

棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统设计与试验

白圣贺^{1,2} 苑严伟^{1,2} 牛康^{2,3} 周利明^{2,3} 赵博^{2,3} 于永良⁴

(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集团有限公司, 北京 100083;

3. 农业装备技术全国重点实验室, 北京 100083; 4. 新疆天诚农机具制造有限责任公司, 铁门关 841007)

摘要: 为实时监测棉花精量铺膜播种作业过程,提高棉花精量铺膜穴播机智能化水平,以白色光源色标传感器和高清网络相机作为主要监测元件,基于 Vision Assistant 视觉助手,设计了棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统。该系统由播种监测模块、铺膜监测模块及可视化模块构成,其中播种监测模块包括播种状态监测传感器、接近开关传感器等;铺膜监测模块主要由高清网络相机构成;可视化模块包括数据采集模块、工控机等。利用 Labview 软件图形化编程,搭载多功能工控机,通过功能选择控件运行指定功能程序,实现播种质量(播量、漏播量)、铺膜质量(采光面宽度、采光面覆土宽度、采光面破损面积)及作业工况实时监测。作业质量监测系统台架试验及田间试验结果表明:该系统工作稳定可靠,播量监测准确率达 92% 以上,采光面宽度监测准确率达 94% 以上,采光面破损面积监测准确率达 81% 以上,采光面覆土宽度监测准确率达 90%,满足棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统实际要求,可为棉花铺膜播种作业质量评价提供技术支持。

关键词: 棉花精量铺膜穴播机; 作业质量; 播种质量监测; 铺膜质量监测

中图分类号: S223.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-1298(2025)05-0049-10

OSID:



Design and Test of Operation Quality Monitoring System for Cotton Precision Film-laying Hole Seeder

BAI Shenghe^{1,2} YUAN Yanwei^{1,2} NIU Kang^{2,3} ZHOU Liming^{2,3} ZHAO Bo^{2,3} YU Yongliang⁴

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

2. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences Group Co., Ltd., Beijing 100083, China

3. State Key Laboratory of Agricultural Equipment Technology, Beijing 100083, China

4. Xinjiang Tiancheng Agricultural Machinery Manufacturing Co., Ltd., Tiemenguan 841007, China)

Abstract: Aiming to monitor the process of cotton precision seeding and laying film operation for real-time, and improve the intelligence level of the cotton precision film-laying hole seeder, employing white light source color code sensors and high-definition network cameras as primary monitoring components, a cotton precision film-laying hole seeder operation quality monitoring system was designed based on Vision Assistant. The system consisted of three modules: the seeding monitoring module, film-laying monitoring module and visualization module. Among them, the seeding monitoring module included a seeding status monitoring sensor, a proximity switch sensor, etc. the film-laying monitoring module was mainly composed of a high-definition network camera; the visualization module includes data acquisition module, industrial control computer, etc. Using Labview software graphical programming, equipped with a multi-functional industrial computer, this system achieved real-time monitoring of seeding quality (seeding amount, missed seeding amount), film-laying quality (lighting surface width, lighting surface soil covering width, lighting surface damage area), and operation conditions by running specific function programs through function selection controls. The results of the quality monitoring system bench and field test results showed that the system worked stably and reliably, the monitoring accuracy rate of seeding amount reached over 92%, the monitoring accuracy rate of lighting surface width reached over 94%, the monitoring accuracy rate of lighting surface damage area reached over 81%, and the monitoring accuracy

收稿日期: 2025-02-19 修回日期: 2025-03-10

基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFD2002400)和兵团财政科技计划项目(2023AB014)

作者简介: 白圣贺(1996—),男,博士生,主要从事农机智能化技术研究,E-mail: 1114963067@qq.com

通信作者: 苑严伟(1980—),男,研究员,博士生导师,主要从事农业机械自动控制与智能化仪器研究,E-mail: yyw215@163.com

of lighting surface soil covering width reached over 90%. It met the actual requirements of the cotton precision film-laying hole seeder operation quality monitoring system and provided technical support for quality evaluation film-laying sowing operation. It was of great significance to improve the quality and efficiency of cotton cultivation.

Key words: cotton precision film-laying hole seeder; operation quality; sowing quality monitoring; film-laying quality monitoring

0 引言

新疆作为全国第一大产棉区,普遍采用地膜覆盖精量穴播技术,能一次性完成种床平整、开沟、滴灌带铺设、铺膜、镇压、精量播种、种行覆土等作业工序,因其作业效果好、效率高被广泛应用^[1]。播种时棉种的流动过程处于全封闭状态,其工作情况无法看清,现阶段棉花播种质量主要通过观察后期出苗状况来判断^[2-4],加上田间环境恶劣、工作部件繁多且复杂、作业过程常振动,对取种、排种造成严重干扰,将严重导致漏播等播种故障;另外,地膜铺设过程易出现薄膜撕裂、采光面不够等现象。目前仅凭人的感官无法直接监测机器作业质量,若无法及时发现故障并警报,将导致棉花播种时大面积空穴、采光性弱、增温效果差等问题,则会造成棉花减产,影响农业生产收益。作业监测作为实现机器故障监测的有效方法,一直是国内外的研究重点,研究棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统是实现播种和铺膜环节透明化、信息化、智能化必要技术条件^[5]。

国内外学者基于光电式、压电式、电容式、机器视觉式方法研制出不同作物播种监测系统^[6-8],通过监测导种管内的种子流,获取粒距等播种质量指标,其中光电式应用最广泛、形式最多,采用红外、LED、光电晶体管、光纤、激光直射及薄面激光-硅光电池等元件构建排种传感装置,判断有无种子^[9-14]。美国 John Deere、Precision Planting 和意大利 MC Electronics 公司等^[15-17]研制了大、中粒径种子播种监测系统,方便驾驶员了解播种情况。丁幼春等^[18-19]设计了一种多行并行监测的油菜播种监测系统,适配不同作业幅宽的播种机,试验得出,播量监测精度大于等于 96.5%;周利明^[14]研制了电容式排种量传感器,实现小麦、玉米播种性能监测;王金武等^[20]基于压电冲击法研发了水稻穴直播监测系统,实现了作业故障报警;金鑫等^[21]采用红外光电实时检测排种状态,开发种子漏播监测系统,实现作业过程漏播和堵塞声光报警;徐洛川等^[22]以气吸式穴播器为对象,研制了叉指电容式穴播取种状态监测系统;张学军等^[23]采用激光对射型传感器和霍尔传感器作为信息监测元件,开发了精量穴播器取种状态监测系统。综上,学者对播种监测系统进行

