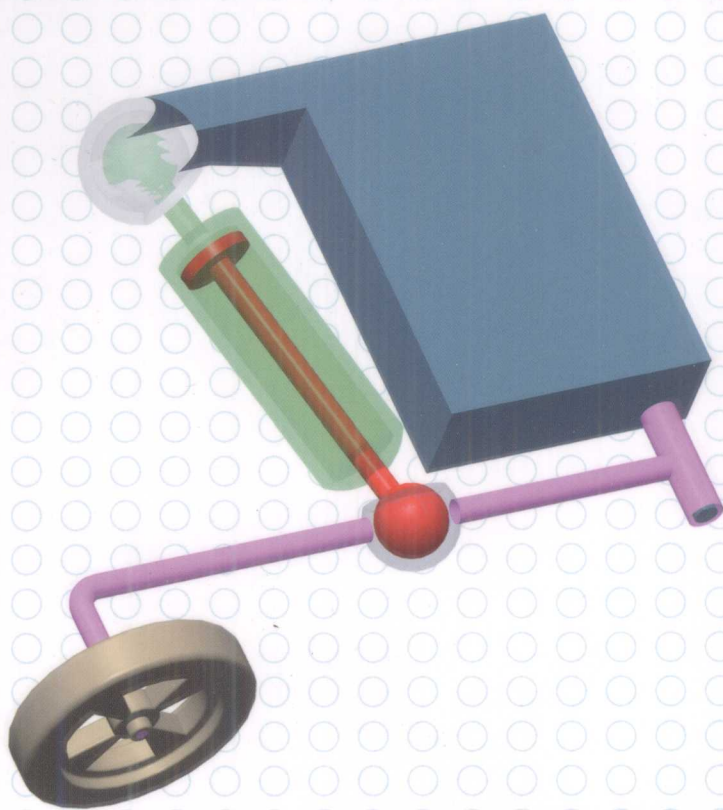
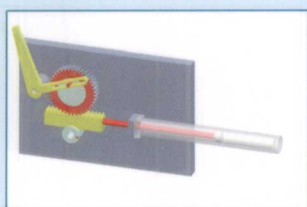
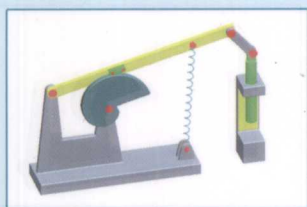
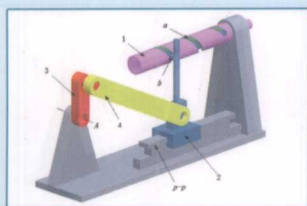
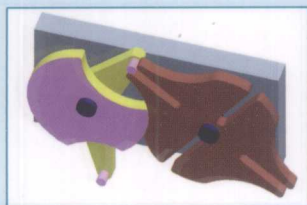




老虎工作室 佟河亭 李超 王炳强 编著

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0

机构运动仿真与动力分析



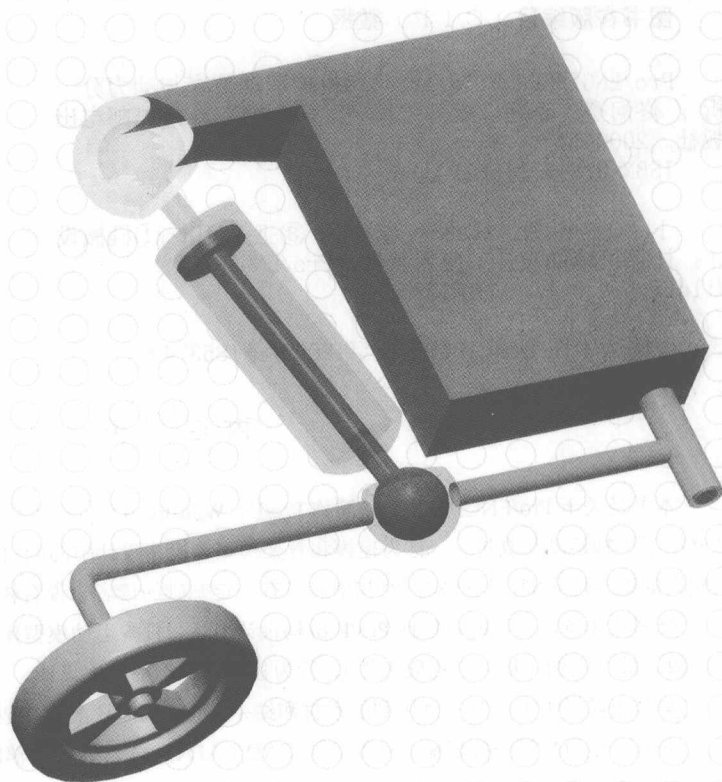
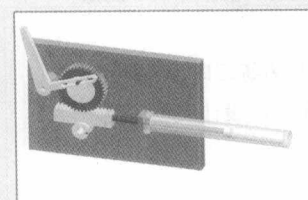
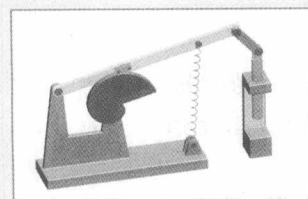
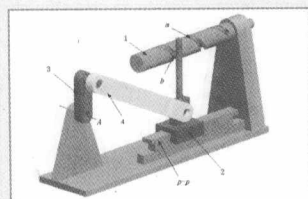
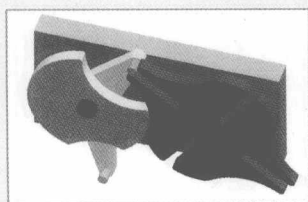
随书赠送
DVD光盘

