

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书
环境污染事故应急处置实用技术丛书

溢油环境污染事故 应急处置实用技术

YIYOU HUANJING WURAN SHIGU
YINGJI CHUZHISHIYONG JISHU

郑洪波 张树深 编著

中国环境出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书
环境污染事故应急处置实用技术丛书

溢油环境污染事故应急处置 实用技术

郑洪波 张树深 编著

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

溢油环境污染事故应急处置实用技术/郑洪波, 张树深
编著. —北京: 中国环境出版社, 2014.12

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书. 环境污染
事故应急处置实用技术丛书)

ISBN 978-7-5111-2150-9

I. ①溢… II. ①郑… ②张… III. ①漏油—环境污
染事故—应急对策—研究 IV. ①X507

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 285337 号

出 版 人 王新程
责任编辑 连 斌
责任校对 尹 芳
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67110763 生态(水利)图书出版中心
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2015 年 12 月第 1 版
印 次 2015 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 20.5
字 数 440 千字
定 价 61.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

编 委 会

顾 问：吴晓青

组 长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

《环境污染事故应急处置实用技术丛书》

编 委 会

主 编：王 鹏

编 委（按汉语拼音排序）：

蔡 凌 郭 亮 伧沛崧 罗 宏

孟宪林 庞志华 王 鹏 张立秋

郑洪波 郑 彤

总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略；2012年，环境保护部召开第二次全国环保科技大会，出台了《关于加快完善环保科技标准体系的意见》，全面实施科技兴环保战略，建设满足环境优化经济发展需要、符合我国基本国情和世界环保事业发展趋势的环境科技创新体系、环保标准体系、环境技术管理体系、环保产业培育体系和科技支撑保障体系。几年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项实施顺利，科技投入持续增加，科技创新能力显著

增强;现行国家标准达1300余项,环境标准体系建设实现了跨越式发展;完成了100余项环保技术文件的制修订工作,确立了技术指导、评估和示范为主要内容的管理框架。环境科技为全面完成环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”以来,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目439项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案,形成一批环境监测预警和监督管理技术体系,研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术,提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议,为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”以来环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版环保公益性行业科研专项经费系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试,我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011年10月

序 言

国家环保公益项目“环境污染应急处置技术筛选和评估研究”，是在我国环境总体形势依然十分严峻，特别是突发性环境污染事故频频发生的特殊时刻，针对其应急及管理方面急需一系列技术支持的背景下设立的。2012年，在环保部科技司和应急中心组织领导和大力支持下，哈尔滨工业大学联合了五家在该领域具有较大影响力和研究特色的科研单位，开始了环境污染应急处置技术筛选与评估研究。该项目设立了包括溢油污染应急处置技术筛选与评估研究、重金属与尾矿库金属泄漏污染应急处置技术筛选与评估研究、典型化学品污染应急处置技术筛选与评估研究、城市饮用水源地污染应急处置技术筛选与评估研究、环境应急管理政策体系框架研究、环境污染应急处置技术筛选与评估体系数字化平台研究六个子课题。

在近三年的时间里，由哈尔滨工业大学负责，环境保护部华南环境科学研究所、中国环境科学研究院、北京林业大学、大连理工大学、国环危险废物处置工程技术(天津)公司等单位参加组成的课题组，开展了国内外相关文献资料的检索收集、案例分析、实地调研、案例库和技术库构建等研究工作，召开了10余次项目组研讨会或外聘专家咨询会，完成了上述六个子课题研究和项目计划书设定的总体目标和任务，提出了针对溢油、重金属与尾矿库金属泄漏、典型危险化学品、城市饮用水水源地突发污染事故的应急处置技术筛选与评估方法与程序，通过对国内外应急管理政策对比分析提出了环境应急管理政策体系框架建议，建立了环境应急信息管理系统和应急处置技术筛选与评估体系数字化平台。本项目研究成果将有助于提升我国环境应急管理的技术水平，为国家环境应急管理提供了有力的科学技术支撑。

本系列丛书把在项目研究中汇集的大量有价值信息和相对成熟的部分研究成果加以系统整理奉献给读者，该系列丛书由如下6本书构成：

1. 溢油环境污染事故应急处置实用技术 (郑洪波、张树深)

