

# 农业物料碰撞特性试验数据采集系统

王剑平, 盖 玲, 王 俊

(浙江大学)

**摘 要:** 介绍了基于计算机的农业物料碰撞特性数据采集系统的组成和测控软件的设计要点。应用结果表明, PCL-1800 数据采集卡 A/D 转换的滞后触发方式和 DMA 数据传递组合是农业物料碰撞特性数据采集的有效方法。该系统工作可靠, 虚拟仪器面板操作简便, 实现了农业物料碰撞特性试验数据采集自动化。

**关键词:** 农业物料; 数据采集; 虚拟仪器; 测试系统

**中图分类号:** S126; TP274.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2002)03-0150-04

对农业物料碰撞特性进行研究, 获得农业物料碰撞特性和损伤程度的相关性, 可以为农业物料采收、分级包装和运输等相关设备的设计提供科学理论依据, 以减少农业物料生产过程的机械损伤<sup>[1-5]</sup>。农业物料碰撞特性试验目前还没有成熟和普遍适用的方法, 随着计算机技术的发展, 基于标准个人计算机平台——PC (包括 PC/IPC、Macintosh、工作站等) 虚拟仪器技术正成为测试测量与控制领域的重要应用工具。本项研究目的是采用微机、数据采集卡、传感器和相应编程软件等基本设施, 组建虚拟仪器系统, 应用微机测控技术实现农业物料碰撞特性试验数据采集自动化, 为农业物料碰撞特性研究提供一种现代化的手段和方法。

## 1 数据采集系统组成

农业物料碰撞特性试验测控系统由计算机、压电式速度传感器、加速度传感器、力传感器及电荷放大器、数据采集卡和在台湾研华公司 (Advantech)

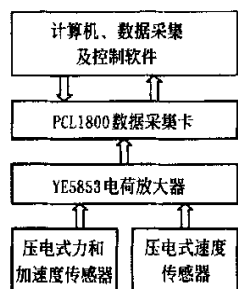


图 1 碰撞特性数据采集系统组成框图

Fig 1 Schematic diagram of data-acquisition system for impact characteristics

收稿日期: 2001-02-22 修订日期: 2002-03-29

基金项目: 国家自然科学基金 (30170533) 和浙江省自然科学基金 (300296)

作者简介: 王剑平, 博士, 副教授, 杭州市凯旋路 268 号 浙江大学农业工程与食品科学学院, 310029 Email: jpwang@zju.edu.cn

的数据采集和控制软件平台 Genie 上开发的测控软件组成 (图 1)。

### 1.1 传感器

采用 CS-YD-002 压电式速度传感器测量碰撞速度。灵敏度  $360 \text{ mV}/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$ , 频率范围  $4 \sim 4\,000 \text{ Hz}$ 。

采用 CL-YD-331 力阻抗头测量碰撞力和碰撞加速度。加速度计部分, 电荷灵敏度  $5 \text{ pC}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$ , 极限加速度  $4\,000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , 横向灵敏度  $5\%$ , 频率范围  $1 \sim 4\,000 \text{ Hz}$ ; 力传感器部分, 电荷灵敏度  $4 \text{ pC}/\text{N}$ , 测力范围: 拉力  $100 \text{ N}$ , 压力  $2\,000 \text{ N}$ , 动态线性  $\pm 2\%$  ( $50 \text{ N}$ ), 固有频率  $55 \text{ kHz}$ 。

YE5853 电荷放大器是一种多通道组合式电荷放大器, 频带  $1 \sim 200\,000 \text{ Hz}$ , 具有 3 位十进制传感器灵敏度调节, 配合各种不同灵敏度均可得到归一化处理, 传感灵敏度调节范围  $1.00 \sim 10.99 \text{ pC/unit}$ , 最大电荷输入量为  $10^5 \text{ pC}$ , 输出增益 1, 3, 10, 30, 100, 300,  $1\,000 \text{ mV/unit}$  7 档, 线性  $1\%$ 。

