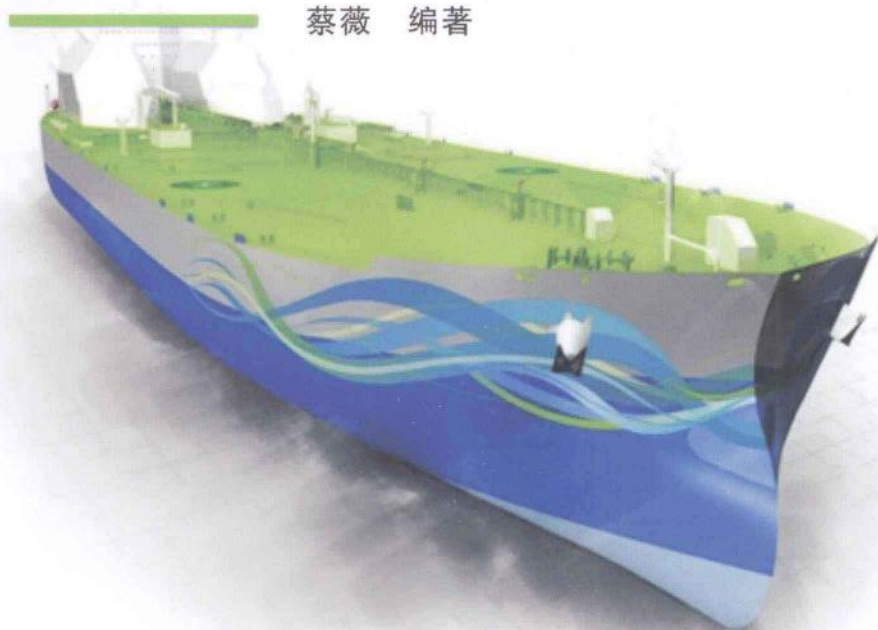


高等学校交通运输类系列教材

绿色船舶技术

蔡薇 编著



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

交通运输类专业系列教材

绿色船舶技术

蔡 薇 编 著

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书对绿色船舶技术从有关规范、要求、技术的实施与应用等多方面进行有针对性的叙述,参考了大量的国内外相关文献,并在此基础上进行提炼和发展。本书主要内容包括绿色船舶的总论、面向环境的设计方法及船舶的绿色设计、清洁生产技术与绿色造船技术的实施与推广、船舶污染预防、船舶绿色能源的应用、船舶绿色技术的实践以及绿色船舶的标准与评价。

本书的主要读者对象为高等院校船舶与海洋结构物设计制造专业的本科生及研究生,也可供从事船舶工程研究开发的广大读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

绿色船舶技术/蔡薇编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2013.3
ISBN 978-7-5629-4008-1

I. ①绿… II. ①蔡… III. ①绿色船舶-技术 IV. ①U674

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 064128 号

项目负责:陈军东

责任编辑:陈军东

责任校对:陈 平

装帧设计:董君承

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

E-mail:chenjd@whut.edu.cn 163.com

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:16.5

字 数:431 千字

版 次:2013 年 6 月第 1 版

印 次:2013 年 6 月第 1 次印刷

定 价:32.00 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)87515798 87165708

序

发达国家先于我们十多年就开始研究绿色船舶技术,而2008年罕见的金融风暴,使世界造船工业面临变局,也使绿色船舶现在被置于前所未有的地位。本书作者蔡薇教授,2004年从日本、荷兰进修回国后,迄今为止一直在绿色船型开发、绿色技术应用方面从事科研教学工作。本书在广泛收集国内外资料的基础上,突出了绿色船舶技术理论与实践的阐述分析,所涉及的国内外技术及最新进展能够把读者带入船舶绿色新技术应用的领域,为船舶工程的专业人士提供很好的技术知识介绍。

为了构建强大的竞争优势,绿色船舶不再只是个概念,而是各造船国家奋力开发的战略性产品,本书的出版也是在多年积累的基础上应运而生的。据我所知,本书的编撰也得益于和造船强国大专院校、企业合作中相互交流的成果,如荷兰丹尔伏特理工大学、日本东京大学等提供了较多很好的资料和素材,从侧面也说明了绿色船舶技术是当今世界造船界共同关注的焦点问题之一。相信《绿色船舶技术》一书的出版必将为我国造船行业绿色设计、绿色制造、绿色营运、绿色回收起到良好的推进作用。

中国工程院院士
二零一二年十月于武汉



前 言

科技的发展带动着经济的飞速进步,但同时也带来了严重的环境和生态平衡问题,面对全球性的环境恶化,人们开始有所觉醒并采取实质性的措施,并将重心从污染治理转移到污染预防的科学技术上来,充分认识到绿色技术的重要性。船舶作为一个重要的水上运输工具,从建造到航运维修再到拆解,整个过程都会对周边环境产生重大的影响,造成的污染不可小觑。治理并预防污染引起了整个行业的重视,世界海事组织颁发了一系列相关的限排防污条约,强行控制船舶引起的污染。绿色船舶技术对一条船的整个生命周期的每个阶段会产生的污染进行了分析,对不同阶段产生的污染,有针对性地结合当前的绿色技术,将新能源、新材料、新工艺运用到船舶上。在现有的基础上不断学习和开发,努力使船舶发展成环境友好的绿色产品,以满足绿色船舶在能源、资源、环境、劳保及管理方面的要求,实现船舶行业与自然的和谐发展。

