



模具CAD/CAM 习题与学习指导

(第2版)

MUJU CAD/CAM XITI YU XUEXI ZHIDAO

◎主 编 付子霞

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

模具 CAD/CAM 习题与学习指导

(第2版)

主 编 付子霞
副主编 韩玉辉

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书根据模具制造类专业的自学考试相关指定教材和自学考试大纲编写, 总体分为三个层次: 知识回顾、强化训练和自测题。书中紧密结合考点内容, 知识归纳层次明晰, 突出知识掌握等级, 每章内容讲解中穿插相应的例题解析, 以便将知识融会贯通; 书后配有 6 套自测题, 并附有答案及详细讲解。

本书适用于广大模具制造类专业的自学考试学生, 既可作为教辅资料使用, 也适用于考前冲刺阶段。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

模具 CAD/CAM 习题与学习指导/付子霞主编. —2 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2012. 11

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6962 - 9

I. ①模… II. ①付… III. ①模具 - 计算机辅助设计 - 高等学校 - 自学参考资料②模具 - 计算机辅助制造 - 高等学校 - 自学参考资料 IV. ①TG76 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 256686 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 天津紫阳印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 283 千字

版 次 / 2012 年 11 月第 2 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 38.00 元

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

高等教育自学考试简称自考，是对自学者进行的以学历考试为主的高等教育国家考试，是个人自学、社会助学和国家考试相结合的高等教育形式，是我国社会主义高等教育体系的重要组成部分。

本书根据模具制造类专业的自学考试相关指定教材和自学考试大纲编写，提炼考点知识，对每章后面的实例分析题和自测题附有详细讲解，并配有大量习题练习，很好地将理论与实践融为一体。因此，本书可作为考生临考前的冲刺实战教材。

本书总体分为三个层次：

1. 知识回顾——将全部自考内容以简明扼要的方式层层归纳，并将知识划分为“了解”、“识记”和“应用”三个等级，其中★代表需要学生简单了解的内容，★★代表需要学生熟识记忆的内容，★★★则代表学生必须灵活掌握和实践应用的内容。

2. 强化训练——在每章讲解内容中穿插相应的例题解析，以便将知识融会贯通。待学生完全掌握各章节的学习内容后，配合强化训练巩固和加强对知识点的理解。

3. 自测题——书后配有6套自测题，作为学生临考前进行自我验收的工具，可使考生做到“心中有数”。每套自测题后附有答案及详解，并提及相应考核知识点。

本书适用于广大模具制造类专业的自学考试学生，既可作为教辅资料使用，也适用于考前冲刺阶段。

编者在编写过程中参阅了大量国内外同行的专著、教材、文献资料等，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中必然存在不妥之处，难免出现疏漏和错误，敬请各位读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 模具 CAD / CAM 概述	(1)
【知识回顾】	(1)
【强化训练】	(6)
第 2 章 模具零件造型技术	(7)
【知识回顾】	(7)
【强化训练】	(23)
第 3 章 模具型腔曲面建模技术	(25)
【知识回顾】	(25)
【强化训练】	(35)
第 4 章 注塑模具 CAD 技术	(36)
【知识回顾】	(36)
【强化训练】	(69)
第 5 章 冲压模具 CAD 技术	(71)
【知识回顾】	(71)
【强化训练】	(114)
第 6 章 模具 CAM 技术	(116)
【知识回顾】	(116)
【强化训练】	(156)
自测题	(157)
附录 1 强化训练答案	(176)
附录 2 自测题答案及解析	(184)
参考文献	(216)



第 1 章

模具 CAD / CAM 概述

知识回顾 /

★★1.1 CAD / CAM 技术的内容和发展

1. 关于 CAD 技术

CAD 技术是指计算机辅助设计, 即由计算机辅助工程设计人员进行设计, 可服务于机械、电子、航天、建筑、纺织、化工等产品的总体设计、造型设计、结构设计等环节。

一个完整的 CAD 系统由科学计算、图形系统和工程数据库三部分组成。

科学计算包括结构参数设计计算、可靠性分析、动态分析、产品常规设计和优化设计等。

图形系统包括几何造型、自动绘图、动态仿真等。

工程数据库对设计过程使用和产生的数据、图形、文档等进行存储和管理。

借助 CAD 技术对产品或工程的设计, 可以大大提高设计质量、缩短设计周期、提高设计效率、降低设计成本。模具 CAD 即 CAD 技术在模具设计过程中的应用。

2. 关于 CAM 技术

CAM 技术是指计算机辅助制造, 即利用计算机辅助完成产品制造过程的统称。

CAM 技术包括: 刀具种类、特性和材料库的建立; 切削加工工艺参数的确定; 粗、精加工刀具轨迹的规划和 NC 指令的产生; 过切检查与加工表面的精度控制; 加工过程的切削仿真等。

