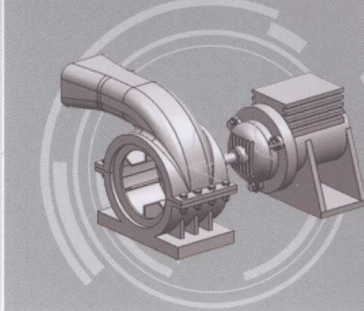
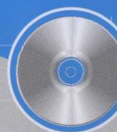
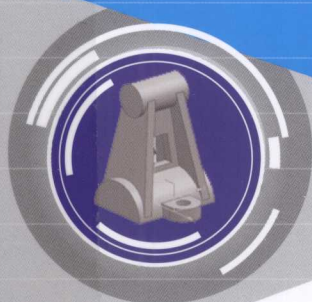


高职高专“十二五”规划教材



CAD/CAM应用技术 —UGNX 8.0

史立峰 主编



配套光盘



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

CAD/CAM 应用技术—— UG NX 8.0

史立峰 主编

李群松 张艳艳 周秀海 苗德忠 副主编



NLIC2970969106



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合作者多年使用 UG NX 软件的实践经验,以及教学培训中的体会,精选了 29 个典型实例,以图解的形式,由浅入深、循序渐进地介绍了 UG NX 软件建模、装配、制图和加工等模块常用的功能和命令,包括草图、基准特征、设计特征、编辑特征、关联复制、组合体、修剪体、偏置/缩放、细节特征、网格曲面、GC 工具箱、装配和工程图,以及型腔铣、深度铣、固定轮廓铣、平面铣、面铣、点位加工等知识内容。

本书以实用为原则,以应用为目标,以项目为主线,结构严谨,内容翔实,知识全面,语言简洁,图文并茂,可读性强。

本书面向 UG NX 软件初、中级学习者,可作为各类职业学院机械制造及自动化、模具设计与制造、计算机辅助设计与制造、数控技术等专业的 CAD/CAM 相关课程的教材,也可作为社会上相关培训班的教材,以及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 应用技术——UG NX 8.0 / 史立峰主编.

北京:化学工业出版社,2014.1

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-18996-7

I. ①C… II. ①史… III. ①计算机辅助设计-应用
软件-高等职业教育-教材 IV. ①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 270806 号

责任编辑:韩庆利

装帧设计:孙远博

责任校对:顾淑云

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 字数 426 千字 2014 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00 元(含光盘)

版权所有 违者必究

前 言

UG NX (SIEMENS NX) 软件是功能强大的 CAD/CAE/CAM 一体化软件, 广泛应用于航空、汽车、机械、电子、模具等行业, 在业界享有极高的声誉, 拥有众多的忠实用户。

本书以 UG NX 8.0 中文版软件为操作基础, 精选了 29 个典型实例, 以图解的形式, 由浅入深、循序渐进地介绍了 UG NX 软件建模、装配、制图和加工等模块常用的功能和命令, 包括草图、基准特征、设计特征、编辑特征、关联复制、组合体、修剪体、偏置/缩放、细节特征、网格曲面、GC 工具箱、装配和工程图, 以及型腔铣、深度铣、固定轮廓铣、平面铣、面铣、点位加工等知识内容。

本书结构严谨, 内容翔实, 知识全面, 语言简洁, 图文并茂, 可读性强, 具有以下特点:

1. 实例讲解。本书突破了以往 CAD/CAM 书籍逐一介绍软件的菜单和命令的写作模式, 以实例贯穿始终, 通过典型实例的训练, 引导学习者掌握 UG NX 软件常用的功能和命令。

2. 注重造型能力的培养。本书摒弃了单纯的介绍软件命令的做法, 通过对典型实例造型的分析和详细的操作步骤, 培养学习者逐步建立造型和编程的能力。这是学习 CAD/CAM 软件的关键。

3. 注重新技术的介绍。本书大量介绍了 UG NX 的新技术, 如 GC 工具箱、同步建模和重用库等, 目的是让学习者能够掌握这些工具的使用, 以提高工作效率。

4. 全程图解。本书用带有指示的图片替代枯燥的文字描述, 便于学习者直观、准确地理解 UG NX 软件的操作过程, 提高阅读和学习的效率。

5. 适合自学。本书光盘中有各个项目的语音操作视频, 非常方便学习者自学。

本书面向 UG NX 软件初、中级学习者, 可作为各类职业学院机械制造及自动化、模具设计与制造、计算机辅助设计与制造、数控技术等专业的 CAD/CAM 相关课程的教材, 也可作为社会上相关培训班的教材, 以及自学用书。

本书由辽宁装备制造职业技术学院史立峰担任主编, 湖南化工职业技术学院李群松、新乡职业技术学院张艳艳、辽宁职业学院周秀海、渤海船舶职业学院苗德忠担任副主编, 新乡职业技术学院李峰珠、沈阳航空职业技术学院张喆、辽宁省交通高等专科学校韩海玲、辽宁装备制造职业技术学院姬彦巧、张再雄、伞晶超、孙燕燕、刘力参编。本书项目图例、项目 19~项目 23 由史立峰编写, 项目 1 和项目 24 由李峰珠编写, 项目 2、项目 7~项目 10 由张艳艳编写, 项目 3~项目 6 由李群松编写, 项目 11 由韩海玲编写, 项目 12~项目 15 由周秀海编写, 项目 16 和项目 17 由苗德忠编写, 项目 18 由张喆编写, 项目 25 由张再雄编写, 项目 26 由孙燕燕编写, 项目 27 由伞晶超编写, 项目 28 由姬彦巧编写, 项目 29 由刘力编写。

特色教材的编写是一项探索性的工作, 由于时间紧迫, 书中难免存在不妥之处, 而且零件的造型和编程思路往往是仁者见仁, 智者见智, 衷心欢迎广大师生和读者对本书提出宝贵的意见和建议, 以便修订时进一步完善。

