



海洋油类泄漏的空中观察

技术资料论文

1



引言

空中勘测是有效应对大多数油类泄漏事件之措施的重要要素之一，用来评估油类污染的位置和范围，以及验证关于油类漂浮层在海上的移动情况及最终归属的预测。空中监测提供的信息将有助于部署和控制海上作业、及时保护受威胁海岸线上的各类场所以及为海岸线清理工作准备资源。

本技术资料论文就如何开展有效的空中勘测提供建议和指导。

空中观察策略

在事件刚刚发生后，通过勘测飞行提供的报告对于确定污染性质和规模而言往往至关重要。如果情况适当，则在应对工作的初期阶段应将飞行安排视作极为优先的要务。空中观察策略以及有关机构和飞机操作员的详细联系信息应是相关应急计划中的关键条目。

初步动员后，应定期进行后续飞行（图 1）。这些飞行通常安排在每天开始或结束时进行，这样就可以在决策会议上使用观察结果来计划应对作业。应协调好各次飞行（包括其时间安排和飞行路线），以免各机构之间出现不必要的重复工作。随着污染形势得到控制，需要的飞行将越来越少，直至完全不需要飞行。

安全方面的考虑是第一位的，在飞行员出发前，应就勘测作业的所有方面与其商议。应事先定期、全面地向参与飞行的人员简述飞机的安全功能以及在出现紧急情况时须遵守的程序。应备妥并使用适当的个人防护设备，如救生衣。

在选择最合适的飞机时，需考虑泄漏位置、最近的机场、加油方便性以及勘测飞行中需要覆盖的距离。用于执行空中观察的任何飞机都必须具有良好的全方位视野并携带合适的导航协助设备。例如，对于固定翼飞机，上置机翼（图 2）可以提供更好的视野。在近海水域，例如在勘察有悬崖、海湾和岛屿的复杂海岸线时，应首选灵活的直升机。不过，在公海上空，不太需要快速改变飞行速度、方向和高度，因此固定翼飞机的速度和航程更为有利。选择飞机时应考虑作业速度，原因是：如果作业速度太快，就会降低观察和记录油类情况的能力；如果太慢，飞行距离将很有限。对于在公海上空进行的勘察，双引擎或多引擎飞机可以提供的更高安全系数至关重要，而且在任何情况下政府规定都会要



▲ 图 1：通过空中观察可以迅速确定污染的性质和规模。不过，需要进行全面的准备才能充分发挥飞行时间的作用。

求采用这类飞机。

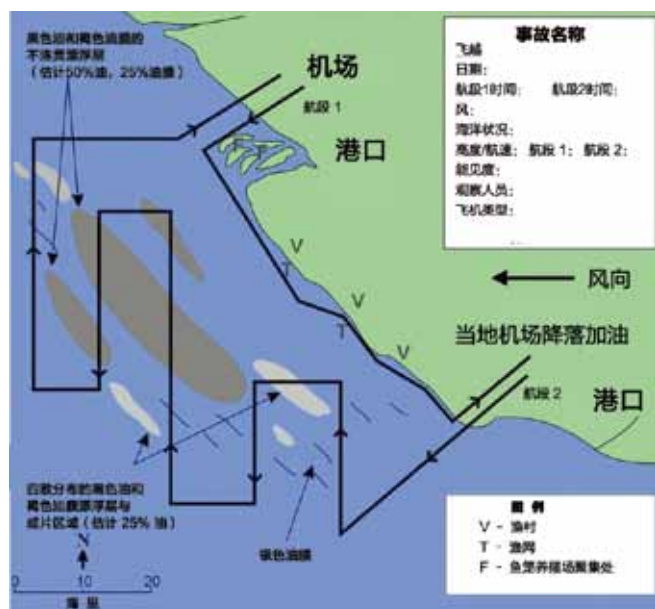
飞机的类型和大小会限制能够参与飞行的人数。对于小型的固定翼飞机（尤其是直升机），乘员人数可能会对油耗有显著影响，进而会显著影响续航时间。如果在一次监测飞行中有两位或更多观察员，这些观察员应密切合作来比较和确认观察到的情况。指导飞行员的首席观察员应拥有丰富的空中监测经验，并能够可靠地侦测、识别和记录海上的油类污染情况。应至少有一位观察员自始至终都参与一系列飞行，以便报告结果的变化反映的是油类污染状况的变化情况，而不是观察员之间在看法上的差异。



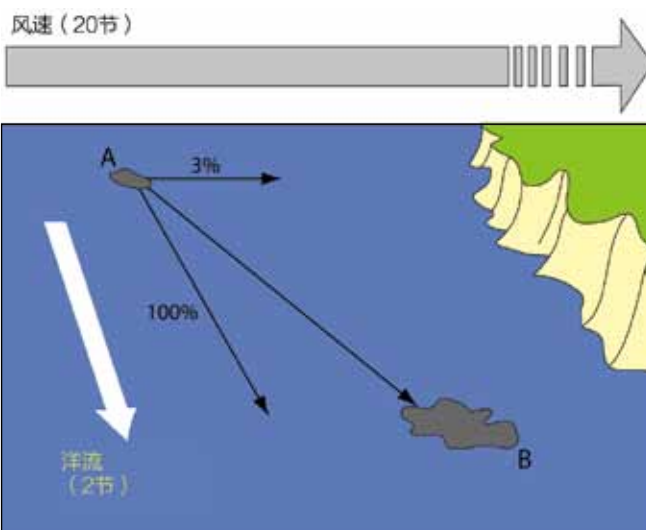
▲ 图 2：机翼上置的双引擎固定翼飞机是从空中观察海上油类情况的理想平台。对于在较靠近海岸的地方执行的观察，采用直升机可能更可取，因为直升机机动性更高、速度较低。

空中观察的准备工作

应计划在光线强度足以观察海面或海岸线情况时开始和结束飞行。诸如大雾、薄雾、低云、下雪和暴雨等天气条件可能也会影响监测，并且可能意味着飞行不可行。

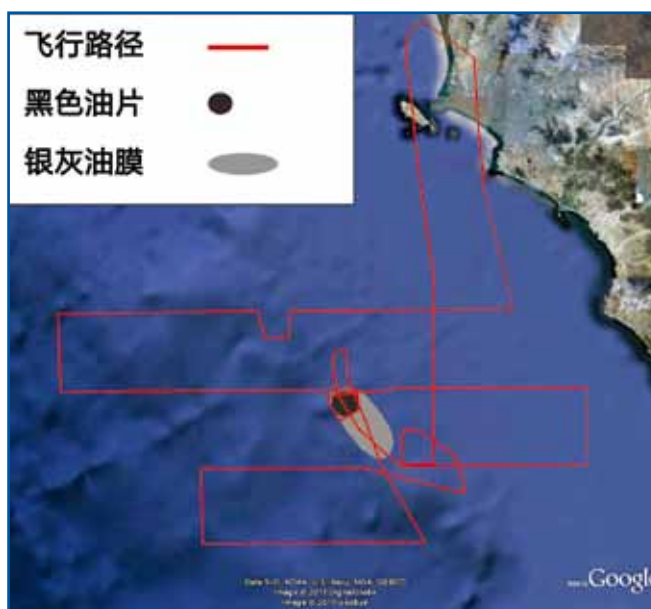


▲ 图 4：显示了飞行路线和观察到的油类范围的地图示例。在勘测飞行期间，可能还会观察到并记录一系列其他特征。这些特征可能包括：海上和海岸上的应对和清理活动、敏感环境资源的位置（例如野生生物栖息地和特殊栖息地）以及商业利益（包括市容地带、工业区和海洋养殖设施）。通过在地图上绘制飞行路线，可以说明哪些区域已经勘察过。根据预计的油类分布、能见度和光线条件，采用了上面所示的梯式搜寻模式。



▲ 图 3：风和水流对油类在海上的移动产生的影响。

应事先准备飞行计划，并且在登机前应视情况与飞行员和有关部门就飞行计划达成一致。这应考虑到能够尽可能缩小搜寻范围的任何可以利用的信息，例如最近获知的观察结果和预计油类移动的路线。此外，还应注意任何飞行限制，其中有些限制可能是因为出现泄漏事件才专门实行的限制。例如，可能禁止在航运事件上方、外国或军



▲ 图 5：在谷歌地图上绘制的南美洲某一事件的飞行路线。从北部进行了基本的梯式搜寻来确定油类位置。飞机随后在油类上方盘旋以便能够更仔细地进行观察，之后继续向南进一步执行梯式搜寻，以确定漂浮层的完整范围。

事领空或者可能会打扰野生生物（例如海鸟或海豹繁殖集落）的某些环境敏感区域飞行。

可以在便携式电脑或平板电脑上使用从在线地图网站下载的相关地图或使用电子航运图来记录观察结果。可以使用关联的便携式 GPS（全球定位系统）接收器来标记航点，以标识观察到油类的位置及其他值得注意的特征。应获得合适比例的纸质地图和图表的节选或副本，作为任何基于计算机的系统的后备材料，供在飞行期间进行标注时使用。将一些基本数据（例如泄漏源的位置及相关的海岸特征）突出显示出来可能十分有用。在纸质地图上绘制一个网格可能十分有用，这样就可以以网格为参考轻松识别出任何位置；另一种可选方法是参考无线电信标的距离和方位进行识别。

如果可以获得有关风和水流的数据，那么预测油类位置的任务就变得简单了，因为这两个因素都会影响浮油的移动。根据经验发现，浮油会以大约 3% 的风速顺风移动。如果存在海面水流，则油类会在任何由风力推动的移动基础上，再加上以 100% 的流速进行的移动。在接近陆地的位置，预测油类移动时必须考虑任何潮汐流的强度和方向；而在更远的海域，其他洋流所起的作用将会压倒周期性的潮汐运动。因此，在了解了盛行的风和水流的情况下，就可以有根据地预测浮油的移动速度和方向，如图 3 中所示。复杂程度不等的基于计算机的漏油路线模型将会分析出预计的路线。不过，计算机模型和简单人工计算的准确性都取决于所用水文数据的准确性以及风速和风向预测的可靠性。

考虑到油类移动预测本身会不可避免地出错，通常有必要计划一次系统性的空中搜寻，以查明大面积海域是否存在油类。“梯式搜寻”常常是



▲ 图 6：勘察海岸线时，特征和地标（例如海角和灯塔）提供了明确的参照点。



▲ 图 7：机组人员与所有观察员之间的沟通对于确认观察结果和根据观察结果讨论飞行计划变更十分重要。

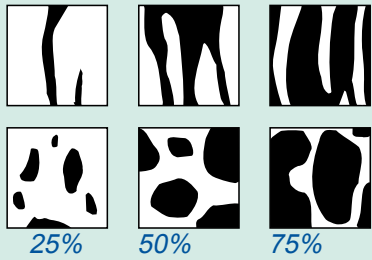
最经济的区域勘察方法（图 4 和图 5）。制定搜寻计划时，应充分重视能见度和高度、可能的飞行时长和燃油可得性，以及飞行员可能提出的任何其他建议。浮油往往延伸得很长，与风向平行，形成狭长的“排状”，每一排之间通常相隔 30–50 米。明智的做法是，沿与盛行风风向垂直的方向安排梯式搜寻，以提高侦测到油类的几率。梯式搜寻的“梯级”之间的距离将取决于飞行期间的能见度。

其他考虑事项是阴霾和海面产生的光反射，这可能会影响对油类的能见度。观察员背对着太阳时往往最易发现油类；按与最初计划的方向不同的方向飞行时，这种搜寻方式可能更为有利。在某些光线条件下，带有偏光镜片的太阳镜可能会有助于发现海上的油类。

记录和报告

尽管仔细进行了预测并计划了系统性的梯式搜索，在飞行期间观察到的实际污染情况可能仍然与设想的情况不同。因此，请务必在飞行期间谨记应急措施并作出调整，以便最大限度地提升找到油类并标出其完整范围的可能性，同时仍然尽力使飞行计划保持合理且高效。

搜寻高度一般取决于主导能见度。事实证明，在公海海域，天气晴朗时 1,000–1,500 英尺（300–450 米）的高度往往最有利于最大限度地增加观察到的范围，同时又不会降低视觉上的清晰度。不过，为了确认任何浮油观察结果或分析其外观，必须降至此高度的一半或更低。对于直升机，如果在离海岸较近的位置使用，且飞行员未提出任何限制，也未因海岸线的特征而有任

特征	数据	备注
位置和范围	<p>漂浮层所在位置的纬度和经度（最好通过 GPS 获得）</p> <p>大型漂浮层中心或边缘的 GPS 读数</p>	保持比例感十分重要，这样才能在记录时不会夸大在水域上观察到的结果。通过观察并记下可识别的地面特征对已飞出的距离心中有数是很有益的。观察受油类影响的大面积区域时，如果存在任何轮船，则对测定漂浮层的规模会很有用。经常参考 GPS 读数对确认以目测方式进行的估算十分有用。
颜色	<p>油类漂浮层的颜色： 黑色、棕色、橙色</p> <p>对于油膜： 银色、彩虹色</p>	颜色提供了判断油类厚度的重要依据。对于油类漂浮层，棕色或橙色意味着可能存在水混油乳状液。就对油类泄漏的反应而言，可以忽略油膜，原因是：它所代表的油量微不足道；通过现行的应对方法无法对它进行恢复，也无法将它处理到任何有意义的程度；它可能会很容易地自然消散。根据情况，在飞行后制作的最终报告中可能常常省略油膜。
特点	排状、漂浮层、成片、条纹状	观察员应避免使用过多描述性用语，并且在所选术语的使用上应始终一致。
特征	前缘	如果可以辨别出漂浮层前缘的特征是厚实的油层，则应在地图上以较粗的线条将其标示出来，并在随附的报告中提到这一点。
覆盖率	 <p>25% 50% 75%</p>	为使应对工作侧重于最为重要的油类污染方面，务必要掌握有关相对浓度和最高浓度的信息。为避免观察到的情况失真，在评估分布情况时必须垂直往下观察油类情况。覆盖百分比是很难准确评估出来的，因此明智的做法是，不必想法设法在评估方面做得过于精确。可以将图表作为参考指南使用。经验较为丰富的观察员可能能够用内插法估计出覆盖率中值。
<p>通过采用常用术语，也可以说明给定区域存在的油量。将估算出的覆盖率百分比与所选术语结合使用，是一种描述区域中油量的一致且灵活的方法，该方法在描述方面达到的准确度足以满足作出应对决策的需要。</p>		
微量 <10%	零星 25%	成片 50%
		不连贯 75%
		连绵不断 >90%

▲ 表 1：在监测飞行期间应记录的主要特征。

何限制，那么在这种情况下，事实证明，开始时采用 80–90 海里 / 小时的飞行速度和 400–500 英尺（120–150 米）的高度往往十分有用。在之后的飞行过程中，可以根据情况需要作出进一步调整。

借助便携式 GPS 接收器或飞机内安装的 GPS，观察员可以跟踪飞机的地理位置，以便可以监控进展，从而可以根据在飞行期间注意到的情况作

出可能必要的任何更改。勘察海岸线时，可以将海岸上的特征和地标与图表进行对比，但在远离任何明显参照点的开阔水域，很容易迷失方向（图 6）。观察员可能有机会通过参考飞机仪表来确定速度和方向，这是一个后备方案。事先需要确保读这些仪表不会带来任何不便。

在整个飞行过程中，与同行的观察员和飞行员进行沟通对于监控进展、确认观察结果以及讨论任



▲ 图 8 和图 9: 从飞机上观察到的 (左) 以及在同一天较晚时间从船上近距离观察到的 (右) 因发生中间级燃油 (IFO 180) 泄漏而形成的大片油膜。这些成片的油类包含稀薄油层所覆盖的区域, 这些区域扩散到彩虹色油膜所覆盖的区域, 再从彩虹色油膜所覆盖的区域扩散到银色油膜。



▲ 图 10: 在图片上从左到右可以观察到一条黑色油带。沿横向方向吹拂这些油类的风正在将这条油带吹离观察员, 从而形成与这条油带垂直的多排各式各样的油膜。



▲ 图 11: 非常大的不连贯重质燃油漂浮层 - 注意不存在油膜。



▲ 图 12: 一个很大的棕色 / 橙色乳状重质燃油 (IFO 600) 漂浮层的一部分。在海上漂浮 3-4 周后, 该漂浮层开始破碎, 再经过一段时间后, 该漂浮层最终分解成大量的小油斑和小油块。



▲ 图 13: 因散装货轮出现灾难性故障而泄漏的重质燃油。货物已与油类混在一起, 因而难以估算出所泄漏油类的真实体积。



▲ 图 14：与成片的黑色浮油相似的云层。



▲ 图 15：漂至海岸线的重质燃油。水底的海草和海底岩石结构可能会扰乱油量估算工作。



▲ 图 16：成片的珊瑚岸礁可能会导致误报存在油类。



▲ 图 17：浅海水域被水流冲乱的悬浮物卷流，与成片的乳状轻质原油十分相像。



▲ 图 18：从狭窄的小溪流出的淡水与浑浊的苦咸水交汇，看起来就像出现重大局部污染一样。



▲ 图 19：在风浪作用下堵在海岸的重乳状重质燃油。这些燃油的厚度难以估算，因为从空中不容易确定这些燃油汇集到岩石间裂缝中的程度。



▲ 图 20: 将轮船或其他特征也拍到照片中会很有帮助, 这样能够反映出污染规模。



▲ 图 21: 航拍时从海面上发生的光线反射有时会成为问题; 紫外线 (UV) 和偏振滤光镜可能有助于提升油类的视觉清晰度。

何需要且适当的飞行调整并达成一致至关重要(图 7)。在起飞前应请飞行员讲授如何使用耳机, 以免与其他的飞机和交通管制部门的通信发生中断。

数码照片可以提供无价的油类污染记录。应尽可能将诸如轮船和海岸线等特征也拍到照片中, 以便能够反映出污染规模(图 20)。建议使用相对较快的快门速度(1/500 秒), 以免因飞机移动和振动造成模糊。紫外线 (UV) 和偏振滤光镜往往在减少眩光方面很有用, 有时还有助于提升海上油类的视觉清晰度, 但有些偏振滤光镜因要透过塑料制的飞机窗口进行拍摄而会产生颜色失真(图 21)。内置有 GPS 的相机对于记录下所拍摄的照片很有用。数码图像可以快速传播给众多受众, 以帮助下达应对命令和进行应对控制。

飞行完成后应立即报告在浮油覆盖范围方面观察到的结果和得出的结论, 所报告的内容应清楚描述海上和近岸区域的油类污染性质和范围。通过对比在以前的飞行中得到的记录, 可能还能够了解事态随着时间的推移是如何发展的。收集到的信息的性质以及需要记录和展示这些信息的方式将因事件规模和为满足监测飞行的预期目的而需达到的详细程度而异。表 1 (第 5 页) 中提供了对于观察到的油类应

记录的主要特征。将需要以手工或电子方式拟定工作草图和批注, 以制作用于展示的最终地图。原始草图和批注应保留下来, 以备今后参考。

摄像机是另一种用来记录观察结果的工具, 但在动荡状态下以及在飞机操作期间观察员可能难以拍摄。手持式摄像机的使用也会受透过目镜所能看到的有限视野限制, 这降低了观察员快速扫视海面的能力。因此, 最好多安排一名负责录像的观察员。如果飞机内置有摄像机, 也可使用这样的摄像机进行录像。

手持式摄像机允许添加注释, 如果未足够详细地添加注释并注以适当的位置参考, 可能会使后期难以将所拍摄的录像与其他观察结果协调好, 特别是在拍摄了加长镜头且没有时间进行编辑时更是如此。视频最好用来补充而非取代有经验的观察员进行的情况汇报。

油类外观

在海上泄漏的原油和燃油随着时间的推移会因为风化过程而在外观上出现一些明显的变化。观察

油类型	外观	近似厚度	近似体积 (立方米 / 平方千米)
油膜	银色	>0.0001 毫米	0.1
油膜	彩虹色	>0.0003 毫米	0.3
原油和燃油	棕色至黑色	>0.1 毫米	100
水混油乳状液	棕色 / 橙色	>1 毫米	1,000

▲ 表 2: 外观、厚度和浮油体积间关系的指导。虽然所列的厚度和体积数字只是指示性的, 但这些数字可用来说明, 即使是大面积的油膜, 所含的油量也非常少。因此, 应以黑色或棕色油类以及乳化物覆盖的区域为行动重点, 以便最大限度地增加应对工作的效果。

员务必要熟悉这些过程，这样才能可靠地侦测到存在泄漏的油类并能准确地报告其性质。*

大多数油类都会在海面上的广阔区域快速扩散。尽管油类最初可能会形成连续的漂浮层，但由于环流和湍流的作用，这种漂浮层通常会分解成片状和排状（图 8-12）。随着油类的扩散和厚度的降低，其外观将从呈黑色或深棕色且很厚的成片油类变为漂浮层边缘处的彩虹色和银色油膜（图 8 和图 9）。油膜都是非常稀薄的油类薄膜，虽然这些区域可能十分广阔，但它们代表的油量却微不足道（表 2）。相比之下，有些原油和重质燃油则具有极高的粘性，往往不会明显扩散，而是依然保持粘在一起的成片油类形态，其周围有极少油膜或者根本没有油膜。原油和一些重质燃油泄漏事件的一个共同特征就是会迅速形成水混油乳状液，这些乳状液的特点常常是呈现为棕色 / 橙色并粘着在一起的漂浮层状（图 12）。

水体或所泄漏货物中的大量残骸（图 13）可能会与油类混在一起，从而掩盖了其外观。此外，从空中很难将油类与常常同油类相混淆的各种其他现象区分开来（图 14-18）。最常导致误报存在油类的现象包括：云影、涟漪、两个相邻水团间的颜色差异、悬浮泥沙、漂浮或悬浮的有机物、漂浮的海藻、藻类 / 浮游生物盛放、浅水域中成片的海草 / 珊瑚，以及污水和工业排放物。

从空中量化海岸线上的浮油覆盖情况带来了更多的难题（图 19）。渗透到海岸线底层、汇集在岩石裂缝中、进入红树林等情况的程度是无法从空中确定的。此外，很多海岸线特征（例如植被或岩层变化）从远处看起来与油类十分相似。**

应通过低空飞行验证关于疑似油类的初步观察结果，飞行高度应低至足以肯定地辨认出是否是油类的程度。在存在疑问的情况下，应通过坐船（图 8 和图 9）或徒步进行更仔细的检查来确认空中观察结果。

量化油量

由于在测定厚度和覆盖面方面存在困难，因此可能无法准确评估在海上观察到的油量。不过，通过考虑某些因素，或许能够估算出一块漂浮层中的油类体积所达到的数量级，以便可以计划所需的应对规模。由于涉及到不确定性，对于所有此类估算结果，都应相当谨慎地对待。

粘性低的油类会非常快地扩散，因此油层厚度很快就会达到平均约 0.1 毫米的水平。不过，同一漂浮层或同一片油类中的油层厚度可能会差别很大，可以薄至不到 0.001 毫米、厚至超过 1 毫米。



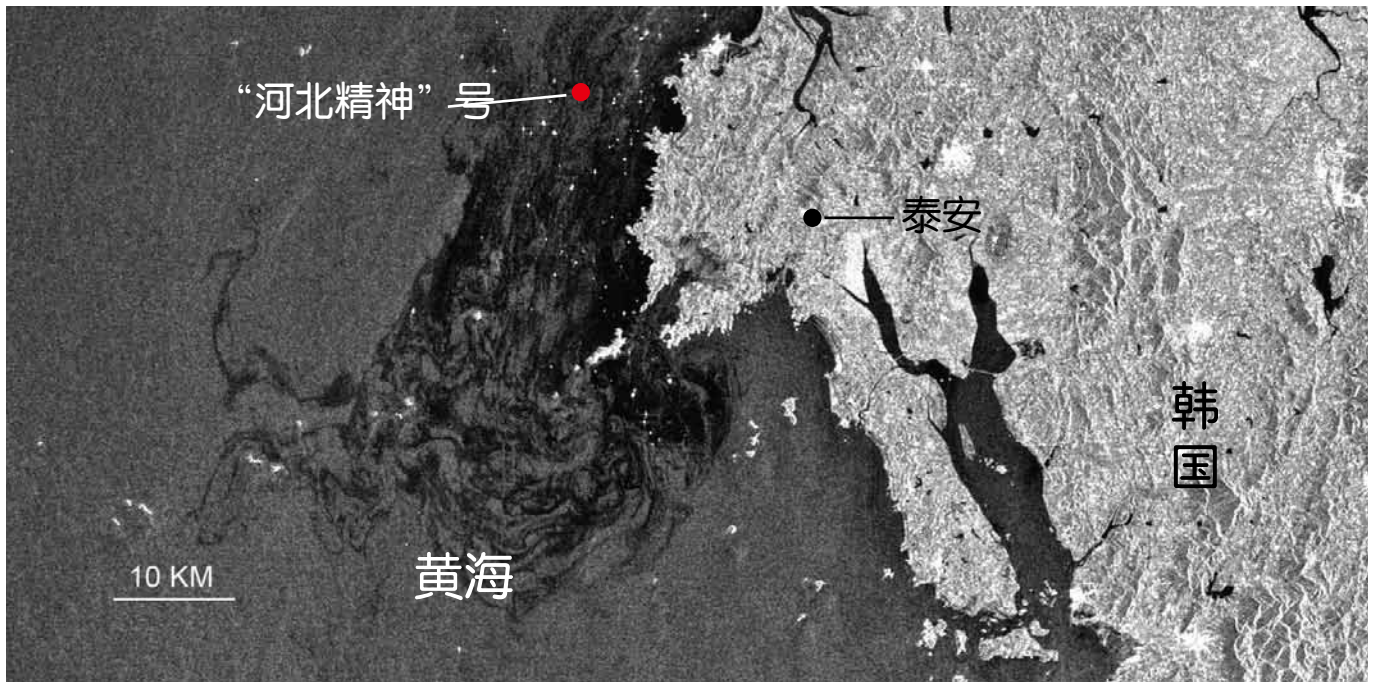
▲ 图 22：在冰冷的水中发生的泄漏难以量化。

对于粘性较高的油类，其厚度可能一直远超 0.1 毫米。油类外观在一定程度上体现了其厚度（表 2）。有些油类由于夹杂了细小的水滴，会形成乳状液，这些水滴也使油类体积变得更大。不经过实验室分析是无法可靠地估计出水含量的，但含量通常在 50%–75%。乳状液厚度可能会因油的类型、海洋条件以及乳状液是自由漂浮还是堵在栅栏或海岸线等障碍物上而有非常大的差异。可以以 1 毫米作为指导厚度，但有时可能会遇到厚度达到和远高于 1 厘米的情况。测定乳状液及其他粘性油类的厚度尤为困难，因为它们的扩散很有限。当海面波涛汹涌时，可能难以甚至无法看到不太易浮的油类型，尤其是在经过风化之后更是如此，因为它们可能会被海浪淹没，很多时候都处在水下。在冷水中，有些具有高倾点的油类将会凝固成不可预知的形状，浮动部分的外观可能掩盖了存在的油类的总体积。若存在浮冰和雪，它们可能会使大量或所有的油类都变得依稀难辨，从而使看到的画面更令人困惑（图 22）。

为了估算浮油量，必须既确定厚度，又确定观察到的各种类型的油类污染的覆盖面（表 1）。需充分考虑浮油结成片的比率，以便可以根据实际覆盖区域占受影响总海域的比例得出估算结果。受影响海域的范围需要在飞行期间确定下来。便携式 GPS 接收器再次派上用场：可以用它来准确记录主区域的界限。如果无 GPS 设备，则必须通过速度恒定并且进行了计时的上空飞行来确定油类的扩散范围。

* 请参考另一篇关于“海洋泄漏油类的最终归属”的技术资料论文。

** 请参考另一篇关于“海岸线油类识别”的技术资料论文。



▲ 图 23：“河北精神”号油轮在韩国泰安郡海域发生碰撞后便开始泄漏原油，自此大约 3.5 天后拍摄的一张关于黄海东部的先进合成孔径雷达 (ASAR) 卫星图。这些油正随着风和水流大致向南移动，将逐渐扩散到更宽广的海域。这张图是欧洲环境卫星于 2007 年 12 月 11 日采集的，由欧洲航天局提供。保留所有权利。

下面的示例说明了油量的估算过程。

在通过以 250 千米 / 小时的恒速飞行进行的空中勘测期间，观察到原油乳状液和银色油膜正在一个海域内流动，此海域的长度和宽度分别需要 65 秒和 35 秒的时间才能飞完。成片乳状液的覆盖百分比估计为 10%，油膜的覆盖百分比估计为 90%。根据上述信息，可以计算出受污染海域的长度为：

$$\frac{65 \text{ (秒)} \times 250 \text{ (千米 / 小时)}}{3600 \text{ (每小时所含秒数)}} = 4.5 \text{ 千米}$$

同样，测得的此海域宽度为：

$$\frac{35 \times 250}{3600} = 2.4 \text{ 千米}$$

由此得出总面积大约为 11 平方千米或 3.2 平方海里。

对于给出的这个例子：乳状液体积可以通过以下公式计算得出：10%（覆盖率）x 11（平方千米）x 1,000（表 2 中每平方千米的大致体积，单位为立方米）。由于这些乳状液中有 50%-75% 为水，因此存在的油类的体积大约为 275-550 立方米。以类似方式计算的油膜体积为 90% x 11 x 0.1，结果等于约 1 立方米油类。

这个例子还可用来说明，尽管油膜可能覆盖面积相当大的海面，但在存在的油类的体积中所占的比重微不足道。因此，为了准确地报告情况，观察员必须能够区分油膜和较厚的成片油类。

遥感

依靠可见光的照相机被广泛用来记录油类在海上的分布情况，但机载遥感设备可以弥补它的不足，这种设备可检测可见光谱以外的辐射，从而提供有关油类的其他信息。机载遥感设备经常用于检测、监视和发现海上排放源，但也可用来监视意外油类泄漏事件。这些传感器通过检测因存在油类而发生变化的不同海面特性来发挥作用。最常用的传感器组合包括机载侧视雷达 (SLAR)、俯视图热红外 (IR) 和紫外线 (UV) 成像系统。诸如前视红外 (FLIR)、微波辐射计 (MWR)、激光氟传感器 (LF) 和紧凑型机载光谱成像仪 (CASI) 等其他系统可以提供其他信息。所有传感器都需要训练有素的人员来操作它们和解释结果，尤其是在油类或自然现象以外的排放物可能会得出相似结果时更应如此。虽然技术进步减小了设备大小，但很多遥感系统依然十分笨重，因而只能从装有它们的专用飞机中使用。不过，可以使用手持式 FLIR 照相机，这类照相机可以提供不受专用飞机限制的便携式遥感系统。

UV、热 IR、FLIR、MWR 和 CASI 是无源传感器，用于测量发射出的或反射的辐射。可能

除了 MWR 以外，这些传感器均无法穿透云层、大雾、阴霾或雨水。因此，它们仅限于在天气晴朗期间使用。SLAR 和 LF 纳入了主动辐射源，依靠对返回信号进行的复杂电子分析来检测油类；此外，对于 LF，还可以提供一定的依据来判断油的类型。MWR 可以提供有关海面上油类厚度的信息；但如果油类已经乳化，则无法提供这些信息。MWR 和 LF 成像系统是调研工具，通常，依赖此技术的传感器只能提供有关飞机正下方的狭窄航迹上油类的信息。天气晴朗时，MWR、LF 和 IR 传感器全都可以夜间使用。雷达系统在日间和夜间都可以穿透云层和大雾，并且在大多数条件下都可以工作，但它们在风平浪静的条件下和有大风时都不太有效。

通常采用不同设备的组合来克服各个传感器的限制，从而提供有关油类范围和性质的更好信息。油类泄漏期间，SLAR 和 IR/UV 系统的组合得到了十分广泛的使用。SLAR 可以在足够的高度飞行，以快速扫视宽广的区域，最大可扫视飞机两侧各 20 海里的范围。不过，SLAR 无法区分十分稀薄的油膜层和较厚的成片油类，因此需要谨慎解读它所产生的图像。配备了 SLAR 和 IR 组合的飞机可以使用 SLAR 界定漂浮层的总范围，然后，在油类位置定下来之后，还可以通过 IR 传感器产生的图像提供有关漂浮层厚度和污染较重区域的定性信息。在白天，IR/UV 传感器组合可以实现类似的功能，但与 SLAR 相比航程十分有限。UV 传感器可以检测油类覆盖的所有区域，而不管厚度如何；而热 IR 传感器在合适的条件下则可以描绘相对较厚的油层。

所有类型的传感器发出的信号通常都会显示并记录在飞机的机载设备上。为了在管理应对作业的过程中有效使用所得到的图像，需要将这些图像中继到指挥中心，正确地解读它们，然后以简明、易懂的格式展现它们。为使遥感系统产生的结果得到正确解读，通常，明智的做法是用目测观察结果来确认这些系统的发现结果。

基于卫星的遥感装置也可以检测水体中的油类，由于此类图像涵盖很广的海域，因此它们可以提供整个污染范围的全貌（图 23）。使用的传感器包括在光谱的可见光区和红外区工作的传感器以及合成孔径雷达（SAR）。以光学方式观察油类需要在晴朗的白天进行，因而会严重限制此类系统的应用。SAR 不因存在云而受影响；此外，由于它不依赖于反射的光线，因此在夜间也可以正常工作。不过，雷达影像常常包含大量可能会被误以为是油类的异常特征（也可称作误报，例如海冰、藻类盛放、风幕和雨雹），因此需要由专家来解释。所有卫星影像都存在的另一限制是，一个卫星经过相同区域的频率从几天一次到几周一次不等，具体取决于特定的轨道。这种延迟在一定程度上可以通过查询多个卫星平台以及（如果可能）有选择性地定位卫星天线的角度加以克服。此外，通常必须向机载系统发出指令才能从关注的区域采集影像，因而需要制定前瞻性计划这一环节。

采集后即会将影像从地面接收站传播出去进行必要的解释，以消除任何误报。不够，对很多卫星而言，这种固有延迟已达到最小，因而可以提供近乎实时的服务。鉴于此，在管理泄漏应对措施的过程中，卫星影像可以提供有效的操作工具。

要点

- 对泄漏事件进行初步评估对于确定污染范围以使应对人员能够制定清理策略而言至关重要。这种评估最好从空中完成。
- 通过空中观察，可以确定油类的移动情况、其外观和估计的体积。
- 在登机前全面准备将确保从飞行中获得最大效益。
- 在估算油类厚度方面出现的不相干现象和困难可能会妨碍正确解读油类观察结果。
- 遥感设备可以弥补目测观察的不足，但应谨慎使用，因为这些系统还会检测到可能会与油类相混淆的其他特征。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的栅栏应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织,旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息,借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文,本文是其中之一。本传单中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息,请联系:



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999 电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950 网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



海洋泄漏油类的最终归属

技术资料论文

2



引言

油类泄漏到海洋中后，会经历很多物理和化学变化，其中一些变化会导致其从海面上消失，还有一些变化则会导致其持久存留。所泄漏的油类在海洋环境中的最终归属取决于诸多因素，例如泄漏的数量、油类最初的物理和化学特性、盛行的气候和海洋条件，以及油类是一直留在海上还是被冲到海岸上。

了解所涉及的过程以及这些过程随着时间的推移如何相互作用来改变油类的性质、构成情况和行为，是油类泄漏应对工作所有方面的基础。例如，或许由于自然消散的原因可以很有信心地预测油类将不会扩散到脆弱的资源，因此将没有必要开展清理作业。当需要积极应对时，油的类型及其可能表现出来的行为将决定哪些可选应对方案有可能是最有效的。

本篇论文介绍了作用于所泄漏油类的各种自然过程的综合效果，这些自然过程统称为“风化”。决定油类是否有可能在海洋环境中持久存留的因素将与应对作业的影响一起考虑。所泄漏的油类在海洋环境中的最终归属对应工作的所有方面都有重要影响，鉴于此，应将本篇论文与此系列的技术资料论文结合起来阅读。

油类的属性

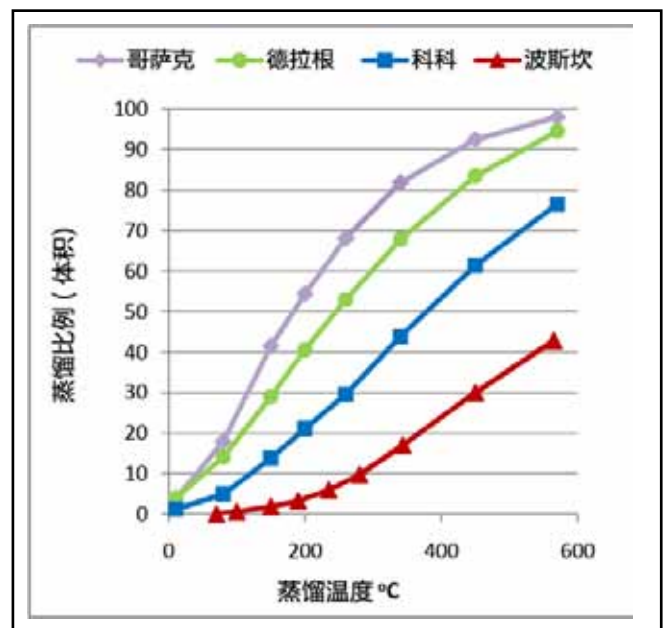
来源不同的原油在物理属性和化学属性方面差别非常大，而很多精炼出来的油品则往往有着明确的属性，而与用来提炼它们的原油无关。由不同比例的精炼工艺残渣与较轻的精炼油品混合成的中间级燃油和重质燃油在属性方面也相差非常大。

影响在海上泄漏的油类的行为和持久性的主要物理属性是比重、蒸馏特性、蒸汽压、粘度和倾点。所有这些属性都取决于化学构成情况，例如挥发成分所占的比例以及沥青质、树脂和石蜡的含量。

油类的**比重或相对密度**是指其相对于纯水的密度，纯水的比重为 1。大多数油类在密度或重量上面都不如海水，海水的比重通常为 1.025 左右。美国石油学会的比重标度 API 通常被用来描述原油及石油产品的比重，具体如下：

$$API = \frac{141.5}{\text{比重}} - 131.5$$

除了判断油类是否会浮起来以外，比重还可以大致指示出油类的其他一些属性。例如，比重低（API 高）的油类往往包含高比例的挥发成分且粘度低。

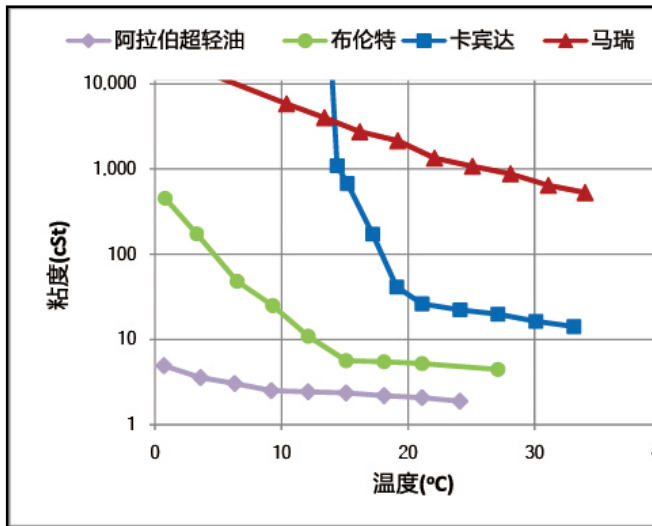


▲ 图 1：四种原油的蒸馏曲线。在超过图中所示最高温度的条件下依然存留下来的油类主要是残渣。数据通过原油化验得到。

油类的**蒸馏特性**描述了其挥发性。在蒸馏过程中，随着油类温度的升高，不同成分相继到达各自的沸点，于是蒸发，然后冷却下来并凝结。对蒸馏特性的表述为：亲油中在给定温度范围内蒸馏出来的部分（图 1）。有些油类包含沥青、石蜡或沥青质残渣，这些残渣即使在高温下也不容易蒸馏出来，并且还很有可能在海洋环境中长期存留（例如图 1 中的波斯坎 (Boscan) 原油）。

	组 1	组 2	组 3	组 4
	阿拉伯超轻油	布伦特	卡宾达	马瑞
原产国	沙特	英国	安哥拉	委内瑞拉
API	50.7	37.9	32.5	17.3
15°C 时 SG	0.79	0.83	0.86	0.96
含蜡量	12%	无数据	10.4%	10%
沥青质	7%	0.5	0.16	9%
倾点	-39°C	-3°C	12°C	-21°C

▲ 表 1: 四种典型原油的物理特征。颜色和分组与表 2 (第 8 页) 中的分类相对应。



▲ 图 2: 表 1 中的四种原油的粘度 / 温度关系。

蒸汽压进一步指示了油类的挥发性，通常用在 100° F (37.8° C) 条件下测得的雷德蒸气压来表示。在大多数情况下，蒸汽压高于 3 千帕 (23 毫米汞柱) 是发生蒸发的条件。蒸汽压高于 100 千帕 (760 毫米汞柱) 的物质就会像气体一样。例如，汽油的蒸汽压介于 40–80 千帕 (300–600 毫米汞柱) 之间。哥萨克 (Cossack) 原油的雷德蒸气压为 44 千帕，由于包含很高比例的低沸点成分，非常容易挥发；而波斯坎 (Boscan) 原油的雷德蒸气压仅为 1.7 千帕，因此远不如哥萨克 (Cossack) 原油那么容易挥发。

油类的**粘度**是指其抗流动性。高粘度油类与粘度较低油类相比，更不容易流动。所有油类的粘度都会随着温度的降低而增大 (即更容易流动)，有些油类的增大幅度大于其他油类，具体取决于它们的构成情况。图 2 中显示了四种原油的温度与粘度间关系。本篇论文中采用的是以厘沱 (cSt = mm² s⁻¹) 表示的运动粘度单位*。

倾点是一种温度，低于此温度时油类便不再流动，倾点的高低取决于油类的石蜡和沥青质含



▲ 图 3: 在低于倾点的温度条件下泄漏到海中的油类形成半固态碎片状。此图显示的是倾点为 +33°C 的 Nile Blend 原油在温度为 28°C 的海水中的情况。这种油持久性很强，可以漂移很远的距离。

量。经过冷却，油类将达到一个称作**油点**的温度，此时石蜡成分将开始形成晶体结构。晶体的形成会越发阻碍油类流动，直到进一步冷却至倾点，此时流动停止，油类从液态变为半固态 (图 3)。图 2 以卡宾达 (Cabinda) 原油为例显示了这种行为。随着这种油从 30° C 开始冷却，其粘度缓慢增加，但一旦冷却至其倾点 20° C 以下，它便开始以指数级速度变稠。达到倾点 12° C 时，粘度已增加到足以阻止流动的地步。

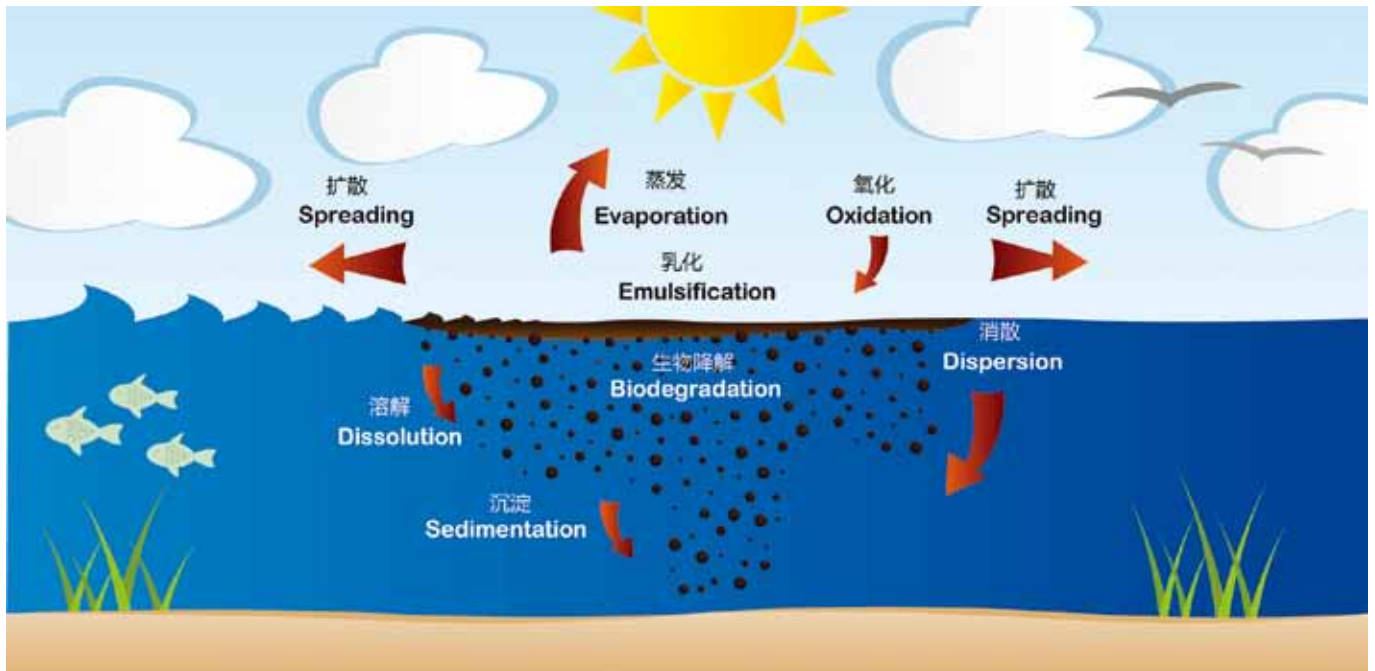
风化过程

接下来一节中所讨论的各个过程一起发挥作用，使所泄漏的油类发生风化 (图 4)。不过，每个过程的相对重要性将随着时间的推移而发生变化。图 6 中以在温和海洋条件下泄漏典型中质原油为例对此进行了说明。除了这些过程之外，油类漂浮层还将根据风和水流发生漂移，有关说明，请参阅另一篇关于“海洋油类泄漏的空中观察”的论文。

扩散

油类泄漏后，便立即开始在海面上扩散。这种扩散的速度在很大程度上取决于油类的粘度和泄漏的体积。液态的低粘度油类在扩散速度上远远快于高粘度油类。液态油类最初以粘在一起的漂浮层形式进行扩散，但很快就会开始分解。随着油类的扩散和厚度的降低，其外观将从呈黑色或深棕色且很厚的成片油类变为漂浮层边缘处的彩虹色和银色油膜 (图 5)。半固态或高粘度油类并

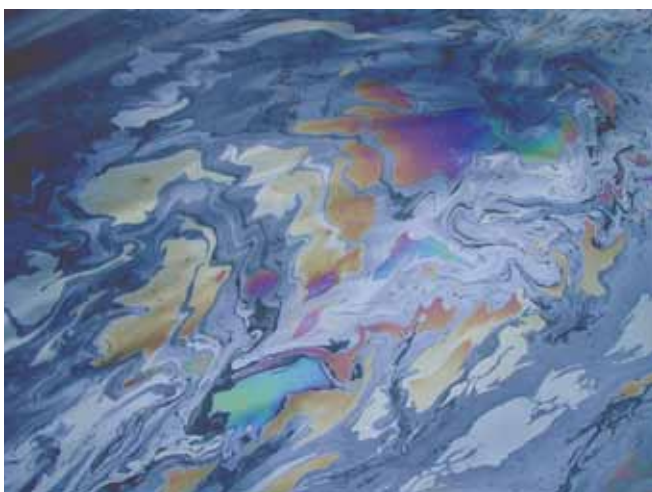
* 运动粘度 = 动态粘度 ÷ 密度。动态粘度的测量单位是厘泊 (cP)，等同于国际单位制中的每秒毫帕数 (mPa s)。



▲ 图 4：作用于海上的油类的各个风化过程。一旦油类搁浅到海岸线上，其中的一些过程便不再适用。

非以稀薄油层的形式进行扩散，而是破裂成片状，这些成片油类会相互分离，其厚度有时可能达数厘米。在开阔水域，各种形式的风环流往往会使油类形成与风向平行的狭窄带状或“排状”，久而久之，油类的属性在决定漂浮层如何移动方面就变得不太重要了。

油类扩散或破裂的速度还受波浪、湍流、潮汐流和水流影响，这些因素的综合力量越大，过程就越快。油类只用几个小时就扩散到几平方千米、只用几天就扩散到几百平方千米的例子比比皆是。除泄漏少量低粘度油类的情况以外，扩散并不是均匀进行的，油类在厚度方面可能极不均等，从不到一微米到几毫米乃至更厚，都有可能。



▲ 图 5：当中质和轻质油类不受阻碍地扩散时，最终会形成非常稀薄的薄膜。这些薄膜呈现为彩虹色和银色的油膜，会快速消散。

蒸发

油类中更容易挥发的成分将蒸发到大气中。蒸发速度取决于环境温度和风速。一般而言，在温和条件下，油类中这些沸点低于 200° C 的成分将在 24 小时内蒸发掉。沸点低的成分所占的比例越大，正如油类的蒸馏特性所表现出来的那样，蒸发程度也就越高。例如，在图 1 中，哥萨克 (Cossack) 原油中有 55% 的成分是沸点低于 200° C 的成分；而对于波斯坎 (Boscan) 原油，这样的成分仅占 4%。

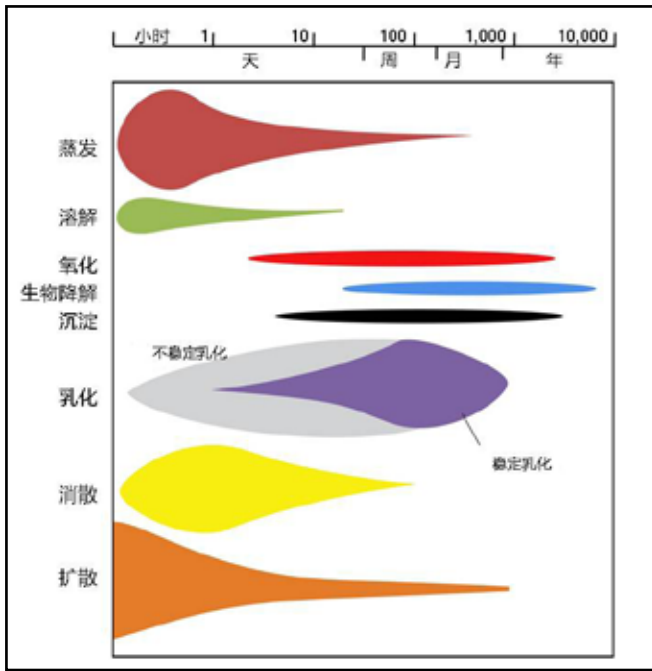
油类的初始扩散速度也会影响蒸发速度，因为表面积越大，轻质成分的蒸发速度就越快。波涛汹涌的海面、高风速以及暖和的温度也会促进蒸发。

蒸发后存留的油类残渣在密度和粘度上都会增大，这会影响到之后的风化过程和清理方法。

所泄漏的精炼油品（例如煤油和汽油）可能会在几个小时内全部蒸发掉，而轻质原油（如哥萨克）则可能第一天就会在体积上减少 50% 以上。当在封闭的区域内泄漏这种极易挥发的油类时，可能会有发生火灾和爆炸或者危害人类健康的风险。相比之下，重质燃油即使会蒸发，蒸发量也微乎其微，因而造成爆炸的风险小之又小。不过，重质燃油可能会带来发生火灾的风险。如果在风平浪静的条件下点燃了一大滩油类中的残骸，则可以形成足以产生燎原之势的星星之火。

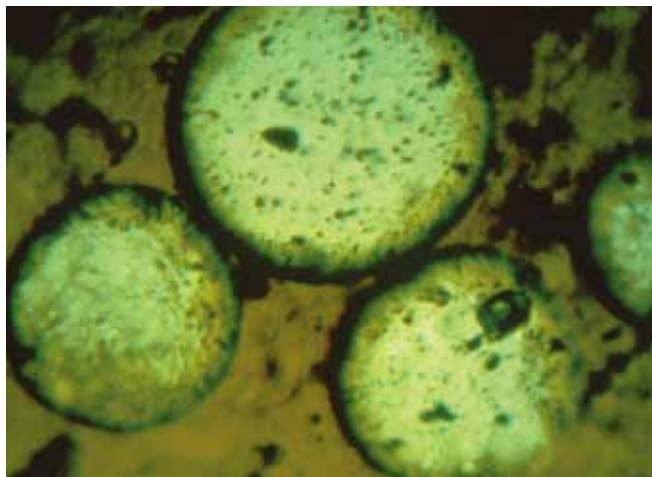
消散

消散速度在很大程度上取决于油类的性质和海面状况，在存在破碎的波浪且油类粘度很低的情况



▲ 图 6: 表示典型的第 2/3 组原油泄漏后最终归属的示意图。该图显示了随着时间的推移各风化过程在相对重要性方面的变化 - 每个带子的宽度表示对应过程的重要性 (供图: SINTEF)。

下消散速度最快。海面上的波浪和湍流可能会造成全部或部分漂浮层分解成大小不等的滴状, 这些油滴会混入到水体的较上层中。较小的油滴依然处于悬浮状态, 而较大的油滴则重新升到海面上。在海面上它们会与其他油滴融合, 从而重新形成漂浮层; 或者以非常薄的薄膜形式扩散开来。对于那些直径小于 70 微米的油滴, 它们向海面上升的速度会被海中的湍流冲抵掉, 因而它们将保持悬浮状态。这种被冲散的油类会混入到更大体积的海水中, 从而导致油类浓度快速大幅降低。被冲散的油类会导致表面面积增大, 从而也促进了诸如生物降解、溶解和沉淀等过程。



▲ 图 7: 经过高倍放大的水混油乳状液图 (1,000 倍)。该图显示了被油类包围的各个水滴。

在温和的海洋条件下, 依然保持液态且在扩散方面不受其他风化过程羁绊的油类可能会在几天内完全消散。使用消散剂可以加快这种自然过程。相反, 粘性油类往往会在水面上形成厚实的碎片, 即使加了消散剂, 这些碎片也几乎不会表现出消散倾向。

乳化

很多油类都会吸收水分, 形成水混油乳状液。这可能会使污染物的体积增加五倍之多。在泄漏后镍 / 钒综合浓度超过 15 ppm 或者沥青质含量超过 0.5% 的油类最容易形成乳状液。这些化合物存在与否以及风力通常达到蒲福 3 级 (风速 $3-5\text{ms}^{-1}$ 或 7-10 海里 / 小时) 以上的海面状况决定着乳状液的形成速度。诸如重质燃油等粘性油类在吸水速度上往往慢于流动性较高的油类。随着乳状液的形成, 油类在波浪中的移动会导致已被吸收到油类中的水滴在大小上缩减 (图 7), 从而使乳状液越来越粘稠。同时, 沥青质化合物可能会从油类中沉淀下来, 包裹在这些水滴上, 从而增加了乳状液的稳定性。随着吸入的水量的增加, 乳状液的密度会接近海水密度, 但如果不添加固体颗粒, 是不可能超过海水密度的。稳定的乳状液可能包含多达 70% - 80% 的水分, 常常是半固态的, 且具有浓烈的红 / 棕色、橙色或黄色 (图 8)。它们会十分持久地存留下来, 可能会无期限地保持乳化状态。稳定性较差的乳状液在风平浪静的条件下或者搁浅到海岸线上后, 经过阳光加热可能会分离成油类和水。

水混油乳状液的形成减慢了其他风化过程的速度, 也是轻质和中质原油在海面和海岸线上持久存留的主要原因。尽管稳定的水混油乳状液在行为上与粘性油类相似, 但二者构成情况的差异对有效的可选应对方案会有影响。



▲ 图 8: 回收已经乳化、呈现出典型红 / 棕色的重质燃油。分析表明, 乳状液的含水量高达 50%。

溶解

油类溶解的速度和程度取决于其构成情况、扩散情况、水温、湍流和消散程度。原油的重质成分是几乎不溶于海水的，而较轻的成分（尤其是芳烃，如苯和甲苯）则是微溶的。不过，这些化合物也是最易挥发的，会因为蒸发而非常快地消失，蒸发速度通常比它们的溶解速度快 10 至 1,000 倍。因此，海水中溶解的烃的浓度很少会超过 1 ppm，且溶解对将油类从海面上清除无显著作用。

光氧化

烃可以与氧发生反应，从而可能导致形成可溶解的产物或会持久存留的焦油。阳光会促进氧化作用；尽管在整个泄漏事件中，自始至终都会发生氧化，但氧化在对消散的总体影响方面要比其他风化过程更轻。甚至是在强烈的阳光下，稀薄的油膜也只是缓慢分解，分解速度通常是每天不足 0.1%。由非常粘稠的油类形成的厚实油层或水混油乳状液往往氧化成持久存留的残渣，而不是发生降解，因为将形成分子量较高的化合物，这些化合物会产生一种表面保护层。在搁浅到海岸线上的油块中可以看到这种表面保护层，这些油块通常包括由氧化油和沉淀物颗粒组成的固态外壳，外壳内包裹的内容则较为柔软、风化程度较低。

沉淀和沉降

消散的油滴可能会与水体中悬浮的沉淀物颗粒和有机物相互作用，这样油滴密度将变得足够大，可以使其缓慢沉淀到海底。沿岸的浅海区以及河口和江湾的水体常常充满固态悬浮物，这些悬浮物可以与消散的油滴结合起来，从而为油类颗粒沉淀提供了有利条件。在淡盐水中，来自河流的淡水会降低海水的盐度，从而降低其比重，这样具有中性浮力的油滴可能就会沉降下来。油类也可能被浮游生物摄取，从而进入粪粒中，粪粒随后会沉到海底。在极少数情况下，油类可能会在发生风暴期间与大量的固态悬浮物夹杂在一起，从而沉到海底。同样，风吹起的沙子有时可能会堆积在浮油上，从而导致其下沉。

大多数油类的比重足够低，除非它们与密度更高的材料相互作用或者吸附到这些材料上，否则就会保持漂浮状态。不过，一些重质原油、大多数重质燃油以及水混油乳状液的比重都接近于海水，因此即使是与沉淀物发生最小程度的相互作用，也足以导致沉降。只有极少数残油的比重大于海水 (>1.025)，因此它们一旦泄漏就会沉降。

有些油类在着火后可能会沉降，着火不但会消耗掉较轻的成分，还会因为产生高温而导致形成较重的焦化产物。如果考虑采用人为现场燃烧作为应对方法，那么就需要注意这一点。



▲ 图 9：人工回收已经下沉的重质燃油。

在波涛汹涌的海面，高密度油类可能会被淹没，有相当长的时间都在海面下面一点，从而使从空中观察油类的工作变得十分困难。这种现象有时会与油类沉降混淆，但当恢复风平浪静的条件后，这些油类又会重新浮上海面。

沉淀是导致泄漏的油类在海洋环境中积聚的主要长期过程之一。不过，除了在接近海岸的浅水域以外，极少会观察到油类大规模沉降；接近海岸的浅水域出现这种情况主要是由于与海岸线的相互作用（图 9）。

与海岸线的相互作用

搁浅的油类与海岸线的相互作用主要取决于海岸线所在环境的能量水平以及海岸线底层物质的性质和规模。

造成沉降的沉淀物相互作用通常是由于油类搁浅在多沙海岸线上。在无遮蔽物的沙滩上，遵循着季节周期的沉淀物堆积（淤积）和侵蚀可能会造成油层接连被掩埋、暴露。甚至是在有一定遮蔽物的沙滩上，搁浅的油类也可能被风吹起的沙子覆盖。油类与沙子混在一起后，若再被潮汐涨落或风暴冲回近海水域，就会沉降下来。常常会出现这种反复的循环：油类 / 沙子混合物从海滩上被冲入近海水域中，较粗的沙粒沉下来，从而使油类重新浮到海面上。这些油类随后会再次搁浅，从而与沙子混在一起，如此循环往复。沙滩若散发出光泽，可能意味着这一过程正在发生。

油类与海岸线中非常细小 (<4 微米) 的矿物颗粒（细粒）之间的相互作用会导致形成矿物或粘土与油类的絮凝物。根据油类的粘度，水体的充分流动可能会导致形成油滴，这些细粒在静电作用下会吸附到这些油滴。油滴周围的细粒可防止结合成更大的油滴和附着在更大的沉淀底物（例

如沙子或细砾)上。所产生的稳定絮凝物接近于中性浮力,并且足够小,因而在潮汐或风暴的作用下水冲到沙滩上时湍流会使这些絮凝物保持悬浮状态。它们最终可能会广泛消散在近岸流中,并且经过一段时间后,有遮蔽物(低能量)的海岸线上很多油类之所以得以清除,可能就要归功于它们;在这种海岸线上,波浪的作用和水流太弱,因而其他过程(例如沉淀物磨蚀)不会发生。

在有遮蔽物的海岸线上,泥质沉淀物和沼泽十分常见。在大多数情况下,油类都不会渗透到这些细小的沉淀物中,而是依然留在表面上。不过,“生物扰动作用”(即穴居动物对沉淀物的改造)有时会使粘度较低的油类通过沿虫洞、植物茎等下移的方式稍稍渗入沉淀物中。在强烈风暴条件下,当细小的泥浆颗粒悬浮在水体中并与油类混在一起时,油类可能也会进入这些细粒沉淀物。随着天气条件风平浪静,泥浆会沉淀下来,油类可能会被困在沉淀物中。在这些有遮蔽物的位置,沉淀物可能长期不受干扰。由于沉淀物中的氧含量很低,因此几乎不会发生降解。

在有遮蔽物且砂石或细砾较多的海岸线上,高粘度油类如果在清理作业中未得以清除,则可能会形成“沥青路面”,这主要是因为表面油层发生了氧化(图 10)。浮油可以更容易地渗透到这些开放的底物中,然后底物本身便可以保护浮油免遭大海及其他风化过程清除。沥青路面如果不受干扰,可以存留数十年之久。

生物降解

海水包含众多多种能够代谢油类化合物的海洋微生物。这些微生物包括细菌、霉菌、酵母菌、真菌、



▲ 图 10: 在原油泄漏发生后的一次试验的过程中,有意对受影响海岸线的一个区域不作任何处理。这片油类大约有 1 平方米,在变成沥青路面超过 15 年后依然存在。

单细胞藻类和原生动物,它们可以将油类作为碳和能量的来源。尽管此类微生物在自然渗漏油类的地区或长期污染的沿海水域(通常是那些离城市中心很近、收容工业排放物和未处理的污水的水域)更为充足,但它们广泛分布在全世界的海洋中。

影响生物降解速度和程度的主要因素是油类的特征、氧和养分(主要是氮和磷的化合物)的供应情况以及温度。随着烃的分解,会生成很多中间化合物,但降解过程的最终产物是二氧化碳和水。

此过程中涉及的每种微生物往往都会降解一组特定的烃,因此,需要有众多种共同作用或依次作用的微生物,降解才能继续。随着降解的继续,会形成一个复杂的微生物群落。在远离海岸的开阔海域,生物降解所需的微生物存在的数量相对较少,但当有油类出现时,其数量便会快速地成倍增加,降解将一直继续下去,直至此过程因养分或氧缺乏而受到限制为止。此外,尽管微生物能够降解原油中的很多化合物,但有些大而复杂的分子具有很强的抗攻击能力,因此这些残渣中往往包含使油类呈现黑色的化合物。

旨在提升生物降解速度的产品在市面上有售。此类物质的功效仍值得商榷,因为养分不太可能出现短缺(尤其是在沿海水域),并且几乎没有办法可以提高氧含量或水温。

这些微生物寄居在水中,它们从水中获得氧和基本养分,因此生物降解只能在油/水交界处进行。在海上,通过自然消散或化学消散产生的油滴会增加可用来进行生物活动的交界面面积,从而会促进降解。相比之下,对于以厚实油层形式搁浅在海岸线或高水位线上方的油类,其交界面面积将十分有限,与水的接触面也十分有限。在这些条件下,生物降解将以极其缓慢的速度进行,从而导致油类在得不到清除的情况下会存留很多年。

由于影响生物降解的因素种类繁多,因此难以预测油类可能的清除速度。尽管生物降解显然不能清除所累积的大量油类,但它是从经常会被潮汐或风力海洋运动淹没的海岸线上自然清除油类最后痕迹的主要长期机制之一。

综合过程

图 13 概括了前文所述的各个过程的综合效果。油类泄漏后,所有这些过程都会立即发挥作用,但它们各自的相对重要性会随着时间而发生变化,如图 6 中所示。在泄漏的早期阶段,扩散、蒸发、消散、乳化和溶解最为重要;而光氧化、沉淀和

第 1 组油

A: °API > 45 (比重 < 0.8)
 B: 倾点°C:
 C: 粘度 @ 10—20°C: 小于 3 Cst
 D: 沸点在 200°C 以下的比例: 大于 50%
 E: 沸点在 370°C 以上的比例: 介于 20 和 0% 之间

	A	B	C	D	E
Aasgard 油	49	-28	10°C时为 2	58	14
阿拉伯超轻油	51	-39	20°C时为 2		
哥萨克油	48	-18	20°C时为 2	51	18
柯卢油	47	-13	20°C时为 2	57	17
F3 凝析油	54	<-63	10°C时为 1	81	0
Gippsland 原油	52	-13	20°C时为 1.5	63	8
Hidra 油	52	-62	10°C时为 2.5	60	11
Terengganu 凝析油	73	-36	20°C时为 0.5	>95	0
Wollybutt 油	49	-53	20°C时为 2	55	4
汽油	58		15°C时为 0.5	100	0
煤油	45	-55	15°C时为 2	50	0
石脑油	55		15°C时为 0.5	100	0

第 2 组油

A: °API 35 — 45 (比重 0.8—0.85)
 B: 倾点°C:
 C: 10—20°C 时粘度: 介于 4 Cst 和半固态之间
 D: 沸点在 200°C 以下的比例: 介于 20% 和 50% 之间。
 E: 沸点在 370°C 以上的比例: 介于 15 和 50% 之间

低倾点 < 6°C	A	B	C	D	E
阿拉伯极轻油	38	-30	15°C时为 3	26	39
阿塞拜疆油	37	-3	20°C时为 8	29	46
布伦特油	38	-3	10°C时为 7	37	33
德拉根油	40	-15	20°C时为 4	37	32
杜坎油	41	-49	15°C时为 9	36	33
利物浦湾油	45	-21	20°C时为 4	42	28
索科尔 (萨哈林岛) 油	37	-27	20°C时为 4	45	21
里约尼格油	35	-5	10°C时为 23	29	41
乌姆谢夫油	37	-24	10°C 时为 10	34	31
扎库姆油	40	-24	10°C时为 6	36	33
海洋气油 (MGO)	37	-3	15°C时为 5		
高倾点 >5°C	A	B	C	D	E
安姆那油	36	19	半固态	25	30
比阿特丽斯油	38	18	15°C时为 32	25	35
民都鲁油	37	19	半固态	24	34
埃斯克沃斯油	34	10	15°C时为 9	35	15
里尔油	38	24	半固态	24	39
国家湾油	40	6	10°C时为 7	38	32

注意: 高倾点油类仅在环境温度超过其倾点的情况下其行为特征才像第 2 组。低于此温度时, 应将其视作第 4 组油类。

第 3 组油

A: °API 17.5 — 35 (比重 0.85—0.95)
 B: 倾点°C:
 C: 10—20°C 时粘度: 介于 8 Cst 和半固态之间
 D: 沸点在 200°C 以下的比例: 介于 10% 和 35% 之间。
 E: 沸点在 370°C 以上的比例: 介于 30 和 65% 之间

低倾点 < 6°C	A	B	C	D	E
阿拉斯加北坡油	28	-18	15°C时为 32	32	39
阿拉伯重油	28	-40	15°C时为 55	21	46
阿拉伯中油	30	-21	15°C时为 25	22	33
阿拉伯轻油	33	-40	15°C时为 14	25	32
邦尼轻油	35	-11	15°C时为 25	26	33
伊朗重油	31	-36	15°C时为 25	24	28
伊朗轻油	34	-32	15°C时为 15	26	21
海吉油	28	-57	15°C时为 80	21	41
锡里岛油	33	-12	10°C时为 18	32	31
雷马油	35	-27	10°C时为 10	32	33
提华纳轻油	32	-42	15°C时为 500	24	
特罗尔油	33	-9	10°C时为 14	24	E
IFO 180	18 - 20	10 - 30	15°C时为 1,500-3,000		30
高倾点 >5°C	A	B	C	D	E
卡宾达油	33	12	半固态	18	34
科科油	32	21	半固态	21	15
冈巴油	31	23	半固态	11	39
曼吉油	30	9	15°C时为 70	21	32
米纳斯油	35	18	半固态	15	

注意: 高倾点油类仅在环境温度超过其倾点的情况下其行为特征才像第 3 组。低于此温度时, 应将其视作第 4 组油类。

第 4 组油

A: °API < 17.5 (比重 >0.95) 或 B: 倾点 >30°C
 C: 10—20°C 时粘度: 介于 1500 Cst 和半固态之间
 D: 沸点在 200°C 以下的比例: 小于 25%
 E: 沸点在 370°C 以上的比例: 大于 30%

	A	B	C	D	E
巴查克罗 17	16	-29	15°C时为 5000	10	60
波斯坎油	10	15	半固态	4	80
辛塔油	33	43	半固态	10	54
汉第尔油	33	35	半固态	23	33
马瑞油	17	-21	15°C时为 7,000	7	70
尼罗河混合油	34	33	半固态	13	59
匹隆油	14	-3	半固态	2	92
胜利油	24	21	半固态	9	70
大庆油	31	35	半固态	12	49
提华纳轻油	12	-1	半固态	3	78
韦杜里油	33	46	半固态	7	70
IFO 380	11-15	10-30	15°C时为 5,000 - 30,000		

▲ 表 2: 根据 API(美国石油学会比重)分类的油类示例。每一组的颜色与表 1 以及图 1、2、12 和 13 都有关。一般而言, 组编号越大, 泄漏后的持久性就越高。



▲ 图 11：从一艘损坏的驳船泄漏到海底的一种非常重的燃油。这种油的 $^{\circ}\text{API}$ 为4，换算成比重就是1.04，相比之下，海水的比重为1.025（供图：NOAA）。

生物降解则是决定着油类最终归属的较长期过程。消散和乳化是相互对抗的两个过程：消散会从海面中清除油类，而乳化则会导致污染物体积增加并持久存留下来。决定油类是消散还是乳化的因素包括：漏油条件（泄漏速度和泄漏量，是在海面上泄漏还是在水下泄漏，等等）；环境条件（温度、海面状况、水流等）；以及油类的物理和化学属性。

尝试预测漂浮层在海上的生存期内油类不断变化的特征时，了解各个风化过程相互作用的方式十分重要。通过预测油类特征随时间推移的潜在变化，可以评估所泄漏油类可能的持久性，从而评估出最适宜的可选应对方案。就后者而言，需要经常区分非持久油类和持久油类：非持久油类由于具有易挥发性和低粘度的特点，往往会很快从海面上消失；持久油类则会更缓慢地消散且通常需要采取清理措施加以应对。例如，汽油、石脑油和煤油就属于非持久油类，而大多数原油、中间级燃油和重质燃油以及沥青则划归为持久油类。*

还有一种可选的分类方式根据 API 将经常运输的油类划分为四组（表 2）。这种分类方式的目的是将在海上泄漏时行为方式可能相似的油类划分成一组。一般规则是，油类的 API 越高（且比重越低），其持久性就越低。不过，务必要认识到，有些明显很轻的油类由于存在石蜡，在行为方面更像重质油类。石蜡含量超过 10% 左右的油类

* 针对油轮泄漏的国际责任与赔偿机制会对持久油类和非持久油类进行区分，对后者的定义为：由馏分组成，并且按照 ASTM D 86/78 方法或之后对它的任何修订进行测试时，其中 (a) 有至少 50%（按体积计）的馏分会在 340°C 的条件下蒸馏掉，并 (b) 有至少 95% 的馏分会在 370°C 的条件下蒸馏掉。

往往具有高倾点，如果环境温度低，这种油类将呈半固态或十分粘稠的液态，因而自然风化过程将会很缓慢。

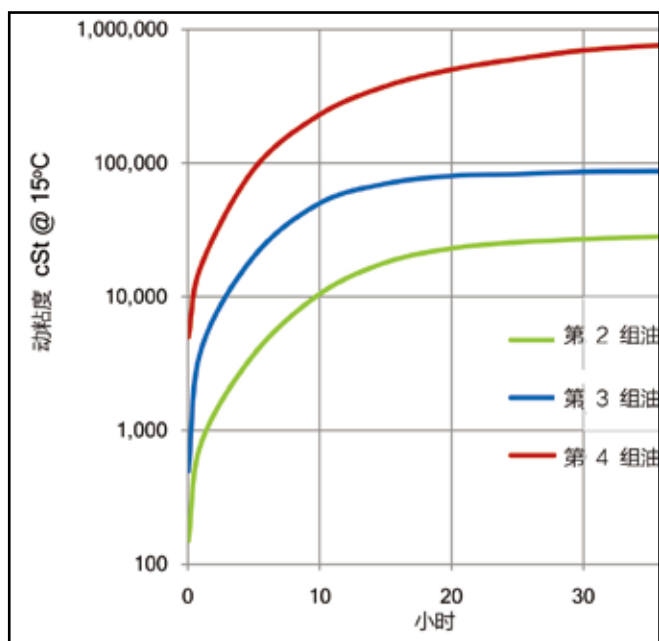
有时会将比重大于 1 且 API 小于 10 时的油类认定为属于第五组。这种油类发生沉降的可能性很大，尤其是在淡盐水中更是如此。有时也将这种油类称作 LAPIO（低 API 油类）。这类油由非常重的燃油和残留的油浆组成（图 11）。

图 12 显示了 2-4 组发生泄漏后粘度因蒸发和乳化随时间提高的典型情况，表明乳化对粘度上升有最大的影响。

图 13 显示了四组油自然清除率的简化示图，同时考虑了水混油乳状液形成对污染物体积随时间变化的影响。该示意图是根据现场观察结果描绘的，旨在体现持久性相对于油类物理特性的变化情况。单种原油的确切行为取决于其属性和泄漏时的情况。天气和气候条件将对漂浮层的持久性产生特别的影响。例如，在极为恶劣的天气条件下，第 3 组油的消散时间与第 2 组油更为相似。与之相反的是，在寒冷、平静的天气条件下，该组油的持久性可能与第 4 组油接近。第 4 组油，包括很多船只作为燃料舱燃料携带的重质燃油，一般粘度和持久性都很高，因此清除时的问题最多。由于这种油极为持久，可能在海洋中扩散极长的距离，并导致大范围的污染。

