

水稻工厂化育秧拔苗机械手及仿生机理的研究

邵耀坚

(华南农业大学工程技术学院,广东 广州 510642)

摘要:介绍一种水稻工厂化育秧穴盘,设计机械手进行拔苗和抛植,以人手拔秧、抛秧的实测数据作为机械手的仿生设计依据,专门设计了机械手拔苗、抛植的秧苗硬化软塑穴盘.对平移型及转臂型的拔苗、抛植机械手3种方案进行了理论分析,认为平移型较简单、适用和合理.设计了连杆杠杆型、平移型2种拔苗、抛植秧夹.16行拔苗抛秧机械手抛播按16 000~18 000颗/h设计.

关键词:拔苗抛植机械手;水稻秧苗;工厂化育秧;拔苗抛植仿生

中图分类号:S 223

文献标识码:A

根据广东省机械厅农机管理局^[1]的报告,水稻工厂化育秧、抛植技术在广东已经过5年的试验推广,全省已有30个县市试点使用.实践证明,这种室内环境调控育秧技术保证及时育出优质秧苗,连续5年获得高产,比大田育秧产量高出10%~20%,并具有省劳力、省种子、省地、省成本,能抗寒、风、水、旱等灾害.这是水稻生产技术的重大改革.水稻工厂化设施包括下列设备:控温催芽器;播种播土生产线;控温催根器;环境调控大棚育秧(包括喷水施肥)设备等.笔者已经成功地设计制造上述成套设施应用于30个试点,并在不断改进中.其中,电磁振动精密播种播土生产线已作为国家“九五”攻关研究课题,是针对原播种生产线不够精密和播量过大而进行的一项改进;另外,针对人工抛秧或圆锥抛秧机不能有序栽植的缺点,提出拔苗、抛植机械手的研究,以求解决拔秧、抛植的有序栽植问题.

1 秧苗穴盘的设计

1.1 穴盘的孔穴配置

秧苗穴盘的设计对工厂化育秧工作、成本、作业方式有密切关系.如果穴盘主要用于播种、育秧,穴盘的孔穴配置、分布可按穴盘单位面积拥有最多孔穴为依据.例如农业推广站设计的水稻秧苗穴盘,在330 mm×605 mm面积的穴盘中,布置10行30穴和9行29穴共561穴;相邻2行的穴孔错开,因而布置紧凑,适合于大田育秧而大量推广使用;穴盘用软塑料,成本低而价格便宜.图1为播种育秧专用的软塑穴盘孔穴配置.

采用机械手拔秧抛植技术,穴盘上的孔穴配置与仅作播种育秧的上述配置大不相同.

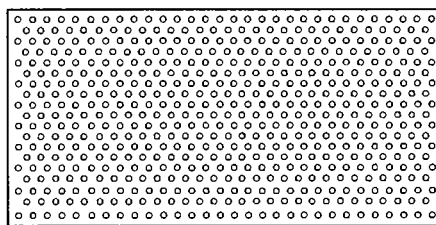


图1 播种育秧用穴盘的孔穴配置

Fig. 1 The distribution of planting and culturing tray cells

1.2 穴盘的孔穴尺寸

穴盘的孔穴尺寸跟育出秧苗、土块大小有关,也跟抛秧高度以及苗块入土深度有关.农业推广站设计的穴盘,其孔穴尺寸是合适的,多年来已在全国推广使用而效果很好.因此,拔苗抛植专用的穴盘孔穴尺寸,采用相应略小的孔穴尺寸,见图2-b.

