

万水 MSC 技术丛书

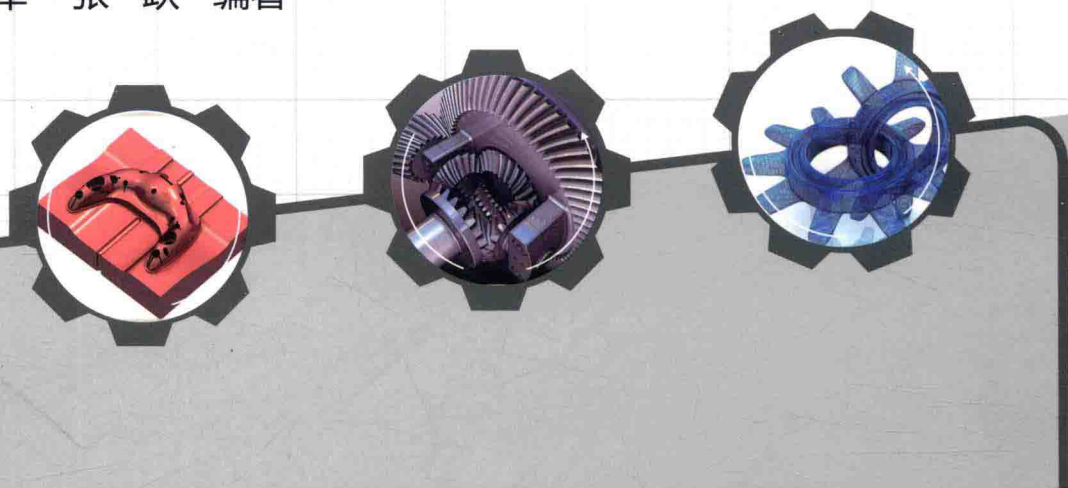
MSC X Software

# MSC Adams

## 多体动力学仿真基础

### 与实例解析 (第二版)

汤涤军 张 跃 编著



MSC Nastran

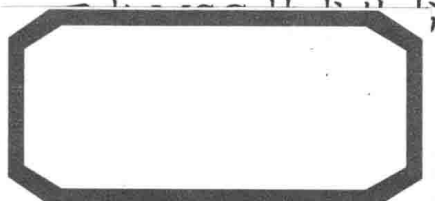
Patran

Adams

Marc



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



# MSC Adams 多体动力学仿真基础 与实例解析（第二版）

汤涤军 张 跃 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

• 北京 •

## 内 容 提 要

Adams 是用于机械产品虚拟样机开发设计的专业工具, 也是一款经典的多体系统动力学仿真软件。

本书以 Adams 2016 版本为基础, 从刚体建模到柔体建模、约束添加, 如包括各种常用铰接、驱动、力元、接触与摩擦等, 对不同仿真控制方式、不同分析计算类型及相关求解器都做了相关说明, 同时对传感器的应用, 用户自定义界面和宏操作, 参数化设计, 试验设计和优化计算进行了讲解。另外, 对一些专门应用模块工具进行了介绍, 如齿轮模块、履带模块、控制模块、振动仿真分析模块和机械工具包模块, 尤其是控制模块可以和其他软件如 MATLAB 和 Easy5 进行控制和液压的联合仿真, 实现真正意义上的机电液一体化仿真。在新增的非线性柔性体分析方法中, 机械工具包通过建模向导可实现齿轮、轴承、皮带、链条、绳索、电机和凸轮的快速建模。本书所附光盘中包括书中实例的模型文件及 Adams 学生版软件。

本书可以作为汽车、航空航天、军工、造船和制造等行业工程技术人员应用 Adams 软件进行仿真分析的基础教程, 也可作为理工院校相关专业的教师、学生学习 Adams 的参考书。

本书配有源文件, 读者可以到中国水利水电出版社网站和万水书苑上免费下载, 网址为 <http://www.waterpub.com.cn/softdown/> 和 <http://www.wsbookshow.com>。

## 图书在版编目 (C I P) 数据

MSC Adams 多体动力学仿真基础与实例解析 / 汤涤军, 张跃编著. — 2 版. — 北京: 中国水利水电出版社, 2017.9

(万水 MSC 技术丛书)

ISBN 978-7-5170-5791-8

I. ①M… II. ①汤… ②张… III. ①多体动力学—系统仿真—应用软件 IV. ①0313.7-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 212684 号

责任编辑: 杨元泓      加工编辑: 孙 丹      封面设计: 李 佳

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 万水 MSC 技术丛书<br>MSC Adams 多体动力学仿真基础与实例解析 (第二版)<br>MSC Adams DUOTI DONGLIXUE FANGZHEN JICHU YU SHILI JIEXI                                                                                                                                                                                            |
| 作 者  | 汤涤军 张 跃 编著                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:mchannel@263.net">mchannel@263.net</a> (万水)<br><a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a><br>电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水) |
| 经 售  | 全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 排 版  | 北京万水电子信息有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 印 刷  | 三河市鑫金马印装有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 规 格  | 184mm×260mm 16 开本 24 印张 589 千字                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 版 次  | 2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 印 数  | 0001—4000 册                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 定 价  | 72.00 元                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

## 第二版前言

随着科技的发展与社会的进步,机械系统的构造越来越复杂,并朝着高速运行和大型化及多回路和带控制系统的方向发展,从而使得机械系统的动力学特性变得越来越复杂。比如,大型的高速机械系统各部件间的大范围运动和构件本身振动的耦合,振动非线性性态,冲击、粘滑、锤击等现象。这些动力学性态有些可以利用,有些必须加以控制与消除。因此,复杂机械系统的运动学、动力学与静力学的性能状态分析、设计与优化在现代产品的设计过程中显得尤为重要。

多体系统动力学涉及机械系统动力学及其控制等,这是重要的研究方向。这方面的理论经过众多科技人员的努力已经形成了比较完善的体系,比如牛顿力学、拉格朗日方程和笛卡尔数学模型等。应用这些理论知识,针对较为简单、自由度数目较少的系统,通过巧妙地选择广义坐标,利用手工推导可以得到描述该系统的微分方程组。但是,对于我们现如今工程中复杂的多自由度系统,仅仅停留在手工处理阶段的话,不仅效率低还很容易出错,不能满足工作要求。

