

中等职业技术教育规划教材

吴洪东 主编

模具 CAD/CAM

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机电专业委员会



中等职业技术教育规划教材

模具 CAD/CAM

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机电专业委员会

主 编 吴洪东

江苏工业学院图书馆
藏书章

机械工业出版社

TG76-39
W5

本书是为适应中等职业教育教学改革需要而编写的,内容包括基础理论和应用软件两大部分:基础理论部分的主要内容为概述、CAD/CAM 系统(软件和硬件)、计算机数据的处理与分析、计算机辅助数控程序的编制、冷冲模 CAD/CAM、塑料模 CAD/CAM;应用软件部分主要介绍了 MasterCAM、CAXA 两种软件的使用方法。

本书通俗易懂,图文并茂,注重应用,符合技能型人才的培养目标,可作为技工学校、中等职业技术学校的教材,也可作为其他职业学校教学、青工培训和职工自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

模具 CAD/CAM/中国机械工业教育协会等编. —北京:机械工业出版社, 2004.4

中等职业技术教育规划教材

ISBN 7-111-14271-3

I. 模... II. 中... III. ①模具—计算机辅助设计—专业学校—教材
②模具—计算机辅助制造—专业学校—教材 IV. TG76—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 026207 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:王英杰 版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm ¹/₁₆ · 19.5 印张 · 482 千字

定价:29.00 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、88379646

封面无防伪标均为盗版

“中等职业技术教育规划教材”

编审委员会名单

主任 郝广发

副主任 周学奎 刘亚琴 李超群 何阳春 林爱平 李长江 付捷

单渭水 王兆山 张仲民

委员 (按姓氏笔画排序)

于平 王柯 王军 王洪琳 付元胜 付志达

刘大力 (常务) 刘家保 许炳鑫 孙国庆 李木杰

李稳贤 李鸿仁 李涛 何月秋 杨柳青 (常务)

杨耀双 杨君伟 张跃英 林青 周建惠 赵杰士 (常务)

郝晶卉 荆宏智 (常务) 贾恒旦 黄国雄 董桂桥 (常务)

曾立星 甄国令

本书主编 吴洪东

参编 李木杰 王列

本书主审 夏晓峰

全国教育委员会

职业技术教育司

教材处

前言

为贯彻落实“全国职业教育工作会议”精神，克服原有的教材专业设置落后，缺乏新的专业和复合专业，技术内容比较陈旧，理论课内容偏深、偏难的弊端，更好地满足中等职业技术教育教学改革的需要，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织编写了这套适合新形势的中等职业技术教育规划教材。首批所选五个专业为机床切削加工、机械设备维修、模具制造与维修、数控机床加工、电气维修。本套教材的编写指导思想是：贯彻党的教育方针，依据《劳动法》、《职业教育法》的规定和《国家职业标准》的要求，更新教学内容，突出技能训练，强化创新能力的培养，以培养具备较宽理论基础和复合型技能的人才，使培养的人才适应科技进步、经济发展和市场的需要。其宗旨是：促职业教育改革，助技能人才培养。

为实现这一宗旨，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织了30多所高、中级技工学校参加了首批五个专业教学计划、教学大纲的制定和教材的编审工作。各学校对新教材的专业选择、课程设置、学时安排、教学计划和教学大纲的制定、教材定位、编写方式等，参照《国家职业标准》相关工种中级工的要求和各校实际，经过三次会议进行了广泛的讨论和充分论证，首先完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作。在教材的编写过程中，贯彻了“简明、实用、够用”的原则，反映了新知识、新技术、新工艺和新方法，体现了科学性、实用性、代表性和先进性，正确处理了理论知识与技能的关系。同时通过对原有教材进行评价，针对其不足并在编写过程中进行了改进，以充分反映学校的实际需要。新教材的价值在于兼顾了学生学习真本领与达到职业技能鉴定考试两种要求。综上所述，本套教材具有以下特色：

- 1) 职业性 专业设置参照有关专业目录，并根据职业发展变化和社会实际需求确定。
 - 2) 科学性 教学内容与现代科学技术发展和先进技术装备、技术水平相适应，体现了科学性和先进性。
 - 3) 实践性 重视实践性教学环节，加强了技能训练和生产实习教学，努力实现产教结合。
 - 4) 衔接性 与企业培训和其他类型教育相沟通，与国家职业资格证书体系相衔接。
 - 5) 实用性 教学内容符合职业标准及企业生产实际需要，有利于培养实用型人才。
- 与本教材配套的还有相应教材的习题集。

本套教材的编写工作得到了各学校领导的重视和支持，参加教材编审的人员均为各校的教学骨干，保证了本套教材能够按计划有序地进行，并为编好教材提供了良好的技术保证，在此对各个学校的支持表示感谢。

