.5	指引线	147
5.8.6	零件标号	147
5.8.7	说明	148
5.9	工程图文本标注	149
5.9.1	文本	149
5.9.2	字符映射表	149
5.9.3	插入文本文件	150
5.9.4	调整插入的文本	150
5.10	传动轴的工程图绘制实践	151
	习题	157
第6章	三维零件装配及实践	161

6.1	装配设计方法	162
6.1.1	自下而上的装配设计	162
6.1.2	自上而下的装配设计	162
6.2	三维零件装配过程	162
6.2.1	调入基础零件固定架	162
6.2.2	装配受力杆	164
6.2.3	装配连杆 1	165
6.2.4	装配连杆 2、3	165
6.2.5	装配马达活塞杆	166
6.2.6	装配马达	166
6.3	装配关系	166
6.4	装配命令	172
6.5	装配体剖切	176
6.5.1	装配体剖切	177
6.5.2	装配体剖切操作	178
6.5.3	装配体动态剪裁	179
6.6	装配体显示配置	179
6.7	装配体的爆炸视图	181
6.7.1	爆炸方式	182
6.7.2	位置调整	183
6.7.3	方向调整	184
6.7.4	子装配体的处理	184
6.7.5	其他命令	185
6.7.6	爆炸视图的投影	185
6.8	装配资源查找器	187
6.8.1	查看装配层次	188
6.8.2	选择、删除和编辑零部件	188
6.8.3	查看零部件状态	189
6.8.4	查看和删除装配关系	189
6.8.5	编辑装配关系	190
6.9	装配设计校验	190
6.9.1	实体特性	190
6.9.2	几何查询	191
6.9.3	干涉检查	191
6.10	三维零部件装配渲染	192
6.10.1	指定模型的色彩方式	193
6.10.2	渲染设定	194
6.10.3	建立材质库	197
6.10.4	零件渲染实例	200

6.10.5 装配体渲染实例	202
6.11 动画制作	203
6.11.1 时间线和回放	204
6.11.2 飞行路径向导	204
6.11.3 删除飞行路径	206
6.11.4 加帧和移除帧	206
6.12 滚动轴承三维装配实践	206
6.13 齿轮及蜗轮、蜗杆传动轴系的装配实践	210
习题	210
参考文献	211

第1章 绪 论

1.1 制图技术的发展

在工程技术中准确地表达对象的形状、结构及其尺寸等的图称为图样，近代一切机器、仪器和工程建筑都是根据图样进行制造和建设的。设计者通过图样来描述设计对象，表达其设计意图；制造者通过图样来了解设计要求，组织制造和施工；使用者通过图样来了解使用对象的结构和性能，进行保养和维修。所以图样被称为工程界的技术语言。

工程图样也是工程技术界使用最广泛的“语言”，自其理论基础画法几何学由法国著名科学家加斯帕·蒙日（Gaspard Monge, 1746—1818）在18世纪末创立以来，由于工业大生产和科学研究不断对“图”提出新的要求，在经过许多科学工作者的努力之后，逐渐形成了一门独立的学科——工程图学。

工程图学是研究图的理论与技术的学科，它包括理论图学、应用图学、计算机图学和制图技术，它广泛地深入到生产建设和科学研究的各个领域，与此同时也不断地丰富和发展了本学科的内容。

随着科学技术的进步，尤其是计算机科学技术的迅速发展，计算机图形技术 CG（Computer Graphics）和计算机辅助设计 CAD（Computer Aided Design）已经在世界各国、各个行业广泛应用。不仅在设计过程中人们可以借助 CAD 系统建立描述对象的模型，进行对象的仿真，生成表达对象的图形，代替人的手工设计计算和绘图，提高设计的效率和质量，而且随着科学计算可视化、信息可视化、虚拟现实研究和应用的日益迫切，人们对图形信息的需求越来越多，图形应用领域越来越广阔，从工程技术到科学研究及人们的社会生活无所不在。形成这种局面的原因，一方面是因为图形特别适合人类视觉系统的观察，人的眼睛从图形上接受信息的内容比数字、文字、表格快很多倍，并且人类对图形也具有高度的理解本能，因此用图来记录或描述对象比用文字描述要简明、方便得多。如果不借助图形提供的形象直观地视觉表示，人类就很难研究真实世界或抽象世界的模型。另一方面，现代计算机科学技术、通信技术、图形处理技术为图形的生成、处理、存储提供了强有力的手段和工具，使快速、方便、实时地生成图形成为现实。

