

doi: 10.7690/bgzd.2018.11.017

# 一种河道巡逻机器人

赵 帅<sup>1</sup>, 刘伯运<sup>2</sup>, 李志辉<sup>2</sup>

(1. 海军工程大学电气工程学院, 武汉 430033; 2. 海军工程大学动力工程学院, 武汉 430033)

**摘要:** 为了对水域进行水样实时检测并在紧急时刻可对落水人员实施紧急救助, 设计一种用于在内陆水域中进行环境监控的机器人。该机器人结构上采用分离结构设计以提高机器人抗风浪能力, 控制系统采用模块化设计, 主要分为视频传输、GPS 导航、水样监测、救生装置投掷、动力驱动和控制系统 6 个模块, 并进行实验验证。验证结果表明: 该机器人具有机动性强、操作简单、体积小、速度快的特点, 可广泛应用于内陆自然水域治理。

**关键词:** 河道巡逻; 溺水救援; 水样检测; 智能导航

**中图分类号:** TP24 **文献标志码:** B

## A River Patrol Robot

Zhao Shuai<sup>1</sup>, Liu Boyun<sup>2</sup>, Li Zhihui<sup>2</sup>

(1. College of Electrical Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China;

2. College of Power Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

**Abstract:** This paper introduces a method for environmental monitoring in inland waters, can be used for the real-time detection of water and water patrol robot is the implementation of an emergency rescue for person in water. The structure design of the robot uses separated structure to improve the wind resistance. The machine adopts modular design and it mainly includes video transmission, GPS navigation, water monitoring, life-saving device for throwing, drive, control system of 6 modules. The verification results show that the robot has advantages of strong maneuverability, simple operation, small volume and high speed. It can be widely used in inland natural waters governance.

**Keywords:** river patrol; drowning rescue; water sample detection; intelligent navigation

### 0 引言

近年来国家大力发展环境工程建设, 特别是对自然水域的治理工作尤为重视。目前各国对水域环境的治理也极为重视, 出现了一系列无人潜航器<sup>[1]</sup>, 代替潜水员对水域进行勘探侦查, 如中国的“蛟龙号”、美国的“金枪鱼”<sup>[2]</sup>。针对在复杂水域状况下, 对落水人员递送救生装置的情况, 我国燕奎臣等<sup>[3]</sup>曾在 2000 年提出了一款可用于水面救助的机器人。

针对现在自然水域治理的 3 项难题, 即如何对河道进行实时监控<sup>[4]</sup>、在河流中央进行实时水样监测<sup>[5]</sup>和对意外落水人员进行紧急施救<sup>[6]</sup>, 笔者研制了一种可进行水样采集并携带简易救生装置的河道巡逻机器人。

### 1 结构设计

如图 1 所示, 河道巡逻机器人采用上下分离式结构设计。优化主体与附体的形态参数, 具有优越的稳定性, 可以适应复杂的救援环境, 载体仓采用

水滴形外形可减少航行阻力, 具备快速机动性。

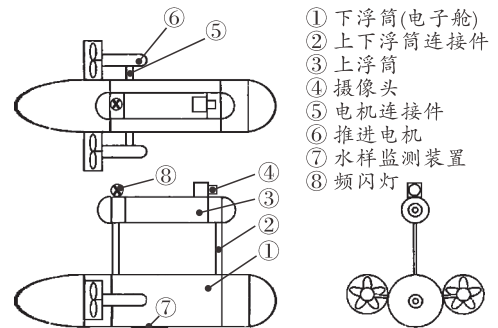


图 1 基本结构

#### 1.1 载体舱设计

河道巡逻机器人主体部分和水下机器人类似, 可以参考水下机器人外形的选择<sup>[7]</sup>。

初步估算一下航行器在水中成中性时所需的排水量:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{50 \text{ kg}}{1 \text{ kg/L}} = 50 \text{ L}.$$

其中:  $m$  为机器人质量;  $\rho$  为机器人航行水域液体

收稿日期: 2018-08-26; 修回日期: 2018-10-16

作者简介: 赵 帅(1994—), 男, 河北人, 学士, 从事电气自动化。

密度。

图 2 为河道巡逻机器人主体，主体的首端是直径为 0.2 m 的半球体，尾端修正为偏心率  $e$  为 3.5 的半椭圆体，中间部分为直径 0.2 m 的圆柱体，如图 3。其加工较简单、成本低廉、空间利用率较高，有较好的水动力性能。主体外型的各项参数<sup>[8]</sup>如表 1 所示。

