

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.S0.023

基于 PVDF 压电传感器的水滴冲击力检测系统*

郑永军¹ 马超¹ 张艳超¹ 李永冲² 严海军²

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083)

摘要: 水滴冲击力是衡量喷头性能的重要技术指标。水滴撞击土壤表面产生的冲击会冲蚀土壤,引起板结,影响入渗,损伤作物。设计一种水滴冲击力自动检测系统和水滴自动发生试验装置,实现对水滴冲击力的自动测量。系统选用 PVDF 压电传感器作为力检测元件,采用 USB7333 高速数据采集卡,利用 LabWindows/CVI 编写数据采集与处理程序,获取水滴冲击力检测数据。试验实现了在水滴频率、大小稳定控制试验条件下,对不同水滴大小冲击力的动态测量。结果表明:PVDF 压电传感器对水滴冲击力检测具有良好的动态响应特性;水滴冲击力与传感器输出电压具有良好的线性关系,拟合程度达 0.936,系统测量误差小于 10%。利用该系统测定水滴冲击力,解决了传统人工测量的不稳定问题。

关键词: 喷灌 水滴冲击力 检测系统 传感器

中图分类号: S237 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0142-06

引言

微喷灌是实现农业节水和水资源可持续发展的重要技术之一。喷洒水滴打击强度是微喷灌系统的一项重要参考指标,同时也是选择喷灌喷头的重要性能参数。一定压力的水从喷嘴喷出,水束在空气中分裂,最终以单个水滴的形式洒落到土壤表面。实践表明,喷头洒水水滴打击动能过大,会冲蚀土壤表面,引起板结、导致径流。土壤表面板结将会降低入渗性能,土壤表面形成的结皮也会影响作物出芽,过大的水滴打击动能也会对作物叶面产生损伤。由于国内缺乏可满足工程精度的喷洒水滴动能测试装置,因此检测单位一般不对喷头水滴打击强度进行测定,而相关国家、行业标准及规范中有此项技术参数要求^[1-3]。

测定水滴打击动能主要取决于水滴直径、水滴降落速度和水滴密度等相关因素。传统测试方法的核心是水滴直径测量,其方法包括高速摄影、激光全息摄影法、雷达观测法、面粉法、滤纸色斑法等。其中以面粉法应用最为广泛。而该测试方法测试周期长,在测试过程中人工操作较多容易引起操作误差,且在求解计算时引入了很多简化或经验公式,导致测定结果精度低。如果田间试验时运用该方法,因受风向、风速、水滴重叠喷洒的影响,测量难度与实

际测量误差会更大。

本文提出一种喷灌水滴动能检测方法,测试系统以 PVDF 压电传感器^[4-8]为敏感元件,利用多片组成传感器阵列模型,运动单片机控制步进电动机实现水滴发生,通过 LabWindows/CVI^[9-10]建立上位机软件存储并分析数据,完成水滴的室内标定和试验分析,实现水滴冲击力的检测。

1 水滴运动模型建立

首先,在系统设计前,建立下落单水滴运动分析模型。对自由下落的水滴进行受力分析。水滴在自由下落的过程中,主要承受水滴自身重力 F_g 、空气对水滴的浮力作用 F_b 以及水滴下落产生的运动摩擦阻力 F_r 。图 1 为水滴运动的受力分析模型,水滴受力分别为

$$F_g = \rho_w g D^3 \frac{\pi}{6} \quad (1)$$

$$F_b = \rho_a g D^3 \frac{\pi}{6} \quad (2)$$

$$F_r = C_D \rho_a A \frac{v^2}{2} \quad (3)$$

其中 $\rho_a = 1.29331 - 4.96 \times 0.001T_a + 2.807 \times 10^{-5}T_a^2 - 1.88 \times 10^{-10}T_a^3$

式中 g ——重力加速度

D ——水滴直径

收稿日期: 2014-07-31 修回日期: 2014-08-20

* 北京市优秀人才培养资助项目(2011D009007000003)

