

悬架侧倾中心分析及其在底盘调校中的应用

郝景贤

(同济大学 汽车学院, 上海 201804)

摘要: 针对汽车底盘调校的关键问题,以某型商用车底盘为研究载体,简述了如何根据悬架布置来设计校核侧倾中心高度及其变化.再从商用车自身的高重心特点出发,围绕抗侧翻特性和舒适性对底盘调校的要求,论述了悬架侧倾中心高度设计和后期底盘调校悬架弹性元件调校范围之间的关系.说明了在特定侧倾中心高度下,如何通过车辆基础舒适性和抗侧翻要求来确定底盘调校弹性元件的范围,从而可以在设计前期对后期底盘的可调性进行评估,从而减少了项目后期无法达到基本目标的可能性.该调教方法对于提升商用车的整体性能具有重要的指导意义和工程应用价值.

关键词: 悬架侧倾中心;侧倾举升效应;底盘调校;抗侧翻特性

中图分类号: U 463.33

文献标志码: A

Suspension Roll Center Analysis and Its Application in Chassis Tuning

HAO Jing-xian

(School of Automotive Studies, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Aiming at studying the key problems of vehicle chassis tuning, the roll center height and its migration were designed and checked taking certain type of commercial vehicle as an investigated object. Based on the feature of high roll center of commercial vehicle, the relationship between the suspension roll center height and the suspension elastic element tuning range was explained. It was made clear how to define the suspension elastic element tuning range in accordance with the comfort requirement and the anti-roll equation, so as to evaluate the tuning availability on the primary design stage, and avoid the possibility of dissatisfaction of chassis performance. The tuning method provided in the paper has important guiding significance and engineering application value to improve the overall performance of commercial vehicle.

Key words: roll center; jack up effect; suspension tuning; anti-rollover

悬架的侧倾中心高度是悬架设计的基础,对车辆的抗侧翻特性、操控性、轮胎的磨损、用户驾乘信心等车辆性能均有重要的影响.由于侧倾中心高度由悬架

的几何机构决定,在设计初期确定之后,后期很难更改,所以对它的理论分析和优化就显得尤为重要.

国外汽车企业的工程师们对悬架侧倾中心高度

收稿日期: 2013-09-18

第一作者: 郝景贤(1972-),男,高级工程师.研究方向:汽车设计. Email: Haojingxian@saicmotor.com

进行深入的研究,并在实际车辆设计中详细考量了悬架侧倾中心高度与车辆操控性之间的关系^[1].而国内由于目前底盘自主开发水平较低,侧倾中心高度的设计还以参考国外车型为主,未形成自己的底盘设计思路,只是单独的对侧倾中心高度进行简单计算^[2],底盘整体设计思路中缺少对侧倾中心高度的认识.

底盘调校作为在项目后期进行的工作,其提升车辆操控和平顺性的程度,一定意义上取决于前期的客观设计.很难想象一个前期基础设计互相矛盾的车辆能够通过主观调校使得车辆性能有质的提升.所以前期的基础设计,对底盘调校有着至关重要的影响.在这些基础设计参数中,尤其对于具有较高质心的商用车辆而言,悬架侧倾中心高度直接关系到底盘调校最重要的平顺性和抗侧翻特性,直接影响到底盘调校样件所能包括的范围.

本文首先从悬架前、后侧倾中心的设计和匹配出发,进行底盘架构的基础抗设计.讨论了悬架侧倾中心高度和车辆舒适性及抗侧翻性能之间的关系,阐述了悬架侧倾中心高度对底盘弹性原件调校范围的影响.

1 前后悬架侧倾中心的设计及匹配

悬架的侧倾中心对车辆轮胎的磨损、侧翻稳定性等有着决定性的作用,前后悬架侧倾中心的连线——侧倾轴线,也对车辆的操控性能有着决定性的影响^[3].

对于商用车而言,由于其重心较高,因而要求较高的侧倾中心来满足抗侧翻的要求,而商用车较大的载荷及悬架行程则要求行驶中轮距变化较小来避免轮胎的早期磨损,需要综合考虑以上情况来设计匹配前后悬架侧倾中心.

