

联合收获机吸杂口偏置型旋风分离清选装置试验*

周学建¹ 袁华杰¹ 闫卫红² 师清翔¹ 马萌¹ 李宇航¹

(1. 河南科技大学农业工程学院, 洛阳 471003; 2. 中国国机重工集团有限公司, 北京 100102)

摘要: 利用吸杂口偏置型旋风分离清选装置试验台,进行了旋风分离筒吸杂口偏置角度和偏置距离试验,研究了吸杂口偏移位置参数对清选性能的影响规律,获得了清选效果较优的吸杂口偏置型旋风分离筒的结构参数。通过正交试验和回归试验得到了该清选装置的较优结构运动参数,并进行了验证试验和适应性试验,为该清选装置在微型联合收获机上的应用提供了依据。

关键词: 联合收获机 旋风分离 清选装置 偏置吸杂口 影响规律

中图分类号: S225.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)08-0080-06

引言

清选装置是谷物联合收获机的重要工作部件,直接影响整机的清洁率、损失率和工作效率。目前,谷物联合收获机广泛采用气流清选和风筛联合清选两种形式,大中型谷物联合收获机主要采用风筛联合清选,而小型和微型谷物联合收获机多采用气流清选^[1-7]。

旋风分离是一种典型的气流清选方式,该清选装置结构简单、重量轻,适宜配置于微型谷物联合收获机^[8-12]。但是,目前使用的旋风分离清选装置吸杂风机转速较高,一般都在 2 600 r/min 以上,使得整机震动加剧,影响工作可靠性。减小分离筒直径是降低吸杂风机转速的有效方法,但会引起清选质量的下降^[13-18]。

本文以水稻为清选对象,以吸杂口远离进料口为保证清选质量的切入点,探索偏置吸杂口的旋转角度和吸杂口偏置距离对旋风分离清选装置性能的影响规律,并在此基础上进行正交试验和回归试验,通过试验研究,得到该清选装置的较优结构运动参数。

1 试验设备与试验过程

1.1 试验设备

如图 1 所示,旋风分离清选试验台主要由推运螺旋输送机、扬谷器、扬谷器管道、旋风分离筒、吸杂管道和吸杂风机等部分组成。其他设备有:用于电动机速度控制的 G5A41P51 型变频器 3 台,称重仪

2 台, EDI-302 型电阻应变式电子秤和 MP4000 型电子天平,杂余分离装置 1 套。

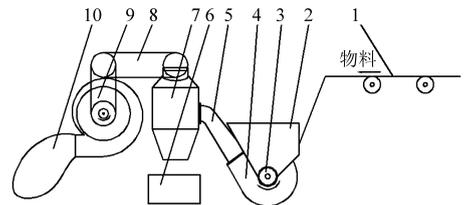


图 1 旋风分离清选试验台示意图

Fig. 1 Structure of cyclone-separating device

1. 输送带 2. 接料室 3. 推运螺旋输送机 4. 扬谷器 5. 扬谷器管道 6. 接粮箱 7. 旋风分离筒 8. 吸杂管道 9. 吸杂风机 10. 接粮网袋

1.2 试验过程

室内试验模拟 4LBZ 型微型水稻联合收获机清选系统工况。该机前进速度 0.5 m/s,割幅 1 m。按水稻产量 9 000 kg/hm² 计算,清选系统籽粒喂入量为 0.45 kg/s。

经测定,4LBZ 型微型水稻联合收获机滚筒脱出物的含杂率为 4.7%,确定试验用物料的含杂率为 5%,由此可得清选物料的总喂入量为 0.473 7 kg/s。根据物料输送带速度和铺料长度,可得出每次试验所用的物料总量。试验物料中籽粒含水率为 7%~8%,杂余含水率为 12%~13%。

试验中,首先将籽粒、杂余按比例混合,均匀铺于物料输送带上,然后依次打开控制风机、扬谷器和螺旋输送机及输送带的电动机变频器,清选物料由输送带经滑板送入接料室,在接料室内被推运螺旋输送机送入扬谷器中心,由扬谷器经扬谷器管道沿

