

SolidWorks机械产品高级开发技术

王宗彦 吴淑芳 秦慧斌 编著
连清旺 张亚明

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书结合典型的机械产品,详细讲述了如何利用 SolidWorks 三维设计软件和 Visual Basic 进行高级开发的全部过程。全书分为两大部分,第一部分主要介绍了 SolidWorks 的高级建模技术,包括零件的高级建模技术、装配体的高级建模技术和系列产品设计技术。第二部分主要介绍了利用 Visual Basic 对 SolidWorks 进行二次开发的方法,以及与第一部分所建模型的接口技术,并结合机械产品实例介绍了设计计算程序驱动模型与工程图的实现过程。

通过本书,设计人员不仅可以更好地体会到 SolidWorks 三维设计软件的强大功能,而且也能学会其高级开发技术。相信本书对企业院所的设计人员将有较高的参考价值。同样,对从事 CAD 教学和科研的大专院校师生也有较高的参考价值。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

SolidWorks 机械产品高级开发技术 / 王宗彦等编著. — 北京:北京理工大学出版社, 2005

ISBN 7 - 5640 - 0581 - 5

I ④S... II ④王... III ④机械设计:计算机辅助设计-应用软件, SolidWorks IV ④TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 100988 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>

电子邮箱 / chiefeditor@bitpress.com.cn

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 13.25

字 数 / 310 千字

版 次 / 2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 22.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 吴皓云

前 言

随着 CAD 技术的发展，工程师们已经习惯的二维设计正在被三维设计所取代，这一过程可称为设计方法的一场革命。工程师们将不再受从二维工程图开始设计并表现设计思想的束缚，可能在不久的将来由蒙日创立的画法几何将退出历史的舞台，尽管目前许多设计人员特别是老一代的设计人员还难以放弃，但 CAD 技术的发展使设计人员不得不这样做。人们也不要惋惜，因为蒙日当时没有比用二维图纸并采用画法几何原理来记录和交流的设计思想更好的手段。现在我们已经有了强大的计算机三维设计手段和海量的数字记录手段，最典型的三维设计工具有 CATIA UG Pro/E SolidWorks Solid Edge, 它们已成为业界标准。如果我们把这些三维设计软件仍然看作工具，那么这个工具将彻底使我们从前些年的二维 CAD “甩图版”工程，提升到一个更高的层次，还设计的本来面目，真正体会到 CAD 是一种巨大的生产力。

笔者曾读过国内 CAD 专家陈伯雄的文章，他精辟分析了现代设计方法的发展过程以及现在存在的问题，他说：“所有的设计都要画图，是必然，但也很奇怪设计总要绘图，是必然，是迫不得已。一个工程师无法记住自己的设计（哪怕是较简单）中的全部细节，图形表达就是唯一可能的方法。这些图首先是给设计者自己看：为了记住、研究和配凑设计自己的构思；其次是给别的工程师看，为了互相讨论交流，共同合作完成设计；最后是为了给制造者看，为了将设计意图在制造车间变成实际零件。在设计的全过程中，构思的原始冲动是三维概念，这是毫无疑问的；设计实施之结果是三维实体，这也毫无疑问的。但是，在传统的设计中，在这两者之间的信息传递竟然全是二维的图形表达。这种颠过来再倒过去的现象大家早已习惯了，似乎是天经地义。为了能够比较圆满地做到这一点，许多学者还费尽心思，为我们制定了工程图表达标准，在学校里，用 200 多小时训练学生，忘记人类的三维描述习惯，重新建立二维投影的新表述规则，并在设计过程中进一步强化这些表述技术。放着现成的原始三维构思不用，偏要人为制定二维投影规则，这是不是挺奇怪？”他还说：“人在设计零件时的原始冲动是三维的，是有颜色、材料、硬度、形状、尺寸、位置、相关零件、制造工艺等等关联概念的三维实体，甚至是带有相当复杂的运动关系的三维实体。只是由于以前的手段有限，人们不得不共同约定了在第一象限（美国是第三象限）平行正投影的二维视图表达规则，用有限相关联的二维投影图表达自己的三维设想。这种表达信息是极不完整的，而且绘图、读图要经过专门训练，以便‘纠正’人类头脑中原始的、关于几何形体表达的‘错误’。”

目前的国内 CAD 的应用主要有以下问题和不足：（1）仅仅将 CAD 作为辅助绘图工具，许多企业的 CAD 系统只能将设计过程的最后阶段——绘图阶段搬到计算机上，设计过程仍在设计师的头脑中完成，没有真正发挥出 CAD 的功能。这种应用中 CAD 还只是 Computer Aided Drawing 而非 Computer Aided Design （2）对产品设计的最终出路在于三维设计认识不足，许多设计人员没有意识到早日进入三维设计，就会早一天取得经济效益和技术效益，他们仍然采用传统的设计计算手段，对新的有限元分析软件掌握很少，没有意识到有限元分析