✓ 本书主要内容：Pro/E机构设计概述、建立机构运动模型、设置运动环境、模型分析、测量和回放、行为建模、机构的装配设计。

✓ 通过本书中实例的讲解和练习，读者可以学会合理地进行行为建模以及对机构零件的某些参数进行优化设计，提高解决实际问题的能力。



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



Pro/ENGINEER Wildfire 4.0

机构运动仿真与动力分析

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0机构运动仿真与动力分析 / 佟河亭, 李超, 王炳强编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2009.11

ISBN 978-7-115-21084-5

I. ①P… II. ①佟… ②李… ③王… III. ①机械设计: 计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第185374号

内 容 提 要

本书是关于 Pro/ENGINEER (简称 Pro/E) Wildfire 4.0 机构运动仿真与动力分析方面的书籍。书中详细介绍了机构运动仿真过程、行为建模和骨架模型在机构设计中的应用。书中既有简单的功能性实例又有难度较大的综合性实例, 这些实例对初学者及有一定基础的读者来说有较高的参考价值。

全书共 8 章, 主要内容包括 Pro/E 机构设计概述、机构运动模型建立、运动环境设置、模型分析、测量和回放、综合实例(机械手抓取工件)、行为建模和机构的装配设计。

本书光盘提供了所有实例用到的素材和结果文件, 同时还配有相应的视频文件供读者练习时参考使用。

本书可作为高等院校机械专业及各类 CAD/CAE/CAM 培训班的辅助教材, 也可供工程设计人员使用。

Pro/ENGINEER Wildfire4.0 机构运动仿真与动力分析

◆ 编 著 老虎工作室 佟河亭 李 超 王炳强

责任编辑 陈 昇

执行编辑 王雅倩

◆ 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>

三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15.5

字数: 382 千字

印数: 1—3 000 册

2009 年 11 月第 1 版

2009 年 11 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21084-5

定价: 38.00 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



老虎工作室

主 编： 沈精虎

编 委： 许曰滨 黄业清 姜 勇 宋一兵 高长铎
田博文 谭雪松 钟廷志 向先波 毕丽蕴
郭万军 宋雪岩 詹 翔 周 锦 冯 辉
王海英 蔡汉明 李 仲 赵治国 赵 晶
张 伟 朱 凯 臧乐善 郭英文 计晓明
尹志超 滕 玲 张艳花 董彩霞 郝庆文

Pro/ENGINEER (简称 Pro/E) 是当今流行的 CAD/CAE/CAM 一体化软件之一, 它功能强大, 使用简便, 在工业设计领域内应用非常广泛。

内容和特点

本书作者从事 CAD 教学及工程设计工作多年, 具有一定的 Pro/E 使用经验, 清楚地知道工程技术人员及学生的需求。本书内容由浅入深, 既有简单的功能性小例子, 用来熟悉一些基本功能, 又有实用性较高的典型范例, 让读者掌握典型机构运动仿真的一般方法, 更有综合性范例。在工程实际中经常会遇到行为建模和机构优化设计的问题, 通过本书中实例的讲解和练习, 读者可以学会合理地进行行为建模以及对机构零件的某些参数进行优化设计, 从而提高解决实际问题的能力。

本书特色之处是所有实例的操作过程都录制成了视频文件并配有讲解, 放在随书所附的光盘中。这些视频充分反映了作者在分析过程中所采用的方法及技巧, 读者可以在练习过程中观看视频文件, 这样能更有效、更轻松地进行学习。

全书共 8 章, 主要内容介绍如下。

- 第 1 章: Pro/ENGINEER 机构设计概述。
- 第 2 章: 建立机构运动模型。
- 第 3 章: 设置运动环境。
- 第 4 章: 模型分析。
- 第 5 章: 测量和回放。
- 第 6 章: 综合实例——机械手抓取工件。
- 第 7 章: 行为建模。
- 第 8 章: 机构的装配设计。

读者对象

本书可作为高等院校机械专业及各类 CAD/CAE/CAM 培训班的辅助教材, 也可供工程设计人员及计算机爱好者学习 Pro/E Wildfire 4.0 时使用。本书特别适合已经学会了 Pro/E Wildfire 4.0 零件及组件的设计, 又想对自己构建的机构进行分析和优化, 但却不知如何运用和解决实际问题的读者。

附盘内容及用法

本书配套光盘中的内容主要分为 3 大部分, 主要内容如下。

1. 素材文件

每个实例用到的文档都放在对应章节下的“素材”文件夹下, 如, 范例 2-5 的素材文件放在“第 2 章\素材\范例 2-5”目录下, 读者练习时可以使用这些文件。

