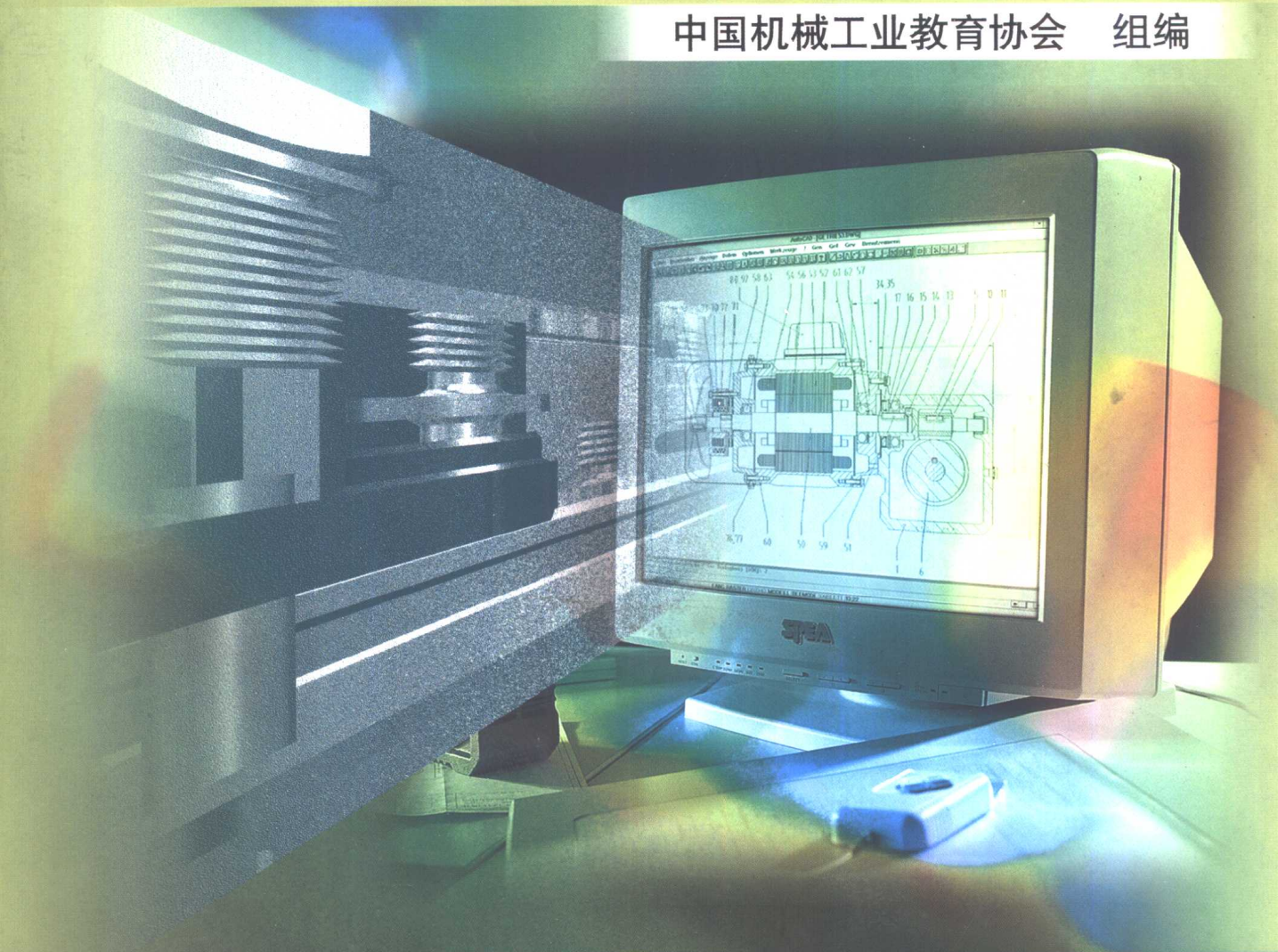


计算机辅助设计与制造

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社
China Machine Press

21 世纪高职高专系列教材

计算机辅助设计与制造

中国机械工业教育协会 组编

主 编 天津中德职业技术学院 宋宪一
副主编 甘肃工业大学 杨 萍
参 编 河北工业大学 李世杰 郭兰申
天津职业大学 沈兴东
天津中德职业技术学院 王 伟
主 审 洛阳工学院 徐顺利



机械工业出版社

本书是 21 世纪高职高专系列教材之一,该教材采取理论、技术应用与实训教学相结合,并参考当今 CAD/CAM 领域常用专业系统软件,内容通过以绘图、分析、模拟测试及判断、优化解决实际问题,使读者掌握 CAD 基本知识和技法,为今后学习 CAD/CAM 和应用打下基础。本书介绍了人一机交互型 CAD/CAM 系统的软、硬件配置基本情况,二维和三维几何图形生成的常见通用命令形式,操作命令的应用场合及实例分析,CAD/CAM 一体化过程,CAM(自动编程)软件的应用及 CAE 简介,每章后附有一定数量的复习思考题。

本书可作为高等职业技术学院、高等学校专科、职工大学、业余大学、函授大学、成人教育学校等大专层次的工科类的教材,也可作为广大自学者及工程技术人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计与制造/中国机械工业教育协会组编. —北京:机械工业出版社,2001.5

21 世纪高职高专系列教材

ISBN 7-111-08380-6

I. 计… II. 中… III. ①计算机辅助设计—技术学校:高等学校—教材②计算机辅助制造—技术学校:高等学校—教材 IV. TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 21026 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:吴天培 版式设计:冉晓华 责任校对:韩 晶

封面设计:姚 毅 责任印制:路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·15 印张·368 千字

0 001—4 000 册

定价: 23.00 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) 68993821、68326677-2527

NJ5320102

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰
大连理工大学 唐志宏
天津大学 周志刚
甘肃工业大学 路文江
江苏理工大学 杨继昌
成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)
沈阳工业大学 李荣德
河北工业大学 檀润华
武汉船舶职业技术学院 郭江平
金华职业技术学院 余党军

