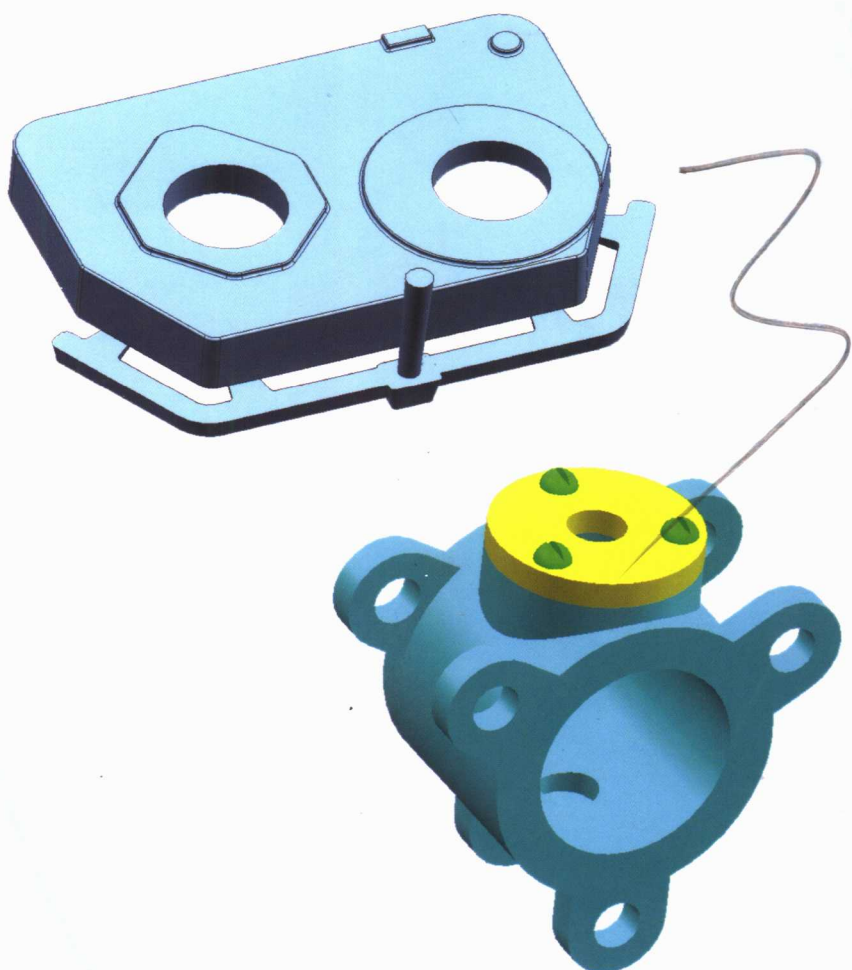




普通高等教育规划教材

模具CAD ——UG NX应用

王高潮 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TG76-39/122

2007

普通高等教育规划教材

模具 CAD——UG NX 应用

主编 王高潮
参编 李 宁 刘新宇
 龙文元 孙前江
主审 李名尧



机械工业出版社

本书阐述模具 CAD/CAM 的基本概念, 论述 CAD 的关键技术, 介绍 UG NX 软件的 CAD 技术, 重点论述采用 UG NX 软件进行模具设计的基本方法, 内容涉及冲压、注射、铸造和锻造 4 大类模具。本书内容深入浅出, 图文并茂, 选例典型, 具有较强的实用性。

本书主要作为普通高等学校材料成形及控制工程本科学生的专业课教材, 也可作为其他工科专业的选修课教材, 还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

模具 CAD: UG NX 应用 / 王高潮主编. —北京: 机械工业出版社, 2007. 10
普通高等教育规划教材
ISBN 978-7-111-22821-9

I. 模… II. 王… III. 模具—计算机辅助设计—应用软件, UG NX—高等学校—教材 IV. TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 177655 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: 冯春生 版式设计: 霍永明 责任校对: 肖琳
封面设计: 张静 责任印制: 王书来
保定市中国画美凯印刷有限公司印刷
2007 年 12 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·15.75 印张·393 千字
0001—4000 册
标准书号: ISBN 978-7-111-22821-9
定价: 25.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294
购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话: (010)
封面无防伪标均为盗版

