

一种基于太阳能的沙漠绿化机器人结构设计

胡潇舟¹ 汤清钊² 张珂瑜³

1. 重庆交通大学 机电与车辆工程学院 重庆 40047

2. 郑州大学 国际学院 河南郑州 450001

3. 重庆交通大学 交通运输学院 重庆 40047

摘要: 沙漠化一直以来是人们广为关注的问题, 土壤沙漠化对部分地区的影响十分严重, 在治理沙漠化过程中效率往往不尽人意。基于此现状, 本项目基于机械结构和电子技术设计了一种智能沙漠绿化机器人。该机器人通过电路控制与机械系统相结合, 将挖坑、种植进行一体化, 实现种植过程的高效化, 并通过红外测距实现定距与变距种植的要求, 通过履带行走机构和太阳能供电板为装置提供动力, 最终完成沙漠化治理的种植过程, 为沙漠化治理提供新思路, 完成高效沙漠绿化的目标。

关键词: 机器人; 沙漠绿化; 变距种植; 智能避障

Structure Design of a Desert Greening Robot Based on Solar Energy

Xiaozhou Hu¹, Qingzhao Tang², Keyu Zhang³

1. School of Electromechanical and Vehicle Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 40047

2. International College of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450001

3. School of Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 40047

Abstract: Desertification has always been a problem that people pay close attention to. The impact of soil desertification on some areas is very serious, and the efficiency in the process of desertification control is often unsatisfactory. Based on this situation, this project designed an intelligent desert greening robot based on mechanical structure and electronic technology. Through the combination of circuit control and mechanical system, the robot integrates pit digging and planting to achieve high efficiency of planting process, and achieves the requirements of fixed-distance and variable-distance planting through infrared ranging. The crawler walking mechanism and solar power supply panel provide power for the device, and finally complete the planting process of desertification control, providing new ideas for desertification control and achieving the goal of efficient desert greening.

Keywords: robot; Desert greening; Variable distance planting; Intelligent obstacle avoidance

1 设计背景

根据相关调查数据, 我国是世界上荒漠及荒漠化土地分布较广的国家, 已经荒漠化的土地面积17.6万平方公里, 另有潜在荒漠化危险的土地面积15.8万平方公里, 而且这个数字随着过度开发、过度放牧等错误逐年增加,

随着越来越多的耕地、草场被侵蚀, 沙漠绿化问题已经亟待解决、刻不容缓。相关数据显示, 我国草场退化已经十分严重, 退化面积达10523.7万公顷, 在草地面积居多的内蒙古、西藏等地区荒漠化愈演愈烈, 对于依赖草场畜牧的地区造成经济发展的阻碍。为了用于沙漠绿化, 市场上已经出现大型移植用的绿化机械以及种植机器。当前随着沙漠化治理力度的增加, 我国已经建立了诸多防风固沙的林场, 但沙漠绿化的任务依旧艰巨, 依旧需要投入大量的资源。

作者简介: 胡潇舟(2001, 8-), 男, 汉族, 籍贯: 河南南阳, 学历: 在读本科, 研究方向: 机械设计制造及其自动化。

沙漠绿化从狭义上来讲是在沙漠中栽种适宜生长的绿色植物进行防风固沙，涵养地下水源，从广义上来讲，则是通过对沙漠资源进行开发利用，建立太阳能发电站、涵养沙漠地下水等。当前我国土壤沙漠化面积呈逐渐上升趋势，沙漠周围的绿洲也在逐年减少，沙漠化治理任务艰巨，现在使用的沙漠绿化机械效率十分低下，且无法有效利用于沙漠地区的永久绿化，造成大面积的草地再度沙漠化，而更注重过度砍伐的森林修复和树木移植。目前沙漠化的治理方法主要有铺设草方格进行防风固沙以及建立大面积的林场。铺设草方格可有效地防风固沙，经济效益高，但是无法有效的涵养沙漠地下的水源。在沙漠边缘建立大面积的林场虽然能有效地防止沙漠的继续扩散和沙尘暴袭扰内地，但是付出的各种资源也是相当庞大的，建立林场时所使用的移植机械需要消耗大量时间，效率十分低下。针对沙漠绿化机械的设计，市面上用于沙漠绿化的装置存在十分普遍的效率低下、智能化程度低、功能过于单一等问题。很多装置只负责种植过程中的一部分，例如钻机只负责挖坑，完成工作后由专门负责种植树苗的种植机进行栽种，且智能化程度低导致装置的运行需要依靠人工操作实现，增加了操作过程中的安全隐患和大量的人工成本。

