

应用主动横向稳定器 降低汽车侧倾角的研究

许洪国 李显生 王云鹏

(吉林工业大学 长春 130025)

摘要 研究利用主动横向稳定器改善汽车乘坐舒适性和降低汽车侧倾角的可行性。主动横向稳定器置于汽车前、后轴,通过液压控制缸与车架连接。采用转向轮转角前馈控制横向稳定器,可产生克服汽车侧倾运动的反侧倾力矩。实车试验表明:稳态转向或变更行车线时,该系统可明显降低汽车侧倾角和提高汽车的乘坐舒适性。

关键词 悬架系统 车辆动力学 姿态控制 试验

Study on Reducing Vehicle Roll Angle by Applying an Active Roll Stabilizer

Xu Hongguo Li Xiansheng Wang Yunpeng

(Jilin University of Technology, Changchun)

Abstract The subject of this paper is to study the feasibility of reducing vehicle roll angle and improve ride comfort by an active roll stabilizer system. An experimental vehicle is produced with active roll stabilizer mechanisms consisting of front and rear stabilizers whose one end is connected to the frame by means of each hydraulic actuator. A feed-forward control algorithm for activating the actuators is applied to generate an anti-roll moment which suppresses vehicle roll motion. Vehicle tests showed considerable reduction of roll angle during steady-state turning and lane-changing without sacrificing vehicle ride comfort.

Key words Suspension system Vehicle dynamics Attitude control
Experiment

0 引言

随着高等级公路的建设,汽车运输周转量在物资流通所占的比例逐年增加。这就要求汽车安全而舒适地运行,使驾驶员在运输过程中不易疲劳。车辆的振动是影响汽车乘坐舒适性的主要因素之一。降低悬架系统的弹簧刚度和阻尼系数可减小车辆的振动,但是车身的侧倾变大。若侧倾角刚度较小,则曲线行驶时车辆的侧倾角过大,会造成驾驶员的视点和操作姿

态变化大,使驾驶员产生疲劳和不安全感。在悬架系统安装横向稳定器可明显增加侧倾角刚度,但对原车的乘坐舒适性产生影响。采用开关(ON/OFF)式被动横向稳定器可解决这个问题,即在直线行驶时稳定器处于“关”状态,而转向行驶时稳定器处于“开”状态,但是其降低侧倾的效果有限。主动式悬架系统能够明显地改善侧倾和舒适性的对立关系,在轿车上已开发应用,但是其消耗能量大,且成本高,限制了它在商用汽车上的应用。

本研究以开发成本低,耗能少的主动悬架系统为目标,通过在商用汽车上的实车试验,研究主动横向稳定器(ARS)对降低车身侧倾和提高舒适性的效果。

1 试验车辆和系统构成

试验车辆为日产CM87EA型平头柴油汽车。其轴距3.77m,整备质量3 990kg,装载质量4 000kg,轮胎型号为9.00-20-14PR。试验汽车前后轴部均安装了横向稳定器。

图1所示为主动横向稳定器系统的工作原理及结构示意图。其一端用连接杆与车架相连,另一端配置单杆双向液压控制缸。控制系统通过液压缸经稳定器杆对车身施加反侧倾力矩,以抵消由侧向加速度产生的侧倾力矩,使车身的侧倾角减小。图2所示为该稳定器的控制系统和液压系统图。控制器(ECU)每隔10ms对控制压力进行采样和计算,然后向压力控制阀发出操作液压缸的指令信号。

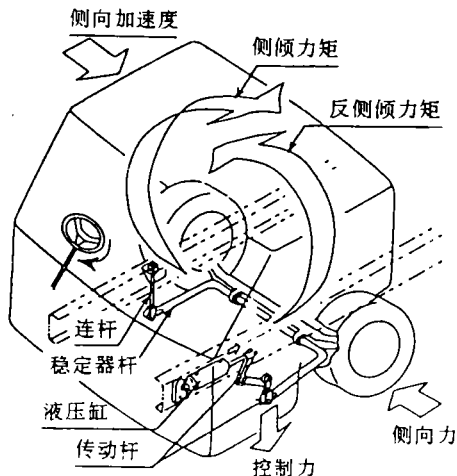


图1 主动横向稳定器原理和结构示意图

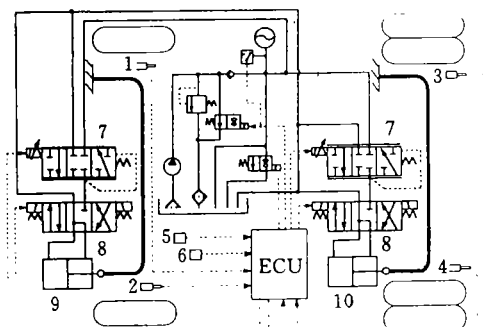


图2 稳定器的控制系统和液压系统构成

图中,1~4为负荷传感器;5为前轮转角传感器;6为车速传感器;7为压力控制阀;8为换向阀;9为前稳定器液压缸;10为后稳定器液压缸;ECU为电控单元(控制器)

2 控制模式

图3为主动横向稳定器的前馈控制模式图。以负荷传感器测定的轮重为基础,计算前轴及后轴至质心的距离,再由车速及转向角预测侧向加速度,将其输入车辆控制模型,由车载控制器计算达到期望侧倾角所需要的控制压力。

