

Pro/E ENGINEER Wildfire 工程设计 与 开发 系列



Pro/E ENGINEER 中文版 Wildfire 4.0

参数化设计从入门到精通

三维书屋工作室

单泉 陈砚 汪殿龙 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TH122/803D

2008

Pro / ENGINEER Wildfire 4.0 中文版

参数化设计从入门到精通

三维书屋工作室

单泉 陈砚 汪殿龙 等编著

机械工业出版社

参数化设计可以大大提高模型的生成和修改的速度,在产品的系列设计、相似设计及专用 CAD 系统开发方面都具有较大的应用价值。本书结合 Pro / ENGINEER Wildfire 4.0 讲述参数实现的各种方法与技巧。

本书共分为 7 章,内容涵盖了 Pro / ENGINEER 参数化设计的相关概念,Pro / ENGINEER 二维草绘、零件和组件的参数化设计以及 Pro / ENGINEER 的族表、用户自定义特征和程序在参数化设计中的使用。章节的安排次序采用由浅入深、前后呼应的原则。

本书适合作为各大学本科和研究生的自学指导用书,也可以作为各科研机构和生产单位作为工程参考手册。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版参数化设计从入门到精通/单泉等编著.
—北京:机械工业出版社,2008.3
ISBN 978 - 7 - 111 - 23609 - 2

I. P… II. 单… III. 机械设计:计算机辅助设计—应用软件,
Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 IV. TH122
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 028168 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:曲彩云 责任印制:李 妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.25 印张 · 448 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 23609 - 2

ISBN 978 - 7 - 89482 - 611 - 4 (光盘)

定价:36.00 元(含 1CD)

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) 68351729

封面防伪标均为盗版

前言

用 CAD 方法开发产品时,零件设计模型的建立速度是决定整个产品开发效率的关键。产品开发初期,零件形状和尺寸有一定模糊性,要在装配验证、性能分析和数控编程之后才能确定。这就希望零件模型具有易于修改的柔性。参数化设计方法就是将模型中的定量信息变量化,使之成为任意调整的参数。对于变量化参数赋予不同数值,就可得到不同大小和形状的零件模型。

在 CAD 中要实现参数化设计,参数化模型的建立是关键。参数化模型表示了零件图形的几何约束和工程约束。几何约束包括结构约束和尺寸约束。结构约束是指几何元素之间的拓扑约束关系,如平行、垂直、相切、对称等;尺寸约束则是通过尺寸标注表示的约束,如距离尺寸、角度尺寸、半径尺寸等。工程约束是指尺寸之间的约束关系,通过定义尺寸变量及它们之间在数值上和逻辑上的关系来表示。

在参数化设计系统中,设计人员根据工程关系和几何关系来指定设计要求。要满足这些设计要求,不仅需要考虑尺寸或工程参数的初值,而且要在每次改变这些设计参数时来维护这些基本关系,即将参数分为两类:其一为各种尺寸值,称为可变参数;其二为几何元素间的各种连续几何信息,称为不变参数。参数化设计的本质是在可变参数的作用下,系统能够自动维护所有的不变参数。因此,参数化模型中建立的各种约束关系,正是体现了设计人员的设计意图。

参数化设计可以大大提高模型的生成和修改的速度,在产品的系列设计、相似设计及专用 CAD 系统开发方面都具有较大的应用价值。目前,参数化设计中的参数化建模方法主要有变量几何法和基于结构生成历程的方法,前者主要用于平面模型的建立,而后者更适合于三维实体或曲面模型。

Pro / ENGINEER 三维实体建模设计系统是美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation, 简称 PTC 公司) 的产品。PTC 公司提出的单一数据库、参数化、基于特征和完全关联的概念从根本上改变了机械 CAD/CAE/CAM 的传统概念,这种全新的设计理念已经成为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准。PTC 公司在 1989 年发布了 Pro / ENGINEER V1.0 版本,现在已经历时近 20 个年头了,操作的直观性和设计理念的优越性也深入人心,许多机械设计人员都给予了正面的评价。与此同时,PTC 公司一直致力于新产品的开发,定期推出新版本,新增各种实用功能。

