

模糊 PID 玉米免耕机排种施肥控制方法研究

张红娟, 窦新宇

(唐山学院 智能与信息工程学院, 河北 唐山 063000)

摘 要: 为了实现免耕机播种量和施肥量的精确控制, 基于模糊 PID 控制, 设计了控制系统。首先, 建立排种量模型, 以排种轴转速为控制量; 其次, 建立施肥量控制模型, 分析排肥轴转速、排肥轴长度和免耕机前进速度对于排肥量误差的影响, 选择排肥轴转速为控制量; 再次, 采用模糊 PID 控制的方法, 对驱动电机进行调速, 进而实现对排肥轴和排种轴转速的控制, 完成排种量和排肥量的调整; 最后, 对系统进行测试。测试结果表明: 电机转速从 0 调整到 50 r/min 的响应时间为 0.8 s, 施肥量变异系数分布区间为 [2.6, 4.1]。

关键词: 模糊 PID 控制; 播种量模型; 施肥量模型; 玉米

中图分类号: S223.2⁺6

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2025)01-0178-07

DOI: 10.13427/j.issn.1003-188X.2025.01.028

0 引 言

玉米是最为重要的粮食作物, 在我国种植广泛, 是国民粮食安全的压舱石^[1]。当前, 玉米种植呈现出规模化种植的趋势, 为了提高种植效率, 广泛采用免耕机播进行种植^[2]。目前, 玉米免耕机播种量和施肥量主要采用纯机械传动控制模式, 排种轴和排肥轴通过变速装置与地轮连接, 实现驱动, 进而实现播种量和施肥量控制^[3-4]; 但调整播种量和施肥量较为繁琐, 无法实现实时调整播种量和施肥量。为了解决施肥量和播种量精确控制与实时调整的问题, 基于模糊 PID 控制方法^[5], 对驱动电机进行控制, 进而控制排种轴和排肥轴的转速, 实现施肥量和播种量的调整。

1 系统组成

系统组成如图 1 所示。首先, 完成排种器^[6-7]结构设计, 建立排种量模型, 进而确定排种量控制参数为排种轴转速; 其次, 完成施肥器结构设计, 建立施肥量模型, 对比排肥轴转速、排肥轴长度和免耕机前进速度对施肥量的影响, 选定排肥轴转速为施肥量控制参数; 再次, 采用模糊 PID 控制的方法, 实现驱动电机的调速, 进而控制排种轴转速与施肥轴转速, 实现施肥量和排种量的调整; 最后, 对系统进行测试, 重点测试

对象为驱动电机的响应速度和施肥量控制精度。

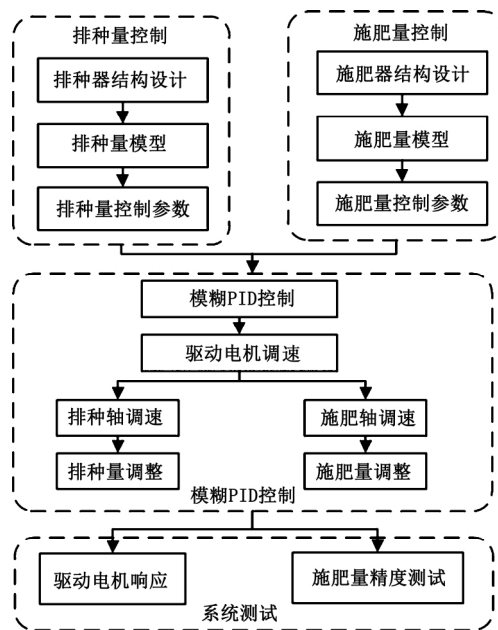


图 1 系统组成

Fig. 1 Structure of system

2 排种系统控制

免耕机可以实现精准播种的关键部件为排种器。排种器实现排种量的改变, 其关键性技术问题为排种器种子下落的均匀性和排种量的可调节性。排种器由排种轴、种子限位杆和落种传感器组成, 如图 2 所示。

工作过程: 种子落到排种轴上的凹槽中, 排种轴在电机的驱动下进行转动, 而凹槽外的种子受种子限位杆限制不能进入落种区, 此时只有排种轴凹槽中的

收稿日期: 2022-12-15

基金项目: 河北省高等学校科学技术研究项目 (ZC2022048); “十三五”国家重大科技专项子课题 (2017ZX05009-003)

