

# 机械工程实验 III

## 实验指导书

浙江大学机械设计研究所

2014 年 2 月

# 目 录

## ADAMS 动力学仿真实验

实验一	定轴轮系齿轮传动.....	(2)
实验二	行星轮系齿轮传动.....	(8)
实验三	二级直齿齿轮减速器运动仿真.....	(15)
实验四	平面连杆机构模拟仿真.....	(19)
实验五	凸轮机构模拟仿真.....	(35)
实验六	蜗轮蜗杆的啮合传动.....	(52)

## 综合仿真实验

实验一	6 自由度机械手下部 3 自由度造型及动力学分析 (6 人)
实验二	6 自由度机械手手爪部 3 自由度造型及动力学分析 (6 人)
实验三	解魔方机械手方案一 (8 人)
实验四	解魔方机械手方案二 (8 人)
实验五	挖掘机器人-上车 (6 人)
实验六	挖掘机器人-下车 (6 人)
实验七	叉车 (6 人)

# ADAMS 动力学仿真实验

## 一、实验目的

- 1、熟悉 ADAMS 动力学仿真软件的操作过程。
- 2、能用 ADAMS 软件进行简单的动力学仿真，以后的设计仿真打下基础。

## 二、实验装置

微型计算机，ADAMS 动力学仿真软件。

## 三、实验内容

# 实验一 定轴轮系齿轮传动

有一对外啮合渐开线直齿圆柱体齿轮传动.已知  $z_1 = 50, z_2 = 25, m = 4\text{mm}, \alpha = 20^\circ$ ，两个齿轮的厚度都是 50mm，求时间和角度的曲线图。改变 Z1，Z2 值，重新求取对应的时间和角度的曲线图。

## 1. 启动 ADAMS

双击桌面上 ADAMS/View 的快捷图标,打开 ADAMS/View。在欢迎对话框中选择“Create a new model”，在模型名称 (Model name) 栏中输入: dingzhoulunxi；在重力名称 (Gravity) 栏中选择 “Earth Normal (-Global Y)”；在单位名称 (Units) 栏中选择 “MMKS -mm,kg,N,s,deg”。如图 1-1 所示。

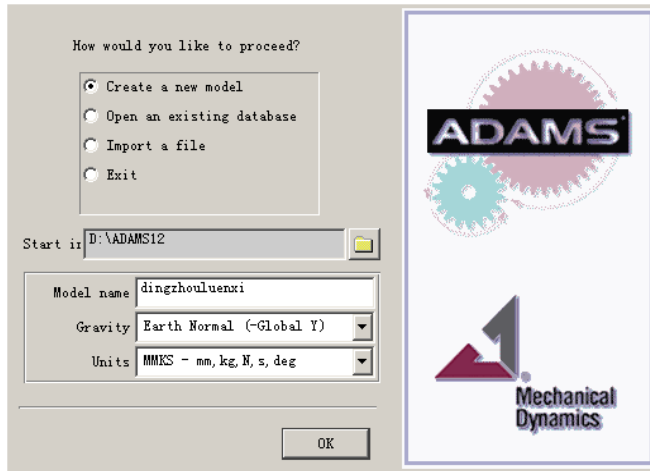



图 1-1 欢迎对话框

## 2. 设置工作环境

2.1 对于这个模型，网格间距需要设置成更高的精度以满足要求。在 ADAMS/View 菜单栏中，选择设置 (Setting) 下拉菜单中的工作网格 (Working Grid) 命令。系统弹出设置工作网格对话框，将网格的尺寸 (Size) 中的 X 和 Y 分别设置成 750mm 和 500mm，间距 (Spacing) 中的 X 和 Y 都设置成 50mm。然后点击 “OK” 确定。如图 2-1 所表示。

2.2 用鼠标左键点击选择 (Select) 图标 ，控制面板出现在工具箱中。

2.3 用鼠标左键点击动态放大 (Dynamic Zoom) 图标 ，在模型窗口中，点击鼠标左键并按住不放，移动鼠标进行放大或缩小。

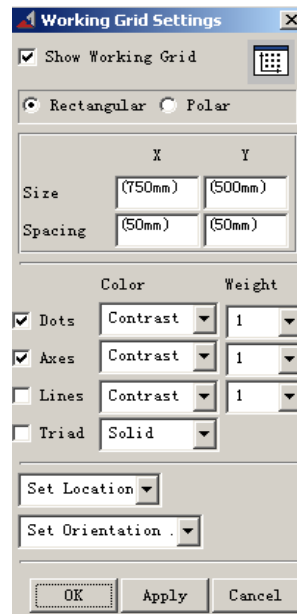


图 2-1 设置工作网格对话框

## 3.创建齿轮

3.1 在 ADAMS/View 零件库中选择圆柱体

(Cylinder) 图标 ，参数选择为 “New Part”，长度 (Length) 选择 50mm (齿轮的厚度)，半径 (Radius) 选择 100mm ( $\frac{m \times z_1}{2} = \frac{4 \times 50}{2} = 100$ )。如图 3-1 所示。

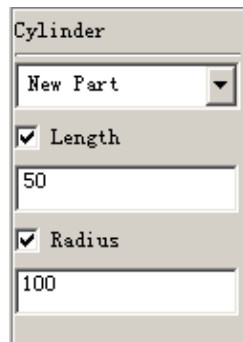


图 3-1 设置圆柱体选项

3.2 在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标任意左键选择点 (0, 0, 0) mm, 然后选择点 (0, 50, 0)。则一个圆柱体 (**PART\_2**) 创建出来。如图 3-2 所示。

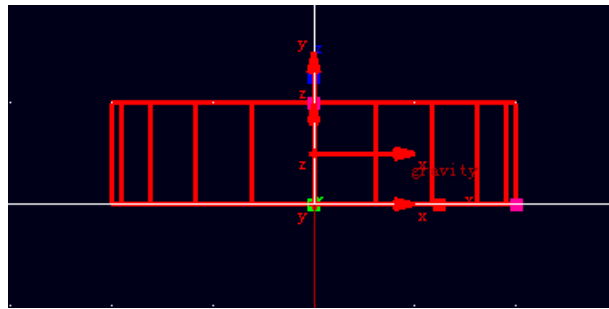

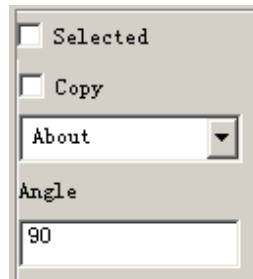


图 3-2 创建圆柱体(齿轮)

3.3 在 **ADAMS/View** 中位置/方向库中选择位置旋转 (**Position: Rotate...**) 图标 , 在角度(Angle)一栏中输入 90, 表示将对对象旋转 90 度。如图 3-3 所示。

在 **ADAMS/View** 窗口中用鼠标左键选择圆柱体, 将出来一个白色箭头, 移动光标, 使白色箭头的位置和指向如图 3-4 所示。然后点击鼠标左键, 旋转后的圆柱体如图 3-5 所示。



3-3 位置旋转选项

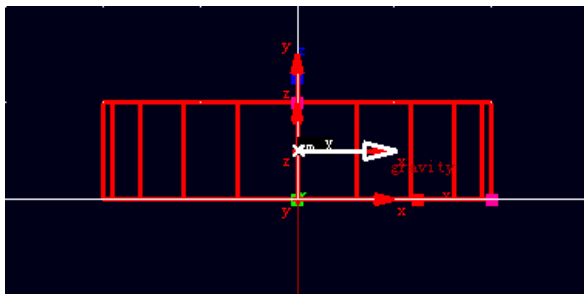


图 3-4 圆柱体的位置旋转

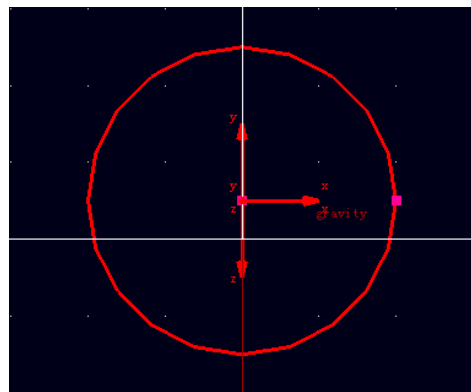


图 3-5 旋转 90 后的圆柱体

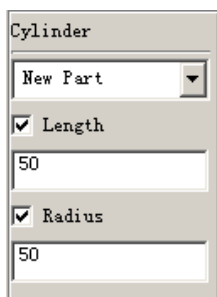

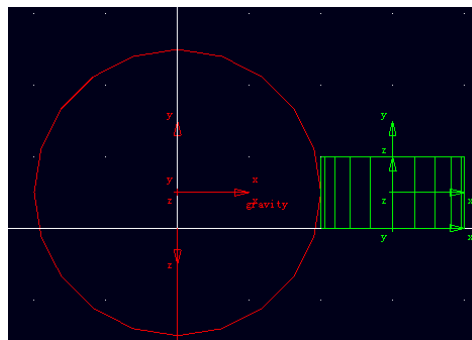


图 3-6 设置圆柱体选项

3.4 在 **ADAMS/View** 零件库中选择圆柱体


(Cylinder)图标 , 参数选择为“New Part”, 长度 (Length) 选择 50mm (齿轮的厚度), 半径 (Radius) 选择 50mm ( $\frac{m \times z_2}{2} = \frac{4 \times 25}{2} = 50$ ),

如图 3-6 所示。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择点 (150, 0, 0) mm, 然后选择点 (150, 50, 0)。则一个圆柱体 (**PART\_3**) 创建出来。如图 3-7 所示。



3-7 创建圆柱体(齿轮)

### 3.5 在 ADAMS/View 中位置/方向库中选择位置旋转 (Position: Rotate...)

图标 ，在角度(Angle)一栏中输入 90，表示将对象旋转 90 度。如图 3-3 所示。在 ADAMS/View 窗口中用鼠标左键选择圆柱体，将出来一个白色箭头，移动光标，使白色箭头的位置和指向如图 3-8 所示。然后点击鼠标左键，旋转后的圆柱体如图 3-9 所示。

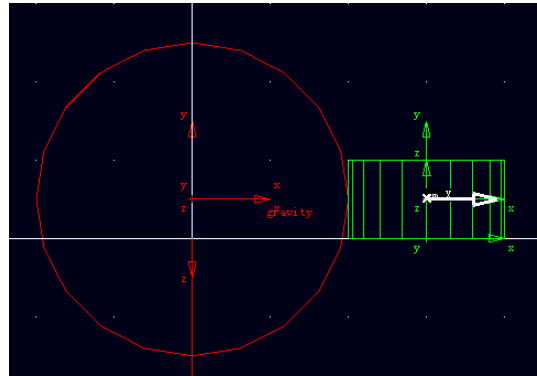


图 3-8 圆柱体的位置旋转

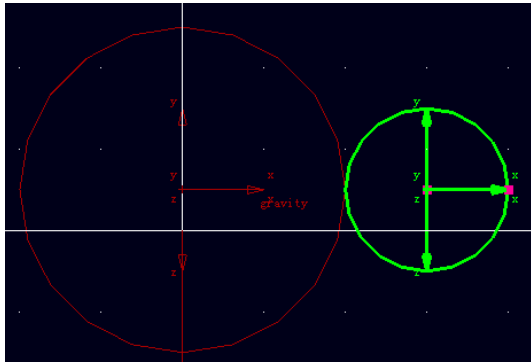

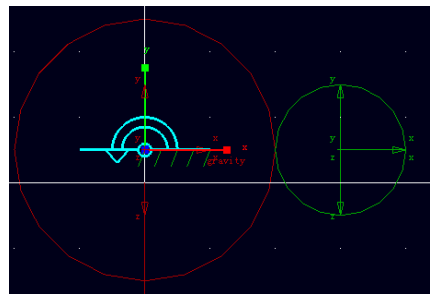


图 3-9 旋转 90 后的圆柱体

## 4. 创建旋转副、齿轮副、旋转驱动

### 4.1 选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (Joint: Revolute)


图标 ，参数选择 2 Bod-1 Loc 和 Normal To Grid。在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键选择齿轮 (PART\_2)，然后选择机架 (ground)，接着选择齿轮上的 PART\_2.cm，如图 4-1 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(JOINT\_1)该旋转副连接机架和齿轮,使齿轮能相对机架旋转。



图

4-1 齿轮上的旋转副

### 4.2 再次选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (Joint: Revolute)

图标 ，参数选择 2 Bod-1 Loc 和 Normal To Grid。在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键选择齿轮 (PART\_3)，然后选择机架 (ground)，接着选择齿轮上的 PART\_3.cm，如图 4-2 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(JOINT\_2)该旋转副连接机架和齿轮,使齿轮能相对机架旋转。

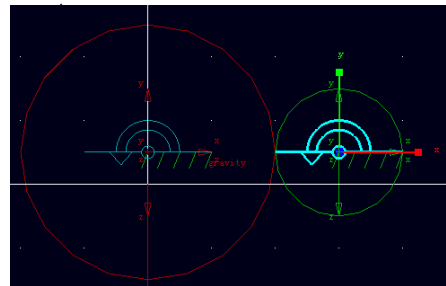




图 4-2 蜗杆上的旋转副

4.3 创建完两个定轴齿轮上的旋转副后，还要创建两个定轴齿轮的啮合点 (MARKER)。齿轮副的啮合点和旋转副必须有相同的参考连杆 (机架)，并且啮合点 Z 轴的方向与齿轮的传动方向相同。所以在本题中，啮合点 (MARKER) 必须定义在机架 (ground) 上，机架可以看作机架。

选择 ADAMS/View 工具箱的动态选择 (Dynamic Pick) 图标 ，将两个齿轮的啮合处进行放大，

再选择动态旋转图标 ，进行适当的旋转。选择 ADAMS/View 零件库中的标记点工具图标 ，参

数选择如图 4-3 所示。选择坐标为 (100, 50, 0)，如图 4-4 所示，图中显亮的部分就是所创建的啮合点 (MARKER\_14)。



图 4-3 标记点的选项

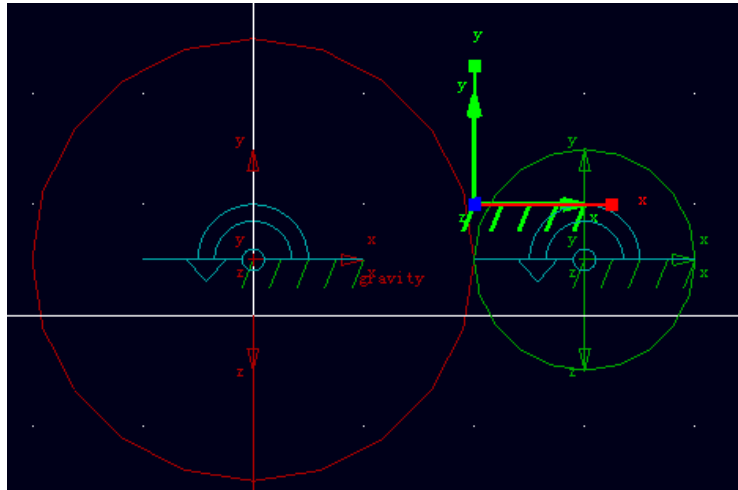


图 4-4 蜗轮蜗杆的啮合点

4.4 下面将对上面做出的啮合点进行位置移动和方位旋转,使该啮合点位于两齿轮中心线上,并使啮合点的 Z 轴方向与齿轮旋转方向相同。在 ADAMS/View 窗口中,在两个齿轮啮合处点击鼠标右键,选择--Marker: MARKER\_14-->Modify, 如图 4-5 所示。在弹出的对话框中,将 Location 栏的值 100.0, 50.0, 0.0 改为 100.0, 25.0, 0.0(位置移动),将 Orientation 栏中的值 0.0, 0.0, 0.0 修改为 0, 90, 0(方位旋转)。如图 4-6 所示。点击对话框下面的 OK 键进行确定, 旋转后的啮合点 (MARKER\_14) 如图 4-7 所示。从图中可以看出, 啮合点的 Z 轴 (蓝色) Z 轴的方向与齿轮的啮合方向相同。

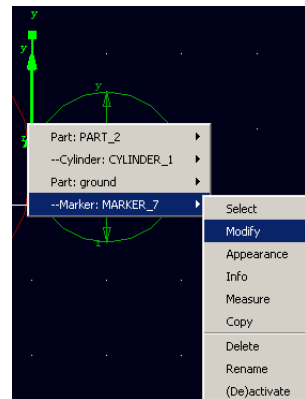


图 4-5 属性修改对话框

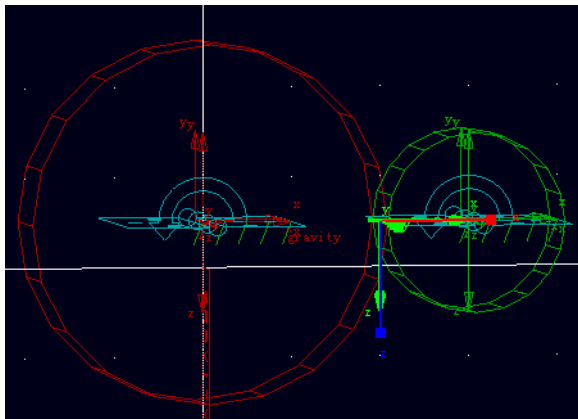


图 4-7 旋转后的啮合点

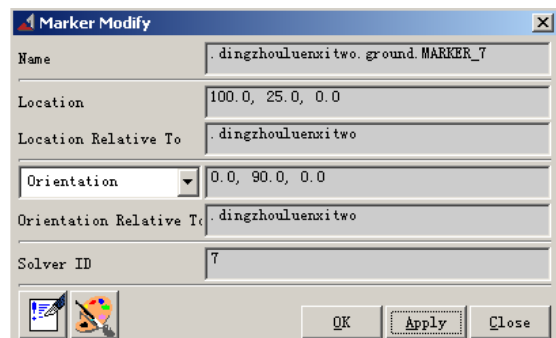

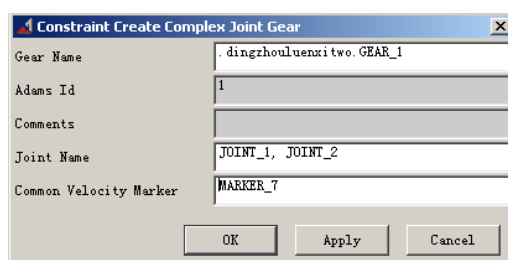


图 4-6 进行坐标轴的旋转

4.5 选择 ADAMS/View 约束库中的齿轮副 (Gear) 图标 ，在弹出的对话框中的 Joint Name 栏中，

点击鼠标右键分别选择 **JOINT\_1**、**JOINT\_2**。如图 4-7 所示。在 **Common Velocity Marker** 栏中，点击鼠标右键选择啮合点 (**MARKER\_14**)。如图 4-8 所示，然后点击对话框下面的 **OK** 按钮，两个齿轮的齿轮副创建出来，如图 4-9 所示



4-7 齿轮副的创建对话框

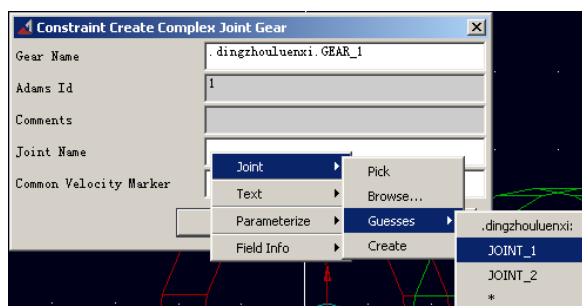


图 4-8 齿轮副的创建要素

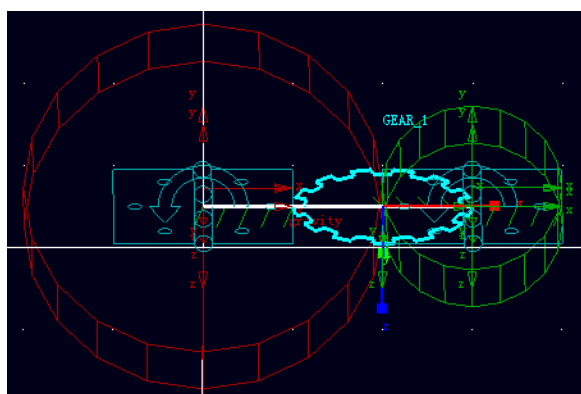



图 4-9 定轴齿轮的齿轮副

4.6 在 **ADAMS/View** 驱动库中选择旋转驱动 (**Rotational Joint Motion**) 按钮 ，在 **Speed** 一栏中输入 360，360 表示旋转驱动每秒钟旋转 360 度。在 **ADAMS/View** 工作窗口中，两个齿轮中任选一个作为主动齿轮，本设计中选择左边的齿轮 (红色的)，用鼠标左键点击齿轮上的旋转副 (**JOINT\_1**)，一个旋转驱动创建出来，如图 4-10 所示，图中显亮的部分为旋转驱动。

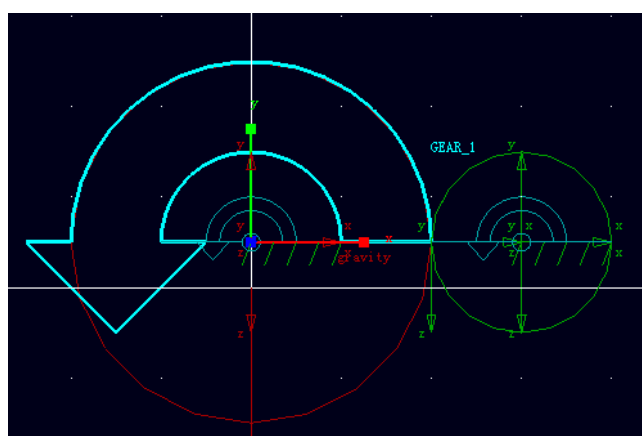



图 4-10 齿轮上的旋转驱动

## 5 仿真模型

5.1 点击仿真按钮 ，设置仿真终止时间 (**End Time**) 为 1，仿真工作步长 (**Step Size**) 为 0.01，



然后单击开始仿真按钮 ，进行仿真。

5.2 对小齿轮的进行运动分析。因为大齿轮的齿数为  $z_1 = 50$ ，小齿轮的齿数  $z_2 = 25$ ，模数  $m = 4mm$ ，因此根据机械原理可以知道，对于标准外啮合渐开线直齿圆柱体齿轮传动，小齿轮的转速为大齿轮的 2 倍。对小齿轮的旋转副 JOINT\_2 进行角位置分析。在 ADAMS/View 工作窗口中用鼠标右键点击小齿轮的旋转副 JOINT\_2，选择 Modify 命令，如图 5-1 所示，在弹出的修改对话框中选

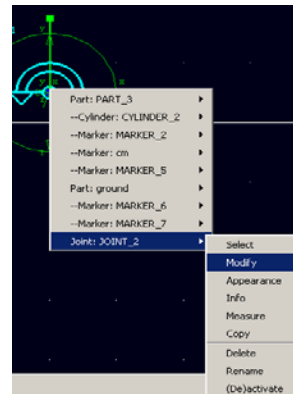



图 5-1 旋转副属性修改命令

择测量 (Measures) 图标 ，如图 5-2 所示。在弹出的测量对话框中，将 Characteristic 栏设置为 Ax/Ay/Az Projected Rotation，将 Component 栏设置为 Z，将 From/At 栏设置为 PART\_3.MARKER\_5（或者 ground.MARKER\_6），其他的设置如图 5-3 所示。然后点击对话框下面的“OK”确认。生成的时间-角度曲线如图 5-4 所示。

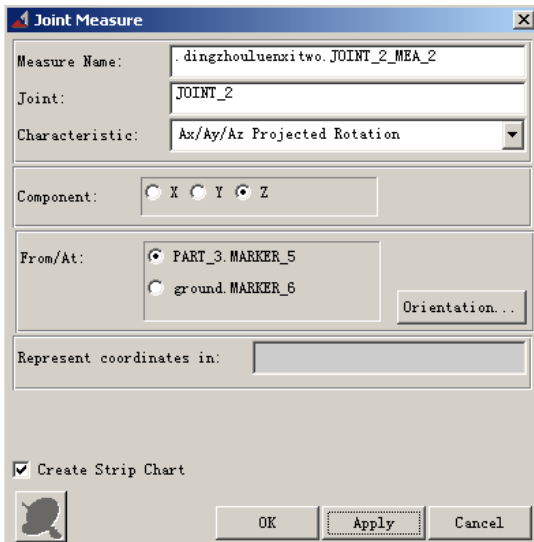


图 5-3 测量力对话框的设置

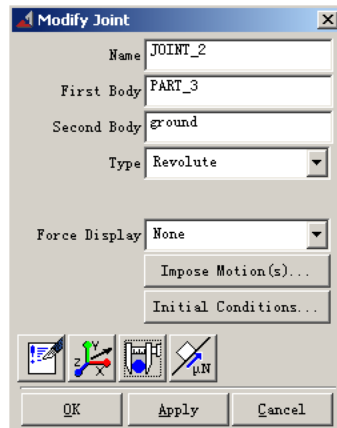


图 5-2 修改对话框

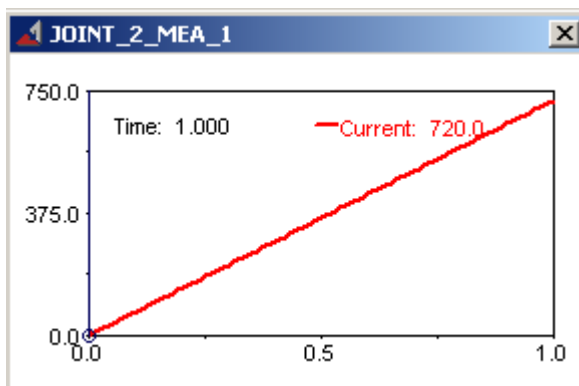


图 5-4 时间和角度的曲线图

由图 5-4 可以知道，当大齿轮每秒逆时针转过 360 度时，小齿轮顺时针转过的角度为 720 度，符合标准外啮合渐开线直齿圆柱体齿轮传动角速度与齿轮的分度圆半径成反比。

实验报告要求：记录建模过程，分别得到 3 组不同 Z1，Z2 值的时间和角度的曲线图

## 实验二 行星轮系齿轮传动

有一对外啮合渐开线直齿圆柱体齿轮传动（行星传动）。已知  $z_1 = 50, z_2 = 25, m = 4\text{mm}, \alpha = 20^\circ$ 。两个齿轮的厚度都是 50mm。求时间和角度的曲线图。改变  $Z1, Z2$  值，重新求取对应的时间和角度的曲线图。

### 1. 启动 ADAMS

双击桌面上 ADAMS/View 的快捷图标,打开 ADAMS/View。在欢迎对话框中选择“Create a new model”,在模型名称 (Model name) 栏中输入: **xingxingchiluen** ; 在重力名称 (Gravity) 栏中选择 “Earth Normal (-Global Y)”; 在单位名称 (Units) 栏中选择 “MMKS -mm,kg,N,s,deg”。如图 1-1 所示。

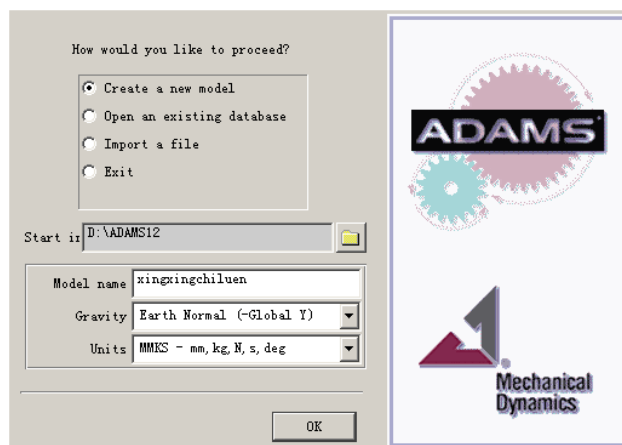



图 1-1 欢迎对话框

### 2. 设置工作环境

2.1 对于这个模型，网格间距需要设置成更高的精度以满足要求。在 ADAMS/View 菜单栏中，选择设置 (Setting) 下拉菜单中的工作网格 (Working Grid) 命令。系统弹出设置工作网格对话框，将网格的尺寸(Size)中的 X 和 Y 分别设置成 750mm 和 500mm，间距(Spacing)中的 X 和 Y 都设置成 50mm。然后点击 “OK” 确定。如图 2-1 所表示。

2.2 用鼠标左键点击选择 (Select) 图标 ，控制面板出现在工具箱中。

2.3 用鼠标左键点击动态放大 (Dynamic Zoom) 图标 ，在模型窗口中，点击鼠标左键并按住不放，移动鼠标进行放大或缩小。

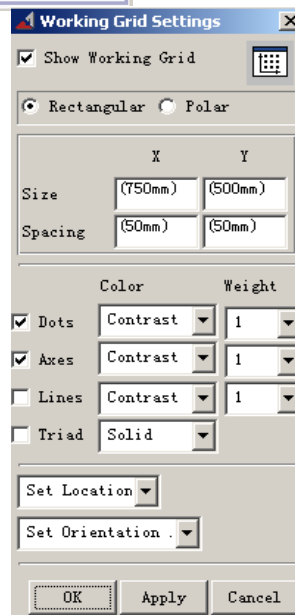


图 2-1 设置工作网格对话框

### 3. 创建齿轮

3.1 在 ADAMS/View 零件库中选择圆柱

体(Cylinder)图标 ，参数选择为 “New Part”，长度 (Length) 选择 50mm (齿轮的厚度)，半径 (Radius) 选择 100mm

( $\frac{m \times z_1}{2} = \frac{4 \times 50}{2} = 100$ )。如图 3-1 所示。

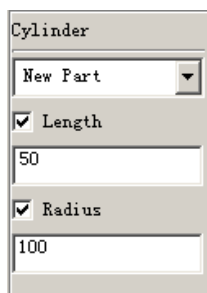
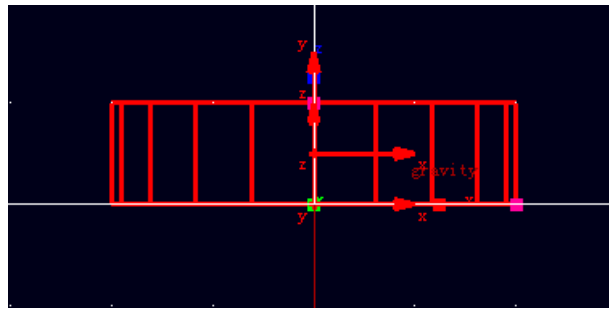



图 3-1 设置圆柱体选项

3.2 在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标任意左键选择点 (0, 0, 0) mm, 然后选择点 (0, 50, 0)。则一个圆柱体 (**PART\_2**) 创建出来。如图 3-2 所示。



3-2 创建圆柱体(齿轮)

3.3 在 **ADAMS/View** 中位置/方向库中选择位置旋转 (**Position: Rotate...**)

图标 ，在角度(Angle)一栏中输入 90，表示将对象旋转 90 度。如图 3-3 所示。在 **ADAMS/View** 窗口中用鼠标左键选择圆柱体，将出来一个白色箭头，移动光标，使白色箭头的位置和指向如图 3-4 所示。然后点击鼠标左键，旋转后的圆柱体如图 3-5 所示。



3-3 位置旋转选项

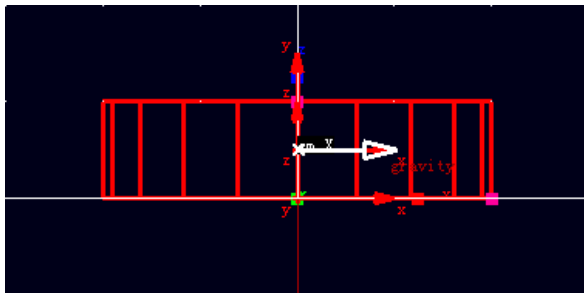


图 3-4 圆柱体的位置旋转

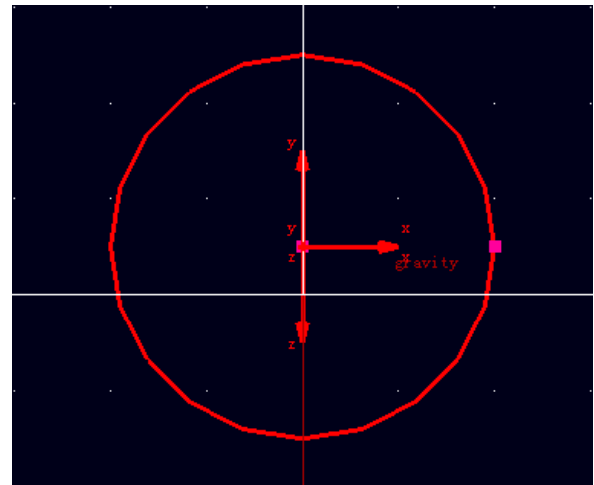


图 3-5 旋转 90 后的圆柱体

3.4 在 **ADAMS/View** 零件库中选择圆柱体


(Cylinder)图标 ，参数选择为“New Part”，长度 (**Length**) 选择 50mm (齿轮的厚度)，半径 (**Radius**) 选择 50mm ( $\frac{m \times z_2}{2} = \frac{4 \times 25}{2} = 50$ ) 如

图 3-1 所示。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择点 (150, 0, 0) mm, 然后选择点 (150, 50, 0)。则一个圆柱体 (**PART\_3**) 创建出来。如图 3-6 所示。