随着计算机技术的飞速发展,计算多体系统动力学作为该领域的新的分支学科得到了长足发展,应用这种技术就可以很好地解决复杂机械系统性态分析的问题。

本书介绍的软件 Adams 就是用于机械产品虚拟样机开发设计时的专业工具,也是一款经典的多体系统动力学仿真软件。它以研究复杂系统的运动学和动力学关系为目标,以计算多体系统动力学为理论基础,结合高速计算机对产品进行仿真计算,得到各种试验数据,帮助设计人员发现问题并解决问题。我们将其称为虚拟样机技术,就是在产品设计阶段对其进行性能测试,从而保证生产出来的产品最大可能地满足设计目标。它不仅能节省开发费用,还能最大限度地缩短开发周期,从而提高开发效率,是一种有效的设计手段,已经得到了工程人员的普遍认同。

本书以 Adams 2016 最新版本为基础,内容包括软件的操作基础、Adams 的理论基础、虚拟样机构件建模、约束建模、载荷添加、后处理界面及数据曲线处理、刚柔耦合分析、参数化设计及优化分析、宏命令的使用、Vibration 模块振动分析、Controls 模块控制系统分析、ATV 模块履带车辆仿真分析、Gear 模块齿轮建模仿真分析、独立的汽车钢板弹簧工具 leaf tool、AdWiMo 模块风机建模分析、Car 汽车专业模块的悬架 K&C 分析与整车操稳平顺性分析、Adams Chassis 专业底盘模块及其中包含的嵌入式板簧建模工具、Adams Machinery 机械工具包等。其中,控制系统分析包含 Adams 与其他软件如 MATLAB 和 Easy5 进行控制和液压的联合仿真,实现真正意义上的机电液一体化仿真的操作流程及方法,刚柔耦合分析新增 Adams 非线性柔性仿真方法:有限元部件、Adams-Marc 联合仿真及嵌入式非线性模块 Adams MaxFlex,汽车钢板弹簧工具新增 Adams Car 钢板弹簧建模方法,Adams Machinery 是全新的机械工具包。

本书在编写过程中,得到陈志伟、董月亮、陈扬、李伟、陈火红、仰纯雯、田利思、孙丹丹、黄伟、王承凯的大力支持与帮助,在此表示感谢!

# 第一版前言

随着科技的发展与社会的进步,机械系统的构造越来越复杂,并朝着高速运行和大型化,及多回路和带控制系统的方向发展,从而使得机械系统的动力学特性变得越来越复杂,比如,大型的高速机械系统各部件间的大范围运动和构件本身振动的耦合,振动非线性性态,冲击、粘滑、锤击等现象。这些动力学性态有些可以利用,有些必须加以控制与消除。因此,复杂机械系统的运动学、动力学与静力学的性能状态分析、设计与优化在现代产品的设计过程中显得尤为重要。

多体系统动力学涉及机械系统动力学及其控制等,这是重要的研究方向。这方面的理论经过众多科技人员的努力已经形成了比较完善的体系,比如牛顿力学、拉格朗日方程和笛卡尔数学模型等。应用这些理论知识,针对较为简单、自由度数目较少的系统,通过巧妙地选择广义坐标,利用手工推导可以得到描述该系统的微分方程组。但是,对于我们现如今工程中复杂的多自由度系统,仅仅停留在手工处理阶段的话,不仅效率低还很容易出错,不能满足工作要求。

随着计算机技术的飞速发展,计算多体系统动力学作为该领域的新的分支学科得到了长足的发展,应用这种技术就可以很好地解决复杂机械系统性态分析的问题。

本书介绍的软件 Adams 就是用于机械产品虚拟样机开发设计时的专业工具,也是一款经典的多体系统动力学仿真软件。它以研究复杂系统的运动学和动力学关系为目标,以计算多体系统动力学为理论基础,结合高速计算机对产品进行仿真计算,得到各种试验数据,帮助设计人员发现问题并解决问题。我们将其称为虚拟样机技术,就是在产品设计阶段对其进行性能测试,从而保证生产出来的产品最大可能地满足设计目标,它不仅可以节省开发费用,还能最大限度地缩短开发周期,从而提高开发效率,是一种有效的设计手段,已经得到了工程人员的普遍认同。

本书以 Adams 2012 最新版本为基础,内容包括软件的操作基础、Adams 的理论基础、虚拟样机构件建模、约束建模、载荷添加、后处理界面及数据曲线处理、柔性体建模、参数化设计及优化分析、宏命令的使用、Vibration 模块振动分析、Control 模块控制系统分析,以及与其他软件如 MATLAB 和 Easy5 进行控制和液压的联合仿真,实现真正意义上的机电液一体化仿真、ATV 模块履带车辆仿真分析、Gear 模块齿轮建模仿真分析、Leafspring 模块板簧建模仿真分析、AdWiMo 模块风机建模分析、Car 汽车专业模块的悬架 K&C 分析与整车操稳平顺性分析。

本书在编写过程中,得到姜元庆、张健、李保国、姜正旭、陈火红、仰纯雯、田利思、孙丹丹、徐岷、黄伟、马璐、李道中的大力支持与帮助,在此表示感谢!

