

附件 5

广东交通职业技术学院

智能柴油机新技术实训中心室项目需求(参数)书

一、项目概述

(一) 项目名称: 智能柴油机新技术实训中心

(二) 项目预算: 人民币 200 万 元

(三) 项目概况:

本项内容为建设符合国际海事组织(IMO)要求的、权威的、具有国际领先水平的轮机模拟器训练与考评系统而设计、研发与实施,使适任训练与评估适应国际航运发展的实际要求,从技术、品种与质量上确立轮机训练与考评中心的作用,进一步规范训练与考评行为,统一训练与考评工作,提高教师的业务能力,提高学生或船员的实际操作水平,提升轮机人员的专业素质,以及我校航海教育质量,保障航运安全。

本项目选择的主机为 MAN B&W ME-C9.2 的 30 万吨级超大型油轮为母型船,按实船图纸与影像制作轮机模拟软件。整个项目建设定位为国际领先水平,因此特要求母型船先进,训练系统实船性强,软件界面美观,屏幕分辨率自适应,功能全面。选用电喷主机 MAN 7S80ME 型超大型油轮轮机模拟器(同时是海事局考试中心建设的主力轮机模拟器)的全任务三维 VR 版模拟软件,软件中至少应具备如下系统和功能:主机为电喷柴油机、采用最先进的 M-800 型主机遥控、主辅机燃滑油驳运,净化与供给系统、海淡水系统、海水淡化系统、S 型分油机系统、压缩空气系统、舵机系统、锅炉油、水和汽系统、压载与消防系统、空调冷藏系统、焚烧炉、舱底水系统、生活污水处理系统等、电力系统(包括主配电板、应急配电板、岸电),CO₂ 灭火系统等,液货装卸系统,船体阴极电流保护系统,防海生物系统,机舱通风系统,轮机员安全系统,K-Chief 600 监测报警及延伸报警系统,排气系统,主机程序控制,燃滑油泄放系统,燃油速闭系统,机舱局部细水雾系统,泡沫灭火系统,锚铰机,货物吊等。

二、设备参数

序号	设备名称	技术参数及要求	数量	备注
1	电喷柴油机 轮机模拟器 实物型集控 台	集控台 6 屏，集控台在外形上与船用集控台结构类似，在人机交互方式上采用触摸屏方式	1 套	要求详见附件 1
2	电喷柴油机 轮机模拟器 实物型配电 板	配电板（13 屏）：左组合启动屏 2 屏，左动力负载屏 2 屏，主发电机控制屏 3 屏，同步屏 1 屏，右动力负载屏 2 屏，右组合启动屏 2 屏，照明负载屏 1 屏。配电板在外形上与船用配电板结构类似，在人机交互方式上采用触摸屏方式	1 套	要求详见附件 1
3	电喷柴油机 轮机模拟器 虚拟现实操 作站	配套虚拟现实眼镜：专业版，2880×1600 双眼分辨率和 90HZ 刷新率，视场角 110 度。含头戴式设备，耳机，两个无线操控手柄，激光定位器，配件，安全指南与保修卡。可以联动立体展示连续三维机舱的动态，可以交互操作	1 套	要求详见附件 1
4	电喷柴油机 轮机模拟器 立体投影设 备	工程投影机（2 台）：标准分辨率：1920×1200 投影弧形幕 1 套；融合器及软件 1 套；红外发生器 1 套；主动立体眼镜 30 副；音响 1 套；投影吊架、线缆等 1 套	1 套	要求详见附件 1
5	电喷柴油机 轮机模拟器 主机实体模 型	主机实体模型 1 整套，包含大型船舶 ME 柴油主机 7S80ME-C9.X 模型 1 台（主机含轴系和螺旋桨、盘车机齿轮可啮合操作）；15.6 英寸双屏便携式电脑，3 套。	1 套	要求详见附件 1
6	电喷柴油机 轮机模拟器 ME 主机型轮 机模拟软件	该软件包括模型端软件、二维端软件、虚拟机舱软件三部分组成。	1 套	要求详见附件 1

7	电喷柴油机 轮机模拟器 RT-flex 主机 型轮机模拟 软件	以重吊船为母型船，主机采用 6RT-flex58T 电喷柴油机，主 机遥控系统采取 AC600 型主机 遥控系统，全面满足教学、培 训需求。	1 套	要求详 见附件 1
8	电喷柴油机 轮机模拟器 计算机工作 站	参照或不低于 I7-8700 CPU， 16G DDR4 内存,256G 固态硬盘， 8G DDR5 显存的独显 GTX10 或 20 系列显卡，电源，带线键鼠。	2 台	要求详 见附件 1
9	电喷柴油机 轮机模拟器 计算机工作 站	参照或不低于 I7-8700 CPU， 16G DDR4 内存,256G 固态硬盘， 11G DDR6 显存的独显 GTX 20 系列显卡，电源，带线键鼠	1 台	要求详 见附件 1
10	电喷柴油机 轮机模拟器 图形工作站	参照或不低于 I7-8700 CPU， 16G DDR4 内存,256G 固态硬盘， 11G DDR6 显存的独显 GTX 20 系列显卡，电源，带线键鼠	1 台	要求详 见附件 1
11	窗帘	双层，具有遮光效果 150 平方	1 套	
12	隔断	不锈钢框架，含集控室玻璃及 集控室门，管理员房间门	1 套	要求详 见附件 2
13	照明灯具	筒灯及格栅灯，LED 光源，照 射空间亮度保证设备仪表读数 清晰。	1 套	
14	综合布线	包括电力线及网络线，包括供 电，设备、网络与电源安装与 系统调试等，视频监控 1 套： 包含 8 个监控点，配有摄像监 视系统。	1 套	
15	其他（宣传 栏、挂图、管 理规定/使用 守则、门牌 等）	智能轮机模拟器房间管理规则 4 付、整体船舶系统原理图、 主机等设备挂图	1 套	

