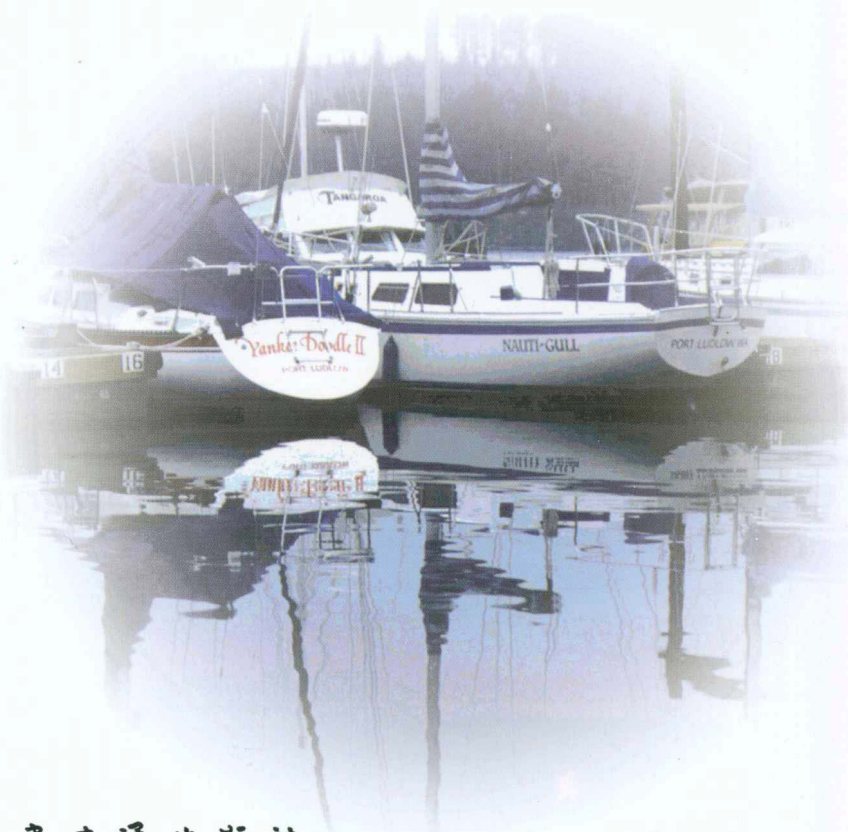


普通高等教育规划教材



# 海洋与港口船舶防污染技术

孙永明 主 编  
许乐平 主 审



人民交通出版社

China Communications Press

普通高等教育规划教材

Haiyang yu Gangkou Chuanbo Fangwuran Jishu  
**海洋与港口船舶防污染技术**

孙永明 主 编  
许乐平 主 审



人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书全面、系统地介绍了有关海洋与港口船舶防污染的科学知识和技术,重点突出了新法规、新理论和新技术。全书内容丰富,注意理论联系实际。全书共分十二章,内容包括:防止海洋与港口污染的意义,船舶防污染国际公约和国家法规,船舶含油污水处理技术,船舶油污染的预防,油轮污染的预防,防止散装有毒液体物质的污染,防止船舶生活污水、垃圾污染,防止船舶造成大气污染,防止船舶噪声及其他污染,船舶安全与防污染管理,船舶防污染监督管理,港口及海洋污染的防治。

本书可作为高等航海院校船舶防污染课程的教学用书和高级船员的培训教材,也可作为从事海洋环境保护和船舶防污染管理等有关专业人员在实际工作中的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

海洋与港口船舶防污染技术 / 孙永明主编. —北京  
: 人民交通出版社, 2010. 8  
ISBN 978-7-114-08607-6

I. ①海… II. ①孙… III. ①船舶管理—污染防治  
IV. ①U698.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 159127 号

普通高等教育规划教材

书 名: 海洋与港口船舶防污染技术

著 者: 孙永明

责任编辑: 钱悦良

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 20.75

字 数: 524 千

版 次: 2010 年 9 月 第 1 版

印 次: 2010 年 9 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08607-6

印 数: 0001 ~ 2000 册

定 价: 45.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



# 前言

海洋是人类存在与发展的资源宝库,也是人类文明和可持续发展的重要财富。保护海洋环境,防止海洋污染,已经成为全世界共同关注的焦点。

本书系统地介绍了有关海洋与港口船舶防污染的科学知识和技术,着重介绍了防止船舶污染的国际公约和国家法规,船舶油污水分离处理装置及检测,普通货船和油轮的污染预防,散装有毒液体物质、船舶生活污水、垃圾污染的预防,船舶造成的大气污染、噪声污染、有害涂料污染的预防,减少船舶压载水传播有害水生物和病原体的措施,国际船舶安全营运和防污染规则(ISM Code)和港口国监控(PSC),限制和消除港口与海域油污染的技术措施以及港口与海上油污应急计划等内容。

本书可作为高等航海院校船舶防污染课程的教学用书和高级船员的培训教材,也可供从事海洋环境保护和船舶防污染管理等有关专业人员使用和参考。

本书由孙永明主编,许乐平主审。第一章、第二章、第六章、第九章、第十章、第十一章由孙永明编写,第三章、第五章由李国祥编写,第四章、第十二章由王海燕编写,第七章、第八章由王晓中编写。限于作者的水平,难免有不足和误漏之处,敬请广大读者、同行、专家批评指正。

本书在编写过程中,得到了上海海事局、交通运输部上海船员培训中心及兄弟院校等有关单位的领导和专家们的大力支持和热心指导,得到了上海海事大学商船学院同仁的帮助,本书的责任编辑为拙作技术加工费心费力,在此一并致以诚挚的谢意。

