

# Research on the Combination of Science and Technology Education and Underwater Robot Upgrade: Take Modular Design as an Example

Yaofu Li Sen Li

Shenzhen Open Wisdom Innovation Education Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

## Abstract

Modular design plays an important role in the upgrading of underwater robot technology and the integration of science and technology education. Through the principles of functional independence, interface standardization and module compatibility, the system is divided into independent modules, which significantly improves the performance and maintainability of the equipment. The distributed embedded control architecture is adopted to realize efficient data interaction and real-time operation, and enhance the device durability and flexibility by optimizing interface compatibility and environmental adaptability. Specific practice shows that the modular design has achieved significant improvements in propulsion, energy efficiency, and task completion rate, while reducing maintenance time and cost. The case analysis shows that the design method shows strong adaptability and stability in deep-sea exploration and ocean engineering, and serves as a science and technology education tool to effectively cultivate students' innovation ability and engineering literacy, providing an efficient platform for the learning and practice of complex systems.

## Keywords

science and technology education; underwater robot; modular design; performance optimization; innovation ability training

# 科技教育与水下机器人升级的结合研究：以模块化设计为例

黎耀富 李森

深圳开放智创教育科技有限公司，中国·广东 深圳 518000

## 摘要

模块化设计在水下机器人技术升级和科技教育融合中具有重要作用，通过功能独立性、接口标准化和模块兼容性原则，将系统划分为独立模块，显著提升设备的性能与可维护性。研究采用分布式嵌入式控制架构，实现高效数据交互与实时操作，并通过优化接口兼容性和环境适应性增强设备耐久性和灵活性。具体实践表明，模块化设计在推进力、能效和任务完成率等方面的提升显著，同时减少了维修时间和成本。案例分析显示，该设计方法在深海探测与海洋工程中表现出强大适应性和稳定性，并作为科技教育工具有效培养学生的创新能力和工程素养，为复杂系统的学习与实践提供了高效平台。

## 关键词

科技教育；水下机器人；模块化设计；性能优化；创新能力培养

## 1 引言

水下机器人作为智能设备的重要分支，其应用范围不断扩大，涉及海洋探测、环境监测和水下作业等领域。然而，传统水下机器人设计复杂且维护成本高，难以满足快速升级和教育推广的需求。模块化设计以其灵活性和可扩展性成为解决这一问题的关键路径，结合科技教育的模块化水下机器人设计不仅有助于提高设备的性能与适用性，还能够为学生提供实践性强的学习平台，激发创新活力和技术探索热情。

## 2 模块化设计理念在水下机器人升级中的应用

### 2.1 模块化设计的核心原则与实施路径

模块化设计是一种将系统拆分为多个相互独立模块的方法，其核心原则包括功能独立性、接口标准化和模块兼容性。功能独立性确保每个模块可以独立设计和维护，减少相互影响。接口标准化根据统一的物理和数据传输接口促进模块间的无缝集成，模块兼容性通过模块的可替换性实现多场景应用。模块化设计的实施路径包括需求分析、模块划分、接口设计和集成验证四个阶段<sup>[1]</sup>。在需求分析阶段，需要明确系统功能和性能目标，在模块划分中采用分层方法将系统功能拆解为不同层级的子功能，接口设计需要严格遵循国际通用标准如 ISO 13628，用于确保物理和逻辑连接的稳定性。在水下机器人中，这种设计路径可以根据划分动力模块、通

【作者简介】黎耀富（1990-），男，中国广西博白人，本科，从事青少年科创实践教育研究。

信模块、传感模块等实现快速组装和功能扩展。根据《孩创心课程宣传册合集 v3》中的技术数据，模块化设计可以使开发周期缩短 30%~50%，维护成本降低 25%~40%，这种优势在教育推广和海洋设备制造领域已得到验证。

## 2.2 水下机器人模块化设计的关键技术解析

模块化控制系统设计中，嵌入式系统采用分布式控制架构，允许各模块独立处理数据和指令，主控单元进行统一协调。如，基于 CAN 总线的通信技术可以实现多模块间高效数据交换，其数据传输速率可达 1 Mbps，延迟小于 2 ms，满足水下实时操作需求。接口兼容性优化是模块化设计的核心，涉及物理接口和协议接口的统一标准，应用于电力传输的 Pogo Pin 和用于数据交互的 RS-485 协议均是行业常用方案<sup>[2]</sup>。环境适应性保障技术包括防水结构设计和耐腐蚀材料的选用，选用高强度铝合金和工程塑料作为材料可有效延长设备寿命。模块化设计还涉及动力模块与传感模块的集成优化，以下公式描述了模块化系统的可靠性提升：

$$R_{\text{system}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$$

其中， $R_{\text{system}}$  为系统整体可靠性； $R_i$  为每个模块的可靠性。当各模块可靠性增加时，整体系统可靠性呈现非线性提升。该设计理念与技术路径的结合，使得模块化水下机器人具备更高的维护性和可扩展性，在复杂海洋环境和教育实践中展现出巨大潜力。

