

External Characteristics and Experiment Analysis of Variable Shock Absorbers of Vehicles

Shisheng Li

Chongqing Industry Polytechnic College, Chongqing
Email: cqlsslss@163.com

Received: Dec. 10th, 2016; accepted: Dec. 25th, 2016; published: Dec. 30th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The passive suspension which is not adjustable is a compromise between ride comfort and handling stability. On the basis of traditional hydraulic damper, taking the front damper of car as example, the variable damper is developed through improving the inner tube. According to corresponding national standard, the damping characteristic curve and speed characteristic curve were obtained by bench test. The results show the feasibility and validity of the variable damper. Finally, the results of the road test show that the ride comfort of the vehicle could be improved obviously for the suspension with the variable damper.

Keywords

Vehicle, Variable Shock Absorber, Experiment, Research

汽车可变阻尼减振器外特性及试验分析

李仕生

重庆工业职业技术学院, 重庆
Email: cqlsslss@163.com

收稿日期: 2016年12月10日; 录用日期: 2016年12月25日; 发布日期: 2016年12月30日

摘要

被动悬架不可调节,是汽车平顺性和操纵稳定性的一种折衷方案。以轿车前悬架减振器为设计对象,在传统液压式减振器的基础上,对其工作缸进行了改进设计,研制了一种可变阻尼减振器。按相应国家标准进行台架试验得到其示功特性曲线及速度特性曲线,表明了设计的可变阻尼减振器阻尼可变的可行和有效。最后,通过装车道路试验表明该可变阻尼减振器能使整车平顺性得到明显改善。

关键词

汽车,可变阻尼减振器,试验,研究

1. 引言

减振器是车辆悬架系统的重要部件之一,其性能对车辆的操纵稳定性和平顺性有很大影响。而传统的被动悬架由于其弹性元件和减振器的参数不能改变,因而不能使汽车的平顺性和操纵稳定性同时达到最优,要同时满足两项性能的基本要求就必须进行一定的折衷[1][2]。虽然目前在引进国外先进技术方面做了许多工作,同时我国在对采用可变阻尼减振器的半主动悬架及其控制方面也做了大量工作,但将半主动悬架成功地用于实车却很少,目前国产的各种轿车,包括引进技术或中外合资生产的各种型号的轿车基本上都是采用传统的被动悬架[3]。在半主动悬架的研究与实际运用方面,我国和世界上的一些发达国家相比还存在不少的差距。因此,研制出性能价格比相对较高、适用于普通汽车半主动悬架的可变阻尼减振器,对推进我国半主动悬架技术的进步和实车应用方面具有十分重要的意义[4][5][6]。

2. 可变阻尼减振器的研制

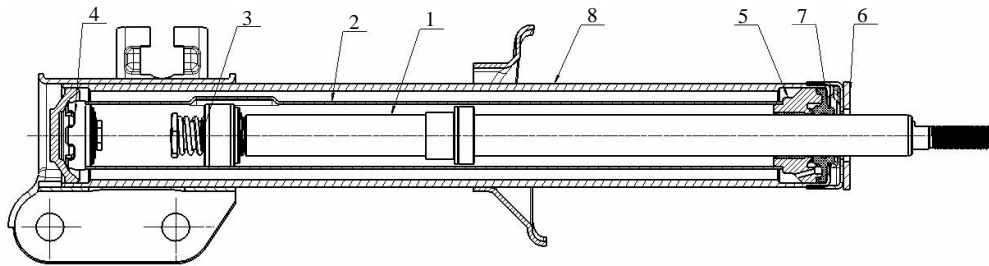
本文研制的可变阻尼减振器,其结构如图1所示。该可变阻尼减振器与现有车辆普遍使用的双筒双向作用液压减振器(以下简称“普通减振器”)相比,其不同之处在于:在其工作缸2的中下部挤出平行于工作缸轴线的一段槽(该槽的长度及数量可根据该减振器所适应的车型而定)。

减振器在汽车悬架系统的作用是当车架与车桥作往复相对运动时,由此带动活塞在工作缸内往复移动,减振器筒体内的油液便反复从一个内腔通过一些窄小的节流口流入另一个内腔,由节流口的节流作用产生阻尼力[2],其油液流动方向如图2所示。减振器的阻尼力将振动能量转化成热能,起到迅速衰减振动的作用。