基于当前沙漠绿化装置存在的问题，本项目提出了一种新型沙漠绿化机器人，采用类似于草方格铺设机的车型设计，将改进后补充装置安装在车顶，为适应沙漠地区的松软沙地，采用履带轮作为装置的行进机构，在种植机构之间安装测距元件实现等距变距种植的需求，通过电控系统进行路径规划、完成种植动作，减少不必要的时间，提高装置整体工作效率。通过太阳能供电板充分利用沙漠地区的高强度光照，将太阳能转化为电能为整个装置提供动力来源。

2 装置设计方案与原理

2.1 工作原理

本装置主要由种植机构、履带行进机构、植物补充机构等电控模块组成，可实现等距变距种植、自动规划路径、挖坑种植一体化。

2.1.1 整体工作原理

如图1装置整体示意图所示，从上至下分别设置了植物补充机构、种植机构、太阳能供电板、履带行进机构。工作开始前在植物补充机构中补充绿化植物，装置运行至工作区域进行路径规划，将种植机构管道口对准植物补充机构的尾部开口，运行种植机构的电机将储存罐中的植物送入种植机构中，通过种植机构间的红外测

距模块调整种植机构间距实现调整每一排绿化植物的种植间距，调整至合适的间距后，依靠齿轮齿条传动将种植机构末端开合机构插入沙地中，通过电动推杆和连杆机构实现开合机构的张开闭合将绿化植物送入沙地中，升起种植机构使周围的沙子自动掩埋绿化植物的根部。将储水罐中的水通过水泵导入水管中浇水，最后设定每一行中绿化植物的间距，确定装置前近距离，待装置行进至指定位置后继续进行上述操作。

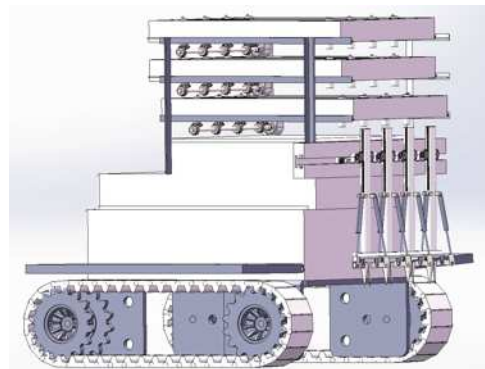


图1 沙漠绿化机器人装置示意图

2.1.2 植物补充机构

植物补充机构每一层抽屉都有四条传送带，传送带上设有底部开口的储存罐，将植物放入储物罐中，依靠抽屉底部的圆锥齿轮传动实现四条传送带的同步转动，三层完全相同的植物补充机构按照抽屉式设计。种植机工作时，先从底层树苗装载层开始自动填充，底层树苗装载机构通过高精度编码器电机精确控制装载机构每次移动的步进距离，使其精准移动到树苗自动填充孔。与此同时上层树苗装载层，也通过高精度编码器电机控制使其旋转至远离自动填充孔的位置并保持该位置不变，实现各个树苗装载层的独立工作。待下层树苗装载装置所有树苗全部种植完后，下层树苗装载装置通过高精度编码器电机控制移动至树苗自动填充口以连接上层树苗装载装置。各层树苗装载依次通过上述工作过程实现树苗的自动填充。



图2 植物补充机构三维模型图

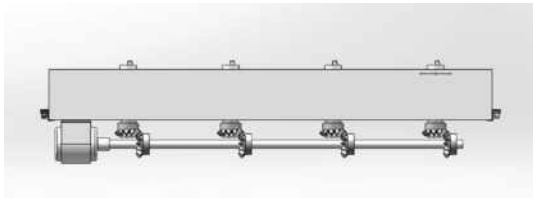


图3 植物补充机构模型左视图

2.1.3 种植机构

如图4种植机构采用四个完全相同的种植装置，对应植物补充机构的4个末端开孔，实现四条传送带补充的绿化植物同步种植。采用M3直齿轮与M3齿条进行配合，实现种植机构的上下运行，在接收绿化植物时分别对应补充机构的4个开孔，依靠红外测距模块调节四个种植装置的间距实现等距变距种植，种植完成后进行复位，接收下一批绿化植物。种植装置底部采用三瓣式开合机构，可直接插入松软的沙地中，电动推杆和连杆机构实现开合机构的张开闭合。