本书的具体编写分工如下：第一章~第二章由李木杰编写，第三章~第七章由吴洪东编写，第八章由王列编写，全书由夏晓峰主审，本书也得到了杨建荣同志的大力支持。

由于时间和编者水平有限，书中难免存在某些缺点或错误，敬请读者批评指正。

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

目 录

前言

第一部分 基础理论 1

第一章 概述 1

第一节 CAD/CAM 的基本概念 1

第二节 CAD 技术概论 3

第三节 CAM 技术概论 8

第四节 CAD/CAM 的发展趋势 15

复习思考题 17

第二章 CAD/CAM 系统 18

第一节 模具 CAD/CAM 系统的 硬件 18

第二节 模具 CAD/CAM 系统的 软件 23

第三节 数据库系统 31

第四节 计算机网络与通信 34

第五节 CAD/CAM 系统的选型 与评估 43

复习思考题 44

第三章 计算机数据的处理与分 析 45

第一节 数据结构 45

第二节 计算分析的主要内容与 方法 51

第三节 有限元分析及其前、后 置处理 52

第四节 材料加工过程中的计算 机模拟技术 57

复习思考题 59

第四章 计算机辅助数控程序的 编制 60

第一节 数控机床与数控加工 60

第二节 数控编程的基本概念 65

第三节 数控编程原理 72

第四节 数控编程中的工艺处 理 74

第五节 前置处理与后置处理 82

第六节 加工过程仿真 83

复习思考题 86

第五章 冷冲模 CAD/CAM 87

第一节 冲裁模 CAD/CAM 系统的结 构与功能 87

第二节 冲裁件的图形输入 90

第三节 冲裁工艺方案的设计 92

第四节 冲裁模具的结构设计 99

第五节 模具图的绘制 106

第六节 冲裁模的 CAM 107

复习思考题 110

第六章 塑料模 CAD/CAM 111

第一节 塑料模 CAD/CAE/CAM 概述 111

第二节 塑料制品建模 115

第三节 塑料注射模 CAD/CAE /CAM 118

复习思考题 131

第二部分 应用软件 133

第七章 Master CAM 133

第一节 Master CAM 软件简介 133

第二节 Master CAM 8.0 基本 操作 139

第三节 编辑功能 161

第四节 二维绘图 (CAD) 实例 175

第五节 曲面的构建 179

第六节 三维绘图 (CAD) 实例 204

第七节 CAM 应用技术 206

第八节 Master CAM 应用实例	229
复习思考题	235
第八章 CAXA 实体设计	238
第一节 CAXA 实体设计概述	238
第二节 零件设计	243
第三节 工程图的生成	256
第四节 箱式钣金件设计	262
第五节 装配设计	276
第六节 曲面设计	285
第七节 动画设计	293
第八节 系列化产品设计	299
第九节 数据交换	301
参考文献	304

第五节 装配设计	276
第六节 曲面设计	285
第七节 动画设计	293
第八节 系列化产品设计	299
第九节 数据交换	301
参考文献	304

第一章 绪论	1
第一节 绪论	1
第二节 绪论	1
第三节 绪论	1
第四节 绪论	1
第五节 绪论	1
第六节 绪论	1
第七节 绪论	1
第八节 绪论	1
第九节 绪论	1
第十节 绪论	1
第十一章 绪论	1
第十二章 绪论	1
第十三章 绪论	1
第十四章 绪论	1
第十五章 绪论	1
第十六章 绪论	1
第十七章 绪论	1
第十八章 绪论	1
第十九章 绪论	1
第二十章 绪论	1
第二十一章 绪论	1
第二十二章 绪论	1
第二十三章 绪论	1
第二十四章 绪论	1
第二十五章 绪论	1
第二十六章 绪论	1
第二十七章 绪论	1
第二十八章 绪论	1
第二十九章 绪论	1
第三十章 绪论	1
第三十一章 绪论	1
第三十二章 绪论	1
第三十三章 绪论	1
第三十四章 绪论	1
第三十五章 绪论	1
第三十六章 绪论	1
第三十七章 绪论	1
第三十八章 绪论	1
第三十九章 绪论	1
第四十章 绪论	1
第四十一章 绪论	1
第四十二章 绪论	1
第四十三章 绪论	1
第四十四章 绪论	1
第四十五章 绪论	1
第四十六章 绪论	1
第四十七章 绪论	1
第四十八章 绪论	1
第四十九章 绪论	1
第五十章 绪论	1
第五十一章 绪论	1
第五十二章 绪论	1
第五十三章 绪论	1
第五十四章 绪论	1
第五十五章 绪论	1
第五十六章 绪论	1
第五十七章 绪论	1
第五十八章 绪论	1
第五十九章 绪论	1
第六十章 绪论	1
第六十一章 绪论	1
第六十二章 绪论	1
第六十三章 绪论	1
第六十四章 绪论	1
第六十五章 绪论	1
第六十六章 绪论	1
第六十七章 绪论	1
第六十八章 绪论	1
第六十九章 绪论	1
第七十章 绪论	1
第七十一章 绪论	1
第七十二章 绪论	1
第七十三章 绪论	1
第七十四章 绪论	1
第七十五章 绪论	1
第七十六章 绪论	1
第七十七章 绪论	1
第七十八章 绪论	1
第七十九章 绪论	1
第八十章 绪论	1
第八十一章 绪论	1
第八十二章 绪论	1
第八十三章 绪论	1
第八十四章 绪论	1
第八十五章 绪论	1
第八十六章 绪论	1
第八十七章 绪论	1
第八十八章 绪论	1
第八十九章 绪论	1
第九十章 绪论	1
第九十一章 绪论	1
第九十二章 绪论	1
第九十三章 绪论	1
第九十四章 绪论	1
第九十五章 绪论	1
第九十六章 绪论	1
第九十七章 绪论	1
第九十八章 绪论	1
第九十九章 绪论	1
第一百章 绪论	1

第一部分 基础理论

第一章 概述

第一节 CAD/CAM 的基本概念

一、基本概念

自从 20 世纪 40 年代世界上诞生第一台计算机以来,计算机在其他领域的研究、开发和应用得到了迅速的发展,例如 CAD/CAM 技术。计算机辅助设计 (Computer Aided Design) 与计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing) 简称 CAD/CAM,是 20 世纪 60 年代以来迅速发展起来的一门新兴的综合性计算机应用技术,其应用往往体现一个国家(地区)的科技水平。

CAD 和 CAM 起初是两个独立发展的分支,随着它们的推广与使用,两者之间相互依存的关系越来越紧密,设计系统只有配合数控加工,才能充分显示其巨大的优越性,而数控技术只有依靠设计系统产生的模型才能发挥效率,两者自然而然地紧密结合,形成计算机辅助设计与制造集成系统 (CAD/CAM)。系统中的两个阶段可以利用公共数据库中的数据,大大缩短了产品的生产周期,提高了产品的质量。

