



赵玉慧 孙培艳 主编

岸滩溢油监测评价 技术研究

AN'TAN YIYOU JIANCE PINGJIA
JISHU YANJIU



海洋出版社

岸滩溢油监测评价技术研究

赵玉慧 孙培艳 主编



海洋出版社

2017年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

岸滩溢油监测评价技术研究/赵玉慧, 孙培艳主编. —北京: 海洋出版社, 2017. 6
ISBN 978-7-5027-9831-4

I. ①岸… II. ①赵… ②孙… III. ①海上溢油-海洋污染监测-研究 IV.
①X834

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 171520 号

责任编辑: 张 荣

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店发行所经销

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 787 mm×1092 mm 1/16 印张: 9

字数: 200 千字 定价: 40.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《岸滩溢油监测评价技术研究》

编委会成员名单

主 编	赵玉慧	孙培艳		
副主编	温婷婷	尹维翰		
编 委	杨晓飞	刘 莹	李保磊	
	曾小霖	李 静	王利明	

目 次

第1章 岸滩溢油污染概述	(1)
1.1 岸滩溢油污染来源与特点	(1)
1.1.1 石油的化学组成	(1)
1.1.2 岸滩溢油污染来源	(4)
1.2 岸滩生态系统及其特点	(5)
1.2.1 沉积海岸	(6)
1.2.2 岩石海岸	(6)
1.2.3 生物海岸	(6)
1.3 溢油对岸滩生态系统的影响	(7)
1.3.1 溢油在沉积海岸的行为及对其造成的影响	(8)
1.3.2 溢油在岩石海岸的行为及对其造成的影响	(8)
1.3.3 溢油在生物海岸的行为及对其造成的影响	(9)
1.4 岸滩溢油清理技术	(10)
1.4.1 岸滩溢油清理工作的基本原则	(10)
1.4.2 岸滩溢油清理的主要方法	(11)
1.4.3 典型类型岸滩的溢油清理方法选择	(14)
1.5 国内外影响岸滩的溢油案例	(18)
1.5.1 “瓦尔迪兹”号溢油	(18)
1.5.2 “威望”号溢油事故	(19)
1.5.3 墨西哥湾溢油事件	(19)
1.5.4 大连“7·16”溢油事故	(20)
1.5.5 蓬莱“19-3”油田溢油	(20)
第2章 国内外岸滩溢油监测评价研究进展及业务工作要求	(22)
2.1 美国海岸线溢油评估技术	(22)
2.1.1 美国海岸线溢油清理评估(SCAT)工作简介	(22)
2.1.2 美国海岸线溢油调查流程	(24)
2.1.3 美国的海岸线溢油调查表格和术语、代码	(27)

2.2	法国岸滩溢油监测与评价	(29)
2.2.1	调查目标	(30)
2.2.2	岸滩类型	(30)
2.2.3	溢油登陆状态	(30)
2.2.4	溢油量计算	(31)
2.3	地中海地区海岸线溢油评估技术	(31)
2.3.1	地中海地区岸滩清理评价技术工作简介	(31)
2.3.2	地中海岸滩溢油评价技术	(32)
2.3.3	地中海岸滩溢油调查方案的设计	(32)
2.3.4	地中海岸滩溢油评价表	(35)
2.3.5	地中海溢油评价表格及指导说明	(36)
2.4	国际油轮船东污染组织(ITOPF)海岸溢油识别技术	(36)
2.4.1	常见岸滩溢油类型	(36)
2.4.2	溢油的外观及持久性	(37)
2.4.3	岸滩溢油描述	(38)
2.4.4	溢油量估算	(38)
2.5	我国岸滩溢油监测评价工作及业务需求	(39)
2.5.1	大连“7·16”溢油事故监测评价工作	(39)
2.5.2	岸滩溢油监测评价业务需求	(44)
第3章	岸滩溢油监测评价工作要求及程序	(46)
3.1	现场监测、样品采集、储运与保存工作要求	(46)
3.2	岸滩溢油评价工作要求	(46)
3.3	人员要求	(46)
3.4	岸滩溢油监测评价工作程序	(47)
第4章	岸滩溢油监测	(49)
4.1	岸滩溢油监测指标体系构建	(49)
4.1.1	岸滩类型及敏感程度	(49)
4.1.2	溢油状态	(50)
4.2	岸滩溢油监测工作准备	(51)
4.2.1	资料收集	(51)
4.2.2	监测方案制订	(51)
4.2.3	监测设备配备	(51)
4.3	填写岸滩溢油监测及信息表	(54)
4.3.1	填写监测基本信息	(54)

