

船舶数字化装配工艺设计与仿真技术研究

Design and Simulation Technology of Digital Assembly Process for Ship

江南造船(集团)有限责任公司 单小芬 朱明华 李吉 张红伟

[摘要] 船舶数字化装配工艺设计与仿真是对船舶设计模式的创新,探索并研究了船舶三维模型数据转换、结构化工艺设计和装配工艺仿真等技术,打通了基于三维模型的船舶设计、仿真、建造等多个环节的集成链路。应用测试表明,船舶数字化装配工艺设计与仿真能够有效提高船舶建造质量和效率。

关键词: 船舶 数字化装配 工艺设计 仿真

[ABSTRACT] The design and simulation of ship digital assembly process is the innovation of ship design mode, the technology of the ship three-dimensional model data transformation, structured process design, assembly process simulation, etc. is explored and researched, and the integrated links of ship design, simulation and building on the basis of three-dimensional model are opened up. The application test shows that the design and simulation of ship digital assembly process can effectively improve the quality and efficiency of ship construction.

Keywords: Ship Digital assembly Process design Simulation

数字化正深入船舶研制过程,推动船舶研制模式转变。自20世纪90年代以来,造船发达国家积极开展数字化造船方面的研发和应用,在技术、体制与造船方式上发生了一系列的重大变革,取得了巨大进步。随着船舶建造技术、管理理念和建造模式等的重大转变,特别是数字化技术、虚拟仿真技术在船舶设计、建造方面的应用不断扩大和深入,引起了造船行业的强烈关注与重视。欧美、日韩等先进造船国家已将数字化装配工艺设计技术、仿真技术作为提高生产效率、产品质量和作业安全性的有效手段。

欧美船舶研制从方案设计至产品完工已全面采用三维数字化设计技术,并在总体设计过程中充分考虑可制造性及生产信息的融合,在船舶生产设计阶段充分开展基于数字样船的三维装配工艺设计与仿真技术应用,

在生产现场广泛推进三维作业指导书的应用,提升区域生产设计的精准性及施工工艺的直观性。2003年下水的LPD 17级运载舰是美国第一艘在“虚拟环境”下设计和建造的船舶。在该项目中,每个步骤都要通过仿真模拟验证后才开始钢材的切割焊接,避免了返工、错切、重焊等问题。海军报告称,仿真技术的应用已经为整个项目节省了3.7亿美金。

考虑到在船舶设计阶段均实现了三维化,韩、日等船厂在数字化装配工艺设计与仿真技术方面开展了深入研究和实际应用。日本石川岛船厂(IHI船厂)将仿真技术作为提高生产效率、产品质量和作业安全性的有效手段。IHI船厂在轴舵系安装之前进行仿真模拟,确认无误后再开展实际作业;还在生产现场部署了三维作业指导终端,并通过Wifi将三维作业指令传输至现场,使得生产现场作业人员能快速、准确获取工艺信息,大大提高了生产效率。

我国船舶研制过程中虽然部分环节已经实现了数字化,但尚未打通船舶数字化设计与制造的一体化,相比欧美等先进造船国家,还存在较大差距:设计、建造之间三维模型与二维图纸转换费时费力,且不利于模型的更改和设计变更的快速处理;由于传统工艺设计以二维表述为主要方式,缺少科学的工艺设计优化手段,无法进行三维工艺设计验证,致使装配中是否干涉、装配顺序是否合理、工装设备是否满足需要、操作空间是否开敞等一系列问题在建造阶段才能暴露出来;生产现场高技能熟练工人的紧缺,对工艺设计的深度和工艺信息的标识提出了更高的要求,如二维图纸仅对中间产品的最终状态给出了要求,而对工艺过程缺乏详细、规范的指导,实际生产者对工艺的理解与设计者的意图可能不一致,很多时候还存在边思考工艺边施工甚至返工的现象,产品质量和精度难以一次保证。

