

精密播种机工作性能实时监测系统*

宋 鹏¹ 张俊雄¹ 李 伟¹ 张小超² 方宪法²

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 中国农业机械化科学研究院, 北京 100083)

【摘要】 采用光电传感技术获取种子下落信号后由单片机处理,实现了实际播种工况下播种量、漏播、重播量等参数的获取。系统采用一字线激光器和紧密排列的贴片光敏二极管分别作为光电传感器的发射端和接收端,实现了精密播种的无盲区监测,适用于直径大于2 mm的种子监测。设计与该系统配套的自清洁装置,能有效保证监测系统在恶劣环境中可靠工作。采用气吸式玉米精量播种机对农大86玉米种子进行试验,并使用高速线阵相机对系统的监测精度进行验证。试验结果表明,该系统播种量监测精度达98%,漏播监测精度达96%,并具有较高的稳定性。

关键词: 精密播种机 光电传感器 实时监控 自清洁

中图分类号: S223.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)02-0071-04

Real-time Monitoring System for Accuracy of Precision Seeder

Song Peng¹ Zhang Junxiong¹ Li Wei¹ Zhang Xiaochao² Fang Xianfa²

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract

A real-time precision monitoring system for precision seeder was developed, and a single-chip microcomputer was used to process the signal of seeds dropping obtained by a photoelectric sensor. The information of seeds quantity, missing rate and multiples rate was all recorded in this system. A linear laser and patched photosensitive diodes which were arranged tightly in line were used as the emitter and receiver to achieve a no blind spot monitoring, it is better to monitoring seeds with an effective diameter of about 2mm or larger. A self-cleaning device was designed thereby guaranteed reliable operation of the monitoring system in severe environment. A pneumatic corn seeder and corn seeds “Nongda 86” were used in the experiment, meanwhile, a high-speed line camera was used to verify the accuracy of the system. Results indicated that the monitoring system had an accuracy of 98% in seeding quantity, an accuracy of 96% in missing detecting and a high reliability.

Key words Precision seeder, Photoelectric sensor, Real-time monitoring, Self-cleaning

引言

精密播种机是实现精密播种技术的主要手段,但精密播种机在工作过程中出现的漏播、重播等现象单凭人的视听难以及时发现。因此将监测技术应用在精密播种机上具有重要意义。

国外对精密播种机监控系统的研究较早,如

Karayel等使用高速摄像系统拍摄种子下落时的位置关系进而推算其株距信息^[1],Kocher等采用光电方式检测直径大于4 mm种子播种株距的均匀性^[2]。国内精密播种监控系统虽起步较晚,但研究发展较快^[3~5]。如马旭^[6]、廖庆喜^[7]等使用机器视觉方法对精密播种机排种情况进行检测,张晓辉采用4对光电二极管,绕输种管均匀分布检测重播、漏

收稿日期: 2010-03-12 修回日期: 2010-04-19

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2006AA10A305-6)

作者简介: 宋鹏,博士生,主要从事计算机视觉及农业机器人技术研究,E-mail: speng0408@yahoo.com.cn

通讯作者: 方宪法,研究员,博士生导师,主要从事农业机械化研究,E-mail: fangxf@caams.org.cn

播并设计漏播自动补偿装置^[8],冯全使用 3 对间距为 5.6 mm 的红外对管进行排种检测^[9]。光电检测方法因成本较低、系统简单得以广泛应用,但传统的光电检测方式由于受监测器件尺寸影响,难以检测直径小于 4 mm 的种子,或因播种机工作环境中充满灰尘以及种子包衣等易使光电检测系统失效,降低了系统的可靠性。

本文设计一种基于光电传感技术的精密播种实时监控系统,可用于直径大于 2 mm 的种子检测,并设计一种与之配套的自清洁装置,以保证监测系统的稳定性及可靠性。

1 监测原理

系统采用光电监测方式,即光电传感器将种子下落信号转变为电脉冲信号后由单片机处理,获取播种量、重播、漏播量等信息。为使监测结果尽可能接近实际播种情况,将监测系统安装于开沟器上方距排种器底部出口120 mm 处。