CAD/CAM 是指以计算机、外围设备及其系统软件为基础,处理各种数字、图形等信息,辅助完成产品设计和制造中的各项活动,它包括二维绘图设计、三维几何造型设计、有限元分析 (FEA) 及优化设计、数控加工编程 (NCP)、仿真模拟及产品数据管理等内容。它能够将传统的机械设计与制造彼此相对独立的工作作为一个整体来规划和开发,完成信息处理的高度一体化。随着计算机网络技术高速发展,也使 CAD/CAM 技术向开放式、标准化、集成化、智能化和网络化发展,使技术到产品的制造都发生了革命性的变革。

因为制造中所需的信息和数据大多是来自设计阶段,因此对制造和设计来说这些数据和信息是共享的。实践证明,随着生产技术的发展,不同功能的 CAD 和 CAM 模块的信息将能够相互传递,最终把 CAD 和 CAM 功能融合为一体。将计算机辅助设计和计算机辅助制造作为一个整体来规划、研究和开发,在生产中已取得明显的经济效益,这就是所谓的“CAD/CAM 一体化技术”。

实现 CAD/CAM 一体化最简单的方法是使用一些联接用的接口转换程序,实现信息流的传递。CAD/CAM 一体化系统理想模式如图 1-1 所示,所有的 CAD/CAM 功能都与一个公共数据库 (DB) 串联成一个整体,数据与制造过程紧密相连,数据自动编程系统利用数据的结果和产生的模型,形成数控加工机床所需的信息,从而实现产品设计、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一体化。

二、CAD/CAM 的辅助作用

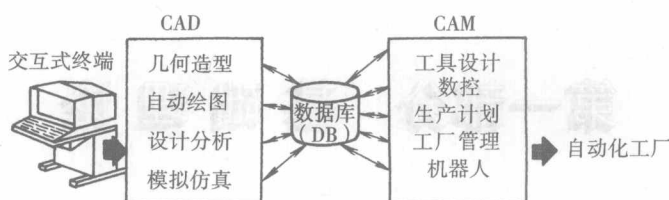


图 1-1 CAD/CAM 一体化系统理想模式

传统的生产流程如图 1-2 虚框内所示。其内容为：根据市场需要设计产品（产品的设计过程是通过创造、分析和综合以达到满足所需要的一种活动）；再根据产品图样和技术要求进行生产前的准备工作，工艺规程编制，设计工、夹、量具，制订计划；然后进行生产的安排，同时在生产过程中对产品进行质量控制；产品出厂后根据用户的要求对产品进行不断的改进，最终达到市场的要求。然而，传统的设计和生產过程中的工作就显得特别繁琐和复杂：

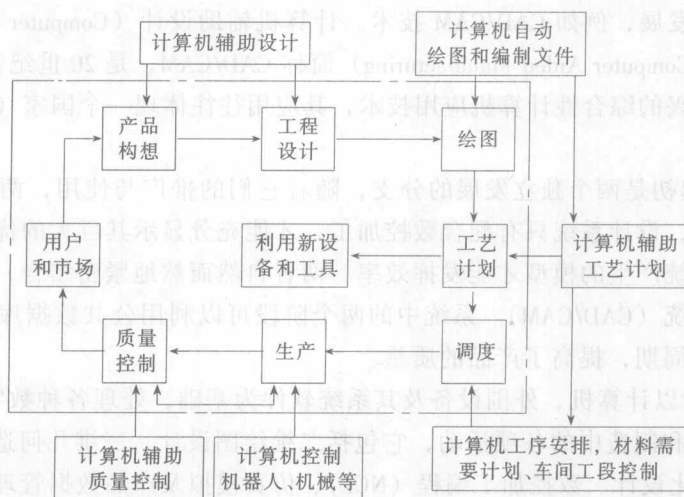


图 1-2 CAD/CAM 的工作内容

1. 数据的处理 材料、设备、结构和工艺等不仅数据量大，而且数据的类型、属性和形式也是多种多样的，设计过程中需要不断地对这些数据进行存取、加工、传递、检查等操作，以获得最优的方案。

2. 图形的绘制 图样是设计与制造工程人员的语言，是记录和表达设计的主要方式。概念设计阶段，需要快速地作出产品模型和系统布局的设计，以便生成和编辑有关的图形；结构设计阶段，根据技术要求需要绘制大量的工程图样。

3. 数值的计算 对数值的计算通过材料力学、结构力学提供的近似公式进行推算，已大大不能满足产品设计与生产的发展需要，必须采用先进的设计方法进行较精确、快速的分析计算。

CAD/CAM 技术正是在这样的情况下产生的，它不仅能大量地存储数据、快速地检索和处理数据，具有很强的构造模型和图形处理能力、高速运算和逻辑分析能力；还能完成复杂的工程分析计算。

计算机在设计和制造过程中起重要的辅助作用，它可以协助完成如图 1-2 虚框外所示的内容，有效地辅助设计人员进行产品的构想和模型的构建（概念设计），工程分析计算和优化，无须经过样机试制，在计算机上对设计的产品性能进行模拟仿真，计算机辅助绘制工程图样和文档编辑；辅助工艺人员和管理员编制工艺规程，制订生产计划和作业调度计划；辅助操作人员控制工作机械（机床、机器人等），并在加工过程中进行质量控制等。

CAD/CAM 系统中，可实现可视化效果，将计算机设计结果转换为几何图形及图像信息在屏幕上显示出来并进行交互处理，并可对计算机工作过程进行干预和引导，处理设计与制造过程中出现的各种问题。

第二节 CAD 技术概论

CAD 现已广泛地应用在各个行业和部门，模具行业是最早应用计算机辅助设计的，也是最能体现出计算机辅助设计优越性的部门之一。

一、常规工艺设计步骤

任何产品及其制造工艺过程都必需先进行设计，设计工作是新产品研制的第一步工作，设计工作的水平直接关系到产品质量、性能、研制周期和经济效益。产品设计流程图如图 1-3 所示。

