



Unigraphics
应用指导系列丛书

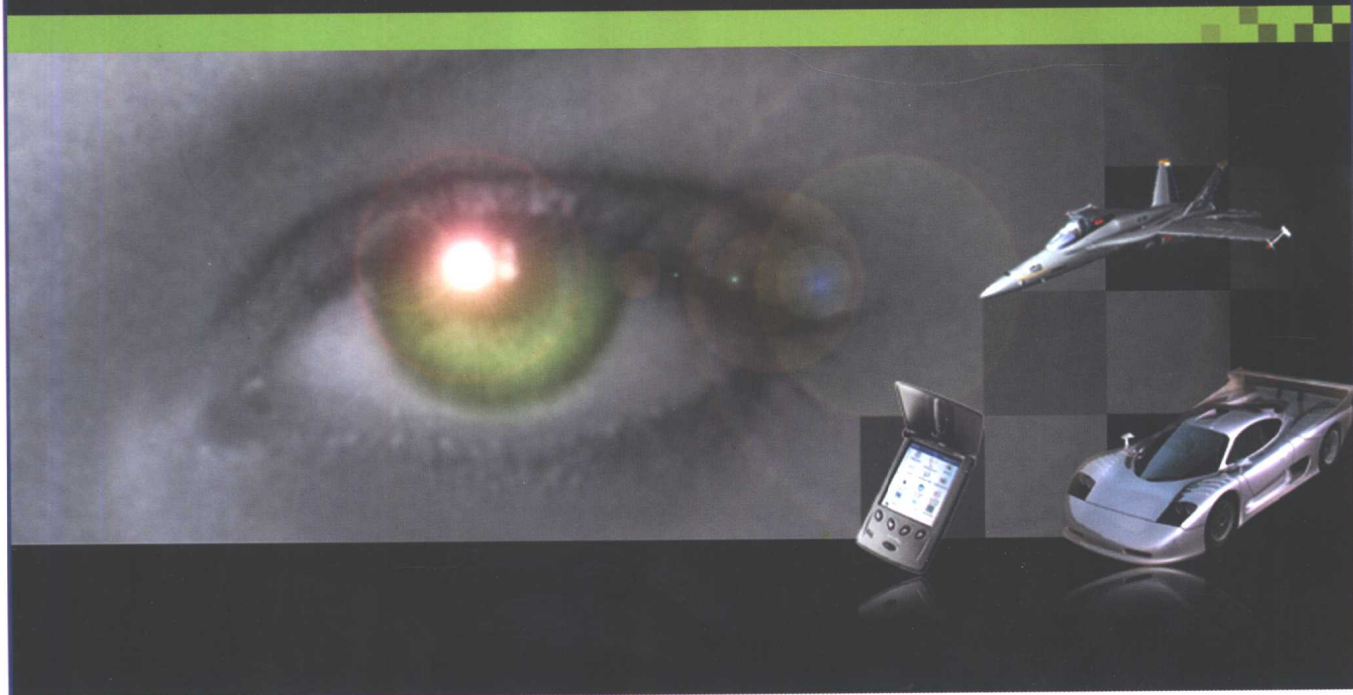


UG运动分析培训教程

[美] Unigraphics Solutions Inc. 著

胡晓康 编译

洪如瑾 审校



清华大学出版社

Unigraphics 应用指导系列丛书

UG 运动分析培训教程

[美] Unigraphics Solutions Inc. 著

胡晓康 编译

洪如瑾 审校

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

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

本书共分11章,内容包括UG机构运动分析的基本概念、Scenario应用模块的基本结构、各种分析类型(运动学分析、动力学分析及静平衡分析),并详细介绍了各种运动对象,即链接、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分析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大家熟悉课程内容。

本书可作为UG机构运动分析的培训教材,也可以作为大专院校机械类专业的CAD/CAM/CAE专业教材,同时为广大UG用户和CAE爱好者提供中文参考资料。

版权声明

本系列丛书为EDS 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EDS 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。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名:UG运动分析培训教程

