



海洋溢油灾害 应急响应技术研究

赵冬至 张存智 徐恒振 主编



海洋出版社



海洋科技著作出版基金资助出版

海洋科技著作出版基金

海洋溢油灾害 应急响应技术研究

赵冬至 张存智 徐恒振 主编

海洋出版社

2006年·北京

图书在版编目(CIP)数据

海洋溢油灾害应急响应技术研究 / 赵冬至, 张存智, 徐恒振主编

—北京: 海洋出版社, 2005. 12

ISBN 7-5027-6471-2

I. 海… II. ①赵…②张…③徐… III. 漏油—
海水污染—灾害防治 IV. X55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 123022 号

责任编辑: 陈莎莎

责任印制: 严国晋

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)

北京顺义兴华印刷厂印刷 各地新华书店经销

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 27.75

字数: 620 千字 印数: 0-2000 册

定价: 50.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

本书由

大连市人民政府资助出版

**The published book is sponsored
by the Dalian Municipal Government**

编 委 会

(以姓氏笔画排列)

主 编：赵冬至 张存智 徐恒振
副主编：李亚楠 李宗品 吴 强 张丰收
林凤翱 陈江麟 赵 玲 赵云英
编 委：丛丕福 李连科 李亚楠 李宗品
宋文鹏 吴 强 吴吉琨 张存智
张丰收 张永宁 张昕阳 林凤翱
陈江麟 赵冬至 赵 玲 赵云英
徐恒振 郭明克

前 言

溢油是严重的海洋生态环境灾害之一。随着世界经济交流日益增大,以及为弥补陆地生物蛋白质资源的不足,人类的海洋资源获取活动大量增加,在海上运输工具数量急剧增加的同时,海洋环境便开始受到各种油类日益严重的破坏,甚至导致海洋生态环境的根本性改变,其原因之一便是海洋石油运输所带来的直接危害,这种危害不仅给海洋生态环境带来直接的影响,也给沿岸的社会、经济和人类的身体健康带来直接的危害。随着陆地石油资源的逐步衰竭和人类对能源需求的急速增长,海洋石油开发活动愈发频繁,无论是海洋石油的开采量还是开发勘探的区域均呈上升趋势,对海洋环境的危害也在逐渐加大。

面对日益增加的海洋溢油灾害的严重威胁,海洋、交通运输、环境保护和海洋石油开发等部门和行业纷纷制订了相应的法律、法规、行业管理条例等,从不同的方面和角度进行管理和行业自律来减少或避免各种油品对海洋环境造成的危害。但由于海洋自然环境条件的不确定性,导致各种海洋开发活动具有非常大的风险;由于海洋气象条件、自然灾害以及人为失误、运载工具自身技术状态以及石油平台开采条件等种种不可抗拒或避免的人为或非人为因素,溢油灾害的发生不可避免,一旦发生就会造成严重的危害和经济损失;由于溢油灾害的致灾过程涉及日常监测管理、应急监测、责任确定、应急回收、灾害评估等多个方面,管理工作需要强有力的技术支持,建立一套完善的技术支持体系是十分必要和必需的。

本书针对其中的主要问题,如溢油的监测、鉴别、应急响应、灾害评估等有关重要内容开展了研究工作,汇集了至“九五”末期的研究成果,以期对海洋溢油灾害的管理、监测和应急响应工作提供有益的帮助。

本书是共同劳动的结晶,集纳了多位仁人志士多年努力的心血,其中第1章、第2章主要由徐恒振研究员撰写,第3章由赵冬至研究员、张丰收副研究员、丛丕福博士、张永宁教授、许有良副研究员撰写,第4章、第9

章由张存智研究员等撰写，第5章由赵云英高级工程师、李连科高级工程师、吴吉琨研究员撰写，第6章由林凤翱研究员撰写，第7章由李亚楠副研究员、赵冬至研究员撰写，第8章由李宗品研究员撰写，第10章由张丰收副研究员、赵玲研究员、赵冬至研究员撰写，第11章由陈江麟副研究员、吴强研究员、郭明克研究员、宋文鹏工程师等撰写。