注意：由于光盘上的文件都是“只读”的，所以直接修改这些文件是不行的。读者可以先将这些文件复制到硬盘上，去掉文件的“只读”属性，然后再使用。

2. 视频文件

每个实例操作过程均录制成了“.avi”动画文件，这些文件都放在对应章节下的“视频”文件夹下，如，范例 2-5 的视频文件放在“第 2 章\视频文件\范例 2-5”目录下，读者练习时可以使用这些文件。

“.avi”是最常用的动画文件格式，读者使用 Windows 系统提供的“Windows Media Player”就可以播放“.avi”动画文件。单击【开始】/【所有程序】/【附件】/【娱乐】/【Windows Media Player】选项即可打开“媒体播放机”。一般情况下，读者只要双击某个视频文件，就可以观看该文件所录制的习题的绘制过程。

注意：播放文件前要安装光盘根目录下的“tscc.exe”插件。

3. 结果文件

每个实例完成后的结果文件放在对应章节下的“结果”文件夹下，例如，范例 2-5 的结果文件放在“第 2 章\结果\范例 2-5-finished”目录下。读者练习时可以参考这些文件。

感谢您选择了本书，也欢迎您把对本书的意见和建议告诉我们。

老虎工作室网站 <http://www.laohu.net>，电子邮箱 postmaster@laohu.net。

老虎工作室

2009 年 08 月

第 1 章 Pro/ENGINEER 机构设计概述	1
1.1 机构设计界面分区及结构	1
1.1.1 进入 Pro/E Wildfire 4.0 中文版工作界面	1
1.1.2 各区域的主要作用及功能简介	4
1.2 典型实例——手压抽水机	4
1.2.1 创建机构模型	5
1.2.2 拖动和抓取快照	7
1.2.3 设置伺服电动机	8
1.2.4 运动分析	8
1.2.5 添加动态建模图元	9
1.2.6 动态分析	12
1.2.7 获取结果和播放	13
1.3 建立机构仿真运动的一般流程	15
1.3.1 机构运动仿真步骤	16
1.3.2 机构动态仿真步骤	17
1.4 小结	18
第 2 章 建立机构运动模型	19
2.1 机构术语	19
2.1.1 刚体和约束集	19
2.1.2 主体	19
2.1.3 自由度	20
2.1.4 冗余	20
2.2 预定义连接设置	21
2.2.1 连接的作用	21
2.2.2 连接类型	21
2.2.3 定义连接	22
2.2.4 构件形态调整	30
2.2.5 旋转轴和动态属性设置	31
2.3 拖动和快照	33
2.3.1 拖动	34
2.3.2 快照	34
2.3.3 约束	35
2.3.4 高级拖动选项	37
2.4 连接轴设置练习——起落架机构	38

2.5 典型实例 1——曲柄滑块机构驱动的螺旋连杆机构	41
2.6 典型实例 2——车库门开启机构	43
2.7 伺服电动机	46
2.7.1 伺服电动机类型	47
2.7.2 伺服电动机轮廓	50
2.8 机构连接检测和重定义主体	56
2.8.1 机构连接检测	56
2.8.2 重定义主体	57
2.9 特殊连接	57
2.9.1 凸轮连接	57
2.9.2 停歇时间不等的槽轮机构	61
2.9.3 齿轮连接	66
2.9.4 从动件做变角速转动的行星齿条导杆机构	74
2.9.5 用凸轮齿条机构封闭的圆柱周转轮系	78
2.9.6 翻桶器的连杆机构	86
2.10 小结	90

第 3 章 设置运动环境91

3.1 初始条件	91
3.1.1 位置和速度初始条件简介	91
3.1.2 创建速度初始条件	91
3.2 质量属性	94
3.2.1 质量属性简介	94
3.2.2 定义质量属性	95
3.3 重力	96
3.4 滚轮在平面做纯滚动	97
3.5 阻尼器和弹簧	100
3.5.1 阻尼器	100
3.5.2 弹簧	101
3.6 无干涉的槽轮机构	102
3.6.1 检查干涉	102
3.6.2 消除干涉	103
3.7 力和扭矩	104
3.8 典型实例——顶尖机构	106
3.9 小结	110

第 4 章 模型分析 111

4.1 定义分析	111
----------------	-----

4.2 运行分析.....	114
4.3 编辑分析.....	114
4.4 复制和删除分析.....	114
4.5 机构分析.....	115
4.5.1 位置分析.....	115
4.5.2 运动分析.....	115
4.5.3 动态分析.....	116
4.5.4 力平衡分析.....	116
4.5.5 静态分析.....	116
4.6 典型实例——摆杆机构	117
4.7 小结.....	124

第5章 测量和回放.....125

5.1 测量类型.....	125
5.2 用图形表示测量结果	126
5.3 创建测量.....	130
5.4 评估方法.....	134
5.5 轨迹曲线.....	135
5.6 图形工具.....	136
5.7 回放.....	138
5.8 典型实例——冲击凸轮机构	141
5.9 小结.....	148

