

# 教 案

2025—2026 学年第一学期

课程名称 产品三维设计

专业班级 工业机器人技术（三加证  
书）241

总学 时 54 学时

任课教师 陈 国 贵

## 课程基本信息

课程名称	产品三维设计			
课程性质	专业必修	学分	3	
学时	总学时：54 学时 其中：课堂讲授 0 学时；实训/实验 54 学时；线上教学 学时			
开课部门	机电工程系	任课教师	陈国贵	
授课专业、班级	工业机器人技术（三加证书）241	开课学期	2025-2026 第一学期	
成绩评定	平时成绩占 40 %；期末成绩占 60 %	考核方式	考查	
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
	UG NX12.0 边学边练实例教程	周建光	人民邮电出版社	2020 年
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	<p>本课程是机械设计制造及其自动化专业所开设的必修专业课之一，是一门理论联系实际、应用性较强的课程。本课程在教学内容方面着重基础知识基本操作的训练，培养学生会用 UG NX 软件进行产品设计开发培养学生独立分析问题，解决问题的能力；为适应企业的生产和发展打下坚实基础。</p>			
课程 教学目标	<p>学生能够熟练运用 NX 进行一般复杂程度的机械产品设计，学生正确的掌握零件与产品设计的 3D 建模的操作技能，增强学生实体建模的操作技能，增强对实体建模与装配工具灵活性的了解及在真实世界产品开发协作中的应用。要求能够熟练掌握触摸屏的连接和编程方法。</p> <p>了解现代先进的 CAD/CAM 技术应用的情况，重点是培养学生会用 UG NX 软件进行产品设计开发，包括有基本的零件建模、零件装配、工程图等。。</p> <p>职业素养：通过各类产品造型设计的建模训练，培养学生相应的方法能力、相互沟通和团队协作的能力。</p>			
素质(思政)内容与要求	<p>1.养成良好的产品设计习惯；</p> <p>2.培养工匠精神，从简单设计开始，持之以恒，循序渐进，勤奋练习,成为优秀的产品三维造型设计人才；</p> <p>3.培养学生一丝不苟、精益求精的设计理念。</p>			
学生用主要参考资料	<p>陈丽华.UG·NX·12.0 产品建模实例教程[M].北京:电子工业出版社,2020.7</p> <p>刘生等.UG·NX12 中文版从入门到精通[M].北京:人民邮电出版社,2020.05</p> <p>朱光力等.UGNX10.0 边学边练实例教程 M,北京:人民邮电出版社, 2018.01</p> <p>叶国华、刘昌丽.UG:NX12 中文版完全自学手册[[M].北京:人民邮电出版社,2019.6</p>			

## 《产品三维设计》 授课教案（首页）

<b>课程代码</b>	159469		<b>课程名称</b>	产品三维设计			
<b>总学时</b>	54	<b>理论学时</b>	0	<b>上机学时</b>	54	<b>学分</b>	3
<b>课程性质</b>	专业基础课			<b>课程类别</b>	考查		
<b>授课地点</b>	教研楼 901						
<b>授课班级</b>	工业机器人技术（三加证书） 241			<b>学生人数</b>	25		
<b>课程地位与作用</b>	<p>本课程是机械设计制造及其自动化专业生所开设的必修专业课之一，是一门理论联系实际、应用性较强的课程。本课程在教学内容方面着重基础知识基本操作的训练，培养学生会用 UG NX 软件进行产品设计开发培养学生独立分析问题，解决问题的能力；为适应企业的生产和发展打下坚实基础。</p>						
<b>教学目标</b>	<p>1、学生能够熟练运用 NX 进行一般复杂程度的机械产品设计，学生正确的掌握零件与产品设计的 3D 建模的操作技能，增强学生实体建模的操作技能，增强对实体建模与装配工具灵活性的了解及在真实世界产品开发协作中的应用。</p> <p>2、了解现代先进的 CAD/CAM 技术的应用的情况，重点是培养学生会用 UG NX 软件进行产品设计开发，包括有基本的零件建模、零件装配、工程图等。</p> <p>（3）职业素养：通过各类产品造型设计的建模训练，培养学生相应的方法能力、相互沟通和团队协作的能力。</p>						
<b>授课内容</b>	<p>该课程主要讲授：1、熟悉 UG NX 软件建模用户界面操作；2、基础建模，通过熟悉绘图基础、体素特征与布尔运算、扫描特征、参考特征、成形特征、特征操作、特征编辑进行产品三维建模。</p>						
<b>选用教材</b>	《UG 三维造型设计》 哈尔滨工程大学出版社，2020.8 年版						
<b>多媒体课件</b>	PPT 和 PDF 课件资料						
<b>考核方法</b>	开卷考试						

<b>成绩评定</b>	百分制。 评分比例： 40%（平时）， 60%（期末）。

### 学时分配

序号	教学内容	参考学时
1	项目一 UG NX 软件应用基础	4
2	项目二 草图设计	12
3	项目三 基准特征与实体建模基础	10
4	项目四 曲面建模	12
5	项目五 表达式创建与机械零件建模工程实例	16
总计		54

# 项目一：UG NX 应用基础

## 一、教学目标：

1. 了解国内外工业设计软件的发展、版本情况；
2. 了解 UG NX 系统的用户界面；
3. 掌握 UG NX 系统的文件操作、视图操作、对象显示、对象选择、坐标系操作等。

## 二、教学重点

1. 具备正确的菜单、工具命令选用能力；
2. 具备合理运用工具命令的能力。

## 3、教学难点

具备经典工具条界面和功能区界面定制工具条命令。

## 4、素质(思政)内容与要求

在国产软件内容上注重融入爱国主义教育元素，引导学生树立正确的价值观和世界观。

## 5、教学手段：

讲授 、演示、提问

## 6、学时数

4 学时

# 项目一：UG NX 应用基础

## UG NX 概述

UG 软件是集 CAD/CAE/CAM 一体化的三维参数化软件，它的发展过程代表了图形软件的开发从探索走向成熟的过程，显示了 CAD/CAM/CAE 技术应用的不断深入。它是当今世界最先进的计算机辅助设计、分析和制造软件，广泛应用于航空、航天、汽车、造船、通用机械和电子等工业领域。本书将为你介绍 UGS 公司发布的 UG 软件——UG V17，带你走进一个功能完备的造型世界。

### 1.1 UG NX 的特点

Unigraphics 英 [ˌʌnɪg'ræfɪks] 美 [ˌʌnɪg'ræfɪks] Solutions 公司（简称 UGS）是全球领先的 MCAD 供应商，主要为汽车与交通、航空航天、日用消费品、通用机械以及电子工业等领域通过其虚拟产品开发(VPD)的理念提供多级化的、集成的、企业级的包括软件产品与服务在内的完整的 MCAD 解决方案。

公司自 1962 年创立以来，一直致力于改善用户的产品开发环境，将信息转化成易于共享的数字化知识，为机械制造企业包括满足从设计、分析到制造应用的 Unigraphics 软件、基于 Windows 平台灵活实用的设计与制图产品 Solid Edge、集团级产品数据管理系统 iMAN、先进的产品可视化技术 ProductVision 以及被业界广泛使用的高精度边界表示的实体建模核心 Parasolid 在内的全线产品。同时，公司还可根据每个用户提出的不同需求，提供系统开发、系统集成、系统管理及过程管理的产品及服务。

经过 20 多年的发展，UG 软件现已成为世界一流的集成化机械 CAD/CAM/CAE 软件，广泛应用于航空、航天、汽车、通用机械、模具和家用电器等领域。许多世界著名公司均选用 UG 作为企业计算机辅助设计、制造和分析的标准。如美国通用汽车公司、波音飞机公司、贝尔直升机公司、英国宇航公司、普惠发动机公司等都以 UG 作为企业产品开发的软件平台。UG 软件自 1990 年进入中国市场以来，以其先进的理论基础、强大的工程背景、完善的功能和专业化的技术服务赢得了广大的中国 CAD/CAM 用户。目前 UG 软件拥有中国用户 1500 多家，装机 8000 多台套，在航空、汽车、模具和家用电器领域应用非常广泛，成为我国高档 CAD/CAM/AE 系统的主流产品。

Unigraphics CAD/CAM/CAE 系统提供了一个基于过程的产品设计环境，使产品开发从设计到加工真正实现了数据的无缝集成，从而优化了企业的产品设计与制造。UG 面向过程驱动的技术是虚拟产品开发的关键技术，在面向过程驱动技术的环境中，用户的全部产品以及精确的数据模型能够在产品开发全过程的各个环节保持相关，从而有效地实现了并行工程。

该软件不仅具有强大的实体造型、曲面造型、虚拟装配和产生工程图等设计功能；而且，在设计过程中可进行有限元分析、机构运动分析、动力学分析和仿真模拟，提高设计的可靠性；同时，可用建立的三维模型直接生成数控代码，用于产品的加工，其后处理程序支持多种类型数控机床。另外它所提供的二次开发语言 UG/OPen GRIP，UG/open API 简单易学，实现功能多，便于用户开发专用 CAD 系统。具体来说，该软件具有以下特点：

1. 具有统一的数据库，真正实现了 CAD/CAE/CAM 等各模块之间的无数据交换的自由切换，可实施并行工程。

2. 采用复合建模技术，可将实体建模、曲面建模、线框建模、显示几何建模与参数化建模融为一体。

3. 用基于特征（如孔、凸台、型腔、槽沟、倒角等）的建模和编辑方法作为实体造型基础，形象直观，类似于工程师传统的设计办法，并能用参数驱动。

4. 曲面设计采用非均匀有理 B 样条作基础, 可用多种方法生成复杂的曲面, 特别适合于汽车外形设计、汽轮机叶片设计等复杂曲面造型。

5. 出图功能强, 可十分方便地从三维实体模型直接生成二维工程图。能按 ISO 标准和国标标注尺寸、形位公差和汉字说明等。并能直接对实体做旋转剖、阶梯剖和轴测图挖切生成各种剖视图, 增强了绘制工程图的实用性。

6. 以 Parasolid 为实体建模的核心, 实体造型功能处于领先地位。目前著名 CAD/CAE/CAM 软件均以此作为实体造型基础。

7. 提供了界面良好的二次开发工具 GRIP (GRAPHICAL INTERACTIVE PROGRAMING) 和 UFUNC (USER FUNCTION), 并能通过高级语言接口, 使 UG 的图形功能与高级语言的计算功能紧密结合起来。

8. 具有良好的用户介面, 在 UG 系统中, 绝大多数功能都可通过图标实现; 进行对象操作时, 具有自动推理功能; 同时, 在每个操作步骤中, 都有相应的提示信息, 便于用户做出正确的选择。

## 1.2 UG 功能模块介绍

功能强大的 UG 软件是由大量的功能模块所组成的。在 UG V17 版本中, 共有 60 多个功能模块, 下面对一些常用的 UG 功能模块进行一下简单的介绍。

### 1.2.1 UG/入口 (UG/Gateway)

该模块是连接所有 UG 模块的基础。它支持一些关键操作, 如打开存在的 UG 零部件文件、创建新的零部件文件、绘制工程图以及输入、输出各种不同格式的文件。同时该模块还提供层控制、视图定义、屏幕布局、消隐/再现对象和在线帮助功能。另外, 在该模块中, 可以进行导航、动画、实体和表面模型着色等高级可视化操作。

### 1.2.2 CAD 模块

#### 1. UG/实体建模 (UG/Solid Modeling)

该模块将基于约束的特征建模和显式几何建模方法无缝的结合起来, 提供了强有力的“复合建模”工具, 使用户可以充分利用传统的实体、面、线框造型优势。在该模块中, 可建立二维和三维线框模型、扫描和旋转实体以及进行布尔运算及参数化编辑。另外, 该模块还提供用于快速概念设计的草图工具和一些通用的建模、编辑工具。

#### 2. UG/特征建模 (UG/Features Modeling)

该模块用工程特征定义设计信息, 并提供了多种标准的设计特征, 如孔、槽、型腔、凸台、柱体、块体、锥体、球体、管道体、倒圆角和倒直角等, 还可挖空实体建立薄壁件。各设计特征可以用参数化定义, 其尺寸大小和位置均可以被编辑。用户自定义特征会存储在公共目录下, 可以被添加到其它设计模型中。各特征可相对于其它特征或实体定位, 也可被引用来建立相关特征组。

#### 3. UG/自由曲面建模 (UG/Freeform Modeling)

该模块用于建立复杂的曲面形状, 如机翼、进气道和其它工业产品的造型设计。它将实体建模和曲面建模的技术合并, 组成一个功能强大的建模工具组。此建模技术

包括沿曲线扫描，用标准二次曲线建立二次曲面体，并能在两个或更多实体间用桥接的方式建立光滑的连接曲面。它还可以用逆向工程的方法，通过曲线/点网格定义曲面和通过点集来拟合曲面。另外，用户还可以通过修改所定义的曲线、改变参数值和用数学规律来编辑已存在的曲面或实体模型。

#### 4. UG/用户自定义特征 (UG/User-Defined Features)

该模块用自定义特征的方式建立零件族，易于用户进行调用和编辑。它提供了一些常用工具，如允许用存在的参数化实体模型建立特征参数之间的关系，定义特征变量、设置省缺值，以及确定调用特征时所采用的一般形式等工具。用户自定义特征建立以后，被存放在一个目录中，可供用户访问。当用户自定义特征被加入到设计模型后，可用常规的特征编辑方法对该模型的参数进行编辑修改。

#### 5. UG/工程制图 (U/Drafting 英 ['dra:ftɪŋ] 美 ['dræftɪŋ])

该模块使设计人员可以方便的获得与三维实体模型完全相关的二维工程图。并保证了随实体模型的变化，同步更新工程图中的尺寸、消隐线和相关视图，减少了因三维模型改变更新二维工程图所需的时间。自动视图布局功能可快速布局二维视图，包括正交投影视图、轴侧视图、剖视图、辅助视图和局部放大视图等。另外它还提供了一套基于工程图菜单的标注工具，利用模型数据，可以自动沿用相关模型的尺寸和公差，大大节省了标注的时间。UG/Drafting 支持工业上颁布的主要制图标准，如 ANSI/ASME、ISO、DIN、JIS 和我国的 GB 标准。

#### 6. UG/装配建模 (UG/Assembly Modeling)

该模块提供了并行的、自上而下和自下而上的产品开发方法。在装配过程中，可以进行零部件的设计和编辑。零部件可灵活地配对和定位，并保持其关联性。装配体的参数化建模还可以描述各部件之间的配对关系。这种体系结构允许建立非常庞大的产品结构，并在各设计组之间进行共享，使产品开发组成员能够并行工作。

#### 7. UG/高级装配 (UG/Advanced Assemblies)

UG 高级装配模块提供了数据装载控制功能，允许用户对装配结构中的部件进行过滤分析，可以管理、共享和评估数字模型，以完成一个复杂产品的全数字化装配过程。它提供的各种工具可对整个产品、指定的子系统或零件进行装配分析和质量管理。在进行间隙检测的过程中，其检测结果可保存备用。在需要的时候，该模块还可对硬干涉进行精确定位。当要对一个大型产品的部分结构进行修改时，该功能还可以定义区域和组件集，以便于快速修改。

#### 8. UG/虚拟现实 (UG/Reality) 和 UG/漫游 (UG/Fly-Through)

这两个模块提供了分布式工具、并行可视化工具和虚拟产品模拟化工具。这些模块利用高级装配来精确显示模型和进行动态干涉检查。UG/Reality 在对产品功能方面进行实时模拟的同时可对产品进行评估，能根据部件的运动、装配的步骤和在部件内部的漫游建立动画。UG/Reality 允许建立运动副、显示连接处的滑动或转动部件，并模仿真实运动，对装配行为和装配顺序提出建议。UG/Fly-Through 技术可进行部件运动过程

的动画重放，多个用户可以同时观察虚拟产品，并能与其它部门一起评审设计方案。

#### 9. UG/工业造型设计（UG/Studio for DeSign）

该模块提供了三大功能可用于产品的概念设计。其高级图形工具 **Studio Visualize**，通过选择质量等级、光源、阴影和工程材料等参数，可以制作出精美的产品图像，从而加强了 CAD 模型的视觉效果。其自由形状功能（**Studio Freeform**），可对曲面进行变形和变换处理，使其能方便的创建复杂的模型。其动态评估功能（**Studio Analyze**），可对自由几何形状进行分析和评估。

#### 10. UG/WAVE

UG/WAVE 提供了一个参数化产品开发平台，它将概念设计与详细设计贯穿到整个产品的设计过程。WAVE 技术可对产品设计进行定义、控制和评估，通过定义几何形体框架和关键设计变量，表达产品的概念设计，通过参数化的编辑控制结构，使不同的设计概念可以被迅速地分析和评估。控制结构中的关键几何模型，可链接拷贝到经过详细设计的产品装配中。这样，在后续的产品开发过程中，允许高级概念设计中的变化与整个产品设计改变相关联。

除以上 CAD 模块之外，UG 还有标准件库系统（UG/FAST）和几何公差（UG/Geometric Tolerancing）等设计模块。

### 1.2.3 CAM 模块

#### 1. UG/CAM 基础（UG/CAM Base）

该模块是连接 UG 所有加工模块的基础。用户可以在图形方式下通过观察刀具运动，用图形来编辑刀具的运动轨迹，其中有延伸、缩短和修改刀具轨迹等编辑功能。针对钻孔、攻螺纹和镗孔等，它还提供了点位加工程序。使用操作模板可进一步提高用户化水平，如允许用户建立粗加工、半精加工等专门的样板子程序。

#### 2. UG/后置处理（UG/Postprocessing）

应用该模块，用户可针对大多数数控机床建立自己的后置处理程序。其后处理功能包含了铣削加工、车削加工和线切割加工等实际应用的检验程序。

#### 3. UG/车削加工（UG/Lathe）

该模块提供了回转类零件加工所需要的全部功能。零件的几何模型和刀具轨迹完全相关，刀具轨迹能随几何模型的改变而自动更新。它包含了粗车、多次走刀精车、车沟槽、车螺纹和打中心孔等功能。输出的刀位源文件可直接进行后处理，产生机床可读的输出文件。用户还可控制进给量、转速和吃刀深度等参数，若不修改，这些参数将保持原有数值。还可通过屏幕显示刀具轨迹，以方便对数控程序进行模拟，检测参数设置是否正确，并可用文本格式输出所生成的刀位源文件。对于刀位源文件，用户可以存储、删除或按要求修改这些文件。

#### 4. UG/型芯和型腔铣削（UG/Core & Cavity Milling）

该模块对汽车和消费品行业中的模具加工特别有用。它提供粗切单个或多个型腔、沿任意形状切去大量毛坯余量和可加工出型芯的全部功能。最突出的功能是对形状非常复杂的表面产生刀具运动轨迹，确定走刀方式。当 UG/Core & Cavity Milling 检测到异常的型腔面时，它或是修改，或是在用户规定的公差范围内加工出型腔。

#### 5. UG/固定轴铣削 (UG/Fixed-Axis Milling)

该模块用于产生 3 轴运动的刀具路径。实际上，它能加工任何曲面模型和实体模型，提供了多种驱动方法和走刀方式，如沿边界、径向、螺旋线以及沿用户定义的方向驱动。在边界驱动方法中，又可以选择同心圆和径向等多种走刀方式。此外，它还可以控制逆铣和顺铣切削，以及沿螺旋路线进刀等。同时，它还能识别前道工序未能切除的区域和陡峭区，以使用户进一步清理这些地方。该模块还可以模仿刀具路径，产生刀位文件。

#### 6. UG/清根切削 (UG/Flow Cut)

UG/Flow Cut 模块能节省半精加工或精加工的处理时间。这一模块与 UG/Fixed Axis Milling 模块结合，以加工参数为基础，可以分析零件的加工面（型腔的凹处或拐角），检测所有双相切条件。用户可以指定刀具，利用双相切条件来定义驱动轨迹，并自动在这些区域内用一次走刀或多次走刀移去未被切除的材料。当加工复杂的型芯和型腔时，此模块将减小精加工零件的表面积，以获得均匀的加工余量。

#### 7. UG/可变轴铣削 (UG/Variable-Axis Milling)

该模块提供了用固定轴和多轴铣加工任意曲面的功能，用户可用任意曲线或点来控制刀具的运动轨迹。

#### 8. UG/顺序铣削 (UG/Sequential Milling)

该模块用于在切削过程中须对刀具每一步路径生成都要进行控制的场合。它与几何模型完全相关，又用交互方式，可以逐段地建立刀具路径，但处理过程的每一步都要受总控制的约束。其循环功能允许用户通过定义轮廓的里边和外边，在曲面上进行多次走刀加工，并生成中间各步的加工程序。

此外，UG 的 CAM 部分还有制造资源管理系统 (UG/Genius)、切削仿真 (VERICUT)、线切割 (UG/Wire EDM)、图形刀轨编辑器 (UG/Graphical Tool Path Editor)、机床仿真 (UG/Unisim)、NURBS (B 样条) 轨迹生成器 (NURBS (B-Spline) PathGenerator) 等加工模块。

### 1.2.4 CAE 模块

#### 1. UG/有限元分析 (UG/Scenario for Structure)

该模块是一个集成的 CAE 工具，它能将几何模型转换为有限元分析模型，快捷地对 UG 的零件和装配进行前、后置处理。它与求解器 UG/FEA 集成，可以进行线性静力分析、模态分析和稳态分析。有限元分析作为设计过程的一个集成部分，用于评估各种设计方案。其分析结果可以优化产品设计、提高产品质量、缩短产品上市的时间。

该模块含有限元分析求解器 UG/FEA，它提供了广泛的求解类型，包括线性静力、标准模态、稳态热传递和线性屈服分析，同时还支持装配部件，包括间隙单元的分析，并可对薄壁结构和梁的尺寸进行优化。UG/FEA 支持各向同性和各向异性的材料类型。

## 2. UG/机构学 (UG/Scenario for Motion)

该模块能对任何二维或三维机构进行复杂的运动学分析、动力学分析和设计仿真，可以完成大量的装配分析工作，如最小距离、干涉检查和轨迹包络等。其交互式运动学模式允许用户同时控制 5 个运动副，可以分析反作用力，并用图形表示各构件位移、速度、加速度的相互关系。同时，反作用力可输出到有限元分析模块中。该模块支持丰富的机构运动副单元库，嵌入其中的是 Mechanical Dynamics 公司 (MDI) 的求解器 ADAMS/Kinematics。同时，对于复杂问题，它能为 MDI 的全部动态求解器 ADAMS/Solver 建立输入文件。

## 3. UG/注塑模分析 (UG/MF Part Adviser)

该模块是一个集成在 UG 中的注塑模分析系统，具有前处理、解算和后处理能力，并提供了在线求解器和完整的材料数据库。分析结果是动态显示注塑过程中的流动、填充时间、焊线位置、气井、填充的可靠度、注塑模压力和降温过程。使用该模块可以帮助模具设计人员确定注塑模设计是否合理，不合适的注塑模几何体会被很容易地检查出来并给予修正，从而生产出高质量的注塑模。

### 1.2.5 钣金模块 (Sheet Metal)

#### 1. UG/钣金件设计 (UG/Sheet Metal Design)

该模块包括一组成形设计特征，用于钣金产品的展开、压模和剪切。这些特征使设计人员能够以准确的变形图来定义和模拟加工工序。

#### 2. UG/钣金制造 (UG/Sheet Metal Fabrication)

对用 UG/Modeling 软件设计的钣金件，此模块提供了从转塔式多工位冲压到激光切割的功能。用户可对带圆孔和矩形孔特征的钣金件冲压进行自动编程，同时用户也可对冲压操作进行交互式编程。

#### 3. UG/钣金件排样 (UG/Sheet Metal Nesting)

该模块可在一块毛坯板料上对若干品种的零件进行多种优化排样。用户只需提供零件的种类、每种零件的数量以及所用板料的规格，系统即可进行“自动排样”，并对不同的组合布置进行择优选择。该模块还能优化冲压工序，减少刀具更换，使冲压零件时板材重定位最少。用户还可以在交互式图形方式下直接在板材上进行排样。

#### 4. UG/高级钣金设计 (UG/Advanced Sheet Metal Design)

该模块提供的成型设计特征和工具可用于复杂钣金产品的压模、拉模和成型等操作。这些特征在汽车、航空、航天及消费产品中经常见到，如曲线弯曲边缘等。另

外，该模块还提供了一个展平钣金零件的工具。

## 5. UG/钣金冲模工程 (UG/Sheet Metal Die Engineering)

该模块为设计冲模面提供了一组建立成形裁剪边、边料、组合件的工具。在成型过程中，这种工具对于分析模具截面、边料和组合件是非常有效的。

### 1.2.6 管道与布线模块

#### 1. 走线模块

走线模块包含了 UG/Routing、UG/Tubing、UG/Piping、UG/Conduit 和 UG/Steelwork 等功能。可以完成管道、管路、导槽、导线、电缆管道、水道和钢结构装配件的建立。

#### 2. UG/电气布线 (UG/Harness)

该模块可在复杂的装配件内自动完成电气配件设计。它能在装配件中查找部件的连接关系，然后精确计算三维导线长度、估算电气布线的线束直径，并将生成的线束用三维表示，以进行间隙分析。同时还能将三维电气布线展平。

### 1.2.7 UG 其他模块

除了以上介绍的常用模块外，UG 还有其他一些功能模块。如供用户定制菜单的 UG/Open Menu Script 模块；供用户构造 UG 风格对话框的用户界面设计模块 (UG/Open UIStyler)；供用户进行二次开发的，由 UG/Open GRIP、UG/Open API 和 UG/Open++组成的 UG 开发模块 (UG/Open)；以及数据交换模块、快速成型模块和由检验、检测和逆向工程组成的质量工程应用模块等。

## 1.3 UG 的安装

对于不同的硬件平台，UG 安装对软件和硬件要求是不同的。UG 软件有工作站版和微机版两种，分别运行在 UNIX 和 Windows 2000/Windows NT 操作系统下。

### 1.3.1 安装 UG 系统的要求

下面以微机版为例，说明安装 UG 系统的软件和硬件的要求

#### 1. 硬件要求

CPU: Pentium II 266 以上。

内存: 64MB 以上。

硬盘: 4GB 以上。

显示卡: 支持 Open\_GL 的 3D 图形加速卡，800×600 以上的分辨率，真彩色，8MB 以上的显示缓存。

显示器: 支持 800×600 以上的分辨率。

光驱: 4 速以上的光驱。

网卡：以太网卡（无网卡可以也按照 1.3.3 节介绍的方式来安装 UG 系统）。

其它：根据需要配置的图形输出设备。

## 2. 软件要求

操作系统：Windows NT 4.0 以上的 Workstation 或 Server 版均可，并安装 SP3（Windows NT 补丁）以上，或者是 Windows 2000 操作系统。

硬盘格式：采用 NTFS 格式。

网络协议：安装 TCP/IP 协议。

显示卡驱动程序：配置分辨率为 800×600 以上的真彩色。

## 1.3.2 UG 系统的安装

下面以 UG V17 在 Windows 2000 下的安装过程为例，说明其具体安装步骤。

1. 以系统管理员的身份登陆 Windows 2000 系统。把第一张安装光盘根目下的“ugv170.dat”文件拷贝到硬盘某目录下（这里为 G 盘根目录），并去掉它的“只读”文件属性。

2. 运行 UG 安装盘中 UG V170 目录下的 Setup 程序。

3. 接着会出现如图 1.1 所示的安装选项对话框，它有四个选项。

- Configure：只配置 UG 系统的许可文件，不安装 UG 软件系统。
- Custom：自定义安装选项。
- License Server：仅作为许可服务器。
- Typical：典型安装，只安装基本套装软件（IDES 及 DXF 等模块需要另行安装）。

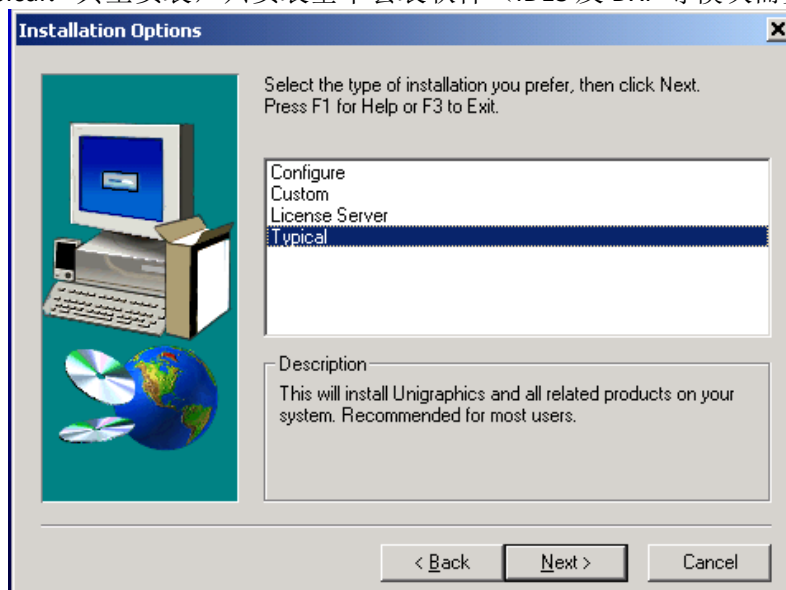


图 1.1 安装选项对话框

如果用户比较熟悉 UG 系统的各个模块或者有自己应用的特殊要求，可以选择

“Custom”安装方式来进行安装。这时单击“Next”按钮，会出现如图 1.2 所示的对话框，在这里用户可以自己来定制将要安装的 UG 系统及其各个模块。下面我们选择“Typical”安装方式来进行以后的安装操作。

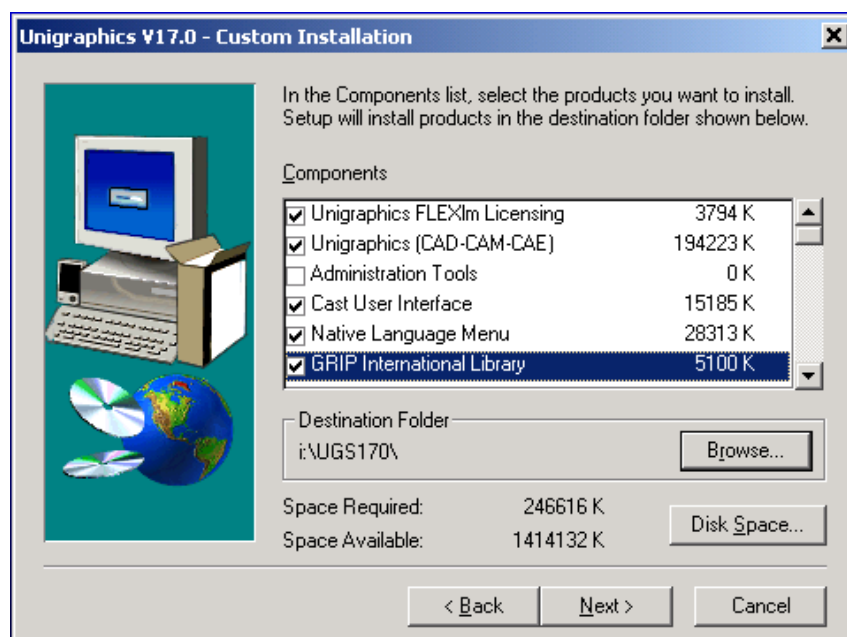


图 1.2 用户自定义安装对话框

4. 选择“Typical”安装方式并单击“Next”按钮后，会出现如图 1.3 所示的 License 类型设置对话框。其中有如下四个选项，在这里我们选择“Both”选项。

- Server: 当前机器只用作许可文件验证服务器，不运行 UG 系统。
- Client: 当前机器将执行浮动的许可文件验证，本地不安装许可文件。
- Both: 当前机器既作为许可文件验证服务器，又要运行 UG 系统。
- Bypass: 安装 UG，跳过对许可文件的配置。

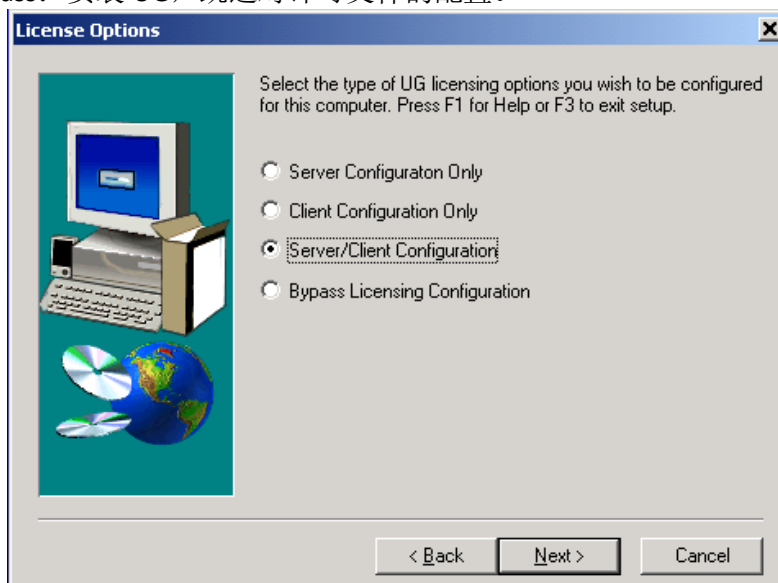


图 1.3 License 类型设置对话框

5. 单击“Next”按钮后，会出现如图 1.4 所示的对话框，让用户指定 License 文件的位置。这里将路径设置为步骤 1 中 ugv170.dat 文件所复制的目录，即

“g:\ugv170.dat”。

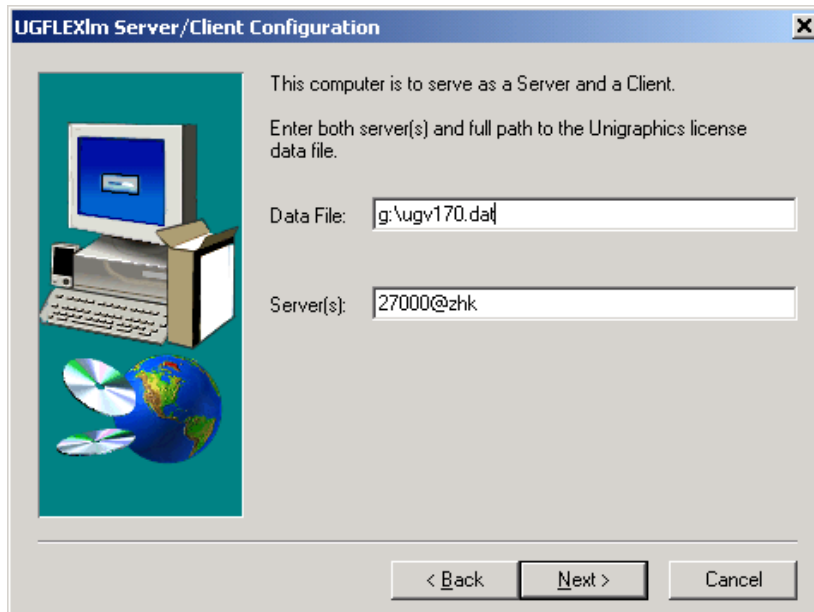


图 1.4 设置 License 文件的路径

6. 单击“Next”按钮后，开始 UG 系统的安装。安装完成后，根据提示重新启动计算机。

7. 完成安装后，修改你的 UG 安装目录 UGS170 中 UGFLEXLM 目录下的 ugv170.dat 中的主机名为你自己的主机名（如图 1.5 所示，将文件第一行中的“hostname”改为当前的机器名）。

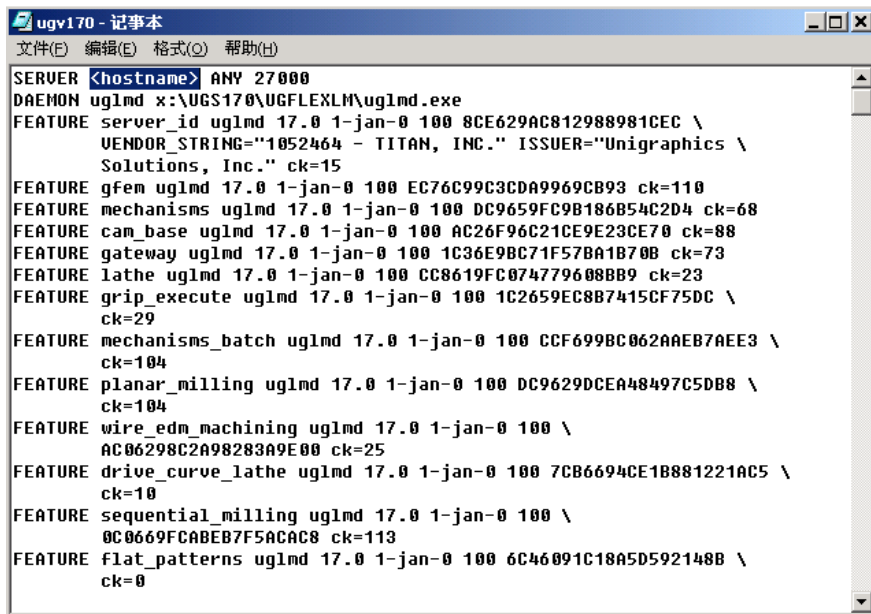


图 1.5 修改 ugv170.dat 文件

8. 完成了以上的设置后，就可运行 UG V17 软件了。

### 1.3.3 无网卡安装方式

如果你的机器没有网卡，你可以选用免网卡的安装方式，并按照下面的步骤安装 UG V17 系统。

#### 1. MS loopback 虚拟网卡的安装

虽然本版本不要一块真的网卡，但必须安装 MS loopback 卡。进入控制面板，启动“添加/删除硬件”图标，按照向导提示，进入如图 1.6 所示的网卡安装向导对话框，在“制造商”列表中选择“Microsoft”，再从右边“网卡”列表中选择“Microsoft Loopback Adapter”，接着按向导提示完成对“MS loopback 网卡”的安装。

#### 2. 重新启动电脑。再按照前面介绍的一般安装方式来安装 UG 系统。

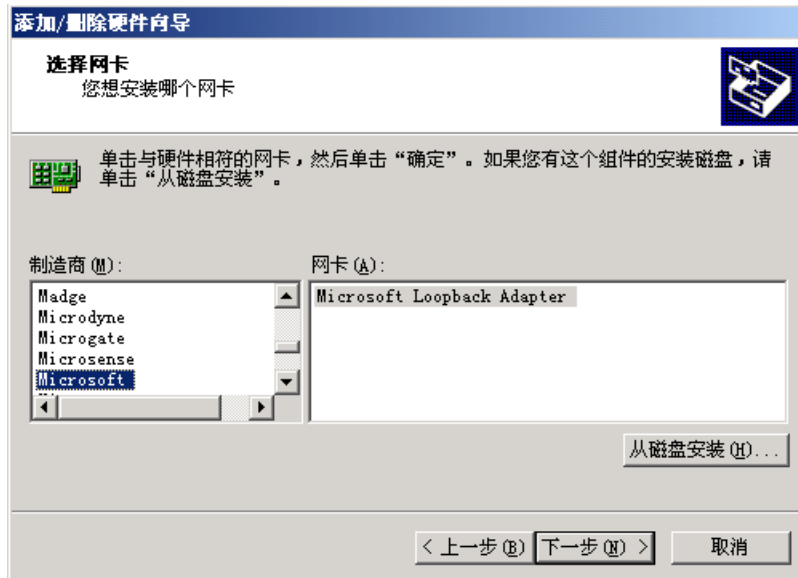


图 1.6 网卡安装对话框

## 1.4 UG 的用户化设置

在 UG 软件安装完成后，用户可以针对自己的需要或是工作的要求，对 UG 运行环境和 UG 的省缺参数进行设置，以满足自己的要求。

### 1.4.1 设置 UG 环境配置

在 Windows 2000 中，软件系统的工作路径是由系统注册表和环境变量来设置的。UG 安装以后，会自动建立一些系统环境变量，如 UGFLEXLM\_DIR、UGII\_BASE\_DIR、UGII\_TMP\_DIR 和 UGII\_LICENSE\_FILE 等。如果用户要添加环境变量，可以打开控制面板，双击系统，在系统对话框中选择“高级”选项卡，单击“环境变量”按钮，会弹出如图 1.7 所示的环境变量对话框，在其中来进行环境变量的设置。

另外，UG 本身也带有环境变量设置文件“ugii\_env.dat”，该文件位于 UG 安装主目录的 UGII 子目录下，它用来设置运行 UG 的相关参数，如定义用户工具菜单、定义文件的路径、Pattem 文件的目录、机床数据文件存放路径、省缺参数设置文件、UG 使用的省缺字体等。设置方法是用记事本打开“ugii\_env.dat”，找到所要修改参数的位

置，进行修改即可。

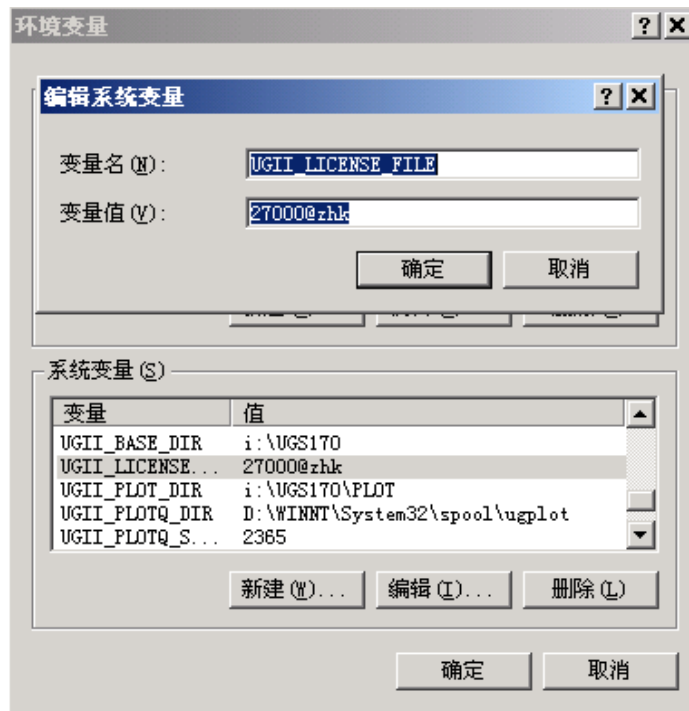


图 1.7 环境变量的设置

例如要设置 UG 的省缺参数设置文件为“ug\_metric.def”，则在“ugii\_env.dat”找到 UGII\_DEFAULTS\_FILE 的位置，并按以下格式输入：

```
UGII_DEFAULTS_FILE = ${UGII_BASE_DIR}\ugii\ug_metric.def
```

如果要在 Drafting 模式的“Insert”下拉菜单中显示表面粗糙度菜单命令“Surface Finish Symbol”，应在“ugii\_env.dat”文件中找到 UGII\_SURFACE\_FINISH，将其设置为：

```
UGII_SURFACE_FINISH = ON
```

#### 1.4.2 设置 UG 省缺参数

在 UG 环境中，UG 的操作参数一般都可以进行修改。大多数操作参数如尺寸的单位、尺寸的标注方式、字体的大小、对象的颜色等都有省缺值。而参数的省缺值都保存在省缺参数设置文件中，当 UG 启动时，会自动调用省缺参数设置文件中的省缺参数。但在这些操作参数中，很多省缺值是根据美国的标准和习惯制定的，对中国用户来说，使用起来不方便。因此按我国习惯预先设置省缺参数设置文件中各参数的省缺值，可显著提高设计效率。

CAM 模块的省缺参数由省缺参数设置文件“ug\_cam.def”所定义，其它模块的省缺参数是由“ug\_English.def”或“ug\_metric.def”所定义。UG 使用何种省缺参数设置文件，由环境变量设置文件（ugii.env.dat）中的 UGII\_DEFAULTS\_FILE 变量控制。

如果 UG 环境变量指定的省缺参数文件是省缺文件“ug\_metric.def”，则当要修改

公制省缺参数值时，可用文本编辑器（记事本）打开“ug\_metric.def”文件（该文件位于UG安装主目录的UGII子目录下），找到要修改参数的位置，然后进行修改。

例如，如果要将零件的实体提升到装配中进行操作，应将参数Assemblies\_AllowInterPart的参数值设置为：

Assemblies\_AllowInterPart : yes

如果要在零件间产生几何链接关系，应将参数Assemblies\_AllowPromotions的参数值设置为：

Assemblies\_AllowPromotions : yes

### 1.4.3 UG 功能的完善

在UG系统安装后，其中还没有各种格式输入输出转换功能及UG/MOLD WINZARD、UG CAST 和 CAST SAMPLE 等模块功能，这些功能模块需要通过其单独的安装程序来进行安装。

另外，UG的某些模块，如ROUTING等模块，安装时如选上此模块就已经装好了，只不过安装后你还要自己动手去解压一些东西才可以使用，否则你点击菜单选择Application>Routing>Piping命令或Tubing命令等菜单项时，会出现出错对话框。以Piping命令为例，就会出现如图1.8所示的错误信息对话框。

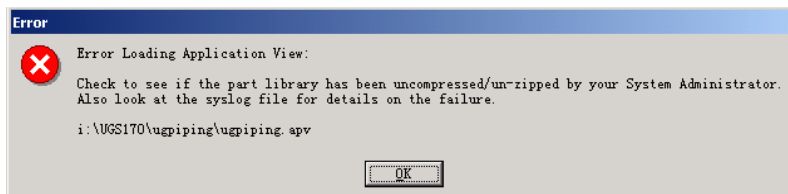


图 1.8 出错对话框

有些其它菜单项也是一样，这是因为这些功能并不是每一个UG用户都会用到它，所以UG系统为了节省空间，把这些模块中每个对应功能下的两个子目录“..\inch”和“..\metric”压缩成两个“.tar”文件，这些文件UG是找不到的，你要自己手动解压后，UG才可以使用它们，这样才不会报错。

以Piping命令为例，你会在UG的安装目录“UGS170\UGPIPING”目录下发现两个压缩文件“ugpiping\_inch.tar”和“ugpiping\_metric.tar”文件，用解压软件将这两个文件解压到此目录下，会分别建立“UGS170\UGPIPING\inch”和“UGS170\UGPIPING\metric”两个子目录。现在再点击UG系统里的Application>Routing>Piping命令时，就不会出现错误信息了，而将弹出PIPING和PIPING TOOLS两个工具条，其它菜单项的问题也可以用同样的方式进行处理。

## 1.5 UG 产品设计概述

用户在进行产品设计时，应该养成一种良好的产品设计习惯，这样才能在合理的时间内来完成产品的设计工作。在使用UG软件进行产品设计的过程中，用户也需要了解它的设计过程。下面介绍一些在利用UG进行产品设计时的经验。

### 1. UG 产品设计的一般过程

- 准备工作

- 1) 阅读有关设计的初试文档，了解设计目标 and 设计资源。
- 2) 搜集可以被重复使用的设计数据。
- 3) 定义关键参数和结构草图。
- 4) 了解产品装配结构的定义。
- 5) 编写设计细节说明书。
- 6) 建立文件目录，确定层次结构。
- 7) 将相关设计数据和设计说明书，存入相应的项目目录中。

- UG 设计步骤

- 1) 建立主要的产品装配结构。

用 UG 自上而下的设计方法，建立产品装配结构。如果有一些原来的设计可以沿用，可以使用结构编辑器将其纳入产品装配树中。其他的一些标准零件，可以在设计阶段后期加入到装配中。因为大部分这类零件需要在主结构完成后才能定位，或确定尺寸。

- 2) 在装配设计的顶层定义产品设计的主要控制参数和主要设计结构描述（如草图、曲线和实体模型等）。这些模型数据将被下属零件所引用，以进行零件细节设计。同时这些数据也将用于最终产品的控制和修改。

- 3) 将这些参数和结构描述数据，用零件相关拷贝方法引入到下属零件和部件的设计文件中。

- 4) 保存整个产品设计结构，并将个子部件和零件设计进行合理的设计时间分配。

- 5) 用户对不同的子部件和零件进行细节设计。

- 6) 在零件细节设计过程中，应该随时进行装配层上的检查，如装配干涉、重量和关键尺寸等

此外，也可以在设计过程中，在装配顶层随时增加一些主体参数。然后再将其分配到各个子部件或零件设计中。

## 2. 三维造型设计的步骤：

- 理解设计模型

此时用户应该了解主要的设计参数、关键的设计结构和设计约束等设计情况。

- 主体结构造型

此时用户要找出模型的关键结构，如主要轮廓和关键定位孔等结构。关键结构的确定对于用户的造型过程会起到关键性作用。

对于复杂模型而言，模型的分解是造型的关键。如果一个结构不能直接用三维特征造型来完成，用户就需要找到该结构的某个二维轮廓特征。然后用拉伸、旋转或扫描的方法，还有曲面造型的方法来建立该模型。

UG 允许用户在一个实体设计上使用多个特征，这样，就可以分别建立多个主结构，然后在设计后期将它们用布尔运算连接在一起。对于能够确定的设计模型，应该先造型，而那些不能确定的设计部分应该放在造型后期再进行完成。

在进行主体结构造型时，用户要注意设计基准的确定。设计基准通常将决定设计的思路，好的基准会帮助你简化造型过程，并方便后期的设计修改。通常，大部分造型过程的开始都是从基准的设计开始的。

- 零件相关设计

UG 允许用户在模型建立完成之后，再建立零件之间的参数关系。但更直接的方法是在造型中就直接引用相关参数。

对于比较复杂的造型特征，应该尽可能早的加以实现。如果用户能够预见一些造型特征可能会实现不了，应尽可能将其放在前期来加以解决。这样，可以尽早发现问题，并寻找替代方案。

- 细节特征造型

细节特征造型一般放在造型的后期阶段，一般不要在造型早期阶段进行这些细节设计，这样会大大加长用户的设计周期。

### 3. 常用的设计技巧

- 充分利用层（layer）的功能来组织所需的设计数据。

数据仅可能可以按类型来进行组织，也可以按造型或设计的顺序来组织。

- 充分利用 UG 复合造型技术提高设计效率。

对于二维轮廓，在用户不能确定约束条件，或不需要进行参数化设计时，可直接使用曲线来定义轮廓。在草图设计时可以局部约束功能来简化操作。还可以删除某些模型参数，以提高模型的更新效率。

- 在不同设计阶段，隐藏不需要的特征。

- 对于复杂结构，注意使用 trim（修剪）操作方法来设计那些内部结构。

- 合理使用特征的 simplify（简化）操作来提高用户的设计效率。

## 小结

UG 软件已成为当前 CAD/CAM/CAE 组合软件的主流，其中的 CAD 功能实现了目前制造业中常规的工程技术、设计和绘图功能的自动化。本章大体上介绍了 UG 软件的特点和各个功能模块的作用，还介绍了如何安装 UG 软件、配置 UG 的环境变量以及更好的完善 UG 的系统设置。

主要介绍 UG 软件操作环境的一些基本概念和一些基本的操作方法。其中包括了 UG 总体界面的概貌，系统总体界面中各个组成部分的名称及主要功能，常用 UG 工具

图标栏各选项的用法，最后还详细介绍了 UG 功能模块的进入和帮助的使用。

## 1.6 总体界面介绍

本节将介绍 UG 的界面及其各部分的主要功能。UG 的界面在设计上简单易懂，用户只要了解各部分的位置与用途，就可以充分运用界面的特殊功能，给自己的工作带来方便。UG 的主界面如图 1.9 所示。



图 1.9 UG 的主界面

UG 的主界面中主要包括以下几个部分：绘图工作区、窗口标题栏、菜单栏、提示栏、状态栏、工具图标栏、快捷菜单、当前图层设置区和工作坐标等。下面简要介绍一下它们的主要功能。

### 1.6.1 菜单栏

菜单栏包含了 UG 软件的所有功能命令，如图 1.10 所示。UG 系统将所有命令或是设置选项予以分类，分别放在不同的菜单项中，以方便用户的查询及使用。

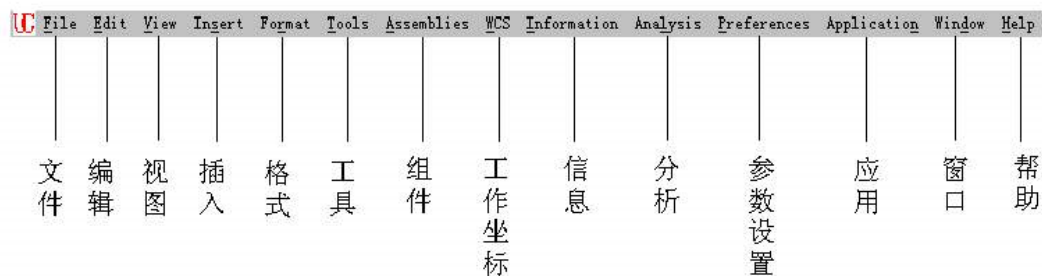


图 1.10 UG 的菜单栏

菜单栏包含有 File（文件）、Edit（编辑）、View（视图）、Insert（插入）、Format（格

式)、Tools (工具)、Assemblies (组件)、WCS (工作坐标)、Information (信息)、Analysis (分析)、Preference (参数设置)、Application (应用)、Window (窗口) 和 Help (帮助)。当单击其中的任何一个菜单选项时, 系统都会展开一个如图 1.11 所示的下拉式菜单, 显示出所有与该功能有关的命令选项。

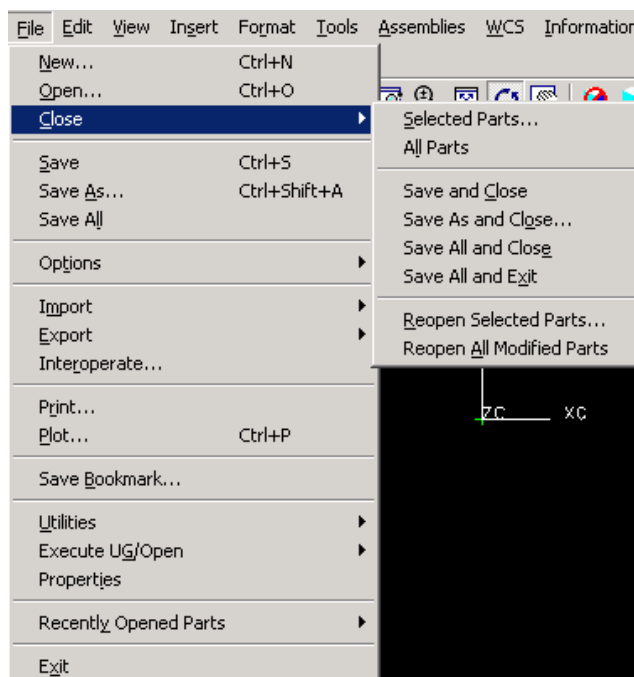


图 1.11 下拉式菜单

## 1.6.2 工具图标栏

UG 环境中使用最为普遍的就是工具图标栏, 它也被按照不同的功能分成若干类, 图 2.4 所示的就是最常使用的视图工具栏。



图 1.12 工具图标栏

用户可以在工具栏区域的任何位置单击鼠标右键, 系统会弹出如图 1.13 所示的工具栏设置菜单。读者可以按照自己工作中的需要, 来设置哪些工具栏在界面中显示, 以方便操作。设置时, 只需要在相应功能的工具栏选项上单击, 使其前面出现一个对钩即可。要取消设置, 不想让某个工具栏出现在界面上时, 只需要再单击该选项, 去掉前面的对钩就行了。

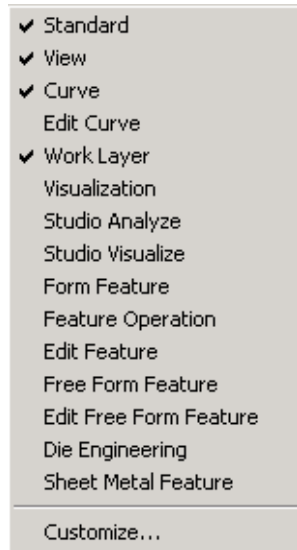


图 1.13 工具栏设置菜单

### 1.6.3 快捷菜单

该快捷菜单平时处于隐藏状态，用户要在工作图区中单击鼠标右键才能够打开，并且在任何使用功能操作时均可以打开它。在快捷菜单中含有常用命令及视图控制等命令，它对绘图工作起到了很大的帮助。图 1.14 所示的就是弹出的快捷菜单。

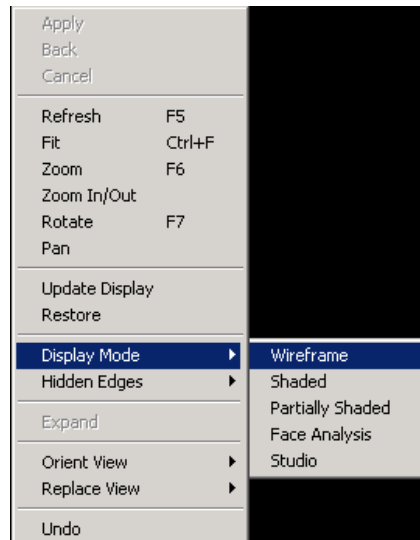


图 1.14 快捷菜单

### 1.6.4 绘图工作区

如图 1.15 所示的绘图工作区是 UG 的主要工作区域，可以用于显示绘制前后的图元、分析结果和模拟仿真等。在进入绘图模式后，绘图工作区内就会显示选择球和参数工具栏，用来表明当前光标在工作坐标系中的位置。

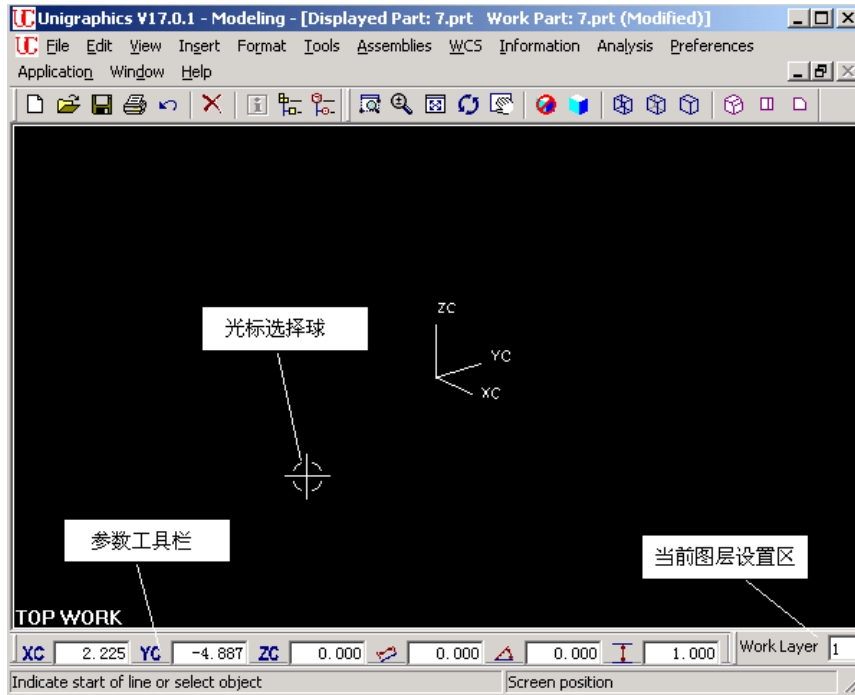


图 1.15 绘图工作区

### 1.6.5 提示栏和状态栏

提示栏固定在主界面的最下方，主要用来提示用户如何操作。执行每个命令步骤时，系统都会在提示栏中显示用户必须执行的动作，或者提示用户的下一个动作。在操作时，最好能够先了解提示栏的信息，再继续下一步的操作，这样可以避免发生许多错误。状态栏在提示栏的右方，主要用来显示系统及操作对象的状态。

例如我们在进行绘制直线的操作时，会出现如图 1.16 所示的信息。提示栏会出现提示信息，让我们指出直线的起点或者选择一个目标。而此时状态栏的信息表示，目前的对象是一个屏幕上的点。



图 1.16 提示栏与状态栏

### 1.6.6 工作坐标

UG 图形界面中的工作坐标系统为 WCS，即是工作坐标系统。系统会在绘图工作区中出现一个坐标，用于显示用户现行的工作坐标系统，如图 1.17 所示。

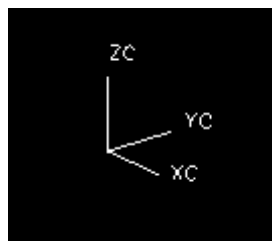


图 1.17 工作坐标系

### 1.6.7 当前图层设置区

该区域是用于显示与设定当前工作的图层，如图 1.18 所示。用户如果想要详细的进行图层的管理与设置，就要使用主菜单中的 Format（格式）菜单选项来进行设置。



图 1.18 当前图层设置区

## 1.7 常用工具栏简介

前面中我们已经简单的介绍了 UG 界面中工具图标栏的功能，在这一小节中，将列出一些常用的工具图标栏中各图标功能的含义，使读者对这些工具图标栏有一个比较详细的了解，有关这些工具栏图标功能的使用方法，在本书后面章节的讲解中会陆续的介绍到。

### 1.7.1 系统工具栏

系统工具栏包含一个工具图标栏，如图 1.19 所示，它与 File 菜单中的某些命令相对应。



图 1.19 系统工具栏

### 1.7.2 曲线工具栏

曲线工具栏包含两个工具图标栏：曲线（Curve）工具栏和编辑曲线（Edit Curve）工具栏，如图 1.20 和 1.21 所示，它与 Edit>Curve、Insert>Curve 和 Insert>Curve Operation 中的某些菜单命令相对应。

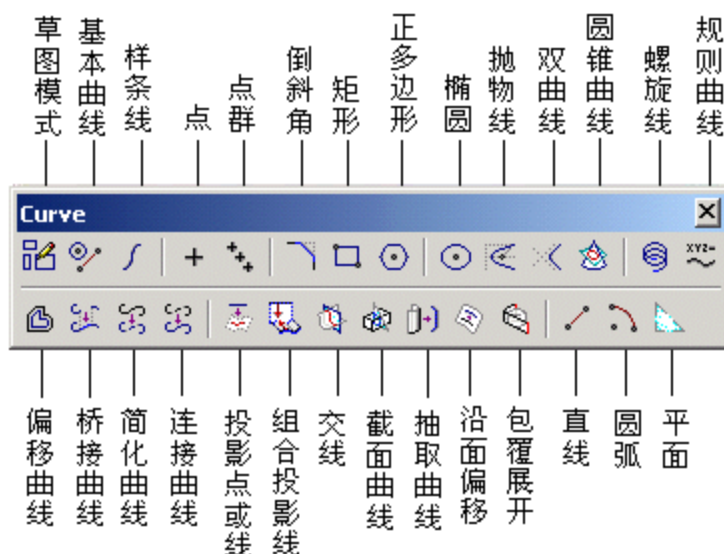


图 1.20 曲线工具栏

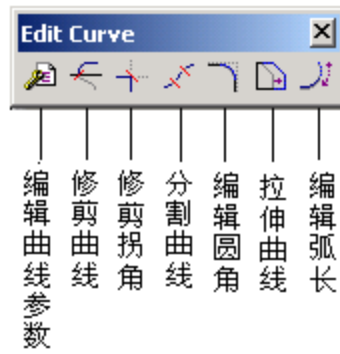


图 1.21 编辑曲线工具栏

### 1.7.3 显示工具栏

曲线工具栏包含一个工具图标栏，如图 1.22 所示，它与 View 菜单中的某些命令相对应。



图 1.22 视图工具栏

### 1.7.4 实体工具栏

曲线工具栏包含三个工具图标栏：实体特征（Form Feature）工具栏、特征操作（Feature Operation）工具栏和特征编辑（Edit Feature）工具栏，如图 1.23、图 1.24 和 1.25 所示，它与 Edit>Feature、Insert>Form Feature 和 Insert>Feature Operation 中的某些菜单命令相对应。

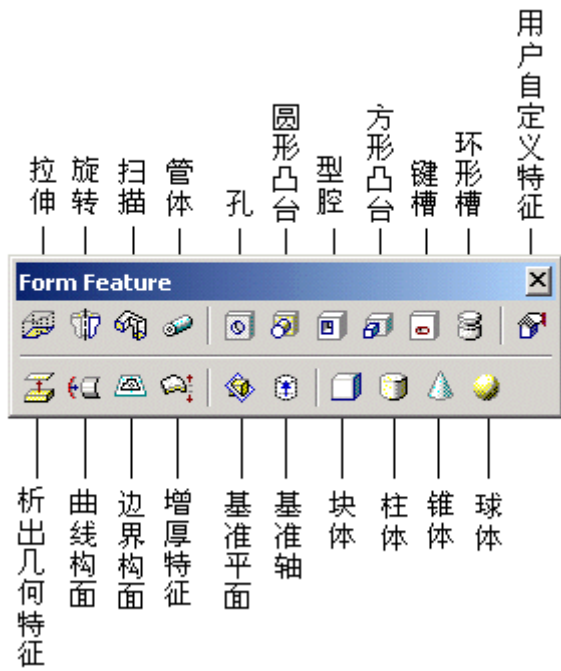


图 1.23 实体特征 (Form Feature) 工具栏



图 1.24 特征操作 (Feature Operation) 工具栏

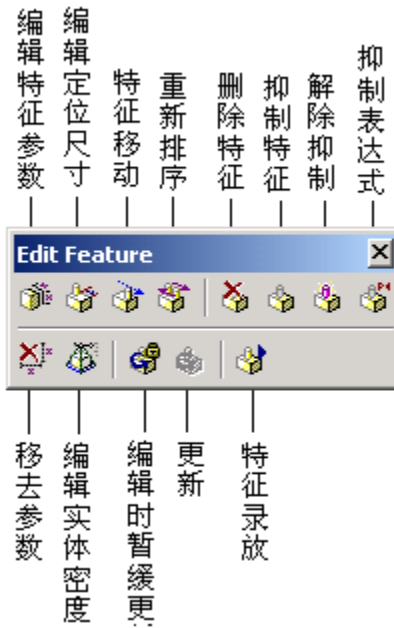


图 1.25 特征编辑工具栏

### 1.7.5 曲面工具栏

曲线工具栏包含两个工具图标栏：曲面特征（Free Formt Feature）工具栏和编辑曲面特征（Edit Free Formt Feature）工具栏，如图 1.26 和 1.27 所示，它与 Edit►Free Formt Feature 和 Insert►Free Formt Feature 中的某些菜单命令相对应。



图 1.26 曲面特征工具栏



图 1.27 编辑曲面特征工具栏

### 1.76 绘图工具栏

曲线工具栏包含三个工具图标栏：绘图标注（Drafting Annotation）工具栏、绘图布局（Drawing Layout）工具栏和绘图参数（Drafting Preferences）工具栏，如图 1.28、图 1.29 和 1.30 所示，它与工程图功能模块下，菜单 Drawing、Edit 和 Insert 中的某些菜单命令相对应。

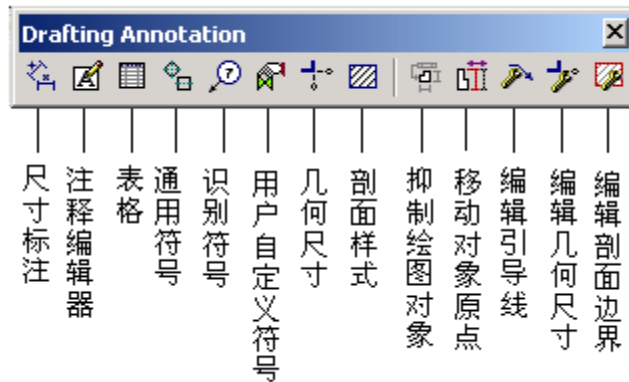


图 1.28 绘图标注工具栏

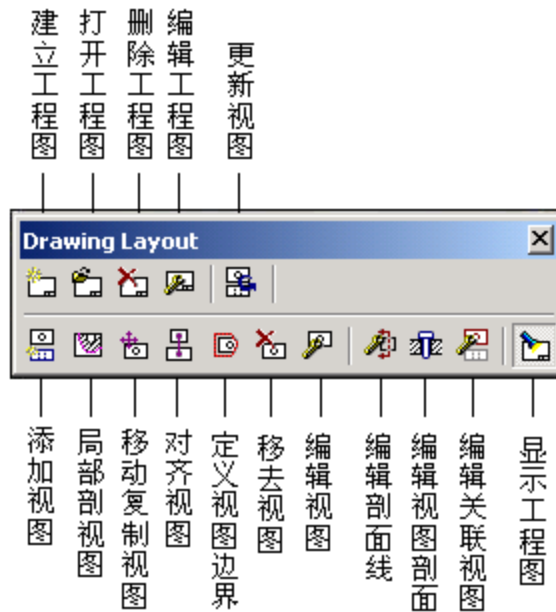


图 1.29 绘图布局工具栏

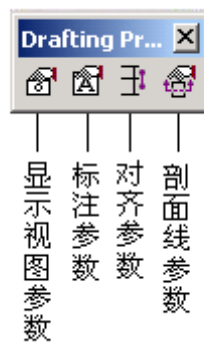


图 1.30 绘图参数工具栏

### 1.7.7 工具栏的设置

当用户进入 UG 的某功能模块时，为了使用户能拥有较大的绘图工作区，在缺省方式下 UG 只会显示一些常用的工具栏及该功能下的常用工具栏，而不是显示所有的工具栏或某些工具栏的全部图标按钮。这时用户可根据自己操作需要来定制 UG 系统的工具栏。

当用户选择下拉菜单 **View**►**Toolbars**►**Customize**，或选择下拉菜单 **Tools**►**Customize**，或在已定位的工具栏区域上单击鼠标右键，从弹出的快捷菜单中选择 **Customize** 菜单命令，系统会弹出如图 1.31 所示的工具栏设置对话框。利用该对话框可以显示或隐藏某些工具栏或工具栏中的某些图标按钮，还可以改变图标的尺寸和颜色，也可以导入用户自己的工具栏。

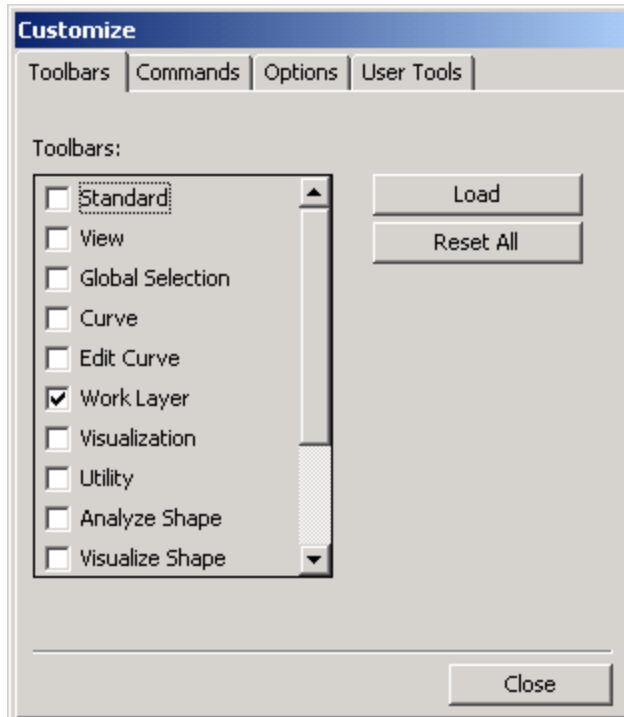


图 1.31 工具栏设置对话框

工具栏设置对话框的上部有 4 个功能选项卡：**Toolbars**（工具栏）、**Commands**（图标按钮）、**Options**（设置选项）和 **User Tools**（用户工具栏）。选择相应的选项卡后，通过设置相关的某些选项，就可以进行相关工具栏的设置了。下面介绍一下如何利用这 4 个功能选项卡来对工具栏进行设置。

### 1. Toolbars（工具栏）选项卡

用户选择 **Toolbars** 选项后，对话框内容就如图 1.31 所示。该选项卡用于设置显示或隐藏某些工具栏，也可以设置导入某工具栏定义文件，或按工具栏定义文件中的初始定义来重置工具栏。

- 显示或隐藏工具栏

在 **Toolbars** 组合框中，选中某工具栏名称前的复选框，则相应的工具栏将显示在主界面上；如果取消了工具栏名前的复选框，则在主界面上系统会隐藏相应工具栏。

- 导入工具栏定义文件

在图 1.31 所示的对话框中，单击 **Load** 按钮，会弹出导入工具栏定义文件对话框，用户可以选择某个工具栏定义文件（\*.tbr）。

- 重置工具栏

在图 1.31 所示的对话框中，单击 **Reset All** 按钮，则系统会按工具栏定义文件中的初始定义来重新设置工具栏，使其恢复为省缺设置形式。

### 2. Commands（图标按钮）选项卡

该选项用于显示或隐藏工具栏中的某些图标按钮。选择该选项卡后，对话框内容如图 1.32 所示。如果要显示或隐藏某工具栏中的某些图标按钮，可先从 **Toolbars** 列表框中，选择要进行设置的工具栏，则所选工具栏包含的全部图标按钮名称会显示在

Commands 组合框中。用户在 Commands 组合框中选取或取消某些图标按钮名称的复选框，即可使该图标按钮在相应工具栏中显示或隐藏。

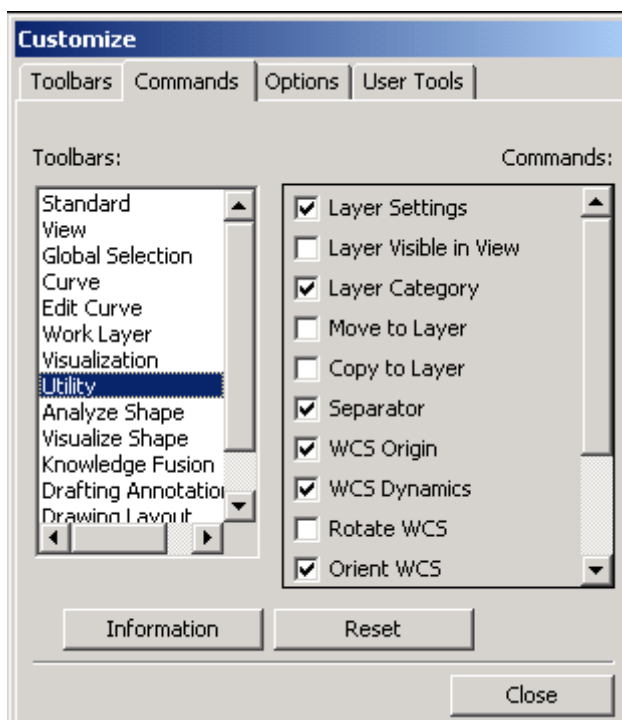


图 1.32 Commands 选项卡

另外，如果选取该对话框中的 **Information** 选项，则系统会弹出的信息窗口，并在其中显示所选工具栏的定义文件。如果选取 **Reset** 选项，则系统将所选工具栏中图标的显示或隐藏状态恢复至其初始状态。

### 3. Options（设置选项）选项卡

该选项卡用于设置工具栏图标按钮的尺寸和颜色、工具栏的摆放方式及主界面中提示栏和状态栏出现的位置。选择该选项卡后，对话框的内容如图 1.33 所示，下面介绍一下其中各选项的用法。

#### ● Icon Size（图标尺寸）

该选项用于设定工具栏图标按钮的尺寸，可通过选取系统提供的相应尺寸单选项来实现。系统提供了如下 4 种图标按钮尺寸规格。

- 1) Small (16×16)：小尺寸 (16×16 像素)。
- 2) Large (24×24)：大尺寸 (24×24 像素)。
- 3) Double Small (32×32)：小尺寸的 2 倍 (32×32 像素)。
- 4) Double Large (48×48)：大尺寸的 2 倍 (48×48 像素)。

#### ● Color Icon（彩色图标）

选取该复选项，则工具栏中的图标按钮会用彩色的方式进行显示，否则用单色显示。

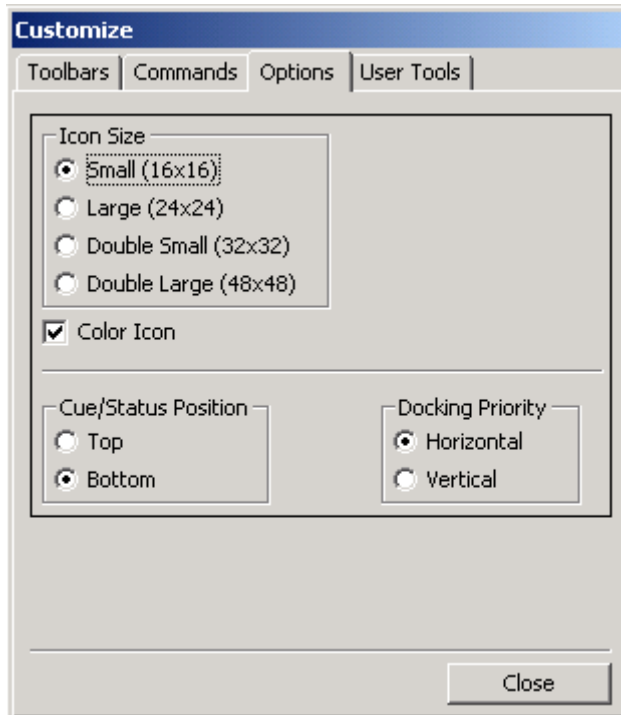


图 1.33 Options 选项卡

- **Cue/Status Position**（提示栏和状态栏位置）

该选项用于设置 UG 主界面中提示栏和状态栏的显示位置。其中包含如下两个单选项。

- 1) **Top**（顶部）：选取该单选项，则提示栏和状态栏将显示在绘图工作区的上方。
- 2) **Bottom**（底部）：选取该单选项，则提示栏和状态栏显示在绘图工作区的下方。

- **Docking Priority**（工具栏方式）

该选项用于设置工具栏是水平摆放还是垂直摆放。其中包含如下两个单选项。

- 1) **Horizontal**（水平）：选取该单选项，则工具栏水平摆放。
- 2) **Vertical**（垂直）：选取该单选项，则工具栏垂直摆放。

#### 4. **User Tools**（用户工具栏）选项卡

该选项卡用于导入用户定义的工具栏文件（\*.utd）并设置显示或隐藏用户定义的工具栏。选择该选项后，对话框的内容如图 1.34 所示。User Tools 组合框中列出了已导入的用户定义工具栏，用户可利用前面的复选框选项来设置某用户工具栏是显示还是隐藏。如果选择 Load 选项，则会弹出导入文件对话框，用户可选择已定义的工具栏文件，则系统会将其导入。

用户在完成了工具栏的设置后，所作的修改会立刻得到更新。不过，Options 选项卡中的 Cue/Status Position 和 Docking Priority 这两个选项在进行设置后，须重新启动 UG 才会得到更新。

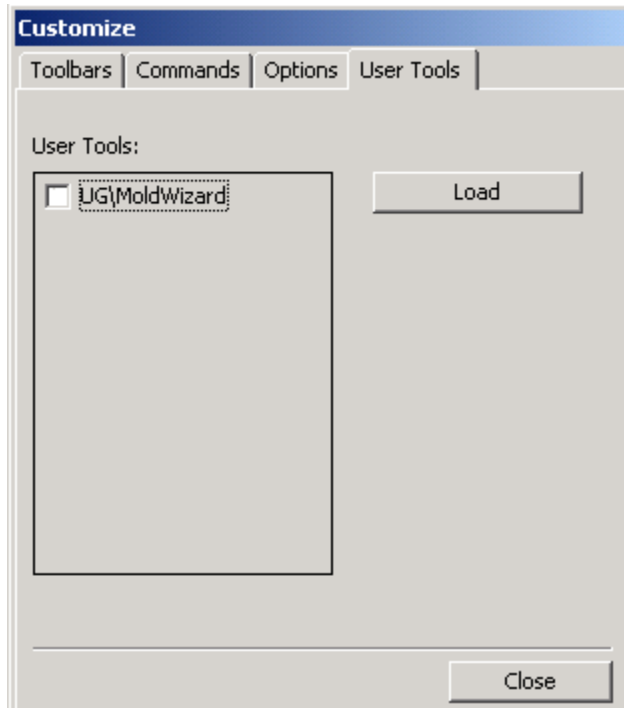


图 1.34 User Tools 选项卡

## 1.8 UG 功能模块的进入和帮助

在第一章中我们介绍了 UG 能够提供的许多设计功能模块，这些模块在 UG 主界面上是按功能关系组合成几个主要的应用模块的，如 **Modeling**（实体造型）、**Drafting**（工程图）、**Manufacturing**（加工）和 **Motion**（运动仿真）等功能模块。它们都集中在 UG 主菜单的 **Application** 菜单选项中。

当启动 UG，进入 UG 主界面时，是在其 **Gateway** 应用模块中工作的。此时 UG 界面中各下拉菜单的菜单命令大多数为灰色显示，用户需要新建部件文件或打开存在的部件文件才能进行后续的工作。

用户可以先新建一个部件文件或打开一个存在的部件文件，然后选择下拉菜单 **Application**，此时系统会弹出如图 1.35 所示的下拉菜单。该下拉菜单列出了各应用模块的名称，用户根据需要可从菜单命令中选取相应的应用模块开始工作。例如要进行实体造型操作，则新建或打开文件后应选择 **Modeling** 菜单命令。

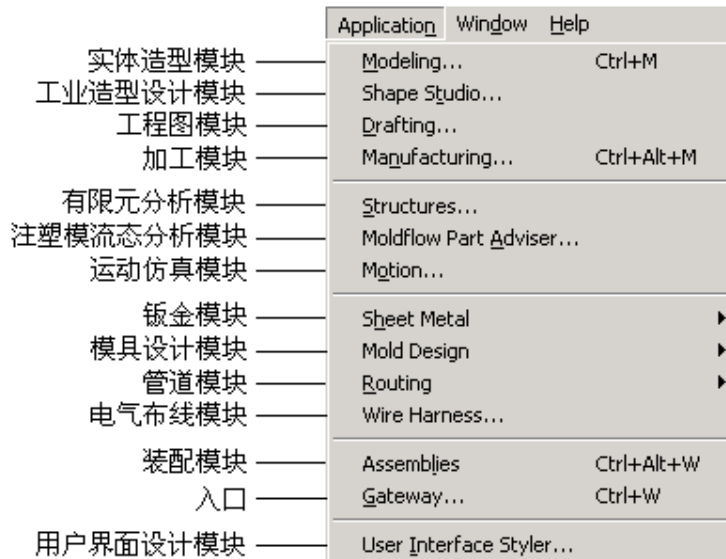


图 1.35 Application 下拉菜单

另外，UG 软件在操作系统平台上，采用了 HTML（超文本）格式的在线帮助，这是视窗平台上的标准帮助系统，使用起来非常方便，通过它用户可快速获得帮助。

如果用户在自己的机器上安装了 UG V17.0 的帮助系统，则可以通过以下方式来启动 UG 的帮助系统，启动后的帮助窗口如图 1.36 所示。

1. 在 UG 系统中，通过主菜单中的 Help 下拉菜单命令，用户可以获得相应的帮助信息。用户也可以在使用某项功能遇到疑问时，单击快捷键 F1，系统会自动查找 UG 的用户手册，并定位在当前功能的使用说明部分。

2. 也可以 Windows 2000 的开始>程序>Unigraphics V17.0>UG Online HTML Help 命令来启动 UG 的用户手册，根据欲查找内容所处的模块来获得相应的帮助。

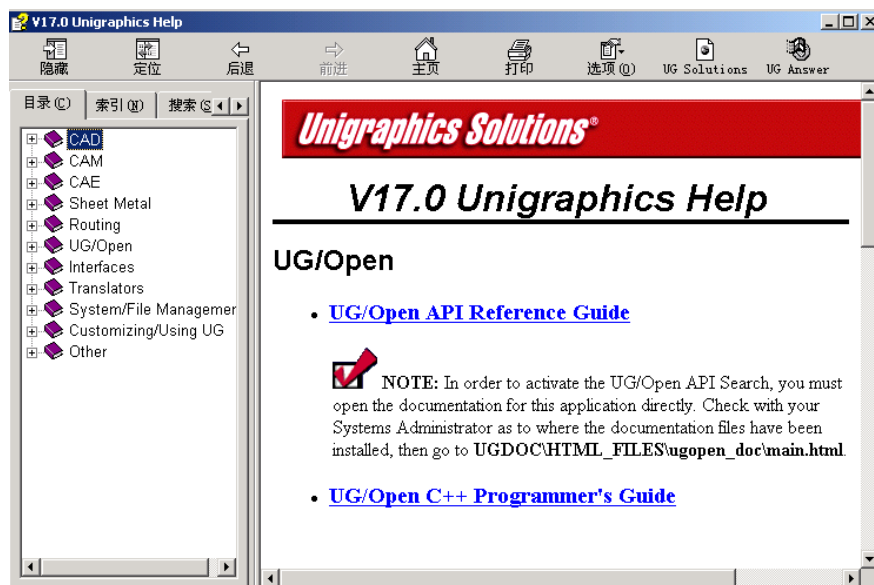


图 1.36 UG 用户手册

**小结：**本章以图形化的形式详细的介绍了 UG 的工作界面及其各部分的功能，它涵盖了 UG 应用的各个方面。另外还向读者介绍了 UG 中最常用的工具图标栏选项的含义和如何设置 UG 的工具栏，以及 UG 功能模块的进入和如何使用在线帮助。相信读者通过本章的学习，能够掌握 UG 的基础功能和它的系统设置方法。

## 项目二 草图设计

### 一、教学目标：

1. 熟悉草图工具栏设置；
2. 熟练掌握草图平面设置、线段和多边形绘制，简化、约束等技巧；
3. 熟练掌握草图编辑功能。

### 二、教学重点

1. 草图圆弧线段、多边形绘制和约束；
2. 草图特征编辑。

### 三、教学难点

1. 草图的几何约束。
2. 草图特征编辑

### 四、素质(思政)内容与要求

1. 养成良好的草图设计绘制习惯
2. 培养工匠精神，从简单设计开始，持之以恒，循序渐进，勤奋练习的习惯。

### 五、教学手段：

讲授 、演示、提问


### 六、学时数

12 学时

## 草图概述

草图 (Sketch) 是与实体模型相关联的二维图形。该功能可以在需要的任和一个平面内建立草图平面, 进而作出草图。所绘制的草图与 Curve 功能中所绘制图形最大的不同是: 草图中增加了“约束”的概念, 通过修改“约束”就可以改变草图中的图形。应用草图工具, 用户可以绘制近似的曲线轮廓, 在添加精确的约束定义后, 就可以完整表达设计的意图。建立的草图还可用实体造型工具进行拉伸、旋转等操作, 生成与草图相关联的实体模型。修改草图时, 关联的实体模型也会自动更新。本章将主要介绍建立草图、约束草图、编辑草图和管理草图的方法。

### 2.1 草图工具对话框

在主菜单条上选择 Insert►Sketch 菜单项或在工具栏单击  图标, 则会进入草图功能, 系统会弹出如图 2.1 所示的草图对话框。应用该对话框中的图标和选项可建立、约束、编辑和管理草图。

该对话框上部为草图曲线创建选项组, 它提供了用基本曲线、点、矩形、倒圆角、椭圆、样条曲线、圆锥曲线和编辑曲线等 8 种方法创建和编辑草图曲线。当进入草图模式时, 系统能够以草图功能来设置和改变所创建的曲线, 使它们全部位于当前的草图平面上。

草图对话框中部是草图功能选项、草图操作和草图管理三个选项组。草图功能选项组包含了草图的创建、定位和重新附着功能。草图操作选项组用于对创建的草图进行一些常用的功能操作和产生约束, 系统提供了 7 种草图操作的方式。草图管理选项组包含了增加草图对象、添加抽取对象到草图、编辑定义曲线和转换参考对象这 4 个功能。

草图对话框下部是一些草图功能的公用选项, 用于显示草图等操作。

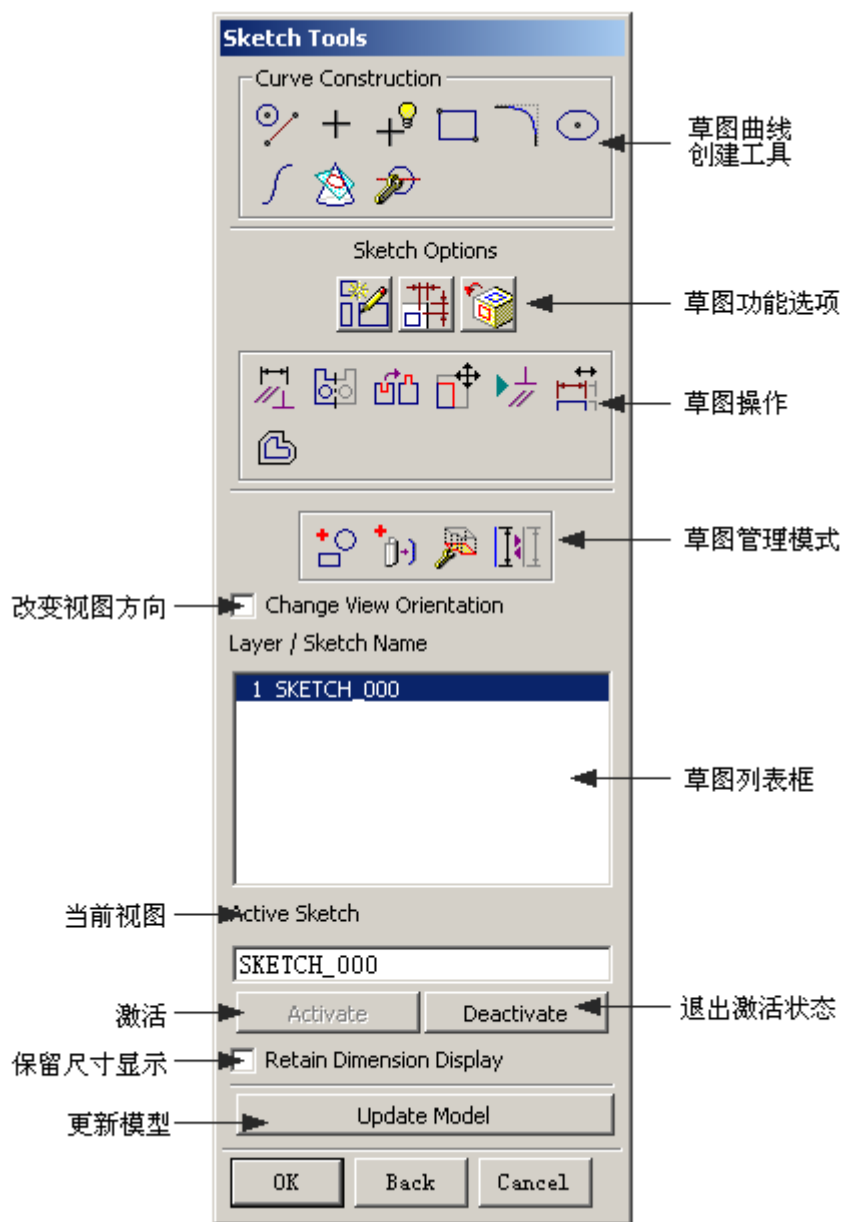


图 2.1 草图功能对话框

## 2.2 草图功能选项


草图功能选项组包含了草图的创建、定位和重新附着功能的图标，单击相应的图标会进入某种草图功能，让用户对草图进行一定的操作。

### 2.2.1 草图的创建

打开草图对话框时，如果当前部件中存在草图，则在图 2.1 对话框的草图列表框中将列出存在草图的名称，用户可在列表框中选择草图，并单击激活按钮，激活所选草图进行相关的草图操作。如果用户还没有建立任何草图，或者要在新的实体表面、片体表面或基准平面上建立其它草图，则应先选择建立草图功能。建立草图的工作包括建立草图工作平面和在草图中绘制或添加草图几何对象。

#### 1. 建立草图工作平面

草图工作平面是绘制草图对象的平面。在一个草图中创建的所有草图几何对象（曲线或点）都是在该草图工作平面上的。草图工作面可以是坐标平面、基准平面、实体表面或片体表面。

当在 2.1 对话框中单击  图标时，会弹出如图 2.2 所示的创建草图对话框。利用该功能可在工作坐标平面、基准平面、实体表面或片体表面上建立草图工作平面。

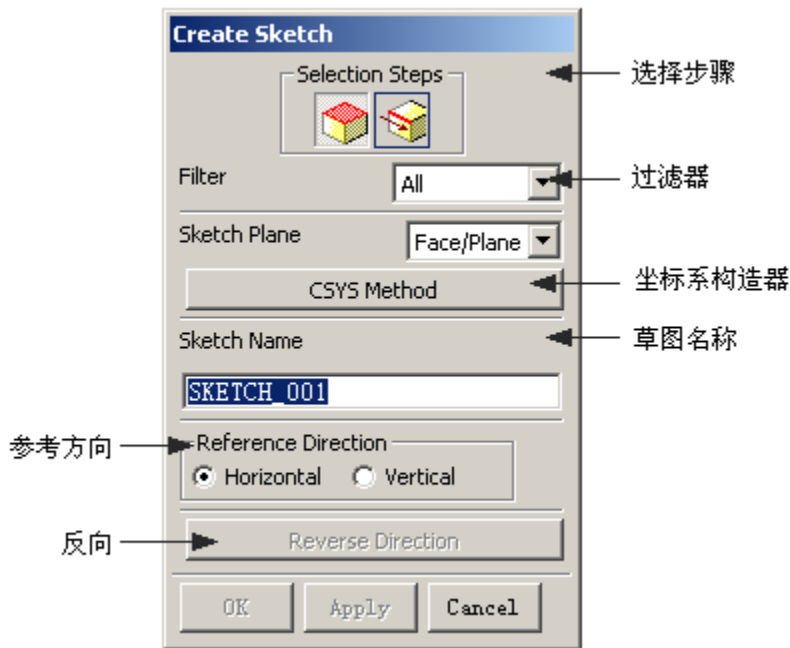


图 2.2 创建草图对话框

该对话框上部是选择草图附着平面和指定草图参考方向的操作步骤图标，中部是有关草图平面选取的相关选项，下部是草图名称和相关选项。建立草图工作平面时，先应输入草图名称，再选择草图附着平面，最后指定草图参考方向来完成草图工作平面的建立工作。下面介绍一下该对话框中各选项的具体用法。



- **Attachment Face/Plane**（附着表面/平面）

由于草图是附着在坐标平面、基准平面、实体表面或片体表面上，因此，选择草图附着面时，当前部件中是否存在实体、片体或基准平面，会影响图 2.2 对话框中图标和选项的显示状态。随着存在实体、片体和基准平面的不同，而激活不同的图标和选项。一般创建草图时分为两种情况。

- 1) 不存在实体、片体或基准平面时选择草图附着面

如果当前操作时不存在实体、片体或基准平面，则在打开图 2.2 对话框时，只有 **Sketch Plane** 和 **Sketch Name** 这 2 个选项被激活。也就是说当前只能选择工作坐标系的坐标平面作为草图附着面，此时 **Sketch Plane** 列表框中包括了 **XC-YC**、**XC-ZC** 和 **YC-ZC** 这 3 个选项，可从中选择一个坐标平面作为草图的附着面。

- 2) 部件中存在实体、片体或基准手面时选择草图附着面

如果当前操作时存在实体、片体或基准平面，则在打开图 2.2 对话框时，草图附着面图标被激活。此时既可选择坐标平面、也可以选择基准平面、实体表面或片体表面作为草图附着面。此时 **Sketch Plane** 列表框中除了包括前面的 3 个选项，还曾加了一个 **Face/Plane** 选项。

如果要在基准平面、实体表面或片体表面上建立草图工作平面，应将 **Sketch Plane** 选项设置为 **Face/Plane**，再根据要选择的对象，在过滤器 **Filter** 中设置选择对象的类型。然后到绘图工作区中选择基准平面、实体表面或片体表面。所选的面会自动加亮，并显示其法线方向，即 **ZC** 轴方向。对于选择的附着平面，如果其显示的法线方向不是要求的方向，可选择 **Reverse Direction** 选项改变方向。



- **Reference Direction**（参考方向）

如果是在坐标平面上设置草图工作面，则不必指定草图参考方向，系统自动用坐标轴的方向作为草图的参考方向；如果是在基准平面、实体表面或片体表面上设置草图工作平面，则在选择草图平面后，还应设置草图参考方向。

图 2.2 对话框中参考方向图标，用于为草图工作平面指定水平参考方向或垂直参考方向。选择该图标后，系统提示选择参考方向，先在过滤器 **Filter** 中设置选择对象的类型，再在绘图工作区中选择作为参考方向的对象。如果选择了图 2.2 对话框中水平参考方向 **Horizontal** 选项，则所选对象将作为草图工作平面的 **XC** 方向；如果选择了垂直参考方向 **Vertical** 选项，则所选对象将作为草图工作平面的 **YC** 方向。选择参考方向后，图 2.2 对话框中 **Reverse Directinn** 选项才被激活，如果要改变矢量方向（**XC** 或 **YC** 轴），可选取该选项，以产生相反方向的参考方向矢量。

- **Filter**（过滤器）

此选项用于设置选取对象时限制条件的形式。当单击对话框中的附着平面图标时，**Filter** 列表框

中包含有 All（所有）、Face（表面）和 Datum Plane（基准平面）3 个选项。当单击参考方向图标时，Filter 列表框中包含有 All（所有）、Face（表面）、Datum Plane（基准平面）、Edge（边）和 Datum Axis（基准轴）5 个选项。

- Sketch Plane（草图平面）

此选项用于定义草图平面的创建位置。其中包括 Face/Plane、XC-YC、YZ-ZC 及 ZC-XC 平面等 4 个选项。如果选择 Face/Plane 选项，可在已存在的表面或基准面上创建草图平面。如选取 XY 平面、YZ 平面或 ZX 平面，可在工作坐标（WCS）上定义草图平面。

- Sketch Name（草图名称）

此文本框用来输入新建草图的名称。当打开图 2.2 对话框时，Sketch Name 文本框中将显示系统省缺的草图名称，如 SKETCH-000、SKETCH-001、SKETCH-002……等。用户可在文本框中指定其它的草图名称，否则，系统将用省缺名称作为草图名称。一般来说，用户最好按自己的习惯，用代表草图意义的字符作为草图名称。定义草图名称时，第一个字符必须是字母，而且不管输入的是大写还是小写，系统都将输入的名称改为大写。

- Reference Direction（参考方向）

此选项用于设置草图参考方向的定义类型，其中包含了（Horizontal）水平参考方向或 Vertical 垂直参考方向。如果选中 Horizontal 单选按钮，则所选取的参考方向作为草图平面的 XC 轴。如果选中 Vertical 单选按钮，则所选取的参考方向为草图平面的 YC 轴。

- Recerse Direction（反转参考方向）

该选项可反转原来定义的草图参考方向。

在输入草图名称、选择草图附着平面和指定草图参考方向后，则系统会在选择的表面上按指定参考方向生成草图工作平面，同时又回到图 2.1 的草图对话框。如果草图附着面是选择坐标平面，则会产生如图 2.3 所示的草图平面标记。草图平面标记是用一个基准平面和两根基准轴表示。基准平面代表 XC-YC 平面，用一个方框表示，两根基准轴分别代表 XC 轴和 YC 轴，用箭头表示。在绘制草图时，为减少显示对象，可选择 Edit►Blank 菜单命令将其隐藏。

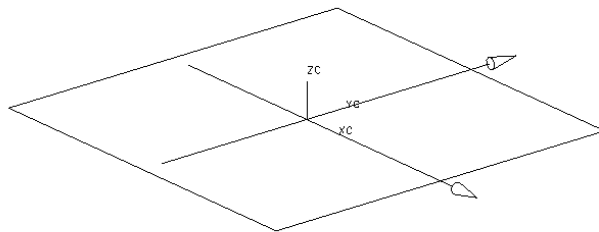


图 2.3 草图平面

如果草图附着面是选择基准平面、实体或片体表面，则建立草图工作平面后，工作坐标系会移到所选面的中心位置上，但不会产生图 2.3 所示的草图平面标记。

建立草图工作平面后，会产生一个没有草图对象的草图，系统自动生成一个草图特征。用户通过菜单命令 **Information►Feature**，可以看到该草图特征的一些信息。由于草图是以特征的方式存在，因此，如果要对草图操作，可用第六章所介绍的特征操作方法，对草图进行删除、抑制和修改草图位置等操作。


## 2. 创建草图对象

草图对象是指草图中的曲线和点。建立草图工作平面后，可在草图工作平面上建立草图对象。建立草图对象的方法有多种，既可以在草图中直接绘制草图曲线或点，也可以通过图 2.1 对话框中的一些功能操作，添加绘图工作区存在的曲线或点到草图中，还可以从实体或片体上抽取对象到草图中。在这里我们先介绍一下在草图中直接绘制草图曲线或点，关于其他的操作功能，我们会在后面的讲解中陆续的介绍。

用图 2.1 对话框上部的建立草图曲线图标，可在草图平面中直接绘制和编辑草图曲线。这些图标包括 **Basic Curves**（基本曲线）、**Point**（点）、**Rectangle**（矩形）、**Fillet**（倒圆角）、椭圆（**Ellipse**）、样条曲线（**Spline**）、**General Conic**（圆锥曲线）和编辑曲线（**Edit Curve**）。应用这些图标，可以在草图中建立和编辑几何对象，除倒圆角略有差别外，其它图标的使用方法，与第四章曲线功能中介绍的使用方法基本相同，这里就不详细介绍了。

在建立草图曲线时，不必在意尺寸是否准确，只须绘出近似的曲线轮廓即可。因为，在后面介绍的草图约束和定位中，可进一步对这些曲线进行尺寸约束、几何约束和定位操作，是用户可以精确的控制它们的尺寸、形状和位置。在绘制草图曲线的过程中，根据几何对象间的关系，有时会在几何对象上自动添加某些几何约束（如水平、垂直和相切）。

### 2.2.2 草图的定位

当在 2.1 对话框中单击  图标时，会弹出如图 2.4 所示的定位方式对话框。利用该功能确定草图与实体边、参考平面、基准轴等对象之间的位置关系。

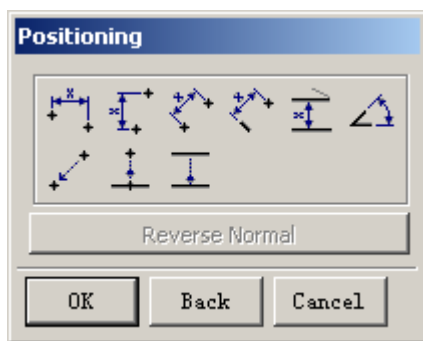



图 2.4 定位方式对话框


该对话框中包含有 Horizontal（水平定位）、Vertical（垂直定位）、Parallel（平行定位）、Perpendicular（正交定位）、Parallel at a Distance（平行距离定位）、Angular（角度定位）、Point onto Point（两点重合定位）、Point onto Line（点到线上定位）和 Line onto Line（两线重合定位）九种定位方式。这些定位方式与 3.6 小节中介绍的定位方式相同，其使用方法这里不再重复讲解了。

定位草图时，根据草图的定位要求，在图 2.4 对话框中先选择合适的定位方式，然后用户根据提示选择目标对象。此时，可在绘图工作区中选择实体边、基准平面和基准轴等作为定位的参考基准，但要注意的是目标对象不能是草图中的草图对象。选择目标对象后，系统提示用户选择草图对象，这时可在草图中选择草图对象作为草图的定位点。接着在弹出的定位尺寸对话框，根据位置要求，在文本框中输入定位尺寸即可完成草图的定位。用户按同样方法，确定草图其它定位尺寸。当草图位置完全确定后，则系统会将草图按输入的定位尺寸定位在其它对象上。但是在操作中要注意的是，含空间约束或抽取对象的草图不能进行草图定位操作。

### 2.2.3 草图的重新附着

编辑草图时有时需要改变草图的附着平面，把在一个表面上建立的草图移到另一个不同方位的基准平面、实体表面或片体表面上。

在图 2.1 对话框中单击草图重新附着图标  时，会弹出如图 2.5 的重新附着草图对话框，让用户指定草图重新附着的平面。该对话框上部图标用于选择附着草图的目标平面、指定新的参考方向和重新确定草图位置的基准对象等选择步骤。对话框下部是重新附着草图的相关选项。当进入图 2.5 对话框时，当前草图的附着平面、参考方向和定位尺寸均以高亮度显示。重新附着草图时，可根据这些内容来做出相应的设置，重新附着草图一般分 3 个步骤进行。

1. 选择 （指定目标附着面）图标

选择该选项后，再通过 Filter 选项设置目标面的选取类型，然后在绘图工作区中选择存在的基准平面、实体表面或片体表面作为目标面。所选平面会以高亮度显示，并在所选面上显示系统省缺的参考方向矢量。

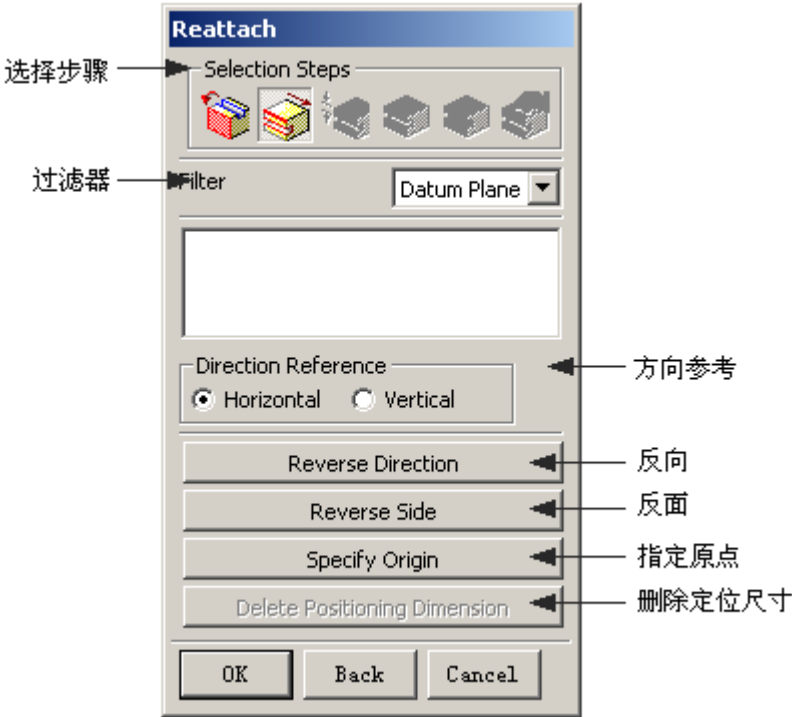




图 2.5 重新附着草图对话框

2. 选择  (参考方向) 图标

完成附着面的选择后，进入指定参考方向的操作步骤。这时可以选择 Direction Reference (参考方向) 中的 Horizontal 选项或 Vertical 选项，确定选择的对象是作为水平参考方向 (平行于草图工作平面的 XC 轴) 还是作为垂直参考方向 (平行于草图工作平面的 YC 轴)。此时，绘图工作区中会显示参考方向矢量，如果方向不合要求，可选择 Reverse Direction 改变参考方向的矢量方向。

3. 选择  (重新定义草图位置基准) 图标

确定草图参考方向以后，可以再新指定的附着面上对草图进行定位。选择该图标后，系统提示用户选择要重新定义的尺寸。在绘图工作区中或在定位尺寸类型列表框中选择原来的定位尺寸，所选的定位尺寸会加亮显示。再在目标附着面上选取一个对象，作为新定位尺寸的基准，然后在草图

上选一参考点，按指定的基准标注定位尺寸，从而将草图在新附着面上精确定位。如果操作时草图没有定位，则重新定义草图位置基准的图标将不能激活。重新定义草图位置基准时，定位尺寸的大小不能修改。如果要修改定位尺寸的大小，应选择编辑特征位置参数图标  或菜单命令 **Edit**►**Feature**►**Positioning**。

下面介绍一下图 2.5 对话框中其他选项的用法。

#### 1. Filter（过滤器）

该选项用于设置所选附着面或参考方向的选取类型，使用户可以快速的选取所需的操作对象。

#### 2. 定位尺寸类型列表框

该列表框列出了所有草图原有的定位尺寸类型，供用户在重新定位草图时选择定位尺寸的类型。

#### 3. Direction Reference（参考方向）

该选项用于设置用户指定的草图参考方向的类型，其中包含了 2 个选项。

- **Horizontal**（水平方向）：选择该选项，则所选边为水平参考方向，作为草图新工作面的 **XC** 轴。
- **Vertical**（垂直方向）：选择该选项，则所选边为垂直参考方向，作为草图新工作面的 **YC** 轴。

#### 4. Reverse Direction（反转参考方向）

该选项用于在系统省缺的参考方向不满足要求时，反转参考矢量的方向。

#### 5. Reverse Side（反转法线方向）

当新工作平面为基准平面时，该选项才激活，它用于反转草图新工作面（基准平面）的法向方向。

#### 6. Specify origin（指定原点）


该选项用于指定草图新原点的位置，使草图能够快速定位。

#### 7. Delete Positioning Dimension（删除定位尺寸）

该选项用于删除以前操作中指定的一些定位尺寸。


## 2.3 草图约束

本节将说明如何使用草图约束功能来对约束草图对象的尺寸和几何关系。建立草图几何对象后，需要对草图对象进行精确约束显示，草图约束是限制草图的形状，包括了几何约束和尺寸约束 2 种。

在图 2.1 对话框中单击草图约束图标 ，会弹出如图 2.6 所示约束对话框，该对话框可对草图对象进行 Geometric（几何约束）和 Dimensional（尺寸约束）操作。该对话框打开时，各草图对象会显示自由度符号。此时线段或样条在端点处将会出现互相垂直的黄色箭头，而在中心处将会出现圆或椭圆，表明当前存在哪些自由度没有被限制，如果没有出现箭头，即代表此对象已受约束，此黄色箭头在草图操作中即代表自由度（degree-of-freedom）。随着几何约束和尺寸约束的添加，自由度符号逐步减少，当草图对象全部被约束以后，自由度符号会全部消失。

下面详细介绍一下关于草图对象的几何约束和尺寸约束的使用方法。

### 2.3.1 草图对象的尺寸约束

建立草图尺寸约束是限制草图几何对象的大小和形状，也就是在草图上标注草图尺寸，并设置尺寸标注线的形式与尺寸。图 2.6 对话框中单击尺寸约束图标  时，对话框中部的可变显示区显示的内容就是如图 2.6 所示的形式。其中包含了尺寸标注方式图标、尺寸表达式引出线和尺寸标注位置等选项。

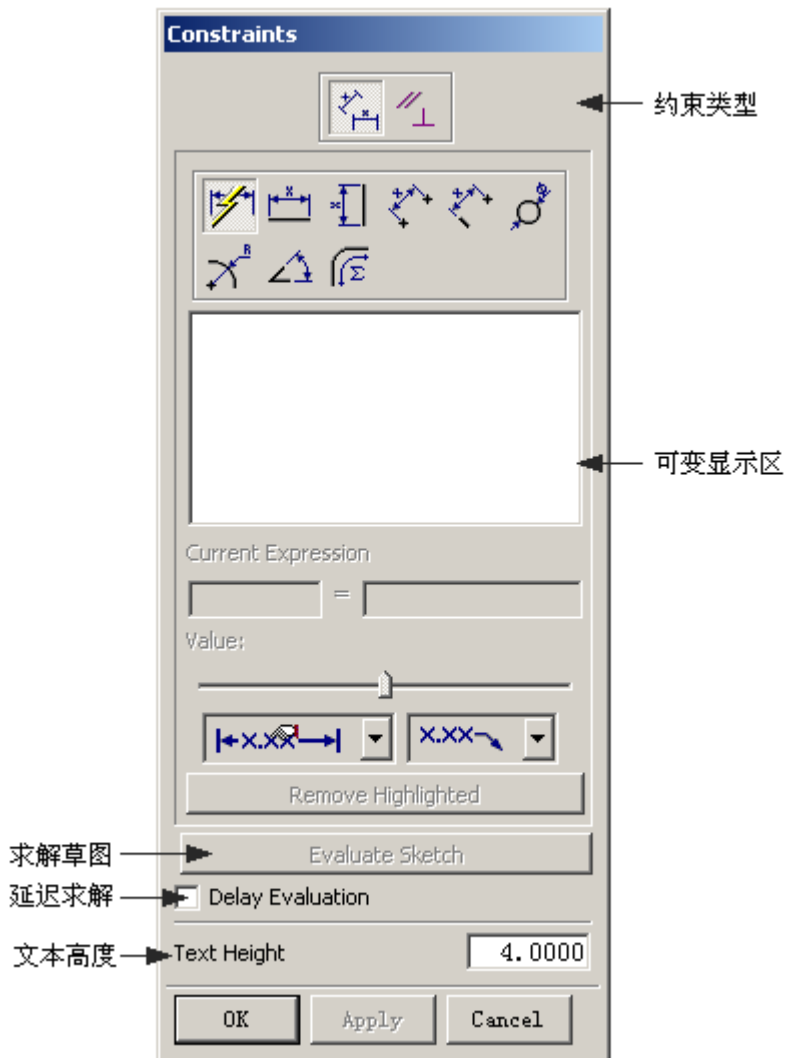



图 2.6 约束对话框

尺寸标注方式图标位于对话框可变显示区的上部，其中包括了推论、水平、垂直等 9 种标注方式选项，每一个选项都有其固定的使用方法。此外，利用可变显示区中的其他选项，也可以修改尺寸标注线或尺寸。在草图模式中进行尺寸标注，即将约束限制条件附在了草图上，例如：在两点间标注尺寸，即限定了两点的距离约束。除此之外，对于已经标注完成的尺寸，也可以修改其数值或位置，并且同时更新其他相关尺寸。利用草图尺寸约束条件后，在进行 **Evaluate Sketch**（求解草图）操作有时，可能会出现约束条件的冲突，冲突时将改变尺寸标注和图元的颜色，例如，某尺寸标注如果发生冲突，则该尺寸的颜色将会变为粉红色，而草图对象将会变为灰色。如果草图对象颜色改变，将无法使用 **Current Expression**（当前算式）文本框的赋值功能来改变其尺寸。下面详细介绍一下尺寸约束对话框中各选项的具体使用方法和尺寸约束的相关操作。

## 1. 尺寸标注方式

尺寸标注方式图标位于对话框可变显示区的上部，其中包括了一下 9 种尺寸标注方式。

-  Inferred（推论方式）

该选项为推论方式。选择该方式时，系统根据所选草图对象的类型和光标与所选对象的相对位置，采用相应的标注方法。当选取水平线时，采用水平尺寸标注方式；当选取垂直线时，采用垂直尺寸的标注方式；当选取斜线时，则根据鼠标位置可按水平、直立或平行等方式标注；当选取圆弧时，采用半径标注方式；当选取圆时，采用直径标注方式。换句话说，推论方式几乎涵盖所有的尺寸标注方式。一般用这种标注方式比较方便。

-  Horizontal（水平标注方式）

该选项为水平标注方式。选择该方式时，系统对所选对象进行水平方向（平行于草图工作平面的 XC 轴）的尺寸约束。标注该类尺寸时，在绘图工作区中选取同一对象或不同对象的两个控制点，则用两点的连线在水平方向的投影长度标注尺寸。如果旋转工作坐标，则尺寸标注的方向也将会改变。水平标注方式时尺寸约束限制的距离位于两点之间，图 2.7 所示的就是这种标注尺寸的方式。

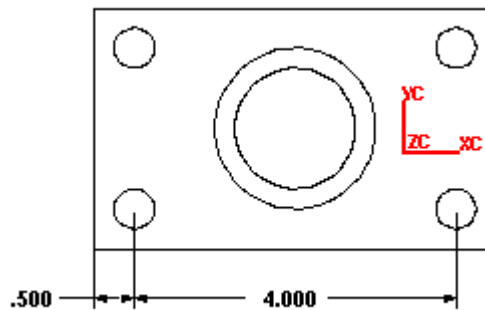


图 2.7 水平标注方式

-  Vertical（垂直标注方式）

该选项为垂直标注方式。选择该方式时，系统对所选对象进行垂直方向（平行于草图工作平面的 YC 轴）的尺寸约束。标注该类尺寸时，在绘图工作区中选取同一对象或不同对象的两个控制点，则用两点的连线在垂直方向的投影长度标注尺寸。如果旋转工作坐标，则尺寸标注的方向也将会改变。水平标注方式时尺寸约束限制的距离位于两点之间，图 2.8 所示的就是这种标注尺寸的方式。

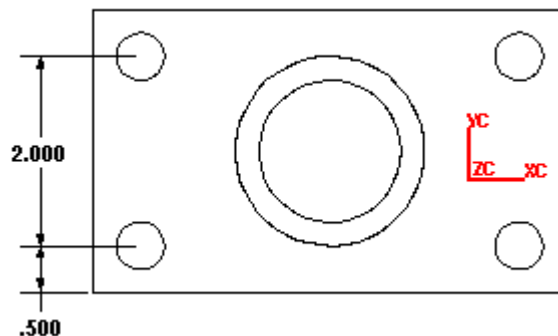


图 2.8 垂直标注方式



● Parallel（平行标注方式）

该选项为平行标注方式。选择该方式时，系统对所选对象进行平行于对象的尺寸约束。标注该类尺寸时，在绘图工作区中选取同一对象或不同对象的两个控制点，则用两点的连线的长度标注尺寸，尺寸线将平行于所选两点的连线方向。图 2.9 所示的就是这种标注尺寸的方式。

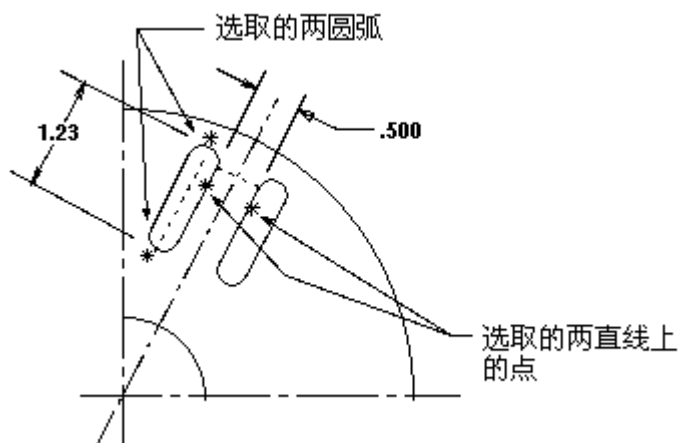


图 2.9 平行标注方式



● Perpendicular（正交标注方式）

该选项为正交标注方式。选择该方式时，系统对所选的点到直线的距离进行尺寸约束。标注该类尺寸时，先在绘图工作区中选取一直线，再选取一点，则系统用点到直线的垂直距离长度标注尺寸，尺寸线垂直于所选取的直线。图 2.10 所示的就是这种标注尺寸的方式。

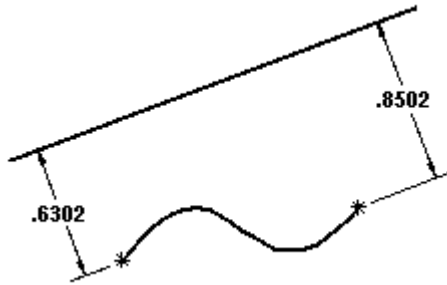


图 2.10 正交标注方式



● **Diameter** (直径标注方式)

该选项为直径标注方式。选择该方式时，系统对所选的圆弧对象进行直径尺寸约束。标注该类尺寸时，先在绘图工作区中选取一圆弧曲线，则系统直接标注圆的直径尺寸。在标注尺寸时所选取的圆弧或圆，必须是在草图模式中创建的。图 2.11 所示的就是这种标注尺寸的方式。



● **Radius** (半径标注方式)

该选项为半径标注方式。选择该方式时，系统对所选的圆弧对象进行半径尺寸约束。标注该类尺寸时，先在绘图工作区中选取一圆弧曲线，则系统直接标注圆弧的半径尺寸。在标注尺寸时所选取的圆弧或圆，必须是在草图模式中创建的。图 2.11 所示的就是这种标注尺寸的方式。

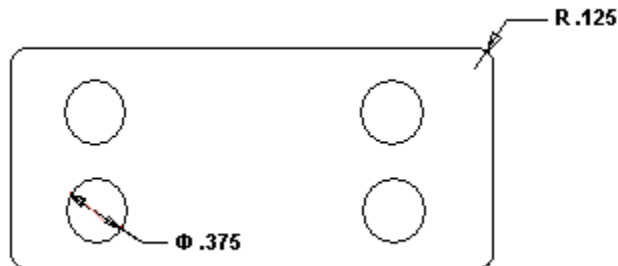


图 2.11 直径标注方式和半径标注方式



● **Angular** (角度标注方式)

该选项为角度标注方式。选择该方式时，系统对所选的两条直线进行角度尺寸约束。标注该类尺寸时，在绘图工作区中一般在远离直线交点的位置选择两直线，则系统会标注这两直线之间的夹角，如果选取直线时光标比较靠近两直线的交点，则标注的该角度是对顶角。须是在草图模式中创建的。

-  Perimeter (周长标注方式)

该选项为周长标注方式。选择该方式时，系统对所选的多个对象进行周长的尺寸约束。标注该类尺寸时，用户可在绘图工作区中选取一段或多段曲线，则系统会标注这些曲线这两直线之间的夹角，如果选取直线时光标比较靠近两直线的交点，则标注的该角度是对顶角。须是在草图模式中创建的。

## 2. 尺寸表达式选项组

图 2.12 所示的是图 2.6 对话框可变显示区中部的尺寸表达式选项组，用户在这里可以查看和修改已有的尺寸表达式。下面介绍一下该选项组中各选项的用法。

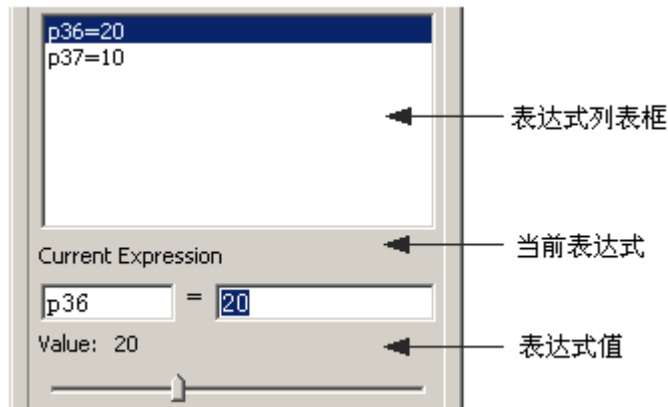


图 2.12 尺寸表达式选项组

尺寸表达式列表框用来列出当前草图对象已有的尺寸表达式，用户可以在这里查看所有的尺寸，并且还能修改其中的尺寸。当用户选取了某个尺寸表达式后，列表框下方的 **Current Expression**（当前表达式）文本框和 **Value**（数值）滑块都被激活，用户可以修改尺寸表达式的名称，或是该尺寸的数值，也可以通过数值比例尺滑块来更改尺寸的数值。

## 3. 尺寸表达式引出线

在图 2.6 对话框的可变显示区中还可以进行尺寸表达式引出线方式的设置，系统提供了如图 2.13 所示的两种尺寸表达式引出线放置方式，分别是 **Leader Form Left**（引出线在左）和 **Leader Form Right**（引出线在右）。

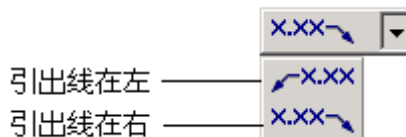


图 2.13 尺寸表达式引出线方式

#### 4. 尺寸标注位置

在图 2.6 对话框的可变显示区中还可以进行尺寸标注位置的设置，系统提供了如图 2.14 所示的三种尺寸标注位置的设置方式，分别是 Auto Placement（自动放置文本）、Manual Placement Arrows in（手动放置文本，箭头在内）、Manual Placement Arrows Out（手动放置文本，箭头在外）。

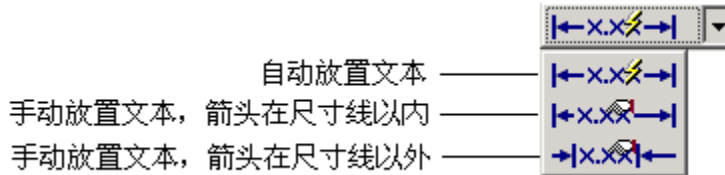


图 2.14 尺寸标注位置方式

#### 5. 其他选项

- Evaluate Sketch（求解草图）

该选项可以将修改过后的尺寸表达式全部重新计算，并且标注的尺寸和草图几何对象按修改后的表达式值进行更新，以产生新的草图。该选项只有在 Delay Evaluation 复选框被选中后才能激活。


- Delay Evaluation（延迟求解）

此复选框用于延迟更新尺寸。不选中该复选框时，当更改表达式数值时，会立即引起标注尺寸和草图对象作出相应的改变；选中该复选框时，当更改表达式数值时，不会立即引起标注尺寸和草图对象作出相应的改变。此时需要单击 Evaluate Sketch 按钮才能对修改的尺寸和草图对象进行更新。

- Text Height（文本高度）

此文本框用于设置在尺寸约束条件中文字的高度尺寸。在此文本框中只要输入合适的数值，系统会更改所有的尺寸文本高度。

### 2.3.2 草图对象的几何约束

几何约束条件一般用于定位草图对象和确定草图对象间的相互关系。在图 2.6 对话框中单击几何约束图标  时，对话框中部的可变显示区显示的内容就是如图 2.15 所示的形式。应用其中的选项，既可自动建立几何约束，也可手工建立几何约束，还可查看几何约束信息。

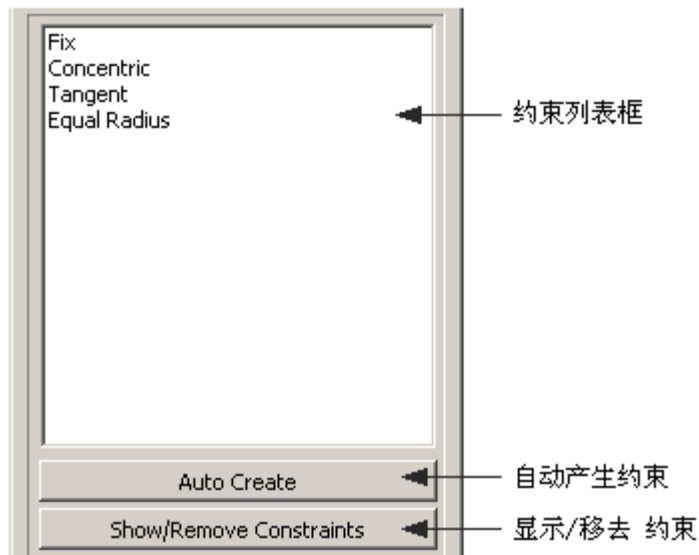


图 2.15 几何约束可变显示区

在 UG 系统中，几何约束的种类是多种多样的，不同的草图对象，可添加不同的几何约束类型。系统可添加到草图对象上的几何约束类型共有如下 20 种。

#### 1. Fix（固定）

该类型是将草图对象固定在某个位置。不同几何对象有不同的固定方法，点一般固定其所在位置；线一般固定其角度或端点；圆和椭圆一般固定其圆心；圆弧一般固定其圆心或端点。

#### 2. Coincident（重合）

该类型定义两个或多个点相互重合。

#### 3. Concentric（同心）

该类型定义两个或多个圆弧或椭圆弧的圆心相互重合。

#### 4. Collinear（共线）

该类型定义两条或多条直线共线。

#### 5. Point on Curve（点在曲线上）

该类型定义所选取的点在某曲线上。

#### 6. Point on String（点在串上）

该类型定义所选取的点在抽取的串上。

#### 7. Midpoint（中点）

该类型定义点在直线的中点或圆弧的中点上。

#### 8. Horizontal（水平）

该类型定义直线为水平直线（平行于工作坐标的 XC 轴）。

#### 9. Vertical（垂直）

该类型定义直线为垂直直线（平行于工作坐标的 YC 轴）。

#### 10. Parallel（平行）

该类型定义两条曲线相互平行。

#### 11. Perpendicular（正交）

该类型定义两条曲线彼此垂直。

#### 12. Tangent（相切）

该类型定义选取的两个对象相互相切。

#### 13. Equal Length（等长）

该类型定义选取的两条或多条曲线等长。

#### 14. Equal Radius（等半径）

该类型定义选取的两个或多个圆弧等半径。

#### 15. Constant Length（固定长度）

该类型定义选取的曲线为固定的长度。

#### 16. Constant Angle（固定角度）

该类型定义选取的直线为固定的角度。

#### 17. Mirror（镜像）

该类型定义对象间彼此成镜像关系。

#### 18. Slope of Curve（过点相切）

该类型定义样条曲线过一点与另一曲线相切。

#### 19. Scale, Uniform（样条形状不变）

该类型定义样条曲线的两端点移动时，保持样条曲线的形状不变。

#### 20. Scale, Non-Uniform（样条形状改变）

该类型定义样条曲线的两端点移动时，样条曲线的形状改变。

给草图对象添加几何约束的方法有 2 种：手工添加约束和自动产生约束。下面介绍一下这两种方法以及几何约束可变显示区中各选项的用法。

##### 1. 手工添加几何约束

手工添加约束是对所选对象由用户来指定某种约束的方法。当进入几何约束操作后，系统提示用户选择要产生约束的几何对象。这时，可在绘图工作区中选择一个或多个草图对象，所选对象在绘图工作区中会加亮显示。同时，所选对象可添加的几何约束类型，将在约束类型列表框中列出。

根据所选草图对象的几何关系，在约束类型列表框中选择一个或多个约束类型，并单击 **Apply**，则系统会添加指定类型的几何约束到所选草图对象上，并且草图对象的某些自由度符号会因产生的约束而消失。例如当选择一条直线和一个圆时，即使它们是分开的，如果选择相切约束，则系统自动使圆和直线相切。

约束草图对象以后，需要查看草图的约束效果，即把约束反映到草图对象上。当没有选择延迟求解选项时，添加的几何约束立刻会反映到草图对象上，使草图对象按添加的几何约束移动草图对象的位置；当选择了延迟求解选项时，添加的几何约束不会立即反映到几何对象上，需要单击求解草图选项或单击确定，退出几何约束对话框时，才会显示约束效果。

##### 2. 自动产生几何约束

自动产生约束是系统用选择的几何约束类型，根据草图对象间的关系，自动添加相应约束到草图对象上的方法。

如果要自动产生约束，在图 2.15 中选择 **Auto Create** 选项，系统会弹出如图 2.16 所示的自动产生约束对话框。该对话框显示当前草图对象可添加的几何约束类型。在该对话框中选择自动添加到草图对象的某些约束类型，然后单击 **Apply** 或 **OK**。系统分析草图对象的几何关系，根据选择的约束

类型，自动添加相应的几何约束到草图对象上。这种方法对于约束那些添加到草图中的几何对象，尤其是从其它 CAD 系统转换过来的几何对象特别有用。下面介绍一下该对话框中各选项的用法。

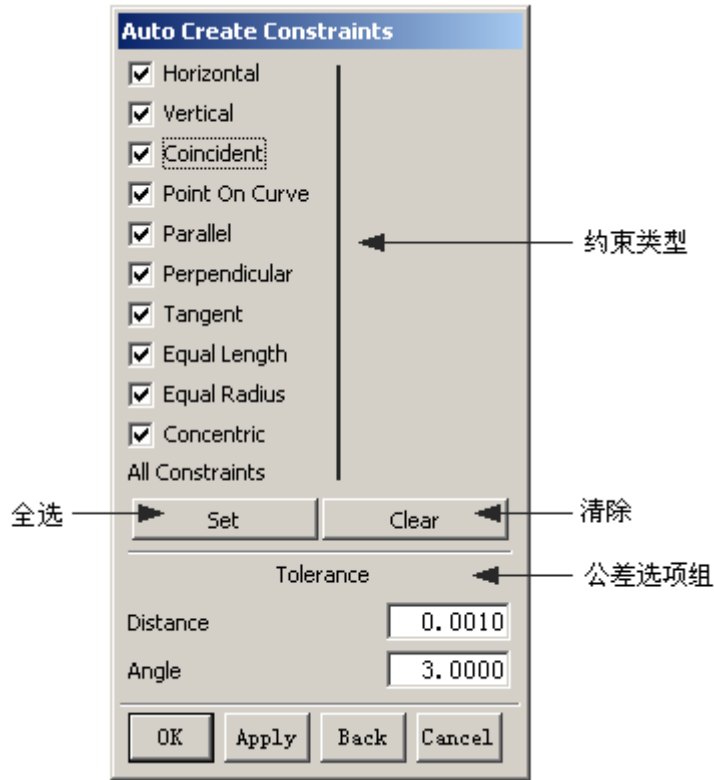


图 2.16 自动产生约束对话框

- 约束类型选项组

该选项组包含了 10 种几何约束类型，可供用户进行设置，每种约束类型的作用前面已作介绍。

- All Constraints 选项组

该选项可将上述的 10 种约束类型全部选中或全部关闭。其中包含了两个选项：

- 1) set (全部选中)

选择该选项，则将所有约束类型全部选中。

- 2) Clear (全部清楚)

选择该选项，则将所有约束类型全部关闭，让用户再进行重新设置。

- **Tolerance**（公差）选项组

该选项组用于设置在系统自动产生几何约束时，只有在公差范围以内的草图对象才会受所选几何约束的限制。公差选项组分为距离公差和角度公差两个文本框。

- 1) **Distance**（距离公差）

该选项为距离公差。当选择的两个草图对象为共点重合约束时，它将限制选取点之间相距的最大距离。

- 2) **Angle**（角度公差）

该选项为角度公差。应用 **Horizontal**、**Vertical**、**Parallel** 和 **Perpendicular** 等几何约束类型时，它将限制直线的水平、垂直、平行和正交的相差角度公差。例如如果角度公差为 **3**，则当有两条直线的相差角度小于 **3** 时，系统才会自动添加平行约束；如果角度大于 **3**，则系统将保持原来关系，不产生几何约束。

3. 约束条件列表框

在此列表框中，将会显示对于所选取的草图对象，全部可以进行限制的几何约束形式。比如在草图中选取一点，此时在该列表框中将会出现 **Fix** 选项；如果选取两线段，此时在该列表框中将会出现更多的限制条件。也就是说，列表框中的约束类型将会按照选取的草图对象不同而有所改变，用户可以按照该列表框中显示的几何约束条件进行约束操作。

4. **Show/Remove Constraints**（显示或移去约束）

选择该选项，会弹出显示或移去约束对话框。用户可以利用该对话框查看几何约束的类型和约束的信息，关于该对话框的用法将在 2.4.4 小节中进行详细的介绍。


## 2.4 草图操作功能

本小节将介绍如何使用草图操作功能。草图操作功能选项图标在草图对话框中部，除了前一小节介绍的 **Constraints**（约束）操作，还包括了 **Mirror**（镜像）、**Alternate Solution**（约束方式替换）、**Drag**（拖拽）、**Show/Remove Constraints**（显示或移去约束）、**Animate**（动态显示）和 **Offset Extracted Curves**（偏移抽取曲线）操作功能。

