

# 农业物料力学一流变学性质 测试系统的研究<sup>\*,\*</sup>

马小愚 雷得天 刘立意 张展 孟繁疆

(东北农业大学)

**提 要** 研制了一个完整物料力学性质测试系统;设计了微机测试处理系统软件;能进行力—变形关系、应力松弛、蠕变等各类性质测试;具有拉伸、压缩、剪切、弯曲等试验功能,力—变形数据经传感器转化为电压量经过A/D模数转换输入电子计算机,进行数据采集,绘出力、变形、时间关系曲线,通过微机测试软件进行数据处理,获得必要的力学性质参数信息。

**关键词** 力学一流变学性质 测试系统 模数转换

## Research for Measurement-System of Mechanical-Rheological Properties of Agricultural Materials

Ma Xiao-yu Lei De-tian Liu Li-yi Zhang Zhan Meng Fan-jiang

(Northeast Agricultural University, Harbin)

**Abstract** This paper developed a system for measuring mechanical-rheological properties and its computer software for operation. They can be applied to measure the load-deformation, stress relaxation and creep and do experiments for measuring the tension, compression, shearing and bending of agricultural materials. The load and deformation were transformed into voltage through the sensors and inputted into computer via the A/D converter. The data were logged and processed by the software and the relationship curves of the load, deformation, time were plotted respectively.

**Key words** Mechanical-rheological property Measure system Analog-digital converter

农业物料与工程材料的力学性质有极大的差异,它承受很小力时就会发生较大变形。且物料尺寸小、形状不规则,不易制成标准试件。传统的材料力学性质测试装置不适用。同时,由于物料具有流变性,在外力作用下,其内力与变形不断随时间变化,测试过程中,力—变形数据不能在瞬间读出,必须进行记录。而传统的记录仪、X—Y记录仪等频响低,易丢失微小变化信息,一些频响性能高的光学记录仪也同样存在后期数据处理困难,量取数据误差大的

收稿日期:1996-04-25

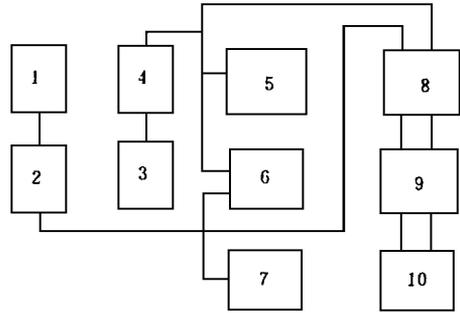
\* 黑龙江省科委自然科学基金资助项目

马小愚,教授,哈尔滨市香坊 东北农业大学工程学院,150030

缺点。为满足科研教学需要, 研制了小型多功能的物料力学一流变学性质测试装置, 配置电子计算机数据采集及处理的测试系统。它能完成物料的拉伸、压缩、剪切、弯曲等常规力学试验, 并能进行典型流变学特性(应力松弛与蠕变)测量。测试系统框图见图1。

## 1 试验装置的结构

本试验装置由58型光弹试验机的加载部分改装设计成本试验机的主体框架。为进行静态与准静态加载, 在机械加载部分采用一级皮带减速, 二级蜗轮减速, 一级螺旋传动, 加载速度达 $0.166\text{ mm/s}$ , 手动装置可完成调距及快速加载的工作。为满足流变特性测量, 还设计有限位卡钉及微动限位台等部件。同时为各种试验功能设计了相应的加载触头和支座(拉、压、弯、剪等)<sup>[1]</sup>。



1. 供桥电源 2. 力传感器 3. 位移传感器  
4. 放大器 5. 数字电压表 6. X—Y记录仪  
7. 数字电压表 8. A/D前置放大器  
9. A/D模数转换卡 10. 计算机

图1 测试系统框图

## 2 力与变形位移的测量

为满足记录数据的要求, 必须使测量值以电量输出, 为此, 选用了输出较大的BL型半导体应变片式力传感器和LVDT型差动变压器式位移传感器。此二类传感器能满足静态、准静态测试要求, 输出值不需放大便可直接由数字电压表等读数, 分辨率高。选配了7个级别的力传感器,  $0\sim 50, \dots, 0\sim 3000\text{ N}$ , 可满足种类繁多、性能各异的不同物料的需要。位移测量选用了 $\pm 1, \pm 10\text{ mm}$ 的两个级别, 以满足较小变形或大变形测量要求<sup>[1]</sup>。分辨率达 $10\ \mu\text{V}$ , 非线性误差 $< 1\%$ 。

## 3 数字电压表和X—Y记录仪

系统中设置了两台数字电压表, 分别为力传感器调零, 位移传感器调整使用范围作监测, 同时作输出值监控, 防止出现超载。X—Y记录仪, 可同时作图形监控。

## 4 微机数据采集单元

### 4.1 四路A/D前置放大器

由于选用的12位A/D卡电压输入为 $\pm 5\text{ V}$ 。而力传感器的最大输出为 $\pm 300\text{ mV}$ , 位移传感器最大输出为 $\pm 3.5\text{ V}$ 。为提高分辨率和精度, 力必须放大约16倍, 位移必须放大1.4倍左右, 倍数不同, 因此不能使用A/D卡自身的硬件增益器。为此设计了四路不同倍数的放大器, 其中每两路设计了不同截止频率的硬件滤波装置, 最低可达 $2\text{ Hz}$ , 使静载测量有较高的抗干扰能力, 免去了软件滤波使程序过于复杂的麻烦, 屏幕显示出较光滑的曲线。另两路则在信号频率较高时使用(动态试验)。

