

# 一种新型海洋垃圾收集装置的设计

魏寿俊 陈彪 吴先焕<sup>通讯作者</sup>  
(武汉商学院 湖北 武汉 430000)

**摘要:**大量的漂浮垃圾,特别是白色垃圾漂浮在水面上,很大程度上影响了水面景观。更为严重的是,海洋污染还影响人类生命健康。海洋垃圾中的污染毒素通过食物链积累会严重威胁消费者的健康和生命安全。为此设计了一款海洋垃圾收集装置来缓解这些问题。装置由平衡臂、浮子、传动杆、外壳体、内箱体、电源、水泵、水位传感器和电路控制系统组成,能够实现对海面漂浮垃圾的自动收集。

**关键词:**海洋垃圾收集装置;水位传感器;平衡臂

## 1 研究背景

海洋占据了地球表面的绝大部分空间,影响着人类的生存发展,对人类的未来生存有着绝对的重要性。自1940年以来,科学技术飞速发展、工业明显进步,广泛开发利用石油资源,塑料工业发展迅速。各种各样的塑料制品丰富了人类的生活,但其耐腐蚀、难分解的特性造福了人类生活的同时,也给环境造成了巨大污染,尤其是海洋污染<sup>[1]</sup>。

常见的收集海洋漂浮垃圾的方法有海岸收集法、海滩收集法和海上收集法。当漂浮垃圾进入海中,垃圾的扩散会极大地增加收集成本。目前,大部分采取手动人工打捞的方式收集海洋垃圾,这种方式效率低,浪费人力;也有一些海洋垃圾收集装置被研发并使用。现有的收集装置一般与仿生机械相结合,如:仿生鲸鱼捕食的过程,利用潮汐自然能作为动力,通过固定好的收集器正面接受潮水的推动,漂浮的垃圾顺着潮水的方向流动,同时有部分垃圾被推进收集器<sup>[2]</sup>。但是,仿生鲸鱼收集垃圾有如下缺点:(1)装置收集口太小,不利于垃圾进入;(2)体型大,生产成本低,不利于收集到的垃圾的清理和回收;(3)结构复杂,拆装和维修繁琐;(4)没有防止垃圾溢出的机械结构,垃圾溢出可能造成二次污染。

针对上述情况,就需要设计一种海洋垃圾收集装置用于收集海洋漂浮垃圾,保护海洋不被污染。此装置能够集中垃圾,阻止垃圾扩散;配合海上船舶,能够大大提升海上垃圾收集的效率。

## 2 总体方案设计

### 2.1 海洋垃圾收集装置总体结构

如图1所示,海洋垃圾收集装置包括外壳体1、位于外壳体1内部的内箱体2及绕外壳体1周围布置的多个浮子3。多个浮子3通过浮子固定架5安装在外壳体

1的外壁上,外壳体1为上端开口的敞口状结构,内箱体2为上下两端都开口的结构。内箱体2的下端开口处设置垃圾过滤网21,垃圾过滤网21上安装水位传感器22,控制器11设置在外壳体1的内壁上。水泵12的出水口与外壳体1外部连通,水泵12的进水口与内箱体2外壁和外壳体1内壁形成的环形空腔4连通,控制器11的信号输入端与水位传感器22的信号输出端相连,控制器11的信号输出端与水泵12的信号输入端相连。水泵12的数量与浮子3的数量一致,水泵12的出水口与出水软管13的进水端连通,出水软管13的出水端穿过外壳体1后与外壳体1的外部连通。

内箱体2的上端出口处设置垃圾收集口8,垃圾收集口8为漏斗状结构,其小口径端与内箱体2的上端出口固定连接,其大口径端与外壳体1的上端开口相贴合,外壳体1上端开口处的四周上均设置弧形入水口14。水位传感器22的外部设置水位传感器保护罩221。

装置还包括防外溢连杆机构7,防外溢连杆机构7包括第四杆71、第五杆72、第六杆73和压缩气瓶74。第四杆71水平设置在内箱体2的上端开口处,第四杆71的一端与第五杆72的顶部活动连接;第五杆72竖直设置在内箱体2内部,第五杆72的底部穿过垃圾过滤网21后与第六杆73的一端活动连接;第六杆73水平设置在垃圾过滤网21下方,其中部与垃圾过滤网21固定连接,另一端与压缩气瓶74上的速开阀门连接;压缩气瓶74设置在外壳体1的内壁上,压缩气瓶74内部通过气道与设置在浮子3底部的气囊31内部连通。