作者简介: 张红娟 (1981-), 女, 山东临沂人, 讲师, 硕士, (E-mail) qianxun0716@163.com。

种子下落; 排种器最下端有落种传感器, 对下落种子进行检测, 精确记录落种量; 改变排种轴转速, 实现排种量的调控。

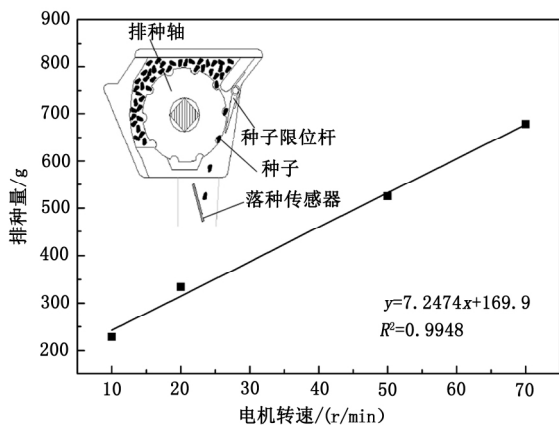


图 2 排种系统控制模型

Fig. 2 Control model of seed metering system

现定量分析排种轴转速和排种量之间的关系, 检测不同转速下对应的排种量, 数据点如图 2 所示。采用线性拟合的方法, 对上述数据点进行拟合, 结果如式 (1) 所示, 线性相关系数 R^2 达到 0.994 8。结果表明: 排种轴转速在 10~70 r/min 区间内, 排种量和排种轴转速成线性关系, 通过控制排种轴转速, 即可实现对于排种量的控制。

$$y = 7.2474x + 169.9 \quad (1)$$

3 排肥定量控制

免耕机工作过程中, 施肥量高于排种量, 采用限位杆和下落传感器的技术方案, 不能满足施肥量大的需求。施肥量直接关系到玉米生长, 施肥量过小, 不能满足种子生长所需养料; 施肥量过大, 会抑制玉米幼苗生长。因此, 在免耕机工作过程中, 同样需要对施肥量进行精确控制。在此, 系统通过研究排肥器各参数对排肥量的影响, 确定影响排肥量的主要因素, 进而通过控制该因素, 实现对于排肥量的精确控制。

3.1 施肥量控制因素分析

系统选用排肥器^[8-9](见图 3), 包括肥料控制板、排种轴固定螺钉、肥料下落方向挡板、排肥轴、排肥轴开度控制器和挡板。其中, 肥料控制板控制排肥器与储肥箱之间的连接, 当肥料控制板关闭时, 没有肥料落入排肥器。肥料下落方向控制挡板控制肥料正常进入排肥器, 排肥轴上存在凹槽, 排肥轴开度控制器控制凹槽开度, 进而改变凹槽中化肥量, 挡板通过螺钉,

实现排种轴的固定。排肥轴是排肥器的关键部件, 通过改变其转速, 实现肥料下落频次改变; 通过改变排种轴长度, 实现单次肥料下落数量的改变; 同时, 考虑免耕机前进速度对于施肥量的影响, 将排肥轴长度、转速和免耕机前进速度作为排肥量的影响因素进行分析, 如图 4 所示。

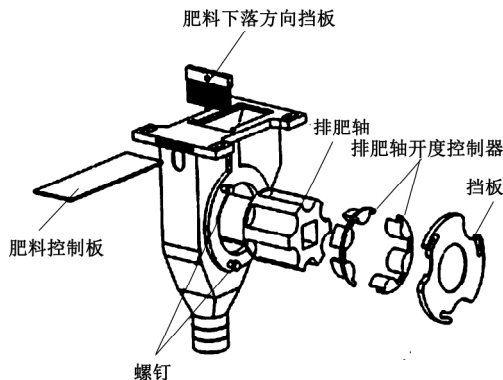


图 3 排肥器

Fig. 3 Fertilizer feeder

采用单一变量分析的方法, 分别研究排肥轴转速、免耕机行驶速度和排肥轴长度对于排肥量的影响。排肥轴转速和排肥量之间的关系, 如图 4(a) 所示。采用二次多项式进行拟合, 结果如式 (2) 所示, 拟合决定系数 R^2 达到 0.999 5。