旋风分离筒切向抛扔至分离筒,在分离筒内气流和物料本身重力的共同作用下,籽粒与杂余分离,籽粒落入接粮箱,杂余经吸杂管道由吸杂风机排入接糠网袋。

鉴于旋风分离筒参数的改变不会影响籽粒破碎,本研究未考虑籽粒破碎率,选取籽粒清洁率 Y_q 和清选损失率 Y_s 作为清选性能指标。

用电子秤称出接粮箱中物料总质量 W_1 和接粮箱中物料经彻底分离后得到的纯籽粒质量 W_2 ,使用杂余分离装置分离出接糠网袋杂余中含有的籽粒,并用电子天平称量,得清选损失籽粒质量 W_3 。

籽粒清洁率和清选损失率计算式为

$$Y_q = \frac{W_2}{W_1} \times 100\% \quad (1)$$

$$Y_s = \frac{W_3}{W_2 + W_3} \times 100\% \quad (2)$$

2 旋风分离清选装置结构性能试验

2.1 吸杂口偏置角度

原有旋风分离筒直径为 400 mm。减小分离筒直径是降低吸杂风机转速的有效方法,本试验设定分离筒直径为 300 mm。

根据整机配置,确定分离筒物料入口尺寸为 80 mm × 100 mm,吸杂口直径为 160 mm,出粮口直径为 160 mm。

预试验表明,当风机转速为 1 000 r/min,扬谷器转速为 1 000 r/min 时,清选过程连续且清选能基本满足要求,可在此转速下进行吸杂口偏置角度试验。

吸杂口偏置角度示意图如图 2 所示。吸杂口中心位于远离物料入口一侧,相对于分离筒中心偏置距离为 20 mm,规定偏置角度与物料进入方向一致时为 0°,与物料进入方向相反为 180°。设定偏置旋转角度的试验水平为 0°、30°、60°、90°、120°、150° 和 180°。

根据室内试验条件,设定铺料长度为 3 m,输送带速度为 0.375 m/s,每次试验物料为籽粒 3.6 kg,

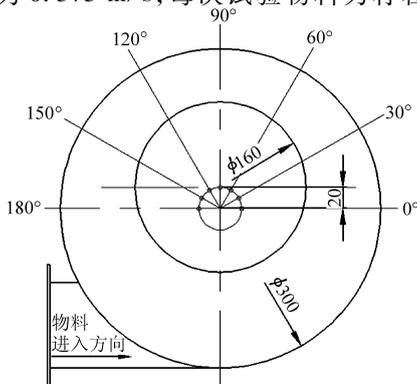


图 2 吸杂口偏置角度示意图

Fig. 2 Diagram of angle of rotation

杂余 0.19 kg。

试验结果方差分析表明,偏置角度对水稻清洁率影响不显著,对水稻清选损失率影响显著,吸杂口偏置角度对清选损失率的影响如图 3 所示。

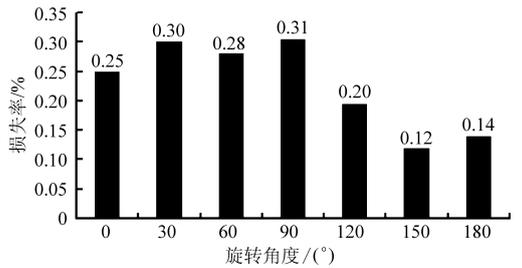


图 3 旋转角度对清选损失率的影响

Fig. 3 Effect of angle of rotation on rate of loss

从图 3 可以看出,在吸杂口偏置角度为 150° 时清选损失率最小。因为物料进入分离筒后,籽粒与杂余逐渐分离,在完成籽粒和杂余分离之前,物料所走过的行程越长,其分离的就越彻底,杂余被吸走时所带走的籽粒就越少。半喂入水稻脱粒得到的待清选物料含杂率低,进入分离筒的物料在惯性力作用下沿分离筒内壁作周向运动,吸杂口在 150° 位置时,杂余被吸走前行程长,损失较小。而 180° 时吸杂口离物料入口比较近,在物料刚进入分离筒时就会有一小部分杂余被吸走,这时杂余与籽粒尚未完全分离,会夹带一些籽粒,所以 180° 时的损失比 150° 时要大一些。

