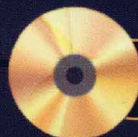
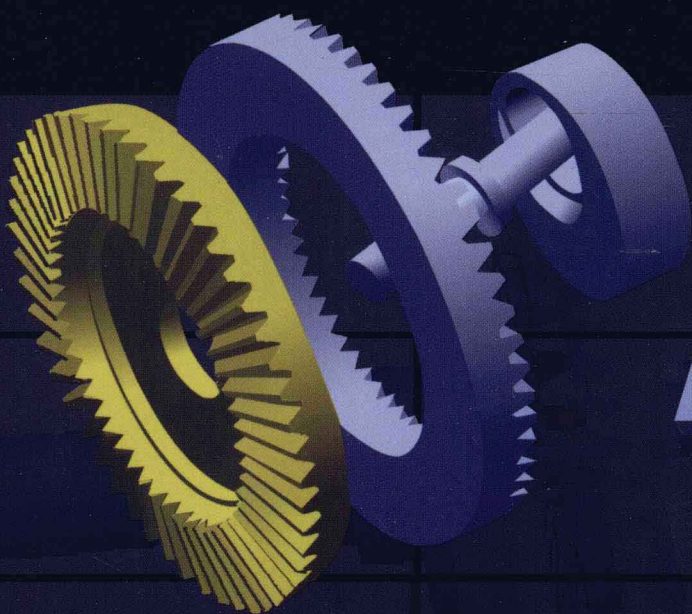


Pro/E

产品装配与机构仿真

PRO/E CHANPIN ZHUANGPEI
YU JIGOU FANGZHEN

● 李雷 黄恺 高奇 编著



配套学习光盘

- 第一章 产品装配与机构仿真简介
- 第二章 连杆机构组装与仿真
- 第三章 凸轮机构的组装与运动仿真
- 第四章 齿轮传动机构组装与仿真
- 第五章 轮系的组装与仿真
- 第六章 其他机构的组装与仿真



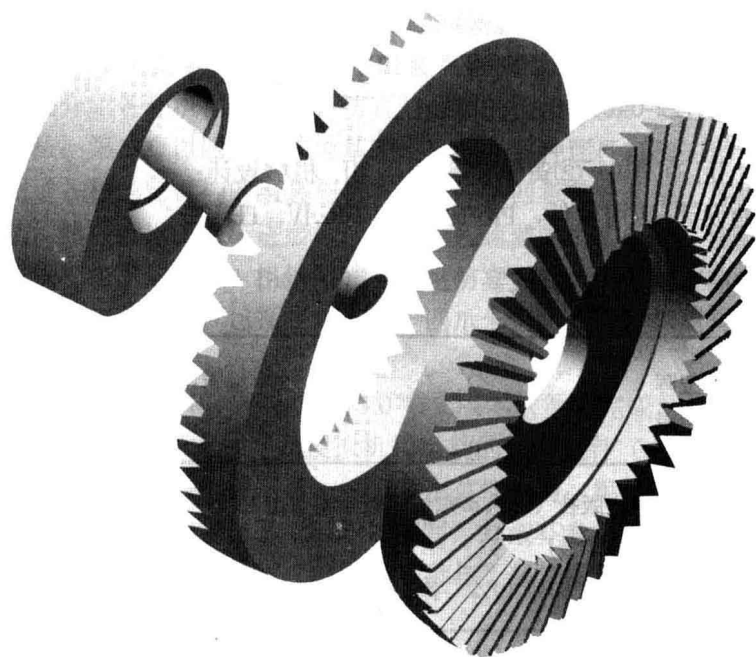
机械工业出版社

Pro/E

产品装配与机构仿真

PRO/E CHANPIN ZHUANGPEI
YU JIGOU FANGZHEN

● 李雷 黄恺 高奇 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍了连杆机构、凸轮机构、齿轮副、轮系的设计、机构组装与运动仿真方法以及机床进给机构、汽车差速器、三爪卡盘、四爪卡盘、安全超越离合器等工程实例的装配、运动仿真、动态分析等。所有机构实例在组装与运动仿真时完全依据机械设计原理,基本覆盖了机械工程中的典型装配。本书实例均在 Pro/ENGINEER Wild Fire 3.0 中文版本软件下完成,所附光盘包含所有实例中所需的零件 (.prt 文件) 及模拟机构运动的影像文件 (.mpg 文件)。

本书适合已经掌握 Pro/ENGINEER 基本操作的机械工程技术人员使用,也可作为普通高等院校机械类专业学生学习 Pro/ENGINEER 高级应用的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/E 产品装配与机构仿真 / 李雷, 黄恺, 高奇编著.

—北京: 化学工业出版社, 2009.5

ISBN 978-7-122-04697-0

I. P… II. ①李… ②黄… ③高… III. 机械设计:
计算机辅助设计-应用软件, Pro/ENGINEER IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 016961 号

责任编辑: 李玉晖

文字编辑: 项 激

责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 刘丽华

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 19¼ 字数 483 千字

2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

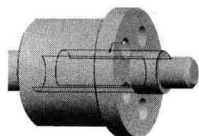
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

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: 48.00 元

版权所有 违者必究



前 言

Pro/ENGINEER 作为目前国际市场上最有影响的三维 CAD/CAM 软件之一,在业界享有比较高的声誉和市场占有率,广泛应用于机械、汽车、电子、航空航天等多种行业。

Pro/ENGINEER 作为 CAD/CAM 系统集成软件,为用户提供了全方位的产品开发功能,集零件设计、产品组装、机构设计与分析、模具设计与数控加工、工程图绘制等功能于一体,可为用户构成十分便捷、功能强大的设计及分析工作平台,解决大量原本看来可能较为棘手的工程问题。本书正是从这一角度出发,选择机械工程中较为常见的机构作为实例,利用 Pro/ENGINEER 的产品组装及机构仿真与分析功能,进行机构设计、仿真及动态分析。

全书的所有机构实例在组装与运动仿真时完全依据机械设计原理,从工程设计的角度提供机构组件的约束连接条件,实现机构运动仿真。使读者能够通过本书真正了解如何使用 Pro/ENGINEER 软件进行机构的设计、仿真及分析。

