

道数据, 参会人员高效拍板, 项目整体推进效率飙升约40%, 打破部门间“信息孤岛”, 重塑协同作业“新生态”。

### 3.2 成本管控“精算”

人力优化配置: 精准地图导航与集成信息“赋能”外业作业“去盲目化”, 依作业规划算法与历史数据挖掘减少无效巡查、重复勘查“人力空耗”<sup>[11]</sup>, 年均人力投入削减约20%, 释放人力聚焦关键设施深度养护; 移动端便捷记录反馈机制革新内业流程, 借自动化数据处理工具与流程再造削减数据处理冗余人力, 腾挪资源投身创新研发前沿阵地。

物力集约利用: 无纸化作业借电子签名、云存储技术东风席卷, 纸质海图、报表耗材用量锐减归零; 设备端数据更新依托智能转换算法与增量更新技术, 规避传统测绘重绘高额成本, 经成本核算对比, 年度综合管养成本降幅稳控在15%~20%区间, 节流资金反哺航道设施迭代升级、前沿技术引进“造血”循环<sup>[12]</sup>。运用新技术降低物力成本、实现资源良性循环。

### 3.3 精准运维与安全“加固”

航标管理“厘米级”精度: 凭借移动端地图高精度坐标体系, 依托卫星定位技术与误差修正方法, 航标位置偏差监测精度达厘米级<sup>[13]</sup>, 布设计划与实地布局实时比对、精准纠偏, 航标正常率从80%跃升至95%以上, 为航道精准指引筑牢根基, 以航标GB096为例, 纠偏前后定位精度, 显著提升航道指引可靠性。

航道安全“防护网”筑牢: 对航道边线、弯曲半径开展动态扫描, 融合多波束测深等传感器数据, 结合水位、气象多元数据, 基于智能预警模型前置预警浅滩“暗礁”、碍航物“异动”, 科学擘画船舶通航“最优路线”, 事故发生率同比锐减40%~50%, 为29.9公里航道编织密不透风“安全防护网”。

## 4 拓展与辐射: 领航航道管理智能化“新航向”

### 4.1 技术进阶: 挺进综合智慧管控“深水区”

瞭望行业发展“远景蓝图”, 项目深度挖掘与水文监测、气象预警系统融合“富矿”, 拟在地图界面实时“叠印”水位涨落“动态曲线”、大风大雾“预警云图”等关键图层, 依循大数据分析、人工智能阈值判定智能触发航道风险警报、动态调整航标布局, 拓宽技术“护城河”, 从基础地图服务“浅滩”驶向综合航道智慧管控“深蓝海域”, 助力航道管理从“经验驱动”迈向“慧管控愿景前行”<sup>[14]</sup>, 实现数据智慧驱动“新时代”。

### 4.2 行业扩散: 锻造全国推广“样板间”

鄱阳湖赣江永修航道实践作为行业“先行先试”典范, 以成熟流程、可量化效能、可复制协作范式“打包”成“样板”, 借行业高端论坛、技术培训东风, 通过示范工程展示、技术转移合作有望在全国内河航道“广植

硕果”, 革新传统管养“旧制”, 引领行业“舰队”驶向数字化、智能化“新航标”, 整体抬升我国航道管理国际竞争力“水位”。

## 5 结语

“CAD 航图移星”项目于鄱阳湖赣江永修航道“深耕细作”, 凭创新技术“犁铧”、精细流程“标尺”, 破除传统管理“顽疾”, 斩获效率、成本、安全“三赢”硕果, 激活航道管理“数字基因密码”。展望未来征途, 持续迭代拓展必将重塑航道运维全生态, 为内河航运高质量、可持续发展夯筑“硬核”根基, 助力我国航道事业于全球水运数字化“浪潮”中“扬帆远航、领航逐梦”。