了深入研究,取得了一定成果,大都适用于条播机,利用传感器监测排种管内工作状态,但直接应用于精量铺膜播种机,面对棉花等穴播方式的播种监测系统适配性较低,对铺膜质量监测还缺乏深入研究^[14, 21-24]。

针对缺乏棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统的问题,以新疆地区普遍使用的齿盘式穴播器为研究载体,基于颜色光纤和机器视觉检测方法,利用 Labview 搭建与开发棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统,并进行台架测试与田间性能试验,以期提升棉花精量铺膜播种作业质量。

1 棉花精量铺膜穴播机监测系统总体设计

棉花精量铺膜穴播机主要由机械结构和监测系统 2 部分构成。

1.1 机械结构与工作原理

棉花精量铺膜穴播机机械结构包括机架、镇压滚筒、开沟圆盘、滴灌带架、架膜装置、托膜辊、展膜辊、膜边覆土圆盘、压边轮、种行覆土圆盘、覆土滚轮、穴播器、种箱等部件,可一次性完成 6 行棉花种床平整、滴灌带铺设、铺膜、精量播种、种行覆土等作业,如图 1 所示。

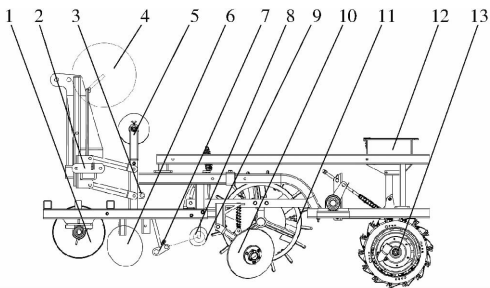


图 1 棉花精量铺膜穴播机结构图
Fig. 1 Structure diagram of cotton precision film-laying hole seeder

1. 镇压滚筒 2. 机架 3. 托膜辊 4. 滴灌带架 5. 架膜装置
6. 开沟圆盘 7. 展膜辊 8. 压边轮 9. 膜边覆土圆盘 10. 种行覆土圆盘 11. 覆土滚轮 12. 种箱 13. 穴播器

该机三点悬挂到拖拉机上,镇压滚筒在其牵引作用下转动前进,将种床表面推平压实,便于后续铺滴灌带和地膜、播种作业;滴灌带在滴灌带架上转动,在滴灌带固定架作用下,沿着地膜前方进行铺设;同时开沟圆盘在种床两边开出沟槽,膜卷在架膜

装置上转动,在托膜辊和展膜辊作用下分别完成横向和纵向展平,压边轮将膜边压入沟槽中,膜边覆土圆盘将沟槽填埋,完成滴灌带和地膜铺设过程;通过种行覆土圆盘将碎土抬升翻进覆土滚轮,碎土通过覆土滚轮间隙掉落,完成种行覆土作业;穴播器在膜面上滚动前进,平稳有序开出等距、等深种穴,完成播种过程。

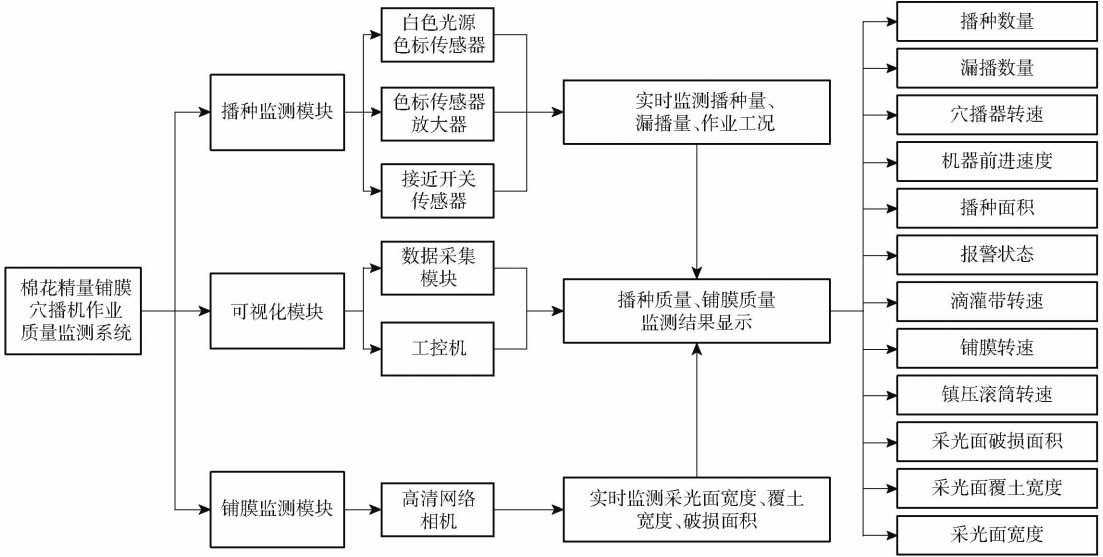


图 2 棉花精量铺膜穴播机监测系统框图

Fig. 2 Block diagram of monitoring system for cotton precision film-laying hole seeder

2 系统硬件设计

2.1 播种监测模块

播种监测模块包括播种状态监测传感器、接近开关传感器、屏蔽电缆线等。

2.1.1 播种状态监测传感器

播种状态监测传感器包括白色光源色标传感器、色标传感器放大器等部分。穴播器属于“零速投种”,种子直接落入种穴中,极大限制传感器检测空间,对传感器安装位置和检测方法提出了更高要求。通过分析取种盘和棉种外观颜色差异,选择白色光源色标传感器(不易受距离抖动和倾斜影响,有效降低颜色不均匀造成的误判情况),采用颜色自动匹配检测方式,判断播种状态,并将其安装在间隔圈上,位于转运区域内,要求正对取种盘窝孔;色标传感器放大器通过屏蔽电缆线与白色光源色标传感器连接,事先通过白色光源色标传感器对准棉种颜色完成设定,记忆颜色;取种盘窝孔内的棉种经过检测区域时,可检测当前棉种颜色,若在设定颜色阈值范围内则认定为正常播种,并发出播种状态信号(依据 R 、 G 、 B 频率脉冲信号,计算三原色光强比值与棉花种子 R 、 G 、 B 范围区间比较,经标准比色卡对比确定紫红色包衣棉花种子的 R 、 G 、 B 分量范围(无