$$y = -0.3164x^2 + 58.406x - 439.84 \quad (2)$$

对式 (2) 进行求导, 计算排种轴转速单位改变量, 对应的排肥量改变量为 57.77 g。

行驶速度和排肥量之间的关系, 如图 4(b) 所示。采用二次多项式进行拟合, 结果如式 (3) 所示, 拟合决定系数 R^2 达到 0.994 6。

$$y = 0.0678x^2 + 2.0849x + 987.46 \quad (3)$$

对式 (3) 进行求导, 计算行驶速度单位改变量, 对应的排肥量改变量为 4.15 g。

排肥轴长度和排肥量之间的关系, 如图 4(c) 所示。采用二次多项式进行拟合, 结果如式 (4) 所示, 拟合决定系数 R^2 达到 0.998。

$$y = 0.0694x^2 + 34.973x + 611.23 \quad (4)$$

对式 (4) 进行求导, 计算排肥轴长度单位改变量, 对应的排肥量改变量为 35.11 g。

上述 3 个拟合式进行求导运算后发现, 上述 3 个参数单位改变量对应排肥量改变量, 由高到低依次为排肥轴转速、排肥轴长度和行驶速度。

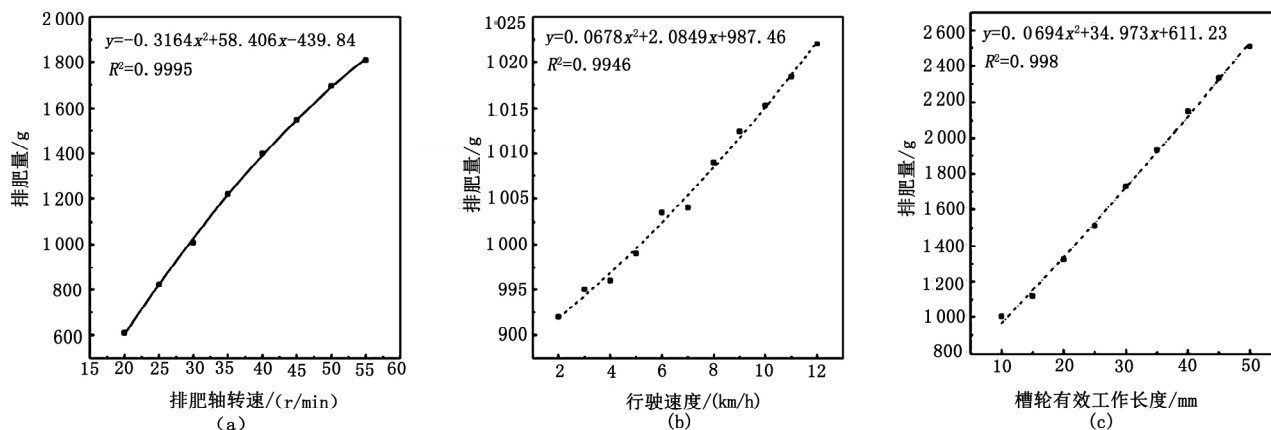


图 4 施肥量控制因素分析

Fig. 4 The analysis on the control factors for fertilization amount

3.2 施肥量控制模型与误差因素分析

根据排肥器结构设计特点,排肥轴转速、排肥轴长度和免耕机行驶速度会对排肥量产生影响,采用单一变量分析可知:排肥轴转速对于排肥量的影响最大,免耕机行驶速度对于排肥量的影响最小。现建立排肥量误差模型,讨论上述 3 个因素对于施肥量误差的影响。

三因素对于施肥量误差的影响,分析过程如下:

①建立三因素五水平正交旋转实验^[10-11]。②采用多元二次拟合的方法,建立排肥量误差模型。根据统计学方法,计算每一项对于施肥量误差的 t 检验值和 σ 值,进而确定该项对于施肥量误差的显著性。③剔除不具有显著性的项,得到三因素与施肥量误差模型。