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华
山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明
上海电机技术高等专科学校 徐余法
天津中德职业技术学院 李大卫
天津理工学院职业技术学院 沙洪均
日照职业技术学院 李连业
北方交通大学职业技术学院 佟立本
辽宁工学院职业技术学院 李居参
包头职业技术学院 郑刚
北京科技大学职业技术学院 马德青
北京建设职工大学 常莲
北京海淀走读大学 成运花
江苏理工大学 吴向阳
合肥联合大学 杨久志

同济大学 孙章
机械工业出版社 李超群 余茂祚 (常务)
沈阳建筑工程学院 王宝金
佳木斯大学职业技术学院 王跃国
河北工业大学 范顺成
哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录
洛阳大学 吴锐
洛阳工学院职业技术学院 李德顺
南昌大学 肖玉梅
厦门大学 朱立秒
湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪
彭城职业大学 陈嘉莉
燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议，作出了“关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定”的重大决策，强调教育在综合国力的形成中处于基础地位，坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育，培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力，适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此，教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议，进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务；以适应社会需要为目标；以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案；以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系；高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要，即用人的需求；教材可以“一纲多本”，形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人，教材先行”，教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求，中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本（书目附书后）已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制（总学时1600~1800）、兼顾2年制（总学时1100~1200）的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强了针对性和实用性，强化了实践教学。为了扩大使用面，在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的，但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量，真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材，组织编写队伍时，采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿，以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一，在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验，出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材，在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的系列教材。

中国机械工业教育协会

前言

随着科学技术的不断发展,特别是计算机技术的日新月异,越来越引起人们的重视。广大工程技术人员迫切希望能够采用一种方法和工具来有效地取代传统的设计及手工绘图模式,从而把他们从沉闷、重复性的工作中解脱出来,以便有更多的时间用来进行更有效的创造性劳动。为此,人们对采用计算机进行辅助设计这一新技术领域有着很高的兴趣与迫切需求,并且国家在大力推进制造业信息化的同时,提出了CAD和CIMS两大项目的高速发展计划。

计算机辅助设计技术在我国出现于20世纪70年代,现在已经在机械、航空、电子、造船、汽车、石油、建筑、地质、测绘及轻工等行业得到了应用及深层次的推广。由于这项技术的应用在我国开展的时间较晚,而普及和国产化程度较低。目前,我国一些科研机构、高等院校正继续加紧研究开发适合国情和符合民族工业发展的,并能与国际同类技术接轨的CAD/CAM系统技术。国内的一些理工科院校也正在逐步地开设有关课程。所以说,普及和推广应用这一新兴学科,促进我国科学技术的迅速发展,提高产品设计水平,已势在必行。

为了培养21世纪高级技术应用型人才,普及CAD/CAM应用、推广工作的需求,我们根据高职高专系列教材的要求和不同层次读者的实际情况,组织编写了这本教材。在编写过程中,本着由浅入深、循序渐进及通俗易懂的指导思想与原则,从CAD/CAM系统的基本概念开始,对常见的CAD系统软件绘图功能与作用进行分析和讲解。力争通过本书的学习,使广大读者对CAD/CAM技术的基本用途与功能有一较全面的了解,为进一步学习CAD/CAM系统中的其它相关技术打下基础。

为了便于广大读者自学,在每一章末,都编写了一定数量的复习思考题。

本书由中国机械工业教育协会组织编写。其中第1章至第4章由天津中德职业技术学院宋宪一、王伟编写,第5、6章由甘肃工业大学杨萍编写,第7、8章由河北工业大学李世杰、郭兰申编写,第9章由天津职业大学沈兴东编写,全书由天津中德职业技术学院宋宪一主编,甘肃工业大学杨萍任副主编,洛阳工学院徐顺利主审。借本书即将出版之机对在编写过程中给予支持和帮助的各级领导和专家表示真诚感谢!

由于编者等水平有限,编写时间仓促,书中不足和疏漏之处在所难免,敬请使用本书的广大师生及读者批评指正,以便再版时修改和补充。

编 者

目 录

序		
前言		
第1章 计算机辅助设计与制造系统概述	1	
1.1 计算机辅助设计与制造的基本概念及发展史	1	
1.2 系统的作用与组成	2	
1.2.1 系统的作用	2	
1.2.2 系统的类型	4	
1.3 系统硬件环境	5	
1.3.1 主机	6	
1.3.2 输入装置	6	
1.3.3 输出装置	8	
1.3.4 外部存储装置	13	
1.3.5 人一机交互装置	14	
1.4 系统软件环境	15	
1.4.1 系统管理软件	16	
1.4.2 应用程序	16	
1.4.3 应用程序的组成	18	
1.5 系统工作流程	19	
复习思考题	21	
第2章 图形生成基础要素	22	
2.1 操作平台	22	
2.2 系统坐标	24	
2.2.1 二维平面坐标	24	
2.2.2 极坐标	24	
2.2.3 三维立体坐标	24	
2.2.4 球坐标	25	
2.3 二维、三维模型	25	
2.3.1 二维模型的建立	26	
2.3.2 三维模型的建立	26	
2.4 文件	28	
2.5 几何图形元素定位	29	
2.6 “橡皮筋”	31	
2.7 元素点识别	32	
2.8 元素选择	36	
复习思考题	38	
第3章 几何图形元素与生成	40	
3.1 几何图形元素的种类	40	
3.2 点(实体)元素	40	
3.3 线元素	43	
3.3.1 过两点生成线元素	43	
3.3.2 用起始点、角度和距离生成线元素	43	
3.3.3 水平与垂直线元素	43	
3.3.4 平行线与等距线元素	44	
3.3.5 角度平分线	44	
3.3.6 切线元素	44	
3.3.7 连续折线	45	
3.4 圆元素	45	
3.4.1 利用圆中心点的半径或直径确定圆元素	46	
3.4.2 利用圆中心点和圆周上一点确定圆元素	46	
3.4.3 生成与已知元素相切的圆	46	
3.4.4 利用两个或三个任意点生成圆	46	
3.5 弧元素	47	
3.5.1 利用圆心、半径(或直径)、起始角和终止角生成弧	47	
3.5.2 利用圆心、弧上一点、起始角和终止角生成弧	47	
3.5.3 利用弧上两点和半径或三点生成弧	48	
3.5.4 利用相切关系生成弧	48	
3.5.5 利用起始点、终止点和圆心角生成弧	49	
3.5.6 利用端点相切的关系生成弧	49	
3.6 椭圆元素	49	

