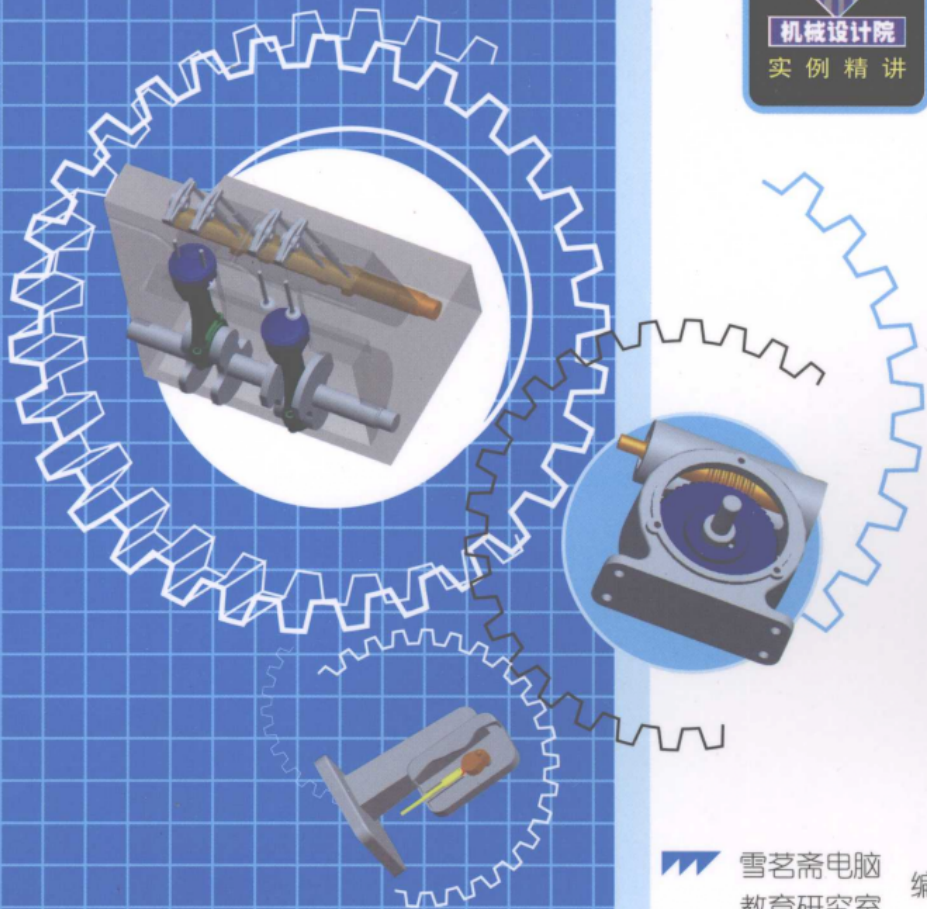




机械设计院  
实例精讲



雪茗斋电脑 编著  
教育研究室

# Pro/ENGINEER



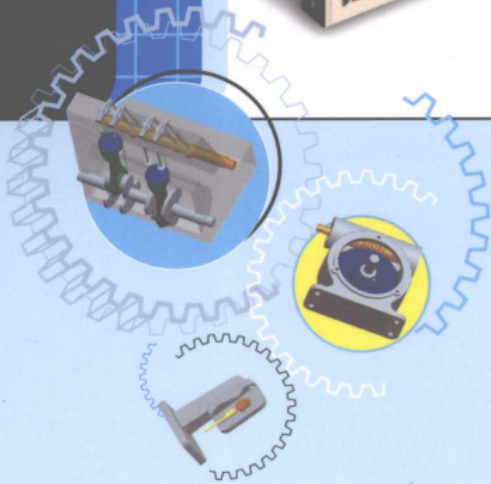
野火版  
3.0

# 机构仿真运动

# 实例精讲



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



封面设计 张群胆设计工作室

ISBN 978-7-115-17597-7



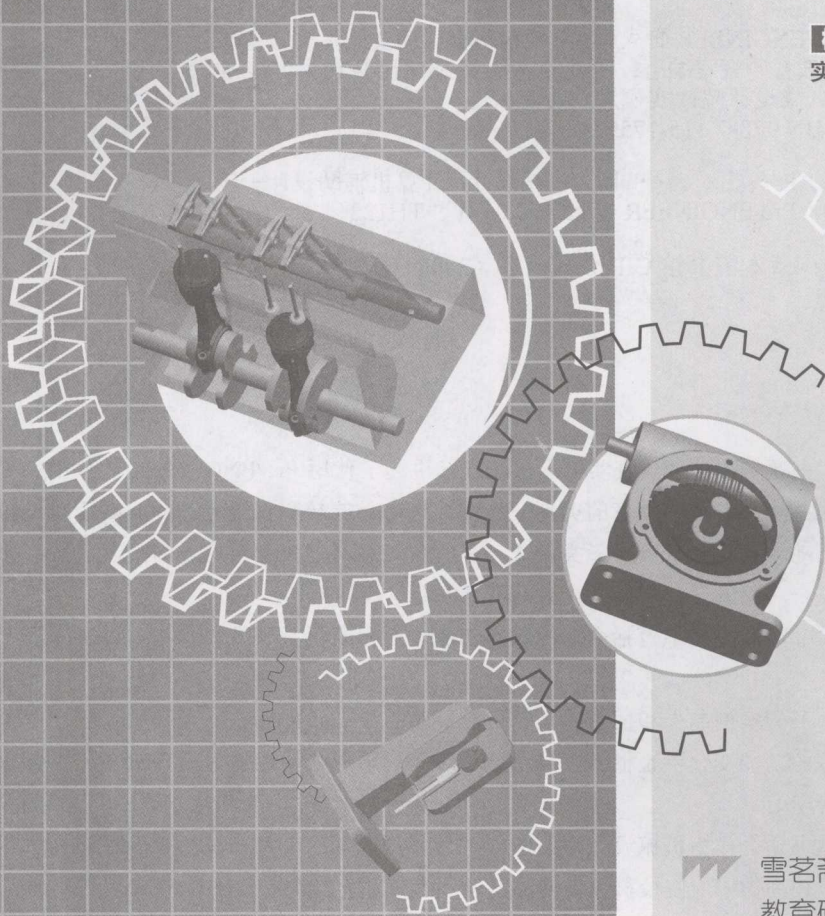
9 787115 175977 >

ISBN 978-7-115-17597-7/TP

定价: 39.00 元 (附光盘)

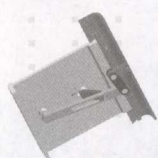


机械设计院  
实例精讲



雪茗斋电脑 编著  
教育研究室

# Pro/ENGINEER



野火版  
3.0

# 机构仿真运动 实例精讲

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

Pro/ENGINEER 野火版 3.0 机构仿真运动实例精讲 / 雪茗斋  
电脑教育研究室编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.5  
(机械设计院·实例精讲)  
ISBN 978-7-115-17597-7

I. P… II. 雪… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用  
