

船舶操纵实验指导书

航海模拟器实验室

第一章 SMU-VI 型雷达模拟器介绍

第一节 概况

上海海运学院根据国际海事组织（IMO）和我国海事局对船员教育培训的规定和要求，自 1989 年以来一直致力于自行和合作开发建设的航海模拟器。并于 1998 年研制成功 SMU-IV 船舶综合操纵模拟器，其技术经国家一级查询机构经上海市科技情报所查新和交通部组织的专家鉴定，表明达到当前国际先进水平，认为主要技术性能达到九十年代国际同类设备的先进水平。系统通过了交通部科技司组织的专家鉴定，认为填补了我国大型船舶操纵模拟器制造的空白，结束了在这个领域长期依赖进口的局面，系统主要技术性能达到国际同类设备的先进水平，满足 STCW 公约提出的利用模拟器对船员的任职技能水平进行考核的要求。该系统 1998 年通过 DNV 和中国海事局 ISO 9001 质量体系的审核。在随后的几年中，经与有关航海院校、海运公司以及部队单位合作，先后开发包括雷达模拟器、操舵模拟器、操纵模拟器在内的多套航海模拟器系统，用户使用情况反映良好。我们为佳木斯部队研制成功的《大型综合船艇操纵模拟器》，在国内首先实现了大型船舶操纵模拟器和大型轮机模拟器联动，2002 年获全军科技进步一等奖，表明我校研制大型航海模拟器的技术水平已经成熟。2002 年，在总结十多套推广应用系统的基础上，对视景显示系统、软件功能扩展和硬件设备的完备性方面进行了全面升级改造，升级为 SMU-VI 型大型船舶综合操纵模拟器，整体性能保持国内领先。

第二节 系统组成与性能指标

整套航海模拟器系统有二套相对独立的模拟器系统组成：一套大型船舶操纵模拟器；四本船大型雷达模拟器。本书主要介绍大型雷达模拟器部分的组成与使用方法。

1 教练员控制系统

教练员控制系统是雷达模拟器的中央控制单元。主体是教练员控制台系统，供教练员设置训练项目，控制训练过程，监督学员操作情况以及回放操作过程和讲评等。

教练员控制台系统主要构成部分如下：



1.1 系统主控机

用于教练员设置训练项目，设定或修改各种练习内容的参数，监视和控制整个训练过程。主机选用联想开天 4600 P4/1.8 微机。机内配置：双屏显示卡，分别向控制台左侧面板上的二台 E90 显示器发送图形和数据显示信息，监视器显示操作水域平面图以及本船与物标船的位置、动态；

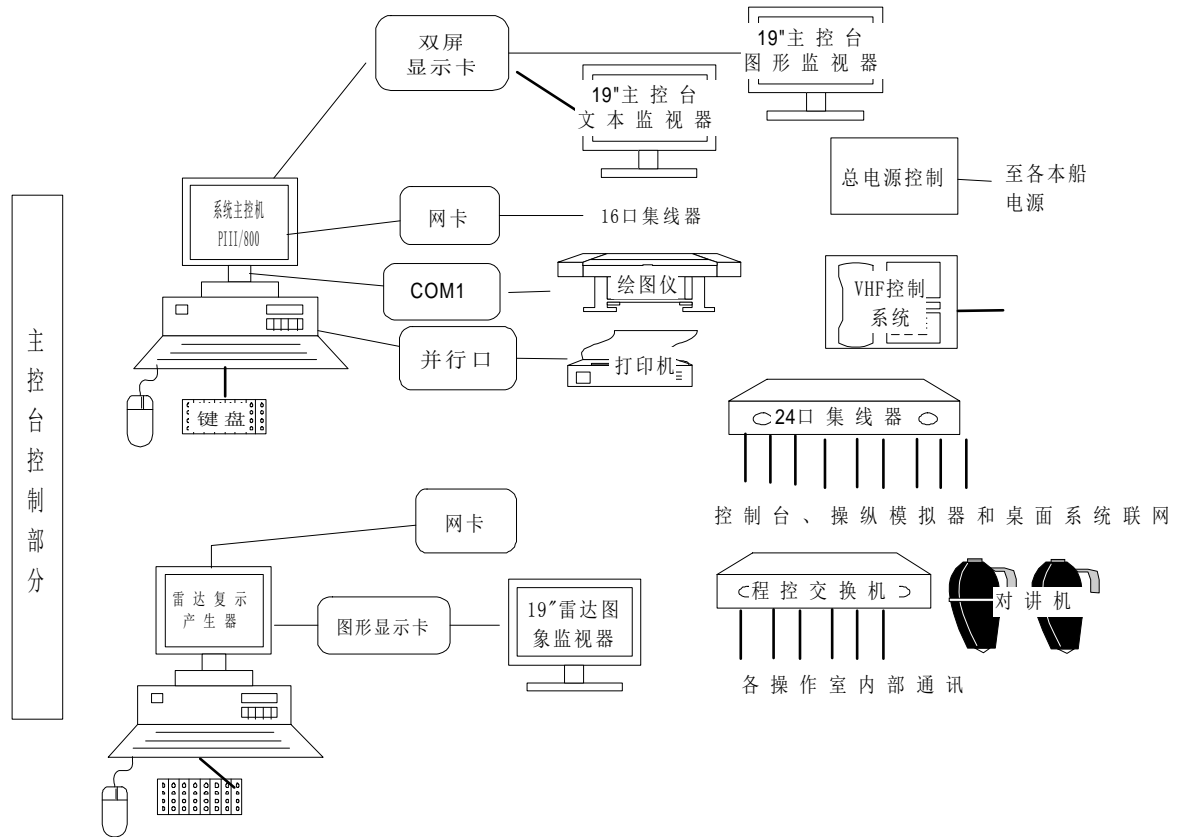
并行口 LPT1 向 EPSON STYLUS PHOTO EX3 打印机提供打印数据；

联想 PS/2 键盘和 USB 光电鼠标器，用于界面操作。

1.2 模拟雷达监视器

根据系统主控机的指令，选择显示任意本船的雷达图像，以便于教练员了解各本船的训练状况。本雷达监视器采用计算机模拟雷达显示器方案。主机选用联想开天 4600 P4/1.8 微机。显示卡向控制台右侧面板上的 E90-2G 显示器发送模拟雷达显示信息；

集成网卡，与系统主控机进行数据通讯，确定显示某条本船的雷达图像，并获取该本船的航向、速度及选用的量程。



图一 教练员控制台系统框图

1.3 内部通讯控制系统：

用于与雷达本船 VHF 通信联系，同时主控台承担代表机舱、其他船、港口交管、船上其他部位的回话和呼叫等通信任务，采用单片机组成独立的有线系统模拟无线的系统。可避免与外界港航机构的相互干扰。

1.4 彩色喷墨打印机。

选用日本品牌 EPSON STYLUS PHOTO EX3 A3 彩色喷墨打印机，用于打印有关资料和训练记录。可绘制操作水域平面图、各本船与物标船的航迹等训练记录。

