

现代船舶建造工艺流程优化研究

欧阳荣

中国船级社实业有限公司武汉分公司, 湖北 武汉 430000

DOI:10.61369/ERA.2025120046

摘要： 随着全球航运业的快速发展，船舶建造工艺的优化成为提升船舶生产效率和质量的关键。本文基于现代船舶建造的实际需求，探讨了工艺流程中的瓶颈和优化方法，重点分析了设计阶段、生产阶段、装配阶段等关键环节的优化路径。通过分析船舶建造流程中的资源配置、时间管理、生产调度及质量控制，提出了一些创新的优化策略，如计算机辅助设计（CAD）与自动化生产技术的结合、信息化管理系统的应用等，以期提高船舶建造的整体效率，降低成本，缩短交货周期。研究表明，流程优化不仅有助于提高船舶建造质量，也能显著提高企业的市场竞争力。

关键词： 船舶建造；工艺流程；优化；自动化；信息化

Research on Optimization of Modern Shipbuilding Process Flow

Ouyang Rong

Wuhan Branch, China Classification Society Industrial Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430000

Abstract： With the rapid development of the global shipping industry, optimizing shipbuilding processes has become crucial for enhancing production efficiency and quality. Based on the practical needs of modern shipbuilding, this paper explores the bottlenecks and optimization methods in the process flow, focusing on the optimization paths of key stages such as design, production, and assembly. By analyzing resource allocation, time management, production scheduling, and quality control in the shipbuilding process, this paper proposes innovative optimization strategies, such as the integration of computer-aided design (CAD) with automated production technologies and the application of information management systems, aiming to improve overall shipbuilding efficiency, reduce costs, and shorten delivery cycles. The research indicates that process optimization not only helps improve shipbuilding quality but also significantly enhances the market competitiveness of enterprises.

Keywords： shipbuilding; process flow; optimization; automation; informatization

引言

随着船舶产业的不断发展，市场对高效、低成本、高质量船舶的需求不断增加。然而，传统的船舶建造工艺存在诸多瓶颈，如生产周期长、资源利用率低、质量控制难度大等问题。为了适应市场需求，优化船舶建造工艺流程成为了亟需解决的课题。本文将通过对现代船舶建造流程的深入分析，探讨如何通过技术创新和管理优化，提高船舶建造的效率和质量。研究重点包括设计阶段的数字化转型、生产过程中的自动化应用、装配环节的智能化管理等。

一、船舶建造工艺流程概述

（一）船舶建造的基本流程

船舶建造的设计阶段是起始环节，包括概念设计、初步设计和详细设计。设计团队根据客户需求和技术要求确定船舶的尺寸、结构和功能。现代设计依赖计算机辅助设计（CAD），通过数字化手段精确模拟船舶结构，确保设计的合理性与可行性，同时优化结构强度、航行性能和制造可行性。设计阶段的顺利完成直接影响后续生产和装配的效率与质量。生产阶段是建造的核心，涉及船舶部件的制造和加工。使用高精度设备和自动化生产

线，如激光切割和机器人焊接，提升了生产效率和精度。此外，生产还包括物料采购、运输和存储，合理的物流管理能减少因材料短缺或浪费造成的延误^[1]。装配阶段是船舶建造的最后环节，将各个生产阶段制造的零部件进行组装，最终形成完整的船体结构。装配过程包括船体的拼接、焊接、涂装等工作，同时进行各类系统的安装，如电气系统、动力系统、管道系统等。随着装配技术的发展，现代船舶建造越来越注重装配过程的精细化管理与优化，采用精密的装配线、自动化工具及设备来提高装配效率，确保船舶的装配质量。

（二）现有建造工艺的主要问题

当前，船舶建造工艺中存在一些亟待解决的问题，主要包括生产周期长、资源配置不合理和质量控制不完善等。生产周期长是普遍问题，因船舶建造需要定制化设计和复杂加工，且规模较大、工序繁杂，导致从设计到交付的时间较长。某些环节因工艺技术、设备或人员不足，可能拖延工期，影响建造周期。资源配置不合理也影响效率，船舶建造涉及大量物料、设备和人力的调配，资源不当使用可能导致浪费或不足，影响生产进度和质量。如材料运输、储存等环节未衔接好，容易造成滞后或损坏。质量控制不完善是另一个问题，尽管有质量管理体系，复杂的工序和环节仍可能出现漏洞，部分工序未全程监控或交接时缺乏检验，造成船舶潜在质量问题，影响整体性能和安全性^[2]。