在本书的编写过程中,参阅了大量的国内外相关书籍和资料,在此向原作者深表谢意。

作者  
2010年7月



# 目 录

<b>第一章 防止海洋与港口污染的意义</b> .....	1
第一节 航运对海洋与港口环境的污染.....	1
第二节 船舶石油运输所造成的油污染.....	3
第三节 船舶运输中的有毒有害物质污染 .....	10
第四节 船舶生活污水和垃圾污染 .....	16
第五节 船舶对空气及其他的污染 .....	19
第六节 防止海洋与港口污染的意义 .....	22
<b>第二章 船舶防污染国际公约和国家法规</b> .....	25
第一节 船舶防污染国际公约 .....	25
第二节 美国 1990 年油污染法.....	66
第三节 我国船舶防污染法律和管理条例 .....	70
<b>第三章 船舶含油污水处理技术</b> .....	79
第一节 船舶含油污水来源和特征 .....	79
第二节 船用油水分离原理和装置 .....	83
第三节 船舶油污水排放监控 .....	99
<b>第四章 船舶油污染的预防</b> .....	107
第一节 船舶操作性油污染的预防.....	107
第二节 油类记录簿.....	110
第三节 船上油污应急计划.....	114
<b>第五章 油轮污染的预防</b> .....	133
第一节 油轮货油/压载处所的布置、设备和操作.....	133
第二节 原油洗舱技术.....	138
第三节 惰性气体系统.....	145
<b>第六章 防止散装有毒液体物质的污染</b> .....	158
第一节 防止污染海域的基本原则和要求.....	158
第二节 对散装有毒液体物质操作排放的控制.....	162
<b>第七章 防止船舶生活污水、垃圾污染</b> .....	172
第一节 船舶生活污水处理 .....	172
第二节 船舶垃圾管理.....	181
<b>第八章 防止船舶造成大气污染</b> .....	191
第一节 船舶柴油机废气排放的控制.....	191

第二节	船舶 CFCs 对大气的污染及替代 .....	200
第三节	挥发性有机化合物的污染及控制 .....	204
<b>第九章</b>	<b>防止船舶噪声及其他污染 .....</b>	<b>208</b>
第一节	噪声污染与控制 .....	208
第二节	减少船舶压载水传播的有害水生物和病原体 .....	232
第三节	船舶有害涂料污染 .....	242
第四节	拆船对环境的污染 .....	251
<b>第十章</b>	<b>船舶安全与防污染管理 .....</b>	<b>258</b>
第一节	国际船舶安全营运和防止污染管理规则 .....	258
第二节	控制人为因素,减少人为差错 .....	269
<b>第十一章</b>	<b>船舶防污染监督管理 .....</b>	<b>277</b>
第一节	港口国监控 .....	277
第二节	港口监控管理 .....	287
第三节	船舶污染事故的处理 .....	292
<b>第十二章</b>	<b>港口及海洋污染的防治 .....</b>	<b>297</b>
第一节	港口及海洋污染的来源 .....	297
第二节	港口接收与处理 .....	299
第三节	溢油应急处理 .....	306
第四节	溢油应急计划 .....	322
<b>参考文献</b>	.....	<b>326</b>

# 第一章 防止海洋与港口污染的意义

## 第一节 航运对海洋与港口环境的污染

人类迄今为止的探测和考察表明:地球是人类唯一最理想、最优越的生存发展基地,而占地球表面积 71% 的海洋则被喻为是生命的摇篮、风雨的故乡、食物的宝库、航运的通道。生命源于海洋,自古以来,海洋是地球上生命繁衍种类和数量最旺盛的地区,也是人类生态环境最重要的组成部分,它关系到人类的生存与发展。海洋在为人类的发展提供着丰富的资源的同时,也为大量运输物资和人员提供最廉价的方法。海上运输是世界各国人民经济、文化交流的重要手段,也是天然的交通大道,随着工业技术极大的发展以及人口快速增长,海上货运量逐年大幅度增长,世界船舶总吨位和尺度也不断增加。

为了保证船舶的正常营运,不可避免会直接或间接地把一些物质或能量排入海洋,以至于产生损害海洋生物资源、危及人类健康、妨碍包括渔业活动在内的各种海洋活动、破坏海水质量等有害影响,造成了海洋污染。全球船舶数量和吨位的增加,进一步加大了从船舶排入海洋的各种物质的数量,因此,船舶对海洋及港口造成的污染正日趋严重。

船舶对海洋环境造成的污染有:船舶营运中操作性排放污染和船舶事故性排放污染。其中,船舶营运中操作性排放的污染物对海洋环境的污染主要有:

**船舶冷却水的污染:**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,必然会有部分冷却水漏泄到机舱舱底,与那里的各种污染物质(特别是油)相混合,形成了机舱舱底污水。这种含油的机舱舱底污水的排放是各类船舶都存在的污染源。

**船舶货舱洗涤水的污染:**为保证货舱、机舱和机械设备达到技术使用条件或货物运输条件规定的清洁程度,常需用水或洗涤剂清洗这些设施。清洗后的洗涤水可能含有不同成分和浓度的石油、化学品、有毒物质或去污剂等各种污染物质,因此洗舱水是船舶(尤其是油轮、散装液体化学品船等液货船)造成污染的一个主要污染源。

**船舶压载水的污染:**船舶压载水的污染分为含油压载水,以及有害水生物和病原体通过压载水传播对海洋环境污染两种。为保证船舶航行时的稳性,常需用舷外水作为船舶压载水。特别是液货船在空载航行时,一定要装相当数量的压载水。如果这些压载水装入未经清洗的货油舱,与舱内残留的货油或其他有害液体混合形成脏压载水,这样的脏压载水直接排入海洋会造成严重海洋环境污染。另外对带有有害生物和病原体的船舶压载水,在异地港口水域直接排放也会对海洋环境造成严重危害。

**船舶生活和卫生用水的污染:**为满足船员、旅客日常生活和卫生需要,船舶将产生大量的生活污水,这些船舶生活污水可能含有有机废物、各种致病微生物和寄生虫等。有机废物排放过多会破坏海水中氧的平衡。未经处理的船舶生活污水直接排入海,将对海洋环境造成有害影响。

