

基于 ADAMS 的仿章鱼吸盘式轮胎防滑性能仿真分析

周利坤,王洪伟

(武警后勤学院 军交运输系,天津 300309)

摘要:以章鱼吸盘作为仿生对象,进行吸盘式防滑轮胎花纹设计。根据仿章鱼吸盘式轮胎的实体模型及具体参数,采用 ADAMS/View 模块对轮胎的驱动防滑性能和制动防滑性能进行仿真分析。结果表明,仿生设计可以增大轮胎冰面上的附着力,提供较大的安全驱动转矩,同时能缩短轮胎冰面上的制动距离,具有一定的防滑效果,为今后仿生轮胎的研究和优化设计提供了正确方法和参考数据。

关键词:仿生学;章鱼吸盘;轮胎;花纹;防滑性能

中图分类号:TQ336.1;O241.42

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2014)07-0426-04

仿生学应用于汽车设计领域已成为改善汽车性能的重要设计手段^[1]。以章鱼吸盘作为仿生对象进行轮胎花纹设计是一种新的理念^[2]。如何对仿章鱼吸盘式防滑轮胎的防滑性能进行研究是一个新的难题。

ADAMS 是集建模、计算和后处理于一体的软件分析工具,已成功地应用于许多研究领域^[3]。

由于仿章鱼吸盘式轮胎结构模型非常复杂,与 ADAMS/Tire 专业领域模块提供的轮胎模型差异很大,实体模型比较复杂,且具有一定的局限性,因此,本研究结合仿章鱼吸盘式轮胎的实体模型及具体参数,选择 ADAMS/View 进行仿真分析。对轮胎三维实体模型的驱动防滑性能和制动防滑性能的仿真分析表明,这种新式仿生轮胎具有较好防滑效果,对防滑轮胎的设计具有很强的理论参考价值。

1 轮胎三维实体模型建立

汽车包括车身、发动机、传动系、行驶系、转向系、制动系和辅助设备,是一个十分复杂的机械系统。为了便于分析,对建立的模型作如下假设和简化^[4]:

①主要考虑轮胎的防滑效能,忽略影响研究的非主要因素,对动力总成进行抽象、简化,只考虑轮胎上的动力传递,直接在轮胎上施加驱动和制动转矩进行性能分析;

②假设悬挂部件为刚体,汽车质量集中于质心处;

③不考虑机构连接处的弹性元件,忽略运动副的摩擦和阻尼。

在此假设基础上,通过仿生学原理建立仿章鱼吸盘式轮胎的三维实体模型^[5],如图 1(a)所示,并建立相同尺寸及参数的普通轮胎模型,如图 1(b)所示。

通过 M/Pro 接口将轮胎模型导入 ADAMS/View,并在 ADAMS/View 中建立路面模型。为



(a)仿章鱼吸盘式轮胎

(b)普通轮胎

图 1 轮胎三维实体模型

将轮胎模型与路面模型建成统一模型以进行仿真分析,作如下设计^[6]:

- ①在轮胎与路面之间添加接触函数,设滚动摩擦因数为 0.02,附着因数为 0.1;
- ②通过转动副将轮胎与传动轴连接;
- ③在传动轴上添加平行于路面的运动副;
- ④在轮胎上添加力和力矩函数,通过函数设定法向载荷、驱动转矩和制动转矩等参数;
- ⑤添加速度传感器,设定速度为零时,轮胎停止转动。

