

doi: 10.3969/j.issn.1007-855x.2011.02.008

基于 ADAMS/Car 汽车蛇行试验仿真

刘 慧

(威海职业学院, 山东 威海 264210)

摘要: 蛇行路线试验是评价汽车闭环操纵稳定性的重要试验,通过分析 ADAMS/Car 中闭环控制原理,对某一具体车型进行虚拟蛇行试验,并利用 ADAMS/Car 所提供的后处理功能对汽车操纵稳定性进行仿真.结果证明能对汽车动力学性能进行精确仿真,进一步可以建立汽车模型,进行动力学仿真分析,对其设计参数不断修改来改善其整车性能,达到优化产品设计方案,降低成本和缩短设计周期的目的.

关键词: 汽车; ADAMS/Car; 操纵稳定性

中图分类号: U461 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2011)02-0038-03

Simulation of Vehicle Zigzagging Course Experiment Based on ADAMS/Car

LIU Hui

(Weihai Vocational College, Weihai, Shandong 264210, China)

Abstract: Zigzagging course experiment, an important evaluation of vehicle closed-loop manipulate stability is researched in this paper. The closed-loop control theory of ADAMS/Car is then introduced and analyzed. Zigzagging course simulation on a certain vehicle is thereafter carried out. ADAMS/PostProcessor is adopted to simulate the dynamic properties of the vehicle. The simulation is proved to be effective and feasible in cost and time control of vehicle designing.

Key words: vehicle; ADAMS/Car; stability

0 引言

近年来,随着汽车的高速化和高速公路的快速发展,人们对汽车安全性和舒适性提出了更高的要求,因此汽车操纵稳定性研究就显得尤为重要.评价汽车操纵稳定性的重要实验之一是蛇行路线实验,它通过考核汽车在接近侧翻或侧滑工况下的操纵性能,综合评价汽车的行驶稳定性,还可以作为若干汽车操纵稳定性对比试验时主观评价的一种感性试验.本文主要介绍了 ADAMS/Car 模块,分析该模块的闭环控制机理,并以蛇行路线实验为例,在 ADAMS/Car 环境下仿真,并对仿真结果进行分析说明.

1 ADAMS/Car 整车模型建立

ADAMS/Car 是 MDI 公司与 BMW、Audi 和 Volvo 等公司合作开发的整车设计仿真软件,集成了各公司在汽车设计与开发方面的经验. ADAMS/CAR 基于模板建模和仿真,提供良好的建模环境:标准模式和模板模式,可大大简化和加速建模步骤.标准模式下,用户只需在模板中输入并修改必要的数据,就可以利用已有的子系统模板来快速建造包括悬架、车身、转向系统、发动机、传动系统、制动系统等在内的高精度整车虚拟样机.如果没有找到合适的模板,可以利用模板建模器来调用零件库中的标准零件或自定义零件构建属于用户自己的模板^[1~3].本试验使用的整车模型是在标准模板里修改主要参数数据利用其已有的子系统模板建立而成.

收稿日期:2010-12-15.

作者简介:刘慧(1968-),女,硕士,副教授.主要研究方向:机械设计与制造、车辆工程. E-mail: liuhui0234@126.com

2 ADAMS/Car 闭环控制机理

ADAMS 包含许多模块, 其中的驾驶员模块可以将驾驶员的操作控制加入到整车模型中, 常见操作包括转向、制动、节气门位置、离合器和换挡操作等, 仿真的目的就是贴近真实的驾驶员控制。

ADAMS/Car 提供了开环和闭环分析, 其中闭环分析又根据控制方式的不同分为机器控制(Machine_Control) 和驾驶员控制(Human_Control) 机器控制采用的是 ADAMS/Driver - Lite(缺省驾驶员模型) 算法, 而驾驶员控制采用的是 ADAMS/Driver(驾驶员模型) 算法. 本文主要研究以 ADAMS/Driver - Lite(缺省驾驶员模型) 为算法机器控制(Machine_Control) .