普通高等教育规划教材 编审委员会名单

主任：刘国荣

副主任：左健民 陈力华

鲍 泓 王文斌

委员：（按姓氏笔画排序）

刘向东 任淑淳 何一鸣

陈文哲 陈 峻 苏 群

娄炳林 梁景凯 童幸生

材料成形及控制工程专业教材编委会

主任：计伟志

副主任：李 尧 王卫卫

委员：（按姓氏笔画排序）

王高潮 邓 明 齐晓杰

肖小亭 李慕勤 张 旭

周述积 侯英玮 胡礼木

胡成武 施于庆 贾俐俐

翁其金 付建军

前 言

本书在编写中根据应用型本科教育的特点、专业培养目标和教学要求确定内容安排，力求通过本课程的学习，使学生系统掌握模具 CAD 的基本概念和 UG NX 软件设计模具的基本方法，了解模具 CAD 技术及其发展趋势，为深入进行模具 CAD 技术领域的工程应用奠定基础。

本书面向本科“材料成形及控制工程”专业编写，是专业选修课“模具 CAD”的选用教材。内容上在满足了课程教学大纲的前提下，兼顾了其他工科相关专业选修课的需要，并可作为有关工程技术人员的参考用书。通过本课程的学习，使得“材料成形及控制工程”专业的学生，对模具 CAD 和 UG NX 的基本理论与方法有一个较全面的了解，并初步掌握采用 UG NX 软件设计冲压、注射、铸造和锻造 4 大类模具的基本方法和技巧，为进一步深入学习打下良好的基础。该教材的一个显著特点是强调针对性和应用性，理论与实践紧密结合，内容上注重系统性、实用性和先进性。

书中各章均附有本章小结和一定量的思考题或综合练习，供教学使用。思考题和综合练习可巩固学生所学的知识，每章小结部分可起到画龙点睛之效。

本书由南昌航空大学王高潮、李宁、刘新宇、龙文元、孙前江编写。全书由王高潮教授担任主编，上海工程技术大学李名尧教授担任主审。

模具 CAD 技术仍然在迅速发展之中，加之编者水平有限，书中错误和不足之处在所难免，恳请读者提出批评和改进意见。

编 者

目 录

前言

第一篇 基 础

第一章 模具 CAD 概论	1
第一节 CAD/CAE/CAM 的基本概念	1
第二节 模具 CAD/CAM 系统的特点与关键技术.....	3
第三节 模具 CAD/CAM 系统的发展概况.....	8
第四节 UG NX 软件及其技术特性	14
本章小结.....	20
思考题.....	20
第二章 UG NX 入门	22
第一节 UG NX 概述	22
第二节 UG NX 主界面	22
第三节 UG NX 基础环境	25
第四节 图层管理.....	25
本章小结.....	26
综合练习.....	26
第三章 UG NX 实体建模	27
第一节 UG NX 建模概述	27
第二节 基本体素建模.....	27
第三节 特征建模.....	33
本章小结.....	76
综合练习.....	76
第四章 UG NX 装配	78
第一节 UG NX 装配简介	78
第二节 装配导航器.....	79
第三节 引用集.....	80
第四节 装配和装配条件.....	81
第五节 自底向上的装配方法.....	84
第六节 自顶向下的装配方法.....	85
第七节 WAVE 几何连接器	86



第八节 爆炸图	86
本章小结	87
综合练习	87

第二篇 模具 UG NX 设计

第五章 模具型腔设计	89
第一节 UG NX 布尔操作	89
第二节 模具普通型腔设计	91
第三节 模具型芯型腔设计	93
本章小结	96
综合练习	96
第六章 钣金与冲模设计	97
第一节 钣金建模	97
第二节 冲模设计	117
本章小结	142
综合练习	142
第七章 冲压级进模设计	143
第一节 UG PDW 简介	143
第二节 UG PDW 工具	144
第三节 冲压级进模应用实例	157
本章小结	175
综合练习	175
第八章 注射模设计	176
第一节 UG MoldWizard 简介	176
第二节 UG MoldWizard 工具	176
第三节 注射模具设计范例	179
本章小结	200
综合练习	200
第九章 铸模设计	201
第一节 铸件设计	201
第二节 浇冒系统设计	202
第三节 金属型设计	205
第四节 压铸模设计	211
本章小结	221
综合练习	221
第十章 锻模设计	222
第一节 UG NX 拔模特征操作	222
第二节 锻件设计	225



第三节 终锻型槽设计	227
第四节 预锻型槽设计	230
第五节 制坯型槽设计	232
本章小结	242
综合练习	242
参考文献	244

第一篇 基础

第一章 模具 CAD 概论

冲压、注射、铸造、锻造等材料成形工艺属于少、无切削加工工艺，该类成形工艺与切削加工相比，具有生产效率与材料利用率高、产品质量与稳定性好、能耗与成本低等显著优点。因而在航空航天、电子信息、仪器仪表、交通、轻工、家电、兵器等行业中得到广泛应用，是当今加工制造业的主要生产手段。上述各项成形工艺是通过模具来实现材料成形并获得所需形状的半成品或成品零件的。因此，模具是现代加工制造业规模生产不可或缺的工艺设备，它在产品生产的各行各业中发挥着极其重要的作用。