本书的主要内容包括绿色船舶的总论、面向环境的设计方法及船舶的绿色设计、清洁生产技术及绿色造船的实施与推广、船舶污染预防、船舶绿色能源的应用、船舶绿色技术的实践以及绿色船舶标准与评价。

本书的主要读者对象为高等院校船舶与海洋结构物设计制造专业的本科生及研究生,也可供从事船舶工程研究开发的广大读者参考。

本书在编撰过程中得益于“高性能船舶关键技术学科创新引智基地”的项目实施,得到了荷兰丹尔伏特理工大学 C. Dirkse 教授、A. Aalbers 教授的大力帮助,在此表示衷心感谢。由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 4 月

目 录

1 绿色船舶的总论	(1)
1.1 环境污染问题现状概述	(1)
1.1.1 科学技术与环境问题的辩证关系	(1)
1.1.2 实施绿色技术的必要性	(2)
1.2 船舶对环境的污染	(3)
1.2.1 船舶航运对环境的影响	(3)
1.2.2 船舶修造对环境的影响	(4)
1.2.3 船舶拆解对环境的影响	(6)
1.2.4 主要污染源分析	(8)
1.3 船舶防污染国家及国际公约	(18)
1.3.1 国际海事组织	(18)
1.3.2 1973 年国际防止船舶造成污染公约及 1978 年议定书	(18)
1.3.3 海上污染干预和防备的国际公约	(20)
1.3.4 我国的船舶防污染法律和条例	(23)
1.4 绿色船舶的产生及意义	(25)
1.4.1 绿色消费的要求	(25)
1.4.2 可持续发展的必然选择	(26)
1.4.3 消除绿色壁垒的最有效途径	(27)
1.5 绿色船舶的内涵及特性	(29)
2 面向环境的设计方法及船舶的绿色设计	(31)
2.1 绿色设计概述	(31)
2.2 绿色设计中产品需求的获取方法	(32)
2.2.1 基于产品需求拓扑结构的需求获取	(32)
2.2.2 产品需求描述的规范化	(33)
2.2.3 环境需求分析	(33)
2.3 绿色设计方法与过程	(34)
2.3.1 绿色设计生命周期分析	(34)
2.3.2 绿色设计方法	(36)
2.3.3 绿色设计的实施模式	(42)
2.3.4 绿色设计的步骤	(43)
2.4 绿色设计准则及应用	(45)
2.4.1 绿色设计基础环境的建立及绿色设计准则	(45)
2.4.2 绿色设计准则的应用	(48)
2.5 船舶的绿色设计实施	(49)
2.5.1 船舶绿色设计内涵	(49)

2.5.2 船舶绿色设计途径.....	(49)
3 清洁生产技术及绿色造船的实施与推广.....	(53)
3.1 清洁生产概述.....	(53)
3.1.1 清洁生产的定义.....	(53)
3.1.2 清洁生产的目标和内容.....	(54)
3.1.3 实现清洁生产的主要途径.....	(55)
3.1.4 清洁生产的评价.....	(57)
3.2 清洁生产的审计.....	(58)
3.2.1 筹划和组织.....	(58)
3.2.2 预评估.....	(59)
3.2.3 评估.....	(60)
3.2.4 方案的产生和筛选.....	(60)
3.2.5 可行性分析.....	(61)
3.2.6 方案实施.....	(62)
3.2.7 持续清洁生产.....	(62)
3.3 制造行业的清洁生产技术.....	(62)
3.3.1 传统机械制造技术的改进.....	(63)
3.3.2 促进清洁生产的先进制造技术.....	(66)
3.4 绿色造船策略及其实施.....	(71)
3.4.1 船舶绿色加工工艺.....	(72)
3.4.2 船舶绿色焊接工艺.....	(72)
3.4.3 绿色涂装工艺.....	(73)
3.4.4 绿色舾装.....	(74)
3.4.5 绿色造船管理.....	(75)
3.4.6 船舶绿色制造技术实施要点.....	(76)
4 船舶污染预防.....	(78)
4.1 污染预防的内涵及层次.....	(78)
4.1.1 污染预防的内涵.....	(78)
4.1.2 污染预防的层次.....	(78)
4.2 船舶污染预防规划.....	(79)
4.2.1 污染预防规划过程的结构与预评估.....	(80)
4.2.2 污染预防规划项目的制定、实施和监测.....	(82)
4.3 环境管理体系.....	(87)
4.3.1 环境管理体系模型.....	(87)
4.3.2 环境审计.....	(89)
4.4 污染预防经济学.....	(90)
4.4.1 市场与边际成本和边际收益的关系.....	(90)
4.4.2 控制措施核算.....	(93)
4.4.3 总成本评估.....	(96)
4.4.4 污染预防因子.....	(98)

