

Design of a New Type of Kelp Clip Seedling Machine

Yugang Geng Guozheng Zhang Yuwei Ding Zhujin Li

Harbin University of Science and Technology, Rongcheng Campus, Weihai, Shandong, 264300, China

Abstract

Seaweed has a high nutritional value. Artificial breeding has always been a hot spot. In the process of kelp culture, kelp seedlings work is extremely important. At present, kelp seedlings still rely mainly on artificial seedlings, low efficiency and high labor costs. At present, there are various drawbacks in the work of kelp clip seedlings. A new type of kelp clip seedling machine is designed, which is designed and analyzed from the mechanical structure, power system and control system of the seedling machine. The mechanical structure includes the rope clamping mechanism, the broken rope mechanism and Drawstring mechanism, the power system adopts pneumatic transmission, the cylinder is the actuator, and the control system takes 51 single-chip microcomputer as the control core. The design and analysis of the new type of seedling machine are mechatronics.

Keywords

kelp clip seedling machine; mechanical structure; power system; control system

新型海带夹苗机的设计

耿玉刚 张国政 丁宇威 李注锦

哈尔滨理工大学荣成校区, 中国·山东 威海 264300

摘要

海带拥有较高的营养价值, 人工养殖一直是一大热点。在海带养殖过程中, 海带夹苗工作极为重要。目前海带夹苗依旧主要靠人工夹苗, 效率低并且人工成本高。针对目前海带夹苗工作中存在的各种弊端, 设计一种新型海带夹苗机, 从夹苗机的机械结构、动力系统和控制系统进行设计与分析。机械结构包含夹绳机构、破绳机构和抽绳机构, 动力系统采用气压传动, 气缸为执行件, 控制系统以 51 单片机为控制核心, 对新型夹苗机进行了机电一体化的设计与分析。

关键词

海带夹苗机; 机械结构; 动力系统; 控制系统

1 引言

海带, 自古以来就有“长寿菜”、“海上之蔬”、“含碘冠军”、“长生不老药”的美誉, 每 100g 干海带含粗蛋白 8.2g, 脂肪 0.1g, 粗纤维 9.8g, 无机盐 12.9g, 钙 2.25g, 铁 0.15g, 胡萝卜素 0.57mg, 维生素 B1 0.69mg, 维生素 B2 0.36mg, 尼克酸 16mg 其粗蛋白、糖、钙、铁的含量均高出菠菜及油菜几倍, 甚至几十倍。具有防治甲状腺肿、降压、降脂、抑制肿瘤、减肥、延缓衰老等功效^[1]。海带营养价值含量之高, 使得海带现在不仅仅出现在沿海地区的餐桌上, 而且也频繁地出现在内陆地区的餐桌上, 逐渐成为了人们餐桌上不可缺少的一道美食。

海带在正式投入海中养殖之前, 都必须经过夹苗这一步, 而且这一步是必不可少的一步。海带夹苗主要分四步, 即破绳—放苗—复绳—抽绳。传统的海带夹苗都是由人工完

成, 由于最佳海带夹苗周期时间短, 造成了人工的工作量增大, 并且不停的人工用手夹苗对人的身体伤害也大, 最终造成了人工成本高且效率低的结果。

为了减轻人的工作量并且提高海带夹苗的效率, 本文针对海带夹苗这一过程设计了一款新型的海带夹苗设备, 对机械结构和控制系统进行了系统的设计。

2 海带夹苗工作的整体分析与苗绳分析

海带夹苗工作有严格的顺序要求。

2.1 海带夹苗工作的步骤分析

海带夹苗机的整体工作顺序如图 1 所示。开启海带夹苗机后, 夹苗机在没有外界指令时保持准备状态, 然后将苗绳放入夹苗机的夹具上。在外界给予一个指令后, 夹苗机的夹

具迅速夹紧苗绳，紧接着绕着苗绳的轴线按着苗绳拧成的反方向旋转，将苗绳破开，然后人工将海带苗放入绳中。外界给予指令，紧接着将苗绳恢复原状态，此时海带苗已经夹入了苗绳。之后夹具 1 松开苗绳，夹具 2 夹住苗绳顺着苗绳的轴线方向抽动苗绳，达到预定位置后夹具 1 夹紧苗绳，夹具 2 松开苗绳回到原状态夹住苗绳。按照如上顺序，就可以实现不停的夹苗工作，人只需放苗和给与指令即可。