计算机模型

现有多种用来预测油类泄漏运动或路线的计算机模型。部分计算机模型包含天气预测功能，可以



▲ 图 12：在温和到波涛汹涌的海面上，典型的粘度水平会增加。第 1 组油类的粘度在海洋环境中绝不会超过 100cSt，因此在图中未予显示。

显示所泄漏油类在特定条件下可能随时间发生的变化。这些模型一般会利用其中包含不同油类的物理和化学特性的数据库，以及针对油类行为的科研和观察结果。不过，因为风化过程的复杂性以及与漂浮层移动相关的不确定性，仍难以实现对整个情况的精确预测。

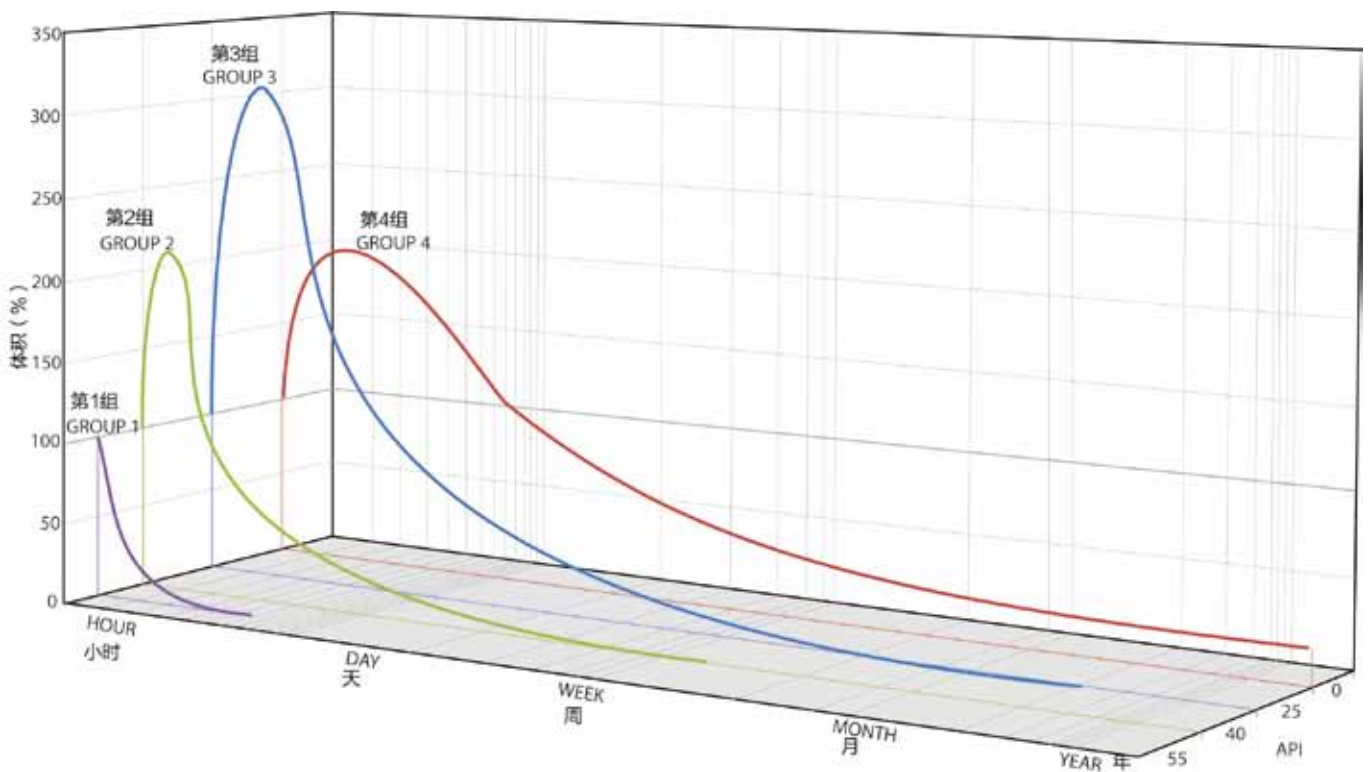
因此，务必了解风化和泄漏路线模型所基于的假定，并在使用相应结果时考虑这些因素。例如，在应对作业中，应通过观察实际的油类分布和行为对模型预测进行验证。但是，这些模型可以有效指示应注重此类调查的情形，以及特定油类的可能情况和行为。对于最优清理方法评估、培训以及在应变计划过程中，这些模型都极具价值。

清理和应变计划的影响

油类快速扩散和破碎的趋势，特别是在恶劣的海洋条件下，始终会对所有应对方法带来限制，因而切不可低估。例如，对于扩散距离已达数千米的泄漏，行迹宽度仅有几米的船上油污回收系统可能无法遇到任何显著的油量。对于低粘度油类，达到这种范围的扩散可能仅需几个小时。这也就是为何海上油类回收作业绝大多数情况下都只能清除大型漂浮层的一小部分的主要原因之一。

漂浮层的移动情况以及油类因风化作用而发生的性质变化决定着除了监视漂浮层的消散情况外是否还有必要采取任何应对措施。在需要积极应对的情况下，将根据风化过程重新评估所选清理方法的适宜性，并随着应对工作的进展和条件的变化对这些方法进行修改。例如，随着油类的扩散和油类粘度的提高，在海中施用消散剂的效果将会降低。根据特定油类的特征，当粘度接近于 10,000 cSt 时，很多消散剂的效果将大打折扣，当粘度增至远高于此值的程度时，大多数消散剂便根本不起作用。油类粘度可能会非常快地增加，也就是说，可供使用消散剂的时间可能非常短。因此，应定期监视消散剂施用工作，如果没有效果，应终止喷洒作业（图 14）。

同样，如果部署了机械回收系统，那么随着油类的风化、其粘度的增加和乳状液的形成，可能需要更改使用的盘式撇浮装置和泵的类型。例如亲油性（吸引油类）盘式撇浮装置依靠使油类附着于盘上的做法来进行回收（图 15）。不过，乳状液的行为就像是“剪切变稀”液体一样：当施以缠绕操作（例如通过转动盘子）时，乳状液中的水滴将会全部排成一个方向，从而降低了粘度，并导致乳状液被割穿，而非附着在盘上。使用离心泵也会产生同样的作用，泵的叶轮在转动时可能无法高效地将乳状液抽入泵中。鉴于此，建议使用正排量泵来输送乳状液。



▲ 图 13：表 1 和表 2 中每个组中的典型油类在海面上存留的水混油乳状液体积，以占原始泄漏体积 (100%) 的百分比形式表示。这些曲线表示每个组的估计“平均”行为。不过，特定原油的行为可能与一般规律不同，具体取决于其属性以及泄漏时的环境条件。



▲ 图 14：油类粘度高导致施用消散剂不成功，这可以从油类周围的消散剂所形成的典型白色股流看出来。



▲ 图 15：盘式撇浮装置可以成功回收刚刚泄漏的轻质原油。不过，如果油类严重乳化，那么回收作业的有效性将会降低，因为乳状液无法附着在盘上。

了解不同油类可能的最终归属和行为以及它们给清理作业带来的限制是准备有效应变计划的基础。此外，有关全年盛行风和水流的信息将会指示油类最有可能的动向，以及在给定位置可能受影响的敏感资源。参考有关所处理和运输的油类型的数据，可以预测漂浮层可能的生存期，以及可能需要采取清理措施来应对的剩余油类的数量和性质。这些数据还将有助于决定如何选择合适的清理方法和设备。

对于诸如油码头和离岸装卸浮标等固定设施，由于涉及的油类型十分有限且盛行天气和海洋条件可能已众所周知，因此可以作出十分准确的预测。这简化了有效应变计划的制定过程，使得可以做出合适的应对工作安排。在船舶交通密集、有很多船只处在运输途中或者需处理众多油类型的地区，计划将无法涵盖所有的意外事件。因此，尽快确定所泄漏油类的类型和行为更为重要，这样的话，如果需要采取应对措施，便可以采用最合适的方法。

要点

- 油类一旦泄漏，便开始风化，其物理和化学属性将随时间的推移发生变化。
- 在泄漏的早期阶段，扩散、蒸发、消散和乳化十分重要；而光氧化、沉淀和生物降解则是决定着油类最终归属的长期过程。
- 这些过程的发生速度取决于天气条件和油类的特性，如比重、易挥发性、粘度和倾点。
- 蒸发和消散是油类得以从海面上清除的原因之一，而乳化则会导致油类持久存留且污染物体积增加。
- 与海岸线的相互作用可能会因为形成粘土与油类的絮凝物而导致油类得以清除，也可能会因为油类进入细小的沉淀物或者在混入到粗砂石或细砾较多的海滩上时形成沥青路面而导致油类持久留存在有遮蔽物的位置。
- 少数残油会因为密度足够大而会在泄漏时沉降下来。不过，大多数油类都将处于漂浮状态，仅在与密度更大的沉淀物混在一起时才可能会发生沉降。
- 通过了解油类可能的最终归属和行为，可以优化可选应对方案。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的栅栏应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应变计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织, 旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息, 借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文, 本文是其中之一。本传单中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息, 请联系:



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999

电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950

网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



油类污染应对措施中 栅栏的使用

技术资料论文

3



导言

栅栏经常用于围困和围堵海上所泄漏的油类，引导油类沿远离敏感资源或朝向回收点的路线移动。围挡操作能否成功可能会因浮油的快速扩散以及水流、潮汐、风和波浪的作用而受限。尽管在某些情况下使用任何栅栏可能是不恰当的，但有效的栅栏设计和计划周密且协调有序的应对措施可以减少这些问题。

本篇论文介绍了栅栏设计的原理以及两种主要的操作模式，即在海上采取用船只拖拽的做法、在浅水或近海海域则采取下锚的做法。

设计原理

栅栏是旨在执行以下一项或多项功能的浮动障碍物：

- **围堵和集中油类：**将浮油围困起来以防止其在水面上扩散，并使其厚度增加以便于回收；
- **引导：**转移油类的移动路线，使其移向海岸线上的合适回收点以便于之后清除，例如用吸油卡车、泵或其他回收方法清除；
- **保护：**转移油类的移动路线，使其远离在经济上十分重要或者在生物上十分敏感的场所，例如海港入口、发电站的冷却水入口、海洋养殖设施或自然保护区。

栅栏在大小、材质和设计上各种各样，以便满足这些不同的情况和环境。栅栏种类繁多：有价格低廉的小型轻质栅栏，可人工部署在港口中（图 1）；也有价格昂贵的大型坚固栅栏，供在海中使用，可能需要使用绕线轮、吊车和很大的船只来搬运它们。各种栅栏长度不等，都带有联接装置，用来将各个分段连成总长可满足需要的栅栏。联接装置还带有拖拽点和锚定点。除了绕线轮以外，可能还需用到各种辅助设备，如拖索、鼓风机和锚。

栅栏最重要的特征是其围堵或引导油类的能力，这取决于其相对于水体流动的表现。所有栅栏通常都会纳入以下装置来增强这种表现：

- 用来防止或减少飞溅出去的干舷；
- 用来防止或减少油类从栅栏下逃逸的水下裙摆；
- 用空气、泡沫或其他易浮材料制成的浮物；
- 用于抵挡风、波浪和水流所产生的力的纵向抗拉牵条（链或拉线）；
- 用于保持栅栏竖立的镇重物。



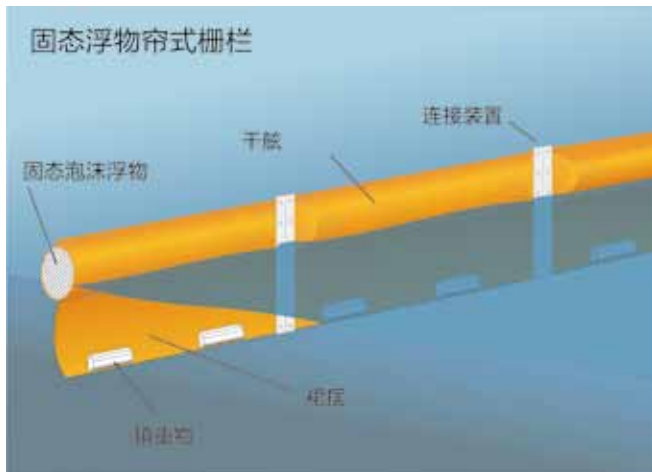
▲ 图 1：引导油类从锚定处流走的篱笆式栅栏。

绝大多数栅栏设计都可以归为以下两大类：

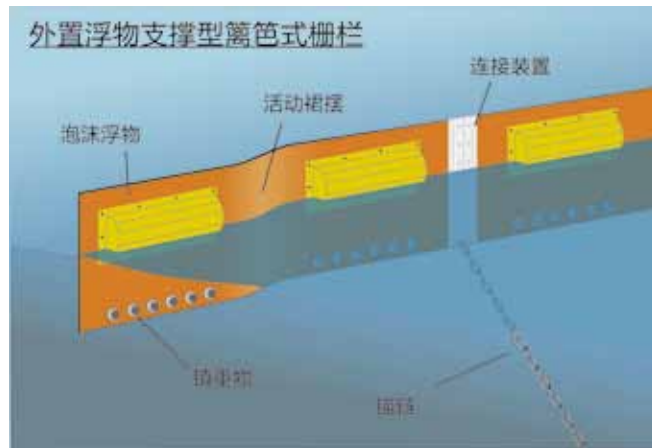
帘式栅栏 – 带有由填充了空气或泡沫的浮物室支撑的连续水下裙摆或活动围屏，浮物室的截面通常为圆形（图 2a 和图 2c）。

篱笆式栅栏 – 一般具有扁平的截面，在本身或外部的浮力、镇重物和撑杆（图 2b）作用下在水中保持竖立。

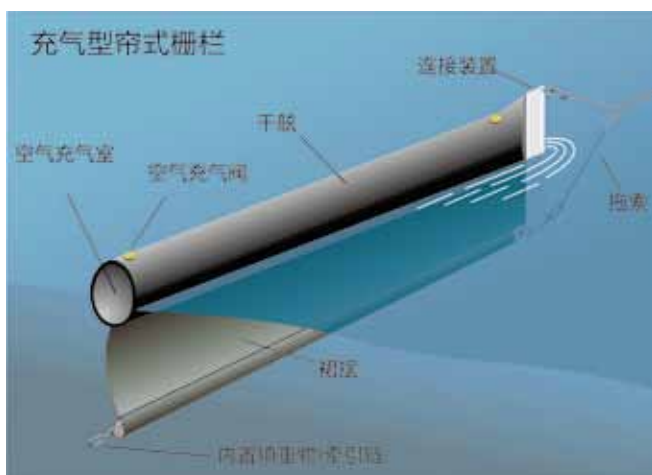
此外还有可紧贴在海岸或海滩上的栅栏，这种栅栏上的裙摆由充水的腔室所取代，从而使栅栏



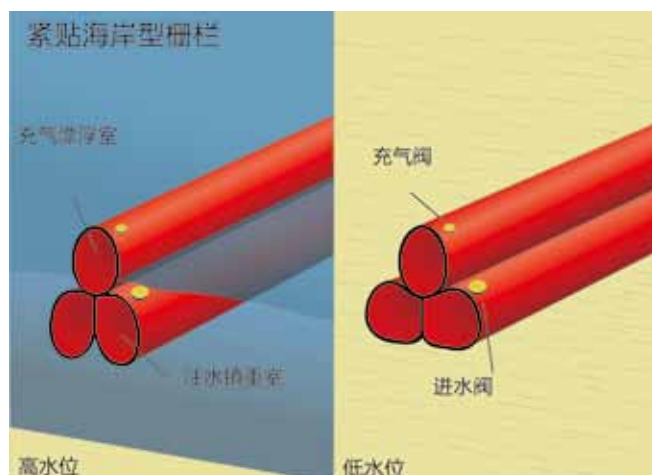
▲ 图 2a: 采用外置镇重物的固态浮物支撑型帘式栅栏。



▲ 图 2b: 采用外置浮物和镇重物的外置浮物支撑型篱笆式栅栏。在整条栅栏的下边缘，每隔一定距离有一个锚定点。



▲ 图 2c: 一种充气型帘式栅栏，其裙摆底部所挂的整体式囊中装有一个起镇重和拉紧作用的综合链。



▲ 图 2d: 在潮间可紧贴在海岸上的栅栏。上部充气式囊可使栅栏浮起来，下部充水式囊可在漂浮时起到镇重的作用并可确保在低潮时能够很好地紧贴在水底。

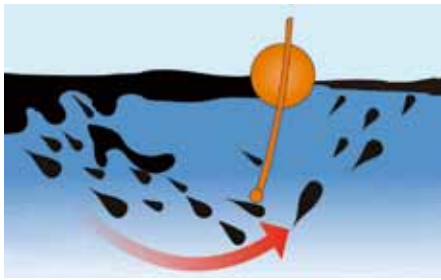
在低潮时能够紧贴在暴露出来的海岸线上（图 2d）。防火栅栏是专为承受油类燃烧时所产生的高温而制造的，可以采用篱笆式栅栏或帘式栅栏设计，因而在围堵油类方面也存在这两种设计的相关功能和局限性。

栅栏应足够灵活，可以随着波浪运动而起伏；但也要足够刚硬，以便能够留住尽可能多的油类。有些篱笆式栅栏和固态浮物支撑型帘式栅栏设计所表现出来的随波浪运动起伏的特性欠佳，从而导致干舷沉到海面下方或者裙摆在波浪打来横在波峰之间，从而导致油类逃逸。因此，这些类型的栅栏应仅限在风平浪静的水域使用。

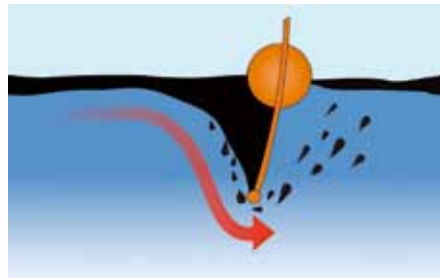
尽管有些栅栏系统已发展到可以在快速流动的水体使用，还有一些系统已发展到可以在以相对较高的速度拖拽时使用，但大多数传统的栅栏设计在水流速度远超 0.5 ms^{-1} （1 海里/小时）且以

直角方向作用于它时都无法围堵油类。实际上，不管裙摆深度如何，大多数栅栏的逃逸速度都在 0.35 ms^{-1} （0.7 海里/小时）左右。油类逃逸的方式及其与水流速度的关系不仅在很大程度上取决于栅栏设计，而且在同样程度上受油类型的影响。低粘度油类的逃逸速度低于粘度较高的油类。对于低粘度油类，首波中因高速水流而造成的湍流会从油层下面剪切油滴，这些油滴随后会在栅栏下方被水流带走。这一过程称作“夹带”（图 3a）。低粘度油类还容易出现“排放失灵”（图 3b）：高速水流会导致油滴脱离在栅栏面处积聚的油类，从而垂直向下流动并从裙摆下方流走。粘度较高的油类不太容易被水流带走，可以在栅栏面处形成较厚的油层。积累到一定的临界厚度时，油类将会被冲到栅栏下面（图 3c）。

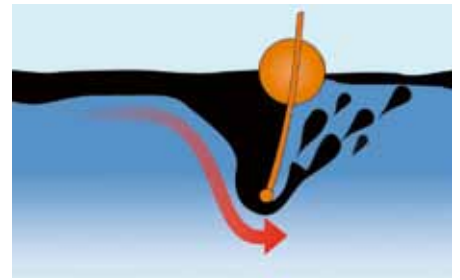
除了河水形成的水流和潮汐流以外，风和波浪也会产生超出逃逸速度的水体流动，并且会导致围



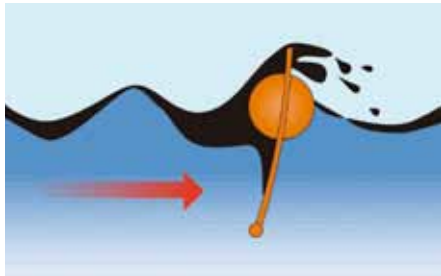
▲ 图 3a: 夹带。



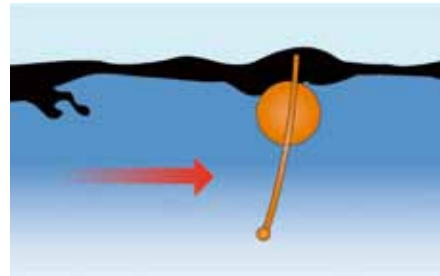
▲ 图 3b: 排放失灵。



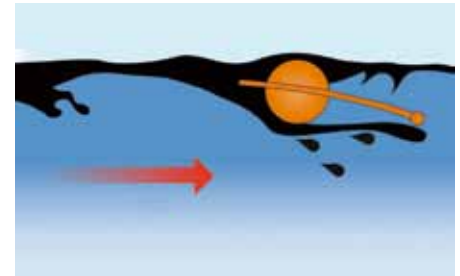
▲ 图 3c: 积累到临界厚度。



▲ 图 3d: 飞溅出来。



▲ 图 3e: 被淹没。



▲ 图 3f: 平倒。

▲ 图 3: 栅栏失灵模式。箭头指示水流方向。[图片摘自 Merv Fingas 所著“Oil Spill Science and Technology”（溢油科技）]。

堵起来的油类飞溅出来（图 3d）。速度非常高的水流可能会导致栅栏被淹没在水中，尤其是在未提供充分的浮力时（图 3e）更是如此；或者导致栅栏平倒，从而使油类得以流过（图 3f 和图 4）。沿栅栏的湍流也可能会引起油类逃逸，因此栅栏需要具有无突出部分的匀致轮廓。栅栏截面的大小和长度是重要的考虑事项。栅栏的最优大小主要与要在什么样的海面状况下使用它有关。一般规则是，所选的干舷最低高度应可以防止油类飞溅出去。裙摆的深度应具有类似尺寸。干舷过高可能会导致受到风力影响的问题，这种情况下干舷就像船帆一样。增加裙摆深度可能会导致栅栏更容易出现排放失灵，因为流经栅栏下方的水的速度会增加。栅栏的组成分段较短时，可能更容易搬运，在一个分段失灵时整个栅栏的完好性也可以得到保护，但必须权衡这些优点与有效连接各个分段时的不便和困难。连接点会使栅栏轮廓出现缺口，因而应尽可能不让连接点与油类最集中的位置相对应。连接装置的设计应保证在部署期间以及在栅栏位于水中时能够轻松地扣紧和解开。

制造商提供了很多不同类型的栅栏连接装置。虽然由于连接装置采用 Unicon 或美国试验与材料学会 (ASTM) 标准而使这种多样性得以降低，但由于存在很多种设计，导致在连接来自不同来源的栅栏时可能会存在困难，因此在从不同供应商处订购栅栏时应谨慎。

其他的重要特征有：抗张强度、部署方便性和速度、可靠性、重量以及成本（表 1）。务必要保证栅栏在用于其预期用途时足够坚固耐用，因为它常常需要承受不专业的操作、缠扭、大而重的漂浮残骸以及岩石、坞壁或珊瑚的摩擦（图 5）。其结构强度需能承受栅栏在被拖拽或锚定时水和风对它的作用力。部署方便性和速度再加上可靠性在快速变化的情况下显然十分重要，因而可能会影响所做的选择。



▲ 图 4: 强劲水流已导致栅栏平倒，从而使得裙摆下有油类流走。

栅栏类型	浮起方法	存放空间	随波浪起伏属性	锚定式还是拖拽式?	清洗方便性	相对成本	优先使用区域
帘式栅栏	充气	放气后体积很小	良好	都可	可直接清洗	高	近海或远海
	固态泡沫	体积庞大	尚可	锚定式	易清洗 / 可直接清洗	低至中等水平	有遮挡的近海水域, 如海港
篱笆式栅栏	外置泡沫浮物	体积庞大	差	锚定式	难清洗 / 清洗难度适中; 油类可能会被困在外置浮物后面或腔室接合位置内。	低	有遮挡的水域 (如港口、码头)
可紧贴在海岸上的栅栏	充气式上部腔室, 下部腔室注水	放气后体积很小	良好	锚定式	清洗难度适中; 油类可能会被困在腔室接合位置内	高	沿有遮挡的潮间海岸 (无破碎波浪) 使用

▲ 表 1: 各种常见栅栏类型的特征。

有些低成本栅栏是为一次性使用设计的, 使用后它们可能会遭到焚烧或者返还制造商进行回收。很多较为昂贵、坚固的栅栏如果部署和维护得当, 可以多次重复使用。栅栏在使用后通常需要清洗, 而事实证明采用某些设计的栅栏清洗起来可能十分困难 (图 6)。通常采用蒸汽清洗或溶剂清洗的做法, 但在使用后一种方法时, 务必要确保栅栏织物与此类化学品相容。正确的取回、维护和存放对于延长栅栏使用寿命和确保它始终一经通知就可以投入使用十分重要。有些栅栏 (尤其是自充气型栅栏) 若不仔细取回, 则容易因磨损而

损坏。应备妥紧急维修工具包, 用以处理轻微的损坏, 轻微的损坏可能会使一个分段甚至整条栅栏都无法使用。栅栏织物的严重损坏常常难以维修, 可能需要更换整个分段。正确存放栅栏对于最大限度地减少栅栏材质因高温、紫外线或霉菌而发生的长期降解十分重要, 但采用诸如聚氨酯或氯丁橡胶等较高级材质时这通常就不是什么问题了。气体浮物支撑式栅栏在放气后仅占用很小的存放面积, 而固态浮物支撑式栅栏则体积庞大。将栅栏运往现场时, 如果存放空间短缺 (例如在船上), 则应考虑这方面的问题。



▲ 图 5: 栅栏在部署后很容易遭到破坏。需要定期关注, 以确保在整个潮汐周期内它一直发挥效用。



▲ 图 6: 困在篱笆式栅栏外置浮物后面的油类可能尤其难以清理。

施加在栅栏上的力

可以使用以下公式来大致估算流速为 V (ms^{-1}) 的水流对水下面积为 A (m^2) 的栅栏施加的力 F (kg):

$$F = 100 \times A \times V^2$$

因此, 在流速为 0.25 ms^{-1} (0.5 海里 / 小时) 的水流中, 作用于长 100 米、具有 0.6 米深裙摆的栅栏的力大致为:

$$F = 100 \times (0.6 \times 100) \times (0.25)^2 \approx 375 \text{ kg (力)}$$

从图 7 中的图形中可以看出, 流速加倍会导致承受的负荷增加四倍。风直接施加在栅栏干舷上的大致力也可能相当大。如需估算这种风力影响, 也可以使用上述公式, 但要按以下原则: 水流与速度比其快 40 倍的风所产生的压力大致相当。例如, 在风速为 7.5 ms^{-1} (15 海里 / 小时) 的风中, 作用于长 100 米、具有 0.5 米高干舷的栅栏的力大致为:

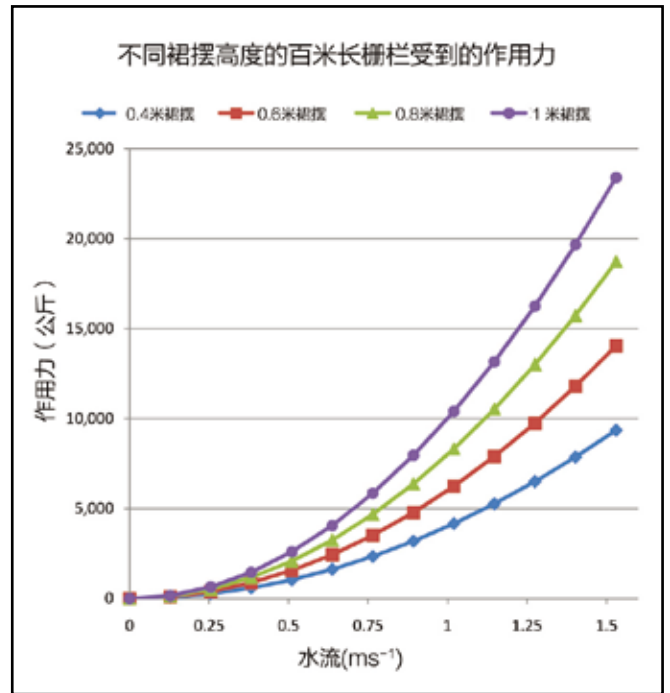
$$F = 100 \times (0.5 \times 100) \times (7.5/40)^2 \approx 175 \text{ kg (力)}$$

在上述示例中, 如果水流和风按同一方向作用于刚硬的障碍物上, 则二者的综合作用力大约为 550 公斤。在实践中, 栅栏将按与这种流动方向呈一定角度的方式布置, 形成一条曲线, 从而改变了作用力的大小和方向 (另请参见第 9 页上的表 2)。不过, 上述计算可以在判断作用力方面起到指导作用, 并有助于选择锚定船或拖拽船。拖拽栅栏时, 应将其穿过水流的速度作为 V 输入到本节开头所列的公式中。

非破碎波浪或涨潮对栅栏的作用力通常不大。如果栅栏具有所需程度的灵活性, 它可以随着水面的运动而起伏, 因而产生的后果极小。不过, 当波浪撞向栅栏时, 如果其抗拉强度和材质强度不足, 所产生的瞬间负荷可能会导致栅栏撕裂。

栅栏的部署

栅栏的部署可能是一项困难且有潜在危险的作业。恶劣的天气以及波涛汹涌的海面会给作业带来限制, 在上下颠簸、左右摇摆的船上操作湿漉且油滑的设备也是十分费力的, 可能会使操作人员面临风险。甚至在理想的风平浪静条件下, 也务必要周密地考虑好并控制好作业, 以便最大限度地降低这些风险及栅栏损坏的可能性。在制定应变计划的过程中, 应制定合适的策略。在事件发生前, 应充分考虑当地条件、部署现场、可供选用



▲ 图 7: 对裙深不等的 100 米长栅栏施加的作用力。从中可以看出, 随着水流的增强, 这种作用力出现指数级增长。

的栅栏类型和长度、合适的栅栏配置以及作业船及其他资源的供应情况。此外, 在适当的情况下应考虑安装固定的栅栏锚定点, 并在应变计划中记下它们的位置。对于油码头及类似设施, 可以预测泄漏源以及最有可能的泄漏规模, 因而规划所起到的作用尤为重大。应定期进行栅栏部署练习, 以便应对人员充分熟悉操作规程。

拖拽的栅栏

油类的大面积快速扩散会给海上围堵和回收作业的成功带来严峻挑战。为了防止扩散并围堵油类以便最大限度地提高撇浮装置遇到油类的几率, 可以使用两艘船来拖拽采用 U、V 或 J 型配置的长栅栏 (图 8)。例如, 通过拖拽 300 米长的栅栏可以扫清宽 100 米的一带海域。合适的回收设备以及充足的船上存放空间对作业的总体成功而言至关重要。撇浮装置可以从其中一艘拖拽船进行部署, 也可以从栅栏后面的第三艘船进行部署 (图 9)。现在很少会部署在栅栏面中纳入了撇浮装置的综合型围堵和回收系统, 因为它们能够回收的油类范围十分有限, 并且它们也十分复杂。另有一篇论文更加详细地介绍了如何使用撇浮装置。

油类可能更容易从栅栏各个组成分段之间的不灵活连接点下方逃逸。因此, 为了最大限度地减少油类逃逸, 在拖拽采用 U、V 或 J 型配置的分段式栅栏时, 务必要确保在栅栏顶点处无连接装置。采用 U 型配置时, 使用奇数个栅栏分段可以减



▲ 图 8：为围堵某种重质原油而在两艘船之间以 U 形配置部署的充气式栅栏。回收这些油后，此项作业便圆满成功。

轻此问题。为避免猛拉或猛拽，不应将栅栏直接连到拖拽船上，而应使用足够长的拖绳将栅栏端点连到拖拽船上，拖拽 300 米长的栅栏时，使用长 50 米或更长的绳子通常是适宜的。

栅栏的表现最好通过观察来判断。从栅栏下方逃逸的油类呈现为从栅栏后面冒出来的油珠或油滴状。即使是表现良好的栅栏，也可能存在油膜。栅栏后面若形成漩涡，则表明栅栏的拖拽速度过快。

为了让栅栏有最好的表现，船只应既能保持所拖拽栅栏的正确配置，又能在水中行进时保持非常低的理想速度，即低于逃逸速度。这意味着，两艘拖拽船中的每一艘都需要具有以可满足油类保



▲ 图 10：单船回收系统，采用从油类回收艇部署的较短帘式栅栏。图为正在回收严重乳化的原油。



▲ 图 9：两艘拖拽船以 V 形配置使用的帘式栅栏，在顶点位置另有一艘浮油回收船。

留需要的最大速度拖拽栅栏所需的总动力的至少一半动力，并且应能够在低速时有充分的机动性。指导标准是，舷内引擎的每一额定马力对应于提供 20 kg 拉力的能力。双推进装置、船头和船尾推进器以及变距螺旋桨将会发挥非常大的作用。此外，配有绞车、起重装置或栅栏绕线轮的开阔、低矮船尾甲板工作区在操作体积庞大且沉重的栅栏时是必不可少的。不过，经验表明，由于此类船只上的甲板暴露在外，因此在波涛汹涌的海上条件下，这可能会使船员面临危险。

船上的理想拖拽点需要通过试验确定，并且可能需要根据航线和风向进行更改。例如，从船尾进行拖拽的单螺旋桨船在机动方面会有困难，因而从船体前端进行拖拽更为可取。两艘拖拽船之间



▲ 图 11：虽然栅栏足够灵活，可以随波浪的运动而起伏，但在它与船体连接处的水域，它已升到水面之上，因而有可能会使油类从顶点位置逃逸。



▲ 图 12: 充气式栅栏锚定在一艘已部分沉没的失事船周围, 以便围堵可能泄漏的任何船用燃油。



▲ 图 13: 帘式栅栏部署在发电站的冷却水入口前方。

必须保持良好沟通, 以便两艘船均以同一速度和受控且协调有序的方式行进。也可以使用配有空海通信系统的飞机来协调船的行进和活动, 指引它们驶向油类最厚的区域。

单艘船可以发挥油类围堵、回收、隔离和存放等多项作用。可以使用与舷外支架相连的灵活栅栏(图 10)来围堵和帮助回收油类, 也可以使用坚硬的扫臂进行。对于所有基于船的围堵和回收系统, 油类都可能从牢牢连到船上的栅栏内涨出来(图 11)。单船方法较为复杂的多船方法更为灵活, 但遇油宽度或扫过的海域幅度较为有限, 这与船的宽度类似。如果扫过的海域幅度过宽, 所布置的栅栏可能十分难以处理, 并且在恶劣的天气下很容易损坏。当浮油已被风吹成狭窄的排状时, 在扫过的海域幅度方面存在的这种限制可能就不太重要了。

在栅栏表现方面存在的限制, 再加上在撇浮装置使用方面存在的其他限制, 意味着海上的围堵和回收作业在大多数情况下都只能取得部分成功。

锚定的栅栏

在极少数情况下, 将栅栏锚定下来以围堵接近某一来源(例如漏油船)的所泄漏油类可能是适宜的(图 12)。不过, 水域可能过于暴露、水流可能过急, 从而使所锚定的栅栏无法有效发挥作用; 而且, 在较深水域锚定栅栏可能也很困难。此外, 将栅栏部署在接近泄漏源的位置可能会产生火灾隐患, 并且可能会干扰试图阻止油类流动或救助漏油船只的工作。甚至是在风平浪静的条件下, 刹那间大量泄漏的油类也可能会轻易将栅栏淹没, 从而使其无法发挥作用。对于轻质油类尤为如此, 这种油通常会自然消散, 在不进行拦挡的情况下会更有效地消散。

更常见的情况是, 在接近海岸的位置部署栅栏以便保护敏感区域, 如河口、沼泽、红树林、市容地带和进水口(图 13)。实际上, 对所有此类场所都予以保护可能是无法做到的。因此, 应仔细规划, 首先确定可以有效拦挡的那些区域, 然后排定这些区域的优先次序。

在确定可能适合使用栅栏的场所(包括入口点)方面, 空中勘察可能极为有用。在选择部署位置和部署方法时, 可能有必要在相矛盾的要求之间进行折衷。例如, 尽管可能希望保护整条河流, 但河口可能过宽或者水流可能过急, 从而无法做到这一点, 尤其是在有相当大的潮汐效应时更是如此。或许由于从河或河口出来的水流十分强劲, 因而已无需部署栅栏来防止油类从海中流入河内。

在必要的情况下, 考虑到需能够进入河内才能部署栅栏和清除收集的油类, 可能必须在更上游的位置寻找更为合适的位置。如果油类的清除速度达不到其到达近海位置的速度, 它将会积聚并向河的中心移动, 而河中心更强劲的水流可能会将油类卷到栅栏下面。

使用栅栏引导油类流向可以回收它的相对平静水域(图 14)常常比尝试围堵它更为妥当。如表 2 中所示, 甚至在流速为 1.5 ms^{-1} (3 海里/小时)的水流中引导浮油也是可行的, 在这种水流中, 按与水流流向呈直角的方位部署栅栏将无法围堵任何油类。按照这一原理, 可以通过按与河流流向呈斜角的方位部署栅栏来保护河流。为了保持航道或者引导油类从河的一侧流向另一侧以便于回收, 考虑到潮汐流的逆向作用, 可以从河对岸交错部署栅栏的两个分段。



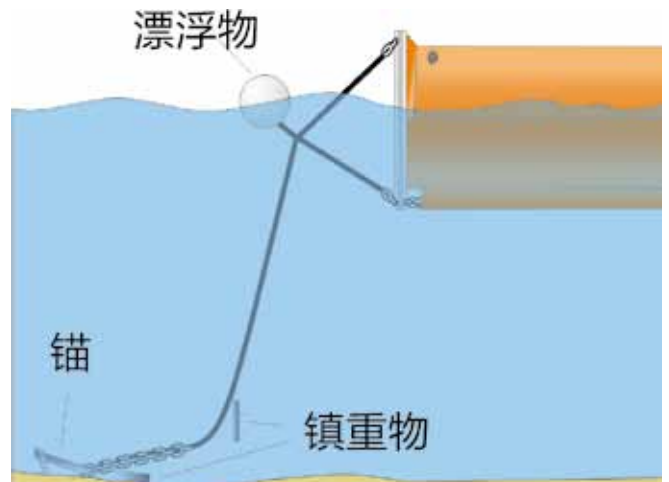
▲ 图 14：栅栏起到堤坝的作用，引导油类流向海岸以便回收（© 挪威海岸管理局版权所有）。

正确锚定栅栏至关重要，因为栅栏的表现取决于适合盛行水流强度的偏转角度。为了保持此角度和防止在栅栏内形成将会困住油类的袋形区，可能需要密集的锚定点，但在紧急情况中，布置多处锚定可能不切实际。可以将第 6 页中用来确定作用力的公式与表 2 和表 3 结合使用，参照所得到的数据来确定为在已知强度的水流中系留住栅栏而需要的最小锚定规模和锚定点数目，同时将可能的最大风力影响考虑在内。丹福尔型锚或爪形锚在沙质或泥质水底十分有效（图 15），而渔具锚或钩形锚则在多岩石水底中效果更佳。如果有时间的话，可以浇注混凝土砌块以作为方便且可靠的锚定点，但它们在空气中的重量必须至少为预期负荷的三倍，才能抵消它们的海水中的浮力。在操作沉重的锚定物时，需要使用配有起重装置的作业船。

不管采用何种锚定，务必要选择适合预期水深、涨潮情况和潮汐涨落范围的锚绳长度（图 16）。如果锚绳过短，栅栏将无法在水中有效固定，波浪对锚绳产生的猛拽作用可能会使锚定物离开原

水流强度 (海里 / 小时)		最大角度 (度)
	(m/s)	
0.7	0.35	90
1.0	0.5	45
1.5	0.75	28
2.0	1.0	20
2.5	1.25	16
3.0	1.5	13

▲ 表 2：在不同水流强度条件下为使栅栏底端拉紧力能够防止油类逃逸而可以与水流方向所呈的最大部署角度。结果是以呈 90 度角时逃逸速度为 0.7 海里 / 小时 (0.35 m/s) 为依据计算出来的。



▲ 图 15：典型的栅栏锚定布局。可以沿栅栏以固定间隔使用这种系统。

位或损坏栅栏。反之，如果锚绳过长，将难以控制配置。在锚与锚绳间连接一定长度的重链可以大大改善锚的系留力，在栅栏与锚之间使用一个中间浮标将有助于防止栅栏端点浸入水中。同样，在锚绳上挂一个重物可以防止锚绳在松弛时浮到水面上来。

磁性锚定点使得栅栏可以直接连到船舷。滑动式锚定物在连接到预定点（如海港入口）的情况下使得栅栏可以在潮汐周期内纵向移动。

从海岸线部署栅栏时，常常可以利用海岸上的固定物体，如树木或岩石。在无特色的海岸线上，多个桩（图 17）或埋在低下的物体（如一根木头）可以作为绝佳的锚定点。靠水镇重且可紧贴在海滩或海岸上的栅栏最适合部署在这种环境中，因为它们的设计有助于在潮汐周期期间进行围堵。不过，在装载镇重物前应仔细定位这些栅栏，因为它们在装填后在陆地上就很难靠人力搬动（图 18）。此类栅栏常常与帘式栅栏一起使用。

上述考虑事项的结果可以汇总成一个专门针对特定现场的栅栏部署计划，该计划确定了锚定点、油类回收点、进场路线以及适合特定位置的栅栏长度和类型。在将这种计划纳入到当地应变计划

锚重 (公斤)	系留力度（以公斤表示的力）		
	泥质	沙质	粘土质
15	200	250	300
25	350	400	500
35	600	700	700

▲ 表 3：丹福尔型锚在松散的泥土、沙子或砾石以及粘土中的系留力度。



▲ 图 16: 使用长度不足的锚绳导致栅栏在低潮时悬空, 从而使油类能够从其下方流走。在整个潮汐周期内, 需要定期调整锚绳以使栅栏保持在有效的位置。在这种情况下使用滑动式锚定物将更为有效。

中之前, 应在各种潮汐条件下对它们进行实际验证试验, 以便可以确信这种部署安排能够取得预期效果。

随着风、水流和潮汐的变化, 栅栏的配置也会发生变化。有必要频繁地检查和重新调整锚定物, 并迅速清除围堵起来的油类和残片, 否则栅栏的表现和优势将大打折扣。在气温日间高、夜间凉的条件, 务必要给充气式栅栏留出膨胀和收缩的余地。为此, 可能需要在日间放出一些空气, 在夜间再充注一些空气。栅栏容易被经过的船只破坏, 尤其在夜间更是如此; 因此采取一些预防措施 (例如通知相关船员和用警示灯给栅栏标上记号) 可能有助于防止此类破坏。颜色鲜艳的栅栏



▲ 图 18: 在河口部署的可紧贴海岸线的栅栏。下部的充水式镇重腔室可使栅栏在低潮时紧贴在海岸上。在这种情况下, 可紧贴在海岸线上的栅栏的各个分段与充气型帘式栅栏的各个分段连在一起。



▲ 图 17: 在没有树木或其他天然下锚点的海岸线上用来系留栅栏的锚定桩。

在日间更为醒目, 在夜间也更容易在灯光的照耀下被辨认出来。

除了使用栅栏拦截或引导油类外, 还可以在油类已自然聚集的有遮挡区域使用它们来防止油类在条件发生变化时移动 (图 19)。这不仅最大限度地减轻了污染程度, 还有助于以受控方式清除困住的油类。栅栏还可以通过围堵从海滩和岩石上冲洗掉 (例如通过冲刷作业或高压冲洗作业) 的油类, 帮助清理海岸线。通过在栅栏内抽吸, 可以将油类集中起来, 使它们移向回收设备。在某些情况下, 可以使用简单的一次性吸油栅栏来收集稀薄的油膜, 但应严格控制对它们的使用。另有一篇论文阐述了对吸油材料的使用。



▲ 图 19: 充气式栅栏的一个分段将半固态油类堵在海岸线上, 以便于回收。



▲ 图 20：就地取材用渔网和稻草制成的栅栏。虽然这种栅栏的使用寿命预计不能维持一个潮汐周期以上，但可以使用它来减少漂来的浮油对海岸线造成的污染。

替代系统

在水流相对较缓、漂浮的栅栏会妨碍船只往来的海港，已永久性地安装了气泡障碍物来对它们进行保护。将空气泵送到位于海底的多孔管中时，便会产生浮起的气泡帘。这些气泡会在水面上产生一股对流，这股对流可以对抗速度高达 0.35 ms^{-1} (0.7 海里/小时) 的水流，从而将油类留住。不过，这种系统仅在风平浪静的条件下对稀薄的油层有效，因为即使是轻微的风也可以导致油类逃逸。即使是这种简单的系统也需要大量的压缩机来提供足量的空气。定期检查这种系统对于确保多孔管中的气孔不被泥沙或海洋生物堵塞至关重要。



▲ 图 21：用贝壳堆成、用桩和网固定的障碍物。

没有专用设备时，可以使用就地取材临时制成的系统来围堵或回收油类。可以用木材、油桶、充气的消防水龙带、橡胶轮胎或填塞了稻草的渔网(图 20)来制作替代性的锚式栅栏。在浅水域，可以将桩打入水底，用以支撑用麻袋布、芦苇杆、竹子或其他此类材料制成的围屏或网子(图 21)。在这些情况下，栅栏或障碍物也可用作吸附剂来帮助回收油类。

在较长的沙滩上，可以用推土机在浅水域堆砌沙坝，以拦截沿海岸线移动的油类或防止油类进入狭窄的河口或泻湖。不过，应谨慎采取此类措施，因为它们需要相当大的工作量，可能会被水流或接二连三的潮汐很快冲走，并且可能还会损害沙滩的结构或生态。

要点

- 确定保护优先次序，以便让可供使用的栅栏最大限度地发挥功用。
- 判断所选区域是否可以用拖拽或锚定的栅栏加以保护。
- 尽可能多地获得有关水流、潮汐和风的信息。
- 计算栅栏可能承受的作用力。
- 评估可供选用的栅栏设计，选择最适合预期使用条件的设计。
- 考虑部署的可靠性、方便性和速度，以及如何布局才适于存放、维护和维修。
- 选择合适的拖拽船，并考虑安排必要的后勤工作来支持海上作业。
- 确定可以成功部署栅栏的位置，制定并验证栅栏部署计划以便将其纳入到国家及当地的应变计划中。
- 对工作人员进行全面培训并通过实际练习来保持他们的技能水平。
- 认清栅栏在围堵油类方面存在的限制，并认识到需根据需要就地取材制作栅栏。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的栅栏应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本传单中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999

电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950

网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



使用消散剂 处理油类泄漏

技术资料论文

4



导言

施用消散剂的主要目的是将油类漂浮层分解成无数小油滴，这些油滴将很快稀释到水体中，随后被天然微生物所降解。如使用得当，消散剂将是有效的油类泄漏应对措施，可以最大限度地降低或防止对重要敏感资源的损害。

与采取其他应对方法时一样，消散剂的使用必须经过慎重考虑，将油类的特征、海洋及天气条件、环境敏感性以及有关消散剂使用的国家法规都考虑在内。在某些情况下，通过使用消散剂可以带来重大的环境和经济益处，尤其是在其他海上应对方法受天气条件或资源供应限制时，更是如此。

本篇论文概述了如何对浮油使用消散剂以及具体的使用限制，使用消散剂是漏油源为船只的海上油类泄漏事件的诸多可选应对方案中的一种。

消散原理和消散剂的成分

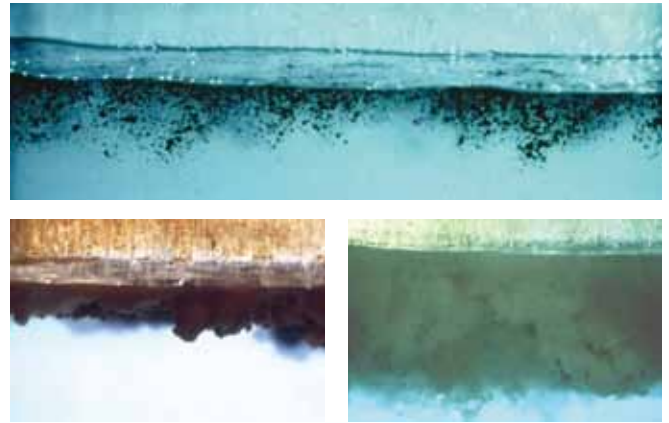
油类泄漏到海面上后，所产生的漂浮层中的部分油类可能会自然消散到水体中。这种消散发生的程度取决于所泄漏油类的类型以及海洋的混合能。粘度较低油类与粘度较高的油类相比，更容易出现自然消散。一般而言，原油在消散程度上要高于燃油。

当波浪和风提供的混合能足以克服油/水交界处的表面张力并将油类漂浮层分解成大小可变的油滴时，就会发生自然消散（图 1a）。较大的油滴会很快重新浮上水面，并通过融合重新形成油类漂浮层。较小的油滴会因为波浪运动和湍流而在水体中保持悬浮状态，并将被水下的水流进一步稀释。

自然消散过程发生在有碎浪且风速超过 5 m/s（10 海里/小时）的适度平静海面上。例如，1993 年 BRAER 号油轮在英国设得兰群岛搁浅期间的强烈风暴条件，导致 85,000 吨 Gulfaks 原油（一种粘度非常低的油类）货物中的绝大多数原油都自然消散，因而对海岸线产生的影响十分轻微。

消散剂旨在通过减小油/水交界处的表面张力来加剧自然消散，从而使波浪运动更容易产生更多小油滴（图 1b 和图 1c）。消散剂是混在溶剂中的表面活性剂。溶剂起两个作用：一是起到“稀释剂”的作用，用来降低表面活性剂粘度，以便可以进行喷洒；二是促进表面活性剂渗透到油类漂浮层中。

每个表面活性剂分子都包含一个亲油部分（吸附到油类）和一个亲水部分（吸附到水）。消散剂喷洒到油类上后，溶剂会穿过油类将表面活

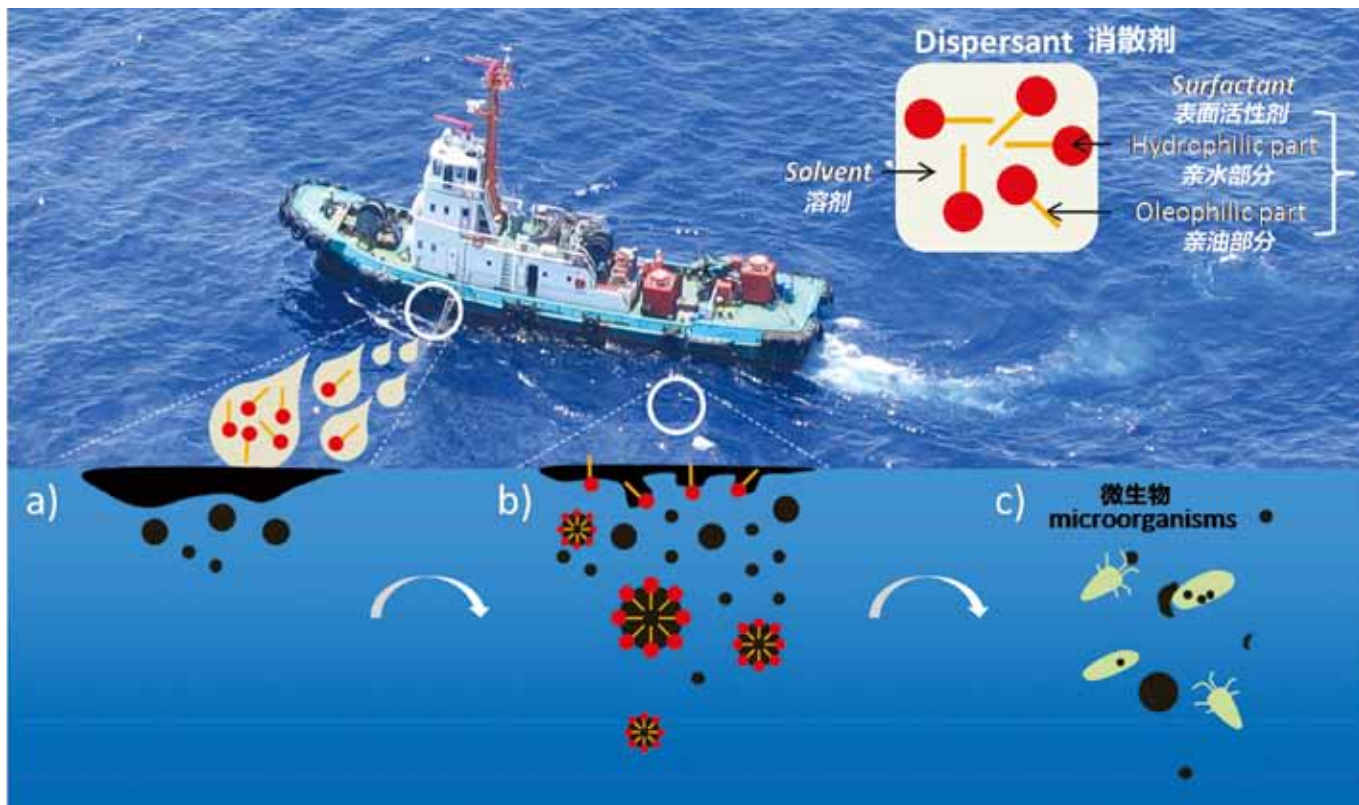


▲ 图 1：实验室条件下的成功消散。a) 未对油类施用消散剂时的情况（自然消散）；b) 对油类施用消散剂时的情况；c) 对油类施用消散剂几秒钟后的情况，表明出现了快速稀释。（图片由 Delft 水力学研究所惠供）。

剂运送和分散到油/水交界处，在油/水交界处，分子将重新排列，使得亲油部分进入油中、亲水部分进入水中。这会降低油/水交界处的表面张力，这种降低张力的作用与波能一起会导致油滴脱离油类漂浮层。因足够小而可以在水体中保持悬浮状态的油滴会产生典型的咖啡色股流，我们可以看到这种股流在水面下方扩散（图 1c）。

为了能够有效地消散，油滴大小必须介于 $1\mu\text{m}^*$ 与 $70\mu\text{m}$ 之间，小于 $45\mu\text{m}$ 的大小最为稳定。介于此大小范围内的油滴向海面上升的速度会被海中的湍流冲抵掉，因而它们将保持悬浮状态；油类和消散剂的混合物在水体最上层的几米水域内会快速稀释。由于油滴表面存在表面活性剂分子，并且随着油滴的稀释和分离它们相遇的概率将会降低，因而可以最大限度地降低它们再度融合并再度形成海面漂浮层的可能性。

* μm = 微米 = 10^{-6} 米。 $1\mu\text{m}$ = 0.001 毫米



▲ 图 2: 化学消散过程: a) 包含表面活性剂和溶剂的消散剂喷洒到油类上, 溶剂携带表面活性剂进入油类; b) 表面活性剂分子移往油/水交界处并减小表面张力, 从而使小油滴得以脱离漂浮层; c) 油滴在湍流的搅拌下发生消散, 并最终被细菌和真菌等自然微生物降解. 前面所述的最后一阶段可能需要数天或数周才能完成。

各种海洋微生物进行的生物降解只能发生在油滴表面, 因为这些生物存在于水中而非油中。产生众多较小的油滴后, 就会增大油类的表面面积, 因而也会增加可用来进行生物降解的面积。例如, 一个直径为 1mm 的油滴消散成 10,000 个直径全部为 45 μ m 的油滴后, 将会产生比原油滴表面面积大 20 倍的表面面积。实际上, 消散的油滴并非全都大小相同, 而是分散成多数较小的油滴和少数较大的油滴, 从而大大增加了发生生物降解的机会。

消散剂的分类

消散剂根据世代和类型进行分类。第一代产品在二十世纪 60 年代推出, 与工业清洁剂和脱脂剂相似, 水生毒性高。目前在油类泄漏应对措施中已不再使用它们。

第二代消散剂也称作 I 类消散剂, 是专为通过从船上喷洒来处理海上的油类泄漏而设计的。它们包含芳烃含量很低或为零的烃溶剂, 以及通常占 15% 至 25% 的表面活性剂。这类消散剂在施用时不能稀释 (不掺水), 因为预先用海水稀释会导致它们不起作用。它们还需要以介于 1:1 和 1:3 (消散剂与油类之比) 之间的高剂量率使用。虽然这类消散剂在毒性上比第一代消散剂低, 但它们的效果要差一些, 并且在毒性上可能要比第三代消散剂高。在很多国家/地区, 已不再使用 I 类消散剂。

第三代消散剂包含混在乙二醇和轻石油馏分溶剂中的两种或三种表面活性剂。最常用的表面活性剂是非离子型表面活性剂 (脂肪酸酯和乙氧基脂肪酸酯) 以及阴离子型表面活性剂 (烷基磺基琥珀酸酯钠)。溶剂中表面活性剂的浓度介于 25% 与 65% 之间, 往往比 I 类产品的浓度高。

第三代消散剂可以划分为 II 类消散剂和 III 类消散剂。这两类消散剂都属于浓缩消散剂。不过, II 类消散剂在使用前一般会用海水加以稀释, 通常稀释到 10% 的浓度, 但需要以介于 2:1 和 1:5 (消散剂/水混合液与油类之比) 之间的高剂量使用才能发挥效力。这种稀释要求将它们的使用方式限制为只能从船上施用。III 类消散剂在使用时不掺水, 研制这种消散剂的目的主要是为了能够从飞机上高效地施用, 不过它们也可以从船上使用。剂量率的范围为 1:5 至 1:50 (不掺水的消散剂与油类之比), 理想的实际比率通过在事件发生期间进行试验来确定。第三代的 III 类消散剂目前是最常供应的消散剂。

消散剂的限制

消散剂的效果受某些物理和化学参数限制, 其中最重要的是海洋条件和油类属性。认识到这些限制对找出适合使用消散剂的情况而言十分重要。

海洋条件

要在海上成功使用消散剂，波能需要达到最低量。低于此最低量时，消散的油滴可能会重新浮上海面并重新形成漂浮层。此外，在恶劣的海洋条件下，油类可能会被碎浪淹没，从而使消散剂无法与油类直接接触，因而消散剂的效果将会降低。现场试验的结果表明，风速介于 4–12 m/s (8–25 海里 / 小时，蒲福 3–6 级) 时效果最佳。

消散剂主要是为在盐度为千分之三十到三十五 (30-35 ppt) 左右的海水中使用而生产的。在盐度低于 5–10 ppt 的淡盐水中，效果将快速减小，尤其是在施用预稀释的消散剂时更是如此。同样，当盐度高于 35 ppt 时效力也会受到影响。在淡水中其功效会显著降低，因为表面活性剂往往会穿过油层移往水体中，而不是在油 / 水交界处稳定下来。不过，有些消散剂为了在淡水中使用，经过了专门配制。在有界淡水系统(如河流和湖泊)中，还需考虑其他一些因素，例如水是否足够深或者水交换是否充分以使消散的油类能得到充分稀释。

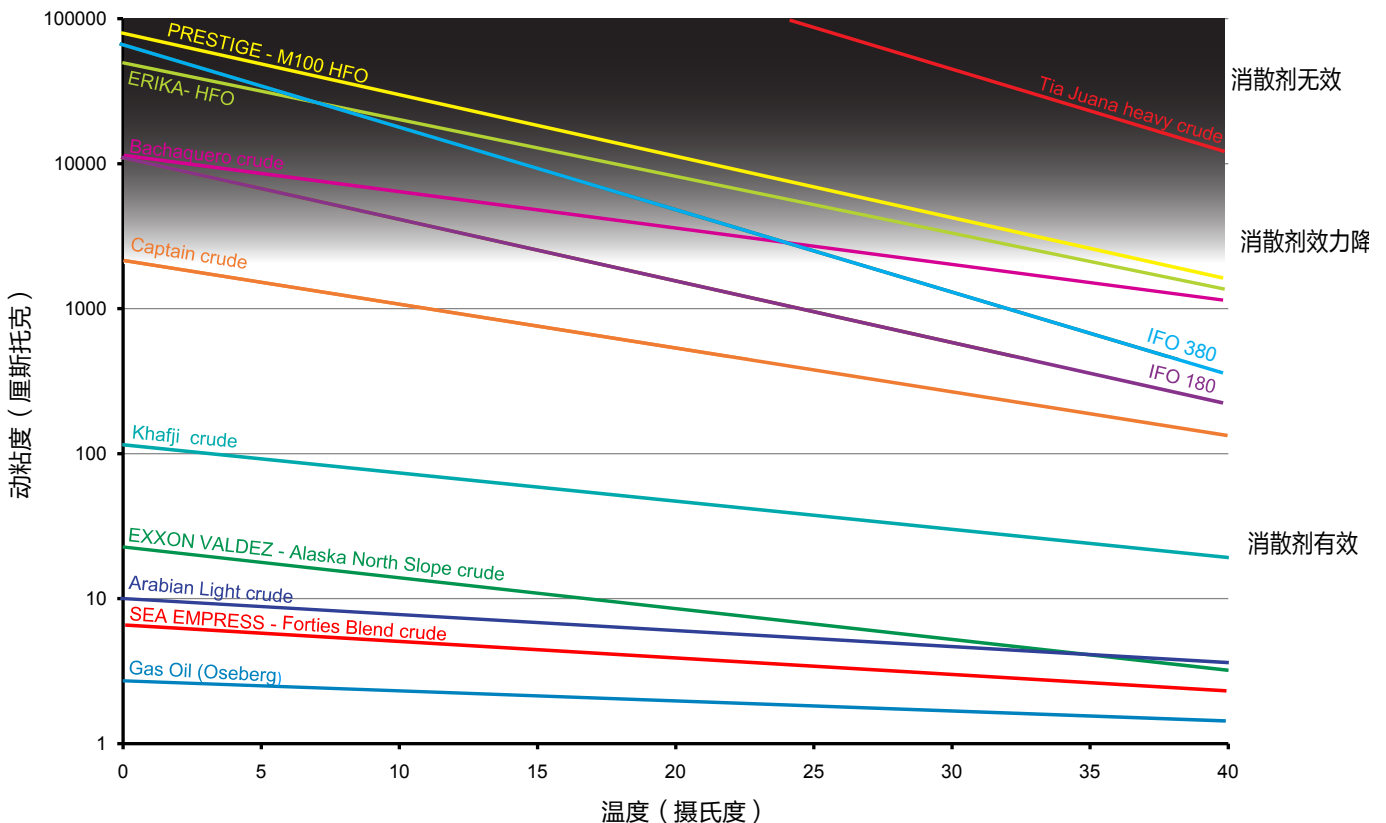
油类属性

油类的特征以及这些属性因海上风化作用而发生变化的方式在评估使用消散剂是否有可能成功时十分重要。油类的粘度和倾点是可以很好地指示油类可能多么容易消散的两个属性。

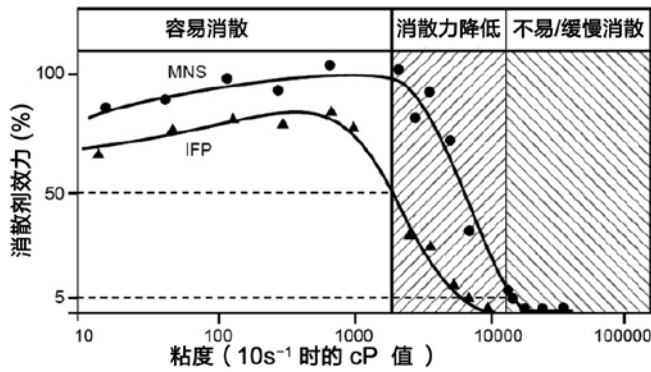
随着油类粘度的增加，消散剂的效果会减小(图 3 和图 4)。一般认为，新鲜的轻质到中质原油(另一篇关于“海洋泄漏油类的最终归属”的国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 论文中所述的第 2 组或第 3 组油类)在大部分海洋温度下都可以很容易地消散。较重的油类(第 4 组油类)可能会达到消散上限。一般的指导原则是，大多数消散剂对泄漏时粘度超过 5,000–10,000 厘沱 (cSt) 的油类都不太可能有效。所泄漏油类的粘度会因为风化作用(主要是蒸发和乳化)而增加。因此，在新鲜时可能可以消散的油类之后可能无法消散。油类属性因风化作用而随时间发生的变化意味着成功施用消散剂的机会十分有限。可以实施消散剂的时间或“机会之窗”通常为几个小时到几天，具体取决于所涉及的油类的类型以及环境条件。

同样，倾点高于环境温度的油类通常是在加热状态下运输的，因此如果发生泄漏，则它们的粘度将随着它们的冷却而快速增加，常常会变成半固态。一般规则是，倾点接近于或高于海面温度的油类将无法消散。

高粘度油类(包括高倾点油类)既不容易自然消散，在施用消散剂后也不容易消散，因为这种油类的机械阻力将使漂浮层下方的小油滴无法脱离漂浮层。此外，消散剂对这种油类通常无效，因为它们还未来得及渗透到油类中便已被冲掉并流失在



▲ 图 3: 10 种油的油类粘度与海洋温度之间的关系。该图未考虑因乳化作用而发生的粘度增加。高粘度油类, 包括 ERIKA 号(法国, 1999 年)和 PRESTIGE 号(西班牙, 2002 年)油轮泄漏的燃油, 通常是无法消散的。很多原油, 包括 SEA EMPRESS 号(威尔士, 1996 年)和 EXXON VALDEZ 号(美国阿拉斯加, 1989 年)油轮泄漏的原油, 通常都是可以消散的。较轻的油品(如汽油)通常无需使用消散剂便很容易消散(和蒸发)。



▲ 图 4：各种油类和乳状液的消散剂效果与油类粘度之间的关系。粘度介于 5,000–10,000 厘泊的油类较难以消散，粘度高于 10,000cP 的油类通常无法消散。图中的两条趋势线是分别使用以下两种不同测试协议得出的：加拿大国家标准乳化 (MNS) 测试协议和法国石油研究院 (IFP) 测试协议。（厘泊 = 厘沲 × 密度）（图片由 SINTEF 惠供）。

下方的水中，这种情况所表现出来的特征是：产生白色的股流(图 5)，与成功消散时的情况(图 6)形成鲜明的对比。消散剂的配方在不断演变，以期扩大适用的粘度范围并改善对高粘度油类的效果。例如，目前正在研制消散剂凝胶，以延长与油类的接触时间，从而促进溶剂的渗透。

有些油类特别容易形成水混油乳状液，尤其是沥青质含量相对较高 (>0.5%) 以及镍 / 钒综合浓度超过百万分之十五 (15 ppm) 的油类更是如此。不过，如果乳状液不稳定，浓缩的消散剂可能能够将其分解，从而将其中的水分释放出来，并使得所产生的相对液态的油类能够通过二次施用消散剂得以消散。如果乳状液已成功分解，则应该会观察到成片的反光纯油。

诸如柴油、汽油和煤油等轻质油品不容易形成乳状液，而是通过扩散在水面上形成非常薄的油膜，这种油膜无需使用消散剂即可快速蒸发或消散。



▲ 图 5：用消散剂处理重型燃油时不起作用，这种情况下所表现出来的特征是在水中形成一个白色的股流。油类依然不受影响。

尽管如此，还是不建议对轻质油品或对原油或燃油所产生的油膜使用消散剂，因为消散剂液滴往往会“击”穿这种薄膜进入下面的水中，并导致油类“成群移动”。水中的消散剂会导致油膜立即拉开，形成一片清水区，不应误以为这种情况就是消散(图 7)。经证明，为用于矿物油而配制的消散剂对非矿物油（例如棕榈油或菜籽油）使用时效果甚微或者全无效果。

消散剂的选择

各种消散剂是依据不同的配方制成的，它们的效果因油类型而异。可以通过开展实验室测试来对各种消散剂对特定油类的效果进行排名，有些国家 / 地区要求油类生产设施和油码头（所生产和搬运的油类的类型是已知的）的操作员展开研究来确定对所涉及的油类最有效的消散剂。不过，通过根据这些研究的结果进行推断来预测海上将消散的油量时，建议要慎重，因为在实验室环境中难以准确复现海上的条件。在进行计划时，常常使用 III 类浓缩消散剂与油类之比为 1:20 的剂量，喷洒设备也常常预配置为产生这种效果。有时，可能会因为要消散的是新鲜油类而减少这种剂量，因为要消散的是粘性或乳化的油类而增加这种剂量，在后一种情况中，可能需要进行多次施用。

与其他应对方法的冲突

在大型事件中，有必要对所有应对措施进行协调以确保消散剂的使用不会与其他应对方法重复或冲突。例如，消散到水体中的油类无法通过栅栏围堵，也无法通过撇浮装置加以回收。此外，油类会因其相对表面张力而附着在很多吸油材料（例如聚丙烯）上。由于消散剂会改变油类的表面张力，因此吸油材料的效果可能会因为使用消散剂而严重减小。亲油性撇浮装置在与消散剂一起使用时同样会受到影响。



▲ 图 6：在 SEA EMPRESS 号油轮泄漏期间对 Forties（福尔蒂斯）原油施用消散剂后原油开始消散。（图片由 AEA Technology 惠供）。



▲ 图 7：从安装在船上的喷洒臂对油膜施用消散剂，从而导致油类成群移动，而非消散。



▲ 图 8：使用拖船上的消防炮施用消散剂，该图显示消散剂的扩散不均匀，并受风力影响。

施用方法

消散剂可以从船上或飞机上施用于开阔水域上泄漏的油类。大型多引擎飞机具有载荷优势，适合针对大规模的离岸泄漏施用消散剂；但在与船协同作业时，直升机和轻型飞机可能适合处理规模较小的近岸泄漏。

喷洒系统须能够产生大小正确的消散剂液滴，这一点十分重要。液滴需足够大以克服风力产生的偏移和蒸发产生的流失，但也不能太大，以免它们击穿油类而不是移往油/水交界处。最优的消散剂液滴大小是直径介于 600 μm 与 800 μm 之间。

喷洒到水或油膜上的消散剂将不会发挥其功效，是对成本高昂的资源浪费。因此，应抢先快速定位油类漂浮层中最厚的部分，以免油类的风化作用或海洋条件的变化导致消散剂不起作用。



▲ 图 9：一架农用飞机正在从机翼下的喷杆向从一个海上平台泄漏的原油喷洒消散剂。（图片由 Mark Hamilton Photography 惠供）。

从船上喷洒

从船上喷洒的消散剂通常通过安装在喷洒臂上的一组喷嘴加以施用（图 7）。柴油泵或电动泵会将消散剂从储放罐传送到装有一组喷嘴的喷洒臂，这组喷嘴已经过校准，可沿整条臂产生喷洒图案均匀的液滴。喷洒装置可以是便携式的，也可以是永久安装在船上的，并且配有用来输送未经稀释的消散剂或用海水稀释过的消散剂的系统。

喷洒臂如果安装在船上尽可能靠前的位置，则可以避免船首波将油类推送到喷洒图案的宽度（也称喷洒带宽）之外，因而可以更有效地作业。将喷洒臂装在船头可以使船更快地行进，并且由于船头的干舷常常更大，因此也使得喷洒臂变得更长。这可以优化遇油率，即可以优化在消散剂载荷有限的情况下可以处理的油量。不过，如果喷洒臂过长，那么当船驶入上涨的潮水中时喷洒臂便有损坏的风险。



▲ 图 10：从一架多引擎飞机施用消散剂。在该图所示的情况下，认为在浅水域施用消散剂是有益的。



▲ 图 11：一架在机翼下方带有喷洒系统的直升机正在接近刚刚发生燃油泄漏的现场。为了有效果，有必要从较低的高度进行施用。（图片由印度海岸警卫队惠供）。

有时会使用消防水龙带或消防炮（图 8）来施用水流中稀释的浓缩消散剂。不过，由于流速非常高，因此难以使消散剂得到最佳稀释；此外，也难以通过均匀喷洒液滴的方式施用消散剂。喷射出的水流产生的高压也可能使消散剂穿透油类。因此，消防炮可能会导致消散剂遭到浪费和无效施用，除非专门为此进行了改装。

船只在消散剂喷洒方面存在优势，因为它们通常可随时使用、容易装载消散剂并且可以非常准确地对漂浮层的特定区域施用消散剂。与飞机相比它们还具有成本优势，并且可能可以装运更重的载荷。但是，它们还存在严重的限制，尤其是在处理规模较大的泄漏时更是如此；这是因为，它们的处理速度缓慢且难以从船桥上定位油类最集中的位置，不过后一个问题可以通过从观察飞机上对作业给予指导在一定程度上克服。

空中喷洒

从飞机上施用消散剂具有应对速度快、处理率高和消散剂得到最佳利用的优点。宽泛地说，使用以下三类别的固定翼飞机：为农业作业或虫害防治作业设计的飞机（图 9），这种飞机稍作改动即可用来施用消散剂；为施用消散剂而经过专门调整的飞机；以及配有模块化油箱的运输机（图 10）。有些直升机经过调整，带有固定喷洒臂；还有一些直升机则可以携带吊桶式喷洒系统，通常无需进行较大的改动（图 11）。直升机有可能可以从船上或海上石油平台再次装载消散剂来执行远海作业。

最合适既定事件的飞机将主要取决于泄漏规模和泄漏位置，但当地是否提供这种飞机是至关重要的因素。飞机应能够在低空（对于较大的飞机，高度通常为 15–30 米）和以相对较低的速度（25–75 m/s）安全作业，并且应具有很高的机动性。在选择合适的飞机时，油耗、载荷、泄漏位置与行动基地之间的距离、往返时间以及从很短或临时准备的跑道起落的能力全都是重要的考虑事项。

III 类消散剂最适合从空中进行喷洒，因为这种喷洒方式采用的低剂量（消散剂与油类之比通常为 1:20）可以让有限的载荷得到最佳利用。飞机喷洒系统包含一个泵，该泵以可控速度将消散剂从储放罐中抽送到安装在飞机上的喷洒臂中。消散剂通过压力喷嘴或从以固定间距沿喷洒臂安装的风力转动装置中释放出来，这些风力转动装置旨在产生大小最佳的消散剂液滴。这两种类型的释放装置在大多数轻型飞机和直升机上都可以使用，但较大型的飞机则使用压力喷嘴。