### 1.2 数据采集卡

采用研华 PCL-1800 数据采集卡实现 A/D 转换。PCL-1800 具有采样速率  $330 \text{ kHz}$ , 分辨率 12 位的 A/D 转换器, 板上可编程  $1\text{k}$  采样 FIFO (先入先出) 缓冲器, 16 路单端或 8 路双端差动模拟量输入, 模拟量输入通道增益可编程 ( $\times 0.5, 1, 2, 4, 8$ ), 自动通道/增益扫描, 该特性允许采用 DMA 进行高速 (可达  $200 \text{ kHz}$ ) 多通道采样, 并且可以对不同的通道使用不同的增益, 16 个数字量输入及 16 个数字量输出, 2 路 12 位模拟量输出通道, 一个可编程 16 位定时器/计数器。PCL-1800 为一款工业级高速高性能多功能的插入式数据采集卡, 可以满足农业物料碰撞特性试验数据采集需要。

## 2 数据采集软件

在研华公司数据采集与过程控制软件平台 Ge-

nie 上, 开发了农业物料碰撞试验数据采集软件。该软件平台功能齐备, 使用方便, 性价比高, 开发维护便捷<sup>[6, 7]</sup>。

碰撞特性数据采集系统软件结构见图 2。

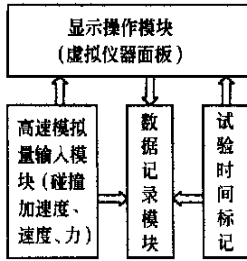


图2 数据采集系统软件结构框图

Fig 2 Structure of software of data-acquisition system

## 2.1 高速模拟量输入模块

高速模拟量输入模块用于碰撞力、加速度和速度的采样, 并将测量结果传输给数据记录模块、显示操作模块及其它功能模块。

### 2.1.1 触发方式

由于农业物料碰撞试验时间短, 一般为几毫秒~几十毫秒, 所需采样频率高, 数据量大, 采用外部触发中断方式或程序控制方式, 很难保证碰撞开始瞬间启动 A/D 转换, 结果可能丢失部分数据, 或记录过多无用数据, 浪费存储空间。

PCL-1800 的 16 个模拟量输入通道都配有两个 8 位模拟量比较器, 可以作为模拟量看门狗, 监视 16 个模拟量输入信号, 控制 A/D 转换器至计算机的数据传输。如果信号高于或低于设定触发值, 产生一个中断信号, 并开始数据传输。用户可对比较器分别进行设置。该功能可使用户设置复杂的报警或触发条件, 例如可设置看门狗在输入高于高电平或低于低电平时触发, 也可设置成上升沿或下降沿触发。模拟量看门狗能保证对报警及输入电平有快速及时的响应时间而且无软件的延迟。对于高速数据采集, PCL-1800 提供了 3 种电平触发方式:

- 1) 预触发方式—在比较器条件满足前采集数据。
- 2) 滞后触发—当比较器条件满足后开始采集数据。
- 3) 位置触发—滞后触发比较器条件满足后, 预触发比较器条件满足前采集数据。

3 种触发方式原理见图 3。由于碰撞过程碰撞力、速度和加速度等都是由小到大, 达到峰值后又有达到小, 故预触发方式和位置触发方式不适合碰撞过程数据的采集。在本系统中采用滞后触发方式, 通过设置一低电平作为触发条件, 当输入信号高于该

电平时, 满足看门狗电路的触发条件, 数据采集卡采用 DMA 方式将数据送到计算机。通过试验, 选择适当的触发电平可实现在碰撞开始的瞬间, 数据采集系统开始同步记录碰撞试验数据, 通过设置适当的采样点数, 即可将碰撞过程数据完整的记录下来。

