A-PDF Split DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

自行车碟刹制动距离测试系统的设计与实现

陈梦群，杨成忠*
（杭州电子科技大学 自动化学院，浙江 杭州 310018）

摘要：随着碟刹的使用越来越普及，刹车的可靠性测试显得尤为重要，而国内市场上尚没有针对碟刹的测试系统。针对这一问题，设计了一套自行车碟刹制动距离测试系统。首先建立了自行车的刹车模拟装置，然后在模拟装置上安装了拉力传感器和速度传感器对其进行实时监测，传感器信号由数据采集卡采集并上传至上位机，上位机软件分析数据后下发命令控制模拟装置的刹车过程，并实时显示拉力值、速度值和制动距离等。通过多次制动距离测试，求平均值，确定了碟刹的制动距离，最后进行了试验验证。研究结果表明，该测试系统能够较准确地测量出自行车的制动距离，并且性能稳定，简单易操作，实用性强，具有良好的实际应用价值。

关键词：自行车碟刹；刹车模拟装置；惯性盘；制动距离
中图分类号：TP274；TH822 **文献标志码**：A **文章编号**：1001-4551(2012)03-0314-04

Design and implementation of bicycle disc braking distance test system

CHEN Meng-qun, YANG Cheng-zhong
(School of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: As the bicycle disc brake is getting more and more popular, the reliability testing is very important. But in the domestic market, there is no test system for the disc brake. Aiming at this problem, a system was designed to test the braking distance of the bicycle disc brake. The bicycle simulator was firstly created to simulate bicycle braking. Then a tension sensor and a speed sensor were installed on the braking simulator. The tension sensor was used to indirectly measure the power of gripping on the handlebar when the bicycle simulator was braking. The speed sensor was used to measure the speed of the inertial disc throughout the braking process. The signals of the two sensors were collected by the data acquisition card. The data of the sensors from the data acquisition card was gotten and analyzed, the commands were sent to control of the braking process, the data was real-time displayed, including tension value, velocity, the braking distance and so on. The braking distance of a bicycle disc brake was determined by the average of multiple test results. Finally the verification experiment was done in a factory producing Bicycle disc brakes. The results indicate that the system can accurately measure the bike's braking distance, and be stable to perform, easy to operate and practical. This set of test system for the bicycle disc brake has good application value.

Key words: bicycle disc brake; braking simulator; inertial disc; braking distance

0 引 言

在研发和生产自行车碟刹的过程中，需要按照安全标准对其产品进行测试，以保证产品的质量合格。目前，自行车碟刹的制动距离的测试主要靠测试人员骑自行车测试，这种测试方法存在很多缺陷。一方面测试人员全凭主观意识对自行车碟刹好坏进行判断，随机性大；另一方面，在碟刹的研发阶段，测试人员直接骑车测试，可能造成摔伤等事故。

为了解决这些问题，根据EN14764标准[1]，本研究设计了自行车碟刹制动距离的模拟测试系统。这套自行车碟刹制动距离测试系统能较准确地测量出自行车的制动距离。

1 测试系统设计

EN14764标准的测试条件简述如下：自行车和负

收稿日期：2011-09-26
作者简介：陈梦群(1983-)，女，河北唐山人，主要从事检测技术与自动化装置方面的研究. E-mail：chen03061202@126.com
通信联系人：杨成忠，男，教授，硕士生导师. E-mail：ycc@hdu.edu.cn

载的总质量为100 kg;行驶速度为25 km/h;握闸力不大于180 N。在如上所述的测试条件下本研究对自行车碟刹装置进行制动距离测试。整个测试系统主要包括自行车刹车模拟装置、信号采集控制箱和上位机软件三大部分。

