

一种汽车综合制动性能检测系统的设计与研究

柴智勇 谷阳阳 席明 刘志勇

(中国汽车技术研究中心 天津 300300)

摘要:设计的汽车综合制动性能检测系统以现有的反力式滚筒试验台为基础,增加了制动踏板力、制动管路压力等测量装置,设计软件系统进行多通道数据测量、采集与处理,测量模拟车辆行驶时的实际地面制动力。该系统可以对测试车辆制动踏板采用手摇加载方式对制动管路进行加压,在制动器反应、制动力上升、持续制动和放松制动等制动过程中,实时、同步测量测试车辆的制动踏板力、制动管路压力和车轮制动力变化情况,进而将研究成果应用于由于交通事故导致制动管路损坏而4个车轮及其制动器均完好的一类事故车辆制动性能鉴定工作中。

关键词:交通事故车辆;制动性能;制动管路压力;制动力;司法鉴定

中图分类号: TN609 **文献标识码:** B **国家标准学科分类代码:** 460.40

Design and research of automobile comprehensive braking performance test system

Chai Zhiyong Gu Yangyang Xi Ming Liu Zhiyong

(China Automotive Technology and Research Center, Tianjin 300300, China)

Abstract: The automobile comprehensive braking performance test system based on the existing anti-force rolling brake testing platform, increased the measuring device of brake pedal force, brake pipe pressure, the designed software system had the ability of multi-channel data measuring, collecting and processing, measuring the actual ground brake force when simulate the moving vehicle. The system can boost the pressure of brake pipe by hand loading mode to the test vehicle brake pedal, synchronous measure the test vehicle brake pedal force, brake pipe pressure and the variation of the wheel brake force, when brake respond, brake force rise, continuously brake and brake relax, and then apply research achievement to accident vehicle braking performance forensic work that the brake pipe damaged but four wheels and brakes were in good condition.

Keywords: accident vehicle; braking performance; brake pipe pressure; brake force; judicial authentication

1 引言

在北京中机车辆司法鉴定中心受理的交通事故受损车辆中,有部分失去行驶能力的车辆仅制动管路损坏而4个车轮及其制动器均完好,目前该类型车辆制动性能鉴定在其他鉴定机构只能依靠鉴定人员的经验,通过目视检验^[1-2],粗略地、定性地查看车轮制动器状态,从而判定整车制动性能的优劣。以上鉴定工作由于缺乏科学的、量化的检测手段^[3],其鉴定意见往往受到质疑,不被法院采信。

事实上,此类鉴定可以通过制动管路压力复原方法,使整车制动系统重建,利用专用设备检测4个车轮的制动力^[4],进而评价整车制动性能^[5],最终给出客观、科学、量化的鉴定意见。在实际鉴定中,可考虑先将事故车车轮及其制动器安装于事故车同型车上,进而测量同型车制动性

能最佳时的制动管路压力,以此制动管路压力值作为事故车制动管路压力复原值进行输入,再对事故车进行检测。而以上方法的技术难点在于如何实时、同步测量同型车在整个制动过程中的制动踏板力、制动管路压力和车轮制动力变化情况。

该汽车综合制动性能检测系统以现有的反力式滚筒试验台^[6]为基础,增加了制动踏板力、制动管路压力等测量装置,设计软件系统进行多通道数据测量、采集与处理,测量模拟车辆行驶时的实际地面制动力。

