

天津海事局船员评估中心工程
——轮机模拟器系统集成
技术规格书
(包 2 双燃料电力推进船模拟器)

采 购 人：中华人民共和国天津海事局

采购代理机构：天津市康桥经济管理咨询有限公司

二〇二四年四月

第 1 章 项目概要	1
1.1 项目背景	1
1.2 基础条件	2
1.3 建设内容	3
1.4 投标总体要求	6
1.5 时间与进度	7
1.6 本标段系统总集成	7
第 2 章 总体要求	11
2.1 投标基本要求	11
2.2 双燃料电力推进船模拟器评估系统框架	13
2.3 轮机模拟器评估流程图	13
2.4 轮机模拟器总体要求	13
2.5 设备通用配置要求	22
第 3 章 技术规格	24
3.1 双燃料电力推进船模拟器	24
3.2 轮机模拟器考生终端	28
3.3 网上虚拟评估室	29
3.4 轮机模拟软件技术要求	31
第 4 章 工程实施	67
4.1 设备的到货要求	67
4.2 项目管理	67
4.3 系统建设	67
4.4 设备测试	68
4.5 设备安装和系统调试	68
4.6 系统测试与试运行	69
第 5 章 工程验收	71
5.1 验收规范	71
5.2 验收步骤	71
5.3 到货验收	71
5.4 系统测试	71
5.5 系统试运行	72
5.6 标段验收	72
5.7 工程整体验收	73
5.8 文件资料	73
第 6 章 技术支持与售后服务	74
6.1 质量保证期	74
6.2 系统维护服务	74
6.3 备品备件	75
6.4 扩充设备	75
6.5 技术培训	75
第 7 章 附件	76

第1章 项目概要

1.1 项目背景

船舶运输作为一种安全、快捷、廉价和可靠的运输方式，为全球经济的发展做出了巨大的贡献。随着全球贸易的发展以及航运技术和现代科技的高速发展，海上运输船舶向着大型化、专业化、标准化的方向发展，船员是水上交通运输中的重要组成部分，职业实践性强，安全风险高，对于高级船员，掌握理论知识之外，实际操作技能尤为重要。

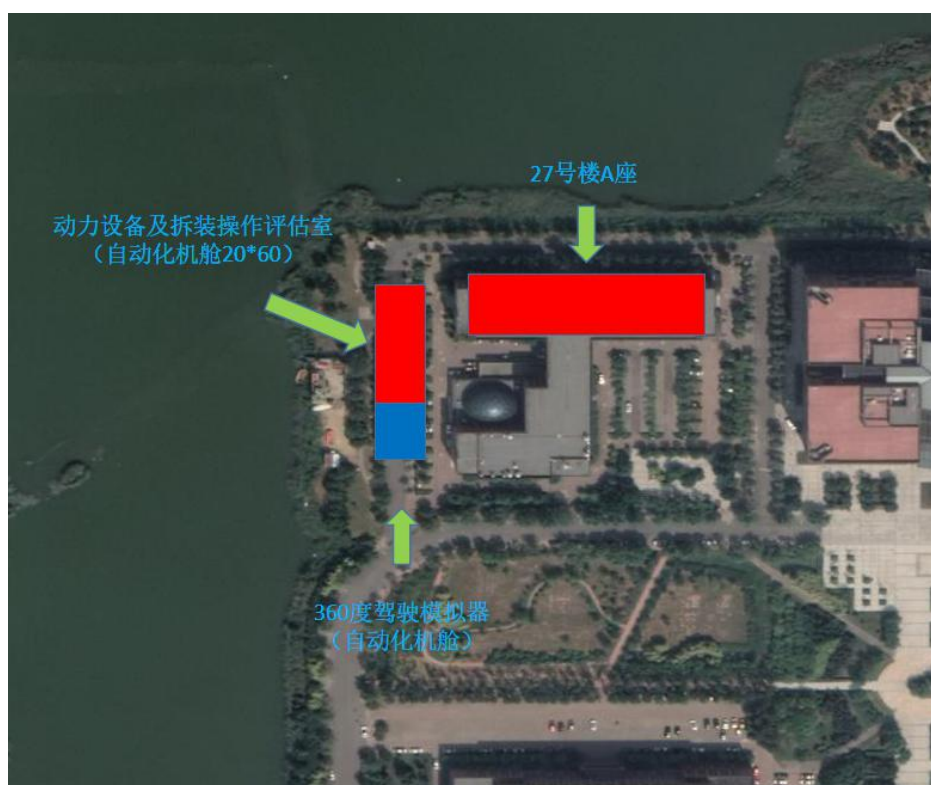
目前我国在船员理论考试方面，绝大部分考场分布在航海院校和社会培训机构，天津海事局也已实现了船员无纸化考试，解决了理论考试的规范性和公平性问题。实操评估方面，由于海事主管机关缺乏自有的实操评估设备，天津海事局主要是依赖于辖区内的天津理工大学等航运院校和相关培训机构的设施设备。尽管船员考试评估使用同一评估大纲和规范，但受培训机构、院校等社会评估条件的客观限制，如评估设备陈旧、型号与数量不足等，海事管理机构难以完全做到自主设计评估方案，评估方法和评估标准把握的尺度不尽相同，造成了船员的实操评估方式、手段、评判标准和结果难以统一和有效掌控。根据2012年部海事局印发的《中华人民共和国海船船员适任考试和发证规则》（经2017年交通运输部8号令修订以下简称11规则）及其实施办法（海船员[2012]171号）和2013年印发的《中华人民共和国海事局关于调整海船船员管理分工有关事宜的通知》（海船员[2013]828号），对海船船员考试发证和培训机构的管理授权进行了调整，天津海事局负责辖区包括天津市、北京市、河南省、陕西省、山西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区等地内所有等级的海船船员考试和发证工作，这也对船员适任评估的场地及设备设施配置提出了更高要求。

鉴于上述现状和存在的问题，同时考虑到天津海事局辖区航运业和船员队伍的发展，为更好地保证船员适任评估的公平、公正、高效，改进船员适任评估的管理和操作模式，提升评估的质量和效率，使实操评估更切合船舶的实际运行状况，满足“船舶适航，船员适任”的要求，更好地实现“方便船员、优质服务”的宗旨，天津海事局与天津理工大学协商决定，利用天津理工大学现有场地，共同建设天津海事局船员评估中心，天津理工大学是天津辖区航海本科教育的唯一大学，依托于该航海院校的师资力量和技术水平，对将来的建设管理运行维护可提供技术支撑和人才保障，也会为国家发挥更多的社会效益。

因此，本项目建设所涉及的外部政策条件、规章制度及相关建设条件均已具备，迫切需要在天津建立船员评估中心，进一步规范船员评估行为，统一船员评估业务，提高评估人员、监督人员和教员的业务能力，以提高船员的实际操作水平，提升船员队伍质量，保障航运安全，促进我国航运事业的发展。

1.2 基础条件

天津海事局船员评估中心的建设用地已经落实，根据天津海事局与天津理工大学达成的合作协议以及补充协议，建设地点位于天津市西青区宾水西道391号天津理工大学校内27号楼A座，此外天津理工大学在池塘边建设自动化机舱楼1栋。



天津海事局船员评估中心的建设用地图



轮机模拟器评估系统布置预想图

1.3 建设内容

根据建设内容，本标段为双燃料轮机模拟器评估系统集成，具体包括如下建设内容：

1.3.1双燃料电力推进船模拟器

双燃料电力推进船模拟器以LNG双燃料电力吊舱推进型支线船为母型船制作。母型船具有多机双桨电力推进的特点，LNG双燃料电力吊舱推进型支线船模拟器集成有与轮机模拟器互联的LNG液货装卸系统，重点细化推进电机的启动、换向等操作，双燃料电力推进控制等内容，适用于进行电力推进系统的基本操作和日常管理以及机舱集中监视报警系统的信息查询和基本操作的评估与训练。

序号	系统名称	设备名称	单位	数量
1	模拟机舱	大液晶触控站，每套由 1 台 OPS 计算机终端+ 1 个 86 英寸触控屏组成。可加载不同船型的模拟系统。	套	3
2		三维操作台，每套由 1 台 VR 版计算机终端+2 个轮机模拟器桌面显示器+1 套桌椅组成。可加载不同船型的模拟系统。	套	2
3		双燃料发电机组模型，按 Wärtsilä 6L34DF 双燃料发电机组比例制作，可与轮机模拟器联动。双燃料发电机物理模型 2 米左右高度。	套	1
4		声光模拟设备,包括 1 套模拟机舱声光报警的报警灯柱，1 套模拟机舱设备运行声音的音箱设备。可加载不同船型的模拟系统。	套	1
5		电力推进吊舱，半实物型，含 2 个吊舱推进器。使用工程塑料与钢板等合成制作。吊舱模型可以与双燃料电力推进模拟软硬件联动。半实物模型可以进行旋转和回转操作,调速电机由电力推进控制系统控制，可以进行起动、调速、停车、旋转等操作。	套	1

序号	系统名称	设备名称	单位	数量
6		模拟本地控制箱，含 12 个本地控制箱，半实物型。具体为：3 个双燃料发动机机旁控制箱，2 个 GUV 控制箱，2 个预润滑泵和排烟管通风机控制箱，2 个空压机控制箱，1 个应急发电机控制箱，1 个充放电控制箱，1 个燃油辅锅炉控制箱。	套	1
7	模拟集控室	模拟集控台，4 屏，每屏长度约 1 米，触控型，可加载不同船型的模拟系统。其中 1 屏在水平屏面上安装有实物型的 3 台主发和 1 台锅炉的急停按钮，1 个机舱声光报警指示器，1 套推进车钟和 1 个声力电话。	套	1
8		模拟高压主配电板，10 屏，半实物型，安装有实物型的按钮，指示灯，电流表，电压表，同步表，频率表等。	套	1
9		模拟低压主配电板，10 屏，触控型。竖式触控屏要求采用 3840×2160 分辨率，43 英寸，可加载不同船型的模拟系统。	套	1
10	模拟应急发电机室	模拟应急配电板，2 屏，触控型。竖式触控屏要求采用 3840×2160 分辨率，43 英寸，可加载不同船型的模拟系统。	套	1
11	模拟驾控室	模拟驾控台，1 屏，触控型，每屏长度约 1000mm。在水平屏面上安装有实物型的 2 个主推进系统紧急停止按钮，1 个双燃料主机及主推模式选择开关，1 个双燃料主机模式指示板，1 个应急车钟发送器；2 套全回转车钟和 1 个声力电话。	套	1
12	评估员室	评估员操作站：每套配轮机模拟器桌面计算机终端+2 个轮机模拟器桌面显示器+1 套桌椅。	套	2
13		广播系统。	套	1
14	轮机模拟软件	以 LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船为母型船制作。触摸屏等须能加载其他船型轮机模拟软件，至少包括 LNG 双燃料电力推进型干线船、LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船、ME 主机型 30 万吨级油轮、ME 主机型 40 万吨级矿砂船、ME 主机型 2 万箱级集装箱船、RT-flex 主机型 3 万吨重吊船、MC 主机型 30 万吨级油轮、江海联运集装箱船、蒸汽动力 LNG 船、大型海洋救助船、深水三用工作船、公务船的船型。要求具有船型选择和自动切换功能。 独立安装或登录于集成的基于网络的训练与考评平台，实现评估员软件要求的功能，为局域网版本。	套	1
15		自设备验收起五年之内，中标人新研发的轮机模拟软件应免费提供采购人使用，包括提供双燃料电力推进船模拟器、桌面版软件供轮机模拟器考生终端使用，网络版供广域网部署使用。	套	1

1.3.2 轮机模拟器考生终端

序号	系统名称	设备名称	单位	数量
1	考生终端	评估员、考生电脑终端	套	1
2	轮机模拟软件	1)LNG 双燃料 30 万吨级超大型油轮 轮机模拟二维+虚拟机舱	套	1
		2)ME 主机型 30 万吨级油轮 轮机模拟二维(含液货)+虚拟机舱+虚拟拆装	套	1
		3)MC 主机型 30 万吨级油轮 轮机模拟二维(含液货)+虚拟机舱+虚拟液货	套	1

序号	系统名称	设备名称	单位	数量
		4)ME 主机型 2 万箱级集装箱船 轮机模拟二维+虚拟机舱	套	1
		5)MC 主机型 1 万箱级集装箱船 轮机模拟二维	套	1
		6)ME 主机型 40 万吨级矿砂船 轮机模拟二维+虚拟机舱	套	1
		7)RT-flex 主机型 3 万吨重吊船 轮机模拟二维	套	1
		8)大型海洋救助船 轮机模拟二维+虚拟机舱+虚拟拆装	套	1
		9)深水三用工作船 轮机模拟二维+虚拟机舱	套	1
		10)江海联运集装箱船 轮机模拟二维	套	1
		11)公务船 轮机模拟二维+虚拟机舱	套	1
		12)蒸汽动力 LNG 船 轮机模拟二维	套	1
		13)LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船 轮机模拟二维(含液货)+虚拟机舱	套	1
		14)LNG 双燃料电力推进型干线船 轮机模拟二维+虚拟机舱	套	1

1.3.3网上虚拟评估室

序号	系统名称	设备名称	单位	数量
1	网上虚拟 评估室	广域网云服务	套	1
		平台软件+教学资源	套	1
		1)LNG 双燃料 30 万吨级超大型油轮 轮机模拟二维+虚拟机舱	套	1
		2)ME 主机型 30 万吨级油轮 轮机模拟二维(含液货)	套	1
		3)MC 主机型 30 万吨级油轮 轮机模拟二维(含液货)	套	1
		4)ME 主机型 2 万箱级集装箱船 轮机模拟二维	套	1
		5)MC 主机型 1 万箱级集装箱船 轮机模拟二维	套	1
		6)ME 主机型 40 万吨级矿砂船 轮机模拟二维	套	1
		7)RT-flex 主机型 3 万吨重吊船 轮机模拟二维	套	1
		8)大型海洋救助船 轮机模拟二维	套	1
		9)深水三用工作船	套	1

序号	系统名称	设备名称	单位	数量
		轮机模拟二维		
		10)江海联运集装箱船 轮机模拟二维	套	1
		11)公务船 轮机模拟二维	套	1
		12)蒸汽动力 LNG 船 轮机模拟二维	套	1
		13)LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船 轮机模拟二维(含液货)	套	1
		14)LNG 双燃料电力推进型干线船 轮机模拟二维	套	1
		15)虚拟评估室 至少含下列 4 种船型的轮机虚拟评估室 (1)ME 主机型 30 万吨级油轮 (2)MC 主机型 30 万吨级油轮 (3)ME 主机型 2 万箱级集装箱船 (4)MC 主机型 1 万箱级集装箱船	套	1
		16)评估场地及设备的三维软件	套	1

1.4 投标总体要求

1)本技术规格书用于天津海事局船员评估中心工程的招标工作，其主要内容包括双燃料电力推进船模拟器。所建设轮机模拟器评估系统应能够实现《中华人民共和国海船船员适任评估规范》所涉及的轮机模拟器及机舱资源管理项目的评估要求。

2)中标人必须承担所投标设备和系统的供货、安装、系统集成、人员培训、技术支持与服务等工作，并对所提供的设备、软件及其所构成的系统总体质量负责。采购人最终对本次招标的设备和软件的供货、安装、系统集成、人员培训、技术支持与服务等内容进行最终验收。采购人拥有本次采购的所有设备、材料、软件和资料的所有权。

3)投标人应认真研究采购人的需求，提出本标段所涉及内容的具体解决方案，并详细阐明技术路线，最终构成一个整体的运行技术基础平台。

4)投标人提供设备的安装、运输、使用应满足现场评估室的建筑条件要求，如荷载等限制条件（现有评估室荷载条件详见附件 1《天津理工大学 27 号楼 A 座结构安全鉴定报告.pdf》），并给出设备布置图，用电负荷统计表，各设备重量

表，安装接线图和与建筑的接口要求。

5)投标人应特别重视技术规格书中各部分的具体要求，并逐条做出完整响应。

6)投标人在研究采购人的需求后，可以对技术方案提出合理的完善性修改建议。

7)投标人应对各种服务内容和方式做出详细明确的承诺。

8)投标人应提供明确的项目实施计划和项目质量管理及控制计划，包括组织机构、人员组成、工作计划和进度安排等内容。

9)采购人对本技术规格书有解释补充和局部修改权。如有变更投标人以收到采购人的书面通知为准。

1.5 时间与进度

本项目建设工期主要涉及系统软硬件的方案论证，软硬件开发与制作，设备供货、安装和调试，以及整个系统的集成、试运行和验收。

投标人需根据上述时间进度要求，对实施进度计划进行细化。采购人有对实施进度计划进行局部调整的权利，最终实施进度计划由双方共同确定。

1.6 本标段系统总集成

1.6.1总集成的定义

本标段中标的投标人作为系统（或称标段）总集成，应严格按照招标文件的要求开展本次招标中所有软硬件设备的开发、制作、集成工作，完成系统的总集成。投标人负责总体管理控制项目各个组成部分的计划、进度、相互配合、质量、工作量和风险，确保项目的成功实施。

投标人应在对项目充分理解的基础上编制系统集成方案。系统集成方案应至少包括详细的项目组织方案、项目总体实施方案、与建筑或其它标段的分工界面、硬件建设方案、软件建设方案、软硬件集成方案、与项目有关的管理文档。其中与项目有关的管理文档内容包括但不限于项目进度安排、项目组织结构和项目组织成员、项目组成人员的简历和相关资质证书、项目实施流程等与项目实施管理有关的管理性文档。应负责组织协调硬件原厂商和软件原厂商的计划与分工，在保证质量的前提下，按照实施进度计划，完成软硬件设备开发、制作、集成、调试、测试和验收工作，对工程整体进度、质量、安全负责。同时，由于本标段与其他评估系统、现行业务系统等存在衔接内容，投标人应按照建筑或其它标段在

分工界面中的接口要求，与这些项目建设单位做好协调、配合工作，保证本工程按工期要求顺利实施。

1.6.2 总集成的义务

1)总集成应认真阅读本技术规格书，并对本技术规格逐项做出应答，本技术规格书作为合同的重要组成部分以及工程验收的依据。

2)总集成应具有轮机模拟器集成、开发的技术、财力、物力保证。总集成应采用可靠性高、技术先进的全新设备和软件。

投标人应在中标后完成系统集成实施方案的进一步细化，作为本项目的总集成单位。同时，由于本标段与其他工程建设存在衔接，总集成单位应与各标段的分项供货商做好协调、配合工作，保证本工程按工期要求顺利实施。

