

小型双体遥控式水面漂浮物清理装置的研发与试验

曾梓昊 江翠情* 王梓豪

深圳市龙华区外国语学校教育集团 广东 深圳 518000

【摘要】：针对村镇、社区等地小型水域漂浮垃圾清理困难、人工费用高、现有大型设备不适用等实际问题，研制出结构轻便、操控智能化、适用浅水工况的双体水面清理装置，以泡沫双体浮体作为浮力来源，尾部设置防外溢集污网，前端安装扩展工作臂，具备无线遥控、实时图像传输功能，远距离、可视化、安全化作业；在实际水域试用中，装置行驶平稳、转向灵活、集污效率高、续航能力满足日常保洁要求，可替代传统人工打捞，适用于基层小型水域常态化保洁，为低成本环保装备的研制提供新思路。

【关键词】：小型双体；遥控式；水面漂浮物；清理装置；研发试验

DOI:10.12417/3041-0630.26.09.031

小型河道、社区湖塘、公园景观水域长期积聚塑料袋、泡沫、枯枝、水草等漂浮物，污染水体，破坏景观环境，目前基层单位清理工作主要以人工撑船、手持网兜打捞为主，工作强度大，效率低，清理范围有限，且受天气、水流、水深影响较大，存在安全隐患，市场上的专业水面清理设备多为大型船体，价格高、体积大、吃水深，难以进入窄河道、浅水区、植被密集区，基层单位无力购买及维护，急需一种低成本、体积小、浮力稳、操控安全、垃圾不回流的新型清理工具，从实际工况出发，从零设计、制作、测试了一款双体遥控水面清理装置，经结构创新、功能整合，解决传统方式及现有设备的诸多不足。

1 整体设计思路

(1) 设计目标：本装置主要追求以下五个目标：其一，浮体重量轻、浮力大，使装置在浅水时不搁浅，行驶平稳可靠；其二，垃圾收集量大，避免垃圾回流，且拆装方便，清理快捷；其三，无线远程操控，操作人员不需上船，减少落水、暴晒及恶劣天气的危险；其四，零件通用性好，成本低，制作简单，易于大量复制生产；其五，续航时间可满足日常巡查及单次清理的要求。(2) 整体结构：本装置整体由双体浮筒+中间设备区构成，模块化设计，功能分区明确、布局对称合理，兼顾稳定性、作业效率及运维便利性。整机主要由浮体支撑模块、核心设备模块、垃圾收集模块、遥控视觉模块四部分组成，整体结构紧凑、拆装方便、环境适应性强^[1]。



图1 小型双体遥控式水面漂浮物清理装置

2 浮体与稳定结构设计

(1) 双体泡沫浮体：浮体结构是水域作业设备稳定漂浮、行驶的基础，也直接关系到设备浅水适配性及抗干扰性。本装置改变传统金属、硬质塑料浮体结构，以高密度闭孔泡沫作为浮体主材，具有轻质高强、防水防腐、性价比高的优点；闭孔不吸水、不渗水，长期浸泡在水中不增重、不变形、不锈蚀，耐候性好、使用寿命长；材料质地轻，可有效降低整机重量，防止浅水搁浅；也可按需切割成形，加工方便、成本低，适合批量生产。设备采用对称双体浮体布置，左右浮体大小、重量、结构完全相同，形成跨度更大的稳定支撑基底；与单体船体相比，双体结构横向稳定性更好，抗水流冲击、抗风浪、抗倾翻性能更好，可有效防止水草缠绕、水流扰动造成的失衡；在浅滩、窄河道、水草密集等工况下，双体结构转向灵活、不易侧滑偏移，可平稳通行。同时，双体浮体提供充足冗余浮力，为垃圾载重、设备重载作业提供稳定浮力支撑，保证满载行驶时的平稳性。

(2) 重心与平衡：船重心位置直接影响设备行驶平顺性及抗倾覆性，重心偏高、重心偏移都会造成船体颠簸、侧翻、转向失稳等现象。为增强作业稳定性，本装置对核心配重部件进行合理布局，实现重心居中偏低的最佳布局效果。设备把重量最大的锂电池、驱动电机布置在中间设备区底部，用重型部件压低整机重心，减小倾覆力矩，有效缓解水流波动、加减速行驶时的晃动、颠簸；集污网、扩展臂等外置部件对称布置，保证船体前后、左右重量均匀分布，彻底杜绝单侧偏重造成倾斜、偏移问题；主控板、连接线等轻型部件布置在设备上方空余处，不干扰整体重心平衡。

3 垃圾收集结构创新

3.1 三次方案调整

在垃圾收集结构设计过程中，共进行三次方案调整。第一次采用前置网结构，网口在前端，实际使用中发现，垃圾容易被水流冲开，大部分在网外，实际收集较少；第二次采用中部斜

网结构,垃圾进入量明显增多,但倒退时,水流倒灌,垃圾容易流出,清理效果不好;第三次设计为尾端框架式集污网,网体后置并外加不锈钢框,形成半封闭空间,解决了前两次方案的缺点。