随着信息时代的到来，工程技术人员每天需要接受和处理的图形比过去要多得多，这就要求工程技术人员应具备高的图形表达能力和素质。因此为适应培养高等工程技术人才的需求，计算机辅助三维制图已成为一门必修的技术基础课程。

1.1.1 制图技术的理论基础——工程图学

工程图学的主干是理论图学和应用图学。

理论图学除了传统的画法几何之外，还包括各种与之密切相关的几何学，如仿射和射影

几何、几何变换、解析画法几何、微分画法几何和多维画法几何等。

画法几何是理论图学的核心。由于人类对于客观事物的认识是随着抽象的提高而深入的，每当人们对空间的理解前进一步时，几何学就会取得新的进展；当人们把这种新的几何概念引入画法几何时，画法几何就会达到一个新的高度。

理论图学随着生产实践的发展而发展。例如产品需要某些特殊形式的曲面，就形成了骨架曲面的图示和图解问题。又如研究工程曲面解析表达式，研究根据离散点拟定光滑型线的算法，根据已知的边界线上点的坐标算法、在透视投影中研究变换前后点的坐标关系解析表达式等，都属于图解解析法研究范畴。

随着计算机绘图的发展，出现了为计算机绘图服务的画法几何。它给理论图学带来了许多新问题，不仅研究图解法，同时还要研究解析法，更要研究与画法几何、计算机图学有关的各门学科的内容。

应用图学的研究范围比较广泛，主要是应用工程图学的理论与数学结合的方法，来解决工程技术上或其他学科中所遇到的各种空间关系问题。随着经济的发展，对于应用图学的研究，无论在理论分析的深度上还是在应用领域的开拓上，都提出了较高的要求。

自 20 世纪 70 年代以来，我国应用图学方面的研究有了很大的发展，如空间角度的图解计算、空间机构设计、工程曲线曲面、体视投影、诺谟图和图算法、离散工程图学、多维画法几何、模拟与仿真、分形几何学等。

总之，应用图学的研究早已超越传统专题的老框架，它的发展与新技术有密切的关系，已伸向各个学科领域，逐步走向现代化发展的提高阶段。

1.1.2 计算机辅助三维制图技术

制图技术的涵义很广，内容也很丰富。可以这样认为：“向人们提供以图形或图像为主的形象信息技术，皆可称为制图技术”。它是由手工工具描绘生产物的技艺发展起来的，至今仍然含有大量的手工技艺成分，但在科学技术突飞猛进的今天，制图技术已远非手工技艺所能满足。一方面改进设计制图的装备和用品，为广大设计人员服务，以提高制图技术水平和图样质量；另一方面向人们提供传递直观信息的先进手段。计算机绘图就是一种高级制图技术、图像显示及摄影技术的综合，它在工业中得到了广泛应用。现代制图技术，无论从理论、内容、绘图技巧、绘图工具及其装备等，都有很大发展，已形成一门综合性的学科。该学科中手工技艺与高科技相结合，使制图技术达到一个新的高度——计算机辅助三维制图。

计算机辅助三维制图是计算机图学发展的一个高级阶段。它是伴随着电子计算机及其外围设备而产生和发展建立的。在航空、造船、汽车、电子、建筑、气象甚至艺术等各个部门中得到了广泛应用，同时推动了这门学科不断发展，而且在不断地解决应用中提出的各类新课题之后，又进一步充实和丰富了这门学科的内容，如科学、技术及事务管理中的交互式绘图，绘制勘探、测量的图形，系统模拟及动画片，过程控制，办公室自动化中绘制的各种图表，艺术品的花纹、图案，商业广告，计算机辅助教学（CAI），农业上模拟植物生长的过程，轻工业中的印染、纺织、服装配料和剪裁，为医学诊断治疗提供的形象、直观手段等。