对提高设计质量的重要性。对三维设计平台软件与投影生成二维工程图的相互关联功能认识不足。对三维 CAD系统是技术创新和产品设计的有力辅助工具认识不足，对于大幅度替代试制、台架试验，对于各个设计部分的协调、配合，对于设计数据的管理和使用也缺乏足够的认识。

本书的目的就是倡导人们尽快使用三维设计工具，用经验告诉读者，自从我们使用了三维设计工具软件，我们几乎把原来掌握的二维设计工具软件彻底放弃了。

笔者曾经采用二维 AutoCAD平台进行了多年二维图形的参数化开发和研究工作，为企业开发了多种二维参数化应用系统，也做过多年的工程图纸扫描矢量化处理软件的开发工作。据笔者所知，对二维工程图的一个视图的全面参数化是十分困难的，目前还没有人将此问题完全解决，简单图形还可以，如果建立多视图之间的相互联动，就更加困难，用有限参数驱动整个零件图，就更是难以做到，二维工程图参数化实际上没有进入实用阶段。基于特征的三维参数化的思想，当然也离不开二维图形的参数化技术，但该图形是一个简单图形，是单一的拓扑闭环结构，不能多于两个开环，这样的图形是完全可以参数化的，其定位尺寸也是能够被参数化的，这些图形被定位并拉伸和旋转后生成的特征集就是基于特征的三维参数化实体建模思想，现在几乎所有的三维设计平台都是采用的这个方法。

CAD技术早期的目标曾经是绘图（Drawing），为了生成二维工程图。即使现在有了三维设计软件，如果不强调设计（Design），其目标也只不过是建模（Modeling）。实际上这只是设计全过程的一小部分，为什么要这样设计，对于一个有经验的工程师来说，当然是容易的，因为他们已经将经验和知识存入自己的大脑，但对于一个没有经验的人如何进行设计呢？当然设计有原创性设计和非原创性设计即模仿性设计两种，实际的设计经常是后者。本书不介绍原创性设计的方法，而是告诉读者如何对企业定型的系列产品，使用三维设计软件，告诉读者一种要求每位设计人员应该掌握的方法，通过该方法能够更大地提高设计效率。

SolidWorks是一种非常优秀的三维机械设计软件，易学易用，目前是市场份额增长最快、技术发展最快、市场前景最好、性能价格比最优的软件。在全球的销量已经达 30 万套，排名处于 3D CAD 软件销售榜首，遥遥领先于其他同类产品。随着 SolidWorks 的普及，学 SolidWorks 的人越来越多，需要 SolidWorks 二次开发的单位、企业也越来越多，但有关 SolidWorks 二次开发方面的学习资料很少，广大初学者只能靠自己摸索，在开发的过程中肯定会遇到种种困难，肯定会希望能得到一些指点与帮助。特别是 Visual C++ 入门很难，用 Visual C++ 开发 SolidWorks 就更难了。本书正是为了让广大初学者少走弯路，节省学习时间，提高学习效率而编写的。本书是国内较早用 Visual Basic 语言并结合机械设计实例讲述开发 SolidWorks 的书籍。

本书将告诉读者如何利用三维 SolidWorks 设计软件，进行本企业产品的开发，其思想与原先在二维 CAD 平台上进行的二次开发思路基本一致，但我们现在所借助的平台是三维的 SolidWorks 为开发平台，是一个比较详细的开发过程。本书分为两大部分，第一部分主要介绍 SolidWorks 高级建模技术，而且所建模型是一个可变参数驱动模型，不能进行参数驱动的三维模型，在提高设计效率中没有多少用途。第二部分主要介绍用 Visual Basic 对 SolidWorks 的进行开发的方法，实现与第一部分所建可变参数驱动模型的接口，完成通过设计计算驱动模型的过程，当然由于 SolidWorks 的三维模型与其生成的工程图是联动的，因此设计计算同样也驱动了工程图的更新。

通过本书，设计人员不仅可以更好体会到 SolidWorks 三维设计软件的强大功能，而且也能学会其高级开发技术。相信对企业设计人员将有较高的参考价值。同样，对从事 CAD 教学和科研的大专院校师生也有较高的参考价值。

本书由王宗彦主编，王宗彦、吴淑芳、秦慧斌、连清旺、张亚明完成了本书的全部编写工作。本书适用于从事 CAD 教学科研的大专院校师生和从事 CAD 应用的企业技术人员。