船舶研制是一项艰巨的系统工程,研制周期要求非常严格,迫切需要在设计手段上创新和突破,提高船舶的建造效率和质量。为此,船舶行业开展了船舶数字化装配工艺设计与仿真技术研究,将船舶设计数字化向建造数字化延伸和深化,将三维模型应用于生产现场的三

* 国防科工局基础科研项目(A0720133009)。

维作业指导,使设计、制造融为一体,已成为船舶研制生产的发展方向。

1 船舶数字化装配工艺设计

船舶数字化装配工艺设计首先需经过数据转换将产品数据导入装配工艺设计平台,再在三维数字化环境中搭建结构化工艺树,形成“产品-工序-工装-资源”的关联关系,以支持后续的装配工艺仿真验证和装配工艺三维作业指导书设计。

1.1 船舶三维模型数据转换

为达到一次建模、全程应用的目的,基于MBD设计技术,以Tribon为建模平台的船体结构、舾装三维模型为基础,采用三维的数据表达方式,实现从设计到建造的数据全部以三维数模传递。三维设计数模中包含着全部的产品设计及建造信息,并能精确描述船舶的几何外形、内部结构、加工要求等,使数据的传递更准确,为三维工艺设计提供支持。船舶三维模型转换的技术路线如图1所示,Tribon导出的DXF是以板架为单位进行划分的,若要将肘板、肋骨等构件单独导出,则需要手工进行很多操作。先利用Tribon的板架XML导出接口与AutoCAD VBA结合,自动重构零件级的Tribon船体模型,然后在Delmia平台中以三维模型为载体对模型、零组件属性及产品结构树进行关联重构,形成面向制造的产品结构树,并作为船舶装配工艺设计的唯一数据源。

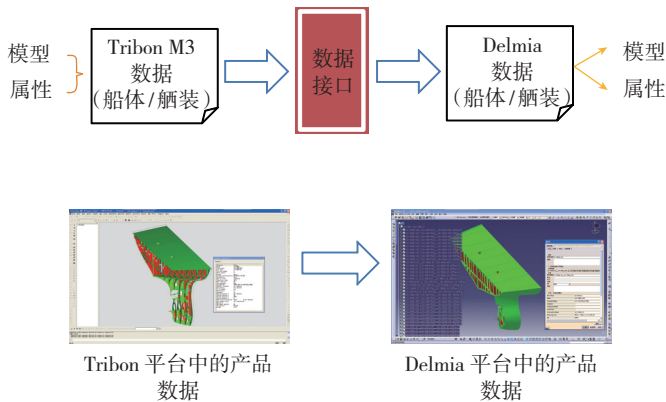


图1 船舶三维模型数据转换的技术路线

Fig.1 Technical route of ship three-dimensional model data transformation

1.2 基于三维模型的船舶结构化工艺设计

在船舶分段/总段划分及区域和单元划分基础上,进行完整的数字化装配工艺设计,在三维数字化环境下搭建工艺结构,确定该工艺过程零部件、舾装件等装配顺序,明确装配步骤、装配路径及装配要求,并选定该装配过程所需要的工装、工具、辅助材料及场地设施等一

系列的制造资源,建立零部件、舾装件及工装件等与作业工序的关联关系,形成用于指导生产的作业流程。目前已开展了部分典型的分段结构化工艺设计(如图2所示),实现了“产品-工艺-资源”一体化递进式工艺设计,提高了工艺知识的重用性和标准化。