附件 1：电喷柴油机轮机模拟器技术参数及要求

1. 电喷柴油机轮机模拟器

1.1 技术方案概要

本项内容为建设符合国际海事组织(IMO)要求的、权威的、具有国际领先水平的轮机模拟器训练与考评系统而设计、研发与实施,使适任训练与评估适应国际航运发展的实际要求,从技术、品种与质量上确立轮机训练与考评中心的作用,进一步规范训练与考评行为,统一训练与考评工作,提高教师的业务能力,提高学生或船员的实际操作水平,提升轮机人员的专业素质,以及我校航海教育质量,保障航运安全。

本项目选择的主机为 MAN B&W ME-C9.2 的 30 万吨级超大型油轮为母型船,按实船图纸与影像制作轮机模拟软件。整个项目建设定位为国际领先水平,因此特要求母型船先进,训练系统实船性强,软件界面美观,屏幕分辨率自适应,功能全面。选用电喷主机 MAN 7S80ME 型超大型油轮轮机模拟器(同时是海事局考试中心建设的主力轮机模拟器)的全任务三维 VR 版模拟软件,软件中至少应具备如下系统和功能:主机为电喷柴油机、采用最先进的 M-800 型主机遥控、主辅机燃滑油驳运,净化与供给系统、海淡水系统、海水淡化系统、S 型分油机系统、压缩空气系统、舵机系统、锅炉油、水和汽系统、压载与消防系统、空调冷藏系统、焚烧炉、舱底水系统、生活污水处理系统等、电力系统(包括主配电板、应急配电板、岸电),CO2 灭火系统等,液货装卸系统,船体阴极电流保护系统,防海生物系统,机舱通风系统,轮机员安全系统,K-Chief 600 监测报警及延伸报警系统,排气系统,主机程序控制,燃滑油泄放系统,燃油速闭系统,机舱局部细水雾系统,泡沫灭火系统,锚铰机,货物吊等。

为涵盖目前世界商船所采用的电喷柴油机机型,使实训中心具有先进性、全面性,在轮机模拟器软件还提供以 6RT-flex58T 电喷柴油机为主动力装置,AC600 型主机遥控系统、K-Chief 600 型监测报警系统和高压配电系统的最先进重吊船为母型船的训练软件。同时满足实训中心和学员对 MAN B&W 公司和 WARTSILA 公司电喷柴油机,M-800 型和 AC600 型主机遥控系统训练的需求。

1.2 各层次评估要求

本项目的开发满足各层次评估要求,包括对轮机员进行基本的机舱操作的训练与评估、高级的应急操作和故障处理的训练与评估、船舶运行优化操作、燃油经济性和节能方面的训练与评估。为了完成上述要求,轮机模拟软件应该具有考评机制,能够完成下列工作,但不限于这些内容:

- (1) 能够对轮机人员进行基本及高级的培训和训练，从而使轮机人员达到适任资格要求并成为高素质的合格轮机人员，并能够对相关的专业能力进行量化的评估与考试。
- (2) 能够对轮机人员进行机舱资源管理的培训和训练，并能够对相关的专业技能进行量化的评估与考试。
- (3) 能够进行故障设置和解除，对学员进行故障判断、查找与解除的培训和训练，正确表现出对系统运行的影响，能够对相应能力进行量化的评估与考试。
- (4) 能够进行性能退化参数设置和解除，对学员进行性能退化判断、查找与解除的培训和训练，正确表现出对系统运行的影响，能够对相应能力进行量化的评估与考试。
- (5) 能够针对恶劣海况、搁浅、碰撞等情况进行机舱设备安全操作和应急反应培训和训练，能够对相关的专业技能进行量化的评估与考试。
- (6) 能够对有实践经验的轮机人员进行知识更新培训和训练，能够对相应知识掌握程度进行量化的评估与考试。
- (7) 能够对整个船舶的燃油经济性进行研究，能够对相关原理、规则与应用的掌握程度进行量化的评估与考试。
- (8) 能够对指定设备或系统在不同工况下的运行状态进行深入研究，能够对相关设备或系统的工作原理和运行特性的掌握程度进行量化的评估与考试。

1.3 电喷柴油机轮机模拟器组成

如表 1 所示，电喷柴油机轮机模拟器由仿真物理硬件和仿真软件两大部分组成。仿真物理硬件主要包括：实物仿真型集控台、实物仿真型配电板、三通道立体投影设备、VR 设备等。仿真软件则由模型端软件、二维端软件、虚拟机舱软件三个部分组成，以满足学生日常教学训练和船员培训评估的需要，总成构建为国际领先的轮机训练系统，同时可支撑国家级、省级虚拟仿真中心的建设和示范性虚拟仿真实验教学项目。本项目建设的目标是针对不同工作船型实现针对性和个性化训练与考评，达到国际化中的高水准，完成辅助配备与学习自助，实现世界一流航海教育的目标。

表 1 智能柴油机轮机模拟器主要组成设备清单

序号	货物名称	规格型号	数量
1	实物仿真型集控台	集控台 6 屏：集控台在外形上与船用集控台结构类似，在人机交互方式上采用触摸屏方式，配套计算机主机配置为：参照或不低于 I7-8700 CPU，16G DDR4 内存，256G 固态硬盘，8G DDR5 显存的独显 GTX10 或 20 系列显卡，电源，带线键鼠。	1 套