作者

2012 年 3 月于北京

# 目 录

第二版前言

第一版前言

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第1章 Adams/View 基础   | 1  |
| 1.1 Adams 简介        | 1  |
| 1.1.1 虚拟样机技术        | 1  |
| 1.1.2 Adams 模块的构成   | 2  |
| 1.2 Adams 界面        | 3  |
| 1.2.1 工作路径          | 3  |
| 1.2.2 欢迎界面          | 4  |
| 1.2.3 工作界面          | 5  |
| 1.2.4 常用窗口          | 6  |
| 1.3 设置工作环境          | 8  |
| 1.3.1 设置坐标系         | 8  |
| 1.3.2 设置工作栅格        | 9  |
| 1.3.3 设置单位          | 9  |
| 1.3.4 设置重力加速度       | 10 |
| 1.3.5 设置图标          | 10 |
| 1.3.6 设置颜色          | 11 |
| 1.3.7 设置背景颜色        | 11 |
| 1.3.8 设置模型名称        | 12 |
| 1.4 Adams 理论基础      | 12 |
| 1.4.1 广义坐标选择        | 12 |
| 1.4.2 动力学方程的建立与求解   | 13 |
| 1.4.3 静力学、运动学初始条件分析 | 16 |
| 1.4.4 计算分析过程        | 17 |
| 第2章 构件建模            | 19 |
| 2.1 View 中建模        | 19 |
| 2.1.1 构件与构件元素       | 19 |
| 2.1.2 创建构造元素        | 20 |
| 2.1.3 创建实体元素        | 21 |
| 2.1.4 创建柔性体         | 23 |
| 2.1.5 添加特征          | 24 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 2.1.6 布尔操作               | 24 |
| 2.2 CAD 导入建模             | 25 |
| 2.3 编辑模型                 | 26 |
| 2.3.1 进入编辑窗口             | 26 |
| 2.3.2 修改外观               | 27 |
| 2.3.3 修改名称和方位            | 27 |
| 2.3.4 修改质量信息             | 28 |
| 2.3.5 修改初始运动条件           | 29 |
| 2.4 实例：建模                | 29 |
| 第3章 约束建模                 | 32 |
| 3.1 定义运动副                | 32 |
| 3.1.1 低副 (Joints)        | 32 |
| 3.1.2 基本副 (Primitives)   | 34 |
| 3.1.3 耦合副 (Couplers)     | 35 |
| 3.1.4 高副 (Special)       | 36 |
| 3.2 实例：创建运动副 (低副、高副和基本副) | 36 |
| 3.3 添加驱动                 | 39 |
| 3.3.1 运动副上添加驱动           | 39 |
| 3.3.2 两点间添加驱动            | 40 |
| 3.3.3 冗余约束               | 41 |
| 第4章 力元建模                 | 42 |
| 4.1 作用力定义                | 42 |
| 4.2 柔性连接力                | 44 |
| 4.3 特殊力                  | 50 |
| 4.4 实例：创建力元 (接触, 柔性连接)   | 51 |
| 第5章 求解与后处理               | 54 |
| 5.1 求解器介绍                | 54 |
| 5.2 求解计算                 | 55 |
| 5.2.1 计算类型               | 55 |

|                                      |     |                                             |     |
|--------------------------------------|-----|---------------------------------------------|-----|
| 5.2.2 验证模型 .....                     | 56  | 7.2 模型参数化 .....                             | 102 |
| 5.2.3 仿真控制 .....                     | 56  | 7.2.1 Point 点的参数化 .....                     | 102 |
| 5.2.4 传感器 .....                      | 60  | 7.2.2 Marker 点的参数化 .....                    | 103 |
| 5.3 实例: 仿真脚本控制, 传感器设置 .....          | 61  | 7.2.3 几何体的参数化 .....                         | 104 |
| 5.4 后处理 .....                        | 64  | 7.2.4 函数的参数化 .....                          | 105 |
| 5.4.1 后处理工作界面及操作 .....               | 64  | 7.3 优化计算与参数化 .....                          | 107 |
| 5.4.2 后处理结果曲线绘制与动画播放 .....           | 66  | 7.3.1 设计研究 .....                            | 107 |
| 第 6 章 刚柔耦合分析 .....                   | 69  | 7.3.2 试验设计 .....                            | 107 |
| 6.1 离散柔性连接件 .....                    | 69  | 7.3.3 优化分析 .....                            | 108 |
| 6.2 有限元程序生成柔性体 .....                 | 71  | 7.4 实例 .....                                | 111 |
| 6.2.1 MSC Nastran 生成模态中性文件           |     | 第 8 章 宏与自定义界面 .....                         | 120 |
| MNF .....                            | 71  | 8.1 宏命令 .....                               | 120 |
| 6.2.2 导入 MNF 文件 .....                | 72  | 8.1.1 创建宏 .....                             | 120 |
| 6.2.3 编辑柔性体 .....                    | 73  | 8.1.2 宏中的参数 .....                           | 122 |
| 6.2.4 刚柔连接 .....                     | 75  | 8.1.3 语法格式 .....                            | 124 |
| 6.3 Adams/ViewFlex 建立柔性体 .....       | 75  | 8.2 自定义界面 .....                             | 125 |
| 6.3.1 拉伸法创建柔性体 .....                 | 76  | 8.2.1 编辑菜单 .....                            | 125 |
| 6.3.2 利用刚性体构件几何外形创建                  |     | 8.2.2 编辑对话框 .....                           | 127 |
| 柔性体 .....                            | 77  | 8.3 实例 .....                                | 128 |
| 6.3.3 导入有限元模型的网格文件创建                 |     | 第 9 章 振动仿真分析 .....                          | 132 |
| 柔性体 .....                            | 78  | 9.1 Adams/Linear 与 Adams/Vibration 比较 ..... | 132 |
| 6.4 有限元部件 (FE Part) .....            | 78  | 9.1.1 计算方法 .....                            | 132 |
| 6.4.1 创建 FE Part .....               | 79  | 9.1.2 分析功能 .....                            | 133 |
| 6.4.2 有限元部件结果后处理 .....               | 80  | 9.1.3 对比实例 .....                            | 133 |
| 6.5 Adams-to-Marc 联合仿真接口 (Adams      |     | 9.2 Adams/Vibration 模块说明 .....              | 140 |
| Co-Simulation Interface, ACSI) ..... | 81  | 9.2.1 加载振动模块 .....                          | 140 |
| 6.5.1 ACSI 概述 .....                  | 81  | 9.2.2 定义输入通道和振动激励 .....                     | 141 |
| 6.5.2 建立并运行 Adams 模型 .....           | 82  | 9.2.3 定义输出通道 .....                          | 142 |
| 6.5.3 建立并运行 Marc 模型 .....            | 83  | 9.2.4 振动阻尼元件 .....                          | 143 |
| 6.5.4 接口配置脚本 .....                   | 85  | 9.2.5 振动分析计算 .....                          | 144 |
| 6.5.5 运行联合仿真 .....                   | 89  | 9.2.6 柔性体振动实例 .....                         | 145 |
| 6.6 Adams MaxFlex .....              | 92  | 第 10 章 控制系统分析 .....                         | 151 |
| 6.6.1 创建非线性柔性体 .....                 | 92  | 10.1 Controls Toolkit .....                 | 151 |
| 6.6.2 非线性柔性体仿真的注意事项 .....            | 94  | 10.1.1 控制系统组成 .....                         | 151 |
| 6.7 实例: 刚柔替换 .....                   | 96  | 10.1.2 定义控制环节 .....                         | 151 |
| 第 7 章 参数化与优化分析 .....                 | 100 | 10.1.3 实例: 利用 Controls Toolkit 建立           |     |
| 7.1 参数化设计 .....                      | 100 | 控制系统 .....                                  | 152 |

