

11

最新

MDT 4.0

应用培训教程

姜立军 刘冬洁 编著



中国民航出版社

最新 MDT 4.0 应用培训教程

姜立军 刘冬洁 编著

中国民航出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

最新 MDT 4.0 应用培训教程/姜立军, 刘冬洁编著. —北京: 中国民航出版社, 1999.10
ISBN 7-80110-362-9

I. 最… II. ①姜… ②刘… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, MDT 4.0—教材 IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 61785 号

内容简介

本书通过详细的工程示例全面介绍了基于 MDT4 的计算机辅助三维机械设计的方法和过程, 重点阐述了 MDT 进行三维机械设计的过程和方法、MDT 的草图生成及约束方法、用 MDT 特征造型生成复杂机械零部件、表驱动零件设计、MDT 与特征双向关联的工程视图以及图纸输出的方法和技巧。本书可供从事 CAD 技术领域的工程技术人员参考, 也可作为中专以上文化程度机械类学生 MDT 培训教材使用。

最新 MDT 4.0 应用培训教程

姜立军 刘冬洁 编著

出版	中国民航出版社
社址	北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)
发行	中国民航出版社
印刷	广东出版技校彩印厂印刷
开本	787×1092 毫米 1/16
印张	17
字数	400 千字
版本	1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷
印数	1-1900 册

书号	ISBN 7-80110-362-9 / G·168
定价	35.00 元

前言

CAD 技术起步于 50 年代后期。进入 60 年代,随着在计算机屏幕上绘图变为可行而开始迅速发展。人们希望借助此项技术来摆脱繁琐、费时、绘制精度低的传统手工绘图。此时 CAD 技术的出发点是用传统的三视图方法来表达零件,以图纸为媒介进行技术交流,这就是二维计算机绘图技术。

在 CAD 软件发展初期,CAD 的含义仅仅是图板的替代品,即:意指 Computer Aided Drawing (or Drafting)。CAD 技术以二维绘图为主要目标的算法一直持续到 70 年代末期,以后作为 CAD 技术的一个分支而相对单独、平稳地发展。早期应用较为广泛的是 CADAM 软件,近十年来占据绘图市场主导地位的是 Autodesk 公司的 AutoCAD 软件。在今天中国的 CAD 用户特别是初期 CAD 用户中,二维绘图仍然占有相当大的比重。

从 80 年代到现在,CAD 技术已经过了近 20 年的发展历程,CAD 软件的建模技术从最初的线框模型、面模型到后来的实体造型、曲面实体造型,再到现在的特征造型,CAD 软件已经不只是简单的取代手工绘图的二维计算机辅助绘图软件。由于计算机软、硬件技术的发展,使用超变量几何技术的特征造型软件已经不再只是“贵族”的专利,以前在高级图形工作站上才能使用的三维 CAD 软件如 IDEAS Master Series, Pro/ENGINEER 等现在已经可以在一般微机上使用。尤其是各大 CAD 软件开发商瞄准了中小型用户,于 90 年代中后期陆续推出了基于 Windows 平台的微机版三维参数化特征造型软件,如 Autodesk Mechanical Desktop, Solidworks, Solidedge 等,这就给三维参数化特征造型软件的普遍推广带来了前所未有的发展机遇。现在我们经常讨论的 CAD (Computer Aided Design) 所包含的内容已经不是传统意义上的计算机辅助绘图。这是一场设计技术与手段的伟大变革,这场变革已经深远影响到我们生活中的各个领域。为响应信息技术这场深刻的变革,国家教育部提出了面向二十一世纪工科课程体系和教材内容改革计划。机械系列课程改革计划正是在这样一种背景下提出来的。

