

# 温室苗种自动化移植设备的应用研究

郝志勇,邓作鹏,刘 伟,闫 闯,袁 帅

(辽宁工程技术大学 机械工程学院,辽宁 阜新 123000)

**摘要:**针对温室种植技术的快速发展,以及温室人工苗种移植效率低和苗种损坏等问题,设计了一种自动苗种移植机,并对其搅拌机构、螺旋输送机构、切块机构及其功率消耗进行了理论计算和试验验证。结果表明:螺旋挤压机构有利于培植土生成,切块机构动作迅速。自动苗种移植设备降低了农民的劳动强度,提高了苗种成活率。样机试验表明:理论分析和样机试验较吻合,整机结构合理,具有很好的移植效果,达到了预期设计目标。

**关键词:**温室;苗种移植;切块机构;螺旋输送

**中图分类号:**TH-12

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2012)02-0124-04

快速发展的农业经济环境下,传统农业已经不能满足现代生活对农产品的更高要求。尤其对北方地区,冬季农产品和蔬菜的供应,对温室种植技术的依赖性非常大。因此,温室自动化装备技术必须快速发展,这就为温室种植技术带来了良好的发展契机。对于温室种植产业,温室苗种移植是一项非常关键的技术<sup>[1]</sup>。由于被移植的苗种通常比较弱小,在移植过程中要特别小心,以免对苗种造成损坏,所以对人工作业提出了相当高的要求。为提高苗种的成活率、提高温室的生产效率、减轻工作人员的劳动强度,温室苗种移植设备急需快速发展,以适应市场对苗种移植的更高要求,从而满足人民生活的需求。目前,温室苗种移植基本都用人工作业完成,对于苗种的夹取和移植均由工人手动完成,对坏苗的判断也依靠操作人员的实际经验,因此,整个移植过程效率较低,并且操作人员的熟练程度因人而异,所以新植入的苗种成活率不高,且操作人员工作成本较高。针对苗种人工移植实现的弊端以及缺乏自动化苗种移植设备的现状,研制了一种新型温室苗种移植设备,该移植设备可以减少移栽环节,避免对苗种根系造成损伤,节省劳动力,降低生产成本,且效率高、便于操作。

## 1 苗种移植设备的工作原理及组成

### 1.1 苗种移植设备的工作原理

新型苗种移植设备主要包括三大部分:培植泥土成型部分、苗种摆放部分和培植泥土切块部分。其中培植泥土成型部分主要由螺旋挤压机构、干土储料斗和配水装置等组成;从储料斗下移的干土和水混合,通过螺旋挤压机构生成硬度和湿度合适的泥土,泥土经过成型机构分为两块条状的培植土,供摆放苗种用。苗种摆放部分主要由夹取机构和定位机构组成,夹取机构把苗种放在培植土附近,定位机构使苗种固定在合适的位置。培植泥土切块部分主要由凸轮机构、连杆机构和切刀组成。实际应用过程中,可根据苗种具体工作环境、苗种大小、培植土湿度等具体参数来设计苗种移植设备,从而满足不同实际移植工作的需要,具体设计的功能和要求可以归纳如下:

具有快速培植土生成的功能,能够将培植土挤压成型并输送到指定的工作位置,并能自动完成搅拌和配水<sup>[1]</sup>;具有自动夹取和摆放苗种的夹持机构,能够顺利实现苗种的移植,而不会损坏苗种和培植土;具有驱动切块机构的装置,能够对切块机构的运动进行动力输入;具有坏苗自动判别的功能,在移植过程中不通过操作人员就可将坏苗舍弃;设备自动运行功能,能够对设备各个装置的工作进行统一调配和监控,从而完成移植工作。

### 1.2 苗种移植设备的结构组成

苗种移植设备主要由原动机部分、传动部分、执行部分组成(见图1)。它具有效率高、操作简便、节省劳动力等优点。

收稿日期:2011-09-13

第一作者简介:郝志勇(1979-)男,山西省代县人,博士,讲师,从事机械结构力学分析、机械优化设计等方面的教学和科研工作。E-mail:chinaren\_1314@126.com。