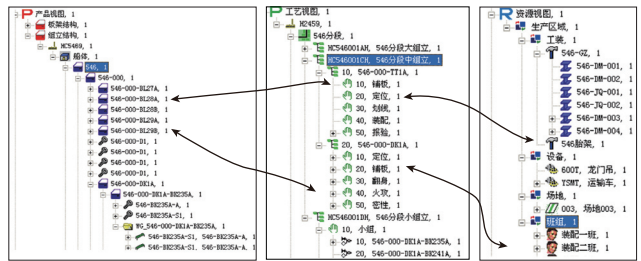


图2 船舶结构化工艺

Fig.2 Structured process of ship

2 船舶数字化装配工艺仿真验证

船舶数字化装配工艺仿真验证以面向生产现场的三维可视化装配作业指导为目标,首先需基于装配工艺设计结果开展相应的工装设计,为工艺仿真提供工装背景,然后再对船体、舾装装配过程进行仿真模拟,验证工艺序列的合理性与准确性,并进行修正。

2.1 船舶工装数字化快速设计

通过梳理船舶建造过程中的吊马、加强、脚手、支撑、胎架等工装情况及属性信息,构建数字化工装库,为规范化、快速化、精细化工装设计打基础。建模人员通过采用参数化的建模方式,可快速建立通用的数字化工装库,而后期的工装设计人员只需选择工装型号即可实现准确调用。船舶工装数字化快速设计不但能为工艺仿真提供工装模型,还能为现场提供更为直观的三维布置结果,该布置结果支持CAE分析,以实现工装布置的可靠性分析及优化。

2.2 船舶数字化装配工艺仿真及优化

在船舶结构化工艺设计结果的基础上,可在仿真环境中提取工序、工步、设备、工装、装配件等信息,细化船体、舾装装配顺序,对装配过程进行实时仿真与分析,优化船舶中间产品的装配顺序与装配路径、装配操作姿态、零部件装配所需要的工装、工具使用方案,检验装配工具的可达性、装配操作空间的开敞性,为产品设计、工装设计、工艺设计提供可靠依据。通过装配工艺仿真验证,使得工艺人员可以直观、定量、定性分析每个工艺设计细节,将以往大量在建造过程中现场验证、更改的设计结果提前在计算机环境中模拟,不但可以提前发现问题,而且可以通过科学的测量、分析手段,设计合理的改进方案。图3所示即为船体某复杂分段的装配工艺仿真验证。

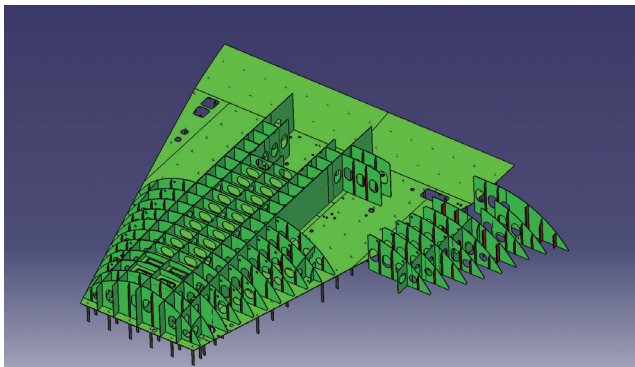


图3 某复杂分段装配工艺仿真验证

Fig.3 Assembly process simulation and verification of a complicated block

3 船舶装配工艺三维作业指导书设计

船舶装配工艺三维作业指导书设计是在工艺仿真验证通过的基础上开展的,通过将生产现场装配所需要的产品信息、生产信息在轻量化的三维模型上进行标注,再构建生成交互式的三维作业指导书,并以可视化的形式展现给施工人员,用于指导现场生产作业。

3.1 船舶装配工艺可视化三维标注

工艺信息标注是三维作业指导书中一项必不可少的重要内容,如生产现场需要根据工艺信息标注进行装配作业,质量检验人员则需要根据工艺信息标注对装配质量进行检验。船舶装配过程中所需的工艺信息主要包含装配过程所需的构件和组件自身的特征尺寸信息、构件间的定位信息,以及装配过程中所需的装配工艺要求,如焊接坡口、焊脚高度等信息。通过对三维作业指导书工艺信息标注特点进行研究,并分析现有各类设计软件中工艺信息标注方式的优缺点,提出一种适用于三维装配作业指导书的快速便捷的三维工艺信息标注方法。图4所示为船舶小组立建造阶段的装配工艺可视化三维标注示例,分别对小组立装配中的零件名称和引熄弧板进行了标注。

