

# 精准插秧机秧盘连续输送与穴孔同步对中装置

周海波<sup>1</sup>, 马旭<sup>2</sup>, 刘明亮<sup>1</sup>

(1. 佳木斯大学 机械工程学院, 佳木斯 154007; 2. 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)

**摘要:**采用电磁换向阀和气缸相结合的控制方法, 研制了一种新型的秧盘连续输送与穴孔同步精准播种对中装置。双层秧盘供送机构通过气动实现秧盘依次供送。秧盘输送同步对中机构由限位气缸控制。当穴孔信号对准后, 释放秧盘实现秧盘穴孔与气吸滚筒吸孔的投种点精准对中。试验结果表明, 采用双层秧盘供送机构和同步对中机构能有效地降低劳动强度, 保证投种定位准确, 提高播秧品质。本文的研究为水稻精准育秧成套技术装备开发提供了参考。

**关键词:**农业工程; 水稻; 精准插秧机; 秧盘育苗; 同步对中

中图分类号: S223.1 文献标识码: A 文章编号: 1671-5497(2009)05-1212-06

## Seedling tray continuous feed and synchronous cave-hole alignment device for precision paddy seedling transplanter

ZHOU Hai-bo<sup>1</sup>, MA Xu<sup>2</sup>, LIU Ming-liang<sup>1</sup>

(1. College of Mechanical Engineering, Jiamusi University, Jiamusi 154007, China; 2. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** A new type device for seedling tray continuous feed and synchronous cave-hole alignment was developed for a precision seedling transplanter using the combination of an electromagnetic directional valve and a pneumatic cylinder. A two-layer tray feed mechanism accomplishes the tray feed in turn pneumatically. The synchronous alignment of the tray feed is controlled by a position limitation cylinder. The accurate alignment of the tray cave and the pneumatic cylinder seedling sucking hole was realized by releasing the tray after receiving the cave-hole alignment signal. Experiment results proved that adopting the two-layer tray feed and synchronous alignment device reduces the laboring intensity effectively, ensures the orientation precision of throwing seedling, improves the seedling transplanting quality, providing a reference for the development of the technology and equipment of paddy precision seedling transplanting.

**Key words:** agricultural engineering; paddy; precision seedling transplanter; tray nursing seedling; synchronous alignment

收稿日期: 2008-01-14.

基金项目: 国家自然科学基金项目(50775078); 现代农业产业技术体系建设专项基金项目; 黑龙江省自然科学基金项目(E200841); 广东省高等学校人才引进科研项目。

作者简介: 周海波(1973-), 男, 博士. 研究方向: 农业机械智能设计. E-mail: haibo\_zhou@163.com

通信作者: 马旭(1959-), 男, 教授, 博士生导师. 研究方向: 农业机械设计与检测技术.  
E-mail: maxu1959@scau.edu.cn

目前,国内外的水稻播种育秧生产流水线较多,美国、日本、韩国等水稻机械化发达国家,因主要是针对满足 3~5 粒/穴或取秧面积的常规稻和杂交稻而研制的穴盘育苗装置,其主体是穴孔与播种不同步对中,播种装置漫撒种子在穴盘上,有窜穴现象发生,落种随机性比较大,位置控制不准确,虽结构简单,但只能满足普通稻育秧的技术要求。在我国,2000 年中国农业大学研制了一种依靠链条节距与穴孔相匹配的穴盘育苗装置<sup>[1]</sup>,可实现秧盘穴孔与播种一一对应,但由于受链条节距限制,采用的秧盘穴孔尺寸并不是最理想的,针对目前超级稻要求的秧盘穴孔尺寸,也找不到相匹配的链条节距,因此,尽管这种装置结构简单,但适应的秧盘尺寸单一,在超级稻上采用将影响育苗效率和效果。2001 年吉林大学<sup>[2]</sup>、2005 年中国农业大学<sup>[3]</sup>、2005 年浙江大学<sup>[4]</sup>曾分别采用步进电机与光电传感器、曲柄摇杆与电磁离合器、摆动马达与电磁换向阀相结合实现同步播种,但由于是间歇或往复式播种方式,工作效率低,通常用于花卉、蔬菜等产出高的经济作物育苗。在美国, Marksman 公司采用光电传感器与多个步进电机相结合来实现蔬菜、花卉的同步控制,技术先进,但电机数量偏多,同时各电机的步速需要统一控制和匹配,且价格较昂贵。本文采用电磁换向阀和气缸限位相结合的双层秧盘供送机构与穴孔同步播种对中机构,解决了超级稻超低播量精准育秧成套技术装备中的秧盘连续输送与穴孔同步播种对中难题,其工作可靠、制造成本低、生产效率高。

