

# 基于摆线推进的多功能水质动态监测无人船

肖志航 简梓安 彭 钊  
(重庆交通大学 重庆 400074)

**摘要:** 湖泊是陆地水系的重要组成部分, 随着经济社会发展, 对湖泊的开发、治理也提出了越来越高的要求。目前我国对湖泊进行监测的方式主要有断面监测、自动面监测、浮标站监测和遥感监测等, 但这些方式都有其局限。基于此, 本项目致力于设计开发一种基于摆线推进器的多功能水质动态监测无人船, 在监测方式和推进方式上进行创新。通过根据需求设计无人船模块、通讯模块、水质监测模块, 实现灵活的动态监测。相较于传统监测模式, 具有监测灵活、监测范围广、自动化、智能化程度高、扩展性强、成本低的优点, 突破了传统局限, 从而实现更高效、智能的水质监测。

**关键词:** 资源可持续发展; 超声波传感; 水质监测; 摆线推进器

## 1. 研究背景

近些年来, 相关企业出于经济发展和工业建设的需要, 加大了对水资源的开发和利用, 但由于其环境保护意识和资源可持续发展意识的淡薄, 导致在开采和使用水资源过程中造成了的严重浪费和污染, 相关河流、湖泊污染严重, 致使诸多动植物栖息地遭受破坏, 许多乡村和城市的居民饮水被污染, 自然生态系统遭受到了非常严重的冲击。随着我国经济发展与工业建设进程的不断加快, 地表水污染现象愈发严重, 急需采取措施进行治理。水质检测是水污染治理的前提, 针对河流、湖泊传统检测方法在灵活性、便捷性与实时性等方面存在的不足, 本课题研制了一款基于摆线推进的多功能水质动态监测无人船, 搭载水质检测传感器对目标水域进行水质检测, 将获取的水质数据发送至水质信息软件端并对数据进行显示、存储和统计, 能够快速、准确地定位相关污染源。

## 2. 设计原理

总体方案设计上, 将项目分为无人船模块、通讯模块与水质监测模块。

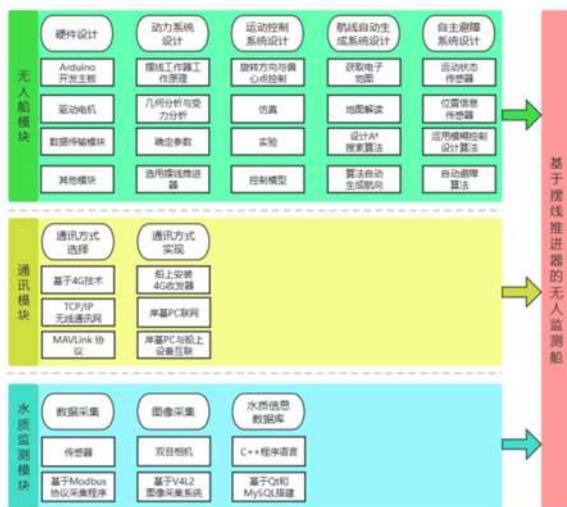


图 1: 部分关键技术实现的路线图

## 2.1 无人船模块

### (1) 无人船硬件设计

Arduino 开发主板、驱动电机、摄像头监控模块 (ESP32)、数据传输模块 (ESP8266), 以及多个用于配合相应工作的模块 (如浑浊度检测、pH 值检测等) 组成。

### (2) 动力系统设计

本项目无人船动力采用摆线推进器。首先分析摆线推进器的工作原理, 然后对摆线推进器进行几何分析与受力分析, 从而确定其关键参数, 根据需求选择参数设计摆线推进器。

### (3) 运动控制系统设计

摆线推进器对水流推力的方向取决于其旋转方向和控制点偏角, 大小取决于其转速和控制点偏心距。基于此, 通过进行仿真和实验得到控制参数, 建立控制模型, 设计运动控制系统。

### (4) 航线自动生成系统设计

首先使无人船获取电子地图, 然后采用二值化阈值处理或栅格化的方法进行地图解读, 分为可航行区域和不可航行区域, 然后设计搜索算法 (本项目采用 A\* 算法), 通过搜索算法自动生成航线。

### (5) 自主避障系统设计

在无人船上安装超声波测距传感器, GPS 模块以及 IMU 等传感器, 以获取无人船的运动状态与位置信息, 运用模糊控制理论设计算法使用传感器信息实现自主避障。

## 2.2. 通讯模块

### (1) 通讯方式选择

为保证通讯模块能够远距离、长时间、稳定地工作, 本项目使用 4G 技术搭建数据传输通讯网络。通过采用基于 4G 技术搭建的 TCP/IP 无线通讯网, 并引入 MAVLink 协议满足实时、快速地传输无人船姿态信息的要求, 建立无人船与岸基 PC 和地面站的通讯。

### (2) 通讯方式实现

选用 4G 收发器作为无人船平台通讯收发节点, 水质信息模块控制板通过连接 4G 收发器的 Wi-Fi 进而接入到网络中, 将联网的岸基软件模块 PC 与无人船平台 4G 收发器作为成员添加到公