模具 CAM 技术就是 CAM 技术在模具制造中的应用, 特别是在复杂模具型腔、型芯及电极的数控切削加工、线切割加工、电火花等方面的应用。

★1.2 CAD / CAM 技术在模具行业中的应用

按照模具的成型特点, 模具可分为冲压模具、注塑模具、压铸模具、锻造模具、铸造模

具、粉末冶金模具和橡胶模具等几大类。

CAD / CAM 在冲压模具设计与制造中的应用可以归纳为以下几个方面：

- ① 利用几何造型技术完成复杂模具的几何设计；
- ② 完成工艺分析计算，辅助成型工艺设计；
- ③ 建立标准模具零件和结构的图形库，提高模具结构和模具零件的设计效率；
- ④ 辅助完成绘图工作，输出模具零件图和装配图。

CAD / CAM 在注塑模具设计与制造中的应用可以归纳为以下几个方面：

- ① 塑料制品的几何造型；
- ② 模腔表面形状的生成；
- ③ 模具结构方案设计；
- ④ 标准模架的选择；
- ⑤ 部装图和总装图的生成；
- ⑥ 模具零件图的生成；
- ⑦ 注射工艺条件及注射材料的优选；
- ⑧ 数控加工。

应该指出 CAE（计算机辅助工程）技术在模具设计中的应用同样十分重要，如在冲压模具设计中完成有限元分析及优化设计；在注塑模具中完成注射流动和保压过程模拟、冷却过程分析及力学分析等。

★★1.3 模具 CAD / CAM 系统的构成和关键技术

模具设计 CAD/CAM 系统由硬件系统和软件系统组成，硬件系统主要包括计算机和外围设备；软件系统主要包括系统软件、支撑软件和应用软件。

关键技术包括：

- ① 特征建模技术；
- ② 参数化设计与变量化设计；
- ③ 变量装配设计技术；
- ④ 工程数据库技术。

★★1.4 模具 CAD/CAM 系统概述

1.4.1 硬件组成

1. 计算机主机

主机是整个模具 CAD/CAM 系统的中枢，执行运算和逻辑分析任务，并控制和指挥系统的所有活动。这些活动包括内存和外存之间的信息交换、终端设备的管理和在绘图机上输出图样等。主机由运算器、内部存储器和控制器组成。运算器和控制器合称为中央处

理机——CPU。

2. 外部存储器

模具 CAD/CAM 系统使用外部存储器的目的在于扩大存储能力, 弥补内存的不足。外部存储器可用于存储程序、图形文件、NC 代码和其他软件。常用的外部存储器有磁盘、磁带、光盘。由于磁盘具有即时存取的特点, 在模具 CAD/CAM 系统中应用较广。光盘一般作为磁盘的后备品, 用于保存永久性的档案文件。

3. 输入设备和输出设备

(1) 输入设备

模具 CAD/CAM 系统使用的输入设备主要包括: 键盘、鼠标 (图形板)、激光扫描机等。

(2) 输出设备

模具 CAD/CAM 系统使用的输出设备主要包括: 图形显示器、绘图设备、快速成型机。

1.4.2 模具 CAD/CAM 系统的软件

模具 CAD/CAM 系统除必要的硬件设备外, 还必须配备相应的软件。一般说来, 模具 CAD/CAM 的软件可分为系统软件、支撑软件和应用软件三个层面。

1. 系统软件

系统软件指的是在计算机运行状态下, 保证用户正确而方便地工作的那一部分软件, 包括操作系统、汇编系统、编译系统和诊断系统等。操作系统是用户和计算机之间的接口, 使用户能够有效地使用计算机。操作系统全面管理计算机资源, 合理地组织计算机的工作流程。操作系统是每一计算机系统都具有的系统软件, 如 DOS、UNIX、LINUX、Windows 等。

2. 支撑软件

模具 CAD/CAM 系统的支撑软件主要包括图形处理软件、几何造型软件、有限元分析软件、数据库管理软件、优化设计软件、计算机仿真分析应用软件、数控加工软件、检测与质量控制软件等。