作者简介: 郑永军,副教授,博士生导师,主要从事农业装备检测与控制技术、农业信息系统研究,E-mail: zyj@cau.edu.cn

通讯作者: 严海军,教授,博士生导师,主要从事节水灌溉技术装备研究,E-mail: yanhj@cau.edu.cn

- ρ_w ——水滴密度,取 $1\ 000\ \text{kg/m}^3$
 ρ_a ——空气密度
 C_D ——空气阻力系数,为雷诺数 $Re, Re = vD/\nu$
 A ——水滴在与运动方向垂直平面投影面积
 T_a ——空气温度
 v ——水滴运动速度
 ν ——空气粘性系数

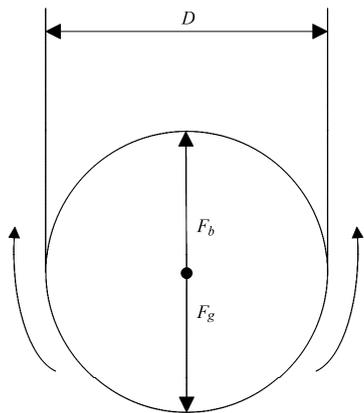


图1 下落水滴的实际受力图

Fig.1 Real force of falling drops of water

水滴在下落过程中,有两种运动状态,先加速后匀速运动,两种运动之间存在一个临界高度,当水滴下落到临界高度时,便认为水滴处于匀速运动状态,即所受外力合力为零,在水滴运动到临界高度之前,水滴应处于加速阶段,为此两种运动可表示为

$$F_g = F_b + F_r \quad (4)$$

$$m \frac{dv}{dt} = F_g - F_b - F_r \quad (5)$$

式中 m ——水滴质量

$\frac{dv}{dt}$ ——水滴加速度

忽略风速风向及温度变化对水滴运动速度等因素的影响,以 v_i 表示水滴匀速运动模式下的终点速度,以 v 表示水滴加速下落运动模式下的终点速度,联合式(1)~(5)得

$$C_D \rho_a D^2 \frac{\pi}{4} v_i^2 = \rho_w g D^3 \frac{\pi}{6} - \rho_a g D^3 \frac{\pi}{6} \quad (6)$$

$$v_i = \left[\frac{4gD}{3C_D} \left(\frac{\rho_w}{\rho_a} - 1 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$v = \left[\frac{4gD}{3C_D} \left(\frac{\rho_w}{\rho_a} - 1 \right) \left(1 - e^{-\frac{3\rho_a C_D z}{2\rho_w D}} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

式中 z ——水滴下落高度

综合式(7)、(8)求出水滴自由下落的临界高度,当某一水滴下落到传感器的瞬间作用力合力为零时,即当 $v_i = v$ 时,将 ρ_w 、 ρ_a 、 C_D 数值代入上述公式,求得临界高度为: $h = 14.139\ \text{m}$,远高于试验台可升降高度,试验中由水滴发生装置及定量滴定管供

给的水滴可调节高度为 $2\ \text{m}$ 以内,所以水滴在下落过程中仍处于加速阶段。以上分析忽略水滴初始速度及初始下落角度,实际上,在水滴的实际运动中,其运动特征参数受水滴直径、水滴运动初始条件、风速风向、空气阻力系数等多因素影响。尤其在微喷灌系统中,一定压力的水从喷头喷嘴喷出,水束在空气中分裂,最终以单个水滴的形式洒落,水滴具有一定的初始速度和喷射角度。所以,为了运动分析模块能广泛应用,在以上分析基础上引入了风速参数并基于弹道理论建立了水滴运动模型^[11]

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{3}{4} \frac{\rho_a C_D}{\rho_w D} u (v_x - w_x) \quad (9)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{3}{4} \frac{\rho_a C_D}{\rho_w D} u (v_y - w_y) \quad (10)$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -\frac{3}{4} \frac{\rho_a C_D}{\rho_w D} u (v_z - w_z) + g \frac{\rho_a - \rho_w}{\rho_w} \quad (11)$$

其中 $u = [(v_x - w_x)^2 + (v_y - w_y)^2 + (v_z - w_z)^2]^{1/2}$
 式中 v_x 、 v_y 、 v_z ——水滴运动速度 v 在空间三坐标轴上的速度分量

w_x 、 w_y 、 w_z ——风速 w 在空间三坐标轴上分量

u ——水滴相对运动速度

2 检测系统总体设计

2.1 系统硬件设计

2.1.1 系统整体结构

本文所设计的检测系统旨在为喷灌水滴区域动能检测提供便捷的方法,通过将压电传感器信号放大、转换、滤波并经过数据采集卡进行 A/D 转换,再将转换后的信号值传送到计算机。通过搭载在计算机上的虚拟仪器系统 LabWindows/CVI 软件平台开发相应检测程序,控制采集的相关参数及读取显示数据并存储数据。系统整体设计结构如图 2 所示。