本书所介绍 Pro / ENGINEER Wildfire (野火版)4.0 是 PTC 公司的最新产品,这是一个具有突破性的版本,向客户提供了一套“全方位”的产品设计和开发系统(Product Development System, PDS),在全面均衡和高兼容性的前提下,解决了长期以来在交替使用方面困扰设计师和工程师的诸多问题。用户从此不必在“易学易用”和“功能强大”两者之间作出为难的选择,只需专注于产品创新,而非技术应用上。同时,也不需要将在不同的应用连接起来使用,因为 Pro / ENGINEER Wildfire 是业界第一套把产品开发和企业商业过程无缝连接起来的产品,它兼顾了组织内部和整个广义的价值链。

本书从内容的策划到实例的讲解完全是由专业人士根据他们多年的工作经验以及

自己的设计心得来进行编写的。本书将理论与实践相结合，具有很强的针对性。读者在学习本书之后，可以很快地学以致用，提高自己的机械设计能力。

本书内容涵盖了 Pro / ENGINEER 参数化设计的相关概念，Pro / ENGINEER 二维草绘、零件和组件的参数化设计以及 Pro / ENGINEER 的族表、用户自定义特征和程序在参数化设计中的使用。章节的安排次序采用由浅入深、前后呼应的原则。

随书光盘包含全书所有实例的源文件以及所有实例操作过程 AVI 录屏动画，可以帮助读者更加形象生动地学习本书。

本书由三维书屋工作室策划，单泉、陈砚和汪殿龙主要编写，胡仁喜、刘昌丽、王佩楷、史青录、董伟、周冰、张俊生、王兵学、王渊峰、王艳池、赵黎、李世强、陈丽芹、王玮、袁涛和王敏等参与了部分章节的编写。由于作者水平有限，加上时间仓促，书中错误在所难免，希望读者登陆 www.bjsanweishuwu.com 或联系 win760520@126.com 批评指正。

作 者



光盘说明

本书所附多媒体光盘中包含了全书的所有实例效果图片，实例源文件，以及所有实例的操作过程AVI动画文件。光盘采用友好的人工交互界面，配以清新悦耳的背景音乐，帮助读者更加形象、具体、轻松、愉快地学习本书。

具体操作方法如下

1. 插入光盘。本光盘采用自动播放模式，如果不能直接进入播放模式，可以在计算机中找到“我的电脑”或资源管理器中光盘所在的盘符，打开光盘文件，双击按钮，则可以打开光盘播放界面。

2. 光盘自动进入操作控制界面，如图1所示。

3. 单击界面中的【图片演示】按钮，则进入图片演示界面，如图2所示。可以通过单击界面上的【上一页】或【下一页】按钮浏览书中典型实例效果图片。



图1 操作控制界面



图2 图片浏览界面



图3 动画演示界面

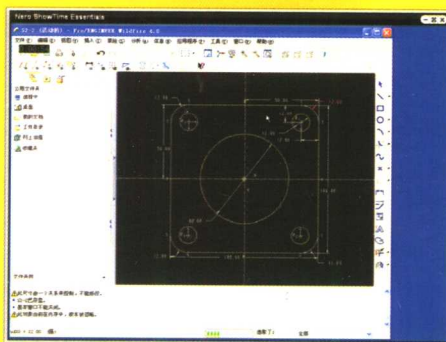


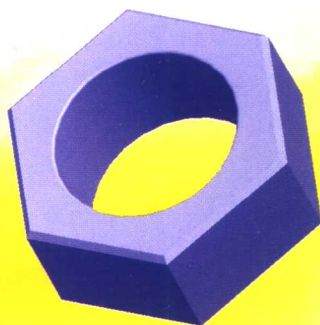
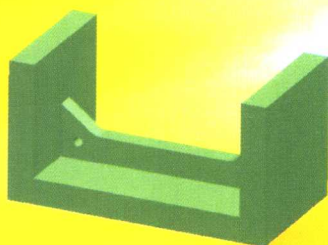
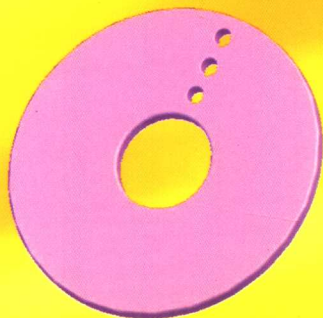
图4 操作过程动画

