



UGS PLM 应用指导系列丛书

The PLM Company

UG NX4

运动分析培训教程



胡小康 编译
徐六飞 审校



清华大学出版社

UGS PLM 应用指导系列丛书

UG NX4 运动分析培训教程

胡小康 编译

徐六飞 审校

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是“UGS PLM 应用指导系列丛书”的运动分析分册,根据美国 UGS 公司的优秀教材资料编译而成。

本书共 11 章,内容包括 NX 机构运动仿真的基本概念、运动仿真应用模块的基本结构、各种分析类型(运动学仿真、动力学仿真及静平衡仿真),并详细介绍了各种运动对象,即连杆、运动付、力、扭矩、弹性衬套和接触单元等。本书在介绍机构运动仿真原理的同时详细介绍了具体的操作步骤,并附有大量的实例帮助读者熟悉课程内容。

本书可作为 NX 机构运动仿真的培训教材,也可以作为大专院校机械类专业的 CAD/CAM/CAE 专业教材,同时可作为广大 NX 用户和 CAE 爱好者的中文参考资料。

版权声明

本系列丛书为 UGS PLM Solutions(中国)公司(原名:优集系统(中国)有限公司)独家授权的中文版培训教程与使用指导。本书的专有出版权属清华大学出版社所有。在没有得到 UGS PLM Solutions(中国)公司和本丛书出版者的书面许可,任何单位和个人不得复制与翻印。

版权所有,违者必究。

“Copyright 2000 by Unigraphics Solutions Inc.

Original English Language Edition Copyright

2000 by Unigraphics Solutions Inc. All Rights Reserved”

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

UG NX4 运动分析培训教程/胡小康编译. —北京:清华大学出版社,2006.11

(UGS PLM 应用指导系列丛书)

ISBN 7-302-13902-4

I. U… II. 胡… III. 计算机辅助设计-应用软件, UG NX4-技术培训-教材 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 116139 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:许存权

文稿编辑:李虎斌

封面设计:范华明

版式设计:赵丽娜

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:18 字数:389 千字

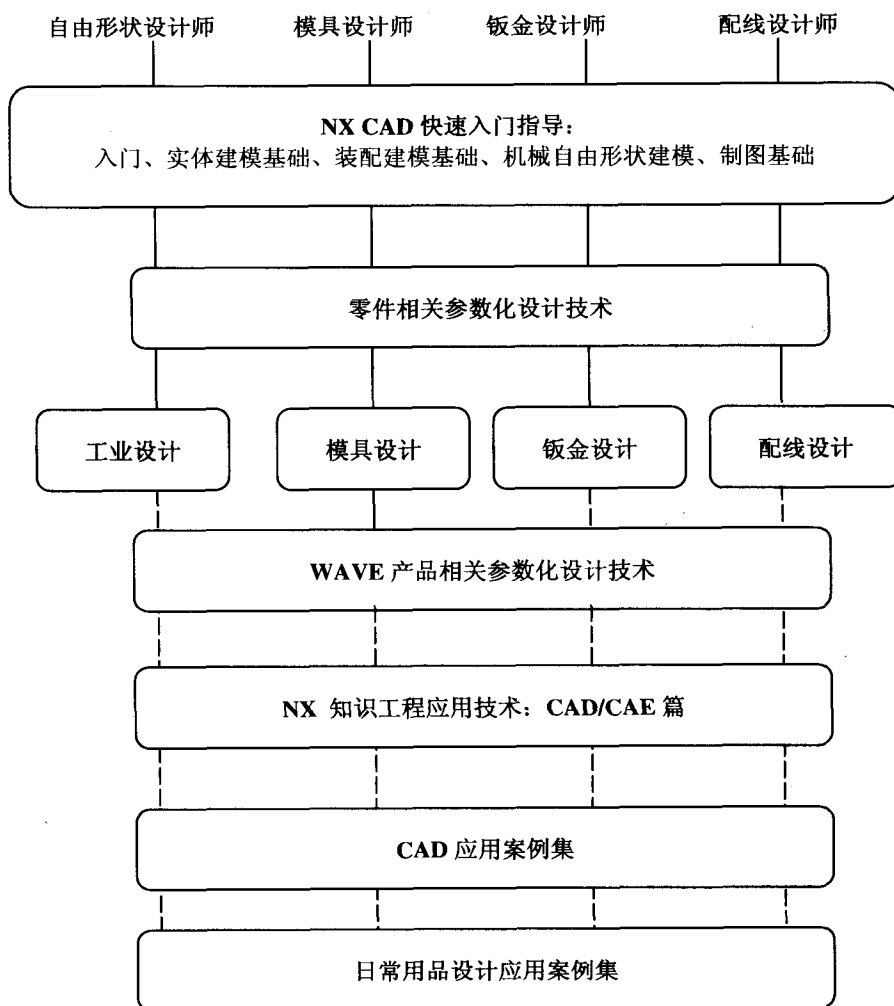
版 次:2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-13902-4/TP·8353

