

一种新型水质监测机器人的结构设计

张智伟, 杨小令, 钱 锴

(扬州大学水利与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225127)

摘 要:水污染问题作为环境污染中的一个重点,受到越来越多的关注。鉴于现在水质监测系统的不完善,本文提出了一种新型水质监测机器人的结构设计。该机器人综合了水质监测船和浮标的优点既可进行长期定点监测,又可实现大范围的巡航监测。通过太阳能和风能组成的混合供电系统使其保持充沛的能量来源,可保证不间断工作。该水质监测机器人的创新之处在于使用一种新型的可伸缩框架结构,可以改变重心的高低,提供4种不同的工作状态以应对不同的工作环境,大幅度提升该机器人的适应能力。

关键词:水质监测;机器人;可拆卸双体船体;可伸缩框架;太阳能风能混合供电系统

中图分类号:TP242.6 X832

文献标识码:A

文章编号:1004-4701(2016)03-0198-04

0 引 言

美国、日本、荷兰、英国等国家于20世纪70年代开始发展水质自动监测系统。到目前为止,美国已有了以计算机为主体的、全国性的远程水质自动监测网^[1]。而我国对水质自动监测系统的研究较晚,始于20世纪80年代。1999年,我国开始在较大范围内布置水质监测系统,其范围涵盖太湖、长江、淮河、黄河等流域^[2]。2004年起厦门布置的海洋水质监测浮标成为国内首批由海洋部门建设的水质监测系统^[3]。2011年起,浙江省也开始浮标实时监测系统的建设^[4]。

传统的水质监测方式是通过调查船或采样车现场采样再带回实验室分析,这样的方式已经远远不能满足现在对全天候水质监测的要求。区别于传统的监测手段,水质监测浮标可实现现场自动监测,在恶劣气候条件下仍能正常工作^[5]。但是浮标因其固定属性无法快速的更换监测水域,要想实现对大面积的水域监测只能通过增加布设浮标数量来解决,但这会大大增加投资。而在国外有一些采用双体船形式的水质监测机器人^[6-7],但这类的机器人大都使用燃油,虽然速度快,但是存在漏油污染的风险,而且螺旋桨整体位于水面之下,在水草茂密的水域,螺旋桨极易被缠住而无法工作。

1 总体方案

本文综合比较国内外各类水质监测装置(见图1、图2)的优缺点,设计并制作了一款以双体船为基础的结构可变的新型水面机器人(如图3所示)。利用太阳能及风能发电以及其GPS和北斗定位系统,同时配合锚缆机的使用使其既可对大范围水域进行监测,又可像浮标一样在定点进行长时间的水质监测。该新型机器人最大创新点在于可自动调节重心,从而调节螺旋桨浸入水中深度,以减少航行阻力、增加稳定性,特别是当螺旋桨处于半浸入水中的状态时,可以拨开水草,使其在水草区照常行驶。此水质监测机器人配置常规水质多参数传感器,同时预留气象、水深、光照度等传感器的配置空间。可监测水质参数7项,分别为:水温、溶解氧、pH值、ORP、盐度、电导率、浊度。

这种新型水质监测机器人包含:可拆卸双体船体、可伸缩框架、水质传感器、锚缆机、正反转螺旋桨推进器、太阳能电池板、垂直轴风力发电机等部分。

主要技术设计指标:吃水深度300 mm;巡航速度1.8 km/h;锚定最大深度50 m;太阳能发电60 W,4级风速发电35 W。工作环境如下:工作水深:1 m~100 m;抗风能力:6级风;适应波高:0~5 m;适应环境温度:-10℃~50℃;相对湿度:0~100%;抗倾覆角:≤45°。

