

# 等长双横臂悬架轮边驱动机构的设计及优化

王 斌<sup>1</sup>, 季从东<sup>2</sup>, 张佳南<sup>1</sup>

(1. 盐城工学院 优集学院, 江苏 盐城 224051; 2. 江苏大学 汽车与交通工程学院, 江苏 镇江 212013)

**摘要:**结合等长双横臂悬架的特点,分别对用于转向轮和非转向轮的电动汽车轮边驱动机构进行了设计,此机构不但结构紧凑,而且降低了电动汽车的非簧载质量,提高了整车的行驶平顺性。在ADAMS软件下建立了悬架导向机构的参数化模型,以轮距变化最小为目标函数,对悬架导向机构进行了优化设计。

**关键词:**电动汽车,轮边驱动系统,等长双横臂悬架,导向机构

**中图分类号:**U463.3      **文献标识码:**A      **文章编号:**1671-5322(2013)02-0051-04

电动汽车根据电动机驱动车轮方式的不同可以分为集中电机驱动形式与轮边驱动形式。集中电机驱动形式动力传递一般须经过减速器,差速器,传动轴,万向节等机械装置传递至驱动轮。这种驱动型式结构复杂,传动效率低,车轮不能独立控制<sup>[1]</sup>。轮边驱动形式则将电机直接安装在驱动轮上或者驱动轮附近,其结构紧凑且车身内部空间利用率高,整车重心降低,车辆行驶稳定性提高,轮边驱动系统由于动力传动链短,驱动系统效率高,能源消耗低,车辆燃油经济性好。但轮边驱动的非簧载质量大,电机尺寸及质量受到很大限制<sup>[2-4]</sup>。

为此,本文结合等长双横臂悬架的特点,提出了可分别用于转向轮和非转向轮的轮边驱动机构。它不仅具有结构紧凑、传动效率高、各轮独立可控等优点,而且相对于电动轮,有效降低了电动汽车的非簧载质量,提高了整车的行驶平顺性。

## 1 用于转向轮的轮边驱动机构的设计

如图1所示<sup>[5]</sup>,本机构主要包括车轮1、等长双横臂悬架(上横臂8、下横臂17)、驱动电机10、转向电机15等部件,其中上横臂8的一端通过转动铰9与车架连接,另一端通过球铰7与主销18上端连接;下横臂17的一端通过转动铰16与车架连接,另一端通过球铰19与主销18下端连接。驱动电机10和转向电机15均布置于车架上,不

仅增大了电机的布置空间和功率的选择范围,还有效降低了非簧载质量,提高了电动汽车的行驶平顺性。大锥齿轮2兼起制动盘的作用,进一步降低了电动汽车的非簧载质量,而且简化了车轮1的结构。

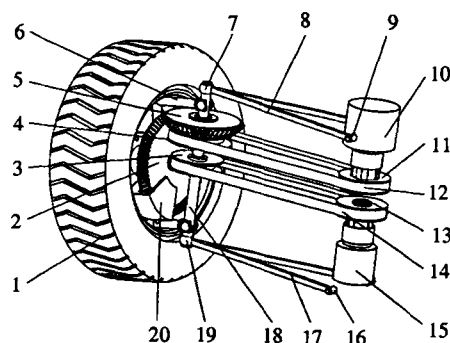


图1 用于转向轮的轮边驱动机构  
Fig.1 The wheel hub drive mechanism used for steering wheel

图2为电机和带轮的安装位置图,其中AD为上横臂,BC为下横臂,CD为主销,ABCD构成一个平行四边形。驱动电机10布置于车架E点处,驱动带轮4空套于主销的H点处;转向电机15布置于车架F点处,转向带轮3固定于主销的G点处。假设车架固定不动,车轮1上下跳动,即主销CD上下跳动,由于ABCD为平行四边形,则EH、FG的长度保持不变。