1.2 监测系统

棉花精量铺膜穴播机监测系统框图如图 2 所示。系统由播种监测模块、铺膜监测模块及可视化模块构成,其中播种监测模块主要实现对播种量、漏播量的实时监测;铺膜监测模块主要实现采光面宽度、膜边覆土宽度、破损面积的实时监测;可视化模块主要实现播种和铺膜质量监测结果的可视化。

量纲)分别为 120 ~ 200、30 ~ 100、120 ~ 200,受光比例接近 4:1:4)。安装位置如图 3 所示。

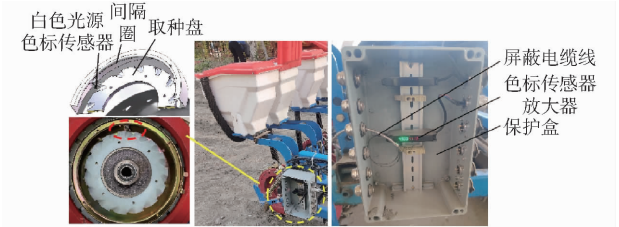


图 3 播种状态监测传感器安装示意图

Fig. 3 Installation diagram of seeding status monitoring sensor

2.1.2 接近开关传感器

穴播器、镇压滚筒、滴灌带架、架膜装置、种行覆土圆盘等转动部件为棉花精量铺膜穴播机的关键部件。通过远距离检测金属,产生计数脉冲信号,传输至工控机,便可计算出穴播器转速(即机器前进速度)和镇压滚筒、滴灌带转轴、地膜转轴、种行覆土圆盘等转动部件转速,可有效监测棉花精量铺膜播种作业工况,实现关键部件作业故障及时提醒,以期提升棉花精量铺膜播种作业质量。其中通过穴播器转速(即机器前进速度)可计算作业面积,结合播种状态监测传感器可判断播种状态;通过镇压滚筒转速可判断前方壅土情况;通过滴灌带转轴、地膜转轴

转速可判断滴灌带、地膜余量及铺设非正常断开情况;通过种行覆土圆盘转速可判断种行覆土圆盘是否正常滚动,结合铺膜质量监测模块进而判断种行覆土情况。安装位置如图 4 所示。

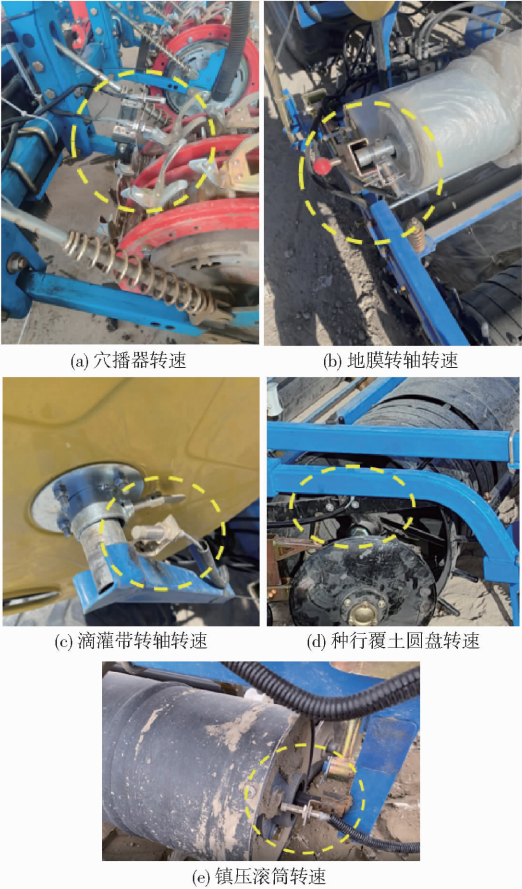


图 4 接近开关传感器安装示意图

Fig. 4 Installation diagrams of proximity switch sensor

2.2 铺膜监测模块

铺膜监测模块主要由高清网络相机构成,以获取实时的地膜样本,对其进行采集并处理、识别与显示,实现采光面宽度、采光面覆土宽度、采光面破损面积的监测,具有图像清晰、适应能力强、成本低等特点。安装位置如图 5 所示。



图 5 高清网络相机安装和参数示意图

Fig. 5 Installation diagram of HD web camera

2.3 可视化模块

可视化模块包括数据采集模块、工控机等,其中数据采集模块用于接收接近开关传感器、色标传感

器放大器采集的信号,通过 RS485 通信上传至工控机,具有操作简便、抗干扰能力强等特点,安装位置如图 6 所示;工控机利用 Labview 软件搭建系统,对其数据进行处理、显示、报警和存储,并配置多种检测模式,适用于各种目标物,并且具备良好的处理工件运动和振动的优点,满足棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统的实际要求。安装位置如图 7 所示。

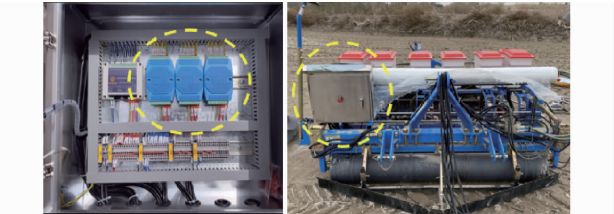


图 6 数据采集模块安装示意图

Fig. 6 Installation diagram of data acquisition module

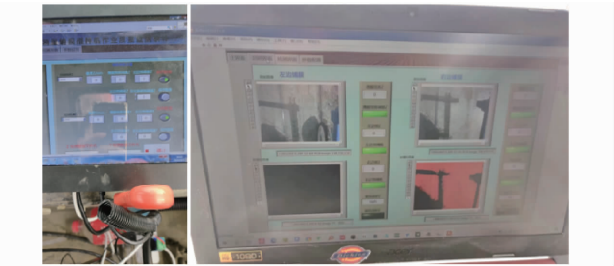


图 7 工控机安装示意图

Fig. 7 Installation diagram of industrial computer

3 系统软件设计

3.1 功能框图

本软件程序运用 Labview 软件图形化编程^[25],通过功能选择控件运行指定功能程序:播种监测子程序实现对棉花精量铺膜穴播机的播种质量(播量、漏播)及作业工况监测;铺膜监测子程序实现对棉花精量铺膜穴播机的铺膜质量监测(采光面宽度、采光面覆土宽度、采光面破损面积),系统功能框图如图 8 所示。

