

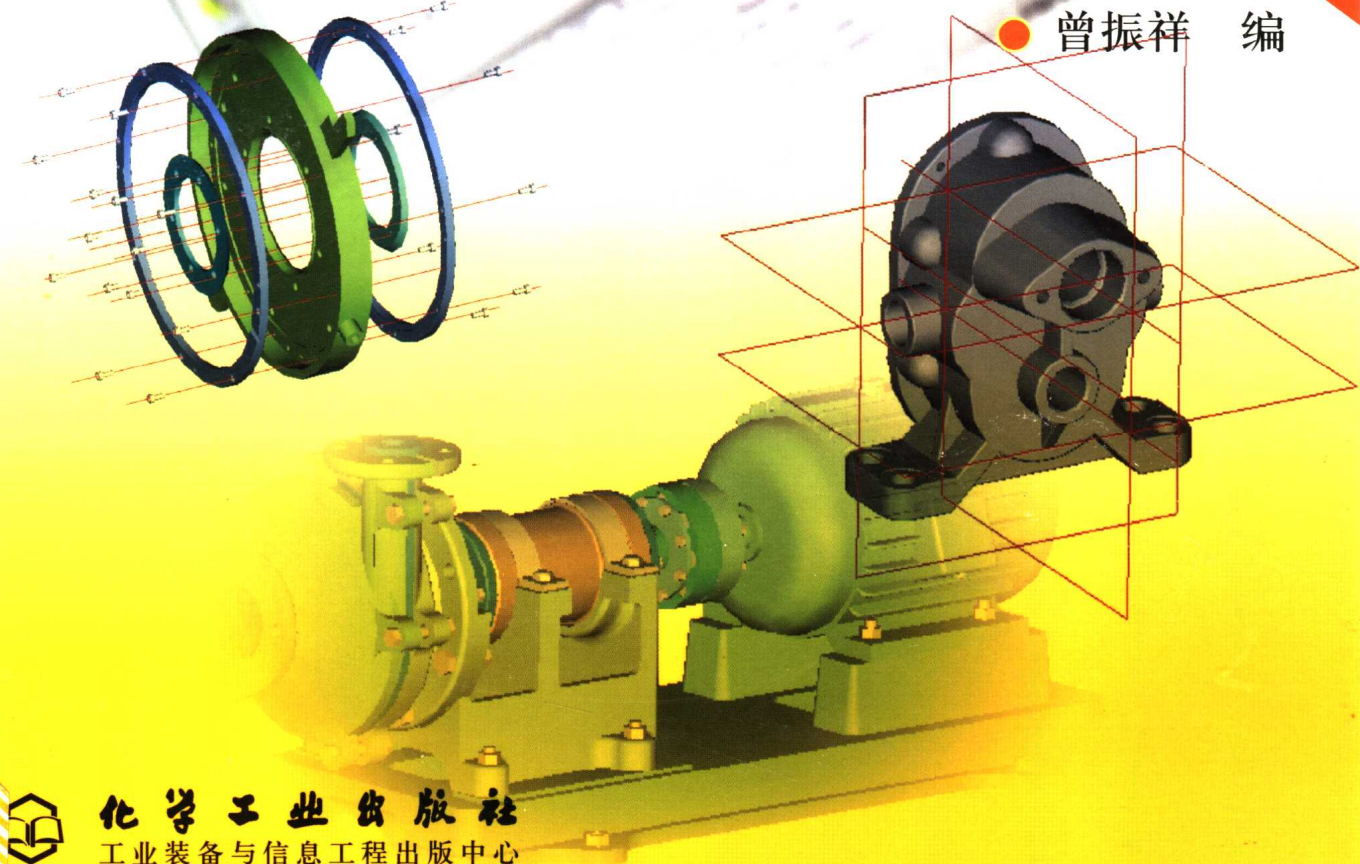


工业工程

三维造型设计

—CAD-MDT应用

● 曾振祥 编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

工业工程三维造型设计

——CAD-MDT 应用

曾振祥 编

化 工 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

• 北 京 •

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

工业工程三维造型设计——CAD-MDT 应用/曾振祥
编.—北京:化学工业出版社, 2001.10
ISBN 7-5025-3374-5

I. 工… II. 曾… III. 三维-工业设计: 造型设计: 计
算机辅助设计 IV. TB47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 044858 号

工业工程三维造型设计

——CAD-MDT 应用

曾振祥 编
责任编辑: 夏叶清
责任校对: 顾淑云
封面设计: 于兵

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64918013
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市云浩印刷厂印刷
三河市东柳装订厂装订
开本 787×1092 毫米 1/16 印张 13¼ 字数 320 千字
2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月北京第 1 次印刷
印数: 1—5000
ISBN 7-5025-3374-5/TB·6
定价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

“设计”是人类利用自己的智慧进行的创造性活动。人类能有今天的文明，完全依赖于自身的创造性劳动。人们总是梦想设计未来的一切，却往往因为现时技术的局限而未能如愿，计算机辅助设计及其应用技术的普及，在一定程度上改善了这种状况。三维“CAD”设计技术就是其璀灿的瑰宝之一。