对于本文所设计的可变阻尼减振器,当活塞在工作缸的无槽段工作时,该可变阻尼减振器的工作原理及油液的流动方向与普通减振器的工作原理及油液的流动方向完全相同。

当活塞在工作缸的有槽段工作时,一部分油液除按上述普通减振器的流动方向流动外,还有一部分油液通过工作缸上的槽与活塞所形成的细长小孔内流过,此时,油液流动方向如图3(a)和图3(b)中箭头所示。因此当活塞经过工作缸上有槽的位置和无槽的位置时,油液所能流过的通道的有效截面积是不一样的,这就出现了在同样的速度下,活塞在不同的位置段时油液的压力不同,从而使减振器产生不同的阻力值。当汽车在良好的路面行驶或行驶速度较慢时,路面传给车身的振动较小,要获得良好的舒适性,悬架应该软一点,此时汽车悬架所需要的减振器的阻尼力应小,所以活塞正好在工作缸的有槽段工作,这样能获得较好的舒适性。

当汽车在凹凸路面或高速直线行驶时,路面传给车身的振动较大,要获得良好的操纵稳定性,悬架



1 活塞杆组件; 2 工作缸; 3 活塞组件; 4 底阀组件; 5 导向座组件; 6 保护盖组件; 7 油封; 8 储油缸组件

Figure 1. Schematic diagram of variable shock absorber

图 1. 可变阻尼减振器结构示意图

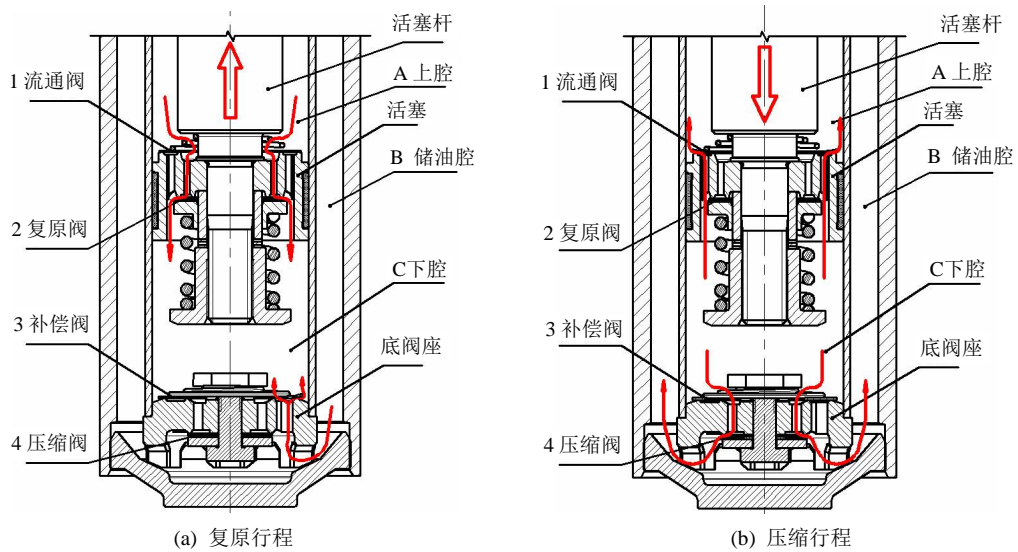


Figure 2. Schematic diagram of oil flow route for normal shock absorber shock absorber

