

高 等 院 校 教 材

LIXUEJICHU  
SHIYANZHIDAO

主 编 宋秋红  
副主编 袁军亭 兰雅梅

# 力学基础实验指导

—— 理论力学、材料力学、流体力学

 同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

高等院校教材

# 力学基础实验指导

——理论力学、材料力学、流体力学

主 编 宋秋红

副主编 袁军亭 兰雅梅



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

本书是与普通工科高等学校本科力学课程(理论力学、材料力学、流体力学)配套使用的实验指导教材。主要内容包括理论力学模拟仿真3个实验,材料力学拉伸压缩等11个实验,流体力学能量方程等8个实验。这些实验都属于力学基础实验,书中不但有具体实验指导步骤,还附有实验报告,便于学生填写上交。本书可作为高等工科院校及高职和高专机械、土建、水利、航空、造船、动力、采矿和电机等专业力学课程的实验教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

力学基础实验指导/宋秋红主编.--上海:同济大学出版社,2011.3

ISBN 978-7-5608-4487-9

I. ①力… II. ①宋… III. ①力学—实验—高等学校—  
教学参考资料 IV. ①O3-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 006955 号

---

---

## 力学基础实验指导

主编 宋秋红

责任编辑 缪临平 责任校对 徐春莲 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)  
(地址:上海市四平路1239号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店  
印 刷 常熟市大宏印刷有限公司  
开 本 787 mm×1092 mm 1/16  
印 张 12  
印 数 1—3100  
字 数 299 000  
版 次 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5608-4487-9

定 价 27.00 元

---

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

# | Preface |

· 力 学 基 础 实 验 指 导 ·

## 前 言

力学基础实验可以帮助学生深入掌握有关力学课程的理论内容,还可以提高学生的动手能力,培养创新精神。工科力学的本身,就具有很强的工程背景,是解决很多工程问题的重要方法之一。因此,学生通过系列的力学实验,加深了理论概念理解的同时,还可不断地提高解决工程实际问题的能力。

为了满足当前力学基础课程教学的需要,根据教育部高等学校力学教学指导委员会,力学基础课程教学指导分委员会 2008 年编制的《理工科非力学专业力学基础课程教学基本要求》对目前力学基础课程的指导性意见,我们广泛收集整理材料力学、流体力学的基本、经典实验项目,并考虑到理论力学实验开设的难度,利用 ADMAS 力学分析软件,编写了静力学、运动学、动力学三个模拟仿真实验指导,对理论力学的教学帮助很大,试用以来深受师生欢迎。这本实验教材共三大部分内容,包括理论力学 3 个实验、材料力学 11 个实验、流体力学 8 个实验。这些实验基本满足了当前各类普通高校的力学教师们选择开设的要求。

现在普通工科高校力学基础课程主要由理论力学、材料力学、流体力学组成,虽然学时都有一些变化,但教学的基本内容变化不大,但由于普通工科高等学校力学基础课程学时普遍减少,实验学时更是有限,所以各校对以前一些耗时、过时的实验项目,淘汰的实验仪器等都做了大量的删减,力学基础系列实验还是变化较大。鉴于不同院校、不同专业、不同实验设备,所需要的实验内容也不可能完全相同,因此,编写这本教材除了想使基础力学课程的各种教学实验搭配较为合理外,在内容的选择上留有较大余地,力求使不同院校、不同专业都有一定的选择范围。

参加本书编写的人员是,上海海洋大学工程学院宋秋红(绪论、第一章、第二章中第六、七、九、十、十一、十二节及对应的附录 D 部分实验报告),袁军亭(第二章中第一、二、三、四、五、八节及附录 A、附录 B、附录 C 与对应的附录 D 部分实验

报告),兰雅梅(第三章及对应的附录 D 部分实验报告),该学院力学组的梁拥成老师、贾楠老师前期都做了大量的准备工作,研究生马永梅做了书中部分插图的绘制工作。全书由宋秋红老师统稿。

本书承蒙上海海洋大学工程学院的王世明教授主审。在本书的编写中全程得到了上海海洋大学工程学院的支持,长春机械科学研究院有限公司、北戴河兰德科技有限责任公司、湖南湘潭金凯化工装备技术有限公司、上海城市管理学院为本书提供了部分仪器设备资料及文字材料,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免有遗漏和不当之处,请广大读者批评指正。