1.1 车辆前后悬架侧倾中心的匹配设计

如图1所示,以麦式独立悬架为例,侧倾中心高度既要满足车辆轮距变化最大值要求,又要具备一定的高度以满足抗侧倾要求.侧倾中心高度148 mm,侧倾中心高度主要由底盘硬点设计来决定,在硬点设计初期需用通过相应的设计手段(例如ADAMS仿真)保证侧倾中心高度和如图2所示的轮距随车轮上下跳动变化梯度合乎要求.对于独立悬架需要仔细校核其轮距变化情况.

非独立悬架如图3所示,一般用为商用车的后悬架,其侧倾中心主要由横向布置的潘哈杆来决定,

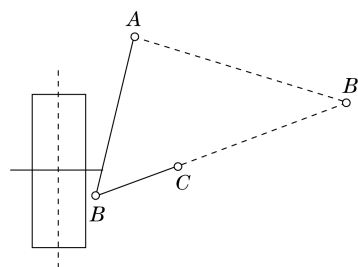


图1 前悬架及侧倾中心图示

Fig.1 Front suspension roll center

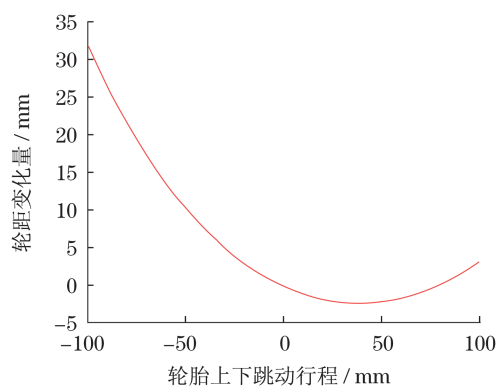


图2 前轮轮距随车轮上下跳动变化图

Fig.2 Variation of front wheel track with the wheel jumping

其轮距随车轮的上下跳动的变化量很小,如图4所示.主要设计点在于侧倾中心的高度匹配.

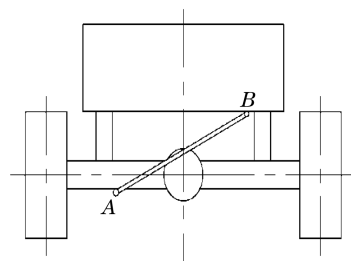


图3 后悬架及侧倾中心图示

Fig.3 Rear suspension roll center

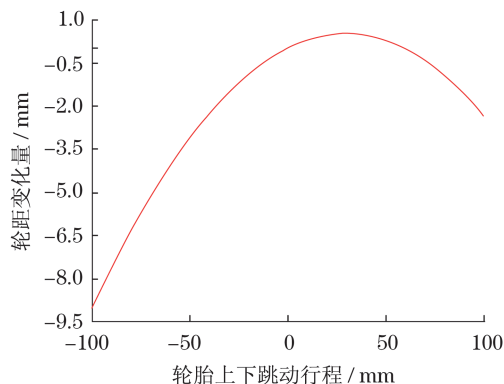


图4 后悬架轮心横向坐标随车辆侧倾角度变化图

Fig.4 Variation of rear wheel center position with the vehicle rolling angle

典型的商用车前悬架为独立悬架,后悬架采用非独立悬架,其前后悬架侧倾中心高度决定着操控性.对于商用车而言,其空满载时车辆姿态及车辆操控特性变化相当大,尤其是后悬架,所以不只需要在设计状态下校核前后侧倾中心高度连线角度,尤其重要的是在满载情况下的校核.

1.2 动态“jack up”效应对车辆侧倾中心设计的要求

车辆在运行过程中侧倾中心会发生变化,如图 5 所示.不同的悬架会在车辆转弯过程对人的主观感受产生不同的影响.对于一个较好的悬架侧倾中心匹配,希望在转弯过程中呈现出车身高度不上升,车头不抬高的状态,有利于驾乘人员的驾乘信心^[4],称之为“jack up”.