印 数:1~5000

定 价:39.00 元(附光盘 1 张)

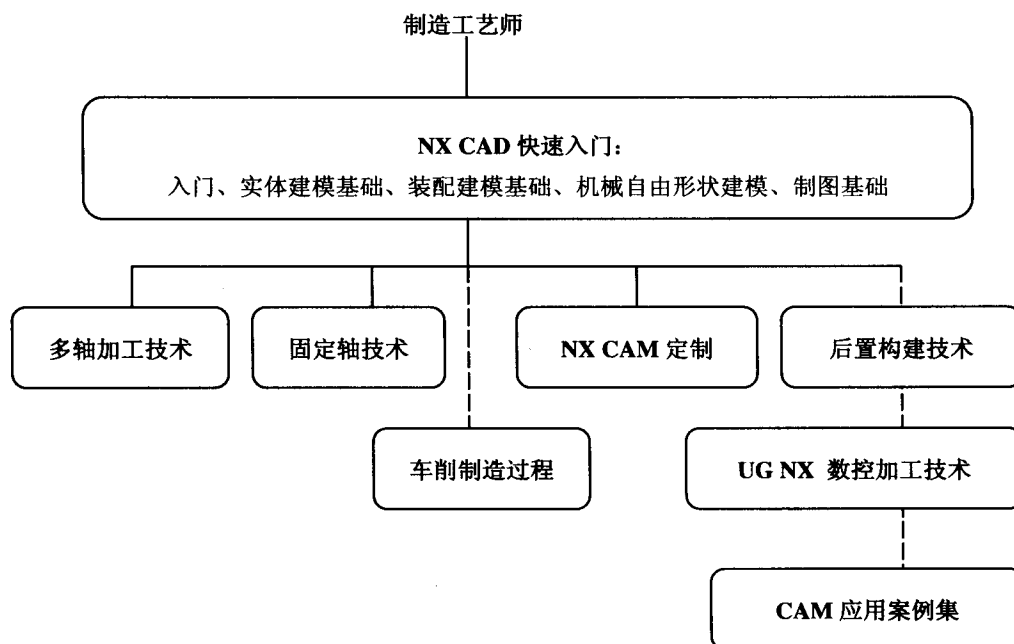
NX 设计师学习途径



注:

1. 学习途径从顶部开始向下进行。
2. 虚线连接的为可选项课程。
3. 模具设计师分为两类，注塑模具设计师和冷冲模具设计师，其对应的模具设计课程分别为《注塑模具设计向导》和《级进冲模设计向导》。
4. 所有设计师的可选项课程还有：《UG Open API 编程技术》和《UG 应用开发教程与实例精解》。