轮胎与路面的仿真基本模型如图 2 所示。

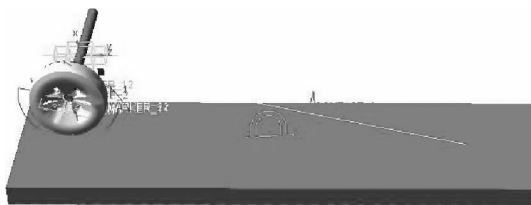


图 2 轮胎与路面的仿真基本模型

2 结果与分析

选取在固定载荷为 11 956 N 的情况下加载不同的驱动转矩,进行驱动仿真分析;选取不同的制动初速度加载制动转矩,进行直线制动仿真对比分析^[7]。

2.1 驱动

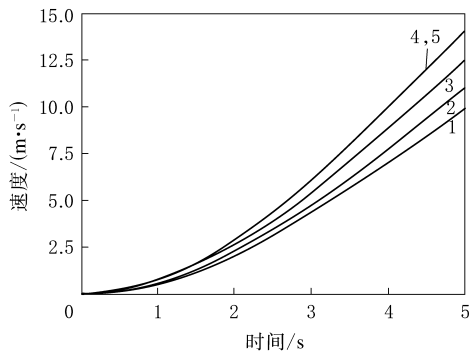
加载不同驱动转矩的具体方法为:将驱动转矩从小到大进行加载仿真,分别获得不同转矩下速度、角速度、角加速度的变化规律曲线。

驱动转矩分别为 69, 100, 180, 283 和 320 N·m 的情况下,仿生轮胎的速度、角速度、角加速度曲线如图 3 所示。

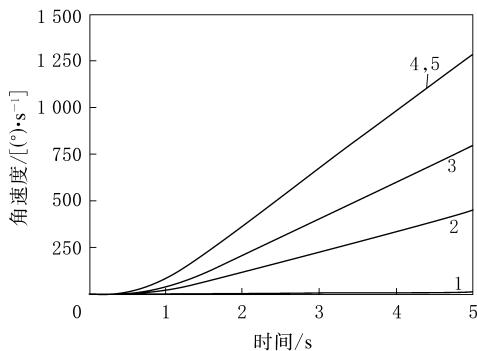
通过仿真分析仿生轮胎的驱动瞬间过程,得到如下结果。

(1)在相同的时间内,随着驱动转矩增大,仿生轮胎的速度和角速度均有所提高,可知加速度相应增大;且根据角加速度曲线可知,随着驱动转矩增大,仿生轮胎的角加速度呈非线性增大,这与轮胎的实际驱动动力学性能相似,说明该仿真模型方法可行。

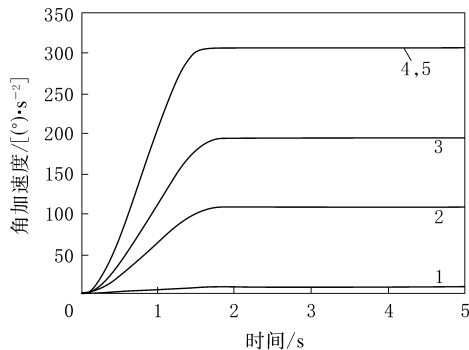
(2)由于吸盘式花纹的吸附摩擦作用,仿生轮胎在冰面上的附着力和摩擦力增大,当驱动转矩



(a)速度



(b)角速度



(c)角加速度

转矩/(N·m): 1—69; 2—100; 3—180; 4—283; 5—320。

图 3 不同转矩时仿生轮胎的速度、角速度、角加速度曲线
小于 69 N·m 时,轮胎没有克服阻力而转动,速度、角速度及角加速度均为零;当转矩大于 69 N·m 时,轮胎开始转动,随着转矩的增大,速度、角速度、角加速度逐步提高,说明 69 N·m 为仿生轮胎的最小吸附摩擦矩。

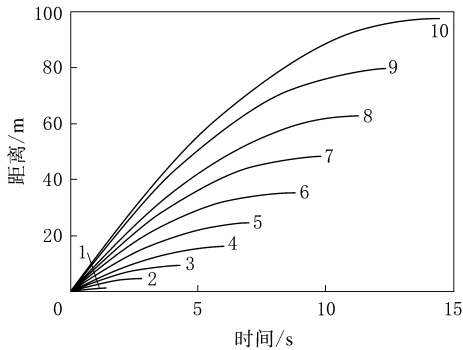
(3)驱动转矩为 100, 180, 283 和 320 N·m 时对应的稳定角加速度分别为 108.12, 193.27, 305.60 和 305.60 (°)·s⁻²,可知随着驱动转矩增大,角加速度随之提高,当驱动转矩大于 283 N·m 时,线加速度不再提高,相对应的角加速度