软件, Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 016701 号

## 内 容 提 要

本书是一本运动仿真实例图书, 详细讲述了使用 Pro/ENGINEER 软件中的机构设计模块进行运动仿真的方法, 将运动仿真的类别分为回旋运动、旋转和直线运动、间歇运动、往复运动、凸轮运动、齿轮运动、齿轮啮合等, 每类精选一个有代表意义的典型实例详细阐述, 从而使读者可以举一反三, 通过一个实例的学习掌握一类运动仿真的基本设计方法。

本书配套光盘中包括全书所有实例制作过程的视频录像, 读者可以实时观看每个实例的详细制作过程。

本书的实例制作和插图均采用目前最新的 Pro/ENGINEER 野火版 3.0, 但考虑到 Pro/ENGINEER 各版本的功能变化不是很大, 因此读者即使使用的是其他版本的 Pro/ENGINEER, 同样也可以阅读本书进行学习。

本书适合作为机械设计师必备的工具书, 也可以作为 Pro/ENGINEER 初、中级用户的自学教材, 还可以作为大中专院校机械专业的教学参考书和各类 Pro/ENGINEER 培训班的实例辅助教材。

机械设计院·实例精讲

### Pro/ENGINEER 野火版 3.0 机构仿真运动实例精讲

- ◆ 编 著 雪茗斋电脑教育研究室  
责任编辑 黄汉兵
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京鸿佳印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 18  
字数: 450 千字  
印数: 1—4 000 册
- 2008 年 5 月第 1 版  
2008 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17597-7/TP

