

8.典型案例

8.1 项目概况

本项目是四川交通职业技术学院航运工程系申报的四川省教育厅创新行动计划项目，项目采取公开招标方式，中标价为 537.8 万元，并于 2018 年底完成。

鉴于现有轮机和驾驶模拟器无法进行联合培训，学员很难掌握驾机合一的一体化协同训练的情况，建立一整套基于三维建模、数学模型和视景仿真技术的实船虚拟环境，并在虚拟仿真系统上实现驾驶和轮机联合演练的沉浸式的交互式仿真训练，可替代部分高危、高污染、高成本和不可复制或不可实现的实操教学，同时降低因技术进步带来的后续硬件投入，解决了现在实操评估存在的部分问题，大大提高了教学和管理水平。

此实训室地点在四川交通职业技术学院明德楼 2 楼西侧，实训室面积约 420 平米。

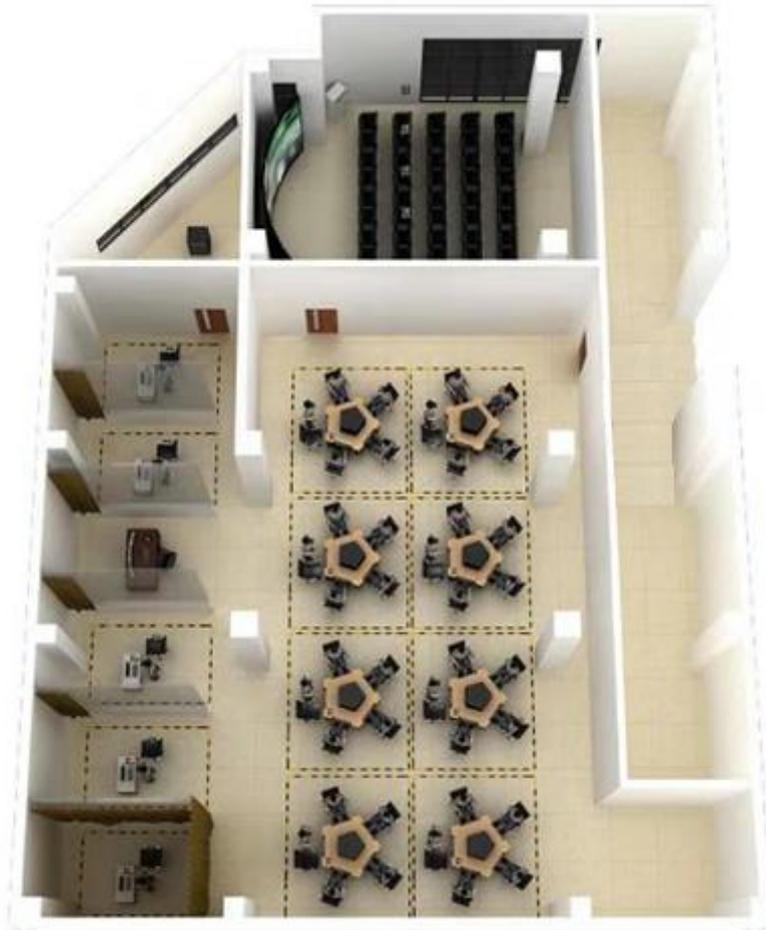


image 8-1 实训室建设效果图

8.2 项目案例

案例一：船舶开航前的准备及离泊操作

初始场景

1. 船在岸边；
2. 船带缆；
3. 引航船在引航梯出口处；



image 8-2 离泊任务船首带缆图

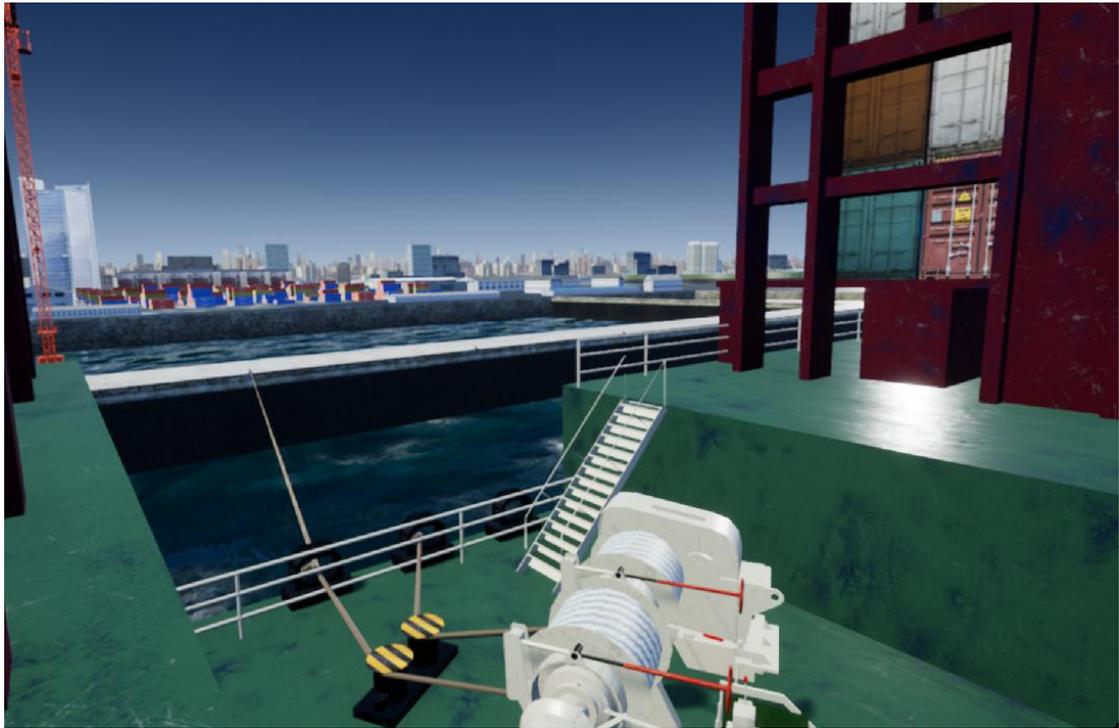


image 8-3 离泊任务船尾带缆图

角色及站位

1. 引航员：引航船上；
2. 船长：驾驶台；
3. 大副：船首缆机旁；
4. 二副：引航梯控制箱旁，之后要走到船尾缆机旁；
5. 三管轮：集控室集控台；

操作程序

1. 各角色登录，各角色初始站位见上一小节；
2. 二副操作舷梯控制箱，将舷梯放下，便于引航员上船；

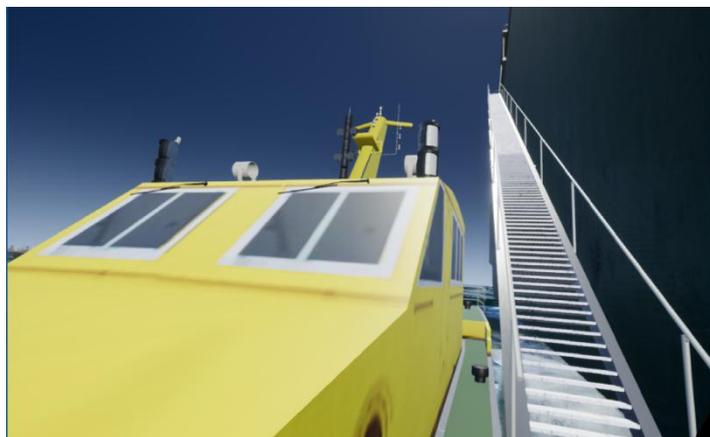


image 8-4 引航舷梯

3. 引航员通过引航梯上船，进入驾驶室，操作舷梯控制箱收舷梯；
4. 引航员与船长对话，协商离泊方案；
5. 船长与船头、船尾人员通过对讲机进行语音通话，通报离泊方案；



image 8-5 手持对讲机

6. 通过对讲设备向 VTS(教员端)报告离泊动态；
7. 船长通过对讲机通知船首、尾解缆；
8. 船首、船尾进行解缆操作；
9. 操作本车的车钟、舵轮，拖轮协助本船离港；
10. 离开港口后，放舷梯，引航船靠近本船；
11. 引航员/二副操作舷梯开关，放舷梯，引航员走下舷梯离开本船，上引航船。拖轮离开本船，引航船离开本船；
12. 二副走至舷梯开关旁，升起舷梯。