虽然目前在全国各高校已普遍开展逐步取代传统手工绘图的计算机工程制图教学改革,但这仍然只是一种“甩图版”的简单替代。其基本内容是以正投影为基础的绘图、读图能力的训练。学生通过这种训练后具有用计算机对既有复杂零件和装配体的绘制表达能力、空间理解能力、空间几何问题的图解能力和既有图纸的读图能力。由于过分强调画法几何与投影理论的教学,使得学生所学与生产实践脱节,缺乏创新,学生毕业后很难设计出新颖、精致的产品。目前正在普及的基于特征的三维参数化 CAD 软件已经能够解决各种投影及截交、相贯问题,因此将来对于学生的培养应在讲授基本投影理论的前提下,使得学生具有较强的空间理解能力和一般二维图形的读图能力,更加侧重于零件的构形表达,加强通过计算机表达设计意念的创新能力的培养,在整个教学过程中强调产品设计思想。本书希望在这一方面作一些有益的初步探索,为我国工科制图教学改革向更加纵深的方向发展、三维机械计算机辅助设计技术的普及推广摸索出一些成功的经验。

本书共有九章。第一章概述各个阶段 CAD 技术的重大进展以及技术特点,对当前主

流的 CAD 基础技术理论和不同流派的造型技术进行简述与比较, 供普遍关注的 CAD/CAE/CAM 系统选型参考; 第二章介绍 MDT 所用到的关键技术和最新特点, MDT 的配置要求, 安装方法以及 MDT 的界面; 第三章讲述 MDT 进行三维机械设计所用到的基本造型方法和设计流程; 第四章结合工程实例详细讨论如何创建参数化草图, 包括参数化草图的基本概念, 草图类型和施加草图约束; 第五章介绍如何利用参数化草图创建零件特征; 第六章至第七章通过实例讲述如何利用 MDT 的其它高级特征创建更为复杂的零件, 如参数化布尔运算, 参数化抽壳等; 第八章是表驱动零件设计的内容, 主要介绍表驱动零件设计的基本概念和实现方法; 第九章的内容主要是利用已创建的零件造型如何生成双向关联的工程视图, 包括零件图的视图表达方法, 尺寸标注, 公差与粗糙度等技术要求的填写以及标题栏的生成方法等; 附录给出了全部系统变量, 方便读者查阅。

本书中的前言、第一至第五章、第八章及附录由姜立军编写, 第六至第七章、第九章由刘冬洁编写; 本书插图由刘林设计提供, 黄玲杰、骆雯负责文字录入、排版及打印工作; 王魁葵为本书作了详细的校对工作, 并在编写过程中给予了大力支持; 本书还得到李诚琚、陈锦昌、陈炽坤的指导, 在审阅和校对过程中提出了许多宝贵意见, 在这里一并致谢。

编者
1999.10

目 录

第一章 CAD 技术发展概述	1
1.1 CAD 技术发展历程概览.....	1
1.1.1 第一次 CAD 技术革命——曲面造型系统.....	1
1.1.2 第二次 CAD 技术革命——实体造型技术.....	1
1.1.3 第三次 CAD 技术革命——参数化技术.....	2
1.1.4 第四次 CAD 技术革命——变量化技术.....	2
1.2 简析 90 年代主流 CAD 造型基础技术.....	2
1.2.1 参数化造型技术的主要特点	2
1.2.2 变量化造型技术的主要特点	3
1.2.3 两种造型技术之共同点	3
1.2.4 两种造型技术之区别	3
1.3 Autodesk Mechanical Desktop 造型新技术	6
1.3.1 Desktop 管理器	7
1.3.2 基于特征的参数化实体造型	7
1.3.3 NURBS 曲面造型	7
1.3.4 关联的绘图	8
1.3.5 装配造型和工程分析	8
本章小结	9
练习题	9
第二章 运行 Mechanical Desktop.....	10
2.1 系统需求	10
2.2 安装	10
2.3 运行 Mechanical Desktop	15
2.4 MDT 操作界面	18
2.4.1 菜单	18
2.4.2 浏览器	19
2.4.3 工具条	19
本章小结	21
练习题	21
第三章 基于 MDT 的三维计算机辅助设计方法	22