3.7 链元素	50	4.13 几何图形的放大与缩小	77
3.7.1 矩形	50	4.13.1 局部放大	78
3.7.2 任意多边形	50	4.13.2 比例放大和缩小	78
3.7.3 任意链元素	50	4.13.3 自动定标显示与显示回溯	79
3.8 样条	51	4.14 辅助线与栅格	80
3.8.1 三次样条	51	4.14.1 辅助线	80
3.8.2 B样条	54	4.14.2 栅格	82
3.9 过渡元素	54	4.15 尺寸标注	83
3.9.1 圆角	55	4.15.1 线段标注	83
3.9.2 切角	55	4.15.2 圆与圆弧标注	85
3.9.3 “专用切角”	56	4.15.3 角度标注	85
3.10 阴影线	56	4.15.4 尺寸公差与符号表示	86
3.10.1 边界条件法	56	4.15.5 尺寸参数设定	86
3.10.2 剖切面法	57	4.16 文字说明	87
3.11 其它元素	58	4.17 图形文件的输出与管理	89
复习思考题	58	复习思考题	90
第4章 CAD系统中的辅助 功能	61	第5章 常用CAD软件的应用	92
4.1 宏程序命令	61	5.1 二维图形的生成	92
4.1.1 宏元素的类型与特点	62	5.1.1 关于CAXA2000	92
4.1.2 产生变异宏程序的方法	63	5.1.2 CAXA2000电子图板用于 二维图形的生成	98
4.2 元素属性	64	5.2 三维图形的生成	105
4.3 层操作	67	5.2.1 关于AutoCAD R14	105
4.4 删除与消隐	68	5.2.2 AutoCAD R14用于三维图形 的生成	112
4.4.1 删除	68	5.3 装配图的生成	128
4.4.2 消隐	68	5.3.1 装配图的内容	128
4.5 修剪与延伸	69	5.3.2 画装配图的步骤	129
4.6 切断	71	5.3.3 装配图的生成	129
4.7 扩展	71	复习思考题	135
4.8 比例变换	72	第6章 CAD的实现	136
4.9 移动与复制	73	6.1 结构布局设计	137
4.9.1 相对移动与复制	73	6.2 设计过程的优化	138
4.9.2 绝对移动与复制	73	6.2.1 概述	138
4.10 图像偏心(PAN)	74	6.2.2 优化设计方法	138
4.11 旋转与复制	75	6.2.3 减速器结构的优化设计	140
4.12 镜像映射	76		

6.3 零件的设计	145	8.3.3 特征建模开发实例	178
6.3.1 机械零部件的 CAD 所涉及的问题	145	8.4 数控加工的工艺控制	179
6.3.2 编制机械零部件设计程序的一般步骤	146	8.4.1 数控编程的工艺处理	179
6.3.3 二级圆柱齿轮减速器输出轴零件的 CAD	146	8.4.2 数控编程的数学处理	182
6.4 装配件的生成	148	8.5 数控程序的编制	183
6.5 结构设计的检验	152	8.5.1 数控编程的标准与代码	183
6.5.1 校验性计算	153	8.5.2 数控编程的指令代码	185
6.5.2 计算机模拟	153	8.5.3 数控加工程序的结构与格式	189
复习思考题	153	8.5.4 数控编程的方法及其发展	190
第 7 章 CAM 及 CAD/CAM 集成系统	154	8.5.5 自动编程语言的发展概况	190
7.1 CAD/CAM 集成系统概述	154	8.5.6 APT 语言的基本组成	191
7.1.1 CAD/CAM 集成的基本概念	154	8.5.7 APT 语言基本语句	194
7.1.2 CAD/CAM 系统的组成	154	8.5.8 数控程序系统	199
7.1.3 CAD/CAM 系统的集成方案	155	8.5.9 数控程序的动态模拟系统	201
7.1.4 CAD/CAM 系统的发展	155	复习思考题	203
7.2 集成产品数据模型及数据交换接口	156	第 9 章 计算机辅助工程分析 (CAE) 简介	204
7.2.1 集成产品数据模型	156	9.1 CAD 模型的基本分析方法	204
7.2.2 产品数据交换标准	157	9.2 工程设计图表数据处理	204
7.3 CAD/CAM 集成系统示例	162	9.3 机械零件性能计算方法	209
复习思考题	165	9.4 有限元分析方法	211
第 8 章 CAM 及自动编程系统	166	9.4.1 有限元法的基本原理和分析方法	211
8.1 自动编程基本概念	166	9.4.2 有限元分析的前置处理	214
8.1.1 自动编程的发展	166	9.4.3 后置处理	218
8.1.2 数控加工的特点	167	9.5 优化设计方法	218
8.1.3 数控编程的内容和步骤	168	9.6 CAE 在机械工程中的应用	222
8.2 曲面造型	169	9.6.1 齿轮弯曲应力的有限元分析	222
8.2.1 曲面造型概况	169	9.6.2 受扭转轴的应力分析	224
8.2.2 曲面构造方法	170	9.6.3 发动机连杆的应力分析	225
8.3 特征实体建模	175	9.6.4 螺母与螺栓间的受力分析	226
8.3.1 实体建模的原理及实体生成方法	175	9.7 常用 CAE 软件简介	227
8.3.2 特征建模	175	9.7.1 I-DEAS MASTER SERIES 工程分析功能	227
		9.7.2 PRO/ENGINEER 工程分析功能	227
		复习思考题	227
		参考文献	229

