

CAD/CAM/CAE
工程应用丛书

SolidWorks

建模实例解析

江 洪 邴祥林 黄治政 等编著



- ◆ 精心选择典型工程实例
- ◆ 充分体现SolidWorks的设计技巧
- ◆ 详细介绍有限元分析方法
- ◆ 随书光盘包含丰富素材



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



CAD/CAM/CAE 工程应用丛书

SolidWorks 建模实例解析

江 洪 邴祥林 黄治政 等编著



机械工业出版社

SolidWorks 是非常优秀的三维机械设计软件。

本书是提高 SolidWorks 建模能力与技巧的书, 本书的读者应该学习过《SolidWorks2004/2005 基础教程》和《SolidWorks 实例解析——曲线、曲面 SolidWorks、仿真、渲染》。本书用实例生动地讲述了帮助中较少有的 SolidWorks 的新功能、建立模型的各种方法和技巧, 使读者可以边看边操作, 加深记忆和理解。每章都有大量的思考练习题, 在本书的配套光盘上还附有答案, 方便读者更好地理解消化书本中的知识, 达到举一反三、融会贯通的目的。此外, 本书还具有经验与技巧、分析与提高栏目。

本书可作为高等院校机械专业的 CAD/CAM 课程教材, 适合不同领域的人员阅读, 也可作为广大工程技术人员的自学用书和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

SolidWorks 建模实例解析/江洪等编著. —北京: 机械工业出版社, 2005.4

(CAD/CAM/CAE 工程应用丛书)

ISBN 7-111-16339-7

I. S... II. 江... III. 计算机辅助设计—应用软件, SolidWorks

IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 023083 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划: 胡毓坚

责任编辑: 蔡 岩

责任印制: 石 冉

三河市宏达印刷有限公司印刷 · 新华书店北京发行所发行

2005 年 4 月第 1 版 · 第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 · 20 印张 · 491 千字

0001—5000 册

定价: 35.00 元 (含 1CD)

凡购本图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

出版说明

随着信息技术在各领域的迅速渗透, CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用, 从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式, 对推动现有企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、发展新兴技术、促进经济增长都具有十分重要的意义。

CAD 在机械制造行业的应用最早, 使用也最为广泛。目前其最主要的应用涉及到机械、电子、建筑等工程领域。世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM/CAE 技术进行产品设计, 而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM/CAE 软件的开发, 以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。CAD 在建筑工程中的应用, 不但可以提高设计质量, 缩短工程周期, 还可以节约大量建设投资。

各行各业的工程技术人员也逐步认识到 CAD/CAM/CAE 技术在现代工程中的重要性, 掌握其中的一种或几种软件的使用方法和技巧, 已成为他们在竞争日益激烈的市场经济形势下生存和发展的必备技能之一。然而仅仅知道简单的软件操作方法是远远不够的, 只有将计算机技术和工程实际结合起来, 才能真正达到通过现代的技术手段提高工程效益的目的。

基于这一考虑, 机械工业出版社特别推出了这套主要面向相关行业工程技术人员的“CAD/CAM/CAE 工程应用丛书”。本丛书涉及 AutoCAD、Pro/Engineer、UG、SolidWorks、MasterCAM、Ansys 等软件在机械设计、性能分析、制造技术方面的应用, 以及 AutoCAD 和天正建筑 CAD 软件在建筑和室内配景图、建筑施工图、室内装潢图、水暖、空调布线图、电路布线图以及建筑总图等方面的应用。

本套丛书立足于基本概念和操作, 配以大量具代表性的实例, 并融入了作者丰富的实践经验, 使得本丛书内容具有专业性强、操作性强、指导性强的特点, 是一套真正具有实用价值的书籍。

机械工业出版社

前 言

SolidWorks 是一套基于 Windows 的 CAD/CAE/CAM/PDM 桌面集成系统,是由美国 SolidWorks 公司在总结和继承了大型机械 CAD 软件的基础上,在 Windows 环境下实现的第一个机械三维 CAD 软件,于 1995 年 11 月研制成功。它全面采用非全约束的特征建模技术,其设计过程全相关性,可以在设计过程的任何阶段修改设计,同时牵动相关部分的改变。它既提供自底向上的装配方法,同时还提供自顶向下的装配方法。自顶向下的装配方法使工程师能够在装配环境中参考装配体其他零件的位置及尺寸设计新零件,更加符合工程习惯。它具有独创性的“封套”功能,来分块处理复杂装配体。具有“产品配置”功能,为用户设计不同“构型”的产品。它集成了设计、分析、加工和数据管理整个过程,所获得的分析和加工模拟结果成了产品模型的属性,在 SolidWorks 的特征管理器清晰地列出了详细的数据信息。它还可以动态模拟装配过程,进行静态干涉检查、计算质量特征,如质心、惯性矩等。它将 2D 绘图与 3D 造型技术融为一体,能自动地生成零部件尺寸、材料明细表(BOM)、具有指引线的零部件编号等技术资料,从而简化了工程图纸的生成过程。同时有中英文两种界面可供选择,其先进的特征树结构使操作更加简便和直观。具有较好的开发性接口和功能扩充性。能轻松实现各种 CAD 软件之间的数据转换传送。