由于溢油灾害管理涉及海洋、交通、渔业、环保、石油开发、滨海休闲旅游、食品安全、人体健康等众多行业；专业涉及海洋动力、生物、气象、地质、交通运输、法律、环境监测、经济学、机械等学科领域；技术涉及海洋水动力模拟、水质分析技术、油品分析与鉴别技术、生物调查、遥感技术、地理信息系统技术、通讯技术、全球定位技术、航海技术、经济损失评估技术、油污回收与清除技术、溢油灾害索赔、溢油应急技术系统建设等诸多方面，本文只涉及其中一部分，并由此可见海洋溢油灾害应急响应技术与系统建设是一项庞大而艰巨的系统工程，我国相对国际先进水平还有较大的差距，仍需要坚持不断的长期努力。

编者

2005年8月于大连

目 次

第 1 章 海洋石油污染监测技术	(1)
1.1 海水石油污染监测技术	(1)
1.1.1 样品的采集和贮运	(1)
1.1.2 海水中石油烃的测试方法	(6)
1.1.3 海水石油污染监测中的标准油	(13)
1.1.4 全国海洋监测网标准油互校及其评价方法	(18)
1.2 沉积物石油污染监测技术	(23)
1.2.1 沉积物监测站位的布设、样品采集及测定	(23)
1.2.2 采样频率	(24)
1.2.3 沉积物复合样的分析结果	(24)
1.2.4 大连湾海区不同层次沉积物样品中石油烃含量	(25)
1.2.5 大连湾海区柱状样油含量及其石油烃本底值估测	(25)
1.2.6 沉积物样品中油含量与烘干温度的关系	(26)
1.2.7 恒温时沉积物石油烃含量与保存时间的关系	(26)
1.2.8 不同粒径沉积物中的石油烃	(27)
1.2.9 沉积物中石油烃分析测试的紫外法和荧光法的比较	(28)
1.2.10 沉积物中石油烃干样分析前处理方法比较	(28)
1.3 海洋生物体内石油烃监测技术	(33)
1.3.1 荧光法测定贻贝体内石油烃总量的方法	(34)
1.3.2 黄海、渤海沿岸经济贝类体内的石油烃监测	(40)
1.3.3 沿海牡蛎石油烃污染研究	(43)
参考文献	(46)
第 2 章 海面溢油鉴别技术	(47)
2.1 溢油现场调查、样品采集与贮运	(48)
2.1.1 溢油现场调查方法	(48)
2.1.2 样品采集、储运与保存	(48)
2.1.3 溢油样品实验室的保存条件	(51)
2.2 海面溢油鉴别方法研究	(52)
2.2.1 红外光谱法鉴别海面溢油	(52)
2.2.2 气相色谱法鉴别海面溢油	(57)
2.2.3 荧光光谱法鉴别海面溢油	(87)
2.2.4 高效液相色谱法鉴别海面溢油	(97)

2.2.5 核磁共振 H 谱指纹法鉴别海上溢油源	(103)
参考文献	(107)
第 3 章 溢油灾害遥感监测技术研究	(108)
3.1 油品光谱特征	(109)
3.1.1 可见光波段海面溢油光谱特征	(109)
3.1.2 热红外波段海面溢油光谱特征	(123)
3.1.3 紫外波段海面溢油光谱特征	(125)
3.1.4 微波波段海面溢油的辐射特性	(125)
3.2 海面溢油的航空遥感监测技术	(129)
3.2.1 国际溢油航空遥感监测技术发展现状	(129)
3.2.2 各种溢油航空遥感监测技术方法分析	(133)
3.3 溢油的卫星遥感监测	(138)
3.3.1 NOAA 气象卫星在海面溢油探测中的应用	(139)
3.3.2 Landsat 在海面溢油探测中的应用	(144)
3.3.3 HY-1 卫星监测溢油的方法及软件设计	(150)
3.4 星载合成孔径雷达(SAR)在溢油监测中的应用	(159)
3.4.1 SAR 在溢油监测中的作用和意义	(159)
3.4.2 SAR 卫星的基本原理和类型	(161)
3.4.3 SAR 卫星的溢油监测原理及方法	(166)
3.4.4 SAR 卫星对溢油测定的潜能和局限性	(171)
3.4.5 SAR 卫星溢油监测案例	(172)
参考文献	(173)
第 4 章 海上溢油动态数值预报技术	(175)
4.1 前言	(175)
4.2 海上溢油动态预报模型	(176)
4.2.1 环境动力子系统	(176)
4.2.2 溢油行为预报模型	(185)
4.2.3 溢油动态显示系统	(194)
4.3 溢油动态预报实例	(200)
4.3.1 三维潮流场预报示例	(200)
4.3.2 溢油动态预报示例	(201)
第 5 章 溢油应急处置技术	(212)
5.1 总论	(212)
5.1.1 化学消油剂的发展简史	(212)
5.1.2 化学消油剂的特点	(214)
5.2 化学消油剂的作用机理	(215)
5.2.1 表面活性和表面活性剂	(215)
5.2.2 表面活性剂的分类	(216)