**编 者**

2010 年 12 月

# | Contents |

· 力 学 基 础 实 验 指 导 ·

## 目 录

### 前言

|          |   |
|----------|---|
| 绪论 ..... | 1 |
|----------|---|

|                          |    |
|--------------------------|----|
| <b>第一章</b> 理论力学实验 .....  | 3  |
| 第一节 承载结构的静力学平衡分析实验 ..... | 3  |
| 第二节 曲柄滑块机构的运动学分析实验 ..... | 11 |
| 第三节 双摆杆机构的动力学分析实验 .....  | 16 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>第二章</b> 材料力学实验 ..... | 22 |
| 第一节 拉伸实验 .....          | 22 |
| 第二节 压缩实验 .....          | 28 |
| 第三节 扭转实验 .....          | 30 |
| 第四节 电阻应变片粘贴实验 .....     | 33 |
| 第五节 纯弯曲梁的正应力实验 .....    | 38 |
| 第六节 同心拉杆实验 .....        | 42 |
| 第七节 等强度梁实验 .....        | 44 |
| 第八节 弯扭组合梁实验 .....       | 47 |
| 第九节 偏心拉杆实验 .....        | 53 |
| 第十节 压杆实验 .....          | 57 |
| 第十一节 叠梁实验 .....         | 60 |
| 第十二节 材料力学实验仪器设备 .....   | 63 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第三章</b> 流体力学实验 ..... | 95  |
| 第一节 雷诺实验 .....          | 95  |
| 第二节 能量方程实验 .....        | 97  |
| 第三节 动量定律实验 .....        | 101 |
| 第四节 沿程水头损失实验 .....      | 104 |
| 第五节 局部水头损失实验 .....      | 106 |
| 第六节 毕托管测速实验 .....       | 109 |

|               |                        |     |
|---------------|------------------------|-----|
| 第七节           | 虹吸原理实验 .....           | 111 |
| 第八节           | 空化机理实验 .....           | 113 |
| 第九节           | 流体力学实验仪器——综合实验台 .....  | 115 |
| <b>附录</b>     | .....                  | 119 |
| 附录 A          | 与工程力学实验有关的部分国家标准 ..... | 119 |
| 附录 B          | 实验数据误差分析和数据处理 .....    | 120 |
| 附录 C          | 力学量国际单位制单位及换算 .....    | 128 |
| 附录 D          | 学生上交的实验报告 .....        | 129 |
| <b>主要参考文献</b> | .....                  | 185 |

# | Exordium |

· 力 学 基 础 实 验 指 导 ·

## 绪 论

### 一、基础力学课程组成及实验内容

力学是研究物体机械运动的学科。物体在空间位置的改变称为机械运动,如物体的移动和变形、气体和液体的流动等。机械运动是人们生活和生产实践中一种常见的运动。力学课程是高等教育体系中重要的基础内容。

我国普通高等院校众多,其中各院校的工科专业都有力学系列课程,课程安排基本是一致的。只不过是根据自己的专业特点,偏重方向略有不同,增补不同力学系列课程,比如,结构力学、弹性力学、断裂力学等。但基础力学的基本组成还是以理论力学、材料力学、流体力学为主。

力学实验教学是理论教学中必不可少的手段,可以帮助学生深入掌握有关力学课程的理论内容,还可以提高学生的动手能力,培养创新精神。工科力学的本身,就具有很强的工程背景,是解决很多工程问题的重要方法之一。因此,通过系列的力学实验,可不断地提高学生解决工程实际问题的能力。本实验指导的内容包括以下三部分:

理论力学实验——主要有承载结构的静力学平衡分析实验、曲柄滑块机构的运动学分析实验、双摆杆机构的动力学分析实验。

材料力学实验——主要有拉伸实验、压缩实验、扭转实验、电阻应变片粘贴实验、纯弯曲梁的正应力实验、同心拉杆实验、等强度梁实验、弯扭组合梁实验、偏心拉杆实验、压杆实验、叠梁实验。

流体力学实验——主要包含流体力学常见的基本实验,雷诺实验、能量方程实验、动量定律实验、沿程水头损失实验、局部水头损失实验、毕托管测速实验、虹吸原理实验、空化机理实验。

附录中收录了与力学实验有关的部分国家标准、实验误差分析及数据处理、力学量国际单位制单位及换算、学生上交的实验报告。

### 二、实验须知

(1) 实验前认真预习,主要涉及的理论内容要明白,然后再了解本次实验的目的、内容和步骤,并对使用的机器和仪器的基本原理要知晓。

(2) 按时进入实验室,完成规定的实验项目,因故不能参加者提前和教师联系,确定补做实验的时间。

(3) 在实验室里,必须自觉遵守实验室规则及机器和仪器的操作规程,不是本次使用的机器和仪器不能随意乱动。



(4) 实验室内严禁嬉笑打闹、携带饮料食品,实验时相互配合,密切注意观察实验现象,记录全部所需测量的数据。

(5) 按时交实验报告(附录 D),并附原始记录,字迹要求整齐和清晰,数据书写要求用印刷体,问题讨论应认真思考,工整书写回答。

(6) 实验结束后,仪器设备、桌椅恢复原位,指定学生值日打扫卫生。

### 三、实验报告的书写

实验报告是实验的总结,应当包括下列内容:

