

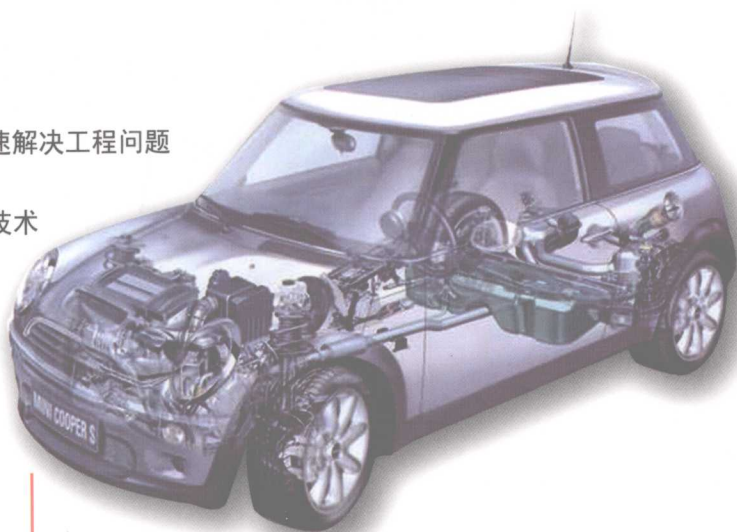
万水CAE技术丛书

一线 CAE 工程师十年工作经验的浓缩

深入浅出讲解 MSC.ADAMS 技术, 快速解决工程问题

避免复杂的方程推导, 轻松学习 CAE 技术

辅助学习机构运动学的绝好参考用书



MSC. ADAMS

陈军 编著

MSC.ADAMS

技术与工程分析实例

理论+应用 深入剖析机构运动学经典实例



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

万水 CAE 技术丛书

MSC.ADAMS 技术与工程分析实例

陈军 编著

http://www.waterpub.com

目录及插图

MSC.ADAMS 技

中国水利水电出版社

(万水 CAE 技术

ISBN 978-7-2084-

I. M... II. 陈军

软件, ADAMS, IV

中国版本图书馆

(书) (水) 91825258, (水)		水 (水) LOGS 税率 中国 (水) 网址: liam 电话 (水): 85262819 (水) 全国全	井 合 出 版 社 中 国 水 利 电 气 出 版 社
		北京万水电子有限公司 北京市丰台区... 100000 184mm × 260mm 16 开本 22 印张 612 千字 2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷 0001—4000	48.00 元 中国水利水电出版社 www.waterpub.com.cn



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

版权所有 侵权必究

定价: 48.00 元

内 容 提 要

本书为虚拟样机技术软件 ADAMS 应用实例教程,侧重于在汽车整车性能分析中的应用。本书主要内容包括 ADAMS/Car、ADAMS/Car Ride、ADAMS/Driveline 三大行业专用模块的实际应用。本书从应用实例出发,侧重于 ADAMS 软件实际运用和工程问题的解决,比较系统地介绍了 ADAMS 软件三个专业模块在操纵稳定性、行驶平顺性等方面从模型的建立直至得出仿真结果的全过程。

本书共分为 9 章,基本按模块的应用划分。第 1 章至第 3 章为应用基础部分,主要介绍 ADAMS/Car 的基本使用方法和模型元素;第 4 章为示范模板的分析,通过对发动机、转向系统、制动系统等几个典型模板的结构分析介绍模板组建时应重点注意的事项和应用扩展;第 5 章和第 6 章分别为悬挂分析和轮胎路面模型,包括路面建模和轮胎特性图示的轮胎试验台;第 7 章和第 8 章为整车仿真分析部分,从标准试验到自定义并辅以实例全面地介绍基于车辆模型的操纵稳定性和行驶平顺性虚拟试验的定义方式与典型结果。第 9 章专门介绍 ADAMS/Driveline,用较多的篇幅详细说明转动系统部件、总成的建模方法。此外,本书中还对 ADAMS2007r1 中提供的几个工具如液压悬架参数识别、总成台架试验等均作了一一说明。

本书主要面向机械相关专业的初级和中级 ADAMS 用户,要求读者对 ADAMS 软件基础模块(ADAMS/View, ADAMS/PostProcessor)的使用有一定的了解。本书可作为从事汽车设计和研究的技术人员使用 ADAMS 的参考书,也可作为机械类专业的高年级本科生、研究生掌握 ADAMS 技术的参考书。本书的典型案例文件可以从中国水利水电出版社网站 <http://www.waterpub.com.cn/softdown/> 下载。

图书在版编目(CIP)数据

MSC.ADAMS 技术与工程分析实例 / 陈军编著. —北京:
中国水利水电出版社, 2008

(万水 CAE 技术丛书)

ISBN 978-7-5084-5852-6

I. M… II. 陈… III. 轿车—设计—计算机仿真—应用
软件, ADAMS IV. U469.110.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 132987 号

书 名	万水 CAE 技术丛书 MSC.ADAMS 技术与工程分析实例
作 者	陈军 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、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	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 25 印张 612 千字
版 次	2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	48.00 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

