

LUNJI MONIQI
SHICAO SHOUC

轮机模拟器 实操手册

■ 主编 陈 辉 ■



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

轮机模拟器实操手册

主 编 陈 辉
副主编 孙 俊 高海波
主 审 张 本

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

轮机模拟器是现代航海教育的大型辅助设备。国际海事组织(IMO)在 STCW 78/95 公约和最近的马尼拉修正案中明确规定:轮机员在取得适任证书前必须经过轮机模拟器培训。

本教材内容涵盖仿真母型船概况、轮机模拟器构成、轮机模拟器主要系统及设备介绍、实操训练等内容;以国家海事局制定的“轮机模拟器项目评估大纲”为指导,实操训练项目包括主辅机操作、电站操作和辅助系统操作。学员通过对本教材的学习和轮机模拟器的培训,可了解船舶轮机系统的组成、各组成部分的功能以及各系统的管理维护方法,有助于帮助学员了解各种典型的故障现象,并掌握排除方法。

本教材可作为高等航海类院校轮机工程专业本、专科生实训教材,以及 3 000 kW 及以上轮机部管理级船员适任评估的教学和训练教材。

图书在版编目(CIP)数据

轮机模拟器实操手册/陈辉主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2012.9
ISBN 978-7-5629-3785-2

I. 轮… II. 陈… III. 船舶—轮机—模拟器—操作—技术手册 IV. U676.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 184141 号

项目负责人:陈军东

责任编辑:陈 硕

责任校对:夏冬琴

装帧设计:嘉融图文

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉兴和彩色印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

插 页:1

印 张:9

字 数:218 千字

版 次:2012 年 9 月第 1 版

印 次:2012 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1—2000 册

定 价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

前 言

武汉理工大学(原武汉交通科技大学)于1994年研制出第一台国产轮机模拟器。1995年12月交通部科技司对轮机模拟器进行了部级技术成果鉴定。该成果曾获1996年交通部科技进步一等奖、1998年国家科技进步三等奖、2002年湖北省科技成果推广二等奖,并获国家科委等五部委颁发的“国家级新产品”证书。中国政府将该轮机模拟器列入向国际海事组织报告的履行“海员培训、发证及值班标准国际公约(STCW 78/95)”的培训设备。目前该系列轮机模拟器在全国市场占有率领先,并具有一定的国际影响。

武汉理工大学在研发了多套WMS-1及WMS 2000型全任务远洋船舶轮机模拟器的基础上,以第六代巴拿马型集装箱船为母型船,按照国际海事组织(IMO)颁布的SCTW 78/95公约、我国海事局制定颁布的“海船船员适任证书考试、评估和发证规则与大纲”及相应的“轮机模拟器训练评估规范”为标准进行设计,开发了WMS 2004型轮机模拟器。WMS 2004型轮机模拟器仿真对象更加先进与复杂,仿真内容也更加丰富,采用了先进的计算机实时仿真平台、全物理过程数学建模、计算机监控、人工智能、多媒体技术及基于客户-服务器模式(C/S)等多项先进技术。该型模拟器在技术上有一定的前瞻性,功能上更加实用,可扩充性更强。它已运用于集美大学、广东海洋大学、广州航海高等专科学校、OOCL船员培训、中远(广州)船员培训、中海(上海)船员培训等多所高校及培训机构。

2004年9月21日至9月24日,武汉理工大学与中国海事局联合承办了第六届国际轮机模拟器大会ICERS 6(Sixth International Conference on Engine Room Simulators),与会的国内外轮机模拟器专家对WMS 2004型轮机模拟器予以高度评价,一致认为该型轮机模拟器的性能达到国际先进水平。

WMS 2008型轮机模拟器在WMS 2004型基础上优化了接口系统,增加了海面视景和机舱漫游功能。新型的WMS 2008型轮机模拟器已经在重庆交通大学及福建交通职业技术学院等学校投入运行,受到了用户的一致好评。

目前,以智能柴油机为主机的WMS 2010型轮机模拟器已研制成功,正在浙江国际海运职业技术学院投入使用。

WMS 2008型远洋船舶轮机模拟器由以下主要部分组成:

1. 驾控台

包括主机遥控操纵台、主/副车钟、车令打印机、主机遥控报警装置、延伸报警装置、侧推器操作装置、舵角指示和应急切断等。

2. 集控室

在集控室上设有下列设备:三台监控计算机、主机遥控安全板、主机遥控系统板、主机调速器及执行器控制板、黏度控制调节器、主/副车钟、各种仪表、运行状态指示灯、车令及报警打印机等。

电站系统包括四台柴油发电机屏、并车屏、220 V负载屏、440 V负载屏、组合启动控制屏、应急配电屏和岸电箱。

3. 模拟机舱

内设可操作的机舱动力系统大型动态模拟屏、主机操纵模拟系统、四台发电机机旁启动控制箱、空压机启动控制箱、燃油和滑油分油机启动控制箱、油水分离装置启动控制箱、生活污水装置启动控制箱等,并有与之相配的音响系统。

4. 教员台

在模拟器教员台上可对模拟系统各种运行状态进行存取及控制,实现超时、实时及慢时仿真,可进行故障的设置或清除,可设置船舶主机系统、辅机系统及电站系统等各类故障,满足中华人民共和国海事局关于“轮机模拟器”实操评估的要求。

本教材适合于 WMS 2004 型和 WMS 2008 型轮机模拟器的实操训练。

本教材由陈辉担任主编,编写分工如下。第 1 章、第 2 章及附录部分由高海波编写,第 3 章由孙俊编写。因时间仓促,加上水平有限,错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 12 月于武汉余家头

目 录

第 1 篇 轮机模拟器基础知识

第 1 章 仿真母型船概况	(3)
1.1 船舶简介	(3)
1.2 船舶主要参数	(3)
1.3 主机运行参数	(4)
1.4 主机各挡转速	(5)
1.5 安保系统有关参数	(6)
第 2 章 轮机模拟器构成	(8)
2.1 驾控台	(8)
2.2 集中控制台	(8)
2.3 船舶模拟电站	(9)
2.4 大型动态模拟操作屏	(10)
2.5 模拟机舱	(10)
2.6 教练员室	(11)
2.7 轮机长室	(11)
2.8 机舱漫游	(11)
2.9 主要报警分类表	(12)
2.10 主要监控画面列表	(13)
第 3 章 轮机模拟器主要系统及设备介绍	(16)
3.1 驾控台	(16)
3.2 集控台	(19)
3.3 机旁操纵台	(23)
3.4 船舶模拟电站	(23)
3.5 轮机系统模拟屏	(29)
3.6 发电机控制箱	(30)
3.7 分油机控制箱	(30)
3.8 空压机控制箱	(31)
3.9 锅炉控制箱	(32)
3.10 焚烧炉控制箱	(33)
3.11 生活污水处理装置控制箱	(33)
3.12 油水分离器控制箱	(33)

第2篇 轮机模拟器实操训练

实操项目 1	发电机装置的手动操作及运行管理	(39)
实操项目 2	自动电站的使用管理和监控调节	(41)
实操项目 3	冷却水系统的管理与水温的调节	(43)
实操项目 4	燃油系统的管理和黏度的自动调节	(45)
实操项目 5	滑油系统的管理和自清滤器的使用	(49)
实操项目 6	辅锅操作及故障排除	(52)
实操项目 7	瘫船启动	(55)
实操项目 8	正常备车、启动主机离港	(58)
实操项目 9	主推进装置的运行管理	(61)
实操项目 10	主机遥控系统的运行及管理	(63)
实操项目 11	轴带发电机装置的运行管理	(66)
实操项目 12	机舱集中监视与报警系统的组成及使用	(68)
实操项目 13	分组延伸报警系统的组成及使用	(70)
实操项目 14	主机的应急操作	(71)
实操项目 15	发电机应急操作	(73)
实操项目 16	主机故障分析及排除	(75)
实操项目 17	发电柴油机故障分析及排除	(79)
实操项目 18	发电机故障分析及排除	(81)
实操项目 19	油污水处理油水分离器的操作管理及排放	(83)
实操项目 20	机舱进水应急处理	(85)
实操项目 21	系统及系统中设备的故障分析及排除	(87)
实操项目 22	生活污水处理装置的操作及故障排除	(92)
实操项目 23	冷藏装置操作及故障排除	(93)
实操项目 24	轴系及螺旋桨故障	(95)
实操项目 25	调距桨操作及故障排除	(96)
实操项目 26	蒸汽透平货油泵操作及故障排除	(98)
附录		(100)
附录 1	轮机模拟器项目评估大纲	(100)
附录 2	轮机模拟器项目评估规范	(102)
附录 3	模拟器系统管理	(110)
附录 4	主机安全系统板操作	(113)
附录 5	主机遥控系统板操作	(117)
附录 6	主机电子调速器系统板操作	(121)
附录 7	主机气动遥控系统图及原理分析	(124)