本书适合经过一定训练,已经掌握 Pro/ENGINEER 基本操作的工程技术人员使用,亦可作为普通高等院校机械类专业学生学习 Pro/ENGINEER 高级应用的参考教材。

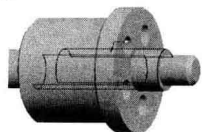
全书共分 6 章,分别介绍各种机构的设计、仿真与分析的操作方法。第一章介绍产品组装与机构仿真的一般方法;第二章以四杆机构为基础,介绍了各种连杆机构的设计、仿真与分析方法;第三章介绍了各种凸轮机构的组装与仿真方法;第四章首先介绍了各种齿轮副的组装、仿真与分析方法,然后给出了机床进给机构及汽车差速器的机构组装、仿真与运动分析方法;第五章介绍了各种轮系的设计、机构组装与运动仿真方法;第六章在前述有关内容的基础上,给出了若干综合应用实例,包括三爪卡盘、四爪卡盘,安全超越离合器的装配、运动仿真、动态分析等。

本书所有实例皆在 Pro/ENGINEER Wild Fire 3.0 中文版本软件下完成,并附赠光盘,盘中包括所有实例中所需的零件(.prt 文件)及模拟机构运动的影像文件(.mpg 文件)。

本书第一章、第四章由李雷编写;第三章、第五章由黄恺编写;第二章由高奇编写;第六章由李雷、黄恺共同编写。李金华参与了第五章的编写,刘淑芬参与了第四章的编写,张晓光参与了第六章的编写。李红保、谷丽瑶、白国静等参与了部分图形的绘制。全书由李雷负责统稿。

由于我们的水平所限,书中难免仍有错漏之处,恳请读者批评指正,并及时反馈给我们(E-mail: liumuge87@163.com)。

编著者
2009 年 1 月



目 录

第一章 产品装配与机构仿真简介	1
第一节 概述	1
第二节 固定元件的组装	4
第三节 机构组装的连接条件	7
第四节 设置伺服电动机	12
第五节 凸轮从动机构及齿轮副设置	15
第二章 连杆机构组装与仿真	18
第一节 四连杆机构	18
第二节 连杆机构应用实例	45
第三章 凸轮机构的组装与运动仿真	77
第一节 直动从动件盘形凸轮机构	77
第二节 摆动从动件槽形凸轮机构	86
第三节 CA6140 进给箱操纵机构	97
第四节 CA6140 主轴箱操纵机构	116
第四章 齿轮传动机构组装与仿真	137
第一节 齿轮副的组装与仿真	137
第二节 齿轮传动应用实例	163
第五章 轮系的组装与仿真	210
第一节 周转轮系运动分析原理	210
第二节 行星轮系组装与运动仿真	211
第三节 三环减速器组装与运动仿真	223
第四节 双锥齿轮减速器组装与运动仿真	239
第六章 其他机构的组装与仿真	252
第一节 三爪卡盘	252
第二节 四爪卡盘	264
第三节 安全超越离合器	272
参考文献	302

第一章 产品装配与机构仿真简介

产品装配与机构仿真是 Pro/ENGINEER 的一项重要功能。当设计师进行产品组装与机构仿真时, 该项功能能对设计师提供重要帮助。本章从产品组装与机构仿真的一般方法入手, 介绍产品装配与机构仿真所涉及的一些基本知识。

第一节 概 述

一、产品组装与机构仿真的一般方法

1. 产品组装的两种方法

在 Pro/ENGINEER 的装配模块中, 对产品组装与机构仿真提供了两种不同的装配方法。

(1) 约束装配

当进行普通产品装配时, 不考虑机构运动, 或机构中某些元件是固定不动的, 那么在装配时可采用约束条件进行装配。

(2) 连接装配

当进行机构运动仿真时, 其机构组装必须考虑机构中哪些元件是运动的, 哪些元件是固定不动的, 对于运动的元件要采用连接条件进行装配。

2. 产品组装与机构仿真的一般步骤

(1) 使用约束条件将固定不动的零件或组件装配进来。

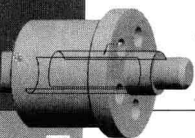
(2) 使用连接条件将运动的零件装配进来。

(3) 进入机构模块。当以约束和连接条件将元件组装在一起后, 即可通过下拉式菜单“应用程序/机构”进入机构设计模块。

(4) 手工拖曳元件运动。进入机构模块后, 可首先点击工具栏按钮, 手工拖曳运动元件, 使元件按预定运动方式运动, 以测试元件装配是否正确, 机构运动方式是否合乎理想。如果元件装配正确, 机构运动合乎理想, 则进行下一步, 否则回到组装环境重新组装。

(5) 设置齿轮副、凸轮从动机构。如果机构中含有齿轮副或凸轮从动机构, 则在机构组装并测试正确后, 进行齿轮副或凸轮从动机构的设置, 建立机构各元件连接条件之间的关系, 以便驱动。

