

基于聚拢装置的无人水面垃圾清理船设计与仿真

王子涛, 杜超, 李振强, 罗锦轩, 钱茹芸

(晋中学院, 山西 晋中 030606)

摘要:针对市面上采用的大型垃圾清理船清理水域面积小、无法实现全自动运作等问题,设计一款具有双体船结构的无人水面垃圾清理船,其由打捞装置、聚拢装置、切割装置组成。选用铝合金材料制作打捞装置,选用大扭矩金属齿轮舵机作为打捞装置的驱动元件,采用PWM信号精确控制打捞装置主动轴的旋转角度,增大了打捞范围。切割装置中高速旋转的刀头可以将漂浮物切断并将其归入打捞区域,聚拢装置可将漂浮物聚拢在打捞区域,实现垃圾清理船的快速打捞。结合电控系统可以实现自主巡航、智能避障、自动清理漂浮物的效果。通过ADAMS仿真测试,验证了无人水面垃圾清理船的有效性。

关键词:无人水面垃圾清理船;打捞装置;聚拢装置;切割装置;ADAMS

中图分类号:U674.2

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-1379.2023.S1.102

1 引言

当前许多城市都存在着水面漂浮物难以快速打捞的问题,水面垃圾不仅导致水生植物泛滥、影响水生态平衡,还严重影响景区美观。市面上采用大型垃圾清理船的局限性较高,只能通过人工配合实现半自动的工作模式,费时费力^[1]。此外,市面上打捞漂浮物的装置结构多为传送带结构,这种结构无法打捞体积偏大的漂浮物,且在打捞水草这种长条形状的漂浮物时,可能会将其卷入传送带内部,使打捞装置出现故障,打捞效率低。基于此,本文采用双体船结构设计一种能够自动收集水面漂浮物的无人水面垃圾清理船,选用大扭矩金属齿轮舵机作为打捞装置的驱动元件,采用ADAMS软件预测该船的性能,以提高打捞效率、降低装置故障率。

2 船体设计

2.1 船体结构设计

双体船由2个相连的船体或2个平行的单个船体组成,该船体行驶速度快,吃水很浅,面对各种水下地形都非常稳定,有利于在各种水势情况下进行打捞工作。船体基本结构见图1。

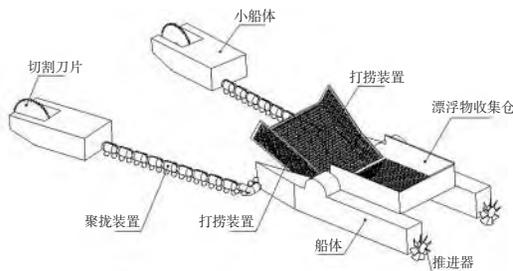


图1 船体基本结构

2.2 推进系统设计

为实现双体船打捞漂浮物的自动化,在船体上安装2个推进器。采用智能导航与遥控相结合方式,控制双体船方向变换及前进后退,遥控器控制2个推进电机,螺旋桨置于双体船两侧浮筒,加入电调易于实现差速转向^[2]。

2.3 控制系统设计

水面垃圾清理船的控制系统是设备的重要组成部分,可实现船舶的智能和自主控制,并确保船舶在复杂环境中的稳定性和可靠性。水面垃圾清理船控制系统的硬件结构见图2,主要包括4个部分:①动力模块,包括电池组、电源管理模块、充电模块和电机驱动模块,动力模块负责为整个控制系统提供稳定电源,保证船舶正常运行。②定位模块,北斗+GPS双星定位模块和4G模块用于准确定位船舶的位置,并向控制系统提供实时反馈。③图像识别模块,用于识别水面上的漂浮垃圾,并向控制系统提供实时反馈。④控制模块,其包括IMU陀螺仪模块、微控制器、通信模块和数据处理模块,负责接收和处理来自其他模块的数据,并发出控制指令,以实现船舶的预期运动。

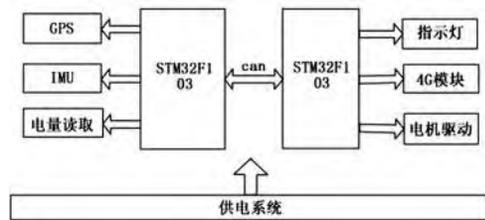


图2 硬件结构

3 打捞装置结构设计

将打捞装置设置在船首,当船向前行驶时可以快速打捞船前方的漂浮物。打捞装置的外形是依据船首的形状设计的,该设计可以使船首前的漂浮物都被打捞起来,增大了打捞范围。由于打捞装置需要长期接触水流,因此在制作打捞装置时需要考虑材料的耐腐蚀性以及承受漂浮物的强度和刚性。铝具有密度低、强度高、加工成本较低等优点,因此选用铝合金材料制作打捞装置。为过滤打捞起的漂浮物上附着的水,该装置表面设计了许多小孔,打捞装置结构见图3。