### 参考文献:

- [1] 万涛. 数字化航道管理下赣江航道巡查与航标维护优化策略研究[J]. 中国航务周刊, 2023,(51):46-48.
- [2] 徐为, 李睿, 管宇航, 等. 长江干线数字航道系统守护进程的研发与应用[J]. 中国水运, 2024,(01):48-51.
- [3] 金月. 数字航道运维服务系统中的航标数据分析与应用[D]. 重庆: 重庆大学, 2018.
- [4] 莫兆敏. 地理信息系统在内河航道建设中的运用[J]. 低碳世界, 2017,(04):229-230.
- [5] 潘伟. 水利工程测量工程中坐标转换法的应用浅谈[J]. 四川水泥, 2015,(03):235.
- [6] 程晓蕾, 邓惠俊. 移动平台终端隐蔽信道数据传输同步方法[J]. 咸阳师范学院学报, 2022,37(06):28-33.
- [7] 金琪然, 余杰. 数字孪生和人工智能技术在长江航道大数据治理中的融合应用研究[J]. 中国水运, 2023,(S2):146-155.
- [8] 何云龙. 巡检引擎驱动各行业巡检业务数字化转型[J]. 智能建筑, 2021,(06):39-41.
- [9] 彭秀华, 吴双利, 胡瀚尹, 等. 大渡河流域电站大坝数字化巡检系统开发与应用[J]. 四川水力发电, 2021,40(04):9-12.
- [10] 赵寒寒, 胡丽颖, 陈课, 等. 基于数字航道系统的指挥助理需求分析[J]. 珠江水运, 2024,(02):140-142.
- [11] 李明轩, 郝江凌, 肖列. 多维数字航道综合展示系统设计与实现[J]. 中国水运, 2023,(09):48-50.
- [12] 万腾, 许根平, 蒋哲熙, 等. 浅谈优化数字航道条件下航标远程巡查工作模式的思考[J]. 中国水运, 2022,(S2):11-16.
- [13] 郭延辉. 数字航道技术在内河航道管理中的运用[J]. 中国航务周刊, 2022,(49):49-51.
- [14] 李荣民, 吴昊天. 数字航道技术在江西内河航道管理中的应用[J]. 中国航务周刊, 2021,(38):50-51.

# 船员维修保养模拟训练软件的设计及应用

刘浩然, 许兆鑫, 鲍悦, 柏杨, 郭晨

(中国船舶及海洋工程设计研究院, 上海 200011)

**摘要:** 传统的船舶操作培训主要依赖于实际船舶, 成本高昂, 而且存在安全隐患, 虚拟现实技术的应用可以真实再现船舶操作、维修保养的训练环境, 让船员在虚拟环境中熟悉船舶装备的环境特征, 进行训练、研究、考核等各种活动, 训练其操作技能, 具有无可比拟的效费比优势。通过调研分析对船员培训场景进行设计, 使用 Maya 三维建模软件轻量化船舶三维模型, 最后使用 Unity 3D 进行虚拟仿真系统的集成设计及发布, 产品可以有效地提高船员训练的积极性, 提高船员培训效率。

**关键词:** 虚拟现实; 培训; 场景设计; 轻量化

中图分类号: U676.5 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2025) 21—0038—04

## Design and Application of Simulation Training Software for Crew Maintenance and Support

Liu Hao-ran, Xu Zhao-xin, Bao Yue, Bo Yang, Guo Chen

(Marine Design and Research Institute of China, Shanghai 200011, China)

**Abstract:** Traditional ship operation training mainly relies on actual ships, which are expensive and have safety hazards. The application of virtual reality technology can truly reproduce the training environment for ship operation and maintenance support, allowing crew members to familiarize themselves with the environmental characteristics of ship equipment in the virtual environment, conduct various activities such as training, research, and assessment, and train their operational skills. It has an unparalleled cost-effectiveness advantage. Design crew training scenarios through research and analysis, use Maya software to lightweight ship 3D models, and finally use Unity 3D for integrated design and release of virtual simulation systems. The product can effectively improve the enthusiasm of crew training and improve crew training efficiency