3)总集成责任：

(1)保证提供的所有硬件设备、软件系统的质量、生产进度和技术性能满足要求。

(2)确保所建设的系统技术先进、性能可靠。

(3)负责软硬件原设备厂商与用户之间的相互联络和技术协调以及属于总集成职责范围内应解决的问题，如系统设备接口、测试及验收中出现的问题等。

(4)负责设计、协调各厂商设备互联接口和通讯协议，并向采购人公开，确保各个分系统之间能灵活互联并高效、可靠地运行。

(5)投标人须无条件配合安全等保服务，安全等保原则为三级技术标准，二级定级。

4)总集成应满足以下要求：

(1)承担设备硬件和软件的开发、制作、集成、安装、调试、人员培训、技术支持与服务等工作，并对所提供的设备、软件及其所构成的系统总体质量负责。

(2)根据技术规格书的要求进行系统配置、功能描述和系统技术规格说明，提供安装、使用、维护等手册或文件资料。

(3)总集成所提供的设备及其部件需配齐以构成一套完整的评估系统。

投标人签署合同后，在集成时出现因自身软、硬件的遗漏导致系统无法运行，相关部分均必须由投标人免费提供，采购人将不再支付任何费用。

(4) 总集成所提供的各类设备如需使用特殊接头、插座、电缆等，由总集成提供。

(5) 总集成如因满足本规格要求，需要提供技术规格书中没有提到的设备，应在投标文件中声明，并提供相关设备（含系统所有的附属设备）的名称、型号、功能及详细技术数据，以便采购人对投标人提供的设备的性能和功能进行全面的了解。

(6) 提供深化设计方案，包括但不限于各系统建设方案，含设备布置、电缆走线、接线图及效果图等；提供轮机模拟器评估系统与智能评估系统、综合评估系统、综合管理平台的接口方案，应满足与相关软硬件系统互联互通的集成衔接的技术实施方案。

(7) 提供设备、备品备件、安装材料等清单。

(8) 提供设备安装调试方案，并确保在本工程的安装调试过程中对现有其它系统运行不产生影响。

(9) 提供现场测试和验收的标准、验收方法和文件，由双方共同确认。

(10) 提供售后服务、设备质保以及技术培训的相关文件。

(11) 目前该项目评估室已经进行了初步装修，照明、消防、空调、摄像头等设备已经进行了初步安装及布设，相关强电及弱电接口已布置到评估室外接口箱。本标段所购置的评估室内评估设备所需的强电、弱电布线及相关所需装修改造工作内容由本标段承担。

5) 采购人具有如下权利：

(1) 采购人拥有对本技术规格书的解释、补充和局部修改权。

(2) 采购人对投标人就本标段招标所函括的设备设施系统的供货、系统集成、安装调试、人员培训、技术支持与服务等内容进行最终验收。

(3) 采购人保留对采购内容进行合理调整的权利。投标人应承诺当所采购内容发生变化时，保证所提供的价格折扣水平、技术服务等方面的各种优惠条件不变。

(4) 本工程建设投标人应按规定的日期和要求完成所有设备的制作、装运、现场安装、调试和验收阶段的全部工作。

6、投标人提供的总集成方案和技术参数作为合同的重要附件，如与本规格书冲突，以本规格书为准。

1.6.3 总集成与评估中心评估评分软件系统集成要求

根据评估中心总体的建设目标和要求，如本项目各评估室内设有考生考试端及考试评估系统，则各评估室的考试评估系统（以下简称“考试端”）应与本工程其他标段建设的评估评分软件系统（以下简称“考务端”）的集成，要求如下：

1、总体要求：本项目建设的考试端应接入评估中心考务端网络，按照本工程统一的数据接口进行数据交换，以实现评估数据的统一、评估过程的统一。

2、数据安全：投标人应按照统一要求，对交换的数据（包括题卡数据、过程数据、成绩记录）进行加密，保障评估数据和业务数据安全。

3、接口定义：

（1）评估题卡上传：支持采用文件或 HTTP 接口的方式，将编辑好的评估题卡上传到考试端或考务端集中存储。数据内容包括：评估项目、试题编号、试题摘要、试题文件（加密）。

（2）评估学员信息下载：考试端可根据本项目需要，从考务端采用 HTTP 接口的方式下载当前需要评估的学员信息。数据内容包括：学员身份标识、姓名、评估项目、计划评估时间、照片等。如投标人有其他数据需求，可投标文件中提出，如投标人中标，采购人将在项目建设详细设计阶段进行分析确认。

（3）评估记录信息上传：考试端在评估过程中，应对学员的操作进行记录，该记录将用于评估后的成绩追溯。考试端应支持将存储的评估记录通过 HTTP 接口自动上传到考务端。数据内容包括：评估学员、评估项目、评估时间、评估记录文件（加密）。

（4）评估记录信息下载：当需要对某个学员的评估记录进行追溯时，考试端应支持通过 HTTP 接口从考务端下载某个学员的评估数据，并提供可靠的文件管理程序用于完成本系统生成的评估记录文件的解密和解析查看。数据内容包括：实际评估题卡、评估记录文件。

（5）评估成绩回传：评估结束后，考试端应支持通过 HTTP 接口向考务端回传考试成绩。

第 2 章 总体要求

2.1 投标基本要求

2.1.1 招标内容

本标段包括本招标书第 3 章所规定的采购内容。投标人必须承担所投标的采购内容中设备、工程材料和软件的供货、安装、人员培训、技术支持与服务等工作，并对所提供的设备、工程材料和软件及其所构成的系统工程总体质量负责。采购人最终对投标人就本次招标的设备、工程和软件的供货、安装、人员培训、技术支持与服务、系统集成等内容进行最终验收。

2.1.2 对投标文件的基本要求

1) 投标人投标文件的章节编排应参照商务部分的有关规定，要求对本规格书所提出各项要求进行逐条逐项答复、说明和解释，对实现或满足程度明确做出“满足”、“部分满足”、“不满足”等应答，然后做出相应说明。

2) 投标人应在投标文件中提供设备的详细配置，并说明相应依据。

3) 投标人在投标文件中应说明对供货时间、安装、调试等进度的具体安排。

4) 投标人在投标文件中应说明给采购人提供的技术文件、技术支持、技术服务、人员培训、备品备件等方面的范围和程度。

5) 投标人应在投标文件中列出提供的书面技术资料详细清单。

2.1.3 对投标设备的通用要求

1) 本规格书提供本次工程采购的设备和软件的主要组成、技术特点、性能功能、设备材料和工程要求，供投标人编写投标文件和报价之用。

2) 投标人应向采购人提供完整、最新而成熟的、有实际应用案例的设备和系统。

3) 针对所有计算机终端设备，需配置远程开关机功能，以实现局域网内批量启动和关机。

4) 投标人所提供的所有各项设备和系统(包括软、硬件)应符合的技术标准如下：

- (1) 符合有关标准[如 GB（国家标准）、ISO（国际标准化组织）、ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组织）、IEEE（电气和电子工程师协会）等]，投标人应在投标文件中具体说明，并附上相应的详细技术资料。

(2) 若投标人的设备和系统包含行业专用标准，应在投标文件中具体说明，并附上相应的详细技术资料。

5) 投标人在投标文件中，对本规格书中所提各项要求能否满足，应逐项如实地予以说明和答复。投标人亦可根据自己的产品技术性能具体情况，在投标文件中提出建议，并附详细资料和说明。对本规格书中某项回答过于简单或未作明确答复的，将视为不能满足该项要求。

6) 本规格中未给出的设备性能功能要求，应按有关标准的最新要求执行。投标人应说明设备或系统所支持的相应标准。

7) 投标人如为满足本规格总体要求，需要优化部分设备规格，或需要提供技术规格书中没有提到的设备，投标人应在投标文件中声明，并提供相关设备（含系统所有的附属设备）的名称、型号、功能及详细技术数据，以便采购人对投标人提供的设备性能和功能进行全面的了解。

8) 所提供的软件应具有自主知识产权，或具有正版授权，不存在知识产权纠纷等问题，并能够在 Windows 专业版操作系统上运行。操作系统为正版操作系统。

9) 采购人在任何时候保留和拥有对本规格书的解释权。采购人有权在签订合同前，根据需要修改和补充本规格书，修改补充后的最终技术规格书将作为合同附件。

2.1.4 报价要求

1) 投标人应承诺当所购置设备和材料种类、数量发生变化时，保证所提供的价格折扣水平、技术服务等方面的各种优惠条件不变。

2) 投标人应承诺保证在项目竣工验收后，交付使用三年内的工程扩容中，采购同种设备和材料的价格水平不高于本次的价格水平。

3) 本规格书应视为保证系统运行及评估规范所需的最低要求。如有遗漏，投标人应予以补充，否则一旦中标将认为投标人认同遗漏部分并免费提供和安装。

4) 投标人应说明随着系统规模的扩充，各种设备的扩容方式及其收费基准。

5) 投标人应根据工程情况，在投标文件中按不同系统分类、详细列出各种设备、材料、工具和软件等的清单，并在报价书中详细列出单价、合价、折扣、分系统汇总价、总价等各项费用。

6) 投标人应承诺在项目竣工验收后，交付使用三年内，采购人在后续及备品

备件的设备定货时，同一类型的软硬件和同种材料的价格至少不高于本次合同的价格。

2.2 双燃料电力推进船模拟器评估系统框架

双燃料电力推进船模拟器平台可加载不同船型轮机模拟软件，实现“一套硬件多种船型”的效果。并为不同母型船建立高精度的逻辑模型，并构建相应的二维/三维场景，形成不同船型的轮机模拟系统，通过管理程序组建轮机模拟平台，各船型轮机模拟软件可按要求加载到双燃料电力推进船模拟器上运行。同时建设考试评估系统，满足考试管理、船员评估的需要。

双燃料电力推进船模拟器的评估系统及设备应集成到船员评估中心的统一的管理平台上，在该管理平台上实现不同模拟器设备的启动、运行和评估管理，并可以与异地轮机模拟器设备进行联网，实现轮机模拟器的远程评估。

2.3 轮机模拟器评估流程示意图

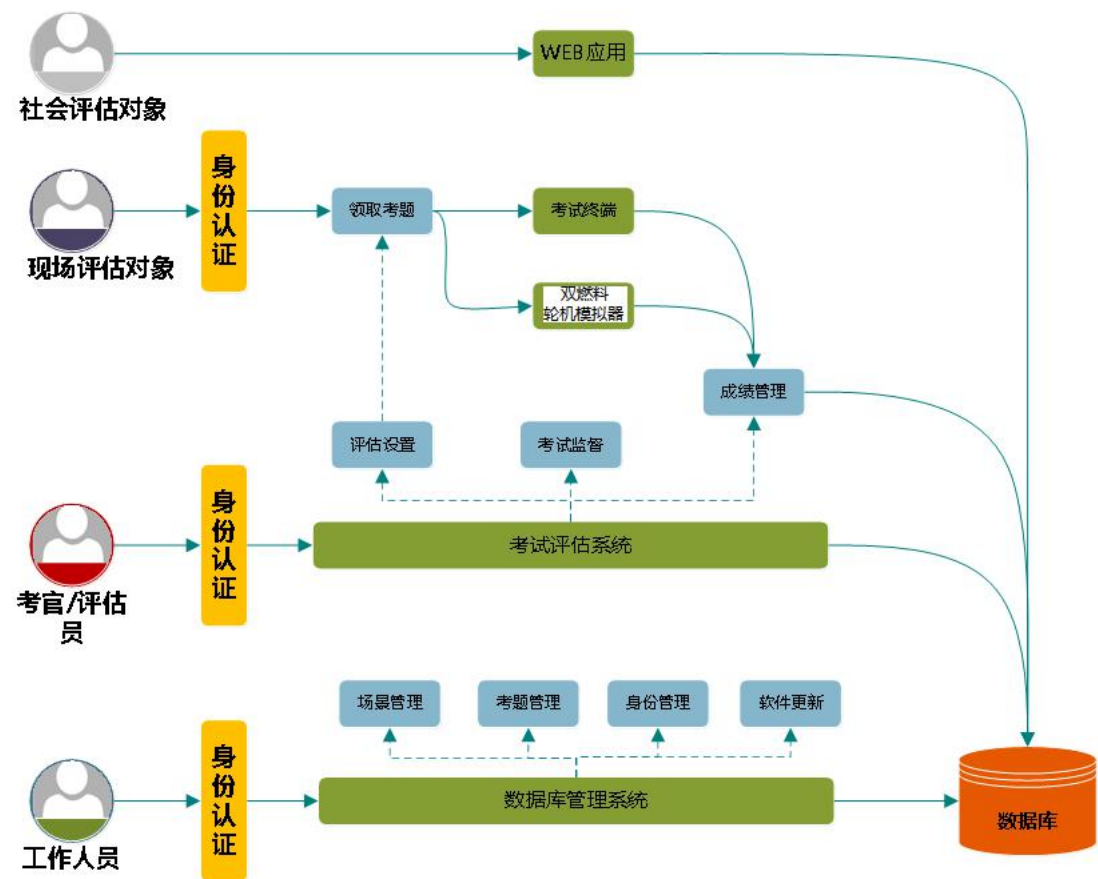


图 3 轮机模拟器评估流程示意图

2.4 轮机模拟器总体要求

轮机模拟器评估系统主要用于轮机长、轮机员适任评估中“轮机模拟器”所

有评估项目、“机舱资源管理”所有评估项目。

除了明确说明或规定以外，整个项目功能与技术要求高于当前国内已完成或在建的轮机模拟器技术水平，除了明确说明或规定以外，各船型的全任务轮机模拟器要求满足下列各项要求。

2.4.1 相关规范要求

1)满足中华人民共和国交通运输行业标准《海船船员培训模拟器技术要求》第2部分轮机模拟器的A级要求。

2)符合《1978年海员培训、发证和值班标准国际公约》及其修正案，以及中华人民共和国海事局制定的模拟器功能和性能标准的要求。

3)满足国际海事组织IMO关于海员培训、发证及值班标准国际公约(STCW78/10)规定的“模拟培训”、“适任评估项目”和“持续熟练展示”的要求。

4)满足《中华人民共和国船员培训管理规则》的有关规定。满足《〈中华人民共和国船员培训管理规则〉实施办法》中有关轮机模拟器的要求。

5)满足中国海事局《关于做好STCW公约马尼拉修正案履约准备工作有关事项的通知》中机舱资源管理(ERM)设备标准的有关规定。其中至少具备但不限于下列内容：

(1)能够模拟常规工况下轮机长、轮机员之间的协调与配合(包括瘫船启动、备车与完车、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、加装燃润料等)；

(2)能够模拟应急情况下轮机长、轮机员之间的协调与配合(包括主机或设备故障、舵机失灵、全船失电、机舱火灾、机舱进水、恶劣海况、搁浅、碰撞、海盗袭击、溢油等)。

6)满足中华人民共和国交通运输行业标准《海船船员适任评估中心建设规范》中关于轮机模拟器的相关要求。

注：所有规范、规则均指新版本，包括修改通报。

2.4.2 各层次评估要求

包括对轮机人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考试。

2)能够对轮机人员进行机舱资源管理和轮机模拟器的培训和训练，并能够对相关的专业技能进行量化的评估考试。

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响应培训和训练，能够对相关的专业技能进行量化的评估考试。

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考试。

2.4.3主要性能要求

模拟系统所有操作和关联响应符合实际，不应有可觉察的延缓和滞后。模拟系统运行流畅稳定，无阻滞和死机现象。机电设备及系统的模拟性能指标，要求参照母型船，满足船级社的相关规范要求。包括但不限于以下要求：

1)仿真系统模型计算处理速度：满足模拟系统所有软硬件、二维和三维操作和关联响应符合实际，不应有明显感觉的延迟感，延缓或滞后时间限制在 2s 之内。

2)逻辑控制系统功能：与母型船相同。

3)柴油机转速控制精度： $\leq 0.5\%$ 。

4)仿真船舶电站并车性能指标：

(1) 自动并车方式：完全按实船设置，满足 $\Delta f < 0.2\text{Hz}$ ， $\Delta \Phi < 5^\circ$ 要求。

(2) 手动准同步方式：完全按实船设置，满足 $\Delta f < 0.2\text{Hz}$ ， $\Delta \Phi < 10^\circ$ 要求。

5) 机舱工况参数集中监测报警系统性能：

- (1) 监测报警点数：>1000 个或与实船的相同。
- (2) PID 控制器：>5 个或与实船的相同。
- (3) 报警打印方式：及时打印和存贮打印两种。
- (4) 报警记录记忆能力：>500 条报警记录。

6) 系统运行性能指标：全负荷连续运行 120 小时应稳定无死机现象。

7) 系统中所需的终端，要求设可配双显示器的独立显卡。如接 23 英寸或以上显示设备时，则须采用 1920*1080 或以上分辨率；如接 32 英寸或以上显示设备时，则须采用 3840*2160 分辨率。

8) 所有二维和三维软件都要求有优秀的用户使用体验，尤其是提供触控操作的内容。

9) 系统配置应达到软界面显示清晰的程度。所配置的各显示器长期触摸操作与观察时，不应有模糊，辨认不清等问题的存在。

2.4.4 总体功能要求

轮机模拟软件应能完成实船全任务训练和评估内容。如果用于训练，学员可以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。如果用于实操评估，则可以正确、客观、公正的反应出考生的专业素质与能力。

轮机设备的模拟操作包括正常备车操作、应急和紧急操作、故障模拟设置以及排除的操作。各船型轮机模拟器须满足 STCW 公约及国家相关规范要求对船员培训及实操评估的需求，可对学员进行全方位的系统培训和评估，掌握轮机系统知识。包括但不限于如下功能：

- 1) 用于熟悉机舱各系统，并观察各项设备的动态工作状况。
- 2) 用于评估各项设备及系统的启动、停止操作程序。
- 3) 用于熟悉评估系统的性能及维持系统的最佳运行状态。
- 4) 用于训练识别系统的异常现象，找出故障所在及练习适当的应急处理方法。

软件是训练和评估系统的核心内容之一，在此着重要求本项目在仿真精度、系统完整性和用户体验方面达到国际领先的水平，要求高逼真地模拟实船的运行

和操作,科学地表现现实船的机电系统动态过程,形象地展现应急情景和故障现象,再现实船的综合操作演练与处置环境,提供合理的处置与处理手段。

总体功能的一些关键要求列举如下:

- 1) 能完成冷船起动、备车操作、靠离港、定速航行、应急操作、设备及系统故障分析、机舱资源管理培训和评估等功能。
- 2) 要求提供母型船的轮机与电气系统图,除了明确列出范围以外,通常至少具备下面列出的系统或设备的模拟功能(如母型船具备此功能):主动力与推进系统;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、燃油加装和驳运、净化、供给系统;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;排油监控系统(ODME);舱底水系统(含油水分离器);生活污水处理系统;日用淡水系统;日用海水系统;空调系统;冷藏系统;防海生物污染系统;强制电流阴极保护系统;压载水及处理系统;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;分配电板;充放电板;各控制箱;控制台;控制柜与轮机相关的驾控台等。
- 3) 能够提供轮机部成员之间及与其他部门人员常规工况下的协调与配合训练环境(包括备车与完车、机动航行、正常航行、锚泊、靠港作业、雾中航行、加装燃润料等)。
- 4) 能够提供轮机部成员之间及与其他部门人员的应急情况下协调与配合训练环境(包括双燃料发电机故障、吊舱转舵失灵、全船失电、机舱火灾、机舱进水、恶劣海况、搁浅、碰撞、海盗袭击、溢油等)。
- 5) 要求正确反映用电负荷与变化,给出各轮机主要用电设备的瞬时电流,能够表现出起动时冲击负载的变化。
- 6) 主要用电设备、用气设备要与来源相关联。用电设备在没有电源时不应出现有电时才有的现象。

- 7) 主发电机、应急发电机应可以进行出厂试验时的突加、突卸负载测试，性能曲线应与实船的接近。
- 8) 重要的轮机系统图要求在软件中完整体现，包括阀门、泵、设备、控制器、检测点等的相对位置与数量。
- 9) 要求用规范性颜色标记管路。轮机模拟软件上的各参数须统一为国际单位，例如温度采用 $^{\circ}\text{C}$ ，压力采用 MPa，部分压力可沿用船用习惯采用 bar 等。
- 10) 系统中各舱柜与容器的容量合理，其中各种物质，能量的产生与消耗，流入流出的数量关系与变化过程要求正确。
- 11) 轮机管路系统中压力、温度等参数显示点要求不少于实船的数量，在二维界面中根据实船检测仪表或传感器安装的相对位置来设置状态或数值的显示点。
- 12) 各检测点的数值显示和变化要符合流体力学、热力学等相关规律，并考虑管径大小，管路长短，位置高低等因素的影响。
- 13) 管路中的流体流动方向要求能够通过流量值或管路流向状态得到辨认。
- 14) 单个设备、阀门等的操作及参数设置结果应得到正确响应，并逼真地体现与相关系统的正确实时影响关系。
- 15) 轮机与电气各系统之间相互关联，要求正确模拟出相关系统之间的逻辑与数量关系。
- 16) 轮机系统中各泵要求能根据转速及所在管路系统的阻力变化调整流量与压力值，其中的流量，压力，热量，功率，效率，转速之间关系要求符合实船或教学典型性。
- 17) 参数控制调节器要具有操作面板及 PID 参数调节、曲线显示，被控对象的参数曲线符合 PID 参数调试的正确趋势。
- 18) 人机交互界面中各泵及阀件的开关、启停状态指示要求明显；机带泵、电动泵以及不同种类的泵和阀应采用不同的图形进行直观区分。
- 19) 系统阀件，控制调节及泵浦操作应简单、明确，不易导致误操作。
- 20) 一些特殊需要的阀门、自动控制用的调节阀要设计为开度可调，其他可按开、关双位控制来简化模拟。
- 21) 控制箱上的手动及自动选择、逻辑连锁、工作时序、仪表读数变化都要

符合实船并具有教学典型性。

- 22) 整个轮机与电气系统参数选配要求正确，各种工况下的数量关系要求科学合理，符合实船。
- 23) 盘台形式及操作过程、逻辑运行原理应与母型船高度一致。能对其中的操纵杆、阀件、旋钮、按钮、开关、控制面板和触控屏进行仿实船的操作与参数设置，并给出正确响应。
- 24) 可设置常见及重要的故障，合理科学体现故障触发和故障排除的过程变化和现象。配备具有足够数量的设备和系统的常见故障设置训练功能和教学训练案例。
- 25) 要求具有变量值即时设置，常用系统状态固化，仿真速度可调等功能，以便教学、训练和评估。
- 26) 系统应具有特殊情景及综合评估功能，情景及评估项目可以灵活定制、保存、加载、复制和移动。可以实现基于情景的评估，量化机舱资源管理项目的评估考核。
- 27) 在系统中集成丰富逼真的设备操作与运行音响，能够至少按实船制作应急发电机，双燃料发电机，空压机，泵的启停与运行声音。声音的强弱与频率应能随状态仿实船高逼真地变化。
- 28) 系统操作与响应要求具有实时性，操作响应时间不得超过 2 秒；重要的动态变化过程要求数量合理，动态正确。
- 29) 应具备系统故障自检功能。

2.4.5 评估功能要求

在双燃料电力推进船模拟器、轮机模拟器考生终端中要求配套有考试评估功能，通过基于网络的训练与考评平台，可以实现基于网络的管理，应具有下列评估管理功能。

2.4.5.1 评估管理功能

主要功能应包括初始环境设置、系统启动/停止、冻结/运行、过程控制/记录、运行方式选择、运行状态监视、过程隔离、考核和评估、记录和打印，可随时保存当前系统的全息运行状态并命名标记，在需要的时候可加载该状态。

还应具有以下功能：

- 1) 改变训练场景。

- 2)进入变量、故障和报警列表。
- 3)选择操作初始状态。
- 4)快照。
- 5)操作历史回放。
- 6)调节模拟器运行的速度（相对于真实的时间）。
- 7)声响控制。
- 8)报警闭锁。
- 9)过程隔离。

为了特殊培训任务的需要，应该具备系统隔离的能力，应至少包括如下隔离功能：

- 1)压缩空气供应的隔离。
- 2)蒸汽供应的隔离。
- 3)电能供应的隔离。
- 4)重要液位的隔离。

故障检索与编辑：故障列表检索、故障分组编辑、故障运行管理（包括故障现象和故障处理过程监视）、故障复位（包括故障处理鉴别、故障完成复位和故障强制复位）、返回等功能。评估员应该能够设置各种不同的模拟故障，既可以在线设置，也可以预先编制于练习里自动产生。故障系统应通过相应的界面对评估员和船员开放。

评估员可以引入故障或设置异常状态，应至少能进行下列类型的故障设置：

- 1)单个故障。
- 2)连串系列的故障。
- 3)单个故障的启动或消除。

提供主要设备和系统的磨损变量，以便评估员根据磨损变量编辑新的故障项目。评估员应能够设置各种故障，并在设定的时间段内产生。部分故障可在 0% 到 100%之间渐变或其他类型的量化设置。

2.4.5.2智能评估功能

在开始评估科目前，评估员应该能够建立初始条件和评估场景，可以在训练过程中改变评估场景的内容。在评估活动中评估员应该能够方便地实现但不限于以下内容：

1)可与评估中心管理平台软件进行数据交互。

2)调用、运行、暂停和停止练习。

3)监视和控制模拟评估过程。

4)监视（限于桌面软件）考生的操作。

5)操作的记录和回放。

6)对系统的任意部分引入动作，例如：各舱室温度、海水温度、吃水深度、液位高度、阀门的开关、泵浦的启停、蒸汽消耗、空气消耗、气候条件、电功率消耗、船舶负载、紧急运行、固定过程、响应速度、排障和应急反应等。

7)考核评估：主要包括出题、选题、自动记录、自动评判等。考核标准应基于考生在评估过程中的表现和结果，并给出相应的加分或扣分，最终计算出最后的总分。评估的结果都必须能够单独存储为一个文件，考核评估的过程应能回放。

8)具有保存操作记录数据和历史数据的功能。

9)对于题库中的每一道题应提供初始操作状态（有的含情景文件），评估对象进行当前题的考试评估时，应能自动加载初始状态（有的含情景文件），减少不必要的操作与时间消耗。

10)为确保回溯的历史数据可同步回放，总控机应能肩负时钟同步服务，实现轮机模拟器平台所有计算机设备的时间与评估中心服务器送来的时间同步。

11)接收评估中心运行管理平台的考官、评估员、评估对象等考务安排信息，并能以主动提供或被动查询方式提供评估过程及结果数据。

12)轮机模拟器可接收评估中心运行管理平台提供的试题，并加载相应初始状态和评估场景。

13)评估安排、评估试题、评判标准、结果贮存与管理由评估中心运行管理平台提供和修改。

14)针对关键性操作步骤有先后顺序限制，如操作先后顺序错误，则判定该操作为无效操作。

15)评判功能要求采用智能算法实现。

2.4.6软件及显示要求

所使用的计算机终端应安装正版操作系统。所提供的轮机模拟软件应具有自主知识产权或具有正版授权，不存在知识产权纠纷等问题。

轮机模拟软件要求能自动适应显示器各分辨率下(包括 3840*2160，

2560*1440 和 1920*1080 分辨率)满屏显示的需要。轮机模拟软件运行时要求能在 1920*1080 分辨率的双显示器或更多显示器中分别同时非镜像式自动适应满屏显示。

2.4.7 可靠性要求

模拟器操作器件（如液晶触控屏，开关，计算机终端或配件等）选用知名品牌；模拟器整体平均无故障间隔时间大于 4320 小时；平均维修时间一般不大于 120 分钟；使用寿命不少于 7 年。

2.5 设备通用配置要求

2.5.1 轮机模拟器桌面计算机终端

最低技术参数要求为：I9 中央处理器，内存 16G，512G 固态硬盘，8GB 显存，256-bit 位宽的 RTX 2070 独显等。正版 Windows 操作系统（在设备进场前确定）。

2.5.2 VR 版计算机终端

最低技术参数要求为：I9 中央处理器，内存 32G，512GB 固态硬盘，8GB 显存，256-bit 位宽的 RTX 2080 独显等。正版 Windows 操作系统（在设备进场前确定）。

2.5.3 轮机模拟器桌面显示器

最低技术参数要求为：32 英寸，IPS 屏，垂直可视角度 178°，水平可视角度 178°，刷新率 75Hz，平均亮度 250cd/m²，灰阶响应时间 8ms，1920×1080 分辨率液晶显示器。

2.5.4 86 英寸触控屏

86 英寸触控屏不低于如下配置：

- 1)4K 分辨率+4K 触控屏。
- 2)4mm 或以下全钢化高防爆-防眩光玻璃。
- 3)视角（度）：178°。
- 4)真 20 点或以上触摸点数。
- 5)配备无线鼠标及触控笔。

2.5.5 43 英寸触控一体机

43 英寸触控一体机安装于双燃料电力推进模拟器中的主配电板屏与应急配电板屏上，要求 4K 分辨率+4K 触控电容屏，防眩光玻璃，视角（度）178°，真 6 点或以上触摸点数，配备无线鼠标及触控笔。

2.5.6 32 英寸触控一体机

32 英寸触控一体机安装于触控型的集控台、驾控台和货控台等控制屏上，要求 4K 分辨率+4K 触控电容屏，防眩光玻璃，视角（度）178°，真 6 点或以上触摸点数，配备无线鼠标及触控笔。

2.5.7 输入输出板卡

双燃料电力推进船模拟器会需要使用输入输出板卡。为了便于管理与维护，要求使用同一种规格型号的输入输出板卡。板卡要求提供物联网功能，具有网络远程自动升级，IP 配置，时间同步，IO 状态查询，历史数据查询，故障报警和管理等功能。板卡要求具有 TCP/IP 通讯接口。可以支持网络化管理，实现远程升级与智能管理。

2.5.8 音视频监视系统

音视频监视系统 1 套，由其他标段采购。本标段中标人须根据本标段设备最终布局方案对摄像头布局等进行优化调整。

第3章 技术规格

3.1 双燃料电力推进船模拟器

安装有以 LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船为母型船制作的轮机模拟软件。

3.1.1 模拟机舱

3.1.1.1 大液晶触控站

大液晶触控站，3 套，每套含有 1 个 86 英寸触控屏和 1 个 OPS 计算机终端，键鼠根据使用需要选用无线型。86 英寸触控屏可与三维操作站中的计算机主机之间通过 HDMI 2.0 或相当性能的超高清视频线相连。

至少完成包括但不限于双燃料发电机系统；推进器系统；推进控制系统；冷却水系统；压缩空气系统；机舱通风系统；锅炉蒸汽系统；燃油系统；燃气系统；滑油系统；电站系统；日用淡水系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；火灾检测报警系统；舱局部细水雾系统；机舱通风系统；检测报警系统等模拟与交互操作。

3.1.1.2 三维操作站

三维操作站，2 套，每套含有 1 台 VR 版计算机终端+2 个轮机模拟器桌面显示器+1 套桌椅。

三维操作站可以完成配套虚拟机舱的展示与指定系统的交互操作，也可以用于机旁控制。

3.1.1.3 双燃料发电机组模型

双燃料发电机组模型，1 套，按 Wärtsilä 6L34DF 双燃料发电机组制作。按实船成比例制作，双燃料发电机组模型 2 米左右高度。柴油机栏杆，踏板（如有），则要求为金属不锈钢材质。可与轮机模拟器联动运行。

3.1.1.4 声光模拟设备

声光模拟设备，1 套，包括用以模拟机舱声光报警的报警灯柱 1 套，用以模拟机舱设备运行声音的音箱设备 1 套。

设备运行声音通过计算机音频合成软件制作，配合相应设备的启动、停止操作进行播放，达到实际船舶机舱的现场亲历效果。

报警灯柱应采用实船使用产品，以模拟机舱声光报警，按照不同的报警类别发出相应的音响和信号，包括通用，电话呼叫，CO₂ 释放报警，车钟呼叫，火灾，

轮机员安全，机器故障共 7 个灯位，红、黄、绿共 3 个报警灯和至少 1 个喇叭。

3.1.1.5 电力推进吊舱

电力推进吊舱，1 套，半实物型。使用工程塑料与钢板等合成制作。选择与实际吊舱进行一定比例缩放的物理模型，模型配有调速电机，模拟成比例可动螺旋桨实物，吊舱模型可以与双燃料电力推进模拟软硬件联动。半实物模型可以进行旋转和回转操作，调速电机由电力推进控制系统控制，可以进行起动、调速、停车、旋转等操作。制作有 2 个吊舱推进器，按实船成比例制作，单个吊舱长度不小于 1500 mm，钢质，其中安装的推进电机、旋转电机功率不低于 1KW。

3.1.1.6 模拟本地控制箱

模拟本地控制箱，1 整套，至少含下列 12 个本地控制箱，半实物型，即其中的灯钮，仪表要求为实物型。具体为：3 个双燃料发动机机旁控制箱，2 个 GUV 控制箱，2 个预润滑泵和排烟管通风机控制箱，2 个空压机控制箱，1 个应急发电机控制箱，1 个充放电控制箱，1 个燃油辅锅炉控制箱。

双燃料发电机机旁控制箱要求与实船的 LNG 双燃料的机旁控制箱功能一致。机旁控制箱带有本地/远程选择开关、启动按钮、停止按钮以及主发电柴油机转速、滑油压力、冷却水温度等参数显示仪表。当控制位置选择到机旁时，可在机旁控制箱上控制发电机起、停；当控制位置选择到遥控时，可在配电板上完成发电机起、停控制。当发电机运行时，除了实际的发电机组（电动机驱动）正常运转，要求机旁控制箱上的仪表都能够显示对应参数，各参数值要求与实船值一致。

另外，要求设有预润滑油泵控制箱，用于模拟主发电柴油机预润滑油泵与发电机组间的关联。润滑油泵控制箱面板布置与实际设备基本一致，含起停控制、电源指示灯、复位按钮等。

控制箱壁挂安装。中标人提供控制箱的安装支架，并进行安装。

其他本地控制箱在二维与三维软件中虚拟实现。

3.1.2 模拟集控室

主要配设有模拟集控台和模拟主配电板。

3.1.2.1 模拟集控台

模拟集控台，4 屏，触控型。每屏长度约 1000mm，金属柜台，嵌入式安装有 32 英寸 3840×2160 分辨率的触控屏。

其中 1 屏在水平屏面上安装有实物型的 3 台主发和 1 台锅炉的急停按钮，1

个机舱声光报警指示器，1 套推进车钟和 1 个声力电话。能模拟实船的控制面板和操作流程。可满足培训训练要求。模拟集控台设备主要用以实现对吊舱推进的控制及参数显示以及辅助设备的控制、报警、参数设定等功能。

集控台屏内的数据采集与输出板卡要求采用 TCP/IP 接口，通过网络交换机汇接后与教练员计算机或其他设备连接。

屏内安装有 LED 检修灯。

3.1.2.2 模拟主配电板

模拟主配电板用于模拟船舶电站的各项基本操作，主要包括双燃料发电机组和应急发电机的起动、停止、并网、解列、负载转移、自动化电站管理等功能，配电板上的负载要求与母型船的相一致，与轮机紧密相关的负载都要得到体现，同时要体现出分级卸载，脱扣，应急切断，岸电接入等功能。

配有模拟高压配电板，10 屏，对电力吊舱推进发电配电的控制，半实物型。要求采用实物仪表与面板完成下列屏的模拟：1#主推进屏，1#主发电机屏，1#母联屏，1#母联提升屏，艏侧推屏，2#主发电机屏，2#母联提升屏，2#母联屏，3#主发电机屏，2#主推进屏。其中的功能、显示与操作要求满足轮机模拟器的行业标准。

主发电机屏上要求配有实物型的双针电压表，双针频率表，电流表，功率表，功率因数表，同步表等，高压综合保护装置，带灯的合闸按钮、带灯的分闸按钮、加减速、电压表选择开关、电流表选择开关，复位，空间加热旋钮与指示灯等；内部包括主开关，接地开关，隔离开关。

配高压配电装置专用工具 1 套。

配有模拟低压主配电板，10 屏：对电力吊舱推进船低压主配电板进行完整模拟，触控型，为 43 英寸 3840*2160 分辨率嵌入式触摸屏结构，每屏高 2200mm，厚 600mm，屏宽 600mm。具有过流、过载、欠压、分级卸载、脱扣、顺序起动、主备切换、自动化电站、应急切断、岸电接入等功能，具有手动、自动工作模式。