3.2 最终方案优点

尾端框架式集污网结构,与前置、中置传统结构相比,具有收集量大、防回流、易拆装、耐用性强等优点。其一,后置大空间网兜,容积较大,可一次性收集较多枯枝、水草、塑料垃圾,减少频繁倾倒垃圾的次数,增强连续作业能力。其二,半封闭框架结构,可抵御正向、反向水流冲击,设备前进、后退、转向时,都不会有垃圾外泄,作业稳定性增强。其三,网体采用卡扣式快速拆装结构,不用工具即可拆卸、倾倒、清洗,日常维护方便。其四,不锈钢框架防锈耐腐蚀,网体耐磨抗拉,适合长期水上作业,使用寿命长,解决了传统设备效率低、易泄漏、维修保养麻烦的缺点。

3.3 前端扩展臂

为解决传统设备清理宽度有限,岸边死角垃圾难以清理,往返作业次数多的问题,装置加装船头横向扩展臂。扩展臂用轻质铝合金制成,重量轻、强度高、防锈、不易变形,不会增加船体配重,不影响船体整体平衡,适应户外复杂作业环境。扩展臂向船体两侧延伸,有效增加单次清理宽度,大大减少全域水域清理的往返次数,提高作业效率。岸边是垃圾堆积的重点区域,传统设备难以贴近岸线作业,残留垃圾多,清理不彻底,扩展臂可覆盖岸边死角、水草较多区域,准确清理边缘堆积垃圾,消除保洁死角。在垃圾密集水域,扩展臂可进行大范围集中清理,减少人工二次修整工作,大大降低人力成本和作业时间^[2]。

4 动力、供电与承载

4.1 动力系统

采用大功率无刷电机作为动力系统,适用于小型水域浅水、多水草、水流复杂工况,与有刷电机相比,无刷电机动力大、反应快、能耗低、运行噪音小、故障率低,适合长时间常态化水上作业;电机输出扭矩大,可轻松克服水草缠绕、水流阻力,使设备在浅滩、复杂水草区行驶时平稳,无卡顿、动力不足等现象,操控灵敏,可准确匹配遥控指令,实现平稳启动、停止、调速、转向,防止动力变化引起船体晃动、垃圾洒落,而且无刷电机无碳刷磨损,长期使用稳定性好、维护成本低,低功耗特性还有效延长续航时间,运行噪音低,不对水域生态和人居环境造成干扰。

4.2 供电及续航

采用 24 V/50 AH 防水锂电池组作为唯一电源,既安全又

稳定,续航能力强,电池采用全封闭防水外壳,具有防水、防潮、防震、防腐蚀性能,可适应长时间水上潮湿作业,有效防止短路、漏电等事故的发生,结合无刷电机低功耗特性及整机功耗优化,满电状态下可连续稳定作业 2 小时以上,完全满足村镇、社区、公园小型水域单次全域巡查及垃圾清理需求,电池采用可拆卸模块化设计,可快速换电,电量耗尽后迅速更换满电电池,实现不间断连续作业,适配高强度保洁场景,电池内置过充、过放、短路保护模块,可有效延缓电池衰减,延长使用寿命,降低长期运维成本。

4.3 承载能力

经浮力验算及结构强度校核,本装置最大载重可达 75 kg,可完全覆盖塑料袋、泡沫、枯枝、水草、小型树枝等小型水域常见漂浮垃圾,较大的承载容量可大大减少作业过程中垃圾倾倒次数,增加单次作业覆盖面积,提高保洁效率,借助双体浮体冗余浮力及低重心平衡结构,设备满载 75 kg 垃圾时仍可平稳漂浮、灵活转向,无下沉、倾斜、搁浅、侧翻等问题,核心承载框架与网体支架采用高强度防锈材料,抗拉、抗压、抗变形能力强,满载工况下结构稳定可靠,可长期适配常态化、高强度水域保洁作业。

5 遥控与视觉系统

5.1 无线遥控

装置采用高稳定性远距离无线遥控模块,抗干扰性能好、信号稳定,适合户外水域工作环境,防止信号中断、操控失效等故障,操作人员在岸边安全地带远程操控装置,实现前进、后退、转向、作业启停等全部操作,全程无需登船、无需临水作业;从源头上消除了人工水上作业落水、暴晒、暴雨作业等安全隐患,作业安全性大大增强,同时遥控操控灵活、精准,可控制装置进入窄河道、岸边死角、水草密集区等人工难以到达的区域,作业范围更大;装置操作简单,基层保洁人员经过简单培训即可熟练操作,适合大范围基层应用。