定价: 39.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

# 前 言

## 本书特色

相对于一般的 Pro/ENGINEER 实例图书，本书具有以下特点。

### ■ 强调分析

本书在每个实例的开头都会对该类运动仿真的特点进行分析，并提出大致的设计制作思路，然后在每一个设计模块（或设计阶段）中对该模块（或阶段）进行分析，同样提出制作思路和方法。分析内容之后才是具体的操作步骤。这样做的好处是读者在进行具体的操作之前，已经对将要进行的操作有一个大致的了解，目的明确，便于边操作边理解。

### ■ 实用性强

本书对运动仿真的分类科学、全面，实例的选择注重代表性、典型性，因此读者在工作、学习中遇到的设计任务大多可以在本书中找到相应的解决方案，从这一意义上说，本书具有相当强的实用性。

### ■ 练习性

由于在每个实例及设计模块之前都安排相应的分析和提示内容，因此有一定基础的读者可以尝试根据分析提示自己先动手进行操作，然后带着自己遇到的问题参照书上的标准操作步骤，完成实例制作。

### ■ 操作步骤详细

本书的操作步骤非常详细，并且光盘中有制作过程的视频录像，即便是入门级用户，只需一步步按照操作步骤操作，也一定能制作出相同效果的图形来。

## 适合的读者

本书可作以下几种用途。

### ■ 机械设计师必备的工具书

本书对运动仿真的分类科学、全面，每类运动仿真中都选择了典型的实例进行详细讲解，当在工作中需要设计某种相同或类似的运动仿真时，可随时查阅本书。

### ■ Pro/ENGINEER 初、中级用户的自学教材

本书的实例编排基本上按由浅至深的顺序，尚处学习阶段的 Pro/ENGINEER 用户只需按部就班地把所有实例做一遍，相信即可快速掌握。根据笔者多年的教学经验，这样的学习效果通常会好于使用一般的教材，尤其是可使用用户的实际操作能力增强。

### ■ 机械专业教学参考书、培训班的实例辅助教材

本书可作为大中专院校机械专业的教学参考书和各类培训班的实例辅助教材。教师既可以在课堂上讲解书中实例，也可以作为课后练习布置给学员。

雷茗斋 电脑教育研究室

2007 年 12 月

主 编：管耀文

实例制作：管耀文

编 委：管耀武 徐宇兵 高万雪 高荣松

陈少华 徐宇玲 徐宇英 王兰隐

文字顾问：徐桢干

# 目 录

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 Pro/ENGINEER 野火版 3.0</b> |           |
| <b>机构模块基础知识</b> .....             | <b>1</b>  |
| 1.1 Pro/ENGINEER 机构设计模块简介 .....   | 2         |
| 1.2 机构设计模块界面和图标简介 .....           | 2         |
| 1.3 建立机构仿真运动的一般步骤 .....           | 3         |
| 1.4 机构仿真运动中装配连接的概念及定义 .....       | 4         |
| <b>第 2 章 回旋运动——连杆机构</b> .....     | <b>7</b>  |
| 2.1 连杆运动仿真的总体分析 .....             | 8         |
| 2.2 主要零件的设计流程 .....               | 9         |
| 2.2.1 连杆的创建流程 .....               | 9         |
| 2.2.2 底座的创建流程 .....               | 14        |
| 2.3 连杆机构的装配和仿真运动的参数设置 .....       | 15        |
| 2.3.1 连杆机构的装配 .....               | 16        |
| 2.3.2 仿真运动的参数设置 .....             | 21        |
| 2.3.3 模拟仿真运动效果 .....              | 23        |
| <b>第 3 章 旋转和直线运动——螺杆千斤顶</b> ..... | <b>25</b> |
| 3.1 螺杆千斤顶运动仿真的总体分析 .....          | 26        |
| 3.2 主要零件的设计流程 .....               | 26        |
| 3.2.1 螺杆的创建流程 .....               | 26        |
| 3.2.2 基座的创建流程 .....               | 32        |
| 3.3 螺杆千斤顶的装配和仿真运动的参数设置 .....      | 40        |
| 3.3.1 螺杆千斤顶机构的装配 .....            | 40        |
| 3.3.2 仿真运动的参数设置 .....             | 44        |
| 3.3.3 模拟仿真运动效果 .....              | 45        |
| <b>第 4 章 间歇运动——槽轮机构</b> .....     | <b>47</b> |
| 4.1 槽轮机构运动仿真的总体分析 .....           | 48        |

|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 4.2   | 主要零件的设计流程         | 48 |
| 4.2.1 | 支架的创建流程           | 48 |
| 4.2.2 | 传动杆的创建流程          | 52 |
| 4.2.3 | 槽轮的创建流程           | 55 |
| 4.3   | 槽轮机构的装配和仿真运动的参数设置 | 62 |
| 4.3.1 | 槽轮机构的装配           | 62 |
| 4.3.2 | 仿真运动的参数设置         | 65 |
| 4.3.3 | 模拟仿真运动的效果         | 71 |