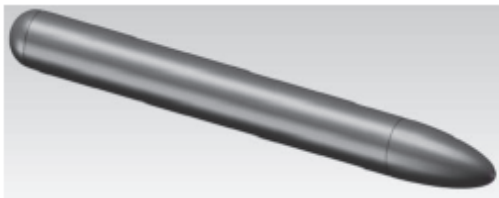


图 2 主体

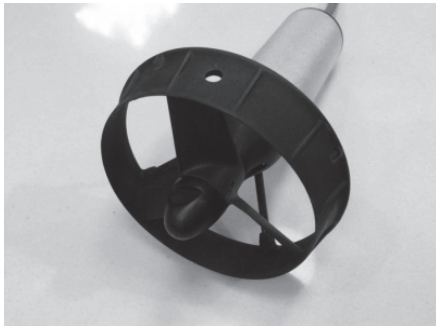


图 3 导管螺旋桨

表 1 机器人主体外型的各项预估参数

参数	数值
长度/m	1.72
质量/kg	50~60
机身	直径: 0.2 m 直线型回转体
螺旋桨	盘面比: 0.35 最大直径 0.15 m
尾舵	半展长: 0.12 m 展弦比: 1.2 后掠角 15° 线性: NACA0012
航速/(m/s)	低速: 1.5, 高速: 2.5

### 1.2 推进系统设计

推进器使用导管桨，该推进装置是在敞水螺旋桨外面罩上一个套筒或导管。导管的剖面呈机翼形，外侧平直，内部成弧形。当螺旋桨正向转动时，导管在螺旋桨旋转平面的前部产生一个负压区，在后部产生一个正压区，这样便能得到一个向前的推力。导管的静推力在零进速时最大，即机器人从静止位置开始运动时，效率最高。在低速状态下，导管桨可提高效率 20%，特别适合于河道巡逻机器人。

## 2 控制系统设计

本机器人控制系统有自动导航和遥控 2 种模式<sup>[9]</sup>。系统采用恩智浦 K60 单片机作为机器人的主控制单元，选用 NEO-M8N Pixhawk APM 作为导航控制器，选用 FPV700 现单板高清摄像头作为摄像头传感器

收集机器人周围图像信息。图像信息通过图像传输模块向上位机图像接收模块传输信息，在上位机屏幕上显示。控制原理如图 4 所示。

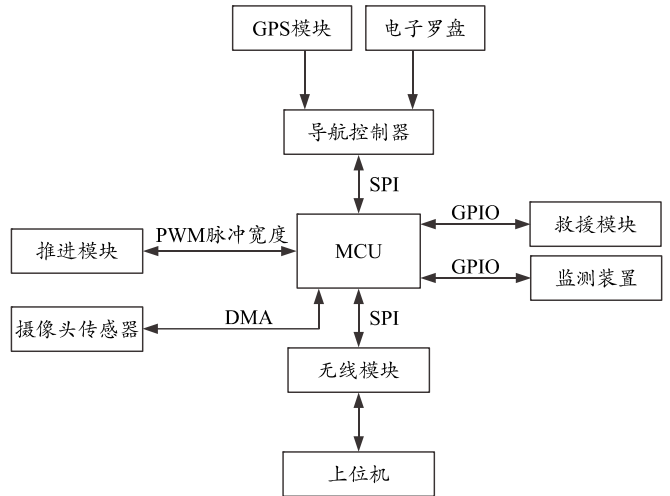


图 4 控制原理

在机器人巡逻情况下，开启自动导航模式，按照操作者规划好的路线在水面航行。机器人的上位机装有监控屏，即时显示摄像头传感器所收集到的图像信息。操纵人员通过观察屏幕上显示的信息判断是否解除自动导航模式，开启遥控模式，通过操纵上位机的控制设备对机器人进行控制，驱动机器人特种功能模块完成特种任务如对落水人员实施紧急救生等。

## 3 实验结论

### 3.1 河道动态监控

机器人水上结构的最前端置有视觉传感器。视觉传感器采集机器人周围图像后将信号传递给单片机，单片机对信号处理之后向上位机进行实时传输。通过这样的方式将摄像头捕捉到的图像反馈给操纵者，使操纵者能够时刻掌控河道周围的状况。

### 3.2 智能导航与路径规划

在机器人所需巡逻的水域内测量若干个点的地理坐标如图 5，将坐标依次录入上位机当中进行储存，并规划机器人的计划航行线。机器人上装有导航控制器，内含有 GPS 定位装置和罗盘向上位机发送机器人的所处位置和机器人的航向，上位机计算出机器人所在坐标和目标坐标方位差，以及轨迹方向<sup>[10]</sup>。通过对机器人舵角和 2 台推进器功率的控制，使机器人的航向调整为目标航向。减轻了操作者的工作负担。

机器人通过视觉传感器收集图像信息并传递给

单片机，单片机对图像信息处理后发送给上位机。操纵者通过观察上位机上的监视屏了解河道状况，一旦出现特殊情况，操纵者可以解除机器人的自动导航模式，改成遥控模式。通过对上位机进行简单的按键操作，对机器人实行人工控制，让机器人完成特殊任务。