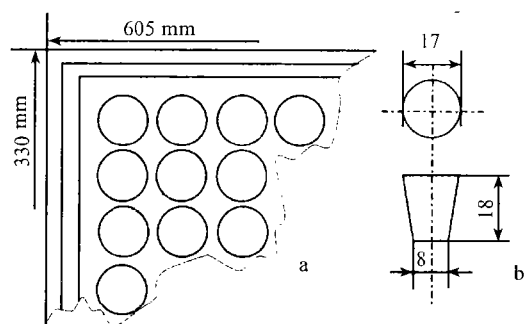
1.3 硬化软塑穴盘的整体设计

根据多年来推广使用经验,硬塑穴盘价格最高,一个330 mm×605 mm面积的硬塑穴盘要15~18元.农业推广站设计的软塑穴盘只能铺放在大田上使用,不能放在播种生产线上使用,这种软盘塑料片太薄太软,盘中的孔穴播上土和种子后,穴盘软化变形无法拿取.只有硬化软塑穴盘才能够满足拔秧、抛植的工艺要求,穴盘的孔穴配置应该配合秧夹和机械手的动作和工作特点.拔秧的秧夹要求把半列或整列的秧苗夹起来,抛秧时要求把半列或整列的秧苗同时抛出,行间的孔穴不能错开,以防秧夹伤害秧苗.图3为拔秧、抛植、播种、育秧通用的穴盘孔穴配置.在330 mm×605 mm面积的穴盘上,仅能布置16行,每行26个,共416个孔穴.

收稿日期:1999-07-12

作者简介:邵耀坚(1927~),男,教授,博士生导师

基金项目:高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(950508)



a. 穴盘的结构和孔穴配置; b. 孔穴的尺寸(mm)

(a) Tray construction and tray cells distribution;

(b) Tray cells dimensions(mm)

图2 播土、播种、拔秧、抛植通用的穴盘设计

Fig. 2 The design of planting soil and seeds, gripping and throwing seedlings tray

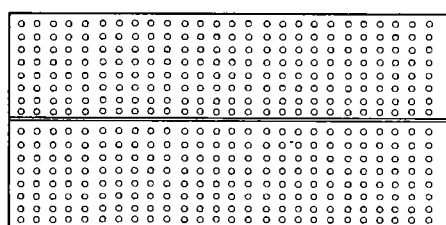


图3 拔秧抛植专用穴盘的孔穴配置

Fig. 3 The distribution of gripping and throwing special tray cells

硬化软塑穴盘有足够的硬度和刚性,可用于机械生产线上,进行播土、播种、拔秧、抛植也没问题,价格也便宜,每个只要4~5元。图2是其结构形状,其结构特点是利用凸起的筋以加强塑料穴盘的刚性。

1.4 硬化软塑穴盘的结构

这种塑料盘在四周边缘和中间有5 mm宽的筋,用以提高秧盘的刚性。此外,软塑料片的厚度也从561穴软塑穴盘的0.15 mm增厚至0.3 mm。硬化PVS软塑穴盘比ABS硬塑穴盘每个价格低10元,经过在4个试点使用,效果很好。硬化软塑穴盘的用量很大(450~600个/hm²),约需1 800~3 000元/hm²。但如采用ABS硬塑穴盘,约需7 200~9 600元/hm²,投入成本更高。对比之下,采用硬化软塑穴盘比硬塑穴盘可省成本5 000~6 000元/hm²。

2 水稻秧苗的拔秧、抛植的农艺、仿生要求

2.1 拔秧、抛植秧苗的农艺要求

工厂化育秧育出的秧苗应有80~125 mm高,每株应有2~3片叶,才能从穴盘拔秧抛植。每穴土块倒圆锥体中应有2株以上的秧。根据实际观察,1株秧苗生出的根量常不足以缠紧土块,在拔苗、取秧、抛秧时易致秧块松散。拔秧时秧夹不能伤害秧苗的

茎叶。秧夹和秧苗接触处应有软性垫片,夹紧力以不伤苗为宜。抛下的秧块25~27颗/m²,相当于24~27万颗/hm²。这样的大田秧苗密度已经保证稻谷产量达7 500 kg/hm²以上,过密是不合适的,甚至是浪费秧苗。

2.2 拔秧、抛植的仿生测定

人工抛秧的仿生实测数据如下:秧苗的长度达到80~125 mm便适合抛秧;人手抛出的秧苗,抛起高度有1.5 m便已达到要求;秧苗的入土深度为5~15 mm;每个孔穴播干土量约2.5~3.0 g;每颗秧块,连苗带土约3.5~4.0 g;秧苗在田中的直立度大于60°;人手抛出的一把带土的秧苗约5~10颗。每颗带土秧苗如仅有1株苗,秧块抛出难定向,不能垂直下坠,土块易松散。3株苗秧块抛出定向、垂直下坠最好,土块也不易松散。但6株苗以上秧块也难定向、易呈水平下坠,直立度变差。这说明每颗秧块的秧苗株数对抛秧效果影响很大。以上数据可作为拔秧、抛植机械手的设计依据。

