

基于 ATmega128 单片机的开沟深度自控系统试验台的设计

蔡国华, 李 慧, 李洪文^{*}, 王庆杰, 何 进, 倪际梁

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘 要: 为免耕播种机开沟深度自控系统开发做铺垫, 该文设计了一种开沟深度自动控制系统室内试验台, 该试验台由检测单元、控制器、驱动板、液压系统、调节机构、开沟器等组成, 实现了开沟深度跟踪控制。试验结果表明: 当开沟深度相对期望开沟深度过深或过浅 50 mm 时, 其稳态响应时间分别为 0.48 与 0.6 s, 误差均小于 10 mm; 当地表模拟板起伏坡度较小或较大(电机转速分别约为 10 或 25 r/min)时, 动态响应误差分别在 -30~30 mm、-60~40 mm 范围内。所设计的开沟深度自控系统试验台可模拟动、静态响应试验, 系统稳定, 控制策略有待进一步研究以减少静态响应时间与动态响应误差。

关键词: 单片机, 设计, 农业机械, 开沟深度, 电液比例控制, 试验台

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.10.002

中图分类号: S223.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-10-0011-06

蔡国华, 李 慧, 李洪文, 等. 基于 ATmega128 单片机的开沟深度自控系统试验台的设计[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 11-16.

Cai Guohua, Li Hui, Li Hongwen, et al. Design of test-bed for automatic depth of furrow opening control system based on ATmega128 single chip microcomputer[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(10): 11-16. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

10 余年的试验研究、示范推广证明保护性耕作在中国北方是适用、可行的, 具有保护环境、节约资源、节本增收的综合效益^[1]。在保护性耕作条件下, 地表条件恶劣, 影响免耕施肥播种质量, 尤其是对播深控制影响较大, 而播深一致是播种作业保证苗齐、苗全、苗壮的基本要求^[2]。因此, 必须对免耕播种机播深控制进行研究, 将开沟深度维持在一定的深度范围内, 以获得较好的种子发芽出苗环境。

中国广大农村地块小, 一般都要求悬挂式免播机组作业^[3]。悬挂机组的耕作部件工作深度调节方式, 通常有高度调节、阻力调节、位置调节和力位综合调节等方法^[4]。在实际应用中, 国内免播机开沟深度控制极少采用阻力调节、位置调节或力位综合调节等主动控制技术, 而多采用被动控制技术, 即高度调节方法, 利用限深轮对地表面的仿形控制开沟深度。高度调节方法主要包括单体仿形和整体仿形 2 种形式, 其中单体仿形实现了每一行的仿形, 仿形效果要优于整体仿形。目前生产和推广使用的玉米免耕施肥播种机多采用单体平行四连杆仿形机构; 而小麦免耕施肥播种机却出于减少机具质量、降低成本等因素的考虑, 多采用整体仿形^[2]。然而, 被动控制

技术通过人工手动调节仿形部件与开沟器之间的相对垂直距离来调节开沟深度, 费时费力、精度难以保证, 且开沟深度易受机组质量、土壤质地等外界条件影响^[7]。阻力调节、位置调节和力位综合调节方法不能实现对每一行的开沟深度控制。因此国内亟待研究针对免播机组的特定主动式开沟深度控制技术, 确保免耕条件下播种深度一致。

国外开沟深度控制兼有主、被动控制技术, John Deere 公司生产的多种播种机上均在圆盘开沟器侧面有橡胶限深轮^[2], 利用被动控制技术控制圆盘开沟器开沟深度; Amazone 公司生产了一种电子深度控制装置, 是一种装在开沟器上的超声波探测器, 实时检测开沟深度, 若开沟深度偏离规定值, 通过液压系统调节, 达到开沟深度一致^[5]; E. T. Weatherly 与 C. G. Bowers Jr.^[6]基于干燥面传感器(drying front sensor, DFS)研制了一主动式播种机播种深度自控系统, 该系统采用 DFS 检测土壤电阻以得到土壤含水量, 再通过控制器、液压系统、调节机构等将圆盘开沟器调整至合适位置, 即将种子播在土壤含水量合适的深度。此外, 主动式电液控制系统在农业工程领域的研究还包括施肥深度自控系统^[7-8]、弹齿除草耙深自控系统^[9]、土壤坚实度在线测试系统^[10-13]、自动变量施肥控制系统^[14]、梳脱台高度自动控制系统^[15-16]等。

室内试验相对田间试验不受季节、气候条件的影响, 试验安排机动性强, 便于搭线、安装以及试验得到一系列重要参数, 可缩短开发周期, 提高系统开发效率。鉴于此, 本文设计了一主动式开沟深度自控系统试验台, 模拟开沟深度过深或过浅时的稳态响应过程以及地表高低起伏时的动态响应过程, 为田间免播机开沟深度自控

收稿日期: 2011-01-26 修回日期: 2011-08-29

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903009)