图 5 GPS 路线规划

### 3.3 水样实时监测

机器人水下部分的中部装有自主研发的水样采集装置。该装置置于机器人电子舱内，下设 3 个探头分别置于机器人水下部分的底部。机器人在航行时，可对于水域内水体 PH 值、电导率、有机物溶解度和温度等各项指标进行实时检测，并实时显示在上位机上，一旦水体出现异样，上位机会发出警报，并对机器人坐标位置以及水体数据进行记录。

### 3.4 救生设备投掷

机器人水上部分前端开口安装气动式抛掷装置，巡逻状态时开口关闭，应急状态时开口打开抛投救生圈。当落水者需要救助时，将抛投发射器对着前方目标，该装置转动握柄使击针刺穿气瓶，同时气体将抛投器的气室迅速充满，可直接将救生圈抛射到被救目标旁边。气胀式救生圈一旦接触到水，自动充气装置就会在 5 s 内充气，使气瓶内的气体充满气室，由于气体的压力，使气室与外壳分离并自动充气成型，被救目标将会借助自动充气成型的救生圈保持体位浮在水面上，起到救生的作用<sup>[11]</sup>。自动充气式救生装置如图 6 所示。

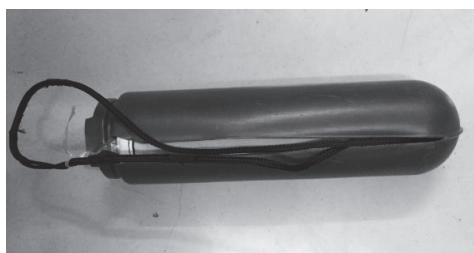


图 6 自动充气式救生装置

## 4 结论

1) 由于采用近乎全潜的载体结构，水域表面的风力、洋流对机器人的航行影响极小。该机器人采用了上下分离式设计，提高了机器人的稳心；但是质量却集中于机器人载体水下中央电子舱，使得机器人总体结构相当于一个以水下电子舱为质点的“不倒翁”，具有较强的航行稳定性。

2) 机器人可在规定水域内自主航行巡逻。该模式降低了操作人员的技术要求。在水域内实行动态监视不但可以对监控点进行静态监控，而且可以机动地对监控点进行全方位巡视，并进行拍照取证和实时水样监测，提高了监督力度，也降低了对于环境监控的经济成本，减少了人力物力的消耗。救援模块的增加也提高了水域安全保障人员的安全性，灵活机动的救援方式可减少在该水域发生人员落水溺亡的概率。

3) 以往对水域进行水样采取需要采样人员驾乘船只前往预定水域，不但消耗的人力物力较大，而且船只对水域有一定的污染。该机器人整体采用铝合金材料，轻便且成本低廉，动力系统采用锂电池提供能源，不但降低了人力物力的消耗，而且对环境污染性极小。

## 参考文献：

- [1] Defense Science Board. Next-Generation Unmanned Undersea Systems[R]. U.S.: Office of the Secretary of Defense, 2016.
- [2] 钱东, 唐献平, 赵江. UUV 技术与系统设计综述[J]. 鱼雷技术, 2014, 22(6): 401-414.
- [3] 燕奎臣, 袁学庆, 秦宝成. 一种水面救助机器人[J]. 机器人, 2001, 23(6): 493-497.
- [4] 高队队, 邵明. 河道整治与河道管理中监控技术的应用[J]. 浙江水利科技, 2002 (3): 41-42.
- [5] 李政红, 郭秀红, 汪珊. 便携式水质分析仪的技术特点和质量保证[J]. 水文, 2006, 26(6): 57-59.
- [6] 张家明. 落水事故救援探讨[J]. 消防技术与产品信息 2012(11): 20.
- [7] 蒋新松, 封锡盛, 王棣棠. 水下机器人[M]. 沈阳: 沈阳科学技术出版社, 2000: 53.
- [8] 韩晓东, 王坚茹, 孟秀清. 水下航行艇几个外形对阻力影响的数值模拟[J]. 研究与设计, 2011, 38 (9): 15-22.
- [9] 廖煜雷, 庞永杰, 庄佳园. 无人水面艇嵌入式基础运动控制系统研究[J]. 计算机科学, 2010, 37(9): 214-217.
- [10] 詹镭, 贺人庆, 谢阳, 等. 基于微型四旋翼无人机的智能导航系统[J]. 电子测量技术, 2011, 34(6): 1-3.
- [11] 欧阳利, 顾磊. 新型远距离救生抛投器的研发与应用[J]. 消防技术与产品信息, 2013(12): 29-32.