

土槽实验室模拟加载系统

罗兴吾 罗锡文 王卫星 钟国活

(华南农业大学工程技术学院, 广州 510642)

摘要 为了进行室内模拟加载, 研制了一套计算机控制的磁粉制动器模拟加载系统。本系统由计算机、PC-6313 接口卡、加载装置、测试装置等硬件组成, 加载系统的软件用 Turbo C 与汇编语言混合编写, 采用比例控制方法, 以汉字系统为工作平台。所研制的系统可以作为农机行业通用的模拟加载系统, 具有重要的理论意义和实用价值。

关键词 计算机控制系统; PID 控制; 磁粉制动器; 模拟加载系统

中图分类号 TP 391.8

在农机研制过程中, 经常要对农机的各种性能参数进行测试。过去, 这些试验大都在田间进行。田间试验由于在实际工作状态下进行, 因而测试的性能指标具有较大的真实性, 但亦存在一些不足之处, 如: 负荷难以准确控制, 试验条件差异较大, 使得试验结果可比性差; 需投入较多的人力物力, 且试验周期长; 试验还受到农时、季节和气候等条件的制约。电子技术和计算机技术的发展使得在实验室内进行动态模拟加载试验成为可能, 并成为当前农业机械试验技术的重要发展方向。

沈阳农业大学(高连兴, 1987; Lu et al, 1989; Wang et al, 1993)将 ZETOR-6911 两轮驱动拖拉机改装成负荷测试车, 通过 TP801 单板计算机控制磁粉制动器, 对模拟再现拖拉机田间负荷进行了试验性的研究。王卫星(1994; 1995)研制了以 8031 单片机为核心的微机监测控制系统, 控制磁粉制动器实现模拟加载。第一拖拉机工程机械公司(唐河清等, 1994)建成了大型转鼓试验台, 采用直流电力测功机作为加载装置, 可以为菲亚特 90 系列轮式拖拉机进行试验。本文采用通用的 IBM-386 计算机及易于控制的磁粉制动器加载装置, 实现了计算机控制的模拟加载系统。

1 模拟加载系统的组成

本研究设计的计算机测控系统由 IBM-PC 计算机、PC-6313 模入模出接口卡、WIJ 型稳压稳流电源、磁粉制动器、扭矩传感及信号转换电路等组成, 如图 1 所示。

其工作过程是以计算机为核心, 通过 PC-6313 卡, 输 D/A 信号至 WIJ 型稳压稳流电源, 控制磁粉制动器, 给农机具加载, 扭矩传感器或拉压传感器将载荷信号转为电信号, 通过 PID 控制算法, 修正输出信号, 再送至磁粉制动器, 实现闭环控制, 提高了控制精度。