模具的设计与制造水平直接关系到产品的质量与更新换代。随着制造业的发展，人们越来越关注如何缩短模具设计与制造的生产周期及怎样提高模具加工的质量，传统的模具设计与制造方法已不能适应产品及时更新换代和提高质量的要求。随着计算机技术的不断发展及其应用领域的日益扩大，一些先进工业国家率先将计算机技术应用于模具工业，即应用计算机进行产品造型、工艺设计与成形工艺模拟，以及模具结构设计，并输出模具工程图样，编制模具加工 NC 代码，应用数控机床加工模具，从而实现了模具的计算机辅助设计、辅助工程和辅助制造一体化（简称模具 CAD/CAE/CAM），达到提高模具设计效率与加工质量、缩短模具生产周期的目的。特别是近十年来，模具 CAD/CAE/CAM 技术发展很快，应用范围日益扩大，取得了显著的经济效益。

第一节 CAD/CAE/CAM 的基本概念

CAD（计算机辅助设计，Computer Aided Design）是利用计算机系统辅助人们对产品或工程进行设计、绘图、工程分析与技术文档编制等设计活动的总称。CAD 是人和机器相结合共同进行设计的一种新设计方法，从而把人和机器的最好特性联系起来。人的特性是具有思维、逻辑推理、学习及直观判断的能力；而计算机具有运算速度快、精确度高、信息存储量大、不易忘与不易出错等特点。结合的方式是，首先由人根据设计目标，将设计过程与方法进行综合分析，建立模型（包括数学模型、数据模型、几何模型），并编制成可运行的解析这些模型的程序。在程序运行过程中，计算机将发挥其特长，完成数值分析、计算、图形处理及信息管理等任务。而人将运用自己的经验与判断能力来控制整个设计过程，这种控制通过人机对话或图形显示的方式进行，让人和计算机之间进行信息交流，相互取长补短，从而获得最优设计结果。由此可见，不能将 CAD 与计算机绘图等同起来，计算机绘图只是使用图形软件和硬件进行绘图及有关标注，以摆脱繁重的手工绘图为其目标的方法和技术，



但它是 CAD 的基础技术之一。

CAE (计算机辅助工程技术, Computer Aided Engineering)。目前关于 CAE 还没有一个确切的定义,但一般认为它应是一个包含广泛内容的术语,是指用科学的方法(包括优化、数值模拟、仿真等)以计算机软件的形式,为工程界提供一种有效的辅助工具,帮助工程技术人员对产品的设计质量、性能及加工工艺与制造过程等进行评价分析,并反复修改和优化直至获得最佳结果。也就是说,CAE 技术将贯穿于产品研制过程的每一个环节。但是,对于模具 CAE 来说,目前仅局限于数值模拟方法,塑料注射模 CAE 仅仅是用作注射成型过程计算机模拟和缺陷预测,如注射流动过程模拟、保压过程模拟、冷却过程模拟、气体辅助成型过程模拟、应力分析和翘曲分析等。冲模 CAE 主要是汽车覆盖件成形过程模拟,即应用数值模拟方法(包括有限差分、有限元法和边界元法),分析金属成形过程中应力、应变和温度分布及预测成形缺陷(包括起皱、破裂等)。而压铸工艺 CAE 软件的核心是铸件充型、凝固过程的数值模拟。所以,当前在模具 CAE 方面仅局限在用数值模拟方法模拟制品的成形过程及预测缺陷,由此分析出工艺方案及相应参数、模具结构对制品质量的影响,达到优化制品和模具结构、优选成形工艺参数的目的。

CAM (计算机辅助制造, Computer Aided Manufacturing) 一般是指利用计算机对产品制造过程进行设计、管理和控制。即利用计算机辅助从毛坯到产品制造过程中的直接和间接的活动,包括工艺准备(计算机辅助工艺设计 CAPP、计算机辅助工装设计与制造、NC 自动编程、工时定额和材料定额编制等)、生产作业计划、物料作业计划的运行控制(加工、装配、检测、输送、存储等)、生产控制和质量控制等。但目前狭义 CAM 通常仅指数控程序的编制,可包括刀具路径的规划、刀位文件的生成和刀具轨迹仿真,以及 NC 代码的生成等。