1.5 电源控制箱

由于整套设备的电源功耗比较大，而教练员控制室与模拟驾驶室的设备又相对独立，为设备安全和维修方便，电源控制箱有电源开关分别控制各个单元的供电。

1.6 网络集线器

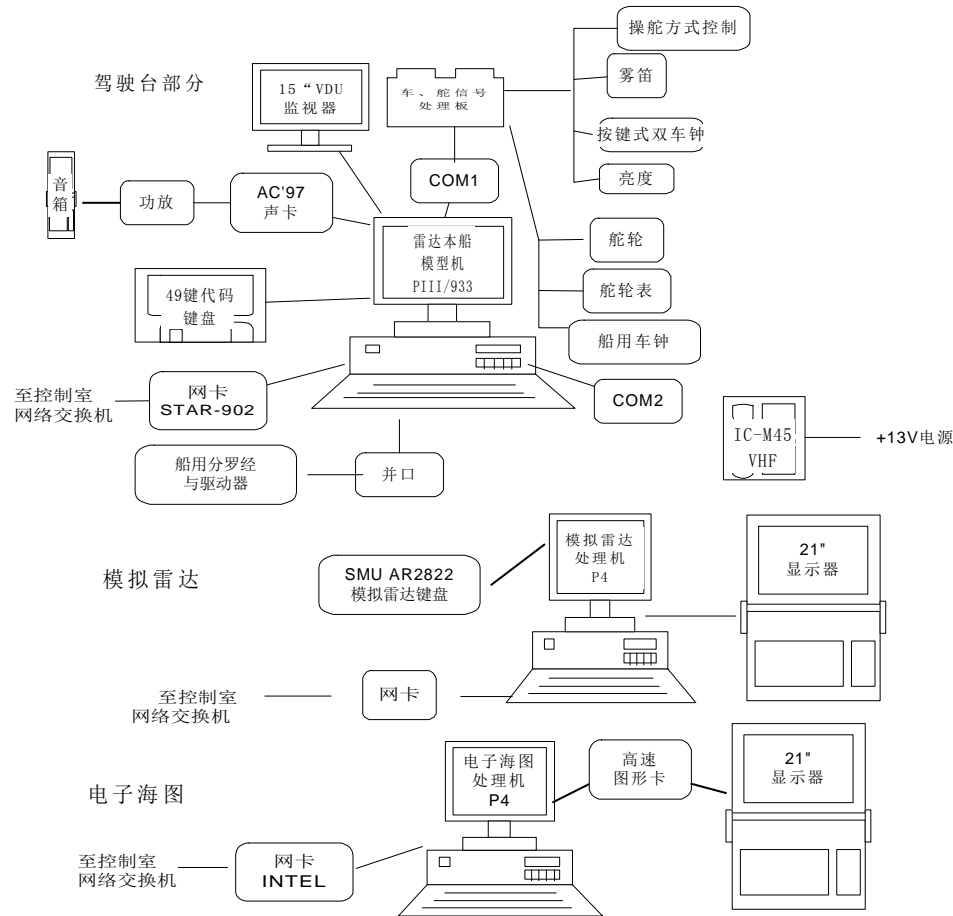
采用一台 100M 智能型自适应 16 口高速交换机。实现系统中 14 台计算机实时联网。

2. 四套雷达模拟器本船

雷达本船主要用于雷达观测和 ARPA 操作使用方面的训练。

四间雷达模拟器本船室各有能满足雷达模拟器训练要求的模拟驾驶操纵台、模拟雷达信号发生器、船用 ARPA 雷达显示器和电子海图。雷达本船基本组成如图 3。

雷达本船主要构成部分如下。



图二 SMU-SHFU船舶模拟雷达本船基本组成框图

2.1 模拟驾驶操纵台

2.1.1 模型控制计算机

根据教练员控制室主控机的训练项目指令，负责采集模拟驾驶台上全部操作按钮的状态，进行各种模拟船舶运动方程的计算，把计算结果提供给各仪表和 VDU 显示器，同时向视景模拟系统、雷达模拟器和教练员主控机提供船舶运动参数。计算机主机选用联想开天 4600 P4/1.8 微机。向控制台面板上的显示器发送图形和数据显示信息；集成网卡与系统主控机进行数据通讯。

有源音箱一对，根据船舶类型、航行中使用车钟的状态、人工或自动汽笛按钮的状态，发出相应的模拟环境声响和汽笛声。

2.1.2 操纵面板

主要仪表配有：舵轮指示表：指示舵轮位置， $-35^{\circ} \sim +35^{\circ}$ 度。

船用分罗经：实时指示航向。

操舵装置有：手操舵舵轮；

应急舵手柄。

主要按钮配有：系统电源开关：模拟器电源。

启动按钮：启动计算机。

按钮式 11 档标准双车车钟：用于车钟操作和控制。

操舵方式按钮：自动：灯亮，用小键盘输入计划航向

正常：灯亮，可用舵轮或应急手柄操舵

人工：灯亮，用舵轮操舵

应急：灯亮，用手柄操舵

声号控制：人工：声号持续时间由按钮按下时间长短确定

自动：按下，灯亮，自动发送雾笛声号

再按，灯暗，停止发送雾笛声号

照明控制：“+” 增强按钮中发光二极管亮度

“-” 降低按钮中发光二极管亮度

工控 49 键小键盘：用于初始罗航向数据输入及 VDU 显示状态控制。

轨迹球：用于计算机初始状态设置及视景显示器的显示状态控制。

2.1.3 面板信号接口处理板

安装于模拟器后机箱内，是包含专用高速模-数/数-模采集转换功能的单板机控制印刷电路板。操作面板上的所有操纵组件、按钮、仪表和指示灯的往来信号，均通过该电路板进行相关的信号处理，再经计算机串行通信 RS232 口连接到模型控制计算机。用于采集车舵和开关状态信息，并接收 PC 主机的命令，调整系统状态，给出相应的状态指示。

计算机的打印机并行口连接罗经信号驱动电路板，驱动分罗经跟踪航向。

2.1.4 航行数据显示器

采用联想 15 英寸显示器，显示分辨率为 1024X768，用于显示船舶驾驶台主要航行用仪表。包括：航向、航速、主机转速、回旋角速度、水深、航程和运行时间等。

2.2 雷达模拟信号发生器

用于产生用户选定的真实用 ARPA 雷达显示器必需的触发脉冲、回波视频、方位脉冲、船首向脉冲、电罗经航向和计程仪脉冲信号，兼顾海域数据库管理和图像变换计算。

雷达信号模拟机主机选用联想微机，

雷达信号发生器，是自制的一块电路板，插入机内 ISO 槽口，由雷达接口电路、A/D 接口电路、罗经和计程仪接口电路、控制电路构成。用于产生真实的船用 ARPA 雷达显示器必需的触发脉冲、回波视频、方位脉冲、船首向脉冲、电罗经航向和计程仪脉冲信号，送雷达信号分配器。

