

# 一种基于 AI 视觉技术的仿生水下机器人 (ROV)

吴银伟 傅捷

中船重工特种设备有限责任公司, 湖北 武汉 430064

**[摘要]** 随着国家推进海洋强国战略, 水下机器人开始参与海洋开发与监测工作, 并发挥不可替代的作用。近些年, 国家致力于研究水下智能机器人的运动控制技术。现阶段, 国内水下机器人处在研制试验阶段, 还有待突破关键技术。本篇文章主要探讨水下机器人的特点、设计模式以及电路设计模式。

**[关键词]** 仿生机械臂; AI 视觉技术; 水下机器人

DOI: 10.33142/ec.v5i8.6556

中图分类号: TP242;TP391.73

文献标识码: A

## A Bionic Underwater Vehicle (ROV) Based on AI Vision Technology

WU Yinwei, FU Jie

Special Equipment Co., LTD. CSIC, Wuhan, Hubei, 430064, China

**Abstract:** With the national strategy of building a strong country in the ocean, underwater robots begin to participate in the marine development and monitoring, and play an irreplaceable role. In recent years, our country is committed to the research of motion control technology of underwater intelligent robot. At present, domestic underwater vehicles are in the development and test stage, and key technologies need to be broken through. This paper mainly discusses the characteristics, design patterns and circuit design patterns of underwater vehicles.

**Keywords:** bionic manipulator; AI vision technology; underwater vehicle

水下机器人顾名思义就是在水下工作的机器人, 能在水中代替人工完成某些工作, 又称之为“潜水器”。虽然研究和应用水下机器人已经日渐成熟, 但也存在技术门槛, 使得推广受限。由于水下环境较为复杂, 在设计水下机器人时, 不仅可以结合水下机器人的最终目标, 也可以参考水下环境的复杂程度, 并研制出先进的水下机器人, 进而在水下监测与研究发挥重要作用。本文研究智能水下机器人 (ROV), 既基于视觉 slam, 也基于仿生机械臂。不仅具有多功能、智能化的特点, 也拥有易操作、代人工的特征。这款机器人使用模块化设计, 适合不同的作业场景, 既可以自主作业, 也能够高效作业, 在探索水域方面发挥不可替代的作用, 并积极推进海洋强国战略。

### 1 水下机器人的特点

#### 1.1 无人化

水下机器人基本依靠智能化系统进行操控, 能够自行在水域中活动以及完成任务, 可以代替人类探索水域以及监测水域。一方面负责高危险水域探测任务, 另一方面替代人工深入水域, 不仅可以更好地完成水域探测任务, 也可以更好地避免水域探测带来的风险, 比如人员安全、数据误差等等, 确保水域探测更加准确以及顺利。比如沿海国家通常使用水下机器人监测海洋, 一方面做好军事防护工作, 另一方面做好海洋勘探工作, 充分发挥水下机器人的重要作用, 为开发海洋和保护国土安全作出积极贡献。因此, 水下机器人无人化的特点, 不仅可以替代人工探索水域, 也可以避免更多危险, 并为水域探测工作作出不可

替代的作用。

#### 1.2 智能化

水下机器人一般自带智能化系统, 可以自主潜水以及作业, 无需人为操控。由于自带智能化系统, 研究人员只要根据水下机器人传递的数据, 就可以知道水下机器人的状态以及所处水域情况, 一方面方便研究人员开展工作, 一方面减少人为操作机器人, 使得研究工作更加顺利。比如美国开发的海洋机器人“海底滑行者”, 能在海底 1000 米左右滑行半年, 行程大约为 5000 公里, 能够精准探测水雷、水面目标, 以保护美国海域安全以及国土安全, 为美国的海防军事任务做出重要贡献。因此, 水下机器人智能化的特点, 不仅无需人工操作, 还能及时反馈信息, 并为水域探测工作发挥积极作用。

