

前摇摇言

摇摇本教材是根据教育部“面向 圆世纪振兴行动计划”中等职业教育机械专业“悦阅转誉”课程编写大纲编写的。

本书由常州信息职业技术学院宋志国、叶锋主编。由南京航空航天大学张林教授主审。

随着计算机技术的发展,悦阅转誉技术在各个领域得到了广泛的应用,成为当代最杰出的工程技术成就之一。悦阅转誉技术从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式,对于推动现有企业的技术改造、带动整个产业界结构的变革、发展新兴技术、促进经济增长都具有十分重要的意义。因此,世界各国都把发展悦阅转誉技术作为他们的战略目标。我国把“悦阅应用工程”作为“九五”期间的重点项目,并于员怨远年正式启动实施。同时,悦阅转誉技术作为悦阅的核心技术和高新技术产业的重要组成部分,它的发展与应用程度已成为衡量一个国家科技进步和工业现代化的重要标志之一。

为适应形势发展的需要,进一步推广、应用悦阅转誉技术,培养技术发展和市场竞争所需要的人才,编者在教学、科研工作的基础上,融会教学科研成果编写了本书,旨在使读者掌握悦阅转誉的基本概念、原理、知识和方法,了解悦阅转誉技术的发展水平,建立一个现代化机械设计与制造的总体知识框架,了解在计算机与互联网时代的机械设计与制造的工作环境与作业流程,为从事悦阅转誉技术研究和应用打下基础。

本书力图兼顾成熟性与先进性、理论性与实践性,着重悦阅转誉技术的基础理论以及当前先进的悦阅转誉应用技术的研究。

本书由常州信息职业技术学院宋志国编写第员章、第圆章和第远章,由常州信息职业技术学院叶锋编写第猿章、第源章,由黑龙江电子工业学校李晓红编写第缘章中缘猿节、缘源节,由福建电子工业学校朱建风编写第缘章中缘猿节~缘缘节。

在本书的编写与审阅过程中天津电子信息职业技术学院的吴家礼老师给予了大力支持和帮助,提出了许多宝贵的修改意见,谨致以衷心感谢。

由于编者水平有限,书中错误和疏漏在所难免,敬请同行、读者批评指正。

编者摇摇
圆园园年 苑月

目 录

第 1 章 概 述	(1)
1.1 网络控制系统的概念	(1)
1.2 网络控制系统的含义	(1)
1.3 网络控制系统的范围	(1)
1.4 网络控制系统的范围	(1)
1.5 网络控制系统的功能与任务	(1)
1.6 网络控制系统的的功能	(1)
1.7 网络控制系统的的主要任务	(1)
1.8 网络控制系统的的历史及其发展	(1)
1.9 网络控制系统的的历史	(1)
1.10 网络控制系统的的历史	(1)
1.11 网络控制系统的的发展及相关概念和新技术的发展	(1)
1.12 思考与练习	(1)
第 2 章 网络控制系统的系统结构、工作环境和作业流程	(2)
2.1 网络控制系统结构方案	(2)
2.2 网络控制系统的概述	(2)
2.3 网络控制应用模块与建模核心的集成	(2)
2.4 网络控制分布式系统结构	(2)
2.5 网络控制开放式系统结构	(2)
2.6 网络控制系统的基准模型	(2)
2.7 网络控制基准模型的系统结构	(2)
2.8 网络控制系统的的工作环境	(2)
2.9 网络控制系统的硬件环境	(2)
2.10 网络控制系统的软件环境	(2)
2.11 网络控制系统的选择原则	(2)
2.12 网络控制系统的硬件选择原则	(2)
2.13 网络控制系统的软件选择原则	(2)
2.14 网络控制的工作过程	(2)
2.15 网络控制过程链的概念	(2)
2.16 网络控制系统的作业流程	(2)
2.17 网络控制产品的开发过程	(2)
2.18 网络控制产品制造	(2)
2.19 思考与练习	(2)