由于作者的水平有限，书中的不足和错误在所难免，恳请各位同仁和专家批评指正。

编著者

目 录

第 1 部分 SolidWorks高级建模技术

第 1 章 SolidWorks零件高级建模技术	(1)
1.1 SolidWorks基本造型方法	(1)
1.1.1 SolidWorks基本造型过程	(1)
1.1.2 SolidWorks特征树	(4)
1.2 SolidWorks基本特征与功能	(4)
1.3 草图绘制与修改	(5)
1.3.1 草图欠定义与过定义	(5)
1.3.2 数值连接和方程式	(6)
1.3.3 草图修改	(8)
1.4 特征管理	(9)
1.4.1 特征修改	(9)
1.4.2 压缩和解压特征	(10)
1.4.3 错误修改	(10)
1.5 零件的配置和系列化	(11)
1.5.1 生成配置	(11)
1.5.2 管理配置	(12)
1.5.3 建立系列零件设计表	(13)
1.5.4 系列化零件设计表的高级应用	(15)
第 2 章 SolidWorks高级装配设计	(17)
2.1 自下而上的装配体设计	(18)
2.1.1 装配体设计环境下车轮组各零件的插入	(18)
2.1.2 零部件的固定/浮动	(20)
2.1.3 装配约束关系的编辑操作	(20)
2.1.4 装配体中的 FeatureManager设计树	(26)
2.1.5 零部件的配合诊断 (Mate Diagnostics)	(27)
2.1.6 零部件的阵列	(28)
2.1.7 零部件的镜像	(29)
2.1.8 零部件的状态	(31)
2.1.9 装配体的爆炸视图	(33)
2.2 自上而下的装配体设计与系列产品设计	(35)
2.2.1 布局草图	(36)
2.2.2 零部件间的方程式	(37)

2.2.2.2	装配体的配置	(40)
2.2.2.3	装配体的设计表	(45)
2.2.2.4	装配体中零部件的顺序	(48)
2.2.2.5	装配图中明细表的自动生成	(48)

第 2 部分 用 VB 对 SolidWorks 进行开发的方法

第 3 章	利用 VB 对 SolidWorks 进行二次开发的基础	(54)
3.1	SolidWorks 二次开发的两种方式	(54)
3.1.1	进程内组件程序的开发	(54)
3.1.2	进程外组件程序的开发	(55)
3.2	流程分析	(55)
3.3	OLE 技术及 SolidWorks 中的 OLE 自动化技术	(56)
3.3.1	SolidWorks 的 API 类层次结构	(56)
3.3.2	SolidWorks API 函数语法	(57)
3.4	编程向导	(59)
3.4.1	对象自动嵌入接口说明	(59)
3.4.2	执行与调用	(59)
3.4.3	用 VB 编辑应用程序	(59)
3.4.4	用 VB 运行应用程序	(60)
3.4.5	在 SolidWorks 中加载运行宏的菜单项目	(60)
3.4.6	SolidWorks 支持文件列举	(61)
3.4.7	帮助功能	(61)
3.4.8	帮助提示	(61)
3.4.9	执行向导	(61)
3.4.10	用 VB 传递数组	(61)
3.4.11	单位	(62)
3.4.12	用 SwAddin 命令创建 SolidWorks 外接程序	(62)
3.4.13	布尔变量和布尔值是不同的类型	(63)
第 4 章	利用 VB 对 SolidWorks 进行二次开发的方法	(64)
4.1	创建 SolidWorks 对象	(64)
4.2	文档操作	(65)
4.2.1	文档的创建	(65)
4.2.2	文档的打开	(65)
4.2.3	文档的保存	(67)
4.2.4	文档的关闭	(68)
4.2.5	文档的复制	(68)
4.3	尺寸操作	(70)
4.3.1	改变尺寸	(70)

4.4.2.2	尺寸链接	(71)
4.4.3	与数据库的链接	(73)
4.4.4	自定义属性	(77)
4.4.4.1	问题的提出	(77)
4.4.4.2	API函数实现	(77)
4.4.5	创建插件	(78)
4.4.5.1	SwAddin:: ConnectToSW	(78)
4.4.5.2	SwAddin:: DisconnectFromSW	(79)
4.4.5.3	设置插件消息映射	(79)
4.4.6	菜单	(79)
4.4.6.1	菜单加载	(79)
4.4.6.2	卸载菜单	(80)
4.4.7	工具条	(81)
4.4.7.1	工具条创建	(82)
4.4.7.2	工具条显示	(82)
4.4.7.3	工具条函数	(82)
4.4.7.4	卸载工具条	(83)
第 5 章	SolidWorks二次开发应用的综合实例	(89)
5.1	支撑 SolidWorks二次开发的软硬件平台介绍	(89)
5.1.1	VB开发语言简述	(89)
5.1.2	数据库工具 Access	(90)
5.2	SolidWorks二次开发的总体思想与组织	(90)
5.2.1	二次开发的总体思想	(90)
5.2.2	SolidWorks二次开发的组织结构	(91)
5.3	SolidWorks二次开发的基本步骤	(92)
5.4	综合应用实例	(93)
5.4.1	标准件设计	(93)
5.4.2	某车轮部件的设计	(120)
5.5	应用程序的安装及使用	(144)
第 6 章	SolidWorks的二次开发 API专题	(148)
6.1	对象操作	(148)
6.1.1	所选实体对象的获取及对象名	(148)
6.1.2	选择对象	(149)
6.1.3	访问所选对象	(152)
6.1.4	获得顶点坐标	(155)
6.1.5	实体选择命令	(156)
6.1.6	通过名字获得对应实体	(157)
6.1.7	获得被命名的实体	(158)
6.1.8	获得模型信息	(158)

