双层旋流式海洋垃圾收集装置结构设计与性能分析

姚金宏 尹亮 刘云龙 (湖南文理学院 湖南 常德 415000)

摘要:全球海洋垃圾污染问题日益突出,对海洋垃圾收集装置进行研究设计至关重要。本文通过设计一种新型的双层旋流式海洋垃圾收集装置,重点阐述了垃圾收集装置的工作原理及结构特点,并在此基础上进行相关仿真及实验研究。该垃圾收集装置主要结构包括双层旋流式叶片、固定支架、控制器、传动装置、打包装置等,能将漂浮在海面上的各类垃圾进行自动收集和打包,减少海洋污染,保护生态环境。

关键词:海洋污染;收集装置;旋流式叶片;工作原理;结构特点

0 引言

海洋垃圾是指海洋和海岸环境中具有持久性、人造的或经过加工的固定废弃物。海洋垃圾影响海洋景观,威胁航行安全,影响海洋生态系统的健康产生,对海洋经济产生极大的负面效应。因此,必须对海洋垃圾进行有效的处理。

国内外学者针对不同的海洋废弃物研发了不同的装 置,按照安装方式划分主要有以下几种类型。

- 一是固定式装置。这种海洋垃圾装置结构简单,使用方便,只需将垃圾桶放在海面上,该装置就能自动收集海洋垃圾。桶体主要包括外桶、内桶和过滤袋,如图1所示。过滤袋由顶盖、手柄、过滤器和底环组成。顶盖和底环可将收集袋保持长桶的形状,完成桶内海洋垃圾的收集和分离。
- 二是可移动的垃圾船。目前,国外对垃圾回收船的 研究主要集中在以下几个方面。
- (1) 推进驱动:提出了一种应用于非结构化环境的 垃圾清理船推进系统,分析了其在常规和非结构化环境 下的运动原理;
- (2) 自动控制与自动驾驶: 主要从控制、受力、障碍物识别、垃圾识别等方面对无人垃圾清理船进行研究;
- (3) 结构设计: 主要从结构方面分析如何提高垃圾 清理和垃圾回收效率,并设计新的结构,对相关部件的 运动轨迹和受力情况进行分析。

但在实际实施过程中,由于水面垃圾容易随水流动,如何克服这一缺点,改进相关结构,提高垃圾回收效率,在相关文献中尚未有分析。基于此,本文提出了一种双层旋流式海洋垃圾收集装置,该装置利用流体旋流原理,引导垃圾自己"跑进"收集设备。通过这样的方式,不仅能够降低海洋垃圾收集消能的源耗,还能够有效提升海洋垃圾回收的效率。

1 结构设计

1.1 总体结构设计

该装置采用悬臂梁支架固定式结构,利用电机带动双 层旋流式叶片在水中转动从而产生漩涡,收集装置与外部 形成水位差,并通过水流的牵引力将大范围的垃圾漂浮物 聚拢,再通过收集装置将垃圾集中储存,通过不同型号的 滤网也可以将微颗粒垃圾储存在过滤网底部。在收集的过 程中,可在曲柄钩子挂上弹性缩口网状式垃圾袋,再由链 条传送到三边开合机构前实现垃圾收集。当收集装置垃圾 储存满时,曲率导向开合部分上升闭合。还可通过叶轮的 反转使收集器内的垃圾随着水流运动,再通过曲率导向开 合部分流入垃圾袋中。当垃圾完全排出后,收集装置下降 到合适的水位中继续收集垃圾,三边开合机构闭合复位, 弹性缩口网状式垃圾袋在弹力作用下完成封口,总体结构 如图 1 所示。整套垃圾收集装置设计结构简单,安装拆卸 方便,清理效率高,劳动强度小,各机构连接非常巧妙, 整个机构实现了自动化收集与回收的功能。

1.2 支架设计

整体连杆连接海岸与机身(也可以固定在船上跟随

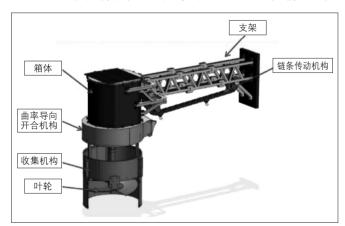


图 1 新型双层旋流式海洋垃圾收集装置总体结构图

船移动),使用三角加强筋,增强整个支架的稳定性,采用双层结构,连杆可拼接,可以适应各种环境。目前值为三节长。其中包括支架底座、底座连接支架一、底座连接支架二、连接支架、横梁固定支架,下横梁支架、上横梁支架。所有支架通过螺拴与压板进行紧固连接,可保证各部分的连接强度。

