

海洋装备智能制造创新方法研究与应用

庄连勇

天津海运职业学院 天津 300350

摘要：随着海洋强国战略深入推进，海洋资源开发、深海探测等领域对高端海洋装备的需求日益迫切。本文聚焦海洋装备智能制造领域，系统探讨创新方法的研究与应用。通过分析智能设计技术、新型材料应用、智能制造工艺、数据分析与决策支持及系统集成优化等核心方向，揭示人工智能、3D 打印、大数据等技术在船型优化、材料革新、工艺升级中的实践路径。研究表明，这些创新方法可显著降低生产成本、提升生产效率，推动海洋装备产业升级并保障海洋安全。

关键词：海洋装备；智能制造；创新方法研究；应用

引言：海洋装备制造业是国家海洋战略的重要支撑，随着全球智能制造技术的革新，其智能化转型成为产业升级的关键。当前，海洋装备制造面临设计复杂度高、材料性能要求严苛、工艺集成难度大等挑战，传统制造模式已难以满足高效、绿色、安全的发展需求。创新方法的引入通过融合智能技术与制造工艺，为突破产业瓶颈提供了新路径。并立足海洋装备智能制造的现实需求，梳理创新方法的内涵与体系，分析技术应用场景及实效，以期为推动海洋装备制造业的智能化变革提供理论与实践参考。

1 海洋装备智能制造创新方法概述

1.1 智能制造的基本概念

智能制造是基于新一代信息技术与先进制造技术深度融合的新型生产方式，以数字化、网络化、智能化为核心特征。它通过传感器、物联网、大数据、人工智能等技术，实现生产过程的自主感知、分析决策与动态优化。在智能制造体系中，机器设备不仅能高效执行生产指令，还具备自我诊断、故障预警和协同控制能力，可根据实时数据调整生产策略，显著提升制造精度与效率。

1.2 海洋装备智能制造创新方法的内涵

海洋装备智能制造创新方法以海洋装备全生命周期管理为对象，融合智能技术与海洋工程特性，构建系统性创新解决方案。其内涵涵盖三个层面：一是智能设计创新，利用人工智能、仿真技术优化船型结构与性能；二是制造技术革新，通过 3D 打印、机器人自动化等工艺实现高精度、高效率生产；三是数据驱动决策，借助大数据与物联网技术整合生产数据，提升管理与运维能力。

1.3 创新方法的重要性

创新方法是推动海洋装备智能制造发展的核心驱动力，对行业升级具有战略意义。在技术层面，创新方法

突破传统制造的技术瓶颈，实现设计精准化、生产柔性化与管理智能化，提升产品核心竞争力；在经济层面，通过优化资源配置、缩短研发周期、降低生产成本，显著提高企业经济效益；在产业层面，创新方法带动上下游产业链协同发展，促进海洋装备制造业向高端化、集群化转型；在战略层面，它助力国家海洋强国建设，增强海洋资源开发与安全保障能力^[1]。

2 海洋装备智能制造创新方法

2.1 智能设计技术

2.1.1 基于人工智能的船型优化

基于人工智能的船型优化融合机器学习算法与流体动力学数据，重塑传统设计模式。通过深度学习模型对船首、船体曲面等参数进行模拟分析，优化船舶在不同航行条件下的阻力与推进效率。例如，遗传算法可模拟进化过程，快速筛选数千种船型方案获取最优解。该技术突破经验局限，大幅缩短设计周期，已广泛应用于集装箱船、油轮等设计，有效降低能耗与运营成本，推动海洋运输业绿色升级。

2.1.2 智能模糊推理在船型设计中的应用

智能模糊推理针对海洋环境的复杂多变性，为船型设计提供创新解决方案。它将专家经验转化为模糊规则库，结合逻辑运算，动态评估船舶稳性、耐波性等指标。在极地科考船等特殊装备设计中，系统能依据冰区航行工况，自动调整船型参数，平衡破冰能力与航行速度。该技术弥补传统方法在多变量耦合分析的不足，提升船舶极端环境适应性，为高端海洋装备设计筑牢技术根基。

2.2 新型材料应用

2.2.1 高性能复合材料

高性能复合材料凭借优异的力学性能与环境适应性，成为海洋装备制造的关键材料。碳纤维增强复合材

料重量轻、强度高,可显著降低船舶结构自重,提升有效载荷;玻璃纤维复合材料耐海水腐蚀、绝缘性强,常用于制造船体外壳、甲板及水下设备部件。在深海装备领域,复合材料可有效抵御高压、低温与强腐蚀环境,延长装备使用寿命。此外,其可设计性强的特点便于实现复杂结构一体化成型,简化制造工艺,推动海洋装备向轻量化、高性能方向发展。

