

汽车制动器摩擦试验机测试系统的研究现状及展望

何晨^{1,2}, 梁军战²

(1. 兰州理工大学 机电工程学院, 甘肃 兰州 730050;

2. 甘肃省机械产品检测与技术评价重点实验室, 甘肃 兰州 730030)

摘要: 汽车作为一种现代交通工具,其重要性毋庸置疑。随着汽车保有量的日益增多,汽车的安全问题引起了社会的广泛关注。介绍了汽车制动器摩擦试验机工作原理及特性,对其测试系统各种信号采集方式和数据存储方式的优缺点进行了总结及分析。为了解决目前信号采集误差大、数据不准确和系统稳定性不高等问题,结合汽车制动器摩擦试验机测试系统的研究现状,提出了诸多研究热点,可为汽车制动器摩擦试验机测试系统研究与开发提供参考。

关键词: 汽车制动器; 摩擦试验机; 测试系统; 信号采集; 数据存储

中图分类号: U463.51; TP274+.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5276(2015)01-0021-04

Research Status of Automotive Brake Friction Testing Machine Test System and Its Prospects

HE Chen^{1,2}, LIANG Jun-zhan²

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

2. Key Laboratory of Mechanical Product Testing and Technical Evaluation of Gansu Province, Lanzhou 730030, China)

Abstract: Car is used as a modern transportation means its importance is beyond all doubt. Along with the steep increase of its owners, the problems of the cars' safety attracts people's extra attention. This paper not only introduces the working principle and characteristics of automotive brake friction testing machine but also does summarise and analyse the advantages and disadvantages of the signal acquisition method and data storage in the test system. Based on its research status, it puts forward many effective measures to solve the problems, such as the wide error limit and low stability. The foundation is laid for its test.

Keywords: auto brake; friction testing machine; test system; signal acquisition; data storage

0 引言

随着高速公路的迅速发展和车速的提高以及车流密度的日益增大,为了保证行车安全,汽车制动器的可靠性就显得日益重要,刹车片摩擦性能的好坏对其可靠性起了关键作用,而制动器摩擦试验机可以很好地检测刹车片各种性能指标,其测试系统性能对其检测结果有很大的影响。因此,汽车制动器摩擦试验机测试系统就应运而生^[1]。而国外对于它的研究已相对成熟,特别是美国、德国、日本等国家,测试系统方面的技术较为先进。

尽管测试系统具有快速、准确、稳定等优点,但同时也具有很多缺点,比如不能代替手工测试;手工测试比自动测试发现的缺点更多;对测试品质依赖性很大;测试自动化不能提高有效性;测试自动化可能会制约软件的开发;由于自动测试比手动测试更脆弱,所以维护会受到限制等。因此在汽车制动器摩擦试验机利用中,为

了提高其有效利用率,对系统进行检测与控制是非常必要的^[2]。

1 制动器摩擦试验机概述

制动器摩擦试验机是测定和分析制动器性能及品质的试验装置。制动器生产企业要求试验台系统能够检测制动器的各种性能,具体测试项目为:制动器效能试验;制动器热衰退及恢复试验;制动衬片、块磨损试验;在试验过程中需要进行制动器噪声的测定;试验过程中温度的同步测量和记录;输入管路压力和输出制动力矩的关系的记录;制动时间和输出力矩的关系记录等工作。试验台系统同时适用液压和气压系统驱动的鼓式、盘式制动器,运用成熟可靠的机电设备和自控技术,使系统运行安全、稳定、可靠;利用国内标准化的制动器试验模式,建立各类测试模板,为企业产品分析、预测和决策管理提供信息支持,并具有数据报表和测试诊断的友好界面,提供数据接口,需要时可以并入企业的CIMS系统^[3]。

基金项目: 甘肃省先进测试技术与技术评价创新团队项目资助(1207TTC A003)

作者简介: 何晨(1986-),男,山东泰安人,硕士研究生,研究方向为机电测控技术。

目前,国内制动器摩擦试验机的研究存在以下几个问题:

1) 台架的设计结构上仍为小样实验,从刹车片成品上取下一块进行研究,虽然操作简便、快捷、可重复检测,但是小样实验无法反应整个刹车片成品的性能。

2) 测量仪器多采用基于模拟技术的记录仪如电压式记录仪、电流式记录仪,甚至是人工读数。这种方式的摩擦磨损测试往往出现误差甚至是错误结论。

3) 对于采集的数据管理研究过于局限,对以 ADO 技术为基础,实现微软 Access 的数据访问等方面的研究还不够深入。

2 国内外研究现状

国外对车辆制动器摩擦衬片性能研究和检测发展的比较早,从 70 年代开始,已经开始使用现代设计方法取代传统的设计方法,如计算机数字仿真、优化设计、可靠性设计、CAD/CAM/CAE 等。美国密歇根大学的学者们在 70 年代初,就将计算机模拟技术应用在汽车制动动态过程研究中。从 90 年代起,国外就不断地开发摩擦试验台测试系统。FAST(feiction assessment screening test 的缩写)摩擦试验机是美国福特汽车公司研制的专门评价制动衬片和离合器摩擦面片的摩擦磨损性能的试验机。其主要功能是研究测定摩擦系数与温度、压力的关系,增加某些附件后也可用于研究与速度的关系;还可以用于研究静摩擦、衰退特性、残余拖磨等。它主要通过压力传感器将最大夹紧力转换成记录仪的电信号进行数据采集。在 X-Y 记录仪上测量结果,在不同的试验中记录纸的 x 、 y 坐标代表不同的物理量^[4]。

图 1 为 FAST 摩擦试验机外形。



图 1 FAST 摩擦试验机

美国 LINK 公司制造,1958 年由美国汽车工业工程师协会(SAE)作为制动衬片品质控制的测量设备—Chase 摩擦试验机,目前使用比较广泛。它通过调节气压和垂直加载,经伺服阀控制下压力。测力杠杆经压力传感器,输出摩擦力信号。而且,随着计算机的广泛应用,其试验程序包括试验参数的选择、程序的执行和处理,测试结果的分析 and 数据的录等,均可用微机来控制。

另外,由德国 ATE-TEVES 与 ERICH. KRAUSS 研制的 Krauss 摩擦试验机(Krauss 试验机),具有优良的模拟性和数据重现性,试验简单快捷,经济可靠,是摩擦材料试

验的权威性试验设备。原理图如图 2 所示。

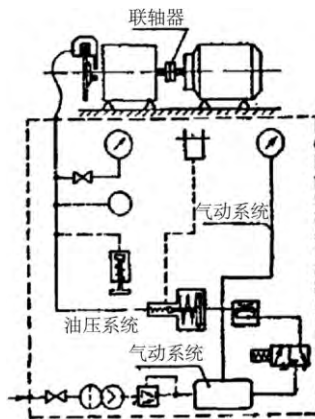


图 2 Krauss 摩擦试验机

我国传统的摩擦试验机是基于传统的测控系统理论,测试方法为不连续测试法,如试验前后称重、测定体积变化等等,测量仪器多采用基于模拟技术的记录仪如电压式记录仪、电流式记录仪,甚至是人工读数。模拟监测系统的自动化程度低,结构复杂,随后出现了数字化的测量仪器代替模拟仪器的数字化检测系统。随着计算机的普及,计算机辅助分析在摩擦试验机中获得越来越多的应用。数字化检测系统是将来自传感器的微弱信号经过信号调理电路的放大和预滤波后标准的模拟电压或电流信号,送入计算机的数据采集卡进行采样、A/D 转换后,存入计算机中进行运算分析和处理,以适当的形式输出、显示或者记录测量结果。这种试验机多采用“传感器+信号调理+数据采集卡+虚拟仪器”的基本形式,信息利用率大大提高,可以实现在人工最少参与的情况下,按照预先编辑好的测试程序完成测试任务。系统一旦正常工作,各种操作一般可以自动完成,可实现长时间定时或不间断的动态测试。2003 年,中国科学院合肥智能科学研究所研制了一个汽车制动器惯性试验台,可测量各种模拟工况下的制动初速度、制动压力、制动力矩、制动鼓(盘)温度、制动衬片(块)温度、制动时间,并显示或打印各种需要的曲线和图形。国产试验设备有武汉材料保护研究所开发的 MD240 定速试验机和吉林大学机电设备研究所研制 JF 系列等,以测试摩擦材料性能为目的,已作为我国评定衬片材质和摩擦性能的标准样机之一^[5-6]。图 3 为 MD79 多用途摩擦试验机原理图。