### 2.4.1 草图镜像

镜像草图操作是将草图几何对象以一条直线为对称中心线，将所选取的对象以这条存在的直线为轴进行镜像，拷贝成新的草图对象。镜像拷贝的对象与原对象形成一个整体，并且保持相关性。



在图 2.1 对话框中选取草图镜像图标时，会弹出如图 2.17 所示的镜像对话框。下面介绍一下该对话框中各选项的用法。

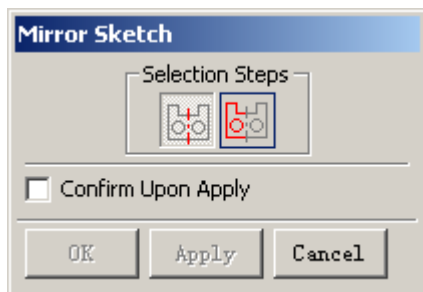


图 2.17 镜像对话框

### 1. Selection Steps（选择步骤）

在 Selection Steps 选项组中包括两个步骤图标，分别代表选择镜像中心线操作和选择镜像几何对象操作。在草图中建构镜像的草图对象时，必须进行这两个操作步骤，缺一不可。此外，在执行每个步骤后直接按鼠标右键，系统将会自动跳到下一个步骤，也可以选取想进行的操作步骤选项。在进行每个步骤时必须注意，系统会自动限制选取的草图对象的类型。



- **Mirror Centerline**（选择镜像中心线）

该图标用于选择存在的直线作为镜像中心线。选择镜像中心线时，系统限制用户只能选择草图中的直线。镜像操作后，镜像中心线会变成参考线，暂时失去作用。如果要将其转化为正常的草图对象，可用草图管理功能中转换参考对象方法进行转换。



- **Mirror Geometry**（选择镜像几何对象）

该图标用于选择一个或多个要镜像的草图对象。在选取镜像中心线后，用户可以在草图中选取要产生镜像的草图对象。

### 2) Confirm Upon Apply（预览后确认）

该选项用于选择确定选项时是否进行检查确认。选取该选项时，单击确定，会弹出如图 2.18 所示的检查对话框，供用户进行有关检查，然后再生成镜像草图对象；不选取该选项，单击确定后，则系统直接生成草图对象。

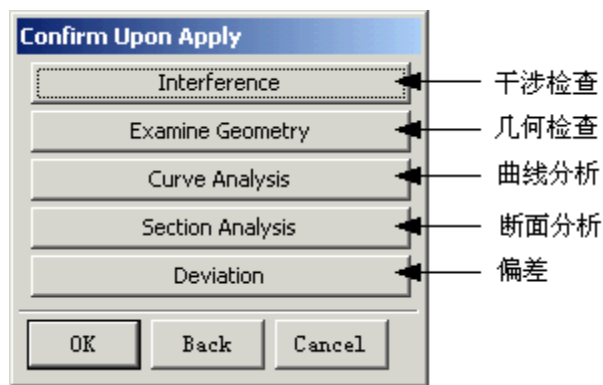


图 2.18 检查对话框

用户在进行镜像草图对象操作时，先在对话框中选择镜像中心线步骤图标，并在绘图工作区中选择一条镜像中心线。然后在对话框中选择镜像几何对象步骤图标，并在绘图工作区中选择要镜像的几何对象。选择了要镜像的几何对象并确定后，则系统会将所选的几何对象按指定的镜像中心线进行镜像拷贝，同时，所选的镜像中心线变为参考对象而用浅色显示。

#### 2.4.2 草图约束方式替换

当用户对一个草图对象进行约束操作时，同一约束条件可能存在多种解决方法，采用替换操作可从约束的一种解法转为另一种解法。



在图 2.1 对话框中选取草图约束方式替换图标时，会约束方式替换对话框。系统提示用户选择操作对象，此时，可在绘图工作区中选取要进行替换操作的对象。选择对象后，所选对象直接转换为同一约束的另一种约束方式。用户还可继续选择其它操作对象进行约束方式的转换。

图 2.19 所示的就是草图约束方式替换操作的图例。在图例 A 中，当为草图上的两个圆定义相切几何约束时，这两个圆可以为外切方式，也可以为内切方式，这两种相切方式都是有效的。如果用户想从一种相切方式转换到另一种相切方式，需要用替换来解决。当用户按图示位置选择了草图上的两圆后，则系统自动会把相切约束替换为右边的相切约束形式，如果再选择这两个圆，则又回到左边的相切约束形式。图例 B 所示的是平行约束方式替换操作中的两种方式。

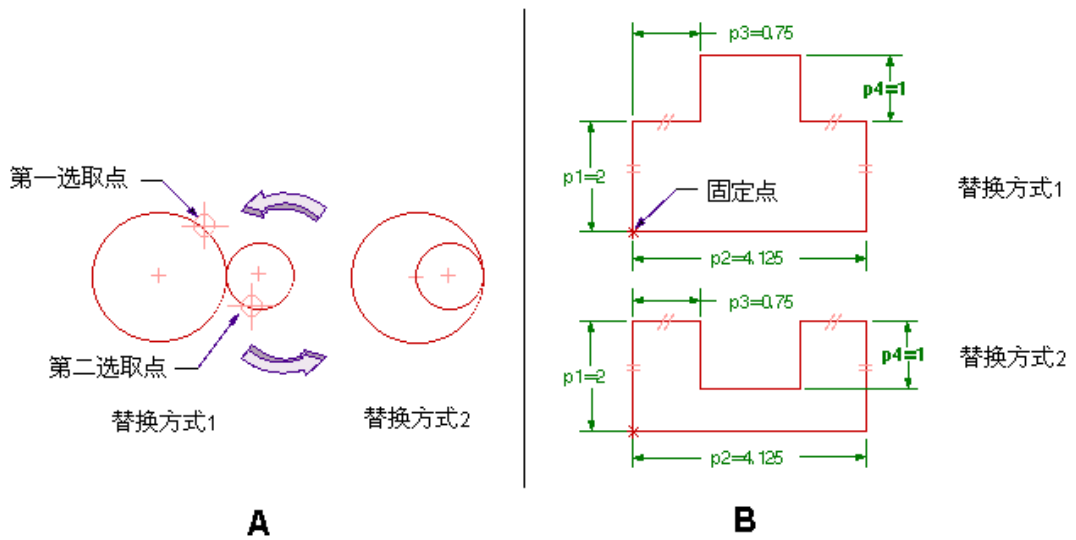



图 2.19 草图替换操作图例

### 2.4.3 草图拖动

拖动草图是在绘图工作区中拖动所选择的尺寸或曲线，来动态改变草图形状和大小。用户可以拖动草图中尚未约束的几何对象或约束尺寸，使草图对象的形状和尺寸发生改变。

在图 2.1 对话框中选取草图拖动图标  时，会弹出如图 2.20 所示的草图拖动对话框。其中包括 Increment Dimension Value（递增尺寸值）选项、Increment Size（增量大小）文本框和 Done Selecting（完成选取）按钮 3 个选项。下面介绍一下该对话框中各选项的用法。

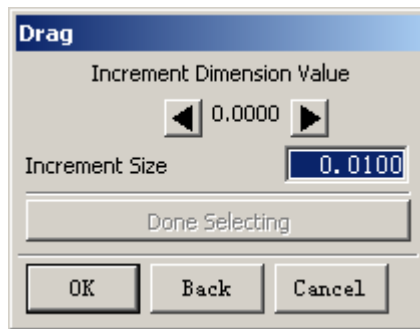


图 2.20 草图拖动对话框

#### 1. Increment Dimension Value（递增尺寸值）

在该选项可按用户指定的尺寸增量值来改变所选取的尺寸值。该选项可以针对所选尺寸，以等

加数值的方式，来修改增量或减量。对于已经标注尺寸的草图对象，并不能以拖动的方式改变草图对象的尺寸，如果在拖动中要修改草图对象的尺寸，此时必须先选择其尺寸，然后再修改该尺寸。

## 2. Increment Size（增量大小）

**Increment Size** 文本框用于配合 **Increment Dimension Value** 选项，在此文本框中所输入的所需数值，即为尺寸在等加增量或减量时的尺寸大小。

## 3. Done Selecting（完成选取）

该选项用于拖动草图对象。选取完草图对象后，只需单击此按钮，就可以进行拖动以修改草图。使用拖动来修改草图对象，首先要选定要改变的草图对象，在完成选取后，必须按住鼠标左键移动光标，此时草图对象将随光标的移动而有所改变。对于已标注尺寸或是有附加约束条件的草图对象，并不能使用拖动的方式来修改其尺寸。

利用草图拖动对话框，用户可用两种拖动方式拖动草图：几何对象拖动和尺寸拖动。在拖动几何对象和尺寸对象时，只会改变那些可以移动的约束。如果草图被完全约束，则只能拖拽尺寸对象。下面分别介绍一下这两种拖动方法。

### 1. 拖动几何对象

拖动几何对象时，应先在绘图工作区中选择一个或多个几何对象。选择完对象后，对话框中的 **Done Selecting** 选项激活，选择该选项，这时，光标的形状会发生变化。将光标定位在拖动的起始位置，并按下鼠标左键，拖动到终点位置，然后松开左键，则所选的几何对象会被拖动到新的位置。在移动鼠标的过程中，草图中的几何对象会随屏幕中光标的移动而动态变化。

在拖动几何对象时，所选几何对象不能为完全约束。因为，几何对象如果完全约束后，就没有可移动的自由度了。如果选择这种几何对象进行拖动，系统不会有任何反应，因此，通过拖动可以了解到草图对象的约束情况。

### 2. 拖动尺寸

拖动尺寸时，先在绘图工作区中选择一个尺寸，尺寸的当前值会显示在图 2.20 对话框的拖动箭头中间。在进行拖动尺寸操作时，一次只能拖换一个尺寸。拖动尺寸的方法有 2 种。

- 用鼠标直接拖动。

拖动时，先在绘图工作区中选择拖动起始位置，并按下鼠标的左键，然后移动光标至终点位置，再松开左键，从而完成尺寸拖动工作。在拖动鼠标的过程中，草图尺寸和几何对象会随屏幕中光标的移动而动态改变。

- 用设置尺寸增量大小来控制尺寸的变动幅度。

先在对话框的 Increment Size 文本框中输入尺寸增量值，再选择对话框中的左（减小尺寸）、右（增大尺寸）2 个箭头。每选择一次，则尺寸增加或减少一个增量值，同时，在绘图工作区中所选的尺寸约束也会动态的变化。

图 2.21 所示的就是草图拖动的图例。

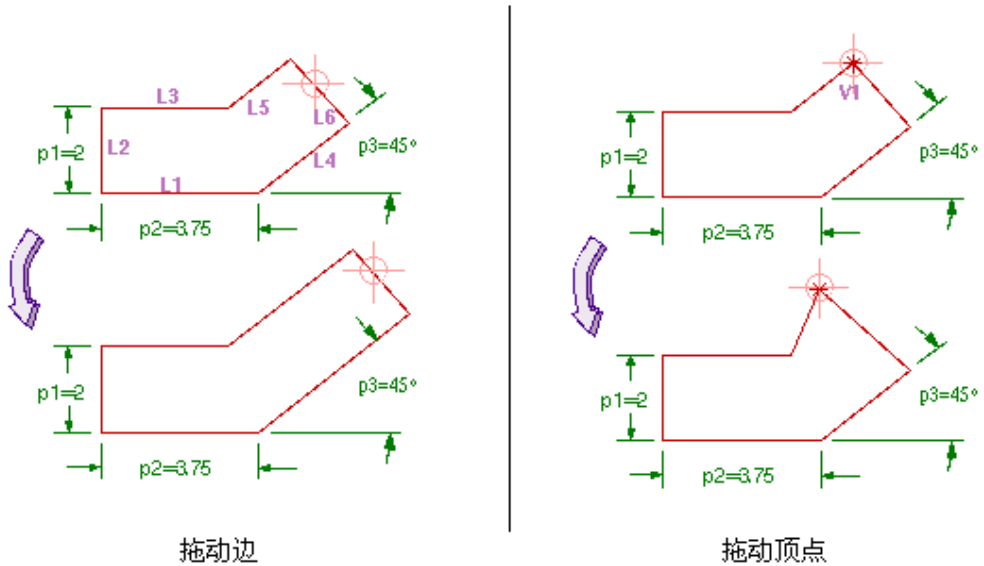


图 2.21 草图拖动

#### 2.4.4 显示或移去约束

显示或移去约束主要是用来查看现有的几何约束，设置查看的范围、查看类型和列表方式以及移去不需要的几何约束。



在图 2.1 对话框中选取显示或移去约束图标时，会弹出如图 2.22 所示的显示或移去约束对话框。其中包含了约束范围、约束类型、列表方式、移去约束和约束信息等选项，下面介绍一下该对话框中各选项的用法。

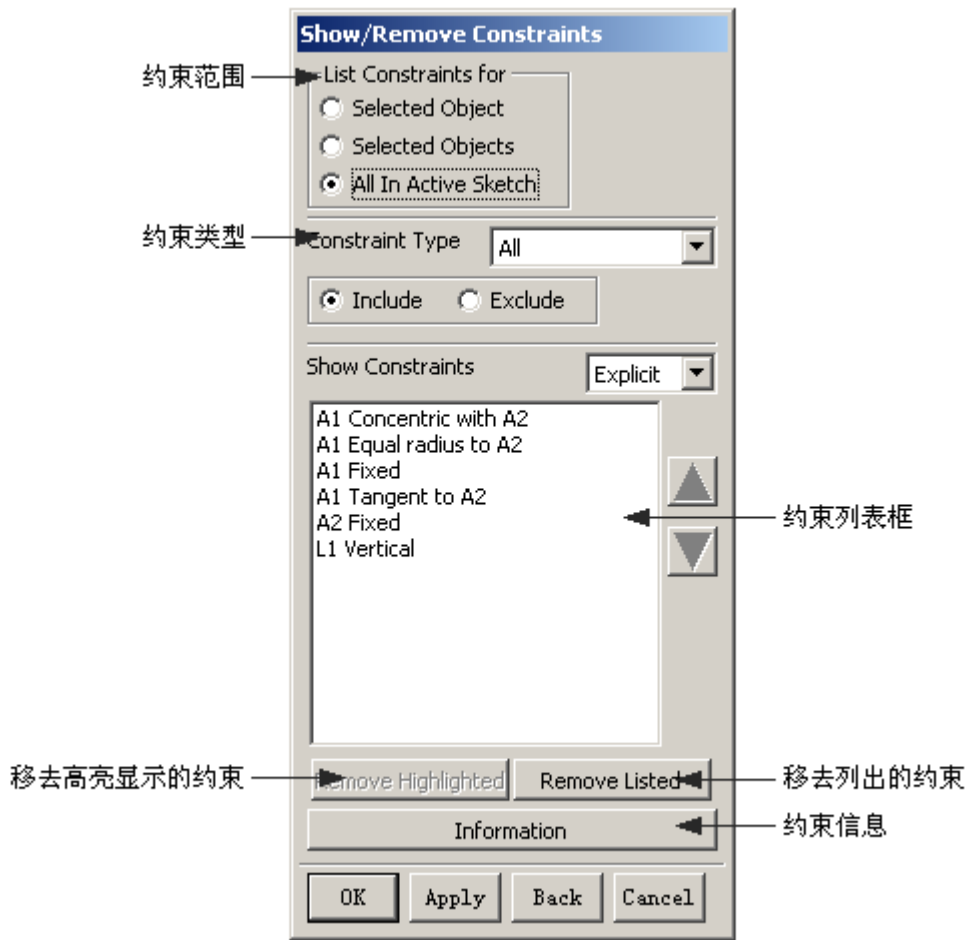


图 2.22 显示或移去约束对话框

### 1. List Constraints For (约束范围)

该选项用于设置显示在约束列表框中的草图对象的约束范围。其中包含了 3 种选项。

- Selected object (所选单个对象)

选择该选项，则约束列表框中显示所选草图对象的几何约束，此时，用户只能在绘图工作区中选择一个草图对象。

- Selected objects (所选全部对象)

该选项是系统的省缺设置方式，它允许用户选取多个草图对象。

- All In Activesketch (当前草图所有对象)

该选项用于在约束列表框中列出当前草图中所有草图对象的几何约束。

## 2. Constraint Type (约束类型)

该选项用于设置要在约束列表框中显示的约束类型。当选择此下拉列表框时，会列出可选的约束类型，可从中选择要显示的约束类型名称。各种几何约束类型的介绍在 2.3.2 小节中已经介绍过了，这里就不在说明了。

## 3. 约束列表方式

该选项用于设置是在约束列表框中显示指定类型的约束，还是显示指定类型以外的所有其它约束。其中包含 2 个选项。

- **Include:** 选择该选项，则在约束列表框中显示指定的类型约束。
- **Exclude:** 选择该选项，则在约束列表框中显示指定类型以外的所有其它约束。

## 4. 约束列表框

该列表框用于显示当前草图所选对象的指定类型的几何约束。当在该列表框中选择某约束时，约束对应的草图对象在绘图工作区中会高亮显示，并在该对象旁显示草图对象的名称。也可用列表框右边的上下箭头按顺序选择约束。

## 5. 移去约束

该选项移去在约束列表框中所选择的一个或多个几何约束。系统提供了两种移去约束的方式：选取 **Remove Highlighted** 选项，用于移去当前高亮显示的几何约束，也就是用户选中的约束；选取 **Remove Listed** 选项，用于移去约束列表框中所有的几何约束

## 6. Information (约束信息)

该选项用于查询约束信息。选择该选项，会弹出如图 2.23 所示的信息窗口，用来向用户显示当前所有草图对象之间的几何约束关系。

在进行显示或移去约束操作时，当光标位置移动到某草图对象上时，该对象及与其关联的其它对象均会高亮显示，并用约束标记显示这些对象之间的几何约束关系。约束类型的约束标记如图 2.24 所示。

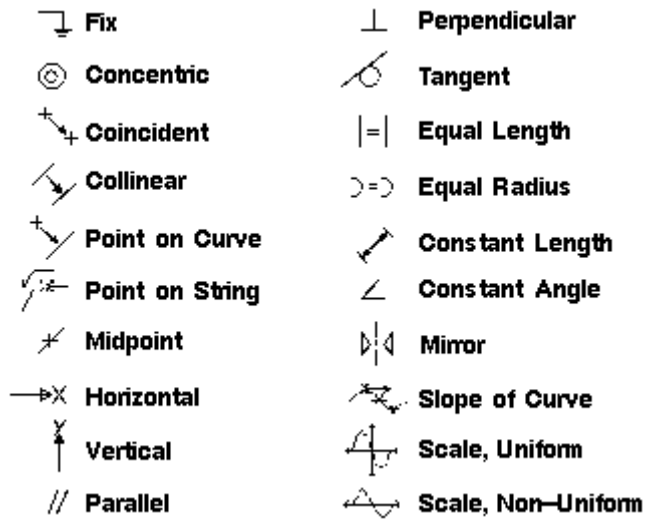


图 2.24 约束标记

图 2.25 所示的就是当光标在草图对象上时，系统显示的约束标记。图 2.25 A 中，当光标在圆弧上时，则与其同心的圆和与其相切的直线均高亮度显示，并显示同心和相切标记。图 2.25 B 中，当光标在直线上时，则与其平行的直线高亮度显示，并显示平行的标记。

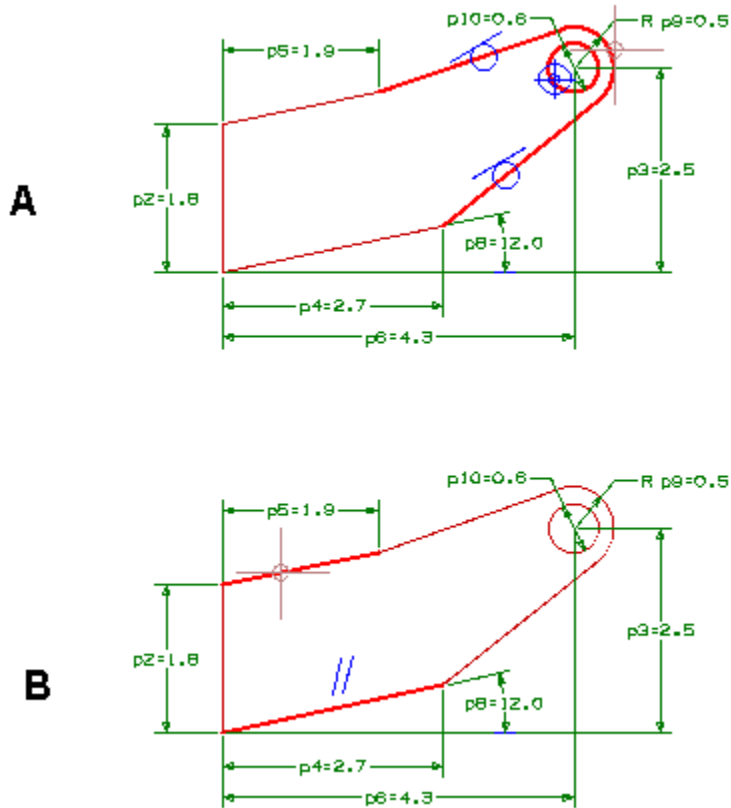



图 2.25 操作中显示的约束标记

## 2.4.5 草图动态显示

草图动态显示是使所选的尺寸在指定尺寸范围内变化，动态显示尺寸约束的对象及与其相关联的几何对象。在进行草图动态显示操作之前，必须现在草图对象上进行了尺寸的标注。

在图 2.1 对话框中选取草图动态显示图标  时，会弹出如图 2.26 所示的草图动态显示对话框。利用它能够将用户所选的尺寸及与之相关的几何对象进行动态显示。

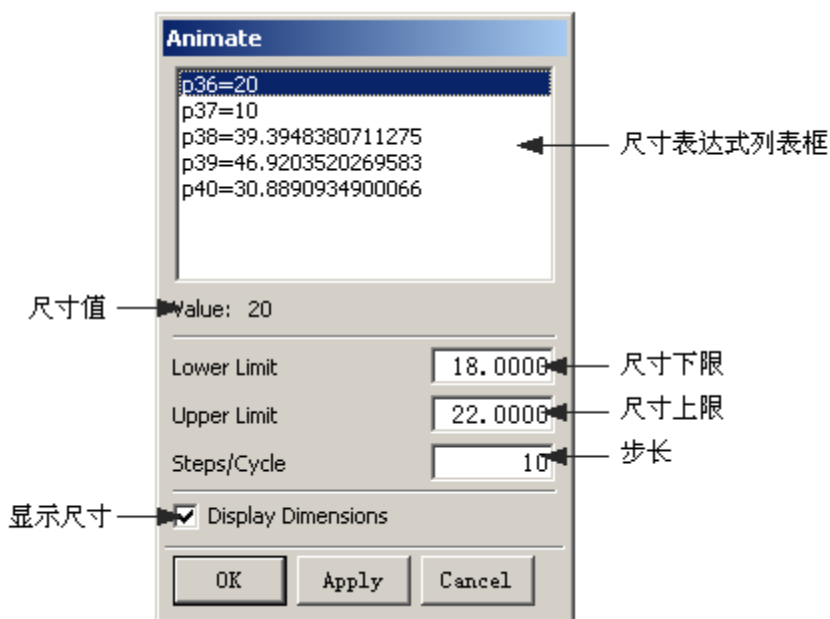


图 2.26 草图动态显示对话框

用户首先在绘图工作区中或在尺寸表达式列表框中选择一个尺寸表达式，然后在对话框中设置该尺寸变化范围和每一个循环显示的步长。完成设置确定后，则与此尺寸约束相关的几何对象会在绘图工作区中动态显示。如果要停止动态显示，可从弹出的停止信息窗口中单击确定，结束草图动态显示过程。下面介绍一下图 2.26 对话框中各选项的用法。

### 1. 尺寸表达式列表框

该列表框用于显示在草图中已标注的全部尺寸表达式。

### 2. Lower Limit（尺寸下限）

该文本框用于设置尺寸在动态显示时变化范围的下限。

### 3. Upper Limit（尺寸上限）

该文本框用于设置尺寸在动态显示时变化范围的上限。

### 4. Steps/Cycle（循环步长）

该文本框用于设置每次循环时的动态显示的步长值。如果输入的数值越大，则动态显示的速度越慢，但运动较为连贯。

### 5. Display Dimensions（显示尺寸）

该选项用于设置在动态显示过程中，是否显示已标注的尺寸。若选取该选项，则在草图动态显示时，所有尺寸都会显示在窗口中，且其数值保持不变。如果不选该选项，则在动画的过程中不显示其他尺寸。

在操作中，草图动态显示与草图拖动是不同的。草图动态显示并不会改变草图的尺寸，当动态显示结束时，草图又会回到原来的显示状态。


## 2.5 草图管理

本小节将说明草图管理选项组中各功能的主要操作方式。该选项组位于图 2.1 草图对话框的中部，其中包含了增加草图对象、添加抽取对象到草图、编辑定义曲线和转换参考对象这 4 个功能图标。

### 2.5.1 增加草图对象

增加草图对象用于将已存在的曲线或点（不属于草图对象的曲线或点），增加到当前的草图中。



在图 2.1 对话框中单击增加草图对象图标  时，系统会弹出对象选取对话框，让用户从绘图工作区中直接选取要增加的点或曲线。用户也可以利用选取对话框中的某些对象限制功能来快速的选取某类对象。完成对象选取后，系统会自动将所选的曲线或点添加到当前的草图中，且添加对象的颜色由绿色变为青色，刚添加进草图的对象不具有任何的约束。


用户在进行该功能操作时，要注意以下一些对象是不能再添加到当前草图中的。

1. 抛物线和双曲线不能被添加到草图中。
2. 在建立草图之前已经被拉伸的曲线不能添加到草图中。
3. 按输入的曲线规律所创建的曲线（如样条曲线、螺旋线）也不能用这种方法添加到草图中，而要用抽取曲线的方法来添加。

### 2.5.2 添加抽取对象到草图

添加抽取对象到草图功能能够将抽取的对象按垂直于草图工作平面的方向投影到草图中，使之成为草图对象。



在图 2.1 对话框中单击添加抽取曲线到草图图标  时，系统会弹出如图 2.28 所示的抽取对象到草图对话框。

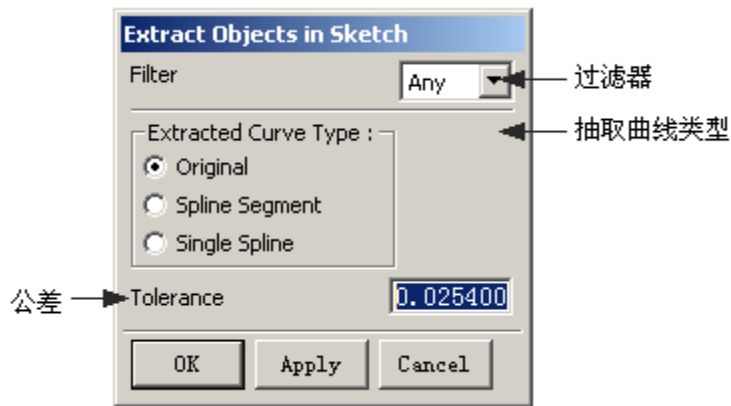


图 2.28 抽取对象到草图对话框

在进行添加抽取对象到草图操作时，用户先要在 **Filter** 选项中设置抽取对象的类型，再在 **Extracted Curve Type** 选项中设置抽取后的曲线类型，然后在 **Tolerance** 选项中，设置被抽取曲线投影到草图工作平面后的邻接误差。完成这些设置后，在绘图工作区中选取欲抽取的对象，则所选对象按垂直草图工作平面的方向被投影到草图中，并与直接建立的草图曲线一样用青色显示，成为当前草图中的对象。下面说明一下该对话框中各选项的用法。

### 1. Filter（过滤器）

该选项用于限制用户选取的抽取对象的类型。系统允许用户选取的抽取对象包括 **Any**（所有类型）、**Curve**（关联曲线和非关联曲线）、**String**（由多条曲线组成的曲线串）、**Points**（点）、**Edge**（边）、**Face**（表面）和 **Sketch**（草图）。

### 2. Extracted Curve Type（抽取曲线类型）

该选项用于设置抽取后的曲线在草图上所采用的种类。其中包含了 3 个选项。

- **Original**（初始方式）

选取该方式时，抽取后的曲线将采用原来曲线的几何类型。系统的省缺设置为 **Original** 选项。

- **Spline segment**（独立样条）

选取该方式时，抽取后的曲线用独立的样条曲线来表示。

- **Single Spline**（单一样条）

选取该方式时，抽取后的曲线将连成一条样条曲线，形成单一样条曲线。

### 3. Tolerance

该选项将决定抽取的多段曲线投影到草图工作平面后是否彼此邻接。如果它们之间的距离小于

设置的公差值，则彼此邻接。

用户在进行该功能操作时，要注意以下一些情况。

1. 草图不能同时包含定位尺寸和抽取对象。因此，在抽取边之前不能对草图定位，如果已将草图定位，须将定位删除。同样，对已定位的草图不能再抽取对象。

2. 抽取的对象必须比此草图早建立。如果要从在草图生成后建立的实体或片体上抽取对象，可用模型导航工具，调整实体生成的先后顺序，再进行操作。

3. 从关联曲线上抽取的对象时，仍会保持原来的关联性。如果原曲线被修改，则抽取的对象也会被更新。如果原曲线被进行了抑制操作，在草图中的抽取对象仍是可见。

4. 如果选择实体或片体上的表面作为抽取对象，那么实际抽取的是该表面的边。如果该表面边的拓扑关系发生了改变：增加或减少了边数，则抽取后的曲线串也会作相应变化。

5. 约束草图时，抽取的曲线串能作为草图约束的参考对象，但仅有 **Point on string** 这一种约束方法对抽取的曲线串能起到约束作用。

### 2.5.3 编辑定义曲线

草图一般用于拉伸、旋转生成扫描特征（Swept Feature），因此大多数草图是作为扫描特征的截面曲线，如果要改变扫描特征截面的形状，需要增加或去掉某些曲线，就可以通过编辑定义曲线这个操作来实现。



在图 2.1 对话框中单击编辑定义曲线图标时，系统会弹出如图 2.29 所示的编辑定义曲线对话框。它用于将某些曲线、边和表面等几何对象添加到用来形成扫描特征的截面曲线中，或从用来形成扫描特征的截面曲线中移去一些曲线、边和表面等对象。

用户再进行编辑定义曲线操作时，首先要要在对话框的 **String Type** 选项中设定要编辑曲线的类型，再在特征列表框中选择与当前草图相关的关联特征。如果要添加几何对象到定义曲线中时，可在绘图工作区中选取欲添加的曲线、边或表面，然后确定即可。如果要从定义曲线中删除几何对象，则在绘图工作区中选取欲删除的曲线、边或表面，用 **Shift** 键加鼠标左键，然后确定即可。再回到图 2.1 对话框时，选择 **Update Model** 选项，则与编辑的定义曲线相关联的模型会得到更新。下面介绍一下图 2.29 对话框中各选项的用法。

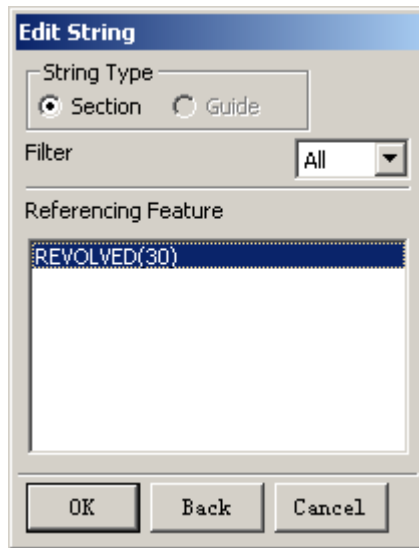


图 2.29 编辑定义曲线对话框

### 1. String Type（曲线类型）

该选项用于设置要编辑的定义曲线的类型，在 UG 中形成扫描特征的曲线串有以下 2 类。

- Section（截面曲线）

该选项用于编辑扫描特征的截面曲线，即编辑形成扫描特征的截面曲线集，包括草图曲线等对象。

- Guide（轨迹曲线）

该选项用于编辑扫描特征的轨迹曲线，即编辑形成扫描特征的轨迹曲线集，包括草图曲线等对象。

### 2. Filter（过滤器）

该选项用于限制用户所选对象的类型。其中包括了 All（所有类型）、Curve（曲线）、Edge（边）和 Face（表面）4 个选项。


### 3. Referencing Feature（关联特征列表框）

关联特征是与当前草图对象相关联的特征。在特征列表框中，系统会列出与当前草图关联的所有特征的名称。在编辑定义串曲线时，如果有多个关联特征使用了同一组定义曲线，应先在列表框中选择当前要编辑的曲线对哪个特征有效。

## 2.5.4 转换参考对象

在为草图对象添加几何约束和尺寸约束的过程中，有些草图对象和尺寸可能引起约束冲突，这

时可以使用转换参考对象的操作来解决这一冲突问题。

在图 2.1 对话框中单击转换参考对象图标时，系统会弹出如图 2.30 所示的转换参考对象对话框。它用于将草图曲线或尺寸转换为参考对象，或将参考对象转换为正常的草图对象。

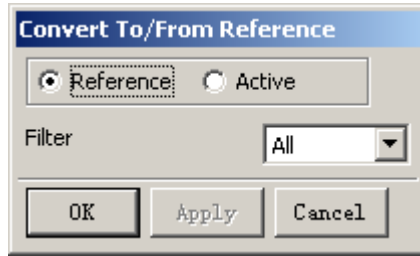


图 2.30 转换参考对象对话框

当要将草图中的曲线或尺寸转化为参考对象时，先在绘图工作区中选择要转换的曲线或尺寸，再在该对话框中选择 **Reference** 选项，然后确定，则系统会将所选对象转换为参考对象。如果选择的对象是曲线，它转换成参考对象后，用浅色双点划线显示，在实体拉伸和旋转操作中它将不起作用；如果选择的对象是一个尺寸，在它转换为参考对象后，它仍然在草图中显示，并可以更新，但其尺寸表达式在表达式列表框中消失，它不再对原来的几何对象产生约束。

当要将参考对象转换为草图中的曲线或尺寸时，先在绘图工作区中选择已转换成参考对象的曲线或尺寸，再在对话框中选择 **Active** 选项，然后确定，则系统将所选的曲线或尺寸激活，并在草图中正常显示。对于尺寸来说，它的尺寸表达式又会出现在尺寸表达式列表框中，可修改其尺寸表达式的值，以改变它所对应的草图对象的尺寸。

下面说明以下图 2.30 对话框中各选项的用法。

### 1. 转换方式选项

该选项用来设置转换方式，其中包含了以下两种方式。

- **Reference**（参考对象）

选取该选项，则系统将所选对象由草图对象或尺寸转换为参考对象。

- **Active**（激活草图对象）

选取该选项，则系统将所选的参考对象激活，转换为草图对象或尺寸。

### 2. Filter（过滤器）

该选项用于设置用户所能选取对象的类型。其中包含了 **All**（所有类型）、**Curve**（曲线）和 **Dimension**（尺寸）3 种类型。

在进行转换参考对象操作时，如果选取草图尺寸时是周长尺寸余数时，不能将它转换成参考对象，否则将产生出错信息。

## 2.6 编辑草图

利用草图对话框建立了草图对象后，用户还可以对创建的草图对象进行编辑操作和修改草图对象的位置。

### 2.6.1 草图编辑对话框

编辑草图首先须进入草图的编辑状态。在 UG V17 中，编辑草图有 2 种不同的进入方式。如果是编辑 V13 版以后（包括 V13 版）建立的草图，可以用与创建草图相同的方式进入草图编辑状态（即选择 **Insert**►**Sketch** 菜单项）。在弹出的图 2.1 对话框的草图列表框中选择要编辑的草图，然后选择 **Activate** 选项，使所选草图成为当前的工作草图，再进行草图对象的编辑。

如果是编辑 V13 版以前建立的草图，则要在主菜单中选择 **Edit**►**Sketch** 菜单命令，系统会弹出如图 2.31 所示的草图编辑对话框。该对话框有 2 个草图列表框，上部列表框用于显示当前部件中 V13 版以后（包括 V13 版）建立的草图名称，下部的列表框用于显示 V13 版以前建立的草图名称。对话框下部的 3 个选项按钮用于对 V13 以前的草图进行更名、删除和重新设置草图附着平面的操作，只有存在 V13 版以前的草图时，这些选项才被激活。**Selection** 文本框用于输入和显示要编辑的草图名称。在对话框的草图列表框中选择要编辑的草图，确定后即进入草图编辑状态。

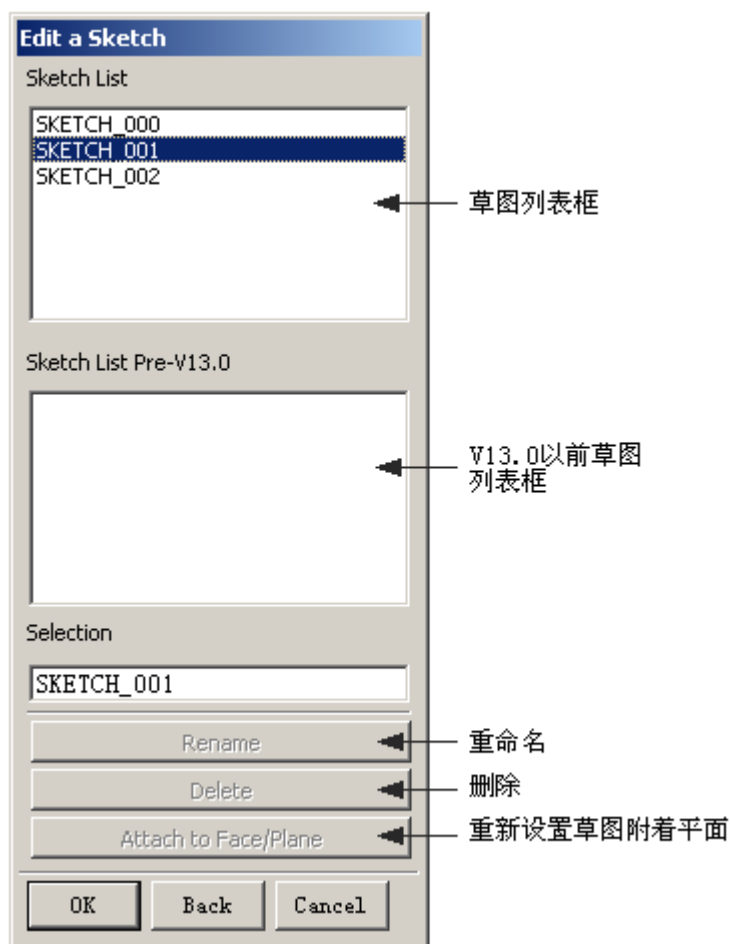


图 2.31 草图编辑对话框

用户在完成草图编辑后，应在图 2.1 对话框中，选择 Update Model 选项，更新用草图所建立的实体模型。

### 2.6.2 草图对话框中的编辑选项

在图 2.1 的草图对话框中，也有多个选项是用于编辑草图的。

#### 1. Chang View Orientation（改变视图方向）

该选项用于控制视图方向是否变化。选择该选项，则在新建或激活草图时，视图方向改变到草图当前工作平面的方向；如果不选择该选项，则在新建或激活草图时，视图方向不变。

#### 2. Layer/Sketch Name（草图列表框）

该选项为草图列表框，其中列出当前零件中所有草图的名称及其所在的层。编辑草图时，要先在该列表框中选择草图名称。

### 3. Active Sketch（当前草图）

该文本框用于显示和修改当前工作草图的名称。

### 4. Activate（激活）

该选项用于激活选择的草图，使其成为当前工作草图。在草图列表框中单击一个草图名称后，该选项被激活，然后再单击该选项，即可将所选草图激活而成为当前工作草图。激活草图还有另一种方法，即在草图列表框中双击草图名称使所选草图激活成为工作草图。当激活另一个草图时，当前工作草图自动退出工作状态。

### 5. Deactivate（退出激活）

该选项使当前工作草图退出激活状态。

### 6. Retain Dimension Display（保留尺寸显示）

该选项用于控制草图尺寸是否在不激活状态时显示。选择该选项，则当草图退出激活状态时，尺寸约束继续在图形窗口显示；反之，则当草图退出激活状态时，尺寸约束不再在窗口显示。

### 7. Update Model（更新模型）

该选项用于更新与当前草图关联的实体模型。当修改草图后，单击该选项，则对草图对象的修改会反映到由草图生成的实体模型上。


当要编辑的草图被激活以后，可用前面介绍的两种方法，在草图中添加或删除草图对象、尺寸约束和查看有关的草图信息等。

在进行编辑草图时，要注意以下几点，

1. 编辑草图之前必须激活草图，且一次只能选择一个草图进行编辑操作。
2. 草图的定位尺寸不能在此状态下修改，需要用修改特征位置的方法来进行修改（下一小节会讲到）。
3. 在选择 **Edit►Transform** 菜单命令来修改草图对象时，不能使用移动选项（Move）来移动草图对象，但可以使用复制（Copy）选项来复制草图对象，复制的草图对象会被添加到当前工作草图中。

### 2.6.3 修改草图位置

草图被完全定位以后，不能在草图中修改草图位置。如果要修改草图位置或重新定位草图，需要用修改特征位置的方法进行修改。不能再选草图定位图标，这样做会出现错误提示。

用户在主菜单中选择 **Edit>Feature>Positioning** 菜单命令或在工具栏单击  图标时，会弹出如图 2.32 所示的编辑特征位置对话框。利用该对话框可以进行修改或删除草图定位尺寸的操作。

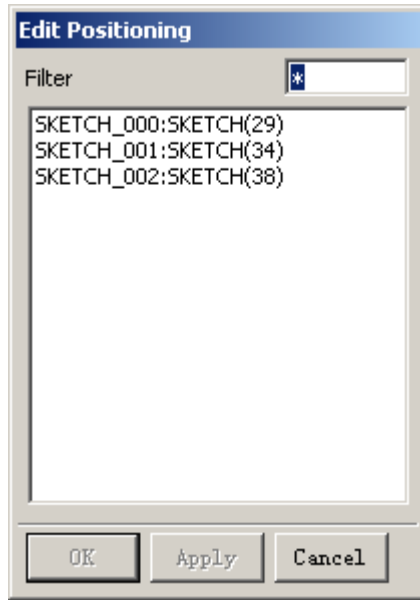


图 2.32 编辑特征位置对话框


在特征列表框中，选择要编辑位置参数的草图后，接着系统弹出如图 2.4 所示的定位方式对话框。利用该定位对话框，用户可以重新指定草图的定位方式，该对话框的使用方法与前面介绍的使用方法是相同的。

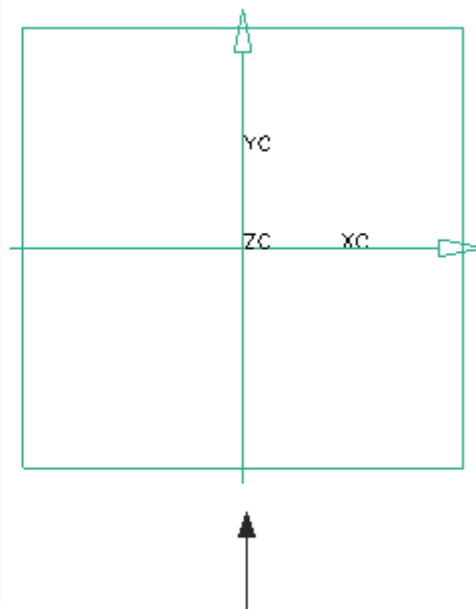
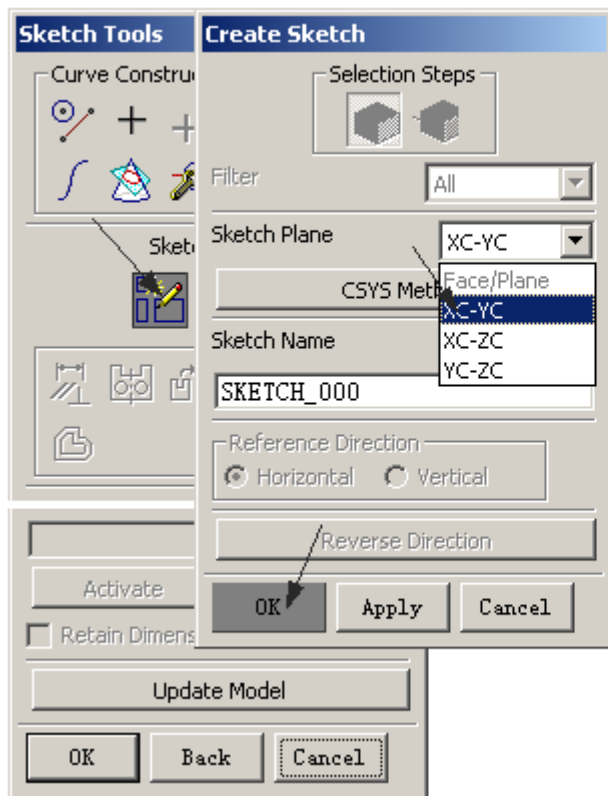
在建立草图时，如果用特征的边和表面作草图参考方向，那么当包含边和表面的特征被删除时，所作的水平或垂直定位约束也会随之被删除，这时就需要重新修改草图的定位特征了。

## 2.7 综合范例


在本小节中，将创建一个草图范例来说明如何应用草图功能，其中会包含如何创建草图、如何对草图对象添加尺寸约束和几何约束以及如何操作草图对象等功能。

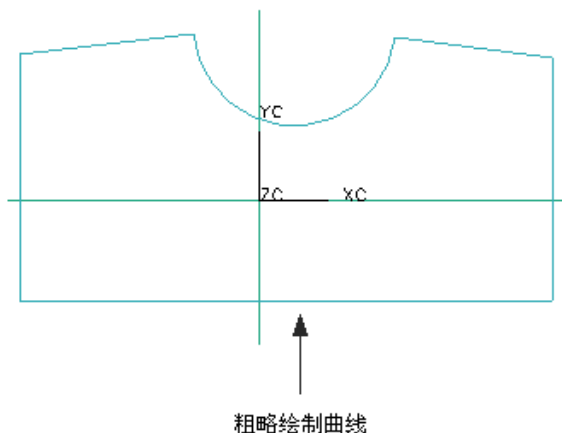
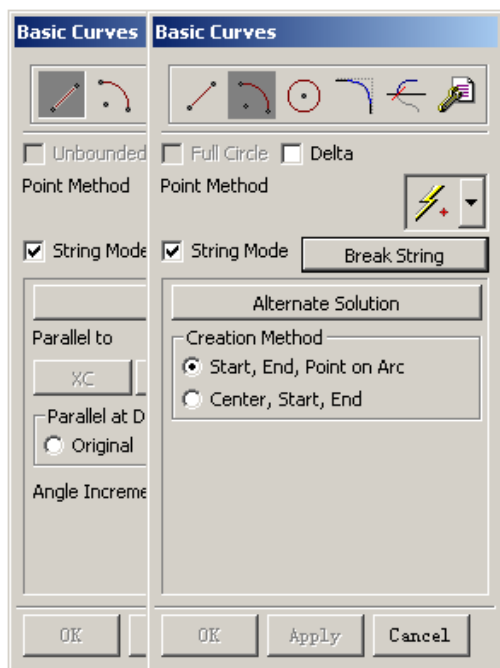
1) 创建草图平面。在主菜单条上选择 **Insert>Sketch** 菜单命令项或在工具栏单击  图标，在



弹出的草图对话框中选择  选项，用户在弹出的创建草图对话框中，指定建立的草图平面在 XC-YC 平面上，并接受系统省缺的草图名称。



生成空白草图

2) 创建草图平面后，在草图对话框中选择  选项，在弹出的基本曲线对话框选择直线功能，在草图平面上创建出大致轮廓的草图对象（此时不必要求的很细，仅绘制出大体形状即可）。

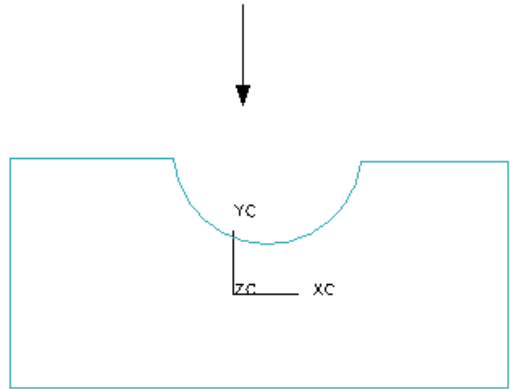
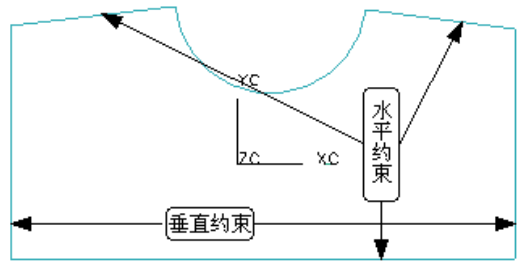
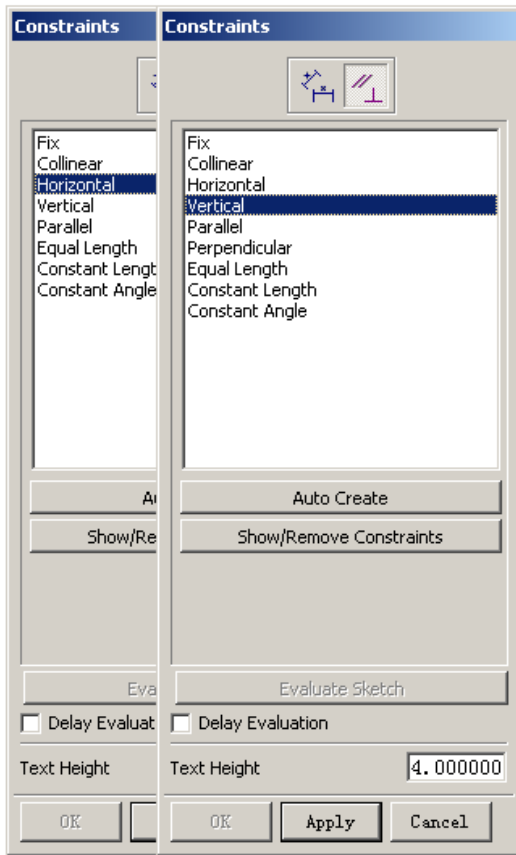


3) 创建草图对象后，就可以为它们添加约束了。在草图对话框中选择  选项，并在弹出的约束对话框中选择几何约束  选项。再选取草图对象的 L1 和 L2 边，在列出的约束中选择 Vertical（垂直）约束，并单击 Apply 按钮。



4) 再选取草图对象的 L2、L4、L6 和 L8 边，在列出的约束中选择 Paraller（平行）约束，并单击 Apply 按钮。

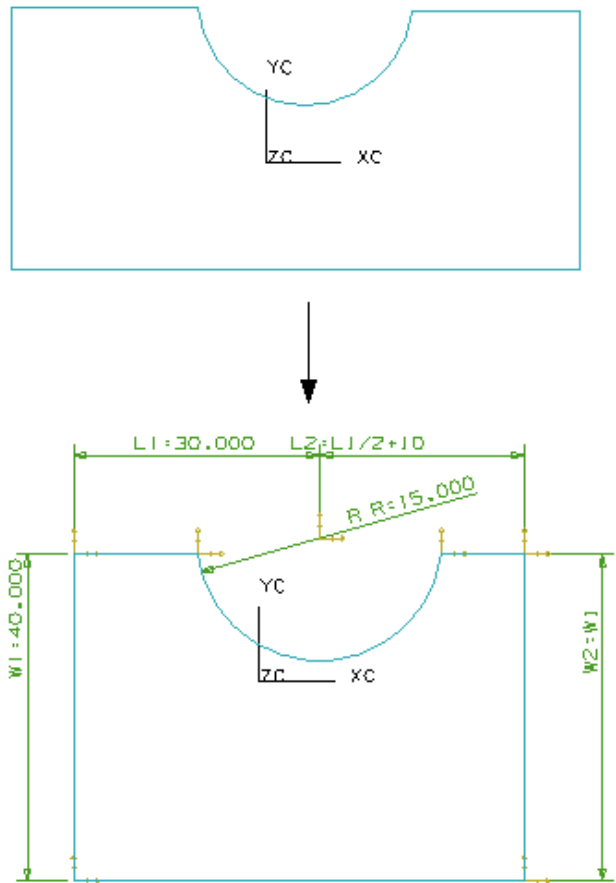
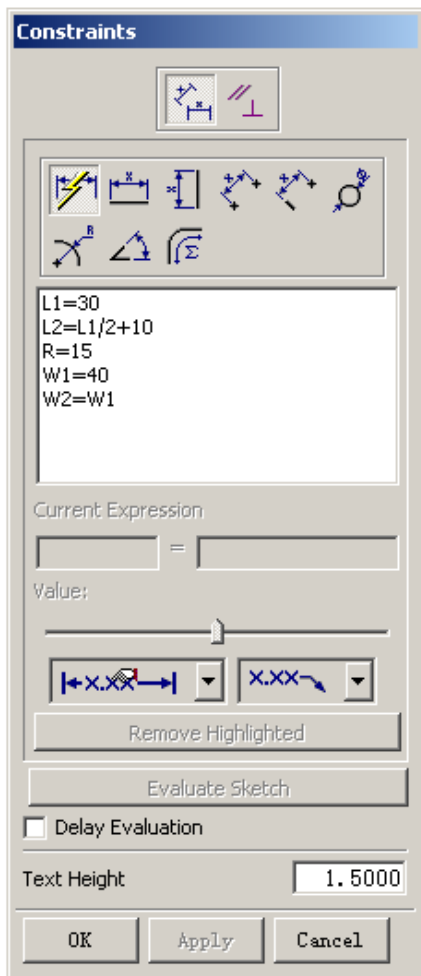
5) 再选取草图对象的 L1、L3、L5 和 L7 边，在列出的约束中选择 Paraller（平行）约束，并单击 Apply 按钮。

6) 这样就为草图对象添加了全部的约束信息，草图对象也变成了我们预期的形状。接下来就可以为草图对象添加尺寸约束了。




添加几何约束后

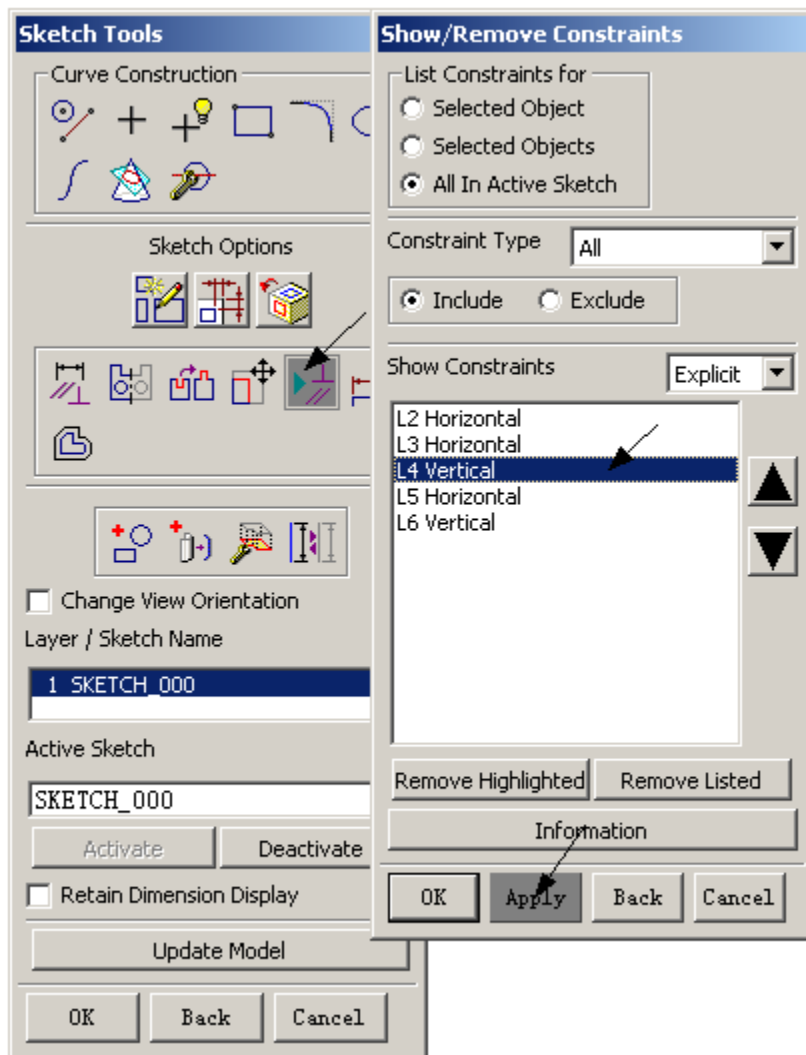
7) 在约束对话框中选择尺寸约束  选项，并选取其中的智能推论  选项。接着在草图对象中选择要添加尺寸约束的边，则系统会自动算出该边的长度，并标注在草图中。如果用户需要修改某边的长度，只要在约束对话框的尺寸列表框中选中该边的尺寸约束，并在下方的 **Current Expression** 文本框中输入该边要求的边长即可。



8) 添加完草图对象的尺寸约束后，就基本上完成了草图对象的创建工作，如果用户还需要作修改，就可以利用草图对话框中操作和管理功能选项进行进一步的编辑。

9) 如果用户要删除草图对象中的约束，就可以利用约束的删除功能来修改草图。在草图对话框

框中选择显示或删除约束图标 ，在弹出的显示或移去约束对话框中，选择 All in Active Sketch 选项，使草图中的所有约束在列表框中列出，这时用户只要选取所需删除的约束即可。这里选择约束 L2 Parallel to L8 几何约束，并选择 Remove Listed 选项，使该约束从草图对象中移去。



**小结：**在本章中详细的向读者介绍了 UG 中草图功能的应用。其中包含了如何创建与定位草图、如何对草图进行约束、草图的操作功能以及草图的管理和编辑功能。在用户参数化建模时，灵活的应用草图功能，会给用户带来很大的方便。不过使用中要注意的是，草图对象大多都是与实体模型相关联的，用户在修改时，一定要注意它对实体模型的影响。

# 项目三 基准特征与实体建模基础

## 一、教学目标：

1. 掌握三维实体建模分析方法；
2. 掌握三维实体建模技巧。

## 二、教学重点

1. 建模思路、方法分析；
2. 建模命令选择。

## 三、教学难点

典型模型建模分析

## 四、素质(思政)内容与要求

1. 养成良好的产品设计绘制习惯；
2. 培养从简单设计开始，持之以恒，循序渐进，勤奋练习的习惯；
3. 培养学生一丝不苟、精益求精的设计理念。

## 五、教学手段：

讲授 、演示、提问

## 六、学时数

10 学时

# 实体建模概述

UG 建模技术是一种基于特征和约束的建模技术，具有交互建立和编辑复杂实体模型的能力。应用 UG 的建模功能，设计工程师可快速进行概念设计和详细设计。与传统的基于线框和实体的 CAD 系统相比，设计人员在建模和编辑的过程中花费的精力和时间会更少。本章从创建特征、特征操作和编辑特征三个方面介绍 UG 三维实体建模和编辑的方法。

## 3.1 实体建模概述

UG 三维建模（Modeling）应用是新一代建模技术，它结合了传统建模和参数化建模的优点，具有全相关的参数化功能，是一种“复合建模”工具。

### 3.1.1 UG 实体建模

UG 建模充分发挥了传统的实体、表面、线框造型优势，能够很方便地建立二维和三维线框模型及扫描、旋转实体，并可进行布尔操作和参数化编辑。其草图工具可供用户定义二维截面的轮廓线。特征建模模块提高了表达式设计的层次，使实际信息可以用工程特征来定义。例如，模块中提供了各种标准设计特征，如孔、槽、型腔、凸台、方形凸台、圆柱、块、圆锥、球、管道、圆角和倒角等；同时，还可薄壳实体创建薄壁件，并对实体进行拔模以及从实体中抽取需要的几何体等。用户自定义特征模块，可以使用户用自定义特征的方式建立部件特征库，易于调用和编辑，提高建模速度。

在 UG 中建立的模型，可直接被引用到 UG 的二维工程图、装配、加工、机构分析和有限元分析中，并保持关联性。如在工程图中，利用 Drafting 中的相应选项，可从实体模型提取尺寸、公差等信息标注在工程图中，实体模型编辑后，工程图尺寸自动更新。

在 UG 中建立的三维模型，可进行着色、消隐和干涉检查，并可从实体中提取几何特性和物理特性，进行几何计算和物理特性分析。

UG 17 在操作界面上有很大的改进，各建模功能都可通过工具图标栏上的图标来实现。建模工具图标栏主要有三个，Form Feature、Feature Operation 和 Edit Feature，这些工具图标栏分别用于创建特征、特征操作和编辑特征。图 3.1 所示的就是有关实体建模操作的菜单命令和工具栏图标。

Form Feature 工具栏用于创建基本实体、扫描特征、参考特征、成型特征、用户自定义特征和一些复杂的实体模型等。

Feature Operation 工具栏用于实体拔模、倒圆角、面倒圆、软倒圆、倒斜角、特征阵列、实体修剪、实体分割、攻丝和薄壳等操作。

Feature Edit 工具栏用于编辑特征参数、编辑定位尺寸、移动特征、特征重新排序和删除特征等操作。

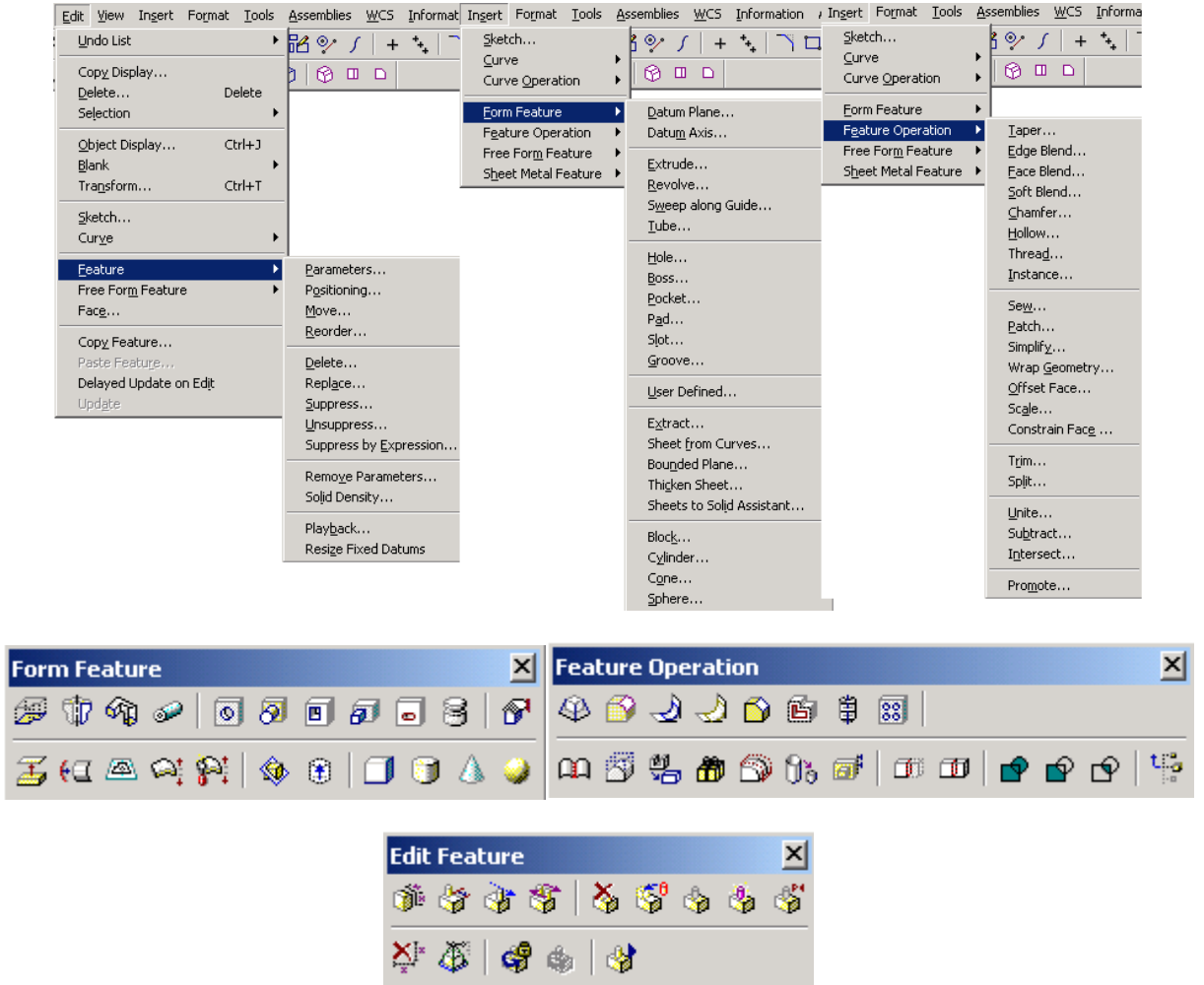


图 3.1 实体建模操作命令和工具栏图标


### 3.1.2 布尔运算

布尔运算操作用于确定在 UG 建模中多个实体之间的合并关系。布尔操作中的实体称为目标体和工具体。目标体是首先选择的需要与其它实体合并的实体或片体；工具体是用来修改目标体的实体或片体。在完成布尔运算操作后，工具体成为目标体的一部分。

布尔运算操作包括相加、相减和相交运算，它们分别用于实体或片体之间的结合、实体或片体之间相减和产生相交实体或片体的操作。

## 1. 相加

相加布尔运算用于将两个或两个以上不同的实体结合起来。也就是求实体间的和集。

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**unite** 时，系统会弹出一个选取对话框，让用户选择目标体。在绘图工作区中选择需要与其它实体相加的目标体后，弹出类选择对话框，此时可选择与目标体相加的实体或片体为工具体。完成工具体选择后，系统会将所选工具体与目标体合并成一个实体或片体。图 3.2 所示的就是这种操作的图例。

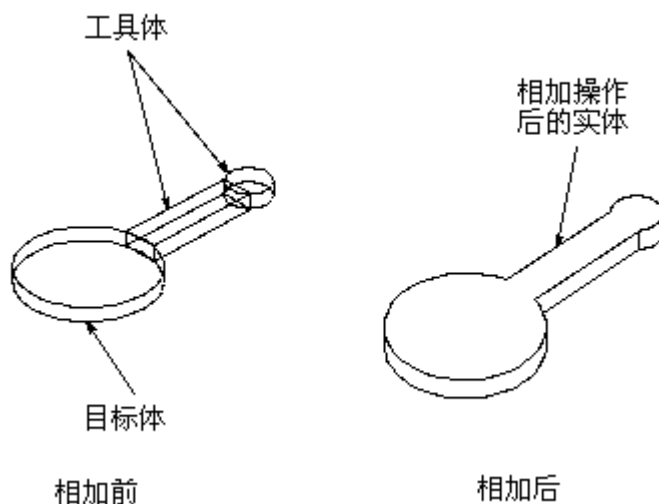



图 3.2 相加操作

## 2. 相减

相减布尔操作用于从目标体中减除一个或多个工具体，也就是求实体间的差集。

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Subtract**，系统会弹出一个选取对话框，让用户选择目标体。选择需要相减的目标实体后，弹出类选择对话框，再选择一个或多个实体作为工具实体，则系统会从目标体中减去所选的工具实体。图 3.3 所示的就是这种操作的图例。

在操作时要注意的，所选的工具实体必须与目标实体相交，否则，在相减时会产生出错信息，而且它们之间的边缘也不能重合。另外，片体与片体之间不能相减。如果选择的工具实体将目标体分割成了两部分，则产生的实体将是非参数化实体。

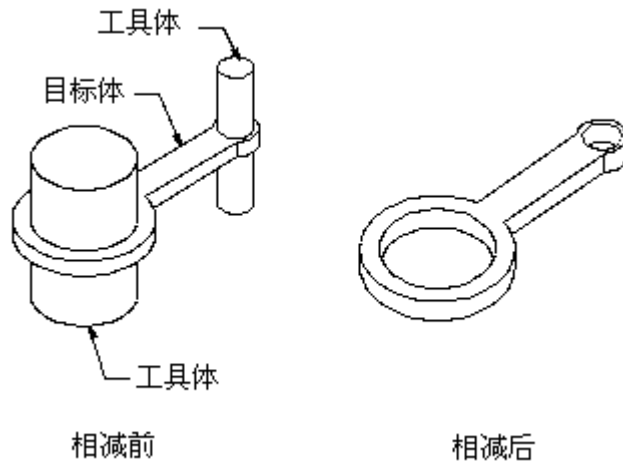



图 3.3 相减操作

### 3. 相交

相交布尔操作用于使目标体和所选工具体之间的相交部分成为一个新的实体，也就是求实体间的交集。

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Intersect**，系统会弹出一个选取对话框，让用户选择目标体。选择需要相交的目标体后，弹出类选择对话框，再选择一个或多个实体作为工具体，系统会用所选目标体与工具体的公共部分产生一个新的实体或片体。图 3.4 所示的就是这种操作的图例。

操作时要注意的是所选的工具体必须与目标体相交，否则，在相交时会产生出错信息。另外，实体不能与片体相交。

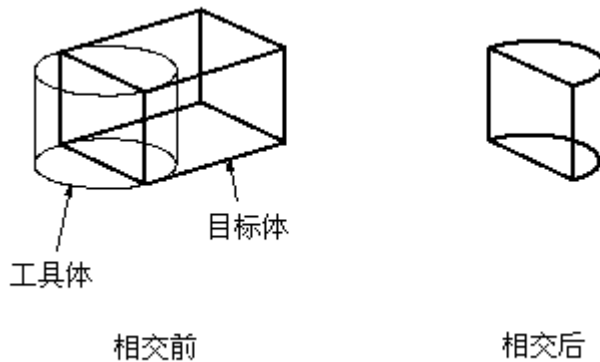


图 3.4 相交操作


## 3.2 构建基准特征

基准特征是创建实体模型的辅助工具，基准特征包括基准平面和基准轴两类。在建模过程中，借助于基准特征，可在要求的方向和位置上创建特征和草图。基准特征的位置可以固定，也可以随其关联对象的变化而改变。

### 3.2.1 基准面

基准平面是建模的辅助平面，之所以用到基准平面，主要是为了在非平面上方便的创建特征，或为草图提供草图工作平面的位置。例如借助基准平面，可在圆柱面、圆锥面、球面等不易创建特征的表面上，方便地创建孔、键槽等特征。

基准平面分为相对基准平面和固定基准平面两种。相对基准平面与模型中其它对象（如曲线、面或其它基准等）关联，并受其关联对象的约束；固定基准平面没有关联对象，即以工作坐标（WCS）产生，不受其它对象的约束。

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 `Insert>Form Feature>Datum Plane`，会弹出如图 3.5 所示基准面对话框，该对话框用于创建和编辑固定基准平面与相对基准平面。

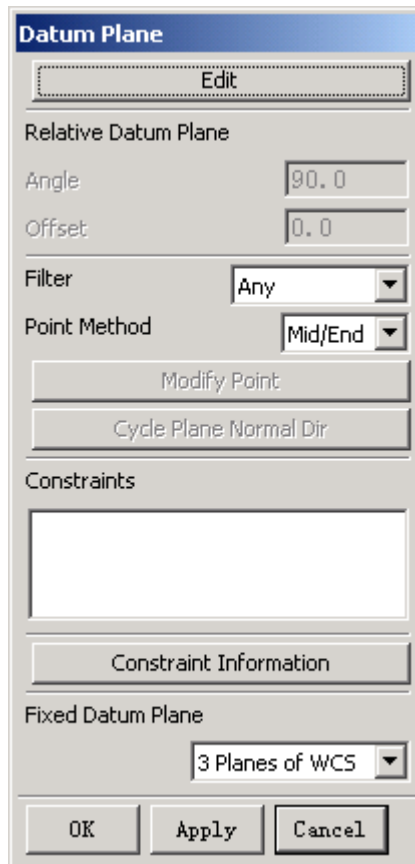


图 3.5 基准面对话框

该对话框分为三大部分，上部的 **Edit** 选项用于编辑存在的基准平面；中部的 **Relative Datum Plane** 选项用于创建相对基准平面；下部的 **Fixed Datum Plane** 选项用于创建固定基准平面。下面介绍一下对话框中主要选项的用法。

### 1. Edit（编辑基准面）

该选项用于编辑已存在的相对基准平面和固定基准平面。它可以改变相对基准平面的位置以及在六个方向轮换改变其法向；固定基准平面则只能改变其法向方向。只有当模型中存在基准平面时，该选项才激活。

选择该选项时，除 **Constraint Information** 选项外，其余选项均为灰色显示。选择存在的基准平面后，则 **Cycle Plane Normal Dir** 选项被激活，而 **Modify Point** 选项激活与否，要由所选择的基准平面而定。

### 2. Relative Datum Plane（相对基准平面）

该选项组用于创建相对基准平面，其中各选项的用法如下：

- **Ang1e**（角度）

该文本框用于设置相对基准平面与实体表面或另一基准平面的旋转角度。

- **Offset**（偏移）

该文本框用于设置相对基准平面与实体表面或另一基准平面的偏移值。

- **Filter**（过滤器）

该选项用于限制选择对象的类型。过滤器中提供了 7 个选项：**Any**（任意）、**Point on Edge**（边上的点）、**Edge**（边）、**Face**（表面）、**Datum Plane**（基准平面）、**Curve**（曲线）和 **Datum Axis**（基准轴），可从中指定选择对象的类型。

- **Point Method**（点选择方法）

该选项用于设置选择点的方法。系统中一共提供了 3 种点的选择方法：**Mid/End**（中间/终止点）、**Mid**（中间点）和 **End**（终止点），从中可设置一种选择点的方法。

- **Modify Point**（修改点的位置）

该选项用于修改点在边缘或曲线上的位置。当点的位置修改后，相对基准平面的位置也会随之变化。在创建相对基准平面时，如果先选择了一条边缘或曲线，然后又选择了该边缘或曲线上一一点，则该选项被激活；在编辑相对基准平面时，如果该基准平面是用先选择一条边缘或曲线，后在该边缘或曲线上选择一点的方法创建的，则该选项也被激活。

选择该选项后，会弹出如图 3.6 所示修改点位置对话框，可根据需要修改点位置。对话框中各选项说明如下：

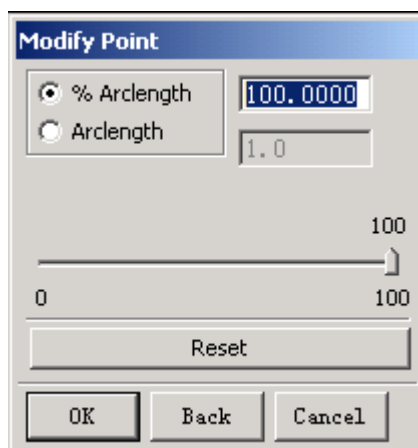


图 3.6 修改点位置对话框

- 1) **%Arc length**（%弧长）

该单选项通过设置指定点处的弧长占整个曲线弧长的百分比，来确定指定点的位置。选择该选项，在该文本框中输入百分数即可，也可以用鼠标拖动下方的滑块来改变弧长的百分比位置。

## 2) Arc length (弧长)

该单选项通过设置指定点处的弧长来确定指定点的位置。选择该选项，在文本框中输入弧长值即可，也可以用鼠标拖动下方的滑块来改变弧长的长短。

## 3) Reset (重新设置)

该选项用于取消对指定点位置的修改，使其返回到定义时的原始位置。

### ● Cycle Plane Normal Dir (轮换平面的法向)

该选项用于循环改变基准平面的法线方向。在创建相对基准平面时，如果先选择了一边或曲线，接着又选择了该边或曲线上一点，则该选项激活。在编辑基准平面时也可激活该选项。当该选项激活时，绘图工作区中将显示实线箭头，表示基准平面当前的法向。单击该选项，基准平面法向便轮换到下一方向。可供轮换的方向有：相切方向及反向、法向及反向、副法向及反向 6 种。若基准平面通过直线或直边，则只有相切方向及反向可供轮换选择。

### ● Constraints (约束)

约束列表框用于列出创建相对基准平面时所用到的约束。当要创建一个相对基准平面对象时，系统根据选择对象的不同，自动产生一个相关的约束，并列入约束列表框中。也可以通过单击约束列表框中的某个约束，来移去该约束条件。

当创建一个相对基准平面时，其限制条件可分为单一条件、两个条件和三个条件 3 种。下面分别介绍一下这 3 种情况。

## 1) 单一约束

用单一约束创建的相对基准平面是通过一个约束限制条件与目标实体关联来产生相对基准平面的。系统提供了 4 种约束方式。

### (1) Offset to Plane

该方式以现有的参考平面或基准平面偏移一段距离来产生新的基准平面。图 3.7 所示的就是这种方式的图例。

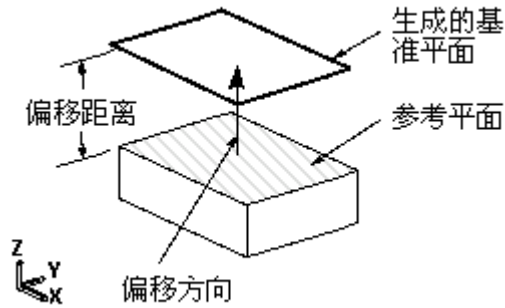


图 3.7 Offset to Plane 方式

### (2) Through face axis

该方式以通过现有的圆柱或圆锥等旋转特征实体的轴线的平面来产生新的基准平面。图 3.8 所示的就是这种方式的图例。

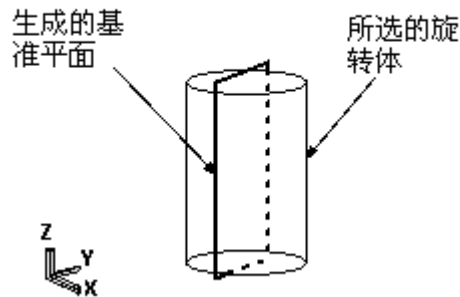


图 3.8 Through face axis 方式

### (3) Center of Face

该方式以通过球的轴线的平面来产生新的基准平面。

### (4) Center Plane

该方式以通过现有两平行平面或基准平面的中心平面来产生新的基准平面。图 3.9 所示的就是这种方式的图例。

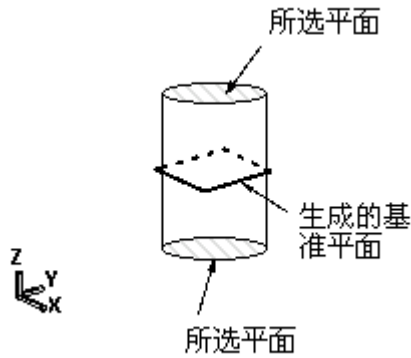


图 3.9 Center Plane 方式

## 2) 两个约束

用两个约束创建的相对基准平面是通过两个约束限制条件与目标实体关联来产生相对基准平面的。利用两个约束来创建相对基准平面有多种方法，它们可以是 Angle to plane、Through edge、Through face axis、Through Axis、Parallel to Plane、Tangent to Face 和 Trough Curve 这几种方式任意的两两组合。其中第一约束条件建立在第一个选择的对象上，第二约束条件建立在第二个选择的对象上。图 3.10 和图 3.11 所示的就是这种方式的图例。

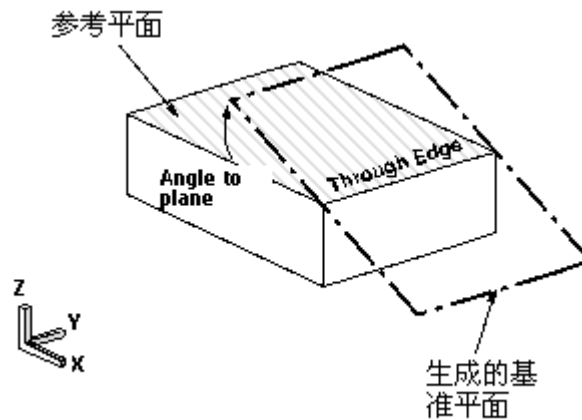


图 3.10 Angle to plane 和 Through edge 结合方式

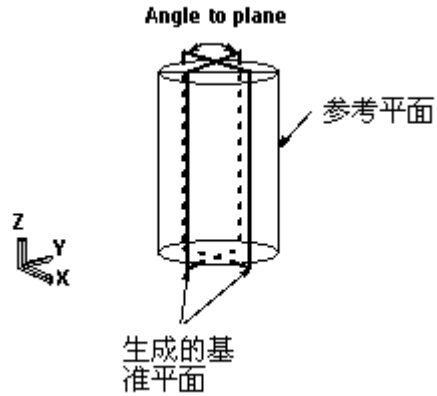
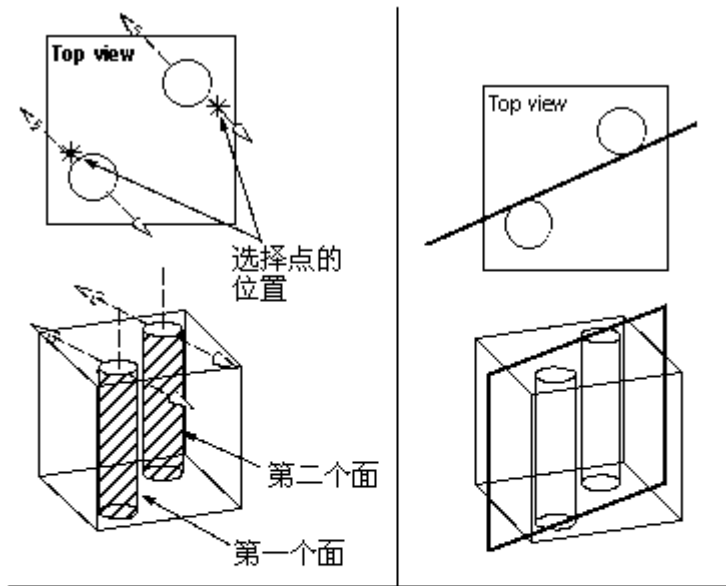


图 3.11 Angle to plane 和 Through Axis 结合方式

用两个约束创建相对基准平面时，即使以相同的顺序选择相同的对象，建立两个相同的约束，如果在选择建立约束的对象时，其选择位置不同，也可能根据相同的约束创建出不同的相对基准平面。在这种情况下，并没有通用的规律可找，大多数只能凭经验和直觉来创建所要求的相对基准平面。但在由某些两个约束创建相对基准平面时，却有规律可循，例如：当用 **Tangent to face** 和 **Tangent to face** 两个约束，来创建与两个圆柱面（该两圆柱面必须在一个实体上）相切的相对基准平面时，根据选择圆柱面位置的不同，可能创建五个相对基准平面，图 3.12 所示的就是这种方式的图例。



根据选择位置的不同，五种可能产生的结果

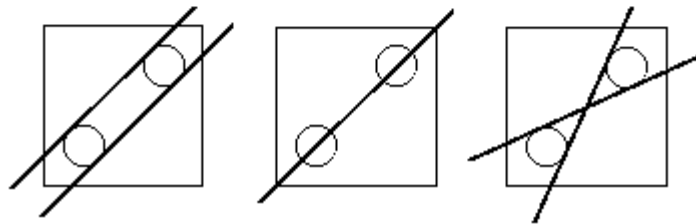


图 3.12 两个约束结果的多样性

### 3) 三个约束

用三个约束创建的相对基准平面是通过三个约束限制条件与目标实体关联来产生相对基准平面的。利用三个约束来创建相对基准平面只有一种方法，即通过三个点（Through point）来创建相对基准平面。此三个点只能是实体边缘的端点或中点。而且，此相对基准平面的方位与三个点的选择顺序有关，其 X 方向是从选择的第一点指向第二点。图 3.13 所示的就是这种方式的图例。

- **Constraint Information**（约束信息）

该选项用于列出创建相对基准平面时可能用到的约束。选择该选项，会弹出相对基准平面可用约束的信息窗口。

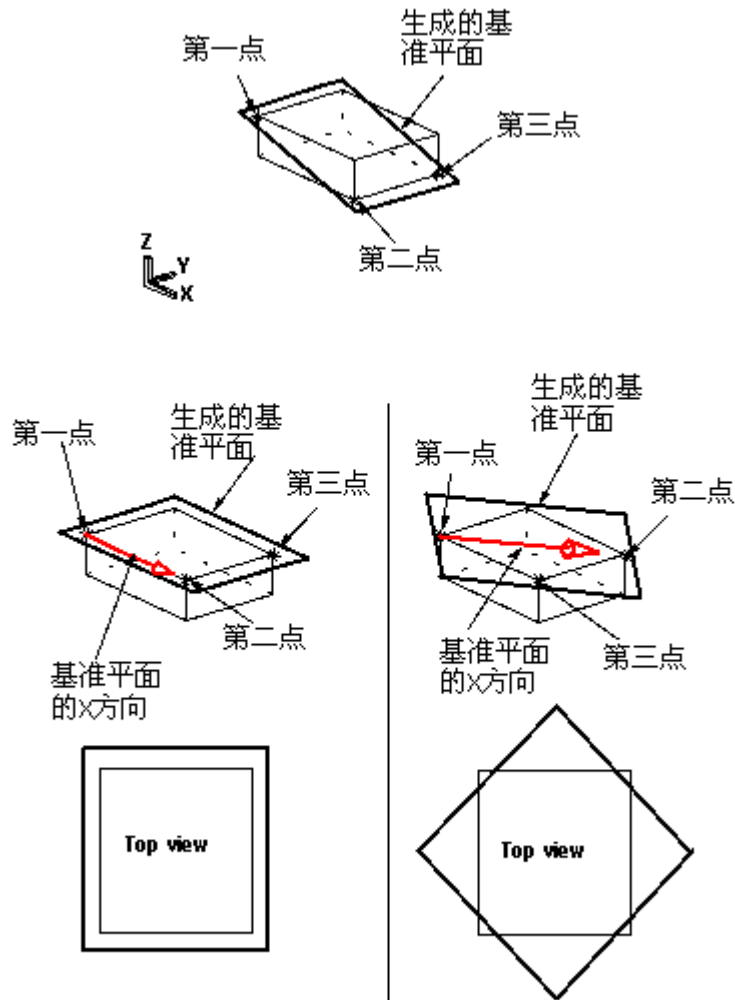


图 3.13 三个约束方式

### 3. Fixed Datum Plane (固定基准平面)

该选项组用于创建固定基准平面。固定基准平面的方向和位置是相对固定的，与其它对象没有相关性。在其中的列表框中，可以选择该相应的选项，创建固定基准平面，各选项的用法如下。

- 3 Plane of WCS

该选项用于在三个工作坐标平面上同时产生三个固定基准平面。

- XC-YC

该选项用于在 XC-YC 工作坐标平面上产生固定基准平面。

- YC-ZC

该选项用于在 YC-ZC 工作坐标平面上产生固定基准平面。

- XC-ZC

该选项用于在 XC-ZC 工作坐标平面上产生固定基准平面。

- Plane Subfunction

该选项可以利用平面创建对话框工具创建固定基准平面。选择该选项，则弹出平面创建对话框，用户可以定义一个平面，作为固定基准平面。

### 3.2.2 基准轴

基准轴分为相对基准轴和固定基准轴两种。相对基准轴与模型中其他对象（如曲线、面或其它基准等）关联，并受其关联对象的约束；固定基准轴则没有参考对象，即以工作坐标（WCS）产生，不受其它对象的约束。

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 Insert>Form Feature>Datum Axis，系统会弹出如图 3.14 所示的基准轴对话框，该对话框用于创建和编辑固定基准轴与相对基准轴。

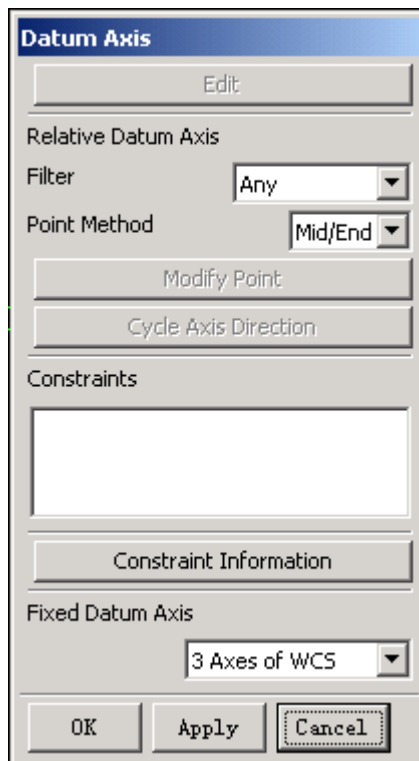


图 3.14 基准轴对话框

与基准平面对话框相似，该对话框上部的 **Edit** 选项用于编辑基准轴；中部的 **Relative Datum Axis** 选项用于创建相对基准轴；下部的 **Fixed Datum Axis** 选项，用于创建固定基准轴。该对话框中各选项的含义也与基准平面对话框的对应选项相同，这里就不一一说明了。下面介绍一下在创建基准轴时的约束限制条件。

### 1. Through edge

该方式通过实体的直边或曲边上的两个端点产生基准轴。图 3.15 所示的就是这种方式的图例。

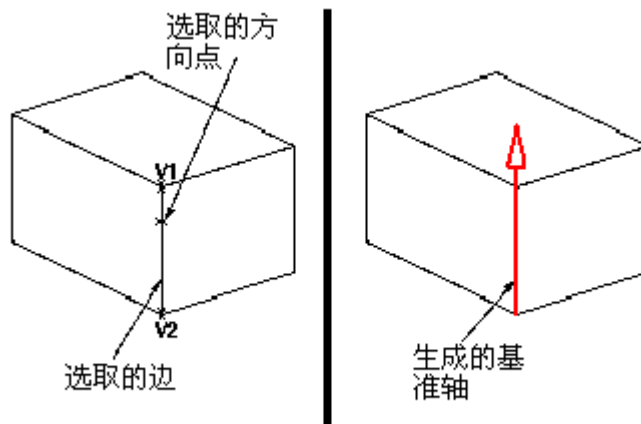


图 3.15 Through edge 方式

生成的基准轴的方向和方向点的选取有关，上例中所选直边有 **V1** 和 **V2** 两个端点，则所选方向点如果靠近 **V1**，则基准轴的方向就由 **V2** 指向 **V1**。

### 2. Through point

该方式通过两个实体的顶点或边上的点（端点或中点）来产生基准轴。图 3.16 所示的就是这种方式的图例，的基准轴的方向是由第一点指向第二点。

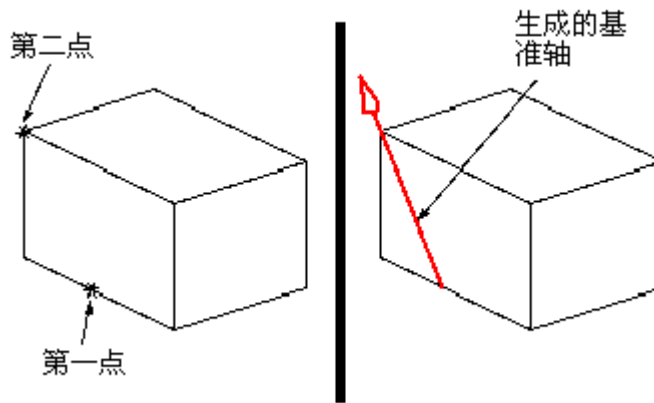


图 3.16 Through point 方式

### 3. Intersection of plane

该方式通过两个彼此相交的平面或基准平面的交线来产生基准轴。图 3.17 所示的就是这种方式的图例，生成的基准轴的方向由右手法则决定（四指方向由第一个平面指向第二个平面）。

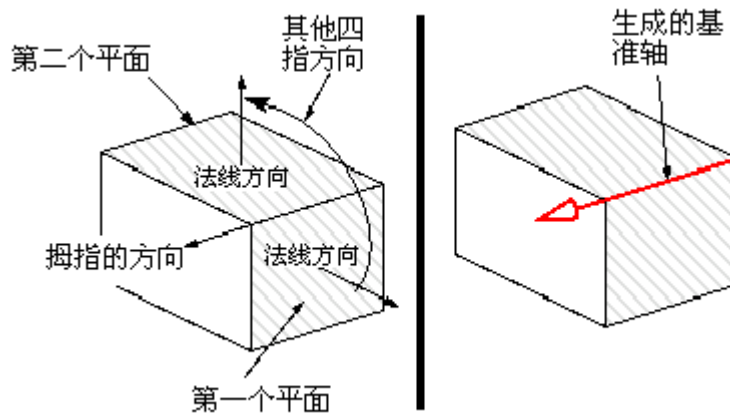


图 3.17 Intersection of plane 方式

### 4. Through Curve

该方式必需要和 Through point 结合运用才能用来产生基准轴。图 3.18 所示的就是这种方式的图例，先选取一条曲线，然后再选取基准轴目标点的位置即可，生成的基准轴通过目标点，且方向为目标点处曲线的切线方向。

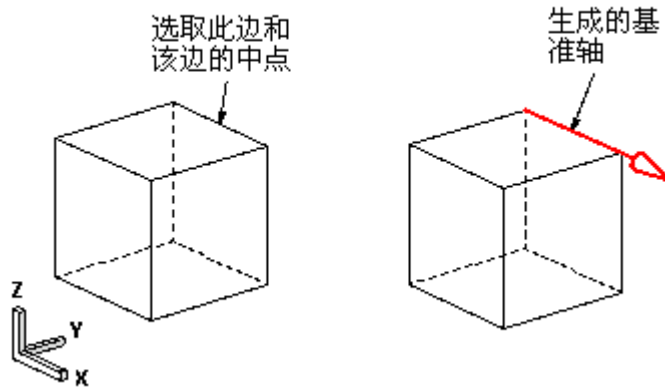


图 3.18 Through Curve 方式

### 5. Perpendicular to [object]

该方式以垂直于某实体的表面方向来产生基准轴。这种方式要和 Through Curve 以及 Through point 结合运用，先选取一条曲线，然后再选取基准轴目标点的位置，最后选取一实体表面即可，生成的基准轴通过目标点，且垂直于所选取的表面。

### 6. Through Axis of Face


该方式通过圆柱、圆锥或旋转特征的轴线来产生基准轴。

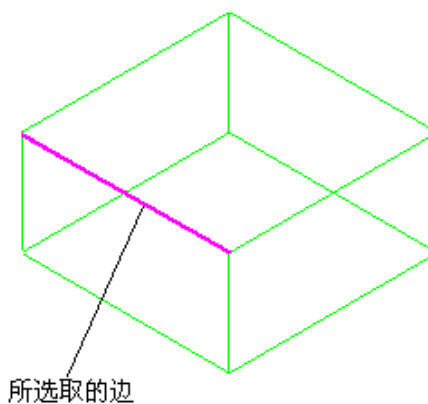
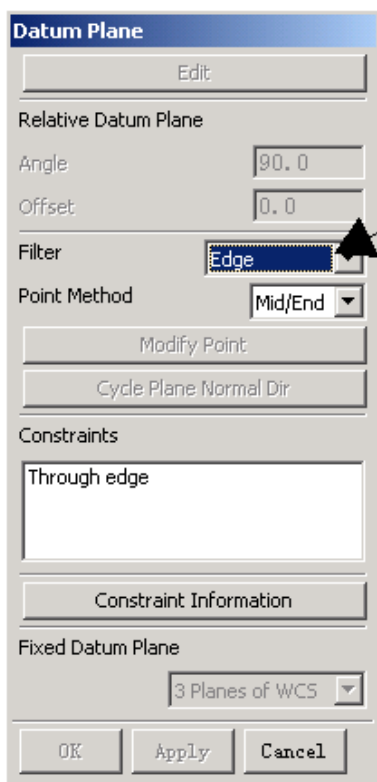
## 3.2.3 操作范例

这里将以基准平面和基准轴的创建范例为代表，向读者介绍实体建模中构建基本特征的操作过程。

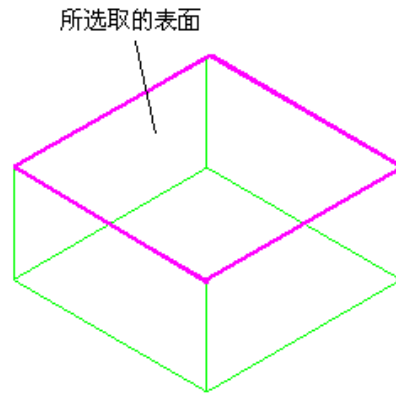
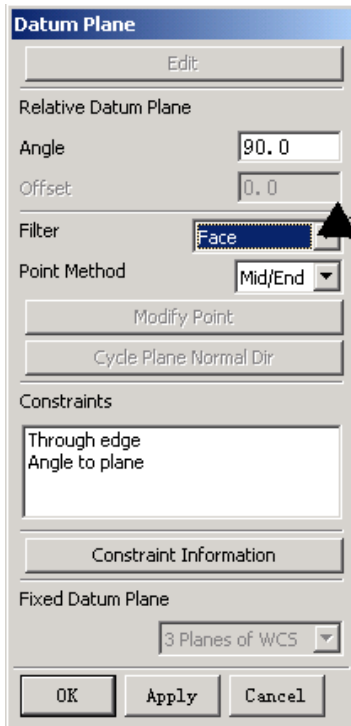
### 1. 基准平面的创建

在 3.2.1 小节中，我们已经介绍了创建基准平面的方法，在这个范例中将说明如何以两个限制条件来创建基准平面。其限制条件是平面成一角度和通过指定边，而且基准平面将创建一个块体上

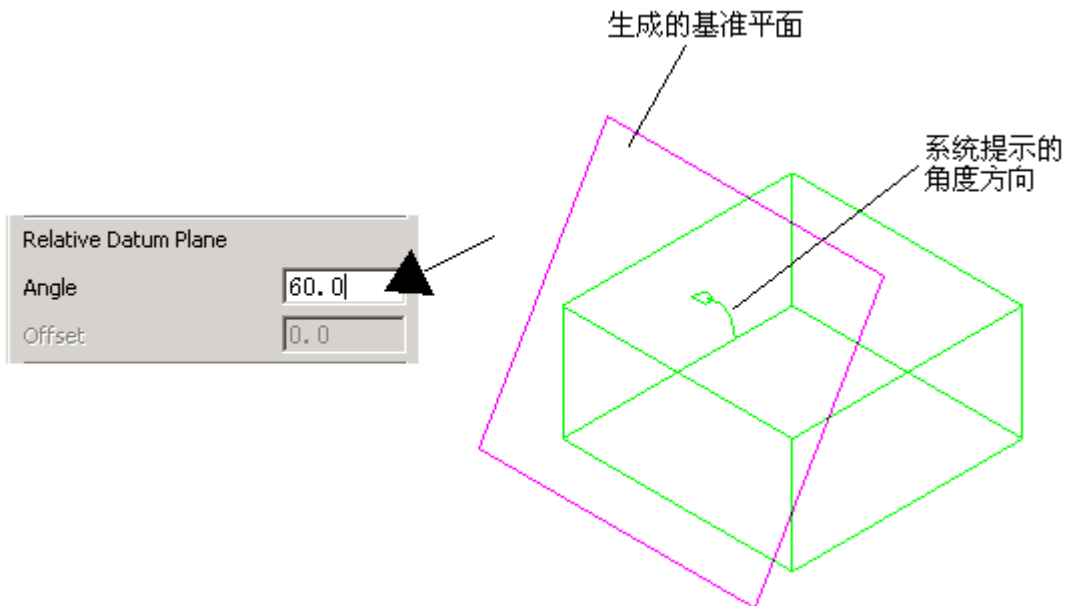
1) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert►Form Feature►Datum Plane，在弹出的基准面对话框中，将 Filter 选项设置为 Edge，即只选取边。接着在块体上选取一条边，则系统会在基准面对话框的 Constraints 列表框中添加 Through edge 限制条件。



2) 再在基准面对话框中，将 Filter 选项设置为 Face，即只选取表面。接着在块体上选取一个表面，则系统又会在基准面对话框的 Constraints 列表框中添加 Angle to plane 限制条件。




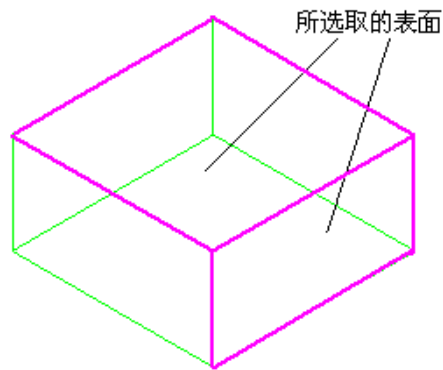
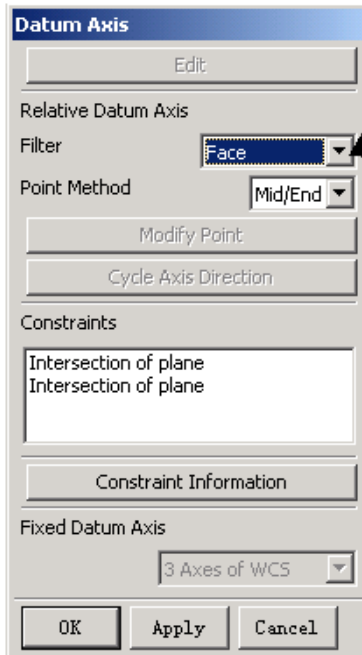
3) 在添加了 Angle to plane 限制条件后，系统会激活基准对话框中的 Angle 文本框，此时输入基准平面与所选表面夹的角度，这里设置为 60 度。完成后，就会在提示的角度方向上，按指定的角度创建一个基准平面。



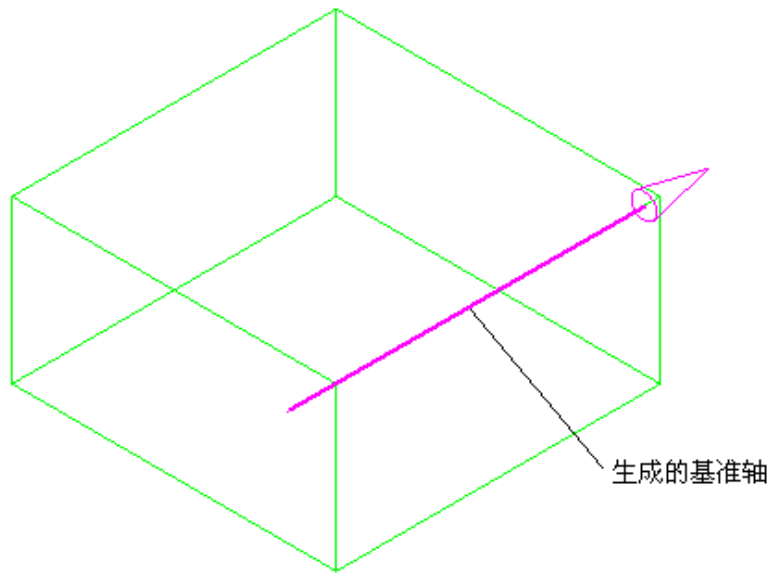
## 2. 基准轴的创建

在 3.2.2 小节中，我们已经介绍了创建基准轴的方法，在这个范例中将说明如何通过两个彼此相交的平面的交线来产生基准轴。

1) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**▶**Form Feature**▶**Datum Axis**，在弹出的基准轴对话框中，将 **Filter** 选项设置为 **Face**，即只选取表面。接着在块体上选取两个相邻的表面，则系统会在基准轴对话框的 **Constraints** 列表框中添加 **Intersection of plane** 限制条件。




2) 完成表面的选取后，在基准轴对话框中，单击 **Apply** 按钮，系统就会延所选两表面的交线生成一条基准轴。



### 3.3 特征建模

特征建模可用于建立各种的实体模型，包括块体、柱体、球体、锥体、管体以及一些型腔等成型特征。

#### 3.3.1 块体

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 Insert>Form Feature>Block，系统会弹出如图 3.19 所示的块体对话框。

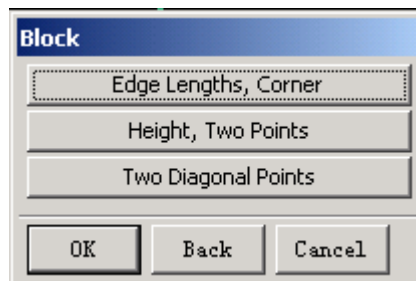


图 3.19 块体对话框

在对话框中选择一种块体生成方式，会弹出相应块参数对话框，在相应对话框中输入块体参数，并指定块体位置，即可创建表面与坐标平面平行的块体。下面介绍一下各种块的创建方式。

## 1. Edge Lengths, Comer

该选项按块体的边长和一个顶点位置的方式创建块。选择该选项，会弹出如图 3.20 所示的输入块体边长的对话框。

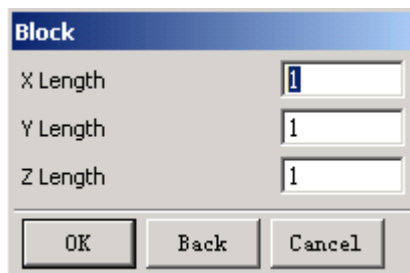


图 3.20 输入块体边长的对话框

在各文本框中分别输入块体 X、Y、Z 方向的长度后，又弹出点创建对话框，用于确定块体的一个顶点在空间中的位置，在点创建对话框中输入坐标值或在绘图工作区口中指定一个位置，它将作为创建块体的左下角顶点的位置，最后系统会在指定位置按输入边长创建块体。图 3.21 所示的就是这种方式的图例。

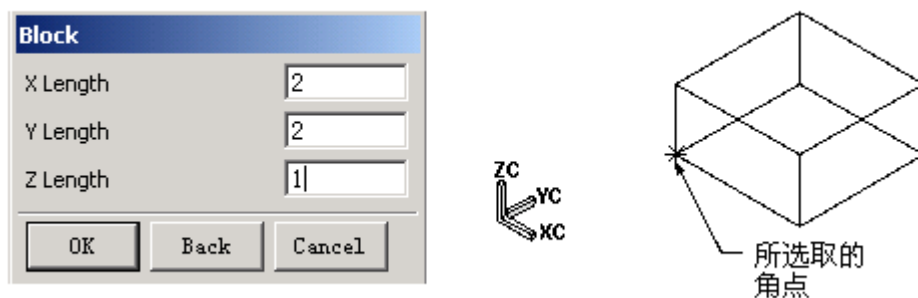


图 3.21 Edge Lengths, Comer 方式

如果模型中存在已创建的实体，则在块生成前，会弹出如图 3.22 所示布尔操作对话框要求指定块与存在实体的相互关系。其中后三项的布尔操作前面已经介绍过了，第一项 **Create** 用于创建新的特征体，它独立于任何已存在的实体，若创建的新特征体与目标实体不接触，则只能选此选项。

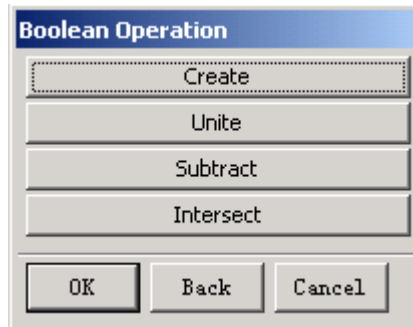


图 3.22 布尔操作对话框

## 2. Height, Two Points

该选项用于按指定 Z 向上高度和底面两个对角点的方式创建块体。选择该选项，会弹出如图 3.23 所示输入块 Z 向高度对话框。

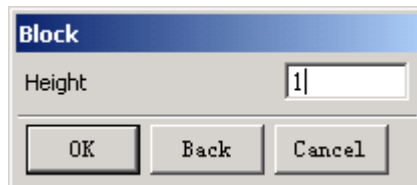


图 3.23 输入块 Z 向高度对话框

在文本框中输入 z 方向高度值后，会弹出点创建对话框，用于确定块体底平面上对角点的坐标位置。输入坐标值或在绘图工作区中指定一点，作为第一个对角点，再按同样方式指定第二个对角点，在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法即可完成块体创建。图 3.24 所示的就是这种方式的图例。

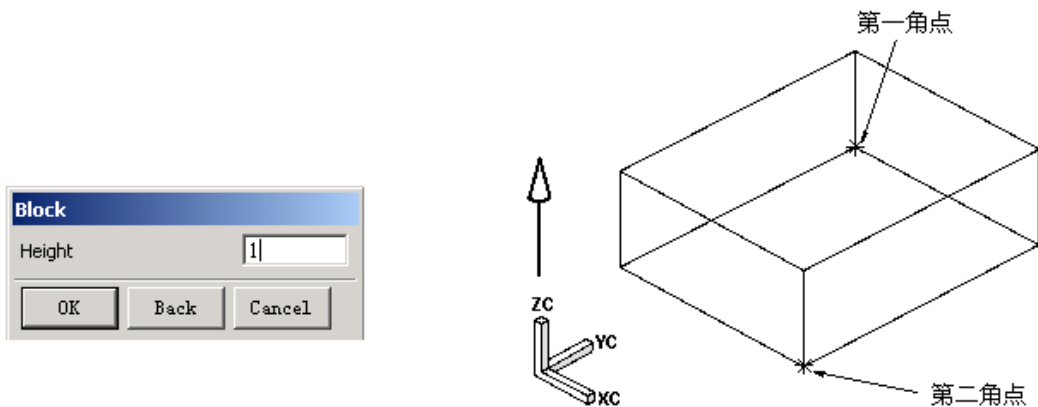


图 3.24 Height, Two Points 方式

要注意的是在定义块体低面的对角点时，两点的连线不能与坐标轴平行。块体的定位点是第一个指定的角点。

### 3. Two Diagonal Point

该选项按指定块体的两个对角点位置方式创建块体。选择该选项后，会弹出点创建对话框，用于确定块体对角点的坐标位置。输入坐标值或在绘图工作区中指定一点，作为第一个对角点，再按同样方式指定第二个对角点，在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法，即可按指定的对角点创建块体。图 3.25 所示的就是这种方式的图例。

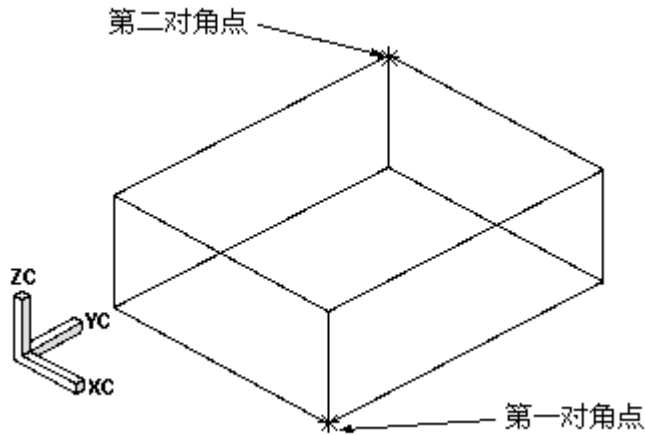



图 3.25 Two Diagonal Point 方式

### 3.3.2 柱体

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert>Form Feature>Cylinders，系统会弹出如图 3.26 所示的柱体对话框。

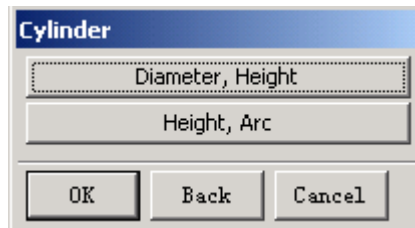


图 3.26 柱体对话框

在对话框中选择一种圆柱生成方式。随所选方式的不同，系统弹出不同的对话框。下面介绍一

下圆柱的各种生成方式。

### 1. Diameter, Height

该选项按指定直径和高度方式创建圆柱。选择该选项，会弹出矢量创建对话框，创建一个矢量方向作为圆柱的轴线方向后，又会弹出如图 3.27 所示对话框，用于输入圆柱的直径和高度参数。

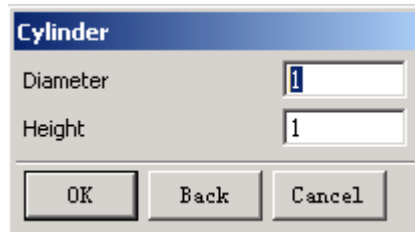


图 3.27 直径和高度对话框

接着弹出点创建对话框，用于指定创建圆柱的底圆中心位置，输入圆中心坐标值或在绘图工作区指定一点，在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法即可完成创建圆柱的操作。图 3.29 所示的就是这种方式的图例。

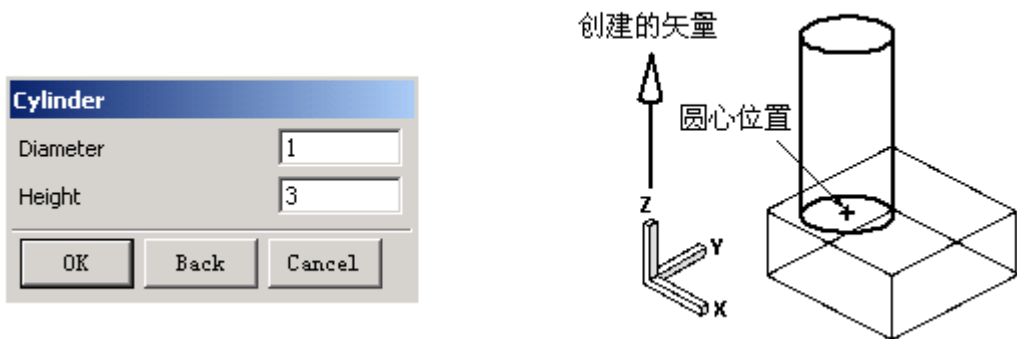


图 3.29 Diameter, Height 方式

### 2. Height, Arc

该选项按指定高度和选择的圆弧创建圆柱。选择该选项，会弹出如图 3.30 所示的输入圆柱高度对话框，用于确定圆柱的高度值。

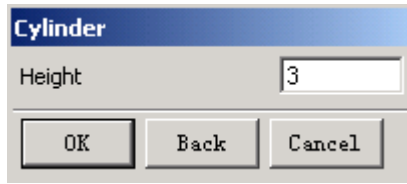


图 3.30 圆柱高度对话框

在确定圆柱高度后，会弹出选择圆弧对话框，在绘图工作区选择一圆弧，则该圆弧半径将作为创建圆柱的底面圆半径。此时绘图工作区会显示矢量方向箭头，并弹出确认对话框，提示是否反转圆柱生成的方向，选择 Yes 则反转圆柱生成方向，选择 No 接受省缺生成方向。接着在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法即可完成创建圆柱的操作。图 3.31 所示的就是这种方式的图例。

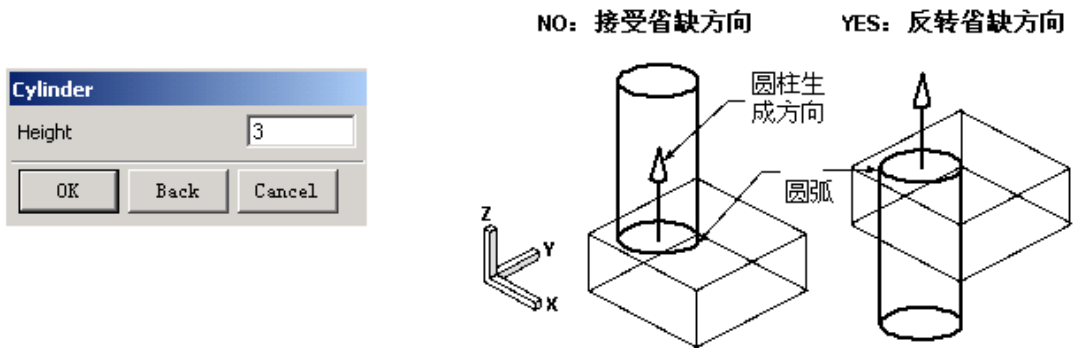


图 3.31 Height, Arc 方式

### 3.3.3 锥体

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 Insert>Form Feature>Cones，系统会弹出如图 3.32 所示的锥体对话框。



图 3.32 锥体对话框

在对话框中选择一种圆锥生成方式，会弹出相应的圆锥参数对话框。输入参数后，即可创建圆锥。下面介绍一下对话框中各种圆锥生成方式的用法。

### 1. Diameter, Height

该选项按指定底面直径、顶面直径和高度及生成方向的方式创建圆锥。选择该选项，会弹出矢量创建对话框，用于指定圆锥的轴线方向。构造轴线方向后，会弹出如图 3.33 所示的圆锥参数对话框。

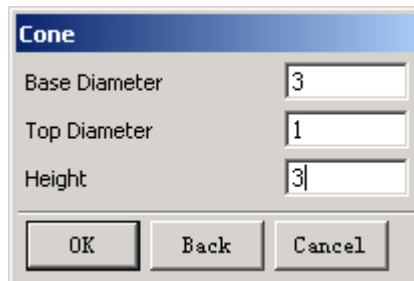


图 3.33 Diameter, Height 参数对话框

在 Base Diameter、Top Diameter 和 Height 文本框中分别输入底面直径、顶面直径和高度的值，再利用点创建对话框指定圆锥底圆的中心位置，最后在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法，即可完成创建圆锥的操作。图 3.34 所示的就是这种方式的图例。

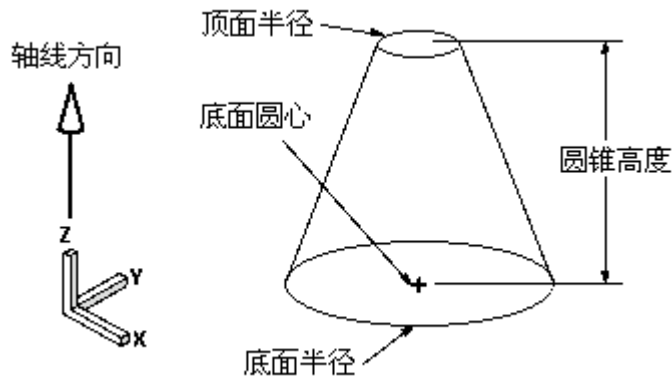


图 3.34 Diameter, Height 方式

### 2. Diameters, Half Angle

该选项按指定的底面直径、顶面直径、半角及生成方向的方式创建圆锥。选择该选项，会弹出矢量创建对话框，用于指定圆锥的轴线方向。构造轴线方向后，会弹出与图 3.33 相似的圆锥参数对话框，只是最后一个文本框由 Height 变为 Half Angle。在相应的文本框中输入底径、顶径和半角值，半角的正负符号与底径减顶径的符号一致（图 3.35 所示的就是圆锥半角的图示）。接着利用弹出点创建对话框指定圆锥底圆的中心位置。最后在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法，即可完成创建圆锥的操作。图 3.36 所示的就是这种方式的图例。

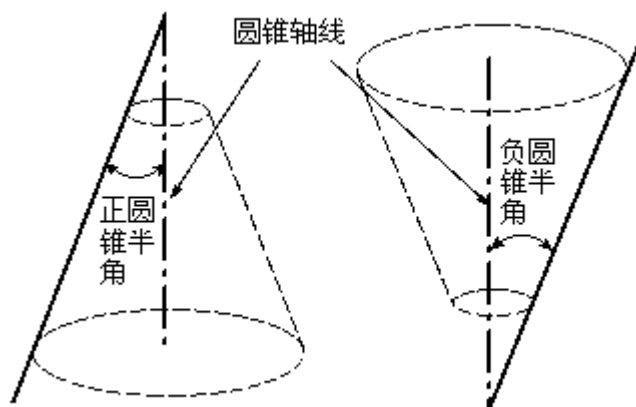


图 3.35 圆锥半角图示

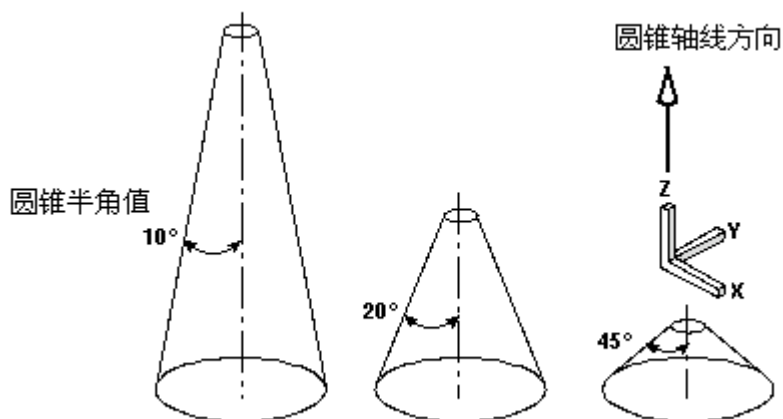


图 3.36 Diameters, Half Angle 方式

### 3. Base Diameters, Height, Half Angle

该选项按指定底面直径、高度、半角及生成方向的方式创建圆锥。选择该选项，会弹出矢量创

建对话框，用于指定圆锥的轴线方向。构造轴线方向后，弹出如图 3.37 所示的圆锥参数对话框。

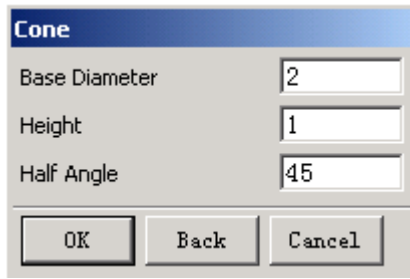


图 3.37 Base Diameters, Height, Half Angle 圆锥参数对话框

在 Base Diameters、Height 和 Half Angle 文本框中分别输入底径、高度和半角值，半角的值可正可负。接着利用弹出点创建对话框指定锥体底圆的中心位置，最后在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法，即可完成创建圆锥的操作。

#### 4. Top Diameters, Height, Half Angle

该选项按指定顶面直径、高度、半角及生成方向的方式创建圆锥。选择该选项，会弹出矢量创建对话框，用于指定圆锥的轴线方向。构造轴线方向后，会弹出与图 3.37 相似的圆锥参数对话框，只是第一个文本框由 Base Diameters 变为 Top Diameters。在相应的文本框中输入顶径、高度和半角，半角的值可正可负。接着利用弹出的点创建对话框指定锥体底圆的中心位置，最后在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法，即可完成创建圆锥的操作。

#### 5. Two Coaxial Arcs

该选项按指定两同轴圆弧的方式创建圆锥。选择该选项，会弹出对象选择对话框，让用户在绘图工作区中选择圆弧，则该圆弧的半径和中心点分别作为圆锥的底圆半径和中心。然后再选择另一条圆弧，该圆弧的半径和中心点分别作为创建圆锥的顶圆半径和中心。完成圆弧选择后，圆锥的中心轴会显示在底圆圆弧底中心上，如果两个圆弧不同轴，系统会以投影的方式将顶端圆弧投影到基准圆弧轴上。最后在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法，即可完成创建圆锥的操作。图 3.38 所示的就是这种方式的图例。

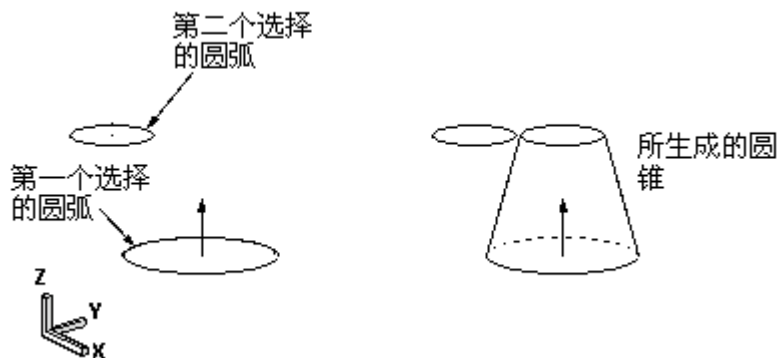



图 3.38 Two Coaxial Arcs 方式

### 3.3.4 球体

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert** ▶ **Form Feature** ▶ **Spheres**，系统会弹出如图 3.39 所示的球体对话框。

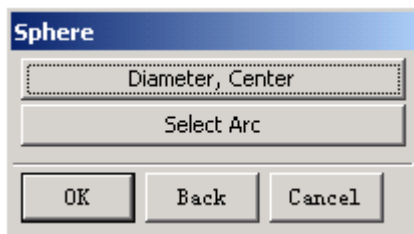


图 3.39 球体对话框

在球体对话框中选择一种球的生成方式，会弹出相应的球体参数对话框，在其中输入球体的参数后，即可创建球。下面介绍一下对话框中各种球体生成方式的用法，

#### 1. Diameter, Center

该选项按指定直径和中心点位置的方式创建球。选择该选项，会弹出如图 3.40 所示的输入球直径对话框。在文本框中输入球的直径后，利用弹出的点创建对话框指定球的中心点位置。最后在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法，则完成创建球的操作。

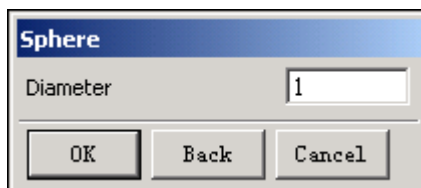


图 3.40 Diameter 参数对话框

## 2. Select Arc

该选项按指定圆弧方式创建球，指定的圆弧不一定为全圆。选择该选项，会弹出对象选择对话框，让用户在绘图工作区中选择一圆弧，则该圆弧的半径和中心点将分别作为创建球体的半径和球中心。接着在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法，即可完成创建球的操作。图 3.41 所示的就是这种方式的图例。

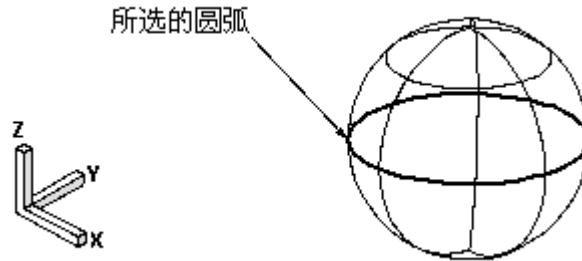



图 3.41 Select Arc 方式

## 3.3.5 管体

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert** ▶ **Form Feature** ▶ **Tube**，系统会弹出如图 3.42 所示的管体对话框。

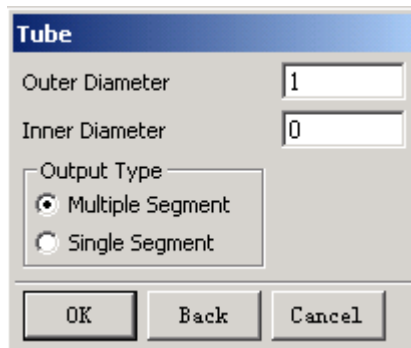


图 3.42 管体对话框

该对话框用于设置管体参数，在相应的文本框中输入有关参数并设置相关选项后。然后弹出选择引导对象对话框，让用户选择引导对象。最后在弹出的布尔操作对话框中选择一种布尔操作方法，即可完成创建管体的操作。下面介绍一下管体对话框中各选项的用法。

### 1. Out Diameter（外径）

该文本框用于设置管体的外径，其值必须大于 0。

### 2. Inner Diameter（内径）

该选项用于设置管体的内径，其值必须大于等于 0，且 Inner Diameter 必须小于 Out Diameter。

### 3. Output Type（表面的类型）

该选项用于设置管体面的类型，选定的类型不能在编辑中被修改。它包含 Single Segment 与 Multiple Segment 两个选项。

- **Single Segment（单节段）**

该选项用于设置管体表面有一段或两段表面，且均为简单的 B-样条曲面。当 Inner Diameter 等于 0 时只有一段表面。

- **Multiple Segment（多节段）**

该选项用于设置管体表面为多段面的复合面。

在设置好管体的参数后，会弹出引导对象选取对话框，引导对象用于定义管道的形状与长度。选择引导对象时，既可在绘图工作区中直接选择某对象作为引导对象，也可先在引导对象对话框中指定引导对象的类型，再在绘图工作区中选择该类型的对象。如果模型简单，且选择引导对象方便，可用第一种选择方式；如果模型复杂，可选对象多，则用限制所选引导对象类型的第二种选择方式比较好。下面介绍一下引导对象对话框中的限制对象选项。

#### 1. Solid Face（实体表面）

该选项用于选择实体表面。使所选表面中的所有边都作为引导线，而不必单个选择一个面上的各条边。

#### 2. Solid Edges（实体边）

该选项用于选择实体边作为引导线。

#### 3. Curve（曲线）

该选项用于选择非草图曲线或一独立的草图曲线作为引导线。

#### 4. Chain Curves（链接曲线）

该选项用于选择链接曲线作为引导线，以确保合适的对象选择集和选择顺序进入引导线中。

### 3.3.6 孔

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Hole**，系统会弹出如图 3.43 所示的孔类型选择对话框。

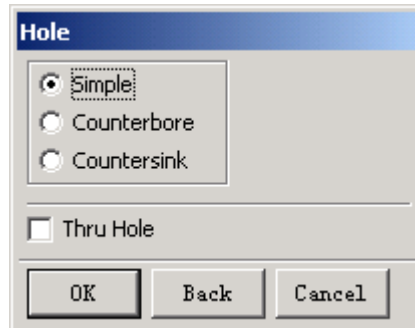


图 3.43 孔类型选择对话框

UG 系统中孔的类型包括 **Simple**（简单孔）、**Counterbore**（沉头孔）和 **Countersink**（锥形沉孔），同时各种类型的孔都可设置为 **Thru Hole**（通孔）。在实体上创建孔的一般步骤为：首先在孔对话框中指定孔的类型，然后选择某实体表面或基准平面作为孔放置平面和通孔平面，再设置孔的参数，最后确定孔在实体上的位置。孔放置平面是指孔的起始平面；通孔平面是指孔的终止平面，它只在孔类型对话框中选择了 **Thru Hole** 选项才有效。下面详细介绍一下创建各种类型孔的体操作方法。

#### 1. Simple（简单孔）

在孔类型对话框中选择 **Simple** 类型后，会弹出选择孔放置平面的对象选择对话框。用户需要选择实体表面或基准平面作为放置平面，可先在该对话框中选择放置平面对象类型后，再选需要的该类型对象；也可直接在绘图工作区中选择需要的平面对象。对象选择对话框中包含以下 2 个限制选项。

- **Solid Face**（实体表面）

选择该选项，用于选择实体平面。选择实体平面作为孔放置平面，则系统省缺孔的生成方向是沿该实体平面的法向或其反向，指向该实体的内部。

- **Datum Plane**（基准平面）

选择该选项，用于选择基准平面。选择一个基准平面作为孔放置平面，绘图工作区中便显示实线箭头，表示系统省缺的孔生成方向，同时弹出如图 3.44 所示的选择孔生成方向对话框。选择 **Accept Default Side** 选项或 **Flip Default Side** 选项，表示接受或反转系统省缺的孔生成方向。

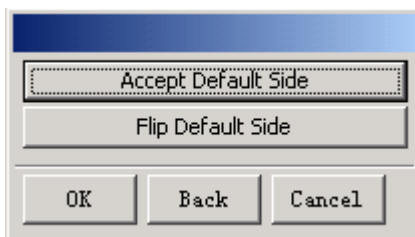


图 3.44 选择孔生成方向对话框

若在孔类型选择对话框中打开了 Thru Hole 选项，则在选择简单孔放置平面后，还会弹出选择通孔平面的对象选取对话框，让用户选一个通孔平面。此时，创建的简单孔将穿透通孔平面才终止。另外，当选基准平面作为孔的放置平面或通孔平面时，必须确保按孔的生成方向创建的孔能与某实体相接触。

设置好简单孔的放置平面后，会弹出如图 3.45 所示简单孔参数对话框。其中包含了 Diameter（直径）、Depth（深度）与 Tip Angle（顶角）参数文本框，在各文本框中输入相应参数后，会弹出定位方式对话框（请参看 3.6 小节）。先选择定位方法，再选择目标实体确定基准点，然后在弹出的对话框中输入位置尺寸。确定孔的位置后，系统就可以在实体上创建指定参数的简单孔。

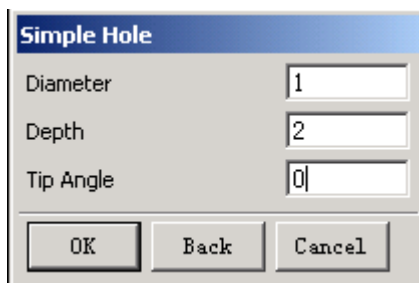


图 3.45 简单孔参数对话框

在输入参数时，Tip Angle 的值必须大于等于 0 且小于 180。若在孔类型选择对话框中，选择了 Thru Hole 选项，则简单孔参数对话框中就会没有 Depth 与 Tip Angle 选项。图 3.46 所示的就是这种方式的图例。

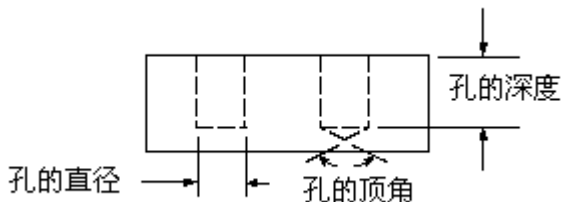


图 3.46 Simple 方式

## 2. Counterbore (沉头孔)

在孔类型对话框中选择 Counter bore 类型后，也会弹出选择沉头孔放置平面对话框，让用户选择实体表面或基准平面作为放置平面。如果在孔类型选择对话框中，选择了 Thru Hole 选项，则还会要求用户选择通孔平面对话框（具体操作同简单孔）。选择设置平面后，会弹出如图 3.47 所示的沉头孔参数对话框，其中包含了 C-Bore Diameter（沉头孔直径）、C-Bore Depth（沉头孔孔深度）、Hole Diameter（孔直径）、Hole Depth（孔深度）和 Tip Angle（顶角）参数文本框，在各文本框中输入相应参数。最后利用定位方式对话框设置好孔的位置后，就可在实体指定位置按输入参数创建沉孔。

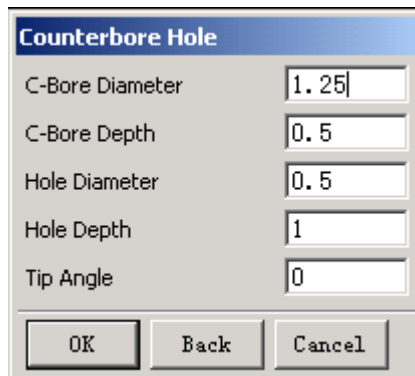


图 3.47 沉头孔参数对话框

在输入参数时，C-Bore Diameter 必须大于 Hole Diameter，C-Bore Depth 必须小于 Hole Depth，Tip Angle 必须大于等于 0 小于 180。而且，若在孔类型选择对话框中，选择了 Thru Hole 选项，则沉头孔参数对话框中，会没有 Hole Depth 与 Tip Angle 选项。图 3.48 所示的就是这种方式的图例。