5 船舶绿色能源的应用	(102)
5.1 能源与环境	(102)
5.1.1 世界能源消费	(102)
5.1.2 我国的能源环境问题	(102)
5.1.3 资源枯竭问题与节约能源	(103)
5.2 绿色能源技术	(104)
5.2.1 现代风能技术	(104)
5.2.2 太阳能发电技术	(105)
5.2.3 海洋能	(106)
5.2.4 地热能	(106)
5.2.5 氢能	(107)
5.2.6 受控核聚变	(108)
5.2.7 生物质发电技术	(109)
5.3 节能船型的开发实践	(110)
5.3.1 利用太阳能技术新船型	(110)
5.3.2 风能船型	(116)
5.3.3 波能利用及船型	(124)
5.3.4 LNG 驱动船型	(131)
6 船舶绿色技术的实践	(143)
6.1 无压载水船型	(143)
6.1.1 控制船舶压载水污染的措施	(143)
6.1.2 V 形船身(V-Shaped Hull)无压载水船舶	(149)
6.1.3 贯通流系统船体	(151)
6.1.4 单一结构船体	(153)
6.2 全电力推进船型	(154)
6.2.1 全电力推进系统的特点	(155)
6.2.2 船舶电力推进系统结构	(156)
6.2.3 全电力推进船舶应用技术分析	(160)
6.3 船舶绿色节能技术	(165)
6.3.1 减阻机理	(165)
6.3.2 仿生船舶的减阻	(170)
6.4 船舶减排技术	(173)
6.4.1 技术措施	(174)
6.4.2 绿色发动机船舶技术	(176)
6.5 绿色拆船	(178)
6.5.1 世界拆船业现状	(178)
6.5.2 拆船的模式	(180)
6.5.3 船舶拆解生产工艺流程	(180)
6.5.4 拆船生产污染分析	(181)
6.5.5 拆船污染防治措施	(182)

6.5.6	面向拆卸的设计 DFD	(184)
6.6	船体轻量化结构设计	(185)
6.6.1	船舶结构设计中的轻量化概念	(185)
6.6.2	船舶结构优化设计的研究的意义、方法与进展	(186)
6.6.3	船舶优化设计在各种船型中的应用实例	(192)
6.6.4	新材料在船舶轻量化中的应用	(194)
6.7	轻型高强度复合材料应用	(195)
6.7.1	铝合金	(195)
6.7.2	镁合金	(196)
6.7.3	玻璃钢	(196)
6.7.4	钛合金	(197)
6.7.5	碳纤维	(198)
6.7.6	金属泡沫材料	(200)
6.7.7	生物树脂	(201)
6.8	船舶减振降噪技术	(202)
6.8.1	船舶减振降噪技术概论	(202)
6.8.2	国内外船舶噪声控制	(206)
6.8.3	针对主要部位的减振措施	(208)
6.8.4	降噪设备的维护	(212)
6.8.5	实例分析	(212)
6.8.6	船舶行业现行噪声的情况	(218)
6.9	高效螺旋桨设计	(220)
6.9.1	高效推进器	(220)
6.9.2	船体尾部的节能装置	(226)
7	绿色船舶标准与评价	(231)
7.1	绿色船舶评价指标体系	(231)
7.1.1	船舶的能源属性评价	(231)
7.1.2	船舶的资源属性评价	(232)
7.1.3	船舶的环境属性评价	(232)
7.1.4	船舶的劳保属性评价	(233)
7.1.5	船舶的管理属性评价	(233)
7.2	绿色度概念分析模型解析	(233)
7.2.1	绿色度概念	(233)
7.2.2	绿色度基准船舶	(234)
7.3	全生命周期评价	(235)
7.3.1	目标确定	(235)
7.3.2	评价基准的选择	(235)
7.3.3	评价范围确定	(236)
7.3.4	清单分析	(237)
7.3.5	影响评价	(237)

7.3.6	标准制定	(237)
7.3.7	简化生命周期评价	(238)
7.4	清洁生产及评价	(239)
7.4.1	清洁生产评价对环境影响评价的作用	(239)
7.4.2	清洁生产评价指标	(239)
7.4.3	清洁生产评价方法	(241)
7.4.4	清洁生产评价基准指标	(244)
7.5	能效设计指数 EEDI	(244)
7.5.1	新造船能效设计指数 EEDI 的含义	(245)
7.5.2	基线的回归公式	(246)
7.5.3	新船能效设计指数 EEDI 对新船设计的指导	(247)
7.5.4	新船能效设计指数对我国的影响	(248)
7.5.5	我国应对新船能效设计指数的方针	(248)
7.5.6	实施 EEDI 面临的问题	(249)
7.5.7	降低 EEDI 的具体措施	(249)
7.6	绿色标志的评定	(251)
7.6.1	绿色认证在世界上的发展	(251)
7.6.2	发达国家对 ISO 14001 的态度	(251)
7.6.3	世界各国 ISO 14001 认证的发展	(252)
7.6.4	我国 ISO 14001 认证的形势	(253)