4.3.2	填写岸滩类型识别及信息	(54)
4.3.3	记录岸滩服务功能	(63)
4.3.4	溢油分布状态识别及测量	(63)
4.3.5	溢油性质识别及记录	(72)
4.3.6	砂质岸滩下渗油污监测	(74)
4.3.7	样品采集	(77)
4.3.8	现场拍照	(77)
4.3.9	岸滩溢油影响现场评价	(78)
4.3.10	绘制岸滩溢油污染草图	(79)
第5章	岸滩溢油影响评价	(83)
5.1	岸滩溢油量估算	(83)
5.1.1	面状、带状和丝带状溢油的溢油量评估	(83)
5.1.2	分散焦油球溢油量估算	(85)
5.1.3	下渗溢油量估算	(85)
5.2	岸滩溢油污染评价	(85)
5.2.1	岸滩类型因子 I_1	(85)
5.2.2	岸滩功能因子 I_2	(85)
5.2.3	溢油污染程度因子 I_3	(85)
5.2.4	溢油性质因子 I_4	(87)
5.2.5	因子权重	(87)
5.2.6	岸滩溢油污染影响程度指数 I	(92)
5.2.7	评价标准及溢油影响等级	(92)
5.3	岸滩溢油监测与评价报告大纲	(93)
第6章	岸滩溢油监测评价技术应用示例	(94)
6.1	案例概述	(94)
6.2	溢油重点区域及生态环境基本情况	(94)
6.3	岸滩溢油污染影响调查	(95)
6.3.1	工作开展情况	(95)
6.3.2	岸滩类型及服务功能调查	(95)
6.3.3	岸滩溢油污染调查	(97)
6.3.4	下渗油污调查	(102)
6.4	岸滩上溢油残存量估算	(102)
6.4.1	第一日岸滩溢油残存量估算	(102)
6.4.2	第二日岸滩溢油残存量估算	(106)

6.4.3	第三日岸滩溢油残存量估算	(108)
6.4.4	第四日岸滩溢油残存量估算	(109)
6.4.5	第五日岸滩溢油残存量估算	(110)
6.4.6	第六日岸滩溢油残留量估算	(111)
6.4.7	后续岸滩溢油残留量估算及趋势分析	(113)
6.5	岸滩溢油污染影响程度评价	(114)
6.5.1	各评价因子值的选取	(114)
6.5.2	各岸滩溢油影响程度评价	(114)
第7章	岸滩溢油监测与评价系统	(117)
7.1	系统功能概述	(117)
7.1.1	事件查看	(117)
7.1.2	方案制订	(117)
7.1.3	任务下达	(117)
7.1.4	现场监测	(117)
7.1.5	分析评价	(117)
7.1.6	工具箱	(118)
7.1.7	图片浏览	(118)
7.2	关键技术	(118)
7.2.1	数据的组织与管理	(118)
7.2.2	监测区域的划定	(119)
7.2.3	现场监测数据上传	(119)
7.2.4	分析评价	(119)
7.2.5	系统框架体系结构	(119)
7.2.6	系统数据结构与数据流	(120)
7.2.7	系统子功能划分	(121)
7.3	岸滩溢油监测与评价系统子功能模块	(121)
7.3.1	野外手持终端监测子系统	(121)
7.3.2	桌面信息管理与评价子系统	(125)
参考文献		(132)

第 1 章 岸滩溢油污染概述

1.1 岸滩溢油污染来源与特点

岸滩溢油是指在石油勘探、开发、炼制及运储过程中,由于意外事故或操作失误造成原油或其他油品从作业现场或储器里外泄,损害其服务功能,影响岸滩生态环境,危害潮间带生物生存,破坏沿海滩涂湿地及风景区的景观等现象。

1.1.1 石油的化学组成

目前,岸滩溢油油种主要包括原油和其他石油产品。原油是埋藏于地下的天然矿产物,经过勘探、开采出的未经炼制的石油;石油产品是不同性质的石油经历不同的流程,得到的精炼产品。