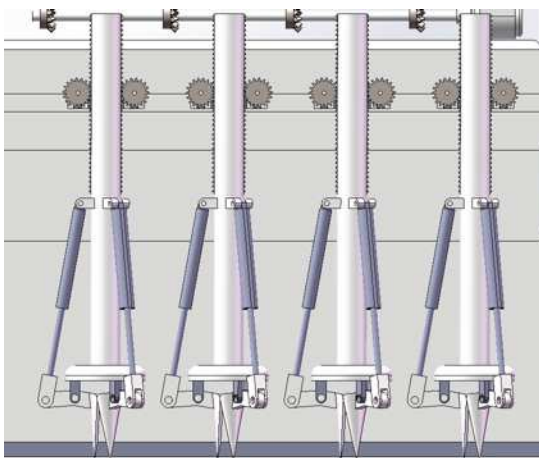


图4 种植机构模型图

2.1.4 履带行进结构

为了适用于沙漠等环境我们采用了履带式行走机构，履带行走装置支撑着整个车身的重量，依靠地面对履带的反作用力而产生的牵引力向前行驶，履带行走装置由驱动轮、导向轮、履带及履带架构成。

履带行走装置工作条件恶劣，既要在软土地里航行，又要在沙漠上前进，为保证其工作可靠性，履带架体有足够的强度和刚度，还要避免装置过重导致机器人重心升高降低稳性，尽可能减轻其自身重量，除机器人底部承重梁用实心钢外，其余均采用空心型钢，在各部件连接位置还焊有多个T型钢以增强履带行走装置的结构强度，装置底部需留有一定的离地高度，使得机器人具有良好的通过性能，即使在绿洲周围的流沙湿地上仍能正常行驶。

2.1.5 超声波避障

沙漠绿化机器人在沙面行驶的过程中，会遇到沙漠中已存的障碍物，如动物尸体、仙人掌、骆驼草等。若不能及时避开障碍物会对车体造成损害，导致机器人无法正常运行。不仅会浪费大量工作时间，还会造成一定的经济损失。

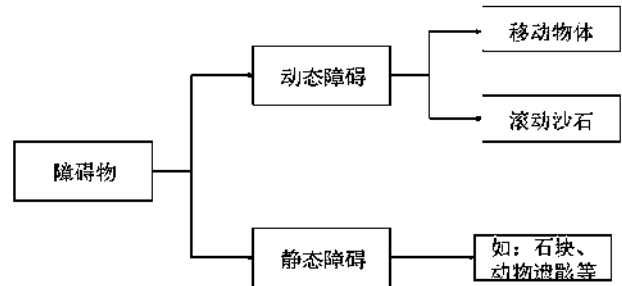


图5 障碍物分类框图

因此，由于路面的障碍物情况复杂，为保证采样、探测能够安全、平稳和有效的航行，需要对它遇到的各种障碍物进行分析和监控，并采取有效的避障方式。当障碍物的位置处于车身运行轨迹上时，车体会变更运行轨迹，从而躲避障碍物，而障碍物离车体的距离，决定机器人能否成功避障。因此，为保证机器人安全运行，需实时检测到障碍物的位置和机器人的距离，对于不同的障碍物能够进行判断并做出相应的处理措施也是控制系统的衡量要素之一。基于此，我们采取超声波测距技术来测量机器人与周边障碍物距离。

