

船舶与海洋结构物先进设计方法



船舶与海洋工程全生命周期的 防污染控制技术

Pollution Prevention Technology for Total Life Cycle of
Ships and Ocean Engineering

张明霞 林焰 冷阿伟 编著



科学出版社

船舶与海洋结构物先进设计方法

船舶与海洋工程全生命周期的 防污染控制技术

Pollution Prevention Technology for Total Life Cycle of
Ships and Ocean Engineering

张明霞 林 焰 冷阿伟 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书基于全生命周期理念,系统介绍船舶与海洋平台防污染相关公约法规要求及污染控制方法,内容涵盖设计、建造、营运、拆解等不同阶段。全书将防污染分为狭义防污染和广义防污染两大类,并分别介绍污染来源及背景、法规要求、应用、发展趋势等。本书内容分上、中、下篇:上篇为狭义防污染,内容包括国际防污公约、化学品船规则及液化气体船规则;中篇为广义防污染,内容包括压载水管理公约、船舶建造防污染、绿色拆船公约、海洋平台防污染、绿色船舶规范等;下篇介绍综合安全评估理论及应用。

本书可作为船舶与海洋工程专业研究生和高年级本科生教学用书,亦可作为船舶与海洋工程领域的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

船舶与海洋工程全生命周期的防污染控制技术/张明霞,林焰,冷阿伟编著.—北京:科学出版社,2018.1

(船舶与海洋结构物先进设计方法)

ISBN 978-7-03-055298-3

I. ①船… II. ①张… ②林… ③冷… III. ①船舶工程-产品生命周期-污染控制 ②海洋工程-产品生命周期-污染控制 IV. ①X736.3
②P75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 277875 号

责任编辑:张震 杨慎欣 / 责任校对:郭瑞芝
责任印制:吴兆东 / 封面设计:无极书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018 年 1 月第一次印刷 印张:20

字数:512 000

定价:60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“船舶与海洋结构物先进设计方法”丛书编委会

名誉主编：纪卓尚（大连理工大学）

主 编：林 焰（大连理工大学）

副主编：刘祖源（武汉理工大学）

何炎平（上海交通大学）

陈超核（华南理工大学）

冯 峰（哈尔滨工程大学）

金良安（中国人民解放军海军大连舰艇学院）

编 委：（按姓氏汉语拼音排序）

陈 明（大连理工大学）

陈 武（集美大学）

湛志新（中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所）

管伟元（中国船舶工业集团公司第七〇八研究所）

蒋志勇（江苏科技大学）

李玉平（中远造船工业公司）

李忠刚（中船重工船舶设计研究中心有限公司）

陆 晟（上海船舶研究设计院）

马 坤（大连理工大学）

盛苏建（中海油能源发展股份有限公司）

王和文（中国人民解放军军事交通运输研究所）

王立真（中国船级社）

谢新连（大连海事大学）

谢永和（浙江海洋大学）

詹树明（中远船务工程集团有限公司）

战希臣（中国人民解放军海军航空工程学院）

张维英（大连海洋大学）

秘 书：于雁云（大连理工大学）

裴 育（中国科技出版传媒股份有限公司）

“船舶与海洋结构物先进设计方法”丛书序

船舶与海洋结构物设计是船舶与海洋工程领域的重要组成部分，包括设计理论、原理、方法和技术应用等研究范畴。其设计过程是从概念方案到基本设计和详细设计；设计本质是在规范约束条件下最大限度地满足功能性要求的优化设计；设计是后续产品制造和运营管理的基础，其目标是船舶与海洋结构物的智能设计。“船舶与海洋结构物先进设计方法”丛书面向智能船舶及绿色环保海上装备开发的先进设计技术，从数字化全生命周期设计模型技术、参数化闭环设计优化技术、异构平台虚拟现实技术、信息集成网络协同设计技术、多学科交叉融合智能优化技术等方面，展示了智能船舶的设计方法和设计关键技术。

