

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.Supp.014

# 环形土槽微耕机试验平台设计\*

颜华<sup>1</sup> 吴俭敏<sup>2</sup> 林金天<sup>1</sup>

(1. 中国农业机械化科学研究院现代农装科技股份有限公司, 北京 100083;

2. 中国农业机械化科学研究院土壤植物机器系统技术国家重点实验室, 北京 100083)

**【摘要】** 针对传统的微耕机田间试验受多种因素影响,而室内直线土槽无法进行可靠性试验,设计了可连续作业的环形土槽微耕机试验平台。采用闭合式环形土槽及轨道,实现试验平台长时间循环作业。各功能台车分开布置,台车上、下部的六轮行走机构及可转动的侧轮支轴,实现了台车在轨道上平稳运行及顺畅转弯。微耕机试验平台融合了上、下位机的自动控制技术、多传感器技术、无线通讯技术、园林灌溉技术等,实现了田间工况的重复模拟,既可进行性能试验又可进行可靠性试验,并能够对土壤坚实度、土壤含水率、微耕机扶手振动及受力等10余项数据进行实时采集和处理。

**关键词:** 微耕机 土槽 试验平台 无线通讯

**中图分类号:** S22; S237 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)S0-0068-05

## Design of Micro-cultivator Testing Platform with Annular Soil Bin

Yan Hua<sup>1</sup> Wu Jianmin<sup>2</sup> Lin Jintian<sup>1</sup>

(1. Modern Agricultural Equipment Co., Ltd., Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China

2. State Key Laboratory of Soil-Plant-Machinery System Technology, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

### Abstract

Traditional micro-cultivator field tests were restricted by many factors, and reliable tests in liner soil bins indoors could not be conducted; however, a new type of micro-cultivator testing platform was developed which could be performed continuously. The lengthy cyclic operations of the test platform were realized by adopting annular soil bins and closed-ended tracks. Functional trolleys were arranged individually so that they could walk steadily and swivel on six-wheeled walking mechanisms in the upper and lower trolleys, as well as the rotatable side wheel shaft. The platform merged upper and lower computer automatic controls, multi-sensors technology, wireless communication, gardens irrigation technology etc. Field conditions were simulated repeatedly. Performance and reliability experiments could both be carried out. More than ten parameters such as soil firmness, soil moisture, oscillation and forces of micro-cultivator handling etc. were collected, displayed and analyzed conveniently by the micro-cultivator testing platform.

**Key words** Micro-cultivator, Soil bin, Testing platform, Wireless communication

### 引言

传统的微耕机性能及可靠性试验均在田间进行,室外试验因受季节、气候等环境或自然因素的复

杂影响而受到限制,且土壤水分、硬度、土质等变化将影响试验结果。同时由于可靠性试验耗时长,要求累计负荷下的作业时间不小于300 h,其中旋耕时间不小于200 h<sup>[1-2]</sup>,增加了试验人员劳动强度。在

收稿日期: 2010-07-01 修回日期: 2010-07-16

\* 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2010AA101401)

作者简介: 颜华,高级工程师,主要从事耕作种植机械研究, E-mail: yanhua@caams.org.cn

室内创建试验土槽,对田间工况重复模拟<sup>[3-5]</sup>,提供先进的检测手段,进行微耕机性能及可靠性试验的试验平台将保证试验条件的一致性,并解决上述存在的问题。

目前,国内外的一些科研单位和大学设有土槽试验装置。国外如澳大利亚、加拿大、美国、以色列、英国等,国内如中国农业大学、江苏大学、黑龙江省农机院等设置有针对多种土壤工作部件的土壤试验台。但大部分为直线往复土槽,一般采用土槽上设置水平双轨,试验台车悬挂工作部件在轨道上行驶的方式,这种方式使得试验台车从土槽一端行驶至另一端后,由于工作部件的单向作业特性,必须退回起点再进行试验,不能连续作业,只能进行性能试验。加拿大萨斯喀彻温省大学的圆环形土槽试验台<sup>[6]</sup>,主要用于耕作部件的磨损特性测试,工作部件在这种形式下的行驶路线为圆形,虽然可以连续作业,但与微耕机的田间工作状态差别很大。

现有土槽均不能满足微耕机试验的要求,因此本文针对国内微耕机产品的特点及现状,参照国家相关标准中的微耕机试验方法<sup>[1-2]</sup>,研制可进行性能试验和可靠性试验的室内试验平台。