第6章 综合实例——机械手抓取工件.....149

6.1 工作过程分析.....	149
6.2 机构布置.....	151
6.2.1 布置回转工作台	151
6.2.2 布置机械手机构	152
6.2.3 布置夹具机构.....	154
6.2.4 布置工件.....	154
6.3 设定重力和质量属性	155
6.4 机构分析.....	155
6.4.1 回转工作台分析	156
6.4.2 机械手抓取工件分析	158
6.4.3 夹具工件分析.....	166
6.4.4 创建工件上某点的空间运动轨迹	168
6.4.5 测量夹持工件时的法向力和切向力	169
6.4.6 测量夹具对工件的夹紧力	170

6.4.7 回放结果.....	171
6.5 小结.....	172
第7章 行为建模.....	173
7.1 行为建模概述.....	173
7.1.1 理解行为建模.....	173
7.1.2 行为建模的应用实例	174
7.1.3 行为建模的一般步骤	178
7.1.4 行为建模的常见功能及基本构成	178
7.2 分析目标参数的建立	179
7.2.1 测量分析特征.....	180
7.2.2 模型分析特征.....	182
7.2.3 几何分析特征.....	183
7.2.4 插入的模型基准特征	183
7.3 敏感度分析.....	188
7.4 可行性研究.....	189
7.5 优化设计研究.....	191
7.6 关于多目标设计研究	193
7.7 应用实例.....	199
7.7.1 传动件重心位置优化问题	199
7.7.2 设计抽水机.....	204
7.8 小结.....	216
第8章 机构的装配设计.....	217
8.1 数据共享.....	217
8.1.1 合并.....	217
8.1.2 切除.....	219
8.1.3 主控件.....	220
8.2 骨架模型.....	222
8.3 小结.....	237

第1章 Pro/ENGINEER 机构设计概述

在机构运动仿真技术出现之前,设计者要检验产品功能是否达到设计要求,通常是先根据被设计的产品形状和尺寸制作出相似的模型,再将其放入实际工作环境中进行验证,然后根据结果来修正模型,直至产品性能达到要求。这些工作无疑浪费了大量的时间、财力和人力。为了提高工作效率和降低成本,机构运动仿真技术应运而生了。

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0(以下简称 Pro/E Wildfire 4.0)提供了机构运动仿真功能,使得原来在二维视图上难以表达和设计的运动变得非常直观和易于修改,并且大大简化了机构的设计开发过程,缩短了其开发周期,减少了开发费用,同时也提高了产品质量。

运动仿真的结果不但能以动画的形式表现出来,还能以参数的形式输出,从而可以获知零件之间是否有干涉,干涉的体积有多大,用户可以根据仿真结果对所设计的零件进行修改,直到不产生干涉为止。在机构动态中,可以应用电动机来生成要进行研究的运动类型,并可使用凸轮和齿轮扩展设计。在分析运动时,可观察并记录分析,或测量诸如位置、速度、加速度或力等数值,然后以图形表示这些数值。也可以创建轨迹曲线和运动包络,以用物理方法描述运动。

设计动画支持所有接头连接、齿轮副、连接限制、伺服电动机以及运动轴零点。但是机构动态中的建模图元,如弹簧、阻尼器、力/扭矩负荷和重力等不能传输到设计动画中。

1.1 机构设计界面分区及结构

Pro/E Wildfire 4.0 采用了传统的 Windows 用户界面,菜单栏、工具栏和状态栏一应俱全,使用起来得心应手。

1.1.1 进入 Pro/E Wildfire 4.0 中文版工作界面

1. 在 **开始** 菜单中选择【所有程序】/【打开】/【PTC】/【Pro ENGINEER】/【Pro ENGINEER】命令,Pro/E Wildfire 4.0 中文版系统启动,启动画面如图 1-1 所示。进入系统后的工作界面如图 1-2 所示。