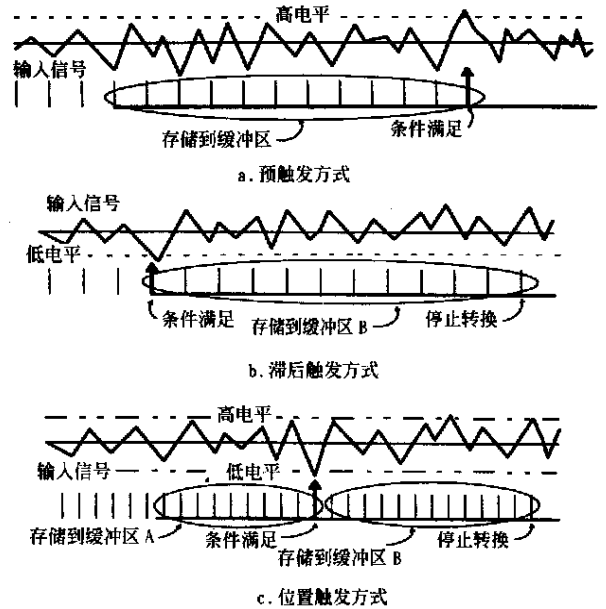


图3 PCL-1800 数据采集卡电平触发方式

Fig 3 PCL-1800 level triggering modes

### 2.1.2 采样点数

采样点数标志每个数据块中包含多少采样点。这个数字同时也是运行时分配存储缓冲区的大小。在扫描周期, 采样频率, 采样点数量之间具有相当重要的关系。为工作正常起见必须仔细考虑。

如果采用单次方式进行数据采集, 即每次试验数据采集只有一个数据块, 采样点数量等于或大于采样速率, 不存在数据过冲的可能。如果采用重复连续方式, 即每次试验数据采集分为多个数据块进行, 则扫描任务的扫描周期必须比每个数据块采集时间来得短, 以便在数据被后继数据覆盖前程序已经对数据进行了巡检。

即:  $\text{采样点数量} / \text{采样速率} > \text{扫描周期 (以秒为单位)}$ 。经验公式

$$\text{采样点数量} = \text{采样速率} \times \text{扫描周期 (秒)} \times k$$

系数  $k$  取决于机器性能, 一般可取 1.25, 在较快的机器上可取 1.1, 如果在较慢的机器上发生了数据过冲, 该系数可增至 1.4 或 1.5。

## 2.2 数据记录模块

数据记录模块将试验过程所采集的碰撞力、加速度、速度、时间标记及初始设定的试验参数等数据实时记录到计算机硬盘上。DMA 方式记录的数据文件格式为二进制格式, 试验结束后, 转换为文本文

件保存到硬盘上,以便直接采用 SAS 统计软件或 MATLAB 软件对试验结果进行统计分析或谱分析。

### 2 3 显示操作模块

显示模块用于在显示器上建立虚拟仪器显示操作面板,监视、管理、控制运行过程。操作显示面板包括动态显示碰撞力、速度、加速度与时间的变化曲线、试验参数的数字选择开关、试验启动、停止按钮等,见图 4。