“CAD”大家并不陌生，以往一般仅被用来绘制平面图形。从现代 CAD 的意义来讲，它应该是一门综合性的应用技术，涵盖了 CAD/CAE/CAM 一体化技术，并且，同时应具有以下特征和功能：

1. 图形处理功能，如交互式图形技术，三维参数化造型能力；
2. 工程分析技术，如机械结构的运动学仿真，有限元技术，优化设计等等；
3. 数据管理与数据交换技术，如远程网络设计技术、数据资源共享、CAM 加工技术（即“CAPP”及“NC”技术）等等。

过去只有为数不多的 CAD 软件能够实现 CAD/CAE/CAM 的一体化。这类软件功能强大，一般价格昂贵，使用复杂，推广困难。因而在一定程度上阻碍了它的发展，特别是中小型企业 CAD/CAE/CAM 的一体化技术更是无从谈起。今天的 CAD 技术，发展十分迅速，已经打破了昔日的困难处境。工程技术设计人员学习掌握这一新技能的基本技能，既显得十分重要，也已成为可能。

实质上 CAD 软件是借助于计算机完成产品设计和加工制造的成套应用程序，目前的 CAD 软件将工程设计、工程分析、制造加工过程和工程管理结合起来，形成强大而灵活的系统功能。目前已有许多的著名商用 CAD 软件系统，如：CATIA 软件（Computer Aided Three-dimensional Interface Application），法国达索飞机公司开发与 IBM 合作研究。其基本模块是：三维设计，高级曲面，数控铣削，数控车削，管道成形，运动学仿真，有限元分析等 20 多个功能模块。UG 软件（UNIGRAPHICS），EDS 公司产品。具有概念设计，实体造型，三维设计，高级曲面，组合件及部件，机械结构，运动学仿真，有限元分析，平面铣削，曲面加工等等功能模块。I-DEAS 软件，SDRC 公司产品。主要用于汽车，摩托车，机械产品的设计，分析和制造等具有 70 余项功能。Pro/ENGINEER 软件，PTC 公司产品。其主要特点是：集设计，生产为一体的新一代机械设计与制造软件。MDT 软件（Mechanical Desktop），Autodesk 公司产品。大众化的 CAD/CAE/CAM 一体化软件，具有广泛的用户群体，是目前能为广大中小企业接受的功能较全的 CAD 软件，也是目前用户最多的 CAD 软件。此外还有金银花 MDA 软件，三维电子图板，SOLIDWORKS，SOLIDEDGE 等等都可进行三维参数化造型及零部件装配，绝大多数可实现运动仿真和计算分析。

为什么要进行三维设计？

1. 平面绘图不能满足我们的要求。设计者在搞设计时，仅在交流时才用平面图进行说明，事实上设计者的本意是为了表达自己的三维构思。而三维实体具有很强的可视性，着色后犹如看到真实产品，它能准确地反映工程师的设计思想。

2. 平面设计无法满足快速修改的要求。常见的 AutoCAD 平面设计一般没有参数化, 无法满足产品换型设计时继续利用原来图型的要求。

3. 平面设计无法满足 CAE/CAM 的要求。如果要对所设计的产品进行运动仿真分析、力学分析和数控加工处理, 则需要产品模型的三维数据。这些过程都无法用平面图来完成。而这些恰恰是 CAD 最需要的功能。

“三维设计”是当前工程界创新性设计思维的重大变革, 它直接从三维开始, 用三维构思来表达自己的设计思想。本书按上述思想编写而成, 同时以 PC 微机应用软件“MDT”为主, 面对广大中小企业的工程技术人员, 尽量做到图形、例题并茂, 通俗易懂, 适合于工程技术人员自学。同时也适合于掌握了一定专业知识的大中专学生自学。全书共分成八章, 第一章绪论, 对三维造型进行了概述; 第二章三维设计工具——MDT 简介, 介绍了 MDT 软件的造型方法和功能; 第三章三维造型, 介绍基本特征的造型, 以实际例题讲述“基本特征”命令的使用方法; 第四章三维实体与平面施工图, 由三维模型产生平面施工图的过程; 第五章曲面和曲面造型, 介绍高级曲面造型方法; 第六章表驱动标准件模型库的建立, 介绍标准件库的造型方法与电子表格驱动过程; 第七章零部件的装配过程, 介绍装配模型的处理与干涉检查和爆炸分解图; 第八章 MDT R3.0 图标菜单, 介绍该软件的图标菜单的名称及功能。

本书适用于工程技术人员、大中专学生学习和掌握三维 CAD 设计技术的自学用书或培训教材。由于作者水平所限, 加之成书仓促, 书中难免有不妥之处, 恳请读者不吝指教。

