

# 云南松根系对土壤牵引效应测试系统的设计与实现

刘跃明<sup>1</sup>, 张云伟<sup>1</sup>, 周跃<sup>2</sup>

(1. 昆明理工大学现代农业工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 昆明理工大学环境工程学院, 云南 昆明 650093)

**摘 要:** 目前在野外对云南松根系与土壤的机械效应的研究, 由于测试研究受多种因数的影响, 开展研究困难较大, 研究精度也受到一定程度的影响, 这对较深入的描述根系与土壤相互作用的机械效应带来一定的困难。本文基于这一实际, 设计了能在室内和野外进行实时测试分析的测试系统, 并配套了支持 PCMCIA 插槽的 DAQP-12 型模数转换(A/D)卡, 以及直流电供电的 QT-300 型调理装置。结合所配套的硬件, 利用 Visual C 在 Windows95/98 平台编写了软件, 经过实际试验测试, 系统各项性能能够满足云南松根系对土壤的机械效应研究的测试分析要求。

**关键词:** 测试技术; 数据采集; 根土机械效应

中图分类号: S157.2 文献标识码: A

云南松作为植被生态系统的一种较优树种, 在云南的生态建设、水土保持、道路环境与护坡等方面发挥着积极的作用, 目前, 对云南松根系在土壤中的机械效应的研究有较大的进展<sup>[1~4]</sup>, 但测试研究大多在野外进行, 不能做到实时分析, 根系与土壤的机械效应(力、位移)渐变过程不能记录; 而且, 由于野外测试研究受多种参数的影响, 开展研究困难较大, 研究精度也受到一定程度的影响, 这对进一步描述根系与土壤相互作用的机械效应带来一定的困难。在一定程度上制约了研究成果的工程应用。因此, 针对云南松根系对土壤机械效应的测试研究, 研制能进行室内和野外实时分析的测试系统, 对于提高测试结果精度、测试效率, 逐步拓展研究成果的工程应用具有积极意义。

## 1 测量系统的构成

研制的测试系统既能满足室内测试的要求, 又能满足野外测试的要求, 而且要做到实时分析, 据此, 测试系统必须达到可靠、经济、实用、实时, 在此原则下, 我们研制了根系与土壤的机械效应的测试系统, 其构成简述如下。

### 1.1 实验台架

在实验室条件下, 研究云南松根系对土壤的牵引效应, 首先要结合根系的生物、机械等特性, 以及

土壤的物理机械特性, 设计出试验台架。考虑到根系是生长于不同的坡面土壤中, 试验台架能够根据实验的要求工作于不同的角度; 为了研究水平根系和垂直根系在土壤中的机械效应, 试验台架可分别测试水平根系、垂直根系对土壤的牵引效应; 试验台架设置了拉(压)力传感器、位移传感器, 能够同时反映出土壤变形时力与位移的关系。试验台架结构如图 1<sup>[5~8]</sup>。

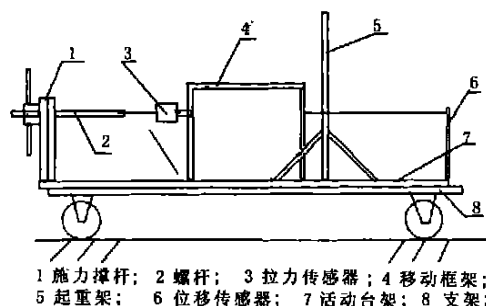


图 1 测试台架框图

Fig. 1 The chart of test system

### 1.2 测试系统硬件

在充分考虑了经济、安全、可靠的前提下, 构建了测试系统, 以开展云南松根系对土壤牵引效应的室内和野外测试研究。

#### 1.2.1 传感器的确定

传感器是将非电物理量转换为电量, 以实现数

收稿日期: 2001-12-15; 改回日期: 2002-03-004。

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 49871054)和云南省自然科学基金项目(编号: 98D007M)。

