



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

计算机辅助三维设计

—Pro/ENGINEER项目实例教程

主编 闻霞 吴龙

高等教育出版社

全国教育科学“十一五”规划课题研究

计算机辅助三维设计

——Pro/ENGINEER 项目实例教程

Jisuanji Fuzhu Sanwei Sheji

主 编 闻 霞 吴 龙

副主编 赖元隆

高等教育出版社·北京

内容提要

本书以培养创新应用型人才为目标,以实际应用为原则,借鉴我国台湾高校应用型人才培养经验,紧扣机械制造企业的需要,以产品的设计、生产为主线,将理论、原理介绍与应用实例相结合,在系统介绍计算机辅助设计及 CAD/CAM 的基本概念、基本内容、应用方法和关键技术的基础上,结合具体的 CAD/CAM 集成技术软件进行介绍。全书以 Pro/ENGINEER 5.0 为应用背景,以灵活多样化的工程实例,介绍 Pro/ENGINEER 5.0 的三维建模、高级曲面造型、部件装配、工程图转换、机构运动仿真及零件数控加工仿真等内容。

本书所附光盘包含所有案例的源文件、结果文件。

本书案例典型,实例丰富,知识全面,适合作为高等院校机械类各专业的 CAD/CAM 课程教材,也可作为使用 Pro/ENGINEER 软件的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (C I P) 数据

计算机辅助三维设计: Pro/ENGINEER 项目实例教程/
闻霞, 吴龙主编. --北京: 高等教育出版社, 2015.10
ISBN 978-7-04-043750-8

I. ①计… II. ①闻… ②吴… III. ①机械设计-
计算机辅助设计-应用软件-高等学校-教材 IV.
①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 191771 号

策划编辑 卢 广
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 沈志强
责任校对 高 歌

封面设计 李卫青
责任印制 尤 静

版式设计 王艳红

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

印 刷 北京四季青印刷厂

开 本 787 mm×960 mm 1/16

印 张 20.5

字 数 370 千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

版 次 2015 年 10 月第 1 版

印 次 2015 年 10 月第 1 次印刷

定 价 37.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 43750-00

前 言

计算机辅助设计与制造技术(简称 CAD/CAM 技术)是随着计算机技术、电子技术和信息技术的发展而形成的一门新技术、新科学。CAD/CAM 技术的应用水平已经成为衡量一个国家工业现代化水平的重要标志。而且,随着 CAD/CAM 技术的推广和深入应用,它已逐渐从一门新兴技术发展成为一种高新技术产业,成为未来工程技术人员必备的基本技能之一。

目前, CAD/CAM 软件技术已经基本成熟, 各类三维软件的应用与推广占有极其重要的地位。本书参考国内外精品教材的写作思路, 在深入分析、总结近年来我国各高等院校 CAD/CAM 教学改革经验的基础上, 与我国台湾地区高校合作, 结合作者多年实际教学经验编写而成, 充分体现了应用型人才培养的特色。

本书注重“理论与实践”的有机结合, 突出“实验和实践”教学环节的把握, 其特色主要体现在以下几个方面。

(1) 既要体现课程特色, 又要兼顾系统性

根据课程的性质和教学目标, 本书重点介绍计算机辅助设计概述、基本理论和基本方法, 使学生建立起 CAD/CAM 系统的概念, 通过计算机辅助设计、计算机辅助造型、计算机辅助制造分析的应用培养综合能力。课程内容以产品设计制造为主线, 探讨计算机辅助设计工作的原理和方法, 并最终归纳到集成 CAD/CAM 的关键点上, 覆盖设计、分析、工艺、制造、管理等各个方面, 充分体现启发性、针对性和实用性, 有利于激发学生的学习兴趣, 培养学生的学习能力、创新能力及实践能力。

(2) 教学目标明确, 编写风格新颖

每章开头都安排要点、教学目标, 以培养学生的创新设计能力, 并安排相应的拓展实训, 便于学生课后进一步学习和考察自学能力。

(3) 结合主流三维设计软件, 体现集成设计应用

以 Pro/ENGINEER 5.0 为平台, 安排三维建模设计、部件装配设计、自动工程图转换、机构运动仿真及数控加工仿真加工等典型模块内容, 采用的案例充分、详细, 令前期所学机械制图、机械设计、机械原理及数控技术等课程得

