

doi: 10.7690/bgzdh.2016.05.023

水下探测机器人的研发与测试

王新海, 李首富, 张 宴, 周仙明, 李 超
(运城学院机电工程系, 山西 运城 044000)

摘要: 为研究水下输油管道漏油点检测方法, 基于水下机器人平台设计具有自主决策的探测机器人, 使用智能检测判断规则, 并通过试验验证该方法的可行性。实验结果表明, 水下探测机器人可以自作决策并有效进行水下探测任务。

关键词: 水下机器人平台; 智能控制; 红外传感器
中图分类号: TP242 **文献标志码:** A

Development and Testing of Underwater Detection Robot

Wang Xinhai, Li Shoufu, Zhang Yan, Zhou Xianming, Li Chao
(Department of Electrical & Mechanical Engineering, Yuncheng University, Yuncheng 044000, China)

Abstract: In order to study the detection method of oil spill detection in underwater oil pipeline, the robot fish with autonomous decision making is designed based on the underwater robot platform, and the intelligent detection rule is used. The feasibility of the method is verified by experiments. The experimental results show that the robot can make the decision and carry out the task of underwater detection.

Keywords: underwater robot platform; intelligent control; infrared sensor

0 引言

机器鱼的研究和开发宗旨是: 根据鱼类所具有的游动的特殊特征, 灵敏的感觉器官和处理机理, 结合现代科学技术, 开发出高效、高机动性、智能化的水下作业机器人系统、水下运载器等, 以帮助人类解决工作、生活中的具体问题。

目前, 水下机器人的研究已经取得了较大进步, 正逐步形成产业, 应用范围已日趋广泛。在总体控制、智能化传感器、综合定位与导航机水下通信等关键技术进一步成熟与发展后, 水下机器人将更加智能、可靠与实用, 在军事及海洋各个领域将有更加广阔的应用前景。

经过多年的发展, 水下机器人的应用领域越来越广泛, 随着社会的进步, 对水下机器人的各项要求也越来越多, 主要包括:

- 1) 使机器鱼运行得更远, 可以在更深的海域进行各种工作;
- 2) 使机器鱼的功能更加强大, 可以从事海洋中的各种工作;
- 3) 使仿生机器鱼的结构更加合理, 能像鱼一样灵活、快速, 可以实现鱼的各种运动功能;
- 4) 使机器鱼的操作系统更加智能化, 向着由机器人自行处理问题的方向发展。

水下探测机器人目前研究多采用线控 ROV 技术配备摄像头采集数据, 人工识别判断现场环境然后人工决策控制机器人动作。笔者尝试在仿生水下机器人上, 使用自主控制方法进行探测的试验研究。

1 水下机器人平台介绍

现使用的水下机器人平台如图 1, 在水下没有自主巡线能力, 只能通过遥控控制平台来控制; 没有设计具体任务功能, 使用者可以在此基础上用来开发改进应用。



图 1 水下机器人平台

1.1 水下机器人平台控制系统

水下机器人平台采用 ATmega128 芯片作为主控板。ATmega128 是一个很复杂的微处理器, 其 I/O 数目为 AVR 指令集所保留的 64 个 I/O 口。

ATmega128 AVR 有整套的开发工具, 包括 C 编

收稿日期: 2016-02-25; 修回日期: 2016-03-28

作者简介: 王新海(1977—), 男, 山西人, 工学学士, 讲师, 从事机械设计制造及其自动化研究。

译器、宏编译、程序调试器、仿真器和评估板^[1-2]。

水下机器人平台将 ATmega128 固定在一块电路板上，如图 2。

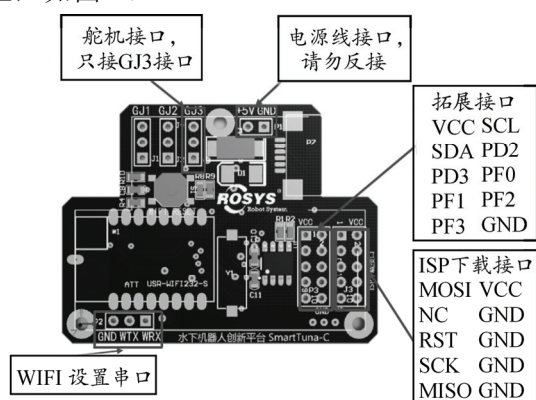


图 2 控制板 pcb 图

1.2 水下机器人平台驱动系统

水下机器人平台采用一个伺服电机作为动力系统，大部分机器鱼利用自身作为推进器^[3]，进行波浪摆动推进，身体左右摆动击水，利用流体产生的反作用力获得鱼体前进的推力。水下机器人平台采用舵机驱动一个橡胶扇形鱼尾左右摆动，模仿自然界的鱼类，通过鱼尾的摆动实现水下游走，通过仿生原理^[4]，使机器鱼在运动过程中耗能更少，获得较高的能源利用率。

