

# 开沟起垄式水稻精量穴直播机的研制

罗锡文<sup>1,2</sup>, 蒋恩臣<sup>1,2</sup>, 王在满<sup>1,2</sup>, 唐湘如<sup>3</sup>, 李就好<sup>1,2</sup>, 陈伟通<sup>1,2</sup>

(1. 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 广州 510642;

2. 华南农业大学工程学院, 广州 510642; 3. 华南农业大学农学院, 广州 510642)

**摘 要:** 根据水稻种植农艺要求, 研制了一种开沟起垄式水稻精量穴直播机, 可同步进行开沟、起垄和播种。采用穴播方式将破胸露白的稻种播在垄上的播种沟中。采用瓢形型孔轮和两个充种室设计方案, 可实现播量可调和精量穴直播。采用弹性随动护种带代替传统的固定式护种板, 减少了稻种的破损率和对排种轮的磨损。采用乘坐式高速插秧机底盘, 四轮驱动, 在水田中的通过性能好。由于行距可选、穴距可调、播量可控, 可适应不同茬口、不同品种和不同地区的水稻种植要求。在全国 10 省(区)的生产试验结果表明, 采用精量穴直播方式, 可比人工撒播增产 10% 以上, 比人工抛秧增产 8% 以上, 比人工插秧增产 5% 以上。

**关键词:** 开沟起垄, 穴直播, 型孔式排种轮, 弹性随动护种, 水稻

**中图分类号:** S223.2+3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2008)-12-0052-05

罗锡文, 蒋恩臣, 王在满, 等. 开沟起垄式水稻精量穴直播机的研制[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 52-56.

Luo Xiwen, Jiang Enchen, Wang Zaiman, et al. Precision rice hill-drop drilling machine[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(12): 52-56.(in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

目前主要有两种水稻种植方式: 直播与移栽。

直播包括人工撒播、机械直播和飞机撒播。机械直播又可分为旱直播和水直播, 目前机械直播大多采用条播方式。人工撒播和飞机撒播用种量大, 如广东、广西等地人工撒播每公顷常规稻种少则 45~60 kg, 多则 75~90 kg。撒播的稻种在田间无序分布, 疏密不一, 出苗后通风透气性差, 容易感染病虫害。由于撒播的稻种直接播在泥面上, 根系入土较浅, 容易倒伏。机械条播解决了成行的问题, 但也存在播种量较大的问题。

移栽主要包括人工移栽和机械移栽。人工移栽包括人工插秧和人工抛秧, 机械移栽包括机械插秧、机械抛秧(无序和有序)和机械浅栽(摆秧)。人工抛秧和机械无序抛秧都存在稻苗无序分布等随之带来的一些问题。所有移栽方式都存在起秧、插(抛)秧等环节, 因而不可避免地需要返青期。

与移栽稻相比, 直播稻分蘖节位低, 后期长势好, 但在大田中生长期长, 适应前后茬口时间不紧张(如海南、广东、广西、云南的双季稻和长江中下游地区的稻麦、稻油轮作)的地区和播种时气温较高(一般不低于 12℃)的地区。

## 1 水稻开沟起垄精量穴直播方式

水稻精量穴直播的整地要求如下: 播前采用水旋耕, 耕深 100~150 mm。田间留薄层水, 用水田激光平地机、驱动耙或人工平整田块。整地后田块要求平整, 表面高低不超过 30 mm。土壤要求下粗上细, 土软而不糊。平整后的田块视土质情况需沉淀 1~2 d。

根据水稻生长农艺要求, 本研究提出一种开沟起垄水稻精量穴直播方式。如图 1 所示。垄沟截面均为梯形。在垄台上开有播种沟, 截面亦为梯形。破胸露白的稻种采用穴播(又称点播)方式, 直接播在播种沟中。

