

# 船舶设计数字化转型现状及趋势分析

孟德鑫<sup>1</sup>, 王传荣<sup>1</sup>, 薛冰一<sup>1</sup>, 蔡雨露<sup>2\*</sup>, 赵亚琦<sup>2</sup>, 李想<sup>2</sup>

(1. 中国舰船研究院, 北京 100101; 2. 天津大学 建筑工程学院, 天津 300350)

**摘要:** [目的]为了加快我国船舶设计技术自主创新, 提高我国船舶设计建造协同效率, 增强我国船舶制造业核心竞争力, 亟须为我国船舶设计数字化转型提出切实可行的发展建议。[方法]通过现场调研与案例分析, 梳理国内外船舶设计数字化转型的应用现状和实践经验。[结果]与日本、韩国和欧洲等造船强国和地区相比, 我国船舶企业虽取得进展, 但仍面临软件平台不兼容、数据标准不统一等问题。相关骨干船企已建设一体化设计平台, 构建并行协同设计模式, 但在新一代信息技术应用方面与国外先进船企仍有差距。同时, 通过 SWOT 方法分析, 我国船舶设计数字化转型具备优势与机遇, 但也存在劣势和威胁。[结论]建议我国聚焦全流程设计协同、数字化工艺设计、面向现场作业的三维可视化设计、数字化设计送审、设计建造数据全周期管理等方面开展研究, 提高船舶设计核心竞争力, 为我国船舶制造业数字化转型提供支撑。

**关键词:** 船舶设计; 数字化转型; 现状及趋势; 发展建议

**中图分类号:** U662 **文献标志码:** A **【DOI】** 10.13788/j.cnki.cbge.2025.S1.043

## Current Status and Trend Analysis of Digital Transformation in Ship Design

MENG Dexin<sup>1</sup>, WANG Chuanrong<sup>1</sup>, XUE Bingyi<sup>1</sup>, CAI Yulu<sup>2\*</sup>, ZHAO Yaqi<sup>2</sup>, LI Xiang<sup>2</sup>

(1. China Ship Research and Development Academy, Beijing 100101, China; 2. School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300350, China)

**Abstract:** [Purpose] To accelerate the independent innovation of ship design technology in China, improve the collaborative efficiency of ship design and construction, enhance the core competitiveness of China's shipbuilding industry, it is imperative to propose practical development suggestions for the digital transformation of ship design in our country. [Method] By conducting field research and case analysis, we have reviewed the current application status and practical experience of digital transformation in ship design at home and abroad. [Result] Compared with Japan, South Korea, and Europe, which are strong shipbuilding regions, Chinese shipbuilding enterprises have made progress but still face issues such as incompatible software platforms and inconsistent data standards. Key enterprises have established integrated design platforms and constructed parallel collaborative design modes, but there is still a gap in the application of new-generation information technologies compared to foreign advanced shipbuilding enterprises. Meanwhile, through SWOT analysis, it is found that although China's ship design digital transformation has advantages and opportunities, it also faces disadvantages and threats. [Conclusion] It is recommended that China focus on full-process design collaboration, digital process design, three-dimensional visualization design for on-site operations, digital design review submission, and full-cycle management of design and construction data to carry out research, thereby enhancing the core competitiveness of ship design and providing support for the digital transformation of China's shipbuilding industry.

**Key words:** ship design; digital transformation; status and trends; development recommendations

收稿日期: 2025-05-12; 修回日期: 2025-06-13

作者简介: 孟德鑫 (1989—), 男, 博士、高级工程师。研究方向: 船舶与海洋工程。

通信作者: 蔡雨露 (2003—), 女, 硕士研究生。研究方向: 船舶与海洋工程。

## 0 引言

船舶设计在船舶制造过程中占据着至关重要的位置,它不仅直接决定了船舶的性能、质量与建造效率,而且对整个建造周期的控制、资源配置和成本管理等产生深远影响<sup>[1]</sup>。随着全球船舶制造业竞争的不断加剧,传统的手工操作、经验驱动和人工调度的建造方式逐渐暴露出难以适应现代化需求的局限性。因此,数字化技术的应用已成为推动船舶制造业革新的核心驱动力之一。船舶设计数字化转型是指通过新一代信息技术(如人工智能、大数据分析、物联网和数字孪生等)在船舶设计方面的深度应用,有效提升设计效率,降低设计成本,优化船舶设计建造全流程。数字化转型不仅为船舶设计提供了全新的工具和方法,也为整个船舶制造业注入了前所未有的活力和竞争力<sup>[2]</sup>。