作者简介: 蔡国华(1985-), 男, 江苏盐城人, 博士生, 主要从事保护性耕作技术及配套机具研究。北京 中国农业大学工学院, 100083。

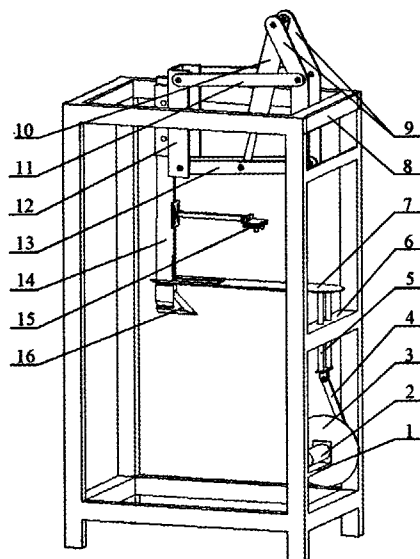
Email: caiguohua@cau.edu.cn

*通信作者: 李洪文(1968-), 男, 江苏泗阳人, 博士, 博士生导师, 中国农业工程学会会员(E041200280S), 主要从事保护性耕作技术研究。北京 中国农业大学工学院, 100083。Email: lihongwen@cau.edu.cn

系统的研制与开发做铺垫。

1 总体结构与工作原理

开沟深度自控系统试验台主要由地表模拟机构、检测单元、控制器、驱动板、液压系统、调节机构、开沟器等组成。其中,地表起伏模拟机构、检测单元、调节机构以及开沟器等结构简图如图1所示。地表起伏模拟机构通过电机安装支座及滑槽支座安装在机架上,可模拟地表起伏;检测单元为超声波传感器,实时检测开沟深度;控制器为单片机,当开沟深度与期望开沟深度之间的偏差超过预设误差限时,控制器输出一控制信号;驱动板是利用元器件对控制信号进行功率放大以驱动液压阀工作;液压系统安置于机架周围,其液压控制元件控制液压缸动作;四杆机构通过调节机构安装支座安装在机架上,并通过开沟器安装支座与开沟器连接,与液压缸配合工作,调节开沟深度。



1. 电机安装支座 2. 直流调速电机 3. 圆盘 4. 连杆 5. 滑柱 6. 滑柱支座 7. 地表模拟板 8. 机架 9. 调节机构安装支座 10. 液压缸 11. 上连杆 12. 开沟器安装支座 13. 下连杆 14. 开沟器铲柄 15. 超声波传感器 16. 开沟器角尖

图1 开沟深度自控系统试验台结构简图

Fig.1 Structural diagram of test-bed for automatic depth of furrow opening control system

超声波传感器固定在开沟器铲柄上。传感器安装位置到开沟器底部的距离 h_1 是一定的,通过探测其安装位置到地表模拟板的距离 h_2 ,得出开沟器底部距地表模拟板的距离,即开沟深度 h 为

$$h = h_1 - h_2 \quad (1)$$

当地表模拟板在直流调速电机的带动下上下移动模拟地表起伏时,开沟深度跟随着变化,当设定开沟深度与实际开沟深度之间的偏差大于误差限时,单片机输出控制信号,经驱动板功率放大后,传递至液压阀,液压缸与调节机构分别相应地缩进与上下摆动,调节开沟深度,系统不断循环,直至开沟深度合适为止,系统原理方块图如图2所示。