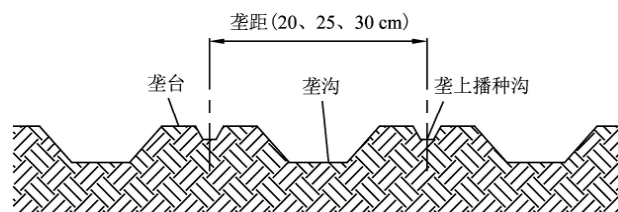


图 1 水稻开沟起垄精量穴直播

Fig.1 Ditching, ridging and rice hill-drop drilling

根据水稻生长特点, 播种沟深 4 cm, 这样可保证与机械插秧和人工插秧相当的根系入土深度。克服了一般直播稻由于直接播在田面上根系入土较浅容易倒伏的问题。播种沟上宽为 5 cm, 下宽为 4 cm, 这样可以保证穴径小于或等于 5 cm 的要求和成穴性。

垄台面宽和垄沟面上宽的比例视不同行距而定, 一般可取 2:1 左右。垄沟深以不妨碍水稻根系正常生长和保证水稻生产期间所需水为原则。以 25 cm 行距为例, 垄沟面上宽 9 cm, 沟深 6 cm。生产试验证明, 可保证水稻正常生长。

收稿日期: 2008-10-09 修订日期: 2008-12-04

基金项目: 863 计划项目(2006AA10A307); 农业科技成果转化资金项目(2007GB2E000235); 广东省科技计划项目(2003B21701); 广州市科技计划项目(2006Z3-E0651)

作者简介: 罗锡文(1945—), 男, 湖南株洲人, 教授, 博士生导师。广州 华南农业大学工程学院, 510642。Email: xwluo@scau.edu.cn

采用开沟起垄精量穴直播方式，既保证了水稻成行成穴种植的要求，通气透气采光好，减少了病虫害，又保证了水稻根系在垄中较湿润的环境中生长，只需在沟中灌入一定深度的水供水稻生长之用，无需整个田面灌水，既减少了灌溉水量，又减少了水量蒸发，节省了水稻生产用水。由于垄面少淹水或不淹水，提高了土壤中的氧化还原电位，增加了根系活动，促进了根系生长。

## 2 2BD-10 型水稻精量穴直播机总体配置

2BD-10 型水稻精量穴直播机有 20、25、30 cm 3 种固定行距和 15 cm+35 cm 宽窄行距，主要由乘坐式高速插秧机底盘、传动装置和播种装置组成，总体配置如图 2 所示。播种装置由排种器、种箱、滑板装置、开沟器、浮板装置等组成，可同时完成开沟起垄和穴直播作业。动力底盘配置在机器前进方向的前面，播种装置通过三杆悬挂架悬挂在底盘后面。机组作业时，驱动底盘的动力通过动力输出轴和传动箱将底盘输出动力传递给排种器，实现穴直播作业，克服了采用地轮驱动带来的打滑和播种不均匀的现象。通过改变动力输出轴转速，穴距从 10~25 cm 有 5 档可调。滑板位于播种装置底部，用于平整地面和控制播种装置在泥面上的滑行，开沟器位于滑板下端，用于水沟开沟和垄上播种沟开沟作业。浮板装置位于滑板前端，用铰链联接。

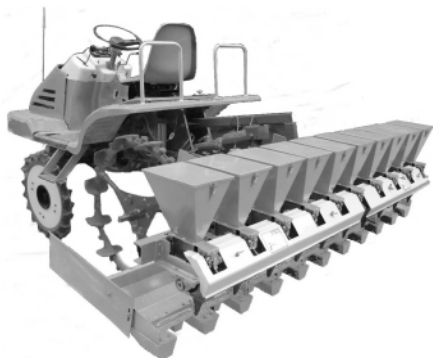


图 2 2BD-10 型水稻精量穴直播机

Fig.2 2BD-10 precision rice hill-drop drilling machine

整机的主要技术规格如表 1 所示。

表 1 2BD-10 型水稻精量穴直播机的技术规格

Table 1 Specification of 2BD-10 precision rice hill-drop drilling machine

行距/cm	穴距/cm	行数/行	工作幅宽/m	工作速度/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	生产效率/ $\text{hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$
20	10~25 (5 档可调)	10	2.0	1.8~3.6	>0.27
25			2.5		
30			3.0		
15+35 (可选)			(可选)		