(1) 船舶设计及设计共性基础技术研究。针对超大型船舶、极地航行船舶、液化气与化学品船舶、高性能船舶、特种工程船和渔业船舶等进行总体设计和设计技术开发，对其中的主要尺度与总体布置优化、船体型线优化、结构形式及结构件体系优化、性能优化等关键技术进行开发研究；针对国际新规范、新规则和新标准，对主流船型进行优化和换代开发，进行船舶设计新理念及先进设计技术研究、船舶安全性及风险设计技术研究、船舶防污染技术研究、舰船隐身技术研究等；提出面向市场、顺应发展趋势的绿色节能减排新船型，达到安全、经济、适用和环保要求，形成具有自主特色的船型研发能力和技术储备。

(2) 海洋结构物设计及设计关键技术研究。开展海洋工程装备基础设计技术研究，建立支撑海洋结构物开发的基础性设计技术平台，开展深水工程装备关键设计技术研究；针对浮式油气生产和储运平台、新型多功能海洋自升式平台、巨型导管架平台、深水半潜式平台和张力腿平台进行技术设计研究；重点研究桩腿、桩靴和固桩区承载能力，悬臂梁结构和极限荷载能力，拖航、系泊和动力定位，主体布置优化等关键设计技术。

(3) 数字化设计方法研究与软件系统开发。研究数字化设计方法理论体系，开发具有自主知识产权的船舶与海洋工程设计软件系统，以及实现虚拟现实的智能化船舶与海洋工程专业设计软件；进行造船主流软件的接口和二次开发，以及船舶与海洋工程设计流程管理软件系统的开发；与 CCS 和航运公司共同进行船舶系统安全评估、管理软件和船舶技术支持系统的开发；与国际专业软件开发公司共同进行船舶与海洋工程专业设计软件的关键开发技术研究。

(4) 船舶及海洋工程系统分析与海上安全作业智能系统研制。开展船舶运输系统分析，确定船队规划和经济适用船型；开展海洋工程系统论证和分析，确定海洋工程各子系统的组成体系和结构框架；进行大型海洋工程产品模块提升、滑移、滚装及运输系统的安全性分析和计算；进行水面和水下特殊海洋工程装备及组合体的可行性分析和技术设计研究；以安全、经济、环保为目标，进行船舶及海洋工程系统风险分析与决策规划研究；在特种海上安全作业产品配套方面进行研究和开发，研制安全作业的智能软硬件系统；开展机舱自动化系统、装卸自动化系统关键技术和 LNG 运输及加注船舶的 C 型

货舱系统国产化研究。

本书体系完整、结构清晰、理论深入、技术规范、方法实用、案例翔实，融系统性、理论性、创造性和指导性于一体。相信本书必将为船舶与海洋结构物设计领域的工作者提供非常好的参考和指导，也为船舶与海洋结构物的制造和运营管理提供技术基础，对推动船舶与海洋工程领域相关工作的开展也将起到积极的促进作用。

