

# 组合吸孔气吸式排种器种子运动及参数研究

何东健<sup>1</sup> 李增武<sup>2</sup>

(1 西北农业大学机械与电子工程学院, 2 教学试验农场, 陕西杨陵 712100)

**摘要** 简述了组合吸孔气吸式排种器的构造及工作过程, 通过对测定数据的回归分析, 建立了种子在排种器内运动的运动方程, 在此基础上, 对种子在排种器内的受力及运动参数进行了分析, 同时探讨了影响排种性能的几个主要因素。

**关键词** 组合吸孔, 气吸式排种器, 种子运动, 排种性能

**中图分类号** S223.23

奥地利 Wintersteiger 公司生产的小区精密播种机, 采用了组合吸孔气吸式排种器。该排种器以独特新颖的结构、工作原理和优良的排种性能, 深受世人注目。迄今, 国内尚未见到有关该排种器的研究报道。本文对组合吸孔气吸式排种器的结构及工作原理作了介绍; 通过对测定数据的回归分析, 建立了种子在排种器内的运动方程, 分析了种子运动参数的变化规律。同时, 探讨了真空度、吸孔面积和吸孔线速度等因素对排种性能的影响。

## 1 结构及工作原理

组合吸孔气吸式排种器结构如图 1 所示<sup>[1]</sup>。排种器体 1 上有真空室 3, 螺旋槽盘 4 由固定鼓 5 上的销钉定位而固定不动。驱动鼓 7 上 3 个驱动爪与径向槽盘 8 和排种叶轮 9 上相应的凹槽配合, 当驱动鼓 7 转动时, 径向槽盘 8 和排种叶轮 9 也随之同步回转。

工作原理如图 2 所示。风机使真空室内形成真空, 在螺旋槽和径向槽形成的组合吸孔两侧产生压差力, 将种子室内的种子吸附在吸孔上。同时, 径向槽盘和排种叶轮经传动装置带动做匀速回转。径向槽盘转动过程中, 吸孔沿螺旋槽移动, 吸附在吸孔上的种子也

随吸孔沿螺旋槽由中心向外加速运动。吸孔在移动中形状先由近似长方形变为菱形, 然后又变成近似长方形, 因此, 吸孔上的种子也跟着旋转, 以清除多余种子。在螺旋槽末端, 组合吸孔消失, 携带至此的种子靠重力落入排种叶轮的相邻叶片之间, 由排种叶轮送至排种器最低处, 靠后一叶片排出。

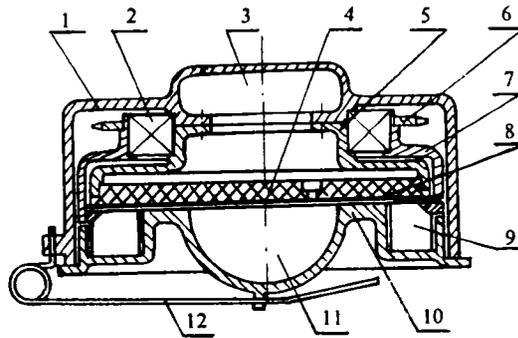


图 1 组合吸孔气吸式排种器

- 1. 排种器体; 2. 轴承; 3. 真空室; 4. 螺旋槽盘;
- 5. 内固定鼓; 6. 链轮; 7. 驱动鼓; 8. 径向槽盘;
- 9. 排种叶轮; 10. 排种器壳; 11. 种子室; 12. 卡簧

收稿日期: 1994-11-12

## 2 种子运动参数分析

### 2.1 种子运动方程的建立

以排种器体为参照系,则种子在吸种区及携种区的运动轨迹为螺旋槽中心线(图 3)。实测螺旋槽中心线处极径  $\rho$  随极角  $\theta$  的变化如表 1。