2.1 闭环控制文件

1) 驾驶员控制文件(Driver Control file, *. dcf) . 该文件描述了汽车行驶的速度、方向及试验结束的条件(如行驶距离、侧向加速度等) , 并对转向、节气门位置等输入信号的控制方法做了规定。

2) 驾驶员控制数据文件(Driver Control Data file, *. dcd) . 该文件包含了驾驶员控制文件需要的数据, 如汽车行驶的路径、车速和转向等输入参数. 该文件必须跟驾驶员控制文件配合使用。

2.2 闭环控制数据流程

当采用闭环控制时, ADAMS/Car 将会获得 ADAMS 数据模型文件(*. adm) 、ADAMS 命令文件(*. asf) 和驾驶员控制文件(*. dcf) . 涉及到控制文件和命令文件的 ADAMS 数据模型文件将会激发包含在 ADAMS/Car 求解器中的子程序来读取和执行控制文件中描述的仿真, ADAMS/Car 求解器将会输出标准的输出文件. 图 1 为闭环数据流程图。

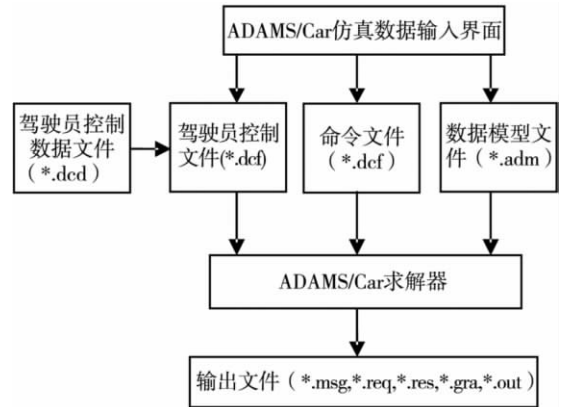


图1 闭环数据流程
Fig.1 Closed-loop data flow

2.3 闭环控制原理

汽车的输入信号有横摆角速度($\dot{\varphi}$)、横摆角加速度($\ddot{\varphi}$)、汽车行驶速度(v)、汽车坐标值(x, y) 和由侧向运动得来的侧向速度(\dot{y}) 和侧向加速度(\ddot{y}) . 图 2 所示的为汽车侧向动力学转向控制模型。

模型上半部分是汽车运动的预瞄模块, 由预瞄公式 $y_p = y + \dot{y}t_p + 0.5 \ddot{y}t_p^2$ 可以得到预瞄点的侧向位移 y_p , 并与静态侧向位移 y_s 做差, 从而确定预瞄侧向位移偏差 Δy_p ; 同理实际侧向位移偏差 Δy 是由实际侧向位移与静态侧向位移 y_s 相减而得. 预瞄侧向位移偏差和实际侧向位移偏差共同确定了转向控制放大因数 A_i . A_i 具体确定算法为: 当预瞄点在容许偏差路线的包围范围以内, 汽车将被认为在正确的方向上行驶, 不需要转向纠正并将转向控制放大因数设置为 0; 当预瞄点在容许偏差路线的包围范围以外, 汽车被认为将离开行驶路线, 因此需要转向纠正并将转向控制放大因数设置为大于 0 的值. 即当预瞄偏差小于容许路线偏差时, 转向控制放大因数为 0; 当预瞄偏差大于容许路线偏差时, 转向控制放大因数与预瞄偏差成线性的关系。

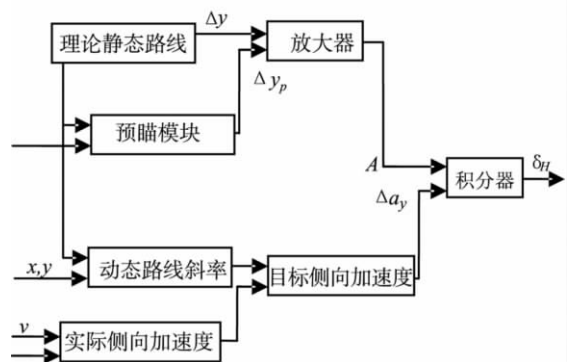


图2 汽车侧向动力学转向控制模型
Fig.2 Steering control model vehicle lateral dynamics

模型的下半部分是汽车实际路线部分, 汽车动态路线斜率 k 是由汽车的实际位置和静态位置共同确定, 从而目标侧向加速度 a_{yt} 可由公式 $a_{yt} = v^2 * k$ 求得; 实际侧向加速度 a_{ya} 则由公式 $a_{ya} = v * \dot{\varphi} + \ddot{\varphi}$ 而得. 因此两者做差便可得侧向加速度偏差 Δa_y . 转向轮转角由转向控制放大因数 A_i 和侧向加速度偏差 Δa_y 共同积分得到, 从而实现了 ADAMS/Car 对汽车转向的闭环控制。

3 蛇行路线实验的仿真

蛇行路线试验是评价汽车操纵稳定性的重要试验,可以综合评估汽车的行驶稳定性.下面就以蛇行路线实验为例来介绍如何对实验进行设计和仿真.