1. 建立设计方案 根据设计要求，通过对需要生产的产品进行有关资料检索，对产品的性能、寿命、生产效率和生产成本、生产批量等技术内容进行分析，形成具体的设计方案。

2. 确定设计方案 在满足设计要求的前提下，由设计人员提供几种可行的设计方案，根据设计方案图及原理图，通过比较法进行筛选，来选择一个最佳的设计方案。

3. 技术设计 在所确定的设计方案的基础上，对产品进行整体和零部件设计，将设计结果以图样及计算说明书的形式表达出来。

4. 工艺设计 对需设计的零、部件，进行生产工艺分析，制定产品加工的工艺流程图。

5. 加工样品及试验 对加工后的样品进行试验，并将试验过程中各项性能指标和所存在的问题反馈给设计人员，作为改进的依据。

6. 客户使用情况 经过试验、改进后制造出的产品投入市场，通过客户使用的情况，再进行产品的改进，最后进行产品生产。

从设计流程图可以看到产品从设计到成品的过程是从设计→试验→改进→再设计的一个循环反复的过程，最后才能形成一个最优的设计加工方案。

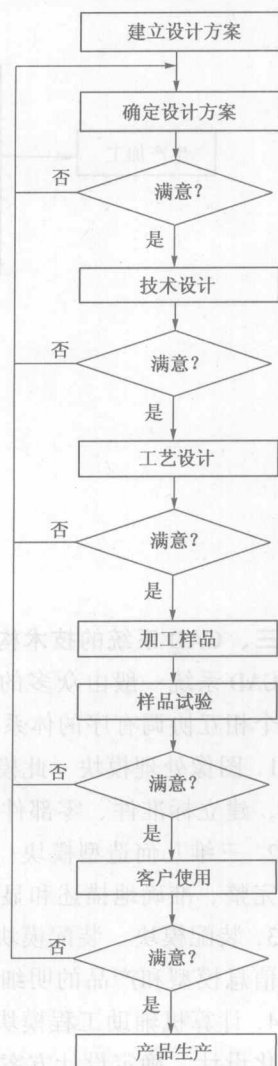


图 1-3 设计流程图

常规工艺设计,需要查阅大量技术资料和设计手册,通过多次计算和实验分析,把设计方案用图形及说明书表达出来后,再与相关的技术人员讨论修改。在整个设计过程中,需要花费大量的人力、物力和时间。在科技高速发展的时代已远远不能适应设计生产的需要了,随着计算机技术的发展,CAD 技术就应运而生了。

二、CAD 定义

计算机辅助设计 (CAD) 是指应用计算机的高速计算能力和模拟显示图形的能力,协助工程技术设计人员完成产品设计各阶段的工作。

在计算机辅助设计整个工作中,计算机的主要任务是进行大量的数字信息处理,也就是针对设计人员构思、判断、决策的初步方案,由计算机对数据库中大量设计资料进行检索,根据设计任务和要求进行分析、计算和优化,形成初步设计结果,以人机交互方式反复加以修改,直到满意为止。最终确认后,可在绘图仪及打印机上输出设计结果,或者直接驱动数控加工设备进行加工。CAD 的工作过程如图 1-4 所示。

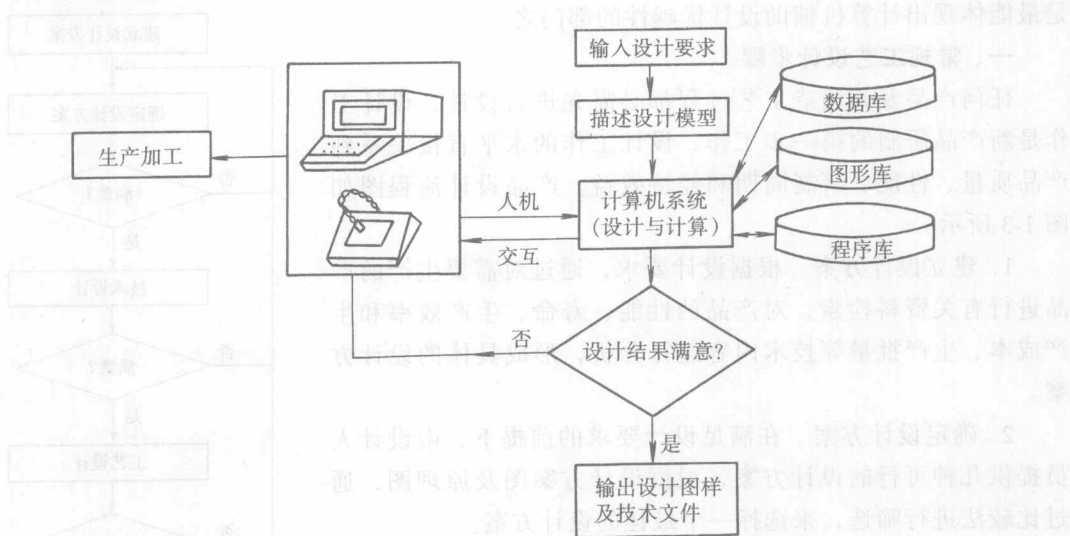


图 1-4 CAD 的工作过程

三、CAD 系统的技术构成

CAD 系统一般由众多的功能模块构成,各功能模块既独立工作,又相互传递信息,形成一个相互协调有序的体系,这些功能模块一般分成几种情况:

1. 图像处理模块 此模块主要进行零件二维图形的设计、绘制、编辑,绘制工程设计图样,建立标准件、零部件图形库等图形处理工作。
2. 三维几何造型模块 它通过计算机表示、控制、分析和输出几何实体,为用户提供完整、准确地描述和显示三维几何形状的方法和工具。
3. 装配模块 装配模块可以完成从零件到部件或产品的装配,并可以建立产品结构的完整信息模型和产品的明细表,同时还可通过装配进行干涉检查(静态干涉检查)。
4. 计算机辅助工程模块 利用应用程序库中已编制的各种应用程序,进行设计、计算及优化设计,确定设计方案及产品零部件的形状尺寸和技术要求等主要参数。此模块拥有众多的相互独立的子模块,如有限元分析模块、优化方法模块等。利用有限元分析模块可以进

行结构件的力学、动力学和温度场分析，流体的流动特性分析等；而优化方法将优化技术用于工程设计，综合多种优化计算方法，求解设计模型。

5. 机构动态仿真模块 此模块可根据机构的装配结构，计算出各构件的重心、质量、惯性矩等物理量，设定其运动规律和各类参数，对各类机构运动的仿真进行计算，并用三维图形显示机构运动状态和运动干涉检查。

6. 数据库模块 此模块执行了对 CAD 系统的数据处理与管理的功能。在利用 CAD 系统进行产品设计的过程中，会形成大量的数据，需对这些数据进行一些计算与整理。

7. 编程模块 它包括编程语言和图形库等，可以利用系统的模块对 CAD 系统进行二次开发，充分发挥 CAD 系统的性能，并提高使用效率。

当然对不同的用户，使用模块的侧重点有所不同。例如，对于使用 CAD 系统进行产品设计而言，是如何利用 CAD 将产品按要求快速设计出来，它主要是前五项功能模块的使用；而对于 CAD 系统的开发则是后两个功能模块的使用，即进行 CAD 系统的二次开发的应用。

CAD 技术体系分三个层次，基础层是计算机硬件及系统软件层。硬件指计算机与网络系统，系统软件主要指操作系统；支撑层包括产品数据掌握、Internet/Intranet 应用支撑、异地协同虚拟设计、真实感图形显示、二维和三维参数化特征几何造型、面向应用的二次开发环境、用户接口与人机交互、CAD 支撑软件等；应用层是 CAD 的具体应用领域。如图 1-5 所示。

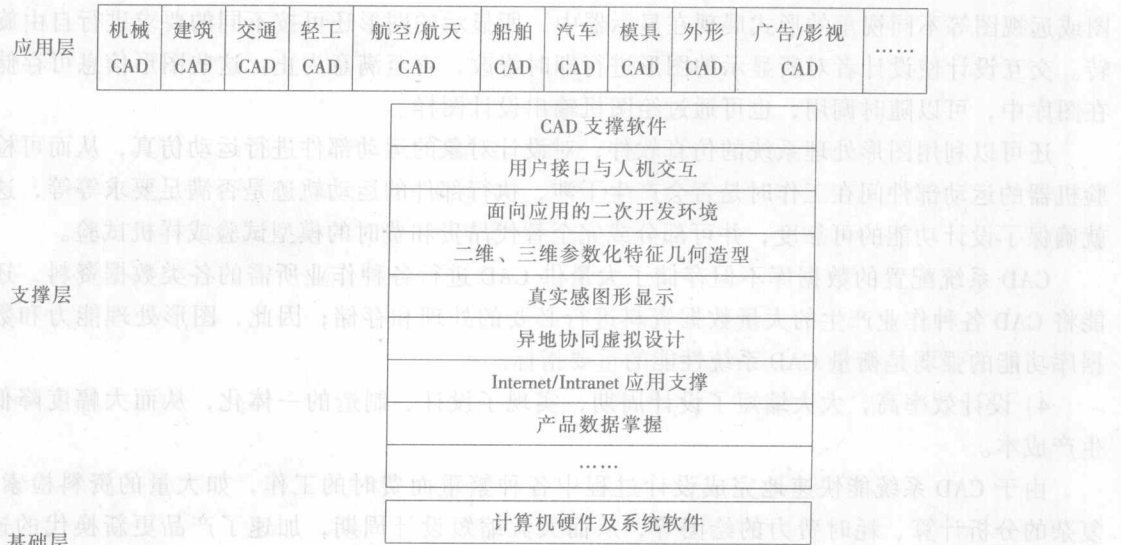


图 1-5 CAD 技术体系

四、CAD 的特点

1) 在设计时把分析和设计相互结合起来，使产品性能达到最佳化。

CAD 实质是利用计算机进行各种设计信息处理的总称。设计过程实际上是一个收集信息、处理信息和输出信息的过程。按用户所需求的信息出发制定设计任务后，进行调查研究 and 收集资料，积累有关资料和数据，这是设计信息的收集过程。一个最佳的设计方案是建立在充分掌握大量有效信息基础上的，把已积累的大量设计信息进行整理、分析、对比、变换等系统处理，作出决策，确定设计方案。然后定参数，进行分析计算和综合优化等数值信息处理工作，再进行结构设计，确定形状和尺寸，作图形信息处理工作；编各种技术设计文

件、作文字信息处理工作；最后输出设计结果信息。

综上所述可知使用 CAD 系统进行产品设计时，用现代分析方法求取设计参数，并运用系统工程进行方案设计，以便从整体的角度来认识设计对象，并从整体来系统地检查它的性能，使之达到最优，从而实现方案的优化。

2) CAD 系统可大大提高设计的精度和可靠性。

CAD 系统中包含大量分析和数值计算方法的软件，它可以对所设计的对象进行结构应力应变场、温度场以及流体内部的压力场、速度场等的分析计算，从而使设计的计算精度大大提高；另外，目前对机械的研究已从静态分析发展到动态分析，并从系统的观点出发来研究整机及其零部件的可靠性，运用概率统计方法来分析零部件的失效，从而实现了机械故障的有效诊断以及寿命的预测。