收稿日期:2016-05-24

项目来源:“十二五”国家科技支撑计划(2012BAJ25B0)。

作者简介:张智伟(1995-),男,大学本科。

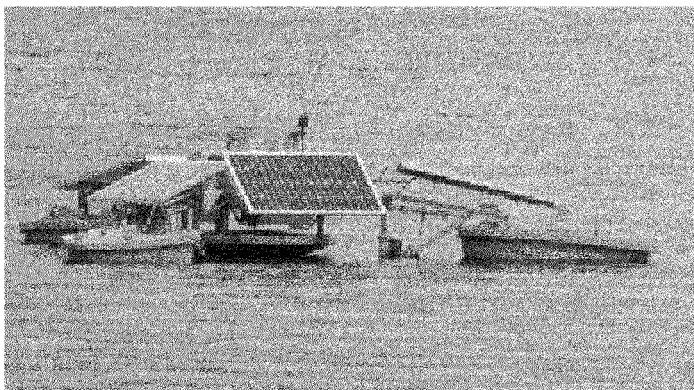


图 1 水质监测浮标

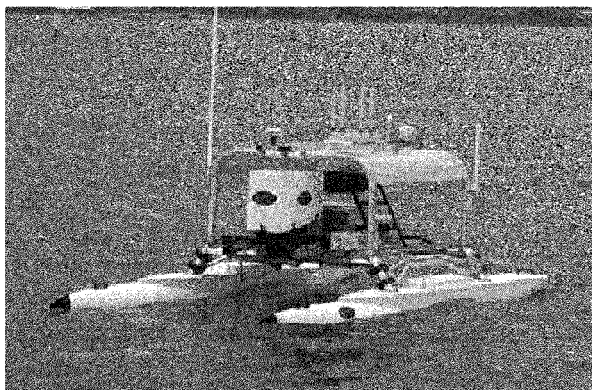


图 2 水质监测机器人

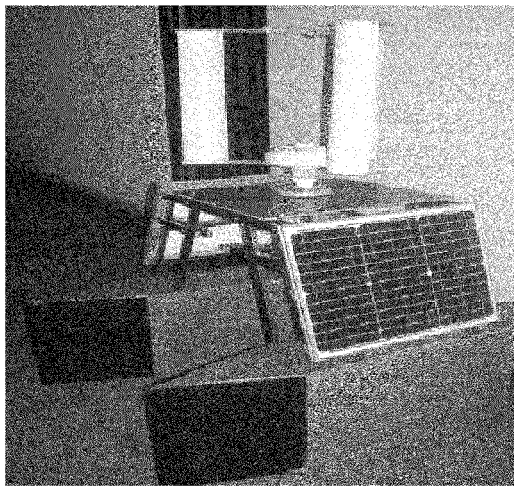


图 3 水质监测机器人实物图

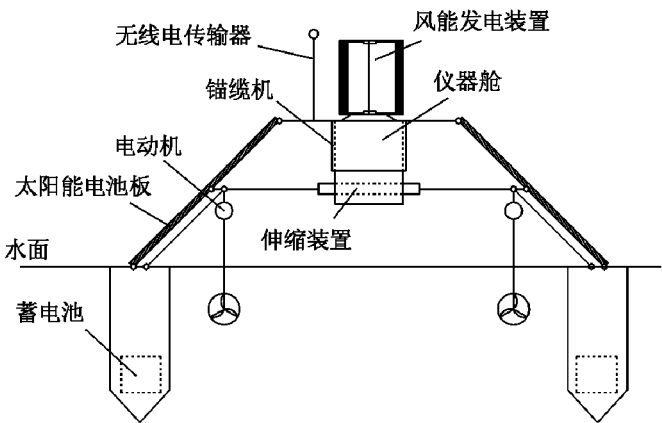


图 4 航行状态示意图

2 结构设计

2.1 可调节的伸缩框架

这种新型的水质监测机器人的创新设计在于此可调节的伸缩框架。伸缩框架通过螺栓与双体船船体连接(见图 3),再由减速电机带动螺杆旋转,改变门架的跨度和高度,从而改变机器人的重心、螺旋桨浸入水中深度和太阳能电池板的角度。