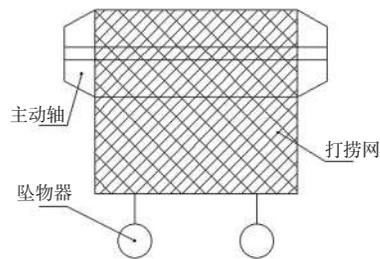


图3 打捞装置

选用大扭矩金属齿轮舵机作为该打捞装置的驱动元件,采用PWM信号可以精确控制舵机主动轴的旋转角度^[3]。舵机的控制一般需要一个20ms左右的时基脉冲,该脉冲的高电平部分一般为0.5~2.5ms范围内的角度控制脉冲部分,对应的控制关系为:0.5ms对应0°、1.5ms对应90°、2.5ms对应180°。大扭矩金属齿轮舵机工作扭力可以达到13kg/cm,使用8V电压供电,扭力越大打捞的漂浮物越多。

用轴承将打捞装置的主动轴固定于船体顶面两侧。主动轴穿过船体侧面延伸于船体内,在轴上开槽并安装弹性挡圈,

收稿日期:2023-01-30

基金项目:2022年山西省高等学校大学生创新创业训练计划项目(20220997)

作者简介:王子涛(1998—),男,山西晋中人,研究方向为轨道交通信号与控制

通信作者:杜超(1990—),男,山西太原人,副教授,博士,研究方向为异种材料连接工艺及设备

E-mail:457504389@qq.com

用于固定主动轴的轴向。在主动轴和电机轴上安装皮带轮,将舵机固定在船体内侧,通过皮带传动将动力传到主动轴,使主动轴旋转。主动轴旋转即可带动“开”字形打捞装置绕主动轴做半圆周运动,形成一个圆弧。主动轴不旋转时打捞装置底面低于水面,此时该装置处于收集漂浮物状态,该装置收集满时主动轴旋转并带动打捞装置旋转,当旋转到180°时装置上顶面框架碰到船体上顶面,打捞装置反扣在垃圾仓上,将打捞的漂浮物全部倒入垃圾仓,打捞过程结束。如果需要继续打捞,舵机反转180°,重新使打捞装置底面低于水面,又能开始收集垃圾。在打捞装置中安装红外传感器,当打捞装置装满漂浮物时,红外传感器接收信号传到控制系统,由控制系统驱动舵机工作。

4 切割聚拢一体化装置

为扩大打捞面积,提高打捞装置打捞效率,设计出一种在船头聚拢垃圾的装置,消耗更少的能源和时间去打捞更大范围的漂浮物。该装置由切割装置和聚拢装置组成,切割装置用于切割比较大的漂浮物,例如交杂缠绕的水草、树枝枝干等,打捞过程中出现这种漂浮物时打开切割刀,高速旋转的刀头会将漂浮物切断并将其归入打捞区域,打捞装置靠近时就会被打捞收到垃圾仓^[4]。当水面漂浮物比船体大,打捞装置不能将其打捞时,切割装置将漂浮物排出打捞区域,以免妨碍打捞装置继续打捞别的漂浮物。聚拢装置主要是用来收拢漂浮物,将漂浮物聚拢在打捞区域。随着船的前进漂浮物就会被聚拢装置送到主船头的打捞装置附近,最后由打捞装置将漂浮物装入垃圾仓。聚拢装置结构见图4,其中浮漂包裹在拦截网中部,拦截网上下延伸出浮漂外,拦截网与浮漂通过连接螺栓固定,在拦截网底端设置用于固定整个拦截装置的固定坠物。

5 ADAMS 仿真

ADAMS 是专门用于机械产品虚拟样机开发方面的工具,以计算多体系统动力学为理论基础,综合高速计算机对产品进行仿真计算,通过虚拟实验和测试,在产品开发阶段就可以帮助设计者发现设计缺陷,并提出改进的方法。