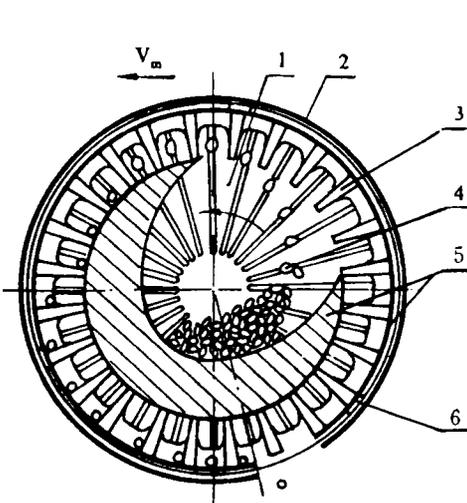


图 2 排种器工作原理图

- 1. 径向槽盘; 2. 排种器体; 3. 排种叶轮;
- 4. 种子; 5. 排种器壳; 6. 驱动爪

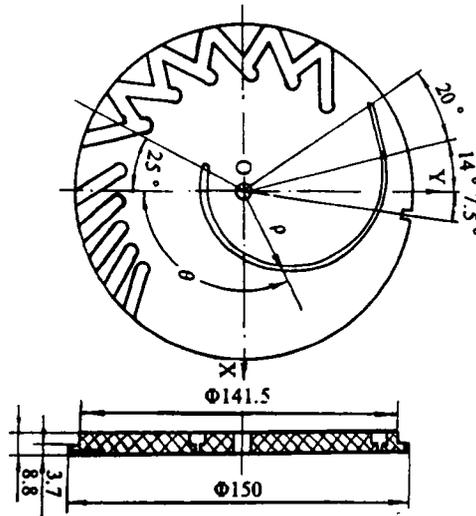


图 3 螺旋槽盘

表 1 螺旋槽  $\rho$  随  $\theta$  变化的测定值

$\theta(^{\circ})$	$\rho(\text{mm})$	$\theta(^{\circ})$	$\rho(\text{mm})$	$\theta(^{\circ})$	$\rho(\text{mm})$	$\theta(^{\circ})$	$\rho(\text{mm})$
-25	20.30	30	20.17	90	28.51	150	51.22
-20	20.10	40	20.71	100	31.29	160	55.29
-10	19.67	50	21.53	110	34.72	170	58.40
0	19.52	60	22.68	120	38.70	180	60.89
10	19.57	70	24.25	130	42.83	190	61.93
20	19.75	80	26.06	140	46.59	194	62.16

在  $-25^{\circ} \leq \theta < 0^{\circ}$  内,  $\rho$  随  $\theta$  变化极小, 可以认为其曲线为圆弧, 曲线方程为:

$$\rho = 19.9 \quad (\text{mm}) \quad (1)$$

对  $0^{\circ} \leq \theta \leq 194^{\circ}$  内的测定数据, 采用四川省计经委电算中心“微机多元统计分析软件”, 用电子计算机进行回归分析<sup>[2]</sup>, 结果表明, 螺旋槽方程可用如下数学方程式表示。回归方程和回归系数均在 1% 置信水平上高度显著。

$$\rho = 7.036e^{0.9235\theta - 0.2642\theta^2} \quad (\text{mm}) \quad (0 \leq \theta \leq 194^{\circ} \frac{\pi}{180^{\circ}}) \quad (2)$$

式中,  $\theta$ ——极角(rad)。

在末端  $20^{\circ}$  范围, 槽呈直线变化。由测定值用两点式建立其直线方程, 并转化为极坐标方程如下:

$$\rho = -66.2556 / (\cos\theta + 0.3951\sin\theta) \quad (\text{mm}) \quad (194^{\circ} \leq \theta \leq 214^{\circ}) \quad (3)$$

在  $-25^\circ \leq \theta < 0^\circ$  内,吸孔尚在种群内,而末端  $20^\circ$  范围已位于护种区内,因此,仅分析  $0^\circ \leq \theta \leq 194^\circ$  范围内种子的运动。在该范围内,种子的运动方程可由(2)式表示,即

$$\rho = b_0 e^{b_1 t^2} \quad (0 \leq \omega t \leq 194^\circ \frac{\pi}{180^\circ}) \quad (4)$$

式中,  $b_0, b_1, b_2$ ——常数,  $b_0 = 7.036; b_1 = 0.9235; b_2 = 0.2242; \omega$ ——径向槽盘角速度 ( $s^{-1}$ );  
 $t$ ——时间 (s)

### 2.2 种子运动速度

种子的运动速度  $v$  由相对速度  $v_r$  和牵连速度  $v_e$  合成。

$$v_r = d\rho/dt = b_2 \omega \rho \ln(\rho/b_0); v_e = \omega \rho$$

则 
$$v = \sqrt{v_r^2 + v_e^2} = \omega \rho \sqrt{b_2^2 \ln^2(\rho/b_0) + 1} \quad (5)$$

### 2.3 种子运动加速度

种子运动加速度  $a$  由相对加速度  $a_r$ , 牵连加速度  $a_e$  和哥氏加速度  $a_k$  合成。

$$a_r = \frac{d}{dt} \left( \frac{d\rho}{dt} \right) = [b_2 \omega \rho \ln(\rho/b_0)]' = b_2^2 \omega^2 \rho \ln\left(\frac{\rho}{b_0}\right) \left[ \ln\left(\frac{\rho}{b_0}\right) + 1 \right]$$

$$a_e = \rho(\omega t)'' = 0; a_e'' = \rho \omega^2$$

$$a_k = 2\omega v_r = 2b_2 \omega^2 \rho \ln(\rho/b_0)$$

则 
$$a = \sqrt{(a_r - a_e'')^2 + (a_k - a_e'')^2}$$

$$= \rho \omega^2 \sqrt{\{b_2^2 \ln\left(\frac{\rho}{b_0}\right) [\ln\left(\frac{\rho}{b_0}\right) + 1] - 1\}^2 + 4b_2^2 \ln^2\left(\frac{\rho}{b_0}\right)} \quad (6)$$