二、船舶设计阶段的优化

（一）计算机辅助设计（CAD）的应用

数字化船舶设计是船舶设计阶段的重要创新，它借助计算机技术，使设计工作从传统的手工绘图向数字化转型。利用计算机辅助设计（CAD）软件，设计师可以在虚拟环境中完成船舶各个部分的建模和优化，不仅提高了设计效率，还减少了人为错误的发生。数字化设计可以对船舶的每个细节进行精确模拟，例如船体的结构强度、航行性能等，从而提前发现潜在问题并进行优化。根据统计，采用CAD设计的船舶在结构优化方面可提高约15%的设计精度，降低设计修改的次数和成本^[3]。虚拟仿真技术的利用是数字化船舶设计的重要组成部分。虚拟仿真技术通过建立虚拟船舶模型，能够对船舶的各种性能进行实时仿真分析，如流体力学、结构强度、动力学等。

（二）设计与生产的协同优化

设计与工艺流程的对接是提升船舶建造效率的关键。传统船舶设计与生产脱节，导致设计图纸与实际生产不匹配，出现频繁修改。通过实现设计与生产的协同优化，设计阶段可与生产部门实时沟通，按生产工艺要求调整设计。采用集成设计与生产管理系统（PDM/PLM系统）可以将设计与生产工艺数据无缝对接，确保设计考虑生产可行性和效率，从而提高生产效率和产品质量。研究表明，设计与生产协同优化可将生产周期缩短15%~20%。设计变更对生产的影响也需重点考虑，尤其在客户需求或技术更新时。设计变更通常会导致生产延误或资源浪费。通过提前与生产环节沟通协调，能更有效管理设计变更，减少对生产计划的冲击。调查显示，优化设计变更管理后，生产计划延误可减少30%以上^[4]。

（三）设计标准化与模块化

标准化设计流程在船舶建造中至关重要，它通过统一设计标准和规范化工作流程，减少设计中的变动和重复工作，提高设计效率，减少设计错误，确保设计的统一性和可操作性。采用标准化的零部件和结构件，不仅降低了设计与制造的难度，还能减少生产成本。据统计，标准化设计的船舶生产成本可降低12%~18%。模块化建造作为现代船舶设计中的优化手段，将船舶分解为

多个标准化、预制化的模块，在工厂中完成大部分制造，再进行组装。这种方式提高了生产效率，通过模块并行生产大幅缩短建造周期。模块化建造还具备良好的可扩展性和灵活性，可根据需求定制各模块，提升船舶的建造灵活性与可维护性。研究表明，采用模块化建造的船舶，建造周期可缩短20%~30%^[5]。

三、船舶生产阶段的优化

（一）自动化生产技术的应用

自动化焊接与切割技术在船舶生产过程中得到了广泛应用，特别是在船体制造中，自动化焊接和切割技术显著提高了生产效率和焊接质量。通过采用机器人焊接系统，可以实现高精度、高效率的焊接操作，不仅减少了人工焊接的误差，还大大提高了焊接的连续性和一致性。自动化切割技术则利用数控激光切割、等离子切割等设备，实现了船体板材的精准切割。研究显示，采用自动化焊接与切割技术后，焊接效率提高了30%，切割精度提升了20%以上，且工人劳动强度显著降低^[6]。智能化生产线的建设是船舶生产优化的重要方向。通过建设智能化生产线，可以实现生产过程中的自动化操作和实时监控，从而大幅提升生产效率和产品质量。智能化生产线结合了先进的机器人技术、物联网技术和人工智能，能够自动完成船体各个零部件的装配、焊接、涂装等工序。实时监控系統可以及时捕捉到生产中的问题，保证生产过程的顺畅和高效。根据调查，采用智能化生产线后，船舶建造周期可缩短15%~25%。

（二）生产过程中的资源优化

物料管理与物流优化在船舶生产阶段至关重要。船舶生产过程中，所需原材料种类繁多且生产周期长，物料采购、存储和运输管理需要精细化。通过优化物料管理系统，采用信息化手段，能够实时跟踪物料的采购、运输和库存状态，避免短缺或浪费，从而提高生产效率。物料管理优化可减少停工待料时间，降低生产成本。研究表明，物料管理与物流优化可降低生产成本10%~15%。生产计划与调度优化通过合理安排生产任务和资源调度，确保生产流程高效。传统生产计划存在资源调配不均、排程不合理等问题，影响建造周期。采用先进生产管理系统（如ERP、MES），可实现生产计划的实时动态调整，及时根据需求变化和资源情况优化。优化生产计划与调度后，生产效率提高20%以上，生产线利用率也显著提升^[7]。

（三）生产设备与技术的升级

新型生产设备的引进是提升船舶生产效率的关键。随着制造技术的发展，高效数控机床、机器人焊接设备和智能化装配系统等被广泛应用，显著提高了生产精度和效率。这些新设备不仅提升了制造精度，还简化了操作流程，减少了人为错误。数据显示，引进新设备后，生产精度提高了25%，生产效率提升了30%。技术改造与更新是持续优化的重要途径。船舶生产企业需定期对设备和技术进行更新，以适应市场需求和技术进步。例如，采用新型涂装技术、自动化装配和3D打印技术，不仅提升制造精度，还能缩短建造周期，降低生产成本。技术改造与