2.2 吸杂口偏置距离

由吸杂口偏置角度试验可知,当偏置角度为 150° 时清选效果较好,但其清洁率在 98.2% ~ 98.5% 之间。要进一步提高清洁率就要提高吸杂风机转速,势必引起损失率的增加,为了在提高清洁率的同时又控制住损失率,在本次试验中,将分离筒直径由 300 mm 增加到 350 mm。

吸杂口偏置距离示意图如图 4 所示,图中吸杂口偏置旋转角度为 150°。吸杂口偏置距离就是吸杂口中心相对于分离筒中心偏移的距离。吸杂口中心位于远离物料入口一侧,取吸杂口偏置距离的试验水平为 20、35、50、65 和 80 mm,同时增加偏移距离为 0 mm(即不偏移)的试验为对比试验。

通过预试验,确定风机转速为 1 200 r/min,扬谷器转速为 1 000 r/min,其他试验条件不变。

试验结果方差分析表明,偏置距离对水稻清洁率影响不显著,试验结果都在 99.3% ~ 99.6% 之间;而偏置距离对水稻清选损失率影响显著。偏置距离对清选损失率的影响如图 5 所示。

从图 5 可以看出,偏置距离为 35 mm 时清选损失率最小。这是因为,偏置距离过小时,吸杂口离物

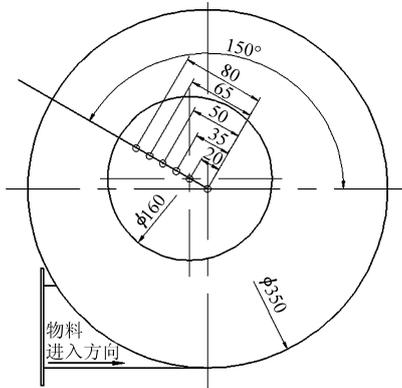


图4 吸杂口偏置距离示意图

Fig. 4 Diagram of offset distance

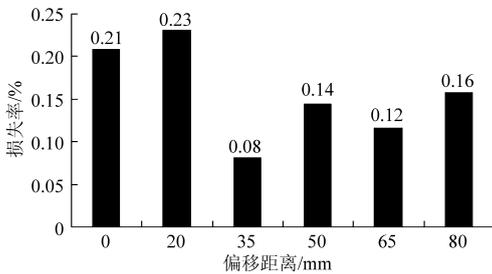


图5 偏置距离对清选损失率的影响

Fig. 5 Effect of offset distance on rate of loss

料入口较近,物料刚进入分离筒时,籽粒与杂余尚未分离,部分杂余夹带着籽粒被吸走,造成损失。偏移距离过大时,吸杂口离分离筒壁较近,吸杂口下部高速气流对绕筒壁旋转运动的籽粒作用增强,部分籽粒被高速气流带走造成损失。因此,偏置距离不宜过大或过小,以 35 mm 时清选效果较好。

3 清选装置试验

在旋风分离清选装置吸杂口偏移位置的试验研究基础上,进行正交试验和回归试验,以期得到吸杂口偏置型旋风分离清选装置的结构参数和运动参数,以及这些参数对清选性能的影响规律。

3.1 正交试验

旋风分离清选装置的空间尺寸以小为好,最小

尺寸由待清选物料喂入量和组分决定,在空间尺寸确定的情况下,影响清选性能的主要参数是吸杂风机转速 A 、扬谷器转速 B 、吸杂口直径 C 和出粮口直径 D ,以及吸杂口的偏转角度和偏移距离。

本试验中取分离筒直径 350 mm,吸杂口偏置旋转角度 150° ,偏移距离 35 mm。以吸杂风机转速 A 、扬谷器转速 B 、吸杂口直径 C 和出粮口直径 D 为试验因素,各因素水平如表 1 所示。通过正交试验,判断因素影响主次和因素水平较优组合,为回归试验的因素选择提供依据。