如图 1 所示,光电传感器的发射端为一字线激光器,接收端采用 0805 封装贴片光敏二极管,封装尺寸为 2 mm × 1.2 mm。接收端光敏二极管组由 22 个相互间距 2 mm 的光敏二极管一字排列而成。通电后,发射端发出波长为 650 nm、功率为 30 mW、张角为 110°的可见光,形成一字线光斑照射至接收端,使得所有光敏二极管处于光线照射状态。在有种子下落遮住光路使得接收端有光敏二极管处于无光线照射状态时,接收端电路输出脉冲信号,此信号即反映种子通过信息。

发射端激光器与接收端光敏二极管之间距离为

30 mm,为实现无盲区检测,将两组传感器分别安装至左、右两侧,左侧激光器形成的光平面覆盖落种区的右上角三角区域,右侧激光器形成的光平面覆盖落种区的左下角三角区域。传感器工作时,左、右侧的激光器各发出一束线性光,覆盖整个 30 mm × 43 mm 矩形落种区域,同时照射在接收端间隔为 2 mm 的光敏二极管上。当尺寸大于 2 mm 的种子下落至此矩形区域内任何位置,可遮挡其中一个或多个光敏二极管的光线接收,从而可以获取该种子通过信号。系统通过记录相邻种子下落时间间隔 Δt ,根据《单粒(精密)播种机试验方法》^[10]判断是否出现漏播、重播现象。具体判断依据为

$$\begin{cases} v\Delta t > 1.5\bar{d} & (\text{漏播}) \\ v\Delta t \leq 0.5\bar{d} & (\text{重播}) \end{cases}$$

式中 v ——播种机前进速度
 $\bar{d}$ ——播种理论株距

播种机前进速度和播种理论株距在播种机工作前通过监测系统人机界面的按键输入模块手动输入。

2 系统设计

2.1 硬件

硬件电路主要由信号拾取电路及单片机系统组成。信号拾取电路(图 2)用于获取种子通过信息,主要由一字线激光器、光敏二极管 D、三极管 Q、施密特触发器 74LS14 等器件组成。无种子通过时,所有光敏二极管同时受光线照射,在上拉电阻 R 的作用下,三极管 Q24 的集电极输出低电平;有种子通过时,至少有一个光敏二极管 D 接收不到光线,此时与之对应的三极管 Q 处于截止状态使得 Q24 的集电极输出高电平。使用施密特触发器 74LS14 对 Q24 的集电极输出端信号进行滤波、降噪、整形,得到方波脉冲,便于单片机系统计算处理。

单片机系统主要用于对信号拾取电路获取的信号进行计算处理并实现人机交互。其硬件结构框图

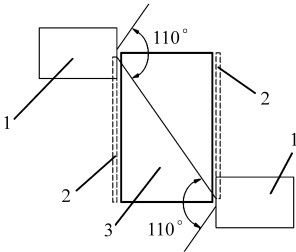


图 1 光电传感器结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of photoelectric sensor

1. 发射端一字线激光器
2. 接收端光敏二极管组
3. 落种区

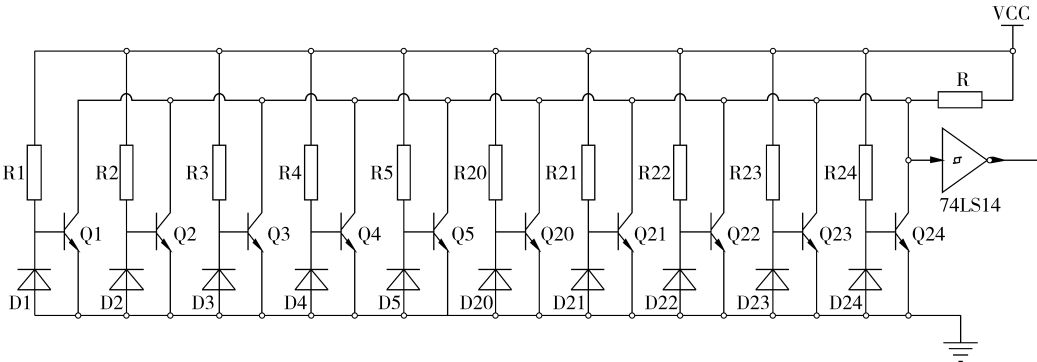


图 2 信号拾取电路图

Fig.2 Circuit of signal picking-up

如图 3 所示。主要由 4 个模块组成：①串口传输模块,采用串口转换芯片 MAX232 实现整个系统与上位机之间的数据传输。②液晶显示模块,使用 128×64 点阵液晶显示屏,使用单片机的 P0 口作为其管脚数据写入端,用来实时显示播种参数信息。③按键输入模块,该部分由 8 个功能键组成,用于工作前设定播种机前进速度和播种理论株距,并实现数据保存、监测启停及复位功能。④示警模块,通过红、绿两种颜色的指示灯分别指示漏播、重播这两种现象,以方便操作人员工作时及时得知漏播、重播信息。