编者

2001.6

目 录

第一章 绪论	1
第二章 三维设计工具——MDT 简介	4
第一节 MDT 的基本概念	4
第二节 从 AutoCAD 移植	8
第三节 MDT 工作环境	8
第四节 MDT 窗口界面	9
第三章 三维造型	16
第一节 几个基本概念	16
第二节 本章主要内容	17
第三节 创建基础特征	19
第四节 创建拉伸特征	32
第五节 创建对称特征	41
第六节 创建旋转特征	46
第七节 处理零件的细节	55
第四章 三维实体与平面视图	60
第一节 创建基础视图	61
第二节 创建其他视图	67
第三节 视图的尺寸标注及编辑	71
第四节 标注公差与技术要求	78
第五节 将 MDT 工程图转化为 AutoCAD 平面图	84
第五章 曲面和曲面造型	86
第一节 本章的基本概念及主要内容	86
第二节 曲面参数设置	86
第三节 曲面造型方法	95
第四节 曲面的编辑	103
第五节 曲面造型与切割	108
第六节 叶轮曲面造型	112
第七节 抽壳特征造型	119
第六章 表驱动标准件模型库的建立	125
第一节 设计变量	125
第二节 表驱动零件设计实例	129
第七章 零部件的装配过程	137
第一节 模型装配中的几个基本概念	137
第二节 外部零件的引入	139

第三节	零部件的装配方法	146
第四节	零部件装配编辑、干涉检查及质量特性	154
第五节	装配场景	162
第六节	装配模型的编辑	168
第七节	零部件的装配图和明细栏表	171
第八节	装配工程图实例	181
第八章	MDTR3 图标菜单	188
第一节	Desktop 浏览器图标工具	188
第二节	零件造型图标组	188
第三节	部件的装配	194
第四节	曲面造型	196
第五节	场景	199
第六节	工程视图布置	200
第七节	Desktop 模型观察	202

第一章 绪 论

一、二维设计与三维设计

计算机辅助设计已使设计者从繁重、重复的工作中解放出来。其中，只有少量的是采用工作站进行三维设计；大多数在 PC 机上进行二维设计，或是将纸上设计的抄到计算机中，或是在计算机中直接交互式绘图，较好的是通过一些应用软件自动生成的二维图。

然而，二维平面图远远不能满足人们的需求，一方面，设计者在搞活经济产品设计时，彼此间的交流目前仅能用二维图，事实上设计者的本意就是为了表达自己的三维构思。而三维实体模型具有很强的可视性，尤其在着色后犹如看到真实的产品，它能准确地反映工程师的设计思想，另一方面，如果想对所设计的产品进行力学分析、运动分析和数控加工后处理，在二维平面图上是无法完整而可靠的进行的，而这些分析的工作，正是人们最需要的功能。从三维开始设计，是必然的结果，从 MDT 和其他微机上的三维设计系统的现状来看，实际上，人们已经进入了微机 CAD 三维设计的时代。

AutoCADR12 的 AME 或是 AutoCADR13 的 3Dsolid 都能进行三维造型，然而 AME 所生成的实体并非真正的三维实体，而 3Dsolid 生成的实体尽管是真正的实体，但它却不是参数化的，不能在产品换型或修改时继续用原来的造型。这两者的共同问题是，没有建立起 3D 造型-2D 工程图之间的双向关系。目前 MDT 中的 Designer，就是较好的参数化实体造型工具，目前已经能达到下列性能。

1. 全参数化的三维造型

尺寸的参数化可以是数字或变量，也可以是计算表达式，可存储在一个有一定格式的文本文件内。利用这个文件和基本的造成型很容易建立零件的三维实体参数化图形库，且查询、修改都很方便。不同零件的相关联尺寸设置成公共的变量，当一个零件的尺寸改变，相关零件的相关尺寸自动变化。

2. 有丰富的附加特征造型功能

如：孔（螺纹孔/盲孔/沉孔……）、圆角、斜角等，特征本身也可以参数化的。

3. 能将三维模型转化为二维视图，并双向关联

能将三维模型转化为二维视图，并双向关联，如：在三维实体基础上生成正交视图、轴测图、剖视图、局部放大图、向视图等，能在斜视图上自动或人工标注尺寸，二维视图或三维实体的尺寸修改会自动使另一方自动修改。

4. 质量属性计算能力

给出模型的重量、重心、惯性距、惯性积等重要属性的详表。

5. 装配功能

可将众多零件装配成整机模型，并可进行干涉检查，生成“爆炸图”。

6. 为 CAD、CAE、CAM 做了必要和充分的准备

由于生成的是真实的三维实体，能为各类分析软件准备充要数据。

二、三维参数化机械设计一般过程

1. 需求定义

设计的动力来自需要, 根据需要进行定义, 定义包括明确设计对象的功能, 确定设计的主要参数, 通过讨论和参考相关资料, 画出草图。这一点与常规设计相同。

2. 概念设计

在设计过程中, 传统的设计是构思, 画草图, 比较方案, 设计计算, 再出图, 制造, 以物理样品为最终结果。这样不仅费时花钱, 而且还可能经过多次反复。如果上述每一设计过程都能通过计算机来观察, 如: 形体是否合适? 机械结构是否发生干涉? 可加工性如何等等, 都能在制造前, 就解决了部分问题。MDT 三维参数化设计模型的快速可修改性和重复性, 并能进行设计、分析、加工仿真于一体, 以及实体化、装配、渲染特性都能使产品在最初设计阶段, 就能不断地完善设计概念。

3. 详细设计

利用概念设计的尺寸数据, 进行结构详细设计。完成工程图设计编辑, 并形成可用于单独指导生产的全套设计图和有关设计文件指导生产, 也可直接集成于 CAM, 实现 CNC 自动加工。