**Keywords:** virtual reality; training; scene design; lightweight

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出, 虚拟现实和增强现实产业是数字经济的重点产业, 船舶领域是全球经济发展和贸易流通的重要基础, 船舶操作人员的培训和实践对于航运安全和船舶经营效益具有重要的影响, 但是当前船员培训注重理论基础, 实践机会较少<sup>[1-3]</sup>, 因此, 通过构建虚拟的学习环境, 配合虚拟现实软硬件设施<sup>[4]</sup>, 让船员在虚拟的环境中进行自主学习和训练, 不仅可以提高船员的学习兴趣, 也避免了填鸭式的被动教学, 而且虚拟现实技术的沉浸性可以避免船舶错误操作造成的严重后果, 让船员获得真实体验, 具有成本低、安全性高等诸多特点。

针对船舶体积大、结构复杂, 生产设计所建立的船舶模型数据量庞大, 难以在虚拟现实设备中流畅地运行与交互的特点, 首先对船员培训场景进行设计, 让其可以满足虚拟培训的需要, 再对生产设计的模型进行轻量化处理, 最后进行船员维修保养模拟训练软件的开发应用, 其研究成果和设计的产品可以在船舶领域船员培训中发挥重要的作用, 极大的提高船员的工作效率和安全性。

## 1 船舶领域培训场景设计

船舶领域培训场景目前还没有明确的定义, 根据 Bitner 和 Baker 的服务场景研究成果与情境感知理论<sup>[5]</sup>, 结合调研分析, 将船舶领域的船员培训划分为概览学习、故障诊断、拆装训练和综合考核四个子要素, 设计四大功能区, 如图 1 所示, 根据功能需求, 将船员在虚拟空间中的培训分为 6 个场景, 分别为船舶展厅场景、停泊码头场景<sup>[6]</sup>、培训中心场景、船舶舱室场景、维修车间场景、外部环境场景, 如图 2 所示, 场景设计以简洁、明亮、舒适为理念, 以满足船舶领域培训服务要求为主题, 在满足船员培训场景空间的舒适度、美观性等特点的基础上, 塑造酷炫的科技感。

其中, 船舶展厅场景的核心元素是船舶展台和电子沙盘, 辅以设备线框展示屏、设备全景展示屏、主要设备展台等相关元素以及其他一些装饰品, 通过在船舶展台区域选择不同的船型, 即可以在电子沙盘区域进入相应船型的培训场景; 停泊码头场景把陆域和水域部分考虑为一个整体, 用交通流线连接贯穿, 水域部分功能区被划分为不同船型停靠区, 停靠区的泊位大小与船型大小对应, 同时, 码头泊位处还配备相应的设施设备; 培训中心场景的设计以功能为出发点, 借鉴多功能教室