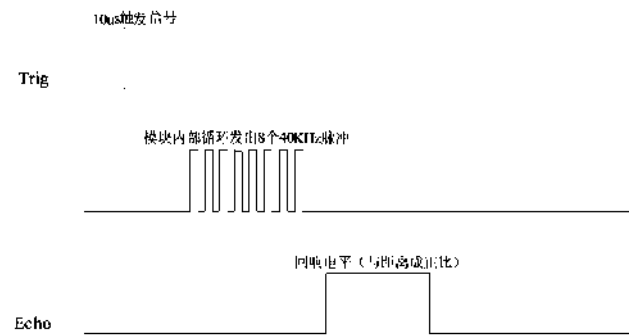


图6 超声波测距时序图

本产品采用stm32f103单片机控制US-100超声波测距模块实现超声波的发送和接收。初始化时将 trig（触发信号）和 echo（回响信号）端口都置低，首先向给 trig 发送至少 10us 的高电平脉冲，然后等待，捕捉 echo 端输出上升沿，捕捉到上升沿的同时，打开定时器开始计时，再次等待捕捉 echo 的下降沿，当捕捉到下降沿，读出计时器的时间，这就是超声波在空气中运行的时间（或采用输入捕获得出高电平时间）。从时序图中可以看出，测距任务开始后，需要为 Trig 提供一个 10us 以上的脉冲信

号，以触发模块内部发出8个40kHz的电平，然后检测是否有回波信号。当检测到有回波信号后，则由Echo输出回响信号，此回响信号高电平的时间可由计数器获得，并且此时间与所测距离成正比。因此，通过回响信号高电平的时间和超声波的传播速度可计算出距离。

2.1.6 太阳能供电板

沙漠中高强度的日照带来大量的太阳能资源，本项目采用太阳能供电板进行供电。将太阳能供电板与蓄电池组合，通过半导体光电效应将太阳辐射转化为电能，减少了使用其它能源带来的二次污染。

2.2 装置整体设计

2.2.1 针对履带行进机构的设计计算

本装置工作环境主要是沙漠地区及沙漠绿洲交界处，为适应沙漠的松软环境安全工作，采用履带行进机构。设定最大圆周速度为1.5m/s。则经过查询相关手册并计算履带所用的电机型号：

圆周速度 v ：

$$v = 1.5 \text{ m/s} \quad (1)$$

工作机的功率 P_w ：

$$P_w = \frac{F \times V}{1000} = \frac{2200 \times 1.5}{1000} = 3.3 \text{ Kw} \quad (2)$$

电动机所需工作功率为：

$$P_d = \frac{P_w}{\eta_a} = \frac{3.3}{0.792} = 4.17 \text{ Kw} \quad (3)$$

工作机的转速为：

$$n = \frac{60 \times 1000 V}{\pi \times D} = \frac{60 \times 1000 \times 1.5}{\pi \times 290} = 98.8 \text{ r/min} \quad (4)$$

经查表按推荐的传动比合理范围，综合考虑电动机和传动装置的尺寸、重量、价格和带传动、减速器的传动比选定型号为Y132S1-2的三相异步电动机，额定功率为5.5KW，满载转速 $n_m = 2900 \text{ r/min}$ ，同步转速 3000 r/min 。

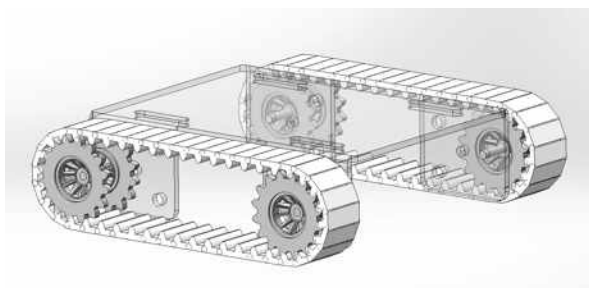


图7 履带行进机构三维模型图

2.2.2 针对植物补充机构的设计

补充植物所用的部分存在的问题是部件的体积和补充效率之间的矛盾。本装置基于带传动结构采用四条传送带同步供给植物，并且充分利用竖直方向的空间，设

计为三层抽屉式结构，每一条传送带上有40个储存罐，每一层可容纳160株绿化植物，整个装置在一次性补充完成后可携带480株绿化植物，极大减少了传统种植装置因携带植株数量较少而重新补充所浪费的时间。在每一层抽屉下方设置一个电机驱动的转轴，安装四个圆锥齿轮与每一层中的带传动主动轴上的圆锥齿轮相啮合，将水平方向的转矩转换为竖直方向，实现四条补充带同步补充。