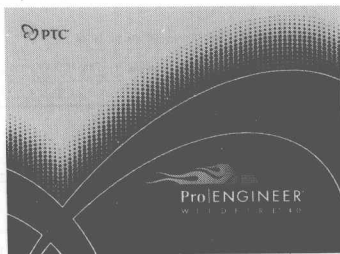


图1-1

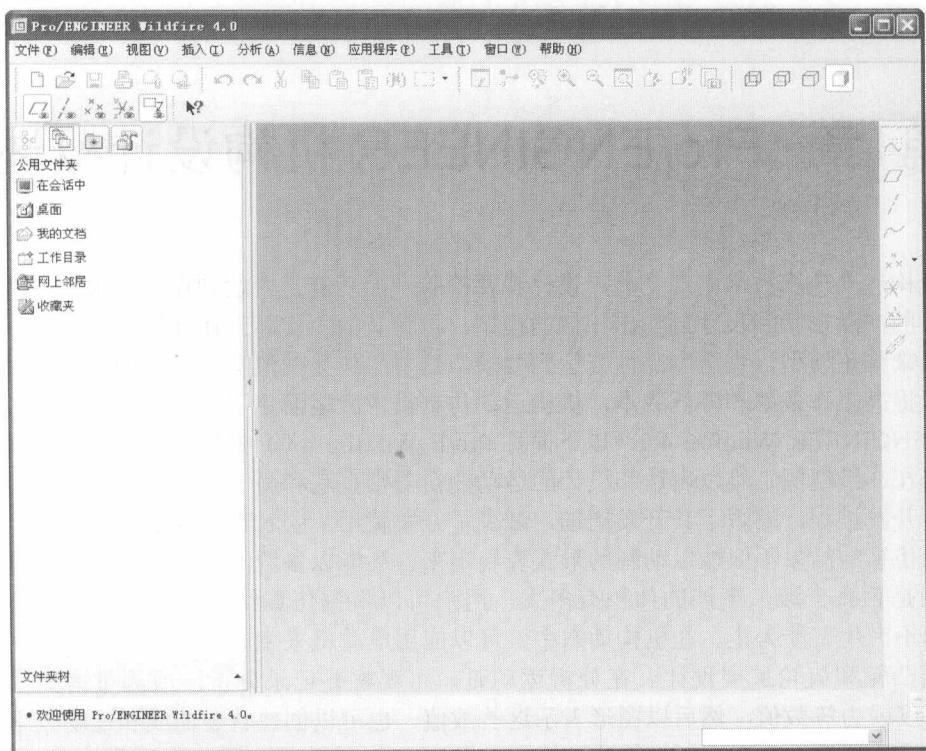


图1-2

2. 选择菜单命令【文件】/【打开】或单击  按钮，打开【文件打开】对话框，如图 1-3 所示。

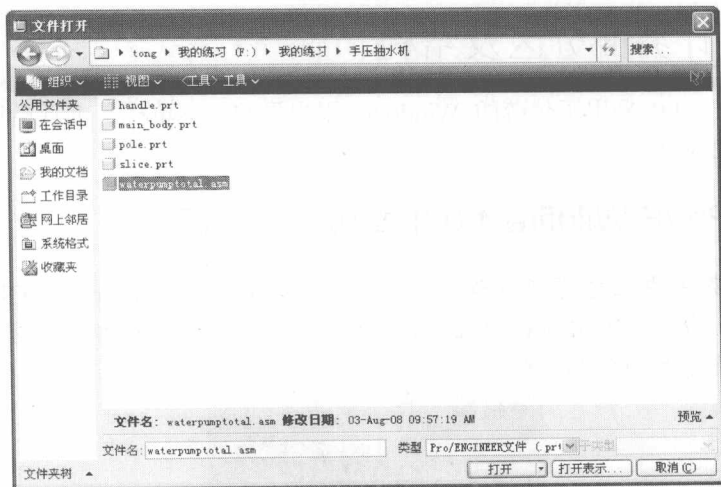


图1-3

3. 在【文件打开】对话框中选取附盘中的“第1章\结果\范例 1-1-finished\N1_99.asm”文件，单击  按钮，进入 Pro/E Wildfire 4.0 组件工作界面，如图 1-4 所示。
4. 选择菜单命令【应用程序】/【机构】，进入机构工作界面，界面中各区域如图 1-5 所示。

