

国际海事组织

防止油污手册

处理溢油方法的实用资料



政府间海事协商组织

防止油污手册

第四部分

(1980年2月修订)

处理溢油方法的实用资料

长江船舶设计院 刘 光 等译
龙肇夏 校

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

展望印刷厂印刷

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：6 字数：116千

1986年10月 第1版

1986年10月 第1版 第1次印刷

印数：0001—1,700册 定价：1.45元

中译版前言

此书根据政府间海事协商组织出版的《停止油污染手册 第四部分（修订版）处理溢油方法的实用资料》（MANUAL ON OIL POLLUTION, SECTION IV (Revised) PRACTICAL INFORMATION ON MEANS OF DEALING WITH OIL SPILLAGES）全文译出，可供从事防止海洋污染专业的科研设计单位和工厂中的科研人员、工程技术人员和管理干部以及大专院校有关专业的师生使用。译文中如有错误，请读者指正。

参加此书翻译和文字订正工作的有：刘光、龙肇夏、蒋昌炎、张如森、张振新同志，全书由龙肇夏同志审校。

译 者

前 言

本手册内容包括一些处理溢油方法的实用资料，这些资料对于各国政府，特别是对于发展中国家的政府，可能是有用的。此书由政府间海事协商组织所属的海上环境保护委员会编制和批准。

防止油污染手册将由五部分组成：

第一部分 （预防）已于1976年出版；

第二部分 （应急计划）已于1978年出版；

第三部分 （救捞）已由海上环境保护委员会第十二次会议通过；

第四部分 （处理溢油方法的实用资料）于1972年出版，并经过修订和补充，即本书内容；

第五部分 （法律问题）将在今后编制。

上述手册中关于油污染的部分今后将扩大到包括油以外的其它物质。

许多专家协助进行了手册的编制工作，或者贡献了插图和图表，使得此书能够成为目前这种形式，海上环境保护委员会对此表示感谢。

目 录

1. 导言	(1)
2. 油的种类	(2)
2.1 原油	(2)
2.2 石油产品	(4)
3. 海上溢油的形态	(6)
3.1 油在水面的扩散	(6)
3.2 油在水面的状态	(7)
3.3 风和水流的影响	(7)
3.4 自然过程的影响	(9)
3.4.1 溢油的基本化学现象	(9)
3.4.2 悬浮沉淀物	(10)
3.4.3 挥发	(13)
3.4.4 溶解	(13)
3.4.5 乳化	(14)
3.4.6 氧化	(15)
3.4.7 生物作用	(15)
4. 溢油的物理清除、消散和其他处理方法	(17)
4.1 概述	(17)
4.2 物理清除技术: 有遮蔽的水域	(19)
4.2.1 围油栏	(19)
4.2.1.1 系泊围油栏, 概述	(19)
4.2.1.2 漂浮围油栏	(25)
4.2.1.3 围油栏的使用方法	(28)
4.2.1.4 围油栏的布设方法	(30)

4.2.1.5	系泊	(34)
4.2.1.6	换向与背部系泊	(36)
4.2.1.7	连接	(37)
4.2.1.8	水上漂浮杂物的影响	(37)
4.2.1.9	围油栏的回收	(40)
4.2.1.10	选用围油栏的考虑因素	(41)
4.2.1.11	其他类型的围油栏及其操作	(41)
4.2.1.11.1	气体围油栏	(41)
4.2.1.11.2	气体围油栏的原理	(42)
4.2.1.11.3	管道深度	(43)
4.2.1.11.4	定位	(43)
4.2.1.11.5	布设形式	(44)
4.2.1.11.6	附带的用途	(44)
4.2.1.11.7	水龙带的使用	(44)
4.2.1.11.8	风、潮汐和水流	(45)
4.2.1.11.9	水和溢油流动的限制	(46)
4.2.2	回收装置	(46)
4.2.2.1	撇油器, 概述	(46)
4.2.2.1.1	抽吸式撇油器	(49)
4.2.2.1.2	抽吸装置	(51)
4.2.2.1.3	真空系统	(52)
4.2.2.1.4	堰	(52)
4.2.2.1.5	倾斜板	(53)
4.2.2.1.6	漂浮的吸油盘和吸油鼓	(53)
4.2.2.1.7	格栅和网	(54)
4.2.2.1.8	泵	(55)
4.2.2.1.9	液压抓斗	(55)
4.2.3	吸油剂	(55)
4.2.3.1	吸油剂的实际应用	(61)
4.2.3.2	吸油剂的散布	(61)