到相应的应用实践。

本书由闻霞、吴龙主编，本书第2、3、4、5章由闻霞执笔，第1、6章由吴龙、赖元隆(我国台湾)执笔。全书由闻霞统稿并完成定稿。本书中建模图由闻霞指导其学生刘炳江、陈伟雄、郑奇伟、纪联南等绘制完成，并由闻霞审校。魏剑完成第1章审阅，刘建军完成第3章审阅，邱丽梅完成第6章审阅，皖西学院周宇参与第2章相关内容的编写及审阅。

本书由北京联合大学方新教授主审。方新教授认真审阅全书并提出了宝贵的修改意见。作者在此对方新教授表示感谢。

我们在相关教改、三维CAD教学成果推广、编写教材的过程中得到张君诚教授的悉心指导，在此表示感谢。由于编者水平所限，不当之处在所难免，望读者批评指正。

编 者

2015年8月

目 录

第 1 章 计算机辅助设计概述	1
1.1 计算机辅助设计的基本概念	1
1.2 计算机辅助设计的基本内容	2
1.3 CAD 系统的优点	3
1.4 CAD/CAM 的基本概念	4
1.5 CAD/CAM 系统的基本功能	8
1.6 CAD/CAM 的集成系统	10
第 2 章 计算机辅助零件设计	11
2.1 计算机辅助零件实体造型	12
2.1.1 Pro/ENGINEER 5.0 实体造型基础知识	12
2.1.2 拉伸特征	25
2.1.3 旋转特征	42
2.1.4 扫描特征	51
2.1.5 混合特征	54
2.1.6 倒角特征	59
2.1.7 孔特征	62
2.1.8 抽壳特征	71
2.1.9 筋特征	73
2.1.10 拔模特征	87
2.1.11 拓展实训案例	91
2.2 计算机辅助曲面高级特征造型	93
2.2.1 扫描混合	93
2.2.2 螺旋扫描	96
2.2.3 可变截面扫描	103
2.2.4 边界混合特征	106
2.2.5 拓展实训案例	130
思考与练习	132

第3章 计算机辅助装配原理与应用	137
3.1 装配的概述	137
3.1.1 常用的装配约束类型和偏移	138
3.1.2 装配模块简介	140
3.2 Pro/ENGINEER 的装配设计	150
3.3 装配体的编辑	160
3.3.1 装配关系和零件的修改	160
3.3.2 装配体的分解图	166
第4章 计算机辅助工程图的设计	170
4.1 水泵阀造型与工程图设计说明	172
4.2 基础知识	172
4.2.1 工程图创建及设置	173
4.2.2 对象选取	175
4.2.3 视图的创建	175
4.2.4 视图的移动、拭除与恢复、删除	184
4.2.5 尺寸标注	186
4.2.6 创建与编辑表格	190
4.3 水泵阀造型与工程图设计过程	194
4.3.1 三维实体建模及工程图设计工艺分析	194
4.3.2 水泵阀造型操作步骤	196
4.3.3 水泵阀工程图设计操作步骤	207
4.4 拓展实训：阀体零件工程图设计	230
本章小结	233
思考与练习	234
第5章 计算机辅助机构运动仿真	235
5.1 运动仿真概述	235
5.2 连接与连接类型	237
5.3 创建运动模型	241
5.3.1 伺服电动机	243
5.3.2 运动副	244
5.3.3 拖动和快照	250
5.4 设置运动环境	251
5.5 定义分析	253
5.6 获得分析结果	254

5.7 拓展实训：棘轮机构仿真运动	255
思考与练习	260
第6章 计算机辅助数控加工	261
6.1 加工概述	261
6.2 计算机辅助数控加工概述	264
6.2.1 Pro/NC 模块	265
6.2.2 Pro/NC 中的几个概念	265
6.2.3 Pro/NC 自动编程和加工的基本过程	266
6.3 Pro/NC 的用户界面及操作	267
6.3.1 用户界面的进入	268
6.3.2 菜单简介	268
6.3.3 NC 设计操作实例	270
6.4 加工工艺参数的设置	274
6.4.1 数控加工中常用的参数	274
6.4.2 块铣削方法及参数	276
6.5 加工程序代码的产生	279
6.5.1 加工程序代码的产生	279
6.5.2 操作案例	281
6.6 简易图形的手写路径规划	282
6.7 计算机辅助铣床加工案例一	284
6.8 计算机辅助铣床加工案例二	296
本章小结	306
思考与练习	307
附录 Pro/ENGINEER 环境变量的设置	308
参考文献	318