(6) 添加伺服电动机。当连接设定完成后, 即可设置伺服电动机, 以作为机构的动力



来源。

(7) 其他设定。如果机构运动复杂，还需要添加其他设置，如弹簧、力、转矩等。

(8) 分析与仿真。当机构设置完成后，可进行各种分析，如位置、运动学、动态等，并根据分析获得结果报告。

二、产品组装与机构仿真的用户界面

1. 产品组装的用户界面

点击下拉式菜单“文件/新建”，在弹出的对话框中选择“组件”，给出组件名称及相关设置，即可进入产品装配模块。

图 1-1 展示了产品组装时的主窗口，在主窗口的右侧有工具栏，在工具栏中有一按钮，该按钮用于将元件添加到组件上。

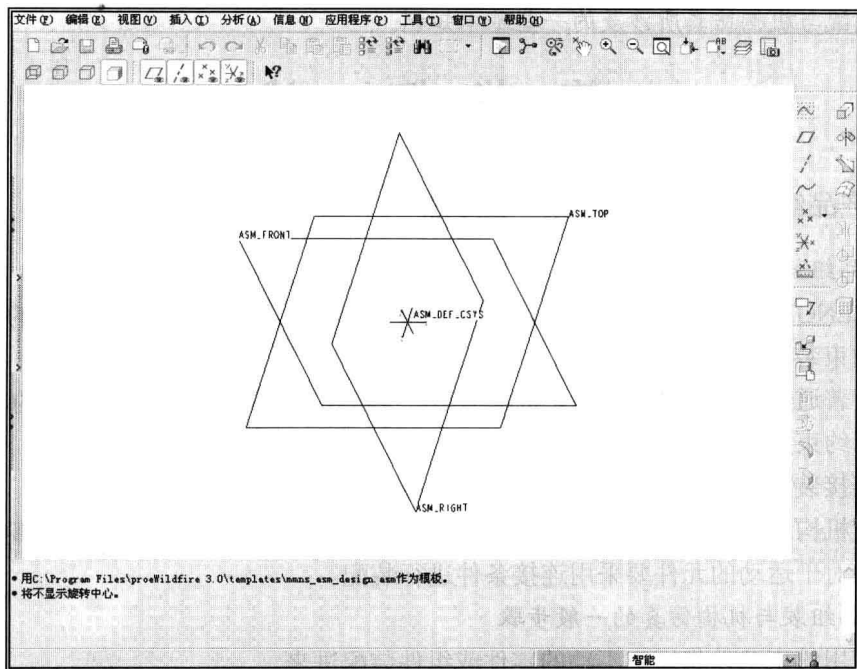


图 1-1 产品组装主窗口

2. 机构模块的用户界面

当产品组装完成后，点击下拉式菜单“应用程序/机构”，即可进入机构仿真模块。图 1-2 展示了机构模块的窗口。

(1) 模型树

在窗口的左侧是模型树，分上下两层，上层是组件模型树，显示装配模型中的所有零件和组件；下层是机构模型树，显示机构模型中的所有项目，如图 1-3 所示。

(2) 工具栏

在窗口的右侧是工具栏按钮，按钮的意义如图 1-4 所示。通过这些按钮，即可进行机构仿真设计。

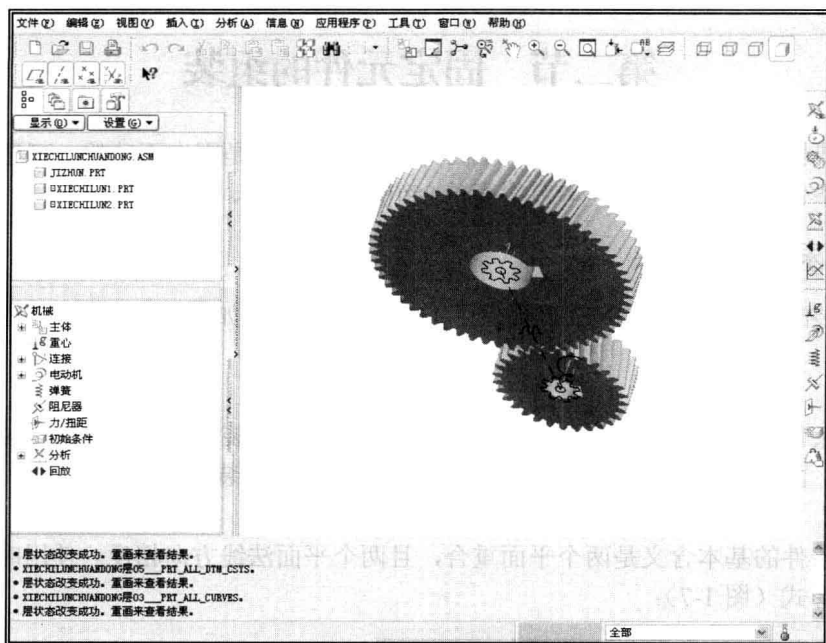


图 1-2 机构模块窗口

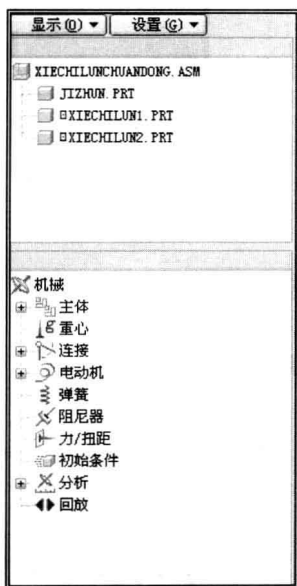


图 1-3 机构模块的模型树

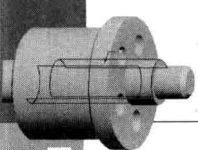


图 1-4 机构模块的工具栏

在主窗口上方工具栏中也有三个与机构设计有关的按钮，如图 1-5 所示。



图 1-5 主窗口上方工具栏



第二节 固定元件的组装

在产品或机构组装时，若组成产品或机构的零件或组件是固定不动的，可通过设定元件之间的约束条件进行固定装配，本节将简单介绍约束的种类、设置方法。

一、约束条件的种类

在约束装配中，Pro/ENGINEER 提供了 11 种约束条件，如图 1-6 所示。这些约束条件的意义如下。

1. 自动

此约束条件为默认选项。使用该条件用户只需在现有的装配组件和要进行装配的元件上选取点、线、面等几何图元，系统自动给出约束的类型进行装配。

2. 匹配

此约束条件的基本含义是两个平面重合，且两个平面法线方向相反。使用时，其偏移选项可有三种形式（图 1-7）：

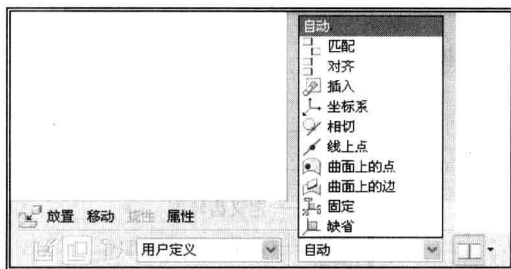


图 1-6 约束的种类

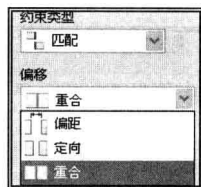


图 1-7 “匹配”约束的三种形式

- 重合 两个平面面对面且互相重合，这是匹配约束的默认设置。
- 偏距 两平面面对面安装，且中间有间隔距离。
- 定向 两个平面面对面，但不设置平面之间的间隔距离。

