

船舶修理与改装行业的智能化发展趋势

沙至鑫

上海中远海运重工有限公司 上海崇明 200000

摘要：船舶修理与改装行业处于转型升级关键期，面临效率、成本、质量管控及环保等多重挑战。智能化成为突破瓶颈的核心路径，涵盖智能检测、加工装配、AI协助代理及管理平台等技术体系。其在修前诊断、过程管控、绿色改装等场景深度应用，呈现技术融合化、生产精益化、服务延伸化、绿色低碳化等趋势，推动行业向技术密集型、绿色可持续方向转型。

关键词：船舶修理；船舶改装；智能化发展趋势

引言

全球航运业复苏带动船舶修理与改装市场需求增长，但传统模式效率低、成本高、质量管控依赖经验，且环保法规趋严，行业转型迫在眉睫。智能化技术凭借精准高效、绿色环保等优势，成为行业升级的关键驱动力。本文将系统梳理智能化技术体系、核心应用场景及发展趋势，为行业智能化转型提供参考。

一、船舶修理与改装行业现状

当前船舶修理与改装行业处于转型升级的关键阶段，全球航运业复苏带动市场需求稳步增长，老旧船舶环保改造、大型船舶维修保障等需求尤为突出。行业整体呈现规模扩张与质量提升并行的态势，传统修船基地不断优化产能布局，新兴修船区域逐步形成特色竞争优势。但行业发展仍面临诸多挑战，传统修造模式下，生产效率偏低、人工成本攀升、质量管控依赖经验等问题较为明显，部分企业设备老化、技术储备不足，难以适应高端船舶和复杂改装项目的要求^[1]。同时，绿色环保法规日趋严格，对修船过程中的污染物排放、废弃物处理提出更高标准，行业亟需通过智能化转型突破发展瓶颈，提升核心竞争力，实现从劳动密集型向技术密集型产业的转变。

二、船舶修理与改装智能化技术体系

（一）智能检测与诊断技术

智能检测与诊断技术是船舶修理与改装智能化的基础支撑，通过融合多种先进技术实现船舶故障和损伤的精准识别。该技术体系集成机器视觉、超声波检测、红外热成像等多种检测手段，借助高清摄像头和传感器阵

列对船舶船体、甲板、动力系统等关键部位进行全面扫描。检测数据通过5G或工业互联网实时传输至数据处理中心，经人工智能算法进行分析建模，能够自动识别裂纹、腐蚀、变形等缺陷，精准定位损伤位置并评估损伤程度。同时，结合数字孪生技术构建船舶虚拟模型，可对损伤发展趋势进行预测，为后续修理方案制定提供科学依据，有效降低修船风险。

（二）智能加工与装配技术

智能加工与装配技术通过自动化装备和智能控制技术，实现船舶修造过程中零部件加工与装配的精准高效作业。在加工环节，数控等离子切割机、机器人焊接系统等智能装备广泛应用，通过预设程序自动完成钢板切割、构件焊接等工序，其中机器人焊接系统可实现多工位协同作业，焊接精度控制在0.1毫米以内，焊接效率较人工提升3倍以上。装配环节引入视觉引导机器人和激光跟踪测量技术，机器人通过视觉系统识别零部件位置，在激光跟踪设备的实时定位校准下完成精准装配，有效解决传统装配中定位不准、反复调整的问题。另外，该技术体系融入物联网技术，对加工装配过程中的设备运行状态、工序进度、质量数据进行实时监控，通过大数据分析实现加工参数优化和装配流程调整，确保零部件加工合格率和装配成功率均保持在99%以上，显著提升修造质量和生产效率。

（三）AI协助代理技术

AI协助代理技术聚焦船舶修造环节的流程优化和机电系统管控，构建“智能决策+精准执行”的技术体系。在机电系统运维中，AI协助代理通过集成船舶动力、电气、导航等多系统数据接口，实时采集设备运行参数，

经智能算法分析设备健康状态，提前预判轴承磨损、电路老化等潜在故障，预警准确率达92%以上，为预防性维修提供精准依据。在修造流程管控上，AI协助代理可自动匹配维修工艺标准，针对不同船型机电系统特点生成个性化作业指导书，指导工人完成线路调试、设备校准等复杂工序，将工序差错率降低60%。环保协同方面，AI协助代理实时监控机电设备能耗及污染物排放数据，智能调整设备运行参数实现节能降耗，使修船过程中机电系统能耗降低18%，有害物质排放控制在法规限值内，全面契合绿色发展要求^[2]。