第 1 章 计算机辅助设计与制造系统概述

1.1 计算机辅助设计与制造的基本概念及发展史

计算机辅助设计与制造系统随着电子与信息、制造技术的不断快速发展,在工程设计、产品制造与技术文件信息化管理等方面的应用中也正在不断完善与发展。它的发展、应用与普及程度往往需要人们对它有一个较全面地了解。

关于这一系统概念最早是在 20 世纪 50 年代末至 60 年代初由美国麻省理工学院的 D.T.Ross 开发的 APT 程序系统的基础上逐步形成的。APT 语言是通过刀具轨迹的描述来实现计算机辅助自动数控编程的系统。人们提出了一种设想:能否不描述刀具轨迹,而是直接描述被加工工件的尺寸和形状。1963 年,麻省理工学院的研究生 I.E.Sutherland 在美国的计算机联合大会上(SJCC)宣读了他的题为“人机对话图形通信系统”的博士论文。由他推出的二维 SKETCHPAD 系统,通过设计者坐在图形显示器前操作光笔和键盘,在屏幕上显示图形来进行绘图。这一研究成果具有划时代的意义,促进了计算机辅助设计和制造的发展。

从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期,针对某个特定问题的 CAD 系统蓬勃发展,出现了主要以绘图为目的的配套 CAD 系统。所谓配套 CAD 系统一般是由小型或微型计算机、数字化仪、显示装置、绘图仪等硬件组成的,并与软件配套出售的自动绘图系统。与此同时,为适应设计和加工任务的要求,三维几何处理软件也得以发展。例如相继出现英国的 BUILD 系统、日本的 TIPS-1 和 GEOMAP 系统、美国的 CADD 系统等。

时至今日,计算机辅助设计与制造技术已经在机械、航空、电子、造船、汽车、石油化工、建筑、地质勘测及轻工等行业得到了应用及深层次地推广。为提高设计效率,产品及零部件标准化,完善数据及过程管理,提高信息传递、共享以及集成化程度,将这一系统从工具提升至设计方法,岂今为止,有相当多的软件已成功地实现了这一转化及升级,在国外软件中,有美国 Autodesk 公司的 AutoCAD 软件、PTC 公司的 Pro/Engineer 软件、UG 公司的 Solid Edge 软件等。国内软件中,有北航海尔软件有限公司的 CAXA 系列软件、广州红地技术有限公司的“金银花 MDA-99”软件、武汉开目集成技术有限责任公司的开目系列软件等。这些软件在完成设计与制造的同时,较好地解决信息在设计、制造、装配和检验等环节的共享,实现产品整个周期的信息集成。

由此可见,CAD 最初的含义是计算机辅助绘图(Computer Aided Drafting),随着这项技术的不断发展,当今的 CAD 已发展成计算机辅助设计的含义(Computer Aided Design)。CAD 整个过程中利用计算机帮助设计人员进行工程设计,提高了工程设计的自动化水平。

CAM(Computer Aided Manufacturing)是与 CAD 并提的另一计算机辅助工程,计算机辅助制造利用计算机进行生产设备的管理、控制和操作的过程,在生产过程中,使用 CAM 技术能提高生产质量、降低成本、缩短生产周期、改善劳动条件。例如:利用计算机直接控制零件的加工,实现无图样加工。

随着计算机应用日益广泛、深入,现已应用到生产过程的所有领域,并形成许多计算机辅助的后续环节。

CAE (Computer Aided Engineering), 计算机辅助工程是一个面向工程技术人员的在计算机应用领域有限元数值分析学科,可应用它对零部件进行强度、刚度以及结构优化计算和分析,以避免在物理测试上消耗时间和物力;可以用任意方法对实体模型进行评估,及早发现设计缺陷并加以排除,并能正确评价计算分析结果。

CAPP (Computer Aided Process Planning), 计算机辅助工艺规程设计可利用计算机在分析和处理大量信息的基础上进行选择(加工方法、机床、刀具、加工顺序等)、计算(加工余量、工序尺寸、公差、切削参数、工时定额等)、绘图(工序图)以及编制工艺文件等。并且能有效地管理大量的数据,进行快速、准确地计算,进行各种形式的比较和选择,能自动绘图和编制表格文件等。

另外,还有计算机辅助生产计划与控制(PPS)、计算机辅助质量管理(CAQ)、计算机辅助测试(CAT)等。

在计算机辅助工程的应用过程中,人们很快发现,把已经存在的 CAD、CAPP、CAM 系统通过局部网络联接起来,并通过一定的数据接口进行数据交换及后置处理,生成所谓集成的 CAD/CAM 系统。随着信息技术的不断发展,又有人提出要把企业内部所有分散的后续环节集成,这一设想不仅包括生产信息,也包括生产管理所需全部信息,从而构成了一个计算机集成的制造系统(CIMS)。CIMS (Computer Integrated Manufacturing System), 计算机集成制造系统是以企业为对象,借助于计算机和信息技术,使机械制造生产的各部分(从经营决策、产品开发、生产准备、生产实施到生产经营管理)有机结合为一个整体,以计算机来辅助制造系统的集成,即:以充分的信息交流及信息共享;促进制造系统和企业组织结构的优化运行,其目的在于提高企业的竞争能力及生存能力。总之,CIMS 是社会、经济、技术发展的必然趋势。