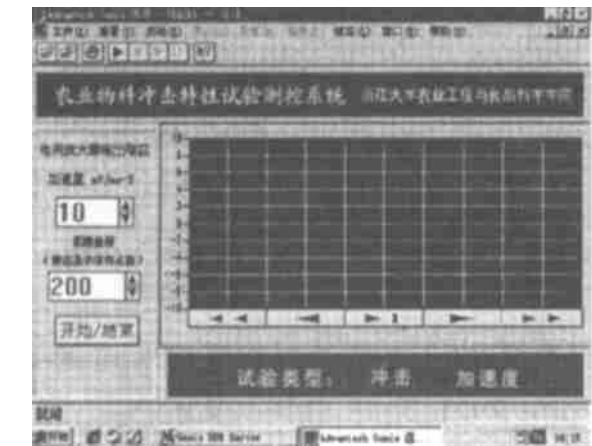


图 4 数据采集系统软件界面图

Fig 4 The panel of the data acquisition software

### 3 应用

采用触发电平 5 mV,在不同条件下分别测得碰撞加速度和碰撞力加速度数据。表 1 为碰撞加速度通道测试结果,表 2 为力通道测试结果。从表 1 和表 2 可以看出,不同质量的梨在不同高度下坠落撞击钢板,数据采集系统记录的碰撞加速度的初始电压信号  $V_{a0}$  和峰值电压信号  $V_{ap}$  的比值为  $r_a = V_{a0}/V_{ap} \times 100\%$ ,其最大值为  $4.213\% < 5\%$ 。碰撞力的初始电压信号  $V_{F0}$  和峰值电压信号  $V_{Fp}$  的比值

表 1 碰撞加速度初始信号与峰值信号比

Table 1 Ratio of initial value to peak of impact acceleration

序号	加速度初始电压信号 $V_{a0}/V$	加速度峰值电压信号 $V_{ap}/V$	加速度初始信号与峰值信号比 $r_a/\%$	梨质量 $w/g$	坠落高度 $H/mm$
1	0.166	3.940	4.213	70	50
2	0.161	5.668	2.841	120	50
3	0.156	5.341	2.921	143	50
4	0.205	8.076	2.538	190	50
5	0.107	8.247	1.297	87	100
6	0.102	6.015	1.696	114	100
7	0.166	7.802	2.128	152	100
8	0.151	3.823	3.950	171	100
9	0.083	3.476	2.388	107	200
10	0.117	3.828	3.056	135	200

表 2 碰撞力初始信号与峰值信号比

Table 2 Ratio of initial value to peak of impact force

序号	碰撞力初始电压信号 $V_{F0}/V$	碰撞力峰值电压信号 $V_{Fp}/V$	碰撞力初始信号与峰值信号比 $r_F/\%$	梨质量 $w/g$	坠落高度 $H/mm$
1	0.107	3.252	3.303	110	50
2	0.122	5.459	2.237	135	50
3	0.171	6.289	2.717	180	50
4	0.083	3.735	2.233	85	100
5	0.156	4.482	3.487	110	100
6	0.156	5.576	2.798	176	100
7	0.112	5.893	1.901	85	200
8	0.122	6.098	2.002	107	200
9	0.206	6.831	3.001	150	200
10	0.097	8.417	1.152	184	200

为  $r_F = V_{F0}/V_{Fp} \times 100\%$ ,其最大值为  $3.487\% < 4\%$ ,该数据采集系统信号损失小,具有较高的测量精度。采用低噪声电荷放大器,还可以采用更低的触发电平,进一步减小信号损失。

### 4 结论

采用该系统完成了梨碰撞特性的实验研究,探讨了不同质量、不同成熟度梨在不同高度自由下落的碰撞损伤程度和碰撞加速度、碰撞力的关系,建立了损伤预测模型<sup>[8]</sup>,试验结果表明:

1) 该数据采集系统采用的滞后触发方式并结合 DMA 方式的数据采集方法,适合农业物料碰撞过程的高速数据采集,实现了农业物料碰撞过程试验数据采集自动化。滞后触发方式需采用低噪声电荷放大器,以免干扰信号误触发。

2) 该系统以文本格式存储的试验数据文件,可直接由 SAS 通用统计分析软件及 MATLAB 的信号处理工具箱来分析处理,显著提高了试验数据处理效率及可靠性。

3) 采用工业级板卡,抗干扰能力强,工作可靠,测控精度高。在计算机显示器上实现的虚拟仪器显示操作面板提供了直观方便的人机接口,可实时显示试验进程,操作简便。

4) 采用传感器、数据采集卡、计算机及测控软件开发平台 Genie 组成虚拟仪器系统,显著简化了测试系统的硬件设备,测试软件开发周期短,调试修改方便。要组建新的数据采集系统仅需添加所需传感器,因而该数据采集系统具有通用性,设备利用率高。