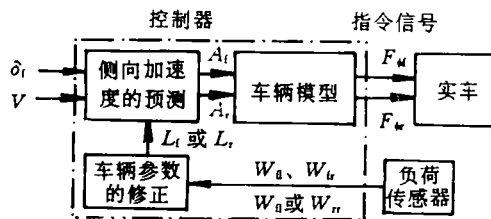


图3 控制模式

图中, δ_i 为前轮转角; V 为车速; A'_i 、 A'_r 为预测的前、后车身质心点的侧向加速度; L_i 、 L_r 为前、后轴至质心的距离; F'_u 、 F'_{ur} 为前、后稳定器的控制力; W'_u 、 W'_{ur} 、 W'_r 、 W'_{rr} 为前左、前右轮以及后左、后右轮的轮重。

3 试验结果分析

3.1 降低侧倾角的效果

3.1.1 稳态圆周试验

为使车身侧倾角降低 $2/3$, 先设定前后车身侧倾角目标控制增益, 然后分别在有无控制的条件下进行实车试验。图 4 所示为半径 20m, 车速 30km/h 的稳态圆周试验时悬架上车身侧倾角的测定结果。由图可知, 当前后部均进行控制时, 车身侧倾角降低约 $2/3$, 达到了设定目标。而仅控制前部或后部对降低侧倾的效果影响不大。另外, 因车身扭转刚度低造成了前车身与后车身的侧倾角有所不同。

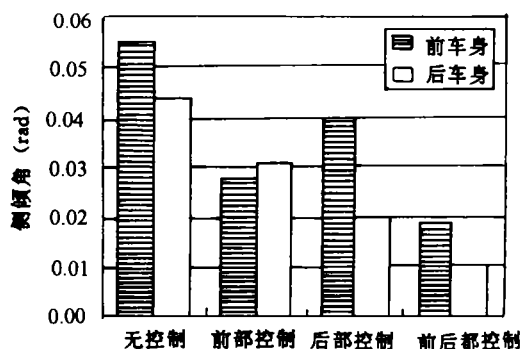


图 4 稳态圆周试验的侧倾特性

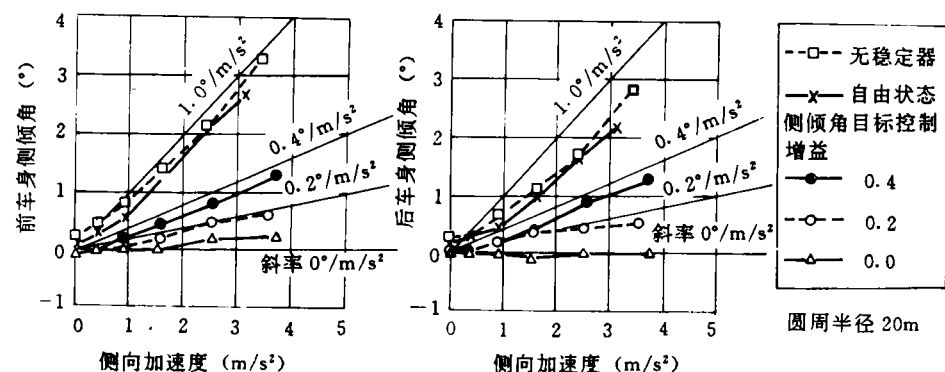


图 5 侧倾角与侧向加速度的关系

目标控制增益, 在稳态条件下测量和分析了前后悬架上侧倾角能否达到一致。图 5 所示为相对于横向加速度的悬架上侧倾特性。将无稳定器和稳定器处于自由状态时的斜率定为 $1.0^\circ/\text{m/s}^2$, 然后变化侧倾角目标控制增益为 0.4、0.2、0.0 $^\circ/\text{m/s}^2$ 时, 分别进行试验。结果表明, 前后车身悬架上侧倾角都有所降低, 并且与控制目标基本一致。

3.1.2 移线特性

同样, 为了使车身侧倾角降低 $2/3$, 设定前后车身侧倾角目标控制增益, 进行车速为 100km/h 的移线试验, 试验结果如图 6 所示。前车身和后车身的侧倾角都降低了大约 $2/3$ 。

3.2 对乘坐舒适性的影响

本研究是以降低能量消耗和提高舒适性为出发点。为了减少能耗, 在直线行驶时不加油压, 稳定器处于自由状态。为了比较稳定器处于自由状态和液压缸机械地锁止对舒适性的影响, 分别进行了路扰试验, 即汽车以不同速度分别直线驶过左、右障碍板, 测定驾驶员 (右侧方向盘汽车) 一侧的垂直加速度。当车速分别为 30、60、80km/h 时, 利用 $1/3$ 倍频带

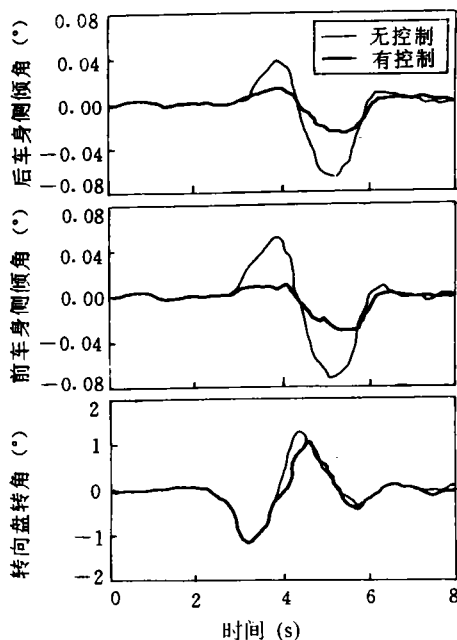


图 6 移线时侧倾特性的试验结果