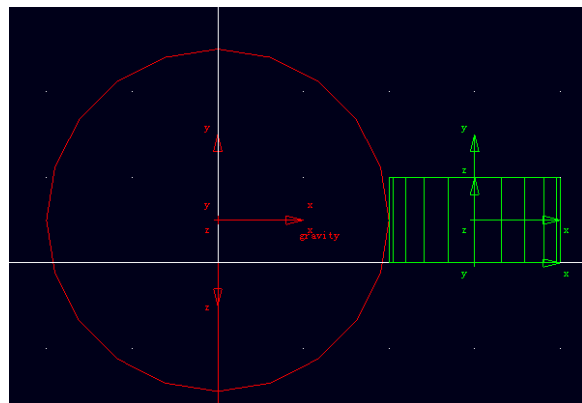
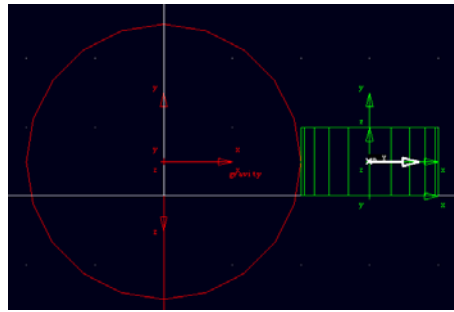


图 3-6 创建圆柱体(齿轮)



3-7 圆柱体的位置旋转

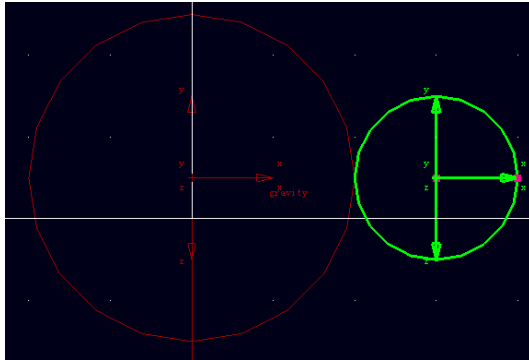


图 3-8 旋转 90 后的圆柱体

3.6 在 ADAMS/View 零件库中选择杆件(Link)图标, 参数选择为如图 3-9 所示。工作窗口中先用鼠标左键选择点 PART\_2.MARKER\_1, 然后选择点 PART\_3.MARKER\_1 (PART\_4) 创建出来。如图 3-10 所示。

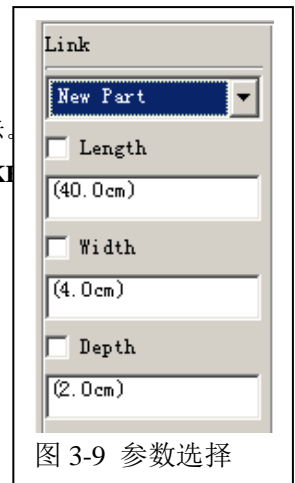


图 3-9 参数选择

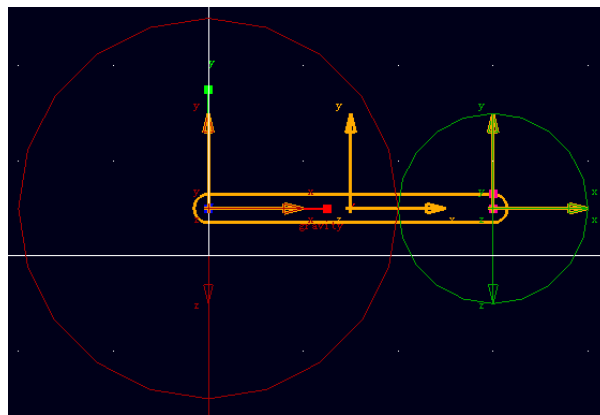

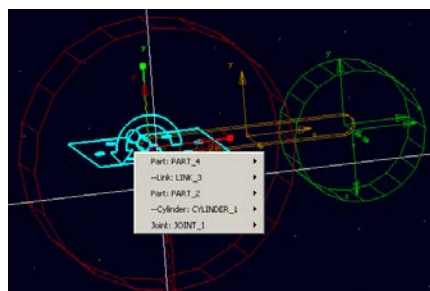


图 3-10 创建的连杆

#### 4. 创建旋转副、齿轮副、固定副、旋转驱动

4.1 在本设计选择左边的齿轮（红色的）为固定齿轮选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副（Joint: Revolute）

图标, 参数选择 2 Bod-1 Loc 和 Normal To Grid。在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键选择连杆 (PART\_4), 然后选择机架 (ground), 接着选择齿轮上的 PART\_4.MARKER\_3, 如图 4-1 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(JOINT\_1), 该旋转副连接机架和连杆,使连



杆能相对机架旋转。

4.2 再次选择 **ADAMS/View** 约束库中的旋转副


(**Joint: Revolute**) 图标 ，参数选择 **2 Bod-1 Loc** 和 **Normal To Grid**。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择齿轮 (**PART\_2**)，然后选择连杆 (**PART\_4**)，接着选择齿轮上的 **PART\_2.cm**(或者 **PART\_2.MARKER\_1**)，如图 4-2 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(**JOINT\_2**)，该旋转副连接连杆和固定齿轮,使连杆能相对固定齿轮旋转。因为 **JOINT\_1** 和 **JOINT\_2** 重合在一起，所以从图 4-2 中区分不出来。

图 4-1 连杆的旋转副

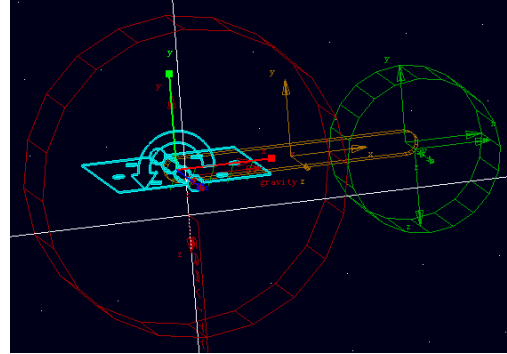



图 4-2 固定齿轮的旋转副

4.3 再次选择 **ADAMS/View** 约束库中的旋转副

(**Joint: Revolute**) 图标 ，参数选择 **2 Bod-1 Loc** 和 **Normal To Grid**。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择齿轮 (**PART\_3**)，然后选择连杆 (**PART\_4**)，接着选择齿轮上的 **PART\_3.cm**(或者 **PART\_3.MARKER\_2**)，如图 4-3 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(**JOINT\_3**)，该旋转副连接连杆和行星轮,使连杆能带动行星轮旋转。

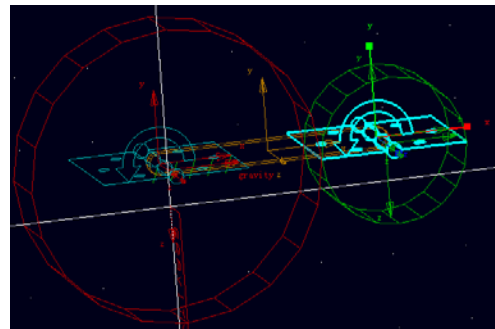



图 4-3 行星轮的旋转副

4.4 创建完两个齿轮和连杆上的旋转副后，还要创建两个齿轮的啮合点 (**MARKER**)。因为行星轮要在固定齿轮上做圆周运动，所以行星轮和固定齿轮的啮合点不是固定不动的，它随着行星轮的运动而不断地变化，因此，可以把啮合点固定在连杆上，因为连杆和行星轮一起做圆周运动，并且两齿轮旋转中心的连线一定经过啮合点。下面我们将把啮合点画在连杆，并且使啮合点 **Z** 轴的方向与齿轮的传动方向相同。

选择 **ADAMS/View** 零件库中的标记点工具图标 ，参数选择如图 4-4 所示。选择连杆 (**PART\_4**)，在选择连杆上点 **PART\_4.cm**，如图 4-5 所示，图中显亮的部分就是所创建的啮合点 (**MARKER\_11**)。

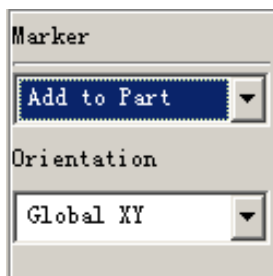


图 4-4 标记点的选项

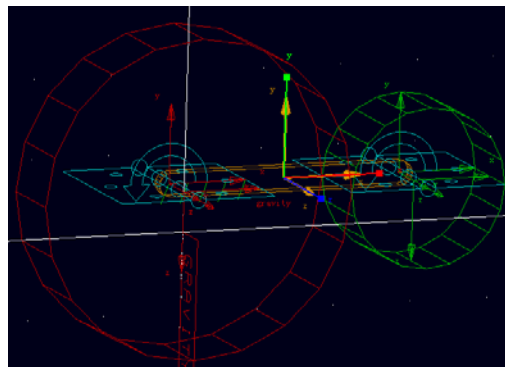


图 4-5 固定齿轮和行星轮之间的啮合点

4.5 上面所创建的啮合点不在两个齿轮的分度圆的交线上,下面将对上面做出的啮合点进行位置移动和方位旋转,使该啮合点位于两齿轮交线上,并使啮合点的 **Z** 轴方向与齿轮旋转方向相同。在 **ADAMS/View** 窗口中，在两个齿轮啮合处点击鼠标右键，选择--**Maker: MARKER\_14**→**Modify**，如图 4-5 所示。在弹出的对话框中，将 **Location** 栏的值 75.0, 25.0, -25.0 改为 100.0, 25.0, -25.0(位置移动),将 **Orientation** 栏中的值 0.0, 0.0,

0.0 修改为 0, 90, 0(方位旋转)。如图 4-6 所示。点击对话框下面的 **OK** 键进行确定，旋转后的啮合点 (**MARKER\_14**) 如图 4-7 所示。从图中可以看出，啮合点的 Z 轴 (蓝色) Z 轴的方向与齿轮的啮合方向相同。

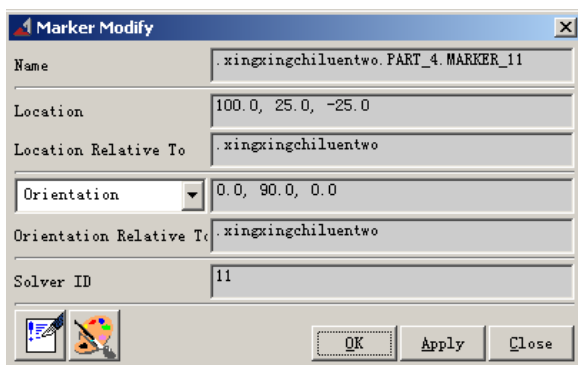


图 4-6 进行坐标轴的旋转

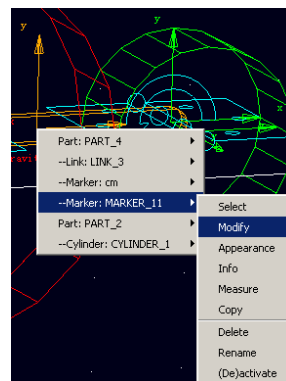


图 4-5 属性修改对话框

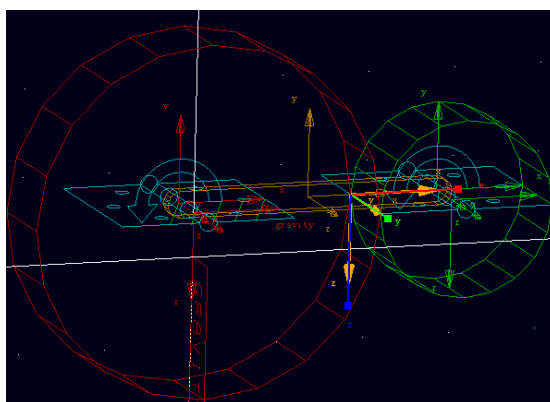



图 4-7 旋转后的啮合点

#### 4.6 选择 ADAMS/View 约束库中的齿轮副 (Gear)

图标 ，在弹出的对话框中的 **Joint Name** 栏中，点击鼠标右键分别选择 **JOINT\_2**、**JOINT\_3**。如图 4-8 所示。在 **Common Velocity Marker** 栏中，点击鼠标右键选择啮合点 (**MARKER\_11**)。如图 4-9 所示，然后点击对话框下面的 **OK** 按钮，两个齿轮的齿轮副创建出来，如图 4-10 所示

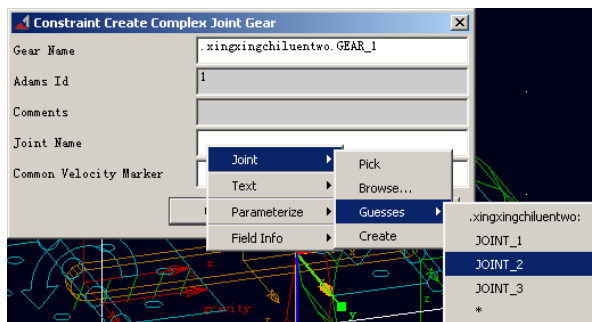


图 4-8 齿轮副的创建对话框



图 4-9 齿轮副的创建要素

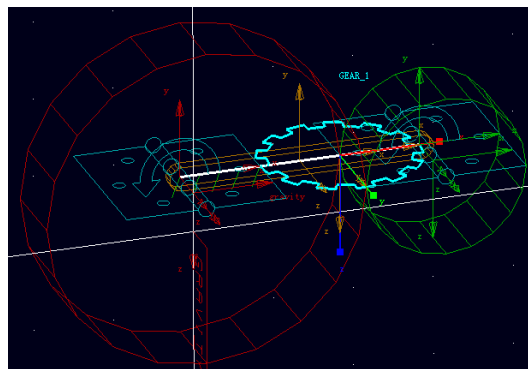



图 4-10 固定齿轮和行星轮的齿轮副

4.7 选择 ADAMS/View 约束库中的固定副(Fixed)图标，参数选择 2 Bod-1 Loc 和 Normal To Grid。在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键选择固定齿轮 (PART\_2)，然后选择机架 (ground)，接着选择齿轮上的 PART\_2.cm(或者 PART\_2.MARKER\_1)，如图 4-11 所示。图中显亮的部分就是所创建的固定副 (JOINT\_4)。

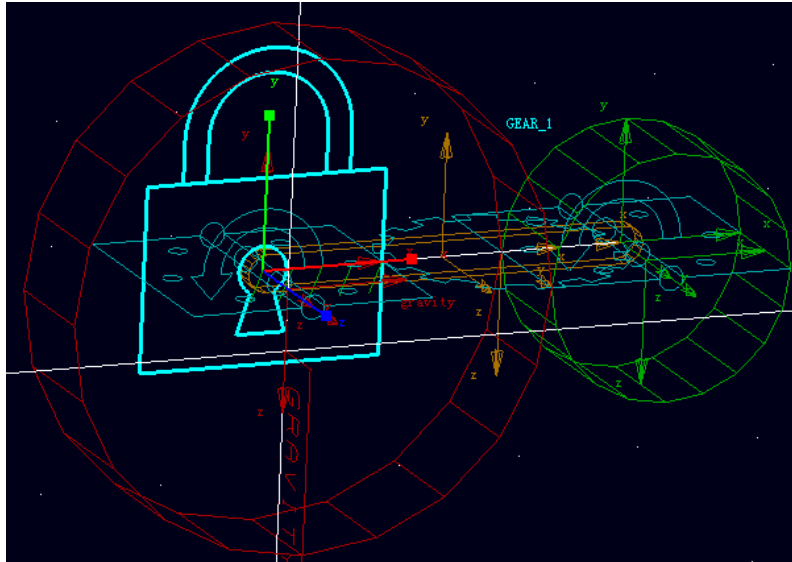



图 4-11 施加在固定齿轮上的固定副

4.8 在 ADAMS/View 驱动库中选择旋转驱动 (Rotational Joint Motion) 按钮，在 Speed 一栏中输入 360，360 表示旋转驱动每秒钟旋转 360 度。在 ADAMS/View 工作窗口中，两个齿轮中任选一个作为主动齿轮，本设计中选择左边的齿轮 (红色的)，用鼠标左键点击齿轮上的旋转副 (JOINT\_1) 或者旋转副 (JOINT\_2)，一个旋转驱动创建出来，如图 4-12 所示，图中显亮的部分为旋转驱动。

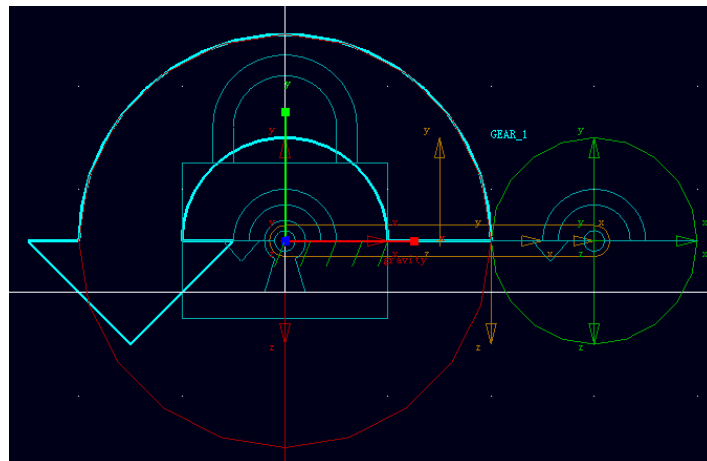



图 4-12 齿轮上的旋转驱动

## 5 仿真模型

5.1 点击仿真按钮，设置仿真终止时间 (End Time) 为 1，仿真工作步长 (Step Size) 为 0.01,然后点击开始仿真按钮，进行仿真。

5.2 对小齿轮的进行运动分析。对小齿轮的旋转副 JOINT\_3 进行角位置分析。在 ADAMS/View 工作窗口中用鼠标右键点击小齿轮的旋转副 JOINT\_3，选择 Modify 命令，如图 5-1 所示，在弹出的修改对话框中选择测量（Measures）图标

，如图 5-2 所示。在弹出的测量对话框中，将 Characteristic 栏设置为 Ax/Ay/Az Projected Rotation，将 Component 栏设置为 Z，将 From/At 栏设置为 PART\_4.MARKER\_10，（选择该 MARKER 点进行测量，将测量出小齿轮相对连杆(PART\_4)的相对运动，而连杆的牵连运动已知，最后就能得到小齿轮的绝对运动）其他的设置如图 5-3 所示。然后点击对话框下面的“OK”确认。生成的时间-角度曲线如图 5-4 所示。

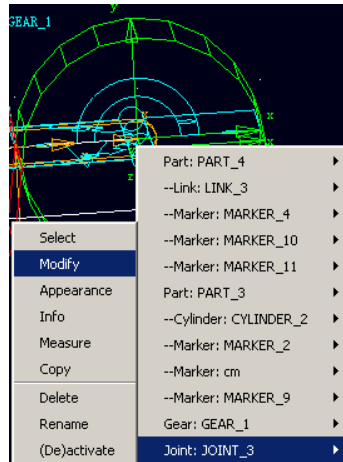


图 5-1 旋转副属性修改命令

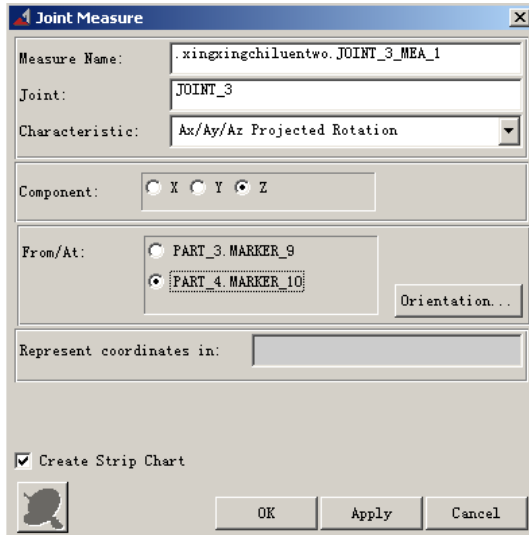


图 5-3 测量力对话框的设置

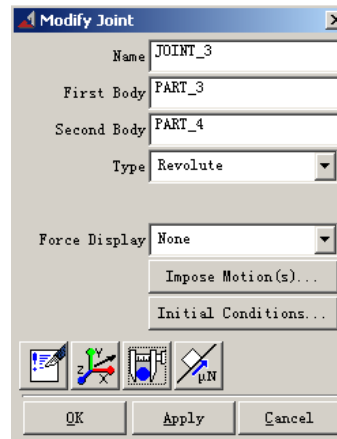


图 5-2 修改对话框

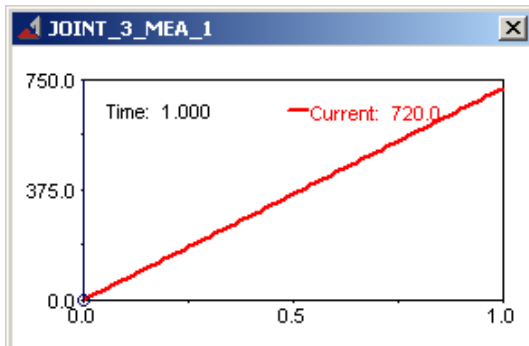


图 5-4 时间和角度的曲线图

在 ADAMS 中，以逆时针旋转为正方向。由图 5-4 可以知道,当杆件每秒逆时针转过 360 度时,小齿轮逆时针转过的角度为 720 度,即小齿轮绕大齿轮逆时针公转（牵连运动）360 度的同时,其逆时针自转（相对运动）720 度，绝对运动（合成运动）=牵连运动+相对运动=360+720=1080。根据机械原理上公式（8-48）

$$\frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_2 - \omega_H} = -\frac{z_2}{z_1}$$

已知  $\omega_1 = 0$ （与机架固定）， $\omega_H = 360$ ， $z_1 = 50$ ， $z_2 = 25$ ，易得  $\omega_2 = 1080$ ，实际结果和理论计算相同。

实验报告要求：记录建模过程，分别得到 3 组不同 Z1，Z2 值的时间和角度的曲线图



## 实验三 二级直齿齿轮减速器运动仿真

设一个直齿二级齿轮减速器，基本结构几何参数如下：

第一级：模数  $m = 4 \text{ mm}$ ， $z_1 = 20$ ， $z_2 = 50$ ；齿宽  $B = 40 \text{ mm}$

第二级：模数  $m = 4 \text{ mm}$ ， $z_1 = 30$ ， $z_2 = 70$ ；齿宽  $B = 40 \text{ mm}$

则第一级传动小齿轮分度圆直径为  $d_1 = m \times z_1 = 80 \text{ mm}$ ， $d_2 = m \times z_2 = 200 \text{ mm}$ ；第二级传动小齿轮分度圆直径为  $d_1 = m \times z_1 = 120 \text{ mm}$ ， $d_2 = m \times z_2 = 280 \text{ mm}$ 。

设定输入转速后，求输入输出曲线。

### 一、几何建模

#### 1. 启动软件

双击桌面上 ADAMS/View 的快捷图标,打开 ADAMS/View。在欢迎对话框中选择“Create a new model”，在模型名称 (Model name) 栏中输入 decelerator；在重力名称(Gravity)栏中选择“Earth Normal(-Global Y)”；在单位名称(Units)栏中选择“MMKS -mm,kg,N,s,deg”；点击“OK”确定。

#### 2. 设置工作环境

在 ADAMS/View 菜单栏中，选择设置 (Setting) 下拉菜单中的工作网格 (Working Grid) 命令。系统弹出设置工作网格对话框，将网格的尺寸(Size)中的 X 和 Y 分别设置成 750mm 和 500mm，间距 (Spacing) 中的 X 和 Y 都设置成 10mm。然后点击“OK”确定。

#### 3. 创建齿轮

鼠标右键单击模型库，选择旋转方式，按照上面计算所得各分度圆直径建立图 1 所示模型。

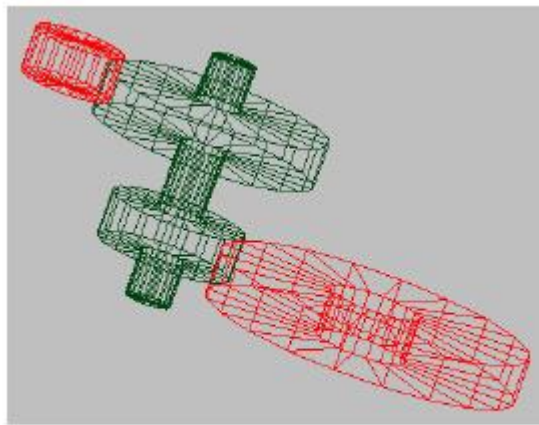


图1 初始模型

#### 4. 创建旋转副、齿轮副、旋转驱动

选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (Joint: Revolute) 图标，参数选择“2 Bod-1 Loc”和“pick feature”，在“ADAMS/View”工作窗口中先用鼠标左键选择小齿轮，然后选择机架 (ground)，接着选择小齿轮上的中心点，拖动光标直到出现沿小齿轮中心轴线方向的白色箭头，点击左键完成旋转副(JOINT\_1)，该旋转副连接机架和齿轮，使齿轮能相对机架旋转。同样方法创建中间双齿轮和右边大齿轮的旋转副 JOINT\_2 和 JOINT\_3。

创建完三个定轴齿轮上的旋转副后，还要创建两个啮合点(MARKER)。齿轮副的啮合点和旋转副必须有相同的参考连杆 (机架)，并且啮合点 Z 轴的方向与齿轮的传动方向相同。所以在本例中，啮合点(MARKER)

必须定义在机架(ground)上。选择 ADAMS/View 零件库中的标记点工具图标，参数选择 Add to Ground 和 Global XY,分别在两对啮合齿轮中心处单击，默认的 z 轴方向恰好垂直于工作平面，即啮合点线速度方向，但两处 z 轴的指向应相反，具体指向可根据下面驱动的方向确定。

选择 ADAMS/View 约束库中的齿轮副 (Gear) 图标，在弹出的对话框中的 Joint Name 栏中选择小齿轮的 JOINT\_1 和中间双齿轮的 JOINT\_2，在 Common Velocity Marker 栏中选择第一级啮合处的 MARKER，点击 OK 完成齿轮副的创建，同样方法完成第二级啮合的齿轮副。

在 ADAMS/View 驱动库中选择旋转驱动(Rotational Joint Motion)按钮，在 Speed 一栏中输入 3000，表示旋转速度 3000 度/秒。左键选小齿轮轴 JOINT\_1 作为驱动。完成后模型如图 2 所示。

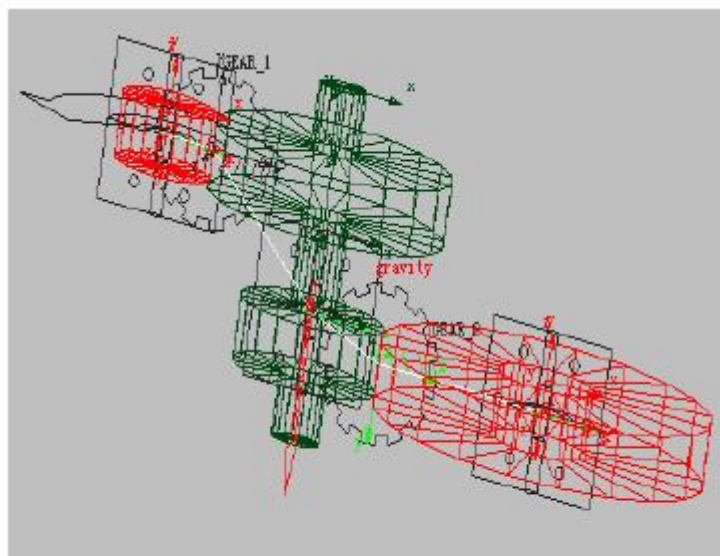


图2 完整模型

至此，二级齿轮减速器模型创建完毕。

## 二、仿真模型

点击仿真按钮，为便于计算，设置仿真终止时间 (End Time) 为 1，仿真工作步长 (Step Size) 为 0.01，然后点击开始仿真按钮，进行仿真。

## 三、后处理

对小齿轮的旋转副 JOINT\_1 或驱动 MOTION\_1 进行角位置分析。在 ADAMS/View 工作窗口中用鼠标右键点击小齿轮的旋转副 JOINT\_1，选择 Modify 命令，在弹出的修改对话框中选择测量(Measures)图标，在弹出的测量对话框中，将 Characteristic 栏设置为 Ax/Ay/Az Projected Rotation，将 Component 栏设置为 Z，From/At 栏默认，点 OK 确认。生成的时间-速度曲线如图 3 所示。

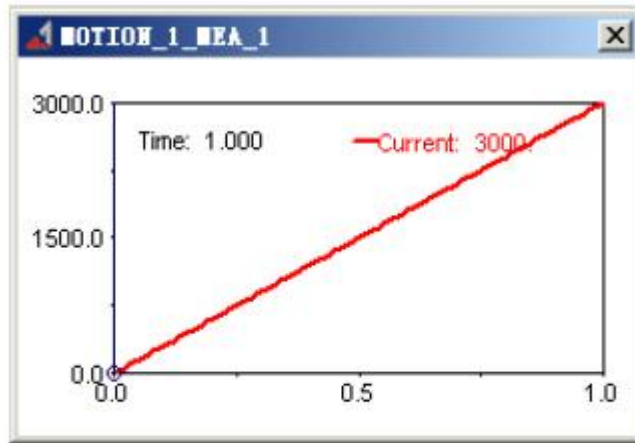


图3 输入速度曲线

同样的设置方法，JOINT\_2 和 JOINT\_3 的时间-速度曲线分别如图 4、图 5 所示。

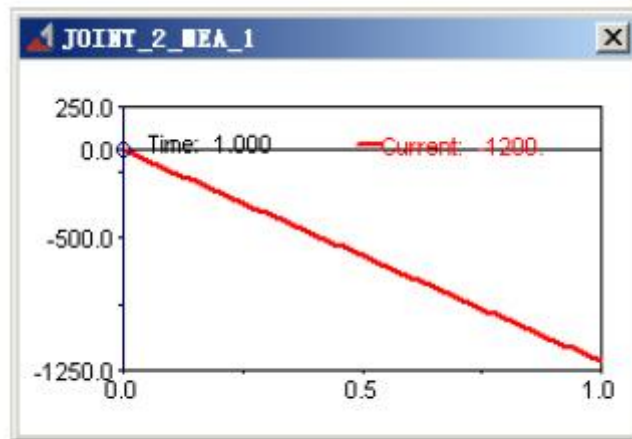


图4 一级减速后速度曲线

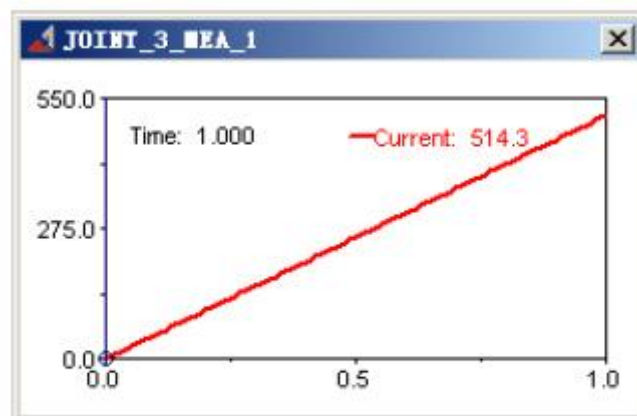


图5 输出速度曲线

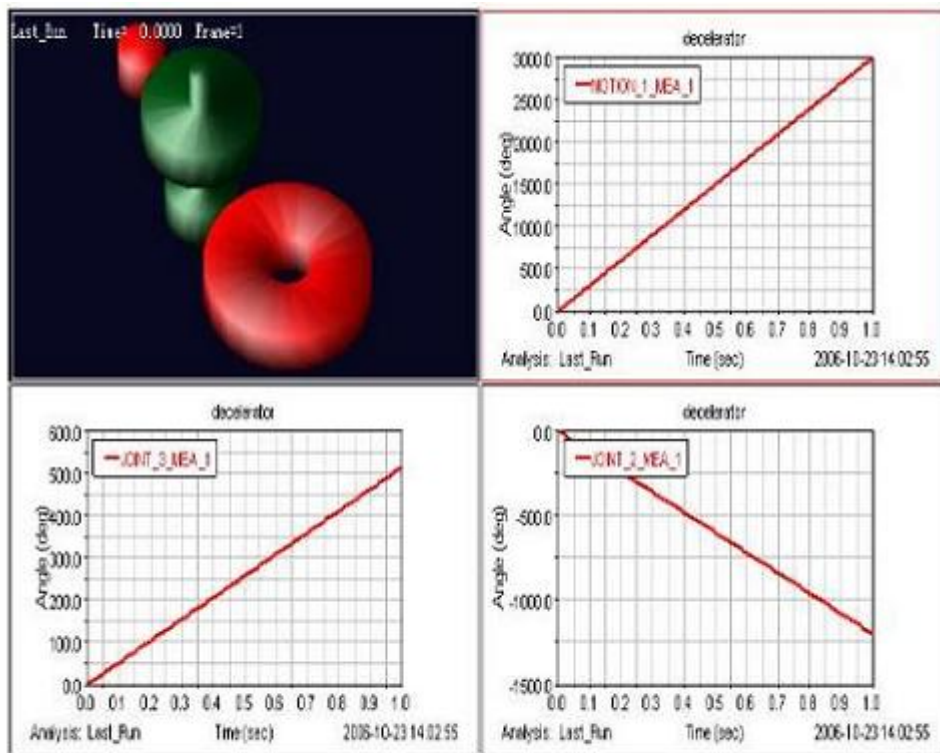


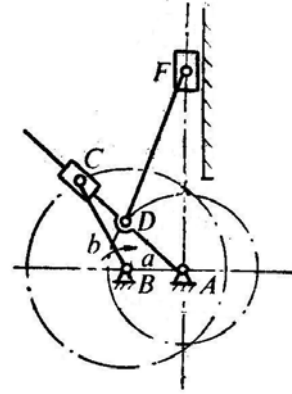
图6 载入后处理模块后界面

测量完成后，进入后处理模块，右键单击选择分成四部分的窗口，分别加载动画和三条曲线如图 6 所示。

实验报告要求：记录建模过程，对结论进行分析。说明得到的曲线的正确性

## 实验四 平面连杆机构模拟仿真

图为开槽机上用的急回机构。原动件 BC 匀速转动，已知  $a = 80\text{mm}$ ， $b = 200\text{mm}$ ， $l_{AD} = 100\text{mm}$ ， $l_{DF} = 400\text{mm}$ 。原动件为构件 BC，为匀速转动，角速度  $\omega = 2\pi\text{rad/s}$ 。对该机构进行运动分析和动力分析。