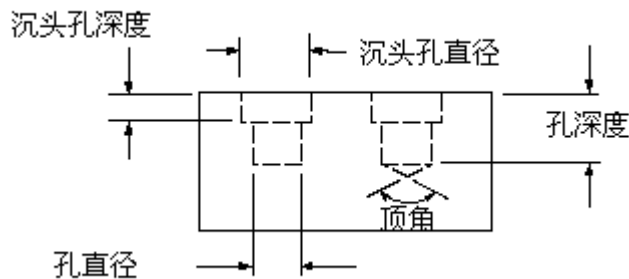


图 3.48 Counterbore 方式

### 3. Countersink (锥形沉孔)

在孔类型对话框中选择 **Countersink** 类型后，也会弹出选择锥形沉孔放置平面对话框，让用户选择实体表面或基准平面作为放置平面。如果在孔类型选择对话框中，选择了 **Thru Hole** 选项，则还会要求用户选择通孔平面对话框（具体操作同简单孔）。选择设置平面后，会弹出如图 3.49 所示的锥形沉孔参数对话框，其中包含了 **C-Sink Diameter**（锥形孔直径）、**C-Sink Depth**（锥形孔孔深度）、**Hole Diameter**（孔直径）、**Hole Depth**（孔深度）和 **Tip Angle**（顶角）参数文本框，在各文本框中输入相应参数。最后利用定位方式对话框设置好孔的位置后，就可在实体指定位置按输入参数创建锥形孔。



图 3.49 锥形沉孔参数对话框

在输入参数时，**C-Sink Diameter** 的值必须大于 **Hole Diameter**，**C-Sink Angle** 必须大于 0 小于 180，**Tip Angle** 必须大于等于 0 小于 180。若在孔类型选择对话框中选择了 **Thru Hole** 选项，则在该锥形沉孔参数对话框中，没有 **Hole Depth** 与 **Tip Angle** 选项。图 3.50 所示的就是这种方式的图例。

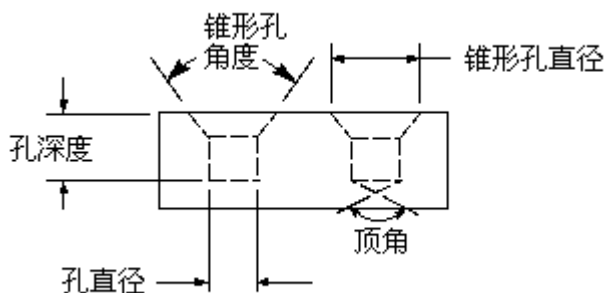



图 3.50 Countersink 方式

### 3.3.6 圆形凸台

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Boss**，系统会弹出对象选取对话框，让用户选择圆形凸台的放置平面。按与创建简单孔时选择放置平面的相同操作，选择实体表面或基准平面作为圆形凸台的放置平面。选择圆形凸台放置平面后，弹出如图 3.51 所示的凸台参数对话框。

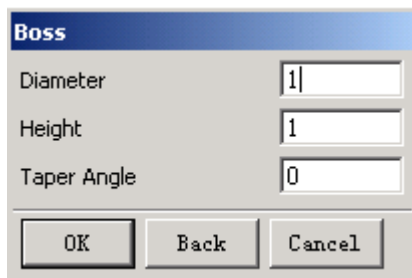


图 3.51 凸台参数对话框

该对话框中包含了 **Diameter**（直径）、**Height**（高度）和 **Taper Angle**（拔模角度）参数文本框。在各文本框中输入相应参数，并利用定位方式对话框，确定圆形凸台位置后，系统便可在实体指定位置按输入参数创建圆形凸台。图 3.52 所示的就是这种方式的图例。

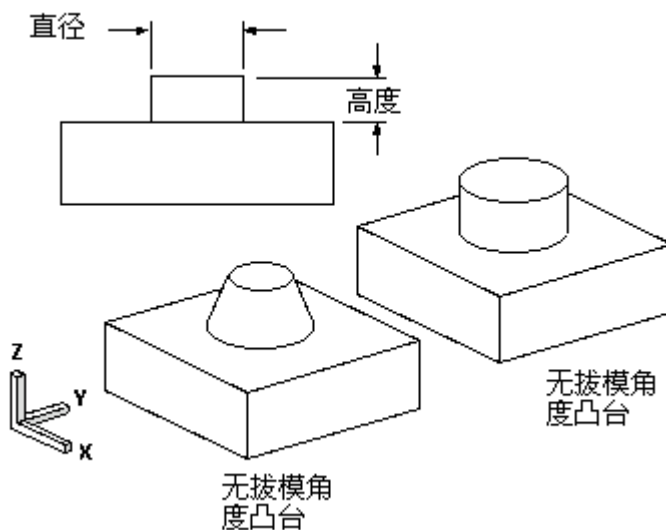


图 3.52 创建图圆形凸台

### 3.3.7 型腔

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Pocket**，系统会弹出如图 3.53 所示的型腔类型选择对话框。

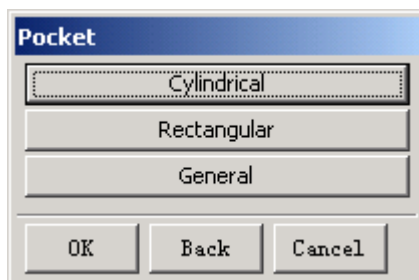


图 3.53 型腔类型选择对话框

型腔的类型包括 **Cylindrical**（柱形型腔）、**Rectangular**（矩形型腔）和 **General**（一般型腔）三类。选择了不同的型腔类型就会进行不同的参数设置，下面详细介绍一下这三类型腔的用法。

#### 1. Cylindrical（柱形型腔）

在型腔类型对话框中选择 **Cylindrical** 类型，会弹出对象选取对话框，让用户选择型腔放置的平面。按与创建简单孔时选择放置平面的相同操作，选择实体表面或基准平面作为柱形型腔的放置平面。选择放置平面后，弹出如图 3.54 所示的柱形型腔参数对话框。

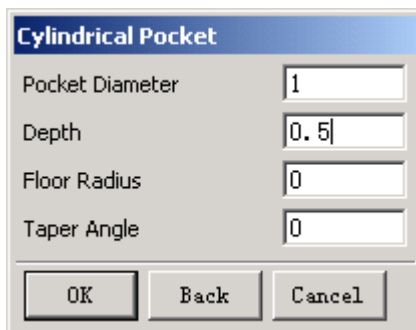


图 3.54 柱形型腔参数对话框

该对话框中包含了 4 个柱形型腔的参数，它们的用法如下。

#### 1. Pocket Diameter（型腔直径）

该文本框用于设置柱形型腔的直径。

## 2. Depth (深度)

该文本框用于设置柱形型腔的深度。它是从放置平面沿柱形型腔生成方向进行测量的。

## 3. Floor Radius (底面圆弧半径)

该文本框用于设置柱形型腔底面的圆弧半径。它必须大于等于 0，且小于 Depth 值。

## 4. Taper Angle (拔模角度)

该文本框用于设置柱形型腔的倾斜角度。它必须大于等于 0。

在各文本框中输入相应参数后，利用定位方式对话框，确定柱形型腔的位置。则系统可在实体上指定位置按输入参数创建柱形型腔。柱形型腔参数对话框各参数说明如图 3.55 所示。

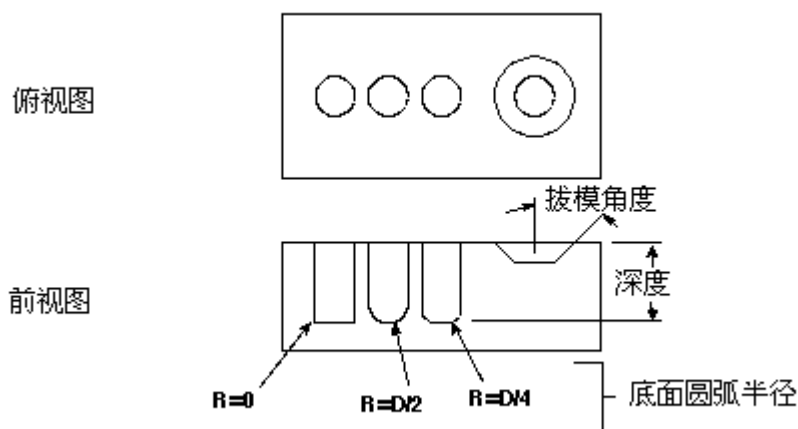


图 3.55 柱形型腔

在生成柱形型腔时，如果所选基准平面作为柱形型腔的放置平面，则此基准平面必须与某实体相交。

## 2. Rectangular (矩形型腔)

在型腔类型对话框中选择 **Rectangular** 类型后，会弹出对象选取对话框，让用户选择型腔的放置平面。按与创建简单孔时选择放置平面的相同操作，选择实体表面或基准平面作为矩形型腔的放置平面。选择放置面后，又会弹出对象选取对话框，让用户选择水平参考对象，这时可选择实体的边、面或基准轴等对象作为矩形型腔的水平参考方向。指定参考方向后，弹出如图 3.56 所示的矩形型腔参数对话框。

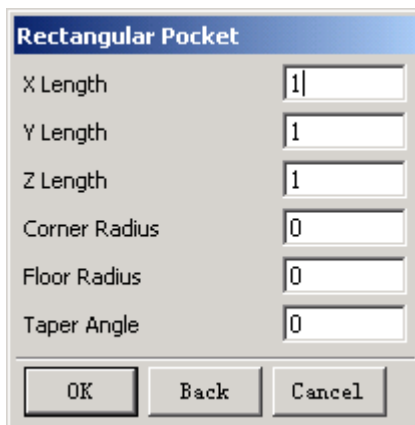


图 3.56 矩形型腔参数对话框

该对话框中包含了 6 个柱形型腔的参数，它们的用法如下。

1. X Length (X 向长度)

该文本框用于设置矩形型腔的长度。

2. Y Length (Y 向长度)

该文本框用于设置矩形型腔的宽度。

3. Z Length (Z 向长度)

该文本框用于设置矩形型腔的深度。

4. Comer Radius (拐角半径)

该文本框用于设置矩形型腔深度方向直边处的拐角半径，其值必须大于等于 0。

5. Floor Radius (底面圆弧半径)

该文本框用于设置沿矩形型腔底面周边的圆弧半径，其值必须大于等于 0，且小于等于 Corner Radius 值。

6. Taper Angle (拔模角度)

该文本框用于设置柱形型腔的倾斜角度，其值必须大于等于 0。

在各文本框中输入相应参数后，利用定位方式对话框，确定矩形腔的位置。则系统可在实体上指定位置按输入参数创建需要的矩形型腔。矩形型腔参数对话框各参数的说明如图 3.57 所示。

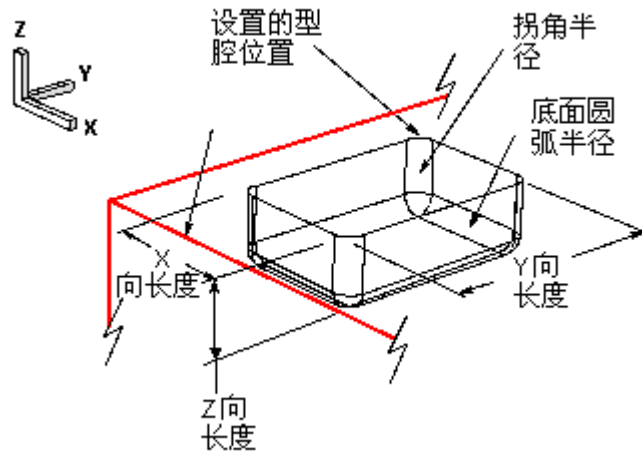


图 3.57 矩形型腔

### 3. General (一般型腔)

在型腔类型对话框中选择 **General** 类型，会弹出如图 3.58 所示的创建一般型腔对话框。该对话框上部的选项，用于指定创建一般型腔的选择步骤；中部为可变显示区，用于指定各相应步骤的控制方式；下部为相关选项区，用于设置创建一般型腔的参数。下面详细介绍一下该对话框中各选项的用法。

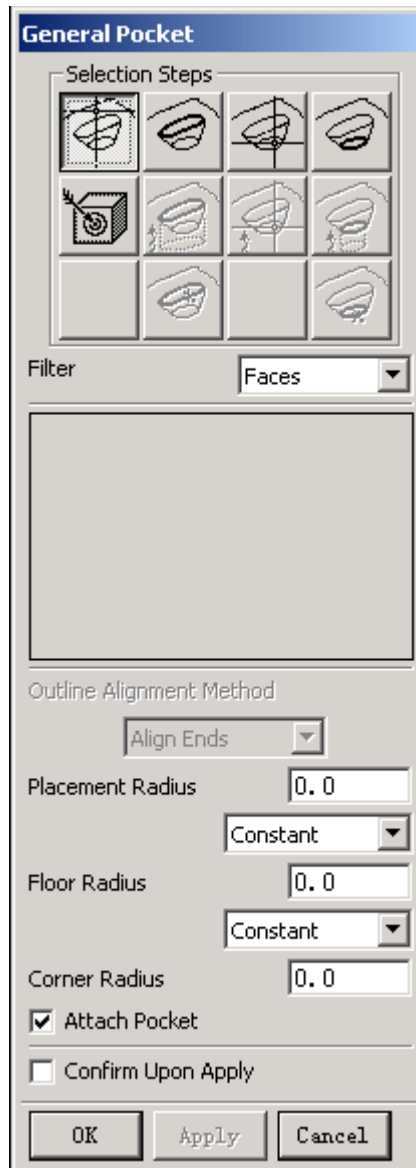


图 3.58 一般型腔对话框

- Selection Steps（选择步骤）

图 3.58 对话框上部为选择步骤选项，用于指定创建一般型腔的一些步骤。其中共有 10 个步骤图标，它们中有些图标是灰显的，只有在某些特定的操作或控制选项下才激活。

在创建某个具体的一般型腔时，并不必使用到每个步骤图标，大多数情况下，只要用到几个常用图标。同时，这些图标并不一定要按从前至后的顺序选择，也可以交替选择。下面介绍一下各图标的用法。

## 1) Placement Face (放置面)

该图标用于选择一般型腔的放置面。放置面可位于实体的任何一个表面，所定义的放置面将会成为型腔的顶面。因为放置面属于第一个操作步骤，所以定义放置面时必须考虑到其他步骤的应用，比如由于放置面轮廓线必须投影在放置面上，所以在选择放置面时，要考虑到放置面轮廓曲线的投影方向。选择该图标后，应用 **Filter** 选项，可选择一个或多个表面、一个基准平面或平面作为一般型腔的放置面。

在操作时，至少应选择一个面作为放置面。当选多个面做放置面时，各个面只能是实体或片体表面，而且必须邻接。当不指定目标实体时，放置面中第一个选择的表面或相对基准平面，应能确定放置一般型腔的实体或片体，其余选择面可从模型中的任何对象中选取。当放置面中第一个选择的而为固定基准平面时，则必须指定目标实体。

## 2) Placement Outline (放置面轮廓线)

该图标用于定义放置面轮廓线，它是用来描述一般型腔在放置面上顶面轮廓线的曲线集。可以从模型中选择曲线或边来定义放置面轮廓线；也可用转换底面轮廓线的方式定义放置面轮廓线。

单击该图标，则图 3.58 中部变为如图 3.59 所示的选项。其中各选项的用法如下。

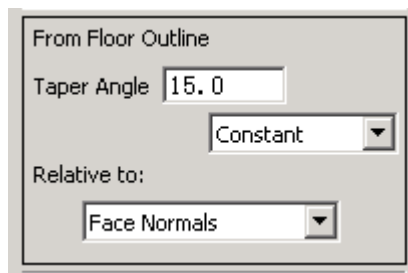


图 3.59 Placement Outline 对话框选项

### (1) Taper Angle (拔模角度)

该文本框设置拔模底面轮廓线得到放置面轮廓线时的拔模角度。**Taper Angle** 值必须大于等于  $0^\circ$ ，且小于等于  $90^\circ$ ，并必须确保可以拔模。该文本框只在拔模控制下拉式列表框中，选 **Constant** 选项时才激活。

### (2) 拔模控制方式

**Taper Angle** 文本框下的下拉列表框用于控制放置面轮廓线从底面轮廓线拔模的方式。其中包含

了 Constant（常数）、Law Controlled（规则控制）和 By Outline（按轮廓线）3 个选项。

✧ Constant

该选项按固定角度常数进行拔模，即按一固定角度拔模底面轮廓线得到放置面轮廓线。此时，可在 Taper Angle 文本框中输入其拔模的角度。

✧ Law Controlled

该选项按指定规则拔模底面轮廓线得到放置面轮廓线。选择该选项，若事先没有定义 Law Controlled，则弹出如图 3.60 所示的定义规律曲线对话框。根据要求选择其中某选项，定义或编辑需要的规律即可（应确保可以拔模）。该对话框中共提供了 5 种选择方式（可以参照 4.3.3 小节），下面分别介绍一下。

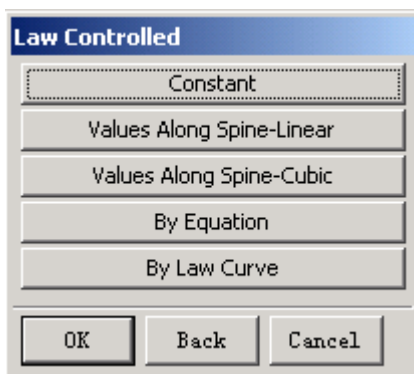


图 3.60 定义规律曲线对话框

a) Constant（常数）

该选项用于定义拔模角度的数值。选择该选项后，将会弹出如图 3.61 所示的对话框，可在此对话框中的 Law Value 文本框中输入数值定义拔模角度。

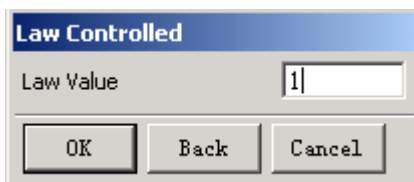


图 3.61 Constant 选项对话框

b) Values Along Spine-Linear（沿脊线线性变化）

该选项用于定义沿脊线线性变化的拔模角度。选择该选项后，首先用户要选取一条脊线，并且在脊线上所有的选择位置，每选择一次，系统就会弹出图 3.61 所示的对话框，让用户输入规律数值，以产生沿脊线线性变化的拔模角度。

### c) Values Along Spine-Cubic (沿脊线三次变化)

该选项用于定义沿脊线三次变化的拔模角度。选择该选项后，首先用户要选取一条脊线，并且在脊线上所有的选择位置，每选择一次，系统就会弹出图 3.61 所示的对话框，让用户输入规律数值，以产生沿脊线三次变化的拔模角度。

### d) By Equation (方程控制)

该选项用于以方程式来定义拔模角度。在选择此选项前，必须先要利用下拉菜单命令 **Tools**►**Expression**，设定表达式中变量及欲按变化规律控制的坐标或参数的函数表达式，这时才可以使用该选项来产生要求的拔模角度。

### e) By Law Curve (通过规则曲线)

该选项是利用规则曲线来定义拔模角度，这时拔模角度会按照规则曲线所定义的形式产生。

在图 3.59 对话框中选择 **Law Controlled** 时，如果事先已经有定义过的规律，系统就会弹出如图 3.62 所示的编辑规律对话框。



图 3.62 编辑规律对话框

该对话框中提供了三种规律的编辑方式：**Change Law Type**（改变规律类型）、**Change Law Parameter**（改变规律参数）和 **Change Tolerance**（改变公差）。根据需要选择其中的选项，编辑需要的规律参数即可。

### ◇ By Outline

该选项按底面轮廓线进行拔模，即通过定义底面轮廓线中每条曲线的拔模规律来得到放置面轮廓线，而且它只有在底面轮廓线定义后，才能进入其功能。选择该选项后，会弹出如图 3.63 所示的定义轮廓线拔模规律的对话框。

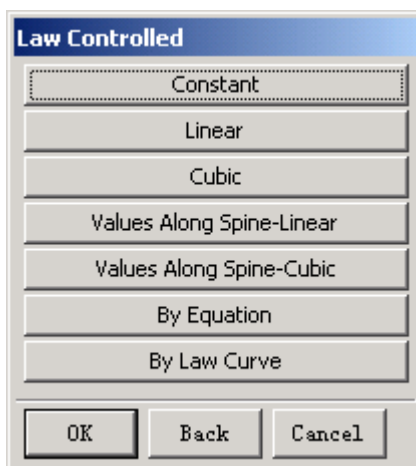


图 3.63 定义轮廓线拔模规律对话框

该对话框与图 4.96 所示对话框相同，可以参照创建规则曲线的应用方法来使用其中的各个选项。

### (3) Relative to (拔模方向)

该选项用于定义拔模的方向。其中包含了 7 个选项 Face Normals (面法向)、Specified Vector (指定矢量)、Specify New Vector (指定新矢量)、+XC Axis (正 X 轴方向)、+YC Axis (正 Y 轴方向)、+ZC Axis (正 Z 轴方向) 和 Selected Datum Axis (所选基准轴)。

#### ✧ Face Normals

该选项用于设置底面轮廓线所在面的法向为拔模方向。

#### ✧ Specified Vector

该选项用于修改用 Specify New Vector 选项指定的拔模方向，并指定另一矢量方向作为拔模方向。选择该选项，再选择一曲线或边缘，则其相应的矢量方向作为拔模方向。只有在用 Specify New Vector 选项，指定过一新方向作为拔模方向后，该选项才出现。

#### ✧ Specify New Vector . .

该选项用于指定一新方向作为拔模方向。选择该选项，会弹出矢量创建对话框，可定义一个方向作为拔模方向。

#### ✧ +XC Axis

该选项用于指定+XC 轴方向作为拔模方向。

#### ✧ +YC Axis

该选项用于指定+YC 轴方向作为拔模方向。

#### ◇ +ZC Axis

该选项用于指定+ ZC 轴方向作为拔模方向。

#### ◇ Selected Datum Axis

该选项用于指定基准轴作为拔模方向。选择该选项，可选择一根基准轴作为拔模方向，此时，在 Filter 选项列表中必须选取 Datum Axis 或 All 选项。

要注意的是在操作中，当需要根据 Relative to 选项选择对象时，可以使用 Filter 选项来设置对象类型。当在 Relative to 中不是指定 Selected Datum Axis 选项时，如果在绘图工作区中选择了某一基准轴，则 Relative to 选项将自动设为 Selected Datum Axis。

### （4）轮廓线控制

利用 Filter 选项，不但可以用来设置选择放置面轮廓线的类型，还可以设置 Relative to 选项中选择对象的类型。可选择曲线或边作为放置面轮廓线。一旦选择好一条曲线或边作为放置面轮廓线，则沿该曲线切向，并指向靠近选取点的端点，将显示一实线箭头，表示轮廓线的对齐方向。同时，选择作为拔模方向的基准轴会自动取消。而且，图 3.59 变为如图 3.64 的形式，这两个选项用来进行放置面轮廓线的控制。

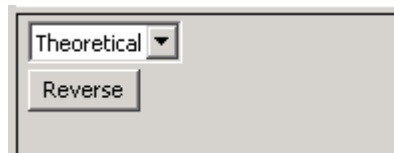


图 3.64 放置面轮廓线控制选项

其中下拉列表中包含两个选项 Tangent（相切的）和 Theoretical（理论的），用于控制从放置面轮廓线产生通用型腔顶面轮廓线的方法。Tangent 方式用于指定放置面与圆角的切线为顶面轮廓线；Theoretical 方式用于指定放置面与侧面的理论交线为顶面轮廓线。而 Reverse 按钮用于反转放置面轮廓线的对齐方式。

在操作中，放置面轮廓线必须封闭，而且是可投影的，即当轮廓线按投影方向投影到指定的面时，必须封闭，不能自交。选择放置面轮廓线后，Placement Outline Projection Vector 图标会自动激活。

### 3) Floor Face（底面）

该图标用于定义一般型腔的底面。单击该图标，则图 3.58 中部变为如图 3.65 所示的选项，并在绘图工作区显示实线箭头。若以前没有定义底面，则箭头表示从放置面偏移或转换得到底面的省缺方向；否则，箭头表示从已选底面偏移或转换得到实际底面的省缺方向。

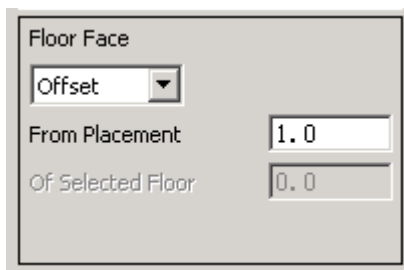


图 3.65 Floor Face 对话框选项

定义底面时，既可直接选择底面，也可偏移或转换放置面得到底面，还可以偏移或转换已选底面得到实际底面。直接选择底面时，可选择一个或多个表面、一个基准平面或一个平面。下面介绍一下该对话框中各选项的用法。

#### (1) Floor Face (底面定义方式)

该选项用于设置底面的定义方式。它包含 **Offset** (偏移) 与 **Translation** (转换) 2 个选项，两者区别在于：**Offset** 的方向是系统省缺方向，而 **Translation** 的方向可以重新定义。

##### ✧ Offset

该选项通过偏移放置面或已选底面得到实际底面。选择该选项后，**From Placement** 或 **Of Selected Floor** 选项会自动激活。

##### ✧ Translation

该选项通过转换放置面或已选底面得到实际底面。选择该选项后，**Floor Face Translation Vector** 图标将自动激活，可用其重新定义转换方向。

#### (2) From Placement (从放置面)

该选项用于设置底面的偏移值，使所选放置面沿偏移方向偏移指定距离得到底面。该选项只有在没有选择底面时才激活。

#### (3) Of Selected Floor (从所选底面)

该选项用于设置底面的偏移值。使所选底面沿偏移方向偏移指定距离得到实际底面。该选项只有选择底面后才激活。

在操作中，如果选取了多个面做底面时，各个面只能是实体或片体表面，而且必须是相邻的。

#### 4) Floor Outline (底面轮廓线)

该图标用于定义一般型腔的底面轮廓线，可以从模型中选择曲线或边定义底面轮廓线，也可通过转换放置面轮廓线进行定义。单击该图标，若之前没有定义底面轮廓线，则图 3.58 中部变为如图 3.66 所示的选项。说明底面轮廓线既可直接在模型中选择对象进行定义，也可通过转换放置面轮廓线来定义。否则，图 3.58 中部可变显示区将如图 3.64 所示。

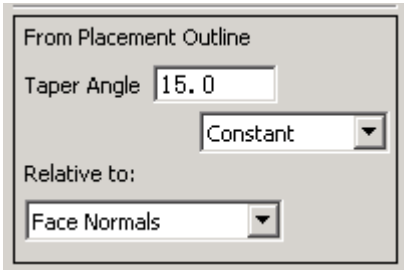



图 3.66 Floor Outline 对话框选项

图 3.66 所示对话框中各选项的具体用法与图 3.59 所示对话框的说明类似，只要把说明部分的放置面轮廓线与底面轮廓线相互调换即可，即把放置面理解成底面，把一般型腔的顶面轮廓线理解成一般型腔的底面轮廓线。

选择的底面轮廓线必须是封闭曲线，而且可以投影，即当轮廓线按投影方向投影到指定的面时，必须封闭，不能自交。选择底面轮廓线后，则 Floor Outline Protection Vector 图标将自动激活。在选择放置面轮廓线与底面轮廓线后，两轮廓线必须能创建一般型腔的规则侧面。另外，放置面轮廓线与底面轮廓线可用 2 种方式定义：两条轮廓线都可以直接从绘图工作区中选择对象来定义，或一条轮廓线直接从绘图工作区中选择对象定义，而另一轮廓线用已定义好的轮廓线进行偏移或转换来定义。

5)  Target Body (目标实体)

该选项可选取目标实体，使一般型腔产生在所选取的实体上。当目标实体不是第一个放置面所在的实体或片体时，应选择该图标指定放置一般型腔的目标实体。当设定放置面时，如果选择的第一个面为基准平面，则必须指定目标实体。单击该图标，在模型中选择需要的一个实体或片体即可。

6)  Placement Outline Protection Vector (放置面轮廓线投影方向)

该图标用于指定放置面轮廓线的投影方向。当放置面轮廓线不在放置面上时，应指定轮廓线向放置面投影的方向。该图标只有在选择了曲线作为放置面轮廓线后才激活。单击该图标，则图 3.58 中部的可变显示区将如图 3.67 所示。可在下拉式列表框中选择投影方向的定义方式，然后再定义投

影方向。

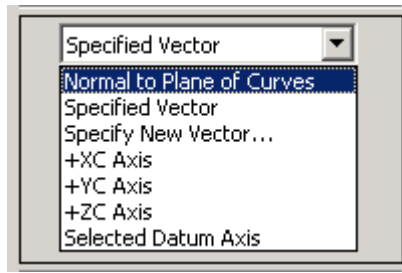


图 3.67 Placement Outline Protection Vector 对话框选项

如果选择了该列表框中的 **Normal to Plane of Curves** 选项，则放置面轮廓线必须共面。另外，在指定投影方向后，必须确保放置面轮廓线沿该投影方向是可投影的，即当放置面轮廓线沿投影方向投影到指定的放置面时，必须封闭且不能自交。



7) Floor Outline Protection Vector (底面轮廓线投影方向)

该图标用于指定底面轮廓线的投影方向。当底面轮廓线不在底面上时，应指定轮廓线向底面投影的方向。该图标只在选择底面轮廓线后才激活。单击该图标，则图 3.58 中部的可变显示区将如图 3.67 所示。可在下拉式列表框中选择投影方向的定义方法，然后再定义投影方向。



8) Floor Face Translation Vector (底面转换方向)

该图标用于指定底面的转换方向。当要转换放置面或已选择底面得到实际底面时，应指定其转换方向。该图标只在定义底面为一个转换面时才激活，即当 **Floor Face** 选项对话框中的 **Floor Face** 选项为 **Translation** 时才激活。

单击该图标，则图 3.58 中部的可变显示区将如图 3.67 所示。可在下拉式列表框中选择转换方向的定义方法，然后定义转换方向。此时，应确保底面轮廓线经投影后，可投影到转换得到的底面上。



9) Placement Alignment Points (放置面轮廓线对齐点)

该图标用于指定放置面轮廓线的对齐点，使之与底面轮廓线上相应对齐点对齐。该图标只有在放置面轮廓线和底面轮廓线都是单独选择的曲线，且在图 3.58 对话框下方的 **Outline Alignment Method** 选项中选择 **Specify Points** 选项时才激活。

具体选择对齐点的方法是：用点创建对话框在模型中选择一点，或在 **Filter** 中选择选点方式后再选择需要的点，则轮廓线上与该点最靠近的点被指定为对齐点。选择对齐点后，在轮廓线上高亮度标记该点，并从 1 开始，按放置面轮廓线对齐方向顺序标出序号。

放置面轮廓线设置的对齐点数目应与底面轮廓线设置的对齐点数目相同，而且按两条轮廓线上相应标号的点对齐后，应能够创建一般型腔。



#### 10) Floor Alignment Points (底面轮廓线对齐点)

该图标用于指定底面轮廓线的对齐点，使之与放置面轮廓线上相应对齐点对齐。图标只在放置面轮廓线和底面轮廓线都是单独选择的曲线，且在图 3.58 对话框下方的 **Outline Align Method** 选项中选择 **Specify Points** 选项时才激活。具体操作方法与 **Placement Alignment Points** 图标相同。

在图 3.58 对话框中，除了选择步骤图标外，还有一些指定控制方式和设置参数的选项。这些选项中，只有 **Outline Alignment Method** 选项需要在某些步骤图标下才激活。

- **Outline Alignment Method** (轮廓线对齐方式)

该选项用于指定放置面轮廓线和底面轮廓线的对齐方式，只有在放置面轮廓线与底面轮廓线都是单独选择的曲线时才激活。该选项包含 **Align Ends** (端点对齐)、**Specify Points** (指定点对齐)、**Parametric** (等参数对齐)、**Arc Length** (等弧长对齐)、**Placement Spine** (放置面脊线对齐) 和 **Floor Spine** (底面脊线对齐) 6 个选项。

##### 1) Align Ends

该选项指定两条轮廓线用端点对齐。它只有在两轮廓线包含的端点数目相同时才起作用。此时，对齐的起始点是表示两轮廓线方向的箭头位置，对齐顺序为沿各自的轮廓线对齐方向。

##### 2) Specify Points

该选项用两轮廓线选择的对应点对齐。选择该选项，则 **Placement Alignment Points** 和 **Floor Alignment Points** 图标都激活，可指定两条轮廓线的对齐点。

##### 3) Parametric

该选项指定两轮廓线用等参数进行对齐。

##### 4) Arc Length

该选项指定两轮廓线用等弧长进行对齐。

## 5) Placement Spine

该选项指定两轮廓线用放置面脊线进行对齐。

## 6) Floor Spine

该选项指定两轮廓线用底面脊线进行对齐。

### ● Placement Radius (放置面半径)

该选项用于指定一般型腔的顶面与侧面间的圆角半径。可以利用其下方的下拉列表框选项常数控制或规则控制来决定型腔的放置面半径，其值必须大于等于 0。

### ● Floor Radius (底面半径)

该选项用于指定一般型腔的底面与侧面间的圆角半径。也可以利用其下方的下拉列表框选项常数控制或规则控制来决定型腔的底面半径，其值也必须大于等于 0。

### ● Corner Radius (拐角半径)

该选项用于指定一般型腔侧边的拐角半径。

### ● Attach Pocket (附着一般型腔)

选择该选项，若目标实体是片体，则创建的一般型腔为片体，并与目标片体缝合成一体；若目标实体是实体，则创建的一般型腔为实体，并从实体中减去一般型腔。关闭该选项，则创建的一般型腔为一个独立的实体。

### ● 一般型腔的创建方法

一般型腔的创建，可根据需要，选择 10 个步骤图标中的某些图标，再选择图标需要的相应对象，并设置相应的控制参数，然后设置好其它选项中的参数后即可。一般来讲，选择放置面、定义放置面轮廓线、定义底面和定义底面轮廓线是必须进行的 4 个步骤。一般型腔具体的创建步骤归纳如下（除最后一步外，其余步骤的顺序并不重要）：

1) 选择放置面 (Placement Face)。可选择一个或多个表面，或一个基准平面、或一个平面作放置面。

2) 定义放置面轮廓线 (Placement Outline)。可直接从模型中选择曲线或边缘定义，也可用转换底面轮廓线定义。

3) 若定义的放置面轮廓线不在选择的放置面上，则应指定放置面轮廓线投影方向 (Placement Outline Projection Vector)。

4) 定义底面 (Floor Face)。既可以选一个或多个表面、或一个基准平面、或一个平面作为底面；也可以通过偏移或转换放置面定义底面；还可以先选择底面，再偏移或转换已选择的底面定义实际底面。

5) 定义底面轮廓线 (Floor Outline)。可直接从模型中选择曲线或边缘定义, 也可通过转换放置面轮廓线来定义。

6) 若底面轮廓线不在定义的底面上, 应指定底面轮廓线投影方向 (Floor Outline Projection Vector)。

7) 若底面是通过转换放置面来定义的, 或是转换已选择的底面来定义的, 则应指定底面转换方向 (Floor Face Translation Vector)。

8) 若放置面轮廓线和底面轮廓线都是采用选择曲线或边定义的, 则应指定轮廓线对齐方式 (Outline Alignment Method)。

9) 若轮廓线对齐方式采用指点对齐 (Specify Points), 则应指定放置面轮廓线对齐点 (Placement Alignment Points) 和底面轮廓线对齐点 (Floor Alignment Points)。此时, 两轮廓线上的对齐点数目必须相同。

10) 根据需要指定一个目标实体 (Target Body)。

11) 根据需要设置一般型腔放置面 (Placement Radius) 底面 (Floor Radius) 和侧面 (Corner Radius) 处的圆角半径值。

12) 选择或关闭附着一般型腔 (Attach Pocket) 选项

13) 根据需要选择或关闭生成前确认 (Confirm Upon Apply) 选项。

14) 单击 OK 或 Apply 创建一般型腔。

一般型腔与柱形型腔和矩形型腔相比, 在形状和控制方面更加灵活。主要表现在以下几个方面:

1) 一般型腔的放置面可以选择曲面, 而不必象柱形型腔和矩形型腔必须选择平面作放置面。


2) 一般型腔可以定义底面, 并可选择曲面作底面, 而其它型腔不能定义底面。

3) 一般型腔的放置面与底面的形状可由指定的链接曲线 (链接曲线可以包含实体的边) 来定义, 且链接曲线可以不在选择的放置面或底面上。

4) 一般型腔可以指定放置面或底面与其侧面的圆角半径。

5) 一般型腔的侧面是在放置面与底面理论轮廓曲线间的规则表面。

### 3.3.8 方形凸台

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Pad**，系统会弹出如图 3.68 所示的方形凸台类型对话框。

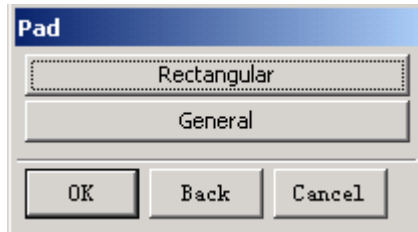


图 3.68 方形凸台类型对话框

方形凸台的类型包括矩形凸台和一般方形凸台。如果指定矩形凸台类型，则选择矩形凸台的放置面后，并设置矩形凸台的参数，便可创建需要的矩形凸台。如果指定一般方形凸台类型，则按与创建一般型腔类似的方法来创建一般方形凸台。下面分别介绍一下这两种方形凸台的用法。

#### 1. Rectangular（矩形凸台）

在方形凸台类型对话框中选择 **Rectangular** 类型后，会弹出对象选取对话框，让用户选择矩形凸台的放置平面。按与创建简单孔时选择放置平面的相同操作，选择实体表面或基准平面作为矩形凸台的放置平面。选择放置面后，再选择水平参考对象，这时可选择实体的边、面或基准轴作为矩形凸台的水平参考方向。指定参考方向后，系统弹出如图 3.69 所示的矩形凸台参数对话框。

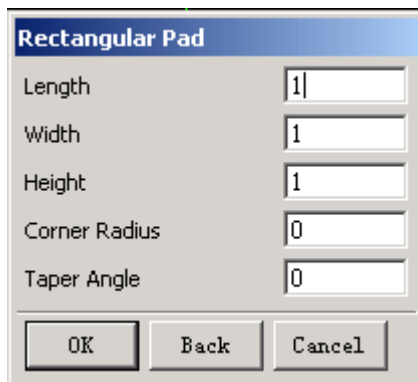


图 3.69 矩形凸台参数对话框

该对话框中包含了 **Length**（长度）、**Width**（宽度）、**Height**（高度）、**Corner Radius**（拐角半径）和 **Tapered Angle**（拔模角度）参数文本框。在各文本框中输入相应参数后，利用定位方式对话框，确定矩形凸台的位置后，则可按指定参数创建矩形凸台。图 3.70 所示的就是这种方式的图例。

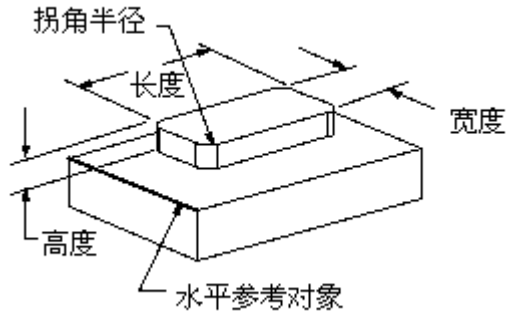


图 3.70 矩形凸台

## 2. 一般方形凸台

在方形凸台类型对话框中选择 **General** 类型，会弹出如图 3.71 所示的一般方形凸台对话框。该对话框上部的图标，用于指定创建一般方形凸台的选择步骤；中部为可变显示区，用于指定各相应步骤的控制方式及相关参数设置；下部为通用选项区，用于设置创建一般方形凸台的通用参数及相关设置。该对话框中各图标和各选项的含义以及操作与一般型腔对应选项相类似。但要注意的是一般方形凸台放置面为底面，因此一般方形凸台中顶面与一般型腔中底面的概念类似。

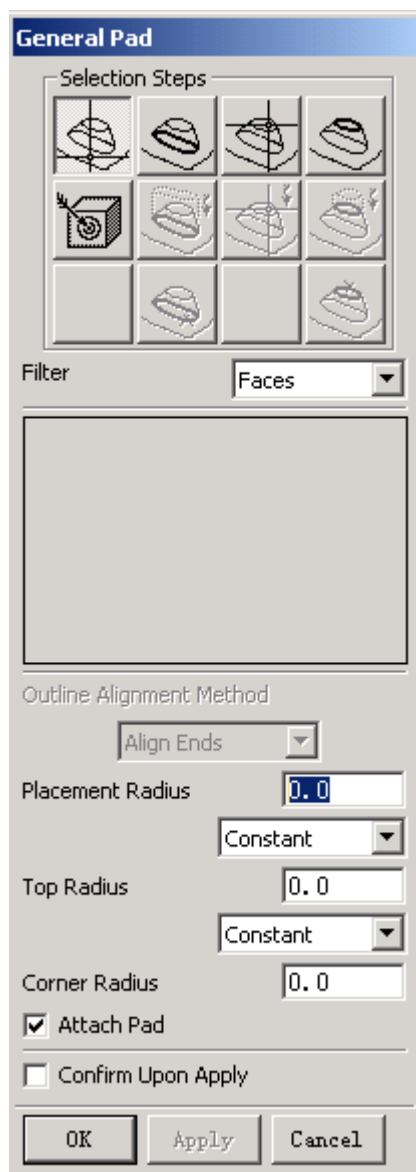


图 3.71 一般方形凸台对话框

### 3.3.9 键槽

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Slot**，系统会弹出如图 3.72 所示的键槽类型对话框。

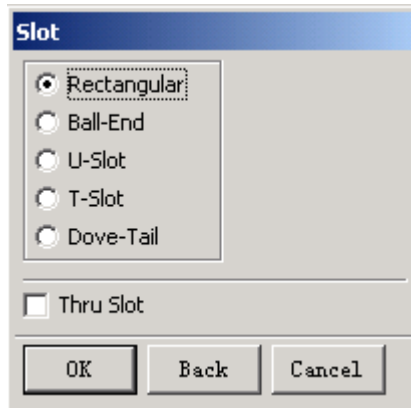


图 3.72 键槽类型对话框

键槽的类型包括 **Rectangular**（矩形槽）、**Ball-End**（球底槽），**U-Slot**（U 型槽），**T-Slot**（T 型槽）和 **Dove-Tail**（燕尾槽）五种，同时各种类型槽都可设置为 **Thru Slot**（通槽）方式。

在实体上创建键槽的一般步骤为：首先指定键槽类型，再选择实体平面或基准平面作为键槽放置平面和通槽平面，并指定键槽的轴线方向，然后设置键槽的参数，最后选择定位方式，确定键槽在实体上的位置。

在创建各类槽时，都需要指定键槽的放置平面和槽的长度方向。当在图 3.72 对话框中选择创建某类槽时，都会弹出对象选择对话框，让用户选择放置平面，可选择实体表面或基准平面作为放置平面。指定槽的放置平面后，又让用户选择水平参考对象，用于指定槽的长度方向，此时可选择实体边、面或基准轴作为槽的水平参考方向，即长度方向。

若在图 3.72 对话框中，选择了 **Thru Slot** 选项，则在指定水平参考方向后，又弹出对象选取对话框，让用户选择通槽起始平面。按与创建简单孔时选择通孔平面的相同操作，选择通槽的起始平面，再按同样方法选择通槽终止平面。图 3.73 所示的就是创建通槽的一个简单的图例。

在进行创建通槽的操作中，所选通槽的起始平面和终止平面不能与水平参考方向平行，而且，必须与放置平面相交。创建的键槽将穿透通槽起始平面与通槽终止平面，同时在其参数对话框中没有 **Length**（长度）参数。当选基准平面作为键槽的放置平面或通槽平面时，必须确保按生成方向创建的通槽能与实体接触。

下面我们分别详细介绍一下图 3.72 中的五种键槽类型。

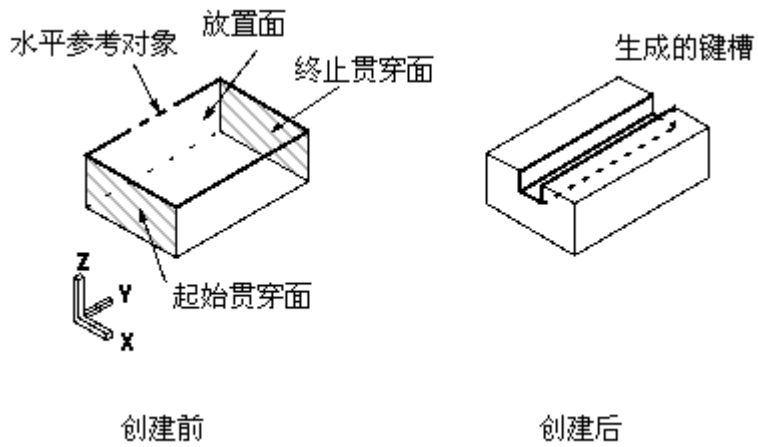


图 3.73 创建通槽

### 1. Rectangular (矩形槽)

若在键槽类型对话框中选择了 **Rectangular** 类型，则可在实体上创建矩形槽。在选择放置平面和指定水平参考方向（即长度方向）后，会弹出如图 3.74 所示的矩形槽参数对话框。

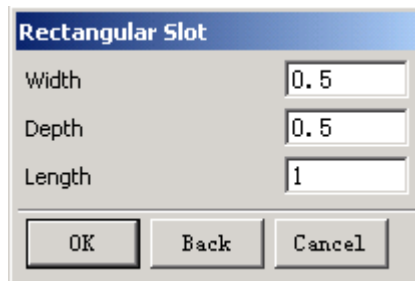


图 3.74 矩形槽参数对话框

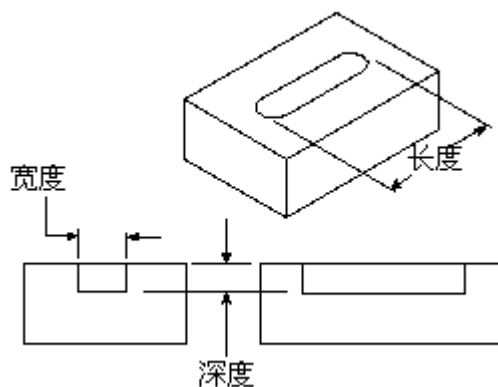


图 3.75 Rectangular 方式

该对话框中包含了 **Width**（宽度）、**Depth**（深度）和 **Length**（长度）三个参数文本框。在各文本框中输入相应参数后，利用定位方式对话框，确定矩形槽位置，则系统可在实体上创建指定参数的矩形槽。图 3.75 所示的就是这种方式的图例。

## 2. Ball-End（球底槽）

在键槽类型对话框中选择 **Ball-End** 类型，则可在实体上创建球底槽。在选择放置平面和指定水平参考方向（即长度方向）后，会弹出与图 3.74 相似的球底槽参数对话框，其中的第一个参数文本框这时变为了 **Ball Diameter**（球直径）。在各文本框中输入相应参数后，利用定位方式对话框，确定球端槽位置，则系统可在实体上创建指定参数的球底槽。图 3.76 所示的就是这种方式的图例。

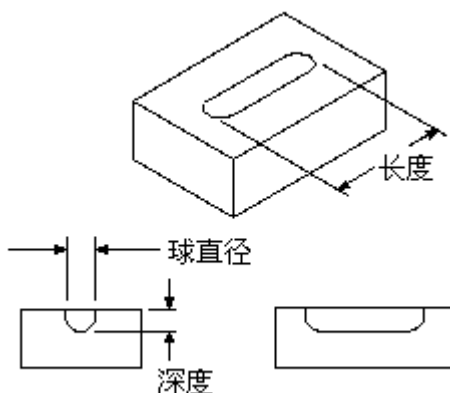


图 3.76 Ball-End 方式

## 3. U-Slot（U 型槽）

在键槽类型对话框中选择 U-Slot 类型，则可在实体上创建 U 型槽。在选择放置平面和指定水平参考方向（即长度方向）后，会弹出与图 3.74 相似的 U 型槽参数对话框，其中多了一个参数文本框 Corner Radius（拐角半径）。在各文本框中输入相应参数后，利用定位方式对话框，确定 U 型槽位置，则系统可在实体上创建指定参数的 U 型槽。图 3.77 所示的就是这种方式的图例。

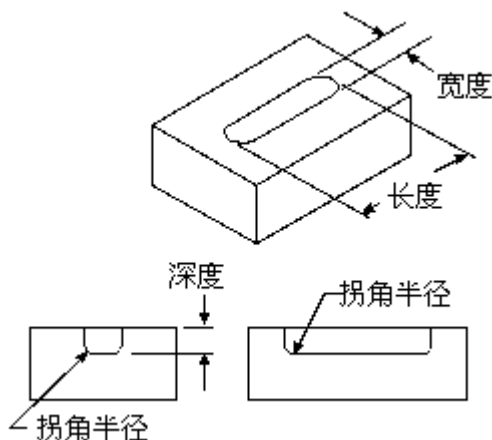


图 3.77 U-Slot 方式

#### 4. T-Slot (T 型槽)

在键槽类型对话框中选择 T-Slot 类型，则可在实体上创建 T 型槽。在选择放置平面和指定水平参考方向（即长度方向）后，弹出如图 3.78 所示的 T 型槽参数对话框。

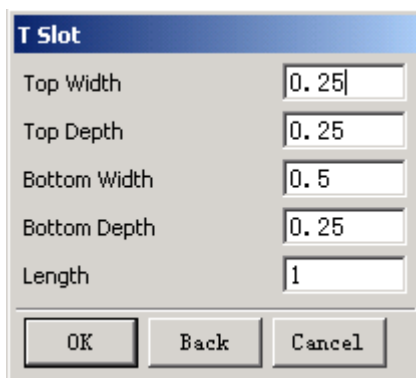


图 3.78 T 型槽参数对话框

该对话框中包含了 Top Width（顶端宽度）、Top Depth（顶端深度）、Bottom Width（底部宽度）、Bottom Depth（底部深度）和 Length（长度）5 个参数文本框。在各文本框中输入相应参数后，利用定位方式对话框，确定 T 型槽位置，则系统可在实体上创建指定参数的 T 型槽。图 3.79 所

示的就是这种方式的图例。

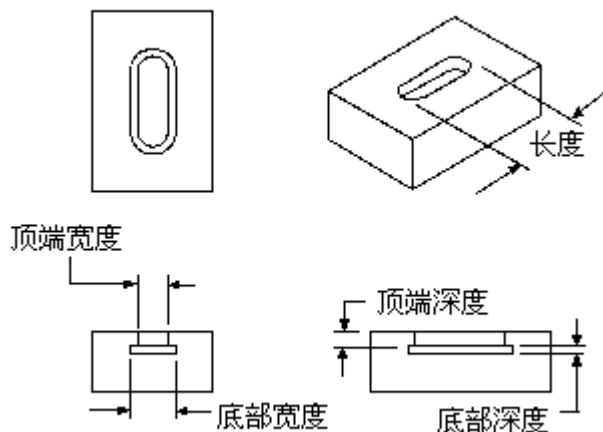


图 3.79 T-Slot 方式

### 5. Dove-Tail (燕尾槽)

在键槽类型对话框中选择 **Dove-Tail** 类型，则可在实体上创建的是燕尾槽。在选择放置平面和指定水平参考方向（即长度方向）后，会弹出与图 3.74 相似的燕尾槽参数对话框，其中多了一个参数文本框 **Angle**（角度）。在各文本框中输入相应参数后，利用定位方式对话框，确定燕尾槽的位置，则系统在实体上创建指定参数的燕尾槽。图 3.80 所示的就是这种方式的图例。

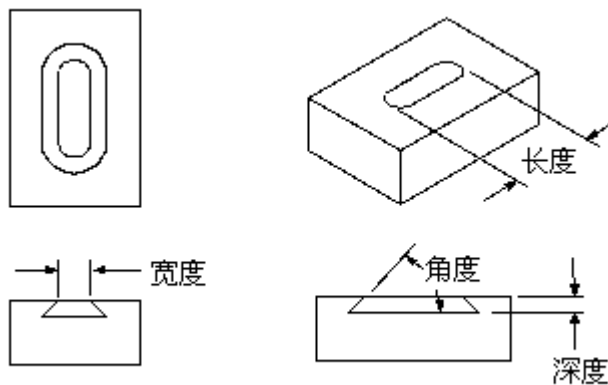



图 3.80 Dove-Tail 方式

### 3.3.10 环形槽



在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Groove**，系统会弹出如图 3.81 所示的环形槽类型对话框。

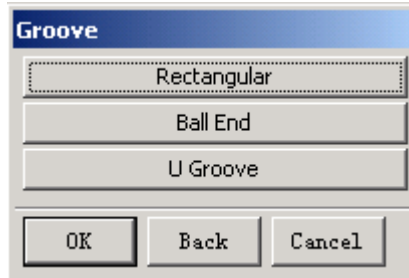


图 3.81 环形槽类型对话框

环形槽的类型包括 **Rectangular**（矩形环形槽）、**Ball End**（球底环形槽）和 **U Groove**（U 型环形槽）。在实体上创建环形槽的一般步骤为：先选择环形槽类型，再指定圆柱面或圆锥面作为环形槽放置面，然后设置环形槽参数，最后用定位方式对话框，确定环形槽在实体上的位置。另外环形槽可以在实体表面上或实体内部。图 3.82 所示的就是关于环形槽的图例。

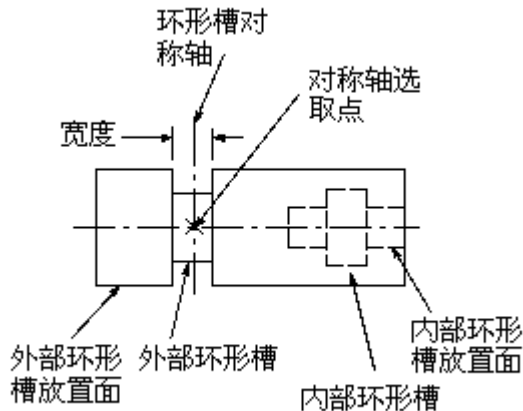


图 3.82 环形槽图例

下面分别详细介绍一下这三种环形槽类型的用法。

#### 1. Rectangular（矩形环形槽）

在环形槽类型对话框中选择 **Rectangular** 类型，则可在实体上创建矩形环形槽。选择该类型后，

会弹出对象选取对话框，让用户选择矩形环形槽的放置面，可在实体上选择圆柱面或圆锥面作为放置面。然后会弹出如图 3.83 所示的矩形环形槽参数对话框。

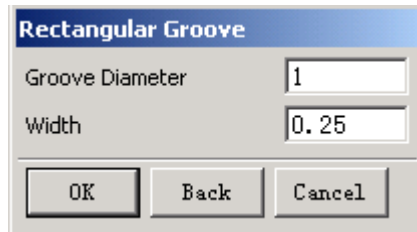


图 3.83 矩形环形槽参数对话框

该对话框中包含了 Groove Diameter（环形槽直径）和 Width（宽度）参数文本框。在文本框中输入相应参数后，利用定位方式中的平行定位（Parallel）方式，确定环形槽在放置面上的位置，则系统可在实体上按指定参数创建矩形环形槽。图 3.84 所示的就是这种方式的图例。

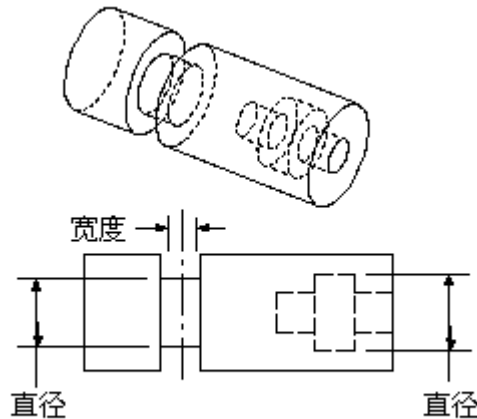


图 3.84 Rectangular 方式

## 2. Ball End（球底环形槽）

在环形槽类型对话框中选择 Ball End 类型，则可在实体上创建球底环形槽。选择该类型后，会弹出对象选取对话框，让用户选择矩形环形槽的放置面，可在实体上选择圆柱面或圆锥面作为放置面。然后会弹出与图 3.83 相似的球底环形槽参数对话框，只是其中的 Width 文本框变为了 Ball Diameter（球直径）参数文本框。在文本框中输入球底环形槽的环形槽直径和球径后，利用定位方式对话框，确定环形槽在放置面上的位置，则系统在实体上按指定参数创建球底环形槽。图 3.85 所示的就是这种方式的图例。

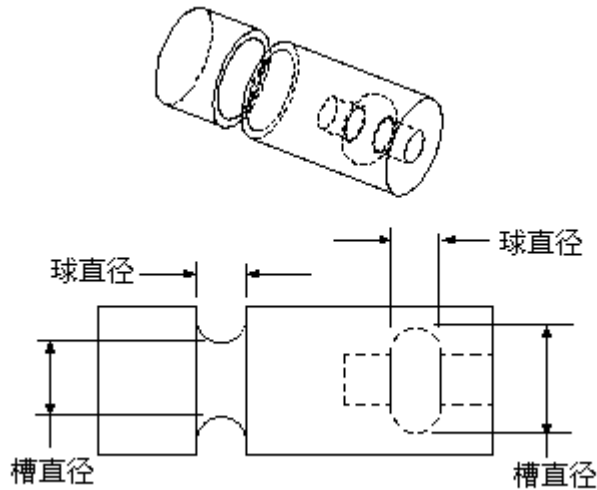


图 3.85 Ball End 方式

### 3. U Groove (U 型环形槽)

在环形槽类型对话框中选择 U Groove 类型，则可在实体上创建 U 型环形槽。选择该类型后，会弹出对象选取对话框，让用户选择矩形环形槽的放置面，可在实体上选择圆柱面或圆锥面作为放置面。然后会弹出与图 3.83 相似的 U 型环形槽参数对话框，只是其中多了一个 Corner Radius (拐角半径) 参数文本框。在文本框中输入相应的参数值后，利用定位方式对话框，确定环形槽在放置面上的位置，则系统在实体上按指定参数创建 U 型环形槽。图 3.86 所示的就是这种方式的图例。

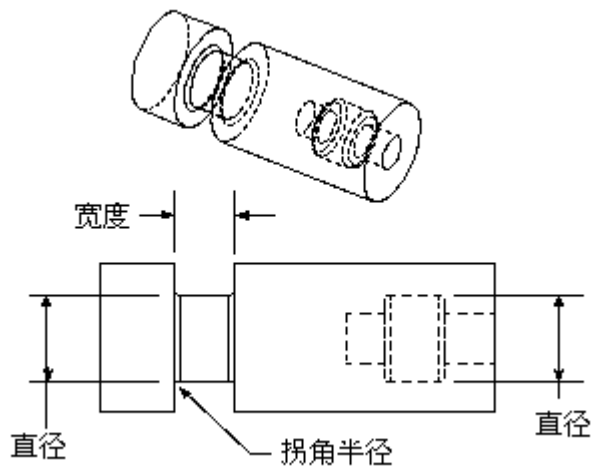


图 3.86 U Groove 方式

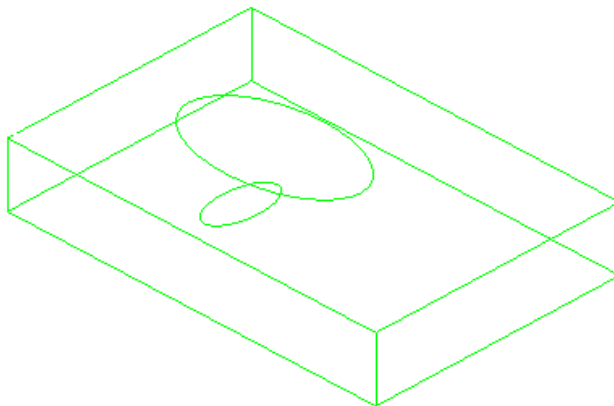
### 3.3.11 操作范例

这里将以型腔和环形槽及键槽的创建范例为代表，向读者介绍实体建模中基本特征创建的操作过程。


#### 1. 型腔的创建

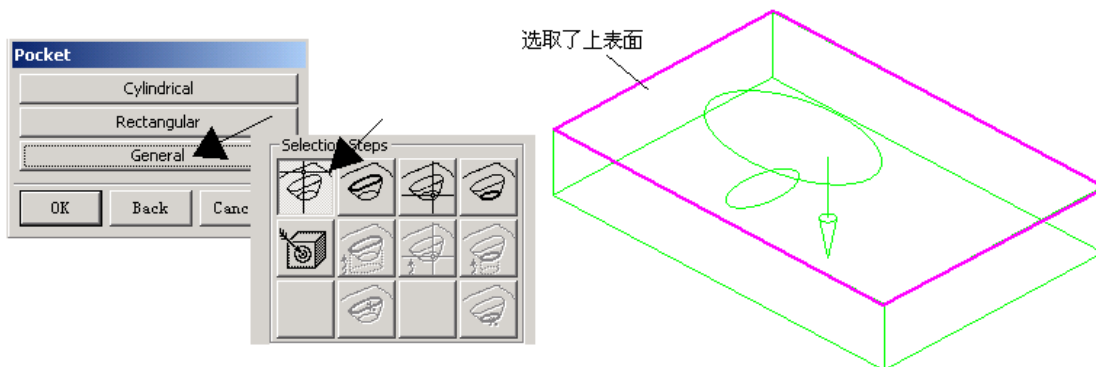
在 3.3.7 小节中我们已介绍了各种型腔的创建方法，在这个范例中将说明如何创建一般型腔。


1) 在进行创建型腔之前，首先生成一个块体。并在块体的上、下表面上分别创建两个椭圆。再利用曲线的分割功能，将两个椭圆都均分成四段（这是为了在后面指定对齐点时方便操作）。

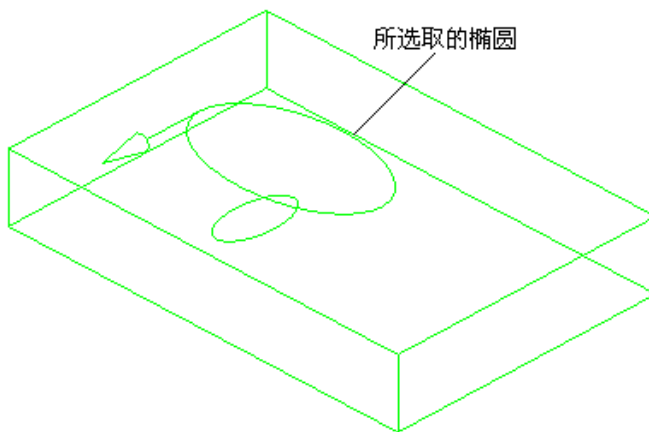
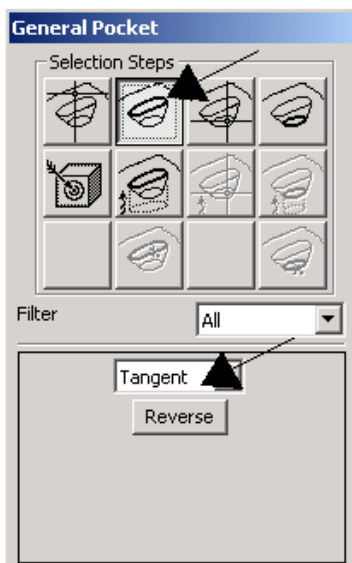


2) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert** ▶ **Form Feature** ▶ **Pocket**，在的型腔类型对话框

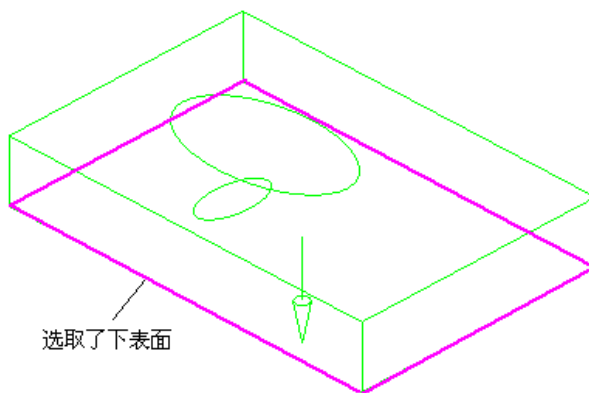
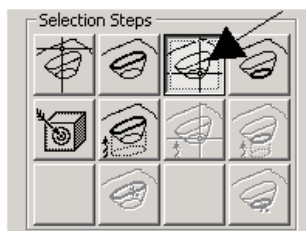
框中选取 **General** 选项。接着在弹出的一般型腔对话框的 **Selection Steps** 中选取  图标，并选取块体的上表面为放置面。




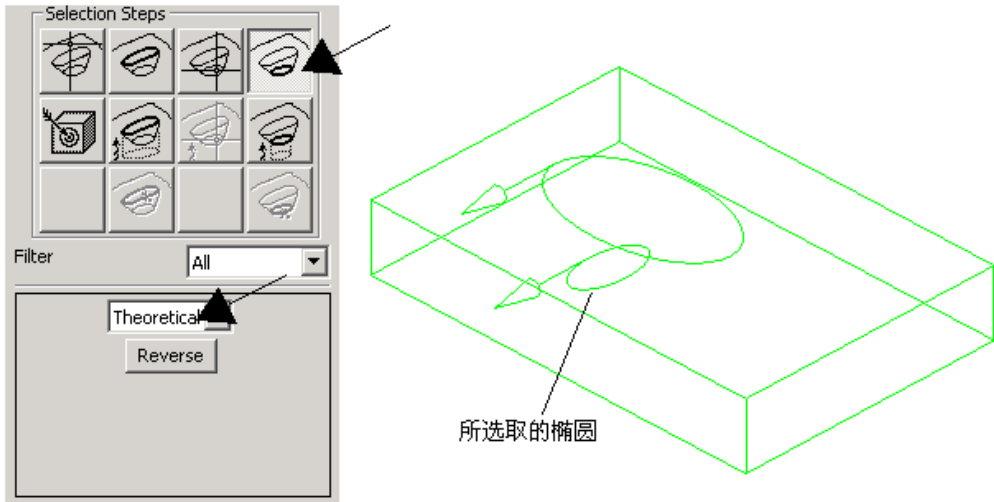
3) 在一般型腔对话框的 Selection Steps 中选取  图标，并选取块体的上表面中的椭圆（分割后的四段椭圆弧均要选上）为放置面轮廓线。然后设置可变显示区中的选项为 Tangent。




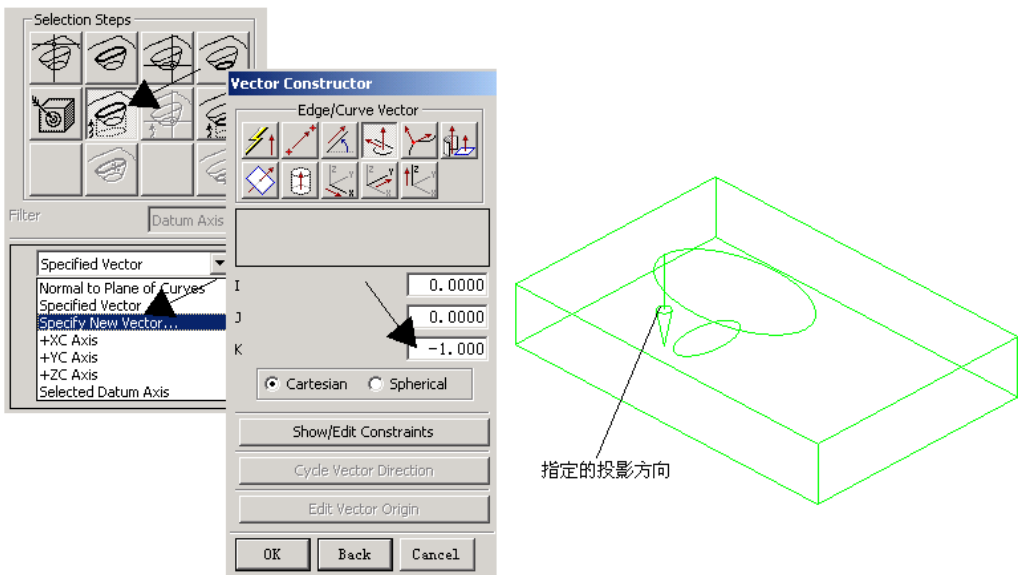
4) 在一般型腔对话框的 Selection Steps 中选取  图标，并选取块体的下表面为底面。



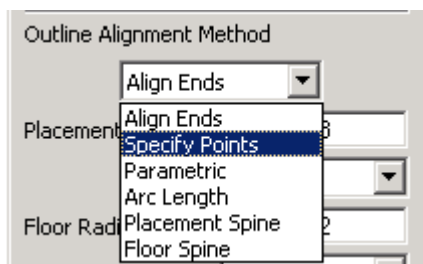
5) 在一般型腔对话框的 Selection Steps 中选取  图标，并选取块体的下表面中的椭圆（分割后的四段椭圆弧均要选上）为底面轮廓线。然后设置可变显示区中的选项为 Theoretical。




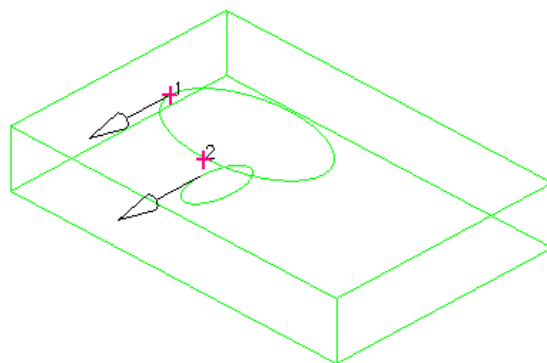
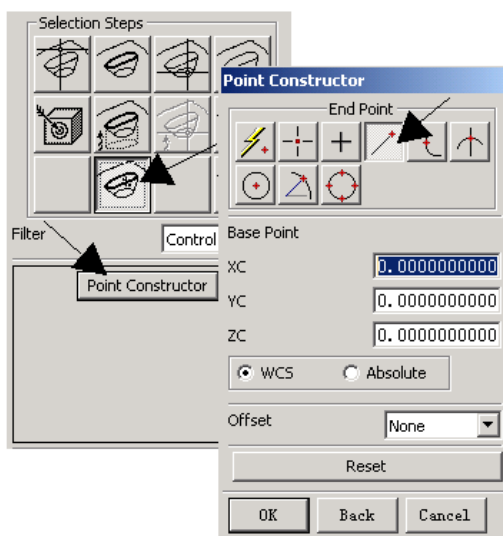
6) 在一般型腔对话框的 Selection Steps 中选取  图标，并在可变显示区的选项中选择 Specify New Vector 选项，再利用矢量创建对话框定义一个-Z 轴方向，作为放置面轮廓线向放置面投影的方向。




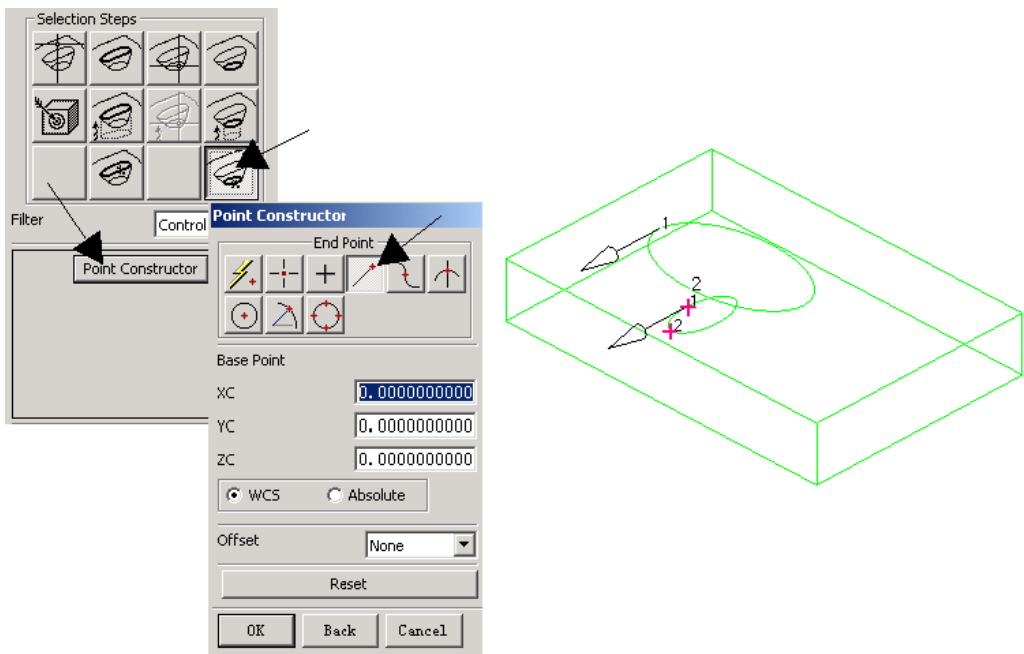
7) 在一般型腔对话框的 Outline Alignment Method 选项选取 Specify Points 选项，来指定对齐点。



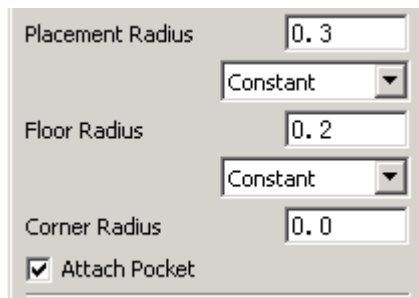
8) 在一般型腔对话框的 Selection Steps 中选取  图标，在可变显示区中选择 Point Constructor 选项，利用点创建对话框中的端点选项，在放置面轮廓线上选择 1、2 两点作为放置面轮廓线的对齐点。



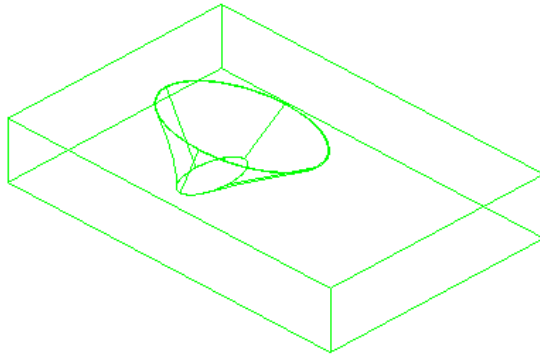
9) 在一般型腔对话框的 Selection Steps 中选取  图标，在可变显示区中选择 Point Constructor 选项，利用点创建对话框中的端点选项，在底面轮廓线上选择 1、2 两点作为底面轮廓线的对齐点。



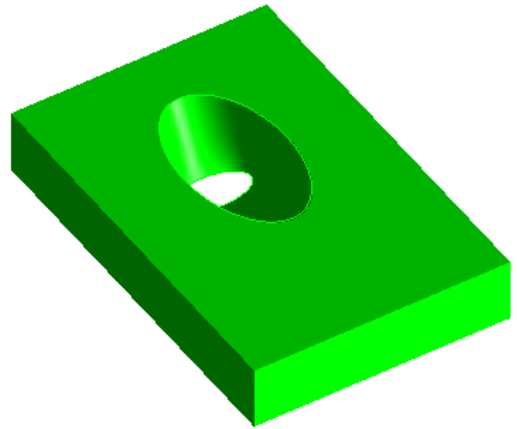
10) 最后在一般型腔对话框下部的 **Placemeng Radius** 文本框中，设置一般型腔顶面的圆角半径值为 0.3。在 **Floor Radius** 文本框中，设置一般型腔底面的圆角半径值为 0.2。并选取 **Attach Pocket** 复选框。



11) 完成所有的参数设置后，在一般型腔对话框中单击 **OK** 或 **Apply** 按钮，系统就会所给的设置创建一般型腔。



线框图

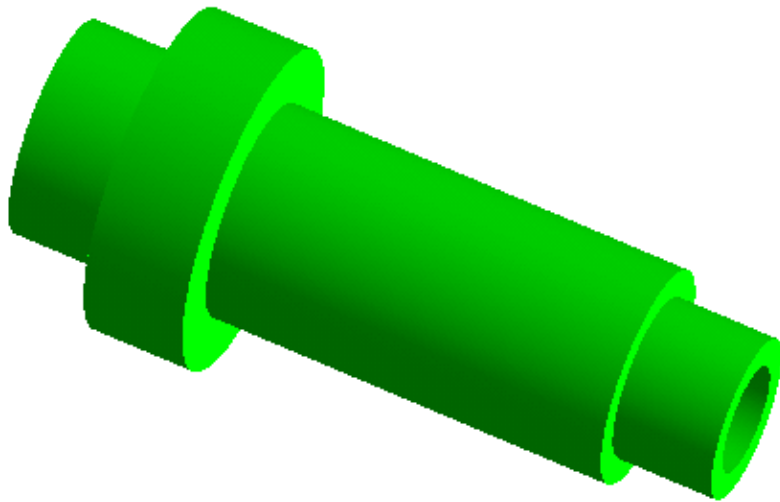


着色图

## 2. 环形槽和键槽的创建

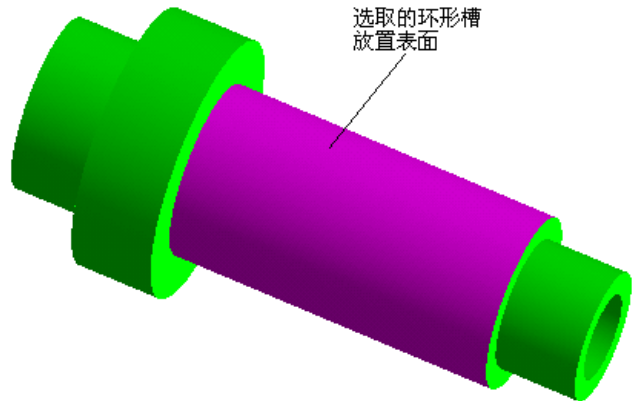
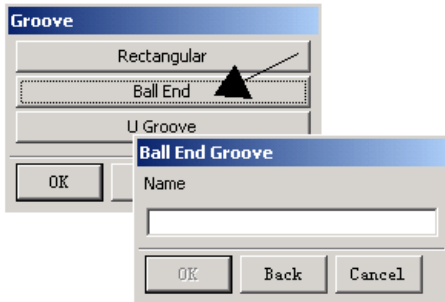
在 3.3.10 和 3.3.11 小节中我们已介绍了关于键槽和环形槽的创建方法，在这个范例中将说明如何在选取的对象上创建这两种特征。

1) 在进行创建这两种特征之前，先创建了一个由四段圆柱组成的实体，环形槽和键槽就创建在这个实体上。

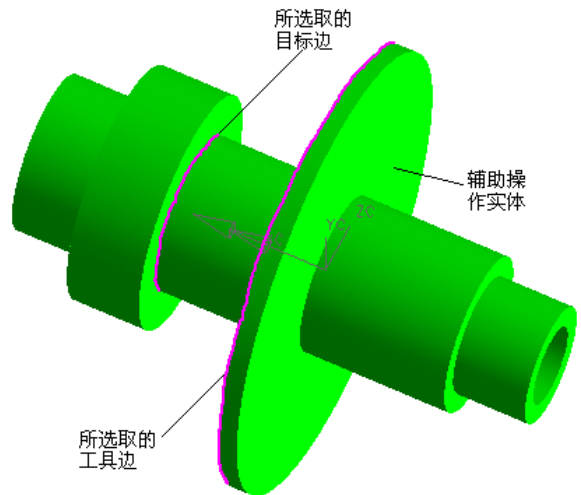
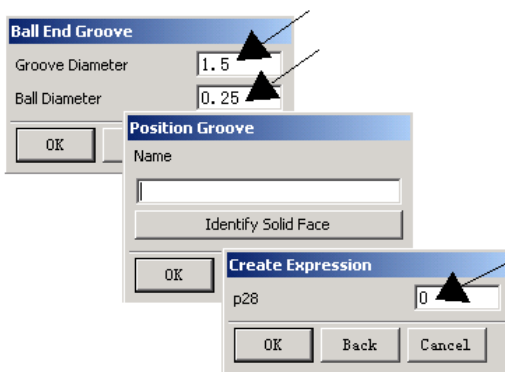


2) 首先创建环形槽。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert►Form Feature►Groove,

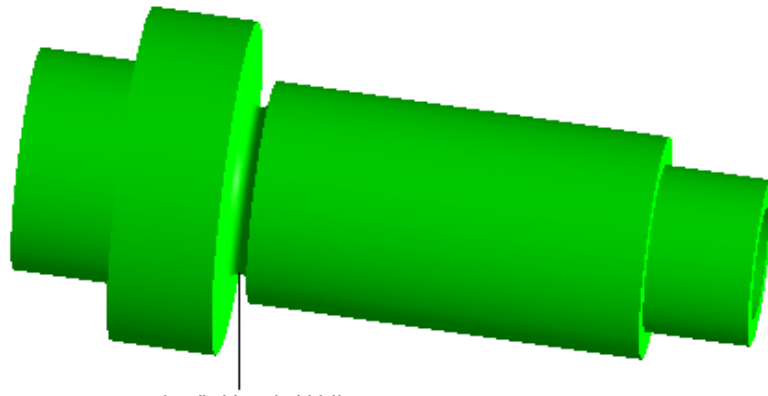
在弹出的环形槽类型对话框中选取 **Ball End** 选项。并在弹出对象选取对话框后，选择中间一段的圆柱表面作为环形槽的放置面。



3) 接着在参数对话框中，输入球底环形槽的参数。将槽直径设置为 1.5，将球直径设置为 0.25。确定后，会弹出环形槽位置对话框，此时选取放置面左端面边界为目标边，选取系统生成的辅助操作实体对象的左端面边界为工具边，这时会弹出一个位置参数对话框，设置这两条边之间的距离为 0。

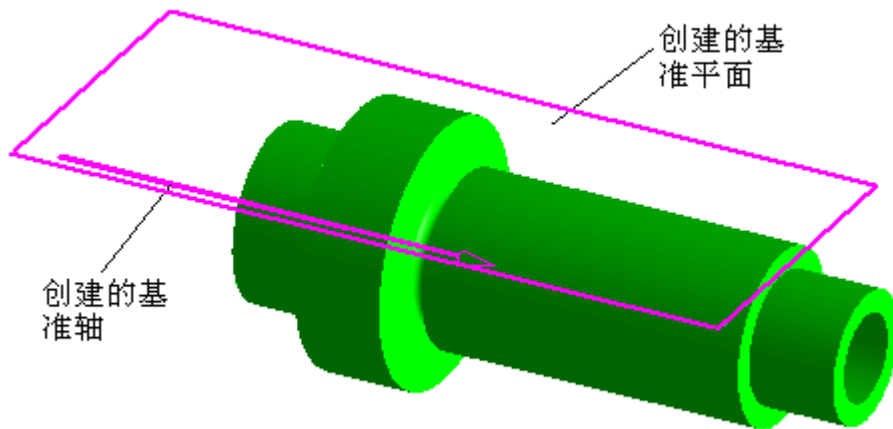


4) 完成设置后，单击 OK 按钮，则系统就会在所选放置面的最左端创建一个环形槽。




生成的环形槽

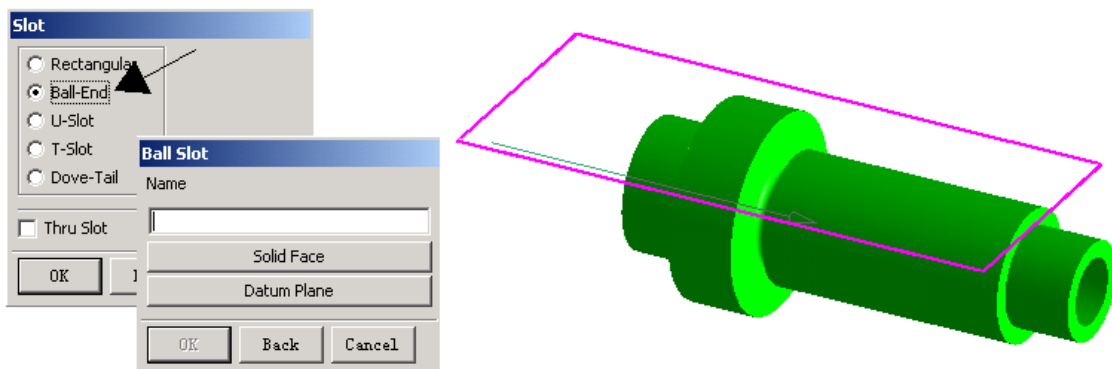
5) 接下来创建键槽。为了创建键槽，先要生成一些辅助特征：创建一条 XC 方向的基准轴和与中段圆柱面相切的基准平面。



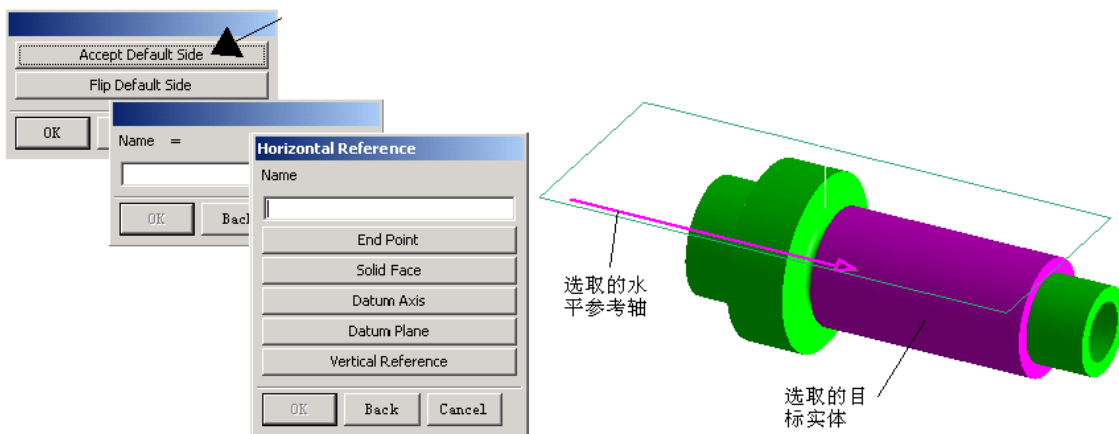
创建的基准轴


创建的基准平面

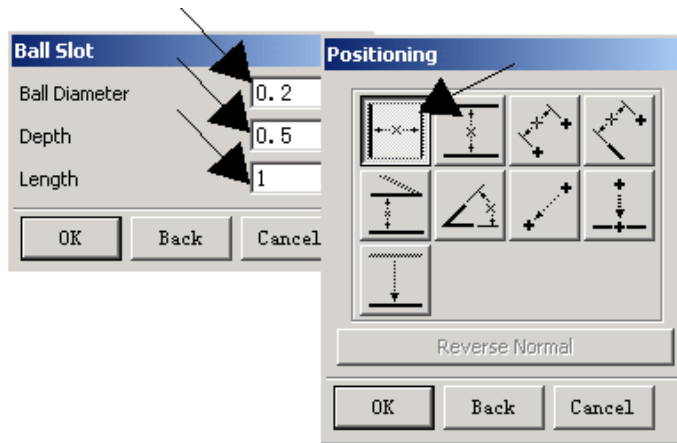
6) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Slot**，在弹出的键槽类型对话框中选择 **Ball-End** 选项。接着会弹出键槽放置面选取对话框，此时选取刚才定义的基准平面作为放置面。



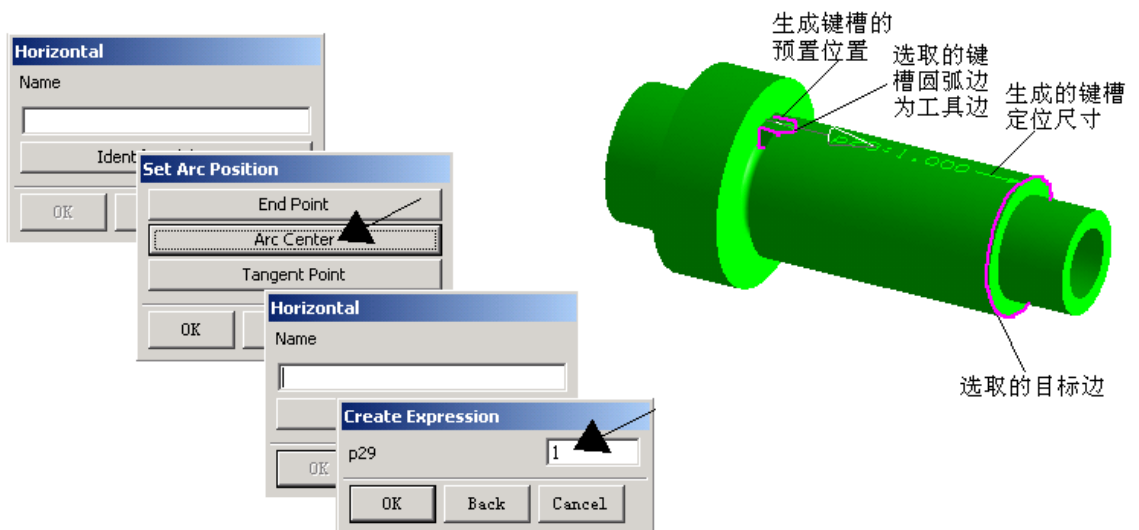
7) 选取放置面后，在弹出的对话框中选取 **Accept Default Side** 选项，接着选取中段圆柱为目标实体，再选取定义的基准轴为水平参考方向。



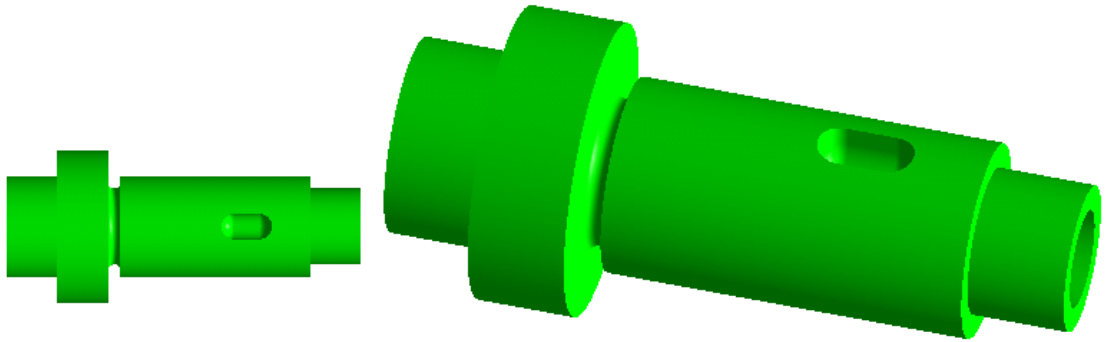
8) 定义参考方向后，会弹出键槽参数对话框，此时设置 **Ball Diameter** 为 0.2, **Depth** 为 0.5, **Length** 为 1。输入参数后，在弹出的键槽定位对话框中，选择水平定位方式 。



9) 选取水平定位方式后，会弹出对象选取对话框，这时选取中段圆柱的右表面边界作为目标对象，随后在 Set Arc Position 对话框中选取 Arc Center 选项，接着再选取预置键槽的右半边圆弧为工具边，这时会弹出位置参数对话框，设置选取的目标对象与工具边之间的距离为 1。




10) 完成定位参数的设置后，单击 OK 按钮，系统就会按设置的键槽参数和定位参数在选取的圆柱体表面创建一个键槽。



## 3.4 特征的扩展

扫描特征的共同特点是：扫描特征与建立扫描特征的截面曲线或引导线是相互关联的。扫描特征包括了拉伸特征、旋转特征和沿轨迹扫描特征。

### 3.4.1 特征的拉伸

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Extrude**，系统会弹出对象选取对话框，让用户选择拉伸对象，然后再设置拉伸特征的相应参数后即可完成拉伸操作。图 3.87 所示的就是特征拉伸的图例。

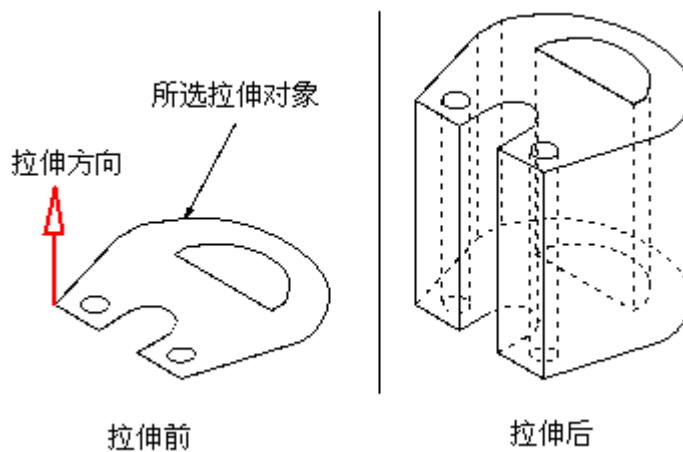


图 3.87 特征拉伸

拉伸对象用于定义拉伸的截面曲线。选择拉伸对象时，既可直接在绘图工作区中选择要拉伸的对象，也可先在选取对话框中指定拉伸对象的类型，再在绘图工作区中选择该类型的对象。如果模型简单，且选择对象方便，可用第一种选择方式，如果模型复杂，可选对象多，则用限制所选对象

类型的第二种选择方式比较好。在选择拉伸对象时，可以选择多个需要的对象，但是为了能够创建拉伸特征，必须确保最终定义的拉伸截面曲线是链接的。若在其后的拉伸参数对话框需要输入偏移（Offset）参数值，则最终定义的拉伸截面曲线必须共面。

在选择拉伸对象后，系统会弹出如图 3.88 所示的指定拉伸方式对话框。该对话框有四种拉伸方式，它们分别是：Direction-Distance（按方向与距离拉伸）、Trim to Face/Plane（拉伸到指定面）、Trim Between Two Face/Plane（在两个指定面间拉伸）和 Through Multiple Bodies（穿越多个实体拉伸）。下面详细介绍一下这 4 种拉伸方式的用法。

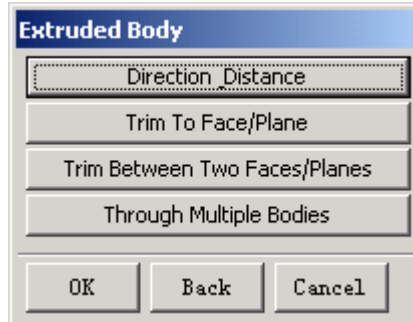


图 3.88 指定拉伸方式对话框

### 1. Direction-Distance

该选项按指定的方向和距离拉伸选择的对象。选择该选项，会弹出如图 3.89 所示选择拉伸方向对话框和显示省缺的拉伸方向矢量箭头。

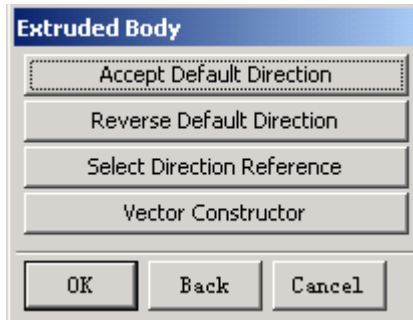


图 3.89 选择拉伸方向对话框

系统省缺的拉伸方向是这样确定的：若选择的拉伸对象是实体或片体表面，则矢量方向是沿该表面中心的法向；若选择的拉伸对象是封闭的实体边缘或平面曲线，则矢量方向显示在封闭曲线的中心；若选择的拉伸对象是不封闭的平面实体边，则矢量方向显示在第一条或最后一条边的中点；若选择的拉伸对象是空间曲线、空间实体边或空间实体边与曲线组合集，则系统不能推断其拉伸方

向，绘图工作区也不出现矢量方向箭头，而且图 3.89 对话框中不出现 **Accept Default Direction** 与 **Reverse Default Direction** 两个选项。下面介绍一下图 3.89 对话框中的 4 个选项。

- **Accept Default Direction**（接受省缺方向）

选择该选项，则接受系统省缺的拉伸方向。

- **Reverse Default Direction**（反转省缺方向）

选择该选项，则反转系统省缺的拉伸方向。

- **Select Direction Reference**（选择参考方向）

该选项通过选择存在的几何对象（如边、基准轴或直线）来定义拉伸方向。选择该选项，会弹出对象选择对话框，让用户选择参考方向。在选择参考方向时，可先限制选择参考方向的方法，再按限制要求选择相应对象；也可直接在绘图工作区中选择相应对象，此时，系统将自动推断所选对象为 **Edge End Point**（边端点）或 **Datum Axis**（基准轴）或 **Line End Point**（直线端点）。下面介绍一下这 3 种限制方式。

- 1) **Edge End Point**

该选项指定沿所选的边，并指向选择端点的方向为拉伸的参考方向。

- 2) **Datum Axis**

该选项指定所选基准轴作为拉伸的参考方向。

- 3) **Line End Point**

该选项指定沿所选的直线，并指向选择端点的方向为拉伸的参考方向。

- **Direction Subfunction**（矢量创建功能）

该选项用矢量创建对话框来定义拉伸方向。选择该选项，将弹矢量创建对话框，用户可定义一个矢量作为拉伸的参考方向。

在指定的拉伸方向时，必须使拉伸对象沿该拉伸方向是可拉伸的，即拉伸对象定义的拉伸截面曲线，沿拉伸方向拉伸时，没有曲线被拉伸成一点。用 **Select Direction Reference** 选项创建的拉伸特征，与定义拉伸方向时选择的对象关联，也就是说，如果定义拉伸方向的对象改变，则定义的拉伸轴线方向也随之改变，当模型更新时，拉伸特征就会发生相应改变。

一旦指定拉伸方向，绘图工作区中会用实线箭头表示的拉伸方向，同时显示用虚线箭头表示的偏移方向，并弹出如图 3.90 所示的拉伸参数对话框。

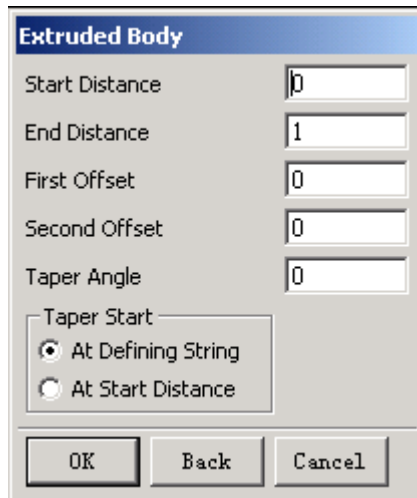


图 3.90 拉伸参数对话框

下面介绍一下该对话框中各选项的用法。

- **Start Distance**（起始距离）

该文本框用于设置拉伸的起始位置。其正负值是相对拉伸方向而言的。

- **End Distance**（终止距离）

该文本框用于设置拉伸的终止位置。其值的大小是相对于各拉伸对象所在平面而言的，其正负也是相对拉伸方向而言的。**End Distance** 与 **Start Distance** 之差的绝对值即为拉伸特征沿拉伸方向的长度。

- **First Offset**（第一偏移）

该文本框用于设置截面曲线偏移的起始位置。其值的大小是相对于截面曲线而言。其正负是相对偏移方向（虚线矢量箭头方向）而言。

- **Second Offset**（第二偏移）

该文本框用于设置截面曲线偏移的终止位置。其值的大小是相对于截面曲线而言，其正负也是相对偏移方向而言。**First Offset** 与 **Second Offset** 之差的绝对值为实体的厚度。若 **First Offset** 与 **Second Offset** 均取零，则当拉伸截面曲线为封闭平面曲线时，拉伸特征是截面为拉伸截面曲线所围区域的实体；否则拉伸特征是截面为拉伸截面曲线的片体。当拉伸截面曲线包含内孔时，**First Offset** 与 **Second Offset** 参数值均只能为零。

- **Taper Angle**（拔模角度）

该文本框用于设置沿拉伸方向的拉伸角度，其绝对值必须小于  $90^\circ$ 。**Taper Angle** 大于 0 时，是沿拉伸方向向内拔模；小于 0 时，是沿拉伸方向向外拔模。若拉伸截面曲线包含内孔时，内孔的拔模方向则刚好相反。

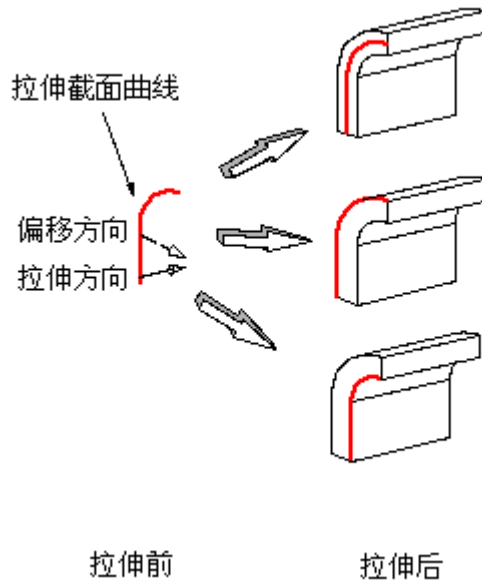


图 3.91 Direction-Distance 方式拉伸

- Taper Start (拔模开始设置)

该选项组用于设置拉伸特征拔模的起始位置。它包含 **At Defining String** (定义曲线处) 与 **At Start Distance** (起始距离处) 两个选项。

- 1) At Defining String

该单选项用于设置拉伸特征拔模的起始位置为所选取的拉伸截面曲线处。

- 2) At Start Distance

该单选项用于设置拉伸特征拔模的起始位置为拉伸的起始位置。当 **Start Distance** 为 0 时，其拉伸效果与 **At Defining String** 选项相同；但当 **Start Distance** 不为 0 时，由于定义的拉伸截面曲线与拉伸的起始位置有一距离，故其拉伸效果与 **At Defining String** 选项不相同。

图 3.91 所示的就是 **Direction-Distance** 方式下拉伸的图例。

## 2. Trim to Face/Plane

该选项按指定的方向与实体厚度，拉伸选择对象到指定的实体表面或基准平面。由该方式创建的拉伸特征，起始于选择拉伸对象的所在面，终止于指定的实体表面或基准平面。

选择该选项，按前述方法指定拉伸方向后，会弹出如图 3.92 所示的修剪面选项对话框。修剪面

是沿拉伸方向拉伸所选对象的截止面。下面介绍一下图 3.92 对话框中各选项的用法。



图 3.92 修剪面选项对话框

- **Filter (过滤器)**

该选项用于指定选取修剪面时的限制的类型。可选择 **Solid Face** (实体表面)、**Datum Plane** (基准平面) 和 **All** (所有类型) 选项来限制选择对象的类型。

- **Trimming Face Options (修剪面选项)**

该选项组用于指定修剪面的拓展形式。它包含 **Do not Extend Trim Face** (不拓展修剪面)、**Extend Trim Face** (拓展修剪面) 与 **Try Both Options** (两选项自动判别) 三个选项。

- 1) **Do not Extend Trim Face**

该单选项用于不拓展修剪面。当拉伸对象经拉伸后不会超出修剪面时，使用该选项。

- 2) **Extend Trim Face**

该单选项用于拓展修剪面。当拉伸对象经拉伸后会超出修剪面时，使用该选项。

- 3) **Try Both Options**

该单选项用于系统自动判断是否拓展修剪面。当不能确定拉伸对象经拉伸后是否会超出修剪面时，使用该选项。

选择实体表面或基准平面作为修剪面后，在绘图工作区中会显示出虚线箭头表示的偏移方向，并弹出与图 3.90 相似的拉伸参数对话框，只是其中没有前两个参数文本框。设置好拉伸参数后，选取相应的布尔操作方式即可完成拉伸操作。图 3.93 所示的就是这种方式的图例。

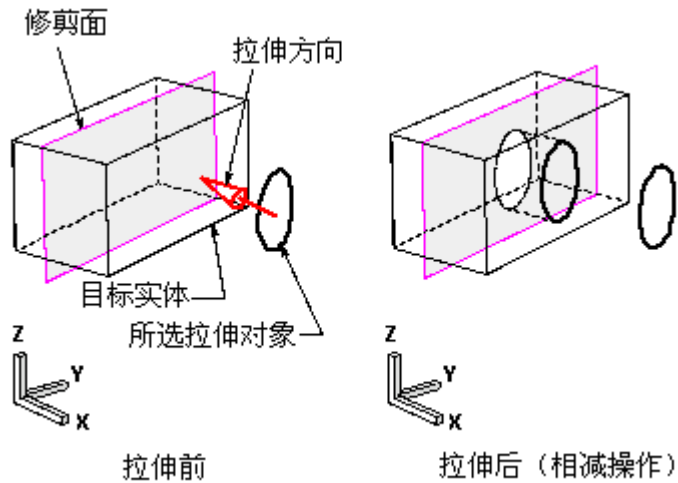


图 3.93 Trim to Face/Plane 方式拉伸

### 3. Trim Between Two Face/Plane

该选项按指定的方向与实体厚度，在指定的两个实体表面或基准平面间，拉伸所选对象。选择该选项，按前述方法指定拉伸方向后，会弹出如图 3.92 所示的修剪面选项对话框。先设置修剪面选项，然后选择实体表面或基准平面作为第一修剪面，再按同样方法选择第二修剪面。完成修剪面选择后，绘图工作区中会显示用虚线箭头表示的偏移方向，并弹出与图 3.90 相似的拉伸参数对话框，只是其中没有前两个参数文本框。设置好拉伸参数后，选取相应的布尔操作方式即可完成拉伸操作。图 3.94 所示的就是这种方式的图例。

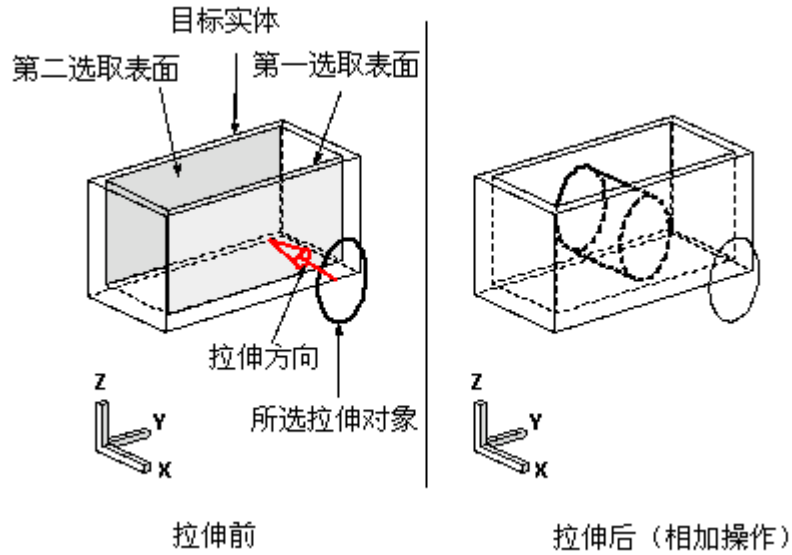


图 3.94 Trim Between Two Face/Plane 方式拉伸

#### 4. Through Multiple Bodies

该选项按指定厚度，在指定的多个实体上，减去拉伸得到的特征。选择该选项，弹出如图 3.95 所示的拉伸参数对话框。

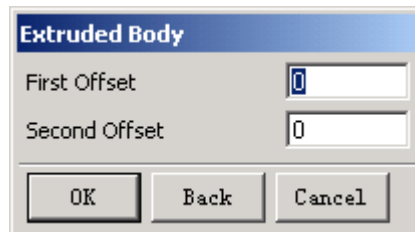


图 3.95 拉伸参数对话框

选择一个或多个实体作为目标实体，绘图工作区中会显示用虚线箭头表示的偏移方向，再设置好拉伸参数后，系统就会完成拉伸操作。图 3.96 所示的就是这种方式的图例。

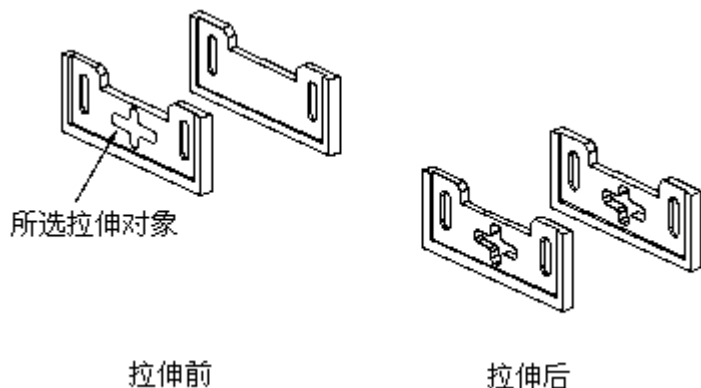



图 3.96 Through Multiple Bodies 方式拉伸

### 3.4.2 特征的旋转

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert** ▶ **Form Feature** ▶ **Revolve**，系统会弹出对象选取对话框，让用户选择旋转对象。旋转对象用于定义旋转的截面曲线。

选择旋转对象时，既可直接在绘图工作区中选择要旋转的对象，也可先在对象选取对话框中指定旋转对象的类型，再在绘图工作区中选择该类型的对象。如果模型简单，且选择对象方便，可用第一种选择方式；如果模型复杂，可选对象多，则用限制所选对象类型的第二种选择方式比较好。在选择旋转对象时，可选择多种对象，实际上是定义旋转的截面曲线。为了能够创建旋转特征，必须确保最终定义的旋转截面曲线是链接的。若在其后的旋转参数对话框需要输入偏移（Offset）参数值，则最终定义的旋转截面曲线还必须是共面的。

确定了旋转队向后，系统会弹出如图 3.97 所示的选择旋转对象对话框。该对话框有三种旋转方式，分别是 **Axis\_Angle**（按旋转轴与旋转角方式旋转）、**Trim To Face**（旋转到指定面）和 **Trim Between Two Faces**（在两个指定面间进行旋转）。下面分别介绍一下这三种旋转方式的用法。

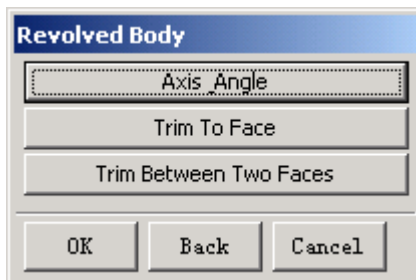


图 3.97 选择旋转对象对话框

## 1. Axis\_Angle

该选项按指定的旋转轴、旋转起始角和终止角的方式旋转选择的对象。选择该选项，会弹出对象选取对话框，让用户选择旋转轴。用户可以利用限制对象选取模式的方法来选择旋转轴，此时的对象限制模式有以下四种。

- **Edge End Point**（边端点）

该选项指定沿选择的边，并指向所选端点的方向为旋转轴。

- **Datum Axis**（基准轴）

该选项指定所选的基准轴作为旋转轴。

- **Line End Point**（直线端点）

该选项指定沿选择直线，并指向所选端点的方向为旋转轴。

- **Axis Subfunction**（创建轴）

该选项利用轴创建功能指定旋转轴。选择该选项，弹出点创建对话框，输入坐标值或在绘图工作区指定一点，作为旋转轴的位置点。绘图工作区显示实线箭头，表示系统省缺的旋转轴，并弹出矢量创建对话框，用户指定一个矢量方向，作为旋转轴的方向即可指定旋转轴。

指定的旋转轴必须使旋转对象绕该轴是可旋转的，即旋转对象定义的旋转截面曲线绕旋转轴旋转时，不会产生自交表面。一旦旋转轴指定后，在绘图工作区中会显示实线箭头表示旋转轴，同时显示虚线箭头表示偏移方向。随后会弹出如图 3.98 所示的旋转参数对话框。

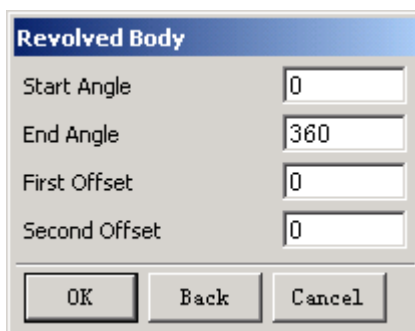


图 3.98 旋转参数对话框

该对话框中包含了 **Start Angle**（起始角）、**End Angle**（终止角）、**First Offset**（第一偏移）和 **Second Offset**（第二偏移）四个参数文本框。在对话框中输入旋转参数后，再利用布尔操作对话框，确定一种布尔操作方法，即可完成旋转操作。图.3.99 所示的就是这种方式的图例。

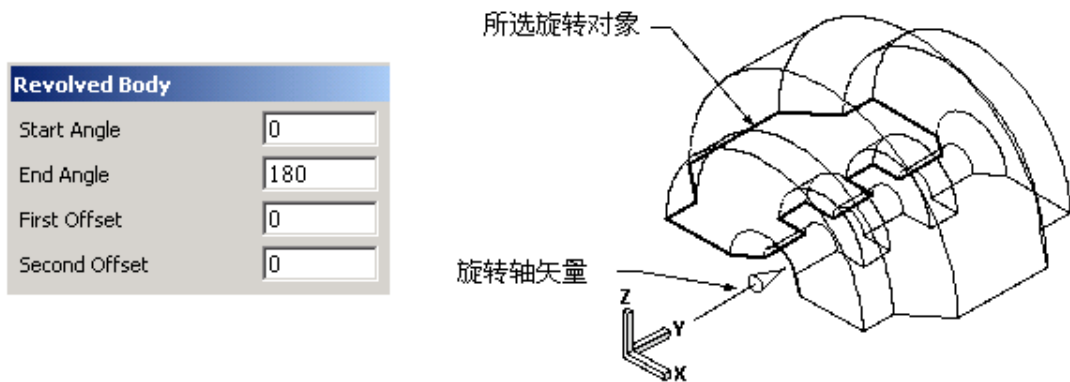


图.3.99 Axis\_Angle 方式

下面分别介绍一下旋转参数对话框中各选项的用法。

- **Start Angle**

该选项用于设置旋转对象旋转的起始角度，其值的大小是相对于旋转截面曲线中，各曲线所在平面而言的，其方向以与旋转轴成右手定则的方向为正。

- **End Angle**

该选项用于设置旋转对象旋转的终止角度，其值的大小也是相对于旋转截面曲线中，各曲线所在平面而言的，其方向也是与旋转轴成右手定则为正。若 **start Angle** 的值大于 **End Angle** 的值，则旋转对象绕旋转轴的反方向旋转。

- **First Offset**

该选项用于设置旋转对象偏移的起始位置，其值的大小是相对于旋转截面曲线中，各曲线而言的，其正负是相对偏移方向（虚线矢量箭头方向）而言的。

- **Second Offset**

该选项用于设置旋转对象偏移的终止位置，其值的大小也是相对于旋转截面曲线中，各曲线而言，其正负也是相对偏移方向（虚线矢量箭头方向）而言的。**First Offset** 与 **Second Offset** 之差的绝对值为实体的厚度。若 **First Offset** 与 **Second Offset** 均取零，则当旋转截面曲线为封闭平面曲线时，旋转特征是截面为旋转截面曲线所围面域的实体，否则旋转特征是截面为截面曲线的片体。当旋转截面曲线包含内孔时，**First Offset** 与 **Second Offset** 均只能为零。

图 3.100 所示的就是表示设置为不同偏移方式时的图例。

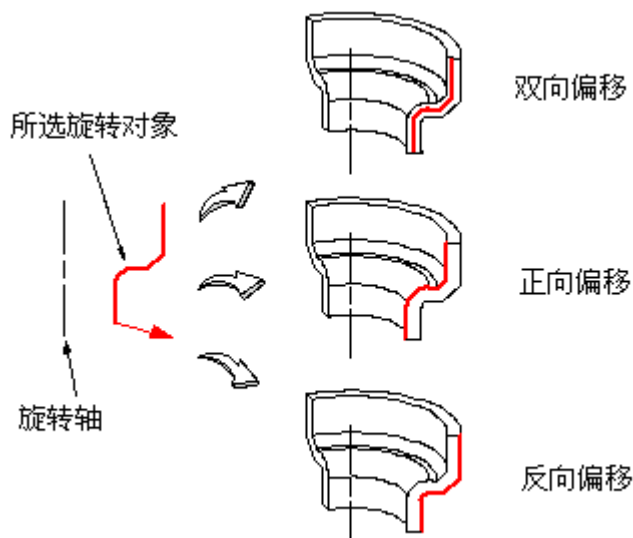


图 3.100 不同偏移方式

## 2. Trim To Face

该选项按指定的旋转轴、旋转所选对象到指定实体表面或基准平面。由该方式创建的旋转特征，起始于旋转对象的所在面，终止于指定的实体表面或基准平面。选择该选项，会弹出如图 3.101 所示选择修剪面对话框。

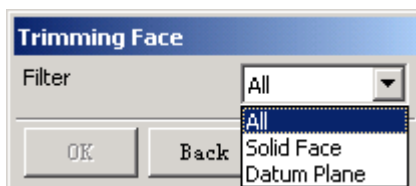


图 3.101 修剪面对话框

用户需要指定 Filter 选项，选择 All（所有）、Solid Face（实体表面）或 Datum Plane（基准平面）作为修剪面后，弹出对象选取对话框，让用户选择旋转轴。指定旋转轴后，在绘图工作区中显示用实线箭头表示的旋转轴，同时显示用虚线箭头表示的偏移方向，并弹出与图 3.98 相似的旋转参数对话框，只是其中没有了前两项。设置好旋转参数，再利用布尔操作对话框，确定一种布尔操作方法，即可完成旋转操作。图.3.102 所示的就是这种方式的图例。

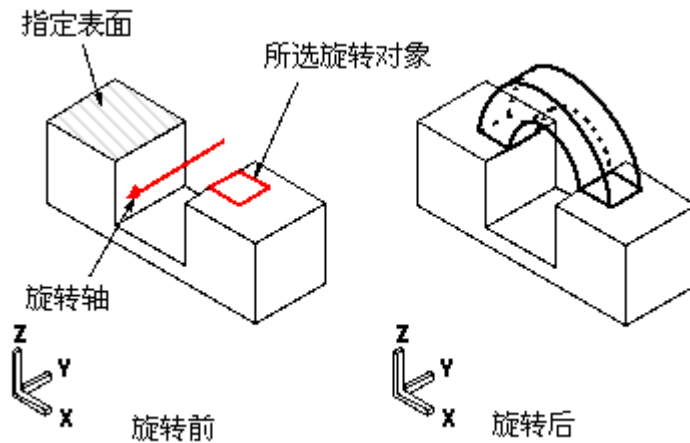


图.3.102 Trim To Face 方式

### 3. Trim Between Two Face

该选项按指定的旋转轴、在指定的两个实体表面或基准平面之间旋转选择的对象。该方式创建的旋转特征，起始于所选的第一个实体表面或基准平面，终止于所选的第二个实体表面或基准平面。

选择该选项，会弹出如图 3.101 所示的修剪面对话框。指定 Filter 选项，选择实体表面或基准平面作为第一修剪面后，再选择另一实体表面或基准平面作为第二修剪面。接着选择旋转轴后，绘图工作区中会显示用实线箭头表示的旋转轴，同时显示用虚线箭头表示的偏移方向，并弹出与图 3.98 相似的旋转参数对话框，只是其中没有了前两项。设置好旋转参数，再利用布尔操作对话框，确定一种布尔操作方法，即可完成旋转操作。图.3.103 所示的就是这种方式的图例。

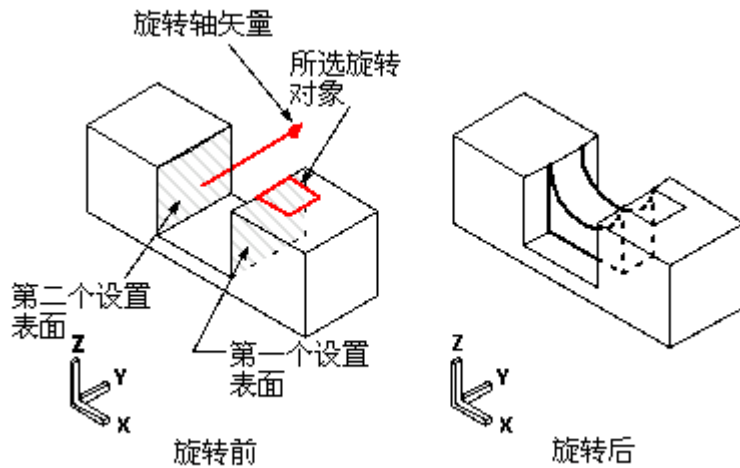



图.3.103 Trim Between Two Face 方式

### 3.4.3 特征的扫描

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert** ▶ **Form Feature** ▶ **Sweep along Guide**，系统会弹出对象选取对话框，让用户选择扫描对象和选择引导线。选择引导线后，会弹出如图 3.104 所示的扫描参数对话框。

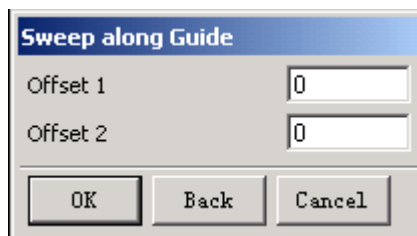


图 3.104 扫描参数对话框

该对话框中包含了 **Offset 1**（第一偏移）和 **Offset 2**（第二偏移）两个参数文本框。在对话框中输入旋转参数后，再利用布尔操作对话框，确定一种布尔操作方法，即可完成沿轨迹扫描的操作。图 3.105 所示的就是扫描操作的图例。

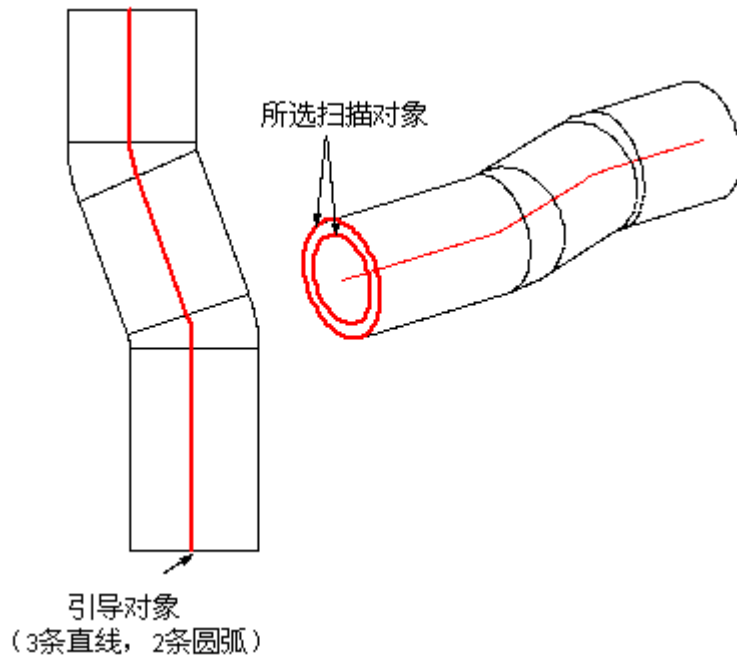


图 3.105 扫描操作


生成沿轨迹的扫描特征，与用 **Axis-Angle** 拉伸方式生成拉伸特征在实质上是相同的。只是用所选引导线，代替了拉伸中 **Axis-Angle** 拉伸方式下的拉伸方向，即引导线相当于拉伸方向。两者的区别在于：

1. 引导线可以是一空间的链接曲线，而拉伸方向只能是直线方向；沿轨迹扫描特征是从截面曲线处开始扫描，而拉伸特征可以从离截面曲线一定距离处开始拉伸；沿轨迹扫描特征扫描的长度为引导线的长度，而拉伸特征的高度为拉伸的终止距离减起始距离。
2. 当引导线为直线时，系统采用拉伸方式来创建沿轨迹扫描特征。此时，从扫描的截面曲线处开始拉伸，拉伸高度为直线的长度，拉伸方向是从开始拉伸处沿直线方向。
3. 当引导线为圆弧时转轴为圆弧的轴线度。系统就采用旋转方式来创建沿轨迹扫描特征，此时，旋转轴为圆弧的轴线，从扫描的截面曲线处开始旋转，旋转的角度为圆弧的弧度。

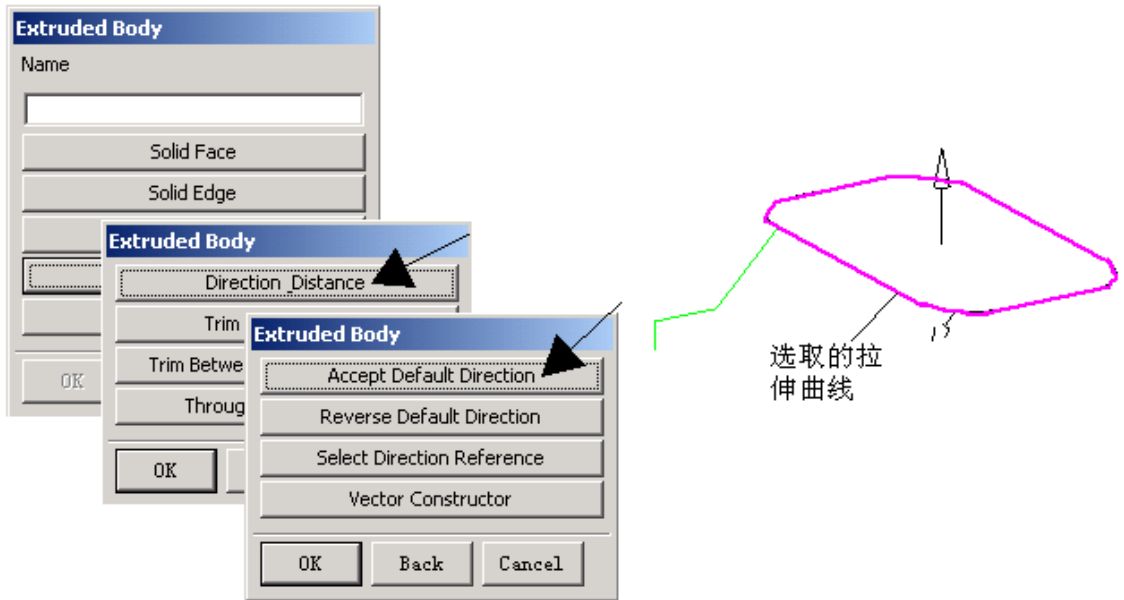
### 3.4.4 操作范例

这里将以某截面曲线的拉伸和扫描特征的创建范例为代表，向读者介绍实体建模中关于特征扩展的操作过程。

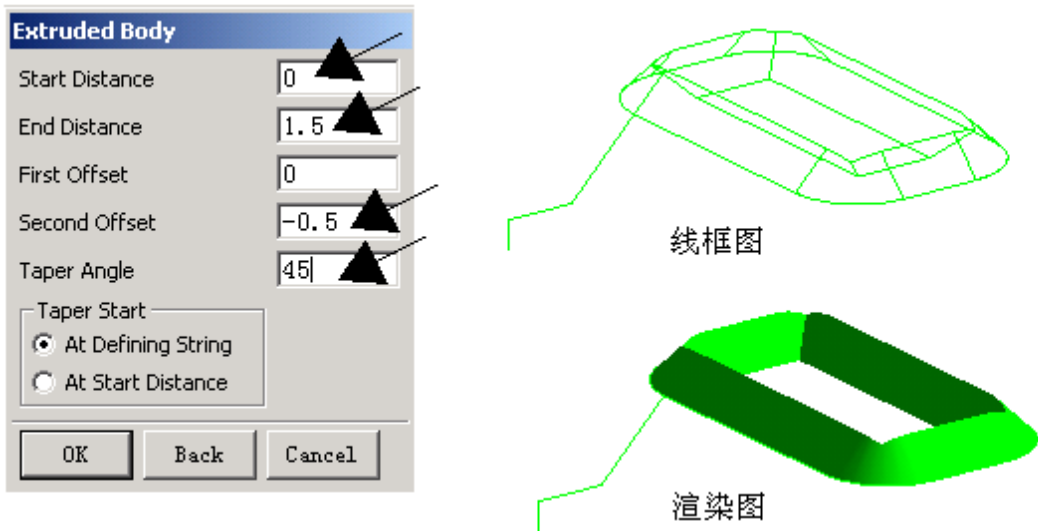



- 1) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert** ▶ **Form Feature** ▶ **Extrude**，弹出对象选取对话框后，选取带圆角的四边形作为操作对象。接着在弹出的拉伸方式对话框中选取 **Direction\_Distance**

选项，再在随后弹出的对话框中选取 **Accept Default Direction** 选项，接受系统省缺的拉伸方向。

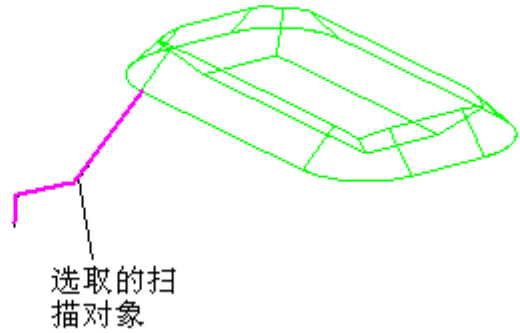
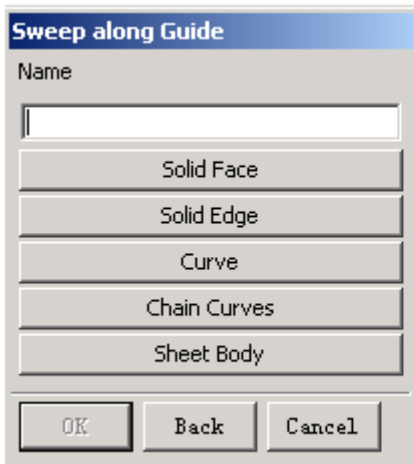


2) 确定了拉伸方向后，会弹出拉伸参数对话框，在 **Start Distance** 文本框中输入 0，在 **End Distance** 文本框中输入 1.5，在 **Second Offset** 文本框中输入 -0.5，在 **Taper Angle** 文本框中输入 45。单击 **OK** 按钮，系统就会按设置参数进行拉伸操作，创建所选曲线的拉伸特征。

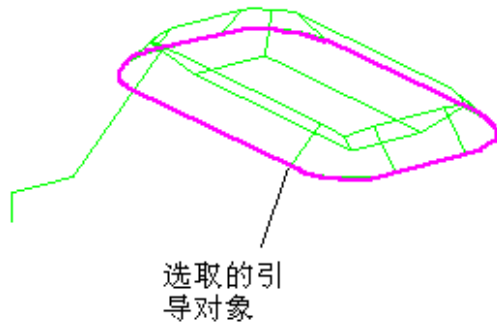
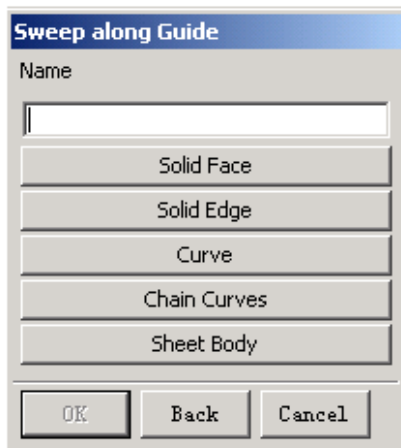


3) 接下来要进行扫描操作。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**▶**Form**

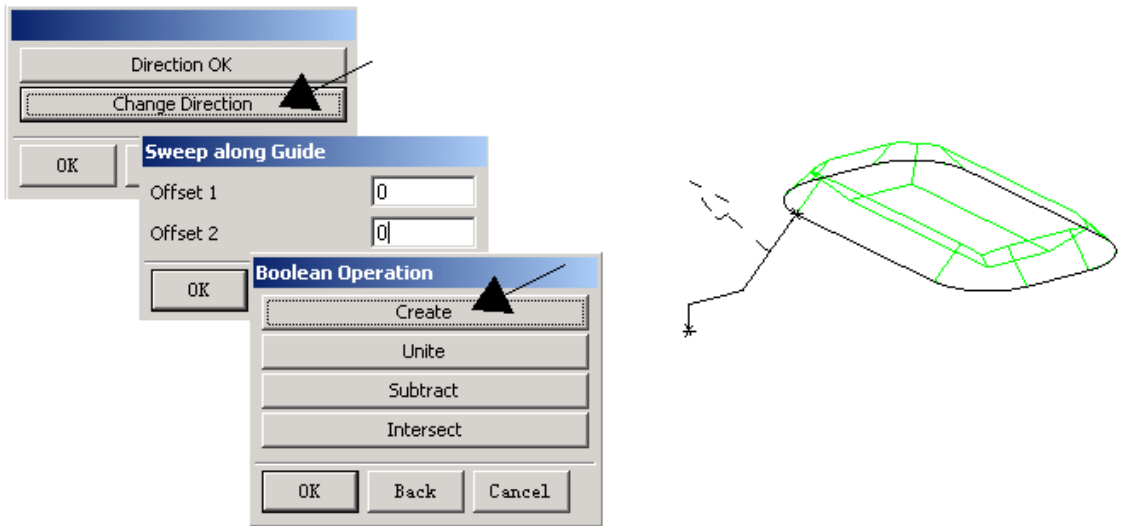
Feature►Sweep along Guide, 在弹出对象选取对话框, 选择由三段直线组成的对象作为扫描对象。



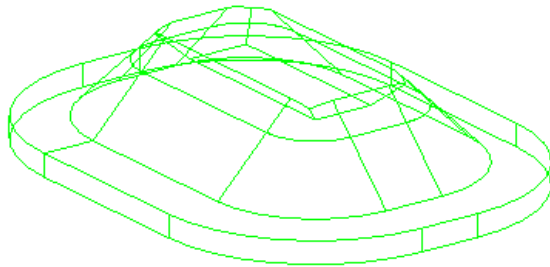
4) 选取扫描对象后, 再在对象选取对话框中, 选择带圆角的四边形作为扫描的引导线。



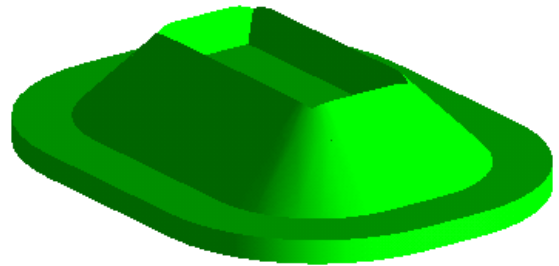
5) 选择引导线后, 在扫描方向对话框中, 选取 Change Direction 选项。再在弹出的扫描参数对话框中, 接受系统的省缺参数, 单击 OK 按钮。最后在布尔操作对话框中选取 Create 选项。



6) 确定了布尔操作类型后，系统就会按照设置的参数创建扫描特征。



线框图




渲染图

## 3.5 特征操作

特征操作是对存在实体或特征进行修改。通过特征操作，可以用简单的特征建立复杂的特征。特征操作包括拔模、倒圆角、面倒圆、软倒圆、倒斜角、阵列、修剪实体和分割实体等操作。

### 3.5.1 拔模



在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Taper**，系统会弹出如图 3.106 所示的实体拔模对话框。