3) CAD 系统具有强有力的图形处理和数据处理功能。

设计实质是大量的信息处理的过程，过去这些工作主要是靠人工来完成的，耗费了大量的人力、时间和物力，直到计算机的出现才发生了改变，把收集到的设计信息（数据、公式、表格、线图、图形、标准、规范、设计方法和步骤等等）输入在计算机内，利用 CAD 系统进行各种图形处理和数据处理，这正是设计工作所需要的。

图形和数据是 CAD 系统作业过程中信息存在和交流的主要形式。进行 CAD 系统作业时，图形处理系统可根据设计者的设想和要求，产生设计对象的实体模型，以三视图、剖视图或远视图等不同视角的形式展现在显示器中，所显示的图形还可按不同的要求进行自由旋转。交互设计使设计者对所显示的图形进行即时修改，直至满意为止。这些图形信息可存储在图库中，可以随时调用，也可通过绘图机输出设计图样。

还可以利用图形处理系统的仿真软件，对设计对象的运动部件进行运动仿真，从而可检验机器的运动部件间在工作时是否会产生干涉，执行部件的运动轨迹是否满足要求等等，这就确保了设计功能的可靠性，并可部分或完全替代昂贵和费时的模型试验或样机试验。

CAD 系统配置的数据库不但存储了大量供 CAD 进行各种作业所需的各类数据资料，还能将 CAD 各种作业产生的大量数据资料进行必要的处理和存储；因此，图形处理能力和数据库功能的强弱是衡量 CAD 系统性能的重要指标。

4) 设计效率高，大大缩短了设计周期，实现了设计、制造的一体化，从而大幅度降低生产成本。

由于 CAD 系统能快速地完成设计过程中各种繁重而费时的工作，如大量的资料检索、复杂的分析计算、耗时费力的绘图等，从而大大缩短设计周期，加速了产品更新换代的速度。统计资料表明，应用 CAD/CAM 技术，可以提高效率几倍到几十倍。如美国 GM 公司把 CAD/CAM 技术应用在汽车设计中，使汽车设计制造周期由 5 年缩短为 3 年；美国波音公司研制波音 727 客机比英国研制三叉戟客机起步晚 2 年，但由于美国采用了 CAD/CAM 技术，结果两种客机同时交付使用。

5) CAD 系统是合理和充分地利用计算机及其外围信息处理装置，组成人机对话的一体化设计系统。

CAD 系统是人机的组合，是将人的创造性、决策作用、组织能力和计算机强大的信息处理能力结合起来的产物。

人机结合是以人为主，以机为辅。在 CAD 中人起主导作用，而机只能完成人所规定和

安排好的工作。有人曾设想把人和机等同起来,像生产自动化一样搞设计自动化(Design Automation),即所谓 DA,企图以计算机来替代人进行设计,为了达到目的,把系统制造得复杂而且很庞大,结果并没有什么实用价值。应该合理有效地利用计算机,人完成创造性工作,用计算机来完成具体处理工作。

在强调人的作用的同时,又应充分发挥计算机的能力,最大限度地减轻人的劳动,把人从繁重的事务工作中解脱出来,更好地发挥人的聪明才智,进行创造性的工作。应该大力开发计算机在设计中的应用领域,随着计算机技术的发展,计算机将会更多更好地代替人的工作。

CAD 是人机结合一体化来进行设计,就需实现人机对话、互相交换信息。设计过程不是简单的输入程序、数据,经处理后输出结果,而是在人机对话、互相问答的形式中进行的。设计者提出方案和设想,由计算机分析处理后给予回答;计算机询问设计者要进行什么工作,由设计者输入计算所需的参数;设计者具体的结构考虑,由计算机显示出来,以便分析比较。设计工作是试行的过程,设计过程往往是算算看,参数选择得是否适合,性能指标是否符合要求;图形设计的构造形状,尺寸大小是否合理恰当。这种人机不断地进行对话,实质是由计算机进行具体处理,而人是作出决策的过程。

五、CAD 的发展过程

CAD 技术是在计算机技术基础上发展起来的,它的发展过程与计算机技术的发展密切相关。20 世纪 40 年代世界上第一台计算机诞生后,计算机辅助设计技术就开始了,其发展大致可分为以下几个阶段:

1. 起步阶段 1950 年美国麻省理工学院生产出图形显示器,虽只能显示出极为粗糙的图形,与示波器差别不大,但它标志着 CAD 技术的开始。随着滚筒式绘图机、平板绘图仪的研制成功,计算机已开始具有一定的图形输出能力,这时计算机硬件还处在电子管阶段的较低水平。

2. 成长阶段 20 世纪 60 年代,晶体管取代了真空电子管,出现了直接存取存储器,研制成功了阴极射线管显示器,逐渐出现许多商品化的 CAD 设备,如美国 IBM 公司推出的计算机绘图设备、美国通用汽车公司的用于汽车设计的多路分时图形控制台。这些硬件的出现和发展为 CAD 的发展提供了坚实的物质基础。

MIT 林肯实验室的 I. E. Sutherland 于 1962 年首次提出了计算机图形学、交互技术、分层储存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。

3. 成熟推广阶段 20 世纪 70 年代,计算机进入大规模集成电路时代,能产生逼真图形的光栅扫描显示器、光笔、数字化仪等图形输入输出设备不断涌现,CAD 技术逐步走向成熟,专门从事 CAD 系统开发和经营的 CAD 公司出现了,它们对于推动 CAD 技术的发展起了重要作用。1970 年 Applicon 推出了完整的 CAD 系统,使 CAD 的应用达到了一个较高的水平。