2 制动力试验台选取

现阶段,国内的汽车车轮制动力检测设备主要有两种:滚筒式制动试验台和平板式制动试验台。这两种设备在汽车安检线和汽车综检线上均广泛使用。其中滚筒式制动试

验台又分为两类:反力式与惯性式。这些试验台的不同特点决定了本试验中制动力测量装置硬件设备的取舍。

平板式试验台是近年开发的一种集检测制动、轴荷、侧滑量、悬架效率为一体的设备,其结构较简单,主要由测试平板、传感器和数据采集系统(包括力传感器、放大器和多通道数据采集板)等组成^[7-8]。平板式试验台是一种低速动态惯性式的检测设备,检测时车辆以5~10 km/h的速度驶上测试平板实施制动,从而完成动态测定制动力。这种测试方式与实际路试条件比较接近,能反映实际的制动性能^[9]。但其缺点是检测重复性差^[10-11],而本项目需要大量的重复性试验,使用此种设备显然不能满足鉴定要求。同时,试验的自身特点要求车辆能在制动器抱死的情况下仍要持续输出数据,而现今大多平板试验台的运动部件是车辆,而不是平板本身,这就使得若使用平板试验台,在车辆的制动动作完成后就不能检测出制动力,并不符合试验要求。

惯性式滚筒试验台,顾名思义,装有模拟车辆运行中的动能的惯性飞轮,故检测时可以在任意车速下进行,试验条件比较接近汽车的实际行驶情况,所以其检测结果比较接近实际工况。但正因为其车速的适应性,其主要检测制动距离、制动减速度、制动时间,较少安装力传感器,制动力不能检测,所以在本试验中不适用。

鉴于以上两种设备的局限,本系统采用反力式滚筒试验台检测车辆的车轮制动力。一般的反力式滚筒试验台的结构简图如图1所示。它由结构完全相同的左右两套车轮制动力测试装置和一套指示与控制装置组成。每一套车轮制动力测试装置一般由框架、驱动装置、滚筒装置、举升装置、第三滚筒和测量装置等组成。

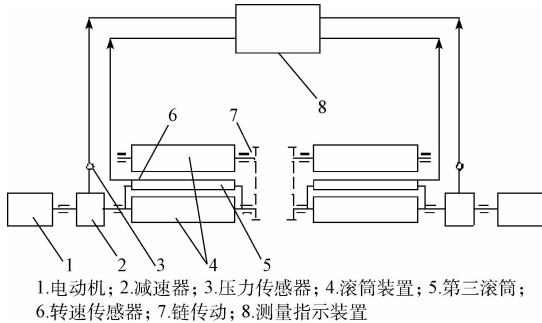


图1 反力式滚筒试验台结构简图

一般的滚筒制动试验台在主、从动滚筒之间设置一直径较小,既可自转又可上下摆动的第三滚筒,平时由弹簧使其保持在最高位置,如图2所示。在第二滚筒上装有转速传感器。在试验时,车轮置于主、从动滚筒上的同时压下第三滚筒,并与其保持可靠接触。控制装置通过转速传感器即可获知被测车轮的转动情况。正常情况下,当车轮制动,转速下降至接近抱死时,控制装置根据转速传感器送出的相应电信号使驱动电动机停止转动,以防止滚筒剥伤轮胎

和保护驱动电机。第三滚筒除了上述作用外,有的试验台上还作为安全保护装置用,只有当两个车轮制动测试单元的第三滚筒同时被压下时,试验台驱动电机电路才能接通。



图2 一般装有第三滚筒的反力式滚筒试验台

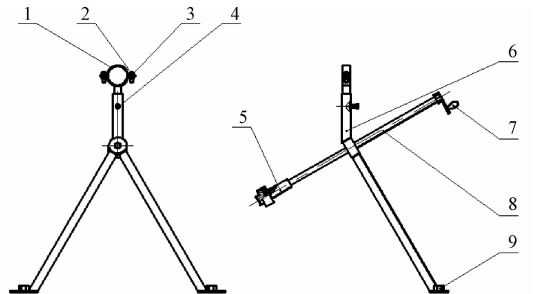
但在本系统中,为了测试最大制动力,需要驱动电动机持续转动,因此,选用的是没有第三滚筒的 NISSAN ALTIA FS2000 型单轴反力式滚筒制动试验台,如图3所示。试验过程中,为使被测车轮与滚筒之间的附着力加大,有利于检测车轮的真实制动性能,同时为保证试验安全,需要将试验车辆进行适当约束^[12]。