对话框上部的图标区，用于选择实体拔模对象的类型与拔模的步骤，中部为可变显示区，将显示为各种拔模类型和拔模步骤对应的参数选项，下部为通用的拔模参数选项。

拔模对象的类型有表面、边缘、相切表面和分割线。拔模实体时，应先选择拔模类型，再选取

相应的拔模步骤，并设置拔模参数，这样即可对实体进行拔模。下面分别详细介绍一下各种拔模类型和拔模步骤的用法。

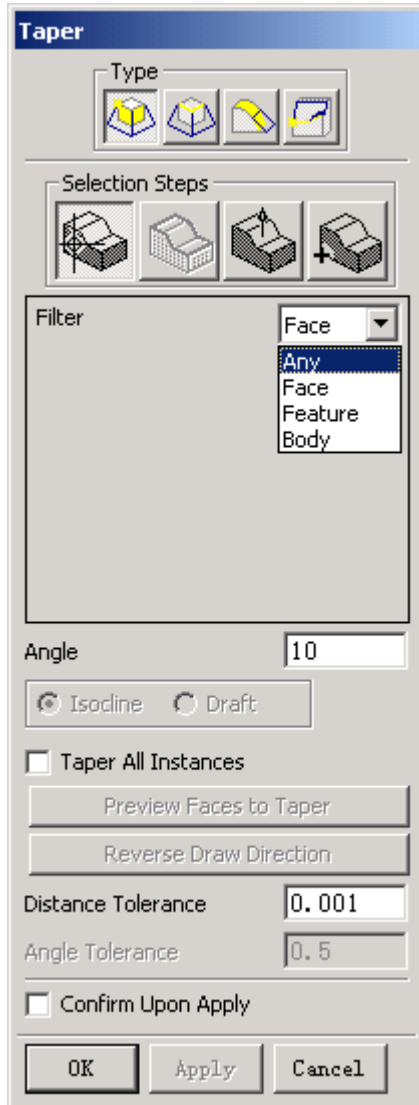


图 3.106 的实体拔模对话框

1.  Faces (通过表面拔模实体)

该拔模类型用于从参考点所在平面开始，与拔模方向成拔模角度，对指定的实体表进行拔模。通过表面拔模实体时，有 3 个拔模步骤被激活，下面介绍一下它们的用法。



- **Faces to Taper** (选择拔模表面)

该拔模步骤选项用于选择一个或多个要进行拔模的表面。此时可变显示区中的参数内容为 **Filter** (过滤器) 选项, 它包含了 **Any**、**Face**、**Feature** 和 **Body** 四个限制选取类型, 用户可利用它在绘图工作区中选择实体或特征中的一个或多个表面作为要拔模的表面。



- **Draw Direction** (指定拔模方向)

该拔模步骤选项用于指定实体拔模的方向, 系统省缺的拔模方向为 **Z** 轴的正向。选取该图标时, 可变显示区中将显示 **Vector Method** (矢量创建功能) 选项, 用户可用它定义拔模的方向。



- **Reference Point** (指定参考点)

该拔模步骤选项用于指定实体拔模的参考点。系统过参考点定义一个垂直于拔模方向的拔模平面, 在拔模过程中, 实体在拔模平面上的截面曲线不发生变化。选取该图标时, 可变显示区中将显示 **Point Method** (点创建功能) 选项, 用户可用它定义拔模的参考点。

图 3.107 所示的就是这种方式下, 选择方体底面和顶面的点分别作为参考点时, 对实体进行拔模操作的对比图例。

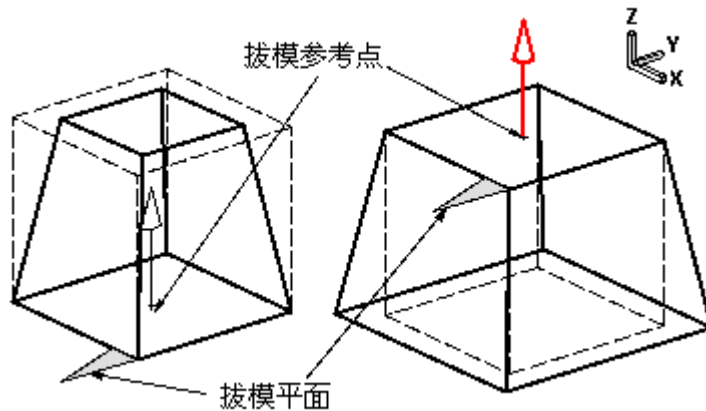


图 3.107 通过表面拔模实体

通过表面拔模实体时, 所选的拔模方向不能与任何拔模表面的法向平行。拔模后的特征与参考点是相关联的, 当删除包含参考点的对象时, 则系统会自动以原参考点所在的位置点作为参考点。当进行实体外表面的拔模时, 若拔模角度大于  $0$ , 则沿拔模方向向内拔模; 否则沿拔模方向向外拔模。当进行实体内表面的拔模时, 情况与拔模外表面时刚好相反。图 3.108 所示的就是拔模角度大于  $0$  时, 选择实体内外表面拔模后的图例。

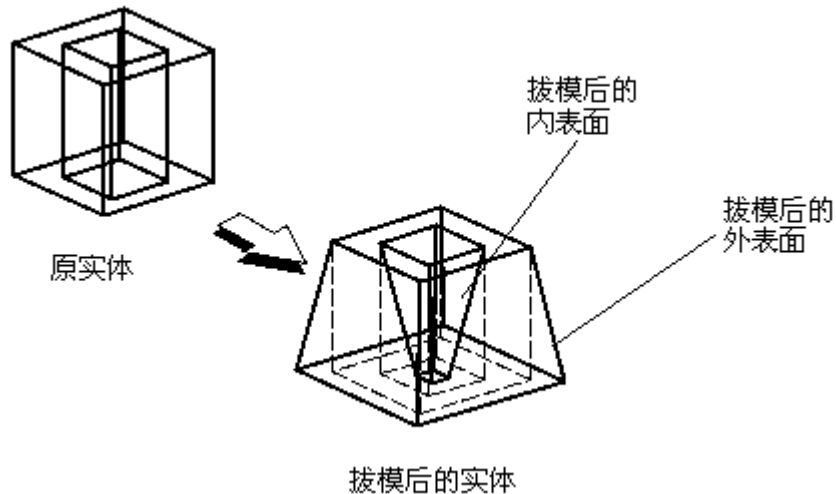


图 3.108 实体内外表面拔模

## 2. From Edges (通过边拔模实体)

该拔模类型用于从实体边开始，与拔模方向成拔模角度，对指定的实体进行拔模。该类型对所选实体边不共面时非常适用。通过边拔模实体时，包括 2 个必选拔模步骤：选择拔模参考边与指定拔模方向，以及一个可选步骤：指定变角度控制点。下面介绍一下此时这 3 个拔模步骤的用法。

### ● Reference Edges (选择拔模参考边)

该拔模步骤选项用于选择一条或多条实体边，作为进行拔模的参考边。选取该图标时，可变显示区中将显示 Filter 选项，用户可利用它选择实体的一条或多条边作为拔模的参考边。

### ● Draw Direction (指定拔模方向)

该拔模步骤选项用于指定实体拔模的方向，省缺拔模方向为 z 轴正向。其使用方法与前面介绍的相同。

### ● Variable Angle Point (指定变角度控制点)

该拔模步骤选项用于在参考边上设置实体拔模的控制点，再为各控制点处设置相应的角度，从而实现沿参考边对实体进行变角度的拔模。该图标只在选择了参考边缘后才激活。选取该图标时，可变显示区中将如图 3.109 所示，可在参考边上定义一点或多点作为控制点，并可修改各控制点的位置及其拔模角度值。下面介绍一下可变显示区中各选项的用法。

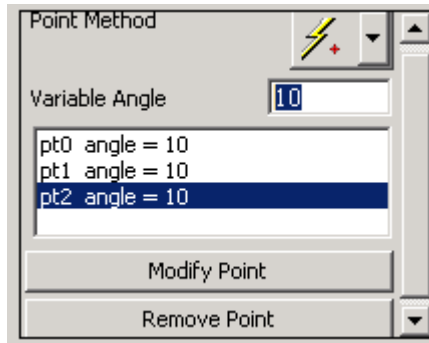


图 3.109 可变显示区的选项

### 1) Point Method (点创建方法)

该选项用点创建功能，让用户在参考边上指定变角度的控制点。一旦指定一个控制点后，Variable Angle 文本框，Modify Point 选项，Remove Point 选项和可变角度列表框都激活，同时，Variable Angle 文本框中显示该控制点处省缺的拔模角度，可变角度列表框将显示该控制点名和其拔模角度。

### 2) Variable Angle (可变角度值)

该文本框用于修改控制点处的拔模角度。当每指定一个控制点时，该文本框中显示其省缺的拔模角度，此时可直接修改该控制点处的拔模角度。也可以在定义完所有的参考点后，再在可变角度列表框选择需要修改的控制点，此时所选控制点处的拔模角度显示在该文本框中，则可修改拔模角度的值。

### 3) Modify Point (修改参考点)

该选项用于修改控制点在参考边上的位置。在利用点创建功能指定控制点时，如果不是参考边的端点或中点，则不容易准确的指点控制点的位置，所以用户可以先利用点创建功能在参考边上指点一控制点，在利用该选项修改控制点的位置。

当选取了该选项后，会弹出如图 3.110 所示的修改控制点对话框。用户可以利用指定曲线长度和指定曲线长百分比这两种方式来修改控制点的位置，也可以通过滑块来确定其位置。

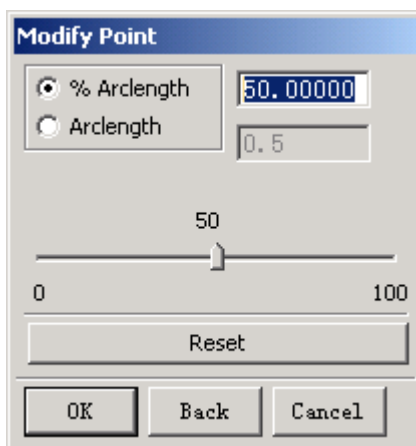


图 3.110 修改控制点对话框

#### 4) Remove Point (移去参考点)

该选项用于移去指定的控制点。在可变角度列表框中选取要移去的控制点后，单击该选项即可移去参考边上指定的控制点。

在进行这种方式的拔模操作时，选择的所有参考边在任意点处的切线与拔模方向间的夹角，必须大于拔模角度。指定变角度控制点步骤并不是必须的，用户可以不指定变角度控制点，此时系统沿参考边用 Angle 文本框中设置的拔模角度，对实体进行固定角度拔模。如果在拔模时，选择同一个表面上的多段边作为参考边时，在拔模后该表面会变成多个表面。图 3.111 所示的就是在同一表面内指定多段参考边进行拔模的图例。

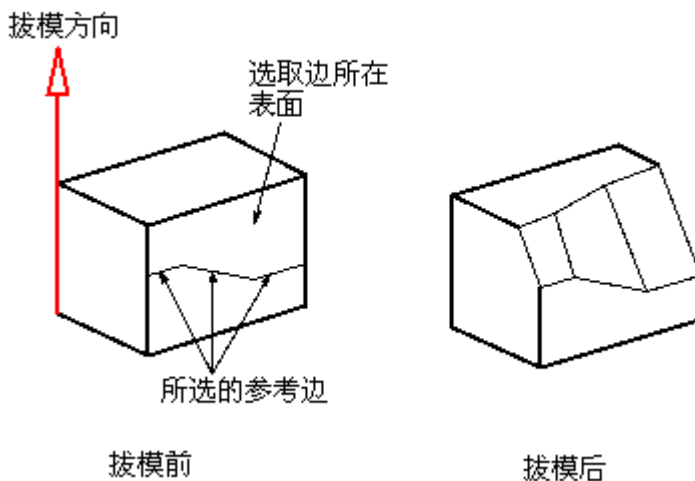


图 3.111 同一表面内多条参考边拔模

### 3. Tangent to Faces (通过相切表面拔模实体)

该拔模类型用于与拔模方向成拔模角度，对实体进行拔模，并使拔模面相切于指定的实体表面。该类型适用于对相切表面拔模后要求仍然保持相切的情况。通过相切表面拔模实体包括 2 个步骤：选择拔模表面和指定拔模方向，下面介绍一下此时这 2 个拔模步骤的用法。



- **Faces to Taper**（选择拔模表面）

该拔模步骤选项用于选择一个表面或多个相切表面作为拔模的表面。选取该图标时，可变显示区中将显示 Filter 选项，此时，可在绘图工作区选择实体或特征中的一个表面或多个相切表面作为要拔模的表面。



- **Draw Direction**（指定拔模方向）

该拔模步骤选项用于指定实体拔模的方向，省缺拔模方向为 z 轴正向。其使用方法与前面介绍的相同。

图 3.112 所示的就是这种方式下拔模操作的图例。

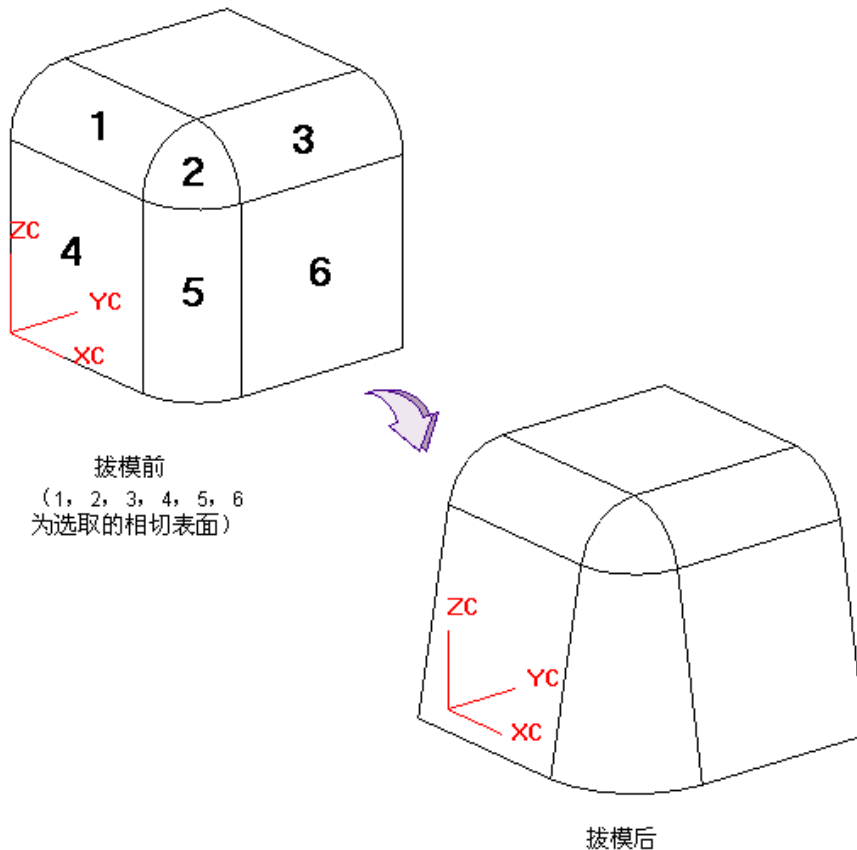




图 3.112 Tangent to Faces 拔模操作

4.  Split-Line Taper (通过分割边拔模实体)

该拔模类型用于从参考点所在平面开始，与拔模方向成拔模角度，沿指定的分割边对实体进行拔模。该类型可使拔模实体在分割边处具有分割边的形状，它适用于实体中部具有特殊形状的拔模情况。通过分割边拔模实体包括 3 个步骤：选择参考边、指定拔模方向和指定参考点，下面介绍一下此时这 3 个拔模步骤的用法。

●  Reference Edges (选择参考边)

该拔模步骤选项用于选择一条或多条实体分割边，作为进行拔模的参考边。其使用方法同通过边拔模实体相同。

●  Draw Direction (指定拔模方向)

该拔模步骤选项用于指定实体拔模的方向，省缺拔模方向为 z 轴正向。其使用方法与通过表面拔模实体相同。

●  Reference Point (指定参考点)

该拔模步骤选项用于指定实体拔模的参考点。系统通过参考点定义一个垂直于拔模方向的拔模平面，在拔模过程中，实体在拔模平面上的截面曲线不发生变化。

图 3.113 所示的就是这种方式下拔模操作的图例。

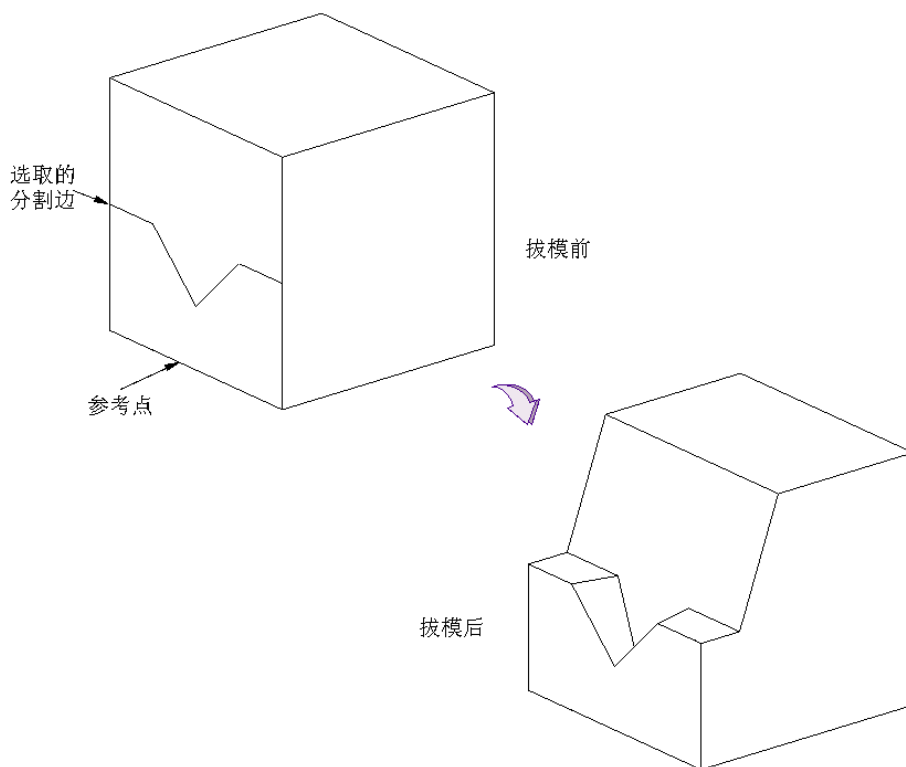



图 3.113 Split-Line Taper 拔模操作

### 3.5.2 倒圆角

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert** ▶ **Feature Operation** ▶ **Edge Blend**，系统会弹出如图 3.114 所示的倒圆角对话框。

该对话框上部的选项组用于指定倒圆角的类型，下部各选项用于设置圆角的参数。倒圆角时，先在对话框中选择圆角类型，设置圆角半径圆参数，再在绘图工作区中选择需要倒圆角的边，则系统会对所选边按指定半径进行倒圆操作。下面介绍一下对话框中各选项的用法。

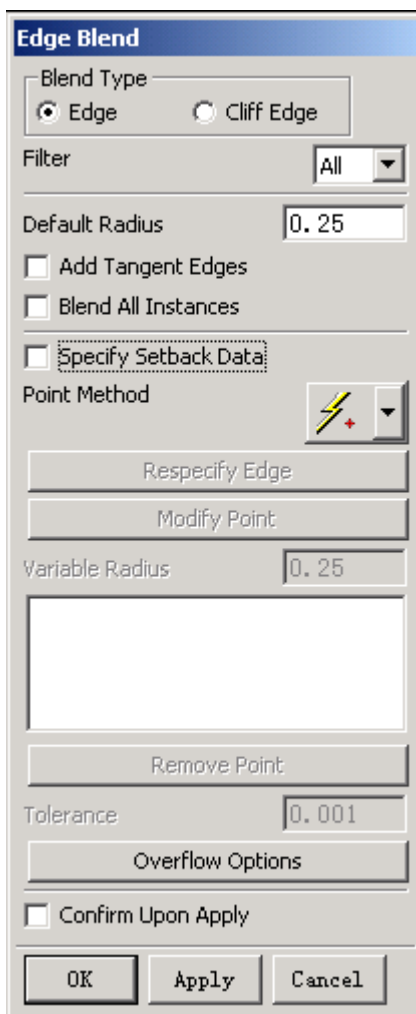


图 3.114 倒圆角对话框

### 1. Blend Type（倒角方式）

该选项组用来设置倒圆角的类型，系统提供了两种倒角方式：**Edge**（边倒角）和 **Cliff Edge**（陡边倒角）。

- **Edge**（一般边倒角）

一般边的倒圆角是指沿选择的边，用固定半径或变半径对实体或片体进行倒圆角，使倒圆面相切于选择边的邻接面。当在倒圆边上没有指定控制点，或仅仅指定了一个控制点时，系统用固定半径，即省缺的半径或控制点处半径进行倒圆，否则，采用变半径倒圆。若采用变半径倒圆，则应在选择的边上指定多个控制点，并输入个点的倒圆半径。

在用固定半径倒圆角时，对同一倒圆半径的边，建议用户同时进行倒圆操作。而且，尽量不要

同时选择一个顶点的凸边或凹边进行倒圆操作。对多个片体进行倒圆角时，必须先把多个片体利用实体的缝合操作，使之成一个片体才行。图 3.115 所示的就是这种方式倒圆角的图例。

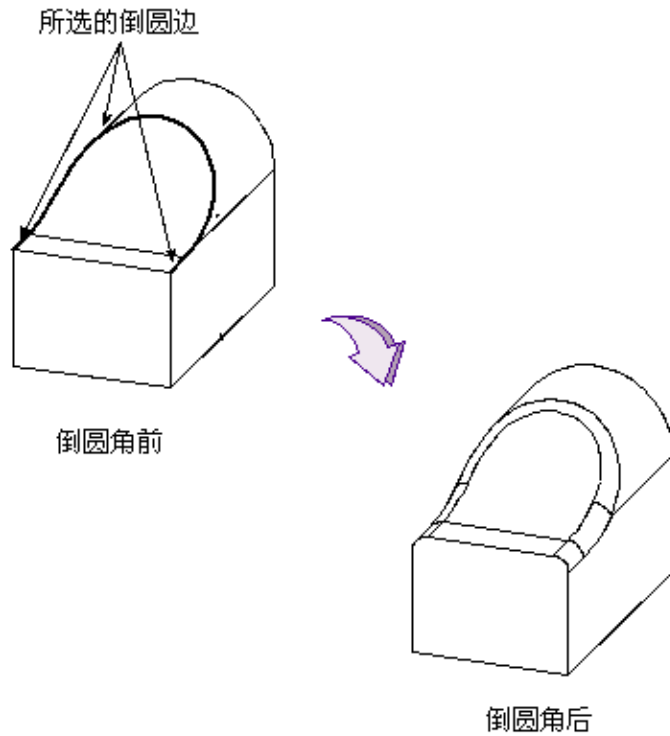


图 3.115 一般边倒角

- **Cliff Edge**（陡边倒角）

陡边倒圆角是指沿选择的陡边，用固定半径对实体或片体进行倒圆，并使倒圆面通过指定的陡边，还要与倒圆边邻接的面相切。此时倒圆角的半径必须要大于陡边与倒圆边之间的距离。图 3.116 所示的就是这种方式倒圆角的图例。

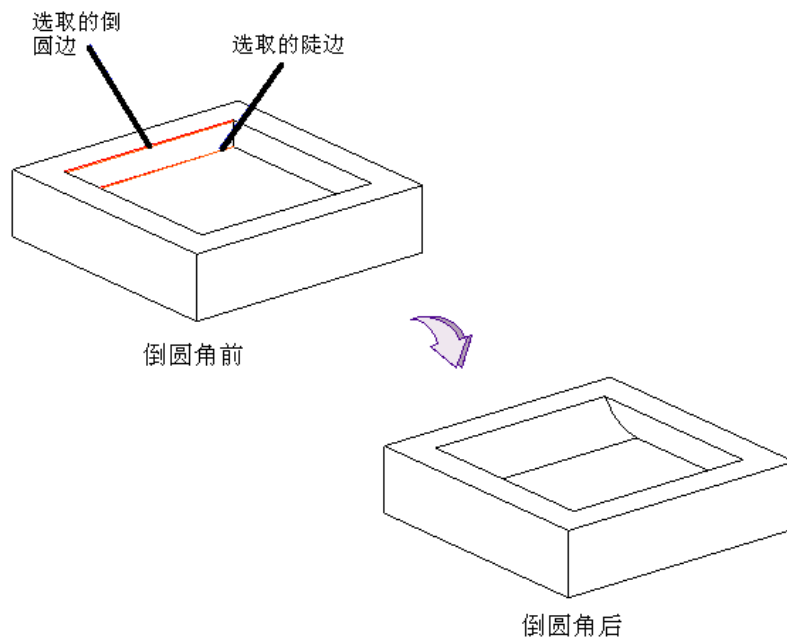


图 3.116 陡边倒角

## 2. Filter (过滤器)

该选项用于指定倒圆角时选取对象的限制的类型。可选择 **Edge** (边)、**Face** (表面)、**Body** (实体) 和 **All** (所有类型) 选项来限制选择对象的类型。

## 3. DeFault Radius (省缺半径)

该文本框用于设置在固定半径倒圆角时的半径值。

## 4. Add Tangent Edges (加入相切边)

该选项用于设置是否自动选择相切边。选择该选项，当选择的边与其它边相切时，系统自动选择其它相切的边一起倒圆角。但所选边邻接的表面必须是光滑过渡的。

## 5. Blend All Instances (倒圆所有对象)

该选项用于设置是否对整个阵列特征倒圆角。选择该选项，当用户如果选择了阵列特征中的一个成员时，则其它成员也会自动倒圆角。

## 6. Point Method (点创建功能)

在用变半径倒圆角时，该选项用于指定控制圆角半径的控制点。选择该选项，在已选边上指定

需要控制半径的控制点后，则在变半径列表框中会列出各所控制点及其半径。该选项只有在选择了一条边后才被激活。

#### 7. Variable Radius（可变半径）

该文本框用于修改控制点处的半径，从而实现沿选择边指定的多个点，以不同半径，对实体或片体进行倒圆角。修改变半径的方法是先在变半径列表框中选择某控制点，所选点的半径会显示在文本框中，然后输入新的半径值即可。该选项只有在选择了一个控制点后才被激活。

#### 8. Modify Point（修改控制点）

该选项用于修改控制点的位置。如果要修改控制点，用户先要单击变半径列表框中的点，再选择该选项，在弹出的如图 6.110 所示的对话框中根据需要修改控制点的位置。该选项只有在选择了一个控制点后才被激活。

#### 9. Respecify Edge（重新指定边）

该选项是将一条边的某控制点移到另一条边缘上。用户可以先单击变半径列表框中的某个控制点，再选择该选项，然后选择另一条不包含该控制点的已选边即可。该选项只有在指定一个控制点后才被激活，并至少选了两条边时才起作用。

#### 10. Remove Point（移去控制点）

该选项主要用于从现有控制点中移去某个点。用户可以先单击变半径列表框中的某个控制点，再选择该选项即可。

#### 11. Tolerance（公差）

该文本框用于指定用变半径方式进行倒圆角时的公差值，即在用变半径进行一般边倒圆角时的倒圆半径误差应控制在该最小公差范围内。

最小公差应该取下面 3 个值的最小值：**Tolerance** 值，即该选项中设置的公差值、在 **Modeling Preferences**（建模参数）中设置的距离公差（**Distance Tolerance**）值和最小可变半径除以 10 的值。若倒圆角无法进行时，可减少公差值；若倒圆时间很长时，也应放宽公差值的限制。

#### 12. Overflow Options（溢出选项）

该选项用于控制倒圆角的溢出方式，即在倒圆角时，出现溢出时的处理方法。选择该选项时，会弹出如图 3.117 所示的溢出方式对话框。其中各选项的用法如下。

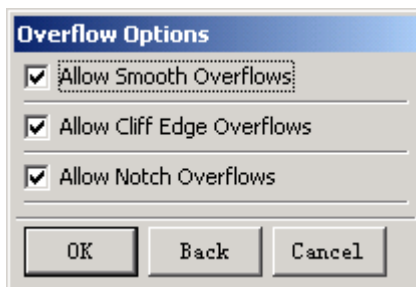


图 3.117 溢出方式对话框

- **Allow Smooth Overflows**（允许光滑溢出）

该选项允许光滑溢出，即在溢出区域是光滑的。此时系统将产生与其他邻接面相切的倒圆角。

- **Allow Cliff Edge Overflows**（允许陡边溢出）

该选项允许陡边溢出，即允许在溢出区域存在陡边。此时系统将以邻接面的边创建倒圆角。

- **Allow Notch Overflows**（允许凹形溢出）

该选项允许缺口溢出，即保留相切的倒圆表面，相当于在特征前添加了一倒圆面，此方式在溢出区域有凹形时较常使用。

图 3.118 所示的就是这三种溢出方式下倒圆角的对比图例。

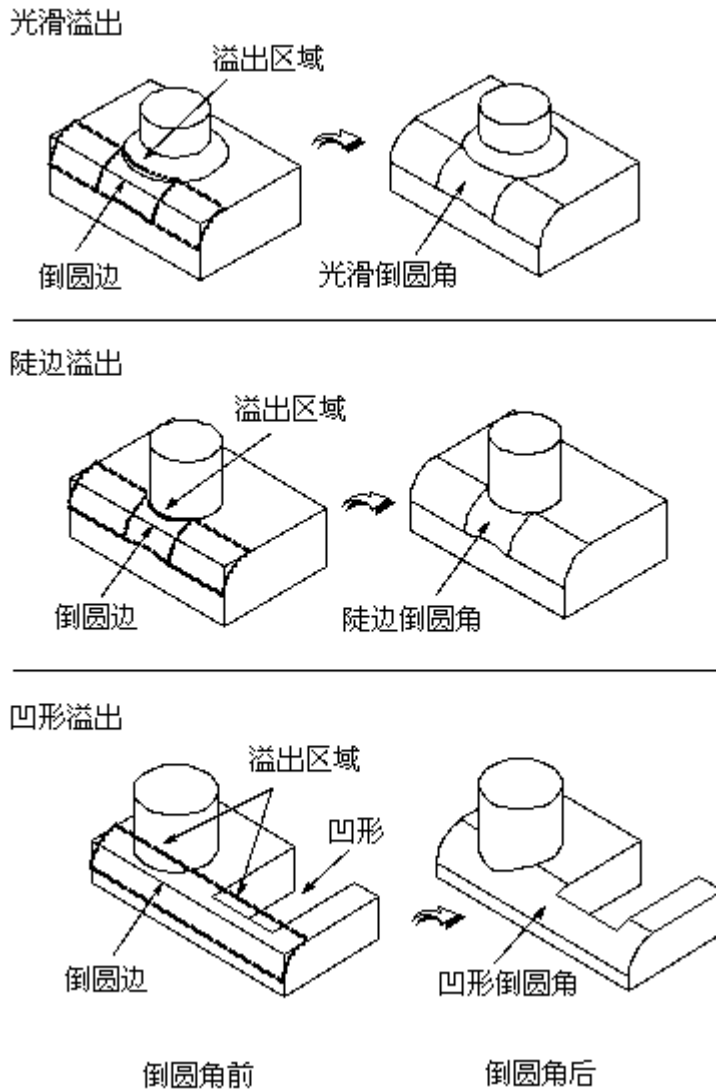



图 3.118 三种溢出方式的对比

在倒圆角操作时，当有溢出生成，系统总会自动地选择溢出方式，使产生的结果最好。只有当系统自动选择溢出方式产生的结果，不是预料的结果时，才有必要设置溢出方式选项。系统在自动选择溢出方式选项时，总是在 3 个溢出方式中尝试：首先用 Allow Smooth Overflows 方式，然后再试 Allow Cliff Edge Overflows 方式，最后选取 Allow Notch Overflows 方式。

### 3.5.3 面倒角

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert►Feature Operation►Face Blend，系统会弹出如图 3.119 所示的面倒角对话框。该对话框上部为选择步骤图标选项组，中部为可变显示区，用于设

置倒角类型与倒角半径，其余选项用于设置倒角的各项控制参数。下面介绍一下对话框中各选项的用法。

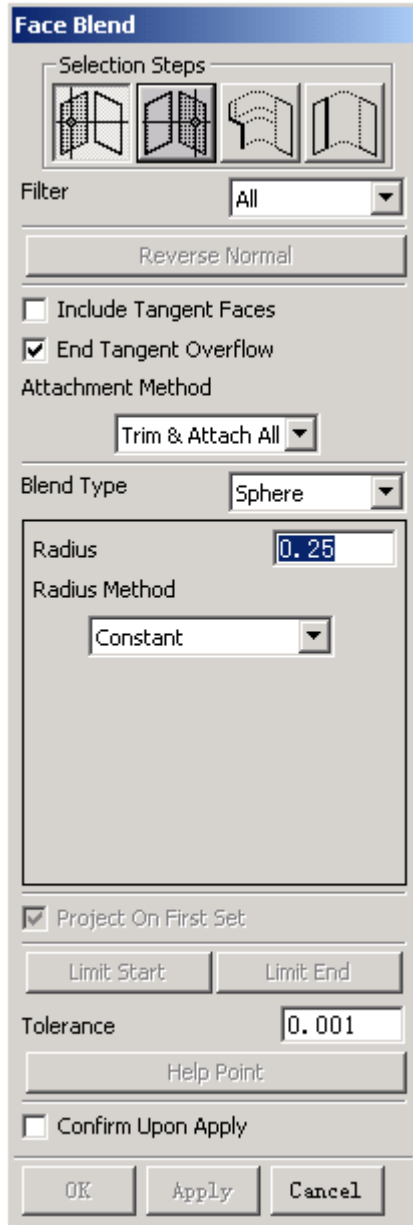


图 3.119 面倒角对话框

### 1. Selection Steps (选择步骤)

对话框上部为选择步骤图标。一般情况下，只会用到左边的 2 个步骤图标，即可完成两个选择

面（或面集）间的倒角。只有在某些情况下，才需要用到右边的 2 个步骤图标。



- **First Set**（设置第一倒角面）

该图标用于选择面倒角的第一个面集。单击该图标，用户可选择实体或片体上的一个或多个面作为第一个面集。选择第一个面集后，绘图工作区中会显示一矢量箭头。此矢量箭头应该指向倒角的中心，如果省缺的方向不合要求，可以选择 **Reverse Normal** 选项，来反转其方向。



- **Second Set**（设置第二倒角面）

该图标用于选择面倒角的第二个面集。单击该图标，用户可选择实体或片体上的一个或多个面作为第二个面集。选择第二个面集后，绘图工作区中会显示一矢量箭头。此矢量箭头应该指向倒角的中心，如果省缺的方向不合要求，可以选择 **Reverse Normal** 选项，来反转其方向。



- **Cliff Edges**（选取陡边）

该图标用于选择陡边。单击该图标，用户可在第一个面集和第二个面集上选择一条或多条边作为陡边，使倒角面在第一个面集和第二个面集上相切到陡边处。

操作时，如果倒角面在第一个面集上，则相切到第一个面集上的陡边；如果倒角面在第二个面集上，则相切到第二个面集上的陡边。但是在操作时，并不一定要在两个面集上都指定陡边。图 3.120 所示的就是指定了陡边时的面倒角图例。

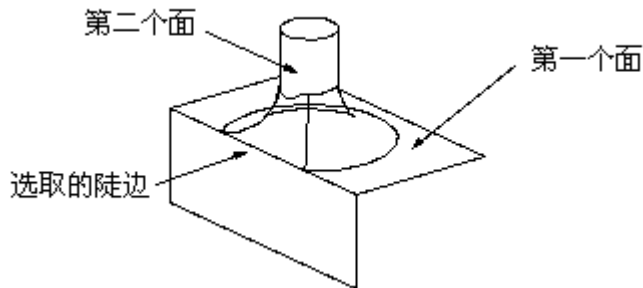


图 3.120 指定了陡边时的面倒角



- **Tangency Control**（相切控制曲线）

该图标用于选择相切控制曲线。系统会沿着指定的相切控制曲线，保持倒角表面和选择面集的相切，从而控制倒角的半径或二次曲线的偏移值。此图标只有在 **Blend Type**（倒角类型）选 **Sphere** 或 **Conic** 选项时才有效。单击该图标，可选择在两个面集上的曲线或边作为相切控制曲线。

## 2. Blend Type（倒角类型）

倒角类型选项用于控制倒角面的形状。其中包含了 Sphere（球形）、Conic（二次曲面）、Disc（圆盘）和 Isoparameter（等参数）4 种类型。

### ● Sphere（球形）

该选项设置倒角类型为球形方式，即用一个指定半径的假想球与选择的两个面集相切进行倒角。选择该选项后，面倒角对话框的可变显示区内容如图 3.119 所示，用户可用 Radius Method 选项，来控制倒角半径方式，其中包含 Constant（固定半径）、Law Controlled（规律曲线）和 Tangency Controlled（相切曲线）3 个选项。

#### 1) Constant（固定半径）

该选项是用固定的半径进行倒角。选择该选项后，在 Radius（半径值）文本框中输入大于 0 的半径值。此时，还可以通过选择 Tangency Control 步骤图标，定义相切控制曲线，来约束固定半径。

#### 2) Law Controlled（规则曲线）

该选项是通过定义规则曲线及曲线上一系列点的半径，实现变半径倒角。选择该选项，如果未定义过规则曲线，则弹出规则曲线对话框（见 4.3.3 小节的介绍）。可定义规则曲线，并指定控制点及半径。如果已经定义过规则曲线，则弹出如图 3.121 所示的编辑规则曲线对话框，用户可利用该对话框对已有的规则曲线进行编辑，可修改规则曲线的类型、参数和公差。



图 3.121 编辑规则曲线对话框

#### 3) Tangency Controlled（相切曲线）

该选项是通过指定在一个选择面集上的曲线使倒角面与该面集在指定的曲线处相切。此时，Radiu 文本框选项灰显。

### ● Conic（二次曲面）

该选项设置倒角类型为二次曲面方式，即用两个偏移值和指定的脊线构成的二次曲面，与两选

择的面集相切进行倒角。选择该选项后，图 3.119 对话框中部的可变显示区变为如图 3.122 所示的形式。下面介绍一下其中各选项的用法。

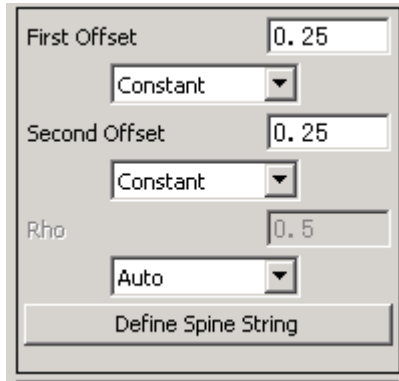


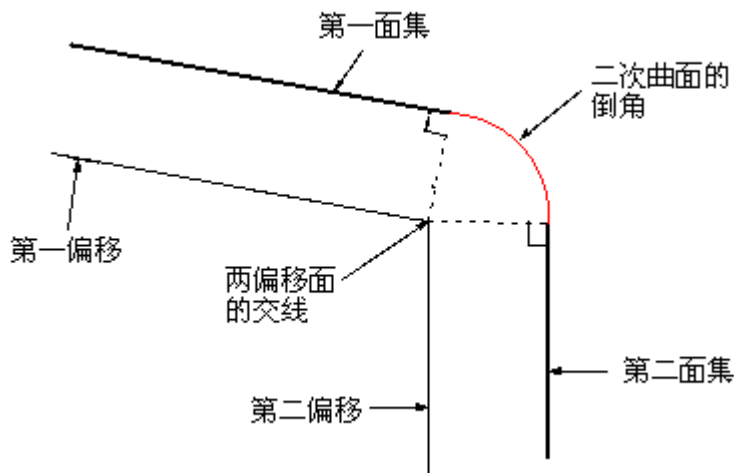
图 3.122 Conic 类型时的可变显示区

1) First Offset (第一偏移值)

该选项用于设置在第一面集上的偏移值。它可设置为 Constant (固定的) 和 Law Controlled (由规则曲线控制) 两种方式。

2) Second Offset (第二偏移值)

该选项用于设置在第二面集上的偏移值。它也可设置为 Constant (固定的) 和 Law Controlled (由规则曲线控制) 两种方式。图 3.123 所示的就是在设置了第一和第二偏移值参数下的二次曲面倒角的图例。



### 3) Rho (Rho 值)

该选项用于设置二次曲面拱高与弦高之比，Rho 必须大于 0 且小于 1，若 Rho 越接近 0，则倒角面越平坦，否则越尖锐，有关该参数的意义请参考 4.3.2 小节中的相关介绍。它可设置为 Constant（固定的）、Law Controlled（由规则曲线控制）和 Auto（自动）三种方式。

- Disc（圆盘）

该选项设置倒角类型为圆盘方式，即用定义好的圆盘与倒角面相切来进行倒角。选择该选项，图 3.119 对话框中部的可变显示区中将显示一个选项：Define Law（定义规则）。选择该选项，则弹出定义规则曲线对话框，用户可根据要求定义半径变化的规律。

- Isoparameter（等参数）

该选项设置倒角类型为等参数方式。它其实是 Disc 类型的特殊类型，也叫三面倒角。尤其适合于对涡轮和压气机叶片进行倒角。

### 3. Include Tangent Faces（包含所有相切面）

选择该选项时，当选择一个面时则其它与之相切的面都自动被选中。

### 4. End Tangent Overflow（终止相切溢出）

选择该选项时，则系统会限制倒角边界，使最后倒角面的边不会溢出。

### 5. Attachment Method（附着方式）

该选项用于控制倒角时的修剪和附着方式。其中包含 Trim&Attach All（修剪并附着全部对象）、Trim All（修剪所有对象）、Trim Blend（修剪倒角）、Trim Blend Short（短倒角面）、Trim Blend Long（长倒角面）和 No Trim（不修剪）六个选项。下面介绍一下这六个选项的用法。

- Trim&Attach All（修剪并附着）

该选项用于修剪倒角面和基本选择面集，并使倒角面附着在基本选择面集上。

- Trim All（修剪）

该选项用于修剪倒角和基本选择面集，但倒角面不附着到基本选择面集上。

- Trim Blend（修剪倒角）

该选项用于修剪倒角面，使其在基本选择面集或限制平面的限制边上。

- Trim Blend Short（短倒角面）

该选项使倒角面结束的边界为常参数直线，该直线由面集边界确定，并使倒角面尽可能短。

- **Trim Blend Long**（长倒角面）

该选项使倒角面结束的边界为常参数直线，该直线由面集边界确定，并使倒角面尽可能长。

- **No Trim**（不修剪）

该选项用于不修剪倒角面或由指定限制平面修剪倒角面。

#### 6. **Project On First Set**（投影到第一面集）

该选项用于设置投影相切控制曲线。选择该选项，则在第一选择面集上投影相切控制曲线，否则在第二选择面集上投影相切控制曲线。

#### 7. **Limit Start**（修剪开始处）和 **Limit End**（修剪结束处）

这两个选项是利用平面创建对话框定义一平面，在开始或结束处修剪倒角面。只在 **Attachment Method** 选项中选 **Trim Blend** 或 **No Trim** 选项时，该选项才被激活。若没定义限制平面，则倒角面自动在选择平面间进行修剪。选择该选项后，系统弹出平面创建对话框，用户可利用它定义限制平面。

#### 8. **Tolerance**（公差）


该文本框用于控制倒角面的精度，以及当倒角面从一个面向另一个面转化时的光滑度。

#### 9. **Help Point**（帮助点）

该选项使倒角面创建在最接近帮助点的位置。即帮助点在可能产生不同倒角面时起控制作用，使倒角面创建在最接近帮助点的一侧。选择该选项后，会弹出点创建对话框，可在需要产生倒角面的一侧定义一点。

### 3.5.4 软倒角



在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Soft Blend**，系统会弹出如图 3.124 所示的软倒角对话框。该对话框上部图标区是进行软倒角的选择步骤，中部选项用于设置倒角面的光滑性，其余选项用于设置倒角时的各项控制参数。

软倒角与面倒角的选项与操作基本相同。不同之处在于面倒角可指定倒角类型及半径方式，而软倒角则根据两相切曲线以及形状控制参数来决定倒角的形状。下面介绍一下该对话框中主要选项的用法。

#### 1. **Selection Steps**（选择步骤）

对话框上部为选择步骤图标，其中包含了四个操作步骤。



- **First Set** (设置第一倒角面)

该图标用于选择软倒角的第一个面集。单击该图标，用户可选择实体或片体上的一个或多个面作为第一个面集。选择第一个面集后，绘图工作区中会显示一矢量箭头。此矢量箭头应该指向倒角的中心。如果省缺的方向不合要求，可以选择 **Reverse Normal** 选项，来反转其方向。



- **Second Set** (设置第二倒角面)

该图标用于选择面倒角的第二个面集。单击该图标，用户可选择实体或片体上的一个或多个面作为第二个面集。



- **First Tangency Curve** (第一相切曲线)

该图标用于在第一个面集上选择相切曲线。单击该图标，可在第一个面集上选择曲线作为相切曲线，使之成为倒角面的边缘。即倒角面沿指定的曲线与第一个面集相切。



- **Second Tangency Curve** (第二相切曲线)

该图标用于选择第二个面集上的相切曲线。单击该图标，可在第二个面集上选择曲线作为相切曲线，使之成为倒角面的边缘。即倒角面沿指定的曲线与第二个面集相切，

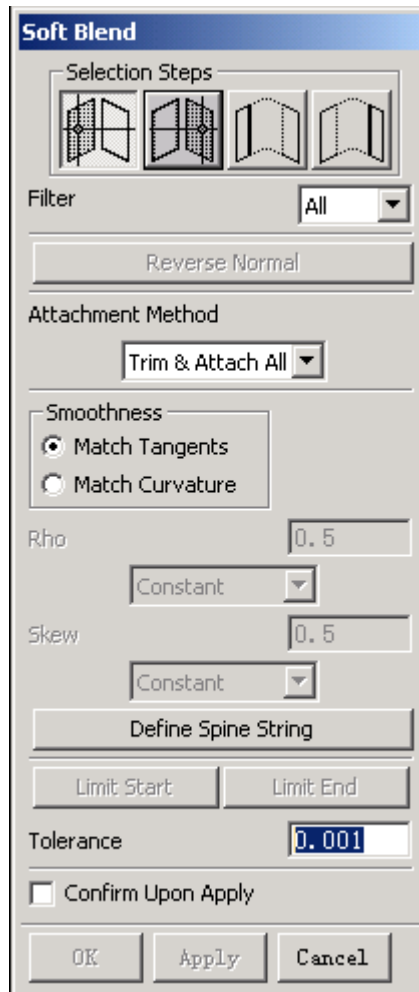


图 3.124 软倒角对话框

## 2. Smoothness (光滑形)

该选项用于控制软倒角的截面形状。实际上，软倒角可看成是由位于脊线法向平面上无穷多簇截面曲线组成的。图 3.125 所示的就是软倒角在脊线法向平面的截面形状。该选项包含了 **Match Tangents** (相切匹配) 与 **Match Curvature** (曲率匹配) 2 个选项。

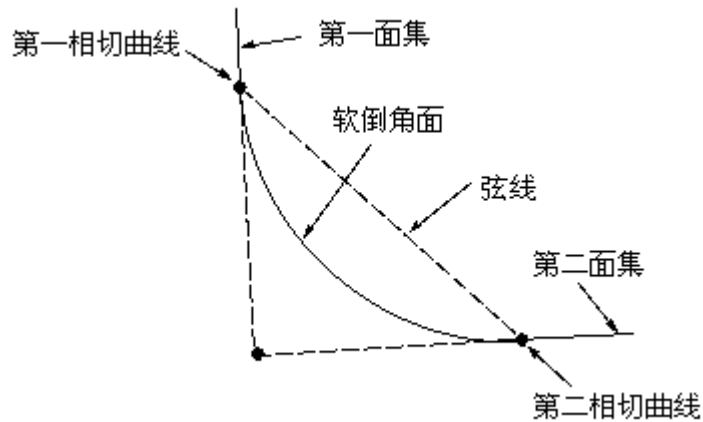


图 3.125 软倒角在脊线法向平面的截面形状

- Match Tangents (相切匹配)

该选项使倒角面与邻接的被选面相切匹配。此时，截面形状是椭圆曲线，且 Rho 和 Skew 选项灰显。

- Match Curvature (曲率匹配)

该选项既采用相切匹配也采用曲率匹配。此时可用 Rho 和 Skew 这 2 个选项用来控制倒角的形状。

### 3. Rho (Rho 值)

该选项用于设置曲面拱高与弦高之比，Rho 必须大于 0 且小于 1，若 Rho 越接近 0，则倒圆面越平坦，否则越尖锐。

### 4. Skew (斜率)

该文本框设置斜率，它必须大于 0 且小于 1，若 Skew 越接近 0，则倒角面顶端越接近于第一面集，否则越接近于第二面集。在大多数情况下，不必关心 Rho 与 Skew 的精确含义，只要知道它们的控制趋势即可。

### 5. Define Spine String (定义脊线)

该选项用于定义软倒角的脊线。选择该选项，弹出选择曲线对话框，系统提示用户在绘图工作区中选择某曲线或实体边作为倒角的脊线。

图 3.126 所示的就是进行软倒角操作的图例。

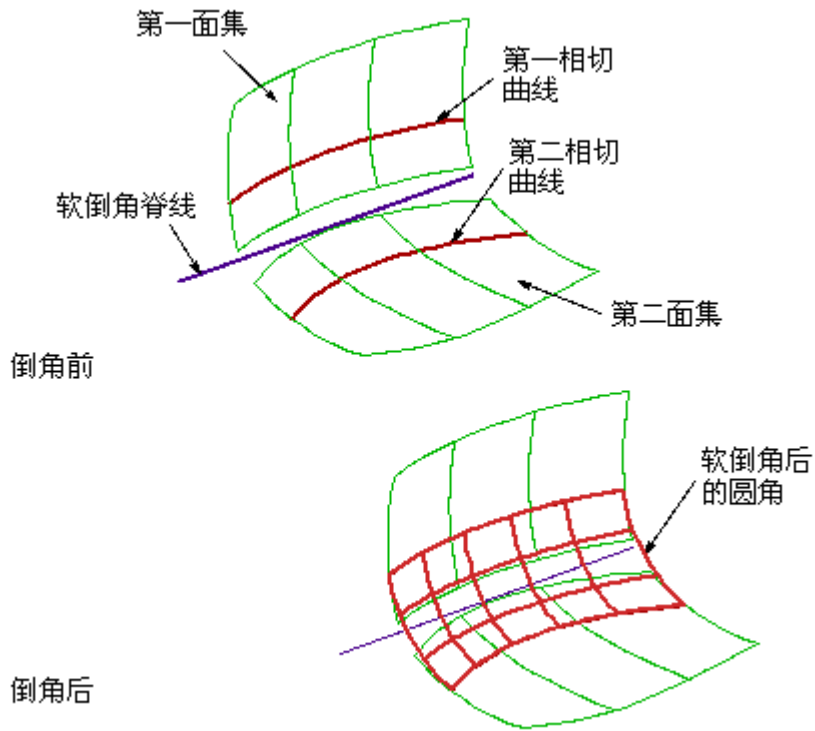



图 3.126 软倒角操作

### 3.5.5 倒斜角

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert** ▶ **Feature Operation** ▶ **Edge Chamfer**，系统会弹出如图 3.127 所示的倒斜角方式对话框。

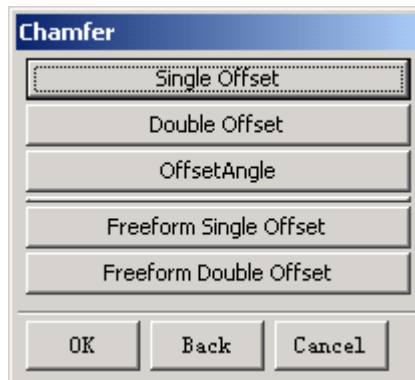


图 3.127 倒斜角方式对话框

在对话框中选择一种倒斜角方式，就会弹出选择倒角边对话框，用户在绘图工作区中选择需要倒角的边即可。接着弹出输入倒斜角的参数对话框，输入参数后，即可完成对实体的倒斜角操作。下面介绍一下各倒斜角方式的使用方法。

### 1. Single Offset（单一偏移）

该选项按与倒角边邻接的两个面采用同一个偏移值方式来创建简单的倒角。选择该选项，会弹出如图 3.128 所示选择倒角边对话框，选择需要倒角的一条或多条边缘。

倒角边是指实体上需要斜削的边。选择倒角边时，可在绘图工作区中，直接选择一条或多条需要倒角的边，也可先在该对话框中指定一种选择边的方式，再在绘图工作区中选择需要倒角的一条或多条边。该对话框提供了四种选取边的限制方式。



图 3.128 选择倒角边对话框

- All in Face（表面中的所有边）

该选项是通过选择实体表面，使表面中所有边作为倒角的边。选择该选项后，又会弹出一个对象选取对话框，其中包含了以下三个选项。

#### 1) All Adjacent to Face（所有相邻表面）

该选项用于选择一表面，则与其邻接的面都选中。

#### 2) All in Body（实体中所有表面）

该选项用于选择实体中的所有表面。

#### 3) All of Name（指定名称的表面）

该选项用于选择指定名称的所有表面。

- All of Solid (实体中的所有边)  
该选项通过选择实体，使实体中的所有边作为倒角的边。
- All of Name (指定名称的所有边)  
该选项通过指定的名称，选择某条边作为倒角的边。
- Edge Chaining (链接边)  
该选项用于选择一条边后，则与其链接的所有边都选中。

完成了倒角边的选取后，会弹出如图 3.129 所示的输入单一偏移参数对话框。在偏移文本框中输入正数偏移值，即可完成单一偏移方式下简单倒角的创建。同时，又返回到图 3.127 所示的倒斜角方式对话框。图 3.130 所示的就是单一偏移方式各参数的图示。

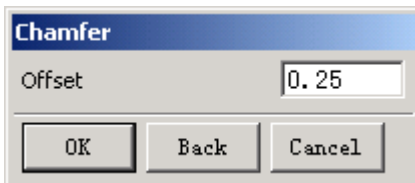


图 3.129 单一偏移参数对话框

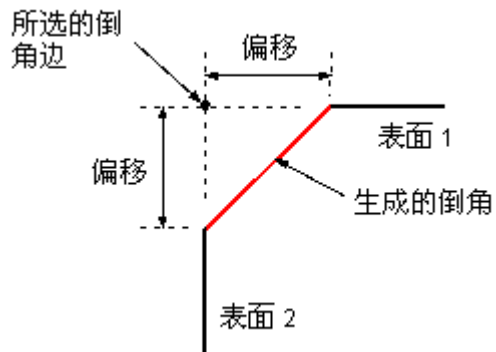
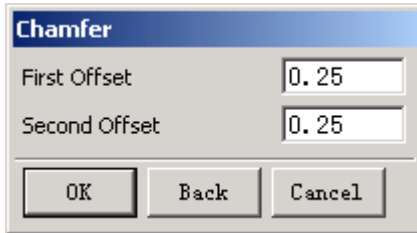


图 3.130 单一偏移参数

## 2. Double Offset (双偏移)

该选项按与倒角边邻接的两个面分别采用不同偏移值的方式来创建简单倒角。单击该选项，弹出选择倒角边缘对话框，用户选择需要倒角的一条或多条边后，会弹出如图 3.131 所示输入双偏移参数对话框，在文本框中输入两正数偏移值，即完成双偏移方式下简单倒角的创建。同时，又返回到图 4.127 倒斜角方式对话框。图 3.132 所示的就是双偏移方式各参数的图示。



3.131 双偏移参数对话框

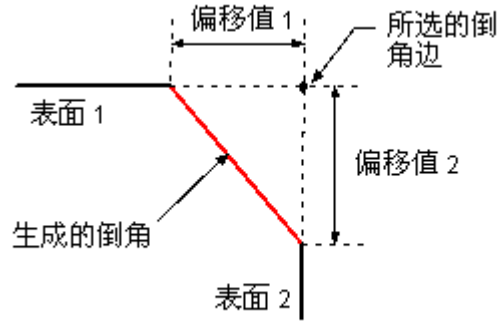
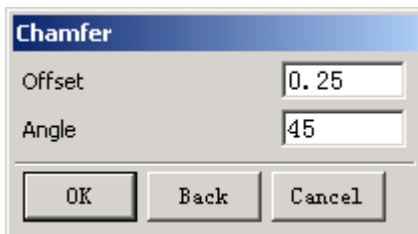


图 3.132 双偏移参数

当创建的倒角方向不是预期的方向时，可接着选择图 3.127 对话框中的 Flip Last Chamfer（反转最后倒角）选项，改变系统原来的倒角方向。

### 3. Offset Angle（偏移角度）

该选项由一个偏移值和一个角度来定义简单倒角的偏移值。单击该选项，会弹出选择倒角边对话框，用户选择需要倒角的一条或多条边后，又弹出如图 3.133 所示的输入偏移值与角度参数对话框。在文本框中分别输入正数偏移值和角度值，即可完成偏移与角度方式的简单倒角的创建。Offset 文本框用于输入在一个面上的偏移值，Angle 文本框用于输入正的角度值，它是从另一个面进行测量的。图 3.134 所示的就是偏移角度方式各参数的图示。



3.133 偏移角度参数对话框

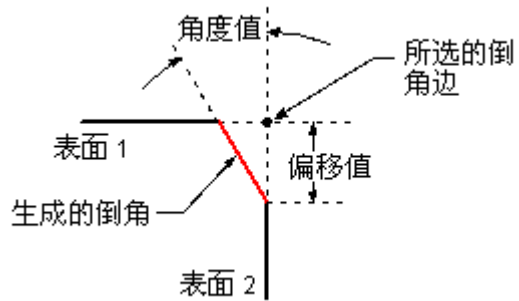


图 3.134 偏移角度参数

### 4. Freeform Single Offset（自由单一偏移）

该选项与 Single Offset 选项一样，也是按与倒角边邻接的两个面采用同一个偏移值方式创建倒角。但其偏移值的含义不一样，Single Offset 中的偏移值，是从选择边沿邻接面测量的；而 Freeform Single Offset 中的偏移值，则是指实体倒角表面偏移的距离。当倒角表面形状复杂时，

Freeform Single Offset 才是可靠的，而 Single Offset 的结果是不可预期的。该倒角方式的操作与 Single Offset 选项相同。图 3.135 所示的就是自由单一偏移方式各参数的图示。

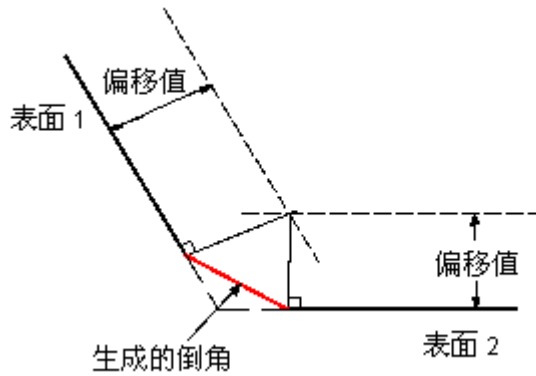


图 3.135 自由单一偏移参数

#### 5. Freeform Double Offset (自由双偏移)

该选项 Double Offset 选项一样，也是按与倒角边邻接的两个面分别采用不同偏移值方式创建倒角。但其偏移值的含义不一样，Double Offset 中的偏移值，是从选择边沿邻接面测量的；而 Freeform Single Offset 中的偏移值，则是指实体倒角表面偏移的距离。当倒角表面形状复杂时，Freeform Double Offset 才是可靠的，而 Double Offset 的结果是不可预期的。该倒角方式的操作与 Double Offset 选项相同。图 3.136 所示的就是自由双偏移方式各参数的图示。

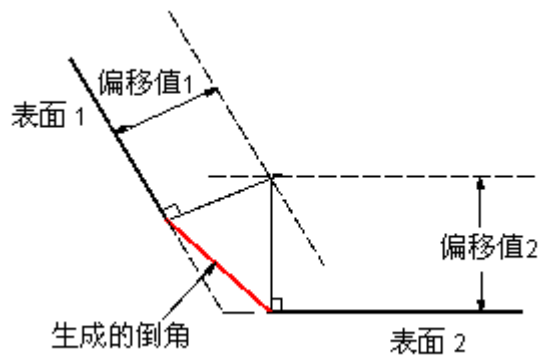


图 3.136 自由双偏移参数

### 3.5.6 薄壳

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 Insert►Feature Operation►Hollow，系统会弹出如图 3.137 所示的薄壳对话框。

该对话框上部图标区用于指定薄壳操作的类型与步骤，下部选项用于设置薄壳操作的参数。指定薄壳类型后，设置相应的薄壳参数，再按规定的步骤即可完成实体的薄壳操作。下面介绍一下薄壳对话框中各选项的用法。

#### 1. Type（薄壳类型）

薄壳对话框的上部为薄壳类型图标选项组，其中包括了三种薄壳类型。

##### ● Faces（穿透表面薄壳）

该薄壳类型将穿透选择的实体表面，并按指定的厚度对实体进行薄壳操作。实体上的任何表面均可作为穿透面，其它表面可通过偏移值来设定不同的壁厚。

当要应用穿透表面薄壳的方式进行薄壳操作时，其中包括了 2 个操作步骤，选择穿透表面和其它表面偏移值（即为其它表面指定不同的壁厚）。

##### 1) Pierced Face（选择穿透表面）

该操作步骤图标用于选择薄壳操作时的穿透表面。单击该图标后，可在实体上选择一个或多个需要穿透的表面。所选表面在挖空后会形成一个缺口。

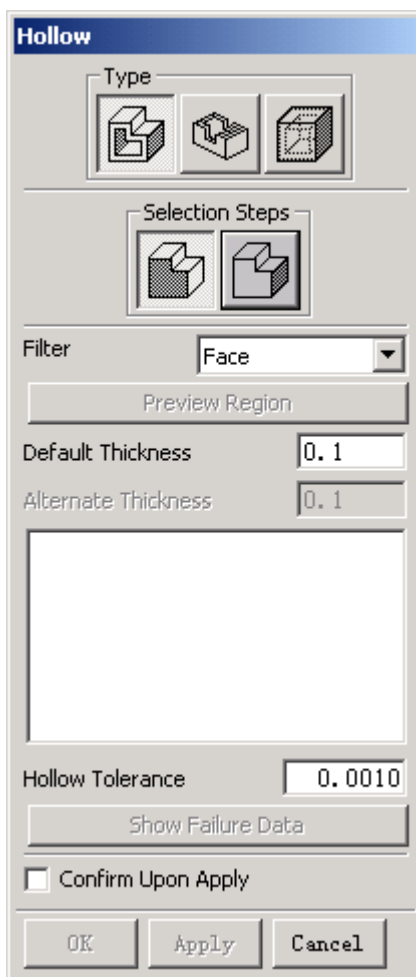


图 3.137 薄壳对话框

2)  Offset Face (其它表面偏移值)

该操作步骤图标用于为所选表面指定不同壁厚。单击该图标后，**Alternate Thickness** (可变厚度) 文本框被激活。先在该文本框中输入要求的壁厚，然后在实体上选择一个非穿透表面，则所选表面在薄壳操作后将保留指定的壁厚。再按同样的方法，可为其它表面指定不同的壁厚。所指定的不同壁厚表面及其厚度都会显示在列表框中，各表面的厚度也可根据需要再进行修改，修改的方法是先在列表框中选择需要修改的厚度值，再在 **Alternate Thickness** 文本框中输入新的厚度值即可。

图 3.138 所示的就是应用这种方式进行薄壳操作的图例。

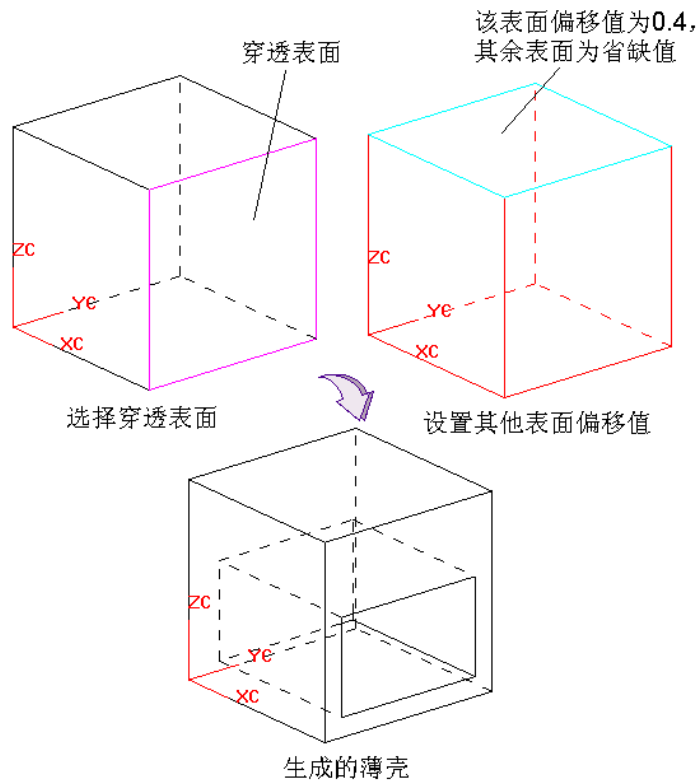



图 3.138 穿透表面薄壳

在操作中要注意，各选择表面必须位于同一实体上，并且，不能再在穿透表面上指定壁厚。如果只选择穿透表面，则薄壳操作后实体的壁厚均匀，其壁厚值为 **Default Thickness**（省缺厚度）文本框中设置的值。


●  **Region**（薄壳区域）

该薄壳类型通过所选取的实体表面、并受指定的边界面限制的区域来对实体进行薄壳操作。即从选取的实体表面开始，对实体进行薄壳，直到指定的边界面为止。

当选取了薄壳区域图标时，其下方的操作步骤图标将发生变化，变为了三个操作步骤：选择需要的薄壳表面、指定边界表面和其它表面偏移值。

1)  **Seed Face**（选择需要的薄壳表面）

该步骤图标用于选择需要的薄壳表面。单击该图标后，可在实体上选择一个或多个表面作为薄壳表面。对实体进行薄壳时，薄壳表面与到边界面之间的关联表面将进行薄壳。

2)  Bound Face (指定边界表面)

该步骤图标用于选择边界表面。单击该图标后，可在实体上选择一个或多个表面作为边界表面，边界表面在操作时不被薄壳。

3)  Offset Face (其它表面偏移值)

该步骤图标用于为所选表面指定不同壁厚，其使用方法同穿透表面薄壳操作。该步骤并不是必须进行的。

图 3.139 所示的就是应用这种方式进行薄壳操作的图例。

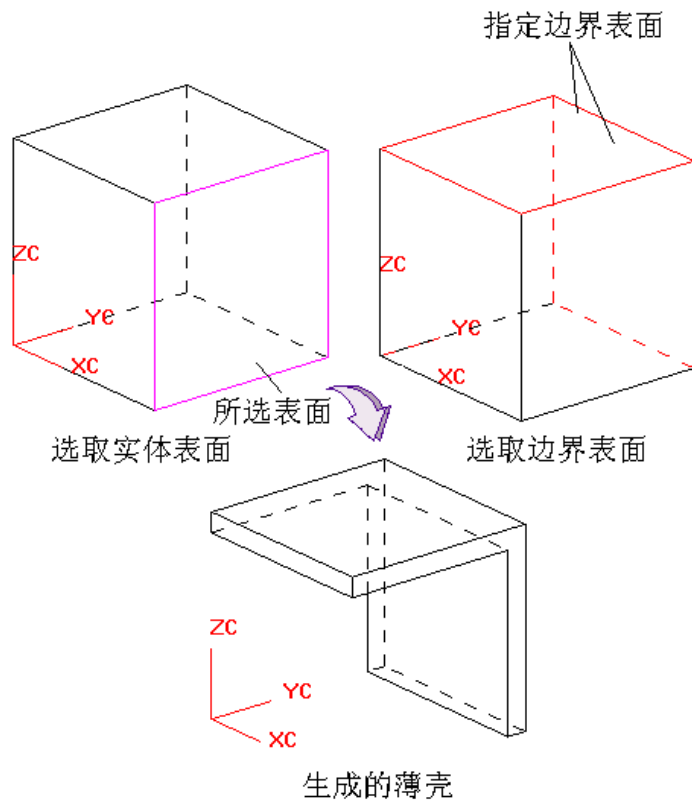



图 3.139 薄壳区域

●  Body (薄壳实体)

该薄壳类型不穿透实体表面，而是按指定的厚度对实体进行薄壳，形成中空实体。薄壳操作时可通过偏移值为各表面指定不同的壁厚。

当选取了薄壳实体图标时，其下方的操作步骤图标将发生变化，变为了两个操作步骤：选择实体和其它表面偏移值。

1)  Solid Body

该步骤图标用于选择实体。单击该图标后，可在绘图工作区中选择一个需要薄壳的实体。

2)  Offset Face

该步骤图标用于为所选表面指定不同的壁厚。其使用方法同穿透实体表面薄壳。

图 3.140 所示的就是应用这种方式进行薄壳操作的图例。

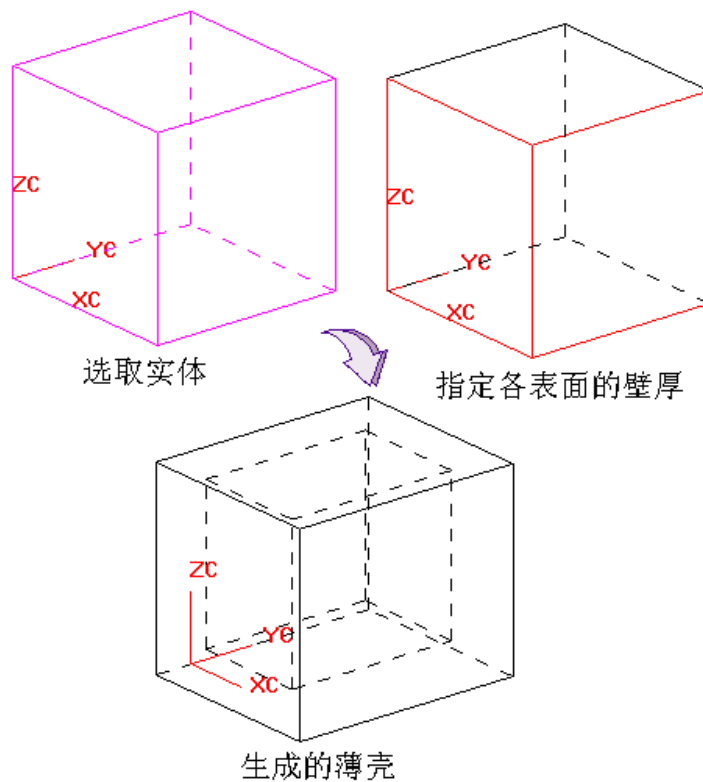


图 3.140 薄壳实体

## 2. Preview Region (预览区域)

该选项用于预览定义的薄壳区域。只有当选择了 **Region** 类型图标，并已选择了薄壳表面和边界表面后，该选项才被激活。当选择该选项时，定义的薄壳区域以高亮度显示。

## 3. Default Thickness (省缺厚度)

该文本框用于设置在薄壳操作时，所有表面的省缺壁厚。

## 4. Alternate Thickness (可变厚度)

该文本框只有在选择 **Offset Face** 步骤图标时才被激活，它用于设置在薄壳操作时所选表面的壁厚。当该文本框激活后，可输入数值，作为所选表面的壁厚。


在该文本框中输入厚度后，则该值将显示在其下方的列表框中。如果用户要修改某个数值，只要单击需要修改的厚度值，再在 **Alternate Thickness** 文本框中输入新的厚度值即可。

在该文本框中输入厚度后，则该值将作为随后选择表面的厚度值。输入的厚度值可正可负，但其绝对值必须大于 **Hollow Tolerance** 值，否则将出错。如果输入的厚度值为正，则所选表面向内偏移指定的厚度值；如果输入的厚度值为负，则所选表面向外偏移指定的厚度值。

## 5. Show Failure Data (显示失败数据)

该选项用于显示引起薄壳操作失败的可能表面，该选项在操作失败的情况下才激活。

### 3.5.7 攻丝

攻丝就是在旋转体表面加工螺纹特征。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Thread**，系统会弹出如图 3.141 所示的螺纹对话框。

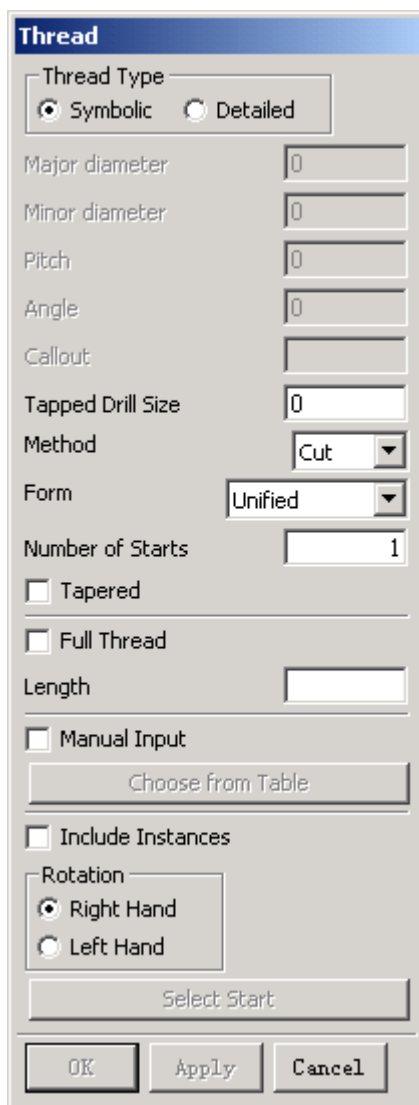


图 3.141 螺纹对话框

用户先根据创建螺纹的需要选择螺纹类型，再在绘图工作区中选择创建螺纹的实体。在设置螺纹参数时，既可手工指定各螺纹参数，也可从螺纹参数列表中选取某螺纹参数。完成参数设置后，系统则在所选择的实体表面上创建螺纹。下面介绍一下螺纹对话框中各选项的具体用法。

### 1. Thread Type（螺纹类型）

该选项组用于指定螺纹的类型，其中包括了 **Symbolic** 和 **Detailed** 两个选项。

- **Symbolic**（符号螺纹）

该选项用于创建符号螺纹。符号螺纹用虚线表示，并不显示螺纹实体，在工程图中可用于表示

螺纹和标注螺纹。这种螺纹由于只产生符号而不生成螺纹实体，因此生成螺纹的速度快，一般创建螺纹时都选择该类型。

- Detailed（详细螺纹）

该选项用于创建详细螺纹。这种类型的螺纹显示的将更加真实，但由于这种螺纹几何形状的复杂性，使其创建和更新的速度减慢。选择该选项，螺纹对话框变为如图 3.142 所示的形式，在其中可以设置详细螺纹的有关参数。

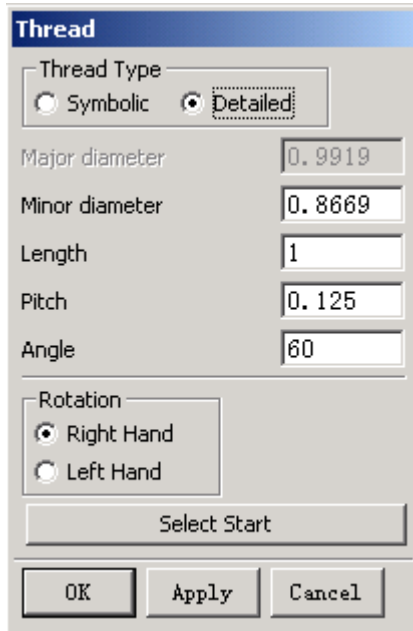


图 3.142 详细螺纹对话框

产生螺纹时，如果选择的圆柱面为外表面则产生外螺纹：如果选择的圆柱面为内表面，则产生内螺纹。另外，符号螺纹不能进行复制或阵列，且与选择圆柱面只是部分关联，即当符号螺纹修改时，圆柱面自动更新，而当修改圆柱面时，符号螺纹并不会更新。而详细螺纹可以进行复制或阵列，且与选择圆柱面完全关联，无论详细螺纹或是圆柱面修改时，另一对象都会自动更新。

## 2. Major Diameter（螺纹大径）

该文本框用于设置螺纹大径，其省缺值是根据选择的圆柱面直径和内外螺纹的形式，查螺纹参数表取得。对于符号螺纹，当不选取 Manual Input 选项时，Major Diameter 的值不能修改。对于详细螺纹，外螺纹的 Major Diameter 的值不能修改。图 3.143 所示的就是螺纹主要参数的图示。

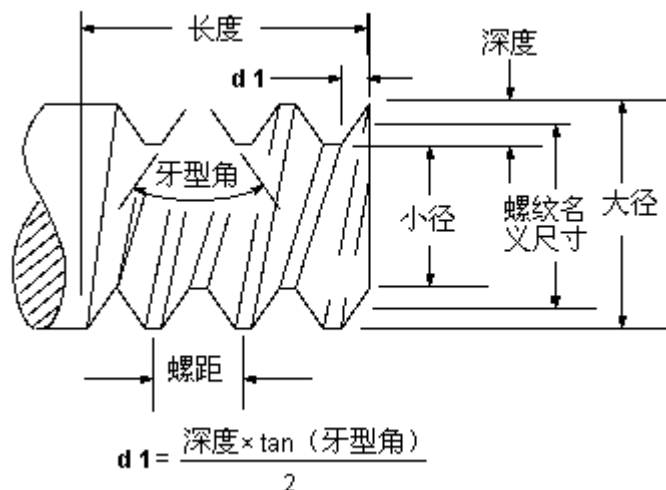


图 3.143 螺纹主要参数

### 3. Minor Diameter (螺纹小径)

该文本框用于设置螺纹小径，其省缺值是根据选择的圆柱面直径和内外螺纹的形式，查螺纹参数表取得。对于符号螺纹，当不选取 Manual Input 选项时，Minor Diameter 的值不能修改。对于详细螺纹，内螺纹的 Minor Diameter 的值不能修改。

### 4. Pitch (螺距)

该文本框用于设置螺距，其省缺值根据选择的圆柱面查螺纹参数表取得。对于符号螺纹，当不选取 Manual Input 选项时，Pitch 的值不能修改。

### 5. Angle (牙型角)

该文本框用于设置螺纹牙型角，其省缺值为螺纹的标准角度 60 度。对于符号螺纹，当不选取 Manual Input 选项时，Angle 的值不能修改。

### 6. Callout (螺纹标记)

该文本框用于标记螺纹，其省缺值根据选择的圆柱面查螺纹参数表取得。如 M10\_X\_0.75。当选取 Manual Input 选项时，该文本框不能修改。

### 7. Shaft Size/Tapped Drill Size (螺纹轴或孔的尺寸)

该文本框用于设置外螺纹轴的尺寸或内螺纹的钻孔尺寸，也就是螺纹的名义尺寸，其省缺值根据选择的圆柱面查螺纹参数表取得。创建外螺纹时会出现 Shaft Size 标识符，创建内螺纹时会出现 Tapped Drill Size 标识符。

#### 8. Method (加工方式)

该选项用于指定螺纹的加工方法。其中包含 Cut (车螺纹)、Rolled (滚螺纹), Ground (磨螺纹) 和 Milled (铣螺纹) 4 个选项。

#### 9. Form (螺纹标准)

该选项用于指定螺纹的标准。其中包含 Unified (统一螺纹)、Metric (公制螺纹)、Trapezoidal (梯形螺纹)、Acme (英制螺纹)、Stub Acme (粗短英制螺纹)、Lowenherz (公制粗螺纹)、Buttress (锯齿螺纹)、Spark Plug (火花塞螺纹)、NPT (标准锥管螺纹)、Hose Coupling (软管配对螺纹) 和 Fire Hose (消防接头螺纹) 等 11 种标准。当选取 Manual Input 选项时, 该选项不能更改。

#### 10. Number of Starts (螺纹头数)

该文本框用于设置螺纹的头数, 即创建单头螺纹还是多头螺纹。

#### 11. Tapered (锥度)

该选项用于设置螺纹是否为拔模螺纹。

#### 12. Full Thread (螺纹全长)

该选项指定在整个圆柱上创建螺纹。如果不选该复选框, 则系统按 Length 中的数值创建螺纹。当圆柱长度改变时, 螺纹会自动更新。

#### 13. Length (螺纹长度)

该文本框用于设置螺纹的长度, 其省缺值根据选择的圆柱面查螺纹参数表取得。螺纹长度是沿平行轴线方向, 从起始面 (Select Start) 进行测量的。

#### 14. Manual Input (手工输入)

该选项用于设置是从手工输入螺纹的基本参数还是从螺纹列表框中选取螺纹。选取该选项, 则螺纹各参数文本框都可进行修改, 而 Callout 和 Choose from Type 选项灰显。

#### 15. Choose from Table (从列表选取)

该选项用于从螺纹列表框中选取螺纹参数, 该螺纹参数列表框可预先根据要求进行定制。单击该按钮时, 会弹出如图 3.144 所示的螺纹参数列表框, 用户可以在其中选取所需的螺纹。

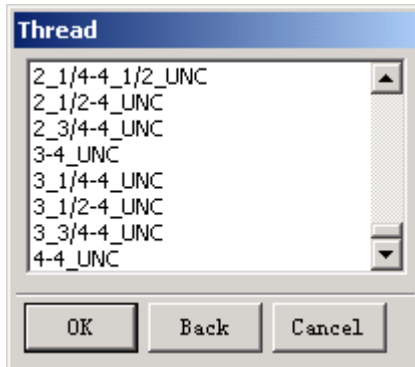


图 3.144 螺纹参数列表框

#### 16. Include Instances (包含阵列)

该选项用于创建螺纹阵列。选取该选项，当选择了阵列特征中的一个成员，则该阵列中的所有成员都将被创建螺纹。

#### 17. Rotation (旋转方式)

该选项组用于设置螺纹的旋转方向，其中包含 Right Hand (右旋螺纹) 和 Left Hand (左旋螺纹) 2 个选项。

#### 18. Select Start (选择螺纹起始面)

该选项用于指定一个实体平面或基准平面作为创建螺纹的起始位置。系统默认圆柱面的端面作为螺纹起始位置。当系统不能自动推测螺纹的起始位置时，必须选择该选项指定螺纹的起始位置。选择该选项，会弹出对象选取对话框，让用户选择起始面。选择了实体表面或基准平面作为螺纹的起始位置后，会弹出如图 3.145 所示的对话框，用于设置起始面是否需要扩展，并可反转螺纹的生成方向。

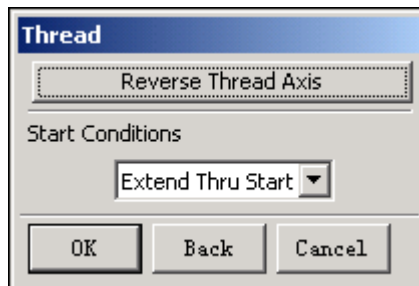


图 3.145 螺纹起始面对话框

该对话框中的 Reverse Thread Axis (反转螺纹生成方向) 选项用于使当前的螺纹轴向矢量反向。

Start Conditions（约束起始面）选项用于设置是否进行螺纹的扩展。其中包含了两个选项：选择了 **Extend Thru Start**（扩展起始面）选项，创建螺纹时，起始面将得到延伸；选择了 **Do Not Extend**（不扩展起始面）选项，创建螺纹时，起始面将不会被延伸。图 3.146 所示的就是这两种方式创建螺纹的图例。

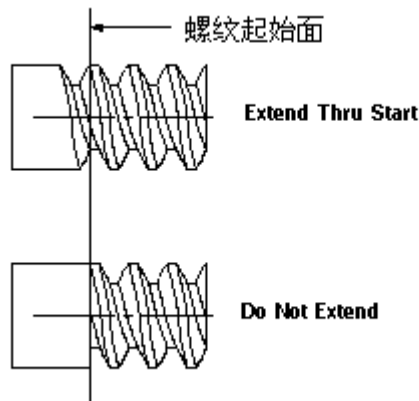



图 3.146 约束起始面对创建螺纹的影响

### 3.5.8 阵列

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Instance Feature**，系统会弹出如图 3.147 所示的阵列方式对话框。

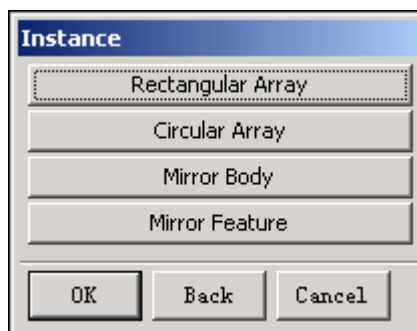


图 3.147 阵列方式对话框

在对话框中选择一种阵列方式，再从弹出选择阵列特征对话框中，选择需要阵列的特征，并设置好各阵列参数对话框，则系统即可完成特征的阵列操作。下面介绍一下各阵列方式的具体使用方法。

#### 1. Rectangular Array（矩形阵列）

该方式用于以矩形阵列的形式来复制所选的实体特征，该阵列方式使阵列后的特征成矩形（行数×列数）排列。

选择该选项，会弹出如图 3.148 所示选择阵列特征对话框。在对话框中选择需要阵列特征名，或直接在绘图工作区中选择特征。选取特征后，系统又弹出如图 3.149 所示输入矩形阵列参数对话框。在设置矩形阵列的阵列参数后，即可对所选特征产生矩形阵列。下面介绍一下矩形阵列参数对话框中各选项的用法。

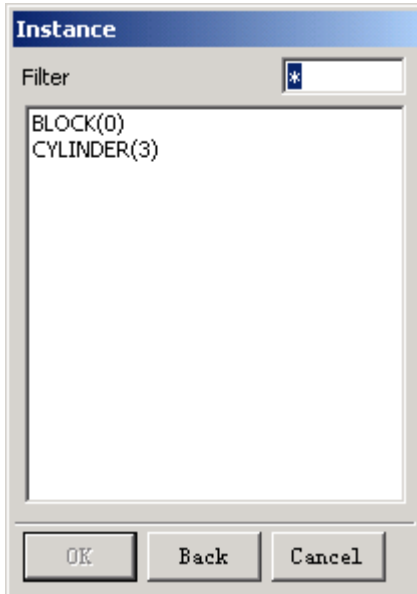
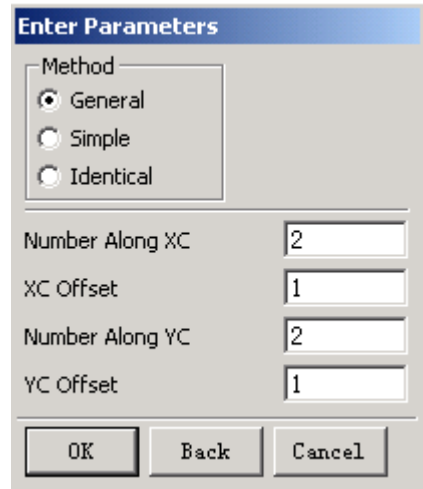


图 3.148 选择阵列特征对话框



3.149 矩形阵列参数对话框

- **General**（一般方式）

该选项用于以一般的方式来阵列特征。由于其计算以执行布尔运算为基础，并对所有的几何特性进行合法性验证，因此操作时，阵列的范围可以超过原始实体的表面范围，其阵列可以和一表面的边相交，也可以从一个面贯穿到另一个面。

- **Simple**（简易方式）

该选项用于以简易的方式来阵列特征。该选项的计算方式与 **General** 选项相类似，但不进行合法性验证和数据优化操作，因此其创建速度更快。

- **Identical**（相同方式）

该选项用于以相同的方式来阵列特征。该选项不执行布尔运算，是在尽可能少的合法性验证下，复制和转换原始特征的所有面和边。因此每个阵列的成员都是原始特征的一个精确的复制。在阵列特征较多，以及能确定它们完全相同的情况下可用此选项。这种方式创建速度最快。图 3.150 所示的就是这三种方式进行矩形阵列的图示。

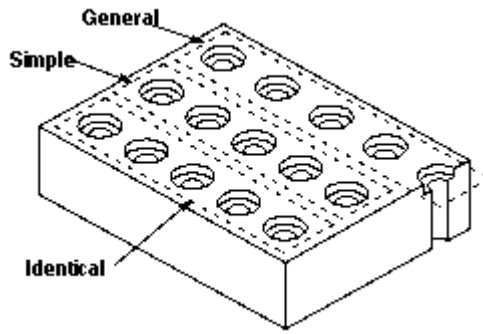


图 3.150 三种矩形阵列方式

- Number Along XC ( ) 和 Number Along YC ( )

这 2 个文本框分别用于设置阵列特征在 XC 与 YC 方向上的复制个数。

- XC Offset 与 YC Offset;

这 2 个文本框分别用于设置阵列特征沿 XC 与 YC 方向的间距。它们是从一个成员至下个成员的相同点测量的。

用户可对一个或一组特征进行矩形阵列，被阵列特征称为目标特征，阵列后得到的特征称为阵列的成员。目标特征例与成员、成员与成员之间都是相互关联的，故对其中一个目标特征或成员的参数进行编辑后，都会影响其阵列中的所有成员和目标特征。在阵列操作时，必须确保阵列后的所有成员都能与目标特征所在的实体接触。图 3.151 所示的就是矩形阵列的图例。

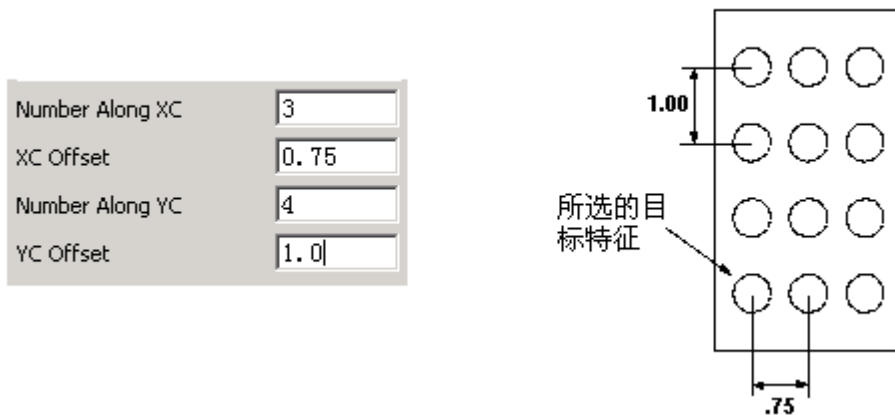


图 3.151 矩形阵列

## 2. Circular Array (环形阵列)

该方式用于以环形阵列的形式来复制所选的实体特征，该阵列方式使阵列后的成员成圆周排列。

选择该选项，也弹出如图 3.148 所示的选择阵列特征对话框。在对话框中选择特征名，或在绘图工作区中选择特征。随后弹出如图 3.152 所示的输入环形阵列参数对话框，在设置阵列方式和输入阵列参数后，系统即可产生环形阵列特征。

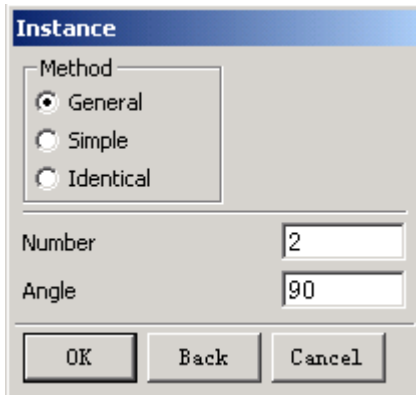


图 3.152 环形阵列参数对话框

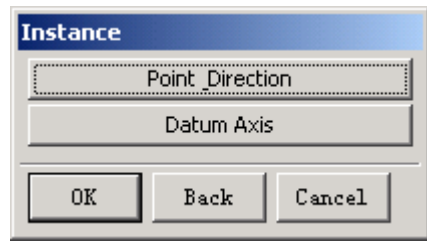


图 3.153 旋转轴对话框

环形阵列参数对话框中 **Method** 选项的三种阵列方式与矩形阵列中介绍的用法相同。**Number** 文本框用于设置沿圆周上复制特征的数量。**Angle** 文本框用于设置圆周方向上复制特征之间的角度。

设置完图环形阵列参数后，系统会弹出如图 3.153 所示的旋转轴对话框，它主要用于定义环形阵列旋转轴的设置方式。如果选取 **Point\_Direction**（点和方向）选项，可利用矢量创建功能来定义旋转轴方向，在以点创建功能定义旋转点的位置。如果选取 **Datum Axis**（基准轴）选项，则直接选取基准轴，作为旋转轴。图 3.154 所示的就是环形阵列的图例。

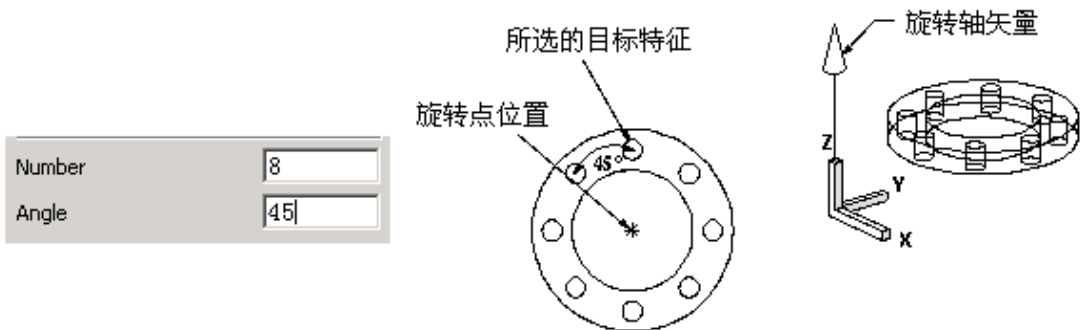


图 3.154 环形阵列

### 3. Mirror Body (镜像实体)

该方式用于以基准平面来镜像所选的实体，其镜像后的实体或片体和原实体或片体相关联，但其本身没有可编辑的特征参数。

选择该选项，会弹出对象选取对话框，用户在绘图工作区中选择需要镜像的实体后，又弹出选择镜像基准平面对话框，让用户选择一个基准平面。则系统会将所选的实体相对于指定的基准平面产生一个镜像的实体。图 3.155 所示的就是镜像实体的图例。

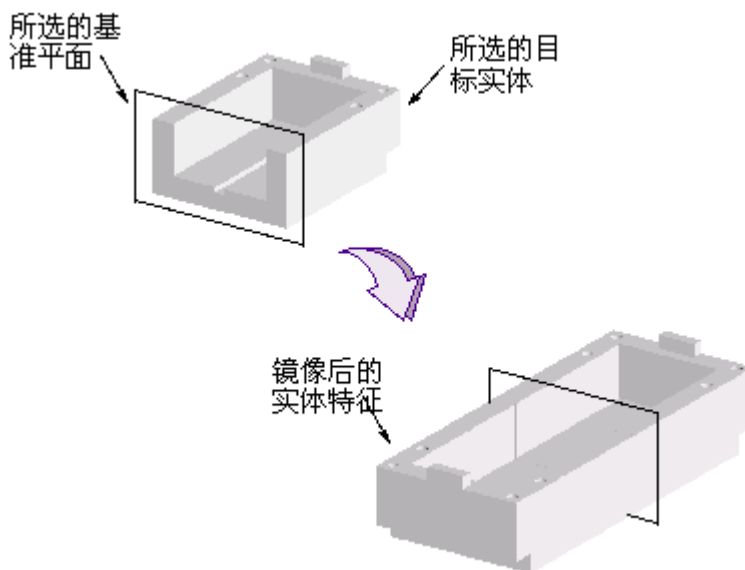





图 3.155 镜像实体

### 4. Mirror Feature (镜像特征)

该方式用于以基准平面来镜像所选的实体中的某些特征。选择该选项，会弹出如图 3.156 所示的镜像特征对话框。其上部为选择步骤图标，下部为特征选择框。设置各选项后，选择需要镜像的特征，并指定镜像平面，则系统会将所选特征相对于指定的平面进行镜像。下面介绍一下该对话框中各选项的用法。

-  Feature to Mirror (镜像特征)

该图标用于选择实体中的特征作为镜像特征。单击该图标，可在绘图工作区中直接选择需要镜像的特征，所选特征会自动添加到镜像特征列表框中；也可在部件特征列表框中，选择需要镜像的特征名称，并单击图标 ，将所选特征添加到镜像特征列表框中。若误选了某特征，可在镜像特征列表框中，选择误选的特征名称，单击 ，将其从镜像特征列表框中移去。用户可以选择实体上的

一个或多个特征作为镜像的特征。但必须确保镜像后的所有特征都能与该实体接触。

-  Mirror Plane（镜像平面）

该图标用于选择镜像平面。单击该图标，可在绘图工作区中选择一个基准平面或实体平面作为镜像平面。

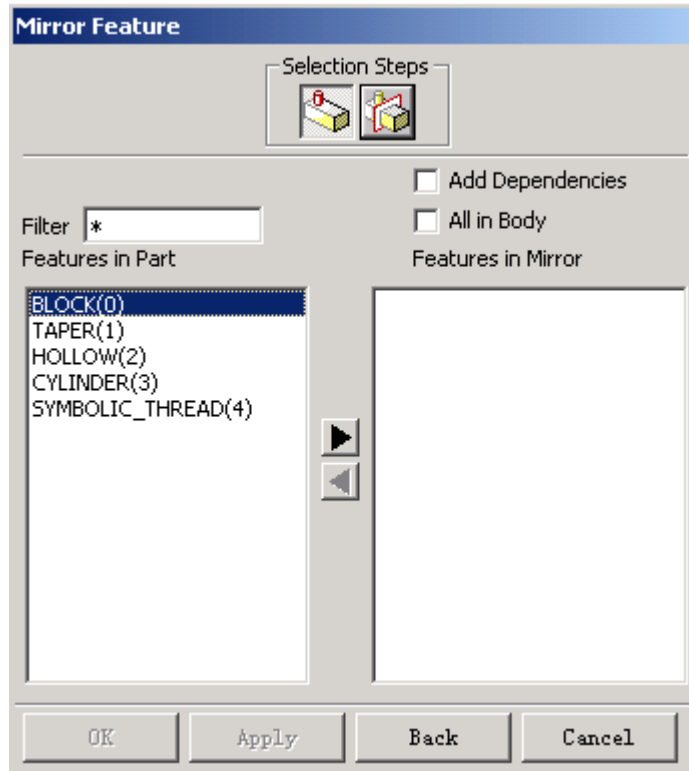


图 3.156 镜像特征对话框

- **Add Dependencies**（附加子特征）  
选取该选项，则在选择镜像特征后，该特征所包含的子特征也将作为镜像特征。
- **All in Body**（实体中所有特征）  
选取该选项，则系统将选取实体中的所有特征作为镜像特征。
- **Feature to Mirror**（镜像特征列表框）  
镜像特征列表框用于显示用户已选的一些镜像特征。
- **Feature in Parts**（部件特征列表框）  
部件特征列表框用于显示当前部件中所有满足过滤条件的特征。

图 3.157 所示的就是镜像特征的图例。

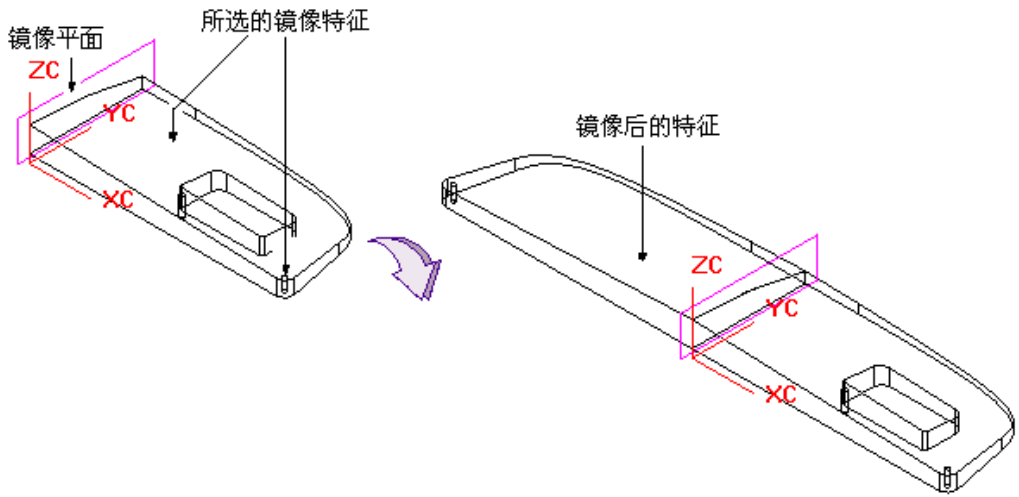



图 3.157 镜像特征

### 3.5.9 实体的修剪



在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Trim**，系统会弹出对象选取对话框，让用户选择需要修剪的实体。在绘图工作区中选择需要修剪的实体后，又弹出如图 3.158 所示的定义修剪面对话框，让用户指定修剪面。选择修剪面时，既可直接在绘图工作区中选择实体表面、基准平面或片体作为修剪面，也可在图 3.158 对话框中选择一种定义修剪面方法，再定义修剪面。该对话框提供了五种修剪面的定义方式：**Define Plane**（定义平面）、**Define Cylinder**（定义圆柱面）、**Define Sphere**（定义球面）、**Define Cone**（定义圆锥面）和 **Define Torus**（定义圆环面）。

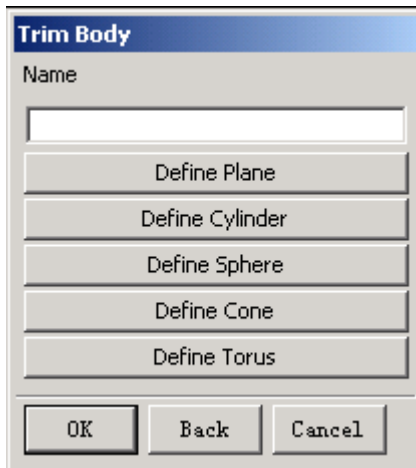


图 3.158 定义修剪面对话框

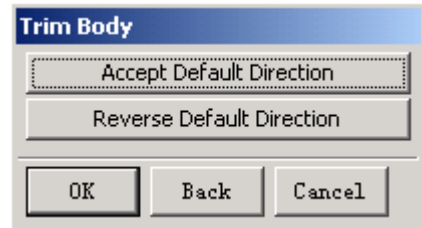


图 3.159 选择法向对话框

指定修剪面后，会弹出如图 3.159 所示的选择法向对话框，同时在修剪面上显示实线箭头，表示修剪面法向。所谓法向，是指修剪面的法向，它决定目标体经修剪后哪部分将要保留，系统会将法向所指的实体部分切除，而相反方向的实体部分被保留。选择 **Accept Default Direction** 选项，则切除法向所指的实体部分，如果选择 **Reverse Default Direction** 选项，则反转法向方向，切除相反部分的实体。图 3.160 所示的就是修剪面法向不同时进行修剪操作的结果。

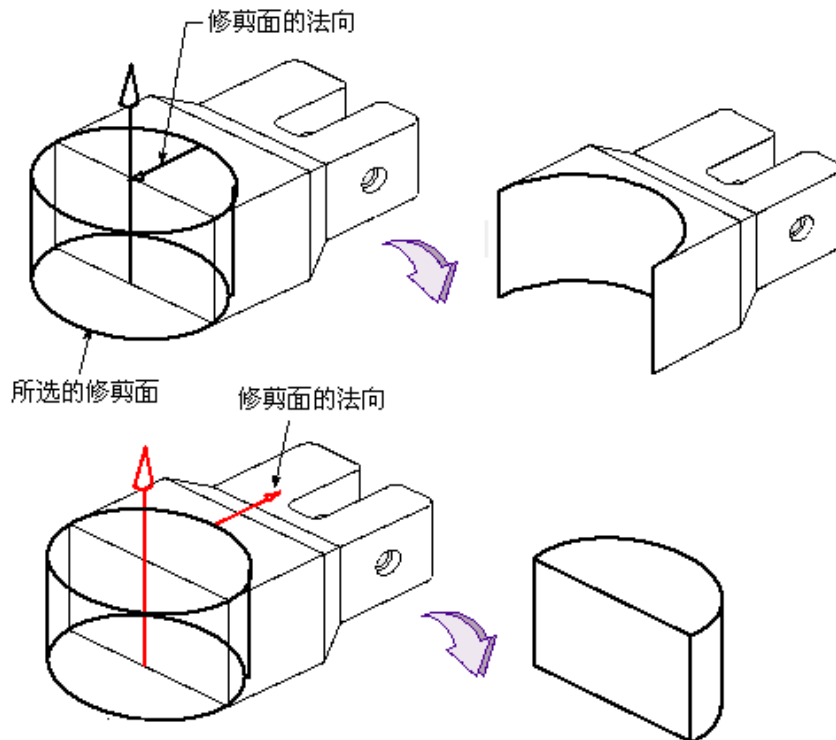



图 3.160 不同修剪面法向的结果

### 3.5.10 实体的分割

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Split**，系统会弹出实体分割警告提示框，提示该操作将从所有相关形体中移去参数。确定要分割实体后，会弹出对象选取对话框，让用户选择分割实体。接着又弹出如图 3.158 所示的定义分割面对话框。按上节介绍的定义修剪面的方法来定义分割面，便可完成分割实体的操作。




完成分割实体操作后，会弹出一个信息框，提示实体参数已删除。分割实体的功能应谨慎使用。因为实体分割后，实体中的参数全部被移去，不能再进行参数编辑，同时工程图中剖视图中的信息也会丢失。

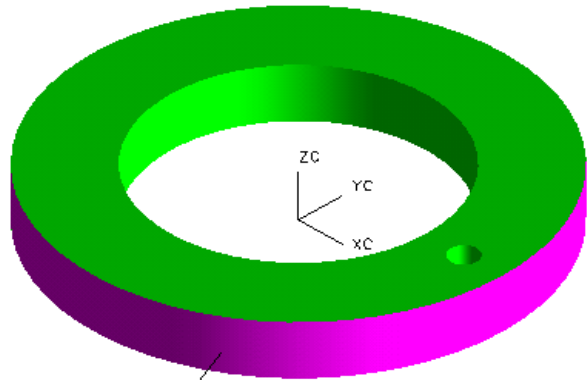
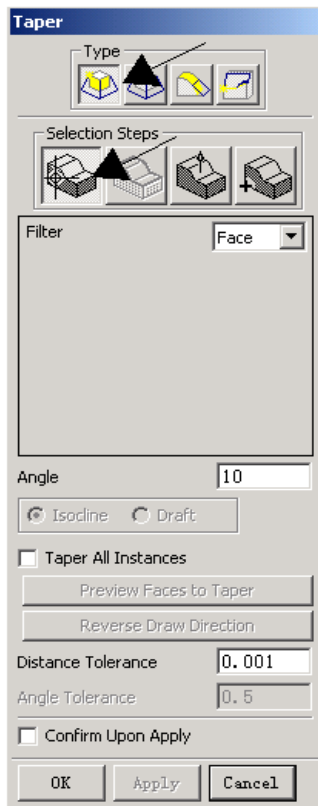
### 3.5.11 操作范例

这里将以特征的拔模和阵列操作范例为代表，向读者介绍实体建模中关于特征操作的操作过程。

#### 1. 拔模操作

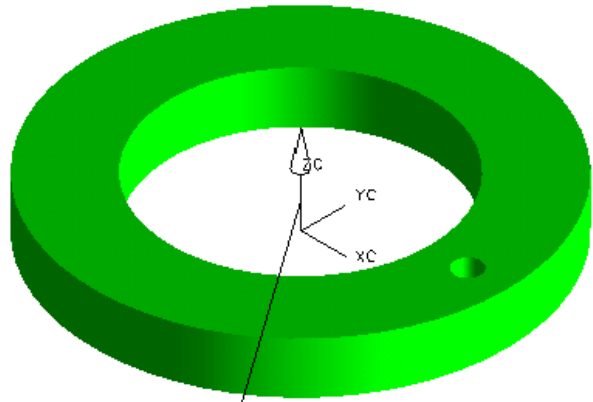
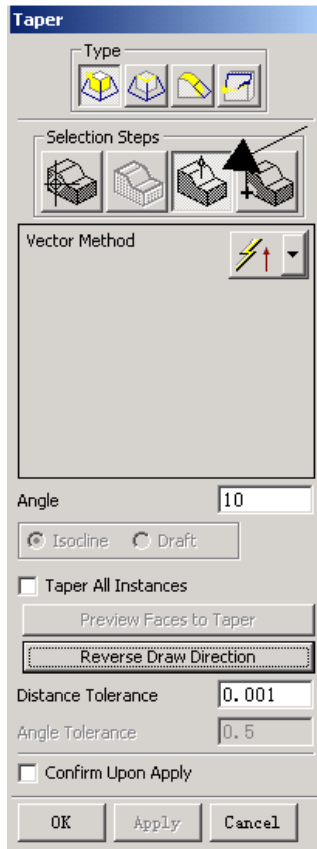
在 3.5.1 小节中我们已介绍了特征拔模操作的各种方法，在这个范例中将说明如何进行通过表面拔模实体操作。

1) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Taper**，在弹出的实体拔模对话框中选择  选项。这时在操作步骤选项项中选取第一个操作步骤 ，并选取圆还的外表面作为拔模表面。



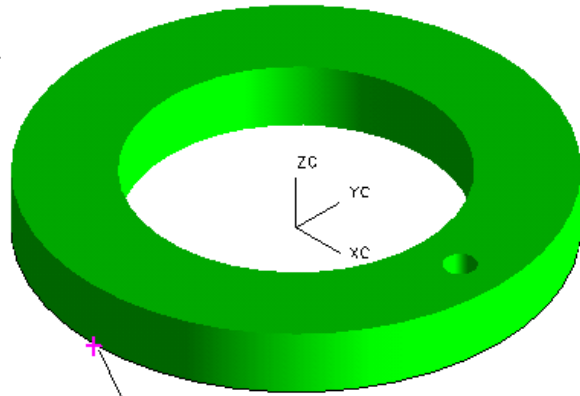
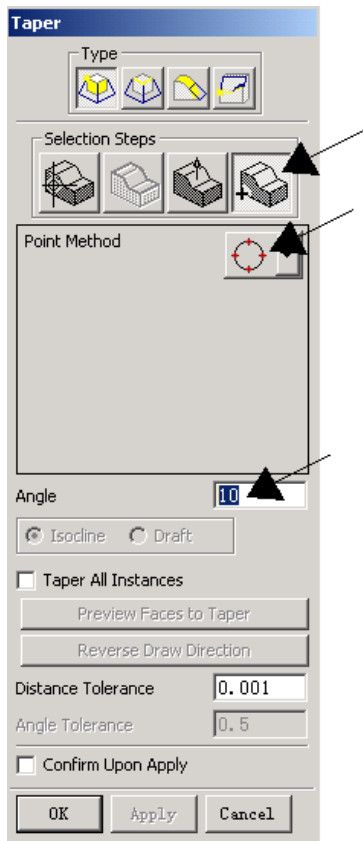
选取的拔模表面

2) 再在操作步骤选项选取第二个操作步骤, 并接受系统指定的省缺拔模方向。



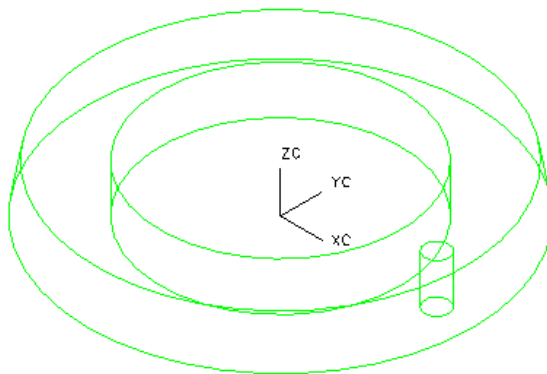
系统指定的  
拔模方向

3) 再在操作步骤选项中选择第三个操作步骤，并在可变显示区的点创建选项中选择方式，在圆环底面的外边界上指定一个参考点。最后在实体拔模对话框中的 Angle 对话框中输入 10。

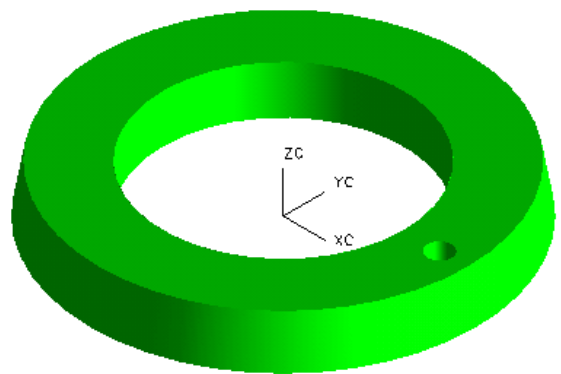


设置的参考点

4) 完成了所有的设置后，在实体拔模对话框单击 OK 按钮，系统就会按照设置的参数创建拔模特征。




线框图

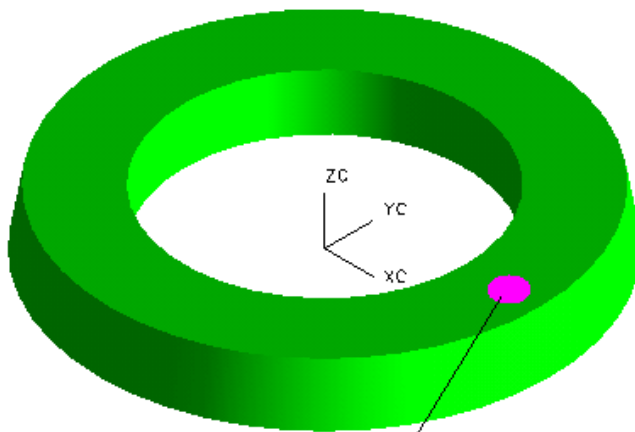
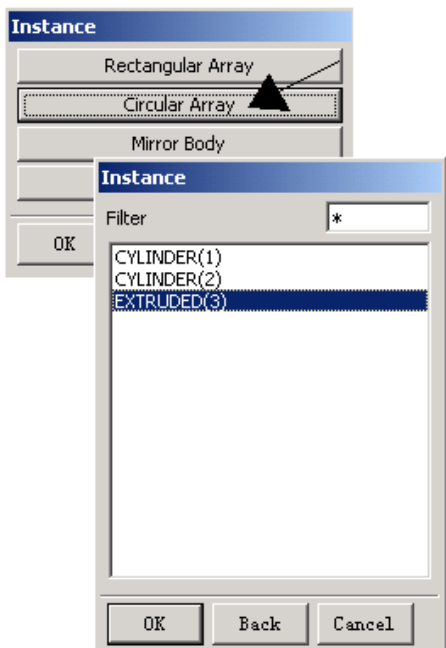


渲染图

## 2. 阵列操作

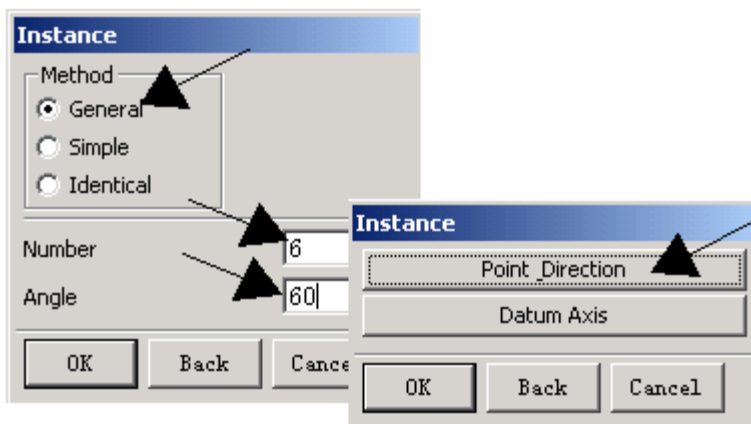
在 3.5.8 小节中我们已介绍了特征阵列操作的各种方法，在这个范例中将环形阵列的操作来具体说明进行特征阵列操作的过程。这里我们继续沿用前面创建的拔模实体。


1) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Instance Feature**，在弹出的阵列方式对话框中选取 **Circular Array** 方式。在随后弹出的阵列特征选取对话框中选择列表框中的特征 **EXTRUDED(3)**（即圆环上的孔特征）作为需要阵列的特征，并单击 **OK** 按钮。

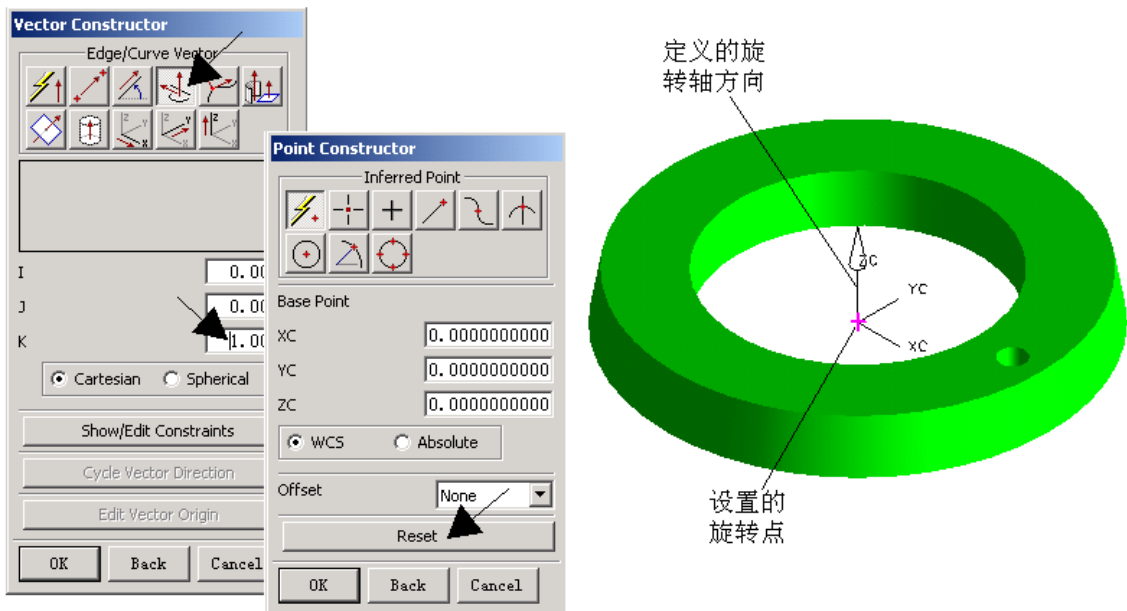


选取孔特征作为为  
需要阵列的特征

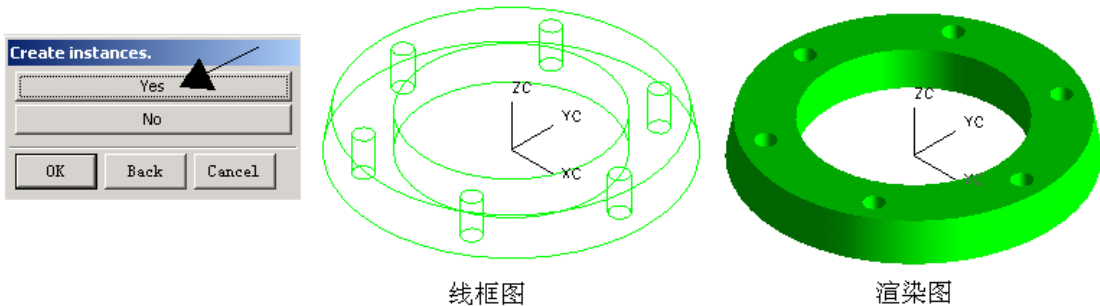
2) 接着在阵列参数对话框中，设置环形阵列列为 **General** 方式，并在 **Number** 文本框中输入 **6**，在 **Angle** 文本框中输入 **60**，单击 **OK** 按钮。在随后弹出的方向定义对话框中选择 **Point\_Direction** 方式。



3) 选择了旋转反向类型后，会弹出矢量定义对话框，在其中选择  方式，并在参数 **K** 文本框中输入 **1**，其他为系统省缺设置，即设置了+ZC 方向为旋转轴的方向，单击 **OK** 按钮。接着会弹出点创建对话框，在其中选取 **Reset** 选项，即设置了坐标原点为旋转点，单击 **OK** 按钮。



4) 确定了旋转轴方向和旋转点后，会弹出操作确定对话框，在其中选取 Yes 选项，则系统就会按照设置的参数创建所选孔特征的阵列特征。



### 3.6 编辑特征

编辑特征包括编辑特征参数、编辑特征定位尺寸、移动特征、特征重新排序和删除特征等编辑操作。

#### 3.6.1 编辑特征参数

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Edit>Feature> Parameters，系统会弹出如图 3.161 所示的编辑特征参数对话框。

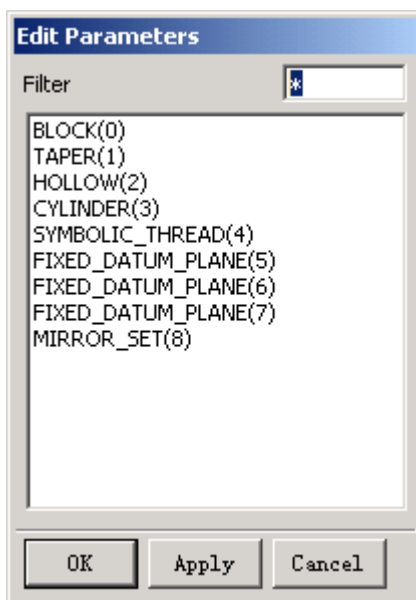


图 3.161 编辑特征参数对话框

当用户选择需要编辑参数的特征时，既可在绘图工作区直接选择要编辑参数的特征，也可在该对话框的特征列表框中选择要编辑参数的特征名称。选择特征后，会弹出编辑参数对话框，同时在绘图工作区中显示所选特征的当前参数，随选择特征的不同，弹出的编辑参数对话框形式也不一样。由于特征的种类很多，而且编辑特征参数的对话框大多数与创建该特征的对话框相同，所以这里就不一一介绍各种编辑参数对话框了。

根据编辑各特征对话框的相似性，现将编辑特征参数分成 5 类情况进行介绍。它们分别是编辑一般实体特征参数、编辑扫描特征参数、编辑阵列特征参数、编辑倒角特与偏移表面特征参数和编辑其它特征参数等。

### 1. 编辑一般实体特征参数

这里所讲的一般实体特征是指基本特征、成型特征与用户自定义特征等，它们的编辑特征参数对话框类似，如图 3.162 所示。对于某些特征，其编辑参数对话框可能只有其中的 1 个或 2 个选项。下面介绍一下对话框种各选项的用法。

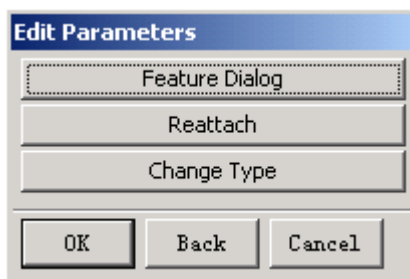


图 3.162 编辑一般实体特征参数对话框

- **Feature Dialog**（特征对话框）

该选项用于编辑特征的存在参数。选择该选项，系统弹出创建所选特征时的对应参数对话框，修改需要改变的参数值即可。

- **Reattach**（重新附着）

该选项用于重新指定所选特征的附着平面。例如在一个面上建立的凸台，可用该选项移到另一个表面上去。选择该选项，会弹出如图 505 所示的重新附着对话框（见 5.2.3 小节）。在该对话框中，根据选择特征的不同，其对应的操作步骤图标和选项才会被激活。在 5.2.3 小节中已经介绍了该对话框中部分选项的用法，只不过是针对草图特征来讲的，对于其他特征其功能和使用方法也是一样的。下面补充介绍一下当时没有介绍到的几个选项的用法。

1)  **Specify First Thru Face**（指定第一穿透/修剪面）

该选项用于为所选特征重新定义第一个穿透面或修剪面。只在所选特征具有穿透面或修剪面时该图标才激活，如选取通孔特征、通槽特征、在两个面间拉伸或旋转形成的特征时，该图标才能应用。

2)  **Specify Second Thru Face**（指定第二穿透/修剪面）

该选项用于为所选特征重新定义第二个穿透面或修剪面。只在所选特征具有两个穿透面或修剪面时该图标激活，如选取通槽特征、在两个面间拉伸或旋转形成的特征时，该图标才能应用。

3)  **Specify Tool Placement Face**（指定工具面）

该选项用于为所选的用户自定义特征重新定义工具面。

- **Chang Type**（改变类型）

该选项用于改变所选特征的类型。选择该选项，系统弹出创建所选特征时的对应特征类型对话

框，选择需要的类型，则所选特征的类型改变为新的类型。此选项只有在所选特征为 Holes 或 Slots 等成型特征时才出现。

## 2. 编辑扫描特征参数

这里所讲的扫描特征包括了拉伸特征、旋转特征和沿轨迹扫描特征。这些特征既可通过修改与扫描特征关联的曲线、草图、面和边来编辑，也可通过修改这些特征的特征参数来编辑。编辑这些特征时，其编辑参数对话框类似，如图 3.163 所示。该对话框根据所选特征的不同，会显示不同的选项，对于某些特征，其编辑参数对话框可能只有其中的几个选项。下面介绍一下对话框中各选项的用法。

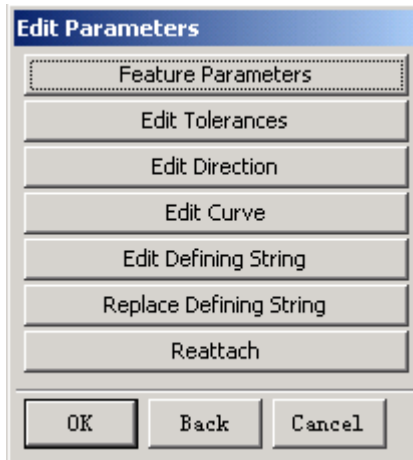


图 3.163 编辑扫描特征参数对话框

- **Feature Parameters (特征参数)**

该选项用于编辑所选特征的特征参数。选择该选项，将弹出参数对话框，该对话框类似于创建该特征时的参数对话框，在对话框中修改相应特征参数即可，则所选特征将按新指定的参数进行修改。

- **Reattach (重新附着)**

该选项用于重新指定所选特征的附着平面，其操作方法和前面介绍的相同。

- **Edit Tolerances (编辑公差)**

该选项用于编辑所选特征的公差。选择该选项，会弹出编辑公差对话框，其中包含了 Chaining Tolerances (链接公差) 和 Distance Tolerances (距离公差) 两个选项。在相应的文本框中修改公差值，则系统会自动修改所选特征的公差。

- **Edit Direction (编辑方向)**

该选项用于编辑所选特征的拉伸方向、旋转方向或扫描方向。选择该选项，会弹出矢量创建对

话框，用户可以创建一矢量方向，作为特征拉伸、旋转或扫描的新方向。

- **Edit Curve**（编辑曲线）

该选项用于编辑与扫描特征相关联的曲线，如截面曲线和引导线等。选择该选项，会弹出如图 4.112 所示的编辑曲线对话框（见 4.4.1 小节）。可按第四章介绍的编辑曲线的方法，编辑与所选特征相关联的曲线。

- **Edit Defining String**（编辑定义曲线）

该选项用于重新定义扫描特征中的截面曲线和引导线。重新定义曲线时，可将某些曲线或边添加到扫描特征的截面曲线或引导线中，也可从扫描特征的截面曲线和引导线中，移去一些曲线或边。

选择该选项，会弹出如图 3.164 所示的添加 / 移去对象对话框。下面介绍一下该对话框中各选项的用法。

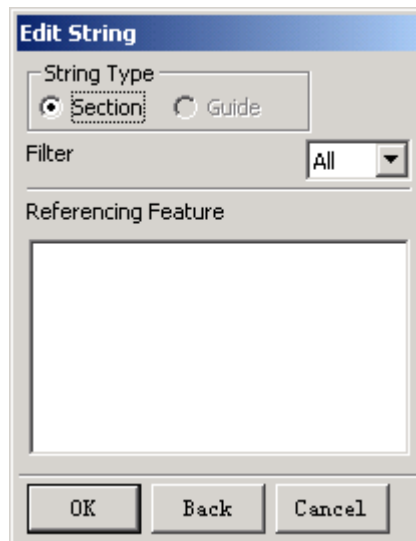


图 3.164 添加 / 移去对象对话框

- 1) **Section**（截面曲线）

该选项用于编辑截面曲线。选择该选项，则所选特征中的截面曲线以高亮度显示。如果所选特征中不同时含有引导线，则系统会自动选择该选项。

- 2) **Guide**（引导线）

该选项用于编辑引导线。选择该选项，则所选特征中的引导线以高亮度显示。

- 3) **Filter**（过滤器）

用于设置所选对象的类型。其中含 **Curve**（曲线）、**Edge**（边）、**Face**（表面）和 **All**（所有）四种类型。

在设置编辑对象的类型和指定选择对象的类型后，可进行添加或移去曲线对象的操作。如果要添加几何对象到截面曲线或引导线中，可在绘图工作区中直接选取要添加的曲线或边。如果要从截面曲线或引导线中移去几何对象，则应先按住 **Shift** 键，再在截面曲线或引导线中选取要移去的曲线或边。

- **Replace Defining String**（替代定义曲线）

该选项是用其它曲线或边，替换扫描特征中的截面曲线或引导线，既可全部替换，也可部分替换。选择该选项，会弹出替代定义曲线对话框，它其实就是图 3.164 对话框的上部。

在进行替换操作时，先在对话框的 **String Type** 选项中设置要编辑曲线的类型：**Section** 或 **Guide** 方式，并在 **Filter** 选项中指定选择对象的类型。然后，按住 **Shift** 键，在截面曲线或引导线中选取要被替换的曲线或边，再在绘图工作区中选取相同数目的曲线或边，则新曲线将替换原截面曲线或引导线中的对应曲线。

图 3.165 所示的就是修改扫描特征截面曲线的图例。

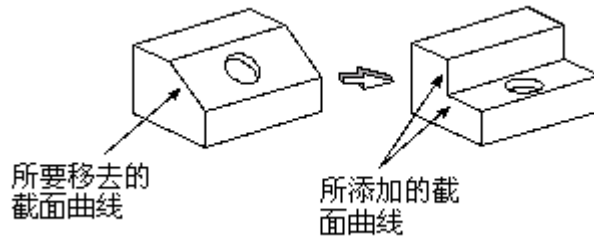


图 3.165 修改截面曲线

### 3. 编辑阵列特征参数

当所选特征为阵列特征时，其编辑参数对话框如图 3.166 所示（有些操作时还有 **Reattach** 按钮）。选择不同的阵列特征，该对话框包含的选项数目可能不同。下面介绍一下该对话框中各选项的用法。

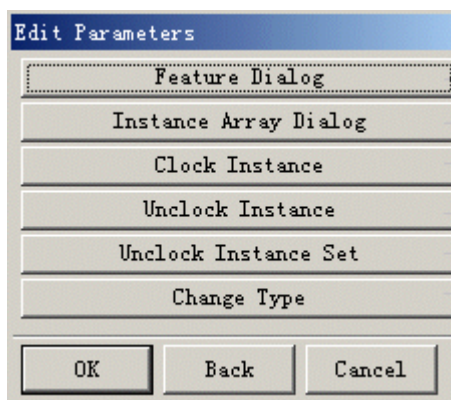


图 3.166 编辑阵列特征参数对话框

- **Feature Dialog**（特征对话框）

该选项用于编辑阵列特征中目标特征的相关参数。选择该选项，会弹出在创建目标特征时的参数对话框，用户可修改目标特征的特征参数值。修改参数后，阵列特征中的目标特征和所有成员均会按指定的参数进行修改。

- **Reattach**（重新附着）

该选项用于改变所选阵列特征的附着平面，可重新附着阵列特征到实体的另一个表面上。选择该选项，弹出附着平面对话框，操作方法与前面介绍的相同。

- **Instance Array Dialog**（阵列对话框）

该选项用于编辑阵列的创建方式、成员的数目与成员间的距离。选择该选项，若选取的目标特征或成员为矩形阵列，则会弹出如图 3.149 所示的矩形阵列特征参数对话框。若选取的目标特征或成员为环形阵列，则会弹出与图 3.152 相似的环形阵列参数对话框，其中多了 **Reference Point**（旋转参考点）和 **Datum Axis**（基准轴）两个选项，它们用于修改环形阵列的旋转轴。修改需要改变的参数值后，则系统按指定的参数修改所选的环形阵列特征。

- **Clock Instance**（更改单一阵列）

该选项用于改变阵列中成员的位置。选择该选项，若所选成员属矩形阵列，则弹出如图 3.167 所示更改矩形阵列成员位置对话框，可在对话框中指定所选成员在 X 方向和 Y 方向的位置增量。若所选取成员为环形阵列，则弹出如图 3.168 所示更改阵列成员位置对话框，可在对话框中指定所选成员的半径和角度增量。完成位置参数的修改后，则所选成员按指定的各增量值改变位置。

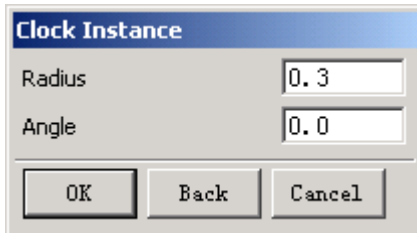


图 3.167 更改矩形阵列成员位置对话框

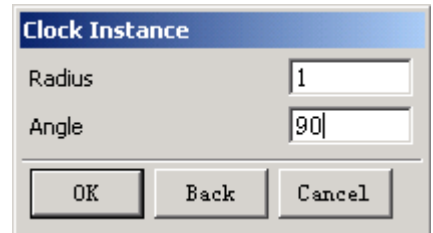


图 3.168 更改环形阵列成员位置对话框

该选项只能修改阵列中成员的位置，而阵列中目标特征的位置则不能用此方法来修改。如果要修改目标特征的位置，则应利用 **Reattach** 选项中的步骤来修改。

- **Unlock Instance**（恢复单一阵列）

该选项使所选阵列成员回复到阵列中的原来位置。只有在所选成员的位置被修改后，才出现该选项。选择该选项，可使所选成员复位。

- **Unlock Instance Set**（恢复全部阵列）

当阵列中有多个阵列成员改变了位置，则对话框中才会出现该选项。选择该选项，可使阵列中所有进行过位置修改的成员，全部回到原来位置。

#### 4. 编辑倒角或偏移表面特征参数

当选择的特征为倒角或偏移表面特征时，其编辑参数对话框如图 3.169 或图 3.170 所示。下面介绍一下其中各选项的用法。

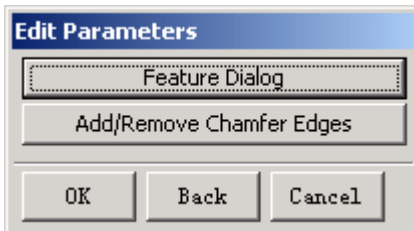


图 3.169 编辑倒角参数对话框



图 3.170 编辑偏移表面参数对话框

- **Feature Dialog**（特征对话框）

该选项用于编辑倒角特征或偏移表面特征参数。选择该选项，会弹出倒角或偏移表面特征创建时的参数对话框，可在对话框中修改相关的参数。

- **Add/Remove Chamfer Edges**（添加或移去倒角边）

该选项用于添加或移去实体上的倒角边。选择该选项，会弹出对象选取对话框，用户可在绘图工作区中选择需要倒角的边或要移去的倒角边。

- Add/Remove Offset Faces (添加或移去偏移表面)

