

# 面向沙漠栽植的钻栽一体化植树机设计

陈昌远 陈媛 余秋月 黄家鸣 刘金鑫

武汉城市学院

DOI:10.12238/as.v8i3.2852

**[摘要]** 针对沙漠化治理中人工植树效率低、成本高的问题,本文设计了一款面向沙漠环境的钻栽一体化植树机。该设备集钻孔、固沙、送苗功能于一体,采用模块化结构和PLC自动化控制,显著提升了植树效率与适应性。通过模拟沙土环境下的性能测试,结果表明:在规模化种植30棵树苗时,机器植树的存活率达80.0%,接近人工植树,且耗时仅为人工的1/3。本设计为沙漠地区机械化植树提供了高效、节能的解决方案,具有显著的生态与经济价值。

**[关键词]** 沙漠植树; 钻栽一体化; PLC

**中图分类号:** S776.26+3 **文献标识码:** A

## Design of integrated tree planting machine system for desert planting

Changyuan Chen Yuan Chen Qiuyue Yu Jiaming Huang Jinxing Liu

City University of Wuhan

**[Abstract]** To address the inefficiency and high cost of manual tree planting in desertification control, this paper designs an integrated drilling-planting machine for desert environments. The equipment combines drilling, sand fixation, and seedling delivery functions, featuring modular components and PLC-based automated control, significantly improving planting efficiency and adaptability. Performance tests in simulated sandy conditions showed that for large-scale planting (30 trees), the machine achieved a survival rate of 80.0%, close to manual planting, with only one-third of the time required. This design offers an efficient and energy-saving solution for mechanized afforestation in deserts, demonstrating notable ecological and economic benefits.

**[Key words]** Desert afforestation; Integrated drilling-planting; PLC

## 引言

在全球气候变化和生态环境恶化的背景下,土地荒漠化已成为威胁我国生态安全的重大挑战。据统计,我国沙漠化土地面积约占国土总面积的13%,且每年仍以一定速度扩张,严重影响了区域经济发展和生态平衡。植树造林作为防治荒漠化最有效的手段之一,其规模化、高效化实施对生态修复具有重要意义。然而,传统的人工植树方式存在劳动强度大、作业效率低、成本高昂等问题,尤其在环境恶劣的沙漠地区,人工种植面临极大困难。此外,现有的植树机械大多功能单一、适应性差,难以满足沙漠复杂地形和多样化植被种植的需求,且普遍依赖传统能源,存在能耗高、污染重等弊端,制约了机械化治沙的推广与应用。针对这一背景,本文设计了一款面向沙漠栽植的钻栽一体化植树机。该设备集钻孔与栽植功能于一体,采用新能源动力系统,兼具高效、节能、环保等优势,可显著提升植树效率,降低人力成本,同时适应沙漠地区的特殊环境。

### 1 钻栽一体化植树机总体设计

1.1 结构组成。钻栽一体化植树机主要由钻孔装置、固沙扶

苗套筒装置、仿弹夹树苗分选传输装置和移动小车平台四个部分组成,其中钻孔装置、固沙扶苗套筒装置、仿弹夹树苗分选传输装置经模块化处理,可搭载在移动小车平台上。整体结构如图1.1所示。

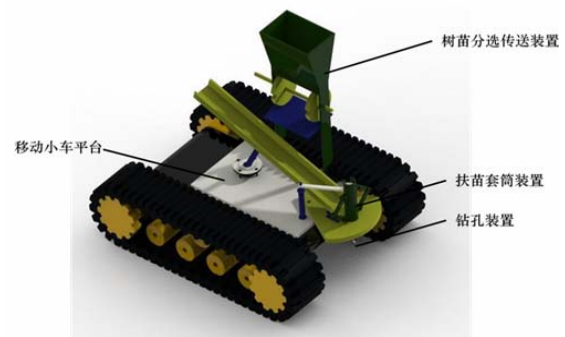


图1.1 钻栽一体化植树机总体设计模型图

1.2 工作流程。(1) 前期准备。植树机首先进行能量储备,确保设备有足够的动力运行;将采用一体化封装的树苗装入盛

苗器中,为后续栽培做好准备。(2)启动控制模块。完成前期准备后,启动植树机的控制模块,设备开始按照预设的PLC控制程序运行。(3)工作行程。挖坑:植树机沿着既定路线移动,自动进行挖坑操作。