2. 危险化学品环境污染事故应急处置实用技术（张立秋、伉沛崧、时圣刚、梁贤伟）
3. 重金属环境污染事故应急处置实用技术（上册）（庞志华、许振成、郑彤、王振兴）
4. 重金属环境污染事故应急处置实用技术（下册）（郑彤、王鹏、赵坤荣）
5. 城市饮用水水源地环境污染事故应急处置实用技术（孟宪林、王鹏、崔崇威、侯炳江、曲建华）
6. 水环境突发污染应急决策支持系统（郭亮、王鹏、姜继平）

本系列丛书主要介绍突发环境事故应急处置的实用技术，包括应急监测技术、应急处理处置技术、应急物资储备等，该系列丛书在整体上具有如下3个特点：①实用性：密切结合各类环境污染事故的特点，充分考虑应急现场的实际需求，分析污染事故处理处置工作中可能遇到的技术问题，为应急预案编制提供可操作的技术支持；②全面性：针对常见各类污染事故给出应急处理处置技术方案，适用于国家、省、市等各级环保部门制定应急处置预案，也适用于化工、石化、矿业、焦化、煤炭、电子、造纸、油库等行业企业制定应急响应预案，并对典型案例的应急监测和处置进行了描述介绍；③科学性：以大量相关文献调研为基础，对部分技术进行了实验验证，结合作者的实践经验分析了环境污染事故处理工作中的各种管理、技术问题，论证提出科学的应急处置解决措施和技术方案。

本系列丛书内容丰富、翔实可信，作者从大量案例分析着手，详细介绍了常见溢油、危险化学品、重金属、饮用水水源地等污染事故的应急监测和处理处置技术。本书可供环保、石化、化工、交通、卫生部门的管理及技术人员使用，尤其对广大环境保护工作者而言，可为其在进行环境污染事故处理工作中提供参考和借鉴。

借此丛书出版的机会，我们再一次对项目研究期间给予了我们巨大帮助和支持的环境保护部科技标准司、环境应急与事故调查中心，以及全国许多相关单位的领导、同行和专家表示衷心的感谢；项目组要特别感谢环境保护部科技标准司刘志全巡视员兼副司长、科技发展处禹军处长、陈胜副处长，环境应急与事故调查中心田为勇主任、冯晓波副主任、隋筱婵副巡视员、预警处刘相梅处长、应急调查一处侯世健副处长等

对本项目的肯定、鼓励、指导和支持；感谢陈尚芹、樊元生、虞统、许振成、陈求稳、杨晓松、李维新、孙德智、王业耀、汪群慧、李政禹、陈超、杨敏、张晓健等各位教授和专家，他们花费了宝贵时间对项目研究成果进行审阅，提出宝贵意见，对项目研究成果质量起到了重要作用；特别感谢项目参加单位——哈尔滨工业大学、中国环境科学研究院、环保部华南环境研究所、北京林业大学、大连理工大学、国环危险废物处置工程技术（天津）公司等单位的领导对本项目开展和本丛书撰写给予的大力支持！

由于我们水平有限，加之成书仓促，书中可能存在许多不足，恳请广大读者批评指正！

作 者

2014年5月于哈尔滨

前 言

石油在未来相当长的一段时间内仍然将是全球最重要的基础能源。随着石油开发和利用的不断深入,加速了石油开采、储存和运输行业的发展,油轮的不断增多,海上石油勘探、开发及海底管线铺设以及油品运输和储存规模不断扩大的同时,溢油污染事件,尤其是重、特大溢油污染事件的风险亦随之大大增加,对人类的生命、物质财产以及生态环境造成了极大的威胁。因此,溢油污染事故的应急处置也成为我国环境保护工作的重要内容,必须采取有效措施,最大限度地降低溢油污染事故的环境后果。

依托环保公益项目《环境污染应急处置技术筛选和评估研究》中子课题《溢油环境污染事故应急处置技术筛选与评估研究》,同时为指导各地溢油污染事故的应急处置工作,按照无害化与资源化相结合的原则,因地制宜地科学选择技术路线和实施技术方案,大连理工大学环境学院组织编制了《溢油环境污染事故应急处置实用技术》。