衷心地感谢丛书作者们的倾心奉献，感谢所有关心本书并为之出版尽力的专家们，感谢科学出版社及有关学术机构的大力支持和资助，感谢广大读者对丛书的厚爱！



大连理工大学
2016年8月

前 言

安全、环保和可持续发展是 21 世纪人类共同主题。进入 21 世纪，人们的公众安全和环境意识觉醒，对海上事故已达到“零容忍”程度。国际海事组织及其他国际相关海事组织积极推进相关公约、规则和规范的重新审议，涵盖了船舶及海洋工程设计、建造、营运、拆解等全生命周期的防污染要求，制定了目标型船舶标准、共同结构规范、海水压载舱涂层标准、2009 概率破损稳性规则、船舶 CO₂ 设计指标、船舶再利用标准、NO_x 和 SO_x 减排标准、压载水管理公约、绿色拆船公约、船舶有害防污底系统公约等，促进船舶防污染规范标准的不断提升。船舶防污染从传统的防止油类污染、生活污水污染、垃圾污染、空气污染等常规防污染（或称狭义防污染）转向“绿色低碳”的环保要求（或称广义防污染）。这些防污染公约及规则陆续生效，将给造船业带来绿色革命的挑战。其中船舶能效设计指数和船舶能效管理计划被正式纳入《国际防止船舶造成污染公约》附则 VI 修正案。也就是说，在国际海事组织温室气体减排框架下的 3 个关键步骤，即能效设计指数、船舶能效管理计划、市场机制中，已有两项被列入强制要求。2016 年 9 月 8 日，《国际船舶压载水和沉积物控制与管理公约》及其相关导则达到了生效条件，2017 年 9 月 8 日生效。这表示航运业、造船业以及相关产业所面临的减排冲击将全面进入实质性阶段。中国船级社前总裁李科浚表示，这场“绿色技术革命”的影响不亚于 19 世纪船舶动力从风帆到蒸汽机的伟大变革。在此影响下，相关公约、规范业已发生重大变化，并将引发造船、航运生态的重大变革。特别是在当前航运业再次陷入低谷之际，绿色技术、绿色标准规范将成为此次格局调整的重要推手，新的满足国际公约和国家节能减排要求的绿色船型、绿色技术将是下一阶段新船订单争夺的关键。中国船舶工业发展迅速，已经奠定了世界造船大国的地位，但与造船强国尚且存在差距。尤其在国际航运界不断推出新公约、新法规之际，如何抓住国际船舶标准发展机遇，瞄准绿色船舶未来发展方向，研发船舶绿色技术和节能减排技术，使船舶适应国际社会关注的“绿色”“健康”等节能环保新船型，是中国建设创新型船舶工业和造船强国的必由之路。

安全与防污染是船舶及海洋工程的两大生命线。如果船舶及海洋工程安全出问题，事故将会不断发生，由此可能导致严重的环境污染，而清理污染则需要花费巨大的人力、财力、物力，因此，防污染与安全息息相关。船舶及海洋工程防污染可分为两个层次，一是狭义的防污染，包含 6 个方面：防油类污染、防有毒液体物质污染、防海运包装有害物质污染、防生活污水污染、防垃圾污染、防空气污染。这些防污染要求已列在 1973 年《国际防止船舶造成污染公约》的 6 个附则中。另外，由于化学品船所装载的化学品的易燃性、易爆性、挥发性、强腐蚀性及剧毒性等特性，要求化学品船必须具有较高的安全水平，以防止事故造成严重污染。液化气体船如液化天然气船舶，由于液化天然气具有低温、易挥发性及易爆性，一旦爆炸后果不堪设想，其安全要求也较高。二是广义的防污染，即船舶及海洋工程在防止传统污染源的基础上，达到“低消耗、低排放、对环境无害”的绿色环保要求。由于各种新船型不断出现，如极地航行船舶、豪华邮轮等，

同时海洋工程也从浅海不断走向深海,系统越来越复杂,无论船舶还是海洋工程,面临的风险都越来越大。有效识别风险、分析风险进而找到控制风险的措施,是从根本上降低船舶及海洋工程事故发生概率与频率从而有效控制污染发生的最有效手段。

目前,船舶与海洋工程防污染控制技术方面的教材尚无完整体现上述内容的版本,有的侧重防污染设备介绍,有的侧重港口水域防污染工艺,有的侧重船舶营运设备管理等,对于全生命周期不同阶段尤其设计阶段的防污染考虑及相关研究更是很少见,不能适应目前的社会及行业发展。同时由于防污染涉及的公约、法规、规范种类繁多,学生在短期内系统学习及有针对性地研究相对困难,编写教材“船舶与海洋工程全生命周期的防污染控制技术”具有很好的实用价值。