|        |                                    |     |        |                                                 |     |
|--------|------------------------------------|-----|--------|-------------------------------------------------|-----|
| 10.2   | Adams/Control .....                | 157 | 13.2.6 | 将板簧装配体转换为 Adams/Car<br>的模板 .....                | 229 |
| 10.2.1 | 加载 Adams/Controls .....            | 158 | 13.3   | 实例 .....                                        | 232 |
| 10.2.2 | 定义输入/输出 .....                      | 158 | 第 14 章 | 风机仿真分析 .....                                    | 238 |
| 10.2.3 | 导出控制参数 .....                       | 159 | 14.1   | Adams/AdWiMo 简介 .....                           | 238 |
| 10.2.4 | 实例 .....                           | 160 | 14.2   | Adams 风机建模流程 .....                              | 239 |
| 第 11 章 | 履带车辆仿真分析 .....                     | 172 | 14.2.1 | 通用风机设计向导 .....                                  | 240 |
| 11.1   | Adams/ATV 简介 .....                 | 172 | 14.2.2 | 塔筒前处理 .....                                     | 244 |
| 11.2   | ATV 建模元素 .....                     | 172 | 14.2.3 | 叶片前处理 .....                                     | 245 |
| 11.2.1 | Track Wheel 创建 .....               | 174 | 14.2.4 | 轮毂和主轴前处理 .....                                  | 247 |
| 11.2.2 | Hull 创建 .....                      | 175 | 14.2.5 | 主框架和发电机框架前处理 .....                              | 248 |
| 11.2.3 | Track Segment 创建 .....             | 176 | 14.2.6 | 创建风机属性文件 .....                                  | 248 |
| 11.2.4 | Force 创建 .....                     | 178 | 14.2.7 | 创建风机 .....                                      | 250 |
| 11.2.5 | Actuator 创建 .....                  | 178 | 14.2.8 | 添加风载 .....                                      | 251 |
| 11.3   | 实例 .....                           | 179 | 14.3   | 实例 .....                                        | 252 |
| 11.3.1 | 定义模板 .....                         | 179 | 第 15 章 | Adams/Car 汽车专业模块 .....                          | 262 |
| 11.3.2 | 建立整车 .....                         | 186 | 15.1   | Adams/Car 简介 .....                              | 262 |
| 第 12 章 | 齿轮仿真分析 .....                       | 192 | 15.2   | 悬架性能分析 .....                                    | 263 |
| 12.1   | Adams 齿轮模块简介 .....                 | 193 | 15.2.1 | 悬架 K&C 性能分析工况 .....                             | 264 |
| 12.1.1 | Adams 齿轮副 .....                    | 193 | 15.2.2 | 双横臂悬挂分析实例 .....                                 | 270 |
| 12.1.2 | Adams/Gear Generator .....         | 193 | 15.3   | 整车操纵稳定性分析 .....                                 | 277 |
| 12.1.3 | Adams/GearAT .....                 | 194 | 15.3.1 | 汽车操纵稳定性分析工况 .....                               | 277 |
| 12.2   | 齿轮模块建模元素 .....                     | 196 | 15.3.2 | 整车操稳分析实例 .....                                  | 286 |
| 12.2.1 | Adams/Gear Generator .....         | 196 | 15.4   | 整车平顺性分析 .....                                   | 290 |
| 12.2.2 | Adams/Gear AT .....                | 200 | 15.4.1 | 平顺性分析简介 .....                                   | 291 |
| 12.3   | 实例 .....                           | 207 | 15.4.2 | 整车平顺性分析实例 .....                                 | 292 |
| 12.3.1 | Adams 齿轮副 .....                    | 207 | 15.5   | 嵌入式的钢板弹簧建模 .....                                | 297 |
| 12.3.2 | Adams/Gear Generator .....         | 211 | 15.5.1 | 嵌入式钢板弹簧简介 .....                                 | 297 |
| 12.3.3 | Adams/Gear AT .....                | 213 | 15.5.2 | 嵌入式钢板弹簧实例 .....                                 | 299 |
| 第 13 章 | 独立的钢板弹簧工具 .....                    | 221 | 15.5.3 | 嵌入式的钢板弹簧参数介绍 .....                              | 302 |
| 13.1   | 钢板弹簧工具箱简介 .....                    | 221 | 第 16 章 | 机械工具包 Adams Machinery .....                     | 309 |
| 13.2   | 建模流程 .....                         | 221 | 16.1   | Adams Machinery 简介 .....                        | 309 |
| 13.2.1 | 通过 OG profile 创建板簧初始<br>几何轮廓 ..... | 221 | 16.2   | 齿轮传动工具模块 Adams Machinery -<br>Gear Module ..... | 310 |
| 13.2.2 | 创建板簧模型 .....                       | 223 | 16.2.1 | 齿轮副参数 .....                                     | 311 |
| 13.2.3 | 运行准静态分析 .....                      | 227 | 16.2.2 | 齿轮副定义 .....                                     | 314 |
| 13.2.4 | 创建加预载荷的板簧模型 .....                  | 228 | 16.2.3 | 齿轮副结果输出 .....                                   | 316 |
| 13.2.5 | 创建一个板簧装配体模型 .....                  | 229 |        |                                                 |     |

