

用于近海海洋环境检测的轻型机器人

孙虎元, 孙立娟, 侯保荣, 王在峰

(中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 介绍一种新研制的用于近海海洋环境检测的轻型机器人, 该机器人由智能检测控制台、水下检测器和控制电缆三部分构成; 水下检测器由 6 个独立密封舱室和尾翼组成, 具有一个主推进器和两个侧向推进器。特点是采用了潜艇式 ROV 结构, 大幅降低了成本, 适度增大了负载, 可以满足一般工程检测的需要。通过在控制台上发出指令, 可控制 ROV 完成前进、后退、上浮、下沉、左右转弯等动作; 可以实现一定流速下的动力悬停, 可以使 ROV 保持一定的倾角, 以配合实现检测作业。该水下机器人可以检测腐蚀电位、温度、深度等最多 16 个参数, 设计深度为 40 m。

关键词: 水下机器人; ROV; 检测; 近海; 海洋环境

中图分类号: TP242 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-2029 (2005) 01-0010-04

引言

水下机器人也称为潜水器 (Underwater Vehicles), 分为载人和无人两种; 无人潜水器又包括有缆遥控和无缆遥控两大类^[1]。1986 年实施 863 计划之前, 我国就已经研制出工作深度为 300 m 的有缆遥控水下机器人。在 863 计划组织下, 一方面实现了有缆到无缆的技术突破, 另一方面工作深度达到 6 000 m, 使我国机器人的总体技术水平跻身于世界先进行列, 成为世界上拥有潜深 6 000 m 自治水下机器人的少数国家之一。^[2-4]

然而, 我国在 ROV 商业应用方面发展缓慢。世界上第一台无人潜水器“Poodle”诞生于 1953 年。从 20 世纪 70 年代, 随着海上石油开采的兴起, 水下机器人的发展掀起了高潮; 开发出一系列能在不同深度、可进行多种作业的机器人。它们可用于石油开采、海底矿藏调查、打捞作业、管道铺设及检查、电缆铺设及检查、海上养殖以及江河水库大坝的检查

等方面。目前世界上已研制成的遥控水下机器人 (ROV) 在 1 000 台以上。ROV 商业化应用的瓶颈有两点: 一是价格昂贵, 二是与现场检测的实际需求有距离。

本技术的特点是采用了潜艇式 ROV 结构, 大幅降低了成本, 适度增大了负载, 可以满足一般工程检测的需要。这种潜艇式 ROV 结构已经申报了专利。它可以在控制台上发出指令, 控制 ROV 完成前进、后退、上浮、下沉、左右转弯等动作; 可以实现一定流速下的动力悬停, 可以使 ROV 保持一定的倾角, 以配合实现检测作业。

1 机器人的组成

RM-1 型海洋腐蚀检测机器人主要由: RM-1 水下检测器 (简称水下机)、智能检测控制台和控制电缆三部分组成。

智能检测控制台主要由显示区、控制面板和标识组成, 它采用梯形前面板结构, 详见图 1a。用户通过智能检测控制台的控制面板来控制水下检测器的所有动作过程。控制面板位于控制台的前面板右侧, 由多个按钮和指示灯组成。主要功能按钮包括水下机开机、水下机关机、硬盘录像、启用探照灯、切换摄像头和参数测量。水下机的动力控制包括前舱沉浮控制、后舱沉浮控制、主推进器调速及转向

收稿日期: 2004-07-22

基金项目: 青岛市科技发展计划重大项目 (01-01-1-2-3); 山东省科技发展计划项目 (031070118); 中国科学院海洋研究所领域前沿项目 (L58022808)

作者简介: 孙虎元 (1970-), 男, 辽宁省阜新市人, 研究员, 博士后, 从事海洋环境腐蚀监测方向的研究工作。

制等部分。用户发出的指令通过控制电缆到达水下检测器的主控舱。在主控舱将进行指令分配、状态识别、动力分配等程序，完成对水下检测器其它舱室的控制。水下检测器采用潜艇式结构见图 1b，它由主控舱、前置舱、前水气舱、后水气舱、后置舱和气瓶舱 6 个独立密封的舱室组成，高 1.65 m，重 55 kg 水下检测器在运输和贮存时可以竖置，使用时必须平放在水中。