收稿日期:2013-05-23

作者简介:王斌(1975-),男,江苏东台人,副教授,博士生,主要研究方向为电动汽车驱动系统。

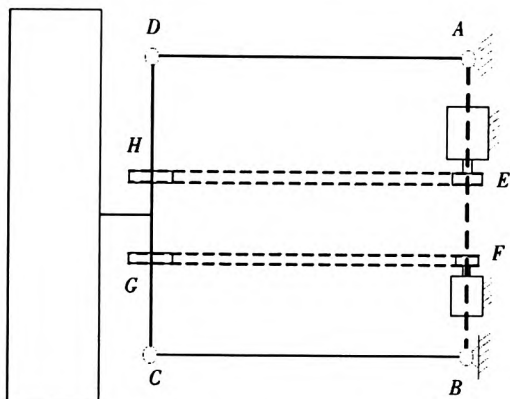


图2 电机和带轮的安装位置

Fig.2 The installation position of  
moters and band wheels

汽车行驶时,汽车控制器对驱动踏板的行程进行运算处理,确定驱动电机10所需的转速,并控制电机10转动,并经传动带12驱动带轮4转动,带轮4与小锥齿轮5固定连接且空套于主销18上,进而驱动大锥齿轮转动,实现汽车的行驶。汽车转向时,汽车控制器通过对方向盘的转向、速度以及转角进行运算处理,确定转向电机15的转向和转速,并控制转向电机15转动,经传动带13驱动带轮3转动,从而主销18转动,主销18带动车轮1绕主销18转动,从而实现汽车的转向。

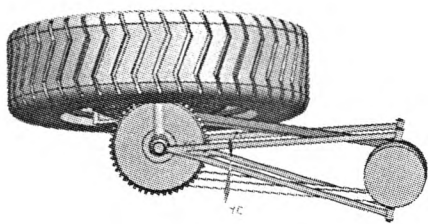


图3 最大转角时机构的垂向视图

Fig.3 The vertical view of the mechanism at  
maximum angle

由图3可知,采用此机构的车轮最大转角达到近90°。当电动汽车4个车轮均采用上述机构时,不仅能够实现常规转向,还可实现原地转向、平移运动和异向转向等转向模式,大大提高了汽车的灵活性<sup>[6]</sup>。

## 2 用于非转向轮的轮边驱动机构的设计

如图4所示<sup>[7]</sup>,本机构主要包括车轮1、等长双横臂悬架(上横臂9、下横臂16)、驱动电机13

等部件,其中上横臂9的一端通过转动铰10与车架连接,另一端通过转动铰6与主销4上端连接;下横臂16的一端通过转动铰14与车架连接,另一端通过转动铰17与主销4下端连接。驱动电机13布置于车架上,大锥齿轮3兼起制动盘的作用。

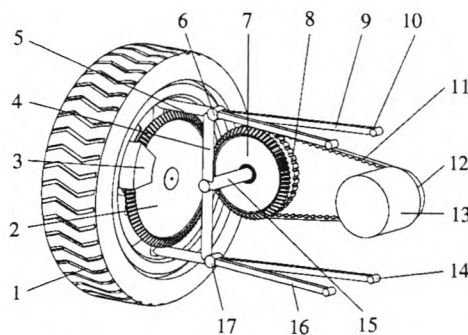


图4 用于非转向轮的轮边驱动机构

Fig.4 The wheel hub drive mechanism used for  
non - steering wheel

图5为驱动电机及驱动带轮的布置位置图,其中AB为双横臂(9、16)的投影,BC为定位杆15的投影。驱动电机布置于车架的D点处,ABCD构成一个平行四边形,则当车轮1跳动时,CD的长度保持不变恒等于AB的长度,即小带轮12与大带轮8之间的距离保持不变,保证了传动的稳定性。