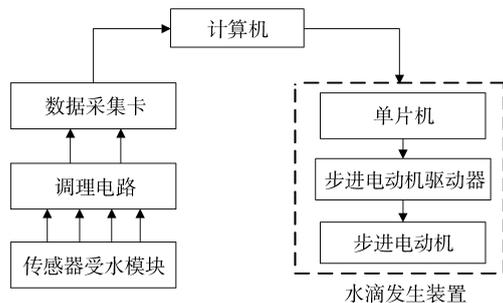


图2 检测系统总体框图

Fig.2 Diagram of detecting system

2.1.2 测力传感器选用

水滴动能检测实质是一种动态微力测量。根据国内外对动态微力测量的研究^[12-13],文中利用新型压电传感器材料 PVDF (Polyvinylidene fluoride

polymer)设计组成阵列传感器受水模块^[14-15]。利用 PVDF 压电传感器的机电转换原理,通过对输出电压信号的测量,间接测得水滴冲击载荷。

PVDF 压电传感器原料是美国 MEAS 公司生产的工程塑料——聚偏氟乙烯,该材料在发生机械形变时会产生电荷信号,具有良好的压电特性,灵敏度高、频响宽;同时该材料还具有较高机械强度、材质柔软的特点。传感器在应用时会因为电极露在外面而导致其对外界电磁场辐射非常敏感。所以,为保证传感器的稳定性,在传感器受水模块设计时对电极引出端进行适度遮盖。图 3 所示为 PVDF 压电传感器结构原理图。

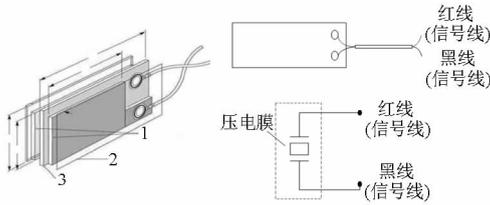


图 3 PVDF 压电传感器结构原理图

Fig. 3 Schematic principle diagram of PVDF piezoelectric sensor

1. 金属电镀层 2. 保护膜 3. 压电膜

2.1.3 传感器阵列设计和信号调理电路设计

在阵列传感器受水模块设计中,分别尝试过不同大小、不同厚度的膜片在相同输入下的输出情况,以及膜片对测量环境的敏感程度。经过试验对比,选择了图 3 所示的传感器膜片。在传感器黏贴方式中,提出了 3 种传感器固定方式,若将传感器直接黏贴于有机玻璃板表面,或是将传感器黏贴在软体海绵上再把海绵固定在有机玻璃板上,这样的固定方式使得传感器在水滴冲击后形变量较小,输出信号微弱,不利于对信号的检测及后期处理,且传感器本身由于灵敏度过高,在测量时常因周围环境影响,有不到 0.2 V 的偏差。因此在有机玻璃板上铣出浅槽,再将传感器两边黏贴于塑料板上,使得传感器有效受力面积处于悬空态,增大传感器受力行程。传感器在黏贴过程中分别利用粘贴剂和透明胶带两种方式,经过试验对比发现,采用胶带黏贴的方式,可以消除用粘合剂时因涂抹不均匀而引入机械应力的问题,因此选择透明胶带的黏贴方式。图 4 所示为传感器受力模块结构示意图和实际结构图,由 PVDF 阵列传感器和传感器支撑基板组成了水滴冲击力检测系统的前端受力模块。

由于 PVDF 压电传感器自身内阻很大,导致输出信号很微弱。由于传感器高内阻的作用及后续测量电路的输入阻抗无法达到无限大,所以在测量静态物理量时,将会以指数规律放电,造成一定的测量