图 2. 普通减振器工作时油液流动方向示意图

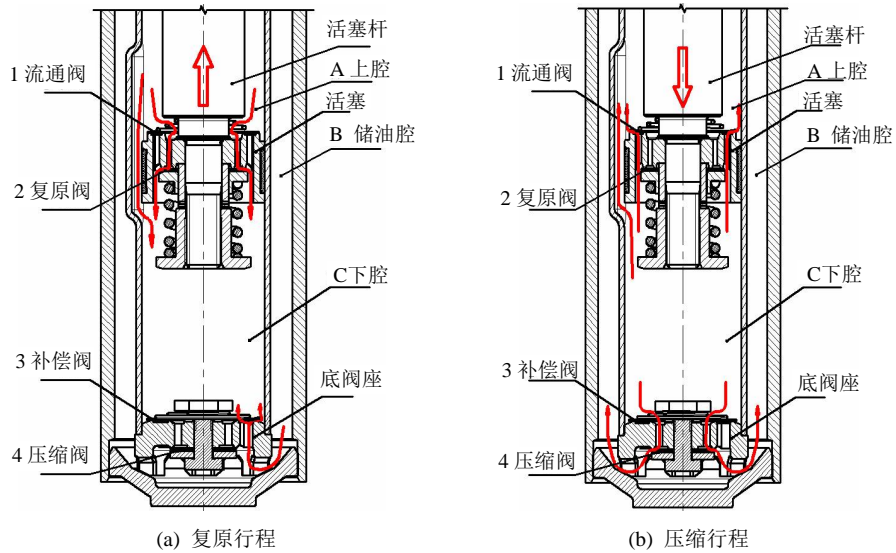


Figure 3. Schematic diagram of oil flow route for variable shock absorber

图 3. 可变阻尼减振器工作时油液流动方向示意图

应硬一点,此时活塞就在包括工作缸的有槽与无槽段范围工作,活塞在无槽段工作时,减振器便能提供较大的阻力值,从而迅速衰减汽车的振动,提高汽车转弯稳定性、窄道机动性或斜坡倒车的稳定性。

在该可变阻尼减振器的制作中,主要是制作带槽的工作缸。该制作方法可用凸模挤压方法使工作缸变形,但凸模的材料应选用既有一定韧性,同时又必须具有足够硬度的合金材料。其中工作缸内槽的宽度、长度及数量应根据所用减振器的具体车型而定。但应保证挤槽后的工作缸内表面不能有皱折、起皮及弯曲变形,同时所挤槽位置不能有撕裂、尖角及毛刺等缺陷。

该可变阻尼减振器制造过程完全与该型号普通减振器的制造过程相同,只是在确定各段的阻尼力大小时,应根据减振器所用的车型而定。

3. 可变阻尼减振器的试验

台架试验是验证减振器设计与加工性能的最好方法,通过试验能对理论设计进行充分评估并进行结构优化。本文针对可变阻尼减振器进行了相关的台架试验,然后在此基础上对其进行了实车平顺性道路试验,并与原车(装普通减振器)试验结果进行了比对。

3.1. 可变阻尼减振器的台架试验

该可变阻尼减振器的台架试验主要是测试其示功特性(F-S 曲线)及速度特性(F-V 曲线),即测试减振器产生的阻尼力与其活塞位移以及阻尼力与活塞运动速度的关系。

试验是在意大利 WAY-ASSAUTO 公司生产的减振器综合性能试验台上进行。该试验台可实现纵向负荷、位移闭环控制。此试验台系统由油泵源、作动器、控制器、计算机绘图仪及打印机组成,采用闭环控制,能达到很高的试验精度。

3.2. 台架试验结果及分析

对该可变阻尼减振器按我国减振器台架试验标准 QC/T545-1999 的规定进行试验,其试验结果及分析如下[7]:

1) 示功特性(即 F-S 曲线)

对所研制的可变阻尼减振器,分别在活塞处于工作缸的无槽段和有槽段工作时测试 0.05, 0.10, 0.30, 0.60, 0.80, 1.0 (m/s)共六个速度点的阻尼力,其测试行程为 30 mm,测试的示功图见图 4 所示;然后在活塞运动范围包含了工作缸的有槽段和无槽段时测试 0.10, 0.30, 0.60 (m/s)共三个速度点的阻尼力,其测试行程为 70 mm,测试的示功图见图 5 所示。其中,横轴代表活塞运动的位移,单位为 mm,纵轴代表减振器产生的阻尼力,单位为 kgf。

2) 速度特性曲线(F-V 曲线)

对可变阻尼减振器分别在活塞处于工作缸的无槽段和有槽段时测试其每一段的速度特性曲线,测试速度为 50~800 mm/s,结果见图 6。其中,横轴代表活塞运动的速度,单位为 mm/s;纵轴代表减振器的阻尼力,单位为 kgf。