**船舶垃圾物的污染:**船舶生产中产生的垃圾(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(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,对人和生活在海洋中的生物都是有害的。

船舶对大气环境的污染:船舶动力装置排出废气中含有未完全燃烧的微粒及带有各种有害化学成分的燃烧产物,货舱区域则可能排出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,这些不仅使大气环境质量下降,还会使大气受到热污染及噪声污染。另外,船舶在装卸货物时产生的有害挥发性物质、粉尘等都会对空气产生不同程度的污染。

除此之外,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:一种是为营救船舶、货物或人员生命安全而进行的应急排放;另一种是由于海损、机损事故造成船体或设备系统破坏而引起的事发性排放。特别是后者,所造成的污染有时会给海洋环境带来惨重后果,使沿岸国家经济受到严重损害。

就目前而言,船舶营运中对海洋环境造成污染主要有以下 7 个方面:

- (1) 船舶石油运输所造成的石油污染;
- (2) 散装液体化学品运输所造成的散装有毒液体物质污染;
- (3) 包装危险货物运输所造成的包装有害物质污染;
- (4) 船舶生活污水污染;
- (5) 船舶垃圾污染;
- (6) 船舶对空气的污染;
- (7) 船舶压载水和沉淀物污染。

显然,前 3 种是船舶运输的货物所引起的污染,后 4 种是船舶废弃物所引起的污染。船舶营运过程中对海洋环境的污染途径如图 1-1 所示。

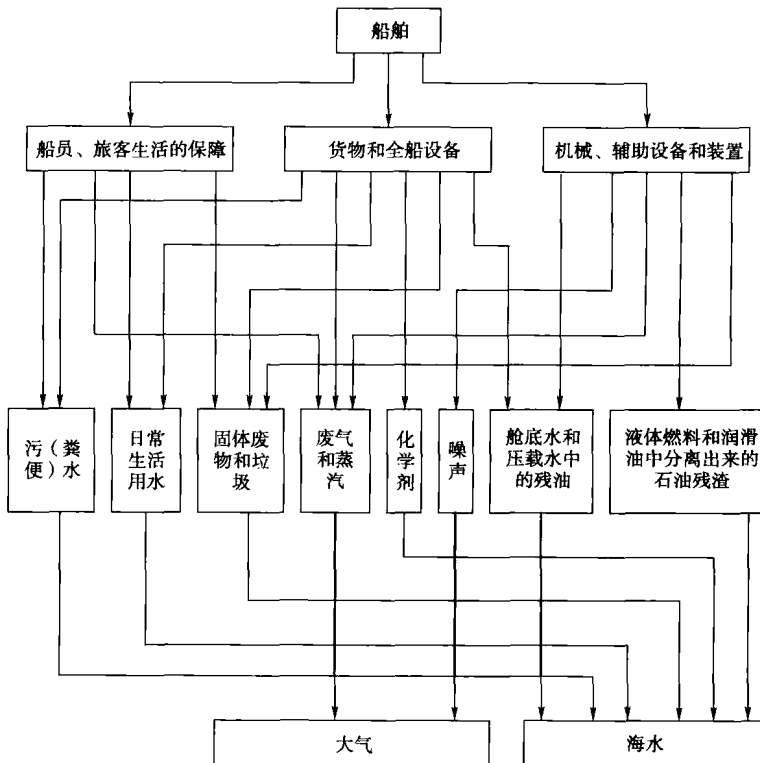


图 1-1 船舶营运过程中对海洋环境污染的途径



## 第二节 船舶石油运输所造成的油污染

### 一、石油及其制(产)品

#### 1. 石油

石油是埋藏在几百至几千米地层下的一种油状液体物质。未加工的石油叫原油(Crude oil)。原油经炼制加工所得到的产品称为石油制(产)品,也叫成品油。

原油是含有1~60个碳、500多种有机化合物的混合物。其中主要是碳和氢,其次是氧、氮、硫等。原油含有烷烃、环烷烃和芳香烃等,也可能含有连在烃分子上的其他含硫、含氧和含碳的化合物。在提炼石油产品时,这些化合物通常需要除掉。随着原油产地的不同,所含化合物的成分可能有很大的差异。

海上运输的原油包括已经去除某些馏分后的原油和已经添加了某些馏分的原油。它可分为调制原油(Enriched crude oil)和含硫原油(Sour crude oil)两种。调制原油(也称添加原油)是指掺进石油气或其他烃类液体的原油,其调制一般在岸上进行。调制可以改变原油的性质特别是爆炸性和毒性。含硫原油(也称酸性原油)是指含有硫化氢超过0.001%的原油。

在MARPOL 73/78附则I—防止油类污染规则中,“油类”的定义为:包括原油、燃料油、油泥、油渣和炼制品在内的任何形式的石油,但不包括石油化学品和液化气类物质。在该附则的附录I中列出不完全的44种油类名单,大致分为8小类。

《国际油轮及油区安全指南》(IOTTSG)以石油的挥发性和燃烧性作为主要依据,根据不同的蒸气压和闪点,将各种液体石油分为非挥发性和挥发性两大类。但是,从安全操作上看,挥发性石油不一定具有蓄积静电的特性;而非挥发性石油,也并非一定不蓄积静电。因此,将挥发性、燃烧性与静电特性合并考虑才更全面。

#### 2. 石油制(产)品

##### 1) 石油制(产)品

原油经脱盐脱水后送到炼油厂,进行分馏和加工(二次加工)得到制(产)品,叫石油制(产)品。如汽油、煤油、柴油、燃料油、润滑油以及石蜡和沥青等。

##### 2) 成品油的特性

石油制品易燃、易爆并有毒性,某些还具有易蓄积静电的特性。应该指出,轻质馏分的油,挥发性强,因此,闪点低、易爆、毒性大。而重质馏分的油(如重燃料油),危险性较前者次之。但是,不论是原油还是石油产品对海洋环境都具有污染性,其中所谓的持久性油类,如原油、重燃料油等污染危害性更大。