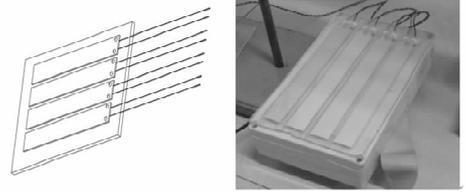


图 4 传感器设计结构图

Fig. 4 Design structure of sensor

误差。相反在动态力作用下,由于电荷可以得到不断的补充,可以供给测量电路一定的电流,故较为适宜作动态测量。传感器的截止频率与时间常数呈反比,当传感器工作在截止频率以下时输出信号将会显著减小。本系统所用传感器电容为 10.6 nF,电荷转换电路所用负载电阻 R 为 15 M Ω 。由公式

$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (12)$$

式中 τ ——电路放电时间常数

C ——传感器电容

计算得传感器的低频感应截止频率为 1 Hz。

本研究采用电荷放大电路,图 5 所示为传感器调理电路,电路中选用了 CA3140、LM358 两款芯片。CA3140 提供了非常高的输入阻抗、极低的输入电流和高速性能,操作电源电压从 4 V 到 36 V,电路采用 ± 15 V 双电源供电模式,实现阻抗变换和完成电荷量到电压量的转变。LM358 为包括两个独立的、高增益、内部频率补偿的普通双运算放大器,适用于单、双电源工作模式。此处主要用于对传感器阻抗变换后输出电压的放大,达到数据采集卡可检测的精度范围。

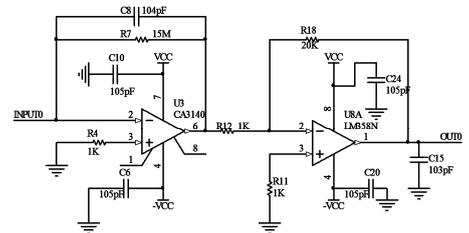


图 5 传感器信号调理电路

Fig. 5 Sensor signal conditioning circuit

2.1.4 数据采集卡选择

数据采集卡能够方便地采集压电传感器的电信号,转换成数字量后通过总线的方式传送至计算机,实现传感器数据与上位机的通信。

本文选择中泰公司的 USB7333 型数据采集卡,其具有即插即用功能,可以方便与计算机连接。该数据采集卡通过 LabWindows/CVI 开发软件驱动数据采集卡,实现数据采集卡的输入输出功能。该采集卡提供 16 路单端 A/D 通道和 8 路双端 A/D 通道,可根据实际需要选择输入方式,其输入信号范围

包括 0 ~ 5 V 和 0 ~ 10 V, 具有 12 位 A/D 转换分辨率; A/D 转换后的数据需先存入采集卡 FIFO 缓存后, 再由 USB 读出。采集卡提供了 4 路模拟量输出通道, 输出信号范围为 0 ~ 5 V 和 0 ~ 10 V, 具有 12 位 D/A 转换分辨率。同时还备有 16 路数字量输入、输出接口, 3 路 16 位字长计数器/定时器/测频接口, 以及 1 MHz 的基准时钟。能够实现该检测系统的实时获取检测数据的要求。

2.1.5 水滴发生装置设计

在水滴冲击力试验中, 传统的水滴提供方法常因人工操作引入操作误差, 导致水滴的大小各异, 从而在试验中会引入其他不确定因素。因此, 需要设计一个每次产生确定大小的水滴发生装置。本文设计了一种由步进电动机驱动, 带动丝杠传动, 推动注射器缓慢移动的水滴发生装置, 如图 6 所示。通过步进电动机驱动的水滴发生装置, 推动 2 mL 注射器, 即可产生均匀大小的试验水滴; 通过更换注射器针头, 能够产生不同大小的水滴。水滴发生系统采用 STC12C5A60S2 单片机控制, 通过串口通信从上位机获取响应指令, 驱动步进电动机转动, 从而产生确定滴定频率和确定大小的水滴。

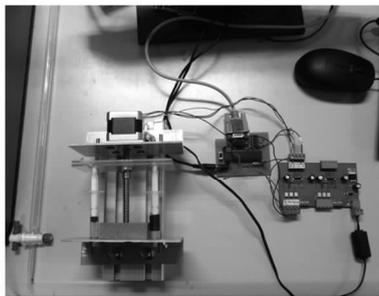


图 6 步进电动机驱动的水滴发生装置

Fig. 6 Droplet generator by stepping motor driving

2.2 系统软件设计

为实现对水滴冲击力检测系统的实时数据采集、实时显示和存储试验数据等功能, 使用 USB7333 型数据采集卡采集压电传感器实时数据, 本文基于 LabWindows/CVI 软件在计算机上开发了上位机软件, 实现数据实时显示和存储, 并控制水滴发生装置产生水滴。图 7 为水滴冲击力检测系统上位机软件主流程图。