### 4.2 A/D模数转换器

本系统选用PC—6313型12位多功能模入模出卡作A/D模数转换。对 $\pm 5\text{ V}$ 的输入分辨率可达 $2.44\text{ mV}$ , 由于采用OP37高速、高精度运放, 实际A/D转换速率大于 $80\text{ kHz}$ , 板

内 8253 定时器计数定时通道为 16 Bit × 3 CH。

采样间隔可通过三种方式控制, 程序方式、中断方式及定时器定时触发方式。本测试系统中, 经过多次试验研究选取如下采样间隔: 在力—变形关系试验中为 0.05 s (50 ms), 应力松弛试验为 0.1 s, 二者采用定时器定时触发方式, 并设计了定时采样的 C 语言接口程序。

而蠕变试验时间较长, 可考虑定时器定时启动与程序触发相结合的方式, 在加载初期的变形发展较快阶段选择时间间隔 0.05 s, 2~3 s 以后改用 0.5 s 间隔, 10 s 以后可选用更大间隔 ( $T > 10 s$ ), 多级采样, 既可获得足够的试验信息, 又节约了计算机的内存空间。

### 4.3 电子计算机

本系统配置主频为 80 MHz, 内存 8 MB 的 486 微机, 对力、变形等被测量自动进行数据采集、记录与处理。数据采集—记录存贮的过程已编制成可执行文件 (TEST · EXE)。程序框图如图 2 所示。

## 5 系统标定与测试精度分析

本系统选用的力、位移传感器都定期由国家标准计量部门进行检定, 但是系统输出的结果是经过测量元件—A/D 前置放大—A/D 转换以后获得的, 因此必须对微机的输出进行再标定, 得到整个系统的灵敏度。

可用标准测力计、标准位移计或标准部门的检定结果作系统输入, 同时用微机输出数据统计计算出系统的灵敏度系数。为提高数据可靠性, 必须制定合理的标定方案: 选择标定级数  $N$ , 每级加载后采集多点数据取平均值, 对各级标定数据用最小二乘法进行线性拟合, 上述过程反复进行 3~5 次, 取平均值, 获得标定结果。编制了通用的传感器标定程序。

测试系统的精度可由下式给出

$$\epsilon = \pm \sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_3^2}$$

式中  $\epsilon_1$ ——传感器测量相对误差;  $\epsilon_2$ ——A/D 前置放大器的相对误差;  $\epsilon_3$ ——A/D 转换产生的相对误差。

对本系统  $\epsilon_1 = \pm 1.4\%$        $\epsilon_2 = \pm 1\%$

$\epsilon_3 = \pm 0.024\%$

系统精度估算为  $\epsilon = \pm 1.73\%$

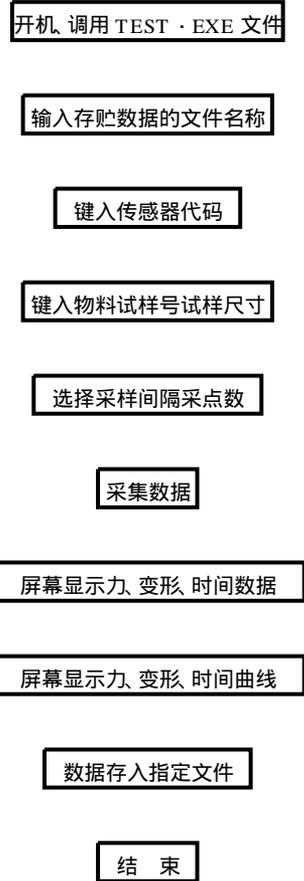


图 2 数据采集—记录存贮过程框图

## 6 系统软件

为了实现在物料试验完成之后立刻获得各种必须的力学性质参数, 我们针对不同试验类型(拉、压、弯曲、剪切等)、不同试样型式(等截面柱型、杆型、完整物料等)、不同物料(大豆、小麦、.....)、不同的试验目的(力—变形关系、应力松弛、蠕变等)采用C语言(C++)编制了各类不同的处理程序。为了便于使用与操作, 将上述各种程序编制成可执行文件、工程文件、数据文件, 应用TURBO—C++ 2.0设计了一个汉字状态, 彩色的弹出式下拉菜单, 操作者可以通过各层次的菜单选择项, 控制各种程序的执行, 初步开发了一个农业物料力学—流变学性质的测试软件。随着对物料性质研究工作的深入开展, 该软件将得到进一步发展完善。

用本测试系统做了各种物料的测试, 如大豆、小麦籽粒的力学性质试验, 为脱水蔬菜工艺研究做了青刀豆的挤压试验, 为培育抗倒伏优良品种做了水稻、大豆茎秆弯曲试验, 烟杆的力学性质试验; 马铃薯组织的流变学性质试验, 为草原开发做了草根团的剪切试验等等。通过对多种物料的测试证明, 本测试系统设计合理、手段先进、试验功能齐全、操作简便、大大减少了测试处理的工作量、提高了测试精度。与进口的Instron万能试验机相比投资仅为其1/20左右。

### 参 考 文 献

- 1 雷得天, 马小愚 农业物料力学性能测试装置的研究 农机化研究, 1990(1): 32~ 35
- 2 雷得天, 马小愚 马铃薯组织破坏时的力学性能及其流变学模型 农业机械学报, 1991, 22(2): 63~ 67
- 3 张 , 王成芝, 马小愚等 不同含水率刀豆的挤压特性及对细胞结构的影响 农业机械学报, 1993, 24(2): 49~ 53
- 4 马小愚, 雷得天 大豆籽粒力学性质的试验研究 农业机械学报, 1988, 19(3): 69~ 75