3 拔秧、抛植机械手设计方案分析

3.1 拔秧抛植机械手模型

图4为拔秧抛植机械手模型、结构设计示意图。由于秧苗及土块形成的秧块每颗仅4~5 g,质量较轻,夹秧、提升、平移8~16个秧块所需的力不过1 N,采用气力缸、气力系统已足够有余。参考工业机械手的设计原理^[2~4],提出了3个适合拔秧抛植的机械手运动方案,进行可行性分析。要求结构简单、方便使用、价廉而耐用者为宜。

3.2 三种拔秧抛植机械手秧夹运动方案分析

拔秧抛植机械手秧夹动作可以有3种方案,分别如图5所示。

从图5(a)秧夹运动分析可见,这是6个动作过程:夹秧、升起、移出、放秧、移入、降下。从图5(b)秧夹运动分析,必须8个动作过程:夹秧、升起、移出、转动、放秧、转回、移入、降下。从图5(c)秧夹、穴盘运动分析,也必须是8个动作过程:夹秧、升起、秧夹移位、穴盘移出、放秧、穴盘回位、秧夹移动、降下。

从以上动作过程分析可见,图5(a)所示6动作方案省了2个动作,纯粹是一个秧夹的夹、放、升、降、平移出、入的动作。动作比较简单,操作元件相对较少,可以采用,因此认为平移式机械手比较适合拔秧抛植工作。

