

# 双体船型除草船的设计

**摘要：**近年来，由于水体污染的加剧、生物入侵等原因，水植物过度繁殖现象越来越频繁，引起了社会的广泛关注。特别是水葫芦等无性繁殖浮水植物传播较快，在亚、非、欧、北美洲等数十个国家造成危害，在我国，已有 19 个省市受危害。水生植物过度繁殖，会导致其他水生生物缺光却氧而死亡，破坏食物链，影响船只航行。因而，解决水植物污染问题越来越重要。本文作为一种新型除草船的设计，提供一种高效、环保、无次生危害的机械除草思路。

**关键词：**双体船，除草，传送带，船舶推进器

## 引言

由于水体污染越来越严重，导致近海、内陆湖、河口、海湾水体富营养化，水体出现富营养化现象时，浮游藻类大量繁殖，形成水华。因占优势的浮游藻类的颜色不同，水面往往呈现蓝色、红色、棕色、乳白色等。这种现象在海洋中则叫做赤潮或红潮。又由于生物入侵（引种）等原因，一些浮水植物在过度繁殖，而且繁殖迅速，又几乎没有竞争对手和天敌，在江河湖泊发展迅速。在我国，滇池、太湖流域、闽江流域为浮水植物过度繁殖最严峻的地区。

对于浮游藻类大量繁殖形成的水华，应从污染源解决问题，并采用生物化学仿制方法，在此我们不加以讨论。

而浮水植物为大型水生植物，适度繁殖是具有净水功能、观赏价值，而且一般的浮水植物的茎叶可用于生产饲料、沼气等。如果采用生物防治方法，引入新物种难度大，而且可能会导致新物种成为新的污染植物或是导致原本的浮水植物灭绝；如果采用化学防治方法，会危害渔业，最终影响人类健康，而且在淡水湖里使用化学药剂，药效持久性差，药剂中的重金属也会导致二次污染，破坏宝贵的淡水资源；而机械除草方法是一种经济、环保、安全的方法，而且打捞的水生植物能用于生产饲料、有机肥料和沼气，变废为宝，有利于发展农牧业。但机械除草方法人工工作量大，而且打捞出去的浮水植物较为困难。因而，我设计了一种新型的除草船，能够高效地在水面上除草。

在此，我们先看一下各种水面除草方式。

### 1.1 机械除草

目前，在江河湖泊进行机械除草的方式有人工除草和利用除草船除草。

## 1.2 人工除草

实例：目前，我国为防治水葫芦的危害加强，各地政府已投资数亿元捕捉水葫芦，捕捉出了 60 多万吨。

09 年福建闽江流域两个水电站水库内形成数万亩的水浮莲，犹如茫茫草原，人工打捞需要二个月以上，对水电航运和生态环保构成极大压力。

## 1.3 利用除草船

目前，除草船一般是由小型船只改造而成的，即在船体上加装除草滚刀，有的还有传动轮。

## 核心创意

## 2.1 双体船简介

顾名思义，我们一般把由两个单船体横向固联在一起而构成的船称为双体船。

如图 1、2，典型的高速双体船由两个瘦长的单体船（称为片体）组成，上部用甲板桥连接，体内设置动力装置、电站等设备，甲板桥上部安置上层建筑，内设客舱、生活设施等。高速双体船由于把单一船体分成两个片体，使每个片体更瘦长，从而减小了兴波阻力，使其具有较高的航速，目前其航速已普遍达到 35-40 节；由于双体船的宽度比单体船大得多，其稳定性明显优于单体船，且具有承受较大风浪的能力；双体船不仅具有良好的操纵性，而且还具有阻力峰不明显、装载量大等特点，因而被世界各国广泛应用于军用和民用船舶。