案例二：船舶应急训练操作

机舱失火（小火）

着火原因

由于机舱高温，带有油的棉纱自燃。



image 8-6 机舱小火

角色及站位

1. 船长：驾驶台
2. 三副：二氧化碳间
3. 轮机长：集控室
4. 三管轮：集控室

操作程序

1. 教员端触发机舱失火（小火）命令；
2. 机舱二层分油机间主机燃油供给泵旁带有油的棉纱自燃，火势较小，有烟雾产生；
3. 分油机间的烟雾探测器感知到烟雾，烟雾探测器上的红灯亮起，驾驶台火灾报警板上的 Zone11 区域（代表机舱二层）Fire 指示灯亮，发出报警电铃声。机舱的报警灯柱发出声光报警；



image 8-7 机舱声光报警

4. 驾驶室语音通知机舱，告知机舱二层发出火灾警报；
5. 听到全船报警音并接到驾驶室通知后，三管轮在机舱二层进行检查，查找具体失火点；
6. 三管轮发现失火点后，使用对讲机呼叫“分油机间着火”，并迅速拿起附近的手持式二氧化碳灭火器，对准着火点进行灭火操作；



image 8-8 使用二氧化碳灭火器灭火

7. 火势逐渐减小，直至熄灭；
8. 火熄灭后，烟雾逐渐消失，分油机间烟雾探测器上的红灯熄灭，机舱与

驾驶台的火灾警报解除，报警音消失，报警指示灯熄灭。

9. 三管轮去集控台用电话向驾驶台汇报火已灭掉。

机舱失火（大火）

着火原因

主机高压油管爆裂，喷至排烟管上导致主机着火。



image 8-9 机舱大火

角色及站位

1. 船长：驾驶台
2. 三副：二氧化碳间
3. 轮机长：集控室
4. 三管轮：集控室

操作程序

1. 教员端触发机舱失火（大火）命令；
2. 机舱主机缸头处着火，火势由小变大，逐渐发出浓烟；
3. 机舱烟雾探测器感知到烟雾，烟雾探测器上的红灯亮起，驾驶台火灾报警板上的 Zone11 区域（代表机舱二层）Fire 指示灯亮，发出报警电铃声。机舱的报警灯柱发出声光报警；
4. 机舱可以主动发现着火，也可在听到火灾报警后知道着火。
 - a) 烟雾探测器先发出报警：驾驶台使用电话通知机舱，告知机舱二层

发出火灾警报，值班的三管轮在集控台上接到通知后，在机舱二层巡视检查，当发现主机着火时，通过对讲机呼叫“主机缸头着火”；



image 8-10 使用对讲机报告火灾

- b) 值班的轮机员先发现火灾：值班的三管轮在集控室中通过窗户发现主机着火，迅速手动按下集控室的火灾报警按钮，通过该按钮触发驾驶台和机舱火灾报警信号，并打电话通知驾驶台（船长）主机着火，然后迅速走至着火区附近；



image 8-11 使用火灾报警按钮报告火灾

5. 驾驶室打开应急消防泵，做好准备；
6. 三管轮尝试使用手提式干粉灭火器灭火，火势无法控制；



image 8-12 使用干粉灭火器灭火

7. 三管轮向轮机长申请停止主机、停止油泵，得到许可后，去操作停止相应设备；
8. 三管轮使用舟车式泡沫灭火器灭火，火势稍微减小，但无法控制；
9. 轮机长与船长电话协调，申请使用机舱大型二氧化碳灭火器灭火；

10. 轮机长下达命令，关闭设备，关闭通风，风油切断，三管轮具体操作，操作完成，人员撤离；
11. 机舱人员撤离，关闭防火门；
12. 三副去二氧化碳间，打开二氧化碳释放箱的箱门，此时机舱二氧化碳释放报警响起，机舱风油自动切断。打开二氧化碳释放箱内的两个释放阀开启空气瓶的瓶头阀，经过 20s 的时间，机舱二氧化碳将被释放；



image 8-13 二氧化碳间



image 8-14 遥控释放二氧化碳

13. 整个机舱将充满二氧化碳气体（机舱被白色气体充满，能见度低）；



image 8-15 机舱释放大型二氧化碳灭火效果

14. 等待大约两分钟，三管轮作为探火人员准备进入机舱。在进入机舱前，需先查看防火门外舱壁上的温度计，当温度显示在 45° 以下时，可打开隔离门进入机舱检查；
15. 三管轮查看着火点，当确认火已熄灭后，去集控台打电话通知火已熄灭；
16. 开启风机进行通风，机舱内的烟雾机二氧化碳逐渐消失；
17. 机舱及驾驶台的火灾报警音消失，报警指示灯熄灭；