目 录

3.1 MDT 进行三维机械设计的基本过程	22
3.1.1 方案设计	22
3.1.2 零件特征分析	23
3.1.3 创建基本特征	24
3.1.4 创建其他特征	34
3.1.5 装配、干涉检查和工程分析	40
3.1.6 生成工程图纸	40
3.1.7 修改设计	45
3.2 MDT 进行三维机械设计的基本造型方法	47
3.2.1 非参数化实体造型	47
3.2.2 基于特征的参数化实体造型	49
3.2.3 曲面造型	52
3.2.4 用曲面切割实体	54
3.2.5 参数化布尔运算特征	54
3.2.6 参数化抽壳	61
3.2.7 基于约束的装配造型	61
本章小结	62
练习题	62
第四章 创建参数化草图	63
4.1 参数化草图的基本概念	63
4.1.1 草图精度及其设定	63
4.1.2 零件草图的创建要点	65
4.2 草图类型	65
4.2.1 截面轮廓草图	66
4.2.2 扫掠路径草图	68
4.2.3 剖切路径草图	69
4.2.4 分模线草图	70
4.2.5 构造几何图形	71
4.3 给草图施加约束	72
4.3.1 约束的基本类型	74
4.3.2 约束草图	75
4.4 有关草图的其他问题	86

目 录

4.4.1 复制草图.....	86
4.4.2 AutoCAD 二维图形向参数化草图的转换	87
4.4.3 恰当地设置固定点	87
本章小结	87
练习题	87
第五章 创建特征	88
5.1 草图特征	88
5.1.1 拉伸特征	88
5.1.2 放样特征	92
5.1.3 旋转特征	93
5.1.4 面分割特征	97
5.1.5 扫掠特征	99
5.2 放置特征	102
5.2.1 打孔特征	102
5.2.2 圆角特征	106
5.2.3 倒角特征	108
5.2.4 拔模斜度面	109
5.2.5 抽壳特征	110
5.2.6 曲面切割特征	110
5.2.7 特征阵列	114
5.2.8 特征复制	117
5.2.9 零件布尔运算特征	119
5.2.10 零件分割	119
5.3 工作特征	119
5.3.1 工作平面	119
5.3.2 工作轴	123
5.3.3 工作点	123
本章小结	123
练习题	123
第六章 用参数化的布尔特征创建组合体	121
6.1 零件特征布尔运算的基本概念	121

目 录

6.1.1 关键术语	121
6.1.2 零件特征布尔运算	122
6.2 组合体的形体分析	122
6.2.1 形体分析	122
6.2.2 对连体零件进行形体分析	123
6.3 创建连体零件	124
6.3.1 创建基本体（连体零件）	124
6.3.2 创建用于布尔运算的新零件（工具体）	136
6.4 布尔特征运算	148
6.4.1 准备工作	148
6.4.2 为连体零件添加布尔操作特征	150
6.5 将连体零件分为轴承座和轴承盖	160
6.5.1 分离零件	160
6.5.2 完成轴承座零件造型	163
6.5.3 完成轴承盖零件造型	167
第七章 用参数化抽壳特征形成复杂零件	174
7.1 基本概念和基本术语	174
7.1.1 关键术语	174
7.1.2 创建抽壳特征	175
7.2 形体分析	175
7.2.1 对蜗轮箱壳体零件进行形体分析	175
7.2.2 造型顺序	176
7.3 创建实体模型	176
7.3.1 创建箱体零件定义	176
7.3.2 为箱体零件添加圆角特征	179
7.4 为箱体添加抽壳特征	179
7.4.1 抽壳特征操作	179
7.4.2 特征编辑	181
7.5 添加其他特征	184
7.5.1 添加轴孔凸台	184
7.5.2 增加安装底板	191
7.5.3 箱口四角圆柱凸台	196