也不再提高,说明 283 N·m 为仿生轮胎的最大吸附摩擦力矩,与计算结果很相近,验证了仿生轮胎驱动防滑模型的可行性。

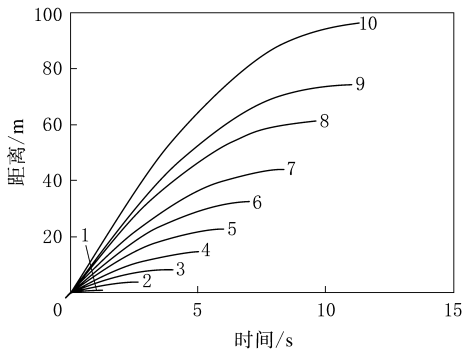
(4)在驱动时,仿生轮胎在冰面上获得的角加速度有所提高,安全驱动转矩有所增大,在一定程度上提高了其驱动防滑性能。

2.2 制动

根据制动防滑原理,结合实际制动过程中驾驶员平均反应时间及制动器平均作用时间^[8],将开始制动至最大制动力的时间设定为 1 s。根据汽车冰面上通常行驶速度,选取 5~50 km·h⁻¹ (中间依次相差 5 km·h⁻¹) 10 种不同制动初速度分别对普通轮胎和仿生轮胎进行制动仿真分析,获得的制动距离曲线如图 4 所示。



(a)普通轮胎



(b)仿生轮胎

制动初速度/(km·h⁻¹): 1—5; 2—10; 3—15; 4—20; 5—25; 6—30; 7—35; 8—40; 9—45; 10—50。

图 4 冰面上轮胎不同初速度下的制动距离

从图 4 可以看出:随着制动初速度增大,仿生轮胎和普通轮胎的制动距离均有所延长,制动时间相对增加,这符合汽车制动变化的一般规律;在相同制动初速度下,仿生轮胎的制动距离小于普

通轮胎的制动距离,具体如表 1 所示。

从表 1 可知:普通轮胎的仿真结果与理论距离非常接近,最大误差为 6.1%,最小误差为 0.6%,平均误差为 2.8%,进一步验证了仿真模型方案的可行性;仿生轮胎的制动距离比普通轮胎短,缩短距离最小为 0.3 m,最大为 3 m,且随着制动初速度的提高,缩短距离呈增大趋势,说明仿生轮胎具备一定的制动防滑效果。

表 1 不同制动初速度下的制动距离比较 m

制动初速度/ (km·h ⁻¹)	仿生轮胎		普通轮胎		
	模拟	缩短	模拟	理论	误差/%
5	0.85	0.3	1.15	1.17	2.6
10	3.70	0.5	4.20	4.31	2.6
15	8.01	1.3	9.31	9.42	1.2
20	14.40	1.8	16.40	16.50	0.6
25	22.47	2.0	24.47	25.54	4.2
30	32.80	2.4	35.20	36.56	3.7
35	45.44	2.7	48.14	49.54	2.8
40	60.58	2.8	63.38	64.49	1.7
45	76.48	2.8	79.28	81.41	6.1
50	95.16	3.0	98.16	100.29	2.1

3 结语

(1)通过驱动防滑仿真分析,说明了仿生轮胎可以增大轮胎冰面上的附着力,提供较大的安全驱动转矩,在一定程度上可防止轮胎出现打滑或原地空转现象。

(2)通过直线制动防滑对比仿真分析,进一步验证了该仿真方法和模型的可行性,说明仿生轮胎能缩短轮胎冰面上的制动距离,起到一定的防滑作用,为今后仿生轮胎的研究和优化设计提供了正确方法和参考数据。

参考文献:

[1] 方海燕,周小儒,袁金龙. 汽车造型中的仿生设计[J]. 艺术教育,2007(9):21-23.

[2] 王洪伟,周利坤. 新型仿生防滑轮胎花纹布局研究[J]. 武警工程大学学报,2011,27(6):7-11.

[3] 陈立平,张云清,任卫群,等. 机械系统动力学分析及 ADAMS 应用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2005:1.

[4] 周均,张卓,徐进,等. ADAMS 在汽车制动分析中的应用研究[J]. 机械设计与制造,2006,22(6):54-56.