通过调节伸缩框架的跨度和高度,可以使这种新型水质监测机器人拥有 4 种工作状态:航行状态、定点监测状态、半浸状态、自维护状态。不同的工作状态使其既具备了移动式水质监测站的快速部署的优势,又具备了水质监测浮标的定点监测的优势,并增强了环境适应能力。

2.1.1 航行状态(见图 4)

这种状态为正常水域航行状态。螺旋桨均在水面以下,传感器和电动机处于水面以上,有效的避免电动机被水打湿,降低了防水的要求,有助于节约成本。同时也降低了航行时水的阻力。在这样的工作状态下机器人的航行速度最快,能够用较短的时间到达待监测水域,进行相关监测工作。

2.1.2 定点监测状态(见图 5)

该状态为机器人进行水质监测工作时的形态。此时伸缩框架伸到最长,让机器人能够尽量趴在水面之上,减小风阻力,降低机器人的重心,增强稳定性。这时机器人的仪器舱已经浸入水中,可以进行水质检测,收集常规的水质参数,并通过无线通讯方式及时传送给岸基监测中心,进行储存、计算和分析,对监测水域水质状况给予实时评价。

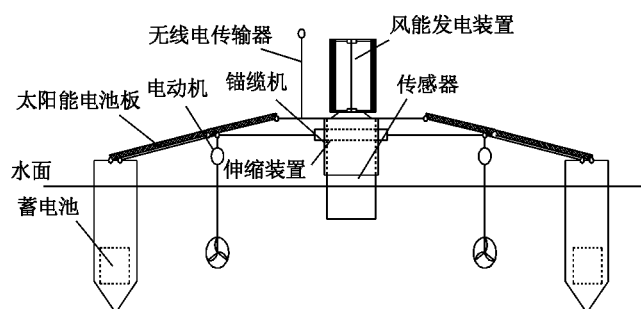


图5 定点监测状态示意图

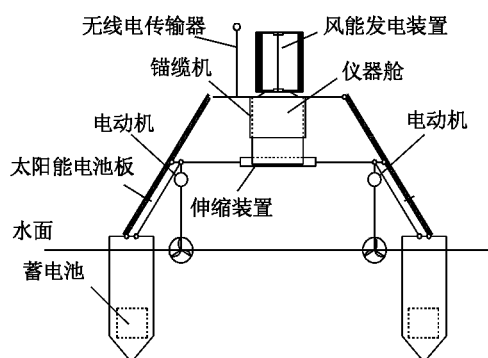


图6 半浸状态示意图

2.1.3 半浸状态(见图6)

该状态为机器人在进入水草水域时的状态。螺旋桨在水下最怕碰到水草,如果机器人的螺旋桨在水中被水草等杂物缠绕,则可能导致机器人的螺旋桨停止转动,进而导致电动机被烧坏,使机器人无法进行正常工作。而本文提出的新型水质监测机器人可以有效的解决此难题。在进入水草区域时,伸缩装置会开始收缩,将机器人主体部分整体抬高,使螺旋桨的一半露出水面,即螺旋桨一半在水中,一半在水面之上,这样水草沿

着螺旋桨切线方向飞出水面而不缠绕螺旋桨。该新型机器人正是通过此方式将水草抛向船体两边,自主开辟航道。

2.1.4 自维护状态(见图7)

机器人在此状态下利用伸缩框架降低主体部分,使水质传感器易被污染的头部浸没至水中,此时利用航行过程中的波浪来冲洗水质监测传感器头部的污垢,以达到防止堵塞,自动维护的效果,无需另外增加自动冲洗装置,降低成本。