前 言

虚拟样机技术是当前设计制造领域的一门新技术,涉及多体系统动力学、计算方法与软件工程等学科,它利用软件建立机械系统的三维模型和力学模型,分析和评估系统的性能,从而为物理样机的设计和制造提供参数依据。虚拟样机技术在设计时可以在计算机上方便地修改设计缺陷,试验不同的设计方案,对整个系统进行不断改进和优化。这样就能极大地缩短产品开发周期,降低成本,提高产品质量。

MSC.ADAMS 已经成为 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,是一款集建模、求解、可视化技术于一体的虚拟样机软件。在许多国际化大型公司、企业均采用 MSC.ADAMS 软件作为其机械系统动力学仿真的平台。该软件可用于建立复杂机械系统的“功能化数字样机”,在现实工作条件下逼真地模拟其所有运动情况,并且可以快速分析比较多种设计方案,直至获得最优设计方案。

作者多年从事产品设计,对虚拟样机技术有深入的理解,特别对汽车行业有丰富的开发设计经验。纵观现有 MSC.ADAMS 相关图书,发现大部分停留在功能讲解上面,深入产品开发实践的图书不多,对实际工作的指导意义不是特别强烈。作为一线工程师,作者经过多年的设计经验积累,有丰富的 MSC.ADAMS 实践案例提供给读者,融合技术、经验、实战案例来层层剖析 MSC.ADAMS 的应用技术。

本书为 MSC.ADAMS 技术应用实例教程,侧重于在汽车整车性能分析中的应用。主要包括 ADAMS/Car、ADAMS/Car Ride、ADAMS/Driveline 三大行业专用模块的实际应用。本书从应用实例出发,侧重于 ADAMS 软件实际运用和工程问题的解决,比较系统地介绍 ADAMS 软件三个专业模块在操纵稳定性、行驶平顺性等方面从模型的建立直至得出仿真结果的全过程。本书共分为 9 章,基本按模块的应用划分。第 1 章至第 3 章为应用基础部分,主要介绍 ADAMS/Car 的基本使用方法和模型元素;第 4 章为示范模板的分析,通过对发动机、转向系、制动系等几个典型模板的结构分析介绍模板组建时应重点注意的事项和应用扩展;第 5 章和第 6 章分别为悬挂分析和轮胎路面模型,包括路面建模和轮胎特性图示的轮胎试验台;第 7 章和第 8 章为整车仿真分析部分,从标准试验到自定义并辅以实例全面地介绍基于车辆模型的操纵稳定性和行驶平顺性虚拟试验的定义方式与典型结果。第 9 章专门介绍 ADAMS/Driveline,用较多的篇幅详细说明转动系统部件、总成的建模方法。此外,本书中还对 ADAMS2007r1 中提供的几个工具如液压悬置参数识别、总成台架试验等均作了一一说明。

读者对象

本书主要面向机械相关专业的初级和中级 ADAMS 用户,要求读者对 ADAMS 软件基础模块(ADAMS/View、ADAMS/PostProcessor)的使用有一定的了解。本书可作为从事汽车设计和研究的技术人员使用 ADAMS 的参考书,也可作为机械类专业的高年级本科生、研究生掌握 ADAMS 技术的参考书。

本书特色

- 本书以基础和实例详解并重,既是 ADAMS 初学者的学习教材,也可作为对 ADAMS 有一定了解的用户制定工程问题分析方案、精通高级前后处理与求解技术的参考书。
- 整本书图文并茂,帮助读者快速入门,降低学习难度,可作为菜单系统操作指南。详细介绍 ADAMS/Car、ADAMS/Car Ride、ADAMS/Driveline 三大模块的常用设置和使用技巧,方便读者更深入地掌握 ADAMS 技术。
- 重点突出 ADAMS 在汽车行业中的应用,并且读者能够轻易地转到 ADAMS 其他机械分析技术。并且对于一些重点和难点,给出轻松易懂的描述方式,尽量少用复杂的数学推导公式,帮助读者更快地理解虚拟样机分析技术。
- 难易结合,由浅入深,从软件的基本操作到复杂的工程实例,从基本的线性分析到复杂的整车仿真分析,循序渐进,一步步把读者引入 CAE 分析的殿堂。
- 对于每个实例,以图文并茂的方式给出操作流程,并对关键部分给出解释,使读者能参照本书完成每一个实例,通过实例引导学习。
- 针对典型案例的文件,还整理起来提供到网站上,方便读者下载。配套文件可以从中国水利水电出版社网站下载。

分工与致谢

本书由陈军执笔,感谢家人的关心支持和理解,特别要感谢周初先生、唐未央先生、任冰女士。全书的审校工作由姚新军完成。

在本书的编写过程中,参与具体工作的还有王斌、张强林、刘羽宇、郭敏、董茜、陈鲲、王晓、陈洪军、余伟炜、王呼佳、许志清、张赛桥、刘军华、张代全、李琦、万雷、厉剑梁、殷世钦、江广顺、李强、吴志俊、杜长城、余松、夏惠军。还要感谢中国水利水电出版社老师的辛苦努力,正是因为你们辛苦的付出,才使本书能在第一时间和读者见面。