4. 广泛应用阶段 从 20 世纪 80 年代开始,计算机硬、软件极为迅速地发展起来。据统计,硬件的发展基本符合摩尔定理(在元器件发展中有一个很著名的定理,即摩尔定理。摩尔是 INTER 的创始人,他归纳集成电路发展的历程时提出了一个规律:集成电路的集成度每隔 18 个月要翻一番),即每 18 个月性能提高一倍。各种计算机外围设备也不断推新,性能得到很大提高。随着微型计算机的迅速发展,CAD 系统已开始从小型计算机向微型计算机转化。在发达国家,CAD 技术在制造行业中得到广泛的应用,其覆盖率达 80% 以上,

世界绝大多数大中型企业的产品设计全部由计算机完成。CAD/CAM 技术的发展可以体现一个国家综合国力的强弱。

我国的 CAD 技术起步于 20 世纪 60 年代末, 由于历史的原因, 与发达国家相比, 还有相当大差距, 主要表现在:

1) 商品化 CAD 软件较缺乏。我国的 CAD 软件基本处于研究开发阶段, 具有独立自主知识产权的软件少, 可靠性差, 集成化程度低, 维护工作差, 难以在市场上立足。

2) CAD 技术的推广普及不够。在制造业领域, 利用 CAD 进行产品设计的覆盖率较低, 主要集中在发达地区。

3) 重引进而轻吸收。由于引进 CAD 系统只是简单培训, 缺乏专业的技术人员, 致使 CAD 系统没有发挥应有的作用, 造成了极大的浪费。

因此, 大力开展 CAD 技术的研究、开发和推广 CAD 技术, 将是我国从事 CAD 技术研究人员的重要任务。

第三节 CAM 技术概论

一、CAM 基本概念

CAM 是指以计算机为主要技术手段, 处理与制造有关的信息, 是利用计算机对制造过程进行设计、管理, 从而控制制造的全过程。

由于计算机及相关技术的发展很快, 其 CAM 的内涵也不断增加。目前, CAM 可从狭义和广义两方面来理解。狭义 CAM 是指计算机辅助编制数控机床加工零件的指令。广义 CAM 是指应用计算机进行制造信息处理的全过程, 包括计算机辅助工艺装备规划、工艺过程规划、数控加工程序编制、质量检测等。计算机辅助制造是先进制造技术的重要组成部分, 是提高制造水平的重要举措。

二、CAM 技术内涵

CAM 技术构成比较单一, 它主要有三部分内容: 一是数控加工过程的工艺处理; 二是数控加工轨迹的形成; 三是将加工轨迹处理成机床控制器能够接受的控制代码。其中一、二部分合称为前置处理, 第三部分称后置处理。

第一部分的工艺设计主要是研究和确定产品零件加工所应用的加工方法、加工顺序和加工设备, 这是一项经验性很强的工作, 往往要求经验丰富的技术人员完成。现在可将加工的经验数据输入计算机中, 通过人机对话, 即使经验很少的操作者也能进行工艺设计。

第二部分是 CAM 技术的核心内容。数控编程是指编制数字控制 (Numerical Control, 简称 NC 或数控) 机床的控制程序, 又称 NC 编程。利用 CAM 系统对由 CAD 系统产生的产品数学模型, 选择确定加工工艺参数, 生成、编辑、仿真刀具的运动轨迹, 以实现产品的虚拟加工, 产生实际数控机床加工零件的数控程序。目前常用的轨迹生成方法有两类, 一类是基于点、线、面和体的 NC 刀具轨迹生成方法, 另一类是基于特征的 NC 刀具轨迹生成方法。

第三部分的实质就是将刀具轨迹文件翻译成数控机床控制器的指令代码。当然, 计算机数字装配技术也是 CAM 近期发展的一项十分活跃的内容。

三、CAM 系统的结构

CAM 系统是通过计算机分级结构控制和管理制造过程各方面的工作, 它的目标是开发

一个集成的信息网络来监测与其相互关联的一个广阔的制造作业范围，并通过一个总体的管理策略控制各项工作。

从自动化的角度来看，数控机床加工是一个工序自动化加工过程，加工中心是实现零件部分或全部机械自动化加工过程，计算机直接控制和柔性制造系统是完成一族零件或不同族零件的自动化制造过程，而计算机辅助制造是计算机进入制造过程这样一个总的概念。

一个大规模的 CAM 系统是一个计算机分级结构的网络，它由两级或三级计算机组成，中心计算机控制全局，提供处理过的信息；主计算机管理某一方面的工作，并对其子计算机工作站或微型计算机发布命令和实施监控；计算机工作站或微型计算机承担工艺过程控制或管理单一的工作。图 1-6 表示了 CAM 系统的分级结构，可以看出其功能是全面的、广泛的，涉及整个制造领域。

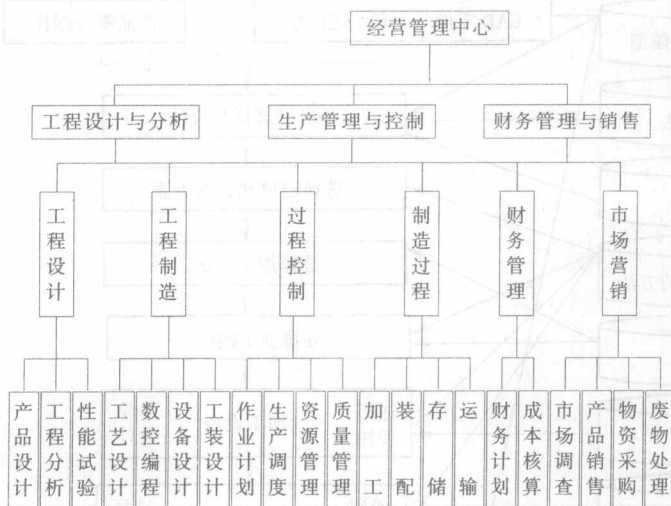


图 1-6 CAM 系统的分级结构

计算机辅助制造系统的组成可以分为硬件和软件两方面：硬件方面有数控机床、加工中心、输送装置、装卸装置、存储装置、检测装置、计算机等；软件方面有数据库、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助数控程序编制、计算机辅助工装设计、计算机辅助作业计划编制与调度、计算机辅助质量控制等。