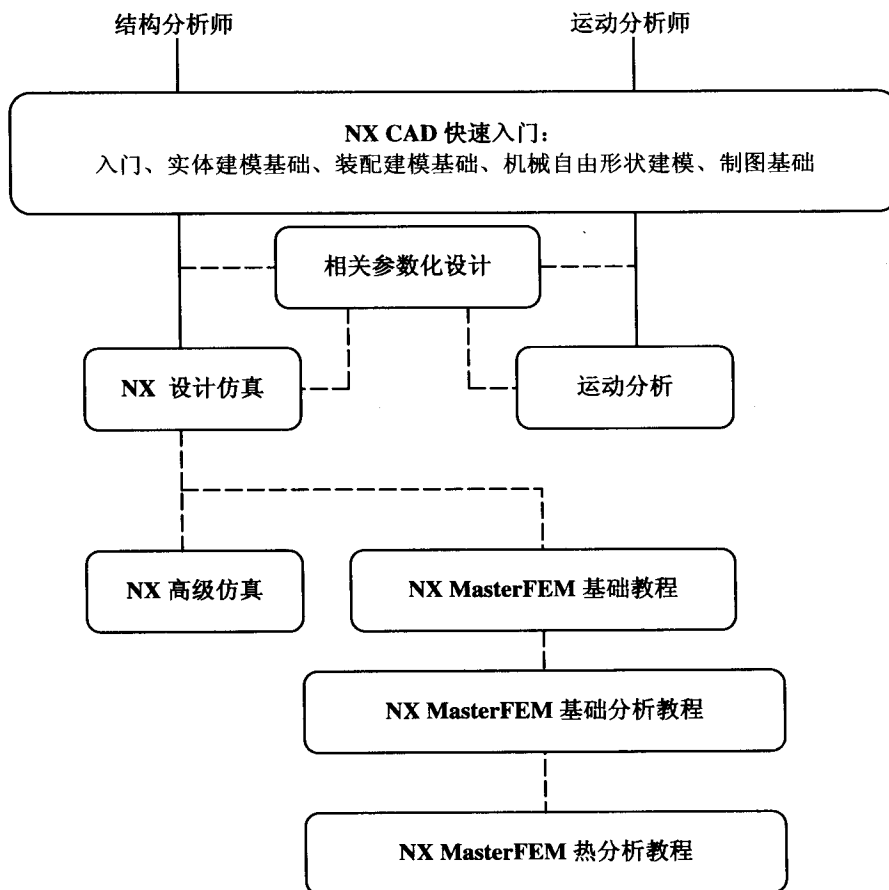
NX 数控工艺师学习途径



注:

1. 学习途径从顶部开始向下进行。
2. 虚线连接的为可选项课程。

NX 分析师学习途径



注：

1. 学习途径从顶部开始向下进行。
2. 虚线连接的为可选项课程。



UGS

*Transforming the
process of innovation*

UGS PLM 应用指导系列丛书序

UGS PLM Solutions 公司是产品生命周期管理 (PLM) 软件及相关服务领域的市场领先者, 拥有 46 000 家客户, 全球装机量超过 400 万套。公司倡导软件的开发性与标准化, 并与客户密切协作, 提供产品数据管理, 工程协同和产品设计、分析与加工的完整解决方案, 帮助客户实现管理流程的改革与创新, 以期真正获得 PLM 所带来的价值。

计算机辅助技术发展与应用极为迅速, 软件的技术含量和功能更新极快。为了帮助 UGS 的客户正确与高效地应用 MCAD/CAE/CAM 技术于产品开发过程和满足广大 UG 爱好者了解和学习的要求, 优集系统 (中国) 有限公司与清华大学出版社北京清大金地科技有限公司从 2000 年起, 联合组织出版了中文版 “Unigraphics 应用指导系列丛书”。该系列丛书的出版深受广大用户与读者的欢迎。为了帮助 UGS 客户正确与高效地应用 UGS PLM 产品生命周期管理解决方案于产品开发过程和满足广大读者进一步学习的要求, 双方决定将原有的中文版 “Unigraphics 应用指导系列丛书” 扩展为中文版 “UGS PLM 应用指导系列丛书”。