图3 无第三滚筒的反力式滚筒试验台

3 制动踏板力及管路压力测量装置设计

制动踏板力加载装置设计如图4所示,加载及测量装置安装情况如图5所示,其中测量装置选用的压力传感器为轮辐式弹性体结构,利用剪切式应力原理,具有低外形、抗偏载、精度高、强度高好等特点。



注:1.方向盘固定上盖; 2.固定螺栓; 3.方向盘固定下盖; 4.六角螺栓;
5.传感器接头; 6.支撑架主体; 7.转动手柄; 8.丝杠; 9.六角螺栓

图4 制动踏板力加载装置结构示意图

制动管路压力测量装置中,使用油压传感器对两个制



图5 踏板力加载及测量装置实物

动管路同时进行测量,并如图6所示,设计专用管路接头。油压传感器实际装车情况如图7所示。



图7 制动管路压力测量装置装车图

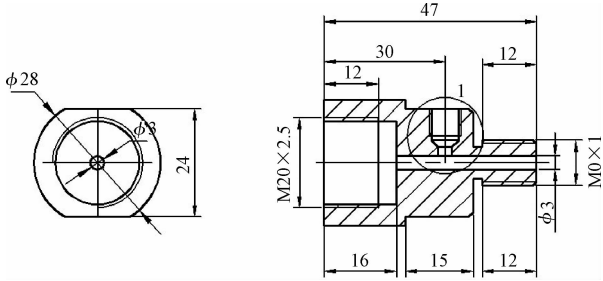


图6 油压传感器管路接头设计

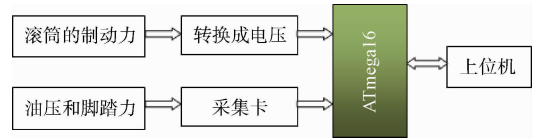


图8 数据采集与处理过程示意图

4 数据采集与处理系统开发与标定

数据采集与处理过程^[13]如图8所示。

信号采集放大电路如图9所示,按此进行设计。

单片机电路如图10所示,按此进行设计:

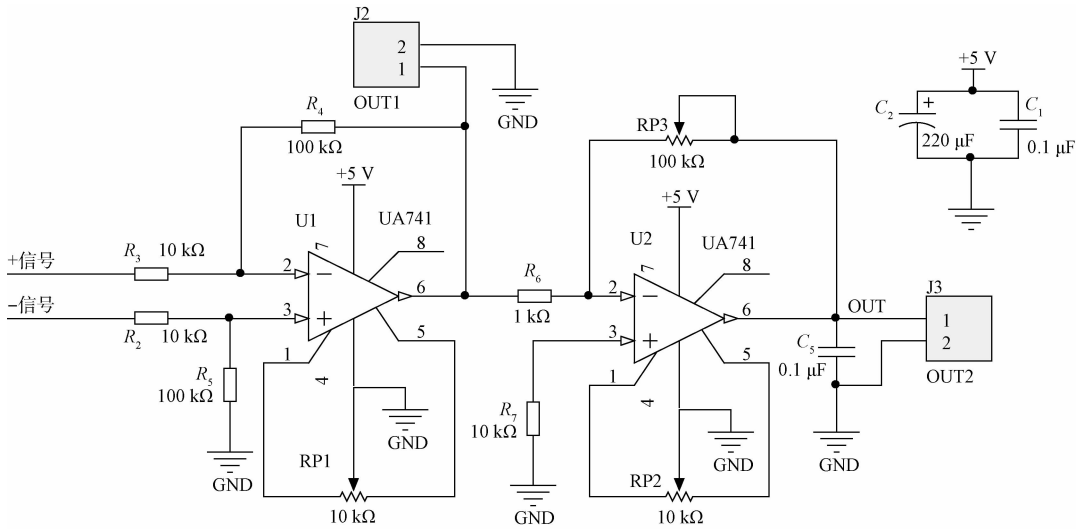


图9 信号采集放大电路

编写程序,将模拟量通过数字表现出来,A/D转换流程如图11所示。

标定过程:首先找个几个固定质量的砝码,其重量分别为0.8 kg、1.1 kg、1.5 kg和2.1 kg。先对硬件电路调试,分别将重量相同的两块砝码放于左右两侧,利用万用表等工具调试放大电路,保证在相同条件下左右两部