SolidWorks 目前的全球用户超过 20 万,国外大多数制造公司招聘时要求具有操作 SolidWorks 的能力。国际上一流名校将 SolidWorks 定为大学本科学生的必修课目,如麻省理工学院、英国剑桥大学等院校。95%的西方企业要求所进的员工会运用 SolidWorks 软件。SolidWorks 连续几年被美国一些杂志评为优秀的 CAD 软件。

除了少数行业需要 UG、PRO/E、CATIA 等高档 CAD 软件,中档的 CAD 完全可以满足一般的应用。目前 SolidWorks 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。出图时国标化要做的工作量极少,其装配分析基本满足一般企业的要求。

本书的编写目的是帮助学习过《SolidWorks 2004/1005 基础教程》、《SolidWorks 实例解析——曲线、曲面、仿真、渲染》的初学者进一步提高建模能力和技巧。

本书的特点是每一章节都给出简要的说明、具体的实例,将重要的知识点嵌入到具体实例中,使读者可以循序渐进,随学随用,边看边操作,动眼、动脑、动手,符合教育心理学和学习规律。本书的另一个特点是具有“经验与技巧”、“分析与提高”、“思考与练习”栏目。

书中数字单位均为毫米,图中未显示的选项均为默认值。读者照着书中模型做时,如果中途做错了,接着做时需要修改特征名,使之与光盘中的一致。

衷心感谢 Francis、菜虫、林志玮、小鹿、hqpzsc、时立军、周辉对此书的支持。

衷心感谢 <http://icax.cn>、<http://mouldbbs.com/index.asp>、<http://www.zjcad.com> 网站,笔者书中的有些模型的源头就来源于这些网站。

参加本书编写的人员有江洪、郦祥林、黄治政、刘异、周鲜华、朱广怡、梁达辉、成亿、杜海滨、单红艳、姚斌、王文杰。

由于写作时间过于仓促,难免有疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

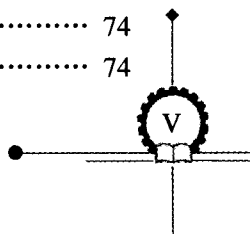
编者邮箱为:99998888@126.com。

目 录

出版说明

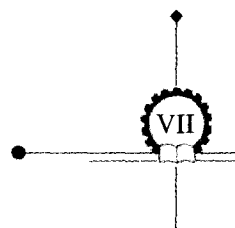
前言

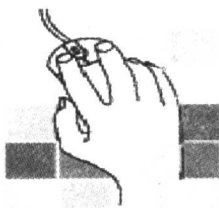
第 1 章 圆角	1
1.1 圆角的基本知识	1
1.1.1 圆角原理及生成圆角应遵循的规则	1
1.1.2 圆角的前提条件及顺序	2
1.1.3 圆角属性管理器中部分选项的说明	3
1.2 圆角实例	10
1.2.1 G0 圆角	10
1.2.2 逆转圆角	11
1.2.3 标准球支架座的圆角	13
1.2.4 跨越边线的圆角	15
1.2.5 扫描切除做圆角	20
1.2.6 半径处处对等的圆角	22
1.2.7 放样做圆角	25
1.3 思考与练习	32
第 2 章 变形	34
2.1 变形的基本知识	34
2.1.1 曲线到曲线变形	34
2.1.2 曲面推进变形	35
2.2 变形实例	35
2.3 思考与练习	53
第 3 章 弯曲和压凹	55
3.1 弯曲和压凹的基本知识	55
3.1.1 扭曲弯曲	55
3.1.2 伸展弯曲	56
3.1.3 压凹	56
3.2 弯曲和压凹实例	57
3.3 思考与练习	71
第 4 章 阵列	73
4.1 阵列的基本知识	73
4.1.1 随形阵列	73
4.1.2 线性阵列	74
4.1.3 圆周阵列	74
4.1.4 草图驱动的阵列	74