1.2 计算机绘图概述

1.2.1 计算机绘图与计算机图形学

在生产活动中,图样往往是表达和交流思想的工具。但是长期以来,无论是二维的平面图,还是三维的立体图,都用手工绘制,效率低,精度差。随着计算机技术的发展,出现了计算机辅助绘图,即通常所说的计算机绘图。计算机绘图是使用图形软件和硬件进行绘图及有关标注的一种方法和技术。所绘制的图形是人类传递信息的重要方式。

随着计算机硬、软件技术的不断发展,计算机绘图的有关理论与技术也得到深入发展,于是逐渐形成了一门新的学科,称为计算机图形学(Computer Graphics,简称CG)。这是一门涉及计算机科学、数学及工程图学等领域的交叉性学科。按照国际标准化组织ISO在数据处理词典中对它下的定义是:“计算机图形学是研究计算机将数据转换为图形,并在专用设备上显示的原理、方法和技术的科学。”一般其研究内容有以下4个方面。

(1)在硬件方面,计算机图形学主要研究图形输入设备、图形处理设备、图形显示设备及图形绘制设备。

(2)在软件方面,研究如二维绘图系统、三维造型系统、动画制作系统、真实感图形生成系统等。

(3)在图形处理的理论与算法方面,研究几何元素和图形的生成方法,实体表示的理论及其拼合算法,图形变换、图形裁剪算法,物体隐藏线及隐藏面消去的算法,真实感图形生成算法等。近年来,计算机图形学的研究出现了分布式处理、声像一体化、分维几何、虚拟现实、多媒体技术及科学计算可视化等新理论及技术。

(4)在图形处理问题的实际应用方面,计算机绘图是计算机图形学的应用范畴,但在深度和广度上有所区别。从发展来看,先出现计算机绘图,后逐渐发展形成计算机图形学。但计算机绘图不等于计算机图形学,计算机绘图是计算机图形学中涉及工程图形绘制的那一部分方法与技术,是一门工程技术,它不要求用户通晓理论与算法,只需掌握软件功能及所要求的操作技能就能实现计算机绘图的目的。

1.2.2 计算机绘图与计算机辅助设计

计算机辅助设计CAD(Computer Aided Design)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。

CAD涉及以下一些基础技术:

(1)图形处理技术,如二维交互图形技术、三维几何造型技术及其图形输入、输出技术;

(2)工程分析技术,如有限元分析、优化设计及面向各种专业的工程分析等;

(3)数据管理与数据交换技术,如产品数据库管理、产品数据交换规范及接口等;

(4)文档处理技术,如文档制作、编辑及文字处理等;

(5)软件设计技术,如窗口界面设计、软件工具、软件工程规范等。

因此, CAD 不等于计算机绘图, CAD 有它本身丰富的内涵, 但计算机绘图是 CAD 的一个重要基础。没有计算机绘图就不会有 CAD 的发展, 因为所有的设计结果都需要图形表示。纵观 CAD 的发展, 就可看出计算机绘图在 CAD 发展中所起的重要作用。

CAD 发展的第 1 阶段。在这一阶段 CAD 软件基本上是一个二维交互绘图系统, 以绘制二维工程图为主要目标, 因此这类 CAD 软件本质上是一个计算机绘图系统。因此, 计算机绘图是 CAD 的基础之一, 而 CAD 则是计算机绘图的一个最重要的应用领域。

CAD 发展的第 2 阶段。在本阶段 CAD 软件是以三维线框、曲面与实体造型为基础的 CAD/CAM 系统。其中的二维工程绘图、三维造型等体现了计算机绘图作为基础的重要作用。

CAD 发展的第 3 阶段。在该阶段 CAD 软件发展为以参数化特征造型、变量化设计、装配设计、统一的数据模型为特点的 CAD/CAM 集成系统, 且目前仍在发展之中。