石油通常为棕褐色或暗绿色,在常温下,原油大都呈流体或半流体状态。目前就石油的成因有有机成因和无机成因两种;无机成因即石油是在基性岩浆中形成的;有机成因即各种有机物如动物、植物,特别是低等的动植物像藻类、细菌、蚌壳和鱼类等死后埋藏在不断下沉缺氧的海湾、潟湖、三角洲和湖泊等地,经过许多物理化学作用,最后逐渐形成石油。

石油与煤一样属于化石燃料,性质因产地而异,密度为 $0.8 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$,黏度范围很宽,凝固点差别很大($30 \sim -60^\circ\text{C}$),沸点范围从常温到 500°C 以上,可溶于多种有机溶剂,不溶于水,但可与水形成乳状液。组成石油的化学元素主要是碳($83\% \sim 87\%$)、氢($11\% \sim 14\%$),其余为硫($0.06\% \sim 0.8\%$)、氮($0.02\% \sim 1.7\%$)、氧($0.08\% \sim 1.82\%$)及微量金属元素(镍、钒和铁等)。

石油的组成主要取决于原油产地的碳的来源以及它们来源的地质环境,由碳和氢化合形成的烃类构成石油的主要组成部分,约占 $95\% \sim 99\%$ 。不同产地的石油中,各种烃类的结构和所占比例相差很大,但主要属于烷烃、环烷烃和芳香烃三类。通常,以烷烃为主的石油称为石蜡基石油,以环烷烃和芳香烃为主的称环烷基石油;介于二者之间的称中间基石油。不同烃类对各种石油产品性质的影响各不相同;非烃类化合物主要有含硫化合物、含氧化物、含氮化合物、胶质与沥青质。石油产品是原油通过不同

的炼制过程所得,由于石油本身的来源不同和炼制过程的差异使得成品油组分构成也不一致。因此,在一定程度上可以说,所有的石油及其产品化学组成均有差异。

1.1.1.1 烷烃

烷烃是石油的重要组分,凡是分子结构中碳原子之间均以单键相互结合,其余碳价都为氢原子所饱和的烃叫做烷烃。烷烃是一种饱和烃,其分子通式 C_nH_{2n+2} 。烷烃是按分子中含烃原子的数目为序进行命名的,碳原子数为 1~10 的分别用甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸表示;10 以上者则直接用中文数字表示。只含一个碳原子的称为甲烷,含有 16 个碳原子的称为十六烷。这样,就组成了为数众多的烷烃同系物。烷烃按其结构之不同又可分为正构烷烃与异构烷烃两类,凡烷烃分子主碳链上没有支碳链的称为正构烷烃,而有支碳链的称为异构烷烃。

在常温下,甲烷至丁烷的正构烷烃呈气态;戊烷至十五烷的正构烷烃呈液态;十六烷以上的正构烷烃呈蜡状固态(是石蜡的主要成分)。由于烷烃是一种饱和烃,故在常温下,其化学稳定性较好,但不如芳香烃。在一定的高温条件下,烷烃容易分解并生成醇、醛、酮、醚、羧酸等一系列氧化产物。烷烃的密度最小,黏温性最好,是燃料与润滑油的良好组分。

正构烷烃与异构烷烃虽然分子式相同,但由于分子结构不同,性质也有所不同。异构烷烃较碳原子数相同的正构烷烃沸点要低,且异构化愈甚则沸点降低愈显著。另外,异构烷烃比正构烷烃黏度大、黏温性差。正构烷烃因其碳原子呈直链排列,易产生氧化反应,即发火性能好,它是压燃式内燃机燃料的良好组分。但正构烷烃的含量也不能过多,否则凝点高,低温流动性差。异构烷烃由于结构较紧凑,性质稳定,虽然发火性能差,但燃烧时不易产生过氧化物,即不易引起混合气爆燃,它是点燃式内燃机的良好组分。

1.1.1.2 环烷烃

环烷烃的化学结构与烷烃有相同之处,它们分子中的碳原子之间均以一价相互结合,其余碳价均与氢原子结合。其碳原子相互连接成环状,故称为环烷烃。由于环烷烃分子中所有碳价都已饱和,因而它也是饱和烃。环烷烃的分子通式为 C_nH_{2n} 。环烷烃具有良好的化学稳定性,与烷烃近似但不如芳香烃,其密度较大,自燃点较高,辛烷值居中;它的燃烧性较好、凝点低、润滑性好,故也是汽油、润滑油的良好组分。环烷烃有单环烷烃与多环烷烃之分,润滑油中含单环烷烃多则黏温性能好,含多环烷烃多则黏温性能差。