模拟主配电板屏要求设有板前照明，内含有检修照明。

配电板中设有模拟器房间的照明控制输出。

各屏内的数据采集与输出板卡要求采用 TCP/IP 接口，通过网络交换机汇接后与教练员计算机或其他设备连接。

3.1.3模拟应急发电机室

用于模拟应急配电板与应急发电机的各项基本操作，主要包括应急发电机的启动、停止、测试等功能。配电板上的负载要求与实船相一致，与轮机紧密相关的负载都要得到体现，同时要体现出分级卸载、脱扣、应急切断、岸电接入等功能。

模拟应急配电板，2屏，触控型，为43英寸3840*2160分辨率嵌入式触摸屏结构，每屏高2200mm，厚600mm，屏宽600mm。盘面的文字，标记要求清晰准确。屏内安装有检修灯。

应急发电机与应急配电板还应兼有锚泊发电的功能。

3.1.4模拟驾控室

模拟驾控台，1屏，半实物型。每屏长度约1000mm，嵌入式安装有32英寸3840×2160分辨率的触控屏，

其中在水平屏面上安装有实物型的2个主推进系统紧急停止按钮，1个双燃料主机及主推模式选择开关，1个双燃料主机模式指示板，1个应急车钟发送器；2套全回转车钟和1个声力电话。

驾控台安装有必须的信号收发装置。驾控台屏内的数据采集与输出板卡要求采用TCP/IP接口，通过网络交换机汇接后与评估员计算机或其他设备连接。模拟内容以母型船的技术资料为依据。

屏内安装有LED检修灯。

3.1.5评估员室

用于整个轮机模拟器海水温度、海况、船舶负载大小、模拟状态（瘫船、码头备车、离靠港、机舱着火、机舱进水等状态）、故障设置（包括对电站系统、主推进系统、辅机等）、发题与评分等功能。

评估员操作站，2套，每套配1台轮机模拟器桌面计算机终端+2个轮机模拟器桌面显示器+1套桌椅。

配有广播系统，1套，含话筒，功放，与轮机模拟音响相结合，用于广播，便于评估工作中的统一指挥与协调。

完成室内网络搭建，配置交换系统等设备、通过超6类或以上网线互联。

3.1.6 轮机模拟软件

包括轮机模拟软件、基于网络的训练与考评平台软件，详见“3.4 轮机模拟软件技术要求”。

半实物配套的轮机模拟软件按 LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船为母型船制作，要求至少提供模型端软件、二维端软件、虚拟机舱软件、虚拟拆装软件、液货装卸模拟软件。其母型船具有多机双桨电力推进的特点，集成有与轮机模拟器互联的 LNG 液货装卸系统，重点细化推进电机的启动、换向等操作，燃料切换系统，双燃料电力推进控制等内容，适于进行电力推进系统的基本操作和日常管理以及机舱集中监视报警系统的信息查询和基本操作的评估与训练。

触摸屏等须能加载其他船型轮机模拟软件，按“1.3 建设内容”中有关具体要求配置各船型的轮机模拟软件，具体船型与数量根据采购人需求确定，并含灵活快捷的船型切换系统。

本轮机模拟器独立安装或登录到基于网络的训练与考评平台，实现网络化评估管理、运行监控、操作记录和回放等功能。

本平台中的软件要求按用户指定的船型与数量安装到双燃料电力推进船模拟器的可复用硬件中，并通过程序实现船型切换功能，实现同一套硬件多个船型轮机模拟软件复用的功能。

自设备验收起五年之内，中标人新研发的轮机模拟软件应免费提供采购人使用，包括提供桌面版软件供轮机模拟器考生终端使用，网络版供广域网部署使用。

3.1.7 安装调试

完成室内网络与电力线布设。此外，还需配置交换装置等设备、通过超 6 类或以上网线互联。

3.2 轮机模拟器考生终端

含计算机电源布线，网络布线，交换装置，网络机柜。

3.2.1 考生电脑终端

考生电脑终端，40 套，评估员操作站 1 套。考生电脑终端与评估员操作站的电脑配置相同，每套含 1 台轮机模拟器桌面计算机终端+2 个轮机模拟器桌面显示器+1 套桌椅（白色桌子，黑色椅子）。计算机配耳麦。

投影设备 1 套：4000 以上流明，采用高清投影屏。150 英寸电动幕。

广播系统，1套，含1台功率放大器+2个音响+1套一拖二无线手持话筒，组成轮机模拟器的音响系统，配合相应设备的启动、停止操作进行播放，达到实际船舶机舱的现场亲历效果，也可用于广播，便于工作中的统一指挥与协调。

3.2.2 轮机模拟软件

包括轮机模拟软件、基于网络的训练与考评平台软件，详见“3.4 轮机模拟软件技术要求”。

各终端独立安装或登录到基于网络的训练与考评平台，实现网络化评估管理、船型选择、运行监控、操作记录和回放等功能，可对各考生终端进行在线监控。

3.2.3 安装调试

配交换装置和网络机柜，机柜中配套理线架1个。通过超6类或以上网线互联，完成网络与电力线布设。

3.3 网上虚拟评估室

具有中英文切换功能。

在满足评估考试管理功能需求的前提下，可采用与下列要求不同的技术手段实现。

3.3.1 局域网版

安装到双燃料电力推进船模拟器的服务器中，用于轮机模拟的船型切换、多人协作和单人训练管理与考评，实现教练员或评估员软件的功能。

要求至少能够完成对轮机评估与训练的注册登录、权限设置、时间同步、在线监控、操作回放、出题选题、自动评判、程序更新。平台具有多人协作信息交互、状态同步、组队训练、网络化监视、自动化管理与配置、操作记录和回放等功能。可通过该平台集中控制整个模拟器实现初始训练环境设置，训练过程控制，系统投入和解除控制，状态监视，记录打印，评估考核，包括整个轮机模拟器的运行、停止、冻结、回放、记录和运行方式选择功能；具有系统故障设置功能，可以进行故障列表检索、故障分组编辑、故障设置、故障模拟（包括故障现象和故障处理过程监视）、故障排除（包括故障处理鉴别、故障完成复位和故障强制复位）等功能；能够实现不限数量的模拟工况的存储和初始化。

可以进行考评、回放和启停控制与考评管理。可对各计算机终端进行相应的协作角色配置和任务分配，可设定各自不同的练习或考评项目，可以独立或协作

配合完成练习或考评项目。可以让学员或考生随时随地进行单机或多人组船联合训练或评估。在多人协作时具有状态加载、同步与保存功能。

可适应不同类型轮机模拟系统，提供船型切换、同步更新、统一维护功能。要求与轮机模拟器软件功能组合形成具有灵活的独立或组团协作、运行状态集中与分散控制、完整的操作记录与回放、初始状态加载和保存，分发同步、时间同步、系统故障自检功能，实现网络中轮机模拟器单机和多人协作评估。

整个系统架构采用高效分布式模式，在相应的计算机终端中安装有轮机模拟器服务端、用户端等软件。在指定的计算机终端上安装有服务端程序，负责各用户端所在计算机终端的分组，管理网络环境下的同步运行，各终端的状态监控。用户端管理各船型轮机模拟软件的模型端，二维端，三维端，硬件端的使用。

3.3.2广域网版

在国内现有外网服务系统或公有云等公共服务平台中部署，供学员联网在线虚拟训练学习与测试使用。基本功能要求同局域网版。

3.3.2.1配套教学资源

配套丰富的教学资源。资源内容包括但不限于：教学视频、辅助参考资料、各船型轮机模拟软件的操作手册等。提供教学配套网站，可以进行中英文双语切换，安装到服务器中，为学习培训与适任评估提供一个开放的平台，集成相关轮机模拟训练的教学资源。

至少配有 ME 主机型 30 万吨级油轮，MC 主机型 30 万吨级油轮，ME 主机型 2 万箱级集装箱船，RT-flex 主机型 3 万吨重吊船轮机模拟器的完整操作的教学视频。

要求有多个船型的，完整的中文教学视频。

3.3.2.2轮机模拟软件

提供在通用机舱模拟平台、轮机模拟器考生终端中使用的各种二维轮机模拟软件，供在线网络授权运行，实现基于广域网的在线多人协作与单人训练。

至少安装有 ME 主机型 30 万吨级油轮，MC 主机型 30 万吨级油轮，ME 主机型 2 万箱级集装箱船，MC 主机型 1 万箱级集装箱船的虚拟评估室软件。另安装有评估场地及设备的三维软件。

3.3.3用户端功能

用户端也称客户端。用户端软件设计要做到人机界面精致友好，美观大方，

操作方便快捷。具有用户登录，运行控制，分组协作，状态显示，操作记录，信息交互，时间同步，训练管理，故障与变量设置等功能。

3.3.4 服务端功能

服务端程序要能满足上述技术规格书的相关要求，负责协同各用户端的实时训练，实时统计在线用户，负责记录训练结束后的数据统计等，同时还要具有系统初始化、监管与设置等功能。

3.3.5 网页版管理功能

定制管理配套网站，具有轮机模拟软件的管理使用、更新维护、登录，使用情况分析、统计与显示等功能；实现练习管理，具有数据导入导出功能；具有客户端程序下载，题库管理，用户登录注册，成绩查询，在线帮助等功能。

3.4 轮机模拟软件技术要求

双燃料电力推进船模拟器半实物部分以 3 万方，C 型液货舱，全回转电力吊舱推进，LNG 运输船为母型船。该母型船的特征要求为：双燃料 3 机双桨全回转电力吊舱推进。主发电原动机有 2 台 Wärtsilä 9L34DF 和 1 台 Wärtsilä 6L34DF，有功功率分别为 3890 kW+2590kW。设有 1 台应急兼停泊柴油发电机组。具有 2 个 4000kW（AC675V，3 ϕ ）全回转推进 Rolls-Royce AZP150 FP NBC 60TME。采用 Helicon X3 全回转推进器控制系统。

整个软件由模型端软件、二维端软件、虚拟机舱软件、虚拟拆装软件、液货装卸模拟软件等组成，要求依据母型船完工资料与实船影像，应至少含有下列系统的模拟：电力推进系统、燃料切换系统、检测报警系统、燃滑油驳运，净化与供给系统、海淡水系统、锅炉油、水和汽系统、6600V 高压电力系统(包括主配电板、应急配电板、岸电)等。软件应能模拟推进电机的启动、换向等操作，可用于模拟双燃料电力推进船的控制台及相关驾控内容，进行电力推进系统的基本操作和日常管理，以及机舱集中监视报警系统的信息查询和基本操作。

含 LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船的液货装卸的模拟和 LNG 燃气供应系统的模拟，配有双燃料关键设备的虚拟拆装软件。

可用于切换船型的轮机模拟软件由模型端软件、二维端软件、虚拟机舱软件等组成。

3.4.1 半实物模拟的母型船概要

3.4.1.1 母型船

双燃料电力推进船模拟器母型船要求为 3 万立方米液化天然气 (LNG) 运输船。母型船总长 184.7 米，型宽 28.1 米，可装载 3 万立方米 LNG。配置四个双耳型独立 C 型 LNG 货舱、双燃料电力推进 (DFDE) 系统、全回转推进器，艏部采用大功率可变螺距侧推，使得船舶的操纵性和机动性得到提升，完全具备自行靠离泊码头的的能力。

3.4.1.2 双燃料发电机组

1、柴油机

品牌：Wärtsilä

型号：9L34DF+6L34DF

型式：单作用、四冲程、不可逆转、船用增压、IC81W 空水冷

数量：2 台+1 台

缸数：9+6

缸径/冲程：340/400mm

有功功率：3890 KW+2590KW

最大连续输出功率时转速：750 r/min

转向：顺时针（面向飞轮自由端）

燃料品种：燃气模式：天然气

燃油模式：0#轻柴油（3-8cSt@20°C）

点火油：0#轻柴油（3-8cSt@20°C）

燃料耗量：燃气模式：约 7886KJ/KW.h+5%(机带泵)，点火油 2.1g/KW.h

燃油模式：约 191g/KW.h+5%(机带泵)

调速器：电子调速器

2、发电机

AC 6600V，50Hz，3ø

功率因数：0.8（滞后）

3.4.1.3 燃气压缩机

品牌：布克哈德/Burckhardt

型号：2K158-2E_1

气体：CH₄ mix

曲拐数量：2

活塞行程：158mm

最高转速：750 rpm

额定功率：485 kW

宽度：910mm

高度：2340mm

长度：1600mm

重量：5800kg

主要特点：气密型曲轴箱、曲轴机械密封、闭式中间体。

优点：最高的可靠性，对进气状态的波动不敏感（压力、温度、气体组分），对低温气体无需预冷；最高的效率，无高价值产品损失，无需吹扫气体；最高的运行安全保证，无工艺气体泄露入大气环境。

3.4.1.4 应急兼停泊柴油发电机组

1、柴油机

品牌：卡特彼勒 VOLVO

型式：四冲程、单作用、空冷

数量：1

额定转速：1500r/min

功率：330KW

启动系统：电力+液力

2、发电机

有功功率：~330KW，AC400V，3 ϕ ，50Hz

功率因数：0.8（滞后）

3.4.1.5 全回转推进器

数量：2

型式：全回转推进 Rolls-Royce AZP150 FP NBC 60TME

输入功率：4000KW（AC675V，3 ϕ ）

额定转速：0~900rpm（恒扭矩）

满载时的功率因数：0.83

推进电机型式：交流变频电动机

3.4.1.6全回转推进器控制系统

遥控系统 Helicon X3 基于微型计算机处理技术，包含以下主要功能：

速度控制，可以准确并可靠地控制电机的转速。

方向控制，可以准确并可靠的控制推力方向。

3.4.1.7蒸汽加热装置

1、燃油蒸汽锅炉

型式：立式，针形管，全自动，压力物化燃烧器

数量：1 台

容量：~1.5t/h

工作压力：0.7Mpa

2、废气经济器

型式：立式，强制循环

数量：3 台

容量：~0.5t/h

3.4.2模型端软件

轮机模拟软件中仿真模型程序简称模型端，用于模拟实船机舱运行的机理与逻辑，对操作进行响应。具体技术要求如下：

3.4.2.1仿真内容要求

模型端要求依据母型船的设备与系统，完工资料（含轮机与电气系统图）和照片制作，并至少完成下面明确列出且实船具备的系统或设备的内在逻辑与数学关系的模拟。

双燃料发电机系统；推进器系统；推进控制系统；冷却水系统；压缩空气系统；机舱通风系统；锅炉蒸汽系统；燃油系统；燃气系统；滑油系统；电站系统；日用淡水系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；火灾检测报警系统；舱局部细水雾系统；机舱通风系统；检测报警系统等。

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应该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。

主推进及其他仿真模型应该能够对应各种不同的船舶操作和外部条件的变化做出动态响应，而船舶运动数学模型也应该对应于推进模型、当时设定的天气与海况的变化做出相应的响应和变化。

在交货的时候，所有的系统、控制回路及其他自动化控制设备均应调整在正常状态。

现以 LNG 双燃料电力吊舱推进船为例进行较具体的功能要求描述。可切换船型的轮机模拟软件也需要根据具体设备与系统的不同遵循下列类似功能要求。

1)双燃料发电机系统

根据母型船双燃料发电机技术参数和实际运行性能指标，建立 3 台双燃料发电机动态数学模型，运行动态显示等完整模拟仿真；双燃料发电机的启动、停机、燃料切换、引燃油系统、滑油系统、空气系统、控制系统、调速与动态过程要求符合实船；双燃料发电机工况参数与母型船台架或试航数据基本一致。

具体应建立以下模型：

- 1)双燃料发电机数学模型。
- 2)双燃料发电机启动及停机模型。
- 3)双燃料切换控制模型。
- 4)UNIC监控系统模型。
- 5)LNG燃料加注系统模型。
- 6)引燃油系统模型。
- 7)启动空气及仪表空气系统模型。
- 8)盘车机模型。
- 9)滑油润滑系统模型。
- 10)废气通风系统模型。
- 11)增压系统动态模型。
- 12)额定工况模型。
- 13)超负荷工况模型。
- 14)变负荷动态模型。

2)推进器系统

根据母型船特性及螺旋桨特性，建立主推进器模拟系统，船机桨动力学表现与母型船试航数据基本一致；能模拟恶劣海况、污底、不同吃水与航区等影响下

的船舶推进状况。

具体应建立以下模型：

1)推进器系统模型。

2)船机桨数学模型。

3)推进控制系统

配套与母型船一致，或更先进，或更市场化的推进控制系统，其中的原理、时序、逻辑与功能与实船一致。具有正确的主推进电机启动、停车、换向和调速规律，具有准确的安保功能，安保点数依据母型船设置，驾控、集控、本地控制操作与指示面板与母型船一致，可以完整地设置推进控制系统的参数和典型故障。

4)冷却水系统

冷却水系统包括海水冷却系统、低温淡水冷却系统、双燃料发电机高温淡水冷却系统。

各系统要求严格、完整地按照母型船的系统原理图模拟，要求数量关系正确。其中膨胀水箱可以进行补水、集气，设有液位指示与低位报警。高低温系统要求画出发电柴油机内的原理图，实时显示相关检测点的值。暖缸系统要求可以如实船操作，系统中流量，流向和暖缸效应要求正确。多台泵之间的备用，自动切换功能要求完整合理。应急舱底水吸口可以打开，相关运行过程的数量关系与动态过程正确。要有实时关联计算高低位海底门的海水静压、海水温度与当时所处的航行环境、船体吃水等的影响。

1)双燃料发电机高温淡水系统

主要仿真模型包括：

- a) 双燃料发电机高温淡水膨胀水箱模型。
- b) 双燃料发电机高温淡水泵模型。
- c) 双燃料发电机缸套水预热器（蒸汽或电加热）模型。
- d) 高温淡水 PID 温度调节器模型。
- e) 阀件逻辑控制数学模型。

2)低温淡水系统（包括发电机高温淡水系统）

主要仿真模型包括：

- a) 阀件逻辑控制模型。
- b) 中央冷却器（包括 PID 温度调节器）模型。

- c) 双燃料发电机空冷器模型。
- d) 双燃料发电机滑油冷却器模型。
- e) 低温淡水泵模型。
- f) 低温淡水系统管网模型。
- g) 膨胀水箱模型。
- h) 发电柴油机缸套水 PID 温度调节器模型。
- i) 滑油冷却器 PID 温度调节器模型。
- j) 发电柴油机空冷器冷却水 PID 温度调节器模型。