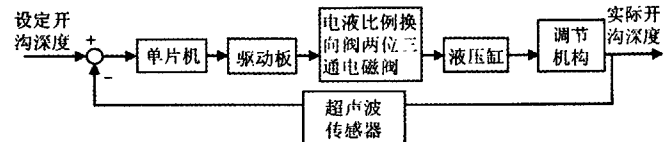


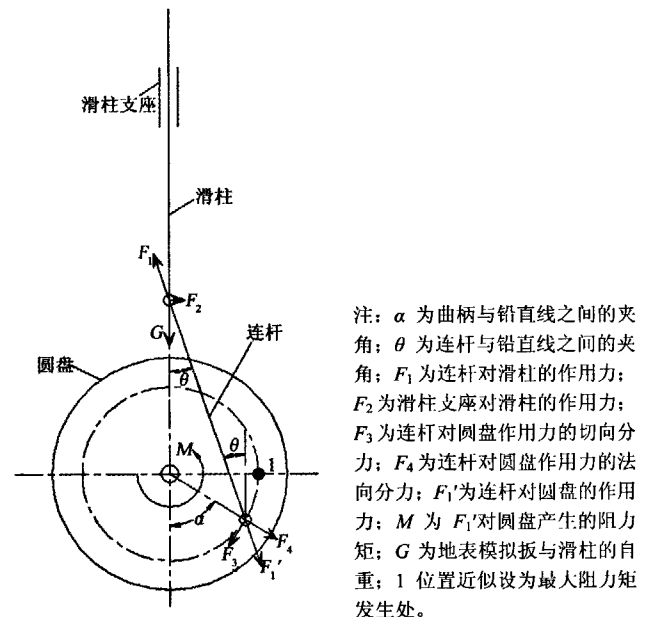
图2 开沟深度试验台原理方块图

Fig.2 Block diagram of test-bed for depth of furrow opening

2 设计

2.1 地表起伏模拟机构

地表起伏模拟机构,由电机安装支座、直流调速电机、圆盘、连杆、滑柱、滑柱支座、地表模拟板等组成(图1)。地表起伏模拟机构原理上即曲柄滑块机构,通过一系列从动件将直流调速电机的旋转运动转变成地表模拟板的上下直线运动,模拟地表起伏,地表起伏模拟机构简图如图3所示。



注: α 为曲柄与铅直线之间的夹角; θ 为连杆与铅直线之间的夹角; F_1 为连杆对滑柱的作用力; F_2 为滑柱支座对滑柱的作用力; F_3 为连杆对圆盘作用力的切向分力; F_4 为连杆对圆盘作用力的法向分力; F_1' 为连杆对圆盘的作用力; M 为 F_1' 对圆盘产生的阻力矩; G 为地表模拟板与滑柱的自重; 1 位置近似设为最大阻力矩发生处。

图3 地表起伏模拟机构简图与受力图

Fig.3 Sketch and force diagram of surface undulation simulative mechanism

2.1.1 电机扭矩选择

机构运动所要克服的阻力主要为地表模拟板上升时地表模拟板与滑柱的自重 G (忽略圆盘、连杆自重以及滑柱与其支座间的摩擦),连杆对滑柱的作用力 F_1 为

$$F_1 = \frac{G}{\cos \theta} \quad (2)$$

式中, θ 为连杆与铅直线之间的夹角, ($^\circ$); G 为地表模拟板与滑柱的自重, N; F_1 为连杆对滑柱的作用力, N。

连杆为二力构件,其对圆盘的作用力 F_1' 与其对滑柱的作用力 F_1 相等, F_1' 对圆盘产生的阻力矩 M 为

$$M = F_3 \cdot R = F_1' R \sin(\alpha - \theta) = F_1 R \sin(\alpha - \theta) \quad (3)$$

式中, α 为曲柄与铅直线之间的夹角, $^\circ$; F_3 为连杆对圆盘作用力 F_1' 的切向分力, N; R 为曲柄回转半径, m。

$$P = G \cdot v \quad (4)$$

式中, P 为负载所消耗的功率, W 。设计中, G 约为 20 N , v 地表模拟板由最低点升至最高点的平均速度, m/s 。 R 为 0.075 m , 近似认为最大阻力矩发生在 1 点位置, 有 α 为 90° , θ 为 19° , F_1 为 21.2 N , M 为 $1.5\text{ N}\cdot\text{m}$ 。由曲柄回转半径 R 为 0.075 m , 可知地表模拟板上止点与下至点的距离, 即起伏幅度 S 为 0.15 m 。电机额定转速 n 拟取 30 r/min , 在此转速下, 地表模拟板由最低点升至最高点的平均速度 v 为 0.15 m/s , 负载所消耗的功率 P 约为 3 W 。

电机转矩需克服阻力矩才能驱动机构运动, 另拟采用改变电枢回路中的电阻调节电机转速, 为保证能在较低转速下能驱动电机转动, 选择 45JX100K100G/4568-1230 型直流调速电机, 其供电电压 12 V 直流电, 额定转矩 $3.6\text{ N}\cdot\text{m}$, 额定转速 30 r/min , 额定功率 10 W 。

2.1.2 调速器

鉴于电机功率小、且调速范围要求不大, 选择 DC-TS 直流调速器调节电机转速, 通过改变电枢回路中的电阻来实现调速, 其主要参数为: 输入电压 $12\sim 40\text{ V}$ 直流; 输出功率最大 60 W , 满足电机调速要求。

若以地表模拟板处于上止点与下至点之间的中间位置为基准, 且从上止点开始计时, 则模拟地表高度 h_3 等于

$$h_3 = \sqrt{l^2 - (R \sin \frac{\pi}{30} \omega t)^2} + R \cos \frac{\pi}{30} \omega t - l \quad (5)$$

式中, l 为连杆长度, m ; ω 为电机转速, r/min 。设计中 l 取 0.2 m , 当电机转速分别为 10 与 25 r/min 时, 利用 MATLAB 软件分析得到模拟地表高度 h_3 变化曲线, 如图 4 所示。当地表模拟机构运动时, 模拟地表高度 $h_{3\text{max}}=0.075\text{ m}$, $h_{3\text{min}}=-0.075\text{ m}$, 地表模拟板起伏幅度为 0.15 m , 起伏坡度通过调节直流调速电机转速进行控制。