（四）智能化管理平台

智能化管理平台以数字化技术为核心，整合船舶修造全流程数据，实现生产、资源、质量等多维度的智能管控。平台构建统一的数据中台，集成设计图纸、设备信息、人员调度、工序进度等各类数据，通过大数据分析实现资源优化配置。在生产管理方面，平台可自动生成生产计划，实时跟踪各工序进展，当出现工序延误或设备故障时，自动发出预警并提供调整方案，确保生产进度按计划推进。资源管理模块实现设备、物料、人员的精准调度，通过物联网技术监控设备运行状态，提前预判设备维护需求，物料管理实现供需精准匹配，减少库存积压。质量管控模块对修造各环节质量数据进行实时采集分析，自动生成质量报告，针对不合格项追溯根源并提出改进措施。

三、船舶修理与改装行业智能化核心应用场景

（一）修前诊断与方案设计智能化

修前诊断与方案设计智能化通过数字孪生和人工智能技术，实现船舶维修前的精准评估和方案优化。首先，利用激光扫描和无人机航拍技术获取船舶整体结构数据，构建与实体船舶1:1的数字孪生模型，模型涵盖船体结构、动力系统、电气设备等所有关键部件信息。随后，智能诊断系统对模型数据和现场检测数据进行融合分析，自动识别存在的故障和潜在隐患，明确维修范围和重点部位。在方案设计阶段，设计人员基于数字孪生模型进行虚拟维修推演，人工智能算法根据维修需求、成本预算、工期要求等因素，自动生成多种维修方案，并对各方案的可行性、经济性进行评估排序。设计过程中可实现多专业协同设计，避免传统设计中各专业衔接不畅的问题。方案确定后，通过虚拟仿真验证方案的实施效果，提前发现设计漏洞并修正，将方案实施风险降低60%以上，同时设计周期缩短50%，为后续修造工作奠定坚实基础。

（二）修造过程智能化管控

修造过程智能化管控依托物联网、大数据和人工智能技术，实现对船舶修造全流程的实时监控和智能调控。在施工现场，各类施工设备和工具均配备智能传感器，实时采集施工进度、设备运行参数、工艺执行情况等数据，通过工业互联网传输至管控平台。平台对数据进行实时分析，生成施工进度看板、设备运行报表等可视化信息，管理人员可直观掌握施工动态。针对焊接等关键工序，引入机器视觉检测技术，实时监测工序质量，一旦发现焊接缺陷、电路连接不达标等问题，立即发出预警并指导施工人员调整工艺参数。在人员管理方面，通过智能考勤和定位系统，实现施工人员的精准调度和安全监管。当出现工序衔接不畅、资源供给不足等问题时，平台自动启动智能调度算法，优化工序安排和资源配置，确保施工流程顺畅。

（三）绿色改装智能化特色应用

绿色改装智能化特色应用聚焦船舶环保性能提升，通过智能化技术实现改装过程的精准高效和环保达标。在改装前，利用数字孪生技术构建船舶能耗模型，结合船舶航行历史数据，智能分析船舶能耗瓶颈和环保短板，明确绿色改装重点方向，如尾气处理系统升级、节能设备安装、船体减阻优化等。改装过程中，采用智能装配技术安装环保设备，通过激光定位和机器人装配确保设备安装精度，提升设备运行效率^[3]。针对尾气处理、污水处理等改装项目，引入实时监测技术，对改装后设备的污染物处理效果进行精准检测，确保符合最新环保法规要求。同时，利用AI协助代理对改装过程中的能耗、污染物排放进行实时监控，优化施工流程，减少改装过程中的环境影响。改装完成后，通过虚拟仿真和实船测试相结合的方式，验证绿色改装效果，为船东提供改装效果评估报告。该应用不仅帮助船舶满足环保要求，还能降低船舶运营能耗，平均可实现油耗降低15%以上，尾气排放达标率100%。

四、船舶修理与改装行业智能化发展的核心趋势

（一）技术融合化：多技术协同构建智能生态

技术融合化成为船舶修理与改装行业智能化发展的核心趋势，通过多种前沿技术的协同创新构建完整智能生态。人工智能、大数据、物联网、数字孪生等技术不再单独应用，而是深度融合形成协同效应。其中AI协助代理作为核心交互节点，连接检测系统、加工设备与管理平台，实现数据互通与指令协同。同时，5G技术的普