新扩展的系列丛书由两部分组成:

- (1) NX MCAD/CAE/CAM 培训教程与应用指导
- (2) Teamcenter 培训教程与应用指导

培训教程均采用全球通用的、最优秀的学员指导 (UG Student Guide) 教材为基础, 组织国内优秀的 UG 培训教员与 UG 应用工程师编译, 最后由 UGS 公司 (中国) 指定的专家审校。

应用指导汇集有关专家的使用经验, 以简洁清晰的形式写成应用指导, 帮助广大用户快速掌握和正确应用相应的 UGS PLM 产品模块功能与技巧。

系列丛书的读者对象为:

(1) 已购 UGS PLM Solutions 软件的广大用户

培训教程可作为 CAD、CAE、CAM 与 PDM 离线培训与现场培训的教材, 或自学参考书。

应用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

(2) 选型中的 UGS 的潜在用户

培训教程可作为预培训的教材, 或深入了解 UGS PLM Solutions 软件产品、模块与功能的参考书。

应用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

(3) 在校机械、机电专业本科生与研究生

培训教程可作为 CAD、CAE、CAM 与 PDM 专业课教材, 研究生做课题中的自学参考书。

(4) 机械类工程技术人员

培训教程可作为再教育的教材或自学参考书。

应用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

系列丛书的编译、编著、审校工作得到优集系统(中国)有限公司与各授权 UG 培训中心的大力支持, 特别是得到 UGS 公司中国区总裁袁超明先生、技术总监宣志华先生的直接指导与支持, 在此表示衷心的感谢。

参与系列丛书的编译、编著、审校的全体人员认真细致地写稿、审稿、改稿, 正是他们付出的辛勤劳动, 系列丛书才得以在短时间内完成, 在此也表示衷心的感谢。

最后要感谢清华大学出版社北京清大金地科技有限公司, 在系列丛书的策划、出版过程中给予的特别关注、指导与支持。

UGS PLM 软件在继续发展与升级, 随着新版本、新模块与新功能的推出, PLM 系列丛书也将定时更新和不断增册。

由于时间仓促, 书中难免有疏漏与不足之处, 敬请广大读者批评指正。

UGS PLM 应用指导系列丛书工作组

2006 年 3 月

前 言

NX 运动仿真模块 (NX/Motion Simulation) 是一个模拟仿真分析的设计工具, 它既能进行运动学 (Kinematic) 仿真, 又能进行动力学 (Dynamic) 仿真。它可以分析产品的临界位置、反作用力、速度及加速度等。

本书是英文资料 NX/Motion Simulation 的中文编译本, 主要目标是培训用户掌握使用 CAE 软件的技巧。本教程涉及一些机械工程的基础原理, 但不是自由刚体运动学 (静平衡、动力学、运动学) 教科书的替代课本。

本教程主要介绍以下内容:

- 用连杆 (Links)、运动付 (Joints)、运动输入 (Motion Input) 构造一个运动仿真, 并使之运动;
- 查询运动仿真的信息, 修改编辑模型及运动仿真的特征;
- 管理多个运动仿真 (Motion Simulation) 及机构;
- 给运动仿真加力、力矩、弹簧、阻尼、减振块和接触运动付;
- 设置标记及其他封装分析选项 (Packaging Option), 从而可以对标记、组件进行跟踪, 分析其临界状态, 并进行干涉检查等;
- 利用电子图表进行运动仿真。