(1) 图形处理软件

图形处理包括对图形的定义, 图形的生成、表示、变换、修改等一系列操作。图形处理软件是进行图形处理的专用软件, 它是计算机与图形输出装置的中间连接者, 其功能是实现图形与数据之间的转换。图形处理软件就是常说的图形支撑软件, 它是一种通用的基础软件, 在此基础上, 可进行第二次开发, 研制适合用于各专业的应用软件。图形处理软件是模具 CAD/CAM 系统中的重要支撑软件。

(2) 数据库系统

在模具 CAD/CAM 系统中, 几乎所有应用软件都离不开数据库。提高模具 CAD/CAM 系

统的集成化程度主要取决于数据库的水平。数据库主要是收集有关产品外形结构定义（如造型、绘图、加工、有限元分析等）和相应的有关信息。用户可以借助一组控制程序即数据库管理系统（DBMS）提供的存取路径对数据库进行操作，这样即可方便地进行交互设计、绘图和编写加工程序。图 1-1 所示为一个设计和制造活动共用的数据库。

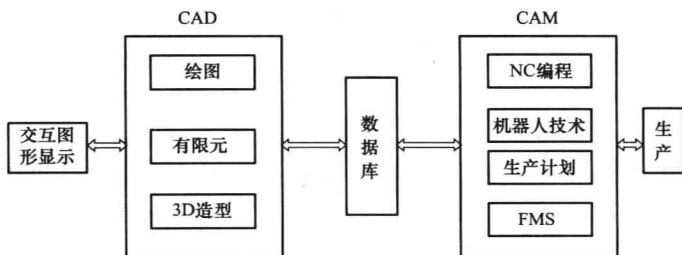


图 1-1 模具 CAD/CAM 共享数据库

工程应用领域对数据库管理的要求与传统应用领域有很大的区别。因而对工程数据库管理系统的功能需求也有所不同。

★★一般情况下，它应具有以下主要功能：

- ① 支持复杂对象及其语义关系的描述与处理。复杂对象和存在于复杂对象之间语义关系的复杂性是工程的特点之一。
- ② 支持文字、图形、图像、动画等多媒体数据的管理。
- ③ 是动态数据库，不仅能对静态数据建模，而且能对动态数据建模、动态地对数据库进行修改或扩充。
- ④ 支持快速查询，有良好的查询接口。
- ⑤ 支持不同设计版本的存储与管理，支持多方案设计的功能良好的多级版本管理功能。

PDM（产品数据管理）是从管理 CAD/CAM 系统的高度上诞生的先进的计算机管理系统软件。它管理的是产品整个生命周期内的全部数据。工程技术人员根据市场需求设计的产品图样和编写的工艺文档仅仅是产品数据中的一部分。PDM 系统除了要管理上述数据外，还要对相关的市场需求、分析、设计和制造过程中的全部更改历程、用户使用说明及售后服务等数据进行统一有效的管理。

目前国际主流的 PDM 产品是 UG 的 IMAN 以及 SDRC 的 metaphase。

1.4.3 模具 CAD/CAM 系统的网络配置

借助网络通信系统，模具 CAD/CAM 的优势可以更有效地得到发挥，各个部门之间可以方便地进行交流，共享设计和制造方面的数据。

★★模具 CAD/CAM 系统常用的局域网络系统形式：

① 集中式 CAD/CAM 系统：计算机仅与一台图形终端相连；

② 分布式 CAD/CAM 系统。

随着计算机网络技术的发展，分布式 CAD/CAM 系统得到了发展；利用局域网技术，可以将多个独立工作的模具 CAD/CAM 工作站组织在局域网中。这种局域网具有良好的交互性能，可以快速响应用户的要求，使多用户共享软件和硬件资源。局域网还可以通过网关与其他局域网或大型主机相连，构成远程广域网（WAN）。拓扑形式如图 1-2 所示，分为：