(1) 实验名称,实验日期,指导教师,实验者及同组人姓名。

(2) 实验目的、原理、装置。

(3) 使用的机器和仪器,应注明名称、型号和精度(或放大倍数)等。

(4) 实验数据及其处理结果。

在记录纸(见每个实验指导最后)上填入测量数据。填表时要注意实验测量单位,此外,还要注意仪器本身的精度。

(5) 计算。

在计算中所用到的公式均须明确列出,并注明公式中各种符号所代表的意义。运用计算器计算时,须注意有效数字的问题,见附录 B。

(6) 结果的表示。

在实验中,除根据测得的数据整理并计算实验结果外,有的要求采用图表或曲线来表达实验的结果。曲线均应绘在方格纸上,图中应注明坐标轴所代表的物理量及比例尺。实验的坐标点应当用记号标出,例如:“X”、“ $\Delta$ ”、“ $\circ$ ”、“ $\bullet$ ”等。当连接曲线时,不要用直线逐点连成折线,应当根据多数点的所在位置,描绘成光滑的曲线。

(7) 对实验结果的分析。

说明本实验的优缺点、主要结果是否正确,以及对误差加以分析,并回答指定的问题和讨论题。

# | 第一章 |

· 力 学 基 础 实 验 指 导 ·

## 理论力学实验

### 第一节 承载结构的静力学平衡分析实验

工程实际的承载结构各种各样,对平衡结构进行静力学受力分析,是我们学习理论力学的重要基础。从研究对象的选取,每个构件的受力分析,各种约束力的特点应用,到列平衡方程求解各个未知力的大小、方向。

力学就在我们身边,下面借助实际常见的一个承载结构,应用 ADAMS 软件,进行受力分析,得到约束力的大小和方向。在理论力学中,该结构的静力学分析还有更多的意义,从结构的组成,各构件的外形尺寸参数、质量大小、外加主动力,重力场的作用综合分析得到约束力的大小和方向,对今后工程专业实际问题的解决都是大有帮助的。

#### 一、实验目的

- (1) 确定组成的构件及相关外形尺寸参数,建立承载结构模型。
- (2) 运用 ADAMS 软件进行三维造型。
- (3) 输出仿真计算结果,结果的表达方式有两种:
  - ① 受力曲线输出;
  - ② 数据表格输出。

#### 二、仿真模拟软件 ADAMS 的基本操作与设计流程

ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical System)软件是美国 MDI 公司开发的机械系统动力学仿真分析软件,它使用交互式图形环境,自带零件库、约束库、力库等,用于创建完全参数化的机械系统几何模型,其求解器采用多刚体系统动力学理论中的拉格朗日方程方法,建立系统动力学方程,对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析,输出位移、速度、加速度和反作用力曲线。ADAMS 软件的仿真可用于预测性能、运动范围、碰撞检测、峰值载荷以及计算有限元的输入载荷等。

ADAMS 软件包括 ADAMS/View, ADAMS/Solver, ADAMS/Controls, ADAMS/Linear, ADAMS/Flex, ADAMS/Car, ADAMS/Driver, ADAMS/Rail, MECHANISM/Pro 模块,其中核心模块是 ADAMS/View(主要用于三维造型的模块),ADAMS/Solver(主要用于仿真模拟计算),下面三个实验主要也是用这两个模块完成的。

##### 1. ADAMS 界面

本书三个理论力学实验采用的是 ADAMS 2007 版本,软件成功安装后,双击 ADAMS/

View 在屏幕上的图标,即可启动 ADAMS/View 2007,启动系统界面如图 1-1 所示。

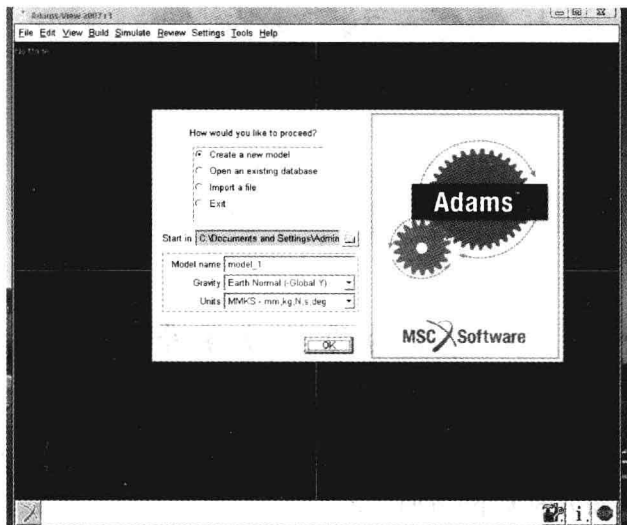












图 1-1 启动进入系统界面

在菜单对话框中,选择 Create a new model——创建新模型,表明我们将要创建一个新的机构模型;如果机构模型已经建好,则可选择 Opening an existing database 打开一个已存在的模型,还可通过第三方模块实现模型的创建(比如,用 UG, Pro/E, SolidWorks 等三维软件绘制完毕,可通过接口模块 ADAMS/Exchange 进行无缝连接,实现仿真)。选择完毕,ADAMS/View 工作界面就呈现在眼前。