本书以国际海事组织相关公约为核心,基于全生命周期理念,分别介绍船舶设计、建造、营运、拆解等不同生命阶段所应满足的防污染要求及防污染控制措施,同时也介绍海洋平台相关的防污染要求及其在设计、建造、营运等阶段所应满足的标准。本书分为上、中、下三篇,上篇为狭义防污染,即前面说的六类防污染,以及散装液货防污染要求;中篇为广义防污染,从全生命周期考虑污染源及其控制策略,具体包括压载水管理公约、建造防污染、绿色拆船公约、海洋平台防污染、绿色船舶规范等涉及船舶不同生命阶段的防污染要求;下篇介绍基于风险管理理论的基本概念,为船舶及海洋平台安全作业提供可靠保障,从根本上有效降低船舶及海洋平台发生事故的的概率,从而减少污染的可能性及造成后果的严重性。

对于船舶及海洋工程专业学生及相关从业人员来说,学习相关国际防污染公约及法规要求,熟悉不同公约与规则对设计、建造、营运及拆解带来的影响,能够更好地满足全社会对船舶行业降低污染排放的要求,适应绿色造船及绿色航运的时代要求。

本书共 10 章,章节的结构设计、全书统稿及修改由张明霞负责,其中第 5 章及第 9 章部分资料由林焰教授提供,第 6 章的 6.3 节及第 8 章由大连船舶重工集团船舶研究所冷阿伟工程师负责编撰,其余章节由张明霞负责编撰。本书插图及表格由研究生汪仕靖、刘镇方、赵正彬、韩兵兵及李岗负责绘制。纪卓尚教授对本书进行了审阅并提出了宝贵修改意见。本书以大连理工大学船舶工程学院研究生课程“船舶防污染控制技术”讲义为基础编写,一方面系统化相关课程内容,另一方面也有利于学生系统深入学习相关课程。本书获得大连理工大学研究生院教改基金资助,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和疏漏,希望读者及时提出宝贵建议,并发送至邮箱mxzhang@dlut.edu.cn,待再版时一并加以改进。

张明霞

2017年6月30日

目 录

“船舶与海洋结构物先进设计方法”丛书序

前言

上 篇 狭义防污染

| | |
|---------------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 3 |
| 1.1 船舶与海洋工程造成的污染及防污染要求概述 | 5 |
| 1.1.1 船舶与海洋平台造成的常规污染 | 6 |
| 1.1.2 船舶与海洋平台事故污染概述 | 10 |
| 1.1.3 船舶与海洋平台全生命周期的防污染要求 | 11 |
| 1.2 国际防污染公约及国内防污染法规 | 14 |
| 1.2.1 IMO | 14 |
| 1.2.2 国内外防污染公约 | 18 |
| 1.2.3 不同防污染公约的比较 | 21 |
| 1.2.4 防污染公约的法定证书与法定检验 | 22 |
| 1.3 防污染发展趋势及要求 | 24 |
| 1.3.1 低碳博弈的时代要求 | 24 |
| 1.3.2 IMO 公约的绿色使命及低碳经济下的防污染公约发展 | 25 |
| 第 2 章 《国际防止船舶造成污染公约》及其应用 | 32 |
| 2.1 《国际防止船舶造成污染公约》发展背景 | 32 |
| 2.2 附则 I：防止油类污染 | 33 |
| 2.2.1 名词定义 | 33 |
| 2.2.2 所有船舶的机器处所的防污染 | 36 |
| 2.2.3 燃油舱及货泵舱保护 | 39 |
| 2.2.4 油船货油舱的防污染 | 40 |
| 2.2.5 油船专用压载舱容量 | 44 |
| 2.2.6 油船完整稳性和破损稳性衡准 | 45 |
| 2.2.7 油船的意外泄油性能参数评估 | 48 |
| 2.2.8 油船结构变化及发展 | 53 |
| 2.3 附则 II：散装有毒液体物质污染规则 | 63 |
| 2.3.1 基本定义 | 63 |

