

上海普通高校“九五”重点教材

海洋船舶防污染技术

江彦桥 编著

上海市教育委员会组编

HAIYANGCHUANBOFANGWURANJISHU

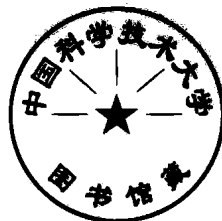


上海交通大学出版社

上海市教育委员会组编

海洋船舶防污染技术

江彦桥 编著



上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书针对海洋船舶防污染问题,着重介绍了防止船舶污染的国际公约和国家要求,防止海洋船舶污染的技术措施。全书共分12章,内容包括:船舶对海洋环境的影响,防止船舶污染的国际公约及国家要求,防止船舶排放油污水的技术器具,船舶油污染的预防,油轮船舶污染的预防,防止散装有害液体物质污染,防止船舶生活污水、垃圾污染,防止船舶造成空气污染,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,防止和消除港口及海域的污染等。本书内容翔实,注意理论与实践相结合,每章后还配有一些主要概念和练习思考题,以助于读者掌握必要的知识点。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,也可供港口、船舶设计管理人员在实际工作中参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋船舶防污染技术/江彦桥编著. —上海:上海交通大学出版社,2000

ISBN 7-313-02483-5

I. 海… I. 江… III. 海船-船舶污损-污染防治 IV. U664.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 35786 号

海洋船舶防污染技术

上海市教育委员会组编

江彦桥 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市文化印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 890mm×1240mm 1/32 印张: 14.5 字数: 416 千字

2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1—2150

ISBN 7-313-02483-5/U·090 定价: 23.50 元

版权所有 侵权必究

前 言

随着环境污染的加剧,人们对环境污染的敏感程度与日俱增,船舶防污染的法规、技术在近几年的变化非常大,世界各港口国对船舶防污染管理与设施的检查日趋严格,这些都使得防止海洋船舶污染问题受到从未有过的重视。保护海洋环境免遭污染损害,避免船舶因污染问题引起不必要的扣押或经济损失,已经成为国内航运界的共识。加强航海类专业学生的环境保护意识和海洋船舶防污染技术与管理的教育,在航海院校得到广泛的重视。为此,学校将船舶防污染课程定为航海类专业的核心课程之一,本教材亦被上海市教育委员会列为上海市“九五”重点教材。

本书在扼要阐述了船舶对海洋环境的影响后,着重介绍了防止船舶污染的国际公约和国家要求。防止海洋船舶污染的技术措施是本书的重点,内容主要包括:船舶油污水分离处理装置及监测设施,普通船舶油污染和油轮船舶污染的预防,散装有毒液体物质、船舶生活污水、垃圾污染的预防,船舶造成的空气污染、噪声污染、有害涂料污染的预防,以及减少船舶压载水传播有害水生物和病原体的措施。在船舶防污染管理方面,本书从五个方面加以介绍:国际船舶安全营运和防污染规则(ISM Code);控制人为因素、减少人为差错;港口国监控(PSC);港口监督管理以及船舶污染事故的处理。本书还论及了防止和消除港口及海域污染问题;港口接收设备;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。

本书有这样一些特点:

1) 及时反映了国际及国家对海洋船舶防污染法规与技术的最新变化和发展。

2) 较大篇幅地增加了船舶防污染管理,如 ISM, PSC 等。书中用不少笔墨讨论了人为因素的控制。这是因为船舶防污染的管理与技术问

题,已经变得不可分割,不可或缺。而人为差错、人为失误引起的船舶安全问题、污染事故已占到 80%左右。

3) 内容翔实,注意理论与实践相结合,每一章还配有一些主要概念和练习思考题,以助于学生掌握必要的知识点。书中标有“*”号章节为阅读参考部分。

本书是在作者多年教学和科研的基础上写成的,这次初稿完成后曾胶印在上海海运学院轮机工程九五、九六两届同学中试用。全书共 12 章,其中 8.1 由吴甲斌教授撰写,全书请吴甲斌教授主审。交通部环保中心劳辉、国家海事局船舶监督处胡梅生、上海海事局危管防污处俞成国、严偕才,中远集装箱有限公司技术处周一雄等同志分别审阅了全部书稿或部分章节,提出了不少宝贵意见。本书的责任编辑为拙作技术加工费心力甚多,顺致谢忱!