正交表采用 $L_9(3^4)$,试验安排及结果如表 2 所示。其中 No. 1 为第 1 次试验数据, No. 2 为第 2 次试验数据。

表 1 正交试验因素和水平

Tab. 1 Encode of factors and levels on orthogonal test

水平	因素			
	$A/(r \cdot \min^{-1})$	$B/(r \cdot \min^{-1})$	C/mm	D/mm
1	1 000	900	140	160
2	1 200	1 050	150	180
3	1 400	1 200	160	200

对正交试验结果进行方差分析,结果表明 4 个因素对清洁率和损失率的影响都显著。

对其进行极差分析,影响清洁率的因素主次顺序为 A 、 D 、 C 、 B ,较优组合为 $A_3B_2C_1D_1$;影响损失率的因素主次顺序为 A 、 C 、 D 、 B ,较优组合为 $A_1B_2C_1D_3$ 。对两个指标的分析结果有所不同,采用加权综合评分法对其进行分析,试验结果中清洁率范围是 95.5% ~ 99.7%,部分数据偏低,而损失率都小于 0.5%,所以清洁率权重取 0.7,损失率权重取 0.3,影响综合指标的因素主次顺序为 A 、 C 、 D 、 B ,较优组合为 $A_2B_2C_1D_1$ 。

3.2 回归试验

根据正交试验结果,在回归试验中取风机转速、

表 2 正交试验安排及试验结果

Tab. 2 Arrangement and results of orthogonal test

试验号	A $/(r \cdot \min^{-1})$	B $/(r \cdot \min^{-1})$	C $/\text{mm}$	D $/\text{mm}$	$Y_q/\%$		$Y_l/\%$	
					No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
1	1 000	900	140	160	98.08	98.08	0.036	0.045
2	1 000	1 050	150	180	97.00	97.28	0.037	0.048
3	1 000	1 200	160	200	95.70	95.43	0.022	0.020
4	1 200	900	150	200	97.81	97.04	0.078	0.101
5	1 200	1 050	160	160	99.17	99.44	0.131	0.106
6	1 200	1 200	140	180	99.17	99.16	0.073	0.079
7	1 400	900	160	180	99.72	99.72	0.422	0.428
8	1 400	1 050	140	200	99.44	99.44	0.135	0.154
9	1 400	1 200	150	160	99.44	99.16	0.359	0.352

扬谷器转速和吸杂口直径作为试验因素, 而将出粮口直径固定于 160 mm。之所以将其固定于较小值是因为出粮口直径小时, 出粮口向上气流速度增加, 有利于提高清洁率。但出粮口直径过小也会影响整机作业效率。

本试验中采用二次通用旋转组合试验, 其优点是回归方程有通用性, 且有较高的预测精度; 通过主目标优化法得到参数的较优组合, 这种优化方法的优点是使二次方程求解为简单的线性规划问题, 在辅助目标满足要求的情况下得到主目标的最优值。

3.2.1 二次通用旋转组合试验

在正交试验得出的试验因素较优水平附近安排二次通用旋转组合试验, 试验因素水平如表 3 所示, 试验安排及其结果如表 4 所示。

表 3 回归试验因素水平编码

Tab.3 Encode of factors and levels on regression test

编码	因素		
	风机转速	扬谷器转速	吸杂口直径
	$z_1 / (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	$z_2 / (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	z_3 / mm
1.682	1 400	1 200	160
1	1 319	1 139	152
0	1 200	10 50	140
-1	1 081	961	128
-1.682	1 000	900	120

表 4 二次通用旋转组合试验安排及试验结果

Tab.4 Arrangement and results of quadratic universal rotary assembly experiment

试验号	Z_1	Z_2	Z_3	清洁率 $Y_q / \%$	损失率 $Y_s / \%$
1	1	1	1	99.72	0.081
2	1	1	-1	99.16	0.090
3	1	-1	1	99.44	0.098
4	1	-1	-1	99.16	0.104
5	-1	1	1	98.34	0.053
6	-1	1	-1	97.53	0.034
7	-1	-1	1	97.81	0.067
8	-1	-1	-1	98.62	0.034
9	-1.682	0	0	97.81	0.036
10	1.682	0	0	99.72	0.305
11	0	-1.682	0	99.44	0.100
12	0	1.682	0	98.89	0.067
13	0	0	-1.682	98.89	0.123
14	0	0	1.682	99.44	0.073
15	0	0	0	99.44	0.090
16	0	0	0	99.17	0.095
17	0	0	0	99.44	0.092
18	0	0	0	99.17	0.092
19	0	0	0	99.16	0.095
20	0	0	0	99.17	0.098