人员落水

角色及站位

1. 水手长：主甲板左舷救生圈旁；
2. 三管轮：左舷救生艇旁；
3. 三副：主甲板右舷救生圈旁；
4. 二管轮：右舷救生艇旁。

操作程序

1. 教员端触发人员落水的指令，人从左舷甲板落下。
2. 当水手长发现人员落水后，拿起左舷甲板旁的救生圈，向落水人员抛去，落水人员套上救生圈。



image 8-16 左舷救生艇

3. 三管轮走到生活区二层的艇架旁，操作艇架的把手释放救生艇。

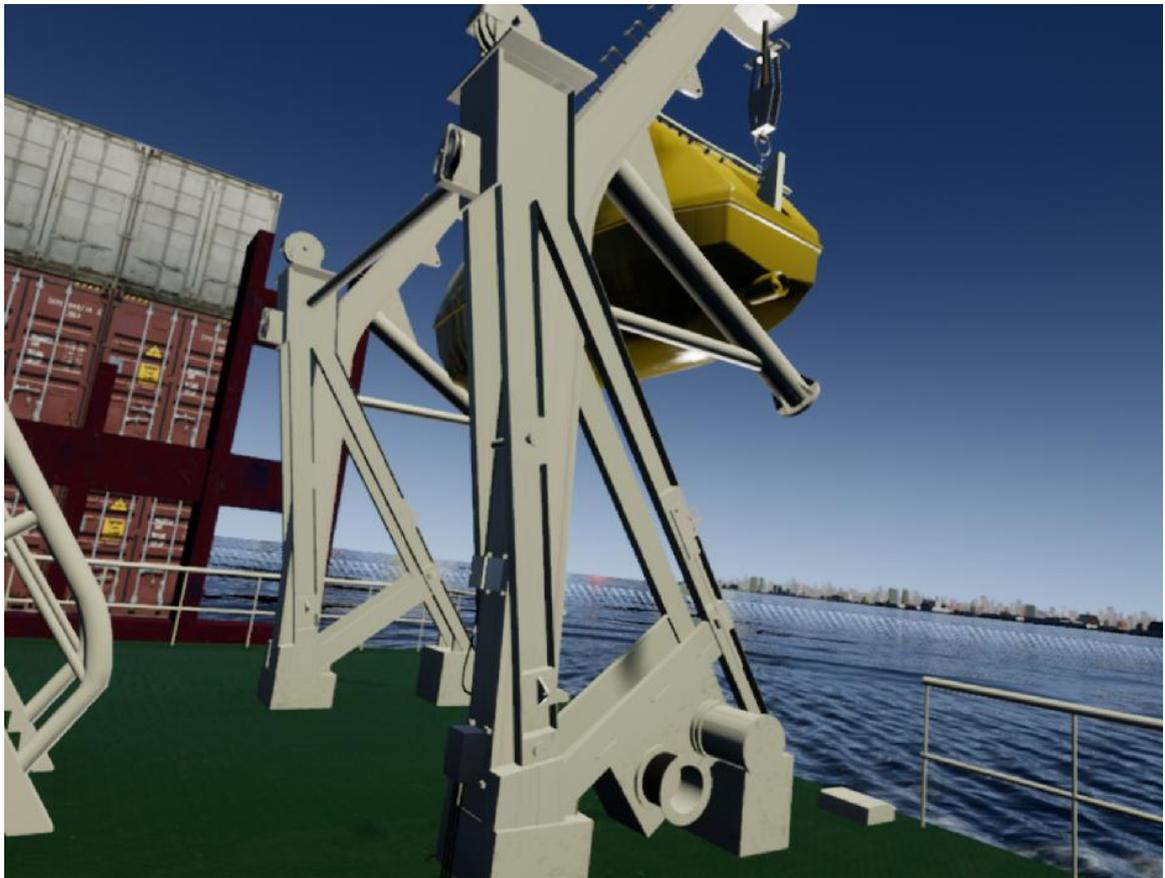


image 8-17 左舷救生艇

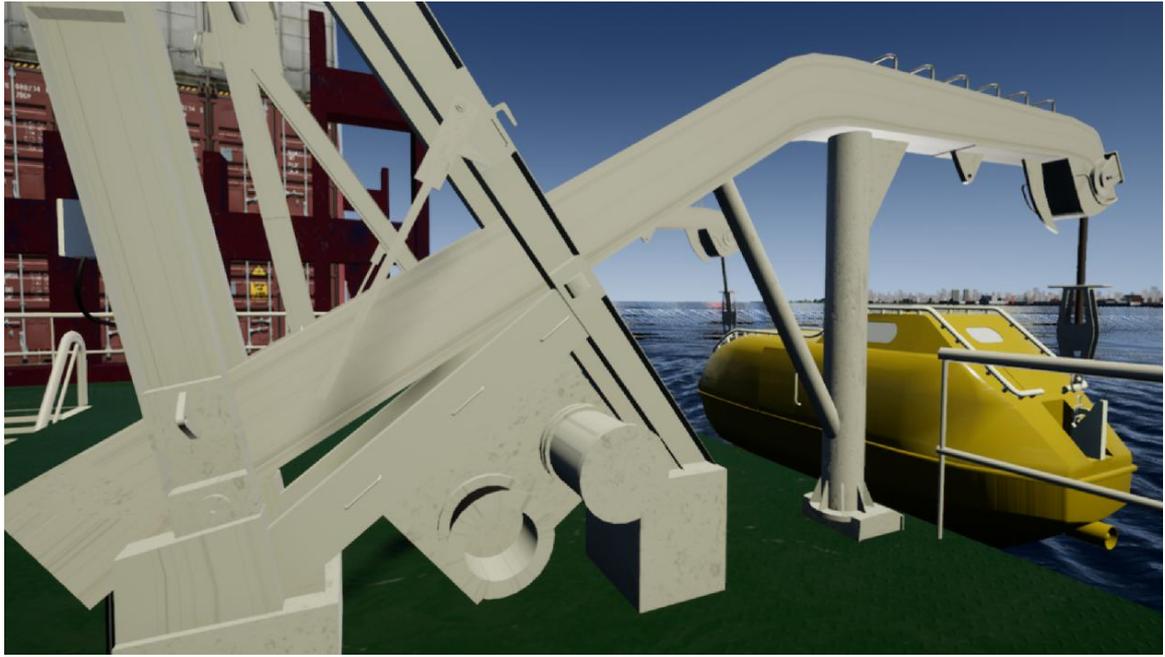


image 8-18 左舷救生艇（放下状态）

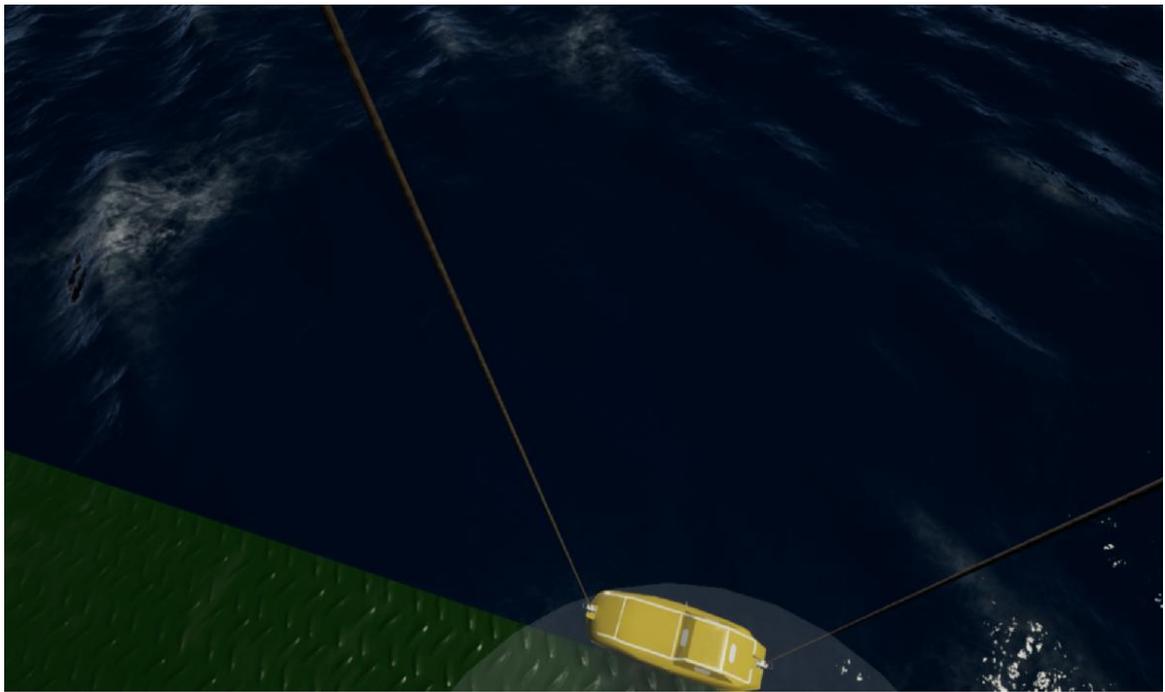


image 8-19 救生艇下放状态

案例三：船舶靠泊操作

初始场景

1. 船在河道中；
2. 引航船在船旁，引航梯入口处；

角色及站位

1. 引航员：引航船上；
2. 船长：驾驶台；
3. 大副：船首缆机旁；
4. 二副：引航梯控制箱旁，之后要走到船尾缆机旁；
5. 三管轮：集控室集控台；

操作程序

- 1、各角色登录，各角色初始站位见上一小节；
- 2、二副操作舷梯控制箱，将舷梯放下，便于引航员上船；
- 3、引航员通过引航梯上船，进入驾驶室，操作舷梯控制箱收舷梯；
- 4、引航员与船长对话，协商靠泊方案；
- 5、船长与船头、船尾人员语音通话（对讲机），通报靠泊方案；
- 6、使用拖轮协助本船靠港；
- 7、通过对讲设备向 VTS(教员端)报告靠泊动态；
- 8、船长操作车钟、舵，配合拖轮进港；



image 8-20 驾驶室操车视角

- 9、本船进港后，驾驶台用对讲机通知船头、船尾进行缆操作；
- 10、船首、船尾进行操作缆机进行带缆操作；
- 11、系缆结束后，引航员/二副操作舷梯开关，放舷梯；