1.1.1.3 芳香烃

芳香烃是一种碳原子为环状联结结构,单双键交替的不饱和烃,分子通式为 C_nH_{2n-6} 、 C_nH_{2n-12} 、 C_nH_{2n-18} 等。它最初是由天然树脂、树胶或香精油中提炼出来的,具

有芳香气味,所以把这类化合物称作芳香烃。芳香烃都具有苯环结构,但芳香烃并不都有芳香味。芳香烃化学稳定性良好,与烷烃、环烷烃相比,其密度最大自燃点最高、辛烷值也最高,故其为汽油的良好组分。但由于其发火性差,十六烷值低,故对于柴油而言则是不良组分。润滑油中若含有多环芳香烃则会使其黏温性显著变坏,故应尽量去除。此外,芳香烃对有机物具有良好的溶解力,故某些溶剂油中需有适当含量,但因其毒性较大,含量应予控制。

1.1.1.4 不饱和烃

不饱和烃在原油中含量极少,主要是在二次加工过程中产生的。热裂化产品中含有较多的不饱和烃,主要是烯烃,也有少量二烯烃,但没有炔烃。烯烃的分子结构与烷烃相似,即呈直链或直链上带支链,但烯烃的碳原子间有双价键。凡是分子结构中碳原子间含有双价键的烃称为烯烃,分子通式有 C_nH_{2n} 、 C_nH_{2n-2} 等;分子间有两对碳原子间为双键结合的则称为二烯烃。烯烃的化学稳定性差,易氧化生成胶质,但辛烷值较高、凝点较低。故有时也将热裂化馏分(含有烯烃、二烯烃)掺入汽油中以提高其辛烷值,掺入柴油中以降低其凝点。但因烯烃安定性差,这类掺和产品均不宜长期储存,掺有热裂化馏分的汽油还应加入抗氧防胶剂。

石油还含有一定的非烃化合物,非烃化合物含量虽少,但它们大都对石油炼制及产品质量有很大的危害,所以在炼制过程中要尽可能将它们去除。非烃类化合物主要有:含硫化合物、含氧化物、含氮化合物、胶质与沥青质。石油中所含树脂相对烃类化合物极性较强,具有较好的表面活性。分子量范围一般在 700 ~ 1 000。主要包括:羧酸(环烷酸)、亚砷和类苯酚化合物。沥青质这类化合物非常复杂,没有明显的特征,主要包括聚合多环芳烃化合物,一般有 6 ~ 20 个芳香烃环和侧链结构。

岸滩溢油由于受物理学(如分散、挥发、溶解、沉积作用等)、化学(光化学、氧化等)和生物学(微生物降解等)的作用(即通常所说的风化作用),其各类组分已发生不同程度的变化,这些变化的结果具备以下特点。

(1) 正构烷烃的半保留期较短,消失的速率较快,而相同碳数的支链烃消失速率较慢,其在风化油中的比例不断升高,脂环烃与其他饱和烃的比例随油类的风化程度的加深而增高。

(2) 与同碳数的饱和烃类相比,芳香烃化合物的水溶性较大,并且不易被微生物降,其在风化油中所占比例随风化程度加深而升高,尤其是某些烷基化的多环芳烃化合物。

(3) 分子量较高的化合物比分子量较低的同类化合物,在海洋环境中滞留时间更长,因此在风化油中,分子量较高的化合物所占比率较高,分子量较高的石油烃组分,尤其是多环芳烃化合物容易在底质中长期积累。

这些化合物有简单的高挥发性物质,也有复杂的不能挥发的蜡及沥青混合物。这些化学物中氧、氮、硫、钒、镍、矿物盐等可能以各种组合形式存在。

造成海洋污染的除了石油之外,还有一些其他石油产品。不同性质的石油经历不同流程得到的精炼产品,它们的化学性质和物理性质也不同。许多精炼产品往往有明确的可预测的特性,如汽油和石油烃化合物。然而,中间残余燃料油和重质燃料油的性质却有很多样态。