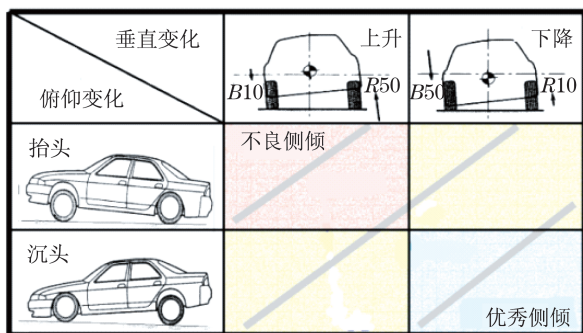


图 5 侧倾举升效应
Fig.5 Jacking up effect

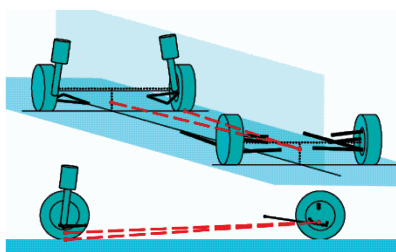


图 6 悬架侧倾中心变化图
Fig.6 Variation of suspension roll center

商用车悬架行程相对较大,侧倾梯度较大,“jack up”的效应更加突出,在设计中需要校核车辆转弯过程中的“jack up”效应.利用 ADAMS 软件分别建立前后悬架的 MBD 模型进行相关的分析^[5],即可得到前后悬架侧倾中心在车辆转弯过程中的变化,如图 6 所示.从而可以在设计早期即识别此效应,在前期设计中避免此问题.

2 悬架侧倾中心高度与底盘调校

底盘调校中,经常会出现车辆的动态抗侧翻特

性和悬架偏频之间的矛盾,一方面需要较大的弹簧刚度来减小车辆的侧倾以增强抗侧翻特性,一方面又需要减小弹簧刚度以获得较好的平顺性,而通过这两个性能要求,可以得到基本的弹性件调校范围,其流程如图 7 所示.从基本的悬架特性可知,影响动态抗侧翻特性的可设计参数中最为关键的是悬架侧倾中心高度,前期合理设计悬架侧倾中心高度可以有效地保证后期底盘调校有较为平衡的抗侧翻和平顺特性.

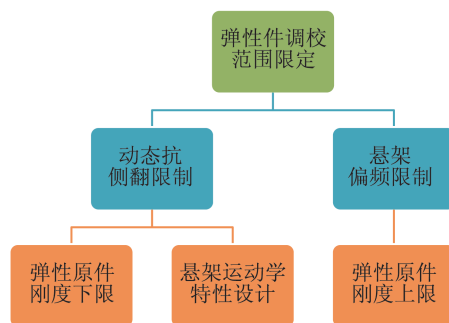


图 7 底盘调校弹性件范围设计流程
Fig.7 Design flow chart of chassis elastic parts tuning range

2.1 侧倾中心高度与车辆抗侧翻特性

悬架的侧倾中心高度直接与车辆的动态抗侧翻特性相关,如图 8 所示.图中 F_{z0} , F_{z1} , F_{y0} , F_{y1} 分别为车辆左、右轮胎所受的重向力及侧向力; Mg 为车辆质心所受重力; ϕ 为车辆侧倾角.影响车辆抗侧翻特性的基础设计要素包括:轮距 t 、重心距离地面高度 h 、侧倾中心离地高度 h_r 、侧倾梯度.其中侧倾梯度主要由底盘调校的弹性件刚度决定,其余可设计点仅仅为悬架侧倾中心高度.

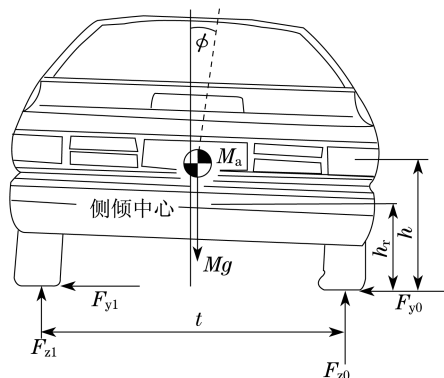


图 8 车辆侧倾计算
Fig.8 Calculation of rolling angle

车辆的动态抗侧翻特性主要采用美国 NHTSA 的评价准则,采用 5 星级评分.一般在车辆开发中首

先设定车辆所要求达到的 NHTSA 的星级^[6],如图 9 所示,对于商用车而言,由于重心较高,抗侧翻特性需要特别加以重点考虑,在设计之初对于基本的抗侧翻特性需加以详细较算.一般在设计中,车辆的基本抗侧翻性能^[7]最大侧向加速度计算如下

$$a = \frac{t}{(2h(1 + R(1 - h_r - h)))} \quad (1)$$

式中, t 为轮距; h 为重心距离地面高度; h_r 为侧视图中重心位置处侧倾中心离地高度; R 为侧倾梯度.