## 3 关键部件设计

### 3.1 排种器总体结构设计与工作原理

排种器是播种机的核心工作部件，其性能好坏直接决

定直播机的排种性能。稻谷呈细长型，两端尖细，外部有凸棱，外壳易破损，流动性差，充种性差，较之大豆等圆粒状谷物更难充进排种轮的型孔中。为了抢农时，水稻多采用催芽播种，播种时胚芽极易受到损伤。改善型孔轮型孔的充种性能，降低种子外壳和胚芽的破损率是水稻穴直播机设计的关键，排种器总体结构如图 3 所示。

工作过程：排种轮型孔首先经过第一充种室 3 进行充种，第一充种室的充种包角为  $35^\circ$ ，当型孔经过限种板进入第二充种室 4 后，未充满种子的型孔进行二次充种，高出型孔轮表面的种子由位于型孔轮顶部的刷种轮毛刷刷下，型孔中的种子经过刷种轮后进入弹性随动护种装置，弹性随动护种带护送经过护种区的种子，直至种子进入导种管。

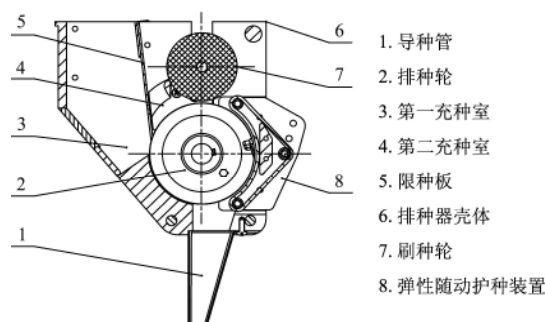


图 3 排种器结构

Fig.3 Seeding-mechanism part

### 3.2 排种器主要工作元件设计

#### 1) 型孔形状设计

合理的型孔形状是保证水稻精量穴直播排种器精量播种的重要因素。本研究选定瓢形型孔、圆柱形型孔、盆形型孔、圆弧形型孔和勺形型孔五种型孔形状进行试验研究，根据试验结果，最终确定瓢形孔结构，其在排种轮上的剖面示意图如图 4 所示。为方便种子较容易充进型孔，增加了型孔与种子接触口倒角的尺寸，尽可能地减少空穴发生的概率。

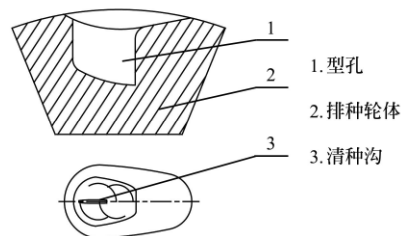


图 4 型孔示意图

Fig.4 Cell sketch-map

#### 2) 充种室设计

采用第一充种室和第二充种室设计方案，以改善排种轮型孔对稻种的充种性能。

如图 3 所示，限种板 5 下端开设凹槽并与排种型孔轮表面接触，将稻种充种区分为第一充种室 3 和第二充种室 4。限种板下端设计成半圆结构形式，最大调整量

为 15 mm。调节限种板与排种轮的相对位置可控制进入第二充种室的稻种,进而控制充进型孔中的稻种,实现每个型孔内稻种粒数(穴粒数)可控的目的,达到播种量可调的要求。对于不同品种,每个型孔最多可容纳 5~7 粒稻种。

### 3) 护种装置设计

目前,在型孔轮式排种器上普遍采用固定式护种板,护种板的作用是护送种子经过护种区域,防止种子从型孔中脱落,直至种子进入导种管。固定式护种板在实现上述功能的同时,不可避免地会对经过护种区的种子产生摩擦,造成部分种子破损,尤其对水稻芽种损伤更为严重。长期的摩擦还会磨损护种板的内表面和排种轮的外表面,在种子经过的轨迹上形成沟槽,降低护种板的护种效果和使用寿命,个别种子还可能卡在护种板与型孔轮之间,对排种器的正常工作带来不利影响,甚至会造成损坏。为此,本设计采用弹性随动护种装置,如图 5 所示,以减少对稻种表皮和胚芽的破损。