作 者:[美]Unigraphics Solutions Inc. 著

编 译:胡晓康

审 校:洪如瑾

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑:许存权

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:25.5 字数:583千字

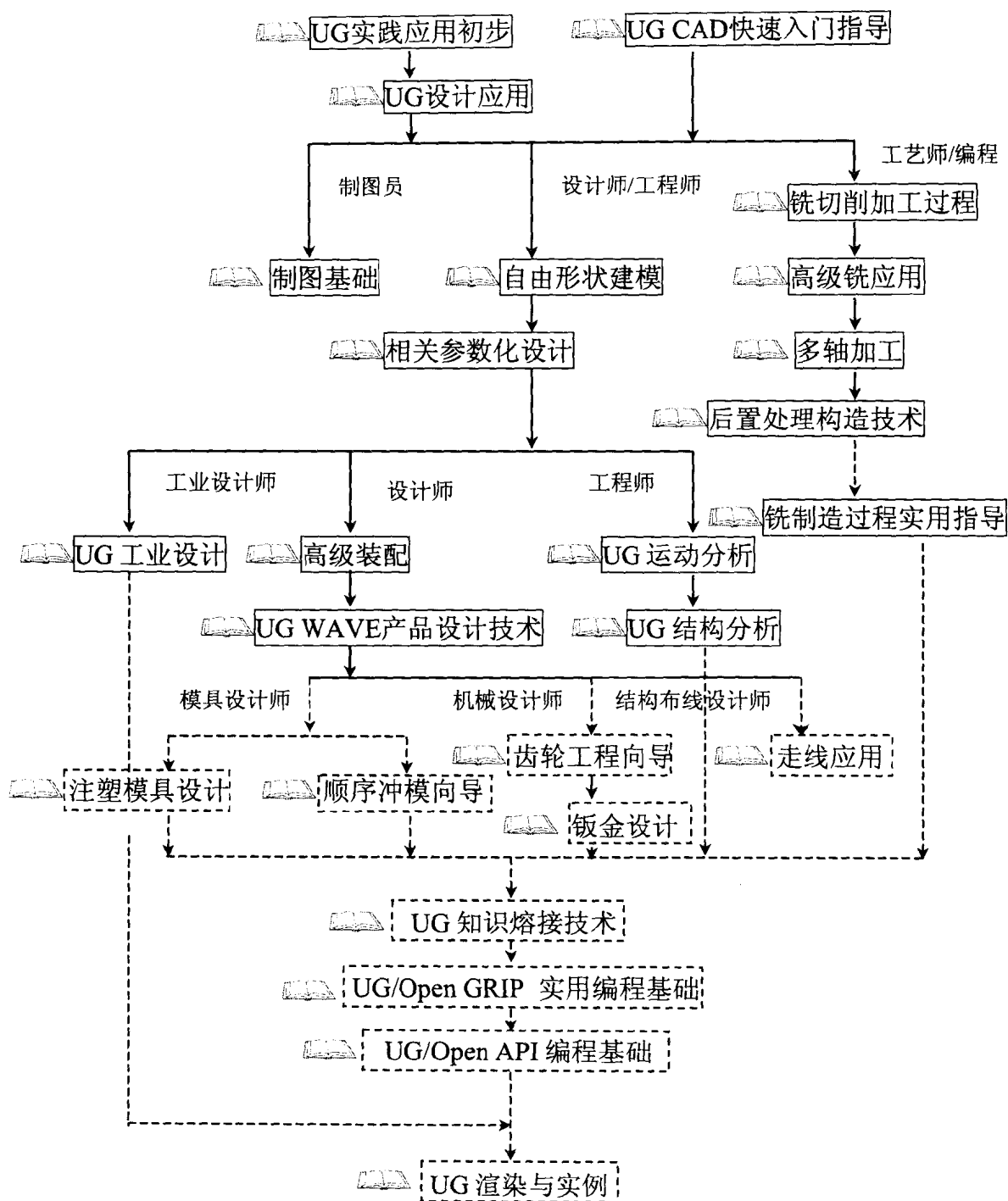
版 次:2002年9月第1版 2002年9月第1次印刷

书 号:ISBN 7-900643-36-2

印 数:0001~4000

定 价:46.00元(附光盘)