自 20 世纪 50 年代末开始, CAD 与 CAM 技术分别独立地发展,至 20 世纪 70 年代末,国际上已出现许多性能优良、商品化的 CAD 或 CAM 系统。CAE 自 20 世纪 60 年代开始发展以来,至今国内外已推出了一些独立、商品化的 CAE 系统。这些独立的系统,分别在产品设计自动化、工艺过程模拟化和数控编程自动化方面起到了重要的作用。但是,采用这些各自独立的系统,不能实现系统之间信息的自动传递和交换。用 CAD 系统进行产品设计的结果,只能输出图样和有关的技术文档,这些信息不能直接为 CAPP 或 CAE 系统所接受。进行工艺过程设计与模拟分析时,还需由人工将这些图样、文档等纸面上的文件转换成 CAPP 或 CAE 系统所需的输入数据,并通过人机交互的方式输入 CAPP 或 CAE 系统进行处理。利用独立的 CAM 系统进行计算机辅助数控编程时,同样需要由人工将 CAD、CAPP 系统输出的文件转换成 CAM 系统所需的输入文件和数据,然后再输入 CAM 系统。

由于各独立系统所产生的信息需经人工转换,这不但影响工程设计效率的进一步提高,而且在人工转换过程中难免发生错误,将给生产带来极大的危害。为此,需要解决 CAD 与 CAPP、CAE、CAM 之间的数据与信息交换的问题。而且,由于在建立一些专用系统如模具 CAD/CAM、机械 CAD/CAM 系统时,也遇到采用不同的支撑软件而产生不同的产品数据结构的问题。因此,要使这些专用系统软件接受不同支撑软件产生的产品数据信息,也必须研究各系统之间产品信息的交换问题,所以 20 世纪 70 年代起,人们开始研究产品信息的传送与交换,世界各国先后提出了许多数据交换标准。其中,最有影响的是由美国国家标准协会(ANSI)公布的美国标准 IGES (Initial Graphics Exchange Specification),它是 CAD/



CAM 系统之间图形信息交换的一种规范。STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) 是由国际标准化组织 (ISO) 组织制定的一个关于产品信息表达与交换的国际标准。STEP 的目标是, 实现在产品生命周期内对产品数据进行完整一致的描述与数据交换, 以便无需人工解释就能使各应用系统直接接受并共享这些信息。目前, 很多 CAD 软件公司已开发出基于 STEP 的新一代 CAD/CAE/CAM 集成系统。

第二节 模具 CAD/CAM 系统的特点与关键技术

一、模具 CAD/CAM 系统的特点

(1) 模具 CAD/CAM 系统必须具有产品构型, 亦称产品建模的功能。这是因为模具设计与一般产品设计过程不同, 一般产品设计来源于市场的需求, 而这种需求只是功能的要求, 设计人员根据这种要求, 确定产品性能, 建立产品总体设计方案, 然后进行具体结构的设计。而模具设计是根据产品零件图的几何形状、材料特性、精度要求等进行工艺设计与模具设计。

利用计算机辅助设计或加工模具时, 首先必须输入产品零件的几何图形及相关信息 (如材料性能、尺寸精度、表面粗糙度等), 而计算机图形的生成必须先建立图形的数学模型和存储数据结构, 再通过有关计算, 才能把图形存储在计算机中或显示在计算机屏幕上, 这就是产品构型 (建模)。因此, 模具 CAD/CAM 系统应具有产品构型 (建模) 功能。产品构型有 4 种方法, 即线框模型、表面模型、实体模型、特征建模等。由于前 3 种方法属于几何形状建模, 这些几何模型仅能描述零件的几何形状数据, 难以在模型中表达特征及公差、精度、表面粗糙度和材料特征等信息, 也不能表达设计意图。而模具设计中的成形工艺与模具结构设计, 不仅需要产品零件的几何形状数据, 还需要其他信息。所以与前 3 种构型方法相比, 特征建模方法更适合建立模具 CAD/CAM 集成系统。

(2) 模具 CAD/CAM 系统中的成形工艺与模具结构设计, 必须具有修改及再设计的功能, 因为目前的成形工艺及模具结构设计主要凭借人们的经验, 对于复杂形状零件, 往往需要经过反复试模才能生产出合格产品。所以试验后需要对工艺及模具结构进行修改, 而且往往只修改局部形状及相关尺寸。所以, 在模具 CAD/CAM 系统中, 只有采用参数化及变量化装配设计方法才能达到上述要求。