对表 4 中试验数据进行二次多项式逐步回归,

得到清洁率 Y_q 和损失率 Y_s 在因素空间内的标准二次回归方程为

$$Y_q = 99.57382 + 0.02461z_1 - 0.01898z_2 - 0.12056z_3 - 0.00002z_1^2 - 0.00001z_2^2 - 0.00068z_3^2 + 0.00001z_1z_2 + 0.00007z_1z_3 + 0.00022z_2z_3 \quad (3)$$

$$Y_s = 0.60135 - 0.0016z_1 + 0.00089z_2 - 0.00271z_3 + 0.000002z_1^2 + 0.000004z_2^2 + 0.00001z_3^2 - 0.000002z_1z_2 - 0.000002z_1z_3 \quad (4)$$

式(3)和(4)的显著性检验结果如表 5 和表 6 所示。由表可知, 清洁率和损失率的回归方程都在 $\alpha = 0.01$ 的置信水平下显著且不失拟, 说明 2 个回归方程均与实际情况拟合较好。

表 5 籽粒清洁率回归方程的显著性检验

Tab.5 Test of significance for cleaning rate regression equation

方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性
回归	7.0647	9	0.785	11.39	方程显著
剩余	0.6894	10	0.0689		
失拟	0.5903	5	0.1181	5.96	方程不失拟
误差	0.0991	5	0.0198		
总和	7.7541	19			

表 6 清选损失率回归方程的显著性检验

Tab.6 Test of significance for loss rate regression equation

方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性
回归	0.0876	9	0.0097	64.93	方程显著
剩余	0.0004	10	0		
失拟	0.0003	5	0.0001	7.89	方程不失拟
误差	0	5	0		
总和	0.088	19			

注: 方程显著性检验表注释: $F_{0.01}(9, 10) = 4.94, F_{0.01}(5, 5) = 11.0$ 。

3.2.2 参数优化及其验证试验

本次回归试验通过多指标参数优化得到较优参数组合, 参数优化方法采用主目标优化法。

目标函数

$$F(z_1, z_2, z_3) = Y_s$$

性能约束函数

$$G_1(z_1, z_2, z_3) = Y_q \geq 99\%$$

边界约束函数

$$1000 \leq G_2(z_1, z_2, z_3) = z_1 \leq 1400$$

$$900 \leq G_3(z_1, z_2, z_3) = z_2 \leq 1200$$

$$120 \leq G_4(z_1, z_2, z_3) = z_3 \leq 160$$

求目标函数最小值, 最终优化结果即最佳参数组合为: $z_1 = 1157 \text{ r/min}, z_2 = 1065 \text{ r/min}, z_3 = 155 \text{ mm}, Y_q = 99\%, Y_s = 0.06\%$ 。