2	实物型配电板	配电板（13屏）：左组合起动屏2屏，左动力负载屏2屏，主发电机控制屏3屏，同步屏1屏，右动力负载屏2屏，右组合起动屏2屏，照明负载屏1屏。配电板在外形上与船用配电板结构类似，在人机交互方式上与集控台同样采用触摸屏方式。	1套
3	虚拟现实操作站	虚拟现实操作站：每套由1台计算机+1个虚拟现实眼镜组成。 每台计算机装有一台主机与1台显示器。计算机最低配置：I7-8700 CPU，16G DDR4 内存，256G 固态硬盘，8G DDR5 显存的独显 GTX 20 系列显卡，电源，带线键鼠。显示器要求为至少 40 英寸 3840×2160 分辨率的 IPS 显示器，配套二维、三维软件供便捷操作。 每台计算机配有1套虚拟现实眼镜：专业版，2880×1600 双眼分辨率和 90HZ 刷新率，视场角 110 度。含头戴式设备，耳机，两个无线操控手柄，激光定位器，配件，安全指南与保修卡。可以联动立体展示连续三维机舱的动态，可以交互操作。	1套
4	主机实体模型	主机实体模型 1 整套，包含大型船舶 ME 柴油主机 7S80ME-C9.X 模型 1 台（主机含轴系和螺旋桨、盘车机齿轮可啮合操作）。按实船成比例制作，可与轮机模拟器联动。主机物理模型达到 2 米以上高度。主机模型上或附近安装已有主机机旁控制箱。盘车机与飞轮机构要求为金属材质，盘车机要与飞轮可以啮合、脱开操作，设有限位开关检测送出开关信号至接线端子。盘车机啮合时要有连锁机制直接切断电机的供电。柴油机栏杆，踏板要求为金属不锈钢材质。螺旋桨部分设有有机玻璃透明保护罩，要求有足够的强度耐受意外冲击和压力。 实船主机参数：MAN B&W 7S80ME-C MK9.2 型，二冲程，十字头式，可逆转，废气涡轮增压，右旋（船尾方向）；缸数：7；缸径/冲程：800/3450mm；起动空气压力：30bar；最大持续功率：25190kW×72rpm；正常功率与转速：20150kW×约 67rpm；平均有效压力：17.3bar；最大爆发压力：140bar；使用燃油：重油闪点大于 61℃，热值大于 42,700kJ/kg；额定功率时燃油耗率：159.4g/kW.h+6% at 42700kJ/kg L.C.V.；辅助鼓风机：5.4m ³ /sec×5.6kPa，电动机：11kW×1760rpm。螺旋桨：类型：4 叶，无键型。材料：镍-铝-铜。直径：10200mm。螺距：7339mm。	1套
		双屏便携式电脑，15.6 英寸，1920×1080 分辨率，参照或不低于 I7 8750 CPU，16G 内存，2070，8G 显存显卡，250G SSD+1 个 1920×1080 分辨率显示器。	3套
5	立体投影设备	图形工作站（1 台）：计算机最低配置：I7-8700 CPU，16G DDR4 内存，256G 固态硬盘，11G DDR6 显存的独显 GTX 20 系列显卡，电源，带线键鼠，电源，带线键鼠。配 1 个 24 英寸 IPS 屏 1920×1080 分辨率液晶显示器。 工程投影机（2 台）：标准分辨率：1920×1200，激光投影，7000 以上流明。 投影弧形幕 1 套；融合器及软件 1 套；红外发生器 1 套；主动立体眼镜 30 副；音响 1 套；投影吊架、线缆等 1 套	1套
6	ME 主机型虚拟现	该软件包括模型端软件、二维端软件、虚拟机舱软件三部分组成。软件可以独立运行在学员训练电脑上，也可以运行在上述仿真硬件	1套

	实轮机模拟软件	上，组成全任务虚拟仿真训练环境，达到最优训练效果。 ME 主机型虚拟现实轮机模拟软件以 MAN B&W ME-C9.2 型柴油机为主机的 30 万吨级超大型油轮为母型船，仿真内容包括：主动力与推进系统；主机工况检测系统；主机遥控系统(含应急车钟部分)；监测报警系统；延伸报警系统；值班召唤系统；轮机员安全系统；阀门遥控系统；海底门遥控系统；液位测量系统；大舱进水报警系统；主辅机排烟系统；主、辅机滑油、燃油驳运、净化、供给和泄放系统；海水、低温淡水、高温淡水系统；海水淡化系统；压缩空气系统；日用与控制空气系统；速闭空气系统；机舱通风系统；锅炉油、水、汽和排污系统；发电柴油机及其辅助系统；焚烧炉、舱底水系统、日用淡水系统；日用海水系统；生活污水处理系统；舵机液压系统；艏轴润滑系统；主机气缸电子注油系统；主机共轨电喷系统；空调冷藏系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；压载水系统；消防系统(含机舱局部细水雾，风油切断，CO₂、泡沫灭火，水喷淋与火灾检测报警)；甲板机械；电力系统(含主电源，大应急，小应急的电源及系统)；充放电系统；集控台；主配电板；应急配电板；充放电板；各控制箱；控制台；控制柜与轮机相关的驾控部分等 三维端：配套有逼真全面的三维立体机舱巡检、设备与系统显示与交互操作软件。以指定的母型船为依据，开发一套具舱室漫游、动态模拟、交互操作、多人协作、特情再现、应急演练、故障模拟的全景互动虚拟机舱软件，建立舱室、设备、系统、运行状态、人物角色的虚拟仿真，提供人机实时交互的高沉浸感体验教学实训和评估平台。具体制作的舱室有主机舱，主发电机室，锅炉间，集控室，分油机间，舵机舱，应发室，消防控制室，充放电间，蓄电池室，应急消防泵舱，烟囱排烟监视，轮机员舱室。	
7	RT-flex 主机型虚拟现实轮机模拟软件	与上述虚拟现实型轮机模拟软件类似，同样由模型端软件、二维端软件、虚拟机舱软件三部分组成。不同的该软件从 2015 年以后交付使用的重吊船为母型船，主机采用 6RT-flex58T 电喷柴油机，主机遥控系统采取 AC600 型主机遥控系统，全面满足教学、培训需求。	1 套
8	装修	包括隔间，木作，供电，设备、网络与电源安装与系统调试等 视频监控 1 套：包含 8 个监控点，配有摄像监视系统。	1 套

