

船舶数字化设计与制造技术研究

丁红星

中国船级社实业有限公司宁波分公司，浙江宁波，315000；

摘要：本文深入探讨了船舶数字化设计与制造技术的现状、应用及发展趋势。随着数字化技术的飞速发展，船舶制造行业正经历着深刻的变革。数字化设计与制造技术不仅提高了船舶设计的效率和准确性，还优化了生产流程，提升了产品质量。文章从数字化设计、数字化制造、模拟仿真等方面进行了详细阐述，并分析了这些技术在船舶制造中的具体应用案例。通过本研究，旨在为船舶制造行业的数字化转型提供理论支持和实践指导。

关键词：船舶制造；数字化设计；数字化制造；模拟仿真；生产效率

DOI：10.69979/3041-0673.25.06.066

引言

船舶制造是一个复杂而庞大的系统工程，涉及设计、建造、测试、管理等多个环节。随着全球经济的不断发展和科技的不断进步，船舶制造行业正面临着前所未有的挑战和机遇。数字化设计与制造技术的引入，为船舶制造行业带来了新的活力和竞争力。这些技术不仅能够提高生产效率，降低成本，还能够提升产品质量，满足市场对高性能、高质量船舶的需求。因此，深入研究船舶数字化设计与制造技术具有重要的现实意义和理论价值。

1 船舶数字化设计技术

随着信息技术的飞速发展，船舶数字化设计技术已成为现代船舶制造业的核心驱动力。这一技术不仅极大地提高了船舶设计的效率和准确性，还促进了船舶制造业的智能化、自动化和绿色化发展。本文将从船舶数字化设计技术的基本概念、关键技术、应用案例以及未来发展趋势等方面进行详细阐述。

1.1 船舶数字化设计技术的基本概念

船舶数字化设计技术是指利用计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工程（CAE）、计算机辅助工艺过程规划（CAPP）、产品数据管理（PDM）等先进软件工具，将船舶设计过程全面数字化、虚拟化的技术。它涵盖了船舶设计的各个阶段，从初步设计、详细设计到生产设计，以及后续的测试、验证和优化等环节。通过数字化设计技术，设计师可以在虚拟环境中进行船舶的三维建模、结构分析、性能预测、工艺规划等工作，大大提高了设计效率和准确性，降低了设计成本^[1]。

1.2 船舶数字化设计技术的关键技术

三维建模技术是船舶数字化设计的基础。它利用专业的三维建模软件，如 CATIA、SolidWorks、Autodesk Inventor 等，将船舶的几何形状、结构布局、设备布置等信息以三维数字模型的形式表示出来。三维模型不仅具有直观性、可视化的特点，还可以进行各种仿真分析，如结构强度分析、浮力仿真、稳性分析等，为船舶设计的优化提供了有力支持^[2]。

参数化设计技术是一种基于参数驱动的建模技术。在船舶设计中，设计师可以通过定义一系列参数来描述船舶的形状、尺寸、性能等特征。当需要修改设计时，只需调整这些参数的值，模型就会自动更新，大大提高了设计效率和灵活性。此外，参数化设计技术还可以与优化算法相结合，对船舶的性能进行优化设计，如减小阻力、提高航速、降低油耗等。

模块化设计技术是将船舶划分为多个相对独立的模块，如船体模块、机械设备模块、电气系统模块等，分别进行设计、制造和装配。这种设计方式不仅提高了设计的可重用性和可维护性，还方便了船舶的升级和改造。标准化设计技术则是在模块化设计的基础上，对船舶的零部件、接口、工艺等进行标准化处理，提高了船舶制造的互换性和通用性，降低了制造成本。

虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术是船舶数字化设计的新兴技术。通过 VR 技术，设计师可以沉浸在虚拟的船舶环境中，进行直观的设计和操作。而 AR 技术则可以将虚拟信息叠加到真实世界中，帮助设计师在真实环境中进行设计和验证。这些技术不仅提高了设计的沉浸感和交互性，还方便了设计师与船东、船级社等

外部机构的沟通和协作^[3]。

1.3 船舶数字化设计技术的应用案例

目前,国内外许多造船企业已经开始采用三维设计平台进行船舶设计。例如,中国船舶集团旗下的多家船厂和设计单位已经全面推广使用三维设计软件,实现了从初步设计到生产设计的全过程数字化。这些平台不仅提高了设计效率和质量,还方便了设计数据的共享和协同。

数字化样船技术是船舶数字化设计的重要应用之一。它通过建立船舶的全数字化模型,进行各种仿真分析和测试验证,为船舶的设计和优化提供了有力支持。例如,韩国现代重工就利用数字化样船技术进行了多艘大型 LNG 船的设计和优化工作,取得了显著的效果。

