

水下无人设备在海洋放流管工程中的应用

黄培远¹, 梁满坤²

(1. 中交四航局第二工程有限公司, 广东 广州 510000; 2. 中交第四航务工程局有限公司粤东分公司, 广东 惠州, 516000)

摘要: 海洋放流管工程中水下土方工程和钢管安装工程的安全监控和质量检查是最复杂也是难度最大的部分, 若采用人工的方法进行安全监控或者质量检查, 危险性高、持续工作时间不长, 工作质量难以保证。水下无人设备包括水下无人机和水下无人船等, 具有拍摄、测量、探测等功能, 可应用在海洋放流管工程中辅助项目开展水下安全监控和水下施工质量检查工作, 将大大节约人力资源、减少工作难度, 为项目节约经济成本的同时提高工作效率。

关键词: 水下无人设备; 海洋放流管工程

中图分类号: P75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 07—0043—03

1 引言

海洋放流管工程建设内容主要包括调压井、陆域段

放流管道、海域段放流管道、尾水扩散器等。其中, 海域段放流管道和尾水扩散器都包含了水下土方工程和水

将信号线 1、2 在控制箱的接线端子处拆下, 通过信号发生器在 29、30 端子处通过恒流源装置接入 18.91mA 的电流信号, 此时左舷 HOUSED 指示灯亮。即确认了故障: 因位置反馈传感器的信号偏差, 放鳍操作时鳍片伸出已到位但是反馈电流偏大, 导致控制系统识别放鳍未到位, PLC 无相应数字输出, 负荷感应旁通阀电磁阀 11、泵卸载电磁阀 32 不得电, 系统仍指示“Extending”, 无法进入船舶稳定、鳍角摆动的程序; 收鳍操作时, 鳍片收回已到位但是反馈电流偏大, 控制系统识别收鳍未到位, 收鳍时间过长导致系统发出“Port fin failed to lock in time”报警, 且 HOUSED 指示灯不亮。

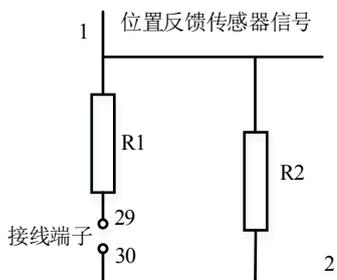


图2 位置传感器信号改接图

如图2所示, 在左舷收鳍/放鳍位置反馈传感器的信号输出端1和2, 通过串并联的两个电阻(R1为1.1Ω, R2为2.8kΩ), 使传感器输出信号分流后送至接线端子29、30接入PLC模拟量输入模块。如图3所示, 此时电流减小至18.917mA, 左舷鳍片收回状态HOUSED指示灯点亮。通电运行, 收/放鳍操作试验其功能, 系统恢复正常运行。



图3 左舷减摇鳍本地液晶显控单元

3 结束语

本文介绍的“育鲲”轮减摇鳍装置放鳍和收鳍故障的直接原因是收鳍/放鳍位置反馈传感器信号偏移所致, 抛锚中通过收鳍/放鳍操作试验, 实测位置反馈电流数据通过串并联电阻分流进行处理, 解决了收鳍/放鳍故障, 保障了船舶航行和教学实习训练任务。通过本文对该故障实例分析和排查处理为同类型减摇鳍装置故障解决提供参考。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目: 近岸海洋有害生物羟基自由基高效安全防控的关键技术研究(编号: U1905212), 国家自然科学基金资助项目: 冷链物流新冠病毒羟基自由基快速绿色消杀的新技术设备(编号: 62127806)

下钢管安装工程，这两项工程是海洋放流管工程建设中最复杂的工序，质量检查和安全监控的难度也是最大的。一般采用潜水员下水的方法开展质量检查和安全监控工作，但受氧气瓶容量大小、潜水员体力消耗、个人身体素质等因素限制，潜水员下水时长在半小时到一小时之间，下潜深度极限值在二三十米，而且容易受到天气和温度影响，人员安全风险较高。

水下无人设备作为一种高新技术产品，具有灵活、高效、适应性强等特点，且部分设备还具有水文流量流速测量、水下地形测绘、水下暗管探测、水质监控等功能。与潜水员相比水下无人设备工作时间更长（柴油发电水下无人设备可持续工作不受限制）、下潜深度更深（工业级水下无人设备最深可达6000米），代替或辅助潜水员更加安全、科学、可靠的开展水下施工质量检查、安全监控工作^[1]。

本文介绍水下无人设备及其分类，研究水下无人设备的性能特点，并以广东省揭阳市某海洋放流管工程为例，说明水下无人设备在其中的应用。

2 水下无人设备介绍

2.1 水下无人设备简介

水下无人设备是可以进行水下探测、摄影或是捕鱼的智能无人设备。水下无人设备最开始应用于军事领域，随着技术的发展，逐渐从军用级设备向工业级和消费级设备过渡，目前在渔业、潜水娱乐业、水下工程建设领域都得到广泛的应用。

2.2 水下无人设备分类与特点

水下无人设备主要分为两种类别，分别是水下无人机和无人船。

水下无人机整体外型似鱼，与水下无人船相比，体积更小、重量更轻、运动姿态更灵敏、价格也更方便，产品属性偏向于消费级产品，搭载的相机像素一般都比较低，主要用途是水下拍摄、录像等。

无人船整体外型与普通船只无较大差别，但体积比普通船只小很多，可搭载多种测量载体。较水下无人机相比抗风浪性能更好、测量精度更高、用途更广，产品属性偏向于工业级产品，主要用于工程测绘、测量、探测等，在水下工程项目中得到较为广泛的应用。水下无人机和无人船的性能特点如表1所示。