图

在本例子中，将展示在 ADAMS 中可以先用未组装的形式构造急回机构的各个部件，然后在仿真前让这些部件自动地组装起来，最后进行仿真。这种方法比较适合构造由较多部件组成的复杂模型。

创建过程

### 1.启动 ADAMS

双击桌面上 ADAMS/View 的快捷图标,打开 ADAMS/View。在欢迎对话框中选择“Create a new model”，在模型名称 (Model name) 栏中输入: jihuijigou；在重力名称 (Gravity) 栏中选择“Earth Normal (-Global Y)”；在单位名称 (Units) 栏中选择“MMKS -mm,kg,N,s,deg”。如图 1-1 所示。

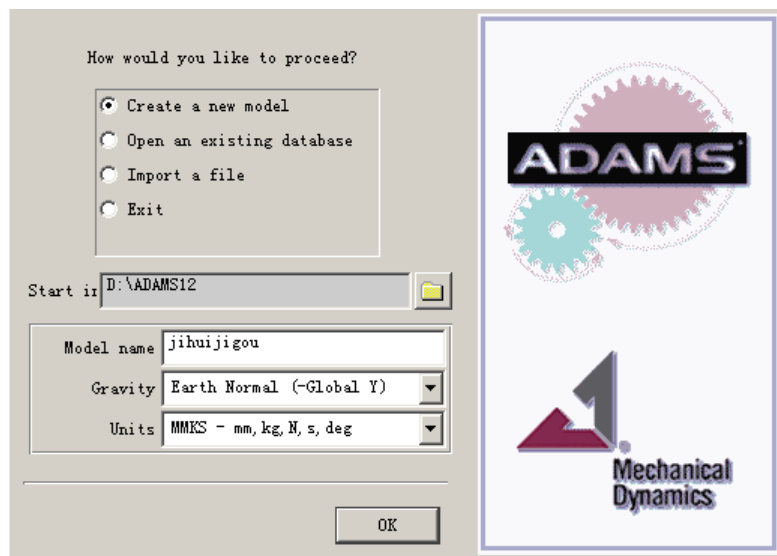


图 1-1 欢迎对话框

## 2. 设置工作环境

2.1 对于这个模型，网格间距需要设置成更高的精度以满足要求。在 **ADAMS/View** 菜单栏中，选择设置 (**Setting**) 下拉菜单中的工作网格 (**Working Grid**) 命令。系统弹出设置工作网格对话框，将网格的尺寸 (**Size**) 中的 **X** 和 **Y** 分别设置成 **750mm** 和 **1000mm**，间距 (**Spacing**) 中的 **X** 和 **Y** 都设置成 **10mm**。然后点击“**OK**”确定。如图 2-1 所表示。

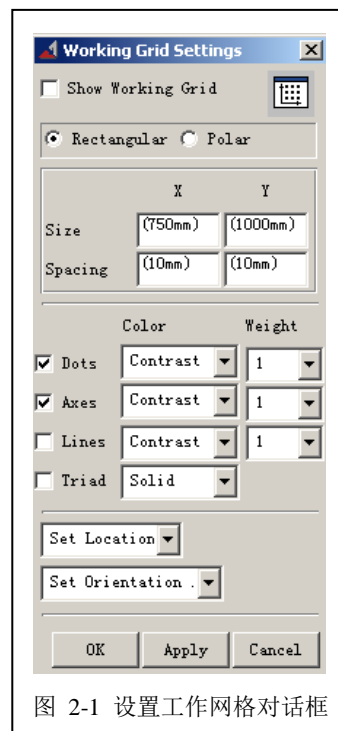





图 2-1 设置工作网格对话框

2.2 用鼠标左键点击动态放大 (**Dynamic Zoom**) 图标 ，在模型窗口中，点击鼠标左键并按住不放，移动鼠标进行放大或缩小。

2.3 用鼠标左键点击动态移动 (**Dynamic Translate**) 图标 ，在模型窗口中，按住鼠标左键，移动鼠标选择合适的网格。

## 3. 创建机构的各个部件

3.1 在 **ADAMS/View** 零件库中选择

连杆 (**Link**) 图标 ，长度为 200mm ( $b = 200\text{mm}$ )，其他参数合理选择。如图 3-1 所示。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择点  $(-80,0,0)$  mm(该点的位置可以选择在其他地方)，然后按照和题目中差不多的倾斜角，点击鼠标左键 (本题选择点  $(-200,160,0)$  mm)，创建出主曲柄 **BC** (**PART\_2**)。如图 3-2 所表示。

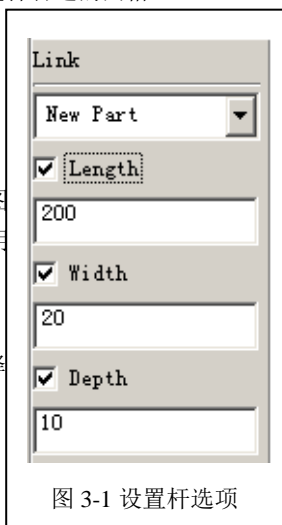



图 3-1 设置杆选项

3.2 在 **ADAMS/View** 零件库中选择连杆

(**Link**) 图标 ，参数选择如图 3-3 所示。在工作窗口

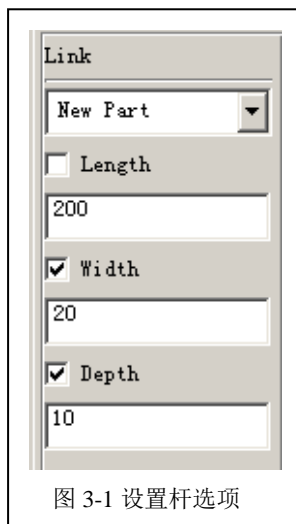


图 3-1 设置杆选项

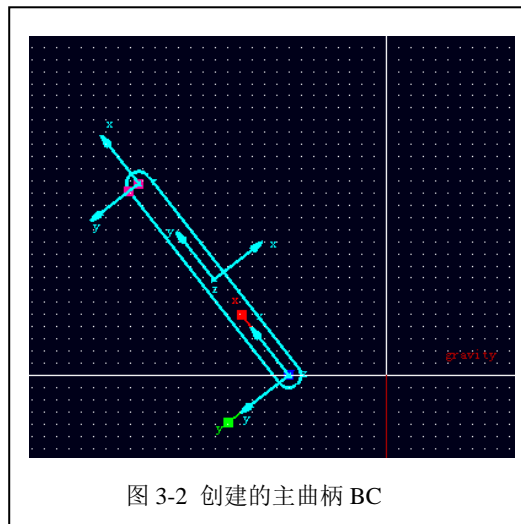


图 3-2 创建的主曲柄 BC

中先用鼠标左键选择原点  $(0,0,0)$  mm(根据上面创建的主曲柄 **BC** 的位置和题中的条件,副曲柄 **AC** 的位置是唯一的), 然后按照和题目中差不多的倾斜角, 点击鼠标左键 (本题选择点  $(-230,290,0)$  mm), 创建出副曲柄 **AC** (**PART\_3**)。如图 3-3 所表示。

3.3 该步骤将创建主、副曲柄之间的连接部分 C，在 ADAMS/View 零件库中选择连杆 (Link) 图标



参数选择如图 3-4 所示。在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键在主曲柄 (PART\_2) 和副曲柄 (PART\_3) 之间任意选择一点 (本题选择点(-270,190,0))，并与副曲柄 (PART\_3) 近似平行，点击鼠标左键连接部分 C (PART\_4) 创建出来，如图 3-5 所示。

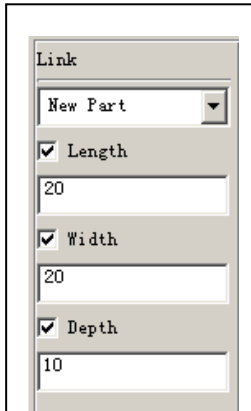


图 3-4 设置杆选项

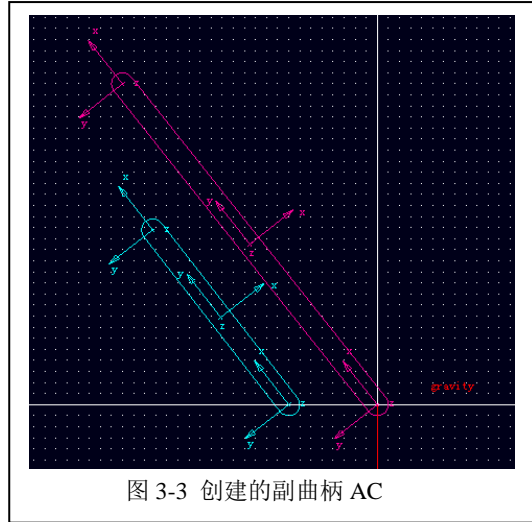


图 3-3 创建的副曲柄 AC

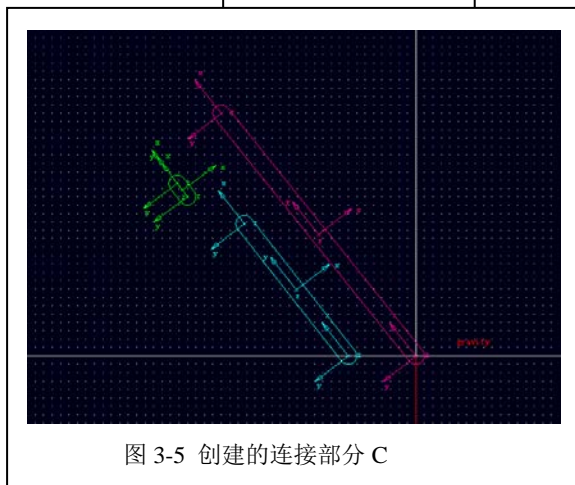


图 3-5 创建的连接部分 C

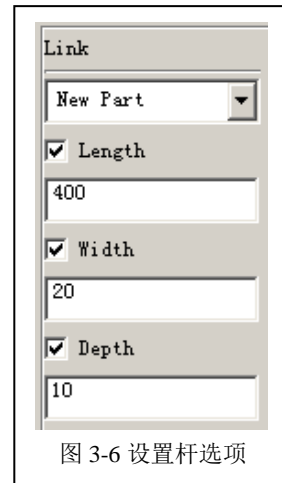



图 3-6 设置杆选项

3.4 在 ADAMS/View 零件库中选择连杆 (Link) 图标 ，参数选择如图 3-6 所示。在 ADAMS/View 工作窗口中，用鼠标左键在副曲柄上侧的区域任意选择一点 (本题中选择点 (30,100,0) mm)，并使连杆垂直向上，然后点击鼠标左键确定。连杆 DF (PART\_5) 创建出来，如图 3-7 所示。

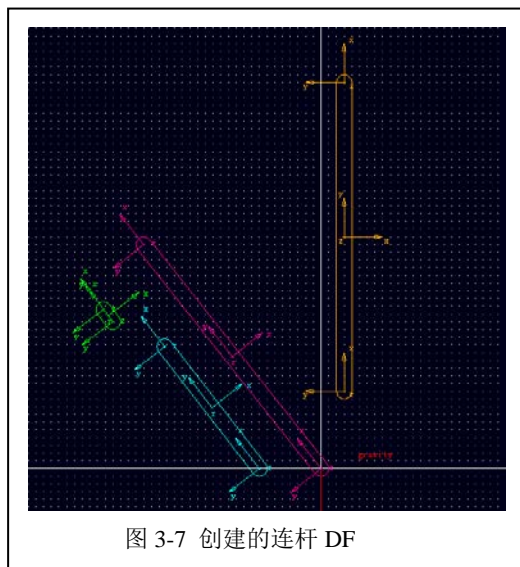


图 3-7 创建的连杆 DF

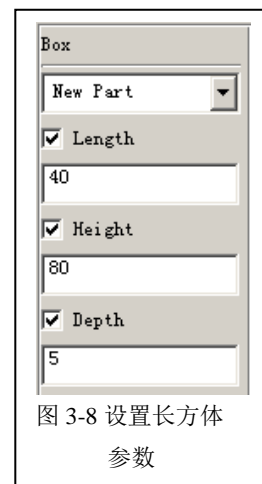


图 3-8 设置长方体参数



3.5 在 **ADAMS/View** 零件库中选择长方体 (**Box**) 图标，参数选择如图 3-8 所示，参数可以任意选择，只要合理就可以。在 **ADAMS/View** 工作窗口中，用鼠标左键在副曲柄上侧的区域任意选择一点（本题中选择点 (-70,500,0) mm），并点击鼠标左键确认。滑块 F (**PART\_6**) 如图 3-9 所示。

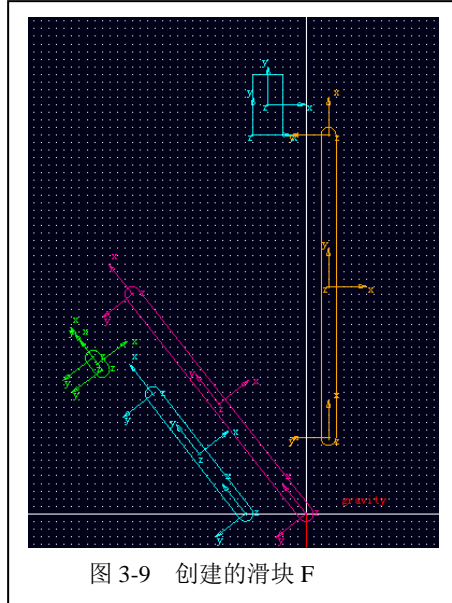


图 3-9 创建的滑块 F

#### 4.创建铰接点 D



4.1 在 **ADAMS/View** 零件库中选择 **MARKER** 点图标，参数选择如 4-1 所表示。先用鼠标左键点击副曲柄 (**PART\_3**)，然后选择点击 **Marker** 点 (**PART\_3.cm**)，如图 4-2 所示。一个固结在副曲柄 (**PART\_3**) 上的 **Marker** 点 (**MARKER\_10**) 创建出来。如

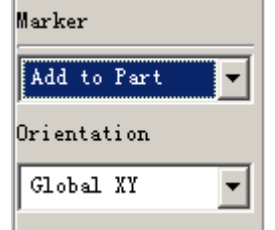


图 4-1 设置 **Marker** 点

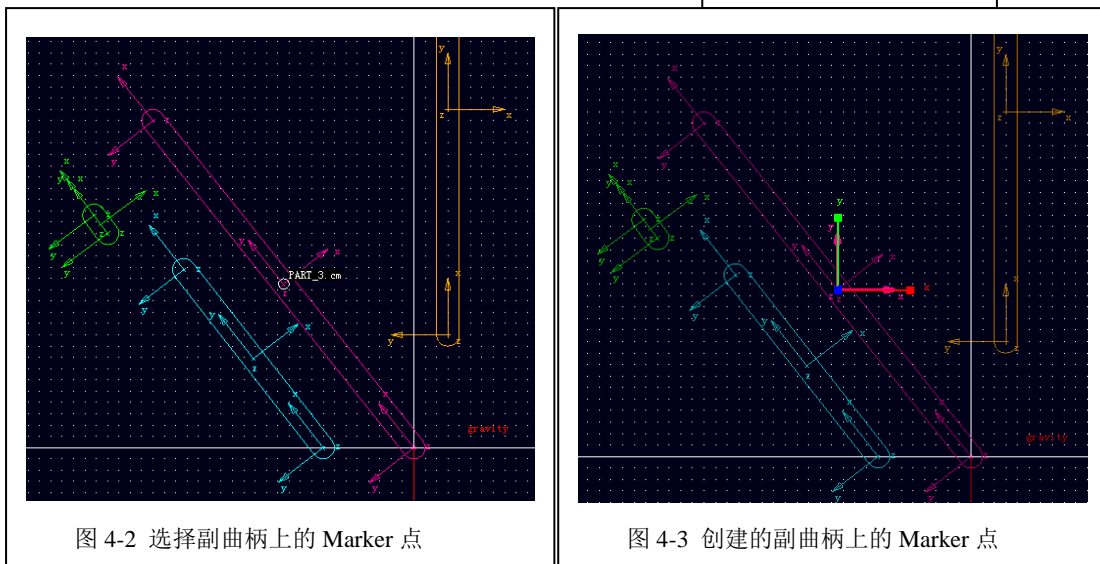


图 4-2 选择副曲柄上的 **Marker** 点

图 4-3 创建的副曲柄上的 **Marker** 点



4.2 在所创建的 **MARKER\_10** 点上右击鼠标，在弹出的对话框中选--**Marker: MARKER\_10**→**Modify**,如图 4-4 所示。

4.3 在弹出的属性对话框中，如图 4-5 所示，容易知道 **MARKER\_10** 点的坐标为 (-115.0,145.0,0.0) mm，而题目中铰接点 D 到原点 (0,0,0) mm 的距离  $l_{AD} = 100\text{mm}$ 。

我们可通过直角三角形的性质，计算出当 **MARKER\_10** 点的坐标为 (-62.1,78.3,0) mm 时，**MARKER\_10** 点到原点的距离为 100mm，即此时 **MARKER\_10** 点为所要的铰接点 D

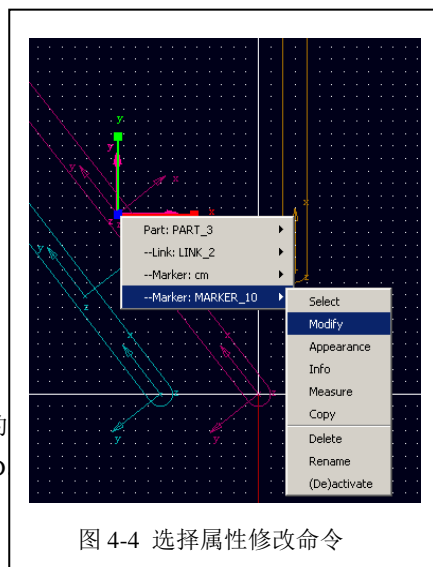


图 4-4 选择属性修改命令

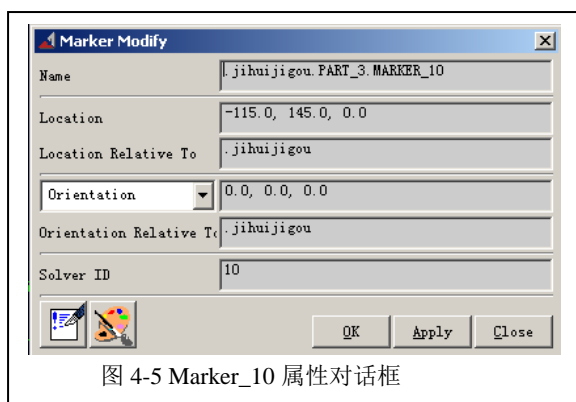


图 4-5 Marker\_10 属性对话框

4.4 将属性对话框中的 Location 的坐标 (-115.0,145.0,0.0) mm 修改为 (-62.1,78.3,0) mm，然后点击 OK 确定。则 **MARKER\_10** 点的位置将改变，如图 4-6 所示。

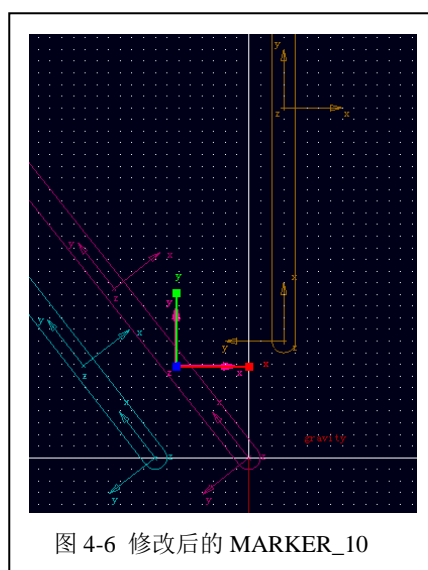


图 4-6 修改后的 MARKER\_10

## 5.在滑块上创建一个 Marker 点


5.1 在 **ADAMS/View** 零件库中选择 **MARKER** 点图标 , 参数选择如 5-1 所表示先用鼠标左键点击滑块 (**PART\_6**), 然后选择点击 **Marker** 点 (**PART\_6.cm**), 如图 5-2 所示. 一个固结在滑块 (**PART\_6**) 上的 **Marker** 点(**MARKER\_11**)创建出来。如图 5-3 所示。



图 5-1 设置 Marker 点的参数

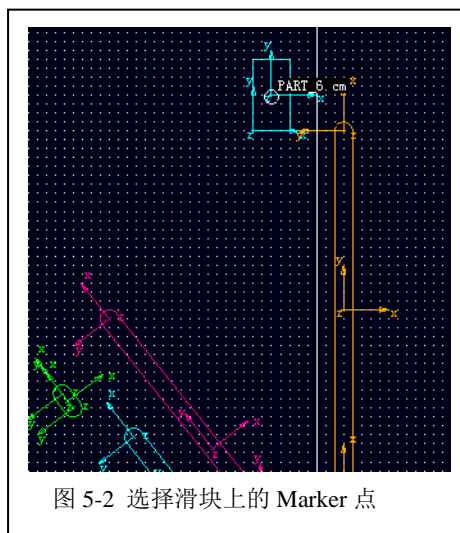


图 5-2 选择滑块上的 Marker 点

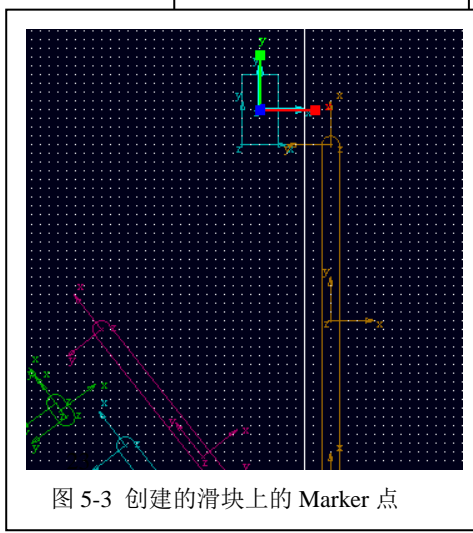


图 5-3 创建的滑块上的 Marker 点

5.2 在所创建的 **MARKER\_11** 点上右击鼠标，在弹出的对话框中选--**Marker: MARKER\_11**→**Modify**,如图 5-4 所示。

5.3 在弹出的属性对话框中，如图 5-5 所示，将对话框中 **Location** 栏的值 (-50.0,540.0,2.5) 修改为 (-30.0,540.0,2.5)，表示 **MARKER\_11** 点向 x 轴正方向移动了 20mm，然后点击 OK 确认，移动后的 **MARKER\_11** 点的位置位于滑块的右侧面，如图 5-6 所表示。

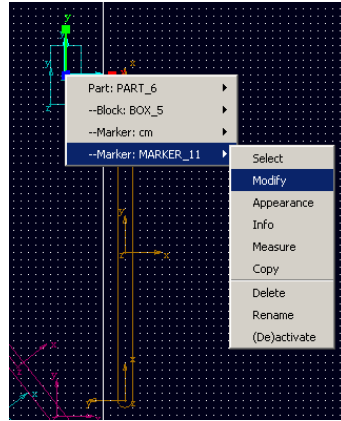


图 5-4 选择属性修改命令

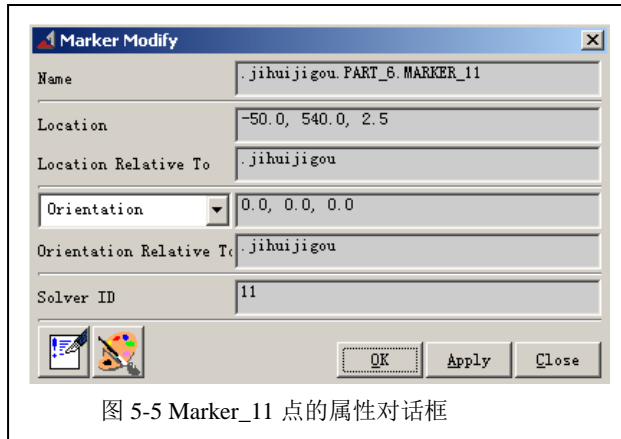


图 5-5 Marker\_11 点的属性对话框

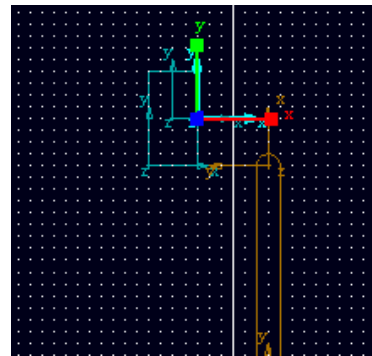



图 5-6 修改后的 MARKER\_11

## 6.创建机架

用工具 **Box** 建立机架，代表滑块滑动的平面。在建立机架时，ADAMS/View 默认其宽度是长和高中较小者的两倍。你也可以在生成机架前定义它的长、宽、高。

在 ADAMS/View 零件库中选择长方体

(**Box**) 图标 ，参数选择如图 6-1 所示，参数可以任意选择，只要合理就可以。在 ADAMS/View 工作窗口中，在点 (0,580,0) (机架的位置选择不是唯一的,只要滑块的运动范围不超过机架就可以)点击鼠标左键，拖到点 (10,200,0) 点击鼠标。生成的机架 (**PART\_7**) 如图 6-2 所表示。

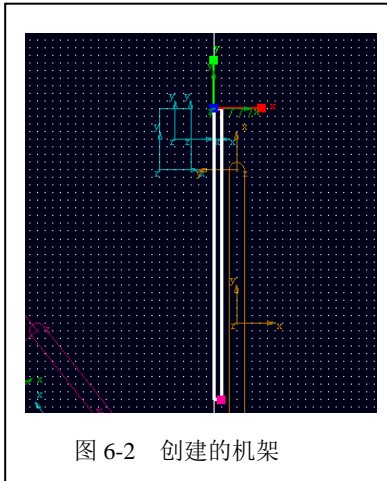


图 6-2 创建的机架

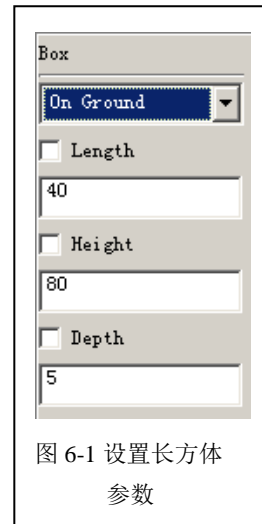



图 6-1 设置长方体参数

## 7.创建旋转副

7.1 选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (**Joint: Revolute**)

图标 ，参数选择 **2 Bod-1 Loc** 和 **Normal To Grid**。在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键选择主曲柄 (**PART\_2**)，然后选择机架 (**ground**)，接着选择主曲柄上的 **PART\_2.MARKER\_1**，如图 7-1 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(**JOINT\_1**)

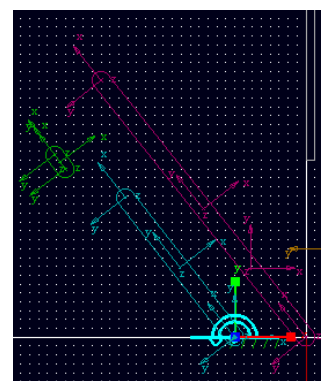



图 7-1 主曲柄上的旋转副

该旋转副连接机架和主曲柄，使主曲柄能相对机架旋转。

### 7.2 选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (Joint: Revolute)

图标，参数选择 **2 Bod-1 Loc** 和 **Normal To Grid**。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择副曲柄 (**PART\_3**)，然后选择机架 (**ground**)，接着选择副曲柄上的 **PART\_3.MARKER\_3**，如图 7-2 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(**JOINT\_2**)。该旋转副连接机架和副曲柄，使副曲柄能相对机架旋转。

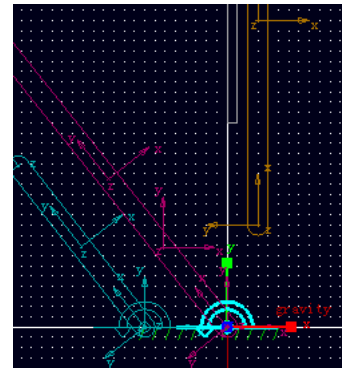



图 7-2 副曲柄上的旋转副

### 7.3 选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (Joint: Revolute)

图标，参数选择 **2 Bod-2 Loc** 和 **Normal To Grid**。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择连接部分 C (**PART\_4**)，然后选择主曲柄 (**PART\_2**)，接着先后选择连接部分 C 上的 **PART\_4.cm** 和主曲柄上的 **PART\_2.MARKER\_2** 如图 7-3 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(**JOINT\_3**)，该旋转副连接主曲柄和连接部分 C，使主曲柄和连接部分 C 之间作相对旋转运动。

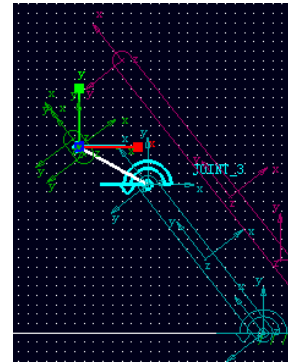



图 7-3 主曲柄和连接部分 C 之间的旋转副

### 7.4 选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (Joint: Revolute) 图

图标，参数选择 **2 Bod-2 Loc** 和 **Normal To Grid**。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择连杆 DF (**PART\_5**)，然后选择副曲柄 (**PART\_3**)，接着先后选择连杆 DF 上的 **PART\_5.MARKER\_7** 和副曲柄上的铰接点 D (**PART\_3.MARKER\_10**) 如图 7-4 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(**JOINT\_4**)，该旋转副连接副曲柄和连杆 DF，使副曲柄和连杆 DF 之间作相对旋转运动。

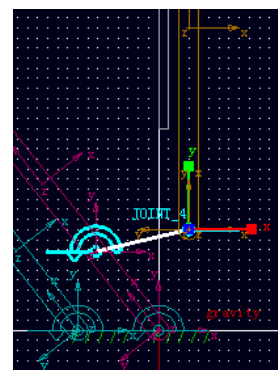


图 7-4 副曲柄和连杆

### 7.5 选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (Joint: Revolute) 图


图标，参数选择 **2 Bod-2 Loc** 和 **Normal To Grid**。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择滑块 (**PART\_6**)，然后选择连杆 DF (**PART\_5**)，接着先后选择滑块 (**PART\_6**) 的 **PART\_6.cm** 和连杆 DF 上的 **PART\_5.MARKER\_8**，如图 7-5 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(**JOINT\_5**)，该旋转副连接滑块和连杆 DF，使滑块和连杆 DF 之间作相对旋转运动。



图 7-5 滑块和连杆 DF

## 8.创建移动副

### 8.1 选择 ADAMS/View 约束库中的移动副 (Joint: Translational)



图标, 参数选择 **2 Bod-2 Loc** 和 **Pick Feature**。在 **ADAMS /View** 工作窗口中先用鼠标左键选择连接部分 **C (PART\_4)**, 然后选择副曲柄 (**PART\_3**), 接着先后选择连接部分 C 上的 **PART\_4.cm** 和副曲柄上的 **PART\_3.cm**, 这时出现白色箭头, 移动鼠标, 使白色箭头的方向与副曲柄平行, 如图 7-6 所示。然后连续点击鼠标左键两次, 这样定义了连接部分 C 在副曲柄上做移动运动。如图 7-7 所示, 图中显亮的部分就是所创建的移动副(**JOINT\_6**), 该移动副联结连接部分 C 和副曲柄,使连接部分 C 和副曲柄之间作相对移动运动。

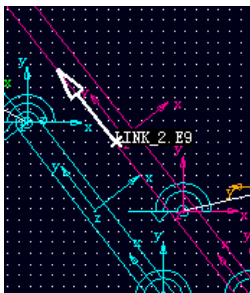


图 7-6 白色箭头

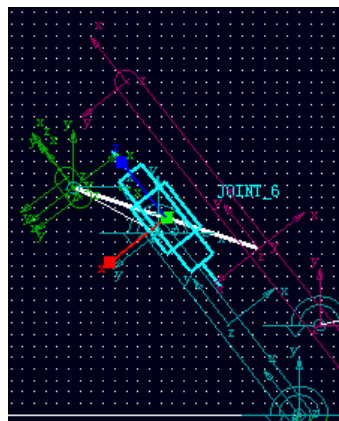


图 7-7 连接部分 C 和副曲柄之间的移动副

### 8.2 选择 ADAMS/View 约束库中的移动副 (Joint: Translational)



图标, 参数选择 **2 Bod-2 Loc** 和 **Pick Feature**。在 **ADAMS /View** 工作窗口中先用鼠标左键选择滑块 (**PART\_6**), 然后选择机架 (**ground**), 接着先后选择滑块上的 **PART\_6.MARKER\_11**, 和机架上的 **ground.MARKER\_12**, 这时出现白色箭头, 移动鼠标, 使白色箭头的方向与机架平行 (垂直向上), 如图 7-8 所示。然后连续点击鼠标左键两次, 这样定义了滑块在机架上做移动运动。如图 7-9 所示图中显亮的部分就是所创建的移动副(**JOINT\_7**), 该移动副联结滑块和机架,使滑块能在机架上移动运动。