1.1.2 岸滩溢油污染来源

随着全球工业化进程的加快,人类社会对石油的需求急剧增加,海上及沿岸油气资源勘探开发的强度日益加大,国际海运业高速发展,沿海石油炼化工业规模的日趋庞大,溢油风险和溢油事故发生频率越来越大。

溢油影响岸滩来源主要有三个方面:一是陆源发生溢油事故、溢油随河道、排污口进入岸滩或直接进入岸滩,2010 年大连“7·16”溢油事故和 2012 年青岛“11·22”溢油事故属此种类型;二是海上石油勘探开发发生溢油事故。溢油在海流和风的作用下,漂移到近岸海域并在岸滩登陆,2011 年蓬莱“19-3”油田溢油事故属此种类型;三是海上船舶发生溢油事故并影响至岸滩,2006 年长岛海域油污染事件属此种类型。

1.1.2.1 陆源溢油

“十一五”规划以来,我国沿海 11 个省区市的区域发展规划均经国务院批准上升为国家战略,有力推动了海洋经济和沿海地区快速发展,但与此同时,也必须清醒地看到,沿海地区石油炼化企业呈现趋海性布局。根据《石化产业调整和振兴规划》,仅在“长三角”“珠三角”、环渤海沿海地区就规划形成 20 个千万吨级炼油基地、11 个百万吨级乙烯基地,庞大的储油罐、高耸的反应塔、巨型的高炉将星罗棋布般地矗立在我国沿海地区。以环渤海地区为例,天津滨海新区规划打造航空航天、石油化工和新能源 3 个世界级产业基地,计划建成 4 000 万吨级大炼油和百万吨乙烯生产能力;河北将加快建设以能源、化工、钢铁和装备制造为重点的沧州经济区,规划港口通过能力超过 6×10^8 t,石油炼制能力超过 $3\,000 \times 10^4$ t;辽宁规划沿海建设生产性泊位 230 个,造船能力达 $2\,000 \times 10^4$ t,石油炼制能力达 1.1×10^8 t。由此可见,不同沿海地区产业结构和布局中均将港口码头、石油化工等重化工业作为主导产业,沿岸溢油风险加大。

2010 年 7 月 16 日 18 时许,位于辽东半岛南端的大孤山东北麓,黄海岸边的大窑湾西南侧的大连新港原油罐区输油管线爆炸,并引起储油罐爆裂,导致大量原油流入海中,并向附近海域扩散,对海洋环境造成严重影响。根据国家海洋局卫星、飞机、船舶、陆岸监视监测,溢油污染岸线长 163 km(北至金石滩,南至小平岛),约占大连市大陆岸线的 12%。事故发生后,最初 3 天溢油主要影响大孤山、大连湾、大窑湾、小窑湾的岸线,至 7 月 25 日污染岸线达到最大,岸线污染严重区域主要分布在大连湾东岸、

北岸,大窑湾、小窑湾沿岸、金石滩西部一带,岸线污染较轻的区域分布在七贤岭、付家庄、黑石礁、小平岛一带。

1.1.2.2 石油勘探开发溢油

我国近海石油资源量 276.52×10^8 t,天然气资源量 8.82×10^{12} m³。“十一五”规划以来,我国石油产量的增量超过 60% 都来自海洋,2010 年海洋油气产量首次超过 $5\,000 \times 10^4$ t。海上油气开采量大幅增长,仅在渤海就高达 $3\,000 \times 10^4$ t 余。而随着多年开发后,海上油气平台、管道等生产设施的老化,加之复杂的海洋地质条件,油气开采造成的溢油风险也在逐步加大。自 20 世纪 80 年代以来,溢油事件呈上升趋势,几乎每年都发生由于井喷、漏油以及原油运输船舶的碰撞、沉没等各种原因造成的溢油事件。如 1986 年渤海 2# 平台井喷,流入渤海大量原油;1987 年秦皇岛港输油站溢出原油 1 470 t;1998 年底,胜利油田 CB6A 井组发生井架倒伏,持续溢油近 6 个月等。

