

**HAIYANG YIYOU
DUI HUANJING YU SHENGTAI
SUNHAI
PINGGU JISHU JI YINGYONG**

海洋溢油对环境与生态损害评估技术及应用

高振会 杨建强 崔文林 等著



海洋出版社

海洋溢油对环境与生态损害 评估技术及应用

高振会 杨建强 崔文林 等 著

海洋出版社

2005 年·北京

图书在版编目 (C I P) 数据

海洋溢油对环境与生态损害评估技术及应用/高振会, 杨建强, 崔文林等著, —北京: 海洋出版社, 2005.6

ISBN 7-5027-6354-6

I. 海… II. ①高…②杨…③崔… III. 溢油—海水污染—环境生态评价 IV. X55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 061923 号

责任编辑: 刘丽霞

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

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

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京华正印刷厂印刷

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

开本: 880mm × 1230mm 1/32 印张: 7

字数: 160 千字 印数: 1 ~ 1000 册

定价: 32.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

内容提要

全书共8章，其中1~4章为理论部分，从海洋溢油对环境与生态损害的特征入手，对目前国内外海洋溢油对环境与生态损害评估研究现状及趋势进行了分析，在实践的基础上，提出了海洋溢油对环境与生态损害评估的主要内容与程序，并对用于该项工作的若干技术与方法进行了简要介绍；5~8章为案例研究，以“塔斯曼海”轮溢油对海洋环境与生态损害索赔案为例，重点介绍了实际应用中污染损害对象确定、污染损害程度分析、环境与生态损害评估等，对损失项目进行了分析与计算。

本书主要供海洋管理部门、生态环境保护部门、石油管理部门、海事部门、司法部门以及经济计划管理部门的管理者和决策者以及相关专业的科研人员参考。

序

我十分高兴为北海监测中心高振会等同志撰写的《海洋溢油对环境与生态损害评估技术及应用》专著作序。

海洋溢油对环境与生态损害评估技术是我国海洋生态保护与管理所急需的一项重要技术，也是一种最难计量的、没有具体物质形态和市场价格的多种海洋生态服务的价值。本书作者对海洋溢油对环境与生态污染损害的概念进行了界定，对有具体规定及衡量办法的直接渔业损失和天然渔业损失等项目不做深入讨论，而是重点研究了海洋生态服务功能的直接损害、恢复海洋生境及主要海洋物种费用的计量等。在海洋生态污染损害评估中，可以在市场上交换的各种物质资源，如渔业、盐业、旅游业等，其价值较易计算。相对而言，对没有具体物质形态和市场价格的“海洋生态损失”的计量要困难得多。目前，国内外还没有公认的、完善的计量体系。有鉴于此，北海监测中心高振会等同志结合多次司法实践，摸索出一套法律初步认可的、具有可操作性的技术方法，并将其总结整理为《海洋溢油对环境与生态损害评估技术及应用》一书，为人们研究和计量海洋生态价值损害，提供了许多有参考价值的理论与技术方法。

多年来，国家海洋局北海监测中心一直在我国海洋环境保护业务及研究领域默默耕耘。他们在海洋环境监测、海洋生态监测、突发海洋污染损害事故（赤潮、溢油、水污染等）应急监测及损害评估、海洋工程环境影响评价、海域使用论证、滨海城市生态建设规划等常规业务工作中为国家及地方建设作出

了重要贡献，积累了渤海海区近 30 余年的资料。近几年，他们在人才队伍建设、设备仪器更新等方面有显著提高，先后承担国家“863”、“973”、国家科技“十五”攻关、国家自然科学基金重点基金等多项重大科研项目。其中，在海洋监测技术应用、海洋生态监测与研究、赤潮监测预警与防治等研究与实践结合方面一直走在我国前列，在学术界和政府部门中产生了积极的影响。《海洋溢油对环境与生态损害评估技术及应用》是他们近几年辛勤劳动的又一成果。

本书侧重于海洋溢油生态污染损害各项评估技术的实现手段与方法，并以“塔斯曼海”轮海洋溢油生态污染损害索赔案为例，详细说明了评估要点及过程。书中既有通用计量方法的系统介绍，也有特定计算方法的详细阐述。对每种损害项目，注重计量方法的应用性和可操作性。该书介绍的种种计量方法，对其他各种生态系统损害价值的计量，具有同样的理论和实际评估上的参考价值。