#### 1.3 模块通用化

水下机器人使用模块化设计, 进而实现通用化。水下机器人的各项技术都是在功能模块中完成或者执行, 如果换模块, 也就改变了用途和性能, 同时, 模块的标准化也使得水下机器人规范研制工作, 进而改变其用途。比如美国开发的水下机器人, 通常采用模块化进行设计, 使得机器人即使执行任务, 也能分清指令, 开启各种功能模块, 而不是发生故障或者不能更改模块。正因为如此, 水下机器人达成完全自主活动的目的, 在水域世界自由行走以及自由工作, 将采集的数据反馈给陆面工作人员, 促使工作人员检索信息时, 也能快速了解水下机器人的状况以及水下的环境, 并作出相应的分析以及决策, 进而促使水下机

机器人作业进展更加顺利。

## 2 设计模式

### 2.1 图像视觉识别系统

采用单级式目标检测算法，不仅要结合谷歌的 OpenImage 数据集，还要参考实地勘察拍摄的样张。采用 Labelimg 对其实施标注，生成 yolo 专用标签。标注之后，既有图像集，也有标签集。每个文件夹既有 train 文件夹，也有 test 文件夹。预处理数据集之后，采用最新的 YoloV5，实施训练、检测，训练了 YOLO 网络。最后，基于 MSRCR 算法的低照度，提升图像的亮度，对鱼类的识别效率进行提升。

### 2.2 识别机械臂的手势

在水下，为了做好复杂作业，水下机器人需要配置一双高自由度的机械臂。操作者需要戴上手套，远程运行操作，机械臂及时模仿相应的动作，完成水下作业。控制手套不仅装配 MPU9250 姿态传感器模块，也配置弯曲传感器模组。姿态传感器既有高精度的陀螺仪，也有加速度计，还有地磁场传感器。既要使用高性能的微处理器，也要应用先进的动力学解算，还要涉及卡尔曼动态泄波算法，及时计算模块的实时运动姿态。在对姿态进行识别时，使用数字滤波技术，实验数据得出结论，将测量噪音降低，测量精度有所提升。关于远程控制方面，使用 ESP8266 无线通信模块，陀螺仪对手势数据进行解析之后，将数据传递给手势识别接收器，手势识别器借助电力载波通信，将数据准确地向水下机器人的主控板传递，避免丢失远距离传输数据，进而精确地对机械臂实现远距离 PID 控制。

在地面端电脑上，插入手势数据接收器的 USB 接口，将串口模块对应的驱动 CH340 进行安装之后，“WIFI 建立当中”会显示在手势数据接收器的 oled 屏幕上，稍等片刻之后，就会出现“WIFI 已建立”。此刻，戴上手套控制器，打开开关，就会显示“正在连接中”，稍等片刻之后，就会显示“已连接”，就可以操控机械臂。

### 2.3 自控 PID 水下运动姿态

在超越潜水极限的水下环境中，水下作业环境相当恶劣，为了促使机器人在水下稳定运动，同时，促使操作者更好地操作机器人，采用自适应 PID 算法控制，一般的 PID 控制既只有固定的比例参数，也只有固定的积分参数，还只有固定的微分参数。由于海洋环境相对比较复杂，不可避免地存在多个干扰因素，可能改变模型结构。一般的 PID 算法控制不适应于复杂的海洋环境。而自适应 PID 算法控制因为环境的变化，既改变 PID 的比例参数，也改变积分参数，也改变微分参数，在非线性系统中，具有较好的控制能力，导致系统的适应性有所提升。

PID 算法通过线性组合，将比例、积分以及微分形成控制量。控制量用来控制被控对象，所以，成为 PID 控制器。PID 控制既有比例控制环节，也有积分控制环节，还

有微分控制环节。比例控制环节就是放大目前时刻的偏差比例；积分控制环节就是对过去时间的偏差实施积分；微分控制环节就是借助偏差的偏差，判断控制系统的输出走向，对其进行超前调节。水下机器人的无刚电视借助 PWM，不仅控制转向，也控制转速，采用姿态传感器，计算姿态数据。当姿态数据产生偏差时，采用 PID 控制，对 PWM 进行输出，不仅持续调整电视的转向，也要持续调整其转速，使机器人处在平衡状态，既发挥抗风作用，也发挥抗浪作用，还发挥抗水流作用。

