

# F-SAE 赛车后悬架优化分析

郭刚<sup>1</sup> 葛晓宏<sup>1,2</sup> 黄红武<sup>1,2</sup>

(1.厦门大学机电系, 福建 厦门 361005; 2.厦门理工学院, 福建 厦门 361024)

**摘要:**运用多体动力学软件ADAMS/VIEW 模块建立F-SAE赛车后悬架模型, 并对模型进行仿真分析, 研究分析FSAE赛车运动中后悬架随车轮上下跳动时定位参数的变化规律, 评价悬架数据合理性。采用优化分析对悬架不合理数据进行优化, 进一步改善悬架系统性能, 以提高产品开发质量。

**关键词:** 赛车独立悬架; ADAMS; 优化分析

**中图分类号:** U463.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4801(2011)02-077-03

汽车悬架是车身和车轮之间的一切传力连接装置的总称, 它把路面作用于车轮的支承力、牵引力、制动力和侧向力以及这些力所产生的力矩传递到车身上, 以保证汽车的正常行驶。悬架系统是汽车重要的组成部分, 汽车悬架系统的性能是影响汽车行驶平顺性、操纵稳定性和安全性的重要因素。由于汽车悬架部件之间运动关系复杂, 一般都设计成主销内倾和后倾, 并且控制臂轴也大多倾斜布置, 这些都给悬架的运动学、动力学分析带来很大困难。随着计算机技术不断提高, 国内外研制开发了很多专门用于机械构件运动仿真分析及优化设计的专用软件, ADAMS 软件就是其中之一。

ADAMS 是虚拟样机分析的应用软件, 用户可以运用该软件非常方便地对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析; 该软件还是虚拟样机分析开发工具, 其开放性的程序结构和多种接口, 可以成为特殊行业用户进行特殊类型虚拟样机分析的二次开发工具平台。

## 1 利用 ADAMS/VIEW 创建汽车后悬架模型<sup>[5][7][9]</sup>

### 1.1 悬架模型的建立

由于较复杂的模型在计算机中难以建立, 所以对所建立的模型做如下简化和假设:

(1) 悬架中所有零部件都认为是刚体, 同时零部件之间的所有连接都简化为铰链, 内部间隙不计;

(2) 减振器简化为线性弹簧和阻尼;

(3) 各运动副内的摩擦力忽略不计;

(4) 轮胎简化为刚性体。

在 ADAMS 中建立的 F-SAE 赛车后悬架如图 1 所示。

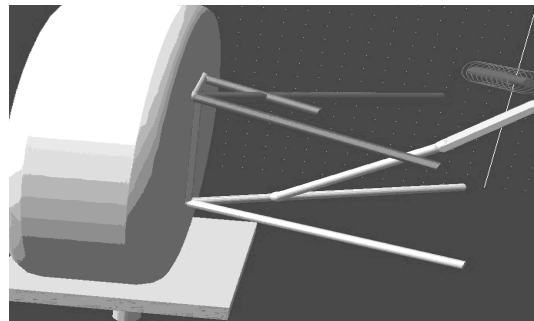


图 1 F-SAE 赛车后悬架 ADAMS 模型

## 2 仿真分析

### 2.1 车轮外倾角和侧向滑移量

车轮外倾角分零外倾角、正外倾角、负外倾角。如果空车时车轮的安装正好垂直于路面, 则满载时车桥因承载变形而可能出现车轮内倾, 这样将加速轮胎的磨损。因此, 在设计赛车后悬架时, 一般控制在  $0^\circ$  左右且一般希望车轮在从满载位置起上下跳动 30 mm 的范围内, 车轮外倾角变化在  $1.5^\circ$  左右。从图 2 可以看出该悬架在后轮外倾角设计的比较合理。

通过仿真结果, 得出了车轮侧向滑移量随车轮 Z 轴方向的变化曲线如图 3 所示, 发现在车轮的上下跳动行程均为 30 mm 时, 车轮侧向滑移量的最大值达到 3.25 mm, 这在一定程度上加大了轮胎的磨损量, 说明该悬架结构参数还存在不合理的地方, 有待进一步改进。