弹性护种带的一段紧靠在排种轮外表面上,在刷种轮和导种管之间形成护种区,护种带通过排种轮表面的摩擦力实现与排种轮的同步转动。避免了对型孔中种子的摩擦,减轻了种子的损伤,对降低水稻芽种的破损率效果尤其明显;明显减轻了种子对护种带内表面的磨损,不会因磨损而形成沟槽,提高了护种效果和护种带的使用寿命。

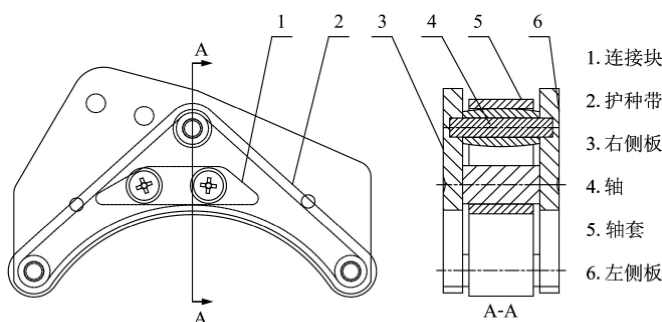


图 5 弹性随动护种装置

Fig.5 Rubber guard device

### 4) 清种机构设计

采用内部清种方式,以提高清种效果,增加排种轮的使用寿命。

如图 6 所示,本项目研究的内部清种型孔轮沿着每排型孔中心在型孔轮的内部切开一个 1 mm 宽度的周向内环槽,该环槽隐藏于型孔轮内部,型孔轮表面完整无破坏。型孔轮的腹部为一空腔用于安放内部清种器。清种器是一个具有弹性的钢丝,其底座固定在轴承端盖的内侧,而端部则经过型孔轮的空腔深入至内环槽中,其直径与环槽宽度相对应,工作时弹簧钢丝靠弹力压在内环槽的顶部,当有孔穴经过时,弹簧钢丝端部从型孔的底部弹入容纳种子的型孔,将其中的种子弹出。其优点在于清种可靠,对种子损伤小,而且由于型孔轮表面完整无破坏,可明显提高清种效果,增加排种轮的使用寿命。

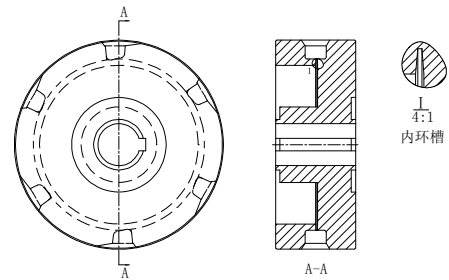


图 6 内部清种机构

Fig.6 Inner cleaning-seeds mechanism

### 5) 刷种轮设计

刷种轮的主要作用是刷去排种轮型孔外多余的稻种,调节刷种轮与排种轮的相对位置还可适当调整播种量。刷种轮属主动式清种,与固定板刷清种方式相比,具有清种效果好、寿命长等优点。刷种轮安装在排种轮的正上面,位于第二充种区,该区域内稻种填充量少,稻种对刷种轮的侧向压力小,减少了刷种轮对稻种的损伤,提高了刷种轮的使用寿命。

影响刷种轮性能的主要因素有刷种轮的外径、线速度比(与排种轮的圆周线速度比)、材料和安装位置。分别以刷种轮直径为 80、70、60、50 mm,线速比为 2、3、4、5 为试验因素,对刷种轮的刷种效果进行对比试验。试验结果表明:当刷种轮直径为 60 mm、线速比为 2,采用猪毛鬃材料,可获得较佳的清种效果。

对刷种轮安装位置从刷种轮最上点(记为 0°)至顺时针 20°范围内进行了试验(间隔 5°),结果表明对刷种性能无显著影响。最后选定在排种轮最上方位置(0°)安装刷种轮。为便于利用刷种轮调整播种量,刷种轮设计成可上下移动安装方式,最大调整量为 10 mm。