#### [参考文献]

[1] 李小昱,王 为. 苹果碰撞响应数学模型的研究[J]. 农业工程学报, 1996, 12(4): 204~ 207.  
[2] 陈萃仁,崔绍荣. 草莓果实冲击损伤规律的研究[J]. 农

- 业工程学报, 1997, 13(4): 233~ 234
- [3] 孙 骊, 仇农学. 苹果贮运时的机械损伤规律及评价[J]. 农业工程学报, 1996, 12(4): 208~ 212
- [4] 王 俊, 陆秋君, 王剑平. 鲜桃坚实度和糖度分布差异的实验研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(4): 248~ 253
- [5] 王书茂, 籍俊杰. 西瓜成熟度无损检验的冲击振动方法[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 241~ 245
- [6] 王剑平, 王 俊, 应义斌等. 农产品薄层干燥实验微机控制及数据采集系统[J]. 浙江农业大学学报, 1998, 24(2): 148~ 152
- [7] 王剑平, 盖 玲, 王 俊. 农业物料力学试验测控系统设计[J]. 农业机械学报, 2002, 33(1): 51~ 53
- [8] 陈善峰. 梨桃碰撞特性的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2001.

## Development of Data Acquisition System for Experiments of Impact Characteristics of Agricultural Materials

Wang Jianping, Gai Ling, Wang Jun

(College of Agricultural Engineering & Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** An automated data acquisition system for the impact characteristics experiments of agricultural materials was developed. An accelerometer, a force sensor and a high-performance DA S card PCL-1800 were interfaced with a microcomputer for this purpose. The software of the data acquisition was developed on the Advantech's Genie, which is a Windows-based data acquisition, control, analysis and presentation development software package. The post-trigger mode for A/D conversion start and DMA data transfer were applicable for the high-speed data acquisition of the impact characteristics of agricultural materials. Performance of the data acquisition system was demonstrated by using it in the experiments of impact characteristics of pears.

**Key words:** agricultural material; data acquisition; virtual instrument; measurement system

### 2002 年全国农业工程学会理事长、秘书长工作会议在南昌召开

2002 年 4 月 23~ 24 日, 全国农业工程学会理事长、秘书长工作会议在江西省南昌市召开, 来自 17 个省(市)、自治区的地方学会和中国农业工程学会的 9 个专业(工作)委员会的 42 位代表参加了会议。中国农业工程学会理事长徐文海致开幕词; 中国科协六届全会委员、学会常务副理事长、农业部规划设计研究院院长朱明传达了中国科协《关于推进所属全国性学会改革的意见》的精神, 并就我国加入 WTO 以后, 农业工程面临的机遇和挑战, 农业工程科技创新在我国农业发展新阶段的任务与作用作了主题发言; 最后, 朱明还传达了农业部张宝文副部长在该院举办的“农业工程宣传日”活动期间的讲话, 张副部长在讲话中指出: “农业工程科技是农业科技的重要组成部分, 农业工程是现代农业的重要支柱之一。”纵观当

今发达国家, 无一不是用现代农业工程来武装农业。可以说, 没有先进的农业工程技术, 不进行农业工程建设, 就没有中国农业的现代化。”与会代表对朱明的发言表示热烈的欢迎, 并受到极大鼓舞。

会议对学会的改革方案进行了热烈讨论, 并提出了很多建议。

会议还通报了学会将于 6 月 22 日在北京召开“2002 年农业工程青年科技论坛”, 主题为: 新世纪农业工程学科与科技发展新任务。6 月 25 日~ 29 日中国农业工程学会与全国高等院校农业工程学科校长联谊会、海外华人农业、生物技术和食品工程师学会联合, 在陕西杨凌召开“农业与生物系统工程科技、教育发展战略论坛”。

(学会秘书处)