

文章编号: 1004-4353(2019)04-0366-04

# 振动式挖掘机驱动动力的测试系统

文学洙<sup>1</sup>, 张灵晓<sup>2</sup>

(1. 延边大学 工学院, 吉林 延吉 133002; 2. 陕西铁路工程职业技术学院, 陕西 渭南 714000)

**摘要:** 为了合理选择与振动式挖掘机相匹配的拖拉机动力, 减少作业成本, 利用 LabVIEW 图形化编程语言和扭矩测定仪, 设计了一种测量振动式挖掘机驱动动力的测试系统. 该测试系统可准确测量振动式挖掘机的驱动动力, 具有结构简单、操作方便等优点, 同时也可作为测量其他农业作业机的驱动动力提供参考.

**关键词:** 振动式挖掘机; 驱动动力; 测试系统

中图分类号: S225.79

文献标志码: A

## The testing system for measuring the driving power of the vibrating digger

WEN Xuezhū<sup>1</sup>, ZHANG Lingxiao<sup>2</sup>

(1. College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China;

2. Shaanxi Railway Institute, Weinan 714000, China)

**Abstract:** In order to reasonably select the tractor power matching with the vibrating digger and reduce the operation cost, a testing system for measuring the driving power of the vibrating digger is designed by using LabVIEW graphical programming language and torque tester. The testing system can accurately measure the driving force of the vibrating digger, and have advantages of simple structure and convenient operation, etc. It can also provide reference to measure the driving force of other agricultural machines.

**Keywords:** vibrating digger; driving power; testing system

### 0 引言

随着我国农业机械化的不断发展, 很多经济作物的挖掘工作都已采用专用的收获机来进行, 如马铃薯、红薯、桔梗、花生等. 目前, 马铃薯挖掘机的使用类型主要为牵引式马铃薯挖掘机和振动式挖掘机, 其中牵引式马铃薯挖掘机因体积较大, 所以只适用于种植面积较大的作业区域, 并不适合在坡度大、小地块区域作业. 为此国内外一些研究者对振动式挖掘机进行了研究, 其研究可分为 3 个方面: 一是挖掘铲的入土角度  $\alpha$ 、拖拉机的前进速度  $V$ 、振动源或挖掘铲的振幅  $A$ 、振动频率  $f$  等作业参数对挖掘机作业质量的影响, 或由  $V$ 、

$A$ 、 $f$  定义的参数  $\lambda$ 、 $\rho$ 、 $K$ 、 $T$  对挖掘机作业质量的影响<sup>[1-9]</sup>; 二是参数  $\lambda$ 、 $\rho$ 、 $K$ 、 $T$  对振动挖掘机牵引阻力或驱动扭矩的影响<sup>[10-16]</sup>; 三是参数  $\lambda$ 、 $\rho$ 、 $K$ 、 $T$  对振动式挖掘机牵引动力、驱动动力和消耗动力的影响<sup>[17-19]</sup>.

在振动式挖掘机的实际应用中, 常常出现与挖掘机连接的拖拉机动力远大于振动式挖掘机实际所消耗的动力的现象, 出现这种现象主要是由于厂家一般不提供挖掘机所能消耗的动力, 若农户使用较小动力的拖拉机就无法带动挖掘机正常工作, 因此农户只能使用大功率的拖拉机来带动挖掘机. 另外, 即使厂家标识了挖掘机所能消耗的动力的大小, 但因考虑成本因素, 普通农户很少去

收稿日期: 2019-10-12

作者简介: 文学洙(1963—), 男, 博士, 教授, 研究方向为机构学及机械动力学.

购买与之匹配的拖拉机. 因此,有必要测定振动式挖掘机在工作时所消耗的总动力(驱动动力和牵引动力),据此选择合理的拖拉机与之匹配,以减少作业成本和节省能源. 确定振动式挖掘机的驱动动力,就必须测量振动式挖掘机的驱动转矩和驱动轴的转速. 目前,已有许多学者对振动式挖掘机的牵引阻力进行了研究,但未见对其驱动动力的研究报道. 基于此,本文利用 LabVIEW 图形化编程语言和扭矩测量仪等,设计一种测量振动式挖掘机驱动动力的测试系统.

### 1 驱动动力测试系统的组成

#### 1.1 测试系统的硬件组成

本文设计的振动式挖掘机驱动动力测试系统由转矩测量仪、动态应变放大器、驱动轴位置测量装置、数据采集卡、数据采集卡输入/输出连接板及计算机等组成.