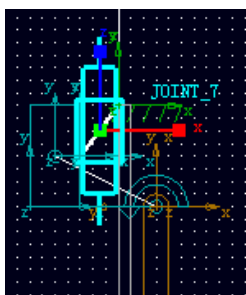


图 7-9 滑块和机架之间的移动副

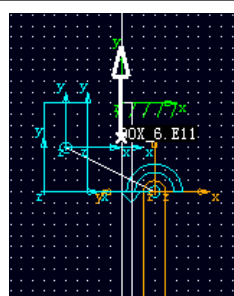



图 7-8 白色箭头

## 9.创建驱动

在 **ADAMS/View** 驱动库中选择旋转驱动 (**Rotational Joint Motion**) 按钮 , 在 **Speed** 一栏中输入 -360, -360 表示旋转驱动每秒钟顺时针旋转 360 度。在 **ADAMS/View** 工作窗口中, 用鼠标左键点击主曲柄上旋转副 (**JOINT\_1**), 一个旋转驱动创建出来, 如图 9-1 所示, 图中显亮的部分为旋转驱动。

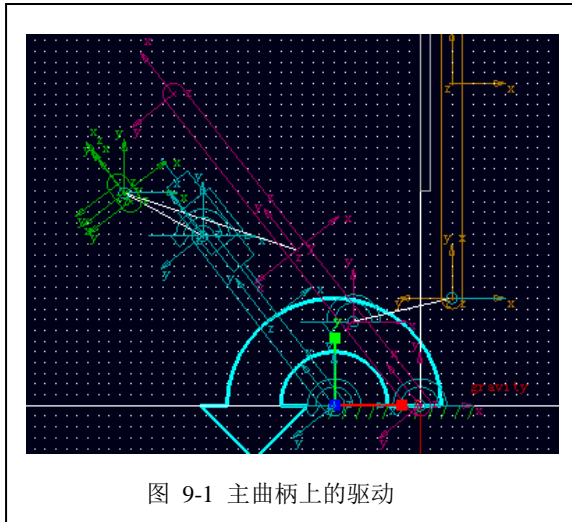


图 9-1 主曲柄上的驱动

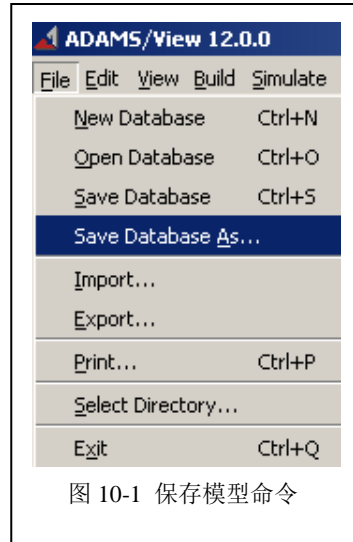


图 10-1 保存模型命令

## 10. 保存模型

10.1 在 ADAMS/View 中，选择“File”菜单中的“Save Database As”命令，如图 10-1 所示。系统弹出保存模型对话框，输入保存的路径和模型名称，按 OK，保存急回机构模型 **jihuijigou.bin**。如图 10-2 所示。

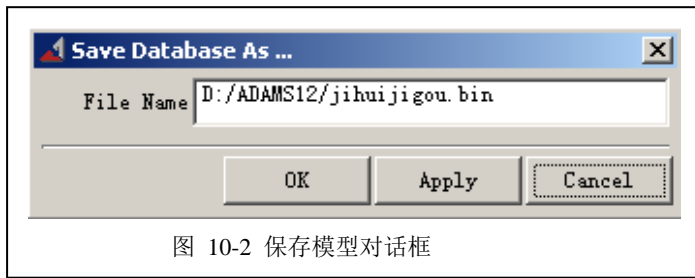




图 10-2 保存模型对话框

10.2 点击主工具箱的仿真按钮 ，设置仿真终止时间仿真终止时间（End Time）为 3，仿真工作步长（Step Size）0.01，然后点击开始仿真按钮 ，系统进行仿真，观察模型的运动情况。图 10-3 和图 10-4 分别表示未组装的急回机构和组装的急回机构。

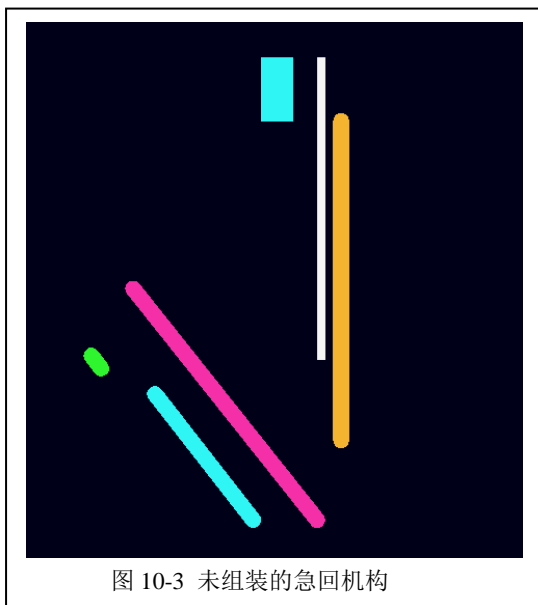


图 10-3 未组装的急回机构

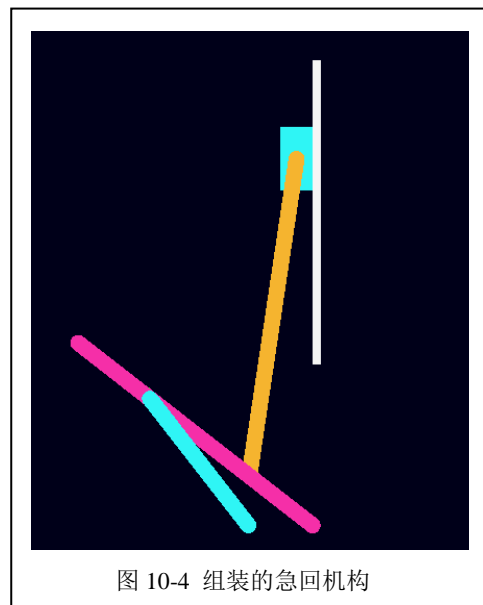


图 10-4 组装的急回机构

## 11. 仿真验证

下面仅对原动件 BC、连杆 DF、滑块 F 进行运动分析和力分析，其他构件的分析可以此为参考进行。

11.1 对原动件 BC 的旋转副 JOINT\_1 进行运动分析和力分析。在 ADAMS/View 工作窗口中用鼠标右键点击原动件 BC 的旋转副 JOINT\_1，选择 **Modify** 命令，如图 11-1 所示，在弹出的修改

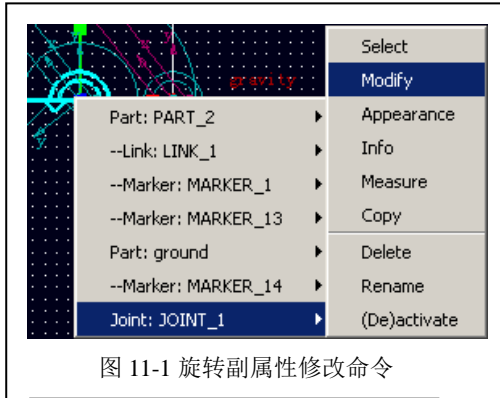


图 11-1 旋转副属性修改命令

对话框中选择测量 (Measures) 图标 ，如图

11-2 所示。在弹出的测量对话框中，将

Component 栏设置为 mag，将 From/At 栏设置为

PART\_2.MARKER\_13 (或者 ground.MARKER\_14) (选择

前者，表示测量的是原动件 BC 对机架的压力，选择后者，表示测量的是机架对原动件 BC 的支持力，两力是一对作用力和反作用力，大小相等，方向相反)

其他的设置如图 11-3 所示。然后点击对话框下面的

“OK” 确认。生成的力-位移曲线如图 11-4 所示。

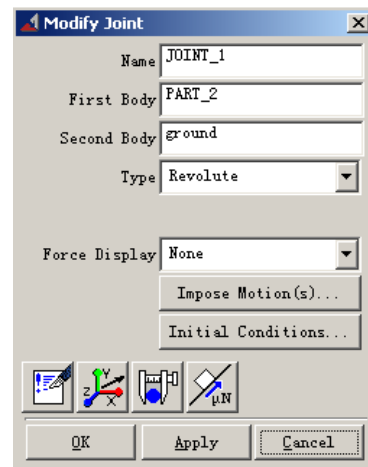


图 11-2 修改对话框

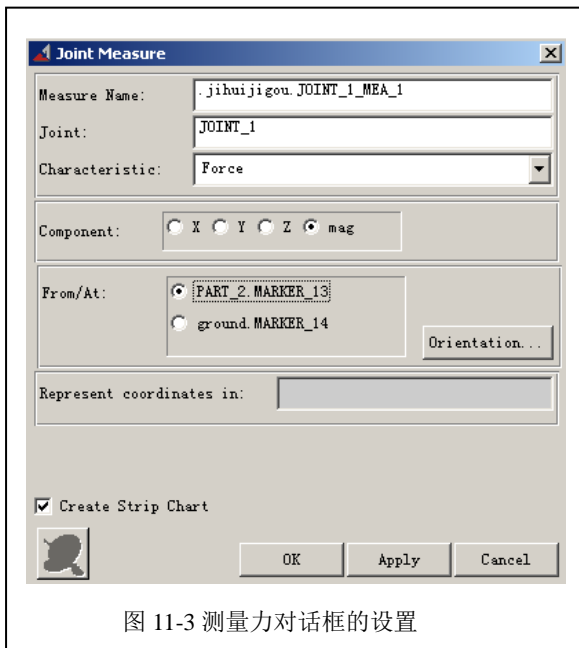


图 11-3 测量力对话框的设置

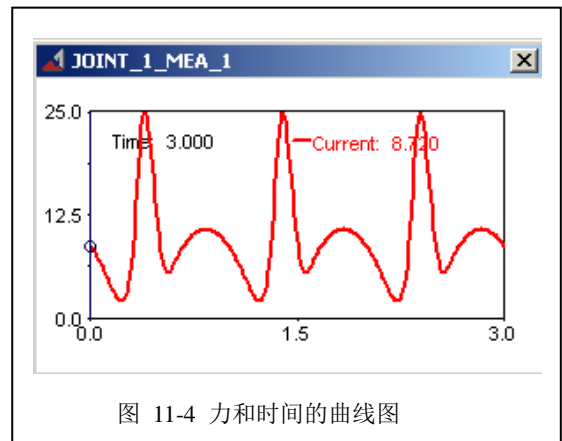


图 11-4 力和时间的曲线图

11.2 对原动件 BC 的旋转副 JOINT\_1 进行如何角位移测量的运动分析，旋转副 JOINT\_1 的角位移测量和其力测量过程几乎一样，在图 11-3 所示的对话框中，将 Characteristic 栏选为 Ax/Ay/Az Projected Rotation，Component 栏选为 Z，将 From/At 栏设置为 ground.MARKER\_14 (或者 PART\_5.MARKER\_13)，其

他的设置如图 11-5 所示。然后点击对话框下面的“OK”确认。生成的力-位移曲线如图 11-6 所示。

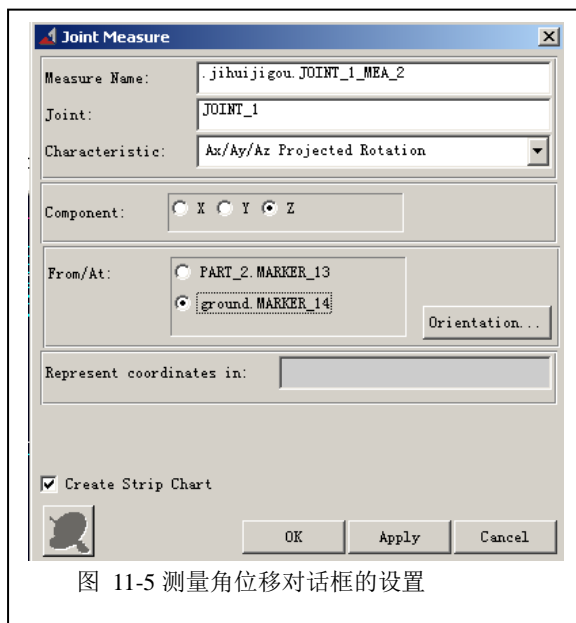


图 11-5 测量角位移对话框的设置

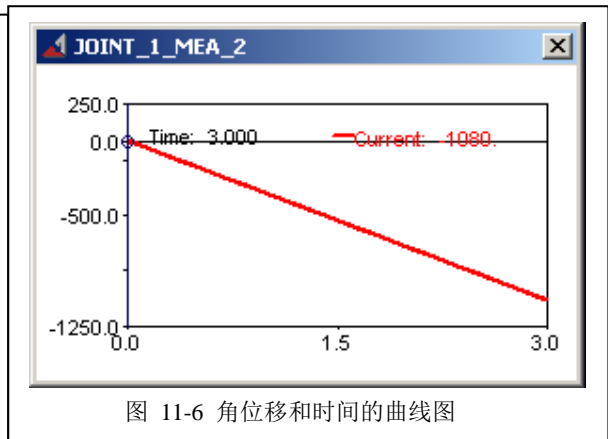


图 11-6 角位移和时间的曲线图

当 From/At 栏设置为 PART\_5.MARKER\_13 时，生成的角位移和时间的曲线图如图 11-7 所示。图 11-7 和图 11-6 的区别在于符号的相反，绝对值大小相同。这就是设置 From/At 栏不同的参考点从而导致曲线的不同。

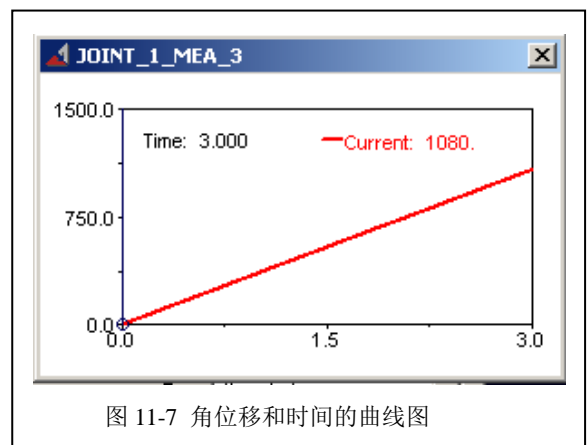


图 11-7 角位移和时间的曲线图

11.3 对连杆 DF 进行运动学分析。在此，运动分析以连杆 DF 的中点为参考点，确定其运动和构件 DF 绕其转动，也可以以连杆上的其他点为参考点。在 ADAMS/View 菜单栏中，选择 **Build**→**Measure**→**Point-to-Point**→**New**，如图 11-8 所示，进行点与点之间的位移测量。系统弹出点与点之间测量的对话框，将光标放在被测量的点（To Point）栏中，按鼠标右键，选择 **Marker**→**Browse**，如图 11-9 所示。

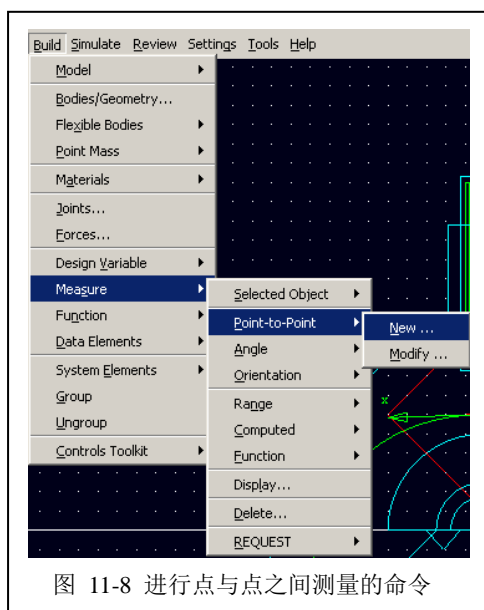


图 11-8 进行点与点之间测量的命令

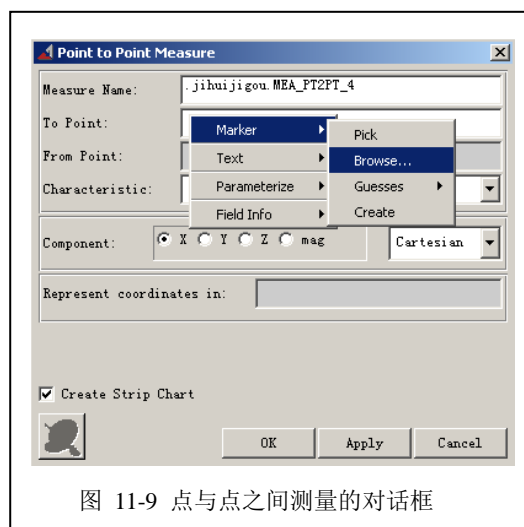


图 11-9 点与点之间测量的对话框

11.4 在弹出的 **Database Navigator** 的对话框中,选择 **PART\_5** 下面的 **PART\_5.cm**(该 **MARKER** 点为连杆 DF 上的重心点)。然后点击该对话框下面的“OK”按钮。如图 11-10 所示。同样在图 11-9 中的参考点(**From Point**) 栏中,按鼠标右键,选择 **Marker**→**Browse**,在弹出的 **Database Navigator** 的对话框中,选择 **ground** 下面的 **MARKER\_16** (该点是坐标原点),然后点击该对话框下面的“OK”按钮。如图 11-11 所示。

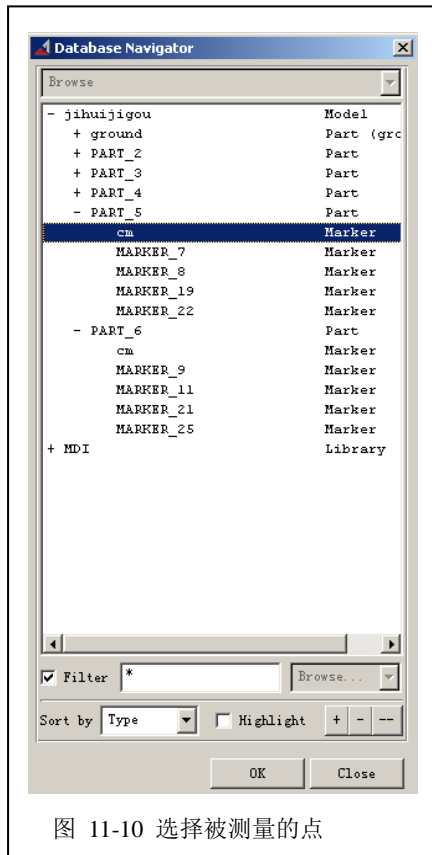


图 11-10 选择被测量的点

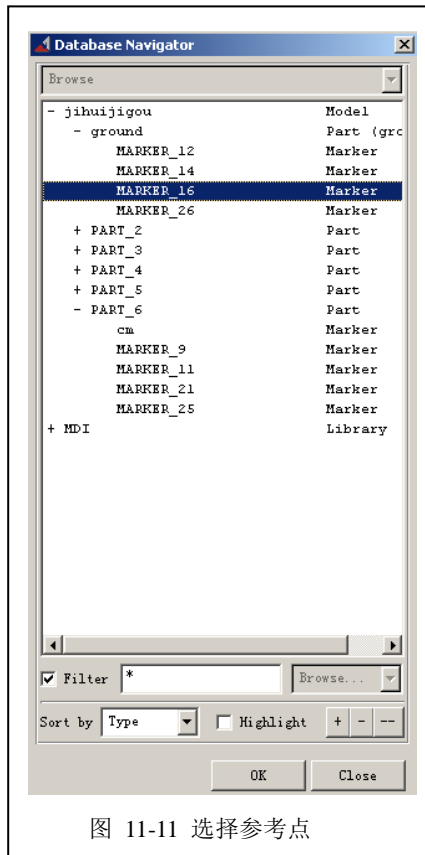


图 11-11 选择参考点

11.5 在图 11-8 中的 **Characteristic** 栏中选择 **Translational displacement**, 在 **Component** 栏中选择 **mag**。如图 11-12 所示。然后点击对话框下面的“OK”确认。生成的时间-位移曲线如图 11-13 所示。

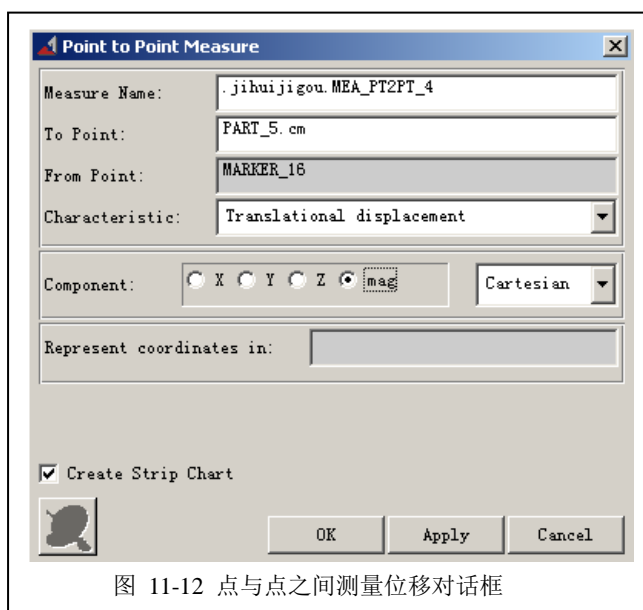


图 11-12 点与点之间测量位移对话框

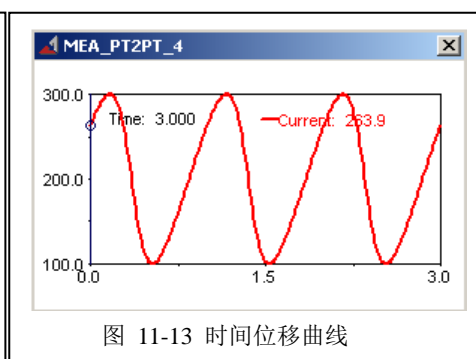


图 11-13 时间位移曲线



11.6 速度和加速度的测量的过程和位移的过程几乎一样，只是在点与点之间测量对话框（**Point to Point Measure**）中的 **Characteristic** 项，分别选为 **Translational velocity**，如图 11-14 所示，或者 **Translational acceleration**，如图 11-15 所示。图 11-16、图 11-17 分别是时间速度曲线、时间加速度曲线。

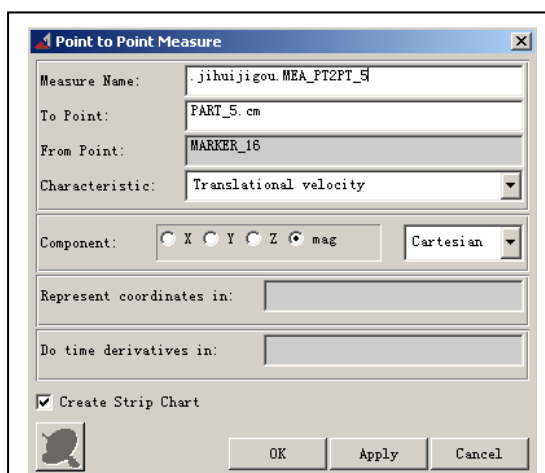


图 11-14 点与点之间测量速度对话框

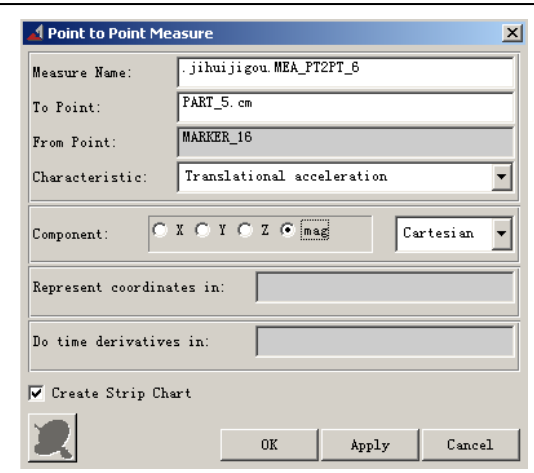


图 11-15 点与点之间测量加速度对话框

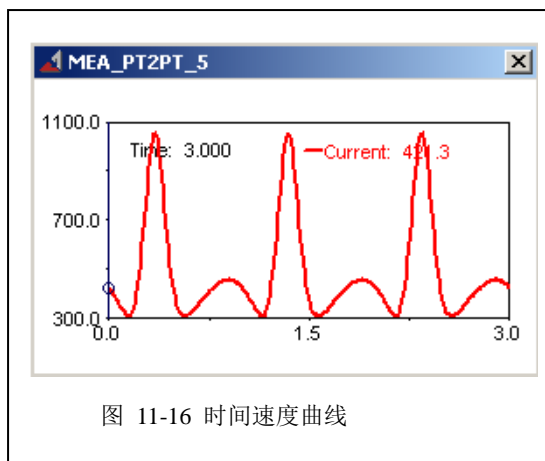


图 11-16 时间速度曲线

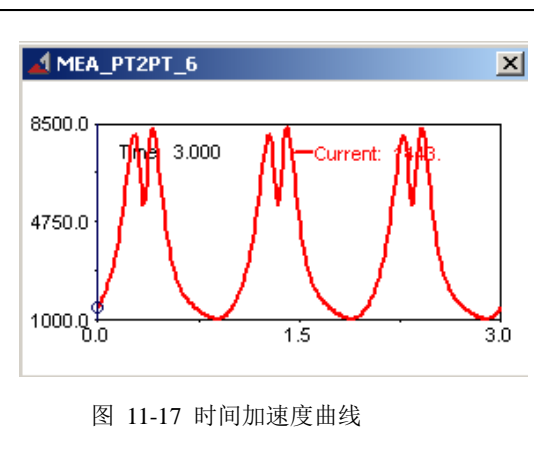


图 11-17 时间加速度曲线

11.7 在 **ADAMS/View** 菜单栏中，选择 **Build**→**Measure**→**Angle**→**New**，如图 11-18 所示，进行连杆 DF 旋转运动的测量。系统弹出点与点之间测量的对话框，将光标放在第一个点（**First Marker**）栏中，按鼠标右键，选择 **Marker**→**Browse**，如图 11-19 所示。

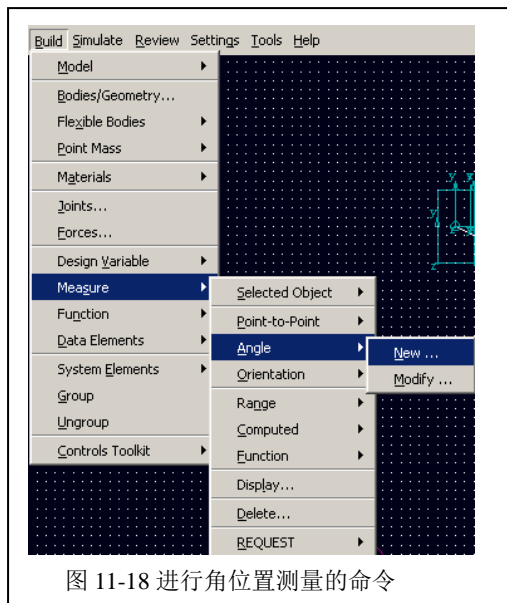


图 11-18 进行角位置测量的命令

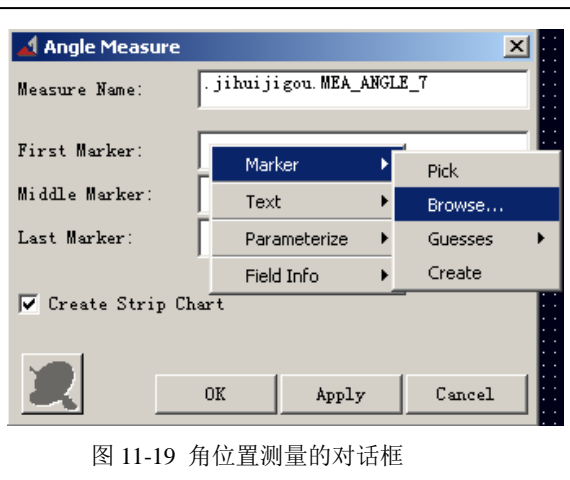


图 11-19 角位置测量的对话框

在 **First Marker** 栏输入 **MARKER\_22** (该点为连杆 DF 与滑块 F 的连接点), **Middle Marker** 栏输入 **PART\_5.cm** (该点为连杆 DF 的重心点), **Last Marker** 栏输入 **MARKER\_16** (该点为原点处机架的点), 如图 11-20 所示。然后单击 OK 按钮确定。图 11-21 为连杆 DF 的重心点的旋转角位置曲线图。



图 11-20 角位置测量的设置

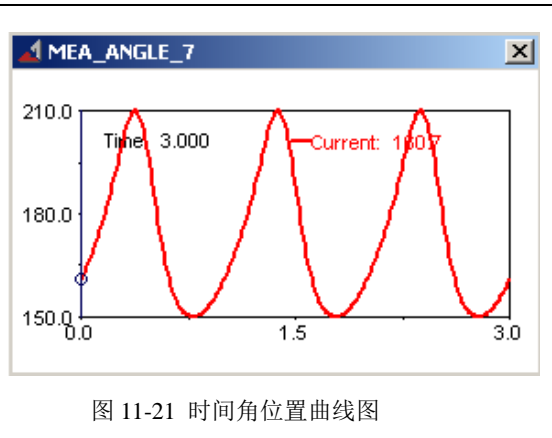


图 11-21 时间角位置曲线图

11.8 在 **ADAMS/View** 菜单栏中, 选择 **Build**→**Measure**→**Point-to-Point**→**New**, 如图 11-22 所示, 进行点与点之间的位移测量。系统弹出点与点之间测量的对话框, 将光标放在被测量的点 (**To Point**) 栏中, 按鼠标右键, 选择 **Marker**→**Browse**, 如图 11-23 所示。

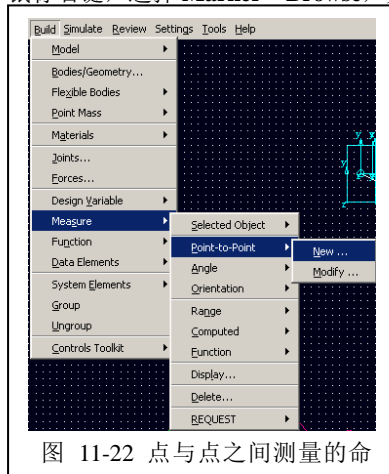


图 11-22 点与点之间测量的命

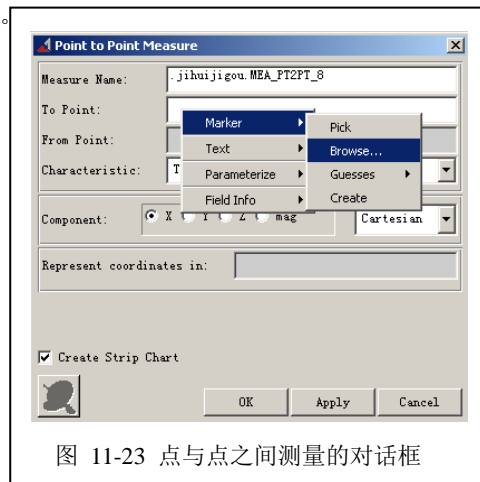


图 11-23 点与点之间测量的对话框

在弹出的 **Database Navigator** 的对话框中, 选择 **PART\_5** 下面的 **PART\_5.cm**。然后单击该对话框下面的“OK”按钮。如图 11-24 所示。同样在图 11-23 中的参考点 (**From Point**) 栏中, 按鼠标右键, 选择 **Marker**→**Browse**, 在弹出的 **Database Navigator** 的对话框中, 选择 **ground** 下面的 **MARKER\_16** (该点是坐标原点), 然后单击该对话框下面的“OK”按钮。如图 11-25 所示。

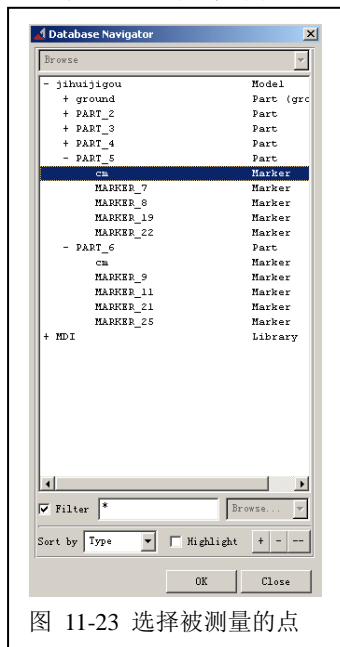


图 11-23 选择被测量的点

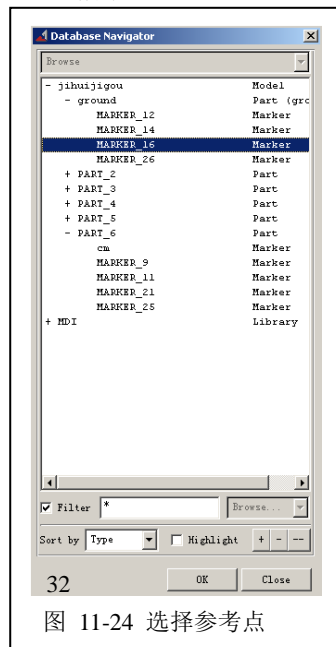


图 11-24 选择参考点

在图 11-23 中的 **Characteristic** 栏中选择 **Translational displacement**，在 **Component** 栏中选择 **mag**。如图 11-26 所示。然后点击对话框下面的“OK”确认。生成的时间-位移曲线如图 11-27 所示。