面对我国沿海经济的迅速发展，为保护我国的海洋生态权益及生态资源，很有必要深入开展海洋溢油生态污染损害评估技术研究，将成熟部分纳入我国海洋执法监察业务工作，满足我国海洋生态保护与管理的需求。我希望海洋环境保护部门在决策过程中，懂得并学会利用相关的高新技术，如溢油鉴别技术、生态损害评估技术等，做出科学评估。《海洋溢油对环境与生态损害评估技术及应用》是我国目前在此领域第一部来源于实践的著作，我想，该书就算作者抛砖引玉吧，希望引起更多专家学者继续进行这方面的研究，也希望有关政府部门支持这方面的研究，并把它应用到决策中去。

中国工程院院士 J (あ文)

2005 年 2 月 28 日于青岛

前 言

2002年11月23日凌晨4时08分,一艘满载原油的马耳他籍油轮“塔斯曼海”轮与中国大连“顺凯一号”轮在天津大沽锚地东部海域发生碰撞,造成大量原油泄漏,引起国家海洋局和天津市政府领导高度重视。天津市海洋局委托国家海洋局北海监测中心前往事故海域进行跟踪监测并承担技术取证与海洋环境与生态损失评估工作,并向天津海事法院提交诉状,代表国家要求“塔斯曼海”轮船主英费尼特航运公司和伦敦汽船船东互保协会对因溢油造成海洋环境与生态的损害进行赔偿,从而拉开这起国内首例海洋溢油生态损害民事索赔案的序幕。

该案前后历时两年,于2004年12月30日经天津海事法院一审判决:天津市海洋局胜诉,被告赔偿原告海洋环境与生态损失等共计人民币1 000余万元。《中国海洋报》将该案评为2004年中国海洋十大新闻,评论为“引入海洋生态赔偿概念,确定海洋行政主管部门对海洋污染损害的索赔权”。该案是我国加入《1969年国际油污损害民事责任公约》及其1992年议定书后,第一例根据《公约》向外国船舶公司保险人进行索赔的案件;是我国首例“海洋生态损害索赔案”;也是我国《海洋环境保护法》自修改以来,第一次依据该法进行海洋生态索赔的实践;是目前由海事法院判决的国内索赔额最高的油污损害案件;是高科技用于海洋行政管理执法的成功实践。该案的成功为国

国家海洋局确立海洋生态管理主体地位和国家处理类似案件司法诉讼主体资格奠定了坚实基础。

国家海洋局北海监测中心为该案提供了强有力的技术支撑。先后有几十名专家和技术人员在事故海域以及沿岸区域对 200 余个站点进行调查取证和海洋生态污染损害监视监测, 获取了 8 个航次近万组监测数据, 在查阅世界有记录的大量油污案例的基础上, 运用溢油鉴别技术、数值模拟技术、卫星遥感技术及生态损害评估技术等, 分析确定了此次事故的溢油量、污染面积、溢油前后海洋生态变化及造成的海洋环境与生态损失, 为该案的胜诉奠定了坚实的基础。

北海监测中心自成立以来, 就致力于将高新技术用于海洋环境保护工作, 在海洋污染事故的应急监测、海洋污染损害评估等方面开展了大量的研究与实践工作。如 1997 年“曼德利”号沉船污染损害海洋案件的调查取证与技术支撑, 2004 年“金赣 6”号轮海洋生态及渔业资源污染损害评估的调查取证与技术支撑等。在上述实践的基础上, 摸索出一套海洋溢油污染损害评估技术方法, 本书即是该项工作的总结。

本书是课题组集体智慧的结晶。在课题研究和专著撰写过程中, 丁德文院士、唐启升院士、张福绥院士、赵法箴院士、刘瑞玉院士给予了悉心指导和热情鼓励, 海洋经济研究所蒋铁民教授, 中国科学院海洋研究所邹景忠教授、吴景阳教授, 国家海洋局战略研究所高之国研究员、刘容子研究员, 黄海水产研究所马绍赛研究员、赵俊研究员、陈碧鹃研究员等提出了宝贵意见, 天津海事法院李柏华院长、徐富斌庭长, 中国海洋大学张克教授、李永祺教授、孙庆和教授、汝绍国教授、马启敏教授、史宏达教授、廖承义教授、孙英兰教授、李静教授、国际油轮船东油污联合会的 Brown 博士等在法庭辩论中给予了许