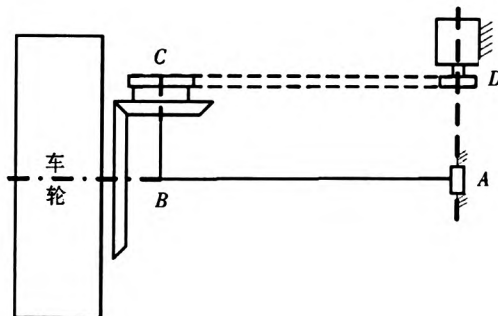


图5 电机和带轮的安装位置

Fig.5 The installation position of the moter and  
band wheel

汽车行驶时,汽车控制器对驱动踏板的行程进行运算处理,确定驱动电机13所需的转速,并控制电机13转动,并经同步带11带动大锥齿轮8转动,大锥齿轮8与小锥齿轮7做成一个整体,通过定位杆15定位并空套于定位杆上,定位固定于主销上且垂直于主销,小锥齿轮驱动大锥齿轮转动,实现汽车的行驶。

### 3 悬架导向机构的优化

车轮定位参数的值对汽车的使用性能,特别是操作稳定性影响很大。悬架的导向机构,必须保证车轮定位参数的变化规律有利于改善车辆的操作稳定性,充分发挥车辆的运载能力和保证高速行驶的安全<sup>[8]</sup>。

本文所取的悬架导向机构和车轮定位参数的初始值如下:主销长度为 220 mm,主销内倾角为 7°,主销后倾角 2°,横臂长 350 mm,横臂与汽车横向平面的倾角为 7°,车轮外倾角为 1.5°,车轮前束角可由转向电机来控制,因此取为 0°。

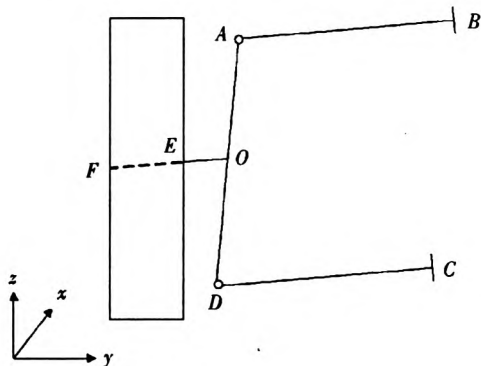


图6 简化后的悬架导向机构示意图

Fig.6 The schematic diagram of the simplified suspension guiding mechanism

由图6所示,取点O坐标为(0,0,0),且为主销AD中点, $l_{OE} = 50\text{ mm}$ , $l_{OF} = 150\text{ mm}$ 。由悬架导向机构和车轮定位参数的初始值可得如下公式:车轮外倾角:

$$\arctan\left(\frac{Z_O - Z_E}{Y_O - Y_E}\right) = 1.5^\circ \quad (1)$$

$$l_{OE}:X_E^2 + Y_E^2 + Z_E^2 = 50^2 \quad (2)$$

主销后倾角:

$$\arctan\left(\frac{X_A - X_O}{Z_A - Z_O}\right) = 2^\circ \quad (3)$$

主销内倾角:

$$\arctan\left(\frac{Y_A - Y_O}{Z_A - Z_O}\right) = 7^\circ \quad (4)$$

$$l_{OA}:X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2 = 110^2 \quad (5)$$

横臂水平夹角:

$$\arctan\left(\frac{Z_B - Z_A}{Y_B - Y_A}\right) = 7^\circ \quad (6)$$

$$l_{AB}:(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2 = 350^2 \quad (7)$$

由于车轮前束角为 0°,可知  $X_E = X_O = 0$ ,联立公式(1)、(2)可求得点E的坐标,同理可求得点F的坐标;由公式(3)、(4)、(5)可求得点A的坐标,又已知  $X_A = X_B$ ,联立公式(6)、(7)可求得B点坐标,同理可得出D、C两点坐标,如表1所示。

表1 悬架导向机构各点的坐标值

Table 1 The coordinates of suspension guiding mechanism

	X	Y	Z
O	0	0	0
A	3.808	13.399	109.114
B	3.308	360.786	151.773
C	-3.808	333.988	-66.455
D	-3.808	-13.399	-109.114
E	0	-49.983	-1.310
F	0	-119.959	-3.143

