

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.02.012

叉车驱动轮功率测试系统设计

孙昕野¹, 郑颖²

(1. 浙江工业大学教育科学与技术学院, 浙江 杭州 310014;
2. 浙江工业大学机械工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘要:针对叉车系统驱动轮的使用性能和可靠性问题,通过构建测量模块、载荷模拟模块、传动模块和转速控制模块,设计了一种叉车驱动轮功率测试系统。建立了驱动轮转速控制系统模型,通过磁粉制动器和液压加载模拟叉车运行时驱动轮所受阻力,并由控制器实现驱动轮的转速控制。实验表明所设计的功率测试系统能有效测量驱动轮的阻力矩和转速等参数,并得到功率参数,从而实现驱动轮动力特性的测试。

关键词:叉车;驱动轮功率测试系统;磁粉制动器;转速控制;行驶阻力

中图分类号:TP802 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2016)02-0056-03

Design of Power Test System for Forklift Drive Wheel

SUN Xinye¹, ZHENG Ying²

(College of Educational Science & Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;
2. College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: For the performance and reliability problem of drive wheel in forklift truck system, testing module, load simulation module, transmission module and speed controlling module was established to design the drive wheel test system. The model of speed control system was established. Magnetic powder brake and hydraulic loading simulated resistance on drive wheel and the speed was controlled controller. The experiments show that the torque and speed parameters of drive wheel could be measured effectively by designed power test system to obtain the power parameter, so that dynamic performance test of drive wheel could be achieved.

Key words: forklift; drive wheel power test system; magnetic powder brake; speed control; driving resistance

叉车是一种广泛应用于工业运输的设备。随着中国经济的快速发展,以叉车为主的机械化搬运取代了人工搬运,而物流业的快速发展使得叉车市场的需求量高速增长。因此叉车的使用性能和可靠性是十分重要的,其中驱动轮的性能和可靠性检测是研究的关键。

国内外研究较多的是汽车性能的检测^[1-3]。汽车底盘测功机是检测汽车动力特性的重要设备,其采用惯性飞轮来模拟汽车所受的惯性阻力,采用测功器对汽车加载模拟路面阻力,利用各种传感器测量驱动轮的输出功率、扭矩、转速等参数^[4-5],从而对汽车性能进行检测评估。

叉车系统与汽车系统的应用场合不同,因此检测装置与汽车底盘测功机^[6-8]是有所区别的。为了对叉

车驱动轮进行检测,本文设计了一种新型的功率测试系统,通过液压加载和磁粉制动器模拟叉车运行过程中驱动轮所受阻力,由控制器控制驱动轮电机,驱动轮通过摩擦力带动双滚筒转动,并通过齿轮箱传递给扭矩传感器和速度传感器从而得到驱动轮输出扭矩和转速。通过调节磁粉制动器激励电流以改变驱动轮的行驶阻力并调节液压装置改变驱动轮垂直载荷,外部阻力变化时控制器对驱动轮进行转速控制构成闭环控制系统。

1 测试系统结构设计

驱动轮测试系统按功能模块可划分为测量模块、载荷模拟模块、传动模块和转速控制模块等主要模块,测试系统结构框图如图1所示。

收稿日期:2015-10-09;修回日期:2015-11-19

作者简介:孙昕野(1996),男,浙江杭州人,主要研究方向为检测技术与自动化装置。E-mail:sun6412@sina.com

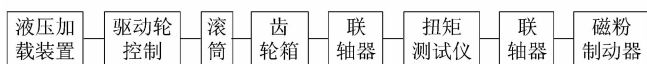


图1 驱动轮功率测试系统结构框图

Figure 1 Power test system structure diagram of drive wheel

图1中液压加载装置对驱动轮施加垂直载荷以模拟驱动轮不同载荷下的承重。调节磁粉制动器的励磁电流改变输出转矩以模拟驱动轮所受的行驶阻力。系统采用扭矩测试仪测量扭矩和转速等参数以计算驱动轮的输出功率。系统工作时,计算机将指令信号发给驱动轮控制器,驱动轮通过摩擦力带动滚筒转动,再由齿轮箱传递给扭矩测试仪。当驱动轮所受阻力和载荷变化时,要求驱动轮保持匀速行驶,则通过驱动轮控制器对转速进行控制以实现叉车匀速稳定运行。