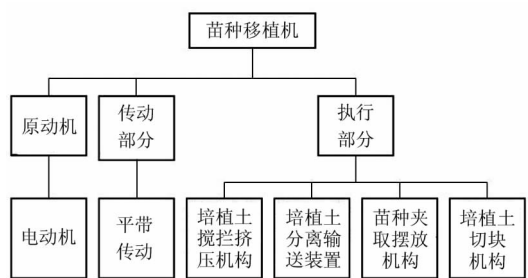


图1 苗种移植设备组成框图

Fig.1 Block diagram of seedlings portable equipment

## 2 苗种移植设备结构设计

新型苗种移植设备主要包括三大部分:培植泥土成型部分、苗种摆放部分和培植泥土切块部分,整体结构如图2所示。

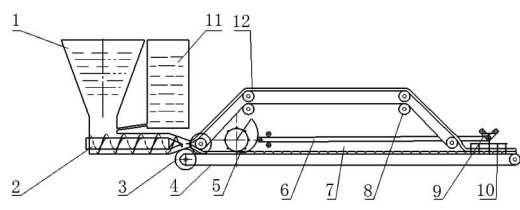


图2 整体结构示意图

Fig.2 Schematic diagram of the overall

1. 干土储料斗;2. 螺旋挤压机构;3. 驱动轮;4. 传送带;  
5. 滚压轮;6. 连杆;7. 苗种摆放位置;8. 张紧轮;9. 压实切块装置;10. 成型培植土;11. 配水箱;12. 培植土