在海岸线上施用

从受影响的海岸线回收大量油类后，有时会使用消散剂作为清洗剂来从坚硬的表面（如岩石、海堤及其他人造建筑）清除剩余的油类。这些消散剂通常从用手操作的背负式系统进行施用，操作人员使用这种系统有力地将它们刷到油类上，然后再用海水冲洗。消散的油类无法回收，因此，在海岸线上使用消散剂的提议获批后，通常仅限在没有太多环境顾虑但具有很高市容价值的区域使用。可能还会使用专为此任务配制的海岸线清洗剂。不过，这些产品的工作原理不同于消散剂，因为它们的宗旨是让泄漏的油类得到清理。船上常常会携带用来清洗轮机舱的脱脂剂，但大多数脱脂剂的毒性都比消散剂强，因此在海上不应将它们作为消散剂使用，也不应将它们用作海岸线清洗剂。

施用率

为计算合适的施用率，必须确定为实现有效消散而需要使用的消散剂与油类之比率。此比率的范围为 1:1（适合 I 类消散剂）到 1:50（适合 III 类消散剂），具体取决于施用方法、消散剂的类型、油类型以及盛行的条件。施用率可以分两步计算，具体如下：

1. 根据有关漂浮层平均厚度和面积的观察结果和假设，估算要处理的油类体积。
2. 计算为达到所需的剂量（消散剂与油类的比率）而需要的消散剂量

已经发现，尽管在漂浮层内油类厚度会有重大差异，但大多数新鲜原油都会在几小时内扩散，因此总体上平均厚度为 0.1mm (10⁻⁴m)。通常以此厚度为基础来制定作业计划，并且可以依据此厚度估算出一公顷 (10,000 平方米, 10⁴m²) 面积上的油类体积，估算公式为：

$$m \times 10^4 m^2 = 1m^3 \text{ 或 } 1,000 \text{ 升}$$

另有一篇关于从空中观察油类的 ITOPF 论文提供了有关如何估算油量的进一步建议。

剂量为 1:20 时，所需的消散剂量为：

$$\text{消散剂量} = 1000 \text{ 升油类} / 20 = 50 \text{ 升。}$$

因此，施用率为 50 升 / 公顷 (以英制单位表示时为 4.5 加仑 / 英亩)。释放速度可以按如下方式计算：用施用率 (升 / m²) 乘以飞机或船的速度 (m/s)，再乘以喷洒带宽 (m)。

例如，为了从以 45 m/s (90 海里 / 小时) 速度飞行的飞机上按 15 米带宽进行喷洒时达到 50 升 / 公顷 (0.005 升 / m²) 的施用率，所需的释放速度为：

$$\text{释放速度} = 0.005 \text{ 升} / m^2 \times 15 \text{ m} \times 45 \text{ m/s} = 3.37 \text{ 升} / s \text{ (大约相当于 } 200 \text{ 升} / \text{分钟)}。$$

因此，为了达到 1:20 的剂量率并使厚度为 0.1mm 的漂浮层得以消散，喷洒系统泵的释放速度需达到每分钟 200 升。可以进行同样的计算来确定从船上施用时需达到的释放速度。

鉴于漂浮层内油类厚度存在显著差异，因此在实践中是无法精确估算出最优剂量的。实用且最高效的解决方案是专门针对漂浮层最厚的部分进行喷洒。已经发现，正如上面所计算的那样，采用大约每公顷 50 升的施用率在很多情况下都是适宜的，但可能需要作出调整来针对不同类型的油以及可能进一步影响漂浮层厚度的环境条件进行补偿。可以通过更改泵的释放速度或船或飞机的速度来调整施用率。此外，在估算为处理漂浮层而需要的消散剂量时，应考虑到在油类最集中位置定位方面的准确性，留出一定的过度喷洒余量。

后勤和控制

消散剂的施用是一项专业作业，需要安排训练有素的操作员并进行全方位的准备，以确保所有后勤工作都已到位。为使作业达到最佳效果，最好使用观察飞机来指导和协调执行喷洒任务的船和飞机。观察飞机的机组人员应有能力识别油类较

为集中的位置或者会带来最大威胁的漂浮层。他们将需要与执行喷洒任务的飞机或船进行良好的沟通，以引导它们驶向目标；对于喷洒飞机，他们还需要帮助这些飞机确定应在哪些位置开始和停止喷洒，以最大限度地减少消散剂过度喷洒和浪费。在执行喷洒作业本身的过程中，观察飞机还可以用来判断施用准确性和处理效果。在指导可以快速施用大量消散剂的大型多引擎喷洒飞机时，这些功能尤为重要。在为有效施用消散剂而需要进行的低空飞行期间，机组人员将在区分油类、油膜与水方面遇到困难，尤其是在漂浮层破裂成片状的情况下更是如此。

为确保安全，在执行空中喷洒作业期间需实行禁飞区。可能有必要安排接替机组人员，因为在海上低空飞行要求极高。此外，还建议定期检查飞机，以确保消散剂不会污染润滑剂 (尤其是直升机尾桨中的润滑剂)，也不会腐蚀飞机飞行控制系统的任何外露橡胶部件。建议经常用淡水向下冲洗飞机，以清除消散剂和盐雾。

在地面上需要进行周密的组织，以便在白天可以执行最长时间的喷洒作业。这可能需要在夜间对飞机和喷洒设备进行例行维护。一次装载的消散剂量不太可能会满足处理漂浮层的需要 (尤其是在连续喷洒时更是如此)，因此需要有额外的消散剂供应源，并且这种供应源需位于方便的位置，以使因再次为船或飞机供应消散剂而导致的耽搁时间降到最小水平。同样，还应考虑燃油供应 (尤其是飞机的燃油供应)，以及向船或飞机加油时需要用到的设备 (如大容量泵和油罐车)。

如需长期存放消散剂，最好使用塑料桶、储放罐或规格为 1m³ 的中型散装容器 (IBC) (图 12)。储放的未启封消散剂只要不暴露在阳光直射下，应该可以保存很多年。不过，消散剂一旦启封后，就应定



▲ 图 12：使用规格为 1m³ 的中型散装容器 (IBC) 可以直接存放和搬运消散剂。(图片由 USCG 惠供)。

期检测其是否还有功效。生产商提供的建议包括，一年进行一次目检，同时检查产品的主要物理属性，如密度、粘度和燃点。如果这些物理参数发生重大改变或者其到期日期已过，则应在实验室中对这些消散剂执行有效性检测。不同类型、年限和品牌的消散剂不应混放在同一储放罐或存放容器中，因为这样可能会改变消散剂的粘度或导致有些成分发生沉淀或凝结。消散剂在用海水稀释后，不应再存放。对大部分消散剂而言， -15°C 到 30°C 的温度都是最佳的存放温度；生产商建议在存放期间最大限度地减少温度波动。在非常寒冷的气温条件下，有些消散剂可能会变得太粘稠而无法从喷嘴喷出。

监控消散剂的效果

应持续监控化学消散的效果，一旦消散剂不再有效果，应立即停止这种应对措施。以目视方法观察效果十分关键，但在恶劣的天气条件下、水中沉淀物含量很高时、消散颜色很淡的油类时以及在光线微弱的情况下，这种观察方法的效果可能会大打折扣。显而易见，在夜间进行喷洒和目视观察是不切实际的。

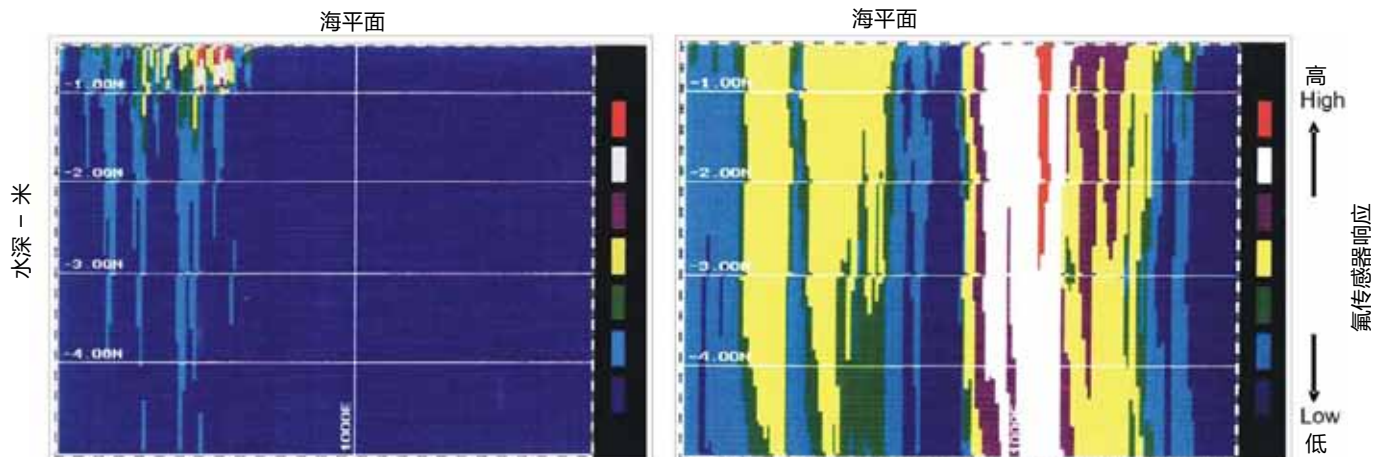
为了让消散剂的施用不致白费，需要在油类泄漏后很快进行消散，以降低油类漂浮到海岸线和敏感资源的危险。喷洒后不久，从空中就应该可以看到外观上的变化。如果油类外观无变化，油类覆盖面积未减小，或者消散剂从油类上流走，形成一种乳状的白色股流（图 5），这些都表明消散剂不起作用。同样，如果油类大面积扩散或者广泛破裂成片状，则施用消散剂可能无法从水面上清除足量的油类，从而无法显著减轻污染损害。

还可以使用紫外线荧光计（UVF）获得有关水体中消散的油类浓度的“实时”数据，从而根据这些数据监控效果。采样船拖拽着一个或多个荧光计（图 13），荧光计位于漂浮层下深一米以上



▲ 图 13：正在准备用来在海上测量消散剂效果的拖拽式荧光计。（图片由 USCG 惠供）。

的水中，用来测量油类浓度的变化。如果传感器检测到的油类浓度与在施用消散剂前测得的浓度相比有明显增加，则证明发生了消散（图 14）。不过，UVF 无法对消散到水体中的油量进行定量测定，因此应将它与目视观察法结合使用来判断是否可以做到有价值的应对。



▲ 图 14：消散剂施用前（左）和施用几分钟后（右）用荧光计测量水面漂浮层下 0.5 至 5 米深的水中的油类时所得到的结果。处理后油类会很快消散并稀释。（图片由 AEA Technology 惠供）。



▲ 图 15：使用消散剂可以快速从海面上清除油类，因而有助于保护脆弱的海鸟。



▲ 图 16：不提倡在珊瑚礁等敏感区域使用消散剂，除非在特殊情况下并慎重考虑了使用它会产生潜在环境后果。

环境考虑因素

消散剂的使用可能会引发争议，有时会在媒体和公共论坛上引起广泛争论。有人可能会认为使用它可以防止或减少海岸线污染，从而可以最大限度地减轻对敏感资源的影响，但有时也有人认为它在环境中增加了其他污染物。尽管消散剂配方已有所改进，但消散剂/油类混合物对海洋动植物的毒性常常是主要的环境顾虑。在某些国家/地区，消散剂发生生物降解的容易程度是需要考虑的事项，相关研究也正在开展。很多国家/地区的消散剂使用批准流程在设计上都同时考虑到效果和毒性。在一个国家/地区获得批准的产品在另一个国家/地区可能不会获批，如果有相关的国家批准产品清单，则在使用消散剂前应先查阅此清单。

在开阔的水域中施用消散剂后，通常仅会在较上层的水体（<10 米）中观察到油类浓度增加，但浓度很快就会因水体流动产生的稀释作用而降低。对原油的研究显示，在刚刚施用消散剂后，漂浮层下面一点的水体中的油类浓度预计在 30 至 50 ppm 的范围内，经过几小时后，在最上层的 10 米左右的水体中浓度会降至 1 到 10 ppm。因此，海洋生物与它们的接触是“急性的”而非“慢性的”，这种很有限的接触时间会降低发生长期不利影响的可能性。不过，不建议在浅水域喷洒消散剂，除非有充分的水交换可以确保消散的油类股流可以得到充分稀释。

对稀释可能性的估计十分有用，可以依据这种估计结果来决定是否应使用消散剂来保护某些资源，同时又不会冒对其他资源造成不应有的损害的风险。在估计峰值浓度及其持续时间时要考虑的相关因素包括：水深、单位面积上的油量、施用现场与敏感区域间的距离以及水流的方向和速度。

消散剂通过从水面上清除油类，可以最大限度地降低海鸟沾油（图 15）的风险以及对敏感海岸线（如盐沼、红树林和旅游海滩）的污染。不过，从水面上清除的油类会进入水体，因此必须权衡消散的油类造成损害的风险与从水面上清除它们的优点。对于很多自由游动的鱼类品种，由于它们能够发现并避免水体中的油类，因此这有助于减少它们与油类的潜在接触。不过，珊瑚（图 16）、海草和鱼类产卵区可能对消散的油类极为敏感，因此，如果可能会影响到这些资源，则不建议使用消散剂。同样，在养鱼网箱、贝类养殖区或其他浅水渔场附近也不提倡使用消散剂，因为这会增加污染所养殖鱼类的风险。在工业用水进水口附近不建议使用消散剂，因为这会增加油类进入进水口的风险。

关于是否使用消散剂的决定很少能够毫不含糊地作出，必须在不同可选应对方案（包括依靠自然过程）的优点和局限性、成本效益以及在保护不同资源免遭污染损害方面存在冲突的优先级之间达成一种平衡。在很多情况下，施用前都有必要在与国家有关部门磋商后对净环境和经济效益进行不偏不倚的评估。由于油类会发生风化并移往敏感资源，因此可用来使用消散剂的时间可能十分有限。为避免在泄漏发生后出现耽搁，需要在筹划有关泄漏应对工作的应变安排过程中就以下事项的决定达成一致：是否可以使用消散剂，如果可以使用，在哪些确切情况下可以使用。

应变计划

在应变计划过程中要考虑的因素包括：泄漏事件可能涉及到的油类型、消散剂对这些油类的效果、相应区域的敏感资源以及后勤支持。后勤主要与消散剂、喷洒设备、船、飞机、机场、加油设施

的位置和供应情况有关，还与海关对任何国际支持（在大型事件中可能需要）的放行有关。敏感性地图在指示何时及何处可以使用或不可使用消散剂方面尤为有用，因为它们可以指出季节对敏感性的影响。例如，在一年当中的某些时间将会存在候鸟，这种情况下就可以推翻关于在浅水域使用消散剂的限制，改为允许施用消散剂以降低鸟类遇到浮油的风险（图 17）。还需要考虑为保持有效的消散剂应对能力而需要的资金来源。上述讨论的结果应在应变计划中清楚地记录下来。

在很多国家 / 地区，国家法规要求消散剂的使用须经国家主管部门批准。对应对人员而言，了解消散剂使用政策十分重要，因为如果事先未经同意或不遵守国家法规使用消散剂，可能会出现冲突并且可能会招致罚款。有效国家 / 地区维护了经效果和毒性测试后批准使用的消散剂清单。主管部门也可能向油类处理机构或港口授予了预先批准，允许它们不经进一步咨询便使用消散剂，但前提是某些条件已得到满足。

培训和练习是消散剂使用计划过程中不可或缺的环节，事实上也是所有方面的泄漏应对工作中都不可或缺的环节。操作人员应接受有关消散剂施用和安全的全面培训。应定期开展调动资源和部署喷洒设备的实际练习。



▲ 图 17：在应变计划中常常使用敏感性地图来标示在何处及何时可以使用消散剂。在该示例中，禁止在红色区域使用消散剂，因为这里全年都在进行商业捕鱼；但预先批准了特定季节可以在鹅鹈岛上的鸟类聚居地周围（蓝色）使用消散剂来处理油类。在特殊情况下，可能会允许在大陆附近的浅水域使用消散剂，例如为了保护对搁浅的油类都非常敏感的红树林或沼泽。

要点

- 消散剂可以促进油类的自然分解，使其从水面上清除，以无数小油滴的形式进入到水体中，从而可以快速稀释并最终被生物降解。
- 大部分消散剂都无法使十分粘稠的油类和稳定的乳状液消散。
- 在油膜上喷洒消散剂是不起作用的，是不明智的资源使用做法。
- 对于海上泄漏的大多数原油及某些燃油而言，使用消散剂将会起作用的机会稍纵即逝，因而快速作出计划周密的应对至关重要。
- 虽然船适合处理离港口近的小规模油类泄漏，但对于规模较大的远海泄漏，使用大型的多引擎飞机可以作出可能更有效的应对。
- 在开阔的海域，观察结果表明，水体中消散的油类的浓度在几小时内会降至可能对海洋生物产生长期不利影响的浓度水平以下。
- 消散剂可以快速且有效地最大限度减小对水面上存在的动物（如海鸟）以及敏感海岸资源（如红树林）产生的污染损害。
- 在消散的油类股流可能会对敏感资源产生损害的地方（如珊瑚、贝类养殖区或工业用水进水口），应避免施用消散剂。
- 经过充分准备和练习的应变计划以及明确同意使用消散剂的政策可大大增加有效施用消散剂的可能性。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的栅栏应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999

电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950

网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



油类污染应对措施中 撇浮装置的使用

技术资料论文

5



导言

应对海洋油类泄漏时有多种可选方案。很多政府机构采取的主要方法都是以机械方式从海面上回收油类。为此，通常使用栅栏将泄漏的油类集中起来，从而可以使用撇浮装置有选择性地回收油类并将其泵送到储放容器中。存在很多不同类型的撇浮装置，这些撇浮装置在设计上进行了优化，适合不同的作业规模、油类型和环境条件。

本篇论文介绍了在油类泄漏期间最有可能遇到的情况中成功使用撇浮装置的基本要求，应将本篇论文与本系列中的其他国际油轮船东污染组织（ITOPF）论文结合起来阅读，尤其是关于栅栏使用、海岸线清理方法和油类处置的论文。

概述

任何回收作业的最终目的都是在合理且经济的前提下尽可能多地回收油类。成功的回收系统必须解决遇到大量油类时该如何处理的问题以及随后这些油类的污染、集中、回收、泵送和储放问题；这两个问题是相互关联的。整个作业的回收和泵送环节常常都通过撇浮装置来完成。所有撇浮装置的设计宗旨都是优先回收油类而非水，但具体的设计会因预期用途（例如，在海上使用、在有遮挡的水中使用或在岸上使用）而有显著差异。供在水中使用的撇浮装置包括某种形式的漂浮或支撑装置，而更为复杂的设计则可能是自力推进的，可能包括多个回收元件、整体式储放罐以及油/水分离设施（图 1）。

在选择撇浮装置时应考虑很多因素，其中最重要的就是所泄漏油类的粘度和粘着性（包括随时间的推移这些属性因“风化作用”而发生的任何变化），以及海面状况和残骸量。在相对可预测的情况下，例如在航海站和精炼厂等固定设施中，所处理的油类型可能是已知的，因而可以选择特定的撇浮装置。相反，例如在国家储备油类发生泄漏的过程中，使用处理各种情况和油类时可能需要的通用型撇浮装置可能更为可取。不过，没有一款撇浮装置可以应对因发生油类泄漏而可能遇到的每一种情况，因此可能需要挑选出多款撇浮装置，尤其是在油类发生风化的情况下更是如此（表 1）。

然后，应将预期用途和预计的工作条件确定下来，例如撇浮装置是应该作为安装在船上的海上回收系统的一个基本组成部分还是应该以人工方式部署到港口中或海岸线上。这些确定下来后，便可以评估其他标准，例如大小、耐用性、易操作性、搬运和维护等。

封面图片由 Ro-Clean Desmi/Danish Navy 惠供。



▲ 图 1：一台自力推进型导流坝撇浮装置，供在港口和近岸水域中使用。船首门已打开，以增大扫过的油带宽度并使浮油能够进入。回收到的油类会泵送到一个内部储放罐中。

油类回收机构与撇浮装置的设计

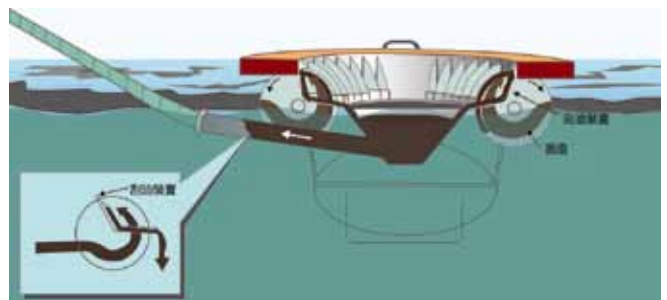
撇浮装置的回收元件可从海面上引导油类流动或撇刮油类，使其流入泵送系统的入口侧，以便传送到储放容器。用于从海面上清除油类的机构包括依靠油类附着于移动表面的力的亲油性系统、吸油系统、依靠重力作用的导流坝系统、以及使用机械勺、传送带或抓斗实际提起油类的系统。

亲油性撇浮装置

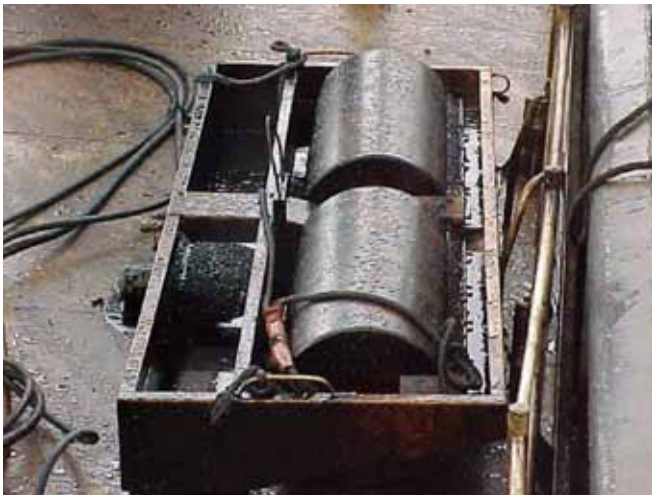
亲油性撇浮装置利用与油类有亲合力而与水没有亲合力的材料来发挥作用。油类会附着在这类材料的表面，这类材料常常呈圆盘状（图 2 和图 3）、筒状（图 4）、带状、刷子状（图 5）或绳式拖把状（图 6 和图 7），在转动时会将油类从水面上提起来。将这些油类与水分离后，便会将它们从亲油性材料上刮掉或挤出，从而使其掉入一个油槽中，在该油槽中它们将会被泵送到储放容器中。亲油

	撇浮装置	回收速度	油类	海面状况	残骸	辅助设备
亲油性	盘式	取决于圆盘的数量和大小。测试结果表明，槽面圆盘可能会非常有效。	处理中等粘度的油类时最为有效。	在波浪和水流平缓的条件下，可能极具选择性，附连水量极少。不过，在波涛汹涌的水域可能会被淹没。	可能会被残骸堵塞。	需要另配动力单元、液压和排放软管、泵以及合适的储放容器。
	绳式拖把	取决于绳索的数量和速度。一般而言吞吐量较低。	处理中等粘度的油类时最为有效，但在处理重质油类时可能也有效。	附连水极少或根本没有。可以在波涛汹涌的水域工作。	能够抵抗大量残骸、冰块及其他障碍物的干扰。	小型设备具有内置的电源和存储容器。较大型设备需要另配辅助设备。
	筒式	取决于筒的数量和大小。测试结果表明，槽面筒更为有效。	处理中等粘度的油类时最为有效。	在波浪和水流平缓的条件下，可能极具选择性，附连水量极少。不过，在波涛汹涌的水域可能会被淹没。	可能会被残骸堵塞。	需要另配动力单元、液压和排放软管、泵以及合适的储放容器。
	刷式	吞吐量取决于刷子的数量和速度。一般处于中等水平。	对轻质、中质和重质油类采用不同的刷子大小。	收集到的游离水或附连水非常少。采用有些设计方案的设备可以在波涛汹涌的水域使用，采用其他设计方案的设备则会被波浪淹没。	在残骸较小的水域中有效，但可能会被大残骸堵塞。	需要另配动力单元、液压和排放软管、泵以及合适的储放容器。
	带式	处在中低水平。	处理中质到重质油类时最为有效。	极具选择性，附连水极少。可以在波涛汹涌的水域工作。	在残骸较小的水域中有效，但可能会被大残骸堵塞。	可以将油类直接输送到带子顶端的存储容器。需要用辅助设备将油类从船上卸到岸上。
非亲油性	真空 / 吸油式	取决于真空泵。一般处在中低水平。	处理轻质到中质油类时最为有效。	在风平浪静的水域中使用。小波浪会导致回收大量的水。增配导流坝后会更具选择性。	可能会被残骸堵塞。	吸油卡车和拖车通常自带必要的电源、泵和存储容器。
	导流坝	取决于泵容量、油类型等。可能很高。	在处理轻质到重质油类方面都很有效。非常重的油类可能无法流往导流坝。	在风平浪静的水域极具选择性，附连水极少。很容易被淹没，这时附连水也随之增加。	可能会被残骸堵塞，但有些泵可以应对小残骸。	另配动力单元、液压和排放软管、泵以及储放容器。有些撇浮装置具有内置泵。
	带式	中低水平。	在处理重质油类时最为有效。	极具选择性，附连水极少。可以在波涛汹涌的水域工作。	在残骸较小的水域中有效。会被大残骸堵塞。	同亲油性带式撇浮装置。
	筒式	中等水平。	处理重质油类时有效。	在风平浪静的水域极具选择性，附连水极少。不过，可能会被波浪淹没。	同导流坝撇浮装置。	同导流坝撇浮装置。

▲ 表 1：常见撇浮装置类型的一般特征。选用何种撇浮装置开展作业时有效将取决于所泄漏的油类。随着油类的风化，特定类型装置的效果可能会发生变化，从而需改用采用其他设计的装置来继续回收。表中的回收速度数据基于以下假定：撇浮装置在尚未大面积扩散或分散的同质油类漂浮层中使用。



◀ 图 2 和图 3：小型的亲油性盘式撇浮装置，适合回收中等粘度的油类。油类附着在转动的圆盘上，并将从圆盘上被刮到油槽中以便泵送到存储容器。需要配备合适的泵和液压电源。



▲ 图 4：亲油性筒式撇浮装置，适合回收中等粘度的油类。工作方式与盘式撇浮装置类似：油类附着在转动的筒上，并将从筒上被刮到油槽中以便泵送到存储容器。



▲ 图 5：自由漂浮的刷式撇浮装置。油类附着在转动的成组刷子上，并从水面上被提起。用一个梳子将油类从刷子上清除到存储容器中。刷子背后的推进装置将浮油推向撇浮装置以提高遇油率和吞吐量（图片由 Lamor 惠供）。



▲ ▶ 图 6 和图 7：横向和纵向的亲油性绳式撇浮装置。交织在一起的吸油环形成一条漂浮在水面上的连续拖把，油类将附着在这条拖把上。滚子将这条拖把拉回时，拖把上的油类便会被挤到一个储放罐中。绳式拖把撇浮装置对于从残骸、冰块及其他障碍物之间回收油类很有用。



吸油性撇浮装置

从操作理论的角度来看，最简单的设计是吸油装置，这种装置通过泵或气吸式系统直接从水面上回收油类。特别是，集回收、储放、运输和油/水分离等环节于一身的吸油卡车或拖车常常很容易从泄漏现场当地以商业方式或从市政或农业机构获得，因此是回收海岸线上或其附近的油类的理想之选（图 8）。市面上也有一些较小、更加便携的设备（图 9）。将吸油软管直接放入漂浮

性撇浮装置回收的油类与游离水或附连水之比通常是最高的，这一比率也称作回收效率。这类装置对粘度介于 100 与 2,000 厘沱之间的中等粘度油类最为有效。低粘度油品（如柴油或煤油）一般不会对亲油性表面上积聚成足够厚的油层，因而无法实现高回收率。粘度较高的油类（如重质燃料油）则过于粘稠，结果可能难以清除。相比之下，水混油乳状液可能几乎不具有附着力，因而通过采用某些设计的亲油性撇浮装置可以难以回收，例如盘式撇浮装置将会刺穿乳状液，而不是使其得到回收。亲油性材料通常是由某种形式的聚合物制成，但已经证明了金属表面也很有效果。已经证明，采用槽面的盘式和筒式装置与采用光滑面的装置相比，前者所产生的回收率更高*。

* 来源：“优化亲油性撇浮装置的回收表面：在 Ohmsett 场地进行的现场测试”第 36 页；作者为位于美国加利福尼亚州圣巴巴拉市的加利福尼亚大学 Bren 环境科学与管理学院的 V. Broje、A. Keller；发表于 2006 年 6 月。



▲ 图 8: 由于真空系统随处可得, 因此这些设备是回收海岸线上或海岸线附近油类的理想之选。



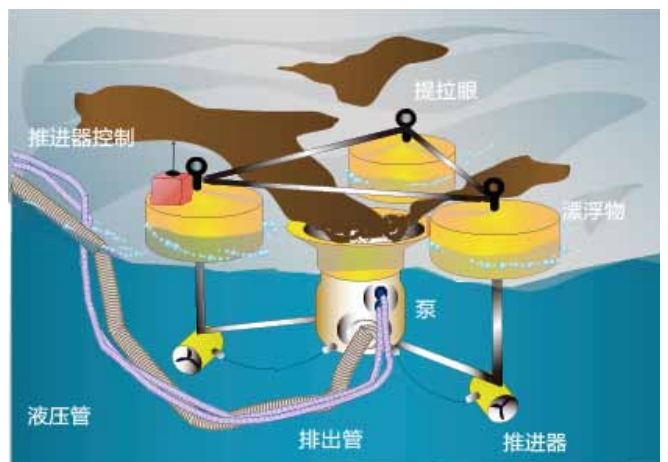
▲ 图 9: 便携式真空系统可为回收沙滩和多岩石海岸线上的油类提供便利。这种小巧的系统尽管储放空间有限, 但能够在原本难以进入的区域作业。



▲ 图 10: 工人们正在将软管连接到直接插入油类中的真空泵。在这种情况下, 拆除了所连接的小型导流坝, 以使粘稠的液态油类能够流入软管中, 但可能会因此而导致附连水增加。



▲ 图 11: 与真空泵相连的固定导流坝撇浮装置。通过该装置头部边缘处的几个小型入口, 可以有选择性地回收油类。适合在残骸极少的平静水域使用 (图片由 Lamor 惠供)。



▲ 图 12 和图 13: 导流坝撇浮装置有选择性地将在重力作用下位于漂浮层上表面下面一点的中心导流坝顶部上方的油类回收到一个中心储放槽中, 将从该储放槽中将油类泵送到储放容器中。



▲ 图 14: 用塑料瓶和金属边角料制成的简易导流坝撇浮装置, 此装置与真空泵相连。使用此装置可以进行基本回收, 并且可以通过去除和增添瓶子来对它进行调整。



▲ 图 15: 大型回收船上的一个带式撇浮装置。这条用筛网制成的带子允许水穿过筛网排放出去, 并可促使油类粘着。油类将被提到船上并被刮到储放容器中。



▲ 图 16: 增添了一个带子适配器以提升基本导流坝撇浮装置在高度乳化的燃油中的处理能力。这种油由于具有高粘度, 因而无法流向导流坝, 也无法从导流坝的边缘上方流过。而带齿的带子适配器则可以“抓住”油类, 从而提升了效率, 油类的内聚能则会导致其余油类“流”向撇浮装置(图片由 Ro-Clean Desmi/Danish Navy 惠供)。

或搁浅的油类中并通过吸油软管所配备的筛网防止残骸进入, 是最简单的回收方法(图 10)。不过, 这种操作常常具有不加区别一并回收的特点, 因而可能导致很高比例的水也被回收。在法规允许且有必要设备可供使用的情况下, 应将这些多余的水倒出以便最大限度地增加可供使用的储放空间。

导流坝撇浮装置

有时, 可以通过将一个设备导流坝与吸油软管相连来更好地拣选油类(图 11)。导流坝撇浮装置利用重力的作用来有选择性地从水面上将油类排出。通过将导流坝的边缘放在浮油与水面的交界处或交界处下面一点, 可以使油类从导流坝上

方流过, 因而可以有选择性地回收夹杂的水量最少的油类。高级型导流坝撇浮装置具有可调式导流坝, 通常通过一个自我调平装置来准确定位导流坝(图 12 和图 13)。另外, 导流坝撇浮装置也可以是非常简单的简陋型装置(图 14), 但附连水量可能更大。任何导流坝撇浮装置在陡波中都不会有效果, 但如果仅仅是发生涨潮, 则一般不会影响撇浮装置工作。为了克服沿输送软管发生的摩擦损耗, 有些导流坝撇浮装置装有板载泵, 以便沿软管推送回收的油类, 而不是依赖吸力。

其他导流坝类型

为了更好地应对波浪及更加汹涌的海面, 其他一些导流坝设计已得到采用。例如, 可以将向上转动带部分地降到油/水交界处下面, 以减轻海面波浪产生的影响。这样, 当转动带升到海面上方时油类便会从其上刮下来, 落入储放罐或其他容器。如前面所述, 转动带可以用亲油性材料制成, 它依靠油类附着在转动的刷子(图 5)、链环或筛网(图 15)各个元件上的力来发挥作用。其他一些导流坝则使用转动带上的庖斗或叶片来帮助从水面上将油类提起。有些转动带的设计可能集上述特点于一身。相反, 向下转动带则将油类向下推入水中, 然后在油类重新浮上水面后在转动带背后的静止回收区域捕获油类。

回收开始后, 转动的圆盘、带子和筒所产生的局部水流可能足以使中低粘度的油类自然流向撇浮装置。利用带齿圆盘或带子来“抓住”油类的设计方案可以增强较粘稠油类的流动, 从而将油类拉入撇浮装置中。有些导流坝撇浮装置的设计引入了可互换的适配器, 以便随着油类的风化及其粘度的增加, 这些撇浮装置可以继续使用(图



▲ 图 17: 在港口区域中部署的机械筒式撇浮装置。转动筒上的齿会将油类拉向该装置, 以便将其回收并泵送到储放容器中。该筒用筛网制成, 以最大限度地减少回收到的水。

16)。有一种设计方案旨在回收非常重的油类, 它包含一个转动筒或柱面筛网, 从而使油类能够保留在该筛网内, 而水则能够穿过筛网排放出去 (图 17)。不过, 部分粘度极高的油类或乳状液可能最终无法流向这种设备, 只有通过某种形式的推力作用使撇浮装置向油类移动或者将油类推向撇浮装置, 才能继续回收。

部分撇浮装置系统是为在快速流动的水中或者较高拖拽船速条件下使用而设计的。在使用这类系统时, 通常采用的方法是增加收集孔后方的面积, 使水和油在进入撇浮装置后减慢流速, 油能够浮上表面, 从而方便收集。为了实现有效的收集, 这类系统必须能够应对大量快速流动的水, 并克服与所形成的湍流带来的影响。

油类回收方面的限制

与很多油类泄漏应对方法相同的是, 以机械方式回收油类能否成功也受制于多种因素, 如不利的天气条件、油的粘度, 以及水流和波浪的影响。漂浮层的扩散和破裂会情况会限制在给定期限内可回收的油量 (称为“遇油率”)。同样, 如果储放容量有限, 则系统选择性回收油类的能力可能很成问题。另一限制因素可能是泵容量, 此容量会影响油类可向储放位置移动的距离。回收系统的潜在性能可通过吞吐效率、回收效率和油类回收速度等测试性能指标加以衡量, 但所有这些指标从根本上都会受遇油率的制约。

遇油率

遇油率包括两个要素: 一是撇浮系统所“扫过”的水面面积, 该面积本身也取决于油带宽度 (表示在多宽的水面上回收油类) 和回收系统前进

速度这两个因素; 二是漂浮层扩散和破裂的程度。在海上, 对于大面积的新泄漏油类漂浮层, 如果油类足够厚实、粘稠且均匀, 则在合适的条件下无需围堵即可回收 (图 18)。在这种情况下, 撇浮装置的油类回收能力的限制因素可能只有其回收容量, 以及合适且充足的储放空间。因此, 迅速调动资源对于确保撇浮装置可以最有效地回收新泄漏的油类而言是一个重要因素。

通常无法达到撇浮装置制造商所发布回收速度的主要原因是, 油类在泄漏之后本身就on容易扩散、破裂和风化 (图 19 和图 20)。从众多泄漏事件中总结出的经验一致表明, 油类通常无法保持充分的集中, 因而无法达到测试条件下所实现的回收速度。因此, 测试结果可能起到误导作用, 因此仅可用作比较。

油类一旦扩散, 回收系统的效果就更多地取决于遇油率。回收船的速度及其有效油带宽度以及油类的厚度和分散程度全都对遇油率起着决定作用。后面两个因素取决于扩散速度、泄漏后经过的时间、天气条件、油的类型以及乳化程度, 这些方面都极难控制。不过, 受某些限制条件的影响, 油带宽度和作业速度可能有所变化。例如, 遇油率通常可以在栅栏的帮助下得到提高, 因为这种方式可以增加油带宽度, 使浮油得以集中和保留, 从而有利于后续的回收。因此, 栅栏的部署策略在很大程度上决定着很多撇浮装置的操作做法。特别是, 如果回收系统相对于水体流动保持静止状态, 则大多数撇浮装置的性能都会受到影响, 因为如果水流速度高于 $0.35-0.5 \text{ ms}^{-1}$ ($0.7-1$ 海里/小时), 栅栏通常无法对浮油起到限制作用。某些类型的自力推进型撇浮装置部分克服了这一限制, 这些装置通常在双体船之间安装了一个旋转的带子或吸油拖把列阵, 因此在船航行过程中, 其相对于浮油的速度得到了有效降低或者降为零。这种方法还具有最大限度减少油类中的湍流的额外益处, 因而可降低乳化的可能性。

由于油类在海面上往往会形成排状, 即集中起来形成与风向平行的狭窄条带, 因此这在一定程度上决定了无需采用较大的油带宽度。任何形成排状的油类都可以使用有着相对较窄油带宽度的回收设备进行回收, 最好是有观察飞机提供指导。排状油类的浓度和厚度都会增大, 且排与排之间的水相对不含油, 这意味着这种设备可实现有着更大油带宽度的设备所能达到的遇油率。

在封闭的区域内, 如港口、码头、内陆航道或接近海岸的位置, 遇油率可能更会因存在障碍物 (如船体、桩子及其他港口基础设施、岩石或者残骸) 以及油类进入浅水域或在岸上搁浅而受到影响。因为海堤及其他海岸线特征等自然障碍物而被困



▲ 图 18：一艘回收船位于大面积、均匀且厚实的油类漂浮层中，这种情况可以使资源得到极为有效的利用。



▲ 图 19：随着油类扩散并开始破裂，遇油率会降低，从而需要付出更大的努力才能回收。



▲ 图 20：油类在海上漂流数周后，已经破裂并风化成直径为一米或更小的小油斑（图中圈出的位置），以及大面积分散的油块，从而导致总体效率大幅下降。应对工作进展到这个程度时，应遣散回收船，因为继续开展作业可能会被认为是徒劳。

住且厚度足够的油类，可能容易回收，但是如果油类可以四处移动，则撇浮装置跟随油类的能力可能受到限制。

随着海面上剩余油量的减少，不管是蒸发、扩散或者其他风化过程所导致，还是因为大部分的油类已经被回收，遇油率都会同样降低，因而决定遣散资源的时候便会到来。

性能指标

通过在实验水塘的封闭区域内测试撇浮装置系统，可确定多项性能指标。系统总体性能的重要决定因素是回收效率，它衡量优先回收油类而非水的选择能力。这一指标用回收的油量与回收的油和水的总量之比表示。

吞吐效率表示的是收集的油量与遇到的油量之比，因此强调了因围堵障碍物和回收设备本身而导致的损失。吞吐效率往往会随着作业速度的提高和海面状态的恶化而降低，海面状态恶化最为明显的就是浪高增加，更重要的是，波浪长度会增加、海面波涛汹涌。换句话说，在更高速度条件下，需要对吞吐效率降低与遇油率提高这两方面进行权衡。

波浪会导致油类从栅栏逃逸，可能是因为飞溅了出去，或者是栅栏随波浪运动而起伏的特性欠佳，从而出现横在波峰之间的现象。同样，撇浮装置，特别是导流坝撇浮装置，无法保持在最佳的油/水交界处，这也常常会导致收集到大量的水。此外，撇浮装置相对于任何波浪的运动而导致的湍流，可能使油类从撇浮装置下方逃逸。回收设备最好小而轻，从而可以准确地随着波浪运动而起伏。牢固地连接到船体或者置入到船体中的设备无法独立运动，在海面状况较不平静时效果会打折扣，因为它们无法与水面协调运动。在另一方面，如果波浪长度足够长，则即使是极为汹涌的海浪，也不太可能成为不利条件。

另外一个值得关注的参数是油类回收速度；即每单位时间撇浮装置回收的油量，例如以 m^3/h 表示的回收速度。油类回收速度是遇油率与吞吐效率的乘积，前提是系统的所有部件（特别是泵和储放容器）都具有应对这一流动速度的容量。根据典型油类粘度和压头损失调整的最高泵容量通常被视为衡量撇浮装置容量的唯一指标，也称为“标示速度”。虽然毫无疑问这一要素很重要，但也应考虑系统未能回收的油量、随油类回收到的水量等其他要素。判断系统的整体性能时，应综合考虑泵容量、油类回收速度和回收效率，这些因素共同决定了回收油类时可以达到的速度以及相关游离水的量。

油类粘度

油类的粘度是大多数回收设备效率的主要限制因素。具有高倾点的油类,包括部分重质原油和燃油,一般不容易流动。如果环境温度低于倾点,油类会变成半固态,因而会难于回收,原因在于它不容易流向撇浮装置。

很多油类往往会形成水混油乳状液,从而导致污染物总量增加三到四倍甚至更多,这种倾向也会对粘度产生影响。随着乳状液的形成,粘度也会急剧上升,粘度达到 100,000 厘沱 (cSt) 甚至更高的现象很常见。在某些条件下,可通过注入并充分混合抗乳化剂或者化学解乳化剂来缓解这一问题,从而便于泵送,同时最大限度地减少所需的储放量。

油类风化导致粘度随时间的推移而升高,从而会造成一些问题,这种情况就需要不断地对应对策略进行重新评估,包括使用最合适的撇浮装置和泵送装置。例如,对于刚泄漏且未发生严重风化的油类,亲油性撇浮装置可能能够高效地回收它们。不过,由于粘度会提高并且可能会有残骸加入,回收效果将会下降,因而需要更换这些装置,可能改用具有螺杆泵(配备了残骸切割装置)的导流坝撇浮装置(参见封面)更为合适。但是,任何撇浮装置最终都可能变得低效,这时就需要使用抓斗(机械蛤壳形挖斗)或挖掘机(图 21)。有些渔船或其他船只装有用于处理鱼网和捕获物的吊车,通常可以很容易改装为使用抓斗。不过,尽管抓斗和挖掘机很容易获得,但是这些机械的速度很慢,而且只有谨慎操作才能避免收集与油类混杂的大量水。其中一种回收这些高粘度、半固态油类的最简单、最有效方法是,使用通过小型渔船部署的手用勺(图 22)。这种勺上的小孔让水可以漏出,而油类则转移到船上的桶或容量为一吨的袋子中。

泵、软管和电源

泵送阶段常常决定着撇浮装置的总体性能,因为随着油类粘度的增大,所有泵的效率都会下降(虽然是以不同速度下降)。一般而言,正排量泵更适合处理回收到的油类。离心泵不但在可以处理的油类粘度方面十分有限,而且还往往会促进水混油乳状液的形成。有些专用泵(包括旨在泵送混凝土或泥浆的泵)以及根据阿基米德螺旋原理制造的泵具有很高的抗粘性,但其排放软管的内部阻力随后可能会成为一个限制因素。

一般而言,随油类回收的水量应保持在最小水平,以便优化储放空间和降低后续的处理成本。不过,对于高粘度油类,回收到游离水或附连水可能会带来一项初期益处:可以减少在泵送时因油类阻



▲ 图 21: 使用挖掘机回收高粘度燃油。通过指示操作员将挖斗在水面上方稍微悬停一段时间,使附连水流掉,最大限度地提高了所回收到的油类的浓度。这样做以牺牲回收效率为代价降低了后续的处置成本。



▲ 图 22: 一位渔夫正在使用漏勺回收小团高粘度燃油。



▲ 图 23: 因泵送高粘度油类而产生的内部压力过大,导致软管破裂(图片由 NOFO 惠供)。

力而遇到的背压以及泵送指定距离所需的能量。这将减轻部件受到的磨损（图 23）。因设计原因而会回收大量水的撇浮装置在此类情况下可能是有利的，但前提是有足够的储放空间或者随后可以将水倒出。用来减轻泵和软管堵塞的蒸汽加热可能也有助于促进流动。已经证明，通过使用环形注水环可以显著减小泵入口的压力，这种注水环所注入的水将起到油类与软管壁间润滑媒介的作用（表 2）。在条件允许时，使用较短且 / 或直径较大的软管可能也有助于提升泵送效率。

传送软管和液压软管应装有漂浮设备，以防对撇浮装置起到拖拽作用，从而可能导致撇浮装置浮在不正确的高度。浮物还可确保更容易看到软管，以便最大限度地减少积垢以及与船只的螺旋桨缠绕在一起的风险。所有软管（包括液压软管）沾油后处理起来都很麻烦，因此应装有简单但有效的接头。挑选一些适配器可能会很有用，可以使用它们将不同直径的软管搭配使用以及连接不同的连接装置。

很多撇浮装置的设计都包含一个为泵供电的专用动力单元，必要时，该动力单元还可为系统的回收部件供电。例如，柴油动力单元可以直接使用，也可用于驱动电动、液压或气动系统。在精炼厂、油罐场及其他受限区域可能有发生火灾和爆炸的风险，因此为了遵守这些地方实行的安全规定，不能置入汽油发动机，但可以置入所有其他发动机。在泵送高粘度油类时，动力单元可能需要满负荷运转，因此，务必要选择能够支持全部泵容量的电源。

存放空间

所回收油类和含油水的存放空间常常是整个作业的重要限制因素。对于很多船只而言，船上的存放空间都有限，尤其是很多随机调来的船只（图 24）更是如此；在遇到大量的油类时，所有系统的船上存放空间可能很快就会被占满。可以使用

设备	排放压力 (psi)	流速 (m ³ /hr)
仅泵送	181	4.5 - 5.9
泵的同时注水	7 - 9	46.7 - 58.2

▲ 表 2：通过在泵入口和出口处采取注水措施实现的泵送能力提升效果。从表中可以看出排放压力减小了 95%，流速增加了 10 倍。表中数据是通过使用各种螺杆泵沿一条 92 米软管泵送粘度为 210,000 cSt 的油类得到的。（来源：“漂浮的重质油类回收 - 现状分析”；作者为美国海岸警卫队研发中心的 David Cooper、SAIC 加拿大分公司；发布于 2006 年 7 月 27 日。）

油 / 水分离装置来浓缩回收到的油类，从而最大限度地利用有限的空间。仅仅依靠沉淀箱中的重力分离通常是不够的。不过，是否能排放分离出来的水可能会受当地法规限制。内部储放容量较大（图 25）或者配备了合适油 / 水分离设施的船只能够在海上开展较长时间的油类回收工作；但这种船势必也更大，因而在遇到的很多情况下可能都没有足够的机动性，尤其是在靠近海岸的位置更是如此。

可以提供专用的储油驳船或油轮来接收在海上回收的油类，以此加强回收作业的后勤保障。另外，也可以使用专用的漂浮式临时储放设施，如充气式驳船（图 26）。不过，应考虑这种船装货后在波涛汹涌的海洋条件下发生倾覆的可能性。应谨慎使用弹性拖曳容器、囊袋或其他封闭式储放容器，因为它们事后倾倒和清洗起来可能很困难。最后，回收到的油类将需要排放到海岸上，因而应确定靠近配有合适卸载设备的可用防波堤的合适储放罐或其他储放装置。在船只未配备加热式储放罐的情况下，使用便携式加热旋管可能有助于油类之后通过管路和软管流到海岸上，从而最大限度地减少船只回到海上继续开展回收作业的周转时间（图 27）。

同样，海岸上或海岸附近用来储放所回收油类的当地设施可能也是一个限制因素，直接将油类输送到油罐车上以便接下来运走的做法常常更为可取。正如已经提到的那样，使用工业或农业用的油罐车可以将油类回收作业中的诸多环节一并完成。另外，位于高水位线上方的便携式储放罐、槽车或加了内衬的坑则可以起到转运的作用（图 28）。对于加了内衬的坑，事先可能需要获得当地的许可才能挖掘。在现场计划中应注明是否能够倒掉分离出来的水。



▲ 图 24：一艘作业船，其甲板上用来储放回收的油类的空间十分有限。



▲ 图 25: 回收船上一个储放罐中回收的高粘度油类 (图片由 NOFO 惠供)。



◀ 图 26: 将油类回收到充气式储油驳船的筒式撇浮装置。



▲ 图 27: 用于帮助将粘稠油类从回收船排放到岸上的便携式加热旋管。



▲ 图 28: 使用撇浮装置和泵从海岸线上回收到摆放在悬崖顶部的临时储放罐中的已乳化燃油。

撇浮装置的部署

海上的回收

在制定应对计划时,应考虑为支持在海上开展的回收作业而需要满足的全套后勤要求。需要安排观察飞机找到油类最厚的区域并指导回收船只,以便取得最佳效果。应尽快提供用来部署栅栏和撇浮装置的合适船只,以免油类发生扩散、漂浮层变得过碎,从而使回收变得不可行。从空中进行的协调工作要求飞机配备可用来直接与回收船只联系的空海通信系统,以便能够快速应对不断变化的情况。在海上需要有充足的存放容量来满足预期回收速度的要求;此外,正如上文所讨论的那样,还需要在海岸上进行相应的安排以便接收回收的油类。由于难以确保所有这些要素都足够快地就位,因此在海上很少能够回收到超过百分之十的已泄漏油类,实际回

收到的油类通常远低于这一比例,尽管在很多事件中都投入了大量的应对船只。

为了在海上将浮油集中起来,可以按 U、V 或 J 字形拖拽栅栏,通常都是使用两艘船进行拖拽。回收设备可以从一艘船上进行部署(图 29),也可以作为栅栏列阵的一部分进行拖拽(图 30)。撇浮装置应始终位于油类最厚的区域,但应避免撇浮装置与栅栏之间发生接触,以免栅栏受到磨蚀及其他机械破坏。大型撇浮装置受到的波浪反射作用可能会影响油类向回收元件的流动。操作人员需要能够娴熟地操作设备,此外还能随着情况变化不断进行调整。可以通过泄漏处理经验和经常性的练习掌握以所需的低速拖拽栅栏时需要具备的专业技能。实际上,让涉及多艘船的回收系统保持所需的字形可能就很成问题,这主要是因为所涉船只之间难以协调。替代方式是采



▲ 图 29：以 U 字形拖拽的栅栏，带有一个从主回收船部署的撇浮装置。



▲ 图 30：一艘与栅栏一起部署的带式撇浮船，由拖拽船以 V 字形拖拽。



◀ 图 31：一个单船回收系统，包括连到舷外支架的充气式栅栏，以及一个安装在一艘海岸警卫队船只上的大容量自由漂浮型导流坝撇浮装置。由于其干舷很高，因此在较为平静的水域可以从其下风舷侧进行部署（图片由 USCG 惠供）。



▲ 图 32：一个内置式单船回收系统。存放在舱室中船一侧的栅栏用船上的吊车通过一个开口进行部署。此开口还使得附连水能够通过船载撇浮装置进行回收，本图中的船载撇浮装置由一个传送带装置中的六组刷子构成（图片由 Lamor 惠供）。

用灵活或僵硬的扫式布局让油类的集中、回收和储放工作都由仅涉及一艘船的系统完成。

灵活的系统采用舷外支架相连的栅栏（图 31）。不过，如果扫过的油带过宽，所设置的栅栏在波涛汹涌或大规模涨潮的条件下可能容易受到破坏，并且机动性也可能受限，从而严重影响船只的处理工作。在这种系统中，撇浮装置位于栅栏的顶点位置，这个位置的油类高度集中，并且可能会自由漂浮或者通过允许油类进入的合适开口积聚到船的一侧（图 32）。僵硬的系统则由一个从船上通过吊车或液压臂部署的实心浮动栅栏或扫臂组成（图 33）。撇浮装置（通常是导流坝式或刷式装置，具体取决于要回收的油类）内置在该扫臂中靠近船体的位置，以方便回收。部署起来十分容易，设计上也很直观，这两点是僵硬扫式系统成功的强有力推动因素。

灵活或僵硬的系统可以从专门设计的船上使用，也可以从随机调来的装有合适接头的船上使用。理想情况下，用作工作平台的船只应具有合适的吊放装置和充分的机动性，以便在风和水流的作用下快速采取并保持选定的姿势。抛锚拖带供应（AHTS）船或平台供应船（PSV）的大而开阔的甲板十分有利于存放、搬运、部署、维护和清洁设备。不过，经验表明，由于此类船只上的甲板暴露在外，因此在波涛汹涌的海上条件下，这会使船员面临危险。其他一些干舷低矮的船只类型也会遇到类似的问题，在海浪汹涌澎湃的条件下会有大量的水和油类被冲到船上（图 33）。

已经证明，某些类型的船在回收大量浮油方面尤为有效。特别是，挖泥船、沿海油轮和燃料补给船由于存放容量庞大，因此可以在海上作业较长时间才需卸一次货。这些类型以及其他一些类型



▲ 图 33: 通过液压吊车连到回收船体上的僵硬扫臂。低干舷以及遇到的汹涌浪潮会使甲板上的船员面临危险(图片由 WSA Cuxhaven 惠供)。



▲ 图 34: 自力推进型导流坝撇浮装置正在有遮挡的多岩石入口处回收油类。由于船吃水浅, 因此可以在靠近海岸的位置作业。操作员通过将油类移向导流坝开口来帮助回收。



▲ 图 35: 自力推进型船, 通常用于回收港口中的残骸。在该图中, 由于温度低且油类的倾点很高, 油类变成半固态, 因此需要用勺和抓斗将油类回收到漂浮的槽车中。

的船由于干舷非常高, 因而有助于在下风舷(图 31)进行回收, 但从高位置部署设备可能会带来受风力影响的问题。此类船通常都会配备大容量泵, 储放罐也常常装有加热旋管, 这些将有助于处理回收到的油类。对于挖泥船, 在少数情况下直接在油类中使用排泥管或挖斗或许是可行的, 这些系统不加选择且管径很大, 从而降低了残骸和高度乳化的油类造成堵塞的可能性。

近岸和岸上的回收

在港口、海港和有遮挡区域的较为平静水域(图 34 和图 35)使用自力推进型撇浮装置可以起到很好的效果, 在这些区域, 它们可能还会起到一些辅助作用, 例如用作残骸收集器。这些船常常是针对油码头和精炼厂的应对安排中不可或缺的组成部分, 在这些地方,

可能已经估计出和了解了污染风险和油类型, 因而应对计划的制定工作可能相对简单。专用的自力推进型撇浮装置相对较贵, 但在封闭的区域十分有效, 尤其是在从岸上进入不可行时更是如此。

对于便携式撇浮装置, 使用浅吃水船可以在近岸位置提供最佳的工作平台(图 6)。在这些情况下, 可以在船上放一些便携式储放罐或中型散装容器(IBC)来接收油类。不过, 应注意确保所储放的油量以及动力单元及其他设备的存在不会影响船的稳定性。

与其他漂浮物质一样, 油类也会在风和水体运动的影响下积聚在沿岸的某些位置。这种自然聚集点有助于回收作业的开展(图 10), 但前提是漂浮装置能够处理这些区域中通常存在的残骸(常常是大量存在)。亲油性绳式拖把撇浮装置不像其他种类的撇浮装置那样容易受到残骸的限制, 可能是最为有效的(图 6)。可借助栅栏进一步集中油类并降低不断变化的风或水流导致油类再活化的可能性, 以此来提高回收效果。也可以在栅栏内部有效地部署绳式拖把撇浮装置, 收集整条栅栏范围内的少量油类。

如果可能, 从岸上操纵撇浮装置通常会更加容易, 特别是在有靠近油类回收位置的通道、支撑物或平坦工作区时。可从坞壁和码头上的吊车(图 7)操作撇浮装置; 如果油类足够厚, 甚至可以直接在油类中放置某些类型的油泵。

确定工作现场后, 可以制定一个简单的现场计划, 来简化回收的油类的处理和减少工作风险。必须进行周密的思考, 从而为操作员提供必要的后勤支持, 包括燃油、必需品、遮蔽物与与事件指挥中心通信的工具。

如果油类搁浅在泥滩或沙滩上，则可以将油类集中到沟渠中进行回收，最常使用的就是真空设备（图 8）。岩石间或裂缝中汇集的油类也可用类似方式回收。在结构紧密的沙滩上，可使用安装在拖拉机上的亲油性筒式装置或其他装置来回收油块（图 36）。在岸上的特定条件下，其他专业撇浮装置可能会发挥作用。但是，在大多数情况下，采用其他方法（包括人工回收）将更为合适。

回收河流或湖泊中的油类也受到类似的限制，特别是进入和水流方面的限制。但是，回收冰块中的油类时会面临着一些具体的问题，这些问题不仅仅是油类可能会截留在冰中。人们仍在不断研究压碎冰层使回收得以进行的设备。但是，这种方法的一个基本问题是，渗入已回收含油冰中的油量通常很少，此时，融化一段时间后可能会获得更好的回收速度。使用绳式拖把撇浮装置可以回收浮冰之间的浮油，但机械设备有在冰中冻结的风险。

回收作业的管理

从过去泄漏事故中获得的经验表明，最为成功的回收作业通常包括准备周全的组织（各种后勤工作到位）、训练有素的人员和快速调动的能力。在各种情况下，整个应对组织的有效性与设备的性能同样重要。要成功部署系统，需要持续监控所有的围堵、回收和储放部件，且需要系统能一直足够灵敏地根据油分布的变化进行机动。

所有回收作业都需要受到监督，以确保接油类到达撇浮装置且残骸不会积聚或进入设备，从而降低效率或造成破坏。因为撇浮装置很容易被油类或残骸堵塞，所以许多撇浮装置装有残骸过滤器。要保持较高的性能，应当调整撇油速度来适应情况的变化和与油类到达回收现场的速度保持一致。如果油量很少，应当间歇地撇油，以避免回收过多的水；如果可能，可以使用栅栏汇集油类。

通常，撇浮装置和相关设备（如动力单元）都很坚固，但因为损坏、被残骸堵塞、不当使用或磨损，它们不可避免地会发生失灵。维修通常需要专业知识、替换部件和相应工具。使用经过适当培训的操作员可以减少耽搁，因为他们了解设备的限制并能够根据需要拆开设备并进行重新组装。如果设备有例行维修计划，则将它从储备库中拿出来时更有可能能够立即投入使用，现场失灵的风险也会降低。这样的计划可能有一个固定的时间表，包括在服务指定时间后更换磨损表面、加注或更换润滑油和启动设备进行故障检查。

强烈建议不要同时使用消散剂和撇油操作，因为这两种方法的基本原理是互斥的，使用水面上的撇浮装置无法回收消散在水中的油类。此外，消散剂会更改油的表面属性，在亲油性撇浮装置附近施用，可能会导致此类设备失效。同样，在海面上散布吸油材料（特别是采用松散形式或作为吸油垫时）的同时进行撇油作业，很可能会使回收系统堵塞。

在港口之类的特定地点，如果确定了油的位置、进行了成功的围堵且有充足的照明，则可以开展夜间回收作业。但是，夜间试图在海上定位和回收油类不太可能会有效果，并可能危及相关人员的人身安全。

每日活动的记录，包括回收资源的使用详情、回收的油量、造成的损害、进行的维修，可以使人们在指挥中心能够监控进度，并有助于之后提出索赔。对于大型回收船只，这些信息通常可以并入海事机构通常要求船只提供的航海日志。

作业效率下降时，如遇到油的机率和回收油的速度降低或几可忽略时，应当进行撇浮装置和关联资源的遣散。使用后，应当对撇浮装置及其附属设备进行清洁和大修，确定并修复各种磨损（图 37）。可使用蒸汽喷杆或溶剂来清除油类，但是不应亲油性圆盘或吸油拖把使用清洁化学品，因为这些撇油装置的亲油属性可能会受到负面影响。将设备送回储放设施时，应当防止设备受到损坏、受潮、接触会造成腐蚀的含盐空气。如果长时间受到阳光直射，撇浮装置中包含的吸油拖把、橡皮带和塑料材料会发生老化。设备的储放应当以方便接触为宗旨，从而便于定期检查、维护和测试，特别是设备并不频繁使用的情况下更应如此。



▲ 图 36：安装在拖拉机上的亲油性筒式撇浮装置，用于在结构紧密的沙滩上回收新鲜油块（图片由 Le Floch D 污染惠供）。



▲ 图 37：回收重质油类后被捞到岸上的导流坝撇浮装置。遭散后，应对设备进行清洗和大修，以备将来使用。

要点

- 应参照盛行的条件（如海面状况、风、水流和敏感区域位置）评估在海上及近海可供选择的各回收方案的优点。
- 要回收的油类型、其在环境温度下的粘度以及随时间发生的变化将决定何种撇浮装置最为有效。
- 在选择最合适的撇浮装置时，应考虑容量、可靠性、耐用性、现场表现、重量、搬运、多功能性、电源、维护以及成本等标准。
- 通常可以很容易地获得吸油卡车及其他吸油系统来回收岸上或近岸的厚实油层。
- 通过安排飞机来监控油类情况及清理工作的进度并指导回收船驶往最厚的成片油类以取得最佳效果，可以更有效地协调海上的油类回收作业。
- 应持续监控撇浮装置的表现，以确保达到最佳效率。
- 必须解决泵送、存放和处置所回收到的油类时所涉及到的后勤问题，以确保回收过程中的耽搁保持在最小水平。
- 应安排定期检查和设备测试，以保持人员的培训水准并矫正任何设备故障。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的栅栏应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施



国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999

电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950

网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



海岸线上油类的认定

技术资料论文

6



导言

油类到达海岸可能是率先表明发生油类污染事件的信号。根据所涉油类的数量和类型，可能必须组织清理应对工作来清除这些油类，防止它们再活化和影响附近的敏感区域。可靠的早期报告和对污染范围的估计在确定清理作业规模以及组织充足的人力和设备来满足这项任务的需要方面可能极有价值。准确估算搁浅的油量十分困难，甚至是识别油的类型也可能很成问题，尤其是在油类已普遍风化的情况下更是如此。

如果是大规模泄漏，搁浅的油类的来源可能很明显，但在涉及的油量很少且要就损害或清理成本寻求赔偿时，经常会出现认定问题。本篇论文旨在帮助读者认定不同海岸线上的油的类型和数量。

油的类型

将海上漂来的会污染海岸线的所有不同油类全部列举出来是不现实的，这一定程度上是因为搁浅的油类可能是多种类型的混合物。因此，介绍最为常见的油类型并同时指出它们可能的来源作为参考将更为有用。

油轮出现的意外泄漏可能涉及原油和 / 或从原油中精炼出来的油品。原油在新鲜状态下通常是黑色的液体（图 1）。不过，由于这种油会随时间的推移发生风化，这种油的属性会发生变化。例如，随着其中较轻成分的蒸发，其粘度将会增大。同时，很多原油可能会吸收水分，形成粘稠、可能呈棕色、红色或橙色的水混油乳状液（图 2）。在阳光充足的炎热条件下，搁浅的乳状液可能会释放出水分，恢复成黑油状。

精炼的燃油以货物形式用油轮运输或者以燃料形式在众多种船只的燃料舱中运输。刚泄漏出来的燃油可能呈黑色液体状，在外观上与新鲜原油相似，但会散发出特有的味道（图 3）。燃油可能还会形成稳定的乳状液，这种乳状液可能能够十分持久地存留下来（图 4 和图 5）。

涉及油轮的事件发生后，原油和燃油可能都会泄漏，并分别被冲到岸上或以混合物形式被冲到岸上。这两种油可能无法一目了然地区分开来，尤其是在这两种油的残渣与沙子混在一起后可能达到一种不粘的稠度时更是如此（图 6）。化学分析可能有助于认定油类。

其他以散装形式运输的精炼型石油产品（例如汽油或煤油）相当容易挥发，由于它们会快速扩散并且蒸发速度很高，因此在泄漏后不太可能会存留下来。



▲ 图 1：沙滩上的新鲜原油和残骸。这种油通常呈黑色，粘度处在中低水平。

船舶发动机中使用的润滑油相对而言较不易挥发，是个例外。这种油可能与汽车发动机所用的油类似，堆积在沙子上时往往会形成透镜或圆盘状。其他一些油在泄漏后可能也会呈现出这种形式（图 7）。

润滑油、润滑脂和液压液作为废油积聚在船的舱底。如果未遵循正确的油 / 水分离和监控规程，或者关联的设备失灵，那么从船上排放含油舱底水可能会造成污染。

油类进入大海的途径还有：城市向河流排放污水、陆上工业排放以及城市下水道排放污水。不过，这些排放物中的油类浓度很少会高到可以造成严重海岸污染的程度，但有时在波浪在沙滩上留下的潮痕中可能会看到棕色的油带或油膜。

在海岸线上遇到的一些油可能并非来源于矿物，因为动物脂肪和植物油也以散装运输。这些非矿物油



▲ 图 2: 已乳化的原油。这种油中吸入的水分已经导致其颜色出现了典型变化: 变为深橙色。(图片由美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 惠供)。



▲ 图 3: 新鲜原油, 在本例中相对呈流质状态, 颜色为黑色。



▲ 图 4: 已乳化的重质燃油, 十分粘稠且呈棕色。



▲ 图 5: 已乳化的重质燃油的特写图片, 显示了其极为粘稠的特点。由于这种油中的含水量高, 这降低了它附着在下面的底物上的能力。



▲ 图 6: 沙滩上经过风化的油类。



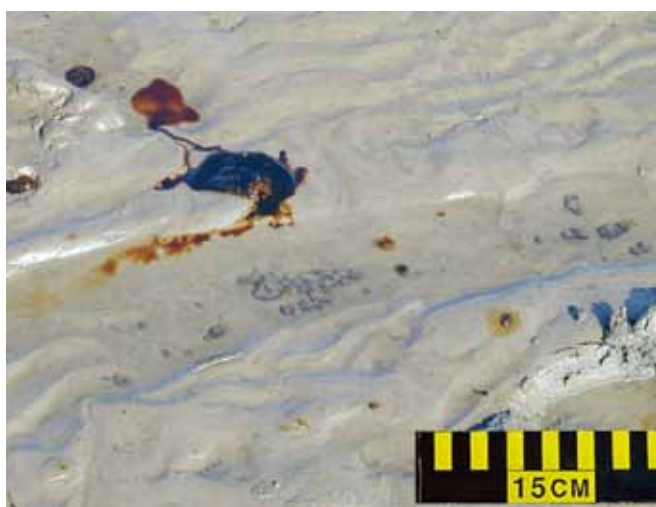
▲ 图 7: 一种在润滑油生产过程中使用的半透明基础油在水面上形成了透镜状。这种油由于无色, 因此难以量化。



▲ 图 8: 多岩石海岸线上由棕榈油形成的灰色水混油乳状液。



▲ 图 9: 沙滩上散布的油块。



▲ 图 10: 新鲜的油块。



▲ 图 11: 满是砾石的海滩上散发的光泽。

泄漏到水面上后，可能会呈漂浮状态，其具体表现与石油类油相似。一些属于这种类别的油会散发出特有的、不同于石油的腐臭气味，在外观上可能呈半透明、白色或鲜艳的黄 / 红色，具体取决于处理程度。乳状液可能也呈黄 / 红色或灰 / 白色（图 8）。例如，棕榈油、菜籽油和橄榄油就属于非矿物油。

油类在海岸线上的外观和持久性

在预测油类可能自然而然地积聚在何处时，了解漂浮的残骸聚集在何处十分有用。例如，小型的海湾和水湾以及防波堤、防洪堤及其他人造建筑下方就是被困的油类可能会再活化并随后污染其他区域的地方。

搁浅的油类的外观、持久性和影响在很大程度上取决于海岸线的类型：从光秃秃的多岩石海

岸、到满是砾石和沙子的海滩，再到有遮挡的泥沼，各色各异。油类污染在厚度或覆盖面上很少是均匀一致的。从大滩的液态油（图 3 和图 4）到程度不等的覆盖面，再到大面积分散的油块（图 9 和图 10）或油膜（图 11），污染形态各色各异。风、波浪和水流常常会导致油类以条纹状或片状而非以连续油层的形式堆积在岸上。在有潮汐的海岸，受影响的区域可能相当宽广，尤其是在平坦、有遮挡的海滩上更是如此；但在其他地方，污染常常局限于接近高水位线的一条狭窄油带。

搁浅在沙滩上的油类可能很快会在随后的潮汐或风的作用下被接下来的沙层覆盖。通过挖掘或采掘可以让埋在干净沙子下面的一层或多层油显露出来（图 12）。

低粘度液态油可能会渗入到沙子里面，能否渗入取决于底物的构造、颗粒大小和水分含量。例如，由小颗粒组成的潮湿石英沙所吸收的油



▲ 图 12：因受到波浪作用而被埋在干净沙子之间的油层。



▲ 图 13：重度油类污染，已渗透到砂石沙滩中。



▲ 图 14：石堤上的轻度油渍。可能很容易将这种现象与藻类生长相混淆。



▲ 图 15：风暴潮过后海堤上出现的重度油类污染。

量要少于粗粒、干燥的贝壳沙的吸油量。较大海滩底物（如细砾、砂石或贝壳）中的渗透可能会非常深（图 13）。

风化过程（例如蒸发、氧化和生物降解）的速度决定着搁浅的油类的持久性。不过，从海岸线上清除油类最有效的过程通常是以矿物或粘土与油类形成的絮凝物形式所发生的磨蚀和自然消散，在温度上升和波浪的作用下，这两个过程会加快进行。从长期来看，风化过程（例如生物降解和氧化）的速度决定着搁浅的油类的持久性。

原本具有很强抗风化能力的油块在强烈的阳光下可能会软化，从而更容易发生降解。另外，坚固表面（例如岩石或海港围墙）上的薄油层可能更难以清除，因为它们在强烈的阳光下可能会牢牢附着在这些表面上（图 14 和图 15）。在波浪的作用下，甚至是持久性最强的油疙瘩最终也可能减小到仅存一些较小的碎油片，从而更容易

被化学和生物过程降解。在有遮挡的海岸上，波能较少，因此油类可能会存留较长时间。如果油类被埋在柔软的沉淀物下面，那么由于缺乏氧气，它们将免受波浪作用和降解。仅在被埋的油类因侵蚀、耕种或其他行为而再次裸露出来时，才会发生显著分解。另有一篇关于“海洋泄漏油类的最终归属”的论文介绍了影响所搁浅油类的持久性的各种因素。

人们可能会将一些自然出现的特征和过程与油类混淆，图 16–24 中显示了这些特征和过程的例子。岩石池表面覆盖的源于生物作用的银色或多彩膜会呈现出油类的外观，但往往是生物过程（例如细菌降解）产生的结果（图 16）。沼泽地区的泥炭露头现象也会产生类似的效果。有时，对于一些称海岸遭到污染的报告，经过检查后会发现与油类并无关系；岩石上的藻类或地衣（图 17）以及搁浅的海草（图 18）或其他源于植物的物质（图 19）就是很好的例子。此外，烧焦



▲ 图 16：腐烂的海草产生的自然油膜。



▲ 图 17：多岩石海岸线上的地衣。



▲ 图 18：搁浅的海洋植物远看起来与轻度油污十分相像。



▲ 图 19：黑色的植物性物质。



▲ 图 20：沙滩上与油类很像的煤尘。



▲ 图 21：黑沙层和黄沙层会给人留下海岸线受风化的油类污染的印象（请与图 6 对比）。



▲ 图 22：与油类污染十分相像的黑色岩石。



▲ 图 23：深色、潮湿的红树林根可能会与受油类污染的红树林根相混淆（小图）。



▲ 图 24：缺氧沉淀物是一种自然特征，不应将它误认为是受到油类污染。

的小木块、煤尘（图 20）、黑沙（图 21）、浮石或其他黑色岩石（图 22）以及潮湿的沉淀物或根部（图 23）可能会被误认为是油类。在有些海滩上，可以向下挖至无氧或缺氧层；这种层次的海滩往往呈灰色或黑色，散发出腐烂植物所具有的硫磺味。这是一种自然特征，不应将它误认为是油类（图 24）。

描述和量化搁浅的油类

为了启动海岸线清理作业和监控这种作业的进度，需要粗略地评估一段海岸线上存在的油量。油类沿海岸线的分布可能显著不均，因此估算搁浅的油量这项任务若非仔细、一致地执行，可能会导致出错。这种评估主要是目测评估，因此，如果油类藏在看不见的地方，例如被之后的潮汐带到

海岸上的沙层所掩盖（图 12）或者被雪掩盖（图 25），将难以评估甚至无法评估。对于搁浅在满是残骸或海草的海岸（图 26 和图 27）上、红树林（图 28）中或其他类型的植被（图 2）上、多岩石海岸（图 4）上、海防建筑（图 29）上或搁浅在防波堤或码头下方的油类，如不做进一步调查，也将难以准确量化。

在能看见油类的地方，可以分两个阶段解决此问题：

污染范围

首先，可以估计出沿海岸线的总体污染范围，并在图表或地图上标示出来。对于大规模泄漏，空中观察往往是获得大致印象的最为高效、便利的方法。最好使用直升机，因为固定翼飞机的飞行