① 总线网络结构；

② 环形网络结构；

③ 星形网络结构。

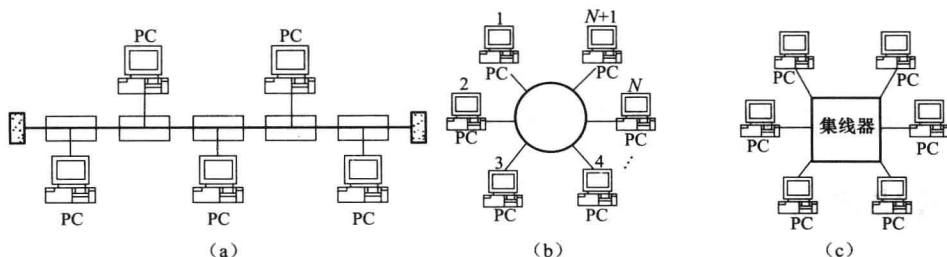


图 1-2 拓扑形式

(a) 总线；(b) 环形；(c) 星形

1.5 模具 CAD / CAM 常用软件和发展趋势

★★小型 CAD/CAM 软件包括 SolidWorks（MoldBase 插件）、SurfCAM 和 MasterCAM 等；大型设计软件包括 Pro/Engineer、I-DEAS、CATIA 和 UniGrappics 等。

★发展趋势：

- ① 继续开展产品建模方法的研究；
- ② 逐步提高模具 CAD/CAM 系统的智能化程度；
- ③ 开发面向并行设计的模具 CAD/CAM 集成系统；
- ④ 开发塑性成型过程的计算机模拟技术，形成模具 CAD/CAM/CAE 集成系统；
- ⑤ 研究模具的运动仿真技术，即冲模的冲压过程与注塑模的运动仿真。

图 1-3 显示了注塑模具传统设计、制造与模具 CAD/CAM 技术的比较。

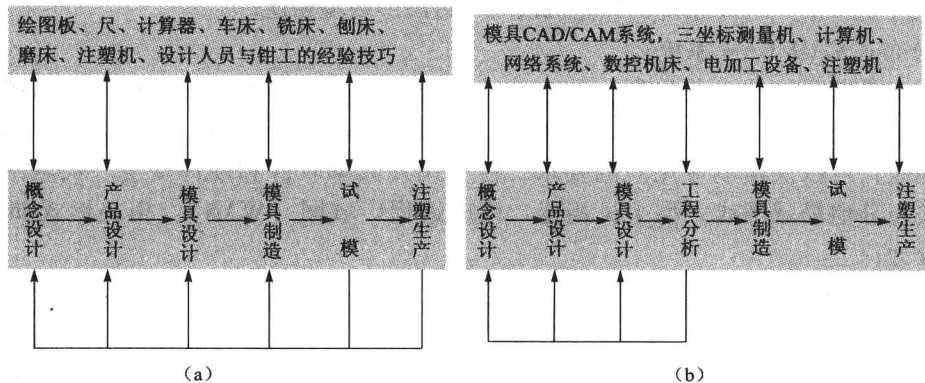


图 1-3 注塑模具传统设计、制造与模具 CAD/CAM 技术的比较

(a) 传统的设计、制造技术；(b) 模具 CAD/CAM 技术

这一部分的考试形式主要是填空、选择和判断，具体参见模拟题。

强化训练

填空题

1. 一个完整的 CAD 系统由_____、_____和工程数据库三部分组成。
2. 模具 CAD/CAM 的软件可分为_____、_____和_____三个层面。
3. _____是从管理 CAD/CAM 系统的高度上诞生的先进的计算机管理系统软件。
4. 模具 CAD/CAM 系统常用的局域网络系统形式有_____和_____。
5. 拓扑形式分为_____、环形网络结构和_____。
6. _____是指计算机辅助制造，即利用计算机辅助完成产品制造过程的统称。