及为技术融合提供高效通信保障，实现海量数据的实时传输和远程控制，推动远程诊断、远程施工指导等新型服务模式发展。另外，区块链技术开始融入行业，用于船舶修造数据的存证和共享，确保数据的安全性和可追溯性，促进产业链各环节的协同合作。技术融合不仅提升单一环节的智能化水平，更实现从设计、修造到服务全流程的智能升级，构建起“数据驱动、多技协同”的智能生态体系，推动行业整体技术水平跃升。

（二）生产精益化：全流程智能优化升级

生产精益化趋势聚焦船舶修造全流程的智能优化，通过精细化管理和智能化技术消除生产浪费，提升生产效率和质量。在生产计划制定阶段，基于大数据分析历史生产数据和当前订单需求，智能算法制定精准的生产计划，实现生产任务的合理分配和工序的优化排序。生产过程中，通过物联网技术实时采集各工序数据，结合AI协助代理对生产流程进行动态调整，减少工序等待时间和设备闲置率。在质量管控方面，构建全流程质量追溯体系，从原材料采购到零部件加工、总装调试，每个环节的质量数据都实时记录并可追溯，结合机器视觉检测技术实现质量问题的早发现、早处理。同时，引入精益生产理念，通过智能化技术优化资源配置，减少原材料损耗和能源消耗，实现绿色生产。生产精益化还体现在标准化建设上，通过AI协助代理制定统一的生产工艺标准和质量标准，确保不同车间、不同班组的生产质量一致性，推动行业生产模式从“粗放型”向“精益型”转变。

（三）服务延伸化：从修造到全生命周期服务

服务延伸化趋势推动船舶修理与改装企业从传统修造业务向船舶全生命周期服务转型，拓展服务范围 and 盈利空间。企业不再局限于船舶维修和改装的单一业务，而是依托AI协助代理等智能化技术构建全生命周期服务体系，为船东提供从船舶设计、建造、维修、改装到报废回收的全流程服务。在船舶运营阶段，通过智能监测设备和AI协助代理服务平台为船东提供设备维护、故障预警、运营优化等增值服务；在船舶改装阶段，基于全生命周期数据为船东制定个性化改装方案；在船舶报废阶段，提供绿色拆解方案和资源回收服务。服务延伸化还体现在产业链协同上，企业通过搭建共享服务平台，整合上下游资源，为原材料供应商、设备制造商、船东

等提供数据共享、协同设计、供应链管理等服务，构建产业生态联盟。这种服务模式的转变不仅提升企业的核心竞争力，还能增强与客户的粘性，实现企业与客户的长期共赢发展。

（四）绿色低碳化：智能化助力行业绿色转型

绿色低碳化趋势下，智能化技术成为船舶修理与改装行业实现绿色转型的关键支撑，助力行业满足日益严格的环保要求。在修造过程中，通过AI协助代理优化机电设备运行参数，减少能源消耗和污染物排放，如智能调整焊接设备电流电压降低能耗，智能焊接设备降低能耗，减少废气产生。在船舶改装方面，智能化技术推动绿色改装升级，如通过数字孪生技术模拟不同环保设备的改装效果，为船东选择最优的尾气处理、污水处理方案；智能节能设备的安装实现船舶运营能耗的降低。智能化管理平台对修造过程和船舶运营的能耗、排放数据进行实时监控和分析，为企业制定节能减排方案提供数据支撑^[4]。另外，行业开始探索新能源船舶的维修与改装技术，如锂电池动力船舶、氢燃料动力船舶的维修技术研发，通过AI协助代理确保新能源设备的维修质量和运行安全。绿色低碳化不仅是行业响应国家环保政策的要求，更是企业实现可持续发展的必然选择。

结束语

船舶修理与改装行业的智能化发展已成必然趋势，通过技术融合、生产优化、服务延伸与绿色转型，行业正突破传统瓶颈，提升核心竞争力。未来，随着前沿技术的持续创新与应用深化，AI协助代理等核心技术将进一步推动行业向高效、精准、可持续方向迈进，为全球航运业的绿色发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 刘佳铭, 李赫. 船舶智能化研究现状及发展趋势[J]. 机电设备, 2021(4): 49-53.
- [2] 顾凯. 船舶修理技术工艺应用与改进分析[J]. 休闲, 2021(8): 0238-0238.
- [3] 朱伟, 刘晓丽. 船舶电气系统智能化发展现状及趋势[J]. 电气自动化, 2020, 42(6): 102-106.
- [4] 刘志远, 张丽娜. 智能化技术在船舶电气系统中的应用研究[J]. 船舶与海洋工程, 2022, 44(1): 78-83.