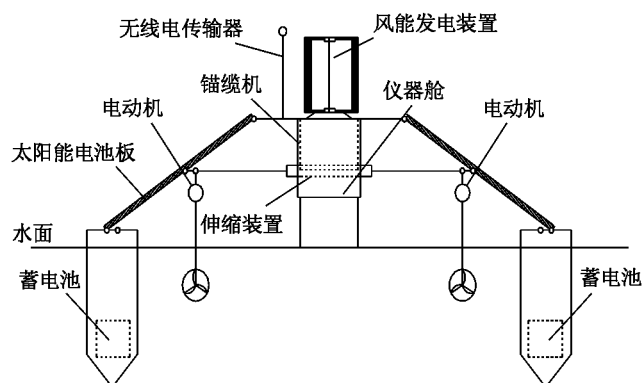


图7 自维护状态示意图

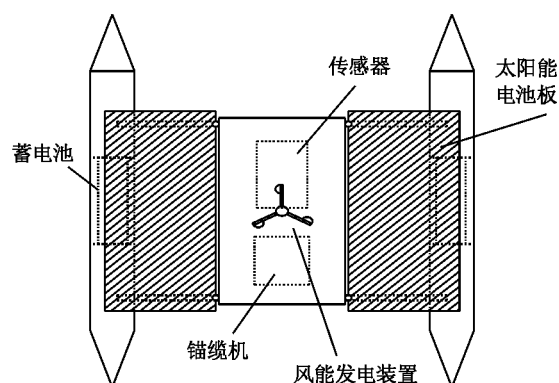


图8 可拆卸双体船船体示意图

2.2 可拆卸双体船(见图8)

可拆卸双体船作为水质监测设备的载体以及航行主体,采用高强型玻璃纤维增强塑料(即玻璃钢)粘结而成。船体两头采用三角形设计,减小阻力。同时可以单独拆卸,便于运输。整个双体船有较强的抗倾能力,抗倾角可达 45° 。每边船体设计成3舱室结构,只要有二个舱室保持密封就不会沉没。中间舱室设置密闭的电池舱,内置高性能蓄电池以及一些需要设置在船舱内的电子设备。电池舱与电池之间设有减震装置,降低彼此之间的冲击。

2.3 风力发电机

新型水质监测机器人采用垂直轴风力发电机,与水平轴风力发电机相比,其主要优势在于能适应频繁改变的风向^[8-9]。因为结构显著简化,所以可以进行小型化布置。本风力发电机属于达里厄型,具有启动转矩小、叶片设计简单、风能利用率高等优点^[10]。原理图见图9,自制风力发电机实物图见图10。其风叶由PVC塑料管切割而成,通过螺丝与有机玻璃做成的连杆相连,再与轮毂固定。轮毂以及内部的发电机组采用技术极为成熟的大型微风吊扇的电机组,使其在拥有一定的效率