- 12、 引航员走下舷梯，上引航船；
- 13、 拖轮离开；

案例四：船舶抛、起锚操作

角色及站位

1. 船长：驾驶台；
2. 大副：船首，靠近船舷，与水手长在一侧；
3. 水手长：船首锚机旁。

操作程序

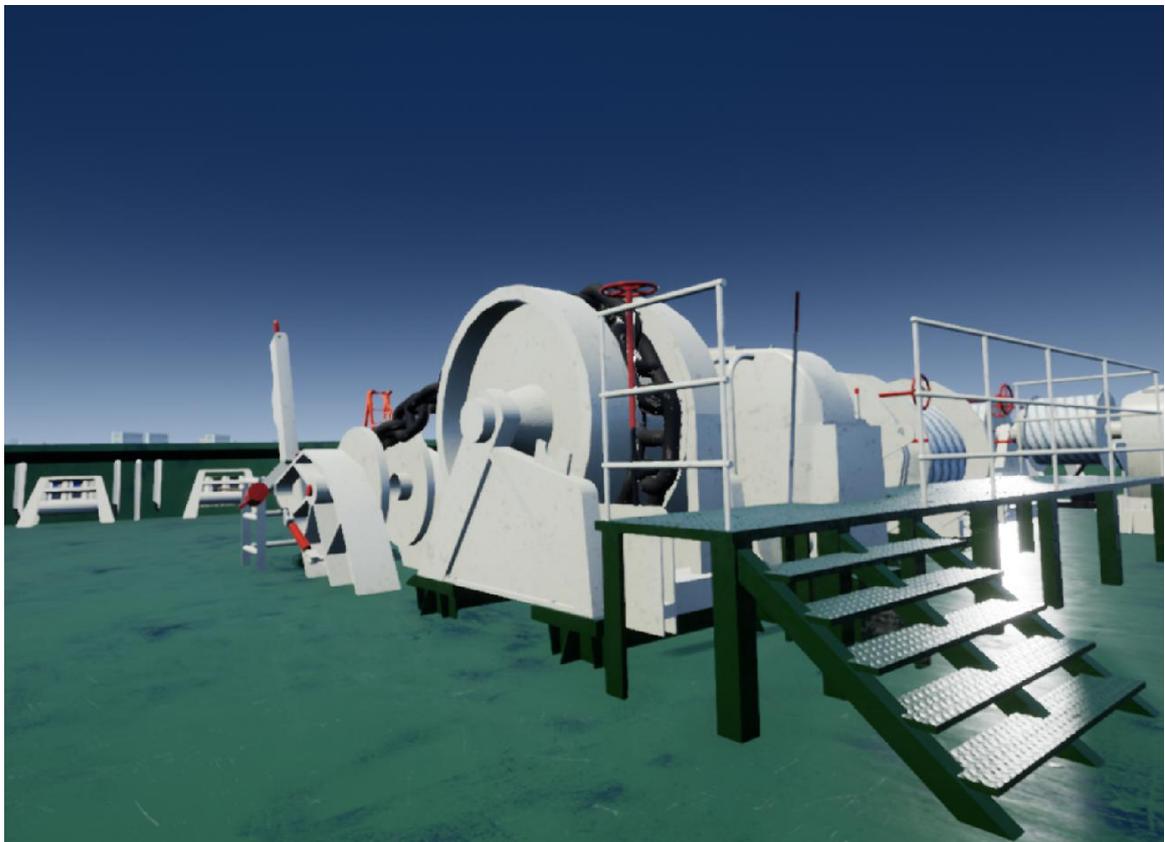


image 8-21 左舷锚机

抛锚

- 1、打开【锚机止链器】；
- 2、将【正反转手柄】向前推至正转档；
- 3、逆时针旋转【刹车手柄】松开刹车；
- 4、合上【离合手柄】，开始放锚。

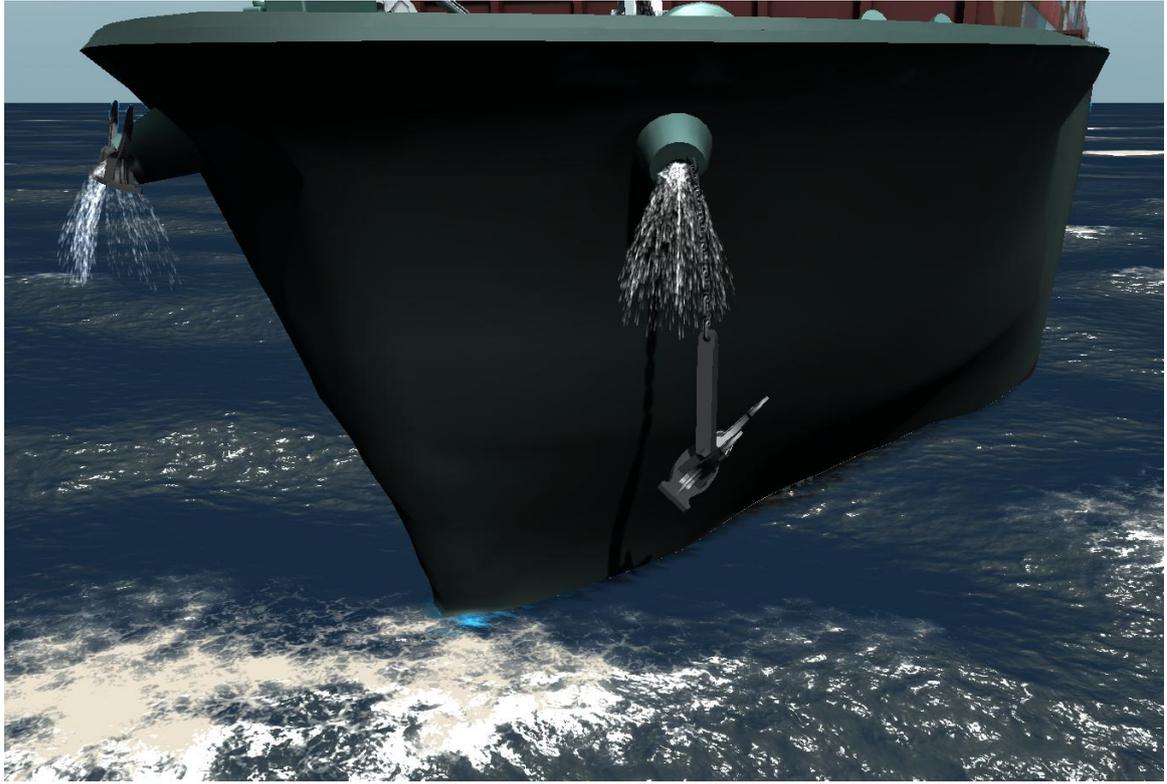


image 8-22 放锚锚爪水上视角

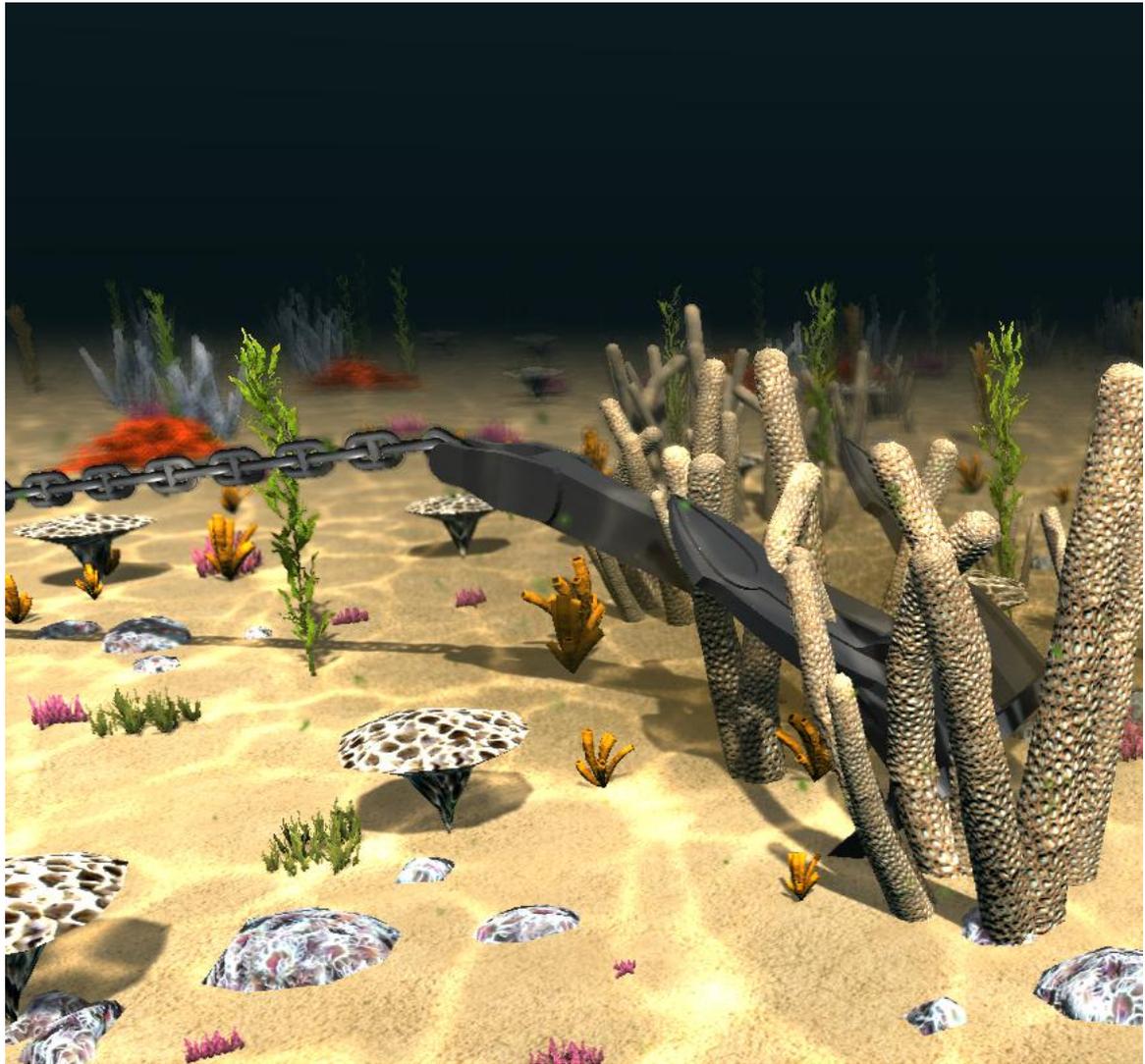


image 8-23 锚爪触地视角

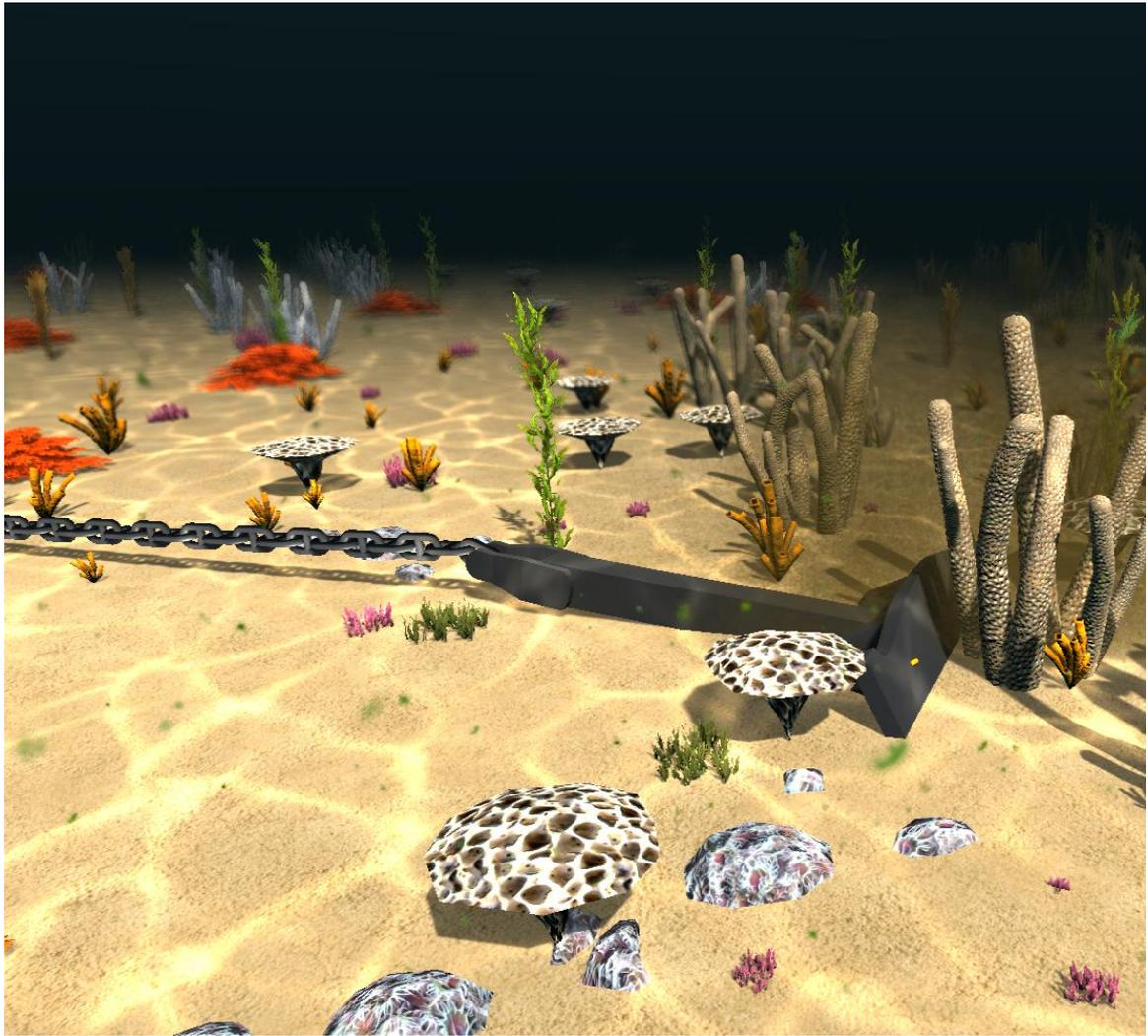


image 8-24 锚爪抓底视角

起锚

- 1、打开【锚机止链器】；
- 2、将【正反转手柄】向后推至反转档；
- 3、逆时针旋转【刹车手柄】松开刹车；
- 4、合上【离合手柄】，锚爪离地，开始收锚。



image 8-25 锚爪离底视角



image 8-26 锚爪上升视角



image 8-27 收锚锚爪水上视角

案例五：船舶主柴油机的操作与管理

注释

本课程由船舶应急发电机的起动开始进行瘫船起动。若采用岸电起动冷船，则可绕过本章的第一步至第三步，并作好第四、五、六步的工作。为避免由岸电转为船电时一些机电设备的不必要掉电，建议在本主程序的第六步之前完成岸电至船电的转换，再起动海水泵及中央淡水泵。

操作程序

(1) 主程序步骤

第一步：在应急配电板(主甲板应急发电机室)，用手动或自动的方式起动应急发电机，并向应急电网供电，合上应急空压机供电空气开关。