该选项用于添加或移去实体上的偏移表面。选择该选项，会弹出对象选取对话框，如果要添加偏移表面，则用鼠标在绘图工作区选取实体上要偏移的表面即可。如果要移去偏移表面，则先按住 Shift 键，再用鼠标在绘图工作区选取实体上已偏移的表面即可。

图 3.171 所示的就是修改倒角特征的图例。

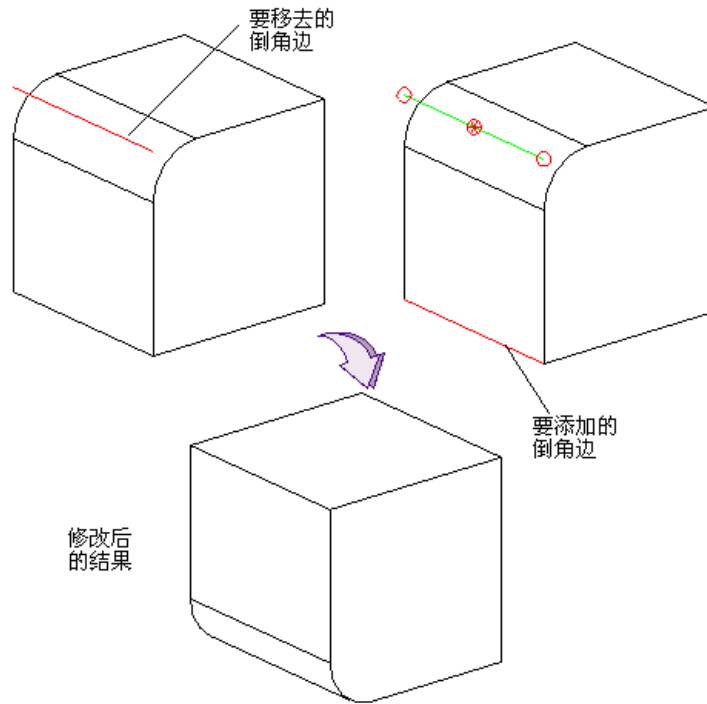



图 3.171 修改倒角特征


## 5. 编辑其它特征参数

该种编辑特征参数中的特征包括薄壳、拔模、螺纹、比例缩放、修补和缝合等特征。其编辑参数对话框就是创建对应特征时的对话框，只是有些选项和图标是灰显的。其编辑方法与创建时的方法相同。

### 3.6.2 编辑定位尺寸

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Edit>Feature>Positioning，系统会弹出与图 3.161 相似的选择特征对话框对话框。用户可在绘图工作区中直接选取特征，或在对话框的特征列表框中选择需要编辑位置的特征。选择特征后，会弹出如图 3.75 所示编辑定位尺寸对话框（见 3.6 小节），同时，所选特征的定位尺寸在绘图工作区中以高亮度显示。用户可以利用定位尺寸对话框来重新定位所选的特征位置。

### 3.6.3 特征移动

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Edit**►**Feature**►**Move**，系统会弹出与图 3.161 相似的选择特征对话框对话框。用户可在绘图工作区中或在对话框的特征列表框中选择需要移动位置的非关联特征。选择特征后，系统会弹出如图 3.172 所示移动特征对话框。对话框中的各选项用于指定移动位置的方法和参数，下面介绍一下各选项的用法。

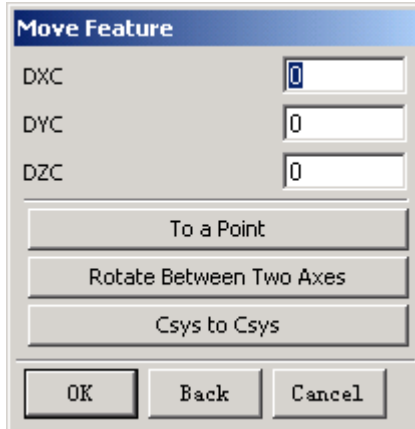


图 3.172 移动特征对话框

#### 1. DXC、DYC 和 DZC（增量值）

这 3 个参数文本框分别用于设置所选特征从原位置沿 X、Y、Z 方向移动的增量值。设置后原特征会按这三个值移动特征。

#### 2. To a Point（到一点）

该选项按从参考点到目标点所确定的方向与距离，将所选特征从原位置移动到目标位置。选择该选项后，会弹出点创建对话框，用户先要指定参考点的位置，再指定目标点的位置即可。

#### 3. Rotate Between Two Axes（两轴间旋转）

该选项按从参考轴到目标轴的角度，绕指定点旋转所选特征到新的位置。选择该选项，会弹出点创建对话框，指定一点后，又弹出矢量创建对话框，先构造一矢量作为参考轴，再构造另一矢量作为目标轴即可。图 3.173 所示的就是这种方式移动特征的图例。

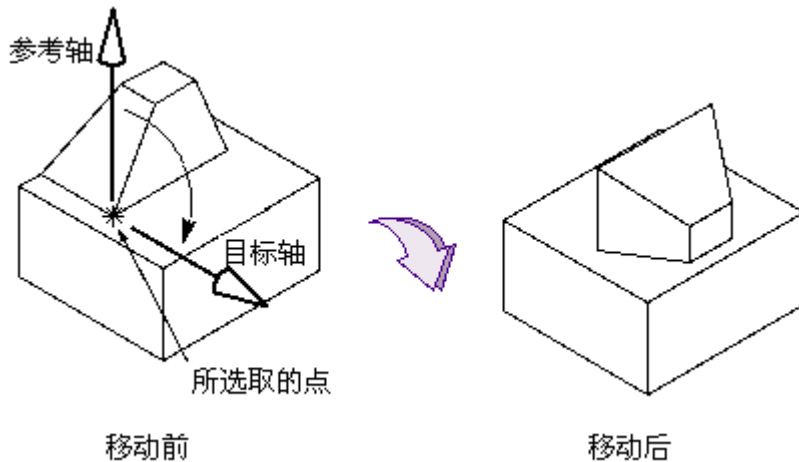


图 3.173 两轴间旋转移动特征

#### 4. Csys to Csys (坐标系到坐标系)

该选项是将所选特征，从参考坐标系中的相对位置转到目标坐标系中的同一位置。选择该选项，会弹出坐标系创建对话框，用户先构造一坐标系作为参考坐标系，再构造另一坐标系作为目标坐标系即可。

在指定移动特征位置的方法后，则所选特征会按指定位置进行更新。但以上 4 种移动特征的方法，不能移动用定位尺寸约束过的特征。

#### 3.6.4 重新排序

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Edit**►**Feature**►**Reorder**，系统会弹出如图 3.174 所示的调整特征顺序对话框。

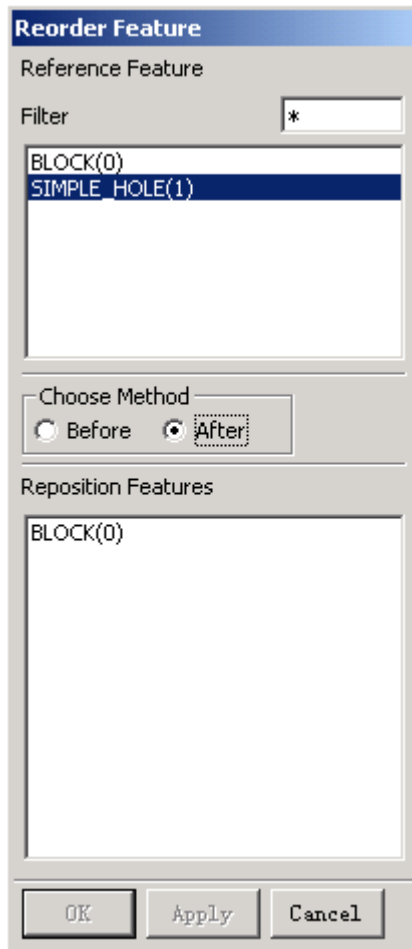


图 3.174 调整特征顺序对话框

编排特征顺序时，先在对话框上部的特征列表框中选择一个特征，作为特征重新排序的基准特征，此时在下部重排特征列表框中，列出可按当前的排序方式调整顺序的特征。再选择 **Before** 或 **After** 设置排序方式，然后从重排特征列表框中，选择一个要重新排序特征即可，则系统会将所选特征重新排到基准特征之前或之后。下面介绍一下对话框中各选项的用法。

### 1. Reference Feature（基准特征选项组）

该选项组包含了 **Filter**（过滤器）和基准特征列表框两个选项。基准特征列表框用于显示实体中满足过滤条件的所有特征。可在该列表框中选择需要的特征作为基准特征，也可在绘图工作区中选择需要的特征作为基准特征。

### 2. Choose Method（重排方式）

该选项用于指定特征排序的方法。包含 **Before** 与 **After** 两个选项。

- **Before**（基准特征之前）

该选项用于指定要重新排序的特征位于基准特征之前。

- **After**（基准特征之后）


该选项用于指定要重新排序的特征位于基准特征之后。

### 3. Reposition Features（重新排序特征列表框）

该特征列表框中显示的特征是在选择基准特征后，系统根据设置的重排方式（**Before** 或 **After**）自动推理的，即只有这些特征才可以排在所选基准特征之前或之后。用户可在重排特征列表框中，单击要重新排序的特征名称，也可在绘图工作区中选择要重新排序的特征。

### 3.6.5 删除特征



在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Edit**►**Feature**►**Delete**，系统会弹出与图 3.174 相似的删除特征对话框。对话框上部的特征列表框中，列出了模型中满足过滤条件的所有特征，下部为已选特征列表框。删除特征时，可在绘图工作区中或在对话框的特征列表框中，选择一个或多个需要删除的特征，所选特征会显示在已选特征列表框中，系统会将所选特征从模型中删除。下面介绍一下对话框中列表框和选项的用法。

#### 1. Filter（过滤器）

过滤器用于限制特征列表框中所列特征的名称。可在过滤器文本框中输入通配符“\*”和“?”。“\*”表示特征名称中任意多个字符，如果只有星号，则列出模型中所有特征的名称。“?”表示特征名称中的单个字符。例如：“S\*”表示在特征列表框中，列出所有以“S”开头的特征名称；而“S?”表示在特征列表框中，列出所有以“S”开头的，2个字符的特征名称。

#### 2. 特征列表框

该列表框用于列出当前模型中由过滤器指定的所有特征的名称。可在该列表框中选择需要删除的特征名称，所选特征会自动显示在已选特征列表框中。

#### 3. List Dependents（显示相关特征）

选取该选项，则选择某特征后，其相关特征会自动被选取。

#### 4. Selected Features（已选特征）

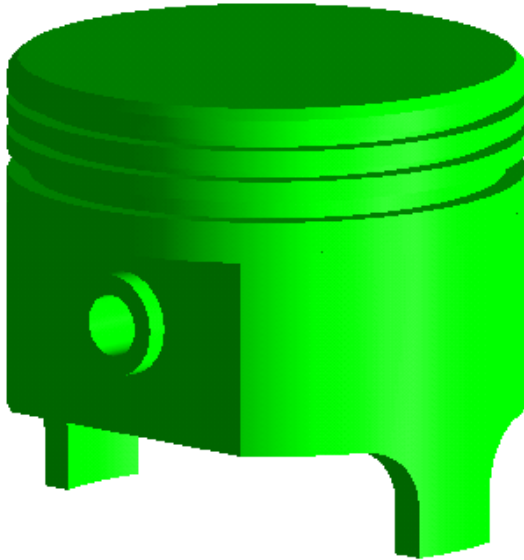
已选特征列表框用于列出需要删除的特征名称。当在绘图工作区中或在特征列表框中选择特征时，所选特征的名称会自动显示在该列表框中。如果要放弃删除某个已选特征，可在该列表框中单



击不想删除的特征名称，则所选特征将从该列表框中移出。

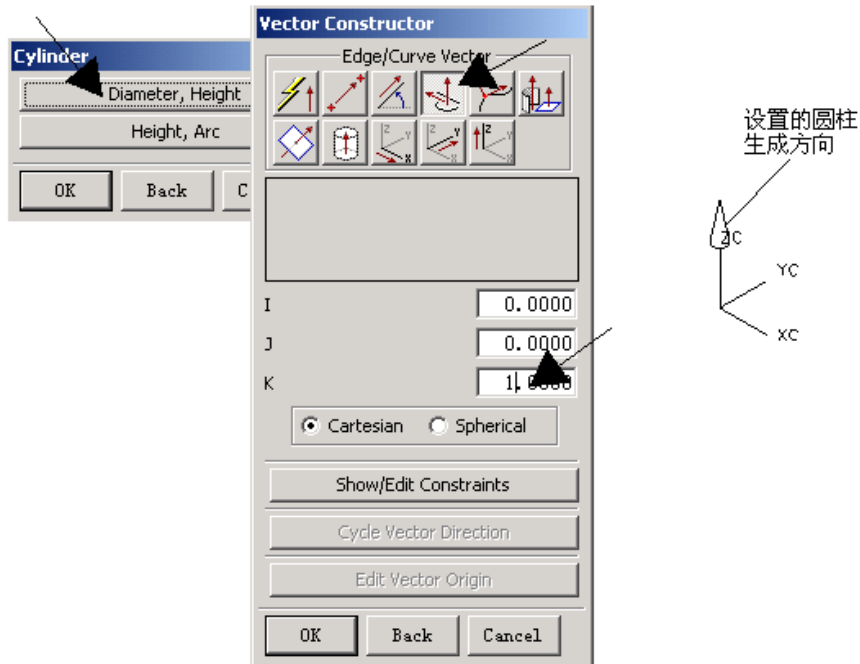
当在绘图工作区中选择特征时，可用鼠标直接选择，如果要放弃选择的特征，可先按住 **Shift** 键，再用鼠标点取已选择的特征。在选择要删除的特征以后，在已选特征列表框中的所有特征将全部被删除。

### 3.7 综合范例

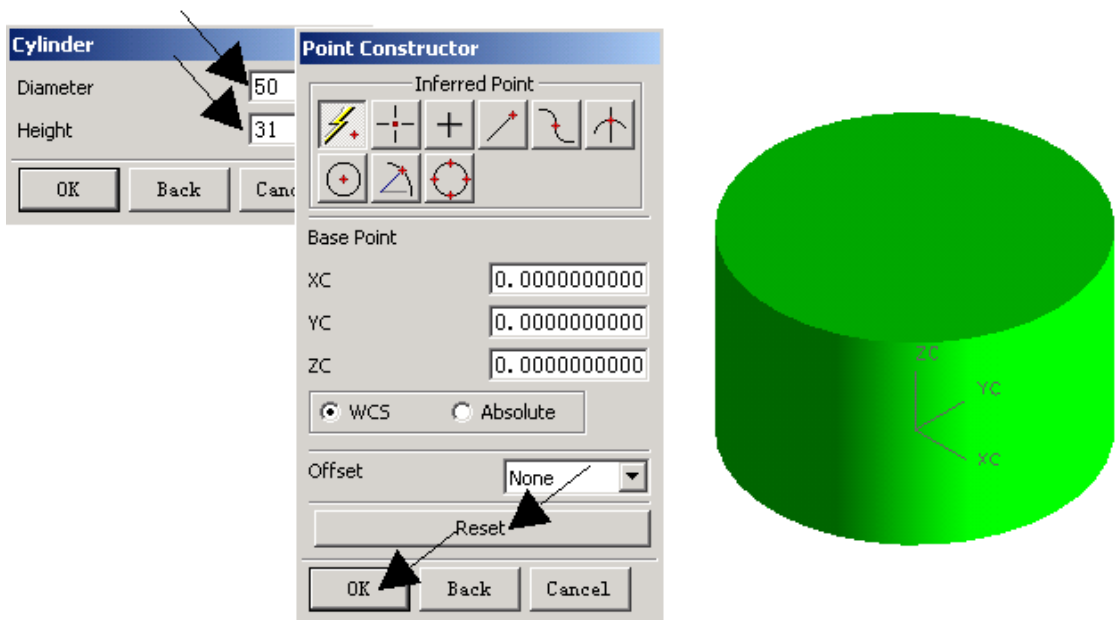
在本小节里，将介绍一个比较复杂的发动机活塞零件的建模过程，其中涉及到了许多在前面章节中已经介绍过的一些 UG 的功能操作，希望通过这个范例的制作，能加深读者对三维实体建模模块操作过程的理解。




1) 首先创建零件的基本圆柱实体。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Cylinders**，在弹出的柱体对话框中选取 **Diameter Height** 选项。在弹出的矢量创建对话框中，选取  方式，并设置参数 **k** 文本框为 **1**，即创建了一个 **ZC** 方向的矢量。

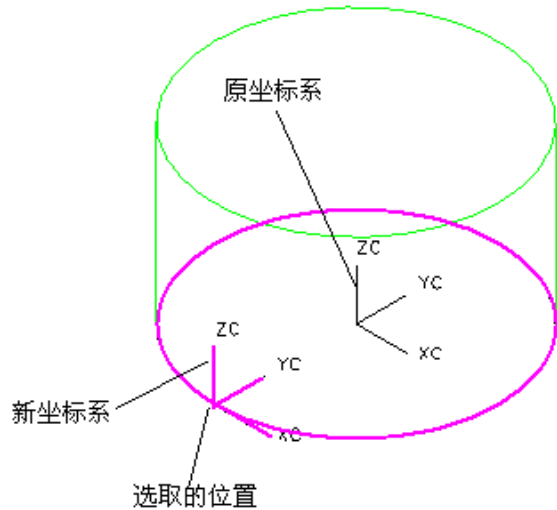
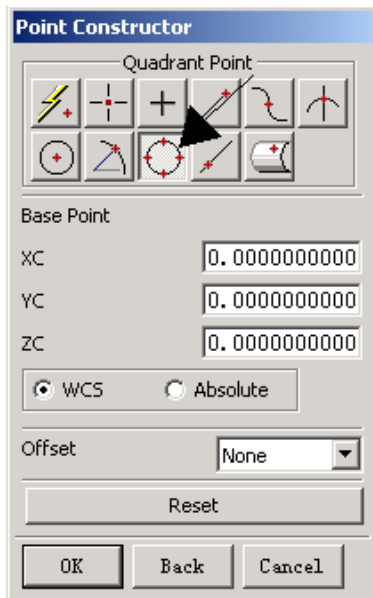


2) 在圆柱参数对话框中，设置 Diameter 为 50，设置 Height 为 31。在随后弹出的点创建对话框中，选择 Reset 选项，即设置坐标系原点为圆柱中心点，单击 OK 按钮，系统就会在制定位置，按设置的参数创建一个柱体。

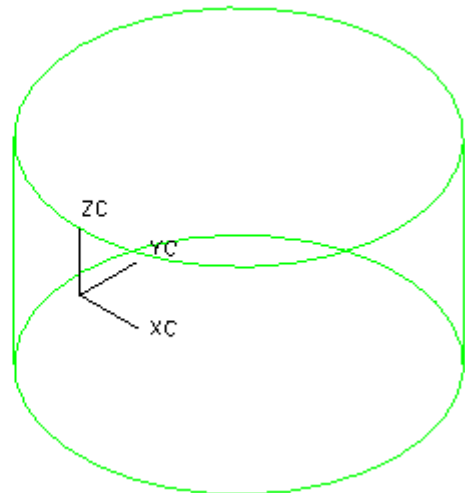
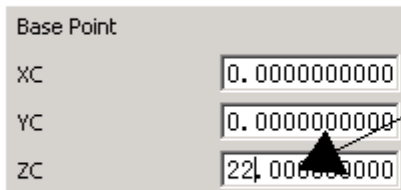


3) 接着要进行坐标系的移动以创建一个矩形。选择菜单命令 WCS>Origin，在弹出的点创建对

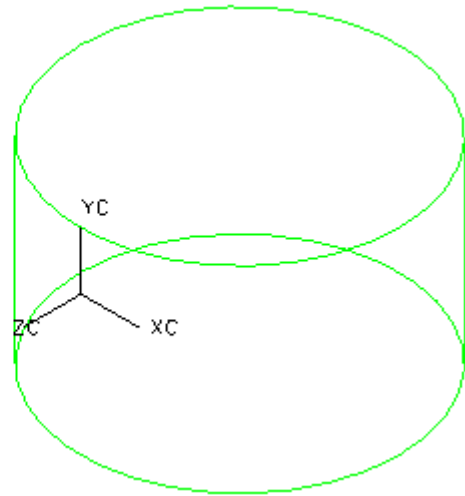
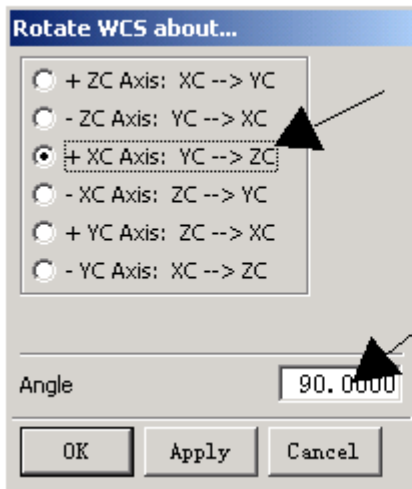
话框中选择  选项，再选取圆柱底面的圆弧边，此时坐标系就会移动到圆柱底面的边界上。




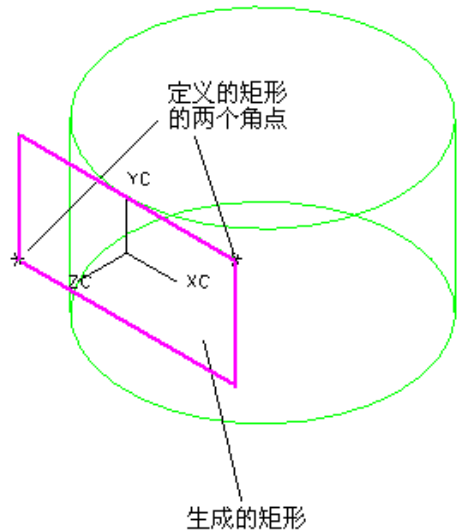
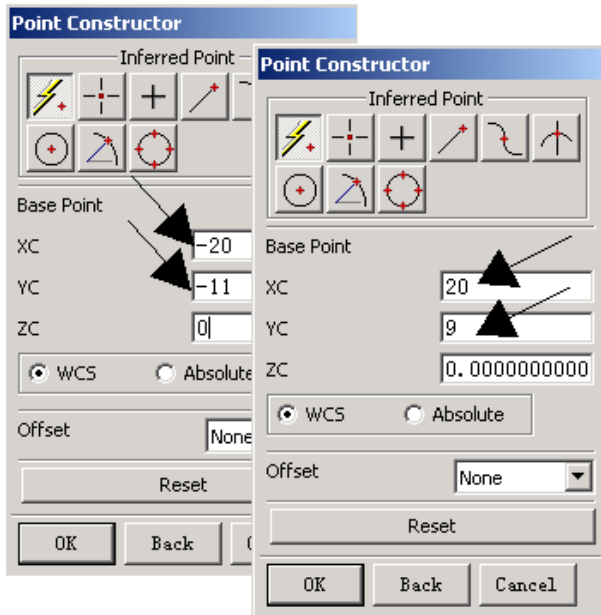
4) 然后，在点创建对话框的 ZC 文本框中输入 22，单击 OK 后，坐标系就会再沿 ZC 轴的正向，移动设置的距离值。




5) 选择菜单命令 **WCS**►**Rotate**，在弹出的对话框中选择 **+XC Axis: YC-->ZC** 选项，并在 **Angle** 文本框中输入 90，单击 **OK** 按钮后，系统就会按指定的设置旋转坐标系。

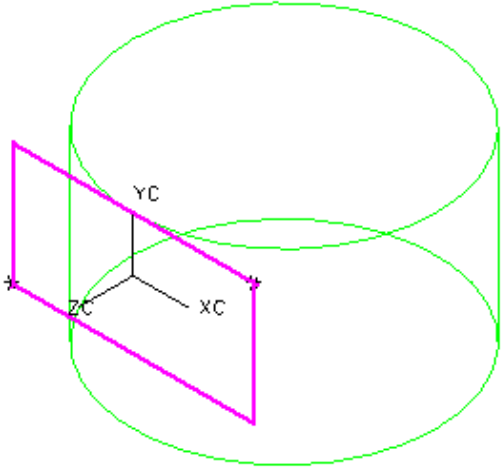
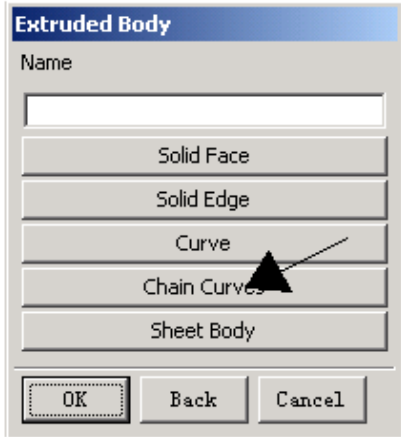


6) 完成坐标系的移动后，就可以创建矩形了。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert>Curve>Rectangle**，系统会弹出点创建对话框。设置矩形第一个角点的坐标是 (-20, 11, 0)，单击 OK 按钮，再设置第二个角点的坐标是 (20, 9, 0)，再单击 OK 按钮，这样系统将按设置的参数创建一个矩形。

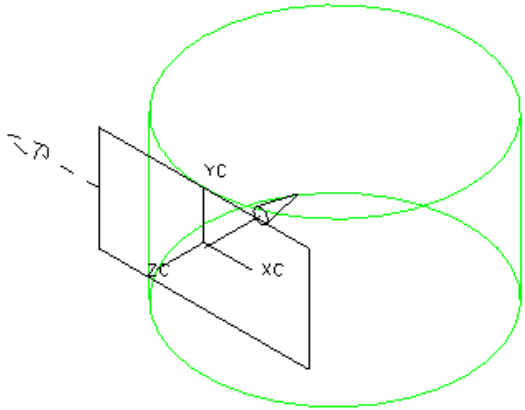
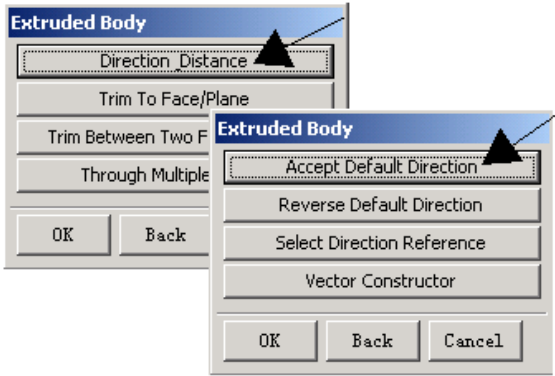


7) 创建矩形后，在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert>Form Feature>Extrude**，弹出对象选取对话框后，选取刚创建的矩形作为操作对象。用户可以选取 Chain Curve 选项，然后选中

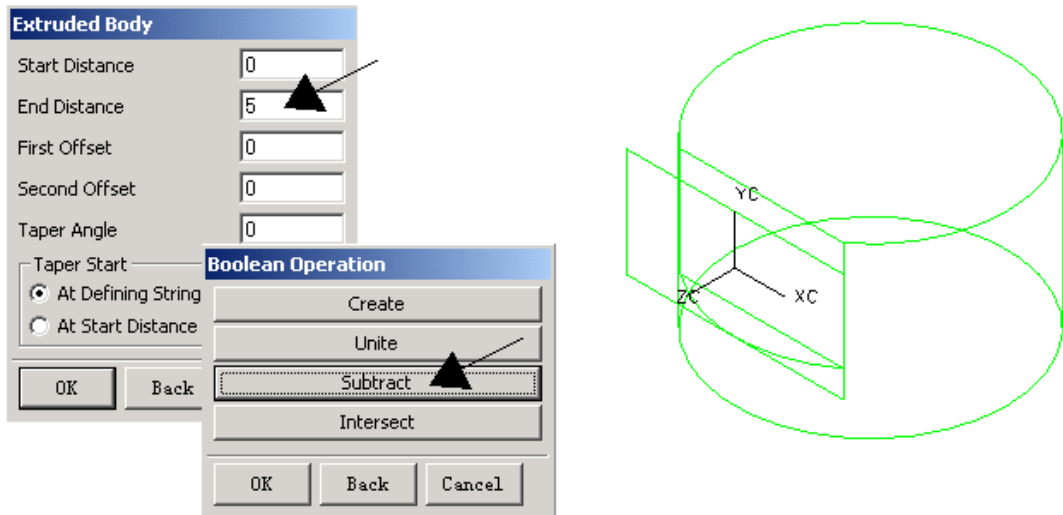
矩形的一条边，两次单击 OK 按钮后，系统就会自动选中整个链接曲线，这样操作是比较方便的一种方法。



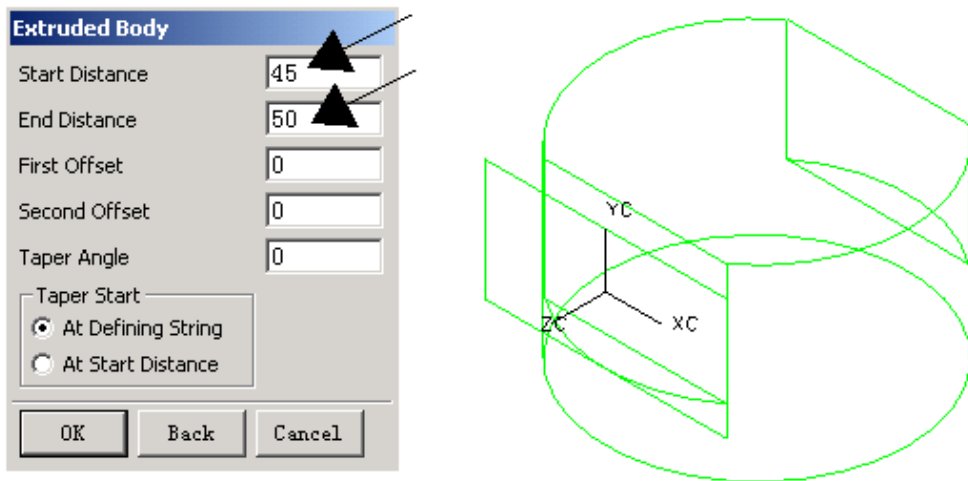
8) 选取操作对象后，系统会弹出拉伸方式对话框，选取其中的 Direction\_Distance 选项，再在随后弹出的对话框中选取 Accept Default Direction 选项，接受系统省缺的拉伸方向。



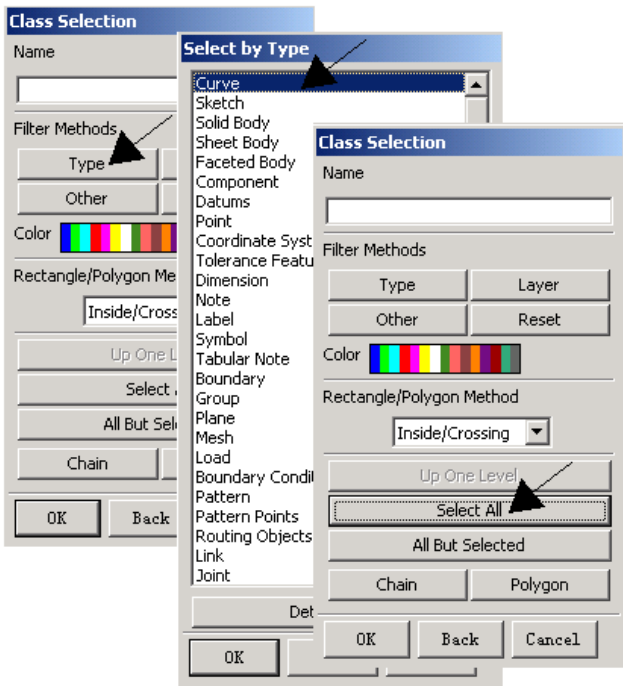
9) 确定了拉伸方向后，会弹出拉伸参数对话框，设置 End Distance 文本框的值为 5，单击 OK 按钮，又会弹出布尔操作对话框，选取 Subtract 选项，单击 OK 按钮后，系统就会按设置进行拉伸操作，在圆柱体上减去与拉伸平面相交的部分。






10) 再重复步骤 7 到步骤 9 的拉伸操作过程，只是在设置拉伸参数时，在 Start Distance 文本框中输入 45，在 End Distance 文本框中输入 50。此时系统会按设置在圆柱的另一边减去一部分与拉伸平面相交的实体。

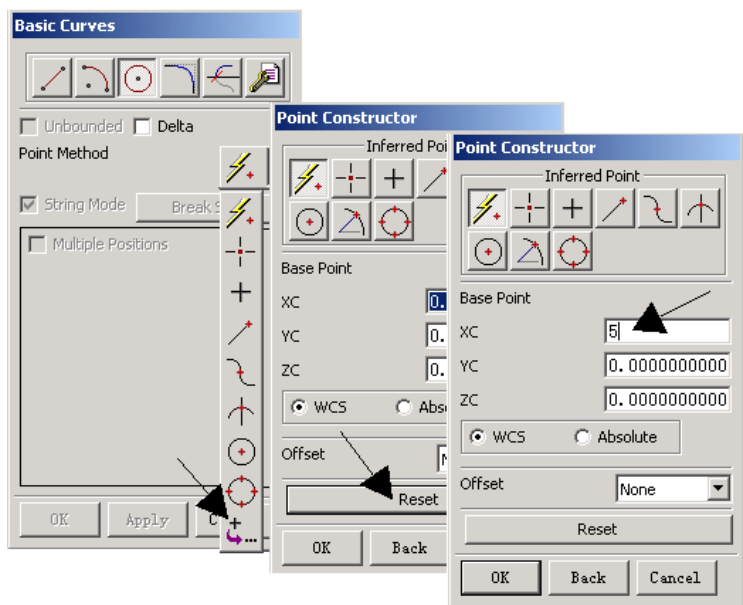



11) 为了后续操作的方便，现在将创建的矩形辅助平面隐藏起来。选择菜单命令 Edit►Blank►Blank，在弹出的对象选取对话框中，选取 Type 选项。在随后弹出的类型对话框中，从列表框中选取 Curve 选项。单击 OK 按钮后，又返回到对象选取对话框，此时选取 Select All 选项，单击 OK 按钮后，系统会自动选取矩形，并将它隐藏，不在显示出来。

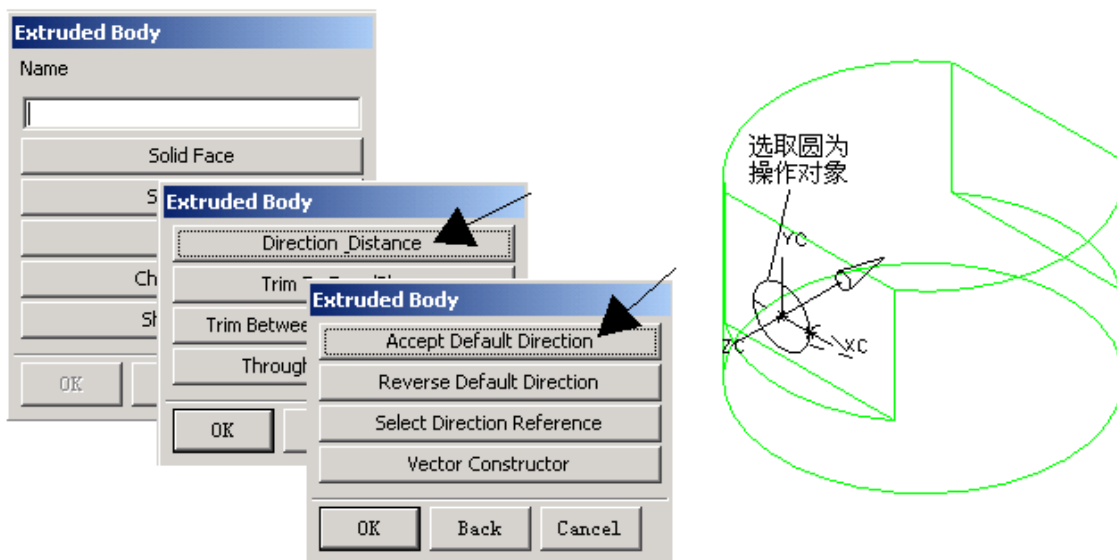


12) 接下来要创建活塞上的圆形孔。选择工具栏图标  或菜单命令 **Insert** > **Curve** > **Basic**

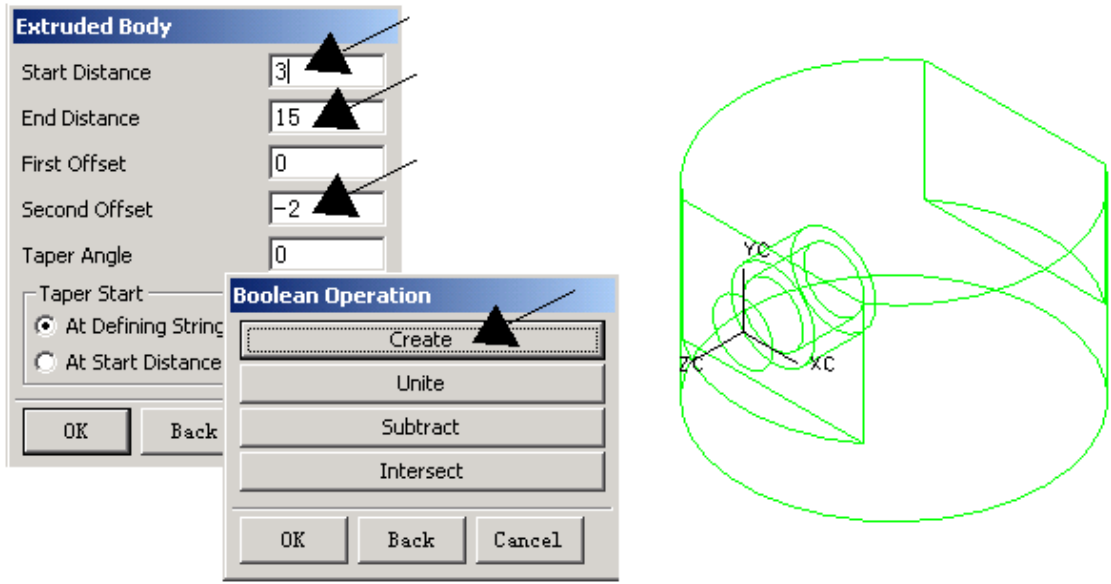
**Curves**，在 **Basic Curve** 对话框中选择圆形图标 ，在圆功能中的点创建选项中选择  图标。在随后弹出的点创建对话框中，选取 **Reset** 选项，设置原点为圆心，接着再在点创建对话框的 **XC** 文本框中输入 **5**，设置圆的半径。单击 **OK** 按钮，系统就会按设置的参数生成圆



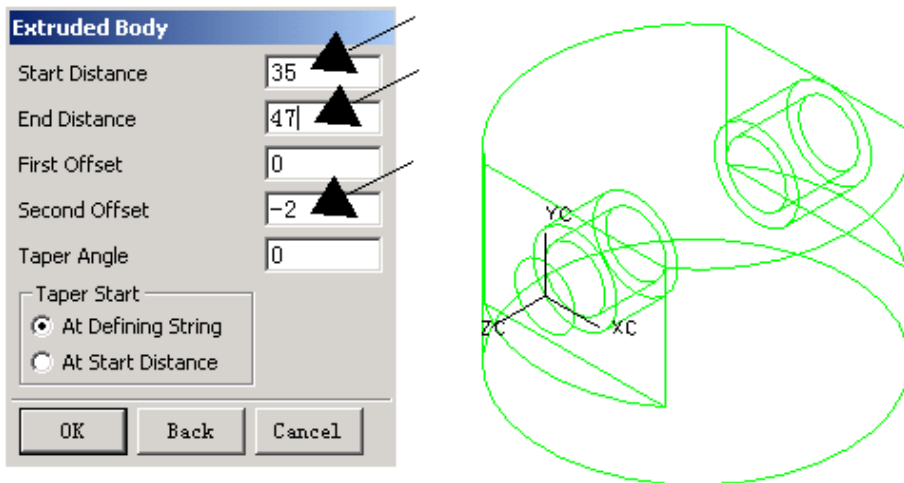
13) 创建圆后，在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Extrude**，弹出对象选取对话框时，选取刚创建的圆形作为操作对象。单击 **OK** 按钮，在弹出的拉伸方式对话框中选取 **Direction\_Distance** 选项，再在随后弹出的对话框中选取 **Accept Default Direction** 选项，接受系统省缺的拉伸方向。



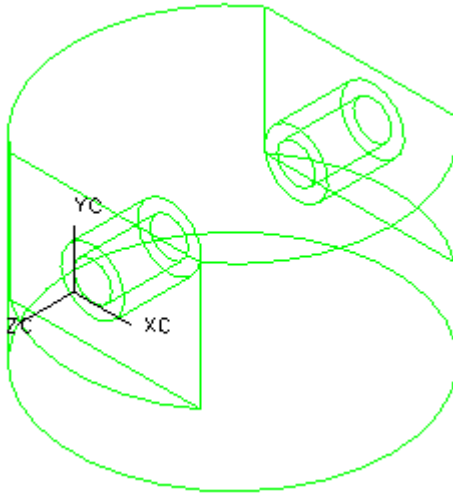
14) 确定了拉伸方向后，会弹出拉伸参数对话框，在 **Start Distance** 文本框中输入 3，在 **End Distance** 文本框中输入 15，在 **Second Offset** 文本框中输入 -2。单击 **OK** 按钮，又会弹出布尔操作对话框，选取 **Create** 选项，单击 **OK** 按钮后，系统就会按设置进行拉伸操作，在圆柱体生成拉伸特征。






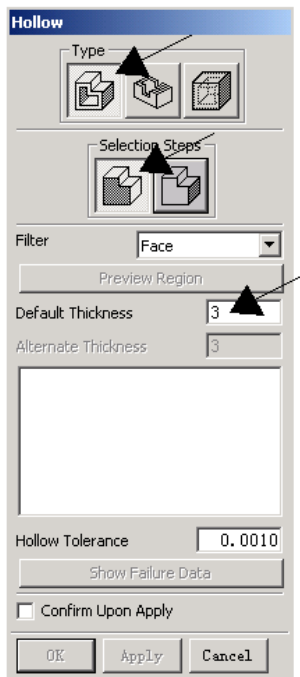
15) 再重复步骤 13 和步骤 14 的拉伸操作过程，只是在设置拉伸参数时，在 Start Distance 文本框中输入 35，在 End Distance 文本框中输入 47，在 Second Offset 文本框中输入-2。此时系统就会按设置进行拉伸操作，在圆柱体的另一边生成拉伸特征。



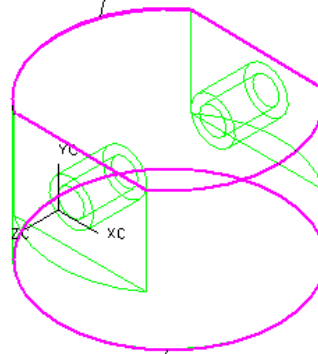
16) 接下来按照步骤 11 的操作方法，将步骤 12 中创建的圆形隐藏起来。




17) 创建了圆形拉伸特征后，要进行的是薄壳操作。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert>Feature Operation>Hollow**，在弹出的薄壳对话框中选择  薄壳类型。再在第一个操作步骤  下，分别选取圆柱的下表面和上表面为第一和第二贯穿平面。并在 **Default Thickness** 文本框中，设置薄壳厚度为 3。

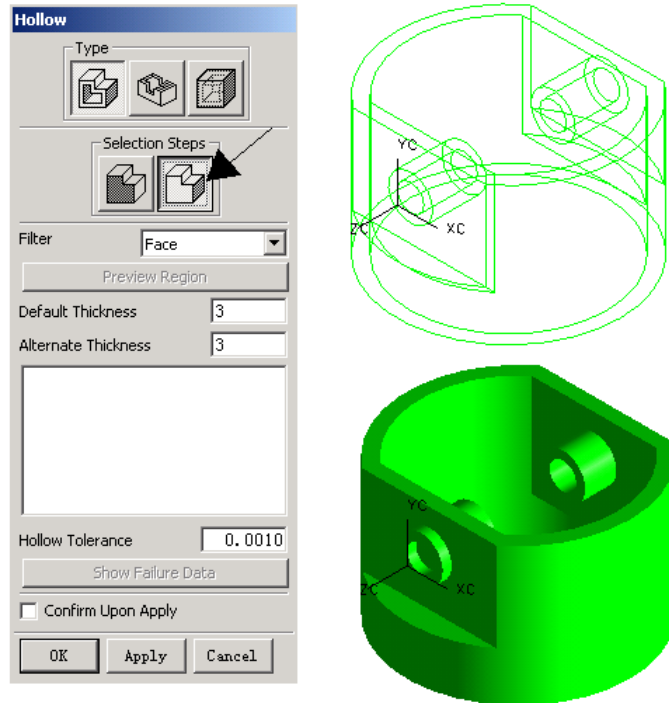


第二次选取的贯穿面

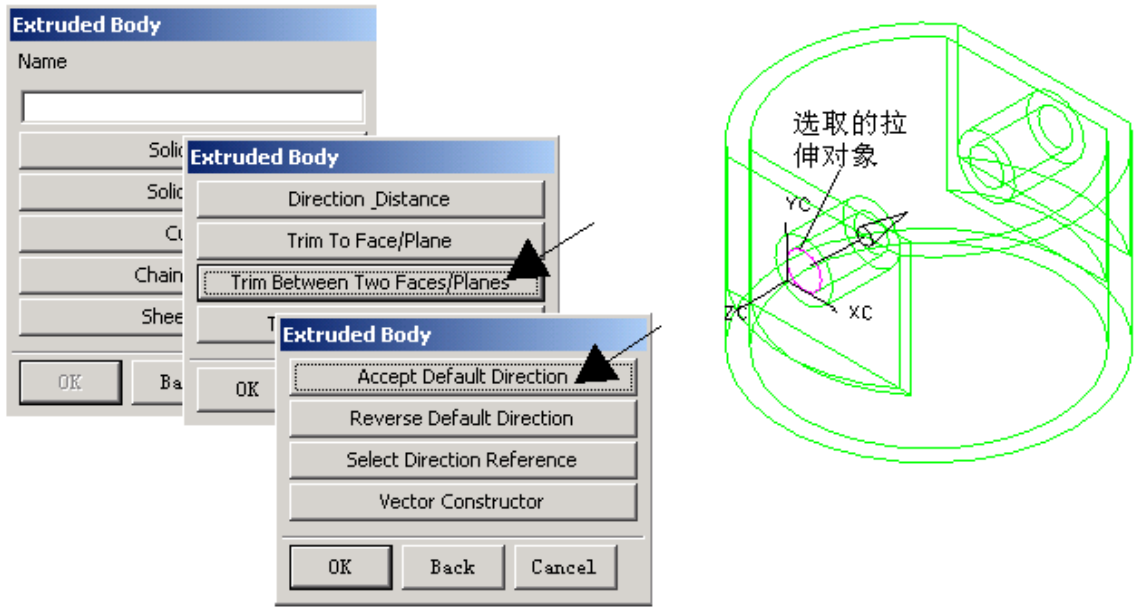


第一次选取的贯穿面

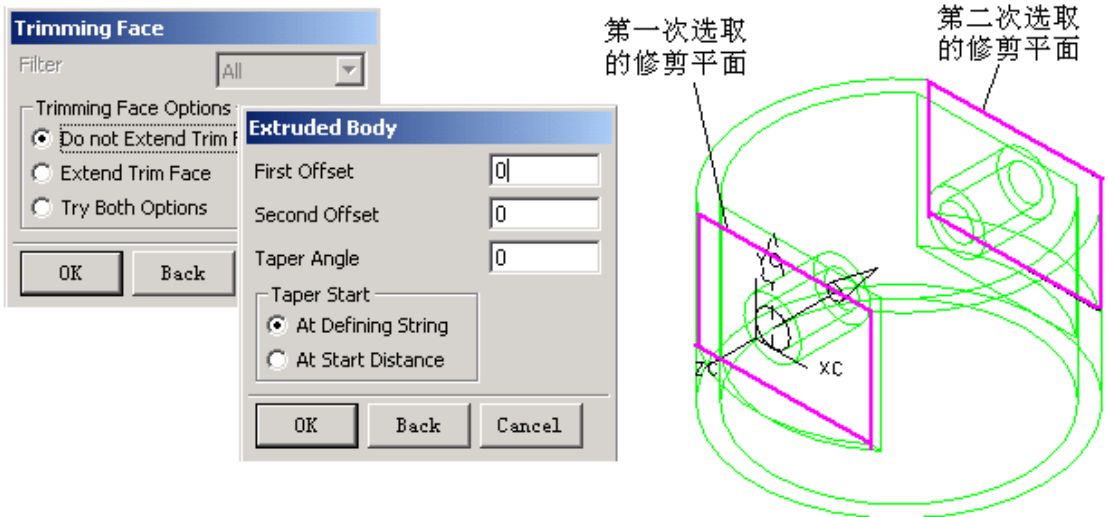
18) 再在薄壳对话框中选择第二个操作步骤，接受此时系统的省缺设置。单击 OK 按钮，系统就会按设置生成薄壳特征



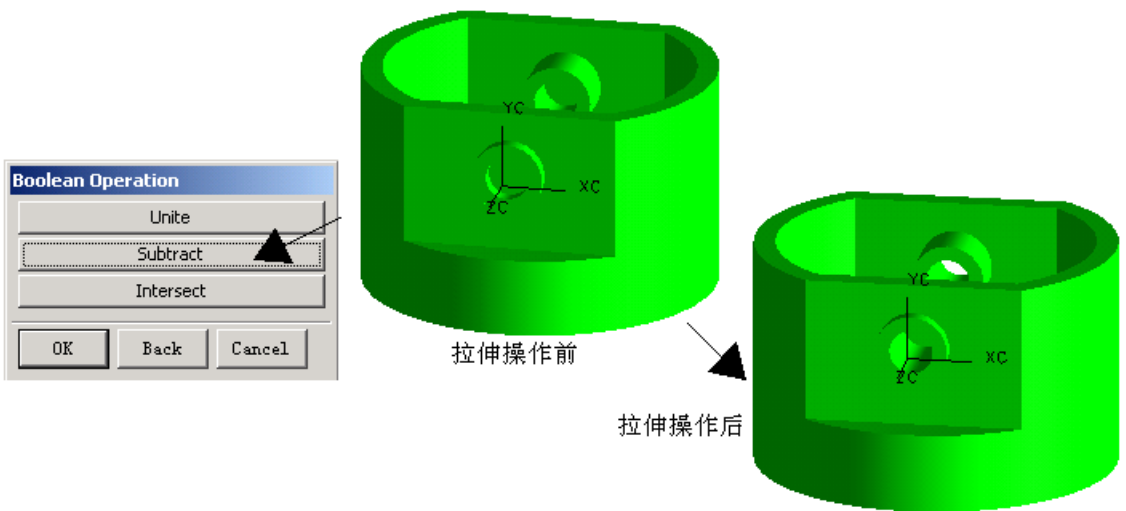
19) 薄壳操作后，在工具图标栏中单击或选择菜单命令 Insert>Form Feature>Extrude，在弹出对象选取对话框后，选取创建的圆形拉伸特征的内圆作为操作对象。单击 OK 按钮，在弹出的拉伸方式对话框中选取 Trim Between Two Face/Planes 选项，再在随后弹出的对话框中选取 Accept Default Direction 选项，接受系统省缺的拉伸方向。




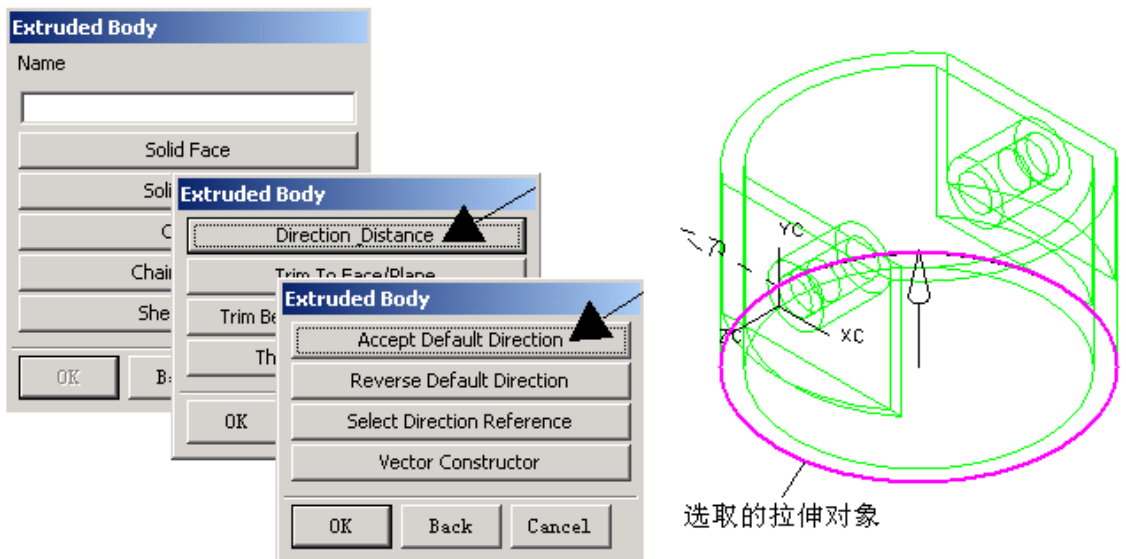
20) 接着在弹出的修剪平面对话框中，先后选取矩形拉伸特征的左、右两个表面作为修剪平面。单击 OK 后，在弹出的拉伸参数对话框中接受省缺设置，再单击 OK 按钮。



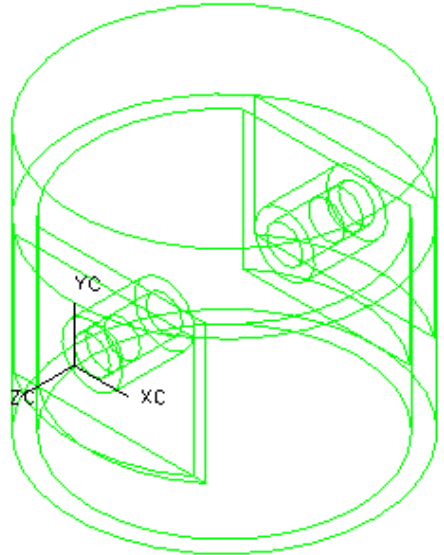
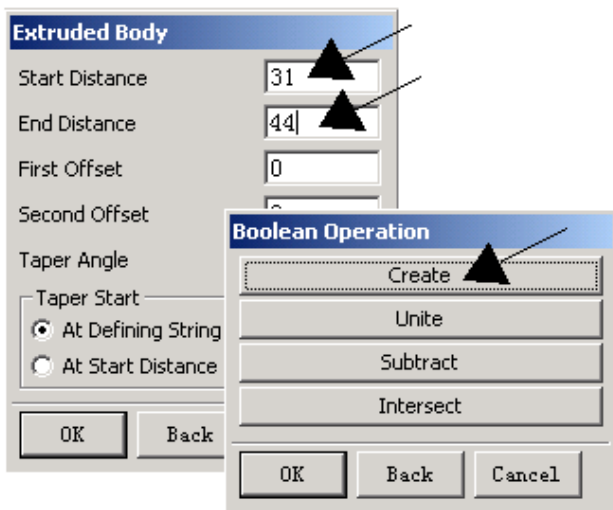
21) 在弹出的布尔操作对话框中，选择 Subtract 选项，单击 OK 按钮，系统就会按设置的修剪平面，来拉伸选取的圆形，生成通孔特征。




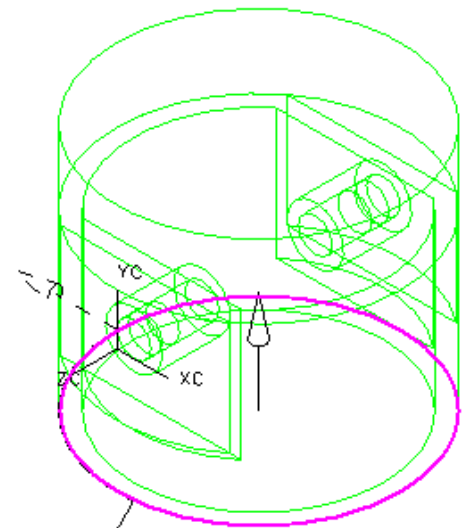
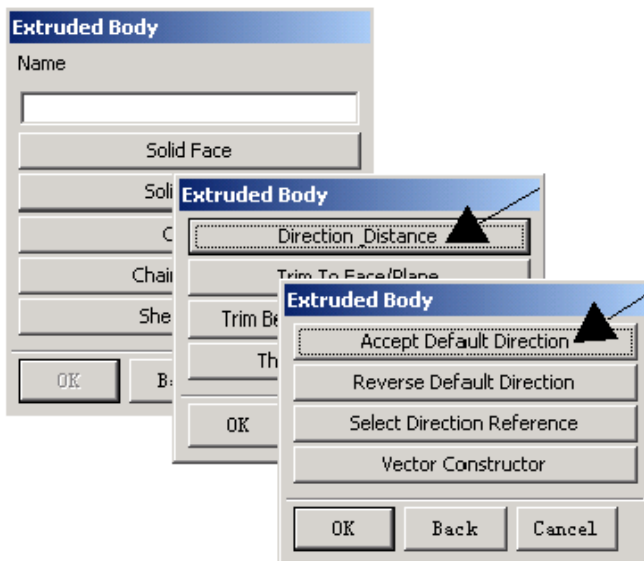
22) 接下来要创建底圆的拉伸特征。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Extrude**，弹出对象选取对话框时，选取底圆作为操作对象。单击 **OK** 按钮，在弹出的拉伸方式对话框中选取 **Direction\_Distance** 选项，再在随后弹出的对话框中选取 **Accept Default Direction** 选项，接受系统省缺的拉伸方向。



23) 确定了拉伸方向后，会弹出拉伸参数对话框，在 **Start Distance** 文本框中输入 31，在 **End Distance** 文本框中输入 44。单击 **OK** 按钮，又会弹出布尔操作对话框，选取 **Create** 选项，单击 **OK** 按钮后，系统就会按设置进行拉伸操作，在圆柱体上方生成底圆的拉伸特征。



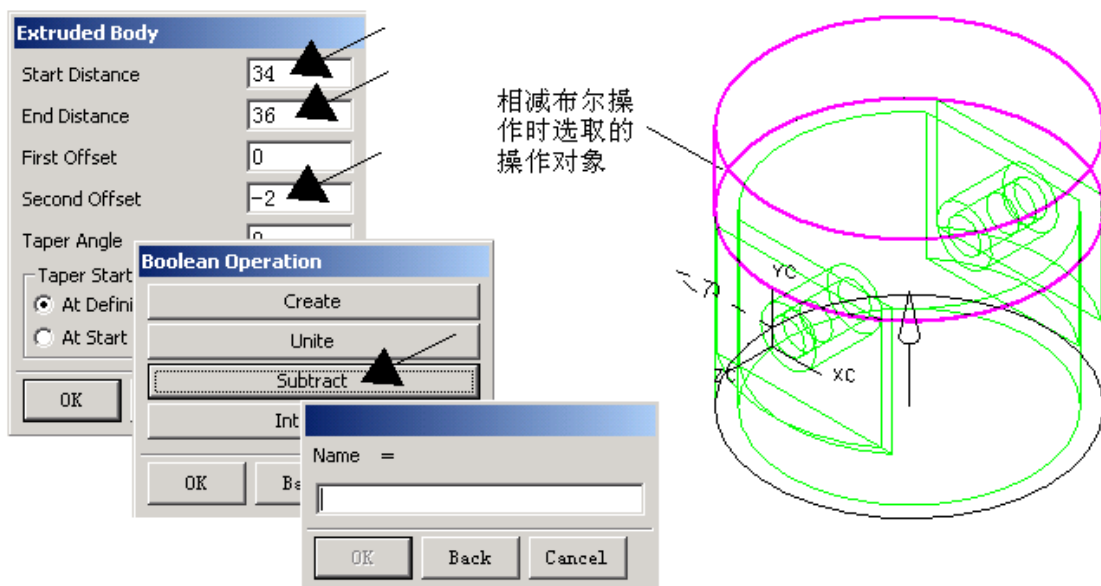
24) 下面要创建活塞上的卡环槽特征，也是利用拉伸操作来实现。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Extrude**，弹出对象选取对话框时，选取底圆作为操作对象。单击 **OK** 按钮，在弹出的拉伸方式对话框中选取 **Direction\_Distance** 选项，再在随后弹出的对话框中选取 **Accept Default Direction** 选项，接受系统省缺的拉伸方向。



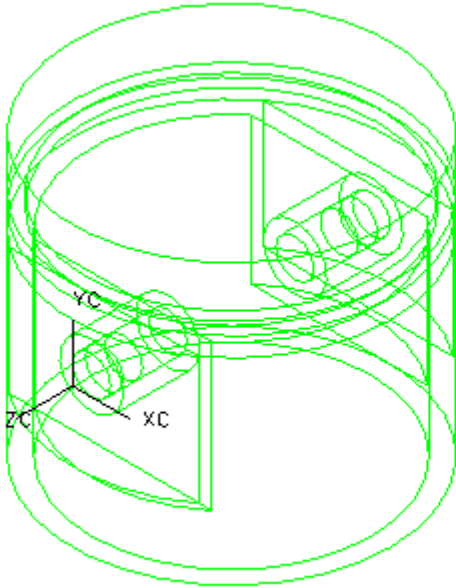
选取的拉伸对象

25) 确定了拉伸方向后，会弹出拉伸参数对话框，在 **Start Distance** 文本框中输入 34，在 **End**

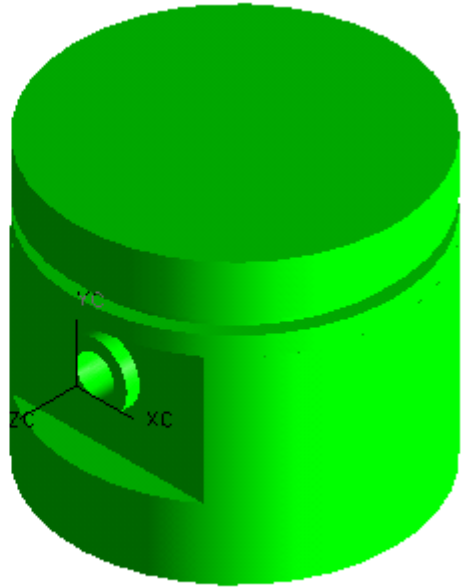
Distance 文本框中输入 36，在 Second Offset 文本框中输入-2。单击 OK 按钮，又会弹出布尔操作对话框，选取 Subtract 选项。单击 OK 按钮后，会弹出相减操作对象选取对话框，此时选取刚创建的底圆拉伸特征为操作对象。



26) 选取操作对象后，系统就会按设置参数进行拉伸操作，在底圆拉伸特征上生成一道卡环槽。

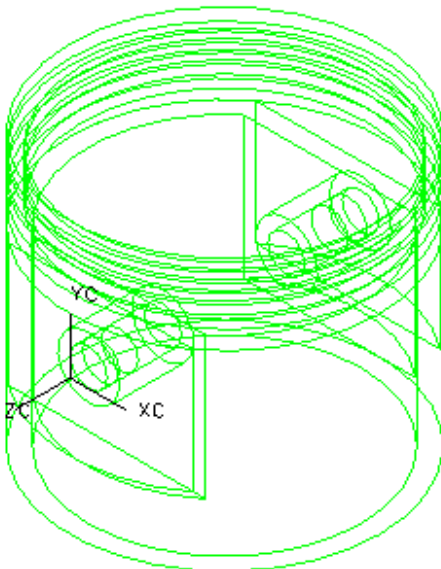


线框图

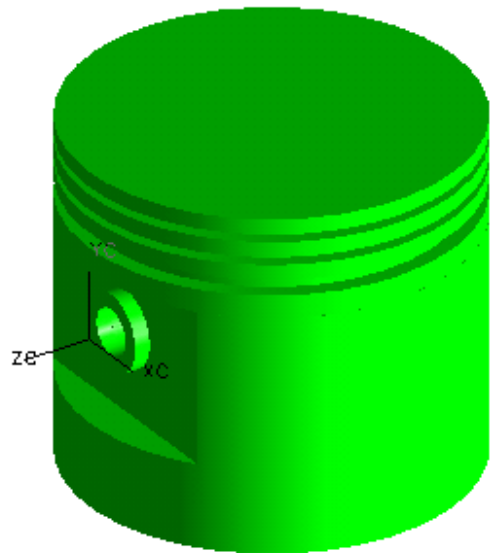


渲染图


27) 按照步骤 24 到步骤 26 的操作过程, 再创建两道卡环槽。只是在设置拉伸参数时, 分别在 Start Distance 文本框和 End Distance 文本框中输入 38、39 和 41、42。这样系统就按设置参数又创建了两道卡环槽。

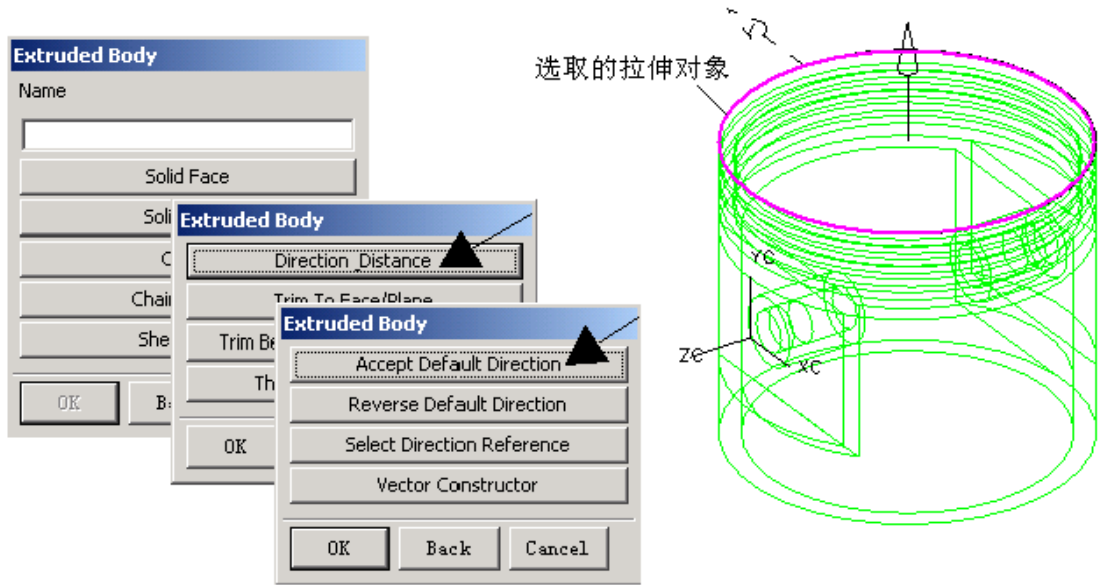


线框图

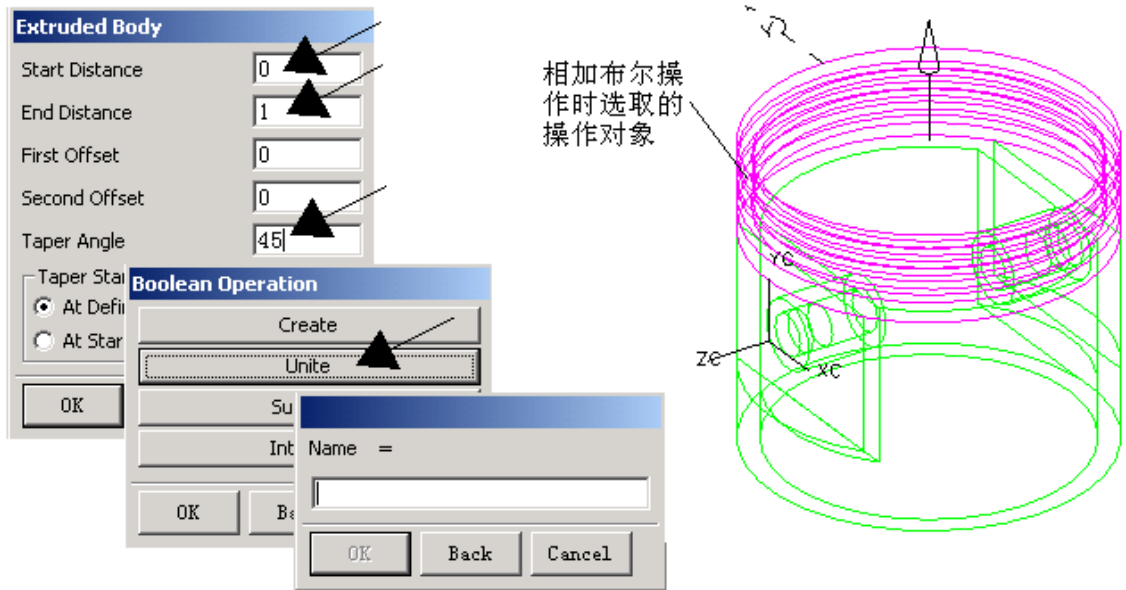


渲染图

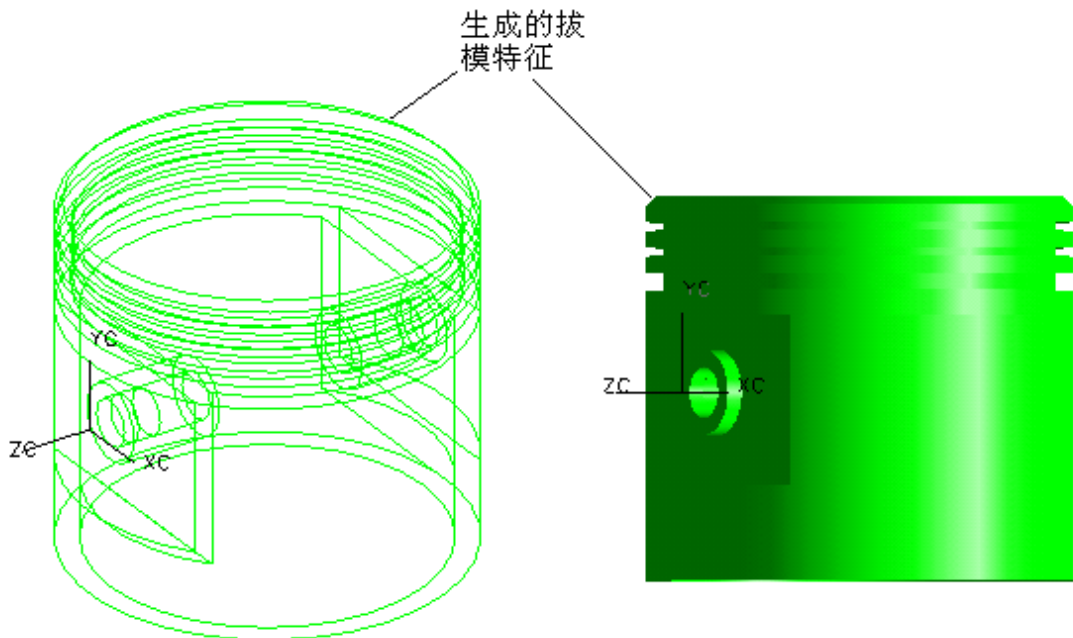
28) 下面创建活塞的顶部拔模特征。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Extrude**，弹出对象选取对话框时，选取顶圆作为操作对象。单击 **OK** 按钮，在弹出的拉伸方式对话框中选取 **Direction\_Distance** 选项，再在随后弹出的对话框中选取 **Accept Default Direction** 选项，接受系统省缺的拉伸方向。




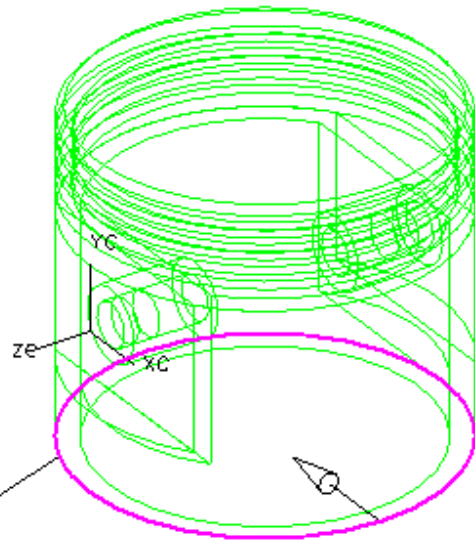
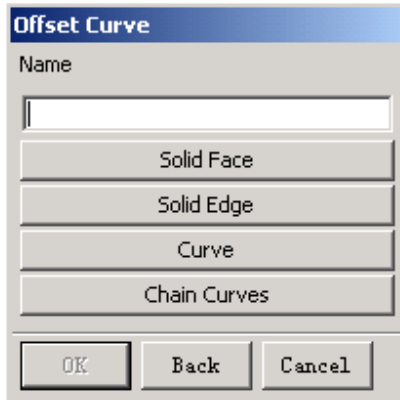
29) 确定了拉伸方向后，会弹出拉伸参数对话框，在 **Start Distance** 文本框中输入 0，在 **End Distance** 文本框中输入 1，在 **Taper Angle** 文本框中输入 45。单击 **OK** 按钮，又会弹出布尔操作对话框，选取 **Unite** 选项。单击 **OK** 按钮后，会弹出相加操作对象选取对话框，此时选取创建的底圆拉伸特征为操作对象。



30) 选取操作对象后，系统就会按设置参数进行拉伸并带拔模的操作，在底圆拉伸特征上方创建了一个 45 度的拔模特征。

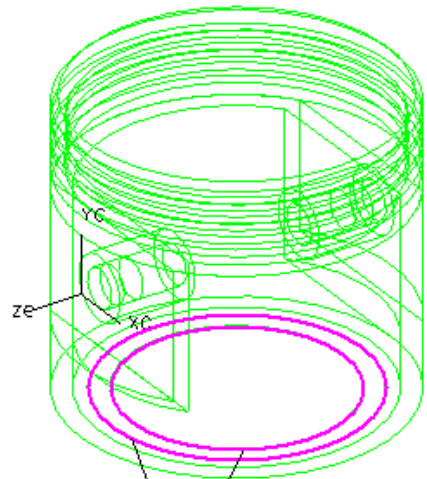
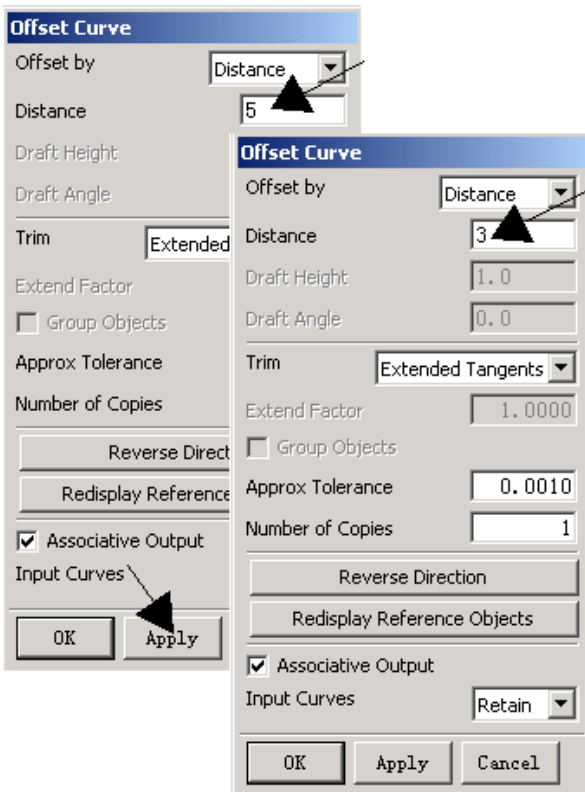


31) 接下来创建底圆的偏移特征。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert>Curve Operation>Offset，在弹出对象选取对话框后，选取底圆为偏移对象，单击 OK 按钮。




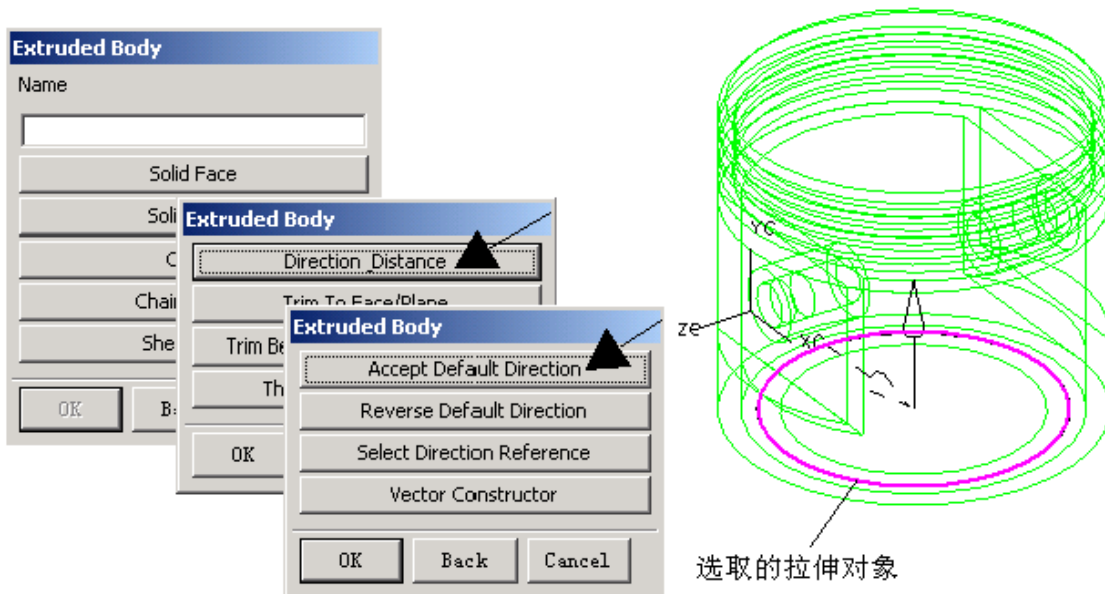
选取的偏移对象

32) 在弹出的偏移参数对话框中，设置 Distance 值为 5，单击 Apply 按钮。再设置 Distance 值为 3，单击 OK 按钮。则系统就会按指定参数创建两条底圆的偏移曲线。

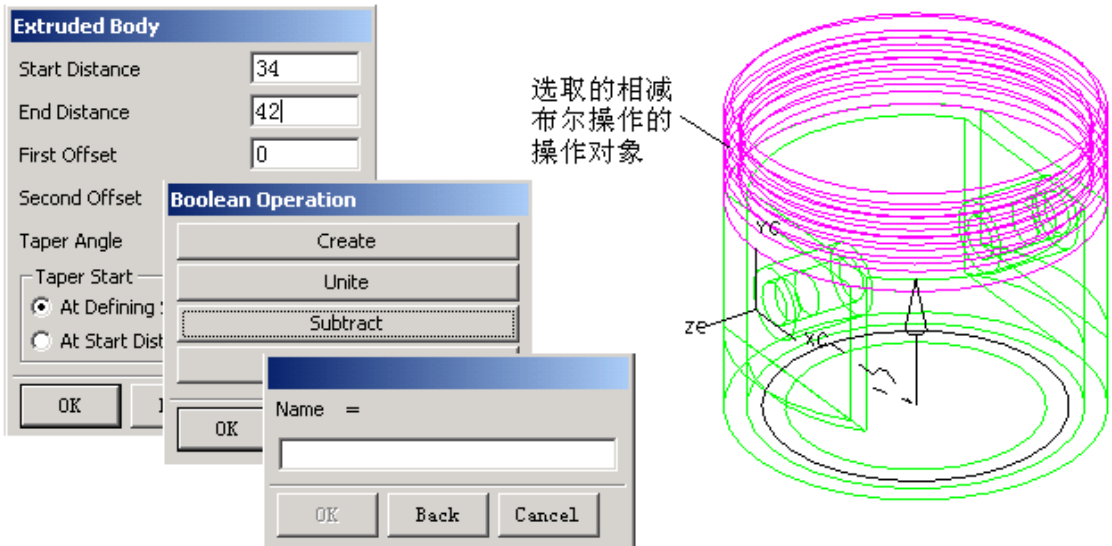


生成的偏移曲线

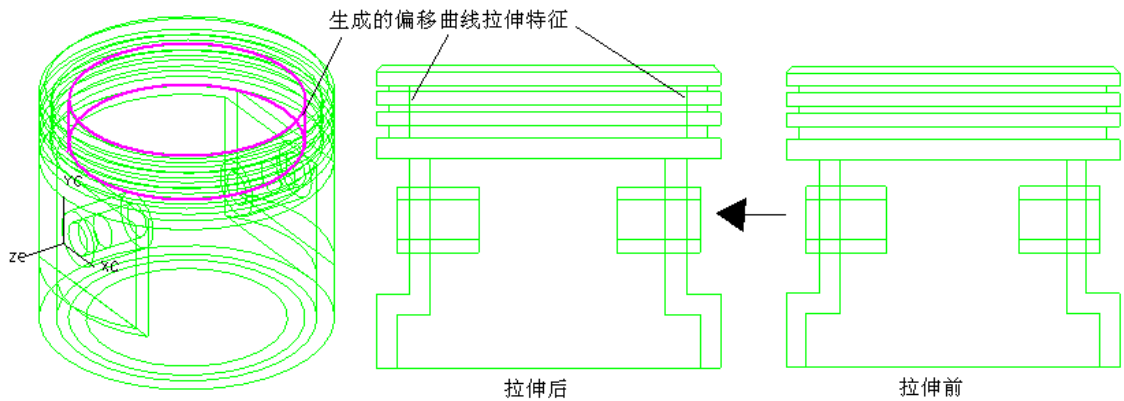
33) 下面要创建这两条偏移曲线的拉伸特征。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Extrude**，弹出对象选取对话框时，选取第一条偏移曲线作为操作对象。单击 **OK** 按钮，在弹出的拉伸方式对话框中选取 **Direction\_Distance** 选项，再在随后弹出的对话框中选取 **Accept Default Direction** 选项，接受系统省缺的拉伸方向。



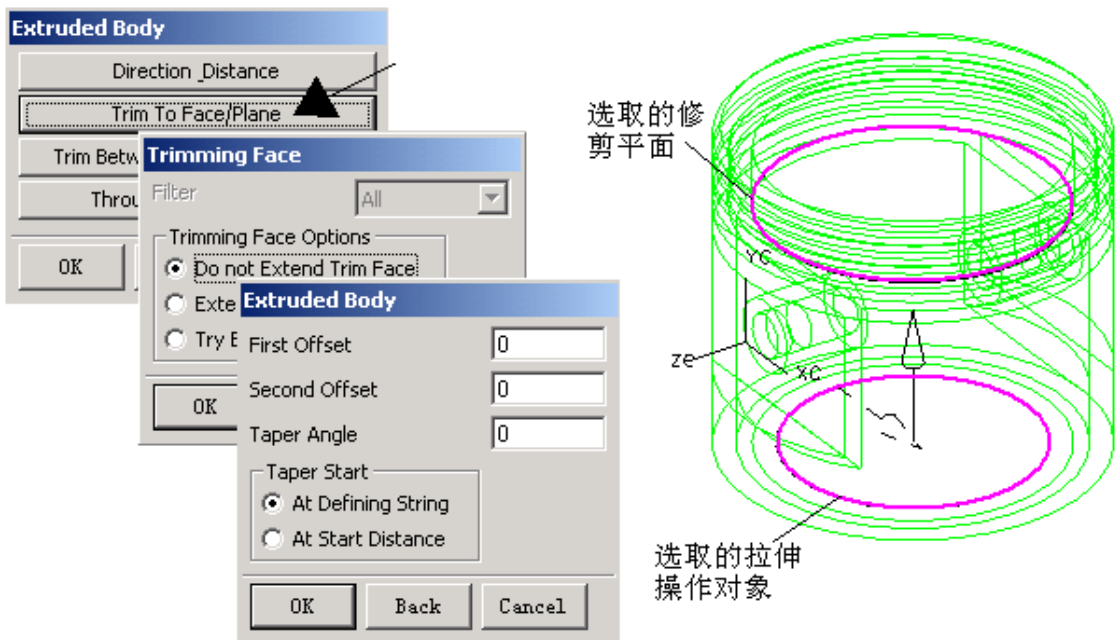
34) 确定了拉伸方向后，会弹出拉伸参数对话框，在 **Start Distance** 文本框中输入 34，在 **End Distance** 文本框中输入 42。单击 **OK** 按钮，又会弹出布尔操作对话框，选取 **Subtract** 选项。单击 **OK** 按钮后，会弹出相减操作对象选取对话框，此时选取创建的底圆拉伸特征为操作对象。



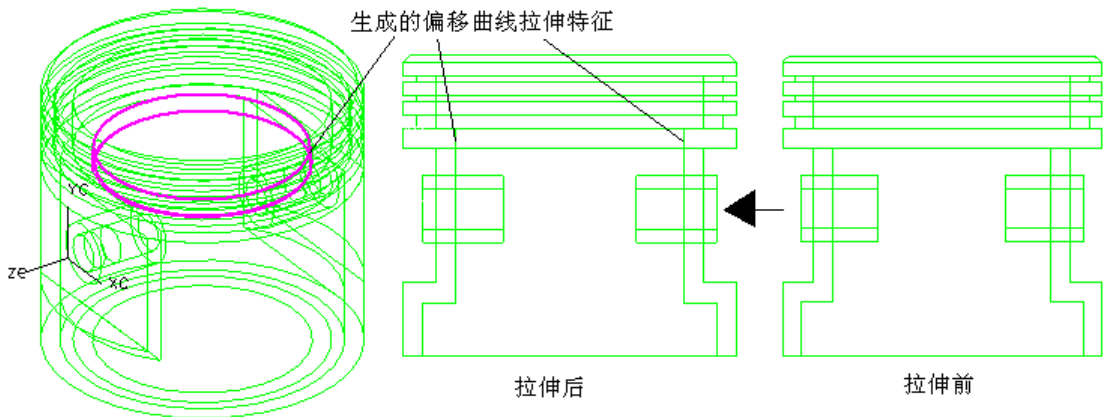
35) 选取操作对象后，系统就会按设置参数进行拉伸操作，创建所选偏移曲线的拉伸特征。




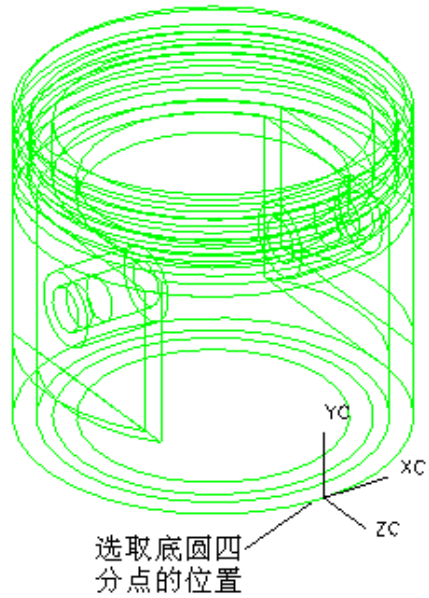
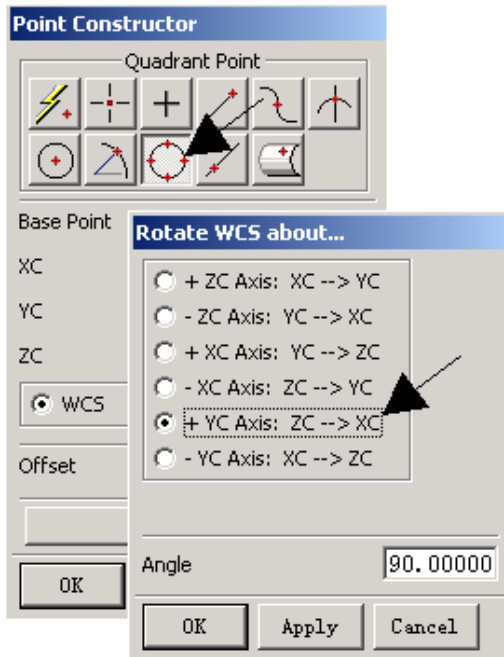
36) 按照步骤 33 到步骤 35 的操作过程，选取第二条偏移曲线作为拉伸操作对象。并在拉伸方式对话框中选取 Trim to Face/Plane 选项，接受系统的省缺方向。在弹出选取修剪平面对话框后，选取前一步创建的第一条偏移曲线拉伸特征中的下表面曲线作为修剪平面，单击 OK 按钮，再随后弹出的参数对话框中接受省缺设置，单击 OK 按钮。




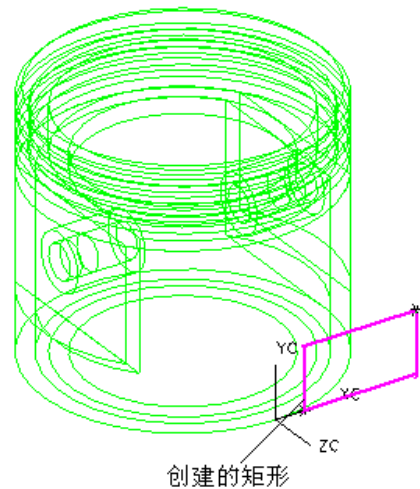
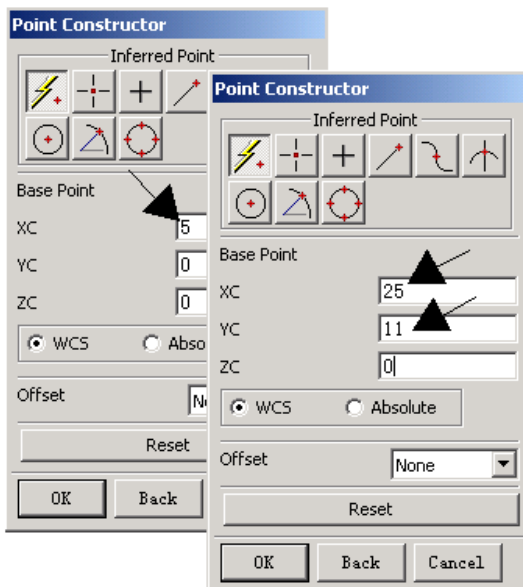
37) 在布尔操作对话框中，也选择 **Subtract** 选项，则系统就会按照设置的修剪平面，来创建第二条偏移曲线的拉伸特征。





38) 接下来要创建活塞底部的圆角特征，先移动坐标系到底圆上。按照步骤 3 和步骤 5 的操作方法，选择菜单命令 **WCS>Origin**，在弹出的点创建对话框中选择  选项，再选取底面的圆弧边，此时坐标系就会移动到底面的边界上。再选择菜单命令 **WCS>Rotate**，在弹出的对话框中选择 **+YC Axis: ZC-->XC** 选项，并在 **Angle** 文本框中输入 90，单击 **OK** 按钮后，系统就会按指定的设置旋转坐标系。

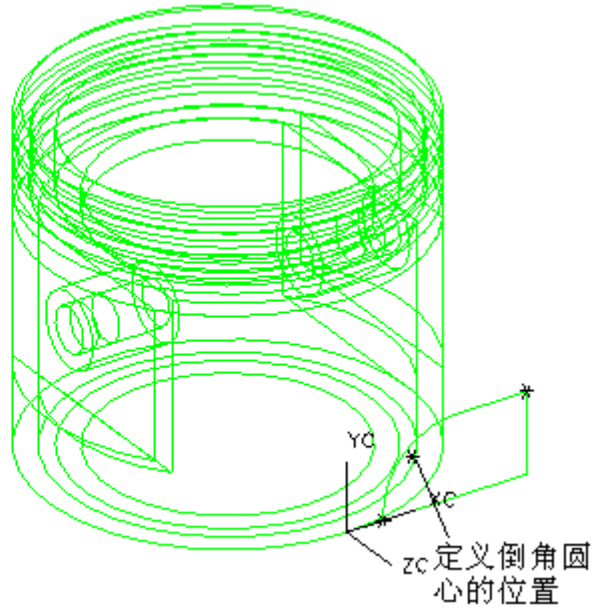
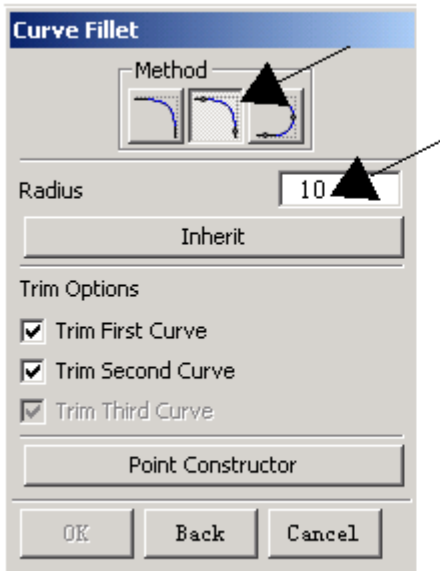



39) 下面要创建圆角曲线。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**▶**Curve**▶**Rectangle**，系统会弹出点创建对话框。设置矩形第一个角点的坐标是 (5, 0, 0)，单击 **OK** 按钮，再设置第二个角点的坐标是 (25, 11, 0)，再单击 **OK** 按钮，这样系统将按设置的参数创建一个矩形。

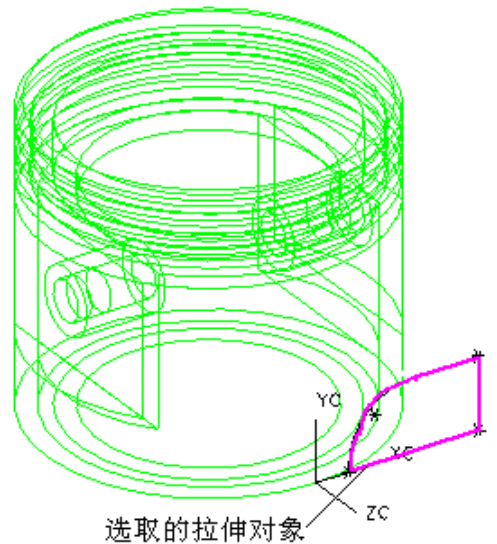
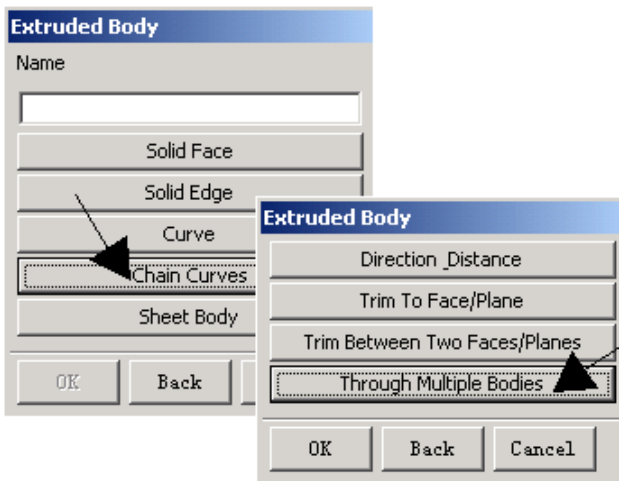


40) 创建矩形后，选择工具栏图标  或菜单命令 **Insert**▶**Curve**▶**Basic Curves**，在 **Basic Curve**

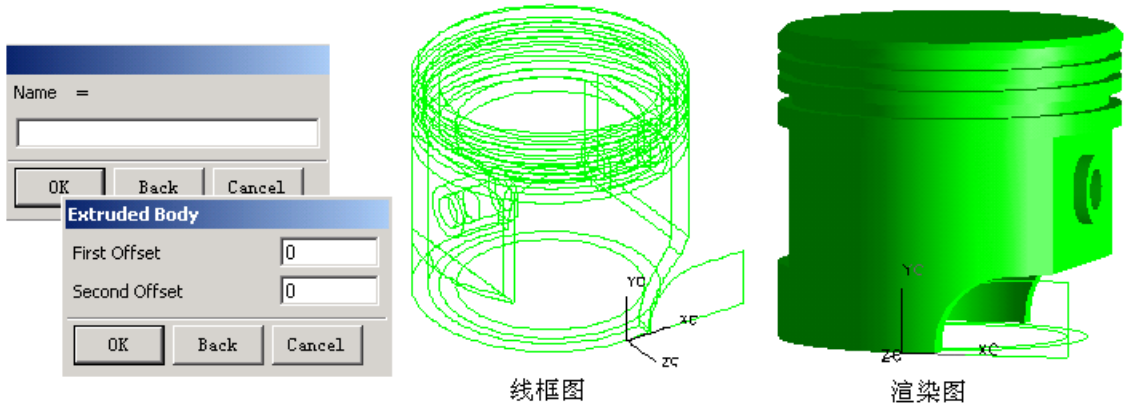
对话框中单击倒圆角图标，并选取倒角方式，设置 Radius 值为 10。接着选取矩形的两条边作为倒角边，并在矩形内部指定倒角圆心。则系统就会按设置创建一个圆角。



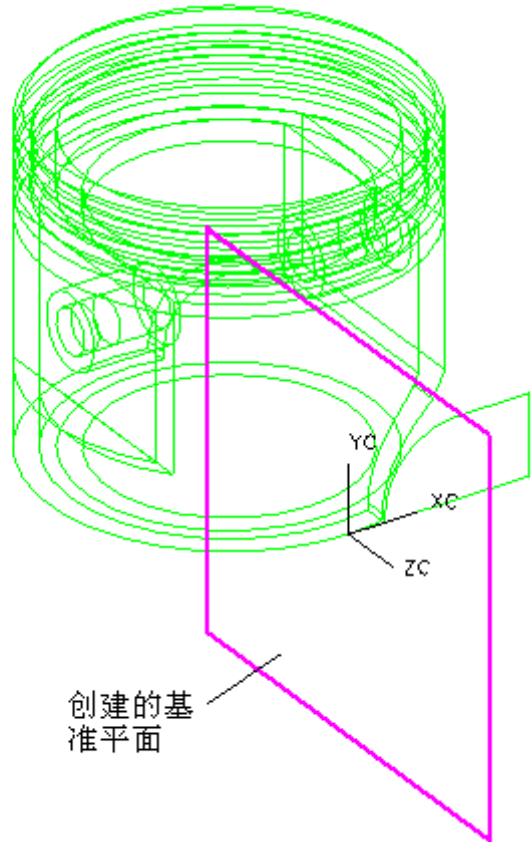
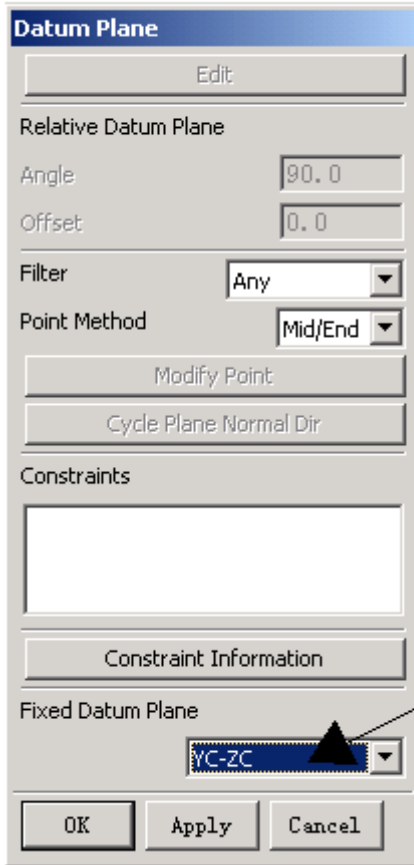
41) 创建圆角后，在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Insert**►**Form Feature**►**Extrude**，在弹出的对象选取对话框中，利用 **Chain Curves** 选项，选取创建的圆角曲线（倒角加矩形）作为操作对象。单击 **OK** 按钮，在弹出的拉伸方式对话框中选取 **Through Multiple Bodies** 选项。






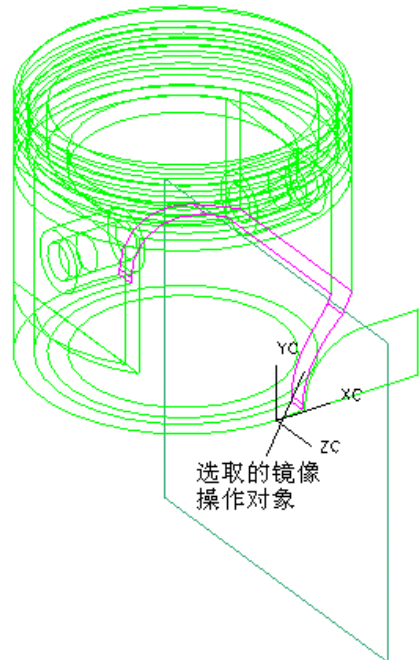
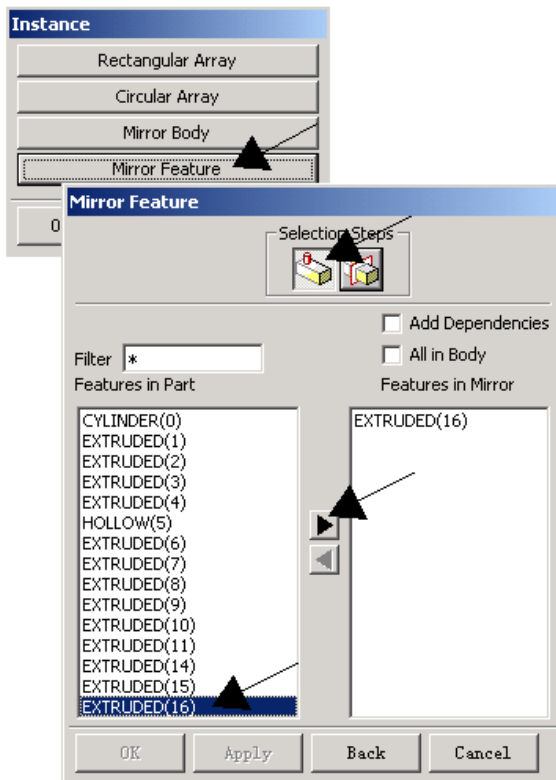
42) 在弹出穿越对象选取对话框后, 选取下部最早创建的基本圆柱体为操作对象。接着在弹出的拉伸参数对话框中, 接受系统的省缺参数, 单击 OK 按钮, 则系统就会按照指定的设置创建圆角的拉伸特征。



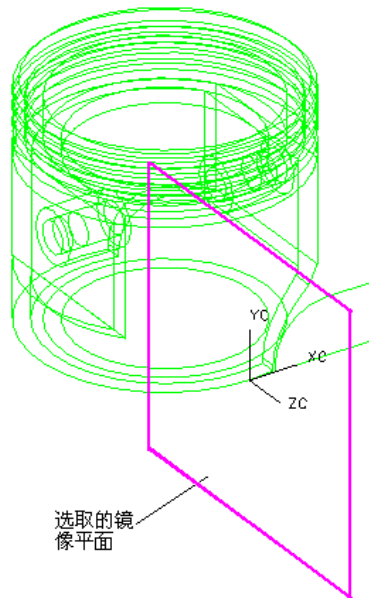
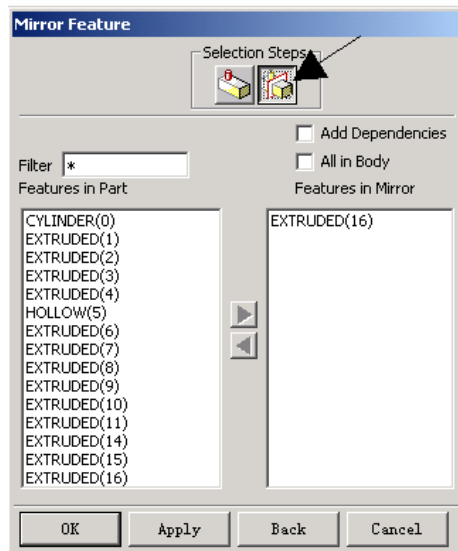
43) 创建圆角拉伸特征后, 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert>Form Feature>Datum Plane, 在弹出的基准面对话框中, 将其中的 Fixed Datum Plane 选项设置为 YC-ZC 方式, 单击 OK 按钮后, 系统就会创建一个过 YC-ZC 坐标面的基准平面。



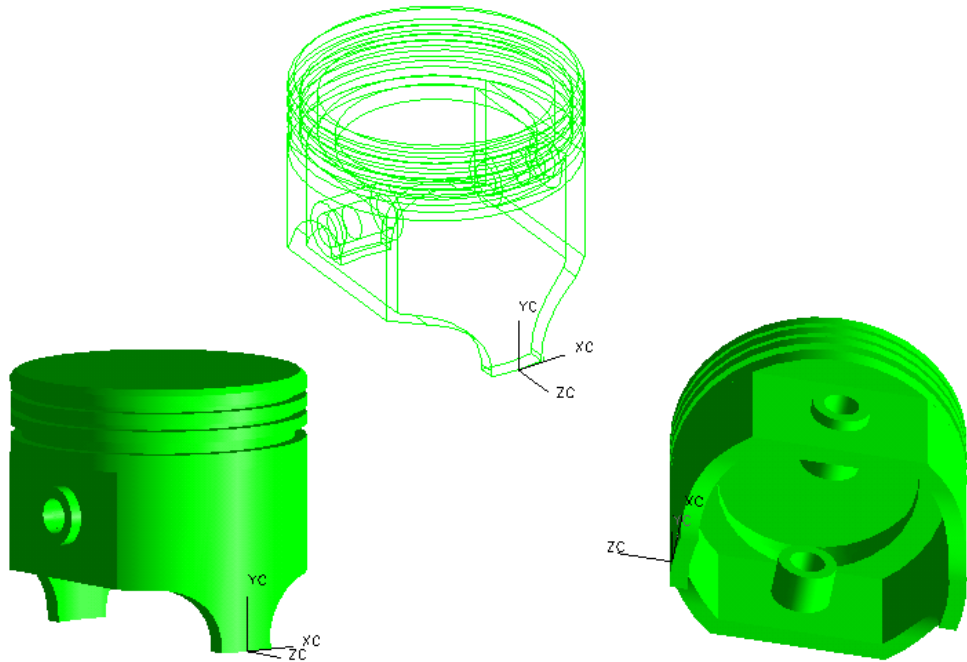
44) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Feature Operation**►**Instance Feature**，在弹出的阵列方式对话框选择 **Mirror Feature** 选项。在随后弹出的 **Mirror Feature** 对话框中选择  步骤，并选取圆角拉伸特征作为镜像特征。用户也可以在特征列表框中选取所需特征，这里圆角拉伸特征为 **EXTRUDED(16)**，选取后在单击  按钮，也能将它作为镜像特征。



45) 接着在 Mirror Feature 对话框中选择  步骤，并选取基准平面作为镜像平面。



46) 然后在 Mirror Feature 对话框中单击 OK 按钮，系统就会按照设置创建圆角拉伸特征的镜像特征。



这样就完成了整个活塞零件的创建过程。通过这个范例也许读者已经能够看出，在创建某个实体特征时，可用的方法会有好几种，选择那种方法取决于是否给零件的创建带来方便。读者在今后的操作中应该多注意这一点。

**小结：**在本章中详细介绍了关于 UG 中三维实体建模的全部功能。本章先实体运算和基准特征讲起，随后介绍了块、圆柱、圆锥等基本三维体素和扫描特征的创建方法，还介绍了其他一些如成型特征等复杂特征的创建过程，最后介绍了关于特征操作和特征编辑中常用方式的使用方法。

# 项目四 曲面建模

## 一、教学目标：

1. 掌握空间曲线连接和曲线编辑方法；
2. 掌握多种曲面命令构造曲面；
3. 能够进行曲面质量分析、质量优化。

## 二、教学重点

1. 掌握使用曲线连接和曲线编辑；
2. 掌握各种曲面命令构造曲面。

## 三、教学难点

1. 掌握曲面的分析方法；
2. 掌握光滑高质量的曲面建模方法。

## 四、素质(思政)内容与要求

1. 养成良好的曲面设计绘制习惯；
2. 培养从简单设计开始，持之以恒，循序渐进，勤奋练习的习惯；
3. 培养学生一丝不苟、精益求精的设计理念。

## 五、教学手段：

讲授 、演示、提问

## 六、学时数

12 学时

# 曲线功能概述

在UG软件中，曲线功能在CAD模块中应用的非常广泛，本章所涉及的内容包括了空间中点和各种曲线的创建方法，以及相关的操作和编辑方法。通过本章的学习，你将了解如何建立空间中的各种曲线，它可以作为在实体造型建模过程中的辅助线（如扫描的引导线等），另外，用户建立的曲线还可以被添加到草图中进行参数化设计。所以说曲线功能是UG中最基本的操作功能。

## 4.1 曲线功能概述

在UG软件中，曲线功能在CAD模块中应用的非常广泛。象建立实体截面的轮廓线，通过拉伸、旋转等操作构造三维实体或薄壳特征；也可以用曲线创建曲面进行复杂实体造型；在特征建模过程中，曲线也常用作建模的辅助线（如扫描的引导线等）；另外，建立的曲线还可添加到草图中进行参数化设计。

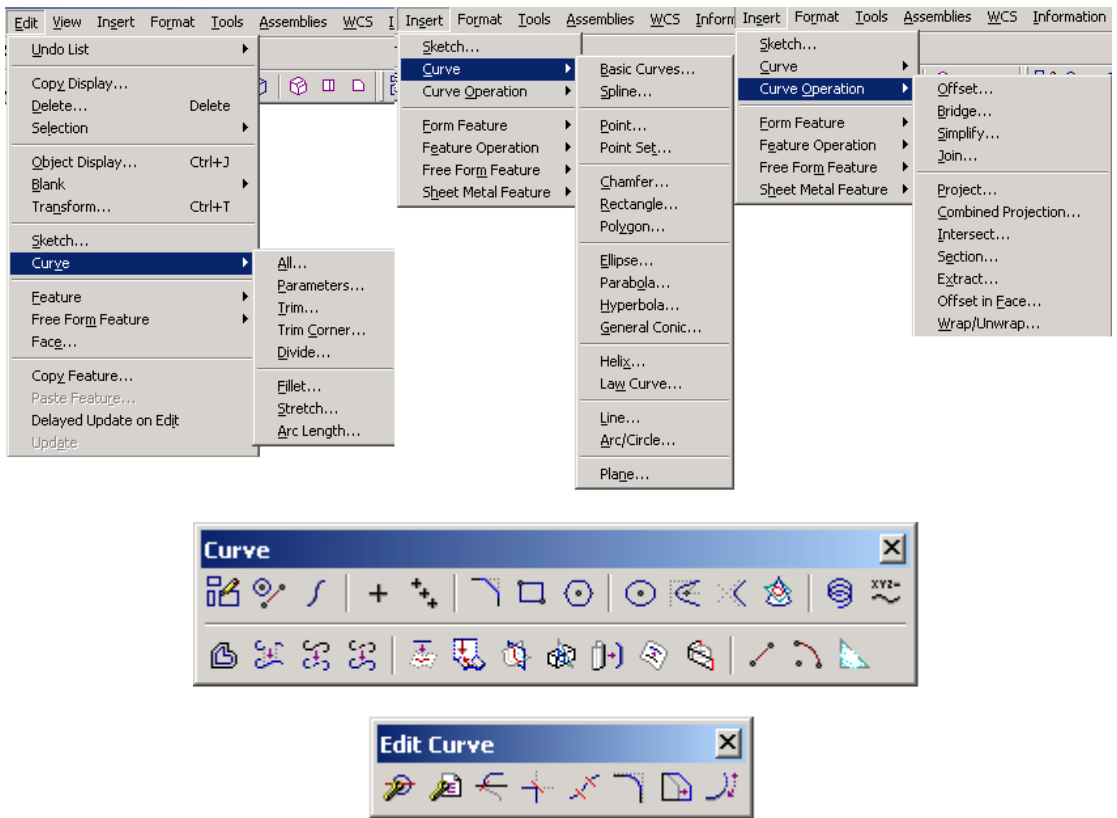


图 4.1 曲线菜单命令和工具栏图

曲线功能主要包含了曲线的生成、编辑和操作方法。在曲线的生成中有点和各类曲线的生成功能，包括直线、圆弧、平面矩形椭圆、样条曲线、规律曲线和各种二次曲线等。在曲线编辑功能

中，用户可以通过它进行修剪曲线、编辑曲线参数和曲线拉伸等多种编辑功能。在曲线操作功能中，用户可以进行曲线的偏移、桥接、投影、简化、包覆/展开和沿面偏移等操作方法。

有关曲线功能中的创建、编辑和操作的实现，用户可以通过选择 UG 软件中的下拉菜单命令和点击工具栏图标按钮来实现，菜单命令和工具栏图标如图 4.1 所示。


## 4.2 基本曲线的创建

本小节将介绍如何创建像直线、圆弧、矩形和平面等基本空间曲线。

### 4.2.1 点

在 3.1.1 小节中我们已经简要的介绍了一下点的选择功能，本小节中我们将详细的讲解如何创建点和点群。

#### 1. 点的创建

在 UG 软件系统中，许多命令都需要利用 Point Constructor 对话框来定义点的位置。单击工具栏中的  或选择菜单命令 Insert>Curve>Point 时，就会弹出 Point Constructor 对话框。在使用不同的功能时，点定义对话框的形式和所包含的内容可能会有所差别。图 4.2 所示的是比较常见的点创建功能对话框和点捕捉选项。

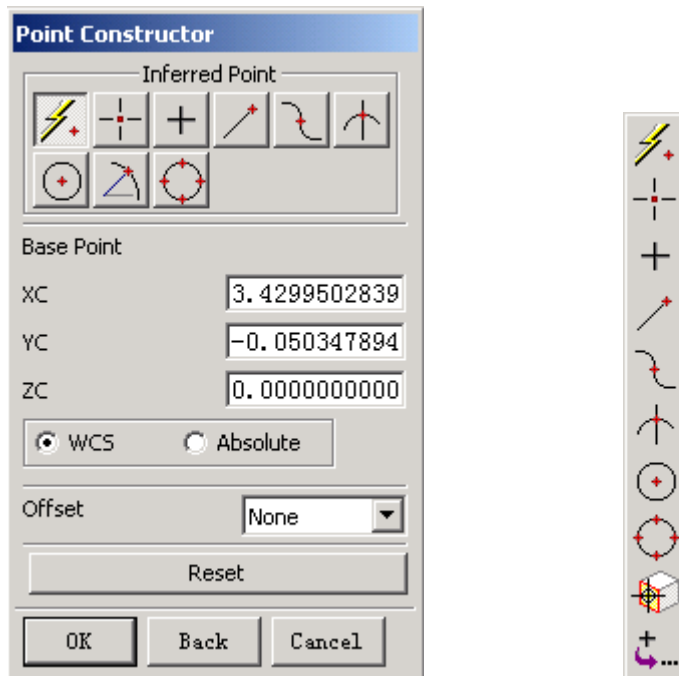


图 4.2 Point Constructor 对话框和点捕捉选项

在 UG 中创建一个点或指定一个点的位置时，用户可以使用三种方法：

- 直接在文本框中输入点的坐标值来确定点；
- 利用点的捕捉方式选项，来捕捉一个点；
- 利用 Offset（偏移）方式来指定一个相对于参考点的偏移点。

下面分别介绍一下这三种方法。

### 1) 输入点的坐标值创建点

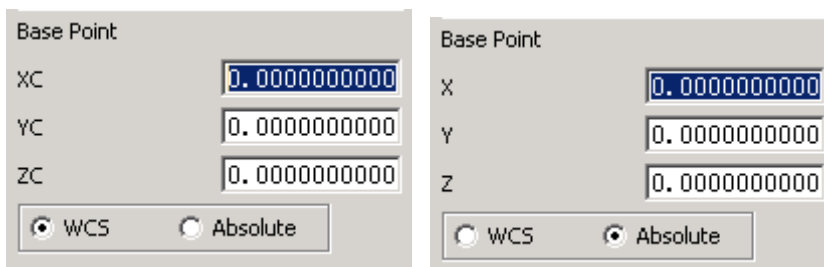


图 4.3 WCS 和 Absolute 方式下的坐标值输入模式

在 Point Constructor 对话框中，Base Point 选项组用于设置点在 X、Y、Z 方向上相对于坐标原点的位置。在如图 4.3 所示的坐标值文本框中，用户可以直接输入点的坐标值，设置后系统会自动完成点的定位与生成。其坐标系必须由下方的单选按钮进行设置。另外，如果用户定义了偏移方式时，此选项的文本框标识也会随着改变。

当用户选择了 WCS 按钮时（4.3 左图），在文本框中输入的坐标值是相对于工作坐标系的，这个坐标系是系统提供了一种坐标功能，可以任意移动和旋转，而点的位置和当前的工作坐标相关。当用户选择了 Absolute 按钮时（4.3 右图），坐标文本框的标识变为了“X、Y、Z”，此时输入的坐标值为绝对坐标值，它是相对于绝对坐标系的，这个坐标系是系统默认的坐标系统，其原点与轴的方向永远保持不变。

### 2) 由点的捕捉方式创建点

这种方式就是利用选取的点捕捉功能，捕捉所选对象的相关的点来创建新点。关于此功能的介绍请参看 3.1.1 小节。

### 3) 利用 Offset 方式创建点

这种方法是通过指定偏移参数的方式来确定点的位置。在操作过程中，用户先利用点的捕捉方式确定偏移的参考点，在输入相对于参考点的偏移参数（其参数类型取决于选择的偏移方式）来创建点。

Point Constructor 对话框中的 Offset 选项组可用于设置偏移的方式，UG 系统一共提供了五种偏移方式：Rectangular（矩形的）、Cylindrical（圆柱的）、Spherical（球的）、Vector（矢量的）和 Along Curve（沿曲线的）。它们将会影响到 Base Point 选项组的设置情况，下面分别对它们的使用方法加以说明。

- Rectangular

矩形偏移方式是利用直角坐标系进行偏移设置的，偏移点的位置相对于所选参考点的偏移值由直角坐标值确定。在捕捉参考点后，分别在 Enter WCS offset 选项组的文本框中输入偏移点在 X、Y、Z 方向上相对于参考点的偏移值（此时在 Point Constructor 对话框中 Base Point 选项组变成了 Enter WCS offset 选项组，在进行其它偏移操作时也会变成相对应的选项组），这样就确定了偏移点的位置。图 4.4 所示的是矩形偏移方式的例子。

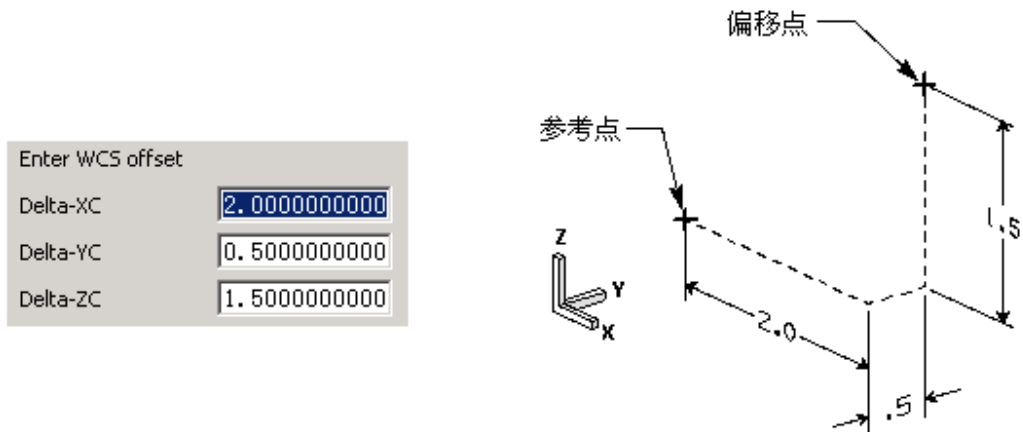


图 4.4 矩形偏移方式

- Cylindrical

圆柱偏移方式是利用圆柱坐标系进行偏移设置的，偏移点的位置相对于所选参考点的偏移值由柱面坐标值确定。在捕捉参考点后，分别在 Enter Cylindrical offset 选项组的文本框中输入偏移点在 Radius、Angle、Delta-ZC 方向上相对于参考点的偏移值，这样就确定了偏移点的位置。图 4.5 所示的是圆柱偏移方式的例子。

Enter cylindrical offset	
Radius	<input type="text" value="30"/>
Angle	<input type="text" value="30"/>
Delta-ZC	<input type="text" value="65"/>

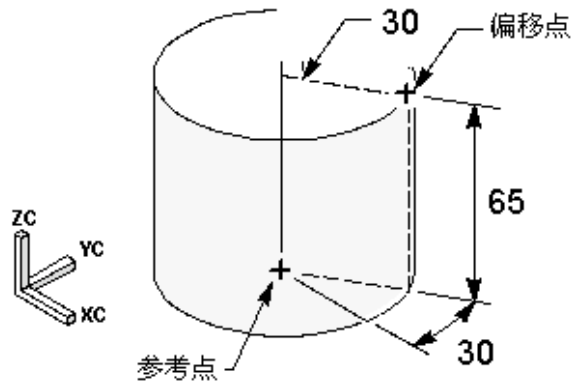


图 4.5 圆柱偏移方式

- Spherical

球偏移方式是利用球坐标系进行偏移设置的，偏移点的位置相对于所选参考点的偏移值由球坐标值确定。在捕捉参考点后，分别在 Enter Spherical offset 选项组的文本框中输入偏移点在 Radius、Angle1、Angle2 方向上相对于参考点的偏移值，这样就确定了偏移点的位置。图 4.6 所示的是球偏移方式的例子。

Enter spherical offset	
Radius	<input type="text" value="40"/>
Angle1	<input type="text" value="30"/>
Angle2	<input type="text" value="60"/>

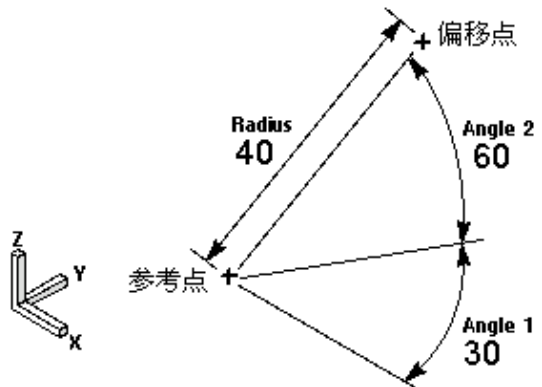


图 4.6 球偏移方式

- Vector

矢量偏移方式是利用矢量法则进行偏移设置的，偏移点相对于所选参考点的偏移由矢量方向和偏移距离确定。在捕捉参考点后，还需要选择一条直线来确定矢量的方向，接着在 Specify offset distance 选项组的 Distance 文本框中输入偏移点在矢量方向上相对于参考点的偏移距离，这样就确

定了偏移点的位置。图 4.7 所示的是矢量偏移方式的例子。

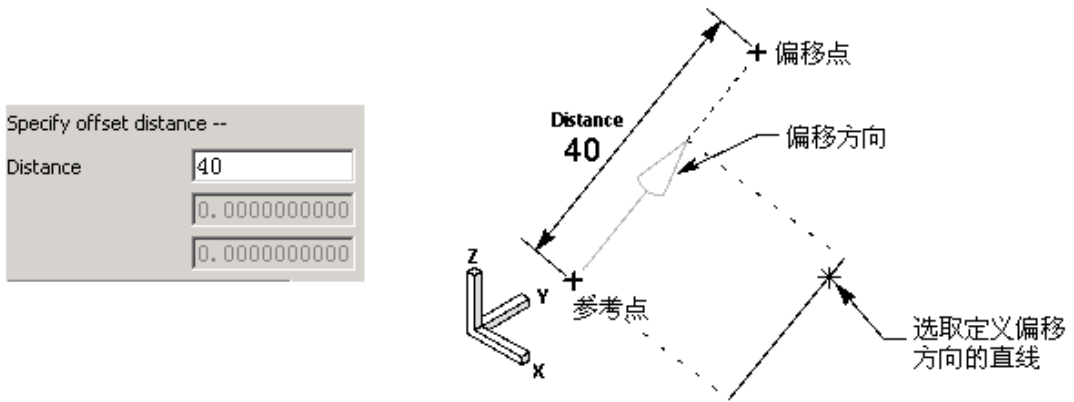


图 4.7 矢量偏移方式

- Along Curve

沿曲线偏移方式是沿所选取的曲线进行偏移设置的，偏移点相对于所选参考点的偏移值由偏移弧长或曲线总长的百分比来确定。在捕捉参考点后，还需要再选择曲线上另一点，这样参考点至后一点的曲线路径方向就是偏移方向。在设置完偏移方向后，系统提供了两种方式来确定偏移距离。当选择了单选按钮 Arc Length 时，用户可以在文本框中输入偏移点沿曲线的偏移弧长。当选择了 Percent 时，用户可以在文本框中输入偏移点的偏移弧长占曲线总长的百分比。图 4.8 所示的通过 Percent 方法来进行沿曲线偏移的例子。

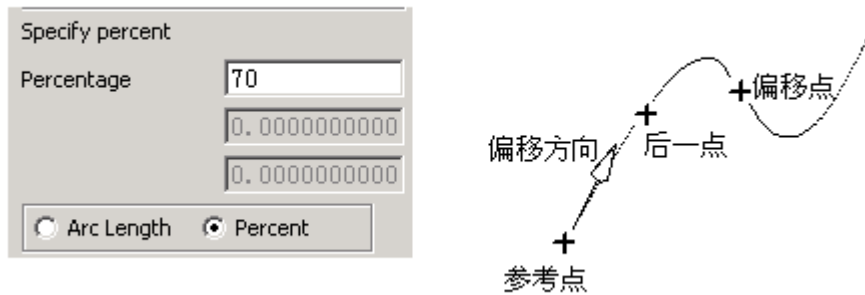



图 4.8 沿曲线偏移

## 2. 点群的创建

单击工具图标栏中的或选择菜单命令 Insert>Curve>Point Set 时，系统就会弹出如图 4.9 所示的 Point Set 对话框。

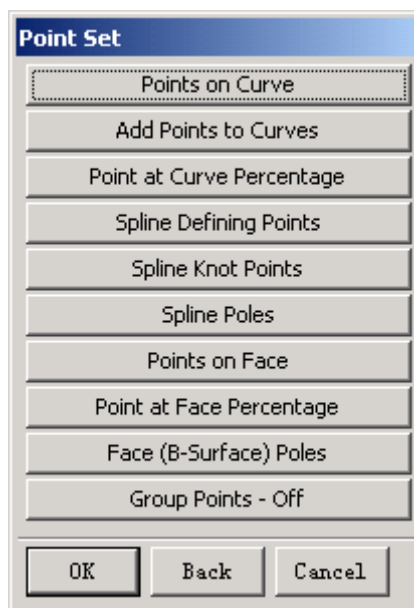
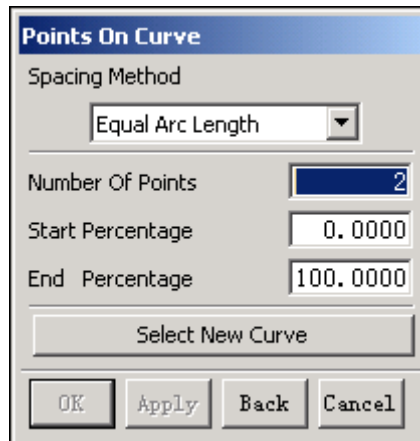


图 4.9 Point Set 对话框

在 Point Set 对话框中一共提供了十种点群的创建方式：**Points on Curve**（曲线上的点）、**Add Points to Curves**（向曲线添加点）、**Point at Curve Percentage**（曲线百分比点）、**Spline Defining Points**（样条曲线定义点）、**Spline Knot Points**（样条曲线节点）、**Spline Poles**（样条曲线控制点）、**Points on Face**（面上的点）、**Point at Face Percentage**（面上百分比点）、**Face(B-Surface) Poles**（表面(B-曲面)控制点）和 **Group Points-Off**（建立群组-否）。一般可在基本曲线、平面和 B-曲面上按照相应的点群创建方式，定义一组点或一个点。下面对这些方式作简要的说明。

#### 1) Points on Curve 选项

这种方法主要用于在曲线上创建点群。单击 **Points on Curve** 按钮后，系统会弹出如图 4.10 所示的 **Points on Curve** 对话框。



4.10 Points on Curve 对话框

**Spacing Method（间隔方法）：**这个下拉列表用于选择曲线上点的创建方法，系统共提供了五种创建方法：**Equal Arc Length（等弧长）、Equal Parameters（等参数）、Geometric Progression（几何级进）、Chordal Tolerance（弧弦误差）和 Incremental Arc Length（递增弧长）。**

**Number Of Points（点数）：**该文本框用于设置点群数。

**Start Percentage（起始百分比）：**以曲线的百分比来设置创建点群的起始位置。

**End Percentage（终止百分比）：**以曲线的百分比来设置创建点群的终止位置。

**Select New Curve（选择新曲线）：**单击该按钮，可以选取新的曲线来创建点群。

下面讲解一下如何利用间隔方法的选项。

#### ● Equal Arc Length

等弧长方式就是在点集的起始点和结束点之间按点间等弧长来创建指定数目的点集。用户首先需要选取要创建点集的曲线，在确定点集的数目，最后输入起始点和结束点在曲线上的位置（即占曲线长的百分比，如起始点输入 0，结束点输入 100，就表示起始点就是曲线的起点，结束点就是曲线的终点）。图 4.11 所示的是以等弧长方式创建点集的例子。

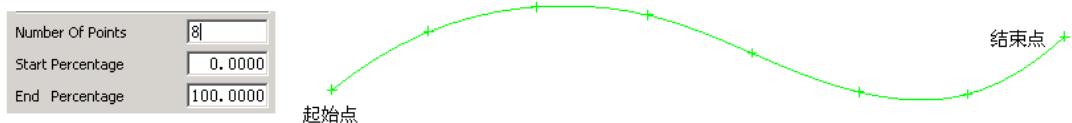


图 4.11 等弧长方式创建点集

### ● Equal Parameters

等参数方式创建点群时，步骤基本与等弧长方式相同，只是系统会以曲线的曲率大小来分布点群的位置，曲率越大，产生点的距离越大，反之则越小。图 4.12 所示的是以等参数方式创建点集的例子。

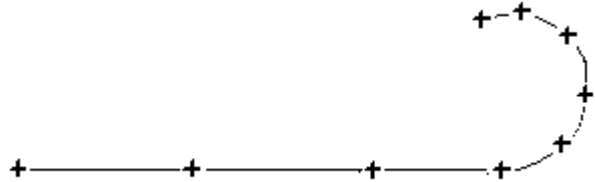
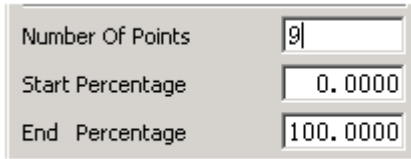


图 4.12 等参数方式创建点集

### ● Geometric Progression

在几何级进这种方式下，Points on Curve 对话框中会多一个 Ratio（比例）的文本框。在设置完其他参数的值后，还需要指定一个比例值，它用来确定点集中彼此相邻的后两点之间的距离与前两点距离的倍数。图 4.13 所示的是以几何级进方式创建点集的例子。

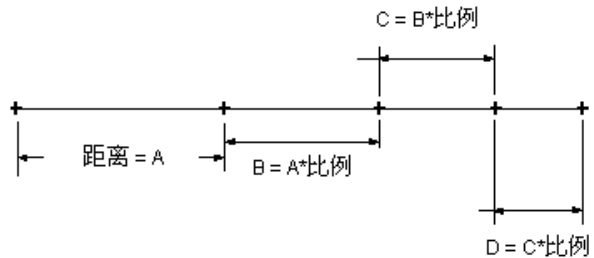
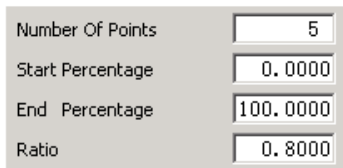


图 4.13 几何级进方式创建点集

### ● Chordal Tolerance

在弧弦误差这种方式下，Points on Curve 对话框中只有一个 Chordal Tolerance 文本框。用户需要给出弧弦误差的大小，在创建点群时系统会以该弧弦误差的值来分布点群的位置。弧弦误差值越小，产生的点数越多，反之则越少。图 4.14 所示的是以弧弦误差方式创建点集的例子。

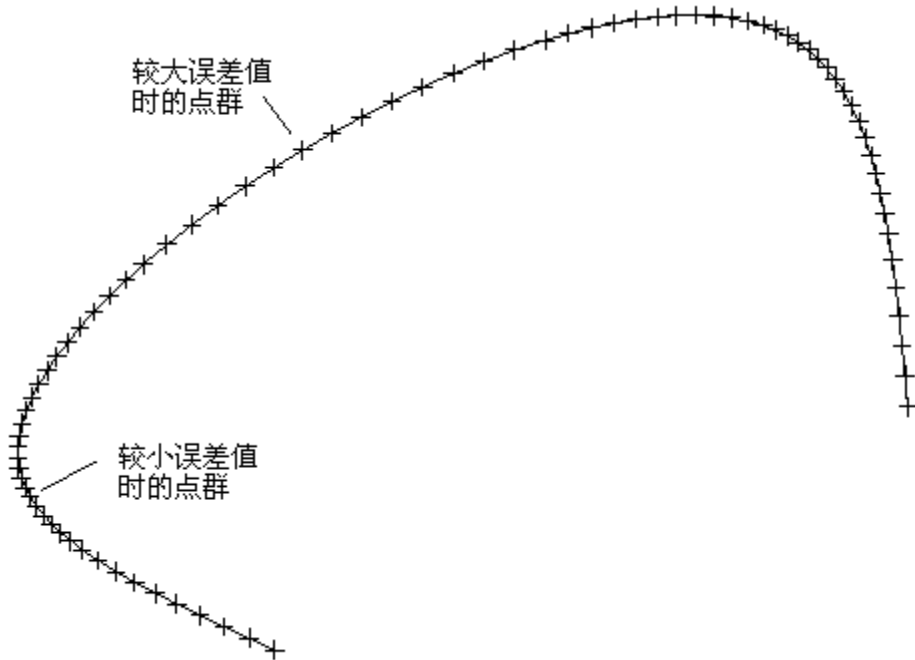


图 4.14 弧弦误差方式创建点集

● Incremental Arc Length

在递增弧长这种方式下，Points on Curve 对话框中也只有一个 Arc Length 文本框。用户需要给出弧长的大小，在创建点群时系统会以该弧长大小的值来分布点群的位置，而点数的多少则取决于曲线总长及两点间的弧长。图 4.15 所示的是以递增弧长方式创建点集的例子。

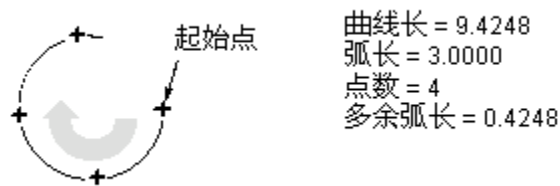


图 4.15 递增弧长方式创建点集

2) Add Points to Curves 选项

这种方法是利用一个或多个放置点向选定的曲线作垂直投影，在曲线上生成点集。单击 Points on Curve 对话框的 Add Points to Curves 按钮后，系统会提示用户选取曲线和在 Point Constructor 对话框中选取放置点的位置。图 4.16 所示的就是这种方法的例子。