### 2.2 浮子机构结构设计

浮子机构如图2所示,浮子固定架5包括安装在外壳体1外壁上的框形架51以及多个绕框形架51周围布置的L型连接杆52。L型连接杆52的数量与浮子3的数量一致,L型连接杆52包括第一连接杆521和第二连接杆522。浮子3设置在第一连接杆521的中部上,

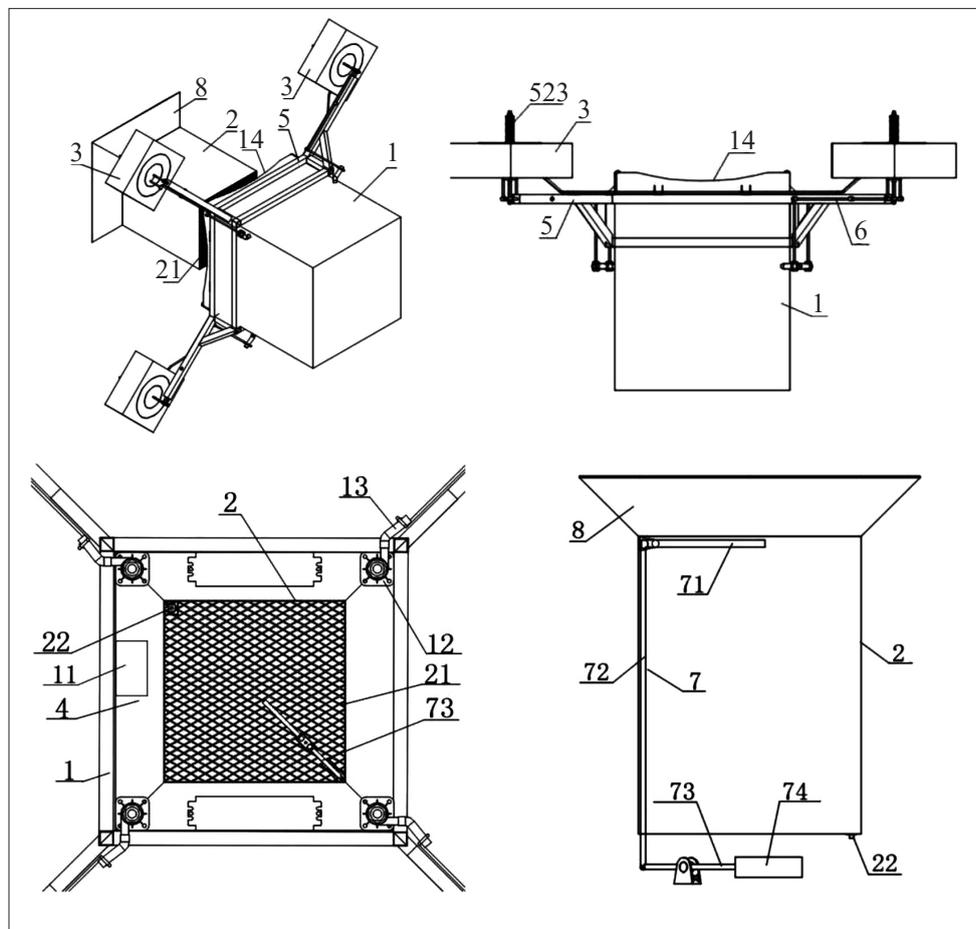


图1 海洋垃圾收集装置

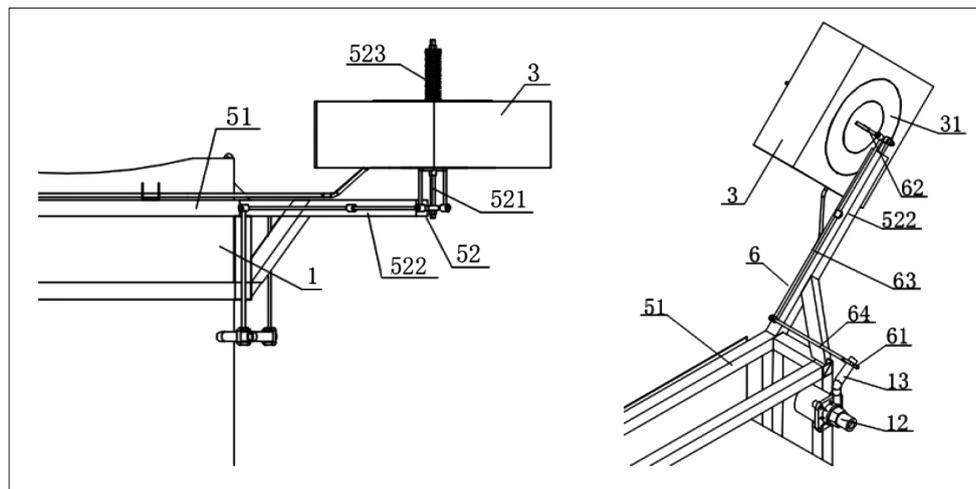


图2 浮子机构

弹簧 523 设置在第一连接杆 521 的顶部。第一连接杆 521 的底部垂直连接第二连接杆 522 的一端，第二连接杆 522 的另一端与框形架 51 固定连接。

防倾斜连杆机构 6 包括卡环 61、第一杆 62（与第一连接杆 521 相平行）、第二杆 63（与第二连接杆 522 平行）和第三杆 64（与框形架 51 的竖边平行）。第一杆 62 的顶部与浮子 3 固定连接；第二杆 63 的两端与第

一杆 62 的底部和第三杆 64 的顶部活动连接，第二杆 63 的中部与第二连接杆 522 固定连接；第三杆 64 的底部与卡环 61 固定连接；卡环 61 套设在出水软管 13 的出水端外部。

### 3 海洋垃圾收集装置工作原理

防倾架上的连杆机构由主动杆、从动杆、连接杆、轴承销和鱼眼球头组成。充分考虑装置的实际应用场景，需要设计防倾架。防倾架的作用：一方面保证装置的稳定；另一方面控制装置在实际应用水体中工作的高度，此控制由浮子完成。4 个浮子的排水量可以根据装置投放水域水体的密度以及装置自身的重心、质量进行单独调节，使装置在最合适的高度进行工作。

工作原理：4 个可上下浮动的浮子通过连杆机构与 4 个水泵的出水口连在一起，当浮子相对于箱体向上位移时，说明箱体此时倾倒向该浮子的方向，由于浮子上浮会通过连杆将该侧水泵出水口向下倾斜，产生一个促使箱体恢复竖直状态的反作用力。