### 2.4 远程控制

#### 2.4.1 上位机搭建模式

采用本上位机互通互联水下机器人，及时操作本产品，可视化监测传感器数据。对框架进行搭建时，采用 PYQT5 模块进行搭建，既有良好的兼容性，也有良好的稳定性，采用 PYGRAPH 可视化各种传感器数据，采用 Threading，实施多线程优化，达到多数据可视化，实现实时绘制。在远程连接与控制方面，为了避免延迟，在持续连接下，采用 UDP 与 TCP 协议结合的方式。UDP 连接不仅要传输机械臂数据，也要传递上位机操作数据。TCP 连接负责传输视频图像，不仅并行高速传输视频数据，也并行高速传输传感器数据，减少线程阻塞，以免导致延迟。在输出视频之前，采用 MSRCR 算法处理图像，也采用鱼类检测图像，操作处理之后，再对其进行输出。

#### 2.4.2 利用网站渠道

就用户而言，可视化的页面是了解机器人的重要渠道。良好的视觉效果页面可以吸引浏览量，来源于前端技术支持。Web 前端开发技术既有 HILM 主要语言，也有 CSS 主要语言，还有 javascript 主要语言。本次项目的页面来自这三种主要语言的支持，用户登录之后，通过标题栏，浏览网页的整体架构，点击不同的标题，进入不同的界面。

#### 2.4.3 开发 APP

在复杂的水下环境中，虽然机器人代替人工作业，但缺少远程控制。APP 不仅采用 JAVA IO 流，也使用异步线程，以 MQTT 协议为通信方式，与远程服务器实施通信，服务器既可以获取机器人的工作状态，也可以获取其环境参数，并在界面上展示，使得水面可以掌控水下状况。同时，用户对外发送指令，通过界面，借助服务器的处理，将其送到指定设备，系统处理之后，作出应答操作。

### 2.5 环境监测系统

#### 2.5.1 水质混浊度

对 TDS 传感器模块进行模拟，2pinXH-2.54 接头连接 TDS 探针，对水质混浊度进行检测，并能及时储蓄以及传送数据，相对于人工检测而言，不仅更加高效，也更加精准，进而促使水质混浊度检测更加精准以及快速。当研究人员分析这些数据时，也可以根据分析结果，提出相关改

善建议以及策略,并向外界披露反馈以及披露,进而有利于改善水质混浊度。

### 2.5.2 水体酸碱度

在水质检测中,借助 BNC 接头,PH 传感器模块连接 PH 复合电极,对水体酸碱度进行检测,并能及时存储以及反馈数据,相对于人工检测而言,不仅更加及时,也更加准确,进而促使水体酸碱度检测更加及时以及科学。当研究人员获取这些数据,也会对其进行分析,并作出相应的报告,促使相关人员更好掌握水域的水体酸碱度,进而得到相关科学结论。

### 2.5.3 下潜深度

MS5837 压力传感器连接 12C 接口压力传感器,水深测量分辨率为 2mm。水深传感器主要为了探测目前的水深深度。因为水域探测的深度也是科学研究的重点,标志人类水下研究的突破性,在科学研究方面具有重要意义。所以,了解水下机器人的下潜深度,一方面可以了解所在深度的海洋环境,另一方面可以了解水下机器人的下潜深度,促使研究人员更好地了解科研成果,并在此基础上突破局限以及创新数据,进而刷新水下机器人的下潜深度。

### 2.5.4 检测悬浮物与重金属

浊度传感器模块采用 3pinXH-2.54 接头连接浊度传感器。根据数字量输出阈值,调节 10K 蓝色电位器的旋钮。如果水域出现悬浮物与重金属,浊度传感器就会发挥作用,收集相关方面的数据,存储或者反馈给工作人员,使其了解水域悬浮物与重金属的具体情况,并对水域开展打捞以及保护工作,促使水域更加安全。