## 2. 三维建模

对于复杂机构,建议先用专业的三维造型软件(如 Pro/E, UG, Catia, SolidWorks 等)进行造型,然后导入三维模拟软件中,通过中间模块 ADAMS/Exchange 进行无缝连接。在这几个实验中,针对不同的结构或机构,由于它们的内部结构简单,零件种类单一,使用 ADAMS/View 自带的零件库完全可以实现三维造型。

进入 ADAMS/View 应用界面后,在绘图窗口的左侧出现主工具箱(Main Toolbox),选择图标 ,按鼠标右键,系统则会自动弹出 ADAMS/View 的自带零件库,如图 1-2 所示。其中,包含连杆(Link) 、长方体(Box) 、球体(Sphere) 、圆柱体(Cylinder) 、截锥体(Frustum) 、圆环(Torus) 、拉伸件(Extrusion) 、旋转体(Revolution) 、平板(Plate)  等,选中建模所需的零件,单击鼠标左键,会出现所画零件的尺寸标注的对话框,定义好尺寸之后,将鼠标移至绘图窗口,创建零件。

将机构的各个零件绘制完毕,并校核配合是否正确之后,回到左侧的主工具箱(Main Toolbox),选择图标 ,单击右键,系统会自动弹出 ADAMS/View 中的约束库,如图 1-3 所示。其中,包括旋转副(Revolute Joint) 、移动副(Translational Joint) 、圆柱副(Cylindrical Joint) 、球副(Spherical Joint) 、固定副(Fixed Joint) 、万向节副(Hooke Joint) 、恒速度副(Constant-Velocity Joint) 、平面副(Planar Joint) 、螺纹副(Screw Joint) 、齿轮副(Gear Joint) 、耦合副(Coupler Joint) 、销-槽凸轮副(Pin-in-Slot Cam) 

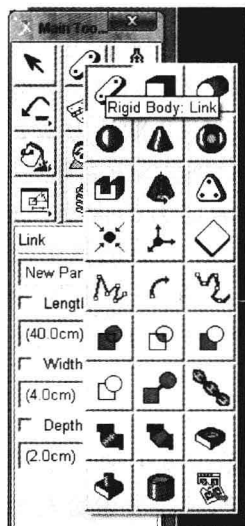


图 1-2 零件库

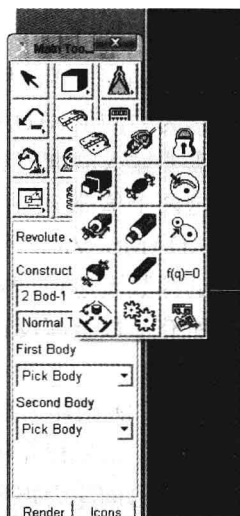


图 1-3 约束库

、曲线-曲线凸轮副 (Curve-on-Curve Cam) 等。最常用到的有旋转副、移动副、固定副。

若要建立约束副,则单击鼠标左键,选中相应的约束类型,系统会自动弹出创建对话框,其中,包含创建所需的各种参数,比如单点定义、多点定义等,定义完各种约束所需的参数后,将鼠标移至创建位置,就可实现零件间的约束。

### 3. 模拟输出

整个机构创建成功后,需要对整个机构施加外载荷,然后模拟仿真实际工作情况。在 ADAMS 中施加外载荷主要是通过 ADAMS 中的外载荷库实现,如图 1-4 所示。ADAMS 提供的外载荷主要有三种类型:第一种是应用力,如常用的力 (Force) 和力矩 (Torque) 等;第二种是弹性连接器,如弹簧 (Spring)、橡胶衬套 (Bushing) 等;第三种是特殊力,如轮胎 (Tire) 等,其中,较常用到的是力 (Force)、力矩 (Torque) 以及弹簧 (Spring)。

下面简要介绍一下,力 (Force)、力矩 (Torque) 以及弹簧 (Spring) 的创建过程。

#### (1) 创建力

点击鼠标左键,选择主工具箱中力库中的力 (Force) 图标,如图 1-5 所示。

在参数“Run-time Direction”栏中有三个选项:其中,“Space Fixed”选项表示力的方向在空间上是固定的,它不随物体的运动而改变;“Body Fixed”选项表示力的方向与物体的运动方向相关,且随物体的运动而改变,它相对于运动物体的方向是不变的;“Two Bodies”选项是在两个物体之间创建力,它的方向永远在两个作用点的连线上。在参数“Construction”栏中有两个选项:

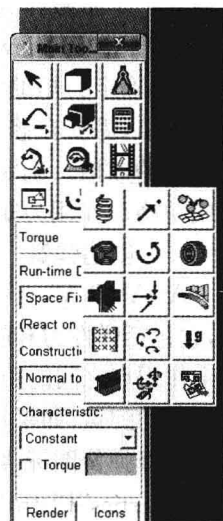


图 1-4 外载荷库

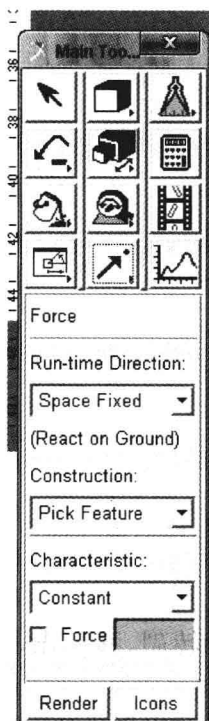



图 1-5 创建力的参数对话框


“Normal to Grid”选项表示力的方向垂直于工作网格所在的平面，“Pick Feature”选项表示自己指定力的方向。在参数“Characteristic”栏中有三个选项：“Constant”选项需要输入一个常数作为力的值，ADAMS/View 的 default 默认为 1.2 N；“K and C”选项需要输入刚度值和阻尼值，ADAMS/View 自带一个函数求解器，根据这两个值代入函数方程，最终确定力的大小；选择“Custom”选项，ADAMS/View 不给力赋值，需要在力对话框中修改输入的力值或力的函数表达式，再确定力的参数，一般用于外界条件相对特殊的情况。所有参数全部设置完成后，将鼠标移至力的作用点，便可成功地施加作用力。

### (2) 创建力矩

单击鼠标左键选择主工具箱力库中的力矩 (Torque) 图标 ，则显示出创建力矩所需的各种参数，其主要参数与力的创建参数基本一致。在参数“Run-time Direction”栏中有三个选项：“Space Fixed”选项表示力矩的方向在空间上是绝对固定，它不会随物体的运动而改变；“Body Fixed”选项表示力矩的方向与其作用的物体是相对固定的，随着物体的运动方向的改变而改变，它相对于物体的方向是不变的；“Two Bodies”选项表示力矩的方向是在两个物体作用点的连线上。在参数“Construction”栏中有两个选项：“Normal to Grid”选项表示力矩的方向垂直于工作网格所在的平面，“Pick Feature”选项表示需要指定

力矩的方向。在“Characteristic”栏中有三个选项：“Constant”选项需要输入一个常数作为力矩的值；“K and C”选项需要输入刚度值和阻尼值，ADAMS/View 自带一个函数求解器，将这两个值代入函数方程，最终确定力矩的大小；“Custom”选项是 ADAMS/View 不直接给力矩赋值，需要在修改力矩的对话框中输入力矩的函数表达式及相关参数的数值。确定力矩的参数后，将鼠标移至力矩的作用点，就可以成功施加作用力矩。

### (3) 创建弹簧

ADAMS/View 中的弹簧 (Spring) 表示作用在两个物体之间的作用力，它包括弹性力和阻尼力两部分，分别由弹簧的刚度和阻尼系数以及两个作用点之间的距离计算出来。如果将阻尼系数设置为零，它是一个纯粹的弹簧；如果将刚度设置为零，它是一个纯粹的阻尼器。用鼠标左键选择弹簧图标 ，主工具箱中显示出弹簧的选项如图 1-6 所示，在“Properties”栏中可以输入弹簧的刚度值 K 和阻尼系数 C。

机构和外载荷创建成功之后，就到了“万事俱备只欠东风”的阶段——模拟输出。在 ADAMS 软件中，ADAMS/View 模块只有建模造型的功能，本身并不具备计算功能；实际上，ADAMS 软件的计算功能是通过 ADAMS/Solver 模块实现的。实际操作中，并不需要退出 ADAMS/View 模块，重新进入 ADAMS/Solver 模块进行模拟。

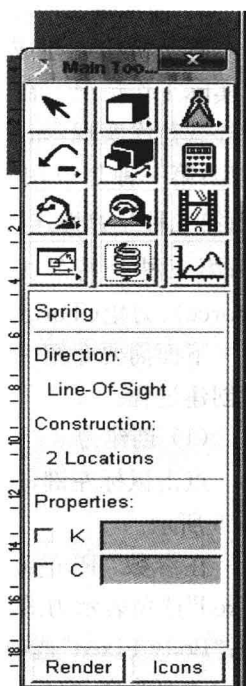














图 1-6 创建弹簧的参数对话框


建模结束后, ADAMS/View 模块中的仿真(Simulation)  命令, 可以自动调用 ADAMS/Solver 对模型进行仿真求解。

在进行仿真之前, ADAMS/Solver 模块通过计算模型的自由度判断是进行运动学仿真还是进行动力学仿真。

在主工具箱中选择仿真(Simulation)按钮 , 主工具箱中显示出与仿真有关的按钮和选项。单击开始按钮 , 系统开始模拟仿真, 结束后, 可再次点击此按钮, 重复进行仿真输出。停止按钮 , 可在模拟过程中的任意时刻停止模拟; 复位按钮 , 用于模拟停止后, 将整个系统归位, 回到初始状态。