验证试验结果如表 7 所示。由表 7 可知, 验证

结果与预测结果比较接近,回归方程可用于指标预测和参数控制。

表7 验证试验结果

Tab.7 Result of proof test

试验号	清洁率 $Y_q/\%$	损失率 $Y_s/\%$
1	99.17	0.062
2	99.16	0.065

3.3 适应性试验

在较优参数组合下,进行喂入量、含杂率和含水率的适应性试验,考查该清选装置配置到4LBZ型微型水稻联合收获机的清选性能。

(1) 喂入量

保持含杂率5%不变,按水稻产量6000、7500、9000、10500和12000 kg/hm²的喂入量进行试验,试验结果如图6所示。

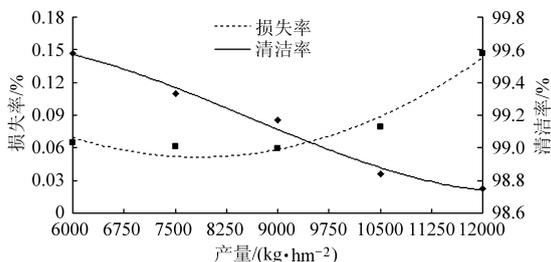


图6 喂入量适应性试验结果

Fig.6 Test results of feed rate adaptation

由图6可以看出:随喂入量增加,清洁率下降,损失率升高;在试验范围内,清洁率在98%以上,损失率在0.2%以下,满足清选要求。

(2) 含杂率

保持水稻产量9000 kg/hm²的喂入量不变,含杂率取3%、5%、7%、9%和11% (堵塞)进行试验,试验结果如图7所示。

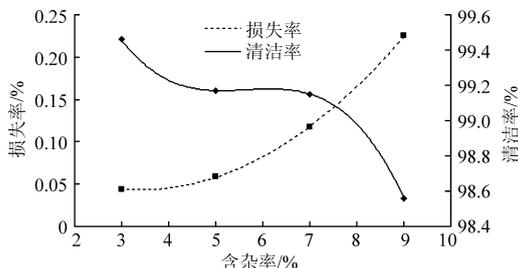


图7 含杂率适应性试验结果

Fig.7 Test results of impurity rate adaptation

由图7可以看出:随含杂率增加,清洁率下降,损失率升高;含杂率在8%以下时,清洁率在98%以上,损失率在0.2%以下,满足清选要求。

(3) 含水率

保持含杂率5%和水稻产量9000 kg/hm²的喂入量不变,利用洒水的办法调整室内试验物料的含水率,试验结果如表8所示。

表8 含水率适应性试验结果

Tab.8 Test results of moisture content of adaptation

试验号	含水率/%		$Y_q/\%$	$Y_s/\%$
	籽粒	杂余		
1	11.25	35.45	98.35	0.176
2	10.61	34.25	98.34	0.165
3	9.55	23.08	98.62	0.159
4	8.54	17.04	98.88	0.135
5	7.62	12.82	99.17	0.059

由表8可以看出:随着含水率的增加,清洁率下降,损失率升高;在试验范围内,清洁率在98%以上,损失率在0.2%以下。

4 结论

(1) 旋风分离清选装置吸杂口远离进料口有利于降低因杂余夹带籽粒造成的清选损失;吸杂口与分离筒壁距离过小时,吸杂口下部高速气流对绕筒壁运动的籽粒作用增强,部分籽粒被高速气流带走造成清选损失。

(2) 旋风分离清选装置在旋风分离筒直径为300 mm、吸杂口偏置距离为20 mm,风机转速为1000 r/min时,吸杂口偏置角度150°清选效果较好;在旋风分离筒直径为350 mm、吸杂口偏置距离为150°,风机转速为1200 r/min时,吸杂口偏置距离35 mm清选效果较好,此时籽粒清洁率达99%,损失率在0.1%以下。

(3) 当旋风分离筒直径为350 mm、吸杂口偏置角度为150°、吸杂口偏置距离35 mm时,旋风分离清选装置的较优结构运动参数是:出粮口直径160 mm,风机转速1157 r/min,扬谷器转速1065 r/min,吸杂口直径155 mm。在该参数下,籽粒清洁率达99%,清选损失率为0.06%。

参 考 文 献

- 1 Kumar S S, Prashant S, Pradyumna G. Evaluation of numerical schemes using different simulation methods for the continuous phase modeling of cyclone separators[J]. Advanced Powder Technology, 2011, 22(2): 209-219.
- 2 Hoffmann A C, de Groot M, Hospers A. The effect of the dust collection system on the flow pattern and separation efficiency of a gas cyclone[J]. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 1996, 74(4): 464-470.
- 3 徐立章, 李耀明, 张立功, 等. 轴流式脱粒-清选装置试验台的设计[J]. 农业机械学报, 2007, 38(12): 85-88.
Xu Lizhang, Li Yaoming, Zhang Ligong, et al. Development on test-bed of axial threshing and cleaning unit[J]. Transactions of