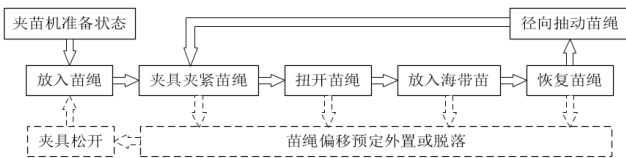


图 1 海带夹苗机工作过程流程图

2. 海带苗绳分析

选用的苗绳如图 2 所示，绳的直径为 20mm，螺距为 20mm。

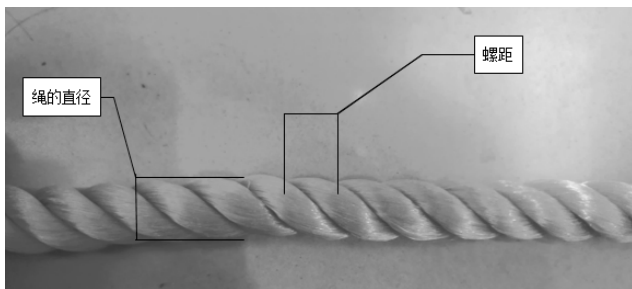
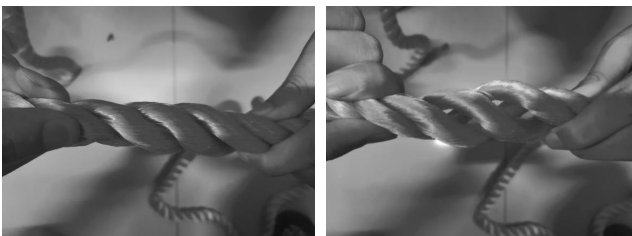


图 2 绳的基本参数

1 根苗绳由 3 股细尼龙绳束旋拧成^[2]。在夹持苗绳的两夹具机构距离为 40mm 时，逆 3 股细尼龙绳束旋拧成方向扭转苗绳，如图 3，分别为旋转 90° 和 180° 时苗绳破开情况，经过多次破绳实验发现当旋转 180° 时苗绳破开情况最佳，并且机械结构设计简单。



(a) 扭转 90°

(b) 扭转 180°

图 3 绳破开情况

3 新型海带夹苗机的结构分析与设计

新型夹苗机主要包括夹绳机构、破绳机构和抽绳机构三

大部分。

3. 夹绳机构的分析与设计

夹绳机构主要由夹具和气缸组成，气缸用于推动夹具，完成夹持和松开的连续动作。

为了保证夹具在夹持苗绳和破绳机构破绳时苗绳在夹具中不会打滑，夹具采用了阶梯式设计，如图 4，为了防止苗绳在被抽送过程中被“阶梯”持续“划伤”，在对夹具进行加工时，对“阶梯”进行倒角处理。