模拟结束后, ADAMS 提供了几种结果查询方式, 有 AVI 动画输出、运动曲线输出和数据表格输出形式等。

AVI 动画输出直观简单, 可以通过单击动画(Animation)按钮  播放仿真过程。其中主要的功能按钮有: 向前播放按钮 ; 向后播放按钮 ; 停止按钮 ; 复位按钮 ; 加一按钮 , 用于使仿真动画前进一个输出步; 减一按钮 , 用于使仿真动画后退一个输出步(步是仿真模拟的基本单位)。


对模型进行仿真之后, 也可通过曲线的形式输出仿真结果, 相比 AVI 动画更具定量特性, 可通过按钮  查看各个参数的相关曲线。在 ADAMS/View 中可以测量模型中的几乎所有参数, 例如: 物体任意点的位移、速度、加速度等, 约束副的相对位移、相对速度、相对加速度以及所受的力和力矩等, 弹簧的变形量、变形速度、作用力等。在测量仿真结果时, 将光标放置在需要测量的对象上, 如: 物体、约束副、弹簧等, 单击鼠标右键, 在弹出的菜单中选择“Measure”命令, 则 ADAMS/View 会弹出测量对话框, 选择需要测量的目标特性(Characteristic), 按“OK”, ADAMS/View 即可生成仿真结果的测量曲线。之后, 还可以在文件里的输出形式中选择表格形式输出。

### 三、使用设备及软件



- (1) Windows 2000 或 Windows XP 操作系统。
- (2) ADAMS 2007 或 ADAMS 2010 软件。


### 四、操作步骤

#### 1. 创建文件

单击图标 , 进入 ADAMS 系统, 在创建文件对话框中选中“Create a new model”, 在这个实验中, 需要注意, 在 Gravity 栏中选中“**No Gravity**”, 即不计杆件自重影响。在“Units”中, 选择“MKS”。系统进入三维建模的对话框, 如图 1-7 所示, 也可以点击菜单条中 Settings 项, 选中卷帘菜单中的 View Background Color 使界面背景改变颜色, 如以后界面有白背景。

#### 2. 创建模型

打开零件库, 选中杆件 , 设置曲柄参数, 在 Link 对话框中将 Length 设成 40 cm, Width 设成 4 cm, Depth 设成 2 cm, 便可在右侧的绘图窗口中水平绘制出第一个杆件, 然后修改尺寸参数, 将 Length 设成 80 cm 之后, 再创建第二个杆件, 先铅垂建立第二杆, 然后应用平移旋转  使第二杆与第一杆成  $30^\circ$ 。需要注意的是, 两杆的铰接点要重合。须选中预移

动零件,然后单击  对话框中的 TransLate 栏的平移按钮,移动零件,保证配合无误,其中平移步长可在 Distance 中定义。再选中第二杆顺时针旋转  $60^\circ$ 。绘制配合之后整个机架就设计完毕,如图 1-8 所示。