4.1.5	表格驱动的阵列	74
4.2	线性阵列	75
4.2.1	球随螺锥变径线性阵列	75
4.2.2	球变径直线阵列	78
4.2.3	椭圆变径线性阵列	83
4.2.4	单轨单变化线性阵列	89
4.2.5	五角星切除双向线性阵列	94
4.2.6	六角切除随涡状线变化线性阵列	98
4.2.7	双轨双变化线性阵列	103
4.2.8	两边线控制的随形阵列	109
4.2.9	蜗状线线性随形阵列	113
4.2.10	螺锥变径立体线性阵列	115
4.3	圆周阵列	122
4.3.1	双变径圆周阵列	122
4.3.2	五角变径圆周阵列	126
4.3.3	圆周阵列的椅子	130
4.4	表格驱动的阵列	134
4.5	草图驱动的阵列	135
4.6	曲线驱动的阵列	139
4.7	思考与练习	142
第5章	包覆	145
5.1	包覆的基本知识	145
5.2	包覆实例	146
5.2.1	球面文字	146
5.2.2	轮胎	149
5.2.3	一枝花	156
5.3	思考与练习	164
第6章	扫描	166
6.1	扫描的基本知识	166
6.2	扫描实例	169
6.2.1	灯罩	169
6.2.2	饮料瓶	174
6.2.3	环连环	186
6.2.4	管连管	195
6.3	思考与练习	199
第7章	放样	202
7.1	放样的基本知识	202
7.1.1	放样轮廓	202
7.1.2	轮廓草图线段节数不等时的放样与放样同步	204

7.1.3	引导线放样和中心线放样	206
7.2	放样实例	207
7.2.1	五色环	207
7.2.2	浴缸	212
7.2.3	海豚	220
7.3	思考与练习	234
第8章	曲面	237
8.1	曲面的基本知识	237
8.1.1	斑马条纹	237
8.1.2	G0\G1\G2 简介	238
8.1.3	曲率	239
8.2	曲面实例	241
8.2.1	3D 构线	241
8.2.2	篮球网	242
8.2.3	圆周格栅网	245
8.2.4	五通管的等半径连接	248
8.2.5	边饰条	255
8.3	思考与练习	268
第9章	钣金	270
9.1	钣金的基本知识	270
9.2	钣金工具应用	271
9.3	钣金实例	284
9.3.1	钣金包柱	284
9.3.2	盖板	289
9.3.3	通风管	299
9.4	思考与练习	308
参考文献		310





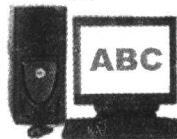
第1章 圆角



内容

本章先从理论上介绍了日常生活中常见的圆角的基本知识，然后用实例具体说明如何处理各种各样的不能直接用圆角特征得到的圆角。如果能完全理解并掌握实例中所述的方法，那么在具体的工作和学习中碰到的一般的圆角问题应该都能举一反三地做出来。

提要



1.1 圆角的基本知识

1.1.1 圆角原理及生成圆角应遵循的规则

圆角，在生活中随处可见，也是最常用的特征之一。圆角特征有助于零件设计中造型的变化或平滑效果。然而在产品设计和造型中，有些圆角直接用简单的圆角特征可能没法保证特殊的要求或做出来后效果不好。本章将用实例介绍一些 SolidWorks2005 的圆角新功能、一些人们不常注意的圆角功能以及一些圆角的技巧。

我们先来看看圆角的工作原理：将一个滚动球沿着倒圆角边移动，使之与交汇于倒圆角边的两个面保持相接触，滚动出的面的轨迹就是圆角面。根据要倒的是内圆角还是外圆角，决定该球会在两面的内部还是外部滚动。如图 1-1 所示，左图是凹圆角（内圆角），右图是凸圆角（外圆角）。

滚动球半径是圆角半径，滚动路径是倒圆角边线。内圆角是增加体积，凸圆角是减少了体积。

在生成圆角时，通常最好遵循以下规则：

当有多个圆角会聚于一个顶点时，请先生成较大的圆角。

生成具有多个圆角边线及拔模面的铸模零件，在大多数的情况下，应在添加圆角之前

添加拔模特征。

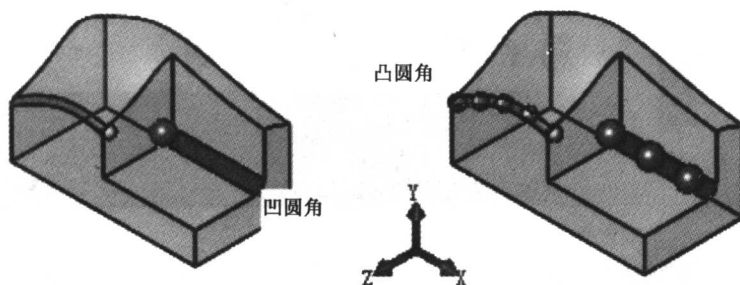


图 1-1 倒圆角原理

最后添加装饰用的圆角，因为越早添加圆角，系统需要花费越长的时间重建零件。

对多条边尽可能同时倒角，而避免一次倒一条边，这样可加快零件重建的速度，但是，请注意当改变圆角半径时，在同一操作中生成的所有圆角都会改变。

1.1.2 圆角的前提条件及顺序

并不是所有的圆角都能顺利进行的，常常有一些限制，这些限制条件是由倒圆角边和倒圆角面的几何拓扑结构决定的。这些限制条件在一般情况下均适用，但有些还与倒圆角边的数目有关。