(3) 模具 CAD/CAM 系统必须具有能存放大量模具标准图形及数据, 以及设计准则与经验数据图表的功能。由于模具结构的复杂性 (特别是多工位级进模、汽车覆盖件模具, 以及复杂形状的注射模等), 导致模具的设计与制造周期很长。为缩短其设计与制造周期, 国内外均制定了不少模具标准 (包括模具标准结构、标准组件及标准零件)。同时, 由于工艺设计与模具设计主要靠人的经验, 因此, 多年来由人们总结出了不少设计准则与经验数据, 而且均以图表形式存在。为此, 在建立模具 CAD/CAM 系统时, 均需将这些标准与经验数据存入计算机中, 以便在进行工艺与模具结构设计时调用, 但目前一般商用数据库系统 (如 Oracle, Sybase, Infomix 等) 又不适合存放这些图形与图表数据, 为此需要利用工程数据库系统。

二、CAD 的关键技术

基于上述模具 CAD/CAM 系统的特点, 在开发模具 CAD/CAM 系统时, 必须应用下述



关键技术。

(一) 特征建模 (构型)

有关特征的概念至今仍没有统一、完整的定义,但一般可认为,特征是具有属性及工程语义的几何实体或信息的集合,也可以将特征理解为形状与功能的结合。常用特征信息主要包括形状特征、精度特征、技术特征、材料特征、装配特征等。特征建模方法可大致归纳为交互式特征定义、特征识别和基于特征的设计 3 个方面。从用户操作和图形显示上,往往感觉不到特征模型与实体模型的不同,但在内部数据表示上是不同的。特征模型能够完整、全面地描述产品的信息,使得后续的成形工艺设计与模具结构设计可直接从产品模型中抽取所需的信息。

(二) 参数化设计与变量化设计

传统的实体造型技术属于无约束自由造型,采用固定的尺寸值定义几何元素,输入的每一几何元素都有确定的位置,要想修改图形只有删除原有元素后重新绘制。目前,CAD 技术的基础理论主要是以 PTC 公司开发的 Pro/ENGINEER 为代表的参数化造型理论和以 SDRC 公司开发的 I-DEAS 为代表的变量化造型理论,这两种造型方法均属于基于约束的实体造型技术。

模具设计中不可避免地要多次反复修改,进行模具零件形状和尺寸的综合协调,甚至是装配位置的改变。若采用传统的实体造型方法,每次修改必导致图形的重画,这样设计效率很低,也达不到实用化的要求。因此,在模具 CAD/CAM 系统中,一定要采用参数化设计技术或变量化设计技术。参数化设计是用几何约束、工程方程与关系来定义产品模型的形状特征,也就是对零件上各种特征施加各种约束形式,从而达到设计一组在形状或功能上具有相似性的设计方案。目前能处理的几何约束类型基本上是组成产品形体的几何实体基本尺寸和尺寸之间的工程关系,故参数化造型技术又叫尺寸驱动几何技术。

1. 参数化造型技术的主要特点

参数化造型技术是指用一组参数(代数方程)来定义几何图形间的关系,提供给设计人员在几何造型中使用,其主要特点有:

(1) 基于特征。将某些具有代表性的平面几何形状定义为特征,并将其所有尺寸存为可调参数,进而形成实体,以此为基础来进行更为复杂的几何形体的造型。

(2) 全尺寸约束。约束包括尺寸约束和几何约束,图形形状的大小、位置坐标、角度等均属于尺寸约束,几何约束则包括平行、对称、垂直、相切、水平、铅直等这些非数值的几何关系的限制。全尺寸约束是指将图形的形状和尺寸联系起来考虑,通过尺寸约束来实现对几何形状的控制。造型时必须施加完整的尺寸参数(全约束),不能漏注尺寸(欠约束),也不能多注尺寸(过约束)。

(3) 尺寸驱动。对初始图形给予一定的约束,通过尺寸的修改,系统自动找出与该尺寸相关的方程组进行重新求解,驱动几何图形形状的改变,最终生成新的模型。目前,基于约束的尺寸驱动方法是较为成熟的一种参数化造型方法。

(4) 全数据相关。尺寸参数的修改导致其他相关模块中的相关尺寸得以全盘更新,它彻底克服了自由建模的无约束状态,几何形状均以尺寸的形式而被牢牢地控制住,如欲改变零件的形状,只需修改尺寸的数值即可实现。

2. 变量化造型技术的主要特点



由于参数化造型设计是一种“全尺寸约束”，即设计者在设计初期及全过程中必须将形状和尺寸联系起来考虑，并且通过尺寸约束来控制形状，通过尺寸的改变来驱动形状的改变，一切以尺寸（即“参数”）为出发点。一旦所设计的零件形状过于复杂，就容易造成系统数据混乱。为此，出现了一种比参数化造型技术更为先进的实体造型技术，即变量化造型技术。