异地协同设计技术是船舶数字化设计的另一项重要应用。通过利用互联网和云计算技术,设计师可以在不同的地点进行协同设计,实现设计数据的实时共享和更新。这种设计方式不仅提高了设计效率和质量,还降低了设计成本和时间成本。例如,欧洲的一些造船企业就利用异地协同设计技术进行了跨国界的船舶设计工作。

2 船舶数字化制造技术

船舶数字化制造技术是现代船舶工业发展的核心驱动力之一,它融合了先进的信息技术、自动化技术和智能制造理念,旨在提升船舶建造的效率、质量和灵活性。随着全球船舶市场的竞争日益激烈,以及客户对船舶性能、安全性和环保要求的不断提高,数字化制造技术已成为船舶企业实现转型升级、提升竞争力的关键所在。

2.1 船舶数字化制造技术的内涵与特点

船舶数字化制造技术是指利用计算机、网络、数据库等信息技术手段,对船舶制造全过程进行数字化建模、仿真、优化和控制的技术。它涵盖了从船舶设计、工艺规划、生产准备、加工制造到质量检测、售后服务等各个环节,实现了船舶制造过程的数字化、网络化和智能化。

船舶数字化制造技术的特点主要体现在以下几个方面:高度集成化:数字化制造技术将船舶制造过程中的各个环节紧密集成在一起,实现了信息的无缝传递和共享,提高了生产协同效率。高度自动化:通过引入机

器人、自动化生产线等先进设备,数字化制造技术实现了船舶制造过程的自动化和智能化,减少了人工干预,提高了生产效率和产品质量。高度灵活化:数字化制造技术能够快速响应市场变化和客户个性化需求,通过灵活调整生产计划和工艺路线,实现多品种、小批量的柔性生产。高度可视化:利用虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等技术,数字化制造技术实现了船舶制造过程的可视化监控和管理,提高了生产透明度和决策效率^[4]。

2.2 船舶数字化制造技术的关键技术与应用

数控加工技术是船舶数字化制造的基础。通过引入数控切割机、数控弯板机、数控焊接机等先进设备,实现了船舶板材和型材的精确切割、成型和焊接。数控加工技术不仅提高了加工精度和效率,还减少了材料浪费和人工成本。例如,在船舶甲板板的切割过程中,数控切割机能够根据设计图纸自动进行切割路径规划,实现高效、精确的切割作业。

机器人焊接技术是船舶数字化制造的重要组成部分。通过引入焊接机器人,实现了船舶焊接过程的自动化和智能化。焊接机器人能够根据预设的焊接参数和路径,自动完成焊接作业,提高了焊接质量和效率。同时,机器人焊接还减少了人工焊接带来的安全隐患和劳动强度。在船舶分段制造中,焊接机器人能够高效地完成大量焊缝的焊接工作,确保焊接质量的一致性和稳定性。

数字化装配技术利用激光跟踪仪、工业相机等先进设备,实现了船舶部件的精确装配和定位。通过数字化装配技术,能够实时获取装配过程中的位置、姿态等信息,对装配误差进行实时调整和修正,提高了装配精度和效率。在船舶总装过程中,数字化装配技术能够确保各个分段和部件的精确对接和固定,保证船舶的整体性能和安全性。

数字化质量管理技术利用大数据、云计算等先进技术,对船舶制造过程中的质量数据进行实时采集、分析和处理。通过建立质量数据库和模型,能够实现对船舶质量的全面监控和预警,及时发现和解决质量问题。同时,数字化质量管理技术还能够对质量数据进行深度挖掘和分析,为质量改进和优化提供有力支持。

2.3 船舶数字化制造技术的实施路径与效益

船舶数字化制造技术的实施需要遵循一定的路径。首先,企业需要建立完善的数字化制造体系,包括硬件

设备的引进和升级、软件系统的开发和集成等。其次，企业需要加强人才培养和引进，提高员工的数字化技能和素养。同时，企业还需要加强与供应商、客户等外部合作伙伴的协同和合作，共同推动数字化制造技术的发展和應用。

船舶数字化制造技术的实施能够带来显著的效益。首先，数字化制造技术能够提高船舶制造的效率和质量，缩短建造周期，降低生产成本。其次，数字化制造技术能够提升企业的创新能力和市场竞争力，满足客户个性化需求，拓展市场份额。此外，数字化制造技术还能够促进企业的绿色发展和可持续发展，减少能源消耗和环境污染。

2.4 船舶数字化制造技术的未来发展趋势

随着信息技术的不断发展和船舶市场的不断变化，船舶数字化制造技术将呈现以下发展趋势：智能化水平不断提升：未来的船舶数字化制造技术将更加注重智能化水平的提升，包括智能设计、智能加工、智能装配、智能检测等各个环节。网络化协同更加紧密：船舶数字化制造技术将更加注重网络化协同的发展，实现船舶制造全过程的数字化协同和资源共享。绿色制造成为主流：随着环保意识的不断提高，绿色制造将成为船舶数字化制造技术的主流发展方向。未来的船舶制造将更加注重节能减排、资源循环利用和环境保护。