[5] Wang H W, Zhou L K. On Imitation Octopus Sucker Car Tire Tread Layout Optimization [A]. Haerbin: Proceedings of

2011 International Conference on Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology, 2011.

[6] 文学红. 轮胎花纹反求与数字化设计研究[D]. 广东: 广东工业大学, 2005.

[7] 李杰, 庄继德, 魏东. 沙漠仿生轮胎的静态特性和动态特性研究[J]. 农业机械学报, 2007, 38(9): 30-33.

[8] 余志生. 汽车理论[M]. 4 版. 北京: 机械工业出版社, 2006: 5.

收稿日期: 2014-02-05

Simulation Analysis on Anti-skid Performance of Bionic Tire by ADAMS

ZHOU Li-kun, WANG Hong-wei

(Logistics University of PAPF, Tianjin 300309, China)

Abstract: By taking octopus sucker as bionic object, sucker-type anti-skid tire tread pattern was designed. According to bionic tire entity model and its specific parameters, the anti-skid performance of the tire under driving and braking was simulated by using the ADAMS/View module. The results showed that, the bionic design could improve tire adhesion on ice to provide greater safety driving torque, and shorten braking distance of tire on ice. The results of this study can be used as reference data for future bionic tire research and design optimization.

Key words: bionic; octopus sucker; tire; pattern; anti-skid performance

国产环保丁腈橡胶首获规模应用

中图分类号: TQ333. 7 文献标志码: D

2014 年 5 月 28 日, 由中国石油石油化工研究院自主开发、兰州石化公司生产的环保丁腈橡胶(NBR)3305E 和 2907E 启程发往用户, 这标志着国产环保型 NBR 正式进入大规模工业化应用阶段, 将突破欧盟 REACH 等国际贸易壁垒对国内橡胶制品出口的限制。

测试结果显示, 这两个牌号的环保 NBR 不含内分泌干扰物和致癌物, 满足 REACH 法规要求, 可用于生产与人或动物接触的橡塑制品。

国内 NBR 生产普遍采用乳液聚合方法, 体系内含有乳化剂、扩散剂、引发剂、活化剂、消泡剂、终止剂、抗氧化剂等多种助剂。某些助剂可能直接含有内分泌干扰物、致癌物等有害物质或经化学反应释放出有害物质, 在生产 NBR 的过程中因胶乳残留单体的脱除、生胶的干燥等热分解产生有害物质。这不仅不能满足欧盟 REACH 法规要求, 反应过程中产生的壬基酚也被我国海关列为禁止进出口物质。为此, 中国石油石油化工研究院和兰州石化公司早在几年前就开始了环保 NBR 的攻关。

目前用 NBR 生产的制品中, 除壬基酚含量外, 其他限定物质的含量均能满足出口要求, 因此壬基酚含量达标与否是产品能否出口的关键因素。确定 NBR 中的有害物质来源是环保 NBR 开发的首要步骤。经试验分析, 初步判断是抗氧化剂含有或水解产生壬基酚、壬基酚乙氧基化物, 终止剂在使用过程中产生亚硝基胺类物质。

科研人员通过逐一排查 NBR 制备中的 30 多种助剂和数十个生产工序, 锁定了非环保物质来源, 并针对其形成机理进行筛选, 确定了环保 NBR 助剂类型; 采用复合环保终止剂, 解决了通用环保终止剂效率低的问题, 聚合终止效率提高近 8%, 残留单体脱除设备运行周期延长近 20 天; 在环保助剂中加入特殊的多官能化合物, 形成自乳化体系, 解决了环保抗氧化剂分散难、分散不均匀的问题; 利用低温乳液聚合, 多点助剂加入, 梯级调节聚合物相对分子质量及其分布, 辅以长效环保抗氧化剂, 解决了环保产品储存稳定性差等诸多难题。

科研人员最终开发出符合 REACH 法规且满足儿童制品严格限制的环保 NBR, 并建立了环保 NBR 的完整评价体系。助剂体系和生产工艺的改变通常会影响产品的加工性能, 在系统比较 NBR 牌号差异后, 科研人员又针对性地开发出 NBR3305E 和 NBR2907E 两个环保 NBR 牌号的后加工技术。

(摘自《中国化工报》, 2014-05-30)