2.3 真实船用 ARPA 雷达显示器

采用 8 台真实的船用雷达显示器，其中 4 台不同型号的船用 ARPA 雷达显示器，4 台 RACAL DECCA RM1290 普通雷达显示器。

2.4 船用电子海图显示器

主机选用联想开天微机。向电子海图的 21 英寸显示器发送电子海图图像。

10/100 兆自适应高速集成网卡与教练员控制台和模拟驾驶操纵台交换信息。

2.5 模拟船用 VHF 电台

采用单片机组成独立的有线系统模拟无线的系统。可避免与外界港航机构的相互干扰。

3 系统性能及技术指标

3.1 教练员监控台

供教练员设置练习项目，监视和控制训练过程，输出训练结果等。

1、训练项目设置。即编制新练习项目，将训练项目的初始情况预先编制并存档。数目没有限制。可随时调用任一已设置项目。

2、可设置训练海区，不少于 5 个（包括 1 个新水域）。

3、可设置本船和他船船型，各不少于 5 种（包括 1 种新船型）。

4、可实时监控和调整本船数不少于 10 个，目标船数 80 条。

5、可显示本船及物标船状态、运动数据及有关参数。可显示各本船间及本船与物标船间的关系数据，如方位、距离、DCPA、TCPA 等。

6、可设置训练环境，如风、流、潮水情况等。

7、可设置船舶各种情况下的号灯、号型操作训练，目标船的号灯、号型可实时控制。

8、可设置全天候船舶训练环境：白天、夜晚、晨昏朦影、迷雾自动连续变化或由教练员根据训练需要随意变化。

9、可控制多艘拖轮对本船进行靠离泊助航。

10、可设置雷达海浪和雨雪干扰区域；

11、可设置雷达应答标（RACON）和应急示位标（SART），控制人员落水点。

12、可设置各本船相互可见和相互不可见。

13、可控制本船的操作。

14、可控制训练过程。如随时改变物标船运动参数，增加或减少物标船等。

15、系统具有多种数据记录，具有冻结和重放功能。

16、可设置练习的评估、分析、打印功能

17、可设置各种故障、恶劣气候、危险情况下的应急操作。

18、可输出训练结果硬拷贝，如本船与物标船的运动轨迹等。

3.2 模拟船桥驾驶台

用于学员对本船的操作和控制。

可进行车、舵操作。可进行手操舵和自动舵切换。可模拟双车船。

可显示有关航行信息，显示舵角、RPM、航向航速、风流情况、水深等。

具备碰船、搁浅、撞岸等报警。

具有模拟雾笛功能。包括手动与自动雾笛。

通讯方式有 VHF 方式。

有模拟声响环境声。

3.3 电子海图系统

显示操作水域电子海图和有关资料，进行有关海图作业和航行监视。

1、可显示各本船和物标船的位置和动态。

2、可进行航线设计，定位等有关作业。

3、可进行海图小改正。

4、可设置警戒区，偏航报警等。

5、显示分辨率 1280×1024。

6、可选颜色数不少于 256 种。

7、图纸转换误差不大于 0.5mm。

8、显示区域、范围可调

3.4 模拟雷达系统与雷达信号生成系统

生成船舶航行水域的雷达回波图像及有关信号。

1、雷达回波生成基于图像模式，对于生成岸形和灯标等回波信息时没有点、线数目上的限制；

- 2、图像精细，具有良好逼真度；
- 3、显示分辨力方位每周 3 600 线，距离 12 n mile 1 024 单元；
- 4、显示海浪和雨雪干扰区雷达图像；
- 5、具有回波遮挡和远距离衰减效应；
- 6、可显示雷达应答标（RACON）和应急示位标（SART）雷达图像；
- 7、可显示和控制 80 个物标船；
- 8、可配接多种雷达型号。

3.5 模拟 VHF 通讯机系统

用于教练员监控台与本船间以及本船与本船间的语音通信联系。

- 1、可进行频道切换。
- 2、具有单工、双工模式。
- 3、模拟 VHF 话机操作，如音量控制、噪声抑制等。

3.6 雷达监视单元

用于教练员监视模拟船桥驾驶室雷达图象。

- 1、可通过切换监视各不同本船（包括桌面系统）。
- 2、可变换量程。
- 3、可变换显示模式。

3.7 模拟导航仪

模拟 GPS 导航仪的显示和有关操作。

第三节 SMU-VI 模拟器系统开机步骤

本船由本船控制台，模拟雷达，电子海图，VHF 系统等组成。

1. 开机步骤

- 1) 系统通电。
- 2) 启动各操舵本船计算机，运行操舵控制程序(ship.exe)，核对罗经，启动视景程序。
当主控制机上的 SYATEM STATUS 对话框中的“OS STN”栏分别显示“OK”后表示该操舵本船已经登录主控制机，可以关闭系统监视对话框并开始初始化练习。
- 3) 进入练习程序后的有关具体操作步骤参阅各自的操作说明

2. 关机步骤

- 1) 主控制台以及各本船正常退出运行程序
- 2) 主控制台以及各本船正常关机（“Alt+F4”）
- 3) 关闭主控制计算机电源以及各操舵机电源
- 4) 关闭总电源

第四节 驾驶本船概要说明

驾驶本船由驾驶本船控制台（车、舵、罗经等）、锚、缆、多普勒靠泊显示系统、信号

灯、雷达真机、模拟雷达以及电子海图系统等组成。

1. 驾驶本船控制台

本船控制台由手控车钟、电车钟、舵、罗经等组成。

开关机步骤和操作方法详见雷达本船操作手册的控制台部分。有关按钮等功能简介如下：

1. 1舵

操舵方式可以是自动操舵，随动操舵，应急手柄操舵。通过面板上的操舵转换按钮转换操舵方式。当采用随动操舵方式时，在正舵时，左舵→舵轮左转，右舵→舵轮右转，回舵反转舵轮。舵轮指示器指示相应的舵轮转出角，舵角指示器指示舵叶转角。当处于应急手柄操舵方式时，扳动面板后侧的应急操舵手柄，可以控制舵叶转动。左舵→手柄左扳，右舵→手柄右扳，回舵反扳。在采用自动操舵方式时，可以通过面板上的小键盘和轨迹球设置航向和自动舵的控制参数。

1. 2车钟

本控制台上用手控车钟和电车钟。一般采用手控车钟。操作手控车钟手柄可以控制主机转速。当手控车钟失效或需要用电车钟时可以用电车钟。电车钟上各档按钮可以控制主机转速。面板现有左右两排按钮。可以控制双车。单车一般用左侧一排按钮控制车速。

1. 3雾笛

雾笛按钮开关有两个。其一时手控雾笛开关，其二为自动雾笛开关。手控雾笛开关直接控制声号的鸣放。自动雾笛开关控制自动雾号的鸣放。可以通过面板上的小键盘和轨迹球设置对应于船舶状态的雾号。

1. 4罗经

罗经用于显示当前船首向。

1. 5小键盘与轨迹球

小键盘与轨迹球相配合可以实现各种输入，还可以在各程序中切换。

2 显示仪表

在驾驶本船前部，为一排仪表，分别用于显示风向风速、舵角、主机转速、舵角、转首速率、水深等。

3 缆控制部分：

在靠离码头时需要使用本部分。而且只有当驾驶本船通过VHF向主控制台申请并经主控制台相应操作后才能操作相应的缆绳。

缆绳分四块，分别时首部左右侧，尾部左右侧。每块有三根缆绳以及一个操作手柄和相应的数码显示。每个手柄可通过其左或右侧的缆绳选择钮切换来控制相应的缆绳。操作手柄可以有收、放、停三个动作（收、放可变速）。数码显示窗显示出缆的长度。

4 锚控制部分

注意：必须在适宜抛起锚的船速下进行抛起锚操作。

锚控制部分完成抛起锚操作。可以完成左右两个锚的抛起锚操作。“HEAVE”，“LET GO”，“SLACK”及“STOP”四个按钮完成绞，抛，松，停四个操作。其下的四个显示窗显示“SPEED”，“DIR”，“STRAIN”及“LENGTH”