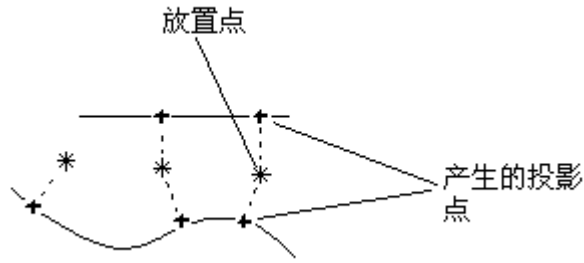


图 4.16 Add Points to Curves 方式创建点集

### 3) Point at Curve Percentage 选项

这种方法是通过曲线上的百分比位置来确定一个点的。单击 Points on Curve 对话框的 Point at Curve Percentage 按钮后，系统会提示用户选取曲线和在 Curve Percentage 对话框中设置曲线的百分比。图 4.17 所示的就是这种方法的例子。

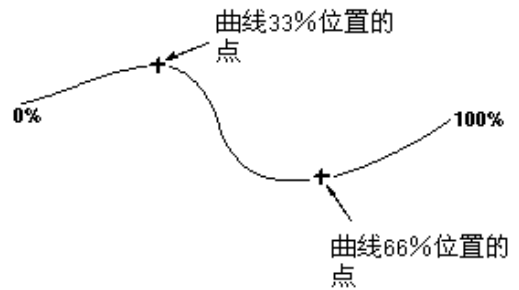
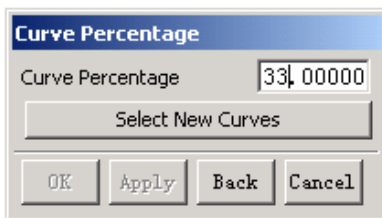


图 4.17 Point at Curve Percentage 方式创建点集

### 4) Spline Defining Points 选项

这种方法是利用绘制样条曲线时的定义点来创建点集的。单击 Points on Curve 对话框的 Spline Defining Points 按钮后，系统会提示用户选取曲线，然后根据这条样条曲线的定义点来创建点集。图 4.18 就是选取样条曲线后产生定义点点集的图示。

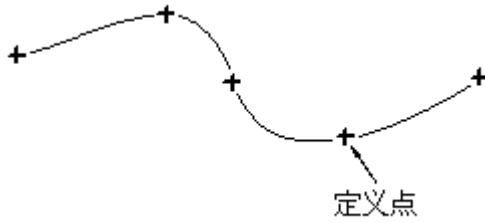


图 4.18 Spline Defining Points 方式创建点集

### 5) Spline Kont Points 选项

这种方法是利用样条曲线的节点来创建点集的。单击 Points on Curve 对话框的 Spline Kont Points 按钮后，系统会提示用户选取曲线，然后根据这条样条曲线的节点来创建点集。图 4.19 就是选取样条曲线后以节点生成点集的图示。

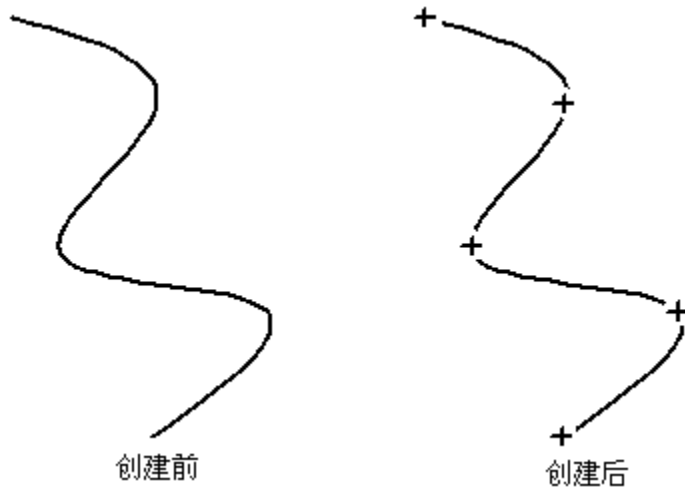


图 4.19 Spline Kont Points 方式创建点集

### 6) Spline Poles 选项

这种方法是利用样条曲线的控制点来创建点集的。单击 Points on Curve 对话框的 Spline Poles 按钮后，系统会提示用户选取曲线，然后根据这条样条曲线的控制点来创建点集。图 4.20 所示的例子中，在样条曲线上产生了 5 个控制点。

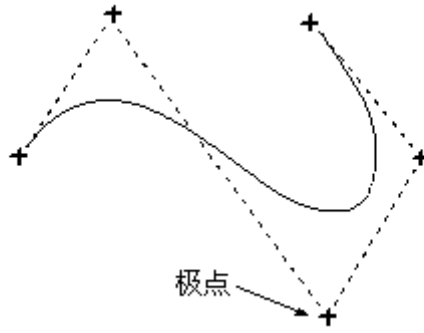


图 4.20 Spline Poles 方式创建点集

### 7) Points on Face 选项

这种方式主要用于产生表面的点群。单击 Points on Curve 对话框的 Points on Face 按钮后，系统会提示用户选取表面，接着弹出如图 4.21 所示的 Points on Face 对话框。

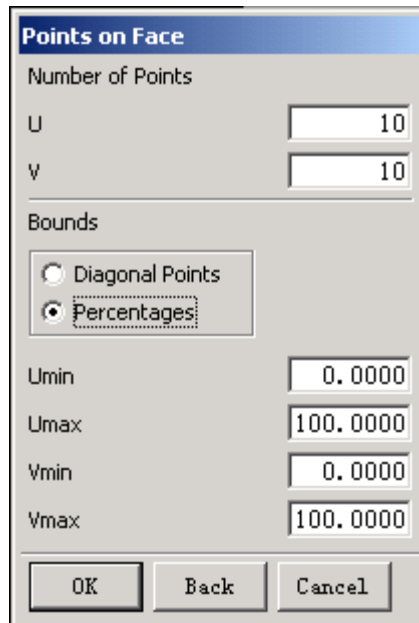


图 4.21 Points on Face 对话框

Number on Points 选项组用于设置表面上点群的点数，其点群分布在表面的 U 和 V 方向上，U 和 V 文本框中分别输入在这两个方向上的点数。

Bounds 选项组用于设置点群的边界，其设置方是有两种：

- Diagonal Points (对角点)

此选项以对角点方式来限制点群的分布范围。选取该选项时，系统会提示用户在绘图区中选取一点，完成后在选取另一点，这样就以这两点为对角点设置了点群的边界。图 4.22 所示就是这种方式的例子。

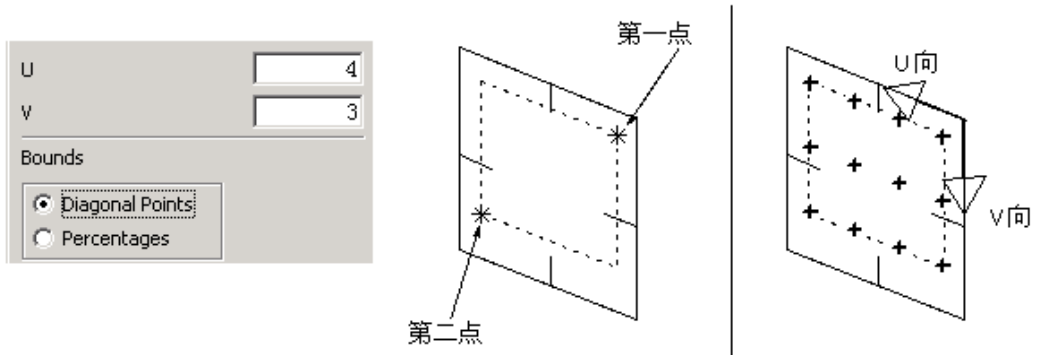


图 4.22 Diagonal Points 方式创建点群

● Percentages (百分比点)

此选项以表面参数百分比的形式来限制点群的分布范围。选取该选项时，用户在 Points on Face 对话框的 Umin、Umax、Vmin 和 Vmax（即 U、V 方向上的最小和最大百分比）文本框中分别输入相应数值来设定点集相对于选定表面 U、V 方向的分布范围。图 4.23 所示就是这种方式的例子。

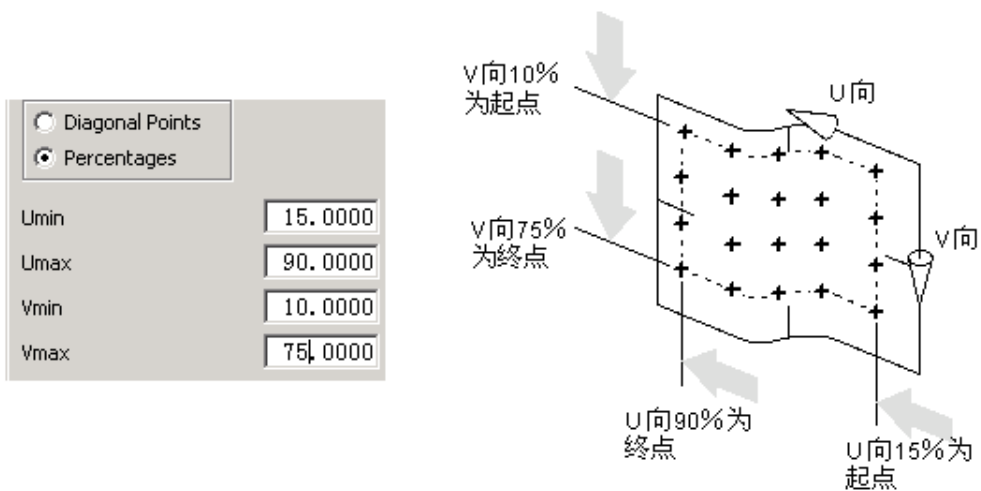


图 4.23 Percentages 方式创建点群

8) Point at Face Percentage 选项

这种方式通过设定点在选定表面的 U、V 方向的百分比位置来创建该表面上的点群。单击 Points on Curve 对话框的 Point at Face Percentage 按钮后，系统着弹出 Face Percentage 对话框，用户在 U、V 百分比文本框中分别输入设定的值来创建指定位置的点。图 4.24 所示的就是这种方式的例子。

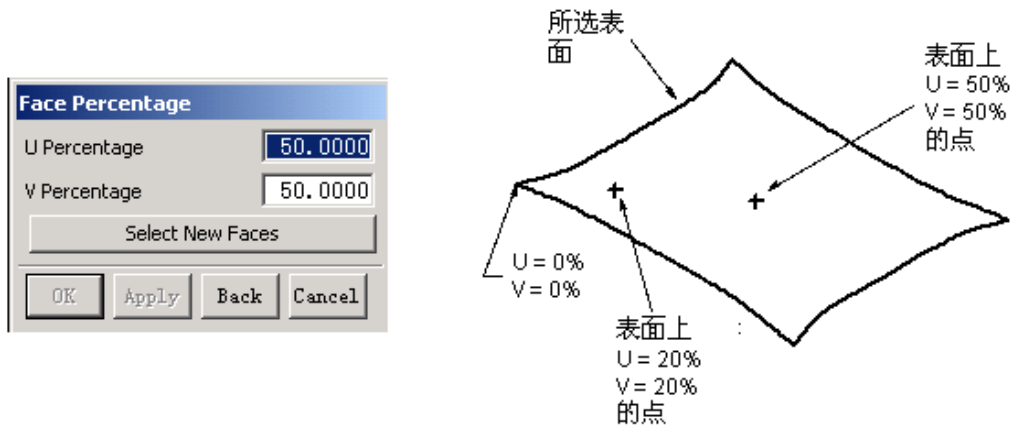


图 4.24 Point at Face Percentage 方式创建点群

### 9) Face(B-Surface) Poles 选项

这种方式主要以表面（B-曲面）控制点的方式来创建点群。单击 Points on Curve 对话框的 Face(B-Surface) Poles 按钮后，系统要求用户选择相应的 B-曲面，这样就会产生与 B-曲面控制点相应的点集。图 4.25 所示的就是这种方式的例子。

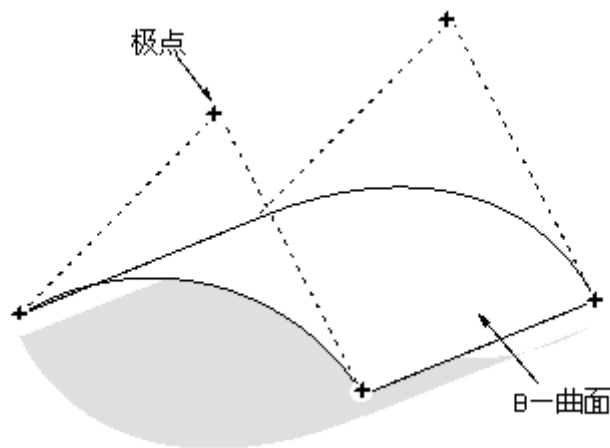




图 4.25 Face(B-Surface) Poles 方式创建点群

## 10) Group Points-Off 选项

该选项主要用于设置产生的点群是否需要以组群化的方式建立。如果打开该设置，则产生的点群会有相关的性，即如果删除了具有组群化属性点群中的一个点，那么全部的点群也会被删除。

### 4.2.2 直线

在 UG 软件中，选择工具栏图标  或菜单命令 **Insert** > **Curve** > **Basic Curves**，系统会弹出 **Basic Curve** 对话框，这个对话框中包含了绘制直线、圆弧、圆形和倒圆角以及修剪曲线、编辑曲线参数的功能（其他功能将在后面的小节中介绍）。选择不同的功能，对话框则会显示出相应的功能界面。

在 **Basic Curve** 对话框中单击直线图标 ，**Basic Curve** 对话框则显示为如图 4.26 所示的直线功能界面。

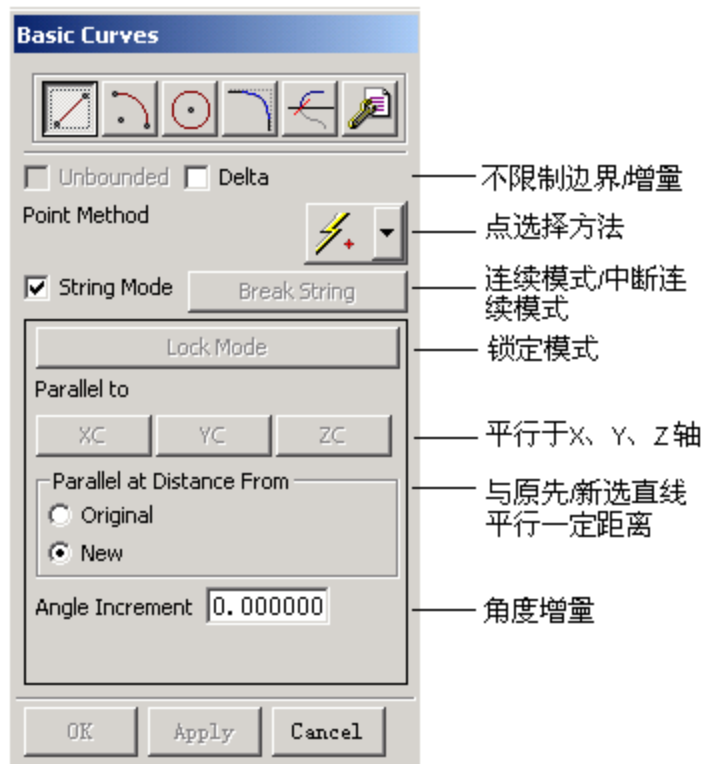


图 4.26 直线功能对话框

在此对直线对话框中各选项的作用作一下说明：

- **Unbounded**（不限制边界）：

如果选中该复选框，则创建的直线将沿着起点与终点的方向直至绘图区的边界。

- **Delta**（增量）

如果选中该复选框，则系统会以增量的方式来创建直线。即在选定一点后，分别在绘图区下方的 XC、YC 和 ZC 文本框中输入的坐标值为后一点相对于前一点的增量。

- **Point Method**（点选择方法）

利用该下拉列表，用户可以选择图元的抓取方式。

- **String Mode**（连续模式）

如果选中该复选框，则创建直线时系统会自动抓取上一条直线的端点作为起点，继续创建下一条直线。

- **Break String**（中断连续模式）

单击该按钮后，系统在创建直线时则不会自动抓取上一条直线的端点，用户可以在绘图区中的任何位置创建下一条直线。

- **Lock Mode**（锁定模式）

单击该按钮后，新创建的直线会平行或垂直于选定的直线，或者与选定的直线有一定的夹角。

- **Unlock Mode**（变动模式）

单击 **Lock Mode** 后，该选项就变为了 **Unlock Mode** 按钮。在该模式下，系统将锁定模式变换为变动模式，则移动鼠标，可在平行于选定直线、垂直于选定直线或与选定直线夹一定角度等方向中，选择一个方向来创建直线。

- **Parallel to XC、YC、ZC**（平行于 X、Y、Z 轴）

单击该选项组中的相应按钮，则创建的直线将平行与选定的坐标轴。

- **Original**（原先的）

选中该单选按钮后，新创建平行线的距离由原先选择的曲线算起。

- **New**（新增的）

选中该单选按钮后，新创建平行线的距离由新选择的曲线算起。

- **Angle Increment**（角度增量）

如果用户设置了角度增量值，则系统会以角度增量值方式创建直线。角度增量值方式仅在 **Point Method** 为 **Inferred Point** 时才有效。

直线的创建方法有多种，不同的方法对应的操作步骤会有所不同。下面介绍直线的几种常用创

建方法。

### 1. 过两点创建直线

过两点创建直线有以下两种方式：

- 单击 **Point Method** 选项右侧箭头，利用弹出的点选取模式分别在绘图区中选取直线的起始点和终点。
  - 直接在绘图区下方工具栏的 **XC**、**YC**、**ZC** 文本框中输入坐标值来设定直线的起始点和终点。
- ### 2. 过一点创建水平线或垂直线

单击 **Point Method** 选项右侧箭头，用弹出的点选取模式指定直线的起始点，或直接在绘图区下方工具栏的 **XC**、**YC**、**ZC** 文本框中输入坐标值设定直线的起始点。接着设定第二个点（此时，**Point Method** 选项应设定为 **Inferred Point**），第二个点的选定位置若在水平线或垂直线的正负 **Snap Angle** 内（**Snap Angle** 在下拉菜单 **Preference**►**sketch** 中设定），则系统将创建一条通过起始点的水平或垂直线。图 4.27 所示的是这种方法的图例。

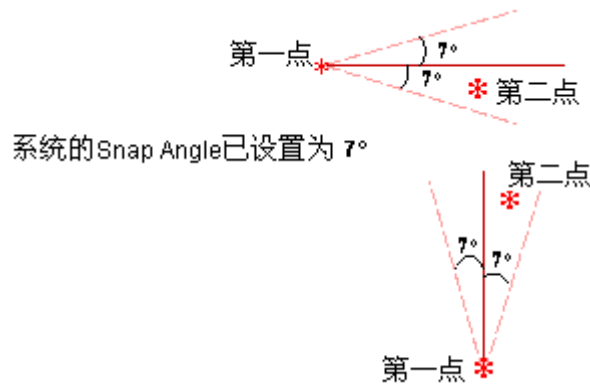


图 4.2 过一点创建水平线或垂直线

### 3. 过一点创建与 XC、YC 或 ZC 轴平行的直线

利用点选取模式或工具栏的 **XC**、**YC**、**ZC** 文本框设定直线的起始点后，单击直线对话框中 **Parallel to** 选项组中欲平行的坐标轴选项，再在工具栏的 **Length** 文本框中输入直线的长度，即可创建一条平行于指定坐标轴的直线。

### 4. 过一个点，创建与 X 轴夹一定角度的直线

利用点选取模式或工具栏的 **XC**、**YC**、**ZC** 文本框设定直线的起始点后，接着在工具栏的 **Angle**、**Length** 文本框中输入角度值及直线的长度，即可创建一条与 X 轴夹一定角度的直线。

## 5. 过一个点，创建与存在直线夹一定角度的直线（包括平行或垂直）

先选择下拉菜单 Preferences►User Interface，取消 User Interface Preferences 对话框中的 Tracking 复选项。要创建与参考直线成一定角度的直线，则应先在工具栏的 Angle 文本框中输入角度值，接着利用点选择模式或工具栏设定直线的起始点，再选择欲与之平行、垂直或成一定夹角的参考直线。移动鼠标，系统会交替显示参考直线的平行线、垂直线或与之夹一定角度等方向线，从中选择一个方向，并选择 Lock Mode 选项锁定该方向。最后在工具栏的 Length 文本框中设定直线的长度，或直接在绘图区中选定一个点，以其在所创建直线方向上的投影点作为新直线的终点。图 4.28 所示的是这种方法的图例。

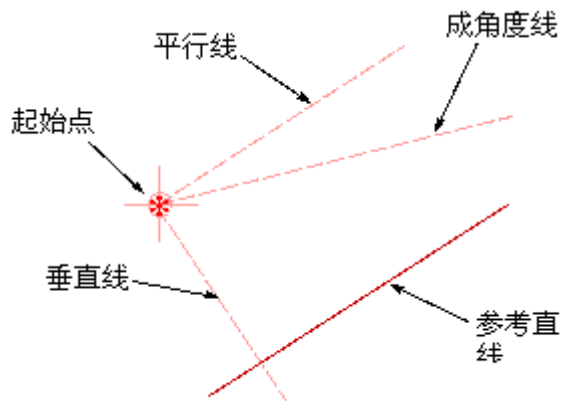


图 4.28 过一个点创建与存在直线夹一定角度的直线

## 6. 过一个点创建与曲线相切或垂直的直线

选择欲与之相切（垂直）的曲线后，出现与所选曲线相切（垂直）的一条橡皮筋，若切点（垂点）方位不对，可移动鼠标至正确的切点（垂点）方位。图 4.29 所示的是这种方法的图例。

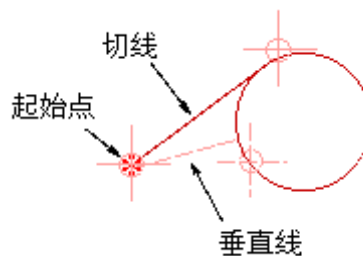


图 4.29 过一个点创建与曲线相切或垂直的直线

## 7. 创建与一曲线相切，又与另一曲线相切或垂直的直线

选择欲与之相切的第一条曲线后，出现与所选曲线相切的一条橡皮筋，再选择欲与之相切或垂直的第二条曲线，并在工具栏的 **Length** 文本框中输入直线的长度，或直接在绘图区中选取一个点，以其在所创建直线方向上的投影点作为新直线的终点。图 4.30 所示的是这种方法的图例。

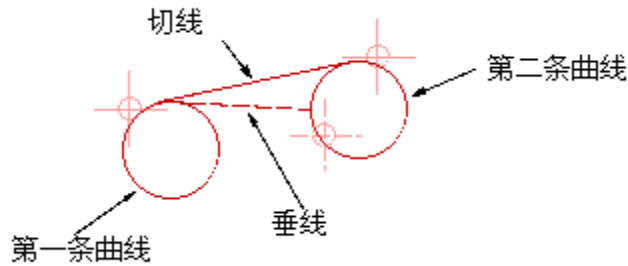


图 4.30 创建与一曲线相切，又与另一曲线相切或垂直的直线

#### 7. 创建与一曲线相切，又与一直线平行或垂直的直线

选择欲与之相切的曲线后，出现与所选曲线相切的一条橡皮筋，再选择欲与之平行或垂直的直线，并在工具栏的 **Length** 文本框中输入直线的长度，或直接在绘图区中选取一个点，以其在所创建直线方向上的投影点作为新直线的终点。

#### 9. 创建与一曲线相切，又与一直线夹一定角度的直线

先选择下拉菜单 **Preferences**►**User Interface**，在弹出的 **User Interface Preferences** 对话框中取消 **Tracking** 复选项。在工具栏的 **Angle** 文本框中输入角度值，选择欲与之相切的曲线后，会出现与所选曲线相切的橡皮筋，再选择欲与之成一定角度的直线。移动鼠标，系统会交替显示参考直线的平行线、垂直线或与之成一定角度等方向线，从中选择相应的方向，并选择 **Lock Mode** 选项锁定该方向，最后在工具栏的 **Length** 文本框中设定直线的长度，或直接在绘图区中选取一个点，以其在所创建直线方向上的投影点作为新直线的终点。图 4.31 所示的是这种方法的图例。

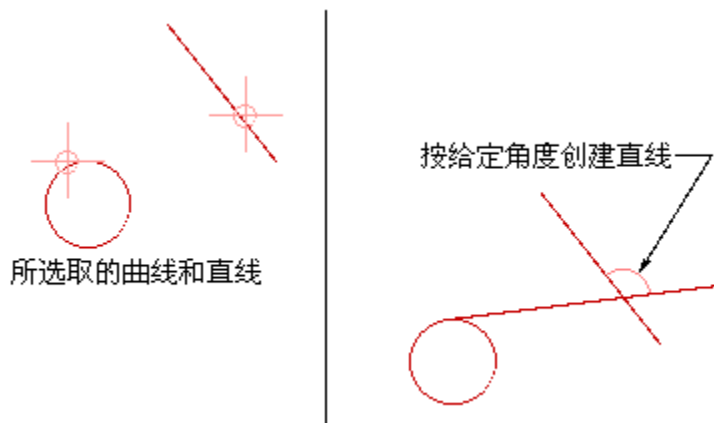


图 4.31 创建与一曲线相切又与一直线夹一定角度的直线

### 10. 创建夹角的角平分线

先后选择两条不平行直线，移动鼠标确定角平分线的方向，再设定角平分线的长度或设定一个点作为角平分线的终点，则系统以两不平行直线的交点作为角平分线的起始点，以设定的直线长度或终点来创建角平分线。

### 11. 创建两平行直线的中线

先后选择两条平行直线，再在工具栏的 Length 文本框中输入直线的长度，系统则会创建按照给定长度创建这两条平行线的中线。

### 12. 过一点创建表面的法线

利用点选择模式或工具栏文本框设定直线的起始点后，再利用点选择模式的面选择方式选择欲与之垂直的表面，则系统会在设定的起始点和直线与选定表面的垂足之间创建表面的法线。图 4.32 所示的是这种方法的图例。

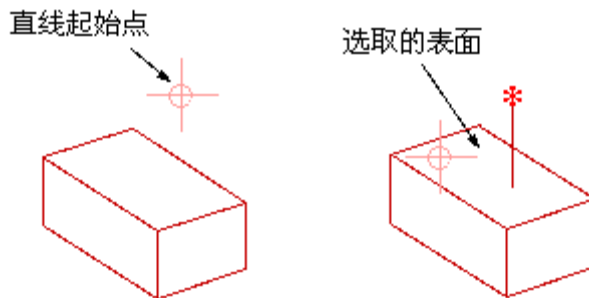



图 4.32 过一点创建表面的法线

### 13. 创建一直线的偏移线

先取消直线对话框中的 **String Mode** 复选项，接着选择欲一条直线，然后在工具栏的 **offset** 文本框中输入偏移线与所选直线的距离，系统即可生成原直线的偏移线（等长平行线）。偏移的方向与选择球的选择位置有关，即选择球选择直线时，偏向哪一边则往哪边偏移。

#### 4.2.3 圆弧

在 **Basic Curve** 对话框中单击圆弧图标，**Basic Curve** 对话框则显示为如图 4.33 所示的圆弧功能界面。

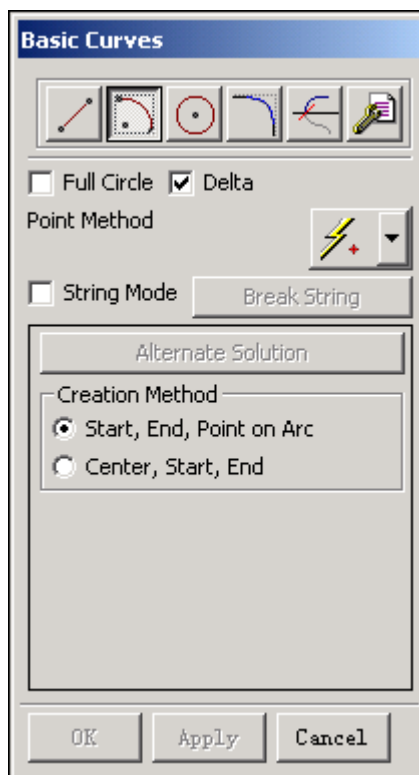


图 4.33 圆弧对话框

在此对圆弧对话框中各选项的作用作一下说明（与直线对话框相同的选项就不再介绍了）：

- **Full Circle**（全圆）

如果选中该复选框，则创建圆弧时，系统会以全圆的形式显示该圆弧。该复选框是在 **String Mode** 复选项取消时才激活的。

- **Alternate Solution**（替换）

当选择了绘图区中的两点后，单击该按钮，则系统会显示与没有单击该按钮时创建圆弧互补的那段圆弧。

● **Creation Method (建立方式)**

该选项组可让用户选择采用何种方式来创建圆弧，系统提供了两种方式：**Start, End, Point on Arc** (起点、终点、弧上的点) 和 **Center, Start, End** (圆心、起点、终点)。

圆弧的生成方式除了以上两种外，还可直接在工具栏的 **XC、YC、ZC** 文本框中输入圆心坐标，在半径或直径文本框中输入半径或直径值，在起始圆弧角和终止圆弧角文本框中分别输入起始圆弧角和终止圆弧角，则系统也能按给定条件创建圆弧。

图 4.34 是创建圆弧的两个例子。

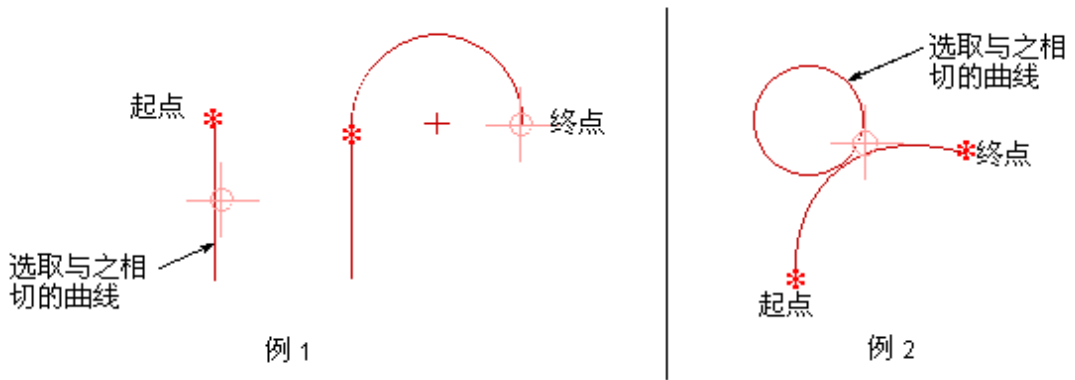


图 4.34 创建圆弧

#### 4.2.4 圆形

在 **Basic Curve** 对话框中单击圆形图标 ，**Basic Curve** 对话框则显示为如图 4.35 所示的圆形功能界面。

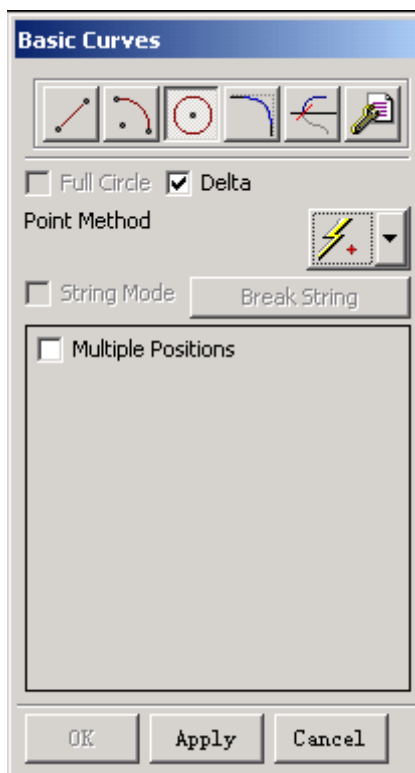



图 4.35 圆形对话框

如果选中 **Multiple Positions** 复选框，系统则会复制与前一圆形相同的多个圆，此时只要给定各圆的圆心坐标即可。

创建圆形一般有三种方式：**Center point, point on circle**（圆心，圆上的点）、**Center point, radius or diameter**（圆心、半径或直径）和 **Center point, tangent object**（圆心，相切对象）。

#### 4.2.5 倒圆角

在 **Basic Curve** 对话框中单击倒圆角图标 ，**Basic Curve** 对话框则显示为如图 4.36 所示的倒圆角功能界面。

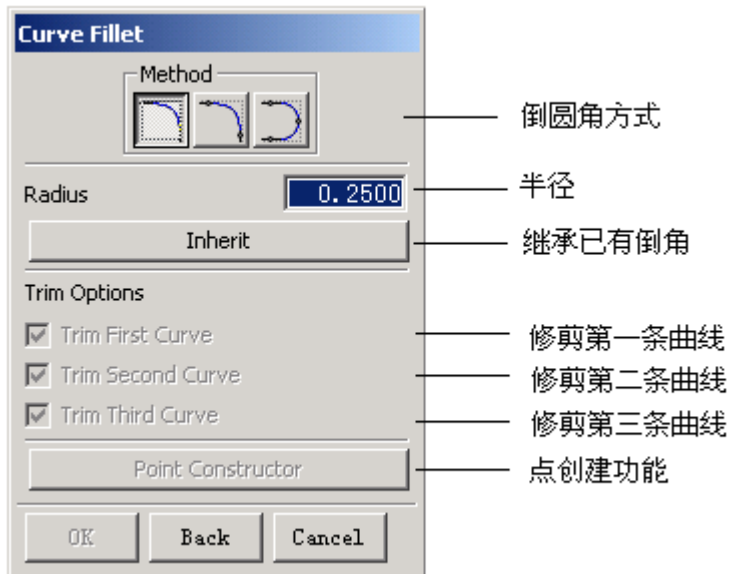



图 4.36 倒圆角对话框

在对话框的 Method 选项组中，系统提供了三种倒圆角的方式：

- Simple Fillet（简易圆角，选择按钮）

该方式仅用于在两共面但不平行的直线间倒圆角，在 Radius 文本框中输入圆角半径或选择 Inherit 选项，再选择一存在的圆角，以其半径作为当前圆角半径后，将选择球移至欲倒圆角的两条直线交点处，单击鼠标左键即可。图 4.37 所示是这种方式倒圆角的例子。

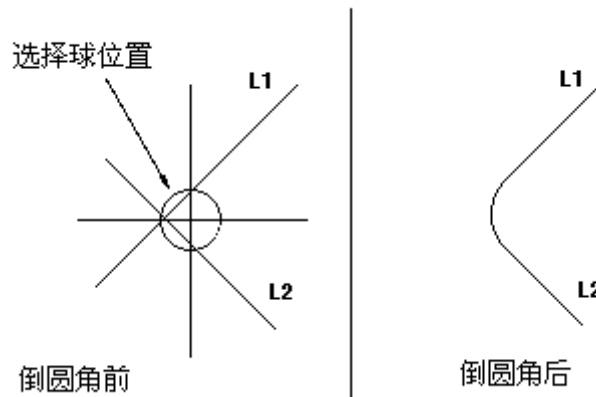


图 4.37 Simple Fillet

在确定选择球的位置时，用户需要特别的注意，因为如果选择球位置不同，那么系统进行倒圆

角的方式也不同。图 4.38 所示的是选择球在不同位置时，系统倒圆角的图例（其中选择球的位置稍作了的夸大，以便于读者比较，实际上仅是直线交点处略有偏移）。

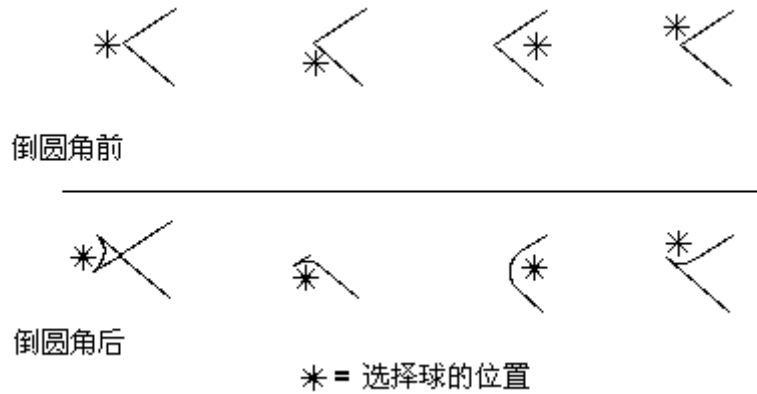



图 4.38 选择球位置对倒圆角的影响

● 2 Curve Fillet (两曲线倒圆角, 选择按钮 )

在 Radius 文本框中输入圆角半径或选择 Inherit 选项，再选择一存在的圆角，以其半径作为当前圆角半径后，先选择第一条曲线，然后选择第二条曲线，再设定一个大致的位置即可。但需要用户注意的是，利用这种方式倒圆角时，选择曲线的顺序不同，倒圆角的方式也不同。图 4.39 所示是这种方式倒圆角的例子。

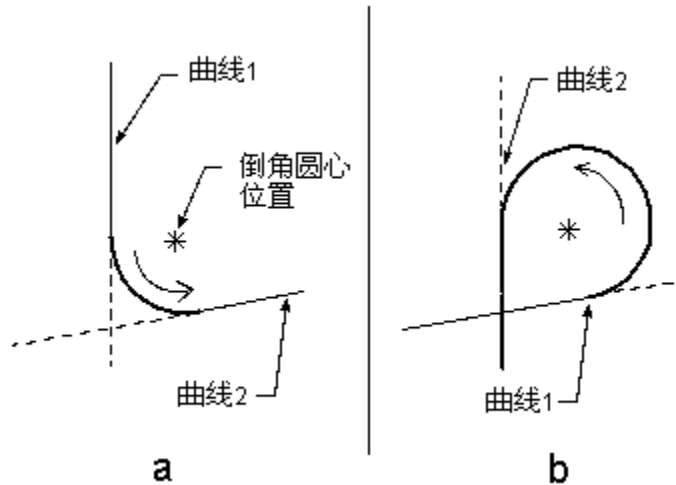



图 4.39 2 Curve Fillet

● 2 Curve Fillet (三曲线倒圆角, 选择按钮)

依次选择三条曲线, 再确定一个倒角圆心的大概位置, 系统则会自动的进行倒圆角操作。如果当选择的曲线为圆或圆弧时, 系统会弹出如图 4.40 所示的一个确定圆角与圆弧相切方式的对话框。用户选择了相应的圆角与圆弧相切方式后, 再根据系统提示选取曲线, 最后设定一个大致的倒角圆心位置, 系统即可完成倒角操作。图 4.41、4.42 和 4.43 所示的分别就是三种相切方式下进行倒圆角的图例。

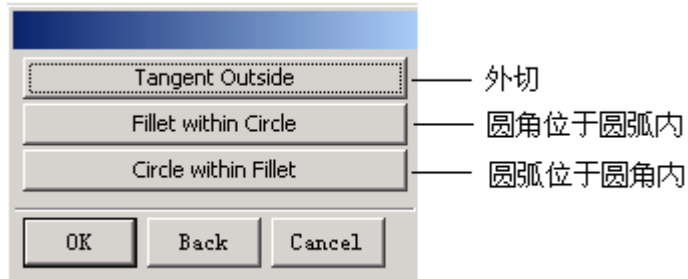


图 4.40 确定圆角与圆弧相切方式的对话框

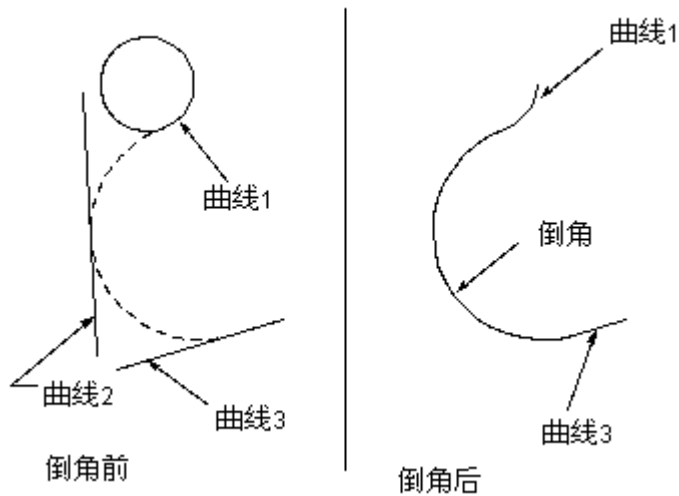


图 4.41 外切方式

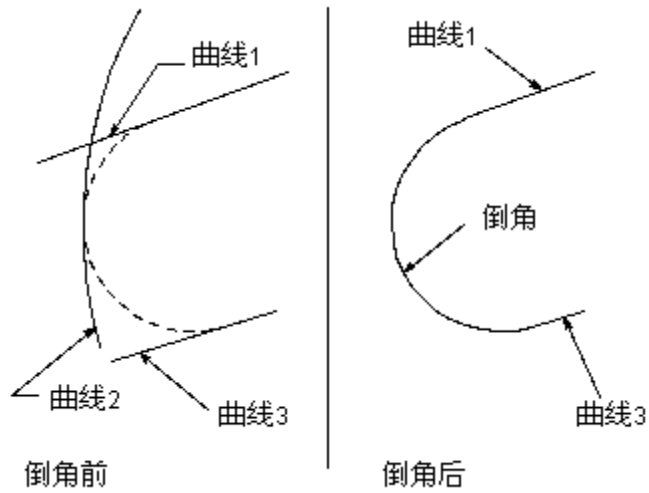


图 4.42 圆角位于圆弧内

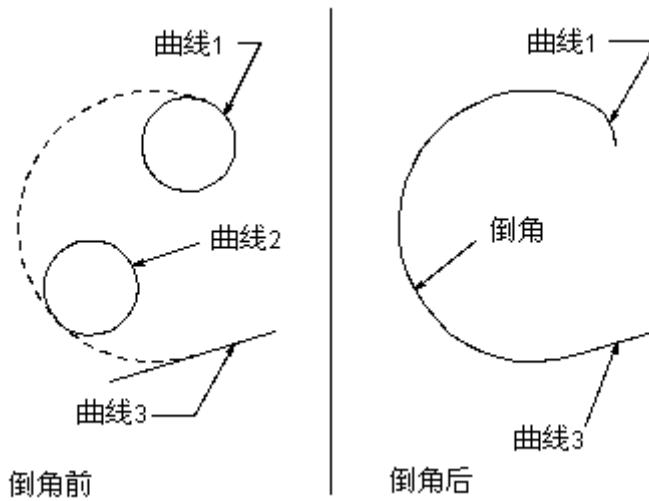


图 4.43 圆弧位于圆角内

Curve Fillet 对话框中其他各选项的作用是：

- Inherit (继承)

单击该按钮，用于继承已有的圆角半径值。选择该选项后，系统会提示用户选取存在的圆角，系统会将选定圆角的半径值显示在对话框的 Radius 文本框中。

- Trim First Curve (修剪第一条曲线)

当选择 2 Curve Fillet 或 3 Curve Fillet 倒圆角方式时，系统才会激活该复选框。选择该复选项，

则倒圆角时系统会将修剪选择的第一条曲线，反之则不会。


- Trim Second Curve（修剪第二条曲线）

当选择 2 Curve Fillet 倒圆角方式时，系统才会激活该复选框。选择该复选项，则在倒圆角时系统将修剪选择的第二条曲线，反之则不会。如果用户选择了 3 Curve Fillet 倒圆角方式，则该复选框标识变为 Delete Second Curve（删除第二条曲线）。选择该复选项，系统在倒圆角时会把选取的第二条曲线删除，反之则不会。

- Trim Third Curve（修剪第三条曲线）

只有选择 3 Curve Fillet 倒圆角方式时，该复选框才会激活。选择该复选项，则在倒圆角时，系统会将修剪选择的第三条曲线，反之则不会。

#### 4.2.6 倒斜角

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert>Curve>Chamfer 时，系统会弹出如图 4.44 所示的 Chamfer 对话框。系统一共提供了两种倒斜角方式：Simple Chamfer（简易倒斜角）和 User-Defined Chamfer（用户自定义倒斜角）。

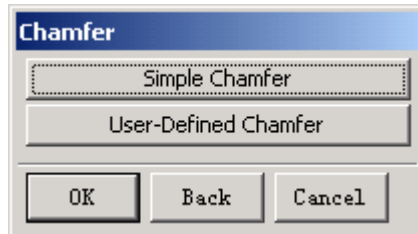


图 4.44 Chamfer 对话框

##### 1. Simple Chamfer

此选项主要用于建立简单倒角，其产生的两边偏移值必须相同，且角度值为 45 度，而且该选项只能用于两共面的直线间倒斜角。单击该选项后，在系统弹出对话框的 offset 文本框中输入倒角尺寸后，再选择两直线的交点处（选择球要同时选中两条直线），系统便会在两直线间产生等倒角尺寸的斜角。图 4.45 所示的是这种方式倒斜角的图例。

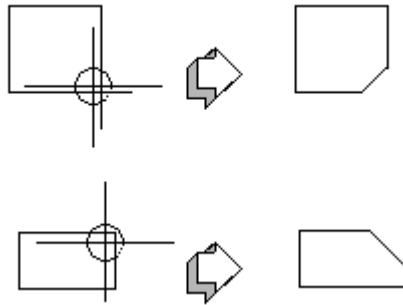


图 4.45 Simple Chamfer

## 2. User Defined Chamfer

此选项主要帮助用户进行自定义倒角，用户可以定义不同的偏移值和角度值。该选项可用于两共面的直线或曲线（圆弧、样条曲线、二次曲线）间倒斜角。单击该选项后，系统会弹出如图 4.46 所示的对话框。

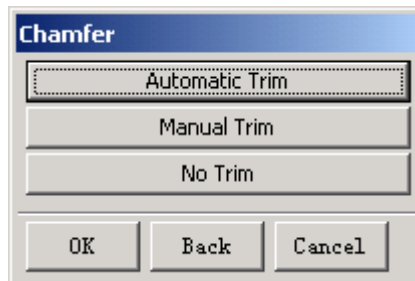


图 4.46 User Defined Chamfer 对话框

在这个对话框中，系统提供了三种曲线修剪方式：**Automatic Trim**（自动修剪）、**Manual Trim**（人工修剪）和 **No Trim**（不修剪）。

- **Automatic Trim**

用此方式建立倒角时，系统会自动根据倒角来修剪两条连接曲线。

- **Manual Trim**

用此方式建立倒角后，需要用户干预来完成修剪倒角的两条连接曲线。单击该方式后，系统会提示是否修剪倒角的第一条连接曲线，若修剪，则选定第一条连接曲线的修剪端。接着确定是否修剪倒角的第二条连接曲线，若修剪，则再选定第二条连接曲线的修剪端。

- **No Trim**

用此方式建立倒角时，则不修剪倒角的两条连接曲线。

在利用自定义方式倒斜角时，系统提供了 2 种倒角尺寸定义的方法。

- Offset and Angle (偏移值与角度)

选择此种方式时，系统弹出设置对话框（如图 4.47 左边所示），分别在 offset 及 Angle 文本框中输入偏距和角度后，再先后选择曲线 1 及曲线 2，最后设定一个倒角交点的大致位置即可。如果选择了人工修剪方式修剪曲线，则随后还应响应系统提示的如何确定两曲线的修剪。图 4.47 所示的是这种方法的图例。

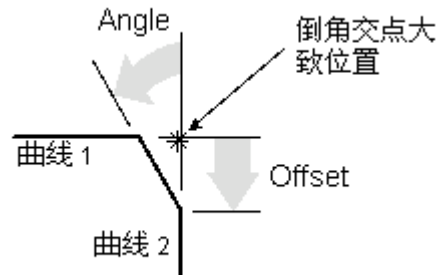
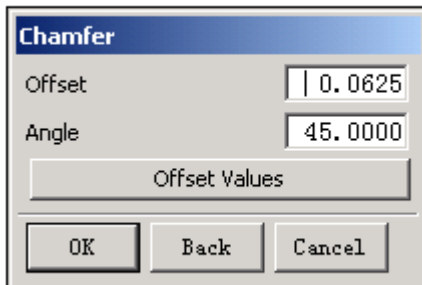


图 4.47 Offset and Angle 方式倒斜角

- Offset Values (偏移值)

单击 Offset Values 选项后，系统弹出设置对话框（如图 4.48 左边所示），分别在 offset1 及 offset2 文本框中输入两偏距，再先后选择曲线 1 和曲线 2，最后设定一个倒角交点的大致位置即可。如果选择了人工修剪方式修剪曲线，则随后还应响应系统提示的如何确定两曲线的修剪。图 4.48 所示的是这种方法的图例。

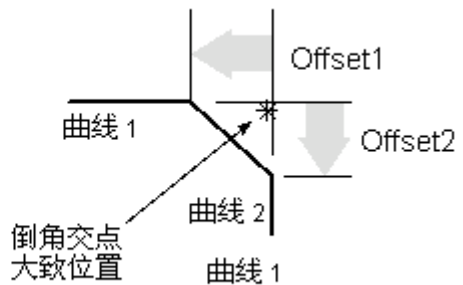
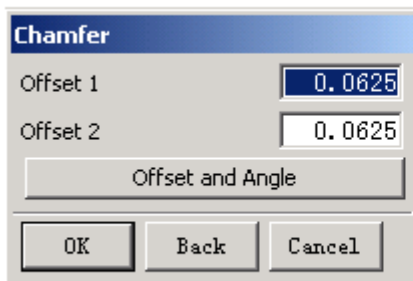




图 4.48 Offset Values 方式倒斜角

## 4.2.7 矩形

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert>Curve>Rectangle** 时，系统会进入矩形创建功能。这时系统会弹出点创建对话框，提示用户指定矩形的第一个角点位置，然后再选取第二个角点的位置，这样系统将完成一个矩形的创建。

## 4.2.8 正多边形

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert>Curve>Polygon** 时，系统会弹出如图 4.49 所示的两个 Polygon 功能对话框。

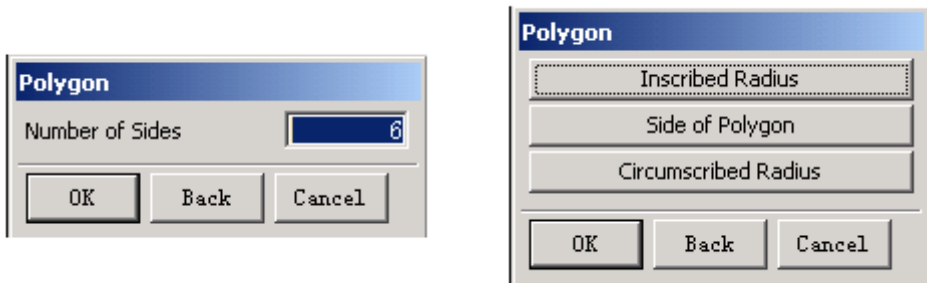


图 4.49 Polygon 功能对话框

首先弹出的是左边的对话框，需要用户来设置创建多边形的边数。接着系统会弹出右边创建多边形时半径定义方式的对话框。在这里一共给用户提供了三种半径定义的方式：**Inscribed Radius**（内切圆半径）、**Side of Polygon**（多边形的边）和 **Circumscribed Radius**（外切圆半径）。

### 1. Inscribed Radius

此方法使用内切圆创建多边形。单击该选项时，系统弹出其设置对话框（如图 4.50 左边所示），分别在 **Inscribed Radius** 和 **orientation Angle** 文本框中输入内切圆半径及方位角度数后，再利用弹出的点创建对话框设置正多边形的中心即可。图 4.50 所示的是这种方式的图例。

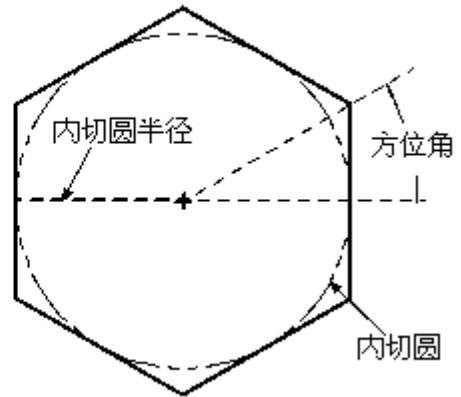
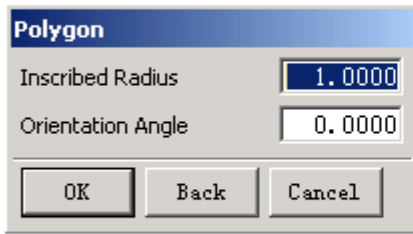


图 4.50 Inscribed Radius 方式创建多边形

## 2. Side of Polygon

单击该选项后，系统会弹出如图 4.51 所示的设置对话框，分别在 Side 和 Orientation Angle 文本框中输入正多边形的边长及方位角度数后，再利用弹出的点创建对话框设置正多边形的中心即可。

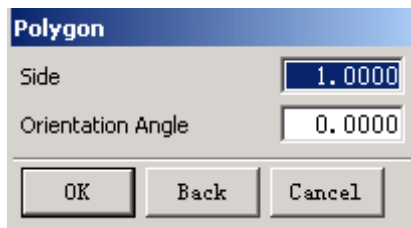


图 4.51 Side of Polygon 对话框

## 3. Circumscribed Radius

此方法使用内切圆创建多边形。单击该选项后，系统弹出其设置对话框（如图 4.52 左边所示），分别在 Circle Radius 和 Orientation Angle 文本框中输入外切圆半径及方位角度数后，再利用弹出的点创建对话框设置正多边形的中心即可。图 4.52 所示的是这种方式的图例。

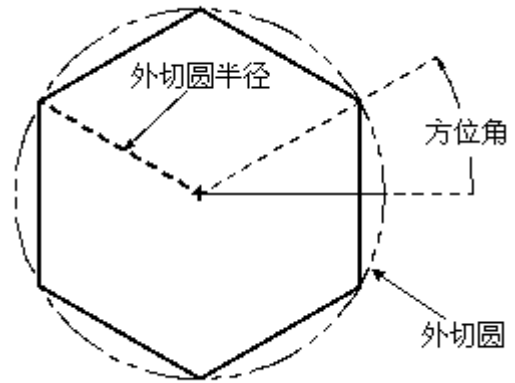
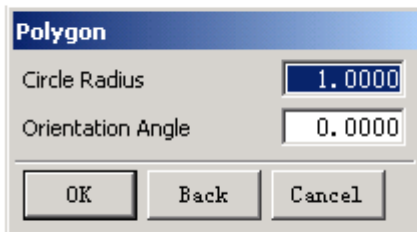


图 4.52 Circumscribed Radius 方式创建多边形

## 4.2.9 椭圆


在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 `Insert>Curve>Ellipse` 时，系统会弹出点创建对话框，让用户选取椭圆的中心。接着系统会弹出如图 4.53 所示的 Ellipse 设置对话框。用户在相应的参数文本框中输入设定的数值，系统即能完成创建椭圆的工作。



图 4.53 Ellipse 设置对话框

对话框中的椭圆参数的意义分别如图 4.54 所示。

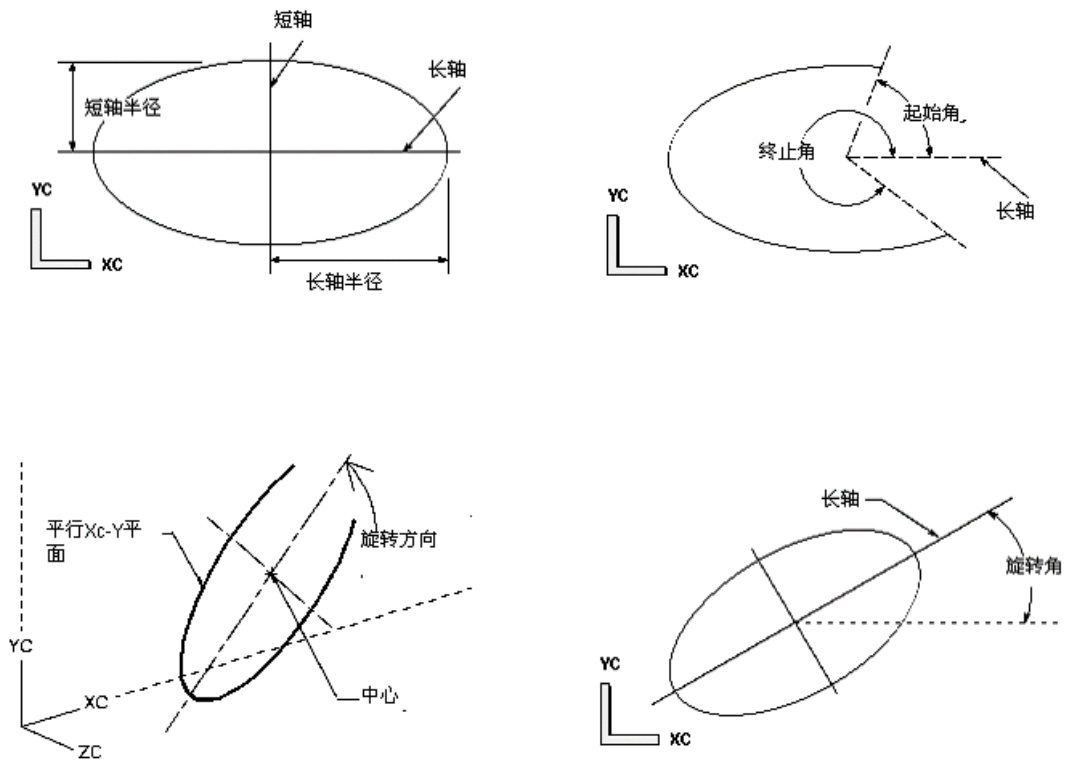



图 4.54 椭圆

参数的意义

#### 4.2.10 平面

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert>Curve>Plane 时，系统会弹出如图 4.55 所示的平面创建方式的对话框。

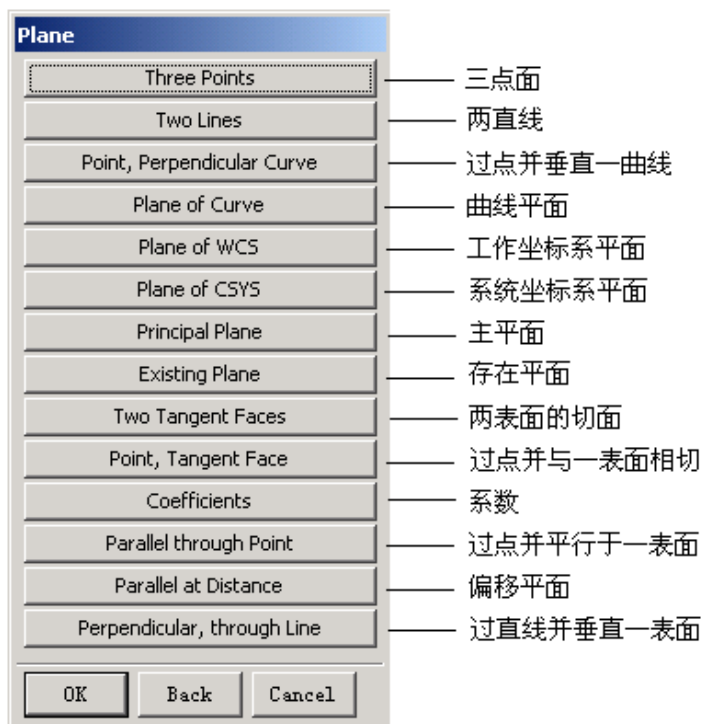


图 4.55 平面创建方式的对话框

创建平面的功能常在定义基准平面、参考平面和切割平面时使用。UG 系统提供了 14 种创建平面的方法，下面分别加以说明。

### 1. Three Points

该选项主要用于创建通过 3 个点的空间平面。单击该按钮后，系统会弹出点创建对话框，让用户来指定空间中的三个点，三点确定后系统就以此三点构建一空间平面。但需要注意的是，所选取的 3 点不能位于同一条直线上，否则会出现错误信息。图 4.56 所示的就是这种方式创建平面的图例。

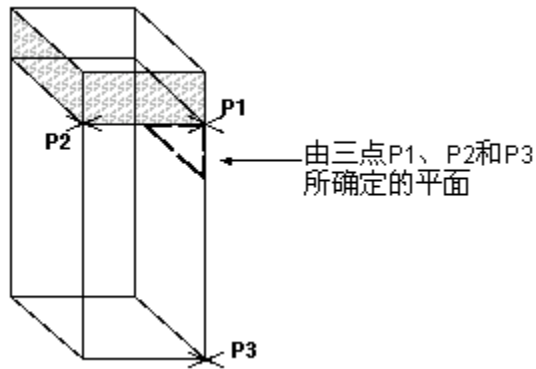


图 4.56 Three Points 方式创建平面

## 2. Two Lines

该选项主要用于创建通过两条已存在直线的空间平面。单击该按钮后，系统会提示用户选取两条直线。其中选取的第一条直线用于确定平面的方向和基准边角度，选取的第二条直线用于确定平面的位置及方向。所以如果选择的两条直线共面，则创建的平面包含所选的两条直线；否则，创建的平面包含第一条直线，而平行于第二条直线。图 4.57 所示的就是这种方式创建平面的图例。

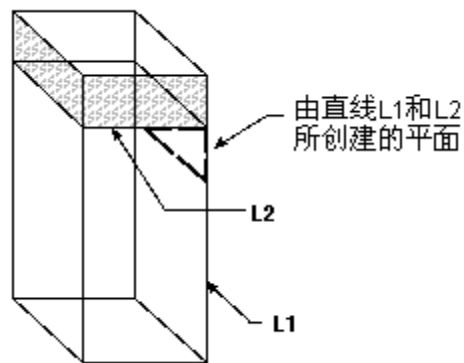


图 4.57 Two Lines 方式创建平面

## 3. Point, Perpendicular Curve

该选项主要用于创建通过空间一个点，并且垂直于指定曲线的平面。单击该按钮后，系统会提示用户选取一条曲线和指定空间中一点，系统所创建的平面通过指定的点，并垂直于所选曲线。定义的平面与所选曲线的垂足为曲线上与指定点最近的点。图 4.58 所示的就是这种方式创建平面的图例。

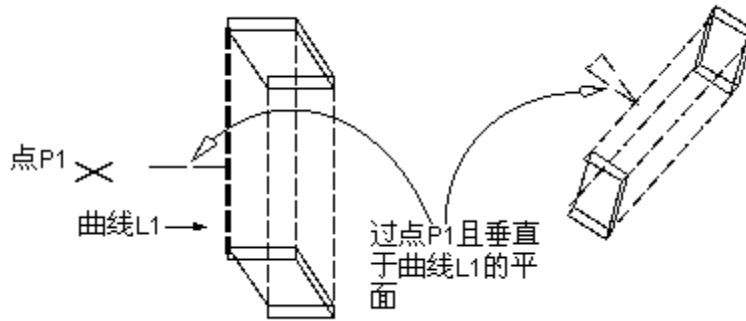


图 4.58 Point, Perpendicular Curve 方式创建平面

#### 4. Plane of Curve

该选项主要用于创建一个空间曲线所在的平面。单击该按钮后，系统会提示用户选取一条空间曲线（可以是圆弧、二次曲线或样条曲线），则所创建的平面包含所选取的曲线。图 4.59 所示的就是这种方式创建平面的图例。

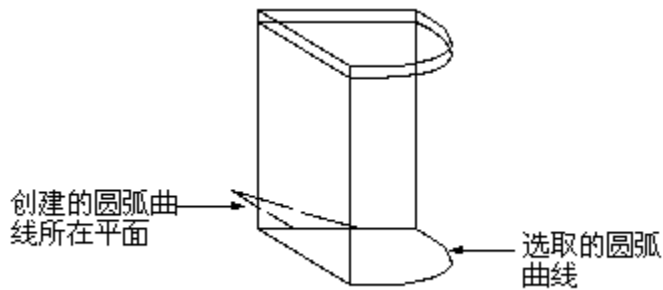


图 4.59 Plane of Curve 方式创建平面

#### 5. Plane of WCS

该选项主要用于创建一个由当前工作坐标系的 XC、YC 轴所确定的平面。图 4.60 所示的就是这种方式创建平面的图例。

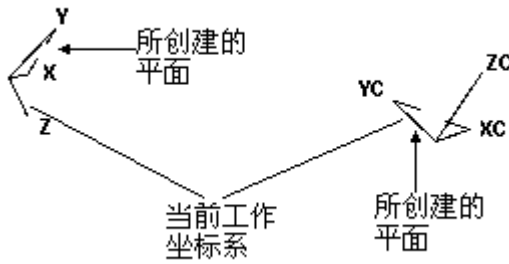


图 4.60 Plane of WCS 方式创建平面

## 6. Plane of CSYS

该选项主要用于创建一个由已存在坐标系的 XY 平面所定义的平面。其应用方式与 Plane of WCS 方式大致相同。

## 7. Principal Plane

该选项主要用于创建一个以现有主平面定义的平面，单击该按钮后，系统会弹出如图 4.61 所示的主平面选取对话框。

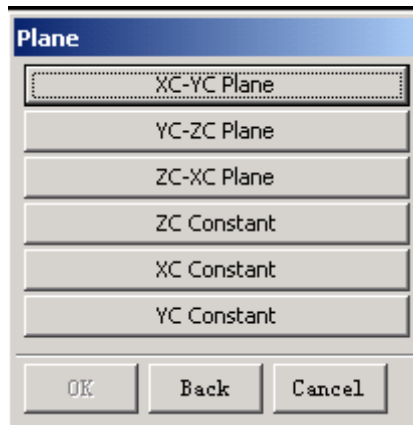


图 4.61 主平面选取对话框

系统为用户提供了如下 6 个选项：

- XC-YC (XC-YC 平面)：该选项指定当前坐标系中的 XC-YC 坐标平面为定义平面。
- YC-ZC (YC-ZC 平面)：该选项指定当前坐标系中的 YC-ZC 坐标平面为定义平面。
- ZC-XC (ZC-XC 平面)：该选项指定当前坐标系中的 ZC-XC 坐标平面为定义平面。
- ZC Constant (ZC 固定)：该选项用于指定当前坐标系中 ZC 坐标值为常量的一个平面。接着用户还需要在 ZC 文本框中输入固定距离值。

- **XC Constant (XC 固定)**：该选项用于指定当前坐标系中 XC 坐标值为常量的一个平面。接着用户还需要在 XC 文本框中输入固定距离值。
- **YC Constant (YC 固定)**：该选项用于指定当前坐标系中 YC 坐标值为常量的一个平面。接着用户还需要在 YC 文本框中输入固定距离值。

### 8. Existing Plane

该选项主要用于创建一个以存在平面作为定义的平面。

### 9. Two Tangent Faces

该选项主要用于创建一个平面，使之与选择的两球面或圆柱面相切。单击该按钮后，系统会提示用户选取两实体表面（仅限于圆柱表面或球面），选取后，系统会显示平面的法向方向箭头，此时用户以光标选择需要定义平面的法线方向箭头即可。图 4.62 所示的就是这种方式创建平面的图例。

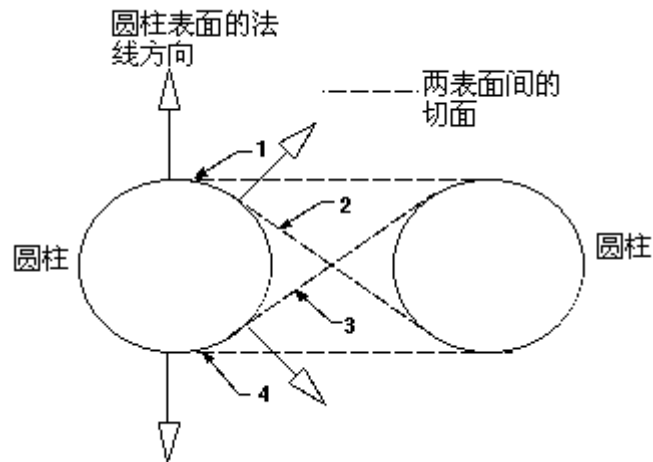


图 4.62 Two Tangent Faces 方式创建平面

### 10. Point, Tangent Face

该选项主要用于创建一个通过指定点且与选取的圆锥面或圆柱面相切的平面。单击该按钮后，系统会提示用户选取一实体表面（仅限于圆锥体或圆柱体表面），接着要求用户利用点创建对话框指定一点，随后系统会显示选取表面的法线方向，此时用户以光标选择需要定义平面的法线方向箭头，系统就会过定义点创建一个与所选表面相切的平面。图 4.63 所示的就是这种方式创建平面的图例。

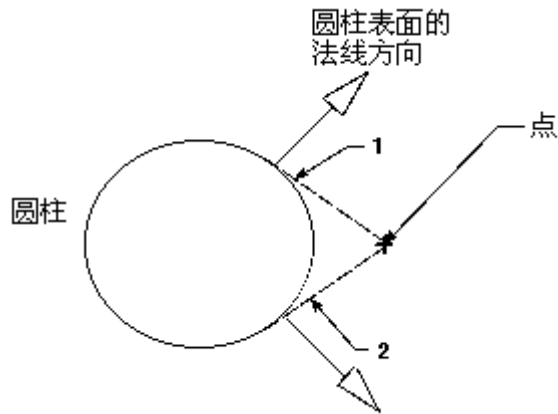


图 4.63 Point, Tangent Face 方式创建平面

## 11. Coefficients

该选项主要用于创建一个通过平面方程来定义的平面。对于一个空间平面，其平面方程为： $Ax + By + Cz = D$ ，其中平面方程由方程系数 A、B、C、D 来确定。

单击该选项后，会弹出如图 4.64 所示的定义平面方程系数的对话框，通过选择 WCS 或 Absolute 单选项确定所采用的坐标系类型后，分别在 A、B、C、D 文本框中输入 A、B、C、D 的系数值即可。若所输入的系数完全确定了一平面时，再利用随后弹出的点创建对话框指定一个点，以便系统确定平面的显示位置（系统以指定点与其在光标所在视图上的垂直投影点形成的连线和平面的交点作为平面的显示位置）。

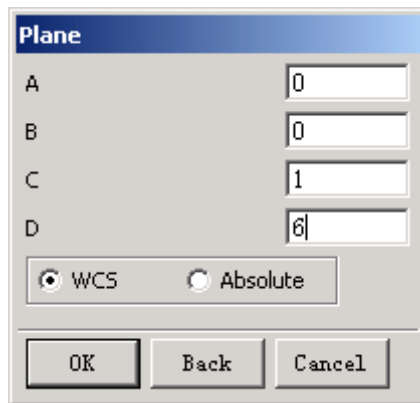


图 4.64 平面方程系数对话框

## 12. Parallel Through Point

该选项主要用于通过一参考平面和一指定点创建平面，该新平面通过指定的点并与参考平面平

行。单击该选项后，系统会弹出定义参考平面对话框，该对话框与图 4.55 所示的平面工具对话框的前 11 项完全相同。定义了参考平面后，利用随后弹出的点创建对话框定义一个点，即可完成平面的创建操作。图 4.65 所示的就是这种方式创建平面的图例。

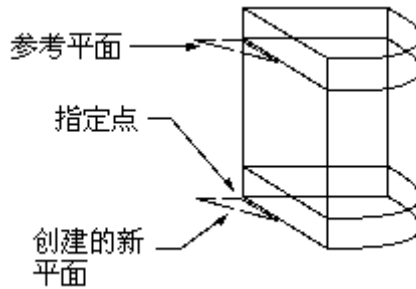


图 4.65 Parallel Through Point 方式创建平面

### 13. Parallel at Distance

该选项主要用于通过设定一定的偏移距离创建一平面，该新平面在指定点的偏移方向上与参考平面偏移设定的距离。单击该选项后，系统会弹出定义参考平面对话框，该对话框也与图 4.55 所示的平面工具对话框的前 11 项完全相同。定义了参考平面后，利用弹出的点创建对话框定义一个点，用于指定创建平面的偏移方向。随后系统会显示偏移距离设置对话框，用户输入需要的值即可。图 4.66 所示的就是这种方式创建平面的图例。

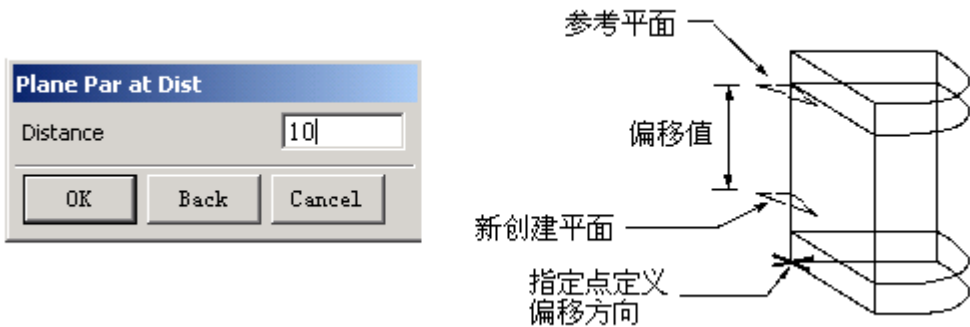


图 4.66 Parallel at Distance 方式创建平面

### 14. Perpendicular, Through Line

该选项主要用于通过一参考平面和一指定直线创建平面，该新平面通过指定直线并垂直于选取的参考平面。单击该选项后，系统会弹出定义参考平面对话框，该对话框也与图 4.55 所示的平面工具对话框的前 11 项完全相同。定义了参考平面后，用户再选取一条直线用于确定创建平面的位置

（该直线不能垂直于基准平面）。


#### 4.2.11 操作范例

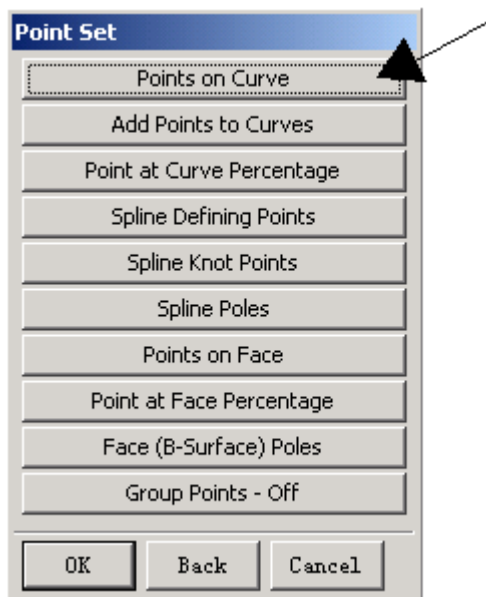
这里将以点群和平面的操作范例为代表，向读者介绍基本曲线创建的操作过程。

##### 1. 点群的创建

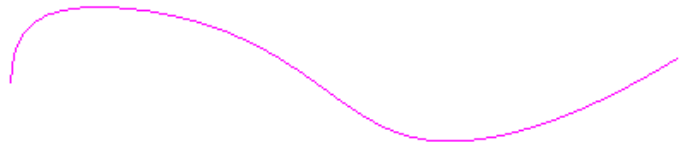
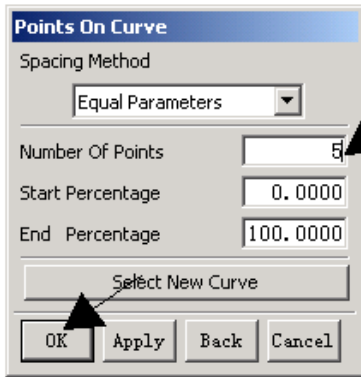
在 4.2.1 小节中，我们已经详细的介绍了创建点群的各种方法，下面我们利用 Points on Curve 和 Spline Poles 这两种方式来创建点群。

- Points on Curve 方式创建点群

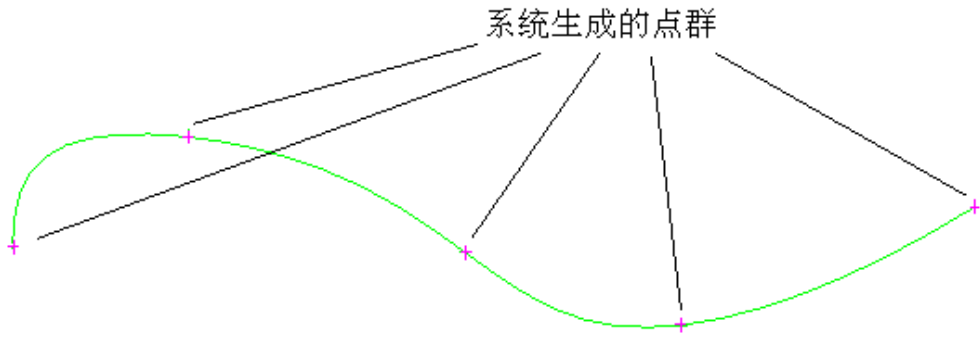
1) 单击工具图标栏中的  或选择菜单命令 Insert>Curve>Point Set，并在弹出的 Point Set 对话框中选择 Points on Curve 选项。




2) 在弹出的 Points on Curve 对话框中设置有关的参数。将 Spacing Method 设置为 Equal Parameters 方式，设置 Number Of Points 参数值为 5，其余参数用省缺设置。再选取已存在的一条样条曲线为操作对象，并单击 OK 按钮。

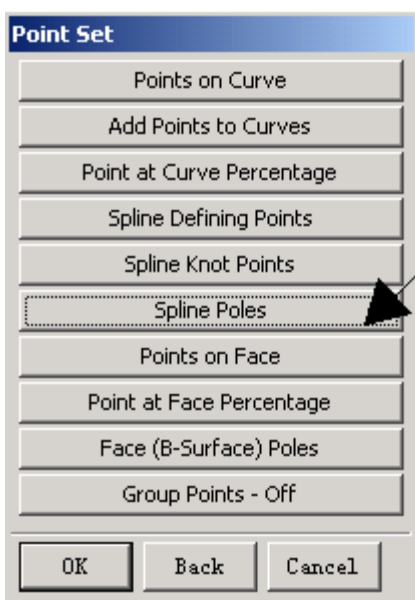


3) 系统返回 Point Set 对话框，并在所选的样条曲线上按指定的设置参数创建了点群。

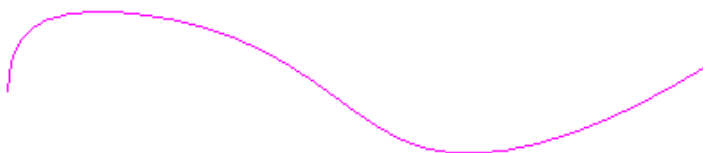
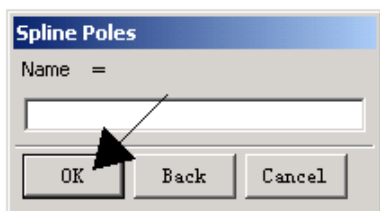


● Spline Poles 方式创建点群

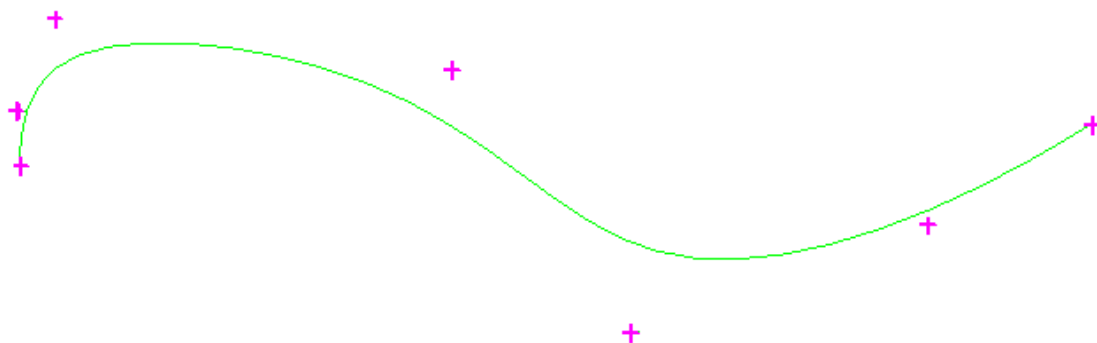
1) 单击工具图标栏中的  或选择菜单命令 Insert>Curve>Point Set，并在弹出的 Point Set 对话框中选择 Spline Poles 选项。



2) 接着会弹出对象选取对话框，用户选取已存在的一条样条曲线为操作对象，并单击 OK 按钮。




3) 系统会返回 Point Set 对话框，并在所选样条曲线的控制点上创建了点群。

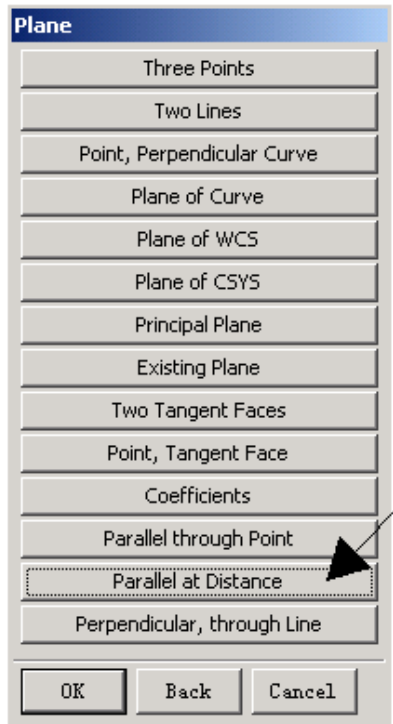


## 2. 平面的创建

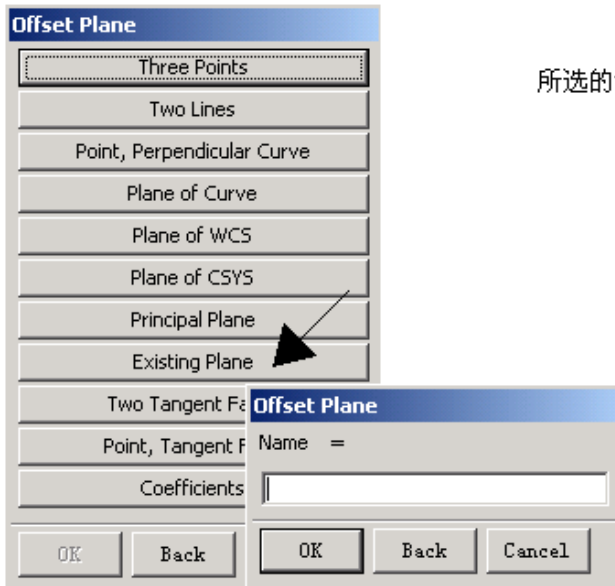
在 4.2.10 小节中，我们已经详细的介绍了创建平面的各种方法，下面我们利用 **Parallel at Distance** 和 **Two Tangent Faces** 这两种方式来创建平面。

- **Parallel at Distance** 方式创建平面

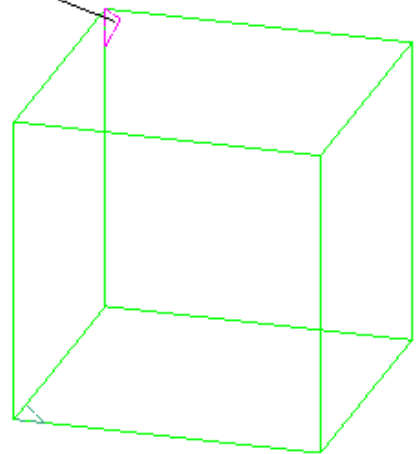
1) 单击工具图标栏中的  或选择菜单命令 **Insert>Curve>Plane**，并在弹出的平面创建方式的对话框中选择 **Parallel at Distance** 选项。



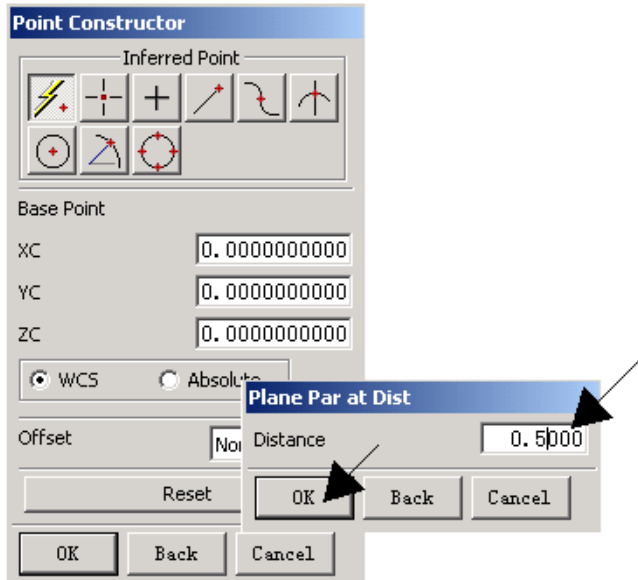
2) 接着在弹出的定义偏移平面对话框中选取 **Existing Plane** 选项，再利用对象选取对话框，选择已存在的一个平面作为偏移平面。



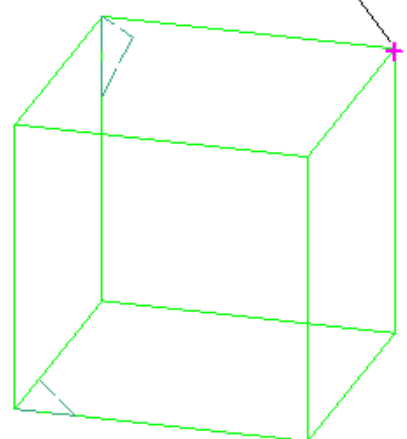
所选的偏移平面



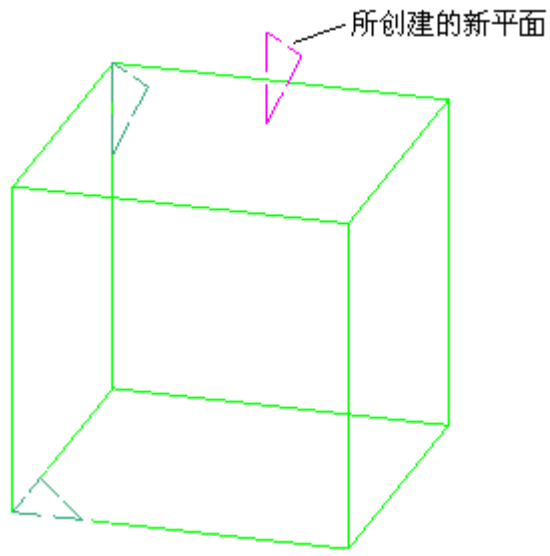
3) 然后系统会弹出点创建对话框，让用户设置偏移方向。这里选取正方体的一个角点作为偏移方向点，再在随后弹出的偏移距离对话框中输入所需的偏移距离值，这里将它设置为 0.5，并单击 OK 按钮




设置的偏移方向点

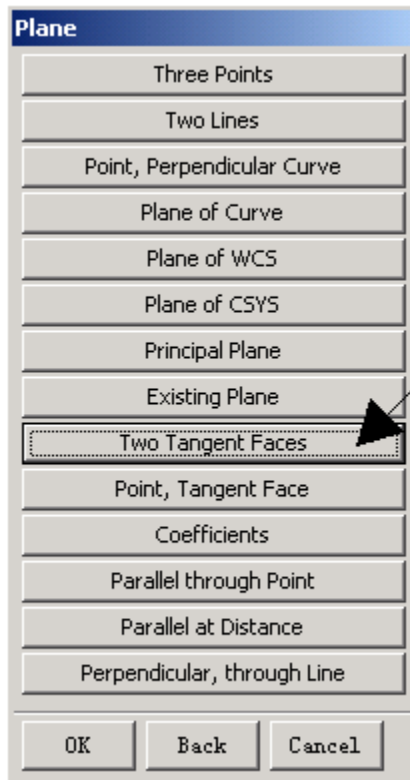


4) 此时系统会返回平面创建方式的对话框，并在所指定的偏移距离位置上创建了一个与偏移平面平行的新平面。

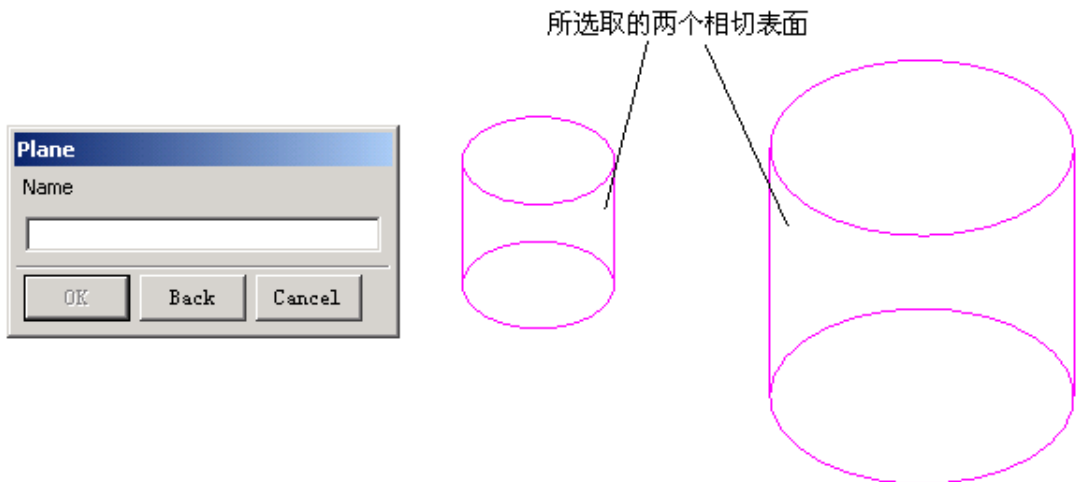


- Two Tangent Faces 方式创建平面

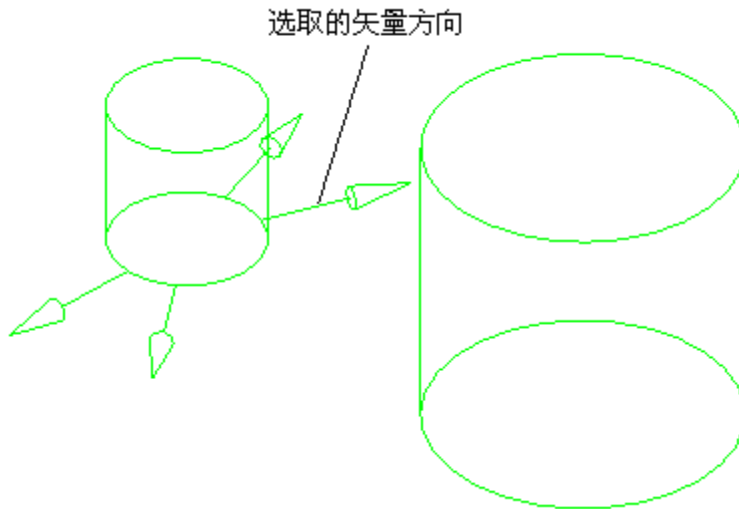
1) 单击工具图标栏中的  或选择菜单命令 **Insert>Curve>Plane**，并在弹出的平面创建方式的对话框中选择 **Two Tangent Faces** 选项。



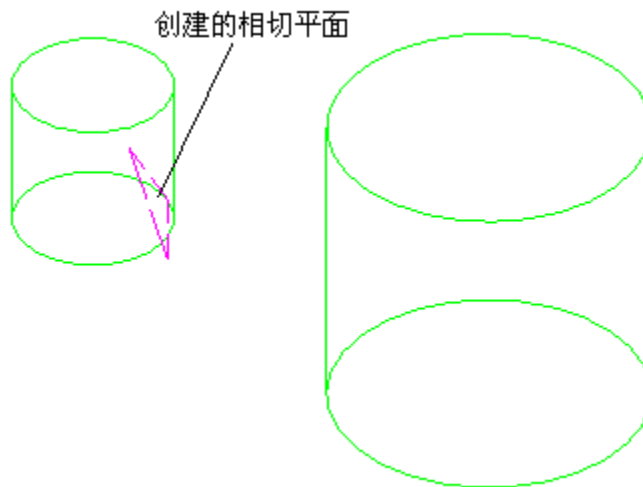
2) 接着利用弹出的对象选取对话框，依次选择已存在的两个圆柱表面作为相切表面。



3) 然后系统会在第一个选取的表面上生成四个相切矢量方向的箭头符号，用户可根据需要选取其中的一个矢量方向。




4) 指定了切平面的矢量方向后，系统会返回平面创建方式的对话框，并在所指定的矢量方向上创建了一个与两圆柱表面均相切的平面。



### 4.3 创建复杂曲线

前面已经介绍了一些常用曲线的创建方法，本小节将详细介绍一些复杂的二维曲线，如样条曲线、二次曲线、规则曲线、螺旋线、抛物线和双曲线的创建方法。

### 4.3.1 样条曲线

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert>Curve>Spline** 时，系统会弹出如图 4.67 所示的样条曲线创建方式的对话框。

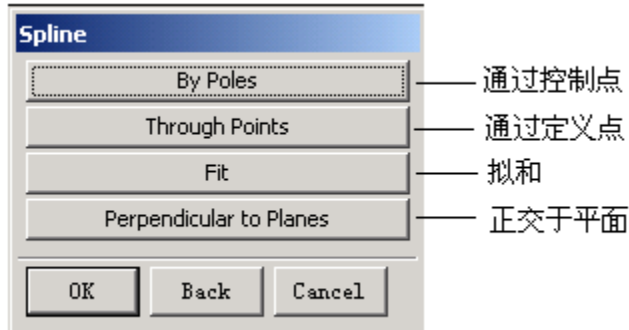


图 4.67 样条曲线创建方式的对话框

样条曲线是以多项式方程计算产生的，在 UG 系统中所建立的样条曲线都是 NURBS 曲线（Non-Uniform Rational B-Splines）。系统中共提供了四种生成样条曲线的方式：**By Poles**、**Through Points**、**Fit** 和 **Perpendicular to Planes**。图 4.68 所示的就是利用前三种方式创建样条曲线的图例，下面分别介绍一下这四种创建样条曲线的方式。

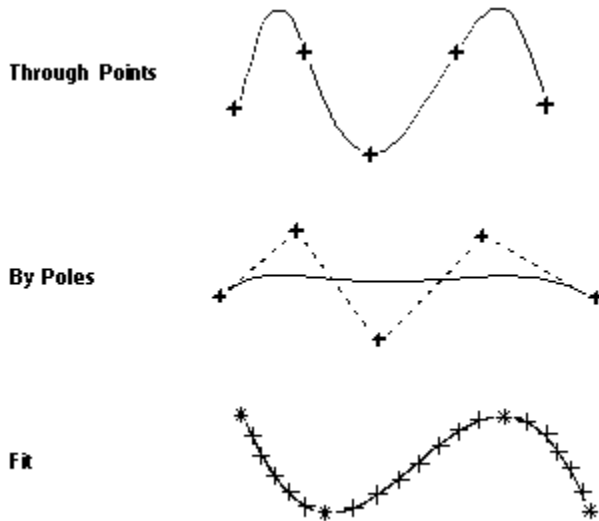


图 4.68 创建样条曲线

#### 1. By Poles

该选项是通过设定样条曲线的各控制点来生成一条样条曲线。控制点的创建方法一般有两种：使用点创建对话框定义点和从文件中读取控制点。

单击该选项后，系统又弹出如图 4.69 所示的对话框，这个对话框中包含了 Curve type（曲线类型）、Curve Degree（曲线阶数）、Closed Curve（封闭曲线）、Curve Analysis Display（曲线分析显示）和 Points From File（从文件中读取控制点）这几个功能选项。

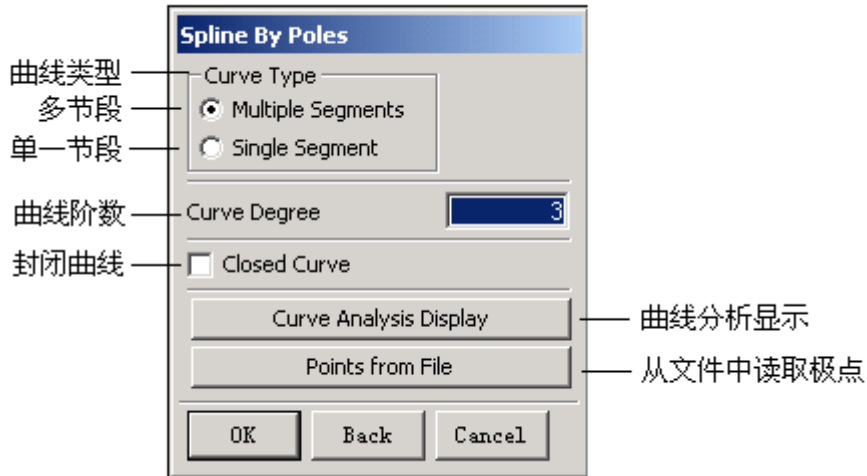


图 4.69 控制点创建样条曲线对话框

- Curve type

该选项用于设定样条曲线的类型，包括了多节段和单一节段 2 种曲线类型：

- 1) Multiple Segments

当选中该复选框，产生样条曲线时，必需与对话框中曲线阶数（Curve Degree）的设置相关。如曲线阶数为 3 时，则必须设定 4 个控制点，才可建立一个节段样条曲线；若有 5 个控制点，则可建立 2 个节段的样条曲线。

- 2) Single Segment

当选中该复选框时，对话框中的 Curve Degree 及 Closed Curve 两个选项不被激活。此方式只能产生一个节段的样条曲线。

- Curve Degree

该文本框在打开 Multiple Segments 选项时才被激活，用于设置曲线的阶数。用户设置的控制点数必须为曲线阶数加 1，否则无法创建样条曲线。

- Closed Curve

该复选框在打开 **Multiple Segments** 选项时才被激活，用于设定随后生成的样条曲线是否封闭。选择该选项，所创建的样条曲线起点和终点会在同一位置，生成一条封闭的样条曲线，否则生成一条开放的样条曲线。图 4.70 所示的就是开放和封闭形式的样条曲线。

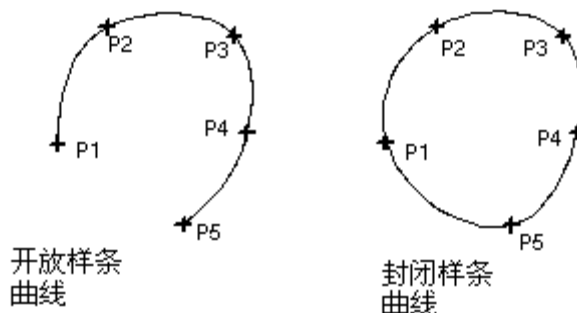


图 4.70 开放和封闭形式的样条曲线

- Curve Analysis Display

该选项主要用于以图形显示样条曲线的分析结果。单击该按钮后，系统会弹出如图 4.71 所示的曲线分析显示对话框。其中一些选项意义是：

- 1) Show Control Polygon (显示控制多边形)

选中该复选框时，系统会打开样条曲线的控制多边形。

- 2) Show Curvature Comb (显示曲率梳)

选中该复选框时，则建立样条曲线时系统会打开曲率梳显示功能。这时也会激活对话框中的 **Scale Factor** 文本框，该文本框用于设置曲率梳的长度大小。

- 3) Show Inflections (显示反曲点)

选中该复选框时，系统会显示样条曲线反曲点的位置。

- 4) Show Peaks (显示顶点)

选中该复选框时，系统会显示样条曲线的顶点位置，此点处样条的曲率值最大。

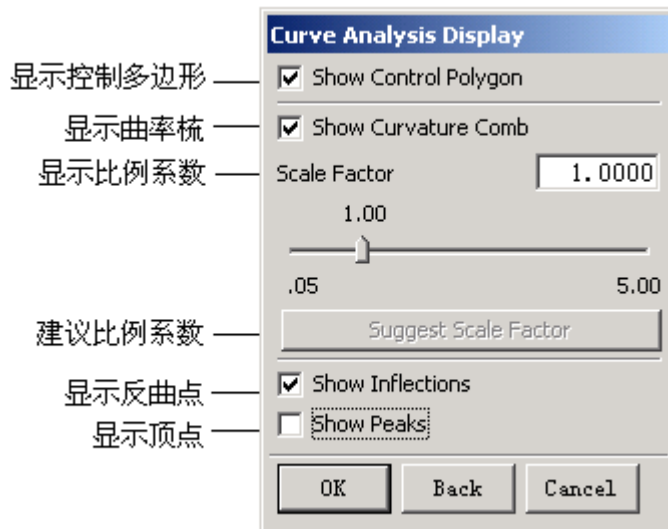


图 4.71 曲线分析显示对话框

从中选则需要显示的分析结果选项，接着依次设定样条曲线的各控制点即可生成一条样条曲线，且系统还会显示与如图 4.71 中所作的分析设置相应的分析结果。图 4.72 就是将显示控制多边形、显示曲率梳、显示反曲点、显示控制点等复选项选中时，某样条曲线的分析结果图形显示。

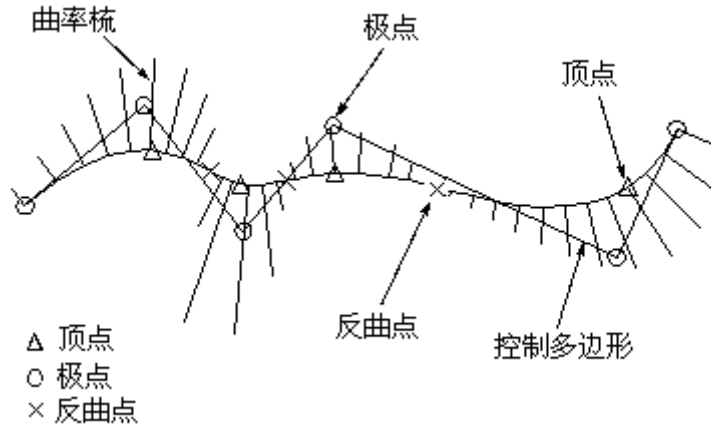


图 4.72 样条曲线分析图形

- Points From File

单击该按钮后，可以从已有文件中读取控制点的数据。

## 2. Through Points

该选项是通过设置样条曲线的各定义点，生成一条通过各定义点的样条曲线。单击该按钮后，

系统弹出和图 4.69 相似的定义点创建样条曲线对话框，只是其中多了两个按钮 Assign Slopes（设置斜率）和 Assign Curvatures（设置曲率），且这时这两个按钮都没有激活。单击 OK 后，系统会弹出如图 4.73 所示的点群创建方式的对话框。

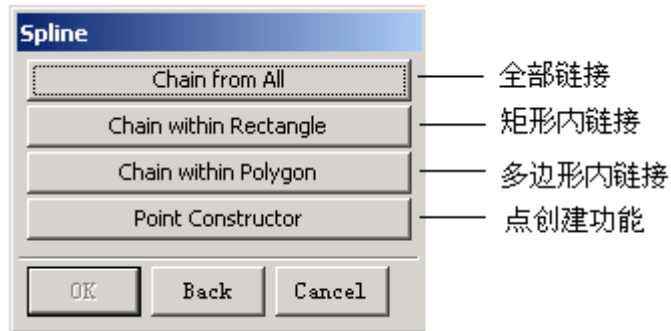


图 4.73 点群创建方式对话框

系统共提供给用户四种点群的创建方式（还可由数据文件中直接读取），前三种方式均需在选择创建样条曲线功能前，预先定义好足够多的点。下面分别介绍一下这四种点群创建方式。

- Chain from All

该选项用于通过选择起点与终点间的点集作为定义点来生成样条曲线。单击该按钮后，系统提示用户依次选择样条曲线的起点与终点，接着系统将自动辨别选择起点和终点之间的点集，并以此产生样条曲线，如图 4.74 所示。

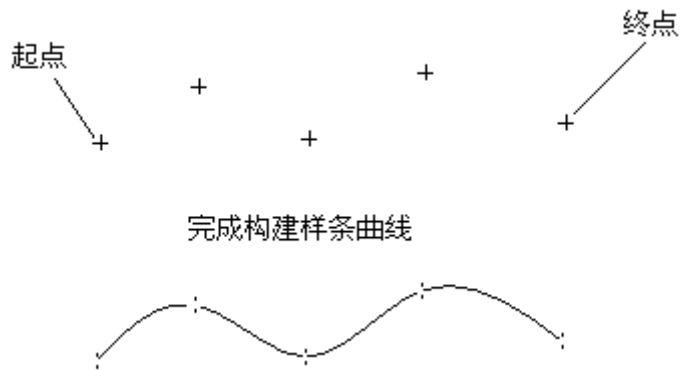


图 4.74 Chain from All 方式

- Chain within Rectangle

该选项用于利用矩形框选择样条曲线的点集作为定义点来生成样条曲线。单击该按钮后，系统提示用户定义矩形框的第一角点和第二角点，接着在矩形框选中的点集中选择样条曲线的起点与终点，则系统将自动辨别选择起点和终点之间的点集，并以此产生样条曲线，如图 4.75 所示。

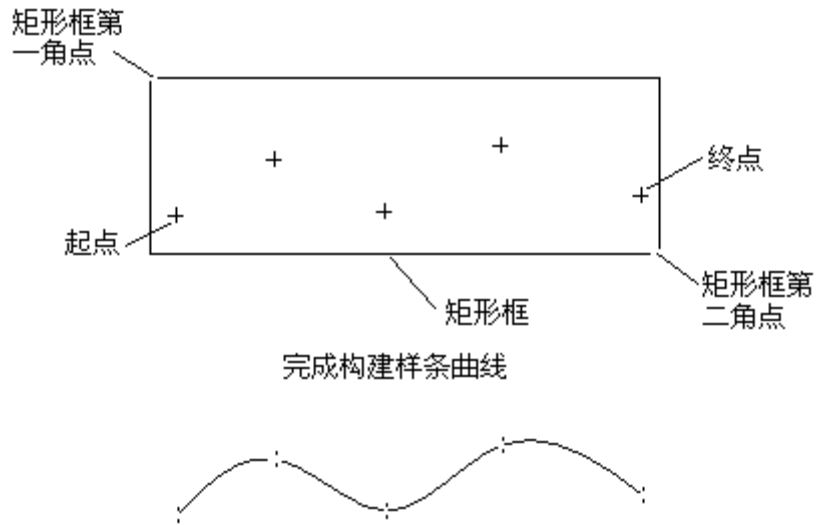


图 4.75 Chain within Rectangle 方式

- Chain within Polygon

该选项用于利用多边形选择样条曲线的点集作为定义点来生成样条曲线。单击该按钮后，系统提示用户定义多边形的各顶点，接着在多边形选中的点集中选择样条曲线的起点与终点，则系统将自动辨别选择起点和终点之间的点集，并以此产生样条曲线。它的操作步骤与前一种方式类似。

- Point Constructor

该选项用于利用点创建对话框定义样条曲线的各定义点来生成样条曲线。单击该按钮后，利用弹出的点创建对话框设置各定义点后，系统将以这些定义点产生样条曲线。

当用户完成样条曲线点群的设置后，系统又会显示定义点创建样条曲线对话框，不过这时，按钮 Assign Slopes 和 Assign Curvatures 处于激活状态，用户可以对它们进行设置。

1) 单击 Assign Slopes 按钮后，系统会弹出如图 4.76 所示的 Assign Slope（定义斜率）对话框，让用户设置各定义点的斜率。

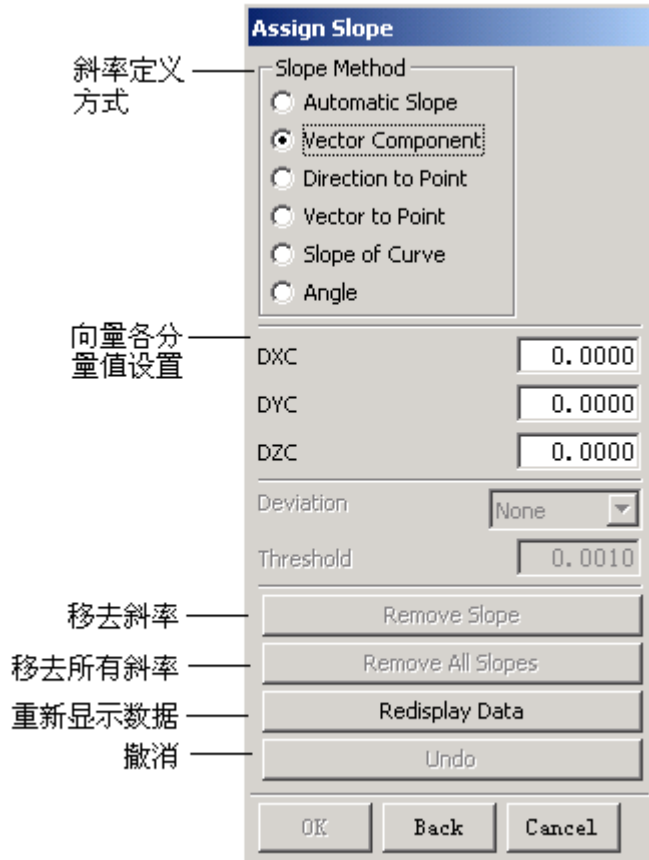


图 4.76 Assign Slope 对话框

在工作区窗口直接选择欲确定斜率的定义点后，再选择相应的斜率定义方式。选择不同的斜率定义方式，随后的系统提示也会有所差异。用户根据系统提示，设定所选定义点的斜率。接着还可再选择其它定义点来设定其斜率。当斜率设定完成后，系统返回至上一个对话框，可再根据实际情况，选择其中的其它选项进行曲率或样条曲线的分析显示等选项的设置。

在 Assign Slopes 对话框中，给用户提供了六种斜率定义方式：**Automatic Slope**（自动斜率）、**Vector Component**（矢量分量）、**Direction to Point**（方向点）、**vector to Point**（矢量终点）、**Slope of Curve**（曲线斜率）和 **Angle**（角度）。下面分别介绍一下这六种方式。

- **Automatic Slope**

选择该单选项时，系统将自动计算斜率作为所选定义点的斜率。

- **Vector Component**

选择该单选项时，在其下方的 DXC、DYC、DZC 文本框中分别输入样条曲线在所定义点的切向量在 XC、YC、ZC 坐标轴方向的矢量分量值，则系统以设定的切向量来定义所选定义点的斜率。图

4.77 所示的就是用这种方式创建样条曲线的图例。

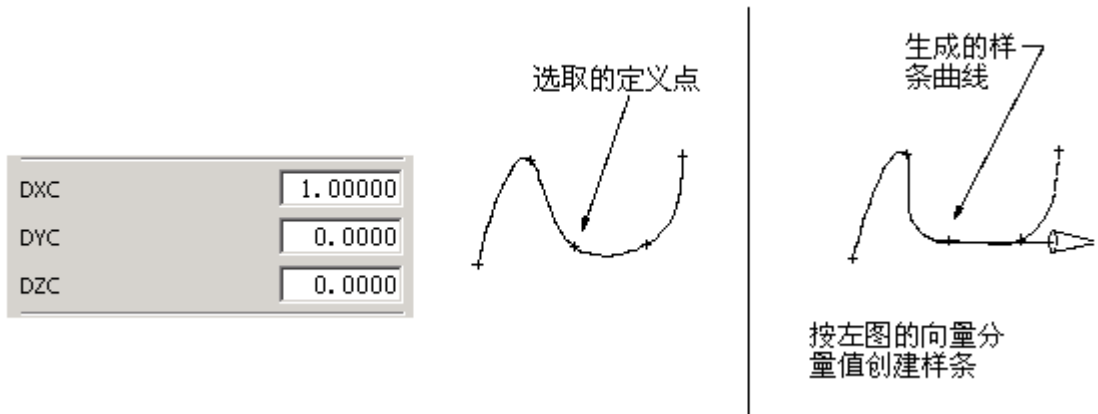


图 4.77 Vector Component 方式创建样条曲线

- **Direction to Point**

选择该单选项时，需要用户设定一个方向点，则系统以所选定义点指向该方向点的矢量来定义所选定义点的斜率。

- **vector to Point**

选择该单选项时，需要用户设定一点，则系统以所选定义点指向该点的矢量来定义所选定义点的斜率。不过点的位置选取不同，将会影响样条曲线的形状。

- **Slope of Curve**

选择该单选项时，再选择一存在曲线，则系统以所选曲线端点的斜率来定义所选定义点的斜率。

- **Angle**

选择该单选项时，在 **Angle** 文本框中输入角度值，则系统以该角度来定义所选定义点的斜率。

在 **Assign Slopes** 对话框中还有其他一些选项，他们的作用分别是：

- **Remove Slope**

该选项用于移去自定义的斜率。在工作图区中选定了一定义点后，该选项激活。选择该选项便可移去所选定义点的用户自定义斜率。

- **Remove All Slope**

选择该选项，则可移去样条曲线中所有定义点的自定义的斜率。

- **Redisplny Data**

重新显示数据，选择该选项，在刷新画面后，可在工作图区中重新显示定义点、斜率、曲率及

当前所选定义点等信息。

- Undo

该选项在编辑样条曲线时，并处于修改定义点的斜率操作中激活。选择该选项，则撤消当前修改斜率操作中的前一次改变斜率的操作。

2) 单击 **Assign Curvatures** 按钮后，系统会弹出如图 4.78 所示的 **Assign Curvature**（定义曲率）对话框，让用户设置各定义点的斜率。

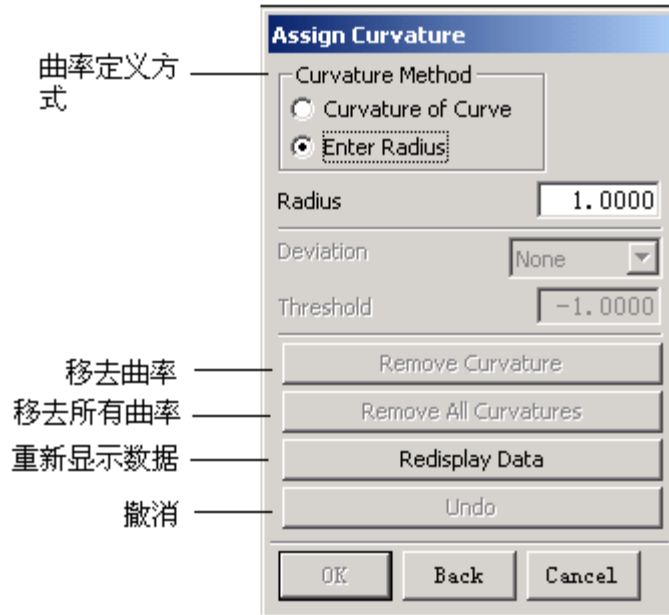


图 4.78 Assign Curvature 对话框

该对话框主要是用于设置样条曲线定义点的曲率。用户选择欲确定曲率的定义点，再选择相应的曲率定义方式，并设置所选定义点的曲率值，同理，还可选择其它定义点来设定其曲率。曲率设定完成后，系统返回前一对话框。用户可再根据实际情况，选择其中的其它选项进行斜率或样条曲线的分析显示等设置。

在 **Assign Curvature** 对话框中，系统提供两种曲率定义的方式：**Curvature of Curve**（曲线曲率）和 **Enter Radius**（输入半径）。下面分别加以介绍。

- Curvature of Curve

该选项主要用于以存在曲线的端点曲率，来定义所选定义点的曲率。选择该单选项，再选择一存在曲线的端点，则系统自动以选定曲线的端点的曲率来定义所选定义点的曲率。

- Enter Radius

该选项主要通过设定所选定义点的曲率半径来定义其曲率。选择该单选项，在其下的 **Radius** 文本框中输入曲率半径值，即可定义所选定义点的曲率。

图 4.78 所示对话框中 **Remove Curvature**、**Remove All Curvatures**、**Redisplay Data** 和 **Undo** 等选项分别与图 4.76 所示对话框中相似选项的功能及使用方法类似，只是此处是对曲率进行操作。

### 3. Fit

该选项是以拟合方式生成样条曲线。单击 **Fit** 按钮后，将弹出如图 4.79 所示对话框，利用其中提供的 5 种方法（使用方法如前所述），可以定义样条曲线的点集。定义点集后，系统又弹出如图 4.80 所示对话框，用户可以选择拟合方式（**Fit Method**），并作好相应的设置设定，这样系统就会生成相应的样条曲线，并弹出对话框，其中显示出拟合的平均偏差和最大偏差。现将图 4.80 所示对话框中主要选项的作用介绍如下。

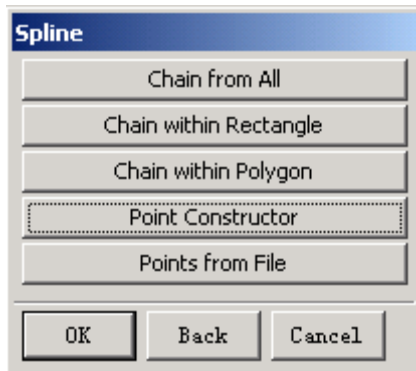


图 4.79 Spline 对话框

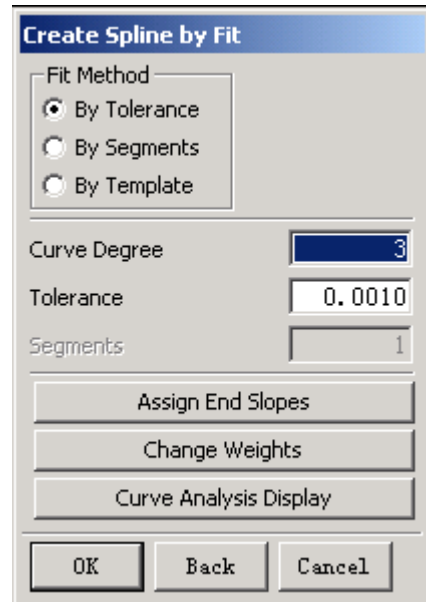


图 4.80 Create Spline by Fit 对话框

#### ● Fit Method（拟合方式）

该选项组用于选择样条曲线的拟合方式。其中提供了如下 3 种拟合方式：

1) **By Tolerance**（根据公差）：该方式用于根据样条曲线与数据点的最大许可公差生成样条曲线。选择该单选项后，在对话框中间的 **Curve Degree**（曲线阶数）、**Tolerance**（公差）文本框中分别输入曲线阶数及样条曲线与数据点的最大许可公差来设置样条曲线。

2) **By Segments**（根据节段）：该单选项用于根据样条曲线的节段数生成样条曲线。选择该单

选项后，在对话框中间的 **Curve Degree**（曲线阶数）、**Segments**（节段数）文本框中分别输入曲线阶数及样条曲线的节段数来设置样条曲线。

3) **By Template**（根据模板）：该单选项根据模板样条曲线，生成曲线阶数及结点顺序均与模板曲线相同的样条曲线。选择该单选项后，系统提示用户选择模板样条曲线。

- **Assign End Slopes**（指定端点斜率）

该选项用于指定样条曲线起点与终点的斜率。

- **Change Weights**（改变加权）

该选项用于设定所选数据点对样条曲线形状影响的加权因子。加权因子越大，则样条曲线越接近所选数据点；反之，则远离。若加权因子为零，则在拟合过程中系统会忽略所选数据点。选择该选项后，在图形窗口选择数据点，然后在弹出的对话框中的 **Weight** 文本框中输入该数据点的加权因子即可。

#### 4. Perpendicular to Planes

该选项是以正交于平面的曲线生成样条曲线。单击 **Perpendicular to Plane** 按钮后，先选择或通过面创建功能定义起始平面，再选择起始点，接着选择或通过面创建功能定义下一个平面且定义建立样条曲线的方向，然后继续选择所需的平面，完成之后确认，系统便可生成一条样条曲线。要注意的是用该选项生成样条曲线时，样条曲线与之正交的辅助平面最多不能超过 100 个。

#### 4.3.2 二次曲线

二次曲线包括圆形、椭圆、抛物线、双曲线（如图 4.81 所示）和一般二次曲线。在前面我们已经介绍了圆形和椭圆的创建方法，本小节主要是介绍一般二次曲线的创建方法，有关抛物线和双曲线的创建方法，我们会在后面的小节中讲解。

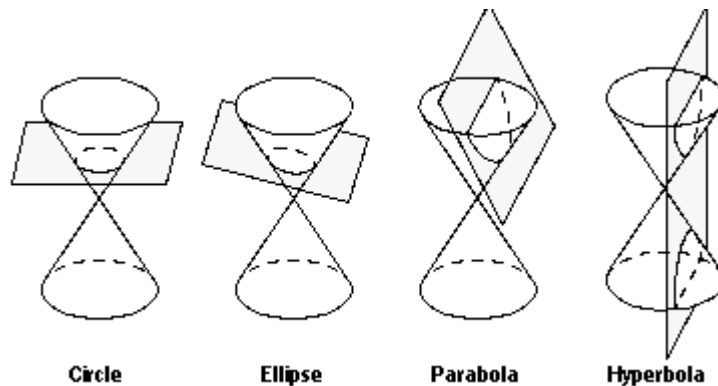



图 4.81 常见的几种二次曲线

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Curve**►**General Conic** 时，系统会弹出如图 4.82 所示的二次曲线创建方式的对话框。

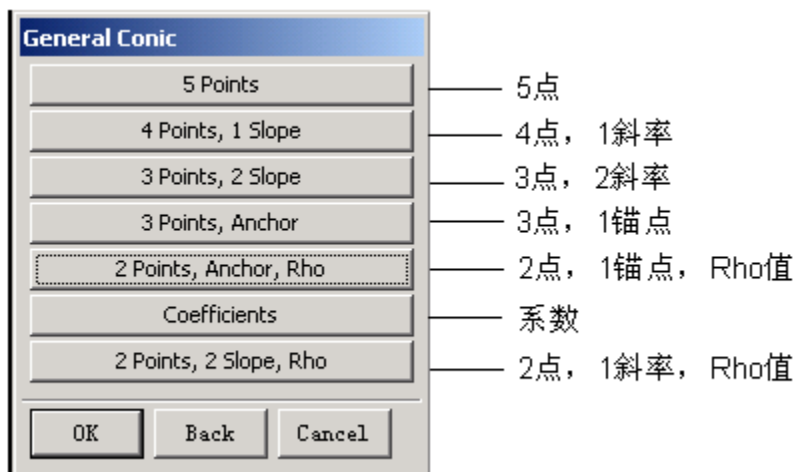


图 4.82 二次曲线创建方式对话框

在这个中提供了二次曲线的 7 种生成方式，选定相应的生成方式后，逐步响应系统的提示，便可生成一条二次曲线。下面先介绍一下有关 Anchor（锚点）和 Rho 值的含义。

### 1. Anchor

它表示的是二次曲线两 endpoint 切线的交点，如图 4.83 所示。

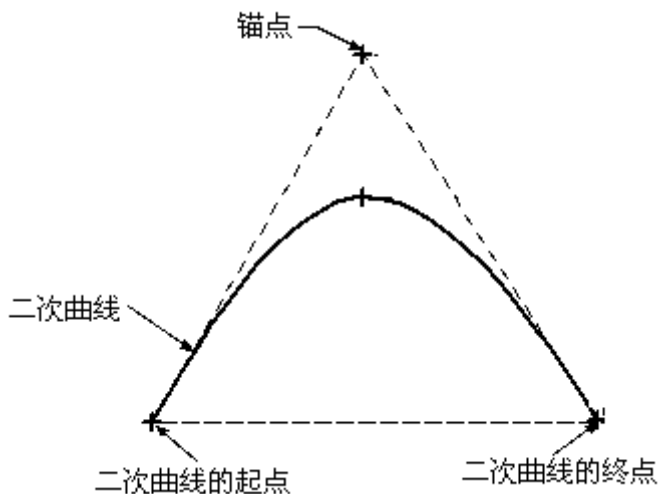


图 4.83 锚点

## 2. Rho 值

Rho 值的含义如图 4.84 所示，表示锚点到二次曲线两端点的距离与其在二次曲线上投影点到两端点距离的比值。当该值小于  $1/2$  时，生成一椭圆或椭圆弧；当该值等于  $1/2$  时，生成一抛物线；当该值大于  $1/2$  时，则生成一双曲线。

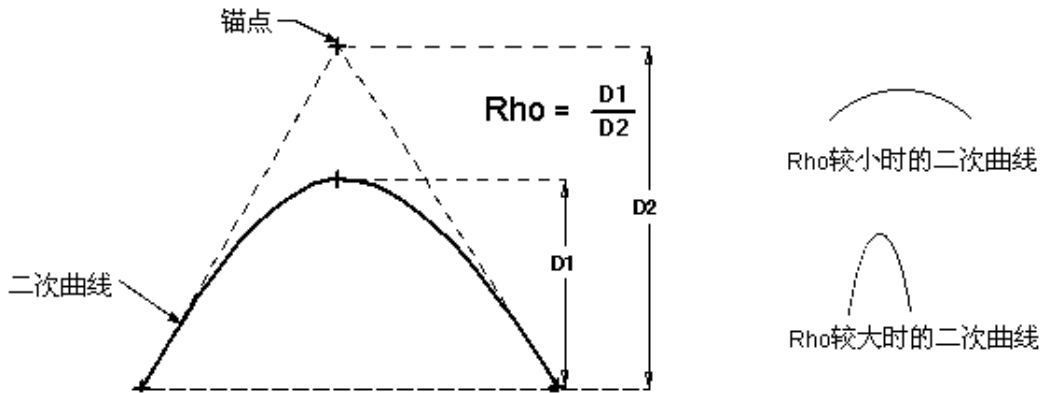


图 4.84 Rho 值

接下来我们详细介绍一下二次曲线的 7 种生成方式。

### 1. 5 Points

此方式是利用 5 个点来产生二次曲线。单击该按钮后，逐步响应系统提示，利用弹出的点创建对话框依次设定 5 个点，便可生成一条通过这 5 个设定点的一条二次曲线。在这种方式下可以产生如图 4.85 和 4.86 所示的两种不同类型的圆锥曲线。

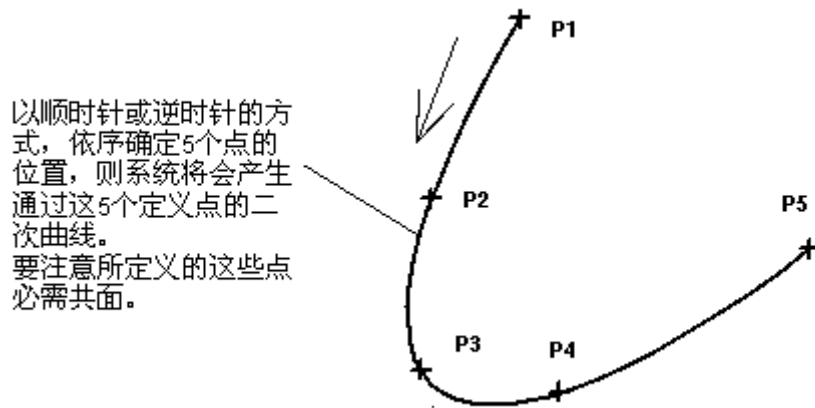


图 4.85 抛物线形的二次曲线

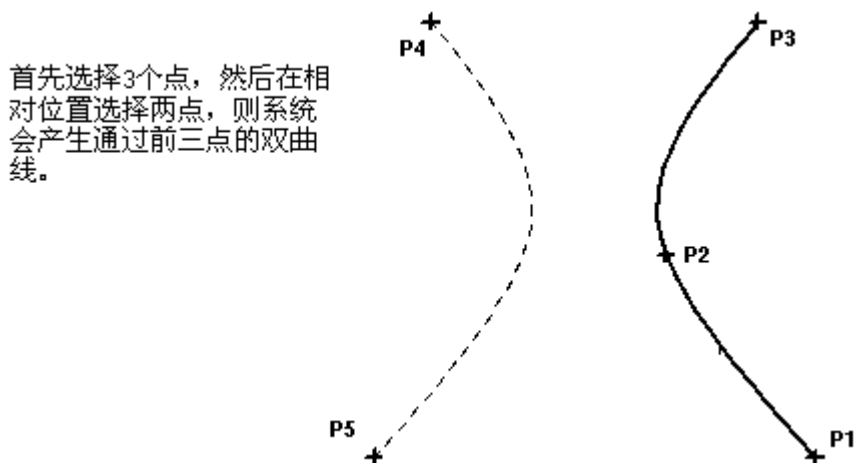


图 4.86 双曲线形的二次曲线

## 2. 4 Points, 1 Slope

此方式是利用 4 个点和一个斜率来产生二次曲线。单击该按钮后，逐步响应系统提示，利用弹出的点创建对话框设定第一个点，再设定第一点的斜率，然后依次设定其它三个点，便可生成一条通过这四个设定点，且第一点斜率为设定斜率的二次曲线。

在二次曲线的生成过程中，系统提供了如图 4.87 所示的四种斜率设定方法：Vector Components（矢量分量）、Direction Point（方向点）、Slope of Curve（曲线斜率）和 Angle（角度）。

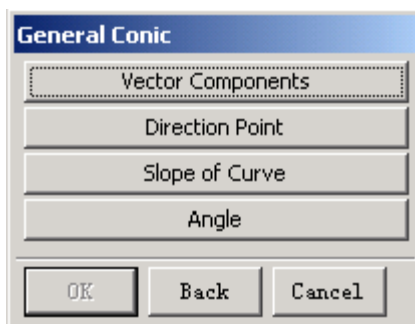


图 4.87 General Conic 中的斜率设定方法

### ● Vector Components

此选项是以矢量分量作为二次曲线的斜率。在如图 4.88 所示的图例中，用户确定了 P1 点的位置后，系统会要求用户在矢量分量的文本框中输入各分量的值，此时就会以此矢量作为 P1 点的斜率。然后依次选取 P2、P3 和 P4 点，系统就会生成二次曲线。

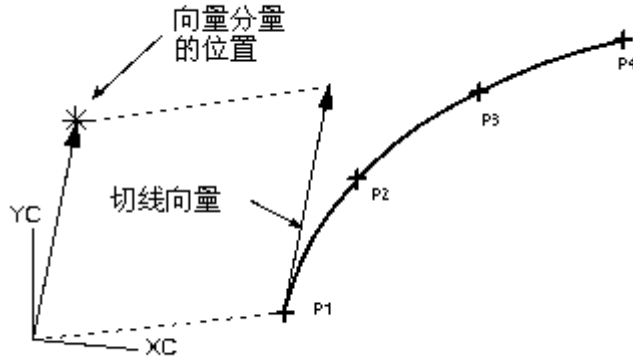


图 4.88 Vector Components 方式

- Direction Point

此选项是以方向点的位置来定义二次曲线的斜率。在如图 4.89 所示的图例中，用户确定了 P1 点的位置后，系统会要求用户确定方向点的位置，此时就会以方向点的位置来定义 P1 点的斜率。然后依次选取 P2、P3 和 P4 点，系统就会生成二次曲线。

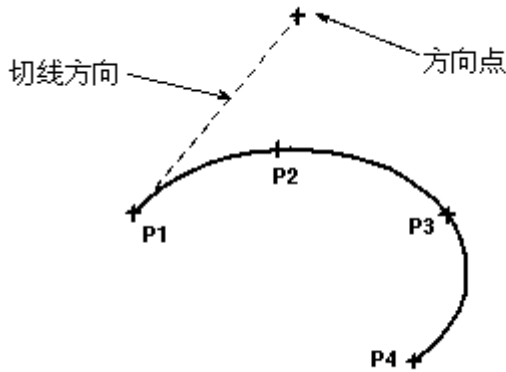


图 4.88 Direction Point 方式

- Slope of Curve

此选项是以另一曲线的斜率来定义二次曲线的斜率。在如图 4.90 所示的图例中，用户确定了 P1 点的位置后，系统会要求用户选取一存在曲线的端点，此时就会该端点的斜率来定义 P1 点的斜率。然后依次选取 P2、P3 和 P4 点，系统就会生成二次曲线。

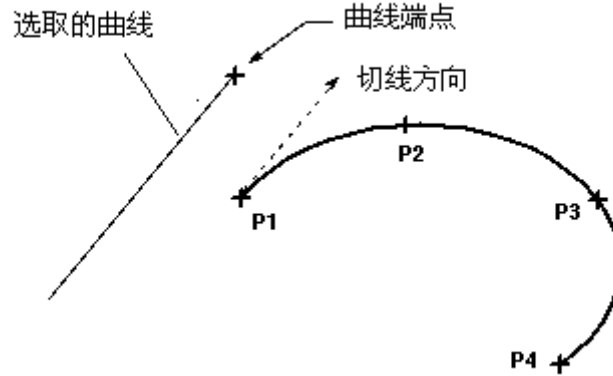


图 4.90 Slope of Curve 方式

● Angle

此选项是以角度值的方式来定义二次曲线的斜率。在如图 4.91 所示的图例中，用户确定了 P1 点的位置后，系统会要求用户输入角度的值，此时就会改角度值来定义 P1 点的斜率。然后依次选取 P2、P3 和 P4 点，系统就会生成二次曲线。

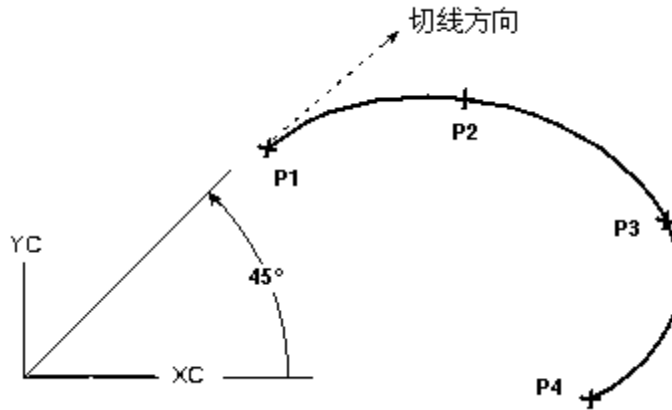


图 4.91 Angle 方式

3. 3 Points, 2 Slope

此方式是利用 3 个点和两个斜率来产生二次曲线。单击该按钮后，逐步响应系统提示，利用弹出的点创建对话框设定第一个点，再设定第一点的斜率，然后依次设定其它两个点，最后设定第三点的斜率，便可生成一条通过这三个设定点，且第一点、第三点斜率分别为各自的设定斜率的一条二次曲线。图 4.92 所示的就是这种方式的图例。

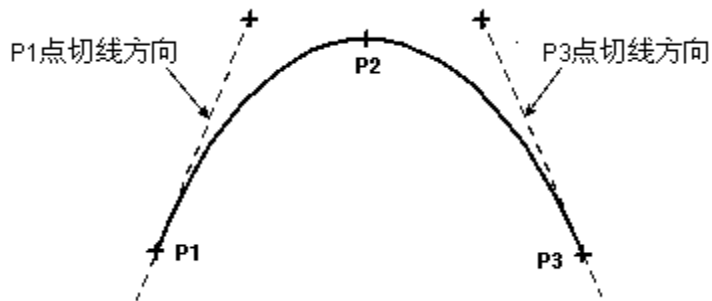


图 4.92 3 Points, 2 Slope 方式

#### 4. 3 Points, Anchor

此方式是利用 3 个点和锚点来产生二次曲线。单击该按钮后，逐步响应系统提示，利用弹出的点创建对话框依次设定三个点，然后再设定一个锚点，便可生成一条通过这三个设定点，且其锚点为设定锚点的一条二次曲线。图 4.93 所示的就是这种方式的图例。

