

一种具有油气扭转弹簧的混合动力汽车新型横向稳定装置设计

潘园 陈冠东 舒向 陈韦江川 朱锐
扬州大学机械工程学院 江苏扬州 225100

[摘要] 以混合动力汽车的横向稳定杆作为研究对象, 分析了现有横向稳定杆用扭转弹簧的存在的问题, 设计了一种具有油气扭转弹簧的混合动力汽车新型横向稳定装置。研究表明, 现有的扭转弹簧刚度通常为线性刚度, 并且不可调, 阻尼系数不确定, 不能有效衰减振动; 将油气扭转弹簧运用于横向稳定装置, 提高了车辆行驶的稳定性的。

[关键词] 横向稳定杆; 油气扭转弹簧; 混合动力汽车

前言

目前用于汽车横向稳定器的扭杆弹簧大多是机械式扭杆弹簧和螺旋式扭杆弹簧。这类传统的扭杆弹簧的刚度通常是不可调的线性刚度; 阻尼系数不确定, 振动衰减效果不明显; 在运行过程中易产生噪声, 影响驾驶的舒适性。

湖南大学机械与运载工程学院发明了一种油气扭转弹簧, 该发明中的油气扭转弹簧具有非线性的扭转刚度和阻尼特性, 能够实现扭转刚度和阻尼系数的自动调整, 从而有效地缓冲和衰减扭转振动^[2]。本设计将油气扭转弹簧运用于某混合动力汽车的横向稳定装置, 提高混合动力汽车驾驶安全性与稳定性。

1 装置的工作过程

油气扭转弹簧装置包括控制摇臂、内衬钢板格栅、套筒、中间轴、法兰盘、下摆格栅、前后端盖。其中, 控制摇臂与套筒及内衬钢板格栅与套筒通过键槽连接, 中间轴的一端与车身做固定连接, 另一端与下摆格栅通过键连接, 套筒内部包含内衬钢板格栅、前后端盖、下摆格栅, 并形成四个空腔。将其安装到车辆上后, 油液注入后端盖上的充油充气孔, 随后通过钢板格栅的阻尼孔进入上部空腔, 油液占据上部空腔的部分体积后, 高压惰性气体从控制摇臂上的充油充气孔进入空腔。油气扭转弹簧的下摆格栅与控制摇臂的缸筒下端设有两道密封环, 并且与端盖接触的地方耶设两道密封环, 有效隔绝外界与油气腔, 保证良好的气密性。

当车身发生侧倾时, 与车身固连的中间轴与控制摇臂产生相对转动, 这时, 下摆格栅推动油液流动, 经过阻尼孔产生阻尼力, 这样就能够衰减车身的侧倾, 提升整车行驶平稳性。同时, 中间轴下摆格栅的运动致使惰性气体(一般为氮气)的压缩与膨胀, 压缩端压强升高, 产生较大的推力, 膨胀端压强减小, 产生较小的推力, 但是由于整体上压缩端压力大于膨胀端, 在不影响整车垂向刚度前提下, 给整车的侧倾刚度是非线性变化的, 即刚度可调。当车身侧倾角较小时, 横向稳定装置也随之减小侧倾刚度; 当车身侧倾角较大时, 横向稳定装置的侧倾刚度也随之增大, 有效地提高不同工况

下驾驶员行驶平稳性。

2 相关参数的设计

2.1 横向稳定装置尺寸模型的建立

在上述横向稳定装置中, 可以注意到其连杆的强度尤为重要, 故可按照普通横向稳定杆对其进行设计计算。

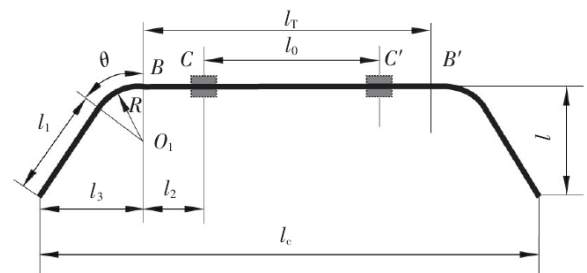


图2 横向稳定杆的尺寸模型

图中主要尺寸数据如下：

$$l_r = 760\text{mm}, l_0 = 640\text{mm}, l_1 = 278\text{mm}, R = 20\text{mm}, \theta = 1.046\text{rad}$$

$$l = \sin \theta \left(l_1 + R \tan \frac{\theta}{2} \right) = 250.57\text{mm}$$

$$l_2 = \frac{l_r - l_0}{2} = 60\text{mm}$$

$$l_3 = \frac{l}{\tan \theta} + R \tan \theta = 176.61\text{mm}$$

$$l_c = l_r + 2l_3 = 1113.22\text{mm}$$

2.2 横向稳定杆的参数设计

当横向稳定杆用于独立悬架时, 其侧倾角刚度 C_{ψ_b} 与车轮处的等效侧倾刚度 C_{ψ_w} 之间的换算关系可如下求出^[3]: 假设作用于左右车轮与地面接触点处有大小相等、方向相反的微元力 dF_w , 使左右车轮产生垂直方向的位移 df_w , 则横向稳定杆将受到的微元力 dF_b 并产生垂直位移 df_b 。并有如下关系

$$dF_w \bullet df_w = dF_b \bullet df_b$$

$$dM_b = dF_b L$$

$$d\phi = 2df_b/L$$

式中, L ——横向稳定杆两端点之间的距离(如图2所示)