4. 单击界面中的【动画演示】按钮，则进入动画演示界面，如图3所示。单击动画演示界面上任意一个按钮，则进入动画播放界面，同时会播放配有背景音乐的操作过程动画，如图4所示。

5. 单击【退出】按钮或按钮退出各级界面，以至最后退出光盘操作。

85-1346-4

实例效果图片



目 录

前言

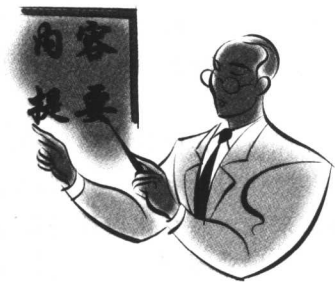
第 1 章 Pro/ENGINEER 参数化设计概述.....	1
1.1 参数化设计概述.....	1
1.1.1 发展历程.....	1
1.1.2 定义.....	2
1.1.3 类型.....	2
1.1.4 相关概念.....	3
1.2 Pro/ENGINEER 的参数化功能.....	5
1.2.1 关系.....	6
1.2.2 特征.....	8
1.3 Pro/ENGINEER 参数化设计注意事项.....	8
1.3.1 父子关系的确定.....	8
1.3.2 特征时序的更改.....	9
1.4 复习思考题.....	12
第 2 章 二维草图的参数化设计.....	13
2.1 草绘环境简介.....	13
2.2 工具条图标简介.....	14
2.3 常用菜单条简介.....	16
2.3.1 草绘菜单条.....	16
2.3.2 编辑菜单条.....	17
2.4 草绘环境的设置.....	17
2.4.1 设置网格及其间距.....	17
2.4.2 设置拾取过滤.....	18
2.4.3 设置优先选项.....	18
2.4.4 取消目的管理器.....	19
2.5 草绘图元命令.....	19
2.5.1 直线.....	20
2.5.2 矩形.....	22
2.5.3 圆.....	22
2.5.4 圆弧.....	24
2.5.5 点.....	28
2.5.6 高级几何.....	28
2.6 草绘图元的标注.....	29
2.6.1 直线的标注.....	30
2.6.2 圆/圆弧的标注.....	31
2.6.3 圆和圆弧的标注.....	32

2.6.4	圆锥曲线的标注	34
2.6.5	样条曲线的标注	36
2.7	标注的修改	37
2.7.1	尺寸的显示	37
2.7.2	尺寸的修改	38
2.8	几何形状工具	39
2.8.1	求交	39
2.8.2	裁减	40
2.8.3	分割	41
2.8.4	镜像	41
2.8.5	移动图元	42
2.9	系统几何约束	42
2.9.1	基础知识	42
2.9.2	几何约束的显示	43
2.9.3	约束菜单条	43
2.10	草绘环境下的关系命令	44
2.11	实例	45
2.11.1	截面 1 的参数化草图	46
2.11.2	截面 2 的参数化草图	46
2.11.3	截面 3 的参数化草图	50
2.11.4	截面 4 的参数化草图	52
2.11.5	截面 5 的参数化草图	55
2.11.6	截面 6 的参数化草图	59
2.11.7	截面 7 的参数化草图	63
2.11.8	截面 8 的参数化草图	65
2.12	复习思考题	68
第 3 章	实体特征的参数化设计	69
3.1	实体特征参数化设计概述	69
3.2	基于草绘的特征	70
3.2.1	拉伸特征	70
3.2.2	旋转特征	74
3.2.3	扫描特征	76
3.2.4	混合特征简介	80
3.3	成型特征	86
3.3.1	孔特征	86
3.3.2	抽壳特征	91
3.3.3	筋特征	94
3.3.4	拔模特征	96
3.3.5	圆角特征	99