上述过程中(见图 1-1), 概念设计是集知识、智慧、创造于一体的高级技能。MDT 平台为概念设计提供了基础。

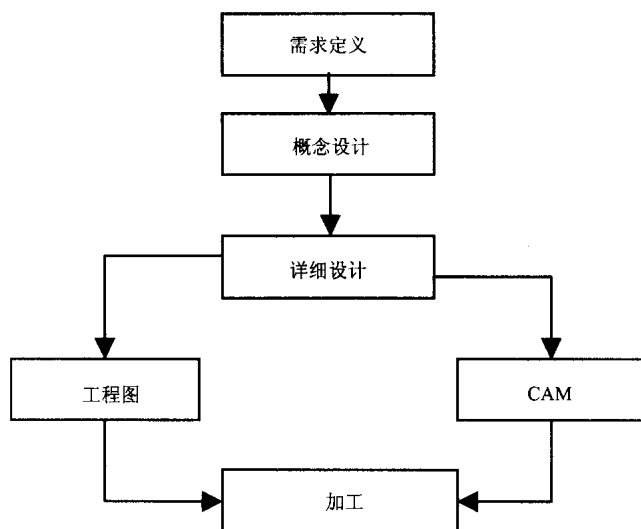


图 1-1 三维参数化设计的一般过程

三、关于 PC/AutoCAD/MDT 平台的 CAD/CAE/CAM 一体化技术

能为广大工程技术人员普遍接受的从设计到制造全过程的一体化解决方案, 是机械 CAD/CAE/CAM 追求的基础本目标。一体化解决方案的中心思想是让用户在统一的环境实现 CAD/CAE/CAM 协同设计和作业, 使每个环节都基础于一流水平的同一界面和同一 3D 实现数据库, 以及充分发挥各单元模块的功效。

利用微机系统解决 CAD/CAE/CAM 一体化方案, 是目前我国还不富有的大多数企业的一种选择。例如: 三维造型和参数化设计利用“MDT”软件 (Autodesk 公司产品), 工程分析

(包括各种仿真过程)可利用与 MDT 无缝连接的“Working Model for MDT” 软件(MSC 公司产品)。CAM 过程则可利用“EdgeCAM for MDT”等软件(Pathtrace 公司产品)。其一体化方案如图 1-2 所示。

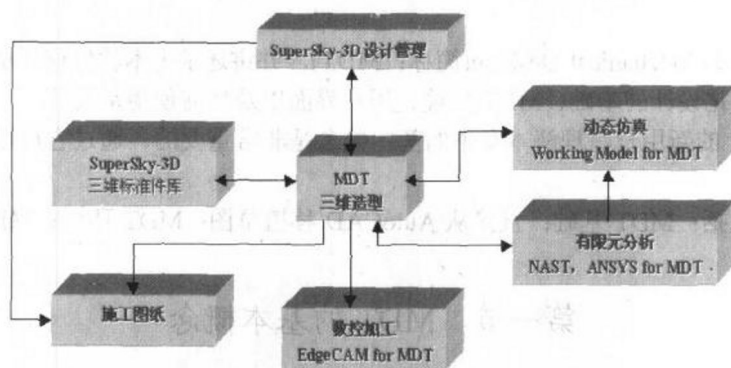


图 1-2 微机 CAD/CAE/CAM 一体化方案

众所周知,现有的由独家厂商提供的 CAD/CAE/CAM 系统,虽然易于保证系统单元之间的无缝集成性,但难于保证系统中每一单元都能满足用户的多样化需求。反之,用户若从多家厂商中选择各有特色的单元产品来拼凑完整的 CAD/CAE/CAM 系统,又难于保证各单元产品之间的无缝集成性,从而导致由于各单元产品采用不同数据库和不同界面所造成的数据交换损失和软件使用及维护的不一致性等诸多弊端。解决这一弊端的方法就是共同提供能够相互无缝集成的世界一流 CAD/CAE/CAM 系统单元,以求在 PC 平台上构成一体化的贯穿机械产品设计/分析/模拟/制造全过程的完整解决方案。迄今为止,已有十多家在各自领域堪称一流的专业软件厂商,提供了基于 MDT 且具有良好性价比的专业应用软件,遍及不同类型的工程分析、模拟仿真、数控加工、钣金制造和公差分析等应用方面。Autodesk 与这些 MAI 战略伙伴正在共同改变机械设计师/工程师从事产品设计、分析和制造全过程的传统方式。

第二章 三维设计工具——MDT简介

本章简要介绍 Mechanical Desktop(简称: MDT), 并讲述了用本软件进行机械设计的基本概念, 包括参数化设计的基础、MDT 环境、用户界面以及如何使用帮助等。

对于 MDT 的新用户, 理解本章中的基本概念是非常重要的, 通过它可以熟悉软件的基本操作。

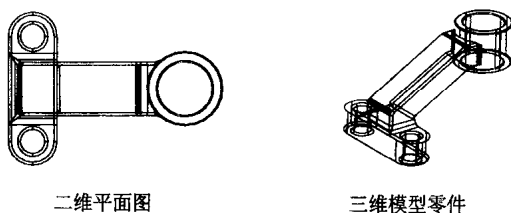
本章内容包括: MDT 基础; 直接从 AutoCAD 移植草图; MDT 环境; MDT 界面; 如何使用帮助。