图 1 RM-1 型海洋腐蚀检测机器人

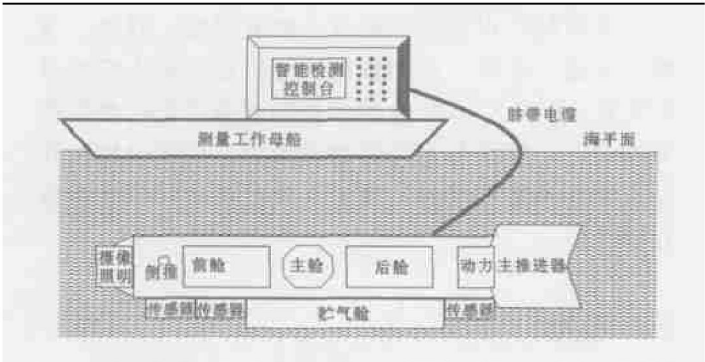


图 2 RM-1 型机器人工作状态的主要结构

检测作业是通过 ROV 上携带的各种检测传感器来实现的（图 2）。携带的传感器根据需要检测的目的不同而不同，同时要考虑到 ROV 上空间限制和载重能力限制。该水下机器人可以检测腐蚀电位、温度、深度等最多 16 个参数，其中包括：深度传感器两只（前后舱各一只，用来探知深度及倾角）。该水下机器人还带有探照灯的高分辨率摄像头、备用红外摄像头，以及动力传感器和自身工作状态监测传感器。

该水下机器人的设计深度为 40 m，主要用来进行近海海洋结构物的检测，如近海石油平台、码头基础、浮岛等的检测。

2 智能检测控制台

智能检测控制台是机器人面向用户的唯一的操作界面，其显示区亦即软件界面区，主要由视频区、测量数据显示区及信息提示栏等构成。智能检测控制台开机后将进入智能检测控制台软件界面（图 3）。视频区的图像从水下机开机之后即可显示；其它指令控制功能和参数测量均需经过一个大约 1min 的开机准备过程。硬盘录像功能自智能检测控制台开机后即可进行，无论水下机开机还是关机。



图 3 智能检测控制台的测量参数采集

3 机器人的动力控制

3.1 水下机上升、下潜

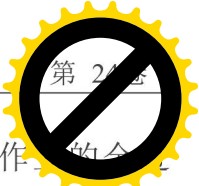
RM-1 型海洋腐蚀检测机器人采用了前后两个水气舱。对水下机前部、后部既可以单独上升或下潜，也可以同时上升或下潜，而且软件界面可以显示前部、后部之间的倾角，用户就可对水下机的姿态进行有效的调整。

点按“联动”按钮，可以实现联动和取消联动的切换。按钮绿色指示灯常亮表示联动功能开启；按钮绿色指示灯熄灭表示联动功能关闭，水下机前部、后部取消统一动作。

在水下机开机后，默认为设置联动，联动按钮绿灯常亮此时可控制水下机前部、后部同时上升或下潜。

3.2 水下机前进、后退

水下机前进、后退的速度可以实现无级连续调速，也可以按档位调整。档位调整通过档位按钮和



快速微调来实现；无级调速通过档位按钮和快速微调来实现。

这种通过快速微调实现的无级调速可以做到一定流速下水下机相对于被检测物的相对静止状态，即所谓的“悬停”。

主推进器调速的前进 4 个档位，速度依次递增。点按主推进器调速前进部分的某个按钮，主推进器调速的后退 4 个档位，速度依次递减。

水下机前进或后退中水流速度会发生变化，控制面板的微调按钮可以控制水下机随流速变化逐渐改变动力速度。

(1) 中档微调：中档微调可以缓慢改变水下机前进或后退速度，中档微调调节幅度为 1/16 档位。

(2) 快速微调：快速微调每次调节幅度为上次调节幅度的一半。通过连续点按加速按钮或减速按钮，可以快速调整到所需要的速度。同中档微调相比，它可以快速改变水下机的速度，但多次调节幅度逐渐减小，直至趋近于零；此时只能通过档位调整或者中档微调改变调节幅度，再进行调整。

3.3 水下机的动力转向

水下机通过侧向推进器推水来实现动力转向，包括向左转、向右转和停止 3 个状态。侧向推进器位于水下机前部两侧。

3.4 动力暂停

动力暂停功能是指在水下机运行过程中，由于特殊原因，需要临时停止全部动力而设置的一种功能。通过控制台上的按钮可以实现动力暂停功能切换。红色指示灯亮，系统记忆所有现场动力状态，并全部停止；红色指示灯熄灭，系统恢复原来记忆的所有动力状态，包括主推进器速度、转向和前后舱沉浮状态。

动力暂停功能不影响参数测量、切换摄像头、启用探照灯和硬盘录像功能。

在参数测量操作时，如果现场条件允许，建议采用此功能，可以避免自身动力对测量的影响，提高测量准确度。

4 机器人的功能控制

4.1 硬盘录像

使用硬盘录像功能可以记录检测作业的整个过程。它在控制台软件启动后即可使用，与水下机是否开机无关。视频信号只经过简单处理后，经过脐带电缆到达智能检测控制台进行数字化处理，检测过程实时显示并自动存储在计算机硬盘上。默认视频存储目录是 D 盘根目录。在检测作业时，可以在水下机开机前打开硬盘录像功能。