学习 Unigraphics 流程图



EDS PLM Solutions (中国) 推荐本科生教材：《UG CAD 实用教程》
 《UG CAM 实用教程》

Unigraphics 应用指导系列丛书序

Unigraphics (简称 UG) 是当前世界上最先进和紧密集成的、面向制造行业的 CAID/CAD/CAE/CAM 高端软件。作为一个集成的全面产品工程解决方案,UG 软件家族使得用户能够数字化地创建和获取三维产品定义。UG 软件被当今许多世界领先的制造商用来从事概念设计、工业设计、详细的机械设计以及工程仿真和数字化的制造等各个领域。

Unigraphics 是知识驱动自动化技术领域中的领先者。它实现了设计优化技术与基于产品和过程的知识工程的组合,显著地改进了汽车、航天、航空、机械、消费产品、医疗仪器和工具等工业的生产。

Unigraphics 为各种规模的企业带来了显而易见的价值:更快地递交产品到市场;使复杂产品的设计简化;减少产品成本和增加企业的竞争实力。它已成为世界上最优秀公司广泛使用的系统。这些公司包括:通用汽车、波音飞机、通用电气、普惠发动机、爱立信、飞利浦、松下、精工和柯达。如今 Unigraphics 在全球已拥有 17000 多个客户。

Unigraphics 自 1990 年进入中国市场以来,发展迅速,已经成为中国航空航天、汽车、机械、计算机及外设、家用电器等领域的首选软件。目前在上海、北京、广州、成都、深圳、香港设有分公司和办事处,在全国设有 13 个授权培训点。

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。为了帮助我们的客户正确、高效地把 Unigraphics 应用于产品的开发过程中,满足广大用户了解和学习 Unigraphics 的需求,EDS 公司与清华大学出版社联合组织出版这套“Unigraphics 应用指导系列丛书”。

系列丛书由两部分组成:

(1) UG CAD/CAE/CAM 培训教程

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

(2) UG CAD/CAE/CAM 使用指导

使用指导汇集有关专家的使用经验,追求简洁清晰的风格形式,帮助广大用户快速掌握和正确应用相应的 UG 模块与功能。

系列丛书的读者对象为:

(1) 已购 UG 的广大用户

培训教程可作为离线培训与现场培训的教材,也可作为自学参考书。

使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 UG 潜在用户

培训教程可作为预培训的教材，或深入了解 UG 模块与功能的参考书。

使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 专业课教材，研究生做课题中的自学参考书。

使用指导可作为快速入门或进一步自学提高的参考书。

(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。

使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 EDS 公司 PLM Solutions 事业部（中国部）与各 UG 培训中心的大力支持，特别是得到 EDS 公司 PLM Solutions 事业部大中华区总裁陈杰先生与大中华区销售总监魏永强先生的指导与支持。在此表示衷心的感谢。

参与系列丛书的编译、编著、审校的全体工作人员认真细致地写稿、审稿、改稿，正是他们付出的辛勤劳动，才得以让系列丛书在短期内完成，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对系列丛书的策划、出版过程中给予的特别关注、指导与支持。

UG 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，UG 系列丛书也将定时更新和不断增册。

由于编写时间仓促，书中疏漏与出错之处，敬请广大读者批评指正。

Unigraphics 应用指导系列丛书工作组

2002 年 3 月

前 言

UG 运动分析模块 (UG Scenario) 是一个模拟仿真分析的设计工具。它既能进行运动学 (Kinematic) 分析, 又能进行动力学 (Dynamic) 分析。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 UG/MOTION 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。本教程涉及到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一些内容:

- 用连杆 (Links)、运动付 (Joints)、运动输入 (Motion Input) 构造一个运动分析方案, 并使之运动。
- 查询运动分析方案的信息, 修改编辑模型及运动分析方案的特征。
- 管理多个运动分析方案 (Motion Scenario) 及机构。
- 给运动分析方案加力、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分析。

本教程共分 11 章及 5 个附录作为补充教程:

- 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、关节运动及运动仿真
- 第 5 章 编辑和管理运动分析方案
- 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。

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，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分析的其他工程技术人员使用。本书读者必须具有中级的 UG 建模技能和知识，至少必须学完 UG 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 UG/MOTION 运动分析技术对产品进行分析，使产品的设计水平提升到一个新的台阶。

本书由 EDS PLM Solutions（中国）公司的高级顾问洪如瑾老师审校，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 EDS PLM Solutions（中国）公司的工程师张振亚先生，他对本书的成稿作了很大的贡献，在此一并致谢。