目 录

7.5.4 右面油标孔及螺塞孔	199
7.5.5 轴孔凸台上添加螺纹孔	200
7.5.6 为箱体零件添加圆角	206
本章小结	207
练习题	207
第八章 表驱动零件设计	208
8.1 设计变量	208
8.2 表驱动零件设计	208
8.2.1 分析零件造型	209
8.2.2 设置设计变量	209
8.2.3 分配设计变量	211
8.2.4 设置电子表格	211
本章小结	215
练习题	215
第九章 创建工程图	216
9.1 基本概念和基本术语	216
9.1.1 关键术语	216
9.1.2 基本概念	217
9.2 创建工程图实例	218
9.2.1 引入模型文件	218
9.2.2 生成基础视图（俯视图）	223
9.2.3 生成主视图（半剖视图）	227
9.2.4 生成左视图（半剖视图）	230
9.2.5 生成局部视图	231
9.2.6 生成阶梯剖视图与旋转剖视图	233
9.3 尺寸编辑	235
9.3.1 驱动尺寸的隐藏和移动	236
9.3.2 添加参考尺寸	238
9.4 注写技术要求	242
9.4.1 标注尺寸公差	243
9.4.2 符号标注	246

目 录

9.4.3 文字注释	252
9.5 修改设计及视图输出	253
9.5.1 移动视图	253
9.5.2 隐藏多余线段	253
9.5.3 输出视图	254
本章小结	255
练习题	255
附录 MDT 变量	257

第一章 CAD 技术发展概述

本章介绍 CAD 技术的发展历程及其发展方向,并详细阐述当今两大造型技术的优缺点,供 CAD 系统选型提供参考。最后简单介绍了 MDT 的造型新技术。

1.1 CAD 技术发展历程概览

1.1.1 第一次 CAD 技术革命——曲面造型系统

60 年代出现的三维 CAD 系统只是极为简单的线框式系统。这种初期的线框造型系统只能表达基本的几何信息,不能有效表达几何数据间的拓扑关系。由于缺乏形体的表面信息,CAM 及 CAE 均无法实现。

进入 70 年代,正值飞机和汽车工业的蓬勃发展时期。此间飞机及汽车制造中遇到了大量的自由曲面问题,当时只能采用多截面视图、特征纬线的方式来近似表达所设计的自由曲面。由于三视图方法表达的不完整性,往往出现制作出来的样品与设计者所想象的有很大差异甚至完全不同的情况。

设计者对自己设计的曲面形状能否满足要求也无法保证,所以还需按比例制作油泥模型,作为设计评审或方案比较的依据。既慢且繁的制作过程大大拖延了产品的研制开发时间,要求更新设计手段的呼声越来越高。曲面造型系统 CATIA 为人类带来了第一次 CAD 技术革命,改变了以往只能借助油泥模型来近似表达曲面的落后的工作方式,使得人们在用计算机处理曲线及曲面问题时变得可以操作。它的出现,标志着计算机辅助设计技术从单纯模仿工程图纸的三视图模式中解放出来,首次实现以计算机完整描述产品零件的主要信息,同时也使得 CAM 技术的开发有了现实的基础。

1.1.2 第二次 CAD 技术革命——实体造型技术

由于表面模型技术只能表达形体的表面信息,难以准确表达零件的其他特性,如质量、重心、惯性矩等,对 CAE 十分不利,最大的问题在于分析的前处理特别困难。基于对于 CAD/CAE 一体化技术发展的探索,SDRC 公司于 1979 年发布了世界上第一个完全基于实体造型技术的大型 CAD/CAE 软件——I-DEAS。由于实体造型技术能够精确表达零件的全部属性,在理论上有助于统一 CAD、CAE、CAM 的模型表达,给设计带来了惊人的方便。它代表着未来 CAD 技术的发展方向。基于这样的共识,各软件纷纷仿效。可以说,实体造型技术的普及应用标志 CAD 发展史上的第二次技术革命。然而实体造型技术既带来了算法的改进和未来发展的希望,也带来了数据计算量的极度膨胀。在当时的硬件条件下,实体造型的计算及显示速度很慢,在实际应用中进行设计显得比较勉强。由于以实体模型为前提的 CAE 本来就属于较高层次技术,普及面较窄,反映还不强烈。实体造型技术也因此没能迅速在整个行业全面推广开。推动了此次技术革命的 SDRC 公司与幸运之神