系统启动前进行初始化配置,再设置系统参数,并通过对应的协议解析获得各个参数值,启动系统,并循环检查各传感器工作状态。

播种监测模块:白色光源色标传感器采集到棉种颜色,同时色标传感器放大器对比和辨识颜色,形成脉冲信号;接近开关传感器通过检测金属,产生计数脉冲信号,经数据采集模块传输到工控机,并计算得到机器前进速度、播种量以及穴播器转速、镇压滚筒转速、滴灌带转轴转速、地膜转轴转速、种行覆土圆盘转速等机器作业工况;结合机器前进速度反馈数据,获得播种粒距(由所识别的相邻两个脉冲的时间间隔乘以机具前进速度),进而

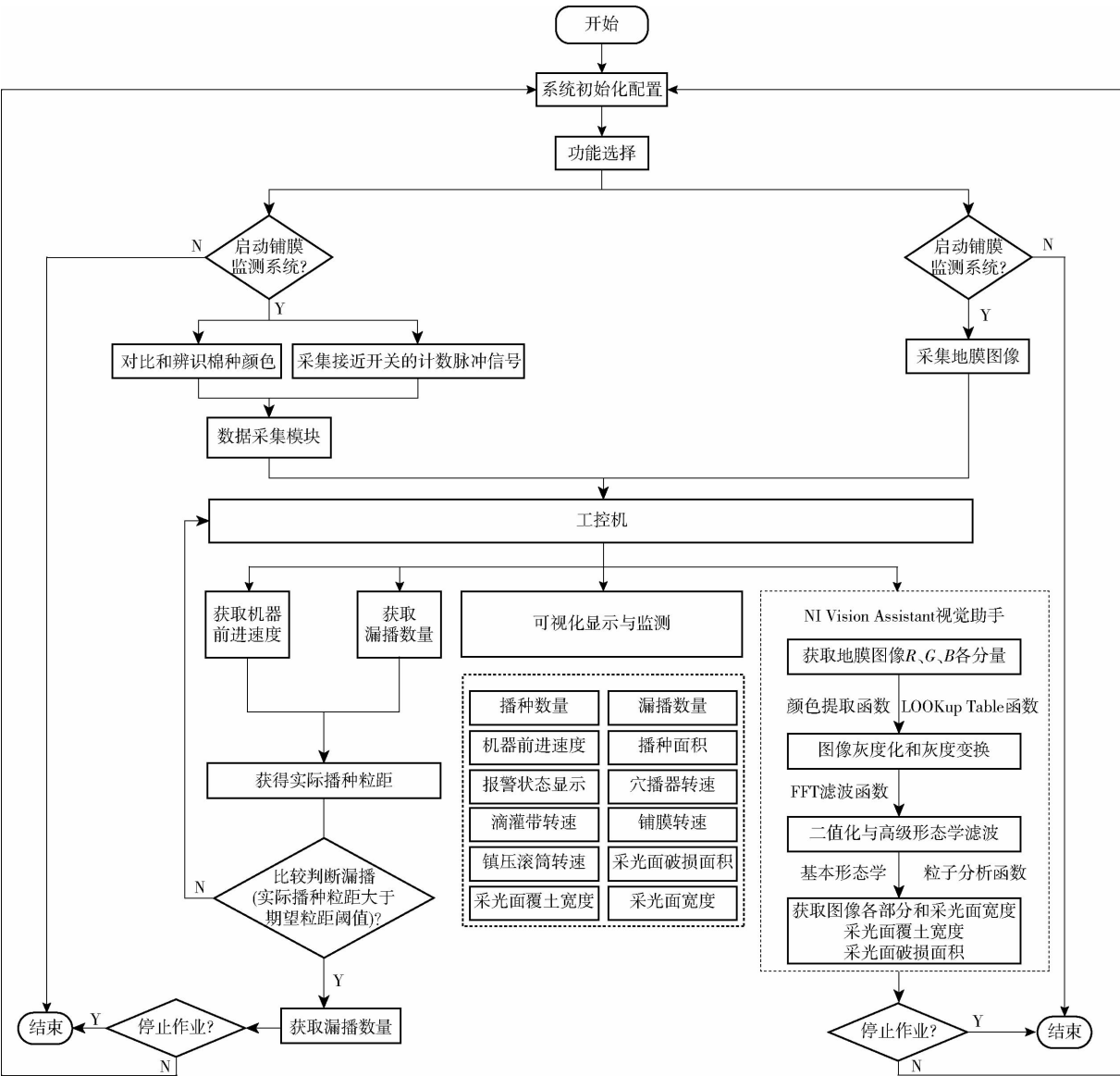


图 8 系统流程图

Fig. 8 System flowchart

通过实际播种粒距与期望粒距比较判断漏播,实现漏播实时报警。

铺膜监测模块:高清网络相机采集机械化铺膜过程的地膜图像,运用 NI Vision Assistant 视觉助手获取原图像 R 、 G 、 B 各个分量,通过颜色提取函数转换为灰度图像;利用 LOOKup Table 函数对其进行灰度变换,再通过 FFT 滤波函数进行滤波,对其进行二值化与高级形态学滤波;运用基本形态学获取地膜图像中的各个成分识别结果;基于粒子分析函数获取得到采光面宽度、采光面覆土宽度、采光面破损面积等图像数据;利用 Labview 软件,工控机实时接收、处理传感器采集数据,并对其参数进行可视化显示和监测。

3.2 显示界面

本系统的人机交互界面主要分为主界面、识别界面及检测界面 3 大功能界面。

主界面主要设置播种串口和铺膜参数,并对采集的数据和图像进行存储设置,如图 9 所示;识别界面可展示原始图像和处理后图像,对其进行处理和显示,并对故障信息进行报警和提示,如图 10 所示;检测界面可直观显示播种量、漏播量、穴播器转速、播种面积等播种质量参数及镇压滚筒转速、滴灌带转轴转速、地膜转轴转速等作业工况参数,如图 11 所示。