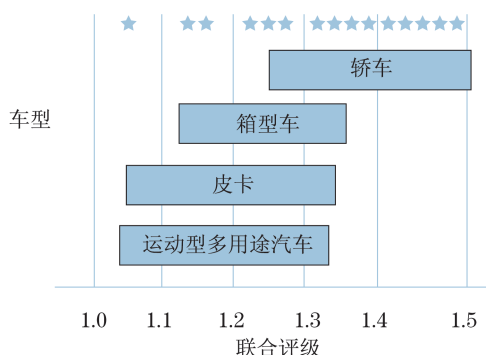


图 9 美国 NHTSA 评分一般要求

Fig.9 General Requirement of NHTSA

在最大侧向加速度一定的情况下,通过式(1)得到悬架侧倾角刚度和悬架侧倾中心高度之间的关系,再通过基本的悬架侧倾角刚度计算^[8],即可得到悬架弹性件的所需最小刚度值.

从此可以得出,前期悬架侧倾中心高度的设计值,决定了后期底盘调校时所能达到的最小的弹簧刚度.

2.2 侧倾中心高度与车辆平顺性

平顺性是底盘调校中一个最为重要的内容,车辆的平顺性最重要的指标之一就是悬架偏频.在进行底盘调校时,为了获得较好的平顺性,通常希望能够降低悬架弹簧的刚度.

通常在车辆前期目标设定时,设定悬架的偏频最大值,这样也确定了悬架弹簧刚度的上限值.通过侧倾中心与车辆抗侧翻特性的关系可知,要保证能够达到合理的抗侧翻特性,弹簧的刚度必须与悬架侧倾中线高度进行匹配设计.这样,要使得悬架刚度足够低,则需要一个较高的悬架侧倾中心高度.

从以上分析得出,悬架侧倾中心高度,直接在底盘设计前期确定了底盘调校弹性件的范围,较低的悬架侧倾中心,尤其对于商用车而言,会使得后期底盘调校时无法采用较软的悬架弹簧,从而使得车辆的平顺性受到很大影响.所以在底盘前期架构设计阶段,就需要从后期的舒适性设计出发,对悬架侧倾中心高度提出一定的要求.

3 结 论

悬架的侧倾中心高度及其对车辆特性的影响是底盘整体设计的一条主线,尤其对于商用车而言,较高的质心高度使得车辆特性对侧倾中心高度更加敏感.而对于底盘调校而言,根据侧倾中心高度、抗侧翻特性、平顺性客观指标,可以通过计算得到底盘主要弹性件的限定范围,然后采用动力学软件对车辆平顺性进行仿真分析^[9],在底盘主观调校时可有效减少调试的规格和时间.同样,亦可避免前期错误的设计造成后期底盘调校时无法协调抗侧翻特性和平顺性.

参考文献:

- [1] Park Y, Chang H, Lee B, et al. The suspension of the newly developed hyundai sonata[C]. SAE, 2005:1713.
- [2] 马建军,徐国兴,童永.一种双横臂悬架侧倾中心的计算和分析[J].合肥工业大学学报,1999,22(4):133-136.
- [3] 潘筱,林逸,王冬成等.五连杆非独立后悬架侧倾性能研究[J].汽车技术,2002,1(2):15-18.
- [4] 刘一夫,朱茂桃,陈阳等.横向稳定杆对整车侧倾及纵倾特性的影响[J].机械设计,2013,30(2):92-96.
- [5] Shim T, Velusamy P C. Influence of suspension properties on vehicle roll stability[C]. SAE, 2006:1950.
- [6] 刘伟,李健,王金洋.基于 ADAMS/CAR 的麦弗逊式悬架的建模与仿真.机械[J],2012(10):62-64.
- [7] 冯金芝,喻凡,李君.基于虚拟样机技术的铰接式车辆动力学建模[J].上海理工大学学报,2004(4):372-377.
- [8] 张洪欣,汽车设计[M],北京:机械工业出版社,1998.
- [9] 余志生,汽车理论[M],北京:机械工业出版社,2002.

(编辑:董伟)