## 3 影响排种性能的主要因素

### 3.1 吸室真空度

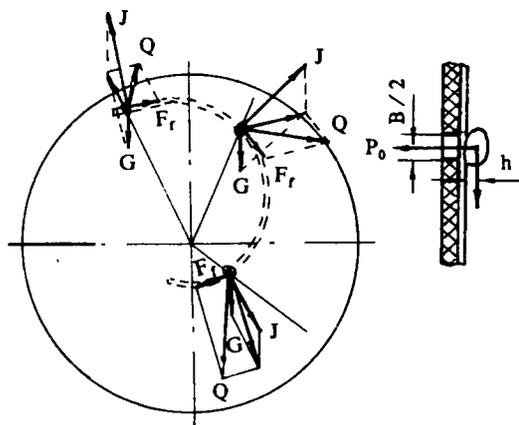


图 4 种子受力分析

G. 种子重力; J. 种子加速度引起的惯性力;  
 Ff. 种子的内摩擦力, 种子离开种群后为空气阻力;  
 P<sub>0</sub>. 一个吸孔的吸力; Q. G、J、Ff 的合力

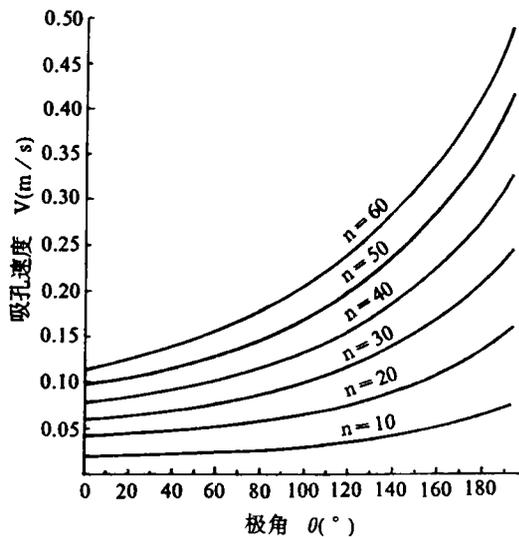


图 5 吸孔速度随极角的变化

吸室真空度直接影响到排种性能,根据吸孔处种子受力及其运动(图 4),分析出吸室所需最大真空度  $H_{cmax}$  可由下式计算<sup>[3]</sup>。

$$H_{cmax} = \frac{20K_1K_2hmg}{SB}(1+a+\lambda) \quad (\text{kPa}) \quad (7)$$

式中,  $S$ ——吸孔面积( $\text{cm}^2$ );  $B$ ——螺旋槽宽度( $\text{cm}$ );  $m$ ——一粒种子的质量( $\text{kg}$ );  $g$ ——重力加速度( $\text{ms}^{-2}$ );  $h$ ——种子重心距径向槽盘之间距( $\text{cm}$ );  $a$ ——种子加速度( $\text{ms}^{-2}$ );  $\lambda$ ——种子的摩擦阻力综合系数,  $\lambda = (6 \sim 10)\text{tg}\alpha$ ,  $\alpha$  为种子休止角;  $K_1$ ——吸种可靠性系数;  $K_1 = 1.8 \sim 2.0$ ;  $K_2$ ——外界条件影响系数,  $K_2 = 1.6 \sim 2.0$ 。

将种子有关特性值、吸孔参数及由(6)式求出的最大运动加速度值代入(7)式,计算出几种种子所需真空度如表 2。

表 2 几种种子最大真空度计算值

种 子	吸孔面积 ( $\text{cm}^2$ )	吸孔最大转动半径 ( $\text{cm}$ )	排种盘转速 ( $r/\text{min}$ )	计算真空度 ( $\text{kPa}$ )
玉 米	$0.4 \times 0.28$	6.31	43.5	3.43
大 豆	$0.4 \times 0.15$	6.31	24.8	3.38
小 麦	$0.2 \times 0.15$	6.31	46.3	3.27
高 粱	$0.2 \times 0.15$	6.31	24.8	3.19
油 菜	$0.05 \times 0.08$	6.31	24.8	2.95