编 者

目 录

项目图例.....	I
项目 1 垫片草图的绘制	1
项目 2 转子草图的绘制	18
项目 3 轮架草图的绘制	23
项目 4 弯座的造型	28
项目 5 支架的造型	41
项目 6 齿轮轴的造型	49
项目 7 机壳的造型	57
项目 8 钣金件的造型	66
项目 9 网篮的造型	73
项目 10 漏斗的造型	81
项目 11 旋钮模具的分模	88
项目 12 叶片的造型	95
项目 13 吊钩的造型	102
项目 14 瓶子的造型	110
项目 15 节能灯的造型	118
项目 16 电机-风机的装配	126
项目 17 手机外壳的造型	142
项目 18 阀体工程图的绘制	158
项目 19 曲面零件的粗加工编程	175
项目 20 曲面零件的二次粗加工编程	201
项目 21 曲面零件陡峭区域的精加工编程	205
项目 22 曲面零件平坦区域的精加工编程	215
项目 23 曲面零件凹角的加工编程	222
项目 24 曲面零件沟槽的加工编程	232
项目 25 文字的加工编程	236
项目 26 平面零件的粗加工编程	241
项目 27 平面零件的精加工编程	247
项目 28 孔的加工编程	250
项目 29 刀轨的后处理	258
参考文献	260

项目 1 垫片草图的绘制



【学习目标】

本项目以垫片草图（如图 1-1 所示）为例，介绍 NX 软件草图的一般绘制步骤，熟悉 NX 软件的界面和基本操作，学习草图曲线的常用绘制和编辑命令，从而能够绘制比较简单的草图曲线。

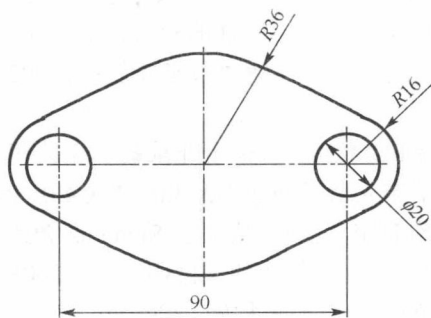


图 1-1 垫片草图



【相关知识】

1. NX 软件介绍

CAD/CAM（即计算机辅助设计与制造的英语 Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture 的缩写）技术是随着计算机和数字化信息技术发展而形成的新技术，广泛应用于机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、纺织、轻工及建筑等各个领域，是数字化、信息化制造技术的基础，其应用水平已成为衡量一个国家技术发展水平及工业现代化的重要标志。CAD/CAM 软件很多，有 CATIA、UG（NX）、Pro/Engineer（creo）、SolidWorks、SolidEdge、PowerMILL、CimatronE、MasterCAM、TopSolid、CAXA 等软件。

NX（又称 UG）软件，是当今应用最广泛、最具有竞争力的 CAD/CAE/CAM 大型集成软件之一，包括产品设计、零件装配、模具设计、NC 加工、工程图设计、模流分析和机构仿真等多种功能，在汽车与交通、航空航天、日用消费品、通用机械、电子工业及其它高科技领域的机械设计和模具加工方面得到了广泛的应用。NX 的发展大致经历以下过程：

1969 年，United Computing 公司成立。1973 年购买了 ADAM（Automated Drafting and Machining）方面的软件代码，开始研发软件产品 UNI-GRAPHICS。1975 年正式命名为

Unigraphics, 即 UG 软件。

1976 年, United Computing 公司被美国麦道飞机公司(1996 年 12 月, 麦道飞机公司被美国波音飞机公司兼并)收购, 成为其一个下属的一个团队 Unigraphics Group, 开始进行 UG 软件系列的开发, 并将其应用于飞机的设计与制造过程之中。在此后的数十年中 UG 一直处于不断地研发过程之中。1986 年, UG 吸取了业界领先的、为实践所证实的实体建模核心——Parasolid 的部分功能。1987 年, 通用公司(GM)将 UG 作为其 C4(CAD/CAM/CAE/CIM)项目的战略性核心系统, 进一步推动了 UG 的发展。

1991 年, 由于 GM 公司对 UG 的需要, Unigraphics Group 被美国 EDS 公司(创建于 1962 年, 1984~1996 年属于 GM, 2008 年 5 月被 HP 收购)收购, 以 EDS UG 运作。1993 年, UG 引入复合建模的概念, 实现了实体建模、曲线建模、框线建模、半参数化及参数化建模融为一体。1998 年, EDS UG 并购 Intergraph 公司的机械软件部, 成立 UGS(Unigraphics Solutions Inc)公司, 作为 EDS 的子公司。2000 年和 2001 年先后发布了 UG 17、UG 18 版本。

2001 年 9 月, EDS 公司收购 SDRC 公司, 将 SDRC 与 UGS 组成 Unigraphics PLM Solutions 事业部, 并开始了 UG 和 I-deas 两个高端软件的整合, 诞生了下一代(Next, 简称 NX)集 CAD/CAE/CAM 于一体的数字化产品开发解决方案新软件, 2002 年和 2003 年发布了 NX 1.0、NX 2.0 版本。

2003 年 3 月, Unigraphics PLM Solutions 事业部被 3 家公司从 EDS 公司收购, 成为独立的 UGS 公司。2004 年至 2007 年先后发布了 NX 3.0、NX 4.0、NX 5.0 版本。

2007 年 5 月, 西门子收购 UGS 公司, 成立了 Siemens PLM Software, 作为西门子自动化与驱动集团(Siemens A&D)的一个全球分支机构运作。2008 年 6 月发布了 NX 6.0, 提出了同步建模技术, 标志着 NX 的一个重要里程碑。2009 年 10 月发布了 NX 7.0, 引入了 HD3D(三维精确描述)功能。2010 年 5 月发布了 NX 7.5, 增加了 GC 工具箱, 以满足中国用户的需求。2011 年和 2012 年发布了 NX 8.0 和 NX 8.5 版本。2013 年发布了 NX 9.0 版本。