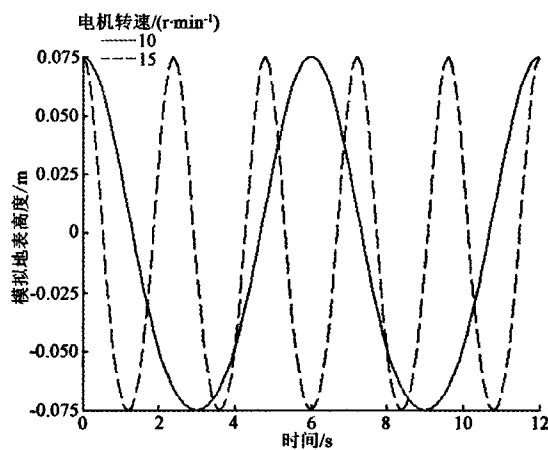


图 4 模拟地表高度变化曲线

Fig.4 Variation curve of simulating surface height

2.2 调节机构

调节机构包括调节机构安装支座、液压缸、平行四杆、开沟器安装支座等, 如图 1 所示。其中, 开沟器安装支座通过平行四杆与调节机构安装支座相连; 液压缸缸筒与调节机构安装支座通过销连接, 液压缸活塞杆与

平行四杆下连杆通过销相连。液压缸有杆腔(无杆腔)进油时, 平行四杆、开沟器安装支座及开沟器相应地上移(下移), 调整开沟深度。

油缸工作行程 l_1 取 160 mm , 当油缸活塞杆以 20 mm 步长从全缩位置 ($y=0$, 图 5d 位置) 递推到全伸位置 ($y=160\text{ mm}$, 图 5f 位置) 时, 如图 5 所示, 应用图解法求得对应的开沟深度变化 dh 见表 1。

当地表模拟板与液压缸活塞均位于行程中间(图 5 b、e 位置) 时, 设计中取当前开沟深度等于 100 mm , 即期望开沟深度(此时施肥深度为 100 mm , 播种深度为 50 mm)。以此为基准, 易知地表模拟板的上下移动范围在 $-75\sim 75\text{ mm}$ 之间, 而开沟器上下移动范围为 $-173.6\sim 157.5\text{ mm}$, 因此调节机构能够在地表模拟板的移动范围内将开沟深度调至期望开沟深度。

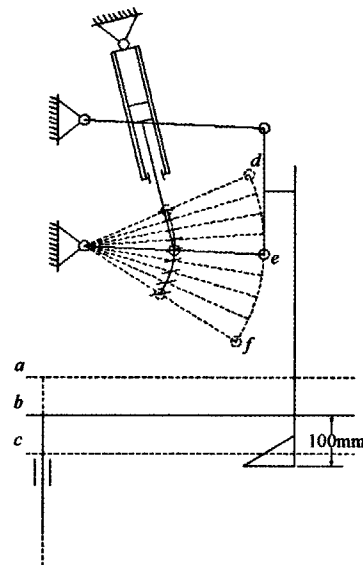


图 5 调节机构示意图

Fig.5 Schematic diagram of regulating mechanism

表 1 油缸活塞位移与开沟深度变化的对应关系

Table 1 Relationship between cylinder piston position and depth change of furrow opening

油缸活塞位移/mm	开沟深度变化/mm
0	—
20	37.6
40	38.8
60	40.0
80	41.1
100	42.2
120	43.1
140	43.9
160	44.4

注: 油缸活塞位移以 20 mm 为步长递进

2.3 液压系统

液压系统包括油箱、电机、液压泵、过滤器、单向阀、蓄能器、电液比例换向阀、两位三通电磁阀、液压缸、节流阀、卸荷阀等, 如图 6 所示。其中, 蓄能器存储多余的压力油液, 并在需要时释放出来供给系统; 电

液比例换向阀通过操纵比例电磁铁可能控制油液的流向与流量；顺序阀为外控式，若系统压力过高，可卸压。

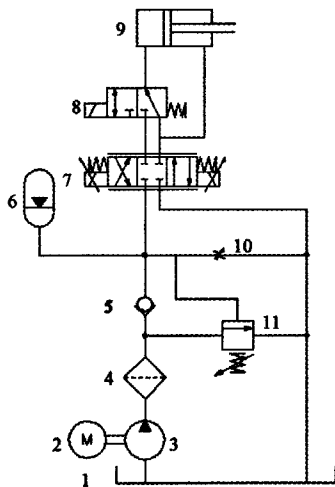
当开沟深度与期望开沟深度一致时，电液比例换向阀处于中位且两位三通电磁阀得电，液压缸连接方式为非差动连接，没有动作；当开沟深度过浅（过深）时，电液比例换向阀中位（左位）以及两位三通电磁阀右位（左位）接入系统，液压缸活塞杆推进（回缩），直至开沟深度合适。