第1章 计算机辅助设计概述

教学目标

通过本章的学习，了解计算机辅助设计的基本概念，掌握 CAD 系统基本功能及其应用领域。熟悉主流 CAD/CAM 集成系统软件。

教学要求

技能目标	知识要点
掌握计算机辅助设计的基本概念	计算机辅助设计过程、计算机辅助设计优点
掌握 CAD/CAM 各模块的功能、结构	CAD/CAM 的含义、功能和产品制造工作过程
熟悉常用的 CAD/CAM 支撑软件	学会选用常用绘图软件、建模软件、数控加工软件、工程分析软件及系统集成软件

20 世纪 70 年代后期以来，以计算机辅助设计技术为代表的新技术改革浪潮逐渐席卷了全世界，它不仅促进了计算机本身性能的提高和更新换代，而且几乎影响到一切技术领域，冲击着传统的工作模式。以计算机辅助设计这种高技术为代表的先进技术已普遍应用于机械制造、汽车、航空、造船、土建、铁道、轻纺、电子等行业工程设计中。在缩短设计周期、提高设计质量、降低成本、发挥设计人员的创造性等方面，计算机辅助设计起了重要的作用。

1.1 计算机辅助设计的基本概念

计算机辅助设计(computer aided design, CAD)是指工程技术人员以计算机为辅助工具来完成产品设计过程中的各项工作，如草图绘制、零件设计、装配设计、工装设计、工程分析等。其中，人与计算机结合为一个问题求解组，紧密结合，发挥各自所长，从而使其工作优于每一方，并为应用多学科方法的综

合性协作提供了可能。CAD 是工程技术人员以计算机为工具，对产品和工程进行设计、绘图、分析和编写技术文件等设计活动的总称。

根据模型的不同，CAD 系统一般分为二维 CAD 和三维 CAD 系统。二维 CAD 一般将产品和工程图设计图纸看成是点、线、圆、弧、文本等几何元素的集合，系统内表达的任何设计都变成了几何图形，所依赖的数学模型是几何模型，系统记录了这些图素的几何特征。二维 CAD 系统一般由图形的输入与编辑、硬件接口、数据接口和二次开发工具等几部分组成。

三维 CAD 系统的核心是产品的三维模型。三维模型是在计算机中将产品的实际形状表示成为三维的模型，模型中包括了产品几何结构的有关点、线、面、体的各种信息。计算机三维模型的描述经历了从线框模型、表面模型到实体模型的发展，所表达的几何信息越来越完整和准确，能“设计”的范围很广。由于三维 CAD 系统的模型包含了更多的实际结构特征，使用户在采用三维 CAD 造型工具进行产品结构设计时就能反映实际产品的构造和加工制造过程。