## 第 5 章 往复运动——牛头刨床运动原理 73

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 5.1   | 牛头刨床运动原理仿真的总体分析     | 74  |
| 5.2   | 主要零件的设计流程           | 74  |
| 5.2.1 | 箱体的创建流程             | 74  |
| 5.2.2 | 主动杆的创建流程            | 78  |
| 5.2.3 | 滑动销的创建流程            | 83  |
| 5.2.4 | 从动杆的创建流程            | 87  |
| 5.2.5 | 刀具座（牛头）的创建流程        | 90  |
| 5.3   | 牛头刨床机构的装配和仿真运动的参数设置 | 94  |
| 5.3.1 | 牛头刨床机构的装配           | 94  |
| 5.3.2 | 仿真运动的参数设置           | 101 |
| 5.3.3 | 模拟仿真运动效果            | 103 |

## 第 6 章 凸轮运动——冲孔机构运动原理 104

|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 6.1   | 冲孔机构运动仿真的总体分析    | 105 |
| 6.2   | 主要零件的设计流程        | 105 |
| 6.2.1 | 基座的创建流程          | 105 |
| 6.2.2 | 凸轮的创建流程          | 116 |
| 6.2.3 | 从动杆的创建流程         | 120 |
| 6.2.4 | 从动轮的创建流程         | 124 |
| 6.2.5 | 销钉的创建流程          | 125 |
| 6.3   | 冲孔机构仿真运动的装配与参数设置 | 128 |
| 6.3.1 | 冲孔机构的装配          | 128 |





|                                  |                          |            |
|----------------------------------|--------------------------|------------|
| 6.3.2                            | 仿真运动的参数设置 .....          | 132        |
| 6.3.3                            | 模拟仿真运动效果 .....           | 135        |
| <b>第 7 章 齿轮传动——变速箱 .....</b>     |                          | <b>137</b> |
| 7.1                              | 变速箱机构运动仿真的总体分析 .....     | 138        |
| 7.2                              | 主要零件的设计流程 .....          | 138        |
| 7.2.1                            | 齿轮轴的创建流程 .....           | 138        |
| 7.2.2                            | 减速箱的创建流程 .....           | 143        |
| 7.3                              | 减速器机构的装配和仿真运动的参数设置 ..... | 153        |
| 7.3.1                            | 连杆机构的装配 .....            | 153        |
| 7.3.2                            | 减速器机构仿真运动的参数设置 .....     | 156        |
| 7.3.3                            | 模拟仿真运动效果 .....           | 158        |
| <b>第 8 章 齿轮啮合——涡轮减速器 .....</b>   |                          | <b>160</b> |
| 8.1                              | 涡轮减速器运动仿真的总体分析 .....     | 161        |
| 8.2                              | 主要零件的设计流程 .....          | 161        |
| 8.2.1                            | 涡轮轴的创建流程 .....           | 161        |
| 8.2.2                            | 蜗杆的创建流程 .....            | 167        |
| 8.2.3                            | 涡轮的绘制流程 .....            | 174        |
| 8.2.4                            | 减速器箱体的创建流程 .....         | 182        |
| 8.3                              | 涡轮减速器的装配和仿真运动的参数设置 ..... | 194        |
| 8.3.1                            | 涡轮减速器机构的装配 .....         | 194        |
| 8.3.2                            | 仿真运动的参数设置 .....          | 199        |
| 8.3.3                            | 模拟仿真运动效果 .....           | 202        |
| <b>第 9 章 综合应用——双缸发动机原理 .....</b> |                          | <b>204</b> |
| 9.1                              | 双缸发动机运动仿真的总体分析 .....     | 205        |
| 9.2                              | 主要零件的设计流程 .....          | 205        |
| 9.2.1                            | 摆杆的创建流程 .....            | 205        |
| 9.2.2                            | 凸轮轴的创建流程 .....           | 215        |
| 9.2.3                            | 曲轴的创建流程 .....            | 221        |
| 9.2.4                            | 活塞的创建流程 .....            | 229        |