|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 16.3 带传动工具模块 Adams Machinery - | 16.6 缆索工具模块 Adams Machinery - |
| Belt Module..... 317           | Cable Module..... 349         |
| 16.3.1 皮带轮、皮带类型及几何参数..... 317  | 16.7 电机模块 Adams Machinery -   |
| 16.3.2 皮带张紧、皮带缠绕及刚度参数... 318   | Motor Module ..... 355        |
| 16.3.3 带传动系统建模..... 319        | 16.7.1 基于曲线模拟电机..... 355      |
| 16.4 链传动工具模块 Adams Machinery - | 16.7.2 解析法模拟电机..... 357       |
| Chain Module..... 327          | 16.7.3 外部导入模拟电机..... 360      |
| 16.4.1 链轮、链条和张紧向导几何参数... 328   | 16.8 凸轮模块 Adams Machinery -   |
| 16.4.2 链传动系统建模..... 331        | Cam Module..... 363           |
| 16.5 轴承工具模块 Adams Machinery -  | 16.8.1 凸轮及从动件..... 363        |
| Bearing Module..... 339        | 16.8.2 凸轮系统建模..... 364        |
| 16.5.1 轴承类型及几何参数..... 340      | 参考文献..... 375                 |
| 16.5.2 轴承建模 ..... 345          |                               |

# 第 1 章 Adams/View 基础

## 1.1 Adams 简介

Adams 是英文 Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems 的缩写, 是由美国 MSC Software 公司开发的机械系统动力学自动分析软件。Adams 软件领先的“功能化数字样机”技术, 使它迅速发展成为 CAE 领域中使用范围最广、应用行业最多的机械系统动力学仿真工具, 广泛应用于汽车、航空、航天、铁道、兵器、船舶、工程设备及重型机械等行业, 许多国际化大型公司、企业均采用 Adams 软件作为其产品研发、设计过程中机械系统动力学仿真的平台。

借助 Adams 提供的强大的建模功能、卓越的分析能力以及灵活的后处理手段, 可以建立复杂机械系统的“功能化数字样机”, 在模拟现实工作条件的虚拟环境下逼真地模拟其所有运动情况, 帮助用户对系统的各种动力学性能进行有效的评估, 并且可以快速分析多种设计思想, 直至获得最优设计方案, 提高产品性能, 从而减少昂贵、耗时的物理样机试验, 提高产品设计水平、缩短产品开发周期和产品开发成本。

Adams 软件使用交互式图形环境和零件库、约束库、力库, 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机械系统的性能、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 一方面是虚拟样机分析的应用软件, 用户可以运用该软件非常方便地对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析, 另一方面, 又是虚拟样机分析开发工具, 其开放性的程序结构和多种接口, 可以成为特殊行业用户进行特殊类型虚拟样机分析的二次开发工具平台。

### 1.1.1 虚拟样机技术

虚拟样机技术 VPT (Virtual Prototyping Technology) 是一种基于虚拟样机的数字化设计方法, 是在产品开发的 CAX (如 CAD、CAE、CAM 等) 技术和 DFX [如 DFA (Design For Assembly, 面向装配的设计)、DFM (Design For Manufacture, 面向制造的设计)] 各领域技术的发展和延伸。

虚拟样机技术进一步融合了先进建模、仿真技术, 现代信息技术, 先进设计制造技术和现代管理技术, 将这些技术应用于复杂产品全生命周期和全系统的设计, 并对它们进行综合管理, 从系统的层面来分析复杂系统, 支持由上至下的复杂系统开发模式, 利用虚拟样机代替物理样机对产品进行创新设计测试和评估, 以缩短产品开发周期, 降低产品开发成本, 改进产品设计质量, 提高面向客户与市场需求的能力。

与传统产品设计技术相比,虚拟样机技术强调系统的观点,涉及产品全生命周期,支持对产品的全方位测试、分析与评估,强调不同领域的虚拟化的协同设计。Adams 虚拟样机流程如图 1-1 所示。