6E1E9	通过文件名获得注释	(159)
6E2	文件操作	(161)
6E2E1	无对话框的操作	(161)
6E2E2	布局文件窗体	(162)
6E2E3	文本格式	(162)
6E2E4	文件另存	(163)
6E2E5	打印文件实例	(164)
6E2E6	关闭文件实例	(165)
6E3	草图操作	(166)
6E3E1	更改草图平面	(166)
6E3E2	创建平面和平面名	(167)
6E3E3	插入坐标系	(168)
6E3E4	创建标准轴	(168)
6E3E5	以所选点为起点画直线	(168)
6E3E6	获取线段长度	(169)
6E3E7	获得草图中的点	(170)
6E3E8	获得样条曲线的型值点	(170)
6E3E9	循环显示注释	(173)
6E3E10	修改注释	(175)
6E3E11	设置注释名	(176)
6E3E12	显示创建的图形	(177)
6E4	零件模型	(178)
6E4E1	获得配置名系列	(178)
6E4E2	引用配置	(179)
6E4E3	创建倒角特征	(179)
6E4E4	访问子特征	(181)
6E4E5	特征压缩	(182)
6E4E6	访问特征尺寸	(183)
6E4E7	显示尺寸属性	(184)
6E4E8	尺寸属性	(184)
6E4E9	改变尺寸	(185)
6E4E10	重建模型	(185)
6E4E11	获得当前激活文件的质量特性	(186)
6E4E12	表面类型	(187)
6E4E13	通过零件名选择零部件的面	(193)
6E4E14	选择所有圆角	(194)
6E5	设计表中的操作	(195)
6E5E1	数据库信息的添加	(195)
6E5E2	设计表	(196)

6.6.5.3 获得 Excel表中单元格内的密度值	(198)
6.6.5 装配体	(199)
6.6.5.1 遍历装配体	(199)
6.6.5.2 获得被选装配体零部件的名称	(200)
6.6.5.3 添加零部件	(201)
6.7 工程图	(203)
6.7.1 设置图纸比例	(203)
6.7.2 从所选工程图实体获得被选装配体的组件	(204)
6.7.3 添加注释	(205)
主要参考文献.....	(207)

第 1 部分 SolidWorks 高级建模技术

本部分主要介绍 SolidWorks 高级建模技术，所谓高级建模就是强调如何利用 SolidWorks 的参数化造型、配置管理等技术，建立一个可实现变参数驱动的机械零件及其装配体模型，并实现与工程图的联动，为第 2 部分二次开发做好准备。本部分介绍的内容是参数化设计的基础，要求读者掌握 SolidWorks 的基本造型功能，所涉及的造型过程细节不详细介绍。

第 1 章 SolidWorks 零件高级建模技术

SolidWorks 作为基于 Windows 平台的全参数化特征造型软件，可以十分方便地实现机械零件的三维实体造型、装配和生成工程图。本章主要介绍如何利用 SolidWorks 为我们提供的基体、凸台、切除、拉伸、旋转、扫描、阵列、圆角、倒角等特征建模功能，以及草图绘制和修改、特征管理、系列零件设计等基本造型方法进行零件设计。

1 图 SolidWorks 基本造型方法

1 图 1 图 SolidWorks 基本造型过程

以图 1 - 1 所示轴承座为例，说明其模型的构建过程。该过程主要包括七步：①分析零件形体结构；②构建基体特征；③生成轴承通孔特征；④生成沉孔特征；⑤生成阵列特征；⑥生成过渡圆弧特征；⑦生成倒角特征。

(1) 分析零件形体结构。轴承座的基体是中部具有半圆柱突起的矩形块，可将此部分定义为基体特征，基体特征通过草图特征构建，其他形体的构建，如轴承通孔、沉孔、圆角、倒角等，可通过附加特征生成。

(2) 采用草图特征构建基体特征。首先选取基准面和基准轴，然后勾画基体截面轮廓草图。在零件建模环境中，图 1 - 2 为系统定义的基准面和基准轴。可选取前视基准面作为草