更新后,船舶生产企业整体竞争力显著提升,生产效率提高了15%–20%。

四、船舶装配阶段的优化

(一) 装配过程的智能化管理

工人技能培训与智能化设备结合是船舶装配阶段优化的重要组成部分。随着智能化技术的应用,船舶装配需要高技能工人和智能设备协同工作,才能最大化提升生产效率。通过培训工人掌握最新智能设备操作技巧,他们可以灵活使用高精度机器人和自动化焊接设备,提高装配质量和效率。此外,结合智能化设备与工人技能培训,有效降低人为错误,确保高标准和高效率的装配。工业互联网(IoT)在装配中的应用进一步推动智能化管理,通过实时连接装配线上的设备、工具和生产设施,确保数据传输与监控。传感器和智能标签帮助工人和管理人员即时获取生产进度、设备状态和质量信息,及时调整生产计划。IoT技术的应用提升了生产效率20%–30%,并有效预测潜在故障,减少停工时间和修复成本^[8]。

(二) 装配线优化与平衡

装配线布局优化是提高船舶装配效率的关键。通过合理布局,可以减少工人和设备的移动距离,缩短工作时间,提高生产效率。装配线应根据船舶模块制造过程、工序衔接和设备要求进行科学设计。现代船舶制造企业采用灵活的生产线布局,能根据不同船型和需求进行调整。良好的布局减少了材料搬运、等待和停工时间,提高装配效率。任务分配与协同在装配中也非常重要。船舶装配涉及多个工序和团队,合理的任务分配和工序间的协同至关重要。通过引入生产管理系统(如MES系统),可实时

监控装配进度,优化任务分配,确保工作量和难度合理分配,避免工人间的冲突和瓶颈。同时,系统协同各工序调度,确保衔接顺畅,提高装配流程的连续性和效率。

(三) 质量控制与监测技术

实时质量检测系统在船舶装配阶段的应用能够确保高质量标准。通过在线视觉检测、传感器监控等智能设备,实时监测船舶部件的尺寸精度、焊接质量等关键参数。系统能及时发现质量问题,自动报警并记录数据,为后续质量分析提供依据。此系统提高了检测准确性,减少了人工工作量,显著提升了生产效率和质量管理水平。质量数据的反馈与分析也是确保建造质量的有效手段。通过收集和分析质量数据,管理层能实时掌握生产状态,及时发现问题并调整。大数据分析有助于揭示潜在隐患,为后续生产提供改进方向。实时反馈的质量数据还能指导生产过程,避免重复问题,持续优化装配。研究表明,质量数据反馈与分析后,船舶装配的质量控制能力提高了15%–20%。

五、结语

通过对船舶设计、生产和装配阶段的优化分析,本文揭示了现代船舶建造中各环节的创新应用与提升空间。设计阶段通过计算机辅助设计、虚拟仿真技术的引入,提高了设计精度与效率;生产阶段采用自动化技术与资源优化,实现了生产过程的高效管理;装配阶段则通过智能化管理与质量控制技术,确保了高质量的船舶交付。这些优化措施不仅提升了船舶建造的整体效率与质量,还在降低成本和缩短交货周期方面取得了显著成效,为船舶制造行业的未来发展提供了有力支持。

参考文献

- [1] 宋倩. 威海 W0703 客滚船项目建造进度管理研究 [D]. 哈尔滨理工大学, 2023. DOI: 10.27063/d.cnki.ghlg.2023.001704.
- [2] 胡可一, 王冰. 数字化变革——船舶设计高质量发展之路 [J]. 船舶, 2023, 34(02): 1–13. DOI: 10.19423/j.cnki.31-1561/u.2023.02.001.
- [3] 胡亦鹏. 船舶制造工艺现状及改进对策分析 [J]. 船舶物资与市场, 2023, 31(01): 32–34. DOI: 10.19727/j.cnki.cbwzysc.2023.01.011.
- [4] 陈楚源. 项目管理在现代船舶建造工程中的应用实践 [J]. 船舶物资与市场, 2020, (07): 41–42. DOI: 10.19727/j.cnki.cbwzysc.2020.07.020.
- [5] 陶先虎, 段成龙. 现代船舶建造中项目管理技术的运用 [J]. 船舶物资与市场, 2020, (07): 53–54. DOI: 10.19727/j.cnki.cbwzysc.2020.07.026.
- [6] 叶全福, 夏念恩. 现代船舶建造工程中项目管理的应用研究 [J]. 中国设备工程, 2023, (16): 48–50.
- [7] 朱兵. 项目管理在现代船舶建造工程中的应用 [J]. 船舶物资与市场, 2022, 30(09): 86–88. DOI: 10.19727/j.cnki.cbwzysc.2022.09.028.
- [8] 周明洋. 基于 MS 的船舶建造周期碳排放核算及碳成本研究 [D]. 江苏科技大学, 2023. DOI: 10.27171/d.cnki.ghdcc.2023.000126.