

基于虚实结合的船舶压载水系统教学研究

李斌，于洋，李迪阳
(山东交通学院，山东 威海 264209)

摘 要：根据船舶压载水系统教学要求，进行课程教学设计；在合理投入的基础上，根据教学需求，编制教学材料，搭建虚实结合的教学实验室，提升压载水系统教学水平，提高人才培养质量。
关键词：压载水系统；教学设计；压载水管理；虚实结合
中图分类号：U676 **文献标识码：**A

引言

2004 年 2 月，国际海事组织（IMO）通过了《2004 年国际船舶压载水及沉积物控制和管理公约》(以下简称“压载水公约”)。2017 年 9 月 8 日，“压载水公约”生效；2019 年 10 月 13 日，压载水公约修正案生效。压载水公约对船舶压载水处理、检验发证等方面做出了具体规定，其修正案要求所有船舶在 2024 年 9 月 8 日之前都必须安装使用符合 IMO 型式认可的压载水处理系统，对船舶所携带的压载水进行处理，满足公约 D-2 标准后，才允许排放。船舶压载水管理系统已经属于船舶必须配备的防污染设备。压载水公约生效后，又增加了压载水管理的要求，即压载水操作还需要考虑防污染问题。

国际海事组织 STCW78/95 公约以及我国《海船船员培训大纲（2021 版）》对于压载水系统教学、培训和考核都作了具体规定，特别是交通运输部《海船船员培训大纲（2021 版）》，是船员履约培训和考试的强制标准。航海教育及培训机构应当依据法规要求，配备符合主管机关要求的设备、师资，开发符合要求的教学与培训课程。

1 公约和法规对压载水系统教学的要求

STCW78/95 公约马尼拉修正案在规则 A 部分对于船员压载水系统的培训规定见表 1（操作级）、表 2（管理级）^[1]：

表 1 有人值班机舱负责轮机值班的高级船员或周期性无人值班机舱指定值班的轮机员最低适任标准（职能：轮机工程 操作级）

适任	知识、理解和熟练	表明适任的方法	评价适任的标准
燃油系统、滑油系统、压载水系统和其他泵系以及相关控制系统的操作	泵和管系的工作特性，包括控制系统 泵系操作： 1. 泵的日常操作 2. 舱底水系统、压载水系统和货泵系统的操作 3. 油水分离器（或类似设备）的要求和操作	考试并评估从下列一项或数项获取的证据： 1. 认可的工作经历 2. 认可的培训船经历 3. 认可的模拟器培训，如适用 4. 认可的实验室设备培训	操作有计划，并按照操作手册、既定规则和程序进行，以确保操作安全和防止海洋环境污染 迅速发现异常情况，并采取适当的行动

表 2 主推进装置为 3000kW 或以上船舶的轮机长和大管轮的最低适任标准（职能：轮机工程 管理级）

收稿日期：2022-06-22
第一作者简介：李斌（1973—），男，副教授，轮机长。
基金项目：2021 年山东交通学院本科教育教学改革研究项目：“基于虚实结合的船舶压载水管理实验教学项目的研究与实践”（项目编号：2021SJYB03）。

适任	知识、理解和熟练	表明适任的方法	评价适任的标准
燃油、润滑油和压载水的操作管理	机器的操作和保养, 包括泵和管系	考试并评估从下列一项或数项获取的证据: .1 认可的工作经历 .2 认可的培训船经历 .3 认可的模拟器培训, 如适用	燃油和压载水操作满足操作要求, 并能防止海洋环境污染

中华人民共和国交通运输部《海船船员培训大纲(2021版)》对于750KW及以上船舶二/三管轮有关压载水系统培训要求, 见表3^[2]所示:

表3 750kW及以上船舶二/三管轮压载水培训要求(职能:

轮机工程)

适任要求	理论知识与要求	实践技能与要求	评价标准	课时
燃油系统、滑油系统、压载水系统和其他泵系统以及相关控制系统的操作	1.5.2 泵系统的操作 .2 舱底水、压载水及燃油加装系统的操作(4h) .2.1 熟悉舱底水系统的用途、组成与布置特点 .2.2 熟悉压载水系统的用途、组成与布置特点	泵系统的操作(2h) .1 熟练操作与管理压载水系统 .2 熟练操作与管理舱底水系统	能够熟练操作泵系统, 尤其是压载水系统等, 并满足以下要求: .1 操作有计划, 并按照操作手册、既定规则和程序进行, 以确保操作安全和防止海洋环境污染; .2 迅速发现异常情况, 并采取适当的行动。	5 2

2 课程设计

山东交通学院(以下简称我校)航运学院每年培养160名左右轮机工程专业本科生, 专业教育方面要求学生必须掌握压载水系统的操作要求, 具备基本的理论知识与操作技能, 以满足主管机关的适任要求。因此, 学院根据法规文件要求, 建设了压载水综合实验室, 开发压载水系统教学项目, 从理论知识学习和实践技能培养两个方面进行船舶压载水系统的教学, 提高轮机工程专业学生人才培养质量, 满足海事局培训要求。