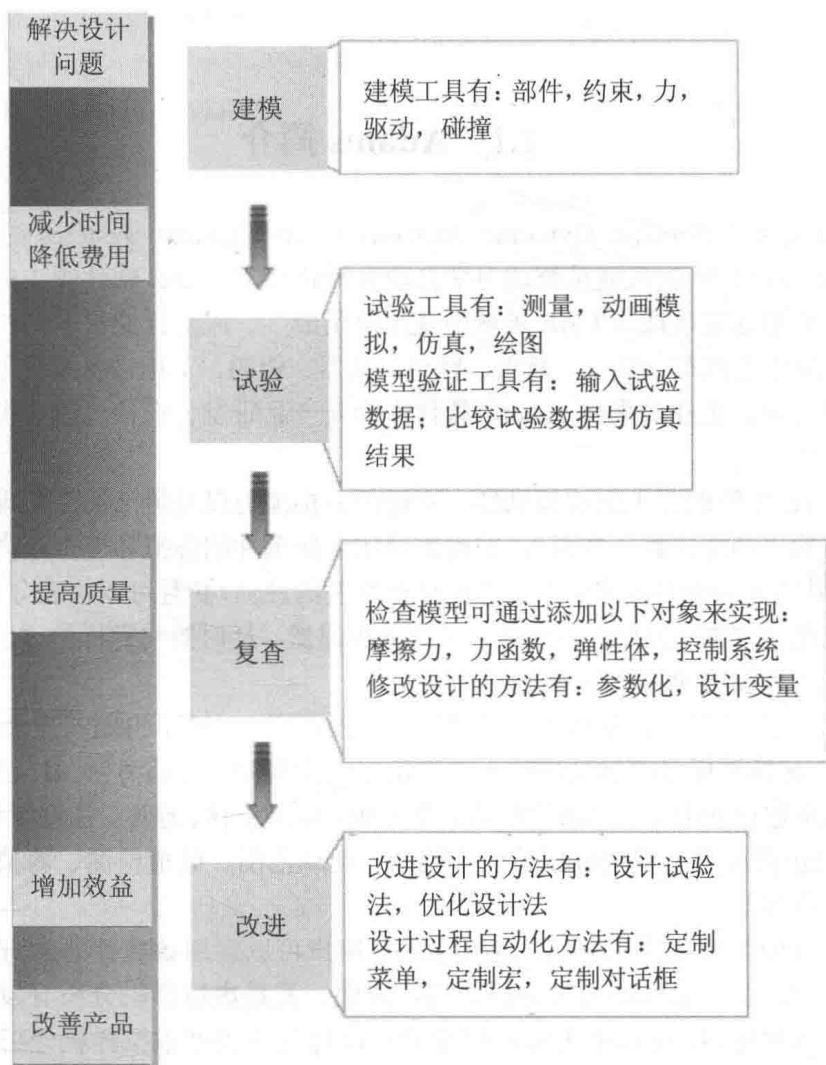


图 1-1 Adams 虚拟样机流程图

- 建模阶段，建立虚拟样机模型——部件、载荷、接触、碰撞、约束、驱动。
- 试验阶段，测试虚拟样机模型——定义测试、仿真、动画、曲线，然后验证虚拟样机模型——输入实测数据、将仿真数据与之比较。
- 复查阶段，细化虚拟样机模型——考虑添加摩擦、函数、部件弹性、控制系统，对设计参数进行迭代计算——参数化、设计变量。
- 改进阶段，改进设计——DOE、优化，自动化设计过程——个性化菜单、宏、个性化对话框。

### 1.1.2 Adams 模块的构成

Adams 软件包含的模块有：Adams/View（前处理模块）、Adams/Solver（求解器）、

Adams/Exchange (CAD 接口模块)、Adams/Postprocessor (后处理模块)、Adams/Solver SMP (单机并行模块)、Adams/Linear (线性化求解模块)、Adams/Insight (优化/试验分析模块)、Adams/Flex (刚弹耦合分析模块)、Adams/Durability (耐久性模块)、Adams/Controls (控制模块)、Adams/Mechatronics (机电一体化模块)、Adams/Vibration (振动分析模块)、Adams/3D Road (3D 路面模块)、Adams/Tire Handling (操纵性轮胎模块)、Adams/Tire FTire (FTire 模块)、Adams/ViewFlex (自动的柔性体生成模块)、Adams/Translators (直接的 CAD 数据接口模块)、Adams/Car (汽车模块)、Adams/SmartDriver (高级驾驶员模块)、Adams/Truck (卡车模块)、Adams/Chassis (专业底盘模块)、Adams/Car Ride (平顺性分析模块)、Adams/Driveline Package (动力传动系模块), 以及专业工具箱: Adams/ATV (履带工具箱)、Adams/Gear (齿轮工具箱)、Adams/Bear (轴承工具箱)、Adams/Leafspring (板簧工具箱)、Adams/Adwimo (风机工具箱)。

## 1.2 Adams 界面

Adams 2016 版本采用全新的 Adams/View 用户界面, 如图 1-2 所示, 更加方便易用, 大大提高了效率; 其全新的模型树浏览器同样提高了效率, 更加易于模型的管理使用。

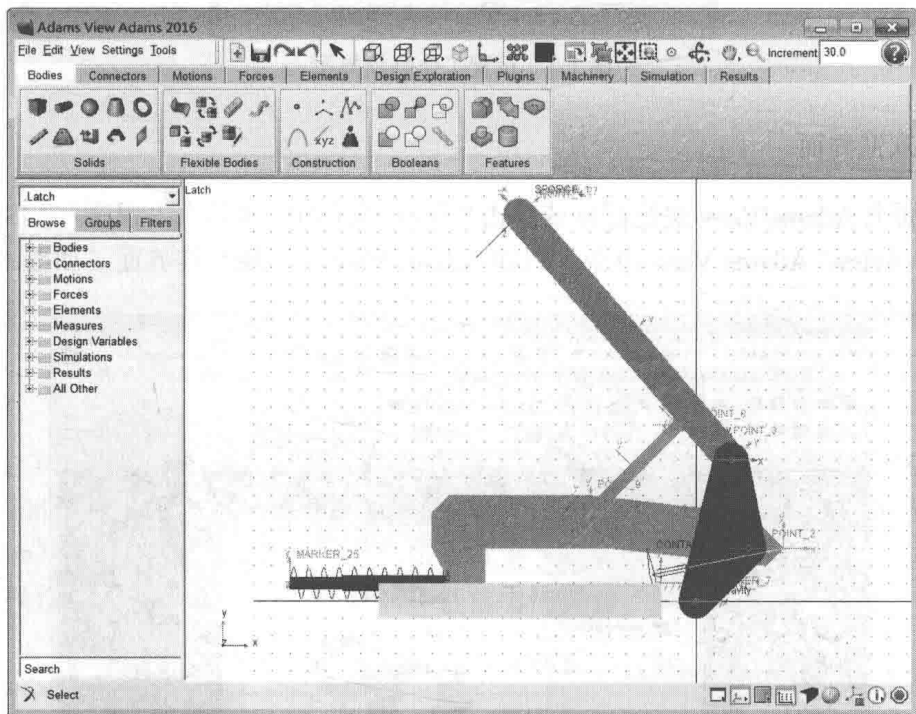


图 1-2 全新的用户界面

### 1.2.1 工作路径

在安装 Adams 软件后, 最好新建一个工作路径, 可将相关的分析结果文件放到该路径文件夹下, 以方便读取和存储。具体方法是 将 Adams/View 或 Adams/Car 设置为桌面快捷图标, 在该快捷图标上单击鼠标右键, 然后在弹出的快捷菜单中选择“属性”选项, 在属性对话框中

选择 Shortcut（快捷方式）选项卡，然后在“起始位置”输入框中输入已经建好的工作路径，如图 1-3 所示。工作路径中不要有中文，设置好工作路径后就不必每次启动 Adams 来设置工作路径。