1 绿色船舶的总论

1.1 环境污染问题现状概述

1.1.1 科学技术与环境问题的辩证关系

如果把人类文明的发展史浓缩为 30 分钟,原始的采猎文明占去 29 分 51 秒,接下来的 8 秒多时间是定居的农业文明,现代工业文明只占最后不到 1 秒钟的时间。然而,从 18 世纪开始的现代工业革命至今,人类文明发生的变化超过了以往人类历史两百多万年中变化的总和。究其原因,现代科学在 17 世纪的产生和发展,以及科学发展推动的技术革命在现代工业革命中起到了重要作用。近 300 年来,科学技术以难以置信的速度在发展,不断创造出新成就。

在科学技术的引导下,21 世纪人类的生活无时无刻不在受到尖端技术的影响。如由复合材料制成的四代战机,使其达到重量小、机动性好的目的。又比如由模糊关联、单分子芯片和生物合并三大方向组成的人工智能,不仅被运用于军事领域,更被越来越多地运用于人们的日常生活中。其他如航天科技、纳米技术、基因工程以及量子计算机领域带给人们的惊喜更是数不胜数:目前人类历史最大的空间站已经开建(2007 年),勇气号和机遇号的火星之旅也使人们对太空旅行有了更大的信心(2004);3D 电晶体(2005)、靶向药物及制动器(2005)、纳米机器人(2010)等研制成功;美、英等国科学家宣布绘出拟南芥基因组的完整图谱(2000),科学家首次公布人类基因组草图(2001);中国科技大学研制成功世界上第一台量子计算机(2007),IBM3D 超导量子比特装置研制成功(2012)等。可以预见 21 世纪仍然是科技的世纪,以科技为导向和生产力,人类的明天将会越来越美好。

科学技术的发展改变着客观世界和人类社会,在许多方面使人们的生活更加舒适便利。但是,近 60 年来地球上出现了一个严重的问题——环境污染。

第二次世界大战以后,世界经济进入高速增长阶段,也正是环境污染问题开始严重、加剧,并在全球蔓延的时期。从 20 世纪 50 年代开始,发达国家出现了一系列因水体、大气污染而引发的公害事件,如著名的八大公害事件:马斯河谷烟雾事件,多诺拉烟雾事件,伦敦烟雾事件,洛杉矶光化学烟雾事件,水俣病事件,富山事件,四日哮喘事件,米糠油事件。这些污染事件严重影响了当地居民的身体健康和生命安全,后续影响维持了相当长的时间。20 世纪 70 至 80 年代,发达国家的公害事件有增无减,严重地恶化了当地的生态和生存环境,并造成巨大的经济损失:1975 年 3 月,美国阿拉巴马布朗轮渡核电厂起火,经济损失 1.5 亿美元;1979 年 3 月,美国三哩岛核电站发生事故,释放出放射性物质,经济损失 20 亿美元;1986 年 4 月,苏联切尔诺贝利核电站发生事故,周围大片地区受放射性物质污染,损失 30 亿美元;1989 年美国阿拉斯加州威廉王子湾发生油轮泄漏事件,附近的海面和滩涂被石油覆盖,大批海鸟和水生动物死亡,估算经济损失为 30 亿美元。

与此同时,广大发展中国家也出现了环境问题,即所谓的“贫困型污染”,其深层次的根源在于人口、经济、资源、环境四个系统之间的恶性循环。在最近十年里,发达国家的人口年增长率为 5‰,而发展中国家为 21‰,人口压力给发展中国家带来了粮食、教育、卫生、环境等方面的一系列问题。人均健康水平和科技文化素质难以提高,不能够依靠科技进步推动经济发展,只能依赖于不断开发自然资源。一方面资源的有效利用率很低,另一方面初级资源在国际市场上只能以较低价格出售。因此这些国家往往在摆脱贫困以前,就已出现了水土流失、土地荒漠、生态破坏、污染严重、卫生条件恶劣等问题。这些问题加剧了贫困,贫困又导致了人口数量过度增长、素质难以提高,形成恶性循环。

20 世纪 70 年代以来,全球性环境问题出现,而且还在不断发展:由于 CO_2 等温室气体在大气中浓度升高,形成温室效应;从 1860 年到目前,全球平均气温上升了 0.5°C ,南极气温上升了 2.5°C ;根据全世界 84 个记录站 37 年的记录,海平面平均每年上升约 1.75 mm,热带森林以每年 1130 公顷的速度消失;1990—2000 年间,由于毁林使全球物种消失了 5%~15%,平均每天减少物种 40~140 种;每年有 600 万公顷土地不可逆转地变成沙漠,2100 万公顷半沙漠化;由于大量使用和排放 CFC 类物质,大气中的臭氧层受到破坏,空洞面积逐年扩大。