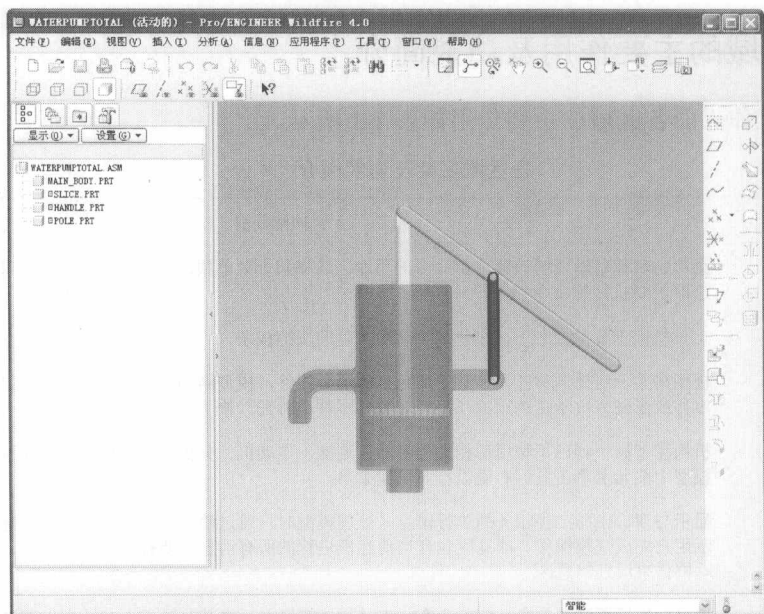


图1-4

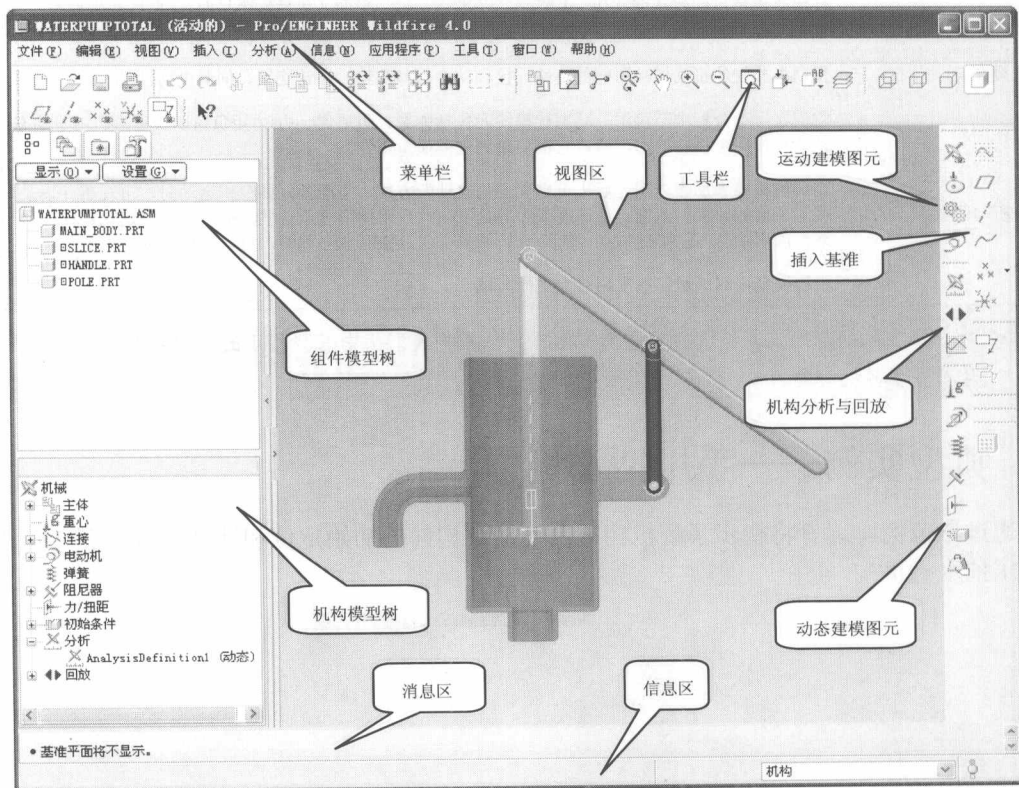


图1-5

要点提示

另一种启动方法是，双击 Windows 桌面上的快捷图标。

1.1.2 各区域的主要作用及功能简介

【机构】工作界面各区域的主要作用如表 1-1 所示。

表 1-1 各区域名称及功能简介

名称	功能简介
菜单栏	菜单的名称可以表明该菜单上命令的用途。选择某个菜单项，可弹出相应的下拉菜单，用户可以从中选择所要执行的命令
工具栏	工具栏位于菜单栏之下，它包括了常用工具的快捷按钮
组件模型树	模型树显示组件名称并显示其下所包括的所有零件，模型结构以分层（树）形式显示，根对象（当前零件或组件）位于树的顶部，附属对象（零件或特征）位于下部
机构模型树	机构模型树中列出了与模型相关的主体、连接、电动机、分析、回放以及其他模拟图元。在模型树或模型中图元上单击鼠标右键以打开快捷菜单
消息区	显示与窗口中的工作相关的单行消息。处理模型时，通过消息区中的文本消息来确认用户的操作并提示用户完成建模操作。消息区包含当前建模进程的所有消息。要找到先前的消息，滚动消息列表或拖动框格来展开消息区
信息区	当鼠标光标通过菜单名、菜单命令、工具栏按钮及对话框某些项目上时，会出现屏幕提示
插入基准	任何时候都可创建基准特征。基准包括基准点、轴、平面（包括偏距平面）、曲线和坐标系。甚至可以在创建另一特征时创建这些特征，然后将它们作为该特征的参照
运动建模图元	保证机构能够正确运动所需的特殊连接和动力，如凸轮、齿轮连接、伺服电动机
动态建模图元	它们在运动分析中不可用。动态建模图元包括弹簧、阻尼器、力/力矩负荷以及重力。由于动态分析必须计算作用于机构的力，所以它需要用到主体质量属性
机构分析与回放	在向机构中添加建模图元后，可定义机构移动的方式。当准备好要分析运动时，可观察并记录分析，或测量诸如位置、速度、加速度或力等数值，然后用图形表示这些数值。也可创建轨迹曲线和运动包络，以用物理方法描述运动。每个分析结果都保存在回放序列中，可以回放结果
视图区	机构模型操纵区域。系统中最大工作区域