3.3.6	倒角特征	103
3.4	基准特征	105
3.4.1	基准平面	106
3.4.2	基准轴	108
3.4.3	基准曲线	110
3.4.4	基准点	110
3.4.5	基准坐标系	117
3.5	实例	118
3.5.1	波浪型垫片	118
3.5.2	烟灰缸	123
3.5.3	三通接口	126
3.5.4	单头扳手	132
3.5.5	双头扳手	135
3.5.6	压缩弹簧	141
3.6	复习思考题	150
第4章	组件的参数化设计	151
4.1	创建组件的过程	151
4.2	装配约束	152
4.2.1	匹配	152
4.2.2	对齐	154
4.2.3	插入	154
4.2.4	坐标系	156
4.2.5	相切	156
4.2.6	线上点	157
4.2.7	曲面上的点	157
4.2.8	曲面上的边	157
4.3	装配操作	157
4.3.1	组件中元件的打开、删除和修改	157
4.3.2	在组件中创建新零件	158
4.3.3	组件的分解	159
4.4	自上而下 (Top-down) 的设计	161
4.4.1	常规设计	161
4.4.2	Top-down 设计	161
4.5	实例	162
4.5.1	摇臂组件	162
4.5.2	深沟球轴承	166
4.5.3	连杆组件	170
4.6	复习思考题	187
第5章	族表 (Family Table) 技术	188

5.1	族表概述	188
5.2	族表的使用	189
5.3	实例	189
5.3.1	螺母	189
5.3.2	内六角螺钉	194
5.3.3	螺钉和垫圈	204
5.3.4	联轴器组件	212
5.4	复习思考题	219
第6章	用户自定义特征 (User Define Feature)	220
6.1	UDF 概述	220
6.2	UDF 的使用	220
6.3	实例	221
6.3.1	加强筋	221
6.3.2	卡勾	233
6.3.3	带孔圆盘	241
6.4	复习思考题	254
第7章	Pro/Program (程序) 功能	255
7.1	Pro/Program (程序) 概述	255
7.2	Pro/Program (程序) 的使用	255
7.2.1	显示设计	256
7.2.2	编辑设计	260
7.3	编辑程序实例	263
7.3.1	连杆的程序设计	263
7.3.2	圆孔阵列	267
7.3.3	带阵列长方体	272
7.3.4	对装配件的程序设计	275
7.4	复习思考题	280
参考文献		281

第 1 章 Pro/ENGINEER 参数化设计概述



Pro/ENGINEER Windfire 是第一套把产品开发和企业商业过程无缝连接起来的产品,它兼顾了组织内部和整个广义的价值链。它是全面的一体化软件,可以让产品开发人员提高产品质量、缩短产品上市时间、减少成本、改善过程中的信息交流途径,同时为新产品的开发和制造提供了全新的创新方法。Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 是参数化技术公司 (Parametric Technology Company, 简称 PTC) 有史以来质量最高的 Pro/ENGINEER 版本,与前两个野火版本相比,该版本蕴涵了丰富的最佳实践,可以帮助用户更快、更轻松地完成工作。



1.1 参数化设计概述

参数化设计不同于传统的设计方法,它存储了设计的整个过程,能设计出一系列而非单一的形状和功能上具有相似性的产品模型。参数化设计是提高企业产品设计创新能力的关键技术之一。

1.1.1 发展历程

最初的 CAD 系统所构造的产品模型都是几何图素(点、线、圆等)的简单堆叠,仅仅描述了设计产品的可视形状,不包含设计者的设计思想,因而难以对模型进行改动,生成新的产品实例。参数化设计是将原有设计中某些尺寸,如定形、定位或装配尺寸定义为变量,修改这些变量的同时由一些简单公式计算出并变动其他相关尺寸,计算机根据这些新的参数值自动完成产品设计。参数化为产品模型的可变性、可重用性、并行设计等提供了手段,使用户可以利用以前的模型方便地重建模型,并可以在遵循原设计意图的情况下方便地改动模型,生成系列产品,大大提高了生产效率。

参数化设计的研究范围已由最初的二维图样参数化设计发展到了覆盖产品的整个生命周期参数化设计,研究的对象除了传统的二维图样、三维零件实体等以外,还包括零部件间的装配关系、产品特征、产品变型设计等产品层次的参数化表示模型,这使得参数化自身的含义得到了进一步的拓宽。