近年来,国内外在船舶设计数字化转型方面均取得了极大进展,随着计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机仿真分析(Computer Aided Engineering, CAE)、计算机工艺规划(Computer Aided Process Planning, CAPP)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)、产品数据管理(Product Data Management, PDM)等软件的应用,船舶设计效率显著提升,不仅加速了船舶设计环节的数字化升级,也推动了船舶设计生产管理的一体化制造模式应用。然而,当前船舶设计依然面临软件平台不兼容、数据标准不统一、专业协同效率低等问题,严重制约船舶设计效率。

本文通过调研当前国内外船舶设计数字化转型现状,对比分析国内外设计方法及技术、设计软件及平台、设计模式及流程等情况,梳理我国船舶设计存在问题,提出船舶设计数字化转型发展建议,为我国船舶设计数字化转型提供参考。

## 1 国内外船舶设计数字化转型发展现状及趋势

船舶设计领域的数字化转型历经了从20世纪中期计算机初步应用到当代先进技术整合的逐步演变,其核心始终是设计方式与能力的革新。五六十年代,早期CAD系统的引入,标志着船舶设计从传统手工绘图向数字化制图的根本性转变,实现了设计蓝图的电子化。七八十年代,三维建模技术的兴起,极大地提升了设计模型的精度与可视化程度。CAD/CAM的初步集成,使设计数据能够更直接地驱动制造,提升了设计与制造衔接的效率。九十年代,模拟与分析工具的广泛应用,使设计师能够在虚拟环境中验证和优化船舶性能。这标志着设计从几何建模向性能驱动设计的跃升,设计流程得到显著改善。21世纪初,数字孪生概念的应用,将设计阶段的模型与船舶实体的整个生命周期数据动态关联,为设计优化、状态监测和预测性维护提供了强大的数据基础。全生命周期管理(Product

Lifecycle Management, PLM)理念的深入,强调了对设计数据从概念到报废的贯通管理,推动设计更加注重可建造性、可维护性和可持续性<sup>[3]</sup>。2010年至今,人工智能(Artificial Intelligence, AI)、大数据分析和物联网(Internet of Things, IoT)等技术的深度整合,正在彻底重塑船舶设计。这些技术共同推动智能船舶设计的发展,使设计的精准性、效率、安全性和环境友好性达到了前所未有的高度<sup>[4]</sup>。

### 1.1 国外船舶设计数字化转型发展现状及趋势

#### 1.1.1 日本

日本船舶设计领域的数字化转型历程始于20世纪90年代,彼时设计部门开始初步探索CAD和CAM技术,旨在替代传统的手工绘图。进入2000年,面对信息技术迅猛发展和全球化竞争压力,日本船舶制造企业深刻认识到,设计环节的数字化是提升产品竞争力、优化设计方案、压缩设计周期并降低成本的关键,遂加大了对数字化设计工具的投资。2011年福岛核灾后,行业对安全性与效率的需求剧增,进一步推动了船舶设计流程向更深层次的数字化转型。2016年日本政府推出的“i-Shipping”战略,也着重强调了加强信息技术在船舶设计中的应用。

近年来,数字孪生、IoT和AI等技术的兴起,为日本船舶设计带来了革命性变化,实现了全生命周期设计管理的突破。例如今治造船利用数字孪生技术,将高精度的3D设计模型与实时数据深度结合,使设计阶段就能精准模拟和预测船舶在整个生命周期中的性能表现,为后续设计优化提供了强大的数据支撑;川崎重工在其新一代大型货船项目中,应用了集成大数据分析的智能设计系统,显著提升了设计效率和方案精准度;三菱重工推出的 $\Sigma$ SynX( $\Sigma$ =sum、Syn=synchronization/cooperation、X=future)解决方案见图1,其核心在于构建了一个融合系统平台、预测规划、人机协同和远程控制等先进设计理念与技术的集成设计环境。其开发的“SynX-Vehicle”新概念自动导引叉车(Automated Guided Forklift, AGF),正是这种数字化协同设计能力在提升仓储和货物处理系统设计上的体现<sup>[5-6]</sup>。此外,日本积极发展智能船舶设计平台,