图 1-8 表示了两平面匹配约束的重合与偏移。

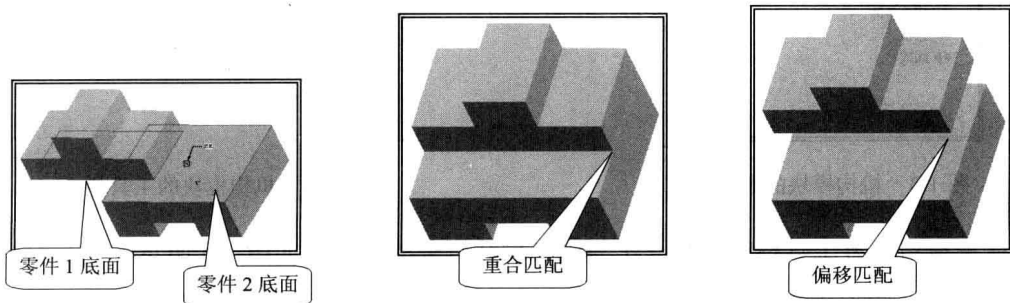
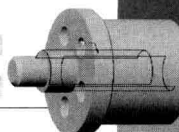


图 1-8 “匹配”约束的重合与偏移

3. 对齐

对齐可以是面对齐、轴线或边对齐、点对齐。当面对齐时，此两个平面同向。对齐约束



也可设置间隔距离、定向及重合的三种偏移形式，设置方法与匹配的偏移设置相同，这里不再赘述。

图 1-9 表示了两平面对齐的三种形式。

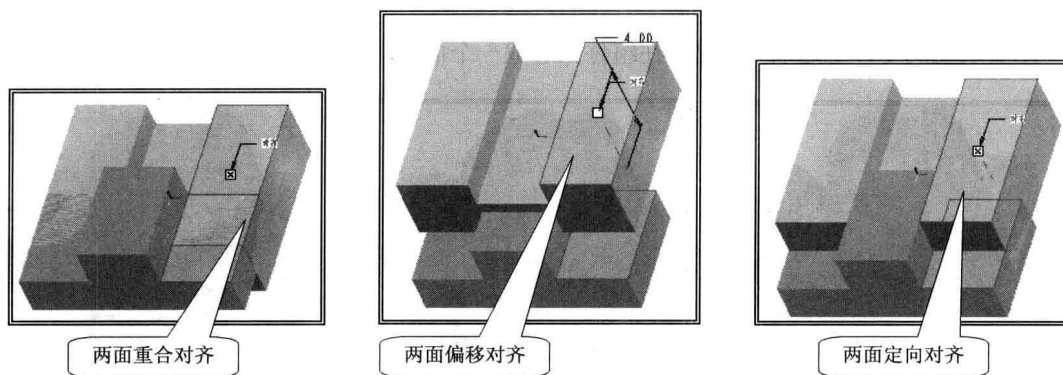


图 1-9 平面“对齐”约束的重合、偏移与定向

4. 插入

轴与孔的配合约束，如图 1-10 所示。

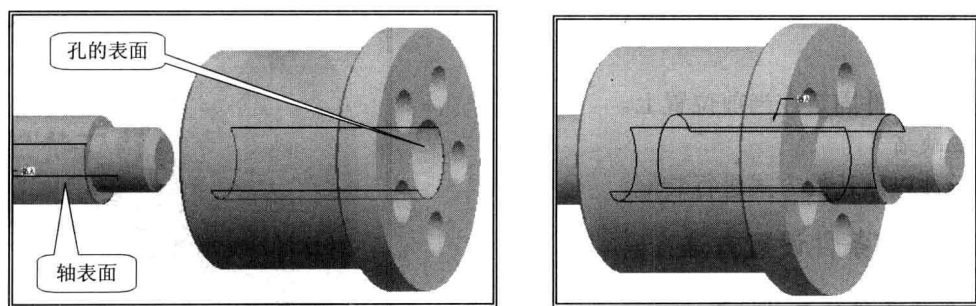


图 1-10 轴孔“插入”约束

5. 坐标系

选取两个配合件的坐标系进行装配，如图 1-11 所示。

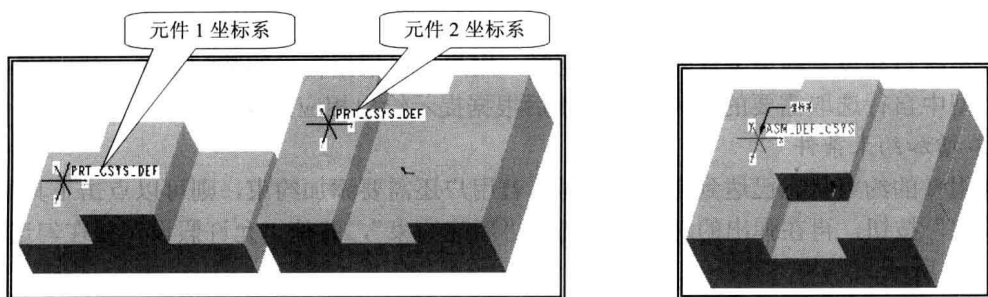
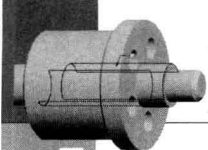