1.3 链条传动机构设计

链条传动机构主要包括链轮固定架、滚子链条、曲 柄钩、同步轮、同步带、电动机、电动机固定支架。整 个垃圾自动收集装置,通过链条、链轮连接,实现垃圾 的全自动化收集与回收。链条传动部分位于支架部分底 端,通过螺栓与链轮固定架进行连接。垃圾袋位于链条 传动部分的曲柄钩上, 所有的曲柄钩通过特制链条外连 板连接从而均匀固定在滚子链条上,整根滚子链条由三 个链轮进行传动,链轮的动力由箱体内部带有霍尔编码 器的电动机提供,链轮与电动机之间通过同步轮及同步 带进行传动。由于该装置采用带有霍尔编码器的电动机 以及同步轮、同步带,能够实现传动的准确性和位置的 精准度, 挂在曲柄钩上的垃圾袋通过链条的传动到达设 定的位置并将其套入三边开合机构中, 再由三边开合机 构将垃圾袋撑开,从而使得垃圾顺利储存在其中。当垃 圾袋中的垃圾收集满后,再通过三边开合机构的闭合以 及弹性缩口网状式垃圾袋口子上自有的弹力使其封口。 最后,再由链条传送到给定的位置清理垃圾并套上新的 袋子,从而实现垃圾自动收集与回收。

1.4 箱体设计

箱体主要包括箱体顶板、箱体外壳和太阳能板。整个箱体形状呈现为封闭式圆环形,有着良好的抗冲击性、防水性及强度。各板连接处通过吊耳及螺栓进行连接,其运用范围广、结构简单、强度高、抗压性好。通过箱体两侧的吊耳孔,可用螺栓将支架部分的横梁与箱体进行连接,箱体内部为控制系统,通过箱体顶板以及曲率导向开合部分可将控制系统密封在箱体内部,从而避免控制系统遭受外界环境破坏。箱体的顶部安装有太阳能板,通过太阳能板,能够为控制系统里面的蓄电池充电,从而实现能源的再生,使得整套装置具有更强的续航能力。

1.5 曲率导向开合机构设计

曲率导向开合机构主要由曲率导向模块、三边开合机构、连杆机构、弹簧、滑轮、限位块、锥齿轮、引导块组成。曲率导向开合部分形状为盘状,如图 2 所示,侧部设有三边开合机构,整个机构由 3 块三角板构成,使其形成一个爪子,通过三边开合机构的张开与闭合可以实现垃圾袋的张口与封口,其内壁设有曲率导向结构使其引导水流流向。

1.6 收集机构设计

收集机构主要包括收集装置固定支架、电机、电机

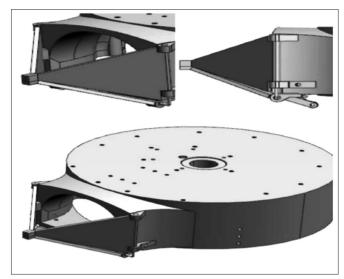


图 2 曲率导向开合机构图

固定板、机构外壳、传动轴齿轮、减速齿轮、空心轴齿 轮(内部为蜗轮齿状,外部为直齿状)、空心轴一、空 心轴二、连接螺母、收集箱、上过滤网固定支架、下过 滤网固定支架、叶轮保护罩、顶板。整个垃圾收集装置 呈桶状, 主体主要由收集箱两端吊耳孔通过螺栓进行连 接, 收集箱均匀分布在主体外围。各种型号的过滤网夹 在两过滤网固定支架中间,并通过螺栓固定在收集箱底 部。空心轴可拆分为两节,采用螺纹连接,再经过连接 螺母使其连接更为紧固。其目的是降低加工难度,提高 加工质量。内部包裹着叶轮轴,叶轮轴与设置在空心轴 的轴承相连接, 使其传动更稳定。外部则一端通过螺栓 连接上过滤网固定支架,另一端通过蜗杆特征啮合着蜗 轮, 再通过传动轴齿轮带动收集器完成上升和下降的运 动过程。收集箱底部过滤网位于叶轮保护网与收集箱之 间,能够将垃圾储存在收集箱里面,同时还能通过滤网 的型号大小达到收集微型垃圾的目的。叶轮保护网位于 整个收集装置的最底部,能够很好地保护叶轮不受外力 因素影响,保护叶轮不被损坏,提高其使用寿命。