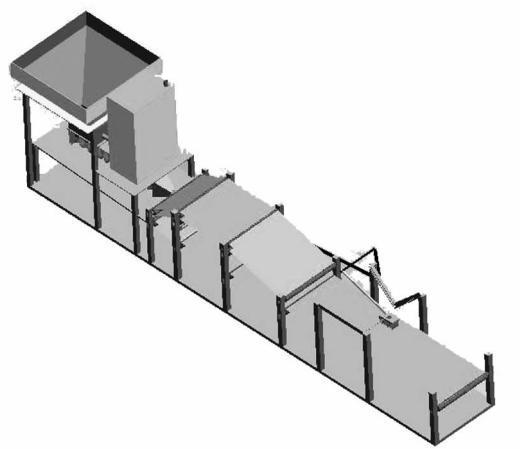


图3 苗种移植设备整体结构三维图

Fig.3 Three-dimensional map of overall structure of seed portable equipment

### 2.1 培植泥土螺旋搅拌挤压机构设计

配置泥土螺旋搅拌机构是由安装在漏斗中的螺旋传送叶片和挤压成型机构组成。从图4看出,螺旋传送叶片2与螺旋叶片管道3适当配合,使稀泥从管道中成型输出。

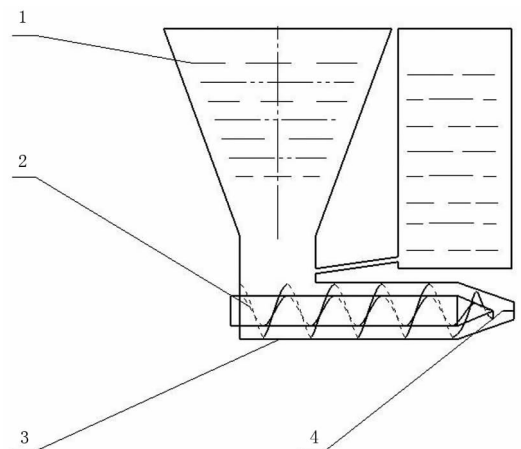


图4 螺旋搅拌挤压机构示意图

Fig.4 Mixing screw extrusion body diagram

1. 干土储料斗;2. 螺旋挤压机构;3. 螺旋叶片管道;4. 培植土输出口

1. Dry soil hopper;2. Screw extrusion body;3. Helical blade pipeline;4. Outlet of cultivated soil

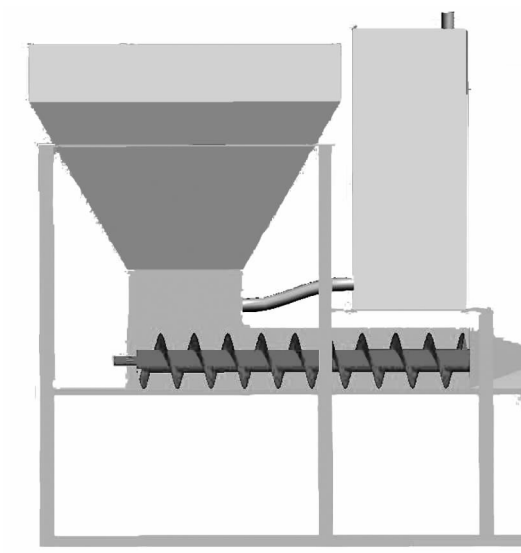


图5 螺旋搅拌挤压机构三维图

Fig.5 Three-dimensional map of mixing screw extrusion body

### 2.2 培植泥土输送装置

考虑到苗种移植设备中,带式输送机的速度要求较低,可以采用单电机驱动(见图6),电机的电源选用 AC220V,而且能够实现无级变速。

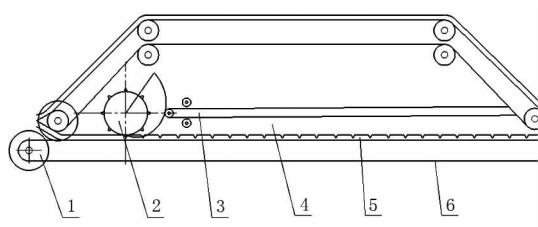


图6 培植泥土输送装置

Fig. 6 cultivated soil conveyor

1. 驱动轮; 2. 滚压轮; 3. 连杆; 4. 苗种摆放区; 5. 培植土; 6. 传送带

1. Wheel; 2. Rolling wheel; 3. Link; 4. Area of seed placed; 5. Cultivate soil; 6. Belt

### 3 苗种移植设备功耗计算

#### 3.1 培植泥土螺旋搅拌机构功率计算

3.1.1 螺旋输送叶片主要参数 根据实际工作需要设计螺旋机构, 其主要参数<sup>[2-4]</sup>如图7所示。

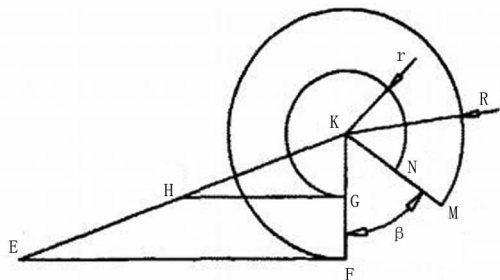


图7 螺旋机构结构展开图

Fig. 7 Institutional structure of spiral expansion plan

设计螺旋面展开图圆环内径  $d_0$ :

$$d_0 = \frac{\sqrt{(\pi d)^2 + s^2}}{\sqrt{(\pi D)^2 + s^2} - \sqrt{(\pi d)^2 + s^2}} (D - d) \quad (1)$$

面展开图圆环外径  $D_0$ :

$$D_0 = \frac{\sqrt{(\pi D)^2 + s^2}}{\sqrt{(\pi D)^2 + s^2} - \sqrt{(\pi d)^2 + s^2}} (D - d) \quad (2)$$

展开圆环切除部分的圆心角  $\alpha_0$ :

$$\alpha_0 = \frac{\pi D_0 - \sqrt{(\pi D)^2 + s^2}}{\pi D_0} \times 360^\circ \quad (3)$$

其中:  $d$  为螺旋轴直径(mm)。

根据实际情况和工作需要, 设计参数为:

$D = 80 \text{ mm}$   $d = 25 \text{ mm}$   $s = 71.2 \text{ mm}$

其中螺旋叶片厚度为  $2 \text{ mm}$ 。

由此计算可得:  $d_0 = 37.58 \text{ mm}$

$D_0 = 92.58 \text{ mm}$

$\alpha_0 = 36.7^\circ$

#### 3.1.2 螺旋机构输送量的确定 螺旋机构输送

量可按公式(4)计算<sup>[5]</sup>。

$$Q = 60 \Psi \cdot \beta_0 \cdot k \cdot r \cdot n \cdot D^3 \quad (4)$$

式中:  $Q$  为输送量  $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $\Psi$  为物料填充系数,  $\beta_0$  为倾斜系数,  $k$  为螺距与直径比例系数,  $r$  为物料容重  $\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $n$  为转速  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $D$  为螺旋直径  $\text{m}$ 。

通过查手册, 各个变量取以下值:

$$\Psi = 0.45 \quad \beta_0 = 0.75$$

$$k = 0.89 \quad r = 0.5$$

$$n = 100 \quad D = 0.08$$

经计算可得  $Q = 0.46 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

#### 3.1.3 螺旋机构输送功率计算 见公式(5)。

$$P_1 = \frac{QL\mu}{367} \quad (5)$$

$P_1$  为克服运行阻力所需的功率  $\text{kW}$ ,  $L$  为输送长度, 设计为  $0.27 \text{ m}$ ,  $Q$  为输送机的输送量, 设计为  $0.46 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $\mu$  为泥土运行阻力系数, 取  $1.6$ 。

经计算得:  $P_1 = 0.54 \text{ kW}$ 。

$$\text{空载运行功率 } P_2 = \frac{DL}{20} = 0.12 \text{ kW}。$$

因此驱动部分所需功率为:

$$P = P_1 + P_2 = 0.12 + 0.54 = 0.66 \text{ kW}$$

#### 3.2 泥条输送带功耗计算

3.2.1 泥条输送带传送速度 按照人体正常摆放物品速度, 约每秒  $2 \sim 3$  株, 以及苗种尺寸确定传送速度为  $v_1 = 0.03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ <sup>[6]</sup>。

传送带1驱动轮转速  $n_1$ :

$$n_1 = \frac{30 v_1}{\pi r_1} \quad (6)$$

$r_1$  主动轮半径, 根据实际, 取  $r_1 = 0.04 \text{ m}$

因此:  $n_1 = 8 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ;

工作产量:  $120 \sim 150 \text{ 株} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

#### 3.2.2 泥条输送带传送功率计算 见公式(7)。

$$P_A = F_u v \quad (7)$$

式中:  $P_A$  为理论传送功率<sup>[5]</sup>,  $F_u$  为圆周驱动力,  $v$  为输送带速度。

$$\text{实际驱动功率: } P_M = \frac{P_A}{\eta}$$

$\eta$  为传动效率, 一般取  $\eta = 0.85 \sim 0.95$ 。

$$F_u = fLg(q_m + q_{ru} + (2q_b + q_g)\cos\delta) +$$

$$F_N + F_{s1} + F_{s2} \quad (8)$$

每米输送物料的质量:

$$q_g = \frac{I_v \rho}{v} = 5.85 \text{ kg} \quad (9)$$

$F_{s1}$  为主要工作阻力:

$$F_{s1} = (q_m + q_g + q_b) \times f \times L \times g \quad (10)$$

$F_{s2}$  为附加工作阻力:

$$F_{s2} = (q_{ru} + q_b) \times f \times L \times g \quad (11)$$

$F_N$  为附加阻力:

$$F_N = FbA + Ff = 26.3 + 30.6 = 56.9 \text{ N} \quad (12)$$

$I_v$  为输送能力:

$$I_v = Svk \quad (13)$$

$S$  为输送带上物料最大横截面面积,经计算得出  $S = 4.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$k$  为输送机的倾斜系数,这里  $k \approx 1.0$ ,  $I_v$  为输送能力:  $I_v = 1.35 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