4.2.3.3	吸油剂的集中和回收	(65)
4.2.3.4	吸油剂与所吸收的油的分离	(67)
4.2.3.5	回收起来的油和吸油剂的外理或重新使用	(68)
4.2.3.6	吸油材料	(68)
4.2.3.7	常用的吸油剂	(70)
4.2.4	现场贮存	(70)
4.2.5	综合性的溢油处理系统	(71)
4.3	消散	(72)
4.3.1	概述	(72)
4.3.2	消油剂	(73)
4.3.3	消油剂在海上的运输和存放	(74)
4.3.4	使用方法	(78)
4.4	其他清除和处理方法	(81)
4.4.1	燃烧	(81)
4.4.2	集油剂	(82)
4.4.2.1	说明	(82)
4.4.2.2	集油剂与消油剂的比较	(82)
4.4.2.3	生物学方面的考虑	(83)
4.4.2.4	集油剂的使用的有关问题	(83)
4.4.2.5	用法介绍	(84)
4.4.3	沉油剂	(84)
4.5	近海物理除油作业	(85)
4.5.1	概述	(85)
4.6	在极端寒冷的条件下清除溢油的作业	(87)
4.6.1	概述	(87)
4.6.2	溢油在水面上	(87)
4.6.3	溢油在冰面上	(89)
4.6.4	溢油在冰下	(90)

4.6.5	人员和后勤	(91)
5.	海岸线上的溢油的清除和处理	(92)
5.1	概述	(92)
5.2	清除和处理技术	(94)
5.2.1	机械清除	(94)
5.2.2	使用吸油剂	(96)
5.2.3	燃烧	(97)
5.2.4	使用消油剂	(98)
6.	从各种不同类型的海滩上清除溢油	(103)
6.1	概述	(103)
6.2	植被区	(104)
6.2.1	盐沼地	(104)
6.2.2	芦苇地	(105)
6.2.3	红树沼泽地	(106)
6.2.4	苔原地	(107)
6.3	其他滨海地区和特殊地区	(107)
6.3.1	泥浆洼地	(107)
6.3.2	沙地	(108)
6.3.3	砾石地	(113)
6.3.4	岩石和悬崖	(115)
6.3.5	珊瑚礁	(116)
6.3.6	冰雪覆盖的地区	(116)
6.3.7	人工建筑——防波堤和海边游廊	(118)
6.3.8	附注	(121)
7.	油和油污杂物的处理	(122)
7.1	概述	(122)
7.2	处理方法	(123)
7.2.1	就地燃烧	(123)

7.2.2	焚烧	(124)
7.2.3	耕作	(125)
7.2.4	就地掩埋	(125)
7.2.5	掩埋于海岸背面的海滩下	(126)
7.2.6	弃置于垃圾坑里	(126)
8.	溢油过后野生生物的保护和处理	(128)
8.1	概述	(128)
8.2	海岸生态系统	(128)
8.3	海洋哺乳动物	(128)
8.4	溢油对鸟类及其数量的影响	(130)
8.5	减少溢油对鸟类的直接和间接的影响	(131)
8.6	鸟类死亡率的估计	(132)
8.7	影响拯救油污海鸟工作效果的因素	(133)
8.8	在收集和处理油污海鸟之前需要考虑的因素	(136)
8.9	油污的鸟的收集和护理	(137)
8.10	专业援助的来源	(138)
	参考书目	(139)
附录A	——英国对用于清扫海上、岸边水域和海滩上的溢油的消油剂的技术要求和美国关于使用消油剂的现行国家政策和限制	(142)
附录B	——华伦实验室的消油剂喷洒设备	(149)
附录C	——瑞典海岸警卫队消油系统	(165)
附录D	——美国海岸警卫队化学性公害处理方法资料系统	(167)
附录E	——油和有害物质——技术援助数据系统	(173)
附录F	——瑞典海岸警卫队用于进行物理清除的集成化的除油设备和系统	(177)