网服务器,从而实现通讯。

### 通讯模块

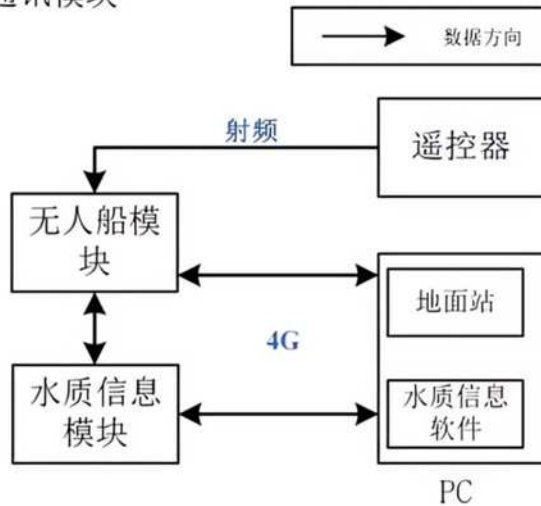


图 2: 通讯模块数据流向图

#### (3) 水质监测模块

安装传感器,以树莓派为控制板,基于 Modbus 协议编写传感器数据采集程序,设计了基于 V4L2 的双目相机图像采集系统,使用 C++基于 Qt 和 MySQL 编写了水质信息软件,搭建水质信息数据库。

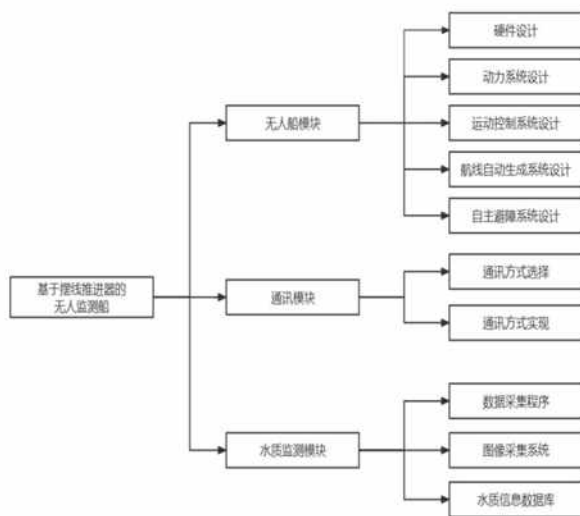


图 3: 技术路线梗概图

### 3.项目创新点

#### 3.1 创新的无人监测船设计

该无人监测船采用了基于摆线推进器的推进方式,与传统的螺旋桨有所不同。这种推进方式具有较低的噪音、高效的推进效果和稳定性,能够满足水质监测等需要。

#### 3.2 自动化和智能化

无人监测船具备自主控制和导航能力,可以根据预设的航线和任务要求进行自主航行,自动完成采样、数据记录和传输等操作。采用先进的传感器和控制系统,能够实时监测和分析水质信息。

#### 3.3 灵活的监测能力

无人监测船具有灵活的机动性,可以自由变换监测区域和路径,覆盖广泛的湖泊面积。这使得监测范围更加广泛和全面,能够提供准确的水质、植被分布、水动力学等信息。

#### 3.4 可定制和扩展性强

无人监测船的设计具有定制化改进和升级的潜力。可以根据具体应用需求,添加不同的传感器、监测设备或人工智能算法,以进一步提升监测的功能和性能。

#### 3.5 低成本和高效率

与传统的湖泊监测方法相比,该无人监测船的制造和运维成本较低。摆线推进器能效高,自动化和智能化技术降低了人力和物力投入,提高了监测效率。这使得该项目在监测领域具有较大的竞争优势。

### 4.项目特色

#### 4.1 基于摆线推进器的无人监测船

该项目采用了摆线推进器作为船只的推进方式,这种推进器具有简单、高效、低噪音等优点。相比于传统的螺旋桨推进方式,摆线推进器在湖泊监测中能够更灵活、更精确地控制船只的移动方向和速度。

#### 4.2 监测灵活、监测范围广

该无人监测船可以根据需要灵活地变换监测区域和路径,并且可以覆盖大范围的湖泊面积。这使得监测人员能够更好地获取湖泊的水质、植被分布、水动力学等信息,为湖泊的保护和治理提供准确的数据支持。

#### 4.3 自动化、智能化程度高

该无人监测船具备自主控制和导航能力,可以预先设定航线和任务,并能够自动完成水质采样、数据记录和传输等工作。监测人员可以通过远程操控或预设指令,实现对船只的全程监控和控制,从而提高监测的效率和准确性。

#### 4.5 扩展性强

该无人监测船的设计具有较强的扩展性,可以根据不同的监测需求和湖泊特点进行定制化的改进和升级。例如,可以添加多种传感器、监测设备或人工智能算法,进一步提升监测的功能和性能。

### 参考文献

[1]严赛男.摆线推进器与船体自航数值研究[D];大连理工大学.2020-05-15  
[2]陈先进.摆线推进器结构及性能优化研究[D].浙江大学,2013-03-01.  
[3]徐遥令.基于 GIS 的河流水质动态监测系统[J].电气时代,2005-09-10  
[4]闻亮.基于无人机遥感的水质监测信息集成与应用[J].江苏水利,2020-10-01