参数化设计方法到目前为止已形成了变动几何法、几何推理法、变量设计法和参数编程法,针对用户来说可分为尺寸驱动、变量驱动和图形驱动 3 种方式。

参数化概念的引入代表了设计思想上的一次变革,即从避免改动设计到鼓励使用参数化设计修改设计。对参数化设计技术的研究无疑将会进一步提高产品设计和生产效率,同

时也是将来一段时间的热点问题。

1.1.2 定义

传统的 CAD 绘图技术都有固定的尺寸值定义几何元素。输入的每一条线都有确定的位置,要想修改绘图内容,只有删除原有线条后重画。这种 CAD 系统存在的问题是使设计人员把许多的精力放在确定一些琐碎的细部尺寸及对这些尺寸的修改上,这样的系统不利于设计人员考虑和表达自己的思想。

参数化设计是机械设计的一个发展方向。参数化技术就是在保持给定的约束条件和几何拓扑结构的前提下,按用户给定的参数值刷新模型。这要求参数化设计系统必须保存图形的几何和拓扑信息,以及图形元素之间的各种约束关系。通俗来说,参数化设计是指零件或部件的形状比较定型,用一组参数约束该几何图形的一组结构尺寸序列,参数与设计对象的控制尺寸有显式对应,当赋予不同的参数序列值时,就可以驱动达到新的目标几何图形,其设计结果是包含设计信息的模型。

在参数驱动过程中,用户无需进行干预,由 CAD 系统对整个模型的约束集进行分析和求解,使设计工作简化,大大提高生产效率。因此,参数化设计是规格化、系列化产品设计的一种简单、高效、优质的设计方法。

1.1.3 类型

参数化模型建立的首要步骤是对零(部)件进行形体分析,从而确定设计变量和建模策略,然后进行参数化建模以及参数提取,最后进行模型的验证。根据零部件几何形状以及复杂程度的不同,应该选择不同的参数化设计方式。通常有 3 种参数化设计方法:

1. 基于草图的参数化设计。这种方法是创建带有约束的二维草图,然后通过拉伸、旋转、扫掠等方式生成几何形体。此方法对于截面复杂的零件较为实用,但工作量较大。在实际应用中,一般将不易或不能运用特征描述的部分使用草图功能,其余部分仍使用特征建模。

2. 基于特征的参数化设计。特征是指有特定意义的几何形状。特征建模可分为体素特征、成形特征、加工特征或结构特征等方式进行。体素特征包括块、锥、柱、球、管等;成形特征包括槽、孔、凸台、凸坑、壳、腔、沟等;加工特征包括倒圆角、倒角、螺纹、阵列、缝合等;结构特征是部件抽象出结构相似性,如涡轮叶片包括叶冠、叶身、凸台、叶根、榫齿等结构体。基于特征参数化设计是最常用的方法,适合于形状规则、截面简单的零件。基于草图功能或基于特征参数化都存在定位困难的缺陷,如果组成零件的各个体素特征间定位关系复杂,这两种方法将难于发挥作用。

3. 基于装配的参数化设计。这种方式将装配关系引入参数化设计中来,可以解决复杂模型某个部分无法定位的难题,同时可以进行部件的整体参数化设计,装配模型的结构为树状分级装配结构,总装配模型由若干个子装配模型及零件组成,各子装配模型由下一级子装配模型及零件组成,依此类推直到最后一级装配。该方法与上述两种方法的主要区别在于可以进行复杂零件和部件的参数化设计。

1.1.4 相关概念

1. 关联（关系）：关联是指事物之间所具有的彼此约束的关系。在机械产品中，关联性体现在装配实体模型中不同零件实体之间所具有的内在联系，通过一个零件实体的某一部分属性可以完整或部分地推导出另一个实体的某一部分属性，具有关联关系的零件实体互为关联单元。关联可分为以下两类：