建立三因素五水平正交旋转实验:①排肥轴转速区间为 $[0 \text{ r/min}, 70 \text{ r/min}]$,为第一因素 $Z1$;排肥轴长度变化区间为 $[10 \text{ mm}, 60 \text{ mm}]$,为第二因素 $Z2$;免耕机行驶速度区间为 $[2 \text{ km/h}, 12 \text{ km/h}]$,为第三因素 $Z3$ 。 $P=3$,因此 $\gamma = \sqrt{2^{\frac{P}{2}}} = 1.682$ 。②计算中间 0 水平参数,如式(5)所示。其中 Zi_r 为该变量区间上限, Zi_{-r} 为该变量区间下限。③计算“1”水平和“-1”水平,如式(6)所示。④根据计算所得,完成三因素五水平正交旋转实验表,如表 1 所示。

$$Zi_0 = \frac{1}{2}(Zi_r + Zi_{-r}) \quad (5)$$

$$\begin{cases} Zi_1 = Zi_0 + \frac{Zi_r - Zi_{-r}}{2\gamma} \\ Zi_{-1} = Zi_0 - \frac{Zi_r - Zi_{-r}}{2\gamma} \end{cases} \quad (6)$$

采用多元二次拟合的方法,建立施肥量误差与三

因素模型,二次多项式中,各项 t 检验值与 σ 值如图 5 所示。

表 1 三因素五水平正交旋转实验设计

Table 1 Design of orthogonal rotation experiment with three factors and five levels

	Z1	Z2	Z3
r	70	60	12
1	55.81	49.86	9.97
0	35	35	7
-1	14.18	20.13	4.03
$-r$	0	10	2

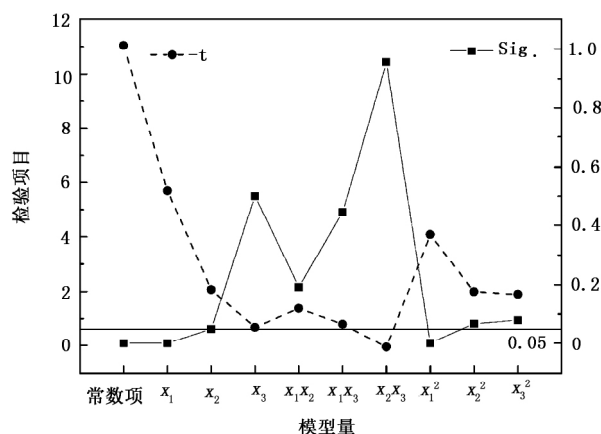


图 5 施肥量误差模型

Fig. 5 The error model for fertilization amount

采用 t 检验^[12-13],分别验证三元二次多项式中每一项的显著性^[14]。其中,排在前 4 项的分别为常数项、 x_1 项、 x_2 项和 x_1^2 项。除常数项外, t 检验值最高的为 x_1 项;当 σ 值小于 0.05,认为该项具有显著性,计算结果表明,常数项、 x_1 项、 x_2 项和 x_1^2 项对于结果具有

显著性,则以上述 4 项建立施肥量误差模型,即

$$y = 6.253x_1^2 + 9.411x_1 + 3.419x_2 + 14.079 \quad (7)$$

由上述分析可知,排肥轴转速对于施肥量误差影响最为显著,免耕机行驶速度对于施肥量误差影响可以忽略不计。

4 排种量和施肥量精确控制方法

免耕机需要实现精确播种和施肥,系统选用的排种机构精确控制排种轴转速,即可实现排种量的精确控制。由施肥量影响因素分析可知,排肥轴转速的改变显著影响排肥量,同时排肥轴转速对于排肥量误差有显著影响,故快速精准地控制排肥轴转速,即可有效控制排肥量。为了实现高精度的排种和施肥,需要对排肥轴和排种轴转速进行控制,而排肥轴和排种轴均由驱动电机驱动,故快速准确地控制驱动电机转速,即可实现施肥量和播种量精确控制。本系统采用模糊 PID 的方法对驱动电机进行转速控制^[15]。