编译者 胡晓康

2002 年 6 月

目 录

第 1 章 模块简介和基本技能.....	1
1.1 概述	2
1.1.1 什么是运动分析模块	2
1.1.2 运动分析模块能执行何种类型的分析	2
1.1.3 如何创建运动分析方案	2
1.1.4 如何使一个运动分析方案中的机构运动起来.....	3
1.2 进入运动分析模块	3
1.3 分析方案导航器	4
1.3.1 分析方案导航器的功能	4
1.3.2 激活工作零件的装配主模型节点	5
1.3.3 非激活的非工作零件的装配主模型节点	5
1.3.4 激活工作零件的分析方案装配节点	6
1.3.5 非激活或非工作零件的分析方案装配节点.....	7
1.4 如何规划运动分析方案	8
1.4.1 分析方案部件文件之间的相互关系	8
1.4.2 UG 机构运动的独特定义	10
1.4.3 推荐的层协定	10
1.5 创建初始的分析方案	11
1.6 分析方案的结构	11
1.6.1 编辑选项	12
1.6.2 更新装配主模型文件	13
1.7 运动分析模块工具条	13
1.7.1 连杆和运动付工具条	13
1.7.2 模型准备工具条	14
1.7.3 力类对象工具条	14
1.7.4 运动分析工具条	14
1.8 运动分析模块预设置	15
1.8.1 进入运动分析模块预设置菜单	15
1.8.2 运动预设置对话框.....	16
1.9 嵌入式解算器 ADAMS.....	21
1.10 运动输入、关节运动仿真和运动仿真.....	22

1.10.1	运动输入.....	22
1.10.2	关节运动分析.....	23
1.10.3	运动仿真.....	24
1.10.4	预测工程和工程判断准则.....	27
练习 1-1	关节运动仿真——基于位移的分析.....	27
练习 1-2	运动仿真分析, 基于时间的运动分析.....	33
练习 1-3	问题求解.....	45
第 2 章	连杆、质量及材料特性.....	51
2.1	简介.....	51
2.2	连杆的定义.....	51
2.3	创建连杆、定义质量特性.....	52
2.4	用户自定义质量特性.....	53
2.5	定义材料.....	56
练习	一个简单的旋转机构.....	57
第 3 章	运动付.....	65
3.1	介绍.....	65
3.2	运动付的定义.....	66
3.3	运动付约束.....	66
3.4	运动付的类型.....	66
3.5	创建运动付.....	69
3.5.1	创建运动付/选择步骤.....	69
3.5.2	默认的原点和方向.....	74
3.5.3	预先考虑及精确选择物体的重要性.....	74
3.5.4	普通类型的运动付.....	74
3.6	旋转付 (Revolute Joint).....	75
3.7	滑动付.....	77
3.8	万向节.....	79
3.9	球面付 (Spherical Joint).....	83
3.10	Gruebler 数.....	85
练习 3-1	曲轴活塞连杆机构.....	87
3.11	咬合连杆——设计位置和装配位置.....	98
练习 3-2	相关的咬合运动付.....	99
3.12	柱面付.....	105
3.13	平面付.....	107
3.14	点在线上付.....	109
3.15	线在线上付.....	111
3.16	8 个普通类型运动付小结:.....	113

练习 3-3 线在线上付、凸轮运动机构	113
3.17 螺旋付	114
3.18 线缆付	117
3.19 齿轮/齿条付	119
3.20 齿轮付	121
练习 3-4 创建行星齿轮	123
3.21 配对条件——推理式连杆和运动付的创建	125
练习 3-5 创建推断式连杆和运动付	127
3.22 关于创建推断式连杆和运动付的附加信息	135
第 4 章 运动驱动、关节运动及运动仿真	136
4.1 介绍	136
4.2 运动驱动 (Motion Driver)	137
4.3 运动函数 (基于时间的运动仿真)	138
4.4 恒定驱动 (基于时间的运动仿真)	140
4.5 简谐运动驱动 (基于时间的运动仿真)	142
4.6 关节运动驱动 (基于位移的关节运动)	143
4.7 关节运动功能	144
4.8 运动仿真功能	147
练习 4-1 运动函数和简谐运动驱动	149
4.9 生成照片级动画和 MPEG 电影文件	155
4.9.1 步骤 1: UG/Photo Animation	155
4.9.2 步骤 2: MPEG 文件	162
4.9.3 执行 MPEG 电影文件	164
练习 4-2 缝纫机装配——MPEG 电影文件	164
第 5 章 编辑和管理运动分析方案	172
5.1 简介	172
5.1.1 编辑运动分析方案	172
5.1.2 分析方案的管理	173
5.2 编辑运动分析方案	174
5.2.1 编辑运动对象	174
5.2.2 编辑部件几何体	175
5.3 分析方案的管理	178
练习 5-1 查询和编辑运动分析方案	184
第 6 章 封装选项	199
6.1 简介	199
6.2 封装选项对话框及功能	200