当此设计应用于海面时，其工作的恶劣环境（如大风大浪等）可能使垃圾倒出，需要设计一种防垃圾溢出装置，其主要由主动杆、传动杆和从动杆组成，属于平行四边形机构。上杆件位于内壳体与漏斗连接处，当收集装置达到收集上限或已收集污染物有溢出倾向时，

将触动上杆件。由于该机构是省力杠杆，具有放大作用，很小的触动力就能通过杠杆开启置于装置底部的速开阀门，释放压缩气瓶内的气体，给浮子充气。浮子体积增大，箱体整体上浮，进入待重置状态，装置内外液体无交互，可有效防止垃圾溢出。

此机械构件可作为一种应对极端的天气状况的应急方案，能有效防止已经收集到的海洋漂浮垃圾从收集装

置漏出造成二次污染。

#### 4 装置模型的建立以及 ANSYS 分析

对于模型的建立,从两方面进行考虑。第一,装置的实际应用场景为海洋生态环境,考虑到海洋面积大,为减小海洋垃圾收集器中垃圾回收频率,在模型建立的过程中设计此装置为长 500mm,宽 400mm,高 400mm 的长方体壳体,这样方便储存更多的垃圾。第二,运用 ANSYS 仿真软件对装置进行有限元静力学分析,保证装置的强度<sup>[3]</sup>。

吊耳是系统中最重要也最脆弱的部件,一般制作吊耳的工艺有三种:铸造、钣金拼接和冲压成形。此吊耳采用钣金拼接工艺制造而成,吊耳制造过程为:工程制图—线切割—焊接。其中最关键的步骤是工程制图与焊接,工程制图的定位决定吊耳最后的尺寸与误差,焊接的品质决定吊耳的强度。

#### 5 装置应用于海洋环境的材料选定

碳钢的海水腐蚀速度主要受氧的扩散速度控制。海水流速增加导致到达阴极的氧量增加,会加快碳钢的腐蚀速度。当碳钢表面的氧化皮未去除时,因为结构较脆,易产生裂纹而露出基体金属。在海水中时,裂纹中的基体金属就将与氧化皮构成腐蚀电池,裂纹中的基体金属作为阳极而被腐蚀。由于阳极面积很小,腐蚀电流很大,使得窝蚀在小面积上向深处发展。总之碳钢的局部腐蚀速度很大。为了减少腐蚀,外壳体、内置滤网选用海洋防腐材料 Monel400 铜镍合金。考虑到防倾架需要应对海上的大风大浪等恶劣环境,对防倾架所选用材料的强度要求较大,选择材质为 4130 的无缝方管。