CAD 发展的第 4 阶段。该阶段 CAD 软件将以产品数据管理 PDM (Product Data Management) 和统一的产品信息模型及其数据交换规范 STEP (Standard for Exchange of Product Model Data) 为核心的工作集成环境。这是新一代 CAD 软件, 它将支持产品的并行设计、参数化和变量化设计、概念设计和装配设计等, 而其中必有计算机绘图技术的新发展。

1.2.3 计算机绘图方式

计算机绘图方式可分为两类。

1. 交互式绘图

在一个二维或三维交互图形系统中, 设计人员用键盘、鼠标器、图形输入板等输入手段, 采用菜单驱动方式, 输入各种命令与数据, 生成所需图形, 并利用编辑功能对图形进行交互修改。在作图及修改过程中, 图形始终实时地显示在屏幕上, 当获得满意结果后, 存入计算机或在绘图机上输出, 以获得图形的硬备份。

2. 被动式绘图

有些图形系统不具备交互功能, 只提供各种图形命令或图形程序库, 通过编程获得所需图形。图形也可在屏幕上显示或经绘图机输出。但因图形完全由编程决定, 没有人机交互作图或修改的可能性, 故图形的输出完全是被动地执行程序的结果。但现在大多数监护通信系统也有高级语言调用的图形程序库或特定的图形编程语言, 用这些功能也能实现被动式绘图。

1.2.4 图形系统的运行方式

计算机绘图系统的运行方式包括: 独立交互系统、脱机成批处理系统和联机系统。

1. 独立交互系统

如图 1-1 所示是目前常见的交互式图形处理系统。一般采用小型机、微型计算机或超级微机作为主机。主机直接与图形输入设备(如扫描仪、数字化仪等)、显示器及绘图机相连接, 一面进行人机交互作业, 一面逐项进行相应的图形处理。当采用超级微机作为主机时就成了通常所说的工作站系统了。工作站是一种由功能很强的硬件组成的图形处理和显示的设备, 它有比一般微型机功能更强大的中央处理器(CPU)和显示控制器(CRTC)芯片, 有容量更大的内、外存储器及性能更完善的图形输入、输出设备。它能支持高分辨率的图形实

时模拟,更好地满足了工程设计、制造及许多应用领域的实际需求。

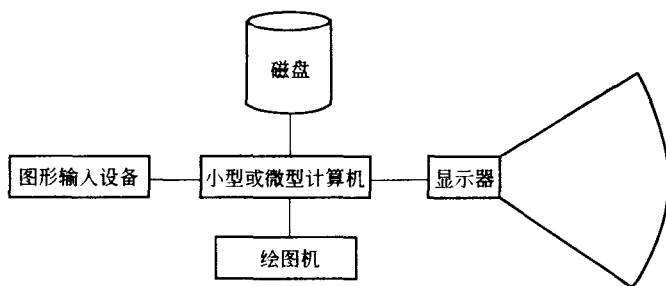


图 1-1 独立交互系统

2. 脱机成批处理系统

脱机成批处理系统以大中型计算机作为主机系统,如图 1-2 所示。这时主计算机将图形处理的结果记录在磁带或纸带等介质上,在绘图机与主计算机脱机的情况下,经读取装置将介质上的图形信息放入控制器,再经接口由绘图机输出。这样避免了主计算机对绘图机的等待,提高了主计算机的工作效率。磁带的记录也可在联网的远程终端上控制主计算机来获得。所谓成批处理是指将作业汇集到一定数量再处理的一种方式,其优点是使计算机的空闲时间减少。

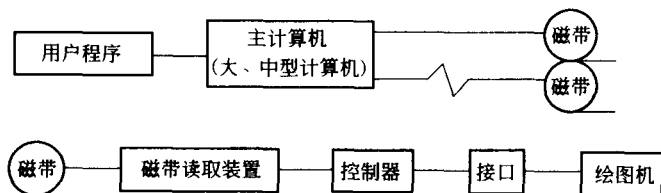


图 1-2 脱机成批处理系统

3. 联机系统

联机系统如图 1-3 所示。其中间不需要介质传输,主计算机通过接口直接控制绘图机绘图。但这时主计算机必须采用分时操作方式,所谓分时是指一台计算机能将时间分割开来轮流给各种作业使用的方式,简称分时方式。