▲ 图 25：覆盖的积雪可能会掩盖油类的存在。



▲ 图 26：搁浅在满是残骸的海岸线上的油类可能难以量化，因为油类可能藏在看不见的地方。



▲ 图 27：搁浅在满是海草的海岸线上的油类可能同样难以量化。



▲ 图 28：油类可能困在红树林的复杂根系中。



▲ 图 29：油类可能困在海防建筑之间(例如这些四脚护堤块)，从而掩盖了已到达海岸的真实油量。



▲ 图 30：通过在海岸线上徒步观察或“考察地貌实况”，可以更准确地量化污染范围。

速度通常过快，不适合在低空进行详细的海岸观察。有关开展空中观察的更多信息，请参考另一篇关于“海洋油类泄漏的空中观察”的论文。

空中观察一定要与徒步现场抽查（图 30）结合使用，因为，正如前面所讨论的那样，很多海岸线特征远看起来与油类十分相似。应通过仔细观察来找出海岸线特征发生变化的地方或油类覆盖范围似乎发生了变化的地方。对油类进行检查以评估其稠度和气味可能有助于找出这些地方。

除了对油类本身进行描述以外，海岸污染报告尤其应包括的是观察位置、日期和时间，受油类影响的海岸范围和区段，底物的类型，关键的海岸线特征以及观察员的身份。

使用 GPS 和照片非常有价值，可以支持关于海岸线上油类的位置和外观的任何书面说明。参照物（如标尺或笔）可以给观察者一种比例感（图 10 和图 12）。照片还起到记录的作用，可以对照它们来比较后续的污染程度变化。需要多次到油类污染现场进行考察，从特定的参照点进行拍照十分有用，因为这样的话将来便可以轻松地对比它们。

油量

所搁浅的油类量化过程的第二阶段包括，选择一些具有代表性的海岸线样本来计算存在的油量。根据海岸线类型和污染程度将海岸线划分成若干段十分有用。所选的海岸线样本区域应足够小，以便能够在合理的时间内可靠地估算出油量，但也要大到可以代表受到类似影响的整个海岸区段的程度。

应估算出受油类影响的海滩区段的尺寸，如果污染程度一致，油类的平均厚度应比较容易测定。因此，图 31 中的海滩上的油量可以按照所附说明文字中的说明大致估算出来。

如果像图 32 和图 33 中所看到的那样，从低潮线到高潮线油类覆盖程度各异，则应观察具有代表性的一条海滩带（例如从海滩最上方一直延续到水边的一米宽海滩带）。这样，就可以通过目测法确定这条海滩带中几处具有代表性的位置的油厚度，然后乘以该海滩带的面积，根据由此得到的油量数字即可估算出该海滩上的油量。再乘以整个海滩的长度即可估算出总油量，如图示随附说明文字所述。对于其他区段，如果海岸线的性质或者油类覆盖面积有所不同，则需要重复这一计算。

鉴于有一些不可避免的错误来源，以这种方式量化所搁浅油类只能得到大致的数字。沙滩上受影

响面积的计算十分简单，但是应记住油类可能渗透到海滩底物中（图 12 和图 13）。油类渗透量可能随着海滩底物颗粒大小的增大而增多，因此，颗粒越大，越难估计海岸线上的油量。

渗透的油量可能难于评估（图 34），但是如果沙子中油类的饱和度均一，则有一个颇为有用的经验法则，即油类净含量约等于含油沙子深度的十分之一。例如，如果油类已经均匀渗透了 5 厘米的深度，则沙滩下的油量大约为 0.005 立方米 / 平方米 或 5 升 / 平方米。此外，在计算油量时，还需考虑乳化的程度。稳定的水混油乳状液一般包含 40% - 80% 的水，即“净”油量可能仅为所观察到的污染物的五分之一。因此，如果图 31 中观察到的油是包含 70% 的水的乳状液，则整个海滩的净油量约为 2.7 立方米，而不是 9 立方米。不过，在安排海岸线清理事宜时，需要考虑的是污染物总量，即本例中的 9 立方米。

如果在某些情况下，使用上述相对耗时的方法不现实，则可以使用其他定性方法来估算覆盖百分比。例如，污染程度可以描述为“轻度”、“中度”或“重度”，或者根据标准参考值使用类似的术语（图 35）进行评估，也可将受到油类污染的海岸线与本篇论文第 10 页中的图片进行比较来加以评估。单块或零散的多块经过风化的油类可以根据其大小进行描述。

通常，对搁浅的油类进行量化的最大原因是方便清理。因此，最实用的数字是含油物质的总量而不是泄漏的油量，因为任何与油类混在一起的残骸、沙子或水也需要清除。不过，需要注意的是，在沙滩上清除渗透了油类的沙子时，需要清除的物质质量可能比海滩上的油量高出 10 倍之多。这可能会带来海滩侵蚀以及如何暂时存放并最终处理所收集物质方面的问题。有关此问题的更多建议，请参考另一篇关于“海岸线油类清理”的论文。

海岸线油类污染的量化工作在有些国家 / 地区已经形式化，形成了一种称作 SCAT（海岸线清理评估小组或方法）的过程。在 SCAT 勘察期间，由经过合适培训的人员有条不紊地使用特定的标准术语在准备好的表格中记录有地理参照物的观察结果，如图 35 中所示。使用此类描述和定义，可以对比观察结果随时间的变化、在不同现场观察到的结果和由不同观察员观察到的结果，从而可以以一种有立体感的方式了解海岸线油类污染的性质和范围。

通过量化和描述油类所得到的信息可以在应对工作的各个阶段使用，其中包括：应对作业的决策制定和计划阶段、监控阶段、终止阶段以及任何后续的损害评估阶段。了解海岸线油类污染的完



重度油类污染

图 31：一条 300 米长的沙滩受到重度油类污染。

可以按照以下方式计算油量：

平均油厚约为 1 厘米

从高潮线到低潮线的油带宽度大约为 3 米

$300 \text{ 米} \times 0.01 \text{ 米} \times 3 \text{ 米} = 9 \text{ 立方米}$ 总体积
或者

$9,000 \text{ 升} / (300 \text{ 米} \times 3 \text{ 米}) = 10 \text{ 升} / \text{平方米}$
或者

每条宽一米的海滩带的油量大约为 30 升



中度油类污染

图 32：一条 500 米长的沙滩受到中度、断断续续的油类污染。

可以按照以下方式计算油量：

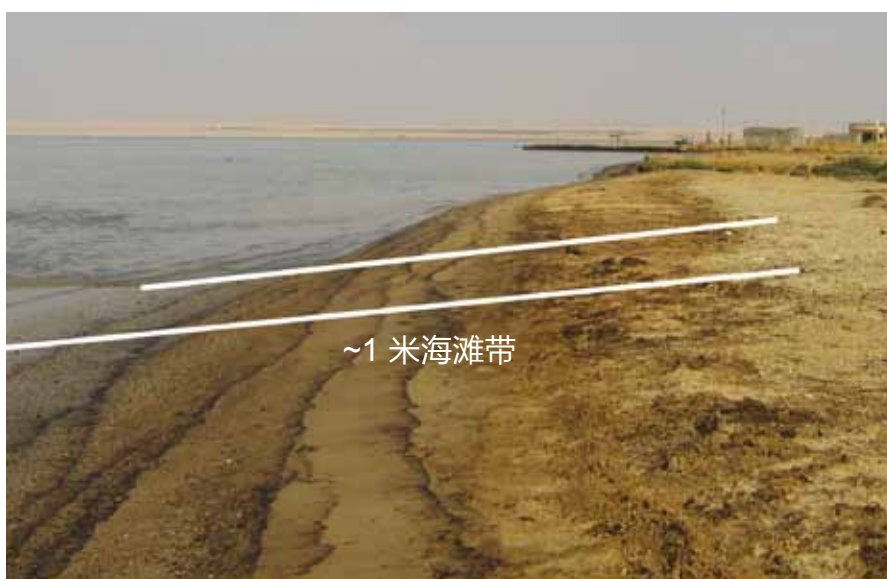
平均油厚约为 1 毫米

从高潮线到低潮线的油带宽度大约为 5 米

$500 \text{ 米} \times 0.001 \text{ 米} \times 5 \text{ 米} = 2.5 \text{ 立方米}$ 总体积
或者

$2,500 \text{ 升} / (500 \text{ 米} \times 5 \text{ 米}) = 1 \text{ 升} / \text{平方米}$
或者

每条宽一米的海滩带的油量大约为 5 升



轻度油类污染

图 33：一条 200 米长的沙滩受到轻度、不均匀的油类污染。

可以按照以下方式计算油量：

平均油厚依然是 1 毫米，但在本例中这种厚度的油仅覆盖从高潮线到低潮线的海滩宽度的 10% 左右

油带宽度约为 5 米

$200 \text{ 米} \times 0.001 \text{ 米} \times 5 \text{ 米} \times 10\% = 0.1 \text{ 立方米}$ (100 升) 总体积
或者

$100 \text{ 升} / (200 \text{ 米} \times 5 \text{ 米}) = 0.1 \text{ 升} / \text{平方米}$
或者

每条宽一米的海滩带的油量不到 0.5 升



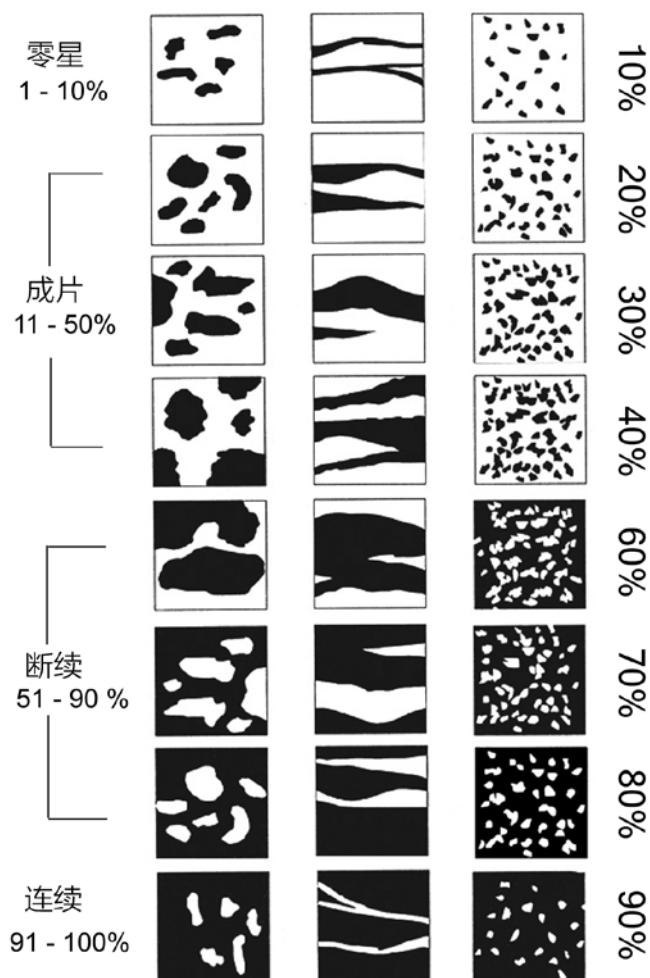
▲ 图 34：找到被埋的油类并量化其范围可能是一项十分困难的任務。

整性质和范围对于比较受油类污染的各个现场并排定它们的优先级而言十分重要。这将有助于根据受影响区域的规模以及油量及 / 或受油类污染的物质质量，计划进行海岸线清理所需的资源、人力和时间。

采样指导方针

造成损害或者需要进行海岸线清理的油类污染可能会导致索赔。这种情况下将需要提供证据才能将所造成的损害或费用与污染源关联起来。有时很容易证明存在这种关联，但也有一些时候有必要对从可疑污染源和受污染现场采集的油类进行化学分析。化学分析的成本十分高昂，在出现争议时，只为分析一些关键样本而采集并保存大量不同样本是严谨的做法。

出于评估环境损害的目的进行采样时，务必要将对受污染区域进行化学分析后所得的结果与从事件发生地附近类似但未受影响的环境中采集的参考样本进行化学分析后所得的结果进行比较。有关更多详情，请参考另一篇关于“海洋油类泄漏的采样和监视”的论文。



▲ 图 35：油类覆盖百分比示意图，用来对污染进行可比较的量化估算。（改编自 Owens, E.H. 和 Sergy, G.A. 2000 年发表的 SCAT 手册第 2 版。该手册是可指导如何记录和描述受油类污染的海岸线的现场指南。适用于加拿大埃德蒙顿和亚伯达的环境）。

要点

- 考虑海岸线上油类可能的来源并注意其物理外观和气味常常会为其认定工作提供线索。
- 海岸线上的很多特征与油类十分相像，因而可能会被误认；鉴于此，就油类污染报告进行更加仔细的考察是明智之举。
- 可以使用简单的方法来得到所搁浅油量的有用估算结果，但精确计算出油量是不可能做到的。
- 在计划合适的应对工作时，核对有关油类位置、类型和估计数量以及海岸线类型的信息至关重要。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的栅栏应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施



国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999 电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950 网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



海岸线油类清理

技术资料论文

7



导言

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 的统计数据显示, 绝大多数漏油源为船只的油类泄漏事件都发生在靠近海岸的海域。由于对抗海上浮油的活动通常会受时间、天气或其他约束条件限制, 因此为防止油类到达海岸线而采取的措施可能只会取得部分的成功。如果油类还是到达了海岸线, 那么可能需要付出相当大的努力才能清理受影响的区域。因此, 在应变计划中作出全面且经过周密预演的海岸线清理安排至关重要。

在清理海岸线时可以采用的方法都是相当直观的, 通常不需要专业设备。不过, 方法不当和组织不力可能会加剧油类本身造成的损害。

本篇白皮书介绍常用的海岸线清理方法, 并针对各种不同海岸线就哪些方法最合适作业的每个阶段提供建议。

总体策略

要选择最合适的清理方法, 需要快速评估污染程度和类型, 以及受影响海岸线的长度、性质和易进入性。在决定优先措施时, 需要考虑海洋环境相矛盾的要求。例如, 在市容地带使用时可能要求采用可以快速、有效地清除油类的方法, 但这些方法可能与环保方面的考虑相抵触, 后者可能要求采用不太激进、较慢的方法。在这种情况下, 必须为整个应对作业在这些可能相冲突的利益间达成一种平衡, 还必须逐现场达成这种平衡。

清理作业常常分以下三个阶段考虑:

- **第 1 阶段 – 应变阶段:** 回收在海岸线附近漂浮的油类以及岸上成滩的大片油类;
- **第 2 阶段 – 项目阶段:** 清除搁浅的油类以及受油类污染的海岸线物质;
- **第 3 阶段 – 完善阶段:** 根据需要, 最后清理轻度污染并清除油渍。

在初始阶段, 将会以紧急通知形式调动资源以便尽可能快地作出应对, 例如为了最大限度地降低油类沿海岸线移动并造成更大损害或影响野生生物的能力。进展到第二阶段时, 可能便得以更加深思熟虑地签约聘用资源, 甚至可能还可以通过招标方式部署工作。虽然第 2 阶段称作项目阶段且常常是海岸线清理工作中最为旷日持久的环节, 但应将此阶段视作对油类泄漏所造成的紧急情况总体应对工作中的一环, 而不应将其视作较长期的项目管理。



▲ 图 1: 人工清除大片油类。以人工方式有选择性地从海岸线回收油类可以最大限度地减少清除的干净物质量。

根据所遇到的情况, 可能并不需要一步步开展上述每一个阶段。在一些情况下, 整个作业可能用一个阶段完成; 而在其他一些情况下, 第 1 阶段和第 2 阶段可能会合并到一起。在很多情况下, 完成第 2 阶段后, 剩余的任何油类可能最好留待自然风化和降解。

在每一种情况下, 第一要务就是尽可能快地将浮油堵在海岸上加以回收, 以防其移往之前未受污染或已清理过的区域 (图 1)。对于厚厚积累的已搁浅油类也是如此, 这些油可能会在后续潮汐的作用下再活化。在进行回收的过程中, 可能可

以使用栅栏将油类困在海岸上。不过，这种策略在环境敏感型海岸线上可能不适用，在这种海岸线上，让油类移往较不敏感的区域或更容易接触它的区域可能更为可取。

回收可能会移动的油类后，可能便有必要在以下两种选择间折中：等待海上剩余的所有油类都上岸，以免多次清理同一区域；或者立即开始第二阶段的作业，但油类可能会被接连的潮汐所掩埋，尤其是在沙滩上更是如此。解决方案常常是重点清除最易接近区域中油类最厚的地方，而不是立即尝试完成此阶段的工作。

从很多事件中得出的经验表明，对油类泄漏事件的整个应对工作中成本最高且最耗时的环节是所收集废物的处理或处置。除非存在其他更重要的因素，否则所选的清理方法应该是使收集到的待清除废物量达到最小水平的方法。这样选择还有另外的益处：可以最大限度地减少之后需要存放、运输并最终处理/处置的物质量，同时降低海岸线受到侵蚀的可能性。

对于很多类型的海岸线而言，清除油类的所有痕迹将是难以做到或不可取的。因此，海岸线或特定工作现场足够干净后才允许工作停止并非是明摆着的事实。一个重要因素是受影响区域的“用途”，这是以从环境、社会和经济方面考虑其具有的相对重要性来衡量的。油类位置在重要性和敏感性方面的季节性变化及其可能受到自然清理的程度，也像成本问题一样，是进一步的重要考虑事项。随着海岸上剩余油量的减少，成本也变得越发重要，因为为完成进一步清理而需要的工作量和开支相对于清除的油量而言会不成比例地增加。因此，通常只有低能且极为注重市容的区域在旅游季节期间或者快要到旅游季节时才需要

开展彻底的最后清理阶段的作业，从而清除油类的痕迹和油渍。

清理作业的终止条件通常是在由应对作业中所涉各种组织的代表组成的小组（图 2）进行检查后共同讨论、商定的。为了达成所需的共识，务必要了解所用海岸线清理方法的局限性，并且清理作业的目标务必要切合实际且及早达成一致，最好在开始清理作业前就要在这些目标方面达成一致。理想的情况是，检查小组的成员自始至终参与事件的应对工作，以便可以对照初始情况认定清理作业所取得的成效。

清理方法

有多种方法可用来清理受影响的海岸线。有些方法可能适用于多个阶段的应对工作。特别是，第 2 阶段中的有些方法也可以在第 1 阶段或第 3 阶段使用。因此，方法分成第 1 阶段和第 2 阶段的方法或者第 2 阶段和第 3 阶段的方法。

大片油类的清除与沾油海滩物质的处理（第 1 阶段和第 2 阶段）

泵、吸油卡车和撇浮装置

在海岸线边上相对平静的水面上积聚的浮油是陆路油车可以接触到的，通常可以使用泵、吸油卡车或撇浮装置（如果水域足够深）加以回收。吸油卡车的效率因所泄漏的油类型和油量以及泵和油罐的容量而异，但回收速度通常为每天回收 20 立方米的油类。可以通过使用与吸油软管相连的导流坝撇浮装置和使用栅栏将油类集中在更



▲ 图 2：通过安排应对工作的各参与方共同展开调查，可以使他们就适当的清理方法以及清理到何种程度可以终止清理作业达成一致。



▲ 图 3：使用绳式拖把撇浮装置和真空泵从海岸线回收液态的大片油类。



▲ 图 4：农用油罐车正在回收已被推送和冲入沟渠中的油类。



▲ 图 5：被用来从港口区域回收油类的土木工程机械设备。在这种情况下，水温低于油类的倾点，导致油类变成半固态，因而无法使用撇浮装置加以回收。



▲ 图 6：在沾油的海岸线上使用机械设备可能会造成额外的污染。在此图中，拖拉机驶过一片含油区域后，将油类压入到了海滩中。

靠近海岸的位置，来减少随油类回收的水量，从而提高效率（图 3）。

对于潮沙海滩和细砂石海滩所受到的重度污染，可以将油类冲到或扫入所挖的与水面边缘平行的沟渠中（称作“挖沟”）。可以使用泵、吸油卡车或油罐车清除收集到此沟渠中的油类（图 4）。这些沟渠通常仅存在一个潮汐周期的时间，并且除非已完全填满或者已事先清理，否则剩余的油类可能会混入底物中。沟渠的位置应仔细确定，以便可以在之后的低潮时间加以重用，并且可以在应对工作的后期阶段对沟渠进行最后清理。

如果风平浪静的条件可能会盛行一段时间，则可以在高水位线下方一点挖沟渠，以将其用作回收油类的导流坝。在高潮期间或者在风力作用下水位上升期间，集中在水面边缘位置的油类会流入这种沟渠内，并在海水退去后会依然留在沟渠内，因而随后便可以将它们泵入储油容器中。

通过泵和撇浮装置回收的油类将需要转移到临时储放设施（例如桶或便携式储放罐）中；可以使用吸油卡车抽空这些容器，也可以将其中的油类泵送到油罐车中。为了优化运输物流，应允许先将随油类回收的所有游离水沉淀下来并倒出，然后再从现场运出，但须遵照当地法规的要求。

机械回收

高粘度油类、重质乳状液或低于倾点的半固态油类可以用挖土机挖斗或抓斗直接从海面上挖出并放入卡车或槽车中（图 5）。需要由技能娴熟的人来操作，以便最大限度地减少回收的水量。如果机械设备要在水中作业，并且对潮汐和海底地貌并不完全清楚，则应在这方面格外注意。在有沼泽的海岸线上，需要在两个方面之间达成一种平衡：一是需要回收大片油类以防其再活化到其他区域；二是重型机械设备对底物会造成额外的损害，这种损害可能需要很长时间才能自然复原。

在容易进入且开阔的海岸线上，尤其是在沙滩上，可以使用多种非专业的土木工程机械设备（如平路机、前端式装载机和挖土机）来回收和清除搁浅的油类及受到污染的物质。例如，在结构紧密的沙滩上使用平路机可能会在油类稍稍渗透到表面中时能够成功回收它们。可通过调整平路机的刮板来刚好刮去海滩表面，这样油类和沙子就会被拉成与海岸线平行的条状，供前端式装载机回收。可以通过类似方式使用前端式装载机或推土机来刮海滩，但不可避免地会有大量下层干净沙子被回收；此外还须特别谨慎，因为这种重型设备还可能会使油类混入到原本干净的底物中（图 6）。



▲ 图 7：使用重型机械设备直接回收时，废物中干净物质所占的比例很高，油类含量非常低。



▲ 图 8：人工将油类及沾油海草清除到一个可伸缩的挖斗中。采取这种方法进行清理时可以选择含油物质而不选干净物质，从而最大限度地减少了废物量。



▲ 图 9：使用铁铲人工回收并装入袋子中的一片搁浅燃油。



▲ 图 10：将小袋废物整合成容量为一吨的更大“集装袋”，以便于运往处置场所。

重型机械设备一天可以回收多达 400–800 立方米物质，可以以此作为指导标准。不过，这么大的体积中仅有 25% 是油类和沾油物质，其余 75% 则是干净的未沾油物质。干净物质和沾油物质在回收后将会混在一起，从而产生大量的沾油废物（图 7）。相比较而言，一名工人通常每天可以回收 1 到 2 立方米干净物质含量最少的沾油沙子。所回收物质的含油量差别很大，但一般而言，以机械方式回收的海滩物质的平均含油量通常为 1–2%，而以人工方式回收的海滩物质的平均含油量则通常为 5–10%。

通常，结合使用重型设备回收与人工回收是回收受污染海滩物质的更可取做法。以人工方式回收的沾油沙子、海草或其他物质可以堆成堆、装袋或装入其他按一定间距沿海滩摆放的容器中。随后会使用前端式装载机将回收的物质运到临时储放设施，例如运到海滩最高点。另外，也可以将沾油物质直接铲进装载机的挖斗中（图 8）。为

防止油类在海滩上扩散，应将现场划分成干净区域和脏区域，让重型机械设备从干净的一侧进行施工。

人工回收

采用人工方式回收油类和受重度污染的海岸线物质在所有类型的海岸线上都是合适的，不过在机车无法进入的敏感海岸和区域则尤为有用。使用手持式工具的工作人员可能比仅使用机器设备的方法更具选择性，因为这样可以最大限度地减少回收的下层干净物质量。尽管人工清理可能需要用到大量的人力，但以人工方式清理的海岸线由于底物受到的物理干扰更少，因此其总体复原速度往往更快。

可以使用已钻孔（以排去多余的水）的耙子或铲子回收在水面边缘漂浮的高粘度油类或乳状液，然后将它们转移到合适的容器中以便之后从海岸



▲ 图 11：较小袋沾油废物在整合成容量为一吨的“集装袋”后，被运到一个登陆艇上面，以便从隔离的海岸线上清除。



▲ 图 12：沿结构紧密的沙滩刮原油，以便将它们收集到沟渠中，然后用吸油卡车加以回收以便接下来运往处置场所。



▲ 图 13：在多岩石海岸线上回收的油类临时储放在大型的开口桶中。需要使用泵将这些油转移到悬崖顶上，然后再转移到油罐车上。

线上清除。可以使用铁铲直接将已严重乳化、粘稠或与沙子混在一起的已搁浅油类铲到塑料袋中（图 9）。如果这些袋子的重量不超过 10–15 公斤，那么后续的人工搬运就简单了。为支撑这一重量，袋子材质的线规号应至少达到 500 (>125 微米)；瓦砾袋或化肥袋是理想的袋子。为降低袋子破裂的可能性，用两层袋子进行装盛（即用一个袋子套另外一个袋子）可能是合适的。线规号较小的袋子暴露在阳光下时会很快变质，从而使他们所装的物质泄漏出来，导致二次污染。聚丙烯编织袋（例如用于运输糖和大米的那些袋子）可能会很有用，但在阳光或高温下可能会沥出油类。

将袋子从海岸线运送到位于海滩最高点的中途停留站或运送到临时储放设施对于防止它们被冲走和所装物质漏出来而言很有必要。袋子或其他容器可以装到前端式装载机、卡车、沙滩车、拖车、登陆艇等上面。在有机械搬运设备的情况下，可以将较小的废物袋整合成一个较大的吨袋（称作集装袋、吨包或特大袋）（图 10 和图 11）。可以直接使用容量为一吨的袋子来存放沾油的吸油材料及其他沾油残骸。应将装满的袋子放到塑料纸上，以便最大限度地减少在存放期间可能会沥出或漏出的油类所产生的二次污染。

可以用刮板将结构紧密的沙质海岸上的液态油推入沟渠中以进行回收（图 12）。在其他海岸上，可以使用铲子、挖斗或泵装填垃圾箱、容量为 200 升的开口桶和罐或者容量为 1 立方米的开口中型散装容器（IBC）。再次强调，应将容器摆放在高水位线上方。装满后，通过人工将很难搬运，因此仅在有机搬运设备可以使用或者其中所装的物质可以泵送到进一步的储放设施中（图 13）时，才应使用这些类型的容器。另外，以“人接人”的方式使用桶将油类从水面边缘转移到临时储放设施可能更为可取（图 14 和图 15）。

在可以安全作业的条件下，有时可以用小船运载罐或其他容器来存放在海岸线附近回收的油类。前面提到的在搬运完全开口式容器方面存在的问题在这种情况下可能更会显露出来。

在特殊情况下，液态油可能会与吸油物或其他材料混在一起，因而可以将其作为固体进行搬运。这样便可以使用叉子和耙子回收吸油物 / 材料 / 油类混合物，因为所产生的混合物是无法泵送的。这种方法将显著增加所产生的废物量，并且可能会增加额外的吸油物或材料采购成本。合成吸油物通常远贵于可在当地取得的天然材料，例如稻草、用椰壳纤维或稻秆制作的席子、甘蔗渣（甘蔗纤维）或脱落的树皮，这些材料可以用作吸油物替代品。由于废物增加，因此诸如挖沟等替代方法更为可取，应在混合前探讨这些替代方法。

冲洗

冲洗方法采用大量低压水来将搁浅或被埋的油类从海岸线上冲走。最常采用这种方法的两种情况是，清除困在沉淀物中的油类和从敏感的海岸线上清除油类。

清除困在沉淀物中的油类

油类可能会因自然渗漏、被埋在潮汐运动或风暴过后所沉积的干净沉淀物下面或者清理活动而与底物（沙子、砂石、细砾等）混在一起。在很多情况下，冲洗可能是清除受污染海岸线物质的一种可行的替代方法，可以大幅减少废物量。

海水由便携式水泵（抽取速度为 30–60 立方米/小时的离心自吸泵）抽取后，流经入口处的过滤器或筛网，然后通过软管释放到喷杆或喷嘴。一米长的塑料管最适合用作人工冲洗时的喷杆。为了使被埋的油类释放出来，需要将水注入底物中以产生搅动作用，从而将油类搅到表面上来。对于有大量卵石和细砾的海滩，有时会沿海滩顶端倾倒入更多的水以便将海岸线淹没，从而促进流动（图 16）。

对于在水位线上方进行的冲洗，释放出来的油类可能会沿着沟槽流入现有的天然池中，或者流入特意为此建造的坝、坑或沟渠中。在风平浪静的条件下，可能能够将油类冲入海中，在海中便可以用很短的轻质围堵栅栏或吸油栅栏将油类围堵起来；吸油栅栏可能还可用于回收油类。另外，根据海岸线上的油量、进入海岸线的途径以及海岸线的性质，可能也可以使用撇浮装置、泵或吸油卡车来回收油类。对于在水位线下方进行的冲洗，可以在释放出来的油浮到水面上时直接加以回收。

从敏感或无法进入的区域中清除油类

也可以采取用水冲洗海岸线的做法从敏感海岸线（例如沼泽区域和红树林）冲洗液态油和沾油残骸。低压冲洗与其他更具侵入性的方法相比，可以降低对海岸线及关联动植物造成物理损害的可能性。这些类型的海岸线通常与平静水域关联，因此通常使用吸油栅栏或围堵栅栏和撇浮装置在靠近海岸的水面回收被冲出来的油类。

还可以采取冲洗的方式来帮助从无法进入的区域（如图 17 中的岩石区域）、海防建筑（如四脚护堤块或抛石）内以及由桩或柱支撑的防波堤或码头下方清除油类。可以从陆地上通过软管来冲水，也可以从大海那一侧用船上的消防水龙带或消防炮来冲水。可以用船的推进器在建筑内或下方形成水流，以促使油类流出来以进行回收。



▲ 图 14：工作人员以人接人方式搬运成桶的油类以及装有废物的袋子，以便快速从海岸线上清除大量废物。



▲ 图 15：工作人员以人接人方式将桶中所装的油类及沾油海滩物质倒入一个供临时储放用的槽车中。



▲ 图 16：用通过喷杆和多孔管供应的低压水将埋在沙滩中的油类冲出来。此外，还以人工方式搅动底物以促使油类与沙子分离。然后，使用工作区周围的吸油栅栏回收油类。



▲ 图 17：使用低压水从岩石间冲洗油类，以使其能被海岸线更下方的吸油材料回收。



▲ 图 18：将轻度污染的沙子移往潮间海浪区域，以使其在之后的潮汐期间得到洗涤。



▲ 图 19：涨上来的潮汐冲洗成堆的沙子，从而使被困油类得到再活化。（图片由 Britannia-Brest 大学的 Bernard Fichaut 惠供）。



▲ 图 20：转移到海浪区域进行洗涤的沾油卵石。

海浪洗涤

海浪洗涤方法采用自然清洗过程，通常在光秃秃的满是沙子、砂石、细砾或卵石的海岸线上使用。潮间海浪区域中的波能可以从受污染的海滩物质中清除油类，并通过水体使这些油类得以消散。海浪洗涤在原理上与冲洗类似，但依靠海浪的自然能来提供冲洗作用，所用的水量远大于泵可以输送的水量。这种方法在沉淀物颗粒之间产生的搅动和磨蚀有助于将油类从底物中释放出来，并且可以会将其分解成油滴，从而通过非常细小的沙子和泥土颗粒稳定下来；这一过程称作“粘土与油类的絮凝”或“油类与矿物的聚合”。这些絮凝物或聚合物接近于中性浮力，会广泛消散在海洋中。

应先使用本篇论文前面部分所述的方法清除海岸线上存在的任何大片油类。然后，在低潮时以人工方式或使用重型机械设备将剩余的轻度到中度污染的待处理海滩物质从上部海岸转移到海浪区

域（图 18）。涨来的潮水会使沿海岸线分布的底物活化并重新分布，从而在这一过程中将油类释放出来（图 19）。如果初次洗涤不足以将污染清除到期望的程度，则可以根据需要重复这一过程。

释放出来的部分油类可能会移往更高的潮线，从而可以通过人工方式加以回收。另外，也可以使用吸油物（尤其是溢油吸收丝团）或小眼网（就像在建筑行业用来在脚手架周围控制灰尘和残骸一样）来回收再活化的油类。已经发现，如果网的一端固定在海岸线上、另一端在海中自由移动，这种情况下网的使用效果最好。

如果要解决被埋油类问题，同时又不大规模清除物质进行异地处置，那么这种情况下海浪洗涤尤为有用。不过，可能需要在经过多个潮汐周期后再复原海滩原貌，因为需要强有力的波浪作用才能掀起堆积在海滩上的较大石块（图 20）。因此，

在将沾油底物向下移到海浪区域前，应考虑出现较长期侵蚀的风险。

在海岸线清理工作的后期阶段使用的方法（第 2 阶段和第 3 阶段）

清除并处理大片油类和重度沾油的海岸线物质后，工作可能会转向使用以下一种方法或结合使用以下多种方法来清理其余的受污染区域。

高压洗涤

高压洗涤方法在大多数硬质底物和表面上都可以采用，但通常在自然清理可能不充分或过慢而无法充分体现市容或极为显眼的海岸线上的休闲或美观要求时使用（图 21）。这种方法常常用来从商业区的岸壁上清除油类。可以使用热水，也可以使用冷水，具体取决于设备供应情况和油类型；在去除较为粘稠的油类时，需要使用温度较高的水。

这是一种激进的方法，尽管高压 / 冷水 (HP/CW) 洗涤与热水 (HP/HW) 相比造成的损害可能更小，但还是会不可避免地破坏生活在硬质表面上的很多海洋生物，如帽贝或地衣。对表面本身的一些损坏（尤其是对已使用了较长时间的混凝土、砖造物或软岩石造成的损坏）也可能发生，特别是在使用极高压力时更是如此。

对于 HP/HW 洗涤，建议使用介于 70° C–95° C 的工作温度。不建议使用更高的温度，因为蒸汽的效果不如有压力的水。建议采用的压力为 50–150 巴，流速为 10–20 升 / 分钟。根据油的类型、其风化程度以及其厚度，一名使用单个喷杆的操作人员能够以 1-3 平方米 / 小时的平均速度清理光滑平整的表面，如混凝土墙。对于粗糙的表面和难以进入的区域，所用的清理时间可能会显著增加。

如果使用盐水而非淡水，则可以减轻作业后勤工作。不过，海水会快速降解机器内部的密封件和活塞，从而将需要更加频繁地进行机器维护。除非已经供应了备用零件且在作业持续期间现场有合格的机修工，否则不应考虑使用海水开展作业。此外，还需要有安装了可避免海洋残骸堵塞系统的过滤器或筛网的潜水泵来向机器供水。在可能的情况下，应在水泵与压力清洗装置之间安置一个临时储水箱，以起到缓冲的作用（图 22）。在容易取到淡水的情况下，作业开展过程中出现的故障和中断应该会更少。如果机器是租来的，那么除非预先经过同意，否则使用盐水可能会违反租用条款。



▲ 图 21：对市容海滩上方的一个悬崖面进行高压洗涤。油类在风暴中被拍打到上方的悬崖上，如不加以清理，可能会存留一段时间。



▲ 图 22：对远处的岩架进行高压清洗。用泵将海水抽到临时储水箱中，以供邻近的高压机器使用。



▲ 图 23：先对油渍施用海岸线化学清洗剂，然后再对其进行高压洗涤。

通过高压洗涤方法释放出来的油类可以使用放置在待清理表面底部的吸油板加以回收，此吸油板还用来最大限度地减少飞溅回邻近的已清理工作表面上的情况。在某些情况下，释放出来的油类可能会移往水面边缘，在水面边缘，可以用栅栏将它们围堵起来加以回收。通过冲洗，可能有助于引导释放出来的油类移往围堵区域。

经过高压洗涤后有些表面上依然存留的油渍通常会随着时间的推移和风化的作用而逐渐消失。不过，市容地带可能要求进行进一步清理，尤其是在旅游季节更是如此。这可以通过进一步进行高压洗涤和 / 或有针对性地使用清洗化学品（图 23）来做到。在热带和亚热带环境中，热水洗涤可能不如在温带气候中有效，因为暴露在阳光下时油类可能会被烤干在岩石上。

高压洗涤与化学品结合使用

在某些情况下，通过用适当的化学品预先处理油渍，可以增强高压清洗的效果。

海岸线清洗剂是为从硬质表面上清除油类而专门设计的，无消散作用，从而使释放出来的油类能够得到回收。应遵照生产商建议采用的施用率，并且应将所产生的混合物冲洗掉，最好用适度加压的冷水冲洗。仅应使用已获得国家监管机构批准的产品。

通过用力在油膜上刷**消散剂**可以产生能够冲洗掉的混合物，通常都是用适度加压的冷水冲洗。可以通过估计油类厚度和使用浓缩消散剂与油类之比为 1:20 的剂量率，来计算出合适的施用率。例如，估计为一毫米厚的油膜相当于每平方米有一升油，因而每 20 平方米沾油表面需要使用大约一升消散剂。

对于很多油类而言，所产生的混合物都将消散在附近的水中，从而妨碍回收。吸油材料对消散的油类一般不起作用。不过，在某些情况下，特别是在对粘稠油类使用时，消散剂仅仅起到从表面释放油类的作用，而不会产生消散效果。因此，应回收已释放出来的油类，以防再度污染。

很多潮间和近岸物种对消散的油类都很敏感。因此，应仅限在海岸线上水体流动足以让消散的油类快速得到稀释的区域使用消散剂。法律可能禁止在海岸线上使用消散剂，但在允许使用消散剂的情况下，仅应使用规定使用的产品。

在特殊情况下，在有限且明确界定的区域中，对有必要清除所有油类痕迹的地方进行了喷沙。为降低这种方法的磨蚀性，采用的载体媒介是水而非空气。不过，这对于下层表面而言可能具有很大的破坏性。



▲ 图 24：混凝土搅拌车在清洗细砾和小卵石后放出的污水。

细砾 / 卵石洗涤

可以在混凝土搅拌车的转筒中或在专门建造的设施中成功清洗细砾和卵石。对于转筒容量为 7.5–10 立方米的搅拌车，已能达到大约每小时 5–6 吨的批次吞吐量。沾油石块会与溶剂（如无味煤油）或表面清洗剂一起装入搅拌车，经预先搅拌后再加水。溶剂与沾油底物的指导比率为 1:50，但这要取决于沾油程度。快速搅拌大约 5 分钟后，减慢搅拌车转筒的转速，然后加满水。经过简短的搅拌后，会再加一些水，同时让搅拌车以非常慢的转速转动，从而使释放出来的油类从搅拌车中冲入一系列便携罐中，在这些罐中，可以将油类分离并撇出来（图 24）。应再次循环加入尽可能多的水来洗涤后续批次的物质。

三十至六十分钟的冲洗通常足以从一个给定批次中将大部分油类释放出来。卸出来的细砾尽管只存在轻度污染，但可能仍有轻微的油腻感，这个问题可以通过海浪区域中的自然清洗加以解决。如果有充足的搅拌车，则可以通过将所有必要设备（例如装载机、泵和储放罐）集中到一个位置来建一个“清洗站”。这样可以优化这种成批处理过程，例如，向一辆搅拌车上装载石块时，另一辆搅拌车正在进行清洗和冲洗，第三辆搅拌车则正在卸下清洗好的石块。

经验表明，经过几个批次后，搅拌筒中可能会积聚一些“细粒”，这些细粒主要是细小的沙子和粘土，常常与细砾和卵石有关。这些细粒可能不够干净，因此不能将它们放回海岸线上，而必须为这类物质找到其他的处置途径。此外，还必须考虑受污染水的最终处置事宜。考虑卵石清洗问题时，需仔细分析这种作业的成本效益以及为支持这种作业而需要的后勤工作。

各种各样的卵石清洗方法中已经包括了将细砾和卵石放入开口的池子或热水浴池中。具体的过程是类似的，只不过搅拌是用挖土机挖斗进行的。对于小片的沾油卵石，尤其是在不可进入的区域，可以使用合适的容器（例如被削去一半的油桶）以人工方式达到同样的效果。

犁 / 耙

从沙子或砂石海滩上清除大片油类和重度污染后，通常还存在一些轻度污染，例如在因在海滩上通行而导致油类混入底物中的地方。在作业的此阶段，沉淀物通常会有油腻感，使用农用设备反复犁或耙浅水域轻度沾油的沉淀物有助于从潮汐海滩上清除剩余的这些油（图 25）。通过搅散这些沾油的沉淀物，可以增加受风化过程作用的油类的表面积，促进粘土与油类的絮凝或油类与矿物的聚合，并使沉淀物中得以充入空气。这使得自然细菌及其他微生物可以更快地降解油类。有时在潮汐周期期间会释放出少量油类，可以通过在高水位使用吸油物来回收这些油类，或者在潮水退去后从海滩表面回收它们。以这种方式重新处理海岸线物质可能会影响在沉淀物上栖息的物种。不过，当海浪洗涤不现实时，这种方法可能尤为有用。

筛沙机 / 海滩清理机

清理沙滩后依然存留的污染通常都是以油块或直径不超过 50 毫米的小块沾油沙子形式存在。可以使用为日常回收海滩垃圾及零碎杂物而设计的机器来回收沾油残骸、较大团的沾油沙子以及油块。通常，通常会沿海滩驱动或牵引这些机器来清除表面（至预定深度），并使所回收的物质通过一个振动或转动的筛网（图 26）。根据网眼大小，所回收的物质将被传送到车上的储料仓，而干净的沙子则得以落回沙滩上。这类机器在回收较小的油块或新鲜、不太粘稠的油类方面可能不会有效果，因为这种情况下油沙凝块往往会因筛网的振动而被打散，从而穿过筛网掉落下来。

可以使用网眼较小的筛分设备（机械设备和人工设备都可）来从人工收集的轻度污染沙子中清除残留的沾油沙子和油块（图 27）。这种方法需耗费大量人力，并且只可能在极为注重市容的区域采用，因为在这种区域有充足的劳动力且最大



▲ 图 25：通过犁的方法将受污染的海滩底物翻到表面上来。之后，涨上来的潮水便会使油类释放出来以便在水面边缘处回收。



▲ 图 26：一台由拖拉机牵引的海滩清理机正在回收油块。



▲ 图 27：用来回收油块的简易筛子。



▲ 图 28：志愿者们正在用抹布擦拭沾油岩石。

限度地减少所回收的废物量是首要要务。另外，偶尔也可以用手（有时可以使用手持式园艺用筛子）回收各个油块及残留的小块沾油沙子，但即使对于具有最高价值的市容地带而言，这种方法也不太可能具有成本效益。

用手擦拭

在因岩石或卵石海岸线进出受限而无法使用高压洗涤方法或其他设备的情况下，用手擦拭可能是有效清除油类的唯一选择。可以通过擦拭的办法来清除轻度到中度积聚的油类（图 28）。抹布一般比合成吸油物更具成本效益。使用后，应将用脏了的材料装袋，以运往处置场所。在经过授权的情况下，使用清洗用化学品可能是合适的，但这样可能会减小吸油材料的效果。用手擦拭在劳动力充足的国家 / 地区往往较受欢迎，但需要密切监督工作人员，以确保整条海岸线上的进展一致并最大限度地减少二次污染。

生物修复

“生物修复”这个术语用来描述可用于加快油类以自然生物降解方式分解成简单化合物（例如二氧化碳、水和生物量）的速度的各种过程。更具体地说，生物刺激是施与养分，生物强化或催化是添加专为降解油类而选择的微生物。

在陆地上使用生物刺激时（例如在土地耕耘过程中），可以最有效地加快自然生物降解的速度。在这方面，可以通过控制影响生物修复的物理、化学和生物因素来为生物降解提供最佳条件。很少提倡在海岸线上使用此过程，因为在海洋环境中难以实现同等程度的控制力。

自然清洁

假以时日，大部分海岸线都会随着油类的风化和降解自然而然得到清理。主要的自然清除过程是

磨蚀、粘土与油类的絮凝或矿物与油类的聚合、光氧化以及生物降解。在高能、光秃秃的海岸线上，绝大多数的油类都可能会在一个季节周期内得到清除。除了远高于高水位线的油渍以外，大部分油类痕迹都会在两三年内消失。不过，在油类已进入沉淀物或细小的无氧泥粒中的情况下，降解只会以非常慢的速度进行，因而油类可能会存留多年，例如以“沥青路面”的形式存留下来。

在很多泄漏事件中，清理作业的第 1 阶段和第 2 阶段完成后，最后清理将留给自然过程，这是最高效且最具成本效益的解决方案，尤其是在将持续一段时间的季节性风暴即将到来之时更是如此（图 29）。在条件允许时，对于很多敏感型海岸线（例如红树林和沼泽），自然清洁是优先选择的可选方案，可以最大限度地减少清理活动造成的破坏。在刚刚经历过冬季或热带风暴时，对海岸线进行考察最为有用，可以通过这种考察来



▲ 图 29：在很多情况下，海岸线的最后清理工作可以留给自然过程完成。



▲ 图 30：正在从一个小筏子上对沾油的桩式建筑和临坞岸壁进行高压洗涤。释放出来的油类在吸油栅栏中进行回收。



▲ 图 31：由于头顶空间不足且缺少通风，因此对于清理人员而言，进入码头下方可能会很困难且有危险。



▲ 图 32：使用高压清洗装置清洗抛石。



▲ 图 33：沾油四脚护堤块的清理很成问题，因为很难接触到这种建筑内的油类。

判断自然清洁是否达到了期望的应对目的或者是否还需要任何进一步的清理。

海岸线的类型

清理方法是针对以下七种海岸线类型进行阐述的：

港口、海港及其他设施

墙壁及其他垂直建筑上的潮汐涨落范围内可能会显露出一条油带，可以通过从船或筏子上用高压洗涤方式加以清除（图 30）。已移至建在桩或柱上的码头、防波堤或其他建筑下方的油类可能难以清除，尤其是在顶空有限的情况下更是如此（图 31）。借助船的推进器进行冲洗可能有助于清除大片油类，但精细的清理可能无法做到，因而油类可能需留待自然降解。采取较为激进的清理方法可能会破坏木质建筑，尤其是已经发生腐烂的木质建筑。另有一篇关于“油类对社会和

经济活动的影响”的论文更加详细地阐述了如何清理海岸线上的商业区域。

	海防建筑	
	可进入	不可进入
第 1 阶段	撇浮装置 / 泵 吸油卡车 冲洗	人工 人工 + 吸油物
第 2 阶段	高压洗涤 被动清理 拆除(很少采取) 自然清洁	自然清洁 用手擦拭
第 3 阶段	用手擦拭 自然清洁	自然清洁

▲ 表 1：适用于清洗各种海防建筑的方法。

海防建筑

采用各种设计的海防建筑给清理工作带来了特别棘手的难题。油类可能会通过岩石与混凝土四脚护堤块之间的空隙深深地渗入建筑中，因而不会受到波浪的作用，风化过程也只是缓慢进行。敞式抛石（图 32）和四脚护堤块（图 33）还会聚集大量残骸，这些残骸会起到吸油物的作用，从而使油类清除更成问题。如果泄漏发生在冬季，那么在夏季到来前油类可能一直困在这类建筑中，到了夏季油类则可能变得更具流动性，从而沥出。此外，海防建筑必定面向开阔的大海，因而可能是危险的工作环境。

在有利的天气条件下，可以从船上在海防建筑底部回收浮油。在这类建筑上以及在一定程度上进入这类建筑（进入程度以保证安全为限）的工作人员可以使用压力清洗装置清除沾油残骸并清洗巨砾和四脚护堤块，也可以用抹布和吸油物手动清理。通过被动清理（即沿海防建筑的外立面摆放吸油物），可以回收随潮汐运动、涨潮和波浪作用而被冲出的油类。在某些情况下，可以通过向建筑中泵送水将油类冲出，从而增强这种自然作用。

在十分罕见的情况下，可以拆除海防建筑，以便清除沾油残骸并对各个巨砾和四脚护堤块进行高压洗涤。如果油类正在沥出，从而给旅游海滩或海洋养殖设施带来污染威胁，那么这样做可能是适宜的；但即使是在这种情况下，通常也必须在污染威胁与海防建筑的拆除和重装成本之间达成一种平衡。仅在这种拆除和重装工作是例行开展的（例如为了维护海防建筑）并且必要的设备和基础设施都已到位的情况下，这种平衡才有可能偏向拆除。

岩石和巨砾		
	可进入	不可进入
第 1 阶段	撇浮装置 / 泵 吸油卡车 冲洗	人工 人工 + 吸油物
第 2 阶段	高压洗涤 吸油材料 自然清洁	自然清洁 用手擦拭
第 3 阶段	自然清洁 高压洗涤 喷沙(很少采取)	自然清洁

▲ 表 2: 适用于清洗岩石和巨砾的方法。

岩石和巨砾

诸如岩石和巨砾等硬质表面常常会因为潮汐涨落而覆有一层油，并且油类和沾油残骸会积聚在岩石池和裂缝中（图 34）。在光秃秃的海岸上，油类通常不会保持静止不动，而会被沿着海岸推动，最终搁浅在有遮挡的位置。有时会难以进入多岩石海岸，需要特别注意在光滑表面上作业的工人的安全，以及波浪和潮汐所带来的危险。在无法通过其他渠道（例如从海上）进入的情况下，可以搭建临时的过道来改善工作条件（图 35）。

在野生生物十分集中且有大量油类搁浅的区域，可以在沾油岩石上覆盖一些松散的吸油材料，有时也可以将吸油材料推入油中，以起到遮挡

卵石、细砾和砂石		
	可进入	不可进入
第 1 阶段	撇浮装置 / 泵 吸油卡车 冲洗	人工 人工 + 吸油物
第 2 阶段	冲洗 海浪 / 卵石洗涤 机械 自然清洁	自然清洁 用手擦拭
第 3 阶段	自然清洁 海浪 / 卵石洗涤 喷沙(很少采取)	自然清洁

▲ 表 3: 适用于清洗中间底物的方法。



▲ 图 34: 在多岩石海岸线上油类和沾油残骸将积聚在池子和裂缝中，从而需要大量的人工清理工作。



▲ 图 35: 为了最大限度地减少工人在多岩石海岸线上作业时所面临的危险, 可以搭建临时的过道。



▲ 图 36: 将沾油砂石收集到袋子中。

的作用, 减轻对皮毛或羽毛的污染。某些国家 / 地区喜欢使用已磨成粉的树皮, 还有一些国家 / 地区则使用粒状的矿物吸油物。例如, 这种方法已被用于保护已知的大面积区域内的海豹和企鹅。通常不会回收吸油物 / 油类混合物, 而是留待海洋清除, 在海洋中这种混合物将广泛分散, 从而使降解得以发生。不过, 这种方法应谨慎使用, 因为漂浮的席状吸油物 / 油类混合物可能会造成二次污染, 且潜在的吸油物成本也是不菲的。

卵石、细砾和砂石

这种类型的海岸线是最难以得到满意清理的海岸线之一, 因为油类可能会渗入石块之间的空隙中, 并且可能会深深地渗入海滩中。这种海岸线的承重性不佳, 会给人、车的通行带来困难, 因此大量清除重度沾油的石块可能很成问题。不仅如此, 与沾油的沙子和砂石相比, 用来处置重度沾油的卵石的途径更为有限。但是, 为了防止形成会持久存留的沥青路面, 在有遮挡的海岸线上清除重度沾油的砂石可能很有必要 (图 36)。在可能的情况下, 现场清洗沾油的石块可以最大限度地减少需要运往处置场所的废物量。冲洗和海浪洗涤方法在这些环境中也特别有用。

沙滩

沙滩常常会被视作宝贵的市容资源, 需要优先清理 (图 37)。休闲海滩通常容易进入, 并且由于很多油类渗入到这种海滩的深度十分有限, 因此通常被认为是最易清理的海岸线类型 (图 38)。不过, 油类可能会被接连的潮汐埋在这种海滩下, 并且低粘度油类会渗入到粗粒沙子中。采用冲洗、海浪洗涤或耙的方法来处理被埋的油类可能是适宜的。



▲ 图 37: 在旅游季节, 清理沙滩可能是优先要务。



▲ 图 38: 人工从粗沙沙滩上回收已经乳化的燃油。

		沙滩	
		可进入	不可进入
第 1 阶段	撇浮装置 / 泵 吸油卡车 人工 / 机械 挖沟 冲洗	人工 人工 + 吸油物	
第 2 阶段	冲洗 海浪洗涤 人工 / 机械	自然清洁 人工	
第 3 阶段	自然清洁 海浪洗涤 犁和耙 海滩清理机 筛沙	自然清洁	

▲ 表 4: 适用于清洗沙滩的方法。

可以搭建临时过道供重型设备用来在这种海滩上作业；例如，为避免脆弱的沙丘栖息地遭到破坏，便可以搭建这种过道。在松散或粗质海滩上作业的车辆的车轮或履带有可能会陷入沙子中（图 39）。这可能导致搁浅的油类进一步渗入海滩底物中。开到这种海滩上的卡车或其他车辆在装货后可能无法启动。

常常有人表示担心过多地清除沙子可能会导致海滩遭到侵蚀。但对于大多数光秃秃的海滩而言，遵循着季节周期发生的侵蚀和淤积量十分庞大，相比之下，在清理作业期间清除的物质质量通常是微不足道的，通常会自然而然地得到补充。不过，为了让海滩在尽可能短的时间内恢复其原来的用途，有时会建议从其他地方运来一些干净的沙子。如果采纳这种方法，则应尽可能确保这些干净的沙子与原来的物质具有相同的密度和粒度大小，以便它们有相似的表现。例如，如果要使用粒度更小的沙子作为补充，那么就会存在这些沙子可能会被冲走的风险。

如果在泄漏的油类到达海滩前已提前足够长的时间发出通知，那么就有可能能够将沙子移至高水位线上方。这样，在清理完海滩后，就可以将这些物质放回。零碎杂物也可能能够在任何油类到达前移走，这样就会大大减少待处置的沾油残骸量。

泥质海岸

只要有可能，就应优先选择让到达这种海岸线的油类自然风化，尤其是在油类已被冲到植被



▲ 图 39: 装了货的车辆可能会陷入柔软底物中。这可能会造成额外的破坏，使油类与原本干净的底物混在一起。

		泥质海岸	
		可进入	不可进入
第 1 阶段	撇浮装置 / 泵 吸油卡车 冲洗	人工 人工 + 吸油物	
第 2 阶段	冲洗 人工	自然清洁 人工	
第 3 阶段	自然清洁	自然清洁	

▲ 表 5: 适用于清洗泥质海岸的方法。

上的情况下更是如此。已经发现，在很多情况下，旨在清理污染的活动由于会发生践踏和底物侵蚀，反而比油类本身造成的破坏更大（图 40 和图 41）。

在温带气候中，沼泽植被常常可以挺过一次油类窒息，并且在很多情况下，都会有新植物突破覆盖的油层长出来。对热带地区的红树林造成的破坏不太容易预测，具体会取决于物种、油类的性质（轻质油类比重质燃油毒性更大）以及底物的多孔性。在粗质底物中生长的红树林似乎没有在细粒的泥土中生长的红树林脆弱。

如果必须清除油类以防其再活化和沿海岸线扩散，那么可以将油类冲到开阔的水域中，在这种水域中将其围堵起来以便之后进行回收。最好通过用浅吃水船从水中接近海岸线或者用临时过道从陆上接近海岸线来完成这项工作。另外，如果采用人工回收方式，这应在密切监督下进行，以便最大限度地减少对植物的根与芽造成的额外破坏（图 42）。

如果鸟类及其他动物受到威胁，则可以考虑割掉和清除沾油的沼泽植被，但必须将这些措施与因践踏而造成较长期损害的风险进行权衡。需避免伐掉红树林，因为众所周知，伐掉后需要很长时间才能复原。

珊瑚

活珊瑚不太可能会沾油，因为它们很少露出海面。不过，万一露出来的珊瑚沾上油类，则最好不干预，让它们自然复原。可以通过用海水进行低压冲洗来帮助自然清理浅水域已经变干的珊瑚平台，以便最大限度地减少珊瑚礁群落与油类接触的机会。

在有必要回收油类的情况下（例如为了防止其再活化），应小心谨慎地开展这项工作，以便最大限度地减少对脆弱结构的破坏。

管理与组织

高效地管理参与海岸线清理的资源对这项作业的成功至关重要。管理事件应对工作的责任可能会落到从多个不同组织或机构抽调人员组成的小组肩上，也可能会落到一个政府机构肩上。无论落到谁的肩上，他们的职责都是为在海岸线上工作的人员提供支持，以及处理日常运作问题、后勤事宜、未来规划、媒体关系以及作业所需资金的筹措。在决定要采取哪些清理方法时，管理小组必须考虑与此海洋环境在当地的多种用途有关的各方的利益。通常，这包括休闲、旅游、渔业、工业以及环境问题等各种利益。这意味着，这些问题的解决方式会因国家的应变安排而异，并会因国家/地区的不同而有所不同。通常，管理小组中会纳入代表上述每个关注领域的顾问。特别是环境顾问，很多管理小组都包含环境顾问，以免在清理作业开展过程中因对环境敏感性缺乏正确了解而出现得不偿失的情况。

正确地组织在海岸线上工作的人员同样至关重要（图 43）。可以通过将受影响海岸线分成更小的区域来达到这一目标，通常按照海岸线类型的天然划分进行分区。对于每个区域，应指派一名主管或海滩管理者负责管理该区域的所有工作人员。如果要采用人工方法，可以将工作人员进一步分成多个小组，每组都有一名组长，且每组负责清理海岸线的一个组成部分。分配的任务应可在现实可行的时间段（如半天）内完成。完成任务和看到自己工作进度时的满足感，有助于提高工作人员的积极性，让他们能够在恶劣的条件下坚持工作。同时，须一段接一段、有条不紊地清理海岸线。一般而言，每个小组由 5-10 名工作人员组成（图 44），在一个区域，



▲ 图 40：对沾油的沼泽进行侵入性清理造成比油类本身更严重的额外破坏。



▲ 图 41：在海岸线上的敏感区域使用重型机械设备可能会造成严重的额外破坏。在这种情况下，快速回收自由漂浮的油类是优先需要做到的。



▲ 图 42：应慎重考虑是否需要清除红树林中的油类，以便最大限度地减少对高度敏感的结构造成的额外破坏。



▲ 图 43：应清楚明确地向工作人员布置简要任务，以确保他们清楚了解具体的目标以及达成这些目标的方式。



▲ 图 44：最佳的海岸线清理小组包含 10 名工作人员，这样可以有效地进行监督和顺利开展。



▲ 图 45：在工作现场附近搭建的临时建筑物为工作人员提供膳食和卫生设施。

每名主管或海滩管理者负责管理不超过 100 名工作人员，即大约 10 个小组。工作人员应接受基本的培训，确保清理工作有序、有效地进行，并提高工作人员的卫生和安全意识。用于满足小组成员的饮食和卫生需求的设施应建在工作现场的附近（图 45）。

只有工作已经开始并进行了一段时间后，才便于判断工作人员的潜在绩效。鉴于这一原因，如要确定海岸线清理工作所需的人数，最好先在具有代表性的一段海岸线上进行小规模清理，然后在工作实践得以优化之后，再在海岸线的其他区域使用合适数量的工作人员以相同方式进行清理。所需的工作人员数量取决于所用清理方法的要求和在一天内可以合理处理的物质质量。不过，工作人员的绩效还会受到培训情况、工作积极性和监管情况，以及海岸线类型、易进入性、天气条件和污染程度的影响。理想的方式是，从已建立管理结构的当地组织中抽调人员组成工作团队，这样的团队便具有既定的职权结构和工作关系。虽然军事指挥结构满足这些要求，且这种体系中的人员似乎吃苦耐劳，非常适合从事这种类型的工作，但采取这样的结构可能导致小组规模太大，因而可能有必要进行一定的调整。您可参阅另一篇关于“油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理”的论文，了解更多详细信息。

对在海岸线上作业的设备 and 机车的组织同样重要。将工作现场分成干净区和脏区、限制脏区内的车辆数并限制车辆在脏区内的移动，有助于最大限度地减少二次污染。大型载重卡车，例如用于将回收的物质运输到存放或处置地点的卡车，应停放在远离海滩的位置，以便保持脏区和干净区的隔离。此外，这样还有助于减少扩散到路面上的油量。所选车辆类型应适合要运输的废物，以确保运载物的安全并防止油类泄漏。

应对工作现场附近的道路交通进行管制，以免妨碍进出工作现场的卡车行驶。为了公共安全，特别是在使用重型车辆的情况下，可能还必须对海滩进行封锁。

在有潮汐的海岸，应根据潮汐的变化安排工作，休息时间和用餐时间最好安排在涨潮时。在照明良好的港口，可能可以安排夜间工作，但是对于开阔的海岸线等其他位置，即使有照明条件，夜间工作通常也较为低效，而且可能不安全。

记录每天清除的油类和沾油残骸量，有助于在指挥中心内轻松监控每一工作现场的进度。除了书面报告，可在大比例地图上方便地记录和监控每一工作现场的状况以及工作人员和设备的位置。

每一工作现场所用工作人员、设备和材料的每日记录，也是之后提出索赔要求时所必需的。有关应对措施这一方面的更多信息，请参见另一篇有关“油类污染索赔的准备和提交”的论文。

应变计划

制定海岸线清理应变计划要求对当地情况非常熟悉，因此，特定的地理区域通常只有一个海岸管理权威机构。鉴于这一原因，应变计划应由负责为所确定海岸长度内的海岸线清除油类的机构和组织制备。其一，这些组织的员工可能熟悉当地的安排，其二，这样有助于确保计划现实可行、切合实际。海滩主管通常由本地人担当，而且熟悉相应的海岸线。不过，仍应对海滩主管进行有关清理方法以及工作人员的管理和安全方面的培训。可能需要警局及其他公共机构对受影响区域的进入予以控制，或者在发生泄漏时提供其他方面的应对协助。

应将管理清理工作的一个中央位置或者一系列位置确定下来。管理位置应适合管理团队的膳宿安排，且配备适当的通讯系统。管理团队与海岸线上各位主管之间的可靠通讯，将有助于实现协调

有序的应对。如必要，应采购适合预期应用场合的通讯系统。

在制备应变计划过程中，应考虑回收到的沾油废物的临时存放、运输和最终处置，因为这些问题可对清理效率产生极大的影响。人力、设备和材料的来源，以及相应的详细联系信息，应在计划中予以指定。可提供吸油卡车、前端式装载机、槽车或其他临时存放容器、热水清洗系统以及其他设备的承包商需确定下来，且最好在泄漏发生前达成租用条款和条件。

海岸线敏感性地图在泄漏的早期阶段特别有用，可在应变计划制定过程中应常常输入到地理信息系统 (GIS) 中的信息加以制备。此类地图应显示环境敏感型资源的位置和极为注重市容的区域，且注明这些位置的季节性变化。还应记录海岸线类型、车辆进入点、可使用重型设备的海滩以及海岸线上不可使用消散剂的区域等其他特征。

应定期开展应变计划的实际练习，这样不仅可以检验组织的完善程度，还可确保计划中确定的设备实际可用。有关应变计划制定的更多信息，请参见另一篇有关“海洋油类泄漏的应变计划”的论文。

要点

- 海岸线清理作业要想取得成功，需依靠以下两个方面：及时配给人员、设备和材料；为管理和开展这项作业而组建的组织具备良好的素质。
- 海岸线清理作业的目标和结束点最好在这项作业开始前制定出来并达成一致。
- 应及早考虑废物的储放、运输和最终处置，因为这些方面可能会严重影响作业的开展。
- 海岸线类型在很大程度上决定着要采用的最合适清理方法。
- 应尽快回收移动的油类，以防其移至别处。
- 虽然重型设备可以快速清理海滩，但也会清除大量原本干净的底物，从而造成运输、处置及潜在侵蚀问题。较慢的人工方法往往更好。
- 对于环境敏感型海岸线（例如沼泽、有遮挡的泥滩、红树林和珊瑚），留给自然清理过程进行处理常常是最佳选择。
- 对于无关市容的区域，完成应对工作的第 1 阶段和第 2 阶段后，剩余的所有油类都可以留待自然风化和降解。
- 人力和设备都应在当地的应变计划中确定下来，并定期通过实际练习加以调动以检验其效力。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的栅栏应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom
电话: +44 (0)20 7566 6999 电子邮件: central@itopf.com
传真: +44 (0)20 7566 6950 网站: www.itopf.com
24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



油类泄漏应对措施中 吸油材料的应用

技术资料论文

8



导言

吸油材料可以说是一种实用的油类泄漏工具，能够在不适合采用其它技术的情况下对油类进行回收。不过，吸油物应该适度使用，以最大限度减少次生问题，特别是产生过量废物的问题，因为此类问题可能会大幅度增加应对措施的成本。

本文讨论可以使用的吸油物类型及在应对措施中可以如何有益地使用。本文应与本系列的其它 ITOPF 论文一起阅读，尤其是关于浮木档栅应用、撇浮装置应用、海岸线清理技术及油类和残片弃置的部分。

概述

吸油物包括设计用于优先于水回收油类的各种有机、无机和合成产品。其组成情况和配置取决于所使用的材料及其在应对措施中的拟定用途。

虽然吸油物广泛用于泄漏应对措施，但应该谨慎采用，以最大限度减少不适当和过度的使用，避免可能会产生的与二次污染、回收、储放和弃置相关的物流难题。这些全部都会大大增加清理作业的总体成本。特别注意应适度使用合成吸油材料，并谨慎处理，以确保充分利用材料来最大限度减少后续的废物弃置问题。

一般来说，在海岸线清理（图 1）的最终阶段，以及用于回收不能通过其它清理技术轻松加以回收的少量油层时，使用吸油物最有效。吸油物不适合在开放海域使用；尽管有一些吸油物针对粘性油类专门进行了设计，但用于粘性油类（如重油等）及已风化和乳化的油类的效果通常较差。

吸油物工作原理

材料要作为吸油物，应该能够优先于水吸收油类，即应该具有亲油性和憎水性。吸油材料能以吸附方式或吸收方式（较少用）发挥作用。在吸附行为中，油类被优先吸引到材料的表面，而吸收物则将油类或其它要回收的液体吸入材料内部。可用于油类泄漏应对措施的大部分产品是吸附物，只有极少部分是真正的吸收物。

吸收物

液体通过与毛细管作用类似的过程扩散到固体吸收物材料的构造中，使材料膨胀；液体与此类材料结合的方式，使之既不会从材料中漏出，也不会因受压而被挤出。可用于污染应对措施的吸收物使用工程聚合物制造，此类工程聚合



▲ 图 1：用于在冲洗作业期间收集油类的聚丙烯吸油浮木档栅。

物具有高比表面，能促进快速吸收。因为吸收物可能可以减少液体的表面积，因此可以用于挥发产品。虽然从理论上而言，吸收材料能够回收轻质燃油和一部分原油，但吸收所需的时间可能太长，而不实用或不能达到期望。因此，它们更适合用于回收低粘度液体和泄漏化学品，特别是有毒有害物质（详见关于对海洋化学品污染事故的应对措施的另一篇 ITOPF 文章）。因此，吸收物在油类泄漏应对措施中不如吸附物常见。

吸附物

为了最大限度减少混淆，本文中采用了广泛使用的通用术语吸油物，且本文主要关注点是吸附物在油类泄漏应对措施中的应用。下面将介绍各种让材料吸收油类的机制。

可湿性

为了成功吸附，油类应该能浸润材料，从而优先于水分布在其表面。如果液体的表面张力小于固体的临界表面张力 (γ_c)，液体就将浸润固体。

因此，吸油物要满足所需的条件，其 γ_c 值应该具有低于水但高于油。海水的表面张力约为 60–65 mN/m；油类的表面张力值根据构成情况有所不同，但通常约为 20 mN/m。因此，例如， γ_c 值为 18 mN/m 的 PTFE 将不会吸收油类或水，而 γ_c 值为 29 mN/m 的聚丙烯是理想的吸油物。

很多天然和合成固体都具有合适的 γ_c 值。不具有所需值的无机固体可以通过各种表面处理（包括加热等）进行改造，以产生所需的条件。膨胀蛭石就是这样的产品。对于各种材料，特别是吸油泡沫和散纤维，一旦最初使用油类浸润或灌注，其亲油性就可以得以增强。

毛细管作用

对于有些材料，吸收通过毛细管作用进行。虽然这也取决于固体和液体的相对表面张力，但油类的粘度也对向吸油物结构渗透的速度有很大的影响。对于低粘度油类（如轻质原油），油类渗透率可能很快（数秒钟），而对于高粘度油类（如重质燃油或风化油污），渗透率可能较慢（数小时）。

毛细管作用对于基于泡沫的吸油物尤为重要。带有细孔的泡沫能够容易地回收低粘度油类，但这些孔很快就会被较稠的油类所阻塞。相反，具有粗孔结构的泡沫可有效用于粘性油类，但不能有效地置留低粘度油类。

内聚 / 粘附

内聚是指材料对本身的吸引，从而不在固体表面分散，而粘附则是指一个材料对另一个材料的吸引。吸油物既依赖于油类对吸油物表面的

吸附，也依赖于油类的内聚性（能让吸油物置留更多的油量）。如果吸油物是一束松捻的形式，则油类在吸油构件中的内聚可以生成凝结块来防止油类的扩散，从而更容易回收油类和吸油物的混合物。油类粘性越大，则其内聚性越高。

表面积

除了特定吸油材料的浸润、扩散和毛细管特征外，其吸油率和容量与暴露的表面积直接相关。成功的吸油材料应该具有较高的表面积 - 体积比，包括外表面和可用的内表面。

对于不能快速流入吸油材料的粘性油类，其表现由可用的外表面决定。例如，吸油松捻的相对外表面区域比连续浮木档栅大，因此可以预计它具有较高的吸油率，能更有效地处理粘性油类。

与吸收物不同，吸附材料应该谨慎地用于挥发液体。液体在吸附材料内部和外部表面区域的扩散可能会提高蒸汽释放率，从而产生燃烧和 / 或危害人类健康的伴生威胁。

吸油材料和形式

吸油材料

大量材料均可作为吸油物使用。可作为吸油物的有机材料包括树皮、泥煤、锯末、纸浆、甘蔗渣（加工蔗糖产生的废物）、软木、鸡毛、禾秆（图 2）、羊毛和人发；无机材料包括蛭石和浮石；合成材料包括聚丙烯（图 3、图 4 和图 5）及其它聚合物。



▲ 图 2：使用禾秆和编网制作的简易吸油浮木档栅。这种浮木档栅价格便宜，而且易于制作，可以在部署到合适区域时提供有效的短期保护。



▲ 图 3：封装在编网中的聚丙烯条。浮木档栅松散的不均匀结构能够让油类轻松穿透结构，从而让内表面能够吸附油类，但封装编网很容易损坏。



▲ 图 4：连续、均匀的吸油浮木档栅表面切开后发现未充分利用。内部仍然未沾油，可能是由于部署时间不够，或者由于油类粘性太高而不能穿透结构所致。



▲ 图 5：连续形态的扁平吸油物（如海岸线上放置的吸油板）具有高表面积 - 体积比这一特征。以这种方式大规模使用吸油物时，应该对产生的大量未沾油的废物的情况加以考虑。

合成吸油剂通常是最有效的油类回收方式。在有些情况下，油类与吸油物的重量之比可以达到 40:1，而与此相对，有机产品的比率为 10:1，而无机材料则低至 2:1。尽管吸附能力有限，但有机和无机材料仍然可能很有吸引力，因为它们往往在自然界中大量存在，或是工业加工

的废弃副产品，能以低价方便地采购或能免费获得。

很多组织对不同吸油材料的相对效果进行了测试，以评估给定重量的特定材料预计能置留的油量。尽管这些测试结果在一种吸油材料相对于另

	材料	优点	缺点
散装	<ul style="list-style-type: none"> 有机 – 包括树皮、泥煤、锯末、纸浆、软木、鸡毛、禾秆、羊毛和人发。 无机 – 蛭石和浮石 合成 – 主要是聚丙烯 	<ul style="list-style-type: none"> 通常在自然界储量丰富，或作为工业加工的废弃副产品广泛可用 成本可能较低 可以用于在生物聚集区中保护野生动植物 	<ul style="list-style-type: none"> 难以控制，可能随风扩散 难于回收 油类和吸油混合物难以抽吸 油类吸油混合物的弃置比油类本身更受限
包封	<ul style="list-style-type: none"> 上述所有散装材料都可以使用罗网或编网包封。 	<ul style="list-style-type: none"> 比松散吸油物更方便部署和回收 包封的浮木档栅比连续浮木档栅的表面区域更大 	<ul style="list-style-type: none"> 结构强度取决于罗网的结构强度 有机浮木档栅可能会快速饱和而沉底。油类置留能力受限
连续	<ul style="list-style-type: none"> 合成 – 主要是聚丙烯 	<ul style="list-style-type: none"> 长期储放 部署和回收相对较简单 如果充分利用，能实现高油类回收率 	<ul style="list-style-type: none"> 处理风化油污或粘性更高的油类的效率有限 不容易分解，导致弃置选项受限
纤维	<ul style="list-style-type: none"> 合成 – 主要是聚丙烯 	<ul style="list-style-type: none"> 能有效地处理风化油污或粘性更高的油类 	<ul style="list-style-type: none"> 处理新鲜的轻质和中质油类的效果相对略差

▲ 表 1：可用吸附材料类型的优点和缺点。



▲ 图 6：当地村民使用聚丙烯条制作溢油吸收丝团。采用当地可用材料制作的吸油物在价格及运输效率方面非常经济高效。



▲ 图 7：溢油吸收丝团排成一列在河口捕获漂浮油。材料的开放结构和大表面区域尤其适合于回收粘性油类。

一种吸油材料的有效性的比较排序方面可能很有用，但在这些结果是在实验室或受控制现场条件下的性能，因此可能会存在一定误导。在实践中，吸油物受到气流、波浪和水流的影响，在这些自然且不可能预测的条件下，它们的表现很可能与此类测试中报告的结果不一致。