1.2 计算机辅助设计的基本内容

计算机具有高速的计算能力、强大的存储能力、灵活的图形显示功能和丰

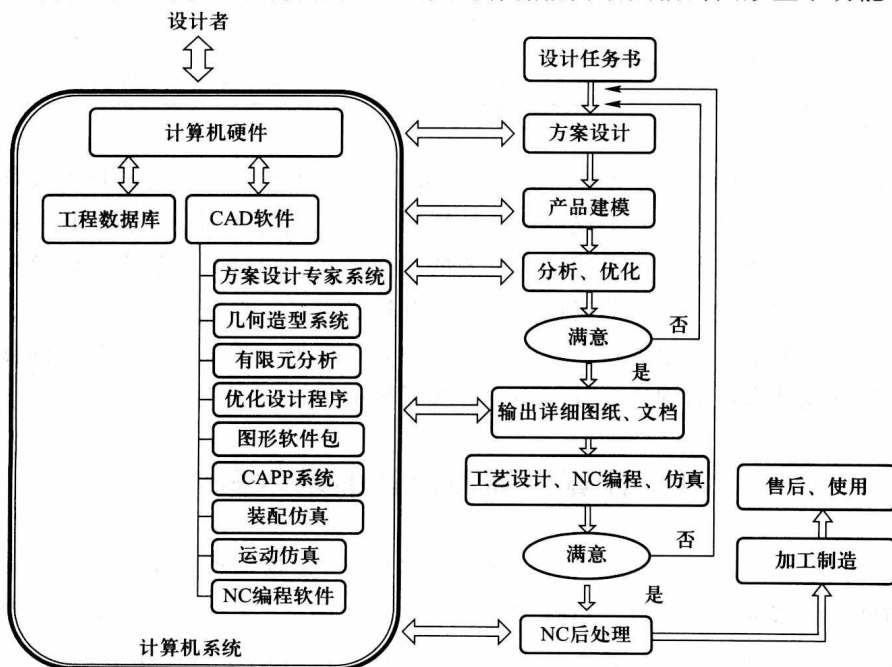


图 1.1 计算机辅助设计过程

富的文字处理功能,充分利用计算机这种优越性能,同时将人的知识、经验、逻辑思维能力结合起来,形成一种人与计算机各尽所长、紧密配合的系统,以提高设计的质量和效率。这种人机结合的交互式设计方式,构成了计算机辅助设计的工作过程,这种计算机辅助设计过程如图 1.1 所示,计算机辅助设计的示意图如图 1.2 所示。

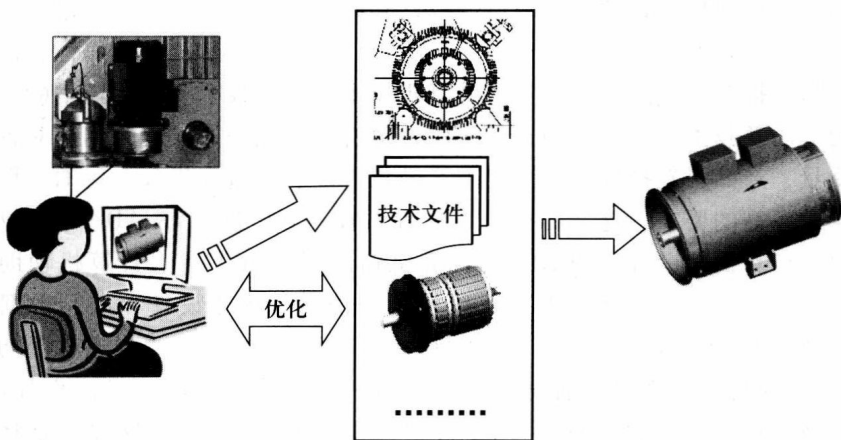


图 1.2 计算机辅助设计示意图

1.3 CAD 系统的优点

计算机辅助设计已经不再局限于个别设计阶段或环节中,而是将计算机科学的技术和方法应用于各种工程领域的专业技术,在以计算机为基础的系统结合起来,在设计每个阶段和所有环节中尽可能地利用计算机系统来完成计算复杂、劳动量大、重复性高以及单纯靠人工难以完成的设计工作,从而辅助整个设计过程。另外,体现计算机辅助设计特征的交互式计算机图形处理和工程数据库管理系统为工程设计人员提供了非常方便灵活而且高效率的设计环境,使他们节省很多时间和精力,使用现代化的设计工具进行创造性的设计工作。总结计算机辅助设计优点如下:改善了绘图环境,提高了设计质量;提高了设计精度,减少了设计错误;降低了设计成本,缩短了设计周期;提高了图面质量,方便了图形修改;存储方便,易于管理;携带方便,便于交流;通过网络,异地设计;实现产品的标准化、系列化、通用化;向设计的下游延伸,出现了计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助检测(CAT)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)等。

1.4 CAD/CAM 的基本概念

计算机辅助设计与制造技术,即 CAD/CAM 技术(CAD/CAM 是计算机辅助设计与制造的英文缩写)是以计算机、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、优化设计、数控加工编程、仿真模拟及产品数据管理等内容,是随着计算机技术、电子技术和信息技术的发展而形成的一门新技术。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,这就需要大力推进 CAD/CAM 技术。CAD/CAM 技术的内容包括计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工程(CAE)、有限元结构分析(FEA)、机构运动仿真、优化设计和产品数据管理(PDM)等。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、仿真以及数控加工。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。