## 1 装置结构

秧盘的穴孔与气吸滚筒的吸孔同步对中装置由机架、秧盘、双层秧盘供送机构、秧盘输送同步对中机构、输送机构、空气压缩机、涡轮泵、电机、变频器等组成,如图 1 所示。涡轮泵的功率为 2.2 kW,可产生最大 -23 kPa 的压强,为气吸滚筒提供负压;空气压缩机为气缸及种盘振动器提供正压气体;电机为传动系统提供动力。

### 1.1 双层秧盘供送机构

双层秧盘供送机构由支撑气缸、供盘框架、放盘指示灯、放盘行程开关、送盘行程开关、电磁换向阀 b 组成,如图 2 所示。供盘框架安装在机架上,左右两侧的支撑气缸的活塞杆托板将供盘框架分成上、下两层,上层秧盘由活塞杆托板支撑,

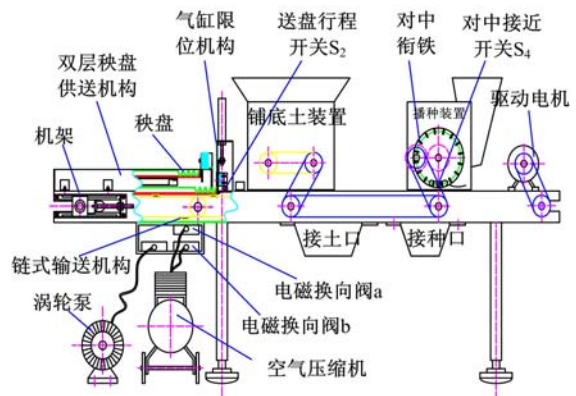


图 1 秧盘的穴孔和气吸滚筒的吸孔同步对中装置  
Fig. 1 Synchronorous matching device of the tray cave and the cylinder-seeder hole

下层由输送链托板携带秧盘行进,支撑气缸通过电磁换向阀 b 与空气压缩机相连,供盘框架的前部上方安装有放盘指示灯 ( $L_2$ ),旁边装有放盘行程开关 ( $S_3$ );送盘行程开关 ( $S_2$ ) 安装在下层前部的侧面机架上(图 1),受行进秧盘侧面挤压而产生电平信号,信号的转变可控制 b 切换气路,驱动支撑气缸的活塞杆托板伸缩,实现秧盘下落。该机构结构简单,不仅实现自动落盘,而且降低了放盘劳动强度,仅需在  $L_2$  亮起时将盘放入上层即可,不必人工长时间持盘喂入,操作简便。

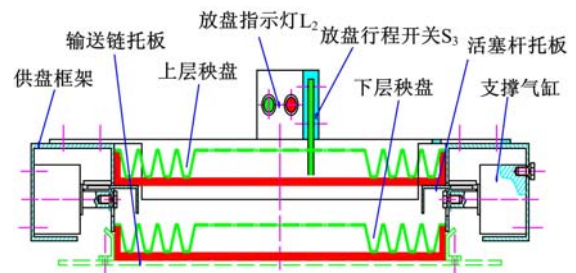


图 2 双层秧盘供送机构  
Fig. 2 Two-layer tray supply mechanism

### 1.2 秧盘输送同步对中机构

秧盘输送同步对中机构由气缸限位机构、送盘行程开关、对中衔铁、对中接近开关、电磁换向阀 a 组成,见图 3。气缸限位机构的限位气缸安装在框架上,并通过 a 与空气压缩机相连;与限位气缸活塞杆相连的限位板及其中央安装的限位行程开关 ( $S_5$ ),对下层秧盘进行限位,并产生来盘信号;由框架、垫板、行程挡板和缓冲胶垫所构成的窄缝滑道,可保证限位板在其内上下滑动。气吸滚筒端面上装有与其同步转动的对准盘,对准盘上均布着数量与气吸滚筒上吸孔工位相同的对中

衔铁;在气吸滚筒侧支架上,安装的对中接近开关(S<sub>1</sub>)(见图 1)用来检测对准盘上的对中衔铁,并发出秧盘释放信号,控制 a 切换气路,限位气缸的活塞杆收缩,提起限位板,释放秧盘使之随输送链托板前进;S<sub>2</sub> 可触发 a 切换气路,限位气缸复位,等待双层秧盘供送机构的上层秧盘下落。通过秧盘输送同步对中机构对秧盘自动限位,实现秧盘穴孔中心与气吸滚筒的吸孔投种对中,有效地减少了窜穴现象发生,提高了投种精度。