5 多普勒计程仪：

多普勒计程仪用于在靠泊时显示船舶首尾的横向靠拢速度船中部的前冲后缩速度以及各自距码头的距离。

6 信号灯控制按钮

在驾驶本船的右侧为船舶信号灯控制按钮。各按钮分别控制相应的信号灯。（信号桅上的几个灯留待进一步开发）

7 雷达真机，电子海图，模拟雷达，VHF

雷达真机，电子海图，模拟雷达，VHF 的操作方法参见该雷达的操作说明以及电子海图，模拟雷达，VHF 各自的操作手册。

第五节 SMU-VI 船操纵模拟器本船控制台操作说明

1. 开机，进入本船控制台应用程序。
2. 进入应用程序后，将弹出罗经航向初始化对话框，读取控制台上罗经读数，通过小键盘将它输入确认，将进入应用程序界面。
3. 检查界面显示是否正常。
4. 等罗经稳定后，等待主控制台传送初始化信息。
5. 在主控制台（INSTRUCTOR）未将控制权转为由雷达本船控制台（STUDENT）控制前，雷达本船控制台无权进行有关操作（改向、变速、鸣号及改变操作模式等）。
6. 在雷达本船控制台界面上 STN CTRL 显示 STUDENT 后，可进行如下操作：
 - (1) 手操舵控制（默认状态）。可通过雷达本船控制台上舵轮进行手操舵，最大舵角为左右各 35°。
 - (2) 自动舵控制。可按控制台上 RUDDER 中的 AUTO（蓝色）键，AUTO 键灯显亮，可从其他操舵模式转为自动舵控制，界面上自动航向值将由灰化转为显亮，此时，可按控制台小键盘 F2 键，界面将弹出自动航向输入对话框，将所需自动航向输入确认，自动航向值将显示新输入值，本船将按船舶模型计算自动将航向转到所需航向上。
 - (3) 应急舵控制。可按控制台上 RUDDER 中的 TILLER（红色）键，TILLER 键灯显亮，其他灯熄灭，可从其他操舵模式转为应急舵控制，此时，可通过控制台应急操舵手柄进行应急舵操作。
 - (4) 舵控制模式转换。在应急舵模式可按正常舵 NORMAL（黄色）键转为正常操舵方式。在正常操舵方式下，可根据需要在手操舵和自动舵之间转换。
 - (5) 车钟船速控制（默认状态）。STN CTRL 转为 STUDENT 后，即可按控制台右侧双排车钟控制键来控制船速，一般单车船要求同时按下左右二个同一状态按钮而对双车船可根据需要选择，按下某一车钟键后，该键将显亮。
 - (6) 自动船速控制和自动船速输入。可按控制台小键盘上 F3 键，将弹出船速控制和输入对话框，弹出对话框后，可按小键盘上 TAB 键，将输入焦点移到 AUTO SPEED 选择框上，再按 SPACE 键，将选择自动船速控制模式，再将输入焦点移到自动船速输入框中，输入所需自动船速值，再按确认 ENTER 键，可完成自动船速控制和自动船速输入。
7. 手动声响的鸣放控制。当 STUDENT 控制后，可按控制台上 WHISTLE 中的 MAN（黄色）键鸣放声号，按下该键声号响，松开该键声号灭。
8. 自动声号的鸣放控制。当 STUDENT 控制后，可按控制台上 WHISTLE 中的 AUTO（红色）键，按后该键显亮，默认状态为每二分钟鸣放一短一长一短声声号，可按控制台小键盘 F4 键，将弹出自动声号类型选择对话框，可按 TAB 键将输入焦点移到输入类型，选择所

需类型输入后确认，自动声号鸣放将按输入选择相应改变。

第二章 船舶操纵性概述

船舶操纵性(ship maneuverability)是指船体、螺旋桨和舵与水作相对运动所产生的水动力，使船舶保持和改变其运动状态的性能。或者说船舶对驾驶人员实施操纵的响应能力。

1. 船舶操纵性的分类

船舶操纵性可分为固有操纵性和控制操纵性两种。固有操纵性是指船舶不考虑外界环境条件、操舵装置性能、驾驶人员的技术水平等的差异所表现的自身固有的操纵性。控制操纵性则是考虑了上述因素的船舶，在具体操船环境下实操时所表现的操纵性能。一般所指的船舶操纵性是狭义的固有操纵性，包含船舶追随性、船舶定常回转性和船舶航向稳定性三个性能。广义的固有船舶操纵性则包括船舶控速性能。

2. 船舶固有的操纵性能

驾驶人员操纵时要求船舶具有良好的操纵性。通常要求施舵后舵效好以及正舵时几乎能直线航行。

1) 船舶追随性(yaw quick responsibility)

船舶追随性是指当船舶施舵后，船首是否能很快转头以及回舵时是否很快转入直进状态的性能。它表示船舶追随操舵而进行转头的容易程度。

2) 船舶定常回转性(steady turning ability)

船舶定常回转性是指当船舶向左(右)操舵后，船舶进入定常旋回时是否具有较小的旋回圈、是否较快地进行旋回的性能。它表示船舶在一定舵角下的旋回能力。

3) 船舶航向稳定性(course stability)

航向稳定性是指船舶在受到外力的瞬时干扰作用，使船首发生偏转，当干扰消失后在船舶保持正舵的条件下，船舶转头运动将如何变化的性质。在较短时间内不操舵，而船舶仍可保持直航的性能。航向稳定性亦称方向稳定性。追随性好的船其航向稳定性也好。

这三个性能是随着船舶水线下形状和作用于船体的水动力以及回转力矩的变化而变化的，三者不是一致的。具体船舶是根据实际需要选择各性能的优劣。总的说来，方形系数小的船如集装箱船，其追随性和航向稳定性较好，而旋回性较差。方形系数大的船如油轮尤其是超大型油轮，其旋回性较好，但追随性和航向稳定性则较差。

3. 船舶控制操纵性能

在不同外界环境条件下，根据实际操船需要，船舶应具有良好的控制航向性能，它与上述固有操纵性能密切相关，但又不是完全相同的概念。

1) 船舶改向性(course changing ability)

船舶改向性表示船舶改向灵活的程度。通常由船舶改向试验所表现的由原航向改驶新航向时到新航向的距离来表示改向性的优劣。

2) 船舶旋回性(turning ability)

船舶旋回性不仅包括前面所述的定常回转性，也包括定常旋回前的加速旋回的过程。

3) 船舶保向性(course keeping ability)

船舶保向性是指船舶在外力作用下(如风、流、浪等)，由舵工或自动舵通过罗经识别船舶首摇状况，并通过操舵抑制首摇，使船舶驶于预定航向的能力。船舶保向性不仅决定于航向稳定性，也受舵工技术水平，操舵装置性能的优劣所影响。虽然保向性与航向稳定性并

非同义词，但由于一般舵工技术、操舵装置性能无甚差异，因此航向稳定性的优劣直接影响着保向性的好坏。

4. 船舶控速性能

船舶控速性能(speed control ability)包括启动加速性能、减速性能、停车性能和倒车性能等几个方面。其中停车性能和倒车性能统称为停船性能。

一、船舶定常旋回性

船舶旋回性是船舶最基本的重要操纵性能之一，通常采用满舵时旋回初径 D_T 与船长 L 之比 D_T/L ，即相对旋回初径来衡量。

(一) 旋回运动的三个阶段

船舶作舵旋回时根据其旋回过程中运动特征的不同，可将旋回运动分为三个阶段。

1. 转舵阶段

从开始转舵到舵转至指定舵角止为转舵阶段。在这个阶段，由于时间较短，船舶因运动惯性仍保持直线前进，随后船首出现向转舵一侧回转的趋势，船体开始出现向操舵相反一侧横移（反向横移），并会产生向转舵一侧少量横倾（内倾），船速也略有下降。

2. 过渡阶段

随着船舶斜航运动的出现，同时船首回转不断发展，漂角增大。在这个阶段，船舶一方面加速旋回，一方面由原来的反向横移逐渐转化为向操舵一侧的横移（正向横移），并且船体由原来的内倾转变成向操舵相反一侧横倾（外倾）。此外，随着旋回的发展船速明显下降。

3. 定常旋回阶段

在过渡阶段作用于船体的回转力矩和水阻尼力矩不断变化，最终达到平衡，船舶进入定常旋回阶段。在这个阶段，作用于船体的合力矩为零，转头角加速度为零，角速度达到最大值，船舶降速达到最大，船舶向外横倾角也趋于稳定，这时船舶围绕一固定的回转中心作匀速圆周运动。

(二)、旋回圈及其要素

定速直航（一般是全速）中的船舶操一舵角（一般是满舵）并保持此舵角，船舶将作旋回运动。旋回运动时船舶重心的轨迹，称为旋回圈。旋回圈及其要素如图 1-3-1 所示。

1. 反移量 L_k

船舶在旋回的初始阶段向操舵相反一侧产生横移。船舶重心偏离原航向线向操舵相反一侧横移的距离称为反移量(kick)。通常,船舶全速满舵旋回,当船舶回转达到 1 个罗径点左右(约 $11^\circ 1/4$)时,反移量达最大值,约为船长的 1%。但在实际操船时,更应注意船尾部向操舵相反一侧的船尾反移量,船尾反移量最大值约为船长的 $1/10\sim 1/5$,比重心处反移量要大得多。船速快、舵角大,反移量则大。反移量的大小与舵角、船速、操舵速度、载重状态、船型等有关。