2 扭矩传感及磁粉制动器的标定

2.1 CGQ-200 扭矩传感的标定

系统中使用的扭矩传感器, 采用江苏海安机电厂生产的 CGQ-200 型扭矩传感器, CGQ

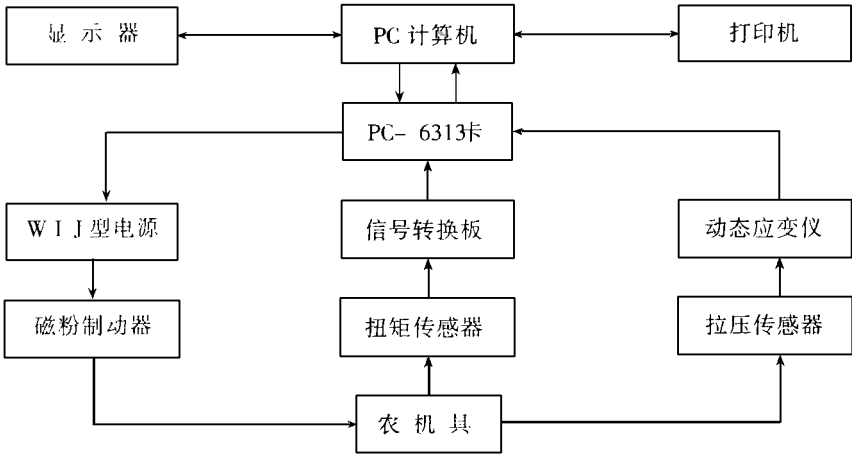


图 1 系统的组成框图

传感器的主要特点是利用非接触式磁电检测器的输出信号来实现扭矩测量, 由于不用滑环输出信号, 故可以测量高速旋转时轴的扭矩, 且测量精度高, 稳定性好。本研究对 CGQ—200 型传感器进行了静态标定试验。利用 Lotus1—2—3 对试验数据进行线性回归, 得出电机正反转时据矩 M 与计数值 Δt 平均值之间的线性回归方程和线性回归相关系数如下:

$$M=10.363\,46 * \Delta t-299.023 \quad (\text{N} \cdot \text{m}), \quad R=0.999\,888\,7, \quad (\text{式 } 2-1, \text{电机正转时})$$

$$M=10.258\,16 * \Delta t-351.627 \quad (\text{N} \cdot \text{m}), \quad R=0.991\,522. \quad (\text{式 } 2-2, \text{电机反转时})$$

静态标定时的信号周期为 652.356, 当被测轴作旋转运动时, CGO 扭矩传感器输出电压信号的相位差 $\Delta \psi$ 与所承受的扭矩大小成比例。由于传感器内外齿轮相对旋转的角速度 ω 发生变化, 所测信号的周期 T 也发生变化。所以, 导出驱动电机正反转时被测扭矩与相位差的动态计算式分别为:

$$M=6\,760.758\,6 * \Delta t/ T-299.23 \quad (\text{N} \cdot \text{m}), \quad (\text{式 } 2-3, \text{电机正转时})$$

$$M=6\,692.064\,5 * \Delta t/ T-351.627 \quad (\text{N} \cdot \text{m}). \quad (\text{式 } 2-4, \text{电机反转时})$$

2.2 磁粉制动器的标定

系统中使用的磁粉制动器, 采用江苏海安机电厂生产的 CZ—200 型磁粉制动器。磁粉制动器是根据电磁原理通过磁粉来传递据矩的。激磁线圈中流过的电流越大, 磁粉制动器产生的扭矩也越大, 当激磁电流增大到一定值时, 制动扭矩趋向饱和。本系统使用的 CZ—200 磁粉制动器的激磁线圈阻值为 12.5Ω , 采用 WIJ 型直流稳流电源控制激磁电流。WIJ 型直流稳流电源是电压控制型的, 输入一定的控制电压, 电源输出相应的稳定电流。

在土槽的模拟加载试验系统上对磁粉制动器进行了标定试验。计算机输出数字量, 经 D/A 转换成电压信号 U , 控制稳流电源的输出电流, 此电流加在磁粉制动器的激磁线圈上, 使磁粉制动器产生制动扭矩 M , 施加在加载轴上, 利用 CGO—200 扭矩传感器测量磁粉制动器所产生的制动扭矩。标定磁粉制动器分为激磁电流上升和下降两种情况, 利用 Lotus1—2—3 对计算机的输出电压和扭矩传感器测得的扭矩进行线性回归, 得出扭矩 M 与电压 U 的线性回归方程及线性回归相关系数分别如下:

$$M=270.150\,6 * U-348.807 \quad (\text{N} \cdot \text{m}), \quad R=0.988\,309, \quad (\text{式 } 2-5, \text{电流上升时})$$

$$M=287.0793 * U-299.663 \quad (\text{N} \cdot \text{m}), \quad R=0.993975.$$

(式 2—6, 电流下降时)

3 磁粉制动器动态性能试验

研究资料(高连兴, 1987)表明, 磁粉制动器产生的扭矩主要受激磁电流的控制, 转速对制动扭矩的影响甚微。磁粉制动器的扭矩是靠磁粉在电流的激励下联成链状, 阻止定子与转子的相对运动而产生的。由于磁粉的工作特性, 决定了磁粉制动器的工作性能。本研究对磁粉制动器的无响应特性以及响应特性进行了试验。