根据表1中各点的坐标,在ADAMS中建立全参数化的悬架模型,如图7所示。轮距的变化是导致车轮轮胎发生磨损的重要原因,车轮上下跳动时,悬架导向机构应保证轮距的变化尽可能小。一般情况下,轿车的轮距变化应在-5 mm/50 mm~5 mm/50 mm(单轮)范围内。

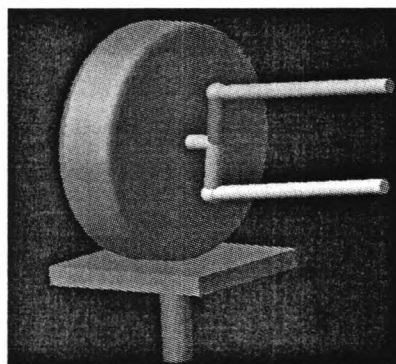


图7 悬架导向机构参数化模型

Fig.7 The parameterized model of the suspension guiding mechanism

如图8所示,以轮距变化的最小值为目标函数,以主销长度、主销内倾角、主销后倾角、横臂长度、横臂与汽车横向平面的倾角为设计变量。在SIMULATE菜单下调用Design Evaluation对话框,选择Design Study对各设计变量进行优化设计分析。经分析可知,主销长度、主销内倾角、主销后倾角的变化不会引起轮距的变化;而横臂长度、横臂与汽车横向平面的倾角对轮距的变化有较大影

响。因此,以横臂长度、横臂与汽车横向平面的倾角为变量,对悬架导向机构进行优化。图 9 为优化之后车轮横向位移与车轮跳动量的关系,可见,轮距的变化约为 3.5 mm,小于一般轿车轮距变化的要求。

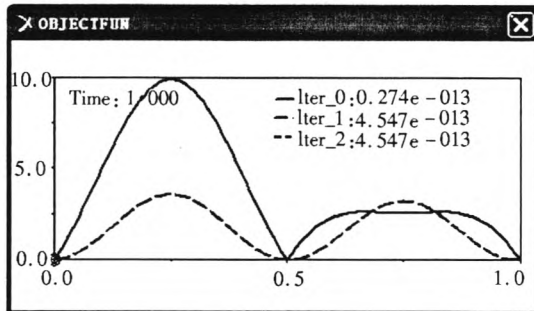


图 8 目标函数变化曲线

Fig. 8 The curve of the objective function

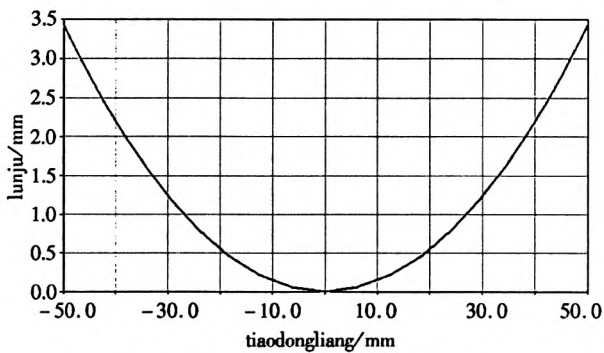


图 9 车轮横向位移与车轮跳动的关系

Fig. 9 The relationship wheel lateral displacement and wheel bouncing

由于本机构是通过转向电机直接控制车轮转向,不需要产生大的回正力矩,为了减少转向电机的转向力矩,以及减小轮胎和路面间的摩擦,所以主销的后倾角、内倾角尽可能取小。等长双横臂悬架导向机构参数的优化结果如表 2 所示。

表 2 悬架导向机构的优化结果

Table 2 The optimization results of suspension guiding mechanism

设计变量	优化结果
主销长度	220 mm
主销内倾角	5°
主销后倾角	1°
横臂长度	370 mm
横臂与汽车横向平面的倾角	0°

## 4 结论

(1)结合等长双横臂悬架的特点,提出了分别可用于转向轮和非转向轮的轮边驱动机构,不仅结构紧凑、传动效率高、各轮独立可控,而且有效降低了电动汽车的非簧载质量,提高了整车的行驶平顺性。