软件包括以下部分: 登录模块、实时信息捕捉区、水滴发生装置控制模块及数据显示区。可实现通过输入水滴直径和下落高度, 计算水滴终点速度及动量, 从而设置水滴发生参数, 通过串口控制发送数据给单片机, 实现对步进电动机控制。软件也可实现传感器电压数据实时采集、数据处理, 计算得出对应阵列膜片所受力大小并保存数据。

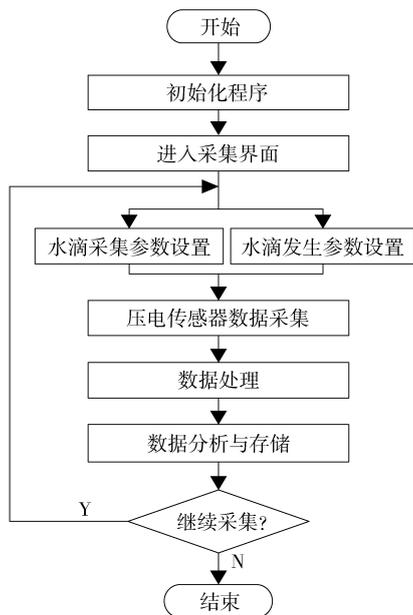


图 7 水滴冲击力检测系统上位机主流程图

Fig. 7 Main diagram of water drop impact test system in upper computer

3 试验与结果分析

3.1 水滴质量标定

试验前, 需要对水滴发生装置每次水滴的质量和大小进行标定, 实现定量滴定, 为试验提供相对参考数据, 提高试验的准确性。表 1 是不同容积注射器对应的水滴质量和水滴直径的标定值。

表 1 水滴发生装置标定后水滴参数

Tab. 1 Calibration of water droplet generator parameters

注射器容积/ mL	水滴密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	平均水滴 质量/g	平均水滴 直径/mm
1	0.997	0.009 8	2.66
2	0.997	0.012 9	2.91
5	0.997	0.014 1	2.99
10	0.997	0.016 1	3.13
20	0.997	0.022 4	3.50

3.2 滴定管单水滴高度试验

在试验中, 控制滴定管流速为每秒一滴, 再用万分之一克天平测量 10 滴水滴的质量, 求得平均质量。再适当调节流速以使试验水滴与标定水滴相符。通过调整滴落高度, 测得 6 种不同高度下由水滴冲击时压电传感器所产生的电压。表 2 列出了不同高度水滴参数及输出电压, 该输出电压是 3 次测量的平均值。如图 8 所示, 绘制单滴水在不同高度所产生对应压电传感器电压关系曲线。

趋势线的估计值与对应实际数据的拟合程度达 0.972 6, 试验表明单水滴高度与输出电压间呈线性

正相关。

表2 单水滴高度试验水滴参数及输出电压

Tab.2 Droplets parameters and output voltage in single drop height experiment

单水滴质量/g	水滴直径/mm	高度/m	输出电压/V
0.043	4.35	0.24	1.358
0.043	4.35	0.40	1.738
0.043	4.35	0.60	2.360
0.043	4.35	0.73	2.666
0.043	4.35	0.98	2.982
0.043	4.35	1.21	3.384

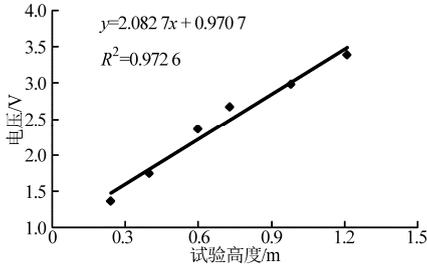


图8 单水滴高度与输出电压间关系曲线

Fig.8 Relationship between single drop height and output voltage

3.3 一定高度下水滴动态试验与分析

在固定高度的不同水滴大小试验中,控制步进电动机输入脉冲频率,调节水滴发生装置以每两秒一滴的速度击打膜片。分别做了5种注射器型号的水滴试验,分别为1、2、5、10、20 mL,每次试验均以恒定的频率产生水滴。对于每种型号注射器,更换不同型号的针头产生不同大小的水滴。图9所示是不同大小水滴在一定高度下以1Hz的频率冲击传感器测得的传感器动态输出特性曲线。