对于具有多个连接或电动机的大型模型而言，从机构模型树中寻找指定的连接或电动机往往要比从模型中寻找容易得多。

1.2 典型实例——手压抽水机

通过该范例，读者将初步了解机构常用连接及构件的初始定位和活动范围。图 1-6 所示为手压抽水机机构。

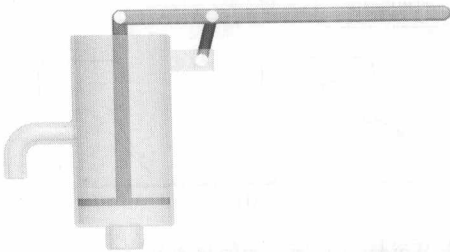


图1-6

1.2.1 创建机构模型

1. 设置工作目录到“第1章\素材\范例1-1”。新建一个组件（单位设置为 mmNs）
选择菜单命令【文件】/【新建】，弹出【新建】对话框，在【类型】分组框中选择【组件】单选项，输入文件名“N1_99”，单击 **确定** 按钮，进入组件环境。
2. 装配基础元件“N1_99_1.prt”。
选择菜单命令【插入】/【元件】/【装配】或单击  按钮，弹出【打开】对话框。打开零件“N1_99_1.prt”，在弹出的【元件放置】操控板的【约束】下拉列表中选择  缺省命令，单击  按钮，零件“N1_99_1.prt”被完全约束，位置固定。
3. 装配“N1_99_2.prt”。
(1) “销钉”连接。
选择菜单命令【插入】/【元件】/【装配】或单击  按钮，打开零件“N1_99_2.prt”，在弹出的【元件放置】操控板的【连接】下拉列表中选择【销钉】命令，如图 1-7 所示。在操控板中单击 **放置** 按钮，弹出【销钉】上滑面板，如图 1-8 所示。“销钉”连接包括“轴对齐”约束和“平移”约束，如图 1-9 所示。

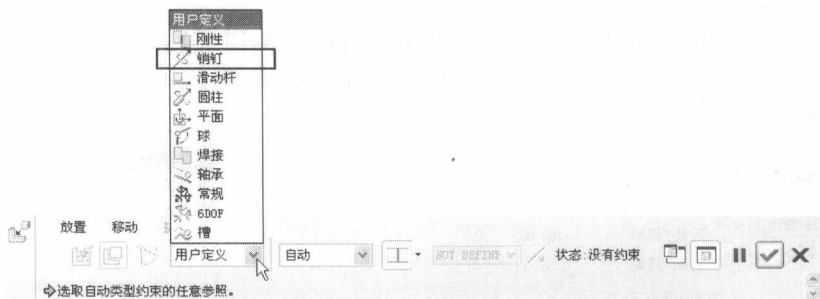


图1-7

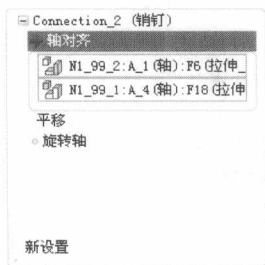


图1-8

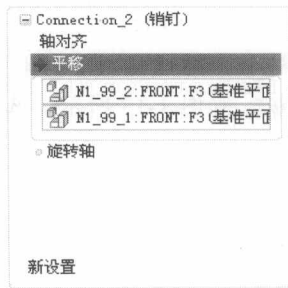


图1-9

- (2) “轴对齐”约束选取 A 孔与 B 孔（或选取两孔的轴线）。
- (3) “平移”约束选取 C 面与 D 面，使两面匹配，如图 1-10 所示。



1. 若两面重合，单击 **反向** 按钮，更改约束方向，使重合变为匹配。
2. 对于圆柱和孔的“轴对齐”约束，也可以通过指定圆柱表面和孔表面来实现。

4. 利用装配功能打开“N99_2.prt”。
(1) 在【连接】下拉列表中选择【滑动杆】命令，再单击 **放置** 按钮，弹出【圆柱】上滑面

板。“轴对齐”约束选取 G 柱面与 H 柱面（或选取两柱面的轴线），如图 1-11 所示。

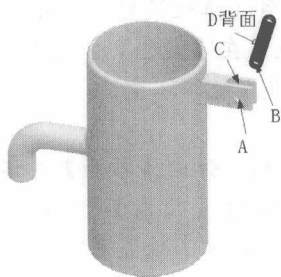


图1-10

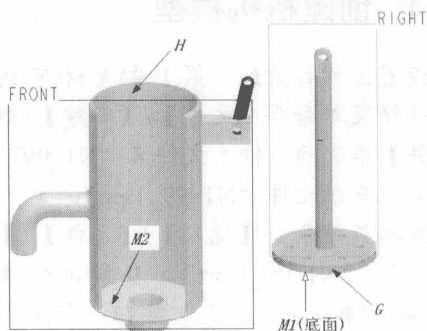


图1-11

- (2) “旋转”约束选取“RIGHT”与“FRONT”，使两面匹配（或对齐）。
- (3) “平移轴”约束选取 $M1$ 与 $M2$ ，参照图 1-12 在【当前位置】文本框中输入“0”，单击 **>>** 按钮，使【再生值】文本框中出现“0”。勾选【启用再生值】复选项，在【最小限制】文本框中输入“-100”，在【最大限制】文本框中输入“0”，单击右下方的 ☒ 按钮，完成参数设置。