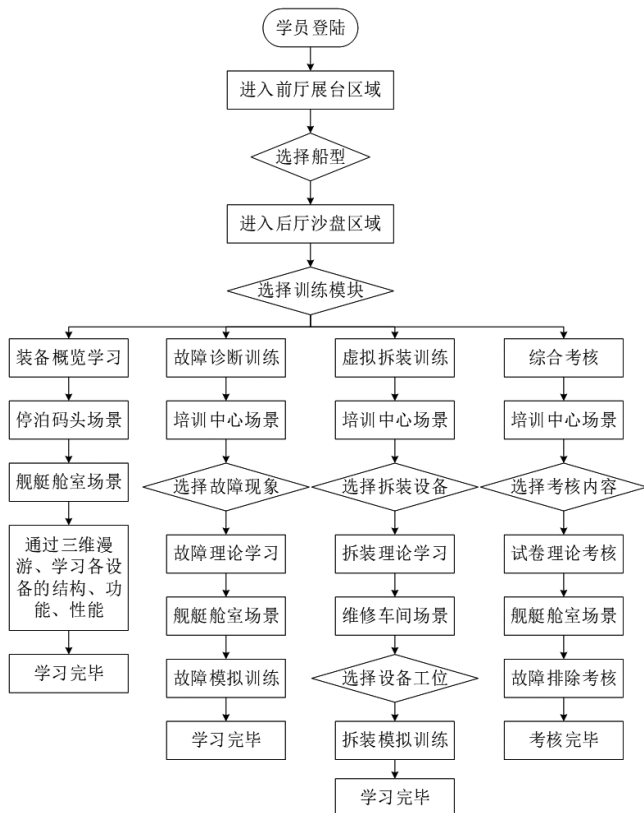
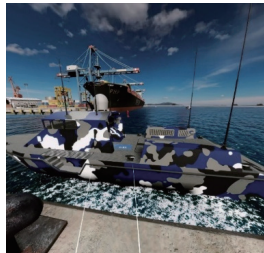


图1 船舶领域培训场景功能逻辑设计

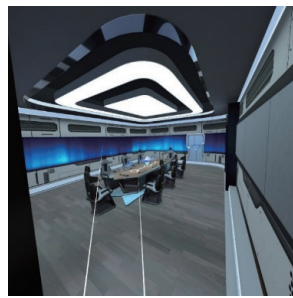
装饰风格，空间中主要元素为会议桌椅、全息影像以及视频播放显示屏，通过在培训中心场景选择不同学习内容，即可进入维修车间或者船舶舱室场景进行训练或者考核；船舶舱室场景按照某船实际尺寸进行建模，力求真实还原船舶实际状态，为培训人员提供实景化培训效果，同时辅以科技感交互窗口，让船员在学习过程中也享受现代科技的美感，提升其自主学习的兴趣；维修车间场景借鉴某船厂工艺车间的基本结构，根据现代船舶维修的基本流程，分区设置不同装置维修工位，同时，结合虚拟现实的特点，运用超现实主义手法，将和维修设备相关的操控台等设备移植到同一空间场景，加深船员培训时的知识全局性理解，外部环境场景的设计和船舶领域培训的整体风格相匹配，在培训场景的外部以海滨、桥梁、重工业设施设备为主题元素，天气环境为让人舒适的蓝天白云，以海鸥、游艇等为点缀，让船员在培训的间隙也可以享受让人愉悦的自然风光，让船员可以在舒适、宁静的氛围中高效地学习。