图 1

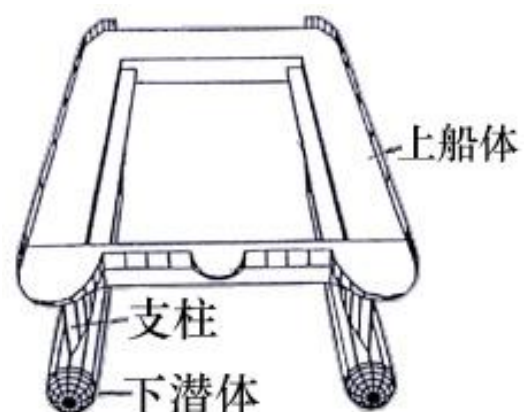


图 2

2.2 除草船总体结构

鉴于目前的除草船多为一般船体结构，航行阻力大，船体小，不稳定。因而，我设计双体船型除草船，具有兴波阻力，航行快，船体大，稳定性高等优点。设计以穿浪双体船结构为依托，具体由船体、动力装置、推进装置、切割装置、传送装置等几部分组成。下面是对个部分的设计方案。

2.2.1 船体外形设计

如图 3，利用双体船的优点，我设计的除草船外形和穿浪双体船相似。即由两个瘦长的单体船（片体）组成，上部用甲板桥⑦连接，船尾分别有两组动力装置①和推进装置②（螺旋桨），船体前段两片体之间安装切割装置③，在切割装置之后有传送装置④。甲板桥之上为上船体⑧，包括驾驶舱和储物仓（如图 4-⑨）。



图 3

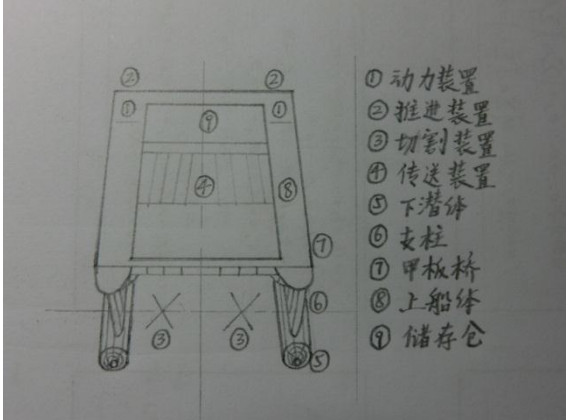


图 4

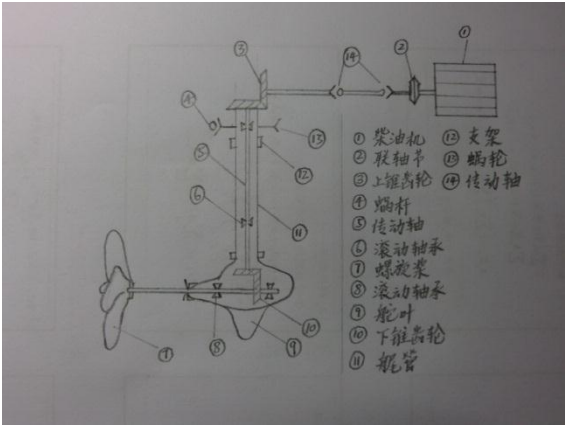


图 5

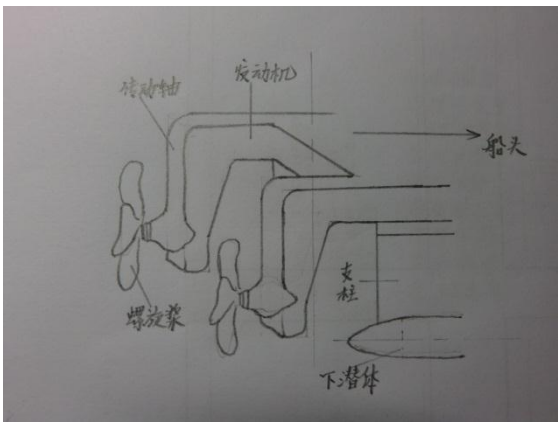


图 6

双体船排水量为  
$$\text{排水量 (公吨)} = \text{长} \times \text{宽} \times \text{吃水} \times \text{方模系数 (立方米)} / 0.9756 \text{ (海水)}$$
  
或 1 (淡水) (立方米)