人类长期忽视环境问题并非偶然。由于环境保护需要投入,要占用一定的社会资源,因此,只有当社会产生了环境保护的需求之后,环境保护的投入才能实现。因此,环境污染的出现和扩展有其必然性;在经济发展初期,环境问题并不明显,环境保护需求不会自发产生;当环境问题扩展到了一定程度,环境保护需求又不可避免,世界各国的实际情况证实了上述观点。20 世纪五六十年代,发达国家的人均国民生产总值达到 2000~5000 美元,环境问题明显暴露,公害事件接连不断,史称“公害时期”;进入 70 年代,由于发展经济过程中对资源开发的过分依赖,“贫困型污染”在许多发展中国家出现。当污染发展到一定程度,环境问题开始受到各国重视:20 世纪 60 年代在发达国家出现了一系列大规模的环保宣传运动;1972 年召开了斯德哥尔摩人类环境会议;20 世纪 70 年代初各国相继设立了环境保护机构。至此,爱护自然、保护环境的价值观念开始出现。

目前正处在这样一个时期:环境保护已经受到重视,“环境价值观”正在形成,但它对科学技术的影响却还只限于较小的范围,即污染的末端治理。虽然在污染治理方面进行了大量工作,但环境状况仍在恶化当中。这种情况表明:环境价值观应该渗入各个科学技术领域,特别要重视技术的环境效应,即发展绿色技术。

至此,可以得出两点结论:

- (1)科学技术对环境问题的作用具有两面性,即有利性和不利性。环境问题出现以后,只注重污染治理,忽视了有利于污染防治的科学技术,是环境问题加剧的一个重要原因;
- (2)科学技术发展为解决环境问题提供了一条重要途径,即发展绿色技术。

1.1.2 实施绿色技术的必要性

全球许多国家都已充分地认识到绿色技术的重要性。绿色是生命的象征。绿色技术旨在改变第一次现代化形成的“能源结构”和“资源使用方式”,以扭转资源匮乏与环境恶化的局面。当前的绿色技术的理念是:

- (1)资源消耗要低于资源的再生;

(2)使用绿色的可再生能源;

(3)环境友好、无污染和可持续发展。

现在我们国家提倡建设“两型”社会,两型社会指的是“资源节约型、环境友好型社会”。资源节约型社会是指整个社会经济建立在节约资源的基础上,建设节约型社会的核心是节约资源,即在生产、流通、消费等各领域各环节,通过采取技术和管理等综合措施,厉行节约,不断提高资源利用效率,形成以尽可能少的资源消耗和环境代价来满足人们日益增长的物质文化需求的发展模式。环境友好型社会是一种人与自然和谐共生的社会形态,其核心内涵是人类的生产和消费活动与自然生态系统协调可持续发展。

我国在 1992 年《出席联合国环境与发展大会的情况及履行国际环境保护义务的有关对策的报告》中提出了要积极发展绿色产品生产,1993 年实行了绿色标志认证制度,1995 年制定了《固体废物污染环境防治法》。在党的十七大报告中,党中央、国务院明确提出了建设资源节约型、环境友好型社会,倡导和推行绿色制造、绿色设计的政策方针。因此,实施绿色技术,是国家发展的需要,也是国家对企业发展的要求。

在世界经济全球化的背景下,由于我国在生产成本方面具有明显的优势,我国的船舶国际占有率不断提升,我国制造的产品越来越多地走向世界。同时,我国的很多产品和物资都要通过我国制造的运输产品如船舶运向世界各地。因此,我国研制的产品必须严格按绿色认证标准来设计、选材和生产,以满足其他国家和地区严格的、甚至于苛刻的产品环境指标,从而越过“绿色贸易壁垒”,顺利打入国外市场。在全球化背景下,实施绿色技术已经成为企业自身可持续发展的一种客观必然,我们别无选择。

1.2 船舶对环境的污染

水路运输中船舶对周边环境的影响,与其他运输方式相比,虽然其运输单位货物重量所消耗的能源较低,相应造成的环境影响较小,但其造成的污染现状也不能忽视。据有关资料统计,当前世界贸易海运量的 97% 由排水量超过 9 亿吨的 8 万艘船舶承担,能耗约占世界总能耗的 3%,造成的污染占全球污染量的 3%~7%,其污染可分为以下几个方面。

1.2.1 船舶航运对环境的影响

海洋是生命的摇篮。自古以来,海洋为人类的发展提供了丰富的资源。它既是一个天然宝库,也是人类最经济的运输环境。海洋运输成本低,仅为铁路运输的 40%~50%。由于海上航运有许多优点,近几年来,海上运输货物以 8% 的增长率逐年递增。1999 年,世界商船共有 38564 艘,49621 万载重吨,担负着全球 70%~80% 的货运量。