2.2.2 新能源材料

新能源材料的应用为海洋装备绿色化转型注入新动能。锂离子电池材料凭借高能量密度与长循环寿命,成为电动船舶动力系统的核心;氢燃料电池相关材料通过电化学反应实现零排放,适用于科考船、巡逻艇等装备,降低对传统燃油的依赖。同时,太阳能光伏材料在船舶甲板、浮标等装备上的应用,可将光能转化为电能,满足辅助设备供电需求。新能源材料的普及不仅助力海洋装备节能减排,更契合全球航运业低碳发展趋势,推动海洋经济可持续发展。

2.3 智能制造工艺

2.3.1 3D 打印技术

3D 打印技术凭借分层叠加成型的特性,为海洋装备制造带来颠覆性变革。在复杂零部件制造中,该技术可通过金属或高分子材料直接成型,突破传统加工工艺限制,实现镂空结构、一体化组件的快速制造,有效缩短研发周期。例如,打印船用叶轮、阀门等精密部件,不仅提高生产效率,还能减少材料浪费。在深海装备领域,3D 打印可按需制造定制化零部件,满足极端环境下的特殊需求,降低维修成本,推动海洋装备制造向快速响应、个性化生产方向发展。

2.3.2 机器人与自动化技术

机器人与自动化技术是提升海洋装备制造精度与效率的核心力量。焊接机器人通过精准轨迹控制,可大幅提高船体结构焊接质量与稳定性,减少人工操作误差;自动化装配生产线则能实现零部件的快速搬运、定位与安装,显著提升生产效率。在危险作业场景中,水下机器人可替代人工完成深海检测、维修任务,保障人员安全。此外,自动化技术通过集成控制系统实现多设备协同作业,优化生产流程,推动海洋装备制造向无人化、智能化方向迈进,增强产业竞争力。

2.4 数据分析与决策支持

2.4.1 大数据分析

大数据分析为海洋装备智能制造提供深度洞察与精准决策能力。在制造过程中,通过收集设备运行参数、生产流程数据、质量检测指标等海量信息,利用机器学习算法

挖掘数据背后的规律与关联,可预测设备故障、优化生产排程。例如,分析船舶发动机运行数据,能提前识别异常磨损,降低突发故障风险;基于历史生产数据优化工艺流程,可减少能耗与原材料浪费。此外,大数据分析还可辅助市场预测与产品研发,通过分析客户需求、行业趋势,助力企业精准定位产品方向,提升市场竞争力,推动海洋装备制造从经验驱动向数据驱动转型。

2.4.2 物联网技术

物联网技术通过构建设备互联互通网络,实现海洋装备全生命周期的智能化管理。在生产环节,传感器与智能终端实时采集设备状态、环境参数等数据,经网络传输至管理平台,实现生产过程的远程监控与动态调整。例如,在船舶制造车间,通过物联网技术可实时掌握生产线设备运行状态,及时调配资源、避免生产延误。在运维阶段,物联网连接船舶航行设备、动力系统等,将数据反馈至云端,支持远程故障诊断与维修指导。

2.5 系统集成与优化

2.5.1 模块化设计

模块化设计通过将海洋装备拆解为标准化、独立的功能单元,显著提升制造灵活性与维护便捷性。在船舶建造中,模块化设计将船体结构、动力系统、舱室设备等分解为预制模块,各模块可并行生产,大幅缩短建造周期;同时,标准化接口确保模块间高效组装与替换,降低后期维修成本。此外,模块化设计支持产品快速迭代升级,企业可通过更换或升级特定模块,满足不同客户需求,增强市场适应性与竞争力。

2.5.2 系统集成技术

系统集成技术整合海洋装备的硬件、软件与网络资源,构建高效协同的智能化体系。在船舶自动化领域,通过集成导航、动力、通信等子系统,实现数据共享与跨系统联动控制,提升航行安全性与操作效率;在深海探测装备中,系统集成技术将传感器、执行器与控制系统无缝衔接,确保设备在极端环境下稳定运行。此外,该技术打通设计、生产、运维等环节的信息壁垒,借助数字孪生技术模拟装备全生命周期状态,辅助优化决策,推动海洋装备从单一功能实现向整体性能最优的智能化集成发展^[2]。

3 海洋装备智能制造创新方法的应用效果分析

3.1 经济效益

3.1.1 生产成本降低

海洋装备智能制造创新方法显著降低生产成本。在设计环节,人工智能优化船型减少流体阻力,降低船舶运行能耗;模块化设计实现并行生产与标准化组装,缩

短制造周期并减少人工成本。新型材料如高性能复合材料,凭借轻量化优势降低船体自重,减少燃料消耗与运输成本。3D 打印技术按需制造零部件,避免传统加工的材料浪费与模具成本。大数据分析预测设备故障,减少停机维修损失。多项技术协同作用,从全流程压缩成本,为企业创造显著经济效益。