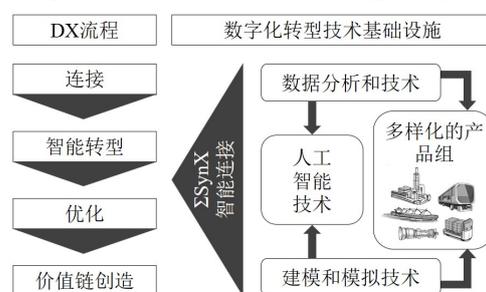


图1 三菱重工支持与客户共同创建解决方案

Fig. 1 Mitsubishi Heavy Industries Supports Solutions Co-Created with Customers

如“MEGURI 2040”无人船项目,其核心挑战就在于如何通过数字化设计实现高度自动化和智能化的船舶系统架构。

未来,日本船舶设计的数字化转型重点将围绕智能化设计、自动化设计流程、绿色设计等方面进行布局。通过实施更加系统化的数字化设计战略,巩固其在全球船舶市场中的设计创新优势,持续输出具有更高附加值的船舶设计方案与服务。

### 1.1.2 韩国

韩国船舶设计领域的数字化转型获得了政府与大型造船企业的高度重视,正逐步形成以“智能设计+数字化赋能”为核心的发展模式。2019年启动的“韩国自主水面船舶”(Korea Autonomous Surface Ship, KASS)计划,其制定的“三步走”发展规划见图2,核心内容之一就是船舶设计的智能化升级以及数字化船厂设计平台的构建。2021年《K-造船再腾飞战略》为船舶设计数字化设定了清晰目标:到2030年,通过优化设计流程、应用先进设计工具,实现设计效率大幅提升,从而支撑“生产能力提升30%、建造周期缩短10%、成本降低6%”的总体目标。



图2 韩国“三步走”船舶智能制造和船厂发展规划

Fig. 2 South Korea's "Three-step" Development Plan for Smart Shipbuilding and Shipyard Industry

现代重工未来船厂(Future of Shipyard, FOS)项目的核心是利用大数据和AI技术优化设计流程,实现设计任务的自动化和设计决策的智能化,其2030年建成智能造船厂的目标高度依赖设计阶段的实时数据集成、预测性分析来优化设计方案并无缝衔接后续建造与维护;三星重工“智能SHI”战略的重点是通过物联网和数字孪生技术打造智能设计环境,实现24 h无纸化协同设计和基于虚拟验证的设计优化,其无人化智能船厂愿景的起点正是高度自动化的数字化设计流程<sup>[7]</sup>;韩华海洋与美国船级社的合作,聚焦于数字化设计生产技术、智能船舶设计解决方案的验证等领域,旨在提升设计的可制造性、安全性和智能化水平。

从未来趋势看,韩国船舶设计数字化转型将着重深化虚拟仿真技术在设计全流程中的应用,并推动其与下一代智能设计系统的深度融合,以持续提升设计效率、精度和创新能力。

### 1.1.3 欧洲

欧洲在船舶设计领域的数字化转型处于全球前沿,其核心特色体现在数字化设计技术的深化应用、面向自主航行的创新设计以及与环保可持续理念的深度集成设计。欧洲各国在智能船舶设计技术上起步早,已进入高级阶段。早期项目如MUNIN、ReVolt和AWAA等,其核心贡献在于为不同船型的自主航行系统架构设计提供了重要的技术验证和设计路径探索。同时,挪威船级社(Det Norske Veritas DNV)、法国船级社(Bureau Veritas, BV)和康士伯格等机构开展的广泛研究极大地推动了船舶自主系统设计规范与标准的发展,巩固了欧洲在该设计领域的领先地位。

欧盟的《可持续和智能出行战略》明确要求构建智能航运系统,其核心驱动力在于智能船舶尤其是自主船舶的设计研发。德国的“海洋议程2025”专注于推进智能化海事产业,重点涵盖智能航运系统设计和自动驾驶船舶设计。法国的《海洋战略框架指令(MSFD)》与挪威的《2030年海事战略》均将开发智能、可持续的海事技术设计列为核心,为欧洲船舶数字化设计提供了清晰的路线图。