图 1-11 “坐标系”约束

6. 线上点

此约束要求在要装配的零件上选取一个点或顶点，使其落在组件上的一条边、轴或基准



曲线上，如图 1-12 所示。

7. 相切

两个曲面或基准平面以相切的方式进行装配，如图 1-13 所示。

8. 表面上的边

在要装配的零件上选取一个边，在组件上选取一个曲面，使其落在曲面上，如图 1-14 所示。

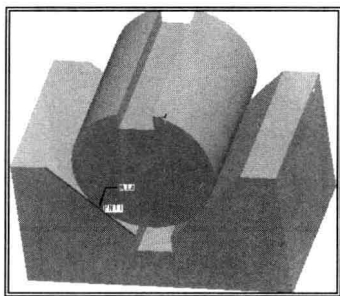


图 1-12 “线上点”约束

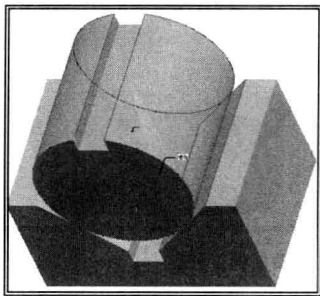


图 1-13 “相切”约束

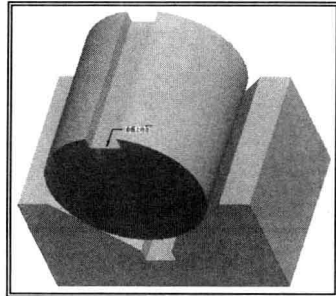


图 1-14 “表面上的边”约束

9. 表面上的点

在要装配的零件上选取一个点或一个顶点，在组件上选取一个曲面，使点落在曲面上，如图 1-15 所示。

10. 固定

直接将元件固定在当前位置上。

11. 缺省

将元件以默认的方式进行装配。

二、约束条件设置方法

1. 约束条件的自动设置

当进行组件装配时，点击元件添加按钮，系统会弹出工具面板，将约束类型设在“自动”上，此时用户只需在现有的组件上及要装配的元件上，选取点、线、面等几何图元，系统会自动设置约束条件，并且会在工具面板的“放置”对话框中给出该约束的详细内容。

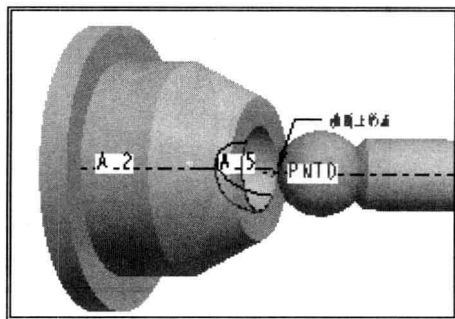


图 1-15 “表面上的点”约束

2. 用户自行设置约束条件

除系统自动设置约束条件外，在装配时，用户也可根据自己的装配要求，从前述 11 种约束类型中自行选取需要的约束类型，然后根据提示给出相应的操作。

3. 增加约束条件

当组件的约束状态已达到完全约束时，若用户还需要添加约束，则可以点击工具面板上的“放置”按钮，再在弹出的对话框中选择“新建约束”，并使“允许假设”处在勾选状态，如图 1-16 所示。

4. 删除约束条件

如果约束条件不符合要求，可直接删除此项约束。步骤如下：

- (1) 点击工具面板上的“放置”按钮；
- (2) 在弹出的对话框中选择要删除的约束条件；

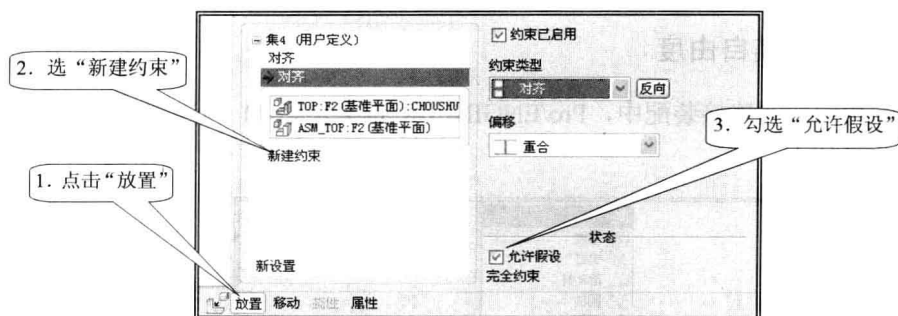


图 1-16 增加约束的操作

(3) 点击鼠标右键，在弹出的菜单上选择“删除”，此约束条件即可被删除，如图 1-17 所示。

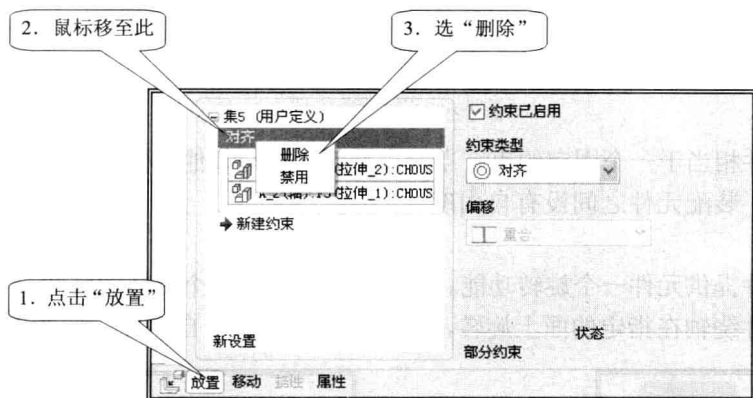


图 1-17 删除约束的操作

5. 修改约束条件

(1) 修改方向

此处的修改是指当两配合面采用“匹配”或“对齐”约束时，若方向不对，可通过“反向”进行修改，当反向后，约束就由“匹配”（或“对齐”）变为“对齐”（或“匹配”）。

(2) 修改参照基准

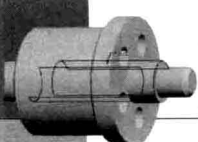
若约束所选参照基准需要修改，则只要在“放置”对话框中选择该约束，然后重新选择参照基准即可。

(3) 约束条件与连接条件的互相转换

当组件的装配状态还处在部分约束时，或者组件的装配状态已为完全约束，但“允许假设”没有勾选（表示可允许系统自行设置约束条件），若希望将约束条件与连接条件互相转换，可通过工具面板上的按钮来实现。

第三节 机构组装的连接条件

在机构组装时，为保证机构上的运动零件（或组件）能够运动，对运动元件（零件或组件）要进行连接条件设置，按连接条件装配。本节将简单介绍连接的种类、自由度以及设置方法。



一、连接种类及其自由度

与约束装配相同，在连接装配中，Pro/ENGINEER 也提供了 11 种连接条件，如图 1-18 所示，它们的意义如下。



图 1-18 连接种类

1. 刚性

此连接条件相当于一个固定约束。当一个元件必须与其他元件固定装配在一起时，可使用此连接条件，装配元件之间没有自由度。

2. 销钉

此连接条件提供元件一个旋转功能。设置时需要提供一个旋转的轴和一个限制元件移动的面，保证元件绕轴在指定的面上旋转，提供元件 1 个旋转自由度，如图 1-19 所示。