#### 3. 石油制(产)品分类

##### 1) 通常分类

常用石油制(产)品大体上可分为燃料油和润滑油两大类。

##### (1) 燃料油类,包括:

①汽油:有航空、车用和溶剂汽油等多种。

②煤油:有灯用煤油、动力煤油和矿用煤油等。

③柴油:分为轻柴油和重柴油。轻柴油常作各种高速柴油机(1 000r/min以上)的燃料用;重柴油则多用于中速和低速柴油机。

④燃料油:又叫重油,呈暗黑色液体,是原油蒸馏出汽油、煤油、柴油后在 350℃ 以上直接蒸馏得到的油品,主要供船舶、工业和工厂锅炉作燃料用。

此外,还包括沥青、石油焦、液化石油气(LPG)等产品。

(2) 润滑油类,包括:

①润滑油:是提取了汽油、煤油、柴油后剩下的重质油,采取减压蒸馏法制成的液体油品。主要用于机械设备的摩擦部位,起润滑作用,还可起冷却、密封、淬火、防锈、电气绝缘等作用。

②润滑脂:是一种半固体的膏状物,用于机械的摩擦部位,起润滑和密封的作用。

2) 从船舶运输角度分类

运输中常把石油产品分为“白”油(清油, Clean oil)和“黑”油(Black oil)两类。一般说来,白油是灰色或淡色的精制品,是轻质馏分;黑油则反之,是重质馏分。黑油是已经提取精制润滑油后的燃料油,它是含有某种柴油和轻油等成分的暗色原油。润滑油尽管密度较大,与黑油相近,然而它需要在尽可能洁净的状态下运输,因此被列入清油。

3) 从防污染角度分类

从油类对海洋环境的污染程度、油污损害赔偿角度,可将油类分为持久性油和非持久性油。

持久性油包括原油、燃料油、重柴油、润滑油等。“持久性”一词是指老化过程的速度,如蒸发、氧化、溶解和生物降解的速度慢,又与高温和波浪作用有关。粘块、薄膜、低温、掩蔽海域、平静水域或埋藏的油持久性增加,消失速度随风速、温度及油的种类而定。残余在海面的油密度高于原始的油,大多数原油在溢出最初的 24h 内损失其体积的 1/2,而重质燃料油几乎不会挥发,即使在溢出几天后也很少挥发。轻质的精制产品,如汽油、煤油、轻柴油,在几小时内几乎全部挥发消失,但若在港口和码头封闭水域,将增加火灾的危险性。

非持久性油是指除持久性油类外的石油衍生品。

一般持久性油比较粘稠,难挥发,对海洋环境的影响比较严重。这种油进入海洋后,会沾结海鸟的羽毛、覆盖海水水面,最终,造成海鸟和鱼类的死亡。此外,这种油一旦上了海边的沙滩后,就粘在沙滩上,非常难清理。

## 二、油轮

由航运引起的石油对海洋污染的危害程度取决于石油在海上的运输量、运输距离和集装程度、营运油轮的数量和尺度以及油轮和石油码头的操作技术标准。

世界各地的石油储量分布极不均匀,中东占 55%,亚洲其他地区占 17%,非洲占 10%,南美占 6.5%,北美占 6%,欧洲占 4%,澳大利亚占 3%,日本和西欧石油十分缺乏,美国也需进口 1/4 的石油才能满足需要。这就要依靠运输,其中海上运输是主要手段,每年约占开采量 60% 的石油是经海上运输的。再则,由于复杂的经济方面的原因,形成了既不在原油产地而又远离消费区建立石油加工厂的持续趋势。这不仅导致海上运油量的急剧增加,而且从本质上改变了其特性。在海上运输的石油成分中,原油运输量也逐年增加。原油是更稳定的污染源,这就进一步增加了由航运引起海洋污染的潜在危险。

油轮运输发展的另一个特点是吨位结构的变化。越来越多地使用 VLCC( Very large crude carrier, 16 ~ 40 万吨级的巨型油轮)、ULCC( Ultra large crude carrier, 40 万吨级以上的超级油轮),是因为它每运输一吨石油的基本投资和经营费用比传统中等尺度的油轮要低。使用 VLCC、ULCC 比较经济,具有较好的竞争能力。根据 CLARKSON( Clarkson Research Studies, 是国

际造船业权威咨询机构英国克拉克松研究公司,提供造船和海运的专业统计分析报告)统计数据,2007年,世界油轮船队共有油轮3870多艘,运力规模达到3.844亿载重吨,与2006年同比增长6.7%。截至2008年3月,全球VLCC、ULCC共498艘,1.47亿载重吨,其中,船龄在10年以下的有294艘,占比59%,船龄在15年以下的有402艘,占比81%。目前世界油轮船队订单同样处于历史最高水平,共1966艘,1.58亿载重吨。

油轮的种类很多,包括:油船、油驳、储油船、矿油两用船等。

油船一般具有:①尾机式船;②隔舱的划分,即货油舱与其他部分相隔而形成的一个整体;③舯装及甲板设备、舱口盖、舱口的观察孔、烟门等处设有防火网、火星熄灭器,甲板上的机械设备采用蒸汽为动力,步桥下安装甲板管路系统等总体布置特点。此外,油船还具有:①单层纵通甲板,货油舱的单层或双层底结构;②构件之间的连接性、强度性要求高;③高腹板桁,另加外筋和防倾肘板;④槽形的货油舱壁;⑤涂防腐层;⑥惰性气体系统和防火防爆系统等结构特点。