## 2.2.2 动力装置与推进装置

通过对比各种类型的发动机和船舶推进器，我决定设计的双体船型除草船的发动机采用柴油发动机，推进器采用螺旋桨，相比其他方案，这样设计使系统效率高、耗能小、易操纵、构造简单、价格低、重量轻，而且螺旋桨在水线以下而受到保护。如图 5，动力系统工作原理为：主机（柴油机①）经减速装置减速，锥形齿轮③、⑩相交轴间传动，传动轴系⑤、⑭传动，以驱动螺旋桨⑦（推进器），螺旋桨旋转时，桨叶不断把大量水向后推去，在桨叶上产生一向前的力，即推进力。螺旋桨桨叶像一小段机翼，桨叶上的水动力在前进方向的分力构成拉力，即船舶推进力。

由于除草船机动性要求不高，也不需太大的推进力，因而主机我们采用一般的柴油发电机，螺旋桨采用普通 3 叶螺旋桨（如图 5-⑦），比起其他类型的螺旋桨，具有结构简单、易于布置、安装以及维修等优点。此外，在船尾设计两组柴油机和推进器（如图 6），这样，既可以用两台小型发动机代替大功率发动机，又可以通过操纵两个独立的动力系统来改变船的航向（坦克变向原理），从而可以简化系统结构，如减少“舵”，避免特种螺旋桨的使用。

计算推进器功率

（1）.先计算柴油发动机的输出功率：

$$P = W/t = F_s/t = Fv ;$$

这里  $v$  是线速度，而在引擎里，曲轴的线速度  $v = \text{曲轴的角速度 } \omega \times \text{曲轴半径 } r$ ，代入上式得：

$$\text{功率 } P = \text{力 } F \times \text{半径 } r \times \text{角速度 } \omega ;$$

而 力  $F \times \text{半径 } r = \text{扭矩 } T$

得出：功率  $P = \text{扭矩 } T \times \text{角速度 } \omega$

又 因为  $1\text{Kw} = 1000\text{N}\cdot\text{m/s}$ ，所以在每秒钟内输入  $P$ （单位 Kw） $\times 1000$  的功，而角速度的单位是弧度/秒，在弧度制中一个  $\pi$  代表 180 度

所以

$$\text{功率 } P(\text{kW}) \times 1000 = 2\pi \times \text{扭矩}(\text{N}\cdot\text{m}) \times \text{转速}(\text{rpm})/60$$

即

$$P = Tn \times (360/60 \times 1000) = Tn/9550$$

而 设计为使用两个柴油发动机组，

因而 发动机总输出功率为：

$$P_{\text{总}} = 2P$$

（2）.计算螺旋桨功率

$$P_{\text{桨}} = P \times \eta$$

$P$  为发动机输出功率， $\eta$  为联轴节和传动轴的效率。

螺旋桨的静止推力为：

$$Th = (D/10)^3 \times (P/10) \times (N/1000)^2 \times 22$$

除草船变向原理

通过改变两组推进器的输出功率，即改变螺旋桨转速，使船的航向改变，增大左边螺旋桨转速或减小右边螺旋桨转速，船向右偏航；增大右边螺旋桨转速或减小边左螺旋桨转速，船向左偏航。两边的螺旋桨等速率转

动时，船直线航向。

2.2.3 切割装置

切割装置为除草船的重要部件，是决定能否有效除草和除草效率的关键部件。而切割装置的选材和安装方式应当取决于针对的水生植物类型。

下面，研究一下常见水生植物类型和特征。

根据水生植物的生活方式，一般将其分为以下几大类：挺水植物、浮叶植物，沉水植物和漂浮植物。

挺水型水生植物植株高大，花色艳丽，绝大多数有茎、叶之分；直立挺拔，下部或基

部沉于水中，根或地茎扎入泥中生长，上部植株挺出水面。挺水型植物种类繁多，常见的有荷花、菖蒲、黄菖蒲、水葱、梭鱼草、花叶芦竹、香蒲、旱伞草、芦苇等。

浮叶型水生植物的根状茎发达，浮叶植物花大，色艳，无明显的地上茎或茎细弱不能直立，叶片漂浮于水面上。常见种类有王莲、睡莲、萍蓬草、芡实、荇菜等。浮叶植物有：睡莲、荇菜、水鳖、芡实等。