扭矩传感器是测量驱动轮参数的主要装置。本文采用的扭矩测试仪用于测量扭矩和转速参数,采用应变桥电测技术,用微功耗信号耦合器进行非接触信号传递,应变桥检测的毫伏级扭矩信号放大为伏级强信号,并经过电压/频率转换变成与扭矩成正比的频率信号,发射到外部信号接收器上。扭矩有:

$$\left. \begin{aligned} M_p &= N(f - f_0) / (f_p - f_0), \\ M_r &= N(f_0 - f) / (f_0 - f_r). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中: M_p 和 M_r 分别为正向和反向扭矩; N 为扭矩量程; f_p 和 f_r 分别为正向和反向满量程输出频率值; f_0 为扭矩零点输出频率值; f 为实测扭矩输出频率值。

转速测量时,码盘和转轴旋转,光电开关通过光电效应进行门电路处理,输出高低脉冲信号,该信号与转速成比例,从而可得滚筒转速。转速有:

$$n = 60f / z \quad (2)$$

式中: n 为转速; f 为实测扭矩输出频率值; z 为传感器测速盘齿数。

驱动轮的输出功率 P_c 为

$$P_c = \frac{2\pi M_c n}{60 \times 1000} \quad (3)$$

式中: M_c 为驱动轮扭矩; n 为滚筒转速。

2 转速控制

叉车运行时,当负载发生变化或者行驶阻力改变,仍然要求系统能保持匀速稳定运行,这就要求驱动轮控制器进行转速控制。测试系统中驱动轮控制器采用PID方式对驱动器进行控制,使驱动轮输出转速能满足给定转速。转速控制方框图如图2所示。图2中 r 为给定转速; ω 为传感器测量并经齿轮箱传动折算后

的滚筒转速,作为反馈值与给定转速 r 进行比较; T_L 为磁粉制动器和液压加载装置施加给驱动轮的载荷和阻力矩,用来模拟驱动轮受到的载荷和行驶阻力。当 T_L 发生变化时,要使驱动轮满足在给定速度下运行,则给定转速和输出转速的比较差值作为PID控制器的输入,经控制器计算得到输出控制量,对系统进行速度控制。由于负载变化和行驶阻力是非线性,不确定的,PID控制器对转速控制并不是最优的,因此可以使用其他控制方式对驱动轮转速进行控制^[9]。这里采用PID控制方式是为了方便调节控制器,并且针对驱动轮转速控制性能指标不高的情况。