摇摇摇摇源源摇摇专家系统	(愿愿)
摇摇摇摇源源摇摇人工神经网络	(愿愿)
摇摇摇摇源源摇摇遗传和演化算法	(愿愿)
摇摇摇摇源源摇摇人工智能系统开发工具	(愿愿)
摇摇摇摇源源摇摇人工智能方法在虚拟产品开发中的应用	(愿愿)
摇摇思考与练习	(愿愿)
第 缘章 摇摇现代机械设计与制造	(愿愿)
摇摇缘缘摇摇悦悦悦悦悦云集成	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇悦悦悦悦悦云集成的概念	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇悦悦悦悦悦云系统的组成	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇悦悦悦悦悦云系统的集成方案	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇悦悦悦悦悦云系统的发展	(愿愿)
摇摇缘缘摇摇悦悦悦云	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇悦悦悦云的提出及意义	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇悦悦悦云的定义和构成	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇悦悦悦云的体系结构及控制	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇实现悦悦悦云的关键技术	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇我国悦悦悦云技术的进展与发展前景	(愿愿)
摇摇缘缘摇摇悦悦悦孕	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇悦悦悦孕系统的发展概况和工作原理	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇派生法悦悦悦孕系统	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇创成法悦悦悦孕系统	(愿愿)
摇摇缘缘摇摇敏捷制造	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇敏捷制造提出的背景	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇敏捷制造的基本原理	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇敏捷制造的组成	(愿愿)
摇摇摇摇缘缘摇摇敏捷制造中的悦悦悦孕系统	(愿愿)
摇摇思考与练习	(愿愿)
第 远章 摇摇悦悦悦悦悦最新技术与产品	(愿愿)
摇摇远远摇摇当今悦悦悦悦悦领域的主流技术	(愿愿)
摇摇摇摇远远摇摇基础造型技术	(愿愿)
摇摇摇摇远远摇摇悦悦悦悦悦的数据交换格式及标准化	(愿愿)
摇摇远远摇摇国内悦悦悦悦悦市场状况及悦悦悦悦悦主流软件产品	(愿愿)
摇摇摇摇远远摇摇概述	(愿愿)
摇摇摇摇远远摇摇悦悦悦悦悦主流软件产品	(愿愿)
摇摇远远摇摇我国悦悦悦悦悦技术及产品的发展	(愿愿)
摇摇思考与练习	(愿愿)

出版说明

职业教育的教育质量和办学效益,直接关系到我国 21 世纪劳动者和专门人才的素质,关系到经济发展的进程。要培养具备综合职业能力和全面素质,直接在生产、服务、技术和管理第一线工作的跨世纪应用型人才,必须进一步推动职业教育教学改革,确立以能力为本位的教学指导思想。在课程开发和教材建设上,以社会和经济需求为导向,从劳动力市场和职业岗位分析入手,努力提高教育质量。

电子工业出版社受国家教育部的委托,负责规划、组织并出版全国中等职业学校计算机技术、实用电子技术和通信技术三个专业的教材。电子工业出版社以电子信息产业为背景,以本行业的科技力量为依托,与教研、教学第一线的教研人员和教师相结合,已组织编写、出版计算机技术、实用电子技术及通信技术专业的教材 10 余种,受到了广大职业学校师生的好评,为促进职业教育做出了积极的努力。

随着科学技术水平日新月异,计算机、电子、通信技术的发展更是突飞猛进,而职业教育直接面向社会、面向市场,这就要求教材内容必须密切联系实际,反映新知识、新技术、新工艺和新方法。好的教材应该既要让学生学到专业知识,又能让学生掌握实际操作技能,而重点放在学生的操作和技能训练方面。在这一思想指导下,电子工业出版社根据《职业教育法》及劳动部颁发的《职业技能鉴定规范》,在教育部等相关部门的领导下,会同电子信息行业的专家、教育教研部门研究人员以及广大中等职业学校的领导和教师,在深入调查研究的基础上,制定了三个专业的指导性教学计划。该计划强调技能培养,充分考虑各学校课程设置、师资力量、教学条件的差异,突出了“宽基础多模块、大菜单小模块”灵活办学的宗旨。

新版教材具有以下突出的特点:

1. 充分发挥产业优势,以本行业的科技力量为依托,充分适应中等职业学校推行的学业证书和职业资格证书的双证制度,突出教材的实用性、先进性、科学性和趣味性。

2. 教材密切反映电子信息技术的发展,不断推陈出新。实用电子技术专业教材突出数字化、集成化技术,计算机技术专业教材内容涉及多种流行软件及实用技术,通信技术专业教材反映通信领域的先进技术。

3. 教材与中等职业学校开设的专业课程相配套,注意贯穿能力和技能培养于始终,精心安排例题、习题,在把握难易、深广度时,以易懂、广度优先,理论原理为操作技能服务,够用即可。

4. 教材的编写一改过去又深又厚的模式,突出“小模块”的特点,为不同学校依据自己的师资力量和办学条件灵活选择不同专业模块组合提供方便。

另外,为满足广大中等职业学校教师的教学需要,我们还将根据每种教材的具体情况推出配套的教师辅助参考书以及供学生使用的上机操作练习指导书。

随着教育体制改革的进一步深化,加之科学技术的迅猛发展,编写中等职业学校教材始终是一个新课题。希望全国各地中等职业学校的广大师生多提宝贵意见,帮助我们紧跟职业教育和科学技术的发展,不断提高教材的编写质量,以便更好地为广大师生服务。