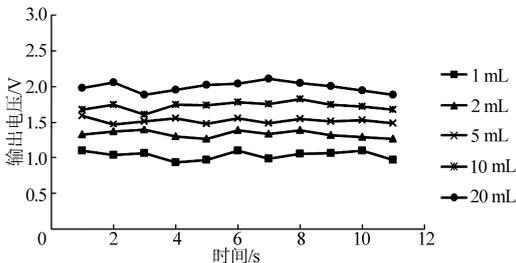


图9 固定高度5种水滴的电压动态输出曲线

Fig.9 Dynamic voltage output curves of five kinds of water drops with fixed height

试验结果表明,PVDF压电传感器对水滴冲击力检测具有良好的线性及动态响应特性,试验证明了PVDF压电传感器适用于水滴冲击力检测,对实现灌溉工程水滴冲击检测具有实际应用价值。通过前述建模计算出试验中水滴冲击力,描绘了水滴冲击力与压电传感器输出电压间的曲线关系,如图10所示。

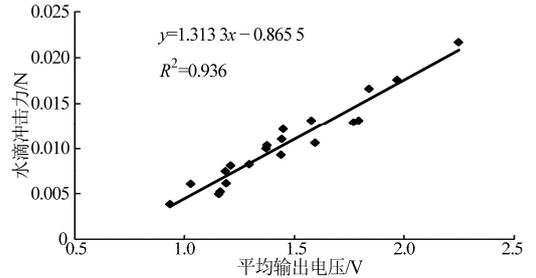


图10 水滴冲击力与输出均值电压间关系曲线

Fig.10 Relationship between water droplets impact force and average output voltage

试验得到水滴冲击力与压电传感器输出电压的函数关系,曲线趋势线与实际数据曲线拟合程度达0.936,验证了水滴冲击力与电路输出电压间的线性正相关,由此可知利用该传感器测量水滴冲击力的误差在10%以内。

4 结束语

以PVDF阵列传感器为检测核心,融合数据采集系统,搭建了水滴冲击力检测系统。以LabWindows/CVI软件为控制软件开发平台,采用数据采集卡组成数据采集系统。系统中设计了以步进电动机驱动的水滴发生装置,实现对水滴形成的便捷控制,为水滴冲击力测试提供了平稳的测试环境。在整个水滴冲击力检测试验中,系统实现了对不同水滴大小冲击力的动态测量,表明PVDF压电传感器对水滴微力检测具有良好的动态响应特性;通过试验分析了水滴冲击力与信号输出电压间具有良好的线性关系,线性关系函数趋势线与实际数据拟合程度达0.936,误差小于10%。利用该系统测定水滴冲击力,解决了传统人工测量方法测试水滴产生不稳定的问题。

参 考 文 献

- 1 王凤民,张丽媛. 微喷灌技术在设施农业中的应用[J]. 地下水,2009,31(6):115-116.
Wang Fengmin, Zhang Liyuan. Micro spray irrigation technology application in facility agriculture [J]. Ground Water, 2009, 31(6):115-116. (in Chinese)
- 2 那汉坤. 对农业节水灌溉技术中喷灌系统优缺点的分析[J]. 农业与技术,2013(11):55.
- 3 唐少军. 微喷灌技术在大田作物中的应用[J]. 河南水利与南水北调,2011(13):62.
- 4 赵东升. PVDF压电薄膜传感器的研制[J]. 传感器与微系统,2007,26(3):51-52,55.
Zhao Dongsheng. Development of PVDF piezoelectric film sensors [J]. Transducer and Microsystem Technoligise, 2007, 26(3):