第二步：在辅空压机控制箱上按下辅空压机起动按钮，起动辅空压机，向辅空气瓶充气。



image 8-28 辅空压机控制箱

第三步：当辅空气瓶压缩空气压力大于 1.5MPa 后，确认柴油发电机应急供油泵（电泵或气泵）已启动，然后在机舱发电机控制箱或集控室主配电板用柴油启动主发电机，并投入电网供全船使用。注意：启动柴油发电机之前请务必打开柴油发电机启动空气阀。



image 8-29 发电机控制箱

第四步：在船舶电站的一号或二号组合起动屏上，起动海水泵及中央淡水泵，供给发电机以及主空压机冷却用水，这些系统中的管路阀件的开闭在机舱中进行。同时，起动发电机自身运转所需的燃油供给泵及燃油循环泵等。

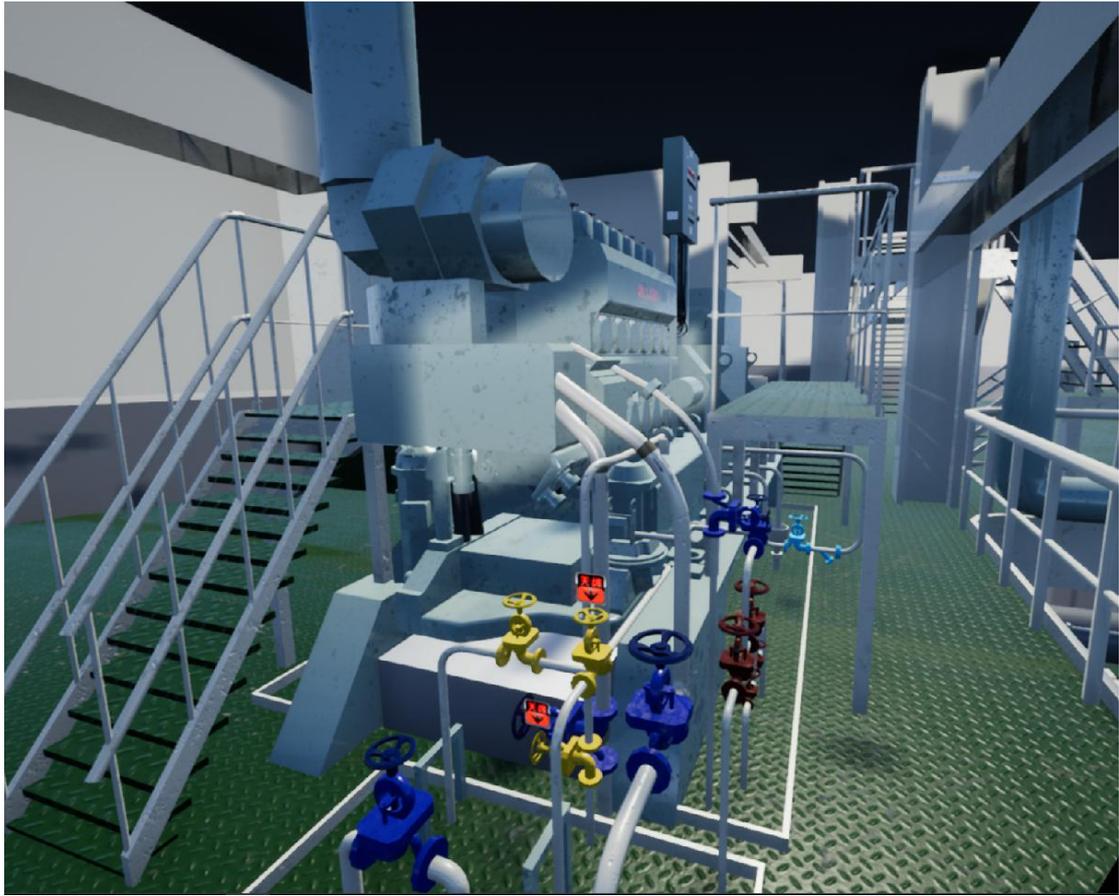


image 8-30 发电机管系及阀件

第五步：在电站 440V 负载屏，合上主空压机供电电源空气开关，在机舱空压机控制箱或集控台，以手动或自动的方式起动 1 台或 2 台主空压机，向主空气瓶充气，以供主机起动之用。最大充气时间约 30 分钟，最大工作压力 $P_{\max} = 3.0\text{MPa}$ ，安全阀动作压力为 3.3MPa 。



image 8-31 空压机控制箱

第六步：在电站 440V 负载屏合上辅锅炉电源开关，在机舱开启给水阀及燃油系统阀，在锅炉系统箱上开动风机，用柴油以自动方式起动辅锅炉（额定蒸汽压力 $P_{\max} = 0.7\text{MPa}$ ），以供燃油舱柜等加热用。



image 8-32 锅炉水供给阀

第七步：在机舱开启阀件，在电站组合起动屏起动主机暖缸泵。对主机缸套和缸头预热，缸头出口水温应达 60℃以上，为主机备车作准备（在主机进行备车试运转和开始冷却时，停止暖缸）。