3)海水系统

主要仿真模型包括：

- a) 主海水泵模型。
- b) 阀件逻辑控制模型。
- c) 海水系统管网模型。

5)压缩空气系统

压缩空气系统分为起动空气系统、控制空气系统和日用空气系统。要有空气瓶压力、凝水量随进出气量大小变化的关系。要有空压机卸载阀的动作显示；可以设置空气瓶安全阀的动作压力值，并实时显示相关动作状态。空压机的自动起停用的压力传感器安装位置要求明确标记。与软件中其他轮机系统相关的各用气设备的控制空气、日用空气、速闭系统管路，阀门等要求完整画出。

6)蒸汽系统

蒸汽系统主要包括燃油锅炉、废气锅炉、蒸汽分配器、各类蒸汽管路及相关的给水、供油系统。锅炉水位、压力、风/油比的调节、手动/自动点炉和停炉操作等功能仿实船进行。软件仿真锅炉控制箱操作面板与实船相同。锅炉点火和燃烧有动画显示；仿真效果符合实船数据资料。各用汽设备或系统应完整模拟，并可仿实船操作训练。

主要仿真模型包括：

- (1)辅锅炉系统管网模型。
- (2)废气锅炉模型。
- (3)燃烧控制系统模型。
- (4)水位控制系统模型。

(5)蒸汽消耗量及蒸汽压力变化模型。

7)燃油系统

包括燃油加注和驳运系统、燃油净化系统、燃油供给系统(双燃料发电机供油系统)等。要求能够模拟实船的日常操作，状态和参数显示及控制变化过程要求与实船一致。实时显示油柜液位，油柜温度(不需加热油柜可不显示)；可以进行油柜加热模拟操作；燃油加装模拟操作，油料调驳模拟操作，粘度调节与燃油切换。分油机控制箱要求能按母型船的具体型号进行控制功能模拟操作，分油机控制系统参数显示及设置，分油机报警信息显示及处理，分油机的主要故障模拟。

主要仿真模型包括：

(1)燃油驳运系统管网模型。

(2)燃油净化系统模型。

(3)燃油供给系统模型。

(4)燃油加热模型。

(5)燃油粘度控制模型。

(6)燃油分油机模型。

(7)柴油分油机模型。

8)燃气系统

燃气系统包括燃气产生系统、燃气输运系统、燃气供给系统等。要求能够完成实船主要日常操作模拟，状态参数显示及控制变化过程要求与实船一致。可以进行燃气压缩机的启停及控制；压力、温度显示；强制蒸发器模拟操作；燃气泵模拟操作；燃气供应气阀单元（GVU）模拟操作；主供气阀模拟操作；燃气缓冲罐压力控制；水乙二醇加热系统模拟操作；燃气发生模拟操作；燃气输运模拟操作；燃气供给模拟操作；双燃料柴油机燃气模式切换；GVU 控制箱要求能按母型船的具体型号进行控制功能模拟操作，GVU 控制系统参数显示及设置，GVU 报警信息显示及处理，GVU 主要故障模拟。

主要仿真模型包括：

(1) GVU 控制报警模型。

(2) 强制蒸发器控制模型。

(3) 燃气压缩机控制模型。

(4) 燃气泵控制模型。

(5) 燃气输运管网模型。

(6) 水乙二醇管网模型。

(7) 燃气供给管网模型。

(8) 燃气模式切换模型。

要求燃气缓冲罐的燃气参数可以设置和显示，燃气的发生、输运和供给等系统要求与燃气参数变化做合理动态响应。

9) 滑油系统

滑油系统包括滑油加注和驳运系统、滑油净化系统，滑油供给系统(包括双燃料发电机滑油供给等)、艏管滑油系统等。要求能够完成实船主要日常模拟操作。状态参数显示及控制变化过程要求与实船一致。可以进行泵的启停及自动控制；压力、液位，温度显示(不需加热油柜可不显示)；滑油柜加热模拟操作(不需加热油柜可不设置此项)；滑油加装模拟操作；油柜间油料调驳模拟操作；滑油温度自动控制；温度控制器模拟操作和参数调节；分油机控制箱要求能按母型船的具体型号进行控制功能模拟操作，分油机控制系统参数显示及设置，分油机报警信息显示及处理，分油机的主要故障模拟。

主要仿真模型包括：

(1) 发电机滑油日用系统管网模型。

(2) 艏轴管滑油系统管网模型。

(3) 滑油净化系统管网模型。

(4) 滑油分油机和控制系统模型。

10) 电站系统

应有功能完整的主配电板(含岸电接入)与应急配电板，具有自动电站管理功能，其中的逻辑、时序与功能要求符合实船情况。具有发电机、主开关、负载开关的故障模拟功能。要有配套齐全的负载屏和组合起动屏、照明负载屏。

至少要求多台双燃料发电机组，在主配电板上能动态显示电压、功率、功率因数、频率和电流等数据，可手动调频调载，自动调频调载，自动分级卸载，具有短路、过载和逆功率等保护，具有岸电与船电的连锁关系，可以进行应急发电机的手动、自动操作和模拟试验，具有应急电网和主电网间的连锁功能。

轮机设备使用时的总功率、大功率设备使用和停止时负载变化能在双燃料发电机的功率表上正确显示。

大型远洋商船的船舶电站一般包括 3 台发电机和 1 台应急发电机。

(1) 主电网仿真内容

- a) 主发电柴油机数学模型。
- b) 发电机数学模型。
- c) 辅机燃油消耗量。
- d) 冷却水散热量及损耗。
- e) 滑油温度、耗量。
- f) 起动空气消耗量和 Δp 。
- g) 电站控制单元模型。
- h) 发电机控制屏、并车屏和组合起动屏模型。
- i) 建立船舶电力系统模型。
- j) 岸电供电系统。

(2) 应急电网仿真内容

- a) 应急发电柴油机数学模型。
- b) 发电机数学模型。
- c) 应急发电机燃油消耗量。
- d) 应急发电机水箱。
- e) 应急发电机滑油系统。
- f) 应急发电机本地/遥控切换。
- g) 应急发电机安保系统。
- h) 应急发电机监视报警系统。
- i) 应急发电机本地起停、调速、高低速切换。
- j) 起动空气消耗量和 Δp 。
- k) 应急配电板。
- l) 应急电站控制系统。

11) 日用海淡水系统

画出完整的管路图，含泵，阀，淡水舱，水雾水舱，日用海水柜，日用淡水压力柜、热水柜等。日用淡（海）水压力柜要求含补气功能，并给出日用淡（海）水柜的控制面板，具有手自动补水操作、指示与报警功能。

日用淡水系统主要仿真模型包括：

- (1) 日用淡水泵模型。
- (2) 日用淡水泵自动起停逻辑控制模型。
- (3) 日用淡水柜水气消耗模型。
- (4) 日用淡水舱驳运模型。
- (5) 日用淡水柜补气模型。

日用海水系统主要仿真模型包括：

- (1) 日用海水泵模型。
- (2) 日用海水泵自动起停逻辑控制模型。
- (3) 日用海水柜水气消耗模型。
- (4) 日用海水供水模型。
- (5) 日用海水柜补气模型。

12)防海生物污染系统

包括保护单元等，能够展示防海生物污染系统原理，防海生物污染系统的投入工作操作模拟。

13)强制电流阴极保护系统

包括电极、控制单元、轴接地系统的模拟。能够展示出强制电流阴极保护系统的原理；给出强制电流阴极保护系统的电极电流控制过程模拟；给出强制电流阴极保护系统电极故障模拟；给出轴接地系统故障设置与排除模拟。

14)火灾检测报警系统

所模拟的火灾报警控制器、火灾探测器要具有典型的教学意义；系统探测点要求至少覆盖主机舱，集控室，辅机舱及危险区域等报警区域，模拟的火灾探测点数量不少于 20 个；能够正确地模拟火灾检测，报警，消音，复位等操作。可以选用有别于母型船的典型系统进行模拟。

15)机舱细水雾系统

在 3 台双燃料发电机组，1 台分油机和 1 台辅锅炉上面布设有细水雾喷洒装置。系统释放方式有三种：就地手动释放、主控制板遥控释放、自动释放。机舱细水雾系统要求给出完整的模拟。

每个区域是由 2 个探头监控的，当一个探头监测到火警信号的时候，设备能够提供预报警。当 2 个探头同时监测到信号的时候，应该有此区域的水雾释放。

16)机舱通风系统

依据母型船技术资料，完成机舱通风系统工作原理模拟；完成机舱通风系统启动/停用操作模拟。应该包括机舱通风、集控室通风和分油机间通风等的模拟。

17)检测报警系统

模拟母型船安装的或更先进的集中监测系统，监测报警点数至少达到母型船实际安装的点数，实现系统图形和参数的显示、设置、打印、面板操作、延伸报警及分组、报警点闭锁、测点表等的模拟。测点数据来自各个子系统模型，可以切换不同的显示画面，并可以进行消音、停闪等应答机制，并可将相应报警延伸至指定位置。参数显示分为列表显示、柱状图显示、趋势图显示等多种显示方式，并可以进行报警分组、查询、打印、存储等功能。

具有延伸报警，轮机员安全与值班召唤系统的功能模拟。

可以选用有别于母型船的典型系统进行模拟。

3.4.2.2故障模拟要求

模拟的故障类型应涵盖设备正常运行中产生的、人为误操作导致的和突发状况引起的各种故障。具体类别如下：

- 1) 设备与系统老化或失效现象的设置(如泵磨损，滤器差压增加，设备效率或功用退化等)。
- 2) 机舱监测报警的计算机控制系统相关故障：电源故障、传感器故障、信号采集单元故障、总线断线故障和监控计算机本身故障。
- 3) 恶劣海况的状态设置，如液位剧变，油泥掀起进管路。
- 4) 管理与维护不当故障设置，如滤器遗留杂物等。
- 5) 应急故障设置，如火灾，机舱进水等。
- 6) 送到检测报警系统的故障模拟与设置。

故障设置的方法具体如下：

- 1) 按发生时间的原则进行故障设置。
- 2) 按具体逻辑条件是否满足来进行故障设置。
- 3) 按行为发生情况进行故障设置。

各系统的故障可以由教练员单一或组合设置。各种故障根据具体情况，可以进行基于时间、事件和动作的故障设置与逻辑组合触发。

故障发生的方式如下：

- 1) 当故障发生后一直持续，直到人为解除或复位。
- 2) 当故障周期性发生，周期时间可以预设。
- 3) 当故障发生一段时间后自动消失。
- 4) 当条件满足时发生故障，不满足时则消失。
- 5) 关联故障触发之间具有联动效果。

本系统以故障排除训练功能强化为主要特色之一，具体体现为：

- 1) 各故障设置，激发，扩散等都依据母型船定制开发，具有很好的针对性，适合用户实用的需求。
- 2) 按实船配置监测报警点，并设计有各报警点报警的模拟激发训练机制。同时可以通过变量设置加速排故情景的定制。
- 3) 根据母型船的工作特点，制作情景案例，设计有典型与特殊工况时的特种情景模拟与故障激发机制。
- 4) 搜集典型的实船历史案例，制作成情景案例，提供给训练使用。
- 5) 各种故障配备声光、振动与运作三维模拟，提供高沉浸感的情景模拟。
- 6) 具有灵活的 PC 计算机轮机二维交互软件，三维软件和半实物硬件的各种组合的团队训练模式。可根据具体训练任务采取灵活的组团模式。

故障发生后，可由考生查明原因后，考生可通过软件操作进行排除，也可让教练员从教练员计算机故障列表中删除。

故障排除方式：

- 1) 当故障发生后一直持续，直到人为修复排除或复位。
- 2) 当条件满足时，可由教练员台强制排除。

对双燃料发电机系统；推进器系统；推进控制系统；冷却水系统；压缩空气系统；锅炉蒸汽系统；燃油系统；燃气系统；滑油系统；电站系统等中常见的故障进行仿真模拟。数学模型应该基于实时动态模式进行编程，要全面、真实、准确地表达故障的动态过程，合理反映相关设备及系统之间的相互影响。故障仿真数学模型都应该是逼真的，能够正确地反应系统的热工状态和动态响应过程。

各系统中模拟的故障类型见故障清单，模拟故障数量要求至少为：

- 1) 双燃料发电机系统 ≥ 20 。
- 2) 推进控制系统 ≥ 10 。
- 3) 冷却水系统 ≥ 10 。

- 4) 压缩空气系统 ≥ 5 。
- 5) 锅炉蒸汽系统 ≥ 5 。
- 6) 燃油系统 ≥ 5 。
- 7) 燃气系统 ≥ 10 。
- 8) 滑油系统 ≥ 10 。
- 9) 电站系统 ≥ 20 。

模拟故障要求在质保期内按用户需求免费进行添加。

3.4.2.3变量设置要求

对双燃料发电机系统；推进器系统；推进控制系统；冷却水系统；压缩空气系统；锅炉蒸汽系统；燃油系统；燃气系统；滑油系统；电站系统等中某些变量的数值与状态可以进行迅速设置，用于激发所需的动态过程或快速达到指定的状态，同时相关系统的参数应该按照其逻辑关系进行关联。

3.4.2.4情景设置要求

至少具备但不限于下列情景内容：

- 1) 瘫船起动、备车与完车、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、加装燃润料操作与处理。
- 2) 双燃料发电机或设备故障、全船失电、吊舱控制失灵、机舱进水、机舱火灾、恶劣海况、搁浅、碰撞、海盗袭击、溢油、弃船等应急工况的操作与处理。

3.4.2.5评估功能

在模型端要求具有评估功能。具体要求参见前面的“2.4.5 评估功能要求”中的内容。

3.4.3二维端软件

设有轮机二维交互软件，简称二维端。二维端依据母型船的设备与系统，完工资料（含轮机与电气系统图）和照片制作，至少完成与模型端配套的系统或设备的高逼真的轮机模拟软件二维交互界面程序。

现以 LNG 双燃料电力吊舱推进船为例进行较具体的功能要求描述。其他母型船的轮机模拟软件也需要遵循下列功能要求。除明确指出外，各系统和设备都要求依据母型船中的具体系统和设备来制作。

3.4.3.1双燃料发电机系统

双燃料发电机系统的参数显示及操作界面应根据母型船双燃料发电机制作，仿真界面能完成母型船双燃料发电机的启动、停机、燃料切换、引燃油系统、滑油系统、空气系统、控制系统、调速与动态过程的模拟。含如下主要功能。

- 1) 双燃料发动机的内部系统原理图显示与参数动力显示。含主燃油系统、引燃油系统、燃气管路、启动空气与安全空气系统、仪表空气系统、滑油系统、冷却水系统等。
- 2) 双燃料发电机的UNIC控制系统液晶屏翻页与动态显示。含UNIC主界面、系统总览界面、UNIC报警界面、轴承温度监控界面、气缸压力界面、气缸温度偏差界面、气缸排气温度界面、敲缸状态界面、缸套温度界面等。
- 3) 双燃料发电机组的启动、停止、复位、急停、控制模式选择控制面板的完整显示与操作。
- 4) 双燃料发电机预润滑泵及废气通风控制面板的完整显示与操作。
- 5) 机旁运行/锁定手柄操作模拟、盘车机啮合/脱开操作模拟。
- 6) 双燃料发电机的燃料切换控制状态显示与控制。
- 7) 双燃料发电机控制系统状态显示。

3.4.3.2推进器系统

推进器系统的参数显示及操作界面有如下主要功能。

- 1) 驾驶室、集控室和机旁正常与应急操作仿真界面等。
- 2) 主推进器各种工况参数实时显示：参数显示和报警等。
- 3) 船舶运行参数：航速指示、航向指示、吊舱推进器转速指示、吊舱推进器吊舱转角指示、污底影响、海况影响、吃水影响。
- 4) 电力推进器机旁、集控室、驾驶台操作位置转换。
- 5) 电力推进器的本地、集控室和驾驶台启动和操纵功能。
- 6) 应急车钟的操作。

3.4.3.3推进控制系统

推进控制系统仿真以母型船推进控制系统为仿真对象，具体可实现如下功能：

- 1) 推进控制系统建模符合实船推进控制系统控制规律。
- 2) 推进控制系统的主要参数设置依据实船参数资料进行参考、建模。
- 3) 推进控制系统采用与实船推进控制系统实物面板相同的操作界面。

- 4) 所有系统最终仿真效果符合主推进遥控航行/台架实验数据。
- 5) 故障报警显示与处理。

3.4.3.4冷却水系统

冷却水系统包括双燃料发电机高温淡水系统、低温淡水系统（包括发电机高温淡水系统）、海水系统。

1) 双燃料发电机高温淡水系统

完成的仿真功能：

- a) 冷却水系统管路图的完整显示。
- b) 高温淡水泵及相关阀件操作。
- c) 高温淡水 PID 温度调节器操作面板显示。
- d) 高温淡水膨胀水箱的补水操作及液位显示。
- e) 高温淡水泵压力显示。
- f) 冷却水的温度显示和报警。
- g) 排气温度显示和报警。

2) 低温淡水系统（包括发电机高温淡水系统）

可以实现的仿真功能：

- a) 低温淡水系统管路图的完整显示。
- b) 低温淡水泵及相关阀件操作。
- c) 各设备的进出口温度、压力显示和报警。
- d) 双燃料发电机空冷器冷却水出口温度显示和报警。
- e) 滑油冷却器冷却水出口温度显示和报警。

3) 海水系统

仿真功能包括：

- a) 海水系统管路图的完整显示。
- b) 主海水泵及相关阀件操作。
- c) 海水流量及海水温度与双燃料发电机负荷相匹配。
- d) 故障报警与处理。

3.4.3.5压缩空气系统

压缩空气系统分为起动空气系统、控制空气系统和日用空气系统。起动空气系统实现以下功能：

- (1) 两台主空压机启动/停止。
- (2) 两台主空压机正常运行。
- (3) 空气瓶压力、凝水量随用气量变化。

仿真界面可完成如下功能：

- (1) 起动空气系统管路图的完整显示。
- (2) 与已模拟系统相关的控制空气系统管路图的完整显示。
- (3) 与已模拟系统相关的日用空气系统管路图的完整显示。
- (4) 压力数值显示。
- (5) 空压机卸载阀的动作显示。
- (6) 空气瓶安全阀的报警压力显示和动作。
- (7) 确保空气瓶气压满足双燃料发电机连续起动次数要求。
- (8) 空压机控制箱操作面板与实船相同，实现空压机的手动及自动操作。
- (9) 系统阀件操作。
- (10)故障报警与处理。