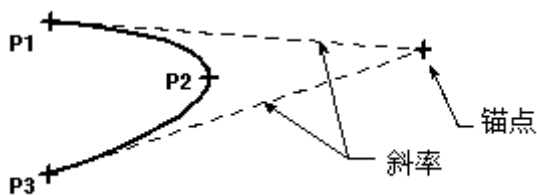


图 4.93 3 Points, Anchor 方式

锚点位置的设定可以用来修改二次曲线端点的斜率，图 4.94 所示的就是锚点的位置对二次曲线端点斜率的影响。

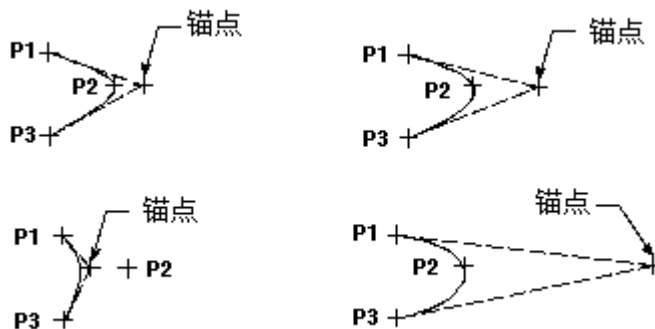


图 4.94 锚点的位置对二次曲线端点斜率的影响

## 5. 2 Points, Anchor, Rho

此方式是利用 2 个点和锚点并配合 Rho 值来产生二次曲线。单击该按钮后，逐步响应系统提示，利用弹出的点创建对话框依次设定 2 个点，再设定锚点确定切线方向，最后设定一个 Rho 值以确定二次曲线的形式，这样便可生成一条通过 2 个设定点，其锚点为设定锚点，Rho 为设定值的一条二次曲线了。

在确定 Rho 值是要注意它必须介于 0 和 1 之间（不包括 0 和 1），否则系统将显示错误信息。图 4.95 所示的就是 Rho 值对二次曲线的影响，如果 Rho 值小于 0.5 时将产生椭圆，如果 Rho 值等于 0.5 时将产生抛物线，如果 Rho 值大于 0.5 时将产生双曲线。

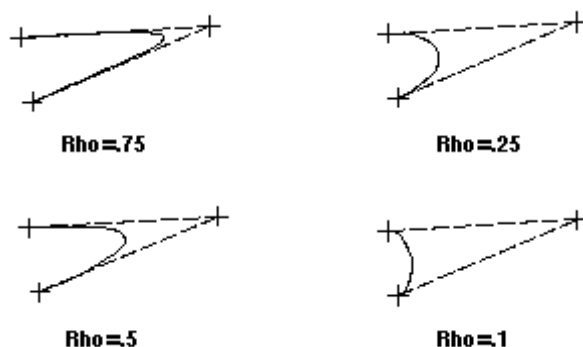


图 4.95 Rho 值对二次曲线的影响

## 6. Coefficients

此方式是利用设置二次方程的系数来产生二次曲线。单击该按钮后，在随之弹出的系数对话框文本框中分别输入二次曲线的一般方程式  $Ax^2+Bxy+Cy^2+Dx+Ey+F=0$  中的 6 个系数 A、B、C、D、E 及 F，这样系统即会依照工作坐标原点的位置生成一条二次曲线。

## 7. 2 Points, 2 Slope, Rho

此方式是利用 2 个点和 2 个斜率并配合 Rho 值来产生二次曲线。单击该按钮后，逐步响应系统提示，利用弹出的点创建对话框设定起始点，并设定起始点的斜率，然后设定终点和终点的斜率，最后再设定一个 Rho 值，便可生成一条起点与终点为两个设定点且斜率为设定斜率，Rho 值为设定值的一条二次曲线

### 4.3.3 规则曲线

规则曲线就是 X、Y、Z 坐标值按设定规则变化的样条曲线。利用规则曲线可控制建模过程中某些参数的变化规律，如螺旋线中螺旋半径变化的控制、曲线形状的控制、面倒圆截面的控制及在构

造自由曲面过程中的角度或面积的控制等。


在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert>Curve>LawCurve** 时，系统会弹出如图 4.96 所示的规则曲线创建方式对话框。



图 4.96 规则曲线创建方式对话框

创建规则曲线时必须依序定义 X、Y、Z 坐标值的变化规律，系统中提供了 7 种规则曲线的变化规律方式。

### 1. Constant

该选项控制坐标或参数在创建曲线过程中保持常量。单击该选项后，在弹出的如图 4.97 所示对话框的 Law Value 文本框中输入参数值即可。

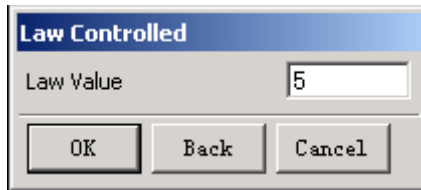


图 4.97 Constant 对话框

### 2. Linear

该选项控制坐标或参数在整个创建曲线过程中在某数值范围中呈线性变化。单击该选项后，在弹出的如图 4.98 所示对话框中的 Start Value 及 End Value 文本框中输入变化规律的数值范围，即起始值和终止值即可。

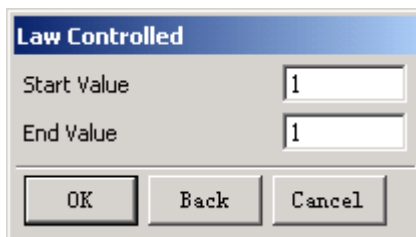


图 4.98 Linear 对话框

### 3. Cubic

该选项控制坐标或参数在整个创建曲线过程中在某数值范围中呈三次变化。单击该选项后，在弹出的如图 4.98 所示对话框中的 Start Value 及 End Value 文本框中输入变化规律的数值范围，即起始值和终止值即可。

### 4. Value Along Spine—Linear

该选项控制坐标或参数在沿脊线设定两点或多个点所对应的规律值间呈线性变化。单击该选项后，逐步响应系统提示，先选择一脊线，再利用点创建功能设置脊线上的点，最后输入 Law Value 值即可。

### 5. Value Along Spine—Cubic

该选项控制坐标或参数在沿脊线设定两点或多个点所对应的规律值间呈三次变化。单击该选项后，逐步响应系统提示，先选择一脊线，再利用点创建功能设置脊线上的点，最后输入 Law Value 值即可。

### 6. By Equation

该选项利用表达式来控制坐标或参数的变化。在使用该功能前，先要利用下拉菜单命令 Tools►Expression，设定表达式中变量及欲按变化规律控制的坐标或参数的函数表达式。然后单击该选项后，在弹出的如图 4.99（左）所示对话框的文本框中输入变量名，再在随后弹出对话框（图 4.99 右）的文本框中输入在 X 上欲按规律控制的坐标或参数的函数名，最后同样依次完成 Y 和 Z 上的设置即可。

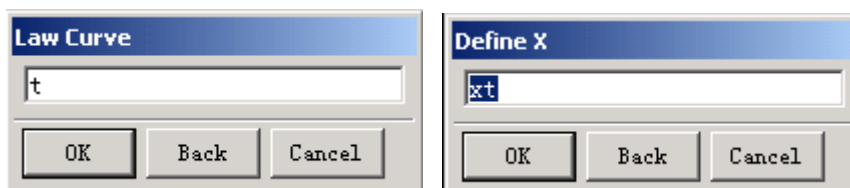


图 4.99 By Equation 对话框

## 7. By Law Curve

该选项利用存在的规则曲线来控制坐标或参数的变化。选择该选项后，逐步响应系统提示，先选择一存在的规则曲线，再选择一条基线来辅助选定曲线的方向，也可以维持原曲线的方向不变。

在完成了 X、Y、Z 的规则方式定义，弹出如图 4.100 所示的规则曲线定位方式对话框。其中提供了规律曲线的 3 种定位方式：**Define Orientation**（定义方向）、**Point Constructor**（设置基点）和 **Specify Csys Reference**（指定参考坐标）。如果不选择这三种定位方式，可以在图 4.100 所示的对话框中直接单击 **OK**，则系统将以当前坐标来定位规则曲线。

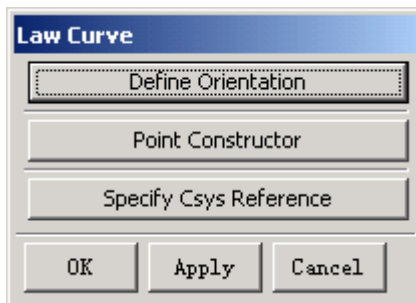


图 4.100 规则曲线定位方式对话框

### 1. Define Orientation

单击该选项后，系统提示用户选取一条直线，并以该直线的选取点与其距离最近的端点的方向为 Z 轴的正方向，在设定一个点来定义 X 轴的正方向，最后设定一个基点作为坐标系的原点，这时系统就以此坐标系来定位创建的规则曲线。

### 2. Point Constructor

单击该选项后，系统提示用户设置一个基点作为坐标系的原点，其坐标方向维持不变，这时系统就以此坐标系来定位创建的规则曲线。

### 3. Specify Csys Reference

单击该选项后，系统提示用户选择第一个参考面，并以此参考面的法向来定义坐标系的 Z 轴，在选择第二个参考面，坐标系的 X 轴沿着两个参考面的交线方向，最后选择第三个参考面或参考轴，如果选择了参考面，则坐标原点为三面的交点，如果选择的是参考轴，则坐标原点为参考轴与第一个参考面的交点。这时系统就以此坐标系来定位创建的规则曲线。

### 4.3.4 螺旋线


在工具图标栏中单击或选择菜单命令 Insert>Curve>Helix 时，系统会弹出如图 4.101 所示的螺旋线创建方式对话框。



图 4.101 螺旋线创建方式对话框

在此对话框中分别进行了参数设置后，系统即可产生一条如图 4.102 所示的螺旋线。下面详细的介绍一下该对话框中各选项的功能。

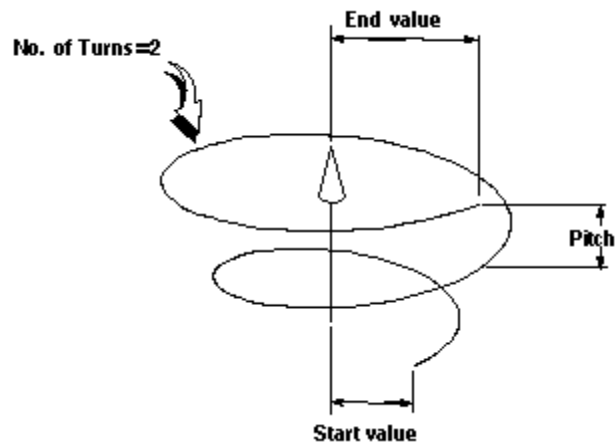


图 4.102 创建的螺旋线

### 1. Number of Turns (圈数)

此文本框用于设置螺旋线旋转的圈数。

### 2. Pitch (螺距)

此文本框用于设置螺旋线在旋转每圈之间的距离。

### 3. Radius Method (半径方式)

此文本框用于设置螺旋线旋转半径的方式，系统提供了两种半径方式：**Use Law**（法则方式）和**Enter Radius**（输入半径值方式）。

#### ● Use Law

该方式用于设置螺旋线半径按一定的规律法则进行变化。选择该单选项后，系统会弹出如图 4.96 所示对话框，可利用其中提供的 7 种变化规律方式来控制螺旋半径沿轴线方向的变化规律。

#### 1) Constant

此选项用于生成固定半径的螺旋线。单击该选项后，在系统弹出的对话框中输入 **Law Value** 的参数值即可，这个文本框的数值将会决定螺旋线的半径。

#### 2) Linear

此选项用于设置螺旋线的旋转半径为线性变化。单击该选项后，系统将会弹出如图 4.98 所示的对话框，在对话框中的 **Start Value** 及 **End Value** 文本框中输入参数值即可（例如 **Number of Turns** 为 20，**Pitch** 为 0.2，**Start Value** 值为 0，**End Value** 值为 5 时，产生的螺旋线如图 4.103 所示）。

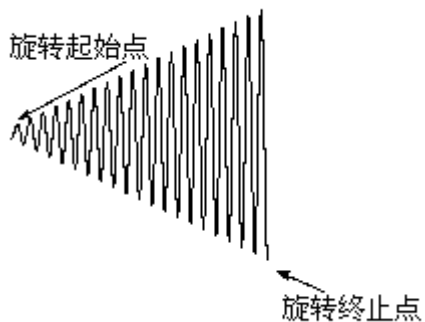


图 4.103 线性螺旋线

### 3) Cubic

此选项用于设置螺旋线的旋转半径为三次方变化。单击该选项后，系统将会弹出如图 4.98 所示的对话框，与 Linear 相似，在对话框中的 Start Value 及 End Value 文本框中输入参数值即可。这种方式产生的螺旋线与 Linear 方式比较相似，只是在螺旋线形式上有所不同。图 4.104 所示的就是按上例参数设置生成的 Cubic 方式的螺旋线。

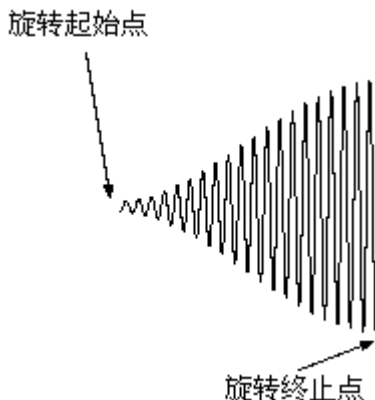


图 4.104 三次方螺旋线

### 4) Value Along Spine—Linear

此选项用于生成沿脊线变化的螺旋线，其变化形式为线性的。单击该选项后，响应系统提示，先选取一条脊线，再利用点创建功能指定脊线上的点，并确定螺旋线在该点处的半径值即可。

在创建螺旋线后，如果还没有退出 Helix 对话框，只要再选中 Use Law 单选按钮，就会弹出如图 4.105 所示的对话框。此对话框中包括了三个选项：Change Law Type（改变规则类型）、Change Law Parameter（改变规则参数）和 Change Tolerance（改变公差）。

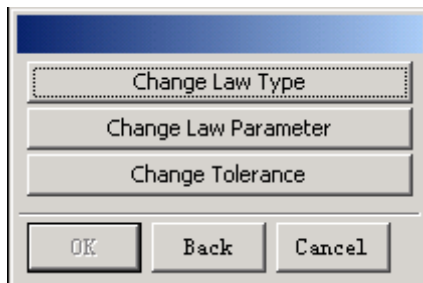


图 4.105 修改功能对话框

当选取了前两个选项时，系统就会弹出如图 4.96 和图 4.97 所示的对话框，用户可以重新设置

规律变化的方式和参数 Law Value 的值。当选取第三个选项时，系统会弹出如图 4.106 所示的公差对话框。其中包括了 Distance Tolerance（距离公差）、Angle Tolerance（角度公差）和 Join Tolerance（连接公差）三个参数设置文本框，用户可以在这里设置螺旋线的公差。

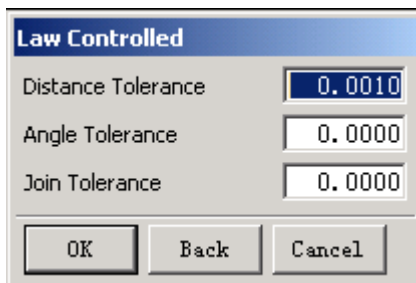


图 4.106 公差对话框

#### 5) Value Along Spine—Cubic

此选项是以脊线和变化规律值来创建螺旋线。和上一种方式类似，单击该选项后，先选取脊线，让螺旋线沿此线变化，再选取脊线上的点并输入相应的半径值即可。这种方式和前一种创建方式最大的差异就是螺旋线旋转时半径变化的方式，前一种是按线性变化，而这种方式是按三次方变化。

#### 6) By Equation

当在 Edit Expression 对话框中（选取菜单命令 Tools►Expression）定义了参数表达式后，利用该选项可以创建指定的运算表达式控制的螺旋线。单击该选项后，系统提示用户先指定 X 上的变量和运算表达式，同理依次完成 Y 和 Z 上的设置即可。

#### 7) By Law Curve

此选项是利用规则曲线来决定螺旋线的旋转半径。单击该按钮后，先选取一规则曲线，再选取一条基线来确定螺旋线的方向即可。产生螺旋线的旋转半径将会依照所选的规则曲线，并且由工作坐标原点的位置确定。

#### ● Enter Radius

此选项是以数值的方式来决定螺旋线的旋转半径，而且螺旋线每圈之间的半径值大小相同。当选中该单选按钮后，用户可以在下面的 Radius 文本框中输入确定的半径值决定螺旋线半径的大小。

#### 4. Turn Direction（旋向）

此选项用于控制螺旋线的旋转方向。旋转方向可分为 Right Hand（右旋）和 Left Hand（左旋）两种方式，图 4.107 所示的就是这两种旋转方式的示意图。螺旋线右旋方式是以右手的大拇指为旋

转的轴线，而另外的 4 个手指为旋转的方向；左旋反之。

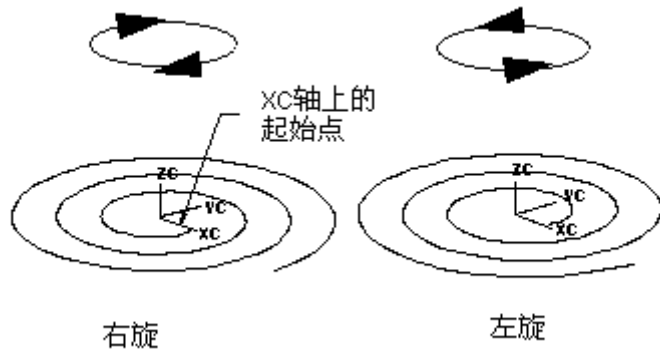


图 4.107 螺旋线的旋转方向

### 5. Define Orientation (定义方位)

此选项用于选择直线或边来定义螺旋线的轴向。在系统中提供了 3 种方式来确定螺旋线的方位。


- 在 Helix 对话框中直接单击 OK，则螺旋线轴线为当前坐标系 ZC 轴，螺旋线的起始点位于 XC 轴正方向上。
- 直接在绘图工作区中设定一个基点或利用 Helix 对话框中的点创建功能设定一个基点，则系统以过此基点且平行于 ZC 轴方向作为螺旋线的轴线，螺旋线的起始点位于过基点并与 XC 轴正方向平行的方向上。
- 选择 Helix 对话框中的 Define Orientation 选项后，选择一条直线，以选择点指向与其距离最近的直线端点的方向为 Z 轴正方向，再设定一点来定义 X 轴正方向，然后设定一基点，则系统以过此基点且平行于设定的 Z 轴正方向作为螺旋线的轴线，螺旋线的起始点位于过基点并平行于 X 轴正方向上。

### 6. Point Subfunction (点创建功能)

此选项用于选择一点来定义螺旋线的生成位置。

## 4.3.5 抛物线和双曲线

### 1. 抛物线

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert>Curve>Parabola 时，系统先弹出点创建对话框，让用户确定抛物线的位置，接着就会弹出如图 4.108 所示的抛物线对话框，用户确定有关抛物线的参数后，系统即可生成抛物线。

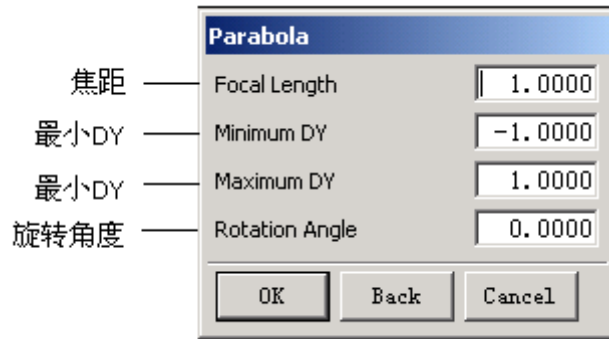


图 4.108 抛物线对话框

该对话框中各参数的含义如图 4.109 所示。

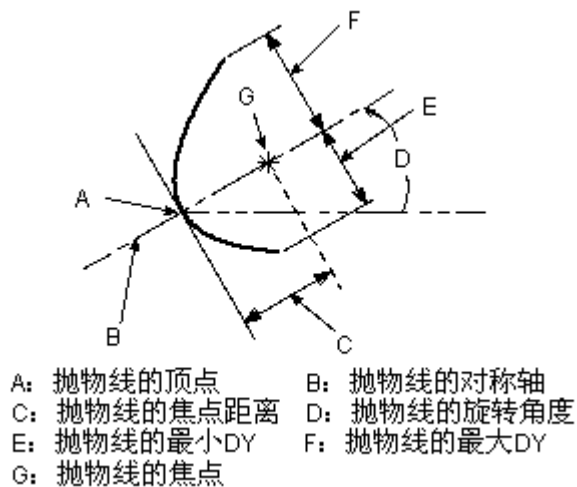



图 4.109 抛物线参数图

## 2. 双曲线

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert>Curve>Hyperbola** 时，系统先弹出点创建对话框，让用户确定双曲线的位置，接着就会弹出如图 4.110 所示的双曲线对话框，用户确定有关双曲线的参数后，系统即可生成双曲线。

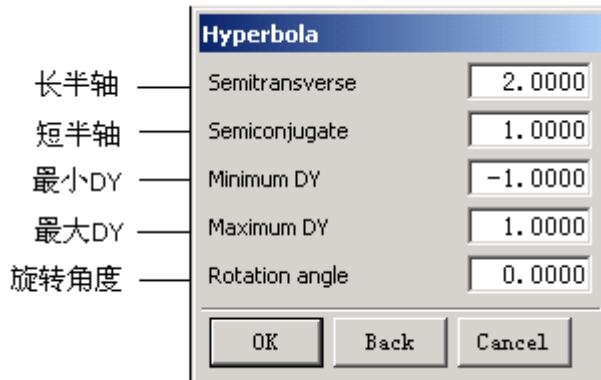
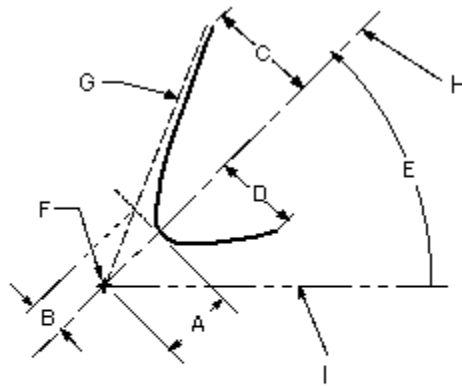


图 4.110 双曲线对话框

该对话框中各参数的含义如图 4.111 所示。



- |             |             |
|-------------|-------------|
| A: 双曲线的半横轴长 | B: 双曲线的半共轭值 |
| C: 双曲线的最大DY | D: 双曲线的最小DY |
| E: 双曲线的旋转角度 | F: 双曲线的中心点  |
| G: 双曲线的渐近线  | H: 双曲线的对称轴  |
| I: XC轴      |             |


图 4.111 双曲线参数图

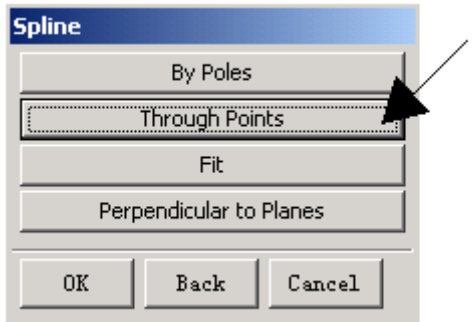
### 4.3.6 操作范例

这里将以样条曲线和螺旋线的操作范例为代表，向读者介绍复杂曲线创建的操作过程。

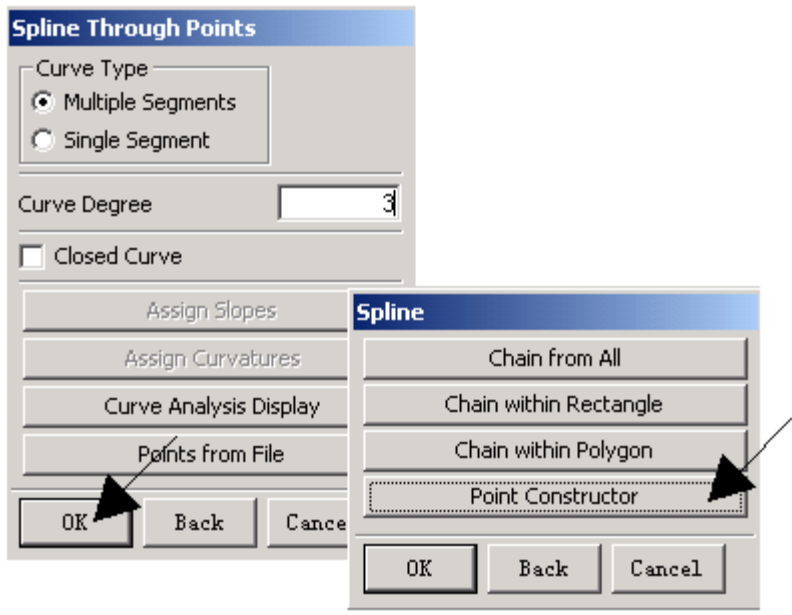
#### 1. 样条曲线的创建

在 4.3.1 小节中，我们已经详细的介绍了创建样条曲线的各种方法，下面我们利用 Through Points 方式来创建样条曲线。

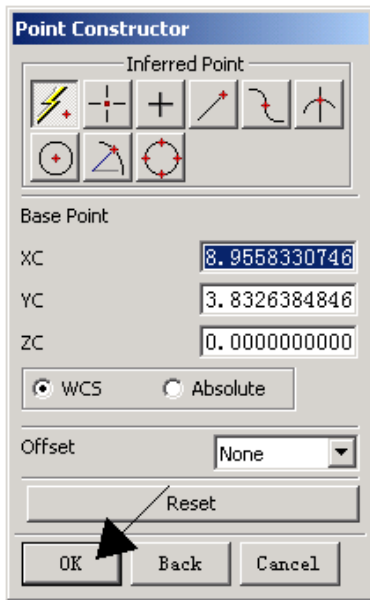
1) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert>Curve>Spline，在弹出的样条曲线创建方式对话框中选择 Through Points 选项。



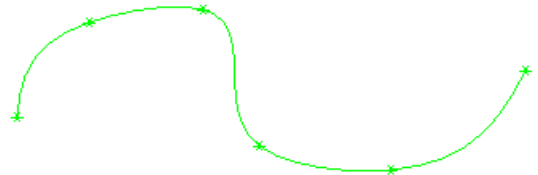
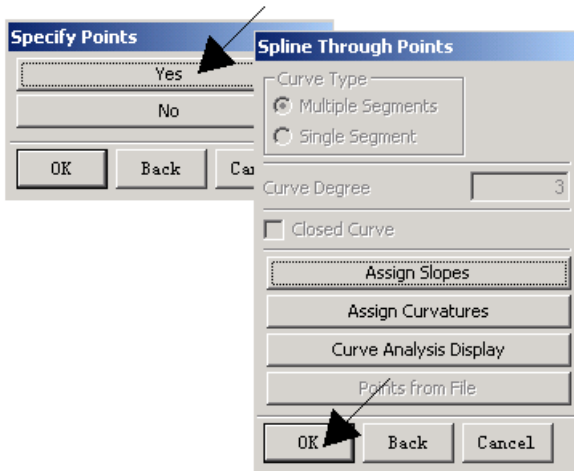
2) 接着系统会弹出定义点创建样条曲线对话框，接受对话框中系统的省缺设置，单击 OK 按钮。再在弹出的点群创建方式对话框中选择 Point Constructor 选项。



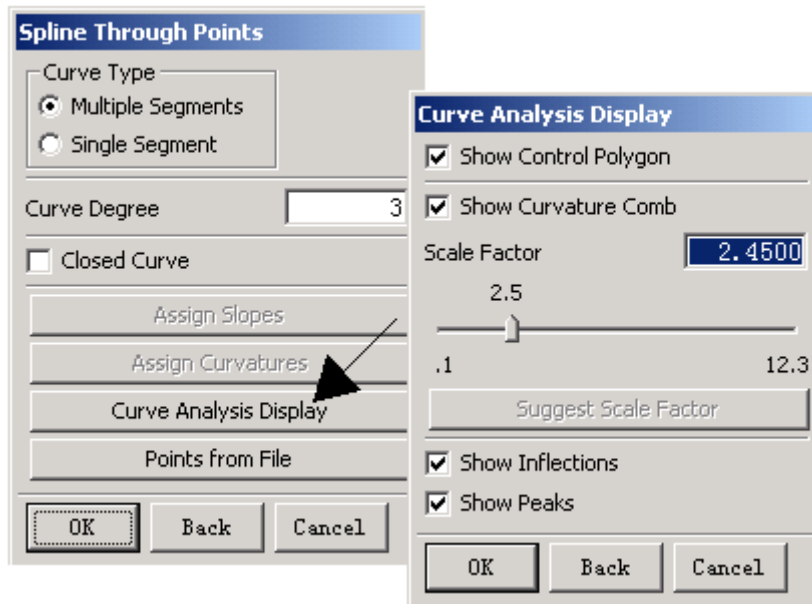
3) 随后利用弹出的点创建对话框，在绘图工作区中指定样条曲线的各定义点，然后单击 OK 按钮。



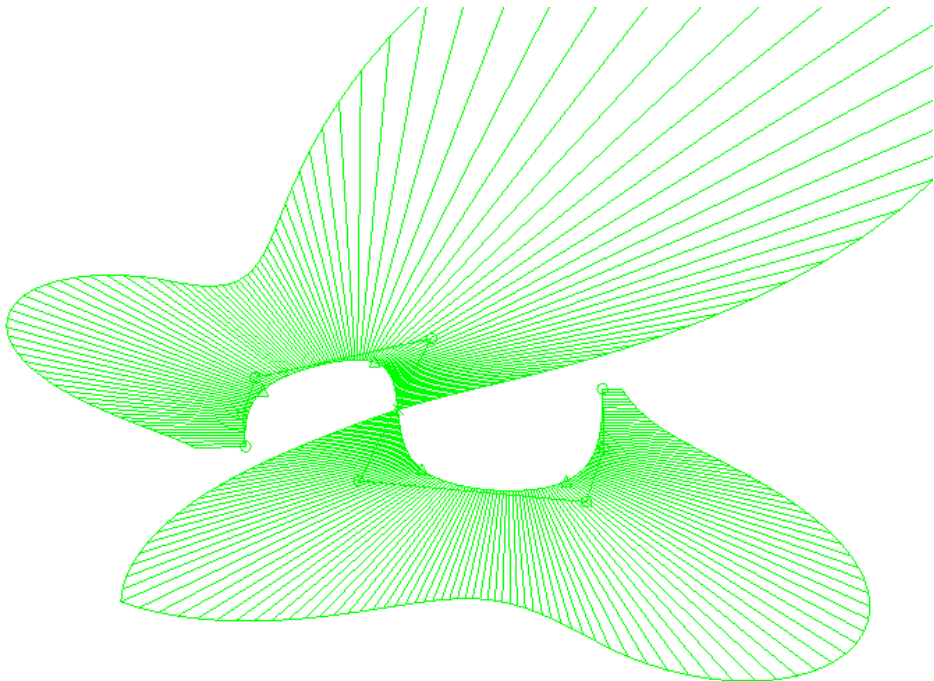
4) 设置完样条曲线的定义点后，在弹出的对话框中单击 Yes 或 OK 按钮，再在弹出的定义点创建样条曲线对话框中单击 OK，则系统会以设置的定义点来创建样条曲线。



4) 如果想要在创建样条曲线时，显示曲线的分析结果。可在进行步骤 2 操作时，在弹出的定义点创建样条曲线对话框中选择 Curve Analysis Display 选项，在随后弹出的曲线分析显示对话框中设置要进行显示的曲线分析结果。





5) 当选择了全部的曲线分析选项后，在按前面的操作步骤创建样条曲线，则系统会在创建的样条曲线上，显示该曲线的分析结果。

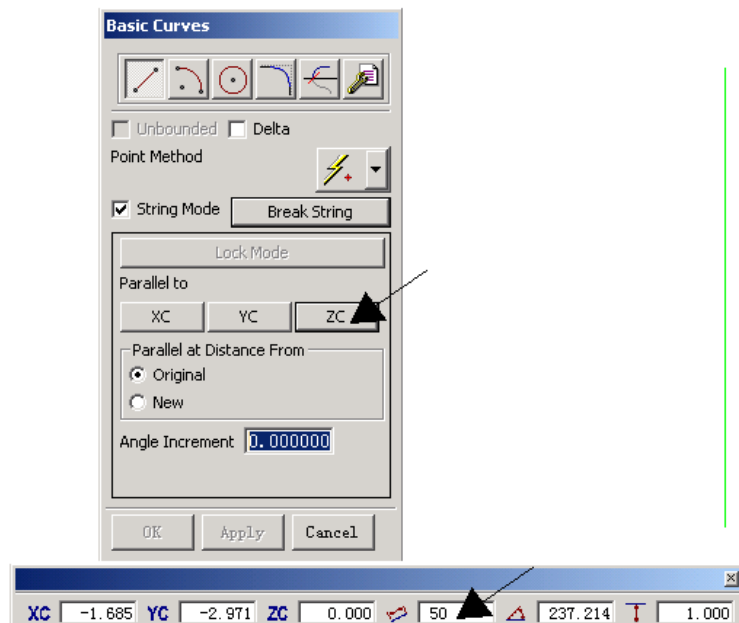



## 2. 螺旋线的创建

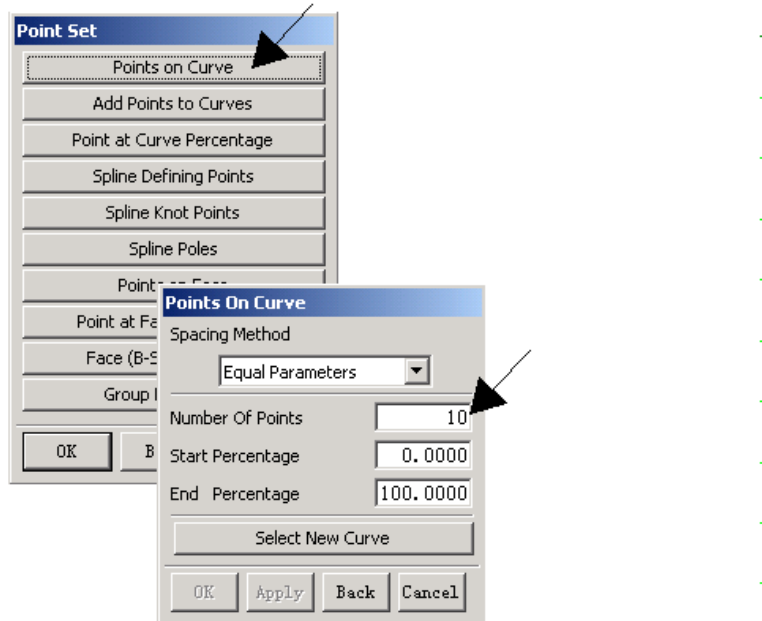
在 4.3.4 小节中，我们已经详细的介绍了创建螺旋线的各种方法，下面我们利用 Value Along


Spine-Linear 方式来创建螺旋线。

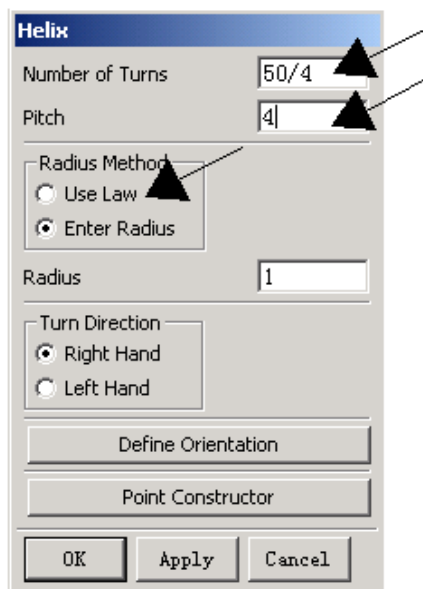
1) 因为该方式用于生成沿脊线线性变化的螺旋线，因此要先定义脊线，在此先创建长度位 50mm 的直线为脊线。用户先选择工具栏图标  或菜单命令 Insert>Curve>Basic Curves，在弹出的 Basic Curve 对话框中单击直线图标 ，进入直线创建功能。然后在绘图工作区中选取一点作为直线的起点，在单击直线对话框中的 ZC 按钮，创建一条平行于 ZC 轴的直线。再在参数工具栏的长度文本框中输入 50。



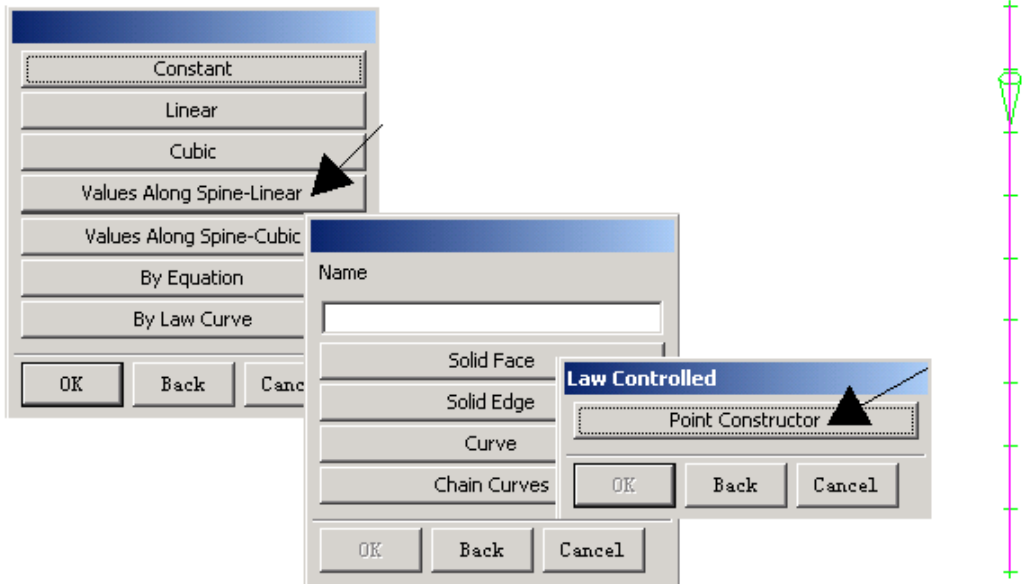
2) 为了让创建的螺旋线比较有规律性，要在直线上生成 10 个点，每个点之间相距为 5mm。单击工具图标栏中的  或选择菜单命令 Insert>Curve>Point Set，在 Point Set 对话框中单击 Points on Curve 按钮，选取直线为操作对象，最后在 Points on Curve 对话框中设置 Number of Points 文本框的参数值为 10 即可。



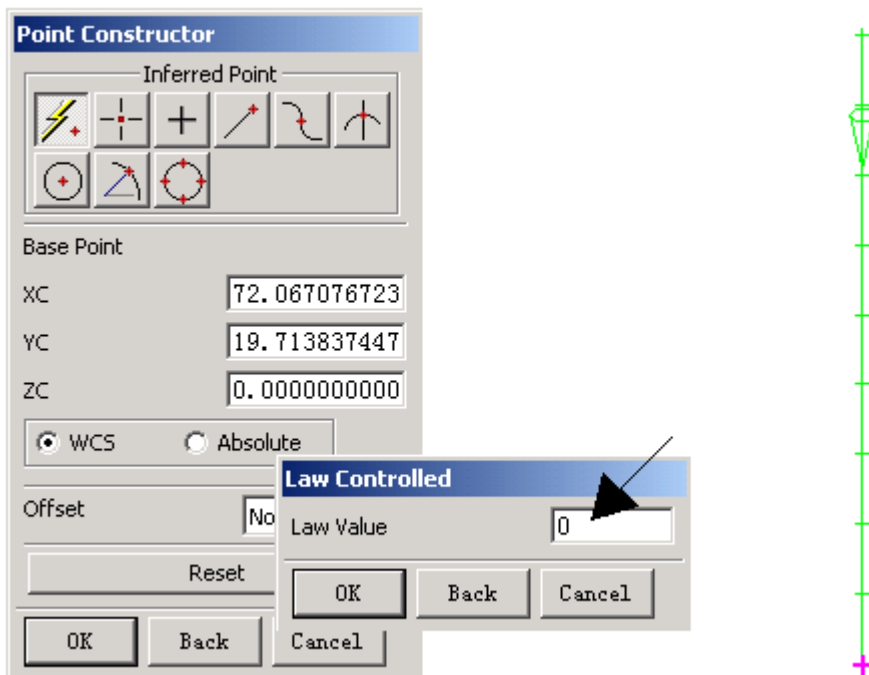
3) 在完成了直线和点的创建后, 就可以创建螺旋线了。在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert>Curve>Helix**, 在弹出的螺旋线创建方式对话框中, 设置 **Number of Turns** 和 **Pitch** 文本框的值为 50/4 和 4, 并选取 **Use Law** 单选项。



4) 选取 **Use Law** 单选项后, 在弹出的 **Law Curve** 对话框中单击 **Values Along Spine-Linear** 按钮, 然后选取直线为操作对象, 再在 **Law Controlled** 对话框中单击 **Point Constructor** 按钮。



5) 现在利用弹出的点创建对话框来指定螺旋线各点的旋转半径。弹出 **Point Constructor** 对话框后，用户依次选取直线上的已定义的 10 个点，并在选取每个点后，在弹出的参数对话框中输入每个点的旋转半径。从上到下各点的旋转半径依次为 0、1、2、3、4、4、3、2、1 和 0。




6) 完成各点的半径设置后，单击 OK 按钮，会返回螺旋线创建方式对话框，再单击 OK 按钮，则系统就会按用户的设置创建螺旋线。



## 4.4 编辑曲线功能

本小节主要介绍系统提供的一些进行曲线编辑的操作，如修剪拐角、分割曲线、编辑圆角、曲线拉伸和编辑弧长功能。通过菜单 **Edit**►**Curve** 下的命令选项，用户可以进入相应的曲线编辑功能。

### 4.4.1 Edit Curve 对话框

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Edit**►**Curve**►**All** 时，系统就会弹出如图 4.112 所示的编辑曲线对话框。此对话框顶部的选项组中提供了 7 种曲线的编辑功能，在后面的小节中将会详细介绍它们的使用方法。

下面对该对话框中一些选项的意义作一下说明。

#### 1. Point Method (点捕捉方式)

此选项用于设置系统在绘图区中捕捉点的方式，设定某一方式后，系统可以捕捉特定的点。

#### 2. Edit Arc/Circle By (编辑圆弧/圆)

此选项用于设置编辑曲线的方式。它包含两个单选按钮：**Parameters**（参数方式）和 **Dragging**（拖动方式）。

### 3. Complement Arc（互补圆弧）

此选项用于显示某一圆弧的互补圆弧。

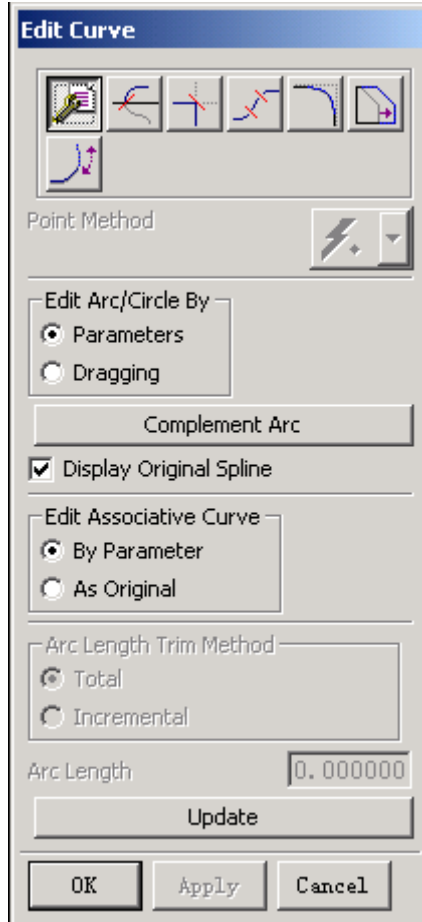


图 4.112 编辑曲线对话框

### 4. Display Original Spline（显示原样条）

此选项主要用于显示原来的样条曲线。如果当前编辑的对象为样条曲线，选取该复选项，则可显示原来的样条曲线以便与新的样条曲线。

### 5. Edit Associative Curve（编辑关联曲线）

此选项用于设置编辑关联曲线后，曲线间的相关性是否存在。如果选择了 **By Parameter** 单选按

钮，原来的相关性仍然存在；如果选择了 **As Original** 单选按钮，原来的相关性将会被破坏。

#### 6. Arc Length Trim Method（弧长修剪方式）

此选项主要用于设置修剪弧长的方式。（将在 4.4.8 节中详细介绍）


#### 7. Arc Length（弧长）

此选项主要是用于让用户输入改变曲线的弧长值。

#### 8. Update（恢复）

单击该按钮，可以恢复前一次的编辑操作。

### 4.4.2 编辑曲线参数

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Edit>Curve>Parameters** 时，系统就会弹出如图 4.113 所示的编辑曲线参数对话框。实际上在 **Edit Curve** 对话框中已经包含了它的全部选项，在这里就不再一一介绍它们的含义了。

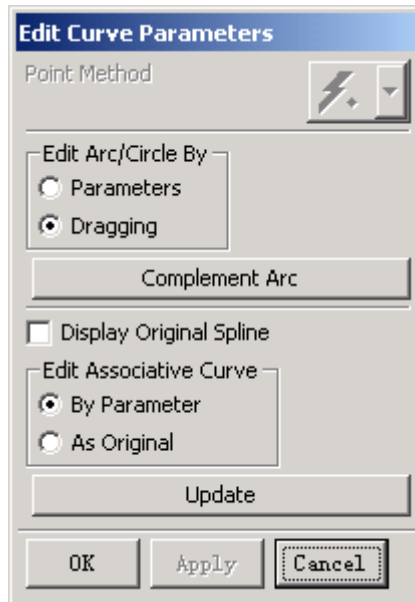


图 4.113 编辑曲线参数对话框

在编辑曲线参数对话框中，设置了其中的相关选项后，随后出现的系统提示会随着选择编辑的对象类型的不同而变化。下面介绍几种常见对象（直线、圆弧 / 圆、椭圆 / 椭圆弧、样条曲线等）的参数编辑方法。

## 1. 编辑直线参数

如果选择的编辑对象是直线，则可以编辑直线的端点位置和直线参数（长度和角度）。

若选择的是直线的端点，则可利用编辑曲线参数对话框中的点创建功能来定义新的端点，来改变直线的位置；如果选择的是直线上的非控制点，则可以在如图 4.114 所示的辅助工具栏内，直接输入其新的长度和角度即可。



图 4.114 编辑直线的长度和角度参数

## 2. 编辑偏移曲线

如果选择的编辑对象是偏移曲线，则可以修改由偏移产生的曲线参数。用户选取偏移曲线后，系统会弹出如图 4.115 所示的编辑偏移曲线对话框。

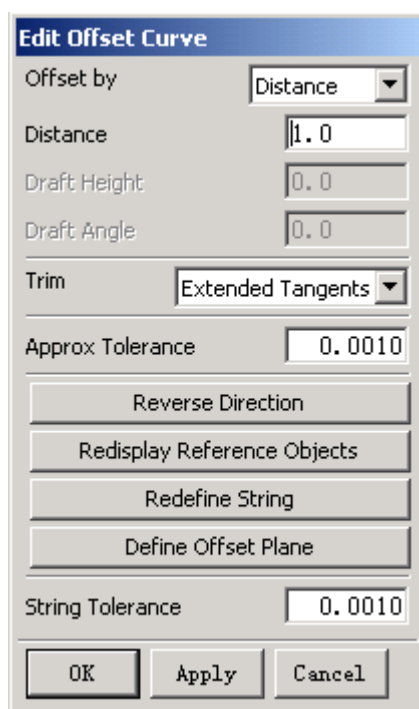


图 4.115 编辑偏移曲线对话框

该对话框中的选项大部分与偏移曲线操作对话框相同（见 4.5.1 小节），除了 **Redefine String**（参考对象）、**Define Offset Plane**（定义偏移面）和 **String Tolerance**（偏移公差）三个选项，在这

里对它们的作用作一下说明。

- **Redefine String**

该选项用于向欲偏移的曲线中增加原始参考曲线。

- **Define Offset Plane**

改选项用于定义一个新的偏移平面。

- **String Tolerance**

该文本框用于重新设置偏移距离的公差值。

### 3. 编辑圆弧或圆

如果选择的编辑对象是圆弧或圆，则可以修改圆弧或圆的参数。圆弧或圆有四种编辑方式：移动圆弧或圆、互补圆弧、参数编辑和拖动。

- **移动圆弧或圆**

如果选取的对象是圆弧或圆的圆心，则可以通过在绘图区中移动圆心的位置或在辅助工具栏的 XC、YC 和 ZC 文本框中输入圆心的坐标值来移动整个圆弧或圆。

- **互补圆弧**

当将 Edit Arc/Circle By 选项设置为 Parameters 按钮时，如果在选取了圆弧后，单击 Complement Arc 按钮，则系统会显示该圆弧的互补圆弧。

- **参数编辑**

当将 Edit Arc/Circle By 选项设置为 Parameters 按钮时，在选取了圆弧或圆后，则可在如图 4.116 所示辅助工具栏的参数文本框中输入新的圆弧或圆的参数值即可。

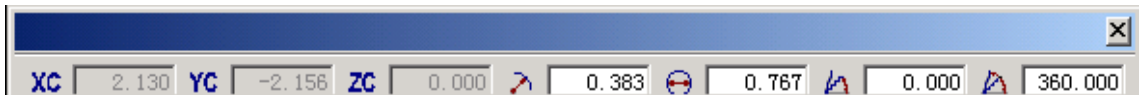


图 4.116 编辑圆弧或圆参数

- **拖动**

若选择的是圆弧的端点，则可利用拖动的功能或辅助工具栏来定义新的端点的位置；若选择的是圆弧的非控制点，则可利用拖动的功能改变圆弧的半径及起、止圆弧角，还可以通过拖动功能改变圆的大小。

### 4. 编辑椭圆参数

如果选择的编辑对象是椭圆，则可以修改椭圆的各种参数。用户选取椭圆后，系统会弹出如图 4.117 所示的编辑椭圆参数对话框，其中内容与图 4.53 所示对话框（见 4.2.9 小节）相同。

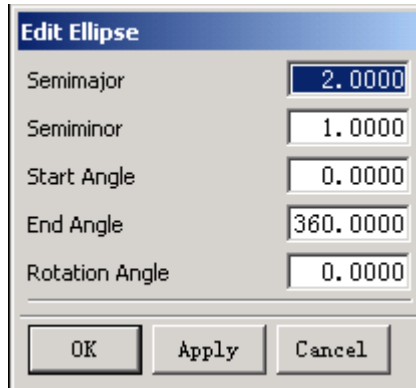


图 4.117 编辑椭圆参数对话框

## 5. 编辑样条曲线参数

如果选择的编辑对象是样条曲线，则可以修改样条曲线的阶数、形状、斜率、曲率和控制点等参数。用户选取样条曲线后，系统会弹出如图 4.118 所示的编辑样条曲线参数对话框。

在该对话框中提供了样条曲线的 9 种编辑方式：**Edit Point**（编辑定义点）、**Edit Pole**（编辑控制点）、**Change Slope**（改变定义点斜率）、**Change Curvature**（改变定义点曲率）、**Change Degree**（改变曲线阶数）、**Move Multiple Points**（移动曲线的节段）、**Change Stiffness**（改变曲线的刚度）、**Fit**（拟和）和 **Smooth**（平滑）。另外对话框中还有两个选项：**Restore Defining Data**（恢复定义数据）和 **Undo**（取消）。

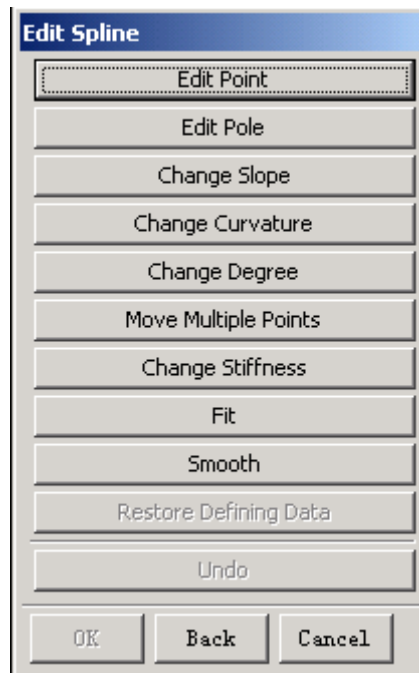


图 4.118 编辑样条曲线参数对话框

现将 9 种样条曲线的编辑方式介绍如下。

- **Edit Point**

该选项用于移动、增加或移去样条曲线的定义点，以改变样条曲线的形状。选择该选项后，弹出图 4.119 所示编辑样条曲线定义点对话框，在设定了其中的相应参数，并指定定义点的选择方式（**Edit Point Method**）后，再逐步响应系统的提示，最后确认即可。下面介绍一下该对话框中的主要选项。

- 1) **Edit Point Method**（编辑定义点方式）

该选项用于设定样条曲线定义点的编辑方式。其中包含了 3 个选项：**Move Point**（移动点）、**Add Point**（增加点）和 **Remove Point**（移去点），其设置方式还要配合对话框中其他选项的设置。下面详细介绍一下这三种编辑方式。

- (1) **Move Point**

该单选项用于移动一个定义点。选择该单选项后，对话框下方的 **Move Point By**（定义点移动方式）选项组被激活，要求用户选择曲线定义点的移动方式。选择一定义点，然后设定一目标点或设定定义点沿 **XC**、**YC**、**ZC** 坐标轴方向的位移即可。

在 **Move Point By** 选项组中包含两种移动方式：**Destination Point**（目标点）和 **Delta Offset**（增量偏移）。

- (a) **Destination Point**

如果把定义点的移动方式设为 **Destination Point** 单选项，可通过设定一个目标点，来移动样条曲线上的一个或多个定义点到新的位置。

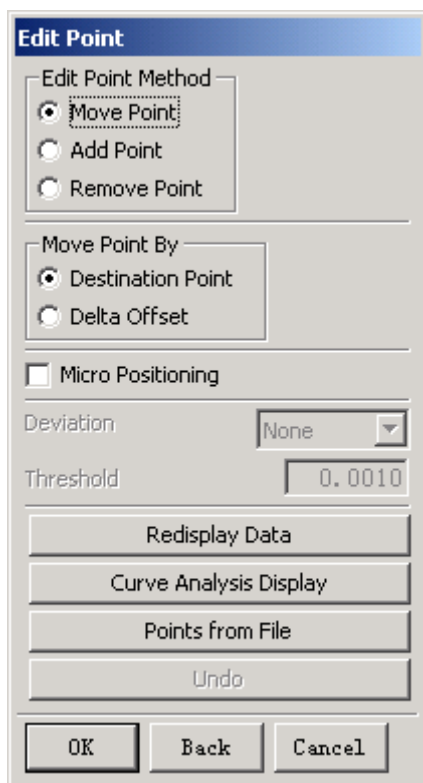


图 4.119 编辑样条曲线定义点对话框

(b) Delta Offset

如果把定义点的移动方式设为 Delta offset 单选项，在选择定义了定义点后，系统会弹出如图 4.120 所示的 Delta Offset 对话框，在 DXC、DYC、DZC 文本框中分别输入 XC、YC、ZC 坐标轴方向的位移后，即可确定定义点新的位置。

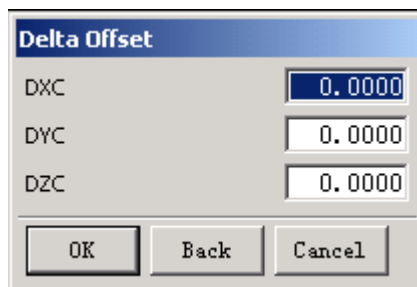


图 4.120 Delta Offset 对话框

(2) Add Point

该单选项用于向选定的样条曲线中增加定义点。选取该单选项后，利用点创建对话框再设定一个新的定义点即可。图 4.121 所示的就是添加定义点前后的对比图。

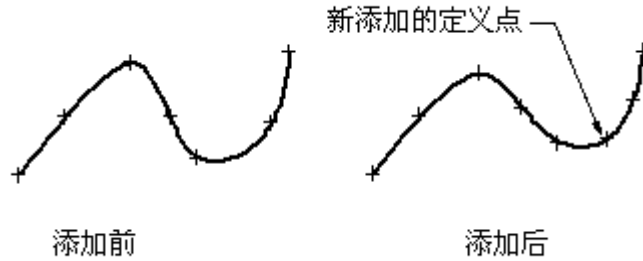


图 4.121 添加定义点

(3) **Remove Point:** 该单选项用于从样条曲线中移去定义点。选取该单选项后，直接用选择球选取要移去的定义点即可。图 4.122 所示的就是移去定义点前后的对比图。

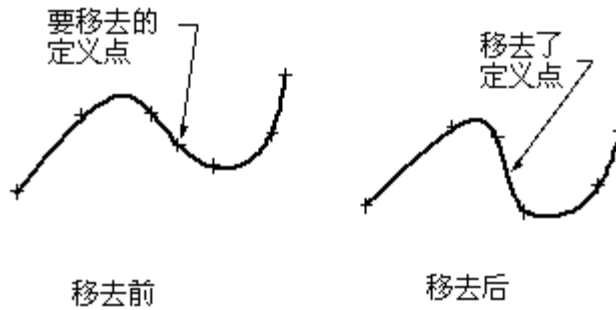


图 4.122 移去定义点

## 2) Micro Positioning (微调)

该复选项用于以微调方式移动一个定义点，该方式仅在以拖动方式移动一个点时才有效。选取该复选项后，选择一个定义点，按住鼠标左键不放，移动鼠标，则系统以定义点至光标点的距离的 1/10 来移动定义点。

## 3) Redisplay Data (重新显示数据)

该选项用于显示编辑后，样条曲线的定义点及切线方向。

## 4) Curve Analysis Display (曲线分析显示)

该选项用于以图形显示样条曲线的分析结果。单击该按钮后，会弹出如图 4.71 所示的对话框，进行相应的设置后，系统就会显示相应的分析图形（见 4.3.1 小节）。

### 5) Points From File（从文件中读点）

该选项用于从数据文件中读取点的位置。在选中 Move Point 单选按钮时，如果单击 Points From File 按钮，将出现 Point File 对话框，让用户指定一个现有的数据文件（其扩展名为\*.dat）。这时系统会读取该文件中的数据点，并且会覆盖所有原来的定义点，从而生成一条新的样条曲线。新样条曲线的阶数由从数据文件中读入的点数决定，且不会大于原来样条曲线的阶数。

### ● Edit Pole

该选项用于编辑样条曲线的控制点。选择该选项后，会弹出如图 4.123 所示的编辑控制点对话框。选择控制点的编辑方式（Edit Method），在设定其中相应参数后，再逐步响应系统的提示即可完成控制点的编辑。下面介绍一下对话框中的主要选项。

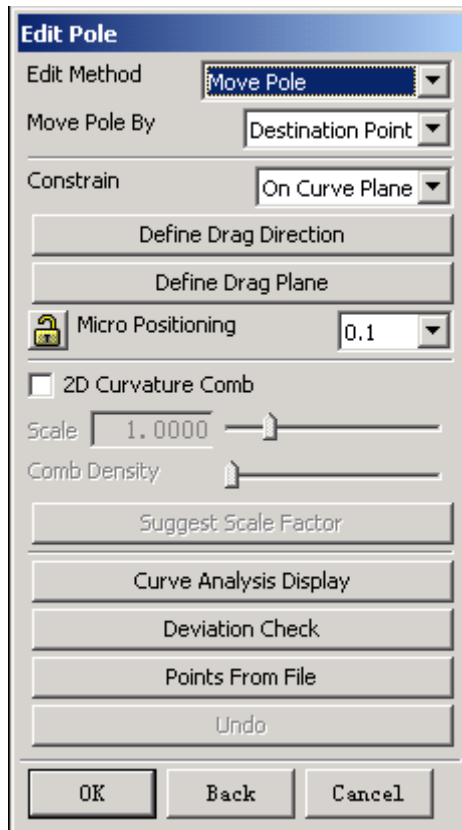


图 4.123 编辑控制点对话框

### 1) Edit Method（编辑方式）

该选项用于设置控制点的编辑方式。其中提供了 4 种设置方式：**Move Pole**（移动控制点）、**Add Pole**（添加控制点）、**Match End Slope**（以端点斜率）和 **Match End Curvature**（以端点曲率）。

### （1）Move Pole

该方式用于移动样条曲线上的控制点。选择该方式后，则其下方的 **Move Pole By**（移动方式）、**Constrain**（约束）、**Define Drag Direction**（定义拖动方向）、**Define Drag Plane**（定义拖动平面）、**Micro Positioning**（微调）等选项才被激活。选择控制点的某种移动方式，其移动方式与上述定义点的移动方式相同。再通过选择 **Constrain** 选项、或选择 **Define Drag Direction** 选项、或选择 **Define Drag Plane** 选项来设定控制点的移动约束，接下来控制点的移动操作与定义点的移动操作是相同的。图 4.124 所示的就是移动控制点前后的对比图。

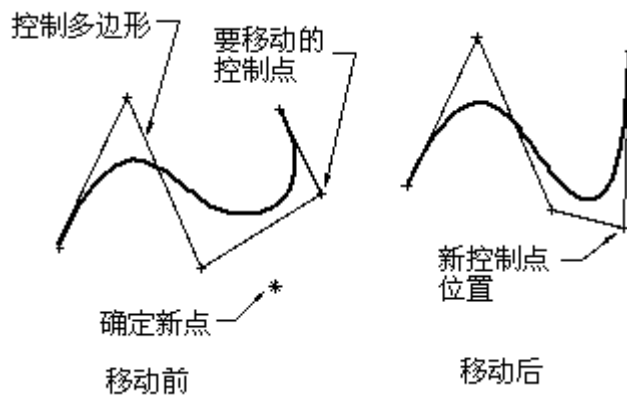


图 4.124 移动控制点

### （2）Add Pole

该方式用于向样条曲线的控制多边形增加控制点。选择该方式后，在绘图窗口中设定一个新点即可。图 4.125 所示的就是添加控制点前后的对比图。

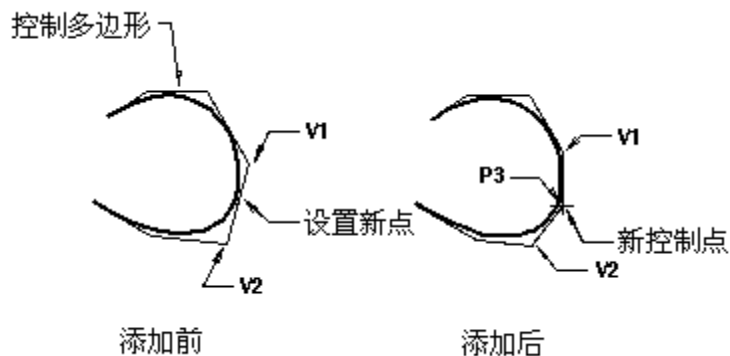


图 4.125 添加控制点

### (3) Match End Slope

该方式用于以另一条曲线端点的斜率来设定所选样条曲线的端点斜率。选择该方式后，再选择要设定的样条曲线端点，然后选择另一曲线的端点即可。

### (4) Match End Curvature

该方式用于以另一条曲线端点的曲率来设定所选样条曲线的端点曲率。选择该方式后，再选择要设定的样条曲线端点，然后选择另一曲线的端点即可。

## 2) Move Pole By (移动方式)

该选项用于设置控制点的移动方式，它与前面介绍的定义点移动方式相同。

## 3) Constrain (约束)

该选项在选择 **Move Pole** 编辑方式后才会激活，它主要用于通过约束控制点的移动或样条曲线的形状，来控制样条曲线的形状。该选项仅在拖动一个控制点时有效，即用鼠标左键选中一控制点后，按住鼠标左键不放，移动鼠标，则控制点的移动受到设定约束的限制。

**Constrain** 选项一般只有 4 个约束选项 (**on Curve Plane**、**End Slopes**、**End Curvatures**、**on View Plane**)，如果选择过 **Define Drag Direction** 或 **Define Drag Plane** 选项后，则分别会增加 **Along Direction** 或 **on a Plane** 两个约束选项。现将上述 6 种约束选项介绍如下。

### (1) on Curve Plane (自由约束)

该选项不施加任何约束。

### (2) End Slopes (约束端点斜率)

该选项用于在保持样条曲线端点斜率不变的前提下，调整选定控制点附近的样条曲线形状。这个约束只对样条曲线起始的两个控制点和结束的两个控制点的移动有影响。

### (3) End Curvatures (约束端点曲率)

该选项用于在保持样条曲线端点曲率不变的前提下，调整选定控制点附近的样条曲线形状。这个约束只对样条曲线起始的 3 个控制点和结束的 3 个控制点的移动有影响。

### (4) Along Direction (方向约束)

在选择了 **Define Drag Direction** 选项，且定义了一个矢量方向后，系统会自动将约束选项设置成

**Along Direction**。选择该选项后，只能沿平行于设定的矢量方向拖动控制点。

#### (5) on a Plane (平面约束)

在选择了 **Define Drag Plane** 选项，且定义了一个平面后，系统会自动将约束选项设置成 **on a Plane**。选择该选项后，只能在平行于设定平面的平面上的拖动控制点。

#### (6) on View Plane (可视平面约束)

选择该选项后，只能在光标所在视图平面上拖动控制点。

#### 4) Define Drag Direction (定义拖动方向)

选择该选项后，系统会弹出矢量创建对话框，用于让用户设置一个矢量方向。

#### 5) Define Drag Plane (定义拖动平面)

选择该选项后，系统会弹出如图 4.55 所示的平面创建对话框（见 4.2.10 小节），用于让用户设置一个平面。

#### 6) Micro Positioning (微调)

改选项用于精密设置拖动的距离，选择了相应的微调比例后，控制点的实际移动距离为光标拖动距离乘上微调比例。

#### ● Change Slope

该选项用于改变定义点的斜率。选择该选项后，会弹出 **Change Slope** 对话框，它与图 4.76 完全一样（见 4.3.1 小节）。

选择了定义点后，再选择斜率的定义方式，设定了 **Change Slope** 对话框中的参数后，再逐步响应系统的提示即可。其中的 **Deviation**、**Threshold** 选项用于检查样条曲线与定义点之间的偏差。**Threshold** 文本框中用于输入偏差极限值，**Deviation** 选项用于设置检查偏差的方式。

**Deviation** 选项包含了 3 个选项：**None**、**By Vectors**（通过方向）及 **By Markers**（通过标记）。选择 **None** 选项则不检查偏差；选择 **By Vectors** 及 **By Markers** 选项，则在与样条曲线最近距离超过偏差极限值的定义点处以图形表示。当选择 **By Vectors** 选项时，在与样条曲线最近距离超过偏差极限值的定义点处以箭头表示（箭头由样条曲线指向定义点）；选择 **By Markers** 选项，在与样条曲线最近距离超过偏差极限值的定义点处以特殊符号表示。

#### ● Change Curvature

该选项用于改变定义点的曲率。选择该选项后，会弹出 **Change Curvature** 对话框，它与图 4.78 所示的对话框相同。选择了定义点后，再选择曲率的定义方式（曲率定义方法如前所述），设定了

Change Curvature 对话框中的参数后，再逐步响应系统的提示即可。

不过改选项不适用于三阶样条曲线或由吻合方式产生的样条曲线。

### ● Change Degree

该选项用于改变样条曲线的阶数，这时控制点数也会随之改变。对于单阶段样条曲线，可增加或降低其曲线阶数；而对于多节段样条曲线，则只可增加其曲线阶数。增加曲线阶数，样条曲线的形状不会改变；而降低曲线阶数，则样条曲线的形状与原曲线会有所差别，但其形状近似。

选择该选项会丢失原来的定义数据，因此系统要求确认，之后在弹出的阶数对话框中输入新的曲线阶数即可。图 4.126 所示的就是改变曲线阶数前后的对比图。

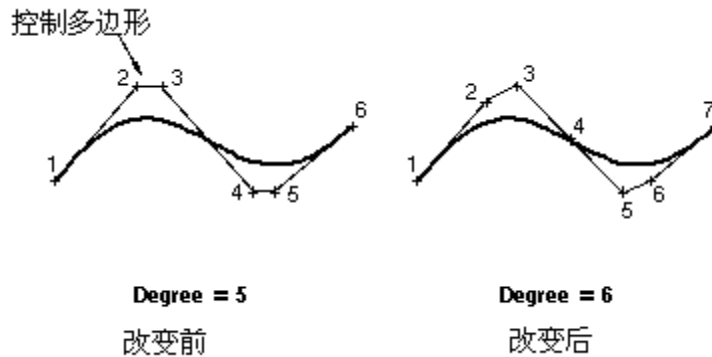


图 4.126 就是改变曲线阶数

### ● Move Multiple Points

该选项用于移动样条曲线的一个节段，以改变样条曲线的形状。该选项允许修改样条曲线的一个节段而不影响曲线的其它部分。选择该选项后，在样条曲线上依次设定欲修改节段的开始点和结束点；在开始点和结束点限定的节段间设定第一个位移点，再设定第一个位移点的位移方式，然后逐步响应系统提示设定第一个位移点的位移值；接着再设定第二个位移点，并设定第二个位移点的位移方式，然后逐步响应系统提示设定第二个位移点的位移值，则系统根据上述设定移动选定节段，而并不影响其它节段的形状，且移动节段的两端点位置保持不变。

在设定移动方式时，系统会弹出如图 4.127 所示的对话框。其中包含了三个选项：Distance Normal To Curve（正交于曲线）、Vector and Distance（矢量和距离）和 Direction Point（方向点）。选择不同的位移点位移方式，则随后的操作也会不同。

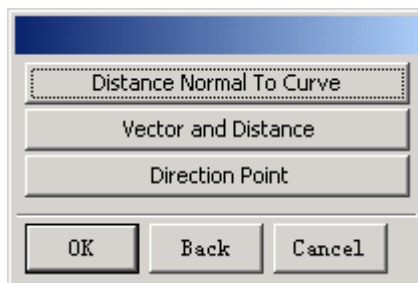


图 4.127 移动方式对话框

### 1) Distance Normal To Curve

当定义了要移动的点后，选择该选项，则会显示移动方向，该方向垂直于点的切线方向。并且系统会弹出如图 4.128 所示的对话框，要求用户输入移动距离。接着又会出现点对话框让用户指定第二个移动点，随后的操作是相同的。

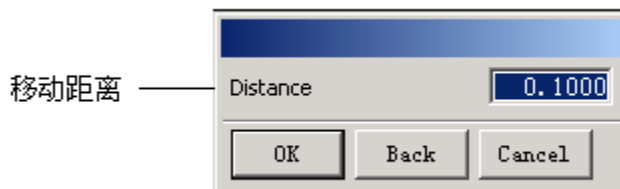


图 4.128 Distance Normal To Curve 对话框

### 2) Vector and Distance

当定义了要移动的点后，选择该选项，系统会弹出矢量创建对话框，用户通过它定义点的移动方向。接着系统也会弹出如图 4.128 所示的对话框，要求用户输入该点的移动距离。然后用户指定第二个移动点，随后的操作是相同的。

### 3) Direction Point

当定义了要移动的点后，选择该选项，系统会弹出点创建对话框，要求用户确定移动点的新位置，这时利用选择球在绘图工作区中指定一点即可。

图 4.129 所示的就是移动样条曲线的一个节段前后的对比图。

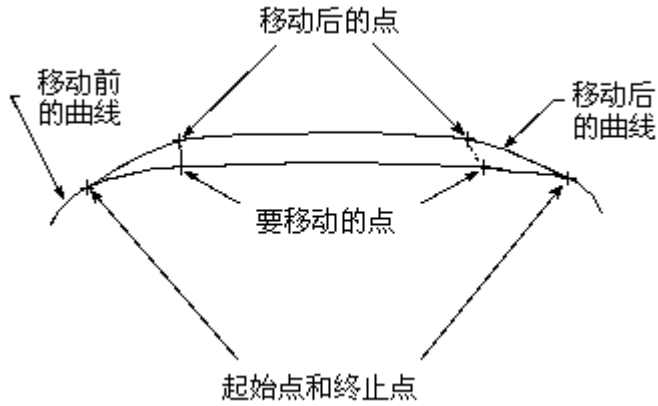


图 4.129 移动样条曲线的节段

- **Change Stiffness**

该选项用于在保持原样条曲线控制点数不变的前提下，通过改变曲线阶数来修改样条曲线的形状。选择该选项会丢失原来的定义数据及关联性，因此系统要求确认，之后在弹出的对话框中输入曲线新的阶数即可。增加阶数时，样条曲线会增加刚性；减少阶数时，样条曲线会降低刚性。图 4.130 所示的就是改变样条曲线阶数前后的对比图。

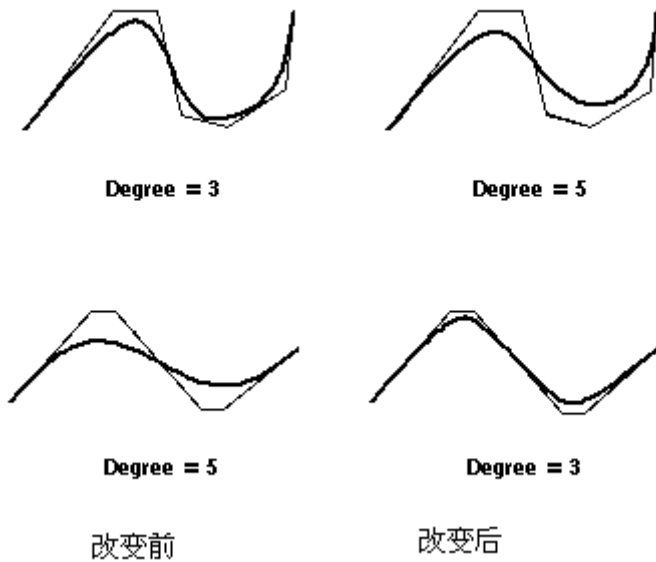


图 4.130 改变样条曲线阶数

- **Fit**

选择该选项可修改样条曲线定义所需的参数，以改变曲线的形状，不过这种方式不能改变曲线的曲率。选择该选项后，会弹出 **Edit Spline By Fit** 对话框，它与图 4.80 所示的对话框相同。对话框的上部列出了样条曲线的 3 种拟合方式，选择拟合方式后，再设定其中的参数，然后逐步响应系统的提示即可。

- **Smooth**

该选项用于使样条曲线变得较为光滑，编辑后的样条曲线的曲线阶数为 5。选择该选项后，会弹出图 4.130 所示对话框。

在该对话框中先分别设定 **Source Curve**、**Constraints** 选项，然后在 **Threshold** 文本框和 **Segments** 文本框中输入各点许可的最大移动量和欲改变的节段数，再选择 **Approximate** 选项来立刻更新样条曲线的节段数，最后进行 **Smooth** 操作。对选定样条曲线的 **Smooth** 操作可通过如下 2 种方式进行：

- 1) 在作完以上参数设定后，单击 **Smooth** 选项，系统自动根据以上设定对选定样条曲线的所有点进行 **Smooth** 操作。
- 2) 分别选取样条曲线的单个点，并进行相应的参数设定后，单击 **Smooth** 选项对选定样条曲线进行完善。

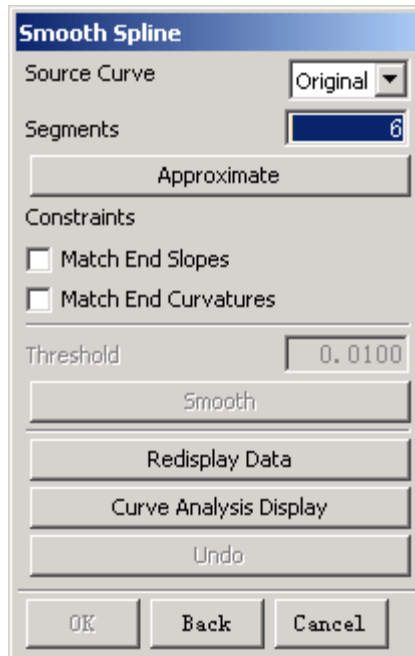


图 4.131 Smooth Spline 对话框

下面详细介绍一下对话框中的各个选项。

### 1) Source Curve (源曲线)

该选项包含 2 个子选项：**original**（原样条曲线）和 **Current**（当前样条曲线）。该选项用于在使样条曲线光滑时，是使用原先样条的曲率和斜率还是使用目前样条的曲率和斜率。

### 2) Segments (节段数)

该文本框用于设置样条曲线在光滑操作时的节段数。

### 3) Approximate (近似)

该选项用于按照 **Segments** 文本框设置的节段数，更新样条曲线，使其比原样条曲线光滑。

### 4) Constraints (约束)

该选项提供如下 2 种约束方式：

(1) **Match End Slopes**: 该方式用于设定样条曲线在光滑操作时，其端点斜率与原样条曲线的端点斜率匹配。

(2) **Match End Curvatures**: 该方式用于设定样条曲线在光滑操作时，其端点曲率与原样条曲线的端点曲率匹配。

### 5) Threshold (极限值)

该文本框用于设定样条曲线在光滑操作时，曲线上各点可移动的最大距离。

### 6) Smooth

该选项用于根据设定的偏差极限值、约束等选项，自动对样条曲线的所有点进行光滑操作。

### 7) Redisplay Data

在更新样条曲线后，该选项用于重新显示样条曲线的各定义点。

### 9) Curve Analysis Display

该选项用于设置对样条曲线进行图形分析显示。

## 4.4.3 修剪曲线

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Edit>Curve>Trim** 时，系统就会弹出如图 4.132 所示的修剪曲线对话框。利用设定的边界对象（可为曲线、边缘、平面、表面、点或屏幕位置等）调整曲

线的端点，可延长或修剪直线、圆弧、二次曲线或样条曲线。

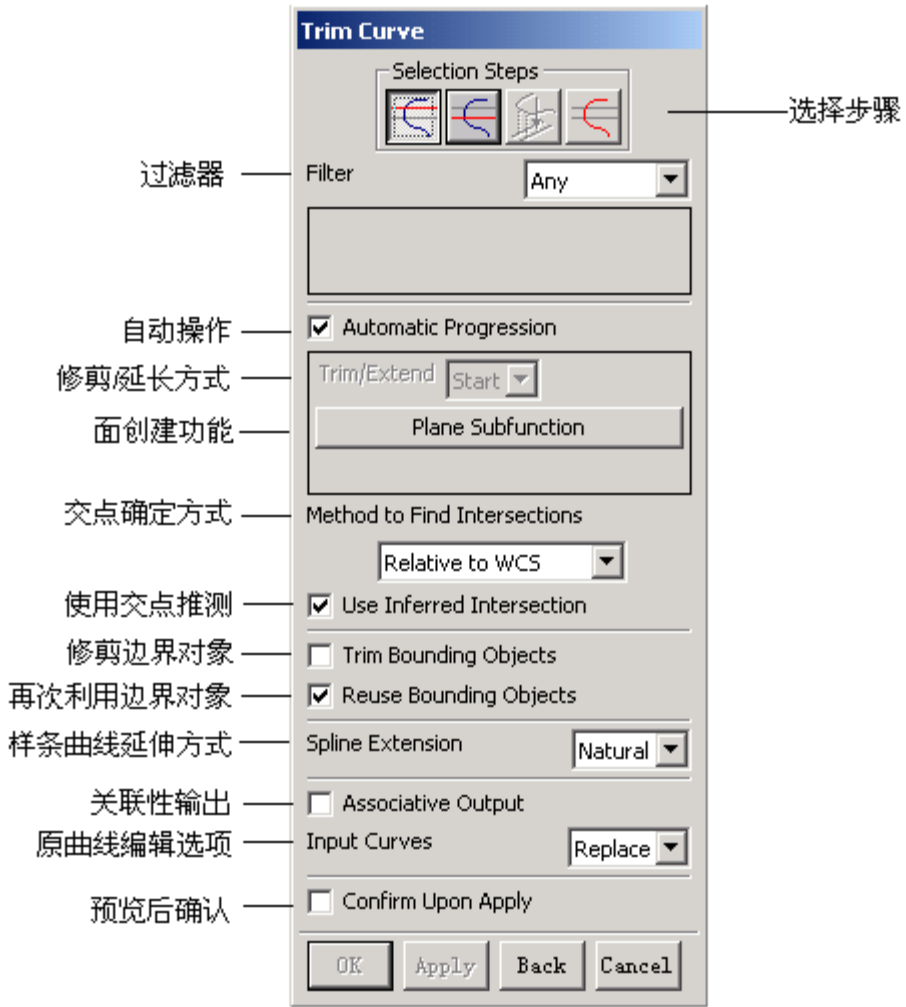



图 4.132 修剪曲线对话框


该对话框的上部为修剪曲线的选择步骤，其中的第一边界对象图标自动激活。若选择其中的 Automatic Progression 复选项，则在执行完前一步骤后，系统自动选择下一步骤图标。同时，也可直接选取某选择步骤图标进行相应的操作。在设定好边界对象和欲修剪曲线的交点确定方式及其它相关参数后，逐步响应系统提示即可。下面详细介绍一下该对话框中的主要选项。

### 1. Selection Steps（选择步骤）


选择步骤。在对曲线实施修剪的过程中，至多可有如下 4 个选择步骤：

-  (选择第一边界对象)

选择第一边界对象图标，用于确定修剪操作的第一边界对象。

-  (选择第二边界对象)

选择第二边界对象图标，用于确定修剪操作的第二边界对象。

-  (设定矢量方向)

设定矢量方向图标，该选择步骤只有在交点确定方式设置为 **Along a Vector** 时才激活。选择设定矢量方向图标，可以设定一边界对象与待修剪的曲线之间最短距离的测量矢量方向。在选择该步骤时，对话框上部的空白区域中便显示为如图 4.133 所示的矢量构造方式图标。

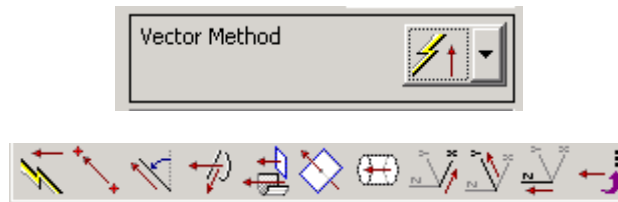



图 4.133 矢量创建方式图标

-  (选择待修剪的曲线)

选择待修剪的曲线图标，选择一条或多条待修剪的曲线。选择该步骤后，图 4.132 所示对话框中部变换成如图 4.134 所示内容，其中包含如下 2 个选项。

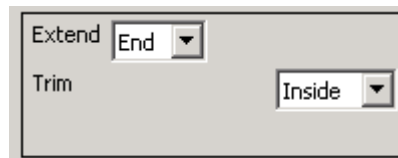


图 4.134 对话框选项的改变

### 1) Extend (延伸)

该选项用于设定待修剪曲线的哪一端延伸至第一边界对象，其另一端则自动延伸至第二边界对象。其中包含 2 个选项：**start** (起始端) 和 **End** (结束端)。

### 2) Trim (修剪)

该选项用于设定以两边界对象为界，待修剪曲线的哪一部分被修剪。其中包含 2 个选项：**Inside** (边界之内) 和 **outside** (边界之外)。

在选择这四个操作步骤时，前面两个选择步骤至少应选择一个。另外在 **Trim / Extend** 选项下方出现的面创建功能选项也可用于设定一个面作为边界对象。

## 2. Filter（过滤器）

该选项用于设定选择对象的类型。其中包含了：**Any**（所有）、**Point**（点）、**Curve**（曲线）、**Edge**（边）、**Face**（自由曲面）、**Sketch**（草图）、**Plane**（面）、**Datum Plane**（基准面）和 **Datum Axis**（基准轴）。

## 3. Method to Find Intersections（交点确定方式）

该选项用于确定边界对象与待修剪曲线的交点的判断方式。它提供了如下 3 种交点的确定方式：

- **Shortest 3D Distance**

选取该选项，则系统按边界对象与待修剪的曲线之间的三维最短距离判断两者的交点，再根据该交点来修剪曲线。

- **Relative to WCS**

选取该选项，则系统按在当前工作坐标系 **ZC** 轴方向上边界对象与待修剪的曲线之间的最短距离判断两者的交点，再根据该交点来修剪曲线。

- **Along View Normal**

选取该选项，则系统按在当前视图法线方向上边界对象与待修剪的曲线之间的最短距离判断两者的交点，再根据该交点来修剪曲线。

- **Along a Vector**

选取该选项，则设定矢量方向选择步骤图标激活，利用其下方出现的矢量创建功能设定一矢量方向，系统按在设定矢量方向上边界对象与待修剪的曲线之间的最短距离判断两者的交点，再根据该交点来修剪曲线。

## 4. Spline Extension（样条曲线延伸方式）

如果欲修剪的曲线为样条曲线且样条曲线需延伸至边界时，该选项用于设定其延伸方式。单击 **Spline Extension** 的下拉箭头后，出现下拉式列表框，其中列出样条曲线的如下四种延伸方式：

- **Natural**

自然方式。该选项用于将样条曲线沿其端点的自然路径延伸至边界。

- **Linear**

线性方式。该选项用于将样条曲线从其端点线性延伸至边界。

- **Circular**

环形方式。该选项用于将样条曲线从其端点环形延伸至边界。

- **None**

不延伸。该选项用于不将样条曲线延伸边界。

### 5. Associative output (关联性输出)

选取该选项后，则修剪后的曲线与原曲线具有关联性，即若改变原曲线的参数，则修剪后的曲线与边界之间的关系自动得到更新。

### 6. Input Curves (源曲线编辑选项)

该选项用于控制修剪后源曲线保留与否。单击 **Input Curves** 的下拉箭头后，出现下拉列表框，其中列出修剪后源曲线保留与否的 4 种控制方式：**Retain**（保留）、**Blank**（隐藏）、**Delete**（删除）和 **Replace**（以新曲线替换源曲线）。

需要用户注意的是，在修剪圆时，一般只设置一个边界对象，这时选择球的位置对修剪后曲线的形状有很大的影响。图 4.135 所示的就是修剪圆时的前后对比图。

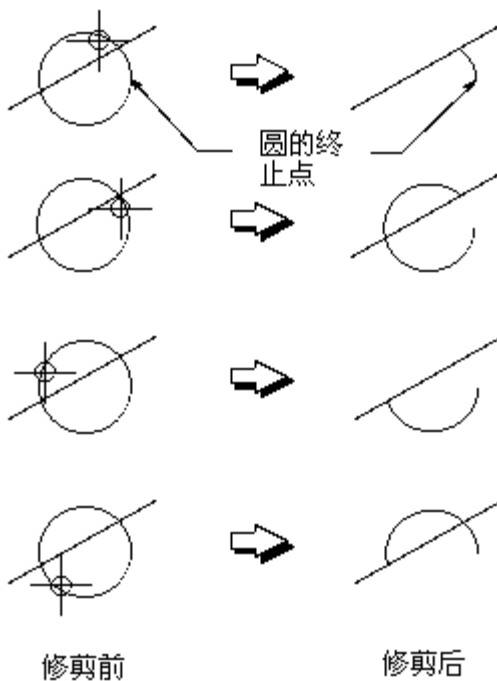



图 4.135 选择球位置对修剪圆的影响

#### 4.4.4 修剪拐角

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 Edit>Curve>Trim Corner 时，系统就会进入修剪拐角的功能，它能修剪两不平行曲线在其交点而形成的拐角。

修剪拐角时，移动鼠标，使选择球同时选中欲修剪的两曲线，且选择球中心位于欲修剪的角部位，单击鼠标左键，光标位置附近会弹出快速拾取对话框，确定后，则两曲线的选中拐角部分会被修剪。随后弹出取消对话框，若需取消操作，可选择其中的 Undo 选项。图 4.136 所示的就是修剪拐角的图示。

在操作过程中如果两曲线间隔较大，可利用视图缩放功能，使两曲线显示间隔缩小，直至选择球可同时选中两曲线为止，在利用上述方法对两曲线进行修剪拐角的操作。

如果所选的两修剪曲线中含样条曲线时，系统会弹出警告信息对话框，提示该操作将删除样条曲线的定义数据，需要用户给予确认。

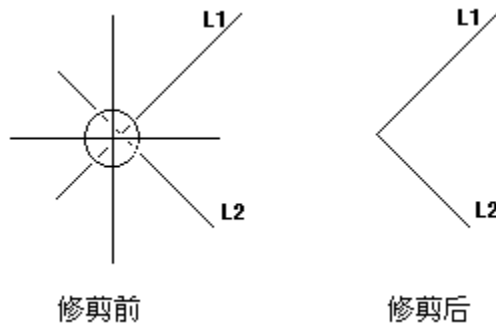


图 4.136 修剪拐角

另外当所选的两修剪曲线中含整圆时，则系统在修剪拐角时，由两曲线交点一直修剪至圆上的零角度点。图 4.137 所示的就是这种修剪方式的图示。

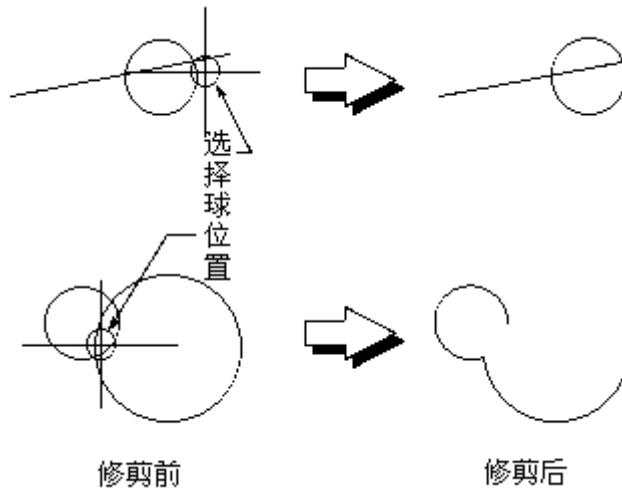


图 4.137 修剪整圆

#### 4.4.5 分割曲线

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Edit>Curve>Divide** 时，系统就会弹出如图 4.138 所示的分割曲线对话框。它能将曲线分割成多个节段，各节段成为独立的操作对象。

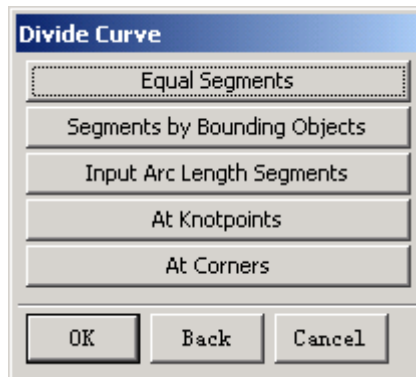


图 4.138 分割曲线对话框

在分割曲线对话框中提供了 5 种曲线的分割方式，下面介绍一下它们各自的用法：

##### I. Equal Segments（均匀分段）

该方式是以等长或等参数的方法将曲线分割成相同的节段。单击该选项后，选择要分割的曲线，系统会弹出如图 4.139 所示的 Equal Segments 对话框。

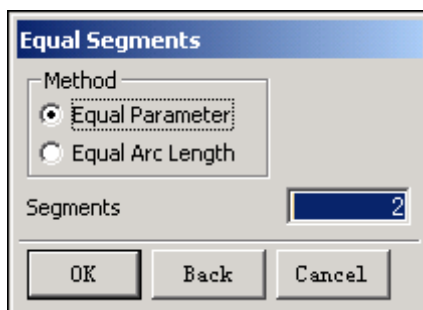


图 4.139 Equal Segments 对话框

其中的分割方式包含 Equal Parameter（等参数）和 Equal Arc Length（等弧长）两种方式。如果选择了 Equal Parameter 方式，则以曲线的参数性质均匀等分曲线，在线上为等分线段，在圆弧或椭圆上为等分角度，在样条曲线上以其控制点为中心等分角度。如果选择了 Equal Arc Length 方式，则把曲线的弧长均匀等分。Segments 文本框用来设置曲线均匀分割的节段数。图 4.140 所示的就是这种分割方式的图例。

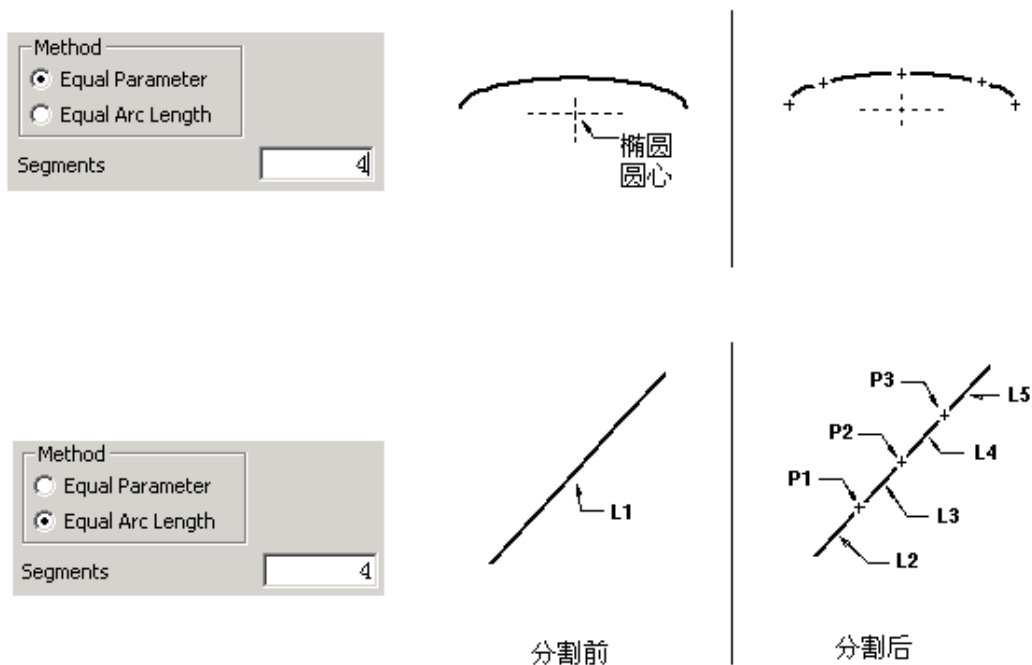


图 4.140 Equal Segments 分段

## 2. Segments by Bounding objects（由边界对象分段）

该方式是利用边界对象来分割曲线。单击该选项后，选择要分割的曲线，系统会弹出如图

4.141 所示的 By Bounding objects 对话框。利用该对话框可分别定义点、直线和平面或表面作为边界对象来分割曲线。图 4.142 所示的就是这种分割方式的图例。

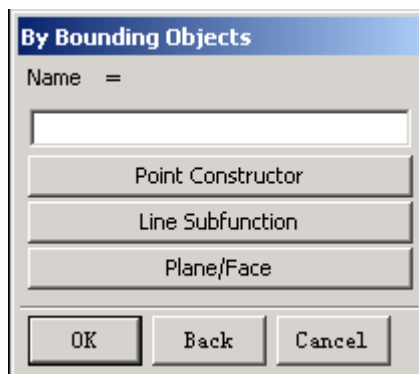


图 4.141 By Bounding objects 对话框

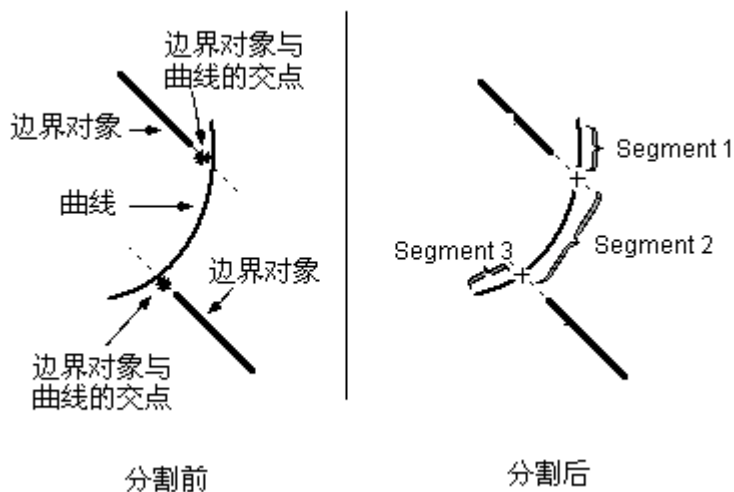


图 4.142 Segments by Bounding objects 分段

### 3. Input Arc Length Segments (由弧长分段)

该方式是通过分别定义各节段的弧长来分割曲线。单击该选项后，选择要分割的曲线，系统会依次弹出如图 4.143 所示的两个 Arc Length Segments 设置对话框。

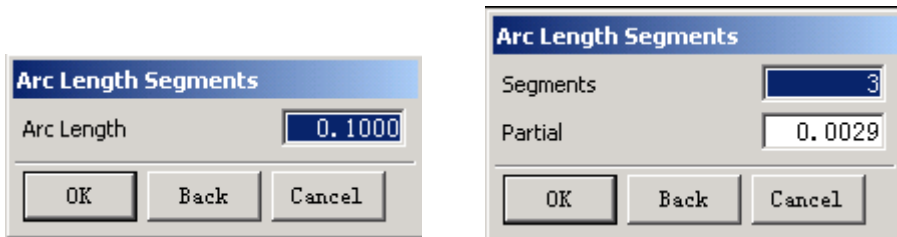


图 4.143 Arc Length Segments 对话框

图 4.143 左边的对话框用来输入分段的弧长值（Arc Length 文本框），右边的对话框是随后用来输入节段数（Segments 文本框）和剩余部分值（Partial 文本框）的。其中 Partial 值是当总弧长不是输入弧长的整数倍时，最后一段弧长的值，它为总弧长除以输入弧长的余数。图 4.144 所示的就是在 Arc Length 为 2 时，曲线分割的图例。

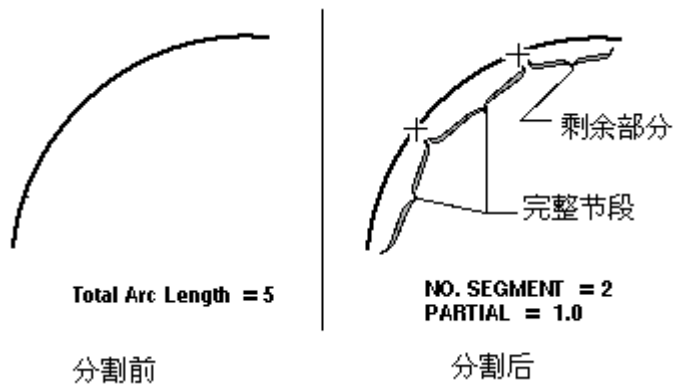


图 4.144 Input Arc Length Segments 分段

#### 4. At Knotpoints（定义点分段）

该方式只能分割样条曲线，它在曲线的定义点处将曲线分割成多个节段。单击该选项后，选择要分割的曲线，系统会弹出如图 4.145 所示的 Divide at Knotpoints 对话框。

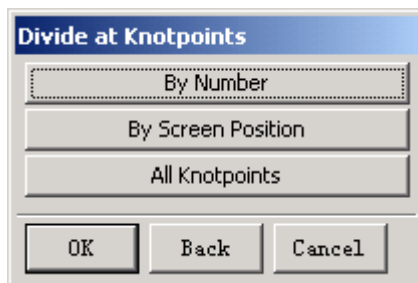


图 4.145 Divide at Knotpoints 对话框

这个对话框中包含了三个分割选项：**By Number**（通过定义点号）、**By Screen Position**（通过屏幕位置）和 **All Knotpoints**（所有定义点）。如果选择了 **By Number** 选项，只要在随后弹出对话框的 **Number** 文本框中输入所需的定义点号，则这些点将作为分割点；如果选择了 **By Screen Position** 选项，可从屏幕上选择所要定义点作为分割点；如果选择了 **All Knotpoints** 选项，则所有的定义点都将作为分割点。图 4.146 所示的就是选择 **By Screen Position** 时曲线分割的图例。

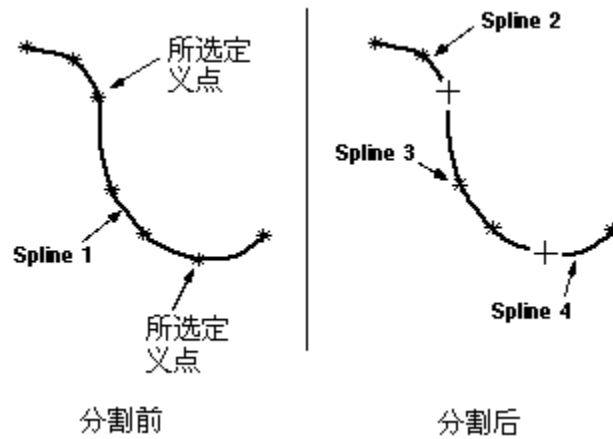


图 4.146 At Knotpoints 分段

### 5. At Corners（拐角分段）

该方式是在拐角处（即一阶不连续点）分割样条曲线（拐角点是样条曲线节段的结束点方向和下一节段开始点方向不同而产生的点）。单击该选项后，选择要分割的曲线，系统会在样条曲线的拐角处分割曲线。图 4.147 所示的就是这种分割方式的图例。

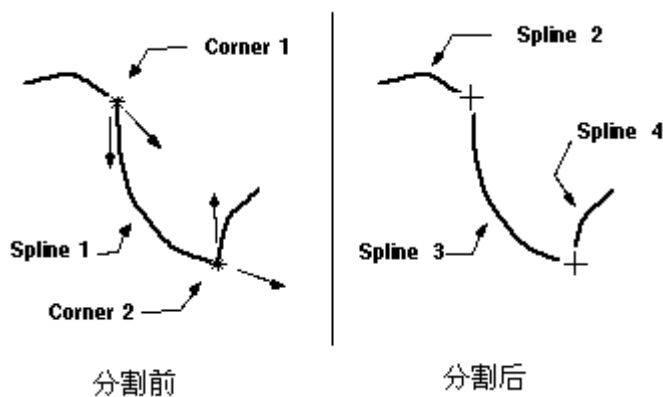


图 4.147 At Corners 分段

## 4.4.6 编辑圆角

在工具图标栏中单击或选择菜单命令 **Edit>Curve>Fillet** 时，系统就会弹出如图 4.148 所示的编辑圆角对话框，它能编辑两曲线间已存在的圆角。

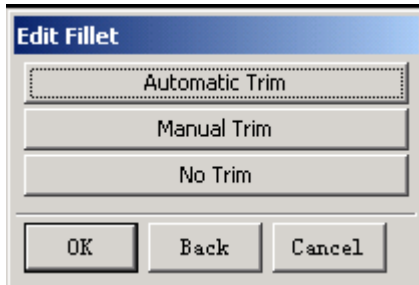


图 4.148 编辑圆角对话框

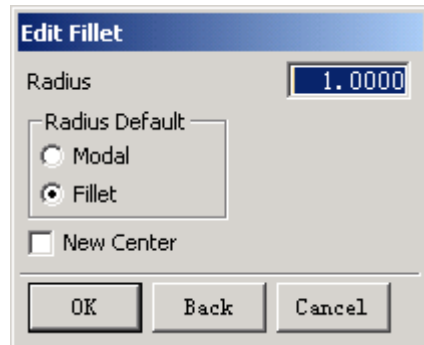


图 4.149 圆角设置对话框

在该对话框中选择圆角两连接曲线的修剪方式，再依次选择存在圆角的第一条连接曲线、圆角和圆角的第二条连接曲线，然后在随后弹出的如图 4.149 所示的圆角设置对话框中设定相应参数即可。

在编辑圆角对话框中包含了三个修剪方式选项：**Automatic Trim**（自动修剪）、**Manual Trim**（手工修剪）和 **No Trim**（不修剪）。

### 1. Automatic Trim

选择该方式，系统自动根据圆角来修剪其两连接曲线。

### 2. Manual Trim

该方式用于在用户干预下修剪圆角的两连接曲线。选择该方式后，随后响应系统提示，直至设置好图 4.149 对话框中的相应参数，然后确定是否修剪圆角的第一条连接曲线，若修剪，则选定第一条连接曲线的修剪端，接着确定是否修剪圆角的第二条连接曲线，若修剪，则选定第二条连接曲线的修剪端即可。

### 3. NO Trim

选择该方式，则不修剪圆角的两连接曲线。

下面介绍一下图 4.149 圆角设置对话框的各选项的用法。

#### 1. Radius（半径值）

该文本框用于设定圆角的新半径值。

## 2. Radius Default (省缺半径)

该选项用于设置上面 Radius 文本框中的省缺值。该选项包含如下 2 个单选项：

- Modal

选择该单选项，则 Radius 文本框中的缺省值保持不变，直到在 Radius 文本框中输入了新的半径值或选择了 Fillet 单选项。


- Fillet

选择该单选项，则 Radius 文本框中的缺省值为所编辑圆角的半径值。

## 3. New Center (新中心)

该选项用来设置新的中心点。选择该复选项，通过设定新的一点可改变圆角的大致圆心位置。否则，仍以当前圆心位置来对圆角进行编辑。

### 4.4.7 曲线拉伸

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Edit>Curve>Stretch 时，系统就会弹出如图 4.150 所示的曲线拉伸对话框。它能用来移动几何对象，并可拉伸对象，如果选取的是对象的端点，其功能是拉伸该对象，如果选取的是对象端点以外的位置，其功能是移动该对象。

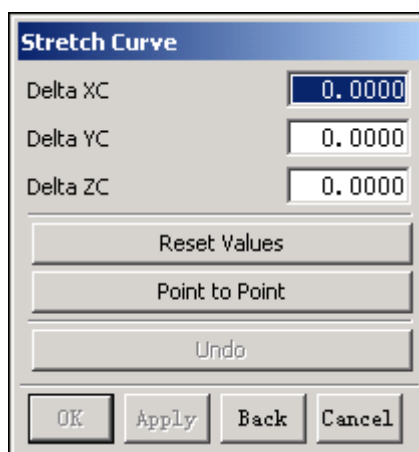


图 4.150 曲线拉伸对话框

进入曲线拉伸对话框后，可在绘图工作区中直接选择欲编辑的对象，再利用其中选项设定移动或拉伸的方向和距离。移动或拉伸的方向和距离可在曲线拉伸对话框中，通过以下 2 种方式来设定。

1. 分别在 Delta XC、Delta YC、Delta ZC 文本框中输入对象沿 XC、YC、ZC 坐标轴方向移动或拉伸的位移即可。

2. 单击 Point to Point 选项，再设定一个参考点，然后设定一个目标点，则系统以该参考点至目标点的方向和距离来移动或拉伸对象。

图 4.151 所示的就是曲线拉伸的图例。

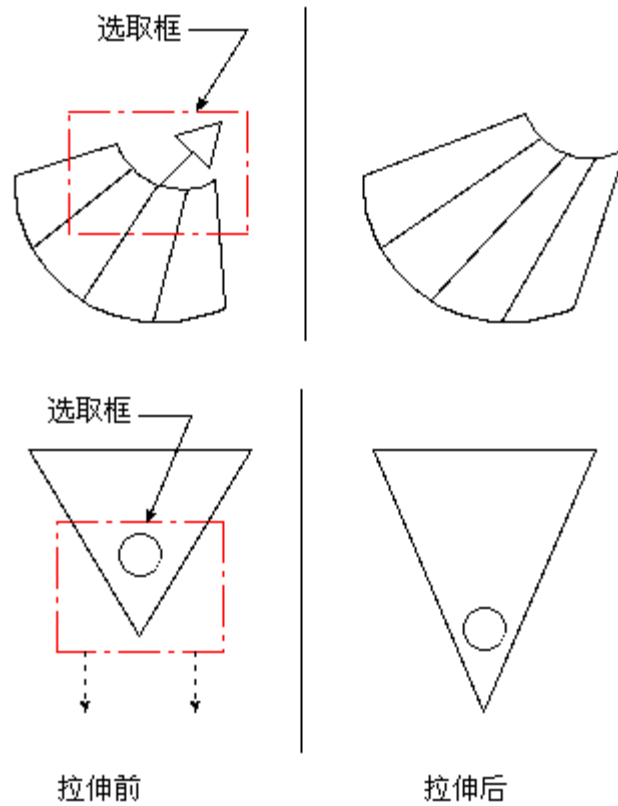


图 4.151 曲线拉伸

#### 4.4.8 编辑弧长

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Edit>Curve>Arc Length 时，系统就会弹出如图 4.152 所示的编辑弧长对话框。它能够通过指定弧长增量或总弧长方式来改变曲线的长度。

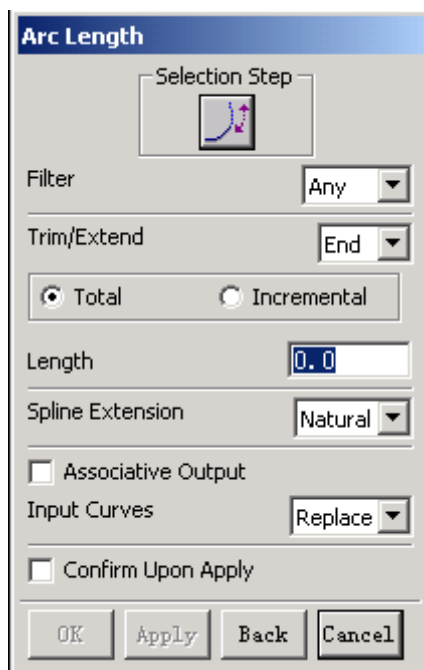


图 4.152 编辑弧长对话框

用户选择欲编辑的曲线，再设置 **Filter** 和 **Trim/Extend** 选项，然后选择弧长编辑方式，最后输入曲线的长度并设置好其他相关选项即可。下面介绍一下编辑弧长对话框中主要选项的用法，有些和前面相同的选项这里就不在介绍了。

### 1. Filter（过滤器）

该选项用于设定选择对象的类型。其中包含了：**Any**（所有）、**Curve**（曲线）、**Edge**（边）、**Face**（自由曲面）、**Sketch**（草图）等选项。

### 2. Trim/Extend（修剪/延伸方式）

该选项用于设定曲线的哪一端被修剪或延伸。其中包含 3 个选项：

- **Start**

选择该选项，则从选定曲线的起始点开始修剪或延伸。

- **End**

选择该选项，则从选定曲线的终点开始修剪或延伸。

- **Both**

选择该选项，则同时从选定曲线的起始点及终点开始修剪或延伸。

### 3. 弧长编辑方式

在编辑弧长对话框中提供了 2 种弧长编辑方式：**Total**（总长）和 **Incremental**（增量）。

- **Total**

该单选项是以给定总长来编辑选定曲线的弧长。打开该单选项后，在其下方的 **Length** 文本框中输入的是曲线的总长。

- **Incremental**

该单选项是以给定弧长增加量或减少量来编辑选定曲线的弧长。打开该单选项后，在其下方的 **Length** 文本框中，输入的是曲线弧长的增加量（正值）或减少量（负值）。

图 4.153 所示的就是编辑弧长的图例。其中编辑方式为 **Total**，新值设为 4.8750，**Trim/Extend** 设置为 **End** 选项，其他选项为省缺设置。

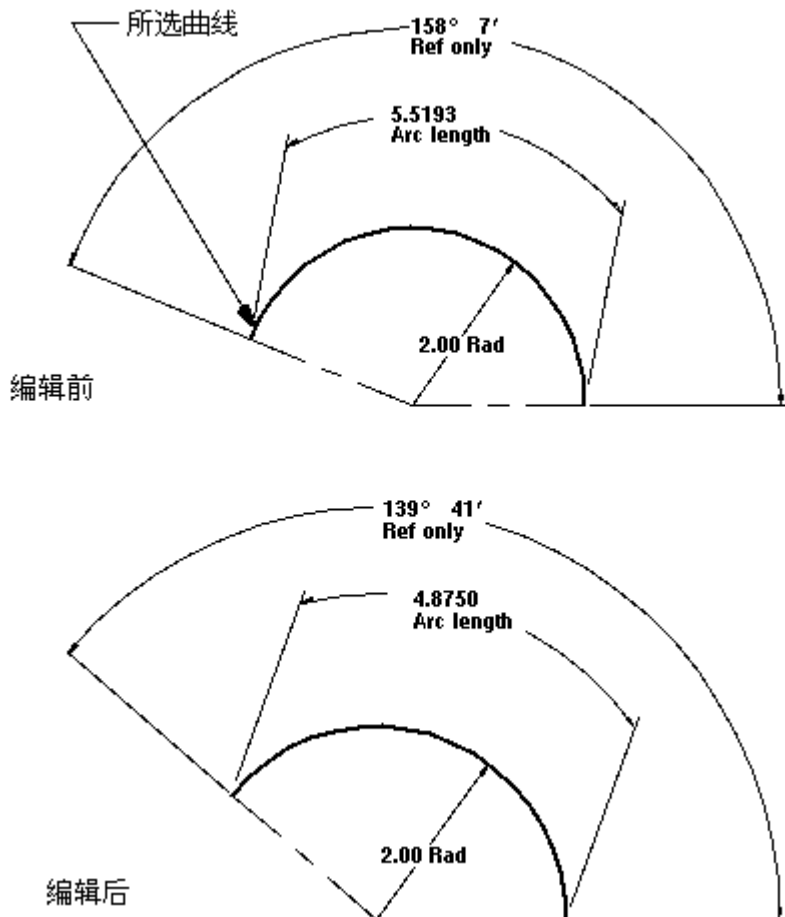




图 4.153 编辑弧长

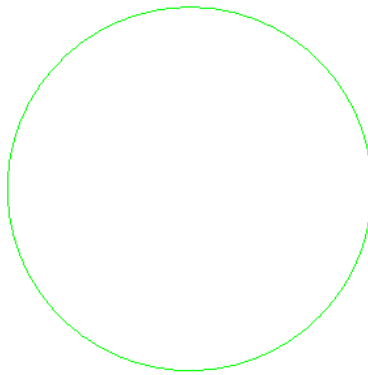
#### 4.4.9 操作范例

这里将以曲线分割和拉伸的操作范例为代表，向读者介绍曲线编辑功能的操作过程。

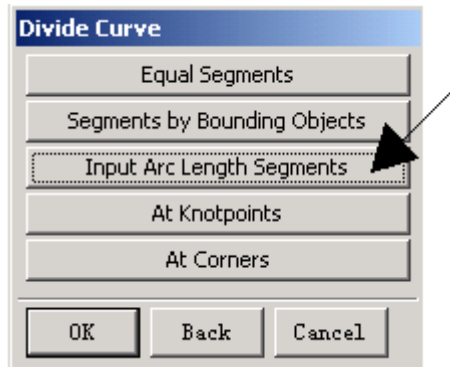
##### 1. 分割曲线

在 4.4.5 小节中，我们已经详细的介绍了分割曲线的各种方法，下面我们利用 Input Arc Length Segments 方式，按给定的曲线长度将一个整圆分割开。

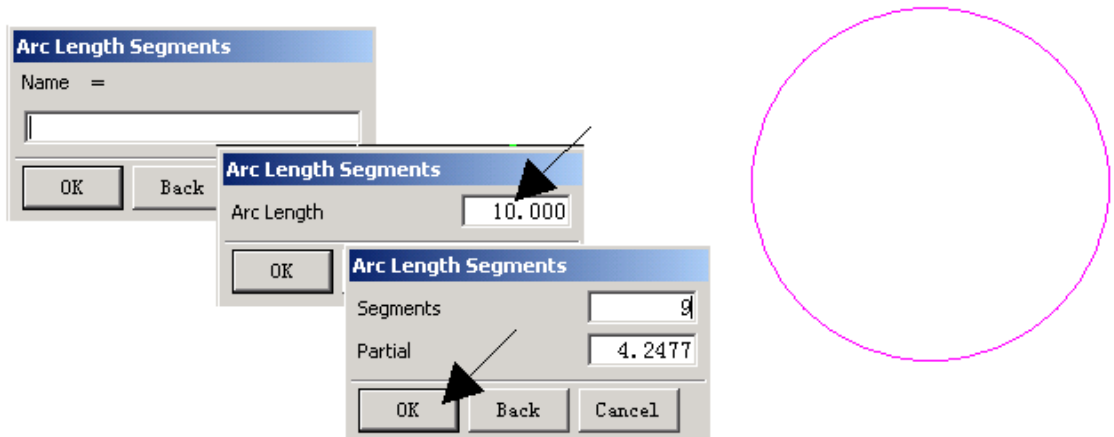
1) 首先要创建一个圆。用户先选择工具栏图标  或菜单命令 Insert>Curve>Basic Curves，在 Basic Curve 对话框中单击圆形图标 ，进入圆创建功能。在指定了圆心点后，再在参数工具栏的直径文本框中输入 30 即可。其操作步骤和效果如图 3.207 所示。



2) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Edit>Curve>Divide，在弹出的分割曲线对话框中选择 Input Arc Length Segments 选项。

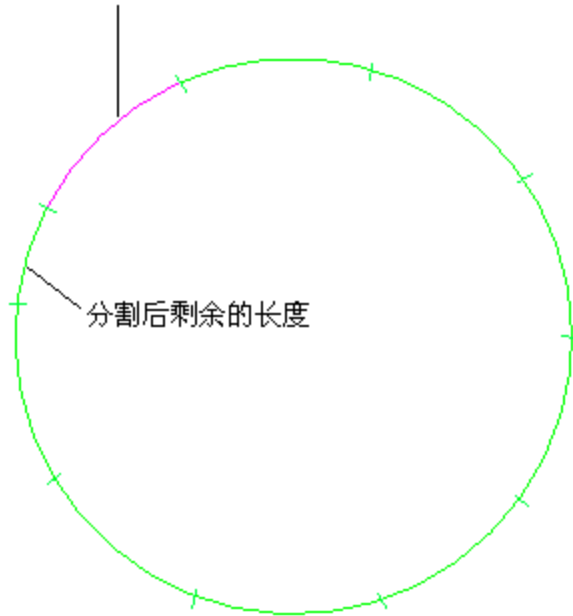


3) 随后在对象选取对话框中，选取圆形为操作对象，再在弹出的参数对话框中输入每个分割节段的曲线长度为 10，最后系统会弹出一个对话框来显示选取对象被分割的段数和剩余的曲线长度，确认后，单击 OK 按钮即可。



4) 在完成的曲线分割参数的设置后，则系统就会按用户的设置参数来分割所选的曲线对象。


按设置参数分割的节段

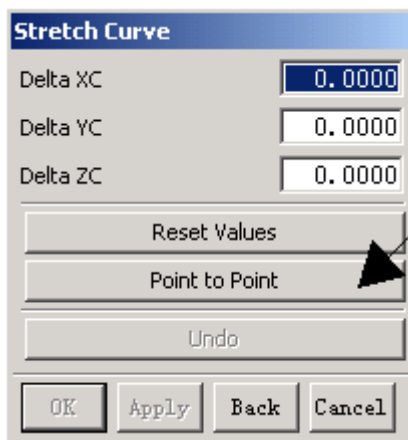


分割后剩余的长度

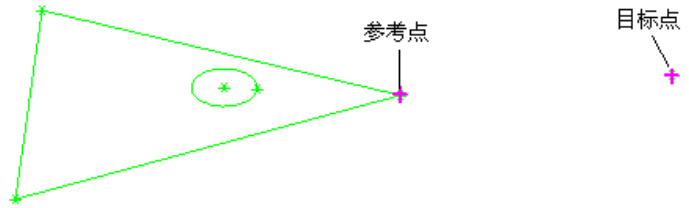
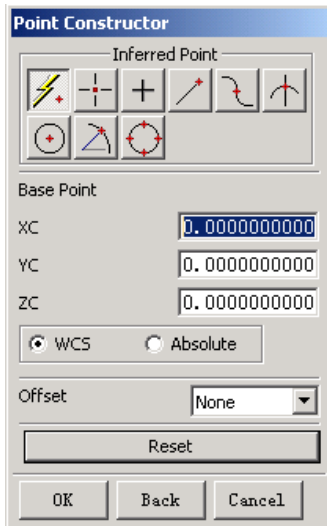
## 2. 曲线拉伸

在 4.4.7 小节中，我们已经详细的介绍了曲线拉伸的方法，下面我们利用 Point to Point 方式来拉伸所选的曲线对象。

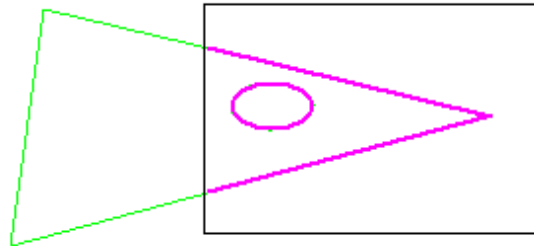
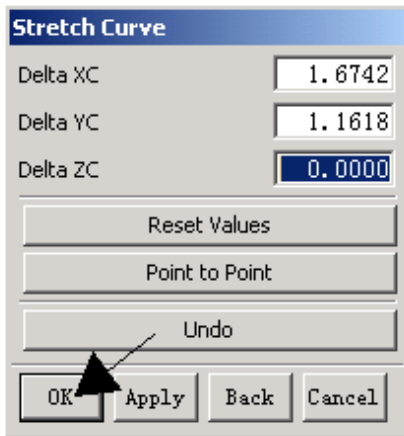
1) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Edit>Curve>Stretch，在弹出的曲线拉伸对话框中选取 Point to Point 选项。



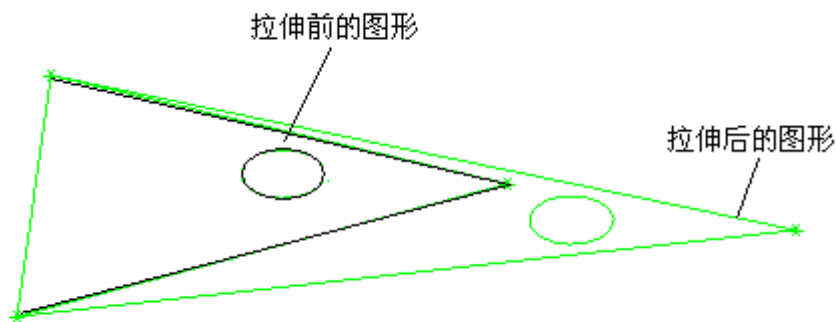
2) 利用弹出的点创建对话框，在绘图工作区中设置拉伸的参考点和目标点。



3) 接着系统会返回曲线拉伸对话框，并在其上部的拉伸参数文本框中显示在三个方向上设置的拉伸距离。此时，在绘图工作区中，利用矩形选取框选取要进行拉伸的区域后，单击 OK 按钮。




4) 最后，系统会按照用户设置的拉伸参数，拉伸所选的对象。



## 4.5 曲线操作功能

本小节将介绍曲线的一些操作功能，如偏移、桥接、简化、连接、交线、截面和抽取等操作。通过菜单 **Insert**►**Curve Operation** 下的命令选项，用户可以进入相应的曲线操作功能。

### 4.5.1 偏移

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Curve Operation**►**Offset** 时，系统进入曲线偏移操作功能，它用于生成原曲线的偏移曲线。

在进行曲线偏移操作操作时，系统会弹出如图 4.154 所示的对象选取对话框，提示用户选取偏移曲线。其中提供了四种对象选取方式：**Solid Face**（实体表面）、**Solid Edge**（实体边）、**Curve**（曲线）和 **Chain Curve**（链接曲线）。利用这些方式用户可以方便选择欲偏移的曲线，欲偏移的曲线可为直线、圆弧、二次曲线、样条曲线或对象的边。

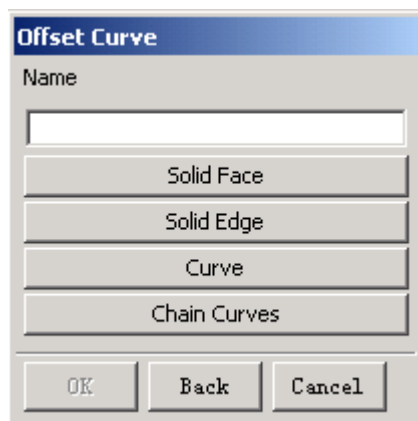


图 4.154 对象选取对话框

确定了欲偏移的曲线后，系统又会弹出如图 4.155 所示的偏移曲线对话框。同时，在所选择的曲线上出现一箭头，该箭头方向为偏移的方向，如果要取相反的偏移方向反向，可单击对话框中的 Reverse Direction 按钮。在设置好偏移方式以及相关参数后即可完成曲线的偏移操作。下面介绍一下偏移曲线对话框中的各主要选项的用法。

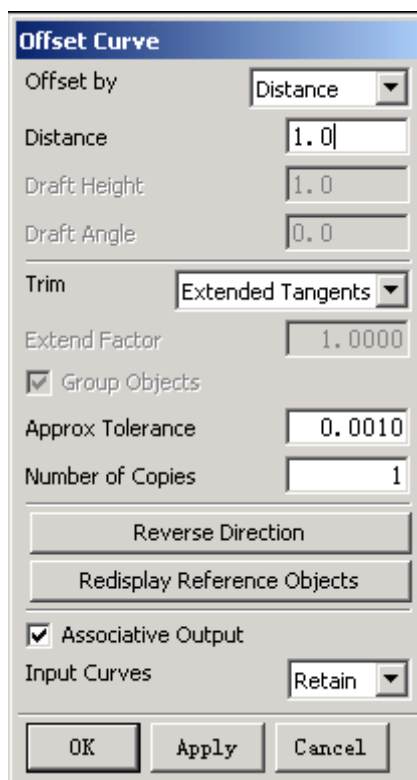


图 4.155 偏移曲线对话框

### 1. offset by (偏移方式)

该选项用于设置曲线的偏移方式。系统提供了 3 种偏移方式：Distance（距离）、Draft（拔模）和 Law Control（规律控制）。

- Distapce 方式

该方式是按给定的偏移距离来偏移曲线。选择该方式后，其下方的 Distance（距离）文本框被激活，在 Distance 和 Number of Copies 文本框中分别输入偏移距离和产生偏移曲线的数量，并设定好其它参数后即可。

- Draft 方式

该方式是将曲线按指定的拔模角度（Draft Angle）偏移到与曲线所在平面相距拔模高度（Draft Height）的平面上。拔模高度为原曲线所在平面和偏移后所在平面间的距离，拔模角度为偏移方向与原曲线所在平面的法线的夹角。选择该方式后，Draft Height 和 Draft Angle 文本框被激活，在 Draft Height 和 Draft Angle 文本框中分别输入拔模高度和拔模角度，然后再设置好其它参数即可。图 4.156 所示的就是这种方式的图例。

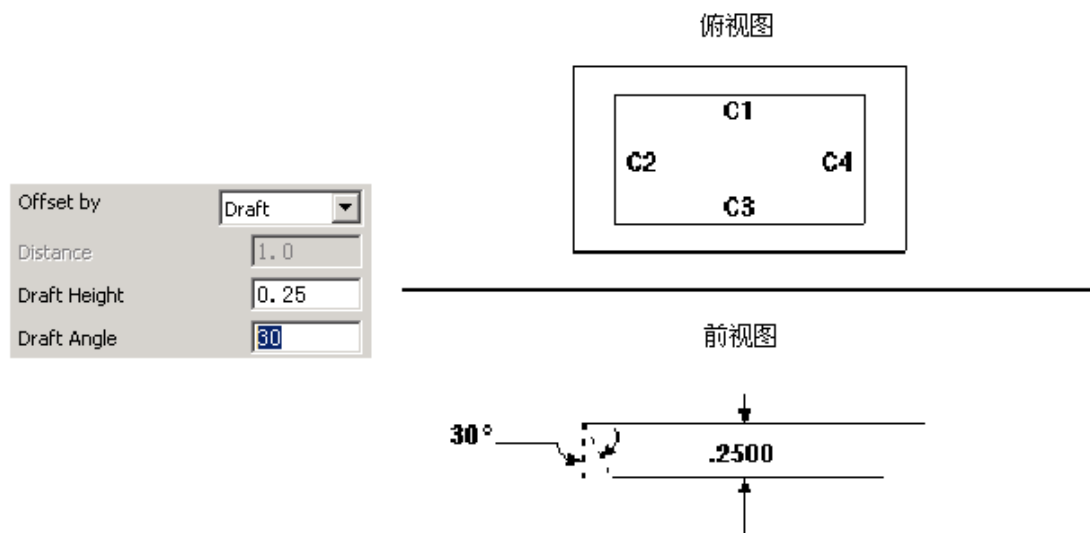


图 4.156 Draft 方式

- Law Control 方式

该方式是按规律控制偏移距离来偏移曲线。选择该方式后，会弹出如图 4.96 所示的规律控制方式对话框（见 4.3.3 小节），从中选择相应的偏移距离的规律控制方式后，逐步响应系统提示即可。

## 2. Trim（修剪方式）

该选项用于设置偏移曲线的修剪方式。其中提供了 3 种修剪方式：None（无）、Extended Tangents（切线延伸）和 Fillet（圆角过渡）。

- None

选择该方式则偏移后曲线既不延长相交也不彼此修剪或倒圆角。图 4.157 所示的就是这种方式的图例。

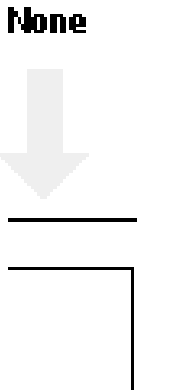


图 4.157 None 方式

- Extended Tangents

选择该方式则偏移曲线将延长相交或彼此修剪。选择该方式时，若关 **M Associative output** 复选项，则 **Extend Factor** 文本框激活，在其中输入延长比例，则偏移曲线串中各组成曲线的端部延长值为偏移距离的 **Extend Factor** 倍，若彼此仍不能相交，则以斜线与各组成曲线相连。若偏移曲线串中各组成曲线彼此交叉，则在其交点处修剪多余部分。图 4.158 所示的就是这种方式的图例（这里延伸长度 = 偏移距离 × 延伸系数）。

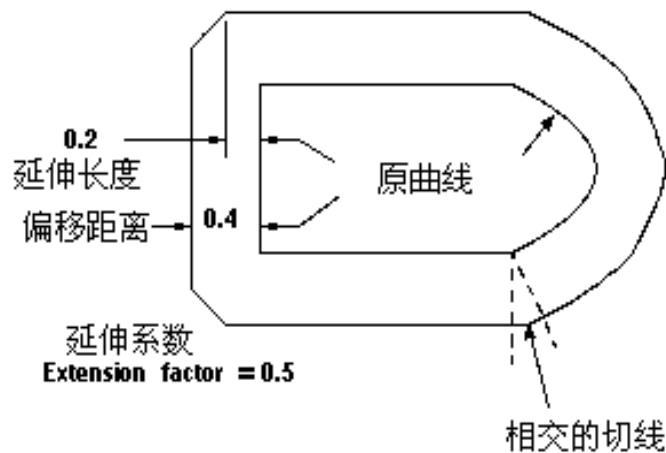


图 4.158 Extended Tangents 方式

- Fillet

选择该方式后，若偏移曲线的各组成曲线彼此不连接，则系统以半径值为偏移距离的圆弧，将各组成曲线彼此相邻者的端点两两相连；若偏移曲线的各组成曲线彼此相交，则系统在其交点处

修剪多余部分。图 4.159 所示的就是这种方式的图例。

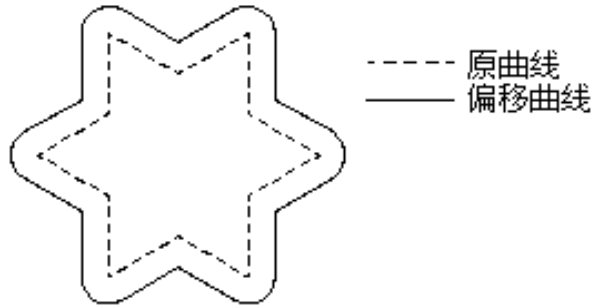


图 4.159 Fillet 方式

### 3. Approx Tolerance (近似公差)

该文本框用于设置偏移距离的近似公差的值。

### 4. Number of Copies (复制数量)

该文本框用于设置偏移操作后，所产生的新对象的数目。

### 5. Redisplay Reference Objects (重新显示参考对象)

该选项使系统重新显示偏移方向的箭头等参考对象。


## 4.5.2 桥接

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Curve Operation**►**Bridge** 时，系统会弹出如图 4.160 所示的桥接曲线对话框，它用于融合或桥接两条不同位置的曲线。


进入桥接曲线对话框后，此时第一条曲线图标自动激活，可选择第一条曲线。选择第一条曲线后，第二条曲线的图标自动激活，再选择第二条曲线。接着所选曲线间出现桥接曲线的显示图形，然后设定桥接曲线的连续方式、形状控制方式、桥接曲线的起止点位置以及其它参数，与此同时，桥接曲线的显示图形也会随着设置不同而更新。下面介绍一下桥接曲线对话框中各主要选项的用法。

### 1. Selection Step (选择步骤)


在对曲线进行桥接的过程中，有如下 3 个操作步骤：

-  (选择第一条曲线)

选择第一条曲线图标，用于确定桥接曲线操作的第一个对象。

-  (选择第二条曲线)

选择第二条曲线图标，用于确定桥接曲线操作的第二个对象。

-  (参考曲线形状)

参考曲线形状图标用于选择控制桥接曲线形状的参考样条曲线，使桥接曲线继承选定的参考样条曲线的形状。该步骤仅在 **Continuity Method** 方式为 **Tangent**，且 **Shape Control** 方式为 **End Point** 和 **Peak Point** 时才有效。