擦肩而过，失去了一次大飞跃的机会。在以后的 10 年里，随着硬件性能的提高，实体造型技术又逐渐为众多 CAD 系统所采用。CV 公司最先在曲面算法上取得突破，计算速度提高较大。由于 CV 提出了集成各种软件，为企业提供全方位解决方案的思路，并采取了将软件的运行平台向价格较低的小型机转移等有利措施，一跃成为 CAD 领域的领导者。

1.1.3 第三次 CAD 技术革命——参数化技术

在此之前的造型技术都属于无约束自由造型。进入 80 年代中期，CV 公司内部以高级副总裁为首的一批人提出了一种比无约束自由造型更新颖、更好的算法——参数化实体造型方法。从算法上来说，这是一种很好的设想。它主要的特点是：基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改。由于各种原因，CV 公司内部否决了参数化技术方案，于是策划参数化技术的这些人集体离开了 CV 公司，另成立了一个参数技术公司 (Parametric Technology Corp)，开始研制命名为 Pro/E 的参数化软件。早期的 Pro/E 软件性能很低，只能完成简单的工作，由于第一次实现了尺寸驱动零件设计修改，使人们看到了它今后将给设计者带来的方便。可认为，参数化技术应用主导了 CAD 发展史上的第三次技术革命。

1.1.4 第四次 CAD 技术革命——变量化技术

参数化技术的成功应用，使得它在 1990 年前后几乎成为 CAD 业界的标准，许多软件厂商纷纷起步追赶。SDRC 的开发人员以参数化技术为蓝本，提出了一种比参数化技术更为先进的实体造型技术——变量化技术，作为今后的开发方向。SDRC 在开发 I-DEAS Master Series (以下简称 I-DEAS MS) 软件中形成了一整套独特的变量化造型理论及软件开发方法。变量化技术既保持了参数化技术的原有的优点，同时又克服了它的许多不利之处。它的成功应用，为 CAD 技术的发展提供了更大的空间和机遇。

1.2 简析 90 年代主流 CAD 造型基础技术

目前流行的 CAD 技术基础理论主要有以 Pro/E 为代表的参数化造型理论和以 SDRC/I-DEAS 为代表的变量化造型理论两大流派，它们都属于基于约束的实体造型技术。只有这两种理论在近 10 年产生并且赢得了广泛的认同。在这两种理论之前，基本上是以表面及线框造型技术为代表的无约束自由造型技术。以下对参数化、变量化这两种主流造型技术做一些技术特点上的剖析及对比，以使读者对这两种技术有一些粗略的了解。

1.2.1 参数化造型技术的主要特点

参数化造型是由编程者预先设置一些几何图形约束，然后供设计者在造型时使用。与一个几何图形相关联的所有尺寸参数可以用来产生其它几何图形。其主要技术特点是：基于特征、全尺寸约束、尺寸驱动设计修改、全数据相关。

- 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构造；
- 全尺寸约束：将形状和尺寸联合起来考虑，通过尺寸约束来实现对几何形状的控制。

造型必须以完整的尺寸参数为出发点（全约束），不能漏注尺寸（欠约束），不能多注尺寸（过约束）；

- 尺寸驱动设计修改：通过编辑尺寸数值来驱动几何形状的改变；
- 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；
- 采用这种技术的理由在于：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有效控制。如打算修改零件形状时，只需编辑一下尺寸的数值即可实现形状上的改变。尺寸驱动已经成为当今造型系统的基本功能，无此功能的造型系统已无法生存。尺寸驱动在道理上容易理解，尤其对于那些习惯看图纸、以尺寸来描述零件的设计者是十分对路的；

- 工程关系（Engineering Relationship）：如重量、载荷、力、可靠性等关键设计参数，在参数化系统中不能作为约束条件直接与几何方程建立联系，它需要另外的处理手段。