## 1 微耕机试验平台结构

试验平台主要由土槽、立柱和导轨、主牵引传动系统、各功能台车、供水系统等组成。各台车置于导轨上,夹持台车扶持微耕机,主牵引传动系统通过驱动输送链拖动各功能台车沿导轨前行。试验平台结构示意图如图1所示。

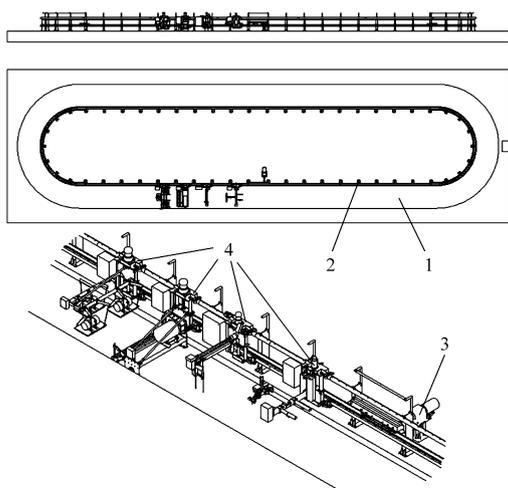


图1 微耕机试验平台结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of micro-cultivator test platform

1. 土槽 2. 立柱和导轨 3. 主牵引传动系统 4. 各功能台车

### 1.1 土槽与导轨

考虑试验平台应能保证微耕机连续耕作,土槽设计成环形,由两直线段和两半圆弧段组成。根据

国内微耕机工作幅宽为600~1350mm的要求<sup>[7]</sup>,设定土槽宽2m。根据国家机械行业标准,性能试验时测区长度不小于20m<sup>[1]</sup>,考虑应加上缓冲区并结合现场情况,直线段长度定为32m,以微耕机的旋耕轴为起点,由台车上的接近开关感应导轨上的感应板发出信号,对进入、驶出弯道,进入、驶出测试区进行精确定位。微耕机运行一周可进行2次性能试验。土槽内填充介质从上至下分别为土壤层及滤水层,内壁及底部做防水处理,可防渗水并保持土壤含水率,底部为缓慢过渡的斜坡,多余积水可排出土槽,土壤层厚度为500mm。

沿土槽内侧混凝土台阶上等距安装了一系列立柱,立柱是主牵引传动系统及运行导轨等的支撑载体。运行导轨固定在立柱上,设计为立式环形双轨,以支撑各功能台车。闭合的环形导轨与立柱形成整体框架,提高了强度,又保证台车能循环运行。输送链导轨环状固定在下层运行导轨之上,截面为“ ”形,其内腔为输送链运行轨道,两端设有输送链张紧装置。

### 1.2 主牵引传动系统

主牵引传动系统提供各功能台车在导轨上正常运行的动力,由变频电动机、减速机、驱动链轮、驱动链及输送链等组成,结构示意图如图2所示。

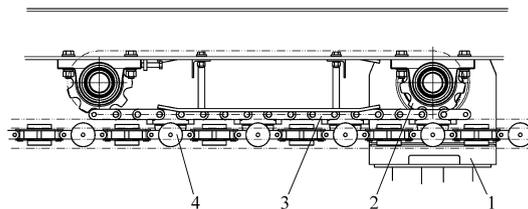


图2 主牵引传动系统结构示意图

Fig.2 Structure of main transmission

1. 变频电动机 2. 驱动链轮 3. 驱动链 4. 输送链

驱动链带有拨齿,输送链为双向、双导轮结构,导轮可垂直与水平方向在输送链导轨内滚动。工作时,电动机减速后将动力经链轮传到异形拨齿驱动链,并由驱动链拨齿拨动输送链十字节带动其在输送链导轨中运行。输送链上设有连接机构,通过连板与各台车上的连接座相连,牵引台车在轨道上行驶。设计主牵引传动系统时主要考虑微耕机行驶速度、系统需克服的阻力及传动损失来确定参数。通过调节变频电动机的转速,使输送链与微耕机速度保持同步。

### 1.3 各功能台车

试验平台的台车按功能分开布置,顺序依次为:夹持台车、测试台车、旋耕台车和压实台车,分开布置可分散台车质量,减轻对导轨和立柱的压力。各台车基本结构示意图如图3所示。