漂浮型水生植物种类较少，这类植株的根不生于泥中，株体漂浮于水面之上，随水流、风浪四处漂泊，多数以观叶为主，如水葫芦。

沉水型水生植物根茎生于泥中，整个植株沉入水中，具发达的通气组织。叶多为狭长或丝状，能吸收水中部分养分，在水下弱光的条件下也能正常生长发育。花小，花期短，以观叶为主。

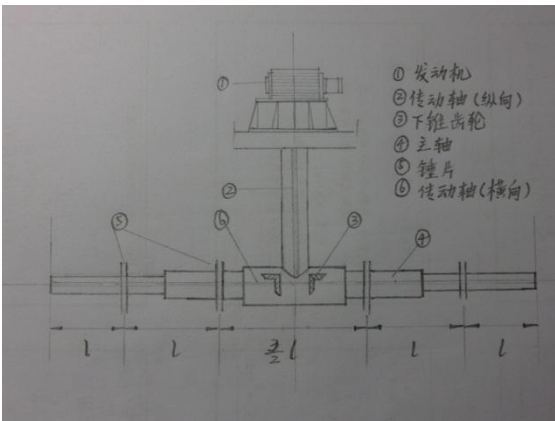


图 7

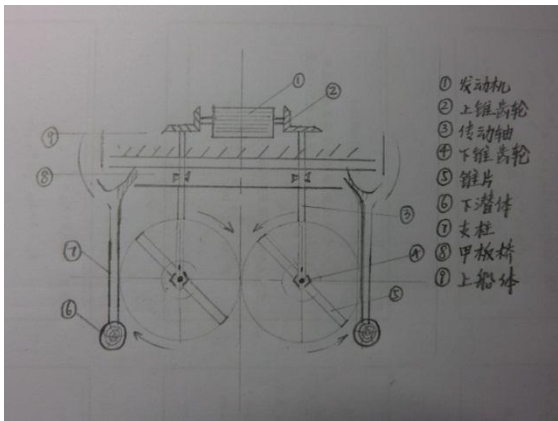


图 8

针对以上 4 种水生植物，我设计了 3 种切割装置及其安装方式。

(1) .串列锤片式

如图 7，上端水平放置的发动机①位于上船体内，通过传动轴②、⑥和锥形齿轮③等部件，驱动下方串联式装于同一主轴④的 4 把锤片⑤，使 4 把锤片同速度同方向转动。锤片转动平面与船体纵向轴线平行。位于主轴外侧的两把锤片对应双体船片体内壁的距离为一个单位长度 L，与相邻锤片的距离为一个单位长度 L，位于主轴内侧的两锤片间距为 1.5 个单位长度 L。而 L 对应的实际长度取决于船身前部的宽度，根据需求，L 的对应长度为 1m 左右合适，即船身前端宽度约 6m。

(2) .竖直面锤片并排式

如图 8，上端放置的发动机位于上船体内部，通过传动轴和锥形齿轮等部件，驱动下方连接在两根传动轴上的锤片，使两把锤片同速度相向转动。锤片转动平面与船体纵向轴线垂直。两锤片转动时最外端质点轨迹最近距离小于 2cm，与双体船单片内壁距离为 2cm 左右。而根据需求，锤片长度为 3m（直径）左右较为合适，即船身前端宽度约 6m。

(3) .水平面锤片并排式

此种设计方案与竖直锤片并排式相似，不同的是锤片转动平面为与水面平行，且转动平面接近水面或在水面以下。

切割装置的以上 3 种布置方式各有各的优点。串联锤片式效率较高，对各种类型的水生植物都适合，但锤片数目较多，消耗的功率较大，由于下部主轴和锤片重量较大，因而传动轴体积应设计得较大，以承受这些重量；竖直面锤片并排式锤片较串联锤片式少了一半，消耗的功率小，两把锤片相向转动，切割会更加充分，有效的减小了水生植物茎叶缠绕锤片和传送装置的概率；而水平面锤片并排式锤片数目少，且能从垂直于水生植物茎杆的方向切割它们，切割更加有效，但锤片转动平面接近于水面或在水面以下，使锤片受到水的阻力较大。

