

第 1 章 绪 论

ADAMS 软件为系统动力学仿真软件，目前在国内外各大汽车厂商及相关科研院所均有应用。同物理样机试验相比，ADAMS 软件仿真平台具有以下特点：更快，更节约成本；在开发流程的每个阶段获得更完善的设计信息，从而可以降低开发风险；通过对大量的设计方案的分析，优化整个系统性能，从而提高产品质量；参数化模型方法可以多次变更参数进行分析，而无须更改试验仪器、固定设备及试验程序；在安全的环境下工作，不必担心关键数据丢失或由于恶劣天气造成的设备失效。

1.1 ADAMS 的优势

- (1) 擅长三维实体、弹性体碰撞和冲击分析，摩擦、间隙分析。
- (2) 具有独特的摩擦、间隙分析功能。
- (3) 具有大型工程问题的求解能力。
- (4) 具有极好的解算稳定性，支持单机多 CPU 并行计算。
- (5) 支持系统参数化试验研究、优化分析。
- (6) 具有独特的振动分析功能，能分析机构任意运动状态下系统的振动性能。
- (7) 提供多学科软件接口，包括与 CAD、FEA、CSD（控制仿真软件）之间的接口。
- (8) 提供凝聚了丰富行业应用经验的专业化产品，是唯一经过大量的实际工程问题验证的动力学软件，支持 Windows、Linux 及 UNIX 操作系统。

1.2 ADAMS 的模块

ADAMS 软件仿真平台拥有较多模块，此处仅介绍本书涉及的模块，其他相关模块读者可以查阅 Help 帮助信息（查阅 Help 帮助信息是学习 ADAMS 的最佳方式之一）。本书系统地介绍了 Car 模块中各种类型悬架模型、机电协同控制系统、制动系统、路面模型、发动机模型、车身模型、FSAE 赛车模型及各类型商用车模型及对应的仿真；同时在 View 中介绍整车操控性仿真、转向及驱动等复杂函数的编写与调试。

1.2.1 View

View 是 ADAMS 前/后处理的可视化环境，可建立机械系统的功能化数字样机模型，定义运动部件和约束关系，施加外力或强制运动，构建机械系统的仿真模型；同时也提供了对仿真结果进行可视化观察的图形界面，可同时显示多次仿真结果的动画及数据曲线，可以进行仿真数据的数据后处理及干涉碰撞检测等。MSC.ADAMS/View 还提供了一个多目标、多参数试验设计分析模块，它提供了各种不同的试验方法，并对所得到的结果进行数学回归分析，从而可以用最少的仿真次数得到产品性能与众参数之间的关系。图 1.1 所示为通用模块 View 中建立的参数化双横臂悬架模型，具体应用如下：

- (1) 建立参数化三维实体模型，便于改进设计。
- (2) 以 igs、dwg/dxf、stp、stl、slp、shl、obj 及 parasolid 等文件格式导入其他 CAD/CAM/CAE 软件生成的几何实体甚至整个装配系统。
- (3) 提供可扩展的约束库、柔性连接库和力库。
- (4) 提供二次开发功能，可以重新定制界面，便于实现设计流程自动化或满足用户的特殊需要。
- (5) 提供计算结果的动画、曲线、彩色云图显示。
- (6) 提供多窗口显示，最多可达 6 个，每个窗口可显示不同的结果或视图。
- (7) 提供丰富的数据后处理功能（FFT 变换、滤波、Bode 图等）。
- (8) 提供多种文件输出功能（AVI/MPG 动画文件、多种格式的图片文件、HTML 格式、表格输出等）。
- (9) 支持输出进行有限元分析、物理实验及疲劳分析等文件格式。
- (10) 支持干涉碰撞、间隙检查。
- (11) 数据曲线格式及页面设置可以保存，方便以后的使用。

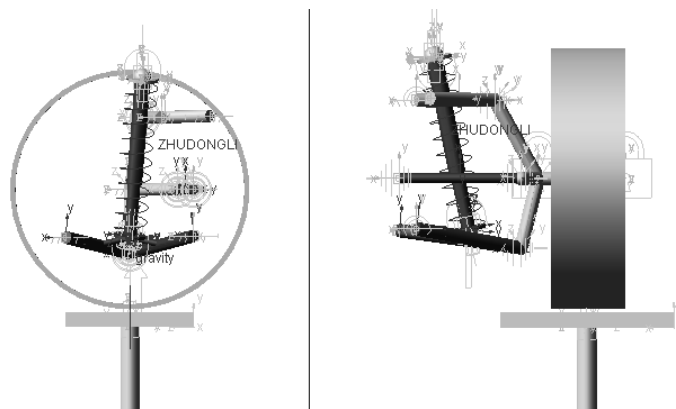


图 1.1 双横臂悬架模型

1.2.2 Car

Car 模块包括一系列的汽车仿真专用模块，用于快速建立功能化数字样车，并对其多种性能指标进行仿真评价。用 MSC.ADAMS/Car Package 建立的功能化数字样车可包括以下子系统：底盘（传动系、制动系、转向系、悬架）、轮胎和路面、动力总成、车身、控制系统等。用户可在虚拟的试验台架或试验场地中进行子系统或整车的功能仿真并对其设计参数进行优化。MSC.