2. 启动 NX 软件

在 Windows 窗口, 依次选择“开始”→“所有程序”→“Siemens NX 8.0”→“NX 8.0”, 将启动 NX 软件。在弹出 NX 8 欢迎界面(如图 1-2 所示)后, 稍等片刻, 将显示 NX 8 初始界面, 如图 1-3 所示。

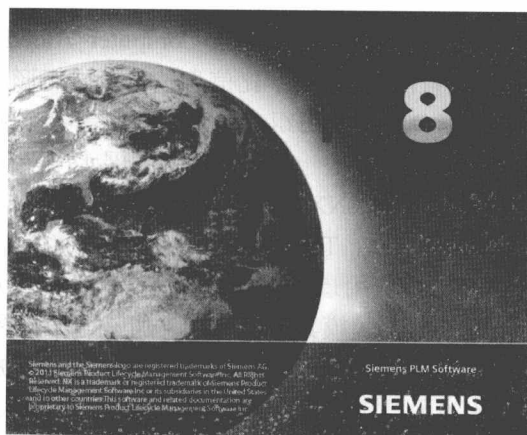


图 1-2 NX 8 欢迎界面

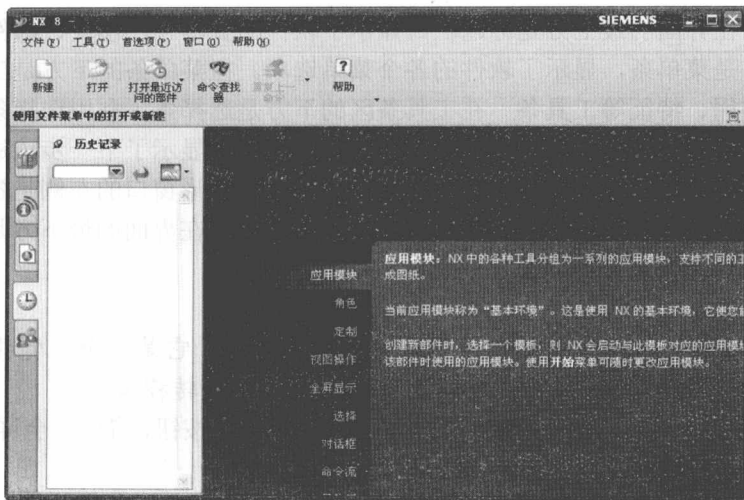


图 1-3 NX 8 初始界面

3. 打开文件

在“标准”工具条上,单击“打开”,或在菜单条上,选择“文件”→“打开”,弹出“打开”对话框,选择齿轮轴模型“/part/proj6/chilunzhou.prt”,单击“确定”,将打开该文件。

4. 软件界面

打开文件后,显示 NX 8 标准界面,如图 1-4 所示。NX 8 标准界面由标题栏、菜单条、工具条、选择条、提示行、状态行、资源条和图形窗口等组成。

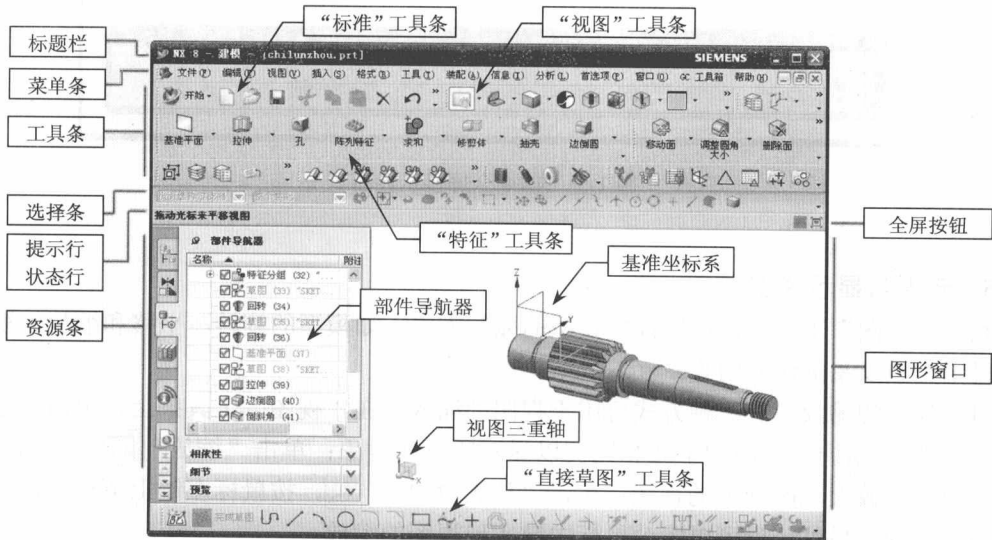


图 1-4 NX 8 标准界面

在 NX 标准界面的右下方是图形窗口，显示了当前打开的零件模型、基准坐标系和视图

三重轴等信息。在界面的最上方是标题栏，显示了软件的版本号、模块、部件名称等信息。在标题栏的下方是菜单条，显示了软件的各个菜单选项。在菜单条的下方是工具条区，包括标准、视图、实用、特征等工具条。在工具条区的下方是选择条，利用选择条可以确定要选择对象类型。在选择条的下方是提示行和状态行，提示行显示了下一步该进行如何操作的指示信息。提示行右侧的状态行显示了当前的操作信息。图形窗口的左侧是资源条，包括装配导航器、部件导航器、浏览器、历史记录和角色等选项。在界面的最下方是直接草图工具条，用于快速绘制和编辑草图曲线。