图2 驱动轮转速控制方框图

Figure 2 Speed control block diagram of drive wheel

3 测试系统实验

叉车行驶时要克服地面的滚动阻力、加速阻力等,在坡道上行驶时要克服坡度阻力^[10]。

1) 滚动阻力

叉车行驶时驱动轮与路面接触产生的滚动阻力,

即

$$F_\eta = \eta \cdot G \quad (4)$$

式中: η 为滚动阻力系数; G 为驱动轮承受总载荷。

2) 加速阻力

叉车运行时需要克服加速运动时的惯性力即加速阻力,其表达式为

$$F_a = \sigma m \frac{dv}{dt} \quad (5)$$

式中: σ 为叉车旋转质量换算系数; m 为叉车质量; v 为行驶速度。

3) 坡度阻力

叉车上坡时需要克服重力沿坡道的分力即坡度阻力,其表达式为

$$F_g = G \sin \alpha \quad (6)$$

式中 α 为坡度角。

由式(4)~(5)可得叉车行驶阻力为

$$F = \eta \cdot G + \sigma m \frac{dv}{dt} + G \sin \alpha \quad (7)$$

由式(7)可知当叉车匀速行驶在平路上,且没有载荷变化,驱动轮行驶阻力可视为常值。当负载变化或加速运行时,驱动轮行驶阻力为变量。通过改变磁

粉制动器的励磁电流改变输出转矩对行驶阻力进行模拟。

叉车匀速行驶时,在负载没有变化情况下,驱动轮受到的行驶阻力恒定。给定磁粉制动器的励磁电流*i*,由于磁粉制动器的输入输出关系近似为线性关系,则输出转矩为*ki*,系统采用的磁粉制动器参数*k*=1。给定转速为30 r/min,驱动轮阻力矩分别为50和100 N·m时,驱动轮输出转速如图3所示,输出功率如图4所示。由图3和图4可知在不同阻力条件下驱动轮能实现恒速运行,测试系统能得到不同阻力下驱动轮的输出功率。

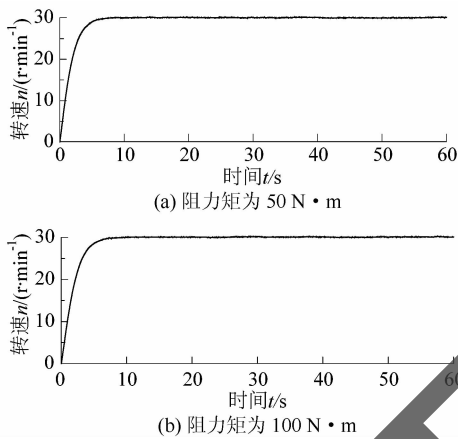


图3 不同阻力条件下驱动轮的输出转速
Figure 3 Output speed under different resistance conditions

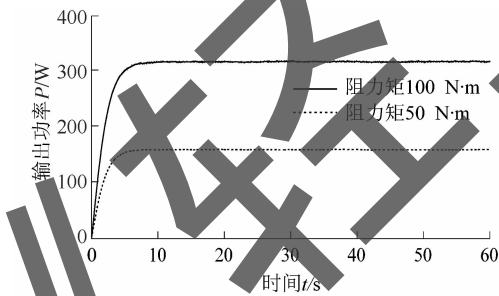


图4 不同阻力条件下驱动轮的输出功率
Figure 4 Output power of drive wheel under different resistance conditions

4 结语

为了解决叉车驱动轮的使用性能和可靠性问题,本文设计了一种叉车驱动轮功率测试系统,通过磁粉制动器对驱动轮行驶阻力进行模拟,通过液压加载方式对驱动轮载荷变化进行模拟。测试系统采用驱动控制器对驱动轮转速进行闭环反馈控制,扭矩传感器能有效测量扭矩和转速参数从而计算驱动轮输出功率。所设计的功率测试系统为研究叉车驱动轮的动力特性提供了检测平台。

参考文献:

- [1] 左铭旺,姚丹娅,周申生,等.多功能汽车底盘测功机[J].工业仪表与自动化装置,2001(6):8-14.
- [2] 鲁统利,陈德元.大型汽车底盘动态模拟测功机测控系统[J].汽车工程,1999,21(2):118-123.
- [3] 吴震.汽车交流底盘测功机测试系统研究[D].长春:吉林大学,2007:7-19.
- [4] 马强.汽车检测与诊断技术发展趋势[J].科技信息,2012,36(2):401-402.
- [5] 伍庆龙,宗志坚,刘忠途.基于室内台架的电动汽车行驶工况仿真及测试[J].微特电机,2011,39(2):37-40.
- [6] 卢若珊,严朝勇,罗振益.汽车底盘测功机计算机测控系统的研究与应用[J].机电工程技术,2006,35(8):34-36.
- [7] 李树旺,李琨,武朋辉.电涡流底盘测功机模糊PID控制算法研究[J].中国测试技术,2008,34(2):109-111.
- [8] 陈东雷,高世伦,余江胜.底盘测功机控制系统的开发[J].汽车工程,1998,20(3):139-143.
- [9] 田大鹏,吴云洁,刘晓东.高精度电机伺服系统控制综合方法[J].电机与控制学报,2010,14(7):66-74.
- [10] 赵传利,安相壁,夏均忠.底盘测功机上模拟道路滑行试验方法研究[J].汽车研究与开发,2000(2):51-53.