多启发,在此表示衷心感谢!此外,要特别感谢的是国家海洋局、国家海洋局北海分局、天津市海洋局的领导与同志们,正是他们一如既往的支持,才使得我们的工作得以顺利开展。感谢天津嘉德恒时律师事务所的律师,感谢南开大学生命学院的刘汝林教授、梁凤来教授在石油微生物降解技术中所做的工作;感谢海洋出版社杨绥华总编、牛文生主任为本书的出版给予大力协助,并付出了辛勤劳动。感谢所有参与、关心此项工作的人!课题组成员在高振会研究员的领导下,凭着对科学研究的执着追求以及对中国海洋环境保护事业的责任心,克服重重困难,完成了本书的撰写工作。本书撰写工作的具体分工如下。

海洋溢油对环境与生态损害评估研究现状:杨建强、张继民、刘霜;

海洋溢油生态污染损害评估的内容与程序:高振会、杨建强、崔文林;

海洋溢油生态污染损害评估方法与技术:杨建强、王培刚、石强;

溢油量计算:崔文林、杨建强;

污染损害对象及程度确定:张爱君、谢利、邹洁、石强;

环境容量损失评估:孙培艳、于子江、杨建强、张友簏;

海洋生态服务功能损害评估:杨建强,张爱君;

海洋沉积物及潮滩生境恢复计算:高振会、崔文林、张继民;

物种恢复评估:张爱君、张继民、张洪亮。

高振会、杨建强负责全书统稿工作,赵蓓、刘霜进行校核。

本书旨在引起中国不同层面及不同领域人士对此研究领域的关注,同时促进和提高本研究领域的发展水平;主要面向政府管理的决策者,海洋环境保护部门管理人员、环境科学和生

态学专业的科研人员及研究生等对灾害损失评估感兴趣的人士。

全文共分 8 章：其中 1~4 章主要为理论部分，介绍了海洋溢油生态污染损害特征、国内外研究现状及趋势，提出了海洋溢油生态污染损害评估的内容与程序，以及用于该项工作的技术与方法；5~8 章为案例研究，以“塔斯曼海”轮溢油对海洋生态污染损害索赔案为例，重点介绍了污染损害对象确定、污染损害程度分析、生态污染损害评估等，对损失项目进行了分析与计算。

由于时间及对本前沿领域研究认识水平有限，可能存在一些不足和错误之处，敬请各界人士批评指正！同时期待相关研究领域的人们加入到我们的行列中，共同探讨这一全新的研究课题。

高振会 杨建强 崔文林

2005 年 3 月 5 日

目次

序	(1)
前 言	(1)
第1章 海洋溢油对环境与生态损害特征	(1)
1.1 我国海洋溢油发生的特点与趋势	(1)
1.1.1 我国海洋溢油发生的特点	(1)
1.1.2 我国海洋溢油发生的趋势	(2)
1.2 海洋溢油污染损害相关规定	(3)
1.3 溢油对海洋生态的危害	(4)
1.3.1 石油烃的降解及毒性	(4)
1.3.2 溢油归宿分析	(6)
1.3.3 溢油对海洋生态的危害	(11)
1.4 本书溢油对环境与生态损害评估范围界定	(17)
第2章 海洋溢油对环境与生态损害评估研究现状	(18)
2.1 溢油对环境与生态损害评估研究现状	(18)
2.1.1 海洋价值	(19)
2.1.2 自然资源损害评估	(21)
2.1.3 生境等价分析	(25)
2.2 国内外相关案例分析	(34)
2.2.1 国外案例分析	(34)
2.2.2 国内相关案例	(48)