液压缸活塞杆推进时油路：

液压缸 9 有杆腔 → 阀 8（左位） → 液压缸 9 无杆腔，差动连接（液压缸活塞杆在调节机构以及开沟器重力作用下推进）。

液压缸活塞杆回缩时油路：

进油路：泵 3 → 过滤器 4 → 单向阀 5 → 阀 7（左位） → 阀 8（左位） → 液压缸 9 有杆腔回油路；液压缸 9 无杆腔 → 阀 8（左位） → 阀 7（左位） → 油箱 1。



1. 油箱 2. 电机 3. 液压泵 4. 过滤器 5. 单向阀 6. 蓄能器 7. 电液比例换向阀 8. 两位三通电磁阀 9. 液压缸 10. 节流阀 11. 顺序阀

图 6 液压系统原理图

Fig.6 Schematic diagram of hydraulic system

2.4 检测单元

检测单元采用 DYP-ME007TX 超声波测距模块，包括超声波发射器、超声波接收器以及控制电路。其测距范围为 20~3 500 mm，分辨率为 1 mm，供电电压 5 V，模块通电后，约每 60 ms 测距一次，并通过 RS232 接口输出距离值，通信波特率为 9 600 bit/s。

串口输出一组数据，包含 4 个 8 位字节，格式为：0XFF+H_DATA+L_DATA+SUM。其中，0XFF 为起始字节，SUM 为校验字节，H_DATA 与 L_DATA 合成的 16 位数据，即超声波测距模块探测的距离值，单位为 mm。

DYP-ME007TX 超声波传感器为晶体管-晶体管逻辑 (transistor transistor logic, TTL) 电平串行信号输出，需使用 MAX232 芯片完成电平转换，使得超声波传感器输出信号与单片机 RS232 接口电平相匹配。

2.5 控制器

2.5.1 硬件结构

所采用的控制器为 ATmega128 单片机，是 8 位 AVR

微处理器，具有 128K 字节的系统内可编程 Flash，外设丰富：2 个通用同步和异步串行接收器和收发器 (universal synchronous/asynchronous receiver/transmitter, USART)，6 路分辨率可编程的脉宽调制 (pulse width modulation) 以及多个 I/O 端口等。单片机连接示意图如图 7 所示。

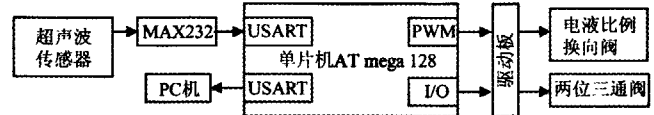


图 7 控制器连接示意图

Fig.7 Schematic diagram of controller connection

2.5.2 软件设计

利用 ICCAVR 编译器进行程序编写及编译，完成工程编译后，采用 AVR SUTDIO 软件将程序烧录到芯片中。主程序流程图如图 8 所示。

设定期望开沟深度及其误差限，当采集实际开沟深度与期望开沟深度之差的绝对值小于等于设定的误差限时，不作调整。

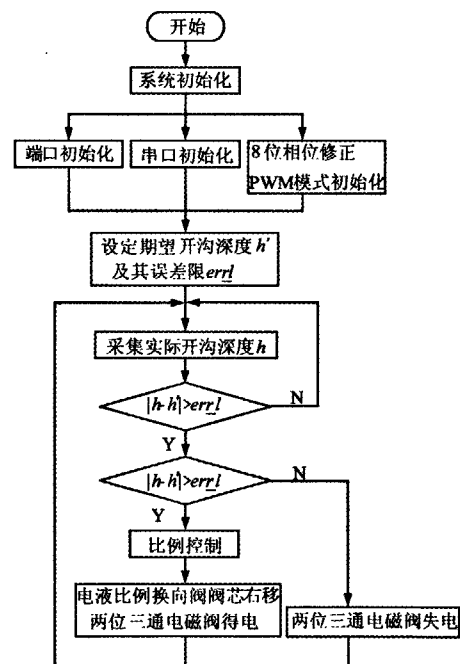


图 8 主程序流程图

Fig.8 Flow chart of main program

当开沟深度过深时，电液比例换向阀左位接入系统，两位三通电磁阀得电，油缸连接方式为非差动连接且有杆腔进油，开沟器往上运动。采用比例控制算法调节开沟深度。16 位定时器/计数器 (timer/calculator, T/C) 在 8 位相位修正脉宽调制 (pulse width modulation, PWM) 工作模式下，其输出比较寄存器的数据 $OCRnx$ 为