图 9 系统主界面

Fig. 9 System main interface

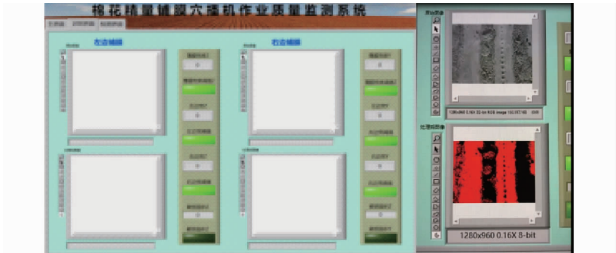


图 10 系统识别界面

Fig. 10 System identification interface

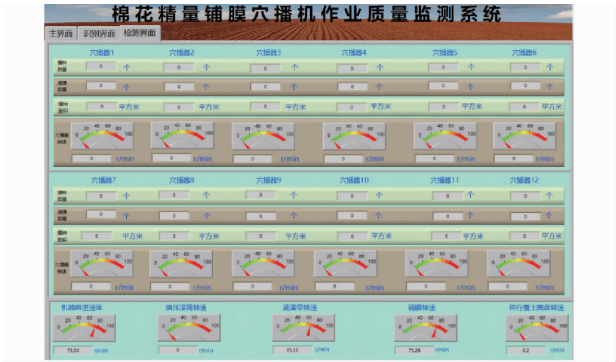


图 11 系统检测界面

Fig. 11 System detection interface

4 试验

4.1 台架试验

4.1.1 试验材料与设备

以新陆早 78 号棉花种子为试验材料,其千粒质量为 84.40 g,含水率为 4.45%。试验设备包括齿盘式穴播器(15 穴)、棉花精量铺膜穴播器作业质量监测系统、转速表、接种袋、卷尺、推车等。为评估棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统的准确性,在农业装备技术国家重点实验室设计了播种质量监测系统试验台架(图 12)和铺膜质量监测系统试验台架(图 13)。

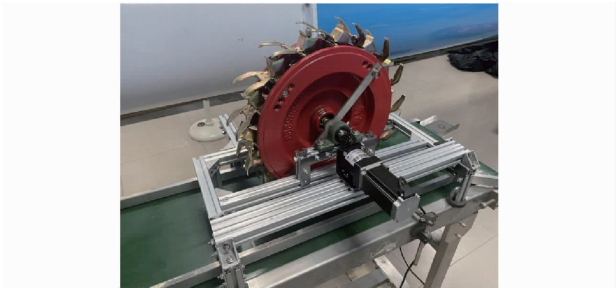


图 12 播种质量监测系统试验台架

Fig. 12 Sowing quality monitoring system test bench

4.1.2 试验方法与结果分析

4.1.2.1 播种质量监测系统

试验目的在于评估棉花精量播种机播种质量监测系统的准确性和稳定性。设定不同的转速进行排种监测试验,将播种监测模块安装在种子间隔圈上,并用接种袋收集监测过的棉花种子。参照 NY/T 987—2006《铺膜穴播机作业质量》,设定排种盘转



图 13 铺膜质量监测系统试验台架

Fig. 13 Film-laying quality monitoring system test bench

速为 20、30、40 r/min^[26]。转动 10 圈,记录工控机显示的排种粒数,采用人工数种的方式,获得接种袋中棉花种子的实际粒数,以计算实际播量,与监测系统的监测值进行对比,用于评价其系统检测的准确性。准确率计算式为

$$\alpha = \left(1 - \frac{|J - J'|}{J} \right) \times 100\% \tag{1}$$

式中 α ——播量监测准确率, %

J ——实际播量

J' ——监测播量

得到在不同转速下的播量监测结果如表 1 和图 14 所示。

表 1 播种质量监测系统试验结果

Tab. 1 Test results of sowing quality monitoring system

排种盘转速/ (r·min ⁻¹)	穴播器 序号	实际播 量	监测播 量	播量监测 准确率/%
20	1	153	152	99.35
	2	149	151	98.66
	3	149	151	98.66
	4	155	157	98.71
	5	152	151	99.34
	6	150	148	98.67
30	1	148	151	97.97
	2	151	155	97.35
	3	153	149	97.39
	4	148	153	96.62
	5	149	145	97.32
	6	150	155	96.67
40	1	153	148	96.73
	2	150	155	96.67
	3	149	155	95.97
	4	152	157	96.71
	5	150	156	96.00
	6	148	153	96.62

由表 1 可知:随着排种盘转速的增加,播量监测准确率下降不明显,监测准确率均不低于 96%。其造成精度略微下降的原因在于较高的排种转速会致使部分尺寸较小的棉种未完全充入型孔,无法被传

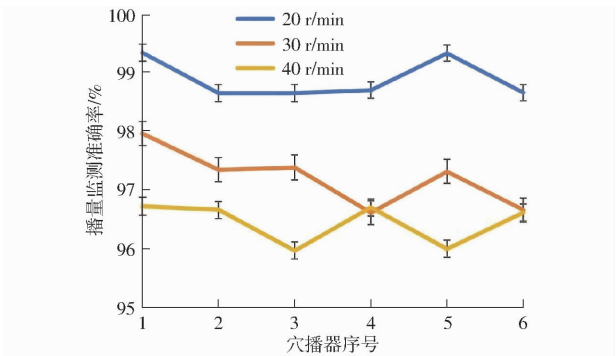


图 14 播量监测准确率折线图

Fig. 14 Line chart of monitoring accuracy rate of seeding amount

感器监测,另外较高排种盘转速致使种子流与取种齿盘多次撞击,产生少量碎种,引起传感器误测,但系统总体播量监测准确率满足棉花精量播种监测使用需求。

4.1.2.2 铺膜质量监测系统

试验目的是评估棉花精量播种机播种质量监测系统的准确性。按照国家机械行业标准 JB/T 7732—2006《铺膜播种机》,试验中分别设定采光面宽度为 130、170、210、250、290 mm,前进距离 5 m,随机选取 3 个时间点,取平均值将其实际值和监测值记录在试验表中,计算采光面宽度的监测误差;试验中人为破损地膜,设定采光面破损面积分别为 20、30、40、50、60 mm/m²,通过监测采光面破损面积与实际数值对比,取 3 次试验平均值作为监测试验结果;试验中设定采光面覆土宽度分别为 100、150、200、250、300 mm,前进距离 5 m,随机选取 3 个时间点,取平均值将其实际值和监测值记录在试验表中,作为采光面覆土宽度监测试验结果。

$$\begin{cases} \beta = \left(1 - \frac{|K - K'|}{K}\right) \times 100\% \\ \delta = \left(1 - \frac{|P - P'|}{P}\right) \times 100\% \\ \mu = \left(1 - \frac{|F - F'|}{F}\right) \times 100\% \end{cases} \quad (2)$$