分得到的结果一致,为后面软件的设计与分析做好基础工作。

通过以上的试验对比,发现所做的放大电路为线性电路,可以应用于该项目中,并且可靠性较高。

然后分别将这些砝码直接放到传感器的受力点,测试出所对应的电压值。经过计算,得到以下数据:

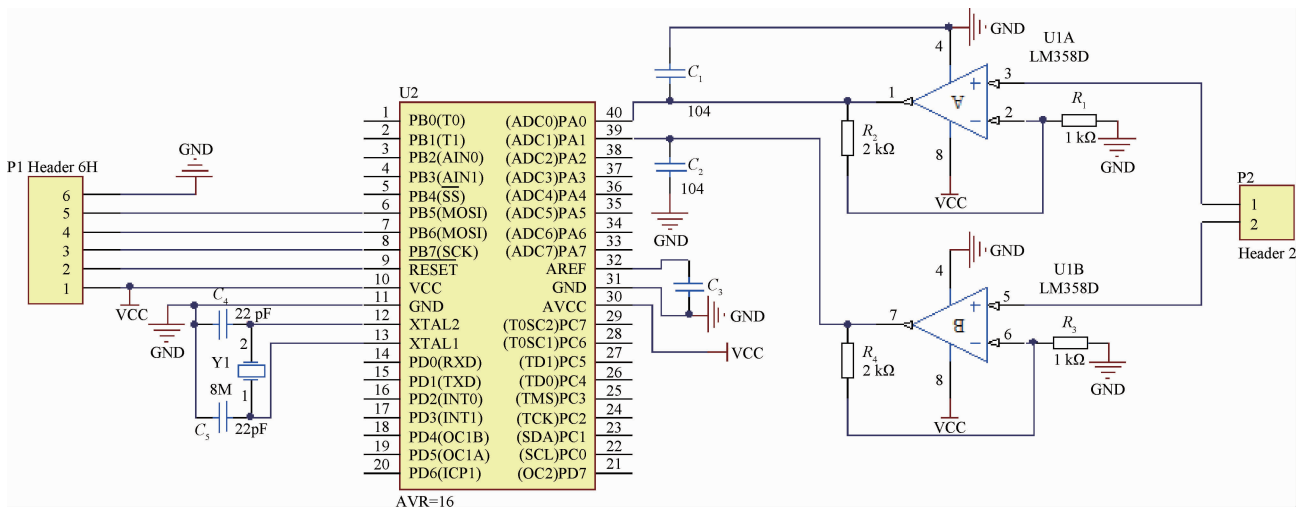


图 10 单片机电路设计

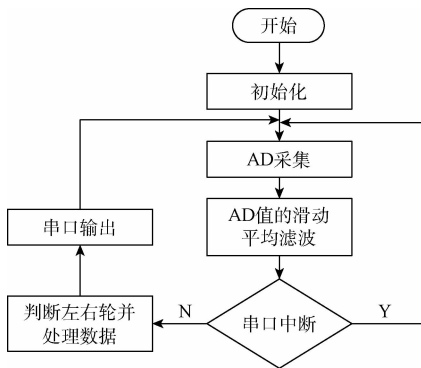


图 11 A/D 转换流程

表 1 标定参数表

| 砝码重量/kg | 左滚筒 (电压表示/mV) | 右滚筒 (电压表示/mV) |
|---------|------------------|------------------|
| 0 | 83 | 89 |
| 0.8 | 88 | 91 |
| 1.1 | 110 | 113 |
| 1.5 | 225 | 228 |
| 2.1 | 270 | 271 |