由于时间仓促,作者水平有限,书中错误、纰漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2008年8月

陈军

目 录

前言

第 1 章 ADAMS 概述	1
1.1 概述	1
1.2 ADAMS/Car 文件体系	2
1.2.1 属性文件 (Property Files)	3
1.2.2 模板 (Templates)	4
1.2.3 子系统 (Subsystems)	5
1.2.4 装配组件 (Assemblies)	6
第 2 章 ADAMS/Car 基本操作	8
2.1 界面介绍	8
2.1.1 启动 ADAMS/Car 标准界面	8
2.1.2 标准界面主窗口	9
2.2 模型文件的管理	10
2.2.1 新建 (New)	10
2.2.2 打开 (Open)	12
2.2.3 子系统管理 (Manage-Subsystem)	12
2.2.4 装配组件管理 (Manage Assembly)	13
2.2.5 保存 (Save) 和关闭 (Close)	14
2.2.6 文件的导入 (Import) 和导出 (Export)	14
2.2.7 打印 (Print) 和选择工作目录 (Select Directory)	14
2.3 编辑 (Edit)	14
2.4 视窗操作	16
2.4.1 显示装配组件 (Assembly) 和子系统 (Subsystem)	17
2.4.2 工具栏 (Toolbox and Toolbars) 和图标 (View Accessories) 的显示设置	17
2.4.3 信息窗口的管理	17
2.4.4 模型的显示操作	18
2.4.5 视窗布局 (Layout)	18
2.5 子系统和装配组件的调节	20
2.5.1 调节 (Adjust) 功能概述	20
2.5.2 调节菜单中常见部分	20
2.5.3 替换 (Replace)	22
2.5.4 转接件 (Switch Part) 的连接修改	24
2.5.5 部件的激活和抑制 (Request Activity)	24
2.5.6 集总质量和惯量统计 (Aggregate Mass)	24

2.5.7	距离测量 (Measure Distance)	25
2.6	环境设置	25
2.6.1	命令文件执行设置	26
2.6.2	解算器设置	26
2.7	ADAMS/Car 数据库管理和数据库浏览器	34
2.7.1	ADAMS/Car 提供的默认数据库	34
2.7.2	数据库管理工具	34
2.8	工具——曲线管理器	40
2.8.1	界面菜单	41
2.8.2	图线界面操作	41
2.8.3	使用曲线管理器创建非线性元件 (单元) 属性文件	44
2.8.4	表格界面操作	46
2.9	后处理绘图配置文件	47
第3章	ADAMS 建模器	55
3.1	建模器界面介绍	55
3.1.1	启动 ADAMS/Car 模板模式	56
3.1.2	定义模板类型	56
3.1.3	进入创建界面	57
3.2	模板部件说明	57
3.2.1	基本元素	57
3.2.2	位置与方向的确定	60
3.2.3	部件	62
3.2.4	几何实体 (Geometry)	67
3.2.5	连接件 (Attachments)	68
3.2.6	弹性元件 (Forces)	69
3.2.7	命名约定	72
3.2.8	可调力 (Adjustable Forces)	73
3.2.9	齿轮 (Gears)	75
3.2.10	运动副的摩擦力与摩擦力矩 (Friction)	77
3.2.11	车轮组件 (Wheel)	77
3.2.12	制动器 (Actuators)	77
3.2.13	条件传感器 (Condition Sensor)	80
3.2.14	请求 (Request)	81
3.2.15	反馈通道 (Feedback Channels)	82
3.2.16	通用数据单元 (General Data Elements)	82
3.2.17	参数变量 (Parameter Variable)	84
3.2.18	悬挂参数变量的创建和修改 (Suspension Parameters)	84
3.2.19	模板位移 (Shift Template)	86
3.3	关于通讯器	86

3.3.1	通讯器的类型 (Type)	87
3.3.2	通讯器的实体类别 (Entity Class)	87
3.3.3	通讯器的特征 (Communicator Roles)	87
3.3.4	通讯器的命名	88
3.3.5	通讯器的匹配	88
3.3.6	创建输入通讯器	88
3.3.7	创建输出通讯器	88
3.3.8	获取通讯器信息	90
3.3.9	通讯器匹配测试	90
3.3.10	实例研究	91
3.3.11	整车标准试验台 (MDI_SD1_TESTRIG) 的通讯器	93
3.3.12	悬挂试验台 (MDI_SUSPENSION_TESTRIG) 的通讯器	94
第 4 章	示范模板的应用	96
4.1	动力系统 (Powertrain) 模板	96
4.2	转向系统模板	100
4.2.1	齿轮齿条转向系	100
4.2.2	平行杆转向系	103
4.3	四轮盘式制动系	106
4.4	刚性底盘	109
第 5 章	悬挂分析与建模实例	111
5.1	概述	111
5.2	车轮激振分析 (Wheel Travel Analysis)	114
5.2.1	双轮同向激振 (Parallel Wheel Travel) 仿真	114
5.2.2	双轮反向激振 (Opposite Wheel Travel) 仿真	115
5.2.3	单轮激振 (Single Wheel Travel) 仿真	115
5.3	力随遇平衡 (Roll & Vertical Force) 仿真	116
5.4	转向 (Steering) 仿真	117
5.5	自定义静载 (Static Loads) 分析	118
5.6	创建悬挂仿真工况 (Create Loadcase) 文件	121
5.7	外部文件控制 (External Files) 仿真	122
5.8	悬挂动态分析 (Dynamic Analysis)	124
5.9	模板至装配组合实例——麦弗逊式前悬挂	126
5.9.1	创建模板部件	126
5.9.2	部件间连接	135
5.9.3	定义通讯器	143
5.9.4	保存与检查	148
5.9.5	创建悬挂子系统	149
5.9.6	悬挂总装配	150
5.9.7	执行仿真分析	152