$$OCRnx = O_{dead} + k \times err \quad (6)$$

式中， O_{dead} 为克服电液比例换向阀死区所对应的输出比较寄存器数据； k 为比例系数； err 为期望开沟深度与实际开沟深度之间的误差。

当开沟深度过浅时，两位三通电磁阀失电，油缸连

接方式为差动连接，在调节机构以及开沟器的重力作用下，油缸活塞杆推进，开沟器往下运动。

此外，程序里还加了按键响应，手动调整开沟深度。

2.6 驱动板

单片机的输出控制信号需经驱动板放大后才能驱动液压阀工作。

2.6.1 供电电源

选择 SYN-50-S24 型兵装开关电源为驱动板提供 24 V 直流。

2.6.2 电源转换电路

采用 LM2576HVT-5.0 集成电路将电压从 24 V 直流转化成 5 V 直流，给单片机以及光耦供电。

2.6.3 两位三通电磁阀接口电路

二位三通电磁阀得失电利用 9013 三极管与 IRF9530MOS 管级联构成的开关电路来完成。

2.6.4 电液比例换向阀接口电路

电液比例换向阀控制通过 6N138 光耦进行光电隔离、LMD18200 电流放大集成电路实现功率放大。

3 试验

3.1 静态响应试验

手动按键调整使超声波传感器与地表模拟板的距离大约分别为 105 与 205 mm，即开沟深度相对期望开沟深度过深或过浅 50 mm，然后启动单片机控制程序进行调整，响应曲线如图 9 所示。

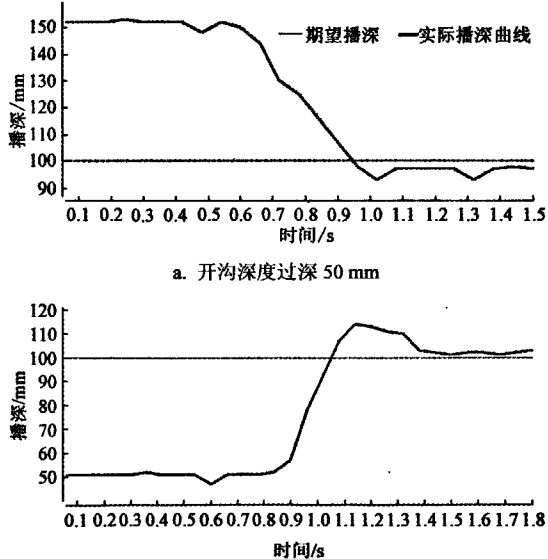


图 9 静态响应曲线
Fig.9 Static response curve

试验结果显示：当开沟深度相对期望开沟深度过深 50 mm 时，响应时间约 0.48 s，稳态误差 3 mm；当开沟深度相对期望开沟深度过浅 50 mm 时，响应时间约 0.6 s，稳态误差 3 mm，且有一次振荡。

在静态响应试验中，当开沟深度偏浅，即开沟器需要往下调节时，易出现超调现象；当开沟深度偏深，即

开沟器需要往上调节时，一般情况下不会出现超调现象。其主要原因是：开沟器往下运动时，油缸活塞处于浮动状态，由于调节机构、开沟器的重力惯性以及系统泄露等因素，易出现超调现象，其响应时间也稍长。

3.2 动态响应试验

当地表模拟板在电机带动下上下移动时，进行系统的跟踪试验。跟踪试验在连杆位于上至点时（地表模拟板由向上运动转换为向下运动时）开始，圆盘转动 2 圈后，停止试验，响应曲线如图 10 所示。

试验结果显示：电机低速（约 10 r/min）运转下，动态误差在 -30~30 mm 范围内；电机高速（约 25 r/min）运转下，动态误差较大，在 -60~40 mm 范围内。

地表模拟板上升时，由于系统响应需要一定的时间，在这段时间内，地表模拟板又上升了一段距离，因此超声波监测距离主要表现为偏小，即开沟深度过深；同理，当地表模拟板下降时，超声波探测距离主要表现为偏大，即开沟深度过浅。超声波传感器测距频率仅约 20 Hz，电机高速运转下势必引起更大的动态误差。此外，电机高速运转下，开沟深度过深范围大于过浅范围。原因在于地表模拟板上升（下降）时，系统惯性不（有）利于减小误差。

