

液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图研究

张善亮 韩全友 马艳恒

吉利汽车研究院(宁波)有限公司 浙江 宁波 315336

摘要: 本文建立了液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图, 利用该模型图在发动机悬置性能开发和优化过程中, 可准确定义和调试液压悬置性能。本文根据本公司一款新开发的车型, 利用该模型图, 通过准确优化液压悬置液压特性和结构参数, 使整车动态性能表现优于目标要求, 并得到市场的验证。

关键词: 液压悬置; 液压特性; 动态性能

引言随着国内外汽车产业的高速发展, 人们在追求动感的车身造型、精致豪华内饰的同时, 对感知质量和乘坐的舒适性越来越重视。悬置系统开发过程中, 悬置系统模态主要关注bounce和pitch两个方向, 同时液压悬置的阻尼特性频率主要在bounce频率发挥作用。整车动态平顺性需要考虑的是多点频率作用。因此, 识别动力总成悬置系统在整车动态性能中的关系, 对于液压悬置的开发至关重要。

1 液压悬置阻尼频率与整车动态性能关系建立

液压悬置的主要作用是抑制动力总成垂向振动, 液压悬置阻尼角峰值频率一般在11Hz附近, 即动力总成垂向模态。车辆在过坎、粗糙路面行驶时, 路面激励引起动力总成悬置系统垂向共振, 液压悬置能够改善乘坐的舒适性。

整车动态行驶是多系统相互作用的状态, 行驶工况, 不仅有粗糙路面, 还有过坎、起伏路面、高速等不同状态。动力总成悬置系统不仅受自身系统模态影响, 还会受到由路面经过轮胎、悬架、车身传导过来的路面激励, 以及通过传动轴传递过来的阶次激励影响。

因此液压悬置不仅需要考虑到动力总成自身的系统模态, 还需要考虑轮胎的阶次频率影响、悬架频率的影响以及传递系统的阶次频率影响。

本文通过建立液压悬置频率与整车不同工况下, 不同系统间的频率关系, 研究液压悬置优化方向的方法。

首先分析液压悬置阻尼特性:

动刚度公式

$$\vec{K}_d = K_s + K_v - \frac{K_v^2 \left(\frac{a}{A}\right)^2}{K_v \left(\frac{a}{A}\right)^2 - l a \rho \omega^2 + \vec{l} C_i \omega}$$

式中 K_s 为静刚度, K_v 为体积刚度, a 为截面积, A 为等效活塞面积, l 为长度, ρ 为密度, ω 为共振频率, C_i 为摩擦系数。

存储刚度^[1]公式:

$$K_1 = K_s + K_v - \frac{K_v^2 \left(\frac{a}{A}\right)^2 \left[K_v \left(\frac{a}{A}\right)^2 - l a \rho \omega^2 \right]}{\left[K_v \left(\frac{a}{A}\right)^2 - l a \rho \omega^2 \right]^2 + (C_i \omega)^2}$$

损伤刚度^[1]公式:

$$K_2 = \frac{K_v^2 \left(\frac{a}{A}\right)^2 C_i \omega}{\left[K_v \left(\frac{a}{A}\right)^2 - l a \rho \omega^2 \right]^2 + (C_i \omega)^2}$$

$$\vec{K}_d = K_1 + \vec{l} K_2$$

阻尼角公式:

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{K_2}{K_1}$$

阻尼频率公式:

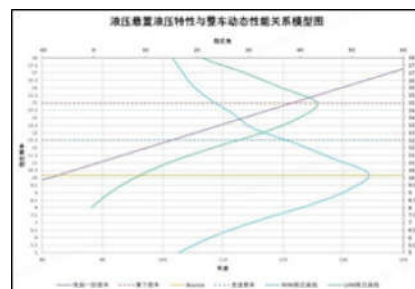
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_v \left(\frac{a}{A}\right)^2}{l a \rho}}$$

通过液压悬置阻尼特性相关公式, 使用MATLAB软件可编辑液压悬置阻尼特性计算程序, 计算液压悬置液压特性。

通过簧下频率公式:

$$f_h = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_x}{M_h}}$$

式中, K_x 悬架刚度, M_h 为悬架质量, 可计算簧下频率通过以上计算, 可以建立液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图如下图所示:



液压阻尼特性与整车动态频率关系图展示了液压悬置阻尼特性与动力总成Bounce、整车轮胎一阶频率、簧下频率的关系。通过上图可准确掌握液压悬置阻尼特性设计或优化方向,结合液压悬置阻尼特性计算程序,从而准确设计和优化所需的液压悬置液压特性参数。