1.1　自行车刹车模拟装置

自行车刹车模拟装置的结构如图1所示，包括变频器、电机、离合器、惯性盘、碟刹制动装置(由刹车钳和碟盘组成)、测速码盘、刹车线、拉力测试装置等[2-5]。

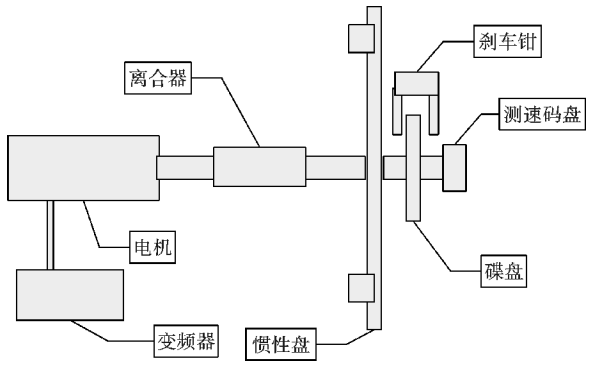

图 1　自行车刹车模拟装置结构图

各个组成部分的作用如下:电机驱动整个惯性盘转动,通过变频器对电机转速进行控制,调至模拟自行车的行驶速度25 km/h;离合器的作用为当惯性盘调至设定速度25 km/h时,与电机轴脱离;测速码盘对惯性盘进行实时的测速;车把手通过刹车线与刹车钳相连,气缸置于车把手的上方,当需要制动时气缸下压车把手使整个惯性盘制动；为测量车把手处的握闸力,本研究在刹车线处安装拉力传感器。按EN14764标准确定车把手的施力点，根据车把手的力学结构,可知刹车线的拉力是车把手处受到的握闸力的2倍,即测得的拉力值不应超过360 N。

其中变频器对选用的三相异步电机的速度进行控制。本研究选用的变频器提供了RS485通讯接口,用户可以通过RS485/RS232转换器与上位机相连，进而通过上位机对变频器的工作参数进行设定。在对惯性盘的调速过程中，上位机通过串口按照变频器的RS485通讯协议发送命令,改变变频器输出的频率值,进而改变电机的转速和惯性盘的转速。

1.2　信号采集控制箱

信号采集控制箱如图2所示。

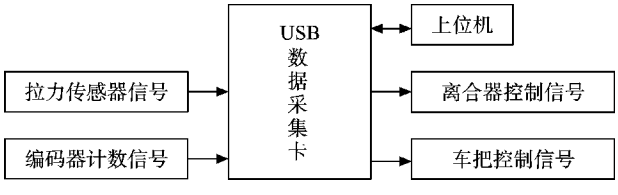

图 2　信号采集控制箱示意图

本研究选用的USB数据采集卡是一种基于USB总线的数据采集卡,可直接插在计算机的USB接口上,它有A/D模拟量输入功能、DI/DO数字输入/输出功能和CNT定时/计数器功能。

本研究选用的拉力传感器的量程是0~100 kg,输出的拉力值信号是4 mA~20 mA的电流。通过接一只250 Ω的电阻,将4 mA~20 mA的电流转换为1 V~5 V的电压。表示拉力值的电压值信号通过USB数据采集卡的A/D通道采集并传送到上位机，上位机软件计算出实际代表的拉力值并显示在屏幕上。

本研究选用的增量式旋转编码器[6-7],输出分辨率为1 000 ppr。通过USB数据采集卡的CNT计数功能对编码器输出的脉冲数进行计数,并传送到上位机,上位机软件计算速度值并显示在屏幕上。

为了实现整个制动过程的全自动进行,本研究通过USB数据采集卡的DO数字输出功能,将控制信号传送给离合器和车把处气缸,使其动作。

1.3　软件实现

上位机软件将采集到的数据进行处理、计算并显示在屏幕上,并发送控制命令,使得整个制动过程自动完成。软件实现通过Visual C#完成。本研究通过上位机软件发送命令、控制整个制动过程,并计算出制动距离,记录把手力、自行车速度、制动时间等值。整个实现过程的主线程流程图如图3所示。