第 2 章

模具零件造型技术

知识回顾

2.1 实体造型

2.1.1 基本概念

★1. 形体信息结构

计算机内通常采用 5 层信息结构来定义，分别是：

① 体：是由封闭表面围成的有效空间，一个形体是欧式三维空间中非空、有界的封闭子集，其边界是有限个面的并集。

② 面：面是形体表面的一部分，具有方向性。由一个外环和若干内环界定有效范围，一个面可以无内环，但必须有外环。

③ 环：是由若干条有向边组成的面的封闭边界，环中各边顺序相连不能相交。

④ 边：是形体两相交面的交界。

⑤ 顶点：是边的端点，顶点不允许出现在边的内部。

★★通过层次化形式可以方便地描述形体几何信息和拓扑信息。

几何信息：描述上述元素几何性质和度量关系的信息，如数学描述、点的空间坐标等。

拓扑信息：描述上述元素之间连接关系信息，如面与环之间、环与边之间的关系等。

★★2. 布尔运算

来自布尔代数，它可以将两个物体模型组合起来，构成一个新的物体。常用的布尔运算有交、并、差运算。

① 交运算：运算后形成的物体占据原来两个物体所共同占有的空间。

② 并运算：运算后形成的物体占据原来两个物体所占有的所有空间。

③ 差运算：运算后形成的物体占据第一个物体的全部空间但要减去第二个物体所占的空间。

★3. 欧拉公式

常用于检验几何造型中所产生形体的合法性及一致性，以保证产生的形体有意义。

常用的欧拉公式表示为： $V - E + F = 2B - 2G + L$ ，其中 V 、 E 、 F 分别表示顶点、边和面的数目； B 相当于独立的、不连接的多面体数； G 是贯穿多面体孔的个数； L 是所有面上未连通的环数。

2.1.2 形体的表示模式

★★形体的表示模式是指确定采用什么样的形式抽象几何实体的表示方法。通常对于一个造型系统而言，采用哪一种表示方法必须考虑两个问题。

① 该表示方法所决定的数据结构是否唯一地描述了一个实际形体。

② 该表示方法所能表达形体的覆盖率，即定义形体范围的大小。

★介绍常用的两种表示方法：

1. 边界表示法（B-rep 表示法）

以形体的细节，即以点、边、面等几何元素及其相互间的连接关系来表示形体。

2. 体素构造表示法（CGS 法）

用一些简单形状的体素，经变换和布尔运算构成复杂形体的表示方法。

注意：B-rep 和 CGS 有各自的优缺点，从造型的角度看，CGS 方法方便，从形体的储存管理和操作看，B-rep 更为实用。因此大多数 CAD/CAM 系统都以 B-rep 和 CGS 的混合表示作为形体数据表示的基础，即以 CGS 模型表示法表示几何造型的过程及其参数设计，用 B-rep 模型维护详细的几何信息和显示、查询等操作。

2.2 特征造型

从加工的角度看，特征被定义为加工操作和工具有关的零部件形式以及特征技术特征；从形体造型的角度看，特征是一组具有特定关系的几何或拓扑元素；从设计的角度看，特征又分为设计、分析和分析评价等。