**作者简介:** 郭刚(1985-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 汽车安全设计。

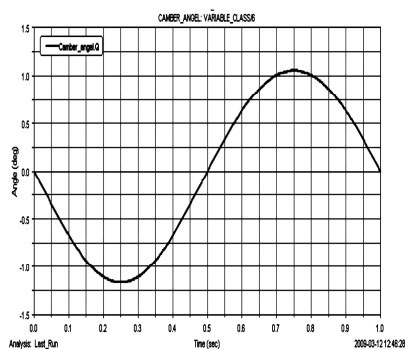


图2 车轮外倾角变化曲线

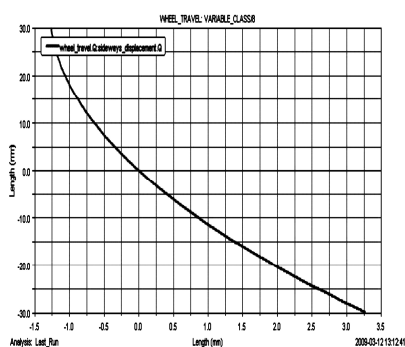


图3 车轮接地点侧向滑移量

## 2.2 主销后倾角和内倾角

主销后倾角的主要作用是使车轮复位以提高车辆直线行驶的稳定性。当行驶中的汽车遇到外力产生偏离时，后倾角产生回正力矩使车轮自动回复到原来位置。过大的后倾角可以增加转向的稳定性，但是所需要的转向力会变大，容易使驾驶员疲劳；减小后倾角则转向的稳定性降低，但是转向时力量会变轻，不利于车辆的自动回正。图4所示的曲线说明在车轮跳动过程中该悬架主销后倾角变化不大，直线行驶的稳定性很好。

主销内倾角的作用减少转向操纵力，减少回跳和跑偏现象，改善车辆直线行驶的稳定性。图5所示的曲线说明在车轮跳动过程中该悬架主销内倾角变化不大，在允许范围内。

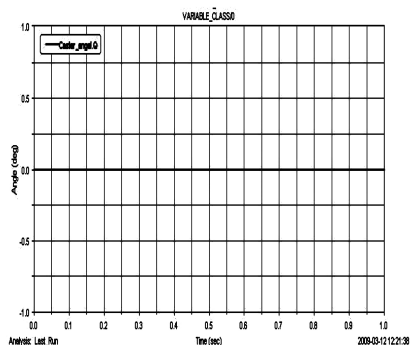


图4 主销后倾角变化曲线

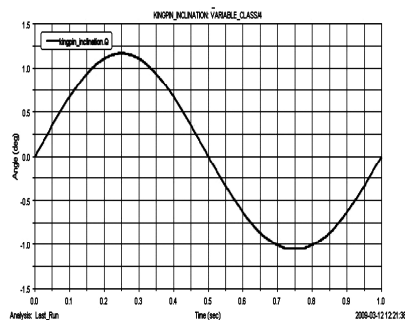


图5 主销内倾角变化曲线

## 3 模型的优化分析

ADAMS 为用户提供了强大的参数化分析功能，参数化分析有利于了解各设计变量对样机性能的影响，在参数化分析过程中，根据参数化建模时建立的设计变量，采用不同的参数值，进行一系列的仿真。然后根据返回的分析结果进行参数化分析，再进一步对各参数进行优化分析。本文根据分析的需要，确定相关的关键变量，并将这些关键变量设置为可以改变的设计变量。在分析时，只需改变这些设计变量的大小，虚拟样机模型即可自动更新。

该模型参数化的关键点：上横臂的外接点坐标；上横臂的内接点坐标；下横臂的内接点坐标；转向节内接点坐标；转向节外接点坐标。设计变量确定后采用 ADAMS/View 提供的优化分析的参数化分析方法。首先创建状态变量，在状态变量的基础上写出测量函数，优化的目标是使车轮的侧向滑移距离最小。

表1为优化前后部分参数的变化对照表。从表中可看出，后轮侧向滑移量从最初的 3.25 mm 减小到 2.5 mm，说明该优化分析有效，设计变量设置合理。从实际角度出发考虑，优化分析后的模型可以大大减小轮胎在行驶中的磨损，延长轮胎的使用寿命。可见该优化方法得当，达到预期的目标。

表1 优化前后部分参数的变化对照表

设计值	设计变量			
	主销长度/ mm	主销内倾 角/(°)	上横臂水平斜 置角/(°)	侧向滑移 量/mm
初始值	245	0	10.6	3.25
优化值	254.34	0.0577	4.59	2.5