第 1 篇 轮机模拟器基础知识



第1章 仿真母型船概况



1.1 船舶简介

WMS 2004 型轮机模拟器以“新青岛”号为母型船,通过相关的软件模型与完备的硬件设备建立了一个逼真的船舶机舱环境,为学员提供了良好的培训条件。

母型船为第六代巴拿马型集装箱船,船总长 279.9 m,型宽 40.3 m,型深 24.1 m,航速 25.91 kn,续航力 21 000 n mile,设计满载吃水 14.0 m,空载 4.95 m,载重量 68 000 t。该船装备了大量自动化程度很高的机械及电气设备,是具有先进技术水平的大型集装箱主力船型。

该船的主机选用 MAN B&W 12K90MC-C 大型低速船用柴油机,额定转速 94 rpm,功率 54 720 kW。主机遥控系统采用 KONGSBERG 公司的 AUTOCHIEF-IV 系统,可在驾控室实现对主机进行启动、停车、换向、定速航行及应急停车等遥控操作,也可转换到集控室对主机进行遥控或在机旁操作台对主机进行控制。

该船配置柴油发电机组 4 台,原动机选用 WARTSILA 公司 6R32LNE 中速船用柴油机,单机功率 2 430 kW,额定转速 720 rpm;发电机选用 ABB 公司的 AMG 630L10,单机容量为 2 320 kW。船舶电站控制系统选用 Lyngso Marine 的 PMS 微机控制系统,发电机组可在配电屏或集控室的监控计算机上遥控启动及停止操作,具有备用机组自动启动、自动换车、自动均分负荷及功率管理等功能。



1.2 船舶主要参数

(1) 船舶参数

① 吃水/载重量

14.0 m(满载)

4.95 m(空载)

14.313 m/72 017.6 t(热带)

14.021 m/69 303.4 t(夏季)

13.729 m/66 616.4 t(冬季)

每厘米吃水 92 t

② 长度

总长:279.9 m

两柱间长:265.8 m

型宽:40.3 m

型深:24.1 m

③ 载重量:5 668 TEU

④ 航速:设计吃水时(14.0 m)

服务航速:25.91 kn

⑤ 续航力:21 000 n mile

⑥ 主机

型号:B&W 12K90MC-C

功率:54 720 kW/104 rpm(MCR)

41 096 kW/94 rpm(按照 75%负荷进行匹配)

燃油耗油率:172.6 g/(kW·h)(CSR)

⑦ 螺旋桨:6 叶,直径 8.3 m,镍铝青铜、无键

⑧ 轮机的船级:CCS/AUT-0

(2) 轮机有关参数

① 主机型号为 B&W 12K90MC-C(12 缸、缸径 900 mm、冲程 2 300 mm),是二冲程、单作用、十字头可反转、涡轮增压的低速柴油机,可使用 380 cst/50 ℃的燃油。

主机各挡转速设定:

HARBOR

	AHEAD	ASTERN
NAVIGATION FULL:	82	70
FULL:	65	65
HALF:	50	50
SLOW:	45	45
DEAD SLOW:	30	30

NORMAL

	AHEAD	ASTERN
NAVIGATION FULL:	94	
FULL:	80	76
HALF:	65	65
SLOW:	52	52
DEAD SLOW:	32	32

② 发电装置包括原动机 4 台,型号为 6R32LNE,功率 2 430 kW、转速 720 rpm;发电机 4 台,型号为 AMG 630L10,功率 2 320 kW。

③ 应急发电机的原动机型号为 D2866LXE(6 缸、缸径 128 mm、冲程 155 mm),功率 313 kW、转速 1 800 rpm;发电机型号为 HCM 434E,额定功率 250 kW。