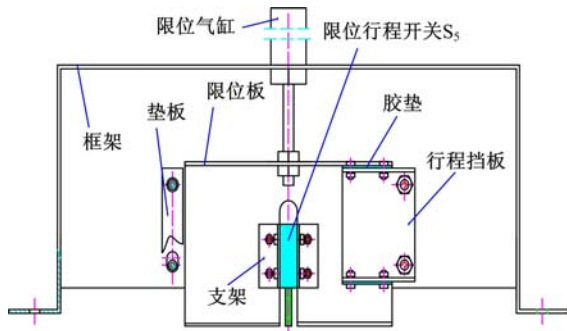


图 3 气缸限位机构

Fig. 3 Limited position mechanism of cylinder

## 2 电气控制系统设计

### 2.1 控制系统软硬件设计

#### 2.1.1 硬件电路设计

图 4 为秧盘与气吸滚筒的穴孔同步对中装置的控制原理图,控制线路采用以美国 ATMEL 公司生产的 AT89C51 为核心的单片微机控制系统,还包括放盘指示灯(L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>)、送盘行程开关(S<sub>2</sub>)、放盘行程开关(S<sub>3</sub>)、对中接近开关(S<sub>1</sub>)、限位行程开关(S<sub>5</sub>)、光电耦合器(P<sub>1</sub>~P<sub>5</sub>)、5 V 继电器(J<sub>1</sub>、J<sub>2</sub>)、两位五通电磁换向阀 a、b(V<sub>1</sub>、

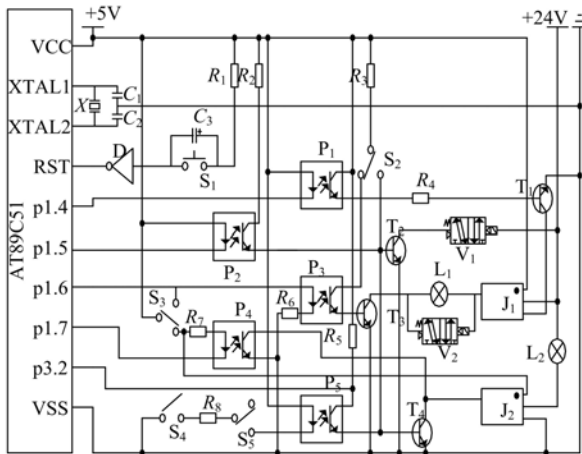


图 4 控制系统原理图

Fig. 4 Control system principle chart

V<sub>2</sub>)和三极管(T<sub>1</sub>~T<sub>4</sub>)等,整个硬件电路结构简单、可靠性高,所用电子元件价格低。

#### 2.1.2 限位气缸控制

在控制限位气缸的动作时,因 S<sub>5</sub> 和 S<sub>1</sub> 所在的线路为开关线路,无法控制 a(V<sub>1</sub>)处于某一稳定状态,为此设计三路接力式电路:其一通过 S<sub>5</sub> 和 S<sub>1</sub> 接通电路,瞬间开启 a(V<sub>1</sub>);同时向单片机的 p3.2( $\overline{INT_0}$ )口发出低电位信号,外部中断 0 被触发,执行延时子程序,p1.5 口被清“0”,激发 P<sub>2</sub> 开始工作,在系统获得的延时时间  $\Delta t$  内,充分保证 a(V<sub>1</sub>)维持在开启状态;其间被释放出来的秧盘在行进过程中触发 S<sub>2</sub>,在延时信号即将结束前,S<sub>2</sub> 接通另一电路,继续保持限位气缸的限位板维持在提起状态,保证秧盘整体释放过去。

在软件编程中,延时子程序的时间  $\Delta t$  是通过触发 S<sub>5</sub> 开始到 S<sub>2</sub> 被触发的时间段来设定,通过计数器 T<sub>0</sub> 获得。但第一个秧盘通过时,因之前没有触发过 S<sub>5</sub> 和 S<sub>2</sub>,因此无法通过计数器 T<sub>0</sub> 获得时间延迟  $\Delta t$ ,本设计的时间延迟初始值设为  $\Delta t = t_0$ ,其中  $t_0 \geq (l_0 + 0.01) / v_{min}$ ,l<sub>0</sub> 为 S<sub>5</sub> 和 S<sub>2</sub> 之间的距离,v<sub>min</sub>为输送链的最小速度。