第一节 MDT 的基本概念

MDT 是将高级三维建模功能和二维绘图功能融于一体的集成软件包, 设计者可利用它构思和设计自己的机械模型, 并形成文档。

一、使用 MDT 可创建零件的三维模型, 而不仅仅是二维绘图

可使用三维零件创建二维工程图和三维零部件。如图 2-1 所示。



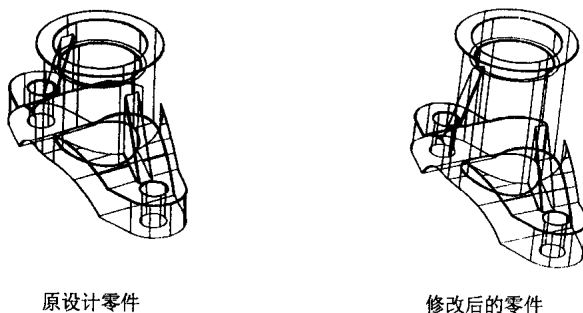
二维平面图

三维模型零件

图 2-1 从二维图到三维图

二、MDT 有尺寸驱动系统, 可创建参数化模型

零件模型通过构成零件的特征的尺寸、形状和位置来确定。用户可在保留原有设计意图的基础上, 修改模型的尺寸。如图 2-2 所示。



原设计零件

修改后的零件

图 2-2 直接修改模型的尺寸

三、用特征建立零件模型——构成零件的基本形状

建立零件模型时, 要对诸如拉伸、放样、扫掠、打孔、圆角和倒角等模型单元进行参数

化设计。如图 2-3 所示。

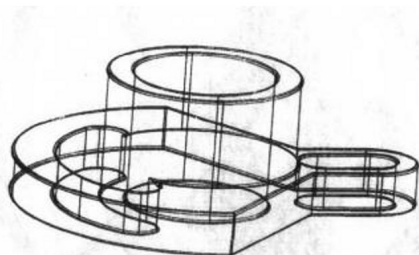
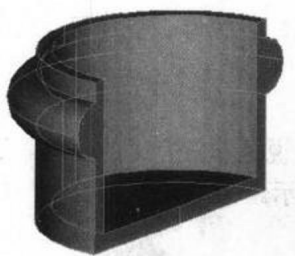


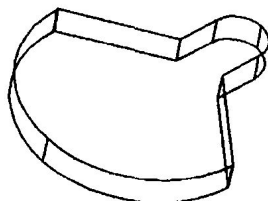
图 2-3 用旋转, 拉伸, 打孔等特征造型的零件

四、多数特征可以由草图创建

将草图沿某一路径拉伸、旋转、放样或扫掠, 可以创建各种特征。如图 2-4 所示。



草图旋转特征



草图拉伸特征

图 2-4 草图特征造型

五、单一零件环境中创建单个零件

在此环境中, 一幅图仅包含一个零件。可以用这些零件文件建立一个标准零件库。如图 2-5 所示。

六、零件/部件环境中创建多个零件和部件

在此环境中, 一张图可包含任意多个下级零部件。零部件模型可以从外部引入参照零部件, 也可以在部件文件中创建下级零部件。如图 2-6 所示。

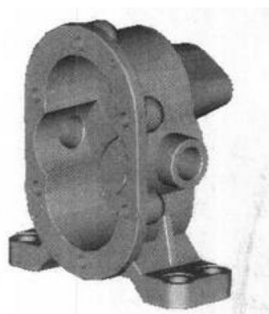


图 2-5 单一零件环境创建的单个零件

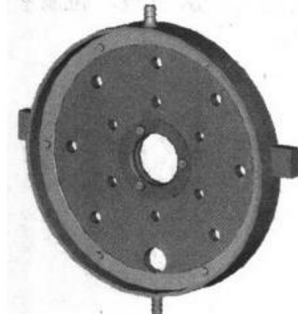


图 2-6 零件/部件环境中创建部件

七、由单个零件也可以组装创建子部件和部件

部件文件中包含多个下级零部件, 将这些零部件用装配约束组装起来便得到最后的产品模型。如图 2-7 所示。

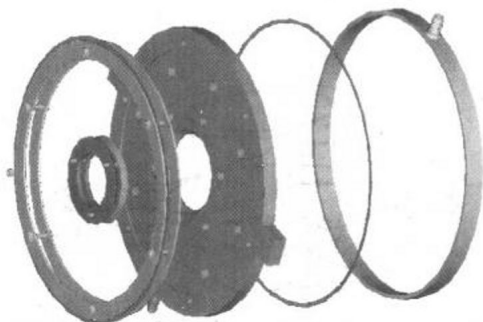


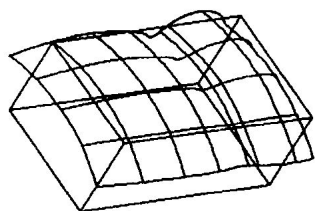
图 2-7 部件文件中包含多个下级零部件

八、建立标准件库

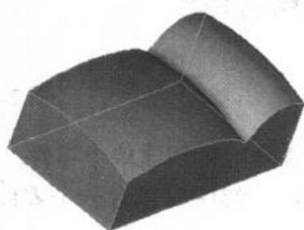
可创建标准零件，该零件的图形文件与电子表格相连。可在电子表格中确定其具体尺寸，而不必因零件的尺寸不同而重新设计。如各种弹簧、螺钉、螺母、垫片等，这样便可组成一个庞大的零件图形库。