3.1 蛇行路线仿真实验设置

在试验场地的路面上布置 10 根标桩.根据蛇行路线的试验基准,标桩的间距为 30 m,基准车速为 65 km/h,试验车速为 v_1, v_2, \dots ,其中 v_1 近似为 0.5 倍的基准车速,最高车速按照能保证试验安全进行为原则自行确定,但不能超过 80 km/h.以上准备工作结束后便可以进行试验,试验时驾驶员驾驶汽车以预定的车速通过标桩,通过控制方向盘输入使汽车沿着设计的蛇行路线行驶.

本文采用缺省的驾驶员模型来控制,需要的控制文件有驾驶员控制文件(*.dcf)和驾驶员控制的数据文件(*.dcd).根据设计好的蛇行路线,控制文件如下.

1) 驾驶员控制文件(*.dcf):采用机器控制(Machine_Control),主要控制参数为:速度(km/h):36.70;试验道 路长(m):600;转向:由驾驶员控制的数据文件(*.dcd)控制;换挡、离合:开环控制;油门:机器控制.

表 1 行驶轨迹坐标

Tab. 1 Driving trajectory coordinates

x	20	50	55	60	80	85	90	110	115	120
y	0	2	2	2	-2	-2	-2	2	2	2
x	140	145	150	170	175	180	200	205	210	230
y	-2	-2	-2	2	2	2	-2	-2	-2	0

2) 驾驶员控制的数据文件(*.dcd):驾驶员控制的数据文件是为驾驶员控制文件服务的,通过该文件对汽车的转向进行控制,使汽车按照预定的轨迹行驶.行驶轨迹以 x, y 坐标的形式给出,如表 1 所示.

3) 仿真试验数据采集,侧向加速度为 0.见表 2 所示.

表 2 数据采集

Tab. 2 Data collection

x, y	20, 0	50, 2	55, 2	60, 2	80, -2	85, -2	90, -2	110, 2	115, 2	120, 2
前轮转角/($^{\circ}$)	10	-38	-50	-60	65	65	50	-79	-79.5	-52
横摆角速度/($(^{\circ}) \cdot s^{-1}$)	1.8	-6	-8	-9	7.5	7.6	7.5	-12	-11.5	-9
x, y	140, -2	145, -2	150, -2	170, 2	175, 2	180, 2	200, -2	205, -2	210, -2	230, 0
前轮转角/($^{\circ}$)	52	74	62.5	-52	-72	-75	52	52	45	-25
横摆角速度/($(^{\circ}) \cdot s^{-1}$)	9	10	9.5	-9	-12	-10	8.5	8.5	7	-4

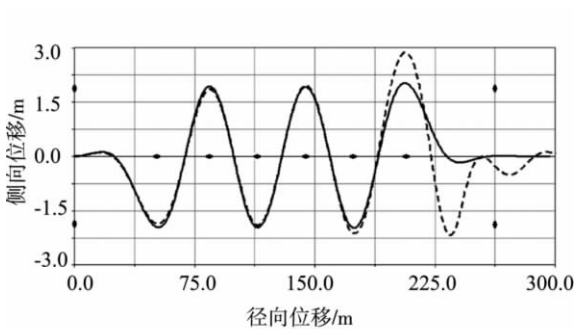


图3 汽车侧向位移变化
Fig.3 Vehicle lateral displacement

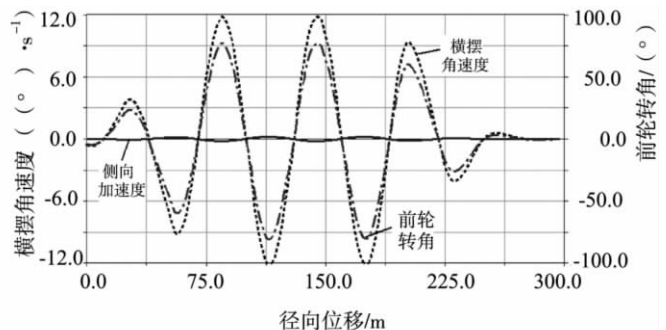


图4 前轮转角、横摆角速度、侧向加速度变化
Fig.4 Front wheel angle, yaw rate and lateral acceleration change