## 4 结论

采用机械系统动力学仿真分(下转第 81 页)

式中,  $A_{MIN}$  是磁芯的最小横截面积。对于 EF25,  $A_{MIN} = 52.5 \text{ mm}^2$ ,  $N1 = 85$ 。

同样根据设计要求计算得:

次级  $N2 = 8$ , 采用两个并联绕组;

偏置绕组  $N3 = 9$ , 采用两个并联绕组。

### 3.3 变压器的绕制

如图 3 所示是变压的初级、次级和偏置绕组的绕制示意图

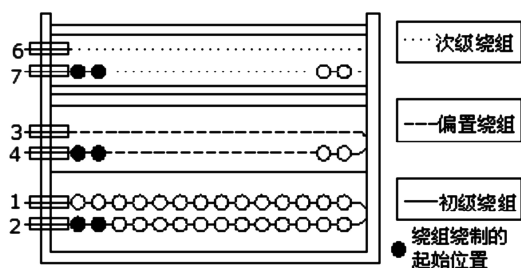


图 3 变压器的绕制示意图

初级绕组以引脚 2 作为起始引脚, 绕 85 圈(x 1 线), 在 2 层中从左向右。在第 1 层结束时, 继续从右向左绕下一层。在最后一层上, 使绕组均匀分布在骨架上。以引脚 1 作为结束引脚,

#### 参考文献

- [1] 蒋孝平,梁慧.填谷式无源 PFC 在离线 LED 照明电源中的应用研究[J].灯与照明,2009(3):36-38.
- [2] 余飞,许维胜.基于 NCL30000 单级反激式 LED 驱动器设计[J].科技传播,2010(10): 222-223.
- [3] 周志敏,纪爱华.LED 驱动电源设计 100 例[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [4] 英飞凌(亚太)科技公司 Meng Kiat Jeoh,Junyang Luo,Yew Ming Lik.采用 CoolSETTM-ICE2B256 的 30W 开关电源设计.电子产品世界[J],2002(16): 33-36.

(上接第 78 页)

析软件 ADAMS/View 模块建立不等长双横臂式后悬架多体虚拟样机模型, 并对其进行了仿真分

添加 1 层胶带以进行绝缘。

偏置绕组以引脚 4 作为起始引脚, 绕 9 圈(x 2 线)。沿与初级绕组相同的旋转方向进行绕制。使绕组均匀分布在骨架上。以引脚 3 作为结束引脚, 添加 3 层胶带以进行绝缘。

次级绕组以引脚 7 作为起始引脚, 绕 8 圈(x 2 线)。使绕组均匀分布在骨架上。沿与初级绕组相同的旋转方向进行绕制。以引脚 6 作为结束引脚, 添加 2 层胶带以进行绝缘。

## 4 结论

设计了一种基于 TNY279 的大功率 LED 驱动电源电路, 分析了其工作原理和设计方法, 反馈环节采用恒压恒流双环的设计, 保证输出电压和输出电流的恒定, 同时在开环故障下能够自动关闭, 保护负载, 有效的减少了对 LED 光源的损害, 提高 LED 的使用寿命。同时转换效率也在 83% 以上, 并满足国际标准中对谐波含量的要求。经验证电路能够输出预期的效果。

析及结构优化设计, 优化后后轮侧向滑移量减少了 23%, 较好的解决了轮胎的磨损问题。

#### 参考文献

- [1] 石博强,申炎华,宁晓斌,等.ADAMS 基础与工程范例教程[M].北京:中国铁道出版社,2007.
- [2] 刘惟信.机械最优化设计[M].北京:清华大学出版社,1994.
- [3] 郑建荣.ADAMS-虚拟样机技术入门与提高[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [4] 余志生.汽车理论[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [5] 李军.ADAMS 实例教程[M].北京:北京理工大学出版社,2002.
- [6] 汪随风,刘竞一,邓日青.基于 ADAMS 的双横臂独立悬架的仿真分析及优化设计[J].湖北汽车工业学院学报,2007,21(2): 12-15.
- [7] 陈克,席鹏东.基于 ADAMS 双横臂悬架专用仿真分析系统的开发[J].汽车科技,2006(4): 42-45.
- [8] 张洪欣.汽车设计[M].北京:机械工业出版社,1989.
- [9] 戴旭文.双横臂独立悬架、转向系统运动学和动力学分析及优化设计[D].北京:北京理工大学,2002.