3 测试系统组成

3.1 传感器

基于汽车制动器摩擦试验机要检测的性能参数,通常选择压力敏和力敏传感器、位置传感器、速度传感器、加速度传感器和热敏传感器。

传感器受线性度、灵敏度、迟滞、重复性、漂移等参数的影响,在制动器摩擦试验时需要合理的选择。目前最新的传感器—光纤传感器,如图 4。将来自光源的光经过光纤送入调制器,参数与进入调制区的光相互作用后,导致

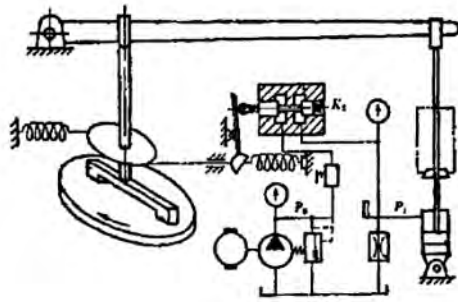


图3 MD79 多用途摩擦试验机原理图

光的光学性质发生变化,称为被调制的信号光,再过利用被测量对光的传输特性施加的影响,完成测量。其灵敏、精确、适应性强、小巧和智能化,将会被广泛应用在汽车检测领域。



图4 光纤传感器

3.2 数据采集卡

数据采集^[8-9](DAQ)是指从传感器和其他待测设备等模拟和数字被测单元中自动采集非电量或者电量信号,送到上位机中进行分析 and 处理。

在汽车工业现场进行检测,安装很多的各种类型的传感器,如压力的、温度的、流量的、声音的、电参数的等等,受现场环境的限制,传感器信号如压力传感器输出的电压或者电流信号不能远传或者因为传感器太多布线复杂,就会选用分布式或者远程的采集卡(模块),在现场把信号较高精度地转换成数字量,然后通过各种远传通信技术(如485、232、以太网、各种无线网络)把数据传到计算机或者其他控制器中进行处理。这种也算作数据采集卡的一种,只是它对环境的适应能力更强,可以应对各种恶劣的工业环境。

如果是在比较好的现场或者实验室检测,如学校的实验室,可以使用USB/PCI采集卡。和常见的内置采集卡不同,外置数据采集卡一般采用USB接口或1394接口。

3.3 Labview 图形窗口

Labview^[10-14]是美国NI公司实现虚拟仪器(virtual

instrument-VI)技术的G语言。图形化编程开发平台的特点是基于一通用计算机等标准软硬件资源平台,实现构建灵活、层次体系明晰、功能强大且人机界面友好的测控系统,因此在国内外许多测控应用中被广泛采用。虚拟仪器(virtual instrument)是基于计算机的仪器。计算机和仪器的密切结合是目前仪器发展的一个重要方向。

通过传感器、数据采集卡和Labview虚拟仪器,可以搭建简单的测控系统,完成汽车制动器摩擦试验的基本操作,广泛适用于学校、研究所等。

3.4 Access 数据访问

汽车制动器摩擦试验,其目的是为了收集刹车片的各种数据,进行分析。由于在实际检测中将会得到大量数据,为了便于管理,可借助微软的Access数据库系统。但是Labview虚拟平台不能与其连接,需要借助LabSQL技术。