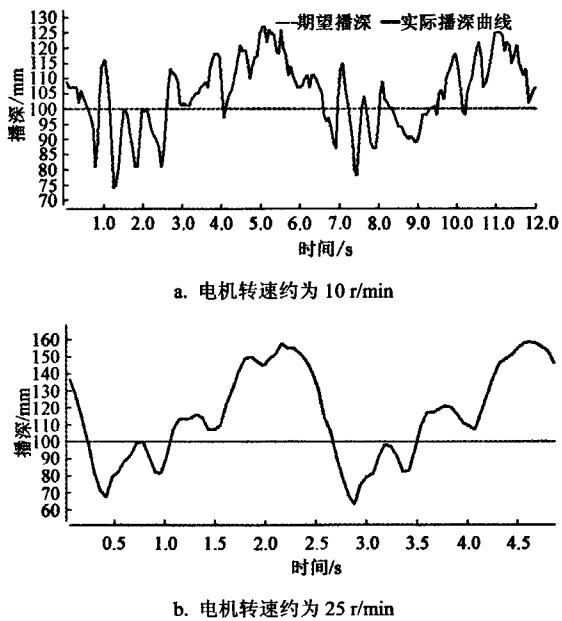


图 10 动态响应曲线
Fig.10 Dynamic response curve

4 结论

1) 设计的开沟深度自控系统试验台，可模拟静态响应试验以及在不同地表起伏坡度下的动态响应试验，系统稳定。

2) 当开沟深度相对期望开沟深度过深或过浅 50 mm 时，其静态响应时间分别为 0.48 与 0.6 s，误差在 10 mm 之内。

3) 当电机在低速（约 10 r/min）或高速（约 25 r/min）运转下，动态响应误差分别在 -30~30、-60~40 mm 范围内。地表模拟板上升时，超声波监测距离主要表现为偏小，即开沟深度过深；地表模拟板下降时，超声波探测距离主要表现为偏大，即开沟深度过浅。

4) 实际地表试验环境与试验台试验条件存在一定程度的差异, 需针对免耕地表选择合适的检测单元, 以及考虑土壤对开沟器的作用力。

[参 考 文 献]

- [1] 高焕文, 李洪文, 李问盈. 保护性耕作的发展[J]. 农业机械学报, 2008, 39(9): 43—48.
Gao Huanwen, Li Hongwen, Li Wenying. Development of conservation tillage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(9): 43—48. (in Chinese with English abstract)
- [2] 农业部农业机械化管理局. 中国保护性耕作[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 100—102.
- [3] 高焕文, 李洪文, 姚宗路. 轻型高防堵性能免耕播种机研究[J]. 中国工程科学, 2007, 9(9): 35—39.
Gao Huanwen, Li Hongwen, Yao Zonglu. Study on the light no-till seeders with high anti-blockage performance[J]. China Engineering Science, 2007, 9(9): 35—39. (in Chinese with English abstract)
- [4] 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: 23—24.
- [5] 赵涵俊. 装在开沟器上的超声波探测器[J]. 粮油加工与食品机械, 1989(1): 43.
Zhao Hanjun. An ultrasonic sensor attached to the opener[J]. Machinery for Cereals, Oil and Food Processing, 1989(1): 43. (in Chinese with English abstract)
- [6] Weatherly E T, Bowers Jr C G. Automatic depth control of a seed planter based on soil drying front sensing[J]. Transactions of ASAE, 1997, 40(2): 295—305.
- [7] Saeys W, Engelen K, Ramon H, et al. An automatic depth control system for shallow manure injection, part 1: Modelling of the depth control system[J]. Biosystems Engineering, 2007, 98(10): 146—154.
- [8] Saeys W, Wallays C, Engelen K, et al. An automatic depth control system for shallow slurry injection, part 2: Control design and field validation[J]. Biosystems Engineering, 2008, 99(2): 161—170.
- [9] Søgaard H T. Automatic control of a finger weeder with respect to the harrowing intensity at varying soil structures[J]. J agric. Engng Res 1998, 70(6): 157—163.
- [10] Mouazen M, Anthonis J, Saeys W, et al. An automatic depth control system for online measurement of spatial variation in soil compaction, part 1: Sensor design for measurement of frame height variation from soil surface[J]. Biosystems Engineering, 2004, 89(2): 139—150.
- [11] Saeys W, Mouazen A M, Anthonis J, et al. An automatic depth control system for online measurement of spatial variation in soil compaction, part 2: Modelling of the depth control system[J]. Biosystems Engineering, 2004, 89(3): 267—280.
- [12] Anthonis J, Mouazen A M, Saeys W, et al. An automatic depth control system for online measurement of spatial variation in soil compaction, part 3: Design of depth control system [J]. Biosystems Engineering, 2004, 89(1): 59—67.
- [13] Mouazen M, Anthonis J, Romon H. An automatic depth control system for online measurement of spatial variation in soil compaction, part 4: Improvement of compaction maps by using a proportional integrative derivative depth controller[J]. Biosystems Engineering, 2005, 90(4): 409—418.
- [14] 张辉, 李树君, 张小超, 等. 变量施肥电液比例控制系统的设计与实现[J]. 农业工程学报, 2010, 26(增刊 2): 218—222.
Zhang Hui, Li Shujun, Zhang Xiaochao, et al. Development and performance of electro-hydraulic proportion control system of variable rate fertilizer[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(Suppl2): 218—222. (in Chinese with English abstract)
- [15] 陈进, 张淑红, 李耀明. 联合收获机梳脱台高度自动控制系统的的设计[J]. 农业机械学报, 2003, 34(6): 65—67.
Chen Jin, Zhang Shuhong, Li Yaoming. Design of an automatic height control system for stripper of a combine[J]. Transactions of the CSAM, 2003, 34(6): 65—67. (in Chinese with English abstract)
- [16] 陈进, 张淑红, 李耀明, 等. 梳脱台高度自动控制系统建模与计算机仿真[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 110—113.
Chen Jin, Zhang Shuhong, Li Yaoming, et al. Model development and simulation of an automatic height control system for a stripper header[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(6): 110—113. (in Chinese with English abstract)