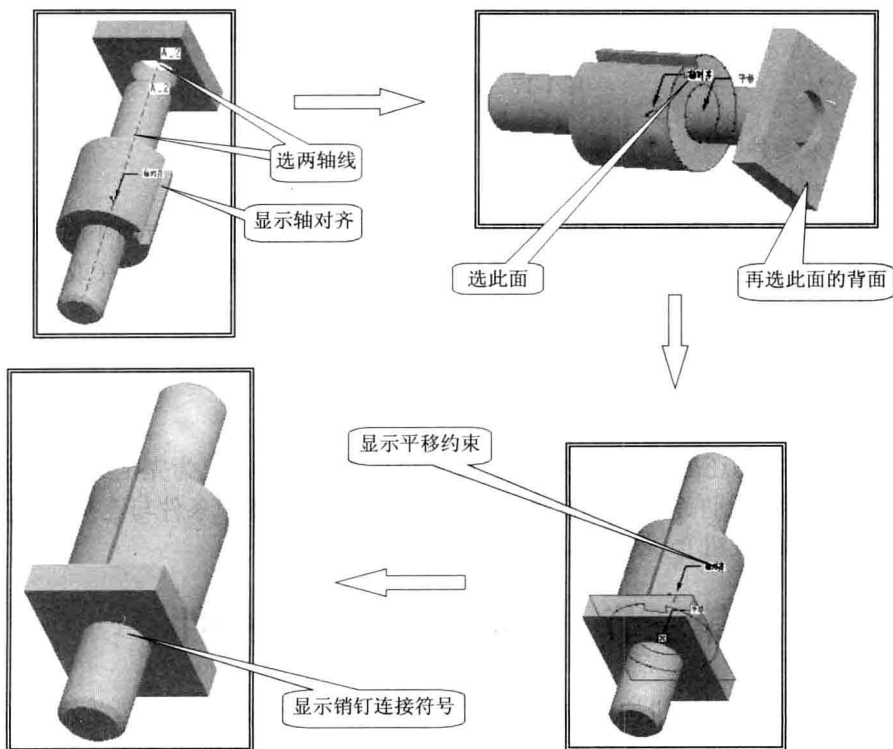


图 1-19 销钉连接的操作过程

3. 滑动杆

此连接条件提供元件一个移动功能。设置时需要提供一个移动的边或轴和一个限制元件转动的面，保证元件在指定的面上沿所选的边或轴平移，提供元件 1 个平移自由度，如图 1-20 所示。

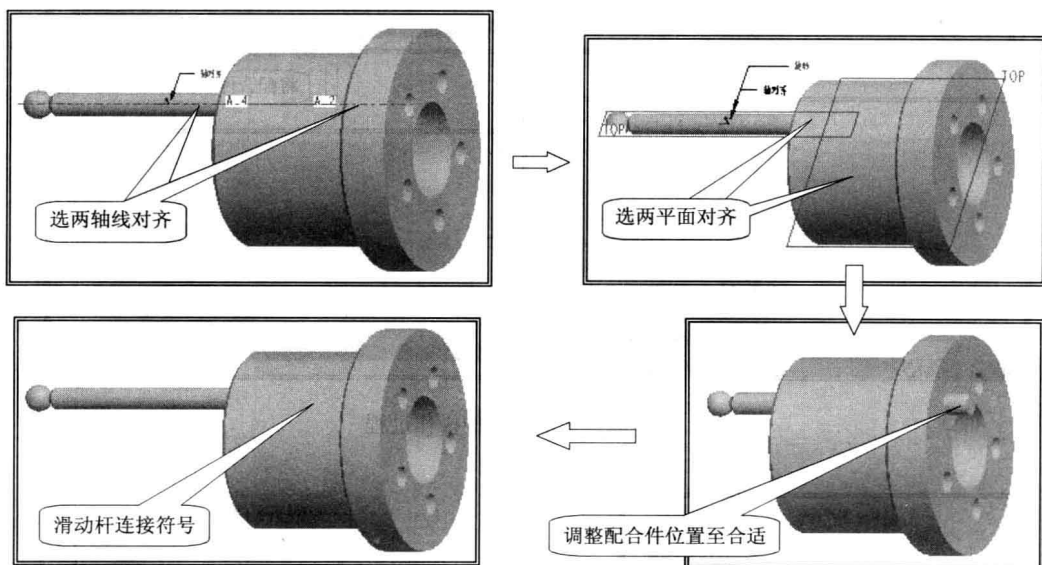


图 1-20 滑动杆连接的操作过程

4. 圆柱

此连接条件提供元件一个平移和一个旋转功能。设置时需要提供一个旋转和平移的轴，保证元件既绕轴旋转又沿轴平移，提供元件 1 个旋转自由度和 1 个平移自由度，如图 1-21 所示。

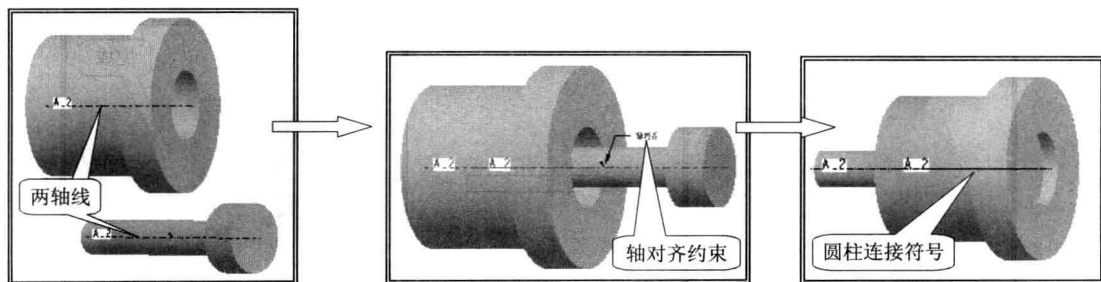


图 1-21 圆柱连接的操作过程

5. 平面

此连接条件提供元件沿平面移动及垂直平面旋转的功能。设置时需要提供一个面，保证元件在面上移动并绕垂直于面的轴线旋转，提供元件 1 个旋转自由度、2 个平移自由度，如图 1-22 所示。