3 模拟仿真技术在船舶制造中的应用

3.1 模拟仿真技术概述

模拟仿真技术是一种利用计算机模型和算法对实际系统进行模拟和分析的技术。在船舶制造中，模拟仿真技术可以帮助工程师对船舶的设计、制造和性能进行全面优化和分析。通过模拟仿真技术，工程师可以在虚拟环境中对船舶的各种性能进行测试和验证，避免了实际制造过程中的风险和浪费。

3.2 模拟仿真技术在船舶制造中的应用

模拟仿真技术可以帮助船舶制造企业优化生产工艺流程。传统的工艺规划往往依赖于经验和试错，容易造成生产过程不稳定和资源浪费。而模拟仿真技术通过建立虚拟的生产工艺模型，可以模拟不同的生产场景和工艺方案，在模拟环境中对生产过程进行全面的优化和分析。工程师可以通过模拟仿真技术对生产工艺参数进行调整和优化，降低生产成本，提高生产效率。

模拟仿真技术可以帮助船舶制造企业预测生产过程中的问题并及时解决。在传统的工艺规划中，往往需要进行试生产和调试，耗费大量的时间和成本。而模拟仿真技术可以在虚拟环境中对生产过程进行模拟和预测，发现潜在的问题并提前进行调整和优化。工程师可以通过模拟仿真技术模拟不同的生产场景，分析生产过程中可能出现的问题，从而在实际生产中避免生产故障和延误，提高生产效率和产品质量。

模拟仿真技术可以帮助船舶制造企业降低生产过程中的风险。船舶制造涉及到众多的生产环节和工艺参数，任何一处的问题都可能影响到整个生产过程。传统的工艺规划往往难以考虑到所有的因素和风险，容易造成生产事故和质量问题。而模拟仿真技术可以通过建立虚拟的生产环境，模拟不同的生产场景和工艺方案，在模拟环境中对可能出现的风险进行评估和分析，提前制定应对措施，降低生产风险，确保生产过程的安全和稳定。

3.3 模拟仿真技术的优势

模拟仿真技术可以在船舶设计阶段对船舶的性能进行全面测试和优化，提高了设计质量。通过模拟仿真技术，设计师可以发现并解决设计中的潜在问题，确保船舶在实际使用中的安全性和性能。模拟仿真技术可以减少试生产和调试过程中的浪费和损失，降低了生产成本。通过虚拟环境中的模拟和预测，工程师可以提前发现和解决问题，避免了实际生产过程中的风险和浪费。模拟仿真技术可以优化生产工艺流程和资源配置，提升了生产效率。通过模拟仿真技术，工程师可以对生产工艺参数进行调整和优化，降低了生产成本，提高了生产效率^[5]。

4 结束语

船舶数字化设计与制造技术是船舶制造行业发展的重要方向。通过数字化设计技术，可以提高船舶设计的效率和准确性；通过数字化制造技术，可以实现船舶制造过程的自动化和智能化；通过模拟仿真技术，可以对船舶的设计、制造和性能进行全面优化和分析。这些技术的应用不仅提高了船舶制造的生产效率和产品质量，还降低了生产成本和风险。未来，随着技术的不断创新和发展，船舶数字化设计与制造技术将继续在船舶制造领域发挥重要作用，为行业的可持续发展注入新的

动力。

参考文献

- [1]开展对船舶产品数字化并行协同设计技术进行研究与应用[C]//纪念中国造船工程学会成立 60 周年中国船舶工业发展论坛论文集. 北京:中国造船工程学会, 2003:254-256.
- [2]陈佳慧,庄渊雍. 现代船舶舾装设计水平与制造效率提高方案研究[J]. 科技经济导刊,2015,26(4):96.
- [3]何鹏飞,袁红俊. 现代船舶舾装设计与制造效率提高方法研究[J]. 运输经理世界,2024(18):160-162.

DOI:10.3969/j.issn.1673-3681.2024.18.053.

- [4]杨波. 基于轻量级框架的船舶技术性能数字化试验平台的设计与实现[D]. 江苏:江南大学,2007. DOI:10.7666/d.y1398631.
- [5]杨王峰,郑子龙,杨斌,等. 现代船舶舾装设计与制造效率提高方法研究[J]. 中国水运(下半月),2014,14(3):4-6.

作者简介:丁红星,1990.02,男,民族:汉族,籍贯:湖北省武汉,学历:本科,职称:工程师,研究方向:船舶工程。