注:电压数据为输入控制柜之前的数据

表 2 左制动力数据表

| AD 值(10 位) | 重量/kg |
|------------|-------|
| 68 | 0 |
| 140 | 0.8 |
| 184 | 1.5 |
| 218 | 2.3 |
| 282 | 3.4 |
| 422 | 5.2 |

表 3 右制动力数据表

| AD 值(10 位) | 重量/kg |
|------------|-------|
| 74 | 0 |
| 114 | 0.8 |
| 158 | 1.5 |
| 192 | 2.3 |
| 270 | 3.4 |
| 419 | 5.2 |

根据 $y=a \times x+b$ 进行线性回归^[14-16], 得出:

$$\begin{cases} 0.8=a \times 114+b & \text{①} \\ 2.3=a \times 192+b & \text{②} \\ 5.2=a \times 419+b & \text{③} \end{cases}$$

注:根据左侧①和③两个公式可得出 a 和 b 的值, 然后用②去验证。如此进行多组实验便可得出比较准确的参数

左边传感器公式: $y=0.01469x-0.99892$

右边传感器公式: $y=0.0151x-1.1174$

得到上述公式, 然后用多次实际试验的方法, 得到汽车的制动力的最大值和传感器之间的线性关系, 最后再通过数据补偿的方法得出最后的公式(结果放大 10 000 倍, 提高计算精度)。

左制动力的公式: $y=589654x-40096469(x>68)$

右制动力的公式: $y=625881x-46315224(x>74)$

最终, 课题组通过上位机软件实现测试过程的动态显示, 即对每一阶段的左右轮制动力数据和左右轮制动力不平衡量进行实时绘图、动态显示, 并采用了滤波和最大制动力控制方法对数据进行了处理并对其数据保存。其软件运行界面如图 12 所示。

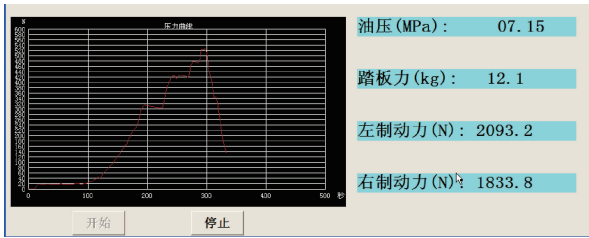


图12 工作中的上位机图形界面

5 试验与结果分析

选定某品牌乘用车作为试验车辆,该车前轮为盘式制动器,后轮为鼓式制动器,实际行驶里程为5 500 km,制动系统及轮胎完好,制动总泵及各管路工作正常。

试验过程中,需要分别对试验车辆的前后轴进行测试。由于前轴轴重较大,产生的制动力相对较大,在试验准备阶段,为保证试验安全,需要将试验车辆进行适当约束。试验开始后,由试验人员使用踏板力加载装置,对车辆踏板进行手摇匀速加载,同时由数采软件实时采集、记录踏板力、制动油压、左右轮制动力等试验数据,每次采样的时间间隔为0.02 s。