船舶数量和吨位的增加,直接影响到从船舶排入海洋的各种物质的数量,这些物质会对海洋生物产生有害的影响。

(1)冷却水的污染

为了保证船舶动力装置的正常运转,需要用水作为冷却介质。由于系统的不完善,部分冷却水会漏泄到机舱舱底,与那里的各种污染物质或其他已经被污染的水相混合,形成所谓的机舱舱底污水。机舱舱底污水是各类船舶都存在的污染源。

(2)货舱洗涤水的污染

船舶尤其是液货船(油轮、散装液体化学品船等)的货舱,为了达到货物运输条件规定的清洁程度,或由于货舱维修保养的需要,常需用水或洗涤剂清洗。这些洗舱水含有石油、化学品、有毒物质或去污剂等。洗舱水是液货船造成污染的一个主要污染源。

(3) 船舶压载水的污染

船舶尤其是液货船,在空载航行时,需要压载以保证其必要的稳定性。作为压载水的舷外水装入液货舱后,与舱内残留的货油或其他有害液体货物混合。这些脏的压载水如果不加处理,直接排放入海会造成严重的污染。

(4) 生活和卫生用水的污染

船上还需要满足船员、旅客日常生活和卫生用水,有时也要满足运输动物的需要。在这种情况下,船舶对海洋环境的影响取决于其排放的生活污水所含的有机废物和可能携带的各种致病微生物和寄生虫。有机废物排放过多会破坏海水中氧的平衡。未经处理的生活污水排放入海,将对海洋环境造成不利影响。

(5) 垃圾物的污染

船舶生产中产生的垃圾(包括垫舱、包装材料、油泥、铁锈、油棉纱等),船员、旅客生活中产生的垃圾(包括食品残余物、包装物以及日用消费品的废弃物等),如果排放入海,不仅会影响海上渔业生产和其他海上活动,而且会影响鱼、贝等海洋生物的生长发育和繁殖,破坏海洋环境。

(6) 船舶对空气的污染

动力装置排出废气中未完全燃烧的微粒,带有各种有害化学成分的燃烧产物,货舱区域排出的挥发性碳氢化合物气体,耗损臭氧层的船用制冷剂和 1301、1211 灭火剂等,这些都对大气产生不同程度的污染,近年来也引起了人们较多的重视。

以上是船舶营运中操作性排放的污染物对海洋环境的影响。船舶事故性排放,更是造成海洋及港口水域污染的重要因素。事故性排放有两种情况:一是由于海损、机损事故造成船体或设备系统破坏而引起的事故性排放;另一种是为了营救船舶、货物或人员生命安全而进行的应急排放。尤其是前者,所造成的污染有时会给海洋环境带来惨重后果,使沿岸国家的经济受到严重损害。如图 1-1 所示为船舶航运过程中对海洋环境的污染途径。

1.2.2 船舶修造对环境的影响

在前几年世界经济及航运市场繁荣期,我国船舶制造业得到蓬勃的发展,定单量与市场占有率曾一度跃居世界第一。造船的整体实力和水平有了大幅的提升,强有力地带动了上、下游行业的发展,重型装备制造技术也不断增强。但船舶制造业为人类及社会提供巨大财富的同时,也在不断地排放废弃物危害环境。

(1) 废气与粉尘污染

船厂主要污染物是焊接烟尘、金属氧化物粉尘、漆雾粉尘、有机废气。废气与粉尘污染物存在大量的无组织排放,在船坞、总组平台、舾装码头的焊接、涂装作业产生的焊接烟尘、漆雾粉尘、有机溶剂废气尚未得到有效治理。部件装焊、分段装焊的焊接烟尘、有害气体、噪声以及电磁辐射等对数以万计的造船焊工的身体健康造成危害,却没有引起足够的重视。如按 2010 年全国船舶 1600 万载重吨测算,该年钢材加工量可达 735 万吨,年约需要焊接材料 21 万吨,相当于每天消耗焊材 836.6 t,以每个造船焊工平均每天 15 kg 焊材来计算,