| | | |
|------------|------------------------------|------------|
| 2.3.2 | 散装有毒液体物质分类 | 64 |
| 2.3.3 | 散装有毒液体物质防污染措施 | 65 |
| 2.4 | 附则III: 防止海运包装有害物质污染规则 | 66 |
| 2.4.1 | 适用范围及定义 | 66 |
| 2.4.2 | 海运包装有害物质识别标准 | 66 |
| 2.4.3 | 海运包装有害物质防污染措施 | 67 |
| 2.5 | 附则IV~VI: 防止船舶生活污水、垃圾、空气污染规则 | 68 |
| 2.5.1 | 防止船舶生活污水污染规则 | 68 |
| 2.5.2 | 防止船舶垃圾污染规则 | 70 |
| 2.5.3 | 防止船舶空气污染规则 | 71 |
| 第3章 | 散装运输危险化学品船舶构造和设备规则及应用 | 76 |
| 3.1 | 《IBC 规则》背景介绍 | 76 |
| 3.1.1 | 《IBC 规则》发展 | 76 |
| 3.1.2 | 基本定义 | 79 |
| 3.1.3 | 液体散货的最低安全和污染标准 | 83 |
| 3.1.4 | 化学品分类 | 85 |
| 3.1.5 | 化学品船舶防污染要求概述 | 87 |
| 3.2 | 化学品船舶船型与分舱 | 90 |
| 3.2.1 | 化学品船型与舱型分类 | 91 |
| 3.2.2 | 化学品船舶附加标志 | 96 |
| 3.2.3 | 化学品船舶完整稳性 | 96 |
| 3.2.4 | 化学品船舶破损稳性 | 97 |
| 3.3 | 化学品船舶防污染控制技术 | 99 |
| 3.3.1 | 构造材料 | 100 |
| 3.3.2 | 货物温度控制 | 100 |
| 3.3.3 | 液货舱透气和除气装置及其他要求 | 100 |
| 3.3.4 | 化学品船舶设计实例 | 101 |
| 第4章 | 散装运输液化气体船舶构造和设备规则及应用 | 103 |
| 4.1 | 《IGC 规则》背景介绍 | 103 |
| 4.1.1 | 适用范围及相关定义 | 105 |
| 4.1.2 | 《IGC 规则》概述 | 106 |
| 4.1.3 | 散装运输液化气体船舶分类 | 106 |
| 4.2 | 《IGC 规则》要求 | 112 |
| 4.2.1 | 液化气体船舶附加标志 | 112 |
| 4.2.2 | 液化气体船舶分舱与破损稳性 | 113 |
| 4.2.3 | 液化气体船舶防污染控制技术 | 118 |

中 篇 广 义 防 污 染

| | |
|----------------------------------|-----|
| 第 5 章 船舶压载水管理计划及应用 | 127 |
| 5.1 船舶压载水管理计划介绍 | 127 |
| 5.1.1 船舶压载水管理公约发展历程 | 127 |
| 5.1.2 船舶压载水管理公约概述 | 128 |
| 5.2 船舶压载水置换方法 | 131 |
| 5.2.1 顺序法 | 131 |
| 5.2.2 溢流法 | 132 |
| 5.2.3 稀释法 | 134 |
| 5.3 压载水置换过程的安全评估 | 135 |
| 5.3.1 一般要求 | 135 |
| 5.3.2 安全因素 | 136 |
| 5.3.3 安全评估 | 137 |
| 5.4 满足 D-2 标准的船舶压载水处理方法及系统 | 137 |
| 5.4.1 BWMS 应用分析 | 137 |
| 5.4.2 BWMS 的布置建议 | 140 |
| 5.5 船舶压载水顺序置换方案研究算例 | 140 |
| 第 6 章 船舶建造防污染 | 145 |
| 6.1 船舶有害防污底公约 | 146 |
| 6.1.1 船体油漆造成的污染 | 146 |
| 6.1.2 《AFS 公约》概述 | 147 |
| 6.2 广义的绿色造船 | 149 |
| 6.2.1 绿色设计 | 149 |
| 6.2.2 绿色工艺 | 149 |
| 6.2.3 绿色生产管理 | 150 |
| 6.3 绿色造船的机遇与挑战 | 151 |
| 6.3.1 绿色造船的机遇 | 151 |
| 6.3.2 绿色造船的挑战 | 151 |
| 第 7 章 绿色拆船公约 | 154 |
| 7.1 《拆船公约》的框架和影响 | 155 |
| 7.1.1 《拆船公约》的框架 | 155 |
| 7.1.2 《拆船公约》的影响 | 155 |
| 7.2 《拆船公约》内容 | 157 |
| 7.2.1 《拆船公约》的基本定义及适用范围 | 157 |