变量化造型技术是通过求解一组约束方程组，来确定产品的尺寸和形状。约束方程驱动可以是几何关系，也可以是工程计算条件。约束结果的修改受到约束方程驱动。变量化造型技术既保留了参数化造型技术基于特征、尺寸驱动、全数据相关的优点，又对参数化造型技术的全尺寸约束的缺点做了根本性的改变，它的成功应用为 CAD 技术的发展提供了更大的空间与机遇。其主要特点是：

(1) 几何约束。在新产品开发的阶段设计阶段，设计人员首先考虑的是设计思想并将这些设计思想在产品的几何形状中予以体现，至于各几何形状准确的几何尺寸和各形状间的位置关系在概念设计阶段还很难完全确定，设计人员希望在设计初期系统允许不需标注这些尺寸（即欠尺寸约束），这样才能充分发挥设计人员的想象力和创造力。因此，变量化造型技术中，将参数化造型技术中所需定义的尺寸参数进一步区分为形状约束和尺寸约束，而不是像参数化造型技术中只用尺寸来约束全部几何图形。

(2) 工程关系。在实际应用中（如新产品开发），除需确定几何形状外，常常还涉及一些工程问题（如载荷、可靠性），如何将这些问题在设计人员确定几何形状的同时得以考虑亦显重要。变量化造型技术除了考虑几何约束外，把工程关系也作为约束条件直接与几何方程联立求解。

(3) VGX 技术。VGX（超变量几何，Variation Geometry Extend）技术是变量化造型技术发展的一个里程碑。VGX 技术充分利用了形状约束和尺寸约束分开处理和无需全约束的灵活性，让设计者可以针对零件上的任意特征直接以拖动方式非常直观地、实时地进行图示化编辑修改。VGX 技术具有许多优点，如：不要求全尺寸约束，在全约束及欠约束情况下均可顺利完成造型；模型修改可以基于造型历史树也可以超越造型历史树，可以在不同“树干”特征上直接建立约束关系；可直接编辑三维实体特征，无需回到生成该特征的二维线框状态；可以用拖动式修改三维实体模型，而不是只有尺寸驱动一种方式；用拖动式修改实体模型时，尺寸也随之自动更改；拖动时显示任意多种设计方案，不同于尺寸驱动方式一次尺寸修改只得到一种方案；以拖动式修改三维实体模型时，可以直观地预测所修改的特征与其他特征的关系，控制模型形状也只按需要的方向即可，而尺寸驱动方式修改实体模型时很难预测尺寸修改后的结果；模型修改允许形状及拓扑关系发生变化，而并非仅限于尺寸数值的变化。

(4) 动态导航技术。动态导航（Dynamic Navigator）技术是 1991 年 SDRC 公司在 I-DEAS 第六版中首先提出来的。动态导航是指当光标处于某一特征位置时，系统自动显示有关信息（如特征类型、空间位置），自动增加有利约束，理解设计人员的设计意图并预计下一步要做的工作。因此，可以说动态导航技术是一个智能化的设计参谋。

(5) 主模型技术。SDRC 公司在 I-DEAS MS 软件中采用了主模型技术，它是以变量化造型技术为基础，完整表达产品的信息，包括几何信息、形状特征、变量化尺寸、拓扑关系、几何约束、装配顺序、设计历史树、工程方程、性能描述、尺寸及形位公差、表面粗糙



度、应用知识、绘图、加工参数、运动关系、设计规则、仿真结果、数控加工、工艺信息描述等。主模型技术彻底突破了以往 CAD 技术的局限，成功地将曲面和实体表达方式融合为一体，给产品设计制造的不同阶段提供了统一的产品模型，为协同设计和并行工程打下了坚实的基础。

3. 两种造型技术的主要区别

(1) 对约束处理方式不同。对约束处理方式的不同是两种造型技术最基本的区别。参数化造型技术在设计全过程中，将形状约束和尺寸约束联合起来一并考虑，通过尺寸约束来实现对几何形状的控制；而变量化造型技术是将尺寸约束和形状约束分开处理。参数化造型技术在非全约束时，造型系统不允许执行后续操作；变量化造型技术允许欠约束和全约束状态，尺寸是否标注完整不会影响后续操作。在参数化造型技术中，工程关系不直接参与约束管理，而是另由单独的处理程序外置处理；在变量化造型技术中，工程关系可以作为约束直接与几何方程耦合，再通过约束解算器直接解算。参数化造型技术解决的是特殊情况（全约束）下的几何图形问题，表现形式是尺寸驱动几何形状的改变；变量化造型技术解决的是任意约束情况下的产品设计问题，不仅可以做到尺寸驱动，也可以实现约束驱动，即由工程关系来驱动几何形状的改变。