- 变量关联：在分属不同参数集的变量间建立映射关系，以便对某个变量修改后，与之对应的变量能自动修改。它适用于装配环境下零件间尺寸约束的关联。
- 几何关联：将一个零件的几何信息提取出来作为其他零件的基准或控制结构，以达到联动的目的。它适用于有形状或定位要求的场合。

2. 基于约束的图形：在图形绘制中，基于工程图本身蕴涵的工程信息，依据几何元素间相互对应的约束关系进行驱动求解，由一组变参进行驱动参数化绘图。基于约束的二维图形可由四部分组成：

- 类型约束集合：构成图形的基本几何元素集合（如直线、圆弧等）。
- 属性约束集合：描述几何元素固有属性的集合（如距离、半径、夹角等）。它们通过不同的变参实现对象的变动。
- 结构约束集合：即元素间的连接关系和相互位置关系的集合（如平行、垂直、相切等）。它们在图形修改过程中起限制图形元素间的相对位置关系的作用。
- 数值约束集合：各参数间一定的数值关系（如 $d1 = d2 + 60$ ）。参数化绘图就是由这些基本几何元素，通过不同的结构约束、尺寸约束、数值约束进行“几何参数驱动”，以组成基于不同约束的二维图形。

3. 参数驱动：是参数化设计的基础，它使得图形能够自动随着参数值的变化而变化。

尺寸驱动即在零件拓扑结构不变的情况下，把零件的尺寸参数定义为尺寸变量，并定义出变量间的关系，当给定不同的尺寸值，就可得到一组结构相同而尺寸不同的零件。尺寸驱动也就是参数化设计。

对于参数化特征造型系统，其构造的特征模型可以表示为：

$$M = \{F_i, P_i\}$$

式中， M 为系统所构造的特征模型； F_i 为构成特征模型的组成特征； P_i 为与特征相对应的参数集。

于是，当引入其他的具有工程意义的尺寸控制参数集 Q_i ，并建立参数集 Q_i 与 P_i 的映射关系 f ，使得：

$$P_i = f(Q_i)$$

那么，几何模型就可具有另一种表示：

$$M = \{F_i, f(Q_i)\}$$

这样，对新的参数的修改，必然引起模型的更新。若新的参数是其他零件的控制参数，那就意味着其他零件具有了驱动该零件的能力。

除此之外，针对常规图样不能按比例变化的缺陷，将其进行参数化，则每个参数都成为一个变量，进而由参数对应生成的也是一个动态的图形，实现了柔性设计的目的。

参数驱动使图形的修改得以自动完成,从而大大提高了绘图效率。此外,将参数驱动作为图形绘制模块,配合专用计算模块可以实现产品智能化的自动设计,或建立参数化图形库以实现系列化产品设计。因此,参数化设计的核心就是进行参数驱动。

4. 参数化图库:参数驱动中将每一个参数都设成了变量,即每提供一组尺寸值,就可以得到该尺寸规格的一个图形。若将一组一组的数据建成数据库,形成可供设计人员选用的参数化图库,就避免了重复劳动。参数化图库又可以分为零件图库和部件图库。首先,将构成图形的基本图素参数化,根据产品的几何结构特征抽象出基本图块,进行机械零件的参数化绘制。再将它与相应的数据库相结合就得到了零件库,再由零件图库中零件图组合构成部件图库。这样的模块图形既可以选择适当比例和方位在屏幕上进行组装后,经过适当的消隐处理,而生成总的装配图,也可以经过进一步细化后生成更为详尽的部件图。在建库时除了要参照国标、部标、厂标中的规格系列,以提高图样的规范程度外,还要充分利用模块化设计的思想,使得图库中的图形模块尽量满足模块化设计的目的性、综合性、动态性和超前性,更好地实现系列产品设计。

5. 参数化模型:参数化模型有两种基本形式:基于约束的模型和基于历史的模型。基于约束的模型通过在当前实例上附加约束的方式描述最终的几何体的特征,该方法侧重生成的结果,只要结果中包含了所需要的几何特征,则获得结果的历史是无关紧要的;基于历史的模型通过按顺序描述一个几何体的构造方法的历史来构造几何体,该方法侧重生成的过程,如果有了正确的生成过程,则生成结果也是正确的。