2011 年,蓬莱“19-3”油田 B 平台和 C 平台先后发生溢油事故,对海洋环境造成严重损害。2011 年 7 月中下旬,在辽宁绥中东戴河岸滩发现油污,呈不均匀带状分布,带长约 4 km,宽度约 0.5 m;在河北唐山浅水湾岸滩发现油污,呈带状分布,高潮线附近油污带宽约 1~1.5 m,带长约 500 m,低潮线附近油污带宽约 1.5~2 m,带长约 300 m;在河北秦皇岛昌黎黄金海岸岸滩发现油污,在高潮线附近零星分布,长度约 1.2 km。在以上区域采集的油样经油指纹分析鉴定,均与蓬莱“19-3”油田溢油油指纹一致。

1.1.2.3 海上船舶运输溢油

我国海洋交通运输业承担着 90% 以上的外贸运输量,2012 年沿海港口万吨级及以上泊位 1 517 个,沿海和远洋运输船舶数量 13 433 艘,沿海港口完成 68.80×10^8 t 货物吞吐量。海上运输量大幅增长,仅在渤海就高达 $7\,800 \times 10^4$ t,每天进出渤海运输船舶多达上千艘。从船舶溢油事故来看,据统计“十五”规划期间渤海海域发生的船舶溢油事故比“九五”期间增加一倍,占同期全国海域溢油事故的 46%,随着油类及化学品吞吐能力持续加大以及船舶运输大型化,船舶溢油事故风险也将随之增加。

2006 年 2 月 20 日下午 4 时,长岛县海洋与渔业局接长岛县黑山乡政府报告,称该岛海岸潮间带发现大量原油。国家海洋局北海分局现场勘查,长岛海域溢油事件污染区域主要分布在长岛各岛屿的海岸线滩涂上,呈大小不等的原油块,最大直径 30 cm,最小的有鸡蛋大小,烟台、蓬莱、招远一线的岸段也有分布,部分养殖户的海参及海参苗有死亡现象。经溢油鉴定,此事件溢油来自“大庆 91”轮溢油。

1.2 岸滩生态系统及其特点

岸滩是由岩石、沙、砾石、泥、生物覆盖的河流、湖泊、海洋沿岸堆积地面,由河水、

湖水或海水的侵蚀、堆积而成。岸滩的分类方式因标准不同而异。概括来说,主要可分为三大类型:沉积海岸、岩石海岸和生物海岸。

1.2.1 沉积海岸

沉积海岸包括三角洲与三角湾海岸、淤泥质海岸及砂质或砾质海岸等。该类海岸由厚且松散的沉积物组成,多由泥沙的沉积和潮流的冲蚀而成。

影响沉积海岸颗粒尺寸及海岸坡度的最重要因素是海浪和海流。海浪及海流作用越大,海岸坡度越大、沉积物颗粒就越粗。遮蔽海岸的坡度一般较缓,沉积物颗粒也较细。河流入海口泥滩则是遮蔽物作用和入海河流带来的悬浮物质发生絮凝作用的结果。

对于颗粒较大的卵石滩海岸,由于其不够稳定,海水易于流失,导致此类型海岸的生物较少。而颗粒较小的沙砾海岸甚至泥滩,由于泥沙颗粒之间的空隙具有毛细效应,退潮之后仍可保存部分海水,为许多穴居动物、硅藻属以及细菌之类微生物的生存提供了便利条件。

1.2.2 岩石海岸

岩石海岸主要由比较坚硬的基岩组成,是世界海岸线的主要组成部分。尽管在形态及功能上存在地区差异,但在当地的海洋生态系统中都发挥着重要作用。

根据海洋中温度、盐度、波浪作用大小,以及生物无食期的长短、不同程度的捕食行为等特征,可将岩石海岸的生态环境划分为不同层次。生物在特定生态环境类型中生存能力不同,因而呈现出截然不同的垂直带状分布特征,并在波浪作用海岸与遮蔽海岸的生态群落之间产生了极大差异。

一般来说,海岸下部区生态群落比上部区生态群落更具生物多样性、生产力更高,会有更多的海藻与软体动物栖息;遮蔽海岸的生态群落多大型海藻栖息,与此相反,波浪作用海岸的生态群落有较多滤食性藤壶和贻贝;裸露砾石海岸由于波浪作用大,则只存在小型移动性甲壳类动物和一些短命物种,而当岩石海岸出现断裂、裂缝、岩池、悬崖及其他荫蔽地带时,上述生态群落的基本带状格局会进一步复杂化。