### 三、船舶造成石油污染的途径

船舶运输给海洋带来的石油污染有两种来源:操作性排放和事故性排放。

#### 1. 操作性排放

操作性排放主要是指船舶机舱含油舱底水、油轮的含油压载水和洗舱水的排放。这些含油污水的形成与运输石油的操作工艺和船舶动力装置的技术管理有关。具体分为以下几种。

##### 1) 机舱舱底水

机舱舱底污水是机舱中机器(主机和辅机)和设备(泵、冷凝器、加热器等)及管路在船舶营运中泄漏的燃料油、润滑油、淡水、海水等混合在一起的油污水。

油轮与非油轮船均会产生机舱舱底水。舱底水的水量与船舶动力装置的技术状态有关,与船舶航行、停泊作业时间的长短、维修、管理状况有关。一艘船舶机舱舱底水的年发生量一般平均为该船总吨位的10%左右。舱底水成分复杂,含多种油,污水中的含油量可高达0.5%。全世界每年随机舱舱底水排入海洋的油类多达数万吨。这些含油污水在港内排放,造成大片港口水域长期被石油污染。

##### 2) 残油

残油(废油、油渣)几乎全部产生于机舱,如燃油与滑油分油机排出的残渣和水分,油水分离器分离出来的油,柴油机扫气箱泄放出的废油等。20世纪80年代以来,由于进一步采用劣质燃料油,油渣量由70年代的0.4%~0.5%提高到1%~3%。据此计算,2007年中远(集团)公司下属的830艘船舶耗油430万吨左右,所产生的油渣量就是一个不容忽视的数量。废油、油渣按国际防污公约规定,可在船上用焚烧炉烧掉,或存在污油舱中,抵港时交岸上接收装置处理。

##### 3) 压载水

油轮货油舱内的结构较复杂,货油舱卸空后,舷侧壳体、舱壁、顶板、舱底的内表面以及纵向、横向构架的金属结构上,滞留部分原油或石油制(产)品形成的一片油层。此外,尚有相当一部分残留在货油泵及管系内,在油舱的底部积聚着石蜡、沥青树脂杂质、船体金属腐蚀剥落物、机械杂质、泥砂等,结果就形成难以抽汲的残油。

油舱内不可抽汲的残油量,取决于货油舱的大小和数量、货油的油品、卸油时货油的加热温度、货泵系统的技术状况以及货油舱内壁金属表面的腐蚀状况等因素。舱内不可抽汲的货

油量通常可达到运输油量的 0.3% ~ 0.6%。据测算,载重 10 万吨的油轮,与石油相接触的金属表面大约有 80 000m<sup>2</sup>,不可抽汲的残油可达 500 ~ 600t

油轮卸油后在回程途中,为了保证规定的适航性,避免砰击现象或空船振荡,必须加装压载水。沿海油轮所需压载水量为总载油量的 20% ~ 25%,远洋油轮为 35% ~ 40%,恶劣天气下为 40% ~ 50%,特殊情况下高达 50% ~ 60%。压载航行时货油舱内不可抽汲的残油与压载海(淡)水相混合形成含油污水。在进入装油港口之前,所有脏压载水都必须从油舱排出,以便接收新的货油。这时若无必要的措施,可能有 30% 以上不可抽汲的残油要被排放入大海。

#### 4) 洗舱水

除油船压载作业的污染是最严重的以外,油轮的洗舱水也是造成海洋污染的一大重要因素。当油轮调换装运油种或进厂修理时,需洗掉舱内的残油。油轮平均每年要洗舱 6 ~ 8 次。早期采用水洗舱,一艘 2 万吨级的油轮,洗舱水量每次约需 4000t,占载重量的 20% 左右,洗舱水中主要含油、泥、铁锈和少量的酚。含油量平均为 0.3%,大连远洋公司“巢湖”号油轮,载重吨为 9.2 万吨,用 1.5 ~ 2.0 万吨海水洗舱,洗出污油 250t,污泥 300 余吨。其含油量为 1.25%。此外,对船舶燃料舱、柜进行多次清洗所产生的洗舱水也是造成海洋污染的重大因素。

据国际海事组织的一份出版物估计,每年由各种污染源排入海洋环境的石油总量至少有 320 万吨,其中由于运输损失每年入海的有 147 万吨,包括卸油后留在船上的残余货油以及粘在舱壁上的货油 70 万吨,机舱油污水和燃油残渣的排放每年 30 万吨。因此操作性排放入海的石油约占入海石油总量的 33%。

### 2. 事故性排放

#### 1) 油轮海损事故造成的重大溢油

油轮发生碰撞、搁浅、触礁等严重的船舶事故,使所载原油部分或全部溢入海中,造成严重的石油污染。重大航行事故导致油类溢出,经常使局部海域发生严重的污染,甚至引发生态灾难。世界上每年有几百艘船舶发生事故,惊天动地的也有若干艘。一艘现代化大型油轮所发生的事故性排放对海区的污染影响,比以往 50 年内世界全部船队所造成的污染还要大。现在每年因船舶事故性排放入海的石油量约为 50 万吨左右。

1977 年召开的第七届海洋环境保护会议上,议定船舶溢油量超过 100t/次,为重大溢油事故,现在已经调整为 50t/次。

1967 年 3 月 18 日,利比里亚籍大型油轮 Torrey Canyon 号曾以其特有的规模和后果发生了世界上第一次大规模海上溢油事故。该轮从波斯湾装载约 11.7 万吨科威特原油,驶向英国威尔士米尔福德港途中,在英国锡利群岛和地角之间公海上的七石礁处触礁。全船长度 970 英尺的 1/2 以上的船底部位陷于破损。2 ~ 3h 内就流出原油 3 万吨,以后 1 周内,又有 2 万吨原油流出,事故后有关方面竭尽全力进行抢救,但由于风浪太大,26 日该船龙骨断裂,又有 5 万吨原油流出,至此流出的原油已达 10 万吨左右。抢救工作也以失败告终。剩下的唯一办法是将残留在船上的约 2 万吨原油烧掉。28 日起连续 3 天的轰炸击破了各油舱甲板,并对残存原油点火,实现了预定任务。同时,对海面溢油喷洒了 250 万加仑的消油剂,并对油污了的海滩使用了大量清洁剂。这次事故最终污染了包括英国的康沃尔半岛南北两岸、英吉利海峡内的加尔塞岛、法国的佛尔牛得半岛北部及东部,总计长达 242n mile 的海岸线,遭受原油污染区域达 200 平方英亩以上,使英法两国沿海的海洋生态遭到了严重的破坏,蒙受了巨大的经济损失。据估计这次事故所造成的经济损失达 1050 万英镑(其中英国为 600 万,美国为 290 万,清除费用 160 万)。