#### 2.1.3 供盘和落盘的先后顺序控制

正常情况下,若上层已放上秧盘,绿灯(L<sub>2</sub>)熄灭,当秧盘通过 S<sub>2</sub> 后或者处于长闭状态,适当时间延迟稳定上层秧盘后,b(V<sub>2</sub>)驱使支撑气缸收缩落盘;若上层没有秧盘时,当 S<sub>2</sub> 处于长闭状态,b(V<sub>2</sub>)一定不能换向,保证支撑气缸不能收缩落盘,并且绿灯(L<sub>2</sub>)处于点亮状态,提示供盘。上述是供盘和落盘的先后顺序过程,为此通过 p1.7 口和 S<sub>3</sub> 一起组成光电耦合器(P<sub>4</sub>)的输入回路来控制绿灯(L<sub>2</sub>)亮/灭,根据该信号人工供盘;通过外部中断 1( $\overline{INT_1}$ )随时监测 S<sub>3</sub> 信号,当监测到信号后,即 p1.6 口处于高电位,适当时间延迟后,p1.4 口被清“0”,激发 P<sub>1</sub> 开始工作,使 J<sub>1</sub> 导通,同时 S<sub>2</sub> 在长闭状态下(见图 4),P<sub>3</sub> 正常工作,使 b(V<sub>2</sub>)导通换向,红灯(L<sub>1</sub>)亮起,支撑气缸收缩,秧盘下落。当秧盘下落断开 S<sub>3</sub> 后,b(V<sub>2</sub>)断电,使支撑气缸复位,p1.7 口被清“0”,绿灯(L<sub>2</sub>)又重新亮起。

## 2.2 气动系统设计

图 5 为气动系统原理图,主要包括空气压缩机、溢流减压阀、电磁换向阀、单向节流阀、支撑气缸和限位气缸。由空气压缩机提供最大 1.00 MPa 正压气源,经过溢流减压阀 a 控制气源输出





验。使用的气吸滚筒直径为 166 mm, 滚筒周围共有 16 个工位, 配套秧盘为 600 mm × 350 mm (25 穴 × 15 穴, 穴距为 24 mm × 23 mm) PVC 软塑钵盘, 播种试验时放到镀锌托盘里, 方便定位和输送。

对中试验检测方法结合摄像技术<sup>[5-6]</sup>, 监控气吸滚筒的吸孔工位分度盘和秧盘穴孔标尺的对应情况如图 7 所示。当气吸滚筒的吸孔处于下方投种点时, 监控录像记录对应秧盘穴孔中心线与吸孔中心线的水平距离, 此值称对中偏差, 用 X 表示, 单位为 mm。

为了检测对中偏差 X, 试验安排如下。生产

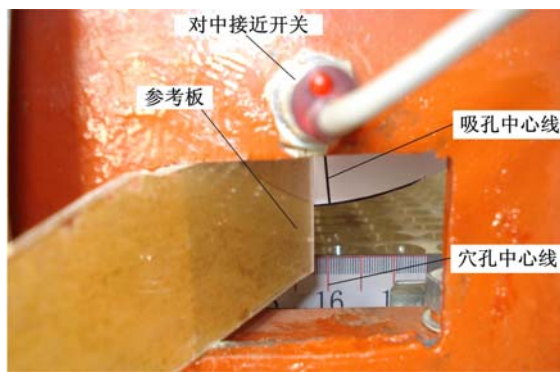


图 7 对中偏差检测照片

Fig. 7 Matching errors test picture

率: 350、450、500 盘/h。供盘控制方式: 随机放盘、双层放盘(双层供送机构直接放盘, 不用秧盘输送同步对中机构限位的情况)和对中放盘(秧盘输送同步对中机构限位放盘)。试验指标及分析: 指标选择对中偏差 X, 试验所用秧盘的穴孔上口直径为 19 mm, 根据初步的投种试验, 当超级杂交稻(两优培九)的籽粒平均长度约为 9 mm 时, 保证投种准确入穴孔而不产生窜穴的范围为: 以穴孔上口圆心为中心, 直径在 10 mm 的范围内。因此, 当对中偏差  $X < 5$  mm 时, 可达到对中投种要求。