## 3 科技教育中模块化水下机器人教学方案设计

### 3.1 教学目标与技能培养的结合

教学目标包括掌握模块化设计的基本原理、提高编程能力、增强对复杂系统的理解能力，并借助实践提高团队协作和解决问题的能力。根据实际教学数据，基于模块化设计的课程能够让学生在 15 小时的课堂时间内独立完成基础模块组装和简单任务编程。教学中分阶段设定目标，入门阶段根据展示模块化机器人样机引导学生理解系统组成和基本功能，中级阶段注重模块组装与电路连接，高级阶段结合真实应用场景设计任务，如模拟水下打捞或水质监测<sup>[3]</sup>。以某校科技课程为例，40 名学生参与模块化水下机器人课程后，完成任务的准确率提高 30%，学生对机械设计和编程的兴趣提升明显。为了量化学生能力提升，课程引入评分系统，从模块搭建准确性、程序运行成功率和任务完成效率三方面评估学生表现，详见见表 1。

表 1 学校一次课程的部分数据

| 阶段   | 模块搭建正确率 (%) | 程序运行成功率 (%) | 任务完成效率 (分钟/次) |
|------|-------------|-------------|---------------|
| 初始阶段 | 72          | 65          | 15            |
| 中期阶段 | 85          | 80          | 12            |
| 高级阶段 | 95          | 90          | 10            |

由上表可得，在初始阶段，模块搭建正确率为 72%，程序运行成功率为 65%，任务完成效率为 15 分钟每次；到了中期阶段，模块搭建正确率提升至 85%，程序运行成功率升至 80%，任务完成效率缩短至 12 分钟每次；在高级阶段，模块搭建正确率达到 95%，程序运行成功率提升至 90%，任务完成效率进一步缩短为 10 分钟每次。这表明，模块化水下机器人教学的分阶段目标设计能够显著提高学生的学习成效，模块搭建的准确性从初期到高级阶段提升了 23 个百分点，程序运行成功率提升了 25 个百分点，而任务完成效率提升了 33%，显示出教学方法的有效性。

### 3.2 模块化设计在实践教学中的实施与优化

模块化设计在实践教学中的实施分为课程规划、教学资源分配和实践活动设计三个环节。课程规划采用模块分解和任务驱动相结合的策略，理论与实践按 4 : 6 的比例分配，确保学生能在理论学习后快速进入实践操作阶段<sup>[4]</sup>。教学资源分配中，配备基础功能模块如动力、传感器、通信单元等，以及扩展模块如水质检测器和摄像模块，学生可根据任务需求自由组合模块，提升学习自主性。课程优化基于反馈数据和教学效果分析，表 2 数据显示，增加团队合作环节后，学生对任务的完成时间显著缩短，优化后的课程中增加了模块化设计理念在其他工程领域的应用讲解，使学生能将所学知识迁移到无人机设计和智能家居领域。

表 2 优化前后的教学效果对比

| 指标          | 优化前    | 优化后    |
|-------------|--------|--------|
| 任务完成时间 (分钟) | 12     | 9      |
| 成功率 (%)     | 78     | 90     |
| 学生满意度评分     | 8.5/10 | 9.2/10 |

由上表可得，课程优化后，学生的任务完成时间从平均 12 分钟缩短至 9 分钟，缩短了 25%，任务完成成功率由 78% 提升至 90%，增加了 12 个百分点。同时，学生的满意度评分从 8.5 分提升至 9.2 分，增长了 0.7 分。这些数据表明，优化后的课程内容更贴合学生需求和学习特点，增加的团队合作环节和任务驱动式教学显著提高了学习效率和成就感，进一步验证了模块化设计理念在科技教育中的实用性和学生参与度的提升作用。