| | | |
|------------|---------------------------|------------|
| 7.2.2 | 《拆船公约》主要要求 | 159 |
| 7.2.3 | 《拆船公约》对设计及建造的要求 | 162 |
| 第8章 | 海洋平台防污染 | 163 |
| 8.1 | 海洋平台防污染及其措施 | 164 |
| 8.1.1 | 概述 | 164 |
| 8.1.2 | 海洋平台污染事故 | 165 |
| 8.1.3 | 海洋平台作业特点分析 | 169 |
| 8.2 | 海洋平台防污染公约 | 170 |
| 8.2.1 | 《国际防止船舶造成污染公约》对海洋平台的防污染要求 | 170 |
| 8.2.2 | 平台入级与建造规范对防污染的要求 | 172 |
| 8.3 | 海洋平台防污染控制技术 | 172 |
| 8.3.1 | 海洋平台防止污油水污染处理技术 | 173 |
| 8.3.2 | 海洋平台生活污水的处理 | 175 |
| 8.3.3 | 海洋平台生活区垃圾处理 and 排放技术 | 176 |
| 8.3.4 | 海洋平台烟气排放控制配置技术 | 177 |
| 8.3.5 | 钻井平台钻井粉尘和岩屑处理技术 | 180 |
| 第9章 | 绿色船舶规范 | 182 |
| 9.1 | 绿色船舶规范概述 | 183 |
| 9.1.1 | 绿色船舶规范发展历程 | 183 |
| 9.1.2 | CCS《绿色船舶规范》 | 184 |
| 9.1.3 | 绿色规范技术要求及衡准 | 186 |
| 9.2 | 环境保护要求 | 190 |
| 9.2.1 | Green Ship I 的技术要求 | 191 |
| 9.2.2 | Green Ship II 的技术要求 | 192 |
| 9.2.3 | Green Ship III 的技术要求 | 193 |
| 9.3 | 船舶设计能效 | 196 |
| 9.3.1 | Attained EEDI 计算方法 | 196 |
| 9.3.2 | Attained EEDI 验证方法 | 202 |
| 9.3.3 | 对试验机构/单位的基本要求 | 210 |
| 9.4 | 船舶营运能效 | 210 |
| 9.4.1 | EEOI 计算方法 | 211 |
| 9.4.2 | SEEMP 实施要求 | 214 |
| 9.5 | 绿色船舶技术 | 218 |
| 9.5.1 | 绿色船舶评价体系 | 219 |
| 9.5.2 | 绿色船舶设计技术 | 226 |
| 9.5.3 | 新能源 | 230 |
| 9.5.4 | 国内绿色船舶研究 | 233 |