3) 阻尼力测试

表 1 是按我国减振器台架试验标准 QC/T545-1999 的规定对可变阻尼减振器的活塞处于不同的工作段时所进行的测试结果[7]。

4) 试验结果分析

根据上述测试结果可以得到如下结论:

① 从图 4、图 5 的示功特性曲线可看出,该减振器在工作缸的有槽段和无槽段无论是复原阻力曲线,还是压缩阻力曲线,其示功图均饱满,无畸形。

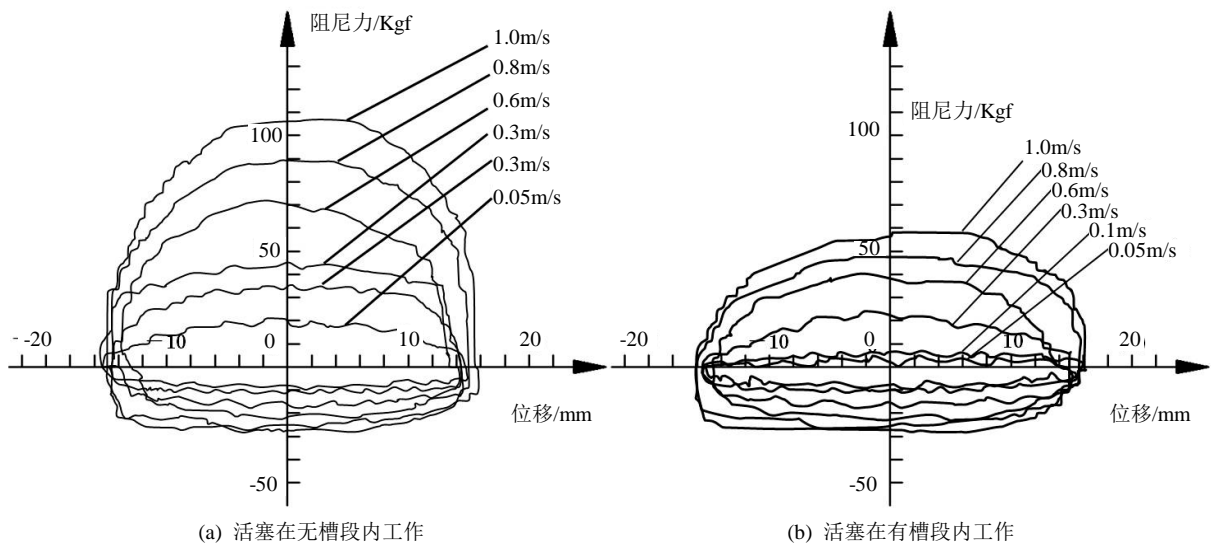


Figure 4. Force-stroke curve of groove & non-groove respectively
 图 4. 减振器活塞分别处于无槽段和有槽段的示功图