image 8-33 主机暖缸泵

第八步：在机舱开启阀件，在电站组合起动屏起动主机滑油泵。先对滑油系统加热，然后进行驳运、净化及补给澄清柜、日用柜等，然后转入主机备车程序。



image 8-34 主机滑油泵

第九步：在机舱开启阀件，在电站组合起动屏起动主机燃油泵。先对燃油油加热，然后进行驳运、净化及补给澄清柜、日用柜等，然后转入主机备车程序。



image 8-35 分油机间主机燃油控制单元

(2) 主机备车、起动、运行程序

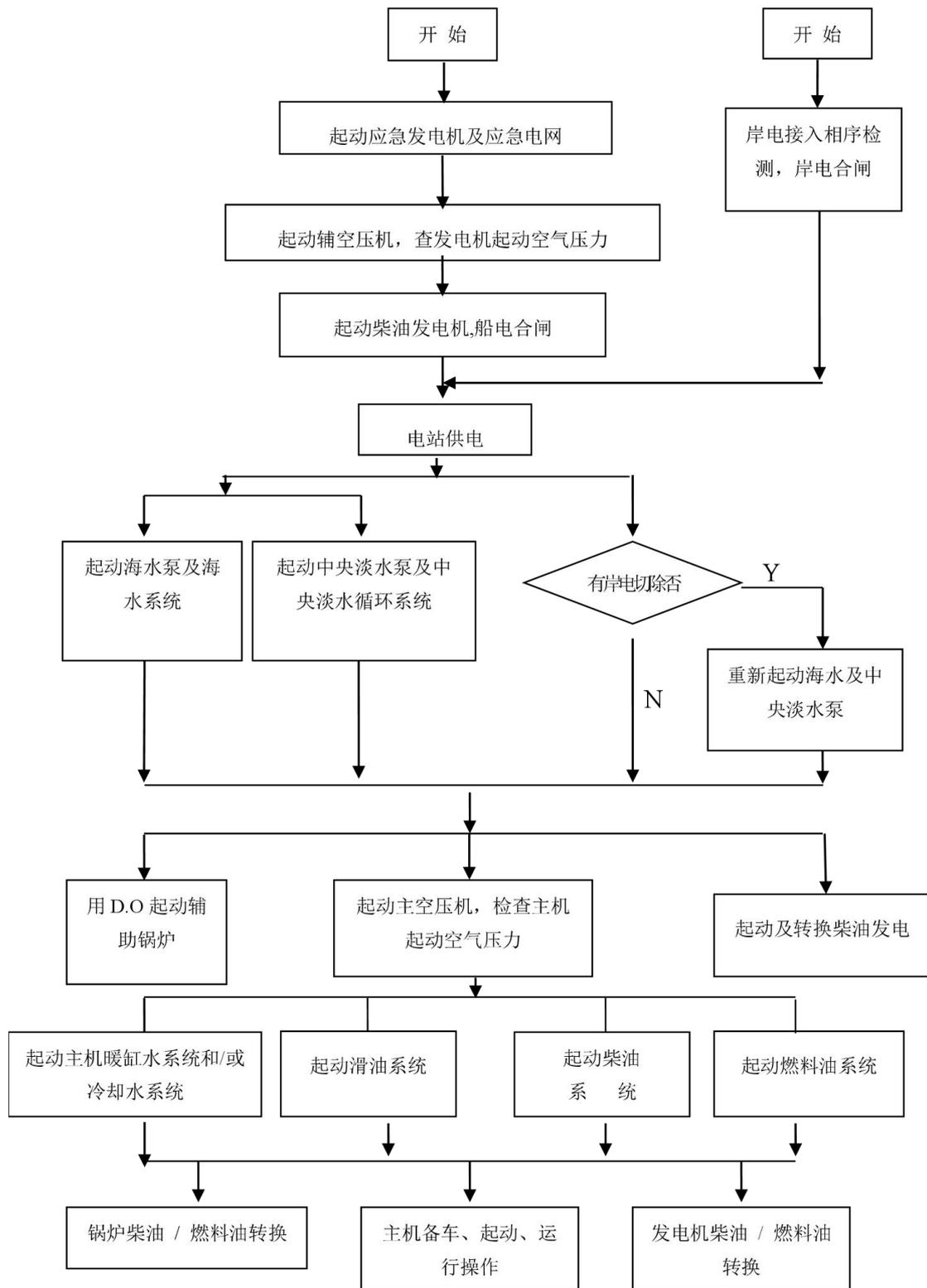


image 8-36 瘫船起动程序流程图



image 8-37 集控台

案例六：船舶辅锅炉的操作与管理

注释

(1) 本仿真辅助锅炉为主机废气（直火管）和燃油（横水管）两用联合锅炉。若主机不运行或主机废气量不够，需使用燃油锅炉。注意：锅炉与发电柴油机共用一套燃油系统。

(2) 辅锅炉的操作控制及蒸汽系统的管理，分别在船舶电站、机舱模拟屏中进行。

(3) 有关设备的控制说明：

1) 燃油及给水泵的电源供给，由电站 440V 负载屏的空气开关控制。开关合上时供电。开关分闸时燃油、给水泵不能工作。



image 8-38 主配电板

2) 由热水井至给水泵的泵前阀，在机舱由人工操作，而给水泵的起/停由锅炉水位控制器（软件）自动进行控制。



image 8-39 热水井至给水泵泵前阀

3) 燃油日用柜出油阀后的油品选择及燃料油蒸汽加热器的选择, 在机舱由人工操作。

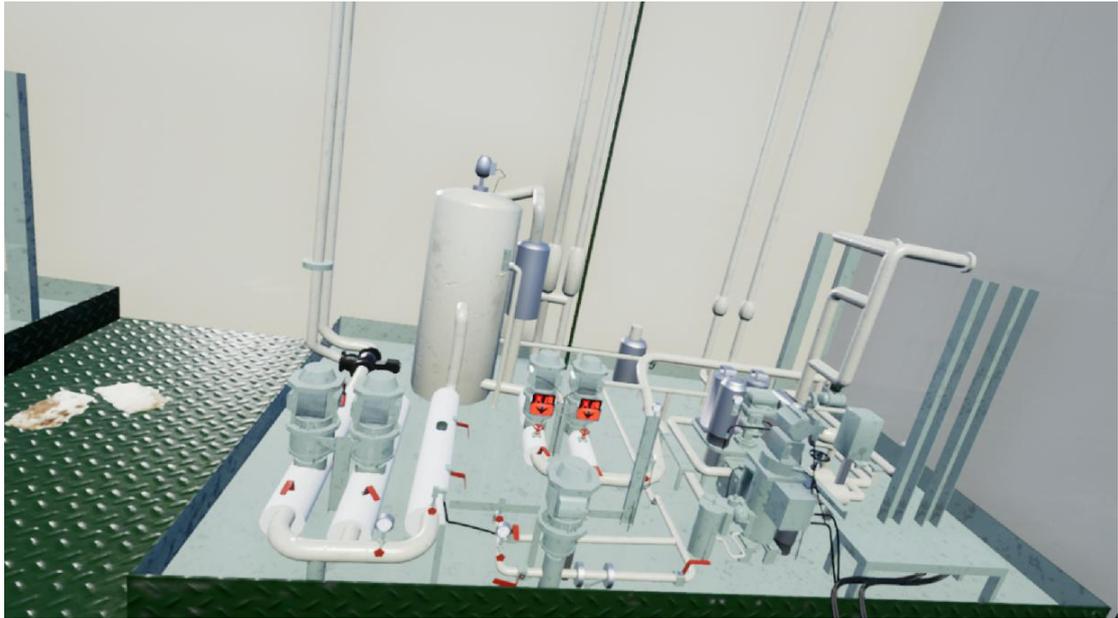


image 8-40 燃油供给单元

4) 燃油泵的运转与泵前阀联动工作，由人工在锅炉控制箱和机舱燃油系统操作。



Image8-41 燃油加热单元

5) 锅炉控制箱上设有仪表、指示灯、开关和按钮，显示主要参数及设备状态，启停相关泵组，开闭相关阀件。

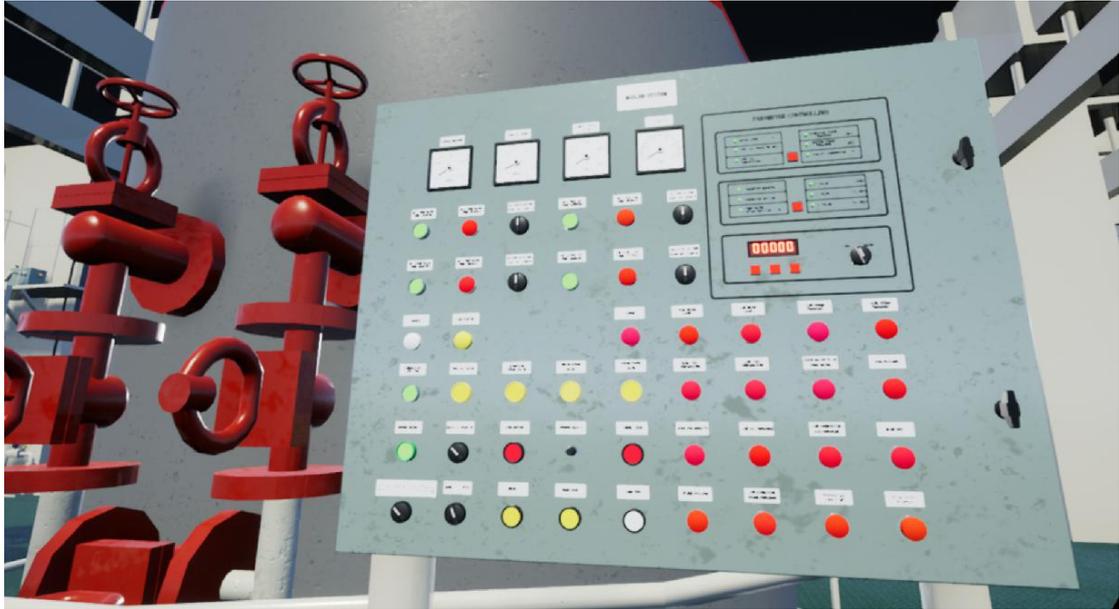


image 8-42 锅炉控制箱

操作程序

(1) 准备工作

- 1) 通过 CRT 上的辅锅炉系统图，检查炉水水位及给水系统中各阀门的开关状态是否正确；检查油柜油位及燃油系统中的阀门是否在正确位置；
- 2) 将轻重油选择开关扳至“DO”位置；
- 3) 将“手动—自动”选择开关扳至“手动”位置。
- 4) 若水位低于过低水位，起动一台给水泵补水；
- 5) 若 DO 或 FO 油柜油位过低，则在打开进油阀补油。

(2) 手动点火操作

- 2) 开启水泵和油泵；
- 3) 开启风机，预扫风；
- 5) 起动燃烧器“BURNER”；
- 6) 控制“BURNER NOZZLE”调节点火 DO 流量，按下“FIRE BUTTON”点火，“IGNITION ON”标志点火成功；
- 8) 控制“BURNER NOZZLE”增大燃油流量；
- 9) 关闭“BURNER ON/OFF”按钮，关闭燃烧器及点火油路；
- 10) 对 FO 油柜加温，超过 80℃后，DO 换 FO；
- 11) 开关转至“自动”。

(3) 手动停炉操作

- 1) 停油泵;
- 2) 开启“BURNER”;
- 4) 关闭“BURNER”;
- 7) 关闭风机;
- (4) 自动起、停炉:

当自动模式运行时，蒸气压力低于 0.3MPa 时，锅炉按照时序自动点火燃烧；高于 0.7MPa 时，锅炉按时序自动停炉。

案例七：船舶辅机的操作与管理

分油机的操作与管理

操作程序

- (1) 操作显示环境
 - 1) 电站 440V 配电板的燃油、滑油分油机供电空气开关;
 - 2) 机舱分油机控制箱;



image 8-43 分油机控制箱

- 3) 机舱中的燃油分油机、滑油分油机的油路系统;

(2) 燃油分油机操作程序

本模拟器仿真的燃油分油机共有三台，其中燃油两台、柴油一台，共用一个控制箱，由控制箱最下方的一个三位选择按钮“NO.1 NO.2 NO.3”（F435）选择，其中 NO.1 和 NO.2 为燃油分油机，型号为 Alfa Laval 公司的 FOPX-611，NO.3 为柴油分油机，型号为 Alfa Laval 公司的 MMPX-710。