第 6 章 轮胎与道路模型	157
6.1 概述	157
6.1.1 轮胎模型	157
6.1.2 相关定义	159
6.2 Fiala 轮胎模型	161
6.3 UA 轮胎模型	163
6.4 使用魔术公式 Magic-Formula (MF) 的轮胎模型	164
6.4.1 Pacejka '89 和 '94 轮胎模型	164
6.4.2 Pacejka '94 轮胎模型	170
6.4.3 MF-Tyre 和 MF-Swift 轮胎模型	170
6.4.4 MF 轮胎数据库	172
6.4.5 Delft-Tyre 轮胎的使用	173
6.5 柔性环轮胎模型 (FTire)	173
6.5.1 FTire 模型	174
6.5.2 FTire 轮胎属性文件	175
6.6 道路模型	181
6.6.1 2D 道路	183
6.6.2 3D 道路模型	187
6.7 路面建模器	191
6.8 轮胎试验台	198
6.8.1 基本使用介绍	198
6.8.2 轮胎试验台操作实例——使用现有的轮胎分析文件	202
6.8.3 轮胎试验台操作实例——创建轮胎分析文件	202
第 7 章 整车仿真	206
7.1 概述	206
7.2 整车仿真分析 (Full - Vehicle Analysis) 的定义与设定	214
7.2.1 开环转向仿真事件 (Open - Loop Steering Events)	215
7.2.2 稳态回转仿真事件 (Cornering Events)	223
7.2.3 直行仿真事件 (Straight-Line Events)	229
7.2.4 路线跟踪 (Course Events) 仿真事件	232
7.2.5 驱动控制文件 (File Driven Events) 仿真	234
7.2.6 静态和准静态演算 (Static and Quasi-Static Maneuvers)	234
7.2.7 ADAMS/SmartDriver 智能驾驶	237
7.3 驱动控制和事件构造器	240
7.3.1 驱动控制文件 (Driver Control File)	240
7.3.2 事件文件和事件构造器	251
7.3.3 驱动参数文件 (Driver Control Data Files)	255
7.4 ADAMS/Car 整车仿真实例	264

第 8 章 Car Ride 平顺性仿真	270
8.1 简介	270
8.2 基于四柱试验台的整车平顺性仿真	272
8.3 基于四柱试验台的整车振动分析	276
8.4 仿真实例	282
8.4.1 正弦波扫描激励	282
8.4.2 随机不平路面仿真实例	284
8.5 液压悬置参数标识工具 HPIT (Hydromount-Parameter Identification Tool)	291
第 9 章 动力传动系统建模与仿真	296
9.1 简介	296
9.1.1 ADAMS/Driveline 模型结构	297
9.1.2 ADAMS/Driveline 的启动	297
9.1.3 ADAMS/Driveline 的装配组合	298
9.2 ADAMS/Driveline 特殊操作	299
9.2.1 初始运动条件的创建和管理	299
9.2.2 组件激活向导	301
9.2.3 读入属性文件	302
9.3 传动系模型元素 (Driveline Components)	302
9.3.1 间隙 (Backlash)	303
9.3.2 滚动轴承 (Bearing)	304
9.3.3 搅油阻力 (Churning Drag)	305
9.3.4 扭力弹簧 (Torsion Springs)	306
9.3.5 组合扭簧 (Complex Springs)	307
9.3.6 链条连接件 (Chains)	307
9.3.7 带初始转角的十字万向节 (Hooke Joint with Angle)	308
9.3.8 不平衡质量 (Unbalanced Mass)	309
9.3.9 齿轮传动	310
9.3.10 液力变矩器 (Torque Converters)	317
9.3.11 液力耦合器 (Viscous Coupling)	318
9.3.12 双向超越离合器 (Clutch Connectors)	318
9.3.13 概念化离合器 (Conceptual Wet Clutches)	319
9.3.14 离合器传递力 (Clutch Force)	320
9.3.15 限滑差速器 (Limited Slip Differential)	320
9.3.16 驱动车轮 (Ride Wheels)	322
9.3.17 弹性轴 (Flexible Shaft)	323
9.3.18 多元组件 (Complex Components)	325
9.4 传动系建模实例	329
9.4.1 启动 ADAMS/Driveline Template Builder	329
9.4.2 新建传动系模板	330