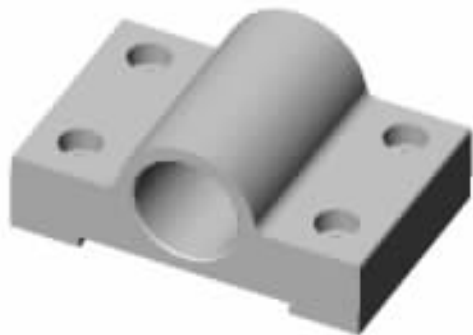


图 1 - 1 轴承座零件

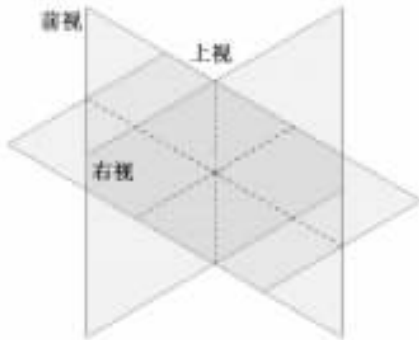


图 1 - 2 SolidWorks 系统的基准面和基准轴

图轮廓的生成平面，在其上绘制二维草图，可不按比例绘制，先绘制两条点画线，表示对称体和圆弧中心线，然后绘制轮廓，原则上轮廓是一个闭环，不允许交叉，如图 1-3 (a) 所示，标号 0~9 表示草图轮廓的各几何要素。

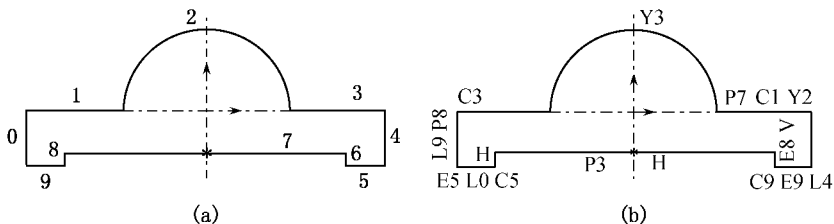


图 1-3 基体特征轮廓草图的定义
(a) 二维草图轮廓；(b) 草图的几何约束

草图轮廓的约束包括几何约束和尺寸约束。首先定义轮廓的几何约束，如图 1-3 (b) 所示。其中，H 为水平约束，V 为铅垂约束，R L E C 分别为平行、垂直、相等、共线等约束，其后的标号表示被标注的几何元素与标号代表的几何元素互为平行、垂直、相等、共线；Y 表示坐标相同，如图 1-4 显示了包括竖直中心和两条竖直轮廓在内的对称约束关系。

SolidWorks 自身具有自动识别草图几何约束、尺寸欠约束和过约束以及全约束等功能，这些将在后文中介绍。

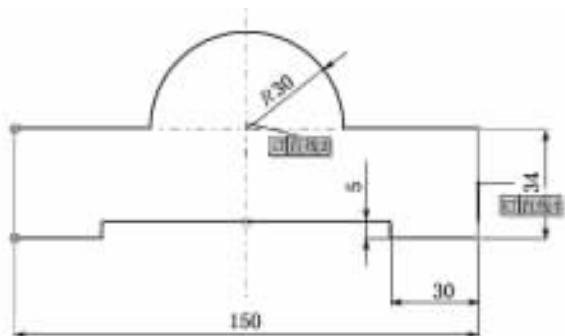


图 1-4 对称关系约束

接下来添加尺寸约束，可通过尺寸数字大小的变化改变图形的大小，图 1-5 (b) 是对图 1-5 (a) 中的高度尺寸 34 及圆弧半径 R30 分别改为 16 及 35 得到的形状。在全约束的情况下，即可完全确定草图的几何形状，图形全部变为黑色。在欠约束或过约束的情况下，系统将给出提示。

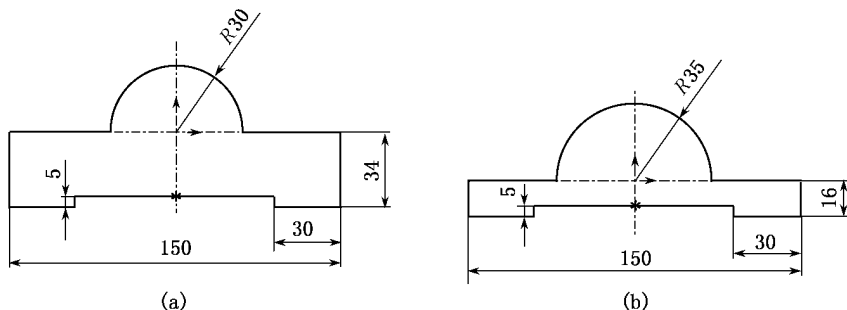


图 1-5 全约束的草图轮廓
(a) 驱动前；(b) 驱动后

草图定义完成后，通过插入拉伸特征，选取拉伸方向，给定拉伸长度，即可生成基体特

征，如图 1-6所示。

(3) 通孔特征的生成。首先选取与通孔垂直的面为生成孔特征的基准面，选取插入孔特征，类型为通孔，约束类型为与凸圆柱面同心，并标注尺寸，生成如图 1-7所示的通孔特征。