我校轮机工程本科生压载水教学项目总计12个课时, 其中理论教学4课时, 实践教学8课时。

2.1 理论知识教学(4课时)

理论教学方面主要讲授压载水公约、船舶压载水系统工作原理及船舶压载水管理三个部分的内容:

2.1.1 压载水公约(2课时)

船舶压载水管理的难点在于对压载水公约的理解和掌握, 因此, 压载水公约是理论教学的重点。授课内容主要包括公约结构、公约正文、公约修正案以及公约的五个附则^[3], 具体如图1所示:

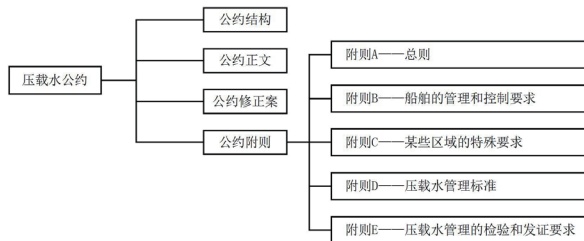


图1 压载水公约的主要内容

2.1.2 船舶压载水系统(1课时)

压载水系统的功用是将压载水注入或排出压载水舱, 以达到调整船舶的吃水和船体纵、横向的平稳, 维持安全的稳心高度, 减小船体变形, 以免引起过大的弯曲力矩与剪切力, 降低船体振动和改善空舱适航性等目的。其组成主要有大排量低压头的压载泵、压载水管系、压载水舱及压载水操作控制室。压载水系统还布置有压载水舱液位检测装置、压载水泵控制装置及压载水阀遥控系统(一般为液压控制系统)等附属系统。此系统大多布置在船舶压载水操作控制室^[4]。学生应当熟练掌握压载水系统的组成及工作过程, 有理论知识储备, 才能根据要求熟练操作系统, 才能满足适任要求。

2.1.3 船舶压载水管理系统(1课时)

该系统是利用机械、物理、化学和生物的单—或综合方法对摄入或排放的压载水及沉积物中的有害水生物和病原体进行处理的综合系统。船舶利用该系统对压载水进行处理, 水质达标后才能进行排放。学生应当掌握处理的原理、系统的组成以及控制过程和检测要求, 在操作过程中做到合法合规排放, 满足岗位适任标准。

2.2 实践技能教学(8课时)

为提高人才培养质量, 我校根据教学要求, 开发了适用于应用型人才培养的压载水操作实训教程, 教学训练共安排了8课时, 培养学生的操作技能。主要教学内容有:

2.2.1 船舶压载水系统的操作(4课时)

压载水系统操作是轮机员一项非常重要的技能, 影响船舶装卸货的效率, 关系到船舶强度

和稳性的保持,是轮机员必须熟练掌握的船舶关键操作。根据教学要求,我校安排了4课时实践教学课程。通过训练,培养学生掌握压载水系统的启动、运行管理以及停止操作(含压载泵及管系的操作,压载水控制台的操作,压载水阀门遥控系统及压载水远程控制阀的操作,喷射泵的启动及压载水扫舱操作,压载水的注入及排出操作等)。具体见表4。

表4 船舶压载水系统教学要求

序号	项目	功能	教学时长	教学要求
1	压载泵	注入排出压载水	0.5 课时	掌握泵的启动和停止操作,掌握运行检查主要事项;
2	压载水舱	容纳压载水,调整船舶吃水、吃水差及稳性等	0.5 课时	掌握水舱的布置;
3	压载水管系及压载水控制台	引导压载水	1 课时	掌握压载水管系组成、功能;实现控制台控制压载水的注入、排出,掌握系统报警及处置;
4	压载水阀门及遥控装置	打开或者关闭压载水通路	1 课时	掌握液压遥控系统的组成及工作原理;掌握系统的启停及遥控阀门的开关操作;
5	喷射泵及扫舱系统	压载水即将排空时彻底清扫压载水	1 课时	掌握压载水扫舱开始的时机及喷射泵的启停及参数检查调整。
6	压载水管理系统	处理压载水,满足要求	4 课时	单独培训,培训内容及要求见表5所示。

2.2.2 船舶压载水管理系统的操作(4课时)

根据教学要求,对船舶压载水管理系统设计了4课时教学内容。压载水管理系统主要功能是压载水处理,保证排放时满足法规要求,保护海洋环境。经过训练,学生应当掌握压载水管理系统的操作与管理技能,能够自主操作压载水管理系统的参数设置与警报处理,实现安全有效的系统操作。训练内容与要求见表5所示。

表5 船舶压载水管理系统教学要求

序号	项目	教学时长	教学要求
1	压载水注入	1 课时	掌握压载水经系统处理后注入水舱操作,掌握压载水管理系统运行检查主要事项;
2	压载水排出	1 课时	掌握压载水经系统处理后排出水舱操作,掌握压载水管理系统运行检查主要事项;
3	系统旁通	0.5 课时	掌握压载水管理系统失效后的紧急旁通处置事项及报告要求;
4	系统参数设置	0.5 课时	掌握压载水管理系统参数设置操作;
5	警报处理	0.5 课时	掌握压载水管理系统报警处置操作。
6	安全注意事项	0.5 课时	掌握操作过程中安全注意事项。