式中 β ——采光面宽度监测准确率, %
 K ——采光面宽度实际值, mm
 K' ——采光面宽度监测值, mm
 δ ——采光面破损面积监测准确率, %
 P ——采光面破损面积实际值, mm/m²
 P' ——采光面破损面积监测值, mm/m²
 μ ——采光面覆土宽度监测准确率, %
 F ——采光面覆土宽度实际值, mm
 F' ——采光面覆土宽度监测值, mm

得到采光面宽度、覆土宽度及破损面积等铺膜质量监测系统监测结果如表 2~4 和图 15 所示。

表 2 铺膜质量监测系统采光面宽度试验结果

Tab.2 Test results of lighting surface width for film-laying quality monitoring system

序号	实际值/ mm	监测值/ mm	监测准确 率/%	标准差/ mm
1	130	138	93.85	1.66
2	170	160	94.12	2.09
3	210	202	96.19	1.17
4	250	259	96.40	2.29
5	290	284	97.93	1.57

表 3 铺膜质量监测系统采光面破损面积试验结果

Tab.3 Test results of lighting surface soil covering width for film-laying quality monitoring system

序号	实际值/ (mm·m ⁻²)	监测值/ (mm·m ⁻²)	监测准确率/ %	标准差/ (mm·m ⁻²)
1	20	23	85.00	4.08
2	30	34	86.67	4.71
3	40	36	90.00	5.40
4	50	54	92.00	4.32
5	60	56	93.33	3.60

表 4 铺膜质量监测系统采光面覆土宽度试验结果

Tab.4 Test results of lighting surface damage area for film-laying quality monitoring system

序号	实际值/ mm	监测值/ mm	监测准确 率/%	标准差/ mm
1	100	106	94.00	3.40
2	150	145	96.67	3.14
3	200	191	95.50	3.06
4	250	242	96.80	2.29
5	300	311	96.33	2.49

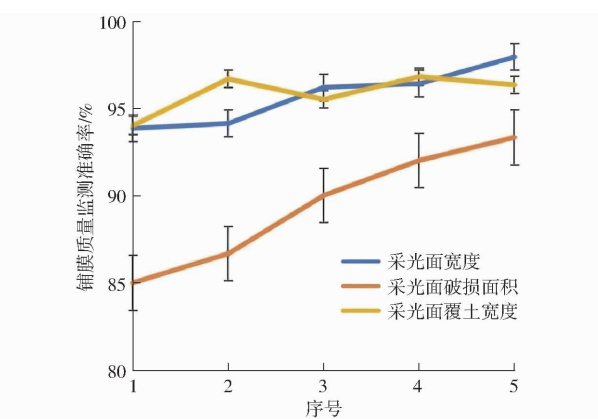


图 15 铺膜质量监测准确率折线图

Fig. 15 Line charts of monitoring accuracy rate of film-laying quality

由表 2~4 可得,采光面宽度监测准确率范围为 93.85%~97.93%,平均监测精度为 95.70%,标准差范围为 1.17~2.29 mm;采光面破损面积监测准确率范围为 85.00%~93.33%,平均监测精度为 89.40%,标准差范围为 3.60~5.40 mm/m²;采光面

覆土宽度监测准确率范围为 94.00% ~ 96.80%, 平均监测精度为 95.86%, 标准差范围为 2.29 ~ 3.40 mm。综上, 试验数据具有统计意义, 采光面宽度、覆土宽度平均监测精度达 95% 以上, 破损面积平均监测精度达 89% 以上, 符合实际要求。分析其误差主要原因为地膜图像分割中, 部分区域识别为土壤或杂质, 将分割误差累积到图像识别后, 导致图像平均识别率相应降低。

4.2 田间试验

为考察棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统, 在田间工作状况下的稳定性与监测准确性, 于 2023 年 4 月 10—20 日于新疆维吾尔自治区库尔勒市西尼尔镇开展田间试验。试验设备为: 约翰迪尔 804 型拖拉机, 棉花精量铺膜播种机(铺设一膜穴播 6 行)、棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统等。

按照国家农业行业标准 NY/T 987—2006《铺膜穴播机作业质量》和国家机械行业标准 JB/T 7732—2006《铺膜播种机》, 试验过程先将系统上电, 将数据清零, 然后启动机器前进(图 16), 其中排种盘转速由机具前进速度控制, 约翰迪尔 804 型拖拉机以快 I 挡小油门速度(约 2 km/h, 穴播器直径 420 mm)作为基础转速, 通过调节油门控制转速, 设定排种盘转速分别为 20、30、40 r/min。机具前进距离 100 m(转动圈数为 75.8 圈, 每圈 15 穴, 共 1 137 穴)。通过查看土壤中棉花种子进行人工数粒, 统计实际和监测播种量, 并随机选取 5 个时间点, 将采光面宽度、采光面破损面积、采光面覆土宽度实际值和监测值记录在试验表中。田间监测试验结果如表 5 和图 17 所示。



图 16 田间试验现场
Fig. 16 Field test site

由表 5 可得, 播量监测准确率范围为 92.93% ~ 98.42%, 采光面宽度监测准确率范围为 94.48% ~ 96.20%, 采光面破损面积监测准确率为 81.25% ~ 91.67%, 采光面覆土宽度监测准确率为 90.38% ~ 95.71%, 符合实际棉花铺膜播种监测要求。但与台架试验结果相比, 整体系统监测精度略微降低, 分析其原因是: 田间试验所用的棉花种子没有经过人工精选, 夹杂了部分破碎种子及杂物。机具在作业过程中产生振动, 且机器前进速