(2) 应用领域不同。参数化造型技术适用于技术比较成熟、产品相对固定的零配件行业，其零件形状基本固定，标准化程度较高，在进行产品开发或根据图样进行设计时，只需修改一些关键尺寸或按已符合全约束条件的图样进行设计即可；变量化造型技术的造型过程类似于设计人员的设计过程，把能满足设计要求的几何形状放在第一位，然后再逐步确定尺寸。因此，参数化造型技术常用于常规设计或革新设计，而变量化造型技术比较适用于创新式设计。

(3) 特征管理方式不同。参数化造型技术在整个造型过程中，将构造形体所用的全部特征按先后顺序进行串联式排列，这种顺序关系在模型树中得到明显的体现。每个特征与前面的一个或若干个特征存在明确的父子关系，当设计中需要修改或删除某一特征时，该特征的子特征便可能失去了存在的基础，这样很容易造成数据的混乱，甚至造成操作的中断或失败。变量化造型技术则克服了这种缺点，将构造形体所用的全部特征除了与前面特征存在关联外，同时又都与全局坐标系建立联系。用户对前面的特征进行修改时，后面的特征会自动进行更新；当删除某一特征时，与它保持联系的特征则会自动解除与它的联系，系统对这些特征在全局坐标系中重新定位，因此，对特征的修改或删除都不会造成数据的混乱。

(三) 变量装配设计技术

装配设计建模的方法主要有自底向上、概念设计、自顶向下 3 种。自底向上的方法是先设计出详细零件，再拼装成产品。而自顶向下是先有产品的整个外形和功能设想，再在整个外形里一级一级划分此产品的部件、子部件，一直到底层的零件。在模具中，由于有些模具结构很复杂（如级进模、汽车覆盖件模具等），零件数有时达数百个。若一个个零件设计再装配，不仅设计速度很慢，而且很多零件相互间在形状上与位置上都有约束关系，如级进模中的凸模与凹模型腔间、凹模或卸料板上的让位孔槽与凸模及条料间。这些约束关系是无法脱离装配图来进行设计的。因此，在进行模具设计时，只有采用自顶向下的设计方法，变量装配设计支持自顶向下的设计。

变量装配设计也是实现动态装配设计的关键，所谓动态装配设计是指在设计变量、设计



变量约束、装配约束驱动下的一种可变的装配设计。其中,设计变量是定义产品功能要求和设计者意图的产品整体或其零部件的最基本的功能参数和形状参数。设计变量约束即设计约束或变量约束,设计变量和设计变量约束控制装配体中的零部件的形状。装配约束是通过三维几何约束自动确定装配体内各个零部件的配合关系,它确定了零部件的位置。这些设计变量、设计变量约束、几何约束都是可变化和控制的,是动态的。修改装配设计产生的某些设计变量和约束,原装配设计将在所有约束的驱动下自动更新和维护,从而得到一个原设计没有概念变化的新的装配设计。动态设计过程是正向设计与反向设计相结合的过程,正向设计是从概念设计到详细设计的自顶向下的设计过程,而反向设计是指对产品设计方案中一些不满意的地方提出要求或限制条件,通过约束求解对原方案进行设计修改的过程。

变量装配设计把概念设计产生的设计变量和设计变量约束进行记录、表达、传播和解决冲突,以满足设计要求,使各阶段设计(主要是零件设计)在产品功能和设计意图的基础上进行,所有的工作都是在产品约束功能的约束下进行和完成的。

(四) 工程数据库

工程数据库是指能满足人们在工程活动中对数据处理要求的数据库。工程数据库是随着 CAD/CAM/CAE/CAPP 集成化软件的发展而发展的,这种集成化系统中所有功能模块的信息都是在一个统一的工程数据库下进行管理的。

工程数据库系统与传统的数据库系统有很大差别,主要表现在支持复杂数据类型、复杂数据结构,具有丰富的语义关联、数据模式动态定义与修改、版本管理能力及完善的用户接口等。它不但要能够处理常规的表格数据、曲线数据等,还必须能够处理图形数据。

工程数据库管理系统一般要满足如下几方面的要求。

(1) 动态处理模式变化的功能。由于设计和工艺过程中产生的数据是不断变化的,要求工程数据库管理系统能支持动态描述数据库中数据的能力,使用户既能修改数据库的值,又能修改数据结构的模式。