主发电机和应急发电机的额定电压为 450 V、频率为 60 Hz、三相、功率因子为 0.8。



1.3 主机运行参数

表 1-1 显示的是主机在 75%和 100%负荷时的运行参数。

表 1-1 主机不同负荷下的运行参数

主机负荷	75%	100%
主机功率	41 096 kW	54 720 kW
主机转速	94 rpm	104 rpm
平均指示压力	15.9 bar	18 bar
燃油消耗率	172.6 g/(kW·h)	174 g/(kW·h)
增压器转速	9 150 rpm	10 600 rpm
压气机后的压力	0.22 MPa	0.26 MPa
扫气压力	0.188 MPa	0.263 MPa
扫气温度	36 ℃	47.7 ℃
空冷器前气温	187 ℃	200 ℃
空冷器后气温	30 ℃	32 ℃
排气总管压力	0.215 MPa	0.254 MPa
透平前温度	325 ℃	370 ℃
透平后温度	220 ℃	234 ℃
气缸排气温度	278 ℃	307 ℃
爆压/压缩压力	126.8/95.5 bar	140.9/121.8 bar
主轴承/活塞冷却油压力	0.24/0.29 MPa	0.24/0.29 MPa
凸轮轴滑油进口压力	0.22 MPa	0.22 MPa
缸套冷却水压力	0.29 MPa	0.29 MPa
空冷器冷却水进口压力	0.24 MPa	0.23 MPa
控制空气压力	0.7 MPa	0.7 MPa
燃油进机压力/温度	0.8 MPa/33 ℃ (D. O)	0.74 MPa/32 ℃ (D. O)
凸轮轴滑油进/出温度	40/42~44 ℃	41/42~45 ℃
滑油进机温度/推力块温度	43/48 ℃	43/50 ℃
活塞冷却油进/出温度	43/51 ℃	43/53~54 ℃
空冷器冷却水进/出口温度	25/40 ℃	27/52 ℃
缸套冷却水进/出口水温	71/78.8 ℃	71/80.7 ℃
增压器进/出口油温	43/70 ℃	43/80 ℃



1.4 主机各挡转速

表 1-2 显示主机在各种工况下的转速情况，包括额定转速、发火转速、速度限制和特定情况下的加减速时间。

表 1-2 主机各挡转速表

名 称		转速/时间
额定转速(75%)		94 rpm
轮机长手动转速限制		94 rpm
启动到供油时间		6~8 s
发火转速		18 rpm
正常换向转速		35 rpm
应急换向转速		40 rpm
强制制动转速		30 rpm
主机最低稳定转速		25 rpm
速率限制	加速	7 s(12~40 rpm) 20 s(40~80 rpm)
	减速	10 s(80~40 rpm) 5 s(40~12 rpm)
负荷程序的转速区域		80~94 rpm
负荷程序	加速的时间	30 mins
	减速的时间	6 mins
取消负荷程序时间	加速	2 mins
	减速	2 s
SLOW DOWN 时的最低转速		45 rpm
SLOW DOWN 的延时		6~8 s
SHUT DOWN 的延时		0 s



1.5 安保系统有关参数

主机各系统的安保参数见表 1-3。

表 1-3 主机安保参数表

SLOW DOWN		SHUT DOWN	
滑油出口高温	60 ℃	主机超速	118 rpm
活塞冷却滑油出口高温	70 ℃	主轴承和推力轴承滑油低压	0.08 MPa
活塞冷却滑油入口低压	0.10 MPa	推力轴承二级高温	85 ℃
推力轴承一级高温	75 ℃	凸轮轴滑油进口低压	0.15 MPa
缸套冷却水入口低压	0.14 MPa	缸套冷却水出口二级高温	98 ℃
缸套冷却水出口一级高温	93 ℃		

续表 1-3

SLOW DOWN		SHUT DOWN	
扫气箱高温(着火)	80 ℃		
主机排气温度偏差过高	±50 ℃		
凸轮轴滑油出口高温	60 ℃		

第2章 轮机模拟器构成

WMS 2004 系列远洋船舶轮机模拟器标准配置由驾控台、集中控制台、船舶电站、大型动态模拟操作板、模拟机舱、模拟主机、教练员室、轮机长室等组成。

2.1 驾控台

驾驶遥控操作台按实船驾控台简化设计而成,图 2-1 为其现场实物图。驾驶遥控操作台上设遥控车钟、副车钟、主机遥控系统板、车钟记录仪、主机指示仪表和必要的仪表、报警信号灯等。操作台还设有报警系统板,以及舵机控制单元、侧推器控制单元。