9.4.3	创建前差速器 (Front Differential) 单元	330
9.4.4	创建传动轴 (Propshaft)	333
9.4.5	创建后差速器 (Rear Differential)	336
9.4.6	创建主动锥齿轮 (Pinion) 几何体	337
9.4.7	创建桥壳 (Differential Housing)	339
9.4.8	创建前桥壳几何形体和安装胶垫	342
9.4.9	创建前后传动轴滑动叉 (Slip Yoke)	345
9.4.10	建立传动轴吊架	347
9.4.11	保存模板到个人数据库	349
9.5	变速器模板 (Gearbox Template) 建模实例	350
9.5.1	新建变速器模板	351
9.5.2	创建输入轴 (Input Shaft)	351
9.5.3	创建输出轴 (Output Shaft)	353
9.5.4	创建齿轮副 (Gears)	354
9.5.5	创建轴承 (Bearing) 连接	359
9.5.6	创建动力元 (Dyno)	361
9.6	ADAMS/Driveline 标准整车仿真	362
9.6.1	冲击脉冲 (Impulse-Torque) 试验	363
9.6.2	斜坡脉冲 (Ramp-Torque) 试验	363
9.6.3	阶跃脉冲 (Step Torque) 试验	365
9.6.4	扭矩周期摆动 (Rock Cycle) 试验	365
9.6.5	发动机制动—驱动 (Torque Tip In - Tip Out) 试验	366
9.6.6	动载工况 (Torque Loadcase) 试验	367
9.6.7	静载工况 (Static Loadcase) 试验	369
9.6.8	转速扫描 (RAM Sweep) 试验	370
9.6.9	油门开闭 (Throttle Tip In - Tip Out) 试验	370
9.6.10	离合器分离 (Dropped Clutch) 试验	371
9.6.11	台架试验 (Bench-Test)	373
9.7	动力元 (Dyno) 的定义与应用	374
9.7.1	动力元函数类别 (Function Type)	375
9.7.2	动力元创建与使用实例——多动力元	380
9.7.3	动力元创建与使用实例——动力元函数驱动	382
9.7.4	自建模板的台架试验	384
参考文献		388

第 1 章 ADAMS 概述

ADAMS/Car 是前 MDI 公司与奥迪 Audi、宝马 BMW、雷诺 Renault 和沃尔沃 VOLVO 等公司合作开发的轿车专用分析软件包，集成了他们在汽车设计、开发方面的专家经验，在 ADAMS/Car 中融合了轮胎模块、解算器模块和后处理模块。它允许汽车工程师建造汽车各个子系统的虚拟原型，并如同试验真实样机一样对其进行计算机仿真分析，输出表示操作稳定性、制动性、乘坐舒适性和安全性的性能参数。

本章内容包括：

- 概述
- ADAMS/Car 文件体系

1.1 概述

ADAMS/Car 模块分为 Standard（标准）和 Template Builder（模板建模器）两种模式，并对应不同的菜单界面功能。其中，标准模式是以模板为基础对已存在的半车模型和整车模型进行仿真分析。

利用 ADAMS/Car，用户可以方便、快速地在标准模式下创建悬挂组合和整车装配。建造的各种组合在 ADAMS/Car 中称为汽车子系统，相当于俗称的总成，如前后悬挂、转向器、稳定杆和车身等。用户可以利用 ADAMS/Car 提供的子系统标准模板进行建模作业，在 ADAMS/Car 中向用户提供了大量在轿车上常用组件的模板，如双叉臂悬挂、麦弗逊悬挂和齿轮齿条转向系统等。

当用户拥有 ADAMS/Car 专家级权限时，就可以利用模板建模器模式建立自定义的模板，直至建立企业内部专用模板库。通常情况下，ADAMS/Car 采用自下而上的建模顺序，即装配组合（包括整车）模型建立在子系统模型的基础上，子系统则需要在模板中建立。因此，模板是建模的主要基础。

当若干个子系统组装成装配组合后，就可在标准模式下进行各种形式的仿真分析。例如，对于悬挂系统：

- 在车轮上施加跳回弹运动，测量前束、垂直刚度、侧倾刚度和横摆臂长度。
- 在轮胎接地处施加侧向力，测量前束的变化和悬挂的侧向变形。
- 正反方向转动方向盘到两端极限位置，测量转向角和阿克曼角。

当用户对分析得到的结果不满意时，还可以在 ADAMS/Car 界面中对悬挂部件的几何尺寸和空间连接位置、弹簧刚度甚至悬挂的种类等进行快速修改，重复仿真分析，评估修改的效果。例如，确定后悬挂拓扑结构时，分析是拖曳杆式还是多连杆式有更好的操作性能。仿真分析完成后，可以将悬挂特性曲线和动力学响应曲线打印输出，也可以通过网络与他人共享。

利用 ADAMS/Car 可以使工程师们的工作快速而精确，有更多时间集中精力去研究如何改进设计获得理想的汽车性能。虚拟分析、试验的优势有：

- 在制造和测试实物样机以前对处于设计阶段的产品进行分析，了解其工作特性并指导

设计的改进。

- 与物理样机的试验相比,使用 ADAMS/Car 评价改进设计后的效果,快捷而且成本低廉。例如,要改变弹簧的刚度并评估效果时,单击鼠标就可以代替机工的拆装和再试验。
- 快速、方便地改变试验的种类,无须重新装置仪表、试验设备。
- 由于是在计算机上进行的仿真试验,所以无须担心因仪器失效和气候的影响而耽搁时间。
- 与真实试验相比,虚拟试验没有任何危险。