一条边能够倒圆角的某些前提条件是：

- (1) 两个相切面之间无法倒角。
- (2) 终点为切点的边可以倒角。
- (3) 终点是曲线上的奇异点的边不能倒角（如：圆锥顶点）。
- (4) 所给的半径值在几何上必须与倒角面一致。例如：倒角面上任何一点必须至少能移动倒角半径长度的距离。
- (5) 倒角面按半径长度的偏移，必须能相交形成一条供倒角使用的“脊线”，而不能产生自交。
- (6) 倒角半径必须在几何上与倒角面一致，如果倒角面弯曲得太厉害，滚动球将无法沿其滚动，因为在太弯曲的地方滚动球放不进去。
- (7) 两条边相交。倒角可能有凸倒角和凹倒角两种。如果两条倒角边相遇，必须同为凸倒角或凹倒角。如果两条不同类型的倒角边相交，则要求滚动球从实体的内部跳到外部。
- (8) 相切边。清除圆角属性管理器中的“切线延伸”复选框后，两条相切的边倒圆角可能有以下两种情况：
 - 1) 可以对一条边倒角或两条边同时倒角，如图 1-2 所示。
 - 2) 如果要倒圆弧边，则两条相切边都必须倒角，如图 1-2 所示。
- (9) 三条边相交。如果要倒圆角的顶点是凸倒圆角边和凹倒圆角边相交，则这个顶点的三条边不能同时倒角。应先倒其中一条不同类型的边，再倒其他两边，而不能只倒两条不同类型的边。

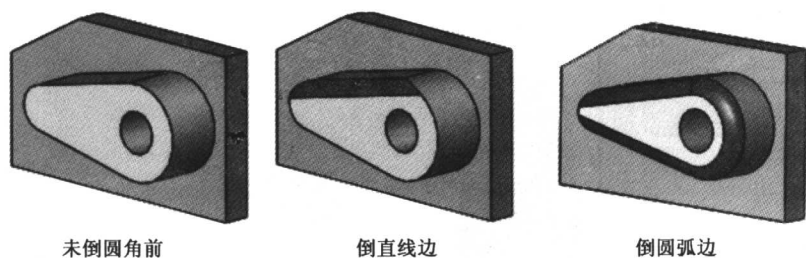


图 1-2 相切边圆角的情况

如果三条边中有一条相切边，则另两条边可以分别以凸倒角边和凹倒角边，但不能同时倒这两条边，只能先倒一边，再倒另一边。

- 1) 可以不倒第2边，同时倒1、3边，如图1-3所示。
- 2) 倒完第1边才能倒第2、3边，如图1-3所示。
- 3) 倒完第3边才能倒第1、2边，如图1-3所示。

多条边相交于一点时，圆角情况与现有的几何关系有关，与圆角顺序有关。圆角顺序不一样生成的圆角效果也不一样。清除圆角属性管理器中的“切线延伸”复选框后，不同的圆角顺序产生不同的圆角效果，如图1-4所示。

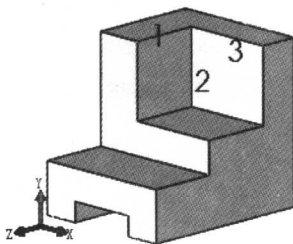


图 1-3 三条边相交时的圆角顺序

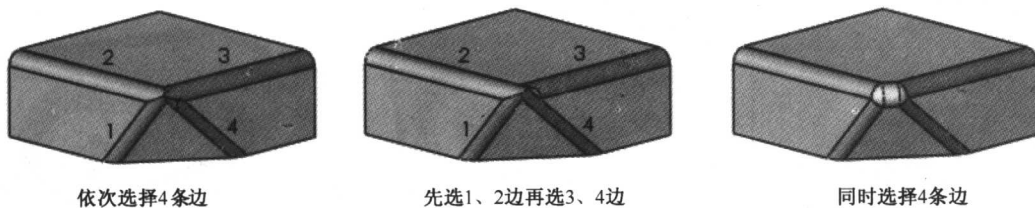


图 1-4 圆角顺序不同结果也不同

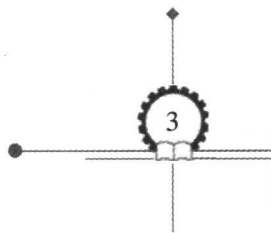
1.1.3 圆角属性管理器中部分选项的说明

1. 完整圆角

可选择三个相邻面组（一个或多个切面），并应用与此三个面组相切的圆角来生成完整圆角，如图1-5所示。

2. 切线延伸选项

圆角时默认设置为“切线延伸”，这时不管选择哪条边与之相切的边都会是圆角。如图1-6所示，随便选中哪条直线或圆弧，圆角效果都一样。如有必要，单击以清除“切线延伸”复选框。