1.2.2 变量化造型技术的主要特点

变量化技术是在参数化的基础上又做了进一步改进后提出的设计思想。变量化造型的技术特点是保留了参数化技术基于特征、全数据相关、尺寸驱动设计修改的优点，但在约束定义方面做了根本性改变。

变量化技术将参数化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，而不是象参数化技术那样只用尺寸来约束全部几何。采用这种技术的理由在于：在大量的新产品开发的概念设计阶段，设计者首先考虑的是设计思想及概念，并将其体现于某些几何形状之中。这些几何形状的准确尺寸和各形状之间的严格的尺寸定位关系在设计初始阶段还很难完全确定，所以自然希望在设计初始阶段允许欠尺寸约束的存在。此外在设计初始阶段，整个零件的尺寸基准及参数控制方式如何处理还很难决定，只有当获得更多具体概念时，一步步借助已知条件才能逐步确定怎样处理才是最佳方案。

除考虑几何约束（Geometry Constrain）之外，变量化设计还可以将工程关系作为约束条件直接与几何方程联立求解，无须另建模型处理。

1.2.3 两种造型技术之共同点

两种技术都属于基于约束的实体造型系统，都强调基于特征的设计、全数据相关，并可实现尺寸驱动设计修改，也都提供方法与手段来解决设计时所必须考虑的几何约束和工程关系等问题。以上这些表面上的共同点使得这两种系统看起来很类似，而事实上，两者之间有着基本的差异，这些差异对今后 CAD 技术的发展以及用户的选型应用至关重要。

1.2.4 两种造型技术之区别

1. 约束的处理

参数化技术在设计全过程中，将形状和尺寸联合起来一并考虑，通过尺寸约束来实现对几何形状的控制；变量化技术将形状约束和尺寸约束分开处理。

参数化技术在非全约束时，造型系统不许可执行后续操作；变量化技术由于可适应各

种约束状况,操作者可以先决定所感兴趣的形状,然后再给一些必要的尺寸,尺寸是否注全并不影响后续操作。

参数化技术的工程关系不直接参与约束管理,而是另由单独的处理器外置处理;在变量化技术中,工程关系可作为约束直接与几何方程耦合,最后再通过约束解算器统一解算。

由于参数化技术苛求全约束,每一个方程式必须是显函数,即所使用的变量必须在前面的方程式内已经定义过并赋值于某尺寸参数,其几何方程的求解只能是顺序求解;变量化技术为适应各种约束条件,采用联立求解的数学手段,方程求解顺序无所谓。

参数化技术解决的是特定情况(全约束)下的几何图形问题,表现形式是尺寸驱动几何形状修改;变量化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(Dimension-Driven),亦可以实现约束驱动(Constrain-Driven),即由工程关系来驱动几何形状的改变,这对产品结构优化是十分有意义的。由此可见,是否要全约束以及以什么形式来施加约束是两种技术的分水岭。

2. 不同的技术导致截然不同的应用

由于参数化系统的内在规定是求解特殊情况,因此系统内部必须将所有可能发生的特殊情况用程序全盘描述,这样,设计者就被系统寻求特殊情况解的技术限制了设计方法。

因此,参数化系统的指导思想是:你只要按照系统规定的方式去操作,系统保证你生成的设计的正确性及效率性,否则拒绝操作。造型过程是一个类似模拟工程师读图纸的过程,由关键尺寸、形体尺寸、定位尺寸一直到参考尺寸,待无一遗漏地全部看懂(输入计算机)后,形体自然在脑海中(在屏幕上)形成。造型必须按部就班,过程必须严格。

这种思路及苛刻规定带来了相当的副作用。一是使用者必须遵循软件内在使用机制,如决不允许欠尺寸约束、不可以逆序求解等;二是当零件截面形状比较复杂时,参数化系统规定将所有尺寸表达出来的要求让设计者有点勉为其难,满屏幕的尺寸易让人有无从下手之感;三是由于只有尺寸驱动这一种修改手段,那么究竟改变哪一个(或哪几个)尺寸会导致形状朝着自己满意方向改变呢?这并非容易判断。另外,尺寸驱动的范围亦是有限制的,使用者要经常留神。如果给出了一个极不合理的尺寸参数,致使某特征变形过分,与其他特征相干涉,从而引起拓扑关系的改变,那仍然是有问题的。