Design of test-bed for automatic depth of furrow opening control system based on ATmega128 single chip microcomputer

Cai Guohua, Li Hui, Li Hongwen^{*}, Wang Qingjie, He Jin, Ni Jiliang
(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: To develop an automatic depth of furrow opening control system for no-till seeders, an automatic depth of furrow opening control system for indoor test-bed was designed. It was made up of a measuring unit, a controller, a driving board, hydraulic system, adjusting mechanism, an opener, and so on. And it achieved tracking control of the depth of furrow opening. The results indicated that when the depth of furrow opening was 50 mm deeper than the desired value, the steady-state response time was about 0.48 s, and when that is shallower than the desired value, the steady-state response time was about 0.6 s, The maximum error of them both were less than 10 mm. The results also showed that when the undulation slope of surface imitating board was smaller (motor speed was about 10 r/min), the dynamic response error was limited to -30-30mm, when that was bigger (motor speed was about 25 r/min), the dynamic response error was limited to -60-40 mm. The imitating static and dynamic response experiment could be carried out based on this test-bed for automatic depth of furrow opening control system, while control strategy should be studied further to decrease time of improve the performance of the system.

Key words: microcontrollers, design, agriculture machinery, depth of furrow opening, electro-hydraulic proportional control, test-bed

作者: 蔡国华, 李慧, 李洪文, 王庆杰, 何进, 倪际梁, Cai Guohua, Li Hui, Li Hongwen, Wang Qingjie, He Jin, Ni Jiliang
作者单位: 中国农业大学工学院, 北京, 100083
刊名: 农业工程学报 
英文刊名: Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering
年, 卷(期): 2011, 27(10)

参考文献(16条)

1. 高焕文;李洪文;李问盈 保护性耕作的发展[期刊论文]-农业机械学报 2008(09)
2. 农业部农业机械化管理司 中国保护性耕作 2008
3. 高焕文;李洪文;姚宗路 轻型高防堵性能免耕播种机研究[期刊论文]-中国工程科学 2007(09)
4. 中国农业机械化科学研究院 农业机械设计手册 2007
5. 赵涵俊 装在开沟器上的超声波探测器 1989(01)
6. Weatherly E T;Bowers Jr C G Automatic depth control of a seed planter based on soil drying front sensing 1997(02)
7. Saeyes W;Engelen K;Ramon H An automatic depth control system for shallow manure injection,part 1:Modelling of the depth control system 2007(10)
8. Saeyes W;Wallays C;Engelen K An automatic depth control system for shallow slurry injection,part 2:Control design and field validation 2008(02)
9. Sφgaard H T Automatic control of a finger weeder with respect to the harrowing intensity at varying soil structures 1998(06)
10. Mouazen M;Anthonis J;Saeyes W An automatic depth control system for online measurement of spatial variation in soil compaction,part I :Sensor design for measurement of frame height variation from soil surface[外文期刊] 2004(02)
11. Saeyes W;Mouazen A M;Anthonis J An automatic depth control system for online measurement of spatial variation in soil compaction,part 2:Modelling of the depth control system[外文期刊] 2004(03)
12. Anthonis J;Mouazen A M;Saeyes W An automatic depth control system for online measurement of spatial variation in soil compaction,part 3:Design of depth control system 2004(01)
13. Mouazen M;Anthonis J;Romon H An automatic depth control system for online measurement of spatial variation in soil compaction,part 4:Improvement of compaction maps by using a proportional integrative derivative depth controller 2005(04)
14. 张辉;李树君;张小超 变量施肥电液比例控制系统的设计与实现 2010(增刊2)
15. 陈进;张淑红;李耀明 联合收获机梳脱台高度自动控制系统的的设计[期刊论文]-农业机械学报 2003(06)
16. 陈进;张淑红;李耀明 梳脱台高度自动控制系统建模与计算机仿真[期刊论文]-农业工程学报 2003(06)

引证文献(2条)

1. 吴惠昌, 胡志超, 彭宝良, 顾峰玮, 王海鸥, 王伯凯 牵引式甜菜联合收获机自动对行系统研制[期刊论文]-农业工程学报 2013(12)
2. 游兆延, 吴努, 胡志超, 彭宝良, 吴惠昌, 王海鸥 土下果实收获挖掘自动限深系统设计[期刊论文]-中国农机化学报 2013(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nygcxb201110002.aspx