6. 球

此连接条件提供元件绕任意轴旋转的功能。设置时需要提供 2 个匹配的点或顶点或曲线端点，以保证元件只有旋转而无移动，提供元件 3 个旋转自由度，如图 1-23 所示。

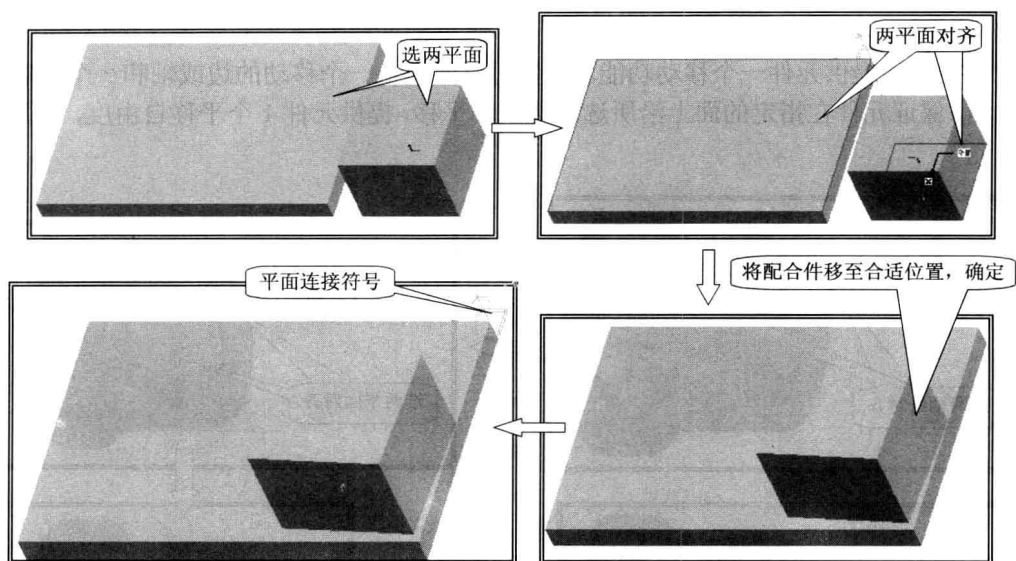
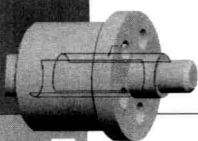