LabSQL^[15-16]是一个完全免费并开源的数据库访问工具,它是一个由许多个VI组成的数据包,可以像调用普通的VI一样来调用它。Labview本身不能直接访问数据库,由于Labview提供了丰富的外部程序接口,所以可以通过ADO(activex data object)、DAO(data access object)、ADO.NET等方法与数据库进行连接。

3.5 Matlab 数据分析

MATLAB^[17-18]是美国MathWorks公司出品的商业数学软件,用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境,主要包括MATLAB和Simulink两大部分。

Simulink提供了一个动态系统建模、仿真和综合分析的集成环境。Simulink可以用来研究实际的动态系统,包括电子电路、减震器、制动系统和许多其他的电子、机械和热力学系统。在Simulink中仿真动态系统要经过两个步骤:1)用Simulink的模型编辑器创建被仿真系统的图像化模型,这个模型描述了系统中输入、状态和输出之间的函数关系;2)用Simulink在指定的时间范围内仿真动态系统,Simulink利用用户输入的模型进行系统仿真。

通过对制动器摩擦试验机建模,利用Matlab中的Simulink软件包对制动器试验台的输出进行仿真,得到响应曲线,可以迅速准确地对采集的数据进行分析,有较高的研究价值。

4 结语

运用汽车制动器摩擦试验机,可以较为准确地检测汽车刹车片的性能指标。从目前的研究现状来看,国外技术相对成熟,大型化、智能化成为主流,但其价格昂贵,让很多国内研究机构望而却步。国内生产的试验台逐步走向市场,但其检测的精度和稳定性还需提高。高校及研究所更偏向虚拟仪器的使用,搭建虚拟平台进行检测。不论何种检测方式,如何配合使制动器摩擦试验机检测系统精度高、运行稳定,应是今后研究中需要注意的最重要的问题。

此外, 无论是何种检测系统, 其必然要受到来自外部环境 (如温度、实际工况等) 的影响。因地制宜的选择检测系统硬件机构是未来应该认真对待的问题。

参考文献:

- [1] 紫克明, 刘兴德, 吴清文. 汽车多功能试验台设计[J]. 机械设计与制造, 2011, 7(7): 44-45.
- [2] 廖云霞. 制动器惯性试验台架的研究与开发[D]. 西安: 长安大学, 2006.
- [3] 车威力. 汽车制动器的台架试验及摩擦材料的性能分析[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2006.
- [4] 李其至, 王涛, 邹杰. 汽车制动器试验台的仿真分析[J]. 科学技术与工程, 2011, 10(18): 4562-4564.
- [5] 傅发群. 汽车制动器衬片摩擦性能测试初探[J]. 大众科技, 2008(11): 128-129.
- [6] 陈召宝, 李强, 韩作庆, 等. 浅谈用现代技术对 MM-200 摩擦试验机测控系统的改进[J]. 试验技术与试验机, 2005(45): 1-2.
- [7] 黄漫国, 陶元芳. 传感器在制动试验台信号采集系统的应用[J]. 微纳电子技术, 2007, 7(8): 183-184.
- [8] National Instruments Corporation. DAQ PCI-1200 User Manual. July 1998 Edition. Part Unmber 1995 Edition. Part Number 320942C-01.
- [9] Tim Hayles. Developing Networked Data Acquisition Systems

with NI-DAQ. National Instruments Application Note 116. www.ni.com, March 1998.