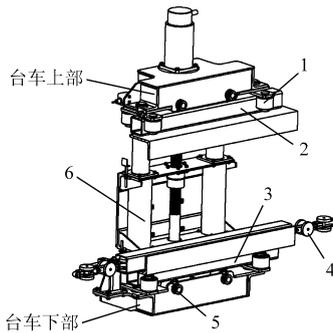


图3 台车结构示意图

Fig. 3 Structure of trolley

1. 侧导轮 2. 上导轨 3. 下导轨 4. 输送链 5. 端导轮 6. 升降机构

台车上、下部分别设有2个端导轮和2组侧导轮,以支撑台车质量、平衡悬臂产生的力矩,同时限制台车的5个自由度,使台车只能沿轨道行驶。侧导轮支架上有可转动的支轴,保证台车在弯道行驶时顺畅转弯。

升降机构由电动机、丝杠、升降导轨、套管固定座等组成。升降导轨将台车上、下部连接起来,套管固定座上固定有丝杠螺母,电动机驱动丝杠可控制套管固定座沿升降导轨上升或下降,升降距离通过丝杠端部的编码器控制,各功能台车根据升降要求的速度选择电动机。不同的台车套管固定座上安装不同的设备或部件。

夹持台车上安装有微耕机扶手夹持机构,通过升降夹持机构改变微耕机阻力棒的深度,控制微耕机的速度及耕深达到设定要求。夹持机构在前进方向上随微耕机前、后浮动,保证微耕机完全由自身动力驱动向前行驶。夹持机构完全模拟人力扶持微耕机工作过程。夹持台车上安装了拉压传感测力机构,测定微耕机工作过程中扶手的垂直和侧向受力情况。台车上固定的油温计、转速计、噪声计、液位计等分别测定微耕机发动机油温、微耕机旋耕转速、耳旁噪声、可靠性试验时微耕机的油耗。

测试台车安装有土壤含水率仪、激光测距仪、土壤坚实度仪,可上下、左右移动,按照国家标准试验方法测定测区内不同点、不同土壤深度的含水率、坚实度及土壤的蓬松度<sup>[1-2]</sup>。摄像机安装在台车上部,性能试验时摄录微耕机作业过后土壤的形态,并在后期对采集的图像数据进行碎土质量的分析。试验平台控制系统的下位机为PLC可编程控制器,装在测试台车上,是现场数据采集和控制的中心。

旋耕台车安装旋耕机、刮土板及初压辊,工作幅宽为1700 mm。压实台车上装有3台平板振捣器,将初压过的土壤压实。旋耕台车、压实台车与供水系统一起由计算机控制共同完成土壤恢复工作。可

靠性试验时,土壤恢复工作可随微耕机后连续进行。

#### 1.4 供水系统

环形土槽中间原有几根立柱,空间上不允许随车配置输水管路对土壤供水。若采用台车背负水箱供水的方式,整个系统也要随之运行,增加了试验平台的动力消耗,且台车也不宜背负大体积水箱,因此设计了固定式供水系统。将园林灌溉用的喷洒区域为方形的地理式喷头嵌于土槽内、外两侧,将水加压,经管道输送至喷头,并由喷头将水喷出<sup>[8]</sup>。为保证土壤水分的均匀性,内、外喷头交叉布置。由计算机控制2个电磁阀,对土槽两侧分别喷洒以免台车及设备被水喷湿。根据土壤含水率仪测出的含水率与理想含水率对比计算所需水量,控制洒水时间。

## 2 微耕机试验平台供电系统

由于试验台采用环形轨道设置,进行可靠性试验时台车需沿轨道绕行多圈,无法用电缆向其供电,所以采用环形滑触线供电的解决方案。在轨道上方架设一条与之相似的三相四线制环形滑触线导管,由电缆引入动力电源;滑触线的导电器由台车带动,沿导管运行,向台车供电。当导电器运行至导管的连接处,可能引起接触不良,出现电火花甚至出现瞬间断电,导致下位机运行不稳定。为解决此问题,本系统采用了两个导电器并联取电的方式,使得台车运行在任何位置,都能保证至少有一个导电器与滑触线的电源母线接触良好,提高了供电系统的可靠性和测试系统的稳定性。

## 3 微耕机试验平台测控系统

### 3.1 测控系统硬件

系统采用上、下位机控制模式。上、下位机控制形式因其采样速度快、抗干扰性能强、人机界面友好等优点被广泛地应用于自动控制领域<sup>[9-12]</sup>。

试验平台控制系统硬件框图如图4所示。

上位机采用高性能的工业级控制计算机,操作人员直接发出控制指令至下位机,并对下位机上传的数据进行分析、处理,最终输出试验结果。

下位机采用PLC可编程控制器,由两部分组成。一部分随测试台车运行,根据上位机指令,采集各传感器数据,并根据微耕机运行姿态,进行微耕机的耕深和速度控制;另一部分置于主传动调速系统内,根据速度控制指令,调整由变频器控制的主牵引传动系统的转速,使之跟随微耕机的前进速度。