### 3.3 开沟起垄部件设计

开沟起垄部件主要包括滑板、水沟开沟器和播种沟开沟器三部分,如图 7 所示。

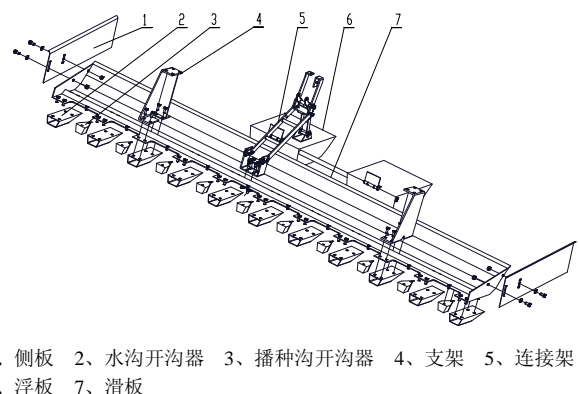


图 7 开沟起垄部件

Fig.7 Ditching and ridging part

滑板是排种器的支撑基底,安装排种器的横梁通过支座安装于其上,因此,应有足够的强度和刚度。本设计中采用 3 mm 厚钢板压制而成。

滑板的第二个作用是平整待播的田面，依靠其自重和安装在其上面的各部件的重量平整田面。滑板的前端设计成弧形，以保证在泥面上滑行。

滑板的第三个作用是作为水沟开沟器和播种机开沟器的安装基础，两种开沟器通过螺栓联接在滑板底面。

水沟开沟器：上底宽 9 cm，下底宽 6 cm，高 6 cm。采用 2 mm 钢板焊合而成。

播种沟开沟器：上底宽 5 cm，下底宽 4 cm，高 4 cm。用 PVC 塑料加工而成。

因水田泥脚深浅不一，田面软硬不一，为保证滑板紧贴田面，采用原乘坐式插秧机的浮板结构形式，浮板与滑板用铰链联接，前端可随田面自由上下浮动。浮板上安装了杠杆架，与插秧机底盘的钢索和液压系统连接。当浮板随田面上升时，通过液压系统可控制滑板上升，从而可保证滑板紧贴田面滑行。调节钢索张紧强度，即可根据田间泥面软硬程度调节滑板与田面的贴紧程度，从而保证形成所需要的垄沟形状。

4 生产试验

从 2006 年起，水稻精量穴直播机在广东、广西、海南、湖南、湖北、江西、安徽、浙江、云南、黑龙江 10 省（区）进行了将近 3000 亩生产试验。各地生产试验结果表明，2BD-10 型水稻精量穴直播机的空穴率小于 4%，穴粒数合格率大于 92%，总排种量一致性变异系数小于 1%；由于采用精量穴直播技术，水稻生长成行成穴，通风透气采光性能好。低节位分蘖，有效穗长，穗粒饱满，产量高。生产效率高，每小时可播 4~6 亩，省去了育秧、拔秧、运秧和插秧等工序，节省了生产成本。根据各地现场测产验收结果，采用 2BD-10 型水稻精量穴直播机播种可比人工撒播增产 10% 以上，比人工抛秧增产 8% 以上，比机械插秧和人工插秧增产 5% 以上。生产试验结果表明，水稻精量穴直播技术是一种能适应水稻生产要求的种植技术。部分地方生产试验结果汇总见表 2 所示。

表 2 部分地方生产试验结果  
Table 2 Several result of production-test

直播地点	茬 口	品 种	产量（干谷）/kg·hm <sup>-2</sup>	与其它种植方式比较
广东省从化市	2006 年晚稻	培杂泰丰	5400	比人工抛秧增产 8%，比人工插秧增产 6%
广东省江门市	2006 年晚稻	三农占 五星丝苗 II	6131.25	比人工插秧增产 5.3% (三农占) 比人工插秧增产 4.8% (五星丝苗 II)
江西省彭泽县	2007 年中稻	太湖粳糯	8298	比人工撒播高 10.5%
安徽省南陵县	2007 年中稻	常规优质稻	6750	比人工撒播增产 11.2% 比当地使用的条播机增产 6.5%
广东省雷州市	2008 年早稻	优质 1 号 T 优 5537	8478.45 7573.8	比人工撒播每亩增产 17.1% (常规稻优质 1 号) 比人工插秧增产 6.9% (杂交稻 T 优 5537)
广东省高要市	2008 年早稻	桂农占	7190.85	比人工插秧每亩增产 13.43%
广西合浦县	2008 年早稻	培杂泰丰 青釉占	5940 5821.95	比人工撒播增产 10.15% (培杂泰丰) 比人工撒播增产 8.36% (青釉占)
湖北省农科院	2008 年中稻	培两优 986	8560.5	比人工撒播每亩增产 14.91%
湖南省宁乡市	2008 年中稻	黄华占	8708.4	比人工撒播增产 12.90%
安徽省南陵县	2008 年中稻	金优 207	9496.5	比人工撒播每亩增产 28.89%