九、创建三维曲面模型

该功能对此进行压模、铸造或注模设计的工程师来说是非常有用的工具。还可以利用曲面在零件实体上增/减材料，创建混合模型。如图 2-8 所示。



(a) 用以创建零件的曲面



(b) 使用曲面切割零件

图 2-8 可以创建曲面

十、可在工程图中显示如何进行装配

通过定义分解系数，位置参数和轨迹线，可以显示部件是如何组装而成的。分解视图如图 2-9 所示。

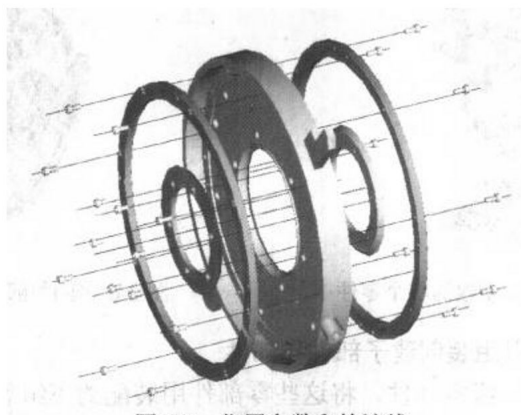


图 2-9 位置参数和轨迹线

十一、创建俯视、正交、等轴测、剖视图和局部视图

在将设计形成文档时，以场景、零件或所选对象组创建视图。模型中的任何改动，都将在视图中自动更新。如图 2-10 所示。

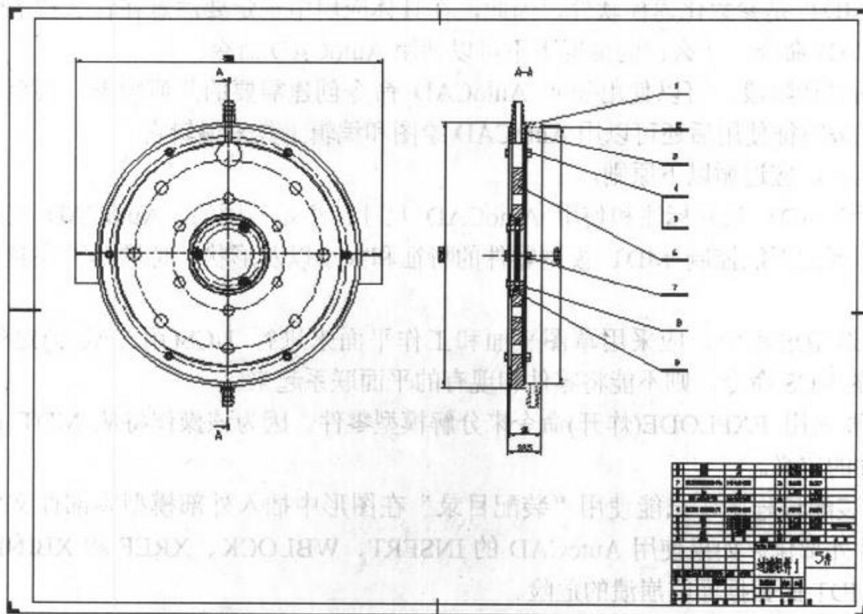


图 2-10 用 MDT 形成的装配图

十二、添加技术注释和附加参考尺寸

创建视图完成后，添加引出序号、明细表、尺寸标注、参考尺寸和形位公差符号等来完成设计。如图 2-11 所示。

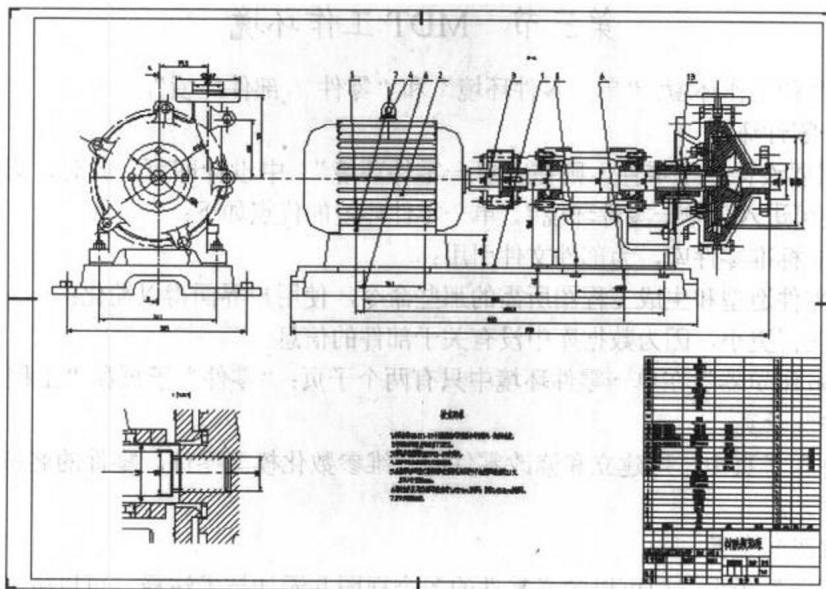


图 2-11 由部件模型形成的工程图

第二节 从 AutoCAD 移植

MDT 是建立在 AutoCAD 基础上的,所用到的许多工具和命令,早已为设计者熟悉。但是,由于 MDT 是参数化建模软件,因此,在具体应用中一定要注意在什么样的情况下可以使用 AutoCAD 命令。什么样的情况下不可以使用 AutoCAD 命令。

在草图设计阶段,可以使用任何 AutoCAD 命令创建需要的几何图形,甚至可以在某一几何图形已被特征使用后还可以用 AutoCAD 绘图和编辑工具来编辑它。

一般而言,应遵循以下原则。

① 使用 MDT 尺寸标注和使用 AutoCAD 尺寸标注是不同的。AutoCAD 尺寸标注不是参数化的,因此不能控制 MDT 模型零件的特征和大小以及形状、位置等,在建模时应特别注意。

② 在造型过程中,应采用草图平面和工作平面来进行 UCS(用户坐标)定位。而使用 AutoCAD 的 UCS 命令,则不能将零件和现有的平面联系起来。

③ 不要使用 EXPLODE(炸开)命令来分解模型零件。因为该操作将从 MDT 图形中删除对模型零件的定义。

④ 在装配过程中,只能使用“装配目录”在图形中插入外部模型零部件文件,或将模型零件文件外部化。如果使用 AutoCAD 的 INSERT、WBLOCK、XREF 和 XBIND 命令,将有可能使 MDT 的数据面临崩溃的危险。

⑤ 应采用 MDT 命令来编辑特征、重新定位模型零件或进行复制等操作时,不能采用 AutoCAD 的 MOVE 和 COPY 命令进行上述操作。因为它将使已定义的参数面临崩溃的危险。