吸油物形式

市场销售的吸油物根据其构成和拟定用途分为多种形式，但通常可归入四种类型之一：散装松散材料，经常为颗粒状；罗网包封为枕垫或浮木档栅；垫、板、浮木档栅或卷这样的连续形态；以及采用松散纤维状的形式结成溢油吸收丝团或扫帚状结构（表 1）。还有针对特定应用情形的其它类型吸油物。

散装吸油物

上面列出的大部分材料以松散吸油物的形式销售，非常适合用于回收陆地上少量的油类泄漏。主要考虑到控制其应用和回收的难度，此类材料在海洋环境中的使用应限于下面关于在海岸线上使用吸油物的部分中描述的特定场合。

包封吸油物

散装松散吸油材料经常用外层布料、罗网或编网包封为浮木档栅、枕垫或筒状，这样比松散材料本身更方便部署、控制，而且更易于回收。包封吸油产品有各种形状和体积，但浮木档栅最常见（请勿与下面描述的连续形态的浮木档栅混淆）。包封吸油物通常使用现成的有机或无机天然材料生产，如禾秆（图 2），但也可能由单个合成材料元素构成，如聚丙烯（图 3）。

连续形态吸油物

连续形态的圆柱形吸油物（主要是浮木档栅）与前一部分描述的包封松散材料浮木档栅不一样，它具有更高的均匀性和较低的表面积 - 体积比，这意味着油类较为不容易渗透至浮木档栅的核心（图 4）。连续形态的扁平吸油物（如板、卷、垫和网）具有高表面积 - 体积比的特征（图 5）。

连续形态的吸油物主要通过编织或熔喷法使用合成材料制造，聚丙烯是在泄漏应对措施中最常用的材料之一。不过，有时可能会遇到使用其它材料（如聚亚安酯、尼龙和聚乙烯）生产的吸油物。

松散纤维吸油物

虽然散装、包封和连续形态吸油产品可有效地用于大多数油类，但它们在回收风化情况较为严重及高粘度油类时效率略差。可以使用松散吸油纤维捆或束，通过结合对大表面区域的粘附性和油类本身内的内聚性回收油类。主要使用聚丙烯条生产，这些条通常系在一起结成溢油吸收丝团，也称为“pom poms”（图 6）。可以将多个溢油吸收丝团系到一条绳子上，形成粘性油类扫帚状结构或“溢油吸收丝团浮木档栅”（图 7）。绳式拖把撇浮机使用通常长达数米的扫帚状结构来回收油类。请参见关于撇浮装置的使用的另一篇 ITOPIF 论文了解更多信息。

粘性溢油吸收丝团已成功用于协助检测沉淀和水下油类；其方式既可是从漂浮物和锚上悬挂入水体中，也可是附加到金属架在海底拖扫。根据吸油物的浸油程度判断海中存在的油类情况，以便对确定的区域为重点采用更有效的定量方法进行

探测。如要获取更多详情，请参考关于海洋油类泄漏的采样和监视的另一篇 ITOPIF 论文。

吸油物选择标准

除了吸油物的形态及特定材料选择性吸附油类的能力之外，其它因素也会影响吸油物的效果。

浮性

为能有效地用于收集漂浮油，吸油物必须具备并保持高浮性，即便吸收油类和水至饱和也能保持漂浮状态。禾秆和锯末等大量天然有机材料初期浮性非常高，但最终会吸取大量的水而沉底。不过，在某些情况下，浮性可能会降低吸油物的效果。例如，某些较轻、密度较小的材料会停留在较重的粘性油类之上。在这种情况下，吸油材料可能需要通过手动方式与油类混合，以提高饱和度及实现有效回收。

泡沫吸油物的浮性直接与包封袋与开放袋的比例相关；开放袋的数量越多，吸收能力就越强，但浮性会因此降低。

饱和度

吸油物可能会很快因油类浸透而饱和。即便相对较小的漂浮层也可能很快覆盖吸油浮木档栅，油类因而可能会从吸油物中释放出来污染原本要保护的资源。饱和之后，吸油物就不能再继续回收油类，应该尽快撤走，以避免任何后续的沥出情况发生。饱和程度可能很难确定，经常需要将浮木档栅切开才能判断。处理粘性油类时经常出现不完全饱和的情况，浮木档栅可能会被错误地回收和丢弃，而内层并未得到充分利用（图 4）。通过使用小直径吸油浮木档栅或使用溢油吸收丝

团，可以避免或减少这种不必要的浪费，这样的做法能减少浮木档栅中心的未使用材料量，同时也能保持其有效性。

即便与很少量的油类接触，吸油板也可能会很快饱和，其使用应该限于要回收油量有限的小规模事故。

油类置留能力

吸油物的整体性能的一个关键方面就是其置留油类的能力。有些材料能够快速吸收油类，但除非在合适的时间回收，否则可能由于气流、波浪和水流的影响而导致吸收的油类后续大量释放。与此类似，有些吸油物从水中提起时，由于回收的液体的重量会导致吸油物下垂和变形，将油类从孔内或内表面中挤压出来，从而释放油类。在使用固有强度低的吸油物时，特别是使用有机材料生产的吸油物时，油类置留能力可能特别成问题。

具有细孔的吸油材料（如蛭石和一些泡沫）通常展现出良好的油类置留特征。此类材料的缺点在于回收粘性油类方面的表现较差。溢油吸收丝团由于表面区域较大，所以会很快因油类浸透而饱和。不过，将其从水面提起时，可能会释放出油类。其释放率直接取决于油类的粘度，较轻、粘性较低的油类滴落的速度较快。

强度和耐受性

对于回收之前长期在原位停留的情况，吸油物的耐受性非常重要。由于环境的影响（如波浪作用或岩石磨损），吸油浮木档栅可能在数小时内开始降解和散开。有些吸油浮木档栅强度（特别是由包封松散材料组成的吸油浮木档栅）取决于保持编网材料的耐受性，编网材料可能在不利的环境条件下破口。一旦损坏，这些浮木档栅的内容物很容易丢失，可能会成为二次污染源。

发酵

有些有机吸油物在长期与水接触时可能会发酵。除了在选择性回收油类时改变吸油物构成及效率外，这还会带来与所得到的吸油物 / 液体混合物的回收、储放和弃置相关的问题。

成本

吸油产品的成本差别很大，并主要取决于所使用的材料。有机和无机材料比合成产品相对便宜。不过，由于其效率相对较低，这个低单位价格需要以数量相对较多为代价。在选择最适合的产品时，也应该考虑弃置较多材料而产生的额外成本。尽管合成产品的成本高，但它们的效果往往强许多倍，而且在某些情况下可以重复使用。



▲ 图 8：吸油材料本来就是体积庞大的产品。泄漏应对前、中、后的储放和运输都可能带来物流和成本问题。

供应情况、储放和运输

合成吸油剂的性能使其非常有吸引力，但并非总能在泄漏现场就近获取。虽然有机和无机吸油物效率可能相对略差，但它们是实用的替代方案，因为此类吸油物通常更为常见。不过，为了能作为有效的吸油物，一些有机产品需要经过预处理，这可能会限制它们在紧急情况应对中的及时供应。

吸油物本身采用散装的形式（图 8），而且量很大，因此储放所需的空间可能会很大。在储放空间有限而又需要大量吸油物时，可能只能在室外储放。如果是这种情况，将有必要保护免受太阳光直射，以防止紫外线照射导致分解；合成吸油物尤其要加以注意。有机吸油物的储放应该考虑在潮湿条件下可能发生的变质及由于发霉、啮齿动物或昆虫带来的损坏。

与储放一样，大量吸油物的运输可能会产生物流问题，这既包括从仓库到泄漏现场附近的配给中心，也包括从配给中心到吸油物使用的现场。需要特别注意的是，将吸油物以空运方式运送到泄漏现场不可能是划算的运输方式。

在海岸线上或附近使用吸油物

吸油物可以在近岸水域和海岸清理作业中扮演一系列有用的角色。不过，应该尽可能避免大量使用吸油物，以最大限度减少与弃置相关的次生问题（图 9）。因此，在海岸线上大规模使用吸油物的方法应严格限制为只有其它技术不可能有效或不可行的情况下才能采用。例如，硬砂海滩上的油类通常可以由配



▲ 图 9：在硬砂海滩上大规模使用吸油物回收油类。吸油材料的使用应与污染规模相匹配，能为应对措施带来可评估的好处，而不会过度地增加需要弃置的废物。

备铁铲的工作人员或利用沟渠进行回收，而不必大量使用吸油物。另一方面，在油类分布在只有步行能到达的海岸线上的情况下，不能部署撇浮装置和泵，如果没有吸油物的帮助就很难处理油液。不过，仍然要考虑与吸油物供应情况、使用前后的运输和储放相关的很多问题。

通过锚定在海岸附近，可以使用吸油浮木档栅有效地捕获海岸冲洗作业流出的油液，如高压冲洗沾油岩石（参见封面）期间或在潮间带区域中回收重新浮起 / 移动的油类。吸油物和溢油吸收丝团浮木档栅可以非常有效地捕获高敏感区域连续潮汐带动的油污（这种方式有时候称为“被动清理”），特别是盐沼和红树林处，在这些区域其它应对技术可能会导致无法接受的额外损失。类似地，可以使用此技术来回收由连续潮汐从抛石和护堤中释放出的油污。用作脚手架防尘网的细孔编网材料，也已用于通过这种方式，成功地捕获从由巨砾、卵石和粗砂组成的海岸线上释放出的粘性油类。编网的一端固定在海岸上，另一端可在海上自由移动。如果环境条件合适，特别是流过浮木档栅的水流速度不要太高，通过捆绑到工业进水口，溢油吸收丝团浮木档栅也可以有效地帮助限制漂浮的高粘度油类进入进水口（图：7）。

总的说来，在清理作业的最后阶段结合海岸线清洗技术使用吸油物的方式，优于直接将吸油物用于擦拭岩石，因为后一个方法会产生大量需要弃置的材料。不过，吸油物能以合理的成本和工作量有效地去除其它情况下难以回收的零散残余油污。受污染的岩石潭尤其适合使用吸油物进行清理，例如使用能够去除粘性油类和风化油类的聚丙烯溢油吸收丝团。在大多数



▲ 图 10：有机微粒吸油材料（如泥煤或树皮）可以用于对野生动物（如企鹅和海豹）非常重要的多岩石海岸，以最大限度减少这些动物上岸时皮毛和羽毛所受的污染。



▲ 图 11：在海上应用的吸油垫。后续回收垫子将需要大量的投入，以消除二次污染。使用围堵浮木档栅和撇浮装置可能可以比使用吸油物更有效地回收油类。



▲ 图 12：吸油浮木档栅被两艘船拖曳成“U”形，以回收海上的油光泽（非常薄的油膜）。被海水浸透而饱和浮木档栅可能会令其有效性受限，而浮木档栅缺少裙边可能会限制其抑制油类的能力。在这里，可以看到油从浮木档栅溢出。

气候环境下通常没有必要使用吸油物来清理油光泽，因为油光泽通常将自然耗散。

通常不主张在近岸或海岸线上大规模使用散装松散吸油物，主要是因为难以控制材料的应用及其后续回收。不过，可能会出现回收未达到期望而使用吸油物可能较为有优势的情况。例如，可以将泥煤或树皮之类的有机产品覆盖在油浸海岸上吸收大量的油类，为当地动物群提供保护，尤其是各种敏感的海洋哺乳动物和鸟类，如聚集区中的海豹或企鹅（图 10）。在某些国家地区，有机和无机散装吸油物基于以下考虑在清理的最后阶段使用：尽管吸油物不会回收，但油类吸油混合物将通过自然过程逐步去除，自然过程还会将混合物分散在广阔的区域并逐步分解油类。

在海洋中使用吸油物

不鼓励在海上的重大油类泄漏应对措施中采用吸油物作为主要应对工具。除了材料在水面的控制问题及需要弃置的油性废物量增加（图 11）外，将吸油物应用到油类漂浮层并不会缓解海洋污染和回收作业固有的问题。所产生的油类 - 吸油混合物将可能妨碍撇浮装置的操作，并仍将受到气流、水流和波浪的影响，可能导致漂浮层分裂，并不比原来的泄漏情况更容易控制。

应用

因为在开放水域撒布松散粉末或颗粒吸油物有多个固有的缺点，因此在海洋使用散装吸油物会带来一系列效率和安全问题。任何气流都可能会将吸油产品带离漂浮层，导致浪费和额外

的污染。在泄漏事故中，有时候使用鼓风机撒布散装吸油物，承担此类任务的人员需要采取保护措施防止粉尘进入眼睛，并应采取相应的预防措施来防止意外吸入或摄取。如果吸油材料没有适度地混合到油类中，吸油物可能直接漂浮在油类上面，导致效率低下。为了克服这些障碍，设计了一系列特殊的设备来以有控制的方式在船的一侧排放粉末和颗粒吸油物。但是，此类设备通常并不常见。

吸油浮木档栅比散装吸油物更方便部署。不过，水流、气流和海洋状态对围堵浮木档栅使用的各种限制，对吸油浮木档栅的影响更甚。吸油浮木档栅相对较轻，尤其刚刚部署之后，可能会被风吹起来。因此，需要捆扎或锚定，有些吸油浮木档栅附带有系绳座。为了将吸油物的优势与常规围堵浮木档栅相结合，有些制造商生产了带镇重裙的吸油浮木档栅。对于小规模油类泄漏，例如码头或渔港中，这种产品可以协助进行围堵和回收作业。这种产品作为一次性产品销售，不适合重复使用，会产生伴生的弃置成本。

用于从水面回收薄油膜或油光泽的拖曳式吸油浮木档栅（图：12）通常被视为一种低效的资源使用方式，因为油光泽通常会很容易蒸发或消散。而且，波浪和湍流的影响经常会导致吸油浮木档栅因水浸透而饱和，严重地限制了油类的回收。饱和现象在由散装吸油材料组成的浮木档栅中更为明显，而在包含同质连续形态材料的浮木档栅中并没有那么明显。此外，拖曳施加的力量可能对大多数吸油浮木档栅都太大，可能导致其破裂，从而造成吸油材料的释放及所含油类的丢失。

吸油板和垫比吸油浮木档栅更容易被风吹走，因为此类结构并未设计捆扎或锚定，而且这样做也不切合实际。不建议在海上大规模使用吸油板或垫，因为此类结构会快速散布在广阔的区域上，尽管其回收比散装吸油物更为可行，但依赖于缓慢而低效的手动回收。板、垫和其它自由漂浮的吸油材料搁浅在海滩后，可能很快被底层连续的潮汐运动掩埋，因而很难再找到（图：13）。

结合使用其它清理技术

为了确保采用的清理技术不会削弱彼此的作用，需要对应对措施和应对人员进行谨慎的管理。务必记住，在使用吸油物时，油类和水的表面张力都可能由于消散剂中存在的表面活性剂而发生极大的改变。因此，使用消散剂或其它泄漏应对化学品可能会干扰吸油物执行预期功能的能力，因为它们可能会降低亲油性和憎水性，大幅度提高吸收的水量，减少回收的油量。因此，为了能有效使用，在应对措施中不应同时使用吸油物与消散剂。

类似地，吸油物的使用与借助撇浮装置以机械方式回收油类的方法不兼容。散装松散吸油物、吸油垫和其它松散吸油物形式可能会阻塞甚至严重限制导流坝和泵的效果，而吸油浮木档栅可能会限制油类流入撇浮装置。

回收

除非将吸油物从水面回收，否则它将变成和油类本身一样的污染物。散装吸油物的松散颗粒可能会被吹动到很远的地方，可能会对动物群造成危害（主要是通过摄入）。尤其不建议在海洋养殖设施附近使用，因为此类物质可能会被误认为是鱼食。

从海面回收任何油类和吸油材料的混和物都会存在一系列难题。混和物可能比油类本身更为粘稠和庞大，可能需要用重型泵和撇浮装置处理此类材料。如果不能抽吸此类材料，回收船上的储放罐将变得多余，同时还需要更大的甲板储放设施。

曾尝试在散装吸油物 / 油类混合物的回收中使用围网类型的渔网。不过，在回收油类本身时出现的问题（如阻塞和反射波等）也同样出现在此方法中。沾油的渔网也需要回收、储放及清洗或弃置。这些情况下的回收选项可能仅限于低效的劳动密集型挖掘或机械式抓取。

水面上吸油浮木档栅、板和垫的回收也是类似的费时且劳动密集型的作业。具体来说，饱和的吸



▲ 图 13：在海上部署之后，吸油垫在涨潮后搁浅在海岸线上。除非快速移除，则在后续潮汐期间砂石的移动将覆盖垫子，妨碍回收。

油浮木档栅的重量增加，会导致拉起吸油浮木档栅非常费劲。

在“内勤”和其它角色中使用吸油物

吸油物最常见的使用情形之一是在陆地上和船上用于清理少量泄漏，另外在普通“内勤”职能中也有大量的应用，如提高工作人员的安全性和防止造成更大范围的污染。吸油垫可以在清洁船只甲板和设备除污点用于尽可能降低湿滑度，也可用于在清洁站用于划分作业的干净侧和待洁侧。类似地，吸油垫还经常置于船只的膳宿设施或岸上的指挥中心的入口处，以避免将油污带入室内。与上面各种场景一样，吸油物都应该在丢弃前充分利用，以避免浪费。

在海洋养殖业，吸油板成功地用于在收鱼笼内回收水面的漂浮油和油膜；沾油的板被圈在鱼笼内，可以方便地加以回收。在相对平静的条件下，可以使用吸油浮木档栅包围在鱼笼或其它敏感资源的外面，以减少污染的可能性。另外，还将从松散纤维到无机散装材料的一系列吸油材料用于建造过滤器，以防止油类被带入向各类海岸设施（如孵化场和盐田）提供海水的进水管中。

使用过的吸油物的储放、运输和弃置



▲ 图 14：回收的吸油浮木档栅中沥出的油类是二次污染源。

沾油材料的临时储放和运输

一旦回收之后，在海上使用的吸油物将需要在回收船上及随后在岸上储放，然后再最终弃置。由于饱和的吸油物（特别是浮木档栅）会受到堆置在其上的其它材料的挤压，从而致使所吸收的油类沥出。因此，船上储放设施应加以包封，以确保沥出物不会污染甲板或过道，从而造成不安全情况，或流到船外导致二次污染。沾油吸油物还需要小心卸载，以最大限度减少对码头和防波堤的污染（图 14）。

堆放在岸上及从海岸线收集的沾油残片和材料（包括吸油物）通常将需要在组织运输和弃置等物流时临时储放。在大规模泄漏中，收集的材料量可能会超出当地区域可用处理或弃置设施的容量。过度使用吸油材料可能会加剧这个问题（图 15），从而有必要配备更大的临时储放地，而这在世界各地的很多地方都需要获得官方许可。在运输前，通常会尽可能去除游离油（图 16），最好还能压缩吸油物来最大限度缩小体积和优化运输物流。由于必须回收压缩吸油物而释放的油类和水，临时储放位置应该筑围堰来防止沥出物泄漏。



▲ 图 15：使用过的吸油物堆积在临时储放点。挤压将导致回收油从浮木档栅挤出，需要小心处理以避免二次污染。

弃置渠道

与回收的油液相比，沾油吸油材料的可用弃置选项相对有限。即便废物流中只有少量的吸油材料，也就无法通过特定渠道进行弃置，例如，作为炼油厂的给料之类的方案。

重复使用

在理论上，如果油类能够提取出来，有些类型的吸油物可以重复使用。这可以通过使用轧干机或绞拧机（适用于绳式拖把撇浮装置系统）实现，或通过离心分离机或溶剂提取实现。挤压通常更为实用，而且对于某些合成产品具有可行性。不过，应该考虑在吸油物由于磨损、压破或常规变质而不能使用前可以重复使用的次数。

吸油物重复使用要考虑的其它因素有：挤压期间从吸油物颗粒中流出的废油的污染、吸附容量下降的速度及通过合理的人力和设备能够去除的油量的比例。不过，有些吸油物在重复使用时吸油能力会提高，尤其是处理粘性较高的油类时。



▲ 图 16：回收的溢油吸收丝团悬挂在柱子上，以让油流入容器中，从而最大限度减少废物中的游离油量。

焚化

如果吸油材料可燃烧且不包含过多的水分，焚烧受污染的吸油物可能是一个可行的选项。其中的

后一个标准经常排除了焚烧使用过的有机吸油物的情况，因为这种吸油物在回收时对油类与水的选择性不强，可能包含太多的水分。尽管在事故发生的国家地区可能有焚化炉可用，但其容量通常仅与国内需求相匹配，往往难以应对大规模泄漏带来的大量含油废物的突然涌入。在可用的不同焚化炉中，回转窑和平炉最适合用于处理大量固体残片。大件残片（如沾油的吸油浮木档栅）将需要从废物流中取出并减小尺寸，然后再焚烧。

合成吸油物高热量值可能会导致很难控制焚化窑或炉的温度，可能有必要将此类沾油吸油物混合到含可燃性较差材料的废物流，以降低进料速度。通过完全焚烧合成及有机吸油物，可以大幅度减少需要填埋的材料的体积。另一方面，无机材料的焚化将消除油类物质，但不会大幅度减少需要最终弃置的物质质量。

焚化通常采用的是严格控制的高温焚烧，而且将需要密切监视排出的废气，以确保有毒的二氧化苊、多环芳烃 (PAH) 和 HCl 不会排放到大气中，尤其时处理合成吸油物时。通常认为焚化的成本比其它弃置技术的成本高，如果选择了此方法，应该对此因素加以考虑。

填埋

以填埋方式弃置吸油材料也通常受到当地或国家 / 地区法规的严格控制。在某些国家 / 地区，沾油吸油材料作为危险废物对待，可能需要使用指定的危险材料填埋点，从而导致运输和弃置成本随之增加。现代的填埋点通常都包绕着不能渗透的膜，以防止废液流出。不过，在并不经常使用此类隔层的地方，应该注意采取措施来防止对附近土地和地表水造成污染。

生物降解

有机吸油材料通常具有能生物降解的优势。根据当地废物弃置法规且假定其油类含量相对较低，可能会允许对有机吸油物采用地耕法进行弃置。将沾油吸油物散布在广阔的陆地区域内，以便进行生物降解。降解可能需要若干年，不过使用耕种设备进行通气以及施肥通常可以实现更快的降解。对特定有机吸油物采用堆肥法也是具可行性的弃置渠道。

要点

- 应该强烈建议不在陆地和海洋上大规模使用吸油物，因为这会产生需要弃置的大量含油废物。
- 不过，在某些情况下使用吸油物可能较为适合且有效，主要是在海岸线冲洗作业期间或其它技术不可行的情况下。
- 由于难以准确地将材料撒布到油上及沾油后的后续回收存在困难，在开放海域使用吸油物从水中回收油类的做法被视为是一种非常低效的资源利用方式。
- 利用诸如消散剂和撇浮装置等清理技术的作业，会与吸油物的使用发生冲突，有必要对应对措施加以谨慎的管理，以避免采用的各种技术彼此冲突。
- 吸油物涉及的储放量和运输量庞大。必须谨慎考虑储放安排，以防止啮齿动物、昆虫、发霉、潮湿、紫外线照射或起火造成的损失。
- 成本低、可从当地获得的有机或无机材料可能比储备的合成吸油物更经济高效，不过相同重量的有机或无机吸油材料的回收效率相对较低。
- 过量和低效使用吸油材料可能会导致二次污染，而且可能会在沾油材料的临时储放、运输和弃置期间产生重大的物流和财务难题。因此，需要对吸油物在库存中的释放加以控制，并谨慎地监督工作人员，以避免这些问题。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的浮木档栅应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织,旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息,借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文,本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息,请联系:



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom
电话: +44 (0)20 7566 6999 电子邮件: central@itopf.com
传真: +44 (0)20 7566 6950 网站: www.itopf.com
24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



油类和残片的弃置

技术资料论文

9



引言

大多数油类泄漏清理作业（特别是岸上泄漏）都会导致收集到大量的油类和含油废物。废物的储放和弃置是任何应对作业的一个重要的方面；所有油类泄漏应急计划都应清楚地强调相应的废物管理规定。在事故应对行动开始时进行适当的安排，以防止废物问题影响应对工作的效果以及成为在泄漏清理完成后长时间存在的代价高昂的问题，这一点非常重要。

本文将探讨可用于管理由海洋环境中船只油类泄漏产生的废物材料的各种方案。

废物问题

经验表明，油类泄漏的应对措施中最费时和代价最高的部分通常是所收集的废物的处理或弃置。产生的废物量取决于众多因素，如泄漏的油类型和数量、油类散布程度及对海岸线的影响程度，以及最重要的因素，用于从海面 and 海岸线回收泄漏油类和含油材料的方法。

即便在相对较小的油类泄漏事故中，收集的废物量也可能让现有弃置设施难以应付。为了确保能够轻松地处理这个问题，用于处理废物的方法应该是任何油类泄漏应急计划中的关键组成部分。在进行应对技术决策时应该考虑可能产生的废物量，在可能的情况下，应优先考虑能最大限度减少所收集废物量的技术。此外，在海岸线清理中，密切地监督工作人员尤其重要。不过，即便使用了合适且合理的应对方法，所产生的废物量有时候仍然可能达到最初泄漏油量的十倍之多。

收集之后，处理废物所需的努力和支出将取决于可用的储放、运输、处理和弃置选项和当地的法规要求。废物处理决策应在事故刚发生时进行，要基于对可能会产生之废物类型与数量的切合实际的估计作出此决策。废物处理流程中所有组成部分的有效组织，对避免重大且代价高昂的问题至关重要。随着全球环境意识的提高及关于废物弃置的法规要求日渐严格，可能会需要以创新的方式使用、循环利用或弃置废物。

废物管理选项

“废弃物管理架构” (Waste Hierarchy) 是用于对废物管理选项进行分类和优先排序的成熟国际框架，适用于所有形式的废物的废物，同样也可作为油类泄漏的废物管理的基础。此管理架构包括按照期望度排序的五个不同步骤：



▲ 图 1：通过低压冲洗就地清洁沾油砂粒，并相应地部署吸油浮木档栅来捕获释放出的油类。

1. 减少生成的含油废物的量，例如：通过使用能最大限度减少清洁材料和 / 或水收集量的选择性海岸线清理技术，或者就地处理含油材料(图 1)。谨慎地控制消耗品（特别是控制吸油材料的使用）也将有助于减少废物。关于海岸线油类清理和吸油材料的使用的其它 ITOPF 文章更加详细地介绍了相应的做法。
2. 重复使用在清理期间使用的资源，例如：通过在可能的情况下清洁和重复使用沾油设备和防护服(图 2)。
3. 循环利用液体油类，通过汇入炼油厂的液流中，或者通过固化油类和沾油材料，以供在填海造地或道路建设项目中使用。
4. 回收热量价值，将废物材料作为发电或供热燃料。
5. 对于不能通过上述选项之一处理的废物，可通过焚化、填埋或堆肥进行弃置。

在现实中，废物管理决策受到可用选项的成本和容量的驱动，而这些选项必须符合事故发生地区的废物弃置法规要求。当一系列选项在技



▲ 图 2：最大限度减少废物是泄漏应对措施中非常重要的一个注意事项。应该尽可能清洁和重复使用个人防护设备 (PPE)，包括衣物。

术上可行时（表 1），成本效益可能成为弃置渠道选择时的一个重要因素。不过，就性质而言，油类泄漏通常是是需要快速采取应对措施的

紧急情况，除非对在应急计划制定期间对废物管理给予了足够的考虑，否则最实用、经济高效的弃置选项将优先于可持续性更佳的废物管理选项。

油类和沾油材料的性质

根据通常的惯例，持久性油类（如原油、较重品级的燃油和一些润滑油）的泄漏很可能会产生数量可观的废物。泄漏后，油类将开始风化，水含量和粘度将会随之提高。尽早收集的油类更可能保持流体状态，且受污染程度较轻。随着时间的推移，油类可能积存各种残片，这既包括由于船只破损、货物丢失带来的残片（图 3），也包括来自岸上残片（图 4）。

即便油中没有固体残片，由于所使用的回收方法的原因，在海上回收可能会涉及到回收大量的水或含水油液（图 5）。或者，凝固点高于

	材料类型	分离方法	弃置选项
液体	未乳化油类和废水	<ul style="list-style-type: none"> 沉淀 / 比重分离游离水 回收的水可能要求进行进一步处理 / 过滤 	<ul style="list-style-type: none"> 将回收油作为燃料或炼油厂给料使用 将经过处理的水重新送回水源中
	乳化的油类	乳状液通过以下方式分离释放出水： <ul style="list-style-type: none"> 热处理 乳状液分离化学品 	<ul style="list-style-type: none"> 将回收油作为燃料或炼油厂给料使用 固化和重复使用 焚化
固体	混有砂石的油类	<ul style="list-style-type: none"> 收集临时储放期间从砂中沥出的油液 通过用水或溶剂冲洗来从砂中提取油类 通过筛分去除固体油或油块 	<ul style="list-style-type: none"> 将回收油液作为燃料或炼油厂给料使用 将经过处理的水重新送回水源中 固化和重复使用 通过地耕法或堆肥降解 填埋 焚化
	与卵石、细砾或砂石混合的油类	<ul style="list-style-type: none"> 收集临时储放期间从海滩泥沙中沥出的油液 通过用水或溶剂冲洗来从海滩泥沙中提取油类 	<ul style="list-style-type: none"> 将清洁后的石块送回源位置 固化和重复使用 填埋
	与木材、塑料、海草、贝类和吸油物混合的油类 沾油的捕鱼设备和物料 – 渔网、浮标和架子	<ul style="list-style-type: none"> 收集临时储放期间沥出的油液 用水将油类从残片中冲洗出来 去除游离水 挤压 	<ul style="list-style-type: none"> 去除塑料和大型残片后进行固化和重复使用 通过地耕法或堆肥降解与海草、贝类和天然吸油物混合的油类 填埋 焚化
	油块	<ul style="list-style-type: none"> 通过筛分从砂中分离 	<ul style="list-style-type: none"> 固化和重复使用 填埋 焚化

海面温度的油类可能很快变为半固体（图 6），从而有必要通过铲子或抓斗装置进行回收，这也会回收大量的水。易挥发油类泄漏后往往会在短期内自然蒸发和消散，因此不经常与废物生成问题相关联。

从海岸线回收的油类通常将混合大量的其它材料，如砂、卵石、木材、塑料和海草；每种材料可能需要采取不同的处理或弃置方法，而且很难进行分离。例如，粘油木材可以在受控制的条件下焚烧（甚至可以就地焚烧），而焚烧粘油海草则不切实际。应对作业中产生的沾油材料也可能在油类泄漏之后产生大量的废物，如吸附材料（图 7）、防护服（PPE）、损坏的围堵浮木档栅、储放袋（图 8）和其它类型的废物容器，尤其是在使用了大量没有经验的工作人员或志愿者时这种情况更甚。如果对捕捞设备和海洋养殖设施造成了污染而不能令人满意的清洁，或者如果储料被污染，则也可能产生数量可观的废物。在另一篇关于油类污染对渔

业和海洋生物养殖之影响的 ITOPF 文章中，对这些问题进行了更为深入的讨论。

弃置物的运输、储放和准备

清理之后需要弃置的大量废物经常会在装卸和运输期间带来重大的物流问题。为了让清理作业无阻碍地继续，通常有必要将材料临时存放，以在收集和最终处理和 / 弃置之间提供缓冲。这样也能给政府机构选择适合的废物处理方法（如果尚未确定）争取时间。对于海岸清理产生的废物，通过将废物储放在高于高水位线位置的后方海滩（图 8），实现了分两个阶段开展运输工作：从海滩上的主储放位置到中转储放位置，再最后到最终处理和 / 或弃置位置。通过这样，可以限制从海滩开始的第一阶段运输涉及的车辆数量，从而降低污染道路的风险。



▲ 图 3: 来自落船集装箱的废塑料，混合在油中，搁浅在红树林里。



▲ 图 4: 与丢弃的塑料、生活垃圾、木材、植物和其它废物混合的油类。



▲ 图 5: 搁浅在沙滩上的乳化油类。有选择的手动回收可帮助最大限度减少被清除的干净底层土量。



▲ 图 6: 围在浮木档栅内的半固体油类。难以抽吸的油类可能会限制可供选用的弃置渠道。

含油废物必须根据当地法规运输、储放和弃置。在某些国家/地区，临时弃置位置及涉足各种弃置任务的承包商都需要获得许可证。从事故一开始就向法规和许可发放机构咨询，将有助于处理弃置流程中这个重要的行政管理环节。

只要有可能，而且可以采用多个弃置渠道，就应该在收集点对不同的废物流加以分离，并分开储放。弃置渠道的任何阶段失控和混乱都可能会导致后续工作变得复杂化，产生不必要的额外成本（图 9）。例如，散装油类、含油残片及未沾油材料应该在不同的区域储放，以便对每种废物采用不同的处理和弃置方法。如果散装油类可以在环境温度下抽吸，则可以将其储放在包封的储放罐中。不过，在粘性较高材料的批量储放过程中应该谨慎操作，尤其是储放罐未配备加热旋管时，因为不加热可能很难倒空储放罐。大量的回收油可以储放在油轮上（如果可用），不过这是一个十分昂贵的备选方案。

高粘性油类应该储放在开放容器（如驳船、槽车或圆桶），以便进行处理和转运作业。如果废油要长期储放，为了防止雨水进入，加盖存放非常重要（图 10），雨水进入可能会导致油类漂浮和溢出。如果没有专用容器，在海岸线收集的散装油类可以保存在使用厚聚乙烯膜（或其它合适的耐油材料）作为内衬的结实土墙内或简单的储放坑中。约 2 米宽、1.5 米深的狭长形储放坑最佳，这样的尺寸能够方便地触及坑中的所有区域（图 11）。不过，坑的大小和数量应该反映预计产生的废物量。如果可能会出现大降雨，则在坑中装入废物时应该考虑这种情况。需要在沙丘这样的敏感区域临时散装油类时，务必避免破坏起到稳定性作用的植被，因为这样可能会导致水土流失。无论在什么地方挖坑，都应该在完成油类清除后进行填埋，并尽可能将此区域恢复到原来的状态。

应该将塑料袋视为运输含油材料的一种手段，而不是用于储放的方式，因为塑料袋容易在阳光下退化和降解，导致其中的盛装物释放出来（图



▲ 图 7：部分沾油的吸油浮木档栅。应该避免大规模使用吸油材料，以最大限度减少产生的废物。



▲ 图 8：围堵沾油海滩泥沙的塑料袋临时储放在高水位线以上，并使用塑料板控制任何沥出的油类。



▲ 图 9：配有良好内衬的储放坑中容纳着未很好分离的废物，需要进行大量额外的工作来进行分离和处理。



▲ 图 10：储放在驳船中的回收油。需要配盖子来防止雨水进入

12)。如果在弃置前要以某种方式对盛装物进行处理，通常有必要将袋子清空，并将其单独弃置。无论废物储放在容器中、堆放或采用其它方式，储放区域都应该使用内衬，并应采取措施捕获和处理沥出的物质，以防止对周围区域和地下水造成二次污染（图 13）。如果临时储放点位于居民区附近，则沾油植物腐烂产生的臭味、蚊蝇和各种害虫可能会很烦人。

临时废物储放区域的安全措施应与擅自进入相关联的风险相对应；从使用警告标识和设立警戒区到设置更难以穿过的围栏和 24 小时监视，均在考虑范围内。如果没有足够的安全措施（尤其是靠近城市中心时），还可能会出现临时储放点倾倒生活垃圾和商业废物等额外风险。应尽可能缩短将废物运输到指定最终弃置场所所需的时间，以避免由于废物倾倒导致的问题及二次污染。

在确定了最终弃置方法且容量允许的情况下，可以将废物直接从海岸线运送到最终弃置地，无需

进行临时储放。这避免了二次转运，最大限度减少了废物积累，能够让整个应对工作更快、更经济地完成。

记录所收集的含油废物的数量和类型是非常好的做法，可以方便在指挥中心内监督工作进度。另外，记录对于后续索赔方案的制定也非常有用。

废物减少

如果优先考虑了减少应对工作期间产生的废物量，则与弃置关联的问题也将会相应减少。除非存在其它更重要的因素，否则这应该是考虑清理技术时的一个重要因素。

弃置工作经常会因随油类一起回收的残片的量而变得复杂。通过海岸调查确定残片自然情况下聚集的位置，通常可以指示油类可能上岸的位置。有时候可以抢在油类达到之前从海岸线



▲ 图 11：槽车将乳化的燃油导入带内衬的临时储放坑中。



▲ 图 12：塑料袋长期暴露在阳光下导致的降解可能会造成再次污染。



▲ 图 13：捕获和处理堆积在临时储放地的沾油砂粒中的沥出物能防止对周围环境和地下水造成二次污染。



▲ 图 14：在油类上岸前从海岸线清除残片将帮助减少需要弃置的沾油材料的数量。



▲ 图 15: 在吸油卡车中沉淀和分离回收的含油水分后, 将水轻轻倒入泄漏区域。

上清除残片, 这样所需的成本与沾油后弃置成本相比微不足道 (图 14)。另外还可以抢先使用浮木档栅来保护残片聚集区, 以减少干净的残片沾油的风险。

为了最大限度减少最终弃置的废水量, 可以将已从海上或近岸水域回收的油 / 水混合物中分离出的水轻轻倒出。油类在浮油回收船上、吸油卡车 (图 15) 或其它设备上的容罐中沉淀并分离后, 水可以从底部阀门流入带浮木档栅的区域。通过这种方式聚集油类可以最大限度利用临时储放的容量, 从而减少回收作业中因安排额外的容量而导致的作业中断。不过, 应该注意, 在某些国家 / 地区的当地立法中可能禁止在没有相关机构的特定准许的情况下将任何液体排放到海洋中。

可能可以就地从受污染的海滩泥沙中回收油类。例如, 可以利用围绕储放区域的沟渠或堤岸围堵从回收的海滩泥沙和残片中渗出的油类。然后可以用水冲洗沾油海滩泥沙来释放油类, 有时候还可以结合使用合适的溶剂 (如用柑橘提取的清洁剂)。可以使用低压软管来进行冲洗, 从而让油从存放在临时储放坑中的残片释放和析出。然后可以抽吸得到的油 / 水混和物, 以进行后续的比重分离。另一个方法是将污染的材料放在铁篦子或铁丝网上, 让油滴入放在下面的槽车或罐子中 (图 16)。可以通过用水冲洗废物来帮助此过程的进行, 不过这样可能会产生大量含油的水。还可以通过在封闭的系统



▲ 图 16: 一个简易废物过滤系统, 回收油流过带格子的漏洞来滤除残片。

中使用水或溶剂来实现分离。已基于从用于小规模批量作业的标准水泥搅拌机, 到用于大规模持续处理的选矿设备等一系列设备开发出专用的装置。尽管已验证这些大型系统在特定环境下使用非常成功, 但往往需要很长时间才能实现令人满意的清洁程度, 以及难以分享废水中的大量细小物质或残渣。因此, 这种系统尚未在油类泄漏事故中得到广泛的应用。

对于需要高标准清洁的地方 (如旅游海滩), 也可以通过有选择性的人工挑选从清洁砂石中分离呈块状的油类, 从而减少废物量。有时候使用筛分设备 (静止装置和机械设备) 在受轻度污染的砂粒中去除含油的砂粒残渣及油块 (图 17)。虽然现场清理大量沾油海滩泥沙通常为劳动密集型的工作, 不过, 与涉及将泥沙从海岸线运输到一定的距离之外, 并进行后续弃置的其它方法相比, 这种方法在成本方面更有优势。

在很多事故中, 产生的废物中大部分都是合成的吸附材料, 而其中相当一部分材料通常只是轻度沾油或根本没有沾油 (图 7)。如果仅在不适合采用其它技术时使用吸附物, 并谨慎使用以确保吸附物的充分利用, 将能够减少后续的废物问题。

如果含油废物将同生活垃圾一起通过焚化进行弃置, 则对于所需成本随废物的热量值而变动的共识, 可以促使尽可能减少未沾油废物的收集量: 油含量越高, 热量值就越高, 弃置的成本就越低。



▲ 图 17：以机械方式将油块从砂中筛分出来，以减少产生的废物量。



▲ 图 18：使用生石灰固化含油废物。

处理和弃置选项

可用的油类和含油废物最终处理和弃置方案众多；表 2 对这些选项进行了概括，并在下面进行了详细介绍。哪类弃置方法最适合某起事故取决于多个因素，包括废物的性质和一致性、合适场所和设施的可用情况、涉及的成本以及法规限制。

油类的回收

可以对含油废物进行处理来回收足够的油量，以便进行最终处理或与燃油混合以供后续使用。此过程利用了油类的生热属性，可以从其销售产生财务收入，从而抵消弃置成本。这经常是最经济高效的回收油利用方式，也是应该首先要考虑的选项之一。可能接受废物进行加工或混合者包括精炼厂、专门循环利用废油的油类回收承包商、发电厂和水泥厂。不过，大多数此类设施只能接受符合较严格规范的给料，因此回收油必须具有合适的质量。例如，油类应该可抽吸、含固体少，且盐含量小于 0.1%（对于炼油厂加工）或小于 0.5%（混合到燃油中）。假定油类适合进行循环利用，但潜在的炼油商或其它使用者可能储放和加工容量有限，可能需要备用的中转储放点。在这方面，船只溢出接收设施和油罐排放站可能适合要求，但容量也很有限。

从海洋回收的油类可能最便于进行加工准备，因为通常只需将其同任何相关的游离水分离即可。从水混油乳状液中提取水分则要困难些。不稳定的乳状液可以通过以最高 80°C 的温度进行热处理来分解，让油和水按比重分离。较为稳定的乳状液可能需要使用称为“乳状液分解剂”或“解乳化剂”的化学品。热处理和解乳化剂可以降低大多数油类的粘度，从而让其更容易抽吸。

没有任何一种化学品适合用于分解所有类型的乳状液，可能有必要进行现场试验来确定最有效的试剂和最佳剂量。典型的剂量范围在要处理的总量的 0.1% 到 0.5% 之间。处理应该在从收集设备将乳状液运送到油罐或从一个油罐运送到另一个油罐期间进行，以确保良好的混合和最大限度减少所需的剂量。乳状液分解剂可以注入到泵内或真空进气歧管内的静态混合器内。分离之后，水相物中将包含大部分乳状液分解剂和最多 0.1% 的油类，因此在弃置此混和物时应该谨慎处理。

固化

不包含大量浮木和残片的沾油砂石可以与生石灰（氧化钙）等无机物粘合形成惰性产物来防止油类沥出，并能在比未处理的含油砂石更宽松的条件下进行弃置（图 18）。或者，可以将此类混和物用于不需要高承重属性的填海造地和道路建设中，如辅路或路堤等。显然，技术是否适合取决于固化材料的充足供应。生石灰通常可以从水泥厂采购，而且具有一个优势，即与废物中的水分反应产生的热量能降低油类的粘度，促进粘合。也可以使用其它材料，如水泥、沸石、粉煤灰废物和一些市面销售的产品。

所需粘合剂的最佳量主要取决于废物中的水含量而不是油含量，这可以通过实验决定。对于生石灰，所需的量通常在要处理的松散废料重量的 5% 到 30% 之间。处理可以在集中设施中进行，也可以在泄漏地进行。在处理中心，粘合剂将通过持续的流程与废物混合。此方法要求使用连续滚筒式搅拌设备这样昂贵的设备。较小的量应以批量方式使用混凝土搅拌机处理，尽管此过程会发热，但反应的腐蚀性会妨碍对热能的利用。

或者，可以在最终弃置位置的处理地基上以最多 30 厘米一层的厚度铺开，并使用加入石灰的粉碎搅拌机混合。在处理之后，废物要么保留在原地并加以覆盖，或送去填埋场。如果有足够的土地供使用，则这可以成为较为经济高效的方法。

有时候可能在泄漏地的临时储放坑中执行直接混合的做法更可取，这样能够更为方便地运输混合物，例如使用敞篷车或槽车而不是油罐车运输。然后再在较大的接收设施使用专用设备进行最终处理。

此技术可能导致出现大量腐蚀尘埃，如果可能，应该谨慎选择处理场所，以最大限度减少传播到邻近区域的尘埃量。作业人员务必穿戴防护服和面罩来保护皮肤、肺部和眼睛。如果在混合后，材料将要用于道路建设，务必使用筑路设备压紧。

焚化

在特定情况下，就地焚烧刚刚泄漏的漂浮油可能是快速去除大量油类的有效方法。不过，泄漏油类在海上往往短时间后就失去其挥发成分，通常会含有大量的水分。因此，如果不首先减少水分（尤其是油类已在海上漂浮了较长时间后），焚烧搁浅在岸上的油类可能会很些难度。不建议在陆地上直接焚烧未围堵的油类或含油残片，除非

在非常偏僻的区域，因为产生的火焰和浓烟可能很难控制。在陆上的开放区域焚烧油类时，油类往往会扩散，并可能渗入地下。此外，可能仍然存在焦油残渣，因为这种物质很少能够实现完全燃烧。

这些问题可通过使用能以高温控制燃烧的焚化炉来摧毁废物加以克服。已经开发了轻便式焚化炉，供在偏远位置使用，主要用于焚烧医疗废物。不过，当地立法和环境考虑可能禁止使用此类设备焚烧海岸线上的含油废物，而且这种设备只能小批量地处理少量废物。对于更大规模的情况，水泥厂和工业窑是焚化含油废物的有效方法，但受到技术限制的约束，如大体积固体的去除等，另外还受到废物所含重金属、氯或硫磺等因素的影响。

在水泥厂中进行共同焚化也是一种经济高效的弃置方法，因为具有足够热量值的废物可以作为燃料替代物使用，取代烧炉窑所需的燃料。此外，废物焚烧产生的灰能提供铝、硅石、粘土和其它矿物，这些材料通常会添加到水泥生产的原材料进料流中。不过，能够接受的含油废物类型有限，而且水泥厂经常处在远离海岸线的位置，因此必须考虑运输成本和物流。

	优点	缺点
再加工	<ul style="list-style-type: none"> 通过利用油类的生热属性加以循环利用 不需要永久性储放 	<ul style="list-style-type: none"> 沾油废物可能需要在加工前进行处理 设施和加工能力有限 在等待加工时可能需要长时间储放废物
固化	<ul style="list-style-type: none"> 各国立法常常允许对固化的沾油材料采用较为简单的弃置方式 通过在建筑中使用固化的沾油材料来进行循环利用 	<ul style="list-style-type: none"> 只适合残片大小较小的沾油砂粒、砂石和卵石 沾油材料的处理可能需要具备相关技能的人员和合适的接收设施和设备
焚化	<ul style="list-style-type: none"> 可以用于多种类型的沾油材料 不需要永久性储放 	<ul style="list-style-type: none"> 相对较贵的弃置工艺 相应的设施和加工能力有限 可能需要长期储放废物
地耕法或堆肥	<ul style="list-style-type: none"> 加强生物降解的自然过程 	<ul style="list-style-type: none"> 越来越难找到合适的地点 只适用于规模相对较小的泄漏，因为此方法需要使用大片土地 并非所有油类成分都能降解 过程缓慢，需要定期翻耕和监视
填埋	<ul style="list-style-type: none"> 有机废物可能可以在填埋场中自然生物降解 可以快速处理大量废物 	<ul style="list-style-type: none"> 应用受到当地立法的限制 指定用于处理危险废物的场地稀少，可能会收取很高的费用 很多类型的废物都可能会长期存在



▲ 图 19：袋装沾油废物送入大型工业焚化炉的装载槽中与生活废物一起弃置。



▲ 图 20：填埋废物设施在严密控制的条件下，可以将油浓度低的废物与生活废物填埋在一起。

根据通常的惯例，用于处理生活废物的焚化炉不适合用于大量油类的弃置，因为来自海水中的氯化物可能会导致焚化炉基础腐蚀。在某些设施中可以接受将含油废物与其它垃圾一同弃置，但将需要谨慎考虑含油和不含油废物的量，以控制焚化温度（图 19）。沾油防护服、吸油物、编网或含油量较低的其它材料经常以这种方式处理。高温工业废物焚化炉虽然对盐类的耐受能力可能较高，但数量有限，而且可能位于所在国家/地区的偏远位置。而且此类设备可能没有足够的处理能力来快速处理随大量含油废物而来的额外负担。不过，如果有长期储放设施可用，可以逐步将含油废物逐步加入废物流中，这可能是一个可接受且有效的弃置渠道。

高温分解（废物在没有氧气的情况下热降解为气体和固体残渣的过程）是另一个在重大事故中使用的方法，不过这种方法具有专用性，且成本高昂，可用设施很有限。

地耕法和堆肥

油类和含油废物通常将在足够长的时间之后通过生物过程分解（生物降解）。不过，这个变化发生的速度太慢，不适合作为可行的短期清理选项。微生物对油类的生物降解只能在油和水的交界处进行，因此在陆地上，油类必须与潮湿的培养基混合。降解的速度取决于温度和氧、氮和磷的存在情况。有些油类成分（如树脂和沥青质）不易降解，可能会长期存在。

生物修复这一术语用于描述可加速油类的微生物分解的方法。地耕法就属于这样的方法范畴，此方法将油类和残片散布在指定的陆地区域内。多年来，众多石油精炼厂建造了地耕设施来处理含油废物，但立法机构逐步限制此方法的使用，越来越难找到适合采用地耕法的场地。地耕法只可

能适用于相对较小的泄漏，因为此方法需要大片陆地，而降解速度很慢。受污染的材料应该具有相对较低的油含量，理想的情况下，选择的土地应该为低价值土地，远离饮用水源，而且应该不具渗透性。首先应通过耙掘将顶层土壤耙松，并为此区域筑堤来限制油类流出。然后将含油残片覆盖在地表，深度不超过 20 厘米，最大覆盖率为每公顷约 400 吨。应将油类暴露在露天环境下，直至失去粘性，然后再使用犁或中耕机将其与土壤充分混合。应该隔一段时间重新混合一次，以提高通风率，从而加快生物降解的速度。还可以添加化肥来加快生物降解速度。如果采用了地耕技术，则在清理作业期间使用天然吸附物（如禾秆、泥煤或树皮）比使用合成材料更可取。应该将大体积残片（如木材和大石头）剔除。大多数油类降解后，这些土壤应该能够种植多种植物，如树木和草。如果要种庄稼，则应该密切监视是否含有重金属成份。

促进降解的另一个有效手段是采用堆肥技术，受污染的海草和天然吸附物材料尤其适合采用此方法。如果混和物的油类含量相对较低，则可以堆成堆来进行堆肥，而且可通过引入空气来成功地加速分解。因为堆积能保留在堆肥过程中产生的热量，因此此技术尤其适合较为寒冷的气候环境（在寒冷环境中地耕法的降解速度较慢）。

在某些环境下，可能适合采用市场有售的生物修复剂和化肥来加速自然油类降解。不过，应该注意确保其使用带来的好处具有高性价比。

填埋

将含油废物弃置到指定的填埋场是最常用的方法，尽管此方法目前在很多国家/地区受到立法的严格限制，但可能是处理泄漏中产生的大量废物的唯一现实的选项。填埋场通常根据特定的条件进

行许可授权，可接收的废物可能仅限于特定类型或特定量的废物，或者要求废物的浓度低于特定的阈值。在某些国家 / 地区，受油类污染的废物将需要在为危险垃圾指定的场所进行弃置。此类场所通常数量很少，而且可能距离受影响海岸非常远。

在可接受直接弃置的地方，要弃置的材料应具有较低的油含量，以避免沥出造成二次污染。确切含量根据地理位置不同而不同。含油废物弃置位置应该远离有裂缝或多孔渗水的地质，以避免污染地下水的风险，尤其生活或工业用途取水地区更要注意。在某些国家 / 地区可以接受将油类和生活废物一同弃置（图 20），因为油类看起来牢固地吸附在各类生活废物中，几乎没有沥出的可能性。含油废物应该堆积至少 4 米的生活垃圾之上，并配以 0.1 米厚的表层带或 0.5 米深的沟渠，以便自由排水，而且应该至少在其上覆盖 2 米厚的生活废物，以防止在受到弃置场车辆的重压时油渗出到表面。

应急规划

应急计划应该评估可用于处理不同含油材料类型和数量的各种弃置选项。计划的范围应该限

于当地，因为采用的清理和弃置方法将很大程度上取决于当地的废物相关立法以及原材料、设备和泄漏事故附近合适的弃置场地的可用情况。计划应该定期更新，以包括可能会影响某些弃置选项可用情况的立法变化。专业从事油类回收和 / 或加工的承包商的联系方式，以及炼油厂、焚化炉和其它可能会接收废物的设施的位置和容量 / 产能都应该包括在计划的“信息目录”中。

作为应急计划组成部分进行的风险评估，将确定发生泄漏可能性较高的场所及油类可能上岸的位置。应该在早期阶段确定靠近这些高风险区域的废物临时储放场地。然后可以分阶段处理最终弃置的问题，以避免超出每个弃置渠道可以处理的容量。事先取得土地所有者和监管机构的同意将能在出现泄漏时简化储放场所的建设工作。关于应急计划的另一篇 ITOPF 论文中提供了更为详细的指导。

要点

- 油类和含油废物的弃置是一个重要的问题，尤其是在可能存在大量相关残片的海岸线清理之后更要加以重视。因此，在应急规模时考虑废物弃置是一项非常重要的工作。
- 尽管开发了各种技术来处理油类和含油废物，但很多技术的应用和能力都有限。在出现重大泄漏事故时，需要考虑所有选项。
- 关于废物处理的决策最好在事故开始时作出，应该基于可能会产生的废物类型和数量的切实预计进行决策。
- 在确定潜在的废物回收或弃置渠道时，应该遵循当地法规，并咨询相关的政府机构。
- 应该预先确定高泄漏风险区域的临时储放地的可用情况，以便将其作为海上或岸边收集油类与最终弃置之间的缓冲区使用。
- 在存在针对不同废物流的弃置渠道时，废物应该在收集点就加以分离。
- 应该在弃置前分析回收可利用油类的可行性，并考虑对废物热量价值加以利用。
- 可销毁油类的技术优先于填埋方式，不过此类方式可能成本相对较高。
- 弃置成本（包括装卸和运输）可能在泄漏应对工作的总体成本中占据非常可观的一部分。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的浮木档栅应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织,旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息,借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文,本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息,请联系:



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom
电话: +44 (0)20 7566 6999 电子邮件: central@itopf.com
传真: +44 (0)20 7566 6950 网站: www.itopf.com
24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



海洋油类泄漏事故处理的 领导、指挥和管理

技术资料论文

10



导言

有效而成功的油类泄漏应对措施，很大程度上取决于指挥者和管理者的领导水平。需要一个合适的组织结构，以领导应对措施的各个阶段中必须做出的艰难决策与妥协。该组织结构还负责管理大量相关政府与民间组织的期望和迥异需求，并给予他们处理政治压力和公众顾虑所必需的信心。

本文将对船源性污染的应对工作中遇到的很多情况进行讨论，并说明有效的领导、指挥和管理可以如何最大化应对行动的成功。本文涉及的很多主题在本系列的其它 ITOPF 文章（见封底）中进行了更为详细的讨论，且主要集中在关于海洋油类泄漏的应急计划的论文中。

概述

无论如何计划和防备，油类泄漏事故都是不可预见的随机事件，能够打乱受到影响者的正常生活，对其提出挑战。泄漏事故的直接影响可能包括对环境 and 经济资源造成局部影响以及对社会宜人环境的破坏，但其长期后果的严重度和广泛度几乎很少达到人们曾担心的程度。涉及油类泄漏的事故的初期阶段可能发展很快，务必避免由于回避任何认识误区或缺乏控制而导致信心丧失，同时还必须通过清楚确定负责人，快速建立有效的组织结构。如果通过自信的领导和明确的行动能够满足对快速应对的期望，那就可以有信心地处理受影响人群提出的顾虑，从而减少对负责实施这些工作者的影响，并能鼓励各方展开合作。

每次油类污染事故的规模和复杂性各不相同，作业成功的前提条件是建立能够根据情况相应扩展的组织结构。小规模泄漏（如在港口装燃料时油类意外溢出的情况）可能会影响当地港口基础设施，其应对措施可以由港口管理部门根据自己的管理结构加以处理。不过，严重事故（图 1）的应对工作所需的资源可能多得多，甚至有可能来自境外，且会影响多个司法辖区。在这种情况下，不同实体在界限清楚、经过实践检验的组织结构内的协调和管理对应对工作的成功至关重要。

为了确保组织结构有效，在地方和国家级应急计划中确定的人员的角色和职责应该通过一系列演练定期进行全面的检验。通过这样，即便紧急情况带来了未预见到的问题，抢险人员也将能够游刃有余地处理快速变化的情形带来的压力。



▲ 图 1：发生严重事故时，应对工作的领导、指挥和管理将决定应对工作的效果。

有效的应对措施并不一定要依赖于大量的专业设备或材料。虽然对很多应对作业而言，此类应对资源的可用情况非常重要，但如果拥有必要的基础设施、后勤支持和领导，将更容易实现成功。经验表明，只要明确定义了组织结构且得到了成员充分的理解，并对人力进行了良好的管理，即便使用最基本的设备和资源，很多事故的应对措施仍然可以非常奏效。

组织结构

政府负责保护国家 / 地区的利益，而国家级权威机构处在最适合确定泄漏应对措施优先事项的位置（其中一些优先事项可能会涉及利益冲突）。对于影响公共区域的事故，通常通过受影响国家 / 地区的地方性或全国性主管政府机构确立这些职责；他们将领导应对工作的实施，并进行必要的决策。在某些国家 / 地区，立法要求船主在政

府机构的监督下采取应对措施，船主可以和此政府机构一起作出决策。在私有区域（例如在港口或码头管辖区域内）的泄漏可以由设施运营者在政府机构的监督下进行处理。

因此，应对措施中涉及的组织将视事故地点及严重程度而定。通常认可三个事故和应对措施级别或层次¹。可以根据估计的油类泄漏量或受影响辖区的数量将某个事故归入特定的应对措施层级。随着事故的发展，油类可能会扩散并影响更大的区域，从而需要按更高的层次或级别重新归类应对措施。因此，组织结构需要足够灵活，能够适应根据情况扩大或缩减应对措施的情况。

无论事故严重程度如何，应在应对措施组织中设置一些关键人员职能，其中包括：

- 总体应对工作和单个作业（如海上作业和海岸线上的作业）的管理；
- 根据对当前和预测情况（包括资源可用性和当地敏感性）的了解，计划未来作业；
- 为这些作业提供后勤支持，如设备采购和确保工作人员的要求得到满足；以及
- 记录保存、财务控制和其它行政管理方面，例如促进费用报销申领情况的汇编。

履行这些职能的组织结构因国家/地区而异。有些利用现有的行政管理结构，而其它则是在泄漏时成立应对组织，随着应对工作的发展从各方面抽调人员，现有应对团队成员的工作量逐渐增加。

根据在应对措施结构内存在的组织，可能会在履行泄漏应对指挥或管理职能时采取不同的方法。在采用分级指挥结构的组织中（如陆军、海军和某些海岸警卫队及海警部队），指定的指挥官拥有通过下属控制行动的权力。在民间组织中，需要能够实现类似控制力度的管理结构，这通常通过提供同等领导力之组织的高层管理人员实现。我们经常会遇到结合了这两种方式中要素的组织结构。在全权负责整个作业的牵头组织内，成熟的指挥链或现有管理结构可以帮助避免职责划分方面可能产生的混淆。

在实践中，一系列组织和机构可能会牵涉海洋资源（包括岸上和海上的资源）利益或对其负有责任。在很多辖区，海上作业和岸上作业的责任分离。海上及事故发生地工作的控制和作业经常属于海军、海岸警卫队或其它海上机构的职责，他们可能会指挥和执行空中和船只作业，并对救助活动进行监督。搁浅在海岸线上的油类的清理可能由地方性或地区性机构负责，而在重大泄漏事故中，

可能会涉及多个这样的组织。因此，同时影响海岸线和开放海域的应对措施可能有必要让民间实体、军队、公共和私有实体参与其中，这些部门最终可以定义应对组织的结构。

只有适当的准备，才能在出现事故并开始实施应对措施时克服与这种多样化混合组织的协调和管理关联的问题。在决策过程中包括所有利益相关方，但不考虑他们是否具备技术资质，这样通常会产生巨大而笨重的泄漏应对组织。这种方法更适合在事故发生前的应急计划制定工作；尝试在事故期间引入这种级别的共识可能会导致决策延迟，而且可能还会导致采用不适当或有冲突的应对战略。有效组织结构应该能产生一个具有凝聚力的单位，所有参与其中的组织为了最大限度减少泄漏事故影响这一共同目标而并肩协作。此类结构需要清楚的指挥或管理层次结构，并配以容易理解的角色、职责和相关职务来提供有效的领导。此结构应该能适应引入外部专家（如ITOPF）解决技术问题的情况，例如油类行为、适当的清理技术、环境顾虑和渔业等方面的专家，以提供关于法律事务、媒体关系、费用报销和其它认为有需要方面的建议。在重大事故中，还要务必满足其它相关作业的需求，尤其是搜索和救援及救助方面。

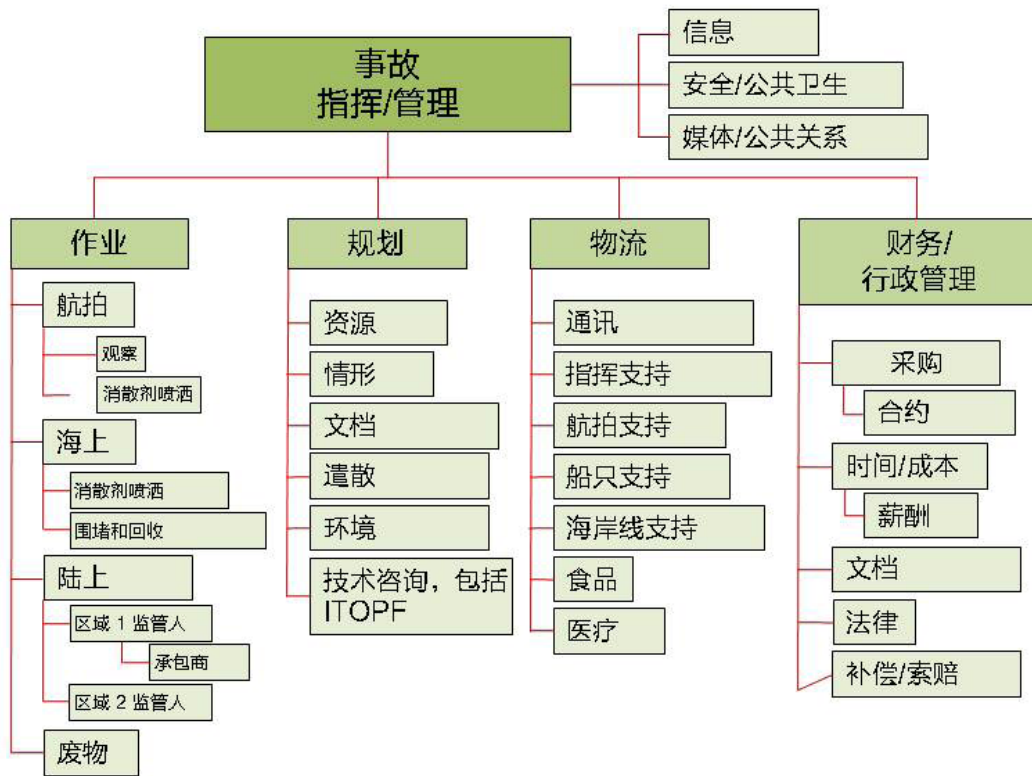
存在很多组织结构方面的例子，其中大部分都已根据当地的偏好或从以前的事故和演练中总结的经验教训进行了改进。通用的基于职能和基于团队的结构（图 3a 和图 3b）是两个较为常见的示例；二者主要的差别在于特定活动的指挥或管理的划分与定位。

在美国使用最广泛的事​​故指挥系统 (ICS) 是基于职能的标准化组织结构。ICS 旨在于短期内召集来自不同组织和机构的人员作为单个结构的成员共同协作，这个结构中清楚易懂地定义了他们的



▲ 图 2：海岸清理可能需要由与海上清理不同的组织负责。这里士兵和平民防护工作人员在回收海岸线上乳化的燃油。

¹ 详见在关于海洋油类泄漏应急计划的另一篇 ITOPF 文章。



▲ 图 3a: 基于职能的组织结构, 所有任务都在一个指挥部的指挥下进行, 最好将指挥部设在同一个指挥中心。在小型事故中, 有些任务可能会合并。

角色和职责。熟悉此结构可以带来非常实用的方法, 便于在非常短的时间内建立具有凝聚力的应对组织。对于美国的船舶事故, 由位于层次结构顶部的事故指挥部领导, 由美国海岸警卫队 (USCG) 的官员指挥, 并会涉及船主和受影响的州。很多其它国家 / 地区及一些石油行业应对组织采用了此类职能型结构的变体。

另一种基于团队的结构在世界各地的油类泄漏应对中得到了成功的使用。这种结构仍然采用相同的原则, 但较少预先规定方法, 且团队并未按单个职能划分。此结构中的做法是建立不同的职位来执行应对措施的不同方面 (海上和岸上最常见的方面), 并为每个职位分配支持服务。此方法有利于推行自成一体的单位; 此类单位可以将重点放在应对措施中自己份内的要素上, 并能够轻松地根据应对措施和涉及的组织的要求进行调整。与所有团队都相关的某些特定任务由所有团队共同执行。本文稍后将就基于职能和基于团队的方法对两者已知的局限进行讨论。

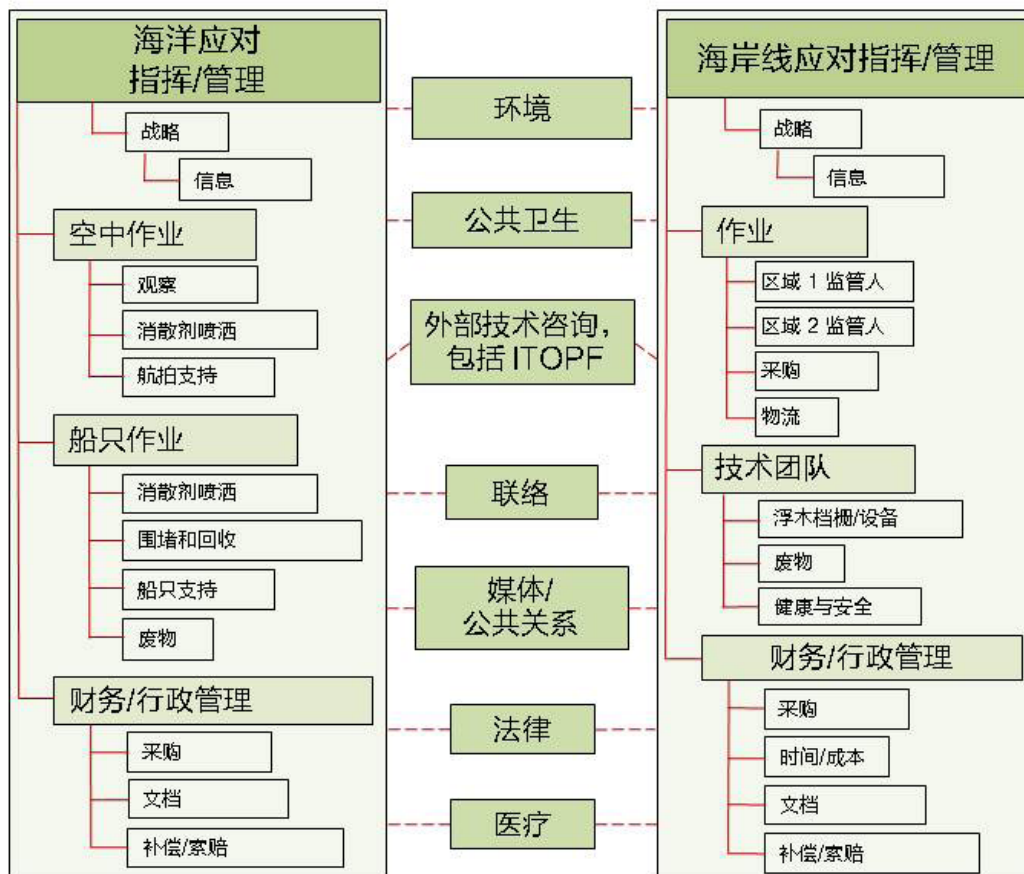
领导

无论应对组织的结构如何, 指定为主要指挥人员或管理人员之个人的能力将对应对工作的进度和结果有很大影响。需要在整个应对工作中起到领导表率作用, 在事故发展且出现困难时尤为重要, 例如: 油类泄漏影响到新的区域, 或者因应对战略并未带来预想的结果而需要使用其它技术时。

领导者所需要具备的品质将包括以下能力:

- 指挥或管理来自应对工作所涉各种组织的人员;
- 倾听应对措施所涉各方的顾虑和建议并给予回应, 包括其他应对团队成员和技术专家;
- 收集来自各个渠道的信息, 并根据这些信息作出及时的决策;
- 确定优先事项, 特别是利益冲突可能会对各方带来好处或造成不利时的优先事项, 如需要将有限的资源分配到特定区域时;
- 清楚而权威地传达决策和指令;
- 激励应对团队的成员, 尤其需要克服困难情况和疲劳时;
- 认识应对团队成员的局限并据此重新分配任务;
- 确保应对措施在技术上合理, 而且应对团队承受的压力 (特别是政治家、媒体和公众给予的压力) 不会导致不合理或危险的活动;
- 能够意识到不再需要人员和资源的时候, 可以适时地从现场和指挥中心退出和撤离。

显然, 领导者的任务更适合之前有高级指挥或管理岗位相关经验的人。在第一层应对措施中, 组织结构的领导工作可以由港务长、港口队长、码头安全监督员、当地权威机构的紧急事务官员或具有所需权力的其他人员承担。对于更为严重的第二层或第三层应对措施, 经常需要由来自相关军队或民间海洋权威机构或相关政府机构或部委 (如交通部) 的相应高层管理者



▲ 图 3b: 基于团队的组织结构, 分为两项独立的活动, 共享部分职能。这样的结构允许将海洋和海岸作业分布在不同的指挥中心, 但依赖于两个指挥中心之间良好的沟通来实现有效的总体应对工作。在小型事故中, 有些任务可能会合并。

承担领导工作。在其它国家 / 地区, 领导者可以是环境部的某个机构、紧急事务部或救灾机构。对于基于团队的结构, 各个团队的主要指挥者或管理者可能会来自不同的组织, 而之前的工作经验是一个有利条件。资历问题非常重要, 因为可能会需要与中央政府高层接触、向部长 (或同等级别的从政人员) 报告情况、从其他部委和政府部门取得资源以及能够授权资金分配来支持应对工作。

应对团队的其它成员应该具有承担分配的任务所需的技能, 例如, 空中作业及涉及的飞行器局限性的知识, 或了解合同及与特定作业相关的术语。对于在特定工作场所的作业, 可能有必要配备之前有管理劳工团队经验的人员, 例如来自建筑行业的人员²。

各个层次的应对团队成员可能承受超负荷的长时间工作和压力, 可能会导致极度疲劳和判断力受损, 尤其是紧急阶段更容易出现这种情况。因此, 非常重要的一点是, 在保持应对工作节奏的前提下, 为应对团队成员分配副手或轮换人员, 让他们有时间休息。副手的资格要求应与其协助的人员的要求类似, 应该考虑各班次之间进行完全交接情况汇报所需的时间, 以确保工作的连续性。

船主的角色

在以政府为主导应对泄漏事故的国家 / 地区, 船主的角色可能仅限于船员调度和打捞事务, 或提供技术支持和通过其船东保赔 (P&I) 保险最终支付赔偿。在其它行政辖区, 立法可能要求以船主为主导开展应对工作, 并由政府监督和指挥相关活动。

为了确保职责划分明确, 政府对船主的期望应该在广为宣传的法规中予以描述。不过, 成功的应对措施依赖于建立了清楚组织结构、现实的国家级应急计划, 以说明政府和船主 (或 P&I 保险公司) 应如何配合。对于船主为主导的应对措施, 应急计划应该说明如何进行决策以及由谁决策, 并说明各方将要提供哪些资源。在配备了法规、应急计划和后勤措施来为船主为主导的应对措施提供支持的地方, 可能也有必要的基础架构可供使用, 如泄漏应对承包商和当地船主组织或签约代其管理应对措施的泄漏事故管理团队。在这种情况下, 为了最大限度提高成效, 政府机构和船主组织之间良好的沟通必不可少。

² 在关于海岸线油类清理另一篇 ITOPF 文章提供了关于海岸线清理管理更加详细的信息。



▲ 图 4: 充分认识到设备的局限性及将部署到的环境的限制, 将帮助确保避免将时间和精力浪费在可以预见不会起作用的行动上。这里的高水流意味着浮木档栅不能围堵油类。

ITOPF 的角色

ITOPF 的技术人员通常受船主的 P&I 保险公司（有时候是政府机构、IOPC 基金或石油公司）邀请参加事故处理工作。不过，ITOPF 并不代表这些公司或船主，而是作为提供支持服务的一方出现，通过提供客观的技术建议协助负责应对工作的人员开展工作。技术顾问在泄漏现场的角色将根据情况不同而不同，但通常包括以下一项或多项活动：

- 就污染可能的最终归宿和影响向所有各方提出建议；
- 以消除所有损害为目标，就最适合的清理技术向各方提供协助和建议；
- 帮助查找设备，并在船主需要进行应对作业的情况下协助组织清理工作和提供必要的资源；
- 承担勘查任务，监视清理工作并就措施的技术优劣向各方提供建议；
- 调查对海洋环境和海岸资源造成的各种破坏，并提供减轻损失的方法建议，包括修复选项；以及
- 视情就赔偿索赔文件的编写和提交提供建议。