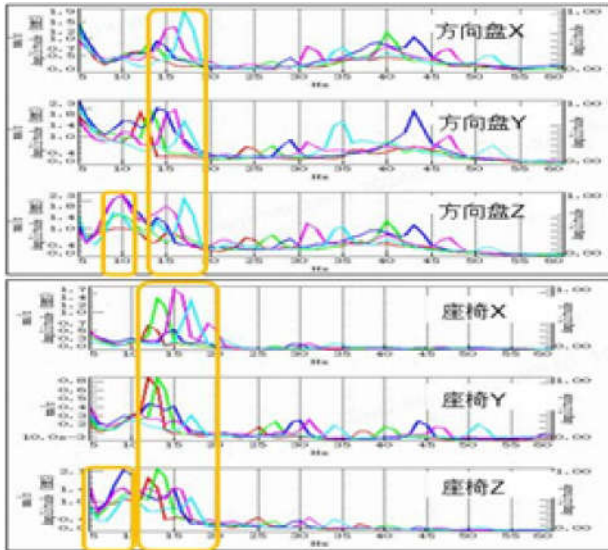
2 液压悬置优化方案

首先进行整车测试分析。

通过四立柱测试确认整车方向盘和座椅振动频率状态。四立柱测试结果显示座椅和导轨的振动峰值频率有两个频率^[1],一个在10Hz附近,一个在15Hz附件,分别对应动力总成垂向共振和簧下共振^[2]。

通过实车测试,不同车速下方向盘和座椅振动状态如下图所示:

通过动力总成悬置系统计算可知,动总Bounce模式为10.2Hz。



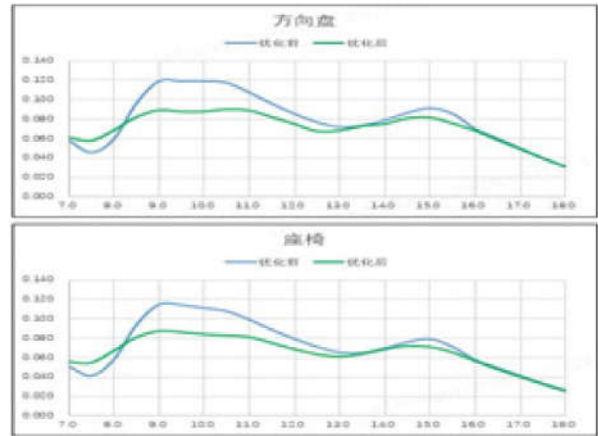
通过悬架测试和系统计算可知,其簧下频率在14.9Hz
根据以上测试数据可知液压悬置的两个优化方法:

- 10Hz的阻尼特性优化动力总成的Bounce性能;
- 15Hz的阻尼特性改善悬架系统引起的振动。

综上所述,要解决整车动态的两个频率问题,需要采用双液压悬置方案,同时解决整车10.2Hz和14.9Hz阻尼性能需求,提升整车动态性能。

根据液压悬置阻尼特性,可优化液压性能的方式比较多,如体积刚度、等效活塞面积、流道截面积、流道长度等等。但实际整车调试过程,考虑整车边界调教限制以及调整的成本和周期等因素影响。比较容易的方式是优化流道截面积和长度等参数。本案例主要也是通过优化流道截面积和长度,结合液压悬置阻尼特性分析软件,优化液压悬置所需阻尼特性:

3 优化后的整车方向盘和座椅状态如下:



本文基于公司某款车型整车动态性能和液压悬置优化研究,通过建立的液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图,对液压悬置有针对性的优化,优化结果如下图所示。

实车测试结果显示,建立了液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图。整车性能也能得到准确优化。

研究表明:

建立液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图,结合液压悬置阻尼特性计算程序,从而准确设计和优化所需的液压悬置液压特性参数;

通过建立液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图,可根据实际状态决策是选用单液压或双液压;

根据液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图,单液压悬置方案时可将液压悬置阻尼特性频率放在两频率中间区域,可做性能平衡。如,当Bounce频率为10Hz,簧下频率为14Hz,单液压悬置阻尼频率可考虑放在12Hz做性能的平衡;

根据液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图,双液压悬置方案时,在解决Bounce和簧下频率问题的同时,可考虑在LHM和RHM阻尼重叠区域解决整车其它动态频率问题。

结语

建立液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图,结合液压悬置阻尼特性计算程序,从而准确设计和优化所需的液压悬置液压特性参数;

通过建立液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图,可根据实际状态决策是选用单液压或双液压;

根据液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图,单液压悬置方案时可将液压悬置阻尼特性频率放在两频率中间区域,可做性能平衡。如:当Bounce频率为10Hz,簧下频率为14Hz,单液压悬置阻尼频率可考虑放

在12Hz做性能的平衡；

根据液压悬置液压特性与整车动态性能关系模型图，双液压悬置方案时，在解决Bounce和簧下频率问题的同时，可考虑在LHM和RHM阻尼重叠区域解决整车其它动态频率问题。

参考文献

- [1] 上官文斌. 液阻型橡胶隔振器液-固耦合动力学特性仿真技术研究[D]. 北京: 清华大学,2003.06: 20-73.
- [2] 赖睿等. 液压悬置阻尼频率对整车平顺性的影响[J],维普期刊专业版. 2019.01: 3-5.