

# 离合器舒适性检测方法研究

孟爱华<sup>1</sup>, 王兴德<sup>2\*</sup>

(1. 杭州电子科技大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310018; 2. 一汽解放汽车有限公司 采购部, 吉林 长春 130011)

**摘要:** 针对汽车离合器舒适性检测目前还没有成熟的测试方法和产品的问题, 在测试平台上提出并采用了“一对比较法”, 该方法将被测的两个相同型号的离合器安装在测试台上, 由专业驾驶员踩踏离合器踏板进行对比。传感器测试离合器的各工作参数, 并与驾驶员的主观评价打分进行了对比, 采用曲线拟合的方式建立了离合器客观工作参数与操纵舒适性之间的对应关系。实验计算结果与驾驶员专家打分误差小于 10%, 研究结果表明影响离合器舒适性的主要影响因素为离合器最大踏板力、最小踏板力和半联动点踏板力。

**关键词:** 离合器; 舒适性; 主观评价; 曲线拟合

**中图分类号:** TH133.4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-4551(2011)05-0553-03

## Study on test method of clutches comfort

MENG Ai-hua<sup>1</sup>, WANG Xing-de<sup>2</sup>

(1. College of Mechanical Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;  
2. Purchasing Department, FAW Jiefang Automotive Company, Ltd., Changchun 130011, China)

**Abstract:** The comfort of a clutch can not be measured by now, there's no proper test method or product. Aiming at this problem, "a couple compare" method was used in the test plane. Two same type clutches were fixed on the plane, which were tested by professional drivers. The objective parameters were measured by some sensors, and there were compared with the drivers' subjective scores. The corresponding relationship between objective parameters and subjective feelings was built with curve fitting. The error between computed score and subjective score is less than 10%. The results indicate that the important influence parameters for clutches are the maximum, minimum and final pedal force.

**Key words:** clutch; comfort; subjective test; curve fitting

## 0 引 言

目前国内外针对汽车离合器的性能开发出了多种检测设备, 包括离合器分离特性、负荷特性的检测平台等, 这些检测装置均利用安装在实验台上的一组传感器得到离合器的工作参数, 且只能用于区分离合器是否合格, 而无法得到离合器在汽车中的操作舒适性能。获取汽车离合器操作舒适性的最直观判断方法是将离合器安装在汽车上进行实车测试, 这种方法要求每种离合器都要配备一辆相应的样车, 实践性较差, 而且要求样车要先于离合器开发, 这种方式大大限制了新型离合器的开发和改进, 故实际操作中很难实现。为了弥补这方面的缺陷, 开发一种可脱离实车检测离合器操作舒适性的实验平台对离合器生产厂家来说非常重要。

目前国内外针对汽车操作舒适性的分析主要集中在汽车踏板<sup>[1-3]</sup>、驾驶环境<sup>[4]</sup>、座椅<sup>[5]</sup>等方面的研究, 而针对离合器工作舒适性的研究鲜见报道。为了给汽车提供更容易操纵、舒适性更强的离合器, 本研究设计的测试平台采用两个离合器对比分析的方法进行测试。通过建立离合器操纵感觉舒适性专家库, 并与实测的离合器工作参数进行对比, 分析影响离合器舒适性的主要因素。

## 1 离合器舒适性影响因素分析

汽车在行驶过程中通过踩踏离合器踏板实现离合器与发动机的分离和结合过程, 它的整个操纵过程如图 1 所示。驾驶员在踩踏离合器踏板的过程中, 踏板的运动行程、踏板力大小、分离点的位置、力度等多种

收稿日期: 2010-10-08

作者简介: 孟爱华(1978-), 女, 山东莱芜人, 博士, 副教授, 主要从事智能材料特性分析与应用、机电一体化等方面研究. E-mail: tulipmah@163.com