全国中等职业学校电子信息类教材工作领导小组

二〇〇一年 缘月

全国中等职业学校电子信息类教材工作领导小组

组长：

摇摇姚志清(原电子工业部人事教育司副司长)

副组长：

摇摇牛梦成(教育部职成教司教材处处长)

摇摇蔡继顺(北京市教委职教处副处长)

摇摇李摇群(黑龙江省教委职教处处长)

摇摇王兆明(江苏省教委职教办主任)

摇摇陈观诚(福建省职业技术教育学会副秘书长)

摇摇王摇森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

摇摇吴金生(电子工业出版社副社长)

成员：

摇摇褚家蒙(四川省教委职教处副处长)

摇摇尚志平(山东省教学研究室副主任)

摇摇赵丽华(天津市教育局职教处处长)

摇摇潘效愚(安徽省教委职教处处长)

摇摇郭菊生(上海市教委职教处)

摇摇翟汝直(河南省教委研究室主任)

摇摇李洪勋(河北省教委职教处副处长)

摇摇梁玉萍(江西省教委职教处处长)

摇摇吴永发(吉林省教育学院职教分院副院长)

摇摇王家诒(上海现代职业技术学校副校长)

摇摇郭秀峰(山西省教委职教处副处长)

摇摇彭先卫(新疆教委职教处)

摇摇李启源(广西教委职教处副处长)

摇摇彭世华(湖南省职教研究中心主任)

摇摇许淑英(北京市教委职教处副处级调研员)

摇摇姜昭慧(湖北省职教研究中心副主任)

摇摇张雪冬(辽宁省教委中职处副处长)

摇摇王志伟(甘肃省教委职教处助理调研员)

摇摇李慕瑾(黑龙江教委职教教材站副编审)

摇摇何雪涛(浙江省教科院)

摇摇杜锡强(广东省教育厅职业与成人教育处副处长)

摇摇王润拽(内蒙古自治区教育厅职成处处长)

秘书长：

摇摇林摇培(电子工业出版社)

全国中等职业学校电子信息类教材编审委员会

名誉主任委员：

摇摇杨玉民(原北京市教育局副局长)

主任委员：

摇摇马叔平(北京市教委副主任)

副主任委员：

摇摇邢摇晖(北京市教科院职教所副所长)

摇摇王家诒(上海现代职业技术学院副校长)

摇摇王摇森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

摇摇韩广兴(天津广播电视大学高级工程师)

[实用电子技术编审组]

组长：

摇摇刘志平(北京市职教所教研部副主任)

副组长：

摇摇陈其纯(苏州市高级工业学校特级教师)

摇摇杜德昌(山东省教学研究室教研员)

摇摇白春章(辽宁教育学院职教部副主任)

摇摇张大彪(河北师大职业技术学院电子系副主任)

摇摇王连生(黑龙江省教育学院职教部副教授)

组员：

摇摇李蕴强(天津市教育教研室教研员)

摇摇孙介福(四川省教科所职教室主任)

摇摇沈大林(北京市回民学校教师)

摇摇朱文科(甘肃省兰州职业中专)

摇摇郭子雄(长沙市电子工业学院高级教师)

摇摇金国砥(杭州中策职业高级中学教研组长)

摇摇李佩禹(山东省家电行业协会副秘书长)

摇摇邓摇弘(江西省教委职教处助理调研员)

摇摇刘摇杰(内蒙古呼和浩特市第一职业中专教师)

摇摇高宪宏(黑龙江省佳木斯市职教中心)

摇摇朱广乃(河南省郑州市教委职教室副主任)

摇摇黄亲民(上海现代职业技术学校)

摇摇[计算机技术编审组]

组长：

摇摇吴清萍(北京市财经学校副校长)

副组长：

摇摇史建军(青岛市科协计算机普及教育中心副主任)

摇摇钟摇葆(上海现代职业技术学校教研组长)

摇摇周察金(四川省成都市新华职业中学教研组长)

组员：

摇摇刘逢勤(郑州市第三职业中专教研组长)

摇摇戚文正(武汉市第一职教中心教务主任)

摇摇肖金立(天津市电子计算机职业中专教师)

摇摇严振国(无锡市电子职业中学教务副主任)

摇摇魏茂林(青岛市教委职教教研室教研员)

摇摇陈民宇(太原市实验职业中学教研组长)

摇摇徐少军(兰州市职业技术学校教师)

摇摇白德淳(吉林省冶金工业学校高级教师)