★2.2.1 特征的分类

① 从产品的生命周期看，特征可以分为设计特征、分析特征、加工特征、公差及检测特征、装配特征；

② 从产品的功能看，特征又可以分为形状特征、精度特征、技术特征、材料特征和装配特征；

③ 从复杂度上可以分为基本特征、组合特征和复合特征。

★考虑到工程应用的背景和实现的方便性，可以采用下列分类方法：

① 形状特征：用于描述某个具有一定工程意义的几何形状信息，是产品信息模型中最

主要的特征信息之一。

② 装配特征：用于表达零件的装配关系及在装配过程中所需的信息，包括位置关系、公差配合、功能关系、动力学关系等。

③ 精度特征：用于描述几何形状和尺寸的许可变动量和误差，如尺寸公差、形位公差、表面粗糙度等。

④ 材料特征：用于描述材料类型、性能和热处理等信息，例如强度和延展性等力学特性、导热性和导电性等物理、化学特性及材料热处理的方式及条件。

⑤ 分析特征：用于表达零件在性能分析时所使用的信息，如有限元网格、梁特征和板特征等。

⑥ 补充特征：用于表达一些与上述特征无关的产品信息，如用于描述零件设计的 GT 码等管理信息特征。

2.2.2 特征系统的实现模式

★★实现模式主要有特征交互定义、特征自动识别、基于特征的设计等3种途径。

特征交互定义：设计人员先用造型系统完成几何造型，然后进入特征定义系统，通过人一机交互方式将特征信息附加到已有的几何模型之上。

2.2.3 基于特征参数化造型系统

★★基于特征参数化造型系统关键技术：特征的描述，即特征及其相关尺寸、公差的变量化描述。

2.3 特征造型系统基本功能

★★基于特征的建模方法

在基产特征的造型系统中，零件是由特征组成的，因此，零件的造型过程就是不断地生成特征的过程。步骤大致如下：

① 零件规划：主要包括分析零件的特征组成，分析零件特征之间的相全关系，分析特征的构造顺序及特征的构造方法；

② 创建主特征：首先构造零件上的几何特征；

③ 创建其他附加特征：再根据零件规划结果逐一添加上其他附加特征；

④ 编辑修改特征：在建模的任何时候都可以修改特征，包括修改特征的形状、尺寸，或者特征的从属关系，也可以删除已经建好的特征；

⑤ 生成二维工程图：根据零件的二维模型生成二维工样图。

★★2.3.1 特征种类及其生成方法

高端的特征造型系统都提供以下特征类型：

① 草图特征：指添加了约束条件的可参数化的二维图形。

② 实体特征：指直接构造实体的特征。实体特征可分为参考特征、体素特征、扫描特

征、成型特征和用户自定义特征。

③ 曲面特征：主要指用于构造自由形状的特征。

④ 钣金特征：钣金加工特有的特征。

1. 草图特征

草图是一种二维成型特征，是构成实体模型的最主要特征之一。草图是一个由曲线的集合组成的轮廓，此轮廓可以用于定义扫描特征，也可以作为定义自由形状特征的截面。草图设计是参数化设计系统的一个重要模块，目前所有的参数化设计系统都提供草图设计功能。