表 5 系统田间监测试验结果				
Tab. 5 System field monitoring test results				
类别	序号	实际值	监测值	监测准确率/%
排种器转速 20 r/min	1	1 133	1 105	97.53
	2	1 130	1 160	97.35
	3	1 137	1 155	98.42
	4	1 131	1 103	97.52
	5	1 140	1 170	97.37
	6	1 145	1 171	97.73
播量 30 r/min	1	1 138	1 089	95.69
	2	1 130	1 085	96.02
	3	1 137	1 190	95.34
	4	1 142	1 196	95.27
	5	1 133	1 083	95.59
	6	1 143	1 085	94.93
排种器转速 40 r/min	1	1 134	1 201	94.09
	2	1 145	1 072	93.62
	3	1 131	1 068	94.43
	4	1 137	1 199	94.55
	5	1 130	1 208	93.10
	6	1 132	1 052	92.93
采光面宽度	1	605 mm	628 mm	96.20
	2	598 mm	631 mm	94.48
	3	602 mm	574 mm	95.35
	4	600 mm	575 mm	95.83
	5	596 mm	625 mm	95.13
采光面破损面积	1	25 mm/m ²	22 mm/m ²	88.00
	2	36 mm/m ²	33 mm/m ²	91.67
	3	48 mm/m ²	39 mm/m ²	81.25
	4	26 mm/m ²	23 mm/m ²	88.46
	5	18 mm/m ²	20 mm/m ²	88.89
采光面覆土宽度	1	320 mm	341 mm	93.44
	2	312 mm	342 mm	90.38
	3	350 mm	365 mm	95.71
	4	345 mm	318 mm	92.17
	5	308 mm	330 mm	92.86

度不能保持恒定, 加上田间大量灰尘粘附在白色光源色标传感器探头上, 影响了光纤透光度, 这些因素均导致监测精度降低。受自然光照强度影响, 采光面反射过亮, 形态学分析未能完全实现识别, 导致图像平均识别率相应降低。

5 结论

(1) 采用具有颜色自动匹配检测特性的白色光源色标传感器, 基于 Vision Assistant 视觉助手, 实现了棉花穴播作业效果监测, 并能快速采集并处理、识别与显示地膜图像, 实时准确地检测棉花播种和铺膜质量。

(2) 软件系统采用 Labview 软件图形化编程, 开发的作业质量监测系统可实现对播量、漏播量、穴播

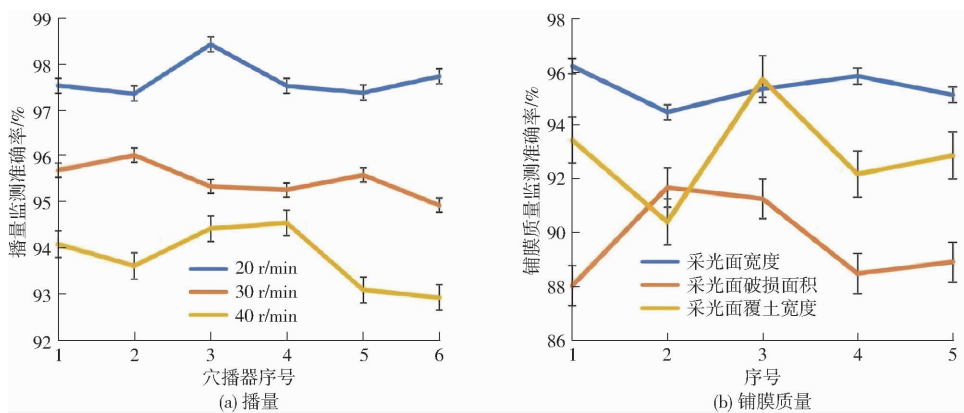


图 17 系统田间监测准确率折线图

Fig. 17 Line charts of system field monitoring accuracy rate

器转速、播种面积等播种质量参数,采光面宽度、采光面覆土宽度、采光面破损面积等铺膜质量参数,以及镇压滚筒转速、滴灌带转轴转速、地膜转轴转速等作业工况参数的监测,并具备报警信息和数据监测信息等数据报警和存储功能。

(3)棉花精量铺膜穴播机作业质量监测系统的台架试验与田间试验表明了系统工作稳定可靠,台架试验中,播量监测的准确率不低于 96%;采光

面宽度、覆土宽度平均监测精度达到 95% 以上,破损面积平均监测精度达到 89% 以上。田间试验中,播量监测准确率范围为 92.93% ~ 98.42%,采光面宽度监测准确率范围为 94.48% ~ 96.20%,采光面破损面积监测准确率范围为 81.25% ~ 91.67%,采光面覆土宽度监测准确率范围为 90.38% ~ 95.71%,满足棉花精量铺膜穴播机监测实际要求。

参 考 文 献

[1] 陈勇. 2MBJ-12 型棉花精量播种机设计与试验[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2022.
CHEN Yong. Design and experimental research of 2MBJ-12 cotton precision film-laying planter[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2022. (in Chinese)

[2] 邱兆美, 张巍朋, 赵博, 等. 小粒种子电动播种机作业质量监测系统设计与试验[J]. 农业机械学报, 2019, 50(4): 77-83.
QIU Zhaomei, ZHANG Weipeng, ZHAO Bo, et al. Design and test of operation quality monitoring system for small grain electric seeder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(4): 77-83. (in Chinese)

[3] 杨硕, 王秀, 高原源, 等. 玉米精密播种粒距在线监测与漏播预警系统研究[J]. 农业机械学报, 2021, 52(3): 17-24, 35.
YANG Shuo, WANG Xiu, GAO Yuanyuan, et al. Design of on-line seed spacing monitoring and miss seeding warning system for maize precision planting[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2021, 52(3): 17-24, 35. (in Chinese)

[4] 王振华, 李文广, 翟改霞, 等. 基于单片机控制的气力式免耕播种机监测系统[J]. 农业机械学报, 2013, 44(增刊 1): 56-60.
WANG Zhenhua, LI Wenguang, ZHAI Gaixia, et al. Monitoring system of pneumatic no-tillage sower based on PIC single-chip microcomputer control[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(Supp. 1): 56-60. (in Chinese)

[5] 廖庆喜, 雷小龙, 廖宜涛, 等. 油菜精量播种技术研究进展[J]. 农业机械学报, 2017, 48(9): 1-16.
LIAO Qingxi, LEI Xiaolong, LIAO Yitao, et al. Research progress of precision seeding for rapeseed[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(9): 1-16. (in Chinese)

[6] 王雪玲. 油菜精量排种器漏播检测及补种系统设计与试验[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
WANG Xueling. Design and experiment on loss sowing detection and reseedling system of precision metering device for rapeseed[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016. (in Chinese)

[7] 丁幼春, 王凯阳, 刘晓东, 等. 中小粒径种子播种检测技术研究进展[J]. 农业工程学报, 2021, 37(8): 30-41.
DING Youchun, WANG Kaiyang, LIU Xiaodong, et al. Research progress of seeding detection technology for medium and smallsize seeds[J]. Transactions of the CSAE, 2021, 37(8): 30-41. (in Chinese)