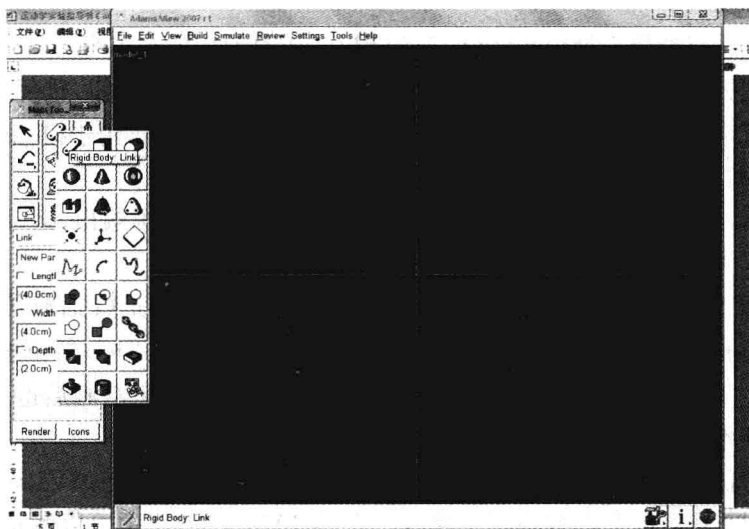


图 1-7 三维建模对话框

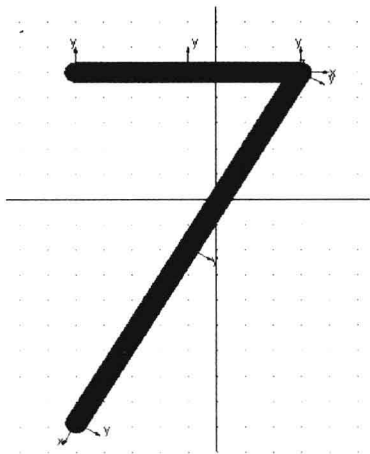


图 1-8 零件创建完成界面

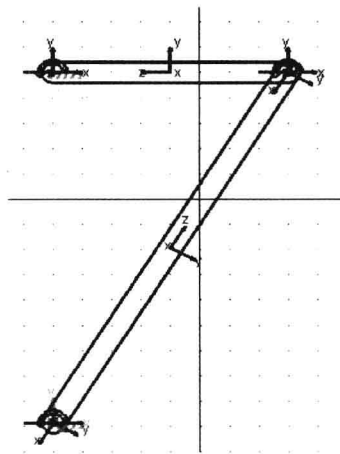


图 1-9 约束创建完成界面

### 3. 创建约束

绘制完毕所有零件之后,还需要设置零件之间的约束关系,对于这个实验来说,应该在一杆与机架(大地)、二杆与机架、一杆和二杆之间创建旋转副。单击相应的约束副,然后用鼠标点击创建位置,这样就在指定位置创建完成约束副。特别值得注意的是,在创建杆与机架相应约束副的对话框中,在参数“Construction”中,选择“1 Location”,代表单点定位,这样可以指定旋转副的中心来创建旋转副;在创建杆与杆间旋转副的时候,需选择 2Bod-1-Loc 用鼠标点击一杆和二杆,再点击结合处创建两杆之间的旋转副。成功创建约束副之后,整个结构便创建完成,如图 1-9 所示。

#### 4. 设置外载荷

在这个实验中,用力定义外载荷,其方向铅垂,数值大小采用定值 9.8 N,在参数对话框中,相应的将“Direction”定义成“two bodies”,“Construction”定义成“Pick Feature”,“Characteristic”定义成“Constant”,并选中 Force 输入 9.8,参数便定义完毕,用鼠标点击力作用点——两杆铰链处,铅垂向下拉,则力施加成功,如图 1-10 所示。

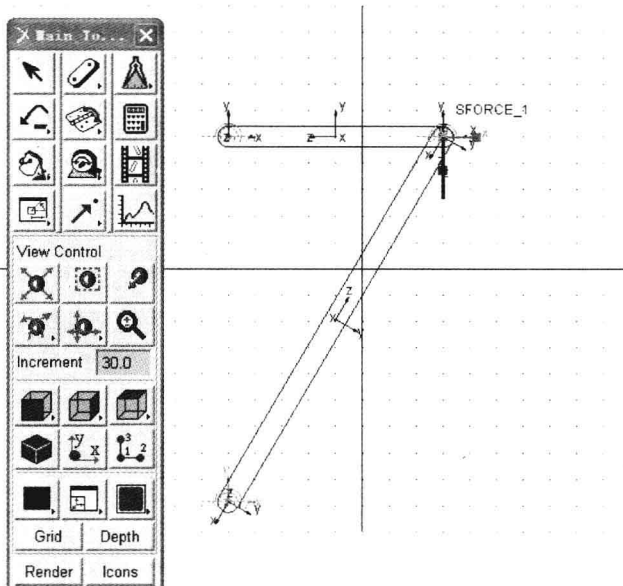


图 1-10 力施加完成界面

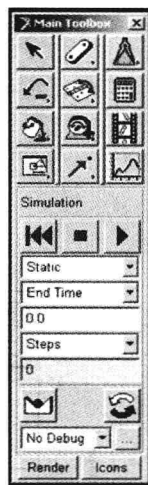




图 1-11 仿真模拟参数定义界面

#### 5. 仿真输出

在主工具箱中选择仿真(Simulation)按钮,弹出模拟仿真对话框,在“Simulation”栏中,选择“Static”,系统将通过计算自由度来判别进行静力学模拟、运动学模拟还是动力学模拟,模拟时间选择 0 s,相应的修改“End Time”为零,时间步长设成零步,相应的修改“Steps”为零。整个定义参数界面,如图 1-11 所示。