在先进技术的赋能下,欧洲领先造船企业正大力推动设计环节的数字化革命。芬坎蒂尼通过与西门子等合作,深度应用数字孪生、AR/VR技术于设计阶段,实现设计方案的可视化评审、虚拟装配验证和建造过程预演,大幅提升设计方案的可行性、可建造性和优化效率<sup>[8]</sup>;迈尔造船厂的核心优势在于高度数字化的设计流程,通过在设计阶段进行精确的数字化建模和仿真验证,显著减少了因设计问题导致的制造误差和返工,从源头提升了设计质量和效率;蒂森克虏伯船舶系统利用AR和全息技术,将虚拟设计模型精准叠加到现实操作环境中,革新了复杂系统的设计评审、装配指导和维护方案设计流程,提高了设计的精准度和可操作性;法国海军集团的Belh@rra护卫舰作为全球首艘“全数字化设计舰艇”,其革命性在于基于数字化架构的设计理念,实现了硬件和软件系统的模块化、标准化设计,赋予战舰卓越的设计灵活性和全生命周期升级能力;其他领先企业如汉莎、阿尔斯通、凯马等,广泛应用大数据分析和机器学习等工具,重点优化船型设计、结构设计和系统集成设计等环节,提升设计效率和性能。

未来,欧洲船舶设计数字化转型将继续引领全球,重点方向是深化虚拟仿真在设计闭环中的应用、推动AI赋能设计决策、强化可持续性设计集成、发展高效协同设计平台。通过将前沿数字化技术与设计创新深度融合,欧洲旨在维持其在高附加值、环保智能船舶设计领域的全球领导力,应对高人力成本挑战。

### 1.2 国内船舶设计数字化转型发展现状及趋势

国内船舶设计领域的数字化转型历程与国家重大

战略规划紧密协同, 逐步深化。在国家政策强力驱动下, “工业4.0”等理念引导船舶行业设计模式由传统向自动化和数字化转型<sup>[9]</sup>。《推进船舶总装建造智能化转型行动计划》和《船舶总装建造智能化标准体系建设指南》为船舶设计数字化提供了明确的发展路径和标准化框架<sup>[10-11]</sup>; “十三五”智能制造“三步走”战略从技术、管理和标准等多维度支持了设计数字化转型; 《智能船舶发展行动计划》加速了智能技术与船舶设计的深度融合, 推动了设计理念与方法的升级。

在此背景下, 沪东中华自主研发HDSPD综合设计平台, 覆盖船体、管系、电气和舾装等核心设计专业领域, 有力支撑了智能化设计与协同。外高桥造船引进Smart 3D和DMP-3D平台, 基于三维数字模型, 实现了船舶全生命周期的数字化设计, 提升了设计精度与效率。广船国际通过红帆数字化平台整合PLM、模型定义(Model Based Definition, MBD)等系统, 构建了覆盖设计源头的数字化流程, 确保设计数据向制造、

管理环节的高效贯通。江南造船推行单一数字模型和供应链协同云平台, 其核心价值在于通过统一的数字化设计模型和设计-供应链协同机制, 优化设计协同效率, 缩短因设计协调不畅导致的周期延误, 并提升设计精度。招商局重工构建智能制造中心, 重点应用PLM等系统, 其本质是推动船舶设计数据的数字化再造与高效流转, 为后续环节提供更精准的设计输入<sup>[12]</sup>。

未来, 我国船舶设计数字化转型的核心趋势将聚焦于设计全流程数字化管理、协同设计、设计标准化与规范化、技术赋能设计创新, 最终实现设计数字化与智能化的深度融合, 提升我国船舶设计的核心竞争力。

## 2 国内外主要船企设计数字化转型对比

本文提出数字化设计方法及技术、设计软件及平台、设计模式及流程等作为国内外主要船企设计数字化转型对比的三大核心维度, 具体见表1。

表1 设计数字化转型对比主要维度

Tab. 1 Main Dimensions for Comparing Digital Transformation in Design

维度	维度含义
设计方法及技术	融合大数据、AI、数字孪生等新一代信息技术的数字化/智能化设计方法及技术
设计软件及平台	包括设计、仿真等软件/平台, 如三维设计平台、PLM系统
设计模式及流程	数字化环境下的设计流程组织范式, 如模块化设计、并行协同, 定义任务执行与数据协同方式

### 2.1 主要船企设计方法及技术应用对比

从数字化设计方法及技术的角度, 国际领先的船舶制造企业, 如: 韩国的现代重工和三井重工、日本的三菱重工和三井造船、德国的蒂森克虏伯、荷兰的达门集团等都已系统性应用AI、基于模型的系统工程(Model Based Systems Engineering, MBSE)、数字孪生和沉浸式仿真等技术实现设计-生产全链条优化。相关技术应用已深度融入系统集成、跨领域协同设计和虚拟生产验证等阶段, 大幅提升了效率与精度。