本教程共分 11 章及 4 个附录。

第 1 章 模块简介和基本技能

第 2 章 连杆、质量及材料特性

第 3 章 运动付

第 4 章 运动驱动、关节运动仿真及运动仿真

第 5 章 编辑和管理运动仿真

第 6 章 封装选项

第 7 章 电子表格和图表

第 8 章 标量力和矢量力

第 9 章 标量扭矩和矢量扭矩

第 10 章 弹簧和阻尼

第 11 章 弹性衬套和接触单元

每章均附有练习。开始的练习会有非常详细的练习指导, 随着学习的深入, 练习指导会越来越简洁。

附录 A 提供实例及操作说明。它是本教程的补充, 用来强化所学的内容, 并帮助读者进一步巩固所学的内容。

附录 B、C、D 分别介绍了接触与接触参数、机构学与刚件机构学以及材料功能, 以供

读者学习时参考。

本书附有光盘，其中包括了本书中所有练习题所需的部件文件，以供读者学习时使用。

本书可供分析师、工程师、设计师使用，也可供需要进行机构运动仿真的其他工程技术人员使用。本书读者必须具有中级的 NX 建模技能和知识，至少必须学完 NX 建模的实践与应用的相关知识。希望通过本书的学习，使广大用户和读者能快速正确地应用 NX/Motion Simulation 运动仿真技术对产品进行分析，将产品的设计水平提升到一个新的台阶。

本书由 UGS PLM Solutions（中国）公司的顾问徐六飞老师审校，她不仅对本书作了认真细致的校核与修改，而且提出了很多有益的建议，在此表示衷心的感谢。在此还要特别感谢 UGS PLM Solutions（中国）公司的高级顾问洪如瑾老师和资深技术顾问张振亚先生，他们对本书的成稿作了很大的贡献，在此一并致谢。

胡小康

2006 年 6 月

目 录

第 1 章 模块简介和基本技能.....	1
1.1 概述.....	1
1.1.1 什么是运动仿真模块.....	1
1.1.2 运动仿真模块能执行何种类型的分析.....	1
1.1.3 如何创建运动仿真.....	2
1.1.4 如何使一个运动仿真中的机构运动起来.....	2
1.2 进入运动仿真模块.....	2
1.3 仿真选项.....	3
1.4 运动仿真部件文件之间的相互关系.....	5
1.5 创建初始的运动仿真.....	5
1.6 运动仿真的结构.....	6
1.7 运动仿真模块工具条.....	7
1.8 运动仿真模块预设置.....	8
1.8.1 进入运动仿真模块预设置对话框.....	8
1.8.2 运动机构对象参数.....	9
1.8.3 分析文件参数.....	10
1.8.4 ADAMS 积分器参数.....	10
1.8.5 后处理参数.....	11
1.9 嵌入式解算器 ADAMS.....	11
1.9.1 前处理器.....	11
1.9.2 求解.....	11
1.9.3 后处理.....	11
1.9.4 ADAMS 输入文件.....	11
1.10 运动驱动、关节运动仿真和运动仿真.....	12
1.10.1 运动驱动.....	12
1.10.2 关节运动仿真.....	13
1.10.3 运动仿真.....	14
1.11 预测工程和工程判断准则.....	15
第 2 章 连杆、质量及材料特性.....	29
2.1 连杆的定义.....	29

2.2	创建连杆	29
2.3	用户自定义质量特性	31
2.3.1	质量特性初步	31
2.3.2	用户自定义质量特性	31
2.4	定义材料	34
2.4.1	系统默认的及继承的材料设置	35
2.4.2	赋材料值	35
2.5	单位转换器	36
第3章	运动付	42
3.1	运动付的定义	42
3.2	运动付的类型	43
3.3	创建运动付	44
3.3.1	创建运动付/选择步骤	45
3.3.2	默认的原点和方向	48
3.3.3	预先考虑及精确选择物体的重要性	48
3.4	旋转付	49
3.4.1	运动特征	49
3.4.2	旋转付创建步骤指导	49
3.5	固定付	50
3.5.1	运动特征	51
3.5.2	固定付创建步骤指导	51
3.6	滑动付	51
3.6.1	运动特征	52
3.6.2	滑动付创建步骤指导	52
3.7	万向节	53
3.7.1	运动特征	53
3.7.2	万向节创建步骤指导	54
3.7.3	万向节的方向	54
3.8	球面付	56
3.8.1	运动特征	56
3.8.2	球面付创建步骤指导	56
3.9	Gruebler 数	57
3.9.1	Gruebler 数的“近似”特性	58
3.9.2	自由度大于零、等于零、小于零的情况	58
3.9.3	有关过约束机构模型的告诫	59
3.10	咬合连杆——设计位置和装配位置	68
3.11	柱面付	73