2. 旋回初径 D_T

旋回初径(tactical diameter)是指自初始航向改变 180° 时,船舶重心所移动的横向距离。

3. 进距 A_d

进距(advance)是指自初始航向转过任一角度时船舶重心所移动的纵向距离。初始航向改

变 90° 稍后的进距称为最大进距。在船舶旋回资料中给出的进距是航向改变 90° 时的进距，也称为纵距，约为旋回初径的 0.6~1.2 倍。

4. 横距 T_r

横距(transfer)是指自初始航向转过任一角度时船舶重心所移动的横向距离。在初始航向改变 180° 稍后，船舶偏离初始航向的横向距离达到最大，称为最大横距。通常，在船舶旋回资料中给出的横距是航向改变 90° 时的横距，约为旋回初径的一半。

5. 定常旋回直径 D

图 1-3-1 旋回圈及其要素

(final diameter)

船舶作定常旋回运动时，重心轨迹圆的直径，约为旋回初径的 0.9~1.2 倍。

6. 滞距 R_e

从发令位置起，船舶重心至定常旋回曲率中心的纵向距离，称为滞距(reach)，也称心距。

7. 漂角 β

船舶旋回时，船舶首尾线与首尾线上任何一点的

旋回切线速度 V_t 方向之间的夹角，称为该点的漂角(drift angle)。如图 1-3-2 所示。一般是指重心 G 处漂角 β_G ，满舵旋回时，定常阶段的 β_G 约为 $3^\circ \sim 15^\circ$ 。

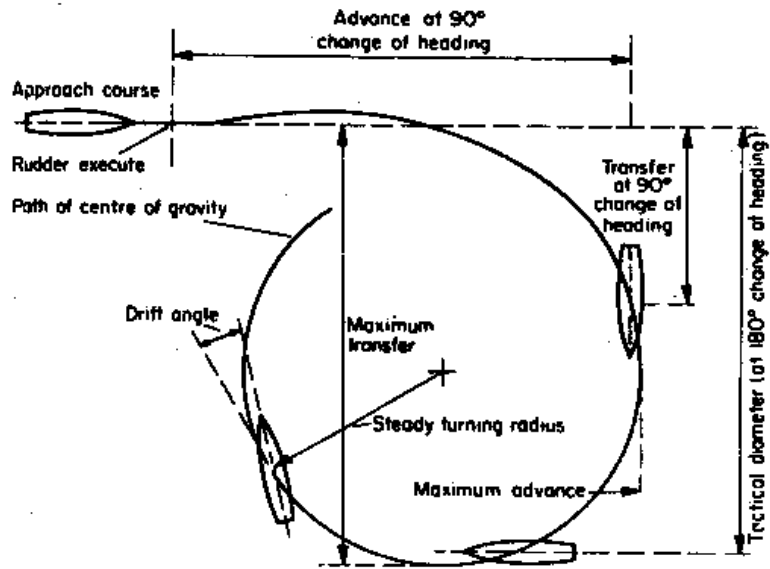
船舶首尾线上各点处的漂角值不相等。船尾部漂角 β_S 最大。漂角越大，旋回性能越好，旋回直径越小，降速越多，横倾角越大，转心也前移。船舶在浅水中旋回性比深水中差，所以浅水中漂角较深水中小。

8. 转心

船舶转舵后绕旋回曲率中心 O 的旋回运动，可以看成是两个方面运动的合成：一是船舶以切线速度 V_t 前进，另一则是船舶绕自身某一点为中心作自转，这一点就是转心 P (pivoting point)。从几何学上讲，转心的位置是旋回中某瞬间的旋回中心至船舶首尾线的垂线的垂足点。 P 点处漂角为零，横移速度为零。

转心 P 的位置，在开始操舵时约在重心稍前处，随船舶旋回不断加快，转心 P 位置向前移动，在定常旋回阶段趋于稳定。定常旋回时转心约在船首柱后 $1/5 \sim 1/3$ 船长附近处，漂角大旋回性能好的船舶，转心越靠前。由于船舶前进中旋回时转心在重心之前，因此在旋回时船首向内偏移量比船尾向外偏移量来得小。船舶在后退中回转时，转心位于重心之后，大约与前进中回转时转心位置相对称。

9. 旋回中船速



船舶旋回过程中船速不断下降，主要是由于船舶斜航阻力的增大，此外，舵阻力、惯性离心力的纵向分力的增加，推进器效率的下降等原因都将引起船速下降。定常旋回阶段船速下降达最大并趋于稳定，一般可降速 1/4~1/2。定常旋回时的船速 V_t 与旋回初始船速 V_0 的比值 V_t / V_0 称为速降系数。图 1-3-3 所示为 David-son 的试验结果。由图可知，旋回中船速下降与相对旋回初径 D_T/L 密切相关， D_T/L 越小旋回性能越好时，速降越明显，速降系数越小。

因此,肥大型船舶旋回中速度下降比瘦削型船舶大。

10. 旋回时间

船舶旋回 360° 所需的时间。它与旋回初始船速、船舶排水量有密切关系。船速越低、排水量越大，旋回所需时间越长。超大型船舶比普通万吨级船舶旋回时间明显增加。此外，不同船型，不同舵角旋回时间也不相同。一般万吨船快速满舵旋回时间约为 6 min，而超大型船舶旋回时间几乎要增加一倍。

11. 旋回中横倾

船舶操舵后，船舶开始出现少量内倾，随后船舶由内倾变为外倾。在由内倾向外倾的过渡过程中，由于船舶横向摇摆惯性的原因，会出现最大外倾角，这是旋回的过渡阶段尤其应注意的危险现象。进入定常旋回阶段，船舶将稳定在一定常外倾角。

船舶在风浪中操舵转向，应选择使操舵引起的横倾与外力导致的横倾时机错开。如果在操舵旋回时出现较大的外倾角，应避免急速回舵或操相反舷舵，而应逐渐降速，同时逐渐减小所用舵角。

二、船舶改向性

船舶改向性通常采用初始回转性能和偏转抑制能力两个特征量来衡量。

(一) 初始回转性能

初始回转性能(Initial turning ability)是指船舶对操舵改变航向的快速响应性能。IMO 的操纵性临时标准规定，旋回初始性能应满足，船舶向左（右）操 10° 舵角时船首自初始航向改变 10° 的时间内，船舶前进的距离不应大于 2.5 倍船长。初始旋回性能可由操舵后船舶航进一定距离上船首转过的角度大小来衡量。

(二) 偏转抑制性能

偏转抑制性能(yaw checking ability)是指船舶偏转中操正舵、压舵(check rudder)尽快使船舶停止偏转保持直线航行的性能。偏转抑制性能可通过 Z 形试验中的第一惯性超越角 ψ_{OV1} (first overshoot angle)和第二惯性超越角 ψ_{OV2} (second overshoot angle)来判断。船舶偏转抑制能力与船舶回转惯性密切相关。