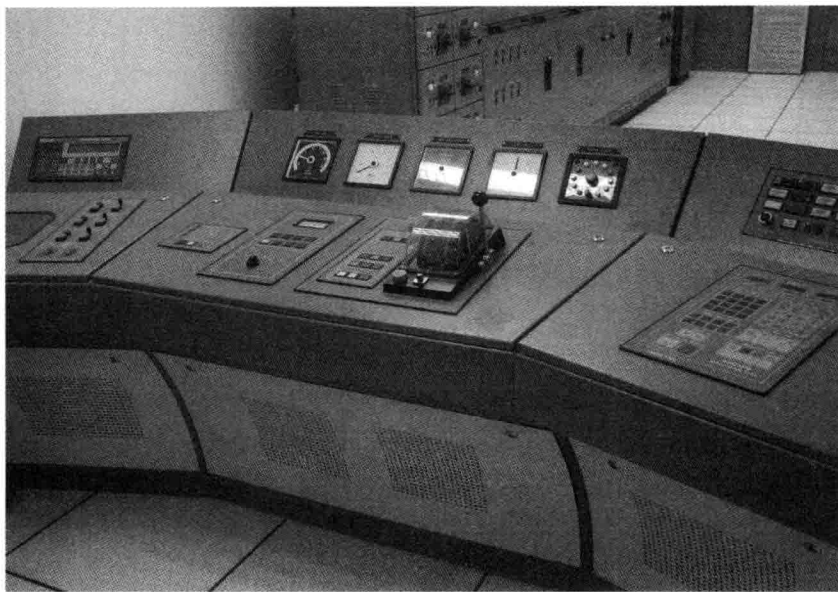


图 2-1 轮机模拟器驾控台

2.2 集中控制台

集中控制台的大小和布置与实船相同,见图 2-2。集中控制台上设有副车钟和应急车钟、主机遥控系统、主机电子调速器、主机安全保护系统、智能集中监控报警装置、扭力仪、平均压力指示仪、燃油黏度控制单元、辅助设备控制按钮。集中控制台设三台用于监控用的计算机,分别用于全船的电力系统监控、报警系统、船舶系统及主机和辅助设备工况监控。各监控计算机的功能完全相同,平时只是以各自系统的功能显示为主,必要时可相互替换。集中

控制台上各计算机的监控画面均可用触摸按钮或鼠标进行操作。集中控制台设打印机一台,可进行车令的即时打印和报警记录打印。



图 2-2 轮机模拟器集中控制台



2.3 船舶模拟电站

船舶模拟自动电站包括柴油发电机屏 4 屏、并车屏 1 屏、组合启动控制屏 2 屏、440 V 负载屏 2 屏、220 V 负载及充放电屏 1 屏、应急发电机屏 1 屏,共计 11 个配电屏,此外还有 1 个岸电箱。配电屏尺寸采用 72 cm 标准型,仪表、空气开关等均采用船用实物,见图 2-3。

该模拟电站能体现分布式网络控制的特点。每台主发电机均设智能控制单元,带液晶显示屏,采用触摸屏控制;同时设有常规控制按钮及指示灯,可通过配电屏上的按钮进行启停等操作。发电机的控制亦可在集控室完成。另外,该电站的负载中包括侧推系统。