★★★草图的设计过程大致为：

① 首先在草图平面上绘制轮廓线图；

② 然后添加约束和尺寸；

③ 最后利用计算机检验设计的合理性。计算机在绘图过程中会自动添加约束和尺寸，作为默认的参数。用户可以随时修改和删除这些尺寸。

注意：绘制草图时，重要的是要表达清楚图形的结构，而不必过分关心图形的尺寸和形状。

对草图施加约束的目的，是要唯一地确定该图形的几何形状。

当约束的数目刚好能唯一地确定图形的几何形状时，称该图形为满约束状态。

在满约束状态下若继续施加约束，极易导致约束冲突，称这种约束状态为过约束。

若约束不充分，会导致几何形状不确定，称这种状态为欠约束。

图 2-1 显示了这三种状态。

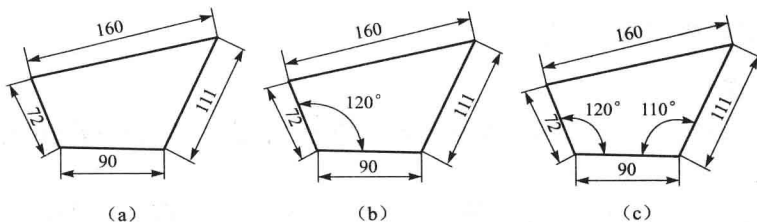


图 2-1 约束的三种状态

(a) 欠约束；(b) 满约束；(c) 过约束

2. 参考特征

参考特征在实体造型中起辅助作用，帮助用户在要求的位置与方位建立特征和草图，是构造实体特征的参考。

按照几何特性，参考特征可以分为两种：基准面和基准轴。

如果参考特征是相对于固定坐标系建立的，称之为固定基准，如果参考特征是相对模型中已经有的其他对象建立的，称为相对基准。

★★★ (1) 基准面

可以通过单约束、双约束和三约束来建立。

单一约束仅使用一个约束来建立一个基准面，例如相对于指定的平面或基准面偏置一定距离建立，通过一个圆柱的中心轴建立一个基准面。

双约束使用两个约束建立一个基准面，例如用与平面成角度和过边界去约束一个基准面。

三约束使用3个约束建立一个基准面，最典型的是过3个点的约束。

具体情况如图2-2所示。

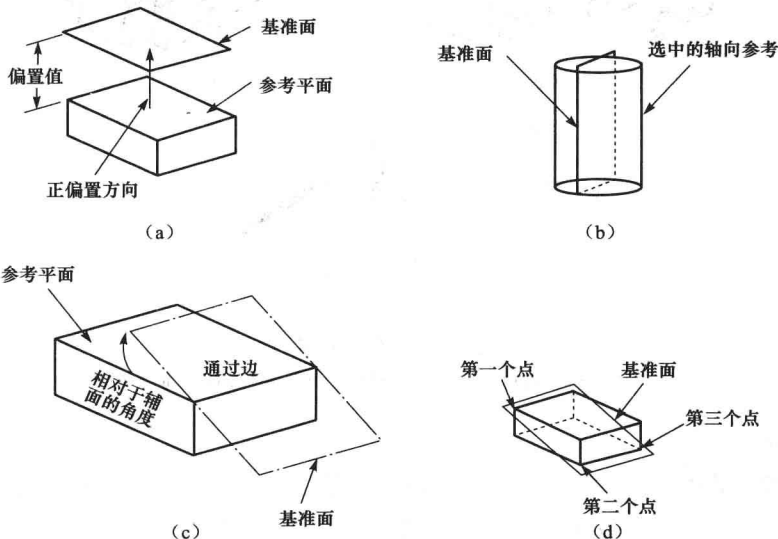


图2-2 基准面

(a) 单约束；(b) 单约束；(c) 双约束；(d) 三约束

(2) 基准轴

基准轴的建立比较简单，常见的有通过实体边界、通过曲面的回转轴、通过两个平面的交线、与曲线相切等。如图2-3所示。

3. 体素特征

体素特征是从实体造型系统中的体素转化而来的。生成一个体素特征时必须规定它的类型与尺寸及其在模型空间的位置和方位。

典型的体素特征包括方块、圆柱、圆锥和球。

★★★4. 扫描特征

扫描特征是三维造型系统中很重要的特征类型，是构成零件非解析形状毛坯的基础。扫描特征的类型主要包括：拉伸特征、旋转特征和路径扫描特征等。如图2-4所示。

① 拉伸特征是截面沿指定方向直线运动所生成的特征，是最基本、最常用的特征之一。

② 旋转特征是一个截面绕着指定轴回转所形成的特征，也是一种最常用的特征。

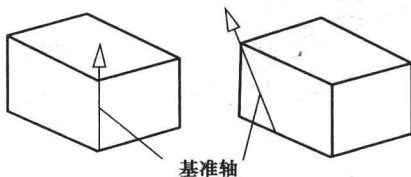


图2-3 基准轴

③ 路径扫描特征是一种在直线扫描和回转扫描过程基础上扩展的造型特征,是由各截面沿着一条指定路径扫描而成的。

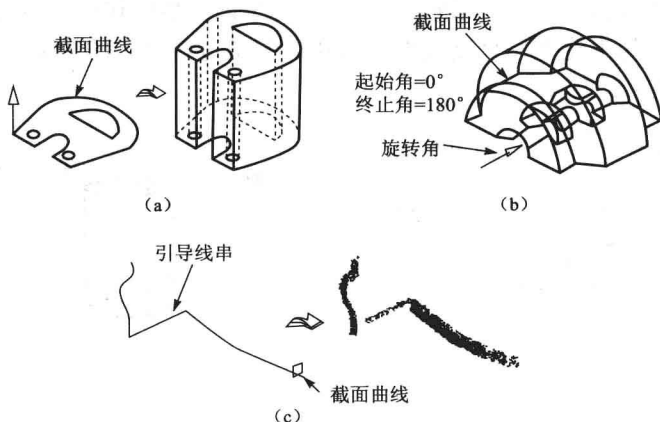


图 2-4 扫描特征

(a) 拉伸特征; (b) 旋转特征; (c) 路径扫描特征

5. 成型特征

成型特征是辅助特征,用于添加结构细节到模型上,对零件进行补充和细化。常见的成型特征有圆台、凸台、孔、型腔、键槽、沟槽等。如图 2-5 所示。

6. 曲面特征

用于构造自由曲面形状。按照曲面构造时的基本元素的不同,曲面特征可以分为以下几类:

(1) 点构造 (图 2-6)

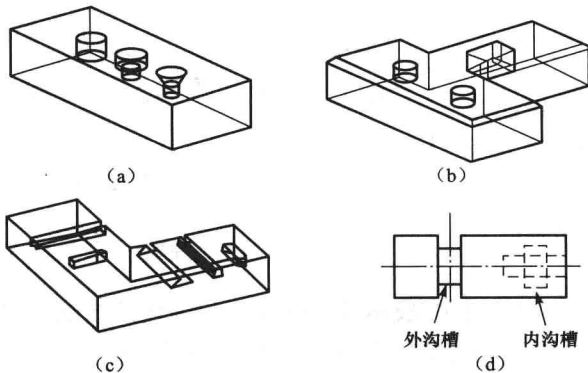


图 2-5 成型特征

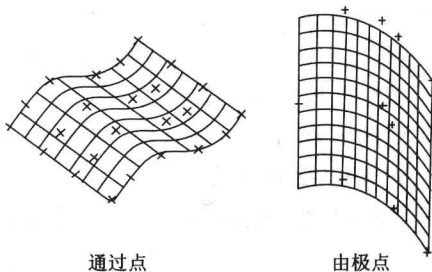


图 2-6 由点构造曲面的方法