由表 2 可知,由于不同的种子可选择槽宽不同的螺旋槽盘,组合成面积差异较大的吸孔,因此,表 2 所列几种种子的计算真空度大致相同,平均为 3.24 kPa。实际测定吸室真空度为 3.55 kPa,比计算真空度平均值大 8.8%,二者基本一致。

### 3.2 吸孔面积

为便于分析,认为吸孔形状呈菱形,面积  $S$  可由下式计算。

$$S = B\delta/\sin\psi$$

式中,  $\delta$ ——径向槽宽度( $\text{cm}$ );  $\psi$ ——吸孔处径向与螺旋槽在该处切线之间的夹角( $^\circ$ )。

经解析  $\sin\psi = 1/\sqrt{b_1^2b_2^2e^{2b_2\theta} + 1}$

$$S = B\delta\sqrt{b_1^2b_2^2e^{2b_2\theta} + 1} \quad (0 \leq \theta \leq 194^\circ \frac{\pi}{180^\circ}) \quad (8)$$

可见  $S$  随  $\theta$  增加而增大。在吸室真空度不变的情况下,吸附力可增大 13.3%,因而,吸孔能可靠携带种子进入护种区。

### 3.3 吸孔线速度

由(5)式计算出吸孔速度随  $\theta$  的变化,从图 5 可知,即使在最不利条件( $n = 60 r/\text{min}$ )下,由于充种区内吸孔转动半径小,因而吸孔速度小,仅为  $0.121 \sim 0.192 \text{ ms}^{-1}$ ,便于吸孔吸种,避免漏播<sup>[4]</sup>。而投种时种子由排种叶轮加速,种子水平分速达  $0.46 \text{ ms}^{-1}$ ,可以部分抵消机器前进速度,减小种子掉入沟底时的弹跳和滚动,提高了株距精确度<sup>[5~6]</sup>。

### 3.4 田间试验结果

1993 年 10 月在西北农业大学农一站进行了小麦精播田间试验<sup>[7]</sup>。小麦品种为 502,千粒重 37.5 g,播量为  $30 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,计算株距 52 mm;作业速度  $0.89 \text{ ms}^{-1}$ ,排种盘转速  $42.8 r/\text{min}$ 。试验结果表明,用装有组合吸孔气吸式排种器的小区精密播种机播长形的小

麦种子,平均株距为 53.6 mm,株距合格率高达 98.6%,重播率、漏播率仅为 0.8%和 0.6%,种子破碎率为 0.播种性能优良,完全满足精密播种的农业技术要求。

#### 4 结 论

1)种子在排种器内的运动由沿径向槽的相对运动和随径向槽盘的牵连运动合成。种子运动方程可由(2)式表示;运动速度和加速度分别按(5)式、(6)式变化。

2)吸室真空度与种子形状、大小、吸孔面积及种子加速度有关,可由(7)式近似计算。

3)在吸室真空度不变的情况下,吸孔面积随 $\theta$ 按(8)式增大,使吸附力约增大 13.3%,利于可靠携种。

4)在充种区内,吸孔运动速度小,易于吸种,避免漏播;投种时种子水平分速相对较大,提高了株距精密度。

5)播长形小麦种子时,株距合格率为 98.6%,满足精密播种要求。

#### 参 考 文 献

- 1 Wintersteiger G. m. b. H & Co. Plotspide operation Manual. Austria, 1986
- 2 江体乾. 化工数据处理. 北京:化学工业出版社, 1984. 272~278, 597
- 3 中国农机院. 农业机械设计手册. 北京:机械工业出版社, 1988. 293~297
- 4 张德文, 李林, 王惠民. 精密播种机械. 北京:农业出版社, 1982. 90~99
- 5 张波屏. 精密播种技术概论. 见:中国农机学会种植机械专业组. 精密播种技术论文集, 北京: 1983
- 6 张波屏. 论精密播种机发展的技术道路. 见:中国农机学会种植机械专业组. 精密播种技术论文集, 北京: 1983
- 7 中国标准出版社总编室. 中国国家标准汇编(78分册). 北京:中国标准出版社, 1993. 591~605

## Seed Movement and Its Parameters in Combined Inhaler Suction Seed Feed

He Dongjian<sup>1</sup> Li Zengwu<sup>2</sup>

(1 College of Mechanical and Electronic Engineering,

Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

(2 Experimental Station, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract** This paper briefly describes the structure and working process of the combined inhaler suction seed feed. With the regression analysis of the data determined, a movement equation of seeds in seed feed is set up, on which the receptive forces and movement parameters of the seeds in the seed feed, and also the main factors affecting on the feeding performance are analyzed respectively.

**Key words** combined inhaler, seed feed, seed movement, feeding performance