ADAMS 汽车仿真工具含有丰富的子系统标准模板，以及大量用于建立子系统模板的预定义部件和一些特殊工具，通过模板的共享和组合，快速建立子系统到系统的模型，然后进行各种预定义或自定义的虚拟试验。Car 模块中，建立的横置钢板弹簧悬架 FSAE 赛车模型如图 1.2 所示。采用横置钢板弹簧悬架模型后，FSAE 赛车整车高度可以降低 81.18 mm，整车的操纵稳定性大幅提升，同时整车底盘可以进行 16 种刚度组合调试。

1.2.2.1 Road

Road 可以集成到 MSC.ADAMS/Tire Handling 模块中，即 MSC.ADAMS/Tire 可以使用三维道路模型文件 (.rdf)，用户可以通过选择道路文件选择不同的道路。在 MSC. ADAMS/Car 和 MSC. ADAMS/Chassis 中可以方便地调用三维道路模型并进行三维路面的仿真。在动画实现过程中，该模块可以自动生成三维道路模型，如果三维道路需要跟踪轨迹能力，那么就需要使用适当的驾驶员控制文件 (.def) 和驾驶员控制数据文件 (.dcd) 确定驾驶员的输入参数和车辆的运动轨迹。当 MSC. ADAMS/3D Road 与 MSC. ADAMS/Car、MSC. ADAMS/Chassis 和 MSC. ADAMS/Driver 同时使用时，用户不必使用额外的驾驶员控制文件就可以确定车辆的行驶轨迹。连续减速带路面模型如图 1.3 所示。

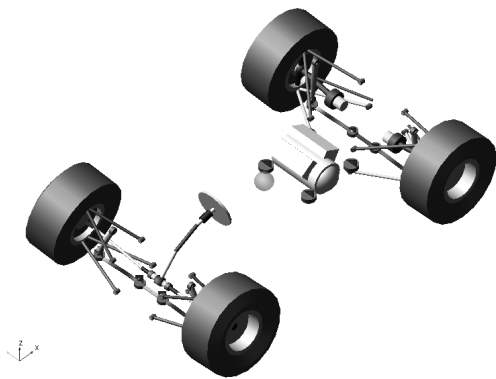


图 1.2 FSAE 赛车模型

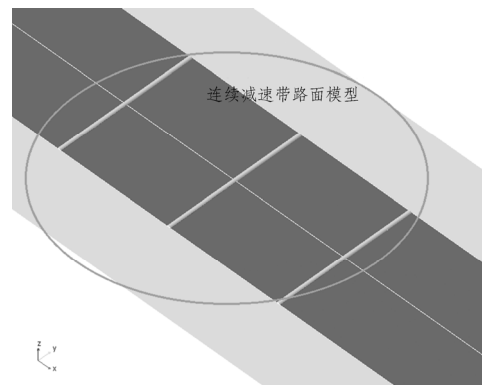


图 1.3 连续减速带路面模型

1.2.2.2 Car Ride

Car Ride 模块为 MSC. ADAMS/Car 的即插即用模块，使用该模块，可快速完成悬架或整车的装配模型，然后利用该模块提供的舒适性分析试验台，可以快速地模拟悬架或整车在粗糙路面上或在实际的振动试验台上所进行的各种振动性能试验。它支持各种激励信号，包括实测的位移或载荷的时间历程信号，借助 SWIFT 轮胎模型，可以同时考虑轮胎对整车振动性能的影响；借助 MSC. ADAMS/Vibration 模块，还可以在频域进行分析。

1.2.2.3 Driver

Driver 可以模拟驾驶员的各种动作，如转弯、制动、加速、换挡及离合器操纵等。当 MSC. ADAMS/Driver 与 MSC. ADAMS/Tire 同时使用时，工程师就可以同时分析在不平路面和山路等工况下三维路面的驾驶性能。Driver 通过定义驾驶员的行为特性确定车辆的运动性能变化：可以明确区分赛车驾驶员和乘用车驾驶员，甚至定义某个特定驾驶员的驾驶习惯特性，这样用户就可以确定各种驾驶行为，如稳态转向、转弯制动、双移线试验、横向风试验和不同路面附着