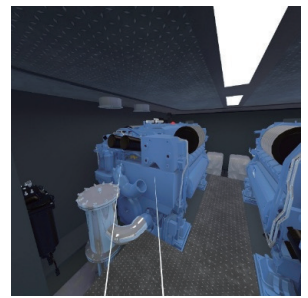
(a) 船舶展厅



(b) 停泊码头



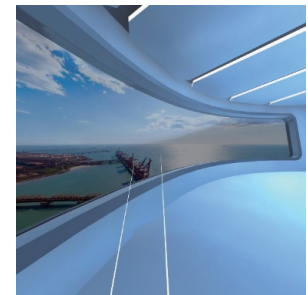
(c) 培训中心



(d) 船舶舱室



(e) 维修车间

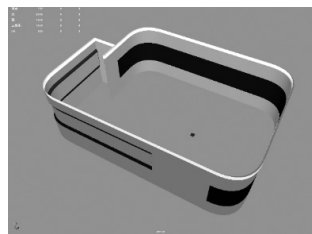


(f) 外部环境

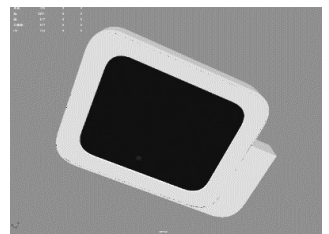
图2 船舶领域培训场景设计

## 2 基于 Maya 的培训场景三维建模

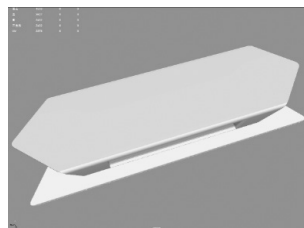
三维模型是虚拟培训的基础，本设计采用 Maya 软件进行船舶领域培训场景的三维建模，在建模方法上，主要使用的是基础建模、复合对象建模、多边形建模和 NURBS 建模相结合的建模方式，如图 3 所示，为培训中心场景中所建立的部分模型，分别为培训中心围壁、顶部、会议桌、座椅等三维模型。



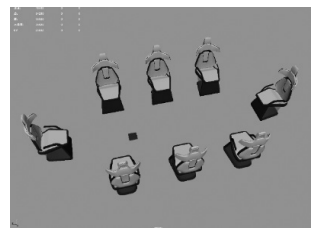
(a) 围壁



(b) 顶部



(c) 会议桌



(d) 座椅

图3 培训中心部分模型

船舶领域产品复杂，其 CAD 模型数据量庞大，因此，需要对船舶生产设计的模型进行轻量化处理，为适应虚拟现实的场景显示，在满足模型精确度的前提下，三维

模型应尽可能简化<sup>[7]</sup>, 过于复杂的三维模型渲染时间过长, 将直接破坏虚拟现实环境的流畅性和真实性<sup>[8]</sup>, 因此, 在建模时, 需合理优化模型, 减少多边形数量, 图4为根据上述原则建立的船舶动力系统部分模型, 分别为柴油机、齿轮箱、水消防装置、万向轴的网格模型。

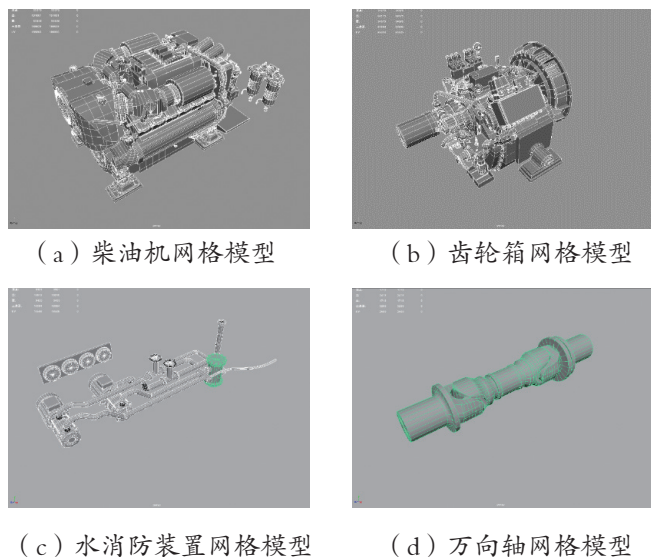


图4 动力系统部分模型

几何模型只描述了模型的结构信息, 而纹理不仅可以提高模型的真实度, 还可以表现模型的细节信息。所以在模型精简完成后, 为避免轻量化以后模型的粗糙失真问题, 为模型附加纹理、材质等信息, 使模型保持轻量化的同时尽可能接近真实物体, 同时为了提高模型的真实感, 在建模时预设光照模型, 可以更好地表达模型在虚拟环境中的渲染效果, 通过 Maya 的渲染功能, 赋予模型纹理信息和光照信息, 几何模型渲染后的模型效果如图5所示。