在现场时，ITOPF 技术人员将努力与泄漏事故中涉及的各方密切合作，以推动采用具有技术合理性的应对措施。为了能为负责应对工作的人员提供协助，技术顾问需要与组织进行互动，以便全面地了解应对工作，并视情通过正确的渠道提供合适的建议。此互动不仅能帮助最大限度提高清理工作的成效，还能促进支付赔偿的组织快速报销费用。

泄漏管理任务

下面一节对在应对工作的每个阶段的管理中要完成的工作进行了介绍。“管理”这一术语主要与民间类型的组织相关，但其中的原则也同样适用于军队类型的指挥结构。

事故处理工作的进度可大致分为七个阶段：

- 事故通知；
- 严重性评估；
- 确定适当的应对战略（图 4）；
- 如果有必要，动员资源来实施所选的战略；
- 根据不断变化的情况重新评估和调整战略，并协调和控制资源来实现成功的结果；
- 逐步减少和终止作业和废物管理工作；
- 总结经验教训和回收成本。

通知和评估

海岸权威机构只要收到泄漏通知，就会立即向应对结构中所列的个人和组织发出警报。最初，确定事故规模所需的信息可能不足以做出应对决策，资源可处于待命状态，等待情况变得更为清晰。

随着接收到更多的信息，根据报告的泄漏事故规模和位置，可以对事故严重性作出判断，然后可以按相应的层次激活应对措施。需要在应对工作早期作出的一个重要决策是指挥中心的位置，指挥中心应位于中心位置，且组织结构中的人员能够方便地前往。每个指挥中心作为确定的区域内的应对工作的管理中点，是与外界利益相关者的联络点（包括媒体）。此设施应该包括足够容纳重大事故管理中所涉及的大量人员的空间，而且通信系统足以确保信息顺畅进出指挥中心。在理想的情况下，指挥中心应该邻近事故地或受影响海岸，以便同现场交换信息和鼓励管理团队在时间允许的情况下视察受影响区域和开展现场调查。如果泄漏事故影响大片的地理区域，可能有必要建立一系列本地行动中心，不过保持中央协调将至关重要。

确定适当的应对战略

随着应对组织的成员开始履行其职责，应该建立明确的指挥链，并清晰地确定各个成员的角色和职责，并在组织内清楚地沟通这些信息。指挥中心将从各种来源获取关于事故船舶状态、泄漏油类位置、对海岸线的影响、气候情况等信息。随着组织指定的成员对这些信息传播、记录和处理，将逐步建立对情况的连贯认识，并将发布动员应对资源着手处理情况的命令。

在泄漏的整个应对工作中，尤其是初步评估阶段，了解普遍及未来的气候和海洋情况非常重要，以便预计油类被带至敏感经济和环境资源的风险。根据此信息，可以向相关人员发出通知，例如渔业和海洋养殖从业者、旅游设施、码头和发电站等。尽早通知可以便于在油类达到之前尽快采取预防措施。很多其它团体（如野生动植物保护组织）也会对应对措施和安排非常关心，也应该考虑知会他们。

随着事故的规模和详细信息变得越来越清晰，将需要作出一系列关键应对决策，例如：

- 是否调动飞行器监督泄漏情况及对海上和岸边的清理作业进行后续的监视和控制；
- 根据油类的类型和环境考虑，哪些可用的应对资源可能最适合；
- 考虑油类运动的观察报告、对敏感资源的风险及设备供应情况，在何处部署设备和人员；
- 支持各种活动所需的后勤支持，如已回收含油废物的运输和临时储放，及机械燃油、个人防护设备 (PPE) 及工作人员食品的配发等；以及
- 哪些处理和弃置渠道将最适合各个废物流，即液体油类、含油的海岸线底层物质、使用过的个人防护设备和吸油材料。

不利的气候条件或过度的水流可能意味着不可能在海上立即实施应对措施，如果海岸上的位置已经受到影响，则决策可以将海岸线清理作为重点，优先处理。在重大泄漏事故中，不可能成功保护处面临风险的所有经济和环境资源，造成这种情况的原因要么是缺乏应对设备，要么是部署设备的时间不够。因此，可能需要作出应优先保护哪些敏感资源或优先清理哪些位置的决策。例如，尽管当地旅馆经营者非常关心海滩，但仍然可能要优先配备浮木档栅保护红树林而不是沙滩，因

为红树林对油类更敏感，更难于清理。或者，可能会优先配备人员和设备来回收海岸线上的大量存在的油类，以防止重新移动到其他区域，而不是清理轻度沾油的海岸线（即便这些地区属于人居地带）。

在决定最适合的应对措施选项时，应该优先考虑在当时情形中技术合理、能最大限度减少废物产生、经济高效且为国家政策和法规所允许的技术。

考虑清理技术的优点和缺点，可有助于减少对环境及社会和经济活动的总体影响。净环境效益分析 (NEBA)³ 是一种非常实用的科学方法，可用于确定哪些应对技术能够更为快速地恢复环境，或能够给敏感资源带来最大的保护（与自然清理相比）。例如，在考虑采用消散剂处理漂浮油时，可以将油类对海鸟污染的潜在影响与水下生物区中散布油类的增加的潜在影响进行比较。或者，应该权衡使用重型机械回收大量存在的油类并减少油类重新移动影响其他敏感区域的可能性的决定与造成底层长期破坏的可能性。

为了确保最有效地使用应对资源，务必注意不在同一个位置同时采用存在冲突和相互抵消的应对技术。例如，使用消散剂（目的是将油融入水体中）将会让浮木档栅和撇浮装置显得多余，因为后两种设施是为了围堵和回收漂浮油。而且，消散剂会对油类吸附到吸油材料和亲油性撇浮装置的能力造成不利影响。

应对工作中可以使用的大部分战略均在本 ITOPIF TIP 系列的其他文章中有详细的介绍⁴。每篇文章均提供了对所讨论策略的管理工作非常重要的信息。表 1（海上应对措施）和表 2（近岸或海岸线上的应对措施）对各种应对技术的应用条件及其优缺点进行了总结。

动员

完成初步评估并作出应对战略决策后，就可以着手动员相应的资源。务必确保动员的人力和设备与泄漏事故的规模相匹配。对于第一级事故（设施或地方级别），应对团队必须能够在现场或附近就近获得足够的设备。对于第二级泄漏事故，会影响远离事故源的区域，可能会需要从其他设施或更远的储放地取得设备和材料。对于第三级事故，泄漏在所在国家 / 地区或国际上造成重大影响，可能需要更为广泛地动员应对资源，这些资源有可能来自其它国家 / 地区。



▲ 图 5：虽然油类得以成功围堵，但如果没有从水面回收的方法并配备油类的临时储放设施，这些工作可能会毫无意义。

3 有关进一步的信息，请参见“选择泄漏应对措施选项来最大限度减少损失”。IPIECA Report Series, 第 10 卷, www.ipieca.org。

应对资源到泄漏区域的运输可能涉及到大量的后勤工作，例如包租运输机、渡船或其它合适的船只以将设备运送到岛屿或通过其它方式不能到达的位置，并与道路拖运公司签署合同。来自国外的设备和人员将需要快速通过海关和边防关口，以便其参与能够带来最大的效果。另外，还需要靠近清理区域的安全储放设施和食宿设施。

除了这些直接参与应对作业的人员外，还可以动员其他人员，包括如打捞人员、船舶和货物业主代表、P&I 保险公司（通常由当地联系人做代表，在当地公估公司协助下参与）、油类污染、渔业及旅游业专家（如 ITOPF）及涉及各方的法定代表人等。对于运送低挥发性油类的油轮，IOPC Funds 秘书处还将关注在基金公约成员国 / 地区水域发生的事故。政府机构可能会建立独立的救助单位，对事故船舶处打捞人员的工作进行监督。其它政府部门或机构的代表也可能参与现场的工作，例如，以确保海洋产品的安全性和可销售性为目的（如果可能会影响沿海渔场和海洋养殖）。

并非所有这些方面都将直接参与到油类泄漏的应对工作中，可能不会出现在指挥中心，因为其它

4 “海洋油类泄漏的空中观察”、“油类污染应对措施中的浮木档栅应用”、“使用分散剂处理油类泄漏”、“油类污染应对措施中的撇浮装置应用”、“岸线油类清理”和“油类泄漏应对措施中的吸油材料应用”。

重要事项（如人员的福祉或船只和货物的打捞）可能会需要他们在其它地方开展工作。不过，这些其它方面的工作可能会影响清理作业或受到清理作业的影响。例如，打捞团队可能会在整个应对工作中扮演至关重要的角色，打捞和泄漏应对团队之间的经常联络将对监视事故船舶中油类进一步释放的风险至关重要。

已部署资源的管理

应该使用通过航拍监督和现场人员收集的信息对所有清理活动进行定期监视，并不断进行重新评估。可以对战略决策进行重新评估，以确定应对工作的规模是否与泄漏事故的规模和严重性相适应。随着应对工作的进展和作业从一个阶段进入下一个阶段，将会需要不同的应对资源和技术。例如，随着油类风化，使用消散剂可能不再有效，或可能有必要换用另一种能够回收粘性更高油类的撇浮装置类型。

会议

应该鼓励将定期而频繁地举行作业会议作为一项优先事项考虑，以便评估进度、应对决策和后勤要求（图 6）。通过会议，可以对组织的成员给予正式介绍，确认报告或指挥链、分配确定的任务，并能确立应对工作的当务之急。在重大泄漏事故中，可能会需要一些不同的二级团队。每个二级团队作出的决策应向中心领导层通报，以确保所有团队之间的协调及确保决策考虑了其它相关因素。通常至少每天举行一次会议，最好是早

技术	适合采用的场合	资源	优点	局限
空中 监督和 监视	很多应对措施中都有必要采用，但在油类逐步远离海岸或自然消散时，这是唯一可以进行的的活动。	飞行器 – 固定翼或螺旋翼。用于高级监督技术的远程传感设备。	提供最快速而直接的方法，帮助获取油类位置、体积和运动情况及海岸线污染程度的概况。	在开放水域上空飞行时需要双引擎飞行器。为了最大限度实现其好处，需要经验丰富的观察人员。专业远程传感设备可以在夜间或大雾、暴雨、下雪等的天气情况下进行情况监督。
围堵和回收	平静条件下的漂浮油回收。在新泄漏的大漂浮层中实现最好的结果。	专用设备 – 浮木档栅、撇浮装置、配有足够且合适的存储设施和卸油泵的船只。	在理想的情况下，一艘配备了合适设备的船就能回收大量的油类。从海上去除污染物。	设备不能在恶劣的气候条件下部署。撇浮装置和泵的效率会随着油类粘度的提高及油类散布和分割而降低。经常受到储放设施的可用情况的限制。很少超过回收超过泄漏油类的 10%。
消散剂	油类的漂浮层能够驱散。	安装在合适飞行器或船只上的喷洒设备。库存的合适消散剂。	可以快速从水面去除大量油类。可以在比围堵和回收更恶劣的条件下应用。	效率会随着油类粘度的提高而下降。对于粘度高于 5,000 – 10,000 cSt 的油类很大程度上无效。在近岸区域或珊瑚礁附近及海洋养殖设施附近使用时受到限制。
油类的就地 焚烧	在新泄漏油类的漂浮层。	防火浮木档栅、拖船、点火源。	可以快速从水面去除大量油类。	保持燃烧所需的最低油厚度。产生大量的烟。得到的高粘性残渣可能会沉入海底。风化的油类难以焚烧。

技术	适合采用的场合	资源	优点	局限
布设保护性浮木档栅	漂浮油对敏感资源造成威胁的平静水域和低水流水域。	浮木档栅, 锚, 用于部署、维护及回收浮木档栅的船只。	可以让油类远离敏感资源。	在速度超过 ~0.5m/s 的水流中的效果将有限或无效。需要撇浮装置来回收围堵的油类。需要事先计划才能达到最佳的效果。
使用泵和撇浮装置	在能从岸上或乘浅水船进入的平静水域回收大量存在的油类。海岸线上大滩油类。	撇浮装置、泵、吸油卡车、临时储放设施。	可以相对较快地回收漂浮或成滩大量存在的油类。	此技术的有效工作需要成片油类具有良好的内聚性。受气候条件和可用储放设施的限制。设备可能被残片堵塞。
机械收集	靠近岸边或可乘船达到的粘性油类漂浮层。海岸线上厚厚的油层。	挖土机、推土机、带抓斗装置的陆地或船用起重机、储放集装箱。	允许回收高粘性油类和搁浅在海岸线上的油类。	可能会回收大量的水或干净的海岸线底层。油类回收可能很缓慢。重型机械可能会破坏敏感区域。
手动收集	搁浅在海岸线上的油类。适用于回收大量存在的油类和低污染区域。	能够获得劳动力、个人防护设备、手持工具、桶、临时储放设施。	可以对很多海岸线类型进行高度选择性的油类回收。	劳动密集型任务, 可能很缓慢。需要细心监督, 才能最有效并最大限度减少对敏感海岸的破坏。
冲洗	敏感区域的轻度到中度受污染海岸沉淀物和油类。	泵、软管、喷水器、回收释放油类的方法(例如吸油物、撇浮装置)。	在不起出沉淀物的情况下回收掩埋的油类。在带来最少干扰的情况下从敏感区域去除油类。	可能会产生大量的油光泽。需要小心, 不要破坏覆盖植被的敏感海岸线的地下结构。此外几乎没有缺点。
海浪洗涤	暴露海岸线上轻度到中度受污染海岸沉淀物。	推土机、挖土机。	使用海浪区域的自然能量清洁沉淀物。不用从现场清除沉淀物。	可能会产生大量的油光泽, 导致海岸线底层大小暂时性失衡。此外几乎没有缺点。
高压洗涤	轻度污染的硬结构, 如海堤、岩石。	压力清洗装置(最好针对使用海水进行了调整)、泵、回收泄漏油类的方法。	通常能有效地消除轻度污染。只需最少的培训即可开始作业。	威胁较大的技术, 可能会破坏下面的地表。高温可能会影响海洋生物区。
细砾洗涤	轻度污染细砾和卵石。	混凝土搅拌机或其它混合设施、热水浴室、单斗装载机、储放罐。	允许洗涤位于或靠近受影响海岸线的卵石。不需要将沉淀物从现场起出。	过程可能较为缓慢。可以产生大量含油液体。“细小物质”(细小土粒和沙粒)可能会积聚而需要弃置。在可能的情况下, 海浪洗涤是清理这种底层更好的方法。
犁/耙	轻度污染的细沙或砂石海滩。	拖拉机和牵引犁或耙。	破损沾油沉淀物并使其暴露, 以利用后续潮汐进行洗涤。在海浪洗涤不切合实际时非常有用。	重新处理海岸线材料可以影响在沉淀物栖息的物种。产生油光泽。
砂石筛分	回收沙滩上的油块和小块沾油砂粒。	拖拉机牵引或字形海滩清理机械、大型罗网和挖土机、手工铲。	从动机可以作为在大面积区域收集油块的有效方式使用。最大限度减少收集到清洁底层物质的几率。	手工筛分进展缓慢, 而且属于劳动密集型任务。小油块可能会从罗网中漏出。新鲜的较低粘度油类的凝块可能会破裂并从振动的筛网中落下。
擦拭	进出受限、轻度到中度污染的岩石或暖色区域。	抹布、废物袋。	允许在其他技术不能使用时进行清洁。	劳动密集型任务, 进度缓慢。需要密切的监督以最大限度减少二次污染。
自然清洁	在暴露的海岸线上。在其他技术可能会导致额外的破坏的敏感海岸。安全考虑禁止进行清理的地方。	无。海岸线调查将帮助确定进展情况。	几乎不用投入人力就能去除油类。最大限度减少对敏感区域的破坏。	在可能的情况下, 可能有必要去除大量存在的油类, 以防止污染附近的区域。可以推迟低能源海岸线的清洁工作。冬季风暴期间最有效。对于旅游区域可能速度太过缓慢。

上（讨论航拍观察报告）和傍晚（收到来自现场的进度和情况报告后）。

应对工作的初期，情况可能未获得全面控制，经常被称为“紧急阶段”。此阶段可能持续数天到数周，具体取决于海上的漂浮油对敏感资源的威胁持续期等因素。在此期间，将需要作出具有长期影响的关键决策，从而更需要具有适当权威、经验丰富的决策者。

紧急阶段可以与后续的“项目阶段”形成对比，项目阶段的特征是对整体情况有了更为清楚的了解，而且知道应对工作预计将如何发展，因此能够进行更大具体的前瞻计划。紧急阶段即将过度到项目阶段的典型指标可能包括：

- 事故船舶已经稳定，已经大幅度减少或消除了油类进一步释放的威胁；
- 海上的所有漂浮油已经在岸边搁浅、远离海岸或已蒸发或耗散；或
- 已经动员了足够的应对资源来处理重要的事务，而且措施行之有效。

在项目阶段仍然可能出现意料之外的情况，例如在海岸线上发现掩埋的油类，但经常并不需要在非常短的时间内作出决策，而且可以更为确信地预测其结果。更长期的工作可以进行招标，招标是某些辖区高值合同所要求进行的过程。不过，即便在这个更为稳定的阶段，仍然必须保持紧张的氛围，而且各项作业不能停滞，以便当地企业能够恢复正常，以及受影响环境能够尽快开始自然恢复。

废物

由于应对工作而产生的废物通常会带来很大的问题。通常，含油废物最有效的管理得益于在源头



▲ 图 6：应对团队定期举行会议至关重要，可确保所有各方知道发展情况，并讨论和计划未来的工作。

最大限度减少废物并将各种类型的废物加以分离。对整个应对工作而言，谨慎地监督工作人员并选择适当的清理技术与废物管理工作一样重要。不过，清理作业产生的废物量可能达泄漏油类量的十倍之多。

一旦应对措施开始实施，就可对废物的数量和物理性质加以估计。此信息可用于确定废物的合适临时储放位置及足够的运输力量，以确保废物弃置不会中断其它作业⁵。

人员遣散和作业终止

如果工作没有效果，或对环境或经济资源带来了可能造成额外损失的难以接收的风险，则应该终止作业。与应对工作相关的成本对终止清理作业的决策有很大的影响，应该密切加以监视。例如，通过额外的清理工作实现的改善通常会随着工作进入最终的阶段而被大幅度削弱，同时成本可能会不相称地提高。而且，外部参与应对工作的组织将需要考虑长期占用其人力资源对自己的日常运作的影响。

在决定终止某项应对活动的时点时，管理应对工作的人员可能面临巨大的压力，被迫采用非技术标准或保留过多或没有保证的资源。油类回收装置可能在有效的回收作业之后长期保留在海上，例如在漂浮油的粘度增加到可用的撇浮装置能处理的范围之外后。在其它情况下，尽管冬季风暴即将来临而且可以通过自然方式清洁，但可能会由于政治压力而对沙滩进行全面的清洁。不过，如果指挥结构用明确的标准来确定何时应该终止活动，就能够更轻松地应对这些压力。

通常会进行由各利益相关方的代表进行的联合调查，以推动作业的成功结束。这些代表将监视清理工作的进度，并决定何时已达到之前一致认可的结束点，可以由监管机构将各个工作点“解散”。然后可以遣散设备并送回仓库进行清洁和维护；可以对受损设备进行修复和更换，并根据需要重新订购消耗性材料。最后，可以将临时废物储放点和进场道路恢复原貌，并对其它工作区域进行清理。

泄漏事故后期监视

即便清理作业已终止，仍然可能需要监视等待自然清洁的区域，以确定油类对敏感资源的长期影响或启动复原措施来加速自然恢复⁶。这些活动通常涉及到来自政府机构、大学、实验室和其它专门机构的具有相关资格的科学家，经常在领导或管理应对工作的团队不直接参与的情况下进行。

⁵ 在关于油类和残片弃置的另一篇 ITOPF 文章提供了更加详细的信息。

不过，监视活动可能要求参与清理工作的组织（例如土地所有者或船只 / 设备运营者）持续存在，以便进入受影响的高度安保区域或偏远区域。

应对工作和成本回收的评估

参与应对工作的很多组织会不熟悉与油类泄漏关联的问题，能够从其他人的经验教训中获益。编制可用于记录所学经验教训的详细报告能够提供非常宝贵的信息。此报告不仅可作为应对工作评估及更新应急计划的基础，而且还能为准备回收成本的任何索赔文件提供支持。无论泄漏事故的规模如何，都需要可靠的记录，然而文字材料量在较大的事故中可能会大幅度增加，可能会让应对团队面临非常大的工作量。不过，可用于编制事故报告及支持赔偿索赔文件的信息的质量主要取决于勤勉的持续记录保管⁷。

泄漏事故管理中的典型挑战

在任何事故中，都会出现可能对指挥或管理团队提出高要求，或者会影响应对工作效率的问题。下面描述了众多事故中常见的一些问题：

规模的灵活性

从处理事故的初期规模及严重性和随着应对工作的进行而扩展和缩减而言，应对组织的规模应该能够根据应对工作的需求方便地进行调整。在小型泄漏事故中，可能有必要配备小型应对团队，尤其是泄漏发生在私营设施中时，很多管理职能将合并，由少量的人员承担。例如，作业的计划、管理和健康及安全工作可能分配给团队负责人，团队负责人可能配备了多个接受过培训的助手，能够快速处理这些任务。向政府机构、公众和媒体关系及行政管理服务部门报告和联络的工作可能由总部办公室处理。

相反，在大型泄漏事故中，每个关键职能可能需要一组人员来完成必要的工作。根据事故的性质和位置，与管理应对工作相关的职能可能分布在多个团体中，例如，负责空中、海上和海岸作业的特定团体。与此类似，计划职能可能涉及到一系列团体，以便跟踪可用资源、准备和进行设备遣散工作及处理环境担忧。后勤支持团体将确保提供适当的食物、安全和医疗服务（图 7）以及往返工作场地运输所需人员、设备、材料和废物。此外，财务和行政管理团体还将承担采购和资源跟踪的工作，以促进正确的账单支付和最终赔偿索赔文件的提交。

虽然如 ICS 这样的高度结构化系统能够扩展和缩减来适合特定事故的规模，但存在实践中

难以控制其规模的顾虑。其中部分原因是，此类系统在设计上旨在应对最糟糕的情况，以及 ICS 中要求所确认的组织、机构和承包商担任组织结构内预先确定的岗位，有时候会导致角色和职责重叠。在缺乏有力领导的情况下，无论事故规模如何，其中很多岗位都会安排人员，这样会导致指挥中心出现很多与海上或海岸应对活动规模不相关的大量人员。这种结构化系统纳入众多利益相关者的能力带来了能够快速扩控制的应对结构，但具有固有的缺点，即也会导致很难缩小结构的规模，尤其是每个利益相关者都有权利参与其中时。根据国际赔偿公约，应对组织需要与事故的规模成相应比例，才能报销相关成本。

分配应对组织内的岗位

如果应对组织内缺乏具有合适经验和知识的人员来指导应对工作和提供专家技术建议，可能会成为很大的问题。尽管培训课程和练习可以提供所需的基本知识，但无法取代处理与紧急泄漏应对工作相关的压力和要求的第一手经验。不过，泄漏事故的不频繁性及某些组织内的定期人事更替可能意味着召集来处理泄漏事故的人员可能没有相应的经验，因此必须在事故处理过程中学习。在情况超出最初部署的应对团队的技能和能力范围及要动员更多的支持力量或激活更高层次的应对措施时，务必予以勇于承认。如果有必要，可能还需要任命具有更强领导能力、更多经验的指挥者或管理者。

内部沟通

考虑到海上和海岸作业之间的职责划分惯例，重大油类泄漏将导致大量的不同组织共同开展工作。每个组织都有不同的管理思想，所涉及的个人可能在事故之外彼此接触很少或没有接触。这可能会导致沟通问题，并可能会导致在应对团队及更广泛的公众中造成混淆。需要在应急计划内作为一项优先事项认可和处理不同组织的差异，以在事故发生前制定全面的一致性方法。在应对工作期间，应该配备程序来促进各个组织之间的沟通。交换联系方式是实现此目标显而易见的的第一步，但经验表明，通过确保在指挥所留出空间促进在处理相关问题的组织间开展讨论，可以克服很多沟通困难。例如，尽管有些嘈杂，但将关心环境问题的实体安排在一起经常能够促进交流和相互理解。可以分配安静的区域举行会议和进行面谈。

6 关于油类污染对环境的影响和海洋油类泄漏的采样和监视的其他 ITOPF 文章提供了更加详细的信息。

7 在关于油类污染索赔的准备和提交的另一篇 ITOPF 文章提供了更加详细的信息。

在任何重大泄漏事故中，应对作业都可以通过将各个运作职能委派给专家团队得以有效的管理。不过，这种工作划分有时候会带来人为的沟通障碍，务必认识到此风险，并努力克服此类障碍。例如，在基于职能的结构（如 ICS）中，计划团队将需要很好地了解现场的进度。因此，确保始终在现场的作业团队成员无延迟地将此信息传递给计划团队，有助于对未来作业作出及时的计划。各个团队之间频繁更新的机制融入到了 USCG 开发的综合 ICS 程序中，采用 ICS 的其它组织务必认识到开发类似沟通程序的必要性。不过，此系统中固有的制作很多表格和其它文书的要求有时候可能会成为负担，应该谨慎操作，确保将重点放在填写表格上不会对更有用的管理任务造成限制。在很多情况下，让指挥或管理团队的所有成员视察清理现场以更好地了解工作情况的做法能有诸多好处。

通过基于团队的组织结构，不同团队的行动中心经常设在不同的位置。例如，海上的应对工作可以从装备有船只和飞行器通信设备的海军或海岸警卫队基地指挥，而海岸应对工作通常从当地政府的办公楼或当地的酒店等处进行管理。各个位置之间的物理距离有可能会妨碍团队之间的沟通，将需要投入特别的精力来确保负责海岸线作业的人员获得关于可能影响其优先事项的海上活动的信息，例如：

- 计划的打捞作业和油类进一步释放的风险；
- 来自空中勘测队关于漂浮油运动情况的信息；
- 对海岸受影响区域的预测；以及
- 海上作业的进度。

与此类似，管理海上应对工作的团队应该知道其作业可能对海岸线搁浅的油类的数量和位置的影响。因此，从一开始就建立团队之间高效的沟通渠道并在事故处理的整个过程中进行维护，这一



▲ 图 7：为偏远区域的工作人员提供食物、取暖工具和庇护所对后勤团队而言可能是一项挑战。

点至关重要。一个方法是在每个行动中心配备一位联络官，负责确保有效地沟通快速变化的进展情况。

跨国泄漏事故

尽管这种情况并不常见，但重大事故可能会导致泄漏的油类影响多个国家/地区。虽然每个国家/地区可能有自己的应对工作安排，但将需要考虑处理跨国联合作业的系统。每个受影响国家可能分配不同的海域进行处理，也可能达成一致由一个国家/地区为首全面指挥联合资源。各个国家组织之间的密切联系显然至关重要，通常采用一种通用语言会很有帮助。应该配备程序来加速设备、材料和人员通关海关和边防关口的速度，例如在必要时快速签发签证。如果来自一个国家/地区的船只和飞行器可以在另一个国家/地区的领海或领空作业，也会有助于实现更有效的跨国协助。当所涉及国家/地区之间的化学品和其它材料的审批方案不一致时，以及应对工作本身或赔偿安排适用的法律体制不一样时，可能会出现进一步的困难。定期跨国演练和联合应急计划将帮助确定任何此类不一致情况，并制定解决方案。

如果应对资源由远离现场的国家/地区提供，很多此类问题将更加难以处理，除非得到恰当处理，否则可能会妨碍国际援助和协助的有效性。

志愿者的管理

泄漏事故管理最困难的挑战之一是恰到好处地利用志愿者。在重大泄漏事故中，报纸、电视、互联网和社交媒体对事故报道可能会吸引大量的志愿者。虽然这可能是非常有价值而且灵活的工作队伍，他们可能还会带来对当地情况熟知及获取当地社区的信任方面的好处，但在管理这个乐于提供帮助的人体时需要考虑一系列问题。将需要尽早确立可以安全而有效地向志愿者分配的最适合的工作类型及监督工作进行的最佳方法。志愿者需要身体健康、接受过最低标准的培训并知道与海岸线上工作关联的安全问题，然后才能参加应对工作。不适合进行手工清理工作的志愿者（如老年人）可以安排进行辅助性工作，如为工作人员提供食物等。管理志愿者的一个方案是确保每日登记，此时可以进行简短的安全情况通报、发放个人防护设备和分配具体的工作（图 8）。一般来说，最好在清理的第二阶段由专业抢险人员完成了大量存在的油类的清除后使用志愿者。

还应该认识到，志愿者参与清理作业并非是无成本的。尽管志愿者的劳动是免费提供的，但他们的效率和对指令的响应并不可能会让他们的总体成本效益与付费工作人员的总体成本效益相当。

在个人防护设备的提供和后续弃置、志愿者供餐和运送以及提供适当的人员进行监督方面仍然会产生相当可观的成本。在重大事故中，来自外地的大量志愿者可能需要获取食宿等额外协助。而且，可能需要购买责任保险来保障他们的工作。

当地渔民和船只运营者也可能自愿协助保护敏感资源和回收靠近岸边的油类，以换取开展工作所必要的燃料，不过他们的参与应该与海上更大范围内的应对工作一起协调。

志愿者经常被安排协助野生动植物康复工作，虽然这可能是可行的选项，但此活动能够容纳的志愿者数量可能有限，因为用于清洁和保护野生动植物康复的技术已经达到了前所未有的成熟程度。在采用志愿者的地方，应该给予志愿者足够的培训，以防止对野生动植物及他们自身造成伤害。野生动植物康复和志愿者管理都是应该在应急计划中加以处理的问题。

野生康复生境恢复

不同国家 / 地区对野生动植物保护措施的重视程度各有不同。在某些国家 / 地区，沾油鸟类按惯例采用安乐死，以减轻痛苦。而在其它很多国家 / 地区，则优先考虑对沾油鸟类和兽类采用捕捉、清洁、治疗和放归的方式，是应对工作中采用的主要方式。如果对沾油野生动植物采用治疗和放归的方式，则需要在此活动的管理中考虑一系列因素，尤其是短期内合适的合格人员（包括兽医）的可用情况及其对已确立的最佳做法的熟悉程度。应该尽早确定合适的治疗中心，理想的情况下，应该采用配备了水电等立即可用的服务设施的开敞式平面布置建筑。当地野生动植物保护团体可能可以提供类选治疗设施，从而可以将能救活的鸟类和兽类送到集中的治疗中心去。在高度重视野生动植物问题的国家 / 地区，媒体还可能会对这方面表现巨大的兴趣。

与应对工作中的其它要素类似，与任何野生动植物康复相关的成本应该与问题的规模成比例，才能被国际赔偿体制视为合理。

健康和安

工作人员的安全应该是头等大事⁸，注意光滑或不平整表面、液化或“流动”砂石、波浪、水流、潮汐等带来的危险。应该根据工作人员的能力分配任务，尤其是搬抬设备和废物时要注意。在极热或极冷条件下工作时，需要密切注意，防止脱水、中暑或体温过低。另外，还有必要注意工作场所的有毒植物、危险动物或未爆炸的弹药。夜间工作可能特别危险，应该限制在具有足够照明的区域。清理人员应该配备相应的个人防护设备，

以最大限度减少与油类和应对工作中使用的化学品的接触，应该为船只和直升机作业提供救生衣。对于不熟悉空中和海上作业的人员，应该给予具体的安全情况简要通报。在有些辖区，立法要求清理工作人员在现场工作之前参加意识课程的学习⁹。抢险人员在国外工作时应该注意当地特有的风险。

可能有必要关闭海岸线受影响的部分或放置警告标志，以减少公众与搁浅油类和工作场所危险因素的联系，例如沟渠中收集的油类、临时储放坑和暴露在外的机械。可能还有必要与监管机构交流，例如较轻油类的泄漏事故可能会导致高浓度油类蒸汽，从而可能会影响当地居民，因而有必要采用专门的空气检测设备来消除顾虑。海鲜的物理污染或感染可能要求临时关闭捕捞作业，并会涉及食品安全机构。

涉及特定类型船只（如化学品油轮或货柜船）的事故可能会导致燃料舱油类和有害有毒物质（HNS）的泄漏¹⁰。甚至相对较少量的 HNS 都可能对人类健康带来巨大的风险，因此需要注意对当地居民的影响。与此类似，由于存在 HNS，可能不能对海上或海岸油类泄漏采取应对措施，或可能会让应对措施的效果打折扣，因此需要频繁的监测，并需要在采取任何应对措施之前进行相应的风险评估。

考虑到需要迅速意识到可能会影响应对措施和更大范围内的公众的健康和安全问题，应对组织中务必配备合格的人员或团体，以处理安全顾虑并确保配备足够的安全和急救措施。

媒体和公共关系

在很多国家 / 地区，媒体在事故中扮演着非常重要的角色，已经从传统的报章杂志扩展到了社交



▲ 图 8：必须适当地向志愿者简要通报情况，确保他们知道其工作的目标及任何健康和安

媒体，能够让感兴趣的公众和压力团体成员（本地和世界其它地方）关注和评论应对工作。信息流通的方便和快速意味着更多的公众可能会在指定的国家政府机构得到通知前注意到事故的发生。与此类似，业余爱好者和专业人士拍摄的图像和视频片段可能会随着事故的发生而广泛传播。这可能会对应对团队带来巨大的压力，他们可能会在新闻频道、网站、博客和其它形式的大众传播渠道看到对自己决策的结果快速地重复播放和分析。

根据民事责任和基金公约，不接受应对工作中的媒体和公共关系产生的成本，因为这些活动不被视为应对措施的一部分。不过，应对组织可能从以建设性的方式响应媒体和公众的信息请求获得好处，例如通过新闻发布会和网站更新的方式。在这样做的过程中，务必避免投机或不真实的陈述，例如，低估泄漏事故的规模，过早断言油类将不会向岸边靠近，或声称情况在完全控制之下。

如果需要，与公众的进行会晤可能帮助形成建设性的对话（图 9），但不应造成人员从应对工作不必要的转移。另外，还务必确保应对工作不应受媒体和公众的推动或指挥，导致采用技术上不合理或不安全的应对行动。



▲ 图 9: 与公众代表会晤可能可以帮助缓和当地的顾虑和改善关系。

媒体人员可能会希望进入受影响海岸和工作场所，以进行拍摄或采访应对工作人员（图 10）。如果存在安全问题，可能有必要控制现场的进出，不过，如果没有安全问题，应该向媒体人员简单介绍情况，但不允许干扰清理活动。与此类似，政治家、其他要员和国家与国际观察员可能会要求视察指挥中心和清理现场，可能需要配备专门的协调员或向导，以确保尽可能减少干扰。

可用媒体的沟通范围可让信息在紧急事件期间广泛而快速地传播，从而让公众了解最新进展和可能会影响其使用海岸资源的问题。这些沟通渠道可能是向受泄漏油类影响的人员通知紧急电话号码、提供关于处理程序声明的信息或告知公众限制进入哪些受影响区域的有效方式。

公众对事故的认识、关心和兴趣可以转化为提出创新应对想法和商业及非商业组织提供设备与材料的意愿。由于注意并对这些提议迅速作出响应将非常重要，因此这产生的额外负担可能会对呼叫中心 and 行政管理资源带来很高的要求。为了处理这个问题，可能有必要配备专门的人员管理和记录各种询问，筛选信息来确定有价值的想法和提议，并将此信息传递给应对组织的相关部分采取进一步的行动。



▲ 图 10: 媒体可能具有非常重要的角色，但他们不应干扰应对工作。

8 有关更多信息，请参阅 *Oil Spill Responder Safety Guide*（油类泄漏抢险人员安全指南）。IPIECA Report Series, 第 11 卷, www.ipieca.org

9 例如美国有害物料操作和应急响应 (HAZWOPER) 法规 – www.osha.gov

10 请参阅关于对海洋化学品污染事故的应对措施的另一篇 ITOPIF 文章。

要点

- 成功应对作业的关键取决于行之有效的领导和管理组织结构的建立。
- 最适合用于应对事故的组织结构将因国家 / 地区而异，务必通过定期演练和更新应急计划对该组织结构进行检验。
- 组织结构需要能够根据事故的规模扩展或缩减。
- 全面了解指挥结构中的每个职能的角色和职责，将促进应对工作期间的协调和良好沟通。
- 组织和管理良好的应对工作能让公众、媒体和政治家充满信心，减少其他人影响工作效果的几率。
- 由政府主导的应对工作让政府机构拥有对泄漏应对工作优先事项的最大控制力。以船主为主导的应对工作要取得成功，应该在全国性 / 地区性立法中清楚地定义船主的义务，并配备相应的应急计划和基础设施。
- 应对结构应能够根据需要纳入外部专家、顾问、野生动植物康复人员和其它额外的职能或人员。
- 应对工作中涉及的所有个人、团队和团体之间清楚而公开的沟通渠道（尤其是海上和海岸线活动分开管理时二者之间的沟通）对最大限度减少混淆和延迟至关重要。
- 需要确立用于管理志愿者、媒体要求和协助提议的机制，尤其在大型事故中更要注意。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的浮木档栅应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织,旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息,借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文,本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息,请联系:



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom
电话: +44 (0)20 7566 6999 电子邮件: central@itopf.com
传真: +44 (0)20 7566 6950 网站: www.itopf.com
24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



油类污染对渔业 和海洋生物养殖的影响

技术资料论文



导言

油类泄漏可能会通过物理污染、对种群的毒害效应及干扰商业活动，对渔业和海洋养殖资源造成严重破坏。影响海产品生产的性质和程度取决于所泄漏油类的特征、事故发生的环境及所影响的渔业活动或业务的类型。在某些情况下，有效的保护措施和清理可以防止或最大限度减少破坏。

本文将介绍船源性油类污染对渔业和海洋养殖的影响，并就有助于降低油类泄漏影响之严重性的应对措施和管理策略提供指南。对其它经济资源的破坏在另一篇技术资料论文中予以讨论。

破坏和损失机制

捕捞(野生物种捕获)和海洋养殖(圈养物种养殖) 均属可能会受到油类泄漏以不同方式严重影响的重要行业(图 1、图 2)。商业开发的动植物可能会由于油类毒性和窒息性而受到伤害。海产品可能会受到物理污染或沾污，产生令人讨厌的源自油类的味道。捕捞装置和养殖设备可能会沾油，从而有可能导致捕捞品或生产品被污染，或导致生产活动中断，等待清洁或更换装置。除了个体经营者的损失之外，对谋生(图 3)、娱乐和商业捕捞活动的打扰及海产品养殖周期的中断还会产生严重的经济后果。消费者可能会不愿意购买受影响区域的海鲜产品，而且即便没有对产品造成实际的污染，市场信心的丧失也可能会导致经济损失。

泄漏油类的影响是由其物理和化学特征所决定的，具体来说油类的密度、粘度和化学成分以及这些特征随着时间的推移变化(风化)的方式。风化作用带来的变化很大程度上取决于盛行的气候和海洋条件。

开放海域中自由游动的成年鱼类和具有重要商业价值的野生海洋动物种群很少会长期受油类泄漏的损害。这是因为水体中的油类浓度会在泄漏后快速下降，只有极为罕见的情况下才会达到足以导致死亡或重大伤害的程度，而且通常限制在泄漏源附近的区域。相反，在固定位置养殖的围养动物和海鲜产品可能面临较大的风险，因为它们不能避免接触周围水体之上或之中的油类污染物。

近岸位置所受的影响可能最大，这个区域的动植物可能会被油类覆盖和窒息，或长期直接接触有毒成分。由于这个原因，固定附着物种(如可食用的海草和贝类) 尤其对窒息和油类毒性敏感。



▲ 图 1：捕捞船队可能会受到泄漏油类的影响(船只和装置污染或禁渔)，使其被迫停留在港口内。

除了导致死亡外，油类还可能对行为、摄食、生长或繁殖功能造成更不易察觉的损害。不过，由于很多海洋物种的种群通常会出现大幅度的自然波动，因此很难单独分出由于油类意外泄漏造成的亚致死效应。

为应对油类泄漏而采取的措施也可能对海产品造成损害。例如，本来不会受到漂浮油影响的动植物，可能会因接触悬浮在水体中的油滴而被沾污，尤其在附近使用使用消散剂之后。有激进或不当的清理技术(如使用高压和 / 或热水不加区分地洗涤) 也可能对商业开发的物种造成不利影响，推迟自然恢复。

取决于所捕捞或饲养的物种类型，渔业和海洋养殖全年会出现季节性的周期。因此，物种或生产活动对泄漏油类的敏感性也随季节而变。例如，



▲ 图 2：一片海草田 – 渔业和海洋养殖往往容易受到油类泄漏的影响。

有些亚洲生长的大型海带在春季或初夏采收，下一代直到秋初才会播种。其它更快生长的物种可能一年播种采收数次。在用管道从海中取水的陆地水箱中饲养的幼体也同样具有季节性，在任何一年中通常不过持续超过数月时间。

因此，对渔业或海洋养殖的破坏的准确程度和性质将取决于一系列在特定油类泄漏事故中可能出现的因素的组合。无论是泄漏量本身，还是任何其他单个因素都不能可靠地表明可能产生的破坏程度。相反，所处时节、油类型及到达这些敏感资源的油的数量都应该加以考虑。最困难的挑战之一是将油类泄漏的影响与由于其他事件造成的变化加以区分，尤其是物种级别的自然波动、捕捞作业的变化（包括过度捕捞）、气候影响（如厄尔尼诺）或来自工业或城市源的污染等因素。在很多情况下，由于缺少描述泄漏前存在的条件或之前已实现的生产效率的可靠数据，会让问题变得更加复杂。

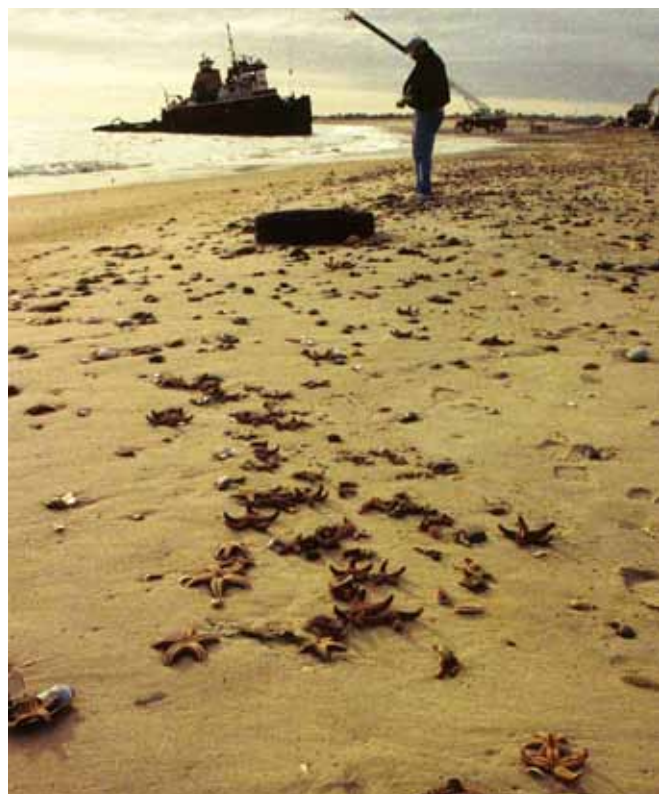
毒性

油类的毒害效应取决于油类中芳香物族化合物成份的浓度及接触这些成分的时长。毒害效应的表现从不甚明显的亚致死行为效应到海洋生物的局部大面积死亡均有可能。

一般而言，轻质原油和轻质炼化产品（如汽油或煤油）所含低分子量芳香物族化合物的比例相对较高，此类化合物可能会导致急性毒害效应。在靠近海岸的大规模轻质油类泄漏事故之后，野生种群有时候会受到毒害效应的影响，尤其是风暴天气或强海浪下更为明显（图 4）。在这些情况下，比例相对较大的略轻有毒成分不会快速从



▲ 图 3：海边的小社区经常依赖于捕捞作业来获得收入和维持生计，可能会由于油类泄漏而受到严重不利影响。



▲ 图 4：受柴油泄漏影响的龙虾、海星和贝类；浅水中的柴油会于风暴期间自然消散。

海面蒸发，而可能会散布到水体中，困在浅水中，导致浓度上升到足以导致海洋生物昏迷或死亡的程度。潮间带和浅潮海底动物（如双壳类软体动物和甲壳动物）尤其容易受到伤害，但自由游动的鱼类很少被发现受到此类条件的危害。

对于较低的浓度，实验室研究表明，随着受测物种所接触油类有害成分的增加，可能会对各种生理功能造成损伤，如呼吸、运动和生殖，并会提高卵和幼体基因突变的可能性。不过，不仅难以



▲ 图 5：只要未严重淤塞，可以对沾油捕捞网和鱼篓进行清洁。不过，在某些情况下，更换在经济上可能更为可行。



▲ 图 6：捕鱼器容易受到漂浮油的污染。



▲ 图 7：岸上的鱼类孵化场需要大量的清洁海水。进水管通常位于水面以下，可能会受到消散油类的影响。

实地监测此类亚致死效应，而且尚未观察到通过实验室结果外推到实地进行预测的对种群造成的广泛影响。与此类似，尽管可能在泄漏事故后出现卵和幼体死亡的情况，但成年野生种群因此而耗竭的记录非常罕见。在某种程度上，这可以通过海洋生态环境容纳各种急性影响的超强自然弹性得到解释。海洋生物体能够通过产出大量的卵和幼体及从受影响区域之外的种群储备进行补充来轻松地适应高自然死亡率等情况。

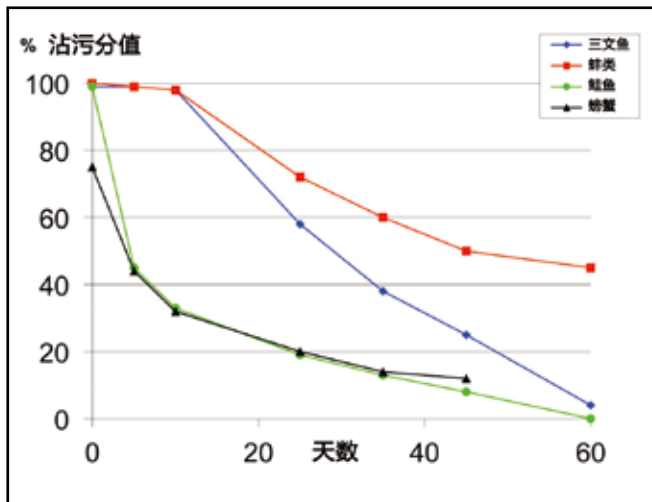
物理污染

油类可能会弄脏船只、捕捞装置和海洋养殖设施，然后转移到捕捞品或生产品（图 5）。大批饲养和处理众多海产品，意味着要将找出、分开和去除沾油海产品几乎不切实际。露出海平面的漂浮设备（如浮筒和浮舟）、张网、掩网和固定诱捕装置（图 6）尤其容易受到漂浮油的污染。只要不在含油海面收起或受到沉淀物或散布油类影响，绳索、捞网、底部拖网和养殖设施的水下部分通常都不会受到油类污染。海岸线养殖设施尤其容易受到破坏，如潮间带牡蛎架（图 16 和图 19）。这些设施通常位于中滨和前滨，潮汐的自然涨落会让这里的一段海岸线被油类污染。当养鱼设施受到漂浮油的物理影响时，沾油表面在清理之前本身可能会成为二次污染源。

在海草、鳕鱼和很多海洋动物（如甲壳类、软体动物和棘皮动物）的养殖中，经常会使用岸上水箱饲养幼体到可销售的大小或适合转移到海洋中养殖的大小和龄期（图 7）。此类设施通常通过位于低水位线以下的进水管汲水供应清洁的海水。这些进水管有时候会受到沉底的油类或散布的油滴的威胁，从而可能会导致水管和水箱受到污染，给养殖的种群造成损失。油类的存在可能会大幅度增加在饲养笼或水箱等人造环境中生存的种群已有的压力。例如，如果养鱼场的种群密度或水温非常高，则死亡、生病或生长缓慢的风险也会更高，不过这些情况在没有油类污染时也会出现。

沾污

沾污通常被定义为食品出现自身原本没有的气味或味道。海产品是否受到油类污染，通常可以通过是否有石油味（气味或味道）判断出。双壳类软体动物和其它滤食性摄食的固定附着动物尤其容易受到沾污的影响，因为他们会过滤大量的水，因此有摄入水体中的分散油滴和悬浮沾油微粒的风险。笼养鱼类，尤其是高脂肪含量的鱼类（如鲑鱼），更容易在其组织内积聚和保留石油碳氢物。



▲ 图 8: 油类和贝类在试验中接触福尔蒂斯原油后净化速度 (去除沾污的速度) (来源: Davis, H.K.、Moffat, C.F. 和 Shepherd, N.J. (2002)。三种采用化学消散的石油产品对海洋鱼类造成的实验性沾污与布莱尔 (Braer) 号石油泄漏的情况对比。Spill Science & Technology Bulletin, 第 7 卷, 第 5-6 期, 257-278 页。)

影响沾污的存在和持续时间的其它因素包括油类型、受影响的物种、接触程度和持续时间、水文条件和水温。活体组织的沾污是可逆的, 但油类沾污发生通常很快 (数分钟或数小时), 但净化的过程 (污染物从生物体中代谢和消除) 则要慢得多 (数周) (图 8), 在低环境温度下, 新陈代谢可能非常缓慢, 因此净化也很缓慢。

目前已经确定了原油和石油产品中可能会导致沾污的部分化学成分, 但很多成分的影响目前尚处于未知状态。而且, 尽管尚未确立可靠的阈值浓度, 不过能导致沾污的碳氢化合物浓度非常低。因此, 无法仅通过化学分析确定某个产品是否被沾污。不过, 是否存在沾污可以通过知觉检验 (亦称为“感官检验”) 快速而可靠地加以确定, 尤其是采用了训练有素团队和成熟检验规程的情况下更是如此。由于非常轻的油类沾污污染就会导致味道变差, 因此人们广泛认为, 就油类污染而言, 海鲜只要未被判断出沾污污染, 即可安全食用。

公众健康担忧

重大泄漏事故后在海鲜生物体或产品中出现的污染可能会带来公众健康担忧, 而且可能会导致实施限制捕捞的措施。这些担忧主要源于油类中存在的多环芳烃 (PAH)。由于多环芳烃 (PAH) 分子结构的差异会影响海产品的新陈代谢, 因此并非所有多环芳烃 (PAH) 的毒性都相同。原油泄漏主要会导致由低分子量多环芳烃 (PAH) 带来的污染, 这种物质的致癌性很小或几乎没有, 而人们所担忧的是其急性毒性或沾污特性。另一方面, 高分子量多环芳烃 (PAH) 通常在重油中占较高



▲ 图 9: 海鲜是很多社区的重要蛋白质来源。

的比例, 且包括高致癌性的多环芳烃。多环芳烃 (PAH) 诱变力的一个关键因素是附着到 DNA 的反应性代谢产物的构成; 该因素可能会导致基因突变, 尤其要注意 3 和 7 苯环之间的多环芳烃 (PAH)。不过, 重要的是, 由于燃油和关联乳状液的物理特征 (包括其高粘度和低分散性), 他们较为不容易吸收到活体组织的中, 生物体身含量较低。

水、沉淀物和组织中的背景多环芳烃 (PAH) 浓度情况差异非常大, 可能来自一系列输入源, 包括火成源 (与燃烧相关)、慢性人为源 (来自人类活动) 和自然源。取决于单份典型饭菜的量、食用海鲜的频率及个人体重的不同, 通过食用海产品的正常多环芳烃 (PAH) 摄入因人和群体而异。因此, 个人或社区接触油类泄漏产生的致癌物质的风险取决于在各地水产品消耗的模式 (图 9)。尽管不可能定义人类的无风险摄入量, 但可以根据典型的消耗水平和模式为特定的地理区域定义海鲜的“可接受”多环芳烃 (PAH) 含量。因此, 一系列机构现在均采用了海产品多环芳烃 (PAH) 最高准许含量 (MPL)。例如, 在欧盟, 鱼产品中多环芳烃 (PAH) 苯并芘 (BaP) 的 MPL 为 <2 μg/kg, 双壳类软体动物的 MPL 则为 <10 μg/kg (表 1)。

美国国家环境保护署 (US EPA) 已经将 16 种多环芳烃 (PAH) 化合物确定为“首要”污染物, 在环境取样中经常将这些污染物作为测定的目标。已经根据泄漏事故后这 16 种重要多环芳烃 (PAH) 的总量确立了指导值。不过, 由于多环芳烃 (PAH) 形成包含数千种化合物的复杂混合物, 因此通常将“多环芳烃 (PAH) 总量”作为污染衡量指标使用。不过, 多环芳烃 (PAH) 总量通常很难解释, 因为此值将取决于混合到一起形成总数字的特定成分的性质。鉴此, 应该指明分析的实



▲ 图 10: 待售的鱼类 – 商业捕捞活动的中断可能会在整个销售链（从海鲜上岸港到这个市场货摊这样的零售商）产生重要的经济影响。

际多环芳烃 (PAH) 的身份, 以便根据同类比较评估污染程度。

各种多环芳烃 (PAH) 的相对毒效分布于很多数量级上。就此而言, BaP 被视为一种关键化合物, 而且由于存在于香烟的烟雾中, 而成为研究最多的多环芳烃 (PAH)。因此, 已围绕将 BaP 用作指标制定了一系列指导原则。而且, 为了对不同来源的样本进行比较, 并施用指导原则, 制定了

等效毒性系数 (TEF), 各种多环芳烃 (PAH) 的浓度根据她们的相对致癌性, 以 BaP 的等量值加以表示。这些值相加得到苯并芘等效值 (BaPE)。

人体接触的来自所有潜在源的多环芳烃 (PAH) 的总量取决于很多变数。例如, 各种熏制或烤制食物也包含源自泄漏油类的相同或类似多环芳烃 (PAH) 化合物。在城市中心附近生长的叶菜可能会由于空气传播的多环芳烃 (PAH) 在叶子上堆积而被污染。对于食品质量控制者来说, 令情况更为复杂的是, 海鲜质量也同样受到其它污染形式的影响, 如重金属、海藻毒素、致病细菌和病毒等。因此, 油类泄漏对公众健康的潜在影响必须在大环境中加以认识, 才能确定和实施适当的补救措施。考虑油类泄漏后接触到的多环芳烃 (PAH) 数量、频率和持续时间, 大多数风险评估都会得出结论, 认为油类泄漏后海产品中的多环芳烃 (PAH) 含量和可能会对公众健康造成巨大威胁的含量之间通常存在足够安全的差距, 即便以海鲜为主要食物的消费者也不例外。

市场信心的丧失和业务中断

渔业和海洋养殖活动的中断及可能带来的巨大经济损失通常都是油类泄漏所造成的最严重后果之一 (图 10)。公众健康顾虑及沾污检测可能会导致将产品从市场召回。还可能会出现市场信心的丧失, 导致价格下跌或商家和消费者完全拒

	指标	指导原则 ¹	目标
法国 - AFSSA ² (ERIKA 1999)	法国的全国海洋环境质量观测网 (RNO) 分析了 16 种多环芳烃 (PAH)	$\Sigma < 500 \mu\text{g/kg DW}$ 销售排除 $> 1,000 \mu\text{g/kg DW}$	贝类
UK FSA ³ (2002)	苯并蒽 苯并芘 二苯并 [a,h] 蒽	$\Sigma < 15 \mu\text{g/kg WW}$	所有海鲜
欧盟 (2005)	苯并芘 (BaP)	$< 2 \mu\text{g/kg WW}$ $< 5 \mu\text{g/kg WW}$ $< 10 \mu\text{g/kg WW}$	鱼类 甲壳类和头足纲 贝类
韩国 (MIFAFF) ⁴ (“河北精神”号 2007)	苯并芘等效值 (BaPE)	$< 3.35 \mu\text{g/kg WW}$	所有海鲜
美国 EPA ⁵ (NEW CARISSA 1999)	BaPE	“安全” $< 10 \mu\text{g/kg WW}$ “不安全” $> 45 \mu\text{g/kg WW}$	贝类 贝类
美国 EPA ⁵ (KURE 1997)	BaPE	“安全” $< 5 \mu\text{g/kg WW}$ “不安全” $> 34 \mu\text{g/kg WW}$	贝类 贝类
美国 EPA ⁵ (JULIE N 1996)	BaPE	“安全” $< 16 \mu\text{g/kg WW}$ “不安全” $> 50 \mu\text{g/kg WW}$	龙虾 龙虾

¹ DW – 干重; WW – 湿重。根据经验, $DW = ca. 15\% \times WW$; $\mu\text{g/kg} = \text{ppb}$ 。

² AFSSA: 法国食品安全机构。

³ FSA: 英国食品标准署。此指导原则现已为欧盟标准所取代。

⁴ MIFAFF: 韩国食品农林渔业部

⁵ EPA: 美国环境保护局。各种指导限制的变化主要是由于不同的区域饮食习惯造成的。

▲ 表 1: 不同机构在油类泄漏后用于管理海产品安全的多环芳烃 (PAH) 含量指导示例。

绝海鲜产品。媒体对油类污染的报道或人们口口相传的消息都可能会影响海鲜的销路。不过，由于丧失市场信心而带来的财务损失可能难以量化，因为这取决于是否能够获得说明泄漏事故直接导致的销售减少及价格下降的可靠数据。

在证实不可能保护捕捞装置和养殖设施免受油类影响时，通常在设施得到清洁并再次投入使用前都会蒙受经济损失。对由于养殖生物体死亡而导致的经济损失进行定量的过程通常相对简单，只需对受影响的海产品进行清点和称重即可。然后基于预计收获的重量乘以第一销售点的预计市场价格，减去任何免去的生产成本（如人员工资、饲料和燃料），就能计算出利润损失。还需要考虑在养殖期间通常出现的自然死亡的程度。

应对措施备选方案和污染损失的缓解

当海洋养殖设施、建筑或编网受到污染时，有时候可以就地清洁，例如使用高压洗涤设备（图 11）。对于较为严重的污染，可能必须将设施拆解才能进行清洁。当不可能进行清洁时，或清洁成本可能会超过购买新设备的成本时，更换可能是相对更好的备选方案（图 12）。

为了保护固定捕捞装置和海洋养殖设施免受污染，有时候可以使用浮木档栅和其它物理屏障。不过，为了从迁徙路线或顺畅换水的区域获益，经常会将捕捞和养殖设备设在特定的位置，而此类位置通常具有水流速度较快的特点，因此浮木档栅很大程度上会没有效果。位于平静水域的养鱼场有时候使用围绕在网箱周围的重型塑料板加以保护，从而防止漂浮油进入网内或污染漂浮物（图 13）。塑料板伸入水面以下的部分不应过长，底部边缘应该加重，以防止其由于水流或波浪作用而被抬上去。在某些情况下，还可以围绕网箱部署吸油浮木档栅。

尽管吸油物不适合用于清除大量存在的油类，但经常可用于从水箱或网箱的水面上去除较薄的油膜（图 14）。吸油材料还成功地用于岸上设施的海水过滤。在所有情况下，务必更换沾油吸油物来避免其成为二次污染源。不应使用松散微粒吸油物，因为这可能会被误认作饲料。

有时候通过在距离设施和近海渔场足够远的位置对漂浮层应用消散剂，可以降低或防止漂浮油对设备造成污染。避免消散油类对种群造成污染所需的距离，取决于盛行水流的强度和方向及消散油类在水体中充分稀释所需的时间。因此，只有在充分考虑了潜在的影响之后，才能在海洋养殖



▲ 图 11：海洋养殖设施可以通过高压洗涤就地清洁。



▲ 图 12：受到油类重度污染的海草养殖架。这些不能清洁到满意的程度，因此将其拆除并更换为新结构。



▲ 图 13：通过及时通知，可以在鱼网箱周围悬挂加重的塑料板，以努力防止漂浮油的污染。



▲ 图 14：沾油的鲍鱼养殖场。吸油垫尽管不适合用于清除大量存在的油类，但通常可有效地用于清除鱼网箱内的油光泽。

设施、产卵地、育苗区或进水管的附近或上游使用消散剂。

除了标准泄漏应对措施外，其它缓解策略包括将漂浮设施拖到漂浮层行进路线之外、临时下沉采用特殊设计的网箱以等待油层通过，以及将养殖群转移到不可能受影响的区域。可能因一系列技术、后勤和财务原因而鲜有机会这些方法，但在恰当的情形中加上足够的规划，则不应忽视能够避免污染和财务损失的机会。

对于海岸水箱、池塘或孵卵站，临时停用进水管并循环使用系统内已有的水的做法，可能可以有效地将养殖群同油类污染威胁隔离开。例如，关闭虾养殖塘的闸门也可以提供短期的保护。如果喂食时饲料必须穿过油膜，则暂停喂食也可以避免养殖的鱼类或其它种群与被污染的饲料接触。减少或暂停喂食还具有减少循环水中废物含量的额外优势，但必须谨慎操作，以确保不流动或循环使用的水中有毒废物的积聚不会导致养殖种群的过多死亡。将需要在这些缓解措施给种群导致的潜在伤害，以及油类会造成的潜在破坏之间加以权衡。

为让此类缓解策略有效，在应急计划中标出敏感的捕捞和海洋养殖设施至关重要。应该在训练和演练中将经营者纳入进来，以检验他们应对工作的准备情况，并应在出现会对其设施造成威胁的泄漏事故时立即通知他们，以便他们有足够的时间实施应对策略。

在某些情况下，海洋养殖经营者可能面临着由于油类泄漏破坏而最终损失所有养殖种群的风险。通过及时通知，经营者可能可以在沾油之前提前捕捞养殖群。尽管养殖种群尚未达到完全适销的大小，但可以挽救其部分价值。另外，也可以将



▲ 图 15：可以在油类泄漏后实施禁渔来保护公众健康和防止被污染的产品进入市场。

正常捕收期推迟，以便受污染的养殖群通过自然新陈代谢过程去除沾污。不过，可能会发现很难可靠地预测此过程满意完成的时间表，因为净化速度取决于当地情况和涉及的物种。此外，考虑到净化速度可能会很缓慢，种群可能长到超出最佳市场销售大小，因此可能需要寻找替代市场（可能利润相对较低）。

管理战略

可以采取一系列管理战略来防止或最大限度降低油类污染的影响。最简单的战略除了对油类泄漏的发展及对海鲜质量的任何威胁进行监测之外不进行任何干预。低调干预可以采取针对海鲜行业的指导原则的形式，例如可以用于减少损失的措施。对于钓鱼运动爱好者所钓的鱼，有时候可以通过提出关于食用鱼获的建议及临时实行“捕到后放生”的政策提供足够的保护。更严格的措施包括零售控制、扣留捕获的鱼类和海鲜产品、生产活动限制和禁渔（图 15）。每项措施都有潜在的缺点，在采取行动前对可用的备选方案进行谨慎的评估是非常明智的做法。以下四个战略可能可以让权威机构有效地管理情形，放心地撤销控制和限制。

取样、监视和分析

合理设计的监视计划应该旨在确定油类污染的程度、持续时间和空间范围（图 16）。原则上，为了推出对捕捞或产品销售的限制，对相对少量的样本进行取样和分析通常足以初步确认污染或沾污的存在和定义受影响区域。获得可靠结果所需的最低样本数量应逐案确定。通过每隔适当间隔采样对污染逐步降低的情况进行监视，可以

放心地确定污染恢复至背景水平的时间点。

取样和检验分析的频率和地理范围应该根据污染的严重程度及观察到的净化进行速度确定。一个实际的做法是，确保样本应该无沾污情况，且多环芳烃 (PAH) 水平不应高于在受影响区域之外收集的参考样本的值，或在所在国家 / 地区其它地方自由销售的海产品的相应值。当在短期内取样的两个连续样本集的结果达到可接受水平时，就可以取消限制，或者如果某个特定区域或物种的污染情况有足够好转，则可以调整禁令范围。

可能没有必要分析所获得的所有样本，如果初步结果没有结论或不可靠，则可以将一些样本保留供以后分析。目标物种将为具有商业、娱乐或谋生价值及实际消耗的物种。仔细从附近未受油类污染影响的区域选择控制样本非常重要，此样本可用于参考目的，并能帮助消除背景污染的干扰。在某些情况下，来自当地海鲜市场的样本可以作为与被油类污染区域的样本进行比较的基准。

动植物组织样本容易腐烂，必须采取适当的方式收集和保存，以保持其完整性。应该使用清洁的储放容器（最好为玻璃容器），以避免损坏样本和造成样本交叉污染。冰冻或冷冻是最方便的保存方法，可防止样本在短期内出现微生物分解。收集的样本应该密封、贴上标签并快速放入配有合适的制冷剂包的隔热容器中，以便运送到分析实验室，或送到冷藏库设施进行更长期的储放。应该认识到，在某些分析规程中，即便冷冻的样本也会在长期储放之后失去效用。

感官检验

感官检验往往是最适合确定是否存在沾污及表明海鲜是否适合人类食用的方法（图 17）。经过培训的味觉小组和有效的控制样本是感官检验规程中重要的元素。为了获得可再现的结果和最大限度减少偏差，应该在“蒙着眼”的情况下进行检验，即品尝者不应知道哪个是控制样本，哪个是可能有沾污的样本。

无沾污的阈值可以定义为从被污染区域取回的代表性数量的样本中未发现比来自泄漏区之外的附近控制区域或商店获得的同等数量的样本沾污程度更严重的值点。此方法考虑了个体检验员及消费者之间可能存在的差异，以及可能会有油类泄漏之外的其它原因导致一定数量的样本被沾污的情况。拥有足够的长时间监视数据，且数据表明在泄漏后沾污程度逐步降低，能给人以接受鱼类或贝类是干净而安全的信心（图 8）。



▲ 图 16：收集供分析之用的牡蛎样本 – 获得可靠结果所需的最少样本数量应逐案确定。



▲ 图 17：鱼类和贝类通常要在感官检验前蒸熟。烹制之后，打开龙虾，将通过闻味和品尝对白肉进行检验。

化学分析

感官检验可作为非常有用的筛选工具。不过，由于缺乏经过培训的感官分析专员，而化学分析技术更于获取且成本更低，而且众多权威机构都采用了化学海产品安全标准，所以在油类泄漏后会更多地使用化学分析来管理渔业和海洋养殖。最常见的是，使用气相色谱质谱联用法 (GC/MS) 对多环芳烃 (PAH) 进行化学分析。然后将多环芳



▲ 图 18：在封闭的岸上养殖场采集水样。分析可能表明存在种群污染的可能性。

烃 (PAH) 浓度与国家或国际认可的标准或当地控制区域取样的参考样本进行比较。

通常优先选择海鲜生物体样本进行分析，而不是水和沉淀物样本，因为生物体能够通过聚积然后净化污染物的过程有效地“监视”周围的水和 / 或沉淀物的情况。水和 / 或沉淀物是污染物到达和进入生物体的通路。因此，在已知水体被污染的情况下（例如，通过肉眼观察），通常优先分析海鲜产品，以确定污染是否转移到生物体。最主要的是，监管人员和消费者感兴趣而且对他们有意义的是海鲜的情况而不是水或沉淀物的情况。在不能通过明显的方法确定是否存在污染的情况下，可能有必要对水体样本（近岸封闭设施的水体样本（图 18））或个体指示性物种（如蚌类）进行检验，以减少对种群受污染的担忧。

禁渔管理

在油类泄漏事故后，可以限制捕捞和捕收，以防止或最大限度减少对捕捞装置的污染并保护或安抚海鲜消费者。渔民同意在油类漂浮到其日常捕捞区域期间作为防范措施自愿暂停捕捞活动，从而避免重复污染捕捞装置。在不适合自愿暂停捕捞活动的情况下，可能可以实施正式关闭或停止销售的禁令，但在实施禁令时还应考虑重新开放及取消此类禁令的标准。

一旦海面看不见油和油光泽，而且没有油类沉淀的证据，就可以取消为了保护设备和渔获而实施的禁渔。在确定沾污或污染的情况下实施的禁令可能会持续时间更长，需要谨慎的监视。在大多数油类泄漏情况中，渔业和海洋养殖管理方案将包括各类措施，如进行调查来确认没



▲ 图 19：与牡蛎一样，应该在应急计划中包含监视污染程度的程序，以避免不必要的禁渔安排。

有漂浮的油光泽或沉淀的油类，进行感官检验来确定没有沾污情况发生，及进行化学分析来说明污染级别已经回到背景水平或低于最高准许含量 (MPL)。单独使用或结合使用（更常见）这些战略，能带来科学的可信度和达到提供足够保护的要求，防止消费者接触到带异味或不安全的海鲜。

重新开放捕捞的标准对于此区域的正常海鲜质量来说必须切合实际且具可实现性。可靠的决策需要渔业资源管理方面的知识，以及关于背景污染水平的可靠数据（当地和全国 / 地区）。对油类污染物的物理和化学特征及这些特征会如何影响海洋动植物的充分了解也会有所帮助。海鲜的消费模式及供应情况的季节性波动将进一步帮助确定对公众健康的风险，让监管人员能够就风险管理形成经过深思熟虑的看法。

海鲜质量监管人员将必须在知会、安抚和保护公众之需要和防止引起不必要之恐慌之间求得平衡。采用的战略将反映受影响国家 / 地区的文化和行政管理惯例，因此全球各地不尽相同。媒体可以通过传递正确取样和检验制度的结果，在推动人们对临时禁令的合理反应方面发挥重要的作用。

禁渔和重新开放标准都应该是应急计划中一个重要的部分（图 19）。最后，需要权衡禁渔的好处与因捕捞和养殖活动的长期中断正常而带来的经济损失。颇有些矛盾的是，油类泄漏导致的禁渔有时候可能会有助于有益种群的保护，尤其是商业开发的物种为非迁徙物种而且油类造成影响非常小的情况下效果更显著。

要点

- 渔业和海洋养殖领域最常蒙受的油类污染影响是设备沾油及海产品的沾污污染。
- 油类泄漏对自然渔业资源和鱼类数量的影响极难同其它因素的影响区分开来；其它因素包括种群的自然波动、气候影响、来自工业或城市源的污染及过度捕捞等等。
- 对商业及谋生捕捞作业的影响可能会导致巨大的损失。
- 除非市场信心和公众健康问题得到很好的管理，否则公众对污染海产品问题的反响将非常严重。
- 通过安排尽早告知经营者油类泄漏可能会威胁其设施，能带来有效运用缓和技术的最佳机会。
- 为了保持对渔业部门的信心，在油类泄漏事故后采取的管理战略应依赖于科学的方法和数据，以确保海产品的安全和质量。
- 在油类污染情况中，如果认为海产品无沾污，则广泛认为可以安全食用，因为即便很低的油类沾污污染水平也能被人体分辨出。
- 包含禁渔和重新开放的有效应急计划以及针对油类泄漏的应对措施可以防止或减少油类泄漏对渔业和海洋养殖的影响。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的浮木档栅应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织,旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息,借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文,本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息,请联系:



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom
电话: +44 (0)20 7566 6999 电子邮件: central@itopf.com
传真: +44 (0)20 7566 6950 网站: www.itopf.com
24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



油类污染对社会和经济活动的影响

技术资料论文

12



导言

除了清理油类泄漏产生的成本外，依赖于清洁海水和清洁海岸区域的经济部门有时候也会遭受严重的经济损失。通常，商业渔业和旅游业受到的经济影响最大，不过大量其它部门也可能会受到影响，如发电厂、运输、制盐或海水淡化等。本文将讨论油类泄漏对各种沿岸工业和社会活动的部分影响，并将介绍可能可以减轻其影响的措施。考虑到渔业和海洋养殖的特殊重要性，油类泄漏对渔业和海洋养殖的影响在另外一篇技术资料论文中讨论。

旅游业

旅游业是世界各地大多数有人居住的海岸区域的关键经济部门，可能会由于水中或岸上存在油类而被迫中断，在旅游旺季之前或之中可能会产生的最严重后果（如图 1）。各种传统海岸活动（如游泳、划船、钓鱼和浅水等）的中断可能会对酒店、餐厅和酒吧业主带来不良后果，也可能影响航海学校、露营地、旅行拖车停车场和很多其它商业机构及以旅游业为生的个人。海鲜餐厅可能还会由于供应量的减少而遭受额外的损失，而为酒店和餐厅供货的商业机构的收入也可能会减少（除非通过其它方面弥补损失）。损失程度取决于此类商业机构对受影响海岸线的依赖程度。

有些度假者可能会决定取消在受影响区域预约的度假安排，转至其它地方度假。游客缩短或取消行程带来的影响可能远远不止商业机构所受的损失，例如可能会减少由地方政府和国家公园运营的停车场的收入等。原来定期向受影响海岸区域运送度假者的公路、铁路和海洋运输公司也可能遭受损失。

受影响的海滩可能必须在清理期间关闭。在保持开放的海滩，除了油类本身外，工作人员和设备的出现也可能会带来干扰。往来于受影响海岸的卡车和重型机械可能会对当地居民带来进一步的干扰，如果未处理车辆轮胎上的油迹，可能会给更靠内陆的区域造成二次污染。

遇到恶劣天气时，冲向码头或岩石海岸区的波浪在空中产生的水雾可能会将油类带到岸上。滨海区或靠近海岸的建筑、汽车和旅行拖车可能会沾上油点，需要进行清洁，有时候还需要重新喷漆。如果私有海岸线（例如与度假屋关联的海岸线）业主不在，而进入这些海岸线需要得到他们的允许，则其清洁工作将尤为困难。



▲ 图 1：油类泄漏可能对旅游行业造成严重的干扰。

在事故期间，有些商业机构可能可以找到替代收入来源，如为参与事件处理工作的人员提供食宿等。不过，如果不谨慎处理，处理泄漏事故的工作人员可能会对酒店地毯和家具装饰造成二次污染。靠近岸边的失事船只残骸可能会吸引大量的参观者，也带来了一些商机，咖啡厅、餐厅、停车场等商业机构可能可以借此弥补部分损失。

单次油类泄漏事件对海岸区域和娱乐休闲活动带来的实际干扰通常相对较短。海岸线清洁后，就有望恢复交易和活动，不过媒体关注可能会对当地旅游业的形象造成不当的破坏，可能会通过促使公众认为造成了长期的大规模污染而加剧经济损失。例如，这可能会导致完全在受影响区域之外的酒店和其它商业机构出现订单损失。地区“品牌形象”的下降可能需要进行有针对性的地区宣传活动和其它推广活动，以抵消泄漏事故造成的负面宣传效应，恢复公众信心。