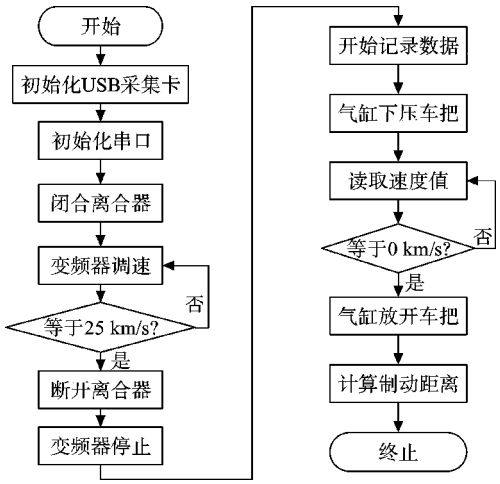

图3　上位机软件主线程流程图

制动距离测试开始后,本研究首先对串口进行初始化,串口用来与变频器通讯;对USB采集卡进行初始化,采集卡用来采集编码器的计数值,刹车线的拉力值等。初始化完成后,在确保离合器闭合的情况下,上位机软件向串口发送命令，调节变频器的输出频率,则电机的转速发生变化，进而调节模拟装置的速度,若速度未达到25 km/h,上位机软件不断通过串口发送控制命令,调节变频器的输出频率,直到达到预定速

度。当速度达到25 km/h时,上位机软件发送命令使离合器脱离,同时上位机软件开始记录各个采样点(下文中解释)的速度、时间、拉力等值。上位机软件发送命令使气缸下压车把手,直到惯性盘完全停止。当整个惯性盘停止时,整个制动过程结束,上位机软件发送命令使气缸弹回。最后,上位机软件计算制动距离,并显示在界面上。

上位机软件定时读取采集卡的数据,每次读取称为一个采样点。每个采样点记录的数据包括增量式编码器的计数值、刹车线的拉力值、时间等。为了使制动距离计算准确,上位机定时采样的间隔越小越精确,但由于受到操作系统环境的制约,定时精度达不到很高要求,经试验,当上位机间隔10 ms采样一次,能满足测试要求。如图3所示,从开始记录数据开始,到速度值0 km/s为止,本研究一直以10 ms的间隔记录采样点的数据。

2 制动距离计算

整个测试系统的目的是测试自行车碟刹的制动距离,当刹车过程结束后,本研究对刹车过程中记录的数据进行分析计算,得到制动距离。制动距离为自行车开始刹车到完全停止所行驶的路程。计算制动距离首先要确定开始刹车的刹车点,刹车点通过速度的降低来判断。所以制动距离计算的步骤为:计算自行车的行驶速度,确定刹车点,计算制动距离[8-10]。

2.1 自行车行驶速度的计算方法

计算自行车行驶速度需要的固定参数有:增量式旋转编码器输出分辨率B=1 000 ppr;模拟的自行车车轮周长C,该系统模拟的自行车为26英寸自行车,由计算得$C=\pi\times26\times0.025\ 4=2.075$ m。速度单位"m/s"与"km/h"的换算系数$\lambda=3.6$,自行车行驶速度的计算公式如下(单位为km/h):

$$V_i=(N_i-N_{i-1})/B\times C/T_i\times\lambda \tag{1}$$

式中:V_i—第i个采样点的速度,N_i—第i个采样点处编码器的计数值,T_i—第i个与第$i-1$个采样点的时间间隔。

2.2 制动点的确定

本研究通过阈值法来确定制动点。自行车的运行速度为25 km/h,通过对多组采集数据分析后,确定的阈值为24.3 km/h,即当采样点处的速度小于等于24.3 km/h时,该采样点为制动点。但由于Windows操作系统本身实时性较差,定时器存在误差,惯性盘抖动等因素,采样点的速度值会有波动,为了更准确地确定制动点,需要先对所有采样点的速度进行滤波。