三、船舶保向性

平静水面中航行的船舶，如受到风、浪、流等外力的瞬时干扰作用，船首发生偏转，当干扰消失后在船舶保持正舵的条件下，船舶转运动将如何变化的性质称为航向稳定性。

根据外界干扰消除后船舶运动状态的不同可分为以下几种情况：

1. 直线稳定

当干扰消除后，在船舶保持正舵的条件下，如船舶最终能以一个新的航向作直线运动，则称具有直线稳定性。

2.方向稳定

当干扰消除后，在船舶保持正舵的条件下，如船舶最终能恢复到原来航向上作直线运动，仅仅是与原来运动轨迹存在一横向偏量，则称具有方向稳定性。

3.位置稳定

当干扰消除后，在船舶保持正舵的条件下，如船舶最终能自行恢复到原来航线上，航向与原航向相同，且运动轨迹没有偏离，则称具有位置稳定性。

当然，也可能在扰消除后船舶最终将进入一个回转运动，这类船舶则不具备航向稳定性。

对于通常船舶而言，航行中如果不操舵纠偏，就不可能具备方向稳定性和位置稳定性，至多具有直线稳定性，某些性能差的船可能还不具备航向稳定性。航行中的船舶一般都通过操舵来控制航向，船舶在自动舵条件下实现的是方向稳定性；而在人——机系统控制下，通过预配风流压差保证船舶行驶在预定航线上，此时实现的是位置稳定性。

四、船舶控速性

船舶通过改变螺旋桨的转速和方向(CPP螺旋桨通过改变螺距角)，进行启动、变速、停车、倒车操纵时，船舶都具有维持其原来运动状态的特性。这种性质称为船舶惯性。由于船舶惯性的作用，船舶从一种定常运动状态变到另一种定常运动状态的过程中需要经过一段时间过渡，在这段时间内船舶要航行一段距离。衡量船舶运动惯性有两个指标，一是船舶完成控速过程中所航进的距离，称为冲程；另一是完成这个过程所需的时间，称为冲时。

1.启动惯性

船舶由静止状态中开进车，使船舶达到与主机功率相应的稳定速度所需的时间和航进距离，称启动惯性。为保护主机，由静止状态开进车时，转速应视船速的逐步提高而逐渐增加，用车时先开低转速，在船速达到与转速相应的船速时再逐级加大转速。在船舶启动进车时，促使船舶产生加速运动的惯性力是推力 T 与阻力 R 之差。

根据经验，满载船舶由静止逐级加车，速度达到海上速度时，所航进的距离 S_0 约为 20 倍船长，轻载时约为满载时的 $1/2 \sim 2/3$ (10~13L)。

2.停车惯性

以某一速度航进中的船舶，从发出主机停车令起到船舶对水停止移动所需的时间和船舶滑行的距离，称为停车惯性。实船试验时，船舶对水停止移动一般以船舶维持舵效最小速度为标准来计算，万吨级船可取为 2 kn，超大型船舶可取为 3.2 kn。

主机停车后，刚开始时，由于船速较高，阻力也大，速度下降率很高；随着船速下降，速度下降率变小。

在以常速航进中的一般船舶，主机停车后船速达到 2 kn 时，其停车冲程约为船长的 8~20 倍，而 VLCC 满载时，从海上常速中停车达到余速 3 kn 时，停车冲程约为船长的 23 倍。

3.倒车惯性

船舶紧急停船的距离是衡量主机制动能力的尺度。船舶主机从全速前进中开全速后退，从发出操作指令起到船舶对水停止移动所需时间及船舶前冲的距离，称为倒车惯性。这一距离即通常所称的倒车冲程，亦称为最短停船距离(shortest stopping distance)或紧急停船距离(crash stopping distance)。

据统计一般万吨级船舶倒车冲程约在 6~8L；5 万吨级货轮（内燃机），倒车冲程约为 8~10L；10 万吨级油轮（汽轮机），倒车冲程约为 10~13L；15~20 万吨级油轮（汽轮机），倒车冲程约为 13~16L。现代大型船舶船速快，倒车冲程明显增大，操船时应特别引起重视。

五、船舶操纵性能标准

1978 年 IMO 作出了有关提供和显示船舶操纵资料的建议，其内容有引航卡(pilot card)、有关本船操纵性能试验结果和模拟结果的明细图表(wheelhouse poster)和操船小手册(manuevering booklet)三种。引航卡应记入引航员登船后可立即掌握的最低限度的重要性能资料。驾驶室张贴的性能明细表也是一种较详尽的性能资料，而操船小手册则应最详尽地记入本船操纵性能，使驾驶人员能充分了解本船操纵性能的资料。

IMO 1993 年通过了“船舶操纵性临时标准”(interim standards for ship maneuverability)规定了船舶几种操纵性能标准。该标准适用于 1994 年 7 月 1 日或之后建造的舵桨推进方式、长度 ≥ 100 m 的船舶，化学品油轮及液化气船不限长度。试验条件要求：平静深水中，满载平吃水，以试验速度稳定直航。该标准规定的几种操纵性指标及容许界限值如表 2-1。

操纵性指标及容许界限值 表 2-1

评价指标	容许界限范围	
旋回性	进距 $\leq 4.5L$ ，旋回初径 $\leq 5L$	
初始回转性	操左（右）舵 10° 时，当船首向改变 10° 时，船舶前进距离 $\leq 2.5L$	
偏转抑制性	$10^\circ / 10^\circ$ Z 形试验 第一惯性超越角 $\leq 10^\circ$ $L/V < 10^\circ$ $\leq 20^\circ$ $L/V \geq 30^\circ$ $\leq (5+0.5L/V)$ $10^\circ \leq L/V < 30^\circ$	
	保向性	第二惯性超越角 \leq 第一惯性超越角 $+15^\circ$
	$20^\circ / 20^\circ$ Z 形试验 第一惯性超越角 $< 25^\circ$	
停船性	倒车冲程 $\leq 15L$ （大型船舶可修正）	

具体对某一艘船舶，应在试航时或以其他适当时机尽可能取得详尽的船舶操纵性资料，这对实际操船应用大有帮助。

下表 2-2 为 1985 日本船舶统计资料。

表 2-2 日本船舶统计资料

总吨位	船长L	特性时间 Tc (sec)	满舵角转舵旋回90度				紧急倒车			
			旋回纵距		所需时间		冲程		冲时	
			n mile	$\times L$	$\times Tc$	Sec	$\times Tc$	$\times L$	sec	$\times Tc$
200 000	377.7	45.4	0.57	2.96	187	4.16	2.70	14.1	1350	30.0
100 000	311.0	36.0	0.49	3.04	148	4.11	2.16	13.5	1056	29.3
50 000	245.5	29.6	0.4	3.17	129	4.35	1.57	12.4	620	20.9
20 000	188.4	22.9	0.32	3.37	100	4.37	0.76	7.9	360	15.7
10 000	148.7	17.8	0.28	3.63	83	4.66	0.65	8.5	280	15.7
3 000	101.0	14.0	0.17	3.17	64	4.57	0.46	9.0	240	17.1
1 000	69.8	10.8	0.11	3.2	47	4.35	0.34	9.8	210	19.4
500	56.3	9.0	0.08	3.06	38	4.22	0.25	9.2	185	20.6

第三章 船舶操纵实验

一、目的要求

1. 了解和掌握大型船舶操纵特性，包括旋回圈、停车与倒车冲程和 Z 形试验的测试方法；
2. 通过对大型船舶的旋回圈、停车与倒车冲程和 Z 形试验的测试，掌握大型船舶的旋回性、惯性和航向稳定性方面的操纵特性。