2.3 小结	(50)
第3章 海洋溢油对环境与生态损害评估的内容与程序	
.....	(52)
3.1 主要内容	(52)
3.1.1 海洋溢油对环境与生态损害程度调查	(52)
3.1.2 海洋溢油对环境与生态损害评估	(54)
3.2 总体程序	(54)
3.3 各部分程序	(55)
3.3.1 污染源诊断	(55)
3.3.2 污染损害对象确定	(58)
3.3.3 损害程度分析	(59)
3.4 小结	(60)
第4章 海洋溢油对环境与生态损害评估方法与技术	
.....	(61)
4.1 生态价值损害评估方法	(61)
4.1.1 与生态价值计量有关的基本经济学概念	(61)
4.1.2 生态价值损失评估方法	(63)
4.2 溢油鉴别技术	(79)
4.2.1 国内外溢油鉴别方法、油指纹建库情况 及应用情况	(79)
4.2.2 油指纹标准谱图库建立技术	(83)
4.3 海洋溢油对环境与生态损害修复技术	(85)
4.3.1 物理修复方法	(85)
4.3.2 生物修复方法	(89)
4.4 遥感与 GIS 技术	(97)

4.4.1	3S 技术简介	(97)
4.4.2	GIS 与溢油漂移模型	(102)
第 5 章	研究区自然环境概况	(107)
5.1	研究区自然环境资源	(107)
5.1.1	地质地貌	(107)
5.1.2	水文气候特征	(109)
5.1.3	入海河流	(111)
5.1.4	海洋水产资源	(112)
5.1.5	自然保护区	(113)
5.2	渤海环境的脆弱性分析	(113)
5.3	周边地区海洋经济发展概况	(115)
5.3.1	海洋产业在周边地区国民经济中的地位	(116)
5.3.2	主要海洋产业	(116)
5.4	主要海洋生态问题	(118)
第 6 章	溢油量计算	(122)
6.1	波恩协议与现场调查法估算溢油量	(122)
6.1.1	《波恩协议》溢油量估算方法简介	(122)
6.1.2	现场调查结果	(125)
6.1.3	溢油量估算	(126)
6.2	遥感技术判定溢油量	(127)
6.2.1	方法原理简介	(127)
6.2.2	遥感溢油判别	(129)
6.3	小结	(133)
第 7 章	损害对象及程度确定	(135)
7.1	溢油损害监视监测	(135)
7.2	损害对象及程度确定	(141)
7.2.1	溢油鉴别	(141)

7.2.2	海水质量	(143)
7.2.3	海洋沉积物质量	(147)
7.2.4	潮滩	(149)
7.2.5	海洋生物	(150)
7.2.6	海洋功能区	(154)
第8章	海洋生态污染损害评估	(157)
8.1	环境容量损失计算	(158)
8.1.1	环境容量的概念及影响因素	(158)
8.1.2	环境容量价值及其损失	(160)
8.1.3	环境容量价值损失评估	(163)
8.2	海洋生态服务功能损失评估	(170)
8.2.1	海洋生态服务功能及其价值	(170)
8.2.2	溢油对海洋生态系统服务功能的影响	(171)
8.2.3	海洋生态服务功能损失价值估算	(175)
8.3	海洋沉积物及潮滩生境恢复计算	(178)
8.3.1	海洋沉积物生境恢复	(178)
8.3.2	潮滩生境恢复	(182)
8.3.3	生态安全性	(184)
8.4	海洋生物恢复计算	(184)
8.4.1	浮游生物类群的损失情况	(184)
8.4.2	浮游生物类群补充的必要性及方法	(190)
8.4.3	浮游生物类群的补充经费估算	(191)
8.5	修复前期研究费用	(192)
8.6	监测评估费用	(193)
8.7	总费用	(193)
8.8	小结	(194)
	参考文献	(195)

·第 1 章·

海洋溢油对环境与生态损害特征

1.1 我国海洋溢油发生的特点与趋势

1.1.1 我国海洋溢油发生的特点

我国是个航运大国，也是石油进口大国，自 1993 年我国从石油出口国转为石油进口国以来，石油进口数量不断上升。2000 年我国石油进口量已达 8 831 万 t（其中原油 7 026 万 t，成品油 1 044 万 t），这种上升势头短期内不会改变。石油水上运输量的增加，使船舶发生溢油事故的风险也不断增加。据统计，1976 - 1986 年 11 年间，我国沿海共发生溢油事故 386 起，溢油总量 16 362 t；1987 - 1996 年 10 年间，发生溢油事故 1 856 起，平均每年 186 起，相当于每 2 天发生一起，总溢油量达 5 803 t。1976 - 1996 年溢油量在 50 t 以上的重大溢油事故 53 起，总溢油量为 29 754 t。最近几年，几乎每年都有重大溢油事故发生，船舶溢油污染事故往往造成巨大的经济损失和生态环境损害，主要包括污染清除、渔业损失、生态服务功能损失、旅游业损失及生态环境恢复等。以下列出我国海域发生的几起海洋溢油事件。