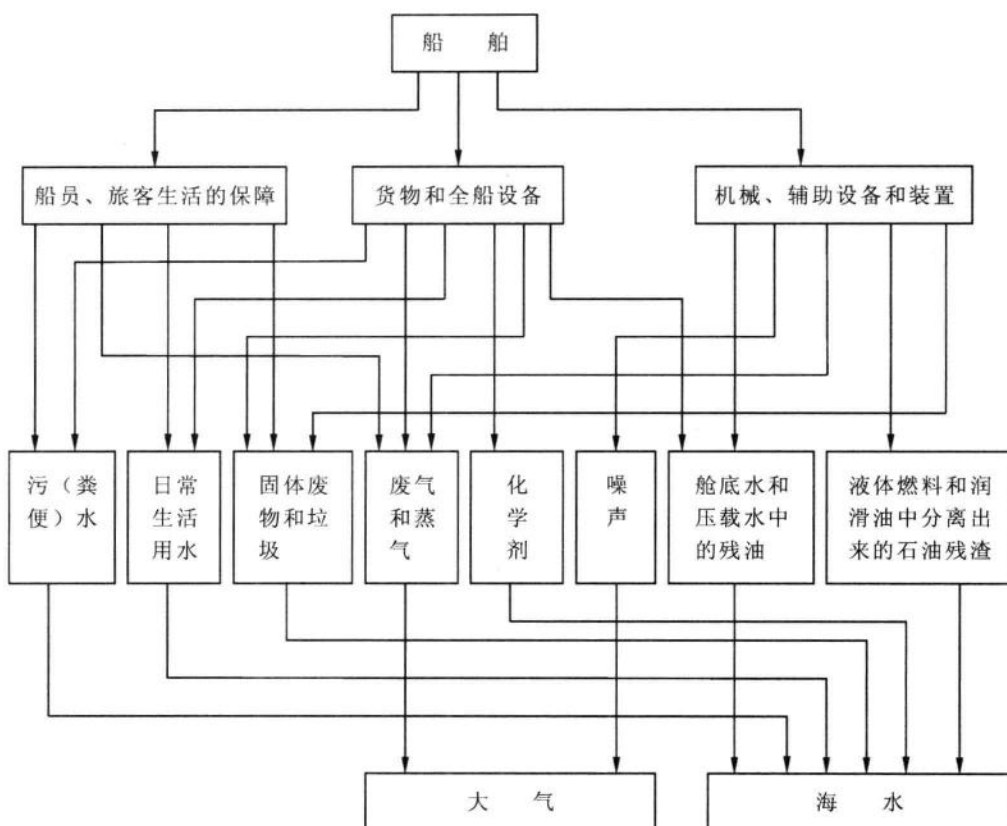


图 1-1 船舶航运过程中对环境的污染途径

就有 5.5 万名焊工在电焊烟尘弥漫的环境中作业。个别企业不少电焊工天天加班加点，不注意劳动保护和通风防尘，电焊工尘肺病的高发期有可能在不久的将来出现。修船作业船体除锈和中小船厂分段除锈产生的金属氧化物粉尘污染状况仍很严重。

(2) 废水污染

首先是大多数船厂还没有考虑中水回用、雨水再用，节水意识不强；其次是原有的厂区废水管网渗漏较为严重；另外一些船厂由于各种原因废水处理设施不能正常运行。

(3) 噪声污染

对造船、修船企业来说，噪声源种类多、强度大、分布广，但噪声治理措施主要针对固定噪声源，如空压站房等，特别是临靠厂界的一些强噪声源。目前船厂噪声控制的主要问题是部分船厂厂界噪声还没完全达标，另外还有许多随机噪声源，如钢材装卸、船舶分段吊运、焊缝铲铲、船体矫正、修船喷砂除锈时产生的随机噪声，没有得到有效控制。

(4) 固体废物污染

船厂在生产过程中将产生如下固体废物：废钢材、废钢丸、金属氧化物粉尘、废过滤材质、废油、污泥及生活垃圾。无论是造船、修船还是拆船厂，均应按其性质分别收集，暂存后综合利用或妥善处置。固体废物控制的主要问题是许多造船、修船、拆船厂无固体废物贮存场地，有些船厂有固废堆场，但没有按固体废物贮存场地要求建设，造成对环境的污染。

(5) 船厂能源消耗产生的污染

船厂的能源品种及耗能特点 also 对环境产生相当大的影响。

船厂的主要能源品种和耗能工质有：电、丙烷（丙烯）类切割气、乙炔、氧气、氮气、氩气、蒸汽、压缩空气、燃气或燃油（生活用）、自来水、江（海）水等。其中电能消耗占全部能耗的 70%~80%。

船厂耗能的特点是：

①能耗大，现在一个大型造船厂全年耗能折标准煤量 6 万~7 万吨，是地区的耗能大户；

②耗能品种多，除了电、水，一般均有七八种工业气体；

③用能点分散，厂区大，室内、室外使用点多；

④用能随机性强。

1.2.3 船舶拆解对环境的影响

现在，相当于世界拆船吨位总量 85% 的船舶在孟加拉、印度、中国和巴基斯坦这四个亚洲国家进行拆解，此外，土耳其还有一部分拆船厂。目前，我国拆船点大多分布在江苏和广东两省，初步形成了以珠江三角洲和长江三角洲两大拆解基地为龙头，其他沿海少量拆船厂为补充，具有中国特色的资源环保型产业。我国长江拆船厂（江苏江阴）、双水拆船钢铁公司（广东新会）、中新拆船钢铁总厂（广东新会）、广州市番禺区拆船轧钢公司（广州）四厂的年拆船能力达 200 万吨以上（世界拆船需求量约为每年 700 万吨）。