5 结 论

1) 2BD-10 型开沟起垄式精量穴直播机可同步进行开沟、起垄和播种，采用穴播方式将破胸露白的稻种播在垄上的播种沟中，能很好地适应水稻种植农艺要求。

2) 优化设计了瓢形型孔轮，创新性设计了弹性随动护种装置。由于行距可选、穴距可调、播量可控，可适应不同茬口、不同品种和不同地区的水稻种植要求。

3) 在全国 10 省（区）的生产试验结果表明，采用精量穴直播方式，可比人工撒播增产 10% 以上，比人工抛秧增产 8% 以上，比人工插秧增产 5% 以上。

[参 考 文 献]

[1] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(上册)[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2007.  
[2] 马成林. 精密播种理论[M]. 长春：吉林科学技术出版社，

1999.  
[3] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京：中国农业出版社，2003.  
[4] 罗锡文，刘 涛，蒋恩臣，等. 水稻精量穴直播排种轮的设计与试验[J]. 农业工程学报，2007，23(3): 108—112.  
[5] 罗锡文，欧 洲，蒋恩臣，等. 抛掷成穴式水稻精量直播排种器试验[J]. 农业机械学报，2005，36(9): 37—40.  
[6] 袁月明，马 旭，金汉学，等. 气吸式水稻芽种排种器气流场研究[J]. 农业机械学报，2005，36(6): 42—45.  
[7] 于吉森，赵 冰，田新庆. 水稻直播机械的发展状况及前景展望[J]. 农业装备技术，2006，32(2): 14—16.  
[8] Devnani R S. Direct seeding options, equipment developed and their performance on yield of rice crop[J]. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 2002，33(4): 27—33.  
[9] Mathankar S K, Saha K P, Rautaray S K, et al. Development and evaluation of self-propelled rice ridge seeder for pre-germinated seeding[J]. International Agricultural Engineering Journal, 2006，15(2-3): 79—89.

- [10] Subbaiah S V, Krishnaiah K, Balasubramanian V. Evaluation of drum seeder in puddled rice fields[J]. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 2002, 33(4): 23—26.

## Precision rice hill-drop drilling machine

Luo Xiwen<sup>1,2</sup>, Jiang Enchen<sup>1,2</sup>, Wang Zaiman<sup>1,2</sup>, Tang Xiangru<sup>3</sup>, Li Jiuhao<sup>1,2</sup>, Chen Weitong<sup>1,2</sup>

(1. *Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, South China Agricultural University, Ministry of Education, Guangzhou 510642, China*; 2. *College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China*; 3. *College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China*)

**Abstract:** A precision rice hill-drop drilling machine was developed and it can open the furrow, form the ridge and sow the rice seeds simultaneously according to the requirement of rice planting. The rice seeds were hill-dropped into the small furrow on the ridge. A special designed cell wheel feed was used to control the amount of sowing seeds. A special rubber guard device was developed to replace the traditional guard ring and it can rotate with the cell wheel simultaneously and reduce the rate of damaged seeds significantly. Riding rice transplanter with four-wheel driven was used as the chassis of the machine. Thus, slipping can be reduced and the machine works well in the deep paddy field. The precision rice hill-drop drilling machines have sowed more than 200 hm<sup>2</sup> land in 10 provinces in China. The rice yield increased more than 10%, 8% and 5% respectively compared to the manual broadcasting, manual seeding broadcasting and manual transplanting.

**Key words:** furrowing and ridging, hill-drop drilling, cell wheel feed, rubber guard device, rice