3.3 拔秧抛植机械手运动分析

坐标连杆参数见图6,图6中2种机械手的运动学、雅可比、动力学分析,将在另文介绍。

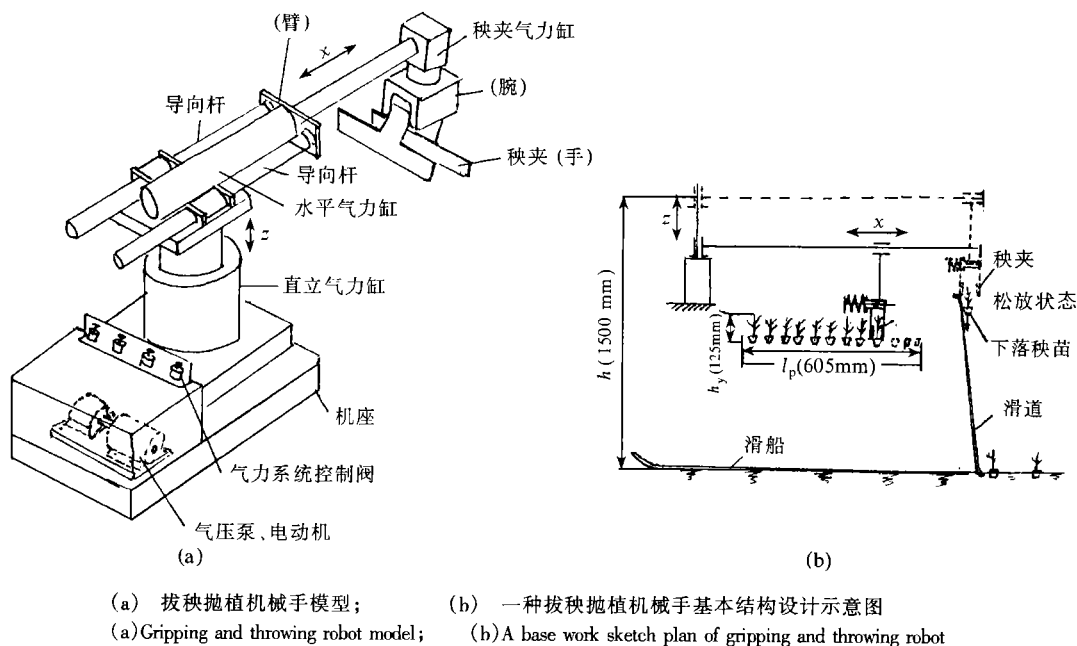


图4 拔秧抛植机械手模型及结构设计

Fig. 4 Model and construction design of gripping and throwing robot

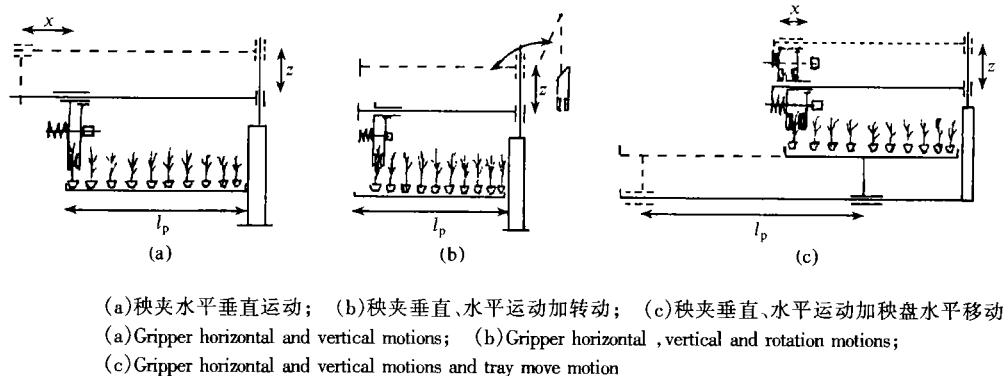


图5 拔秧抛植机械手秧夹运动3种动作方案示意图

Fig. 5 Three kinds of motion scheme for gripping and throwing robot arm

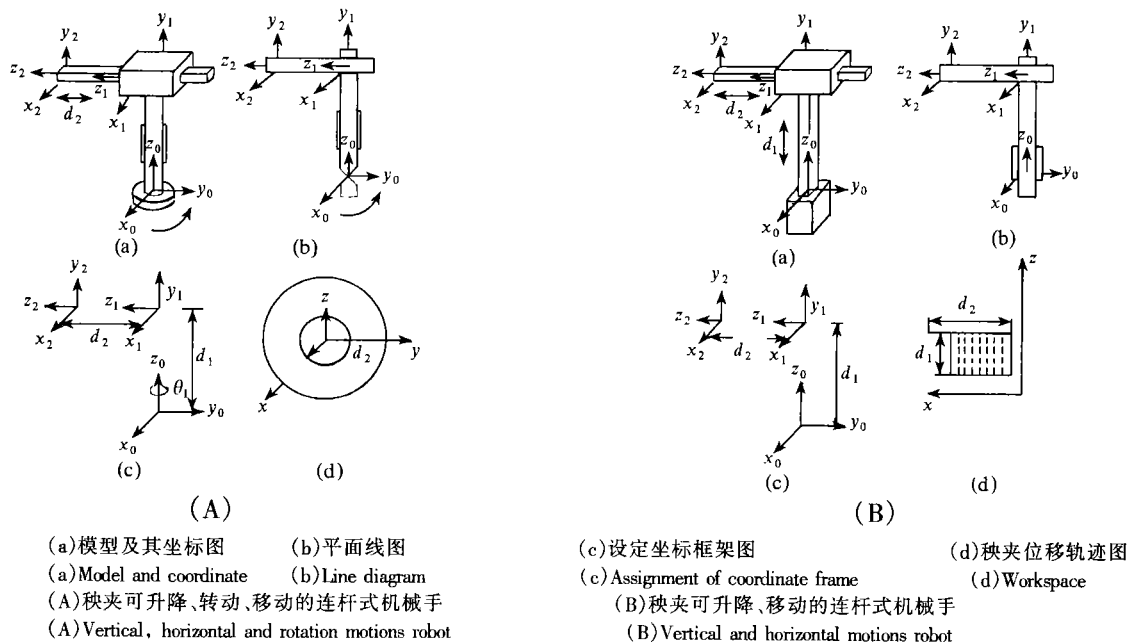


图6 两种连杆式机械手结构坐标连杆参数图

Fig. 6 Two types of robot construction coordinate and link parameters

4 秧夹设计方案分析

秧夹是机械手的手部,是抓取握持 8~16 个秧块的部件。8~16 个秧块在秧盘中半列或一列约 165~330 mm 长等距排列,秧夹宽也必须有 165~330 mm。一列 16 个秧的秧夹宽 330 mm 嫌过宽,按行距 200 mm 算 16 个秧的播幅达 3 m,也嫌过宽。所以首先采取半列 8 个秧,播幅 1.4 m、夹宽 165 mm 的秧夹方案。秧夹的跨高应大于秧苗最大高度(125 mm),达到 150 mm。

秧夹的开启范围应相当于穴盘中秧苗列间距离 20 mm,过大的开启量会伤害另一列秧苗。秧夹夹持秧块时闭合到约 1.5 mm。由于秧苗很幼嫩,秧夹与秧苗茎部接触处应有橡皮垫以免伤害秧苗。秧夹夹紧力大小要适宜,采用软性而柔和的弱弹簧作为夹紧力的元件,夹紧力小于 1 N。这里设计 2 种秧夹:连杆杠杆式和平行移动式,如图 7(a)、7(b)所示。通过试验比较采用性能好的。其中,电动秧夹以连杆杠杆式效果较好,而气动的(气缸活塞推动)秧夹以平行移动式较好。

5 结论

针对水稻工厂化育秧技术尚未解决的拔秧、有序抛秧 2 个主要环节,进行了拔秧、抛秧机械手的设计研究,对人手拔秧、抛秧的数据作了测定,可作为拔秧、抛秧机械手仿生设计的依据。专门设计了拔秧、抛秧专用、价廉的硬化软塑穴盘。按照工业机械

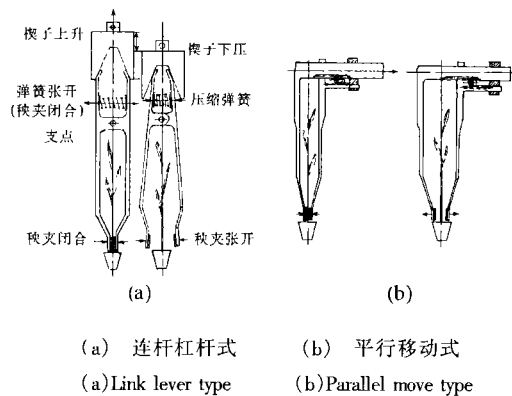


图 7 秧夹设计图

Fig. 7 Gripper design