国际油轮船东污染联合会 (International Tanker Owner Pollution Federation, ITOPF) 统计了全世界 1970 年以来油轮的溢油事件 (不包括战争行为所造成的泄漏) 见表 1-1。

1970 ~ 2002 年度发生的油轮重大泄漏事件

表 1-1

船 名	泄漏年份	泄 漏 地 点	泄 漏 量 (t)
Atlantic Empress	1979	Off Tobago , West Indies	287 000
ABT Summer	1991	700 nautical miles off Angola	260 000
Cast illo de Bellver	1983	Off Saldanha Bay , South Africa	252 000
Amoco Cadiz	1978	Off Brittany , France	223 000
Haven	1991	Genoa , Italy	144 000
Odyssey	1988	700 nautical miles off Nova Scotia , Canada	132 000
Torrey Canyon	1967	Scilly Isles , UK	119 000
Sea Star	1972	Gulf of Oman	115 000
Irenes Serenade	1980	Navarino Bay , Greece	100 000
Urquiola	1976	La Coruna , Spain	100 000
Hawaiian Patriot	1977	300 nautical miles off Honolulu	95 000
Independenta	1979	Bosphorus , Turkey	95 000
Jakob Maersk	1975	Oporto , Portugal	88 000
Braer	1993	Shetland Island , UK	85 000
Khark 5	1989	120 nautical miles off Atlantic coast of Morocco	80 000
Prestige	2002	Off the Spanish coast	77 000
Aegean Sea	1992	La Coruna , Spain	74 000
Sea Empress	1996	Milford Haven , UK	72 000
Katina P.	1992	Off Maputo , Mozambique	72 000
Exxon Valdez	1989	Prince William Sound , Alaska , USA	37 000

注: Exxon Valdez 的油泄漏量大概排在第 35 位, 但因其影响大, 所以列入此表中。

就我国而言, 近几年, 随着我国石油战略储备方案的实施, 船舶溢油事故呈现明显的增长态势。据我国交通运输部海事局统计表明, 1973 ~ 2006 年, 我国沿海共发生大小船舶溢油事故 2635 起, 其中溢油 50t 以上的重大船舶溢油事故共 69 起, 总溢油量 37 077t, 平均每年发生 2 起, 平均每起污染事故溢油量 537t。其中, 1994 ~ 2001 年, 深圳海域发生船舶漏油事故 53 起, 最大的漏油量达 200t, 年漏油量超过 1000t; 经辽宁海事局统计, 大连市平均每 3 年发生一起 10t 以上的漏油事件, 每 5 年发生一起 100t 以上的漏油事件。以下举几例近年来发生在我国的重大油污泄漏事故:

- (1) 1995 年, 广州港, “檀家”号油轮漏油, 造成巨大损失, 引起国际海事组织的关注;
- (2) 1996 年 7 月, 上海港, “永怡”号与“通油 1002”号碰撞, 溢油 159t;
- (3) 1999 年 3 月 24 日, 珠江口, “闽燃供 2”号与“东海 209”号碰撞, 溢出重油 590t, 污染海域达 300km<sup>2</sup>, 使珠海市海洋养殖场、风景旅游区、红树林等环境敏感资源受到严重污染;
- (4) 2001 年 6 月, 超大型油轮“沙米敦”号在距离青岛 80n mile 处抛锚, 船底出现 4cm 长的裂缝, 发生泄漏事故;
- (5) 2002 年 11 月, 渤海湾, “塔斯曼海”号油轮发生碰撞事故, 大量原油泄漏到海面, 经评

估环境经济损失达 1 亿多元；

(6)2003 年 8 月 5 日,上海吴泾热电厂码头,“长阳”号被撞,漏油 85t,污染 8km 岸线；

(7)2004 年 12 月 7 日,珠江口,巴拿马籍集装箱船“现代促进”号发生碰撞事故,导致 1200 多吨船舶燃料油溢出,成为我国船舶碰撞最大的一次溢油事故,造成珠江口海域严重污染。

## 2) 船舶供受油作业中的跑、冒、滴、漏造成的油污染

此类油污事件发生于港口船舶正常作业,如装货、卸货和驳油期间。据统计每装卸 1t 油料将损失大约 10g 左右。尽管供受油作业中的跑、冒、滴、漏造成的污染其数量每次并不很大,但发生油污的频率却很高,因此累计总量就很大。以上海港为例,在 1978 ~ 1984 年的 1013 次油污事件中,因供受油作业引起的油污事件有 370 次,占总油污事件的 37%。发生的原因大多由于责任心不强、技术不熟练、供受双方联系不够、管理混乱等人为因素,或是因船体倾斜、气温低造成油管冻结、输油管老化、法兰脱离等设备或环境方面因素等造成。

国际油轮船东污染联合会(ITOPF)统计了全世界 1974 ~ 2008 年发生的油轮溢油事故,并进行了原因分析,见表 1-2。

1974 ~ 2008 年油轮溢油原因分析

表 1-2

泄 漏 原 因		泄 漏 量 (1000t)			泄 漏 总 量 (t)
		< 7t/次	7 ~ 700t/次	> 700t/次	
操作	装油/卸油	2825	334	30	3189
	供油	549	26	0	575
	其他操作	1178	56	1	1235
事故	碰撞	175	303	99	577
	搁浅	238	226	119	583
	船体失效	576	90	43	709
	起火及爆炸	88	16	30	134
其他		2188	152	26	2366
泄 漏 总 量 (t)		7817	1203	348	9368