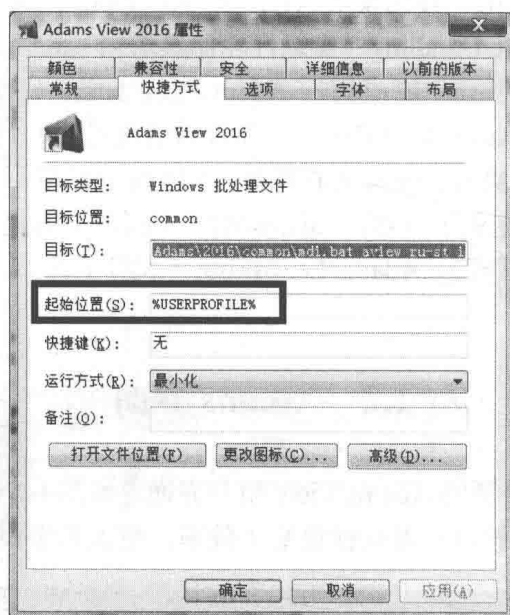


图 1-3 设置工作路径界面

## 1.2.2 欢迎界面

双击桌面上 Adams/View 快捷图标或单击“开始”菜单中“开始”>“程序”>MSC.Software>Adams 2016>Aview>Adams-View 命令，启动 Adams/View，出现欢迎界面，如图 1-4 所示。

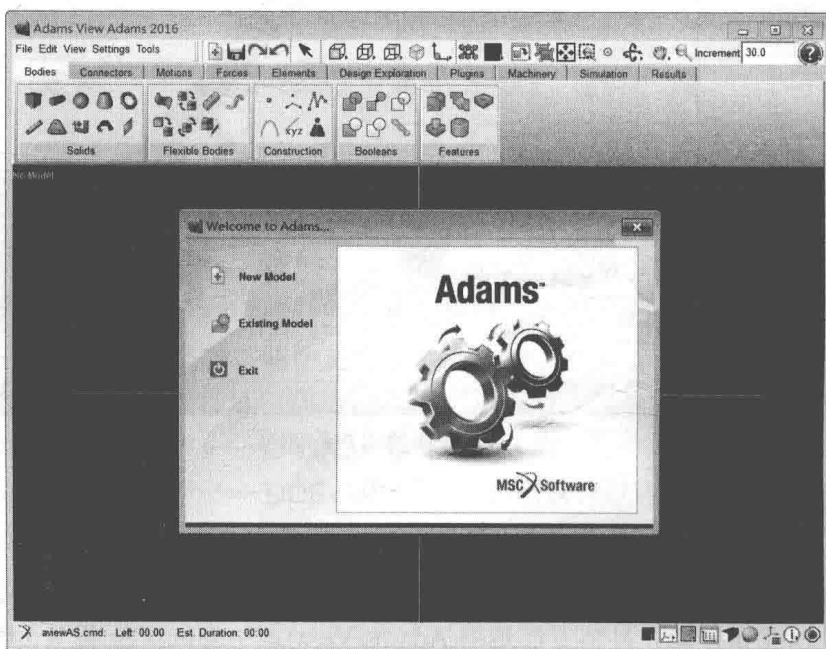


图 1-4 Adams/View 欢迎界面

在欢迎界面中，可以新建模型或打开一个已经存在的模型，可以设置重力加速度的方向或取消重力加速度，确定系统使用的单位制等。

1.2.3 工作界面

在 Adams/View 主界面中出现的基本元素包括主菜单、主工具栏、模型树、主工作窗、状态栏，如图 1-5 所示。

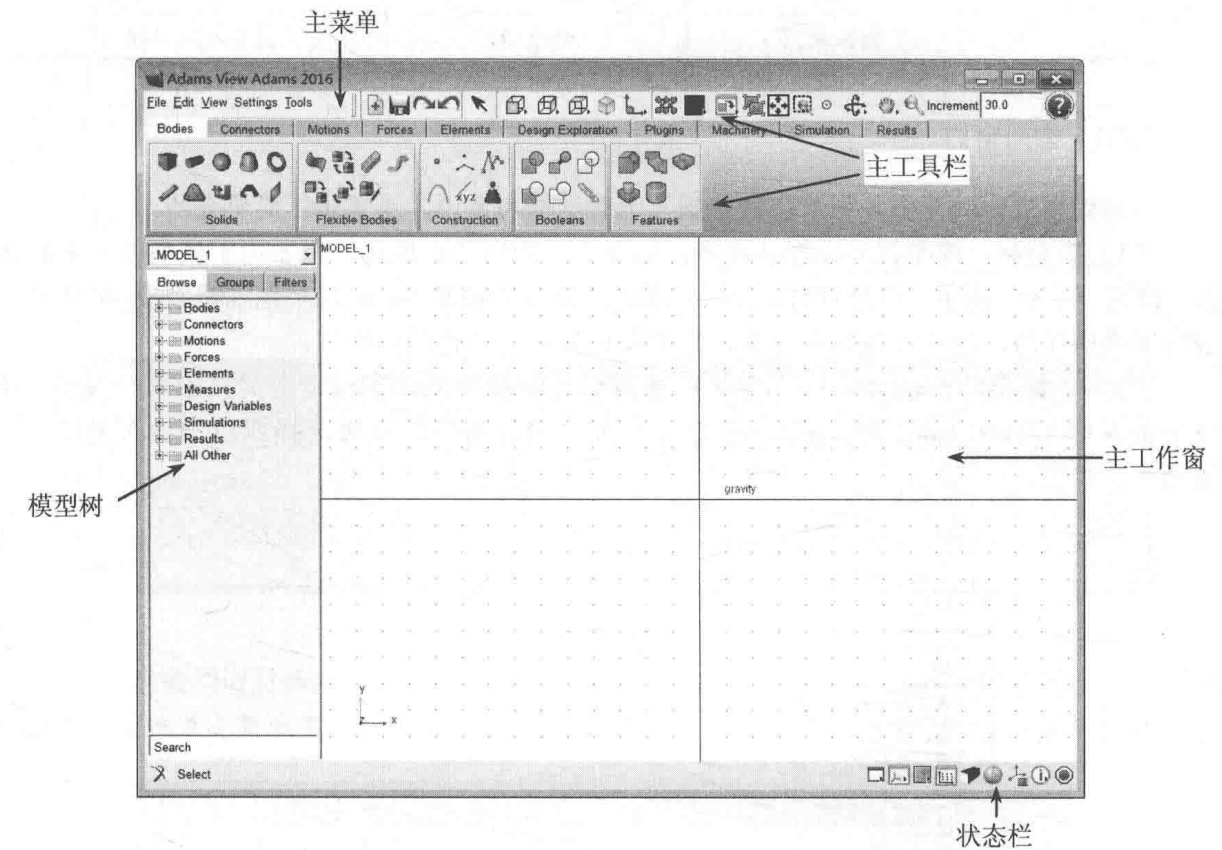


图 1-5 Adams/View 工作界面

其中，主工具栏包含各种常用命令的图标，如几何建模 (Bodies)、施加约束 (Connectors)、驱动约束 (Motions)、施加载荷 (Forces)、模型元素 (Elements)、设计开发 (Design Exploration)、插件 (Plugins)、仿真分析 (Simulation)、结果观察 (Results)。