摇摇陈文华(温州市职业技术学校教研组长)

摇摇邢玉华(齐齐哈尔市职教中心学校主任)

摇摇谭枢伟(牡丹江市职教中心学校)

摇摇谭玉平(石家庄第二职教中心副校长)

摇摇要志东(广东省教育厅职业教育研究室教研员)

摇摇王英武(呼和浩特市第二职业中专教导主任)

[通信技术编审组]

组长：

摇摇徐治乐(广州市电子职业高级中学副校长)

副组长：

摇摇陶宏伟(北京市西城电子电器职高主任)

摇摇陈振源(厦门教育学院职业教育教研室高级教师)

组员：

摇摇赖晖煜(福建省厦门电子职业中专学校主任)

摇摇许林平(石家庄市职业技术教育中心主任)

摇摇邱宝盛(山东省邮电学校副校长)

摇摇邹开跃(重庆龙门浩职业中学主任)

第 1 章 概 述

电子计算机是现代科学技术发展的重大成就之一，现已普及应用到各个领域。以电子计算机为主要技术手段，将大大减轻科技人员的脑力劳动和体力劳动，甚至能够完成人力所不及的工作，从而促进科学技术和生产的发展。在机械制造领域中，随着市场经济的发展，用户对各类产品的质量，产品更新换代的速度以及产品从设计、制造到投放市场的周期都提出了越来越高的要求。在当今高效益、高效率、高技术竞争的时代，要适应瞬息万变的市场要求，提高产品质量，缩短生产周期，就必须采用先进的制造技术。计算机技术与机械制造技术相互结合与渗透，产生了计算机辅助设计与辅助制造（Computer Aided Design and Manufacturing）这样一门综合性的应用技术，简称 CAD/CAM。它具有高智力、知识密集、综合性强、效益高等特点，是当前世界上科技领域的前沿课题。CAD/CAM 技术的发展，不仅改变了人们设计、制造各种产品的常规的方式，有利于发挥设计人员的创造性，还将提高企业的管理水平和市场竞争能力。

1.1 CAD/CAM 的基本概念

1.1.1 CAD/CAM 的含义

随着计算机的迅速发展，设计和生产的方法都在发生着显著的变化。以前一直只能靠手工完成的许多简单作业，逐渐通过计算机实现了高效化和高精度化。这种利用计算机来达到的高效化、高精度化的目的，实现自动化设计、生产的方法称为 CAD（Computer Aided Design，计算机辅助设计）和 CAM（Computer Aided Manufacturing，计算机辅助制造）。CAD/CAM 系统以计算机硬件、软件为支持环境，通过各个功能模块（分系统）实现对产品的描述、计算、分析、优化、绘图、工艺规程设计、仿真以及 NC 加工。而广义的 CAD/CAM 集成系统还包括生产规划、管理、质量控制等方面。

将 CAD、CAM 合起来写成 CAD/CAM，这并不是将二者简单组合在一起，而是表示它们的有机结合，意味着进一步提高设计和生产效率的综合技术。

为了说明 CAD、CAM 所涉及的范围，下面来分析一下从产品设计到生产出成品的各个环节是如何应用计算机的。

1.1.2 CAD、CAE 的范围

不同产品的生产过程各不相同。对于一般的产品，生产过程如图 1.1 所示，可分为初步设计、详细设计、生产准备和制造四个阶段。

最初的初步设计阶段，就是要研究满足功能要求的总体几何形状和结构，并进行大致的性能预测、强度分析、机构分析等模拟分析工作。在此过程中，首先要利用计算机检阅以往的设计实例和文献。因为计算机具有非常强的检索能力，所以可事先将设计实例和文献数据

集中存储在计算机中(称为数据库),使用时用计算机来进行检索。其次,要利用计算机来进行必要的性能预测、强度分析、机构分析等模拟分析计算,在这方面计算机具有惊人的威力。

