

## 应用 ADAMS 设计车辆操纵稳定性试验

王树凤 张俊友 余 群

(中国农业大学车辆工程学院)

**摘 要** 介绍了应用 ADAMS/Car 软件建立的车辆模型, 对其内部控制机理进行了分析。设计了测试车辆操纵稳定性的蛇行线试验, 并对该试验过程进行仿真和数据处理。仿真结果表明, 利用 ADAMS 软件技术, 可在产品开发阶段对车辆性能进行分析预测, 达到优化产品设计方案的目的。

**关键词** 多体动力学; ADAMS/Car; 操纵稳定性试验

**中图分类号** TP 391.9

## Design Virtual Experiment of Vehicle Using ADAMS

Wang Shufeng Zhang Junyou Yu Qun

(College of Vehicle Engineering, CAU)

**Abstract** The vehicle model using ADAMS/Car created is first introduced, which includes suspension, steering subsystem, tires, chassis, etc. The close-loop control mechanism of ADAMS/Car is analyzed. Because the pylon course slalom experiment is one of the important close-loop handling-stability experiment, the pylon course slalom experiment is designed using the control files. Based on the result of analysis, the curves of parameters are plotted. Using ADAMS software can significantly reduce product development cycles.

**Key words** multi-body dynamic; ADAMS/Car; handling and stability experiment

在汽车的设计开发过程中, 对操纵稳定性能的评价主要采用试验评价方法, 需经过多次样车试制和反复试验, 花费的人力、物力、财力较大, 且设计周期较长。采用 ADAMS 软件建立的参数化车辆模型, 在产品开发阶段, 可利用仿真分析结果对设计参数不断进行修改, 优化产品设计方案, 降低成本、缩短设计周期<sup>[1~3]</sup>。利用 ADAMS/Car 可以建立精确的整车虚拟样机, 从而准确地模拟汽车操纵稳定性、乘坐舒适性、安全性及其他各项性能试验, 同时可以比较容易地创建仿真试验过程, 或者根据数据再现试验事件。

文中详细介绍了利用 Car 模块建立的某种车辆的参数化模型, 分析了闭环分析的控制机理, 以蛇行线试验为例, 说明了试验的设计方法, 并对仿真结果进行了分析。

### 1 整车模型的建立

整车模型包括发动机、悬架系统、转向系统、制动系统、轮胎等子系统。ADAMS/Car 提供了良好的建模环境: 标准模式和模板建模器。在标准模式中, 用户可以利用或修改已有的子系统模板来建立整车模型的参数化数字样机。如果没有合适的模板, 则可利用模板建模器调用零

收稿日期: 2001-07-02

王树凤, 北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)213 信箱, 100083

件库中的标准零件或使用自定义的零件建造用户自己的模板。对整车性能进行分析,不仅需要整车模型,而且需要选择合适的实验装配方案(test rig),ADAMS 中提供了2种试验装配方案,其中-MDI-DRIVER-TESTRIG主要用于开环分析、准静态分析和ADAMS/Driver分析;-MDI-SDI-TESTRIG可用于开环分析、准静态分析和闭环分析。本试验使用的整车模型是按实车结构建模的,对一些重要参数(如轴距、轮距、弹簧刚度、减振器阻尼系数等)采用参数化建模,若仿真结果不理想,则可及时调节参数进行优化。该模型主要由双连杆滑柱式前后悬架结构、齿轮齿条转向结构、四轮制动、刚性底盘体结构等组成,装配方案选用-MDI-SDI-TESTRIG,系统共有105个自由度。

## 2 闭环试验分析

ADAMS/Car 提供了开环分析、准静态分析和闭环分析,其中开环分析和准静态分析只需在用户界面上输入需要的参数,闭环分析比开环分析和准静态分析复杂,不易控制,需要提供分析时所需的控制文件。本文中只对闭环分析进行讨论。

对于闭环分析,ADAMS/Car 除提供了双移线分析和不足转向特性分析外,设计者还可根据具体的试验要求,设计所需要的驾驶员控制文件(\*. dcf)来驱动车辆,就像真正的实车试验一样。在控制文件中可以设定车辆行驶的速度和轨迹,也可以加入驾驶员模型信息,使车辆行驶智能化。图1为汽车试验分析过程流程图。