打捞装置是清理船重要的组成部分,它决定着漂浮物能否被打捞起来。打捞装置功能的实现需要舵机、皮带、皮带轮、主动轴、打捞网各个部件之间的相互配合。为模拟该装置的效果,在设计装置时采用虚拟样机技术,将打捞装置的SolidWorks

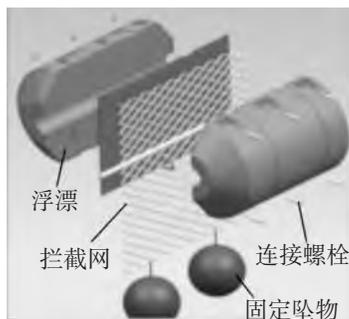


图4 聚拢装置结构

模型导入到仿真软件ADAMS中,对其进行仿真实验分析。该装置由直流舵机提供动力,打捞装置实际运动一周的时间设为10 s,转速为6 r/min,仿真时间为15 s,可以发现,打捞装置在舵机旋转的带动下,15 s内过旋转角度180°,满足设计要求,证明了装置的可行性。

6 结语

本文综合考虑市面上已有的水面漂浮垃圾收集产品的不足,设计了一种采用双体船结构的无人水面垃圾清理船,内附打捞装置和切割聚拢一体化装置,切割聚拢一体化装置的旋转刀片可以分割水生植物,解决了打捞漂浮物过重以及水草缠绕装置的问题。无人水面垃圾清理船实现自主巡航工作模式,可以快速地将垃圾聚集并打捞起来,提高了工作效率,节约了船上能源。

参考文献:

- [1] 韩沛松,赵天昊,徐艳桦.基于重势的小型水体水面漂浮物收集装置[J].科技与创新,2020(5):53-54,57.
- [2] 张国洲,朱晨炜,卢加津,等.一种水面垃圾清理机器人[J].兵工自动化,2020,39(3):90-92,96.
- [3] 唐定兵,高晓丁,薛世润.基于STM32F103ZET6的开放式数控运动控制系统[J].机电工程,2014,31(8):1062-1066.
- [4] 艾意成.静水面垃圾收集船运动特性研究及工程分析与优化[D].长沙:湖南大学,2020:44-48.

【责任编辑 栗 铭】

(上接第187页)

叶面积指数是决定冠层导度和解耦系数季节变化的重要因素,相关分析结果确认二者均与叶面积指数有较好的相关性,因此冠层导度和解耦系数均与植物生长过程有较好的一致性。

3 结论

通过在位山灌区冬小麦农田开展的能量通量试验,观测了该地区冬小麦农田的净辐射、土壤热通量、潜热通量、显热通量和地表蒸发量,结果表明净辐射的季平均值为128.1 W/m²,潜热通量、显热通量和土壤热通量的季平均值分别为105.8、-7.4、0.08 W/m²。波文比在生长期呈现下降趋势,其季平均值为0.19,该冬小麦农田潜热是有效能量的主要分量。地表土壤蒸发占总蒸散发的比例在生长期呈现下降趋势,其季平均值为0.17,表明蒸腾是蒸散发的主要分量。波文比与叶面积指数呈负相关关系,蒸发占蒸散发比例与可吸收土壤水量呈正相关关系。冠层导度的季平均为0.011 m/s,冠层与大气解耦系数季平均为0.55。冠层导度和解耦系数均与叶面积指数呈正相关关系,表明二者与作物生长过程紧密相关。较高的解耦系数表明冠层与大气联系并不紧密,蒸散发对冠层导度变化并不敏感。

参考文献:

- [1] HOUGHTON J T, DING Y, GRIGGS D J, et al.Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Scientific Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [R].Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001:1-15.
- [2] LEI H M, YANG D W.Interannual and Seasonal Variability in Evapotranspiration and Energy Partitioning over an Irrigated Cropland in the North China Plain [J].Agricultural and Forest Meteorology, 2010,150(4):581-589.
- [3] MONTEITH J L, UNSWORTH M H.Principles of Environmental Physics, 2nd ed. [M].New York, USA: Chapman & Hall, 1990: 12-23.
- [4] JARVIS P G, MCNAUGHTON K G.Stomatal Control of Transpiration: Scaling up from Leaf to Region [J].Advances in Ecological Research, 1986, 15: 1-49.
- [5] SHEN Y, ZHANG Y, Kondoh A, et al.Seasonal Variation of Energy Partitioning in Irrigated Lands [J].Hydrological Process, 2004, 18 (12): 2223-2234.

【责任编辑 许立新】