本书在编写过程中参阅了大量有关文献资料,简明地介绍了溢油污染发生方式及潜在污染源、溢油污染特征及迁移转化过程,并对20世纪50年代至今国内外发生的各类溢油污染事故进行了统计分析。在结合国内外溢油环境污染事故处理处置实践经验的基础上,从溢油应急处置管理、溢油污染的应急监测技术、溢油污染应急处置技术三方面详细介绍了溢油污染事故发生后应急处置流程及其实用技术,同时也给出了溢油污染应急装置与材料名录。本书可为广大企事业单位和环境保护部门溢油环境污染事故的预防及应急处置提供有效的参考,也可作为从事环境科学、环境工程、环境管理等专业领域的研究生、本科生的参考用书。

本书是在李新亮、魏冬铭、张甜甜、吴彤、李宏伟、赵健、姜婷婷、王君武等人积极参与下完成的,在编写过程中得到了环保部环境应急与事故调查中心和

大连市环境保护局的大力帮助，在此深表感谢。由于水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，望广大读者不吝指出，如果本书能给读者带来帮助，我们备感荣幸。

目 录

第 1 章 概 述.....	1
1.1 石油的性质.....	1
1.2 石油的开采、运输及储存.....	4
第 2 章 溢油污染发生方式及潜在污染源.....	8
2.1 溢油及溢油事故.....	8
2.2 溢油原因分析.....	18
2.3 溢油特点分析.....	24
2.4 溢油的危害.....	28
第 3 章 典型溢油污染事故案例及分析.....	33
3.1 美国墨西哥湾漏油事故分析.....	33
3.2 大连新港 7·16 输油管道爆炸事故分析.....	45
3.3 蓬莱 19-3 油田溢油事故.....	48
3.4 巴西热带雨林卡车溢油事故应急处置技术.....	51
3.5 瓦尔迪兹号溢油事故应急处置技术.....	53
3.6 美国密歇根州安桥 6B 输油管溢油事故应急处置技术.....	55
3.7 加勒比石油油罐区爆炸事故应急处置技术.....	57
3.8 洪水引发美国堪萨斯州炼油厂溢油应急处置技术.....	58
3.9 广东河源市东源县境内交通事故导致汽油泄漏事件.....	61
3.10 天津石油公司西青油库过子牙河输油管道纵裂溢油处理.....	62
3.11 山西大同灵丘县煤焦油罐车翻车引发环境污染事件.....	64
第 4 章 溢油应急处置管理与预案.....	66
4.1 应急管理概述.....	66
4.2 溢油事故应急准备.....	72
4.3 溢油事故应急响应.....	88
4.4 溢油污染事故后处置及后评估.....	98

第 5 章	溢油污染的应急监测技术概述	101
5.1	水域应急监测技术介绍	101
5.2	遥感技术在水域溢油应急监测中的应用研究	112
5.3	水域溢油鉴别技术	123
5.4	土壤和大气中石油监测技术	136
第 6 章	水域溢油应急处置实用技术	138
6.1	溢油应急处置技术概述	138
6.2	溢油污染源控制技术	140
6.3	溢油防扩散技术	146
6.4	溢油回收和消除技术	162
6.5	港口溢油应急处置技术	189
6.6	水中乳化油的处置技术	191
第 7 章	陆地溢油应急处置实用技术	193
7.1	岸线溢油应急处置技术	193
7.2	陆地溢油应急处置技术	201
7.3	油田溢油处置技术	206
第 8 章	溢油污染应急废物处置技术	211
8.1	溢油应急废物	211
8.2	沾油危废的处置技术	213
8.3	含油污泥的处置技术	216
8.4	含油污水的处置技术	220
8.5	含油废物的资源化技术	224
8.6	含油废物管理与建议	229
附件 1	海上石油勘探开发溢油应急响应执行程序	232
附件 2	国家突发环境事件应急预案	241
附件 3	海洋石油勘探开发溢油事故应急预案	253
附件 4	危险废物焚烧污染控制标准（GB 18484—2001）	260

附件 5 危险废物填埋污染控制标准 (GB 18598—2001)	266
附件 6 长江南京段船舶溢油应急计划	274
附件 7 溢油污染应急装置与材料名录	296
参考文献	304

第 1 章

概 述

石油是埋藏于地下的天然矿物物，经过勘探、开采出的未经炼制的石油叫原油，通常是一种黏稠的、深褐色或暗绿色的液体。石油是一种天然生成的复杂烃类化合物的混合物，并含有少量氮氧及硫等杂质。根据石油中不同化合物的成分和结构特点，可将石油分为饱和烃、芳烃、非烃和沥青质四种组分。