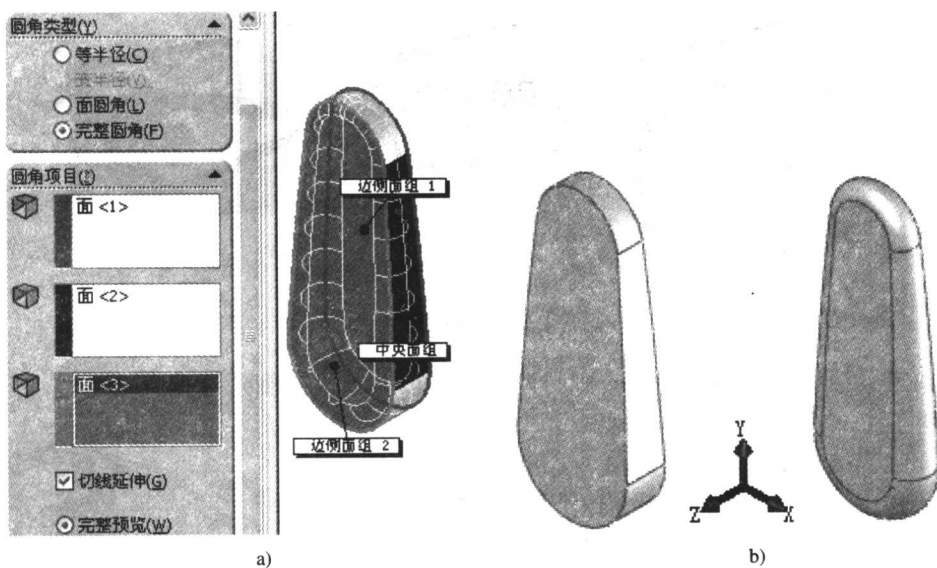


图 1-5 圆角属性管理器和完整圆角的前后对比

a) 圆角属性管理器 b) 完整圆角的前后对比

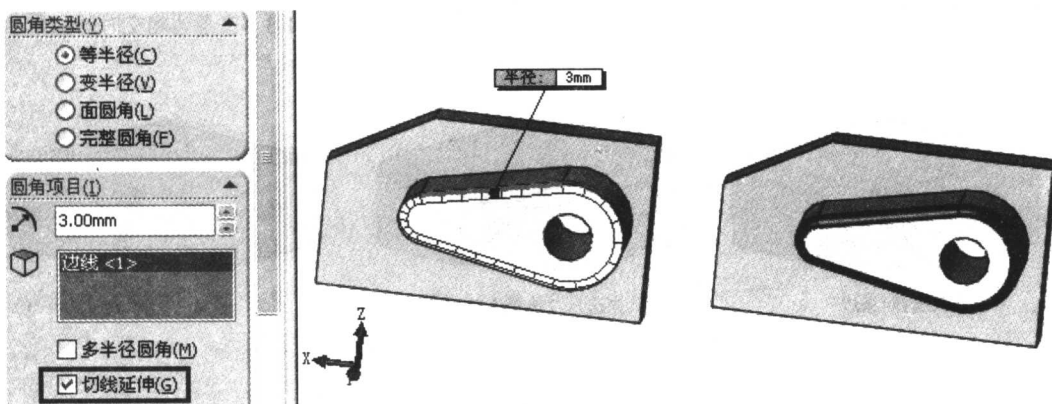


图 1-6 切线延伸选项

3. 保持特征选项

倒圆角时清除“保持特征”复选框，则方孔和圆柱的特征不可见，若勾选“保持特征”复选框，则方孔和圆柱的特征可见，如图 1-7 所示。

4. 圆形角选项

使用圆形角的圆角可以控制角部边线之间的过渡。对于圆形圆角混合邻接的边线，可以消除或平滑两条边线汇合处的尖锐接合点。

使用圆形角时，应清除“切线延伸”复选框。如有必要，消除“保持特征”复选框，如图 1-8 所示。

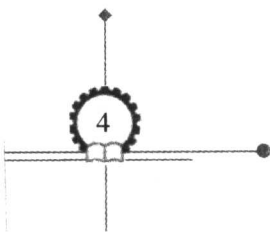




图 1-7 保持特征选项

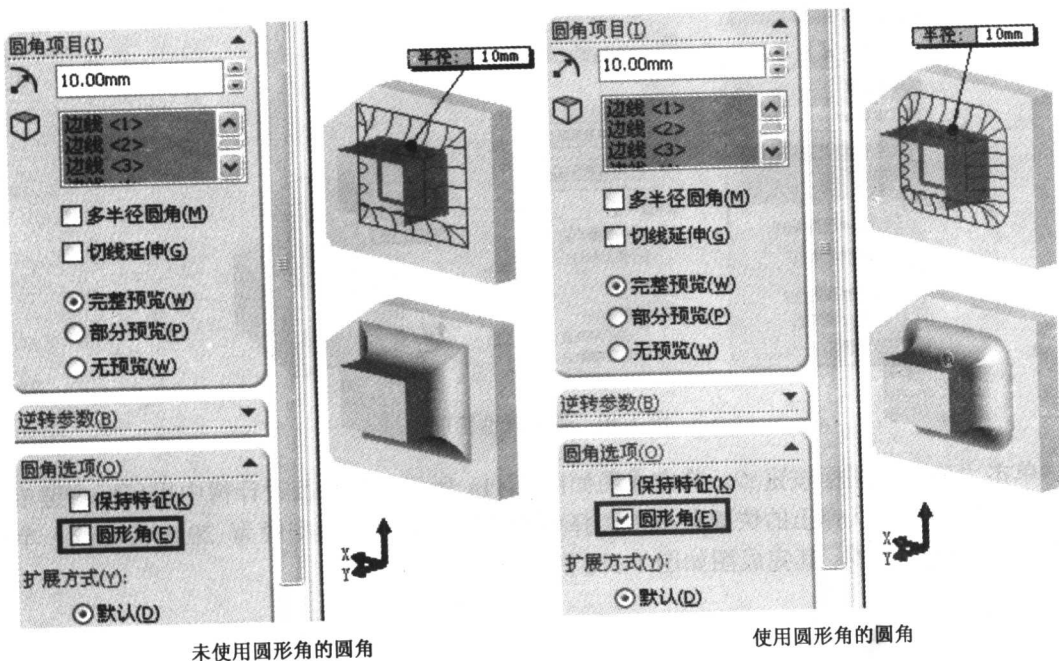