1.2 ADAMS/Car 文件体系

这里的文件体系是指基于模板建立的虚拟产品。它由一系列的文件构成,并保存在数据库中。在 ADAMS/Car 中有 4 类文件:

- 属性文件
- 模板
- 子系统
- 装配组件

如图 1-1 所示的流程是使用文件体系建立一个基于模板的产品——前悬挂转向组件。模板所使用的属性文件含有弹簧、减震器、橡胶衬套等各种部件的特性数据。当用户建立一个新的子系统时,既可以使用模板中默认的属性文件,也可以调用其他数据库中的属性文件,如图 1-1 中虚线所示。

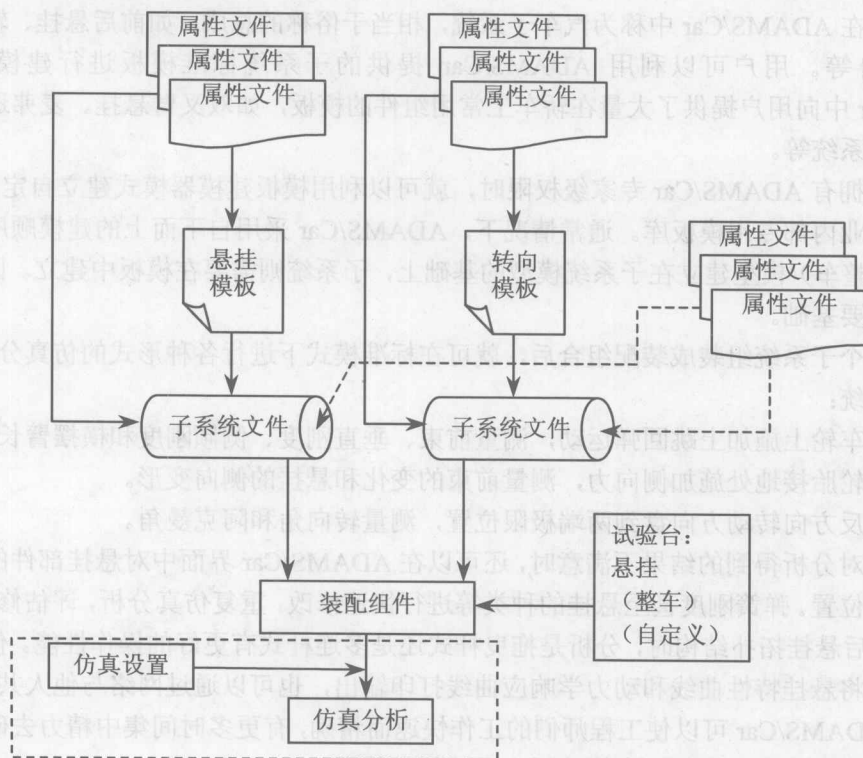


图 1-1 前悬挂转向组件文件构成

1.2.1 属性文件 (Property Files)

属性文件是定义部件参数的 ASCII 格式文件，可以使用任何文本编辑器进行编辑、修改和保存。与物理模型使用螺栓、垫圈等标准件相似，利用属性文件可以方便地对具有同样参数的文件一并定义。如在一个悬挂系统中包含有很多同样的橡胶衬套，定义它们的特性只需调用同一属性文件即可。

属性文件按对应的部件分类存放在数据库中。ADAMS/Car 安装后将生成两个数据库：共享数据库和个人数据库，后缀名为 cdb。在数据库内这些文件按组件或数据的作用分类存放到子库中。ADAMS/Car 安装时，默认的子库共有 30 个，这些分类子库的后缀名为 tbl。例如，一个橡胶衬套属性文件的位置路径是：