image 8-44 燃油分油机控制箱

具体操作方法：

- 1) 检查高置水箱水位，必要时开启补水阀补水；
- 2) 在配电板开启燃油分油机电源开关；
- 3) 开启燃油净化系统管路中有关阀门；

- 4) 在机旁控制箱上进行下列操作：
 - a) 接通电源，选择机组；
 - b) 将工作模式选择开关（F427）转到“P”设定，油温加热设定值和排渣间隔时间（p60 和 p61），再转到“R”；
 - c) 起动给油泵；
 - d) 根据需要决定是否下加热器按钮，本加热装置为电加热；
 - e) 按下分油机马达起动按钮(F428)，当达全速时，按下“程序运行”按钮（F424），分油机即按程序运行；
 - f) 在分油期间可按排渣按钮（F425）手动排渣，排渣完成后自动恢复分油；
 - g) 停机时：先关加热器按钮，关闭供油泵，然后按下“程序运行”按钮，分油机将按自动程序排渣后停止运行。
 - h) 关闭系统各阀和电源。

油温报警值和排渣间隔时间的设置方法：

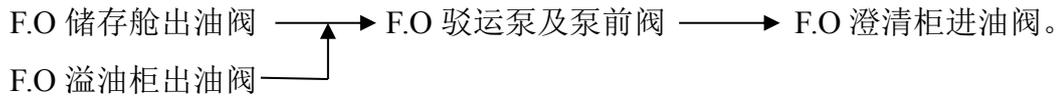
- 1) 将工作模式选择开关（F427）转到“P”位置；
- 2) 按 F423，在参数设置显示单元左边循环显示 1、2、3，分别代表不同的参数设置：1 油温设定值 2 排渣间隔时间 p60 3 排渣间隔时间 p61；温度单位为度，时间单位为分钟；正常设置如下：
 - a) 加温温度值 45℃（DO）92℃（FO）
 - b) 排渣间隔时间 p60 40S（DO） 10MIN（FO）
 - c) 排渣间隔时间 p61 30MIN（DO） 20MIN（FO）
- 3) 按 F424 增加参数设置，按 F425 减少参数设置，参数值显示在参数设置显示单元的右边；
- 4) 参数设置好后，按 F426 确认。

燃油系统的操作与管理

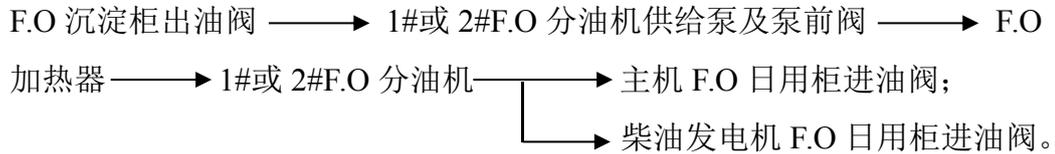
注释

- (1) 操作及显示环境：
 - 1) 电站 440V 负载屏中燃油驳运泵及燃油分油机供电空气开关；
 - 2) CRT 热工系统中的燃油系统流程图；
 - 3) 机舱中的燃料油系统；
 - 4) 机舱燃油分油机控制箱。
- (2) 燃料油系统组成：由驳运、净化、日用供给等工作流程组成。

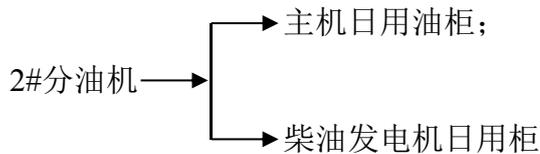
(3) 驳运流程组成:



(4) 净化流程组成:



亦可串连净化如下: → 1#分油机 → 2#分油机供油泵 →



(5) 日用供给流程组成:

1) 主机 F.O 日用柜出油阀 → 主机燃油供给泵 → 主机燃油循环泵 → 蒸汽加热器 → 燃油过滤器 → 粘度计 → 主机。

2) 柴油辅机 F.O 日用油柜出油阀 → 辅机燃油供给泵 → 辅机燃油循环泵 → 蒸汽加热器 → 粘度计 → 过滤器 → 辅机。

3) 锅炉 F.O 日用柜出油阀 → 锅炉燃油泵 → 锅炉燃油料加热器 → 锅炉燃烧器 → 锅炉喷油器。

操作程序

(1) F.O 驳运流程操作程序

- 1) 在电站 440V 负载屏合上燃油驳运泵供电空气开关;
- 2) 在机舱一层开启 F.O 储存舱出油阀及开启 F.O 澄清柜进油阀;



image 8-45 机舱一层油柜

3) 在机舱分油机间起动 F.O 驳运泵;



image 8-46 F.O 驳运泵

4) 如果 F.O 溢油柜较满时, 可开启其出油阀, 同时关闭 F.O 储存舱出油阀, 将溢油柜之油驳入 F.O 澄清柜。F.O 溢油柜抽空时, 应关闭其出油阀, 以防止 F.O 驳运泵抽真空运转。

(2) 净化流程操作程序

1) 开启 F.O 澄清柜出油阀并根据需要分别或同时开启 1#或/和 2#F.O 分油机供油泵前进油阀;

2) 在机舱根据工况需要, 开启主机和/或辅机的 F.O 日用柜进油阀;