图 1-8 圆形角选项

5. 保持曲面选项

选择“保持曲面”复选框时，圆角面要么与相邻面光滑地融合，要么被相邻面剪切。因此，圆角边线是连续而且光滑的，但是相邻边线会受到影响。

打开光盘中相应章节下的文件“9 圆角选项模型 .SLDRPT”，如图 1-9 所示。

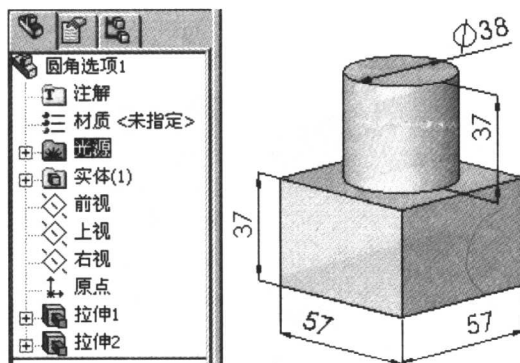


图 1-9 圆角选项模型

单击特征工具栏上的“圆角”图标按钮, 在图形区域中选择要作圆角的边线, 在圆角属性对话框中进行设置, 如图 1-10 所示。

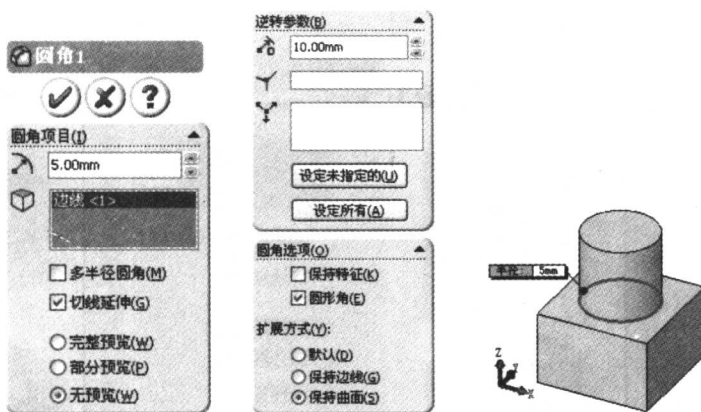


图 1-10 圆角属性管理器

单击“确定”图标按钮, 其完成图如图 1-11a 所示。从特征设计树中用鼠标右键单击“圆角 1”特征, 从弹出的快捷菜单中选择 **编辑特征(A)**, 修改圆角半径为 20.00000mm, 单击“确定”图标按钮, 其完成图如图 1-11b 所示。