作者简介: 刘跃明(1958-), 男(汉族), 云南昆明市人。昆明理工大学现代农业工程学院副教授, 工学硕士, 主要从事测试技术的教学和科研。

字化检测的重要器件, 物理量的准确测试取决于传感器对该物理量信号的可靠捕获或转换。根据可靠、标准、经济的原则, 以及云南松根系对土壤牵引效应反映出的土壤变形(包含力、位移), 具有平稳渐变的特点, 其信号属于静态范畴的特点, 选用电阻应变片式传感器能很好的满足对土壤变形参数的测试, 据此采用 BH350、BH120 箔式电阻应变计, 并对弹性元件进行了设计计算, 制成了能满足测试要求的拉力传感器、位移传感器。

1.2.2 调理装置及 A/D 卡的确定

考虑到数据采集系统既要满足室内测试要求, 又要在野外开展测试, 据此, 选用直流电供电的 QT-300 型调理装置(美国生产), 该装置能同时对四个输入信号进行调理(滤波、放大), 各通道可以分别设定增益; 选用支持 PCMCIA 插槽的 DAQP-12 型模数转换(A/D)卡, 该卡具有 12 位分辨率, 8 路差分或 16 路单端模拟量的输入, 可以很好的满足室内和野外测试。

1.2.3 计算机的确定

从经济性和技术性考虑, 选用能满足数据获取实时测试分析的便携计算机, 综合考虑数据采集系统的配套和实用性, 选用了 Winbook 便携计算机(美国生产), 其内存为 64M, CPU 主频 266 MHz, 完全能满足测试数据的实时测试分析。

2 测试系统软件

针对云南松根系与土壤的机械效应的测试要求, 采用结构化、模块化和面向对象的设计方法, 使所设计的程序模块化、功能组态化, 以利于对系统进行维护、扩充、完善、灵活设置。

2.1 操作平台和编程语言

本系统的操作平台选用目前应用面最广, 使用最方便的 Windows 95/98 操作系统, 并采用在 Windows 95/98 平台上广泛使用的程序开发工具 Visual C 进行编程, 它具有界面美观、适用面广等特点, 本程序分为几个模块采用 Visual C 进行编程。其软件的主图如图 2 所示。



图 2 测试软件主图

Fig.2 The test software of the system

2.2 系统软件功能

在遵循软件设计原则、最大限度的满足根与土壤机械效应研究的需要、同时体现良好界面的前提下, 设计的测试系统软件主要功能如下:

2.2.1 标定、初始化功能

可通过机械标定确定系统的标定系数, 以便将

被测物理量所表现出的电压信号转换为相应的工程单位; 根据被测物理量的特征, 可设定采样数量和采样频率, 可设定软件增益倍数, 软件根据所测试物理量设计有量纲选择功能。

2.2.2 测试、存储功能

被测物理量通过传感器将其转换为电信号, 经

调理装置处理后,传输到 A/D 卡进行模/数转换,得到的数据可以多种数据格式存储在数据库中,且存储的数据文件可以转换为不同的数据格式,也可以重现数据文件中的内容。

2.2.3 显示打印功能

可在计算机显示器以棒图和图线两种形式,显示各通道所测数据的曲线、曲线上每一点的数值、以及最大值和最小值,并可可将所显示的内容通过打印机输出。各曲线显示,可以灵活的设置横、纵坐标的分度值,数据可按时间顺序前后移动,棒图的显示同样可以方便的设置量程,保证在测试范围内的数据

完整的显示。

3 测试系统标定

本测试系统所测试的云南松根系对土壤牵引效应属于静态测试的范畴,因此我们对测试系统进行了静态标定,根据标定值计算了测试系统的灵敏度、非线性度、回程误差三项静态特性指标以及回归方程和相关系数如表 1。由标定值计算得到的系统非线性度、回程误差、重复误差均<1%,系统测试精度能够满足测试的要求。

表 1 测试系统静态标定与静态特性指标计算结果  
Table 1 The result of static calibration and characteristic on test system

测试系统静态特性(300kg 级拉力传感器)						测试系统静态特性(30kg 级拉力传感器)					
载荷 (kg)	加载输出 平均值(V)	加载输出 平均值(V)	静态特性指标			载荷 (kg)	加载输出 平均值(V)	加载输出 平均值(V)	静态特性指标		
			灵敏度 平均值 (V/kg)	非线性度 平均值 (%)	回程误差 平均值 (%)				灵敏度 平均值 (V/kg)	非线性度 平均值 (%)	回程误差 平均值 (%)
0	0.241	0.252	0.01399	0.383	0.622	0	0.129	0.131	0.1314	0.203	0.279
20	0.519	0.538				10	1.440	1.446			
40	0.797	0.823				20	2.752	2.763			
60	1.079	1.098				30	4.065				
80	1.356	1.379									
100	1.632										
回归方程 $y=0.013928x+0.2499677$						回归方程 $y=0.1312365x+0.1306731$					
相关系数 $\gamma=0.9997215$						相关系数 $\gamma=0.9999962$					