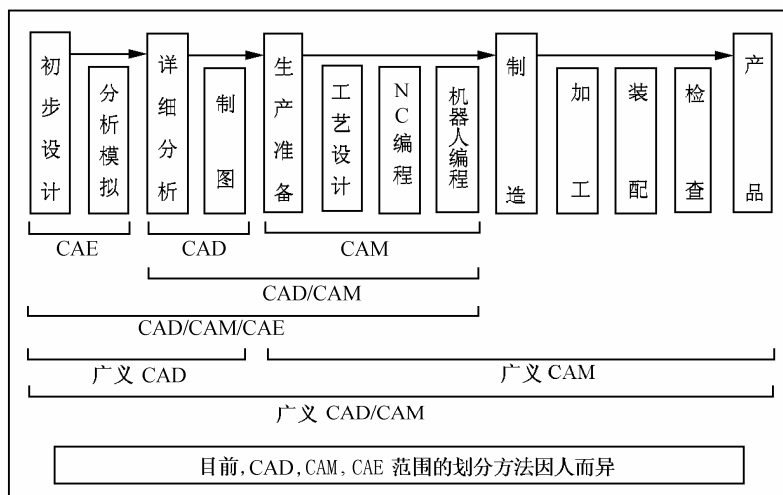


图 1.1 生产成型产品的过程与 CAD, CAM, CAE 的范围

接着是详细设计阶段。要在初步设计阶段确定方案的基础上,进一步确定产品各部分的详细几何形状、尺寸和材料。在此过程中,要利用计算机对存储在计算机数据库中的设计标准、规范等数据进行检索,还要利用计算机进行细致的几何形状修改和确定。设计者在称为显示器的计算机屏幕前,就像实物摆在面前一样,利用实时图像来完成几何形状的修改和确定工作。设计者使用这种称为数学模型的“电子模型”,取代以往的粘土模型。而且,这种电子模型还可以用于详细设计的模拟分析中。在详细设计过程中它是不可缺少的工具,要在计算机上利用它对产品的性能和功能进行仔细研究。这样,就大大减少了为最终验证设计效果而制造样件的次数。

初步设计和详细设计完成后,将设计结果可以存储在数据库中。利用计算机将设计结果表达为图纸的系统称为自动绘图系统,这在很早以前就已经实现了。

从上述的计算机在设计、分析计算中的应用情况看,CAD, CAE 分别指的是其中哪些范围呢?很遗憾,因为 CAD 及 CAE 正处于迅速发展之中,所以,确切的意义和范围划分还没有统一,其说法因人而异。这里将 CAD, CAE 的范围作如下界定。

CAD 指的是利用计算机进行几何设计、修改和绘图。为了画图简单,在图 1.1 中 CAD 只表示出制图功能,但其中还包含了与制图有关的几何造型技术。

CAE 指的是利用计算机进行模拟分析计算。在图 1.1 中也作了简化。实际上 CAE 指的是初步设计和详细设计两个阶段中的模拟分析计算。

在有些情况下,CAD 比上述定义具有更广泛的含义。广义 CAD 的含义如图 1.1 所示,包含了上述意义中的 CAD 和 CAE 两部分。

1.1.3 CAM 的范围

让我们再回到图 1.1,从图中所示的生产准备过程可以看出,在此过程中有许多工作要做。其中第一项是工艺设计,即研究和确定产品的零件加工应采用的加工方法、加工顺序和加工设备等。工艺设计是经验性较强的工作,以往必须由经验丰富的人员完成。而现在可将加工

的经验数据存储在计算机数据库中，通过与计算机对话，辅助经验很少的操作者进行工艺设计。

生产准备的第二项是零件加工的准备工作的。在称为数字控制 (Numerical Control, 简称 NC 或数控) 机床的设备上自动进行的加工工作中, 加工准备主要是指 NC 机床的 NC 程序编制 (NC 编程)。现在, 计算机在 NC 程序编制中的应用也在不断发展, 使编程工作比以前要简单得多。

生产准备的第三项是做零件装配的准备工作的。近来, 很多装配工作由机器人来完成。在此情况下, 装配准备工作指的是机器人程序编制 (机器人编程)。机器人程序编制也要利用计算机, 从而使编程工作大大简化。

上述生产准备工作完成后, 接着要进行实际加工、装配和检验。在实际加工中, NC 机床本身就是利用计算机来提高性能的。同时, 要使多台机床能够协调地、高效地工作也必须利用计算机来控制。近年来, 随着计算机技术的发展, 装配用机器人的应用范围越来越广, 在许多制造现场都有机器人在工作。在最终检验过程中, 利用计算机的自动检测装置 (CAT) 也在不断向实用化发展。

以上是计算机在生产中的应用情况。CAM 的范围划分方法也是发展的。在本书中 CAM 指的是工艺设计、NC 编程、机器人编程等生产准备过程。有时 CAM 具有更广的含义。广义 CAM 不仅包括生产准备, 而且包括利用计算机进行实际制造。在本书中重点论述前一种含义的 CAM, 但必要时也接触到广义 CAM。

在设计与制造现场, CAD, CAM, CAE 的发展程度各不相同。当各项技术充分发展并且全部集成起来的时候, 真正的 CAD/CAM/CAE 就诞生了 (图 1.2)。到那时, 人类将从重复、烦琐的作业中解放出来, 专心地从事只有人类才能完成的创造性工作。坐在显示器前与计算机对话, 将自己的创意具体表达出来, 在工厂里制造出最满意的产品的梦想就会实现了。