这些拆船厂目前常用的拆船工艺主要有四种：离岸水上抛锚拆解法；靠泊位拆解法；冲滩拆解法；船槽拆解法。拆船生产典型工艺流程如图 1-2 所示。

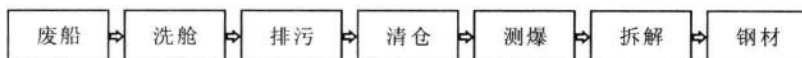


图 1-2 拆船生产工艺流程

船舶再循环虽然是循环工业的一部分，但同样是高污染产业，对周遭环境的污染主要是水、空气等。船舶再循环中的污染产生情况归纳如下：

(1) 水污染分析

通过对拆船生产工艺进行分析，拆船生产过程中主要的废水污染源有如下几个方面：

①在废船的油舱、机舱、油箱、油柜、油管、液压系统中剩余的和残存的原油、燃油、润滑油、液压油和其他油料，以及含油压载水、舱底水、洗舱水、油泥等均含有碳氢化合物（油类的主要成分）。

②压舱水和舱底水。比如，1 万吨级的船只约使用压舱水 1000 吨，高达 10% 的比例。近年来，由于进口废船的压舱水带来的外来物种入侵的问题逐渐引起了人们的关注。

③机舱清洗水。拆解前清洗机舱产生的含油污水。

④消防废水。由于废船拆解过程要使用乙炔气体切割作业，切割过程会产生高温，而废船上的油漆、残留的油泥等都是易燃物，因此，在拆解过程中要喷淋消防水以降温，防止发生火灾事故。拆解 1 万轻吨废船使用消防水 100~150 t。

⑤电石废水。拆解 1 轻吨废钢船约使用电石 1 kg，需氧 12 kg，用水 10 L，产生电石渣 1 kg。

⑥事故排油。在拆船过程中发生事故产生的油污泄漏，特别是在废油船的拆解过程中

如果操作不规范,容易引起重大的油污染事故。

(2) 大气污染分析

拆船过程产生废气的主要环节有如下几个方面:

①切割废气。船舶甲板、外板用油漆中含有多种铅的化合物如红铅、碳酸铅等作为防腐蚀剂,在拆船作业中,高温切割使船板上的油漆燃烧,产生有毒烟雾,特别是含铅蒸气,长期吸入会引起人体蓄积性慢性铅中毒。

②电石废气。拆船厂目前仍使用电石产生乙炔气体进行切割作业。电石废气中含有少量刺激性硫化氢、磷化氢气体,长期吸入会影响人体呼吸道健康。

③氟利昂。废船上空调系统及冷却系统中使用的制冷剂绝大多数为氟利昂。拆解过程中如果不处理好,则会造成空调系统中残留的氟利昂泄漏到大气中。

④不规范的拆解作业产生的燃烧废气。如燃烧油船残留油渣、清抹油渣的棉纱、钢板油漆等产生的废气。另外,某些拆船厂对一些不能回收利用的固体废物采用露天焚烧的方式处理,这都造成了较大程度的空气污染。

⑤火灾、爆炸事故造成的大气污染。拆解过程中,如果没有遵循正确的工艺规程和要求往往容易引起火灾、爆炸等事故,使废船上的污染物随之进入大气造成环境污染。如2001年,广东某拆船厂进口的一艘4万吨级废油轮,因废油舱内持续高温,油气自燃产生爆炸,爆炸的威力将废船的左舷炸开了一个50 m²的大洞,废油燃烧产生的大量废气排入空气中。

(3) 废固污染分析

拆船生产过程产生的固体废弃物主要有以下几类:

①电石渣。拆解1轻吨废船约产生1 kg电石渣。

②废机油、废油渣。拆解1万轻吨废船约产生20吨废机油,比例达2%左右。

③废水处理油泥。其中多环芳香类碳氢化合物对环境有害,且难于降解。此种化合物进入水体将造成鱼类、鸟类死亡,影响养殖业及岸滩植被,破坏生态环境。

④石棉。废船机舱热力管路、主辅机排气管的保温层及上层建筑的舱室隔板等部位常使用石棉制品。石棉废物对人体健康会产生有害影响,较大量或较长时间吸入石棉可能会引发肺癌、间皮瘤、石棉沉着等疾病。石棉废物不得露天堆存,必须密封包装后按照危险废物处理要求进行处置。

⑤剥落的油漆和涂料碎片。

⑥重金属。废旧电池、仪表中含有少量镉、汞,油漆涂料中含有铅等重金属。

⑦多氯联苯。主要存在于船上设备、电缆线等材料中。多氯联苯毒性很强而且在自然环境中无法降解,因此它们能在生物体内蓄积并威胁到食物链。其处置必须符合《含多氯联苯废物污染控制标准》(GB 13015—91)的要求。

⑧聚氯乙烯。主要存在于导线绝缘外皮和舱室甲板涂层中。聚合状态下稳定无毒,但燃烧时会产生氯化氢、二噁英等多种有毒化合物。

⑨可回收利用的固废。包括木材、旧仪器仪表设备、铜管等。