约束模型通用性好,表达能力强,但由于缺少与应用背景相关的推理机制,每加入一个约束,所有约束要一起计算求解,需要很强的计算能力;历史模型侧重生成的步骤,求解简单,但约束的表达能力有局限性。实际应用中,通常综合使用约束模型和历史模型。对于二维图样,直接在点、线、圆等基本元素上附加显示约束的交互手段更加快捷灵活,符合用户习惯;约束对应的方程组的形式和求解较三维空间的情况简单;约束模型较历史模型的表达能力更强、处理问题的范围更广,因而一般采用基于约束的模型。而对于三维零件实体造型的设计,设计过程中所涉及的几何元素的数目大大增加;问题的求解空间由二维转变到三维,约束求解难度也迅速增加;开始更多地考虑零件的几何形状和零件的功能之间的功构关系,而非单纯的点、线、面等几何元素之间的关系,因而采用基于历史的模型。历史模型由若干有序的事件组成,对每个事件按顺序求解,得到最终的模型的解。事实上,组成历史模型每个事件本身又可以是一个小的模型。基于约束的或基于历史的模型体现设计中的一定的功构关系,成为一定的设计单元,这种模型称为特征模型。

为了最终实现的方便,很多时候将两种模型混合起来使用。在一个机械 CAD 系统中,可能利用约束模型表示用户输入的二维图样信息,利用约束求解器产生二维轮廓,然后,在生成环境中将该二维轮廓,通过拉伸等操作扩展为一个体,利用基于历史的方法记录用户在这个体上的每一步构造过程,完成模型设计。

6. 特征模型:特征是指可以用参数驱动的实体模型,是产品模型的基本单元。特征技术研究的萌芽产生于 20 世纪 80 年代初,并于 80 年代中后期蓬勃发展起来。STEP 标准中将形状和公差特征等列为产品定义的基本要素,使特征获得了国际标准的法定地位。特征是产品信息的集合,它不仅具有按一定拓扑关系组成的特定形状,且反映特定的工程语义,适宜在设计、分析和制造中使用。一个特征至少满足如下要求:零件的一个结构组元,

可映射到某个形状类,有工程意义,有可预测的性质。特征的出现使产品设计工作在更高的层次上进行,设计人员的操作对象不再是原始的线条和体素,而是产品的功能要素,如螺纹孔、定位孔、阵列等。

在几何造型环境下建立特征模型主要有两种方法:

- 特征识别。首先,建立一个几何模型,然后用程序处理这个几何模型,自动地发现并提取特征,但对于复杂的三维模型,该方法难以定义特征规则,难以识别特征。
- 基于特征的设计。直接用特征来定义零件的几何结构,几何模型可以由特征生成。用户利用旋转、拉伸等基本特征由二维轮廓得到三维实体,再利用导角、孔、槽等特征对该三维实体进行进一步的加工,得到最终的实体,在设计过程中,系统按顺序记录所有的特征。对模型的修改通过增加、删除特征,或者通过修改特征所对应的参数尺寸驱动三维实体的变化,达到参数化设计的目的。

近年来,又产生了一种混合特征的建模方法,即特征设计与识别的集成建模方法。目前,虽然在特征识别和基于特征的设计方面研究人员已经做了许多工作,但是关于二者的集成系统的研究尝试却很少。可以预计,特征设计与识别的集成建模方法是特征技术发展的一个新趋势,它可以以灵活、高效的方式为设计人员提供一种更完美的特征建模方法,但关于这种建模方法的许多重要技术问题还没有得到很好地解决。