从上述数据统计可知,近 30 多年来全球发生的油轮溢油事故具有以下特点:

- (1) 约 84% 泄漏事件的泄油量小于 7t;
- (2) 30 年来,超过 700t 的重大泄漏次数显著减少,20 世纪 90 年代的次数只有 70 年代的约 1/2;
- (3) 为数很少的重大泄漏事件的泄漏量占当年总泄漏量的大部分;
- (4) 大部分泄漏事件发生在港口和供受船的日常操作中;
- (5) 日常操作中,约 91% 的事故的泄漏量小于 7t;
- (6) 碰撞和搁浅造成的事故中,约 20% 是超过 700t 的重大泄漏事件。

## 四、石油污染对海洋环境的影响

石油进入海洋后造成的危害是明显的,它对海洋生物的生长、渔业及海水养殖业和人类的海岸活动等多方面都有重大的影响,并且这种危害的周期往往很长。石油对海洋环境的损坏程度并不完全取决于溢入海中的石油量。在对石油比较敏感的区域,少量溢油的损坏程度

将大于荒凉岩石海岸上的大量溢油的损害程度。

### 1. 石油对海洋生物的影响

石油对海洋生物的影响包括由油的化学成分引起的毒害性和污染性影响两方面,同时还与生物系统的多样性、可变性及其对油污染的敏感性等复杂因素有关。

石油对海洋生物的影响,依油种和成分而有所不同。通常成品油毒性高于原油,低分子烃类毒害大于高分子烃类。各类烃的毒性一般按芳烃、烯烃、环烃、链烃的顺序依次降低。对生物的影响主要是破坏细胞膜的正常结构,干扰生物体内酶系的正常代谢。

浮游生物是最容易受污染的海洋初级生物,一方面它们对油类的毒性特别敏感,即使在油浓度很低的情况下它们也会被污染;另一方面浮游生物与水体是连成一体的,海面浮油会被浮游生物大量吸收,并且,它们又不可能像海洋动物那样避开污染区。另外,海面油膜对阳光的遮蔽作用影响着浮游植物的光合作用,也会使其腐败变质。生物会被油膜覆盖和窒息缺氧而死亡,石油的特殊气味伤害敏感的生物,影响生物回游路线,对初生和幼体生物更有伤害作用。生物接触油污会引起中毒而死亡。当水中石油含量达到 0.1ppm 时,低级微生物机体组织就会受到破坏。生物暴露在低沸点饱和碳氢化合物或某些非碳氢化合物、芳香族碳氢化合物的包围中,因挥发性毒性也将会中毒死亡。非致死剂量的石油进入生物体,会降低对传染病和外界刺激的抵抗能力。

这些危害可能会破坏生态平衡,促进生物体中的毒性积累。低水平油污可能会中断生物群落繁殖,破坏食物链中的某个环节,破坏高级生物的食物来源,破坏海洋生物资源营养价值。石油中的毒性会在生物体内积累,使生物和人类食物中混入芳香族碳氢化合物致癌物质。

进入海洋环境的石油,在氧化和溶解过程中可能导致海水中的溶解氧含量急剧下降,以及二氧化碳和有机质含量的增高。通常 1 升石油完全氧化需要消耗 4 万升水中的溶解氧。因此,一起大规模的油污染事件能引起大面积海区严重缺氧,对海洋生物造成严重危害。

海面上的溢油对聚集在海上或海岸线上繁殖、进食或换羽毛的鸟类危害最大。这些鸟包括海雀、海鸥和野鸭,而其他更多独居的鸟类,尤其是靠潜水寻食的鸟类,如鸕鹚、鸬鹚和塘鹅也会受到影响。虽然它们整理羽毛时吸入溢油损伤内脏也会死亡,但大多数情况是油使它们的羽毛脱落,然后溺水、饥饿和失去体温而死亡,因为粘上油的羽毛和羽绒会失去防水和隔热性能。石油对鸟蛋和孵化率也有很大影响。海洋油污染常常造成海鸟的大量死亡。1974 年智利麦哲伦海峡溢油事故,使几千只海鸟丧命。

溢油对海洋哺乳动物也有危害。海面上休眠或运动的海洋哺乳动物受溢油污染危害的情况是不同的,如鱿鱼、鲸鱼和海豚对油非常敏感,它们因游动非常迅速能及时逃离溢油水域,可以避免遭受污染。沿岸海域中的海洋哺乳动物如海豹和爬行动物如海龟,都特别易受到油污染的有害影响,这是因为它们需要到水面呼吸空气和离开水进行繁殖。水獭遭受油污染后,会因不愿离开栖息场所而窒息死亡。生活在近岸水体的成体鱼和在浅水繁殖场地的幼体鱼,也可能受到暴露于被扩散或被溶解油中的威胁。

底栖动物不仅受海水中石油的影响,而且也受沉降到海底的石油的影响。在比较大型的底栖动物中,棘皮动物对水质的任何污浊都十分敏感。新鲜原油和含有高比例有毒成分的轻质石油产品,可能对海草床以及对海蛤、海胆和海螺等各种海生动物产生局部损害。

油渗入沉积物之后可能在局部区域持续存留数年,玷污海产品而不产生致命影响。被风化的油会积聚于沉淀颗粒中并沉入海底,可能损害海底生物。

在溢油事故发生后,如在溢油海域喷洒了溢油消油剂,且该水体的交换能力较差,那么,被

分散的油对海洋生物的危害将更为严重。

### 2. 石油对渔业和海水养殖业的影响

石油污染对渔业的影响,首先是对渔业资源遭受污染引起的。海洋油污染对成鱼并不产生明显的危害,因为成鱼有着非常敏感的器官,它们一旦嗅到油味,就会迅速从油污染海区游走,但是毒性大的燃料油却能大量杀死鱼类。溢油对成鱼的长期影响主要是鱼的饵料。油污染对幼鱼和鱼卵的危害非常大。油膜和油块能粘住大量鱼卵和幼鱼,在油污染的海水中孵化出的幼鱼大部分是畸形的。