1996 年 5 月 1 日,“浙普渔油 31”号在老铁山水道碰撞沉没,溢出润滑油 476t,辽宁海事局花费 260 万元组织清污。因船东是个体户,发生事故后破产,无力赔偿清污费用,260 万元由交通部垫付后至今得不到偿还。

2000 年 11 月 14 日,“德航 298”号油轮与挪威籍“宝赛斯”号在珠江口碰撞沉没,“德航 298”号溢出重油 200 余 t。据初步估计,仅海上清污费一项就达几百万元。

表 1-1 列出了国内发生的部分其他溢油赔偿案例。

表 1-1 国内部分溢油案例

事故船名	发生时间	溢油地点	溢油量 (t)	溢油种类	油膜面积 (km ²)	受污染海岸 线长度(m)	总赔偿额 (万元)
长征	1994	上海港	100	燃油 (0.935)	2.5	280	72
永怡	1996	上海港	159	柴油 (0.925)	3.5	350	110
连油 1 号	1994	大连港	81	重油 (0.964)	3.0	210	130
南洋 2 号	1995	厦门港	200	原油 (0.950)	5.0	460	170
亚洲希望	1995	成山头	410	燃油 (0.922)	6.1	720	210
浙普渔油 31	1996	大连港	476	润滑油 (0.948)	5.0	600	260

溢油事故对我国海洋资源与生态环境造成巨大的损失,且往往得不到充分的赔偿。近 20 年在我国沿海发生的 50t 以上的 44 起溢油事故中只赔偿了 17 起,仅占 39%。而“国际油污基金”所结的 55 起事故中,平均每 t 溢油赔偿款约为我国的 13 倍。赔偿的不充分造成了我国海洋生态许多潜在的损失不可挽回。

1.1.2 我国海洋溢油发生的趋势

1960-1995 年世界上共发生 43 起 1 000 万加仑 (1 加仑 = 4.546 升) 以上的特大船舶溢油事故,其中 88% 发生在波斯湾

至欧洲的运油航线和北美、东南亚三大石油进口区域,这说明船舶溢油事故是和石油运量密切相关的。目前中国海上石油运量仅次于美国、日本,居世界第三位,中国港口石油吞吐量正以每年1000余万t的速度增长,船舶运输密度增加,油轮向大型化发展,大量的个体油轮拥入油运市场,加之中国在船舶技术状况、船员素质、通信导航水平等方面和发达国家有一定差距,因此中国发生灾难性船舶事故的可能性比发达国家大,中国海域可能是未来船舶溢油事故的多发区和重灾区。

与此同时,中国海洋经济正以年均20%以上的速度增长,据《2004年中国海洋经济统计公报》,2004年全国主要海洋产业总产值为12 841亿元,海洋产业增加值为5 268亿元,相当于同期国内生产总值的3.9%,按可比价格计算,比上年增长9.8%。海洋三产业比例为30:24:46。海洋第一产业增加值1 678亿元,第二产业增加值1 352亿元,第三产业增加值2 238亿元。

由此可见,船舶溢油给沿海经济发展带来的损失和风险日益增大。

1.2 海洋溢油污染损害相关规定

下面仅列出一些与海洋溢油污染损害直接相关的重要规定。

1) 《中华人民共和国海洋环境保护法》第五条第一款“国家海洋行政主管部门负责海洋环境的调查、监测、监视、评价和科学研究,负责全国防治海洋工程建设项目和海洋倾倒废弃物对海洋污染损害的环境保护工作”。

2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》第九十条第二款“对破坏海洋生态、海洋水产资源、海洋保护区,给国家造成重