3.11.1 运动特征	73
3.11.2 柱面付创建步骤指导	74
3.12 平面付	75
3.12.1 运动特征	75
3.12.2 平面付创建步骤指导	76
3.13 点在线上付	76
3.13.1 运动特征	76
3.13.2 点在线上付创建步骤指导	77
3.14 线在线上付	77
3.14.1 运动特征	78
3.14.2 线在线上付创建步骤指导	78
3.15 点在面上付	83
3.15.1 运动特征	83
3.15.2 点在面上付创建步骤指导	83
3.16 螺旋付	83
3.16.1 运动特征	84
3.16.2 螺旋付创建步骤指导	84
3.17 线缆付	85
3.17.1 运动特征	86
3.17.2 线缆付创建步骤指导	87
3.18 齿轮付	87
3.18.1 运动特征	87
3.18.2 齿轮付创建步骤指导	88
3.18.3 构造内啮合齿轮	88
3.19 齿轮/齿条付	95
3.19.1 运动特征	95
3.19.2 齿轮/齿条付创建步骤指导	96
3.19.3 构造链条或皮带模型	96
3.20 配对条件——推理式连杆和运动付的创建	96
第 4 章 运动驱动、关节运动仿真及运动仿真	105
4.1 介绍	105
4.2 运动函数	106
4.2.1 多项式函数	107
4.2.2 简谐运动函数	107
4.2.3 STEP 函数	107
4.2.4 函数选择对话框	108
4.2.5 XY 函数编辑器	109

4.3	恒定驱动.....	109
4.4	简谐运动驱动.....	110
4.5	关节运动驱动.....	111
4.5.1	关节运动功能.....	112
4.5.2	设计位置和装配位置.....	112
4.5.3	关节运动仿真对话框中的其他功能.....	112
4.5.4	封装选项.....	113
4.5.5	跟踪和显示机构的视图.....	113
4.6	生成照片级动画和 MPEG 电影文件.....	120
第 5 章	编辑和管理运动仿真.....	122
5.1	编辑运动仿真.....	122
5.2	运动仿真的管理.....	124
第 6 章	封装选项.....	135
6.1	简介.....	135
6.2	干涉检查.....	135
6.3	测量.....	138
6.4	跟踪.....	139
6.5	标记和智能点.....	140
6.5.1	标记.....	141
6.5.2	智能点.....	141
6.6	关节运动和运动仿真对话框.....	142
第 7 章	电子表格和图表.....	150
7.1	简介.....	150
7.2	电子表格功能.....	150
7.2.1	电子表格和系统平台.....	151
7.2.2	观察电子表格.....	151
7.2.3	用电子表格驱动关节运动和运动仿真.....	152
7.2.4	保存并重新播放电子表格驱动文件.....	152
7.3	图表功能.....	156
7.3.1	分析选项对话框.....	157
7.3.2	图表定义对话框.....	157
7.3.3	执行定义的图表.....	159
第 8 章	标量力和矢量力.....	166
8.1	标量力.....	166
8.1.1	有关标量力的一般性讨论.....	166