扭矩测量仪(型号为 TMNR-50KM)为 INE-BEA.CO.,LTD. 生产,其测量的最大扭矩为 50 kgf·m,最高转速为 8 000 r/min. 动态应变放大器(DPM-711B)为日本共和电器(KYOWA)生产,其应变范围设定为  $0 \sim 5\,000 \times 10^{-6}$ ,通滤波器设置为 30 Hz. 由于扭矩测量仪输出的模拟信号较弱,本文应用动态应变放大器将扭矩测量仪输出的模拟信号放大到 A/D 转换器的变化范围内( $-5 \sim +5$  V),模拟信号经数据采集卡输入/输出连接板后变为数值信号,并通过 LabVIEW 程序存到电脑里.

在驱动凸轮轴上安装叶片,叶片的安装角度  $\theta$  分为  $36^\circ$ 、 $72^\circ$ 、 $108^\circ$  和  $144^\circ$ . 在此安装状况下,当凸轮轴旋转时:因  $0^\circ < \theta < 36^\circ$  区间是叶片缺口部分,所以紫外线发光器发射的光能通过该缺口;因  $36^\circ \leq \theta < 72^\circ$  区间是叶片存在部分,所以该区间能遮挡紫外线发光器发射的光;因  $72^\circ \leq \theta < 108^\circ$  区间是叶片缺口部分,所以紫外线发光器发射的光能通过该缺口;因  $108^\circ \leq \theta < 144^\circ$  区间是叶片存在部分,所以该区间能遮挡紫外线发光器发射的光. 当振动挖掘机处于最低处,在驱动轴位置测量叶片缺口时,其对应的角度为零度. 通过上述安装在驱动轴上的叶片可得到测量驱动轴位置的脉冲信号,根据该脉冲信号即可测出驱动凸轮轴的正确

位置和转速. 本文选用 Autonics 公司生产的光电传感器(BUD-30S)测量驱动凸轮轴的位置,其检测距离为 30 mm,光源为紫外线发光器,电压为 12 V.

数据采集卡(DAQ Cad-1200)为美国国家仪器公司生产,其具有模/数转换(A/D 转换)、数/模转换(D/A 转换)、数值信号的输入/输出及计数和记时间的功能. 数据采集卡有 8 个模拟信号输入通道和 2 个模拟信号输出通道. 扭矩测量仪的输出信号经过动态应变放大器输入到输入/输出连接板,并最终存储到计算机中. 本研究将数据采集卡的输入电压范围设定为  $\pm 5$  V.

#### 1.2 测试系统的软件组成

实验室虚拟仪器工程平台(laboratory virtual instrument engineering workbench, LabVIEW)是一种基于图形化编程语言的虚拟仪器软件开发工具,其具有数据采集、储存、输入/输出控制以及图像生成等功能. 该软件由前面板(人机交互的界面)和后面板(相当于源代码功能的框图程序)两个部分组成. 利用 LabVIEW 图形化编程语言设计的振动式挖掘机驱动动力测试软件的前面板和后面板如图 1 和图 2 所示.

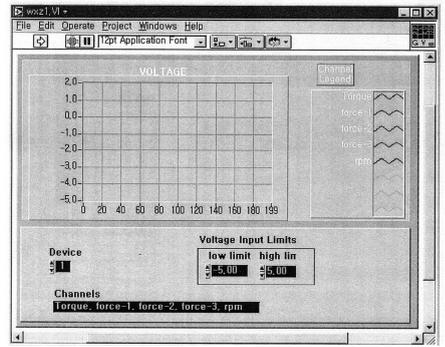


图 1 驱动动力测试程序的前面板

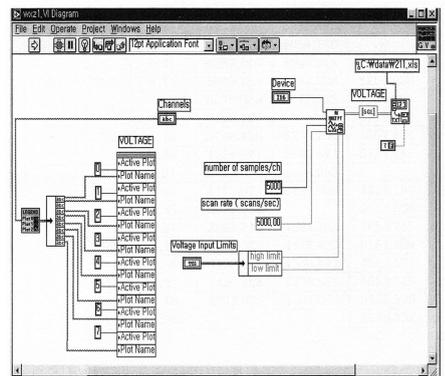


图 2 驱动动力测试程序的后面板

## 2 驱动动力的传动系统

振动式挖掘机主要由振动挖掘铲机构和振动分离筛机构组成,即由 2 个四杆机构组成六杆机构,如图 3 所示.拖拉机动力输出轴输出的动力和运动通过万向节传递到减速器的输入轴,减速器输出轴输出的动力和运动经过链条 1 传递到扭矩测量仪的输入端.从扭矩测量仪的输出端输出的动力和运动,经过链条 2 再传递到驱动凸轮轴(安装偏心轮的轴).驱动凸轮轴带动偏心轮旋转(由曲柄摇杆机构来实现),并以此带动挖掘铲实现往复振动.挖掘机构摇臂的往复运动,同时带动另一个四杆机构(振动筛)实现往复振动.

