

船舶虚拟建造系统

陆 畅 李 勇

(中船重工第 714 所 数字化造船技术研究中心 北京 100085)

摘 要 制造仿真是基于计算机和信息技术的先进制造技术,是数字化制造的具体体现。船舶虚拟建造系统以船舶的数字模型为核心,在计算机上模拟和评估船舶的建造过程。本文根据我国船舶建造工业的特点,探讨了船舶虚拟建造系统的功能及相应的关键技术。

关键词 船舶, 虚拟制造, 仿真

1 虚拟制造的概念及应用

虚拟制造是实际制造过程在计算机上的映射,即采用计算机仿真与虚拟现实技术,在高性能计算机和高速网络的支持下,在计算机上群组协同工作,实现产品设计、工艺规划、加工制造、性能分析、质量检验,以及企业各级过程的管理与控制等产品制造的本质过程,以增强制造过程各级的决策与控制能力。

虚拟制造技术在世界各国制造领域得到了广泛应用,比较有影响的有波音 777 的设计和制造。在船舶建造方面,美国新一代两栖船坞运输舰 LPD17,以及正在研制中的驱逐舰 DDG1000 和航母 CVN78 都采用了虚拟制造技术。国内造船工业也积极从事船舶先进制造技术的研究,上海交通大学成立了船舶制造仿真研究室,专门从事船舶制造仿真技术的研究,并取得了一定的成果。中船重工武昌造船厂多年前引进了大型船舶设计制造集成软件 CADDS5,目前已基本实现了船舶的三维生产设计,该厂在船舶建造工艺仿真与验证方面进行了大量的研究并取得了一定的成果。但从目前国内相关文献资料来看,目前很多单位在理论上研究较多,尚未开发出相应的船舶建造全过程的仿真系统。

2 船舶建造的特点

船舶工业是一项劳动密集型、技术密集型和资金密集型的产业。船舶产品是一个巨大的复杂系统,而且大多是少量或单件生产的产品,每艘船都由数以千计甚至上万件的零部件和中间产品,通过离散的但相互联系的各种过程建造而成。

船舶生产周期较长,一般是几个月甚至几年。船舶建造所需的各种零部件通常由许多船舶配套生产商提供,因此船舶的建造与许多企业都有着密切的联系,任何环节的脱节都有可能导致船舶建造进程的延期。

3 船舶虚拟建造的意义

制造仿真强调在实际投入原材料于产品实现过程之前,完成产品设计与制造过程的相关分析,以确保制造过程实施的可行性。制造仿真的主要目的是提高产品设计、过程设计、工艺规划、生产规划、以及车间控制中的决策与控制水平。进行船舶建造过程的仿真和分析,在船舶设计阶段就模拟出船舶建造的整个过程,能够及早发现设计中出现的问题,减少建造过程中设计方案的更改,减少建造过程中的延期,合理的规划建造过程,优化资源配置,提高设备和劳动力的使用率;从而降低生产成本,提高产品质量。另外,在新技术、新设备采用之前,利用船舶虚拟建造系统模拟出采用这些新技术、新设备后的船舶建造过程,并对建造过程进行评估,以确定是否采用或如何合理应用这些新技术和新设备。

4 船舶虚拟建造系统的功能

船舶虚拟建造系统是实现船舶建造过程中的人、组织管理、物流、信息流、能量流进行全面的仿真,支持车间和生产线的布置与运行控制、产品实现过程仿真等。船舶虚拟建造系统的功能主要包括建造工艺规划、建造过程演示和建造过程评估等。

4.1 建造工艺规划

建造工艺规划是进行虚拟建造仿真的首要工作,在具体工艺环节仿真验证的基础上,通过对船舶建造过程的深入分析,建立整体建造过程的流程模型,确定建造过程中每个环节的时间节点及所需的资源和设备。

建造工艺规划主要包括:

- 1) 船厂车间的布局,生产设备的布置,人力资源的分配;
- 2) 建造流程的规划;
- 3) 物流控制仿真;

- 4) 生产过程和生产调度仿真;
- 5) 建造工艺的仿真。

4.2 建造过程的虚拟演示

根据建造工艺规划,将船舶的整个生产建造过程采用虚拟仿真技术表现出来,使用户可以直观的观看到整个船舶建造的过程。这包括零部件的加工、船体结构的焊接、舾装、涂装等过程,及在这些过程中工人的工作过程、机器设备的工作过程、物流控制、生产调度等等。

4.3 建造过程的评估

进行船舶虚拟建造仿真的目的是在船舶建造之前,对船舶的整体建造过程进行模拟,以尽早发现问题,合理规划建造过程,优化资源配置,降低建造成本,提高产品质量。因此,对建造过程的评估是船舶虚拟建造的重要组成部分,评估的主要内容包括:

- 1) 生产过程评估;对所规划的船舶生产建造过程进行整体性的评估,寻找不合理的地方,以做出调整和优化;对某项具体建造工艺进行仿真验证,以检验该工艺的合理性和正确性。
- 2) 制造成本估算;计算船舶建造总成本、各阶段成本及按类型进行分类的成本(如材料、人工、配套设备、项目管理等),
- 3) 制造时间评估;计算船舶建造总时间、各阶段所需时间及按类型进行分类的时间(如零部件的加工、配套设备的采购、结构焊接、舾装、涂装等)。