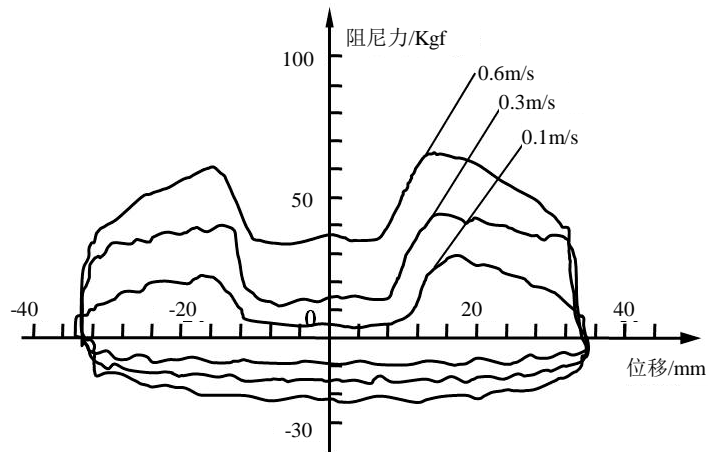


Figure 5. Force-stroke curve in groove & non-groove
 图 5. 减振器活塞处于有槽段及无槽段时的示功图

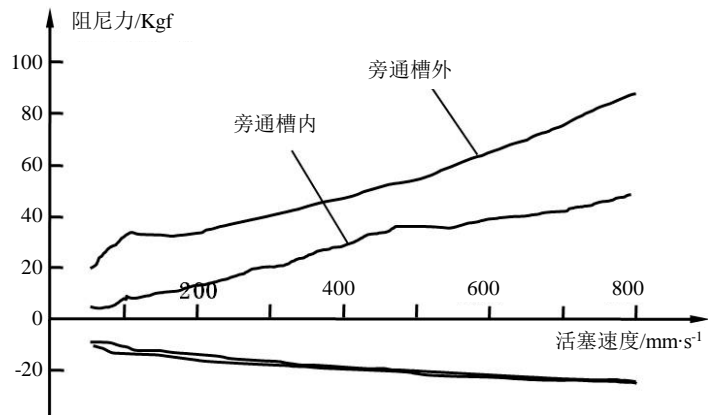


Figure 6. Force-velocity curve in groove & non-groove respectively
 图 6. 活塞分别在有槽段及无槽段工作时的速度特性曲线

Table 1. Damping force of the variable shock absorber by using different piston position
表 1. 可变阻尼减振器活塞在不同工作段时的阻尼力

活塞位置		速度点(m/s)	0.05	0.1	0.3	0.6	0.8	1.0
		复原力(kgf)	19	34	45	71	89	108
无槽段	复原力(kgf)	19	34	45	71	89	108	
	压缩力(kgf)	8	11	18	24	28	29	
有槽段	复原力(kgf)	3	4	18	39	46	54	
	压缩力(kgf)	6	8	16	22	26	27	

② 从图 6 的速度特性曲线和表 1 中活塞处于工作缸的有槽段和无槽段的阻尼力测试值来看, 该减振器的阻尼力变化比较明显, 可变性能优良, 这也说明该可变阻尼减振器的结构合理、可行, 并为该减振器下一步的实车道路试验及今后的商业化奠定了良好的基础。

3.3. 可变阻尼减振器的实车平顺性道路试验

参照国家标准 GB/T4970-1996《汽车平顺性随机输入行驶试验方法》, 测试驾驶员座位处 X, Y, Z 轴向振动及地板垂直方向的振动, 来评判装有可变阻尼减振器的车辆的平顺性性能[8] [9]。本试验采用原车配套的普通减振器与本文的可变阻尼减振器进行同条件下的对比试验。

1) 试验道路: 共试验了二种不同路况的路面, 一种是比较平坦笔直的沥青路面; 另一种是搓板路面。

2) 试验设备: 试验车, 座位传感器, 电荷电压转换器, 数据采集器。

3) 试验参数: 采样长度为 24 K/CH, 采样频率为 400 Hz。在沥青路面上时, 车速从 30~80 km/h, 每隔 10 km/h 进行一次试验, 在搓板路面时车速采用 35 km/h。

3.4. 道路试验结果及分析

图 7(a)和图 7(b)分别表示车速为 30 和 80 km/h 时二种减振器在同一沥青路面测得的驾驶员座位处垂直方向的自功率谱曲线图。而图 8 是二种减振器在搓板路面车速为 35 km/h 时测得的驾驶员座位处垂直方向的自功率谱曲线图。

汽车悬架的功用主要是衰减车身的振动, 提高其车辆平顺性和操纵稳定性。在座椅的垂直方向上, 驾乘人员最敏感的频率范围为 4~12.5 Hz [8] [9], 故应对该频率范围内的振动给予重视。从图 7 和图 8 所测得的自功率频谱曲线来看, 在该段频率范围内, 不论是在沥青路面还是在搓板路面, 装了可变阻尼减振器所测得的座椅处自功率频谱值均比原车的要小。这表明了该可变阻尼减振器与原车普通减振器相比, 更能提高整车的平顺性。