1.4 实物仿真型集控台和实物型配电板

如图 1 所示，集控台和配电板在外形上都采用与船舶实际结构相类似的设计，仅仅在人机交互方式上采用触摸屏方式。该交互方式优点是方便灵活，可以根据实训内容的需要切换 VLCC 型轮机模拟器和重吊船轮机模拟器。在硬件配置上，集控台采用 6 屏设计，配电板采用 13 屏设计（包括：左组合起动屏 2 屏，左动力负载屏 2 屏，主发电机控制屏 3 屏，同步屏 1 屏，右动力负载屏 2 屏，右组合起动屏 2 屏，照明负载屏 1 屏）。触摸屏采用 32 英寸或以上，4K 分辨率液晶显示屏，保证优秀的显示效果，选用计算机配置为：参照或不低于 I7-8700 CPU，16G DDR4 内存，256G 固态硬盘，8G DDR5 显存的独显 GTX10 或 20 系列显卡，



电源，带线键鼠。

图 1 触控型集控台及配电板效果图

1.5 虚拟操作站

本项目虚拟操作站由 1 台计算机+1 个(参照或不低于 HTC VIVE PRO)虚拟现实头戴式设备组成。

每台计算机装有一台主机与 1 台显示器。其中配置 7-8700 CPU，16G DDR4 内存，256G 固态硬盘，8G DDR5 显存的独显 GTX 20 系列显卡，电源，带线键鼠。显示器要求为至少 40 英寸 3840×2160 分辨率的 IPS 显示器，配套二维、三维软件供便捷操作。

每台计算机配有 1 套(参照或不低于 HTC VIVE PRO)虚拟现实头戴式设备：专业版，2880×1600 双眼分辨率和 90HZ 刷新率，视场角 110 度。含头戴式设备，耳机，两个无线操控手柄，激光定位器，配件，安全指南与保修卡。可以联动立体展示连续三维机舱的动态，可以交互操作。



图 2 虚拟操作设备参考图

1.6 立体投影设备

如图 3 所示，立体投影设备采用主动立体融合投影技术。相对于被动立体投影系统，主动立体技术对环境依赖较低，在相同条件下的实现效果更加优秀。

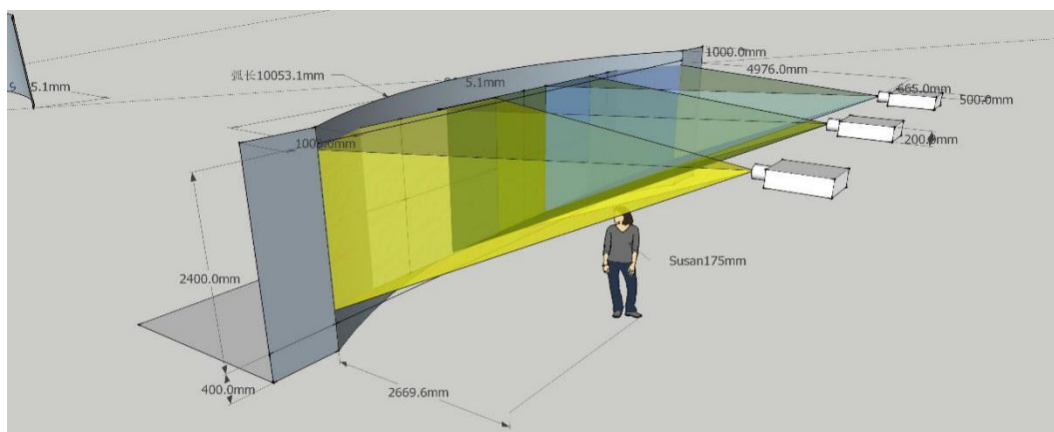


图 3 主动立体投影系统设计示意图



图 4 主动立体投影系统效果图

如下表所示，在系统组成，三通道立体投影设备包括如下部分：

序号	名称	技术规格	数量
1	主动立体投影机	分辨率 1920×1200	2
2	投影弧幕	弧形硬幕	1 套
3	融合处理器	三通道主动立体融合器	1 套
4	图形工作站	高性能图形工作站	1 套
5	红外发射器	外发射器，可同时支持至少 30 副立体眼镜同步	1 套
6	主动立体眼镜	立体眼镜，配备可充电式锂电池	30 副
7	立体环绕音响	高档组合音响，立体环绕声，1 拖 2 型	1 套
8	投影系统集成	含投影机吊架、线缆、服务器机柜等辅助元器件及系统所有设备安装、调试和集成	1 套

(1) 工程投影机

数量：2 台

主要技术参数：

标准分辨率：1920×1200

扫描频率：

水平：15.7-91.1KHz；垂直：24-85Hz

灯泡参数：

光源类型：激光；灯泡功率：3.5W；灯泡寿命：20000 小时

投影参数：

变焦比：1.25X；光圈范围：F=2.0-3.32；实际焦距：f=18.07-22.59mm

投影比：1.22-1.53:1；投影尺寸：50-300 英寸；屏幕比例：4:3/16:9/16:10

色彩数目：10.7 亿色；光轴(偏称轴)水平：±15%；垂直：-50%-50%

梯形校正水平：±20 度；垂直：±20 度

接口参数：

输入接口：1×HDMI；1×DVI-D；1×VGA In；1×HDBaseT；1×3G-SDI

输出接口：1×HDMI Out；1×VGA Out (Monitor Out)；1×3D SYNC Out

控制接口：1×RS232 (D-sub 9 pin) (PC Control)；1×Wired in (3.5mm phone jack) (Remote In)；1×USB type A (for WiFi dongle purpose)；1×Mini USB (for LAN FW upgrade only) (Service)；1×IR Receiver (On the Front side and Top side)；1×RJ45 (LAN)