控制系统可切换为手动状态或自动状态。手动状态时,操作人员可通过台车上的移动控制柜按钮和主牵引传动系统的固定控制柜按钮控制各种运行

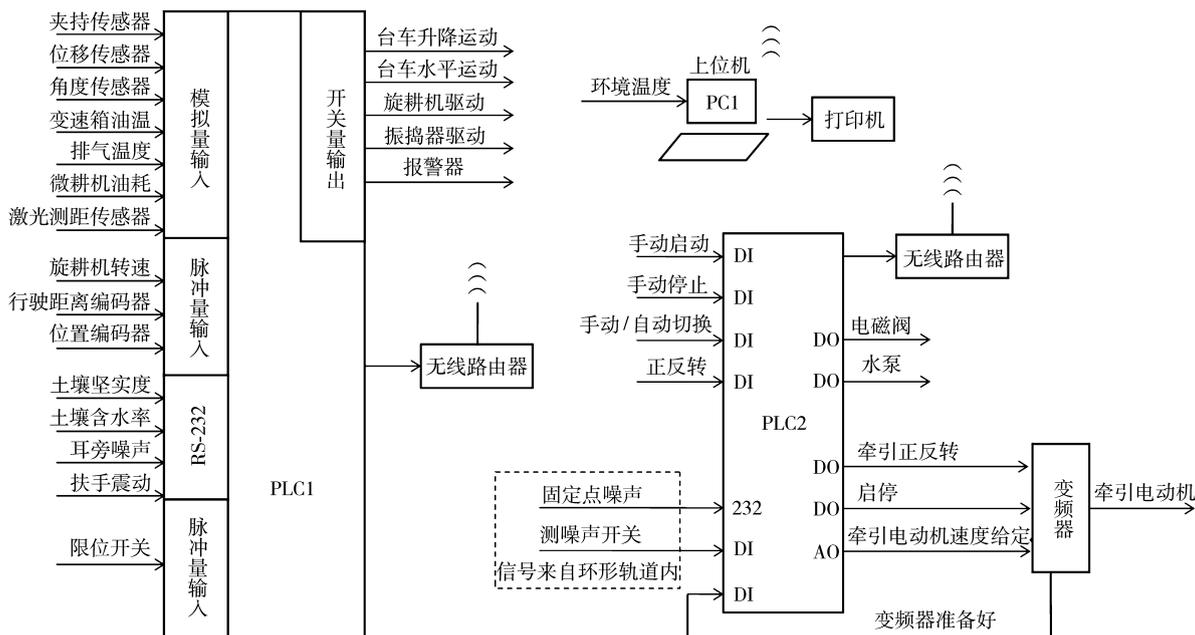


图4 测控系统硬件框图

Fig.4 Schematic diagram of measurement and control

状态,主要用于台车临时移动、悬挂微耕机、试验台维修等;自动状态时,操作人员在控制中心通过上位机发出指令进行试验。

由于测试台车上的下位机要随车移动,控制系统的上、下位机之间无法用有线电缆进行数据传送,本系统采用了无线网络通讯技术。控制系统的上、下位机的通讯距离在 50 m 以内,采用的无线路由器覆盖范围大于 100 m;工作频段在 2.4 GHz,远离一般干扰源的频率,保证了通讯质量。经实际测试,实验室内无线通讯最高数据传送率达到 62 kB/s,完全满足所需的传输速率。

### 3.2 测控系统软件

根据硬件设计和试验要求,设计开发了相应的管理与控制软件。系统软件框图如图 5 所示。

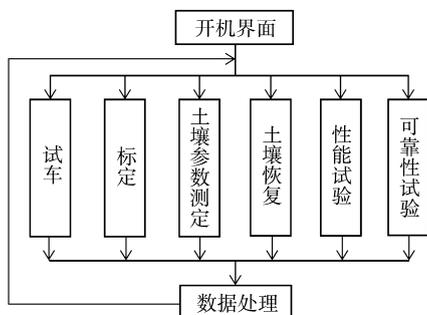


图5 控制系统软件框图

Fig.5 Block diagram of software

上位机使用组态软件进行人机操作界面设计,即使是非专业人员也可以方便操作。开发了试验数

据分析和管理软件,可对下位机上传的数据进行分析、处理和存储,打印输出各种试验报表。

下位机程序采用模块化设计,以方便程序修改和升级,主要分为试车、标定、土壤参数检测、土壤恢复、性能试验、可靠性试验六大功能模块,以供上位机调用。

试验时,操作人员在控制室通过上位机选择功能模块,输入试验参数,点击“试验开始”钮,上位机便自动将控制指令传至下位机;下位机根据指令,调用相应的程序模块控制相应设备,并采集各传感器数据回传至上位机。上位机获取试验数据后,执行程序,输出结果。