试验在华南农业大学工程学院农业工程实验室进行, 对中偏差 X 的试验统计数据见表 1。

从表 1 中可以看出, 3 种供盘控制方式都存在着穴孔对中偏差。其中, 随机放盘的对中偏差平均值较大, 合格指数最低, 窜穴严重; 双层放盘的对中偏差好于随机放盘, 但放盘时秧盘下落过程中与侧边相碰影响秧盘下落, 系统误差不能消除, 因而对中精度不高; 对中放盘的对中偏差小、稳定性好, 尽管随生产率的升高秧盘在起动和输送过程中, 托盘与输送链间产生微小滑移, 使性能略有下降, 但仍能满足使用要求, 且性能稳定、可靠, 是一种理想的穴孔对中装置。

表 1 对中偏差试验统计结果(N=300 盘)

Table 1 Trial statistic results of matching errors(N=300 tray)

放盘方式	350 盘/h				450 盘/h				500 盘/h			
	平均值 $\bar{X}$	标准差 $\sigma$	变异系 数 C	合格指 数 A/%	平均值 $\bar{X}$	标准差 $\sigma$	变异系 数 C	合格指 数 A/%	平均值 $\bar{X}$	标准差 $\sigma$	变异系 数 C	合格指 数 A/%
随机放盘	6.59	2.18	0.33	48.0	6.14	3.57	0.58	45.0	6.41	4.44	0.69	43.0
双层放盘	3.31	2.87	0.87	86.5	3.37	2.62	0.78	85.9	3.55	3.15	0.89	81.0
对中放盘	1.94	1.32	0.68	99.0	1.96	1.41	0.72	98.2	2.31	1.90	0.82	93.0

注: 表中合格指数  $A = n/N$ , 其中 n 为对中偏差合格的秧盘数量, N 为不同生产率条件下试验的总秧盘数。

## 5 结 论

(1) 研制了气动控制的双层秧盘供送机构, 实现了秧盘有序供送。该机构结构简单, 不必人工长时间持盘喂入, 有效地降低了劳动强度。

(2) 研制了基于电磁换向阀和气缸限位的秧盘输送同步对中机构, 保证秧盘穴孔中心与气吸滚筒的投种中心精准对中。同步对中装置结构简单, 效率高、成本低, 工作性能好。

(3) 试验结果表明, 秧盘连续输送与穴孔同步精准播种对中装置实现了秧盘供送与高速同步对

中的要求, 提高了超级杂交稻的钵盘精密播种的投种准确性, 避免了因窜穴而产生的空穴和重播, 能够较好地保持播种性能。同时, 采用新颖的双层秧盘供送机构和秧盘输送同步对中机构相配合, 解决了高速连续式气吸滚筒秧盘育苗精准播种的连续输送秧盘与气吸滚筒的穴孔同步对中的难题, 提高了超级稻的钵盘精密播种装备的技术水平。

### 参考文献:

[1] 庞昌乐, 鄂卓茂, 苏聪英, 等. 气吸式双层滚筒水稻

- 播种器设计与试验研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(5):52-55.
- Pang Chang-le, E Zhuo-mao, Su Cong-ying, et al. Design and experimental study on air-suction two-layer cylinder rice seeder[J]. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2000, 16(5):52-55.
- [ 2 ] 吴文福,左春桢,阎洪余,等. YB-2000 型简塑秧盘自动精密播种生产线的研制[J]. 农业工程学报, 2001,17(6):69-72.
- Wu Wen-fu, Zuo Chun-cheng, Yan Hong-yu, et al. Development of automatic precision seeding system [J]. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2001,17(6):69-72.
- [ 3 ] 刘彩玲,宋建农,张广智,等. 气吸式水稻钵盘精量播种装置的设计与试验研究[J]. 农业机械学报, 2005,36(2):43-46.
- Liu Cai-ling, Song Jian-nong, Zhang Guang-zhi, et al. Design and experimental study on rice precision suction seeder for pot seedling nursery box [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005,36(2):43-46.
- [ 4 ] 叶盛,王俊. 气吸式精量播种控制器[P]. 中国: 200520101391. 2,2006-10-11.
- [ 5 ] Karayel D,Wiesehoff M,Özmerzi A,et al. Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system [J]. Computers and Electronics in Agriculture,2006 (50):89-96.
- [ 6 ] 袁月明. 气吸式水稻芽种直播排种器的理论及试验研究[D]. 长春:吉林大学生物与农业工程学院, 2005.
- Yuan Yue-ming. Reseach of theory and experiment on air suction seed-metering device for direct drilling of rice bud-sowing[D]. Changchun:College of Biological and Agricultural Engineering, Jilin University,2005.