(1) CAM 技术

计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM)到目前为止尚无统一的定义。一般而言, CAM 是指计算机在制造领域有关应用的统称,有广义 CAM 和狭义 CAM 之分。所谓广义 CAM,是指利用计算机辅助完成从生产准备工作到产品制造过程中的直接和间接的各种活动,包括工艺准备、生产作业计划、物流过程的运行控制、生产过程控制、质量控制等方面,其中工艺准备包括计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助工装设计与制造、NC 编程、计算机辅助工时定额和材料定额的编制等内容;生产作业计划的作用是通过一系列的计划安排和生产调度工作,充分利用企业的人力、物力,保证企业每个生产环节在品种、数量和时间上相互协调和衔接,组织有节奏的均衡生产,取得良好的经济效益;物流过程的运行控制包括物料的加工、装配、检验、输送、存储等生产活动;生产过程控制为确保生产过程处于受控状态,对直接或间接影响产品质量的生产、安装和服务过程所采取的作业技术和生产过程的分析,诊断和监控;质量控制(quality control, QC)也称品质控制,是质量管理的一部分,致力于满足质量要求。而狭义 CAM 通常指数控程序的编制,包括刀具路线的规划、刀具文件的生成、刀具轨迹仿真以及后置处理和 NC 代码生成等。本书

采用 CAM 的狭义定义。

CAM 中的核心技术是数控加工技术。数控加工主要分程序编制和加工过程两个步骤。程序编制是根据图纸或 CAD 信息,按照数控机床控制系统的要求,确定加工指令,完成零件数控程序编制;加工过程是将数控程序传输给数控机床,控制机床各坐标的伺服系统,驱动机床,使刀具和工件严格按执行程序的规定相对运动,加工出符合要求的零件。作为应用性、实践性极强的专业技术,CAM 直接面向数控生产实际。生产实际的需求是所有技术发展与创新的原动力,CAM 在实际应用中已经取得了明显的经济效益,并且在提高企业市场竞争能力方面发挥着重要作用。

(2) CAE 技术

从字面上理解,计算机辅助工程(computer aided engineering,CAE)是计算机辅助工程分析,准确地讲,就是指工程设计中的分析计算、分析仿真和结构优化。CAE 是 CAD 的一个分支,起步稍晚,其理论和算法经历了从蓬勃发展 to 日趋成熟的过程。随着计算机技术的不断发展,CAE 系统的功能和计算机精度都有很大提高,各种基于产品数字建模的 CAE 系统应运而生,并已成为工程和产品结构分析、校核及结构优化中必不可少的数值计算工具。CAE 技术和 CAD 技术的结合越来越紧密,在产品设计中,设计人员如能将 CAD 和 CAE 技术良好融合,就可以实现互动设计,从而保证企业在产品设计环节上达到最优效益。分析是设计的基础,设计与分析集成是必然趋势。

目前 CAE 技术已被广泛应用于国防、航空航天、机械制造、汽车制造等各个工业领域。CAE 技术作为设计人员提高工程创新和产品创新能力的得力助手和有效工具,能够对创新的设计方案快速实施性能与可靠性分析;进行虚拟运行模拟,及早发现设计缺陷,实现优化设计;在创新的同时,提高设计质量,降低研究开发成本,缩短研发周期。

(3) CAPP 技术

计算机辅助工艺设计(computer aided process planning,CAPP)是根据产品设计结果进行产品的加工方法设计和制造过程设计。一般认为,CAPP 系统的功能如图 1.3 所示,包括毛坯设计、加工方法选择、工序设计、工艺路线制定和工时定额计算等。其中工序设计包括加工设备和工装的选用、加工余量的分配、切削用量选择以及机床、刀具的选择、必要的工序图生成等内容。工艺设计是产品制造过程中技术准备工作的一项重要内容,是产品设计与实际生产的纽带,是一个经验性很强且随制造环境的变化而变化的决策过程,随着现代制造技术的发展,传统的工艺设计方法已经远远不能满足自动化和集成化的要求。