4.2 启用探照灯

为了清晰的观察水下结构物的位置和状态，可以打开探照灯。此功能可与切换摄像头、硬盘录像功能配合使用。

4.3 切换摄像头

若水下环境较暗，点按“备用摄像头”按钮切换成红外摄像头。绿色指示灯常亮代表使用备用的红外摄像头；绿色指示灯熄灭表示使用主用的高清晰 CCD 摄像头。

此功能可与启用探照灯、硬盘录像功能配合使用。

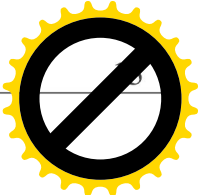
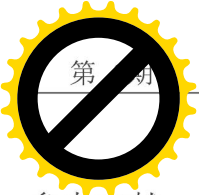
4.4 测量参数采集

本系统可以采集的测量参数有深度、倾角、速度、温度、电位，这些数值均可以在屏幕上实时显示更新，见图 2 有关这些参数的测量手段可参阅相关专利^[5,6]。系统是否采集测量参数可以通过按钮切换，停止采集数据时，最后一次的采集结果将保留在屏幕上。

5 结论

RM-1 型海洋腐蚀检测机器人是针对海洋环境中各种水下钢结构物实施检测的小型专用机器人，针对钢结构物的腐蚀状况实施检测是保证结构物安全的重要手段。RM-1 型海洋腐蚀检测机器人可以实现数据及图像采集功能，可代替潜水员对海洋环境中的结构物进行遥检，完成电位、温度、深度等数据采集及昏暗海水中摄像等工作，具有精度高、体积小、轻便灵活、工作稳定等优点。

该型海洋腐蚀检测机器人可以广泛应用于石油平台、海底管线、跨海大桥、钢桩码头、大型轮船等的水下腐蚀状况检测，同时也可胜任浅海海洋调查、水文勘测等部分任务。



参考文献:

- [1] 封锡盛. 从有缆遥控水下机器人到自治水下机器人 [J]. 中国工程科学, 2000, 2 (12): 29– 33.
- [2] 李一平. 水下机器人——过去、现在和未来 [J]. 自动化博览, 2002, 19 (3): 56– 58.
- [3] 6 000 m自治水下机器人项目总体组. 6000 m水下机器人专题概述 [J]. 高科技与产业化, 1996, (2): 26– 34.
- [4] 陈建平. 我国潜水器发展状况及存在的问题 [J]. 机器人技术与应用, 1999, (2): 7– 9.
- [5] 孙虎元, 王佳, 朱素兰, 黄彦良. 单总线复合腐蚀传感器 [P]. 中国: 01 2 16707. X, 2002. 1. 2.
- [6] 孙虎元, 侯保荣, 朱素兰, 张经磊. 一种防污损的腐蚀监测探头 [P]. 中国: 01 2 16461. 5, 2001. 12. 19.

The Light-duty ROV for Offshore Marine Environmental Detection

SUN Hu-yuan, SUN Li-juan, HOU Bao-rong, WANG Zai-feng

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

Abstract A newly developing light-duty remotely operated vehicle (ROV) consists of smart console, undersea detector and control cables. Undersea detector includes six individual sealed cabins, and empennage wherein a main thruster. It sinks and emerges just like submarine, and can carry more loads with cheap price. Instructions through the smart console can control ROV moves forward, backward, upward, downward, and turn right and left. The ROV can also suspend still in flow seawater, keep tilt at a certain angle, in order to cooperate with detection working. It can detect 16 parameters at best, including corrosion potential, temperature, depth and so on. It can work properly within 40 meters depth.

Key words underwater vehicle; ROV; detection; offshore; marine environments

(上接第 4 页)

参考文献:

- [1] 罗先和等. 光电检测技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社 1995.
- [2] 深圳市世峰光电公司 LED使用说明书.
- [3] 北京卓立汉光仪器有限公司, 硅探测器使用说明书.

The Research on Photo-electronic Measure Unit in Seawater COD Measure System

YU Lian-sheng, TANG Hong-huan, LI Zhi-feng

(*National Ocean Technology Center, Tianjin, 300111*)

Abstract The photo-electronic measure technology of Seawater COD Measure System is introduced; the measure of spectral properties and the determining way of measuring wavelength, the sensitivity of photo-electronic unit and Signal/Noise (S/N), and the selecting of lamp-source and photo-electronic detector are included in this paper.

Key words the photo-electronic measure technology; spectral properties; sensitivity