二、训练内容

1. 测定大型船舶的旋回圈；
2. 测定大型船舶的冲程；
3. 对大型船舶进行 Z 形操纵试验。

三、训练准备

学生接受训练前应听取关于船舶操纵模拟器性能及其测试方法的介绍，同时可预习本教材第一章“大型船舶操纵特性”和第三章“大型船舶操纵性能测定”的相关内容。

四、训练步骤

根据测定以上项目的需要和模拟设备的实际情况，旋回圈和冲程的测定可通过雷达进行。

一 螺旋桨的致偏作用及舵的效应

Z 形操纵试验

Z 形操纵试验可直接在本船通过记录和观测发出舵令、舵角达到要求值和航向达到规定转向值的时间和实际航向的变化值情况来进行。具体步骤以右转 10° 的舵角为例：

- 1) 调整航向与航速，使船舶保持以稳定的速度和基准航向直行；
- 2) 发出“右舵 10° ”的舵令，分别记下发令和舵角达到右 10° 的时间 (t_1)；
- 3) 船首开始向右偏转，当右转 10° 时，发出“左 10° ”的舵令，分别记下发令和舵角达到左 10° 的时间 (t_2 与 t_3)；
- 4) 船首因惯性继续向右偏转，随后停止右转而开始左转，经原基准航向后再向左转，分别记下船首右偏的最大航向角度与时间 (t_4) 和船首回到基准航向的时间 (t_{01})；
- 5) 船首开始向左偏转，当左转 10° 时，发出“右 10° ”的舵令，分别记下发令和舵角达到右 10° 的时间 (t_5 与 t_6)；
- 6) 船首因惯性继续向左偏转，随后停止左转而开始右转，经原基准航向后再向右转，分别记下船首左偏的最大航向角度与时间 (t_7)；、船首回到基准航向的时间 (t_{02})；
- 7) 重复 3 和 4 的步骤各一次。
- 8) 最后参照本教材第三章“大型船舶操纵性能测定”第二节“Z 型试验”中的说明求取 KT 值（根据试验测定数据所画出的 Z 形试验图亦可参见该节的示意图）。

注：以上测试可在无风流和设有特定的风、流或风加流的情况下进行，也可专门安排在深水或浅水区域进行。通过这些不同外界条件下的测试，可以比较大型船舶在有风流和在深、浅水区域情况下的不同操纵情况，以加深对风流及浅水对大型船舶操纵性能影响的了解，掌握不同情况下的操纵特点。

二 旋回圈的要素及影响因素

旋回圈的测定

- 1) 首先在雷达上选定一明显的固定物标；

- 2) 船舶以稳定的速度和航向航行到离物标正横 2-3 链时的位置;
- 3) 发出右或左满舵的口令, 进行旋回试验, 并记下时间和物标的方位与距离;
- 4) 记下船首开始转动时的时刻 T_0 , 并测定物标的方位与距离;
- 5) 随后每隔 20 - 30 秒连续测定一次物标的方位与距离 (亦可先测定和记录航向改变 1° 、 5° 、 15° 、 30° 、 60° 、 90° 时的时间和物标相应的方位与距离, 随后再每隔 30 秒连续测定一次物标的方位与距离);
- 6) 特别应认真记录好航向变化 90° 、 180° 、 270° 和 360° 时刻的物标方位与距离;
- 7) 根据观测到的方位与距离数据, 在纸上按一定比例画出特定时刻所测得的各位置点, 并通过一条圆滑的曲线将各点相连以量取纵距、横距、旋回初径、旋回终径等旋回要素。

三 船舶倒车冲程的轨迹

冲程的测定

1) 停车冲程

- (1) 首先在雷达上选定一明显的固定物标;
- (2) 船舶以稳定的速度和航向航行到离物标正横 2-3 链时的位置;
- (3) 发出停车的口令, 进行冲程试验, 并记下时间、本船航向和物标的方位与距离;
- (4) 随后每隔 20 秒连续测定一次物标的方位与距离, 并记录好当时本船的航向直到船舶基本停住为止;
- (5) 根据各时刻观测到物标的方位与距离数据, 在纸上按一定比例画出相应的位置点, 并量取和统计船舶前冲距离与时间、船舶偏离原航线的距离和船首向偏角情况。

2) 倒车冲程

在测定倒车冲程时, 除了应记录下在停车后随即发出全速倒车口令及转速达到全速后退的各相应时间外, 其他各步骤与测定停车冲程的步骤相同。

四 狭水道操纵要领

一、目的要求

1. 了解大型船舶航线设计的要求;
2. 熟悉大型船舶海上航行与避让的方法;
3. 熟悉大型船舶在狭水道航行的方法;
4. 熟悉大型船舶的应急操纵方法。

二、训练内容

1. 了解和做好大型船舶开航前的准备工作;
 - 1) 根据航行计划设计航线;
 - 2) 确定具体的定位方法;
 - 3) 落实各航段的安全航行的措施。
2. 练习大型船舶海上航行与避让的方法;
 - 1) 能见度良好时白天与夜间的航行和对交叉局面和对遇来船的避让;
 - 2) 能见度不良时的航行对交叉与对驶来船的避让。
3. 练习大型船舶在狭水道航行的方法
 - 1) 模拟弯曲水道的航行
 - 2) 特定狭水道航行
多佛海峡分道通航制水道航行/新加坡海峡航行/上海港南水道

4. 练习大型船舶的应急操纵方法，包括：

- 1) 船舶主机、舵机等其他主要设备发生故障时的处理；
- 2) 救助落水人员的操纵

三、训练准备

学生接受训练前应听取关于大型船舶操纵特性及其海上避让与狭水道航行注意事项的介绍，同时可预习本教材第一章“大型船舶操纵特性”、第二章“外力对大型船舶操纵性的影响”和第六章“大型船舶应急操纵”的相关内容。

四、训练步骤

1. 做好大型船舶开航前的准备工作；

- 1) 根据航行计划认真了解和掌握有关部门航行区域的通航、气象、水文等方面的情况；
- 2) 参照相关的航行图书与资料和要求设计航线；
- 3) 确定采用雷达和其他导航设备的定位方法；
- 4) 制定和落实航行中的安全措施。

2. 练习和掌握大型船舶海上航行与避让的方法；

1) 在海上能见度良好的情况下参加航行值班并对来船进行避让：

(1) 在白天与夜间的航行中利用目测和雷达进行定位；

(2) 对相遇并有碰撞危险的来船进行避让，包括：

- A. 交叉局面中来船；
- B. 对遇中的来船。

2) 在海上能见度不良的情况下参加航行值班并对来船进行避让：

(1) 利用雷达进行定位导航；

(2) 使用雷达进行观测和避让相遇并有碰撞危险的来船，包括：

- A. 前方对驶来船；
- B. 正横前左右舷来船。

3. 熟悉和掌握大型船舶在狭水道航行的方法

在参加本训练时，受训人员首先应明确分工，轮流担任船长、驾驶员及舵工等职，以便进行驾驶台组合（集体）航行工作。

1) 模拟弯曲水道的航行

(1) 认真识别航道灯浮等导航标记；

(2) 采用合理的船速和舵角安全航行和过弯道。

2) 特定狭水道航行

(1) 多佛海峡分道通航制水道航行

- A. 熟悉多佛海峡分道通航制区域情况；
- B. 按照分道通航制区域航行规定进行安全航行和避让他船；
- C. 正确使用雷达/ARPA 该狭水道中定位和导航；
- D. 采用 VHF 保持与船舶通航管理中心的联系和在必要时与他船电话联系。

(2) 上海港南水道

- A. 熟悉上海港南水道航行区域的情况；
- B. 按照上海港南水道航行规定进行安全航行和避让他船；
- C. 正确使用雷达/ARPA 该狭水道中定位和导航。
- D. 采用 VHF 保持与船舶通航管理中心的联系和在必要时与他船电话联系。