2 水下机器人平台设计任务

根据国际水中机器人大赛的基础组输油管检测技术挑战赛的规则，机器鱼沿着输油管线游动，不得偏离管线。从正上方观察，若机器鱼与管线没有重叠，则比赛停止，计时结束。游动的同时检测管线上标记的漏油处，检测到漏油处时通过一定方式现场告知裁判及观众，可以是声音、光、回传 PC 机数据等，机器鱼全身进入终点区比赛结束，计时停止。

根据比赛的规则，笔者针对现有水下机器人平台的局限性，对其进行了结构改进、电路设计、防水处理，并增加了红外传感器。经笔者改进后的水下机器人平台可以实现水下输油管道的自主巡线，自主检测漏油点并且以蜂鸣器报警的方式反馈给观众和裁判。其设计要求为：

- 1) 基于水下机器人平台进行组装和改装。
- 2) 将水下机器人平台由原来的控制类改装成非控制类。
- 3) 可以自主巡线完成比赛所规定的路线。
- 4) 自主检测管道上的漏油点并作出报警。

3 设计方案

常规的机器人壁障系统多采用红外线漫反射传感器^[5-6]，在水下机器人平台的结构改进过程中，传感器的选择经过多次实际测试，最终设定了以下 3 种方案：

方案 1：采用 4 个红外线漫反射式避障传感器（简称红外传感器），将其安放在鱼的配重块下方，将固定支架杆加长，使结构件两侧可以卡在水管的上面，以保证机器鱼在游动过程不会偏离管道。红外传感器安放于一排，中间 2 个用于检测漏油处，旁边的 2 个用于机器鱼在水中的路线调整，安装传感器的整体三维图见图 3，实际效果见图 4。

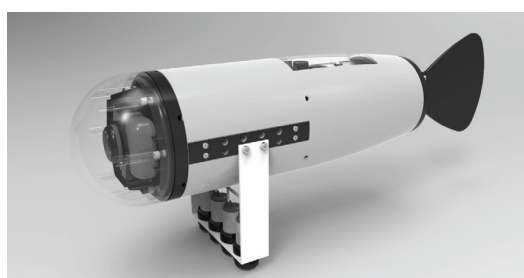


图 3 传感器安装结构三维图

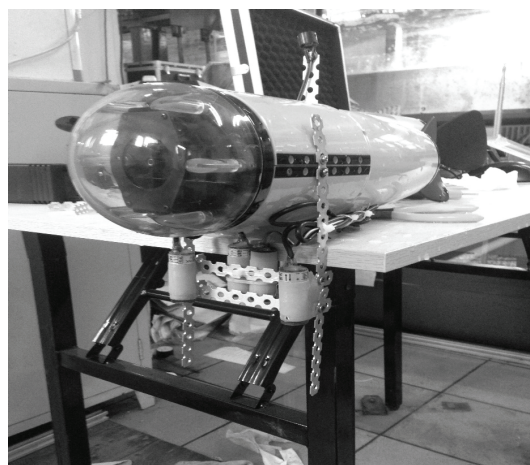


图 4 方案 1 实际效果图

方案 2：笔者采用 6 个红外传感器，其中采用 4 个红外传感器用于管道检测，确定鱼在管道上方行走，让机器鱼不依赖于结构件两侧的杆也能完成循迹的过程，其余 2 个红外传感器用来示警漏油点，传感器安装实物见图 5，这样就能让其更完善、更合理地完成任务。

方案 3：笔者采用 8 个红外传感器，其中 3 个用来确定路线，5 个用来确定漏油点的位置。笔者让其中一个红外传感器在前方，这样在拐角处就可以提前判断路线的方向，提前做准备，后方 2 个红外用来调整鱼的方向。采用 5 个红外传感器作为漏