mdids://shared_car_database.cdb/bushings.tbl/mdi_0001.bus

其中，mdids 是指 ADAMS/Car 安装的盘符。属性文件在数据库的位置如图 1-2 所示。

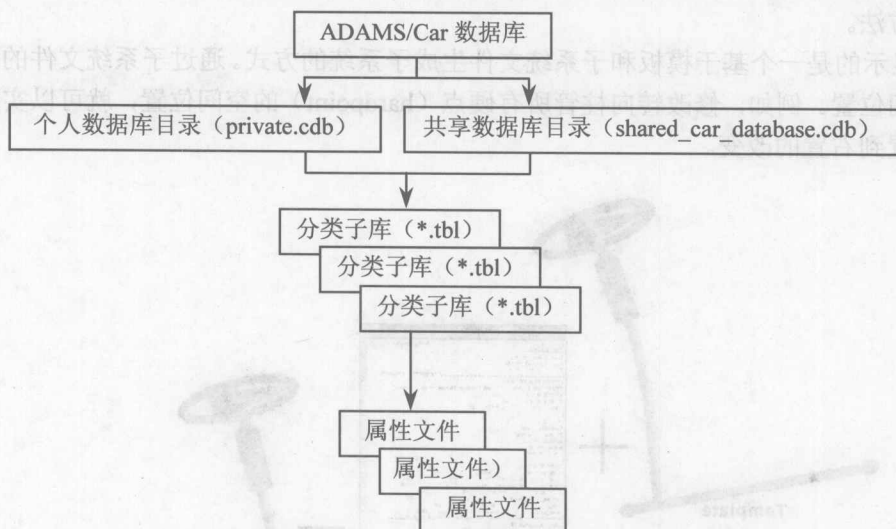


图 1-2 默认数据库结构与属性文件位置

属性文件中的一个或几个数据块对弹簧、减震器、缓冲块、橡胶衬套等弹性元件的受力—位移或受力—速度特性进行定义。对于此类零件，还可以在 ADAMS/Car 界面使用曲线管理器 (Curve Manager) 工具或属性编辑器 (Property File Editor) 工具，对属性文件进行观察和编辑。下面是某个减震器属性文件中，受力—速度特性曲线的定义子集：

```

$-----CURVE
[CURVE]
{ vel      force}
-1270.0    -1495.5
-254.0     -809.5
-152.4     -654.8
-127.0     -587.1
-101.6     -533.8
-76.2      -455.5
-50.8      -370.1
-25.4      -206.4
  
```

0.0	0.0
25.4	462.6
50.8	695.4
76.2	854.0
101.6	966.4
127.0	1085.1
152.4	1171.4
254.0	1423.4
1270.0	3218.1

其中, 速度单位是 mm/s, 力的单位是 N。

1.2.2 模板 (Templates)

模板是参数化的模型, 在模板中含有标准模型组件的零件参数和拓扑结构。模板中的部分部件可受参数驱动。这样就可以用一个模板涵盖众多同类子系统, 为建立各种类似子系统提供了便捷的方法。

图 1-3 显示的是一个基于模板和子系统文件生成子系统的方式。通过子系统文件的设定可以改变其空间位置。例如, 修改转向柱管所有硬点 (hardpoint) 的空间位置, 就可以实现方向盘位置从左置到右置的改变。

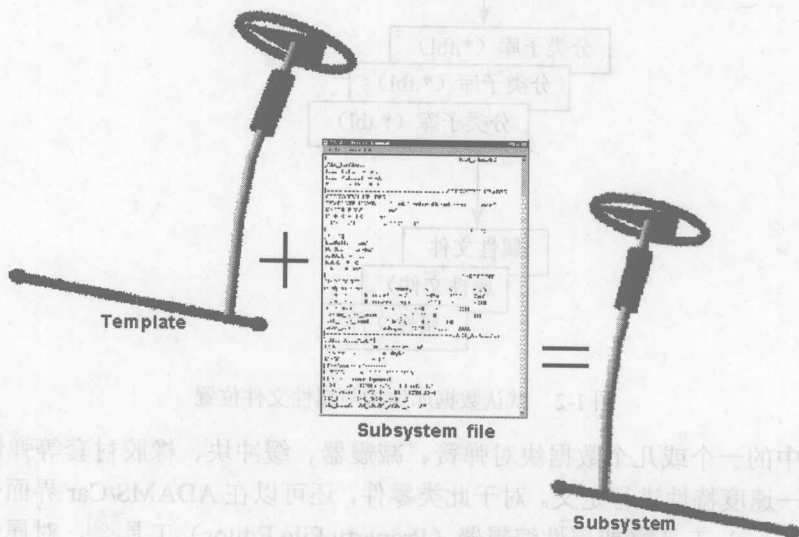


图 1-3 子系统组成示意图

用户可以对组装后的最终模型跳过子系统直接修改模板上的数据, 如硬点、零件属性和参数变量。在这里:

- 硬点指连接点或固定点的几何位置。
- 零件属性指质量、惯量和刚柔性等。
- 参数变量指位于子系统文件中用户在标准界面可以修改、保存的字符串或实数。

模板中还有名为通讯器 (communicator) 的单元, 用于定义与其他模板、试验台和子系统的连接信息。通讯器有输入 (input communicator) 和输出 (output communicator) 两种形式, 还有类别 (class)、副特征 (minor role) 等属性。在模型组装 (如子系统装配、子系统和试验台装配) 时, ADAMS 根据相同的类别、副特征和对称性将不同形式的通讯器 (一个输入、一

个输出)匹配成通讯器对。匹配后的通讯器即可以在子系统或试验台之间进行信息的相互传递,从而完成分析前模型的总装。没有匹配的通讯器,将默认连接到地面。

下面为一个麦弗逊悬挂模板已经匹配的通讯器部分:

Listing of input communicators in '_macpherson'

Communicator Name:	Class:	From Minor Role:	Matching Name:
ci[lr]_strut_to_body	mount	inherit	strut_to_body
ci[lr]_tierod_to_steering	mount	inherit	tierod_to_steering
ci[lr]_tripot_to_differential	mount	inherit	tripot_to_differential
cis_subframe_to_body	mount	inherit	subframe_to_body