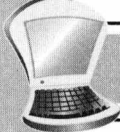


|     |       |                  |     |
|-----|-------|------------------|-----|
| 327 | 9.2.5 | 气门导杆的创建流程        | 238 |
| 327 | 9.2.6 | 顶杆的创建流程          | 240 |
| 327 | 9.2.7 | 曲柄连杆的创建流程        | 242 |
| 327 | 9.2.8 | 缸体的创建流程          | 250 |
| 327 | 9.3   | 发动机的装配和仿真运动的参数设置 | 263 |
| 327 | 9.3.1 | 发动机的装配           | 263 |
| 327 | 9.3.2 | 仿真运动的参数设置        | 273 |
| 327 | 9.3.3 | 模拟仿真运动效果         | 279 |

# 第 1 章

Pro/ENGINEER 野火版 3.0

机构模块基础知识






## 1.1 Pro/ENGINEER 机构设计模块简介

Pro/ENGINEER (Pro/E) 是美国 PTC 公司研制的一款应用于机械设计与制造的自动化软件, 该软件是一款参数化、基于特征的实体造型系统。与其他传统的 CAD/CAM 系统设计软件不同的是, Pro/ENGINEER 具有单一数据库功能。采用单一数据库的优点在于, 整个设计的任何一处发生改动都可以反应在整个设计过程的相关环节上。这种独特的数据结构与工程设计的完整结合, 使得一件产品的设计与生产结合起来, 让设计更优化, 成品质量更高, 从而将产品更好地推向市场。


Pro/ENGINEER 野火版 3.0 是 Pro/ENGINEER 更新的版本, 同以往版本相比, 无论是在软件易用性、功能实用性还是在设计的效率上都得到了很大的提高。利用该软件可以进行实体建模、曲面建模、自由造型、图形渲染、机构仿真运动等操作, 因此产品工程师们可以很方便地在产品设计阶段, 利用计算机预先进行静态与动态分析和装配干涉检验等工作, 使得产品设计的效率和产品设计成功率得到保障。


机构设计模块是 Pro/ENGINEER 的一个内嵌模块, 该模块包括了进行机构设计和仿真所需的全部工具。由于软件系统的参数化特性, 并且采用了单一数据库, 当设计模型被修改时, 系统将迅速自动更新, 并将所做的修改反映到相关的机构组件上, 以便于及时发现问题, 从而避免不必要的损失。



## 1.2 机构设计模块界面和图标简介

单击桌面的快捷图标或从“开始”菜单启动 Pro/ENGINEER 野火版 3.0 软件, 系统会自动进入 Pro/ENGINEER 野火版 3.0 操作界面。单击窗口上部工具栏中的“创建新对象”按钮 , 打开“新建”对话框, 确认“类型”选项为“组件”, “子类型”选项为“设计”, 在名称栏中输入文件名, 不勾选“使用缺省模板”选项, 然后单击  按钮, 系统将会自动打开“新文件选项”对话框。选取“新文件选项”对话框中的“mmns\_part\_solid”选项, 然后单击  按钮进入装配设计的主界面, 完成机构的装配后, 单击菜单命令“应用程序 - 机构”, 系统会自动进入机构设计操作界面(见图 1-2-1)。

机构设计模块操作界面包括 3 个主要区域: 图形区、组件模型树导航区和机构设计模型树导航区, 具体内容介绍如下。

 系统自动在图形区生成 3 个相互垂直的基准平面和一个基准坐标系, 分别为“ASM\_FRONT”、“ASM\_RIGHT”、“ASM\_TOP”与“ASM\_DEF\_CSYS”。

 组件模型树导航区: 主要用来显示当前零件或组件中每个特征或零件的列表, 它以层的形式显示当前模型的结构。另外, 模型树可以帮助用户完成如下操作: 选取操作中所需的特征、零件和组件等(如选取草绘平面时); 利用右键快捷菜单重新命名文件名, 创建或修改零件、组件的特征等; 在绘制复杂的图形时, 通过显示或隐藏特征、零件、组件, 使绘制界面简单化。