图 1-22 平面连接的操作过程

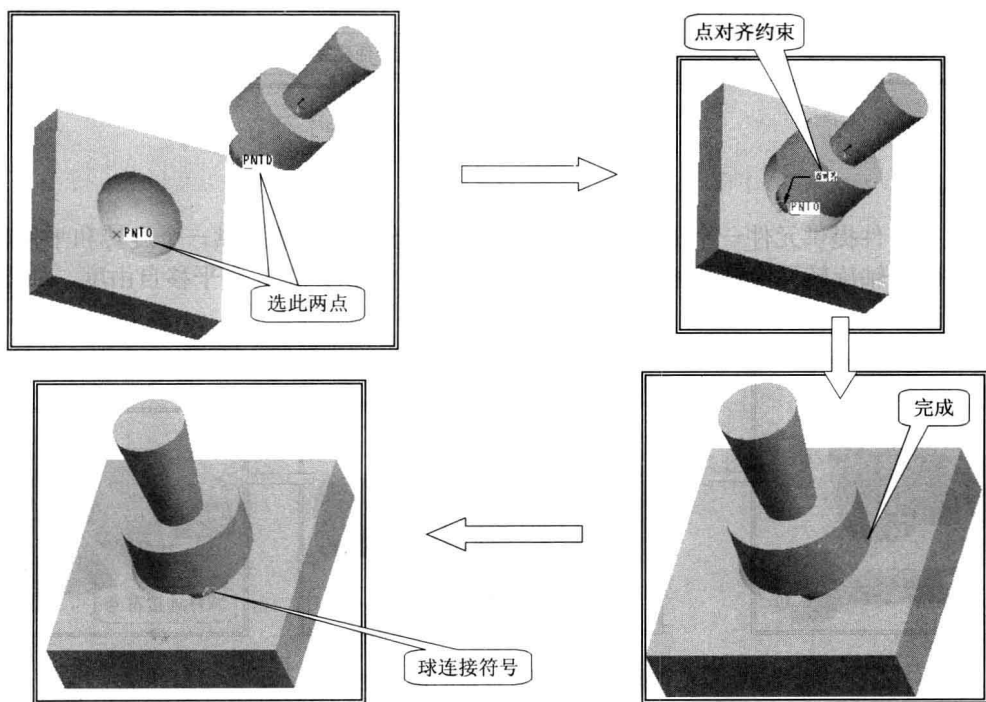


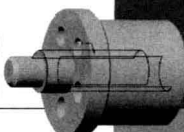
图 1-23 球连接的操作过程

7. 焊接

此连接条件使装配元件焊接在已有的组件上, 无相对运动。设置时需要提供一个匹配的坐标系, 将两个元件粘在一起, 元件自由度数为 0。

8. 轴承

此连接条件既提供元件绕任意轴旋转功能, 也提供元件沿某一轴移动功能。设置时需要



提供元件上的一个点或顶点或端点和组件上的一个轴或反之,保证元件绕点旋转并沿轴移动,提供元件 3 个旋转自由度和 1 个平移自由度,如图 1-24 所示。

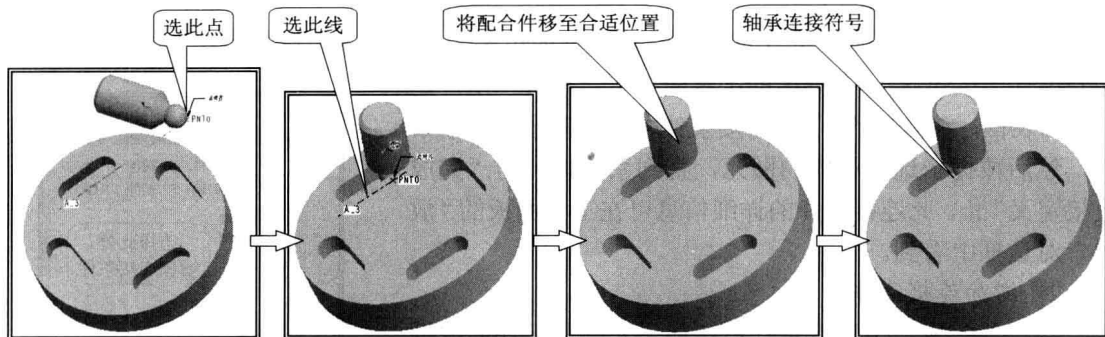


图 1-24 轴承连接的操作过程

9. 常规

此连接条件可使用户在已有的组件和要装配的元件上选取任意图元,提供的运动功能和所选图元有关,元件的自由度数也和所选图元有关。

10. 6DOF

此连接条件没有任何运动约束,设置时只需要给出元件和已有组件的坐标系,保证元件在坐标系内可沿 X 、 Y 、 Z 轴移动,也可绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转,提供元件 6 个自由度。

11. 槽

此连接条件类似于一个滑槽,提供元件一个沿槽运动的功能。设置时需要提供元件上一个点或基准点或端点,以及已有组件上的一个边或轴或曲线,保证元件沿着所选取的边或轴线或曲线滑动,如图 1-25 所示。

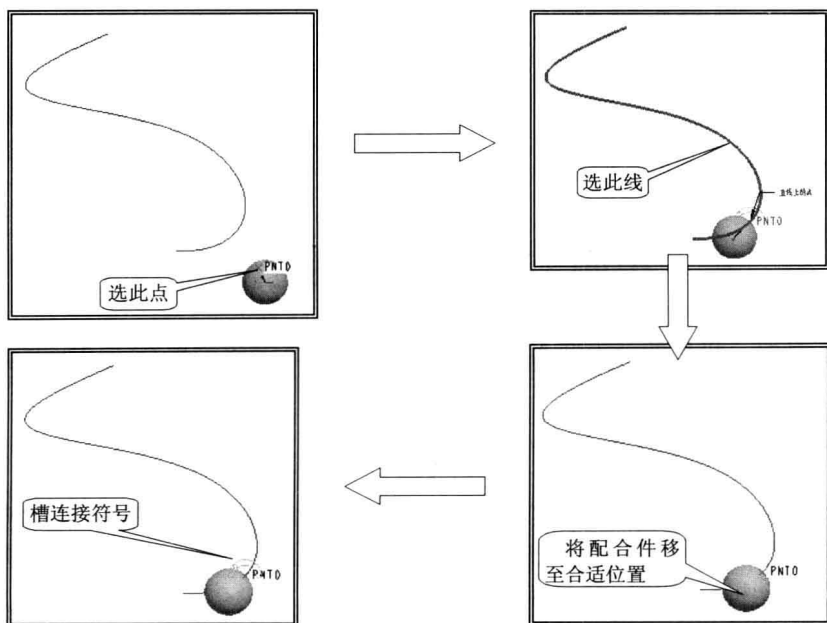
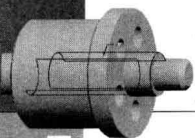


图 1-25 槽连接的操作过程



二、连接条件的设置方法

1. 设置连接条件

当进行机构组装时，对于机构中运动元件的组装，需要设置连接条件。点击“将元件添加到组件”按钮，在弹出的工具面板上，拉开“用户定义”列表框，在前述的 11 种连接条件中选择期望的连接条件，然后按提示选择相应的图元，直到系统提示为“完成连接定义”止。此连接条件的详细信息可在工具面板的“放置”对话框中看到。

2. 增加连接条件

当设置完成一个连接条件后，如果元件装配还需要增加连接条件，则可点击工具面板上的“放置”按钮，选择“新设置”，如图 1-26 所示；或点击右键，在弹出的菜单中选择“添加集”，可增加连接条件，如图 1-27 所示。

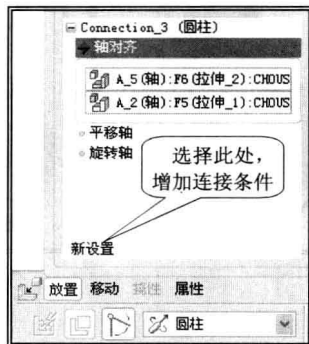


图 1-26 “新设置”增加连接条件

3. 删除连接条件

当需要删除所设置的连接条件时，则可点击工具面板上的“放置”按钮，选择所设置的连接条件，再点击右键，在弹出的菜单中选择删除，即可删除连接条件，如图 1-28 所示。

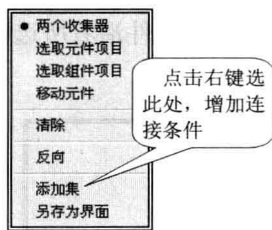


图 1-27 “添加集”增加连接条件

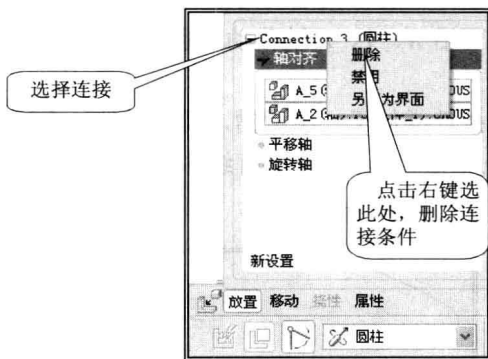


图 1-28 删除连接条件

第四节 设置伺服电动机

在机构运动时，机构的动力源由伺服电动机提供。本节将简单介绍伺服电动机的驱动轴和位置、速度等参数的设置方法。

一、伺服电动机定义概述

当机构组装完成后，通过下拉菜单“应用程序/机构”进入机构模块，在此模块中，点击伺服电动机创建按钮，系统会弹出“伺服电动机定义”对话框，如图 1-29 所示。该对话框给出了伺服电动机定义的所有内容，包括：

- 名称 名称选项给出所定义的电动机的名称，可以是系统默认的名称 ServeMotor1、ServeMotor2 等，也可由用户自行定义。