与闭环控制有关的文件有:

1) 驾驶员控制文件(Driver control file \*. dcf)。驾驶员控制文件描述了准备执行的一系列操作,如转向、制动等。在文件中,可以设定车辆行驶的速度、轨迹、控制方式(表1),以及试验结束的条件(如行驶距离、最大侧向加速度等)等。

表1中的ADAMS/Driver Lite 与ADAMS/Driver 使用相同的控制策略,但ADAMS/Driver Lite 更加灵活,可以根据具体要求创建物理试验过程。而ADAMS/Driver 具有学习和适应特定车辆特性(车辆的侧向性能、径向性能、基本性能以及极限性能)的能力,也可把学习到的知识保存供以后使用,具有一定的智能性。

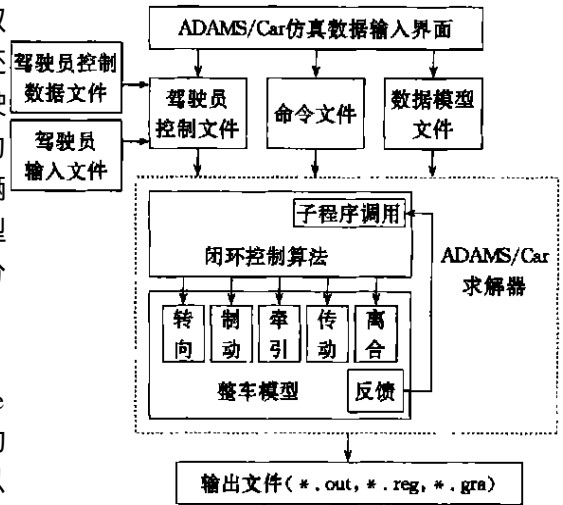


图1 闭环分析流程

表1 闭环分析时的控制设置

控制方式	算法模型	主要参考文件
机器控制 (Machine-Control)	ADAMS/Driver Lite (缺省驾驶员模型)	(* . dcd)文件,包含了车辆控制方式以及行驶轨迹
驾驶员控制 (Human-Control)	ADAMS/Driver (驾驶员模型)	(* . dri)文件,包含径向、侧向、制动、转向等控制参数

2) 驾驶员控制的数据文件(Driver Control Data file, \*. dcd)。驾驶员控制的数据文件包含Driver control file 所需的数据。该文件设定了车辆行驶轨迹的坐标数据。通过文件中的SPEED-CONTROL 和STEERING-CONTROL 属性来设置控制方式。此文件必须与Driver control file 一起使用。

3) 驾驶员输入文件(Driver Input File, \*. din)。驾驶员输入文件指定了ADAMS/Driver 模块所需的各种控制参数的数值, 如径向动态特性、侧向动态特性、车辆结构特性以及学习文件的控制参数等, 用来指导整车分析。

模型数据集文件(ADAMS dataset file \*. adm)为汽车的模型数据集文件, 包含车辆结构信息、分析请求、输出结果设置等信息; 命令文件(ADAMS command file \*. acf)是执行不同分析的命令集。ADAMS/Car 求解器根据用户的输入及控制文件进行闭环分析, 通过不断反馈调整, 达到设计要求。在输出文件中, 包含了图形文件和数据文件, 用于仿真分析、曲线作图、动画制作等。

### 3 蛇行线试验的设计及仿真

蛇行线试验是评价汽车操纵稳定性的重要试验, 可以考核汽车在接近侧滑或侧翻工况下的操纵性能, 综合评价汽车行驶稳定性及乘坐舒适性。本文中就以蛇行线试验为例来说明如何设计试验。

#### 3.1 试验设计

在试验场地上布置标桩 10 根, 根据蛇行线试验基准, 标桩间距为 30m (图 2), 基准车速为  $65 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , 试验车速  $v_1, v_2, \dots$ , 其中  $v_1$  近似为  $1/2$  基准车速, 最高车速以能保证试验安全为原则自行选定, 但不超过  $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。准备工作结束后便可进行试验, 试验时驾驶员操纵汽车以选择好的车速通过标桩区, 通过控制方向盘输入使车辆沿着蛇行线的试验路线来行驶<sup>[4]</sup>。