### 4 结论

(1) 试验平台运行过程中各功能台车行驶平稳、转弯顺畅,主传动牵引系统速度可在 0 ~ 0.6 m/s 范围内无级调速,各台车升降、平移平稳。试验平台可重复模拟田间工况,环形的土槽及轨道保证平台可进行微耕机整机的性能试验及可靠性试验,减少了试验场地的占用,减轻了试验人员的劳动强度。

(2) 实时进行多项数据的采集和处理,采用无线通讯技术,实现了环形运动的测试车与固定的驱动电动机控制柜、主控室之间的数据实时交换。

(3) 结合园林灌溉技术,喷洒面积为方形的地理喷头供水系统保证均匀准确地调节土壤水分。

## 参 考 文 献

- 1 JB/T 10266.2—2001 微型耕耘机 试验方法[S].
- 2 GB/T 5668—2008 旋耕机[S].
- 3 田斌,吴建民,胡靖明,等. 新型免耕农业机械试验土槽的设计[J]. 甘肃农业大学学报,2006,41(1): 94~96.  
Tian Bin, Wu Jianmin, Hu Jingming, et al. Design of new trail soil slot for no-tillage farm machinery[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2006, 41(1): 94~96. (in Chinese)
- 4 Mardani A, Shahidi K, Rahmani A, et al. Studies on a long soil bin for soil-tool interaction[J]. Cercetări Agronomice în Moldova,2010,18(2): 5~10.
- 5 Liu J, Chen Y, Lobb D A. Soil-straw-tillage tool interaction: field and soil bin study[J]. Canadian Biosystems Engineering, 2007, 49: 2.1~2.6.
- 6 Graff L J, Roberge R C, Crowe T G, et al. Wear of ripper point hardsurfacing[C]// American Society of Agricultural and Biological Engineers, North Dakota State University, Fargo, North Dakota, USA, 2007.
- 7 曾兴宁,罗宏. 重庆微耕机现状及发展探讨[C]// 丘陵山区农业机械化发展论坛,成都,2009.
- 8 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册:上册[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007.
- 9 王庆祝,林鸿举,刘海涛,等. 基于双主从结构的温室群测控系统[J]. 农业机械学报,2008,39(9): 192~195.
- 10 赵祚喜,罗锡文,马瑞峻. 土槽台车定位系统的研制[J]. 华南农业大学学报,2002,23(2):77~79.  
Zhao Zuoxi, Luo Xiwen, Ma Ruijun. A positioning system for soil bin[J]. Journal of South China Agricultural University, 2002, 23(2): 77~79. (in Chinese)
- 11 赵祚喜,罗锡文. 土槽遥控系统的设计与制作[J]. 农业机械学报,1999,30(3):5~10.  
Zhao Zuoxi, Luo Xiwen. Design of a remote control system for soil bin[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1999, 30(3):5~10. (in Chinese)
- 12 王国华. 基于虚拟仪器的农机土槽测控系统[D]. 北京:中国农业大学,2002.  
Wang Guohua. Farm machinery test and control system based on virtual instrument on a soil bin[D]. Beijing: China Agricultural University, 2002. (in Chinese)

---

(上接第 42 页)

- 8 郑源,严继松,张占. 抽水蓄能电站引水岔管水力特性数值模拟[J]. 排灌机械,2008,26(2):45~48.  
Zheng Yuan, Yan Jisong, Zhang Zhan. Numerical simulation on hydraulic characteristics in water diversion bifurcated pipes of pumped storage power station[J]. Drainage and Irrigation Machinery, 2008, 26(2): 45~48. (in Chinese)
- 9 Muller N, Einzinger J, Lepach T, et al. Application of a multi level CFD-technique for the design optimization of hydraulic machinery bladings[C]//Proceedings of the ASME Heat Transfer/Fluids Engineering Summer Conference, 2004, 2: 601~608.
- 10 Nakamura S, Ding W, Yano K, et al. A 2.5D single passage CFD model for centrifugal pumps[C]. ASME Paper FEDSM 98—4858,1998.