3.1 磁粉制动器的扭矩无响应时间的测试及分析

扭矩无响应时间是指从接通激磁电流到磁粉制动器产生制动扭矩所经历的时间。测试磁粉制动器控制系统的无响应时间时, 计算机控制磁粉制动器的激磁电流由 0 突变为 I 值(激磁电流的稳态值), 计算机开始测试磁粉

制动器产生的制动扭矩, 采样周期为 2 ms, 共进行了 4 组测试试验, 每组重复了 3 次, 测试数据见表 1。由测试结果看出, 无响应时间与激磁电流大小有关, 稳态电流越大, 无响应时间越短。这是因为(1)激磁线圈是电阻电感元件, 电感中的电流不能突变, 线圈中的

表 1 无响应时间测试结果

试验因素 / 水平	稳态电流 I / A	无响应时间 / ms
1	0.5	20
2	1.0	10
3	1.5	4
4	2.5	2

电流按指数规律由 0 逐渐趋向于稳态电流。
(2)当磁粉制动器激磁线圈中的电流向稳态值过渡时, 稳态电流越大, 电流和磁场强度上升速度越快, 磁粉的磁化过程和扭矩无响应时间越短。

3.2 磁粉制动器扭矩上升和下降过渡过程特性

计算机控制激磁电流从初始值 I_1 变化到 I_2 ($I_2 > I_1$ 时为上升, $I_2 < I_1$ 时为下降)。从电流改变瞬间起, 计算机开始测试制动扭矩值, 采样为 100 ms, 连续测得 50 个扭矩值, 共计 5 s。用 HG 绘图软件将所测数据制成扭矩—时间曲线, 得到磁粉制动器所产生的扭矩从初始值 M_1 变化到稳态值 M_2 的动态过程曲线, 如图 2 和图 3 所示。磁粉制动器激磁电流上升和下降情况时的制动扭矩动态响应过程表明, 激磁电流上升响应时间比激电流下降响应时间短。

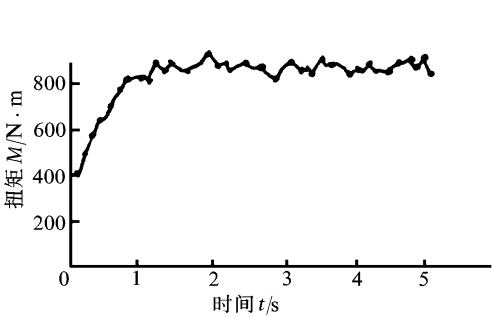


图 2 扭矩上升过渡过程曲线

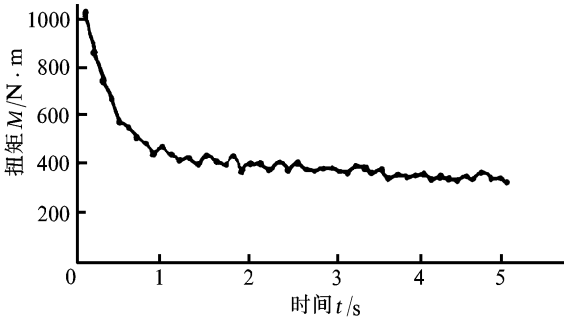


图 3 扭矩下降过渡过程曲线

4 模拟加载控制系统软件设计

本系统软件有用 C 语言和汇编语言混合编写,由 7 个功能模块和若干主要函数组成。7 个功能模块分别为总控模块、加恒定载荷模块、加方波载荷模块、加三角波载荷模块、加锯齿波载荷模块、加正弦波载荷模块和加载荷谱载荷模块。本系统共两级菜单,在下级菜单按<ESC> 键返回上级菜单,在主菜单按<ESC> 或字母键 F 退出加载系统。施加每种载荷时,提示输入需要加载的幅值(或周期、加载等级和时间),系统在加载的同时还测试加载值,并且屏幕显示加载值大小及图形,使用时感觉非常直观明了。图 4 为系统菜单层次示意图。

主菜单	第二级菜单
A. 加恒定载荷	A. 保存测试数据
B. 加方波载荷	B. 打印测试数据
C. 加三角波载荷	C. 返回
D. 加锯齿波载荷	
E. 加正弦波载荷	
F. 退出加载系统	