6.2.1	测量 (Measure)	200
6.2.2	跟踪 (Trace)	202
6.2.3	干涉检查 (Interference)	203
6.3	标记和智能点	205
6.3.1	标记 (Markers) 	205
6.3.2	智能点 (Smart Points) 	207
6.4	关节运动和运动仿真对话框	208
6.5	封装选项操作过程	211
6.5.1	测量 (Measure)	211
6.5.2	跟踪 (Trace)	211
6.5.3	干涉检查 (Interference)	212
	练习 6-1 跟踪功能	212
	练习 6-2 测量功能	219
	练习 6-3 干涉检查功能	224
第 7 章	电子表格和图表	229
7.1	简介	229
7.2	电子表格功能	229
	练习 7-1 电子表格功能	232
7.3	图表功能	237
7.3.1	分析选项 (Analysis Options) 对话框	237
7.3.2	图表定义 (Define Graph) 对话框	238
7.3.3	执行定义的图表	240
7.3.4	编辑图表	241
	练习 7-2 图表功能	241
第 8 章	标量力和矢量力	246
8.1	标量力	246
8.1.1	有关标量力的一般性讨论	246
8.1.2	创建标量力	248
8.2	矢量力	251
8.2.1	关于矢量力的一般性讨论	251
8.2.2	创建矢量力	253
8.3	力的小结——标量和矢量	258
	练习 标量力 and 矢量力	259
第 9 章	标量扭矩和矢量扭矩	265
9.1	标量扭矩	265

9.1.1 关于力矩的一般性讨论	265
9.1.2 创建标量扭矩	266
9.2 矢量扭矩	268
9.2.1 关于矢量扭矩的讨论	268
9.2.2 创建矢量扭矩	268
9.2.3 标量扭矩和矢量扭矩小结	273
练习 标量扭矩和矢量扭矩	274
第 10 章 弹簧和阻尼	279
10.1 弹簧	279
10.1.1 关于弹簧的一般讨论	279
10.1.2 创建弹簧	281
10.2 阻尼	286
10.2.1 关于阻尼的讨论	286
10.2.2 创建阻尼	286
练习 10-1 拉伸弹簧和阻尼	290
练习 10-2 扭转弹簧和阻尼	293
第 11 章 弹性衬套和接触单元	295
11.1 弹性衬套	295
11.1.1 关于弹性衬套的讨论	295
11.1.2 弹性衬套的类型	296
11.1.3 弹性衬套的参数	296
11.1.4 创建弹性衬套	297
11.2 3D 接触单元	305
11.2.1 关于 3D 接触问题的讨论	305
11.2.2 3D 接触分析	306
11.2.2 3D 接触参数	307
11.2.3 3D 接触参数小结	310
11.2.4 接触丢失 接触球半径和最长步长	311
11.2.5 创建 3D 接触	312
练习 11-1 接触和弹性衬套参数	317
练习 11-2 接触和弹性衬套 雪橇碰撞	324
11.3 2D 接触	326
11.3.1 关于 2D 接触的讨论	326
11.3.2 2D 接触参数	327
11.3.3 创建 2D 接触	328
11.3.4 创建 2D 接触小结	330

练习 11-3 创建 2D 接触	331
附录 A 练习实例	333
附录 B 编辑电子表格 XESS 的图表	348
附录 C 机构学和刚体机构学	357
附录 D 材料功能简介	359
附录 E 接触和接触参数	376