下 篇 综合安全评估理论及应用

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第 10 章 风险管理理论及其在船舶与海洋工程中的应用 | 237 |
| 10.1 安全评估基本术语 | 238 |
| 10.1.1 风险分析中的基本要素 | 239 |
| 10.1.2 事故分类 | 242 |
| 10.1.3 定性与定量表示安全程度 | 243 |
| 10.2 FSA | 244 |
| 10.2.1 应用 FSA 方法应考虑的方面 | 245 |
| 10.2.2 FSA 详细实施步骤 | 247 |
| 10.3 风险的度量和可接受衡准及评估技术 | 254 |
| 10.3.1 风险度量和可接受的衡准 | 254 |
| 10.3.2 常用风险评估技术 | 258 |
| 10.3.3 风险敏感性分析和风险评估技术适用范围 | 262 |
| 10.4 FSA 方法在船舶工程中的应用 | 262 |
| 10.4.1 FSA 方法在船舶规范改进中的应用 | 263 |
| 10.4.2 FSA 方法在船舶设计中的应用 | 267 |
| 10.4.3 FSA 方法在航运安全管理中的应用 | 269 |
| 10.4.4 FSA 方法在海洋平台中的应用 | 271 |
| 附录 | 275 |
| 附录 A CCS 船舶环境保护附加标志 | 275 |
| 附录 B 防污染法定产品持证要求一览表 | 277 |
| 附录 C 《国际海运危险货物规则》 | 278 |
| 附录 D 有毒液体物质分类指南 | 279 |
| 附录 E 化学品船舶最低要求一览表——摘录 | 281 |
| 附录 F 液化气体船舶最低要求一览表 | 284 |
| 附录 G 《拆船公约》有害物质清单、分布及编制 | 287 |
| 附录 H EEDI 技术案卷示例 | 294 |
| 附录 I 蒲氏风浪等级对应表 | 299 |
| 参考文献 | 301 |

上 篇 狭义防污染

第1章 绪 论

党的十八大明确指出要“提高海洋资源开发能力，发展海洋经济，保护海洋生态环境，坚决维护国家海洋权益，建设海洋强国”。2013年年初全国交通运输工作会议也提出，积极推动航运业上升为国家战略，推进中国由海运大国向海运强国转变。如何打造“海运强国”，不断提升中国海运的国际竞争力和服务水平，增强中国在世界海运界的地位和话语权，是人们所面临的重要问题。海洋强国战略的确定，为中国航运业发展提供了前所未有的发展机遇。

但随着公众对清洁环境的要求越来越高，船舶对海洋环境及空气造成的污染，越来越不可忽视。而且载运危险货物船舶一旦发生事故，将造成巨大的财力、物力损失，还会导致严重的海洋生态灾难，危及海洋生物、渔业资源，进而影响人类健康。所以，船舶防污染是船舶安全之外的另一生命线，而且与安全生命线息息相关。船舶安全得到保证，不发生事故，因事故而导致的污染就能得到有效控制。可以说，安全与防污染是船舶生命线这枚硬币的两面，相互关联，不可分割。

传统的船舶防污染，污染源包括油类、有毒液体物质、包装有害物质、垃圾、生活污水、空气污染六大类，属于事后的被动防污染，即发生事故后，不断总结经验教训，由此形成各类防污染公约与法规。例如，船舶主要的防污公约——《经1978年议定书修订的1973年〈国际防止船舶造成污染公约〉》（*International Convention for the Prevention of Pollution From Ships, 1973, as Modified by the Protocol of 1978*）^[1]对船舶的设计、建造及营运等方面提出了相应的防污染要求。其中，油船的双层壳双层底分舱设计要求，就是单壳油船发生事故造成大量的原油泄漏，导致失事海域及沿岸环境的巨大污染，同时清污成本激增，给事故海域及沿岸国家带来不可估量的生态环境灾难。因此，国际海事组织（International Maritime Organization, IMO）适时推出了设置油船双层壳双层底的专用压载舱设计方案，这种分舱方案改善了船舶防污染能力，有效减少了碰撞、搁浅等事故导致的货油泄漏，但是也造成了油船空船重量增加、重心升高等不利影响。还有《国际海上人命安全公约》（*International Convention for the Safety of Life at Sea*，又称为《SOLAS公约》）^[2]中的结构防火要求，通过设置不同处所的舱壁及甲板耐火材料等级来控制火灾的发生，并在不同处所配备相应的消防设备与系统来控制火灾的蔓延。由于船上空间有限，消防设备及消防物质的储备也是有限的。这些系统的设计可以保障船舶火灾不发生或发生后立即被控制住，将可能的污染降到最低限度。由此可以看出，防污染需要兼顾环保性和经济性，在两者之间找到平衡点，既能达到防污染要求，又使成本控制在船东等各方可接受的水平。