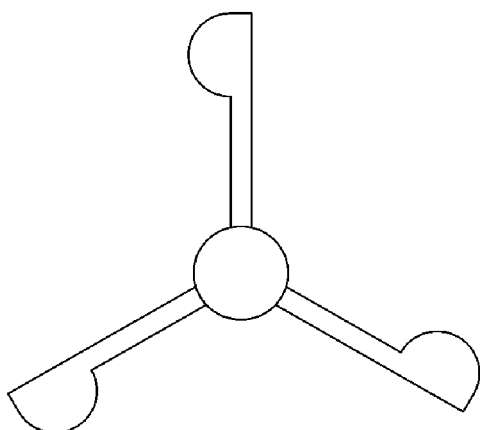


图9 风力发电机原理图

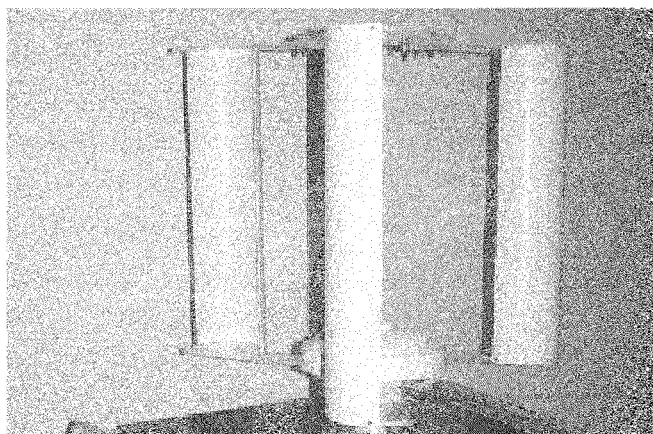


图10 风力发电机实物图

同时,最大限度的节省了成本。

2.4 锚缆机

锚缆机由铁锚、锚缆、系留环和电机组成,它是水质机器人定位的重要设施。铁锚能适用于各种地质情况的河(湖)底地貌。锚缆采用不锈钢钢丝绳,与普通锚链相比,具有重量轻、耐腐蚀、便于操作等特点,锚缆全长约为2倍水深。

2.5 太阳能电板

新型水质监测机器人在太阳能电板的上创新之处在于,通过调节伸缩框架,不仅可以改变机器人的工作状态,而且可以改变机器人主体部分的高度,进而改变太阳能电板的角度,从而有效地提高太阳能发电的效率。

3 结 语

新型水质监测机器人,通过伸缩框架的调节使其既可像移动式水质监测站的一样对江河、湖泊、水库等大范围水源水体实现巡航监测,又可像水质监测浮标一样进行长时间的定点监测。又因为采用了太阳能和风能混合供电系统,可以保证晴天和阴雨天正常工作,有效的提高了机器人的持续作业时间,同时减少了化石能源消耗和漏油污染的风险。

通过其携带的常规多参数水质传感器可以监测水体水温、溶解氧、pH值、OHR、盐度等参数,也可根据不同的需求更换不同类型的传感器,使其完成不同任务。

面对饮用水源遭受各种污染物威胁的状况,为了保护水质安全,需要对水源进行不间断的监测,以便及时

发现污染,保障居民饮水安全。因此,该新型水质监测机器人具有较大的应用价值。

参考文献:

- [1] Storey M V, Gaag B V D, Burns B P. Advances in on-line drinking water quality monitoring and early warning systems[J]. Water Research, 2011, 45(2): 741 ~ 747.
- [2] 于强. 水质远程监测数据采集系统设计[D]. 硕士学位论文, 大连理工大学, 2007.
- [3] 赵聪蛟, 周燕. 国内海洋浮标监测系统研究概况[J]. 海洋开发与管理, 2013, 30(11): 13 ~ 18.
- [4] 赵聪蛟, 何志强, 周燕. 浙江省海洋水质监测浮标设计与实现[J]. 海洋技术学报, 2015, 10(5): 37 ~ 42.
- [5] 庄宏儒. 水质自动监测系统在厦门同安湾赤潮短期预报中的应用[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(2): 58 ~ 61.
- [6] Ferri G, Manzi A, Fomai F, et al. The HydroNet ASV, a Small ~ Sized Autonomous Catamaran for Real ~ Time Monitoring of Water Quality: From Design to Missions at Sea[J]. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2014, 40(3): 710 ~ 726.
- [7] Ferri G, Manzi A, Fomai F, et al. Design, fabrication and first sea trials of a small ~ sized autonomous catamaran for heavy metals monitoring in coastal waters[C]. IEEE International Conference on Robotics & Automation, 2011: 2406 ~ 2411.
- [8] 杨益飞, 潘伟, 朱规秋. 垂直轴风力发电机技术综述及研究进展[J]. 中国机械工程, 2013, 24(05): 703 ~ 709.
- [9] 邹旭东. 变速恒频交流励磁双馈风力发电系统及其控制技术研究[D]. 华中科技大学, 2005.
- [10] 杨益飞, 邢绍邦, 朱规秋. 小型垂直轴风力发电机在中国发展前景概述[J]. 微特电机, 2014, 42(12): 87 ~ 91.

编辑: 张绍付

(下转第221页)