国内船舶工业的设计数字化起步相对较晚, 但发展迅速。国内企业正大力探索智能化设计技术的深化应用, 为未来全流程智能化设计和生产奠定了基础。以沪东中华、江南造船、广船国际等为代表的企业, 聚焦3D建模仿真基础技术, 上海外高桥、江苏扬子江船业尝试技术延伸, 但AI深度应用、数字孪生和MBSE等方法体系仍处于探索阶段。

### 2.2 主要船企数字化设计软件及平台对比

在数字化设计软件及平台层面, 国际巨头普遍采用成熟度高、生态完善的国际化商业平台, 如韩国的3D Experience平台、欧洲的AVEVA™系列和Geomagic Control X等, 实现了三维建模、工程分析、MES/ERP集成、项目管理和协同等高度集成与无纸化操作。这些工具在精细化设计、复杂系统管理、全球协同和数据一致性方面表现优异。

我国船舶制造业在工具应用上呈现“引进与自研并行”的特点。沪东中华、广船国际、江南造船等积极开发本土化三维平台, 但在高端三维设计/分析核心软件、高性能计算基础设施等方面仍存在对国外产品的显著依赖, 国产工具在成熟度、功能完备性、生态系统和高端应用场景支持等方面与国际领先水平相比尚有差距。

### 2.3 主要船企数字化设计模式及流程对比

在数字化设计模式及流程上, 模块化/标准化设计、并行协同、设计重用成国际主流, 结合了集成产品开发(Integrated Product Development, IPD)、空间协同等创新范式。如, 韩国和日本的船厂利用先进的三维协同工具实现设计、生产、供应链的深度集成与并行, 显著减少返工; 法国船厂则擅长将模块化设计与精益管理原则深度结合。其模式的核心在于建立了贯穿初步设计、详细设计到生产设计的高效协同机制以及统一的数据标准和规范化的流程, 并拥有支撑这些模式的强大工具链和数据管理体系。

我国船舶制造企业在一体化设计平台建设和并行协同设计的理念推广方面取得了重要进展, 有效助力设计周期缩短和内部协同效率提升。部分企业如新时代造船、扬子江船业在新能源船舶等领域积极探索模块化设计的应用。然而, 在模式的深度应用和体系化建设上仍存在明显短板。

通过调研和资料收集，梳理了全球主要船企设计数字化转型实践案例，见表2。

表2 全球主要船企设计数字化转型实践

Tab. 2 Practices of Digital Eesign Transformation in Global Shipbuilders

国家	公司	设计方法及技术	设计软件及平台	设计模式及流程
韩国	现代集团	融合数字孪生、系统工程技术	3D Experience 平台、产品生命周期管理系统	模块化设计、标准化设计、并行协同设计
	三星重工	融合人工智能、系统工程方法、数字孪生技术	3D Experience 平台	标准化设计
日本	三井造船	融合 3D 建模和仿真、数据交互技术	AVEVA <sup>TM</sup> E3D 设计	多学科设计优化、并行协同设计
欧洲	德国迈尔造船	融合虚拟现实和增强现实、3D 建模和仿真技术	Geomagic Control X	空间三维协同设计
	荷兰达门造船	融合虚拟现实和增强现实技术	3D Experience 平台	并行协同设计、重用设计
中国	沪东中华	融合 3D 建模和仿真技术	自主数字化船舶设计系统 HDSPD	并行协同设计、一体化设计
	外高桥造船	融合数字孪生、3D 建模和仿真技术	鹰图 Smart 3D 软件系统、三维数字模型平台 DMP-3D	并行协同设计、一体化设计
	广船国际	融合 3D 建模和仿真、OpenGL 技术	HDSPD 设计系统、红帆 PLM 系统、基于模型管理平台	并行协同设计、一体化设计
	江南造船	融合 3D 建模和仿真技术	达索三维体验设计平台 (3D EXP)	并行协同设计
	扬子江造船	融合数据挖掘和分析、3D 建模和仿真技术	江苏现代造船系统	可视化设计、标准化设计

国外船舶企业主要凭借技术深度、工具链完整性、模式创新构建体系化优势。国内在基础3D应用、本土平台开发、协同设计推广上进展显著，但面临高端算法与数字孪生应用滞后；三维内核、工程仿真等基础软件依赖进口；模块化/标准化不足，数据孤岛阻碍跨阶段协同。这些正是后文优势-劣势-机会-威胁分析法（Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats, SWOT）的核心议题与实施建议的破解方向。