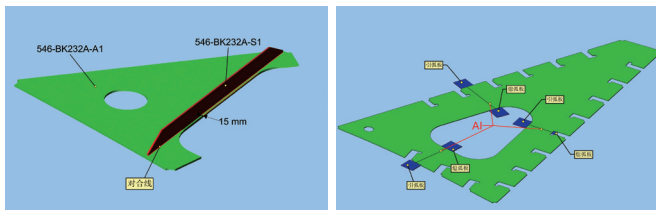


图4 船舶装配工艺可视化三维标注

Fig.4 Three-dimensional mark of ship assembly process visualization

3.2 面向生产现场的三维作业指导书构建

现行的作业指导手段是以二维图纸为核心的,图纸设计占用工艺设计人员大量的时间,且二维图纸不易于

解读,增加了现场的培训和施工成本。三维作业指导书基于船舶产品三维轻量化的工艺模型,以三维动态形式将船舶建造所需的工序、工艺和工装等信息清晰地表达出来,并构建形成一个信息完整、可用于现场指导施工的交互式作业指导书,用于指导现场生产作业。图5所示为某分段的中组立三维作业指导书,包括表头、审签、精度质量要求和HSE(健康、安全和环保)要求等信息,以及工序、工步、视图区、作业方法及质量要求、零件明细表、工装和附件信息。视图区是三维作业指导书的主体部分,该区域使用产品三维模型直观地展现生产信息,通过三维装配仿真模拟展现船体零部件的装配顺序及施工操作方法;视图界面支持操作模型的功能,施工人员可以对模型进行放大、缩小、旋转等操作,方便从各个角度获取信息,同时设置播放、暂停、回退、快进等按钮,查阅时可根据实际需要随时调整播放进度,灵活获取信息。这有利于提高工艺描述的准确性和降低工艺理解的难度,保障生产的顺利进行,缩短作业时间。

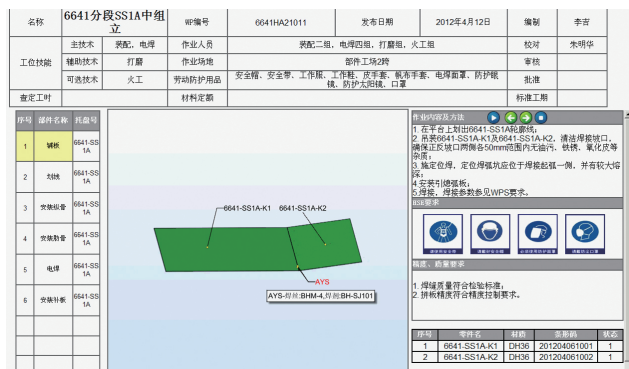


图5 某分段中组立三维作业指导书

Fig.5 Three-dimensional work instruction of a block assembly

4 结论

船舶行业未来的竞争必然转化为船舶设计、生产和管理技术等核心能力的竞争。船舶行业通过“十五”、“十一五”及“十二五”期间在船舶数字化技术上持续不断地进行建设及开展深入研究,在船舶的“信息化基础建设、数字化设计、数字化建造和数字化管理”4方面的能力获得长足的进步。总体而言,船舶工艺设计手段、方式在不断进步,但与国际先进同行比较,技术水平还有较大差距。开展船舶数字化装配工艺设计与仿真技术研究与应用,打通基于三维模型的船舶设计、仿真与建造多个环节的集成链路,促进数字化技术、虚拟建造技术与船舶研制流程的全面融合,推进造船模式向精准设计模式转变,提高企业整体素质和竞争力,已成为企业发展的必然趋势。

(责编 谷雨)