5.2 实时图像监测

船头安装防水高清摄像头,组成实时可视化监测系统,摄像头采用抗强光、防尘防水、自适应光照特性,不同天气条件下均可采集清晰水域图像,无线实时传回操控终端,操作人员借助实时图像,直观判断垃圾分布、水域深浅、障碍物、水草分布情况,合理规划行驶路线、作业区域,进行靶向精准清理,有效避免搁浅、碰撞等事故,作业安全性、精准性增强,可视化作业还解决了传统遥控设备盲目作业、漏清、重复清理的问题,水域保洁精细化程度和作业效率大幅提高。

6 性能测试与优势分析

6.1 成本优势

本装置全部采用通用标准化零部件,无定制专用部件,从设计上就控制制作成本。泡沫浮体、普通无刷电机、标准锂电池、不锈钢网架、民用遥控模块都是市场上通用的耗材,购买方便、价格便宜,整机制作成本远低于专业大型清理设备和智能化定制设备。而且设备组装简单、制作难度低,基层单位可自行批量制作和调试,不需要专业厂家参与。后期维护保养配件通用性强、更换成本低,长期使用少、性价比高,非常适合村镇、社区、公园等基层单位批量使用,可有效降低水环境治理的设备投入和运维成本。

6.2 稳定与安全优势

稳定性方面,双体对称结构,低重心布局,设备行驶平稳、抗风浪、抗倾翻能力强,稍有水流扰动、加减速、转向、满载作业时都不产生明显晃动和偏移,浅水通行能力强,彻底解决小型设备易搁浅、易侧翻的问题;安全性方面,全程远程无人化作业,完全避免水上人工作业的各种安全隐患,设备电气系统全防水密封,具有完善的安全保护机制,水上作业安全可靠。而且设备在高温、小雨、微风等复杂天气下也能正常作业,作业环境适应性广,安全作业边界远胜于传统人工模式。

6.3 效率优势

相比人工打捞,本装置不受人员体力、视线、作业范围的限制,利用扩展臂增加清理宽度、防回流网增加垃圾留存率、视觉监测实现精准作业,综合作业效率远高于人工,可代替多名保洁人员同时作业,节省人力和时间成本;相比大型清理设备,本装置体积小、转向灵活、浅水适配性强,可进入窄河道、岸边死角、浅滩等大型清理设备无法到达的区域,填补小型水域保洁的空白,作业覆盖更全面、适配性更强,综合保洁效率优势明显。

6.4 维护优势

设备整体以模块化设计,可拆卸式构造,结构简单、无复

杂精密部件,日常维护十分简便,集污网、电池、电机、控制板等各部件均可单独拆卸,出现故障时可单独检修、更换,而不需拆解整个设备;易损部件更换十分方便、成本低,基层保洁人员即可单独完成清洗、检修、更换等全部维护工作;设备主材耐腐蚀、耐磨损、抗老化,长期水上作业故障率低,日常仅需简单清洁和常规检查即可保持稳定运行,长期维护成本很低,耐用性与实用性相匹配基层常态化作业需求^[1]。

7 适用场景与推广价值

7.1 适用场合

本装置适用于各种小型静态、缓流水域的常规漂浮垃圾清理,主要应用场合有村镇小型河道、社区内河及景观水系、公园小型湖泊、湿地浅水区等,可清理塑料垃圾、泡沫杂物、枯枝落叶、漂浮水草等垃圾,可适应浅水、窄域、多水草等工况,可进行日常巡查保洁、集中垃圾清理、死角清洁等作业,解决小型水域保洁不彻底、保洁频次低、盲区多的问题。

7.2 推广意义

目前城乡水环境治理正向基层化、精细化发展,小型水域常态化保洁需求日益增加,传统人工保洁效率低、风险高、成本大,大型设备适配性差、投入成本高,不能满足基层治理需求,本文设计的遥控式小型垃圾清理装置,具有成本低、易制作、易维护、安全高、效率高的优点,可快速批量普及,有效替代人工完成小型水域保洁工作,降低基层环保运维成本,提高水域治理精细化水平,具有较好的工程应用价值及市场推广前景。

8 结论

本文研发了一款小型双体遥控水面漂浮物清理装置,通过泡沫双体浮体、尾端框架式集污网、前端扩展臂、无线遥控与实时图像系统,有效解决人工效率低、大型设备昂贵、垃圾回流、作业不安全等问题。试验表明,装置行驶稳定、操控灵活、续航可靠、承载合理、成本可控、维护简便,可替代人工完成小型水域日常保洁,具有明显实用价值和推广潜力,为低成本环保装备创新提供新参考。

参考文献:

- [1] 张馨雨,那睿奇,黄宁远,等.面向城市内河水面漂浮物清理的无人船系统设计[J].电子测试,2021,(17):36-40.
- [2] 吴海都,杨德兴,卢东泳,等.基于 stc 单片机的水面清洁智能小卫士模型的设计[J].电子制作,2021,(7):26-29.
- [3] 邹海蓉,代雨娴,于悦.基于流量平衡的自浮式水面漂浮垃圾清理装置[J].科技资讯,2021,19(3):83-85+89.