1. 导 言

由于海上石油运输量的增加，人们对环境所造成的威胁的关心日益增长。全世界由船舶造成的溢油中，大约有80%是由于在海上航行和作业的船舶日常操作的排放所造成的。消除这种排放，是政府间海事协商组织通过的“1954年国际防止海上油污染公约”，以及作为其修正案的“1973年国际防止船舶造成污染公约”和由1978年国际油轮安全和防止污染会议所通过的1978年议定书所制定的目标。日常作业的排放，如果是按照良好的操作程序和国际公约的规定进行，绝大部分是不可回收的，而且只是在少数情况下需要进行处理。但在另一方面，粗心的操作和海上事故则可能引起大片溢油，对这些大片的溢油必须通过某种分式进行处理，以减少其有害影响。

大约在1967年，英国沿海发生了一次非常有名的溢油事故。自那时以来，溢油对环境造成威胁的问题一直在进行讨论。地点、温度和当地出产只是影响溢油对环境的危害程度的许多因素中的三个因素。溢油污染的结果会造成野生生物的直接的大量死亡、对海洋生态系统的危害、旅游资源的丧失和经济方面的损失。但如果采取正确的对策，常常能减少这些损失。

综合防污手册的这一部分的目的，是要提供一个关于处理溢油的实际方法的概述，它决不是包罗万象的，但它将提供许多处理溢油的方法，而且在当地环境需要时，它可能会起到促进发展革新和独特方法的作用。

2. 油的种类

当海上发生溢油时，不论是由于装油的船舶发生事故引起的，还是由于船舶设备的故障或船员操作的失误而排入海中的，这些油将浮在水面并开始扩散，但少量密度大于水的燃油脚可能例外。

虽然本手册所涉及的，主要是象原油和燃料油这样的、能持久存留的油类，但也涉及到了“1973年国际防止船舶造成污染公约”中下过定义的各种油类*。在处理溢油的时候，了解各种油的性能是很重要的。因为油的性能会影响油类在水中的扩散率和从水中的清除率。因此，本报告的第一部分从技术角度讨论扩散的油及其在风和水流作用下的运动。

2.1 原油

原油是由各种不同的分子量和分子结构的碳氢化合物所组成的复杂的混合物，含有三种主要烃类：烷烃、环烃和芳香烃。这些碳氢化合物包括从简单的高挥发性物质到复杂油石蜡和不能蒸馏的沥青类化合物。在各种不同成分的石的，可能都含有少量的氧、氮、硫、钒、镍和矿物盐等。

- 1973年公约的附则 I 对油类作了如下定义：
油类 (OIL) 是指包括原油、燃料油、油泥、油渣和炼制品在内的任何形式的石油（不包括本公约附则 II 所规定的石油化学品），还包括 1973 年公约附则 I 的附录 I 中所列出的各种物质。

许多种石油 (1)⁺的性能都在下列范围之内:

密度 (15/15°C) $0.8 \times 10^3 \sim 0.99 \times 10^3$ 千克/立方米

初始沸点 $30 \sim 125^\circ\text{C}$

运动粘度 (在 37.78°C 时) $2 \times 10^{-4} \sim 30 \times 10^{-4}$ 米²/秒

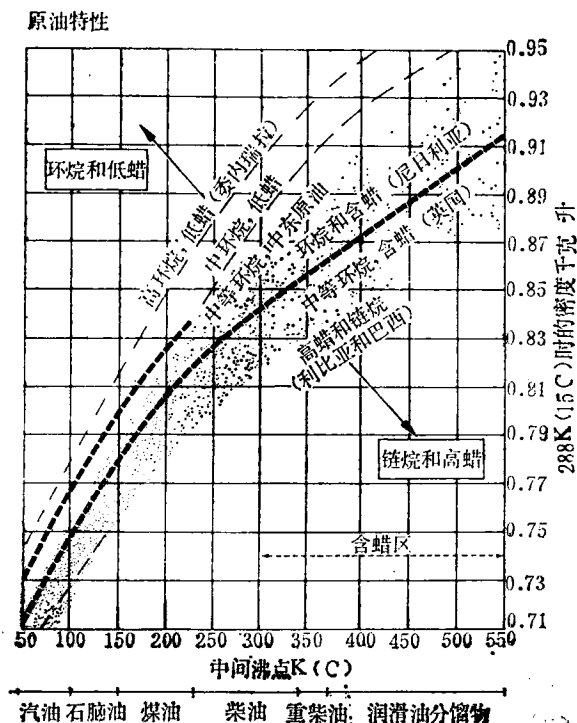


图2.1 各种原油的密度/中间沸点比较

+ 见参考书目。

倾点	(-35~+35°C)
硫	0.08~5.00% (平均约2%)
蜡	2~20%
沥青质	0.05~3.00%

2.2 石油产品

从提炼原油中所获得的产品的化学和物理性能，取决于原油的性质和它们所经历的不同的生产流程。原油中的硫、钒、蜡和沥青质的存在，是与高沸点物质联系在一起的。因此，它们虽然也会出现在轻的和中间分馏物中，但相对来说，更多地是集中在较重的产品，即中等和重燃料油中，特别是在渣油中更多。

下面是各种不同的石油产品的典型的性能指标：

汽油（车用油）

密度(15/15°C) $0.68 \times 10^3 \sim 0.77 \times 10^3$ 千克/立方米

沸点范围 (30~200°C)

闪点 (-40°C)

煤油

密度 (15/15°C) 0.78×10^3 千克/立方米

沸点范围 160~285°C

运动粘度 (37.28°C) 1.48×10^{-4} 米²/秒

闪点 (Pensky Martens) 55°C

柴油

密度 (15/15°C) 0.84×10^3 千克/立方米

沸点范围 180~360°C

运动粘度 (37.78°C) 3.30×10^{-4} 米²/秒

闪点 (Pensky Martens) 77°C

燃料油 (轻、中和重)

密度(15/15°C) $0.925 \times 10^3 \sim 0.965 \times 10^3$ 千克/立方米

运动粘度 (37.78°C) $49 \times 10^{-4} \sim 862 \times 10^{-4}$ 米²/秒

闪点 90°C以上

润滑油

润滑油是在燃料油0.1沸点范围内的经过高度精炼的油；根据其用途，比重和粘度的变化范围很宽。在润滑油中使用了各种各样的添加剂，其中许多是表面活性剂。

3. 海上溢油的形态

3.1 油在水面的扩散

将一种高度精炼的油泼到清洁的水面上时，这些油就形成镜片状的油膜，其厚度取决于油的种类。油的扩散速度除了取决于油的种类以外，还取决于空气和海水温度、风以及海水流动情况。油膜厚度可以大到足以看得出，例如0.5毫米。但是当少量的原油泼到清洁的水面上时，就会很快地扩散成一片很薄的油膜（0.3微米或更薄），并具有这种油膜所常见的彩虹般的色彩。原油中所含有的表面活性剂有助于其扩散。当溢油数量较大时，在整片油膜的边缘成这种薄膜，而其全部成薄镜片状，比如10至100微米厚。如果水面有很多脏物，那么油膜的最终厚度可达1毫米或更厚。