(下转第 74 页)

问题 2: 研究函数 $sdf[Z(n)]$ 及函数 $Z[sdf(n)]$ 的性质.

参考文献:

- [1] Felice Russo. A set of new Smarandache function ,sequences and conjectures in number theory [M]. USA: American research press 2000.
- [2] Le Maohua. On the Smarandache double factorial function [J]. Smarandache Notions Journal 2004: 209 – 228.
- [3] Tom M Apostol. Introduction to Analytic Number Theory [M]. New York: Spinger – Verlag ,1976.
- [4] Hardy G H ,Wright E M. An Introduction to Analytic Number Theory [M]. Oxford: Oxford University Press ,1981.
- [5] Ashbacher C. An introduction to the Smarandache function [M]. Vail: Erhus University Press ,1995.
- [6] Kenichirokk. Comment and topics on Smarandache notions and problems [M]. Vail: Erhus University Press ,1996.
- [7] 潘承洞,潘承彪. 素数定理的初等证明 [M]. 上海: 上海科技出版社 ,1988.
- [8] Smarandache F. Only Problems ,Not Solutions [M]. Chicago: Xiquan Publishing House ,1993.
- [9] 张文鹏,等. 初等数论 [M]. 西安: 陕西师范大学出版社 2007.

(上接第 40 页)

3.2 仿真试验分析

汽车蛇行试验仿真结果如图 3 和图 4 所示. 图 3 为汽车的侧向位移的变化曲线(黑点为标桩位置) 实线是汽车车速为 36 km/h 的位移变化,虚线是汽车车速为 70 km/h 的位移变化. 由图中位移变化可知,当车速为 70 km/h 时,汽车在绕过最后一个标桩时失稳,造成不能及时回正;当车速低于 70 km/h 时,汽车处于稳定状态,汽车的行驶轨迹与设计的试验轨迹基本吻合,具有良好的追随性能.

图 4 是仿真过程中汽车处于稳定状态时的前轮转角、横摆角速度、侧向加速度随径向位移的变化趋势. 由图中变化趋势可知,横摆角速度的最大值为 $12^\circ/\text{s}$,前轮转角的最大值为 76° .

4 结论

根据本文设计的蛇行路线和仿真数据曲线可知,ADAMS/Car 对汽车动力学性能能够精确仿真,因此可以在 ADAMS/Car 中建立汽车模型,并通过 ADAMS/Car 进行动力学仿真分析,对其设计参数不断修改来改善其整车性能,达到优化产品设计方案,降低成本和缩短设计周期的目的.

本文采用 ADAMS 中的闭环控制,今后将会利用 ADAMS 建立更复杂全面的模型进行研究,以拓广该项研究的价值.

参考文献:

- [1] 刘文婷,王波. 基于虚拟样机技术的蛇行试验仿真分析 [J]. 拖拉机与农用运输车 2010(2): 35 – 37.
- [2] 尹浩,赵又群,吴杰. 基于汽车操纵逆问题的蛇行试验分析研究 [J]. 机械科学与技术 2007(12): 1640 – 1643.
- [3] 翁秀奇,陈加国. 汽车蛇行试验及数据处理 [J]. 现代制造工程 2006(5): 115 – 117.
- [4] 王国强,张进平,马若丁. 虚拟样机技术及其在 ADAMS 上的实践 [M]. 西北工业大学出版社 2002.
- [5] 喻凡. 车辆动力学及其控制 [M]. 北京: 人民交通出版社 2004.
- [6] 王树凤,张俊友,余群. 应用 ADAMS 设计车辆操纵稳定性试验 [J]. 中国农业大学学报. 2001 6(6): 81 – 84.