感谢我国驻英使馆海事处郭莘处长,国家海事局刘德宏副局长、王卓兰处长,交通部环境保护中心劳辉总工程师,中远深圳远洋公司黄占彪经理等同志为本书的撰写提供了最新的技术资料。感谢信息技术(IT)的发展,使我们获得外部信息的迟滞时间缩短了一年,甚至更多。互联网上的国际海事组织网站(www.imo.org)每每提供防污染法规、管理的实时变化和发展。

本教材在撰写过程中参阅并引用了一些同行的观点和材料,特深表谢意。恳切希望得到广大同行和读者的批评指正。

本书适用于高等航海院校船舶防污染课程的教学和高级船员的培训,对港口、船舶设计管理人员也具有实用的参考价值。

江彦桥

目 录

1 船舶对海洋环境的污染	1
1.1 航运对海洋环境的影响	1
1.2 船舶运输中的石油污染	3
1.2.1 石油及其产品	3
1.2.2 石油的海上运输	4
1.2.3 船舶给海洋带来的石油污染	5
1.2.4 石油污染对海洋环境的影响	11
1.3 船舶运输中的有毒有害物质污染	14
1.3.1 散装液体有毒物质运输所造成的污染	14
1.3.2 包装有害物质运输所造成的污染	17
1.4 船舶生活污水和垃圾的污染	19
1.4.1 船舶生活污水造成的污染	19
1.4.2 船舶垃圾的污染	20
1.5 船舶对空气的污染	22
1.6 保护海洋环境免遭船舶污染的意义	23
1.6.1 海洋是世界经济新的增长点	23
1.6.2 海洋环境污染形势严峻	24
1.6.3 可持续发展——海洋环境保护的新理念	26
2 船舶防污染国际公约及国家要求	30
2.1 我国海洋污染防治的法律和管理条例	30
2.1.1 海洋环境保护法	31
2.1.2 防止船舶污染海域管理条例	35
2.1.3 船舶污染物排放标准	39
2.2 国际海事组织与船舶防污染国际公约	40
2.2.1 国际防止石油污染海洋公约	40

2.2.2	国际海事组织·····	43
2.2.3	1993年国际防止船舶造成污染公约及其 1978年议定书·····	44
2.2.4	海上污染干预和防备的国际公约·····	61
2.2.5	海上油污损害赔偿的国际公约·····	68
2.3	美国1990年油污法·····	79
2.3.1	美国1990年油污法的主要内容·····	79
2.3.2	美国1990年油污法的特点及影响·····	81
3	防止船舶排放油污水的技术器具·····	86
3.1	机舱舱底水油水分离装置·····	86
3.1.1	机舱舱底油污水的特征·····	86
3.1.2	油水分离原理·····	88
3.1.3	舱底水油水分离装置实例·····	93
3.1.4	油水分离装置的系统布置和自动控制·····	98
3.1.5	舱底水油水分离装置的运行管理·····	103
3.2	油分浓度计·····	108
3.2.1	常用油分浓度计的测定方法和实例·····	108
3.2.2	船用油分浓度计的技术性能要求·····	114
4	船舶油污染的预防·····	117
4.1	船舶操作性油污染的预防·····	117
4.1.1	总的要求·····	117
4.1.2	加装燃、滑油作业·····	118
4.1.3	船内燃油的转驳·····	120
4.1.4	机舱污水的排放·····	120
4.1.5	油渣(油泥)和机舱油污垃圾的处理·····	121
4.1.6	防止船舶油类作业跑、冒事故·····	122
4.2	油类记录簿·····	126
4.2.1	“油类记录簿”的内容和填写·····	127
4.2.2	“油类记录簿”的使用或记载的注意事项·····	129
4.3	船上油污应急计划·····	130