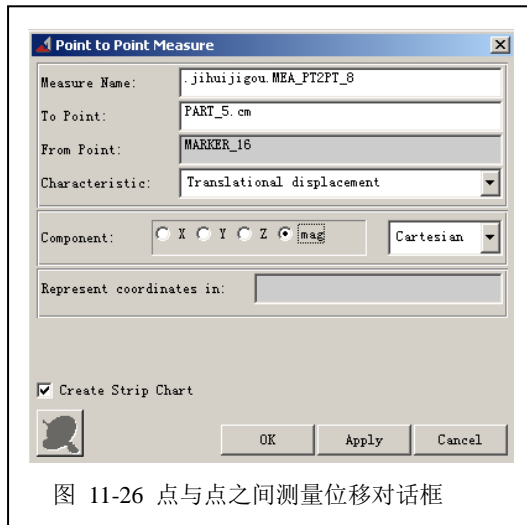


图 11-26 点与点之间测量位移对话框

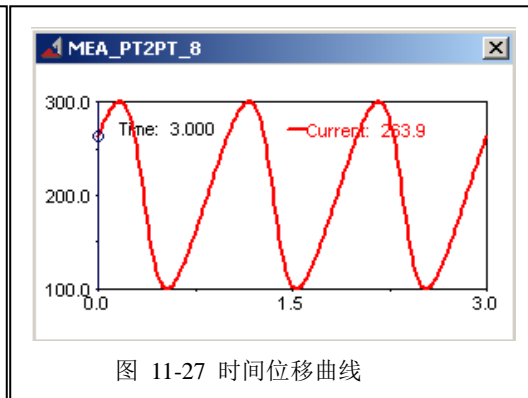


图 11-27 时间位移曲线

11.9 速度和加速度的测量的过程和位移的过程几乎一样，只是在点与点之间测量对话框 (**Point to Point Measure**) 中的 **Characteristic** 项，分别选为 **Translational velocity**，如图 11-28 所示，或者 **Translational acceleration**，如图 11-29 所示。图 11-30、图 11-31 分别是时间速度曲线、时间加速度曲线。

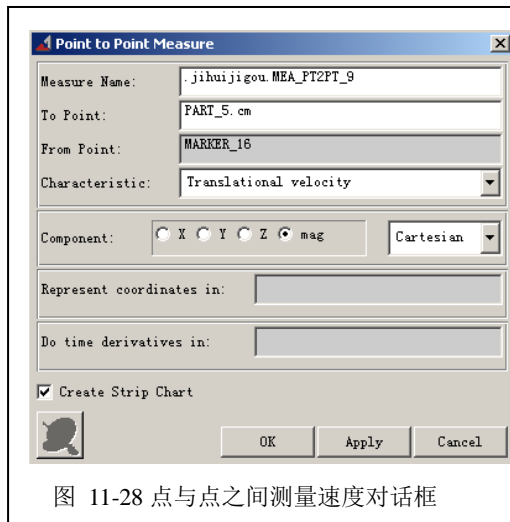


图 11-28 点与点之间测量速度对话框

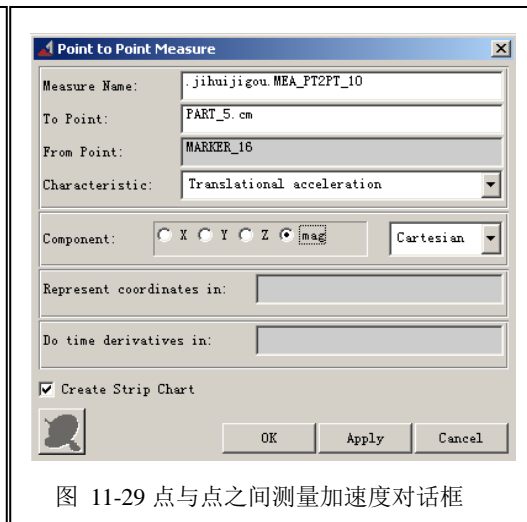


图 11-29 点与点之间测量加速度对话框

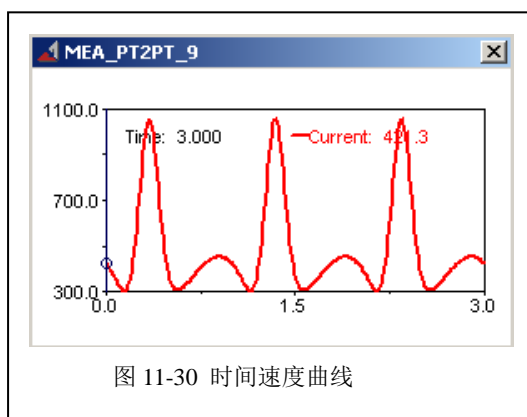


图 11-30 时间速度曲线

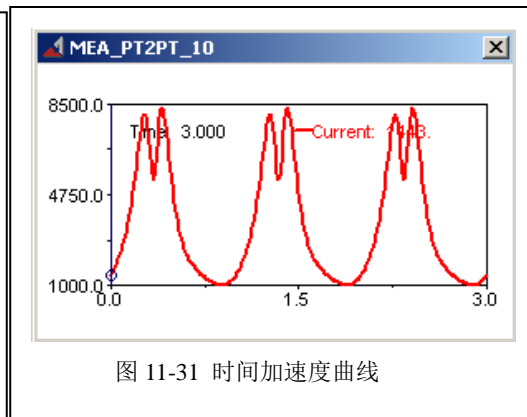


图 11-31 时间加速度曲线

11.10 滑块 F 和机架之间的受力分析。在 ADAMS/View 工作窗口中用鼠标右键点击滑块 F 的移动副 JOINT\_7，选择 **Modify** 命令，如图 11-32 所示，在弹出的修改

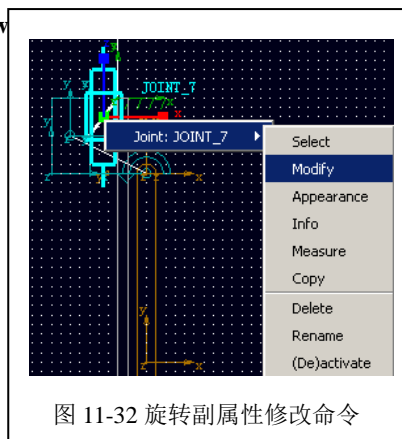



图 11-32 旋转副属性修改命令

对话框中选择测量 (Measures) 图标 ，如图 11-33 所示。在弹出的测量对话框中，将 **Component** 栏设置为 **X**(因为在不考虑摩擦的条件下滑块和机架之间的受力方向为 X 轴方向)，将 **From/At** 栏设置为 **PART\_6.MARKER\_25**

(或者 **ground.MARKER\_26**) (选择前者，表示测量的是滑块对机架的压力，选择后者，表示测量是机架对滑块的支持力，两力是一对作用力和反作用力，大小相等，方向相反)

其他的设置如图 11-34 所示。然后点击对话框下面的“**OK**”确认。生成的力-位移曲线如图 11-35 所示。

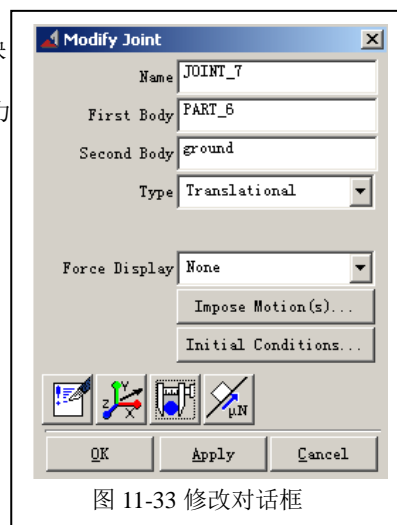


图 11-33 修改对话框

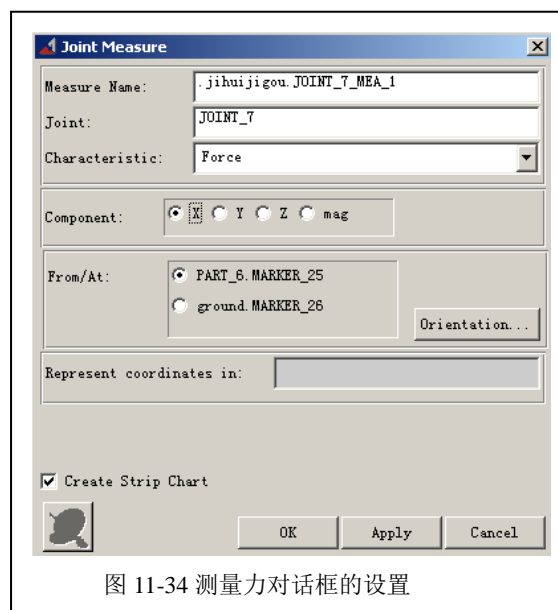


图 11-34 测量力对话框的设置

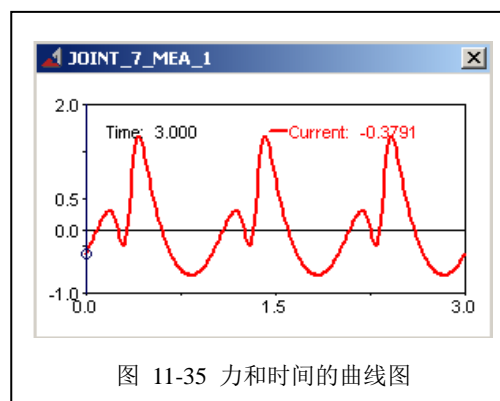


图 11-35 力和时间的曲线图

实验报告要求：记录建模过程，对平面连杆机构进行运动分析和动力分析。说明得到的曲线的正确性

## 实验五 凸轮机构模拟仿真

例：尖顶直动从动件盘形凸轮机构的凸轮基圆半径  $r_0 = 60\text{mm}$ ，已知：从动件行程  $h = 40\text{mm}$ ，推程运动角为  $\delta_0 = 150^\circ$ ，远休止角  $\delta_s = 60^\circ$ ，回程运动角  $\delta_{\text{r}} = 120^\circ$ ，近休止角为  $\delta_{\text{s}} = 30^\circ$ ；从动件推程、回程分别采用余弦加速度和正弦加速度运动规律。对该凸轮机构进行模拟仿真。

解：1. 从动件推程运动方程

推程段采用余弦加速度运动规律，故将已知条件  $\delta_0 = 150^\circ = 5\pi/6$ 、 $h = 40\text{mm}$  代入余弦加速度运动规律的推程段方程式中，推演得到

$$\begin{cases} s = 20(1 - \cos \frac{6}{5} \delta) \\ v = 24\omega \sin \frac{6}{5} \delta \\ a = 28.8\omega^2 \cos \frac{6}{5} \delta \end{cases} \quad (0 \leq \delta \leq 5\pi/6)$$

2. 从动件远休程运动方程

在远休程  $\delta_s$  段，即  $5\pi/6 \leq \delta \leq 7\pi/6$  时， $s = h, v = 0, a = 0$ 。

3. 从动件回程运动方程

因回程段采用正弦加速度运动规律，将已知条件  $\delta_{\text{r}} = 120^\circ = 2\pi/3$ 、 $h = 40\text{mm}$  代入正弦加速度运动规律的回程段方程式中，推演得到

$$\begin{cases} s = 40 \times \left[ 2.75 - \frac{3}{2\pi} \delta + \frac{1}{2\pi} \sin(3\delta - 3.5\pi) \right] \\ v = -\frac{60}{\pi} \omega [1 - \cos(3\delta - 3.5\pi)] \\ a = -\frac{180}{\pi} \omega^2 \sin(3\delta - 3.5\pi) \end{cases} \quad (7\pi/6 \leq \delta \leq 11\pi/6)$$

4. 从动件近休程运动方程

在近休程  $\delta_{\text{s}}$  段，即  $11\pi/6 \leq \delta \leq 2\pi$  时， $s = 0, v = 0, a = 0$ 。

### 创建过程

#### 1、启动 ADAMS

双击桌面上 **ADAMS/View** 的快捷图标，打开 **ADAMS/View**。在欢迎对话框中选择“**Create a new model**”，在模型名称（**Model name**）栏中输入：**tuluen**；在重力名称（**Gravity**）栏中选择“**Earth Normal (-Global Y)**”；在单位名称（**Units**）栏中选择“**MMKS -mm,kg,N,s,deg**”。如图 1-1 所示。

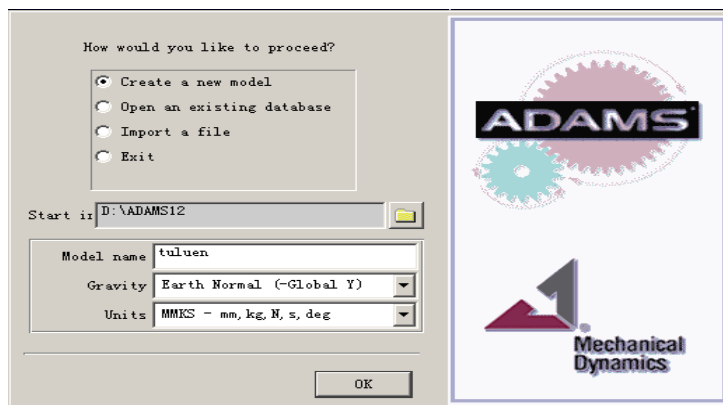




图 1-1 欢迎对话框


## 2、设置工作环境

2.1 对于这个模型，网格间距需要设置成更高的精度以满足要求。在 **ADAMS/View** 菜单栏中，选择设置 (**Setting**) 下拉菜单中的工作网格 (**Working Grid**) 命令。系统弹出设置工作网格对话框，将网格的尺寸 (**Size**) 中的 **X** 和 **Y** 分别设置成 **250mm** 和 **300mm**，间距 (**Spacing**) 中的 **X** 和 **Y** 都设置成 **10mm**。然后点击 **“OK”** 确定。

2.2 用鼠标左键点击选择 (**Select**) 图标 ，控制面板出现在工具箱中。

2.3 用鼠标左键点击动态放大 (**Dynamic Zoom**) 图标 ，在模型窗口中，点击鼠标左键并按住不放，移动鼠标进行放大或缩小。

## 3、用升程表创建凸轮轮廓曲线

3.1 在 **ADAMS/View** 零件库中选择球体 (**Sphere**) ，在原点 (0, 0, 0) (选择坐标原点，将为下面利用升程表创建凸轮轨迹带来方便) 处创建一个球形观察点，球体的参数选择 **“New Part”**，半径选择 **10mm** (这里只要求球形观察点的运动轨迹就行，为了观察清楚，将球形观察点用一定半径大小的球体来表示)，创建后的名称默认为 **“Part: PART\_2”**。根据凸轮基圆半径  $r_0 = 60mm$ ，在点 (0, 60, 0) 处创建第二个球体 (**Sphere**)，球体的参数选择 **“New Part”**，半径选择 **10mm** (理由同上)，创建后的名称默认为 **“Part:PART\_3”**。


3.2 在 **ADAMS/View** 约束库中选择旋转副 (**Joint: Revolute**) ，参数选择为 **“2 Bod-1 Loc”** 和 **“Normal To Grid”**，鼠标左键先点击原点出的球体 (**PART\_2**)，再点击机架 (**ground**)，最后在球体中心点击鼠标右键，弹出 **Select** 对话框，如图 3-1 所表示，选择 **“PART\_2.cm”**，然后点 **“OK”** 确定。在球体 (**PART\_2**) 上成功创建旋转副 (**Joint: JOINT\_1**)，如图 3-2 所示。



图 3-1 选择对话框

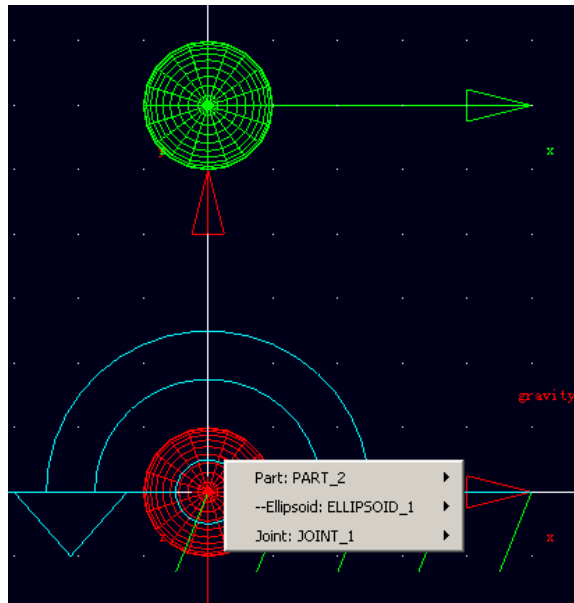




图 3-2 在球体 (PART\_2) 上创建旋转副

3.3 在 **ADAMS/View** 约束库中选择移动副 (**Joint: Translational**) ，参数选择为 **“2 Bod-1 Loc”** 和 **“Pick Feature”**，鼠标左键先点击点 (0, 60, 0) 处的球体 (**PART\_3**)，然后点击原点处的球体 (**PART\_2**)，最后在球体 (**PART\_3**) 中心点击鼠标右键，在弹出 **Select** 对话框中选择 **“PART\_3.cm”**，然后点 **“OK”** 确定，就会出现白色的箭头，移动光标，使箭头指向 **Y** 轴的正方向后点击鼠标左键，从而在球体 (**PART\_3**) 上成功创建移动副 (**Joint:JOINT\_2**)，如图 3-3 所示

3.4 在 **ADAMS/View** 驱动库中选择旋转驱动 (**Rotational Joint Motion**) ，在速度 (**Speed**) 栏中，输入速度值 **360d**，表示驱动装置每分钟转 360 度，用鼠标左键点击球体 (**PART\_2**) 上的旋转副 (**JOINT\_1**)，在旋转副上出现一个大的驱动图标，即为驱动装置 (**Motion: MOTION\_1**)，如图 3-4 所示

3.6 在 ADAMS/View 驱动库中选择移动驱动 (Translational Joint Motion)



参数默认, 用鼠标左键点击球体 (PART\_2) 上

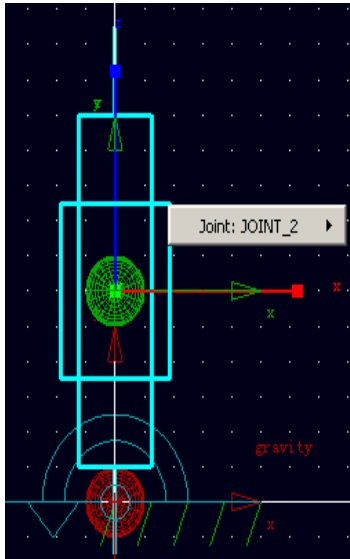


图 3-3 在球体 (PART\_3) 上创建移动副

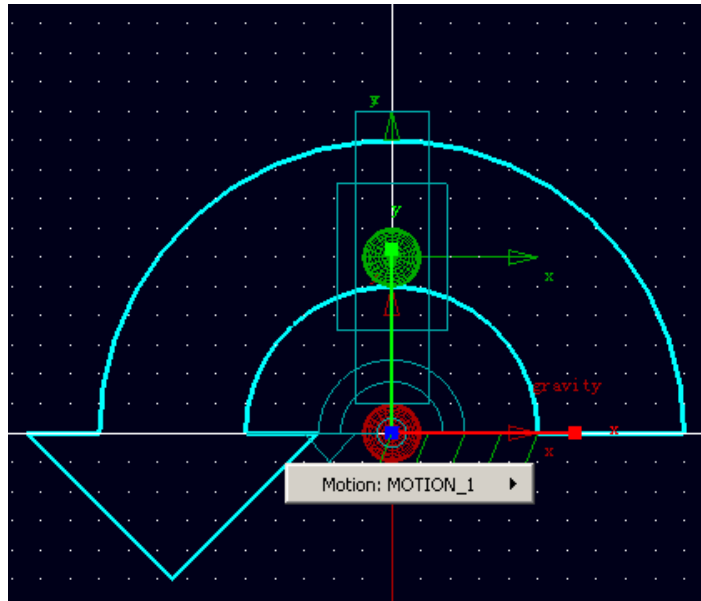


图 3-4 在球体 (PART\_2) 上定义旋转驱动

的移动副 (JOINT\_2), 同样在移动副上出现一个大的驱动图标, 即为驱动装置 (Motion: MOTION\_2), 如图 3-5 所示。

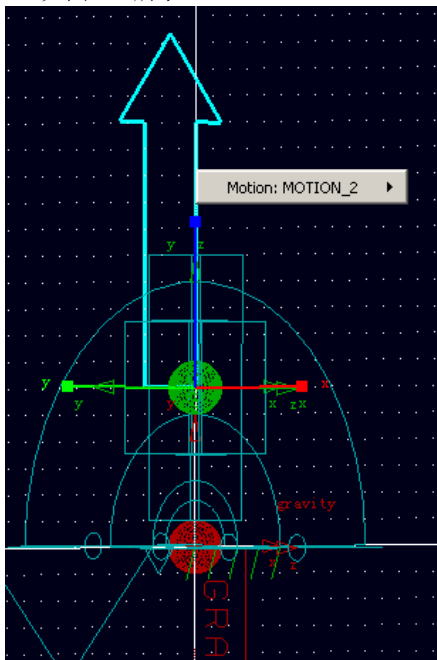


图 3-5 在球体 (PART\_3) 上定义移动驱动

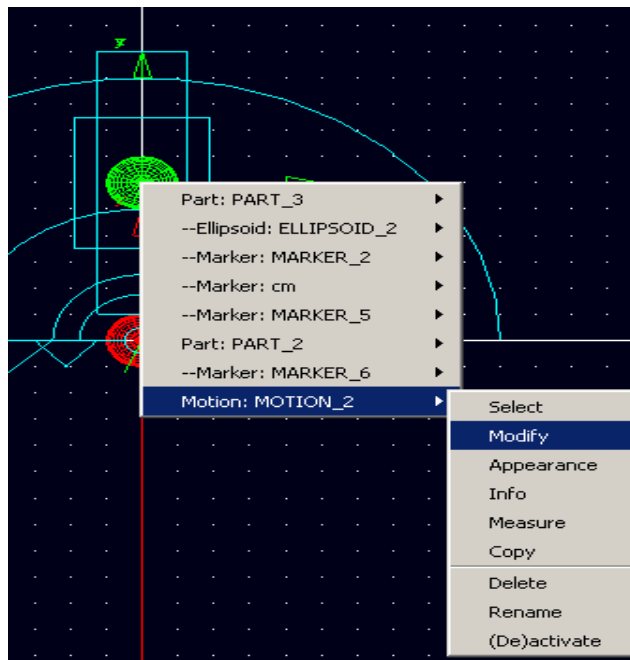




图 3-6 重新设置移动驱动的参数

3.7 在球体 (PART\_3) 上点击鼠标右键, 选择 Motion: MOTION\_2 → Modify, 如图 3-6 所示。出现 Joint Motion 对话框, 如图 3-7 所表示, 接着点击 Function Builder 图标 , 出现 Function Builder 对话框。

3.8 在 Function Builder 中的 Define a runtime function 栏中输入如下语句:

“ IF(time-5/12:20\*(1-cos(6/5\*360d\*time)),40,IF(time-7/12:40,40,IF(time-11/12:40\*(2.75-3\*time+1/(2\*pi)\*sin(3\*2\*pi\*time-3.5\*pi)),0,IF(time-1:0,0,0))))”, 然后点击 Verify , 如果出现 “Function syntax is correct” 对话框, 则表示输入的语句没有语法格式上的错误, 如图 3-8 所示; 否则输入语句中存在格式上的错误。然后一直点 “OK”, 直到退出 Joint Motion 对话框。

3.9 选择仿真 (Simulation) 图标 ，将仿真停止时间 (End Time) 设置为 1，为了使由轨迹生成的凸轮轮廓曲线光滑，而又缩短计算机生成曲线的计算时间，综合这两方面的要求，我们这里将输出结果 (轨

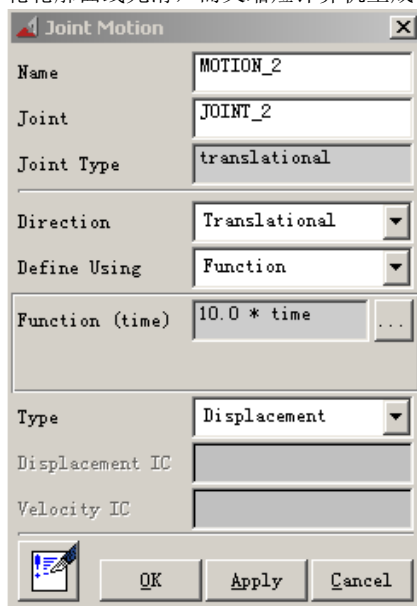


图 3-7 Joint Motion 对话框

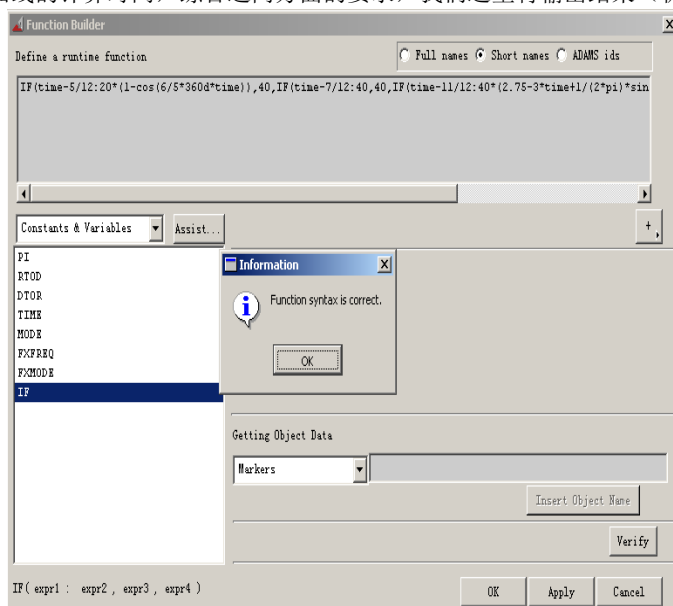


图 3-8 Function Builder 对话框

迹) 的总步数 (Steps) 设置为 100。点击仿真按钮 (Play) ; 当仿真结束，点击复位按钮 (Rewind)



3.10 在 ADAMS/View 菜单栏中，选择 Revive 下拉菜单中的 Create Trace Spline 命令，然后用鼠标左键点击球体 (PART\_3),接着在原地右击鼠标，在弹出的 Select 对话框中选择 PART\_3.cm, 之后点击对话框左下角的“OK”按钮，最后用鼠标左键点击机架 (ground)，凸轮的轨迹曲线 (BSpline: GCURVE\_3) 如图 3-9 所示。

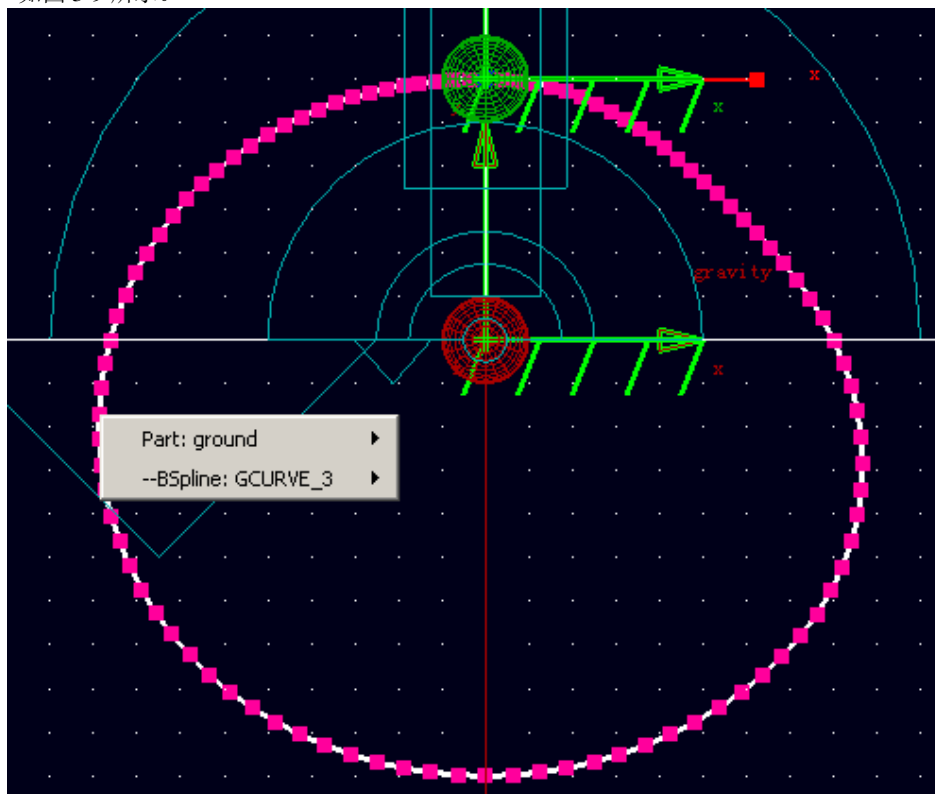


图 3-9 凸轮的轮廓曲线



#### 4、 创建凸轮实体

4.1 凸轮的轨迹曲线生成后，在球体（PART\_2）上右击鼠标，选择 **Part: PART\_2→Delete**，出现如图 4-1 所示的对话框，表示将要删除球体及其与之相关的约束和运动副。点击 **Delete All**，删除球体（PART\_2）。

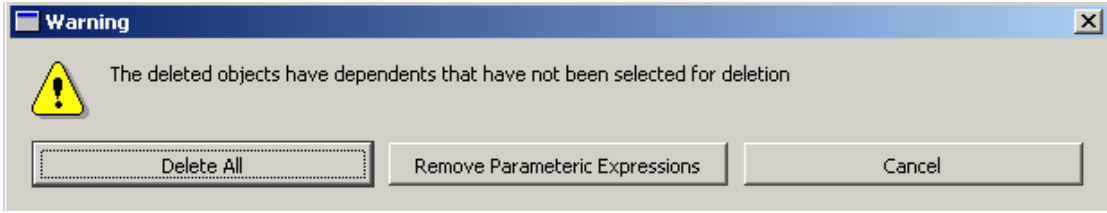


图 4-1 删除命令的提示框

4.2 在球体（PART\_3）上右击鼠标，选择 **Part: PART\_3→Delete**，同样出现图 4-1 所示的对话框，点击 **Delete All**，删除球体（PART\_3）。删除之后的图形如图 4-2 所示。

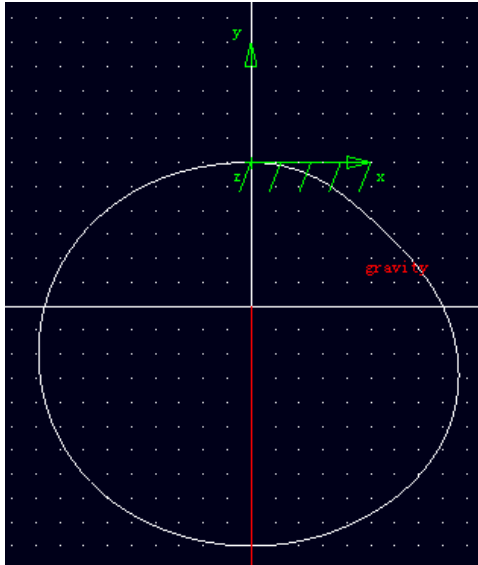


图 4-2 删除球体之后的图形

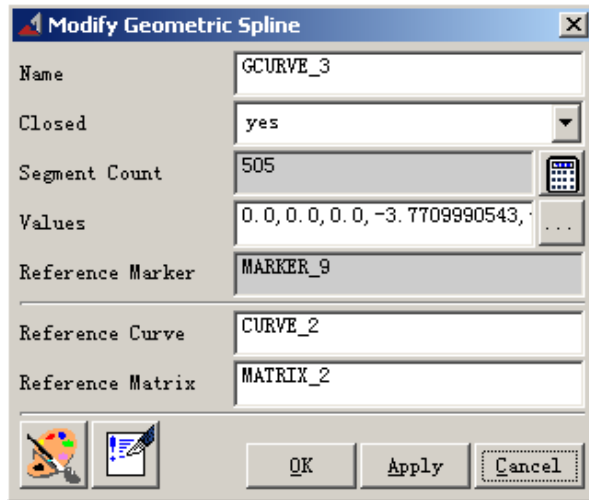



图 4-3 几何尺寸修改对话框

4.3 在曲线上右击鼠标，选 “--B-spline: GCURVE\_3→Modify”，出现 **Modify Geometric Spline** 对话框，如图 4-3 所示。点击对话框中的 **Location table** 图标 ，打开 **Location Table** 对话框，如图 4-4 所示。