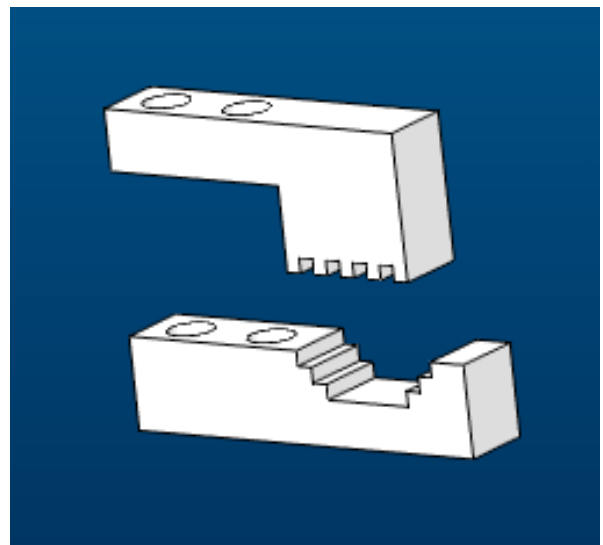


图 4 夹具三维图

夹具一端固定，另一端通过支架与气缸连接，气缸推动支架，间接推动夹具另一端，实现夹持与松开苗绳。如图 5，为夹绳机构的示意图。

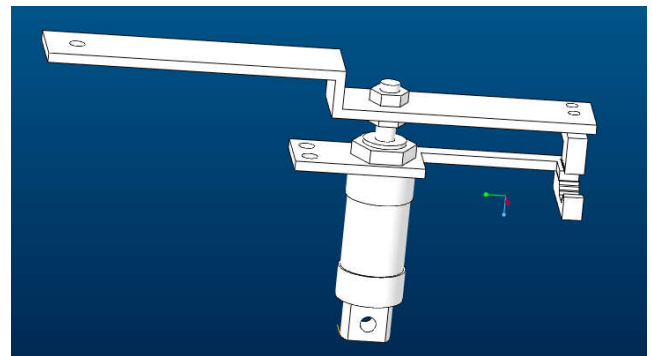


图 5 夹具机构三维图

3. 破绳机构的分析与设计

破绳主要靠两组夹具夹持住苗绳之后绕苗绳轴线方向并顺着苗绳拧成的方向反向旋转，两组夹具各旋转 90°，两组夹具一共旋转 180°。

破绳机构主要采用偏心轮机构的思想,如图6,气缸一端固定,另一端与夹绳机构连接。采用偏心轮机构的思想,使气缸的直线往复运动转化成定轴旋转运动,带动夹绳机构一同旋转,实现破绳功能。

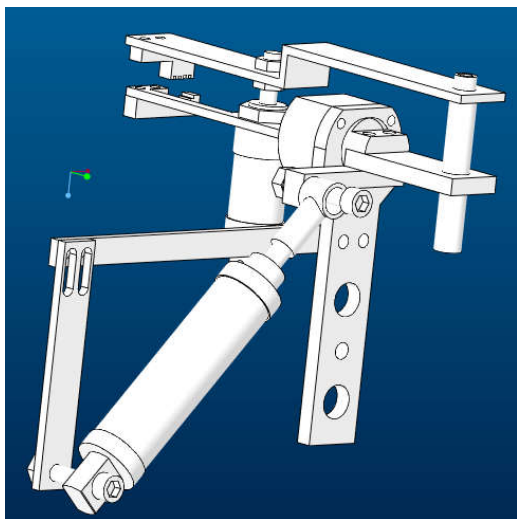


图6 破绳机构三维图

3. 抽绳机构的分析与设计

抽绳主要靠气缸的直线往复运动带动夹绳机构实现苗绳的定向移动。

因为夹绳机构与破绳机构连接在一起,所以抽绳机构需要拖动夹绳机构与破绳机构一起运动,如图7。

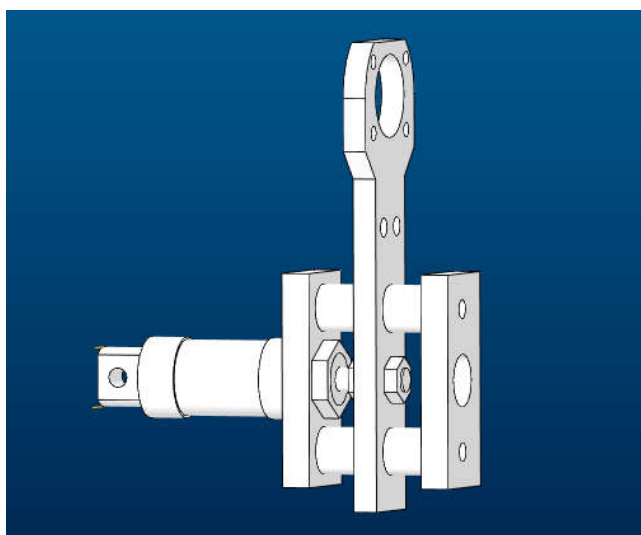


图7 抽绳机构三维图

4 动力系统的分析与设计

4. 动力系统的选择

动力驱动主要有电机驱动和气缸驱动。潮湿环境较正常

环境来说,水分更容易进入电机内部,在绕组定子中无论是槽绝缘、层间绝缘、相间绝缘还是绑扎带以及电源引出线的外层,都有大量的毛细孔,很容易吸收空气中的潮气,降低自身的绝缘性能并使绝缘导热性变差,引起绝缘击穿进而损坏电机,造成人身、设备安全事故^[1]。因为海带夹苗机用于沿海地区,环境潮湿。所以采用气缸驱动。