3.4.3.6蒸汽系统

蒸汽系统主要包括燃油锅炉、废气锅炉和蒸汽分配器及各类蒸汽管路，具体要求为：

1) 燃油锅炉

锅炉具有水位、蒸汽压力、风/油比的连续自动调节功能，可以实现手动/自动点炉和停炉操作。

仿真功能主要有：

- a) 实现水位、蒸汽压力、供风/供油、风/油比的连续自动调节，其中燃烧还具有高、低火控制功能。
- b) 锅炉控制箱操作面板与实船基本相同，可以在操作面板上实现手动/自动操作。
- c) 锅炉点火和燃烧有二维动画显示。
- d) 仿真效果符合实船数据资料。

2) 废气锅炉

与实船数据系统相符。泵阀可如实船一样操作。

3) 蒸汽系统仿真

建立各用汽系统模型，与辅锅炉、废气锅炉蒸汽发生系统相匹配。

仿真界面可完成如下功能：

- (1) 系统管路图的完整显示。
- (2) 压力等数值显示。
- (3) 系统阀件操作。
- (4) 设备的操作面板显示与操作

3.4.3.7燃油系统

燃油系统主要由燃油贮存、驳运、净化、供给等单元组成。

可以实现的仿真功能：

- 1) 温度或粘度调节器具有 PID 调节作用，控制系统具有良好的动态特性。
- 2) 不同的设备和管路由不同的颜色标识、阀的开和关、设备的启停在系统监控图上由不同颜色标识。
- 3) 系统具有与实船相同的操作界面，包括加油，油舱加热，警报和参数设定界面，并具有实船相同的操作功能。
- 4) PID 粘度调节器的输出有蒸汽阀开度值显示。能调整给定值、比例带、积分时间、微分时间。
- 5) 各种油柜和设备的放残、泄漏及溢流显示。
- 6) 分油机控制箱面板与实船操作面板基本相同。
- 7) 分油机正常操作及状态显示。
- 8) 分油机故障报警与处理。

3.4.3.8燃气系统

燃气系统主要由燃气产生、输运、供给等部分组成。

可以实现的仿真功能：

- 1) 流程图上显示燃气温度、压力等参数。
- 2) 不同的设备和管路由不同的颜色标识，阀的开、关，设备的启、停在系统监控图上由不同颜色标识。
- 3) 系统具有与实船相同的操作界面，包括燃气压缩输运、供给，水乙二醇加热，报警和参数设定界面，并具有实船相同的操作功能。
- 4) 燃气缓冲罐、燃气压缩机吸入罐放残和压力释放显示。
- 5) GVV 控制箱面板与实船操作面板基本相同。

6) GVU 正常操作及状态显示。

7) GVU 的故障报警与处理。

3.4.3.9 滑油系统

滑油系统主要由滑油贮存、驳运、净化、供给等单元组成。主要包含以下主要内容：

可以实现的仿真功能：

- 1) 流程图上显示油温、油压等参数。
- 2) 温度调节器具有 PID 调节功能，可进行参数修改。
- 3) 不同的设备和管路由不同的颜色标识。阀的开和关，设备的启停在系统监控图上由不同颜色标识。
- 4) 分油机控制箱面板与实船操作面板相同。
- 5) 分油机正常操作及状态显示。
- 6) 分油机的故障报警与处理。

3.4.3.10 电站系统

要有配套齐全的柴油发电机组系统模拟界面和配电板模拟界面，包括双燃料发电机和应急发电机系统及控制屏、同步屏、负载屏、组合起动屏、照明负载屏。

- 1) 主电网仿真功能
 - a) 机旁控制箱、主配电板、计算机监控屏三处操作。
 - b) 实时显示：功率、转速、排气温度、滑油压力、气缸冷却水出口温度、扫气压力、透平转速、每台发电机的累计运行时间。
 - c) 主配电板上能动态显示电压、频率和电流等数据。
 - d) 发电机组的手动启/停和自动启/停。
 - e) 可以手动调频调载，自动调频调载，自动分级卸载。
 - f) 具有短路、过载和逆功率等保护。
 - g) 能实现电力管理系统的自动功能。
 - h) 备用机组的准备。
 - i) 运行柴油机组的故障保护。
 - j) 岸电与船电的连锁关系。
 - k) 故障报警与处理
- 2) 应急电网仿真功能

- a) 应急发电机的手动、自动、模拟试验操作。
- b) 应急电网和主电网间连锁功能。
- c) 24V 控制系统供电模拟。
- d) 故障报警与处理。

3.4.3.11 日用海淡水系统

日用淡水系统可完成如下仿真功能：

- 1) 日用淡水系统管路图显示。
- 2) 日用淡水系统日常操作维护的模拟。

日用海水系统可完成如下仿真功能：

- 1) 日用海水系统管路图显示。
- 2) 日用海水系统日常操作维护的模拟。

3.4.3.12 防海生物污染系统

防海生物污染系统包括电极、保护单元、接线箱等。

系统仿真功能包括：

- (1) 系统管路图显示。
- (2) 系统的操作模拟。
- (3) 系统的电极消耗模拟。
- (4) 系统的电压电流调节模拟。

3.4.3.13 强制电流阴极保护系统

强制电流阴极保护系统包括参考单元、电极、监视单元、轴接地系统等。

系统仿真功能有：

- 1) 系统管路图的展示。
- 2) 系统电极电流电压控制过程与操作模拟。

3.4.3.14 火灾检测报警系统

要求绘出火灾检测报警系统主机的控制面板，给出多种火灾探头的接线图，可以进行如实船的操作，显示与报警，并与其他系统联动。

3.4.3.15 机舱细水雾系统

需实现的仿真功能有：

- (1) 系统管路图的显示。
- (2) 泵阀的操作。

- (3) 设备控制面板的显示。
- (4) 设备的操作。
- (5) 细水雾系统的手动操作与自动功能。

3.4.3.16机舱通风系统

给出主机舱等的风机启动/停用，防火风闸打开/关闭模拟操作与状态显示界面。如果风机的控制箱设在同一个舱室，则需要绘出控制箱的操作界面并可操作显示。

3.4.3.17监测与报警系统

模拟大型远洋商船中市场占有率前 2 的集中监测与报警系统（如 Kongsberg 的 K-Chief 600），实现系统图形和参数的显示、设置、打印、面板操作、延伸报警及分组、报警点闭锁、测点表等的模拟仿真。

测点数据来自各个子系统模型，可以切换不同的显示画面，并可以进行消音、停闪等应答机制，并可将响应报警延伸至指定位置。

报警显示分为列表显示、柱状图显示、趋势图显示等多种显示方式，并可以进行报警分组、查询、打印、存储等功能。

3.4.3.18压载水及处理系统

压载水及处理系统的操作界面要求与母型船的相同，并具有相同的操作响应。需完成的仿真功能有：

- (1) 系统管路图显示。
- (2) 压载泵及调拨阀箱各阀件的操作及状态显示。
- (3) 压载舱液位显示。
- (4) 压载水处理系统

3.4.4虚拟机舱软件

以 LNG 双燃料电力吊舱推进船的机舱为蓝本，结合现有的虚拟现实技术发展成就，全面应用次世代等高端技术，充分利用舱室、设备、系统、运行状态的虚拟仿真技术，构建一套具有国际领先水平的虚拟机舱综合演练考评平台，最终形成一套基于网络的集舱室漫游、搜索定位、动态模拟、交互操作、多人协作、特情再现、应急演练、设定调整、故障模拟的全景互动的虚拟机舱软件，整个三维出色的画面、流畅的操作，以提供人机实时交互的，高沉浸感，高逼真实船的

三维仿真环境，效果与实体船舱一致。应用船舶机电故障、火灾事故、机舱进水、全船停电等特种情景模式模拟来提升学员的应急反应能力和综合素质，通过对实操能力进行有效评估、自动评判、过程追溯、案例讲评等手段达到持续适任的目的。

3.4.4.1全景机舱制作

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、材质真实、音效逼真、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，舱室间的游走要求与实体船舱高度一致。

舱室制作要求完整地体现待制作内容及相互之间的立体结构，科学合理地体现所制作舱室及其相互之间的平面与上下的立体结构。

1)需要精模制作的三维模型舱室如下：具体舱室名可按母型船实船情况进行校正。

含主机舱各层（主机舱一层，二层，三层，四层，机舱棚），集控室，主配电板间，分油机间，推进驱动器舱，推进器室，应急发电机室，艏液压泵站等。

2)下面列出需要重点制作的设备：具体设备名称、数量与规格按限定的舱室和实船情况来确定。

双燃料发电机组，主推进器，烟囱，排烟管，锅炉，热水井，分油机，空气瓶，日用水柜，油水舱、柜和箱，空压机，控制台，泵浦，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，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，梯道，变压器，风机，风道，设备机座，污水井，栏杆与防护设备，蓄电池，舵机，洗手盆，报警灯柱，仪器仪表，滤器，调温阀，船体外加电流阴极保护装置，船体防海生物附着 MGPS，变频器，延伸报警，测量和显示设备，海底阀控制，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。

3.4.4.2连续舱室显示

整个虚拟机舱按连续舱室要求制作,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。

3.4.4.3全任务交互操作

需完成交互的系统为轮机与电气相关的系统,要求至少包括推进控制系统、双燃料发电机、主配电板、应急配电板、机舱中的分配电板、压缩空气系统、日用供水系统、冷却水系统、蒸汽系统、燃油系统(含低硫油及冷却系统)、滑油系统、舵机系统、局部细水雾灭火系统、通风系统、应急切断等。液晶屏可在二维完成操作,三维中主界面即可。

3.4.4.4情景制作

整个三维环境、场景、动作、声音仿照实船制作,所搭建的三维仿真环境、视景效果、动态变化、声光模拟、操作逻辑与实船一致,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;可在三维场景中完整、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、双燃料发电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、加装燃润料操作与处理下的轮机状态与操作。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。

3.4.4.5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,因此需要为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。

要求建立有强大、灵活的自搜索定位功能,轮机模拟器二维端与虚拟机舱要求能够完整互搜索定位,可以实现瞬移功能。

3.4.4.6应用要求

三维软件适用于普通显示器，适用于键鼠操作。三维软件可与轮机模拟器中的配电板，集控台等设备有机联动，形成情景型训练与评估环境。

3.4.5虚拟拆装软件

对于双燃料电力推进船模拟器的轮机模拟软件要求制作有配套的双燃料设备的拆装。其拆装软件可安装在 PC 机中供键鼠操作使用。

采用三维虚拟表达方式展示和拆装船舶机械零部件结构，能够展示各部件、组件的组成结构、装配关系、运作原理、拆装、测量、检修、故障及其排除的流程。三维场景力求真实，操作者要有逼真的沉浸感，实训环节力求与实船实景相吻合。

3.4.5.1总体要求

1)真实感要求

建模内容主要包括双燃料柴油机，燃气压缩机等。

要求整个场景准确细腻，主次分明，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、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、完整体现设备整体与部分的结构、设备管路等的安装、固定及其工艺。

各三维物件的轮廓边缘要求在查看和操作时没有锯齿、无镶边、无闪烁、色彩柔和自然、材质逼真符合实物。

进行拆装评估时，设备采用带底座的独立显示模式，即不含其他设备，仅含舱室结构、灯光、底座、地板等模型。

2)信息提示设计

系统应具有提示功能，对即将操作的步骤进行提示，提示形式为文字提示；对即将拆卸的部件采取视觉提示，例如变色；对于错误操作进行提示，如弹窗。

系统应设置工具包，包括在维护保养过程中使用的各种专用工具和通用工具。包括由原厂提供的各种液压/机械专用工具、吊具、吊环、量具等。拆装时需选取正确的工具方能进行操作，否则计为操作错误。通用工具能体现出工具的类型，不同规格的同类工具可采用同一种表现方式。专用工具应按不同设备进行分类。

系统对于单个训练项目应具有计时、计步功能，考试模式下具有计分和评价功能。

3) 拆装方式设计

拆装过程中，在需要盘车操作时，应当在场景中仿实船进行盘车，盘车机/飞轮/曲轴/连杆/活塞/阀等运动部件应当有相应准确的动态变化过程。

拆卸、分解和装配时需按照规定顺序进行。动力装置拆卸的基本原则是从易到难、先上后下、从外到里、先拆卸完整部件，再分解部件中的组件。在虚拟拆装设计过程中，须明确零部件拆装顺序，各零部件间运动副类型和装配关系，确定零部件的拆装路径，设备动作要符合实际场景，例如工具及部件的动作等，构建一个合理的拆卸与装配整体框架，使得拆装更加贴近现实操作。需要专用工具拆装和测量的内容都须用三维表现出准确的工具与动作。

使用工具时，需要选择正确的工具并放至正确的零件上，才算拆装步骤正确。工具选择错误或正确的工具放在错误的零件上都计为错误。

对于平行的拆装工序，动作路径规划不冲突的前提下，工序为平行关系，不分先后，在练习和考试的评分机制中应当允许这种情况，且不扣分。

当拆装步骤违反了零件约束关系、基本安全准则、零件干涉等规则时，要进行扣分，前述规则和对应的扣分分值应当提供编辑工具供教练员编辑。应当已集成有具备轮机行业水准的、广泛认可的正确规则和扣分分值。

4) 使用模式设计

系统提供演示、练习、考试功能。

(1) 演示

在演示功能下，可在三维虚拟环境中自动播放演示标准的拆装，每个步骤有同步文字、进度提示，播放进度可控。演示功能需要在三维场景中按业务分类自动给出设备零部件标准的拆装流程。摄像机动画设置合理，能恰当、美观地表现各种三维检修项目。演示过程要求按拆装步骤，配文字说明，步骤和说明一一对应，演示进度可控。

(2) 练习

在练习功能下，可在三维虚拟环境中，由学员自主操作设备进行拆装、调节、实验。练习时有相应的文字说明，操作步骤若与标准拆装步骤不一致，有相应提示，并询问是否需要查看正确步骤，根据学员选择确定是否播放正确步骤。

(3) 考试

考核时不提供文字说明，操作步骤若与标准拆装步骤不一致，有相应提示，并询问是否需要查看正确步骤，根据考生选择确定是否播放正确步骤（有偿调用提示功能，提示功能包括步骤文字提示、高亮提示、说明书定位、播放正确步骤等）。每操作错误一次扣一定比例分值，每查看一次正确步骤也扣一定比例分值，扣完为止。

由于拆装软件三维零件模型及场景的精细度极高，需要高性能计算机终端来运行。

3.4.5.2双燃料电力推进船模拟器的三维检修项目

1)双燃料柴油机三维检修项目

针对前述的虚拟检修技术要求，采用三维的方法完成下列检修项目。

序号	双燃料柴油机拆装	制作有的最小交互步骤数
1	气缸盖拆	43
2	气缸盖装	43
3	进排气阀拆	13
4	进排气阀装	13
5	喷油器整体拆	20
6	喷油器整体装	18
7	喷油器解体	16
8	喷油器组装	16
9	气缸起动阀拆	16
10	气缸起动阀装	14
11	主供气阀拆	34
12	主供气阀装	34
13	活塞连杆组件拆	25
14	活塞连杆组件装	24
15	连杆大端拆	17
16	连杆大端装	17
17	活塞解体	13
18	活塞组装	13
19	气缸套拆	11

20	气缸套装	8
21	喷油泵整体拆	22
22	喷油泵整体装	22
23	喷油泵解体	30
24	喷油泵组装	27

2)燃气压缩机三维检修项目

针对前述的虚拟检修技术要求，采用三维的方法完成下列检修项目。

序号	燃气压缩机拆装	交互步骤数
1	气阀拆	34
2	气阀装	34
3	活塞组件拆	37
4	活塞组件装	37
5	定心轴承拆	12
6	定心轴承装	10
7	填料函拆	17
8	填料函装	17
9	连杆十字头拆	21
10	连杆十字头装	21
11	曲轴拆	27
12	曲轴装	24
合计		291

3.4.6液货装卸模拟软件

双燃料电力推进船模拟器在轮机模拟软件中集成液货装卸模拟软件和双燃料模拟软件，即有与电力推进系统联动的 LNG 液货装卸二维仿真，应包括下列系统的模拟。液货装卸系统，含阀门遥控，泵的启停控制模拟。货舱监控系统，含 4 个货舱的压力，温度与液位监控模拟。紧急切断系统，用于模拟实现液货装卸的紧急切断。氮气/干燥空气系统，画出氮气/干燥空气系统的管路图，并给出主要阀门的操作模拟。强制蒸发系统，画出强制蒸发的管路系统图，并给出操作模拟。蒸发气（BOG）处理系统，画出 BOG 的管路图，并做出 BOG 压力的动态变化

模拟。燃气输运系统，画出燃气输运系统管路图，并给出操作模拟。燃气阀组控制单元（GVU），画出组成管系图，给出操作模拟。透气卸放系统，画出系统图，给出操作模拟。

3.4.7 轮机模拟二维软件船型要求

双燃料电力推进船模拟器中有触控型的配电板、集控台和模拟机舱，要求通过软件实现船型切换功能，实现硬件设备的整体软件切换，要求安装下列船型的轮机模拟二维软件供切换使用。

模型端要求依据母型船的设备与系统，完工资料（含轮机与电气系统图）和照片制作，除了明确列出范围以外，应至少完成下面明确列出且实船具备的系统或设备的内在逻辑与数学关系的模拟。

需要模拟的系统或设备如下：主动力与推进系统；主推进遥控系统(含应急车钟部分)；检测报警系统；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；燃滑油驳运、净化与供给系统；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；艉轴润滑系统；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、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。

要求至少提供下列 13 种或类似船型的轮机模拟二维软件。

3.4.7.1 LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船

以 3 万立方米液化天然气（LNG）运输船为母型船制作的双燃料电力推进船模拟器。该船总长 184.7 米，型宽 28.1 米。配置四个双耳型独立 C 型 LNG 货舱、双燃料电力推进（DFDE）系统、全回转推进器，艏部采用大功率可变螺距侧推，使得船舶的操纵性和机动性得到提升，完全具备自行靠离泊码头的的能力。具有 6.6kV 柴油发电机组 3 台，原动机为 WARTSILA 的 9L34DF 2 台，6L34DF 1 台，有功功率分别为 3890 kW+2590kW。设有 1 台应急兼停泊柴油发电机组。全回转