5.2.3	表面活性剂的亲水-亲油平衡	(217)
5.2.4	表面活性剂的乳化作用	(221)
5.2.5	化学消油剂的作用机理	(222)
5.3	化学消油剂的组成	(223)
5.3.1	化学消油剂应具备的条件	(223)
5.3.2	化学消油剂的组成	(223)
5.4	化学消油剂的配方技术	(225)
5.4.1	影响化学消油剂乳化分散效果的因素	(226)
5.4.2	配方技术	(229)
5.5	水面油膜厚度测定方法	(230)
5.5.1	增厚法	(231)
5.5.2	聚集增厚法	(240)
5.5.3	吸留法	(254)
	参考文献	(262)
第6章	海面溢油微生物降解技术	(263)
6.1	近海环境中耐油污微生物菌株的分离、纯化和筛选	(264)
6.2	室内石油烃降解模拟	(264)
6.3	环境因子影响室内模拟	(264)
6.4	高效降解石油烃菌株清除砂砾油污的实验室小型模拟试验	(264)
6.4.1	大连沿岸海区耐油污微生物的分离与初筛选	(265)
6.4.2	高效降解石油烃菌株的复筛选及应用前景的室内小型试验	(272)
	参考文献	(284)
第7章	海上溢油的经济损失评估	(286)
7.1	概述	(286)
7.1.1	目的与意义	(286)
7.1.2	国内外研究现状	(286)
7.2	我国主要溢油灾害及其危害方式	(288)
7.2.1	重大溢油灾害事件	(288)
7.2.2	溢油灾害的危害方式	(289)
7.3	环境污染经济损失评估的一般程序和方法	(290)
7.3.1	评估程序	(290)
7.3.2	环境污染经济损失计算方法	(291)
7.4	溢油灾害经济损失评估模型	(292)
7.4.1	生物影响子模块	(294)
7.4.2	补偿值子模块	(302)
7.4.3	恢复子模块	(302)
7.4.4	溢油应急处理费用	(307)
	参考文献	(308)

第 8 章 海上溢油应急计划	(309)
8.1 海洋石油开发区海洋环境管理法规制定技术研究	(309)
8.1.1 石油平台钻井泥浆分析方法的研究	(309)
8.1.2 海洋石油开发工业含油污水分析方法(红外光度法)	(318)
8.2 区域性海上溢油应急计划	(325)
8.2.1 组织机构和职能	(327)
8.2.2 溢油的监视监测系统	(328)
8.2.3 溢油的通信联络系统	(328)
8.2.4 法律系统	(329)
8.2.5 回收处理系统	(329)
8.2.6 溢油危险评价	(330)
8.2.7 消油剂的使用规定	(330)
8.3 海洋石油勘探开发环境保护的有关文件	(331)
8.4 防止和控制海洋石油污染的建议	(331)
8.4.1 建立健全监视、监测网络	(331)
8.4.2 海上溢油防治技术	(332)
8.4.3 加强海上石油开发区和溢油事故的执法管理	(332)
8.4.4 继续深入地进行海洋石油污染的科学研究	(333)
参考文献	(334)
第 9 章 海面溢油防除技术和油田含油污水处理设备的研制	(335)
9.1 防止溢油扩散技术	(337)
9.1.1 化学集油剂防止溢油扩散	(337)
9.1.2 围油栏防止溢油扩散	(339)
9.1.3 气幕法防止溢油扩散	(341)
9.2 溢油的回收技术	(342)
9.2.1 人工回收	(342)
9.2.2 吸油材料吸油	(342)
9.2.3 机械回收	(343)
9.3 溢油处理技术	(347)
9.3.1 沉降处理	(347)
9.3.2 燃烧处理	(347)
9.3.3 化学凝集沉降处理	(348)
9.3.4 凝固浮上处理	(348)
9.3.5 乳化分散剂处理	(348)
9.3.6 生物处理	(348)
9.4 溢油防除技术方法的现场选择	(349)
9.4.1 根据油种进行选择	(349)
9.4.2 根据溢出油量进行选择	(349)