通信联系人: 王兴德, 男, 高级工程师. E-mail: kjs1\_jfgs@faw.com.cn

因素都是影响离合器操纵的因素,而离合器踏板的感觉均由与其传动相连的离合器引起。在拥挤的城市交通中,每天几千脚的离合器踏板的踩踏很容易引起驾驶员疲劳的感觉,因此需要从离合器的分离结合过程出发,分析引起离合器操纵舒适性的主要因素,以方便厂家改进,为汽车提供更加舒适的配套产品。

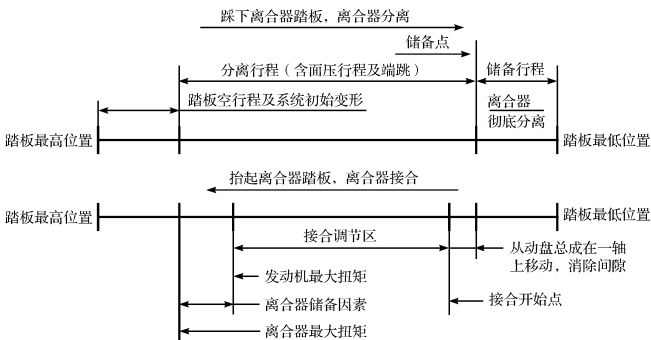


图 1 离合器操纵过程示意图

## 2 测试平台总体结构

由于离合器的舒适性受驾驶员经验和感觉灵敏度等主观因素影响,每个驾驶员的感觉略有差异,没有绝对标准,本研究对离合器的主观感觉评价采用相对评价方法,两两对比分析,即采用美国数学家谢菲提出的“一对比较法”。测试平台采用两个相同类型的离合器进行对比分析。为了最大程度地模拟真车驾驶的感觉,消除操作环境对主观感觉的影响,测试平台中的驾驶座椅、操纵踏板、离合器传动系统均采用实车中的配件,并仿真其安装环境布置。两个被测离合器共用一套传动系统,通过电磁阀进行切换。测试台的传动系统采用带有气动助力的液压操纵系统。离合器的主要工作参数由测试平台上的位移传感器和力传感器测得。离合器的分离状态和测试操作平台由显示屏幕和信号指示灯显示,系统的总体组成结构如图 2 所示。

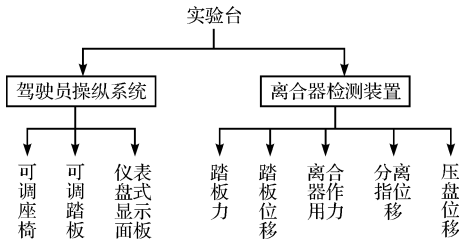


图 2 测试平台总体结构

## 3 舒适性评价方法分析

根据对多位驾驶员的调查统计,离合器厂家总结出影响离合器操控性能的可能因素主要包括:最大踏板力大小、最小踏板力、最终踏板力、半联动点踏板力大小、半联动点阻尼大小、最小踏板力位置、分离行程

大小。为了便于把驾驶员的感觉量化表示,测控系统将离合器操控的舒适性评价得分采用 10 分制方式表示,1~10 分分别表示“非常差(重、轻)……非常好(合适)”。操控系统根据驾驶员的主观感觉评价和传感器测试的数据进行对比分析,建立每一分项与客观测试数据之间的关联。分析的方法有多种,包括多项式拟合、模糊评价分析方法<sup>[6-7]</sup>、神经网络<sup>[8-9]</sup>等多种方法,在实际使用过程中,最方便实用的方法是多项式拟合<sup>[10-11]</sup>,因此本测试评价方法中采用多次多项式拟合的方式。由于评价两个相同型号的离合器的整体舒适性受每个单项的影响,且各分项的影响程度不同,整体舒适性评价与分项影响可用线性回归的方式进行分析。

## 4 测试数据分析

为了建立离合器的测试参数与操控舒适性之间的关联,本研究首先用专家模式对离合器的操纵性能进行主观评价。在实验中本研究选用某小型乘用车离合器作为评价对象,产品数量为 20 个,其中 10 个为新出厂的产品,10 个为市场返回的旧件,评价人员都是离合器行业的专家,同时也是资深驾驶员,并统一进行了设备使用方法的培训。