- the Chinese Society for Agricultural Machinery,2007,38(12):85-88. (in Chinese)
- 4 李洪昌,李耀明,唐忠.风筛式清洗装置清选性能试验研究[J].中国农机化,2010(6):54-57.
Li Hongchang, Li Yaoming, Tang Zhong. Test study on cleaning performance of air-and-screen cleaning mechanism[J]. Chinese Agricultural Mechanization,2010(6):54-57. (in Chinese)
- 5 郑一平,林金秀.微型联合收割机的现状及前景[J].农机化研究,2007(9):232-234.
Zheng Yiping, Lin Jinxiu. The present situation and prospects of mini-combine harvesters[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2007(9):232-234. (in Chinese)
- 6 唐忠,李耀明,李洪昌,等.联合收获机风筛式清选装置清选室内涡流试验[J].农业机械学报,2010,41(12):62-66.
Tang Zhong, Li Yaoming, Li Hongchang, et al. Analysis on the eddy current of the air-and-screen cleaning device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2010,41(12):62-66. (in Chinese)
- 7 王国欣,师清翔,刘师多,等.物料状态对圆筒式短茎秆清理装置性能的影响[J].农业机械学报,2002,33(4):52-54.
Wang Guoxin, Shi Qingxiang, Liu Shiduo, et al. Effects of the pstate of materials on performance of a drum device of short stem cleaning[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002, 33(4):52-54. (in Chinese)
- 8 刘师多,毛鹏军,师清翔,等.微型小麦联合收割机的研制[J].农业机械,2006(18):176-180.
- 9 德启科.使用水稻收获机械的技术要点分析[J].农业科技与装备,2012(1):58-59.
De Qike. Technical points in using rice harvesting machines[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment,2012(1):58-59. (in Chinese)
- 10 尹健,杨宁,王妍.基于结构模块化的微型山地稻麦联合收割机设计[J].农机化研究,2011(11):106-109.
Yin Jian, Yang Ning, Wang Yan. Design on miniature rice and wheat combine harvest for hilly fields based on structural module method[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2011(11):106-109. (in Chinese)
- 11 彭维明.切向旋风分离器内部流场的数值模拟及试验研究[J].农业机械学报,2001,32(4):20-24.
Peng Weiming. Numerical simulation and experimental research on the flow pattern in tangential inlet cyclone[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2001,32(4):20-24. (in Chinese)
- 12 李银海,丁启朔,罗海兵,等.微型联合收割机气流式清选装置的仿真研究[J].农机化研究,2009,31(1):85-88.
Li Yin Hai, Ding Qishuo, Luo Haibing, et al. Simulation on pneumatic cleaning mechanism for mini-combine harvester[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2009,31(1):85-88. (in Chinese)
- 13 庞奇.新型旋风分离清洗系统内部气流及物料状态研究[D].洛阳:河南科技大学,2009.
Pang Qi. Research on the flow field and material motion status inside new cyclone separating cleaning system [D]. Luoyang: Henan University of Science and Technology,2009. (in Chinese)
- 14 王升升,师清翔,倪长安,等.旋风分离清洗系统阻力特性及工况的试验研究[J].河南科技大学学报:自然科学版,2011,32(4):53-56.
Wang Shengsheng, Shi Qingxiang, Ni Changan, et al. Experimental research on resistance characteristic and operating mode of cyclone separating cleaning system[J]. Journal of Henan University of Science and Technology: Natural Science, 2011,32(4):53-56. (in Chinese)
- 15 倪长安,张利娟,刘师多,等.无导向片旋风分离清选系统的试验分析[J].农业工程学报,2008,24(8):135-138.
Ni Changan, Zhang Lijuan, Liu Shiduo, et al. Experimental analysis on cyclone separating cleaning system of no-guide vanes [J]. Transactions of the CSAE,2008,24(8):135-138. (in Chinese)
- 16 刘师多,张利娟,师清翔,等.微型小麦联合收获机旋风分离清选系统研究[J].农业机械学报,2006,37(6):45-48.
Liu Shiduo, Zhang Lijuan, Shi Qingxiang, et al. Experimental research on cyclone separating cleaning system used on micro-combine harvester of wheat [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(6):45-48. (in Chinese)
- 17 高春艳,师清翔,刘师多,等.结构和运动参数对微型联合收割机清选性能的影响[J].河南科技大学学报:自然科学版,2005,26(5):73-76.
Gao Chunyan, Shi Qingxiang, Liu Shiduo, et al. The effect of structure and motion parameters for cleaning performance of mini-combine harvester[J]. Journal of Henan University of Science and Technology: Natural Science, 2005, 26(5):73-76. (in Chinese)
- 18 张利娟,刘师多,师清翔,等.物料状态对旋风分离清选系统清选性能的影响[J].河南科技大学学报:自然科学版,2006,27(3):68-70.
Zhang Lijuan, Liu Shiduo, Shi Qingxiang, et al. The effect of material status for cleaning performance of cyclone separating cleaning system [J]. Journal of Henan University of Science and Technology: Natural Science, 2006, 27(3):68-70. (in Chinese)