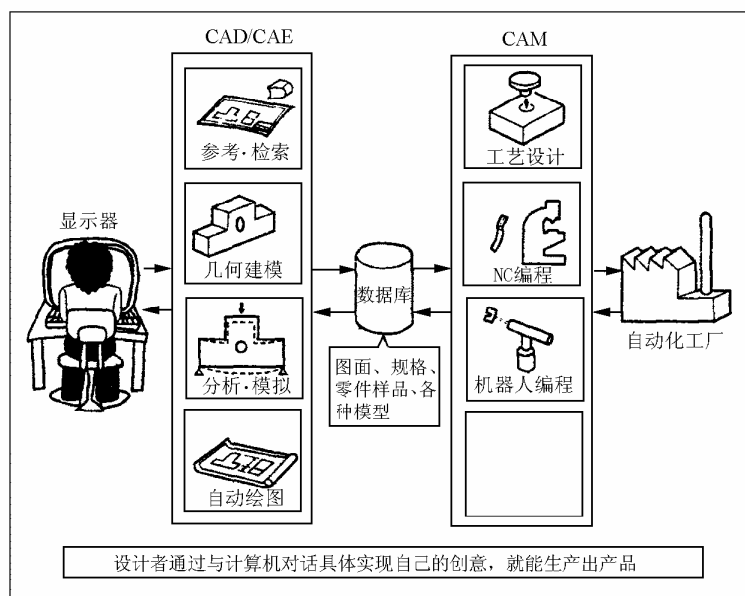


图 1.2 CAD/CAM/CAE

1.2 CAD/CAM 系统的功能与任务

由于 CAD/CAM 系统所处理的对象不同,对硬件的配置、选型不同,所选择的支撑软件不同,因此,对系统功能的要求也会有所不同,系统总体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。

1.2.1 CAD/CAM 系统的基本功能

(1) 图形显示功能

CAD/CAM 是一个人机交互的过程,从产品的造型、构思、方案的确定,结构分析到加工过程的仿真,系统随时保证用户能够观察、修改中间结果,实时编辑处理。用户的每一次操作,都能从显示器上及时得到反馈,直到取得最佳的设计结果。图形显示功能不仅能够对二维平面图形进行显示控制,还应当包含三维实体的处理。

(2) 输入输出功能

在 CAD/CAM 系统运行中,用户需不断地将有关设计的要求、各步骤的具体数据等输入计算机内,通过计算机的处理,能够输出系统处理的结果,且输入输出的信息既可以是数值的,也可以是非数值的(例如图形数据、文本、字符等)。

(3) 存储功能

由于 CAD/CAM 系统运行时,数据量很大,往往有很多算法生成大量的中间数据,尤其是对图形的操作以及交互式的设计、结构分析中网格划分等。另外,工程数据库系统的运行也必须有存储空间的保障。为了保证系统能够正常的运行,CAD/CAM 系统必须配置容量较大的存储设备,支持数据在各模块运行时的正确流通。

(4) 交互功能(即人机接口)

在 CAD/CAM 系统中,人机接口是用户与系统连接的桥梁。友好的用户界面,是保证用户直接而有效地完成复杂设计任务的必要条件,除软件中界面设计外,还必须有完善的交互设备实现人与计算机之间的不断通信。

1.2.2 CAD/CAM 系统的主要任务

CAD/CAM 系统需要对产品设计、制造全过程的信息进行处理,包括设计、制造中的数值计算、设计分析、绘图、工程数据库的管理、工艺设计、加工仿真等各个方面。

(1) 几何造型

在产品设计构思阶段,系统能够描述基本几何实体及实体间的关系;能够提供基本体素,以便为用户提供所设计产品的几何形状和大小,进行零件的结构设计以及零部件的装配;系统还应能够动态地显示三维图形,解决三维几何建模中复杂的空间布局问题;同时,还能进行消隐、彩色浓淡处理等。利用几何建模的功能,用户不仅能构造各种产品的几何模型,还能够随时观察、修改模型或检验零部件装配的结果。几何建模技术是 CAD/CAM 系统的核心,它为产品的设计、制造提供基本数据,同时,也为其他模块提供原始的信息,例如,几何建模所定义的几何模型的信息可供有限元分析、绘图、仿真、加工等模块调用。在几何建模模块内,不仅能构造规则形状的产品模型,对于复杂表面的造型,系统可采用曲面造型或雕塑