经测试,得出试验车辆前、后轴制动关系曲线,如图13、14所示,并根据GB7258-2012《机动车运行安全技术条件》相关要求,综合评价试验车辆制动性能合格。

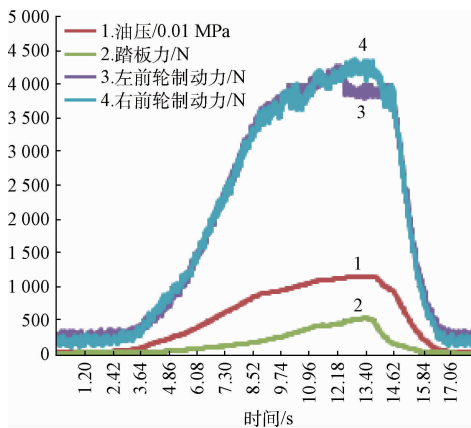


图13 前轴制动关系曲线

使用传统的反力式滚筒试验台只能测试得出如表4所示的检测结果,而无法获知整个制动过程中踏板力、制动油压以及各车轮制动力的变化情况(如图13、14所示)。设计的汽车综合制动性能检测系统可以在制动器反应、制动力上升、持续制动和放松制动等一系列完整制动过程中,利用开发的数采系统获得如图13、14所示的汽车前、后轴制动关系曲线图,分析整个制动过程。从图13、14的试验曲线可以看出,在台试试验中,虽然采用了对制动踏板手摇加载方式(不同于正常驾驶脚踩制动),但随着制动

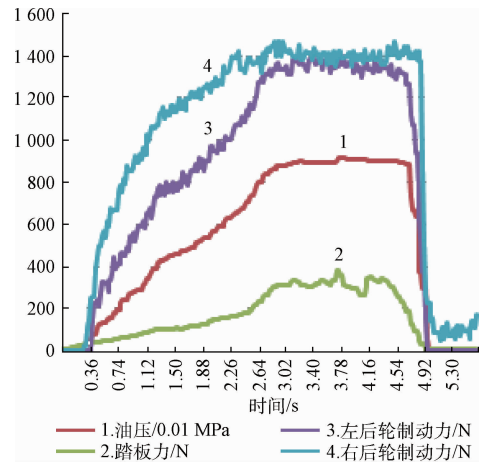


图14 后轴制动关系曲线

表4 试验数据及检测结果

| 试验数据 | |
|-------------------------------|-------------|
| 左前轮重量/kg | 360 |
| 右前轮重量/kg | 337 |
| 左后轮重量/kg | 221 |
| 右后轮重量/kg | 212 |
| 左前轮最大制动力/N | 4 281 |
| 右前轮最大制动力/N | 4 369 |
| 左后轮最大制动力/N | 1 395 |
| 右后轮最大制动力/N | 1 470 |
| 制动力增长全过程中同时测得的前轴 左右轮制动力差/N | 513 |
| 制动力增长全过程中同时测得的后轴 左右轮制动力差/N | 435 |
| 台试检验制动力要求 | |
| 制动力总和与整车重量的百分比 | 103.98%(合格) |
| 前轴制动力与前轴荷的百分比 | 126.64%(合格) |
| 后轴制动力与后轴荷的百分比 | 67.52%(合格) |
| 台试检验制动力平衡要求 | |
| 前轴 | 11.74%(合格) |
| 后轴 | 29.59%(合格) |
| 综合检测结果:合格 | |

油压的上升,曲线仍然较好地体现了一个完整的制动过程,即都有较明显的制动器反应、制动力上升、持续制动和放松制动等阶段,因此这种试验方式是最能直接反映车辆制动性能的测试方式,其不同仅在于各阶段的作用时间(由加载速度决定)都大于正常驾驶时的反应时间。但这种测试方式要受到路面与车轮间附着条件的限制,从图中也可以看出,制动力最终都达到了一个相对稳定的最大值,该值一般由路面附着情况和制动系管路最大压力二者

共同决定,这从在试验过程中,试验车辆经常会出现车轮抱死、整车后移或在滚筒上打滑等现象而体现。这些现象的实质为:一方面当制动管路油压产生的制动器摩擦力矩大于滚筒与车轮间的最大附着力产生的驱动力矩时,车轮将抱死甚至后移,若在实际路面上行驶时,车轮将表现为沿路面滑行移动;出现整车后移情况是因为非测试轴车轮与地面间摩擦力过小或滚筒安置角过小导致。另一方面若制动管路油压较小而导致所产生的制动器摩擦力矩小于最大附着力产生的驱动力矩时,车轮将正转打滑,若在实际路面上行驶时,车轮将表现为原地滑转。