## 4 模块化水下机器人升级的实际应用与案例分析

### 4.1 模块化设计对性能提升的效果分析

采用模块化设计的水下机器人能够快速更换或升级功能模块，例如，将标准动力模块升级为高效推进模块时，推进力提升了约 20%，能源效率提高了 15%。根据下表 3 数据显示，模块化水下机器人在深海环境中的平均任务完成率达到了 95%，相比传统非模块化设计提高了近 10 个百分点。模块化设计还有效缩短了维修和升级的时间，根据某深海探测任务的数据记录，模块化系统的平均维护时间为 2 小时，

而传统系统的维护时间高达8小时,节省了75%的时间成本。

4.2 典型案例及技术实施经验总结

在模块化水下机器人的应用与技术实施方面,以下是一些具体的案例和经验总结,结合了实际数据和来源。案例一是瀚海蓝帆水下机器人案例,瀚海蓝帆公司在模块化水下机器人领域取得了显著成就。他们采取将基础模块与传感模块分离的策略,基础模块对所有用户都是必需的,而传感和作业模块可以根据用户需求进行定制<sup>[5]</sup>。这种模块化设计不仅降低了技术难度,缩短了设计周期,而且实现了功能的可重组,用户可以根据实际需求进行功能模块的选择和配置。瀚海蓝帆的水下机器人在物理、结构、硬件和软件三个层面都实现了模块化,核心思想是功能的可重组,解决了批量化和定制化之间的矛盾,产品线覆盖了从浅海到深海,从中小型到大型的各个领域,包括“帆”系列 AUV 自主水下机器人和“海”系列 ROV 遥操作水下机器人。借助模块化设计,瀚海蓝帆的水下机器人能够高效、便捷地解决需求难题,展现出突出的竞争力,尤其在深海探测及海洋工程领域。

案例二是,上海交通大学“海龙2号”无人遥控潜水器案例,上海交通大学团队研究的“海龙2号”无人遥控潜水器是我国自主研制的水下机器人,能在3500米水深、高温高压的复杂环境下开展海洋调查和作业。该机器人配备了5台多功能摄像机和1台静物照相机,并装有多多个不同功能的照明灯组,以及2个多功能机械手,最大可抓取重达250公斤的物体。“海龙2号”展现了水下机器人在海洋科考中的多功能性,能够提供丰富而翔实的一手录像和实物资料。该机器人能够适应复杂的海洋环境,如高温高压条件,显示了水下机器人在极端环境下的适应性和稳定性方面,结合模块化自主水下机器人的机械设计与实现,中国科学院沈阳自动化研究所开发的模块化自主水下机器人,利用3维设计软件 Solidworks 及计算流体力学软件 CFX 对外形进行

分析优化,降低水下机器人的功耗。该机器人采用模块化设计,结构简单,便于更换维修,并对耐压壳体强度及稳定性进行了理论计算及软件仿真。根据软件分析优化外形,降低功耗,提高能效。简化结构设计,便于维护和升级,增强了机器人的灵活性和可维护性。对耐压壳体进行强度和稳定性的理论计算及软件仿真,确保了水下机器人在深水环境下的安全性和可靠性。

以上案例和技术实施经验展示了模块化水下机器人在实际应用中的有效性和技术优势,为未来水下机器人的设计和开发提供了宝贵的参考。

5 结论

本研究显示模块化设计显著提升了水下机器人的性能和维护效率,为科技教育提供了实践性强的教学工具,有助于培养学生的创新能力和工程素养。案例分析表明,模块化设计在深海探测、教育推广等领域具有较强的适应性和灵活性,能够满足不同任务场景的需求。未来,借助进一步优化模块化设计标准和技术方案,可以推动水下机器人技术与教育的深度融合,为智能设备和人才培养领域的发展提供新的动力。

参考文献

[1] 唐祖才,王路平,盛爱通,等.基于深度学习的水下垃圾检测机器人研究[J].机械设计,2024,41(S2):14-19.

[2] 包海默,江思源,宋梅萍,等.海洋垃圾清理水下机器人[J].机械设计,2024,41(10):193.

[3] 江洋,冯晨,何波.自主式水下机器人推进器故障诊断综述[J].数字海洋与水下攻防,2024,7(5):507-520+463.

[4] 蔡天昊,吕枫.水下机器人磁耦合无线电能传输技术研究进展[J].中国海洋平台,2024,39(4):39-46.

[5] 张玉潇,张宁,曾宇阳,等.水下机器人测试技术及展望[J].科技与创新,2024(16):49-51.