(2) 能描述和处理复杂的数据类型。由于工程数据结构复杂,语义关系十分丰富,因此,工程数据管理系统不仅要支持用户定义复杂的类型,而且还要支持多对多关系、递归关系等复杂数据结构的描述。

(3) 支持工程事务处理和恢复。工程事务大都具有长期性,工程数据中有一批数据要使用很长时间。由于一个工程事务不可能成为处理和恢复的最小单位,必须分层次、分级别、分期保存中间结构,以进行较短事务处理。因此,从使用安全性考虑,要具备适合工程应用背景的数据库恢复功能,以实现长事务的回退处理。

(4) 支持多库操作和多版本管理。由于工程设计用到的信息多种多样,需要在各设计模块间传送数据,所以需要提供多库操作和通信能力。由于工程事务的复杂性和反复试验的实践性,要求工程数据库系统具有良好的多版本管理和存储功能,以正确地反映工程设计过程和最终状态,不仅为工程的实施服务,而且为今后的管理和维护服务,同时也为研究和设计类似工程提供可借鉴的数据。

(5) 支持工程数据的长记录存取和文件兼容处理。工程数据中,有些数据不适合在数据库中直接存储,以文件系统为基础来设计其存储方式,会更为方便和提高存取效率,如工程图本身。

(6) 支持分布环境。在 CAD/CAM 系统中,数据管理往往分布于工程活动的全过程,



应用系统的地理位置也可能是分散的，且各地的数据库有的是面向全局的，有的是面向局部的。在这种分散环境下，分布数据处理自然是工程数据库管理系统的一个重要功能。

(7) 权限控制。工程设计是一个众多设计共同参与的设计环境，同时每一个设计子任务，由于专业方面的原因，在某种程度上具有相对独立性。由于不同人员都可使用数据库，为了安全起见，对设计方案、数据库资源及各类设计人员给予一定的权限范围，可以控制一些非法用户访问或修改数据库。

(8) 用户管理。数据库管理系统对于数据库操作语言（DML）应提供与工程设计常用算法语言的接口，并提供适用于工程环境要求的用户界面。

三、模具 CAD/CAM 技术的优越性

模具 CAD/CAM 技术的优越性赋予了它无限的生命力，使其得以迅速发展和广泛应用。无论在提高生产率、保证质量方面，还是降低成本、减轻劳动强度方面，模具 CAD/CAM 技术的优越性都是传统的模具设计制造方法所无法比拟的。

(1) CAD/CAM 可以提高模具设计和制造水平，从而提高模具质量。在计算机系统内存储了各类有关专业综合性的技术知识，为模具制造工艺的制定提供了科学依据，计算机与设计人员交互作用，有利于发挥人机各自的特长，使模具设计和制造工艺更加合理化。系统采用的优化设计方法有助于某些工艺参数和模具结构的优化。采用 CAM 技术极大地提高了加工能力，可以加工传统方法难以加工或根本无法加工的复杂模具型腔，满足了生产需要。

(2) CAD/CAM 可以节省时间，提高效率。设计计算和图样绘制的自动化大大缩短了设计时间，CAD 与 CAM 一体化可显著缩短从设计到制造的周期，如日本利用级进模 MEL 系统和冲孔弯曲模 PENTAX 系统，采用先进的人机交互式设计技术，使设计时间减少为原来的 1/10。

(3) CAD/CAM 可以较大幅度降低成本。计算机的高速运算和自动绘图大大节省了劳动力，通过优化设计还节省了原材料，如冲压件毛坯优化可使材料利用率提高 5%~7%；采用 CAM 可减少模具的加工和调试时间，使制造成本降低。由于采用 CAD/CAM 技术，使生产技术准备时间缩短、产品更新换代加快，大大增强了产品的市场竞争力。

(4) CAD/CAM 技术将技术人员从繁杂的计算、绘图和 NC 编程中解放出来，使其可以从事更多的创造性劳动。

(5) 随着材料成形过程计算机模拟技术的发展、完善和模具 CAD/CAE/CAM 技术的应用，可大大提高模具的可靠性，缩短甚至不需要试模修模过程，提高模具设计制造的一次性成功率。

模具 CAD/CAM 技术的优越性还可以列举很多，这一高智力、知识密集、更新速度快、综合性强、效益高的新技术，最终将取代传统的模具设计制造方法。

第三节 模具 CAD/CAM 系统的发展概况

一、冲模 CAD/CAM 系统发展概况

冲模 CAD/CAM 系统的发展是随着 CAD/CAM 技术，以及现代设计理论与方法的发展而不断发展的，从最初以二维图形技术为基础的系统发展到了目前以三维图形技术及特征构