5. 利用“圆柱”+“球”组合连接装配“N1_99_4.prt”，如图 1-13 所示。

- (1) “圆柱”连接的“轴对齐”约束选取 $A1$ 与 $A2$ 轴线，如图 1-14 所示。

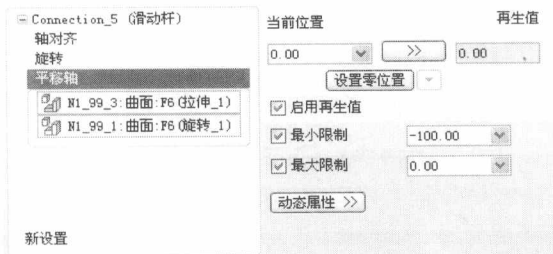


图1-12

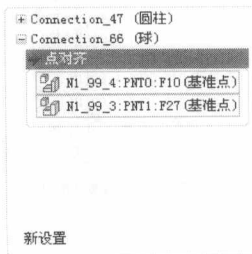


图1-13

- (2) “球”连接。在【连接】下拉列表中选择【球】命令，再单击 **放置** 按钮，弹出【球】上滑面板，如图 1-13 所示，选取“PNT1”点和“PNT0”点。

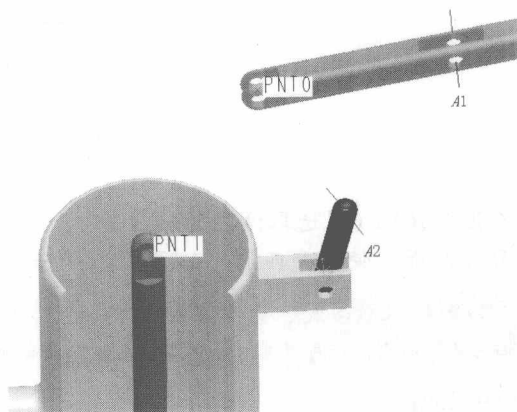


图1-14

6. 利用“刚性”连接装配“N1_99_5.prt”。

“刚性”连接共有 3 个约束，如图 1-15 所示。 X 面和 Y 面采用【匹配】约束， J 面和 K 面（“RIGHT”基准面）采用【对齐】/【定向】约束， M 、 N 采用【插入】约束，如图 1-16 所示。其余“N1_99_5.prt”装配方法同上。

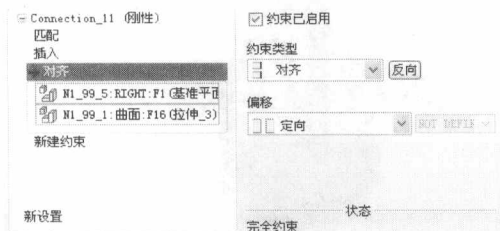


图 1-15

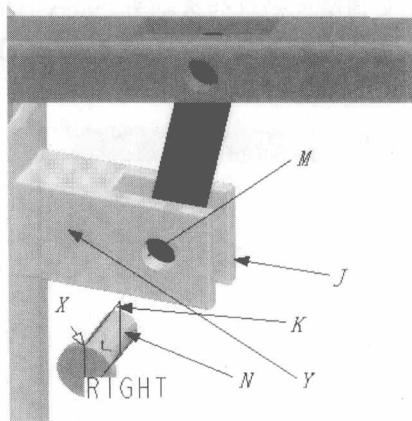


图 1-16

1.2.2 拖动和抓取快照

1. 进入机构工作界面。选择菜单命令【应用程序】/【机构】。
2. 选择菜单命令【视图】/【方向】/【拖动元件】，或在【运动建模】工具栏中单击  按钮，弹出【拖动】对话框，单击  按钮，在当前位置抓取一幅快照 Snapshot1。
3. 上下拖动“N1_99_4.prt”，观察整个机构运行情况，如图 1-17 所示。单击  按钮，退出【拖动】对话框。

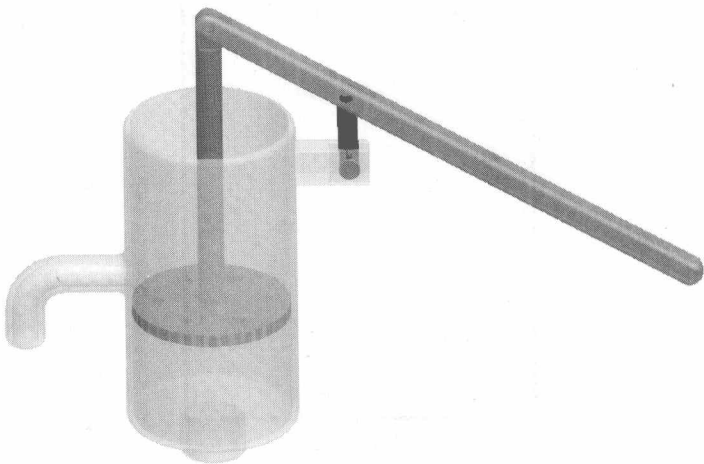


图 1-17



由于前面对“N1_99_3.prt”设置了最大、最小限制，此时机构的运动范围受到控制，这种方法在机构分析中经常用到。