4.3.1	编制“船上油污应急计划”的目的	130
4.3.2	船上油污应急计划编制指南	131
4.3.3	船上油污应急计划实例	134
附录	油类记录簿	143
5	油轮污染的预防	152
5.1	油轮货油/压载处所的布置、设备和操作	152
5.1.1	将油类留存在船上	152
5.1.2	专用压载舱和清洁压载舱	157
5.1.3	液力平衡装载法	164
5.1.4	排油监控系统	166
5.2	原油洗舱	170
5.2.1	原油洗舱和原油洗舱系统	171
5.2.2	洗舱机	176
5.2.3	原油洗舱作业与安全	185
5.3	惰性气体系统	197
5.3.1	惰性气体的作用与成分	197
5.3.2	惰性气体系统的主要组成设备及其功用	201
5.3.3	船舶惰性气体系统的使用管理	208
5.3.4	惰性气体系统的检查和维修保养	217
6	防止散装有毒液体物质的污染	221
6.1	防止污染海域的基本原则和要求	221
6.1.1	散装有毒液体物质	221
6.1.2	有关的国际规则和防止污染措施	221
6.1.3	对有毒液体物质操作和排放的要求	226
6.2	对散装有毒液体物质操作排放的控制	229
6.2.1	排放有毒液体物质的程序和布置标准与手册	229
6.2.2	有效扫舱	233
6.2.3	强制预洗	240
6.2.4	通风清除液货舱内残余物	243
7	防止船舶生活污水、垃圾污染	246

7.1	水体污染和自净	246
7.1.1	水体污染	246
7.1.2	水体自净	249
7.2	船舶生活污水处理	253
7.2.1	船舶生活污水的水质指标和排放标准	253
7.2.2	船舶生活污水的处理方式	255
7.2.3	船舶生活污水处理装置实例	258
7.3	船舶垃圾的管理	263
7.3.1	垃圾的定义和海上垃圾排放的规定	263
7.3.2	船舶垃圾管理计划	264
7.3.3	船舶垃圾管理和处理程序	267
7.3.4	船舶垃圾记录簿	271
7.4	焚烧炉	273
7.4.1	船用焚烧炉的技术要求	274
7.4.2	船舶焚烧炉的焚烧对象及工作限制	274
7.4.3	船用焚烧炉实例	275
8	防止船舶造成空气的污染	278
8.1	消耗臭氧层物质的限制使用及替代方案	278
8.1.1	限制使用消耗臭氧层物质的意义	278
8.1.2	限制使用 ODS 的国际规定	281
8.1.3	CFCs 的替代方案	281
8.2	船舶柴油机 NO _x 、SO _x 排放的控制	284
8.2.1	SO _x 排放的控制	284
8.2.2	NO _x 排放的控制	286
8.3	挥发性有机化合物的污染及其控制与处理	299
8.3.1	挥发性有机化合物的危害	301
8.3.2	挥发性有机化合物的控制与处理	302
9	防止船舶噪声及其他物质污染	310
9.1	噪声污染与控制	310
9.1.1	噪声概述	310

9.1.2	噪声的物理量度	312
9.1.3	噪声的主观评价及船舶噪声标准	318
9.1.4	船舶噪声的产生和危害	322
9.1.5	船舶噪声的控制	327
9.2	减少船舶压载水传播的有害水生物和病原体	333
9.2.1	有害水生物和病原体的传播与危害	333
9.2.2	船舶压载水控制、管理指南	337
9.2.3	船舶压载水处理方法的研究进展	340
9.3	船舶有害涂料污染	342
9.3.1	防污漆的组成与机理及其对水生生物的伤害	342
9.3.2	有机锡防污漆限用措施的形成和发展趋势	343
10	船舶安全与防污染管理	347
10.1	国际船舶安全营运和防止污染管理规则	347
10.1.1	ISM 规则的适用范围和发证	347
10.1.2	ISM 规则的意义	349
10.1.3	ISM 规则的主要特点	350
10.1.4	安全管理体系要素的要点	351
10.1.5	安全管理体系的建立与实施	356
10.2	控制人为因素,减少人为差错	358
10.2.1	控制人为因素的重要性	358
10.2.2	导致人为失误发生的原因分析	359
10.2.3	减少人为失误的可能途径	364
11	船舶防污染监督管理	372
11.1	港口国监控	372
11.1.1	港口国监督的依据和检查权限	372
11.1.2	港口国监控的现状	374
11.1.3	港口国监控程序	376
11.1.4	对策措施	383
11.2	港口监督管理	385
11.2.1	船舶防污文书管理	385