电气规格：

电源功率：560W；待机功率：<0.5W；电源性能 AC100-240V±10%，50/60Hz

（2） 融合软件

数量：1 套

满足如下应用需求：

- 支持的投影机分辨率：支持任意分辨率，包括非标准的分辨率；
- 投影机排列模式：16 行 32 列任意组合，并且每行投影机数量可以不一致，可以完成类似于“品”字形状的融合；
- 任意的投影机安装方式：投影机可以按照实际场地限制和项目要求任意安装，如旋转 90 度竖装，或者是垂直与水平混合安装，只要光线能覆盖满目标投影区域就可以融合。
- 几何校正：4-40 格自定义数量 Bezier 四次曲面，网格移动精度 0.5、1.0、4.0、8.0 像素，支持逐点、行、列、四角模式校正。除了标准网格，还可以上传自定义的图片，用于数字内容与实体模型的精准对位；
- 色彩统一：四种色彩，红、绿、蓝、灰，每种 256 阶亮度独立调整。ColorRemap（颜色任意置换）技术，可以将不同亮度、不同色彩的投影机校正至一个水平，解决了项目后期维护中由于投影机问题产生的视觉不统一现象；
- 边缘消隐：每台投影机的融合带宽度可以独立设定，提供最大灵活性；
- 遮罩：为画面导入一张黑白图片，对应黑色部分的内容将被隐藏，用于不规则外形的投影项目。

（3） 投影幕布

系统投影幕布设定为高 2.4 米，弧长 8-10 米，弧度 144°，安放在钢制底座上，可根据房间尺寸进行具体调整。为保证三维虚拟机舱软件可以流畅的运行。

（4） 图形工作站

数量：1 台

配置：参照或不低于 I7-8700 CPU，16G DDR4 内存，256GB 固态硬盘，8GB 显存以上高端显存

（5） 音响

数量：1 套

技术参数：

频率响应：55Hz-20KHz（-10dB）

额定输入功率：150W

峰值输入功率：450W

灵敏度：90dB/2.83V/1m

分频点：2.5kHz/15kHz

（6） 主动立体眼镜

数量：30 副

同步：射频信号
光学传动轴：34%
余光：16.5%
对比度：>1：200（无重影）
色度：无需色彩调整
自主性：75 小时

1.7 轮机模拟软件

轮机模拟软件包括模型端软件、二维端软件、虚拟机舱软件三部分组成。模型端软件指的是机舱模拟器中的数学模型程序，具有全任务仿真功能，软件依据母型船的照片，轮机与电气系统图，完工资料制作而成。二维端软件为机舱模拟器中的二维交互软件，即二维界面程序。

1.7.1 模型端软件

仿真内容：主动力与推进系统；主机工况检测系统；主机遥控系统(含应急车钟部分)；监测报警系统；延伸报警系统；值班召唤系统；轮机员安全系统；阀门遥控系统；海底门遥控系统；液位测量系统；大舱进水报警系统；主辅机排烟系统；主、辅机滑油、燃油驳运、净化、供给和泄放系统；海水、低温淡水、高温淡水系统；海水淡化系统；压缩空气系统；日用与控制空气系统；速闭空气系统；机舱通风系统；锅炉油、水、汽和排污系统；发电柴油机及其辅助系统；焚烧炉、舱底水系统、日用淡水系统；日用海水系统；生活污水处理系统；舵机液压系统；艏轴润滑系统；主机气缸电子注油系统；主机共轨电喷系统；空调冷藏系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；压载水系统；消防系统(含机舱局部细水雾，风油切断，CO₂、泡沫灭火，水喷淋与火灾检测报警)；甲板机械；电力系统(含主电源，大应急，小应急的电源及系统)；充放电系统；集控台；主配电板；应急配电板；充放电板；各控制箱；控制台；控制柜与轮机相关的驾控部分等。

为了达到既定的设计、训练和考评要求，轮机模拟软件仿真数学模型基于实时动态模式进行编程，要真实反映整个机舱的动态过程，以及机舱各个子系统之间的相互作用。轮机模拟软件中所有的系统仿真数学模型都应是高度逼真的，能够正确地反应系统的热工状态和动态响应过程。

1.7.2 二维端软件

二维端软件依据其完工资料建立以 MAN ME 为主机的轮机模拟软件。轮机模拟软件能完成实船全任务训练内容，通过训练学员能够快速而有效地掌握船舶轮机系统的组成、功能、基本操作、故障处理、运行优化、燃油经济性和节约能源等知识和技能。包含有下列系统的模拟：

主动力与推进系统：含主机工况检测系统、主机遥控系统（含应急车钟部分）、主机气动操作系统、主机电喷系统；主机废气处理系统（如有）。

辅助系统，含主辅机滑油、燃油驳运/净化/供给/泄放系统(含低硫油系统，MDO，HFO系统)、海/淡水冷却系统、压缩空气系统、日用与控制空气系统、主机气缸电子注油系统；阀门遥控系统、海底门遥控系统、液位测量系统、大舱进水报警系统、辅机排烟系统、速闭空气系统；机舱通风系统；锅炉油、水、汽和排污系统；发电柴油机及其辅助系统；焚烧炉、舱底水系统、日用淡水系统；日用海水系统、生活污水处理系统、舵机液压系统、艏轴润滑系统、空调冷藏系统、防海生物污染系统、强制电流阴极保护系统、压载水系统、消防系统(含机舱局部细水雾、风油切断、CO₂灭火、泡沫灭火、水喷淋与火灾检测报警)、甲板机械、海水淡化系统。

电气系统：监测报警系统，含延伸报警系统、值班召唤系统、轮机员安全系统。

电力系统，含主电源、大应急、小应急的电源及系统、充放电系统。

仿真软件具有自适应屏幕分辨率功能，适于各种分辨率大小显示器都能满屏显示的要求，以满足实验室与家用等不同场合的使用。各软件界面可自适应满屏为 1920×1080、2560×1440 和 3840×2160 分辨率，能够实现双屏或更多屏显示，并达到最佳的效果。