送苗:挖坑完成后,植树机从盛苗器中取出树苗,并将其送入挖好的坑中,完成栽培。

## 2 钻栽一体化植树机硬件模块设计

2.1 钻孔装置设计。钻孔装置由螺旋钻头、气压缸、气马达、固沙装置、连接杆、稳定架等组成。其结构简单,工作可靠性高,受载能力强。螺旋钻头和气马达通过连接杆螺栓连接,气马达与空气压缩机连接,把气压能转化为机械能,通过连接杆把机械能传递给螺旋钻头。稳定架和气马达通过螺栓连接,气压缸和稳定架固定在一块,PLC控制气马达的运动来控制钻头的运动(包括控制气马达的启动、停止和正反向运动),控制气压缸运动(包括空气压缩机的启动,气压缸的工进、快进、快退等),从而使稳定架和钻头竖直运动,完成向下挖坑和提升钻头。如图2.1所示。

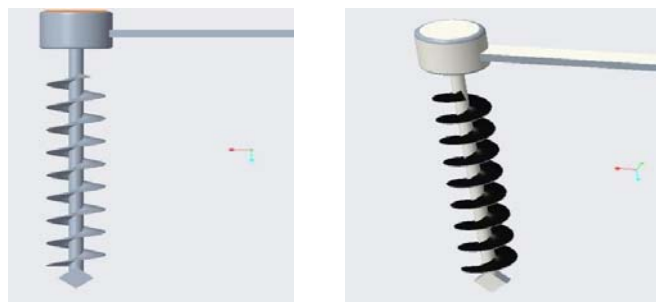


图2.1 钻孔装置模型图

2.2 固沙扶苗套筒装置设计。固沙扶苗套筒通过铰链与机架连接,驱动空气压缩机,PLC控制各控制组件来控制固沙套筒的升降。在钻孔结束之后,在气动控制下,固沙套筒立即插入洞中,到达指定位置,将打好的洞固定,防止沙土松散下滑将刚打好的孔洞遮盖。固沙套筒设计能很好有效地保护钻好的孔洞,让树苗直达适宜种植深度起到了固沙的作用,提高操作动作的可靠性和流畅度。当树苗分选传送装置工作时,树苗依靠导轨落入钻好的孔洞中,由于树苗仍有一部分依靠于套筒装置的筒壁内,起到了对树苗的扶正作用。固沙扶苗套筒装置模型如图2.2所示。