前面说的六大类污染构成了船舶主要污染源，对它们的防治也是1973年《国际防止船舶造成污染公约》的主要内容。由于经济发展及国际社会对防污染的迫切性不同，

关于这六大类防污染的附则分别经历了不同的发展过程。《国际防止船舶造成污染公约》1973年生效，1978年修订，其中，附则I“防止油类污染规则”1983年10月2日生效；附则II“控制散装有毒液体物质污染规则”1987年4月6日生效；附则III“防止海运包装有害物质污染规则”1992年7月1日生效；附则IV“防止船舶生活污水污染规则”2003年9月27日生效；附则V“防止船舶垃圾污染规则”1988年12月31日生效；附则VI“防止船舶造成空气污染规则”2005年5月19日生效。《国际防止船舶造成污染公约》从颁布到全部正式生效经历了30余年的发展历程。

船舶营运消耗燃油会排放大量的二氧化碳(CO₂)、氧化硫(SO_x)和氧化氮(NO_x)等污染物，目前全球资源短缺、污染严重、温室效应明显，全球化的低碳经济浪潮席卷而来。在全球化的低碳经济中，解决船舶污染问题也提上了日程，其目标是减少CO₂、SO_x及NO_x排放，主要措施如下：采用清洁燃料，包括风能、太阳能、液化天然气(liquefied natural gas, LNG)、低硫燃油；采用新的推进方式(柴电推进、电力推进)、推进装备、废热回收系统；船型优化，包括阻力最小、螺旋桨优化、舵形状优化、上层建筑优化；布置优化、结构优化(如使用重量更轻的新材料，使得空船重量更轻、载货量更大)等。

上述防污染要求是事前的主动防污染，从船舶的全生命周期进行考虑，在设计阶段就需要考虑营运时的排放污染；在建造阶段需要考虑船舶的防污底涂层、货舱及压载舱的涂层性能、采用轻质材料等；在营运阶段防污染排放标准则不断提高，如要求燃油硫含量逐渐降低、提供营运管理计划优化航行路线、尽可能提高效率。而拆船阶段则需要遵循绿色拆船公约的要求。传统的船舶压载水装在专用压载舱中，属于清洁压载水，可以排放到目的港口水域中。但是，异地压载水对当地港口水域造成生物入侵的后果不断被发现及证实，异地压载水中的水生物会危及当地水环境及水资源的安全，因此，压载水必须按照2004年《国际船舶压载水和沉积物控制与管理公约》(以下简称《压载水公约》)及其相关导则来进行管理和排放。这些防污染公约的内容均属于现代的防污染。

防污染可概括为狭义防污染和广义防污染。其中狭义防污染，即传统防污染，主要根据防污染公约针对船舶可能的污染源，分别对船舶的结构与分舱、设备及布置、排放等方面进行控制。而广义防污染属于现代防污染，针对船舶全生命周期，从设计、建造、营运直至拆解，每个生命阶段均需要进行相应的防污染控制，实现绿色造船、绿色航运、绿色拆船，从而达到低消耗、低排放的航运业绿色环保要求。

狭义防污染的污染源包括如下六种：油类污染、有毒液体物质污染、海运包装有害物质污染、生活污水污染、垃圾污染、空气污染。这些污染主要是指所有船舶在营运中产生的排放性污染及载运危险货物船舶的突发性污染。排放性污染包括：生活污水、垃圾及机器处所的含油污水。突发性污染主要来源于油船、化学品船、液化气体船等载运危险货物的船舶，为了将这类船舶在碰撞、搁浅等事故后造成的污染降低到最低限度，应对其货舱的分舱、破损稳性及货物围护系统等提出相应的保护措施^[3,4]。所以，在设计、建造船舶时，必须以相应的公约为依据，这样设计建造的船舶才能满足防污染的法律要求。这类防污染要求是船舶常规防污染的依据，常规防污染框架如图1.1所示。