4.1 驱动电机模糊 PID 控制模型

由上述分析可知,实现高精度排种和施肥,需要对驱动电机的转速进行精确控制,本系统采用模糊 PID 控制的方式,实现对电机的调速控制,模型如图 6 所示。

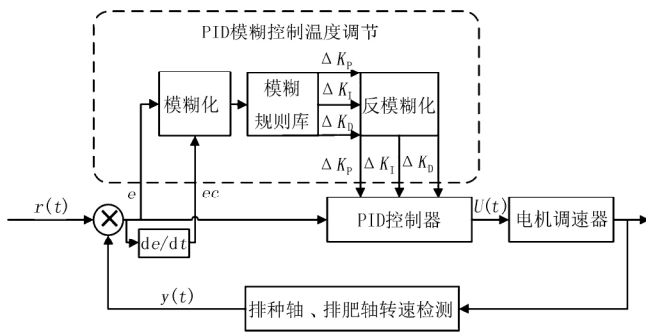


图 6 驱动电机模糊 PID 控制模型

Fig. 6 Fuzzy PID control model for drive motor

首先,输入排种轴或排肥轴的理论转速 $r(t)$,检测得到的排种轴或排肥轴实际转速 $y(t)$,计算二者差值 e 及其变化率 ec ;其次,将差值 e 及其变化率 ec 模糊化,采用三角形隶属度函数实现,根据模糊规则库,通过模糊化后的差值 e 及其变化率 ec ,查表得到 PID 控制量模糊值 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d ;再次,将查表得到的 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d 3 个模糊量进行去模糊化处理,输出 PID 控制

器控制参数 K_p 、 K_i 、 K_d ;最后,PID 控制器调整电机转速,检测该电机驱动的排种轴或排肥轴实际转速 $y(t)$,实现闭环控制。

4.2 驱动电机模糊 PID 调速

排种轴或排肥轴驱动电机模糊 PID 控制过程:首先,计算排种轴或施肥轴的理论转速 $r(t)$ 和检测得到的实际转速 $y(t)$ 之间的差值 e 及其变化率 ec 。其中,差值 e 及其变化率 ec 论域均为 $[-3, 3]$ 采用三角形隶属度函数进行模糊化处理,如图 7(a) 所示。隶属度函数中心值分别为 $-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$,差值 e 的量化因子 $K_e = 0.5$,差值变化率 ec 的量化因子 $K_{ec} = 0.5$,对应的模糊化语言为 $[NL, NM, NS, O, PS, PM, PL]$ 。模糊输出量的隶属度函数如图 7(b) 所示。隶属度函数中心值分别为 $-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$,对应的模糊化语言为 $[NL, NM, NS, O, PS, PM, PL]$ 。其中, ΔK_p 论域范围为 $[-3, 3]$,量化因子 $K_{K_p} = 0.5$; ΔK_i 论域范围为 $[-0.6, 0.6]$,量化因子 $K_{K_i} = 2.5$; ΔK_d 论域范围为 $[-1.5, 1.5]$,量化因子 $K_{K_d} = 1$ 。

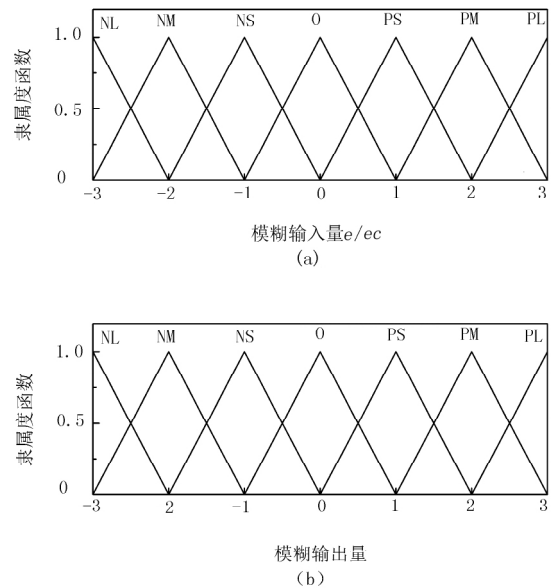


图 7 模糊 PID 系统隶属度函数

Fig. 7 Membership function for fuzzy PID system

根据电机 PID 调控经验,建立模糊控制规则,模糊规则输入量为模糊化后的差值 e 及其变化率 ec ,输出为 PID 控制量模糊值 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d 。现分别建立 3 个 PID 控制量模糊值规则,如表 2~表 4 所示,通过模糊输入量,查表即可得到模糊控制量。