油检测，可以更加稳定地检测到漏油位置，保证无
误判或漏判。

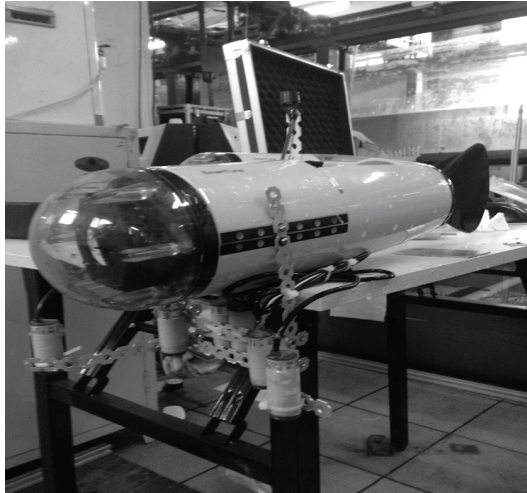


图 5 方案 2 实物图

比赛中，游动的过程中，检测管道上标记的漏
油处，并使用声音示警，用蜂鸣器作为示警装置，
系统结构示意图见图 6。

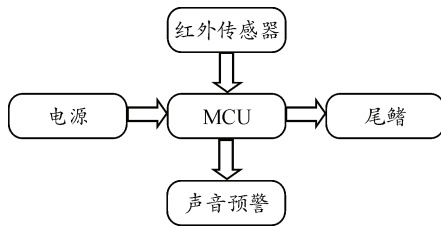


图 6 系统结构框图

4 根据设计方案对机器人进行改进

4.1 线路改进

对水下机器人平台进行改装的过程中，笔者要
用到红外传感器、报警器（蜂鸣器）、声控开关。要
使这些器件与电路板连接起来，就需要从电路板上
引出更多的接线头。这就要考虑到怎么引出接线头
以及线路的防水问题。

在对水下机器人的研发中，防水工作非常重要。
没有良好的防水，水下机器人就不能正常工作；因
此，笔者对其电路进行以下几方面改进：

由于线路需要的 I/O 口较多，而水下机器人平
台预留的 I/O 口较少；所以从控制板 ATmega128
贴片芯片上再引出了一些 I/O 口，见图 7。

线路从控制舱中引出时，从原控制舱预留的封
闭引出口引出，将原控制舱预留的封闭口打开引出
接线。控制舱与线路的防水，笔者采用密封式的，
就是将线引出后再将引出口用封，密封结构见图 8。

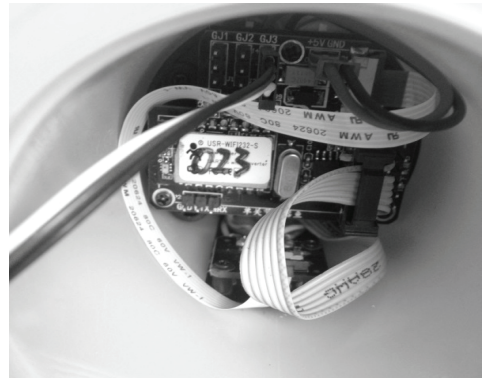


图 7 内部线路

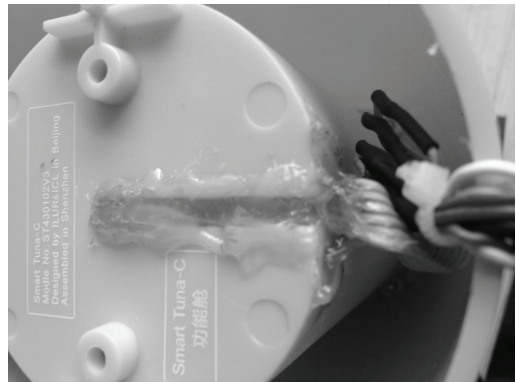


图 8 引线密封结构

4.2 传感器的选择

结合比赛要求和实际情况，笔者用白色的 PVC
管道代替输油管道，PVC 管上的黑点模拟管道的漏
油点，基于黑、白 2 种颜色，传感器的选择有 2 个
问题。

4.2.1 传感器的选择

笔者最初选择光电传感器，因为这种传感器普
遍且稳定好用，但这都是在陆地上的情况，到了水
下具体情况并非如此，其发射距离会变得很短，这
就大大地增加了难度。于是笔者寻找另一种传感器
——红外对管传感器，它在陆地上的测量距离达到
80 cm，经测试，其水下的测距比光电传感器更远。

4.2.2 传感器的防水问题

普通红外传感器外形是圆柱形，外壳材料使用
塑料材质，经实际测试，其防水效果较差。所以需要
对传感器进行防水处理，先将传感器使用热吹风
加热，使圆柱壳内部的温度升高，内部压强增大将
内部空气排出，之后将传感器快速浸泡在常温下清
漆中；但传感器温度下降，清漆在内外压强差作用
下渗透到传感器的缝隙，彻底冷却后取出，自然晾
干外部清漆，这样可以使红外传感器具有较好的防
水效果。