水族馆和休闲娱乐设施

很多海岸设施（如水族馆、海水游泳池和海洋疗法中心）需要持续供应新鲜的海水。通常会对水进行过滤，以去除残片，有时候会让水通过由砂石、碎贝壳或其它材料组成的过滤层。虽然这些能够提供针对总体污染的保护，但油类的可溶解成分可能仍然会进入供水系统中，尤其原油或轻质的炼制产品泄漏时更容易发生这种情况。

这些设施的经营者可能可以通过多种方式减少油类造成的破坏。在获得及时警示的情况下，水族馆的动物可以转移到其它设施，但这需要专家进行转移，可能会让动物承受巨大的压力。根据所需的水量和接触油类的程度，可能可以使用吸油材料来建造过滤层，以去除油污。或者，可以关闭进水管并循环利用系统中的水，以及通过陆路运输清洁海水进行补充。在所有情况下，都必须在缓和措施导致的潜在破坏与油类导致的潜在破坏之间进行权衡。除了此类预防措施的成本之外，水族馆和其它设施还可能在事故期间关闭或出现参观人数减少的情况。

码头和渔港

码头和渔港通常围绕着海防设施，以保护停泊的船只免受不利海洋条件的影响。这些海防设施经常由抛石或散砾石构成。因为油类可以渗透到结构内部深处，因此一旦沾油，这些设施将很难清洁，可能会成为二次污染源。在很多情况下，码头或渔港狭窄的入口能让船只进入海洋，在获及时通知的情况下，可以通过部署栅栏提供针对漂浮油的保护。不过，如果条件允许继续捕鱼，则当管理不当时，渔港的保护措施可能由于船只的进出港而大打折扣（图 2）。



▲ 图 2：如果栅栏被进出的船只破坏，码头部署栅栏的成效可能会大打折扣。

船只清洁

一旦油类进入码头或渔港，大量船只的船壳、系泊缆索和泊位可能会沾油（图 3）。船壳上沾油的部分通常仅限于吃水线周围的一段。如果及时采取措施，通常在船只保持下水状态就能对船壳进行清洁。通过让船只侧倾，从而露出吃水线，就可以使用抹布或船舶设备零售售卖的某种专属船只清洁产品清除油类。为了避免二次污染，应该回收流出的油液，例如在工作区周围部署吸油栅栏等。有些清洁材料可能会破坏船壳涂层，如果船东对可用产品不熟悉，则应在小块测试区上进行试用。对于产品毒性的担忧还意味着当地法规可能会控制清洁剂的用量。对于更多难以处理的油污，可能需要将船只滑出或拖上岸进行清洁，并使用效力更强的清洁剂。不过，有些清洁剂可能会损坏玻纤船的凝胶涂层，如基于氯、氨、丙酮或甲酮的清洁剂。

沾污的严重程度取决于一系列因素，包括油类特征和污染程度、油类在此位置滞留的时间及船壳涂层的类型和情况。较旧、多孔的涂层可能更容易渗透，因此比新涂层更容易出现严重油污。有些涂层使用蜡质上光剂抛光，油类可能导致其脱落，而基于聚合体面漆的涂层可具有更好的恢复性。

可以在码头或渔港内设立一片空地，由船东或专门完成此任务的承包商在此对船只进行清洁。不应低估清洁大量船只所需的组织和后勤工作。已清洁船只和沾油船只应该分开，以防止出现再次沾油的风险。如果船只要从水中吊出，则可能需要雇请专门的起重机。可能需要额外的人力来搬运和清洁船只，可能有必要与船东（大多数船东可能不在现场）联系以获得清洁其船只的许可。



▲ 图 3：如果油类进入码头或渔港，停泊的船只可能需要进行清洁。

在很多码头，船只锚定在浮道上。如果沾油，可以使用高压、热水设备进行清洁。在非常罕见的情况下，必须拆除浮道，以便清洁漂浮物，防止二次污染。

商港

商港可能会面临与码头和渔港类似的问题，但规模要大得多，很多港口当局要求首先对商船的船壳进行清洁后才允许启航。可能需要专业清洁承包商，在船只清洁时可能会产生额外的滞留费用（图 4）。与此类似，航行时经过海上漂浮层的船只可能需要清洁后才能获准进入商港。船只接受清洁时或船只航行受限的情况下，可能会给正常港口运作带来很大的干扰。而且，商港通常具有多个大型入口，因此栅栏的有效性将受到限制。

统计记录表明，船舶机损事故经常发生在靠近海岸的位置和商港通路中。在这种情况下，事故船舶本身可能会威胁航行或干扰繁忙商港的进出交通。由于造成商港运作中断，并可能会影响商港服务的企业，因此可能有必要开辟备用路线来运输货物和材料。为了最大限度减少对商港活动的干扰，应该配合正常的商港运作安排码头和驳岸清洁工作的时间。大型船只（尤其是离港或进港的大型船只）应该低速行驶，以减少可能会妨碍栅栏和其它已部署资源的冲击及最大限度减少漂浮油向商港周围的扩散。

商港和渔港本身有遮挡的特性，加上很多商港都准备了随时可供使用的泄漏应对设备，因此可以快速而有效地应对油类泄漏事故，尤其在配有全面且经过充分演练的商港应变计划时效果更为明显。不过，去除困陷码头和防波堤下的油类可能

非常困难，因为那里有大量的桩子或柱子，进入非常困难而且危险（图 5）。一个成功的方法是，使用消防软管并配合船只推进器的水流进行冲洗，专门将油类冲出来。不过，如果需要手动清洁，需要采取预防措施来确保工作人员在码头下的半封闭空间中的安全，尤其潮汐波动可能会进一步限制工作人员的情况更要注意。如果未加处理，这些油可能会在停泊作业期间被水冲出，成为长期的二次污染源。

根据所泄漏的油类的性质，还需要在商港和渔港包围的水体中采取预防措施来最大限度降低起火和爆炸的风险。例如，在挥发性油类泄漏后，必须停止所有产生热源的作业。即便泄漏燃油的闪点较高，也需要额外保持警觉，因为高温作业产生的火花可能会点燃残片（如被油类浸透的绳索），而这可能继而导致严重的火灾，可能会损坏或损毁位于油池中的船只。

海岸土木工程和造船厂

油类泄漏事故期间，可能会对砂石料采掘、清淤、填海造地、海岸建设工作等项目造成威胁。通常，这些项目的规模太大，不能使用常规栅栏进行保护，工作中断可能会持续到清理作业完成时。特别是建筑合同通常具有达成一致的时间表，如果因遇到泄漏事件而超出时间要求，可能会导致面临罚款。

商港扩建工作性质上区别很大，但通常涉及到大量的清淤和废物搬运、大型预制混凝土结构和岩石材料下沉与放置，以及混凝土灌注。通过或搁浅在建筑工地的油类有被掩埋、困住或以其它方式结合到沉淀物或结构中的风险，可能会以后在潮汐的冲击下从隐藏空间沥出。如果污染模板或



▲ 图 4：通常采用专业清理承包商清洁较大的商用船只。



▲ 图 5：对于清理工作人员而言，由于头顶空间有限且没有空气流通，进入码头下面可能比较困难和危险。

封闭在要灌注的混凝土中，则可能有必要在继续施工前向土木工程师寻求专家意见。建筑工地的清洁需要谨慎的监督，以确保方法得当且安全地进行此工作。

在滑道上建造或维修的船只（如喷涂或更换防污层）可能会受到油类污染的严重影响，可能需要对船只进行清洁或返工。浮式干船坞的外部结构可能会被商港内的漂浮油污污染。在浮式或陆上干船坞内，可能会在维修工作或调整期间不小心从船只释放出油类，从而发生泄漏。这种情况对通常比较紧张的工作时间表的干扰非常大，可能需要进行大量的清洁工作（图 6）。

工业取水口

海水广泛用于各种工业领域：作为热电厂、核电站和精炼厂的冷却液，作为淡化装置的给料和冷却液以及作为制盐的给料。除了水族馆和岸上海洋养殖设施之外，海鲜加工厂和大量其它海水使用者也非常倚重是否能够从海中取得清洁海水。取水口的设计取决于一系列因素，如所需的水量和特定位置的环境条件等。在低潮汐范围的安静区域，取水口可以直接为在海平面设置一个水道，并使用水闸控制水流。在有波浪和高潮汐范围的位置，进水口通常淹没在超过水位波动范围的深度。油类挟带进水流的可能性取决于油的类型、泄漏时的气候条件及进水口本身的设计。深度浸没的进水口受影响的可能性更小，除非遇到了可能会导致挟带分散油类的风暴。轻质原油比粘性燃油更容易分散到水体中，更容易给淹没的进水口带来污染风险。不过，在极为恶劣的风暴条件下，高密度燃油可能会分散到水体中，甚至深度淹没的进水口也可能存在被污染的风险。



▲ 图 6：在例行维护作业期间，可能会在干船坞中出现油类泄漏。

已经采取了众多不同的方法来保护工业进水口。其中一些方法比其它方法更有效，能提供更好的保护。例如，海滩井能让水通过砂石浸透过来，能提供第一层过滤和针对物理污染的保护，不过油类可溶解成分仍然会对水造成污染。位于或靠近常规漂浮栅栏和泡沫障碍的海面的进水口的保护取决于气候条件和水流的速度，水流必须足够慢，这些技术才能有效（图 7）。

发电厂

发电厂使用管道中循环的冷海水冷凝来自蒸汽轮机的蒸汽。有时候，在油类泄漏之后，会关闭进水口，以此作为防止机械受损的预防措施，并避免由于需要清洁冷凝管和其它设备而造成整个工厂更大范围的关停。所担心油类阻塞冷凝管或与热传导产生干扰而大幅度降低冷却效率。关闭电厂的后果既深远也严重，因为可能会有必要从其它发电商处购买电力来保持电力供应。因此，通常会竭尽全力避免关闭。

除了用于保护进水口的泄漏应对设备外，通常还会配备多重防御措施来防止油类污染冷凝管。如果油类粘度特别高，会堵塞用于去除漂浮物和投弃物的残片筛网，从而限制水流进入管道。可能需要额外的人力确保定期清洁筛网，以避免堵塞。通常同时使用两层筛网，这样可以将一层筛网取出进行维护和清洁，而同时另一层筛网继续保持工作。特别设计的设施可能包括残片筛网的下游沉淀池，以便在水进入工厂前将稠密的砂石微粒去除掉。此类沉淀池提供了通过撇浮装置或吸油物回收漂浮油和监视油类进入情况的机会。虽然进入冷凝管的油滴可能会附着在表面形成薄膜，但总的说来，油类将缓慢地流过系统，只会对热传导造成很小的影响。管道将定期受到堆积效应的影响，经常会使用硬海绵球擦洗管道表面。这



▲ 图 7：应该保护进水口，以防止油类影响热交换装置，此类装置很难清理，可能会导致设施关闭。

在去除油膜方面也很有效，不过海绵球需要比仅用于去除斑块时更为频繁地加以更换。

海水还可以用于在将液化天然气 (LNG) 送入天然气管道前对其加热，以从液态转化为气态。可通过使用漂浮的撇浮装置，将海水从海面（海面温度最高）抽吸入气化装置。漂浮油可能会挟带在抽吸的水流中。残片筛网不可能处理这种类型的污染，可能会导致油类散布到工厂的其它位置。

淡化装置

常用的有两种淡化装置：多级闪急蒸馏 (MSF) 和反渗透。在 MSF 淡化装置中，盐水被加热并通过一系列阶段的处理，在这些阶段中，压力将渐增式降低，每个阶段都会蒸发形成不含盐的水蒸汽。MSF 淡化装置的使用经验表明，可以容许一定程度的油类存在，而不会污染淡水产品或对热交换装置带来不当的影响。另一方面，反渗透系统依赖于半渗透性膜来去除海水中的盐，油类污染可能会弄脏这些成本非常高的薄膜的表面。油类有些较轻的成分也可能会渗透过去而污染成品水，而更为粘稠的油类更可能会堵住膜表面并减少或阻止水流。虽然在轻度污染后可能可以成功地对膜进行清洁，但通常认为油类对膜的性能会造成严重的有害影响。

制盐

在降雨量有限的区域，经常通过在设置岸边的盐场蒸发海水来制盐（图 8）。海水集中在较浅的池塘中，通过日晒和风吹蒸发海水得到高浓度盐水。不能溶解的杂质（如砂石和泥土）和微溶于水的杂质（如碳酸钙）会随着蒸发开始而沉淀到



▲ 图 8：如果水进入盐场时出现了油类泄漏，可能会对制盐生产造成严重影响。池中的盐水会由于微藻类的存在而自然呈粉红色。

底部。一段时间后，浓度越来越高的盐水将被抽吸或借助重力流过一系列池塘，直到提高到足以让盐结晶的浓度。

生产设施从在盐沼挖盐场的小作坊到配有釉砖池塘和压力供水系统的工业级系统。海水通常在春潮的高水位时抽入池中，流入池中的水流由闸门控制。在出现泄漏事故时，有时候可以通过关闭闸门直接防止油类进入池中。不过，如果污染持续时间长，可能可以通过让海水流经由吸油物和贝壳建成的过滤器进入池中并谨慎监视水质来维持生产。如果油类进入池塘，贴瓷砖的盐场可以相对容易地得以清洁，但清洁泥基池可能会非常麻烦。长期关闭泥基池可能会导致其干裂，形成裂痕，需要进行大量的维修工作才能继续进行制盐工作。

农业

尽管农作物和动物被污染的情况非常罕见，但曾在一系列海洋油类泄漏之后出现过这种情况。如果泄漏事件发生时刚好碰上满潮和岸上刮风，水位可能会升到足够高的程度，从而让油类搁浅在放牧动物的海岸高处。此外，牛羊这样的动物可能会在海岸线上放牧（图 9），有可能出现进食被污染的草料的风险。在某些区域，冬季风暴之后搁浅的海草被收集起来作为肥料使用。海草的种植基于一系列用途及食物生产，而且海草可用到化妆品、医药品和食品添加剂的生产中。

强风和强浪还可能会导致油类在水雾中被吹到岸上，从而污染农作物和动物。除了对受影响的动物进行清洁外，还需要额外供应饲料，以替代被污染的牧草。油类泄漏出现在可通航的河流和海湾时，各种牲畜（如鸭子和鹅）和农作物（如使用河水灌溉的水稻）也会被污染。根据污染的严重程度，可能必须销毁农作物，或额外施肥来加快土壤的恢复和加速油类的自然分解。显然，在及时通知的情况下，可以将牲畜驱赶出受污染海岸线，并关闭灌溉水道的闸门。

海岸社区、历史遗址和文化艺术品

搁浅或漂浮到海岸线附近的油类的气味可能非常难闻，对受影响海岸线沿岸生活的人们造成严重的不便。挥发性原油在靠近人口中心的重大泄漏事故可能会增加呼吸困难、头痛和恶心症状等担忧和投诉。在世界某些地方，海岸社区在海岸线上居住，在某些情况下甚至居住在建于水面高支柱上的房屋中。对于这种情况，海岸线的污染不仅仅令人生厌，而且可能会影响日常生活。在极

端条件下，油类可能会造成火灾危险，可能有必要对此类社区进行疏散。

可能通过直接与油类接触或由于清理工作而对文化艺术品造成破坏。人们可能会担心清理海岸线的工作打扰葬于海岸线上的先人尸骨的清净，而此类墓葬的位置通常只有考古学专家和当地社区知道。海岸线清理工作必须特别谨慎地进行，需要专家进行监督。历史遗迹的清洁同样需要谨慎和敏感。古代建筑的表面已经风化，表面出现很多孔洞，或非常容易破碎，油污会深度渗透，从而带来很多清理困难。由于可以用于清理海岸线上岩石表面的激进清理技术可能会导致进一步的破坏，因此可能需要专业恢复技术。如果及时发出了漂浮层靠近的警告信息，可以使用聚乙烯板包裹建筑，以保护这些古代岩石建筑免受空中的油滴或水边缘飞溅的油污的危害。



▲ 图 9：海岸线上的牲畜可能会直接受到油类影响，或通过被污染的饲料而受到影响。

要点

- 依赖于清洁海水的一系列行业可能会在油类泄漏事件后出现重大的损失。渔业和旅游部门受到的影响经常最严重。
- 在很多情况下，尽早通知将有助于安排有效的应变措施来保护码头和工业取水口。
- 尽管封闭的商港水体为泄漏应对工作提供了最好的条件，但需要最大限度减少对商港活动的干扰，这就意味着工作时要考虑船只的进出，可能会导致清理工作延长。
- 作为预防措施而关闭电站或淡化装置可能会产生影响深远的后果，如果可以采取的措施来保持生产的持续进行，则可能没有必要这样做。
- 海盐生产、海岸工程甚至农业等其它活动都会受到油类泄漏的不利影响。在可行的情况下，应变计划应该考虑可以用于减轻影响的措施。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的栅栏应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应变计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999 电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950 网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



油类污染对 海洋环境的影响

技术资料论文

13



引言

油类泄漏可能通过物理窒息和毒性反应对海洋环境造成严重影响。影响的严重性通常取决于泄漏油类的量和类型、环境条件及受影响的生物体与其栖息地对油类的敏感度。

本文介绍船源性油类泄漏及随后的清理活动对海洋植物群和动物群及其栖息地的影响。本文特别讨论了油类和生物系统之间复杂的相互作用，多年来的众多研究都以此作为研究主题。其它 ITOPF 文章对油类对渔业和海洋养殖及更广泛的人类活动的具体影响进行了讨论。

概述

油类泄漏可能会对海洋环境造成各种影响，通常被媒体描写为“环境灾难”，并预计会对海洋植物群和动物群的生存带来可怕的后果。在重大事件中，短期环境影响可能很严重，会给生态系统和居住在受污染海岸线附近的人们造成严重的困扰，影响他们的生计和降低生活质量（图 1）。泄漏事故后沾油鸟类的图像促使大家认识到环境破坏的广泛性和永久性，且必然会造成海洋资源的损失。考虑到油类泄漏通常引发高度紧张且情绪化的反应，因此可能很难公正无偏袒地看待泄漏影响和后续恢复。

几十年来，各种科学和技术文献已经对泄漏的影响给予了广泛的研究和记录。因此，我们对油类污染的影响已经有了足够的认识，能够大致确定给定事故的破坏规模及持续时间。典型油类泄漏影响的科学评估表明，在造成破坏时，对个体生物体的影响可能是深远的，但种群则表现出更强的弹性。最终，自然恢复过程能够修复造成的破坏，将系统恢复到正常功能。可以通过有效的清理作业去除油类来帮助恢复过程，有时候还可以通过管理得当的恢复措施来加速此过程。在少数情况下会观察到长期破坏。不过，在大多数情况下，即便在最大规模的油类泄漏事故之后，受影响的栖息地和相关的海洋生物都有望在数个季度内得到显著的恢复。

油类泄漏破坏的机制

油类可能会通过以下一种或多种机制影响环境：

- 物理窒息，影响生理功能；
- 化学毒性，带来致死或亚致死效应或破坏细胞功能；
- 生态变化，主要是群落主要生物体的消失及栖息地被机会主义物种占据；



▲ 图 1：油类搁浅在邻近渔村的海岸线上。

- 间接效应，如栖息地或庇护所的消失及随之而来的具有生态重要性的物种的消失。

油类泄漏影响的性质和持续时间取决于一系列因素。这包括：泄漏油类的数量和类型；泄漏的位置（环境条件和物理特征）；以及时间（尤其是季节及主要气候条件相关方面）。其它关键因素包括受影响环境的生物组成情况、组成物种的生态重要性及其对油类污染的敏感性。相应清理技术的选择和作业进行的效果也可能对泄漏事故的影响有很大的牵动。

泄漏事故的潜在影响还取决于污染物稀释或通过自然过程耗散的速度。这决定了受影响区域的地理范围和敏感环境资源是否长期暴露在高浓度油类或其有毒成分中。同样重要的是生物体的易受影响性和对油类污染的敏感度。容易受影响的生物体是由于其在海洋环境中所处的位置（通常在海面或水边）而容易与油类接触的生物体。敏感的生物体是可能会由于接触油类或其化学成分而出现强烈影响的生物体。较为不敏感的生物体对短期接触的耐受性更强。众多国家 / 地区都绘制



▲ 图 2: 对海洋生物体的典型影响很多, 从毒性 (尤其轻质油类和油类产品) 到窒息 (中质和重质油类 (IFO 和 HFO) 及风化残渣) 均有可能。

了海岸线地图, 并根据敏感度为不同的栖息地分配了指数。例如, 在所得到的地图或敏感度图册中, 红树林或盐沼具有较高的指数, 而沙滩通常被指派较低的指数。

油类泄漏的特征在确定各种破坏的程度方面非常重要 (图 2)。重油 (HFO) 等高持久性油类的大量泄漏可能会通过窒息在海岸线的潮间带导致大面积破坏。不过, HFO 或水溶性较低的其它高度粘稠油类的毒性效应较弱, 因为这种油类的化学成分的生物有效性较低。沥青路面 (高度风化的油类和鹅卵石组成的聚结块) 中包含的油类生物有效性也较低 (无论在海岸线上持续存在多长时间), 不过可能由于栖息地变化而造成间接破坏。

相反, 煤油或其它轻质油类的化学成分具有较高的生物吸收性, 更可能通过毒性产生破坏。不过, 通过蒸发和消散的快速耗散意味着, 只要敏感资源距离泄漏位置足够远, 轻质油类带来的总体破坏会更小。另一方面, 对于稀释缓慢的情况, 如污染物困在泥土较多的沉淀物中或位于封闭区域 (例如水交换不畅的泻湖中) 时, 产生的影响可能最大, 持续时间可能更长。对于低于足以导致死亡的接触级别, 有毒成分的存在可能会导致亚致死状态, 如摄食或生殖功能受损。

海洋环境十分复杂; 物种构成、丰富程度、空间和时间分布的自然波动是其正常运作的基础特征。在此环境中, 海洋动物和植物对栖息地内的变化表现出的自然弹性各有不同。生物体对环境压力的自然适应能力结合其繁殖策略, 提供了处理环境条件的日常和季节性波动的重要机制。这种固有的弹性意味着有些动植物能够承受油类带来的一定程度的污染。不过, 泄漏不是海洋栖息地面临的唯一人类活动压力。普遍的自然资源过度开发和长期的城市和工业污染也会对海洋生态系统内的变化程度有很大的影响。在高自然变率的背景下, 油类泄漏造成的

更为微妙的破坏可能很难检测到, 如繁殖成功率、生产率或生物多样性下降等。

海洋环境的恢复

海洋环境从严重混乱状态恢复的能力由其复杂性和弹性决定。在破坏性的自然现象 (如飓风和海啸) 之后表现出的恢复能力证明了生态系统能够随着时间的流逝逐步重建 (即便在大面积死亡的严重破坏之后)。虽然对于恢复的定义及生态系统何时可以被视为已恢复有很多争议, 但普遍认为生态系统中的自然变率不可能恢复到与泄漏事故发生前完全相同的情况。大多数恢复的定义转而将重点放在植物群和动物群的重新建立, 而且这些植物群和动物群通常在生产力及生物多样性方面是生境与环境功能的特有代表。

这个原则可以通过 1967 年在英国海岸搁浅的托利峡谷号 (Torrey Canyon) 油轮失事后的不当清理措施经历加以说明, 在此次事故的清理中对岩石海岸使用了有毒的清洁剂, 带来了巨大的破坏。尽管特定物种的详细分布情况改变了, 但可能二十多年后都还能发现扰乱效应的痕迹, 但生态系统的总体机能、生物多样性和生产力能在一到两年内得以重建。根据上面建议的定义, 可以说岩石海岸群落在两年内就已恢复。不过, 通过考虑组成生物体的龄期分布, 就可以看到此定义的限制性。与事故前从幼龄到成熟龄期的全龄期情况不同, 新补充的动植物属于相对较窄的龄期范围, 因此群落最初并不健全。

与此类似, 如果由于泄漏事故或自然现象 (如热带风暴) 的影响, 某个红树林群落受到破坏, 受影响区域将逐步由来自邻近区域的幼龄植物重新覆盖。不过, 这些补充植物的龄期将类似, 在林地达到成熟状态前都不能提供与原来同样的环境

服务。这些观察结果导致需要对影响和破坏加以区别，在某些情况下，生态系统从污染破坏恢复之后，仍然可能会检测到不太明显的影响（从生态系统的正常机能方面而言）。

恢复机制已经发展到能够处理掠食和其它导致死亡的原因带来的压力。例如，海洋生物体最重要的繁殖策略之一是散播式排卵，即将大量的卵和幼体释放到浮游生物中，借助水流广泛地分布到各处。在大多数情况下，大量个体中只有极少数存活到成年。这种高繁殖力会导致幼龄阶段过量繁殖，从而确保有可观的储备，不仅可供拓展新区域和补充到受泄漏影响的区域，还可以取代种群中失去的个体。相反，多年不能达到性成熟且生育后代很少的长寿命物种可能需要更长的时间才能从污染事故的影响恢复。

在大多数情况下，恢复通常在数个季度周期内完成，对于大多数栖息地为一到三年，而红树林是一个非常值得注意的例外，如下面的表 1 中所示。

海洋环境

以下部分将介绍船源性油类泄漏在各种环境中导致的不同类型的破坏。

近海和沿岸水域

大多数油类漂浮在海面上，在波浪、气流和水流的作用下分布到面积很大的区域。有些低粘度油类可能会自然消散在距水面数米的水体内，尤其在存在有破坏力的波浪的情况下更为明显，油类会快速稀释。如果油类长时间持续释放，上层水体中消散的油类的浓度可能会接近释放点的浓度。尽管这样，泄漏油类对水体中较低层或海床上的物种的影响很小，不过沉船、非常重（或低 °API）的油类的泄漏或油类燃烧后的焦油残渣仍然可能造成破坏。

栖息地	恢复期
浮游生物	周 / 月
沙滩	1 - 2 年
暴露的岩石海岸	1 - 3 年
有遮挡的岩石海岸	1 - 5 年
盐沼	3 - 5 年
红树林	10 年及更长

▲ 表 1: 表示沾油后各种栖息地的恢复期。恢复期取决于很多因素，包括泄漏的油类数量和类型。这里的恢复定义为栖息地正常运作的时间点。

浮游生物

海洋的浮游带支撑着无数的简单浮游生物体，包括细菌、植物（浮游植物）和动物（浮游动物）。这其中包括鱼类和无脊椎动物的卵和幼体，包括最终将定居在海床或海岸线的动物。浮游生物无疑将面临高死亡率，主要是通过掠食，不过也会由于环境条件的改变及被带到不能生存的区域而死亡。相反，营养供应丰富的特别有利的条件可能会带来浮游生物的繁盛，数量大幅度增加，尤其在春季温和的气候条件下特别明显。一旦营养物减少或营养物被消耗完，其数量会剧减，死亡的生物体将降解并沉入海底。生态系统已经发展到通过短世代内大量繁殖来应对这些极端情况。因此，浮游生物通常展现出在时间和空间上极度不均匀的分布，成为了所有海洋群落中变动最大的群落。

浮游生物体对所接触油类的敏感已经广为人知，而且有可能会产生非常深远影响。不过，幼龄阶段典型的大规模过度生育提供了从未受泄漏影响的邻近区域进行补充的缓冲，足以弥补卵和幼体阶段的损失（尚未观察到泄漏后成年种群数量大幅度减少的情况）。

鱼类

尽管鱼类幼龄阶段容易受到水体中相对较低的油类浓度的影响，但成年鱼类的弹性要强得多，很少检测到对野生种群的影响。自由游动的鱼类被认为能够主动避开油类。在异常情况下，发现了特定物种某个龄段缺失的情况，但大规模死亡的情况非常罕见。出现死亡的情况与风暴条件下水体中出现分散油类局部浓度非常高的情况相关，这通常是大量轻质油类沿海岸线释放到有破坏力的海浪中，或在河流中发生泄漏事故。油类泄漏对商业开发的鱼类种群和饲养的海洋产品的影响在关于油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响的另一篇 ITOPF 文章中进行了更为深入的讨论。

海鸟

海鸟是最容易受影响的开放水域生物，在重大事故中可能会有大量的海鸟丧生。海鸭、海雀和大量聚积在海面上的其它物种尤其容易受到影响。不过，其它不相关的原因也会导致海鸟种群的大量死亡，如风暴或失去食物源或栖息地。为了确定死亡原因以及是否可归咎于特定的事故，可能需要进行尸体解剖。

羽毛污浊是油类对鸟类带来的最明显影响。羽毛用于将暖空气保留在皮肤附近，提供浮性和

* 美国石油学会燃油比重度数。



▲ 图 3：用栅栏围起来的沾油非洲企鹅。



▲ 图 4：企鹅比其它鸟类更容易从清洁获益。这里，跳岩企鹅得到了康复。

隔离。沾油时，羽毛保护层和隔离的精巧结构被打破，让海水与皮肤直接接触，从而导致身体热量丧失，鸟儿最终可能会出现低温症。在寒冷的气候条件下，鸟类羽毛上的小油点可能足以导致死亡。很多鸟类的皮下脂肪层可作为进一步的隔离层，并充当能量储备。在鸟类尝试保持自身温暖时，此储备可能很快被消耗掉。寒冷、精疲力竭和失去浮性的鸟儿可能会溺水而死。而且，沾油的羽毛降低了鸟类在觅食或逃避掠食者时起飞和飞翔的能力。

一旦沾油，鸟类用嘴整理清洁自身的天性可能会将油污带到身上原本干净的区域。油类很可能被摄入，从而导致严重的影响，如肺部充血、肠充血或肺部出血、肺炎和肝脏与肾脏损坏等。回巢后，油类可能会从羽毛转移到活着的幼体或正在孵化的卵上。卵的油类污染可能会导致卵壳稀释、卵孵化失败和发育异常。

泄漏油类的量和可能对海鸟的影响并没有明确的联系。在繁殖季节或大量海鸟聚积的地方发生的小规模泄漏可能会被证实比不同的时间或其它环境中较大规模的泄漏的危害更大。有些鸟类通过产更多的卵、更频繁地繁殖或让龄期更小的鸟更早加入繁殖群体来应对群体减少的情况。这些过程能够帮助进行恢复，不过恢复可能需要数年时间，而且还取决于食物供应、栖息地可用性和其它因素。虽然短期和中期损失很常见，但上述恢复机制可以成功地防止在种群层次的长期影响。不过，在某些环境中，油类泄漏可能会导致数量较少的种群出现永久性衰退的风险。

可以尝试对沾油鸟类进行清洁和康复，但对于很多鸟类来说，通常只有一小部分接受处理的鸟类

能够在清洁过程中幸存下来。这些幸存的鸟类中，放归并成功的野生环境中生存并成功繁育比例甚至更小。企鹅通常例外，其表现出的弹性通常比其它物种更强。在处理恰当时，大部分企鹅都可能在清洁工作中幸存下来，重新加入繁育群体（图 3 和图 4）。研究发现，清洁过的鸟类成功生育率低于完全没有沾油的鸟类，即便企鹅也不例外。不过，鸟类清洁最佳做法的形成和传播正在帮助改善效果。

海洋哺乳动物和爬行动物

鲸、海豚和其它鲸目动物可能会在上浮到水面呼吸或跃出水面时受到漂浮油的威胁。已经确认了油类对鼻部组织和眼部的伤害。不过，在发现死亡的情况下，尸检通常会发现死亡是由于油类之外的其它原因造成的。虽然食草的海牛目动物（海牛和儒艮）之类的大型热带海洋哺乳动物可能也容易受到伤害，但油类污染对此类动物造成伤害的报告非常罕见。不过，海豹、海獭和在岸上聚集或停留的其它海洋哺乳动物更可能遭遇和受到油类的影响。依赖毛皮调节体温的物种最容易受到油类的影响，因为如果毛皮被油类覆盖，动物可能会由于体温过低或过高（取决于季节）而死亡（图 5）。

漂浮油可能会对海洋爬行动物造成威胁，如海龟、海鬣蜥和海蛇等。海龟尤其容易在筑巢季受到伤害。如果油类搁浅在沙滩上，或清理工作期间破坏了巢穴，可能会丢失卵或孵化失败。成体可能会出现粘膜炎，提高易感性。不过，很多情况下，沾油海龟都能得以成功清洁并返回大海（图 6）。人类活动会危及所有海龟品种或对其造成威胁，主要原因有意外错误捕杀、为了食用和或其海龟壳而进行的捕杀及栖息地丧失。



▲ 图 5：油类可能会对哺乳动物保持重要生理功能的能力产生不利影响，如这只海狗（南美海狗）的情况。



▲ 图 6：一只幼龄玳瑁正在接受清洁（图片由 USCG 惠供）。

较浅的近岸水域

较浅的水域中的破坏通常是由于在强波浪冲击或太靠近岸边不当使用消散剂而导致油类混合到水体中造成的。在很多情况下，稀释能力（例如，由于潮汐冲洗）足以将水中的浓度保持在有害水平之下。另一方面，在轻质精炼产品或轻质原油分散在浅水中时，会导致高浓度的油类有毒成分，曾出现过生活在海底（深海底）动物及生活在沉淀物中的动物死亡的情况。

海草

温带和热带水体中有各种不同种类的海草。它们为高度多样化和富饶的生态系统提供支持，为很多其它生物体提供保护。海草床能降低水流速度，从而加强沉积作用，同时根部结构能够稳定海床，保护海岸区域免受侵蚀。漂浮油很可能通过海草床而不留下任何不良效应。不过，如果油类或其有毒成分混入较浅的近岸水域中并达到足够高的浓度，海草及相关的生物体可能会受到影响。海草附近的清理作业应该小心地进行，因为船只推进器和档栅锚可能会撕裂或拔出这些植物。

珊瑚虫

珊瑚礁提供了极为丰富和多样化的海洋生态系统，非常高产，能为在本会暴露在外的海岸线提供海岸保护。珊瑚虫是高度敏感的生物体，需要很长时间才能从沾油的影响中恢复。分散油类对珊瑚礁造成破坏的风险最大。当有破坏力的波浪导致湍流增强而促进泄漏油类的自然消散时，及使用消散剂的时候，所面临的此类风险最高。除了珊瑚虫本身外，此栖息地支持的群落也对油类很敏感。因此，不应在珊瑚礁附近使用消散剂。在非常罕见的情况下，珊瑚礁可能会由于春季潮汐而露出水面，从而有可能存在漂浮油导致窒息的风险。

船只搁浅对珊瑚礁造成破坏的情况比油类污染造成破坏的情况更为普遍。其它人为影响也可能会给珊瑚虫带来压力，例如过度捕捞或毁灭性捕捞做法、营养物污染和由于森林采伐及海岸建设项目而导致沉积作用加强。

海岸线

海岸线比海洋环境的任何其它部分都更容易受到油类的影响。不过，海岸上很多植物群和动物群固有恢复能力，因为它们必须能够承受潮汐周期变化及周期性经受波浪的冲击、风干、极端温度、降雨导致的盐度变化及其它严重威胁。这种耐受性还给很多海岸线生物体带来了承受泄漏影响并从中恢复的能力。

岩石海岸和砂质海岸

暴露在波浪和潮汐水流的冲刷效应之下，意味着岩石海岸和砂质海岸最容易从泄漏影响恢复（图 7）。冲刷通常还会促进自然和快速自我清洁的进行。温带气候地区的岩石海岸受到影响的一个典型例子是普通帽贝（欧洲帽贝）暂时减少，这是一种关键的海生蜗牛。关键物种是能对生态系统产生与其生物数量不成比例的控制性影响的植物或动物，其去除可能会对该生态系统带来巨大的变化。帽贝采食岩石表面的微藻，限制藻类的生长和其它动物群在此定居。帽贝的减少通常会导致机会绿藻的快速生长（图 7 中的小图）。随着时间的流逝，这种藻类增长为其它藻类所取代，随着空间的可用，帽贝将重新占据岩石表面，生态平衡得以逐步恢复。对于热点和亚热带的砂质海岸，鬼蟹（角眼蟹种）会占据与帽贝类似的小生境，高死亡率是常见的海岸浸油特征。尽管如此，在海岸线变干净后数周内，这种蟹类通常会重新回到海滩，而且接近以前的数目。

软沉积物海岸

在波浪冲击减少的地方（包括海湾），可以发现较细的砂和土，往往生物种类非常丰富（图 8）。它们经常支撑着大量的迁徙鸟类和在沉淀物中栖息的本地无脊椎动物（包括双壳类软体动物），同时也是一些物种的育苗区。

虽然细碎的沉淀物不像其它底层那样容易受影响，但油类可能会通过与由于风暴活动搅动的沉淀物发生絮凝或渗透到虫洞及开放植物茎干中而包含进去。渗透到细碎的沉淀物中的污染物可能会存在许多年，提高产生更长期影响的可能性。

盐沼

软沉淀物海岸的上边缘经常以盐沼植被为主，包括多年生木本植物、一年生多汁植物和草类。盐沼的形成通常与温带气候相关，但在从副极地区域到热带的世界各地都有盐沼。在热带海岸，盐沼经常与红树林一起出现，分别占据着上下潮间带。物种组成很大程度上取决于盐度。例如，海湾上段的低盐度或轻度含盐的水域中，盐沼植为芦苇所取代。从盐沼中带出植物性碎屑也会对海湾和近岸水域中的食物网作出贡献。鉴于作为鸟类（尤其是迁徙鸟类）的栖息地的重要性，很多盐沼已根据《国际重要湿地特别是作为水禽栖息地的重要湿地公约》(Ramsar Convention on

Wetlands of International Importance) 而划分为特别保护区。

油类泄漏对盐沼的影响取决于一年中的时间（相对于植物生长期）。温带或寒冷地区盐沼在冬季的月份中不活跃，而地中海地区的植物在夏季的高温下生长较为缓慢。单次事故不可能导致暂时性影响更大的影响，但可能会由于重复、持续地沾油或破坏性的清理活动（如踩踏、使用重型设备或起出受污染底层）导致情况加剧，形成更长期的破坏（可能长达数年）。在不产生额外破坏风险的情况下很难对盐沼进行清洁，因此经常建议让盐沼通过自然方式进行清洁。不过，如果计划焚烧或割除植被，这最好在植被枝叶枯萎之后进行。总的说来，只要植物的根或球茎未严重沾油或在清理期间受到过度挤压，就能有望长出季节性的再生苗。

红树林

红树林是生长在有遮挡的热带和亚热带水体边缘的耐盐树木和灌木。红树林为螃蟹、牡蛎和其它无脊椎动物提供了栖息地，同时还是鱼类和虾类重要的育苗区。此外，复杂的根部结构能够固定和稳定沉淀物，从而减少海岸线的腐蚀和最大限度减少陆上沉淀物在邻近的海草床和珊瑚礁上的沉积。



▲ 图 7：岩石海岸通常暴露在风浪中，可能会快速自净。有帽贝的生态区可能受到了油类的影响。大量死亡导致后续机会植物（藻类和海草）大量增加，此类植物在正常情况下会通过食草动物受到控制。随着时间的流逝，物种逐步重建，将最终恢复平衡。



▲ 图 8：沿着有遮挡的、变化较少的海岸线通常会发现软沉淀物，这里通常生物种类非常丰富。应该考虑让沾油沼泽自然清洁，因为清理作业可能会扩大和加重原有的破坏。渗透到底层的油类（如截面样本中所示）可能会保留数年。

其所在位置意味着红树林非常容易受到油类泄漏的影响。另外，还认为红树林对油类造成的污染极度敏感，很大程度上取决于红树林生长所在的底层。红树林通常生长在稠密、多泥、绝氧的沉淀物上，依赖于通过气生根上的小孔（皮孔）提供氧气（图 9）。重质油类覆盖根系可能会妨碍供氧，可能会导致红树林死亡。不过，开放通气的沉淀物允许相对自由的水交换，根系能够从海水中获取氧气，因此对油类造成的窒息有较高的耐受性。在第二个机制中，油类（特别是轻质精炼产品）的有毒成分会对植物维持盐分平衡的系统产生干涉，从而影响其耐受含盐水分的能力。试验表明，由于重质油类窒息造成的红树林破坏比由于较轻的产品（包括某些清洁剂）泛滥而导致死亡的可能性更小，而后者可能会导致局部地区失去树木覆盖。

生活在红树林生态系统内生物体既可能受到油类的直接影响，也可能面临较长时间失去栖息地的问题。复杂的红树林生态系统的自然恢复可能需要花很长时间，恢复措施可能的确可以加速此类栖息地的恢复过程。

长期破坏

有效的清理作业通常包括去除大量存在的油类污染，减少污染破坏的地理范围和持续时间，及促

进自然恢复的开始。不过，有破坏性的清理方法可能会带来进一步的破坏，自然清洁过程可能更可取。随着时间的流逝，多个因素可以降低油类的毒性，从而让受污染的底层能够支撑新一轮植被生长（图 10）。例如，雨水和潮汐可以将油类冲走，随着油类逐渐风化，可恢复部分蒸发掉，留下毒性较低的残余油类。

由于海洋环境具有如此强大的自然恢复能力，油类泄漏的影响通常局限于某个地方，而且只是短时间存在，文献中几乎没有长期破坏的例子。不过，在某些特定情况下，破坏可能会持久存在，对生态系统的损害的持续时间可能比通常预期长。会导致严重的长期破坏的情况与油类的持久存在相关，尤其是油类困住沉淀物中而不会受到正常风化过程的影响的情况。这样的例子包括有遮挡的栖息地，如沼泽、卵石海岸线和近岸水域，尤其油类泄漏事故遇上风暴条件时更甚。风暴掀起的巨浪可能会淹没沼泽，并形成紊流流态，可能会导致较细的沉淀物悬浮在水中，并与自然分散的油类接触。风暴减弱后，包含在沉淀物中的油类将沉入沼泽底部。类似的情况会导致油类被包含到沉淀物并沉入近岸水域。在这两种情况下，绝氧条件都将减缓各种油类降解过程。在卵石海岸线上，油类和卵石的混合物的风化可能会导致形成沥青路面，从而可能会长期存在。比海水粘稠的油类产品（如非常重的油类或燃烧残留物）会



▲ 图 9: 红树林非常容易受到油类的影响。高跷根或呼吸根（穿过底层垂直生长的呼吸结构）被覆盖可能会导致皮孔被堵塞，妨碍气体交换和导致窒息。

下沉到海床，可能会不受干扰无期限地留在那里，可能会导致海底生物体出现局部窒息的情况。

泄漏后研究

自从托利峡谷号 (Torrey Canyon) 油轮失事发生以来，几乎每个重大泄漏事故后都会进行油类污染影响的研究。因此，现在对于泄漏可能的环境影响有丰富的知识可供参考。考虑到这个知识储备丰富的情况，因此没有必要也不适合在每次泄漏事故后考虑进行泄漏后研究。不过，为了确定特定事故情况带来的影响的具体程度、性质和持续时间，可能有时候有必要进行事故后研究。由于油类污染影响大部分都已经得到了很好的认识，且可以加以预测，因此务必将研究的重点放在对明显破坏的定量上，而不是尝试对大量的假定影响进行研究。海洋环境所展现出的易变性意味着对广泛的潜在影响进行研究很可能导致无法得出结论的研究结果。

可用于对污染物进行化学分析的技术在不断地发展。油类可能有毒的成分的浓度现在可以在兆分率级别进行测量 (ppt, ng/kg, 1×10^{-12})。破坏评估研究最重要的目标之一是在观察到的破坏和造成破坏的特定油类污染物的定性之间建立联系，尤其是受到慢性污染的环境中。这通常通过气相色谱质谱联用 (GC-MS) 分析完成。

要会定期使用生物标记对动物接触原油和油类产品中多环芳烃 (PAH) 的情况进行筛查。例如，EROD (Ethoxyresorufin-O-deethylase) 活动检测肝脏组织中的酶水平，酶参与新陈代谢和毒物的消除工作，另外还涉足癌性肿瘤的形成。此技术足够敏感，能够在不造成可检测到的身体负担的情况下指示接触多环芳烃 (PAH) 的情况，还可以提供潜在破坏的早期指示。不过，这种酶的活动水平的变化还可指示其它压力诱因，如与油类不相关的其它类似有毒材料的存在等。活动水平还反应动物的龄期和繁殖状态以及温度的变化。因此，此类研究务必考虑这些可能会导致混淆的因素。

研究根据一系列因素划分优先顺序。首先，建立评估影响的基准：通过参考泄漏之前的数据（如果存在）；与受影响区域之外的参考点的等效物种、群落或生态系统进行比较；或监视显著破坏的特征恢复情况，如海鸟或贝类水产动物等。浮游生物不是好的研究对象。尽管实验室和现场研究都已发现浮游生物在接触油类时出现死亡和亚致死效应，但浮游生物本身波动太大，泄漏前后情况的比较很可能不可靠。要考虑的其它因素包括受影响区域的地理范围和相关的接触水平（浓度和持续时间）及受影响资源的重要性，即其稀有程度或生态学功能。最后，应该考虑进行研究的实际可行性。可行性可能与财务支持相关，或者直



图 10a: 沼泽的侵入式清理在原来油类导致的破坏之上带来了进一步的破坏。



图 10b: 清洁后的沼泽在数周后出现了明显的新生长迹象。



图 10c: 22 个月后, 沼泽被完全覆盖, 不过是被机会主义物种覆盖。



图 10d: 三年后, 沼泽恢复完全物种多样性。

▲ 图 10: 受损沼泽的自然恢复。

接就是进入研究地点的可操作性或研究期间对该地点带来干扰的风险。可以在关于海洋油类泄漏的采样和监视的另一篇文章中了解有关设计和进行泄漏后研究的进一步指导。

恢复、复原和修复

恢复也称为复原或修复, 是采取措施将受破坏环境以比自然恢复过程更快的速度恢复到正常运作条件的过程。在环境破坏方面, 这些术语可以互换使用。不过, 在将美国和欧盟的环境法律与 1992 年的民事责任和基金公约 (Civil Liability and Fund Conventions) 国际机制进行比较时, 对这些术语的解释可能会不一样。1992 年的索赔手册 (Fund Claims Manual)** 中提供的指导原则表明, 在国际机制中, **复原**措施应该具有大幅度加速自然恢复的切实机会, 而且不会对其它自然或经济资源带来不利的后果。措施还应与破坏的程度和持续时间及可能会实现的好处相称。破坏是对海洋环境造成的损伤, 而损伤在此上下文中可以描述为生物群落由于泄漏导致运转不正常或缺少某种生物体。

根据 1990 年美国油污法 (OPA '90) 颁布的美国法规也承认自然恢复是**关键恢复**机制, 但引入了两个概念: 基础恢复和补偿性恢复。补偿性恢复旨在对在环境恢复期间“丧失”的环境服务进行补偿, 而基础恢复指采取行动恢复或加速恢复, 与国际机制下的复原的意义相等。2004 年颁布的欧盟环境责任指令 (ELD) 也在修复术语中包括了这些概念。不过, 国际机制并不认可补偿性恢复或修复的概念。

在清理作业后, 可能有必要采取进一步的主动措施来恢复受损资源和促进自然恢复, 尤其在恢复原本相对较慢的环境中更是如此。油类泄漏后的这样方法的一个例子是重新种植盐沼或红树林植物 (图 11)。一旦建立了新的植物群, 其它生命形式将会返回, 此区域被侵蚀的可能性得到最大限度降低。

为动物群设计有意义的复原战略是困难得多的挑战。可以对被破坏的栖息地加以保护, 还可以对生态系统的恢复予以增强, 例如, 通过限制进入和减少人类活动, 通过控制捕捞来减少对有限的食物来源的竞争 (如玉筋属鱼和角嘴海雀的情况就是这样) 或在筑巢季节关闭海龟使用的海滩等。在某些情况下, 可能可以保证附近未沾油地区的自然繁殖种群的保护 (例如通过控制掠食者), 从而为受破坏区域的重新覆盖提供储备。不过, 很多复杂的生物、生态

** <http://www.iopcfund.org/publications.htm>

和环境因素可能会控制邻近种群重新覆盖受污染区域的能力。

实际上，海洋环境的复杂性意味着人工修复生态损伤的程度将面临各种局限。在大多数情况下，自然恢复可能会相对较快，只有在极为罕见的情况下才会为复原措施所超越。



▲ 图 11：通过以栅格图形种植幼苗形成的红树林区。

要点

- 海洋环境中存在各种高度复杂的生态系统，正常情况下会在数量和多样性方面会出现大幅度的波动。
- 海洋环境拥有从自然现象及油类泄漏造成的严重混乱自然恢复的强大能力。
- 油类泄漏造成的环境破坏的关键机制是窒息和毒性，但破坏的严重性非常依赖于泄漏的油类的类型及其相对于对油类污染敏感的资源的位置耗散的速度。
- 大多数容易受到影响的生物体都位于海面或海岸线上。
- 盐沼和红树林是最敏感的海岸线栖息地。
- 海鸟面临的威胁尤其突出。有些物种（特别是企鹅）对清洁工作的反应很好，不过其它物种可能在清洁并放归野生环境后不能存活，或很难成功繁殖。
- 尽管短期影响可能很严重，但即便在最大规模事故之后，长期性的破坏也并不常见。对于在观察到长期破坏的情况，这种破坏仅限于其条件支持聚积的油类持久存在的地理零散区域。
- 应对作业的有效规划和执行既能降低破坏程度，还能通过去除油类迈出恢复的第一步。
- 设计合理的复原措施有时候可以对自然恢复过程起到加强作用。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的浮木档栅应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施



国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom
电话: +44 (0)20 7566 6999 电子邮件: central@itopf.com
传真: +44 (0)20 7566 6950 网站: www.itopf.com
24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



海运油品泄漏的 采样和监视

技术资料论文

14



导言

在油类泄漏之后，政府和其它组织经常希望知道关键资源的污染程度或事故对海洋环境的影响。此信息对于决定是否需要立即采取行动来保护人类健康或敏感资源非常重要。为了促进决策，可以实施监视计划，此类计划通常会涉及到调查和采集油类、水、沉淀物或生态区样本，以进行化学分析。

本文广泛地介绍了可用于对油类污染进行定性和定量监视的监视和采样程序。定性分析可以确认油类污染的来源，而监视计划通常关注的是碳氢物水平长期的数量变化。本文将就最佳分析做法提供指导，并介绍常用术语。不过，监视特定生态或生物影响及监视空气中污染物所需的技术和观察工作不在本文的讨论范围之列。

概述

在泄漏事故之后，可以通过不同的方式开展监视工作，具体取决于监视计划的目标。在任何监视计划中，通常第一步都是通过使用航拍勘察、乘船勘察或陆地勘察来记录油类污染的程度。这样能够确定污染的分布情况和程度，对于面临风险的资源，可能可以建立应对战略来为其提供保护。以图形的方式描绘污染程度(图1)将帮助设计监视计划，并根据监视的特定目标确定受影响区域之内和之外的取样站。油类泄漏后实施监视的缘由因事件相同。可能并非总是需要监视，尤其在泄漏规模很小而资源未受到威胁时，或者充分了解油类对特定资源的影响时。在进行监视的情况下，通常出于以下目的，即：

- 鉴别油类污染源；
- 确定污染物转移到人类食物链的风险；
- 确定污染对商用鱼类和贝类的影响，为关于是否需要实施捕捞限制的决策提供支持；
- 验证原因和影响；即确定观察到的环境影响是否直接归因于由于特定污染事件而导致的油类浓度上升；
- 测量沉淀物或水中的碳氢化合物浓度，以帮助作出是否继续或终止应对工作的决策；
- 确定海洋环境中的碳氢化合物浓度下降情况，并监视恢复情况；
- 确定适合开始和继续实施恢复措施的适当条件；
- 证实已经对泄漏导致的破坏进行了评估，正在逐步恢复，而且海洋环境的油类浓度正逐步恢复背景水平；



图 1：在油类泄漏之后，可能需要监视计划来确定环境中污染物水平的变化。

- 处理适用的国家 / 地区法律规定的监视要求，如洗浴水标准等。

任何监视计划的目标都必须是提供可靠、客观、有用的信息，以处理与环境中存在的泄漏油类相关的具体、合理担忧。确定环境中污染物长期范围和程度变化是大多数监视计划的基石，对于大部分事件，这些是唯一有必要加以测量的参数。除了污染物监视外，还可以同时进行进一步研究，以研究由于油类污染可能造成的环境影响，不过用于研究各个资源或栖息地的方法各不相同，有很多选择。因此，本文将重点讨论在应对工作期间进行污染物监视来为决策提供支持的原理和方法。

虽然在工作开始前尽可能精确地定义任何监视计划的目标非常重要，不过可能更适合采用分阶段的方法，以便根据研究早期阶段的结果加入额外的目标，或调整初始目标。

可以采用三个互补的监视计划实施方法：

- 比较泄漏后和泄漏前的数据；
- 比较受污染区域和未受污染的参考地区的数据；以及
- 监视一段时间的变化。

监视形成了事件的科学、法律、运营和财务方面的重要结合点。系统化产生的结果可以用于确认泄漏源及相应的法律责任，可以用于验证在清理作业期间作出的决策（例如，适当的方法和最佳的终止时间点）及密切注意环境恢复情况。由于监视研究的结果可能与赔偿及其它财务问题有很大的关系，因此最具建设性的监视方法是所有各方以合作的态度共同工作。这可以通过联合取样和分析、通过使用独立的第三方或由一方承担取样和分析工作并分享结果来实现。尽管在解释结果方面可能会有不同的意见，但这其中的每个方法都能减少重复工作和成本，最大限度提高对于基本事实达成一致的几率。

设计监视计划

了解泄漏油类的最终归属、行为和效果及资源可能接触碳氢物的潜在途径，将有助于考虑是否需要监视计划，如果需要监视计划，还能帮助进行计划设计工作¹。污染的地理范围可帮助划出研究区域，不过，对于持续油类释放的情况，可能需要重新定义这些边界。此类情况包括搁浅油类重新移动，或初步取样和分析结果表明受影响区域与最初设想不同的情况。泄漏油类的类型及自然资源可能会与之接触的程度也是在设计监视计

划要考虑的关键参数。通过考虑这些因素以及潜在的接触途径，能够应用适当的空间和时间参数。

在设计监视计划时，第一阶段是要清楚地定义研究目标，并确定实现这些目标所需要的信息和数据。目标将定义计划的范围和内容，通常由政府机构确定或针对造成污染一方的可能索赔设置。无论哪种情况，研究范围及其实施计划都需要在早期得到一致认可，而且最好如上文所述采取合作方式。

在就目标达成一致后，就可以创建详细的监视计划，在其中确定要获得的数据或信息，是否需要取样，取样站的分布及每个取样站的取样类型、份数和数量。取样频率、分析类型和研究的总体时间安排将取决于监视的目标。例如，如果目标是要确定环境中的油类浓度逐步降低回背景水平，则在达到背景水平或结果表明下降率令人满意时就可以考虑结束研究。在很多源自船舶的油类泄漏中，几乎没有适当的泄漏前数据存在，而且几乎没有机会获得真正的控制样本。由于这个原因，监视计划经常依赖于在事件期间从附近未受影响的参考站点收集的控制数据。务必确保选择的参考站点能代表受影响区域内所研究的栖息地类型，而且在生态区、地形学和物理性质（例如受水流和波浪冲击影响的情况）方面具有可比性。而且，意在提供定量数据的调查必须考虑通常在很多生态系统中会出现的自然波动。通过将参考位置和受影响区域测定值的时间序列进行比较，可以将自然出现的波动和季节性变化考虑进来。

¹ 请参见关于海洋泄漏油类的最终归属、油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响、油类污染对社会和经济活动的影响和油类污染对环境的影响的其它国际油轮船东污染组织文章。

位置	监视目标	监视活动
南美	确定油类污染的范围及是否需要持续的清理措施。	进行了广泛的船舶和海岸线调查，以真实地记录油类是否存在于水中的情况及海岸浸油情况程度。确定了需要清理的沾油地点，并推荐了相应的清理技术。在清理作业期间进行的持续的观察及工作完成后进行的最终检查允许就清理工作的适当终止时机提出建议。
欧洲	确定关键沾油地点的沉淀物中由于事故造成的油类污染程度。	沉淀物样本从在事件期间已知沾油的关键地点的海滩和浅水采集，取样事件持续 3 个月。对样本进行了 THC 和 PAH 分析。监视表明大多数沉淀物受到油类泄漏的影响相对较低。
印度洋	确定海岸线上的水井中的饮用水是否由于磷酸盐货物和燃料舱燃油的遗失而受到污染。	水样从受污染的海岸沿岸的水井及此区域之外的水井中采集，并分析其磷酸盐、多环芳烃和重金属含量。将从参考水井采集的水样和受污染区域内的水井采集的样本的平均值进行比较后没有发现差别，从而得出结论，认定事件未导致对当地饮用水供应的污染。
大西洋	确定潜在渔业污染的空间幅度和持续时间。	发起了持续数月的从受影响区域和参考地点采集物种样本的取样计划。对样本进行分析，以分析 PAH 的净化速度，并进行比较确定是否达到背景水平。

▲ 表 1：历史油类污染事件中的监视目标和活动示例。稍后在框 1 中将讨论所分析的各种参数。

表 1 提供了过去油类污染事件的监视目标示例，并对进行的监视活动进行了总结。

监视站点的位置和数量

实地调查可以帮助快速收集油类泄漏的位置和范围的地理参考信息。调查还能帮助定性地监视海岸线清理作业的效果或自然恢复的进度，尤其定期进行此类调查时作用更为明显。在现场调查中应包含的站点或取样站的位置或数量将很大程度上取决于影响的变化和受影响海岸线的变化及范围。应该总是注意确保所选择的站点对所清理的区域、观察到的污染或监视的栖息地具有代表性。不过，大多数油类泄漏情况都不需要使用复杂的统计程序来确定所调查的站点数量或采集的样本数量。事实上，经常需要采取折衷和一定程度的实用主义态度来在可用的时间范围和财务约束内满足统计可靠性的要求，并尽量贴近复杂生态系统的全面空间和时间变化的实际情况。而且，关于泄漏后监视研究的取样站的最佳位置和数量方面几乎没有通用规则可言。其最佳位置和数量将取决于监视计划的目标，及所涉情况特定的一系列变化因素，如：

- 泄漏油类的数量和类型；
- 油类的风化行为（如散布、分解等）；
- 受影响区域的物理特征（如含沙、暴露在外等）；
- 敏感资源的性质和位置；
- 可用的取样和分析方法；以及
- 可能会限制取样的物理条件（如是否方便前往或天气情况）。

在最简单的情况下，例如要确定污染源时，将不需要基于概率的取样设计。相反，所有各方通常会接受从油类漂浮层或受污染海岸少量取样的方式，用其代表此污染情况。

在某些情况下，可以通过将研究区域的地图与显示油类污染的网格（标注 GPS 坐标）重合来推断出取样站的最佳位置和数据。条样或一系列条样可能有助于定义相对于距离污染源（图 2）或其它环境变量（如涌潮高度）的趋势。对于相对同质的海岸线（如大片沼泽或砂石区域），这个系统化的方法可能尤为有用。在物理特征较为复杂的近岸区域（例如独立的海湾）或受泄漏影响的大面积海岸线，可以将此区域划分为较小的、分级的区域，分别加以监视。在实践中，选择的取样站应该能反映油类的分布情况及自然环境的逐渐变化，就这方面而言，在进行监视计划的规划时充分利用所了解当地情况将非常有帮助。

可以采用完全随机的取样方法，但在监视计划中只为了解污染物情况而采用时使用这种方法的情况非常罕见。尽管通过随机方法可以在结果报告

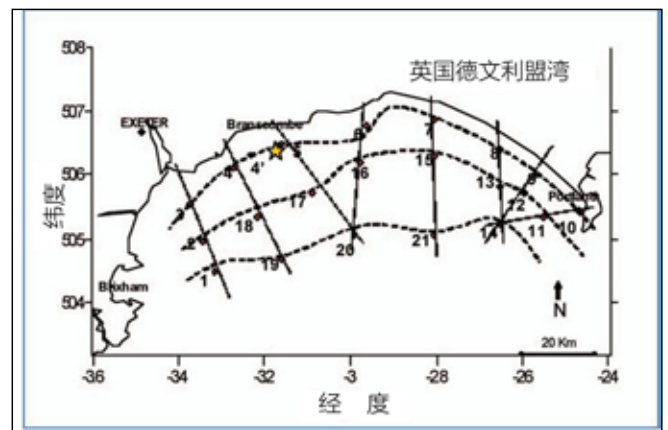
中更广泛地使用统计推论，但将需要分析大量的样本，成本高得多，但获得的数据的改进却甚小。相反，在复杂的情况下，可以通过将研究的特定元素随机化来实现有用的中值，例如通过使用分级随机取样，或实施更为复杂的阶段化（即成群）取样或合并取样。对于此类情况，要建立适当的基于概率的取样设计，可能需要环境统计人员的协助。表 2 中总结了可用于设计取样计划的统计方法的各种方式。

监视计划的时机选择

对于泄漏后的污染物监视和取样活动并没有明确的截止时间，监视开始越早，就可以越快检测到短期（暂时）效应，能越早记录污染程度的变化。在有必要取样时，应该在从受影响区域采集样本来验证泄漏源和采集短期数据的样本（尤其是水样）的同时确保从潜在源头提取油类样本并加以妥善保存。由于很多影响评估基于模型预测，为了记录生物区接触的实际浓度来验证预测，临时数据可能非常重要。

监视计划持续时间及重复取样的频率取决于计划目标及所测量的特定参数固有的特征。例如，受污染环境中总油类浓度的测量值是可能需要在恢复到背景浓度之前需要监测数周或数月的参数。另一方面，如果要确定特定应对技术（如使用消散剂）的效果，为了支持作出及时的决策，立即实施监视并快速处理结果将至关重要。

还需要对资源（如接受过培训的人员和合适的采样船只）的可用情况以及涉及的后勤和成本加以考虑。安全而正确地获取样本的速度将取决于天气、海洋状态和取样站点是否方便通达。此外，要衡量暂时效应时，需要调整关注区域，或可能需要调整所需的取样密度，以在符合要求的时间



▲ 图 2: 靠近船只靠岸位置（黄星）的水样取样站位置。（来源 — 在 2007 年 1 月后 MSC 那波利号 (MSC NAPOLI) 搁浅后在莱姆湾进行的环境监视，以评估其影响。第 61 号 CEFAS 水生环境监视报告 — <http://cefas.defra.gov.uk>）。

取样设计	与泄漏后监视相关的主要特征
判断取样	易于实施、“常识性”方法，尤其适合指纹识别和以证实为目的的工作量少的监视计划。这是一种基于取样个人的判断的非概率取样方式。
简单随机取样	样本从较大的组中完全随机选择。符合统计学原理，易于在同质区域（开放水域、绵长均匀的海岸线、渔场）实施；难以在海岸变化大和污染程度变化大的区域使用。
分层随机取样	简单随机区域的“判断”型变体，区域划分为情况相关的亚组（或层），从中进行随机取样。适合在大取样组内的亚组各不相同的异类区域（特征多样化）。
系统（网格）取样	适合几乎没有已知变化的大型区域适合，尤其适合可以进行横切的船只取样。不太符合统计学，统计学中可能会系统地涉及其它变量（如其它污染源）。
分群取样	高效的多阶段方法，可以对第一阶段（经常采用网格设计）确定的热点区域进行第二次更为详细的研究。
并合取样	极为高效的分阶段方法，可以通过组合分析样本对大型区域进行筛查。不适合在污染高度变化的区域适合。

▲ 表 2：泄漏后监视中样本站分布的典型统计学方法。

内获取样本。在所有情况下，时机选择和总体计划设计均应考虑分析实验室处理样本可能需要的时间及需要以什么样的速度提供结果。例如，在调查渔业是否受到泄漏影响时，取样和分析的时机选择可能受到为关闭或重新开放捕捞决策提供数据的需求的影响。

成本预算

监视计划的付款责任取决于事件或破坏发生的国家 / 地区内适用的法律体制。无论由谁支付费用，一个不错的做法是在此过程的早期阶段编制包含分条细列预算的提案（表 3）。在必要的情况下，可以在工作开始前与支付赔偿的机构进行讨论。

通常，监视的总体成本应该反映所涉及的工作规模、进行调查的频率、样本或取样站的数量、所需的分析类型，并与所处理问题的规模相称。不过，由于有些成本是固定的（例如船只租用成本），每个样本的最终成本并不一定受到所获取的最终样本的总数的影响，可能有机会在几乎不会产生额外成本的情况下获取比最低样本数更多的样本。不过，由于分析成本倾向于直接与样本数量相关，因此经常建议仅分析最低数量的样本，并将剩下的样本保留在相应的储放设施中，以供以后需要时使用。

使用分阶段方法是保持监视成本相称的另一个战略。与可能在泄漏后不久就进行的初期阶段取样不同，后面阶段通常范围更窄一些。需要尽早考虑终止监视计划的标准，不过污染物监视通常在检测到已恢复背景水平时立即结束。

实验室选择

应该在计划设计阶段由所有各方选择并认可承担所获样本分析任务的实验室。实验室必须具有处理预期数量样本的能力，并提供达到计划目标所需的技术。可提出一些初步的问题来确定特定实验室是否适合要求，包括：

- 实验室技术人员是否有分析碳氢物的经验和资质？
- 实验室是否有所需的设备（主要是 UVF、GC-FID 和 GC-MS，本文稍候将详细介绍）？
- 实验室是否通过了国家 / 地区认证或获得了国际认可？
- 配备了哪些质量保证和质量控制程序？
- 是否能够优先于例行活动进行油类泄漏相关工作？
- 筛查样本和进行分析的相关成本如何？
- 将如何报告结果？
- 如果需要，实验室是否愿意出庭说明和申辩其结果？

背景	取样	分析	后勤
<ul style="list-style-type: none"> • 案例名称、日期、位置 • 姓名和科学团队从属关系 • 目标、方法和程序 	<ul style="list-style-type: none"> • 期间和频率 • 地理范围 • 样本类型 	<ul style="list-style-type: none"> • 承担分析工作的实验室 • 分析计划和相关成本 • 承诺的报告发布日期 	<ul style="list-style-type: none"> • 设备和材料的说明及成本 • 任何特殊后勤支持的成本 • 差旅和食宿需求的成本

▲ 表 3：预算的典型组成要素。

质量控制

为了保持取样和分析的高质量，每个监视计划都应该包含两个关键要素：

- 质量保证 (QA)，以确保配备了流程和程序来核查监视计划的各个方面（如取样和分析）按照正确的方式进行（流程审核）；以及
- 质量控制 (QC)，以确保监视计划实现原来计划的目标（成果核检）。

为了进行质量控制，可能会按照多种方式对样本分类，分类方式是在样本采集之前决定的。

- 拆分样本：每个完全均质化的样本在采集之后分为数份，为两方或多方提供独立进行分析的机会；
- 现场重复样本：在相同位置使用相同的设备和过程采集应该完全相同的两份或多份样本。此类样本用于测试样本变化，实验室通常不知道这些是相同的样本；或者
- 实验室重复样本：将提供给相同实验室的拆分样本进行分析，不过将其作为两个不同的样本描述。这些可用于检查实验室分析的精度。

实施取样和监视计划

收集的现场数据和信息的类型和范围取决于所执行的监视的目标。例如，为了监视消散剂应用的成效，除了由接受过培训的观察员目测观察外，可以使用紫外线荧光测定法 (UVF) 来收集关于水体中油类浓度的数据²。显然，为了对决策有用，现场调查的结果需要及时地转发到指挥中心。

尽管航拍监督对于收集油类在海上的总体地理分布数据非常有用，但是旨在快速记录海岸浸油情况的更为详细的海岸线调查提供了可帮助确定适当清理技术的关键信息。除了书面说明和草图外，海岸线调查的常见做法是，使用照片和视频记录调查结果。对于航拍监督和海岸线调查，使用 GPS 数据记录图像的做法非常有用，这样能够方便地引述数据和信息³。

在泄漏时的油类属性和环境条件表明大量油类可能下沉的情况下，可能需要进行水下调查，以确定是否出现了这种情况，并确定所有受影响区域的范围。此类调查可以通过各种方法实现，如目视评估等，可以由潜水员进行，或通过遥控操作潜水艇 (ROV)、声学传感器或声纳或机械方法进行。在以往案例中，采用锚定在固定位置或在海床上拖曳的吸油材料形式的机械方法（图 3）曾用于检测是否存在下沉的油类。

无论所收集的现场数据和信息的类型如何，都应该制定 SCAT（海岸线清理评估技术或团队）这样的方案来确保数据和信息收集方式的准确性和一致性。而且，承担调查工作的人员应该接受过适当的培训。收集的任何现场数据或信息都应适当地分类、存储和归档，以便将其与可能进行的任何其它监视研究的结果建立联系。

样本采集

样本采集过程应遵循国际最佳做法，应在监视计划中予以详细描述。此方法确保取样团队在现场遵循相同的规程，并有足够的信息帮助正确解读结果。如果遵循了国际认可的最佳做法，则在法庭成功申辩的可能性会增加（如果有需要）。表 4 中提供了各类样本数量的指导原则。

源样本

监视计划中要尽早获取的最重要的样本是所有潜在的源位置中获取的清洁且经过验证的油类样本（图 4）。事故源时已知（如断裂管道或船只油箱）且可以进入时，样本可以由具备资质的人员直接采集（图 5）。事故源未知，可能需要从多个可能的事故源位置采集样本。油舱中的油类通常可以从一个位置取样，而燃油舱或舱底的内容物足够均质可从单点取样的情况非常罕见，通常会从多个箱中的多个深度采用（通常是顶部、中部和底部）。

油类样本通常在油舱或燃油舱装载到船上时采集，这些样本按照标准操作规程保留，以

² 请参见关于使用分散剂处理油类泄漏的另一篇国际油轮船东污染组织文章。

³ 请参见关于海运油品泄漏的空中观察和海岸线油类识别的其它国际油轮船东污染组织文章。



▲ 图 3：使用吸油物进行潮下取样。配有吸油物的框架在海床上拖行。收起时在吸油物上是否存在油类可帮助确定沉底油类的地理分布范围。

说明	指示所需的最低数量（按样本）
纯油源样本	30–50 毫升
被污染的油类（如乳化油类、来自海中或岸上的油类、含砂油块等）	10–20 克
带油残片、搁浅油类的砂石	油类含量约 10 克就足够
沾油羽毛	根据存在的油量，5–10 根羽毛
鱼类、贝类（肌肉和器官）	多个同种个体，总重为 30 克
含肉眼可见的油类的水样	1 升
不含肉眼可见的油类的水样	3–5 升

▲ 表 4：关于碳氢物分析所需的典型样本量的指导原则。

便出现商业纠纷时使用。这些样本可以作为源样本使用，但务必注意，使用这些样本可能涉及质量和保管链问题，尤其是存储在塑料容器中时更要注意。当油类泄漏源是沉没的失事船只，不可能进入进行取样时，可以在油类上升到失事船只垂直上方的海面时采集油类样本。如果要稍后对失事船只进行去除油类的作业，可能可以从打捞团队获得少量的回收油类。对于不可能从源位置获得样本的情况，可以使用从受污染海岸采集的多个油类样本作为替代源样本。

泄漏油类取样

漂浮或搁浅油类的样本的采集通常用于为了确定油类来源的定性用途，而不是用于为了确定浓度的定量用途。分析通常只需要少量的油类（即 10–20 克）。水面样本可以使用取样瓶或吸油垫直接采集（图 6）。如果进出方便，可以使用系在绳子上的桶或使用延伸杆采集样本。样本应该从取样船的船头采集，应避免取样船只船体和发动机废气或冷却水中带来的任何油光泽。



▲ 图 4：在事故船舶的船上轻轻倒出燃油舱燃油源油样本。

有时候会需要较薄的油光泽样本，有这方面的专家级取样设备可用，如细孔取样网等。从油光泽中只能获得非常少量的油类，要取样的油膜越薄，样本受污染的风险越大（例如，从取样船只或设备带来污染）。对于质量控制，未使用的取样网或吸油垫应该提供给实验室作为与样本一起分析的参照。

搁浅在海岸线或位于潮间带中的油类的取样程序通常涉及到将油类弄碎或收集到样本瓶中（图 7），并要谨慎操作，以最大限度减少砂和残片含量。

环境样本

旨在对碳氢物污染进行定量的取样和监视需要将目标从泄漏油类转到对可能被污染的媒介进行取样。第一步通常是从水体中采集样本，因为这是油类移动而到达海岸线、沉淀物和生物区的通路。根据在监视开始时决定的目标，水体中油类浓度升高的证据可以促使将取样范围扩大到其它目标（如生物区）。在其它情况下，可能会启动密集的环境监视计划（即污染物监视和生物影响评估），需要全套水、



▲ 图 5：船舶源取样是高度技术化而且具有潜在危险性的活动，应该由船员、海洋调查员或打捞人员进行。



▲ 图 6：使用清洁的吸油垫捕获漂浮油。

生物区和沉淀物样本，但只有在污染的范围已经非常大且其影响可能很大的情况下才有必要这样做。

务必确保整个取样工作中的一致性，并尽可能确保以可比较的样本为目标。例如，在一系列位置的监视贝类污染情况时，应该在所有位置采集相同种类的贝类（最好处于生命周期的同一阶段），以进行有意义的定量比较。

每个样本所需的量取决于计划进行的分析数量和类型、样本中的油类浓度、参与组织各自要求拆分样本数量及质量控制目的所要求的副本或重复样本数量。对于相对较纯的油样，现代化的检验程序只需要非常少的样本（表 4）。

水域取样

水体监视可以就地进行现场测量，或通过手动采集样本并保存后送到实验室进行分析。现场测量包括基本水质和油类特定的检测，二者都需要使用提供实时输出的便携式现场传感器：

- 电子水质传感器可测量各种化学和物理变量，如 pH、盐度、传导率、化学需氧量 (COD) 或生物需氧量 (BOD)。这些与油类污染物监视没有直接联系，但可能在相关的生态监视研究中有用。
- 特定于油类泄漏的现场传感器，如牵引式多波长荧光计，在应对作业中的应用比环境监测更多，例如用于指示分散油类浓度等。

可以在封闭位置将专家级取样设备下放所需的水深度来手动采集水样（图 8）。放到所需的深度后，设备将打开采集样本，然后关闭返回，以避免海面上可能存在的油膜造成的污染。手动采集供后续实验室分析使用的方式仍然是污染物监视的主流做法。