四、CAM 的应用

CAM 的应用按计算机与制造系统是否有硬件接口连接可以分为直接应用和间接应用两大类：

1. CAM 的直接应用 CAM 的直接应用是指计算机通过接口直接与制造系统连接，用以监视、控制、协调制造过程。

(1) 物流运行控制 根据产品生产计划的生产进度信息来控制物料的流动运行情况。

(2) 生产控制 在生产过程中随时收集和记录物流运行情况的数据，当发现工况（如完工的数量、时间等）偏离作业计划时，即予以协调与控制。

(3) 质量控制 通过现场检测随时记录质量数据，当发现偏离或即将偏离预定质量指标时，向工序作业发出指令，及时予以校正。

2. CAM 的间接应用 计算机与制造系统是离线工作的，并不直接连接，只是用计算机

支持生产制造的活动，输出制造过程和生产作业过程所需要的相关的数据与信息，从而使生产资源的管理更加有效。主要包括：

(1) 计算机辅助工艺过程设计 (Computer Aided Process Planning, 简称为 CAPP) CAPP 是利用计算机模拟工艺人员的工艺设计方法，通过向计算机输入被加工零件的几何信息 (图形) 和工艺信息 (材料、热处理、批量等) 为加工零件编制工艺规程，由计算机自动输出零件的工艺路线和工序内容等工艺文件的过程，即由计算机来制定零件的加工工艺过程，把毛坯加工成工程图样上所要求的零件。它可以极大地提高工艺人员的工作效率，缩短生产准备周期，降低工艺设计费用。计算机辅助工艺过程设计的过程大致如图 1-7 所示。

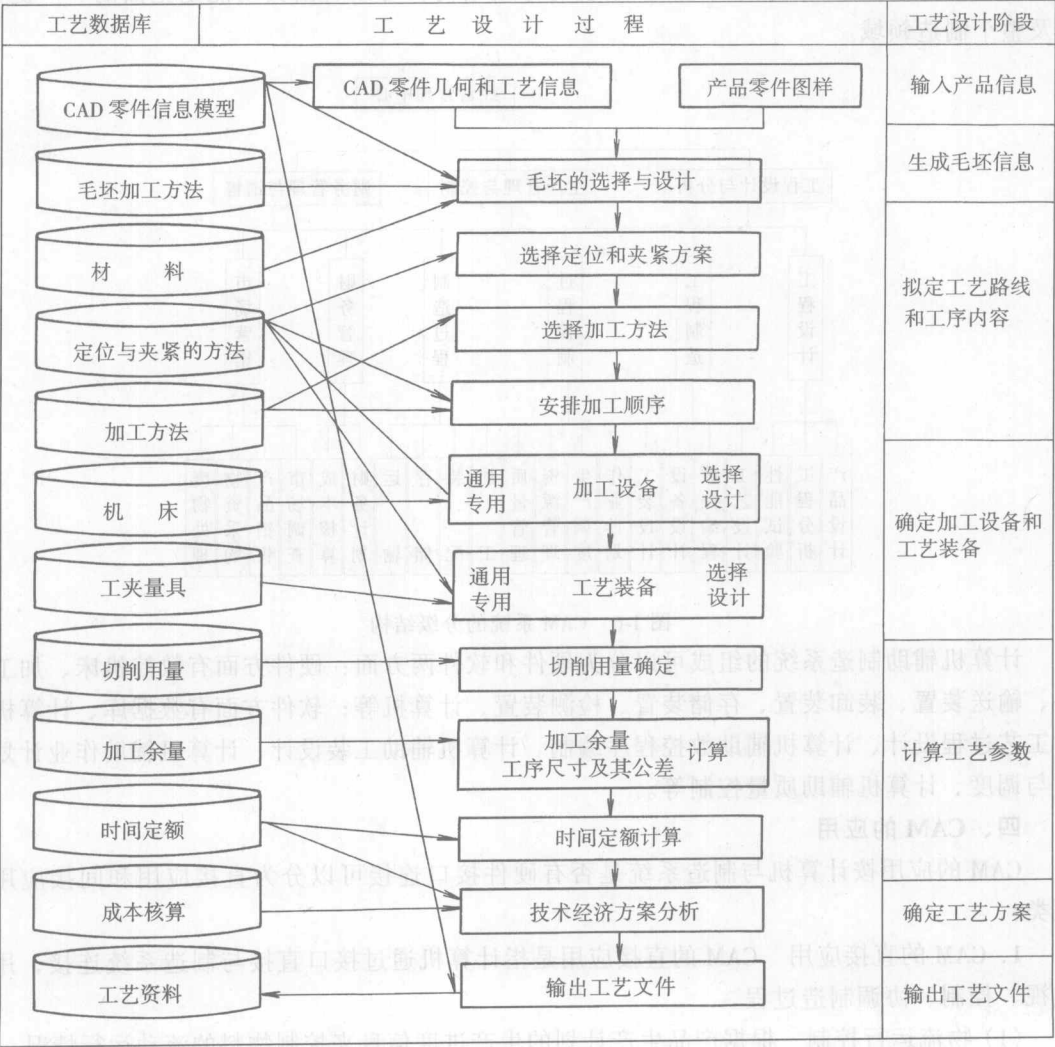


图 1-7 计算机辅助工艺过程设计的过程

1) 输入产品的信息 首先了解整个产品的性能及要求，分析零件的技术要求及其尺寸公差及其结构工艺性。通过零件信息描述系统，输入零件的几何信息和工艺信息。在 CAD/CAPP/CAM 集成制造系统中其信息和功能上是集成的，零件的几何信息和工艺信息可由 CAD