其中:  $\rho$  为被输送培植土的堆积密度  $1.3 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $C$  为与带式输送机长度有关的系数,取  $C = 4.5$ ,  $f$  为有效摩擦系数,  $f = 0.3$ ,  $L$  为输送机长度  $2.08 \text{ m}$ ;  $q_b$  为承载分支或回程分支每米传送带质量取  $q_b = 21.16 \text{ kg}$ ,  $v$  为传送带输送速度,  $v = 0.03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $q_m$  为输送装置承载分支每米托辊旋转部分质量;  $q_m = 23.76 \text{ kg}$ ;  $q_{ru}$  为输送装置回程分支每米托辊旋转部分质量;  $q_{ru} = 11.07 \text{ kg}$ ;

经计算可得:  $F_{s1} = 310.47 \text{ N}$ ;  $F_{s2} = 197.09 \text{ N}$ ;  $F_u$  为圆周驱动力,  $F_u = 564.46 \text{ N}$ ; 所需驱动功率  $p_M = 0.021 \text{ kW}$ 。

3.2.3 输送带张力计算 为保证输送机的正常运行,输送带张力必须满足以下两个条件<sup>[7]</sup>:在任何情况下,作用在输送带上的张力应使得全部传动滚筒上的圆周力通过摩擦传递到输送带上,而输送带与传动滚筒之间不打滑;作用在输送带上的张力应足够大,使得两组托辊间的输送带不出现过大的垂度。

$$F_{2\min} \geq F_{u\max} \frac{1}{e^{\mu\varphi} - 1}$$

$F_{u\max}$  为输送机满载启动或制动时,最常出现的最大圆周力为  $0.64 \text{ kN}$ ;

$\mu$  为传动滚筒与输送带间的摩擦系数,  $\mu = 0.05 \sim 0.10$ ;

$\varphi$  为传动滚筒的围包角,其值根据几何条件确定,一般约为  $160^\circ \sim 240^\circ$ 。

把参数带入公式计算可得  $F_{2\min} \geq 0.96 \text{ kN}$

### 3.3 苗种摆放位置成型滚轮转速设计

成型滚轮的尺寸:  $r_2 = \frac{Nl}{2\pi}$

$N$  为滚轮上突起数目,  $l$  为苗种断面宽度。

根据实际需要,选取:  $N = 10$ ;  $l = 0.015 \text{ m}$ 。

所以,苗种位置成型滚轮半径  $r_2 = 0.016 \text{ m}$ 。

运用公式(6)可计算出苗种位置成型滚轮的转速  $n_2 = \frac{30 v l}{\pi r_2} = 18 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

## 4 控制系统

根据苗种自动化移植设备的控制需要,以及对苗种移植控制顺序分析的基础上,采用 PLC 对移植设备进行控制,选定控制系统的硬件配置,并对控制系统的软件程序进行详细设计,从而提出苗种移植机控制系统的最优方案。最终以 PLC 控制器为核心组件,搭建控制系统硬件平台。

## 5 样机试验

根据理论分析和计算,研制了一套苗种自动化移植设备样机,并进行了不同类别苗种现场试验,该移植设备较好地完成了培植土挤压,苗种夹取、摆放,同时能准确地进行坏苗识别。温室自动移植设备不仅能解决目前生产的需求,填补国内该项技术的空白,而且能够促进我国温室苗种移植技术的进一步发展,具有广泛的应用前景。

## 6 结论

新型苗种自动化移植设备根据实际移植工作需要,主要设计了培植土螺旋挤压装置、苗种识别摆放机构和培植土切块机构。从理论计算和样机制作对苗种移植设备工作原理、结构性能进行了分析和试验。通过样机实际工作,验证了理论计算和分析的合理性。各种测试试验数据表明,该移植设备工作效率高,效果明显,具有很高的实际应用价值。

### 参考文献:

- [1] 咎威. 温室自动化穴苗移植机的设计与研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2009.
- [2] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [3] 孙恒, 陈作模, 葛文杰. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [4] JB/T 7679-1995 螺旋输送机[S].
- [5] 徐余伟. 螺旋输送机设计参数选择[J]. 砖瓦世界, 2008(7): 32-36.
- [6] 吕阳斌, 张琪, 唐莉莉. 螺旋输送装置叶片的制造及成形工艺[J]. 林业机械与木工设备, 2009(8): 49-51.
- [7] GB/T 17119. 带式输送机承载托辊的运行功率和张力的计算[S]. 1997.