9.4.3 根据气象水文条件进行选择	(350)
9.5 含油污水处理试验设备的研制	(350)
9.5.1 含油污水处理试验设备的设计和加工	(351)
9.5.2 油田采油污水处理现场试验	(352)
9.5.3 含油污水处理试验设备开发应用前景分析	(358)
第10章 海洋溢油灾害信息管理技术	(362)
10.1 国内外现状	(362)
10.2 信息库的研制	(362)
10.2.1 信息平台	(362)
10.2.2 数据层	(363)
10.2.3 系统的建立	(364)
10.2.4 系统功能	(365)
10.3 附图	(367)
第11章 海洋石油平台溢油应急响应案例	(370)
11.1 溢油海洋石油平台及周边环境概况	(370)
11.1.1 平台概况	(370)
11.1.2 自然概况	(370)
11.1.3 社会环境概况	(372)
11.2 溢油污染情况	(372)
11.2.1 溢油污染扩散情况	(372)
11.2.2 水质污染情况	(374)
11.2.3 表层沉积物污染情况	(378)
11.2.4 海洋生态污染情况	(380)
11.3 溢油量估算	(387)
11.3.1 溢油量计算方法	(387)
11.3.2 具体各时间段溢油量估算	(388)
11.3.3 溢油量航空遥感估算	(390)
11.3.4 溢油量海洋动力模型估算	(395)
11.3.5 溢油量专家经验公式估算	(397)
11.3.6 海面漂油面积估算	(398)
11.4 溢油毒性分析	(403)
11.4.1 对海洋浮游植物——圆筛藻(<i>Coscinodiscus</i> spp.)的毒性试验	(403)
11.4.2 对海洋浮游动物——中华哲水蚤(<i>Calanus sinicus</i>)的毒性试验	(405)
11.4.3 胜利原油对海洋鱼类胚胎及仔鱼的毒性效应	(409)
11.4.4 胜利原油对海洋经济虾、贝类幼体的毒性效应	(410)
11.4.5 对海洋底栖动物——四角蛤(<i>Mactra veneriformis</i>)的 毒性试验	(411)
11.4.6 对海洋底栖动物——菲律宾蛤仔(<i>Ruditapes philippinarum</i>)的	

毒性试验	(412)
11.5 溢油对海洋资源的损害评估	(414)
11.5.1 溢油在海洋中的运移扩散方式	(414)
11.5.2 溢油对海洋环境影响评估	(421)
11.5.3 溢油对海洋资源影响评估	(423)

第 1 章 海洋石油污染监测技术

海洋石油污染监测和溢油鉴别是海洋环境质量评价和海洋管理工作的重要组成部分。近年来,随着石油开采和海上运输的发展,海上溢油事故不断增加,加之工业废水和城市生活污水的排海,造成局部海域环境质量恶化。为了进一步查清海洋石油污染状况和发展趋势,在“六五”海洋污染监测和研究的基础上,“八五”期间进一步开展了关于海洋石油污染监测和鉴别技术的研究。

为保证我国海洋石油污染监测数据的可比性,我们研制并生产了 20 号重柴油作为渤海海区石油污染监测的标准物。在此基础上再经过转换与国际上的毫克当量互算便与国际监测数据可比。通过黄渤海沿岸经济贝类体内的石油烃调查,从鸭绿江口到长江口的 29 个采样区域内,45 个采样站共采集 13 种经济贝类,获得 83 个数据。结果表明,石油烃含量范围是 $2.50 \times 10^{-6} \sim 4.83 \times 10^{-6}$ 。除个别海区外,其含量基本与国际水平相当。

在海洋石油污染监测中,一般包括监测计划、监测目的以及所采用的方法和技术。方法和技术包括样品的采集、贮运,样品的预处理,样品分析和数据评价等。

1.1 海水石油污染监测技术

1.1.1 样品的采集和贮运

海水石油污染监测计划及实施的关键是保证样品具有代表性和完整性,数据具有准确性和可比性。海水石油污染监测的目的是:为确定有代表性海区海水中石油的背景值,了解海水中石油烃的浓度及变化;鉴定其来源及输入量,了解污染物排放特征;为预报海水环境质量发展趋势提供科学依据。对不同海域建立适合监测目的的采样程序和监测、采样的时空频率是必要的;而海水油样品的采集和贮运也是海水中石油监测质量保证的重要一环。

海水中石油含量是超微量级,欲准确表征海水质量,必须从采样到测试进行全程质量控制。

1.1.1.1 海水表层样品的采集及现场处理

1. 采样器 海水中石油烃样品的采集包括:表层 0.5~1 m,中间 1 m 以下至 50 m 和深层 50 m 以下。根据不同的调查目的,需采集不同层次的样品和使用不同的采水器。本文重点介绍国家海洋局近年海洋监测中经常使用的 GHH-1 型和新研制的