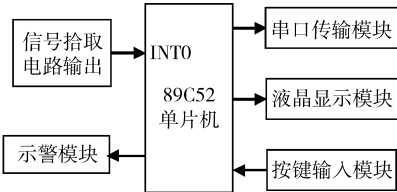


图 3 单片机系统硬件结构框图
Fig.3 Block diagram of MCU

2.2 软件

系统工作前输入播种机前进速度 v 及播种理论株距 $\bar{d}$,默认值分别为 $v = 1.0 \text{ m/s}$, $\bar{d} = 200 \text{ mm}$ 。采用单片机外部中断触发方式对种子下落信号进行处理。信号拾取电路的输出端连接到单片机的 INT0 引脚,以脉冲的上升沿作为判断有种子下落的信号,进行计数。种子通过时,在脉冲上升沿产生中断,进入中断服务程序。

在中断服务程序中保存由单片机的定时器/计数器 T0 计算的相邻种子下落时间间隔 Δt ,并根据公式判断是否漏播、重播并予以示警,随后等待下一颗种子通过信号。处理算法流程如图 4 所示。

3 自清洁原理

为使监测装置免受恶劣环境影响,保证其在野外环境中稳定可靠工作,采用如图 5 所示的装置对

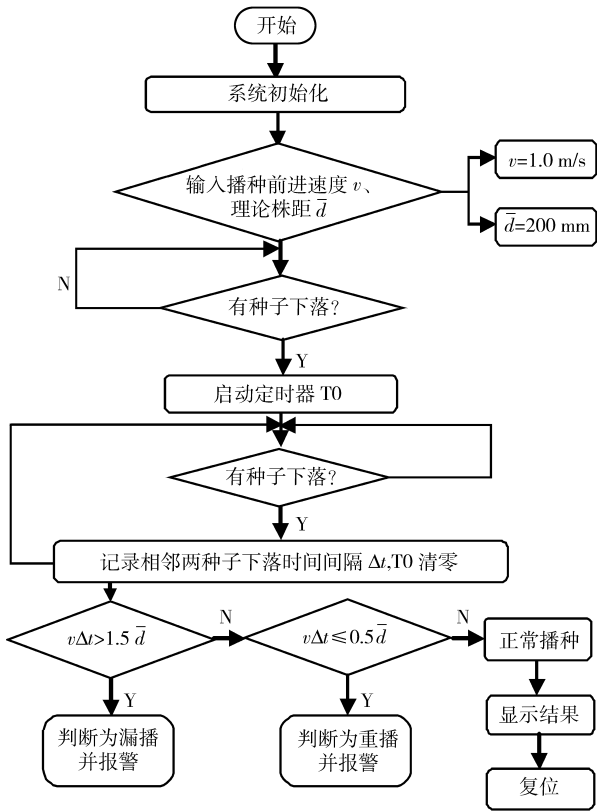


图 4 程序流程图
Fig.4 Flow chart of algorithm

光电传感器进行保护和清洁。该装置由外壳 I、II 及自洁腔通过螺栓紧固连接。使用时将整个机构固定于排种器下方,使种子通过 30 mm×43 mm 的矩形落种区。外壳 I、II 为内部空心结构,将监测传感器的发射端和接收端分别安装于外壳 I、II 内靠近落种区一侧。在传感器接收端和发射端的前方分别置一透明圆形玻璃板以避免传感器与播种环境直接接触。两片玻璃板由传动轴连接,通过清洁玻璃板来保证传感器的可靠性。