### 3 我国船舶设计数字化转型的 SWOT 分析

我国船舶设计数字化转型的优势显著。深厚的传统设计技术底蕴为国家政策大力支持的数字化转型奠定了坚实基础。国内形成的多个船舶产业集群，为后续实现设计协同和资源共享提供了有利的组织环境。庞大的国内及全球船舶市场需求，特别是对绿色智能船舶的迫切需求，为数字化设计技术的实践应用与优化提供了广阔舞台，也构成了实施各项转型建议的强大市场驱动力。在三维建模、有限元分析等基础技术领域的持续突破，则为转型提供了初步支撑。

然而，劣势也不容忽视。核心在于部分关键数字化软硬件仍依赖进口，自主研发能力在底层算法等核心技术上的薄弱制约了转型的自主可控性。设计协同的主要障碍在于船舶设计产生的海量且复杂的图纸、

工艺参数，当前管理体系不完善，数据分散、格式不一导致共享困难。同时，数据安全风险威胁企业及国家利益，凸显了强化数据管理的必要性。

当前，也面临重要机遇。云计算、大数据、人工智能（AI）、区块链、虚拟现实（VR）/增强现实（AR）等新兴技术快速发展，为转型注入新动力。AI可赋能焊接工艺及路径自动规划、智能工艺决策和智能设计技术研究；VR/AR技术则能直接应用于面向现场作业的三维可视化仿真及三维作业指导系统；区块链技术则有助于保障数据安全共享。此外，“一带一路”倡议的深化国际合作，有利于引进先进技术经验和参与国际标准制定，有助于应对标准差异挑战。全球对绿色智能船舶需求的激增，更要求并驱动着基于统一三维模型的智能设计与工艺优化的发展，为数字化设计技术提供了广阔的应用空间和市场前景。

同时，威胁挑战严峻。国际船舶行业多样且差异大的标准规范，增加了我国数字化设计成果国际应用的难度和成本，这迫切需要通过国内制定统一的数据规范和接口标准、推行基于三维模型的送审模式来提升兼容性和效率，并积极参与国际合作以应对标准壁垒。部分发达国家设置的技术出口限制阻碍了关键技术的引进。全球市场竞争尤其激烈，韩国、日本等传统造船强国在数字化设计领域占据先发和高端优势，

这要求我国必须全面提升数字化设计效率和产品核心竞争力。贸易保护主义抬头和贸易壁垒增加, 则进一步阻碍了我国船舶企业国际市场拓展和数字化转型成果的海外推广。

基于以上SWOT分析, 我国船舶设计数字化转型的优劣势及其面临的机遇和挑战见图3。

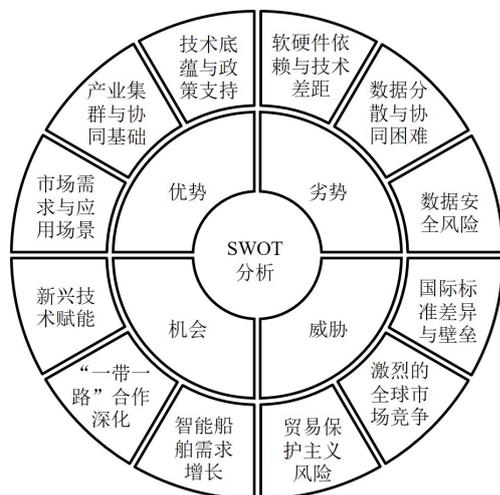


图3 我国船舶设计数字化转型 SWOT 分析

Fig. 3 SWOT Analysis of the Digital Transformation of Design in China's Ship Final Assembly and Construction Field

#### 4 船舶设计数字化转型发展建议

综上所述, 结合当前我国船舶设计数字化转型现状及存在问题, 总结提出我国船舶设计数字化转型主要建议如下:

1) 构建统一数据标准与加强设计协同。制定统一的数据规范和接口标准, 确保不同设计阶段和平台之间的数据一致性和兼容性; 掌握面向生产设计的分段生成、典型船体结构详细与生产设计模型协同、管系和电气原理设计与生产设计协同等关键技术, 形成详细设计与生产设计模型数据无缝对接, 实现基于MBD的全三维设计。

2) 提升基于模型的数字化工艺设计能力。研究和应用焊接工艺及路径自动规划软件, 基于三维模型的焊接工艺离线编程和激光扫描的在线编程软件系统, 提升生产作业智能化水平。围绕工艺流程、技术要求、材料清单和工艺参数等信息, 建立三维设计智能工艺数据库, 开展船体焊接、构件装配、加工成形、管子加工和分段舾装等工艺的智能化设计技术研究, 推动船舶设计与生产的深度融合。