4. 气动系统的设计

气缸运动的动力来自空气,首先通过空气压缩机将空气压缩,将压缩后的空气储存在气罐中,然后通过一个压力表检测气罐中空气的压力。

储存的空气在达到所需的工作压力时,打开气罐的出气口,给系统提供压力,经由电磁换向阀到达气缸的有杆腔和无杆腔,实现气缸活塞杆的收缩与推出。

由孔口流量公式

$$q = KA\Delta p^m$$

q : 通过气动元件的流量

k : 节流系数

A : 气动元件中允许流量通过的面积

Δp : 被测气动元件前后两端压降

m : 孔口形状指数

可知,调节流量通过面积 A 就可以轻松调节流量 q 的大小。

由速度流量公式

$$v = \frac{q}{A}$$

v : 气缸杆的运动速度

q : 进入缸体的流量

A : 气缸中充入流量一端的活塞面积

可知,速度大小取决于流量大小,在气缸接口处串接节流阀,可以调节气体进入气缸的流量大小,进而调节气缸活塞杆的运动速度。

整个回路示意图如图8。

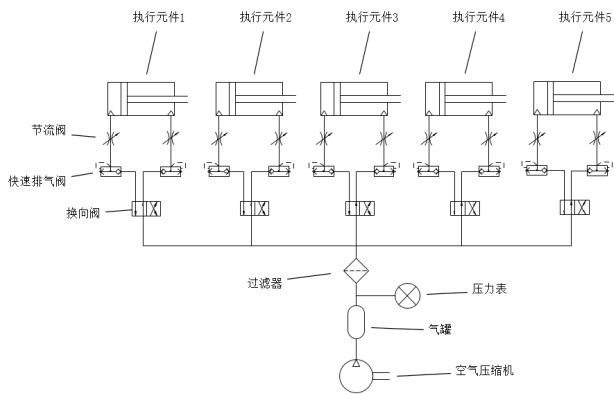


图 8 气动回路图

5 控制系统的分析与设计

5.1 控制系统的参数计算与设计

气缸的运动形式与哪个腔室进入气体有关，可通过二位四通电磁阀控制气体在某特定时刻进入某特定的腔室。电磁阀在左位或右位与电磁阀得失电有关，所以通过一个继电器控制一个气缸的得失电就可以实现电磁阀的左右位互换。

通过 51 单片机控制继电器的常开与常闭的导通，实现继电器的得失电。因为 51 单片机的驱动能力太弱，不能直接驱动继电器工作，所以在单片机的 I/O 口与继电器间串联一个三极管，进而驱动继电器。

采用 HFD23 5V 继电器，其线圈的电阻 R_n 为 125Ω，线圈的功率 P_n 为 200mW，继电器的额定电压 U_n 为 5V，计算继电器的吸合电流 I ，两种计算方式：

$$I_1 = \frac{P_n}{U_n} = \frac{200mW}{5V} = 40mA$$

$$I_2 = \frac{U_n}{R_n} = \frac{5V}{125\Omega} = 40mA$$

常见的三极管参数如表 1；

表 1 常见三极管的参数

型号	极性	PCM(W)	ICM(mA)	BV(CEO)V	fT(MHZ)	hFE
9012	PNP	0.625	500	40	-	60-202
9014	NPN	0.625	100	50	-	60-1000
8050	NPN	1	1500	25	190	85-300
8550	NPN	1	1500	25	200	60-300