3.1.2 生产效率提高

创新方法全面提升海洋装备生产效率。机器人与自动化技术替代人工完成焊接、装配等作业,凭借高精度与连续性作业,大幅缩短生产时间;物联网技术实时监控设备运行,优化生产排程,减少等待时间与资源闲置。智能设计技术通过快速模拟与参数优化,加速产品研发迭代;模块化设计支持各模块同步制造,显著缩短交付周期。例如,自动化生产线使船体焊接效率提升 30% 以上,3D 打印实现复杂零部件 72 小时内快速交付,推动海洋装备制造业向高效化、敏捷化转型。

3.2 社会效益

3.2.1 推动产业升级

海洋装备智能制造创新方法成为产业升级的核心引擎。智能设计、新型材料和自动化技术的深度融合,促使海洋装备制造从传统粗放型向高端化、智能化转型。例如,人工智能优化船型设计带动设计服务向专业化发展,高性能复合材料的应用推动材料研发与生产升级,3D 打印、机器人技术引领制造工艺革新。同时,创新方法还促进产业链上下游协同发展,催生智能运维、数字孪生等新兴业态,吸引高端人才与资本集聚,提升产业整体竞争力,助力我国海洋装备制造业迈向全球价值链中高端。

3.2.2 保障海洋安全

智能制造创新方法为海洋安全提供坚实技术支撑。在深海探测与作业领域,水下机器人、智能传感器等设备通过物联网技术实现实时数据传输与远程监控,可高效执行海底地形测绘、管线巡检等任务,降低人工风险。智能设计技术优化船舶结构,结合高性能复合材料提升耐波性与抗撞击能力,增强船舶在恶劣海况下的安全性。

4 海洋装备智能制造的未来发展趋势

4.1 智能化程度持续提升

未来,海洋装备智能制造将向更高层次的智能化迈进。人工智能与机器学习算法将深度嵌入设计、生产、运维全流程,实现从自主决策到自适应优化的跨越。例如,设计环节中,AI 可基于海量数据生成创新船型方案,并自动评估性能;生产过程中,智能工厂通过数

字孪生技术实时模拟生产场景,动态调整工艺参数。同时,边缘计算与 5G 技术将加速数据传输与处理,使海洋装备具备更强大的感知与响应能力,推动无人化船舶、自主式水下航行器等高端装备的普及,提升海洋开发的效率与安全性。

4.2 绿色化发展

绿色化将成为海洋装备智能制造的核心发展方向。随着全球碳中和目标的推进,新型低碳材料与清洁能源技术将广泛应用于海洋装备。生物基复合材料、可降解高分子材料将替代传统材料,降低环境污染;氢燃料电池、太阳能、波浪能等清洁能源系统将逐步取代燃油动力,减少碳排放。同时,智能制造工艺将向低能耗、低污染转型,如 3D 打印减少材料浪费,数字化模拟降低实验能耗。绿色化发展不仅契合环保需求,还能提升装备的国际竞争力,助力海洋经济可持续发展。

4.3 模块化与集成化

模块化与集成化将进一步深化海洋装备智能制造体系。模块化设计将突破传统结构限制,实现装备功能单元的高度标准化与互换性,降低研发与维护成本。例如,海上风电平台、科考船可根据任务需求灵活组合模块,快速响应市场变化。系统集成技术则通过 5G、物联网与数字孪生技术,实现装备全生命周期数据贯通,推动设计、制造、运维一体化协同。未来,模块化与集成化的深度融合将构建更开放、灵活的制造生态,加速海洋装备产品迭代,提升产业整体协同效率^[3]。

结束语

综上所述,海洋装备智能制造创新方法的研究与应用,是推动海洋装备产业升级的核心驱动力。通过融合数字化设计、智能加工、柔性装配等技术,有效解决了传统制造模式下的精度不足、效率低下等问题,显著提升了海洋装备的可靠性与适应性。然而,当前研究仍面临跨系统协同难、极端环境适应性技术待突破等挑战。未来,需进一步深化人工智能、数字孪生等前沿技术的融合应用,加强产学研用协同创新,完善技术标准体系,为我国海洋装备制造业迈向高端化、智能化提供坚实支撑,助力海洋强国建设目标的实现。

参考文献

- [1]刘二森.全球海洋工程装备市场格局与发展趋势[J].中国工业评论,2016(09):164-171.
- [2]冷单,司志强.我国海洋平台发展现状与前景分析[J].中国工业评论,2016(09):150-157.
- [3]李利民,李长有,毕晋燕.海洋装备智能制造创新方法研究与应用[J].科技创新与生产力,2024,45(12):121-123.