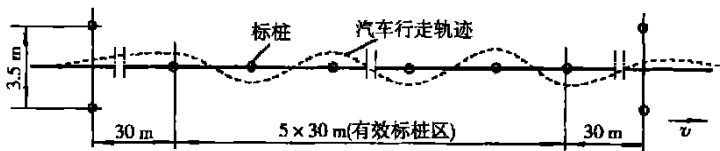


图 2 蛇行线试验

本试验选用机器控制, 即使用缺省的驾驶员模型。由闭环控制分析机理可知, 控制文件为 \*. dcf和 \*. dcd。根据蛇行线试验的方法, 控制文件如下。

1) 驾驶员控制文件 (\*. dcf): 采用机器控制方式(MACHINE-CONTROL), 主要设置参数见表 2。

2) 驾驶员控制数据文件 (\*. dcd): 驾驶员控制数据文件是为驾驶员控制文件服务的, 由表 2

可见, 试验的输入激励为方向盘转角, 因此可通过方向盘转角和速度控制车辆行驶, 行驶轨迹

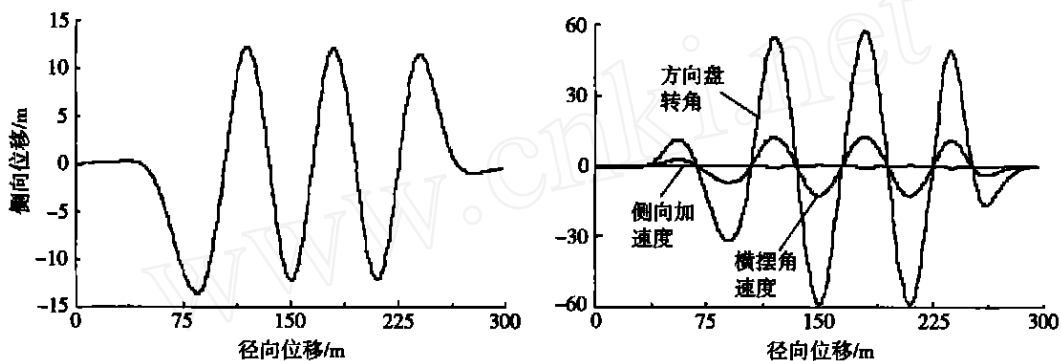
表 2 驾驶员控制文件设置

设置参数	具体设置
速度/ $(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	35, 45, 55, 65, 75
试验道路长度/m	320
试验结束条件	距离控制
输入激励	方向盘转角
转向、油门	机器控制
换挡、离合	开环控制

以  $x, y$  数字坐标的形式给出(图2)。

### 3.2 仿真分析

仿真结果见图3。图3(a)为车辆侧偏位移的变化。可见,车辆行驶轨迹与设计的试验轨迹基本一致,系统具有良好的追随性能。图3(b)为仿真过程中方向盘转角、横摆角速度、侧向加速度的变化趋势,其变化情况为正弦波的形状,这与实车试验中的变化情况相吻合。



(a) 侧偏位移变化

(b) 方向盘转角、横摆角速度、侧向加速度的变化

图3 蛇行线试验仿真结果

## 4 结束语

由仿真曲线和设计轨迹表明,ADAM S/Car 具有精确仿真试验的能力,因此可利用采用ADAM S 软件建立的参数化车辆模型,对设计参数不断修改,观察其对整车性能的影响,达到不断优化产品设计方案的目的。

## 参 考 文 献

- 1 宋 健,张越今. 机械系统分析软件ADAM S 在汽车列车动力学仿真中的应用. 汽车工程, 1997, 19(5): 286~ 290
- 2 张越今,宋 健,张云清,等. 多体系统动力学分析的两大软件——ADAM S 和DADS. 汽车技术, 1997(3): 16~ 19
- 3 张越今. 汽车多体动力学及计算机仿真. 长春: 吉林科学技术出版社, 1998
- 4 鲍晓峰主编. 汽车试验与检测. 北京: 机械工业出版社, 1995