本研究采用中值平均值滤波对所有采样点的速度进行数字滤波,中值平均值滤波能够克服因偶然因素引起的波动干扰。方法如下:取5个点进行滤波,将V_{i-2}、V_{i-1}、V_i、V_{i+1}、V_{i+2}进行升序排序,去掉最大值和最小值,然后对剩下的3个速度值取平均值后作为第i个采样点的速度值。

本研究对滤波后的速度值进行阈值判断,为避免扰动造成制动点的误判,从最低端,即速度为0向上进行查找,确定采样点。

2.3 制动距离的计算

制动点N_b至速度为0时的采样点为N_e,自行车行驶的距离为制动距离S。则制动距离的计算公式如下:

$$S=(N_e-N_b)/B\times C\times\alpha \tag{2}$$

式中:B—增量式旋转编码器输出分辨率,C—模拟的自行车车轮周长,α—系统的校准系数。

校准系数α通过已在质量检测部门检测过的碟刹进行标定:

$$S_0=\alpha S'_0 \tag{3}$$

标定方法为:已知在质量检测部门检测过的碟刹的制动距离S_0,在$\alpha=1$的情况下利用该测试系统对已检测的碟刹进行测试,经多次测试,求制动距离的平均值S'_0。

3 试验验证

整个制动距离测试系统可自动实现制动过程的连续测试,从而可以对多次制动距离求平均值来得到碟刹装置的制动距离。通过对各个型号的碟刹装置进行反复试验,能够达到很好的精度。连续制动5次后的界面如图4所示。

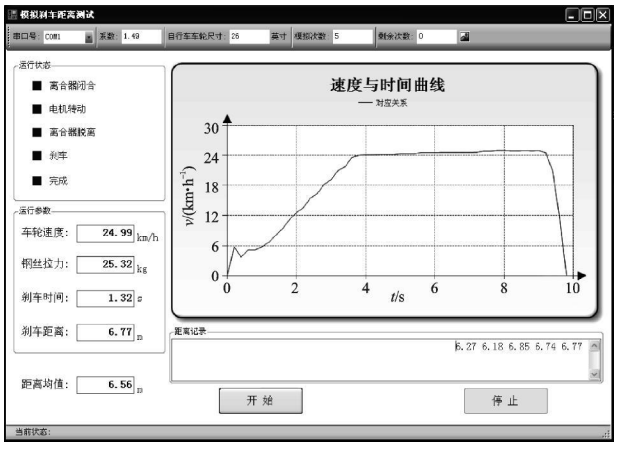

图4 上位机界面

4 结束语

自行车碟刹制动距离测试系统能够较准确地测量出自行车的制动距离。测试系统的硬件部分包括自行车刹车模拟装置和USB信号采集控制箱。核心算法包括自行车行驶速度的计算方法、制动点的确定、制动距离的计算等。上位机软件使用Visual C#语言编写,

主要负责控制整个制动过程、计算制动距离并显示测试计算结果等功能。最后,该系统在某自行车碟刹生产公司进行了多次现场试验验证, 试验结果表明,测试系统能够较准确地测出自行车的制动距离,并且性能稳定、简单易操作、实用性强,具有良好的实际应用价值。

参考文献(References):

[1] 欧洲标准化委员会. EN14764-2005 城市和远足自行车安全要求和检测方法[S]. 伦敦:[出版者不详],2005.

[2] 边　强,王志明. 自行车制动性能测试平台的研制[J]. 机电一体化,2009,103(7):97-99.

[3] 武　力, 关天民. 场地自行车行驶阻力与模拟训练器结构的研究[J]. 机械设计与制造,2005(4):8-9.

[4] 王　昉, 潘双夏. 汽车制动性能检测方法及其虚拟仪器的研究[J]. 机电工程,2006,23(6):14-16.

[5] 段福斌, 潘双夏. 电动自行车制动性能检测的研究与实践[J]. 机电工程,2004,21(6):20-22.