1.2.3 生物海岸

生物海岸主要包括盐沼海岸、红树林海岸和珊瑚礁海岸,体现了生物对海岸的依附作用。

1.2.3.1 盐沼海岸

盐沼是指陆地上有薄层积水或间歇性积水,生长有沼生和湿地植物的土壤过湿地段,多指沿海涨潮时被淹没、退潮时露出水面的软底质的广大潮间平地,有时也

被称为滩涂。它形成于有遮拦物、能量低、潮差大于 3 m 的近岸环境,在水流缓缓的条件下,海洋冲积沉积物、河流冲积物和近岸原生沉积物慢慢累积在潮间带泥滩上。当冲积层增加到一定厚度时,每天会有一定时间露出水面,大型水生植物便乘机繁殖生长。

盐沼植被主要生长在小潮平均高潮位与大潮高潮位之间的遮蔽海岸带。通常根据潮高将盐沼海岸划分出不同的物种区,同时水体的盐分也会影响盐沼海岸物种的分布特征。盐沼是许多无脊椎动物的栖息地,而盐沼食物链的顶端通常是鸟类和鱼类,它们以无脊椎动物为食。

1.2.3.2 红树林海岸

红树林是指耐盐性较高的乔木及灌木物种,一般生长在热带及某些亚热带的遮蔽海岸及河口海湾。

在适宜条件下,红树林是生产力最高的生态系统。其物种适应能力非常强,通过超滤作用脱掉盐分,通过根部的通气组织吸收氧气,红树林物种可以在海水中正常生长。红树林区潮水的高度、水体盐分及环境中营养物质的含量,造就了不同的红树林生态群落。在红树林生态系统中往往生存着包括细菌、真菌、无脊椎动物、鱼、虾、牡蛎、蜗牛和螃蟹等众多种类的生物,同时也是鸟类、哺乳动物及昆虫的重要栖息场所。

1.2.3.3 珊瑚礁海岸

珊瑚礁是世界热带及亚热带海域存在的最大生物有机体、生物生产力极高的生态系统,大多分布于近岸水域,是世界上生物多样性最丰富、最复杂的生态群落。

珊瑚礁分布在平均最低水温一般不低于 20℃ 的热带与亚热带海域。大致分为三类:裾礁、堡礁、环礁。珊瑚礁不仅是重要的渔业资源,抵挡海蚀的天然屏障,而且还是非常好的旅游景观。

珊瑚与微生物藻类(虫黄藻)具有共生关系,微生物藻类通过光合作用获得能量,促进珊瑚骨骼的生长;同时,珊瑚又为藻类提供生存空间,并以排泄物的形式为藻类细胞的生长提供重要的营养成分。

1.3 溢油对岸滩生态系统的影响

岸滩生态系统所处的地理位置不同、地形特征有别(开阔型和掩蔽型)、生物多样性程度各异,导致了不同类型的岸滩生态系统对溢油的敏感程度有很大差别。

通常生物量较低、海浪和潮汐活动较强的岸滩对溢油较不敏感,即不容易受到溢油事故的污染,或者污染后容易自行恢复;而生物量较大,掩蔽型的海岸对溢油的敏感

性指数较高,溢油事故一旦发生将对整个生态系统造成威胁同时给环境修复工作带来很大的障碍。

1.3.1 溢油在沉积海岸的行为及对其造成的影响

对于裸露程度较高、颗粒较粗的沉积海岸,海浪冲刷等自然过程能够较快的清理油污。但如果油污在风或海水的作用下渗入沉积物,那油污的滞留时间可能会较长。

溢油在沉积海岸的下渗程度取决于以下几个因素:

- (1) 颗粒尺寸:颗粒越大,下渗越深。
- (2) 油类黏度:黏性越低,下渗越深。
- (3) 岸滩颗粒的排水能力:排水能力越强,下渗越深。
- (4) 动物洞穴和气孔:气孔越多,越易下渗。

从生态系统的角度来看,溢油对掩蔽型沉积海岸的影响更为严重。这不仅是因为掩蔽型海岸接受海浪直接作用的机会较少,更重要的是掩蔽型海岸往往代表着较高的生物多样性水平和较大的生物量水平。一些种类的生物会受油污影响,甚至死亡。