在自洁腔内通过轴套固定一小轴,自洁毛毡缠绕在小轴上,处于两片圆形玻璃板之间用来清洁玻璃板。处于落种区一侧的玻璃随着传动轴的转动,

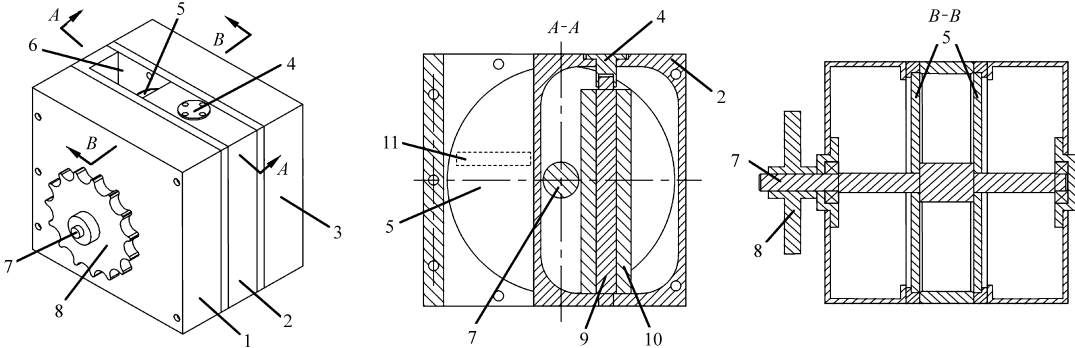


图 5 自清洁装置结构图

Fig.5 Structural drawing of self-cleaning device

1. 外壳 I 2. 自洁腔 3. 外壳 II 4. 轴套 5. 圆形玻璃板 6. 落种区 7. 传动轴 8. 传动链轮 9. 小轴 10. 自洁毛毡 11. 监测装置

转至自洁腔内。自洁毛毡在与两片玻璃板接触中便可以有效拭除玻璃板上粉尘。清洁后的玻璃区域再旋转至落种区内,从而保证传感器之前的玻璃板区域一直清洁干净。传动轴上装有链轮由播种机地轮驱动,因此只要播种机前进,监测装置前端的圆形玻璃便会不停旋转,保证传感器之前的玻璃板区域清洁,从而使传感器免受环境污染。

4 试验结果及分析

为检验播种监测装置的监测效果及可靠性,使用该系统对玉米播种过程进行排种监测试验。采用2BYQL-3型玉米精量播种机和农大86玉米种子进行试验。试验包括播种量监测精度试验和漏播、重播监测精度试验。

播种量监测试验是将播种机固定,控制排种轮以200粒/min的速度排种,通过监测系统记录的播种数量与人工统计的实际播种数量对比获取监测精度。试验结果如表1所示。

表 1 播种量监测精度试验结果

Tab.1 Test results of flow rate monitor

试验序号	实际播种量 /粒	监测播种量 /粒	播种量监测 精度/%
1	3 176	3 130	98.55
2	3 298	3 231	97.97
3	3 772	3 715	98.49

漏播、重播监测试验是将播种机固定安装在铺有沙子的传送带上,保证开沟器离传送带的高度为

10 mm,使传送带相对播种机速度为3.6 km/h。同时在传送带上安装高速线阵摄像机,拍摄播种机播至传送带上种子的图像信息。通过对线阵相机所拍的相邻种子图像进行处理获取真实播种结果^[11],将其与监测装置的监测结果进行对比来检验监测装置的效果及可靠性。试验结果为:播种量1 036粒、实际漏播数100粒、监测漏播数96粒、漏播监测精度96.0%、实际重播数78粒、监测重播数53粒、重播监测精度67.9%。

试验表明,在模拟播种机作业速度为3.6 km/h时,本系统对播种量监测精度可达98%,对漏播监测精度达96%。由于该监测方式是通过相邻种子下落的时间间隔判断漏播、重播现象,对于几粒种子同时下落的漏播情况无法准确检测,因此重播监测精度较低,仅为67.9%。

5 结论

(1)系统发射端采用一字线激光器,接收端采用间距为2 mm的贴片光敏二极管,实现了精密播种的无盲区监测,并可满足直径大于2 mm的种子监测。

(2)针对该监测系统设计了一种自清洁装置,为系统工作时的可靠性及稳定性提供保障,可实现恶劣播种环境中的实时检测。

(3)试验表明该系统对漏播现象具有较高的检测精度,可降低实际播种中的漏播损失,但对重播现象的检测精度低。

参 考 文 献

1 Karayel D, Wiesehoff M, Özmerzia A, et al. Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2006, 50(2): 89~96.

2 Kocher M F, Lan Y, Chen C, et al. Opto-electronic sensor system for rapid evaluation of planter seed spacing uniformity[J]. Transactions of the ASAE, 1998,41(1):237~245.