## 自然通风单栋温室内流场的 CFD 模拟

孟凡英, 刘 美

(辽宁工程技术大学 机械工程学院, 辽宁 阜新 123000)

**摘要:**基于 CFD 模拟技术,采用标准  $K-\epsilon$  湍流模型和 Do 辐射模型对自然通风温室在 3 种通风型下的室内气流分布进行了 2-D 求解,并对 3 种模拟结果进行了比较和分析。结果表明:在温室两侧开有侧窗、顶部开有天窗的通风情况下,温室内部的通风状况最好,而且风速适中,适宜作物生长。

**关键词:**温室;通风;CFD;速度场

**中图分类号:**S625.5<sup>+</sup>3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2012)02-0128-03

中国大多数地区的气候都属于温带大陆性气候,夏季气温时常高达 35~40℃。进入温室的空气,进一步吸收太阳辐射热量,常常产生使得作物难以承受的高温。在这种情况下,应采取必要的降温措施。温室在夏季常用的降温措施有温室通风、遮阳、湿帘风机降温、喷雾降温甚至热泵降温等。温室通风的作用是促进室内外环境之间的质热交换。一般来说,有效的通风应该能够满足 3 个基本要求<sup>[1]</sup>:(1)向温室提供足够量的交换空气;(2)使温室内部空气与外部空气能够充分混合,调节室内温度、浓度等环境因素;(3)促进温室内空气流动,加强植物与空气之间的热量交

换。常用的通风方式有自然通风和机械通风。从节约能源、降低温室运行费用、提高农业产出等方面考虑,对温室内部的环境因素进行控制时,应该尽量通过自然通风来实现,这就需要经常打开温室的通风窗<sup>[2-3]</sup>,通过通风来影响植物生长的各种因素。

自然通风是依靠室外风力造成的风压和室内外空气的温度差所引起的热压,促使空气流动,使得温室内外进行空气交换,主要包括热压通风和风压通风两种形式。根据通风开窗方式,又分为底窗通风、天窗通风、底窗加天窗通风 3 个类型<sup>[4-6]</sup>。研究温室通风的方法通常有示踪气体法、能量平衡法、热压风压作用效果模型法和风洞法等<sup>[7]</sup>。随着计算机硬件技术的发展及 CFD 在通风问题研究中的优势,用 CFD 软件包对温室通风问题的研究越来越多。目前国内许多学者运用 CFD 对不同通风方式、不同通风窗结构和防虫

收稿日期:2011-09-22

第一作者简介:孟凡英(1961-),女,辽宁省本溪市人,教授,从事热能与动力工程专业的相关理论的教学和科研工作。  
E-mail:liumeigirlwan@163.com.

## Application Research of New Seedlings Automation Transplant Equipment in Agricultural Greenhouse

HAO Zhi-yong, DENG Zuo-peng, LIU Wei, YAN Chuang, YUAN Shuai

(Mechanical Engineering College of Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000)

**Abstract:**Owing to the rapid development of greenhouse planting technology,aiming at the low efficiency of artificial seedlings greenhouse transplantation of breeding and seedlings destruction,a kind of automatic plug seedlings transplant was designed,and theoretical calculation and experiment on the transplant machine mixing, transportation organization, cutting soil institutions and its power consumption were conducted. The results showed that the spiral extrusion institution was fit for article mud generated quick-moving, cut into parts. Automatic plug seedlings transplant could reduce the labor intensity of the farmers, improve the survival rate of seedlings. Prototype test showed that the theoretical analysis and the prototype test were identical, that the structure was reasonable of this whole equipment, had very good transplantation effect, achieved the expected design goal.

**Key words:**greenhouse; seedlings transplantation; cutting soil mechanism; screw conveyer