表 2 ΔK_p 模糊规则Table 2 The fuzzy rules for ΔK_p

		e						
		NL	NM	NS	O	PS	PM	PL
ec	NL	PL	PL	PM	PM	PS	O	O
	NM	PL	PL	PM	PS	PS	O	NS
	NS	PM	PM	PM	PS	O	NS	NS
	O	PM	PM	PS	O	NS	NM	NM
	PS	PS	PS	O	NS	NS	NM	NM
	PM	PS	O	NS	NM	NM	NM	NL
	PL	O	O	NM	NM	NM	NL	NL

表 3 ΔK_i 模糊规则Table 3 The fuzzy rules for ΔK_i

		e						
		NL	NM	NS	O	PS	PM	PL
ec	NL	NL	NM	NM	NS	O	O	NL
	NL	NL	NM	NS	NS	O	PS	NL
	NL	NM	NS	NS	O	PM	PM	NL
	NM	NM	NS	O	PS	PM	PM	NM
	NM	NS	O	PS	PS	PM	PL	NM
	O	O	PS	PS	PM	PL	PL	O
	O	O	PS	PM	PM	PL	PL	O

表 4 ΔK_d 模糊规则Table 4 The fuzzy rules for ΔK_d

		e						
		NL	NM	NS	O	PS	PM	PL
ec	NL	PS	NS	NL	NL	NL	NM	PS
	NL	PS	NS	NL	NM	NM	NS	O
	NL	O	NS	NM	NM	NS	NS	O
	NM	O	NS	NS	NS	NS	NS	O
	NM	O	O	O	O	O	O	O
	O	PL	PM	PM	PM	PS	PS	PL
	O	PL	PM	PM	PM	PS	PS	PL

利用模糊化后的差值 e 及其变化率 ec 查表得到模糊输出量 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d 。现需要对模糊输出量进行去模糊化处理,得到 PID 控制器控制信号 K_p 、 K_i 、 K_d ,实现电机的调速,进而控制排种轴和排肥轴。系统采用中心法进行去模糊处理,有

$$Ki = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{(\Delta K_i)} K_{(i)}}{\sum_{i=1}^n \mu_{(\Delta K_i)}} \quad (8)$$

其中 $\mu_{(\Delta K_i)}$ 为 ΔK_i 的隶属度函数 $K_{(i)}$ 为 ΔK_i 对应

的中心值。

5 系统测试

系统采用模糊 PID 的控制方法,控制驱动电机转速,进而实现对排种轴和排肥轴转速控制;同时,由于施肥量大于播种量,排肥轴的控制难度更大。因此,系统测试重点为模糊 PID 响应速度和施肥量的准确程度。

模糊 PID 响应速度测试过程:选定驱动电机目标转速为 50 r/min,电机从 0 开始进行调速。系统采用的模糊 PID 控制为测试组,传统的 PID 控制为对照组,测试结果如图 8 所示。传统 PID 控制方法,经过 5 次震荡后,趋于控制转速 50 r/min,响应时间为 1.2 s;采用模糊 PID 控制的方法,经过两次震荡后,趋于稳定,响应时间为 0.8 s。测试结果表明本系统采用的模糊 PID 控制方法,具有更短的响应时间。

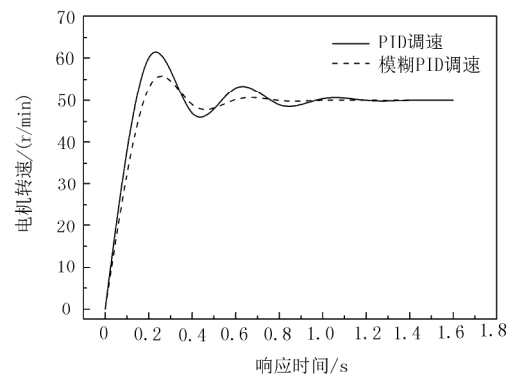


图 8 模糊 PID 响应测试

Fig. 8 The response test for fuzzy PID

对施肥量控制精度进行测试,计算在规定排肥轴转速下施肥量标准差 σ 和变异系数 C 。过程为:控制排肥轴转速一定,测试 1 min 时间内的施肥量,后改变排肥轴转速,使排肥轴转速成梯度分布,检测不同转速下 1 min 内施肥量,进行 10 次重复测试。计算同一转速下,排肥量标准差,如式(9)所示。其中, $\bar{x}$ 为同一转速下 10 次施肥量均值; x_i 为第 i 次施肥量; n 为重复试验次数。计算变异系数 C ,则