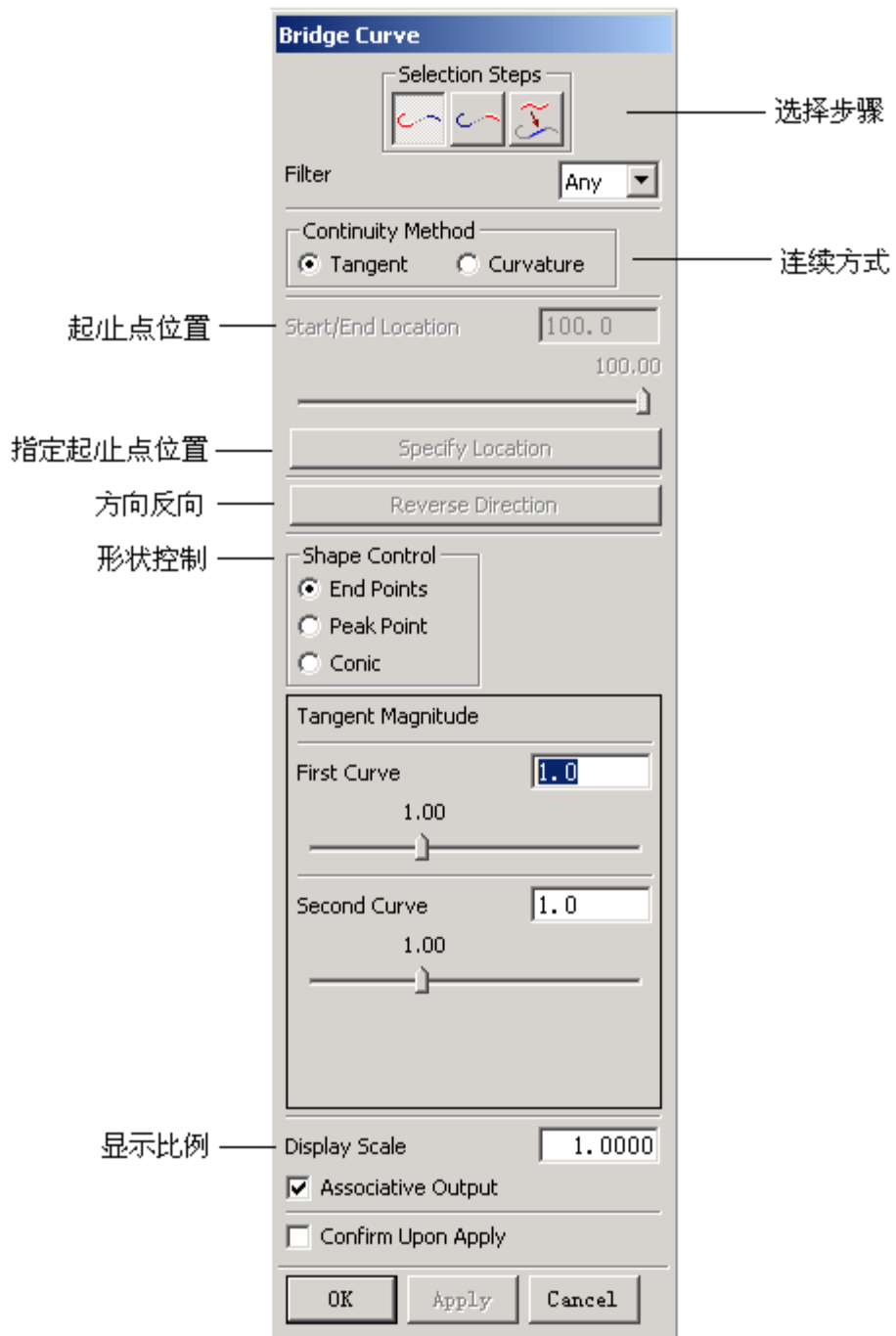


图 4.160 桥接曲线对话框

## 2. Continuity Method (连续方式)

该选项用于设置桥接曲线和欲桥接的第一条曲线、第二条曲线的连接点间的连续方式。它包含

2 种连续方式：Tangent（切线连续）和 Curvature（曲率连续）。

- Tangent

选择该方式，则生成的桥接曲线与第一条曲线、第二条曲线在连接点处切线连续，且为三阶样条曲线。选择该方式时，Shape Control 方式有 3 种：End Point、Peak Point、Conic。

- Curvature

选择该方式，则生成的桥接曲线与第一条曲线、第二条曲线在连接点处曲率连续，且为五阶或七阶样条曲线。选择该方式时，Shape Control 方式有 2 种：End Point、Peak Point。

图 4.161 所示的就是这两种连续方式的对比图。

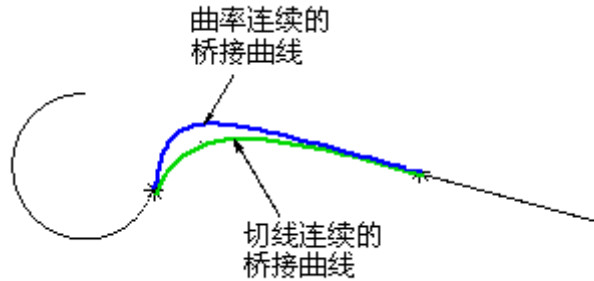


图 4.161 两种连续方式对比图

### 3. Start/End Location（起/止点位置）

如果要设置桥接曲线的起、止点位置，先应选择起、止点所在的曲线，即要桥接的第一条曲线或第二条曲线。可通过选择第一条曲线图标或第二条曲线图标选择第一条曲线或第二条曲线，然后通过下列方式来设定桥接点的位置：

1) 通过在 Start/End Location 文本框中输入点在选定曲线上位置的百分比值或通过拖拽其下方的百分比滑尺来设定。

2) 选择 Specify Location 选项，利用随后弹出的点创建对话框，直接在选定的曲线上选择桥接点的位置。

### 4. Shape Control（形状控制）

该选项用于设定桥接曲线的形状控制方式。桥接曲线的形状控制方式有以下 3 种，选择不同的方式其下方的参数设置选项也有所不同。

- End Point（端点方式）

该方式允许通过改变桥接曲线与第一条曲线或第二条曲线连接点的切矢量值，来控制桥接曲线的形状。切矢量值的改变是通过分别拖拽 **Tangent Magnitude** 选项中的 **First Curve** 和 **Second Curve** 滑尺，或直接在 **First Curve** 和 **Second Curve** 文本框中输入切矢量值来实现的。

- **Peak Point**（峰值点方式）

1) 在切线连续方式下选择该形状控制方式时，桥接曲线对话框中 **Tangent Magnitude** 选项会变成如图 4.162 所示的内容（在该连续方式下，**Bridge Skew** 对桥接曲线的形状控制无效），允许通过改变桥接曲线的 **Bridge Depth** 值来控制桥接曲线的形状。

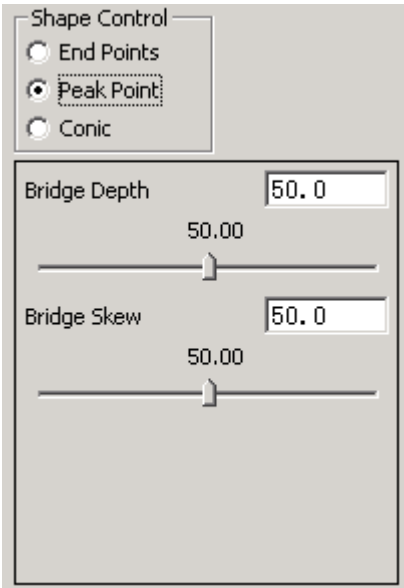


图 4.162 切线连续方式下 **Peak Point** 选项

**Bridge Depth** 值是桥接曲线峰值点的深度，即影响桥接曲线形状的曲率的百分比，其值可通过拖拽 **Bridge Depth** 滑尺或直接在 **Bridge Depth** 文本框中输入百分比来实现。**Bridge Depth** 对桥接曲线形状的影响如图 4.163 所示。

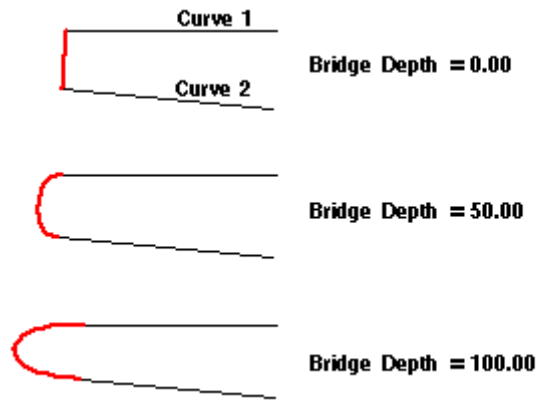


图 4.163 Bridge Depth 对桥接曲线形状的影响

2) 在曲率连续方式下选择该形状控制方式时，桥接曲线对话框中 **Tangent Magnitude** 选项变成如图 4.164 所示内容（其中 **Bridge Depth** 对桥接曲线的形状的控制同上），允许通过改变桥接曲线的 **Bridge Depth**、**Bridge Skew** 值来控制桥接曲线的形状。同时还可通过 **Stiffness Control**（刚性控制）选项来控制桥接曲线的刚性。

**Bridge Skew** 值是桥接曲线峰值点的倾斜度。**Bridge Skew** 用来设定沿桥接曲线从第一条曲线向第二条曲线度量时峰值点位置的百分比，其值对桥接曲线形状的影响如图 4.165 所示。**Bridge Skew** 对桥接曲线的形状的控制仅在曲率连续方式中有效。

**Stiffness Control** 是刚性控制方式，仅在曲率连续方式中有效。刚性控制有 **Auto**、**High**、**Low** 3 种方式。

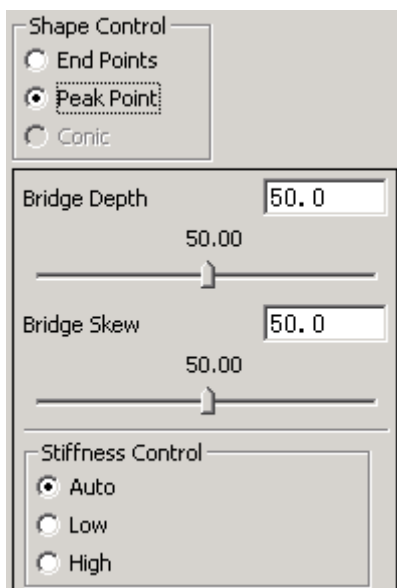


图 4.164 曲率连续方式下 Peak Point 选项

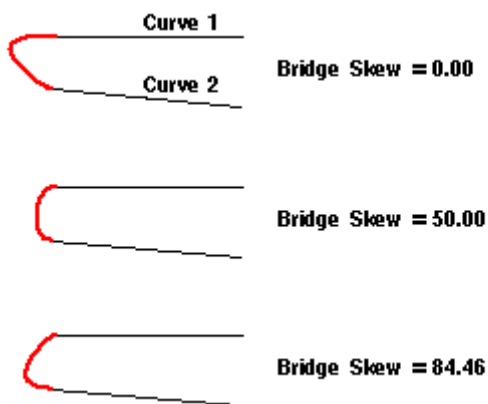


图 4.165 Bridge Skew 对桥接曲线形状的影响

- Conic（二次曲线方式）

该方式仅在切线量连续方式下才有效。选择该形状控制方式，桥接曲线对话框中 Tangent Magnitude 选项会变成如图 4.166 所示的内容。允许通过改变桥接曲线的 Rho 值（其含义与二次曲线中的相同，见 4.3.2 小节）来控制桥接曲线的形状。其值可通过拖换 Rho 滑尺或直接在 Rho 文本框中输入数值来实现。

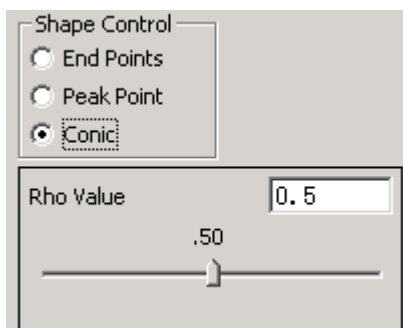



图 4.166 Conic 选项

### 4.5.3 简化

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Curve Operation**►**Simplify** 时，系统会弹出如图 4.167 所示的简化曲线对话框。它用于以一条最合适的逼近曲线来简化一组选择的曲线，它将这组曲线简化为圆弧或直线的组合，即将高次方曲线降成二次或一次方曲线。

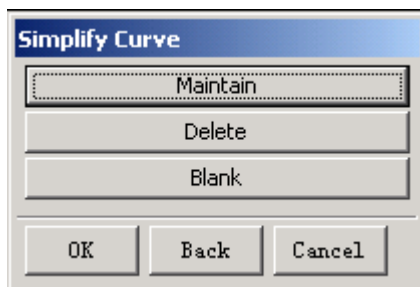



图 4.167 简化曲线对话框

在简化曲线对话框用户可以选择原曲线的保留方式，系统提供了 **Maintain**（维持）、**Delete**（删除）和 **Blank**（隐藏）3 种方式。确定保留方式后，系统接着弹出选取对话框，要求用户在绘图工作区中依次选取要简化的曲线，用户最多可选取 512 条曲线。若要简化的曲线彼此首尾相接，则可利用其中的 **Chaining**（链接曲线）选项通过选择第一条曲线和最后一条曲线来选择其间彼此相连的一组曲线。选择曲线后确定，则系统用一条与其逼近的曲线来拟合所选的多条曲线。

如果要了解简化后曲线的形式和阶数，可以选择菜单命令 **Information**►**Object**，来得到简化后的曲线信息。另外完成简化操作后，可以查看状态栏来了解简化后的曲线数目。

### 4.5.4 连接

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Curve Operation**►**Join** 时，系统进入曲线连接操作功能，它用于将所选的多条曲线连接成一条 B 样条曲线。进行连接操作时，系统首先弹出选取对

对话框，要求用户选取要进行连接的曲线组。接着又会弹出如图 4.168 所示的曲线连接对话框，设置好相关参数后，系统即可完成曲线的连接操作。

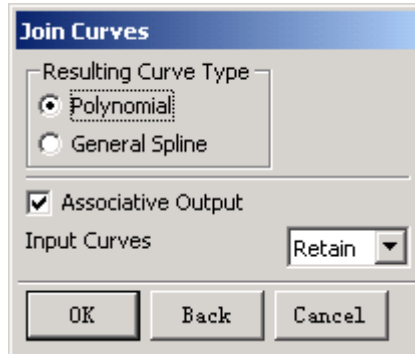



图 4.168 曲线连接对话框



该对话框中的 **Resulting Curve Type**（结果曲线类型）选项组用于定义连接操作后曲线的类型。其中包含了 **Polynomial**（多项式）和 **General Spline**（一般样条）两个单选项，用于设置相应的曲线类型。

#### 4.5.5 投影点/线

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Curve Operation**►**Project** 时，系统会弹出如图 4.169 所示的投影对话框。它用于将曲线或点沿某一方向投影到现有曲面、平面或参考平面上。但是如果投影曲线若与面上的孔或面上的边缘相交，则投影曲线会被面上的孔和边缘所修剪。投影方向可以设置成某一角度、某一矢量方向、向某一点方向或沿面的法向

进入图 4.169 所示的投影对话框后，操作步骤中的曲线 / 点图标自动激活，选择欲投影点或曲线后，再选择操作步骤中的表面 / 平面图标，选择投影面，然后选择投影曲线的 **Copy Method** 选项来设定投影曲线的复制方式，再选择 **Direction Method** 选项设定好投影方向和对话框中的其它选项即可投影操作。下面介绍一下投影对话框中主要选项的用法。

##### 1. Selection Steps（选择步骤）

- （曲线/点）  
曲线/点图标，用于确定欲投影的曲线和点。
- （表面/平面）  
表面/平面图标，用于确定投影所在的表面或平面。

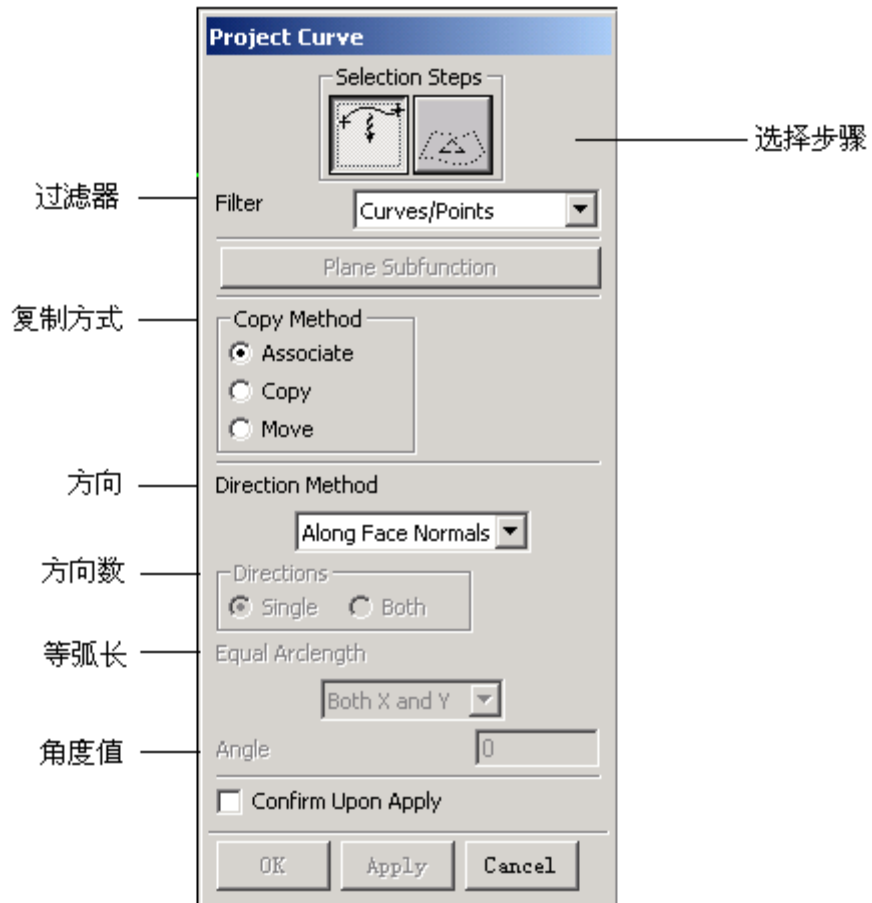


图 4.169 投影对话框

## 2. Filter (过滤器)

该选项用于选择指定的对象。当选择的操作步骤不同时，Filter 选项所包含的内容也不同。当选择 Curves/Points 图标时，Filter 选项所包含的内容是：Curves/Points（曲线/点）、Curves Only（曲线）、Points Only（点）和 Sketches Only（草图）。当选择 Faces/Planes 图标时，Filter 选项所包含的内容是：Faces/Planes（表面/平面）、Faces Only(表面)、Planes Only（平面）、Datum Planes（参考面）和 Clouds（云）。

## 3. Copy Method (复制方式)

该选项用于设置投影曲线的复制方式。投影曲线有 3 种复制方式：Associate（相关）、Copy（复制）和 Move（移动）。

- Associate

选择该方式，则原定义曲线保持不变，在投影面上生成与原定义曲线相关联的投影曲线，一旦原曲线作了修改，则投影曲线也会随之变更。

- **Copy**

选择该方式，则原定义曲线保持不变，在投影面上生成与原定义曲线无关联的投影曲线。

- **Move**

选择该方式，则删除原定义曲线，在投影面上生成与原定义曲线无关联的投影曲线。

#### 4. Direction Method (方向)

该选项用于设置投影方向的方式，其中提供了 6 种投影方式：**Along Face Normals**（沿面的法向）、**Toward a Point**（向某一点）、**Toward a Line**（向某条线）、**Along Vector**（沿矢量）、**Angle to Vector**（相对矢量的夹角）和 **Equal Arclength**（等弧长）。

- **Along Face Normals**

该方式是沿所选投影面的法向向投影面投影曲线，图 4.170 所示的就是这种方式的图例。

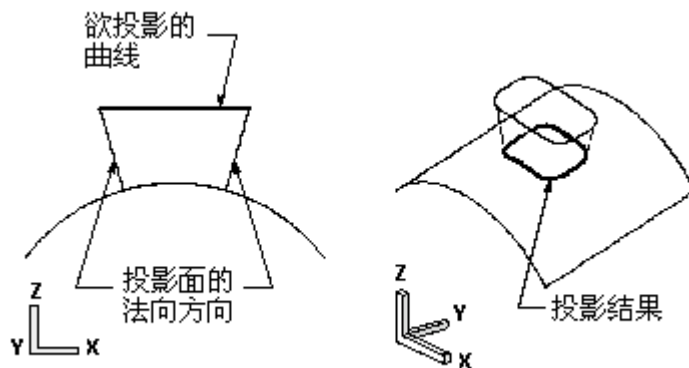


图 4.170 Along Face Normals 方式

- **Toward a Point**

该方式用于从原定义曲线朝着一个点向选取的投影面投影曲线，图 4.171 所示的就是这种方式的图例。

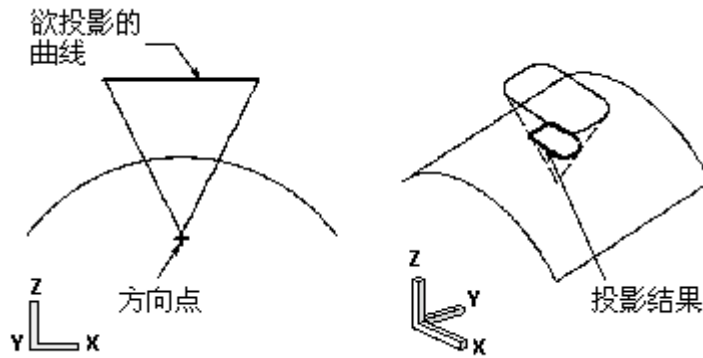


图 4.171 Toward a Point 方式

● Toward a Line

该方式用于沿垂直于选定直线或参考轴的方向向选取的投影面投影曲线，图 4.172 所示的就是这种方式的图例。

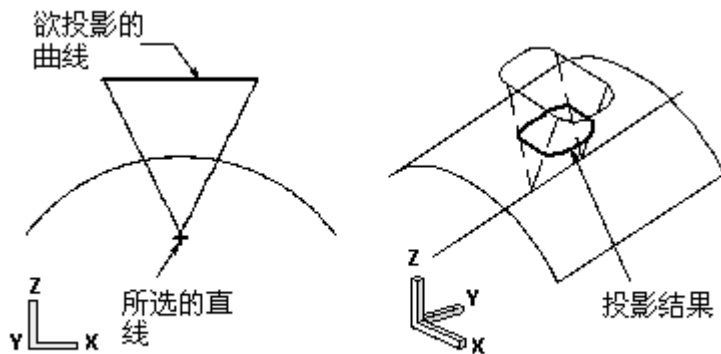


图 4.172 Toward a Line 方式

● Along Vector

该方式用于沿设定矢量方向向选取的投影面投影曲线。选择该方式后，系统会弹出矢量创建对话框，让用户设置一个投影矢量方向。选择此选项时，其下方的 Directions（方向数）选项被激活，它包括 Single（单一）和 Both（双向）两个单选项。Single 单选项用于设定沿投影矢量方向单向投影选定曲线，Both 单选项用于设定沿投影矢量方向双向投影选定曲线。图 4.173 和图 4.174 所示的就是这种方式的图例。图 4.174 中的曲线沿投影矢量双向投影至圆柱面上，在圆柱面离选定曲线较近部分生成一个图像，而在较远的部分生成另一投影曲线。

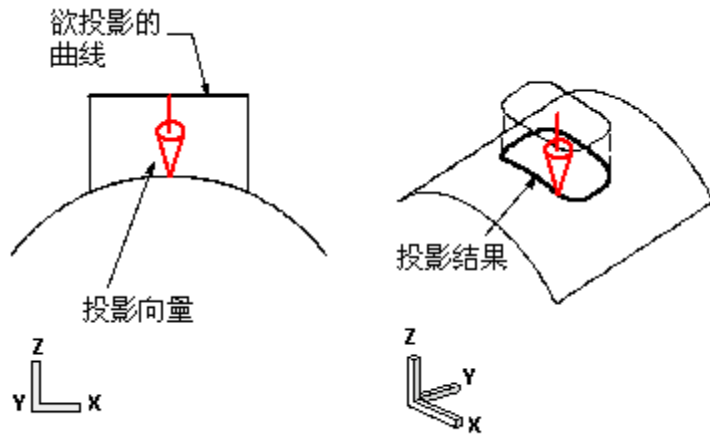


图 4.173 Single 方式



图 4.174 Both 方式

- Angle to Vector

该方式用于沿与设定矢量方向成一角度的方向向选取的投影面投影曲线。选择该方式后，会弹出矢量创建对话框，让用户这只一个投影矢量方向。这时对话框中的 Angle 文本框被激活，用户可以输入投影角度值。Angle 值的正负是以选定曲线的几何形心为参考点来设定的。曲线投影后，投影曲线向参考点方向收缩，则 Angle 为负值；反之，Angle 为正值。图 4.175 所示的就是这种方式的图例。

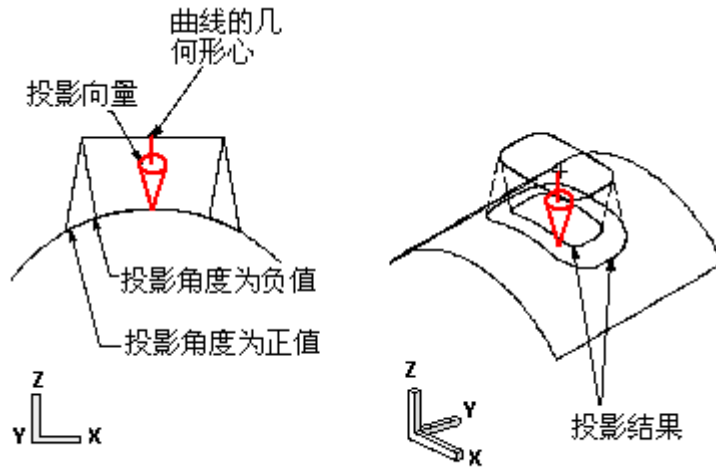


图 4.175 Angle to Vector 方式

● Equal Arclength

该方式允许由 X-Y 坐标系向投影面的 U-V 坐标系投影曲线（如图 4.176 所示），在投影时，曲面上投影曲线的 U、V 方向长度的确定取决于 Equal Arclength 方式的选择，并且在选择该方式前，必须先选择投影面。

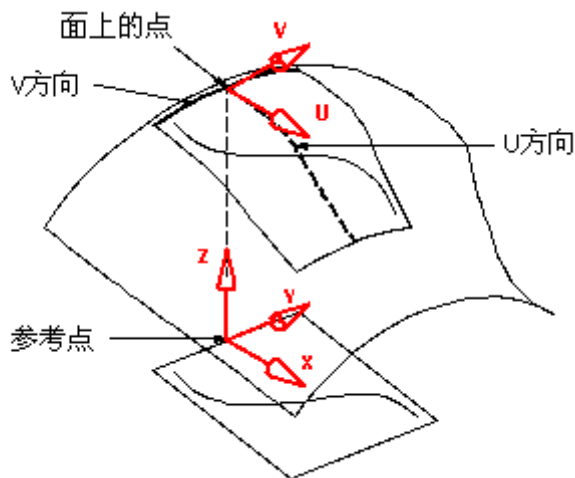


图 4.176 Equal Arclength 方式

选择该方式后，选择一参考点，则系统以该参考点作为 X-Y 坐标系的原点。且将该参考点沿随后设定的投影矢量方向向投影面投影，以所得到的投影点作为 U-V 坐标系的原点。再利用随后弹出的矢量创建对话框设定投影矢量方向，接着再设定与 U 方向对应的 X 矢量方向，最后选择 Equal

Arclength 选项设定投影曲线的 U、V 方向长度确定方式。

Equal Arclength 选项中包含了 5 种确定投影曲线的 U、V 方向长度的方式：**Both X and Y**（X 和 Y）、**First X, then Y**（先 X 再 Y）、**First Y, then X**（先 Y 再 X）、**X only**（仅 X）和 **Y only**（仅 Y）。

- **Both X and Y**

投影曲线的 U 方向长度由原曲线 X 方向长度来确定，投影曲线的 V 方向长度由原曲线 Y 方向长度来确定。

- **First X, then Y**

先由原曲线 X 方向长度来确定投影曲线的 U 方向长度，然后再由原曲线 Y 方向长度来确定投影曲线的 V 方向长度。

- **First Y, then X**

先由原曲线 Y 方向长度来确定投影曲线的 V 方向长度，然后再由原曲线 X 方向长度来确定投影曲线的 U 方向长度。

- **X only**


投影曲线的 U 方向长度由原曲线 X 方向长度来确定，投影曲线沿投影面 V 方向的长度由原曲线 Y 方向长度沿矢量方式直接投影到曲面上。

- **Y only**

投影曲线的 V 方向长度由原曲线 Y 方向长度来确定，投影曲线沿投影面 U 方向的长度由原曲线 X 方向长度沿矢量方式直接投影到曲面上。

在上述 5 种投影曲线 U、V 方向长度的确定方式中，若原曲线为 X-Y 平面上通过参考点且平行于 X 或 Y 方向的直线，则投影曲线长度与直线长度相等。

#### 4.5.6 组合投影线

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**▶**Curve Operation**▶**Combined Projection** 时，系统会弹出如图 4.177 所示的组合投影线对话框。它用于将两选定的曲线沿各自的投影方向投影生成一条新曲线，但是要注意的是所选两条曲线的投影必须是相交的。下面介绍一下该对话框中的主要选项的用法。

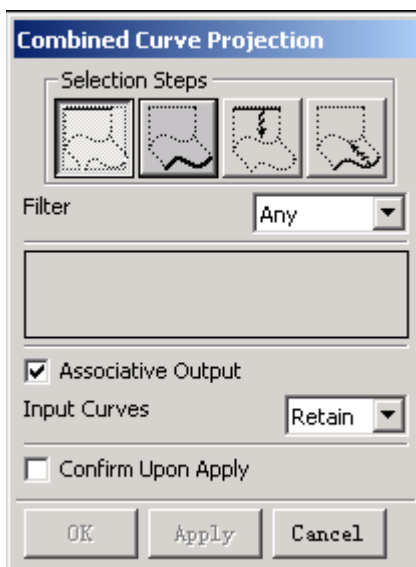






图 4.177 组合投影线对话框

## 1. Selection Steps

在对曲线进行组合投影线操作的过程中，有如下 4 个选择步骤：

- （第一条曲线）  
第一条曲线图标，用于确定欲投影的第一条曲线。
- （第二条曲线）  
第二条曲线图标，用于确定欲投影的第二条曲线。
- （第一条曲线投影方向）  
第一条曲线投影方向图标，用于确定第一条曲线投影的矢量方向。
- （第二条曲线投影方向）  
第二条曲线投影方向图标，用于确定第二条曲线投影的矢量方向。

## 2. 投影方向选项

当选择了操作步骤中的后两项，也就是确定曲线投影的矢量方式时，对话框中部将显示如图 4.178 所示的投影矢量的方向选项。

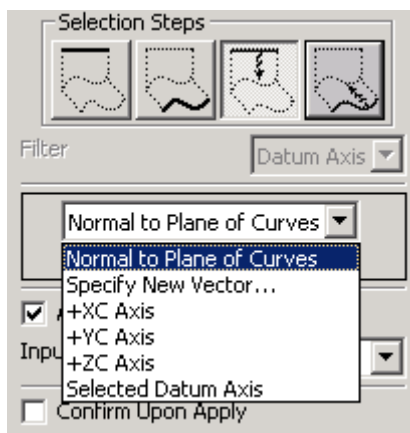


图 4.178 投影矢量的方向选项

在投影矢量方向的下拉列表中提供了六种方向类型：**Normal to Plane of Curves**（曲线平面的法向）、**Specify New Vector**（指定矢量）、**+XC Axis**（XC 轴）、**+YC Axis**（YC 轴）、**+ZC Axis**（ZC 轴）和 **Selected Datum Axis**（参考轴）。

图 4.179 所示的就是两曲线进行组合投影线操作的图例。

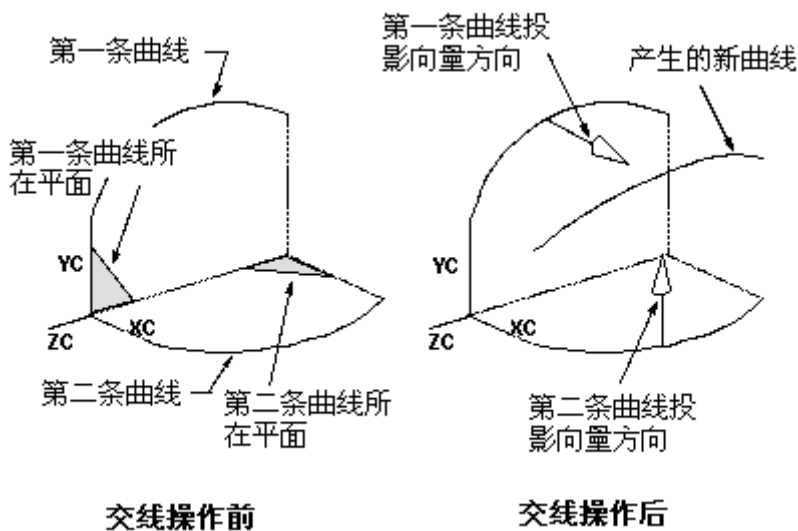



图 4.179 曲线的组合投影线操作

#### 4.5.7 交线

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**▶**Curve Operation**▶**Intersect** 时，系统会弹出如图

4.180 所示的交线对话框。它用于生成两组对象的交线，各组对象可分别为一个表面（若为多个表面，则必须属于同一实体）或一个参考面或一个片体或一个实体。

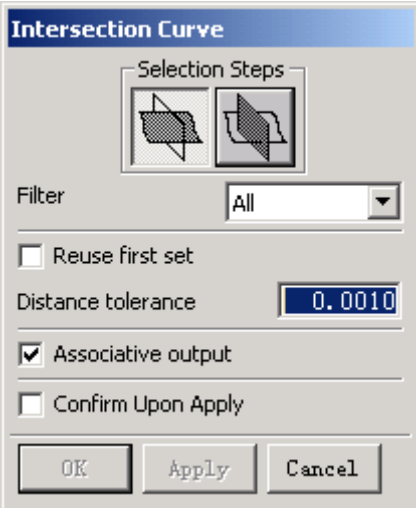




图 4.180 交线对话框

对话框的上部为选择步骤图标。第一组对象图标自动激活，选择第一组对象后，再选择第二组对象图标，选择第二组对象，并设定好对话框中其它选项后，即可生成两组对象的交线。下面介绍一下该对话框中的主要选项的用法。

### 1. Selection Steps

在对曲线进行交线操作的过程中，有如下 2 个选择步骤：

- （第一组对象）  
第一组对象图标，用于确定欲产生交线的第一组对象。
- （第二组对象）  
第二组对象图标，用于确定欲产生交线的第二组对象。

### 2. Reuse First set（重复使用第一组对象）

改选项用于设置在单击 **Apply** 按钮后，自动的重复选择第一组对象。

### 3. Distance tolerance（距离公差）

该选项用于设置距离公差，以改变在 Modeling Preferences 对话框中设置的默认值。

图 4.181 所示的就是两组对象进行交线操作的图例。

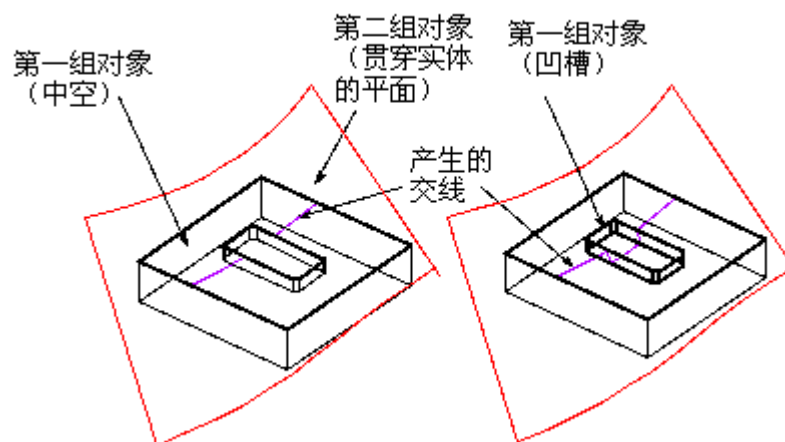



图 4.181 曲线的交线操作

#### 4.5.8 截面

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Curve Operation**►**Section** 时，系统会弹出如图 4.182 所示的截面对话框。它用于用设定的截面与选定的表面或平面等对象相交，生成相交的几何对象。一个平面与曲线相交会建立一个点；一个平面与一表面或一平面相交会建立一截面曲线。图 4.183 所示的就是进行截面操作的图例。

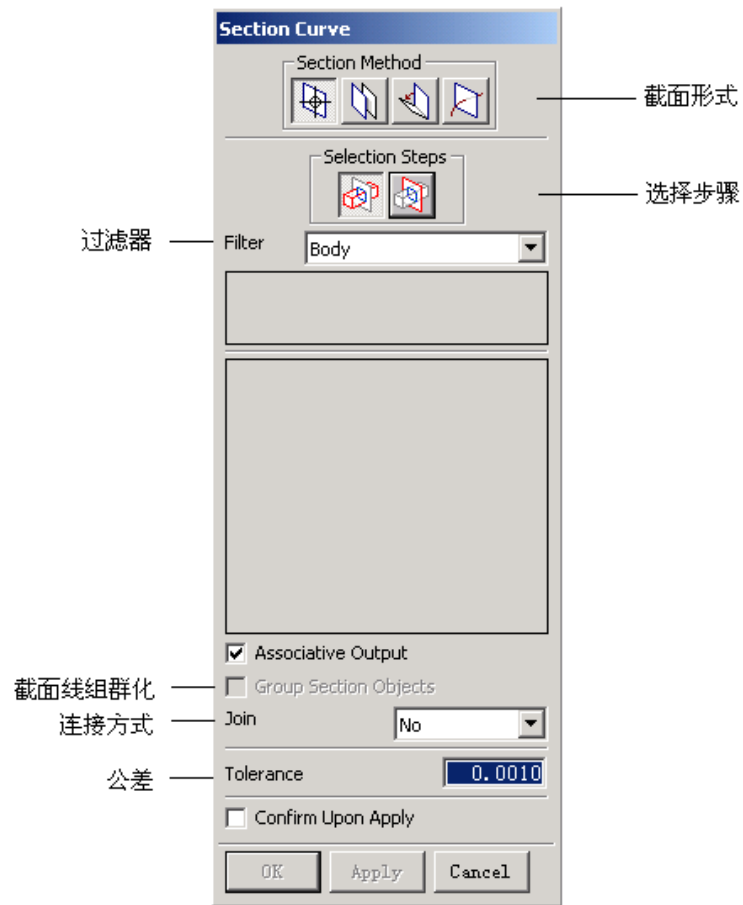


图 4.182 截面对话框

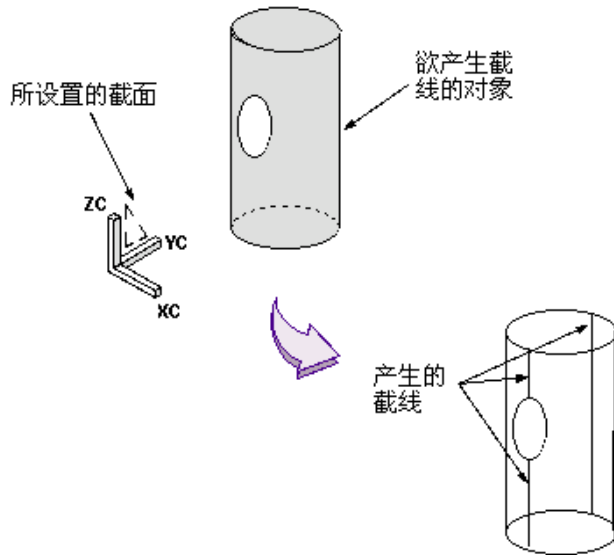


图 4.183 截面操作

下面介绍一下图 4.182 所示对话框中的主要选项的用法。

### 1. Section Method（截面形式）

改选项组用于设置操作中截面的形式。其中包含了以下 4 种截面形式。

- （指定平面）

指定平面图标。该选项让用户在绘图工作区中，直接选择某平面作为截面。

- （平行平面）

平行平面图标。用于设置一组等间距的平行平面作为截面。选择该选项，再选择指定截面的操作步骤时，截面对话框中部会显示为如图 4.184 所示的形式。这时只要在 **Step Distance**、**Start Distance** 和 **End Distance** 文本框中输入与参考平面平行的一组平面的间距、起始距离和终止距离（与参考平面之间的距离），并选定参考平面后即可完成操作。

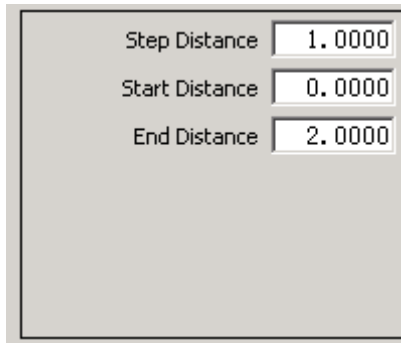





图 4.184 平行平面方式时的选项

●  (放射状平面)

放射状平面图标。用于设定一组等角度扇形展开的放射平面作为截面。选择该选项后，截面对话框中 **Selection Steps** 的变化和选择其中相应的操作步骤时对话框中部选项的变化如图 4.185 所示。在 **Selection Steps** 中提供了 3 个步骤用于设置放射状平面，第一步还是选取与产生截面线的对象。第二步  确定放射状平面的旋转轴线，利用其下方的矢量创建方式确定一个旋转轴线，第三步  确定参考平面上的点，利用其下方的点创建方式设置一点，这样以该点和旋转轴线就构成了参考平面。接着在对话框中部的 **Step Angle**、**Start Angle** 和 **End Angle** 文本框中输入相邻放射手面间的夹角、等角度放射平面组的起始平面和终止平面与参考平面之间的夹角即可完成操作。这三个文本框用于定义以参考平面为基准且绕旋转轴线扇形展开的一组等角度放射平面。

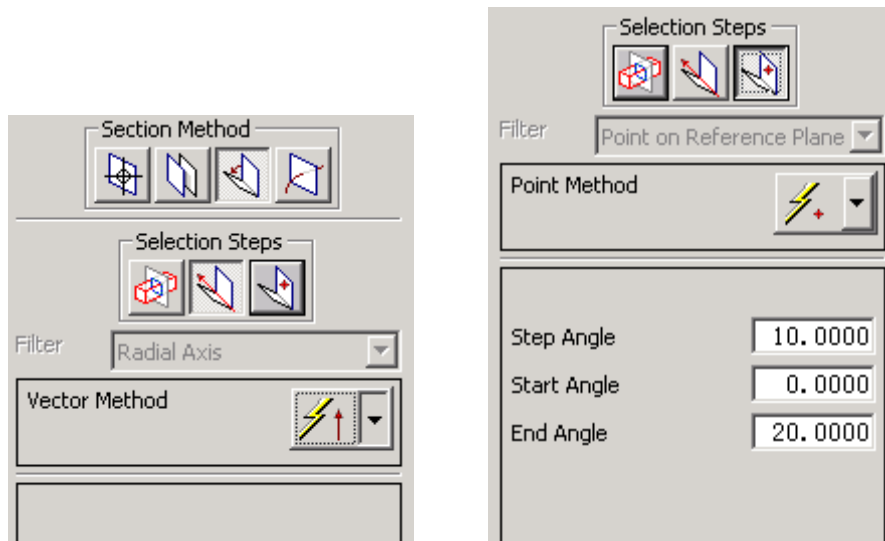



图 4.185 放射状平面方式时的选项

-  (垂直于曲线)

垂直于曲线图标，用于设定一个或一组与选定曲线垂直的平面作为截面。选择该选项后，截面对话框中部选项的变化如图 4.186 所示。选择欲垂直的曲线后，再设置好其他相关参数即可完成操作。下面介绍一下其相关选项的用法。

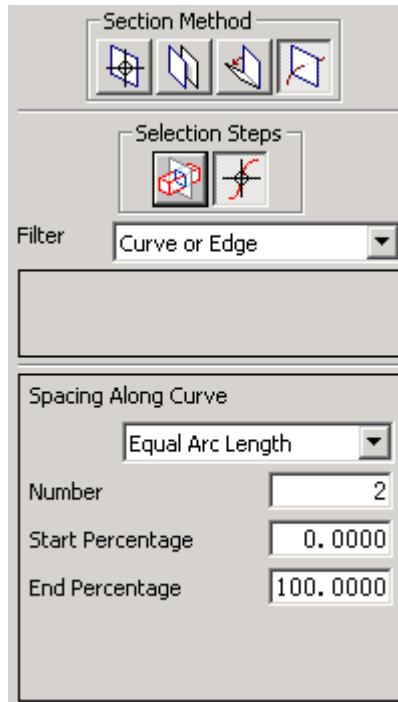


图 4.186 垂直于曲线方式时的选项

### 1) Spacing Along Curve (截面组间隔方式)

改选项用于设置截面组之间的间隔方式。系统提供了 5 种间隔方式：Equal Arc Length (等弧长)、Equal Parameters (等参数)、Geometric Progression (等比级数)、Chordal Tolerance (弦长公差) 和 Incremental Arc Length (递增弧长)。选择相应的间隔方式后，在选取某曲线，则系统就会按设置方式生成垂直于曲线的截面。



### 2) Number (数目)

改选项用于设置生成垂直于曲线的截面的个数。

### 3) Start Percentage (起始百分比) 和 End Percentage (终止百分比)

这两个文本框用于设置起始和终止截面在曲线上的百分比位置。

## 2. Selection Steps (选择步骤)

-  (指定操作对象)  
选取操作对象图标，用于确定欲产生截面线的对象。
-  (指定截面)  
指定截面图标，用于确定指定方式的截面。

## 3. Filter (过滤器)

该选项用于选择指定的对象。当选择的操作步骤不同时，Filter 选项所包含的内容也不同。当选择指定操作对象图标时，Filter 选项所包含的内容是：Any (任意对象)、Body (实体)、Face (表面点)、Curve (曲线)、Plane (平面) 和 Datum Plane (参考面)。当选择指定截面图标时，Filter 选项所包含的内容是：Any Plane (任意平面)、Plane (平面) 和 Datum Plane (参考面)。

## 4. Group of Planes (平面组)


该选项选用于设置存在的一组平面作为截面。选择该选项，系统在建立截面时，会自动将产生的截面线以群组化表示。

## 5. Join (连接方式)

截面对话框的 Join 选项用于设置截面曲线连接方式，系统共提供了如下 3 种方式：

- No (不连接)  
改选项设置截面曲线间不连接。
- Polynomial (多项式连接)  
改选项设置将截面曲线连接成一条三次多项式样条曲线。
- General Spline (一般样条连接)  
改选项设置将截面曲线连接成一条通用样条曲线。

### 4.5.9 抽取

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 Insert▶Curve Operation▶Extract 时，系统会弹出如图 4.187 所示的抽取曲线对话框。它用于基于一个或多个选择对象的边缘和表面生成曲线（直线、弧、二次曲线和样条曲线等），抽取的曲线与原对象无相关性。

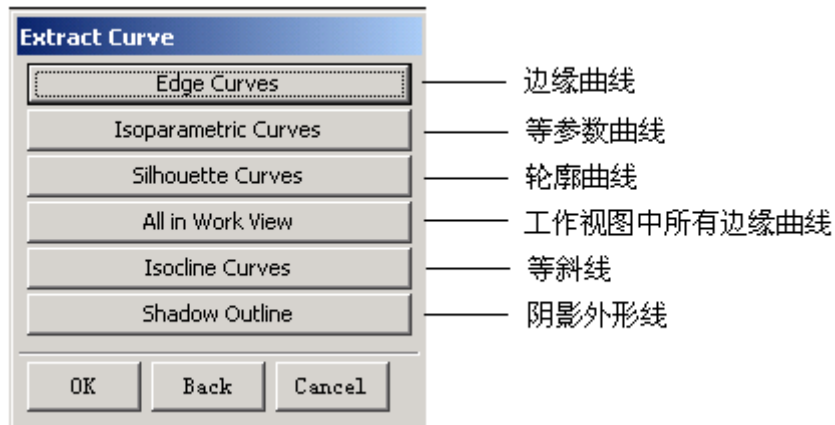


图 4.187 抽取曲线对话框

在抽取曲线对话框中提供了 6 种抽取曲线类型。从中选取欲抽取的曲线类型后，再选择欲从中抽取曲线的对象即可完成操作。下面介绍一下这六种抽取曲线类型的用法。

### 1. Edge Curves

该选项用于指定由表面或实体的边缘抽取曲线。图 4.188 所示的就是这种方式抽取曲线的图例。

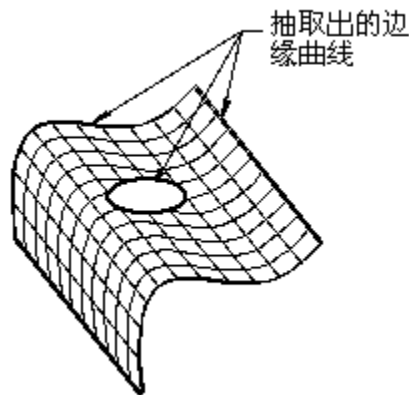


图 4.188 Edge Curves

### 2. Isoparametric Curves

该选项用于在表面上指定方向，并沿着指定的方向抽取曲线。图 4.189 所示的是选择这种方式时弹出的对话框，下面介绍一下该对话框中选项的用法。

- **Constant U 和 Constant V (常数)**

该选项用于设置曲线产生的方向。指定表面后，系统将会暂时出现 U/V 的方向坐标，选择某一方向，将决定抽取曲线的产生方向。

- **Curve Count (曲线总数)**

改选项用于设置生成抽取曲线的数目。

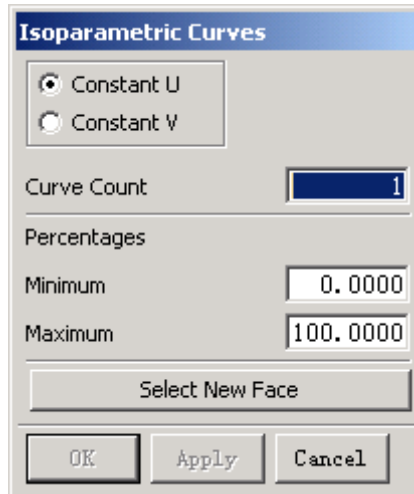


图 4.189 Isoparametric Curves 对话框

- **Percentages (百分比)**

改选项用于设置曲线在表面上的百分比位置

### 3. Silhouette Curves

该选项用于从轮廓被设置为不可见的视图中抽取曲线。

### 4. All in Work View

该选项用于对视图中所有边缘抽取曲线，此时产生的曲线将与工作视图的设置有关。

### 5. Isocline Curves

该选项用于利用定义的角度产生等斜线。图 4.190 所示的是选择这种方式时弹出的对话框，下面介绍一下该对话框中选项的用法。

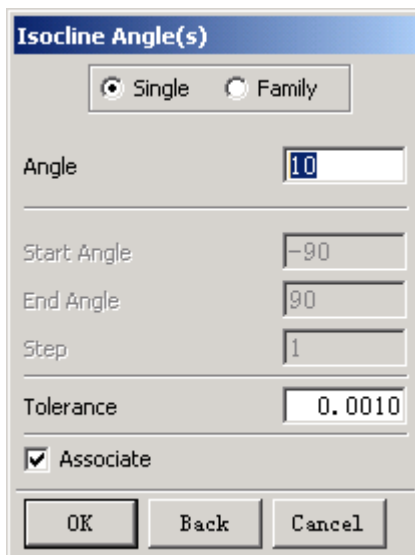


图 4.190 Isocline Curves 对话框

该对话框用于设置等斜线的生成方式。如果选择了 **Single** 单选按钮，系统会在选定的表面上，按照指定的角度产生单一的抽取曲线，这时其下方的 **Angle** 文本框激活，用户可以在其中输入指定的角度值。如果选择了 **Family** 单选按钮，系统会在选定的表面上，按照指定的角度范围和角度间隔产生等斜线，这时其下方的 **Start Angle**、**End Angle** 和 **Step** 文本框被激活，用户可以在其中输入角度起止角度和间隔角度。

## 6. Shadow Outline

该选项用于对选定对象的可见轮廓线产生抽取曲线。图 4.191 所示的就是这种方式抽取曲线的图例。

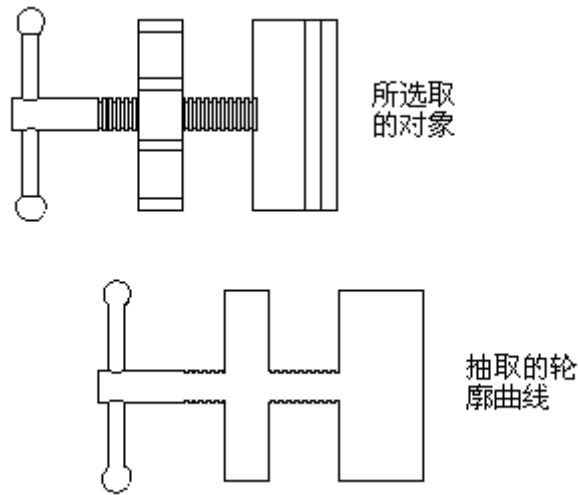


图 4.191 Shadow Outline

#### 4.5.10 沿面偏移

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Curve Operation**►**Offset in Face** 时，系统会进入沿面偏移操作功能。它用于在一表面上由一存在曲线按一指定距离生成一条沿面的偏移曲线。

进行沿面偏移操作时，先根据系统提示选择欲在其上生成偏置曲线的表面，再选择原曲线（**Base Curve**），则在所选表面上会出现一临时箭头，以指示偏移操作的正方向，最后弹出距离对话框，让用户在 **Distance** 文本框中输入偏移距离，这时系统会在所选表面上生成一条原曲线的偏移曲线。图 4.192 所示的就是沿面偏移的图例。

进行沿面的偏移操作时，将一原曲线按某一距离在面上偏移两次后得到的偏移曲线，与将同一原曲线按 2 倍该距离的值在同一面上偏移得到的偏移曲线不相同。另外偏移曲线与表面或原曲线均无关联性。

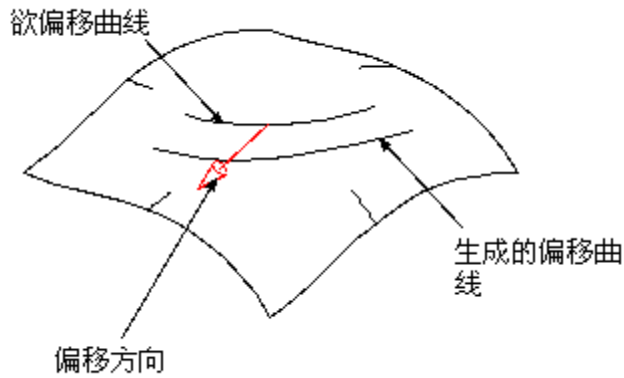



图 4.192 沿面偏移

#### 4.5.11 包覆/展开

在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert** ▶ **Curve Operation** ▶ **Wrap/Unwrap** 时，系统会弹出如图 4.193 所示的包覆/展开曲线对话框。它用于将选定曲线由一平面包覆在一锥面或柱面上生成一包覆曲线或将选定曲线由一锥面或柱面展开至一平面生成一条展开曲线。图 4.194 所示的是有关包覆/展开操作时一些术语的图示。

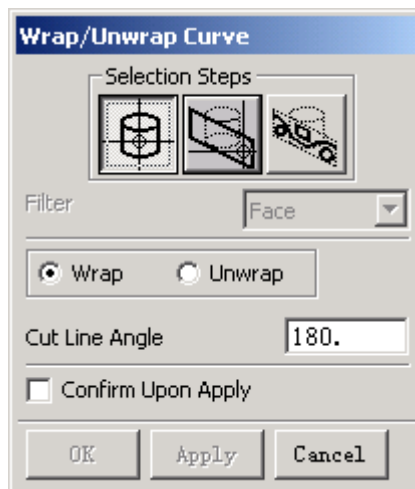


图 4.193 包覆/展开曲线对话框

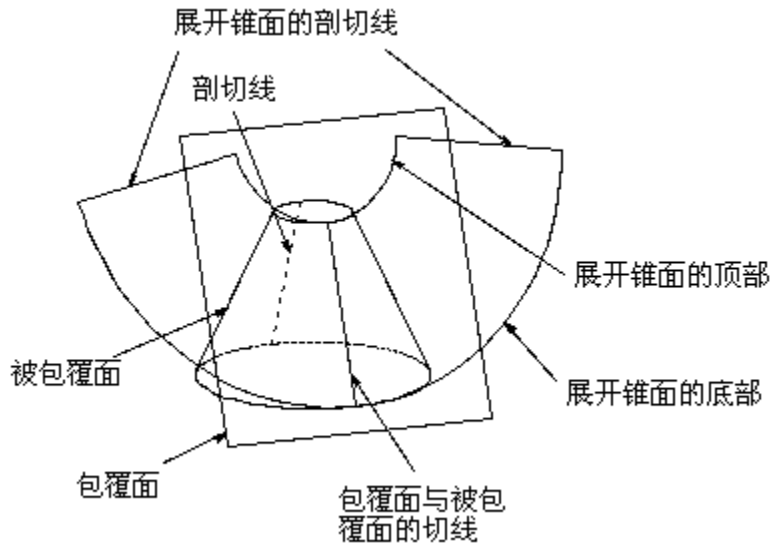


图 4.194 术语图示

下面介绍一下包覆/展开曲线对话框中主要选项的用法。

### 1. Selection Steps (选择步骤)

改选项中包括 3 个步骤，在进行包覆/展开时，必须将 3 个步骤都设置完成才能完成操作。



(被包覆表面)

被包覆表面图标。该步骤用于确定被包覆对象的表面。在选取时，系统只允许选取圆锥或圆柱的实体表面。



(包覆平面)

包覆平面图标。该步骤用于确定产生包覆的平面。在选取时，系统要求包覆平面要与被包覆表面相切，否则将会提示错误信息。



(包覆/展开曲线)

包覆/展开曲线图标。该步骤用于确定欲包覆或展开的曲线。

### 2. Filter (过滤器)

改选项用于限定选取对象的形式，在进行不同的步骤时，它的限定选项也不同。如果选择了包覆平面步骤，Filter 选项包括：Any (任意)、Face (表面) 和 Datum Plane (基准平面)。如果选择

了包覆/展开曲线步骤，Filter 选项包括：Any（任意）、Curve（曲线）、Edge（边缘）和 Face（表面）。

### 3. Wrap（包覆）和 Unwrap（展开）

该选项用于设置曲线为包覆还是展开的形式。

### 4. Cut Line Angle（剖切线角度）

该选项用于确定实体在包覆面上旋转时的起始角度（以包覆面与被包覆面的切线为基准来度量），它直接影响到包覆或展开曲线的形态。该文本框中的角度值在 0 到 360 度之间，图 4.195 和图 4.196 所示的就是角度值在进行包覆/展开时，对圆柱和圆锥操作的影响。

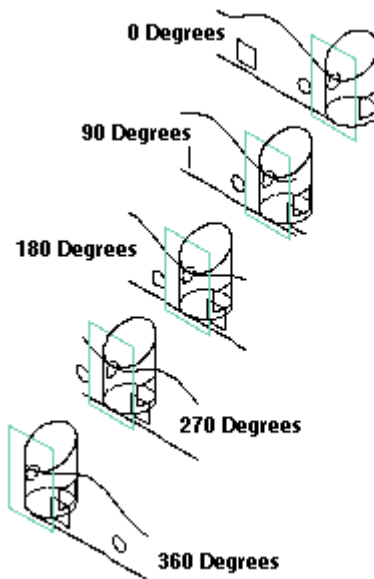


图 4.195 角度值对圆柱包覆/展开的影响

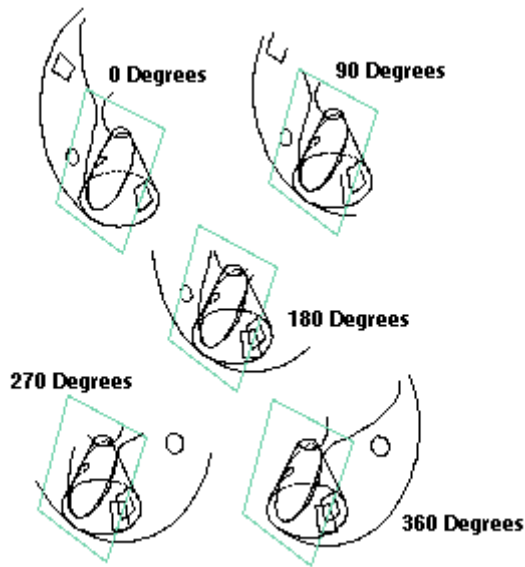



图 4.196 角度值对圆锥包覆/展开的影响

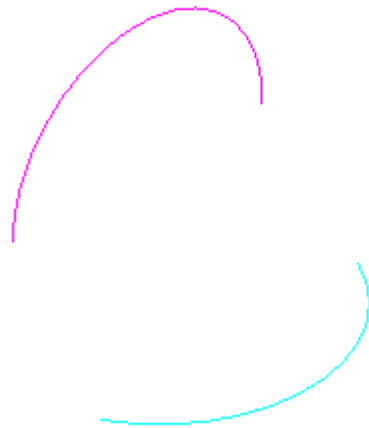
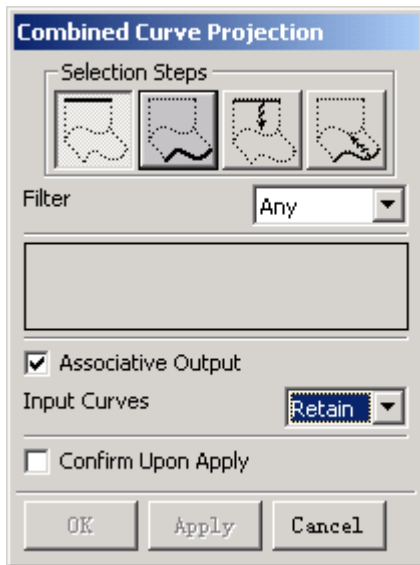
#### 4.5.12 操作范例


这里将以组合投影线和交线的操作范例为代表，向读者介绍曲线操作功能的使用过程。

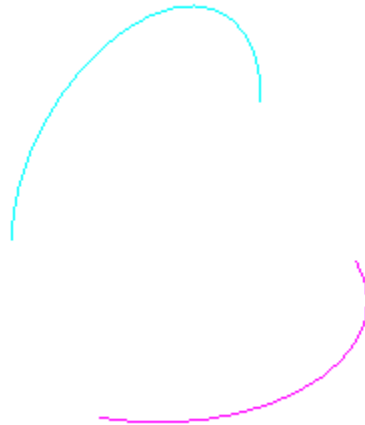
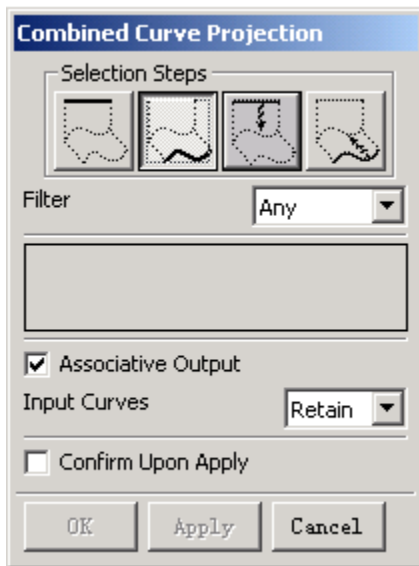
##### 1. 组合投影线

在 4.5.6 小节中，我们已经详细的介绍了组合投影线的操作方法，下面就通过实例来说明如何创建空间中两曲线的组合投影线。

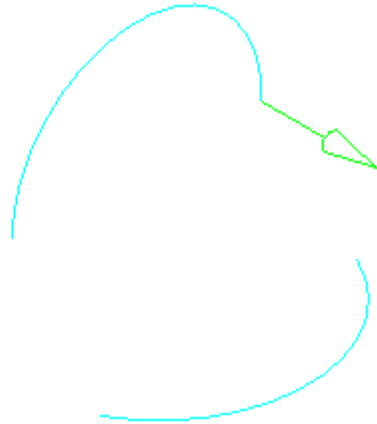
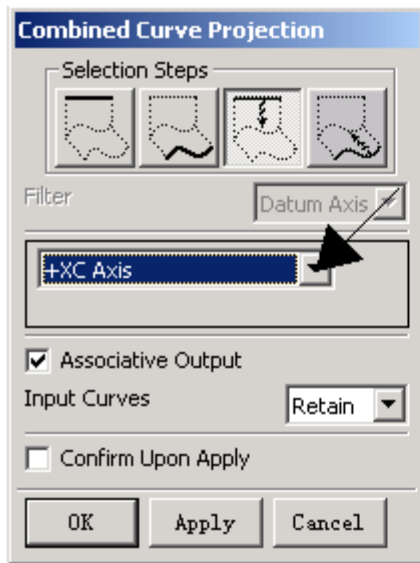
- 1) 在工具图标栏中单击  或选择菜单命令 **Insert**►**Curve Operation**►**Combined Projection**，在弹出的组合投影线对话框中，选择第一个操作步骤 ，并选取一条存在的空间曲线。



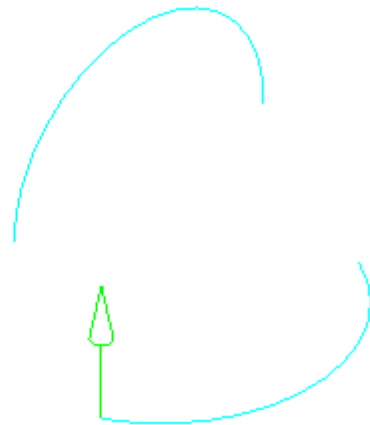
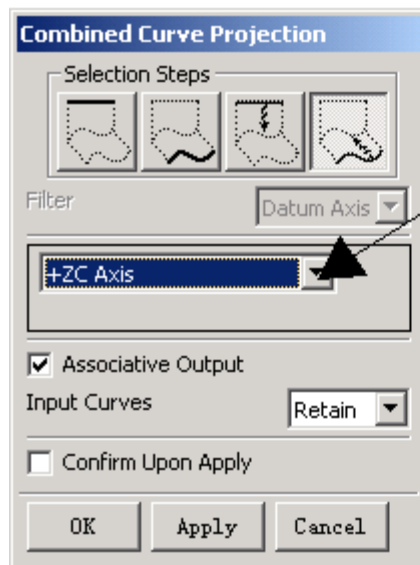
2) 在组合投影线对话框中，选择第二个操作步骤，并选取另一条存在的空间曲线。



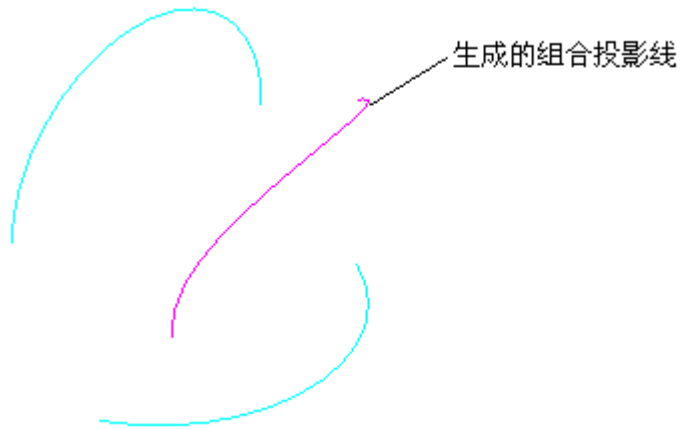
3) 在组合投影线对话框中，选择第三个操作步骤，为选取的第一条空间曲线指定投影方向，这里设置为+XC 轴方向。



4) 在组合投影线对话框中，选择第四个操作步骤，为选取的第二条空间曲线指定投影方向，这里设置为+ZC 轴方向。




5) 设置完投影方向后，单击 OK 按钮，系统就会使两条空间曲线按所指定的投影方向，生成组合投影线。

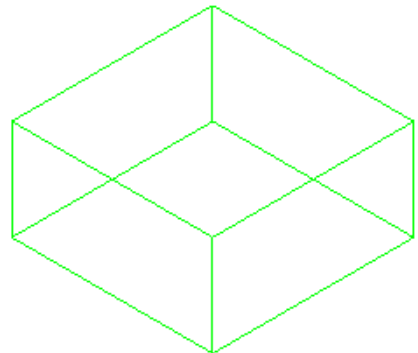
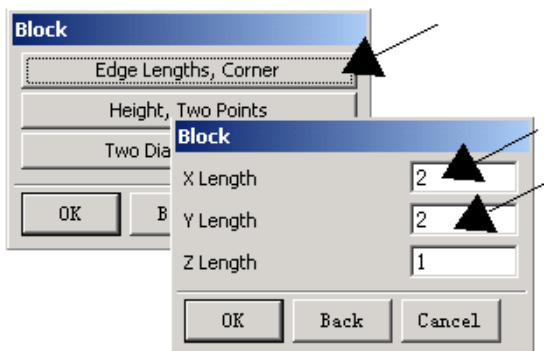


## 2. 交线操作


在 4.5.7 小节中，我们已经详细的介绍了交线操作的用法，下面我们就创建一个带孔的块体与一个基准平面的交线，来加深读者对其用法的掌握。

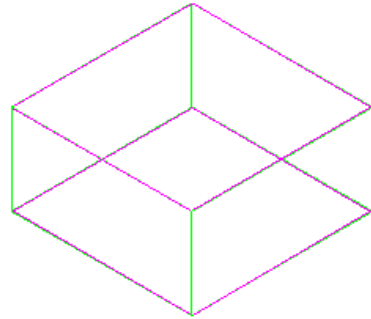
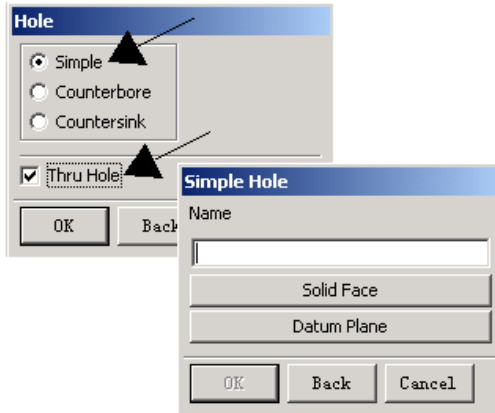
因为涉及到实体与基准平面相交，因此先要创建带孔的块体和基准平面，在这里对于实体和基准平面的创建过程只作基本的讲解，有关实体操作的详细步骤，请读者参考本书第四章中的介绍。

1. 先创建块体。选择下拉菜单 **Insert**►**Form Feature**►**Block** 或工具栏图标 ，在弹出的块生成方式对话框中选择 **Edge Lengths, Corner** 选项，然后在边长参数对话框中，设置 X 和 Y 方向的边长为 2。再利用弹出的点创建对话框，来指定块体的一个角点，这里设置为原点。完成设置后，单击 **OK** 按钮，则系统会按设置参数生成一个块体。

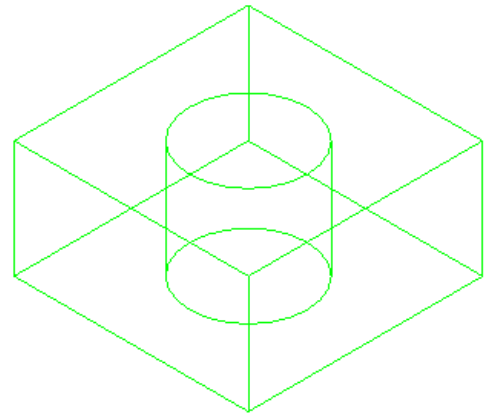
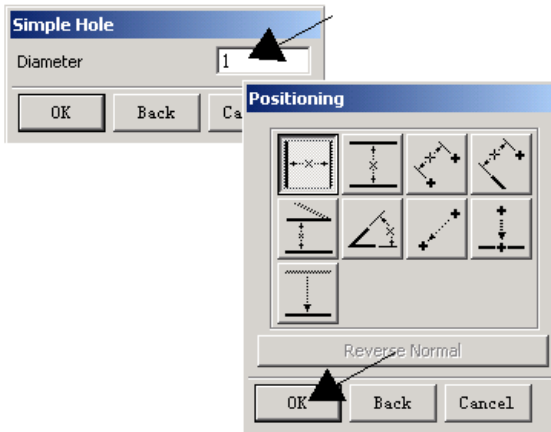



2. 在创建了块体后，还要在上面生成通孔。选择下拉菜单 **Insert**►**Form Feature**►**Hole** 或工具栏

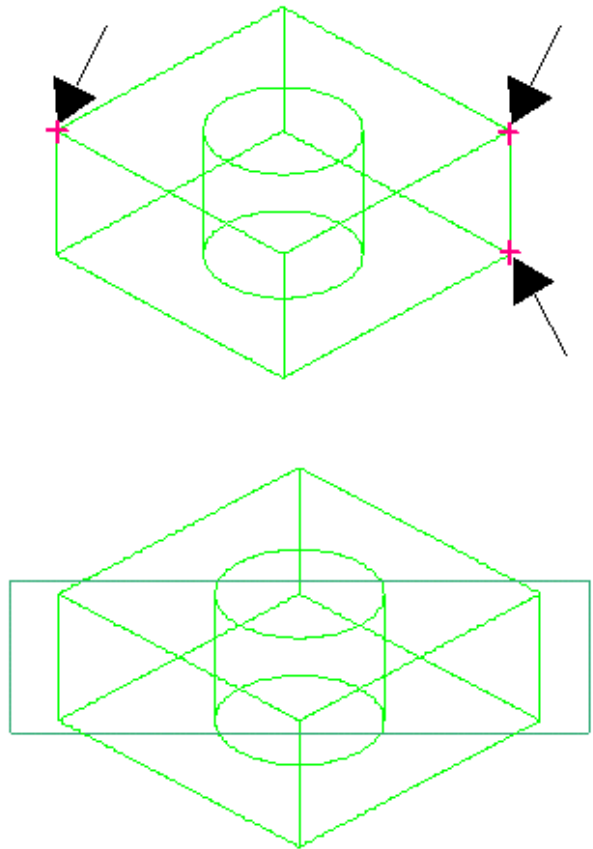
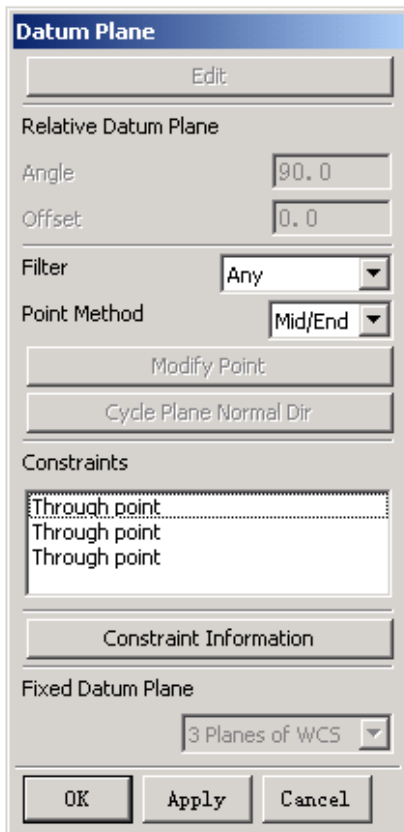
图标图标，在弹出的孔类型对话框中，设置孔类型为 **Simple**，并选取 **Thru Hole** 复选框。接着利用对象选取对话框，选择块体的上下表面为通孔平面。



3. 指定了通孔表面后，系统会弹出孔参数对话框，在其中的 **Diameter** 文本框中设置孔直径为 **1**，单击 **OK** 按钮，随后弹出定位方式对话框，这里接受孔创建的省缺位置。则系统会按用户设置创建一个通孔。



4. 接下来要创建基准平面。选择下拉菜单 **Insert**►**Form Feature**►**Datum** 或工具栏图标图标，会弹出基准平面对话框，这时用户选取块体对角边上的三个点，单击 **OK** 后，系统就会生成一个过块体对角边的基准平面。



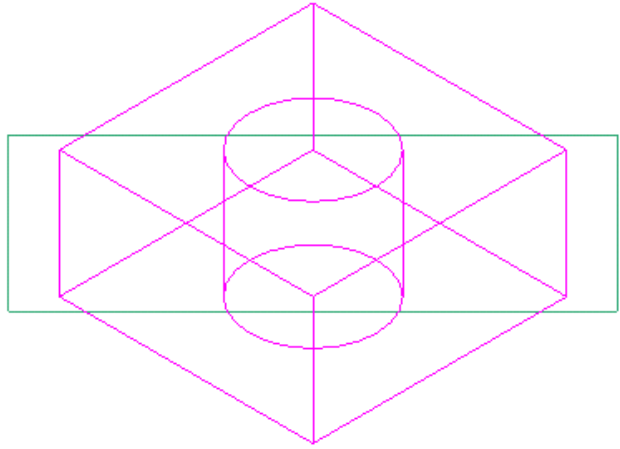
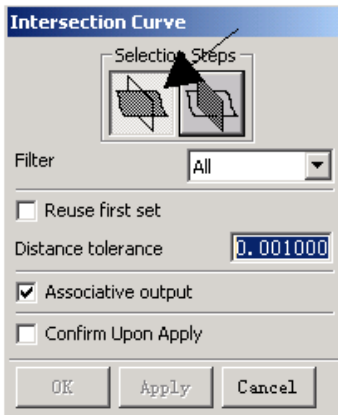
5. 在生成基准平面后，选择下拉菜单 **Insert**►**Curve Operation**►**Intersect** 或工具栏图标




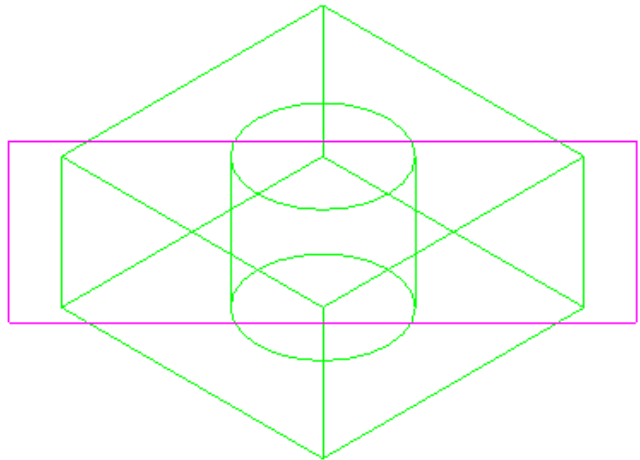
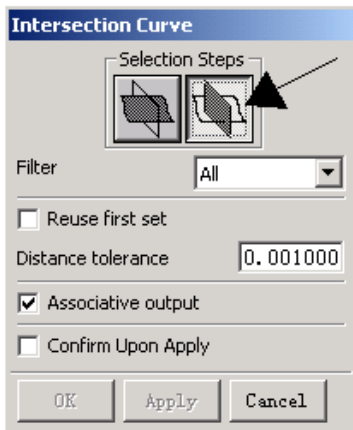
，在弹出的交线对话框中，先单击



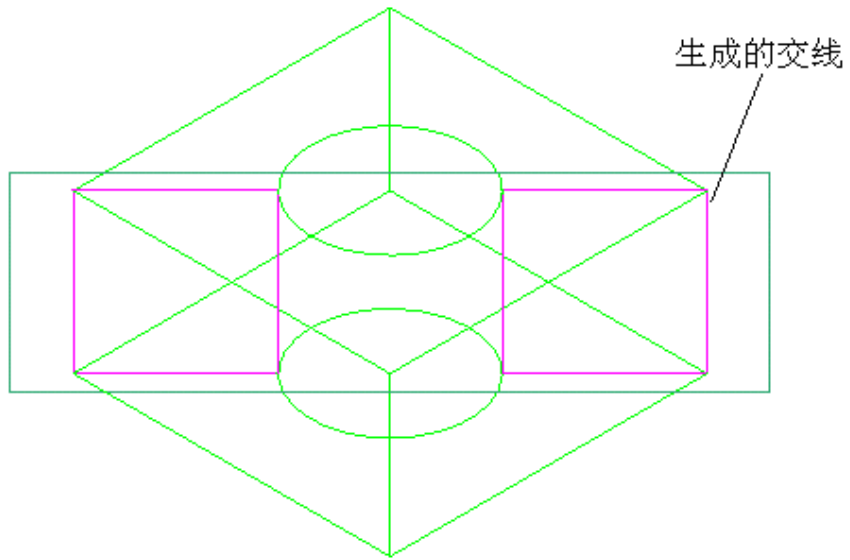
图标，选取带通孔的块体作为第一组对象。



5. 再在交线对话框中，单击  图标，选取基准平面作为第二组对象。



6. 完成对象的选取后，再在交线对话框中，单击 **Ok** 按钮，系统就会生成带通孔的块体与基准平面的交线。



## 小结

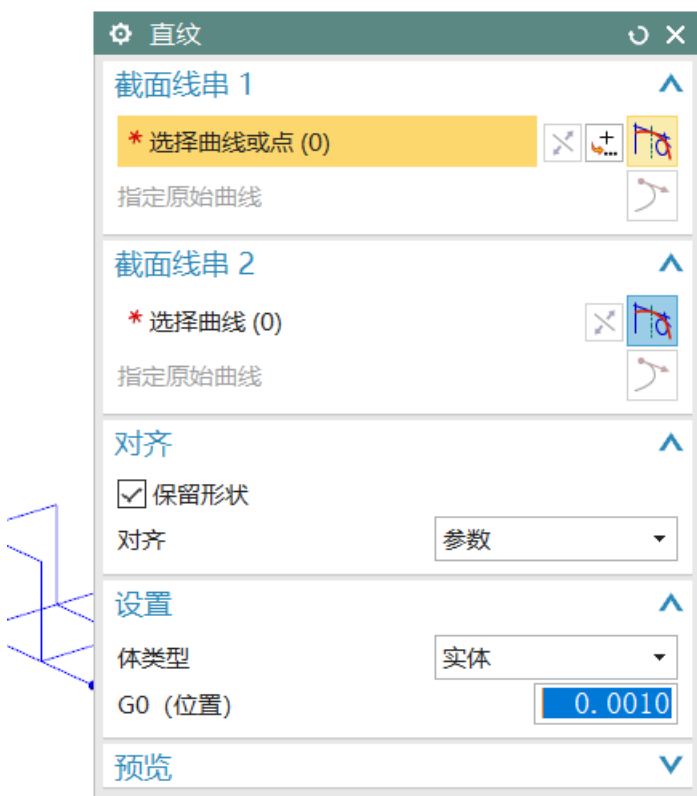
在本章中详细介绍了关于 UG 中的二维曲线功能。使读者了解了点和平面的创建方法，以及 UG 中直线和圆弧等基本曲线的创建方法。本章还深入介绍了如何创建像样条曲线和二次曲线等高级曲线的方法。最后向读者详细讲解了有关曲线的各种功能操作和如何编辑现有的空间曲线。通过本章的学习，相信读者一定能够全面的了解了 UG 曲线操作的强大功能。

## 4.6 自由曲面

### 4.6.1 直纹面

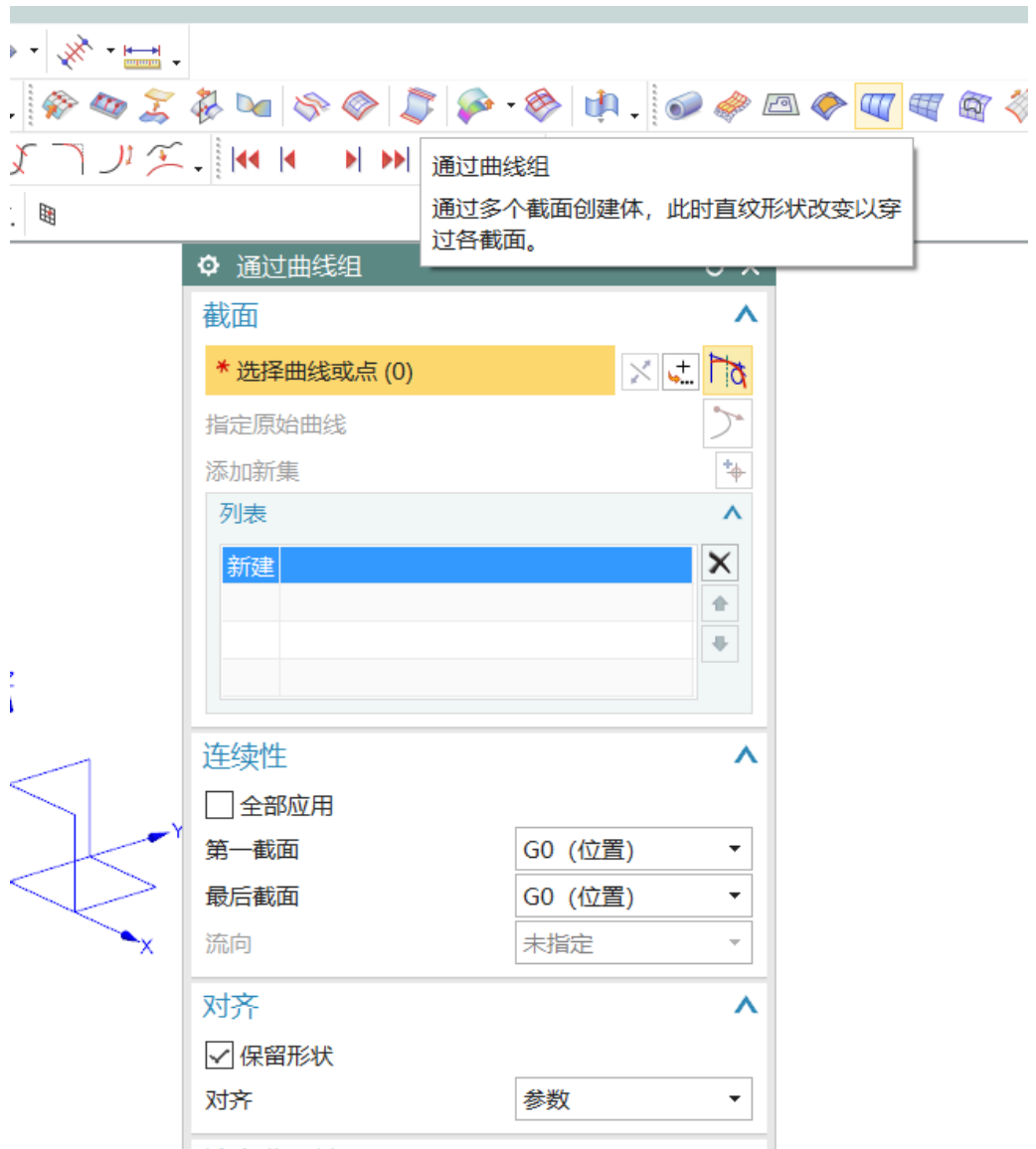


直纹  
在直纹形状为线性转换的两个截面之间创建体。



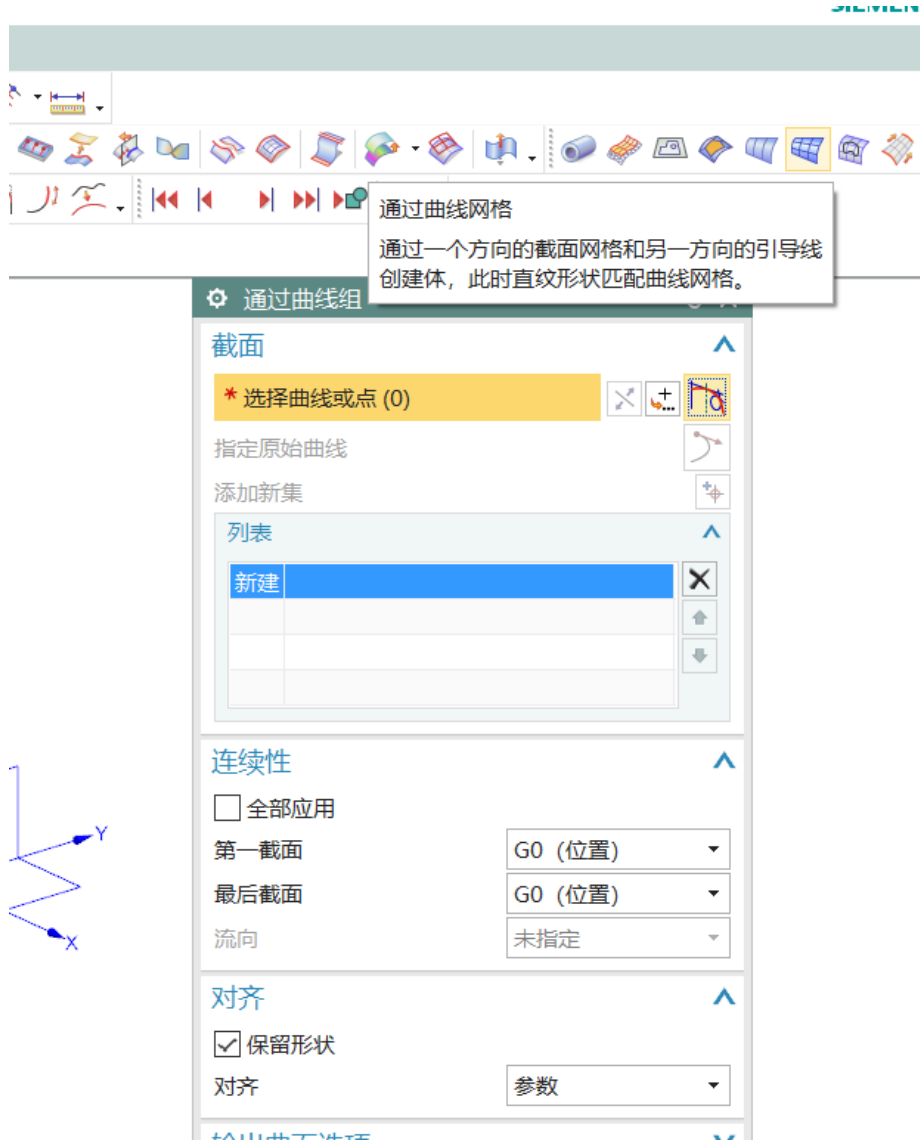
- 1.等参数对齐
- 2.等弧长对齐
- 3.等距离对齐
- 4.根据点对齐
- 5.角度对齐
- 6.脊线对齐

## 4.6.2 通过曲线组



- 1.补片类型
- 2.V 向封闭
- 3.V 方向阶数
- 4.公差
- 5.最后一条截面线串的约束条件
- 6.第一截面线串约束条件

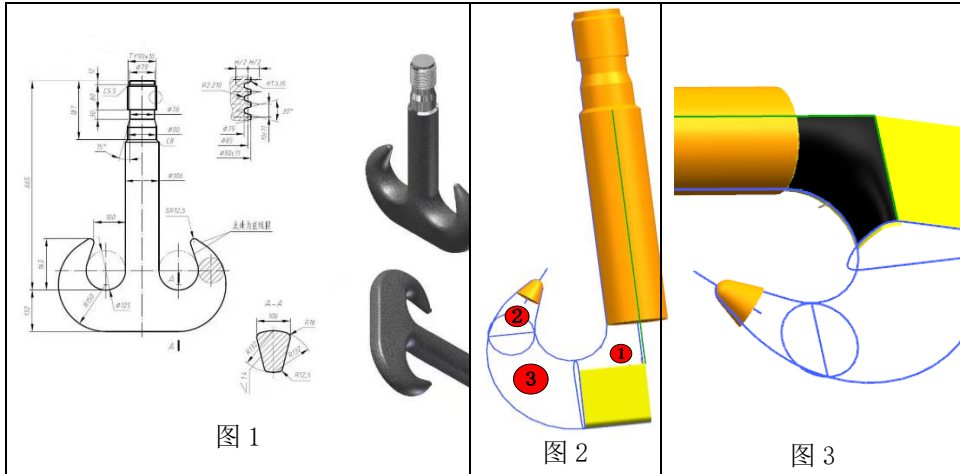
### 4.6.3 通过曲线网格



- 1.着重
- 2.相交公差
- 3.连续性
- 4.构造方式
- 5.重新构建

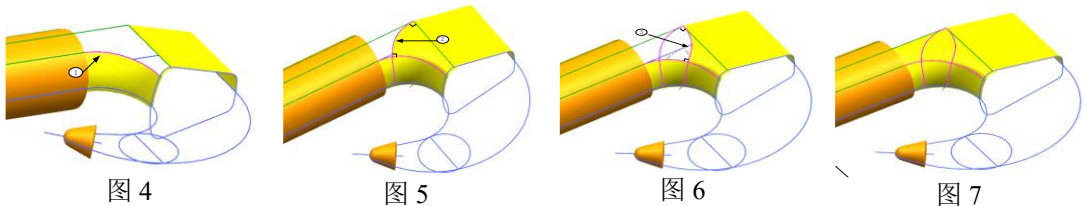
## 4.7 曲面建模实例

锚的图纸，如图 1。

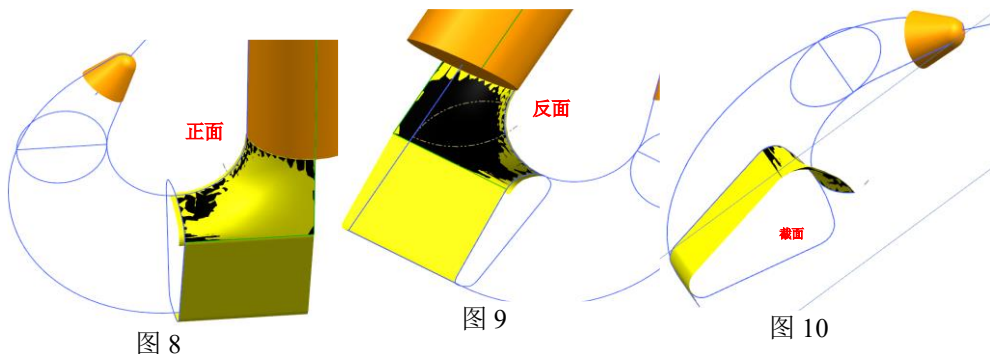


第一步先创建的整体平面图一半的草图，再使用“回旋”命令创建锚柄和锚尖，对 A-A 截面草图的一半拉伸成片体，并把剩下的草图分成 3 个构建曲面的部分，如图 2 所示。

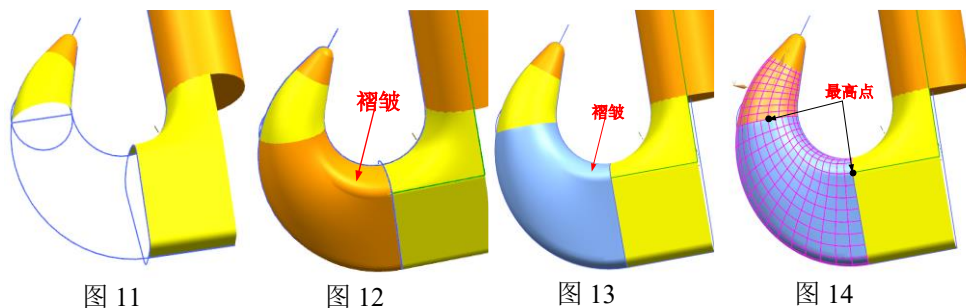
对于第 1 个曲面可以使用两种方法进行建模。第一种，使用“填充曲面”。设置各边“G1”相切，结果如图 2 黑色部分的曲面。第二种，使用“通过曲线网格”。先在锚柄和 A-A 截面的拉伸边作出截面曲线，并用“桥接曲线 1”桥接，用“通过曲线网格”命令创建第 1 个网格曲面，如图 4。创建“桥接曲线 2”，使与它相交的两条曲线的夹角尽量达到 90 度，用“通过曲线网格”命令创建第 2 个网格曲面，如图 5。创建“桥接曲线 3”，也使与它相交的两条曲线的夹角尽量达到 90 度。使用“修剪片体”命令对第 2 个曲面进行修剪，如图 6。用“通过曲线网格”命令创建第 3 个网格曲面，并进行缝合处理。如图 7。



把“填充曲面”创建的曲面（黑色）和“通过曲线网格”创建的曲面（黄色）进行正面、反面和截面比较，如图 8、如图 9 如图 10，可以看出创建的两种曲面很贴近，相差不大。在构成曲面的边在长度和形状相差不太大的条件下，这两种方法创建的曲面质量接近，但“填充曲面”进行曲面建模的速度快、效率高。



对于第二个曲面的建模，先拉伸四条边，再用“通过曲线网格”命令创建，并设置各边相切，如图 11。



对于第三个曲面的建模，先用“通过曲线网格”命令创建，并设置各边相切。如图 12，由于竖直截面的两条对边的长度和形状相差较大，生成的曲面有明显褶皱。改用“填充曲面”，设置各边“G1”相切，结果如图 13，褶皱明显减少，曲面的光顺度改善了很多。

这里从“等参数曲线”图 14 分析褶皱产生的原因，可以看出，第三个曲面的两条竖直边曲线形状相差较大，短边是圆弧，长边是多圆弧与直线构成，且他们最高点不在同一水平面，造成了曲面从长边向短边收敛，沿着最高点的方向错开了，因此形成褶皱。

为了进一步改善褶皱，先把第二个曲面删除，在竖直边曲线的最高点作一条“艺术样条”，如图 15。使用“通过网格曲面”，在“艺术样条”两边创建两个网格曲面，由于曲线边形状和长度的关系，曲面收敛产生了褶皱，如图 16。在大概产生褶皱处创建一直线，将曲面进行分割，删除有褶皱的曲面，如图 17。再次用“通过曲线网格”创建网格曲面，如图 18，可以看出曲面没有了褶皱，这就完全优化了曲面的光顺情况。通过图 19 的截图对比，可以看出黄色曲面在“艺术样条”处与蓝色曲面有较大区别，网格曲面比填充曲面要更加饱满、圆润。

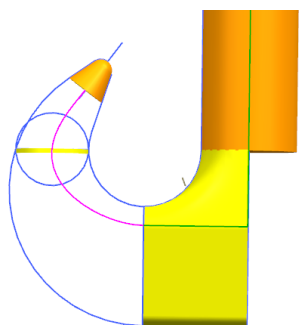


图 15

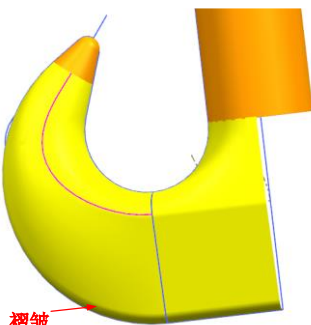


图 16

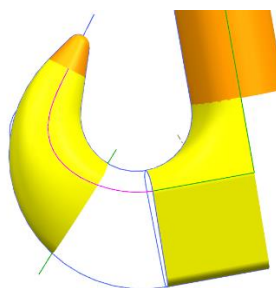


图 17

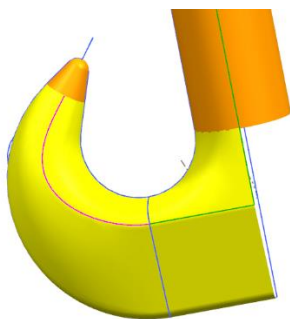


图 18

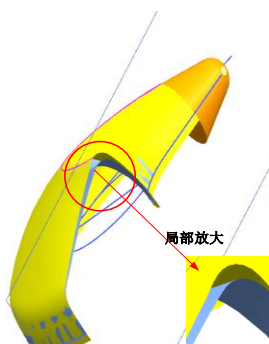


图 19

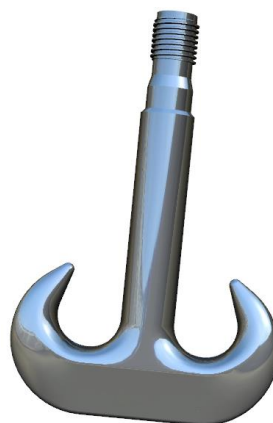


图 20

完成曲面建模后，通过镜像、有界平面、缝合、合并、螺纹、渲染等命令完成整体的建模，结果如图 20。

总结：1. “通过曲线网格”是 UGNX 每个版本都有的命令，使用条件是：通过一个方向的截面网格和另一个方向的引导线创建体，如果这两个方向能够垂直，则创建的曲面就不会因为收敛而产生褶皱。对于不规则且数量多于四条边的空间创建曲面时，通常要通过创建“桥接曲线”或“艺术样条”等辅助曲线，把曲面进行划分成为四边形，使得截面网格的方向和另一个引导方向尽可能到达 90 度，并结合“修剪片体”和“缝合”命令，就能创建一个高质量的曲面。所以对于任何曲面来说，只要构建的辅助线合理，所创建的网格曲面都是一个高质量的合格曲面。

2. “填充曲面”是 UGNX10.0 及以上版本新增的命令，它能够根据一组边界曲线和或边自动地创建曲面，且创建的曲面与各边的面相切，创建的曲面光顺度也很高。该命令简单实用，创建曲面速度快、效率高，常用于一般的曲面创建。但对于一些较复杂不规则边，使用“填充曲面”可能会造成局部突起或下陷，这时就需使用“通过网格曲面”进行曲面优化，才能创建高质量的曲面。

## 项目五：表达式创建与机械零件建模工程实例

### 一、教学目标：

1. 掌握表达式的创建和编辑方法。
2. 掌握机械零件的三维实体建模技巧。

### 二、教学重点

1. 建模过程包括对不同形状结构的零件进行综合分析，选择合理的建模策略以及正确地使用特征创建命令；
2. 掌握特征操作在建模过程中的综合应用。

### 三、教学难点

掌握不同机械零件建模的技巧、方法。

### 四、素质(思政)内容与要求

1. 养成良好的三维产品设计绘制习惯；
2. 培养从简单设计开始，持之以恒，循序渐进，勤奋练习的习惯；
3. 培养学生一丝不苟、精益求精的三维产品设计理念。

### 五、教学手段：

讲授 、演示、提问

### 六、学时数

16 学时

## 5.1 表达式创建实例

【例 5.1】根据零件工程图图 5.1 的题目设计要求完成模型的创建（单位：mm）。

已知：A=128, B=28, C=80, D=48 要求测量模型的相关数据

- 1) 模型的表面积是\_\_\_\_\_。
- 2) 模型的重心是\_\_\_\_\_。
- 3) 模型的体积是\_\_\_\_\_。

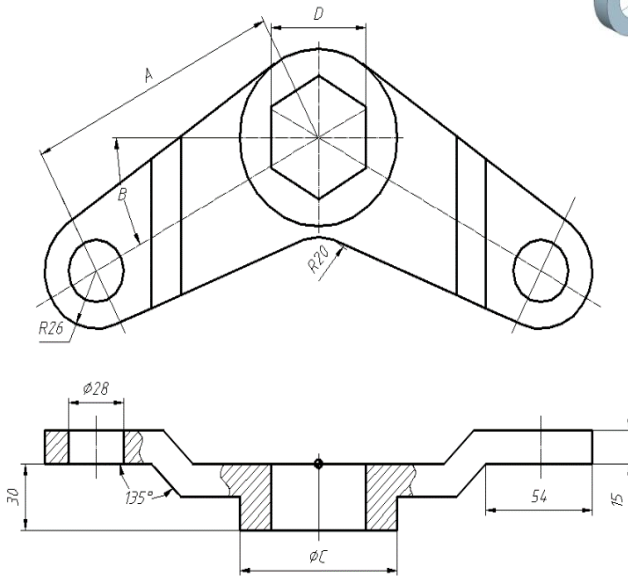
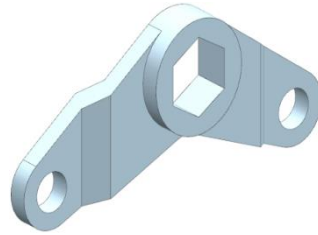


图 5.1

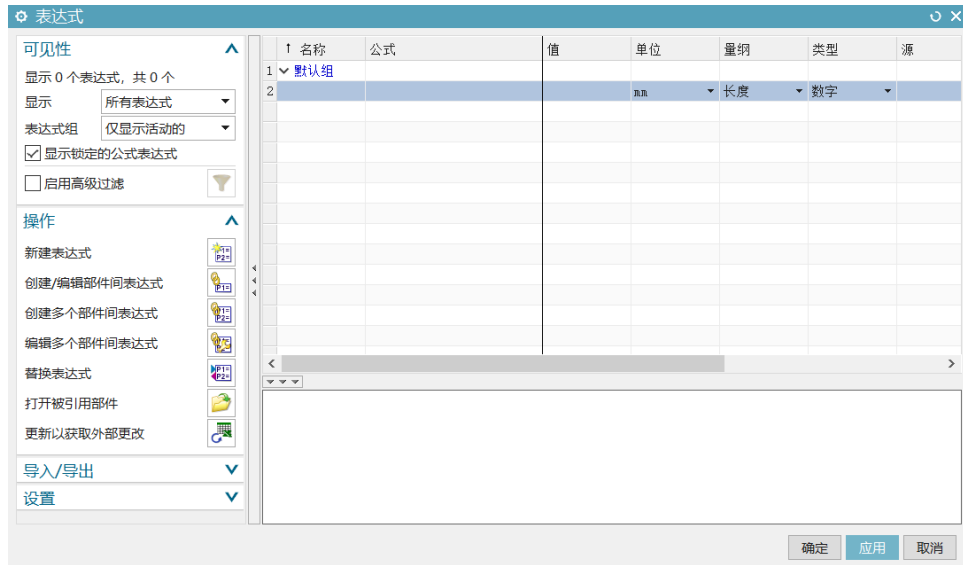
若修改表达式为 A=125, B=25, C=77, D=45，则更新后的模型的表面积、重心、体积分别为多少？

建模步骤：

- 1、创建模型文件；
- 2、创建表达式；

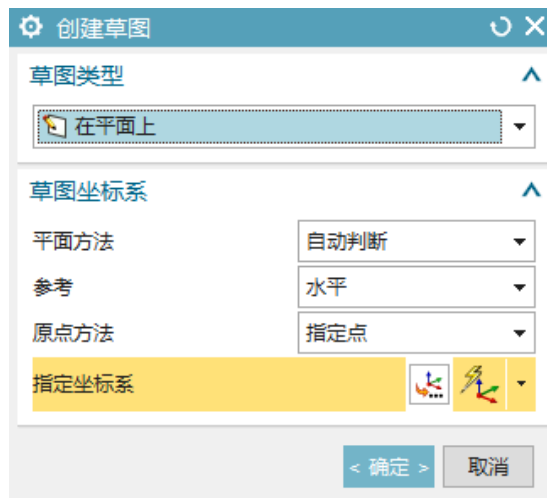
在“建模”应用模块中，在功能区“工具”选项卡的【实用工具】组中单击

【表达式】按钮，或选择菜单命令“工具→表达式”，系统打开【表达式】对话框。



3、创建模型的主体结构。

1) 在 YC-ZC 平面创建草图，如图 5.2。



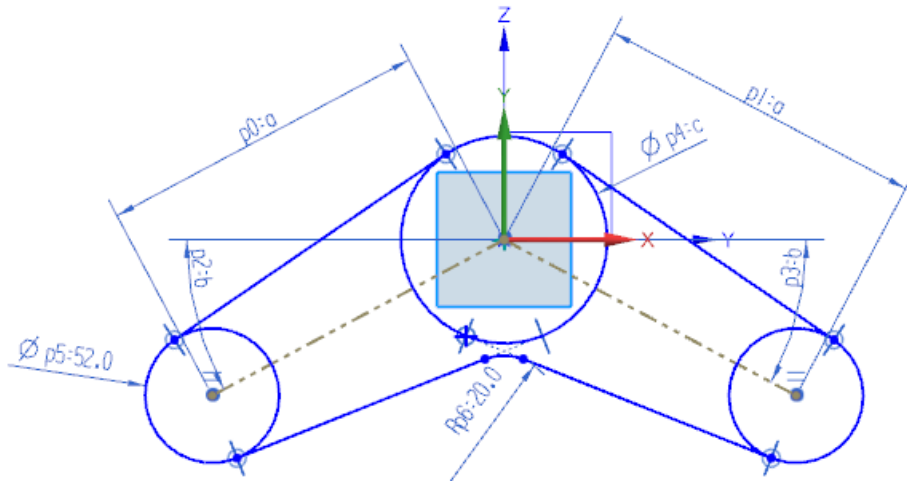


图 5.2

2) 创建拉伸实体 1, 如图 5.3。

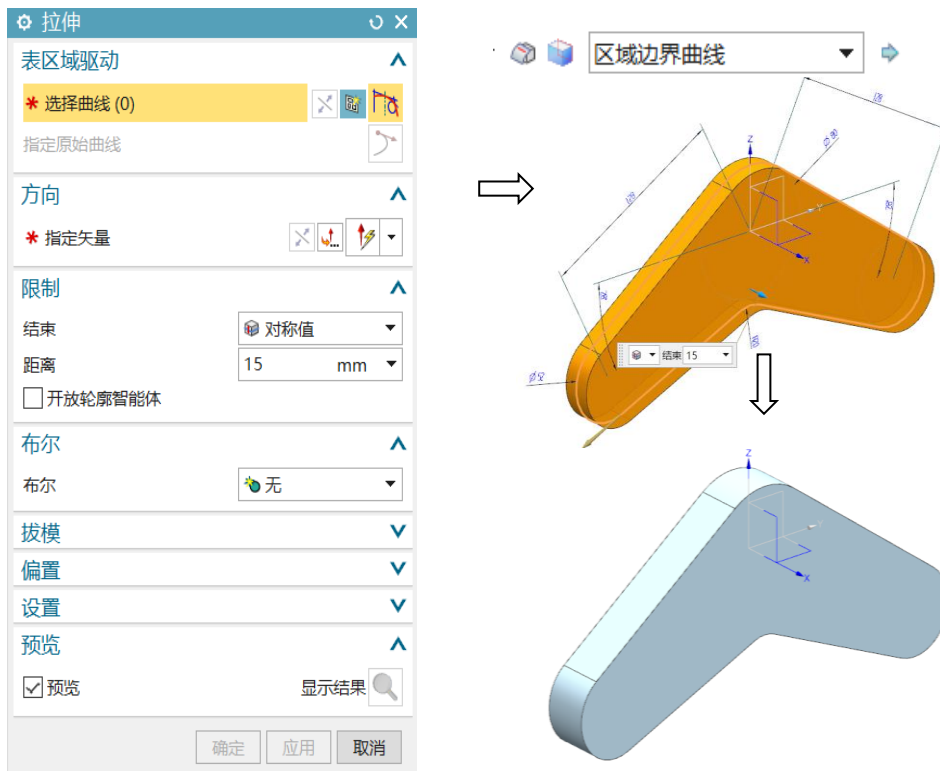
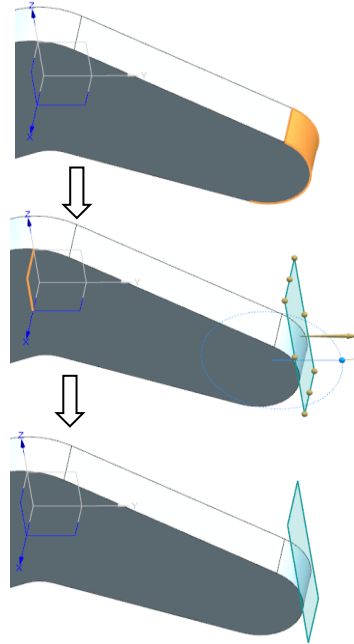


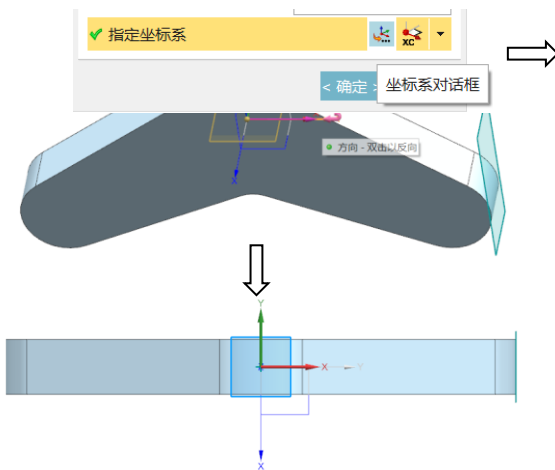
图 5.3

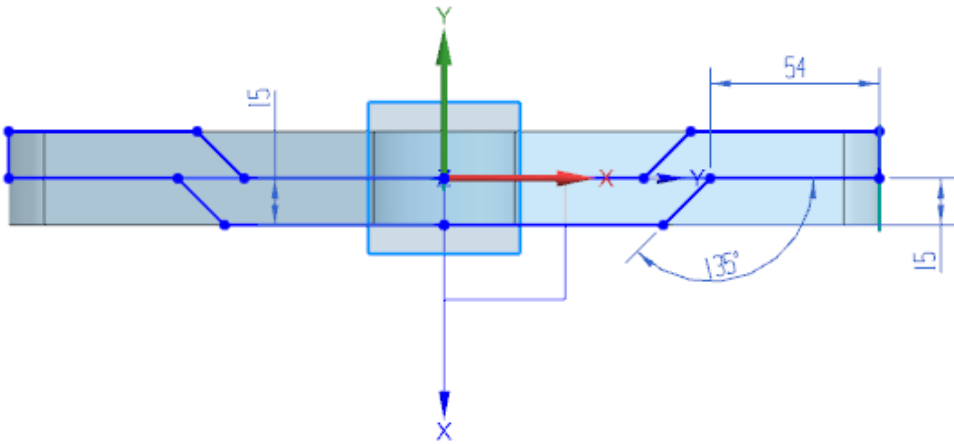
## 4、创建拉伸实体

### 1) 创建基准平面

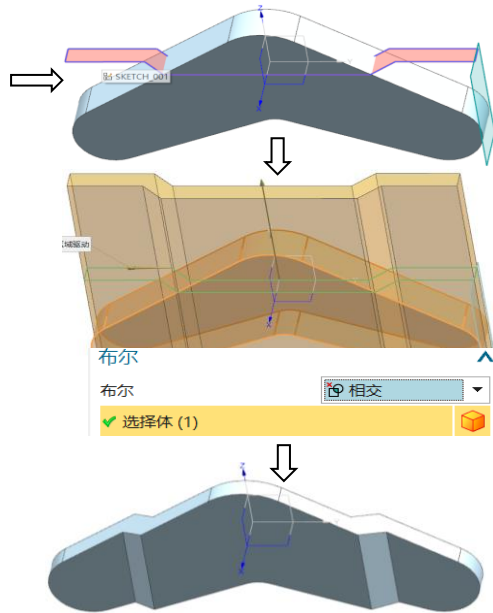


### 2) 在 XC-YC 平面创建草图

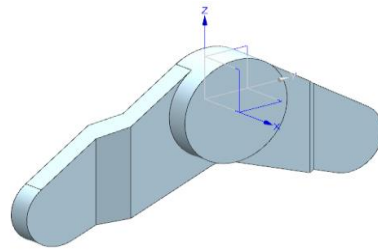
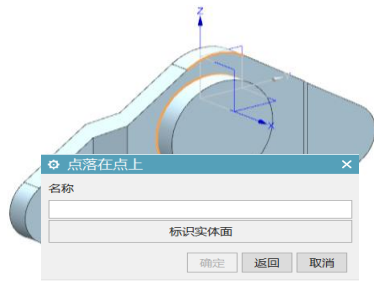
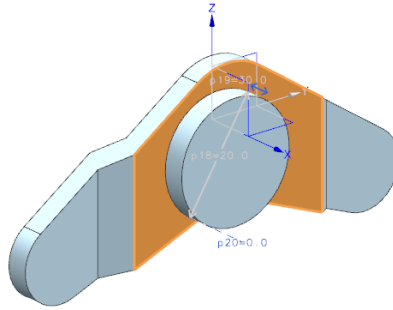




### 3) 创建拉伸实体 2

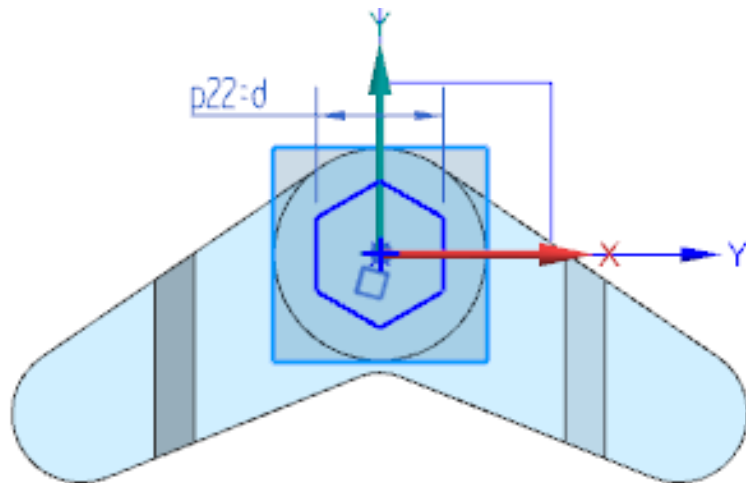


### 5、创建凸台

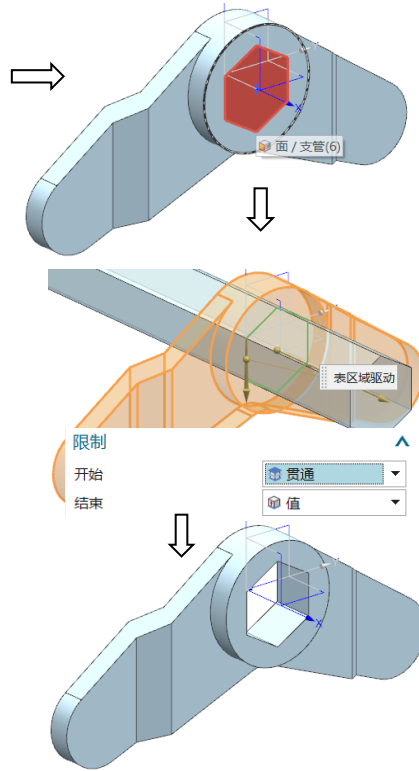


## 6、创建六边形孔

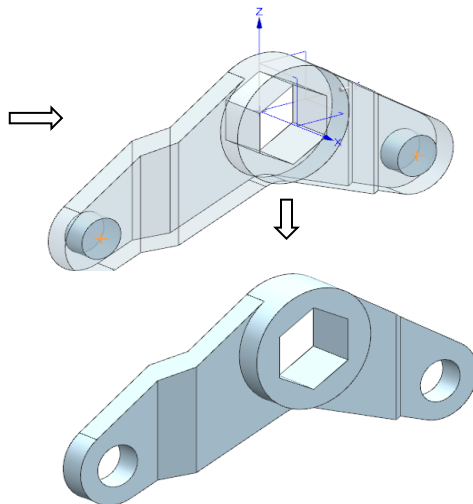
### 1) 创建草图



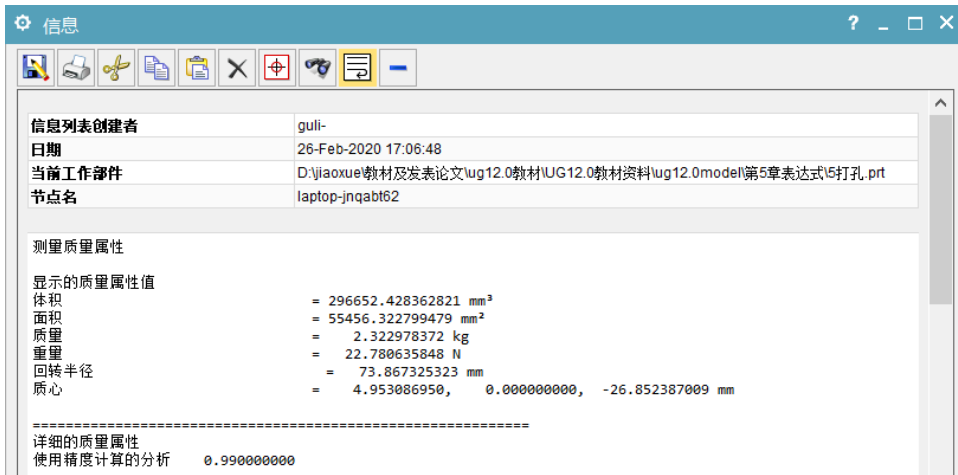
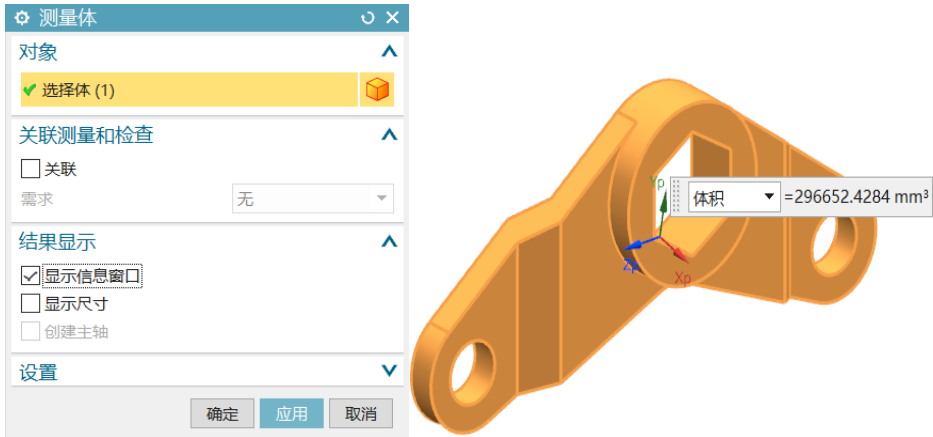
### 2) 拉伸六边形孔



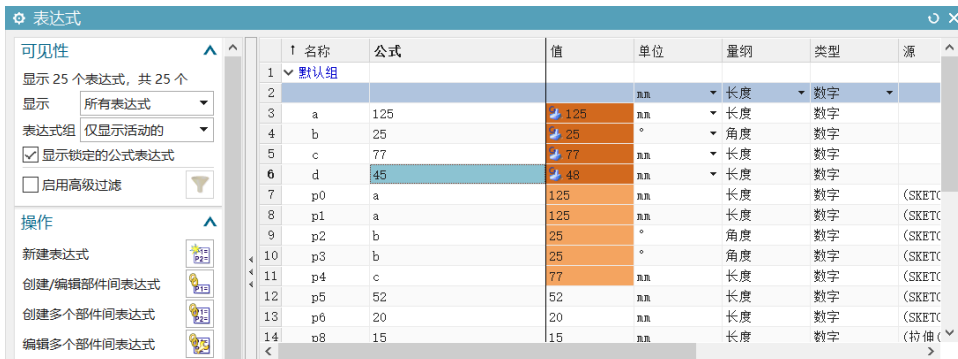
## 7、打孔

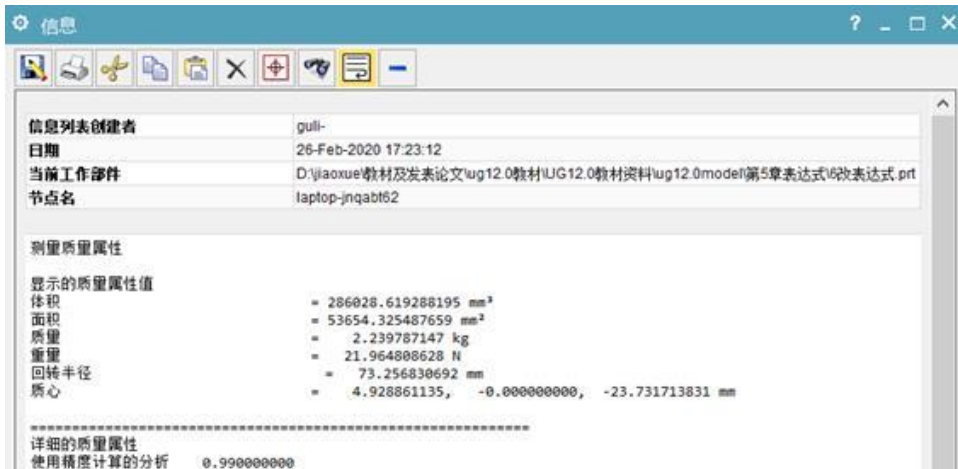


## 8、测量模型参数



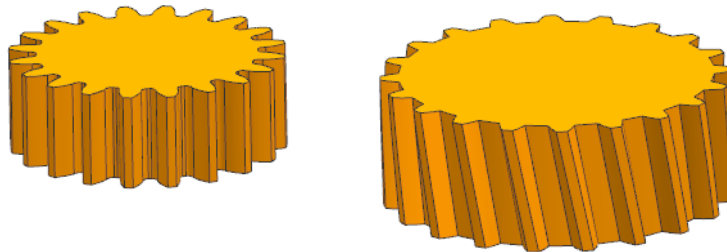
## 9、修改表达式参数



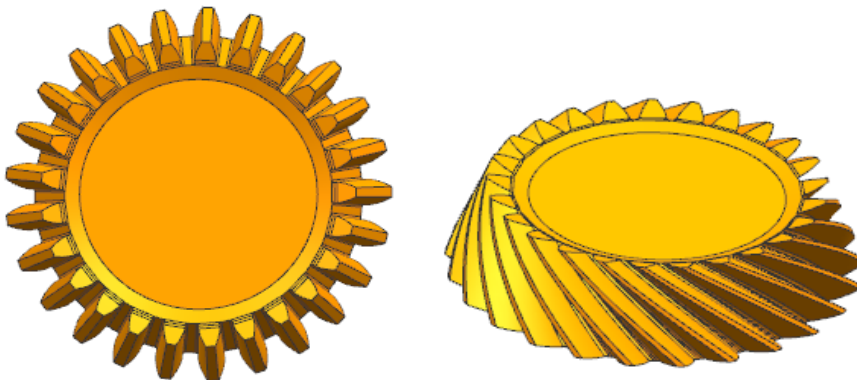


## 5.2 机械零件建模实例

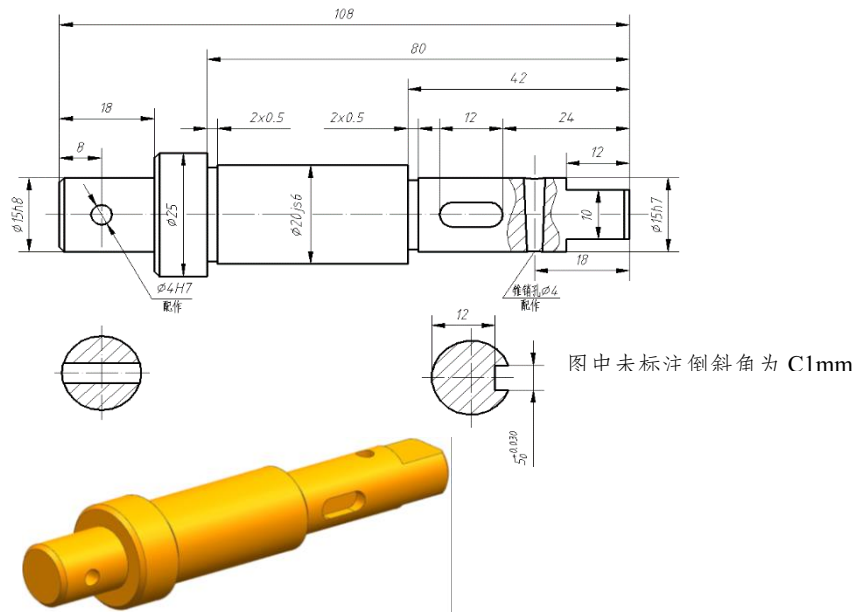
### 1、圆柱齿轮



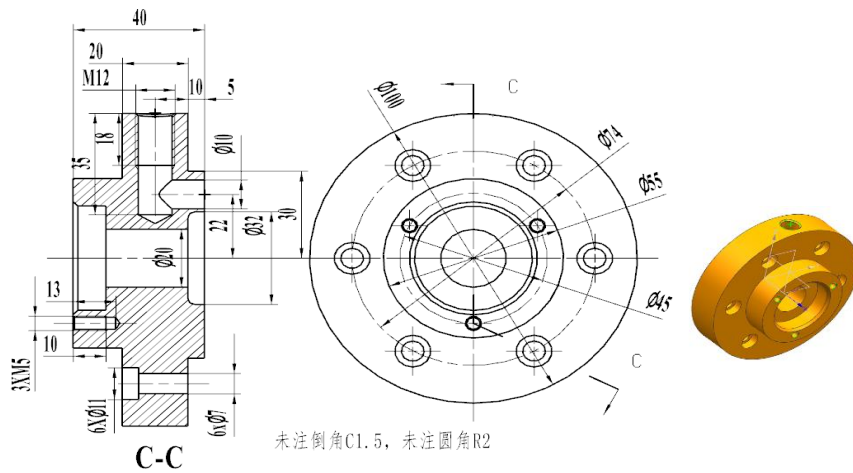
### 2、圆锥齿轮



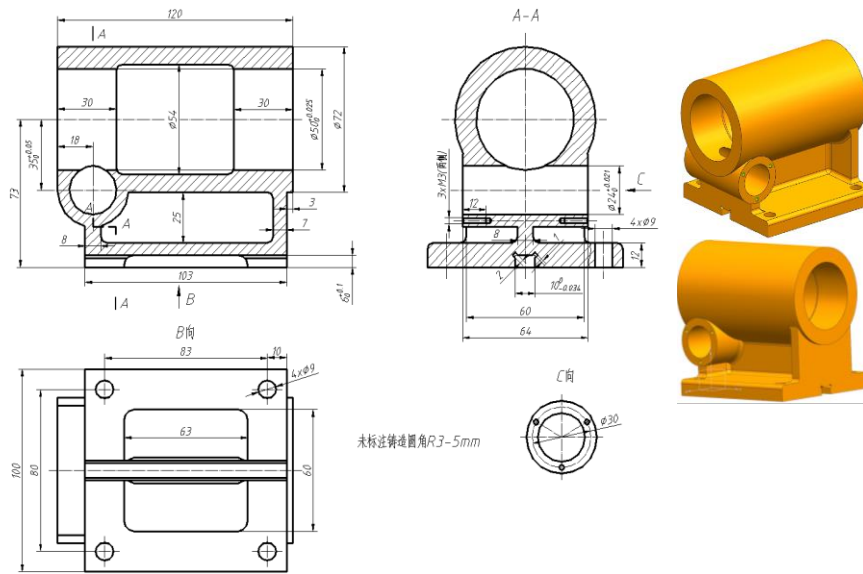
### 3、轴类零件建模



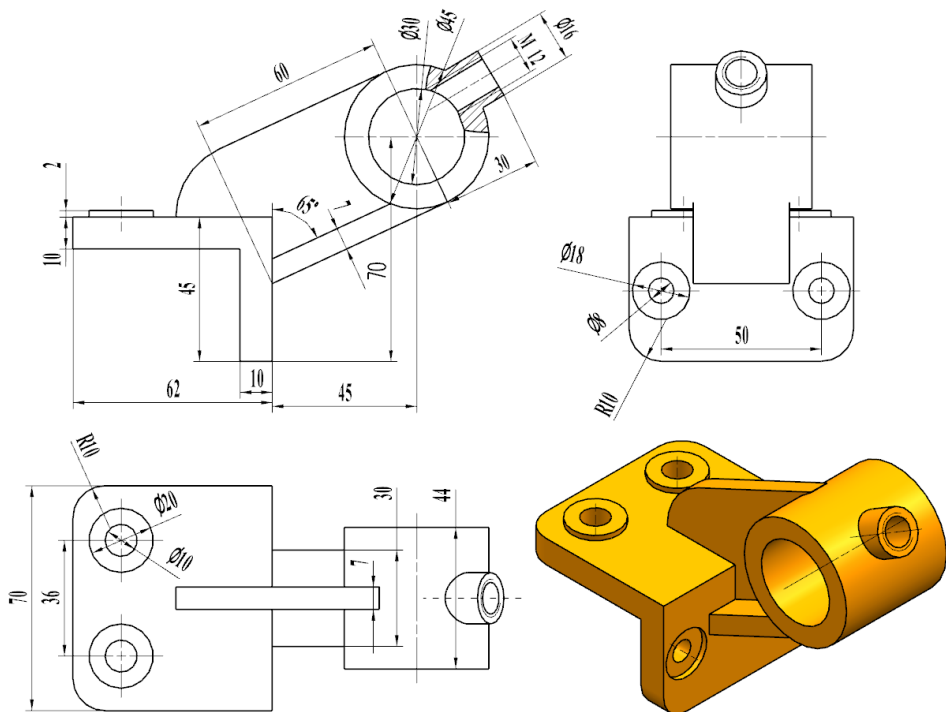
### 4、盘盖类零件建模



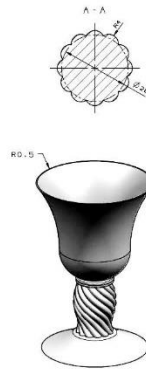
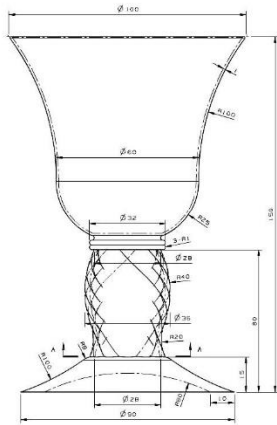
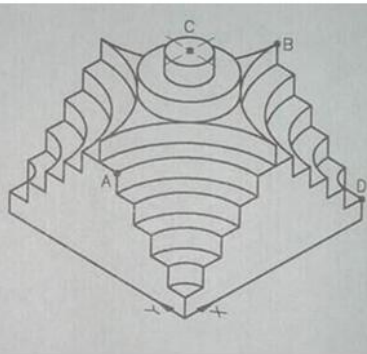
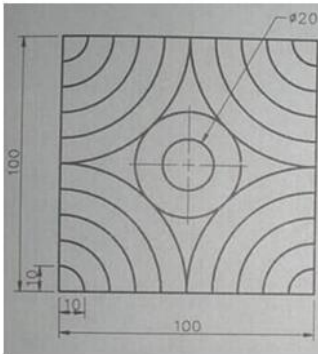
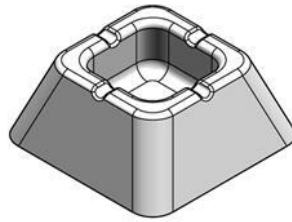
### 5、箱体类零件建模



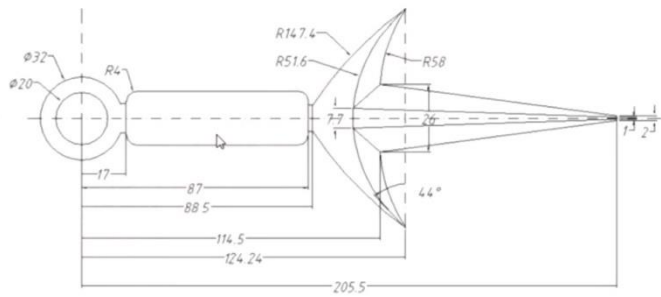
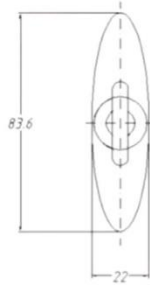
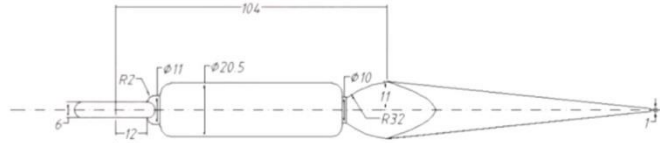
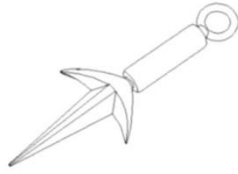
## 6、支架类零件建模



## 7、综合建模



# 手里剑-苦无



技术要求  
未注圆角R0.5~R1