towards deeper layers. Soil salt distribution in soil profiles changed from a wineglass shape (which was typical in wasteland and narrows down towards deeper soil layers) to a uniform vertical line with longer history of mulched drip irrigation. And this change was relatively pronounced from the 2nd to the 4th year of irrigation. After 4 years of irrigation, the soil at 140 cm below surface began to be desalinated and after 5 years of irrigation soil salt content was at a point that crops could tolerate. Soil salt content decrease was mainly affected by the local irrigation regime. Irrigation, especially large amounts of irrigation, changed the natural distribution features of salts. With periodic irrigation, soil salt content during crop growth period was relatively low and total soil salt content displayed decreasing trends. Soil salt content decreased mainly at the seeding stage and the late blossing and boll-forming stages. Soil salt content in the 0 ~ 300 cm layer also decreased gradually with longer history of drip irrigation. After about 10 years of irrigation, soil salt distributed in a modified form of a plumb line. For current drip irrigation regime, it was suggested that the irrigation amount for the blossing and boll-forming stages should be properly decreased to about 618 mm in fields with an irrigation history of over 5 years. However, a relatively large amount of irrigation water should be maintained for the seedling stage.

Key words: Xinjing cotton area Drip irrigation under mulch Soil salt Long-term monitoring
Irrigation schedule

(上接第 85 页)

Performance Experiment on Cyclone Separating Device Based on Off-centered Inlet Scoop

Zhou Xuejian¹ Yuan Huajie¹ Yan Weihong² Shi Qingxiang¹ Ma Meng¹ Li Yuhang¹

(1. College of Agricultural Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China

2. China SINOMACH Heavy Industry Corporation, Beijing 100102, China)

Abstract: Taking rice as the experiment subject, and making scoop offsetting from feed inlet to ensure the quality of cleaning, the influence of the rotation angle and offset distance of the off-centered inlet scoop on the performance of cyclone separating device was studied. Based on the result of this study, the orthogonal test and regression test were also carried out. Through the performance test on cyclone separating device, the following conclusions were obtained. When the diameter of the cyclone separating tube was $\Phi = 350$ mm, the rotation angle of off-centered inlet scoop was $\delta = 150^\circ$, the offset distance of inlet scoop was $d = 35$ mm, and the rotation speed of fan was $N_f = 1\ 200$ r/min, the cleaning effect was as well favorable, and the cleaning rate was $Y_q \geq 99\%$ and the loss rate was $Y_s \leq 0.1\%$. Through the orthogonal test and regression test, the best structural parameters and motion parameters of the cyclone separating device were obtained as following: diameter of the grain export $\Phi = 160$ mm, rotation speed of the fan $N_f = 1\ 157$ r/min, rotation speed of the winnower $N_y = 1\ 065$ r/min, cleaning rate $Y_q = 99\%$, and loss rate $Y_s = 0.06\%$.

Key words: Combine harvester Cyclone separating Cleaning device Off-centered inlet scoop
Influence law