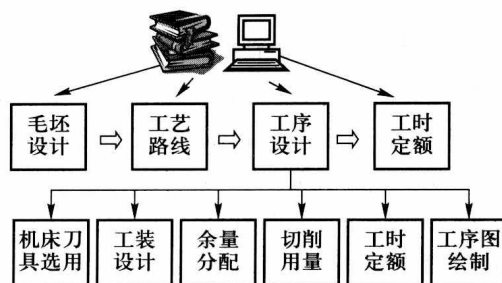


图 1.3 CAPP 功能

随着计算机技术的发展，CAPP 受到了工艺设计领域的高度重视。其优点在于：可以显著缩短工艺设计周期，保证工艺设计质量，提高产品的市场竞争能力。CAPP 使工艺设计人员摆脱大量、烦琐的重复劳动，将主要精力转向新产品、新工艺、新装备和新技术的研究与开发。CAPP 可以提高产品工艺的继承性，最大限度地利用现有资源，降低生产成本。CAPP 可以使没有丰富经验的工艺师设计出高质量的工艺规程，以缓解当前机械制造业工艺设计任务繁重与经验丰富的工艺设计人员缺少之间的矛盾。CAPP 有助于推动企业开展的工艺设计标准化和最优化工作。CAPP 在 CAD、CAM 中起到桥梁和纽带作用：CAPP 接收来自 CAD 的产品的几何拓扑信息、材料信息及精度、粗糙度等工艺信息，并向 CAD 反馈产品的结构工艺性评价信息；CAPP 向 CAM 提供零件加工所需的设备、工装、切削参数、装夹参数以及刀具轨迹文件，同时接受 CAM 反馈的工艺修改意见。

（4）CAD /CAM 集成技术

CAD/CAM 集成技术的关键是 CAD、CAE、CAPP 和 CAM 之间的数据交换与共享。CAD/CAE/CAPP/CAM 简称 CAD/CAM 或 CAX，该系统是制造业信息化的核心技术，主要支持和实现产品设计、分析、工艺规划、数控加工及质量检验等工程活动的自动化处理，其集成结构如图 1.4 所示。CAD/ CAM 的集成，要求产品设计与制造紧密结合，其目的是保证产品设计、工艺分析、加工模拟，直至产品制造过程中的数据具有一致性，能够直接在计算机间传递，从而克服由图纸、语言和编码造成的信息传递的局限性，减少信息传递误差和编辑出错的可能性。

由于 CAD、CAE、CAPP 和 CAM 系统是独立发展起来的，并且各自处理的着重点不同，所以它们的数据模型彼此不相容。CAD 系统采用面向拓扑学和几何学的数学模型，主要用于完整地描述零件几何信息，但对于非几何信息，如精度、公差、表面粗糙度和热处理等，则没有在计算机内部逻辑结构中

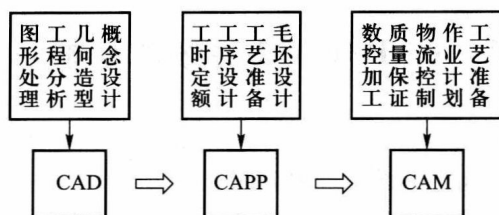


图 1.4 CAD/CAPP/CAM 集成信息流

得到充分表达。而 CAD/CAE/CAPP/CAM 的集成，除了要求几何信息外，更重要的是需要面向加工过程的非几何信息，若无这些非几何信息，则会在 CAD、CAE、CAPP 和 CAM 之间出现信息中断。建立 CAPP 和 CAM 子系统时，既需要从 CAD 子系统中提取几何信息，又需要补充输入上述非几何信息，其中包括输入大量加工特征信息，因此，人为干预量大，数据大量重复，无法实现 CAD/CAE/CAPP/CAM 的完全集成。

目前，采用的关键技术主要有以下几方面。

1) 特征技术 建立 CAD/CAE/CAPP/CAM 范围内相对统一的、基于特征的产品定义模型，并以此模型为基础，运用产品数据交换技术，实现 CAD、CAE、CAPP 和 CAM 间的数据交换与共享。该模型不仅要求能支持设计与制造各阶段所需的产品定义信息（几何信息、拓扑信息、工艺和加工信息），而且还应该提供符合人们思维方式的高层次工程描述语义特征，并能表达工程师的设计与制造意图。

2) 集成数据管理 已有的 CAD/CAM 系统集成，主要通过文件来实现 CAD 与 CAM 之间的数据交换，不同子系统文件之间要通过数据接口转换，传输效率不高。为了提高数据传输效率和系统的集成化程度，保证各系统之间数据的一致性、可靠性和数据共享，需要采用工程数据库管理系统来管理集成数据，使各系统之间直接进行信息交换，真正实现 CAD/CAM 之间信息交换与共享。

3) 产品数据交换标准 为了提高数据交换的速度，保证数据传输完整、可靠和有效，必须采用通用的标准化数据交换标准。产品数据交换标准是 CAD/CAE/CAPP/CAM 集成的重要基础。