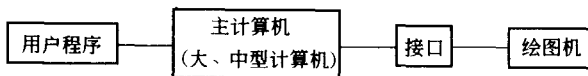


图 1-3 联机系统

上述 2、3 两种系统的运行方式均不适合采用交互作图的方式,故它们均属于被动式绘图。

1.3 微型计算机图形系统的构成与分类

由于计算机硬件技术的不断发展,当前计算机硬件系统已发展成为具有强大图形处理功

能的 CAD 系统，即在 CAD 系统中无一不具备图形系统的软硬件功能。因此从概念来说 CAD 系统包括了图形系统，图形系统是 CAD 系统的基础。从某种意义上说，CAD 硬件系统的构成与分类也就是图形系统硬件的构成和分类。

1.3.1 系统的基本构成

一个图形系统的基本构成如图 1-4 所示。它共分为 3 部分：

- (1) 计算机，包括图中的中央处理器（CPU）、键盘与图形显示终端；
- (2) 图形输入设备；
- (3) 图形输出设备。输入、输出设备的种类很多，可根据需要进行不同的选配。现代图形系统均为交互系统，交互是靠用户操作图形输入设备来实现的。

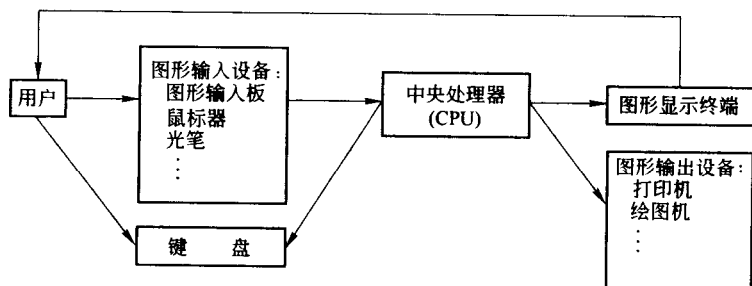


图 1-4 图形系统的基本构成

现代企业的 CAD 系统从一开始的比较简单发展到目前的较大规模，其组成也越来越复杂。CAD 系统从内部分工的角度看其结构如图 1-5 所示。

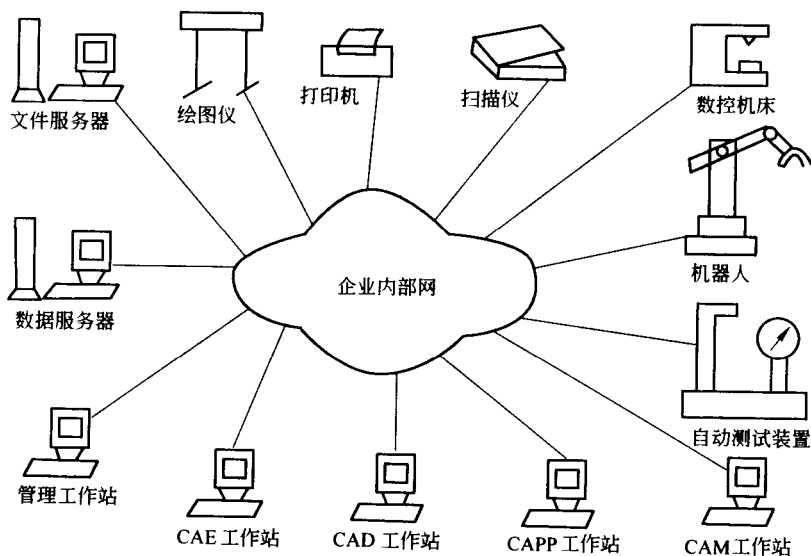


图 1-5 CAD 系统结构

CAD 工作站是指一台安装了 CAD 软件的计算机，用于产品的设计。注意工作站的主机可以是 PC 机。CAD 工作站是现代 CAD 系统的重要组成部分，在一个单位往往有多台。同