4. 大型船舶的应急操纵方法的练习

1) 船舶主机、舵机等其他主要设备发生故障时的处理

根据船舶主机、舵机等其他不同主要设备发生的故障情况采取相应的操纵措施：

(1) 主机失控时可采用舵和锚设备来控制船舶的运动（通过 Z 型航行减速和适时在船速降低后抛下双锚）以保证船舶的安全；

(2) 舵机失控时可通过车和锚等设备来控制船舶的运动（停车或倒车和适时在船速降低后抛下双锚）以保证船舶的安全。

(3) 必要时可安排拖轮协助以控制船舶的运动状态。

2) 救助落水人员的操纵

可采用海上常用的威廉逊回旋法，具体步骤为：

(1) 得知有人落水后，随即停车，并立即向落水者一舷操满舵；

(2) 落水者过船尾后加速以增加舵效；

(3) 当船首转过 60 时，回舵并向另一舷操满舵；

(4) 等船首转到与原航向的反航向向差 20 时正舵；

(5) 船凭惯性继续回转，直至驶到原航向的反航向时把定并仔细搜索，发现落水者后即减速停车以驶近他进行救助。

五、注意事项

1. 参加本项训练前，必须充分了解大型船舶在航行和避让方面的特点，同时还应了解不同训练区域的通航规定及方法。

2. 在海上航行与避让他船时，应充分考虑到大型船舶航行与操纵的局限性，尽可能以最安全的距离通过障碍物和他船。

3. 训练中应认真注意风、流等外界因素对大型船舶航行的影响。

六、训练小结

1. 简述大型船舶海上航行与避让的注意事项。

2. 归纳大型船舶狭水道航行的方法。

五 靠离泊操纵要领

一、目的要求

1. 熟悉大型船舶船舶靠泊操纵的方法与注意事项；

2. 熟悉大型船舶船舶靠泊操纵的方法与注意事项；

3. 熟悉大型船舶船舶单浮系泊的方法与注意事项。

二、训练内容

1. 练习大型船舶船舶靠码头操纵的方法，包括：

1) 白天或夜间无风无流靠海港码头；

2) 白天或夜间吹开风靠海港码头；

3) 白天或夜间吹拢风靠海港码头；

4) 白天或夜间顶流无风靠河港码头；

5) 白天和夜间顶流吹开风靠河港码头；

6) 白天和夜间顶流吹拢风靠河港码头。

（注：以上训练内容包括左、右舷的靠泊）

2. 练习大型船舶船舶离码头操纵的方法，包括：

1) 顶流离码头

(1) 白天或夜间顶流无风离码头；

(2) 白天或夜间顶流吹开风离码头；

(3) 白天或夜间顶流吹拢风离码头。

2) 顺流离码头

- 1) 白天或夜间顺流无风离码头；
- 2) 白天或夜间顺流吹开风离码头；
- 3) 白天或夜间顺流吹拢风离码头。

3. 练习大型船舶船舶单浮系泊操纵的方法，包括：

- 1) 白天或夜间无风无流系靠单浮；
- 2) 白天或夜间顶风系靠单浮；
- 3) 白天或夜间顶流系靠单浮。

三、训练准备

学生接受训练前应听取关于大型船舶靠离泊操纵的介绍，并预习本教材中第四章“大型船舶靠离泊操纵”的内容。

四、训练步骤

在开始本项训练时，受训人员必须应明确各自的分工，轮流担任船长、驾驶员及舵工等职，以便进行驾驶台组合（集体）靠离码头或系靠单浮的工作。

1. 大型船舶船舶靠码头操纵

- 1) 了解所靠泊位的位置、长度、缆桩等情况及条件；
- 2) 根据船舶操纵性能、泊位的实际情况及天气、风流等外界条件，拟定靠泊操作的方法与步骤；
- 3) 按照自己船舶吨位与当时的风流情况，估算所需拖轮艘数和马力及协靠方案；
- 4) 根据当时所在船位与码头间的距离与相对位置调整靠泊前的船速与航向；
- 5) 进入泊位时掌握和运用靠泊三要点，即控制余速、选择横距和调整靠拢角度，适时抛锚；
- 6) 严密注视风与流等外界条件对船舶靠泊的影响，正确使用拖轮协助靠泊；
- 7) 严格掌握船舶横向靠泊的速度，正确按照船舶系缆的步骤和方法，迅速带上头揽并及时带上其他各缆绳。

2. 大型船舶船舶离码头操纵

- 1) 了解所离泊位的位置、长度、缆桩等情况及周围的条件；
- 2) 根据船舶操纵性能、泊位的实际情况及天气、风流等外界条件，拟定离泊操作的方法与步骤；
- 3) 按照自己船舶吨位与当时的风流情况，估算所需拖轮艘数和马力及协靠方案；
- 4) 按照正确船舶离泊的步骤，在拖轮就位和做完其他准备工作后，解掉相关的缆绳和正确使用拖轮协助离泊；
- 5) 严密注视风与流等外界条件对船舶离泊的影响，并根据当时条件和需要，适时起锚和动车以安全驶离码头。

3. 大型船舶船舶单浮系泊操纵

- 1) 了解所系单浮位置、结构和系连设备情况；
- 2) 根据船舶操纵性能、单浮的实际情况及天气、风流等外界条件，拟定系泊操作的方法与步骤；
- 3) 按照自己船舶吨位与当时的风流情况，估算所需拖轮艘数和马力及协协助系浮的方案；
- 4) 根据当时所在船位与单浮间的距离与相对位置调整系泊前的船速与航向；
- 5) 控制余速并调整好船首与系浮的角度，适时抛锚；
- 6) 严密注视风与流等外界条件对船舶系泊的影响，正确使用拖轮协助系泊；
- 7) 正确按照船舶系缆的步骤和方法，迅速即使带上各缆绳。

五、注意事项

1. 参加本项训练前，必须充分了解大型船舶靠离码头、系单浮泊的具体操纵方法和操作步

骤。

2. 在开始靠离码头或系单浮之前，除了应对自己船舶操纵性能有足够的了解外，还必须全面掌握所靠离码头和系带单浮的有关情况，以便能在综合考虑本船操纵性能和外界条件的基础上拟定合理的操作方案。

3. 在实际的靠离码头及系单浮的操纵中，除了一般船舶应注意的事项外，特别应注意正确使用拖轮。例如在靠泊时可通过拖轮控制大型船舶的横向靠泊速度，尽可能平行靠泊，同时控制前冲速度及距离。

4. 靠泊时应充分考虑风流等外界影响，必要时可根据具体情况及时调整操作方案，以确保靠离码头和系带单浮的安全。

六、训练小结

1. 简述大型船舶靠离码头和系带单浮应注意事项。
2. 归纳大型船舶靠离码头和系带单浮的方法。

实验课程名称：船舶操纵

实验室名称：船舶操纵模拟器

一、适用专业

航海技术+英语

二、学时数

10 学时

三、实验课程教学目的与任务

船舶操纵是一门实践性很强的专业必修课。本实验课程的教学目的和任务是：

1. 熟悉船舶操纵性能，尤其是旋回性能；
2. 掌握狭水道操纵的要领；
3. 了解船舶靠离泊操纵的要领。

四、考核与评分

考核方法：上机操作考核

评分方式：优、良、及格、不及格

五、实验项目表

序号	实验项目名称	时数	必开 选开	已开 未开	每组 人数	实验 类型	备 注
1	螺旋桨和舵的性能	2	必开	未开	30	演示性	
2	船舶旋回性	2	必开	未开	5—6	演示性	
3	船舶控速性	2	必开	未开	30	演示性	
4	狭水道操纵	2	必开	未开	30	演示性	
5	靠离泊操纵	2	必开	未开	30	演示性	

注：依据大纲要求，实验开出率为： 0 %

六、实验项目内容与要求

1. 内容：

- 1) 螺旋桨的致偏作用及舵的效应
- 2) 旋回圈的要素及影响因素
- 3) 船舶倒车冲程的轨迹
- 4) 狭水道操纵要领
- 5) 靠离泊操纵要领

2. 要求：针对上述内容在演示与操作的基础上，能有一定的感性认识与理性理解。

七、主要教材及参考书

1. 《船舶操纵》陆志材主编，人民交通出版社出版
2. 《船舶操纵》（培训教材）龚雪根主编，人民交通出版社出版