QCC-1型采水器,它们均系表层采水器。采样绳为尼龙绳,采样瓶由1L细口玻璃瓶、瓶架和浮球组成。前者为联合国教科文组织的全球海洋站系统海洋污染(石油)监测实施方案推荐的方法。此装置由一个瓶架和一个1L的棕色玻璃瓶组成。瓶架由一条1m的尼龙绳附在浮标上,另一条是有适当长度接在浮标上的回收绳。瓶下的底架有一铅块,样品取后用此绳将样品瓶提出。该采水器系开一开式,动作简单,单人可操作。新研制的QCC-1型采水器,在1988年5月渤海例行监测中,同前一种采样器在每个站位上采双样分析,如表1-1。结果表明,两种采水器海水油的含量无显著性差异,即两种采样器所采集水样的数据一致。

表1-1 两种采水器采集的水样中油浓度数据 (单位:mg/L)

站位号	1	2	3	4	5	6
GHH-1	0.010	0.008	0.020	0.005	0.015	0.010
QCC-1	0.010	0.008	0.030	0.010	0.015	0.008

2. 船上采样位置的比较 船头部位采样,可视为无船体玷污影响。对此,表1-2列出逆风逆流船头部位及船舷位置采样测油数据。由表可知,用GHH-1型采水器船舷位置较船头位置采样测油数据高,说明船体对海水样品有一定的玷污,对油样品的采集最好在逆流、逆风的船头部位。

表1-2 船上采样位置采水测油量数值比较 (单位:mg/L)

站位号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均值
船头	0.033	0.009	0.010	0.014	0.019	0.024	0.014	0.031	0.010	0.018
船舷	0.071	0.038	0.106	0.134	0.024	0.427	0.086	0.084	0.013	0.110

3. 船上采样的现场处理 海水中石油样品的采集,必须保证必要的洁净,避免人为玷污和船上缆绳油污及分析器具上的油污等。实验人员绝对不能擦抹香脂、手油等化妆品。

1) 采样器的清洗。采样器的钢架、尼龙绳、浮子等部件用自来水清洗、晒干,保证不沾油污。采样瓶应为未使用过的玻璃瓶,预先在1+3或1:1的硝酸水溶液中浸泡数小时,再用相应的溶剂,如环己烷或石油醚洗干净。采样瓶盖用玻璃的聚四氟乙烯盖,不可使用塑料瓶盖。

用过的采水瓶,用1:3硝酸溶液清洗或浸泡后,用自来水冲洗,再用蒸馏水冲洗干净。烘干后,盖好瓶盖,妥善保存在采样箱中,备下次采样用。下次采样前,需将采样瓶用溶剂冲洗,方可使用。

2) 采样。将采样器抛下,当瓶子沉入1m水深处的同时注满水样(GHH-1型)或落入1m深处后,打开瓶盖,立即注满海水(QCC-1型)。收回后,立即于船上实验室进行样品的前处理。

3) 现场处理。样品的现场处理方法有两种:一是若在7d之内进行样品测定时,

加硫酸 (1:3) 或盐酸 (1:3), 使水样酸化至 pH 等于 2 以下, 盖好瓶塞, 于低温暗处保管; 二是现场进行溶剂萃取, 将采集的水样于两个 500 mL 分液漏斗中, 各取 500 mL 水样做原始平行样, 用硫酸 (1:3) 酸化水样至 pH 等于 2 以下, 摇动分液漏斗准确加入 2×10 mL 石油醚或环己烷, 猛烈振动 2 min, 静置分层后, 收集上层溶剂。合并两次萃取液, 存放于冰箱中。

4) 现场实验室的要求。船上现场实验室是进行样品现场处理的场所。为保证采样质量, 应该完成如下程序: 室内经过彻底清扫、擦洗, 防止船上油污通过各种途径带入实验室; 实验室内采水器、冰箱、蒸馏水、萃取用实验架布局合理, 各种仪器应安全固定, 使用方便, 防止航行中造成损坏。

1.1.1.2 海水样品的贮存

样品的贮存是指从采集到样品至实验室分析期间内对样品所采取的管理措施。样品采集与分析期间愈短, 则分析结果愈可靠。从采集到样品至分析样品间隔多长, 取决于样品的特性和贮存条件。