⑥ 可以使用 MDT 的视图命令来创建模型视图。而使用 AutoCAD 的 MVIEW 命令不能创建模型零件的相关视图。

第三节 MDT 工作环境

MDT 有两种工作环境:“单一零件环境”和“零件 / 部件环境”。

一、单一零件环境

如果只需要设计一个零件,则在“单一零件环境”中设计即可。此时,只需选择“新零件文件”便可进入“单一零件环境”。单一零件环境的优点如下:

- ① 可建立标准零件库,为部件文件引用;
- ② 只需零件造型和生成工程图所需的那些命令,使用户界面得以简化;
- ③ 文件变得更小,因为数据库中没有关于部件的信息。

“Desktop 浏览器”在单一零件环境中只有两个子页:“零件”子页和“工程图”子页。

1. “零件”子页

在“零件”子页中,可建立和修改零件的三维参数化模型零件。零件的名称与该图形文件的名称相同。

2. “工程图”子页

在“工程图”子页,用可以定义零件的各个视图并添加技术注释,可以生成归档的工程视图。

二、零件 / 部件环境

当用户启动 MDT 时, 系统会首先进入该工作环境, 用户也可以通过执行“命令”→“新部件文件”命令来进入零件/部件环境。在同一个部件图形文件中可以包含任意多个零件或子部件, 零件/部件环境的用处主要有:

- ① 可以在同一个*.DWG 文件中创建多个零件;
- ② 单个零件文件、其他部件文件或子部件文件可以被引用或内部转化到零件/部件环境中, 共同构建复杂的装配模型;
- ③ 可以在同一个文件中显示不同版本(表驱动)的零件;
- ④ 可以创建包含分解系数、位置参数和轨迹线在内的场景;
- ⑤ 可以创建明细表数据库, 还可以在部件模型的工程图中放置零件参照、引出序号和明细表, 参照图 2-11。

“Desktop 浏览器”在零件 / 部件环境中三个子页: “部件”、“场景”和“出图”。

1. “部件”子页

在“部件”子页中, 用户可以根据需要创建任意多个下级零部件, 这些零部件可以是内部零件也可以是外部零参照零部件。用户可以创建子部件并将其保存, 以便在大的装配中使用, 创建由任意多个零件文件、子部件或其他部件文件构成的装配文件。用户还可以生成明细表数据库存以便在最后的工程图中放置明细表。

2. “场景”子页

在“场景”子页中, 用户可以设置装配零部件的分解系数, 创建位置参数和轨迹线。这些设置可以协助用户控制可表达部件装配关系的工程视图。

3. “工程图”子页

对于部件文件, 可以有非常多的功能项来创建最后的图形文档, 用户可以为部件装配图中的零件, 创建引出序号。可以通过创建明细表来尽可能多地列出所定义零部件的信息。还可以在分解场景的基础上创建视图, 以便更好地说明各下级零部件是如何装配到一起的。