4) 集成框架(或集成平台) 数据的共享和传送通过网络和数据库实现，需要解决异构网络 and 不同格式数据的数据交换问题，以使多用户的并行工作共享数据。集成框架对实现并行工程协同工作是至关重要的。

1.5 CAD/CAM 系统的基本功能

CAD/CAM 是以计算机、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、仿真模拟及产品数据管理等内容。

计算机辅助设计技术进行产品设计制造的工作过程如图 1.5 所示,其基本功能如图 1.6 所示。

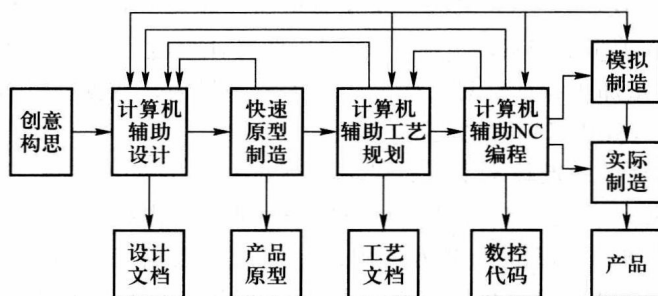


图 1.5 CAD/CAM 进行产品设计制造工作过程

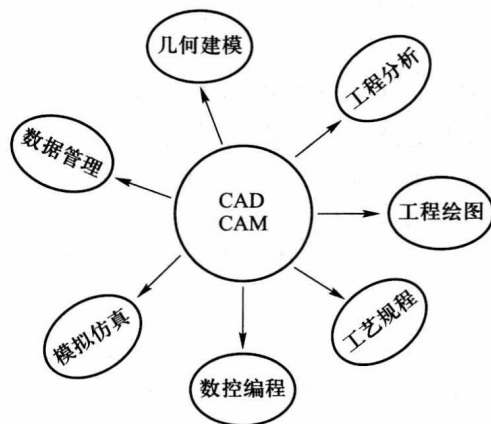


图 1.6 CAD/CAM 系统的功能

因此, CAD/CAM 系统应具备以下基本功能。

(1) 几何造型

用基本几何实体及其相互关系构造零件或产品三维几何模型,为产品设计、制造提供基本数据,同时,也为其他模块提供原始的信息,是 CAD/CAM

系统的核心，是后续工作的基础。

(2) 工程绘图

图样是工程师的语言，是设计表达的主要形式，而手工绘图效率低，困难大，而 CAD/CAM 系统应具有基本的绘图、出图的功能。一方面应具备从几何造型的三维图形直接转换成二维图形的能力；另一方面还应有强大的二维图形的处理功能，包括基本图元的生成、图形的编辑、尺寸标注、显示控制、书写文字等功能，以及生成符合国家标准和生产实际的图样。

(3) 工程分析

工程分析是工程设计不可缺少的部分，也是传统设计中一项复杂烦琐的工作，CAD/CAM 系统正好可以发挥计算机强大的分析计算能力，完成复杂的工程分析计算，如力学分析计算、设计方案的分析评价、几何特征的分析计算等。进行运动学、动力学、有限元分析，优化设计等是 CAD/CAM 系统一个重要的组成部分。

(4) 工艺规程

自动决策生成产品加工所采用的加工方法、工艺路线、工艺参数和加工设备。

(5) 数控编程

数控加工编程包括多坐标加工刀具轨迹生成、刀具轨迹编辑、刀具轨迹验证和通用后置处理等。一个典型的 CAD/CAM 集成数控编程系统，其数控加工编程模块一般应具备以下功能。

1) 编程功能 如点位、轮廓、平面区域、曲面区域、约束面/路线的控制加工等编程功能。

2) 刀具轨迹计算方法 如常用的参数线法、截平面法和投影法等。

3) 刀具轨迹编辑功能 包括如轨迹的快速图形显示、轨迹的编辑与修改、轨迹的几何变换、轨迹的优化编排、轨迹的读入与存储等。

4) 刀具轨迹的验证 即刀具轨迹的验证功能，包括轨迹的快速或实时显示，截面法验证，动态图形显示等。

(6) 模拟仿真

预测产品工作性能，检查 NC 代码正确性，检查制造过程几何干涉和物理碰撞，分析产品可制造性。

(7) 数据管理

提供有效的工程数据管理手段，支持产品设计与制造全过程数据信息流动和处理。