另外,采用船舶虚拟建造系统,可以预先评估新技术、新设备在船厂应用的效果,评估在新技术条件下未来的船舶建造过程,以支持船厂在采购策略、规划、投资方面决策的制定。

5 船舶虚拟建造系统的关键技术

5.1 数字模型的建立

制造仿真以产品的数字模型为核心,数字模型是仿真系统最重要的组成部分,这些数字模型包括:船舶三维模型、制造资源模型、制造环境模型、船舶工业实体模型等。

1) 建立详细的完整的船舶三维模型

进行船舶建造仿真的船舶三维模型必须足够的细致,应能够分解成各个可制造单元。对于船舶配套设备等外购或外包件,则不必如此细致,如发动机、模块化的设备等。

2) 建立制造资源三维模型

包括生产车间、各种生产设备、人的模型等。

3) 建立描述与船舶制造工业相关实体的数字模型

描述所有与船舶建造相关的实体对象,如船舶配套产品供应商、船东、船级社、国家政府管理机构、船舶设计研究机构、金融机构等,每个实体模型都定义其功能、目标、特征、行为等属性。

4) 建立描述船厂运作的数字模型

这些实体模型包括行政管理、财务、人力资源、合同管理、市场、产品开发、规划和调度、预算、生产控制、物料控制、生产、检验、测试等,每个实体模型需要定义其主要功能、主要目标、主要特征、行为等属性。

5) 建立描述船舶产品的数字模型

这包括描述船舶整体、船舶中间产品和各种零部件的数字模型,及全船所有零部件的关系模型,这些模型描述了各级产品的 ID 号,部件名称,组成零部件的 ID 号及相互关系等。

6) 建立描述制造工艺的数字模型

主要是建立描述生产加工过程的数字模型,如切割、碾轧、线加热、人工焊接、机器人焊接、管线安装、喷涂等。

7) 建立描述制造资源的数字模型

包括加工设备、运输设备、劳动力资源等。

5.2 船舶建造工艺过程计算机辅助生成技术

通过建立工艺技术库和标准件库和非标准件库,结合船舶产品的三维模型,利用推理、创成等形式,辅助进行船舶建造工艺过程的规划,生成各工序及其相互关系的特征描述,建立工艺流程模型。

5.3 船舶建造过程的仿真方法

目前, 现有的一些离散事件仿真软件基本没有专用于船舶建造的预定义的资源模型。另外, 已有的计划和调度方法和工具并不适用于造船过程, 它不能够充分地考虑船厂中各种工艺过程及其相互作用的基本特性, 以及船厂与分包商和供应商之间的相互作用。

以建立一个船舶部件的制造模型为例, 在船厂, 通常是利用相同的资源和设备制造多种部件, 各部件制造所需的时间和成本不尽相同。因此, 不同于批量生产的产品, 描述制造过程中每个工位执行的信息须十分的详细, 不能依据推理进行定义, 而必须通过对每一制造过程进行仿真来确定。因此, 目前用于批量生产产品的建模与仿真方法并不适用于船舶产品的建造仿真。

另外, 船厂的工作、计划及调度安排是非常复杂的。不同于批量生产的产品, 船舶产品中基本没有相同的部件, 即使有某些相同的部件, 也是通常是由不同的加工设备制造, 或在不同的时间点需要, 部件的流通取决于船厂的调度安排。由于这些特性, 必须客观的、动态的考虑三个不同的对象: 产品、过程和资源, 以真实的反映造船系统。

5.4 造船全过程的三维模拟演示

采用虚拟现实技术, 对造船全过程进行三维模拟演示。利用建立的描述船舶产品、船厂、车间、生产设备、工人、制造资源的三维模型, 描述产品、制造资源、制造工艺的数字模型, 以及制定的船舶建造工艺的规划, 采用虚拟现实技术构成虚拟环境, 对整个造船过程进行三维模拟演示, 直观的展现船舶建造的全过程。

5.5 建立对造船过程进行有效评估的算法

建立一套能够对船舶建造过程进行有效评价的算法, 能够有效鉴定船舶建造过程中的瓶颈, 并提供优化和解决方案。

6 总结

船舶虚拟建造系统是一个非常复杂的系统, 它首先需要研究人员对船厂的运作和船舶产品的制造过程进行全面细致的了解, 同时, 建立如此之多的复杂的数字模型, 需要收集大量相关的生产数据资料, 而这是我国船厂相对缺乏的。目前我国在船舶虚拟建造方面的研究还大多处于理论研究阶段, 因此, 我们的研究工作也是在探索中前进, 目前仍有许多问题亟待研究。

参考文献

- [1] Thomas Lamb, Hyun Chung, Mark Spicknal, etc, "Simulation-Based Performance Improvement for Shipbuilding Processes", Journal of Ship Production, Vol.22, No.2, pp.49-65, May 2006.
- [2] Hongtae Kim, Jong-Gap Lee, Soon-Sup Lee and Jin.H.Park, "A simulation-based Shipbuilding System for Evaluation of Validity in Design and Manufacturing", IEEE, 2003.
- [3] Yasuhisa Okumoto, Kentaro Hiyoku and Noritaka Uesugi, "Simulation-Based Ship Production Using Three-Dimensional CAD", Journal of Ship Production, Vol.22, No.3, pp.155-199, August 2006.
- [4] Jong Gye Shin, Kwang Kook Lee, Jong Hun Woo, etc, "A Modeling and Simulation of Production Process in Subassembly Line at a Shipyard", Journal of Ship Production, Vol.20, No.2, pp.79-83, May 2004.
- [5] 张圣坤, 谭家华, 柳存根等. 舰船虚拟设计与制造仿真. 上海造船. 2001.