推进器 2 个, 4000kW (AC675V, 3 ϕ), 型式为全回转推进 Rolls-Royce AZP150 FP NBC 60TME , 控制系统为 Helicon X3。 采用高压配电板+推进变压器+推进变频器+电推马达+减速齿轮箱+全回转吊舱的方式推进。

整个软件依据其完工资料与实船影像, 应至少含有下列系统的模拟: 电力推进系统、检测报警系统、燃滑油驳运, 净化与供给系统、海淡水系统、压缩空气系统、舵机系统、锅炉油, 水和汽系统、压载与消防系统等、甲板机械、6600V 中压电力系统(包括主配电板、应急配电板、岸电)等。

3.4.7.2 LNG 双燃料电力推进型干线船

以 174,000m³ 薄膜型 LNG 运输船为母型船制作, 该母型船的特征要求为: 双燃料多机双桨电力推进。具有 6.6kV 柴油发电机组 5 台, 原动机为 MAN Diesel & Turbo SE 的 8L51/60DF, 8000kW/514RPM。设有 ALFA LAVAL 燃油锅炉 2 套, 0.7MPa/7000kg/h; ALFA LAVAL 强制循环废气锅炉 5 套, 0.7MPa/ 1300 kg/h。推进器 2 个, 采用高压配电板+推进变压器+推进变频器+电推马达+减速齿轮箱+定距桨+舵的方式推进。

整个软件依据其完工资料与实船影像, 应至少含有下列系统的模拟: 电力推进系统、检测报警系统、燃滑油驳运, 净化与供给系统、海淡水系统、压缩空气系统、舵机系统、锅炉油, 水和汽系统、压载与消防系统等、甲板机械、6600V 中压电力系统(包括主配电板、应急配电板、岸电)等。

3.4.7.3 ME 主机型 30 万吨级油轮

以 MAN B&W 7S80ME 为主机的 30 万吨级油轮为母型船。该母型船的特征要求为: 低压电力系统+双辅锅炉+MAN B&W 7S80ME-C9.X 二冲程柴油主机+NABTESCO M-800-V(或 KONGSBERG AC 600)主机遥控系统+低硫油, MDO, MGO, HFO 系统+压载水处理装置+KChief 600 检测报警系统。

该母型船要求选用市场最新交付的 30 万吨级油轮, 要求适应全球航线, 能够在世界各大港口 30 万吨码头进行停靠, 尤其是满足船舶在宁波、舟山、中东等特殊环境运营的需求, 主机选为 MAN B&W 7S80ME- C9.X 型, 满足 NO_x Tier II 的最新排放要求。

整个软件依据其完工资料与实船影像, 应至少含有下列系统的模拟: 二冲程柴油机、主机遥控系统; 压缩空气系统; 冷却水系统; 燃油系统; 滑油系统; 蒸汽系统; 船舶发电系统; 船舶配电系统; 甲板机械系统; 日用淡水系统; 海水淡

化系统；机舱通风系统；火灾检测报警系统；机舱灭火系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；舱底水系统；生活污水处理系统；空调和冷藏系统；压载水系统；检测报警系统等。

3.4.7.4ME 主机型 40 万吨级矿砂船

以 MAN 7G80ME 型二冲程柴油机为主机，安装有 KONGSBERG AC 600 主机遥控系统的船舶为母型船。该母型船的特征要求为：电喷超长冲程二冲程主机+中压岸电+单辅锅炉+ AC 600 主机遥控系统+低硫油，MDO，HFO 系统。

该母型船为国内智能 40 万吨级智能超大型矿砂船。该船总长约 362 米，型宽 65 米，型深 30.4 米，全船共 7 个货舱、1 个液化天然气舱，具有智能、经济、绿色、环保、节能、安全等特点，主要用于巴西至中国航线铁矿石运输。该船作为我国智能船舶 1.0 研发专项示范船，通过构建服务智能系统的网络平台和信息平台，实现了辅助自动驾驶、能效管理、设备运维、船岸一体通信、货物液化监测等五大智能模块功能，同时获得中国船级社（CCS）和挪威船级社（DNV GL）认证。

整个软件依据其完工资料与实船影像，应至少含有下列系统的模拟：二冲程柴油机、主机遥控系统；压缩空气系统；冷却水系统；燃油系统；滑油系统；蒸汽系统；船舶发电系统；船舶配电系统；甲板机械系统；日用淡水系统；海水淡化系统；机舱通风系统；火灾检测报警系统；机舱灭火系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；舱底水系统；生活污水处理系统；空调和冷藏系统；压载水系统；检测报警系统等。

3.4.7.5ME 主机型 2 万箱级集装箱船

以 MAN B&W 12S90ME-C9.x 型二冲程柴油机为主机，安装有 KONGSBERG AC 600 主机遥控系统的船舶为母型船。该母型船的特征要求为：电喷二冲程主机+6600VAC 电力系统+单辅锅炉+ AC 600 主机遥控系统+低硫油，MDO，HFO 系统。

整个软件依据其完工资料与实船影像，应至少含有下列系统的模拟：二冲程柴油机、主机遥控系统；压缩空气系统；冷却水系统；燃油系统；滑油系统；蒸汽系统；船舶发电系统；船舶配电系统；甲板机械系统；日用淡水系统；海水淡化系统；机舱通风系统；火灾检测报警系统；机舱灭火系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；舱底水系统；生活污水处理系统；空调和冷藏系统；压

载水系统；检测报警系统等。

3.4.7.6RT-flex 主机型 3 万吨重吊船

以 6RT-flex58 型二冲程柴油机为主机，安装有 KONGSBERG AC 600 主机遥控系统的船舶为母型船。该母型船的特征要求为：电喷二冲程主机+中压岸电+240 吨重吊+辅锅炉+ AC 600 主机遥控系统+低硫油，MDO，HFO 系统。

整个软件依据其完工资料与实船影像，应至少含有下列系统的模拟：二冲程柴油机、主机遥控系统；压缩空气系统；冷却水系统；燃油系统；滑油系统；蒸汽系统；船舶发电系统；船舶配电系统；甲板机械系统；日用淡水系统；海水淡化系统；机舱通风系统；火灾检测报警系统；机舱灭火系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；舱底水系统；生活污水处理系统；空调和冷藏系统；压载水系统；检测报警系统等。

3.4.7.7MC 主机型 30 万吨级油轮

以 MAN B&W 7S80MC 为主机的 30 万吨级油轮为母型船。该母型船的特征要求为：凸轮轴主机型+低压电力系统+双辅锅炉+MAN B&W MC 二冲程柴油主机+ KONGSBERG AC C20/NABTESCO M-800-III 主机遥控系统+低硫油，MDO，HFO 系统。

整个软件依据其完工资料与实船影像，应至少含有下列系统的模拟：二冲程柴油机、主机遥控系统；压缩空气系统；冷却水系统；燃油系统；滑油系统；蒸汽系统；船舶发电系统；船舶配电系统；甲板机械系统；日用淡水系统；海水淡化系统；机舱通风系统；火灾检测报警系统；机舱灭火系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；舱底水系统；生活污水处理系统；空调和冷藏系统；压载水系统；检测报警系统等。

同时制作有 KONGSBERG AC C20 和 NABTESCO M-800-III 主机遥控系统的模拟，可以通过配置文件对上述两种系统进行选择。两种主机遥控系统的模拟要求如下：

1)AC C20 型主机遥控系统

AC C20 型主机遥控系统是 AutoChief 系列前一代广泛应用的产品，是一种集控制、报警和安全保护于一体的综合推进控制系统，同时也是一种高度自动化、高度集成、操作便捷、人机交互友好的主机遥控系统。

主机遥控系统仿真以 Kongsberg AC C20 为仿真对象，具体可实现如下功能：

- (1)主机遥控系统建模符合 AC C20 系统控制规律。
- (2)主机气动遥控逻辑部分的与 AC C20 气动操纵逻辑一致。
- (3)主机遥控系统的主要参数设置依据实船参数资料进行参考、建模。
- (4)主机遥控系统采用与 AC C20 实物面板相同仿真操作界面。
- (5)所有系统最终仿真效果符合主机遥控航行/座台实验数据。
- (6)主要阀部件都可以在教练员台进行故障设置。

2)NABTESCO M-800-III 主机遥控系统

M-800-III型主机遥控系统（包括 MG-800 型调速器）是 NABTESCO 公司 M-800 系列前一代产品，是一种集控制、调速、报警和安全保护于一体的综合推进控制系统，同时也是一种高度自动化、高度集成、操作便捷、人机交互友好的前一代广泛应用的主机遥控系统。主机遥控系统仿真以 NABTESCO 公司 M-800-III为仿真对象，具体可实现如下功能：

- (1) 主机遥控系统建模符合 M-800-III系统控制规律。
- (2)主机气动遥控逻辑部分的与 M-800-III气动操纵逻辑一致。
- (3)主机遥控系统的主要参数设置依据实船参数资料进行参考、建模。
- (4)主机遥控系统采用与 M-800-III实物面板相同仿真操作界面。
- (5)所有系统最终仿真效果符合主机遥控航行/座台实验数据。
- (6)主要阀部件都可以在教练员台进行故障设置。

3.4.7.8MC 主机型 1 万箱级集装箱船

以 MAN B&W 12K98 MC 型二冲程柴油机为主机，安装有 NABTESCO M-800-III 主机遥控系统的船舶为母型船。该母型船的特征要求为：MAN B&W 12K98 MC 型二冲程柴油主机+中压电力系统+单辅锅炉+NABTESCO M-800-III 主机遥控系统+低硫油，MDO，HFO 系统。

整个软件依据其完工资料与实船影像，应至少含有下列系统的模拟：二冲程柴油机、主机遥控系统；压缩空气系统；冷却水系统；燃油系统；滑油系统；蒸汽系统；船舶发电系统；船舶配电系统；甲板机械系统；日用淡水系统；海水淡化系统；机舱通风系统；火灾检测报警系统；机舱灭火系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；舱底水系统；生活污水处理系统；空调和冷藏系统；压载水系统；检测报警系统等。

1)船用主机 1 台, 仿真对象的 MAN B&W 12K98 MC 型为, 二冲程, 十字头式, 可逆转, 废气涡轮增压, 右旋(船尾方向), 缸径/冲程: 980/2660 mm, 起动空气压力: 30bar, 最大持续功率: 68640 kW × 94rpm, 平均有效压力: 18.2bar, 最大爆发压力: 140bar, 使用功率: 61780 kW × 91rpm, 平均有效压力: 17bar, 额定功率时燃油耗率: 17.8g/kW.h+3%。

2)主发电机组 4 台, 仿真对象的柴油机型号为 8N330L-GC, 直立式, 单作用, 四冲程, 直接喷射, 水冷, 废气涡轮增压, 右旋(自飞轮段看去), 缸数: 8, 缸径/冲程: 330/380 mm, 额定功率: 3457 kW, 额定转速: 720 r/min, 平均有效压力: 22.16bar, 最大爆发压力: 195bar, 使用燃油: 700cSt/50℃, 排烟温度: 440℃。发电机 TAIYO, 型式: 风冷, 强制润滑, 联轴节连接, 额定功率: 4266kVA, 额定转速: 720r/min, 额定电压/电流: 6600V/373A, 功率因数: 0.75, 电制: AC, 3φ, 60Hz。

3)应急发电机 1 台, 压缩空气起动或液压起动, 仿真对象的柴油机型号为 KTA19DMGE, 额定功率: 350kW, 功率因数: 0.8, 额定电压: 450V, 转速 1800RPM, 频率: 60Hz。

4)船舶辅锅炉: 仿真对象为船用国际著名的 Aalborg 立式蒸汽锅炉, 可以实现手动及自动控制功能。

5)船舶分油机: 仿真对象为 Alpha-Laval 各型号分油机。

6)空压机: 仿真对象为船用空气压缩机, 系统包含 3 台空压机, 并包含压缩空气瓶及空气分配系统等设备。

7)焚烧炉: 以船用知名品牌焚烧炉设备作为仿真对象。

8)造水机: 仿真对象选择 Alpha-Laval 船用真空式板式换热造水机设备。

3.4.7.9 江海联运集装箱船

以具有两台四冲程柴油机主机的江海联运百箱集装箱船为母型船。该母型船的特征要求为: 2 台四冲程柴油机主机, 单台主机功率要求 1000kW 以上, 配有主发电机 3 台, 应急发电机 1 台及相关辅助系统。

整个软件依据其完工资料与实船影像, 应至少含有下列系统的模拟: 四冲程柴油机; 主机遥控系统; 压缩空气系统; 冷却水系统; 燃油系统; 滑油系统; 船舶发电系统; 船舶配电系统; 甲板机械系统; 日用淡水系统; 机舱通风系统; 火灾检测报警系统; 机舱灭火系统; 生活污水处理系统; 空调和冷藏系统; 压载水

系统；监测报警系统。

3.4.7.10 蒸汽动力 LNG 船

以装载量为 14.7 万立方米，具有两个正常蒸发量 55000 kg/h 的 LNG 双燃料主锅炉+正常输出功率 25600KW 的蒸汽轮机动力推进为特点的液化天然气 (LNG)船为母型船。该母型船的特征要求为：双燃烧主锅炉+蒸汽轮机动力推进，配有透平发电机。

整个软件依据其完工资料与实船影像，应至少含有下列系统的模拟：主推进透平；推进控制系统；压缩空气系统；冷却水系统；燃油系统；燃气供应系统；滑油系统；蒸汽系统；船舶发电系统；船舶配电系统；舱底水系统；压载水系统；日用淡水系统；舵机系统；检测报警系统。

3.4.7.11 大型海洋救助船

以 8000kW 的典型海洋救助船为母型船。该母型船的特征要求为：双机双轴驱动调距螺旋桨，设置有中速、四冲程、直列、水冷、直接喷射、废气涡轮增压、中冷、不可逆转船用柴油机 2 台(左、右各 1 台)。主机最大持续功率(MCR)为 4500kW，转速 750r/min。主机与减速齿轮箱之间采用高弹性联轴节联接。主机使用 180mm²/s/50℃燃料油和长期使用轻柴油，并能在 15%MCR 负荷(HFO)长期低负荷运行。设置 2 台柴油发电机组。由于该发电柴油机能在 20%负荷下长期运转，设应急柴油发电机组 2 台。2 台主机通过减速齿轮箱和高弹联轴器各驱动 1 台轴带发电机和 1 台对外消防泵。设置针形管燃油辅锅炉一台和圈片管废气锅炉 2 台，供应全船工作和生活所需之蒸汽。设有反渗透制淡装置。

整个软件依据其完工资料与实船影像，应至少包括四冲程柴油机、主机遥控和调距桨系统、压缩空气系统；冷却水系统；燃油系统；滑油系统；蒸汽系统；船舶发电系统；船舶配电系统；甲板机械系统；日用淡水系统；海水淡化系统；机舱通风系统；火灾检测报警系统；机舱灭火系统；防海生物污染系统；强制电流阴极保护系统；舱底水系统；生活污水处理系统；空调和冷藏系统；压载水系统；检测报警系统等。构建有一些工程专用系统的综合训练与仿真，例如消油防污系统、水密门、对外消防及水幕系统、减摇鳍、艏侧推、艉侧推等内容。

3.4.7.12 深水三用工作船

以深水三用工作的海洋工程类船舶为母型船。该母型船的特征要求为：具有 2 台 16 缸，缸径 320mm，功率为 8000 kW × 750rpm 四冲程 V 型柴油主机+

齿轮箱+690V/4184A 额定值的轴带发电机+调距桨。其中调距桨由四冲程柴油机通过齿轮箱减速后通过直接传动驱动调距桨。配有 4 台 2350kW*1800 r/min, V 型 16 缸的电子调速四冲程柴油机为发电机。

整个软件依据其完工资料与实船影像,应至少含有下列系统的模拟:四冲程柴油机、混合推进控制系统、压缩空气系统;冷却水系统;燃油系统;滑油系统;蒸汽系统;船舶发电系统;船舶配电系统;甲板机械系统;日用淡水系统;海水淡化系统;机舱通风系统;火灾检测报警系统;机舱灭火系统;防海生物污染系统;强制电流阴极保护系统;舱底水系统;生活污水处理系统;空调和冷藏系统;压载水系统;检测报警系统等。构建有一些工程专用系统的综合训练与仿真,例如盐水系统,货油系统,洗舱系统,溢油回收系统,消防炮系统,CO₂及细水雾灭火系统等。

3.4.7.13 公务船

以 600 吨位及以上的典型国内公务船为母型船。该母型船的特征要求为:推进装置为 4 台主机各配 1 个螺旋桨。主推进柴油机为四冲程、增压中速船用柴油机,参数为直喷、中冷,高速,最大持续功率 8000 kW × 750rpm。主推进柴油机通过弹性联轴器、减速齿轮箱、中间轴、螺旋桨轴驱动固定螺距螺旋桨。主推进装置在正常航行工况时由驾驶室或集控室遥控。遥控发生故障时可在机旁直接操纵。从尾向首视,螺旋桨旋转方向左桨顺时针,右桨逆时针。主推进柴油机不可逆转,倒顺车由减速齿轮箱完成。配有 2 台,直喷,水冷,废气涡轮增压主发电机组。

整个软件依据其完工资料与实船影像,应至少含有下列系统的模拟:四冲程柴油机;主机遥控系统;压缩空气系统;冷却水系统;燃油系统;滑油系统;船舶发电系统;船舶配电系统;日用淡水系统;舵机系统;压载水系统;监测与报警系统。

要求为中文界面。

3.4.8 虚拟机舱软件船型要求

双燃料电力推进船模拟器中的模拟机舱要求至少提供下列船型的机舱三维软件供安装与船型切换使用:

3.4.8.1 LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船

提供 LNG 双燃料电力吊舱推进型支线船的三维机舱漫游、交互操作软件 1 套,

模拟机舱内各种典型的设备、系统与结构，可对三维机舱进行如实船的游走，实现设备与系统的交互操作，操作结果实时响应，能够模拟实船进行多人的互动协同操作、控制。

具体可交互的系统包括：双燃料发电机系统、推进器系统、推进控制系统、冷却水系统、压缩空气系统、蒸汽系统、燃油系统、燃气系统、滑油系统、电站系统、日用海淡水系统、防海生物污染系统、强制电流阴极保护系统、火灾检测报警系统、机舱细水雾系统、机舱通风系统等。