[6] 刘玉军,冯　浩,等. 位置伺服系统中角速度检测方法综述[J]. 浙江工业大学报,2002,30(5):416-419.

[7] 刘文魁, 石建玲. 光电旋转编码器在角度测量中的应用[J].现代制造工程,2006(11):90-91.

[8] CLEMENS O,HEINZ N,ANTON S. Construction of a test bench for bicycle rim and disc brakes [J]. **Procedia Engineering**,2010(2):2943-2948.

[9] Daniel P Heil. Body mass scaling of frontal area in competitive cyclists not using aero-handlebars[J]. **European Journal of Applied Physiology**,2002,87(6):520-528.

[10] MA Zhi-wen,Zheng T,LIN Fei. Stability Improvement of V/Hz Controlled PWM Inverter-fed Induction Motors Drives [C]//Industrial Electronics and Applications,2006 1ST IEEE Conference on. Singapore:[s.n.]2006.

[**编辑**:张　翔]

(上接第 296 页)

从图 6 和图 7 中可以看出:无论在内板上还是在外板上,新设计的波纹式铝制发动机罩盖比原来的梁式钢制发动机罩盖的应力分布范围更广,即碰撞的有效半径增大了,因而波纹式铝制发动机罩盖可以改变碰撞时的加速度曲线,降低其 *HIC* 值,满足行人碰撞保护标准,从而证明了新设计的波纹式铝制发动机罩盖的可行性。

5　结束语

本研究在 ANSYS 中建立了头块和发动机罩盖的有限元模型,对梁式钢制发动机罩盖进行了有限元分析,并将其结果与试验结果进行了对比,证明了有限元建模的准确性。针对梁式钢制发动机罩盖不能满足行人碰撞保护法规要求的问题,本研究对其进行了材料替换,用铝材料代替钢材料。有限元仿真分析结果表明在保证刚度相同的情况下,铝制梁式发动机罩盖在人-车碰撞时对降低行人头部保护并没有多大的改善作用。因此,笔者对铝制发发动机罩盖的性能进行了分析,通过与原有的梁式钢制发动机罩盖的性能对比证明:新设计的波纹式铝制发动机罩盖,在人-车碰撞时可以有效地降低行人头部伤害值的 HIC 值,满足行人碰撞保护法规的要求。本研究成果的应用,可以在人-车碰撞中实现对行人头部的碰撞保护, 对于汽车轻量化的设计也提供了有益的参考。

参考文献(References):

[1] 陈金华,黄向东,赵克刚,等. 基于儿童行人头部保护要求的发动机罩锁扣碰撞性能研究[J]. 汽车技术,2011(2):26-29.

[2] TAMAKI Y. Research into achieving a lightweight vehicle body utilizing structure optimizing analysis:Aim for a lightweight and high and rigid vehicle body [J]. **JSAE Review**,1999,20(4):558-561.

[3] 乔维高, 朱西产. 行人与汽车碰撞中头部伤害与保护的研究[J]. 农业机械学报,2006(9):29-31

[4] 张　宇,朱　平,陈关龙,等. 基于有限元法的轿车发动机罩板轻量化设计[J]. 上海交通大学学报,2006(1):163-166.

[5] SCHWARZ D,BACHEM H,OPBROEK E. Comparison of steel and aluminum hood with same design in view of pedestrian head impact[N]. SAE Technical Papers,2004-01-1605.

[6] 李玉璇. 基于碰撞仿真的汽车车身轻量化研究[D]. 上海:上海交通大学机械与动力工程学院,2003.

[7] MERKLEIN M,GEIGER M. New rnalerials and production Lechnologies for innovative lightweight constructions [J]. **Journal of Materials Processing Technology**,2002 (125-126):532-536.

[8] 刘　地. 车辆-行人碰撞安全性研究方法的分析与探讨[J]. 汽车标准化,2004(3):26-28.

[**编辑**:张　翔]