手的工作原理,分析了拔秧、抛秧机械手和秧夹运动及工艺流程的合理设计,提出了拔秧抛秧机械手的 3 种模型方案,并从中选出简便可行的方案。还设计了符合农艺、仿生要求的连杆杠杆型、平行移动型 2 种秧夹。提出 8~16 行的拔秧抛秧机械手的整机方案。

参考文献:

- [1] 林 磊,陆世泽.水稻抛秧的工厂化育秧技术发展状况[J].广东农机,1996,(2):16~18.
- [2] 李允文.工业机械手设计[M].北京:机械工业出版社,1996.3~26.
- [3] 吴振彪.工业机器人[M].武汉:华中理工大学出版社,1997.52~85.
- [4] MCKERROW P J. Introduction to robotics [M]. Sydney: Addison-Wesley Publishing Company, 1991.175~277.

Study on Bionics and Robot Arm for Gripping and Throwing of Factory-Sprouted Rice Seedlings

SHAO Yao-jian

(College of Polytechnic, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: This paper describes the design of a robot arm for gripping and throwing rice seedlings sprouted in cell-pan at an industrial nursery. Based on the bionics-analysis of hand gripping and throwing of rice seedlings in the field, three kinds of robot arm and two kinds of gripper for rice seedlings were designed. A 416-cell pan used for rice seeds sowing and suitable for robot-arm gripping and throwing of rice seedlings was designed.

Key words: robot arm for gripping and throwing of rice seedlings; rice seedlings; rice seedlings sprouted in cell-pan at factory; bionics on gripping and throwing of rice seedlings

【责任编辑 柴 焰】