图 4 系统菜单层次示意图

5 加载系统的模拟加载试验

在本计算机控制模拟加载系统上进行了方波、正弦波、三角波和锯齿波 4 种典型信号的模拟加载试验。计算机采样和反馈周期 100 ms,比例系数为 $k_p=1$,将样本信号及测试结果在屏幕上用图形显示,试验后用打印机将图形打印出来,图形的上部分为样本信号,下部分为测试结果。图 5 和图 6 分别为施加方波和三角波载荷的试验结果,曲线拟合的 K 检验表明模拟加载曲线在分布上均服从其样本信号。

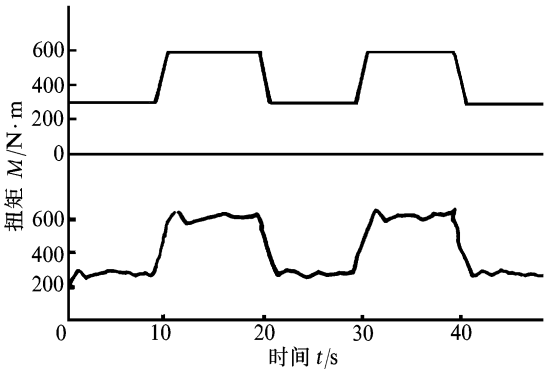


图 5 模拟加载方波信号

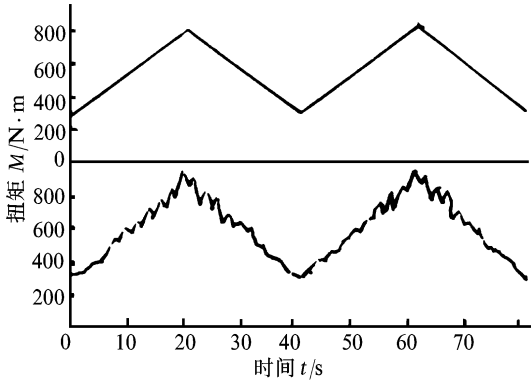


图 6 模拟加载三角波信号

6 实用实例——拖拉机牵引力测定

为了检验本模拟加载系统的性能,用本系统对二种拖拉机的牵引力进行了测定。试验用的二种拖拉机分别为日本产 10 kW 的 KUBOTA—B7100 拖拉机和 30 kW 的 SHIBAURA—SD4000A—0 拖拉机。试验时, KUBOTA—B7100 拖拉机用四轮驱动, 2 档(中速), 大油门。SHIBAURA—SD4000A—0 拖拉机用二轮驱动, 2 档(中速), 大油门。牵引力用 BLR—1T 型拉压力传感器测定, BLR—1T 的额定范围为拉(压)力 9 800 N, 传感器的信号经 6M 82 型动态应变仪放大后, 送入 PC—6313 卡进行 A/D 转换, 然后输入计算机。

拖拉机的滑转率根据公式(6-1)计算。

$$\delta = (V_0 - V) / V_0 \times 100\%$$

(6-1)

式中 V_0 ——理论前进速度; V ——实际前进速度。

试验在华南农业大学工程技术学院的水田土槽中进行。试验时,当拖拉机进入预备测试区段,即由计算机向磁粉制动器输入一个给定电流,产生一个制动扭矩,使拖拉机在相应的恒定牵引力作用下通过测试区段,根据式(6-1)计算机出对应的滑转率。计算机改变磁粉制动器的控制电流,即可得到一组牵引力—滑转率值。根据测得的牵引力—滑转率值,即可绘制拖拉机的牵引力—滑转率曲线(δ - P 曲线)。图 7(a)和图 7(b)分别为 KUBOTA-B7100 型拖拉机和 SHIBAURA-SD4000A-0 型拖拉机的 δ - P 曲线。