5 水下机器人创新平台的调试

5.1 调试平台

按照设计任务搭建水下机器人测试平台，测试用水池为标准 3 m×2 m×0.4 m 的长方形水池，水面高度为 26 cm，池底和池壁为湖蓝色，水中的 PVC 管为模拟输油管道长度，黑点为漏油点实验场景，见图 9。

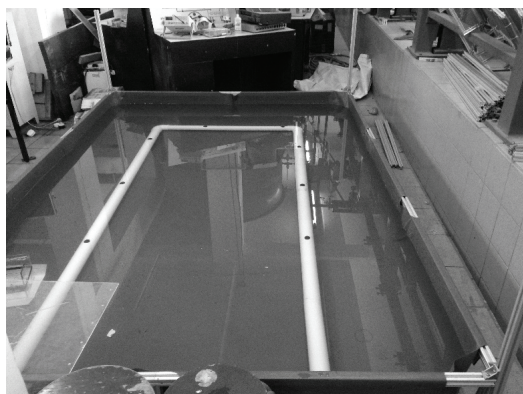


图 9 测试场地

5.2 测试要求

整个测试过程中，机器鱼始终不能偏离管道，并且要求机器鱼完全自主判断完成，找到漏油点使用蜂鸣器蜂鸣提示，游完整个管道，测试整体耗时。

5.3 调试过程

调试过程分 3 个步骤：

1) 传感器的调试。

传感器的调试主要是调节红外传感器的水下测试距离。测试距离调整需要调整电路的电位计的值，按水下红外穿透距离进行调整，调好之后再吧调节位置用防水胶封死。

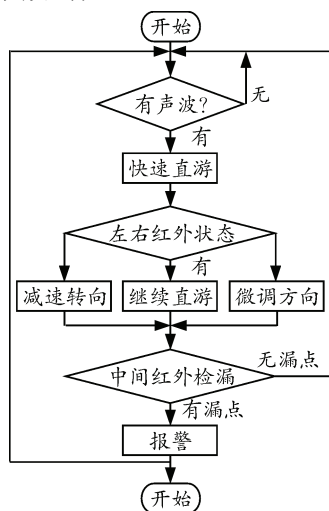


图 10 自主控制程序流程

2) 传感器位置的调试。

为了找到适合水下机器人平台的最优位置，传感器安装位置的前后高低都要调试，使传感器可完全识别管道，保证机器鱼在游动过程不会脱离管道。

3) 程序的调试。

可以进行底层软件编程，使用水下机器人平台使用 AVR ATmage-128 芯片进行程序开发。程序基于 uCOS-II 进行拓展编程。设计简要自主决策程序流程图见图 10。

6 实验结果

经多次调试测试，直线测试过程见图 11，转弯测试过程见图 12，可知方案 3 的效果最好，测试过程没有误判。机器鱼能沿着输油管线游动而不偏离管线。游动的同时，机器鱼会检测管线上标记的漏油处，并通过蜂鸣器报警，没有出现误判或漏判的现象，最短耗时 43 s，达到了设计要求。综合 3 个方案实验情况的表明：水下机器人平台采用方案 3 的方法取得了较好的实验效果，具备了自主判断沿着管道走的能力而且准确地找到了漏油点。

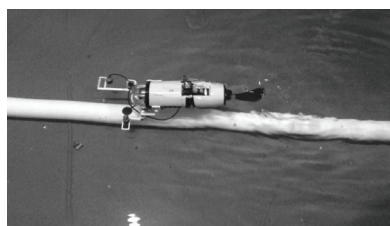


图 11 直线测试过程

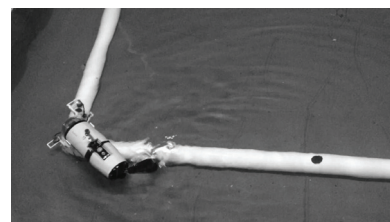


图 12 转弯测试过程

7 结论

实验结果表明该方法有效。但由于红外传感器探测信息有限，目前机器鱼只能探测障碍物的有无，实际应用中容易受到外界的干扰，无法得到准确的信息，必须为机器鱼集成多种传感器才能使之具备自主路径规划和自主导航功能^[7-8]，这样在对多元环境信息处理的基础上，机器鱼就能通过智能决策选择最佳的游动路径与最有效的游动方式，这也是下一步要开展的工作。