生物受油污影响的程度取决于某种生物的溢油敏感度,同时也与溢油在沉积海岸的滞留时间有关。某些物种可以在数月内恢复,某些可能需要数年才能恢复,而另外一些物种(如某些蠕虫)可能受油污的影响而迅速繁殖。另外,溢油事故发生后,积极合理及时有效的处置方式往往为物种的恢复提供良好的环境基础,处置工作越完善,物种的恢复速度越快。

1.3.2 溢油在岩石海岸的行为及对其造成的影响

对于岩石海岸来说,在一个垂直的位于波浪作用的石壁海岸上,油膜受到海浪反冲作用的阻挡,石壁可能就不会受到污染;对位于遮蔽海湾、坡度较小的砾石海岸的沟壑中,油污可能渗入下层沉积物中。

可见,油污对岩石海岸的影响程度取决于海岸的地形(坡度、整体性)、组成(岩石类型、大小)以及所处位置(开阔或掩蔽、水动力条件)。

上岸的油污主要依靠波浪、潮汐、土壤颗粒的絮凝作用和物理风化作用来移除,影响这种风化作用的因素包括波浪大小、天气情况、地形特征、水温等。另外,微生物及食草动物的生物风化作用也能清除一定量的油污。

由于油污的逗留形式和逗留量,岩石海岸上的油污一般不会对环境造成长期损害,而且大部分岩石海岸上栖息的物种具有很强的再生能力。与沉积海岸类似,溢油对岩石海岸物种的影响程度取决于溢油类型、物理特性、溢油量、物种敏感程度及接触时间。例如,藤壶一般只有在几次潮汐间遭受黏性油污的窒息才会被毒死;而帽贝等

食草软体动物对油污的敏感度很高,毒性很强的油污会造成其大量死亡。

溢油除了对岩石海岸某些物种有致死作用外,还有一些非致死性的影响,如降低生长率、丧失生殖功能等。

1.3.3 溢油在生物海岸的行为及其造成的影响

1.3.3.1 对盐沼海岸的影响

按照国际海岸带敏感性指数的定义,盐沼属于“最脆弱”的生态环境类型之一,是溢油事故发生后需要优先保护的区域。

由于盐沼往往分布在遮蔽地带,大面积的盐沼植被能够吸收溢油,且众多盐沼植物的叶子表面都波纹曲面,更增加了溢油的留存量,因此盐沼能够圈闭、留存大量的溢油,并且难于清除。大量事故案例及科学研究表明,溢油季节、受污物种不同、油膜厚度、溢油量及油污下渗程度造成盐沼受污染后的恢复时间有较大差别。

轻度到中度的溢油污染,油污很少下渗,通常只对多年生植被有影响,植被的上部可能被杀死,但埋于地下的部分可以在较短时间内恢复。

轻质原油由于其黏度较低,可能在盐沼出现下渗状况,在影响植被地上部分的同时,也对其根系产生影响,同时会影响到生活在盐沼沉积物内的无脊椎动物,其数量的恢复程度往往与盐沼泥土中芳烃类化合物的含量相关。

对于黏度较高的溢油,容易在盐沼表面形成厚厚的油块,缺氧会对盐沼植被的地上和地下部分造成影响,这严重制约了盐沼植被的生态恢复。

1.3.3.2 对红树林海岸的影响

溢油对红树林的影响范围受到潮汐高度的限制,在高潮时溢油被潮水带入红树林,退潮时溢油将滞留在红树林周边的土壤及红树林赖以呼吸的气生根上。

当溢油黏度较大或密度较大时将堵塞红树林的呼吸孔,造成红树林窒息死亡。对于轻质原油来说,其下渗能力较强,能够通过下渗直接影响红树林的根系,造成其死亡。

红树林是生产力非常高的生态系统,溢油通过两种途径影响栖息在红树林中的众多生物。首先,溢油本身可能会对物种有严重影响;其次,当红树林的根系和枝干腐烂死亡后,原本物种赖以生存的栖息地大量减少,间接导致物种数量锐减。

1.3.3.3 对珊瑚礁海岸的影响

大多数情况下,珊瑚礁是在水面以下生存的,因此对于溢油事故而言,油污通常漂浮在珊瑚礁上方水面。另外,由于海浪破碎作用、溶解、油污絮凝作用以及风化作用的影响下,溢油可能以颗粒或油滴的形式进入水体与珊瑚礁直接接触。在某些特殊情况下(如潮位极低),珊瑚礁对露出水面,此时油污会直接与珊瑚接触,使其窒息。