(2)在 ADAMS 软件中建立了悬架导向机构的参数化模型,以轮距的变化最小为目标函数进行优化设计,优化结果符合设计要求。

## 参考文献:

- [1] 薛松. 电动车双纵臂悬架一轮边驱动系统的设计与研究[D]. 上海: 同济大学, 2009.
- [2] 王淑坤, 房梁, 郑龙. 电动汽车轮边驱动系统的设计与研究[J]. 机械设计与制造, 2012(6): 146-148.
- [3] 赵鼎, 崔文锋, 孙海洋. 轮边综合驱动与转向电动车行走机构设计与分析[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(19): 4 687-4 692.
- [4] Nobuyoshi Mutoh, Yuki Nakano. Dynamics of Front - and - Rear - Wheel - Independent - Drive - Type Electric Vehicles at the Time of Failure[J]. IEEE transactions on industrial electronics, 2012, 59(3): 1 488-1 499.
- [5] 王斌, 季从东, 周临震, 等. 一种可实现大角度转向的等长双横臂悬架轮边驱动装置: 中国, 201210272053. X[P]. 2012-11-14.
- [6] 邓志君, 董铸荣. 基于垂向性能研究的新型悬架参数设计[J]. 机械设计与制造, 2012(8): 37-39.
- [7] 王斌, 季从东, 罗泽生. 采用等长双横臂悬架的轮边减速驱动装置[P]. 中国, ZL201120484299. 4. 2012-11-21.
- [8] 陈辛波, 王伟, 李良华, 等. 双横臂悬架-万向节传动线控独立转向机构[J]. 同济大学学报, 2007, 35(3): 390-393.

(下转第 62 页)

## The Design and Optimization of Wheel Hub Drive Mechanism with Long Double Wishbone Suspension

WANG Bin<sup>1</sup>, JI Cong-dong<sup>2</sup>, WANG Jia-nan<sup>1</sup>

(1. UGS College, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China;  
2. School of Automobile and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu 212013, China)

**Abstract:** Combined with the characteristics of long double wishbone suspension, the wheel hub drive mechanisms respectively used for the steering wheel and non-steering wheel are designed. These mechanisms had compact structure and they, reduced the unsprung mass and improved the ride performance of the electric car. The parameterized model of the suspension guiding mechanism was established under ADAMS software. Optimization design was made to the suspension guiding mechanism with the minimum change of track as objective function.

**Keywords:** electric car; wheel hub drive system; long double wishbone suspension; guiding mechanism

(责任编辑:张振华)

(上接第 54 页)

### 参考文献:

- [1] 刘华. 浅析目前针织服装的发展趋势[J]. 山东纺织经济, 2008(3): 87-88.
- [2] 柳国栋. 论针织毛圈织物的发展[J]. 针织工业, 1983, 5(1): 25-30.
- [3] 龙海如. 针织学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2008: 72.
- [4] 吕慧. 针织服装面料的品种及发展趋势[J]. 国际纺织导报, 2007, 15(4): 71-74.
- [5] 吴为民, 奕辉. 空芯纱毛巾织物舒适性能的测试分析[J]. 南通大学学报, 2009, 8(4): 50-53.

## The Research on Wearable Comforts of Formal Terry Fabric

SONG Xiao-lei<sup>1,2</sup>, WEI Li<sup>3</sup>

(1. School of Textiles and Clothing Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China;  
2. School of Textiles and Clothing Engineering, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China;  
3. Textile Engineering Department, Yancheng Industrial Career Technical College, Yancheng Jiangsu 224005, China)

**Abstract:** Terry tissue is one of the most common textile fabrics. Its unique characteristics can be formed with good comforts of knitted fabrics. The paper describes the structure, classification and the formation principle of the terry tissue. The formal terry fabrics are used as research objects, and both terry density and terry size are targets. Such measurements including strength, moisture absorption, breathability, wear resistance and thermal. As a result, the plush density is important to strength, moisture absorption and thermal; the terry size is important to wear resistance, breathability and thermal.

**Keywords:** knit fabric; terry fabric; wearable comforts

(责任编辑:沈建新)