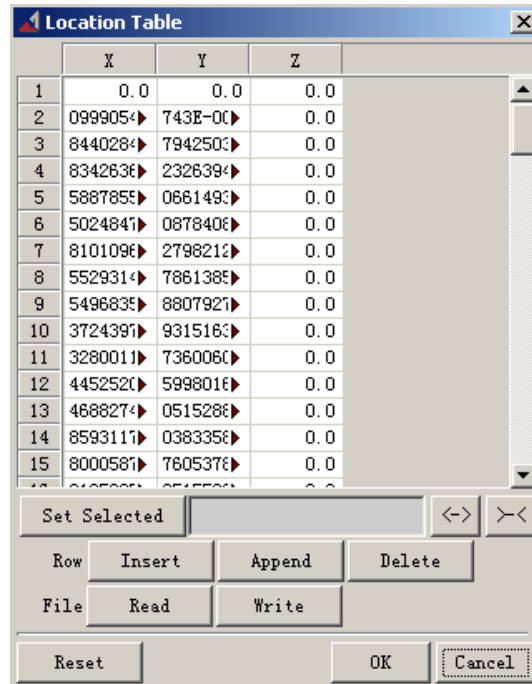


图 4-4 Location Table 对话框

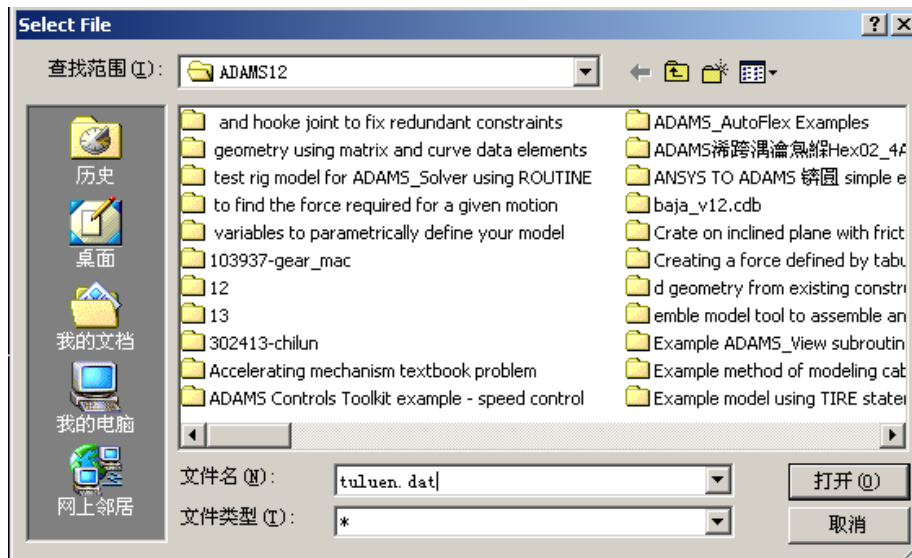


图 4-5 保存对话框

4.4 在 **Location Table** 对话框中，点击“**Write**”按钮，出现 **Select File** 保存对话框，如图 4-5 所示，在文件名栏中输入保存名“**tuluen.dat**”（名字可以随意取，但不要忘记后缀“.dat”），然后点击“**打开**”，进行保存。最后点击“**OK**”按钮两次，分别退出 **Location Table** 对话框和 **Modify Geometric Spline** 对话框。



4.5 在 **ADAMS/View** 零件库中选择样条曲线（**Spline**）图标，参数选择如图 4-6 所示。在 **ADAMS/View** 工作窗口中用鼠标左键随意选取 12 个不同的点（至少要取 8 个点），然后点击鼠标右键进行确定。如图 4-7 所示，图中绿色的闭合曲线就是所画的样条曲线，曲线上 11 个红色的小块表示 11 个所取的点。



图 4-6 参数选择

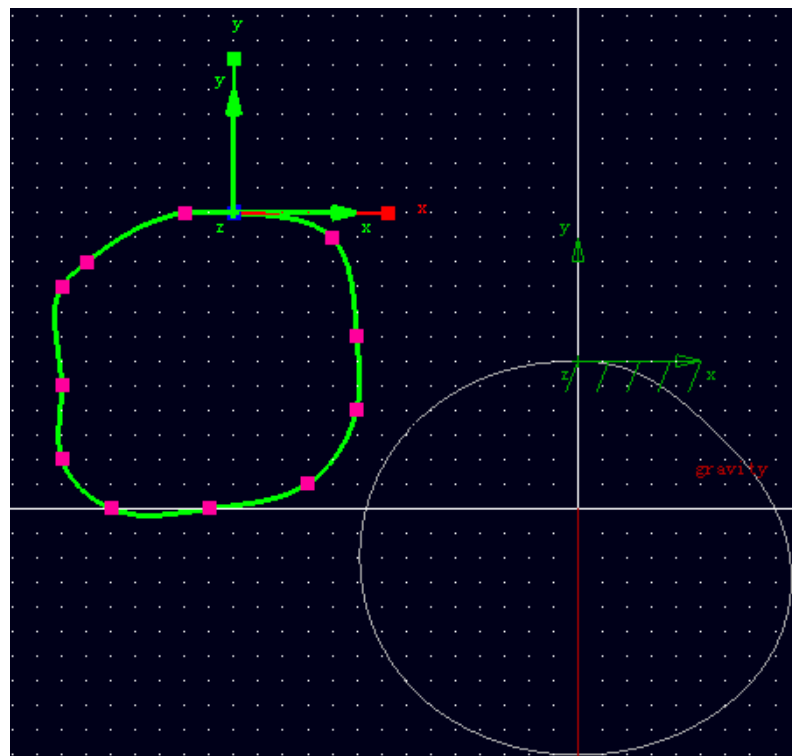


图 4-7 绘制样条曲线

4.6 在所画的样条曲线（绿颜色的）上右击鼠标，选择“**--Bspline: GCURVE\_4→Modify**”，出现 **Modify Geometric Spline** 对话框，如图 4-8 所示，在该对话框中选择 **Location table** 图标，出现 **Location Table** 对话框，如图 4-9 所示。由于每个人所画的样条曲线的不一样，相应的 X、Y、Z 坐标也就不一样。

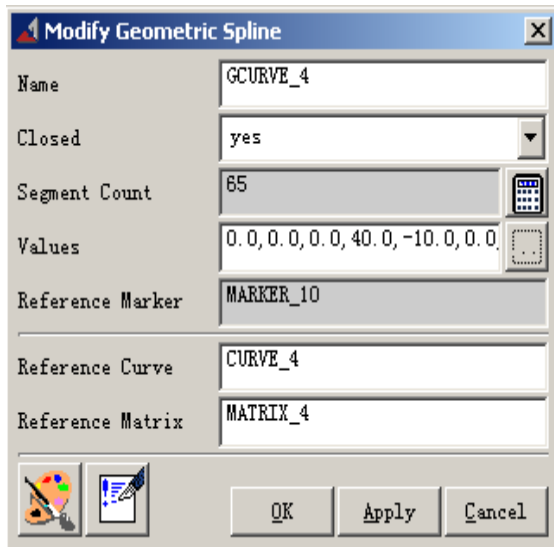


图 4-8 几何尺寸修改对话框

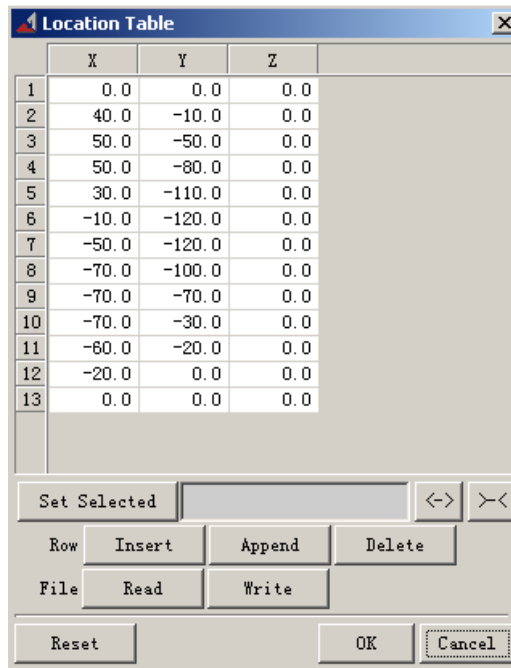


图 4-9 Location Table 对话框

4.7 在 **Location Table** 对话框中，点击“Read”按钮，打开上面保存的“tuluen.dat”文件。则 **Location Table** 对话框中的 X、Y、Z 坐标值产生了变化，如图 4-10 所示。然后点击“OK”按钮两次，分别退出 **Location Table** 对话框和 **Modify Geometric Spline** 对话框。则在步骤 4.5 中所画的样条曲线（绿色的）变成了与轨迹曲线（**BSpline: G CURVE\_3**）（白色的）一模一样的曲线。如图 4-11 所示。

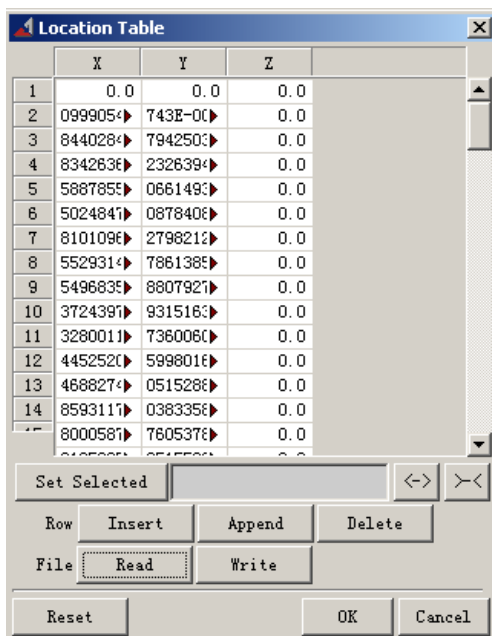


图 4-10 倒入新的 X、Y、Z 坐标值

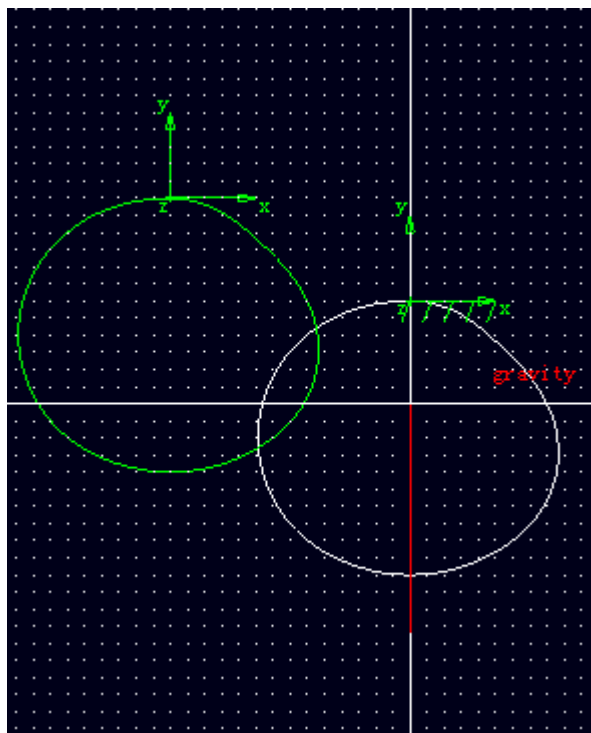



图 4-11 采用新的坐标值后的样条曲线

4.8 在 **ADAMS/View** 中位置/方向库中选择位置-平移图标 ，参数选择如图 4-12 所示。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键点击样条曲线（绿色的），并选择该曲线上的一点（**PART\_5.MARKER\_10**），然后，移动光标选择轨迹曲线（白色的）上的一点（**ground.MARKER\_9**），如图 4-13 所表示。最后点击鼠标左键确定，两条闭合曲线重叠在一起，如图 4-14 所示。

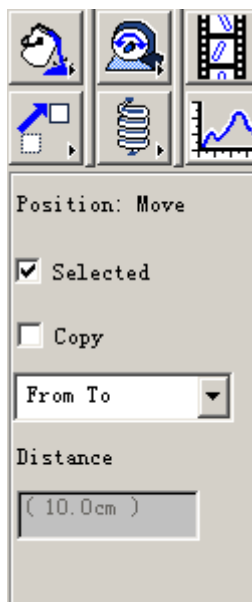


图 4-12 参数选择

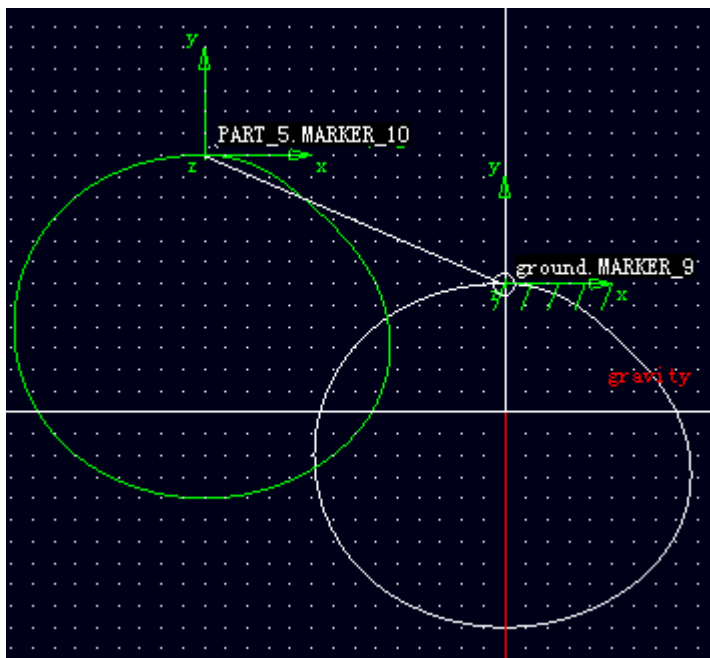


图 4-13 平移前的闭合样条曲线

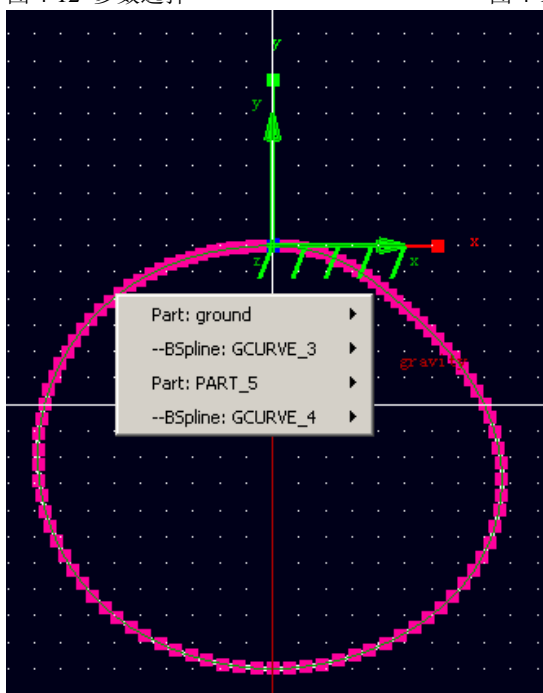


图 4-14 平移后的闭合样条曲线

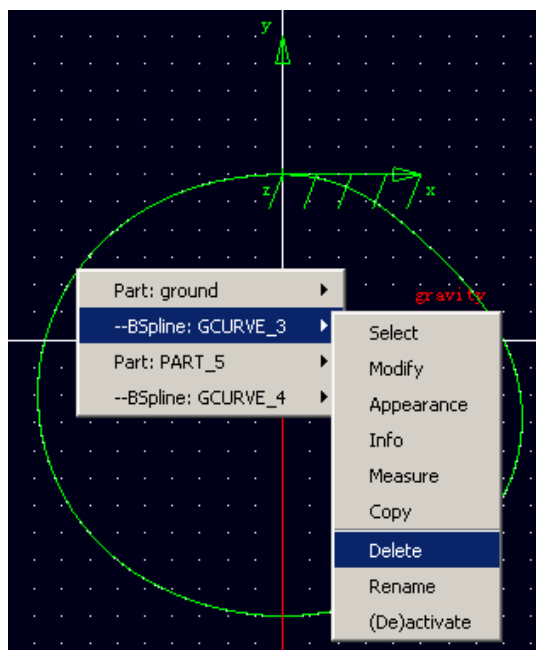


图 4-15 删除轨迹曲线

4.9 在样条曲线上，如图 4-15 所示右击鼠标，在弹出的菜单中，选择“--Bspline:GCURVE\_3→Delete”，删除最开始生成的轨迹曲线（因为该闭合样条曲线与机架固结在一起）。

4.10 在 **ADAMS/View** 中零件库中选择拉伸图标 ，参数选择如图 4-16，在 **ADAMS/View** 工作窗口中用鼠标左键连续点击闭合样条曲线两次（第一次选择 **PART\_5**，第二次选择 **PART\_5.GCURVE\_4**），之后一个凸轮实体拉伸出来。如图 4-17 所示，图中的凸轮是旋转后的形状。

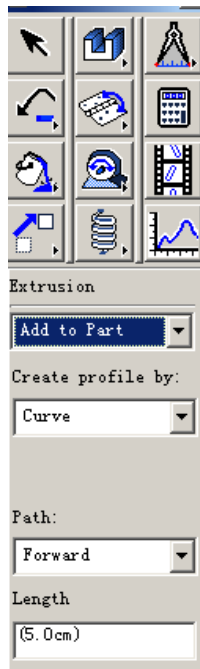


图 4-16 参数选择

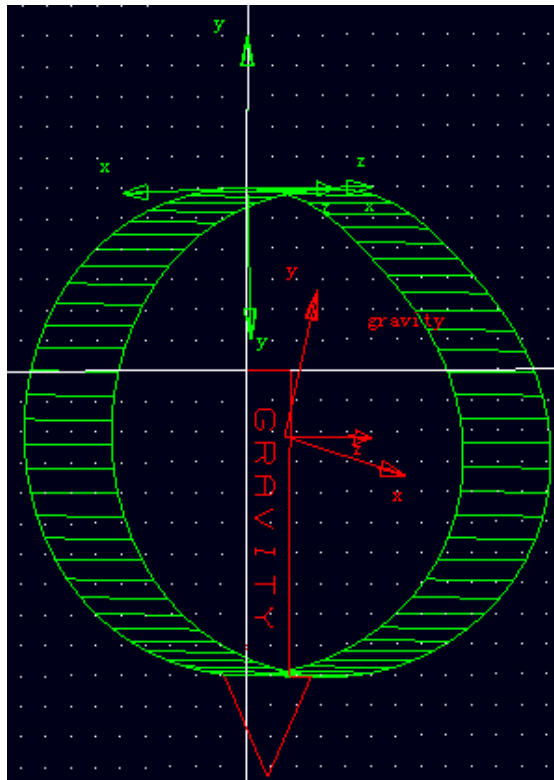


图 4-17 凸轮实体

## 5 创建尖顶从动件



5.1 在 **ADAMS/View** 中零件库中选择圆柱体图标，参数选择 **New Part**，其他参数 (**Length**、**Radius**) 可以不选择。在 **ADAMS/View** 工作窗口中用鼠标选择点击坐标  $(0, 100, 0)$  (因为本设计的对象是尖顶直动从动件盘形凸轮机构，根据机械原理，这种机构中从动件和凸轮之间没有偏距，因此，从动件需要创建在凸轮的正上方，并且位置选择要合理，不要太高)，如果选择不准确，可以同时按住 **Ctrl** 键，进行强制选择。然后选择点击坐标  $(0, 180, 0)$  (从动件的长度选择对后面的受力分析有影响，从动件的长度越长，质量越大，对凸轮的压力也越大)，一个圆柱体创建出来，如图 5-1 所示。

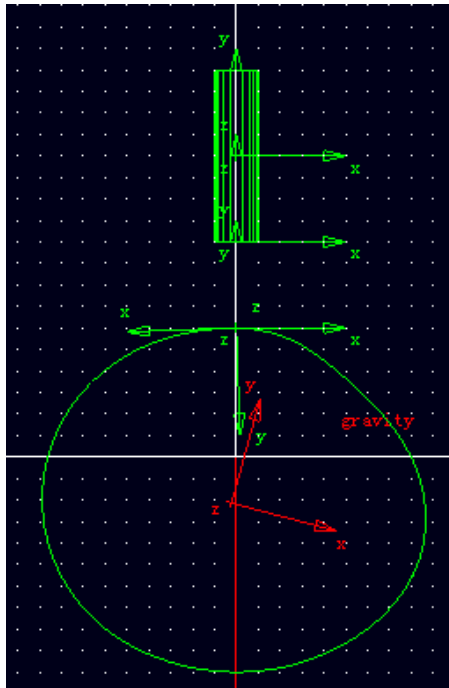


图 5-1 创建圆柱体

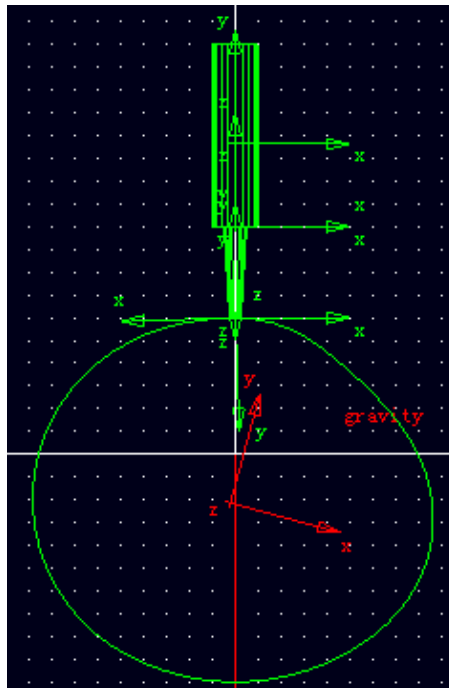



图 5-2 创建截锥体

5.2 在 ADAMS/View 中零件库中选择截锥体图标 ，参数选择 **Add to Part**，其他参数 (**Length**、**Bottom Radius**、**Top Radius**) 可以不选择。在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键点击圆柱体 (**PART\_10**)，接着选择圆柱体底面上的 **Marker** 点 (**PART\_10.MARKER\_12**)，然后选择凸轮 (闭合样条曲线) 上的 **Marker** 点 (**PART\_5.MARKER\_10**)。一个截锥体创建出来，并且和圆柱体固结在一起。如图 5-2 所示。

5.3 在截锥体上右击鼠标，选择“--Frustum:FRUSTUM\_7→Modify”，在弹出的对话框中，将 **Top Radius** 项的值改为 (0.0mm)，**Bottom Radius** 项的值改为 (10.0mm) (此半径值和圆柱体的半径相同)。点击“OK”确定。修改后的尖顶从动件如图 5-3 所示。

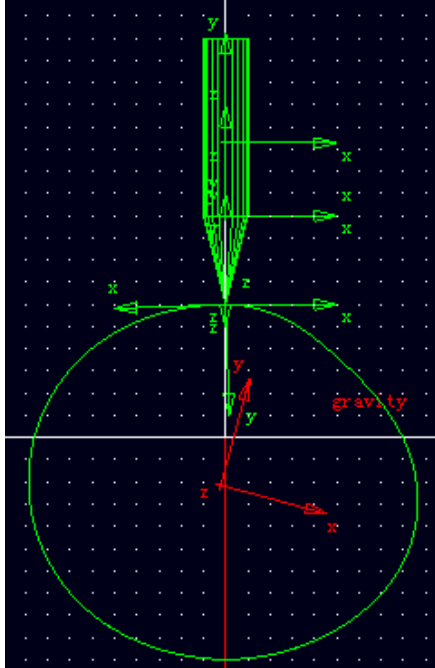



图 5-3 尖顶从动件

## 6. 创建凸轮和尖顶从动件之间的接触 (Contact)

6.1 选择 ADAMS/View 零件库中的“Marker”按钮 ，参数选择 **Add to Part** 和 **Global XY**。在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键选择截锥体 (**PART\_10**)，然后在截锥体的尖顶处右击鼠标，在弹出的 **Select** 对话框中选择 **PART\_10.FRUSTUM\_7.V1**。如图 6-1 所示。点击“OK”确定，在尖顶从动件处创建一个 **Marker** 点。如图 6-2 中显亮的坐标。

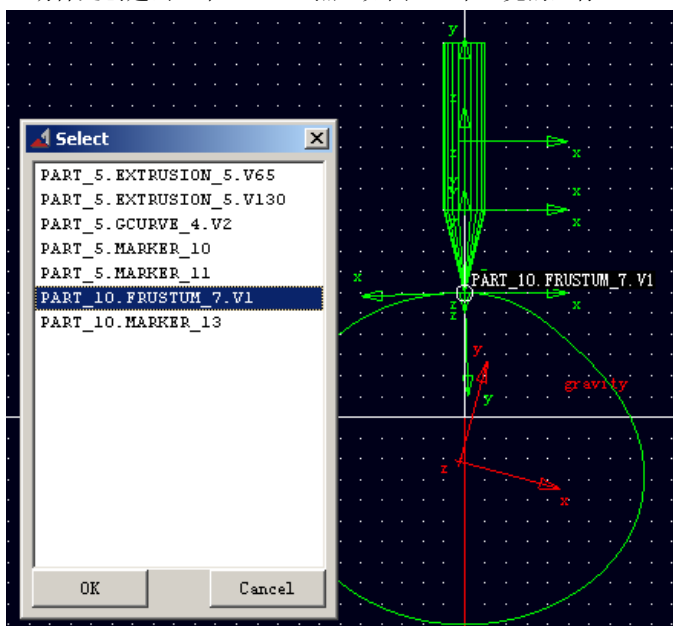


图 6-1 选择要创建 Marker 点的位置

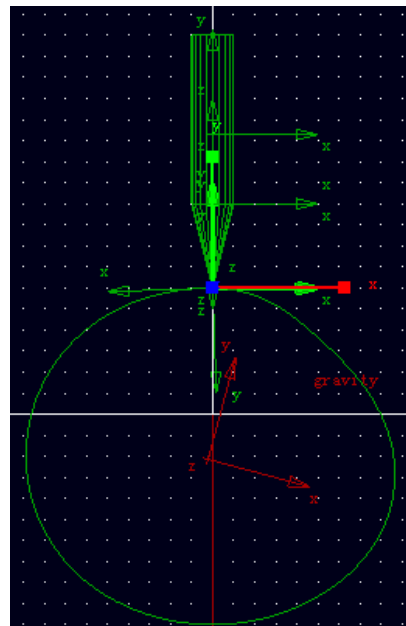



图 6-2 创建在尖顶处的 Marker 点

6.2 选择 ADAMS/View 力库中的接触(Contact)按钮, 在弹出的 Create Contact 对话框中, Contact Type 项选择 Point to Curve; Marker 项选择 MARKER\_14 (就是步骤 6.1 中所创建的 Marker 点); Curve 项选择 GCURVE\_4; 其他项修改如如图 6-3 所示。然后点击“OK”确认。图 6-4 中显亮的标志表示尖顶从动件和凸轮之间的接触是点与线的接触。

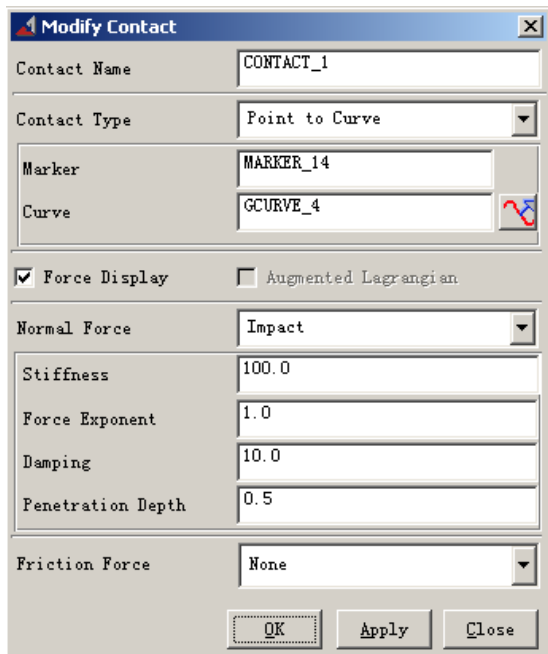


图 6-3 定义接触类型的对话框

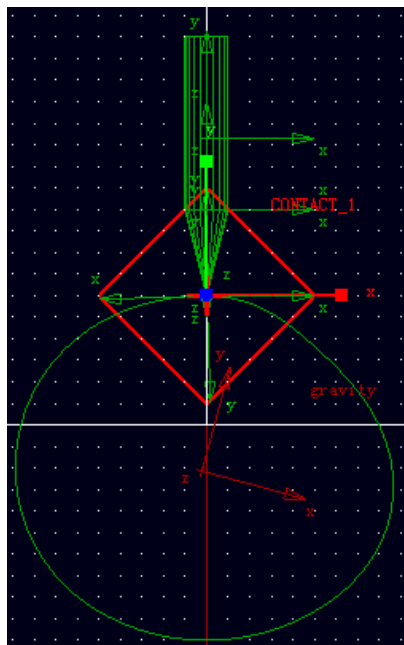



图 6-4 创建出来的接触

## 7. 创建移动副和旋转副

7.1 因为在凸轮转动的过程中, 尖顶从动件做上下运动。所以只要在尖顶从动件上创建一个垂直方向的移动副就可以得到需要的运动。

7.2 选择 ADAMS/View 约束库中的移动副 (Joint: Translational) 按钮, 参数选择 2 Bod-1 Loc 和 Pick Feature。在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键选择圆柱体 (PART\_10), 然后选择机架 (ground), 接着选择圆柱体上的 PART\_10.cm, 这时会出现一个白色的箭头, 移动光标, 使箭头的方向垂直向上, 如图 7-1 所示。最后点击鼠标左键确认。图 7-2 中显亮的部分就是创建出来的移动副。

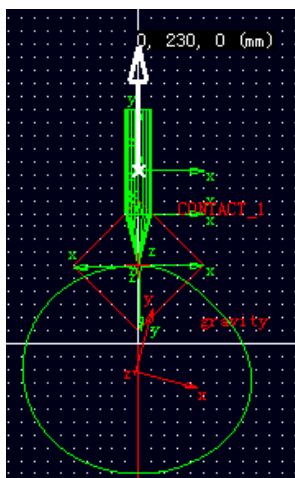


图 7-1 定义移动副的方向

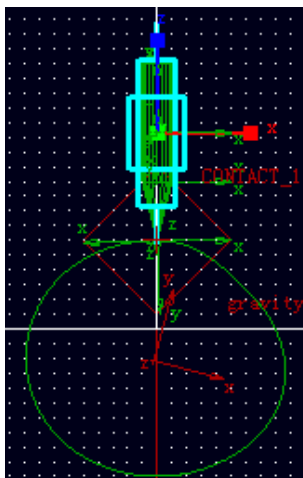



图 7-2 从动件上的移动副

7.3 凸轮做旋转运动，因此凸轮上需要加一个旋转副。选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副（Revolute）

按钮 ，参数选择 2 Bod-1 Loc 和 Normal To Grid。在 ADAMS/View 工作窗口中用鼠标左键先点击凸轮（PART\_5），在点击机架（ground），然后按住 Ctrl 键点击坐标原点（0，0，0），一个旋转副创建出来，如图 7-3 所示。图中显亮的部分就是旋转副，该旋转副定义了凸轮和机架之间的运动关系。

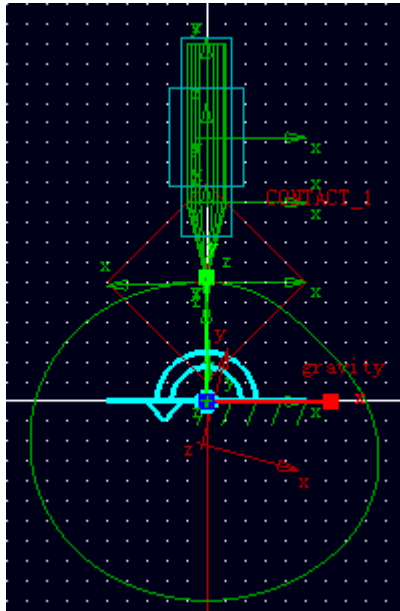


图 7-3 创建旋转副

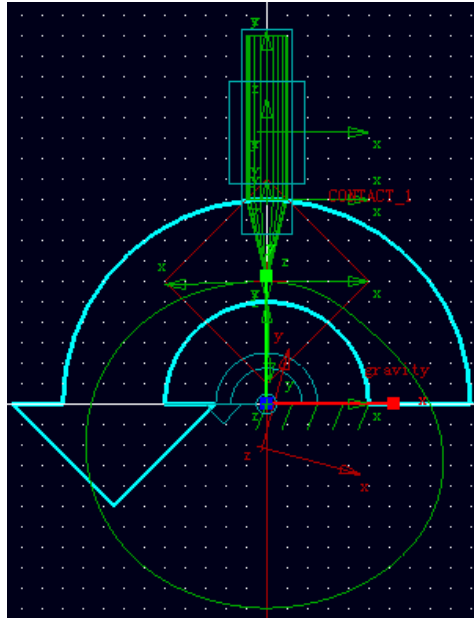



图 8-1 创建旋转驱动

## 8 创建驱动

在 ADAMS/View 驱动库中选择旋转驱动（Rotational Joint Motion）按钮 ，在 Speed 一栏中输入 360，360 表示旋转驱动每秒钟逆时针旋转 360 度。在 ADAMS/View 工作窗口中，用鼠标左键点击步骤 7.3 中创建出来的旋转副（JOINT\_2），一个旋转驱动创建出来，如图 8-1 所示，图中显亮的部分为旋转驱动。

## 9 保存模型

在 ADAMS/View 中，选择“File”菜单中的“Save Database As”命令，如图 9-1 所示。系统弹出保存模型对话框，输入保存的路径和模型名称，按“OK”，保存尖顶直动从动件盘形凸轮机构模型:tuluen.bin，如图 9-2 所示。

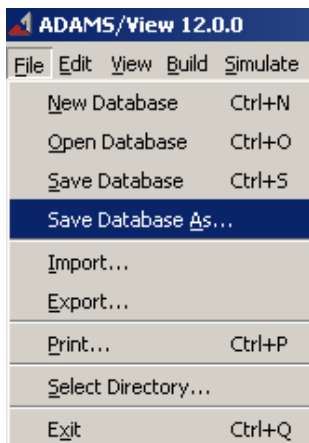




图 9-1 保存模型命令



图 9-2 保存模型对话框



点击主工具箱的仿真按钮，设置仿真终止时间（End Time）为3，仿真工作步长（Step Size）为0.01,然后点击开始仿真按钮，如图 9-3 所示，系统进行仿真，观察模型的运动情况。点击图 9-3 左下角的 Render 按钮，本设计的尖顶直动从动件盘形凸轮机构的整体模型如图 9-4 所示。