[8] 赵博, 樊学谦, 周利明, 等. 气流输送播种机压电式流量传感器设计与试验[J]. 农业机械学报, 2020, 51(8): 55-61.
ZHAO Bo, FAN Xueqian, ZHOU Liming, et al. Design and test of piezoelectric flow sensor for pneumatic seeder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2020, 51(8): 55-61. (in Chinese)

[9] 苑严伟, 白慧娟, 方宪法, 等. 玉米播种与测控技术研究进展[J]. 农业机械学报, 2018, 49(9): 1-18.
YUAN Yanwei, BAI Huijuan, FANG Xianfa, et al. Research progress on maize seeding and its measurement and control technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(9): 1-18. (in Chinese)

[10] HADI K, HOSSEIN N, BAHRAM B, et al. Assessing an infrared-based seed drill monitoring system under field operating

- conditions[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2019, 162: 543 – 551.
- [11] OKOPNIK D L, FALATE R. Usage of the DF Robot RB – DFR – 49 infrared sensor to detect maize seed passage on a conveyor belt[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2014, 102(1): 106 – 111.
- [12] 王方艳, 杨亮, 王红提. 温室大棚电驱气力式胡萝卜播种机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2022, 53(8): 64 – 73, 131. WANG Fangyan, YANG Liang, WANG Hongti. Design and test of electric driving pneumatic carrot planter in greenhouse[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(8): 64 – 73, 131. (in Chinese)
- [13] 解春季, 杨丽, 张东兴. 基于激光传感器的播种参数监测方法[J]. 农业工程学报, 2021, 37(3): 140 – 146. XIE Chunji, YANG Li, ZHANG Dongxing. Seeding parameter monitoring method based on laser sensors[J]. Transactions of the CSAE, 2021, 37(3): 140 – 146. (in Chinese)
- [14] 周利明. 基于电容法的棉花产量和播种量检测技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014. ZHOU Liming. Research on detection of yield and seeding rate of cotton based on capacitive method[D]. Beijing: China Agricultural University, 2014. (in Chinese)
- [15] John Deere. Monitoring and documentation[EB/OL]. (2015 – 08 – 04) [2025 – 02 – 19]. http://www.deere.com/en_US/parts/parts_by_industry/ag/seeding/monitoring/monitoring. Page.
- [16] Precision Planting . WaveVision[EB/OL]. (2014 – 07 – 15) [2025 – 02 – 19]. <https://www.precisionplanting.com/Products/product/wavevision>.
- [17] MC Electronics. Sistema full semina[EB/OL]. (2018 – 04 – 11) [2025 – 02 – 14]. https://www.mcelettronica.it/it/prodotti/semina/semina-di-precisione/full-semina_272c28.html.
- [18] 丁幼春, 陈礼源, 董万静, 等. 油菜宽幅播种作业监测系统设计与试验[J]. 农业工程学报, 2021, 37(13): 38 – 45. DING Youchun, CHEN Liyuan, DONG Wanjing, et al. Design and experiment of the sowing monitoring system for a wide-width rapeseed planter[J]. Transactions of the CSAE, 2021, 37(13): 38 – 45. (in Chinese)
- [19] 丁幼春, 张莉莉, 杨军强, 等. 油菜精量直播机播种监测系统传感装置改进及通信设计[J]. 农业工程学报, 2018, 34(14): 19 – 26. DING Youchun, ZHANG Lili, YANG Junqiang, et al. Improvement of sensing device and communication design for seeding monitoring system of rape precision direct seeding machine[J]. Transactions of the CSAE, 2018, 34(14): 19 – 26. (in Chinese)
- [20] 王金武, 张翌, 王菲, 等. 基于压电冲击法的水稻穴直播监测系统设计与试验[J]. 农业机械学报, 2019, 50(6): 74 – 84, 99. WANG Jinwu, ZHANG Zhao, WANG Fei, et al. Design and experiment of monitoring system for rice hill-direct-seeding based on piezoelectric impact method[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(6): 74 – 84, 99. (in Chinese)
- [21] 金鑫, 李倩文, 苑严伟, 等. 2BFJ – 24 型小麦精量播种变量施肥机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2018, 49(5): 84 – 92. JIN Xin, LI Qianwen, YUAN Yanwei, et al. Design and test of 2BFJ – 24 type variable fertilizer and wheat precision seed sowing machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(5): 84 – 92. (in Chinese)
- [22] 徐洛川, 胡斌, 罗昕, 等. 叉指电容式棉花穴播取种状态监测系统研制[J]. 农业工程学报, 2022, 38(23): 50 – 60. XU Luochuan, HU Bin, LUO Xin, et al. Development of a seeding state monitoring system using interdigital capacitor for cotton seeds[J]. Transactions of the CSAE, 2022, 38(23): 50 – 60. (in Chinese)
- [23] 张学军, 张海涛, 史增录, 等. 棉花播种质量实时监测系统设计与试验[J]. 华南农业大学学报, 2023, 44(2): 304 – 313. ZHANG Xuejun, ZHANG Haitao, SHI Zenglu, et al. Design and experiment of real-time monitoring system for cotton sowing quality[J]. Journal of South China Agricultural University, 2023, 44(2): 304 – 313. (in Chinese)
- [24] 焦丙炎, 史增录, 张学军, 等. 棉花播种监测系统设计与试验[J]. 浙江农业学报, 2024, 36(6): 1389 – 1399. JIAO Bingyan, SHI Zenglu, ZHANG Xuejun, et al. Design and experimentation of cotton sowing monitoring system[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2024, 36(6): 1389 – 1399. (in Chinese)
- [25] 宋占华, 邢书仑, 王征, 等. 苜蓿调制试验台测控系统设计与试验[J]. 农业机械学报, 2021, 52(2): 122 – 134. SONG Zhanhua, XING Shulun, WANG Zheng, et al. Design and experiment of measurement and control system for alfalfa conditioning test bench[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2021, 52(2): 122 – 134. (in Chinese)
- [26] 张学军, 陈勇, 史增录, 等. 双仓转盘式棉花竖直圆盘穴播排种器设计与试验[J]. 农业工程学报, 2021, 37(19): 27 – 36. ZHANG Xuejun, CHEN Yong, SHI Zenglu, et al. Design and experiment of double-storage turntable cotton vertical disc hole seeding and metering device[J]. Transactions of the CSAE, 2021, 37(19): 27 – 36. (in Chinese)