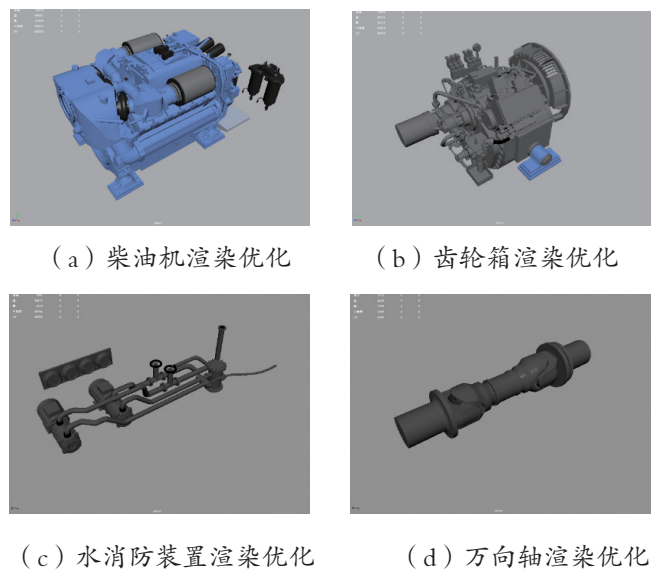


图5 动力系统渲染优化模型

### 3 基于 Unity 3D 的软件平台开发

Unity 3D 是一款全面的专业的商业游戏引擎, 能够让用户快速创建三维视频游戏、建筑可视化、实时三维动画等, 被广泛用于虚拟现实软件的开发, 本设计采用 Unity 3D 软件平台, 采用第一人称视角<sup>[9]</sup>观察的方法, 方便用户在进行操作类学习时, 有着身临其境的体验感, 加强用户学习的主动性和真实感。

### 4 虚拟交互场景的应用及验证

选用维修车间场景中柴油机滤器拆装工艺的交互进行演示, 以验证本课题场景设计的完好性, 如图6所示, 在柴油机停止运行状态, 将螺钉松开几圈, 等待机油过滤器排空, 再用机油过滤器扳手拧下机油过滤器, 清洁连接处的密封面, 然后检查新机油过滤器的密封圈并涂抹机油, 然后插入机油过滤器, 并拧紧至规定的拧紧力矩, 在柴油机启动之前检查机油油位, 在上述工艺完成之后, 进行柴油机启动验证。

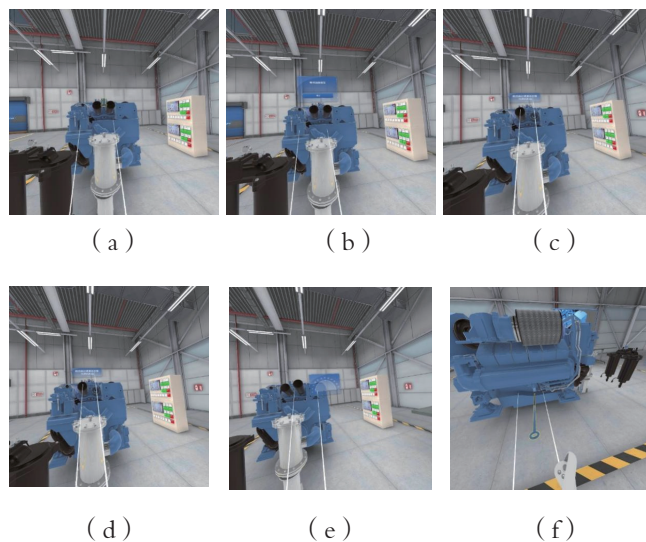


图6 虚拟场景柴油机滤器拆装

### 5 结语

针对传统的船舶领域培训方式不足以满足现代化船舶培训需求的现状, 提出用虚拟现实技术赋能船舶领域培训发展的观点, 并进行相关的研究设计工作。首先进行船舶领域的培训功能设计和场景设计, 再对场景设计中所需要的三维模型进行构建和轻量化处理以及渲染优化, 最后通过软件平台对训练系统进行集成开发和应用验证, 系统运行流畅可靠, 体验效果良好, 所开发的船员维修保障模拟训练软件为船员虚拟培训提供了一个重要的支撑平台。