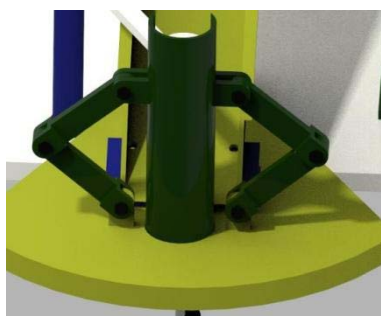


图2.2 固沙扶苗套筒装置模型图

2.3 树苗分选传送装置设计。树苗分选传送装置由仿弹夹式

树苗分选部分和导轨传苗部分组成,如图2.3所示。

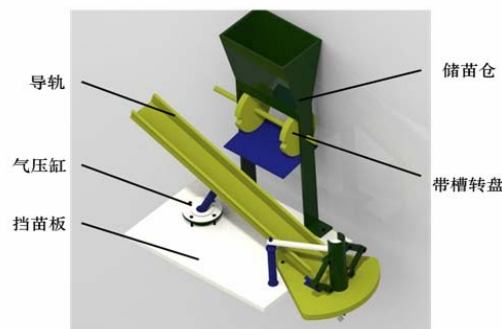


图2.3 树苗分选传送装置模型图

(1) 仿弹夹式树苗分选部分设计。本作品采用仿弹夹式储苗仓,其边缘腔体具有一定斜度并靠支架支撑,中空底部装有带槽转盘。挡苗板装在带槽小轮与导轨的外边缘之间。储苗仓形似倒梯形,树苗横向堆积在储苗仓内,由于树苗采用了一体化封装技术,一体化封装的树苗直径约为30mm,因此储苗仓其底部出口宽度设计为45mm。这种设计既保证了封装树苗不会在作业过程中漏出储苗仓,也保证了出苗的连续性,以便植树机能够进行连续作业。储苗仓内的树苗依靠带槽转盘出苗,采用PLC控制交流异步电动机运动,从而控制带槽小轮的转动,使树苗顺利离开储苗仓。每出一棵树苗,带槽转盘旋转一周带出一棵树苗,被带出的树苗依托重力下落到挡苗板上,接着落入抬起的导轨传苗装置中。利用仿弹夹式树苗分选部分具有的一定储苗能力,可实现连续性作业,同时树苗采用一体化封装,为其提供一定量的沙土及水分,使树苗存活率大大提高。(2) 导轨传苗部分设计。导轨与气压缸均与机架相连,且两者之间通过滑块连接。PLC控制气压缸运动,来控制导轨倾斜角度,从而控制树苗传输,便于树苗滑下。本次设计的导轨与水平面夹角约为500,树苗能畅通地下落。

2.4 移动小车平台设计。地面移动小车平台的任务是承载任务载荷,并将其按照远程控制的命令可靠地运送到指定区域。本小车平台采用可充电式蓄电池作为小车的动力来源,利用太阳能可为小车蓄电池充电。应用于小车蓄电池充电的太阳能光伏充电系统由太阳能电池板、具有MPPT功能的控制器、蓄电池和支架等几部分组成,采用多阶段充电方式,即初始阶段以大电流恒流模式快速充至电池容量的70%~80%,随后切换为恒压模式逐步降低电流以避免过充,最终以小电流浮充维持满电状态,将太阳能转化为电能,无需燃料且零排放,兼具可再生性与环境友好性,对缓解能源短缺与环境污染问题具有实际意义。

## 3 钻栽一体化植树机电气控制设计

与传统的植树方式相比,自动化程度更高的植树机相比于通过人力以打坑机和挖坑机为主的植树方式而言,不仅控制方式更加先进,还能节省更多人力,具有较高的可靠性、稳定性,更能适应复杂的工作环境。本文设计的钻栽一体化植树机采用PLC来实现植树机机械结构的控制,通过编程灵活调整动作逻辑,适应复杂作业环境与不同树苗的栽种需求。

以钻头控制为例,采用三菱PLC设计的I/O分配表如表3.1所示,控制梯形图如图3.1所示。

表3.1 I/O分配表

| 输入端 | 功能说明      | 输出端 | 功能说明      |
|-----|-----------|-----|-----------|
| X0  | 系统急停      | Y0  | 钻头旋转控制继电器 |
| X1  | 钻头开始旋转并下降 | Y1  | 钻头下降控制继电器 |
| X2  | 钻头停止旋转并上升 | Y2  | 钻头上升控制继电器 |