2. 2. 4 传送装置

通过切割装置切割的水生植物，如果不回收，将会漂浮在水面，影响水体透光，或是这些水生植物腐烂或沉入水底，将会污染水体。而且，这些水生植物有宝贵的农业价值，打捞后用于生活生产时很好的措施。因而，应在除草船上设计一个回收装置，将切割了的水生植物回收。我在除草船上设计一个传送装置，能将切割后的水生植物及时收起，具体原理如下。

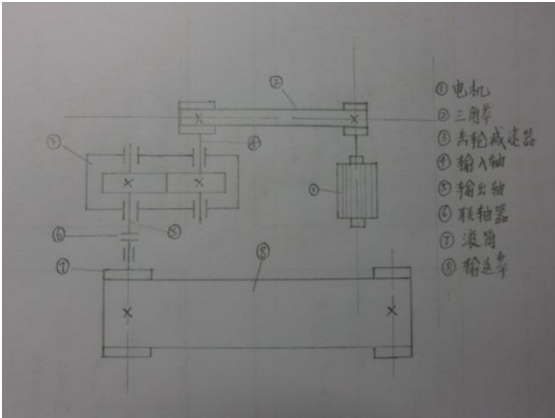


图 9

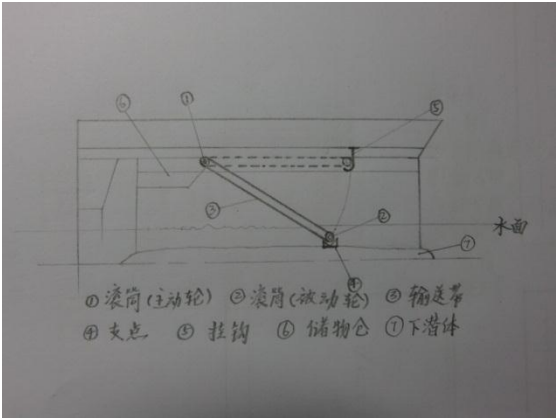


图 10

如图 9，为传送装置的结构图，其中，作业时，传送带与船体外，与水面相接触，其它部件安装于船体内。工作原理：电机①启动后，通过传动轴驱动三角带②，三角带再驱动齿轮减速器③的输入轴④，然后经齿轮减速器减速后，由输出轴⑤驱动滚筒⑦，从而使传送带⑧转动。

传送带以上下两个滚筒为支点，并由上滚筒带动，在作业时，下滚筒降至水面以下，如图 10，滚筒由安装在船体上的支点④支撑，从而能最大限度地收起水生植物。而且传送带两侧与双体船单片内壁之间的缝隙应足够小，以避免水生植物从该缝隙漏出，或是影响船尾推进器的正常工作。



作业结束后，传送带和被收起，至最上端时，被安装在船体上的挂钩⑤固定。在船身的后端，有一个储存仓⑥，能储存由传送带运上来的植物茎叶。

为避免水植物茎叶在传送带前堆积，应使传送带转动速率和船行驶速度满足：

$$V_{\text{传送带}} > V_{\text{船}}$$

## 对双体船型除草船效率的初步计算

结合以上设计内容，我对所设计的双体船型除草船进行了作业效率的初步计算。

双体船型除草船在非作业时航行速度为 35 节左右（相当于 37 千米每小时），在作业时前进速度约为 2m/s，而船体宽大约为 6m，因而，除草船每秒能清理 12 平方米的水域，每小时能清理 43200 平方米（即 4.32 公顷）。

## 后期设计优化

### 3.1 对推进器的优化

由于推进器选用螺旋桨，所以可能被植物茎叶缠绕，从而影响正常工作。可以通过这样的设计改进，减小螺旋桨被缠绕的机率，即在船尾水位线部位加装引流片，使通过船两侧的水植物茎叶朝远离船尾方向飘去，也就远离了推进器。