PCM ：集极最大允许耗散功率；

ICM ：集电极最大允许电流；

$BV(CEO)$ ：三极管基极开路时，集电极 - 发射极反

向击穿电压；

fT ：特征频率；

hFE ：放大倍数；

为了保证电路的稳定性，要求：

三极管的 PCM 功率至少是继电器额定功率的两倍， $PCM \geq 0.4W$ ；

三极管的 ICM 电流至少是继电器吸合电流的两倍， $ICM \geq 80mA$ ；

三极管的 BV 耐压至少是继电器额定电压的两倍， $BV \geq 10V$ ；

表 1 中的四种常见的三极管均符合要求，为了稳定性考虑，选用 NPN 型的 S8050 三极管，控制电路如图 9。

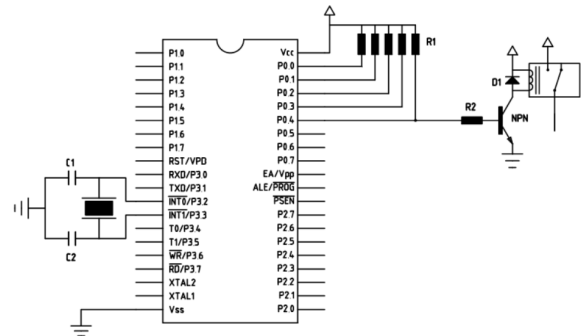


图 9 控制系统示意图

由于继电器的线圈是感性器件，由法拉第电磁感应定律

$$e(t) = -n \frac{d\Phi}{dt}$$

$e(t)$ ：感应电动势

n ：线圈匝数

$d\Phi$ ：磁通量变化量

dt ：发生变化所用时间

可知，当断开电源的瞬间，电流变化率很大，线圈将产生高于电源电压数倍的自感电动势，并与电源叠加，击穿三极管，造成电路崩溃导致控制系统毁坏。为了消除断电瞬间感生电动势的不利影响，在继电器线圈两端反向并联一个抑制二极管，用来吸收断电瞬间的感生电动势造成的不利影响。

控制系统的信号输入由外界给与激励，可通过 I/O 口接脚踏开关和按键开关实现。

5.2 控制系统的程序设计

动力系统空气压缩机排量 $q = 90L / \min$ ，气缸

无杆腔受力面积 $A_1 = 803.8\text{mm}^2$ ，气缸有杆腔受力面积 $A_2 = 690.8\text{mm}^2$ 。由速度流量公式计算出气缸杆伸出的速度 v_1 和气缸杆收缩的速度 v_2 。

$$v_1 = \frac{q}{A_1} = \frac{90\text{L}/\text{min}}{803.8\text{mm}^2} = 1.866\text{m}/\text{s}$$

$$v_2 = \frac{q}{A_2} = \frac{90\text{L}/\text{min}}{690.8\text{mm}^2} = 2.171\text{m}/\text{s}$$

选用的气缸有行程为 75mm 和 50mm 两种，以 75mm 为例，由速度公式可计算出气缸伸出所需要的时间 t_1 和收缩所需要的时间 t_2 。

$$t_1 = \frac{s}{v_1} = \frac{75\text{mm}}{1.866\text{m}/\text{s}} \approx 0.040\text{s}$$

$$t_2 = \frac{s}{v_2} = \frac{75\text{mm}}{2.171\text{m}/\text{s}} \approx 0.036\text{s}$$

选用 51 单片机作为控制核心，选用 11.0592Mhz 晶振，为了系统的稳定性与程序的简化，设定气缸伸出和收缩的时间为 0.08s，0.08s 的延时程序为：

```
void delay80ms(void) // 误差 -0.000000000018us
{
    unsigned char a,b,c;
    for(c=75;c>0;c--)
    for(b=196;b>0;b--)
    for(a=1;a>0;a--)
}
```

整个控制系统的部分程序如下：

```
#include "reg52.h" // 此文件中定义了单片机的一些特殊功能寄存器

typedef unsigned int u16; // 对数据类型进行声明定义
```

```
typedef unsigned char u8;

sbit k1=P1^0; // 定义 P10 口是 k1

sbit k2=P1^1;

sbit relay1=P0^0; // 定义 P00 口是 relay1

sbit relay2=P0^1;

sbit relay3=P0^2;

.....

void main()
{
    P0=0x05;

    while(1)
    {
        keypros1(); // 按键处理函数
        keypros2();
    }
}
```

6 结语

此新型海带夹苗机从机械结构中的夹绳机构、破绳机构和抽绳机构三方面进行设计，动力方面采用气动系统，控制系统核心采用 51 单片机。此新型海带夹苗机的机电一体化设计可为同类型产品的设计提供参考。

参考文献

- [1] 郝一生. 再说海带的营养价值与药用功效 [J]. 湖南农机, 2014, 41(12): 97.
- [2] 张庆力, 侯贺启, 史强, 刘辉. 新型海带夹苗机械系统的设计及仿真分析 [J]. 渔业现代化, 2017, 44(02): 14-19.
- [3] 郭力, 臧振鹏, 曾得恩. 潮湿环境中低压防爆电机的防水防潮及干燥工艺性分析 [J]. 电气防爆, 2011(03): 14-16.