4 测试实例

结合已建立的松树根与土壤间的力学模型,应用所构建的测试系统,对预先埋入土壤中的树根进

行了单根牵引实验,其实测结果与理论计算值如表 2。由表中数据可以看出,测试值与理论计算值相对误差小于 25%,表明所构建的测试系统测取的数据与理论值较为吻合。

表 2 单根侧向牵引实验结果和理论计算结果  
Table 2 The experiment and theory result of single root side traction

序号	最大直径 $D$ (mm)	直径差 $\Delta D$ (mm)	根长 $L$ (mm)	深度 $z$ (mm)	实测拔出 力(N)	模型预测最大 拔出力(N)	相对误差 (%)
1	10	2.4	550	100	185.92	208.7884	12.3
2	6.2	0.6	600	105	176.11	153.1158	13.06
3	18.6	4.2	980	150	636.61	716.0421	12.48
4	11.8	1.8	520	95	233.63	243.8544	4.38
5	9.8	0.4	560	80	221.16	229.4313	3.74
6	7.85	0.7	340	100	98.272	110.0021	11.94
7	6.5	1.8	470	130	111.67	115.35	3.3
8	7.6	1.7	530	200	139.38	162.4698	16.57
9	7.95	6.2	530	210	105.83	117.3162	10.85
10	7	2	460	210	110.34	125.9649	14.16

## 5 结语

1. 针对云南松根系对土壤牵引效应测试需求所构建的测试系统, 既能满足室内实验的要求, 又能满足野外测试的要求。

2. 对系统进行了机械标定, 主要技术指标的误差均控制在允许范围之内。

3. 数据获取系统采用直流供电的便携式器件, 可对数据进行实时分析处理, 极大的方便野外测试。

4. 软件遵循通用原则编写, 只要换用传感器和调理装置, 即可实现对拉力、压力、温度、加速度等物理量的测试, 可广泛应用于科研领域。

## 参考文献:

- [1] 周跃. 云南松林侵蚀控制潜能[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1999
- [2] 周跃, 等. 乔木侧根对土体的斜向牵引效应 I [J]. 山地学报, 1999, 17(1): 4~9.
- [3] 周跃, 等. 乔木侧根对土体的斜向牵引效应 II [J]. 山地学报, 1999, 17(1): 10~15.
- [4] 周跃, 等. 乔木的斜向支撑效能及其坡面稳定意义[J]. 山地学报, 2000, 18(6): 306~312.
- [5] 张福学. 传感器应用及其电路精选[M]. 北京: 电子工业出版社, 1993.
- [6] 王华, 等. Visual C++ 6.0[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [7] QUATECH. DAQP-12 PCMCIA Data Acquisition System (Users Manual), 1999.
- [8] QUATECH. SignalProTM Signal Conditioning System (Users Manual), 1999.

# Design and Realization of the Test System on Mechanical Effect of Yunnan Pine Root and Soil

LIU Yue-Ming<sup>1</sup>, ZHANG Yun-Wei<sup>1</sup> and ZHOU Yue<sup>2</sup>

(1. Modern Agriculture Engineering College, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, PR China;

2. Environment Engineering College, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, PR China)

**Abstract:** The research of mechanical effect on Yunnan pine root and soil at field presently, owing to been influence of multi-factor on test and research. It is more difficulty to be researching. The precision of study has been influence of extent to a certainly. It is more difficulty to describe in-depth mechanical effect on Yunnan pine root and soil. This paper is based upon the fact. We designed a test system which can test data at real time on room and field, and it's correspond to hold out PCMCIA stick of A/D conversion block, and suit well device QT-300 by DC power supply. Windows 95/98's application software has been compiled by Visual C to combine with hardware. The system has been tested variedly, its capability can meet the need of test and analysis for mechanical effect on root and soil.

**Key words:** test; data collecting; mechanical effect of root and soil