1.1 石油的性质

1.1.1 物理性质

石油的物理性质随着其化学组成的不同而有明显的差异。

1.1.1.1 石油的颜色

石油的颜色与其含有的胶质、沥青质数量的多少有密切关系。黏性强的石油大多色暗，颜色从深棕、墨绿到黑色变化。液性明显的石油大多色淡，有的甚至无色。

1.1.1.2 石油的密度

石油的密度是指在地面标准的条件下，脱气原油单位体积的质量。以吨每立方米(t/m^3)或克每立方厘米(g/cm^3)表示。在我国， 20°C 下的密度被规定为石油的标准密度，以 ρ_{20} 表示。石油密度的大小与其化学组成、所含杂质数量有关。低分子量烃含量高，密度小；胶质、沥青含量高，密度大。

石油按其密度可分为四类，世界各国都按本国原油（或本国所使用的原油）性质规定了密度分类界限，互不相同，下表可看作分类的参考标准。

表 1-1 原油密度分类

原油种类	密度 $\rho_{20}/(\text{g/cm}^3)$
天然气油	$\leq 0.801\ 7$
轻质原油	$0.801\ 7\sim 0.83$
中质原油	$0.830\ 1\sim 0.904$
重质原油	$0.904\ 1\sim 0.966\ 0$
超重质原油	$>0.966\ 0$

1.1.1.3 石油的臭味

油的臭味是由于油中所含有的不同挥发成分引起的。例如，含硫化物较高的石油散发着强烈刺鼻的臭味。芳香族组分含量高的石油则具有一种醚臭味。

1.1.1.4 石油的黏度

原油的黏度是对原油流动时内摩擦力的量度，是评价原油和油品流动性能的指标。在油品输送和流动过程中，黏度对流量和阻力影响很大，是设计输油管路和油库必不可少的重要物质性参数。原油的黏度一般与其化学组成、温度和压力的变化有密切关系。通常原油中含有的烷烃多、温度高、颜色浅、气容量大，而黏度小，随着压力的增大，黏度也随之增大。由于测定绝对黏度较烦琐，因此在研究中常使用相对黏度。相对黏度是指液体的绝对黏度与同温度下水的绝对黏度之比。

根据黏度的大小，通常将石油分为常规油（ $<100 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ）、稠油（ $\geq 100 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 至 $<10\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ）、特稠油（ $\geq 10\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 至 $<50\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ）和超特稠油或称为沥青（ $\geq 50\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ）这四类。

1.1.1.5 石油的溶解性

石油不溶于水，但可溶于有机溶剂，如苯、醚、三氯甲烷、四氯化碳等，也能局部溶于酒精中。石油还能溶解气体烃和固体烃化物及脂膏、树脂、硫和碘等。

1.1.1.6 石油的荧光反应

石油在紫外线照射下受激发发光，停止照射发光立即消失，这种荧光特性普遍被用于野外工作时判断岩石中是否含有石油。按照发光颜色的不同以及分布情况，大体可以推测出所显示的石油组分及其百分含量。一般油质呈天蓝色，胶质呈黄绿色，沥青质呈棕褐色。

1.1.1.7 石油的旋光性

石油在偏光下，具有把偏光面向右旋转的特性。偏转度一般小于 1° 。旋光性是有机质所特有的一种性质，当加温至 300°C 时立即消失。因此，在研究石油的生成时，常以这种旋光性和在石油中发现色素（由动植物色素如叶绿素或血红素变化而成，并在温度超过 200°C 的时候被破坏）的存在作为石油有机成因的依据。

1.1.1.8 石油的凝固点与含蜡量

凝固点是指石油从液态变为固态时的温度。这个性质对于石油的储运非常重要，尤其是在低温地区。根据凝固点的高低，石油可分为高凝油（ $\geq 40^\circ\text{C}$ ）、常规油（ $\geq -10^\circ\text{C}$ 至 $<40^\circ\text{C}$ ）和低凝油（ $< -10^\circ\text{C}$ ）三类。

1.1.1.9 国内外一些原油的物理性质

国内外一些原油的物理性质如表 1-2 所示。