为了达到尽可能接近实车使用条件的状态,本研究将传动系统也更换为实车所用的传动系统。当所有调节工作完成无误后,每次装上两套不同的离合器产品,由计算机控制按照测控流程进行切换、检测和记录;由评价人员对各项指标进行单项主观评价,最后进行离合器操纵性能总体主观评价。根据专家库建立的离合器工作参数与主观感觉之间的关系,可在已知离合器参数的情况下,计算得到离合器的操控舒适性。以最大踏板力作为横坐标,评价得分作为纵坐标,把所有最大踏板力数据及相应的主观得分和计算得分绘制在该坐标系中,可以得到 20 个点组成的点云图,如图 3 所示,图中的“▲”数据为每个测试离合器参数的计算得分,“■”数据为专业驾驶员的主观评价打分。

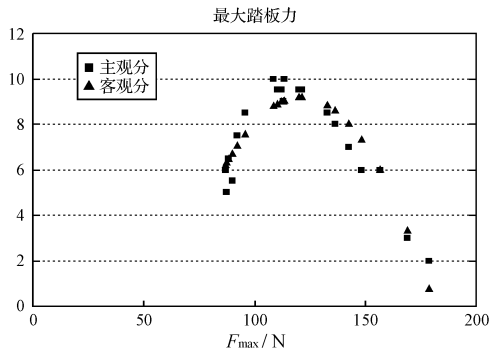


图 3 最大踏板力的主观评分与客观评分

从图中可以看出,离合器最大踏板力与其打分之间的分布形式虽然比较离散,但基本关于 115 N 对称分布,为偶函数。测控系统采用基于最小二乘法的方式进行二次多项式曲线拟合。其拟合方程为<sup>[12]</sup>:

$$F_{max} = -23.54 + 0.53x - 0.0021x^2 \quad (1)$$

式中: $F_{max}$ —最大踏板力拟合打分值, $x$ —踏板力。

由图3中数据对比可以看出,测试数据与拟合数据基本吻合,反映了最大踏板力与舒适性感觉之间的关联,最大误差不超过 10%,因此采用多项式拟合的计算得分可反映离合器的舒适性程度。

按照相同的方法可将影响离合器舒适性的所有因素的变化规律拟合出来。由于不同参数对离合器总体舒适性的影响权重不同,按照线性回归分析的方式,可得到离合器的整体舒适性打分与各项打分之间的关联,如下式所示<sup>[13]</sup>:

$$S = -0.69 + 0.44F_{max} + 0.27F_{min} + 0.15F_{final} + 0.27F_{half} + 0.11C_{half} - 0.35X_{min} + 0.21L_{max} \quad (2)$$

式中: $F_{min}$ —最小踏板力打分值, $F_{final}$ —最终踏板力打分值, $F_{half}$ —半联动点踏板力打分值, $C_{half}$ —半联动点阻尼打分值, $X_{min}$ —最小踏板力位置打分值, $L_{max}$ —离合器分离行程打分值, $S$ —整体打分。

根据各参数的影响权重可以看出,影响离合器操控舒适性的主要因素为离合器最大踏板力、最小踏板力和半联动点踏板力。本研究将 20 名驾驶员的主观整体评价与计算得分进行对比,如图4所示。