根据汽车平顺性的评价方法的要求, 对在沥青路面和在搓板路上所测的座椅处 X, Y, Z 这三个轴向的加权加速度均方根值按如下公式求其总加权加速度均方根值, 其结果见表 2 所示。 a_{wo} 的计算公式为[8] [9]:

$$a_{wo} = \sqrt{\left[(1.4a_{xw})^2 + (1.4a_{yw})^2 + a_{zw}^2 \right]}$$

对二种减振器在沥青路面不同车速下的总加权加速度均方根值绘制成如下折线图, 见图 9 所示。

从表 2 及图 9 上所测试结果来看: 在同一车速下, 可变阻尼减振器在沥青路面时, 其总加权加速度均方根 a_{wo} 比用普通减振器所测的 a_{wo} 要小得多。另外, 在搓板路面试验时, 用普通减振器所测得的总加权加速度均方根 a_{wo} 为 0.6926 m/s², 而用可变阻尼减振器测得的 a_{wo} 仅为 0.6026 m/s², 在这一点上也证实了该可变阻尼减振器与普通减振器相比, 更能提高整车的行驶平顺性。同时, 驾驶员主观感觉在搓板路面悬架变硬, 操控性变好。

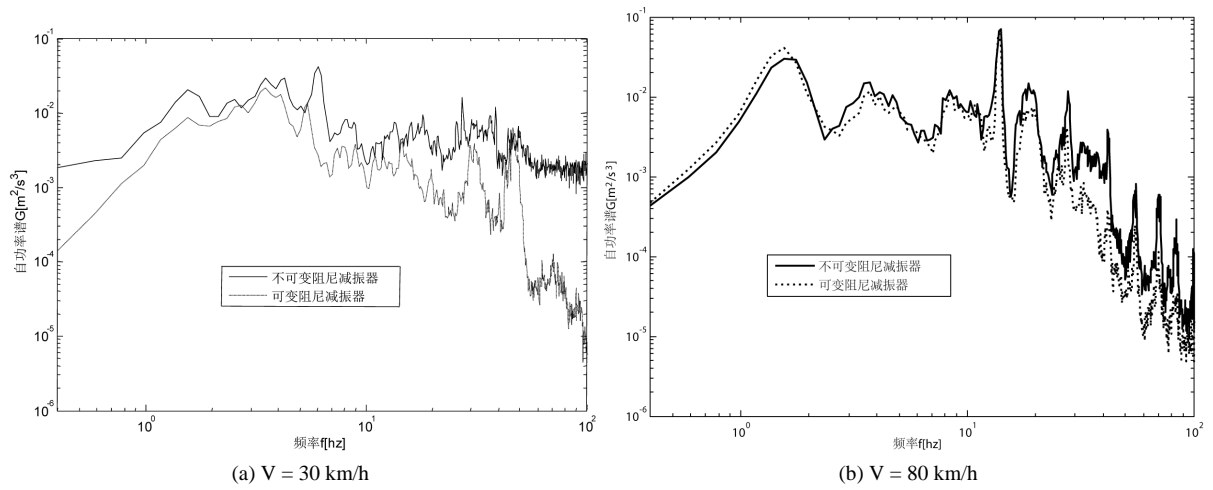


Figure 7. The test result of two kinds of shock absorber on bituminized road by using different speed
图 7. 沥青路面二种减振器在座椅处垂向的自功率谱图

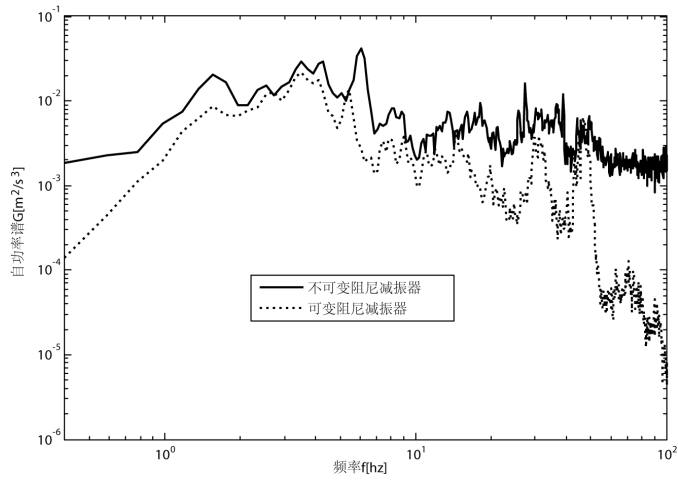


Figure 8. The test result of two kinds of shock absorber on washboard course
图 8. 搓板路面二种减振器在座椅处垂向的自功率谱图