3 教学实训室建设

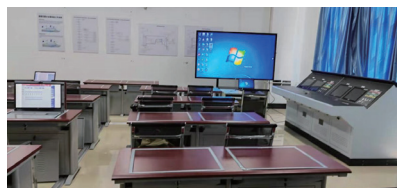


图2 压载水虚拟仿真实验室



图3 汉盛压载水管理系统

根据法规要求及教学需要,轮机工程专业压载水技能训练需要大量教学设施:①母型船及压载水舱压载水泵;②压载水系统(含压载泵、管系及附属设备);③压载水操纵台(含液压控制阀系统);④压载水管理系统等。基于经济性与实效性原则,我校对压载水教学实验室建设采取了虚实结合的措施。对投入适中、教学要求较高的设施,从厂家购入实物进行教学;对于投资巨大的项目,采用软件虚拟仿真的方式进行建设。虚拟仿真实训室开发建设如图2所示:(1)虚拟仿真实训系统一套(桌面版,配备20台电脑主机,满足20人/次教学需求)。仿真软件模拟仿真两条母型船:一条集装箱船,一条散货船。仿真船上的压载水舱布置同时仿真压载水注入排出过程中船舶吃水差和船体应力的变化。学生不用登船,就能从总体上感知压载水操作对船舶的影响。(2)压载水操纵台。操纵台按照母型船散货船的实物1:1建造,内部用两台电脑代替。仿真压载水系统(含泵及管系)及压载水液压控制阀系统通过控制台可以实现压载水的注入和驳出功能。实体实验室建设如图3所示:购置上海汉盛压载水管理系统 HANSUN-50-BWMS 全实物一套。该系统基于紫外线处理原理进行压载水处理。利用该系统,可实现压载水管理系统真实操作。

学生在虚实结合的教学实验室,一方面能够学习到船舶压载水系统的总体布置,船舶压载水系统的全过程操作,身临其境感受压载水操作对

船舶营运的影响；另一方面，学生能够通过真实的压载水管理系统，进行实际操作，提高操作技能。该实验室的建立，有助于人才培养质量得到提高。实验室虚拟仿真软件可以根据技术的发展，随时进行系统升级，始终保持设备的先进性；同时，采用软件仿真，可以开发不同技术路径的压载水处理系统，系统的可扩展性和可升级性得到保障。

4 教学实施

根据课程设计，开发符合要求的教学材料：

(1) 参照《海船船员培训大纲(2021版)》有关规定，编写船舶压载水系统教学大纲(质量标准)，纳入学校轮机工程专业人才培养方案。(2) 船舶压载水系统理论教学内容编入我校编写的《船舶管理(轮机)》本科生教材，安排了4节理论授课。实践部分内容，单独编写教学讲义，安排在本科生实践课程“动力设备操作”课程实施，8课时。课堂上把学生分成A、B小组，每组20人，两名教师授课，两个小组同时开展实践教学。A小组先进行压载水系统学习，同期B小组学习压载水管理系统，4课时完成后对调学习。(3) 制定详细的船舶压载水系统实操训练与考核标准，同时满足学校教学与海事局适任培

训要求。理论部分考核融合在课程期末考试之中；实践部分，融合在实践课考核之中；报名参加海船船员适任考试的，需参加海事局主管机关的评估考试。

5 结语

压载水系统教学采用虚实结合的方式进行，能够在较低的投入下，提升人才培养质量，满足主管机关要求，兼顾经济与效益，是航海教育质量提升的有效途径。另外，该实验室还可以单独开发针对船员的培训课程，承担社会船员培训功能，满足企业培训需求。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国海事局. STCW 公约马尼拉修正案[M]. 大连：大连海事大学出版社，2011.
- [2] 中华人民共和国海事局. 海船船员培训大纲(2021版)[M]. 大连：大连海事大学出版社，2021.
- [3] 顾高浪. 2004 年国际船舶压载水和沉积物控制与管理公约及其导则[M]. 北京：中国农业出版社有限公司，2019.
- [4] 陈海泉. 船舶辅机[M]. 大连：大连海事大学出版社，2016.

Research of Ship Ballast Water System Teaching Based on the Combination of Virtuality and Reality

LI Bin, YU Yang, LI Di—yang

(Shandong Jiaotong University, Weihai 264209, China)

Abstract: The article analyzes the requirements of ballast water system teaching, and carries on the course teaching design. After demonstration, on the basis of reasonable investment, according to the needs of teaching, the teaching laboratory is built with the combination of virtuality and reality. According to the teaching needs, the teaching materials are prepared, teaching is carried out, the level of ballast water system teaching is improved, and the quality of personnel training is improved.

Keywords: ballast water management; teaching design; ballast water system; combination of virtuality and reality