其次,海上溢油还能直接损害捕捞或养殖海洋生物的船舶和工具,漂浮设备和散布于海面的固定渔网最容易被浮油污染,而潜在海底的渔网、渔笼、电缆和海底拖网只要不在油污染海面升起,通常是可以免遭其难的,但有时会受到沉淀油的影响。

人工养殖的海洋生物如海水养殖场的鱼、虾最容易受到溢油威胁。养鱼场网箱里的鱼因不会逃离,受溢油污染后不能食用。近岸养殖的扇贝、海带等也是如此。养殖设备受油污染后很难清洁,而成为扩散石油组分和污染海洋生物的污染源,只有自然淘汰这些被污染的设备才能彻底消除污染,防止污染海产品,这样的费用是十分昂贵的。养殖的海藻在感潮区特别容易受损害,因其在海水退潮时会受到油污染。

### 3. 石油对海岸活动的影响

依靠连续供应清洁海水进行正常作业的工业部门可能会受到海上溢油事故的不利影响。特别是热电厂最易受到影响。发电站通常选址在海边,以获得大量冷却水。如果冷却水中混入油液,整个工厂设备系统会被污染,这将影响设备的安全运行,导致停工。海水淡化装置的正常作业也会由于油污染而停止工作,影响对用户供水并造成经济损失。

有滑道和干船坞的修、造船厂也会受到溢油影响,使未干油漆或新油漆的表面受到损坏,并对工作环境产生污染。溢油和溢油清除作业也会干扰航运,特别是溢油发生在港湾和港口入口处时。安置围油栏或关闭闸门来遏制油污染,这样就延误了船舶运输。突堤码头及系泊缆绳和船体受到直接污染也是常常发生的事。

码头和游艇停泊区对溢油也是非常敏感的,通常情况下要对被污染的游艇和船舶采取清洁措施,这种操作的费用是较高的。码头的其他日常活动如渡船服务和船坞作业等都可能受到溢油事故的干扰,特别是轻原油、汽油或其他易燃物质溢出后。当火灾危险还存在,焊接和使用可能产生火花的机械就必须停止工作。溢油可能引起火灾与爆炸,致使繁忙的港口中即使发生不大的溢油事故都可能受到较大的影响。

许多溢油事故的共同特点是使海岸边的旅游避暑胜地受到污染,影响人们游泳、划船、钓鱼、跳水等娱乐活动,旅馆和饭店经营者和以旅游贸易谋生者也会受到影响。尤其是在旅游季节到来之前或旅游旺季之中,不易挥发的油液及其残余物滞留在海滩上是最令人厌烦的事情。

遮蔽的岸线如沼泽、红树林和湿地等资源价值很高,溢油对其造成的危害是难以估量的,当落潮后,鸟类在此觅食,涨潮时又是幼鱼活动的场所,这种水域对油的净化能力又很弱,溢油影响周期很长。

## 第三节 船舶运输中的有毒有害物质污染

船舶运输中的有毒有害物质污染主要包括散装液体化学品和包装有害物质运输所造成的污染。



## 一、散装液体化学品有毒物质运输所造成的污染

液体化学品起初是装在木桶或其他桶中进行海上运输的。20世纪50年代开始,液体化学品才被散装于船舱内运输。由于许多化学品是有毒或危险的,考虑到陆上运输对人类的危害和对环境的影响,而采用化学品液货船能从海上一次将大量的液体化学品远距离地、迅速安全地运送到目的地,因而,散装液体化学品的海洋船舶运输逐步得到发展。但是,与此同时,散装运输的液体化学品中的有毒液体物质,通过各种途径也造成了对海洋的污染。虽然进入海洋的有毒液体物质的数量没有石油那样多,但是其毒性却比石油大,对海洋生物和海洋环境造成的危害更严重。因此,这种有毒液体物质的污染很快引起了人们的关注。到了1973年,国际上开始制定相应的法规来进行控制。

### 1. 散装化学品

#### 1) 散装化学品定义和种类

所谓散装化学品,是指除石油和类似易燃品外的危险化学品液态的散装货物。包括具有重大火灾危险性的货品,其危险性超过石油和石油产品及类似的易燃品,还包括具有易燃性外,另有重大危险性的货品,或非易燃性的具有如毒性、反应性等重大危险性的货品。

目前,散装化学品仅限于IBC规则第17章最低要求一览表所示的液体物质(37.8℃其蒸气压不超过280kPa的液体)。凡经审查决定不列入IBC规则第17章的货品,则列入该规则的第18章中。

当今由化学品专用船运输的散装化学品,大致有以下5类。

- (1) 大宗重化工产品,如硫酸、硝酸、磷酸、盐酸和氢氧化钠;
- (2) 石化产品,如润滑油、溶剂、添加剂等;
- (3) 煤焦油产品,如苯、二甲苯等;
- (4) 糖类和醇类,如酒、啤酒等;
- (5) 植物油和动物脂。

#### 2) 散装化学品的一般特性和危险性特性

散装化学品的一般特性有:

- (1) 相对密度大,有的高达2.4;
- (2) 粘度大;
- (3) 腐蚀性强;
- (4) 有毒;
- (5) 易燃烧;
- (6) 会发生自身反应;
- (7) 对热很敏感;
- (8) 需要高温,防止固化;
- (9) 对杂质极其敏感。

散装化学品的危险性特性有:

(1) 火灾危险性。由其闪点、沸点、爆炸范围和自燃温度所确定。

(2) 对健康的危害性。对健康的危害性,是通过皮肤或器官的刺激、吸收或摄入的有毒作用来确定的,有下述三种中毒途径:

①有毒气体或蒸汽对皮肤、眼、鼻、喉和肺黏膜产生刺激或有毒作用;