基于特征的产品造型分为4个层次,分别为草绘、特征、零件和产品,如图1-1所示。

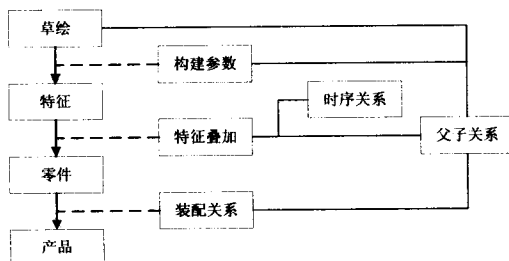


图 1-1 基于特征的产品造型

草绘是构建特征的基本元素,如拉伸特征的剖面,扫描特征中的剖面与路径等。草绘需要设定其绘制平面和尺寸标注的参照。以草绘为起点,选择各种特定的特征构建方法,设定相应的参数,如拉伸深度、旋转角度等,完成特征的构建。模型中多个特征按照一定的时序相互叠加/切除,构成零件。零件依据相互之间的装配关系进行组装,构成部件乃至最后的产品。

1.2 Pro/ENGINEER 的参数化功能

1985年Samuel Geisberg创建参数化技术公司(PTC)。在1987年的AutoFace展示会上首次亮相的大型CAD/CAM软件Pro/ENGINEER,具有强大的参数化设计功能。Pro/ENGINEER是采用参数化设计的、基于特征的实体模型化系统,具有全尺寸约束、全数据相关和尺寸驱动设计修改等特点。在Pro/ENGINEER中,配合单一的数据库,所有设计过

程中所使用的尺寸（参数）都存在数据库中，设计者只需更改三维零件的尺寸，则二维工程图（Drawing）、三维组合（Assembly）、模具（Mold）等就会依照尺寸的改变而修改几何形状，以达到设计修改工作的一致性，避免发生人为改图的疏漏情形，并减少许多人为改图的时间和精力消耗。也正因为有了参数化设计，用户才可以运用强大的数学运算方式，建立各尺寸参数间的关系式（Relation），使模型可自动计算出应有的外型，减少尺寸逐一修改的繁琐费时，并减少错误发生。

关系和参数是 Pro/ENGINEER 参数化设计的灵魂。在学习 Pro/ENGINEER 的参数化功能之前，要了解一些 Pro/ENGINEER 参数化的相关概念。

1.2.1 关系

关系（也被称为参数关系）是用户定义的符号尺寸和参数之间的数学表达式。关系捕捉特征之间、参数之间或装配元件之间的设计联系，它是捕捉设计意图的一种方式。用户可用它驱动模型——改变关系也就改变了模型。例如在图 1-2 中，创建关系“ $d6=2*d13$ ”，便可以使孔特征 1 的直径总是孔特征 2 直径的两倍，而且孔特征 1 的直径始终由孔特征 2 的直径驱动和控制。但是，不合适的值可能导致孔特征无效，如图 1-3 所示，需要引起注意。

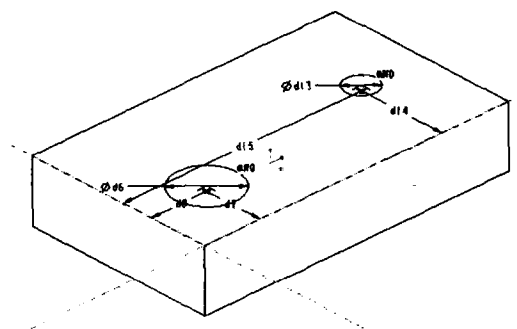


图 1-2 孔特征直径相关联

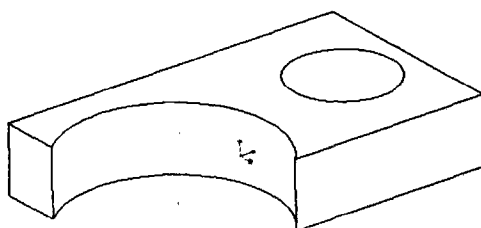


图 1-3 无效的孔特征

关系类型

有两种类型的关系：

- 等式：使等式左边的一个参数等于右边的表达式。这种关系用于给尺寸和参数赋值。例如 $d1=4.5$ ， $d4=d1*(SQRT(d2+d3))$ 。
- 比较：比较左边的表达式和右边的表达式。这种关系一般用于一个约束或逻辑分支的条件语句中，例如在作为约束中， $(d1+d2)>(d3+d4)$ ；在条件语句中， $IF(d1+d2)>=d2$ 。

关系层次

可以把关系增加到如下所述的层次：

- 特征的截面草图
- 特征（在零件或装配模式下）