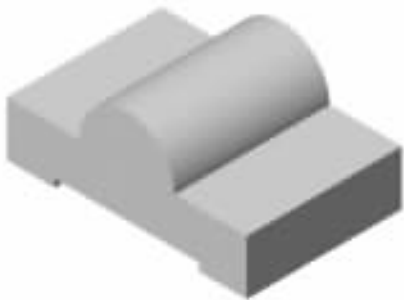


图 1-6 基体特征

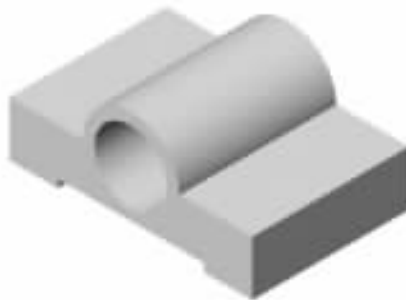


图 1-7 生成通孔特征

(4) 沉孔特征的生成。在基特征上选取图 1-8所示平面为沉孔特征放置基准面，定义沉孔的形状尺寸及定位尺寸，生成沉孔特征。

(5) 阵列特征的生成。对上一步生成的沉孔特征进行阵列，定义阵列的行、列数及行、列间距，生成图 1-9所示阵列特征。

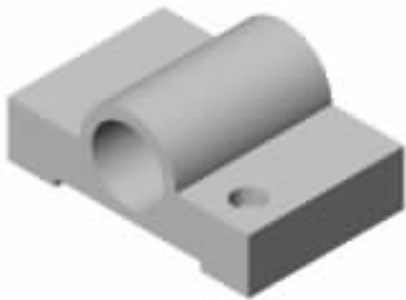


图 1-8 生成沉孔特征



图 1-9 生成阵列特征

(6) 过渡圆弧特征的生成。选取凸缘两侧边，定义圆弧半径，生成图 1-10所示倒圆特征。

(7) 倒角特征生成。选取需倒角的边，定义倒角的角度及尺寸，生成图 1-11所示倒角特征。



图 1-10 生成过渡圆弧特征

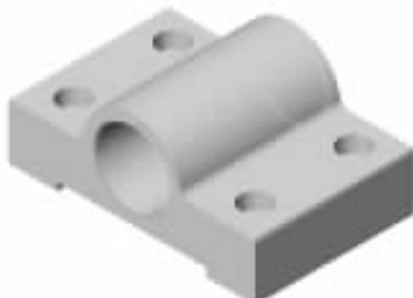


图 1-11 生成倒角特征

1.1.2 SolidWorks特征树

在特征造型过程中，组成零件的各形状特征之间在空间上存在位置关系，在过程上存在层次关系。特征的层次关系描述了特征生成过程中的依赖关系，层次关系有两种：一种是并列关系，并列特征的定位面属于同一个特征的特种面（具有相同的父特征）；另一种是依存关系（父子关系），即一个特征依存于另一个特征。如果父特征被删除，则子特征也随之消失。在 SolidWorks 中，用特征树来记录和管理各个特征。

零件特征树记录了零件构造的过程，树上每一节点表示一个特征，特征树中按照特征设计的顺序和相互关系显示组成零部件的每个特征的信息，可以从零件特征构造树上选择节点来选择实体中相应特征。通过对设计历史的回溯，可以观察和修改设计过程中的每一个步骤，或者改变设计顺序，优化设计构造过程。图 1-12 为轴承座的特征树。



图 1-12 轴承座特征树

1.1.3 SolidWorks基本特征与功能

零件设计首先是零件形体的设计，在基于特征技术的零件三维设计软件中，SolidWorks 是典型的基于特征的三维设计软件，它主要是通过形状特征的定义和组合实现零件的三维设计。从构建各种形体的通用要求出发，SolidWorks 提供下列基本特征的定义和调用功能，见图 1-13。

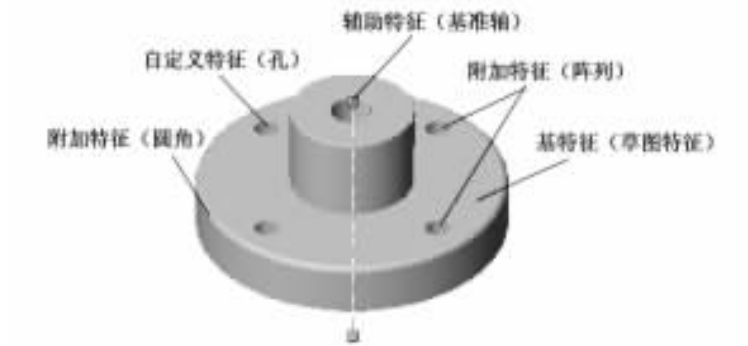


图 1-13 特征分类

(1) 辅助（基准）特征：辅助特征不直接参与零件形成，但是在其他特征的生成和组合过程中起到基准定义作用，也称基准特征。主要有基准面、基准轴、基准点、局部坐标系等。