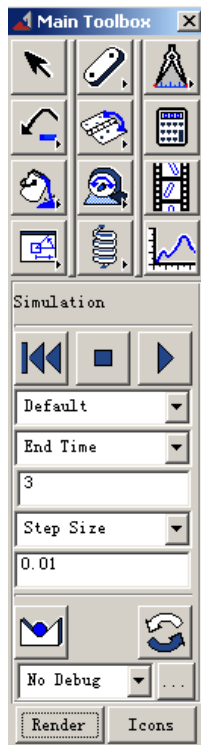


图 9-3 仿真选项

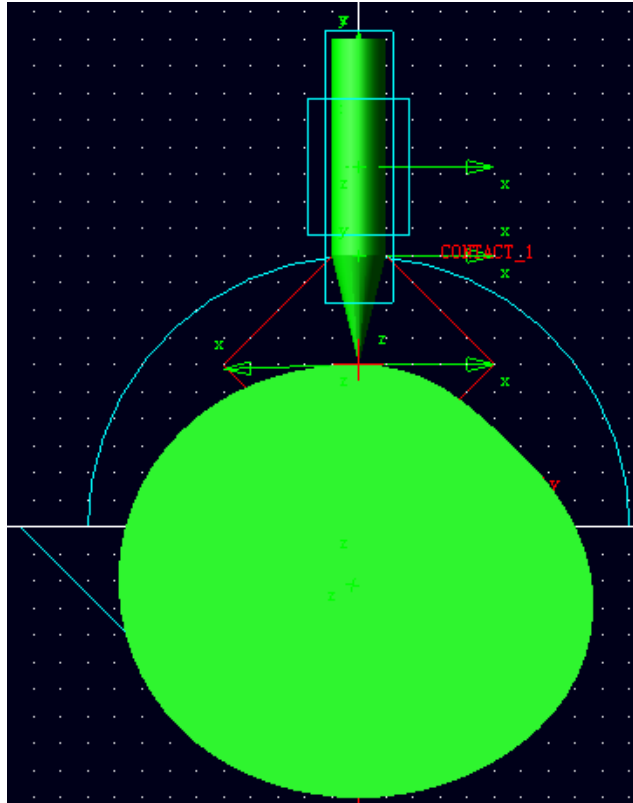


图 9-4 尖顶直动从动件盘形凸轮机构

## 10 测试模型

10.1 测量位移。在 ADAMS/View 菜单栏中，选择 **Build**→**Measure**→**Point-to-Point**→**New**，如图 10-1 所示，进行点与点之间的位移测量。系统弹出点与点之间测量的对话框，将光标放在被测量的点（To Point）栏中，按鼠标右键，选择 **Marker**→**Browse**，如图 10-2 所示。

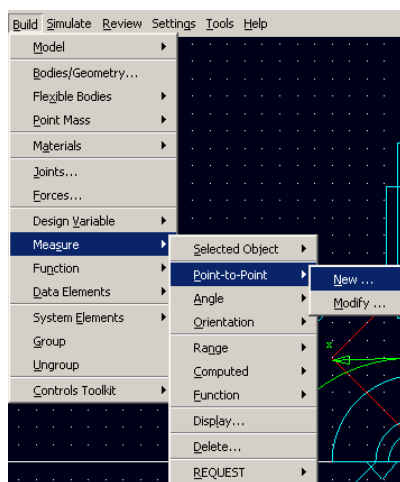


图 10-1 进行点与点之间测量的命令

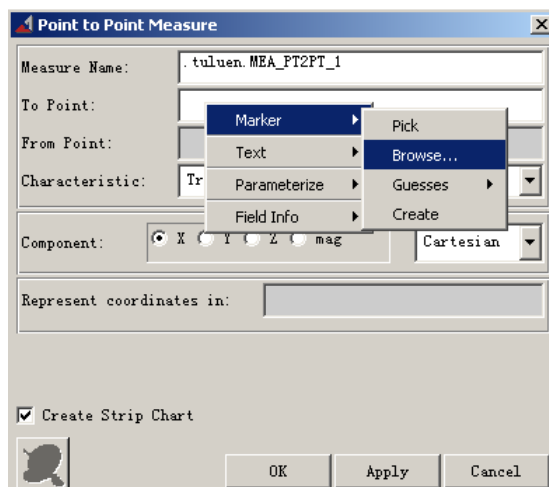


图 10-2 点与点之间测量的对话框

10.2 在弹出的 **Database Navigator** 的对话框中, 选择 **PART\_10** 下面的 **MARKER\_14** (因为该点是尖顶与凸轮接触的点)。然后点击该对话框下面的“OK”按钮。如图 10-3 所示。同样在图 10-2 中的参考点 (**From Point**) 栏中, 按鼠标右键, 选择 **Marker**→**Browse**, 在弹出的 **Database Navigator** 的对话框中, 选择 **ground** 下面的 **MARKER\_18** (该点是坐标原点), 然后点击该对话框下面的“OK”按钮。如图 10-4 所示。

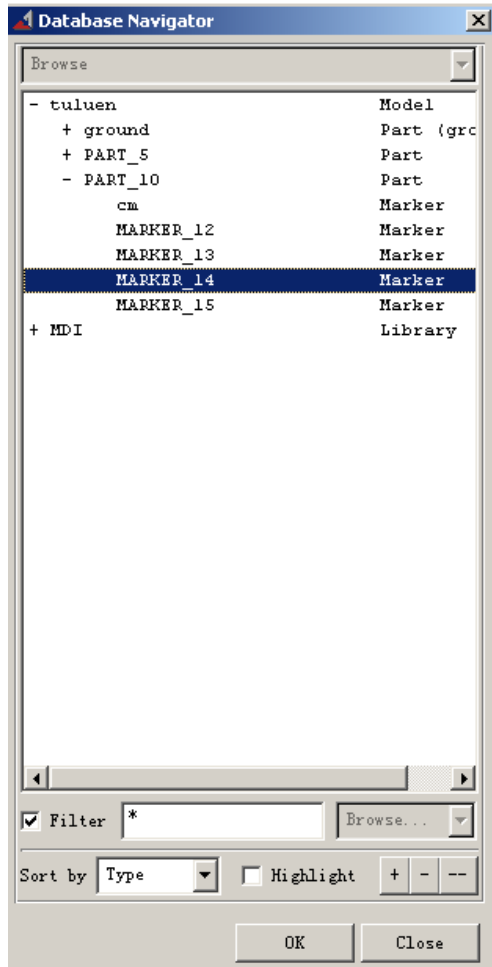


图 10-3 选择被测量的点

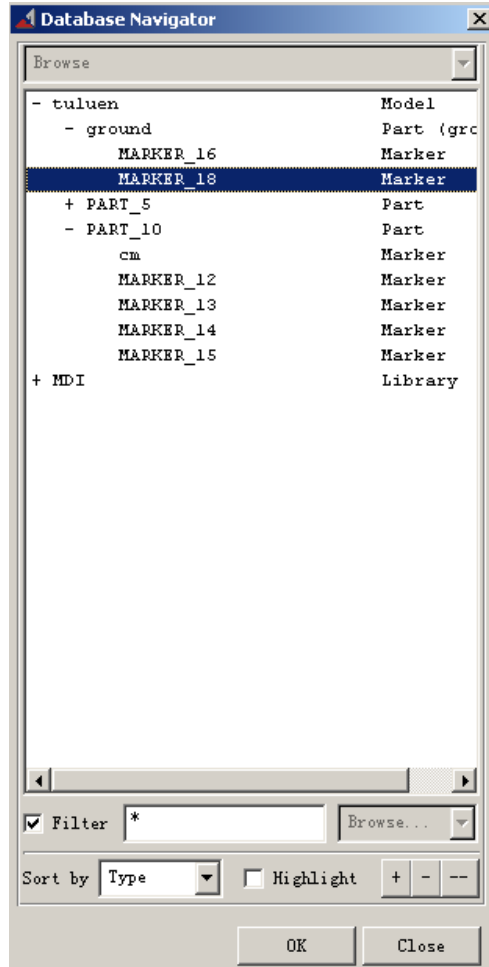


图 10-4 选择参考点

10.3 在图 10-2 中的 **Characteristic** 栏中选择 **Translational displacement**, 在 **Component** 栏中选择 **mag**。如图 10-5 所示。然后点击对话框下面的“OK”确认。生成的时间-位移曲线如图 10-6 所示。

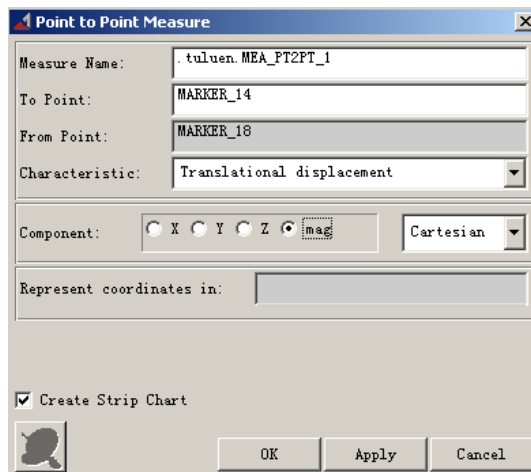


图 10-5 点与点之间测量位移对话框

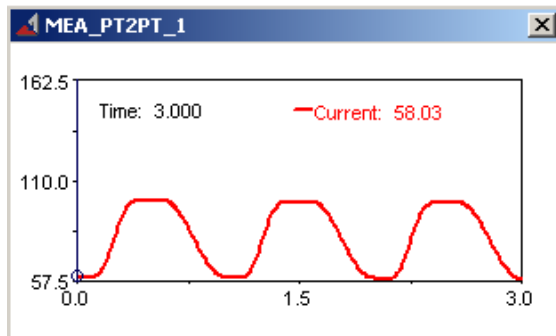


图 10-6 时间位移曲线

10.4 在本设计中，速度和加速度的测量的过程和位移的过程几乎一样，只是在点与点之间测量对话框（Point to Point Measure）中的 **Characteristic** 项，分别选为 **Translational velocity**，如图 10-7 所示，或者 **Translational acceleration**，如图 10-8 所示。

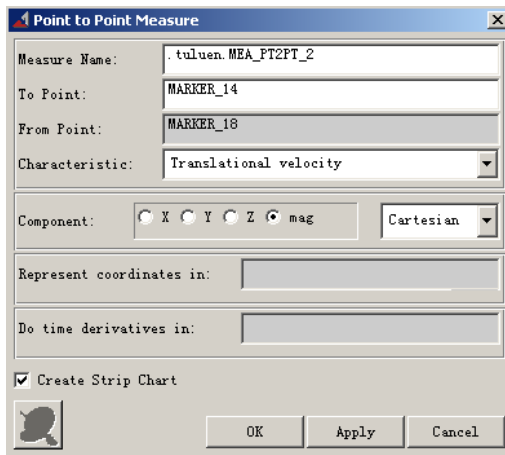


图 10-7 点与点之间测量速度对话框

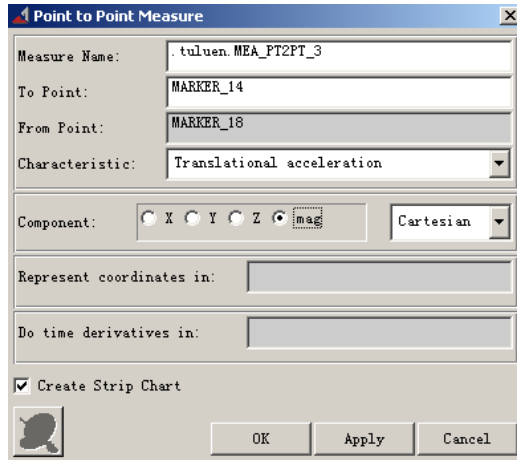


图 10-8 点与点之间测量加速度对话框

10.5 测量凸轮旋转中心的旋转副的受力的大小。

在 **ADAMS/View** 工作窗口中用鼠标右键点击凸轮中心，选择 **Modify** 命令，如图 10-9 所示，在弹出的修改对话框中选择测量（Measures）图标

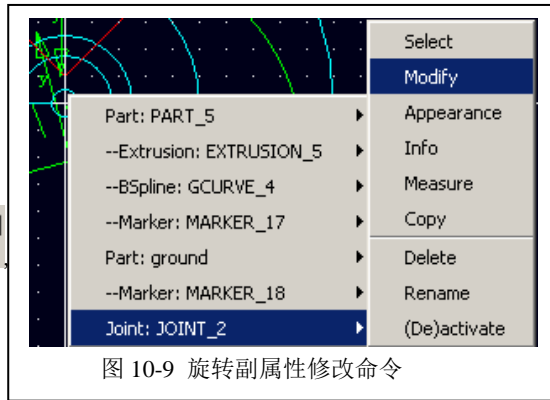


图 10-9 旋转副属性修改命令

如图 10-10 所示。在弹出的测量对话框中，将

**Component** 栏设置为 **mag**，将 **From/At** 栏设置为 **PART\_5.MARKER\_17**（或者 **ground.MARKER\_18**）（选择前者，

表示测量的是凸轮对机架的压力，选择后者，表示测量的是地

面对凸轮的支持力，它们是一对作用力和反作用力。）其他的

可以不改变，如图 10-11 所示。

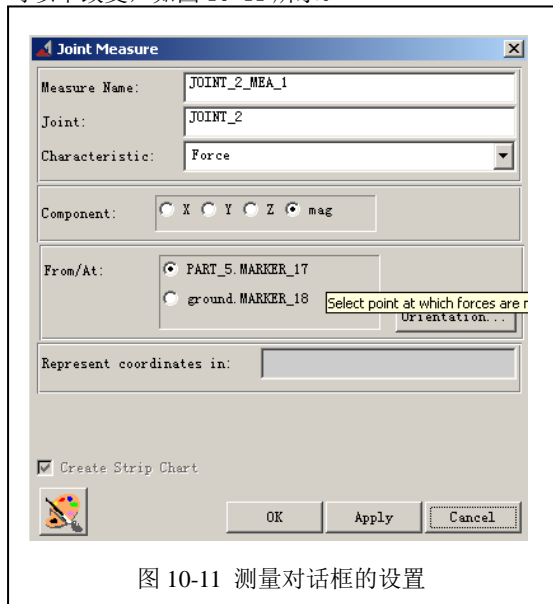


图 10-11 测量对话框的设置

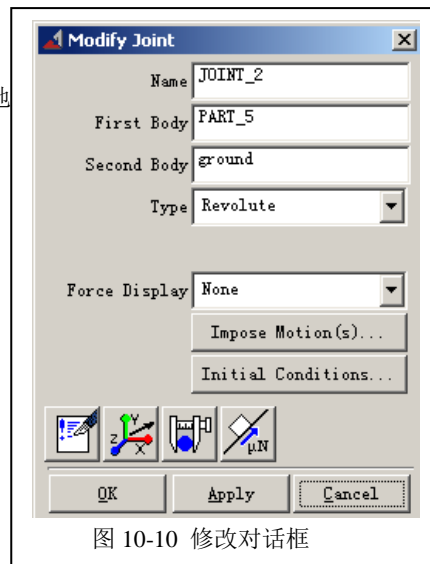


图 10-10 修改对话框

最后点击 **OK** 按钮两次，分别退出图 10-11、图 10-10 对话框，**注意：不要点击 Apply 按钮**。生成的旋转副的受力曲线如图 10-12 所示。

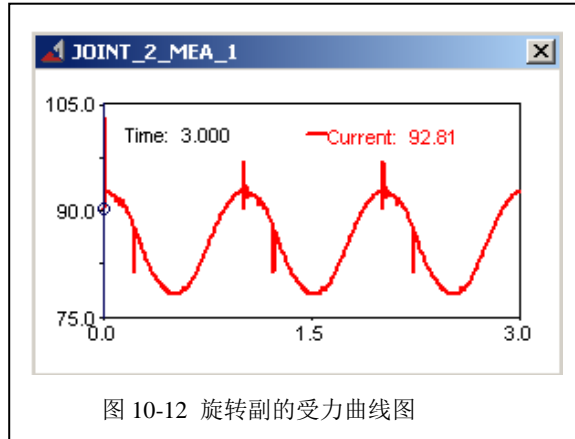




图 10-12 旋转副的受力曲线图

10.6 仿真模型。点击仿真按钮 ，设置仿真终止时间 (**End Time**) 为 3，仿真工作步长 (**Step Size**)

为 0.01, 然后点击开始仿真按钮 ，进行仿真，观察模型的运动仿真情况，尖顶直动从动件上的顶点的位移、速度、加速度的变化情况分别如图 10-13、图 10-14、图 10-15 所示，凸轮的旋转副的受力情况如图 10-16 所示。

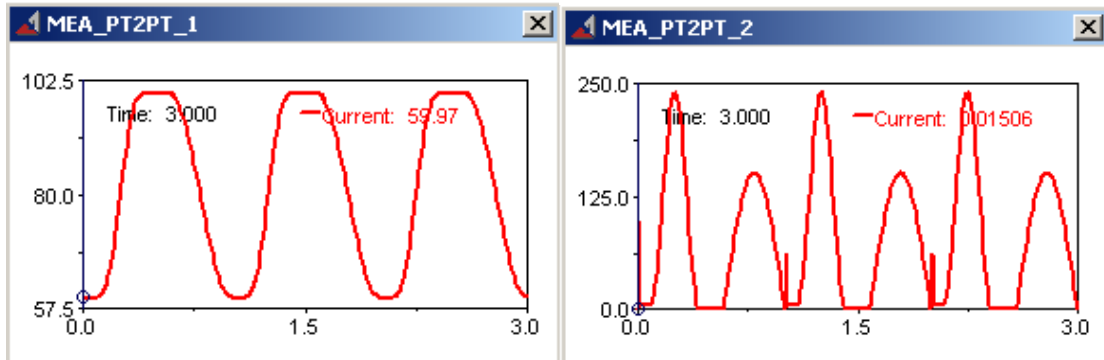


图 10-13 尖顶直动从动件上顶点的时间-位移曲线图 图 10-14 尖顶直动从动件上顶点的时间-速度曲线图

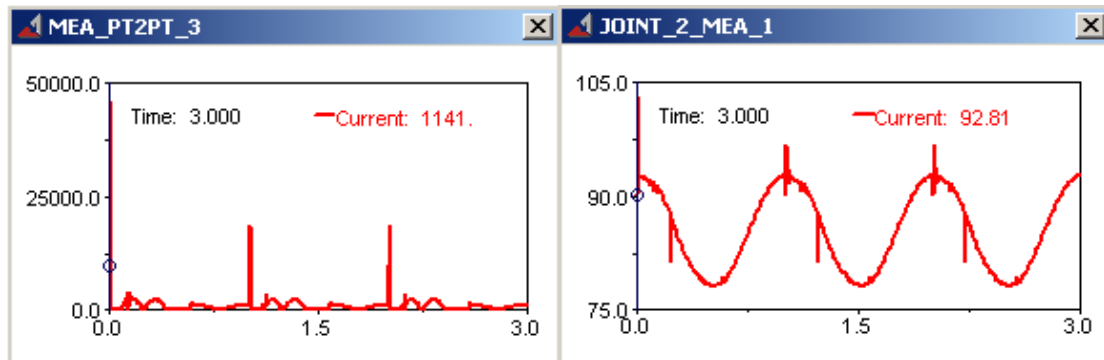


图 10-15 尖顶直动从动件上顶点的时间-加速度曲线图 图 10-16 凸轮上旋转副的受力-时间曲线图

10.7 保存模型，在 **ADAMS/View** 中，选择“**File**”菜单中的“**Save Database**”命令，系统提示是否创建备份文件，如图 10-17 所示，选择“**NO**”，保存尖顶直动从动件盘形凸轮机构模型。

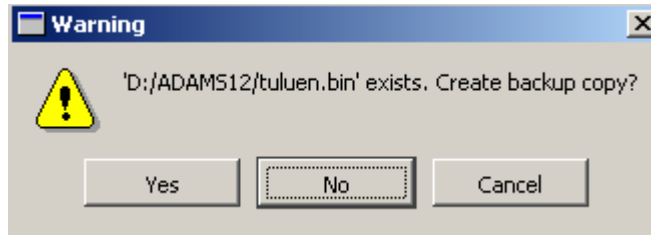


图 10-17 系统提示

实验报告要求：记录建模过程进行运动分析和动力分析。说明得到的曲线的正确性

## 实验六 蜗轮蜗杆的啮合传动

如右图所表示，设在节点  $P$  处蜗杆与蜗轮的速度分别为  $v_1$  和  $v_2$ ，由图中可知：

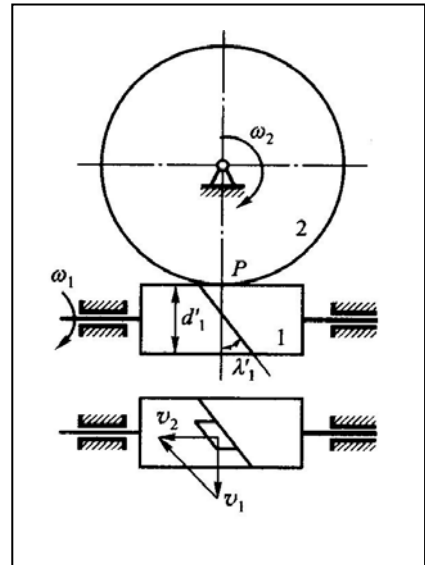
$$v_2 = v_1 \tan \lambda'_1, \text{ 即 } r_2 \omega_2 = r'_1 \omega_1 \tan \lambda'_1$$

其中  $r'_1$  为蜗杆的分度圆半径， $r_2$  为蜗轮的分度圆半径，

$\lambda'_1$  为蜗杆节圆螺旋线的升角。从而，

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r'_1 \tan \lambda'_1} \quad (1)$$

在本例子中，将介绍怎么在 ADAMS 12.0 中模拟蜗轮蜗杆传动，做出蜗轮蜗杆角速度的关系曲线，并验证与 (1) 式的一致性。



### 创建过程

#### 1. 启动 ADAMS

双击桌面上 ADAMS/View 的快捷图标,打开 ADAMS/View。在欢迎对话框中选择“Create a new model”，在模型名称 (Model name) 栏中输入：woluenwogan；在重力名称 (Gravity) 栏中选择 “Earth Normal (-Global Y)”；在单位名称 (Units) 栏中选择 “MMKS -mm,kg,N,s,deg”。如图 1-1 所示。

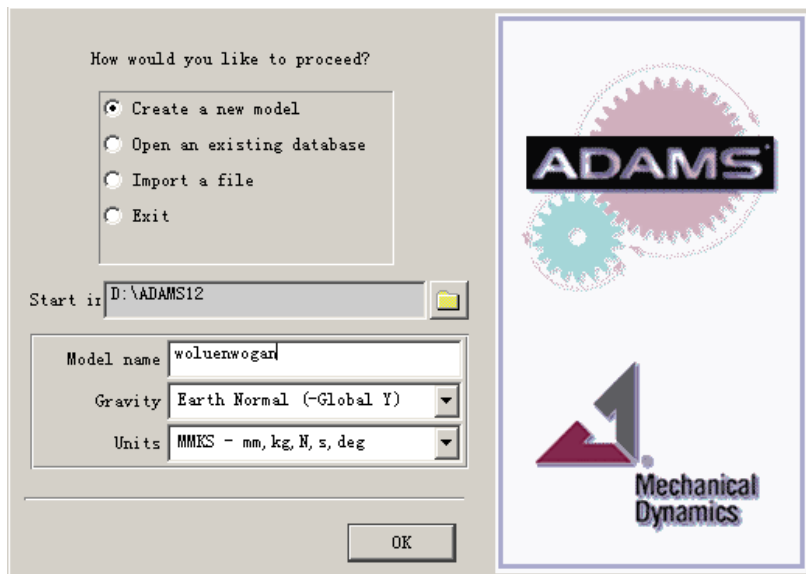



图 1-1 欢迎对话框


#### 2. 设置工作环境

2.1 对于这个模型，网格间距需要设置成更高的精度以满足要求。在 ADAMS/View 菜单栏中，选择设置 (Setting) 下拉菜单中的工作网格 (Working Grid) 命令。系统弹出设置工作网格对话框，将网格的尺寸 (Size) 中的 X 和 Y 分别设置成 750mm 和 500mm，间距 (Spacing) 中的 X 和 Y 都设置成 50mm。然后点击 “OK” 确定。如图 2-1 所表示。

2.2 用鼠标左键点击选择 (Select) 图标 ，控制面板出现在工具箱中。

2.3 用鼠标左键点击动态放大 (Dynamic Zoom) 图标 ，在模型窗口中，点击鼠标左键并按住不放，移动鼠标进行放大或缩小。

### 3.创建蜗轮

3.1 在 ADAMS/View 零件库中选择圆柱体 (Cylinder) 图标 ，参数选择为 “New Part”，长度 (Length) 选择 100mm，半径 (Radius) 选择 200mm(这里的长度和半径的选择没有特殊要求,可以选择不同的数字)。如图 3-1 所示。

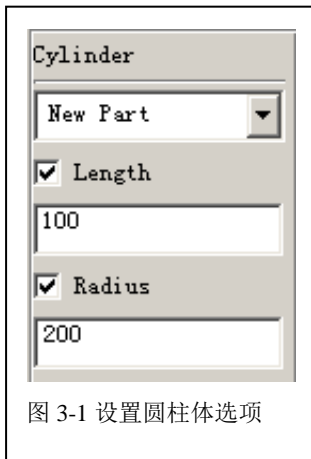


图 3-1 设置圆柱体选项

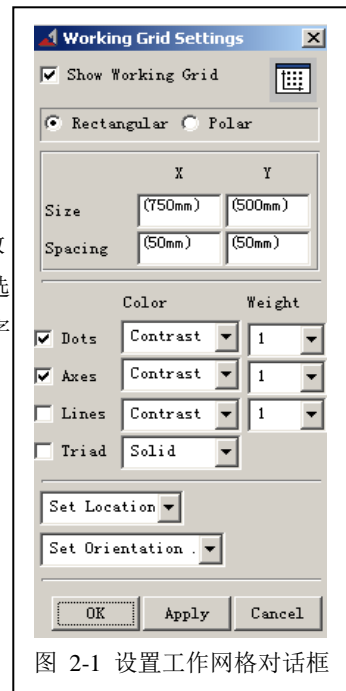
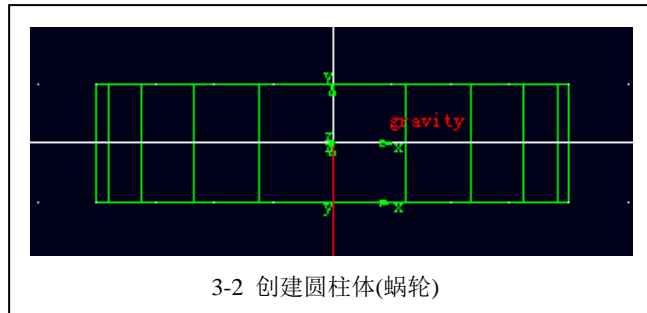



图 2-1 设置工作网格对话框

3.2 在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键选择点 (0, -50, 0) mm(蜗轮的位置可以在任何地方,对后面的运动仿真没有影响), 然后选择点 (0, 50, 0)。则一个圆柱体 (PART\_2) 创建出来。如图 3-2 所示。



3-2 创建圆柱体(蜗轮)

3.3 在 ADAMS/View 中位置/方向库中选择位置旋转 (Position: Rotate...) 图标 ，在角度(Angle)一栏中输入 90，表示将对象旋转 90 度。如图 3-3 所示。

在 ADAMS/View 窗口中用鼠标左键选择圆柱体，将出来一个白色箭头，移动光标，使白色箭头的位置和指向如图 3-4 所示。然后点击鼠标左键，旋转后的圆柱体如图 3-5 所示。

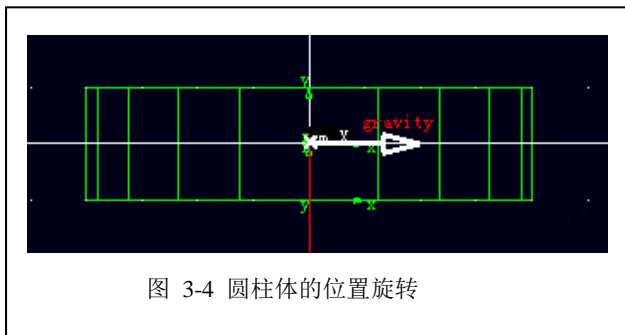


图 3-4 圆柱体的位置旋转

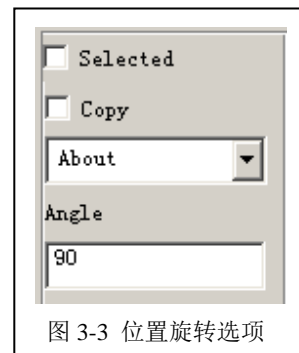


图 3-3 位置旋转选项

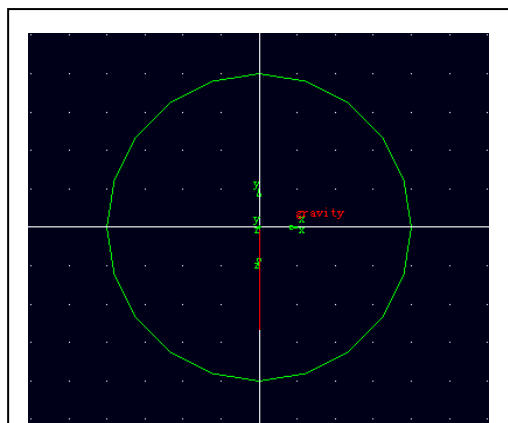



图 3-5 旋转 90 后的圆柱体

#### 4.创建蜗杆

4.1 在 ADAMS/View 零件库中选择圆柱体(Cylinder)图标 , 参数选择为“New Part”, 长度 (Length) 选择 500mm, 半径 (Radius) 选择 50mm(这里蜗杆的长度的选择没有严格要求,大小合理就可以,半径的大小应该为蜗轮长度的一半,即 50mm)。如图 4-1 所示。

4.2 在 ADAMS/View 工作窗口中先用鼠标左键选择点 (-250, -250, 0) mm, 然后选择点 (250, -250, 0) mm。则一个圆柱体 (PART\_3) 创建出来。如图 4-2 所示。

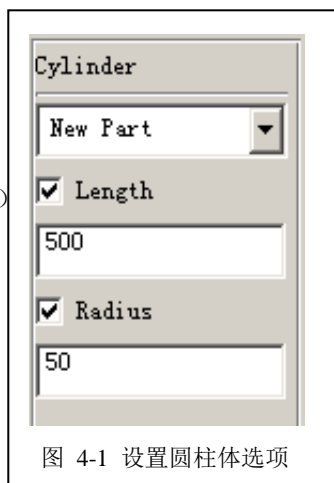


图 4-1 设置圆柱体选项

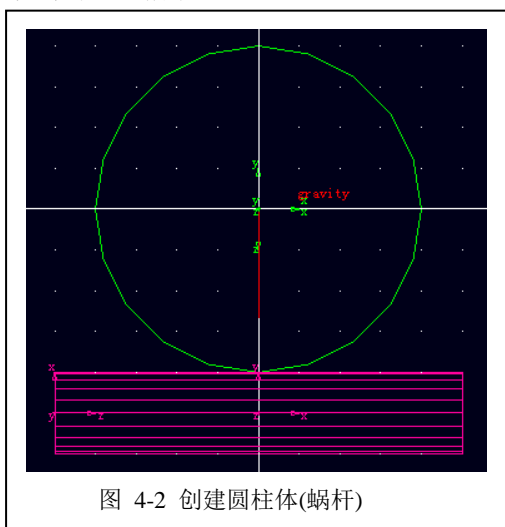


图 4-2 创建圆柱体(蜗杆)

做到这里,我们可以得到,蜗轮的分度圆的半径  $r_2$  和蜗杆的分度圆的半径  $r_1'$  的比值为


$$\frac{r_2}{r_1'} = \frac{50 \times 4}{50} = 4 \quad \text{为一定值}$$

则蜗轮蜗杆的传动比  $i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1' \tan \lambda_1'}$  与  $\tan \lambda_1'$  成反比。在下面的步骤中,将创建蜗杆节圆螺旋线的升角  $\lambda_1'$ 。

#### 5.创建旋转副、齿轮副、旋转驱动



### 5.1 选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (Joint: Revolute)

图标，参数选择 **2 Bod-1 Loc** 和 **Normal To Grid**。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择蜗轮 (**PART\_2**)，然后选择机架 (**ground**)，接着选择蜗轮上的 **PART\_2.cm**，如图 5-1 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(**JOINT\_1**)。该旋转副连接机架和蜗轮,使蜗轮能相对机架旋转。