#### 6. 结果输出

ADAMS 的静力学平衡结果输出可以有三种方式:数据曲线输出、运动仿真和数据表格形式输出。若要输出数据曲线,可将鼠标放在绘制曲线按钮,单击鼠标左键,出现如图 1-12 的界面。在这个实验中,常见求解两个杆与机架相铰接的铰链 2, 3 的约束力大小。点击 Result Set 中的 JOINT\_2,再点击 Component 中 FX,则铰接点 2 的水平受力大小,通过点击 Add Curves 即可在图 1-12 中输出 FX 数据曲线。同理 FY 及铰链 3 的水平、铅垂受力都能绘制在这一张图上,见图 1-13。还可以列表的形式整理,需要表格输出,则在调出所有曲线的前提下可以选择菜单上文件中的 Export 项中的 Table 项,命名后以表格的形式存储,如图 1-14 所示。经过整理后,杆与机架铰接点 2, 3 的  $F_x$ ,  $F_y$  方向的约束力大小如图 1-15 所示。同理,也可以求出铰链 1 的受力,见附录 D 实验报告,按要求填写在表格里。



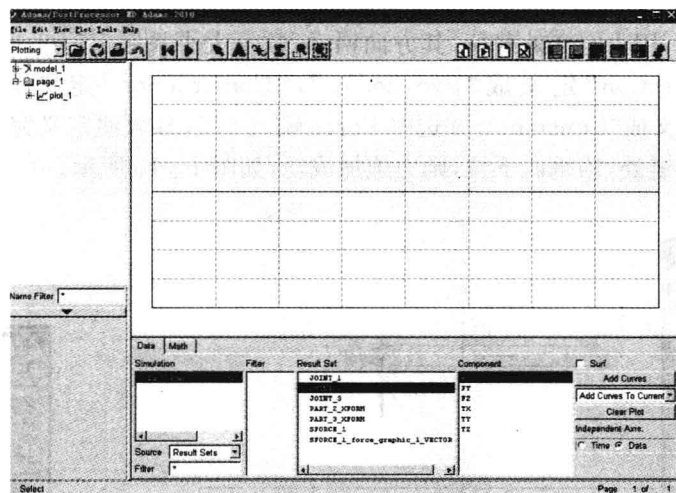


图 1-12 铰接点 2, 3 两个方向的约束力

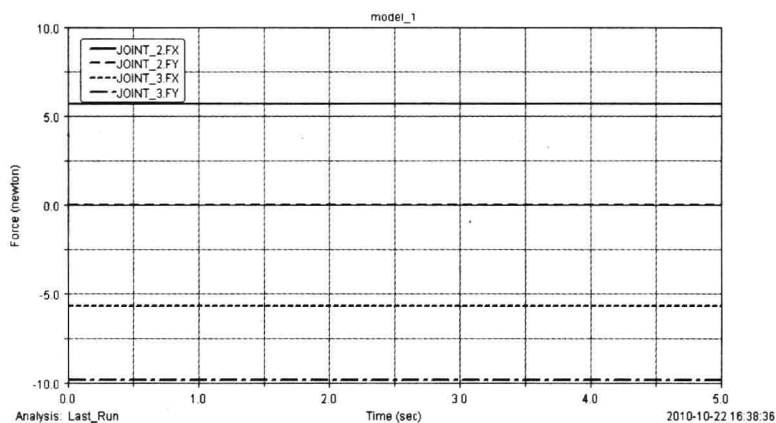


图 1-13 铰接点 2, 3 的水平、铅垂受力大小曲线

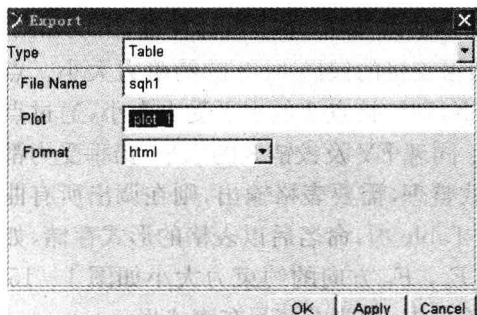


图 1-14 表格输出定义

|    | A    | B          | C          | D          | E          |
|----|------|------------|------------|------------|------------|
| 1  |      |            | model_1    |            |            |
| 2  | Time | JOINT_2.FX | JOINT_2.FY | JOINT_3.FX | JOINT_3.FY |
| 3  | 0    | 5.6581     | 2.30E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 4  | 0.2  | 5.6581     | 2.76E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 5  | 0.4  | 5.6581     | 2.33E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 6  | 0.6  | 5.6581     | 2.54E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 7  | 0.8  | 5.6581     | 3.00E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 8  | 1    | 5.6581     | 2.00E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 9  | 1.2  | 5.6581     | 2.45E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 10 | 1.4  | 5.6581     | 2.91E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 11 | 1.6  | 5.6581     | 1.91E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 12 | 1.8  | 5.6581     | 2.37E-15   | -5.6581    | -9.8       |
| 13 | 2    | 5.6581     | 2.83E-15   | -5.6581    | -9.8       |

图 1-15 表格形式的两个约束力