1.7 叶轮设计

叶轮主要包括电机、机构顶板、机构外壳、机构底板、叶轮轴齿轮、电机轴齿轮、叶轮轴、叶轮、固定管。叶轮传动部分贯穿了整个收集器,其中箱体内部的机构顶板、机构外壳、曲率导向开合部分共同构成保护叶轮轴齿轮和电机轴齿轮的密封装置。叶轮轴采用多节拼接式结构,其连接部分由螺纹及销钉组成,目的是为了降低加工难度从而保证加工质量。叶轮轴齿轮安装于叶轮轴上并与紧固在电机轴上的电机轴齿轮相互啮合,通过电机的输出转矩,带动齿轮的转动,从而给整个收集的引流装置提供动力,叶轮与叶轮轴之间通过间隙配合,采用平键与销钉定位并使用螺纹连接,叶轮轴安装在机构底板以及机构顶板的轴承孔上,并通过滚珠轴承进行配

合。由于收集机构需要进行上下运动,为 了使其结构稳定, 在叶轮的机构底板与收 集装置的电机固定板之间安装了一根固定 管。

2 性能分析

2.1 流场分析

如图 3 所示,对装置进行了简化处理, 采用数值模拟方法对水流运动流场进行分 析。可以看出,采用双层旋流式叶片结构 能很好地引导水流运动;同时叶片上方的 水流在箱体内形成的涡流能对垃圾进行有 图 4 不同时刻垃圾收集器效果 效收集且不会向外溢出。

t=12s

2.2 试验分析

采用试验方法对所设计的垃圾收集装置进行分析, 图 4 中给出不同时刻水面垃圾的分布情况。从图 4 中 可以看出,该垃圾收集装置能在12s左右的时间将周边 3~4m²的垃圾迅速聚拢,实现垃圾的有效收集,后期 通过增大模型及增加电机功率可完成更大范围内的垃圾 收集。

3 结语

本文详细阐述了一种双层旋流式垃圾收集装置的结 构及其特点,并对其性能进行了仿真和实验分析,结论

(1) 采用悬臂梁柔性支架结构, 在保证支架结构稳 定性和承受能力的同时还能使用一定偏摆位移, 保障结

> 构强度的同时, 可非常 方便地应用于海洋上;

- (2) 叶轮采用双层 旋流式叶片, 利用水位 差方式将水面垃圾牵引 收集,利用叶片的反向 旋转实现垃圾收集,能 够保证最小能耗下垃圾 收集的最大效率化;
- (3) 通过收集传动 部分向上位移时触碰三 边开合机构打开, 能有 效实现垃圾袋的自动打 开, 且当收集传动部分 向下位移时, 实现三边 开合机构的自动关闭, 由此实现垃圾的全自动 收集和打包回收;
- (4) 曲率导向开合 部分的内部设计成能够 引导垃圾跟随水流流动 的目的,并使得水的压 力得到大幅度增加,避 免垃圾在水流中徘徊,

导流垃圾的曲面,达到 (下转第29页)

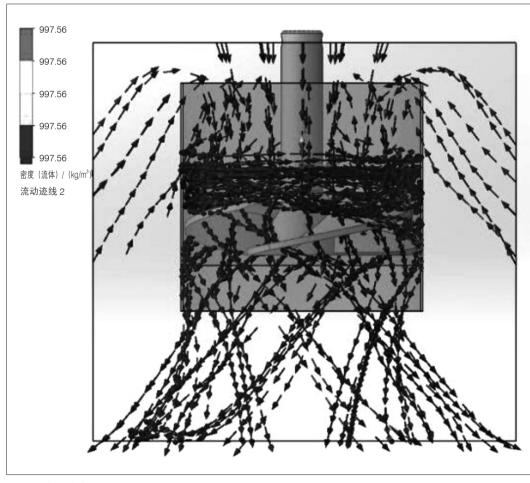


图 3 流场分布

- 25 -

智能化的方向发展。

基金项目: 湖北省教育厅科学技术研究计划指导性项目 (B2021429); 荆州学院科学研究基金项目 (2021KY05)。

参考文献:

- [1] 吴耀宏. 汽车铝合金板材搅拌摩擦焊工艺研究 [J]. 时代汽车,2020(12):123-124.
- [2] 邵明皓,张健,王渭平,等.AA2219-T87 铝合金双轴肩搅拌摩擦焊的腐蚀行为(英文)[J]. 稀有金属材料与工程,2022,51(05):1620-1626.

- [3] 王柏苍. 搅拌头转速对铝合金搅拌摩擦焊焊缝金属流动行为影响的研究[J]. 木工机床,2022(01): 8-11
- [4] 王涛,王仁彻,冯杏梅. 铝蜂窝板与 5A05 铝合金的 搅拌摩擦焊工艺 [J]. 焊接技术,2022,51(01):64-67.
- [5] 巫飞彪,周博俊.搅拌摩擦焊在新能源汽车电池下壳体焊接工艺中的应用[J].机电工程技术,2021,50(11):231-235.
- [6] 赵启洲,唐强,李斌,等.铝合金搅拌摩擦焊在汽车上的应用[J].科技创新与应用,2021,11(14):179-181.

(上接第25页)

使垃圾能够顺利自出口导入垃圾中;

(5) 通过仿真及试验分析发现,该垃圾收集装置能 在较短时间内实现垃圾的有效收集。

基金项目: 湖南省自然科学基金青年项目(2020JJ5395); 湖南省教育厅一般项目(19C1271)。

参考文献:

- [1] 董芳,朱小山,王江新,等.气候变化耦合海洋污染的生态毒理学研究进展[J].科学通报,2018,63(Z1):521-534.
- [2] 孔凡宏,沙媛媛,李姗姗,等.西北太平洋区域海洋垃圾合作治理的模式选择[J].上海海洋大学学报,2022,31(1):201-211.
- [3] 朱永强,张平霞.海洋垃圾回收船设计[J]. 机械设计与制造,2020(1):18-20.
- [4] 李文婧, 孙榕, 刁鹏飞, 等. 智能海洋垃圾桶 [J]. 科学技术创新, 2021 (17):179-180.
- [5] 赵尚飞,李越,李玲,等.一种新型的海洋塑料垃圾回收处理平台的设计[J].河南科技,2021,767(33):110-112.
- [6] 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(6):19.

- [7] 高峰. 处理垃圾的新思路之二: 生态岛可以自给自足[J]. 中外能源,2011,16(10):74.
- [8]"海洋吸尘器"—高密度聚乙烯垃圾桶将有效清理海洋垃圾[J]. 橡塑技术与装备,2017,43(16):52.
- [9] 刘绍青. 首个浮动式海洋垃圾桶已在芬兰赫尔辛基海岸安装试用[J]. 航海,2017(3):27.
- [10] 李永业,高远,贾晓萌,等.导叶片式旋流器下游断面螺旋流流速特性[J].排灌机械工程学报,2020,38(8):807-813.
- [11] 姜健, 史建邦, 屈霁云. 叶片式旋流发生器的设计与数值计算 [J]. 机械设计与制造, 2008(6): 48-49.
- [12] 赵立新,代佳鑫,郭现臣.叶片式水力旋流器操作 参数优选[J].流体机械,2013,41(10):7-9+52.
- [13] 陈红勋.旋流泵叶轮内部旋转流场的测试 [J]. 农业机械学报,1996,27(4):49-55.
- [14] 张永咸,李启才,何若全.不同连接强度带悬臂梁段的钢框架结构滞回性能研究[J]. 振动与冲击,2022,41(4):209-216+261.
- [15] 郝 淑 英 , 杨 涛 , 周 坤 涛 , 等 . 基 于 Bessel 和 Mei jer-G 函数的楔形和锥形悬臂梁振动分析 [J]. 振动 与冲击 ,2022,41(4):253-261.

- 29 -