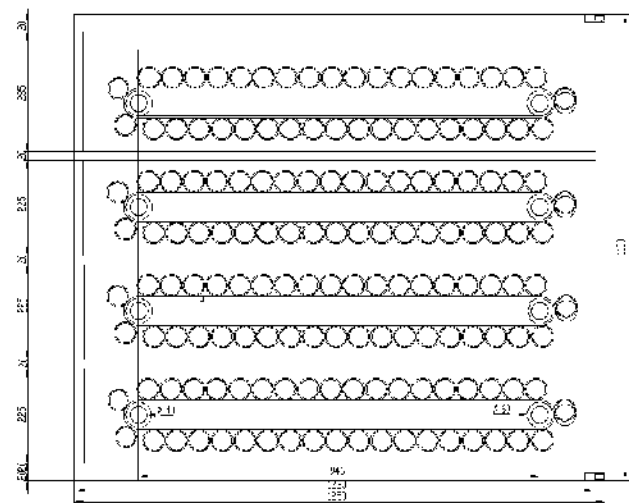


图8 植物补充机构相关尺寸

2.2.3 针对种植机构的设计

针对种植过程中提高效率缩短工作时间的需求，将种植过程中的“挖坑”和“种植”一体化。本装置采用四个完全一样的种植机构，通过齿轮齿条配合将种植机构安装在机器人车尾的导轨上，有效地提高种植效率。在种植装置上采用齿轮齿条配合，实现装置的上下移动，种植装置的开口处采用三瓣式开合机构的设计，通过连杆机构和电动推杆的配合实现三瓣式开口的开合。当绿化植物通过补充进入种植机构中后，种植机构通过齿轮齿条配合向下移动，鉴于沙漠地区松软的沙地，开口插入沙地后开合机构张开使绿化植物进入沙地中，再将种植机构升起，沙子埋没绿化植物的根部，实现绿化植物的种植过程。

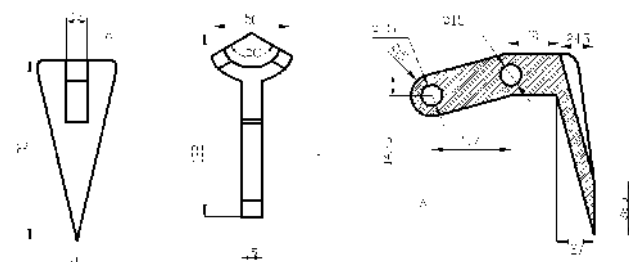


图9 种植机构开口工程图及尺寸

3 装置应用前景

环境污染治理与经济发展、居民生活息息相关。在内蒙古、西藏等地区每年因沙漠化而造成的农牧业经济损失还在增加。沙漠化的治理需要投入大量的资源与时间防止沙漠继续扩散和已经绿化的土地再度沙漠化，而当前用于沙漠化治理的机械大多都存在效率低下，体积庞大等缺陷。本项目提出的沙漠绿化机器人可以实现挖坑种植一体化、自动规划路径、绿化植物及时补充、定距与变距种植等多种功能，在沙漠化治理中有很广泛的应用前景。该沙漠绿化机器人针对沙漠地区的高强度日照，安装了太阳能供电板，充分利用太阳能资源，极大程度上提高了工作效率，降低人工工作的不确定性和成本。

参考文献：

- [1]崔昊明.带有自主避障功能无人车控制系统研究[J].沈阳工业大学.2020.
- [2]王晓晓.两栖船履带行驶系统设计与仿真研究[J].江苏大学, 2019.
- [3]杨鹏, 王志强, 王瑞强.一种智能化多功能播种机器人的设计[J].电子世界, 2018(24): 171-172.
- [4]雷凯龙, 杨兵, 任国涛, 付才, 严鹏鹏.一款机械化固沙设备固沙车结构设计[J].专用汽车, 2018(05): 80-83+87.
- [5]李卫卫, 张伟伟, 赵振智.一种多功能沙漠压沙种草机的设计[J].汽车实用技术, 2019(20): 137-138.
- [6]张汝航, 刘晓义, 韩腾飞, 黎明宇.一种新型小麦播种机器人的研制[J].林业机械与木工设备, 2021, 49(09): 25-30+33.
- [7]田维翼, 杨磊, 宋欣, 马遥, 倪妮, 强国.一种太阳能种植机器人的设计与实现[J].天津农学院学报, 2021, 28(02): 60-66.
- [8]肖生春, 颜长珍, 田永祯, 司建华, 丁爱军, 陈小红, 韩超, 滕泽宇.阿拉善高原沙漠化土地防治区划与治理对策[J].中国沙漠, 2019, 39(05): 182-192.