3) 在燃油分油机控制箱，接通电源主开关，选择 1#或 2# F.O 分油机，然后开启 F.O 分油机供油泵；

4) 按加热器按钮起动 F.O 分油机马达，稍后按程序运行按钮；

5) 分油机工作过程中，在机舱检查及补给高置水箱的工作水；

6) 当主机和/或辅机的 F.O 日用柜充满时，关闭其相应进油阀或可同时停止分油机的运行。

注：F.O 日用供给流程操作程序，分别见主机及辅机的运行操作程序。

中央冷却水系统的操作与管理

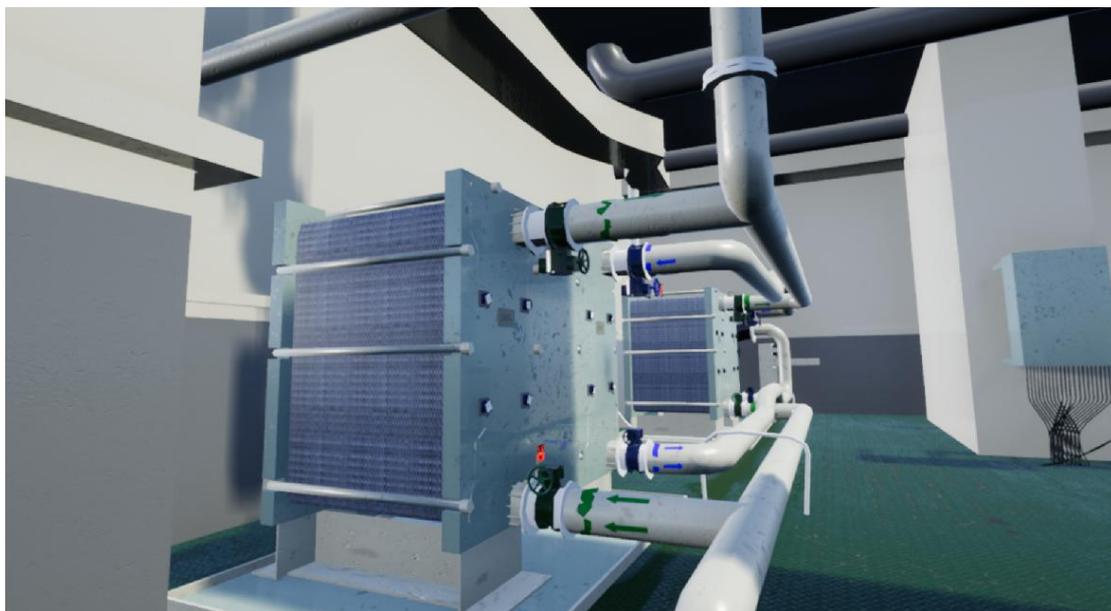


Image8-47 低温淡水冷却器



image 8-48 低温淡水泵

注释

(1) 操作及显示环境:

- 1) 电站组合起动屏中的中央冷却淡水泵控制器;
- 2) 机舱中的中央淡水系统;
- 3) 集控台热工系统 CRT 流程图中的中央淡水系统。

(2) 在主机要运行或主机虽不运行但有两台以上主发电机同时带负荷运行时,应开启一台或二台(1#或1#和2#)中央淡水循环泵,同时开启两台中央淡水冷却器的淡水阀。

(3) 当船舶停港,主机完车不再运行而且只有一台主发电机运行时,可以只开停港淡水泵,而此时只宜开一台中央淡水冷却器的淡水侧水阀。

(4) 中央淡水循环系统中膨胀水箱的水位控制方式仿真,初始时由人工开启补给水阀,后自行转为自动控制水位。主机、发电机、空压机等其它冷却水系统中的膨胀水箱亦同上述,不再说明。

操作程序

- (1) 开启中央冷却器淡水侧的进水阀,开启中央冷却淡水泵的泵前阀;
- (2) 开启所需之中央淡水循环泵,泵后压力正常值为 0.2~0.3MPa;
- (3) 检查膨胀水箱水位,若水位低可打开补充水阀;

(4) 警告: 如果不开启中央淡水泵前后的管路阀件,可能引起电站组合起动屏的淡水泵供电空气开关跳闸故障。在故障未排除前,不可强行合上电源开关。

船舶柴油发电机及船舶电站的操作与管理

注释

(1) 操作及显示环境:

- 1) 机舱发电机系统控制箱;
- 2) 集控室配电板;
- 3) 监控计算机电力系统 CRT 流程图;
- 4) 机舱柴油发电机及其系统。



Image8-49 机舱发电机控制箱

(2) 主发电机柴油辅机的起动须具备 4 个基本条件，即：有足够的起动压缩空气、燃油、滑油和冷却水。这些条件的操作位置如下：起动空气总阀设在机舱，燃油日用柜（机舱一层）及补给阀及燃油供给系统（分油机间）和加热器设备（分油机间），发电机滑油循环柜补给阀（以及抽吸阀）；滑油预供泵系统设在各柴油发电机滑油循环柜下方；发电机缸套冷却膨胀水箱补充阀设在 NO.1 柴油发电机后方；应急柴油供油泵（气泵和电泵）设在日用油柜旁。



image 8- 50 燃油加热单元

(3) 机舱发电机系统控制箱处，具有起动柴油发电机的最高权限。无论控制方式置为“LOCAL”或是“REMOTE”，均可在控制箱上起动；而要在配电板上起动发电机，则必须在机舱发电机控制箱上设为“REMOTE”方式，且配电板上的“READY”灯亮有效。“READY”灯亮的基本条件是：

- * 起动空气压力 $>1.2\text{MPa}$ ；
- * 柴油机日用燃油柜油位 $>0\%$ ，且燃油供油油路连通；
- * 柴油机油底壳滑油循环柜油位 $>40\%$ ；
- * 缸套冷却水出口温度 $<90^{\circ}\text{C}$ ；
- * 滑油进口温度 $<80^{\circ}\text{C}$ ；
- * 机舱柴油发电机控制箱及电站配电板的所有热工故障和电气故障报警已复位；
- * 机舱控制箱设置为“REMOTE”方式。

操作程序

- (1) 检查发电机燃油日用柜，滑油日用柜，滑油循环柜及膨胀水箱液位是否正常。
- (2) 开启发电机起动空气总阀，并检查起动空气压力。
- (3) 开启燃油供给阀（由应急发电机供电时，开启应急燃油泵）。若为常温

冷车起动请使用柴油，若重油已加热，可转换使用重油。

(4) 选择起动位置并起动。若在机舱起动，可在控制箱直接起动四台发电机的任何一台，若在配电板起动须先在机舱控制箱设置为“REMOTE”方式，并检查配电板的发电机屏上“READY”灯是否点亮，亮则可起动，否则无法起动。

(5) 主开关合闸入网。当起动的发电机建立额定电压及频率后，可作入网或并网操作。单机入网不需使用并车同步装置，即同步表选择开关置于“OFF”位置，在并车屏上直接按下欲入网的发电机合闸按钮（ACB. CLOSE）即可。若为第二台发电机并网，则需使用同步装置，并按两种同步方式之一，进行调频整步及合闸操作（详见 5.2.4 节），当听见主开关合闸声响，且合闸指示灯（ACB. CLOSE）亮，或该发电机的功率表有负荷指示即为合闸成功。若为“手动”并网，还需进行负载分配。

(6) 若为冷船起动，合闸成功后，应首先起动一台海水泵和一台中央淡水泵，以及该两系统的管路阀件，保证发电机维持运转所需的冷却条件。

(7) 电网有电后，合上所需供电的组合起动单元的供电开关、440V 负载屏有关供电开关及其他用电设备供电开关，再转入主空压机及辅锅炉等其他系统的操作。

8.3 项目优势

相对于传统的教学培训方式，虚拟仿真实训平台具有以下优势：

(1) 节约资源

节约大量的人力、财力和维修保养成本，节能减耗得以实现。水路运输专业实训设备造价昂贵、实训项目耗能巨大，部分实训项目危险系数较高，采用虚拟仿真实训平台，可以很好的解决这些问题。

(2) 全面直观

实训内容全面，教学直观真实，具有沉浸感，效果更佳。虚拟仿真平台能进行几乎所有训练科目的实训，可用客观的结果对学生实际操作进行评定，这弥补了实操培训可能导致设备损坏的项目；而且，大部分实践项目都是学生口述，缺乏依据，严重脱离实践，培训效果不甚理想。

(3) 丰富高效

丰富教学内容，提高教学水平，增强培训效率。根据实训的需要可增设多种实训项目，摆脱传统单一、乏味的理论和实训教学模式；虚拟仿真实训模式增加

了学生自主学习积极性，使学生更专注地投入课堂，提高实操训练效率。

（4）安全便捷

消除实船训练安全隐患。真实的船舶设备，大部分不能让学生亲自动手实操，尤其是具有危险性和可能污染环境的操作，如驳油、靠码头等，但在虚拟仿真实训平台上进行任何培训不会导致任何伤害，而且升级维护便捷。

（5）资源共享

虚拟仿真平台内容扩展性强，软硬件兼容性好。目前该平台主要功能围绕航运工程系相关学科实验教学内容展开，后期可进一步扩展其他院系及学科的实验教学内容，如机械、交通运输、建筑等学科。