

基于数字媒体技术的船舶航行环境模拟技术

0 引言

在船舶实际航行过程中，海浪涌动、洋流变化、潮汐起落、风力风向等气象水文条件复杂，加之受港口码头、航标和海上交通流量等因素影响，共同构成了复杂的航行制约条件。以往实船实操训练与实体物理模拟设备不仅投入成本高、训练周期长，实操过程还伴随着不可预估的安全风险，试验与模拟训练效果难以满足实际需求。而数字媒体技术凭借三维可视化、参数仿真和沉浸式人机交互等核心优势，成为船舶航行环境仿真模拟的理想技术方案。

1 数字媒体核心技术体系

1.1 大数据驱动的航行环境可视化处理

航行环境的观测数据具有多来源、少样本等特征，传统算法无法保证航行环境数据的连续性和精确性。本文在最优插值算法的基础上，对温度、盐度、流速、潮汐和风速等环境信息进行抽稀、插值及平滑处理，构造最佳线性无偏估计模型，可有效增加航行环境数据的准确性和完整性；对环境要素点进行细节层次动态调度的可视化处理，以空间坐标来显示航行历史轨迹，以纹理映射技术来渲染环境要素，改善远海航行环境的可视化效果。

1.2 虚拟现实快速重建船舶航行环境

以虚拟现实为核心搭建的一体化技术体系，能够高效完成全域三维场景的重建，为航行路径规划、智能航行优化提供数据依据。借助前端成像采集设备获得原始数据，经过杂点剔除、噪点滤波和数据去冗等前期处理后，再进行相机标定校准得到精确的运算数学模型，并基于二维影像数据反向求解三维空间数据，准确还原场景几何及空间位置关系，之后采用尺度不变特征变换算法完成特征点的提取与匹配，进一步提升模型对齐精度。依托可视化工具库实现整套重构流程的自动化运算与三维模型生成，快速输出与真实场景高度一致的船舶航行环境模型。

1.3 三维建模与实时渲染环境模拟

船舶内部的控制台和动力舱等精密设备，通常采用现场实测方式完成数据采集，并以此为依据构建高精度、等比例的三维模型。而海域和航道等大范围外部场景，研究人员可利用数字高程数据和卫星遥感影像快速生成虚拟场景模型，在保证环境还原度的同时大幅提升建模效率。系统在实时渲染阶段，依据菲涅尔光学原理对反射与折射参数进行动态调整，能够真实还原海面光照变化与水体本身的视觉特性；通过粒子特效算法实现降雨、降雪和海雾等动态气象效果的模拟。该优化策略在显著提升视觉真实感的同时，也能够有效保障模拟系统的长时间稳定运行。

1.4 视觉传达优化航行环境模拟细节

传统航行环境模拟系统对船波和艏迹等细节还原效果

较差，且图像绘制耗时较长，影响实时交互体验。视觉传达技术以色彩、肌理和点线面构成等视觉语言为核心，通过精准控制波浪的色相、明度、纯度和纹理等表现，优化航行波浪形态绘制，提升船舶航行环境模拟的细节真实度和运行实时性。技术人员还可搭配图像绘制数位板与定位装置优化硬件配置，缩短图像绘制时长。

2 船舶航行环境模拟系统整体架构及典型应用场景

完整的船舶航行环境模拟系统通常采用硬件支撑与软件算法协同运行的设计架构，具有多维度环境仿真与多通道人机交互功能。硬件平台作为系统运行的物理基础，由高性能主控计算机、显示设备、仿真驾驶操纵台、可视化展示终端、多类型环境传感器及实时定位装置等设备组成。各类硬件协同配合能精准复现船舶在航行过程中的各类运动姿态，为用户提供高度沉浸的虚拟操作体验。软件平台主要包括电子海图显示系统、模拟雷达、船舶自动识别系统和陀螺罗经模拟器等航海专业系统，在保证操作流畅性的前提下，能够真实还原船舶的实际工作状态，并在发生故障的初期准确定位问题。

依托数字媒体技术搭建的船舶航行环境模拟体系，现已成为航海行业数字化升级的重要支撑，覆盖多类业务场景，应用前景广阔。针对船员职业技能培训与实操训练工作，融合虚拟现实技术打造的智能化航海实训场地，能够完整复刻船体全域漫游、驾控台实操演练和船舶消防应急处置等全流程实操场景。数字化实训模式不受场地空间、自然气象和作业安全等现实条件约束，能够有效压缩实操训练的物资消耗与经费投入，满足各类航海类院校和航运企业常态化、规范化的人才培养与技能考核需求。在船舶前期研发设计环节，技术人员可依托数字化虚拟仿真场景，完成船舶航行阻力、船体稳定性和航行操纵性能等关键指标的模拟测算。借助仿真模拟提前排查设计漏洞，大幅减少实体船舶试航试验频次，有效压缩船舶整体研发耗时，提升船舶设计研发的综合效率。面向新一代智能船舶的技术迭代与产品研发，这套环境模拟系统可搭建高仿真虚拟测试载体，专门服务于船舶环境感知模块、智能避碰运算程序、航行自主决策机制的调试和验证。通过复刻恶劣气象和复杂水域等特殊航行场景，全方位检验智能航行设备的运行稳定性与环境适配能力，为智能船舶技术落地筑牢试验基础。

3 结束语

数字媒体技术为船舶航行环境模拟带来了革命性突破，通过多技术协同，可有效实现海洋环境、船舶运动、通航场景的高精度、全要素、实时化模拟，显著提升模拟精度、交互流畅度与场景适用性，推动我国航运业高质量发展。

基金项目：2025 年度“河南省高等学校青年骨干教师培养计划”资助项目（2025GGJS165）

徐千淇

（郑州商学院 艺术学院，河南巩义 451200）