样, CAE 工作站是指一台安装了 CAE 软件的计算机, 用于有限元分析、机构分析和优化设计。CAM 工作站是指一台安装了 CAM 软件的计算机, 用于图形数控编程和仿真。有的软件集成了 CAD、CAM、CAE, 那么安装这些软件的工作站就能同时担当上述 3 个工作站的角色。一般情况下, CAD、CAM、CAE、CAPP 和工程管理分别由不同的工程师使用, 他们既有分工又有合作, 形成了现代 CAD 系统的核心部分。

服务器是专门为所有的工作站提供服务的。数据库服务器提供数据的管理和维护, 文件服务器提供文件的共享和维护。此外还有 Web 服务器、电子邮件服务器为工作人员的相互协作提供方便。系统的有些服务并不需要一台专门的服务器, 而由工作站兼任, 如软件授权认证服务和打印服务。

绘图仪、打印机、扫描仪统称为计算机外设。绘图仪和打印机提供图形的输出或硬拷贝, 扫描仪则将图纸上的线图转换为光栅图供计算机系统处理。这些外设不是经常使用, 为了节省开支和空间, 一般通过网络共享给很多的用户。

数控机床和机器人是机械制造的主要工具, 它们接受来自 CAM、CAPP 的指令和工作程序, 同时受管理系统的管理, 最终将产品生产出来。

作为 CAD 系统的一个工作站, 其内部结构可划分为 4 个层次。如图 1-6 所示。

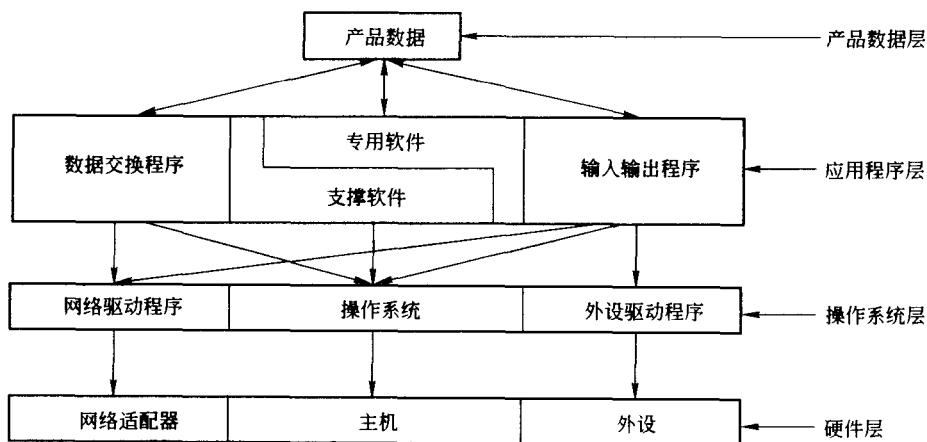


图 1-6 工作站内部结构

硬件层是工作站的基础, 看得见, 摸得着。硬件层中最核心的部分是主机, 主机包括 CPU、内存、主板、软驱、光驱、硬盘、显示器、键盘、鼠标。在 CAD 系统中目前常用的硬件是 PC 机和工程工作站。网络适配器一般是指网卡或调制解调器, 它是将工作站与网络连接的门户。外设主要是指打印机、绘图仪和扫描仪, 用于输入输出图形。外设经常通过 RS-232 串口或并行打印口与工作站相连, 因此外设也可以看作是工作站硬件的一部分。

操作系统层主要是指安装在硬件上的操作系统。典型的操作系统有 DOS, Windows, UNIX, Linux。操作系统直接与下层的硬件层打交道, 同时向上层的应用程序提供支持。外设驱动程序用来驱动外设, 网络驱动程序用来驱动网络适配器。没有它们硬件就无法发挥作用。

应用程序层就是指具体的应用软件, 这些软件是由不同的开发商开发的。现代 CAD 的