11.2.2	港口防污染监督管理机关对船舶防污染设备的 检查·····	388
11.2.3	船舶《油类记录簿》的检查·····	389
11.2.4	船舶在港作业的申请·····	390
11.3	船舶污染事故的处理·····	393
11.3.1	船舶污染事故的报告·····	393
11.3.2	船舶污染的控制和消除·····	395
11.3.3	污染事故的调查与处罚·····	396
11.3.4	污染事故的损害赔偿·····	398
12	防止和消除港口及海域的污染·····	401
12.1	港口接收和处理设施·····	401
12.1.1	油污水接收与处理·····	401
12.1.2	散装有毒液体物质的接收与处理·····	410
12.2	限制和消除港口与海域油污染的技术措施·····	416
12.2.1	石油入海后的物理、化学变化·····	416
12.2.2	溢油的围截、回收和处理·····	420
12.3	港口及海上溢油应急计划·····	440
12.3.1	溢油应急计划的目的与内容·····	441
12.3.2	溢油应急计划的支持性研究·····	444
12.3.3	溢油应急计划的启动·····	446
	参考文献·····	451

1 船舶对海洋环境的污染

1.1 航运对海洋环境的影响

海洋是生命的摇篮。自古以来,海洋为人类的发展提供着丰富的资源。它既是一个天然宝库,也是人类最经济的运输环境。海洋运输是世界各国人民经济、文化交流彼此联系的主要手段。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,世界商船队共有38564艘,49621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各样物质的数量,这些物质对于海洋生物产生有害的影响。例如:

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,形成所谓机舱舱底污水。机舱舱底污水是各类船舶都存在的污染源。

货舱洗涤水的污染。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。

船舶压载水的污染。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。

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,将对海洋环境造成有害影响。

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,不仅会影响海上渔业生产和其他海上活动,而且影响鱼贝等海洋生物的生长发育和繁殖,破坏海洋环境。

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 灭火剂等等,这些都对空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事故性排放;另一种是营救船舶、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,使沿岸国家经济受到严重损害。图 1.1 所示为船舶航运过程中对海洋环境的污染途径。

政府间海洋学委员会(IOC)把海洋污染定义为:“人类直接或间接地把一些物质或能量引入海洋环境(包括河口),以至于产生损害生物资源,危及人类健康,妨碍包括渔业活动在内的各种海洋活动,破坏海水的使用素质和舒适程度的有害影响”。

船舶营运中对海洋环境造成污染可以归纳为以下六个主要方面:

- 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。

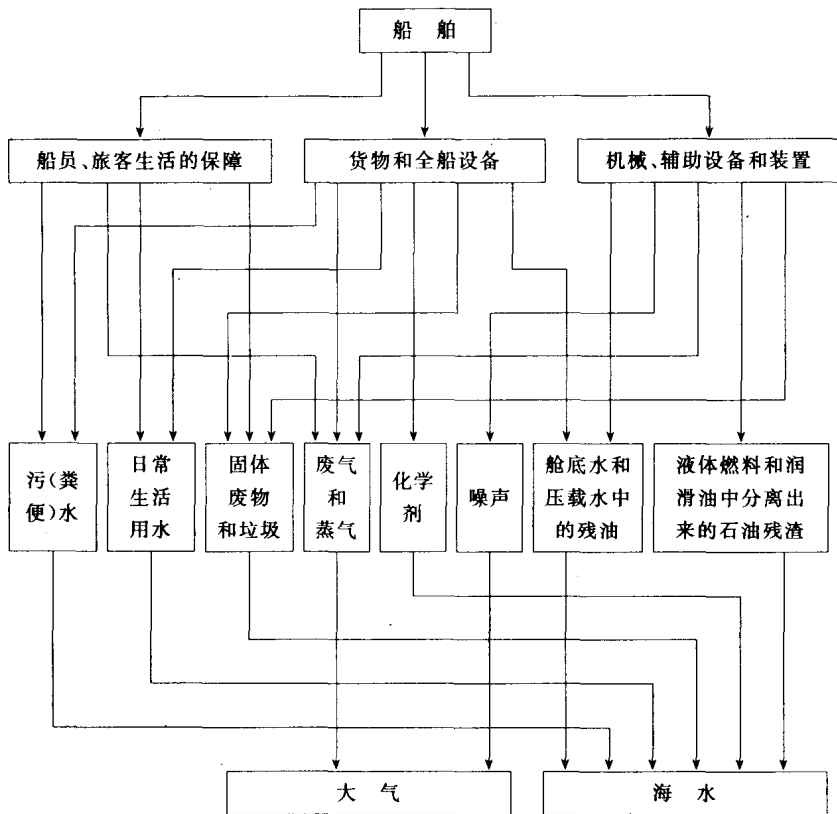


图 1.1 船舶航运过程中对海洋环境的污染途径

1.2 船舶运输中的石油污染

1.2.1 石油及其产品

1.2.1.1 原油

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产(制)品,也叫成品油。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,可能是已经去除某些馏分后的原油,也可能是已经添加了某些馏分的原油。它可分为两种:调制原油(Enriched crude oil),或称添加原油,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(Sour crude oil),又称酸性原油,是指含有硫化氢超过0.001%的原油。

1.2.1.2 石油产品

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

炼油厂常把石油产品分为“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。润滑油的比重较大,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。

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。清油为轻质组分,挥发性强,因此闪点低、易爆、毒性大。黑油如重燃料油为重质组分,与前者相比,其危险性次之。然而,无论是原油还是石油产品,对海洋环境都具有污染性,而原油、重燃料油等所谓持久性油类的污染危害性更大。

1.2.2 石油的海上运输

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。

就以我国为例,我国已建成 20 多个以原油炼制为主的大型石化企业,原油的年加工能力达 2.1 亿吨,居世界第 4 位。由于我国主力油田已进入了中后期开采阶段,新油田开发尚需时日。近年来原油的年产量在 1.4 亿吨左右徘徊,原油的年加工能力远大于年产量。由于供需的缺口越来越大,我国进口原油和成品油近几年来已呈快速增长的态势。1996 年我国进口原油 2262 万吨,比 1995 年增长 32%。1997 年上半年我国就进口了原油 1442 万吨,与 1996 年同期相比增长 33%。据预测,2000 年我国原油的年进(出)口运输量将突破 5000 万吨大关。

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,20 万载重吨以上的巨型原油轮),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 比较经济,具有较好的竞争能力。1996 年,世界油轮船队共有油轮 3100 多艘,运力规模达到 2.768 亿载重吨,其中 VLCC 的运力规模已占世界油轮船队的 45.6%。

可以预计,随着油轮尺度的加大,它们在航数量上将会减少,现有油轮的事故数量将会相对减少。但是正是因为这样,一起油轮事故却隐藏着比以前曾发生过的许多类似事故更大的危险。

1.2.3 船舶给海洋带来的石油污染

船舶给海洋带来的石油污染,分为两种来源:操作性排放和事故性

排放。

1.2.3.1 操作性排放

操作性排放主要是指机舱含油舱底水、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。

A 机舱舱底水和残油

随着石油制品作为液体燃料和润滑介质使用,便出现了燃油系统和滑油系统的渗漏以及在机器修理、更换滑油、清洗滤器时的少量漏油或偶然跑油。这些油液在机舱舱底与由于水系统漏泄和冷凝而流入的水混合为机舱含油舱底水。

油轮与非油轮船舶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。

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,中远(集团)公司属下的620艘船舶,每年耗油160万吨左右,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。

B 压载水和洗舱水

油轮货油舱内的结构较复杂,货油舱卸空后,舷侧壳板、舱壁、顶板、舱底的内表面以及纵向、横向构架的金属结构上,滞留着部分原油或石油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。