CAD/CAM 系统的应用日益广泛,从飞机制造到地质图的绘制,几乎遍及所有的工业部门。它已经成为人类改造社会、改造自然的强有力工具。可以这么说,没有 CAD/CAM 技术,机械、电子、建筑、宇航等行业不会发展到今天这样高的水平。CAD/CAM 代替了人类的经验活动,从而可使设计人员、工艺人员从事更多的创造性的劳动,并提高了企业的适应性和柔性。CAD/CAM 在机械制造中的应用最广泛,它可以完成从拟定方案、计算分析、绘图、编写文件、模拟和试验、自动加工、装配及控制一直到企业数据总结和管理,目前来看,CAD/CAM 系统发展方向仍是提高使用方便性、柔性、集成性及通用性。

1.2 系统的作用与组成

1.2.1 系统的作用

由计算机以及其它外部设备(外围设备)组成并能体现 CAD/CAM 操作功能的集合称为计算机辅助设计与制造系统。

计算机辅助设计与制造是以计算机为核心来协助完成各种设计与制造任务,并为产品以后加工、技术文件管理提供必不可少的图形与其它相关技术信息的一项专门技术。利用它可以在产品设计过程中对所设计的产品的有关数据资源进行检索,对有关数据和公式进行高速计算。并可以利用有关输入设备及输出设备,采用人一机交互方式或批处理的方式控制和操

纵 CAD/CAM 过程, 从而完成诸如计算、绘图、模拟、NC 编程等一系列任务。结合设计人员本身的设计经验, 对所设计产品生成各工作阶段的图形文件, 这种图形文件可以是二维图形文件, 也可以是三维图形文件, 还可以是产品的外形效果图形文件。也就是说, 利用 CAD 系统不仅可以在设计工作中对产品的内部结构进行图形设计, 而且也可以完成外形的美工设计。设计人员可以随时在计算机屏幕上对设计方案进行“适时修改、综合分析、审定和评价”, 最后通过系统中的输出设备输出设计图形和有关设计信息资料。由于设计过程中所使用的数据资料、公式图表以及图形文件等都存储在系统的数据库中, 所以完成设计过程以后, 设计者可以根据生产实际情况的需要, 随时对它们进行调用, 然后利用交互装置对所显示的图形文件不断进行人工干预, 直到获得满意结果为止。通过系统之间的数据网络, 还可以使某一处的数据资源实现多处共享。

总之, 利用计算机辅助设计与制造系统不仅可以极大程度地减轻设计人员及工艺人员重复性且繁琐的劳动、缩短新产品的设计周期, 最重要的是可以提高设计质量及工艺的合理性和经济性, 满足日新月异激烈的市场竞争需要。另外, 便于技术资源的管理与充分利用。

计算机辅助设计与制造系统较传统的手工设计、工艺编制相比投资大、工作环境要求高、人员知识结构需要进行一定程度的提高等。

要想完成上述的各项工作, 计算机辅助设计与制造系统的合理组合是十分重要的。系统的构成是通过计算机辅助设计与制造的硬件和软件来实现的 (见图 1-1)。它们的运行能力与功能强弱不仅直接影响整个系统是否能正常工作, 而且在很大程度上会限制 CAD/CAM 技术的充分发挥和灵活运用。

在考虑一套 CAD/CAM 系统的合理构成时, 既要注意利用系统来出色地完成当前的工作任务, 又要顾及今后的产品更新及系统功能的扩展。如果投入较多资金扩展系统功能, 但系统功能不能充分利用与发挥, 造成变相资金积压也是一种浪费。所以, “物尽其用”是合理配置 CAD/CAM 系统的一个重要标准。

为了能利用 CAD/CAM 系统完成整个工程设计, 包括较复杂的计算与各种性能模拟分析, 乃至加工数据程序编制与加工设备的控制等工作, 还需要在 CAD/CAM 系统的基础上加上一些专用的程序模块, 使之形成一个从设计、计算, 模拟分析与加工控制为一体的功能更加强大的系统。通常把这样的系统称为“广义 CAD/CAM 系统”或“C 调系统”。这样的系统

往往对系统硬件环境的要求较高。随着 CAD/CAM 系统应用范围不断扩大, “广义 CAD/CAM 系统”与我们经常用来完成绘图的 CAD 系统之间的差别也正在不断地缩小。

我们说“广义 CAD/CAM 系统”是由多个程序模块所组成的, 常见的包括 CAD (Computer Aided Drafting) ——计算机辅助绘图模块、CAM (Computer Aided Manufacturing) ——计算机辅助制造模块、CAE (Computer Aided Experiment) ——计算机辅助分析计算模块、CAPP (Computer Aided Process Planning) ——计算机辅助 (过程) 工艺模块、CAQ (Computer Aided Quality) ——计算机辅助检验模块等。在这些模块中又可以包括若

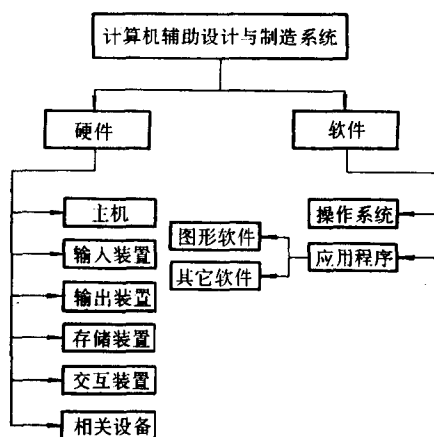


图 1-1 计算机辅助设计与制造系统构成

于个子模块。这里需要说明,目前的 CAD/CAM 系统正朝着智能化、特征化、变量化、参数化、低运行条件化和低成本的方向发展。所以,我们应该广义地去理解 CAD/CAM 系统,而不能把它看做仅是一个用于绘图及加工方面的系统。当然,对于初学者来说,能较熟练地使用 CAD(绘图)系统完成各种图形的绘制,特别是二维图形的绘制,是进一步使用好 CAD 系统的基础。

综上所述,对于一个 CAD/CAM 系统可将其优缺点进行归纳如下:

1. 缩短周期 由于计算机本身在整个设计及辅助制造过程中,能高速准确地进行数据和设计资料、工艺流程的检索,对设计者提出的设计模型和工艺方案进行适时分析比较,并通过对外部设备的控制将其结果进行打印、绘图输出或模拟加工,对于必要的设计结果及工艺流程的安排进行存储以备调用。所以,能够大大缩短整个设计、制造周期,提高工作效率。CAD/CAM 系统的“适时修改”能力也是传统的手工设计及工艺设计所不能相比的。

2. 提高质量 在进行传统的手工设计及工艺设计时,通常采用的是经验类比和估算的方法。这种方法不仅效率低,而且设计、工艺流程质量的可靠性较差。使用计算机则可以对大量复杂的数学模型和计算公式进行精确的处理,可以采用优化设计的方法得到最佳的设计结果和工艺方案。设计质量和工艺方案的保证与提高会使得产品的废品率下降,最终使产品整体成本减少。

3. 减轻劳动强度 利用 CAD/CAM 系统从事设计及工艺流程设计,可以使广大设计及工艺人员从繁琐乏味、重复性强的工作状态中解脱出来,以便让他们有时间进行更加有创造性的技术工作。设计人员劳动强度的减轻,也使得人力资源需求下降。

4. 文档管理数字信息化 由于利用 CAD/CAM 系统完成工作后,其结果都可以转化为数字信息,如工程图文档、分析与计算过程、产品设计变更情况、工艺尺寸的合理安排等。对于这些数字信息可以通过 CAD/CAM 系统中的图文管理系统进行自动管理。在使用这些信息资源时,可根据企业实际管理模式进行授权负责使用,也可以按设计流程进行阶段管理,同时还可以满足技术文档的各级保密要求。而这些功能的实现,工程文档的数字信息化则是基础。

从当今我国电子产业与相关技术领域的发展状况来看,CAD/CAM 系统与传统的手工设计及工艺方法相比还存在着一次性资金投入较大、技术人员知识结构要求较高等问题。另外,与传统的手工设计及工艺方式相比,由于整个工作是在计算机屏幕上完成的,所以图形文件整体可视区域小、设计结果输出成本较高也是尚需解决的问题。系统图形库的标准化、工作平台的国际通用化、中文字库字体的多样化等都是国产自主版权 CAD/CAM 系统软件有待改进的地方。

1.2.2 系统的类型

常见的 CAD/CAM 系统按其作用方式可分为三种类型:

1. 信息检索型设计系统 这种系统是先将一些设计及工艺过程中所用的标准机械零、部件和设计及工艺信息(如标准图形和材料信息、加工工艺条件、操作管理指令等辅助信息)存入 CAD/CAM 系统。在实际设计过程中,设计人员无需再对这些标准的零、部件进行重复性的设计,而只要将设计要求输入 CAD/CAM 系统,便能得到满意的设计结果,并可立即进行结果输出。但是,这种 CAD/CAM 系统由于需要事先进行大量的相关设计信息

输入,前期工作量较大,而且其可交互性差,故多用于一些较成熟且已经标准化了的行业产品设计。

2. 试探型设计系统 试探型设计系统除具有信息检索型设计系统的优点以外,它还可以事先将一些较成熟的设计图形存入 CAD/CAM 系统中。当设计人员需要对某一产品图形进行修改时,可通过系统与图形显示装置将其调用并显示出来,然后设计人员根据自己的设计构思对其进行修改,从而产生新的设计结果及工艺流程的设计。这种系统多用于产品生产过程中的修改设计。

3. 人一机交互型设计系统 随着计算机与相关领域技术的不断发展,在综合了前面两种设计系统的基础上,出现了现在广泛使用的人—机交互型设计系统。所谓交互,是指操作者与计算机系统之间的信息与要求的往来,这种“往来”是通过 CAD/CAM 系统中的输入、输出和交互装置来实现的。但是,这些信息的调用与判别则是由系统的主机和其它部分来完成的。人们把这种系统又叫做“人—机会话型系统”。人与机之间之所以能够进行信息上的“交互”,除了系统本身由若干称之为“硬件”的设备组成以外,交互语言(软件)则起着桥梁的作用。而正是通过特定的交互语言,设计人员才能向系统适时表达自己的设计构思,同时系统也以最快的信息传输速度及时将分析和计算结果反馈回来。通过这样不断的信息交互,使所进行的设计工作不断修改完善,最后达到满意的程度。由于这种系统需要配置较多的质量好的计算机外部设备和相应的软件,所以一次性投资较大。

无论是哪种 CAD/CAM 系统,其系统的构成都是由硬件部分和软件部分所组成的。我们又通常把它们称为 CAD/CAM 系统的外部运行环境和内部运行环境,这两部分构成了整个 CAD/CAM 系统。

对于一个配置优良的 CAD/CAM 系统来说,要想使其充分发挥作用,人的因素是十分重要的。特别是设计人员的设计经验与系统功能的结合,是获得最优设计结果和取得最佳投资效益的重要保证。同时,也只有这样才能充分体现出 CAD/CAM 系统作为一种设计手段的真正意义。所以我们说,一个功能较完全的 CAD/CAM 系统,是完成工作任务的工具,而不是用来研究系统本身的场所。

1.3 系统硬件环境

CAD/CAM 系统的硬件环境对整个系统综合性能的充分发挥起着十分重要的作用。它不仅为 CAD/CAM 系统提供了必不可少的基本运行条件,而且对最大限度提高工作效率、技术文档的可靠检索与管理,以及系统功能的进一步开发都起着不可忽视的作用。所以,在考虑 CAD/CAM 系统硬件环境的配置时,要尽可能地做到配置科学合理,功能先进,主机与外设之间能正确协调地工作,易于操作与维护。如果,一味追求高档次,而系统功能不能得到充分利用则会导致投资效益的低下,造成较大的浪费。总之,在配置系统硬件环境时,要根据自己工作任务的具体情况,也可以参考是否充分满足了事先已选定软件的运行条件,在资金许可的情况下,使所配置的硬件环境具有一定的超前功能。