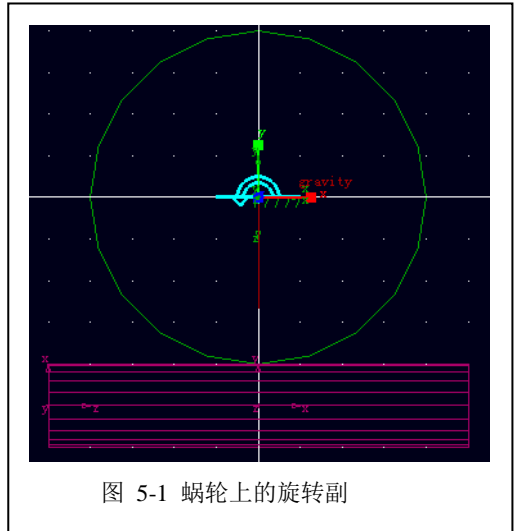



图 5-1 蜗轮上的旋转副

### 5.2 再次选择 ADAMS/View 约束库中的旋转副 (Joint:

Revolute) 图标，参数选择 **2 Bod-1 Loc** 和 **Pick Feature**。(因为在本题中蜗杆的旋转轴与网格面平行,因此不能选择 **Normal To Grid**，只能选择 **Pick Feature**)。在 **ADAMS/View** 工作窗口中先用鼠标左键选择蜗杆 (**PART\_3**)，然后选择机架 (**ground**)，接着选择蜗杆上的 **PART\_3.cm**，就会出现白色的箭头，移动光标，使箭头指向 **X** 轴的正方向后点击鼠标左键，从而在球体 (**PART\_3**) 上成功创建旋转副 (**JOINT\_2**)，如图 5-2 所示。图中显亮的部分就是所创建的旋转副(**JOINT\_2**)，该旋转副连接机架和蜗杆,使蜗杆能相对机架旋转。

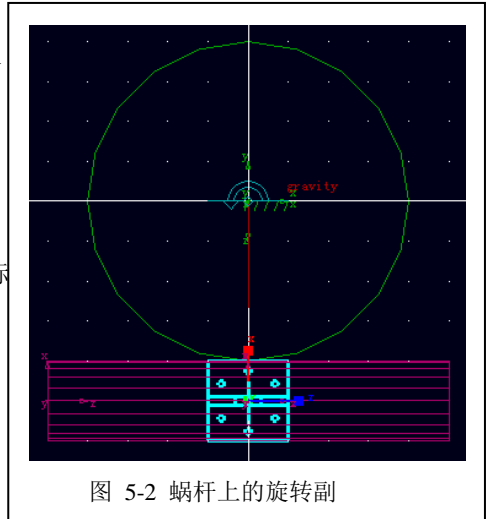




图 5-2 蜗杆上的旋转副

5.3 创建完蜗轮蜗杆上的旋转副后，还要创建蜗轮和蜗杆的啮合点 (**MARKER**)。根据齿轮副的啮合点 (**MARKER**) 和旋转副必须在一个连杆上，并且啮合点 **Z** 轴的方向与蜗轮蜗杆的传动方向相同。所以在本题中，啮合点 (**MARKER**) 必须定义在地面 (**ground**) 上，机架可以看作机架。

选择 **ADAMS/View** 工具箱的动态选择 (**Dynamic Pick**) 图标，将蜗轮蜗杆的啮合处进行放大，再选择动态旋转图标，进行适当的旋转。选择 **ADAMS/View** 零件库中的标记


点工具图标，参数选择如图 5-3 所示。然后按住 **Ctrl** 键，选择蜗轮和蜗杆啮合处的交点 (该交点的坐标为 (0, -200, 0)) 如图 5-4、图 5-5 所示，图中显亮的部分就是所创建的蜗轮蜗杆的啮合点 (**MARKER\_7**)。



图 5-3 标记点的选项

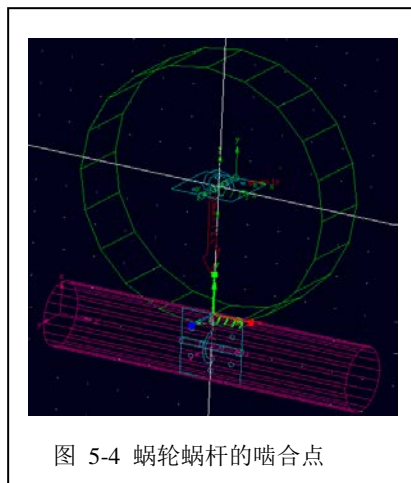


图 5-4 蜗轮蜗杆的啮合点

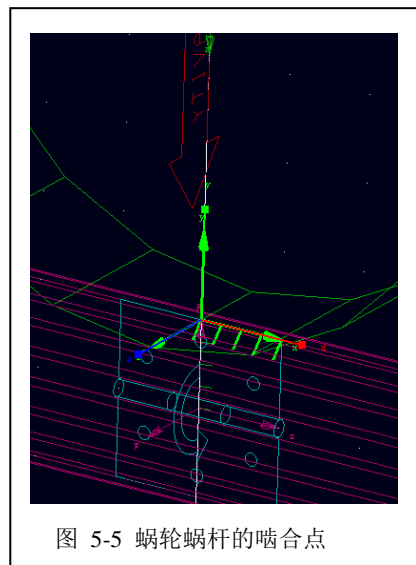


图 5-5 蜗轮蜗杆的啮合点


5.4 选择 **ADAMS/View** 约束库中的齿轮副 (**Gear**) 图标 ，在弹出的对话框中的 **Joint Name** 栏中，点击鼠标右键分别选择 **JOINT\_1**、**JOINT\_2**。如图 5-6 所示。在 **Common Velocity Marker** 栏中，点击鼠标右键选择啮合点 (**MARKER\_7**)。如图 5-7 所示。然后点击对话框下面的 **OK** 按钮，蜗轮蜗杆的齿轮副创建出来，如图 5-8 所示。



图 5-7 齿轮副的创建要素

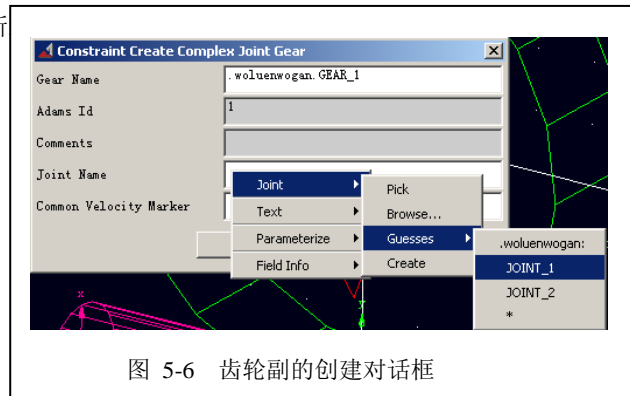


图 5-6 齿轮副的创建对话框

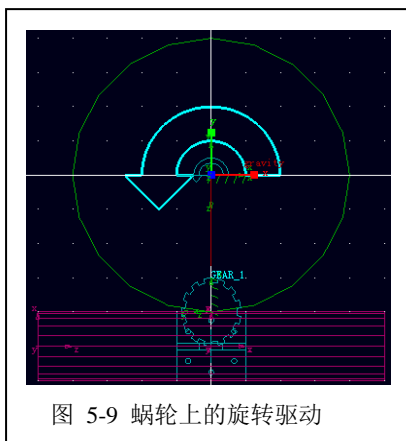


图 5-9 蜗轮上的旋转驱动

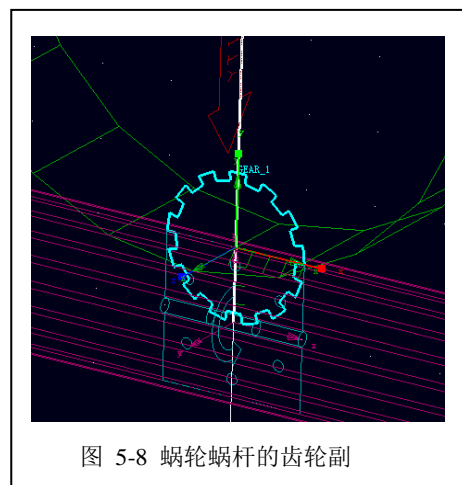



图 5-8 蜗轮蜗杆的齿轮副

5.5 在 **ADAMS/View** 驱动库中选择旋转驱动 (**Rotational Joint Motion**) 按钮 ，在 **Speed** 一栏中输入 360，360 表示旋转驱动每秒钟旋转 360 度。在 **ADAMS/View** 工作窗口中，用鼠标左键点击蜗轮上的旋转副 (**JOINT\_1**)，一个旋转驱动创建出来，如图 5-9 所示，图中显亮的部分为旋转驱动。

## 6. 进行啮合点 (**MARKER\_7**) 的坐标轴旋转

6.1 首先，介绍一下 **ADAMS/View** 中如何进行坐标轴旋转 (**Euler Angles**)。

在 **ADAMS/View** 中以欧拉 (**Euler**) 角系统定义物体的旋转方式，同时区分 **Body-fixed**, **Space-fixed**, **ADAMS/View** 默认值为 **Body[3,1,3]**，其中

- 1 -- X axis,
- 2 -- Y axis,
- 3 -- Z axis.

图 6-1 说明如何进行两种旋转方式的设置。

图 6-2 说明的两种旋转方式的不同之处。

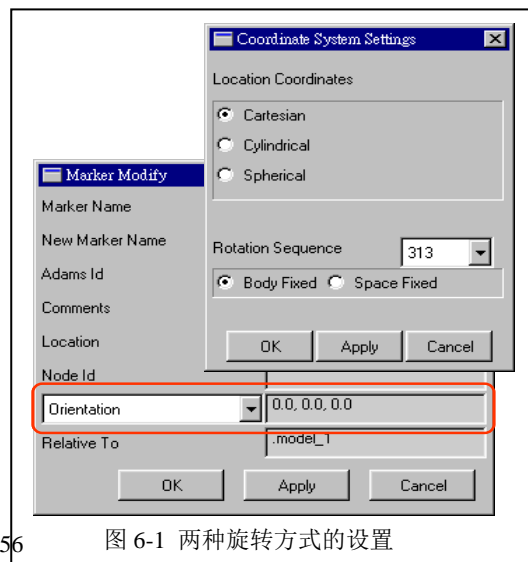


图 6-1 两种旋转方式的设置

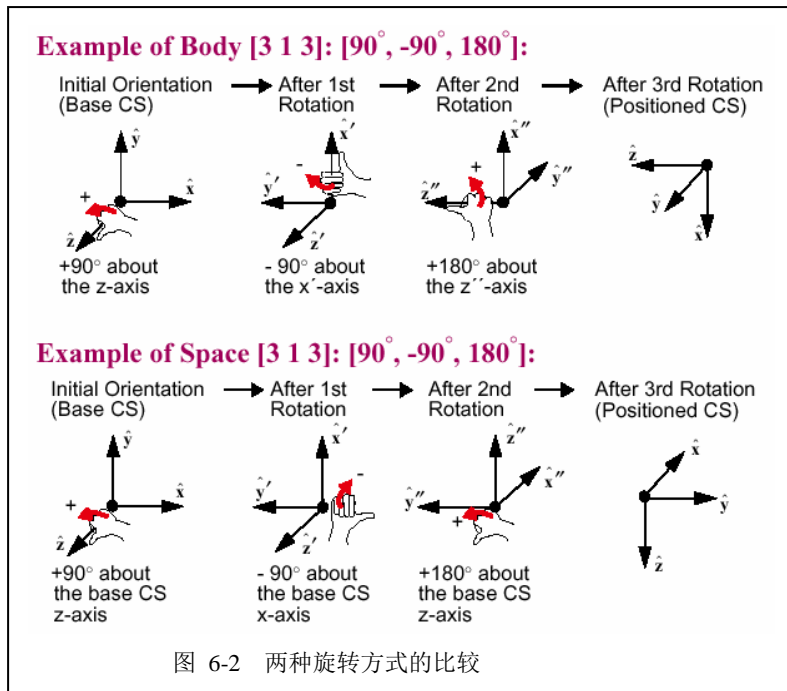


图 6-2 两种旋转方式的比较

6.2 接下来，我们将对啮合点（MARKER\_7）的坐标轴进行旋转，使其 Z 轴的方向与蜗轮蜗杆的传动方向相同，具体一点，就是让 Z 轴的方向位于  $v_1$  顺时针旋转到  $v_2$  之间的区域。

6.3 在 ADAMS/View 窗口中，在蜗轮蜗杆啮合处点击鼠标右键，选择--Maker: MARKER\_7→Modify，如图 6-3 所示。在弹出的对话框中，Orientation 栏中的值 0.0, 0.0, 0.0 修改为 270, 30, 180(这里三个方位数字的大小不是唯一的,若取其他的三个不同的方位数字,也可以达到同样的方位变换)。如图 6-4 所示。点击对话框下面的 OK 键进行确定，旋转后的啮合点（MARKER\_7）

如图 6-5 所示。从图中可以看出，啮合点的 Z 轴（蓝色）Z 轴的方向位于  $v_1$  顺时针旋转到  $v_2$  之间的区域。

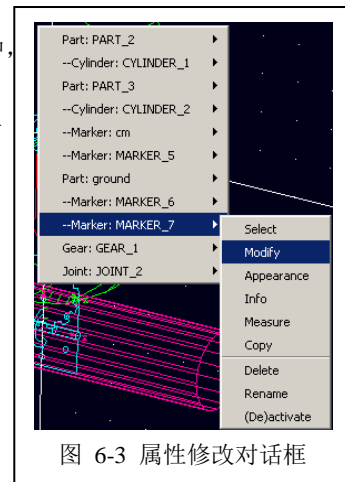


图 6-3 属性修改对话框



图 6-4 进行坐标轴的旋转

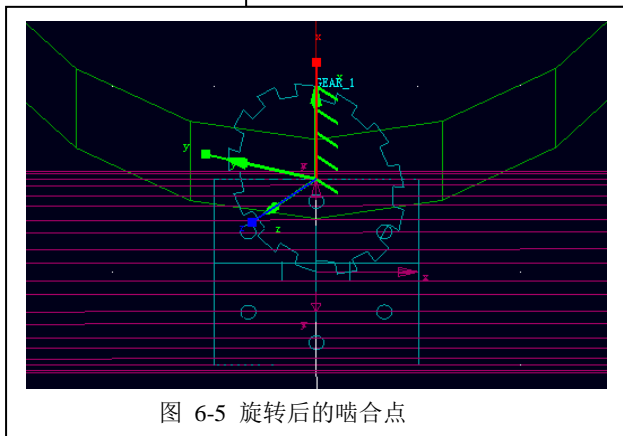


图 6-5 旋转后的啮合点

6.4 由啮合点 (MARKER\_7) 的方位坐标 (270, 30, 180) 不难看出, 啮合点 (MARKER\_7) Z 轴的方向和蜗杆轴线所成的角度为 60 度。蜗杆节圆螺旋线的升角  $\lambda'_1$  为 60 度。所以

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r'_1 \tan \lambda'_1} = \frac{50 \times 4}{50 \times \tan 60}$$

即蜗轮蜗杆的传动比为 2.3, 即蜗轮转 360 度, 蜗杆要转约 831.38 度。

## 7. 仿真验证

7.1 在 ADAMS/View 菜单栏中, 选择 **Build**→**Measure**→**Selected Object**→**New**, 如图 7-1 所示, 弹出数据导航器 (Database Navigator) 对话框, 并从中选择需要测量的对象 JOINT\_1。如图 7-2 所示。然后点击对话框下面的 OK 键进行确定。

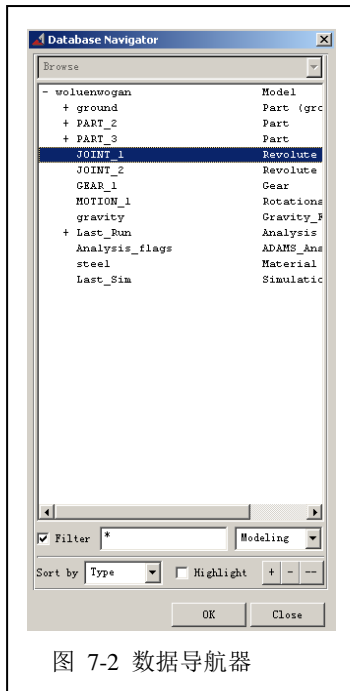


图 7-2 数据导航器

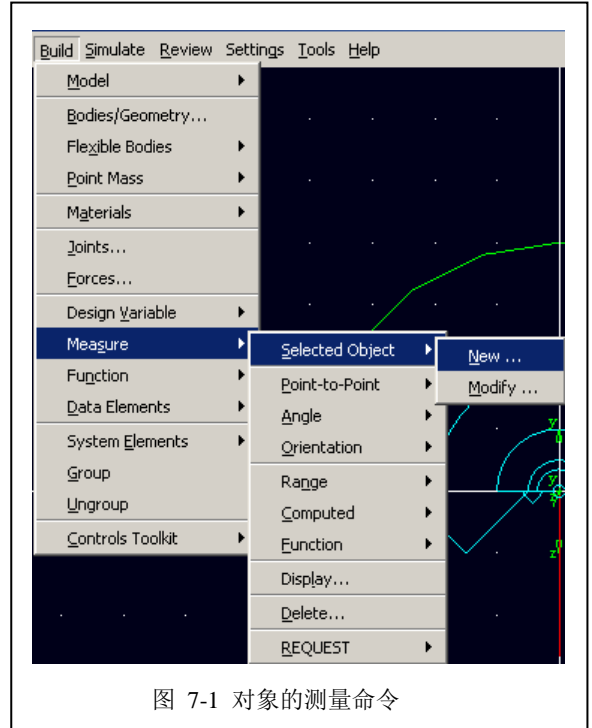


图 7-1 对象的测量命令

7.2 在弹出的较测量 (Joint Measure) 对话框中, 在 **Characteristic** 栏选择 **Ax/Ay/Az Projected Rotation**; 在 **Component** 栏选择 **Z**; **From/At** 栏选择 **ground.MARKER\_4** (也可以选择 **PART\_2.MARKER\_3**)。表示测量蜗轮的旋转角度。如图 7-3 所示。然后点击对话框下面的 OK 键确定, 将弹出图 7-4 所示的蜗轮角位置曲线图。

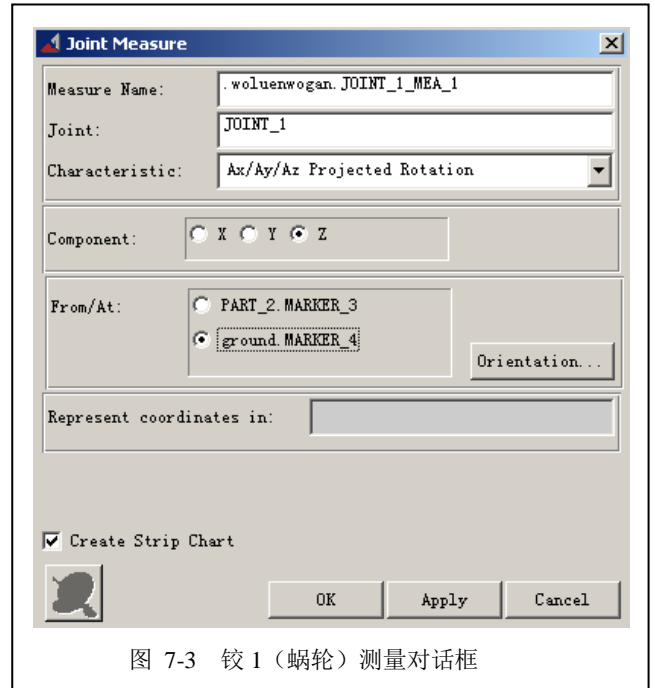


图 7-3 较 1 (蜗轮) 测量对话框

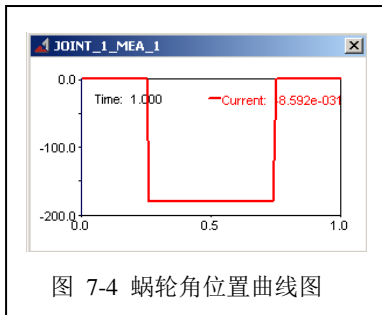


图 7-4 蜗轮角位置曲线图

7.3 重复步骤 7.1、7.2，则 JOINT\_2 角位置即蜗杆角位置测量设置和曲线图如图 7-5、图 7-6 所示。

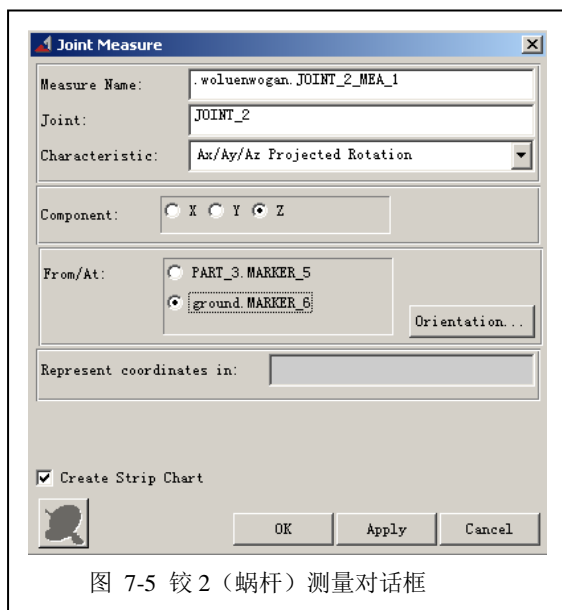


图 7-5 铰 2（蜗杆）测量对话框

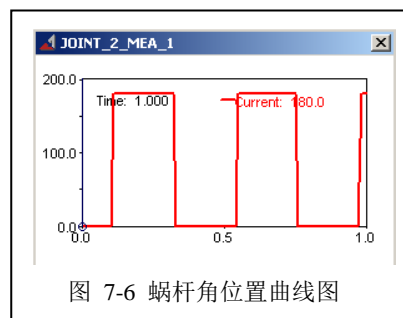




图 7-6 蜗杆角位置曲线图

7.4 仿真模型。点击仿真按钮 ，设置仿真终止时间（End Time）为 1，仿真工作步长（Step Size）为 0.01。然后点击开始仿真按钮 ，进行仿真，观察模型的运动仿真情况，蜗轮和蜗杆的角位置曲线图分别如图 7-7、图 7-8 所示。

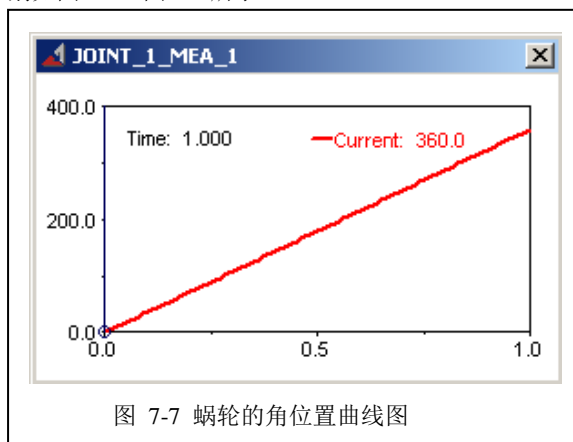


图 7-7 蜗轮的角位置曲线图

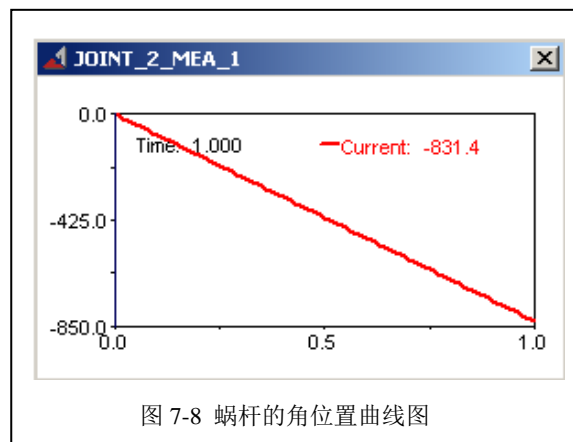


图 7-8 蜗杆的角位置曲线图

从这两副图的结果可以看出，在 ADAMS/View 中做出的实际仿真分析和步骤 6.4 中的理论分析一致，说明在 ADAMS/View 中所建的蜗轮蜗杆模型正确无误，另一方面也把书本上枯燥的理论知识用形象生动的运动仿真来体现，加深知识的理解。

在本题，还可以改变啮合点（MARKER\_7）的方位坐标（270,30,180）中第二项角度值（30）的大小（改变范围为 0~90），即改变蜗杆节圆螺旋线的升角  $\lambda'_1$  的大小，从而改变蜗轮蜗杆的传动比。

实验报告要求：记录建模过程进行运动分析和动力分析。说明得到的曲线的正确性

## 四、实验报告总体要求

- (1) 简述实验目的；
- (2) 简述实验步骤；
- (3) 回答测试题目；
- (4) 实验体会。

# 综合动力学仿真实验

## 一、实验教学目的与基本要求

### 本课程的教学目的:

随着计算机技术、CAD 技术以及多体系统动力学理论的日臻成熟,以系统建模和仿真技术为核心的虚拟样机技术得到了广泛的应用。其中机械系统动力学自动分析软件 ADAMS 集成了多体系统动力学理论成果、参数化的建模工具、高效的求解器、功能强大的后处理模块和可视化界面等,极大地提高了仿真分析的效率。尽管动力学软件都具有一定的三维建模功能,但对于复杂机械系统或零部件几何外形不规则的情况,就显得力不从心。所以一般需要采用专业的 CAD 建模软件和专业动力学仿真软件进行联合建模。通过 Pro/E 与 ADAMS 结合来开发复杂机械系统的虚拟样机,是当前较实用、较流行的仿真方案,本实验让学生通过常用三维建模软件 PRO/E 和动力学仿真软件 ADAMS 的结合,利用 PRO/E 对虚拟样机进行模型三维造型,利用 ADAMS 对模型进行运动学、动力学仿真,获得其速度、加速度和接触力的变化情况曲线,为以后虚拟样机的设计奠定一定的基础。

### 要求:

- 1、按每个实验分组人数进行分组;
- 2、选出一位同学作为组长;
- 3、在组内针对全组每一位同学进行任务分配,每一位同学根据自己的任务写出任务书及实验报告;
- 4、采用 PRO/E 软件进行模型构建;
- 5、ADAMS 导入 PRO/E 构建的模型,并建立相应运动副;
- 6、对模型进行运动学、动力学仿真,获得其速度、加速度和接触力等的变化情况曲线

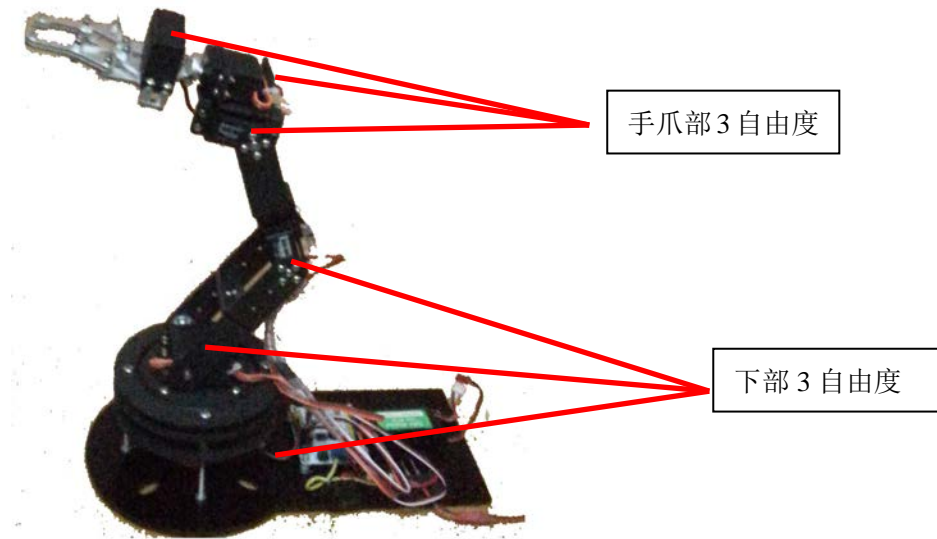
## 二、主要仪器设备

微型计算机, PRO/E 软件, ADAMS 动力学仿真软件。

#### 四、 实验内容

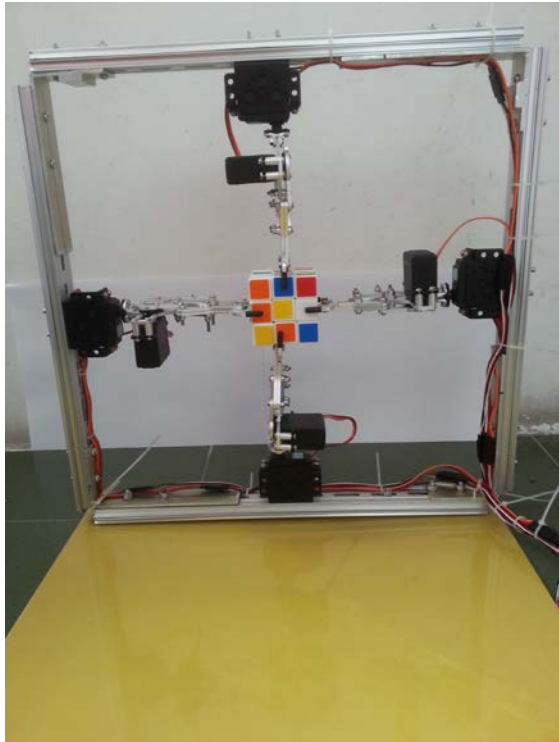
实验一 6 自由度机械手下部 3 自由度造型及动力学分析 (6 人)

实验二 6 自由度机械手手爪部 3 自由度造型及动力学分析 (6 人)



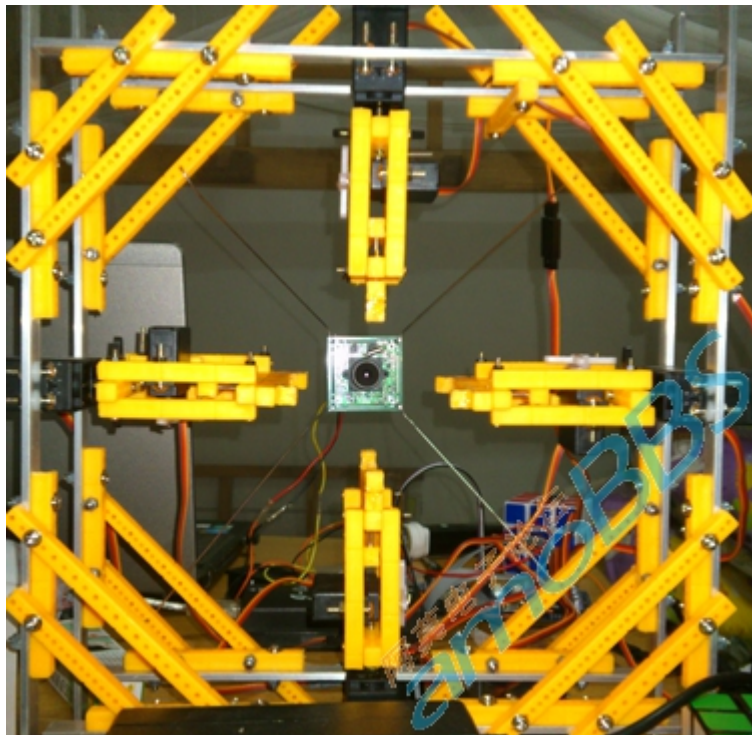


### 实验三 解魔方机械手方案一（8人）



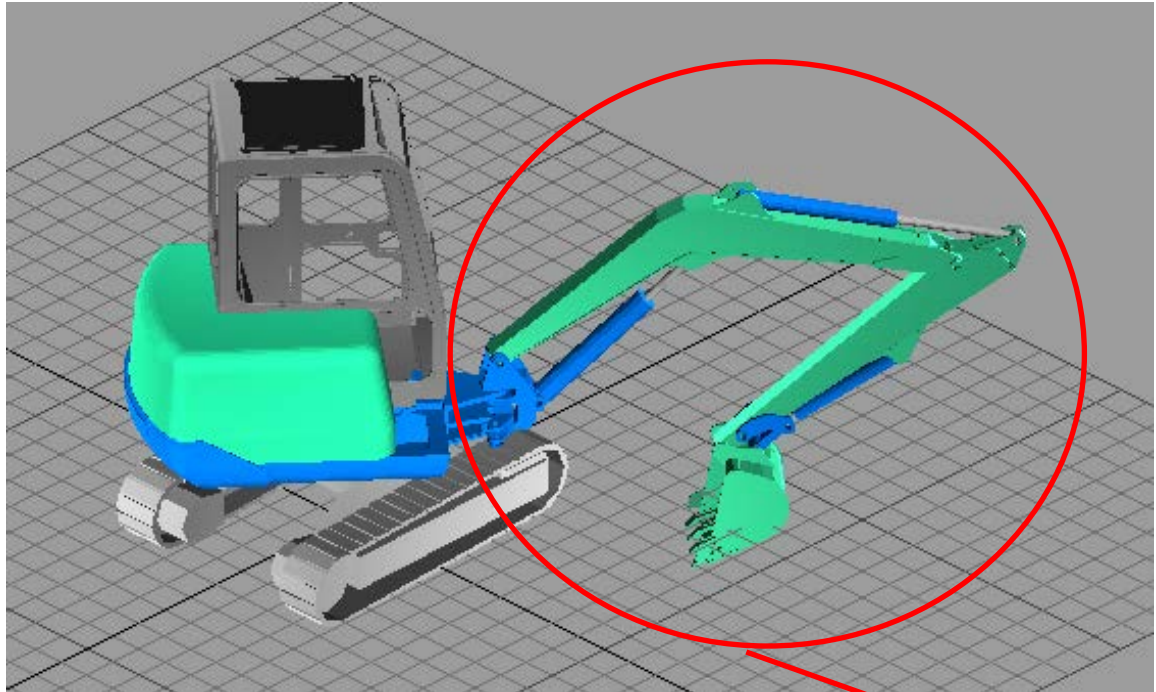
### 实验四 解魔方机械手方案二（8人）

[http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XMzc0NDc3MzY0.html](http://v.youku.com/v_show/id_XMzc0NDc3MzY0.html)



实验五 挖掘机器人-上车 (6人)

实验六 挖掘机器人-下车 (6人)



上车

实验七 叉车 (6人)