另外，可在动力装置的联轴节处加装一个转动轴，使传动轴和螺旋桨能整体旋转，再在船尾增加一个工作平台，这样，当螺旋桨被缠绕时，能将其转动后移动至船尾工作平台，人工解除缠绕。

### 3.2 对切割装置的优化

由于 3 种切割装置的安装方式都使较大体积的部件暴露在船体之外，这样在船不进行除草作业时增加了船的兴波阻力，所以，应优化设计，使切割装置能够收放，同样可通过在联轴节处加装一个转动轴，再在船体相应部位安装固定点，用于切割装置收起后支持主轴。

### 3.3 对传送装置的优化

由于双体船两单片之间是有空间的，而且进行除草作业时，传送带被放下来，因而在船边前进边作业时，会有大量的水积在传送带前方，增加了船所受的阻力，也影响了传送带的作业。可通过以下方式优化设计，即传送带采用不锈钢网带，如图 11，这样水就能漏过，而植物茎叶被挡住。

此外，也可在单片上开一些小孔，使水从这些小孔中流出。



图 11

### 3.4 增加电驱鱼装置

因船进行快速除草作业时，可能会影响作业水域水生动物，危及它们的生命，因此，可在船首安装电驱鱼装置，使船将要作业的一定范围内的水生动物及时离开。

### 增加双体船型除草船新功能的又一设想

利用双体船独特的结构特点，我设想将双体船设计为“除藻船”、“除油污船”。

目前，世界上已有 30 多个国家和地区不同程度地受到过赤潮（260 多种浮游藻能形成赤潮）的危害，日本是受害最严重的国家之一。近十几年来，由于海洋污染日益加剧，我国赤潮灾害也有加重的趋势，由分散的少数海域，发展到成片海域，一些重要的养殖基地受害尤重。

为此，可设计“除藻船”，在船体前部两单体间安装吸藻装置（因为海藻是一个庞大的家族，除了一些大型海藻外，很多都是非常微小的植物，有的是单细胞植物，所以用吸收的方式较为合适）。而赤潮发生时，一般是大面积海域地发生，因而，可设计三体船或多体船，使船体结构较大，从而提高吸收浮藻的效率。

随着海上油井的增多，海上运油的频繁，近年来，漏油事件不时发生，最近我国渤海漏油事件就引起了全国的热切关注。面对除油污困难，普通除油污手段效率低，见效不大等现状，我设想设计“多体船型除油污船”，即在船体前部安装出油污装置。而且，设计的大型、高速的“多体船型除油污船”，将能够高效除污。

### 应用前景分析

面对水生植物过度繁殖而污染水域，影响渔业的发展，影响船只通行，破坏生态平衡。政府需投资巨额资金来清理，而且传统的除草方法效率低。通过推广双体船型除草船，能在水生植物过度繁殖水域高效清除和回收水植物。设计的双体船型除草船结构较为简单，易于操纵，无化学污染。故



能广泛推广应用。

而且回收的水植物茎叶可用于生产饲料、有机化肥和沼气等。变废为宝，有益于农牧业的发展。

## 参考文献

- [1]史一鸣. 小水线面船姿态控制鳍面积分析研究[J]. 船舶工程, 2004. 05.
- [2] 黄鼎良. 小水线面双体船性能原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1993.
- [3]王焕文主编. 舰船电力系统及自动装置. 第1版. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [4]郑华耀主编. 船舶电气设备及系统. 大连: 大连海事出版社, 2005.
- [5]刘宗德, 史际昌. 船舶轮机问答. 第二版. 北京: 人民交通出版社, 1985.
- [6]国家标准局编. 电气制图及图形符号国家标准汇编. 北京: 中国标准出版社, 1989.
- [7]朱新华, 郭文川, 阎晓利, 田沛玉; 锤片式粉碎机的理论分析和结构改进措施探讨[J]: 西北农业大学学报; 1999年01期
- [8]宗力, 徐红梅, 彭小飞; 锤片式粉碎机锤片磨损机理初探[J]: 料工业; 2004年09期
- [9]穆晓路, 王晓冬; 小型秸秆揉搓粉碎机的设计[J]: 疆农机化, 2004. 3