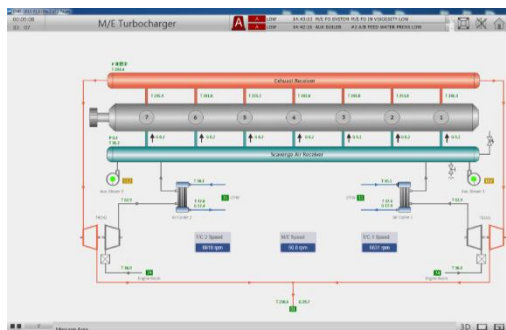


图5 主机涡轮增压器工况监测仿真界面

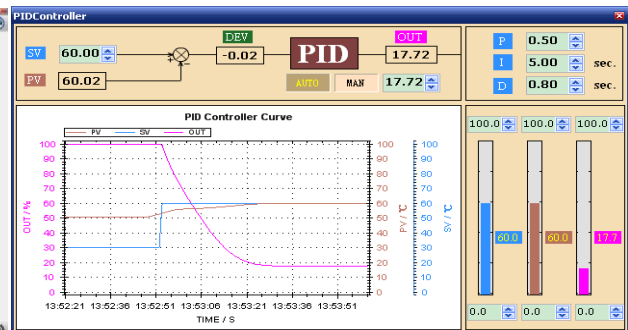


图6 PID 控制参数调整界面

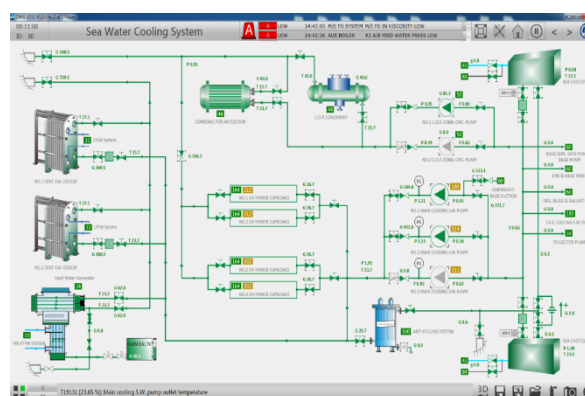


图7 海水冷却系统仿真界面

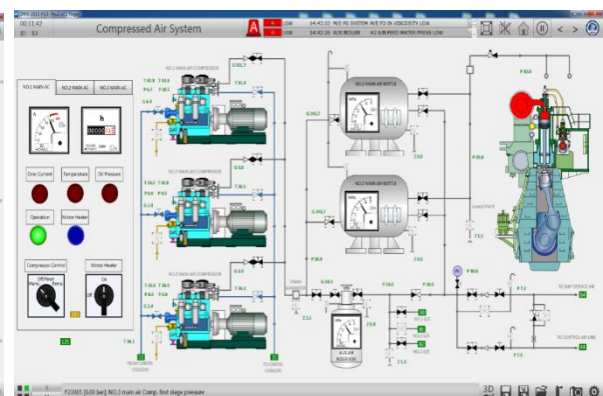


图8 压缩空气系统仿真界面

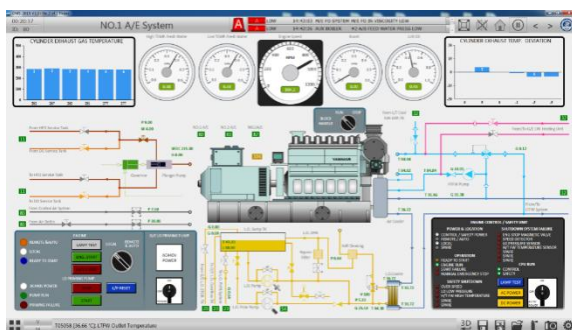


图 9 #1 柴油发电机系统界面

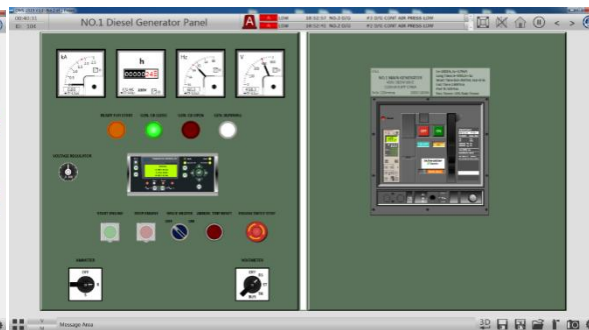


图 10 #1 柴油发电机控制屏界面

1.7.3 虚拟机舱软件

虚拟机舱软件为机舱模拟器中的三维交互软件，具有全任务功能，以 ME 主机型 30 万吨级油轮的机舱为蓝本，具有三维操作与交互，具体制作的舱室含主机舱各层(主机舱一层，二层，三层，四层，机舱棚)，集控室，分油机间，艏轴弄，舵机舱，应急消防泵舱，应急发电机室，充放电间，蓄电池室，烟囱排烟监视等的三维制作与交互操作，含机舱资源管理失电，火灾，局部细水雾，机舱进水等特效。实现虚拟机舱实时漫游。实现虚拟机舱操作及交互，与二维轮机训练系统及轮机训练系统硬件连接，仿真过程实时同步响应。能够模拟实船进行多人的互动操作，所有三维按实船高度逼真制作。

具体的三维机舱制作技术要求如下：

要求配套有逼真全面的三维立体机舱巡检、设备与系统显示与交互操作软件。以指定的母型船为依据，开发具有舱室漫游、动态模拟、交互操作、多人协作、特情再现、应急演练、故障模拟的全景互动虚拟机舱软件，建立舱室、设备、系统、运行状态、提供人机实时交互的高沉浸感体验教学实训和评估平台。通过模拟船舶机电故障、船舶遇险、船舶碰撞、船舶溢油、特种作业、火灾事故、大风浪航行、机舱进水、全船停电、船体破损等特种情景模式，提升学员的应急反应能力和综合素质。

整个虚拟环境、场景、动作、配音仿照实船制作，所搭建的虚拟仿真环境、视景效果、动态变化、声光模拟、舱室过渡要求与实体船舱高度一致，支持交互操作，并达到精致、超清的高端视觉、听觉效果，各项动作的动态反应、过程、发生的现象、音效与实船的高度一致，具备完整、真实的物理动态效应、丰富的情景设计；具有出色的角色动画，可在虚拟场景中完整、全面、准确地完成实船轮机工作中的各项机电设备的操作、巡视、测量、检查和管理等船上日常工作；具有全船失电、舵机失灵、机舱进水、机舱火灾、恶劣海况、搁浅、碰撞、海盗袭击、溢油、主机及其他设备故障等应急工况的操作与处理；能够通过三维视景模拟船舶在瘫船起动、备车与完车、航行、作业与靠泊期间的机舱值班(含交接班情境)、机