3) 加强面向现场作业的三维可视化设计。利用VR或AR技术对整个生产过程进行可视化仿真; 建设三维作业指导系统与车间三维作业指导平台, 推动“三维模型下现场”, 确保工艺要求的精准执行; 优化大规模产品设计数据的组织与存储, 确保仿真过程中所需

的海量数据能够高效管理并快速调用。

4) 推进三维模型驱动的数字化设计送退审。推行基于三维模型的送审模式及三维审图方法, 提高设计审查效率和准确性; 研究基于统一三维模型的详细设计及审图技术, 提高设计与审图的一致性和效率。

5) 推动船舶设计建造数据全周期管理。整合船舶生产设计数据、工艺数据和质量控制数据等, 构建产品数据管理系统, 实现工时物量与工作包(Work Package, WP)/工单(Work Order, WO)之间的关联管理, 提升设计生产效率。

#### 5 结论

本文揭示了船舶设计数字化转型的本质是以数据为驱动、模型为核心、新一代信息技术为支撑的设计范式革新, 其核心价值在于实现设计-生产-管理全流程一体化协同, 这一路径已被日韩欧等造船强国实践验证。研究通过创新性地构建“设计方法及技术-设计软件及平台-设计模式及流程”三维对比框架, 清晰勾勒出国内外在工具链完整性、技术深度及模式创新上的具体差距, 并利用SWOT分析精准定位了国内优劣势。建议我国聚焦全流程设计协同、数字化工艺设计、面向现场作业的三维可视化设计、数字化设计送退审、设计建造数据全周期管理等方面开展研究, 推动我国船舶设计数字化转型进程, 为船舶制造业整体数字化转型提供支撑。未来, 需进一步探索人工智能等技术在船舶设计领域的创新应用方向。

#### 参考文献:

- [1] 魏日明. 现代船舶设计与制造智能化探讨[J]. 船舶物资与市场, 2023, 31(8): 22-24.  
WEI R M. Discussion on the Intelligence of Modern Ship Design and Manufacturing[J]. Ship Materials and Market, 2023, 31(8): 22-24.
- [2] 骆晓萌, 石璘, 张磊, 等. 数字工艺赋能船舶智能制造[J]. 船舶工程, 2024, 46(7): 16-36.  
LUO X M, SHI J, ZHANG L, et al. Digital Processes Enabling Intelligent Manufacturing of Ships[J]. Ship Engineering, 2024, 46(7): 16-36.
- [3] 蔡笑驰, 姚怡芝, 李鑫. 数字孪生技术在船舶全生命周期的应用架构[J]. 船舶设计通讯, 2019(2): 27-32.  
CAI X C, YAO Y Z, LI X. Application Architecture of Digital Twin Technology in the Full Life Cycle of Ships[J]. Ship Design Communication, 2019(2): 27-32.
- [4] 梁金丹, 陈真, 杨梦媛, 等. 船舶智能制造技术的应用分析[J]. 中国水运, 2024(5): 66-68.  
LIANG J D, CHEN Z, YANG M Y, et al. Application Analysis of Ship Intelligent Manufacturing Technology[J]. China Water Transport, 2024(5): 66-68.