 机构设计模型树导航区: 主要用来显示机构设计的所有项目, 包含的内容有主体、连接、电动机和分析等, 当其中的某个项目被定义后, 其前方会出现一个  符号。

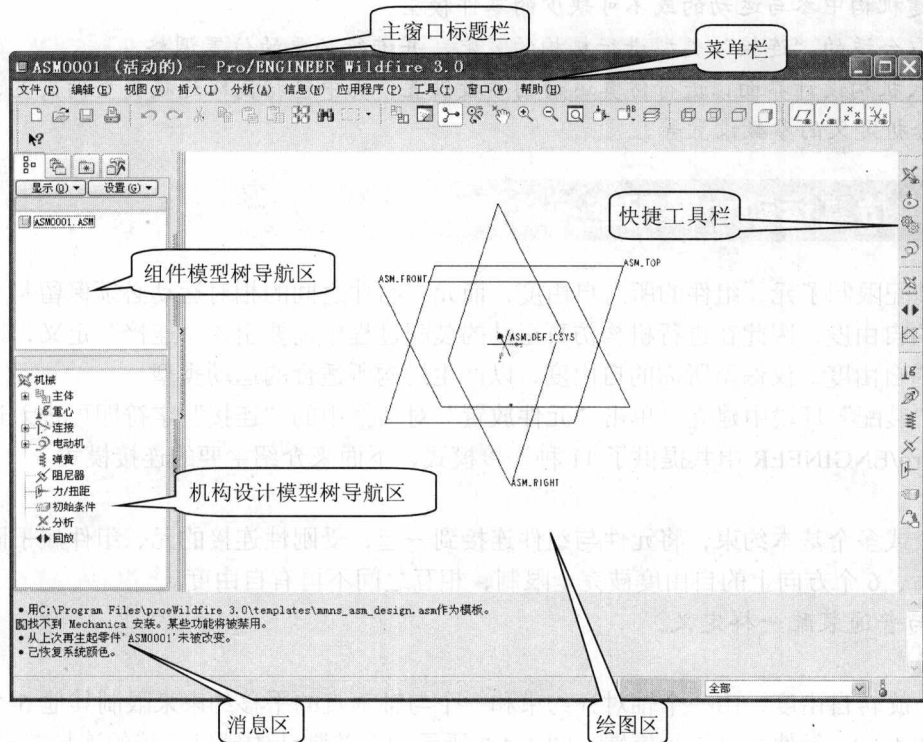






图 1-2-1 机构设计的主界面


机构设计模块操作界面中常用的快捷按钮功能如下。


☑ “机构图标显示”  按钮：主要用来显示或关闭在创建连接时系统自动显示的连接符号和图标等。


☑ “定义凸轮从动机构连接”  按钮：简称“凸轮副”，就是用凸轮的轮廓曲面去控制从动件的运动轨迹。


☑ “定义齿轮副连接”  按钮：主要用来控制两个旋转轴之间的速度关系。


☑ “定义伺服电动机”  按钮：用于定义某一旋转轴的旋转运动，即给指定的轴施加力，使其运动。


☑ “定义分析”  按钮：用于创建机构动态运动时的产生设置。

☑ “回放以前运行的分析”  按钮：用于连续播放运行分析的结果。

☑ “定义重力”  按钮：用于设置重力加速度的参数和方向。

☑ “定义弹簧”  按钮：用于定义机构运动时拉簧产生的拉力、压簧产生的压力和弹簧产生的扭力等。

☑ “定义阻尼”  按钮：用于设置机构运动时产生的阻力。

☑ “拖动封装元件”  按钮：用于调整零、组件之间的相对位置。

### 1.3 建立机构仿真运动的一般步骤

创建机构仿真运动的基本操作流程如下。

- 📖 创建机构中参与运动的或不可缺少的零件模型。
- 📖 选取合适的“连接”类型进行机构的装配，并进行必要的位置调整。
- 📖 进入机构设计界面，进行仿真运动的参数设置，其中包括高级连接类型的设置、伺服电动机和分析定义的参数设置等。

## 1.4 机构仿真运动中装配连接的概念及定义

常规的装配限制了元、组件的所有自由度，而元、组件之间的相对运动必须保留某个或几个方向上的自由度，因此在进行机构仿真运动的装配过程中需要引入“连接”定义，即能够限制主体的自由度，仅保留所需的自由度，以产生机构所适合的运动类型。

连接在“装配”环境中建立，单击“元件放置”对话框中的“连接”字符即可进入连接设置状态，Pro/ENGINEER 中共提供了 11 种连接模式，下面来介绍主要的连接模式。