对于与试验车辆同型的事故车辆(仅制动管路损坏而四个车轮及其制动器均完好),可以按照图13、14的制动油压最大值进行制动管路压力复原,从而使用开发的汽车综合制动性能检测系统对事故车辆进行测试,实时检测制动踏板力、车轮制动力等数据,通过计算得出制动力增长全过程中同时测得的前/后轴左右轮制动力差、制动力总和与整车重量的百分比、前/后轴制动力与前/后轴荷的百分比、制动平衡率等数值,并按照GB7258-2012《机动车运行安全技术条件》相关技术要求对车辆制动性能进行检验、鉴定。

6 结 论

使用设计的汽车综合制动性能检测系统,不仅可以分析、研究汽车在整个制动过程中制动踏板力、制动油压以及各车轮制动力的变化关系,对比研究台试试验和道路试验^[17],为进一步优化汽车制动性能台试试验做好基础性研究工作,更适用于失去行驶能力、仅制动管路损坏而四个车轮及其制动器均完好的这一类交通事故受损车辆制动性能检验、鉴定工作。该系统的研发弥补了传统的反力式滚筒试验台的不足,达到了预期研究目的。

参考文献

- [1] GA/T642-2006. 中华人民共和国公共安全行业标准. 交通事故车辆安全技术检验鉴定[S].
- [2] 魏超,苗晓昆,王伟飞. 关于交通事故车辆制动系鉴定的探讨[J]. 浙江工贸职业技术学院学报, 2007, 7(1): 63-65.
- [3] 郭瑞玲,高明秋,梁荣亮. 制动性能测试在受损车辆司法鉴定中的适应性研究[J]. 上海汽车, 2014(4):

33-37.

- [4] GB21861-2014. 中华人民共和国国家标准. 机动车安全技术检验项目和方法[S].
- [5] GB7258-2012. 中华人民共和国国家标准. 机动车运行安全技术条件[S].
- [6] 赵英勋. 滚筒反力式制动试验台制动力检测分析[J]. 中国测试, 2015, 41(4): 10-13.
- [7] 戴蕾蕾. 浅析平板式汽车制动检验台工作原理及制动力曲线[J]. 汽车维护与修理, 2015(3): 72-73.
- [8] 李树珉,张建新,陈成法,等. 平板式和滚筒反力式制动检验台检测影响因素对比分析[J]. 中国测试, 2015, 41(8): 125-128.
- [9] 胡明冲,杨志发. 平板式与滚筒反力式制动检测台的对比研究[J]. 中国测试, 2011, 37(6): 31-33.
- [10] 牛国辉. 平板式制动试验台和滚筒式制动试验台的结构和作用原理[J]. 计量与测试技术, 2014, 41(12): 31-32.
- [11] 吴志斌. 滚筒反力式与平板式制动试验台的比较[J]. 交通科技, 2011(10): 133-135.
- [12] 关为国,王广成. 影响反力式滚筒制动检验台检测结果的因素[J]. 中国计量, 2013(10): 99-100.
- [13] 张重熊,周敏. 基于虚拟仪器技术的汽车制动性能检测系统[J]. 电子测量技术, 2008, 31(10): 90-92.
- [14] 徐坤,赵麟,袁圆,等. 医用红外测温仪测量误差分析及补偿试验研究[J]. 电子测量技术, 2014, 37(10): 104-108.
- [15] 韩江洪,王景华,徐娟,等. 具有误差处理功能的动平衡标定方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(7): 1454-1461.
- [16] 王妍,郭敬玉,邓庆绪,等. 基于自适应变频的链型传感网络数据采集策略[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(11): 1594-1602.
- [17] 张国跃. 汽车测试中如何运用通用测试仪器解决难题[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(5): 10-13.

作者简介

柴智勇,工学硕士,高级工程师,主要研究方向为机动车司法鉴定技术等。

E-mail: chaizhiyong@catarc.ac.cn