因此从应用上来说,参数化系统特别适用于那些技术已相当稳定成熟的零配件行业。这样的行业,零件的形状改变很少,经常只需采用类比设计,即形状基本固定,只需改变一些关键尺寸就可以得到新的系列化设计结果。再者就是由二维到三维的抄图式设计,图纸往往是绝对符合全约束条件的。

变量化系统的指导思想是:设计者可以采用先形状后尺寸的设计方式,允许采用不完全尺寸约束,只给出必要的设计条件,这种情况下仍能保证设计的正确性及效率性,因为系统分担了很多繁杂的工作。造型过程是一个类似工程师在脑海里思考设计方案的过程,满足设计要求的几何形状是第一位的,尺寸细节是后来才逐步精确完善的。设计过程相对自由宽松,设计者可以有更多的时间和精力去考虑设计方案,而无须过多关心软件的内在机制和设计规则限制,这符合工程师的创造性思维规律,所以变量化系统的应用领域也更广阔一些。除了一般的系列化零件设计,变量化系统在做概念设计时特别得心应手,比较适用于新产品开发、老产品改形设计这类创新式设计。

3. 其他技术差异

参数化技术在整个造型过程中, 将所构造的形体中用到的全部特征按先后顺序串联式排列, 这主要是检索方便。在特征序列中, 每一个特征与前一个特征都建立了明确的依附关系。但是, 当有时因设计要求需要修改或去掉前一个特征时, 则其子特征被架空, 这样极易引起数据库混乱, 导致与其相关的后续特征受损失。如深究其原因, 还是由于全尺寸约束的条件不满足及特征管理不完善所致。这是参数化技术目前存在的比较大的缺陷。

变量化技术突破了这种限制。它采用历史树表达方式, 各特征以树状结构挂在零件的“根”上, 每个特征除了与前面特征保持关联外, 同时与系统全局坐标系建立联系。前一特征更改时, 后面特征会自动更改, 保持全过程相关性。同时, 一旦发生前一特征被删除, 后面特征失去定位基准时, 两特征之间的约束随之自动解除, 系统会通过联立求解方程式自动在全局坐标系下给它确定位置, 后面特征不会受任何影响。这是针对参数化技术的缺陷进行深入研究后提出的更好的解决方案。树状结构还许可将复杂零件拆分成数个零件然后合并到一起。它清楚地记录了设计过程, 便于进行修改, 有利于多人的协同设计。

谈到变量化技术, 就不能不提及 SDRC 的 VGX 技术。VGX 是 Variational Geometry Extended (超变量化几何) 的缩写, 是变量化技术发展的一个里程碑。它的思想最早体现在 I-DEAS Master Series 第一版的变量化构图中, 历经变量化整形、变量化方程、变量化扫描几个发展阶段后, 引申应用到具有复杂表面的三维变量化特征之中。

设计过程, 从来都是一个不断改进、不断完善的过程。也可以说设计就是修改, 或更进一步说, 设计就是灵活的修改。VGX 正是充分利用了形状约束和尺寸约束分开处理、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, 在操作上特别简单方便, 最直接地体现出设计者的创作意图, 给设计者带来了空前的易用性。

VGX 克服了参数化技术中几个重要缺陷。VGX 将直接几何描述和历史树描述这两种目前最好的造型技术创造性地结合起来, 这意味着用户只需在一个主模型中, 就可以动态地捕捉设计、分析和制造的意图, 并一气呵成地进行操作。显然, VGX 极大地改进了交互操作的直观性及可靠性, 从而更易于使用, 使设计更富有效率。

如仔细归纳, VGX 对设计有如下明显的好处:

- 不要求“全尺寸约束”, 在全约束及欠约束的情况下均可顺利完成造型;
- 模型修改可以基于造型历史树亦可以超越造型历史树, 例如不同“树干”上的特征可以直接建立约束关系;
- 可直接编辑 3D 实体特征, 无需回到生成此特征的 2D 线框初始状态;
- 可就地以拖动方式修改 3D 实体模型, 而不是仅用尺寸驱动一种修改方式;
- 拖动时 (Drag) 显现任意多种设计方案, 而不是尺寸驱动一次仅得到一个方案; 放下时 (Drop) 即完成形状修改, 尺寸随之自动更改;
- 以拖动方式编辑 3D 实体模型时, 可以直观地预测与其他特征的关系, 控制模型形状按需要的方向改变, 不像尺寸驱动那样无法准确预估驱动后的结果;
- 模型修改许可形状及拓扑关系发生变化, 而并非仅是尺寸的数据发生变化。

动态引导器 (Dynamic Navigator) 是 SDRC 为实现变量化技术, 很早就提供使用的一

个辅助工具。它是一个智能化的操作参谋,以直观的交互形式与用户同步思考。在光标所指之处,它自动拾取、判断所有的模型元素的种类及相对空间位置,自动增加有利约束,理解设计者的设计意图,记忆常用的步骤,并预计下一步要做的工作,大量节省了设计时间。没有动态引导器,VGX 的实现是极其困难的。

动态引导器的另一个更具前景的应用是实现“拖放式造型(Drag-and-Drop Modeling)”,分得细一点是:

拖放式线框造型(Drag-and-Drop Wireframe Modeling);

拖放式零件造型(Drag-and-Drop Part Modeling);

拖放式装配造型(Drag-and-Drop Assembly Modeling);

而参数化系统由于不具备动态引导器以及自身的理论限制,使得它还无法去开发这些功能。

SDRC 在 I-DEAS Master Series 首创了主模型技术。主模型技术是变量化技术的基础,是完整的产品定义。它包括如下内容:

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、装配、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、样件及刀具设计、卡具及工装设置、加工参数、运动关系、设计规则、仿真分析结果、数控加工走刀路径、工艺信息描述等等。

由此可见,主模型所包含的内容是非常丰富的。它不仅统一了软件数据结构,还提供了有关产品设计的更全面的定义,如工艺信息等。

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为一体,即曲面是零厚度的实体,当一组曲面封闭以后,就形成实体;实体上的任何一个平面亦可以随时按需求“一点一拖”而拉成一张曲面,曲面与实体有机地结合起来,其间并不受制于尺寸约束;这样在整个产品设计全过程中,数据结构完全一致,为协同设计和并行工程打下了良好的基础,也使得在参数化技术中长期悬而未决的曲面问题得以较好地解决,为变量化系统在汽车和航天工业的大规模应用铺平了道路。

目前,变量化技术和参数化技术还都在不断地丰富和完善自身。90 年代的 CAD 大舞台一直是这两种技术在唱主角。但是明显看得出,参数化技术的回旋余地已越来越小,而变量化技术的发展空间却还十分广阔。

1.3 Autodesk Mechanical Desktop 造型新技术

Autodesk Mechanical Desktop (以下简称 MDT) 是 Autodesk 公司推出的面向机械设计的三维 CAD 软件,它融合了当前 CAD 软件所采用的最新造型技术,是一个参数化三维特征造型软件。MDT 在 PC 平台上首次实现了当今高档 UNIX 工作站 CAD 系统引以为自豪的混合建模技术。MDT 不仅包含了世界上最著名最完整的二维绘图工具集,而且提供了非参数化实体造型和基于特征的参数化实体造型、基于约束的装配造型、NURBS 复杂曲面造型、实体与曲面融合以及 IGES、STEP、VDA-FS 数据交换器等一系列先进的三维设计功能及工具,圆满地将 2D 绘图与 3D 造型技术融为一体,首开历史先河地解决了以往各类 CAD 系统难以解决的问题,即采用一致的界面和图形数据结构在同一系统环境中同