曲面造型的方法，根据给定的离散数据或有关具体工程问题的边界条件来定义、生成、控制和过渡曲面或用扫描的方法得到扫视体、建立曲面的模型。例如：汽车车身、飞机机翼、船舶等设计制造，均采用此种方法。

(2) 计算分析

CAD/CAM 系统构造了产品的形状模型之后，能够根据产品几何形状，计算出相应的体积、表面积、质量、重心位置、转动惯量等几何特性和物理特性，为系统进行工程分析和数值计算提供必要的基本参数。另一方面，CAD/CAM 中的结构分析需进行应力、温度、位移等计算；图形处理中变换矩阵的运算；体素之间的交、并、差计算等；在工艺规程设计中有工艺参数的计算。因此，要求 CAD/CAM 系统对各类计算分析的算法正确、全面，数据计算量大，有较高的计算精度。

(3) 工程绘图

产品设计的结果目前往往是以机械图纸的形式来表达和交流的，CAD/CAM 中的某些中间结果也是通过图形表达的。CAD/CAM 系统一方面应具备从几何造型的三维图形直接向二维图形转换的功能，另一方面，还需有处理二维图形的能力，包括基本图元的生成、标注尺寸、图形的编辑（比例变换、平移、图形拷贝、图形删除等）以及显示控制、附加技术条件等功能，保证生成符合生产实际要求，也符合国家标准的机械图纸。

(4) 结构分析

CAD/CAM 系统中结构分析常用的方法是有限元法，这是一种数值近似解方法，用来解决结构形状比较复杂零件的静态、动态特性；强度、振动、热变形、磁场、温度场强度、应力分布状态等计算分析。在进行静、动态特性分析计算之前，系统根据产品结构特点，划分网格，标出单元号、节点号，并将划分的结果显示在屏幕上；进行分析计算之后，将计算结果以图形、文件的形式输出，例如应力分布图、温度场分布图、位移变形曲线等，使用户能够更方便、直观地看到分析的结果。

(5) 优化设计

CAD/CAM 系统应具有优化求解的功能，也就是在某些条件的限制下，使产品或工程设计中的预定指标达到最优。优化包括总体方案的优化、产品零件结构的优化、工艺参数的优化等。优化设计是现代设计方法学中的一个重要的组成部分。

(6) 计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)

设计的目的是为了加工制造，而工艺设计是为产品的加工制造提供指导性的文件。因此，CAPP 是 CAD 与 CAM 的中间环节。CAPP 系统应当根据建模后生成的产品信息及制造要求，自动决策出加工该产品所采用的加工方法、加工步骤、加工设备及加工参数。CAPP 的设计结果一方面能被生产实际所用，生成工艺卡片文件，另一方面能直接输出一些信息，为 CAM 中的 NC 自动编程系统接收、识别，直接转换为刀位文件。

(7) NC 自动编程

在分析零件图和制订出零件的数控加工方案之后，采用专门的数控加工语言（例如 APT 语言），制成加工控带输入计算机。其基本步骤通常包括：

手工编程或计算机辅助编程，生成源程序。

前处理将源程序翻译成可执行的计算机指令，经计算，求出刀位文件。

后处理将刀位文件转换成零件的数控加工程序，最后输出数控加工纸带、磁带或磁盘数据。

(8) 模拟仿真

在 CAD/CAM 系统内部,建立一个工程设计的系统模型,例如机构、机械手、机器人等。通过运行仿真软件,代替、模拟真实系统的运行,用以预测产品的性能、产品的制造过程和产品的可制造性。如数控加工仿真系统,可以从软件上实现零件试切的加工模拟,避免了现场调试带来的人力、物力的投入以及加工设备损坏的风险,减少了制造费用,缩短了产品设计周期。通常有加工轨迹仿真,机构运动学模拟,机器人仿真,工件、刀具、机床的碰撞和干涉检验等。

(9) 工程数据管理

由于 CAD/CAM 系统中数据量大、种类繁多,既有几何图形数据,又有属性语义数据;既有产品定义数据,又有生产控制数据;既有静态标准数据,又有动态过程数据,结构还相当复杂,因此, CAD/CAM 系统应能提供有效的管理手段,支持工程设计与制造全过程的信息流动与交换。通常, CAD/CAM 系统采用工程数据库系统作为统一的数据环境,实现各种工程数据的管理。