系数 μ 的制动试验。应用上述信息，MSC. ADAMS/Driver 和 MSC. ADAMS/Solver 进行数据交换，确定方向盘转角或力矩、油门踏板的位置、制动踏板上的作用力、离合器踏板的位置、变速器的挡位等，以进一步提高整车仿真置信度。Driver 的另一个特点是具有自学习能力，能够根据车辆的动力学性能调整操纵行为或模拟实际驾驶员的操纵行为。当车辆使用了包括正、负反馈的控制系统（如 ABS 系统、四轮驱动系统、四轮转向系统、巡航驾驶系统等）时，该模块可以帮助工程师更好地优化汽车的性能。

1.2.2.4 操纵稳定性

汽车操纵稳定性是指在驾驶者不感到过分紧张、疲劳的条件下，汽车能遵循驾驶者通过转向系及转向车轮给定的方向行驶，且当遭遇外界干扰时汽车能够抵抗干扰并保持稳定行驶的能力。操纵稳定性是汽车最重要的性能之一，它不仅仅代表汽车驾驶的操纵方便程度，更是决定高速汽车安全行驶的一个主要性能。评价操纵稳定性的指标有多个方面，如稳态回转特性、瞬态响应特性、回正性、转向轻便性、典型行驶工况的性能和极限行驶能力等。基于 View 模块建立的整车模型如图 1.4 所示。

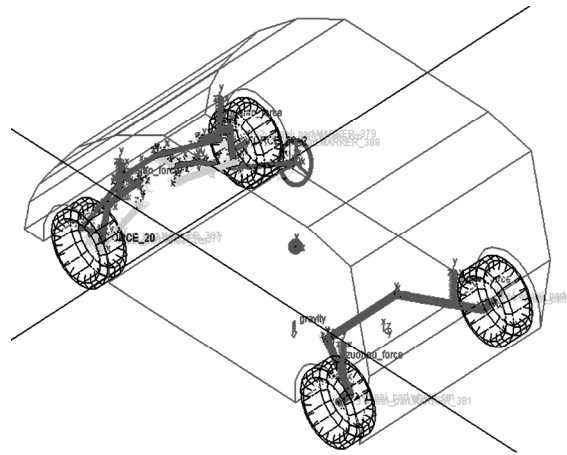


图 1.4 整车模型

1.2.3 ViewFlex

ViewFlex 是集成在 Adams/View 中的自动柔性体生成工具，它使得不必离开 ADAMS 环境即可创建柔性体，并且不需要借助任何其他有限元软件。ViewFlex 模块让有关柔性体的仿真分析比传统方式更流畅、更高效。ViewFlex 可以通过外部环境（ABAQUS、ANSYS、Nastran、HyperMesh 等软件）导入模态中性文件对系统中的部件进行柔性化处理。通过 ABAQUS 软件导入的装配体叶片弹簧柔性体如图 1.5 所示。

ViewFlex 具有以下特点：

- (1) 在 ADAMS 环境下自动直接生成弹性体。
- (2) 后台完成网格划分、求解、生成 MNF 文件等流程。
- (3) 由内置的 Nastran 求解。
- (4) 流程高效、流畅。

(5) 精确度高。

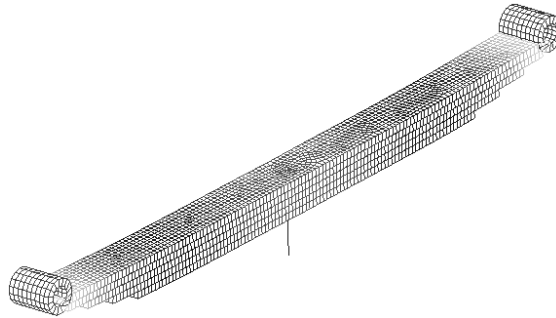


图 1.5 钢板弹簧柔性体

1.2.4 Controls

Controls 模块的功能是将控制系统与机械系统集成在一起进行联合仿真。集成的方式有两种：一种是将 MSC. ADAMS 建立的机械系统模型集成到控制系统仿真环境中，组成完整的耦合系统模型进行联合仿真；另一种方式是将控制软件中建立的控制系统读入到 MSC. ADAMS 的模型中进行全系统联合仿真。FSAE 赛车弯道制动系统联合仿真模型如图 1.6 所示。机控耦合系统的优势如下：

- (1) 机械系统中可以考虑各部件的惯性、摩擦、重力、碰撞和其他因素的影响。
- (2) 与常用控制软件进行双向数据传递，包括 MSC Easy5、MATLAB 和 Matrix。
- (3) 支持联合仿真和函数估值两种模式。
- (4) 通过状态方程支持连续和离散系统。
- (5) 使控制系统工程师和机械系统工程师之间的交流更方便。
- (6) 有效地求解机械、控制系统耦合模型。