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (9)$$

$$C = \frac{\delta}{\bar{x}} \quad (10)$$

测试结果如图 9 所示。其中,排肥量标准差如图 9 中实线所示,在 6~38 r/min 的排肥轴转速区间内,分布范围为 [18.6 g, 67.8 g],变化趋势为随着转速

的增高,呈现出先快速升高后趋于平缓,最后下降的趋势,最大标准差出现在 31 r/min 处;变异系数分布区间为 [2.6, 4.1] 在排肥轴转速为 6 r/min 时,达到最大值 4.1,在排肥轴转速为 12 r/min 时,达到最小值 2.6。测试结果表明,排肥系统具有较高的精度和稳定性。

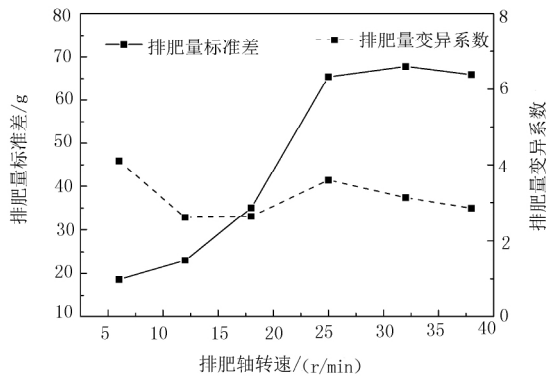


图 9 排肥量精度控制测试

Fig. 9 Precision control test for fertilizer discharge

6 结 论

首先,建立排种量控制模型,发现排种量和排种轴转速成线性关系,拟合决定系数 R^2 达到 0.99;其次,建立施肥量模型,采用单因素分析的方法,研究排肥轴转速、排肥轴长度和免耕机速度对于施肥量的影响,结果表明:3 个因素均与排肥量成二次多项式关系,发现单位参量改变量、对应排肥量改变量的影响,由高到低依次为排肥轴转速、排肥轴长度和行驶速度。采用三因素五水平正交旋转实验的方式,综合考虑排肥轴转速、排肥轴长度和行驶速度 3 个因素,建立排肥量误差模型,结果表明排肥轴转速对于排肥量误差影响最为显著,故选用排肥轴转速作为排肥量控制参数。采用模糊 PID 的方法,利用三角形隶属度函数,对模糊系统输入量差值 e 及其变化率 ec 进行模糊化处理,建立模糊规则库,实现 PID 控制量模糊值 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d 输出;采用重心法实现去模糊化,输出 PID 控制器控制量,进而实现驱动电机调速。对系统进行测试,结果表明:当目标转速为 50 r/min 时,传统 PID 控制方案响应时间为 1.2 s;采用模糊 PID 控制的方法响应时间为 0.8 s。对施肥量精度进行测试:排肥

量变异系数分布区间为 [2.6, 4.1],表明排肥系统具有较高的精度和稳定性。

参考文献:

- [1] 涂志. 浅谈玉米种植技术推广存在问题及对策[J]. 新农业, 2022(17): 14-15.
- [2] 刘桂红. 玉米新型农业技术推广模式探究[J]. 产业与科技论坛, 2022, 21(16): 198-199.
- [3] 安静. 玉米免耕播种技术推广应用初探[J]. 农业开发与装备, 2020(10): 163-164.
- [4] 王泉玉, 徐琪蒙, 卢彩云, 等. 免耕播种智能化关键技术研究现状与发展[J]. 华南农业大学学报, 2021, 42(6): 27-35.
- [5] 阚盼盼, 程洪丽, 李雪如. 基于模糊 PID 的仔猪舍温度控制系统[J]. 智慧农业导刊, 2022, 2(19): 18-20.
- [6] 贾雅丽. 精量排种器对比及发展现状分析[J]. 农业技术与装备, 2022(5): 38-40.
- [7] 苏微, 陈子威, 赖庆辉, 等. 轮式半夏精密排种器设计与试验[J]. 农业机械学报, 2022, 53(9): 60-71.
- [8] 宋灿灿, 周志艳, 王国宾, 等. 施肥无人机槽轮式排肥器槽轮结构参数优选[J]. 农业工程学报, 2021, 37(22): 1-10.
- [9] 张宏图, 解恒燕, 贾辰钰. 有机肥施肥机排肥器的研究现状及发展趋势[J]. 农机化研究, 2022, 44(8): 262-268.
- [10] 翟龙飞, 李田叶, 李雪丹, 等. 利用回归正交旋转实验优化提取枣中总黄酮的提取工艺[J]. 食品工业科技, 2014, 35(5): 201-205.
- [11] 梁志芳, 李午申, 王迎娜. 二次正交旋转组合实验设计孵化器[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004(11): 1561-1563.
- [12] 关于计量资料中的 t 检验[J]. 创新创业理论与实践, 2021, 4(12): 23.
- [13] 于忠萧. 配对 t 检验在评估棉纤维测试仪中的应用[J]. 中国纤检, 2022(8): 81-85.
- [14] 范允征, 林路. 线性回归模型的深度加权最小二乘估计和拟合检验[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2008(3): 39-43.
- [15] 张洪凯, 姜明明. 基于 PID 控制与模糊 PID 控制的比较[J]. 轻工科技, 2021, 37(11): 71-73.

Study on Control Method of Seed Metering and Fertilization for Corn No-tillage Seeder

Zhang Hongjuan , Dou Xinyu

(College of Intelligence and Information Engineering , Tangshan University , Tangshan 063000 , China)

Abstract: In order to achieving precise control of sowing amount and fertilization amount for no-tillage seeder , this system was designed based on fuzzy PID control. Firstly , seed output model was found , while the seed metering shaft speed was taken as control parameter. Secondly , control model of fertilization amount was found , after effects of rotation speed of fertilizer discharge shaft , length of fertilizer discharge shaft and speed of no-tillage seeder on the fertilizer error , and then , rotation speed of fertilizer discharge shaft was taken as control parameter. Speed regulation of drive motor was achieved based on fuzzy PID control , and then , the rotation speed of fertilizer discharge shaft and seed discharge shaft were controlled to adjust sowing amount and fertilization amount. The system tests were taken , response time is 0.8 s , as motor speed adjusted from 0 to 50 r/min. Coefficient of variation for fertilization ranged was [2.6 , 4.1] .

Key words: fuzzy PID control; seeding rate model; fertilization amount model; corn

(上接第 177 页)

[11] 顿国强 , 于春玲 , 杨永振 , 等. 大豆育种排种盘型孔参数仿真优化与试验 [J]. 农业工程学报 , 2019 , 35(19) : 62-73.

[12] 尚书旗 , 吴秀丰 , 杨然兵 , 等. 小区育种播种装备与技术研究现状与展望 [J]. 农业机械学报 , 2021 , 52(2) : 1-20.

Abstract ID: 1003-188X(2025) 01-0173-EA

Simulation and Analysis of Corn Breeding Average Format Cone Seed Drainer

Cao Pandong¹ , Ding Yong¹ , Li Zhenzuo¹ , Li Guoying² , Yang Ranbing^{1 3}

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering , Qingdao Agricultural University , Qingdao 266109 , China;

2. Qingdao Plantech Mechanical Technology Co. Ltd , Qingdao 266109 , China; 3. College of Mechanical and Electrical Engineering , Hainan University , Haikou 570228 , China)

Abstract: Aiming at the problem of low seedling rate during maize breeding test and uneven seeding of existing striped seed drainers , optimized the design on the basis of existing striped planter. Increase the homogeneity of the row by adding the homogeneous lattice to the cone. The influence of tilt angle , number of average lattice and speed of the cone on the planting performance of the average format cone was analyzed and simulated. The experimental results show that when the speed of the cone is 0.8 rad/s , the inclination angle of the cone is 48.1° , and the average number of cone cells is 30 , the optimal performance of the seed arrangement , the variation coefficient of the homogeneity of the cone arrangement decreases to 20.295%. Field experiments show that the uniformity variation coefficient of the homogeneous vertebral platter is reduced by 18.73% , and the platting performance of the platter is significantly improved , which can meet the test requirements of the district.

Key words: seed drainer; average format cone; seeding uniformity; simulation; corn