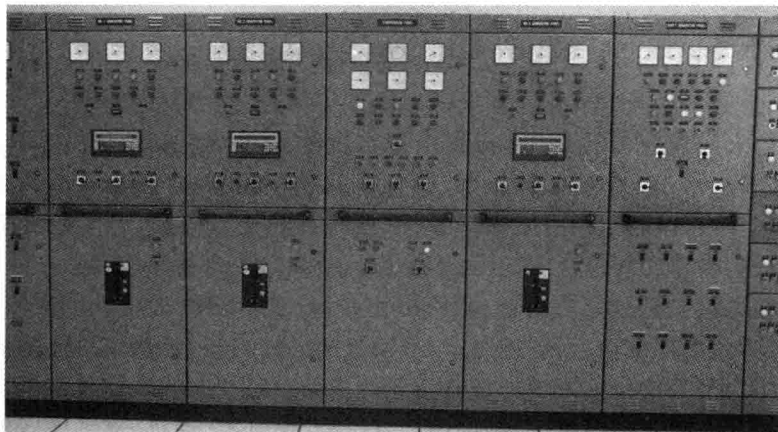


图 2-3 轮机模拟器自动电站



2.4 大型动态模拟操作屏

大型动态模拟操作屏采用钢结构,运用丝印技术,用马赛克镶嵌制作。板面上包括机舱主辅机设备模型的示意图、管路系统及各类仪器仪表等,均用真彩色展示;油水柜液位实现动态显示,所有机械设备工作状态均有灯光显示,主机燃油系统采用光带实现动态流动显示,见图 2-4。阀门及主要辅助设备旁设有开关按钮,可在操作屏上实现开关及启停操作。此外所有设备均可在集中控制台遥控操作。

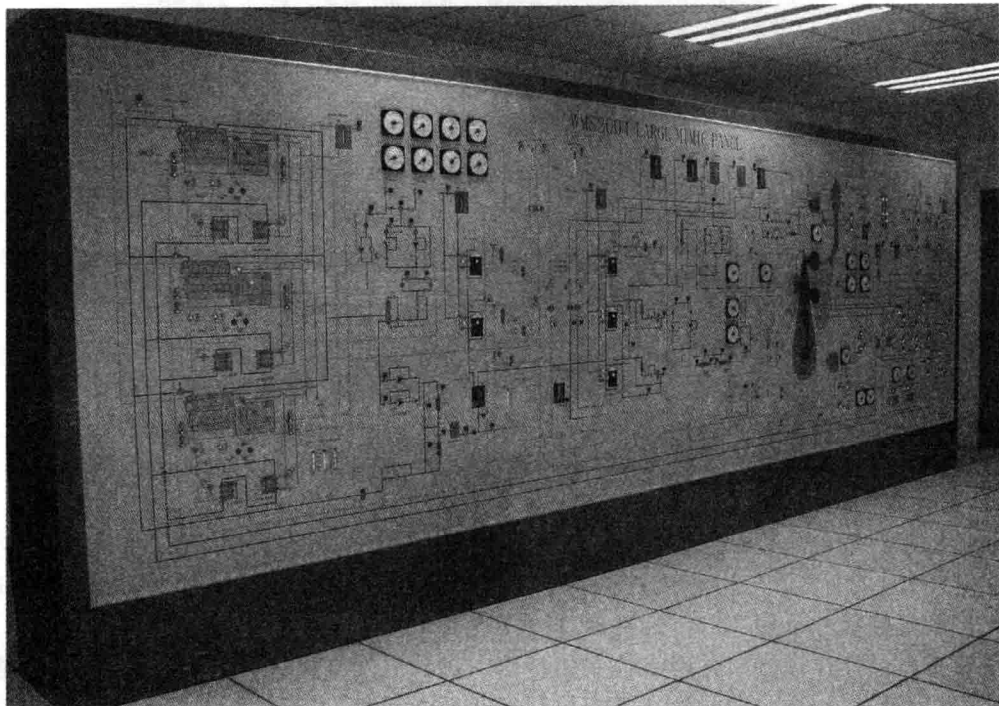


图 2-4 轮机模拟器大型动态模拟操作屏



2.5 模拟机舱

模拟机舱中央设模拟主机模型、机旁操作台及推进系统一套(见图 2-5),其中主机为 MAN B&W 12K90MC-C 型柴油机按 10:1 比例的缩小模型,可做动态模拟运行。机旁操作台则按实船尺寸设计制作,配置有调速手柄、副车钟和应急车钟、启停按钮及相关的指示灯、仪表等元器件,操作功能符合实况(与集中控制室和驾控台相互连锁)。

模拟机舱周边设主机机旁控制箱、空压机控制箱、三个发电柴油机机旁控制箱、油污水机旁控制箱、生活污水控制箱、锅炉控制箱、滑油分油机控制箱、燃油分油机控制箱等。

模拟机舱组合报警信号灯采用与实船相同的产品。

机舱配备背景声响仿真系统一套,可仿真空压机、发电机、主机、透平增压器等机舱设备工作时的音效。