(2) 基特征：基特征是造型过程中的第一个调用的特征，相当于零件的毛坯，作为造型

过程的根，其他特征直接或间接地以基特征为参考。在基特征上不断添加新特征，即可构造出整个零件。

(3) 附加特征：附加特征定义附加在被造型零件上的形体，可依附到其他形状特征上，并对其存在有一定的修饰作用，如圆角、倒角、筋、阵列、镜像等。

(4) 专用的和自定义特征：对用户工作领域内用过、具有特定工程语义的形体或零件组件，将其定义为特征，可方便和加快构形过程。例如，造型软件通常可提供的键槽、阶梯孔、筋板等。此外，系统还允许用户另外自行扩充定义它所需要的特征。

(5) 草图特征：草图特征是由横截面经过拉伸、旋转、扫描、放样等方式生成的几何形体，因为其生成横截面以草图方式绘制，故称草图特征。横截面草图生成往往与二维参数化技术联系在一起，通过截面二维轮廓的参数化实现特征的截面尺寸修改。

草图特征是生成几何体最基本的形状特征，欠定义和过定义都会导致其出错，只有在草图完全定义的情况下，草图特征才能严格按设计意图生成。

1.3 草图绘制与修改

在熟练掌握 SolidWorks各种特征的建立方法及使用技巧后，只是掌握了建立零件的第一步，零件建模过程中，还应对草图和特征等进行合理的安排。

1.3.1 草图欠定义与过定义

草图欠定义即没有足够的信息来定义草图，这可能是大小或位置信息不够。欠定义草图仍用来生成特征，但可能会在特征生成时出错。过定义即草图有重复的尺寸或相冲突的几何关系，必须删除无关的尺寸和几何关系。

绘制草图时，设计者通常要将设计意图融入草图，如果表达不当会出现草图欠定义（元素为蓝色表示）、过定义（元素为红色表示）和其他错误，从而得出意想不到的结果，这就需要我們注意以下几个方面的问题。

(1) 要有合理的几何关系。如图 1-14所示，如果两圆直径相等，圆心均在水平中心线上且关于竖直中心线对称，那么只需要标注一个直径，可以用几何关系将两圆圆周关于竖直中心线对称，圆心与水平中心线重合，这样两个圆就完全定义（元素为黑色表示）了，另一个圆会随其动态变化。如果两圆直径不相等，但圆心均在水平中心线上且关于竖直中心线对称，那就要标注两个直径，然后用几何关系将两圆圆心关于竖直中心线对称，圆心与水平中心线重合，这样两个圆就完全定义了，如图 1-14(b)。

(2) 合理地进行尺寸标注。尺寸标注方法包含着设计者的设计意图，如图 1-15(a) 无论其他特征如何变化，两圆对称且圆心距不会变化。图 1-15(b) 则保证两圆圆心与两端面的距离不会改变，两圆圆心距则随尺寸 70mm的变化而变化。图 1-15(c) 是在保证圆心距的前提下，又要保证与右端面的距离。

一般的，完成草图的几何约束和尺寸标注后，草图就应完全定义了，完全定义的草图几何体根据默认应为黑色，这时草图有必要的信息来定义几何体的大小和位置。

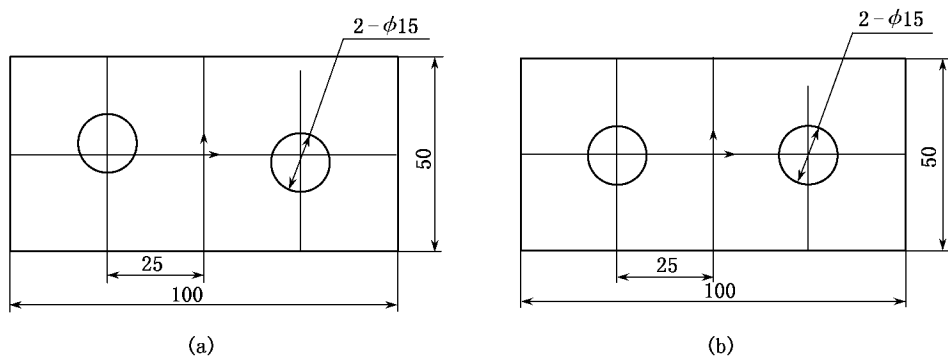


图 1-14 合理的几何关系
(a) 约束前；(b) 约束后

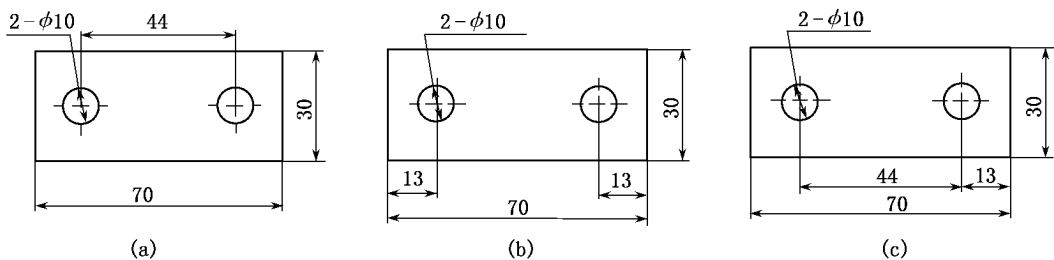


图 1-15 不同的尺寸标注表达不同的设计意图
(a) 保证圆心距；(b) 保证圆心与两端面的距离；(c) 保证 (a) 和 (b)