1.3 CAD/CAM/CAE 的历史及其发展

为了进一步加深对 CAD/CAM/CAE 的含义和现状的理解,本节将回顾一下 CAD/CAM/CAE 的历史。为此,必须先回顾一下计算机的历史。

1.3.1 计算机的历史

归纳计算机的发展史可以用图 1.3 表示。

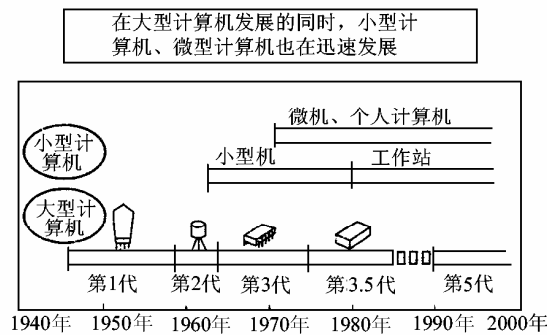


图 1.3 计算机的发展

20 世纪 40 年代诞生了数字计算机。当时的计算机为电气机械式,因此最大的计算机 MARK 型计算 23 位的加法或减法需要 0.3s,计算 23 位的乘法需要 0.6s。

1946 年美国陆军开发的 ENIAC 型计算机用电子管代替了机械部分,此时的计算机才称得上“电子”计算机,或者说诞生了第 1 代计算机。这种计算机计算两个 10 位数乘法需要 1/40s。到 20 世纪 50 年代中期进行的计算仅需要 1/2000s。

20 世纪 50 年代末期,应用半导体的第 2 代计算机诞生了。这个年代的计算机完成两个 10 位数乘法运算需要 1/100000s。

20 世纪 70 年代,将几千个半导体元件构成的电路压缩到一个小硅片上的集成电路(IC)

开发成功后，诞生了采用这种集成电路的第3代计算机。这种计算机每秒可完成数百万次的计算。现在，采用大规模的集成电路（VLSI）的3.5代计算机的开发应用非常活跃。计算机技术正在向高性能、低价格的方向发展。

以上是大型计算机（或称主机）的发展历史。与此同时，以小型机为目标的计算机的发展也令人瞩目。

20世纪60年代中期称为Minicomputer的小型机开发成功。以往的大型计算机需占一个房间，与此相比，这种紧凑型计算机只需占用房间的一角。这种计算机可以由少数人使用，操作方便。到了20世纪70年代计算机进一步小型化，出现了由一个或几个半导体芯片构成的微型计算机，现已得到普及应用。

进入20世纪80年代，计算机工作站诞生了。这种计算机通常与其他计算机联成网络，使其有机地结合起来，发挥更大的作用。

1.3.2 CAM的历史

CAD/CAM/CAE的发展历史从CAM开始。CAD/CAM/CAE的历史转折点如图1.4所示。

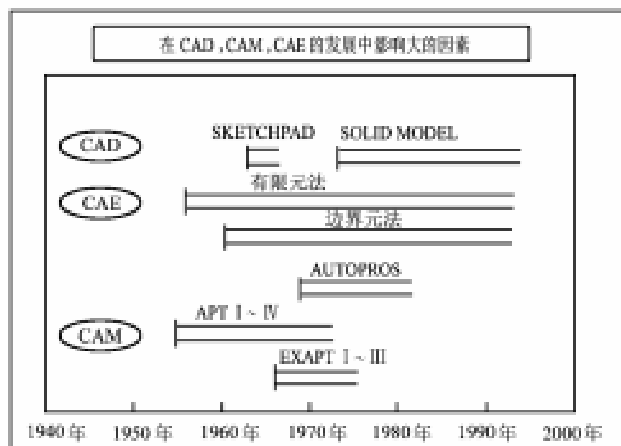


图 1.4 CAD/CAM/CAE 的发展史

1952年，MIT（美国麻省理工学院）在世界上首次开发了NC机床。利用NC机床能够自动完成以往只有用手工操作才能完成的加工。但是，控制这种机床的纸带还要由人来制作，而这项工作需要花费很多时间且难以避免出现错误。因此，在MIT还进行了用计算机来制作数控机床纸带的开发工作，并进行了自动编程工具系统APT（Automatically Programmed Tools）的开发研究，其目的是根据被加工零件的几何形状来自动生成刀具的运动路径。这就是CAM历史的开端。

1957年和1961年分别完成了APT-和APT-系统。1964年，以美国伊利诺伊理工学院为核心承担了APT长期开发计划，于1969年完成了APT-的开发工作。

APT技术引入到原联邦德国阿亨大学后逐步发展并在此基础上开发出EXAPT-、EXAPT-和EXAPT-等系统。

工艺设计也是在历史上较早尝试自动化的项目之一。1969年挪威成功地开发出最早真正意义上的工艺设计自动化系统AUTOPROS。但是，工艺设计中究竟应该进行哪些处理并不明确。因此，工艺设计自动化系统的发展很缓慢，它是CAD/CAM/CAE技术中发展最慢的