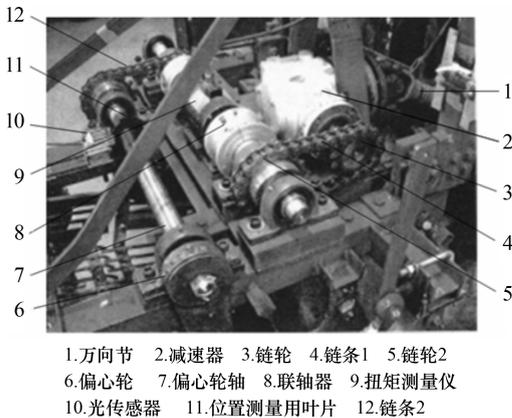


图 3 振动式挖掘机驱动动力的传动系统

## 3 扭矩测量仪的标定

扭矩测量仪的标定系统如图 4 所示.扭矩测量仪的一端用联轴器与安装链轮 2 的轴连接.在标定中,为了使扭矩测量仪的一端固定不动,将链条套在链轮 2 上,并用 C 型卡子将链条夹紧在挖掘机的框架上.用联轴器扭矩测量仪的另一端连接加长轴(用以加载),同时在加长轴上安装 1.06 m 的加载臂(由槽型钢制作).加载臂的重量可看成是加载力,加载臂的加载力为 69.36 N(实际的加载力为 62.78 N),实际力臂为 0.95 m.在加载臂上用挂秤砣的方法,给驱动偏心轮轴施加扭矩.扭矩加载从 0 kgf 开始,每次增加 5 kgf 秤砣.当秤砣处于静止时,用量角仪测量加载臂与水平线之间的角度(用于计算加载扭矩时的实际加载臂长),并把扭矩测量仪输出的电压和转速信号保存到数据采集卡中.为了减少测量误差,扭矩测量仪

的标定采用逐步加载、逐步减载、再次加载的方法进行.图 5 为扭矩测量仪的输入扭矩与输出电压的关系.由图 5 可知,通过扭矩测量仪的标定可以得到输入扭矩与输出电压之间的回归方程:  $T_c = 588.235V - 3.142$ , 式中  $T_c$  为扭矩测量仪的输入扭矩计算值(N·m),  $V$  为扭矩测量仪的输出电压.由回归方程可知,只要采集到扭矩测量仪的输出电压,就可以计算出振动挖掘机驱动轴上的扭矩,进而可计算出在驱动轴上消耗的驱动动力.

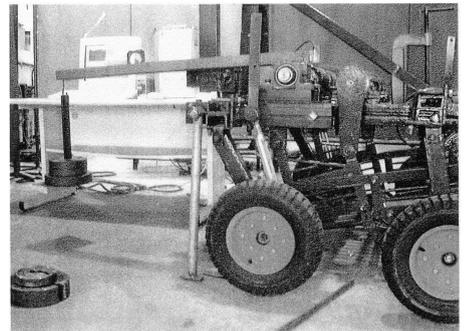


图 4 扭矩测量仪的标定系统

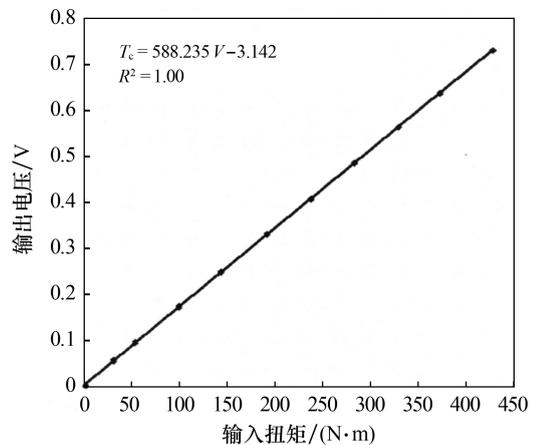


图 5 输入扭矩与输出电压的关系

## 4 结论

本文利用 LabVIEW 软件和转矩测量仪开发了一种构成简单、操作方便的振动挖掘机驱动动力的测试系统.由于该测试系统采用了虚拟仪器测量的原理,因此能完成数据的实时采集、存储、分析以及应变等功能.实际应用表明,该测试系统可以同时连续采集扭矩测量仪的输出信号和光电传感器的输出信号,即实现了驱动动力的测试.该测试系统也可为其他农业作业机驱动动力测试系统的设计提供参考.