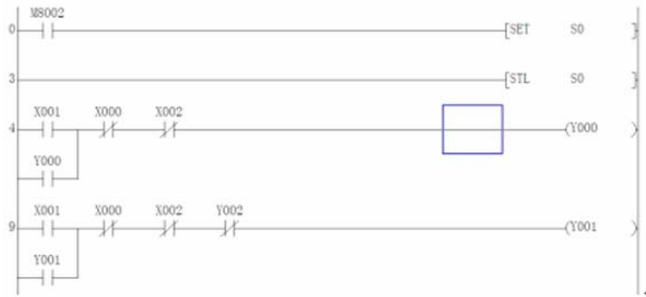


图3.1 钻头控制梯形图

利用M8002初始化脉冲设置初始状态,确保PLC上电时所有输出处于复位状态。程序实现钻头旋转、下降、上升的启停控制,通过自锁保持运行状态,设置严格的互锁保护。

4 性能测试

为了体现在实地的钻栽性能,以及树苗的存活率,实验选取了一块空地,并模拟沙土环境,构建了一片模拟钻栽场地,来进行室外钻栽的性能测试。

4.1测试方案设计。首先,将模拟钻栽场地分为两块场地,一块场地由本植树机进行植树,另一块场地则由传统人工来进行钻栽养育。接着,分别在两块场地种植5、10、15、20、25、30棵树苗,种植密度相同、种类相同、苗龄相同。由于处在同一场地,土壤环境,环境气候等条件都相同,满足比对条件。最后,来比较树苗的生根率和成树率,并记录数据,进行数据比对,得出结论。

表4.1 植树统计数据表

| 机器植树(总植树/棵) | 生根数(棵) | 存活数(棵) | 存活率    | 人工植树(总植树/棵) | 生根数(棵) | 存活数(棵) | 存活率    |
|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|
| 5           | 4      | 3      | 60.00% | 5           | 5      | 4      | 80.00% |
| 10          | 8      | 6      | 60.00% | 10          | 9      | 8      | 80.00% |
| 15          | 13     | 11     | 73.30% | 15          | 13     | 12     | 80.00% |
| 20          | 16     | 14     | 70.00% | 20          | 18     | 16     | 80.00% |
| 25          | 22     | 19     | 76.00% | 25          | 24     | 22     | 88.00% |
| 30          | 26     | 24     | 80.00% | 30          | 28     | 26     | 86.70% |

表4.2 植树30棵数据对比

| 指标       | 机器植树(30棵)    | 人工植树(30棵)    |
|----------|--------------|--------------|
| 生根率      | 86.7% ± 2.5% | 93.3% ± 1.8% |
| 存活率(3个月) | 80.0% ± 4.2% | 86.7% ± 3.5% |
| 平均耗时     | 2小时          | 6小时          |

4.2测试结果与分析。由表4.1和表4.2可知,小规模(≤15棵)时,人工生根/存活率比机器高10%~20%;大规模(≥25棵)时,差距缩小至5%~8%,体现机器稳定性提升。在30棵时,机器存活率达80%,接近人工的86.7%,且效率更高。由此可得本植树机可以代替人工来进行植树,节省人工和节省时间。

5 结语

本文设计的钻栽一体化植树机通过模块化结构、PLC自动化控制及新能源动力系统,实现了沙漠环境下植树作业的高效化与节能化。测试结果表明,该设备在规模化种植中存活率达80%,接近人工植树水平,且效率提升3倍,显著降低了人力成本。未来研究将进一步优化机械结构以适应更复杂地形,并探索智能监测技术以提升长期成树率。本设计为沙漠治理提供了可行的机械化解方案,对推动生态修复与可持续发展具有重要意义。

[基金项目]

2023年度院级大学生创新创业训练计划项目《面向沙漠栽种的钻栽一体化植树机设计》。

[参考文献]

[1]马浩钦,韩肖,李鑫宇.关于沙漠自动植树机器人的创新设计分析[J].中国设备工程,2021,(21):86-87.  
[2]张鹏飞,吴震,银良良.基于智能控制的植树机器人研究[J].科技传播,2017,9(14):42-43.  
[3]殷劲松,倪文彬.一种小型全自动植树机设计[J].江苏农业科学,2018,46(18):208-212.  
[4]姜波.基于PLC的自动植树机控制系统设计[J].南方农机,2018,49(8):26.  
[5]汤良宇.基于PLC的送料小车控制系统设计[J].农村实用技术,2019,(10):45.

作者简介:

陈昌远(2003--),男,汉族,山东省滕州市人,武汉城市学院本科生在读,研究方向:智能机械。

通讯作者:

陈媛(1980--),女,汉族,湖北武汉人,硕士,武汉城市学院副教授,研究方向:智能控制。