- [10] 钟凡亮, 严国萍. LabVIEW 平台下测试仪软件系统设计与实现[J]. 计算机与数字工程, 2007, 35(1): 138-139.
- [11] Stegawski MA, Schaumann R. NEW Virtual Instrumentation. Based Experimenting Environment for Undergraduate Laboratories with Application Research and Manufacturing. IEEE transom Instrumentation, 1998, 47(6): 1503-1506.
- [12] Gary W Johnson. Mc Graw-Hill. LabVIEW Matt Nawroclci. LabVIEW Advanced Programming. CRC Press Boca Raton New Yock LabVIEW Tokyo, 2001.
- [13] 宋敦波. 基于 LabVIEW 的工业现场测控系统设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(7): 1528-1530.
- [14] 李玉忍, 韩伟, 杨崇刚. 基于 LabVIEW 的摩擦磨损试验机智能测控系统[J]. 现代电子技术, 2010, 8(319): 178-181.
- [15] 张冰, 戴晓强, 朱志宇. ADO 和 LabSQL 在数据库方面的应用[J]. 微计算机信息, 2005(21): 88-89.
- [16] 金星, 巢勇, 王盛慧. LabSQL 在数据库访问工具包的设计与实现[D]. 长春: 长春工业大学学报, 2010.
- [17] 尚宇, 兰玉歧. 低温传感器测量数据基于 MATLAB 的处理与分析[J]. 航天器环境工程, 2010(2): 78-81.
- [18] 胡庆婉. 基于 MATLAB 曲线拟合工具箱做曲线拟合[J]. 电脑知识与技术, 2010(21): 133-138.

收稿日期: 2013-09-17

(上接第 15 页)

参考文献:

- [1] A. Cameron, The principles of lubrication, Longman Publishing Group, 1986.
- [2] A. Einstein, Eine neue Bestimmung der Molekul-Dimension, Ann. Physik (1906) 19: 289.
- [3] A. T. J. Hayward. The viscosity of bubbly oil, In: Fluids Report No. 99. Glasgow: National Engineering Laboratory, 1961.
- [4] G. I. Taylor, Viscosity of a fluid containing small drops of another fluid, Proc. R. Soc. A (1932) 138: 41-48.
- [5] J. L. Nikolajsen, Viscosity and density models for aerated oil in fluid film bearings, STLE Tribol Trans (1999) 42: 186-91.
- [6] S. M. Chun, A parametric study on bubbly lubrication of high-speed journal bearings, Tribology International (2002) 35: 1-13.
- [7] K. Tonder, Effect of gas bubbles on behaviour of isothermal Michill bearings, Journal of Lubrication Technology (1977) 99: 354-358.
- [8] M. J. Goodwin, D. Dong, H. Yu, and J. L. Nikolajsen, Theoretical and experimental investigation of the effect of oil aeration on the load-carrying capacity of a hydrodynamic journal bearing, Proc. IMechE Part J: J. Engineering Tribology (2007) 221: 779-784.

- [9] Q. An, Y. S. Zhou, Y. X. Quan, Study on the Viscosity Properties of Bubbly Oil and the Static Characteristics of Journal Bearing Lubricated With Bubbly Oil, Wear (1997) 213: 159-161.
- [10] Jan Kiciński, Effect of the aeration of a lubricating oil film and its space- and time-related compression on the static and dynamic characteristics of journal bearings, Wear (1983) 91: 65-87.
- [11] J. L. Nikolajsen, The effect of aerated oil on the load capacity of plain journal bearing, STLE, Tribol Trans (1999) 42: 58-62.
- [12] K. Chamniprasart, A. Al-Sharif, K. R. Rajagopal, A. Z. Szeri. Lubrication with binary mixtures: bubbly oil. Trans ASME, J Tribol (1993) 115: 253-60.
- [13] CHUNG-WAH NG, C. H. T. Pan, A Linearized Turbulent Lubrication Theory, Journal of Basic Engineering 1965 vol 87 No. 3 p 675-688.
- [14] A. Z. Szeri, Fluid film lubrication, Cambridge University Press, New York, 2011, pp. 186.
- [15] Marco Millies, Dieter Mewes, Interfacial area density in bubbly flow, Chemical Engineering and Processing 38 (1999) 307-319.
- [16] 孙志忠, 袁慰平, 闻震初. 数值分析[M]. 南京: 东南大学出版社, 2011.

收稿日期: 2013-09-11