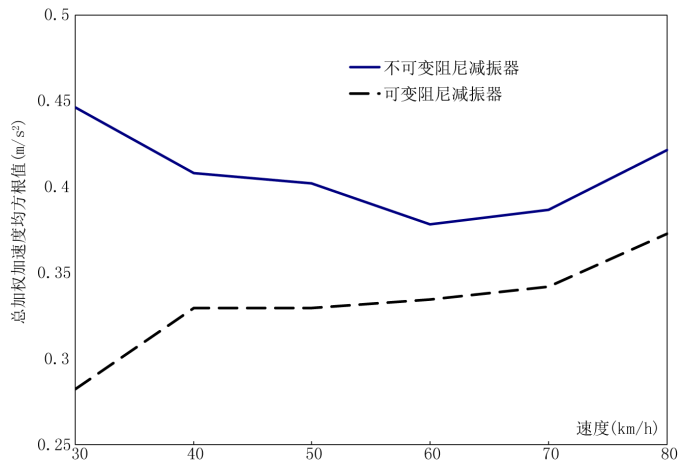


Figure 9. The comparison of two kinds of shock absorber by using different velocity
图 9. 不同车速下二种减振器的结果对比

Table 2. The result of different road for different velocity
表 2. 不同车速下道路试验后的加权加速度均方根值

路面	车速 km/h	原车地板垂直方向	改进后地板垂直方向	原车总加权 a_{wo}	改进后总加权 a_{wo}
沥青路	30	0.4099	0.2728	0.4460	0.2824
	40	0.3883	0.3620	0.4079	0.3295
	50	0.3796	0.3551	0.4022	0.3294
	60	0.3703	0.3635	0.3782	0.3343
	70	0.3866	0.3690	0.3868	0.3422
	80	0.4750	0.4571	0.4212	0.3729
搓板路	35	0.6022	0.5654	0.6926	0.6026

4. 结束语

随着我国经济改革的进一步深入,国民经济的迅速发展和人民生活水平的提高,汽车已成为人们必不可少的交通工具,同时也对乘车的安全性和舒适性有了更高的要求。台架试验结果表明了本文所研制的可变阻尼减振器结构合理、方案可行,而从道路试验结果来看,该可变阻尼减振器与普通减振器相比,能明显提高整车平顺性,这为该可变阻尼减振器今后走向商业化奠定了良好的基础。

基金项目

重庆市教委 2014 年科学技术研究项目(编号: KJ1403005), 主持人: 李仕生。重庆市教育科学“十二五”规划 2014 年度课题(课题批准号: 2014-GX-128), 主持人: 李仕生。重庆市渝北区 2016 年科技计划项目(合同编号: 2016(社)15 号), 主持人: 李仕生。

参考文献 (References)

- [1] 江浩斌, 方恩, 周孔亢. 半主动悬架可调阻尼减振器及其控制时滞研究[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2004, 25(5): 393-396.
- [2] 陈龙, 陈杨, 江浩斌, 等. 节流口可调式减振器的性能分析与试验研究[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2004, 25(3): 208-211.
- [3] 陈龙, 汪若尘, 江浩斌, 等. 车辆半主动悬架系统的设计与试验研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 58-61.
- [4] 郭孔辉, 孙胜利. 行程相关减振器的建模与试验[J]. 吉林大学学报(工学版), 2008, 38(S1): 33-35.
- [5] Lee, C.-T. (2006) Simulation and Experimental Validation of Vehicle Dynamic Characteristics for Displacement-Sensitive Shock Absorber Using Fluid-Flow Modeling. *Mechanical Systems and Signal Processing*, **20**, 373-388. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2004.09.006>
- [6] Lee, C.-T. (2005) Study of the Simulation Model of a Displacement-Sensitive Shock Absorber of a Vehicle by Considering the Fluid Force. *Journal of Automobile Engineering*, **219**, 965-975. <https://doi.org/10.1243/095440705X34685>
- [7] 阮曼仙, 俞德孚. QC/T545-1999 汽车筒式减振器台架试验方法[S]. 中华人民共和国机械工业部, 1999.
- [8] 马广发, 赵六奇, 卢士富. GB/T4970-1996 汽车平顺性随机输入行驶试验方法[S]. 中华人民共和国机械工业部, 1996.
- [9] 余志生. 汽车理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：met@hanspub.org