为方便操作，可以使用 Adams 提供的一些常用快捷键，如表 1-1 所示。

表 1-1 常用快捷键

| 快捷键 | 功能      | 快捷键 | 功能        |
|-----|---------|-----|-----------|
| F1  | 显示帮助说明  | S   | 旋转视窗的 Z 轴 |
| F3  | 显示命令窗口  | T   | 平移视窗      |
| F4  | 显示坐标窗口  | V   | 切换图标的显示   |
| F8  | 进入后处理界面 | W   | 动态缩放所选区域  |
| C   | 选择视窗中心  | Z   | 动态缩放整个视窗  |

续表

| 快捷键 | 功能       | 快捷键     | 功能       |
|-----|----------|---------|----------|
| Esc | 结束当前操作   | Shift+F | 设置模型主视图  |
| M   | 打开信息窗口   | Shift+I | 设置模型轴视图  |
| F   | 模型充满窗口   | Shift+R | 设置模型右视图  |
| G   | 切换工作栅格显示 | Shift+S | 设置模型显示模式 |
| R   | 旋转模型     | Shift+T | 设置模型俯视图  |

## 1.2.4 常用窗口

在前处理建模过程中，用户会常用到几个对话框和窗口，这里进行简单介绍。

(1) 模型树。模型树界面默认在界面的左侧，如图 1-6 所示，主要用于模型中元素的修改、改名、显示、测量、信息查看、失效、刚柔转换等编辑操作，可直观地观察到模型的拓扑。进行编辑操作时，选中要编辑的元素，右击即可显示可进行的操作项。

(2) 坐标窗口。在 View 中建模，需要定义模型的具体坐标位置时，可按快捷键 F4 或单击菜单 View>Coordinate Window 命令，弹出坐标窗口，直接选择或右击输入坐标值，如图 1-7 所示。

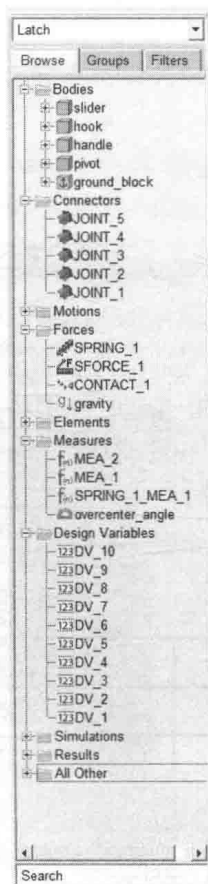


图 1-6 模型树界面

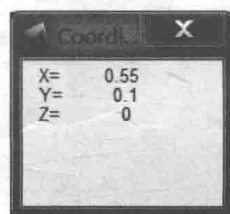


图 1-7 坐标窗口



## 1.3 设置工作环境

在建立虚拟样机模型前, 需要设置 Adams 工作环境, 包括设置坐标系、单位制、重力加速度大小和方向、工作栅格、图标的大小、背景颜色等。

### 1.3.1 设置坐标系

在 Adams/View 工作界面的左下角显示一个表示建模全局坐标系类型和方向的坐标系。Adams 中全局坐标系分为三种类型: 笛卡尔坐标系 (Cartesian)、圆柱坐标系 (Cylindrical)、球形坐标系 (Spherical)。默认情况下, Adams/View 中采用笛卡尔坐标系, 坐标系的设置对话框可通过单击菜单 Settings>Coordinate System 命令, 弹出坐标系设置对话框, 如图 1-11 所示。

Adams/View 中采用三个方向角确定对象在空间中绕坐标轴的旋转, 旋转方式分为两类: Body Fixed, 相对于对象的局部坐标系的相应坐标轴绕对象的定位点旋转; Space Fixed, 相对于全局坐标系的相应坐标轴绕对象的定位点旋转。

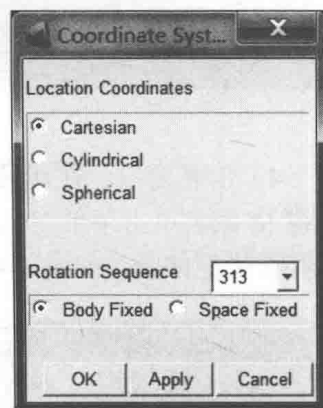
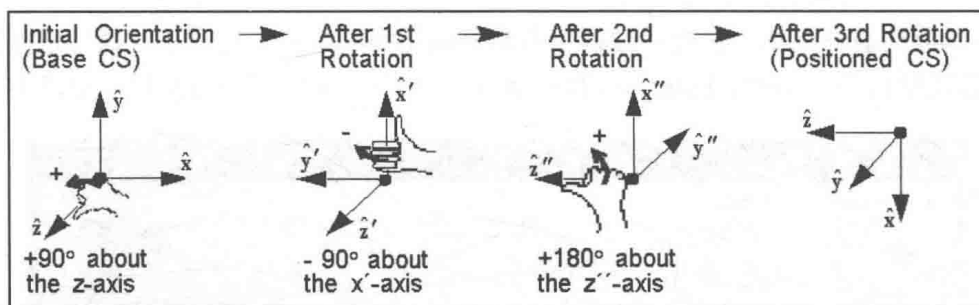


图 1-11 设置坐标系对话框

示例 1: Body fixed[3 1 3]:  $[90^\circ, -90^\circ, 180^\circ]$ 。



示例 2: Space Fixed[3 1 3]:  $[90^\circ, -90^\circ, 180^\circ]$ 。