## 参考文献:

- [1] 文学洙,赵德金.影响振动式挖掘机土壤分离能力的主要参数[J].延边大学学报(自然科学版),2003,29(2):127-130.
- [2] KANG W S, WEN X Z. Developing a small commercial vibrating potato digger(I): assessment of kinematic design parameters[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2005,21(5):807-811.
- [3] 文学洙,廉哲满.振动式挖掘机的设计与试验[J].农业机械学报,2006,37(10):77-82.
- [4] 文学洙,廉哲满.影响振动式马铃薯挖掘机作业性能的主要参数[J].延边大学学报(自然科学版),2007,33(3):199-202.
- [5] 张华,吴建民,孙伟,等.4UM-640型振动式马铃薯挖掘机的设计与试验[J].干旱地区农业研究,2014,32(2):264-268.
- [6] 戴飞,杨杰,赵武云,等.振动式阶梯铲状马铃薯挖掘机作业性能试验[J].干旱地区农业研究,2014,32(3):263-267.
- [7] 吕金庆,田忠恩,吴金娥,等.4UIZ型振动式马铃薯挖掘机的设计与试验[J].农业工程学报,2015,31(12):39-47.
- [8] 马海军.4U-600型振筛式马铃薯挖掘机研制与试验[J].农业技术与装备,2017,327(3):75-78.
- [9] 王虎存,张育豪,孙伟,等.振铲式马铃薯挖掘机设计与试验[J].中国农机化学报,2018,39(7):1-5.
- [10] 文学洙.影响振动式挖掘机牵引力的参数分析[J].延边大学学报(自然科学版),2008,34(3):219-221.
- [11] 吴海平,候建丽,郝琴,等.4S-80马铃薯振动挖掘机牵引阻力的测试分析[J].山西农业大学学报(自然科学版),2009,29(4):351-354.
- [12] 文学洙.影响振动式挖掘机驱动扭矩的参数分析[J].农机化研究,2009,31(12):130-132.
- [13] 李紫辉,杨颖,尚琴琴,等.基于振动机理的马铃薯挖掘机的试验研究[J].农机化研究,2016(9):186-190.
- [14] 李祥,王春光,邓伟刚.马铃薯挖掘阻力测试装置研究[J].农机化研究,2018(8):174-187.
- [15] 邓伟刚,王春光.马铃薯收获机挖掘铲牵引阻力分析与测试[J].农机化研究,2020(3):35-41.
- [16] 武涛,黄伟风,黄积佰,等.马铃薯振动挖掘机试验台的设计与试验[J].农机化研究,2020(2):44-50.
- [17] 文学洙.影响振动式挖掘机牵引动力的参数分析[J].延边大学农学学报,2009,31(3):205-208.
- [18] 文学洙.影响振动式挖掘机消耗动力的参数分析[J].农机化研究,2010,32(10):115-117.
- [19] 文学洙.影响振动式挖掘机性能的主要参数[J].农机化研究,2012,34(4):127-129.

.....  
(上接第 291 页)

## 参考文献:

- [1] AGRAWAL O P. Formulation of Euler-Lagrange equations[J]. Math Anal Appl, 2002,272:368-379.
- [2] CHHETRI M. Positive solutions for classes of  $p$ -Laplacian equations[J]. Differ Integral Equ, 2004,17(11/12):1255-1261.
- [3] ORUGANTI S. Logistic equation with the  $p$ -Laplacian and constant yield harvesting[J]. Abstr Appl Anal, 2004,9:723-727.
- [4] LIU C C. Weak solutions for a viscous  $p$ -Laplacian equation[J]. Electronic Journal of Differential Equations, 2003,63:1-11.
- [5] LYU W. Existence of solutions for discrete fractional boundary value problems with a  $p$ -Laplacian operator[J]. Adv Differ Equ, 2012,1:163-173.
- [6] GOODRIVH C S. Systems of discrete fractional boundary value problems with nonlinearities satisfying no growth conditions[J]. Differ Equ Appl, 2015,21(5):437-453.
- [7] XIE Z S, JIN Y F, HOU C M. Multiple solutions for a fractional difference boundary value problem via variational approach[J]. Abstr Appl Anal, 2012,137:137-138.
- [8] LIU H, JIN Y F, HOU C M. Existence of positive solutions for discrete delta-nabla fractional boundary value problems with  $p$ -Laplacian[J]. Springer, 2017,60:39A(06-22).
- [9] XIE Z S, HOU C M. Properties of right fractional sum and right fractional difference operators and application[J]. Adv Differ Equ, 2015,2015(1):288-304.