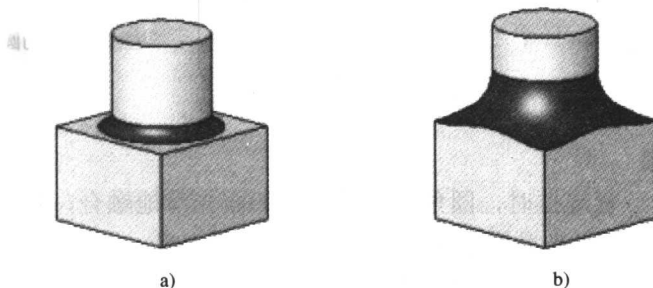


图 1-11 圆角半径不同时的圆角效果

a) 圆角半径为 8mm b) 圆角半径为 20mm

重复上述步骤，修改圆角半径为 25.00000mm，单击“确定”图标按钮，则出现出错对话框，如图 1-12 所示。

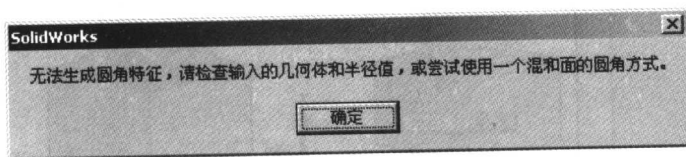


图 1-12 圆角出错对话框

根据滚球倒角（硬倒角）的基本原理，不难构想出圆角半径为 20mm 的示意图，如图 1-13 所示。之所以会出错，是因为图中的半透明面是滚球的实际路径，请特别留意右下分屏，在已经满足 $R20\text{mm}$ 处的外部形成了蓝色小三角形区域，如果您选的倒角半径太大，超过了中心到方体的顶点的距离，小三角区域就会消失，所以此时的 SolidWorks 便无法计算出结果了。因为要保持的面不见了。SolidWorks 必须知道与哪个邻面可满足倒角 20mm，哪怕事先削去三个角，只要有一个角存在，SolidWorks 就能找到那个需要保持的面。

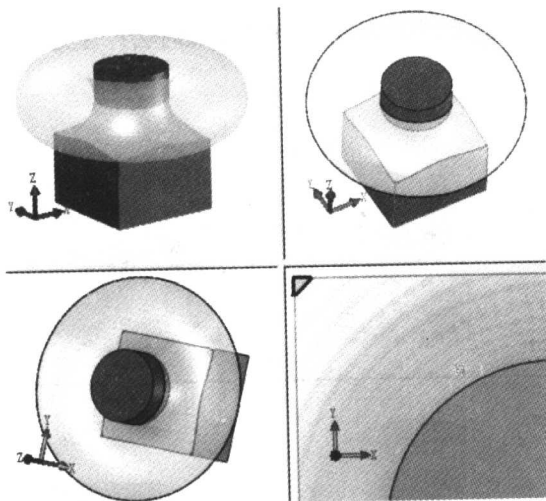


图 1-13 保持曲面的原理示意图

在未达到正方体的边线时，“保持边线”和“保持曲面”的结果是一样的。现在我们来对比一下圆角半径为 20mm 的超过正方体边线的圆角特征，一个为“保持曲面”，另一个为“保持边线”，如图 1-14 和图 1-15 所示。

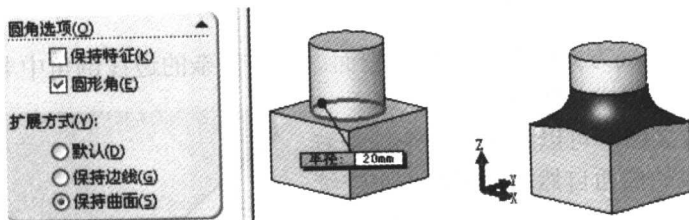


图 1-14 保持曲面的圆角

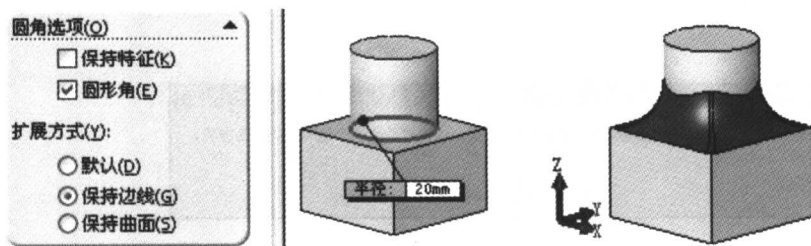


图 1-15 保持边线的圆角

6. 保持边线选项

选择“保持边线”复选框时，保持邻近的直线形边线的完整性。但圆角曲面断裂成分离的曲面，在许多情况下，圆角的顶部边线中会有沉陷。

保持边线的原理示意图如图 1-16 所示。可以看出其与保持曲面的原理示意图在圆柱体上方和圆柱体的下方是不同的。当圆角半径增加到一定程度时，将不能保持正方体的边长为 57mm 时，便无法生成圆角。因为在差不多到消失点时会产生过分扭曲（甚至重叠）的情况而无法计算。