### 1. 刚性

使用一个或多个基本约束，将元件与组件连接到一起，受刚性连接的元、组件属于同一主体，连接后，6 个方向上的自由度被完全限制，相互之间不再有自由度。

约束：与普通装配一样定义。

### 2. 销钉

仅有一个旋转自由度，由一个轴对齐约束和一个与轴垂直的平移约束来限制其他 5 个自由度（见图 1-4-1），元件可以绕轴旋转，图 1-4-2 所示为系统默认的销钉连接的连接符号。

约束：轴对齐；平面匹配/对齐或点对齐。

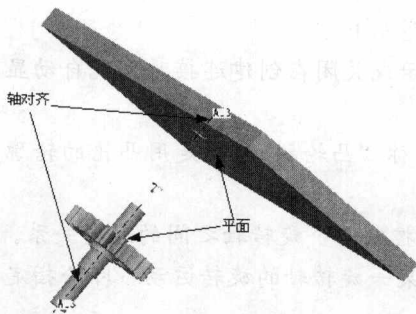


图 1-4-1 “销钉”连接的约束条件

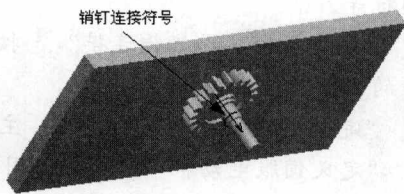


图 1-4-2 “销钉”连接的连接符号

### 3. 滑动杆

仅有一个沿轴向的平移自由度，实际上就是一个与轴平行的平移运动，使用“轴对齐”和“旋转”两个约束限制其他 5 个自由度（见图 1-4-3）。图 1-4-4 所示为系统默认的滑动杆连接的连接符号。

约束：轴（或边）对齐，平面匹配/对齐或点对齐。

### 4. 圆柱

具有一个旋转自由度和一个沿轴向的平移自由度，元件可绕轴旋转，同时可沿轴向平移。使用“轴对齐”的约束限制其他 4 个自由度（见图 1-4-5）。图 1-4-6 所示为系统默认的圆柱连接的连接符号。

约束：轴对齐。

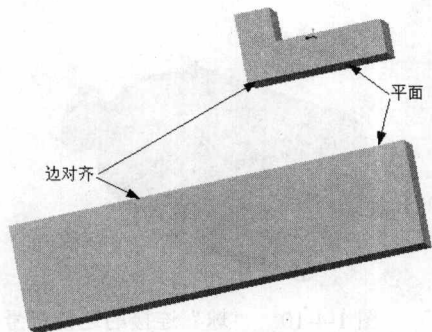
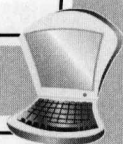


图 1-4-3 “滑动杆”连接的约束条件

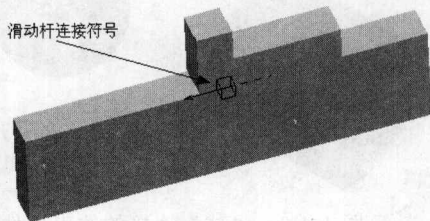


图 1-4-4 “滑动杆”连接的连接符号

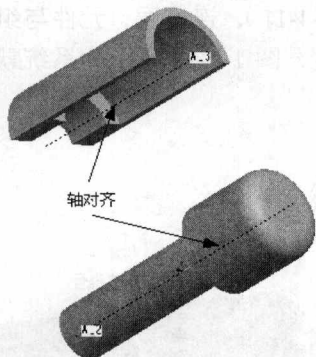


图 1-4-5 “圆柱”连接的约束条件

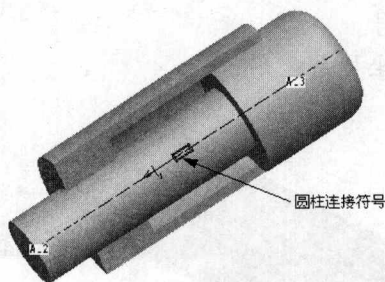


图 1-4-6 “圆柱”连接的连接符号

### 5. 平面

具有两个平移自由度和一个旋转自由度，使用“平面”约束限制其他 3 个自由度，元件可绕垂直于平面的轴旋转并在平行于平面的两个方向上平移（见图 1-4-7）。图 1-4-8 所示为系统默认的平面连接的连接符号。