## 3 电路设计模式

### 3.1 机械臂

在供电方面,机械臂采用 XL4016E 大功率降压芯片,输出 8A 电流。机械臂是水下机器人的重要组成部分,在水下作业方面发挥重要作用,并使得水下机器人更好完成任务。水下机器人因为拥有足够的电流支持,可以在水下稳定作业,有利于开发以及监测水域环境,进而为水域研究以及保护作出积极贡献。可见,机械臂对于水下机器人而言,特别重要,如果没有机械臂,水下机器人将寸步难行。

### 3.2 反接电路

为了防止烧毁主控板,采用 PMOS 管做反接保护。当人们反接时,US=UG,达到反接电路保护的效果。如果水下机器人没有反接保护,那么,反接电路之后,根本无法开展水下作业,进而影响水域研究以及勘探工作。可见,反接电路尤为重要,不仅可以确保水下机器人顺利作业,也可以确保水下机器人不会受损,进而发挥水下机器人的重要作用。

### 3.3 推进器

在供电方面,推进器使用 XL4016E 大功率降压芯片,支持 DC-DC 转换,固定开关频率为 180KHZ,调节 1.25-36V

电压。水下机器人因为有推进器的推动,水下作业更加游刃有余,不会因为短路原因,导致无法继续作业,并充分体现了推进器的重要。可见,推进器就是为了推进水下机器人,使其在水域中自由滑行,如果没有推进器,水下机器人也无法在水域中畅游,更无法提供更多数据。

### 3.4 电力载波

在供电方面,电力载波使用 LM2596 降压型电源管理集成芯片,输出 3A 驱动电流,固定开关频率为 150KHZ。一方面为了保护电量,另一方面降低发热量,不仅有利于水下机器人持续作业,也有利于其保护自身,避免耽误工作以及损坏自身,发挥了保护水下作业的作用。可见,电力载波对于水下机器人而言,也是特别重要,有助于水下机器人持久滑行,如果没有电力载波,水下机器人无法持续作业,进而影响其取得相关数据。

总之,随着国家推进海洋强国战略,水下监测与研究工作也在稳步进行,水下机器人也在参与其中,使得水下监测与开发工作进展顺利。由于水下环境的复杂性,水下机器人在监测与研究时,应根据水下环境以及研究目的,设计更多符合水下监测与研究的模块,使得水下机器人在水域中自由滑行,并收集水下相关数据,可供研究人员分析,进而总结相关问题以及建议。水下机器人既有多功能特点,也有独特性特点。既可以协助研究人员完成水下研究工作,也可以配合研究人员保护水域环境,通过水下作业以及勘探,解决人类深入水域作业的难题,并为研究人员提供大量的研究资料,不仅具有不错的市场前景,也拥有良好的发展潜力。

### [参考文献]

- [1]张吉,田军委,王沁,等.水下机器人的机械手臂设计与仿真[J].制造业自动化,2018,40(3):9-12.
  - [2]汤士华,李硕,吴清潇,等.一种基于视觉的水下机器人动力定位方法[J].海洋工程,2006,24(2):112-117.
  - [3]洪晔,边信黔.基于传感器信息的水下机器人动态避障研究[J].传感器与微系统,2007,26(1):24-26.
  - [4]段群杰,张铭钧,吕超.基于传感器信息的水下机器人滚动路径规划[J].传感器与微系统,2006,25(9):40-42.
  - [5]许广清.8A4 水下机器人控制系统[J].船舶工程,1997(3):42-45.
  - [6]闫兴坤,张龙.基于仿生水母机器人的机械臂设计与仿真分析[J].兵工自动化,2019,38(6):62-65.
  - [7]余明刚,张旭,陈宗恒.自治水下机器人技术综述[J].机电工程技术,2017(8):155-157.
- 作者简介:吴银伟(1984.5-)男,武汉理工大学工学硕士,现为中船重工特种设备有限责任公司研发人员,中级工程师;傅捷(1986.9-)男,武汉工程大学,工程师,中级职称。