- 51-52,55. (in Chinese)
- 5 江亮. 压电材料多次压电效应理论模型的仿真研究[D]. 大连:大连理工大学,2008.
Jiang Liang. Piezoelectric material simulation research of multiple piezoelectric effect theory model[D]. Dalian: Dalian University of Technology,2008. (in Chinese)
 - 6 具典淑,周智,欧进萍. PVDF压电薄膜的应变传感特性研究[J]. 功能材料,2004,35(4):450-452,456.
Ju Dianshu, Zhou Zhi, Ou Jinping. Study on strain-sensing of PVDF films[J]. Journal of Functional Materials, 2004,35(4):450-452,456. (in Chinese)
 - 7 周利明,张小超,刘阳春,等. 联合收获机谷物损失测量PVDF阵列传感器设计与试验[J]. 农业机械学报,2010,41(6):167-171.
Zhou Liming, Zhang Xiaochao, Liu Yangchun, et al. Design of PVDF sensor array for grain loss measuring[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2010,41(6):167-171. (in Chinese)
 - 8 Dargahi J, Parameswaran M, Payandeh S M. A micromachined piezoelectric tactile sensor for an endoscopic grasper: theory, fabrication and experiments[J]. Journal of Microelectromechanical Systems,2000,9(3):329-335.
 - 9 张毅刚. 虚拟仪器技术介绍[J]. 国外电子测量技术,2006,25(6):1-6.
Zhang Yigang. Virtual instrument technology[J]. Foreign Electronic Measurement Technology,2006,25(6):1-6. (in Chinese)
 - 10 周云水,丁霄. 基于LabWindows/CVI的多路伺服电机控制和在线检测系统[J]. 机电工程,2010,27(8):84-87.
Zhou Yunshui, Ding Xiao. Multiple servo motors control and online inspection software system based upon LabWindows/CVI[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering,2010,27(8):84-87. (in Chinese)
 - 11 孙笑非,刘士和. 雾化水流溅抛水滴运动深化研究[J]. 水动力学研究与进展A辑,2008,23(1):61-66.
Sun Xiaofei, Liu Shihe. Investigation on the motion of splash droplets in atomized flow[J]. Journal of Hydrodynamics, Ser. A, 2008,23(1):61-66. (in Chinese)
 - 12 王海涛,林玉池,付鲁华,等. 微小力测量系统的试验研究[J]. 传感器与微系统,2009,28(11):8-11.
Wang Haitao, Lin Yuchi, Fu Luhua, et al. Experiment research on measuring system for micro-force value[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2009,28(11):8-11. (in Chinese)
 - 13 胡涛. 压电薄膜压力分布计算机测试系统研究[J]. 计算机测量与控制,2005,13(9):897-899.
Hu Tao. Research of pressure distribution computer measurement system using piezo-film[J]. Computer Measurement & Control, 2005,13(9):897-899. (in Chinese)
 - 14 陈津. 传感器技术应用综述及发展趋势探讨[J]. 科技创新导报,2008(10):1.
 - 15 林云峰. 论检测传感技术在机电一体化中现状、应用及其发展[J]. 制造业自动化,2011,33(3):207-208,215.

Detection System of Droplet Impact Force Based on PVDF Sensor

Zheng Yongjun¹ Ma Chao¹ Zhang Yanchao¹ Li Yongchong² Yan Haijun²

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The water droplets impact of irrigation equipment is an important technical indicator for measuring nozzle performance. The impact force of water droplets hit the surface of the soil would erode the soil, causing soil compaction, resulting in runoff affect the infiltration effect, while water droplets impact would cause foliar damage, which affects crop growth. This paper developed a droplet impact automatic detection system to measure the water droplets impact force. The PVDF piezoelectric sensor was chosen as the sensing element, and the water droplets automatically generating device was designed by a stepping motor drive and system was controlled by a microcontroller. The USB7333 high-speed data acquisition card was used and the program was written in LabWindows/CVI-based computer data acquisition and process procedures to detect the water impact force. As the result, in the frequency of water droplets, the size of the stability control experimental conditions, the detection system could achieve the dynamic measurement of different droplets size to show that the PVDF piezoelectric sensor for detecting water droplet impact with good dynamic response. The result proved that the water droplets micro force sensor output voltage had a good linear relationship, and the trend line with the actual data fitting degree of 0.936, the system measurement error less than 10%. This droplet impact force detection system solves the traditional manual measurement method of water droplets instability problems and has great practical application value.

Key words: Sprinkler irrigation Water droplet impact force Detection system Sensor