约束：平面匹配/对齐。

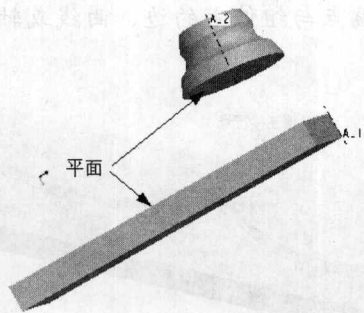


图 1-4-7 “平面”连接的约束条件

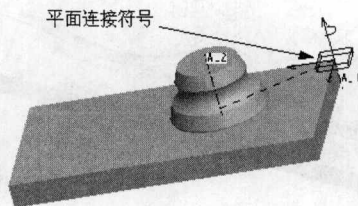


图 1-4-8 “平面”连接的连接符号

### 6. 球

具有 3 个旋转自由度。使用“点对齐”约束来限制 3 个自由度（见图 1-4-9）。图 1-4-10 所示为系统默认的球连接的连接符号。

约束：点与点对齐。

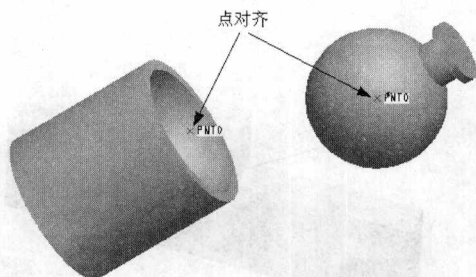


图 1-4-9 “球”连接的约束条件

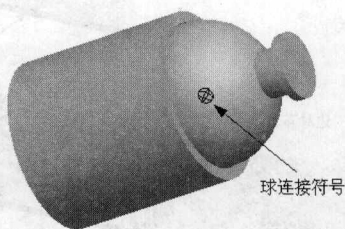


图 1-4-10 “球”连接的连接符号

## 7. 焊接

使用“坐标系（重合）”约束所有自由度（见图 1-4-11），连接后，元件与组件成为一个主体，6 个自由度被完全限制，相互之间不再有自由度，图 1-4-12 所示为系统默认的焊接连接的连接符号。

约束：坐标系对齐。

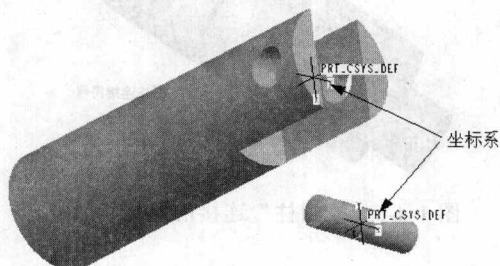


图 1-4-11 “焊接”连接的约束条件

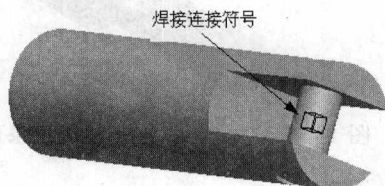


图 1-4-12 “焊接”连接的连接符号

## 8. 槽

具有一个自由度，元件上的一个点始终在组件上的一根曲线上运动，线条既可以是直线也可以是螺旋曲线（见图 1-4-13），图 1-4-14 所示为系统默认的槽连接的连接符号。

约束：零件上的点、创建的基准点或线段的端点与组件上的边、曲线或轴线约束。

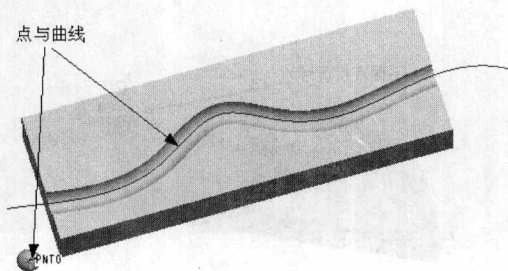


图 1-4-13 “槽”连接的约束条件

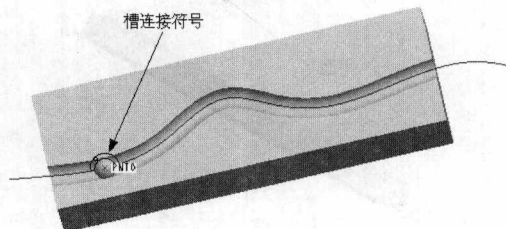


图 1-4-14 “槽”连接的连接符号

以上连接类型的设置将在后续章节中的实例里详细介绍。



# 第 2 章

## 回旋运动——连杆机构