由上述可计算横向稳定杆的角刚度 C_{ψ_b} 和车轮处的等效角刚度

C_{ψ_w} :

$$C_{\phi_b} = \frac{dM_b}{d\phi_b} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dF_b}{df_b} L^2$$

$$C_{\phi_w} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dF_w}{df_w} B^2$$

式中, B——轮距。

综上所述可以得到 C_{ϕ_b} 与 C_{ϕ_w} 之间的换算关系

$$C_{\phi_b} = C_{\phi_w} \left(\frac{f_w}{f_b} \right)^2 \cdot \left(\frac{L}{B} \right)^2$$

横向稳定杆两端点垂直位移 f 的计算公式如下:

$$f = \frac{P}{3EI} \left[l_1^3 - a^3 + \frac{L}{2}(a+b)^2 + 4l_2^2(b+c) \right]$$

式中, E——材料的弹性模量, 这里 $E = 2.06 \times 10^5 \text{ MPa}$;

I——横向稳定杆的截面惯性矩, $I = \frac{\pi d^4}{64}, \text{ mm}^4$;

d——横向稳定杆的直径, mm;

式中其余各量的含义见图 2 所示。

由上述公式可以得到横向稳定杆的角刚度

$$C_{\phi_b} = \frac{1}{2} \cdot \frac{P}{f} L^2 = \frac{3EIL^2}{2 \left[l_1^3 - a^3 + \frac{L}{2}(a+b)^2 + 4l_2^2(b+c) \right]}$$

一般的, 当侧倾惯性力是整车重量的 0.4 倍时, 要求乘用车的车身侧倾角设计在 $2.5^\circ \sim 4^\circ$ 之间^[4], 这里取车身侧倾角 $\phi_r = 2.6^\circ$, 根据汽车理论有关内容, 车身侧倾角、侧倾力矩与悬架总的角刚度有如下关系:

$$\Phi_r = M_{\phi_r} / \sum K_{\phi_r}$$

而悬架的侧倾角刚度可由下式计算

$$K_{\phi_r} = \frac{1}{2} k_s \left(\frac{Bm}{n} \right)^2$$

实际轿车的前侧倾角刚度为 $300 \sim 1200 \text{ N} \cdot \text{mm} / \text{度}$ ^[5]

综合上述两式, 可计算得横向稳定杆所需提供侧倾角刚度为

$$C_{\phi_b} = \sum K_{\phi_r} - K_{\phi_r} = 2.72 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} / (^\circ)$$

当角刚度得到时, 可以确定横向稳定杆的直径 d

$$d = \sqrt[4]{\frac{128}{3\pi} \cdot \frac{C_{\phi_b}}{L^2 E} \left[l_1^3 - a^3 + \frac{L}{2}(a+b)^2 + 4l_2^2(b+c) \right]}$$

式中各量的含义与上述相同。经计算, 横向稳定杆的直径

$$d = 18.84 \text{ mm}$$

为保证连杆的强度不受其他因素影响, 取 $d=20 \text{ mm}$ 。

3 结语

综上所述, 本设计提出了一种具有油气扭转弹簧的混合动力汽车新型横向稳定装置, 改变传统的横向稳定杆几何结构并加入了油气扭转弹簧, 解决了传统横向稳定装置使车辆侧倾过大, 导致轮胎磨损严重、驾驶舒适性与安全性欠佳的问题。

[参考文献]

- [1] 湖南大学. 一种油气扭转弹簧: 中国, 201510412038.1[P].2015.09.23.
- [2] 刘惟信.《汽车设计》[M].北京, 清华大学出版社, 2001.07
- [3] 李志栋. 基于 adams/view 的重型越野车横向稳定杆设计[J]. 汽车实用技术, 2019 年
- [4] 杨万福.《汽车理论》[M].广州, 华南理工大学出版社, 2010.08
- [5] 王冰. 车辆悬架用油气弹簧刚度性能数值计算研究[J]. 小型内燃机与车辆技术, 2018 年 12 月
- [6] 朱江. 乘用车后横向稳定器轻量化设计及疲劳寿命预测分析[D]. 吉林大学, 2019 年
- [7] 钟彬, 何云峰, 某车型横向稳定杆强度与刚度研究[J]. 汽车仿真与测试, 2018 年
- [8] 许期英, 钟自锋, 汽车横向稳定杆疲劳寿命分析及优化设计[J]. 机械强度, 2019 年
- [9] 王建伟, 梅焯, 周海超, 汽车横向稳定轻量化设计方法研究[J]. 机械设计, 2019 年