8.1.2 创建标量力	167
8.2 矢量力	170
8.2.1 关于矢量力的一般性讨论	170
8.2.2 创建矢量力	172
8.3 力的小结——标量和矢量	175
第 9 章 标量扭矩和矢量扭矩	182
9.1 标量扭矩	182
9.1.1 关于力矩的一般性讨论	182
9.1.2 创建标量扭矩	182
9.2 矢量扭矩	184
9.2.1 关于矢量扭矩的讨论	184
9.2.2 创建矢量扭矩	185
9.2.3 标量扭矩和矢量扭矩小结	187
第 10 章 弹簧和阻尼	191
10.1 弹簧	191
10.1.1 关于弹簧的一般讨论	191
10.1.2 创建弹簧	192
10.2 阻尼	193
10.2.1 关于阻尼的讨论	193
10.2.2 创建阻尼	193
第 11 章 弹性衬套和接触单元	199
11.1 弹性衬套	199
11.1.1 关于弹性衬套的讨论	199
11.1.2 弹性衬套的类型	200
11.1.3 弹性衬套的参数	200
11.1.4 创建弹性衬套	202
11.2 3D 接触单元	205
11.2.1 接触预设置	206
11.2.2 3D 接触分析	206
11.2.3 创建 3D 接触	207
11.2.4 3D 接触参数	208
11.2.5 ADAMS 集成器参数: 最大步长	209
11.3 2D 接触	217
11.3.1 关于 2D 接触的讨论	217
11.3.2 2D 接触参数	218

11.3.3 创建 2D 接触	219
11.3.4 创建 2D 接触小结	220
附录 A 练习实例	226
A1 四连杆机构	227
A2 带咬合运动付的四连杆机构	228
A3 汽车悬挂机构	229
A4 汽车挡风玻璃擦窗器	230
A5 擦窗器 II	232
A6 摇头风扇	232
A7 探头跟随器	234
A8 剪刀式千斤顶	235
A9 自卸式卡车	236
A10 离合器	237
A11 阀门与凸轮	239
A12 缸套阀门（挑战项目）	240
附录 B 接触和接触参数	242
B1 3D 接触参数	243
B2 摩擦和摩擦参数	248
B3 倾斜接触和摩擦力准则	250
附录 C 机构学和刚体机构学	256
附录 D 材料功能简介	258

第 1 章 模块简介和基本技能

【目的】

本章介绍 NX 运动仿真模块 (Motion Simulation) 的基本概念, 提供创建运动仿真所需的基本技能。

【目标】

完成本章学习后, 读者将能够:

- 了解 NX 运动仿真模块 (Motion Simulation) 的优点及应用范围。
- 学习如何进入运动仿真模块及如何使用运动仿真导航器 (Motion Navigator)。
- 创建一个运动仿真。
- 认识运动仿真模块工具条。
- 设定运动仿真模块的系统预设置, 了解系统预设置所控制的内容。
- 了解运动仿真模块中 ADAMS 解算器的作用。
- 了解运动驱动 (Motion Driver)、关节运动仿真 (Articulation) 以及运动仿真 (Animation) 的基本工作模式。
- 观察一个运动仿真, 作运动仿真、关节运动仿真, 并解算一个简单的设计问题。

1.1 概 述

1.1.1 什么是运动仿真模块

运动仿真模块 (Motion Simulation) 是 CAE 应用软件, 用于建立运动机构模型, 分析其运动规律。运动仿真模块自动复制主模型的装配文件, 并建立一系列不同的运动仿真。每个运动仿真均可独立修改, 而不影响装配主模型, 一旦完成优化设计方案, 就可直接更新装配主模型, 以反映优化设计的结果。

1.1.2 运动仿真模块能执行何种类型的分析

运动仿真模块可以进行机构的干涉分析, 跟踪零件的运动轨迹, 分析机构中零件的速度、加速度、作用力、反作用力和力矩等。运动仿真模块的分析结果可以指导修改零件的结构设计 (加长或缩短构件的力臂长度、修改凸轮型线、调整齿轮比等) 或调整零件的材料 (减轻或加