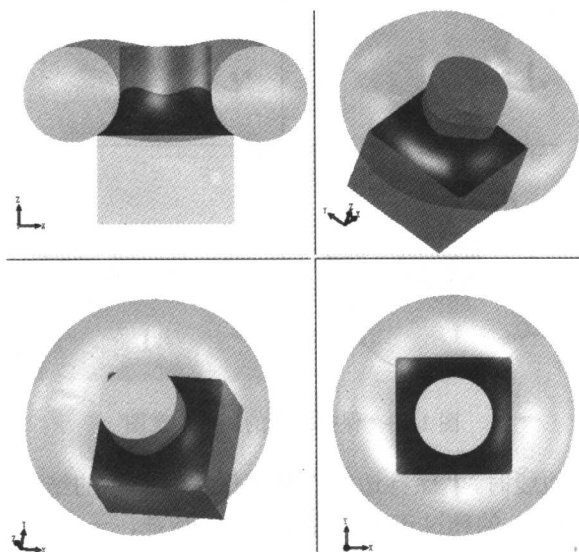


图 1-16 保持边线的原理示意图

由完成图可以看到保持边线方式中的圆角有碎裂面。这在复杂的边线倒角中非常常见。为什么保持边线的倒角面会破碎成几块呢？

观察图 1-17 所示的放大图形可以看出，一个球沿着图中粗实线的轨迹走，生成的曲面自然不可能是一个连续的面。因此用保持边线方式生成圆角后，通常要进行删除面的操作。

现在做一个变半径 $R5 \sim R20\text{mm}$ 的倒圆角，其参数设

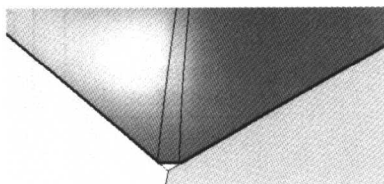


图 1-17 保持边线局部放大图

置及完成图如图 1-18 所示。

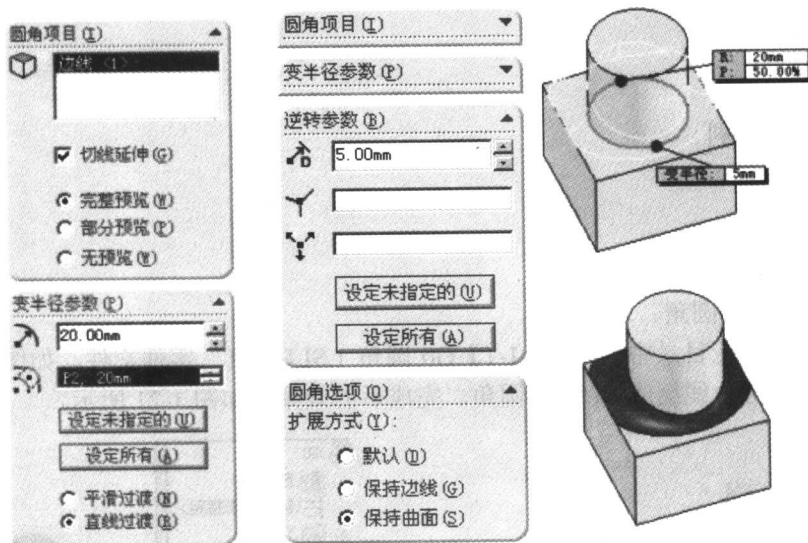


图 1-18 变半径圆角

其原理示意图如图 1-19 所示。

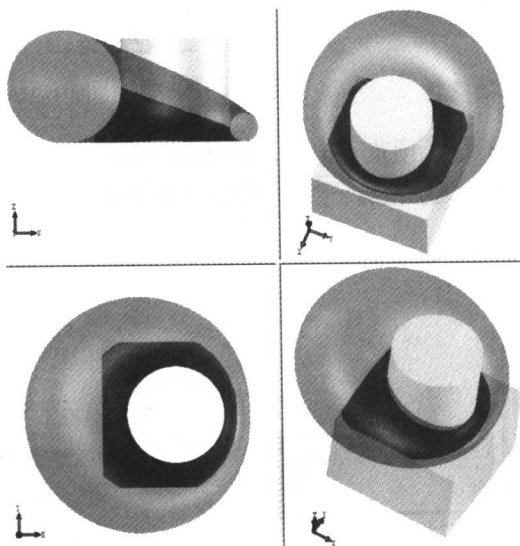


图 1-19 变半径圆角原理示意图

请读者参考“12 圆角原理示意图.SLDRPT”，文件，制作变半径 $R5 \sim R20\text{mm}$ 倒圆角保持边线的圆角的原理示意图，以加深理解。

7. 默认选项

选择“保持曲面”复选框时，当圆角表面超过相邻面时，系统选择适当的方法来生成