在不受风或潮汐影响的清洁的海面上，油能够很快地扩散成一片圆形的油膜。例如，1立方米的中东原油能够在10分钟内扩散成直径为48米、平均厚度为0.5毫米的一片圆形的油膜，而在100分钟后，这片油膜的直径将增至100米，平均厚度为100微米。有时当大量的油溢于海面时，扩散情况似乎不符合上述的规律，调查发现有时会形成一种粘度比油大得多的油包水乳状液。最近的研究表明，只有在下述情况下才会形成乳状液：存在充分的波浪运动；油属于某种特定的种类；最主要是，溢油量足够多。常常出现这样的情况：集中在一起的一片溢油中，中间部分的油在足够长的时间内保持

较厚的油层，在波浪运动的搅动下，形成油包水乳状液，这会造成粘度的急剧升高和扩散速度的下降。在这种状态下，油很可能有几厘米厚，在干净的水面上互相分离开。

3.2 油在水面的状态

薄油层的厚度可以粗略地根据油膜的色彩和状态来判断(表3.2)。

油对水的状态的影响⁽²⁾⁺ 表3.2

油膜厚度近似值		油膜中油的数量近似值		状 态
10 ⁻⁶ 英寸	10 ⁻⁶ 米 (微米)	1平方英里, 加 仑	1平方千米, 升	
1.5	0.04	25	44	在极好的光线条件下肉眼可见 在水面上呈银色光泽 刚刚可看到颜色 鲜艳的色彩 色彩开始变得暗淡 颜色变得很暗
3	0.08	50	88	
6	0.15	100	176	
12	0.3	200	351	
40	1	666	1168	
80	2	1332	2337	

+ 参看参考书目。

如果不借助高级复杂的设备，要判断厚度超过2微米(2300~2400升/平方千米)的油膜的厚度是很困难的。

3.3 风和水流的影响

水面薄油层的运动受到风的很大影响。它们之间的精确关系还不十分清楚，但油层沿着风的方向以风速的3~4% (也就是1/30)的速度移动是一个可靠的数据。潮流也会使水面移动，因此而使油层移动，但是在很多情况下，这种

潮汐运动是往复循环的，在任何一个方向的残余运动都很小。如果风使水面产生较大的波浪，那么油可能消散或乳化，这样就使得溢油难于被看到和清除。要精确预测油膜的运动是不容易的。虽然在海图上可能标有潮汐的数据。但关于潮水残余流动的资料一般是没有的，必须由使用者自己来绘制。另外，风速只是在少数几个地方测量，这些地方可能距油膜有许多英里远。油膜所在地点的风可能与测量地点的情况显著不同，特别是同预报的情况显著不同。尽管如此，还是应该使用那些最适用的数据预测油膜的运动。这样就可以更有效地使用处理溢油的船舶，并可以对那些受到溢油威胁的海岸的管理部门预先发出警报。

由于缺少海上溢油地点的环境资料，因此就导致采用各种各样的模拟技术来预测溢油和浮在水面的化学剂的运动路线。各种模型都采用了对那些可以引起比水轻的物质运动、扩展和消散的力进行矢量合成的方法。这些力包括由风、潮汐和水流产生的力。1976年12月在美国沿海发生从“Argo Merchant”号油轮溢出6号燃料油事故期间，曾作了6个模拟试验。这些模型中有根据预报的或实际的风及水流数据绘制的“预报”路线，也有利用气象学的或历史的风及水流数据绘制的“危险”路线。一般来说，各种模拟试验结果之间的差别可归纳为以下原因：（1）风的数据的来源不同，实测的、预报的、或者是气象学的；（2）水流数据来源不同；（3）作用于水面和油水分界面的风的吹动情形不同。

总而言之，模拟试验的结果受到指定区域可得到的环境数据（风和水流）的准确性的制约。最好的方法是通过飞机、船舶或卫星进行实际观察。