下面就让我们以常见的人—机交互型 CAD/CAM 系统为例,介绍一下其系统硬件环境中各部分的情况。

通常系统的硬件由主机、输入装置、输出装置、外部存储装置和人—机交互装置五大部分组成,见图 1-2。

1.3.1 主机

主机是系统的核心部分，用来控制和指挥整个系统，并进行数学运算和逻辑分析。它可以是大、中、小型、工作站和微型计算机。由于计算机类型不同，它们的运算速度、图形显示效果、信息存储量等技术参数和性能也不尽相同。采用哪种类型的计算机作为主机要视工作任务和需要而定。我们不仅要在选型时考虑满足当前的需要，而且还应考虑今后的任务需要和发展。特别是在产品不断更新换代的市场经济情况下，更应该注意要使所选设备性能留有一定的余地。另外，还应注意所选计算机型号能满足选用的软件运行需要。计算机的通用性和内部部件的可更换性也是不容忽略的问题。通常，大、中型的计算机用来作为 CAD/CAM 网络系统中的主服务器，小型机和 workstation 用来运行较大且较复杂的 CAD/CAM 系统软件，微型机则用来运行相对小一些的系统软件，例如，CAD 绘图软件包、CAM、CAE 等模块。但值得注意的是，由于微型机的价格比较便宜，发展速度较快，所以，它与一些其它类型计算机，特别是 workstation 之间的某些功能差别正不断地缩小。

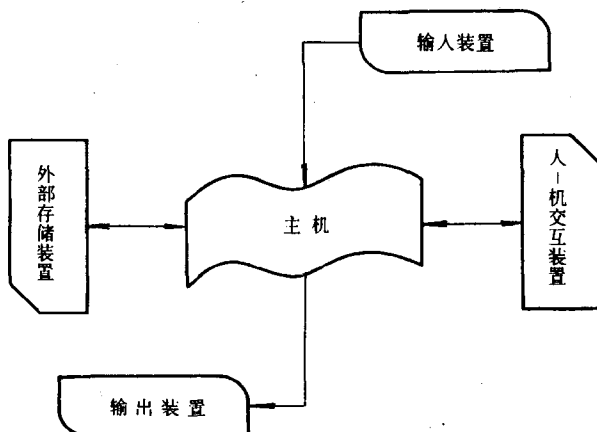


图 1-2 CAD/CAM 系统硬件环境构成

计算机主机的内部主要包括运算器、控制器和内存储器三个主要部分。其中前两部分又称为“中央处理机”，简称 CPU。运算器主要进行算术运算、逻辑运算及比较等。运算器主要包括一个能对数据进行算术运算和逻辑运算的部件，通常称为逻辑部件 ALU (Arithmetic Logic Unit)。它提供一个操作数和存放操作结果的累加器 A (Accumulator)、若干个存放中间结果的寄存器、计数用的计数器。存储器用来存放运算过程、原始数据和计算结果等。存储器分为主存储器（也叫内部存储器）和辅助存储器（或称外部存储器）。以前内存储器多用磁芯存储器，现在多用半导体大规模集成电路 LSI 和超大规模集成电路 VLSI 组成。内部存储器与主机直接相连。辅助存储器多采用磁盘和磁带。控制器是整台计算机的指挥系统，它向机器的各组成部分发出控制信号，指挥整台计算机自动协调地工作，根据事先规定的计算机计算程序或中间运算情况自动决定操作内容。

1.3.2 输入装置

输入装置的作用是向计算机送入数据和各种字符信息及程序的设备。也就是说，用它们来完成操作者（用户）对 CAD/CAM 系统所要进行作业的操作指令的输入，也是人与 CAD/CAM 系统进行信息交互的主要硬件工具。

常见的输入装置有键盘（又分标准键盘和专用键盘）、鼠标器（游标器）、触笔、轨迹球和操纵杆、图形输入板、数字化仪、工程扫描仪、光电式纸带输入机、卡片式输入机、磁盘磁带输入机、信号采集设备、声音信息输入设备等。下面介绍其中常用的几种：

1. 键盘 键盘是最常用的输入设备之一。操作者通过对键盘按键的操作，可以在图像上输入正文、确定屏幕上几何图形的坐标位置和从计算机上取回数据，请求处理状态信息，向其它的计算机传递信息以及其它许多工作。

在数字键盘上,往往需要逐个字符地输入命令信息,有时对于较简单的操作,也必须完成大量的按键动作。对于输入较长的操作指令来说,由于操作过程较长,往往还会出现操作错误,即费力又费时。所以,许多 CAD/CAM 系统在允许使用普通的键盘命令输入方法时,还提供了功能命令清单键盘输入方法。当用户进行操作时,按照系统的规定,只需进行少量按键操作即可完成整个命令的输入。另外,有的 CAD/CAM 系统还根据本身的特点配备了专用键盘。

2. 鼠标器 鼠标器又称为游标器,目前它是 CAD/CAM 系统中一种较常用的输入设备。鼠标器按其结构可分为光电式和机械式两种。它的主要用途是,通过操作者对其本身的移动来控制显示在系统屏幕上的光标位置。同时,也可以根据软件的功能和本身按键的多少,来设定少量且常用的键盘命令,达到简化命令输入的作用。

3. 触笔 触笔(也称为光笔)也是一种通过电线与计算机主机相连且直接作用于显示屏幕上的输入设备,通常它适用于随机扫描式和光栅扫描式显示屏幕。在进行图形设计或图形修改时,可直接对显示的内容进行操作,我们把这种操作叫做“指点”。有时用它可以与系统的跟踪程序配合使用,达到输入几何图形元素坐标值的作用,我们则把它称为“跟踪”。跟踪是指在显示屏幕上显示出一个光标,并以触笔的移动来拖动光标进行定位,以达到在显示屏幕上生成几何图形元素的生成与字符的输入。