□ 总评主观分    ▨ 总评客观分

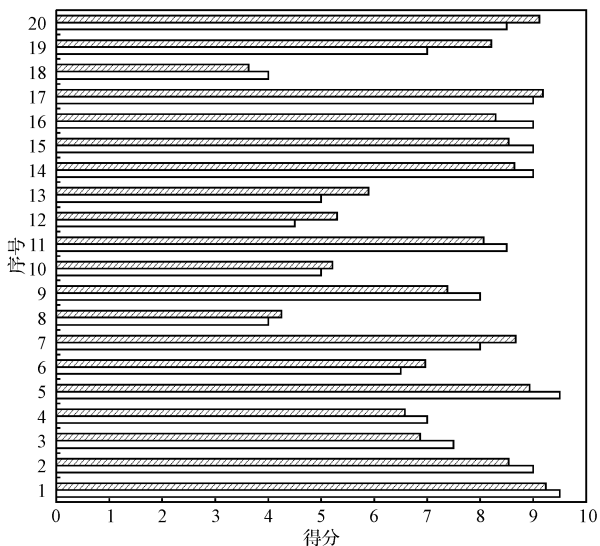


图4 离合器总体打分与计算得分对比

从图4中可以看出,计算机通过多项式拟合的方式得到离合器的总体舒适性打分与专业驾驶员的打分

评价基本一致,反映了驾驶员对离合器的总体操控舒适感觉。

## 5 结束语

离合器的操控舒适性受多个因素的影响,该测试平台通过对比分析专业测试驾驶员与计算评价得分,得到了影响离合器舒适性的主要因素为离合器最大踏板力、最小踏板力和半联动点踏板力。离合器的各分项参数与分项打分之间基本成对称偶函数,采用二次多项式拟合的方式可得到影响离合器性能的单项打分,误差小于 10%。由于现有的离合器专家库中样本数量有限,且每位专家对离合器操控感觉的主观评价的个体差异性,使主观打分与拟合计算得分之间存在误差,可通过增大专家库的方式减小误差。

## 参考文献 (References):

- [1] ALBERS A, ALBRECHT M. Driver Start-Up Comfort Rating of Automated Clutch Systems-an Objectification using Artificial Neural Networks [C]. FISITA 2004 World Automotive Congress. Barcelona, Spain: [ s. n. ],2004.
- [2] WANG Xu-guang, BRETON-GADEGBE KU B L, BOUZON L. Biomechanical evaluation of the comfort of automobile clutch pedal operation [J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*,2004,34(3):209-221.
- [3] GIACOMIN J, BRE TIN S. Measurement of the Comfort of Automobile Clutch Pedal Actuation [C]. Proceedings of the 4th International Conference on Comfort in the Automotive Industry. Bologna, Italy: [ s. n. ],1997.
- [4] LINDA H, STEFAN L. Development of a Method for Subjective Expert Evaluation of the Human Driving Geometry [D]. Lulea University of Technology Department of Human Work Sciences,2005.
- [5] 王正华,喻凡,庄德军. 汽车座椅舒适性的主观和客观评价研究 [J]. *汽车工程*,2006,28(9):817-819.
- [6] 李培松,马佳,杨海霞,等. 运用模糊神经网络的汽车座椅舒适性评价 [J]. *工业工程*,2010,13(1):97-100.
- [7] 张京明,崔胜民,邬春会. 汽车动力传动系参数的模糊优化 [J]. *哈尔滨工业大学学报*,2004,36(10):1322-1324.
- [8] 孙守迁,吴群,吴剑锋,等. 一种基于支持向量回归的驾驶座椅舒适度评价方法 [J]. *中国机械工程*,2008,19(11):1326-1330.
- [9] 马泽升,李鹏,宋德朝. 基于模糊综合评价法对汽车振动舒适性评价的研究 [J]. *机械*,2008,35(6):27-28,31.
- [10] 秦寿康. 综合评价原理与应用 [M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [11] 吴宗敏. 散乱数据拟合的模型,方法和理论 [M]. 北京:科学出版社,2007.
- [12] 陈海军,葛步凯. 基于 ADAMS/Chassis 的汽车操纵稳定性性能仿真分析及优化 [J]. *现代制造技术与装备*,2009(5):60-61.
- [13] 孔炜,朱春梅. 高转速楔块式超越离合器研究 [J]. *轻工机械*,2009,27(6):79-81.