数值连接和方程式

(1) 相等数值的连接。如果两个或多个数值之间存在“相等”关系，可以使用“数值连接”来驱动这些数值。如图 1-16 四个圆的圆心距均相等，那么可以在其中一个数值上击鼠标右键，选择“连接数值”，在弹出的对话框中名称一栏输入一个尺寸名，如图 1-17 所示，同样的方法将其他尺寸数值进行连接，用同样的尺寸名。连接完毕后，修改其中的一个值，其他几个也会发生同样的变化。如果不需要连接，可以在这些尺寸上击鼠标右键，选择解除连接数值，解除连接之后这些尺寸将不再关联变化。

(2) 方程式的添加。草图完成后，如果其中存在一些相关的尺寸，则可以使用方程式对其进行控制。例如图 1-17，如果无论其他特征怎么变化，始终要保持两外边界的尺寸关系

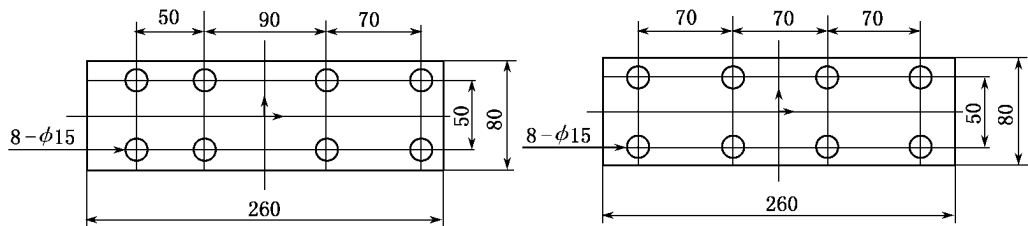






图 1-16 数值连接



图 1-17 共享数值

为 $80/260$ ，这就需要用方程来实现。

首先，打开工具菜单下的方程式命令，或单击工具栏中的按钮 ，在方程式对话框中单击添加按钮，在图形区域单击需要控制的尺寸 80mm ，该尺寸的尺寸名被添加到方程式对话框中，单击对话框中的  按钮，在图形区域单击 260mm ，然后单击 、 80 和 、 260 按钮，如图 1-18 所示，这样所需方程式就建立好了，单击确定按钮。如图 1-19 单击确定即可。

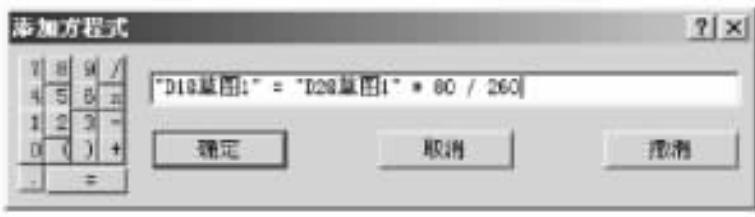


图 1-18 编辑方程式

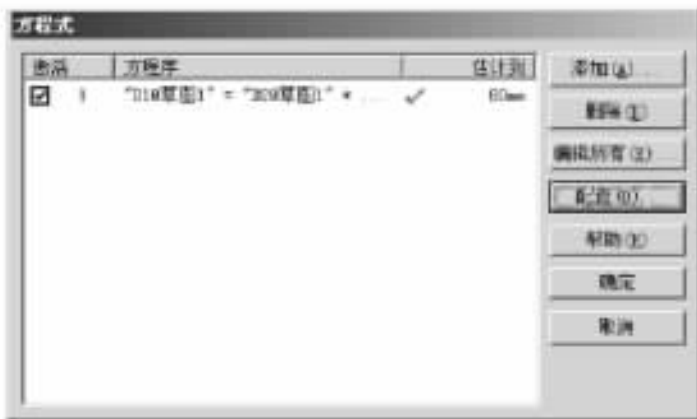


图 1-19 添加方程式

如果方程式仍有不满意的地方，可以适当引入函数，比如上面方程中的尺寸 $D1@草图 1$ 需保证其整数性，必须在方程式中添加其为整型，在设计树中选中方程式单击右键进行相应编辑修改，如图 1-20 所示，然后确定。

运行方程式，将主动尺寸 $D2@草图 1$ 改为 270 ，更新，结果如图 1-21 所示。