指点(又称为标定或拾取)是在显示屏幕正进行绘图或显示字符时,用触笔指示显示对象中用户想要处理的某些内容,检测并显示它们的光信号。那么,这时也就知道了显示中的数据是处于缓存的哪些地址。然后,通过指令控制和程序控制来完成对这些数据的操作。

4. 轨迹球和操纵杆 这种输入设备的作用与鼠标器几乎相同,它们也是通过电线与主机相连,其主要也是用来对系统光标进行定位控制的(见图 1-3)。操作者在使用时,是通过转动轨迹球体和扳动操纵杆来控制光标沿 X 或 Y 方向进行移动。通常在这些设备上还设有与鼠标器上功能相同的命令确认按键。

5. 数字化仪 数字化仪是一种常用的独立于显示屏幕的命令与信息输入设备,它在工作时必须与触笔或鼠标器相配合使用(见图 1-4)。用户可以按照系统软件的要求,在数字化仪的菜单纸上设定工作有效区域,并在这个区域中划分出光标控制区和命令菜单区,用户可根据自己的习惯将这些命令的位置进行排列组合。通过数字化仪不仅可以控制系统光标的位置、发布系统命令,而且也可以将具体的数字信息输入给系统。

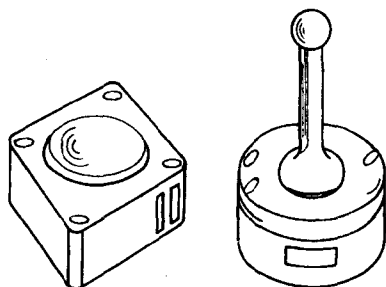


图 1-3 轨迹球和操纵杆

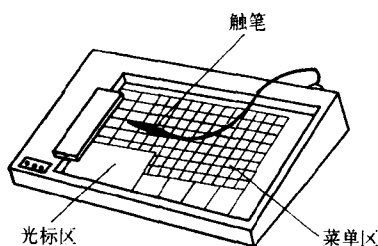


图 1-4 数字化仪

6. 图形输入板 图形的反输入通常是通过图形输入板来完成的。所谓反输入是指将已经绘制在图纸上的图形信息重新输入到 CAD/CAM 系统中去的方法,它的作用类似于扫描

设备。这种方法常用于对已有图样的局部修改或内容临时的变动。图形输入板是一种较大型的输入设备，它的有效工作区域可达 1m^2 以上。工作时需要把输入的图样贴附在图形输入板的工作面上，然后通过专用的多键图形游标器在其上移动，并通过游标器上的各功能按键将系统命令输入给计算机。

7. 声音信息输入 这是一种较新式的输入方法，当用户应用这种方法时，可通过对讲的话筒来向系统输入口头命令。用户可根据自己的需要将各个命令组成几十个命令表（命令清单），然后将它们进行存储。用户还需多次对话筒读讲命令清单，以便“训练”系统去辨别各个命令。由于每位操作者的发音、语气和声调都有差异，加上外界噪声的影响和环境不同，所以需要每个操作者单独“训练”这个系统。

1.3.3 输出装置

在 CAD/CAM 系统中用来作为设计结果输出的设备称为输出装置。它们由于工作成本和输出的效果不同，故又可用为中间结果输出设备和最终结果输出设备。常见的输出设备有：打印机、绘图仪、纸带穿孔输出机、信息卡片输出机等。

1. 打印机 打印机是一种十分常见的计算机信息输出设备，由于打印机操作简单，工作成本较低，同时受输出纸张幅面大小的限制，在 CAD/CAM 系统中主要用来进行设计或计算分析信息的中间结果输出。打印设备又常被人们称为“硬拷贝设备”。打印机的种类很多，按其工作方式不同，可主要分为击打式和非击打式两种类型。击打式打印机是利用其内部机电结构的作用，使打印针撞击打印纸和色带，从而完成打印字符、图形的过程。非击打式打印机则是通过物理方式来完成打印过程的。打印机按其打印规格又可分 80 行、120 行、132 行和 160 行等几种。按其打印颜色有单色和彩色两种。打印机根据其打印质量的不同又可分为针式打印机、喷墨式打印机、激光打印机、热蜡打印机和染色升华打印机。

针式打印机又称点阵打印机，它是用针式打印头将打印内容以点阵的方式打印在色带上，然后再印到纸上形成各种字符或图形。这种打印机的打印针数越多，其打印的点阵密度越大，故质量也就越高。针式打印机的打印速度可达到 125 汉字/s。当打印质量要求相对不太高时，针式打印机常用来进行文本文件的输出，如产品零件明细文件、产品目录文件和一些数据信息文件等。这种打印机除了打印质量不高外，工作噪声较大也是它的一个缺点。

喷墨式打印机是一种常见的输出设备（见图 1-5），喷墨打印机又称墨汁射流打印机。它也分为单色和彩色两种。由于它的打印质量高于针式打印机，所以，当设计图形的图纸幅面不太大时，也常被可作为工程图形最终结果输出设备。彩色喷墨打印机多用来输出一些具有美术效果要求的图形文件。这种打印机配有黑色、洋红色、黄色和青绿色四种颜色的墨

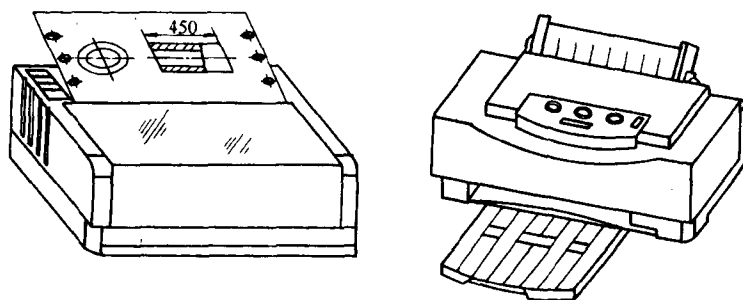


图 1-5 喷墨式打印机