动航行、正常航行、风浪天航行、浅水航行、锚泊、离靠港作业、雾中航行等工况、加装燃料操作与处理下的轮机状态与操作。

要求整个场景准确细腻，其中的结构、设备与系统完整无缺，各设备部件外形准确、清晰无误、工艺合理、比例恰当、材质生动真实、音效逼真、色彩逼真、画质精细、画面层次感与纵深感显著、灰度等级连续、视觉层次感好、立体感突出、具有逼真的视觉体验、拥有精美的实时渲染效果、完整体现实船整体与分舱的结构、设备与控制箱等的安装、固定及其工艺、管路与电缆科学化连续布置。

整个三维机舱要求做到场景切换便捷，各种情景表现准确到位。主要三维模型舱室包括如下：主机舱各层（花纹钢下内容不需要制作），机舱棚，集控室，分油机间，舵机舱，应发室。

具体设备主要包括：主机，轴系，中间轴承，螺旋桨，舵，侧推，减摇装置，锚，缆桩，烟囱，排烟管，发电机组，锅炉，热水井，分油机，艉轴润滑与密封，焚烧炉，生活污水处理装置，空调冷藏装置，油水分离器，空气瓶，日用水柜，油水舱、柜和箱，空压机，控制台，泵浦（含应急消防泵和喷淋泵），细水雾，火灾检测，消防与灭火装置，船体保护，供油单元，消音器，热交换器，检测与控制装置，阀门遥控，照明，配电板，集控台，驾控台，控制箱，控制盒，监控面板，灯光报警器，配电箱，阀门，法兰，连接件，管路，电缆，紧固与夹紧装置，插座，门窗，行车，吊装设备，梯道，逃生孔，变压器，甲板，透气装置，风机，风道，设备机座，污水井，栏杆与防护设备，备品备件，搁物架，蓄电池，电气焊设备（车床，钻床，电焊机，台钳，磨砂机，氧气瓶，乙炔瓶，焊枪，瓶头阀等），电工试验台，舵机，甲板机械，锚绞机，救生艇，救助艇，艇架，起货机，洗手盆，排气阀翻转架，排气阀研磨机，喷油器试验台，备件，缸套，活塞，活塞杆，气缸盖成套，报警灯柱，声力电话与程控电话系统，撇油器，工具，物料，备品，仪器仪表，滤器，透平，调温阀，造水机，SCR，船体外加电流阴极保护装置 ICCP，船体防海生物附着 MGPS，变频器，轴系接地接置，轴功率测量装置，电子示功器，冷库呼叫装置，内通设备，污水井，延伸报警，消防栓，灭火器材，测量和显示设备，海底阀控制，饮水器，电梯，吹灰收集柜，下水器，通风透气，油阀与风门速闭，各设备或系统完整及相关所需要的附件等等。各设备的固定底座要求按照说明书或实船照片进行制作。

应包括如下场景和功能：

（1）连续机舱显示

整个虚拟机舱按三维连续舱室要求制作，即三维视景要求能够实现连续舱室的漫游，并

可以完成交互操作，各种情景展示。可在各层与邻近舱室之间实现连续游走与操作，视景不卡顿，不闪烁，清晰正确如实船。视线范围内坚决避免其中的物体突隐、突现或突然变化的现象。游走过程中视景的变化应如在实船一样，具有真实，自然的感觉。相邻舱室的分隔舱门可开可关，因此显示的视景也需要正确及时地变化。

（2） 全任务交互

需完成交互的系统为轮机与电气相关的系统，主要包括主动力及推进系统、主机遥控系统、主机工况监测系统、压缩空气系统、机舱污水系统、焚烧炉系统、压载水系统、舱底水系统、日用供水系统、冷却水系统、海水淡化系统、锅炉蒸汽系统、燃油系统(含低硫油及冷却系统)、滑油系统、净油系统、舵机系统、空调和冷藏系统、电站与电力系统、防海生物污染系统、强制电流阴极保护系统、压载水处理系统、集中监测与报警系统、甲板机械、火灾检测报警系统、消防系统(局部细水雾、水喷淋、CO₂(或泡沫)灭火系统)、通风系统、透气测深系统、应急切断、艉轴润滑与密封系统、内通系统、阀门遥控与液位遥测系统、大舱进水、轮机员安全、值班召唤、冷库呼叫系统，泄放系统，疏排水系统，下水系统，撤离系统，排放系统，逃生通道，侧推系统，减摇鳍等等。

能够在三维环境中完成全任务操作，含触摸屏的交互操作，具有参数设置与调整功能。实船 PC 机中的软件如机舱监测报警可以二维软件方式运行。

（3） 搜索定位

二维界面与三维准确对应，二维与三维交互点完整相互跳转，为每船上万个交互点设计三维与二维的互搜索定位功能，解决虚拟机舱中操作位置辨认难的问题。建立有强大、灵活的自搜索定位功能，同时具有机舱模拟器二维端与虚拟机舱的完整互搜索定位，可以实现瞬移观察点功能。被定位的待搜索点应可以通过突显、选中、高亮、闪烁或动态指向标记等给出显著标志。搜索定位要求适于搜索定位命令发出程序在本机或分布在网络上的其他计算机中。