- [5] 王思佳. 三菱重工数字化转型: 全过程3D化[J]. 中国船检, 2024(4): 67-70.  
WANG S J. Digital Transformation of Mitsubishi Heavy Industries: 3Disation of the Whole Process[J]. China Ship Inspection, 2024(4): 67-70.
- [6] 王思佳. 三星重工智能船舶研究项目[J]. 中国船检, 2024(2): 60-63.  
WANG S J. Samsung Heavy Industries Smart Ship Research Project[J]. China Ship Inspection, 2024(2): 60-63.
- [7] 武志星. 韩国三星重工打造以机器人为中心的未来造船厂[J]. 科技中国, 2024(5): 102.  
WU Z X. Samsung Heavy Industries of South Korea is Building a Robot-Centric Future Shipyard[J]. Science and Technology China, 2024(5): 102.
- [8] BOGNOLO M. Decarbonisation by Design: Fincantieri is Exploring New Fuels, Technologies and Designs as it Commits to Building More Sustainable Ships[J]. International Cruise and Ferry Review, 2024: 117.
- [9] 封波. 智能船舶设计方法体系研究[J]. 船舶工程, 2020, 42(增刊1): 1-4.  
FENG B. Research on Intelligent Ship Design Method System[J]. Ship Engineering, 2020, 42(Suppl. 1): 1-4.
- [10] 刘震, 史琪琪, 马维良. 标准化助推船舶行业高质量发展[J]. 船舶标准化工程师, 2020, 53(2): 6-10.  
LIU Z, SHI Q Q, MA W L. Standardisation Promotes High-Quality Development in the Shipbuilding Industry[J]. Ship Standardisation Engineer, 2020, 53(2): 6-10.
- [11] 林洪山. 智能造船要提防“大而全”[J]. 广东造船, 2022, 41(4): 11-12.  
LIN H S. Smart Shipbuilding Should Beware of Being 'Big and Comprehensive'[J]. Guangdong Shipbuilding, 2022, 41(4): 11-12.
- [12] 赵博. 智能造船蓄势待发[J]. 中国船检, 2019(2): 9-12.  
ZHAO B. Intelligent Shipbuilding Ready for Development [J]. China Ship Inspection, 2019(2): 9-12.
- =====
- (上接第228页)
- [8] 潘伟宸, 刘健, 沈勇, 等. 基于AQWA的新型10 MW浮式平台运动响应分析[J]. 舰船科学技术, 2024, 46(7): 93-97.  
PAN W C, LIU J, SHEN Y, et al. Motion Response Analysis of a New 10 MW Floating Platform Based on AQWA[J]. Ship Science and Technology, 2024, 46(7): 93-97.
- [9] 王晨昊. DTU10 MW 风机半潜式平台系泊设计与研究[D]. 江苏镇江: 江苏科技大学, 2023.  
WANG C H. Design and Research of Mooring for DTU10 MW Wind Turbine Semi-Submersible Platform [D]. Zhenjing, Jiangsu: Jiangsu University of Science and Technology, 2023.
- [10] 高宇. 漂浮式海上风机动力响应及振动抑制分析[D]. 北京: 中国石油大学(北京), 2022.  
GAO Y. Dynamic Response and Vibration Suppression Analysis of Floating Offshore Wind Turbines[D]. Beijing: China University of Petroleum (Beijing), 2022.
- [11] 刘志成, 张建华, 孙科, 等. 四浮筒半潜式海上风机基础水动力性能分析[J]. 海洋工程, 2024, 42(4): 21-34.  
LIU Z C, ZHANG J H, SUN K, et al. Analysis of Hydrodynamic Performance of Four-Buoy Semi-Submersible Offshore Wind Turbine Foundation[J]. Ocean Engineering, 2024, 42(4): 21-34.
- [12] 刘传艺, 潘伟宸, 沈勇, 等. 新型10 MW浮式风机平台水动力性能分析[J]. 船舶物资与市场, 2024, 32(1): 89-93.  
LIU C Y, PAN W C, SHEN Y, et al. Analysis of Hydrodynamic Performance of New 10 MW Floating Wind Turbine Platform[J]. Ship Materials and Market, 2024, 32(1): 89-93.
- [13] 施伟, 薛瑞宁, 侯晓彬, 等. 10 MW级半潜漂浮式风机的动力响应[J]. 船舶工程, 2021, 43(10): 1-9.  
SHI W, XUE R N, HOU X B, et al. Dynamic Response of 10 MW Semi-Submersible Floating Wind Turbine[J]. Ship Engineering, 2021, 43(10): 1-9.
- [14] MENG H, LIU Y, TIAN D, et al. A Novel Conceptual Design of a Semi-Submersible Foundation for a 15 MW Floating Wind Turbine[J]. Ocean Engineering, 2024, 294: 116726.
- [15] CAO Q, XIAO L, CHENG Z, et al. Operational and Extreme Responses of a New Concept of 10 MW Semi-Submersible Wind Turbine in Intermediate Water Depth: An Experimental Study[J]. Ocean Engineering, 2020, 217: 108003.
- [16] ZHAO Z, SHI W, WANG W, et al. Dynamic Analysis of a Novel Semi-Submersible Platform for a 10 MW Wind Turbine in Intermediate Water Depth[J]. Ocean Engineering, 2021, 237: 109688.
- [17] 魏东泽, 阙小玲, 付图南, 等. 新型半潜式海上风力机基础水动力特性研究[J]. 海洋工程, 2022, 40(1): 82-92.  
WEI D Z, QUE X L, FU T N, et al. Research on Hydrodynamic Characteristics of a New Semi-Submersible Offshore Wind Turbine Foundation[J]. Ocean Engineering, 2022, 40(1): 82-92.