表1 水下无人机、无人船性能特点对比

性能	水下无人机	无人船
尺寸	350*300*120mm~ 650*500*350mm	1600*700*400mm~ 2500*1400*700mm
重量	4~16kg	30~150kg
运动姿态	上下、左右、前后、低头 抬头、左右转弯、360° 横滚/俯仰/旋转	上下、左右、前后、左右 转弯
相机像素	200万~1200万	50万~800万
抗风浪性能	1~3级风 不抗浪	4~7级风 0.8~2米浪
测深方式	使用自身搭载的传感器 测深	搭载单波速、多波速测深 仪测深
测深精度	±1~5cm	1cm±0.1%h (h为水深)

3 水下无人设备在海洋放流管工程的应用

3.1 项目介绍

广东省揭阳市某海洋放流管工程，担负中石油炼化一体化项目和其他园区企业处理的达标的污水向深海的排放功能，放流管道总长度4.16公里，日排放量3.4万吨/日，建设工程量大，主要有两种施工方式，分别为开挖埋管施工和顶管施工。开挖埋管工程涉及水下土方工程和水下钢管安装工程，工作内容主要包括：钢管制作组装、水下沟槽开挖、砂垫层施工、钢管水下安装施工、水下沟槽回填等。顶管工程工作内容主要包括：挖土与顶进、测量与纠偏等。

本项目重点在开挖埋管施工中开展无人设备的应用研究。水下无人机灵活性高、体积小、且搭载的相机像素高，在本项目中使用水下无人机对施工安全进行监控。水下无人船定位准确、测量精度高，在本项目中使用无人船搭载测深设备或定位设备对施工质量进行检查。开挖埋管工程业务流程图及水下无人设备的应用点如图1所示。

3.2 水下安全监控

水下无人机具体的操作方法是操作人员手动控制水下无人机到水下指定作业点3~5米外位置，水下无人机拍摄的画面实时传输到操作界面，无需潜水员下水即可了解水下工程的施工情况；也可控制水下无人机灵活移动到同一作业点的不同方位或不同作业点，全面了解水下项目现场情况，辅助管理人员做出安全决策，在发

生事故时，也可作为凭证数据辅助事故调查。

施工安全监控包括水下沟槽开挖作业、导管抛填与整平、锚索式柔性基础安装、钢管焊接施工、钢管沉放施工、设备及构件安装施工、沟槽回填施工等内容的安全监控。

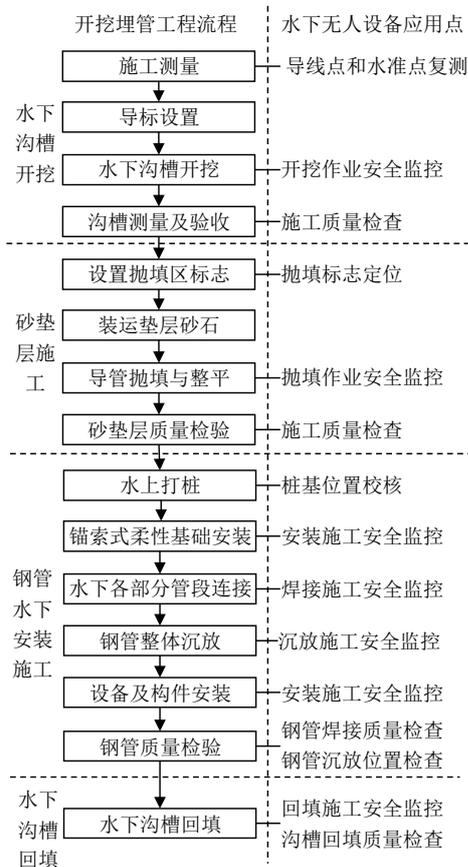


图1 开挖埋管工程流程图及水下无人设备应用点

3.3 水下施工质量检查

无人船搭载测深和定位设备开展测深和定位作业可得到较高的精度，在海洋放流管工程中主要应用于施工质量的检查。

水下沟槽开挖中，施工测量工序使用无人船搭载 RTK 进行施工前的导线点和水准点闭合复测；在沟槽测量及验收工序中使用无人船搭载 RTK 和测深仪，逐一检查每段开挖水深，判断开挖质量，欠挖处补挖、超挖处粗砂回填。

砂垫层施工中，设置抛填区标志工序使用无人船搭载 RTK，实现抛填标志定位，砂垫层施工前设置抛填区标志，便于后续的抛填作业；在砂垫层质量检验工序使用无人船搭载测深仪逐一检查每段砂垫层水深，判断砂垫层施工质量。

钢管水下安装施工中，水下打桩工序使用无人船搭载 RTK，对档桩钢锚桩、抗冲档桩的位置进行测量校核；钢管质量检验工序使用无人船搭载 RTK 对沉放后的钢管水深进行测量，判断沉放是否达标。

沟槽回填质量检查中，使用无人船搭载测深仪分别对粗砂回填、砂袋抛填、碎石袋抛埋、原土回填的回填位置进行水深测量，判断回填质量。

4 总结

海洋放流管工程中水下安全监控和水下施工质量检查具有较高难度，常使用水下无人设备辅助这两项工作的开展。水下无人设备包括水下无人机和无人船。水下无人机主要用于拍摄，无人船主要用于工程测绘、测量、探测等。

在广东省揭阳市某放流管工程项目中，水下无人机用于施工作业安全监控；无人船搭载 RTK、测深仪开展施工质量检查。水下无人设备的应用节约人力资源、简化工作难度，为工程提质增效。

参考文献：

- [1] 乔陆、陈静. 低成本水下无人设备能量消耗评估方法研究 [J]. 舰船科学技术, 2016.