（4） 情景制作

逼真模拟机舱失火、水雾释放、机舱进水等具有逼真声光及视觉体验的应急情景。

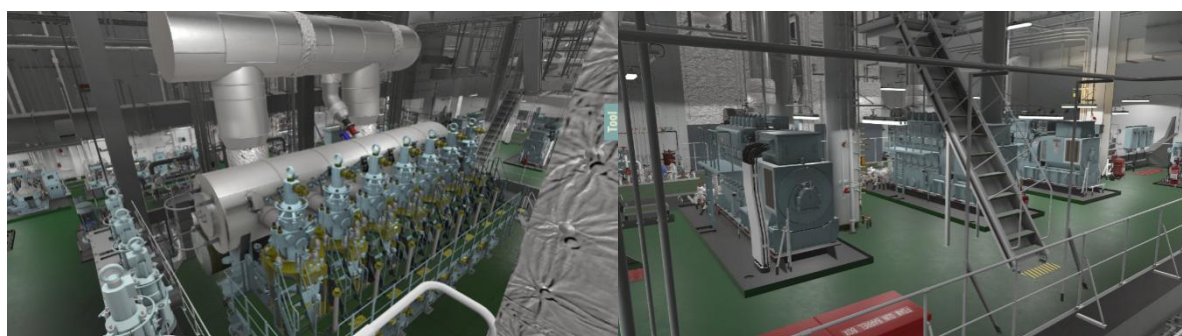


图 11 主机三维视图景图



图 12 发电机三维视图景图



图 13 分油机间着火情景

图 14 二氧化碳间视景图

1.8 主机实体模型

1.8.1 主机模型 1 整套

包含大型船舶 ME 柴油主机 7S80ME-C9.X 模型 1 台（主机含轴系和螺旋桨、盘车机齿轮可啮合操作）。按实船成比例制作，可与轮机模拟器联动。主机物理模型达到 2 米以上高度。主机模型上或附近安装已有主机机旁控制箱。盘车机与飞轮机构要求为金属材质，盘车机要与飞轮可以啮合、脱开操作，设有限位开关检测送出开关信号至接线端子。盘车机啮合时要有连锁机制直接切断电机的供电。柴油机栏杆，踏板要求为金属不锈钢材质。螺旋桨部分设有有机玻璃透明保护罩，要求有足够的强度耐受意外冲击和压力。

1.8.2 实船主机参数

MAN B&W 7S80ME-C MK9.2 型，二冲程，十字头式，可逆转，废气涡轮增压，右旋（船尾方向）；缸数：7；缸径/冲程：800/3450 mm；起动空气压力：30bar；最大持续功率：25190 kW×72rpm；正常功率与转速：20150kW×约 67rpm；平均有效压力：17.3bar；最大爆发压力：140bar；使用燃油：重油闪点大于 61℃，热值大于 42,700kJ/kg；额定功率时燃油耗率：159.4g/kW.h+6% at 42700kJ/kg L.C.V.；辅助鼓风机：5.4m³/sec×5.6kPa，电动机：11kW×1760 rpm。螺旋桨：类型：4 叶，无键型。材料：镍-铝-铜。直径：10200mm。螺距：7339mm。厂家：NAKASHIMA PROPELLER CO. LTD。

1.8.3 需配置 3 套双屏便携式电脑

15.6 英寸，1920×1080 分辨率，参照或不低于 I7 8750 CPU，16G 内存，2070，8G 显存显卡，250G SSD+1 个 1920×1080 分辨率显示器。

附件 2：实验室隔断装修功能设计要求

如下图所示，电喷柴油机轮机模拟器实验室共分为四个区域，分别为：模拟集控室、VR 操作区、模拟应急发电机室、模拟驾驶台和评估员室。模拟集控室安装有一期设备中的配电板实物和集控台实物。VR 操作区安装有立体投影设备和虚拟现实操作站（一期设备），预留二期设备大型液晶触控屏安装区域。模拟应急发电机室和模拟驾驶台室作为预留二期设备安装区，安装二期设备中的应急配电板和驾驶台。评估员房间也可作为管理员房间，安装有实验室的视频监控系统和管理计算机，可以通过管理计算机控制轮机模拟器组织评估考试。

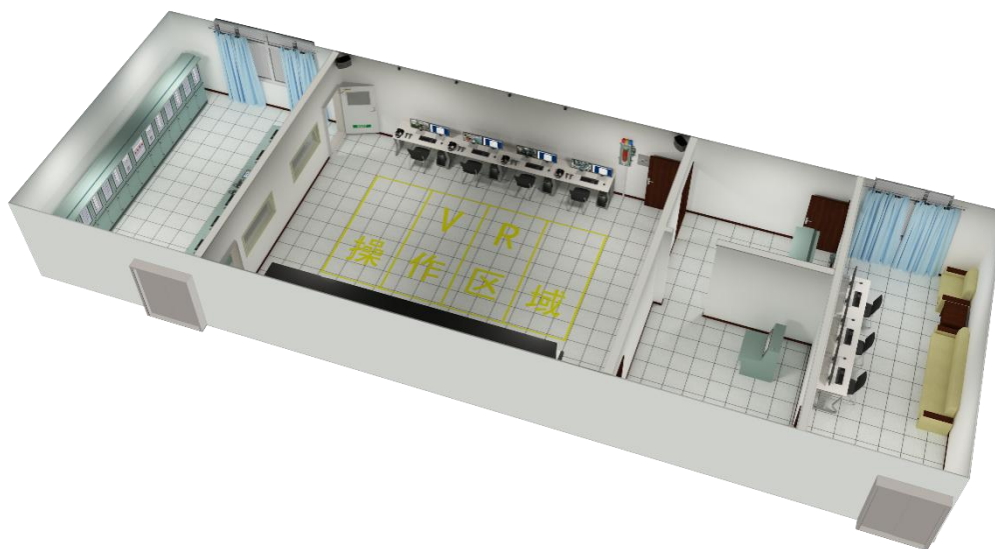


图 17 电喷柴油机轮机模拟器布置图

实验室供电要求：实验设备使用 AC220V 电源，为保证整个实验室用电需求，房间引入电源为 AC380V，室内设分电箱一个。

实验室装修要求：按照机房装修标准，能够保证设备正常工作需求；房间照明系统除了评估员房间外，实验区域照明按照船上照明系统供电方式供电，能够模拟仿真全船失电、大应急照明、小应急照明等多种工况。