'_macpherson' contains:

7 input communicators of type 'mount'

Listing of output communicators in '_macpherson'

Communicator Name:	Class:	To Minor Role:	Matching Name:
co[lr]_arb_bushing_mount	mount	inherit	arb_bushing_mount
co[lr]_droplink_to_suspension	mount	inherit	droplink_to_suspension
co[lr]_suspension_mount	mount	inherit	suspension_mount
co[lr]_suspension_upright	mount	inherit	suspension_upright
cos_rack_housing_to_suspension_subframe	mount	inherit	rack_housing_to_suspension_subframe

'_macpherson' contains:

9 output communicators of type 'mount'

ADAMS/Car 采用汽车行业习惯,通过赋予模板主特征(major roles)即模板所属的总成来区分各种模板。主特征是模板的属性之一,当基于模板建立子系统时,模板的主特征属性就被子系统继承。

ADAMS/Car 提供的模板标准主特征有悬挂(suspension)、转向(steering)、横向稳定杆(anti roll bar)、车轮(wheel)、车身(body)、发动机(power_train)、传动系(driveline)、半轴(half shaft)、差速器(differential)、变速器(gearbox)、分动器(transfer_case)、制动系统(brake_system)、试验台(analysis)、环境(environment)、离合器(clutch)和曲柄连杆机构(crank_train)。

1.2.3 子系统(Subsystems)

子系统是基于模板建立的、允许标准用户修改模板参数的零部件组合,如悬挂、车轮、传动系、车架等。用户只能在标准界面中才可以使用子系统。子系统的使用,包含新建和载入两方面。新建子系统必须是基于一个现存的模板。同理,打开一个现存的子系统时,伴随的模板也同时被读入。

子系统中含有模型组成零部件的说明。这些说明包括设计参数、引用的属性文件和模板文件。设计参数有车轮半径、前束角、硬点的名称和位置、零件质量等。

子系统允许用户执行一些常用的操作,如打开、关闭、新建、输出、保存、更新和同步。保存的格式有.TeimOrbit 或.XML, 子系统文件的扩展名是 sub。

下面是后悬挂子系统文件的片断:

```
$-----MDI_HEADER
[MDI_HEADER]
```



```
FILE_TYPE      = 'sub'
FILE_VERSION    = 6.6
FILE_FORMAT     = 'ASCII'
```

```
$-----SUBSYSTEM_HEADER
```

```
[SUBSYSTEM_HEADER]
```

```
TEMPLATE_NAME  = 'c:// private /templates.tbl/_double_wishbone.tpl'
MAJOR_ROLE     = 'suspension'
MINOR_ROLE     = 'rear'
TIMESTAMP      = '2004/07/28,10:39:25'
```

与模板分类相似,子系统也有特征属性。由于其特征级低于模板,所以称之为副特征(minor role)。特征的类别可从模板继承也可指定,如前、后等。

子系统具有动力学或应顺性两种模式。用户可以在两者之间切换,设定连接件(如铰链副和轴套)的运动是激活还是锁定。当用户创建铰链副时,可以设置为总是处于激活状态或只在动力学模式下激活。反之,对于轴套连接,可以设置为总是处于锁定或只在动力学模式锁定。这样用户就可以使用同一子系统进行动力学和应顺性仿真分析。

1.2.4 装配组件(Assemblies)

装配组件是子系统和试验台的组合件。由于标准仿真都是由试验台驱动,所以只有包含试验台的装配组件才可以进行仿真分析。

下面为一个麦弗逊前悬挂转向主件.asy 文件的片断,可以清楚地观察到组件调用了两个前悬挂、转向系统子系统和试验台:

```
$-----MDI_HEADER
```

```
[MDI_HEADER]
```

```
FILE_TYPE      = 'asy'
FILE_VERSION    = 1.0
FILE_FORMAT     = 'ASCII'
```

文件种类: asy

版本: 1.0

文件格式: ASCII

```
(COMMENTS)
```

备注

```
{comment_string}
```

字符串

```
'ADAMS/Car suspension assembly'
```

ADAMS/Car 悬挂组合

```
$-----ASSEMBLY_HEADER
```

```
[ASSEMBLY_HEADER]
```

```
ASSEMBLY_CLASS = 'suspension'
TIMESTAMP      = '2004/07/26,14:26:53'
HEADER_SIZE    = 5
```

组件类别: 悬挂

创建时间

```
$-----SUBSYSTEM
```

```
[SUBSYSTEM]
```

子系统

```
$ Subsystem information:
```

子系统信息

```
$ Major Role : suspension
```

主特征: 悬挂

```
$ Minor Role : front
```

次特征: 前

```
$ Template : _macpherson
```

模板名称: _macpherson

```
USAGE = 'c:// private /subsystems.tbl/MDI_FRONT_SUSPENSION.sub' 子系统文件路径与名称
```

```
$-----SUBSYSTEM
```

```
[SUBSYSTEM]
```

转向系统子系统

```
$ Subsystem information:
```

子系统信息

```
$ Major Role : steering
```

主特征: 转向

```
$ Minor Role : front
```

次特征: 前