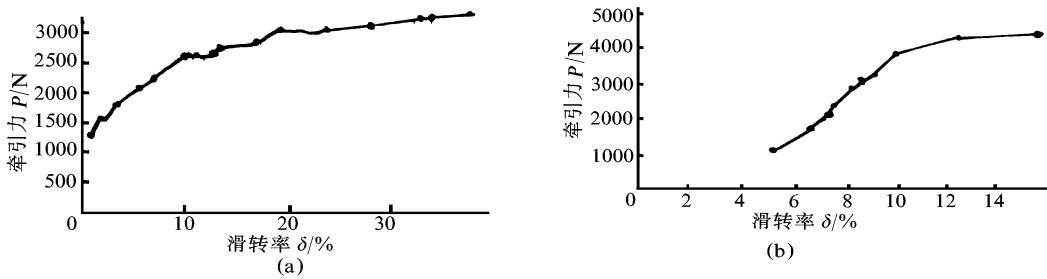


图 7 拖拉机的滑转率—牵引力曲线

从图 7 可以看出,测得的牵引力—滑转率曲线符合拖拉机的牵引力—滑转率关系。试验结果表明,利用本模拟加载系统可以很方便地对拖拉机加载,加载方式简单,容易控制,并且连续可调。

7 结论

- (1) 研制了一套以 PC 机为核心的控制系统,能够测试 32 路单端输入(或 16 路双端输入)模拟信号、控制输出 2 路模拟信号、控制和测试 24 路数字信号。
- (2) 进行了扭矩传感器和磁粉制动器的标定试验,求出了扭矩传感器的回归方程和磁粉制动器制动扭矩与控制电压的回归方程。
- (3) 进行了磁粉制动器的动态性能试验,得出了激磁电流上升和下降时的扭矩过渡过程曲线。
- (4) 用 4 种典型波形作模拟载荷,对加载系统进行了控制和测试,结果证明系统是成功的。
- (5) 进行了拖拉机的牵引性能试验,得出了牵引力—滑转率的 δ - P 曲线,证明了本系统可以方便地对拖拉机加载,加载方式简单,容易控制。

参 考 文 献

王卫星, 宋淑然. 1994. 微机监控农机具负荷再现硬件系统设计. 沈阳农业大学学报, 25(4): 20~28
王卫星. 1995. 单片机控制磁粉制动器负荷再现加载系统的研究.[学位论文]. 沈阳: 沈阳农业大学
(下转第 128 页)

3 结论与讨论

(1) 肉桂树高、胸径、冠幅、分枝数及节间长等性状在株间的差异均很大,其中以分枝数的差异最大。在肉桂的选择上,对上述性状应予以重视。各性状的变异程度不一,可根据性状变异的大小作出选择决策。分枝数这一性状应引起特别重视,因为,分枝数的株间差异最大。

(2) 肉桂叶片厚在株间的差异不明显。

参 考 文 献

中科院中国植物志编辑委员会. 1982. 中国植物志;第31卷. 北京: 科学出版社, 223~226

陈祖沛. 1983. 南肉桂的引种栽培. 广东林业科技通讯, (1): 28~29

程必强, 许 勇, 喻学俭, 等. 1989. 云南省肉桂的引种和栽培. 云南植物研究, 11(4): 433~439

(上接第125页)

高连兴. 1987. 以磁粉制动器作为加载装置的负荷测试车的性能研究:[学位论文]. 沈阳: 沈阳农业大学
唐河清. 1994. 拖拉机转鼓实验台. 拖拉机与农业运输车, (5): 9~11

Lu N, Wang W X 1989. A Programmable Test System for Simulating Tractor Actual Implement Load Cycles in Field. Beijing: International Academic Publication, 808~809

A SOIL—BIN LABORATORY SIMULATED LOADING SYSTEM

Luo Xingwu Luo Xiwen Wang Weixing Zhong Guohuo

(College of Polytechnic, South China Agr. Univ., Guangzhou 510642)

Abstract

A computer-controlled magnetic particle brake simulated loading system was developed for agricultural machinery experiments. The loading system included a computer, a PC—6313 interface card, a loading installation and a measuring installation. The system programme was designed with Turbo C and assembly language. A proportional feed back control method was used to improve the accuracy of the loading system. Operation was easy, using a Chinese character menu as interface surface. Test results showed that the loading system could be used as a general—purpose tool in agricultural machinery experiments.

Key words computer—based control system; PID control; magnetic particle brake; simulated loading system