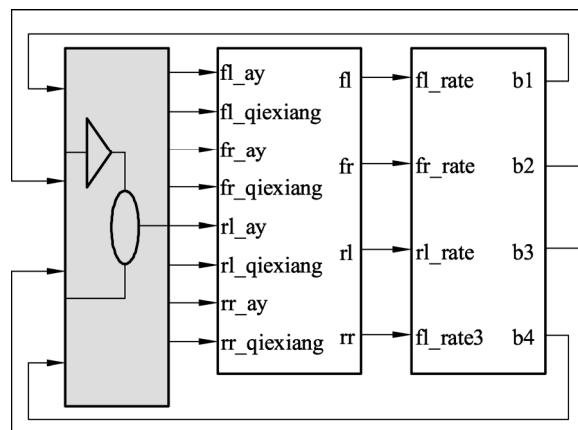


图 1.6 制动系统联合仿真模型

1.2.5 Truck

Truck 模块集成在 Car 模块中，以插件的形式可以在 Car 环境中随时调用。Truck 模块中有客车、货车及挂车模型，数据库中的公版模型主要为北美及欧洲卡车标准，整车、前后悬架及车身都不适用于我国的商用模型及客车。国内较多文献依然使用通过保持垂向刚度简化特性的公版模型对整车的性能进行各种分析，此处应保留谨慎态度，国内商用牵引车的悬架物理结构与公版模型完全不一致。采用 ADAMS/Car 模块建立的导向杆式平衡悬架如图 1.7 所示，在此基础上建立的 6×4 牵引车模型如图 1.8 所示。整车模型包含非独立钢板弹簧悬架模型、右舵转向模型、车身模型、6 轮制动模型、发动机模型、导向杆式平衡悬架模型。读者可以在此整车模型基础上继续建立驾驶室、挂车及挂车制动系统等。商用车建模的难点在于钢板弹簧模型的建立及推杆式、导向杆式悬架集成参数的设定。

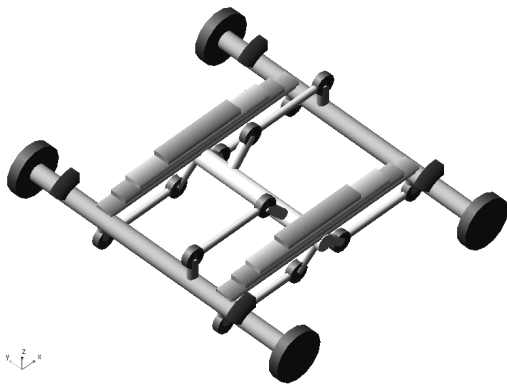


图 1.7 导向杆式平衡悬架

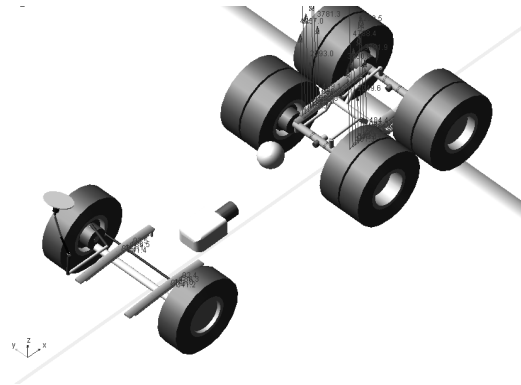


图 1.8 6×4 商用牵引车

1.2.6 Solve

Solver 是 ADAMS 的核心解算器。解算过程先自动校验模型，然后视模型情况自动进行各种类型的解算，求解过程中可以观察主要数据的变化及机构的运动情况。MSC. ADAMS/Solver 同时提供了用于计算机械系统的固有频率（特征值）和振型（特征矢量）的专用工具。具体功能如下：

(1) 使用欧拉-拉格朗日方程自动形成运动学方程、空间坐标系及欧拉角，使用牛顿-拉夫森迭代法求解。

(2) 使用多种显式、隐式积分算法：刚性积分方法（Gear's and Modified Gear's）、非刚性积分方法（Runge-Kutta and ABAM）和固定步长方法（Constant_BDF）及二阶 HHT 和 NewMark 等积分方法。

(3) 使用多种积分修正方法：3 阶指数法、稳定 2 阶指数法和稳定 1 阶指数法。

(4) 提供大量的求解参数选项供用户进一步调试解算器，以改进求解的效率和精度。

(5) 使用 Calahan 和 Harwell 线性化求解器。

(6) 支持用户自定义的子程序。

(7) 解算稳定，结果精确，经过大量实际工程问题检验。

(8) 提供大量的求解参数选项供用户进一步调试解算器，以改进求解的效率和精度。