Monel400 铜镍合金具有用量大、用途广、综合性能极佳、耐腐蚀的特点。此合金在氢氟酸、氟气介质以及热浓碱液中都具有优异的耐腐蚀性。综合其显著特性,该合金被广泛应用于海水等领域。与碳钢相比,此铜镍合金一般不产生应力腐蚀裂纹,且切削性能良好。

因为防倾架要求高强度和高韧性,故选用 4130 结构钢。与碳钢相比,其淬透性较高,热强度性好,可切削性良好,冷变形时塑性中等,热处理时在 300~350℃ 的范围有第一类回火脆性。

#### 6 设计计算及强度校核

(1) 浮子采用塑料泡沫材质,塑料泡沫的密度为  $\rho_{\text{浮}} = 0.0145\text{g/cm}^3$ 。

浮子总体积为  $50\text{cm} \times 50\text{cm} \times 7.8\text{cm}$ ,浮子质量 282g。经查,  $\rho_{\text{海水}} = 1.02\text{g/cm}^3$ 。

浮子能为装置提供的最大浮力为:

$$F_{\text{max}} = \rho_{\text{海水}} V_{\text{浮}} g = 1.02 \times 10^3 \times 0.5 \times 0.5 \times 0.078 \times 10$$

$$= 198.9 \text{ (N)}$$

装置质量  $m=15.6\text{kg}$ ,  $G=156\text{N}$ ,完全满足需求。

(2) 对传动杆件进行强度校核,经计算,正应力为:

$$\sigma_{\text{max}} = M_{\text{max}} Y_{\text{max}} / I_z = 0.64 \times 0.002 / (1.62 \times 10^{-11}) \text{ Pa} \\ = 101.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{max}} < [\sigma] \sigma_{\text{max}} = M_{\text{max}} Y_{\text{max}} / I_z = 0.64 \times 0.002 / \\ (1.62 \times 10^{-11}) \text{ Pa} = 79 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\text{max}} < [\sigma] = \sigma_s / n = 205 / 1.5 = 136.7 \text{ MPa}$ ,则杆②的实际应力未超过许用应力。

#### 7 水位传感器的选择和水位传感器保护罩

常用的水位传感器有:单法兰静压液位变送器、双法兰差压液位变送器、浮球式液位变送器和磁性液位变送器等。根据使用要求,选用浮球式水位传感器,其工作原理是浮子内的磁铁随着水位的升降而运动,从而驱动干簧管的开关。

但是,浮球式水位传感器因为本身结构的缘故,容易受到液体粘度、液体颗粒等因素的影响,使用一定时间,极容易出现浮球卡住的现象。针对此现象,在装置的内箱体上安装了水位传感器保护罩。该保护罩只在顶部设置一个  $\phi 2\text{mm}$  的圆孔用来排气,所以保护罩内液位的变化会慢于保护罩外的液位变化,防止在风浪较大的天气频繁通断液位开关,从而延长使用寿命。

#### 8 硬件电路设计

##### 8.1 水泵控制系统设计

装置下降到一定位置后,水位传感器将电信号传递给电控系统,控制水泵开始工作,抽出装置中的水,垃圾留就在内箱体中。同时,装置上升到一定位置,水泵停止工作,装置又在重力的作用下下沉。

##### 8.2 小型定位仪及智能网联定位装置

海洋垃圾收集装置所使用的电源均来自太阳能电池。定位装置能发送自身坐标,与海面上监测浮漂相结合,便于相关部门安排人员定期清理。该装置不断向智能网联方向发展,实现智能化海洋垃圾收集<sup>[4]</sup>。

##### 8.3 水质监测传感器

水质监控系统监测指标有 pH 值、水温和溶氧,其中, pH 值监测数值使用 pH 值传感器采集,水温监测数值使用水温传感器采集,溶氧监测数值使用溶解氧传感器采集。溶解氧传感器 KDS-25B 采用氧铅蓄电池,产生的电流与溶解氧的浓度成正比,也可以说是与氧分压成正比,所以 KDS-25B 是一种环境监测、水质检测的理想传感器<sup>[5]</sup>。

#### 9 实用新型海洋垃圾收集装置特色说明

设计的海洋垃圾收集装置与现有的收集装置相比,有如下的优点:

- (1) 此装置结构简单, 便于拆装维修。
- (2) 生产成本较低, 可以满足不同对象对垃圾收集装置的实际需求。
- (3) 装置内液位始终低于装置外液位, 可有效储存收集的漂浮垃圾。
- (4) 装置收集口结构呈漏斗型, 漂浮垃圾随水流自动进入收集器。
- (5) 防垃圾溢出装置可作为一种应急处理方案, 防止在恶劣天气条件下已经收集到的海洋漂浮垃圾从收集装置漏出造成二次污染。

## 10 结语

海洋是地球上除生物圈外最大的生态系统, 它具有极大的稳定性, 其稳定性在大气环流和水环流、气温和气候等方面都发挥着极其重要的作用。如今, 海洋垃圾正在吞噬着海洋, 海洋污染治理工作和海洋垃圾收集任务刻不容缓。笔者设计的“实用新型海洋垃圾收集装置”结构简单, 便于拆装维修。该装置生产成本较低, 可以

满足不同对象对垃圾收集装置的实际需求, 有广阔的应用空间和场景。

**基金项目:** 2022年武汉商学院创新创业项目: 一种海洋垃圾收集装置, 项目编号: 202211654038。

## 参考文献:

- [1] 邹吉城, 张丽娜, 陈雨涵, 等. 一种仿生海洋垃圾清道夫装置的研究[J]. 农业工程与装备, 2022, 49(03): 46-48.
- [2] 林思源, 张振伟, 刘必劲, 等. 近岸海漂垃圾自驱动收集装备的研制及应用[J]. 厦门理工学院学报, 2022, 30(01): 81-86.
- [3] 严泽腾, 刘新. 基于海浪助力的近岸漂浮垃圾收集设备研究与设计[J]. 装饰, 2021(06): 19.
- [4] 孙佳兴, 李新. 太阳能为动力源的海洋垃圾收集装置研究[J]. 绿色环保建材, 2019(12): 38+40.
- [5] 张娜, 齐心. 海洋垃圾清洁设施设计研究[J]. 明日风尚, 2016(08): 106.

# 严正声明

近期, 本刊编辑部收到作者反映, 一些不法分子盗用我刊名义, 自建非法网站或钓鱼网页 (<http://www.zgjxzz.cn>、<http://mach-china.toug.com.cn> 等), 或以《中国机械》杂志社编辑部“编辑”“责任编辑”等名义, 向广大作者征收稿件, 并收取所谓的“版面费”、“审稿费”等, 严重侵犯、影响了我刊声誉和广大作者的权益。在此, 我刊严正声明如下:

1. 《中国机械》杂志社于1982年创刊, 是国家新闻出版署批准登记的国家级机械工程类学术期刊(旬刊), 目前尚未创建独立的“官方网站”, 浏览本刊电子版需从中国工业新闻网 (<http://www.cinn.cn>) 下方链接进入, 链接地址 [http://www.cinn.cn/zgjxzz/index\\_348.shtml](http://www.cinn.cn/zgjxzz/index_348.shtml), 或通过万方数据知识服务平台 (<https://www.wanfangdata.com.cn/>) 的官方网页搜索本刊进行查询, 链接地址 <https://sns.wanfangdata.com.cn/period/zgjx> 查询全文;

2. 《中国机械》杂志为旬刊, 请广大作者认准, 凡标记“半月刊”“月刊”的网络征稿平台, 均为非法网站, 欢迎联系本刊编辑部进行举报;

3. 《中国机械》杂志社唯一投稿邮箱: [jxzzs@cinn.cn](mailto:jxzzs@cinn.cn);

4. 《中国机械》杂志社《录用通知书》加盖“中国机械编辑部”公章, 凡加盖“《中国机械》杂志社编辑部”或使用已作废公章(防伪码为1101081749266的总编室公章、防伪码为1101081491290的原编辑部公章), 均为假冒录用通知书;

5. 《中国机械》杂志社从未委托任何机构、网站或个人代理本刊的组稿、审稿等相关事宜, 编辑部一直严格遵守“三审三校”规定, 追求杂志整体质量的提升, 将期刊的社会效益放在首位, 对于盗用《中国机械》杂志社名义发布虚假信息、实施非法征稿等行为, 本刊将依法追究其法律责任;

6. 本刊编辑部唯一联系电话: 010-67410664。

敬请广大作者和读者注意辨别, 提高警惕, 谨防上当!

《中国机械》杂志社  
2022年12月