溶解和分散于海水中石油样品的成分复杂, 分子量范围很宽。从采集到分析期间, 微生物活动和化学作用能引起石油组分的变化。要使样品具有代表性, 最有效的办法是力求缩短样品的贮存时间, 尽快分析, 若不能及时运输样品, 及时分析, 应采取可靠的贮存方式。

溶解和分散于海水中石油样品的贮存方法, 一种为物理法即冷藏法, 是将样品贮存于低温暗处的方法; 另一种是化学方法, 即加化学试剂法, 例如二氯化汞, 可阻止生物作用。或酸化法, 抑制细菌活动。

一般使用冷藏法和酸化法, 不主张使用二氯化汞法。因为二氯化汞的加入, 往往干扰测试数据。

样品贮存形式可分为两种, 一是将水样酸化后直接贮存; 二是将水体中油样经溶剂萃取后, 贮存溶剂样品。

1. 水体中石油样品的贮存方法 水体中石油样品的贮存方法列于表 1-3。

表 1-3 水样中石油样品的固定与贮存

序号	水样固定及贮存方法
1	用金属或玻璃容器, -20°C 下冷冻
2	于二氯甲烷或四氯化碳萃取液中, 低温避光保存一周无变化
3	采用四氯化碳有效地抑制细菌活动, 玻璃瓶装样贮于暗处
4	聚四氟乙烯盖玻璃样品瓶 3L 海水中加入 60 mL 氯化汞 2 抑制微生物, 冷冻 ($<5^{\circ}\text{C}$) 二氯甲烷萃取水样后, 低温、暗处保存 将萃取于二氯甲烷的样品蒸干, 环己烷溶解、贮存低温暗处

续表

序号	水样固定及贮存方法
5	硫酸调节 pH 小于 2, 于 4℃ 下可保存水样 7d (玻璃容器)
6	广口玻璃瓶, 80 g 样品中加 1 mL 浓盐酸酸化
7	广口玻璃瓶, 使用前用溶剂洗净, 空气中干燥, 加硫酸至 pH 小于 2, 于 4℃ 保存
8	玻璃瓶, 冷却至 4℃ 左右, 加硫酸使 pH 小于 2, 最长保存 28d
9	冷藏法: 4℃ 左右, 暗处或冰箱保存
	化学法: 每升水加二氯化汞 20~60 mg, 加酸至 pH 小于 2, 保存 7d

2. 贮存样品的稳定性研究 由于例行监测所采集的石油样品不能马上分析, 因此, 进行样品稳定性考察, 对于真实地表征海洋环境石油烃的监测值是很必要的。

实验用 20 号重柴油作为标准油, 据近年来渤海污染调查报告可知海区油含量的中等范围在 0.1 mg/L 左右。因此用 0.1 mg/L 的浓度配制样品, 分别用氟利昂 F₁₁₃、石油醚 (60~90℃)、二氯甲烷、甲烷化碳 4 种萃取剂, 萃取海水浓度为 0.1 mg/L 的海水样品, 分别置于冰箱、实验室避光、恒温 30℃ 及实验室光照 4 个条件, 贮存时间为 15d。其结果列于表 1-4 至表 1-7。

表 1-4 至表 1-7 中所列数据, 均用荧光分光光度法测定。激发波长 310 nm, 在荧光发射波长 360 nm 测定相对荧光强度的变化。表 1-4、表 1-6、表 1-7 中数据是比表 1-5 的仪器增益扩大 1 倍时所测, 因为四氯化碳、二氯甲烷、氟利昂均属荧光淬灭剂, 其淬灭能力为, 四氯化碳大于二氯甲烷大于氟利昂 F₁₁₃。

表 1-4 氟利昂 F₁₁₃ 萃取海水样品荧光强度在贮存期间的稳定性

贮存时间 (d)	冰箱 (6~9℃)	室温避光 (22~28℃)	恒温 30℃ (自然光照)	室内光照 (日光)
0	62.6	64.2	64.2	64.2
1	62.5	63.2	65.2	57.8
2	61.9	59.3	63.3	45.7
7	61.1	57.7	61.7	37.9
15	60.4	57.8	62.7	35.2

表 1-5 石油醚萃取海水样品荧光强度在贮存期间的稳定性

贮存时间 (d)	冰箱 (6~9℃)	室温避光 (22~28℃)	恒温 30℃ (自然光照)	室内光照 (日光)
0	49.2	49.6	49.6	49.6
1	48.6	49.4	49.4	49.2