3 金衡模,高焕文.玉米精播机漏播补偿系统设计[J].农业机械学报,2002,33(5):44~47.
Jin Hengmo, Gao Huanwen. Design of a microcomputer-controlled loss sowing compensation system for a maize precision drill [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002, 33(5): 44~47. (in Chinese)

4 史智兴,高焕文.玉米精播机排种监测报警装置[J].中国农业大学学报,2003,8(2):18~20.
Shi Zhixing, Gao Huanwen. A seeding monitoring and alarming device for corn precision seeder[J]. Journal of China Agricultural University, 2003, 8(2): 18~20. (in Chinese)

5 刘洪强,马旭,袁月明,等.基于光电传感器的精密排种器性能检测[J].吉林农业大学学报,2007,29(3):347~349.
Liu Hongqiang, Ma Xu, Yuan Yueming, et al. Performance detection of precision seed-metering device based on optoelectronic sensor[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2007, 29(3): 347~349. (in Chinese)

6 马旭,王剑平,胡少兴,等.用图像处理技术检测精播排种器性能[J].农业机械学报,2001,32(4):34~37.
Ma Xu, Wang Jianping, Hu Shaoxing, et al. Detection of a precision seedmeter performance using image processing technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(4): 34~37. (in Chinese)

2);87~104.

8 徐名吉. 水田动力除草中耕机[J]. 农机科技推广,2006(8):40.

9 杨广林,范蕴哲. 旋耕式水田中耕除草机的结构与参数的探讨[J]. 东北农学院学报,1985(3):69~73.
Yang Guanglin, Fan Yunzhe. Determination of the structure and the parameters of the rotary hoe for paddy field[J]. Northeast Agricultural University,1985(3):69~73. (in Chinese)

10 王金忠,陈琪. 3ZS-6 型耕旋联合除草机[J]. 农牧与食品机械,1994(2):22~23.

11 吴崇友,张敏,金诚谦,等. 2BYS-6 型水田中耕除草机设计与试验[J]. 农业机械学报,2009,40(7):51~54.
Wu Chongyou, Zhang Min, Jin Chengqian, et al. Design and experiment of 2BYS-6 type paddy weeding-cultivating machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2009,40(7):51~54. (in Chinese)

12 明玉岗. 水田中耕除草机试验与研究[J]. 江苏农机化,2006(1):18.

13 周良塘. 3ZS-1 型水田除草中耕机[J]. 南方农机,2006(4):4.

14 陈振歆,王金武,牛春亮,等. 弹齿式苗间除草装置关键部件设计与试验[J]. 农业机械学报,2010,41(6):81~86.
Chen Zhenxin, Wang Jinwu, Niu Chunliang, et al. Design and experiment of key components of trash cultivator's working in paddy rice seeding lines[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(6):81~86. (in Chinese)

~~~~~

(上接第 74 页)

7 廖庆喜,邓在京,黄海东. 高速摄影在精密排种器性能检测中的应用[J]. 华中农业大学学报,2004,23(5):570~573.  
Liao Qingxi, Deng Zaijing, Huang Haidong. Application of the high speed photography checking the precision metering performances[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2004,23(5):570~573. (in Chinese)

8 张晓辉,赵百通. 播种机自动补播式监控系统的研究[J]. 农业工程学报,2008,24(7):119~123.  
Zhang Xiaohui, Zhao Baitong. Automatic reseeding monitoring system of seed drill [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(7):119~123. (in Chinese)

9 冯全,栗震霄,吴建民,等. 免耕播种机高抗尘排种监测器的设计与试验[J]. 农业机械学报,2006,37(9):68~70.  
Feng Quan, Li Zhenxiao, Wu Jianmin, et al. Development of dustproof annunciator system for no-tillage planter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(9):68~70. (in Chinese)

10 GB/T 6973—2005 单粒(精密)播种机试验方法[S].  
GB/T 6973—2005 Testing methods of single seed drills(precision drills)[S]. (in Chinese)

11 李伟,林家春,谭豫之,等. 基于图像处理技术的种子粒距监测方法研究[J]. 农业工程学报,2002,18(6):165~168.  
Li Wei, Lin Jiachun, Tan Yuzhi, et al. Measuring method of seed spacing on test rig based on image processing techniques [J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(6):165~168. (in Chinese)