第 1 章 模块简介和基本技能

【目的】

本章介绍 UG 运动分析模块（Scenario For Motion）的基本概念，提供创建运动分析方案所需的基本技能。

【目标】

完成本章学习后，读者将能够：

- 了解 UG 运动分析模块（Scenario For Motion）的优点及应用范围。
- 学习如何进入运动分析模块及如何使用分析方案（Scenario）导航器。
- 规划运动分析方案和分析项目，了解层的使用协定。
- 创建一个运动分析方案，了解支持它的软件结构。
- 认识运动分析模块工具条。
- 设定运动分析模块的系统预设置，了解系统设置控制的内容。
- 了解运动分析模块中 ADAMS 解算器的作用。
- 了解静力学（Statics）、动力学（Dynamics）、运动学分析（Kinematics）和动力学分析（Kinetics）之间的关系。
- 了解运动驱动、关节运动仿真（Articulation）、运动仿真（Animation）的基本工作模式。
- 观察一个运动分析方案，做运动仿真、关节运动仿真，并解算一个简单的设计问题。

【练习】

本章包含下列练习：

练习 1-1 关节运动仿真，基于位移的机构运动分析。

练习 1-2 运动仿真，基于时间的机构运动分析。

练习 1-3 实例求解。

1.1 概 述

1.1.1 什么是运动分析模块

运动分析模块 (Scenario For Motion) 是 CAE 应用软件, 用于建立运动机构模型, 分析其运动规律。运动分析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分析方案。每个运动分析方案均可独立修改, 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 运动分析模块能执行何种类型的分析

运动分析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。运动分析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 (减轻或加重或增加硬度等)。设计的更改可以反映在装配主模型的复制品分析方案 (Scenario) 中, 再重新分析, 一旦确定优化的设计方案, 设计更改就可直接反映到装配主模型中。

1.1.3 如何创建运动分析方案

可以认为机构是一组连接在一起运动的连杆 (Links) 的集合, UG 可用下面三步产生一个运动分析方案:

第 1 步 创建连杆 (Links)

UG 可在运动机构中创建代表运动件的连杆。

第 2 步 创建运动付 (Joints)

UG 可创建约束连杆运动的运动付。在某些情况下, 可同时创建其他的运动约束特征, 如弹簧、阻尼、弹性衬套和接触。

第 3 步 定义运动驱动 (Motion Driver)

运动驱动驱动机构的运动。每个运动付可包含下列 5 种可能的运动驱动中的一种:

- 无运动驱动 (None) (机构只受重力作用)
- 运动函数 (Motion Function) (用数学函数定义运动方式)
- 恒定驱动 (Constant Driver) (恒定的速度和加速度)

- 简谐运动驱动 (Harmonic Driver) (振幅、频率和相位角)
- 关节运动驱动 (Articulation Driver) (步长和步数)

1.1.4 如何使一个运动分析方案中的机构运动起来

运动分析方案中的机构以下面的两种形式运动:

(1) 关节运动 (Articulation)

关节运动是基于位移的一种运动形式。机构以指定的步长 (旋转角度或直线距离) 和步数运动。

(2) 运动仿真 (Animation)

运动仿真是基于时间的一种运动形式。机构在指定的时间段中运动, 并同时指定该时间段中的步数进行运动分析。

通过学习本章的其余部分, 可获得以下一些问题的答案。

- 什么是运动分析方案?
- 运动分析方案中的机构如何工作?
- 从何处入手分析?

1.2 进入运动分析模块

进入运动分析模块, 选择主菜单 Application→Motion (见图 1-1)。

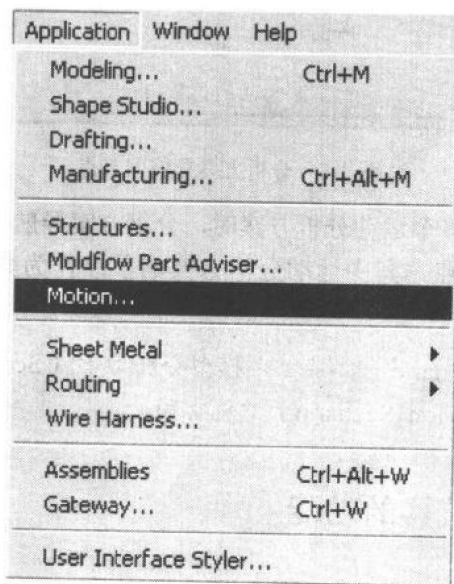


图 1-1 进入运动分析模块