工程师提示：

◆ 视图三重轴。视图三重轴位于图形窗口的左下角，它是一个视觉指示符，表示模型绝对坐标系的方位。围绕视图三重轴上的特定轴可以旋转模型。

在图形窗口的右上角，是全屏模式控制按钮。单击此按钮，将进入全屏显示界面模式，如图 1-5 所示。全屏模式下图形窗口范围被扩大。

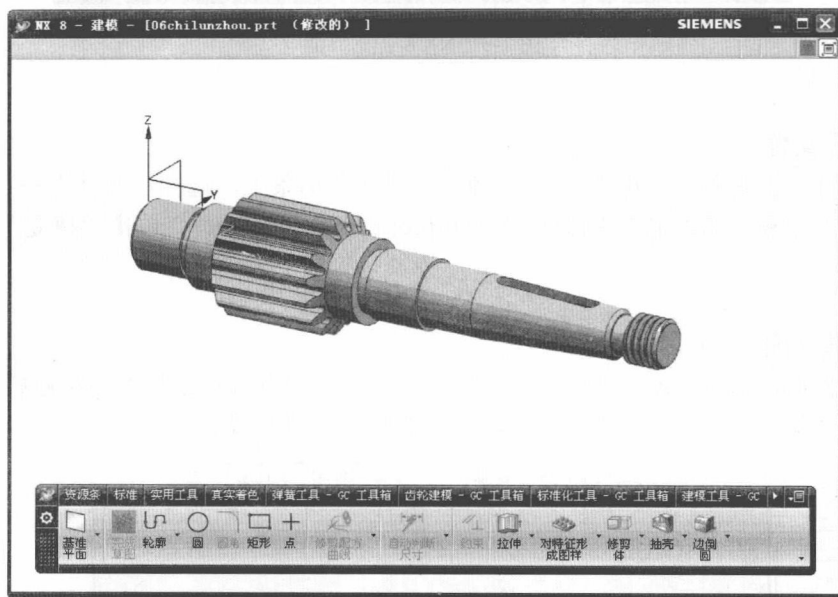


图 1-5 NX 8 全屏显示界面

5. 查看与显示模型

利用“视图”工具条，可以控制模型的显示方式，如模型的旋转、平移和缩放、视图方位和显示类型以及剖切视图等。

(1) 视图的缩放。有三种方式可用于视图的缩放。在“视图”工具条上，单击“适合窗口”，将自动调整视图的中心和比例以显示所有的对象；单击“缩放”，在图形窗口画一个矩形以放大该区域中的视图；单击“放大/缩小”，按鼠标左键上下移动鼠标以放大或缩小视图；另外，也可以滚动鼠标中键实现视图的缩放。

(2) 视图的平移。在“视图”工具条上，单击“平移”，按鼠标左键并拖动鼠标以平移视图；也可以同时按鼠标中键和右键、或者按键盘 Shift 键和鼠标左键实现视图的平移。

(3) 视图的旋转。在“视图”工具条上，单击“旋转”，按鼠标左键并拖动鼠标以旋

转视图；也可以按中键并拖动鼠标实现视图的旋转。

(4) 定向视图的方位。NX 提供了六种标准视图方位，即前视图、后视图、左视图、右视图、俯视图和仰视图，以及正等测视图和正三（轴）测图。单击“视图方位”下的各选项，可将当前视图定向到任意指定的视图方位。

(5) 显示类型。NX 提供了八种显示类型，包括两种实体、三种线框、两种艺术效果和一种局部着色。单击“显示类型”下的各选项，可切换不同的显示类型。

6. 关闭文件

在菜单条上，单击右侧的“关闭”，或在菜单条上，选择“文件”→“关闭”下的任一选项，将关闭当前文件。

7. 退出 NX 软件

在标题栏上，单击右侧的“关闭”，或在菜单条上，选择“文件”→“退出”，将退出 NX 软件。

8. 草图简介

草图是位于特定平面或路径上的 2D 曲线和点的集合，是设计所需的轮廓或典型截面。

实体造型前一般先绘制草图，再通过拉伸、旋转或扫掠草图来创建实体或片体特征。所以，草图是三维实体造型的基础，是设计的关键。从草图创建的特征与草图相关联，如果草图改变，特征也将改变。创建草图的基本步骤如下：

- (1) 确定基准。选择创建草图的平面或路径。
- (2) 绘制曲线。创建草图中的几何图形。
- (3) 添加约束。添加、修改或删除约束，并根据设计意图修改尺寸参数。
- (4) 完成草图。完成并退出草图。



【项目分析】

垫片草图比较简单，由直线、圆弧和圆组成，圆弧和直线相切，且关于坐标轴对称。绘制该草图可按以下步骤：首先，绘制如图 1-6 (a) 所示的圆和直线；然后，使用修剪命令编辑曲线，如图 1-6 (b) 所示；接下来，标注尺寸，如图 1-6 (c) 所示；最后，完成其他曲线的绘制，如图 1-6 (d) 所示。

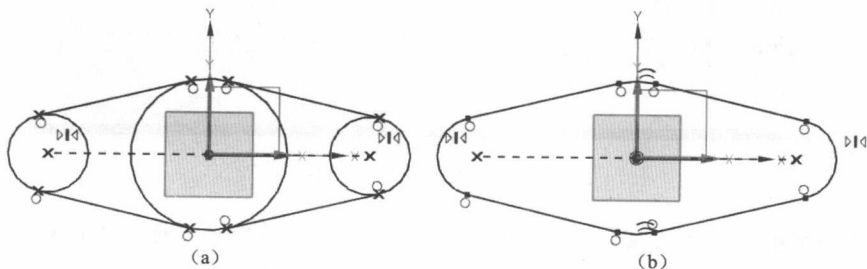


图 1-6

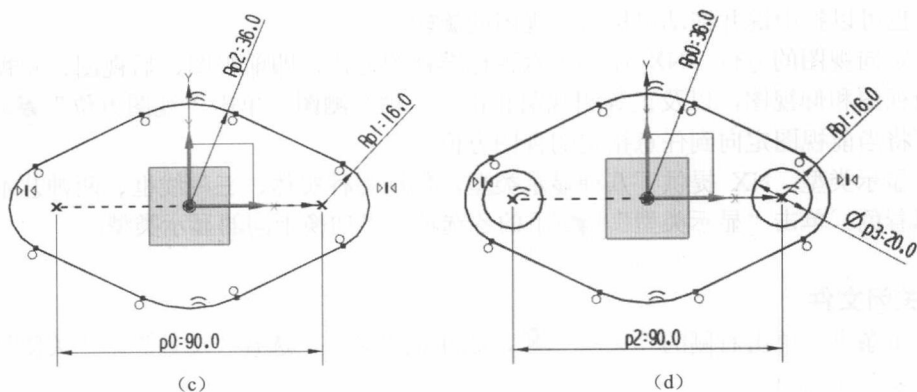


图 1-6 垫片草图的绘制思路



【操作步骤】

1. 新建文件

在 NX 8 中新建一个文件的步骤如下:

(1) 启动新建命令。在“标准”工具条上,单击“新建”,或在菜单条上,选择“文件”→“新建”,弹出“新建”对话框,如图 1-7 所示。

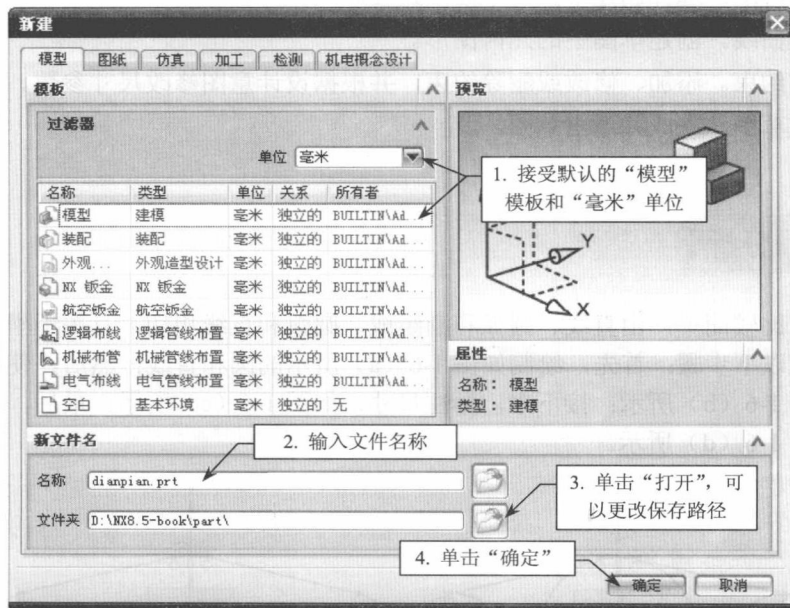


图 1-7 “新建”对话框

(2) 选择模板。在“模板”组,接受默认的“毫米”单位和“模型”模板。

(3) 输入文件名称。在“新文件名”组,“名称”框中输入“dianpian.prt”。

(4) 确定文件保存位置。在“新文件名”组,单击“文件夹”框后面的“打开”,弹出“选择目录”对话框,然后选择文件保存的位置即可。

(5) 完成新建。单击“确定”,关闭“新建”对话框,将进入NX 8 建模应用模块,并显示NX 8 标准界面。

2. 显示基准坐标系

基准坐标系常用于绘制二维草图或创建三维模型时的参考基准。新建一个文件后,系统自动创建了一个基准坐标系,但处于隐藏状态。显示基准坐标系的步骤如图 1-8 所示:

(1) 显示部件导航器。在“资源条”上,单击“部件导航器”,显示“部件导航器”窗口。

(2) 显示基准坐标系。在“部件导航器”窗口中,右键单击“基准坐标系”,选择“显示”,将在图形窗口显示基准坐标系。

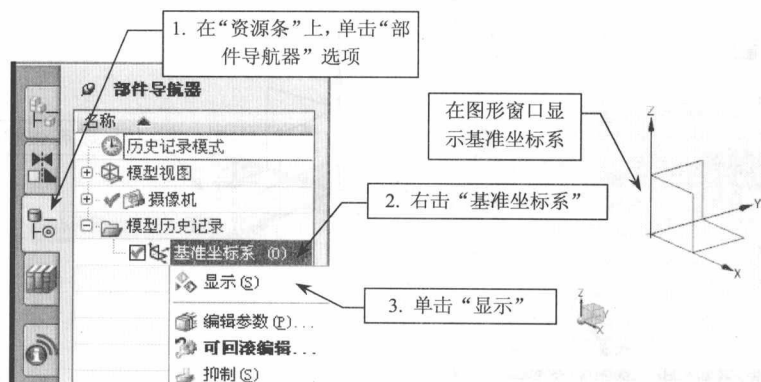


图 1-8 部件导航器和基准坐标系

工程师提示:

NX 软件中有多个不同的坐标系,常用的是绝对坐标系 (ABS)、工作坐标系 (WCS) 和基准坐标系 (CSYS)。

◆ 绝对坐标系 (ABS) 是模型空间中的概念性位置和方向。绝对坐标系是不可见的,且不能移动。绝对坐标系的方向与视图三重轴相同,但原点不同。

◆ 工作坐标系 (WCS) 是一个右向笛卡儿坐标系,由 XC、YC 和 ZC 轴组成。工作坐标系是一个可以移动的坐标系,它可以移到图形窗口中的任何位置,以便于在不同的方向和位置构造几何体。在菜单条上,选择“格式”→“WCS”下的各个选项,可以对工作坐标系进行新建、旋转等操作。在“实用”工具条上,单击“显示 WCS”,可以在图形窗口中显示或隐藏工作坐标系。

◆ 基准坐标系 (CSYS) 提供了一组关联的对象,包括三个轴、三个平面、一个坐标系和一个原点。基准坐标系显示为部件导航器中的一个特征,它的对象可以单独选取,以支持创建其它特征和在装配中定位组件。在“特征”工具条上,单击“基准 CSYS”,或者在菜单条上,单击“插入”→“基准/点”→“基准 CSYS”选项,可以在指定的位置新建一个基准坐标系。