第四节 MDT 窗口界面

当用户启动 MDTR3 时, 界面中会显示出四个工具条和一个“Desktop 浏览器”, 见图 2-12。

① “MDT 主工具条”是一种呈直线形显示的工具条, 其中涵盖了在标准 AutoCAD 中的绝大多数命令, 还包括了“对象特征”工具条和 MDT 新增的附加命令。

② “Desktop 工具”工具条就好像是一种开关, 可以帮助用户快速地在“零件造型”、“部件装配”、“场景”和“工程图布置”之间切换。

③ “零件造型”工具条为缺省值, 但当用户通过“Desktop 工具”工具条, 或“Desktop 浏览器”切换工作模式时, 工具条也会根据选择显示为相应的内容。

④ “Desktop 观察”工具条使用户可以全面、灵活地控制模型的观察方式, 包括实时平移、缩放、动态三维旋转和渲染命令。

⑤ “Desktop 浏览器”通常被固定放置在屏幕的左侧。

“Desktop 工具”工具条主要控制四个工具条, 见图 2-13。

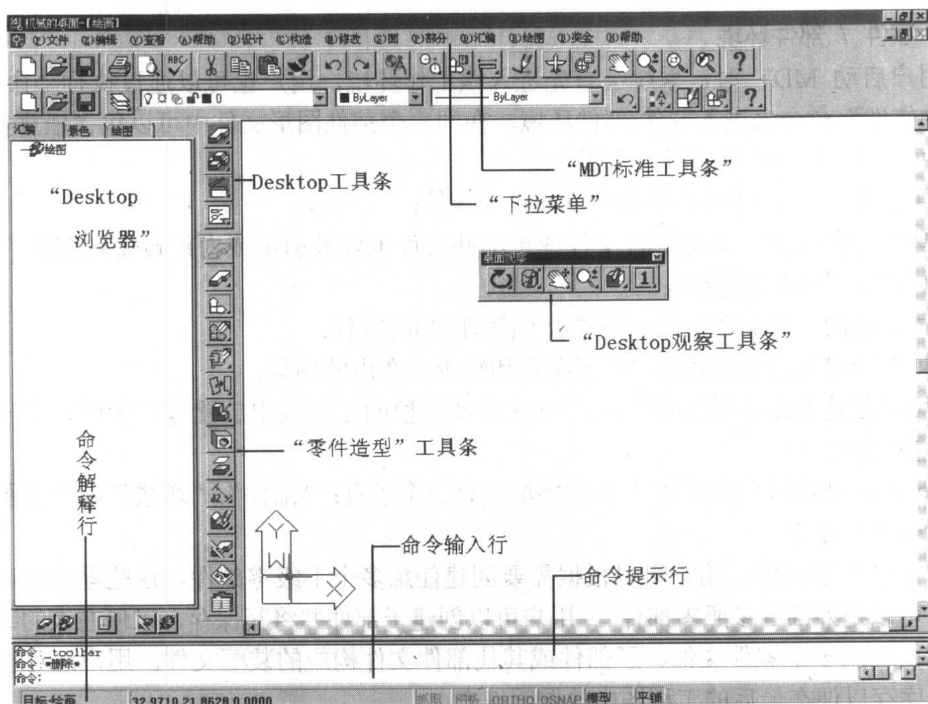


图 2-12 MDT3 窗口界面

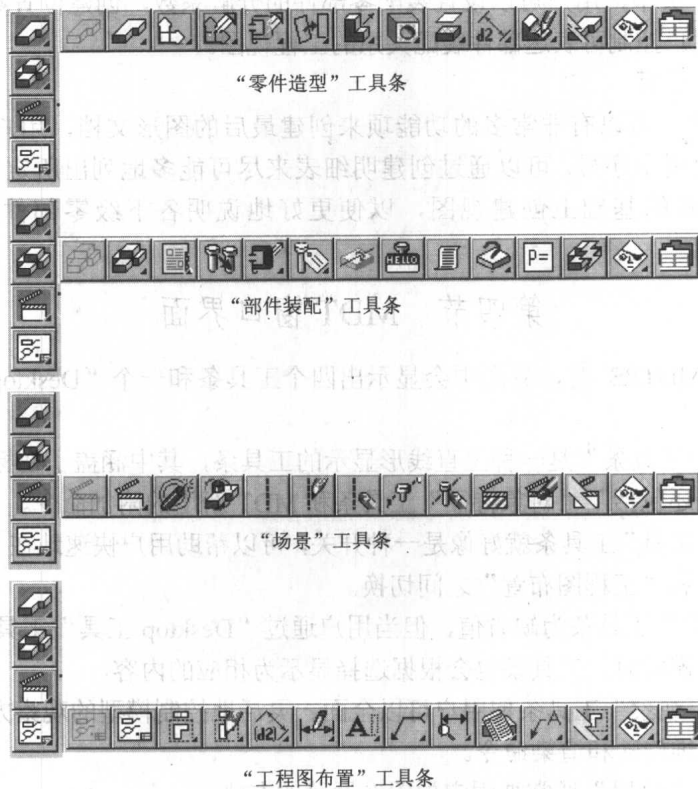


图 2-13 “Desktop” 主控工具条