3.4.8.2 LNG 双燃料电力推进型干线船

提供 LNG 双燃料电力推进型干线船的三维机舱漫游、交互操作软件 1 套，模拟机舱内各种典型的设备、系统与结构，可对三维机舱进行如实船的游走，实现设备与系统的交互操作，操作结果实时响应，能够模拟实船进行多人的互动协同操作、控制。

主要三维全景制作包括主机舱一层，主机舱二层，主机舱三层，主机舱四层，机舱棚，舵机舱，应急发电机室，消防控制室，充放电间，蓄电池室，应急消防泵舱，驾驶室，轮机员舱室，艏轴弄，备件间，舵机舱，空调器室，集控室，烟囱排烟监视等内容。

第 4 章 工程实施

4.1 设备的到货要求

投标人必须响应并承诺下列到货时间和到货地点的要求。

4.1.1 到货时间要求

本次工程所有设备必须在合同签订后按照采购人要求的时间到达指定地点，到货时间为接到采购人书面通知后 4 个月内交货。

4.1.2 到货地点要求

本次工程设备到货地点由采购人指定。

4.2 项目管理

中标人合同签订后 3 个月内提供工程实施方案，经评审会通过且采购人认可，方可进入工程实施阶段。

- 1) 投标人须提供实施本项目的详细组织架构图、人员组成及职责。
- 2) 投标人需提供参加本项目主要人员的详细履历表、学历证明或资质证明。
- 3) 中标人在工程实施过程中，需对项目进行规范化管理，要有项目管理组织、项目管理计划、项目进度计划、项目质量保证计划、项目测试和验收计划等方案，确保工程实施质量。由资深工程师组成工程小组负责计划、安装调试、集成等工程实施工作。
- 4) 投标人应成立相应的项目小组，并指定一名专职的项目经理，负责工程协调和工程调度工作，并对参与项目实施的各方技术人员进行产品、技术培训，提供项目整体实施和试运行的技术方案，解决工程实施过程中出现的问题。
- 5) 中标人的项目管理人员及主要参与人员在整个项目工作过程中不得擅自变更。
- 6) 投标人项目经理应负责工程的实施工作，包括人力资源调度、工程施工安全、进度计划和协调工作等。
- 7) 项目管理团队人员不少于 3 人，具备轮机模拟器评估系统集成经验。
- 8) 投标人应对系统建设的各个阶段进行详细说明和描述。

4.3 系统建设

投标人负责所有软硬件设备的集成。

项目实施前，按需要由采购人指定的第三方审图和确定主要设备选型，审图

通过后，进行开发、采购、定制。

项目实施中，中标人先期提供工艺安排，需要具体考核的各个工艺细节则需由双方共同确定，以保证实施过程可控。

投标人应向采购人提交详细的应用软件系统开发和实施计划，包括人员组织、进度计划、质量保证计划等，要求分阶段向采购人提供以下资料并通过审核：

- 1) 系统开发策划和配置管理计划。
- 2) 系统需求规格说明书。
- 3) 概要设计说明书。
- 4) 详细设计说明书。
- 5) 测试大纲和测试报告。
- 6) 系统试运行报告。
- 7) 验收报告。
- 8) 用户操作手册。

设备到达指定地点后，投标人应在 40 天内完成安装调试和培训工作。

投标人应提供项目管理服务。投标人应负责安排工程管理人员制定工程计划，划分阶段性的工程界面，定时提交工程进度情况、检验报告及安全检查记录，组织协调工程分工、进度及标段验收等工作。

4.4 设备测试

- 1) 投标人需按采购人要求提供主要设备测试方案，并经采购人确认。
- 2) 在测试过程中，投标人有责任对采购人提出的问题予以解决。测试过程应进行详细记录，系统测试结束后，由投标人签字后交给采购人验收。
- 3) 投标人需向采购人提交测试方案和测试报告。采购人在验收前应有一份完整的检验报告和测试数据。
- 4) 设备测试中出现性能指标或功能上不符合合同要求时，采购人有拒收的权利。

4.5 设备安装和系统调试

- 1) 本标段所涉及的软硬件产品须在采购人指定地点安装实施完成，投标人保证提供的产品是一套完整、可用、达到系统功能的产品。产品的安装、调试、测试应由投标人完成。

2)设备安装调试前投标人需向采购人提供设备安装调试计划。

3)设备安装由投标人负责，所有电缆及接头均由投标人提供。

4)投标人负责指导采购人维护人员及操作人员掌握和使用相关技术资料。投标人应提供下列各种详细资料：

(1)设备原理示意图、设备内部结构说明书。

(2)设备端口种类及数量。

(3)设备性能及参数。

(4)硬件设备的重量、外形尺寸、面板布置、进出线方式。

(5)硬件设备的振动、噪声、废气、废液、散热及相应的处理措施。

(6)硬件设备所需的电源种类、耗电量、电压及接地要求等。

(7)设备安装方式和要求。

5)安装调试时使用的工具、设备由投标人提供。

6)系统调试由投标人负责，并提出调试的内容、项目、指标和方法，并提供相应的仪器和工具，投标人有责任对采购人提出的问题予以解决。调试过程应进行详细记录，系统调试结束后，由投标人签字后交给采购人验收。

7)投标人须提供评估室网络、通信、电源等接口的需求，如有特殊要求则需提供尺寸规格及实物样本，以便其它负责方进行施工配合。

4.6 系统测试与试运行

由于本项目需要提交的软件较多，为了保证产品的质量，中标人可在合同生效后，即提供已完成的轮机模拟软件供审核。建议通过网络版方式供采购人随时进行轮机模拟软件下载和更新，提高运行和审核效率。

1)单项测试

首先需通过投标人组织的本标段的设备测试，对合同主要设备及软件的主要技术指标进行测试。测试计划、测试内容和测试方法由投标人提出，并经采购人确认。

2)系统测试

然后需通过投标人组织的本标段的系统测试，以及与其他标段系统的联调测试，对整个系统进行总体功能和性能测试，系统测试结果必须满足本招标书所规定的技术和功能要求。测试计划、测试内容和测试方法由投标人提出，并经采购

人确认。

3)运行测试

在完成本系统测试，与其他标段系统的联调和测试后，再进行整个系统的120小时连续或间断运行测试。

系统测试和运行测试不合格，由投标人修复后经采购人同意后重新测试。

4)系统试运行

在运行测试通过后，才能进行系统试运行。系统试运行时间为1个月。在试运行期间，如出现非采购人因素导致的严重系统故障，试运行期重新开始。试运行合格后，方可进行标段验收。

第5章 工程验收

5.1 验收规范

依据合同约定的功能、性能指标及技术规格。

参照相关的国际公约和国内法规。

5.2 验收步骤

工程验收分为到货验收、系统测试、系统试运行、标段交工验收和工程整体验收，各阶段验收前需向采购人提交验收申请及验收大纲，经采购人同意后方可开展验收工作，在上一阶段验收合格后方可进入下一阶段工作。到货验收、系统测试、系统试运行、标段交工验收由中标人、采购人共同完成。工程整体验收将由中标人、采购人、总设计方、审计方等共同完成。

5.3 到货验收

1)中标人必须提供设备原产地出厂文件，必须保证设备是合同签订后出厂的最新产品。采购人与中标人在设备到货后共同进行开箱检查，当出现损坏、数量不全或产品不对等问题时，由中标人负责解决；如上述证明文件或相关手续不全，或出现不是最新出厂的产品，或不符合标书和合同要求的严重质量问题时，中标人应无偿及时更换，同时采购人保留索赔的权利。

2)采购人依标书技术部分要求对全部设备的型号、规格、数量、外型、包装及资料、文件（如装箱单、保修单、随箱介质等）进行验收。

3)中标人需确保所有硬件设备在标书中所规定的地点和环境下，可正常运行，并达到标书要求的性能和产品技术规格中的性能要求。

4)设备到货验收中如出现性能指标或功能上不符合合同要求时，采购人有拒收的权利。

5)到货验收后，由采购人签署到货验收文件。

5.4 系统测试

1)在整个工程现场安装调试完成后，在系统测试验收开始之前，中标人应按照相关验收规范向采购人提供系统测试大纲，至少应包括以下内容：

(1)测试说明，明确测试对象及其应该达到的测试指标。

(2)测试方法和测试条件。

(3)测试资料和数据。

(4)以图表说明每一测试对象或过程的功能、输入、输出。

(5)测试进度。

(6)测试意见及结论。

2)系统测试大纲需经采购人同意后,中标人与采购人共同按照系统测试大纲进行现场测试。

3)单项测试

由采购人与中标人组织相关单位对合同主要设备及软件的主要技术指标进行测试。

4)系统测试

由采购人与中标人组织相关单位按照合同文件的要求对系统进行总体功能和性能测试。

系统测试结果必须满足合同的技术和功能要求。

5)运行测试

在完成单项测试和系统测试后,进行整个系统的 120 小时连续或间断运行测试。

6)测试不合格的处理

单项测试不合格,由投标人免费负责修复和更换。

系统测试和运行测试不合格,由投标人免费修复后,经采购人同意后方可重新测试。

系统测试验收后,签署系统测试验收文件。

5.5 系统试运行

系统测试验收合格后,由中标人对采购人相关人员进行技术培训,保证相关人员可熟练操作,由采购人进行试运行。中标人安排现场指导人员,并负责解决系统试运行期间出现的各种故障。在试运行期间,由于设备质量等造成性能指标达不到要求,采购人有权要求中标人进行更换或修复,所发生费用由中标人负担,且试运行期顺延。

系统试运行完成后,中标人提交试运行报告。

5.6 标段交工验收

系统试运行合格后,中标人向采购人申请标段交工验收,由采购人、总设计

方联合验收。若标段交工验收不合格，中标人应进行相应技术整改，并重新提交验收申请。验收合格后，中标人与采购人签署标段交工验收文件。

5.7 工程整体验收

所有标段验收合格后，进行工程整体试运行，整体试运行期为 30 天。如整体试运行期间出现问题，应由采购人协调相关标段中标人解决。

整体试运行合格后，由采购人组织各标段中标人进行工程整体验收，由采购人、总设计方、审计方等联合验收。由各标段中标人提交工程整体验收所需文件资料。工程整体验收会由采购人按相关规定组织召开，并形成工程整体验收意见。

若工程整体验收不合格，应由采购人协调相关标段中标人解决，并重新组织工程整体验收。

5.8 文件资料

中标人应向采购人提供所有软硬件系统和服务的详细文件资料。包括设备清单、产品出厂合格证书或产品证书、工厂实验报告、外视图、原理图、调试报告、备件清单、用户手册、安装手册、操作手册、应急计划及电子文档。如发生软件升级及设备升级、扩展等有关情况，投标人应向采购人提供必要的技术资料。

除设备供应商的原始文件资料外，其它文件资料必须采用中文书写。所有的文件资料可以使用纸质、电子文档等媒体形式提供，其中纸质版至少 5 套。

用户手册、安装手册和操作手册应具有：

- 1) 规范性：用户文档描述规范，有版本控制和修改记录。
- 2) 符合性：用户文档、需求和设计文档应高度符合。
- 3) 完整性：用户手册内容基本完整，对具体操作的说明比较详细。
- 4) 一致性：用户手册的描述与软硬件的实际功能基本一致，对重要功能的说明比较全面，用户手册中具有产品版本号描述。
- 5) 易理解程度：用户手册对操作有图例和文字说明，较易理解。
- 6) 印刷与包装质量：用户手册的印刷精美，商品化包装。
- 7) 操作实例：用户手册提供详细的应用实例。

制定系统应急计划，当系统出现故障时，保证业务的正常进行。

第 6 章 技术支持与售后服务

6.1 质量保证期

1)本标段通过验收后软硬件质保期均为3年(备品备件、软件升级免费提供)。质量保证期内,系统出现故障,投标人接到采购人通知后,应立即进行诊断和维护,提供应急策略,并在24小时之内到达现场修理,所需费用全部由投标人负担。若出现重大故障,系统不能正常工作,质量保证期从系统修复后起重新计算。

2)在质量保证期内,如投标人被兼并或收购,应保证兼并或收购方继续对采购人履行服务。如出现系统软件或硬件停产,应提前1年告采购人。

3)质量保证期后,投标人提供设备和工程终身有偿维修服务,

4)质量保证期内设备如发生故障,投标人必须保证用户单位在5个工作日内得到修复(以报修时间算起)。若5个工作日内无法修复,则系统或设备质量保证期由此故障修复之日重新开始。

5)投标人须认真理解上述保修要求,详细列出保修方案和相应的系统应急方案,一经应答将作为合同的一部分。

6)投标人如果是代理商,则必须提供设备原厂商对本项目正式服务承诺说明的原件(至少包括服务内容、期限、费用等),该承诺将同投标人在标书中相关部分所列费用一起作为评判应答方案合理性的关键性依据。

7)投标人应说明质量保证期结束后的技术支持与服务的内容、方式和收费标准。

6.2 系统维护服务

投标人应终身向采购人提供旨在提高系统可用性的持续支持服务。这种服务包括热线服务、升级服务和重建服务等,中标人应履行提供的服务完全符合合同中的承诺。若实际提供服务达不到合同要求,采购人有权采取相应惩罚措施直至退货。若中标人提供的设备在正式使用后3个月内故障次数超过10%,采购人有权退货。投标人应详细列出相关服务条款,对任何一项服务详细说明最低承诺和服务的先决条件。

投标人必须详细说明下列系统维护服务内容:

1) 质量保证期内服务的方式、范围(包括产品和技术等)。

2) 质量保证期后服务的方式、范围及费用(包括产品和技术等)。

6.3 备品备件

投标人应根据所投设备情况、采购人服务要求、船级社要求等需求制定备品、备件及消耗品方案，并详细列出名称、类型、性能、品种数量、提供地点、服务条款及使用所发生的费用、报价（产品随机备件、专用工具及计算机类市购件等不需要报价）等内容。

6.4 扩充设备

投标人应对有扩充能力的设备提供有关扩充部件或模块（非市购件等）的名称、型号及报价（单价），同时注明采购人另外购买时，是否需购买额外的部件（如扩展板、新节点等）及价格，并注明以上所报价格相对于公开报价的折扣数。在项目验收后3年内采购人有扩充需求时，投标人应承诺按此价格（公开报价不变时）或折扣比率（报价降低时）提供扩充设备，价格的合理性作为评判整体解决方案优劣的重要因素之一。

6.5 技术培训

中标人负责采购人技术人员（不少于 10 人）和管理人员（不少于 5 人）的培训。

操作维护培训和系统专业培训内容应包括所提供设备的原理和技术性能、操作和使用方法、软件升级、维护维修、故障排除等方面，并提供全套培训教材和培训课程计划表。

第 7 章 附件

母型船不同，其中的设备与系统则不同，因此相应的故障设置内容也不同。下面给出双燃料电力推进船模拟器轮机模拟软件的故障设置要求，其他船轮机模拟器参照执行。

双燃料电力推进船模拟器中，以 3 万立方米液化天然气（LNG）运输船为母型船的船型，其模拟故障数量要求至少为：

- 1) 双燃料发电机系统 ≥ 20 。
- 2) 推进控制系统 ≥ 10 。
- 3) 冷却水系统 ≥ 10 。
- 4) 压缩空气系统 ≥ 5 。
- 5) 蒸汽系统 ≥ 5 。
- 6) 燃油系统 ≥ 5 。
- 7) 燃气系统 ≥ 10 。
- 8) 滑油系统 ≥ 10 。
- 9) 电站系统 ≥ 20 。

其中单任务训练项目包括但不限于如下要求：

- 1) 低压电站的日常运行操作（岸电切换、应急发电机启动运行、双燃料发电机的手动启动运行、合闸供电、并网）
- 2) 低压电站的故障排除
- 3) 中压电站的日常运行操作
- 4) 燃油系统备车操作及故障排除
- 5) 滑油系统备车操作及故障排除
- 6) 冷却水系统备车操作及故障排除
- 7) 压缩空气备车操作及故障排除
- 8) 燃油辅锅炉系统操作及故障排除
- 9) 燃油分油机操作及故障排除
- 10) 滑油分油机操作及故障排除
- 11) LNG 双燃料发动机的操作及工况分析（起动、停车、调速）

12) LNG 双燃料主锅炉系统操作

13) 燃气供应系统的运行操作

14) 电力推进装置的运行操作

其中故障种类设置包括但不限于如下要求：

1)发电柴油机系统故障：

- (1)单缸效率低
- (2)单缸喷油定时滞后
- (3)单缸喷油定时提前
- (4)整机敲缸
- (5)单缸敲缸
- (6)高温空冷器气侧脏污
- (7)低温空冷器气侧脏污
- (8)滑油预润滑泵磨损
- (9)滑油预润滑泵失效
- (10)滑油机带泵磨损
- (11)滑油机带泵失效
- (12)滑油滤器脏污
- (13)滑油冷却器油侧脏污
- (14)滑油消耗量高
- (15)转角传感器故障致引燃油失效
- (16)引燃油压力传感器故障致引燃油失效

2)辅机系统故障：

- (1)空压机电机失灵
- (2)空压机冷却水系统结垢
- (3)起动空气管路漏气
- (4)主机海水泵电机失灵
- (5)主机海水泵磨损
- (6)高温淡水泵电机失灵
- (7)高温淡水泵磨损

(8)低温淡水泵电机失灵

(9)低温淡水泵磨损

(10)燃油自清洗滤器失灵

(11)燃油输送泵失灵

(12)燃油输送泵磨损

(13)燃油增压泵失灵

(14)燃油增压泵磨损

(15)主机燃油管路泄漏

(16)燃油传输泵失灵

(17)燃油传输泵磨损

(18)主机燃油柜低位

3)电站系统故障

(1)发电机剩磁太低，不能建压。

(2)主开关失压线圈烧毁。

(3)主开关合闸按钮失效。

(4)主开关分闸按钮失效。

(5)发电机半自动并车。

(6)发电机自动并车。

(7)发电机逆功。

(8)发电机短路跳闸。

(9)发电机过电流跳闸。

(10)发电机励磁线圈接反。

(11)选择性保护完备状态下，动力电负载短路。

(12)选择性保护失效状态下，动力电负载短路。

(13)选择性保护完备状态下，照明电负载短路。

(14)选择性保护失效状态下，照明电负载短路。

(15)动力电网绝缘低。

(16)照明电网绝缘低。