3. 进入草图环境

绘制草图时，必须进入草图环境。作为草图平面的可以是基准坐标系的三个平面、基准平面和实体上的平面，但不能是曲面。进入草图环境的步骤如图 1-9 所示：

(1) 启动草图命令。在“直接草图”工具条上，单击“草图”，或在菜单条上，选择“插入”→“草图”，弹出“创建草图”对话框。

(2) 选择草图类型。在“创建草图”对话框，从“类型”列表中选择“在平面上”。

(3) 选择草图平面。在图形窗口中，选择基准坐标系的 XY 平面。

(4) 进入草图环境。单击“确定”，进入草图环境。

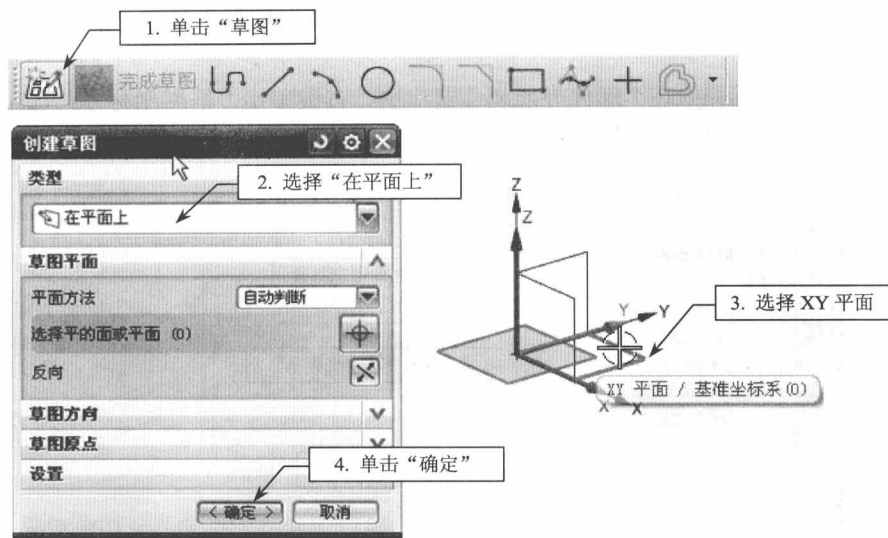


图 1-9 进入草图环境的步骤

工程师提示：

◆ NX 8 提供了两种创建和编辑草图的模式，即直接草图环境和草图任务环境。在 NX 8 以前的版本，必须进入草图任务环境来绘制草图。而 NX 8 及以后的版本，在标准界面增加了“直接草图”工具条。用户可以直接使用“直接草图”工具条上的命令在平面上创建草图，而无需进入草图任务环境，减少了鼠标单击的次数，使得创建和编辑草图变得更快且更容易。

(5) 定向视图方向。在图形窗口中，单击右键，弹出快捷菜单，如图 1-10 (a) 所示，选择“定向视图到草图”；或在图形窗口中，按住右键，弹出右键命令，如图 1-10 (b) 所示，将光标移动至“定向视图到草图”上方，松开右键，则视图被定向至沿 Z 轴向下方向。

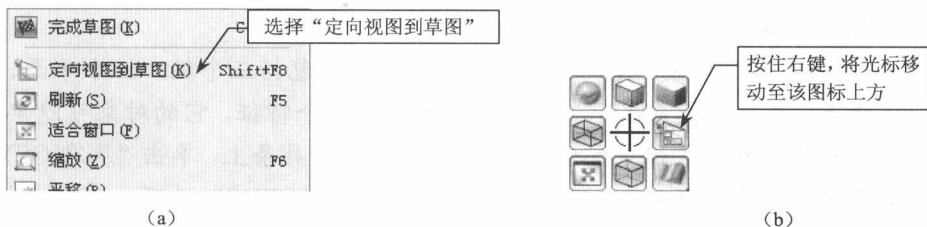


图 1-10 定向视图方向的命令

(6) 关闭自动标注尺寸。在“直接草图”工具条上,单击“约束工具下拉菜单”,再单击“连续自动标注尺寸”,将关闭自动标注模式。步骤如图 1-11 所示。

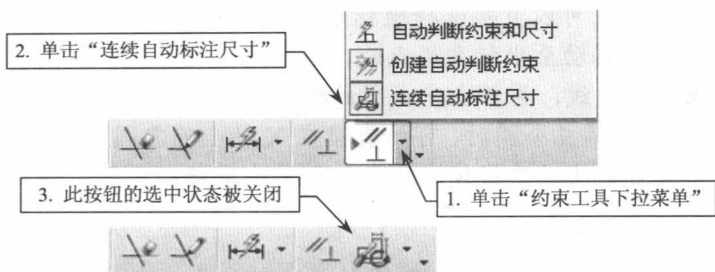


图 1-11 关闭连续自动标注尺寸的步骤

工程师提示:

◆ 在默认方式下,“连续自动标注尺寸”处于激活状态。在绘制草图前,可以关闭“连续自动标注尺寸”的活动状态,以使在绘制草图时不出现自动标注的尺寸。

◆ 另外,在绘制草图前,还需要确认“创建自动判断约束”处于活动状态,以使草图按照绘制意图自动创建约束关系。在默认方式下,“创建自动判断约束”处于激活状态。

4. 绘制圆

在图形窗口中任意位置绘制三个圆,步骤如图 1-12 所示:

(1) 启动圆命令。在“直接草图”工具条上,单击“圆”,或在菜单条上,选择“插入”→“草图曲线”→“圆”,弹出“圆”对话框。

(2) 选择绘制圆的方法。在“圆”对话框的“圆方法”组中,单击“圆心和直径定圆”。

(3) 绘制圆。首先,在图形窗口中的任意位置,单击确定圆心;然后,移动鼠标以出现圆曲线,当“直径”框中显示约为“70”时,再单击鼠标完成圆的绘制。

按照相同的方法,绘制其它两个圆。

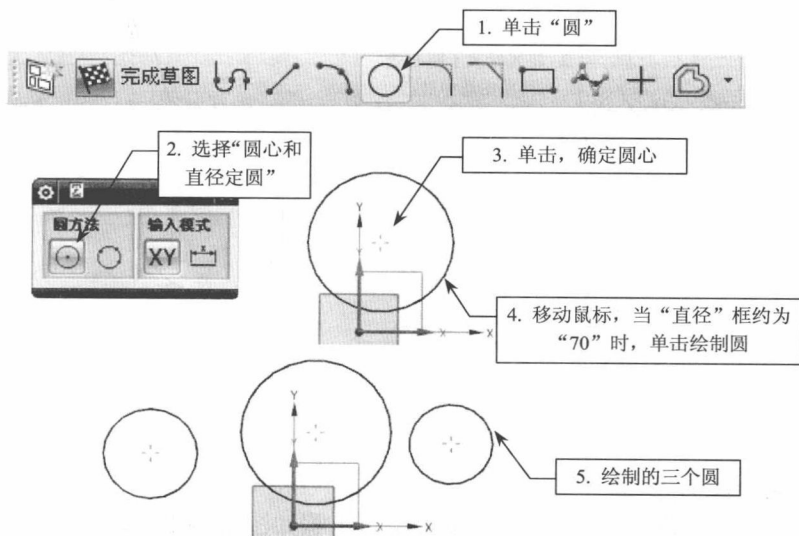


图 1-12 绘制圆的步骤

工程师提示:

- ◆ 绘制第二个圆和第三个圆时, 不能与第一个圆产生相切关系。
- ◆ 绘制第一个圆时, 可以直接选择坐标系原点作为圆心。在“直接草图”工具条上, 单击“圆”; 将光标移动至坐标系原点处, 当出现“现有点”时, 单击选中坐标系原点; 移动鼠标出现圆曲线, 再单击完成圆的绘制。
- ◆ 绘制第二个圆和第三个圆时, 可以直接在 X 轴上确定圆心的位置。当光标接近 X 轴的水平位置, 出现带箭头的虚线辅助线时, 再单击鼠标确定圆心绘制圆。

5. 约束圆心在坐标原点

绘制草图时, 可以使用约束来精确控制草图中的对象, 约束包括几何约束和尺寸约束。其中, 几何约束用于创建草图对象的几何特性(如直线的水平和竖直), 以及两个或两个以上对象间的相互关系(如两直线的平行、垂直, 两圆弧的同心、相切、等半径等)。对象之间一旦使用几何约束, 则无论如何修改几何图形, 其关系始终存在。尺寸约束就是标注草图曲线的尺寸。

首先, 将中间的圆的圆心约束到坐标系的原点处, 步骤如图 1-13 所示:

- (1) 启动约束命令。在“直接草图”工具条上, 单击“约束”, 或在菜单条上, 选择“插入”→“草图约束”→“约束”。
- (2) 选择约束对象。在图形窗口中, 选择中间的圆的圆心, 再选择坐标系的原点。
- (3) 选择约束类型。选择约束对象后, 在图形窗口的左上角弹出“约束”对话框。在“约束”对话框中, 单击“重合”, 或右键单击圆, 然后选择“重合”, 则圆心被约束到坐标原点的位置。

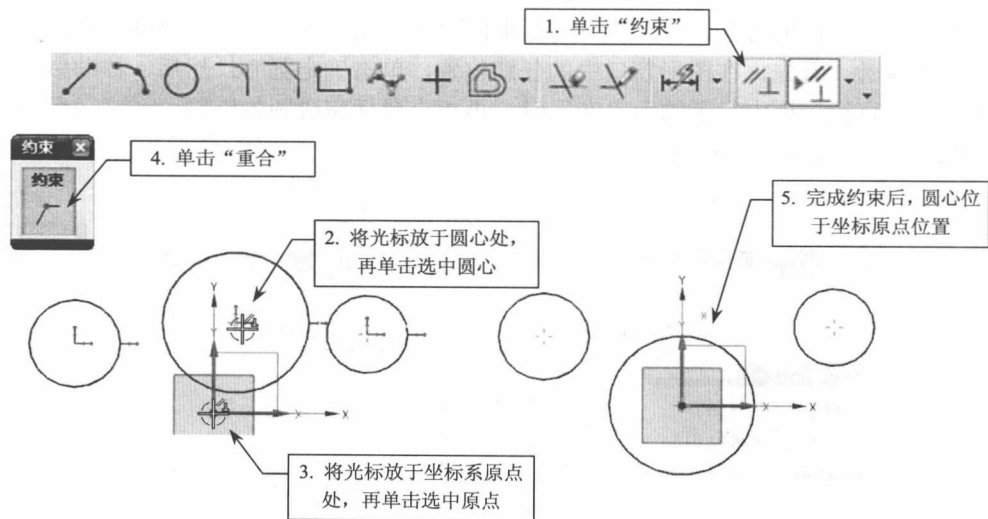


图 1-13 约束圆心在坐标系原点的步骤

6. 约束圆心在 X 轴上

接下来, 将两侧的圆的圆心约束到 X 轴上, 步骤如图 1-14 所示:

- (1) 启动约束命令。在“直接草图”工具条上, 单击“约束”.

(2) 选择约束对象。在图形窗口中, 选择左侧的圆的圆心, 再选择 X 轴。

(3) 选择约束类型。在“约束”对话框中, 单击“点在曲线上”, 或右键单击 X 轴, 然后选择“点在曲线上”, 则圆的圆心被约束到 X 轴上。

按照相同的方法, 约束右侧圆的圆心在 X 轴上。

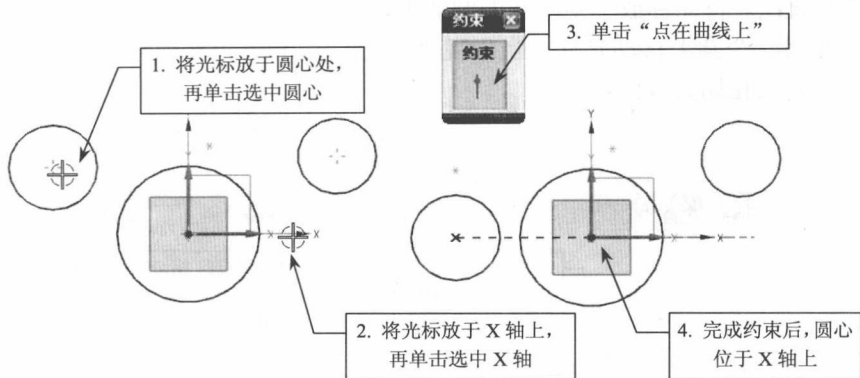


图 1-14 约束圆心在坐标轴上的步骤

7. 约束关于 Y 轴对称

草图关于 Y 轴对称, 因此需要设置对称约束。设置对称约束的步骤如图 1-15 所示:

(1) 启动设为对称命令。在“直接草图”工具条上, 单击“设为对称”, 或在菜单条上, 单击“插入”→“设为对称”, 弹出“设为对称”对话框。

(2) 选择约束对象。在图形窗口中, 选择左右两侧的圆, 作为主对象和次对象。

(3) 选择对称中心线。在图形窗口中, 选择 Y 轴作为对称中心线, 则两个圆被设置关于 Y 轴对称。

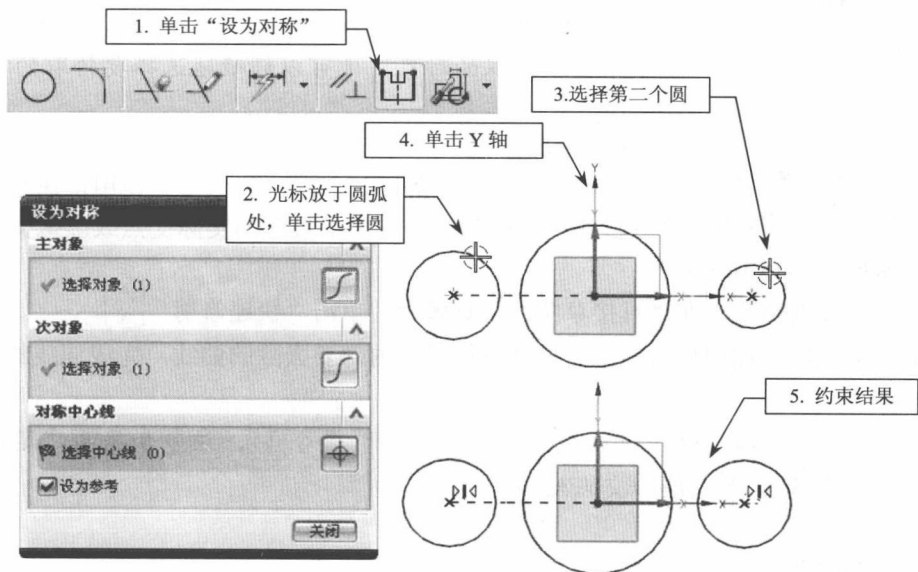


图 1-15 设置对称约束的步骤

8. 绘制直线

绘制两个圆的外公切线，步骤如图 1-16 所示：

(1) 启动直线命令。在“直接草图”工具条上，单击“直线”，或在菜单条上，单击“插入”→“草图曲线”→“直线”，弹出“直线”对话框。

(2) 绘制直线。将光标放于中间圆的圆弧处，当出现“点在曲线上”时，单击确定直线的起点；在另一个圆上移动光标，当出现“相切”和“点在曲线上”时，单击确定直线的终点，完成相切直线的绘制。

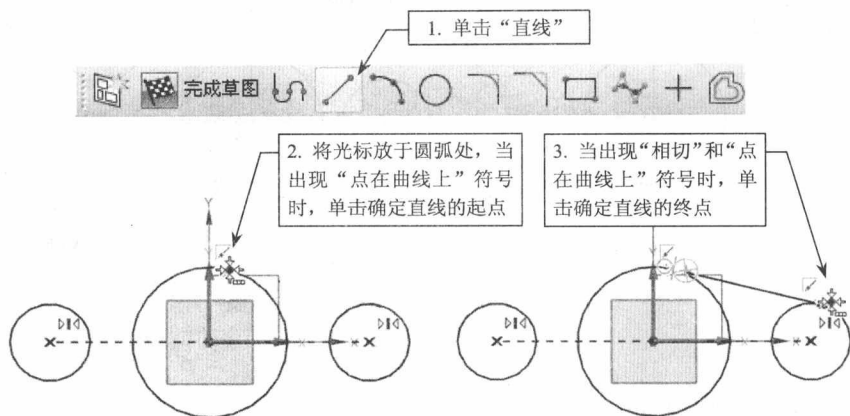


图 1-16 绘制相切直线的步骤

按照相同的方法，绘制其它相切直线。

工程师提示：

◆ 当光标放置于要选择的对象附近，如果有多个对象将被选中时，光标静止一会儿后将在光标右下方出现三个小点，此时单击左键弹出“快速拾取”对话框，如图 1-17 所示。在对话框中单击要拾取的物体，便可以精确地选择要拾取的物体。



图 1-17 “快速拾取”对话框

9. 修剪曲线

接下来，对多余的圆弧曲线进行修剪。使用快速修剪命令，

可以将曲线修剪到任一方向上最近的实际交点或虚拟交点。修剪曲线的步骤如图 1-18 所示：

(1) 启动修剪命令。在“直接草图”工具条上，单击“快速修剪”。

(2) 修剪曲线。在图形窗口中，拖动鼠标经过内部要去掉的曲线，完成曲线的修剪。

工程师提示：

◆ 如果要将曲线延伸，可以使用“快速延伸”命令，该命令将曲线延伸到它与另一条曲线的实际交点或虚拟交点处。

10. 标注尺寸

通常，完成几何约束后再标注尺寸，以进一步控制图形的大小。标注尺寸是对草图施加尺寸约束，也称为驱动尺寸，就是在草图上用尺寸驱动图形，使图形随着尺寸的变化而变化。