▲ 图 7：在海岸线上对搁浅油类取样。

沉淀物取样

降解过程中沉淀物中的总油量或油类组成变化的定量测量通常是污染物监视计划的一部分（图 9）。潮下沉淀物通常从船只取样，由于油类移动到此类沉淀物中的比率非常低，经常会使用浅水抓斗装置。设计良好的抓斗装置能避免内容物在撤回期间被水流冲出，两次样本采集之间使用适当的溶剂漂洗抓斗装置是很好的做法。有时候会使用潜水员操作的挖核器，尤其在怀疑之前存在来自其它污染源的污染时。潮间带沉淀物的取样工作通常使用刮面器或挖核器进行。得出的结果可以用于协助作出何时终止清理作业的决策等。

生物区取样

生物区的取样过程多种多样，将取决于要包括的生物体和栖息地，例如底栖和浮游物种（即靠近海床或在水体中的物种）、深海物种（生活在海床上或沉淀物中的物种）以及鸟类和哺乳动物。研究重点应该放在生态系统内的趋势上，而不是尝试记录相对于正常情况的所有波动，经验表明，使用关键的指示性物种的方式是最好的方法。这些物种通常具有经济重要性，或其性质或与污染物的接触能很好地说明污染情况（例如蚌类和其它滤食动物）。样本可以特定于器官（即一系列个体的同一个器官）或所有柔软部分均同质化的完整生物体（图 10）。

生物区样本可能涉及到野生物种和养殖物种，如海洋养殖设施中的物种。海洋养殖应该与设施经营者一起取样，最好能在取样团队选择的具有代表性的位置进行。对于商业开发物种的野生种群，可以从渔民手中购买样本，不过这个方法在鱼类在何时何地捕捉及交叉污染风险方面有很多质量



▲ 图 8：将水样从样本采集设备中轻轻倒入玻璃瓶中，以获得拆分样本。

控制问题。与渔民一起采集样本可以避免这些问题，可能是最适合家庭渔业（捕捞限于当地，并每天送到岸上）的方式。

鸟类、哺乳动物或其它更高级的生物体并不是油类污染物监视中的典型测试对象，因为污染通常可以通过肉眼看到，其情况变化比较低等的指示性物种（如蚌类）的程度更甚。沾油动物的样本往往从尸体采集，或以非侵入的方式从动物活体采集，例如沾油的羽毛或沾油的毛皮。

处理样本

在很多情况下，在采集样本时并不知道样本和分析结果的最终用途。为了保持样本的完整性，以

便稍后使用，应该遵循适当的处理和储放方案。现场的样本处理涉及储放、标贴、实验前安定、包装、运输和流程管理。关联的时间文档称为保管链。

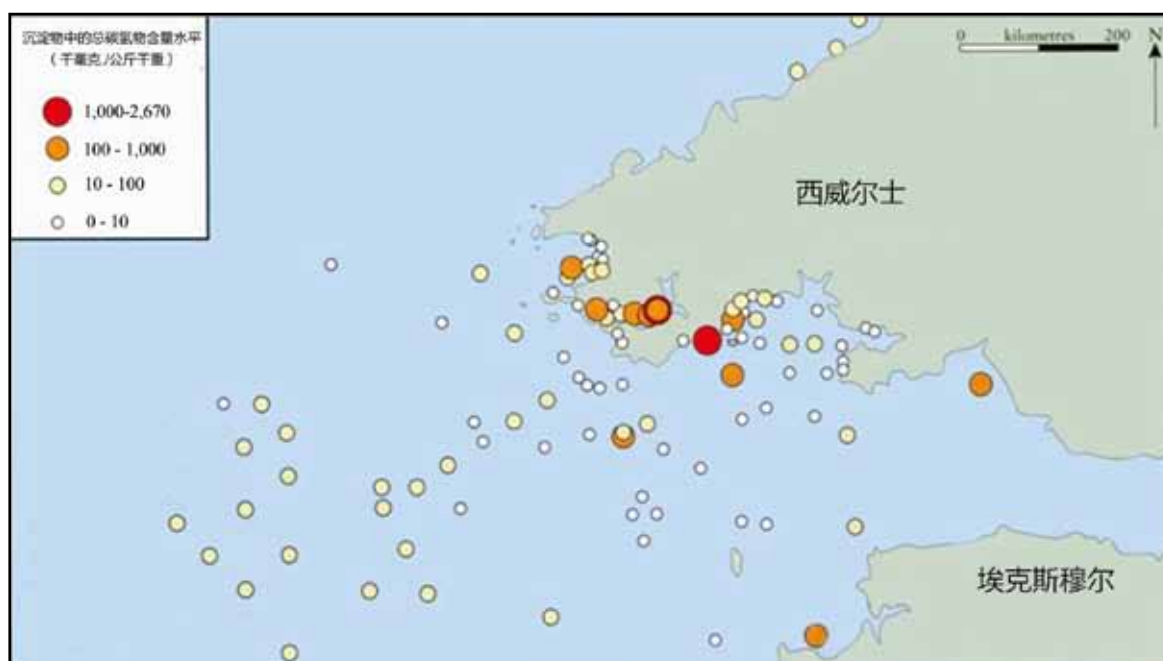
储放

储放是取样工作固有的一部分，因为材料要立即直接放入存储容器中，以最大限度减少交叉污染和退化。在某些情况下，容器本身作为采集设备使用，如撇取漂浮油或将沾油砂粒装入玻璃瓶中的情况。应该事先计划，确保提供适当的储放容器。除非没有其它合适的容器可用，否则应避免使用非专用容器（如塑料水瓶等）。如果有溶解塑料造成污染的风险，则可以对容器本身进行分析，并作为分析结果的参考使用。表 4 和图 11 和图 12 中提供了合适储放容器的很多特征。

标贴

储放和标贴应该一起予以考虑，因为保管链在样本放入容器中就有效地开始了。空间和时间取样计划将需要多个容器，造成容器混淆和不当混合的范围很大。为了避免这个问题，应该准备标准样本标签，让使用者能够为样本分配唯一标识参考数据，并提供关于样本在何时何地由何人采集的详细信息。如果样本为通过联合取样采集的，应该包括取样的见证人的姓名和联系详情。

应该维护一个平行的样本目录（例如采用电子表格的形式），在其中记录相同的信息，并将其副本提供给相关方和分析实验室。在将样本从一方



▲ 图 9：在英国威尔士“海皇后” (SEA EMPRESS) 石油泄漏后为评估油类造成的海床沉淀物污染而选择的样本站位置。由于这次大规模泄漏的发生，在泄漏后约六个月可以看到沉淀物污染，主要持续存在于靠近岸边的浅水中。（来源：海皇后石油泄漏的环境影响；海皇后环境评估委员会 (SEEEC) 1998 年）。

转移给另一方时，除了记录纯粹的科学变量外，取样团队还应该记录与样本保管相关的名称、日期、地点和其它详情。保护保管链能确保样本不会面临任何有意或无意的物理篡改、交叉污染或任何其它更改的风险。

安定

很多样本将在一定时间内保持稳定，因为它们不会特别容易退化（例如风化的焦油球或纯油），或者已冷却或冻结（如鱼类组织样本），因此可以保留在原始样本容器中。根据监视方案，如果不会立即送到实验室，水和沉淀物样本可能需要在现场安定，以便确保其持续的完整性。样本可能会被酸化或添加了杀虫剂，通常的做法是在采集样本的当天进行溶剂提取。即便冷冻，仍然存在样本退化和材料被吸附到容器壁上的风险。因此，某些分析方案对样本允许的储放时间可能有非常严格的规定。必须注意仅提取最纯的溶剂。溶剂中的污染物可能会混淆或妨碍感兴趣的化合物的检测，特别是这些化合物的浓度非常低时更容易出现问题。

包装和运输

在运输前，样本主要存储在玻璃器皿中，需要仔细包装，以避免样本破损、丢失或降解。如果能够将样本安全地送到分析实验室，那么带隔断的填充箱和硬壳保温冷藏箱同样有用。在所有情况下，好的做法包括最大限度减少油类样本中的游离水，注意生物材料的适当温度、在任何外容器上使用时间名称进行标贴及在包装中随附一份样本清单。由于每个国家/地区的境内运输要求各不相同，因此应该向当地寻求建议。样本的国际运输通常更为复杂，可能需要遵循最严格的包装和标贴规则，油类的特征（例如闪点）将影响所需的包装和运输模式。

石油污染的分析技术

选择了合适的实验室，并在现场采集样本后，就可以开始样本分析的工作，以确定油类的来源或污染程度。虽然不希望非专业人士承担分析任务，但对于涉及监视计划的规划和执行的人士而言，了解不同分析技术及其用途将非常有用。

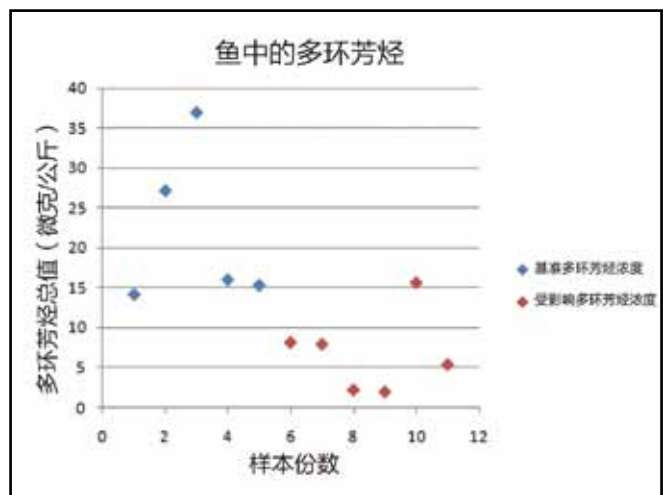
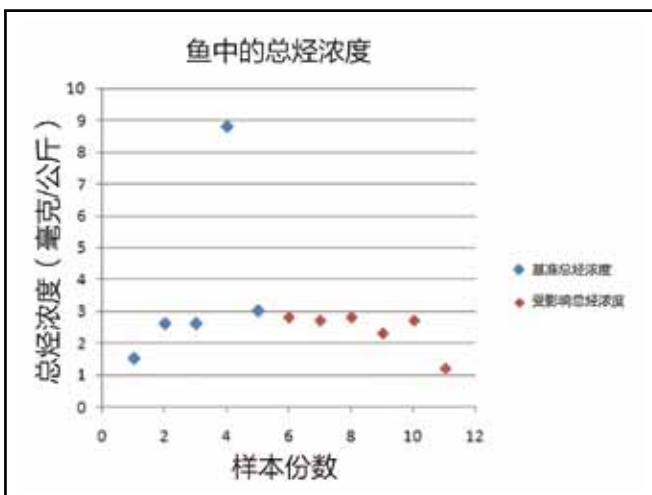
为了清楚使用特定分析技术来确定样本中的污染程度和确定特定油类的来源的原理，油类化学组成的知识将会很有帮助，背面的框 1 中对这些知识进行了总结。

没有任何单个国际标准或一组指导原则适用于全球的所有油类污染样本分析。不过，在样本分析期间可以遵循一系列国际和国家级别的相关方案，包括以下机构颁布的方案：

- 美国材料与试验协会 (ASTM);
- 美国石油学会 (API);
- 美国环境保护局 (EPA);
- 加拿大环境部长委员会 (CCME);
- 欧洲标准化委员会 (CEN); 或
- 俄罗斯的欧亚标准计量认证委员会 (EASC)。

在送达实验室后，应在分析工作开始之前对样本进行清洁，以去除无关材料和浓缩碳氢化合物。最常见的技术是溶剂提取和色谱法。此准备步骤的性质取决于要使用的最终技术和样本的情况。例如，将需要从沉淀物样本中去除残片，必须将乳状液分解（即将水释放并倒出来）即对油类样本提纯（即便看起来明显很纯）（图 13）。

图谱法是移动相（包含要提纯的样本）通过固定相的众多方法之一。用于对碳氢物分子组进行分馏和分离的两个最常用技术是柱层析气相色谱法



▲ 图 10: 为了测定鱼类体内的总烃 (THC) 和多环芳烃 (PAH) 浓度而进行的测试的结果。

(GC) 和高效液相色谱法 (HPLC)。GC 的使用范围相对广泛，而 HPLC 则需要高度复杂的设备和纯度非常高的溶剂，因此后者使用相对不太普遍。不过，HPLC 提供更高的敏感度和可靠地确定多环芳烃 (PAH) 的能力。

为了推动和加速整体流程，通常对样本进行筛选，以选择有助于进行更为详细的研究的样本，从而减少需要进行全面分析的样本数量。通常采用气相色谱法和火焰离子化检测 (GC-FID) 这样的组合型技术来进行筛查，不过也可能使用 UVF 光谱和感官检验。感官检验涉及到使用在受控环境中工作的接受过培训的感官评估员小组来评估可疑样本和控制样本的味道、气味和外观⁴。

紫外荧光法 (UVF)

紫外荧光光谱法是一种定性和定量分析方法，可以用于使用便携设备就地检测水体中的油类存在情况，或在实验室中检测样本中的油类存在情况。受测材料暴露在特定频率的紫外线照射之下，这样可刺激芳香物族化合物分子发出荧光（即发出低能量光），然后被光谱仪所检

测到。油类特定的多环芳烃组成让 UVF 成为了一种适用于确定不同油类型（图 14）和样本中的总烃含量 (THC) 的技术。另外，此技术还能检测水中非常低的油类浓度，只要针对已知源样本进行了校准，通常现场最低可至 1.0 $\mu\text{g/l}$ （即 ppb），实验室最低可至 0.1 $\mu\text{g/l}$ ，沉淀物中可达到 1.0 mg/kg（即 ppm）。UVF 被视为是一种快速而非常有价值的筛查技术，但并不常用于对源样本进行确认，因为这样将有必要对框 1 中列出各种油类化合物进行分析。UVF 不适合进行指纹分析，因为非碳氢化合物分子的存在可能会发出相同的激发波长，可能与多环芳烃信号产生干涉。

气相色谱法 – 火焰离子化检测 (GC-FID)

GC 是将油类中复杂的碳氢物混合物分离为组分分子组的分析技术。少量液体样本注射到狭长的金属柱中，后者以受控的方式加热到预先确定的温度范围。金属柱用载气（通常为氦气）持续冲刷。金属柱表面的特殊涂层在蒸发的化合物通过时与其发生反应，按其化学属性（如挥发性）将分子分离，导致每种化合物在不同的时间间隔或阻滞时间洗提出来。



▲ 图 11：进行了适当标贴的广口玻璃瓶中的燃油舱样本（在本例中为来自单个油箱的拆分样本）。



▲ 图 12：光亮的窄口瓶（左）或塑料瓶（右）不是用于监视用途的理想容器。

通用指导原则	备注
样本应该置于干净的玻璃瓶中，并使用 Teflon 瓶塞或带干净铝箔作为内衬的瓶塞盖住。流体源油可以采集在不锈钢容器中。固体或半固体样本可以使用未使用过的棒棒糖棒或木质压舌板进行转移。应该佩戴丁腈手套（图 7）。	塑料容器可能会污染样本。样本罐应该首先使用合适的溶剂进行漂洗。对于每个样本必须使用新的取样棒。手套可防止在处理期间油类接触皮肤，从而避免造成污染的风险。
使用琥珀瓶或在运输和储放期间将样本置于阴暗处。	这样尤其可防止水体样本出现光氧化和降解。
对于纯油和沾油沉淀物，请使用 30 毫升或更大的样本罐。推荐使用具有广口螺旋帽的样本罐。	窄口和薄玻璃器皿不便于样本装入，可能会在匀速期间破损。
切勿用液体或沾油残片将样本罐完全装满。	留出一定空间应对出现热膨胀的情况，尤其是存在冷冻风险时。
样本罐应该正确标贴，标明唯一参考编号、位置、时间和日期、样本类型及其它相关信息（如深度）。	在取样前，准备标准标签，在其中包含尽可能多的信息。使用油性笔，并使用透明胶覆盖标签，以保持其易读性。
拧紧盖子，以避免溢出和证明保管链上没有发生篡改的情况。	使用胶带确保瓶盖紧闭。
避免污染。	在两次取样期间使用溶剂对取样设备进行清洁。禁止吸烟！远离船舶废气或类似成分。

火焰离子化检测工具 (FID) 是能对在使用氢焰烧灼 GC 柱时从中洗提出的分子燃烧释放的离子作出响应的传感器。较轻的分子比较重的分子更快通过金属柱, 因此在金属柱中的保留时间可能与分子重量相关, 通过引入标准, 可确定各种不同的碳氢物。特定化合物的浓度越高, 其 FID 信号就越强, 在经过计算机处理后, 将在得到的图谱上显示为一个峰值。GC-FID 可以作为相对较快的组合型筛查和指纹技术使用, 同时也是适合碳氢物的定量测定的技术。

因为每种油类具有自己的分布模式或指纹, 很多油类样本可以通过泄漏样本和源样本的 GC-FID 图谱对比研究加以确定。在某些情况下, 仅 GC-FID 可能就足以确认两个样本匹配 (如泄漏样本与源样本不匹配), 尤其是相对较新鲜的油类更是如此。当结果是非结论性的, 只有可能的匹配, 或需要对特定化合物进行定量时, 进一步的研究工作可能需要精度更高的 GC-MS。

⁴ 请参见关于油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响的另一篇国际油轮船东污染组织文章。

框 1: 油类组成成分

油类是高度复杂的化合物混合物, 包括从简单的低分子重量碳氢物分子到树脂及包含金属和其它元素的其它密集高分子的各种物质。在很多油类泄漏事件中, 监视计划的重点将是确定**总烃含量 (THC)** 或同义的**总石油烃 (TPH)**, 即脂族和芳香族化合物的总和。THC 通常描述环境样本中出现的碳氢物的可测量, 但并不提供关于各个组成成分的信息。由于测定的 THC 量取决于使用的提取方法和提取物对红外线的吸收情况, 因此结果取决于所使用的方法。需要样本内 (如海鲜产品内) 油类污染的性质的更多详情时, 为了确定油类泄漏的来源时, 可以对各个碳氢化合物进行单独分析。

正烷烃 (n-alkanes) 是由碳原子直链组成的化合物, 通常在新鲜原油和馏分产品中占有很大的比例。低分子重量的正烷烃对蒸发和生物降解很敏感。因此, 风化的油类含正烷烃的比例往往低于新鲜油类所含比例。异构烃 (所谓的支链化合物) 同样在新鲜油类中含量丰富, 也同样对生物降解敏感。有些异构烃化合物可以作为生物降解指示剂使用。

脂环族化合物是环状饱和碳氢物, 对生物降解有一定的抵抗力。术语“饱和”指分子完全氢化, 只有单碳-碳键。其相对稳定性让部分高分子重量脂环族化合物尤其适合作为确定各种油类的独有特征使用。此类化合物被称为生物标识*, 因为它们是在油类形成地质学过程中从生物材料转化而来的。

脂肪族碳氢物由碳原子的直链、侧链或 (非芳香族) 环链组成, 包括正烷烃和脂环族化合物。

芳香族化合物是非饱和环状碳氢物, 通常具有交替存在的双或单碳-碳键和一个或多个六个氢原子组成的环 (苯环), 包括挥发性有机化合物 (VOC) 和多环芳烃 (PAH)。VOC 包括会快速蒸发的低分子重量化合物 (例如, 苯和甲苯), 因此 VOC 的样本采集和分析是需要专用技术的具有挑战性的工作。

多环芳烃 (PAH) 是有毒的致癌化合物, 因此是很多环境监视计划的焦点所在。尤其经常对 US EPA (美国国家环保局) 确定为“首要污染物”的 16 种 PAH 进行测定, 在关于油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响的另一篇国际油轮船东污染组织文章对这些 PAH 进行了进一步讨论。当油类形成时的 PAH 混和物变化意味着每种油类具有自己独特的识别标志或 PAH 特征。这一点加上对风化作用高抗耐性, 让 PAH 成为了辨别不同油类的重要方法。PAH 研究还可用于帮助确定水污染的可能源头, 因为此分析能够对油类的火成 (燃烧产物)、造岩 (来自原油) 和生物 (来自生物过程) 来源进行区分。

* 在环境监视中, 术语“生物标志”可以像这里这样指代油类指纹识别中使用的化合物, 也可以指代动物的酶活动水平的化合物。对于后者, 请参阅关于油类污染对海洋环境的影响的另一篇国际油轮船东污染组织文章。

气相色谱质谱联用法 (GC-MS)

耦合 GC-MS 流程包括与质谱仪 (MS) 连接的气相色谱仪,能独立地检测和分析每种分子,从而可准确、高精度地检测和确定分子。质谱法是涉及四个步骤的流程:电离、破碎、磁偏转和检测正离子。通过计算不同的离子碎片并以图形加以标识,就可以得到分子的总体结果(图 15)。

由于具有非常高的解析度,GC-MS 是用于识别生物标志、挥发性有机化合物 (VOC) 和特定多环芳烃 (PAH) 的首要技术。GC-MS 检测的极限通常为 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$,但已有可检测低至兆分率级别(即 ng/kg)的技术可用,不过在监视源自船舶的海洋污染方面这种级别的检测是否有意义还有待讨论。

分析技术的选择

适当技术的选择是由监视计划的目标所决定的(表 5)。如果目标是要证明溢出样本来自所怀疑的来源,则使用 GC-FID 筛选和生物标识的 GC-MS 分析的定性分析是最常采用的方法。如果监视计划只关注环境样本中的碳氢物总浓度和记录恢复背景水平的情况,则可以使用 UVF 或 GC-FID 技术。GC-MS 通常用于生物区的分析,尤其是旨在供人类消耗的物种的分析(这种情况下可能会需要测量 PAH 的浓度)。

分析结果的解读和报告

上述分析技术的结果的解读需要具备所使用方法的全面知识和审评分析结果的经验,因此非专业人士不能胜任此任务。解读结果所面临的挑战包括油类在取样前遭受的风化过程以及油类中常见的碳氢化合物的其它造岩和生物来源。



▲ 图 13: 使用分离漏斗对油类样本进行萃取(图片有 CEFAS 惠供)。

油类分析的结果和结论应该依据事件后在现场的观察结果予以解读。为了全面了解油类泄漏导致的污染的范围和通路,需要相对于每个位置的背景碳氢物水平解读不同位置采集的沉淀物、生物区和水体样本的分析结果。

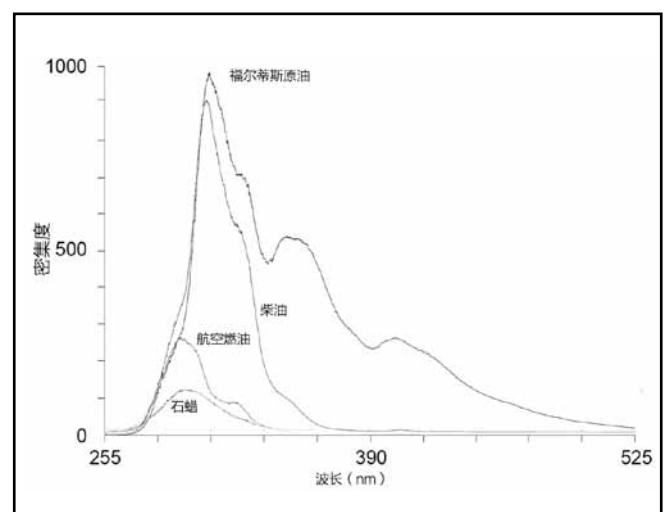
在报告监视计划的结果时,务必提供采用的取样和分析方案的详细信息。对结果的解读应该随附收集的原始数据,如绘制的图谱等。

对于肉眼观察和分析的样本相对较少的定量数据,数字表格、图形和文本描述可能就足够了(图 16)。不过,在油类污染分布在复杂地形的情况,可以使用地图对数字表格进行补充,在其中标明观察到的污染程度或各个样本站的结果。

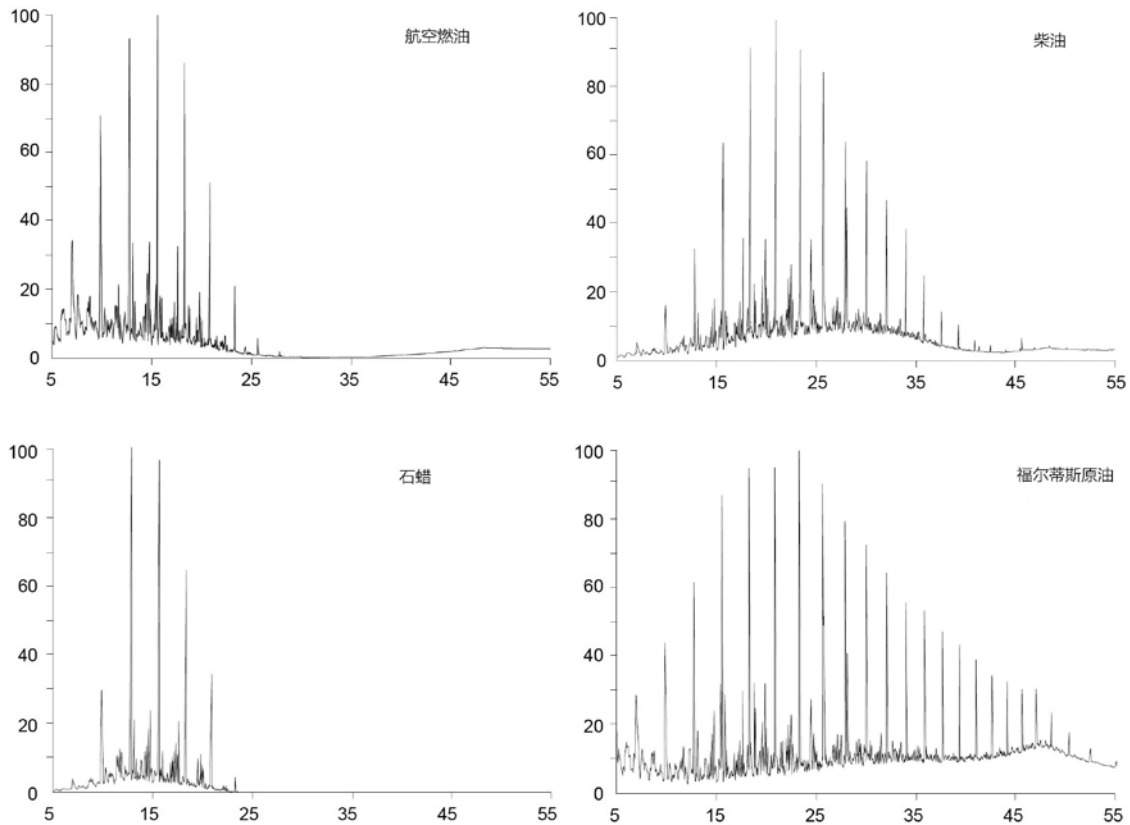
监视活动收尾

在监视计划的设计阶段,应该考虑任何现场取样工作的预计持续时间和用于终止计划的标准。考虑到很多因素(包括自然出现的因素和由于应对工作而衍生出的因素)将影响海洋环境内油类污染的持续存在情况,因此很难预测监视工作的合适持续时间。因此,监视计划通常是一个反复的过程,之前取样工作的结果作为基础确定下一次取样活动的要求和范围,并帮助作出关于何时执行监视计划的决策。

并非所有泄漏事故后都有必要进行针对环境中油类的监视计划。对于油类分布在较大的地理范围内、可能会导致巨大的环境破坏、对海鲜安全带来风险或监视可以为应对活动提供直接帮助的重大事故,通常才最适合实施监视计划。监视工作务必在科学严谨性、客观性和平衡性的指导下进



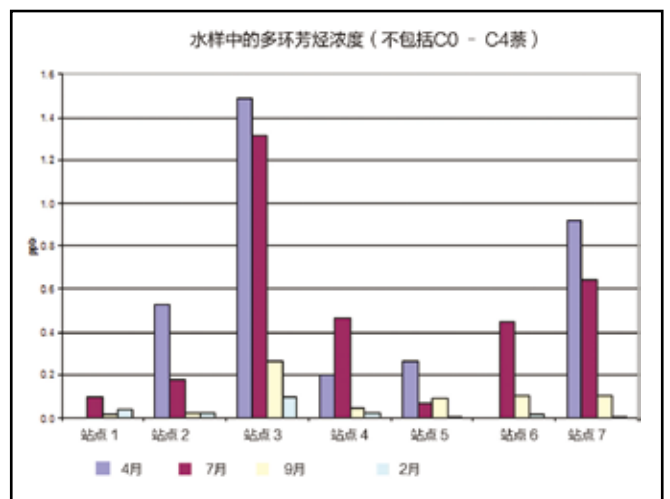
▲ 图 14: 四种不同类型的油类的组合 UVF 发射光谱。这可以与背面给出的相同油类的 GC-MS 图谱进行对比。(根据第 12 号 CEFAS 水生环境监视报告 - 海洋样本碳氢物和 PAH 分析方法(2000)改编)。



▲ 图 15: 航空燃油、柴油、石蜡和福尔蒂斯原油四种产品的总离子图谱 (GC-MS)。柴油在轻油侧的特点突出。福尔蒂斯原油具有轻油和重油两方面的双重特征。(根据第 12 号 CEFAS 水生环境监视报告 – 海洋样本碳氢物和 PAH 分析方法 (2000) 改编)。

行, 以提供可用于评估油类污染的规模和范围的可靠信息为目标。在某些情况下, 执行到位的污染取样和监视计划可以与更长期、更复杂的环境影响研究一起进行, 或为后者的实施提供正当的理由。

虽然在事件发生后可能会面临政治和公众压力而不得不实施广泛的监视计划, 但有必要监视可能受到影响或没有受到影响的所有资源和生态系统的情况很罕见, 也不甚实际。根据国际油轮船东污染组织的经验, 规划合理、重点突出且具有与事件直接相关的清楚目标的监视计划是最可能有效的计划。



▲ 图 16: 监视近岸水域 PAH 在海岸线清理期间恢复到背景水平的研究结果。站点 1 和站点 6 是参考站点。

化合物	UVF	GC-FID	GC-MS
正烷烃		X	X
异构烃		X	X
生物标志		X	X
VOC		X	X
PAH	X	X	X
THC	X	X	

▲ 表 5: 用于分析分子组的分析技术。

要点

- 如果在泄漏规模很小而资源未受到威胁时，或油类对特定资源的影响广为人知时，可能并非总有必要进行监视。
- 联合取样和分析提供了建设性的合作监视方法。
- 监视计划应该清楚地定义研究目标及实现这些目标所必需的信息和数据。
- 目标和事件特定因素决定取样站的最佳位置和数量。
- 应该清楚地预算计划的成本，而且在必要的情况下，可以在工作开始前与支付赔偿的机构进行讨论。
- 选择的参考站点应该能够代表受影响和所研究的栖息地类型。
- 应该优先采集源样本，不过可能需要具有相关资质的人员参与，以便进入封闭的空间进行采集工作。
- 应该遵循适当的处理和储放方案，以确保其分析的完整性。
- 在监视计划中较早采集的样本的分析结果能够帮助确定进一步的监视工作的范围和持续时间。
- 用于分析样本的技术将取决于监视的目标，不过筛选技术能够帮助限制需要进行更为复杂的分析的样本数量。

技术资料论文

- 1 海运油品泄漏的空中观察
- 2 海运泄漏油品的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的浮木档栅应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海运油品泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海运油品泄漏的应变计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。国际油轮船东污染组织为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴国际油轮船东污染组织技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得国际油轮船东污染组织明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999

电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950

网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



油类污染索赔 的准备和提交

技术资料论文

15



导言

油类溢出可能会给各种组织和个人造成财务损失。尽管相关方作出了最大的努力，随之而来的清理不仅漫长而且成本高昂。油类可能到达海岸线，造成财产损坏和带来经济损失，尤其会影响当地渔业和旅游业。这些因油类泄漏而造成的财务损失可能有资格获得赔偿。

本文就要记录的信息及支持索赔所需的文档或其它证据提供指导。另外还列出了索赔应该遵循的汇编和提交流程。本文主要适用于来自船舶的油类泄漏，不过很多要点将与其它来源的油类泄漏相关。

概述

源自船舶的油类泄漏而导致破坏的赔偿支付很大程度上取决于事件或破坏发生的国家/地区内适用的法律体制。很多国家/地区签署了旨在加速赔偿支付的一个或多个国际赔偿协定¹。对于未签署适用公约的国家/地区，国家级法律将决定可获得的赔偿²。

赔偿体制的详细说明不在本文的讨论范围之列。不过，在大多数情况下，船只的第三方责任承保人（通常为保护和赔偿 (P&I) 协会）将是赔偿的主要来源。对于运送低挥发性油类的油轮，索赔支付可能会涉及国际油类污染损害赔偿基金组织 (IOPC Funds)。在其它情况下，可能由国家级政府提供赔偿。无论期望的赔偿来源是什么，索赔的提交通常都要遵循规定的程序，索赔方承担证明其损失的举证责任。为了让支付赔偿的机构能够完全了解索赔的情况，应该提供足够且合适的支持信息。

可以在各个赔偿体制相应的一系列索赔手册上找到关于索赔准备和提交的详细信息。具体来说，IOPC Funds 的索赔手册³ 虽然严格限制仅适用于涉及 IOPC Funds 的事件，但提供了对很多其它管辖范围的非常有帮助的指导信息，包括在非 IOPC Funds 国家/地区发生的事件、涉及油轮之外的其它船只的事件及其它海上事件。本国际油轮船东污染组织文章并不会详细讨论索赔评估或理赔的详细流程，旨在作为索赔手册中提供的指导的补充信息

¹ 国际制度包括适用于油轮的低挥发性油类泄漏的民事责任和基金公约 (Civil Liability and Fund Conventions)、适用于船只燃油舱油类泄漏的油舱公约 (Bunkers Convention) 及适用于船只的挥发性油类的 HNS 公约 (HNS Convention, 尚未生效)。也可能会涉及海事赔偿责任限制公约 (Convention on Limitation of Liability for Maritime Claims) (请参见 www.imo.org)。低挥发性油类的定义可以在关于海运油品泄漏的最终归属的另一篇国际油轮船东污染组织文章中找到。

² 例如，美国 1990 年油污法 (US Oil Pollution Act 1990)。

³ www.iopcfund.org/publications.htm



▲ 图 1: 在船只发生油类泄漏的情况下，可能可以从一系列来源获得对产生的损失的赔偿，具体取决于适用的法律体制。

使用，并不能取代这些指导信息。另外，也不会讨论去除事故船舶或残骸中残留油类涉及的索赔。

评估流程

在很多情况下，索赔的理赔流程是通过一系列步骤完成的（图 2）。在预计会出现损失的情况下，应该尽早给予通知，并提供关于损失额度的信息。索赔方有责任提供可证明其损失的足够证据，在索赔评估过程中可能会要求提供进一步的信息和证据。因此，评估过程可能会采取索赔方和负责理赔方之间反复地交换信息的形式，直到评估流程完成为止。在大多数情况下，能够在友好的基础上就要支付的赔偿数额达成一致，而无需采取法律途径和承担由此产生的成本。

索赔通知

出现损失和提交索赔之间通常会有时间延迟。例如，对涉及不同组织产生的成本的索赔



▲ 图 2: 简单索赔的典型理赔步骤。复杂的事件或索赔可能涉及到未给出的其它步骤, 如调查和反复评估等。

进行汇编或归类整理来自各种来源的支持文档可能需要一定的时间。索赔方在损失产生后尽快就有意发起索赔正式通知船东、相关 P&I 协会或其它承保人, 将有助于所有各方工作的开展。根据事件发生的环境, 可能还需要向 IOPC Funds 或相关国家级赔偿系统发出正式通知。在大规模事件中, 当地媒体中可能会提供关于索赔通知流程的建议, 可能可以在当地设立索赔办公室加快索赔流程的进行。

如果适当, 支付赔偿的机构将派出一名代表到现场了解情况。通常, 此代表将来自承保人的当地联系机构或来自当地调查公司。在有些管辖区域, 将调动其它组织 (例如泄漏管理团队)。承保人或 IOPC Funds 还可以委托专家 (包括国际油轮船东污染组织) 向污染应对工作中涉及的各方和受到事件影响的各方提供建议, 不

过务必注意, 专家提供的建议并不对确定赔偿的机构产生约束力。

尽早通知索赔的一个明显优势是, 委托的专家能够及时地提供建议和协助, 例如适当清理技术和减少经济损失的措施方面的建议和协助。而且, 可以在声称的损失产生时快速地开展调查工作。另外, 还可以提供关于潜在索赔的可接受性、支持索赔所需的证据类型及应该如何计算和提交索赔方面的指导, 从而帮助避免后续验证损失的形式和数额的困难, 防止理赔方面不必要的延迟。此外, 支付赔偿的机构还能够较早地了解可能的损失, 如果预计索赔的总额可能会超出可用赔偿额, 提前通知将是一项非常重要的要求。

索赔准备

支持索赔所需的信息类型取决于损失类型, 特别是损失是由于应对事故的成本造成的, 还是由于油类影响旅游业或渔业等领域的商业机构而产生的 (图 3 和图 4)。虽然支持索赔所需的文档和其它信息的质量很大程度上取决于损失出现时记录和保留这些信息的方法, 但对于经济损失的索赔, 可能需要提供事件发生前的收入和赢利记录。简而言之, 对于所有索赔, 可能需要回答以下问题:

- 涉及谁?
- 发生了什么?
- 为什么会发生?
- 什么时候发生的?
- 如何发生的?
- 在什么地方发生的?

随着时间的流逝, 除非记录非常详实, 否则能够支持索赔、验证损失和回答这些问题的信息将逐步减少。理赔可能需要一定的时间, 如果关键人



▲ 图 3 和图 4: 劳动密集型清理活动的成本及与捕捞作业相关的损失的索赔可能需要不同类型的支持文档。

员不再能够在此期间接受质询，那么记录可能就是唯一的信息来源。与此类似，除非正确保留证据，否则就不能对后续的索赔予以证明，例如，如果未正确保留和记录生物样本，对海洋养殖造成破坏的证据可能会大打折扣。

务必注意，根据国际公约，索赔的损失应该在技术角度具有合理性。因此，索赔应该基于实际产生的成本或损失，不应过度得利。而且，应对成本的索赔应该反映实现切实有效的应对所进行的活动。

下面讨论了四种污染破坏的索赔准备：清理和预防性措施、财产损失、经济损失及环境监视、破坏和恢复。

清理和预防性措施

对于很多油类泄漏事故，在应对工作初期的紧急阶段将由于部署资源来保护敏感区域和回收油类而产生可观的成本。在后面的阶段，很多相同的资源（尤其是人员）可以用于清洁受破坏的财产和承担后续环境研究任务。本文这一部分的重点主要放在清理和预防性措施（统称为清理）的索赔，不过很多信息（尤其是关于记录保持和人员与设备的费率适用性的信息）仍然与其它类别索赔相关。

清理成本索赔的准备流程通常分为两个阶段：

- 在产生成本时保存详细的记录；以及
- 在汇编索赔信息时（通常在应对工作结束时）将记录和成本与活动进行的根本原因建立联系。

在某些情况下（如清理作业延长时），各方可能同意在活动完成前提交临时索赔。下面将讨论准备索赔的详细流程。

保存清理记录

在初期的紧急阶段，记录后续成本偿付所必要的信息的需求常常因为作业人员承担以应对工作为重点的其它任务而被忽略。不过，不能过分强调准确记录的重要性。依靠记忆进行后续索赔汇编不现实，尤其在时间长、节奏快的应对工作中更不可能。为了做到最有效，所有人员都应该承担记录自身信息的职责，并将收集支持索赔所需信息的任务分配给非常了解索赔方组织的结构和会计惯例的专门人员或小组。

在成本产生时维护全面而准确的记录能带来可接受的支出证据，将简化汇编索赔流程，并能有助于回答在后续评估过程中可能出现的任何质询。

在配备了考虑周密并频繁演练的应变计划的组织中，记录保存可能成为一种本能，所获的记录符合逻辑且条理清楚。而对于其它组织而言，这项任务可能过于繁重，缺乏条理。因此，预计到此任务的组织将准备更充分。

完成应对工作所必要的时间及由于此工作而产生的文档的数量和范围将很难预测。由于油类泄漏应对工作可能会延长，应该从一开始按照逻辑顺序保留记录，例如按日期、活动、清理站点或转包商等，以方便索赔的汇编。这些记录可用于实现多个重要的目标，包括在应对工作开始时可能未预见的一些目标，如调查或评估事故应对工作以更新或改进应变计划等。因此，以尽可能多记录信息（而不是尽量少记录信息）为目标的做法更为可取。

获得良好支持的清理工作索赔通常包括五大类信息：

- 收到信息的记录；
- 会议和决策的记录；
- 活动的记录；
- 支出的记录；以及
- 活动的成效和结果的记录。

下面将对每个类型进行更为详细的讨论。

收到信息的记录

信息是应对工作有效管理、指挥和领导的关键。从事件发生的首次通知开始，指定的联系点将收到来自各种来源的信息，包括公众、现场工作的应对团队和外部机构的成员等。应该建立程序来以符合逻辑、系统的方式记录此信息，以供将来参考。至少应该记录信息收到的日期和时间及来源。通过电子邮件或其它电子方式接收到的信息应该适当地保存和分类，如有必要，还应打印出来。



▲ 图 5：为了讨论和决定应对措施选项而举行的任何会议的会议记录应该包括在支持索赔的文档中。

个人和设备的时间表、工作记录或其它活动记录是证实索赔支出所需的支持文档的重要组成部分。对于海岸线清理，受影响区域经常划分为多个工作站点，通常按自然特征对这些工作站点进行划分，如单个海湾或河口。每个工作站点的主管报告（图 7）应该用于记录站点的详细信息和站点发生的所有事情，以供将来参考，包括：

- 工作站点的名称和 / 或相对于当地地标的位置；
- 海岸线类型，例如沙滩、渔港入口或红树林；
- 活动的日期和持续小时数；
- 潮汐状态；
- 每个清理团队的成员、隶属关系、角色和职责；
- 工作站点的油污程度（请参见关于海岸线油类识别的另一篇国际油轮船东污染组织文章）；
- 采用的清理方法；
- 报告期间的完成的进度（例如，清理的海滩长度）；
- 使用的消耗品类型和数量（例如，吸油、个人防护设备 (PPE) 和手持工具）；
- 收集的废物类型和数量；以及
- 在工作站点采用的设备和其它资源，如撇浮装置、水泵、起重机、卡车、挖土机、船只和废物储放容器以及每个资源的提供者。应该对专用设备给予适当的描述，以便清楚了解其用途。

应对工作中使用的人员和很多设备的流动性非常高，可能会一天内在多个站点之间流动，例如部署进行各种任务的工作人员可能会为适应潮汐变化而调整，废物槽车可能在海岸线和废物储放或弃置区域之间定期往返。在涉及大片区域或狭长区域的事件中，对各个资源分配代码或标记，并以电子方式加以记录此资源的动向，可能可以简化确定特定资源以何种方式何时何地使用的任务。通过使用地理信息系统 (GIS) 并提交 GIS 的输出



▲ 图 8: 野生动物的清洁和康复工作可能会产生大量的索赔。成本可能包括设施是取暖和照明、工作人员的防护服及鸟类的食物。

支持索赔，可以帮助构造包括所有资源并消除重复计数的活动记录。通过合适的计算机程序，所得到的数据还能允许生成可方便索赔汇编工作的关联电子表格。不过，只有在能给应对工作的管理或索赔准备成本带来明显好处时，才应使用电子系统。

废物应该从清理作业生成时（例如每个污染应对船只和每个工作站点）到临时储存，再到最终弃置或处理予以全程跟踪。此信息可有助于清楚地了解所进行的清理工作和产生的废物总量，从而为应对工作管理提供帮助。地磅称重结果和运货单或托运单将支持对运输的废物数量进行验证。油槽汽车泵、回收船只船载泵或废物接收站泵的记录可帮助记录液体废物的量。

野生动物清洁和康复站可能需要大量的资源和物流来支持运作。应就运作规模保留全面的记录，包括涉及的人员、为满足前提条件和获得设备而进行的任何工作、为了照顾野生动物和工作人员而提供的防护服、药品、食物等（图 8）。还应该维护清洁和康复站处理的动物和鸟类的清单。

照片可为特定站点的油污程度、进行的工作及涉及的资源提供非常有价值的记录。为图片标贴日期、时间和位置将便于后续归类 and 活动的辨别。

支出的记录

即便是小规模事件，污染应对措施仍然可能涉及一系列不同的组织。除了利用自身的资源外，每个组织还会将相当可观的资金用于购买或租借工具和服务。所得到的支出轨迹（包括投标文件、采购和销售订单、授权或雇佣协议、合同、发票、交货回单、凭单、收据等）可能非常复杂，可能包含数百或数千个文档。因此，务必在应对工作开始后尽快建立用于记录和归档相关记录的有序系统。

电子表格和数据库能够快速输入数据和计算成本，但应该注意确保以符合逻辑的方式引用与支出相关的支持性纸质文档。纸质文档的电子扫描件可以直接链接到数据库内的相关成本，不过索赔方应该保留原始文档，以供将来参考之用。

在很多组织中（如地方政府或私有应对公司），成熟的会计部门将负责记录支出。不过，大型事件可能会很快带来超出有能力能处理的工作量，可能需要临时协助人员来确保尽快记录和保存信息。

根据事件的规模，可能在一定时期内并不完全知道应对工作的总成本的准确数额。不过，为了进行索赔计划和通知，经常需要能够在应对工作期

间定期获得所产生的成本的估算值。从应对工作开始时就建立成本跟踪系统，可以帮助提高效率，并能够确定高支出领域并对其给予充分的说明。

行动的成效和结果的记录

上述信息来源将帮助了解活动的成效和结果。例如，会议记录、时间表等文档中记录的人力和资源使用情况将帮助确定该活动的工作量和结果。其它来源（如现场调查报告、泄漏后监视报告和事故与应对措施评审报告）也将提供一定的帮助。

汇编清理索赔

各种不同的组织和个人可能有资格在油类泄漏后进行索赔，在大型事件中，可能会有数百甚至数千项索赔。

为了避免成本统计出现疏漏或重复，索赔准备工作的安排和协调将非常重要。在某些情况下，牵头组织可能选择提交包括个人和其它组织的索赔的单个索赔项（图 9），这对负责评估索赔的相关方将非常有帮助。不过，在很多情况下，可能不适合将不同的索赔合并，或者索赔方可能更愿意单独提交索赔。在这种情况下，提交的索赔在复杂性和质量方面将存在巨大的差异。

确定了索赔的所有组成部分后，就可以收集整理相关支持文书并汇编索赔。索赔的总金额可以在详细说明函中给出，并说明索赔的根据和索赔方对应对工作的参与情况。此总额将为索赔的各个组成部分的总和，可以在支持文档前的单个表格中总结这些组成部分（图 10）。

例如，某个国家级机构提交的索赔涵盖整个应对工作进行期间，可以根据空中、海上、海岸线和



▲ 图 9：调动军队人员协助进行海岸线清理工作。可以由军队直接发起对其参与的关联成本的索赔，或包含在涵盖范围更宽的政府索赔中。

指挥中心的活动列出索赔的各个组成部分。或者，当地机构或海岸线清理承包商的索赔可以根据各个工作站点或工作期间对索赔进行划分。在很多情况下，索赔的各个组成部分按自有和签约设备、自有和签约人员、关联的人员开支、消耗品采购和第三方服务的成本进行排序。在任何情况下，成本都应该与部署资源的工作站点交叉参照。

索赔的每个组成部分的详细分成细目（列出各个设备或工作人员）应该在独立的表格中列出（图 11），并提及相关支持性文档。根据索赔的复杂性情况，可能需要提供额外的表格。应该根据相关索赔的组成部分整理支持文档，并按顺序编号或以其它方式进行标识和引用。

以下部分将讨论清理索赔的潜在组成部分，并描述合理成本的索赔的构建基础。

自有资源

通常，索赔方自有设备的使用成本将通过将使用时长乘以对应此时长的单位费率得出。这方面的例子包括政府机构提供的撇浮装置、泄漏应对承

 国家海岸警卫队	
搁浅散货船释放油类的应对工作成本索赔	
事件日期：1/9/2011	
索赔提交日期：12/1/2012	
海岸警卫队资源	
空中活动	
1 直升机和其它飞行器。	139,975
海上活动	
2 海岸警卫队切割机和汽艇	308,576
应对资源	
3 海岸警卫队车辆和设备	699,293
人员	
4 海岸警卫队人员的薪酬	301,393
支出	
5 海岸警卫队人员的支出	55,621
其它资源	
转包商	
6 转包设备的成本	100,145
7 转包人员的成本	379,623
杂项	
8 其它第三方服务和采购， 包括消耗品	111,102
合计	2,095,728

▲ 图 10：国家海岸警卫队机构的清理成本索赔示例摘要，可说明索赔的典型组成部分。

包商或打捞公司自有的船只或建筑公司自有的起重机和挖土机。使用时长可通过相应的日志或时间表确定。

飞行器使用的索赔通常基于飞行小时数，并根据情况加上降落费用、人员支出等。如果飞行器由于天气情况不好或其它原因不能起飞，可能需要按天支付待命费用。对于军事飞行器，可通过对比类似的商用飞行器的当地市场费率确定合适的小时费率。

船只的成本通常按日或小时费率计算，具体取决于使用的持续时间（图 12），通常与船只的年运行成本相关。船只的摊销资本价值及维护、调查和运行成本、人员薪酬和保险将除以船只在一年中可以投入使用的天数，从而得到相应的每日成本。在大多数情况下，燃油将根据作业期间消耗的量收取费用。这可确保索赔反映直接由于事件给船只的经营者带来的成本。

或者，在没有船只实际运作成本的情况下，可以采用公式和比较法根据船只特征确定费率，尤其是拖船和类似船只更适合采用此方式。不过，这些方法应该得到真实且合理的费率，而且应该记

住，设计用于计算打捞工作中的使用费率的公式应该反映该工作固有的风险（与污染应对工作通常的较低风险相比）。

对于专用应对设备，如撇浮装置和浮木档栅，其合理的费率可以通过将设备的价值按其预计使用寿命摊销并加上管理费用（如储放、维护和保险）得到。摊销期间根据设备类型不同而不同，基于预计的耐久性。对于预计的使用期间，收取的费用应该在达到物品的价值后立即减少，仅包含维护成本和运营成本及适当的利润。分阶段利率（在特定使用期间后逐步降低）也能恰当地反映使用寿命延长后固定成本按比例降低的情况。应该在索赔中随附设备的说明或规格表。

对于非专用资源，如建筑、农业、废物储放、给养和卫生设备、便携遮棚、照明和车辆等，此类资源的费率应该与当地商业租赁或出租公司可获得的费率相当。在相关的情况下，应该对费率是否包含驾驶员和/或操作员、燃油和辅助设备的成本予以说明。

在某些国家/地区，对于即便没有发生事件仍然给公共机构带来成本的自有资源，其成本可能在某

撇浮油类泄漏 - 海岸警卫队于第 1 周产生的费用											
设备和消耗品											
	使用情况	费率	第1天	第2天	第3天	第4天	第5天	第6天	第7天	总用量	费用
工作船 - 8 米, 60 匹	投入使用	500 /天	1	1	1		1	1	1	6	3,000.00
	待命	200 /天				1				1	200.00
充气栅栏 2000 毫米	投入使用	8 /米/天		200	200	200	200	100	100	1000	8,000.00
	待命	3 /米/天	200					100	100	400	1,200.00
栅栏锚	投入使用	1 每个/天		20	25	25	25	15		110	110.00
	待命	0.5 每个/天	25	5				10	25	65	32.50
撇浮装置 30立方米/小时	投入使用	250 /天	1	1	1	1	1	1		6	1,500.00
	待命	125 /天							1	1	125.00
储罐 7.5 立方米	投入使用	60 /天	2	2	5	8	8	8	5	38	2,280.00
	待命	20 /天	6	6	3				3	18	360.00
螺旋泵 6"	投入使用	200 /天		1	1	1	2	2	1	8	1,600.00
	待命	50 /天	2	1	1	1			1	6	300.00
高压冲洗机	投入使用	100 /天				2	2	2	1	7	700.00
	待命	50 /天			2				1	3	150.00
小汽车 - 4 门旅行车		80 /天	1	1	1	1	1	1	1	7	560.00
小汽车 - 四轮驱动车		100 /天			1	1	1	1	1	5	500.00
卡车 - 带吊臂平板		160 /天			1	1	1	1	1	5	800.00
										设备小计	16,357.50
吸油栅栏		15 米		24		36		15		75	1,125.00
吸油垫		1 垫		100		100	100			300	300.00
铁铲		7 个	20		5	15				40	280.00
工作服		4 个	20	30	30	40	20	20	10	170	680.00
手套		2 对	20	40	30	50	20	20	5	185	370.00
靴子		10 对	20	20	30	20	20	20		130	1,300.00
25 公斤袋		0.5 个	20	50	100	80	30	30	5	315	157.50
1 吨袋		8 个		5	5	4	2	2	5	23	184.00
										消耗品小计	4,396.50

▲ 图 11: 详细说明在应对工作的一周内设备和消耗品的使用情况的电子表格。每台设备的使用和待命情况都有记录，两种情况有相应的费率差异。消耗品在使用时有记录。不包括送到现场但未使用的消耗品。每项的成本通过将总使用量乘以费率计算得到。其它的电子表格将显示在后续期间的设备和消耗品使用情况，其它类似的电子表格将显示索赔的其它组成部分的使用情况和成本（例如飞行器或人员）。



▲ 图 12：专用应对船只的使用成本应基于考虑利润的船只运营成本（适用的情况下）。

些赔偿制度中允许给予报销，例如雇请通常在巡逻的海岸警卫船转而参与事件的应对工作的情况。对于所有公共资源，尤其来自军队的资源，适用的费率不应包括不相称的间接费用，如后勤办公室或总部的成本等。间接费用不应在时间和距离方面与事件的发生相差太远。例如，军队船只的费率应该反映其在应对工作中的角色，不包括通常不会在应对工作中使用的任何车载武器的费用。

适用的费率可能因为资源的运作状态不同而不同。对于设备未使用但处于待命状态或运输中的期间，或船只由于天气不好而留在港口或接受清洁时，可能适合采用较低的待命费率。这个费率减少反映了资源对应对工作的持续参与，但也考虑了未部署时没有磨损及带来的燃油节省（如果适合）。因此，为了正确地汇编索赔，需要准确地记录资源的使用情况和状态。

对于商业经营的资源，应该考虑合理的赢利因素，而对于政府资产则没有这样的考虑。与此类似，在产生的成本之上可能需要考虑合理的管理支出。对于大规模索赔，可能适合采用指定资金间隔应用逐步降低的附加费用，以相称地反映管理负担的降低。不过，管理人员和支出的登记成本应优先于附加成本列出，以反映在管理应对工作中产生的实际成本。

有些承包商采用成员方案运作，各个组织通过支付会员费（通常每年支付）能够以比非会员更低的费率使用资源。在这种情况下，会员费可以支付各种年度开销，如储放、维护等，在应对工作中使用这些资源的索赔费率将相应地更低一些。

签约或雇佣资源

应对工作经常需要除牵头组织的自有资源之外的其它资源，这些资源可以通过合约方式获得。在

资源通过合约或雇佣方式获得的情况下，将需要与上面所述类似的信息，以便计算和支持索赔的支出。合同或雇佣协议的副本将帮助了解相应的合同条款和条件对索赔有何影响。

某些应对资源（如喷洒消散剂的飞行器或车队车辆）通常长期租赁或包租给政府或私营组织使用。租赁或包租资源使用的索赔应该与租赁或包租的成本之间有密切的联系。例如，使用车辆的合适成本可以确定为车辆在应对工作中使用期间的租赁成本的一部分。

在大型事件中，可能会在多个层次出现分包，应该注意确保在每个层次应用的所有管理附加成本不会过多。

人员

应对工作中可能包括各种人员，包括专业顾问、油类泄漏承包商、飞行器和船只驾乘人员、行业或政府雇员、机构工作人员、消防和救援服务、警察、军队、当地居民和志愿者。这些人员参与的成本将大相径庭，主要取决于当地的生活标准、培训程度及其在应对工作中的角色和职责。

应该保留所有人员的准确且包含注释的时间表。会议记录和海岸线活动报告以及飞行器和船只日志中包含的信息可用于证实人员的参与情况。为这些工作支付的费率应该与承担的任务相称，而且应该与雇员在参与应对工作期间给雇主带来成本密切相关。此成本将包括报酬、国家及地方税收、保险、管理费用和利润（如果适用）。向工作人员提供的服装和个人防护设备通常作为消耗品单独列出。

对于全职受薪工作人员，通常适用日薪费率，而不考虑工作日的时长。小时工（非全职受薪）通常按小时付费，而非法定工作时间（即晚上、周末和公共节假日）需要提高费率。设备操作员的成本作为设备费率的一部分索赔时（例如卡车司机或船务人员），加班时的费率提高应仅适用于小时费率的人员部分，而不适用于卡车或船只。

在某些国家/地区，对于即便没有发生事件仍然给公共机构带来成本的永久雇佣人员的正常薪酬，其成本可能在某些赔偿制度中允许给予报销。索赔应该仅限于参与事件的人员，如船只上回收油类的人员、海岸线上工作的人员及指挥中心内进行决策的人员。在很多赔偿制度中，远离事件区域或仅涉足政治或公共关系的人员的成本不可纳入索赔范围。相反，记录、收集和汇编信息及准备和提交索赔的人员的成本可能有资格获得补偿，前提是这些成本与索赔的金额相称。尽管索赔方尽力提交考虑周全的索赔，但评估索赔的

机构仍然经常会要求对某些项目予以说明。因此，可能有必要让索赔方持续参与，以处理这些质询和跟进索赔直到得出结论为止。这些任务的时间应该仔细加以记录，以便区分任何持续的泄漏应对工作。

务必认识到，志愿者参与清理作业并非是无成本的。尽管志愿者的劳动本身是免费提供的，但每个志愿者将需要一定的个人防护设备、食物、到清理现场的运输及足够的监督。在大规模事件中，可能有大量来自外地的志愿者涌入，需要食宿安排和其它帮助（图 13）。除非单独提供食宿，否则可能会向志愿者按天支付津贴以抵消其开支。还可能需要为其购买责任保险。应该保留关于每个志愿者的姓名、其分配的工作位置和进行的活动的记录。要求进出工作场所签到和签退可以促进此信息的准确记录。

人员支出

对于人员食宿成本的索赔应该以从商店、餐厅、咖啡厅、酒店等取得的收据和发票为基础。如果工作人员来自当地，到清理站点或指挥中心的运输成本可以基于工作人员自己的车辆相应的里程，并乘以费率进行计算。否则，可能会使用租借的车辆或与当地运输公司签约负责此工作。对于乘坐飞机和火车的任何情况，都应该提供其收据、凭证和票据。可能会向工作人员支付伙食津贴，或者，可以让当地的餐饮企业为现场的工作人员提供食物。产生支出的人员的姓名、角色和职责应加以记录，并与相关支出文档、工作站点和活动建立联系。

消耗品 / 采购

应对作业将会涉及到大量物品的使用和采购。消耗品包括应对工作中使用的消散剂、吸油材料、个人防护设备和工具以及用于记录信息和汇编索赔的打印机墨水、炭粉和纸张，这些消耗品可能存放在储放设施中并在应对工作终止后需要重新储放，或在需要时专门采购。

采购非消耗品资源可作为租用方式的替代，尤其在预计使用可能会延长及租用成本可能超出采购成本等情况时。对于水泵和其它应对资源及在指挥中心使用的家具、计算机和移动电话等采购物品，在事件使用后可能具有一定的残值。这个价值将取决于在事件中的使用时间及在完成清理工作后是否适合在将来的事件或其它用途中使用。通常的方法是在一定年份期间“减记资产账面价值”或折旧（具体取决于当地会计标准），并将此期间适当的一部分分配到索赔中。泄漏应对工作可能对资源有非常严格的要求，应该对视为永久磨损的物品予以确定和说明。

对应对工作中使用消耗品或采购物品的原因、其使用日期和位置及采购成本全部应予以记录。从中央仓库到当地配发区域，再到特定工作站点或船只对批量采购物品（特别是吸油物和个人防护设备）的使用进行跟踪可能非常困难，尤其在大规模应对工作的紧急阶段更是如此。由于这个原因，应该分配具有合适经验的后勤人员承担此任务，以确保准确性。采购订单、仓库出库表、库存报告、发票和收据应该保留并相应地编写索引。燃料的收据应该加注释，以指明采购针对的应对船只、车辆或设备。

第三方服务

在应对工作期间可能会需要额外的第三方服务，例如清理设备、样本分析、油类轨线建模和绘图、提供科学建议或卫星图像、清理站点和设备储放设施的安全保障及废物储放和弃置。应该提供足够的文档，以便全面了解所提供的废物及成本的计算方式。

公用事业成本（如水、电、移动和固定电话线路及电话费）都应以相关文档提供证明，账单的组成部分将与确定的应对工作期间相对应。

废物储放和弃置可能在应对工作总成本中占据非常可观的部分（图 14）。废物方面的索赔经常以所处理的单位废物（重量或体积）的成本为基础。在合适的情况下，单位成本的条目化将帮助充分了解各个组成部分，如废物的运输、储放、装卸和最终处理或弃置，并在索赔中所附相应的发票。

财产损坏

油类可能会造成各种财产造成破坏，从而带来与清洁、维修或更换相关的索赔。受影响的物品包括：渔船和其它商业船只的船体；游艇；码头浮桥；捕捞装置，如渔网和捕鱼器；以及海洋养殖



▲ 图 13: 志愿者大规模参加应对工作可能会产生大量防护服、食品和住宿方面的成本。



▲ 图 14：废物的装卸、储放、运输、处理和弃置的成本可能非常高昂。应该特别注意记录收集、移动和处理的废物数量。

结构，如渔场、贻贝浮筏和牡蛎养殖架。有关油类泄漏与渔业的更多信息，可以参阅关于油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响的另一篇国际油轮船东污染组织文章和关于提交渔业、海洋养殖和鱼类加工部门的索赔的指导原则⁴的 IOPC Funds 文档。

清理活动也可能带来财产损坏索赔，例如对工作人员和车辆进入使用的道路造成的破坏等。由于参加应对工作直接对车辆、船只和其它设备造成的破坏而产生的修理费用也可能包含在索赔中，不过在适用的情况下，应该首先从车辆或其它保险寻求补偿。

在未提交独立清理索赔的情况下，可以在财产损坏索赔中包括为了防止财产损坏而采取的缓解措施相关的成本的索赔。这可能包括为海洋养殖设施、工业进水口或码头布设的保护性浮木档栅等。

支持财产损坏索赔的信息

至少应该提供财产恢复前后的照片来证明索赔的合理性。在相关且实际的情况下，只有在获得支付赔偿的组织的事先同意时才能对被污染或破坏的财产进行弃置。还应该提供导致破坏发生的原因的详细说明。在可能的情况下，在签署清洁或维修工作的合同前应进行多方面询价，并应保留所有发票和收据。受损物品的更换而非维修的索赔应该提供成本估价作为支持，例如来自清洁或维修公司和制造商的估价，并包括为什么淘汰物品的说明。

对于很多财产损坏索赔，将有必要在复原财产的工作开始前开展调查。这通常由支付赔偿的组织代表共同进行。可能有必要进行调查来确认与

事故的联系、证明污染的程度或索赔的其它损坏，并就适当的工作提出建议（图 15）。

财产损坏索赔的评估通常考虑财产在污染前的情况及使用年限，通常不会按“以新换旧”的标准付款。例如，对于接近工作年限极限的捕捞装置的更换，付款数额将扣减。因此，应该将采购收据作为索赔的一部分提交。为了考虑改良，也可以应用扣减，例如将碎石路的路面重铺为沥青路面，在准备索赔时，应对任何此类改良加以考虑。

经济损失

公司、组织和个人的收入可能会受到不利的影响，从而由于油类泄漏直接导致经济损失。经济损失可能分为继起性经济损失和纯粹经济损失。

最常见的是渔业和旅游部门提交的由于油类泄漏造成的经济损失的索赔。在全球的这些商业部门中采用了各种财务和运作安排，因此，特定索赔方可能就经济损失索赔提供非常广的准确信息范围，具体取决于损失的特定环境。因此，以下文字将重点讨论与经济损失索赔相关的较为常见的问题，并对渔业和海洋养殖索赔方面的问题给予了特别强调。

继起性经济损失

继起性经济损失的索赔通常是由于渔船、捕捞装置、海洋养殖设施（图 16）或旅游资产受到污染而造成的，这些污染会妨碍其后续使用。清洁或更换沾油物品后造成的经济损失可能形成继起性经济损失索赔的基础。除了支持财产损坏所需的文档外，还需要提供确保收入损失的证据。在这方面，支持继起性经济损失所需的信息与支持纯粹经济损失所需的信息类似，将在下面将二者放在一起讨论。

纯粹经济损失

即便没有产生对财产的破坏，仍然会出现纯粹经济损失的索赔，例如，如果海上的油类导致捕捞船队不能离开港口，或进入某个旅游设施的道路由于应对活动而封锁（图 17）。关于油类泄漏的媒体报道也可能导致市场信心的丧失，从而导致旅游者不参观某个海岸区域或导致公众不购买或食用他们认为受到油类污染的海鲜产品。尽管在国际赔偿制度中可以接受，但某些国家级管辖范围中不接受纯粹经济损失的索赔。在接受纯粹经济损失索赔的情况下，只能在资产负债表上看到损失，这些损失并非财产被破坏所造成的。因此，对于很多此类索赔，最重要的支持文档将是公司帐册或其它财务报表的副本。

⁴ www.iopcfund.org/publications.htm



▲ 图 15：由于重型机械往来油浸海岸而遭到严重破坏的田野。对于关于恢复田野的索赔，将有必要进行调查来确定具体的破坏程度，及此工作所带来的任何改良。



▲ 图 16：一个沾油鱼笼正在接受清洁。产生的任何收入损失都可能会导致继发性经济损失索赔。



▲ 图 17：旅游海滩的清理可能会影响此地区的总游客数，导致一系列企业发起纯粹经济损失索赔。

作为保护公众健康的预防措施，权威机构可能会实施针对渔业活动及受油类泄漏影响的海岸区域的商家、酒店和餐厅的海鲜销售的限制。任何渔业限制都应该从技术角度进行管理，以确保清楚地理解实施、保持和取消限制的标准。由于捕捞限制造成的业务中断的索赔应包括权威机构发布的相关通知的副本。应该注意，渔业限制可能会让继续捕捞成为非法活动，如果没有充分的技术理由实施或继续实施禁令，则不能接受索赔。

经济损失索赔汇编

汇编经济损失索赔的第一步通常是提供合法涉足特定业务活动的证据。例如，捕捞活动通常需要获得许可，可以提交捕捞合作组织成员资格证明或船只登记文档。与此类似，旅游业经营者通常需要获得许可和进行注册，应该提供这些文档的

副本。在世界有些地方，容许非法或未注册的活动，但这可能会导致某些索赔很难被接受。

世界某些地方的官方许可和税务法规并不要求对小规模捕捞进行记录。此外，自给性或家庭渔业（图 18）可能以提供日常食物或实物交易（不涉及金钱往来）的海鲜为重点。这些因素相互结合，可能会让很多渔业索赔的评估出现问题，因为渔民经常不能为其索赔提供除活动口头报告之外的任何支持文档。在这种情况下，索赔方、指定的专家（包括国际油轮船东污染组织）、地方权威机构、渔业官员或其它相关方务必共同合作，准确地反映泄漏期间受到影响的渔业活动的真实财务状况。这可能是一个冗长的过程，需要开展大量的现场工作和信息收集。对于小规模旅游业和其它商业活动，可能有必要采用类似的方法。

在存在记录的情况下，应该提供至少事件发生前三年的财务帐目的副本，以便了解业务和正常贸易模式及由于油类泄漏对收入造成的任何损失（图 19 和图 20）。如果情形允许，也可以提供事件发生后一段时期的帐目。如果不能获得正常财务帐目，则业务记录、税务收据、捕捞产量和销售票据、采购收据（如鱼食、冰和燃油）、捕捞活动日历、喂养和收获模式全部都需要提供，以支持捕捞企业的索赔。对于旅游业企业，可能有必要提供类似的记录，例如酒店房间和出租营地数量、餐厅废物的顾客数量或景点销售的门票数量。

和财产损坏索赔一样，可能会需要对索赔方的业务进行调查，以证实索赔的经济损失，并确定是否可以通过考虑替代收入来源减轻或减少损失。

如果环境导致调查无法开展，应该提供索赔方业务的详细描述，以帮助进行评估。例如，对于渔



▲ 图 18: 通常并没有自给性捕捞的财务记录来支持索赔。有时候可以使用其它方法和信息来源来确定损失。



▲ 图 19: 捕获产品在鱼市待售。详细的销售数字将帮助对由于油类泄漏造成的损失的任何索赔进行评估。

业和海洋养殖索赔，索赔方可以提供饲养或捕获的物种、生产周期、季节和气候因素、装置类型和客户的信息。旅店经营者可以提供酒店设施、预订情况、入住者人口统计和附近的名胜景点的描述。和清理索赔一样，经常最好能提供尽可能多的信息。

应该说明由于限制活动而带来的节约，并在索赔中加以考虑，例如，渔船留在港口内带来的燃油节约，或取消了预订的酒店客人所减少的食物成本。

各种商业活动很少独立运作，因此，依赖于受到油类泄漏影响的商业活动的公司和个人也可能受到影响。这可能包括鱼饲料供应商、鱼类加工企业、船舶销售商或酒店供应商。这些方面的经济损失索赔应该包含与受到泄漏直接影响的商家类似的信息，还应该包括索赔方和供应商或购买者之间的合约安排的详细信息（如果可用）。渔船船员可能遇到类似的情况，其报酬以工资、捕捞产品利润的一部分或二者结合的形式支付。在这种情况下，船员的报酬支付安排应该予以详细说明，并在合适的情况下提供弃权书，指出渔船的所有索赔将共同处理。

务必注意，任何经济损失索赔应与油类泄漏之间有清楚而密切的联系。而且，索赔方应该提供证据，表明已采取了合理的措施来减少其损失，例如，餐厅可以从其它供应商处采购海鲜产品，企业可能可以最大限度减少不能营业期间的可变成本。建立原因和其它标准之间的联系的必要文档各不相同，取决于各个索赔方的具体情况。

企业可能获得的收入或利润水平将会每天、每季度或每年出现波动，有时候存在巨大差异，并受到与油类泄漏无关的很多因素的影响。例如，全

年	月	鱼获(公斤)	平均市场价格(费用/公斤)	鱼获销售价格
2005	1月	300	1.40	420
	2月	1201	1.44	1,729
	3月	378	1.45	548
	合计	1879		2,698
2006	1月	405	1.49	603
	2月	1105	1.51	1,669
	3月	312	1.50	468
	合计	1822		2,740
2007	1月	314	1.50	471
	2月	216	1.57	339
	3月	222	1.56	346
	合计	752		1,156

渔船 抵押贷款/维护	船员	燃油	冰	电	费用合计	利润
155	125	54	10	14		
175	432	167	45	32		
155	200	32	15	16		
485	757	253	70	62	1,627	1,071
165	145	59	10	17		
174	500	179	50	38		
145	210	38	15	13		
484	855	276	75	68	1,758	982
134	145	60	10	17		
120	110	50	10	11		
145	254	34	15	15		
399	509	144	35	43	1,130	26

▲ 图 20: 为了支持渔船船东的收入损失索赔而提供的示例数字。2007年2月发生的泄漏导致当月渔业作业关闭，导致捕捞产品数量比前两年同期大幅度减少。虽然节约了相关的运营成本（船只维护、人员、燃料、冰块等），但总体利润减少了。将需要进一步的分析来确定是否可以通过在远离油类泄漏的区域进行捕捞作业等方式来减少损失。

国 / 地区经济状况的下滑或天气情况不好的季节可能会减少旅游者人数，产卵和种群充实方面的自然波动可能会提高或降低成年种群数量和捕获产品数量。务必将油类泄漏直接造成的损失与在没有泄漏的情况下可能已出现的损失加以区分。确定只可归因到油类泄漏的经济损失并加以量化通常是一项复杂的工作，可能需要专家的协助，并与其它方一起开展联合调查。

渔业和旅游业组织可以开展营销活动，以减少泄漏造成的不利宣传效应。此类活动可以包括电视、收音机和报纸广告，其成本应该在索赔中详细记录。还可能会需要其它信息，如活动的行程安排、针对的受众以及可衡量的结果。谨慎的做法是，在早期阶段与支付赔偿的机构就任何营销活动的目标展开讨论。

在复杂的情况下，索赔方可能发现有必要寻求顾问的协助，以帮助准备索赔。顾问应该具有合适的资质，并具备索赔流程和所需索赔文档标准方面的知识。在某些赔偿制度中，顾问工作产生的合理成本可以得到偿付。顾问的成本应该与索赔的损失及承担的工作相称。支付赔偿的组织委托的国际油轮船东污染组织和其它专家可能可以就索赔的准备提出建议。

环境监视、破坏和恢复

可能由于各种原因，而需要对受到油类泄漏影响的区域进行监视，包括确定清理作业的范围和持续时间及海岸线或生物物种的污染程度。监视的形式很多，既包括简单的间歇性目测，也包括在一段时期内广泛地开展取样和分析。为了鉴别油的类型，也可能需要进行取样。最好能在工作开始前与支付赔偿的机构就监视计划达成一致。

支持监视、取样和分析所必要的文档将根据情况不同而不同。取样的索赔应该包括进行此工作的根本原因、关于样本类型（即油类、水、沉淀物或生物区）的关键信息、采集样本的日期和位置以及分析的方法。还应该提供基于监视计划结果的报告和忠告性通知。在关于海运油品泄漏的采样和监视的另一篇国际油轮船东污染组织文章中提供了进一步的详情供参考。

根据国际赔偿制度，可能可以考虑由于环境破坏造成的经济损失及破坏恢复成本的索赔。证明这方面的经济损失所需的文档将与上面讨论

的文档类似，需要提供财务记录和索赔方业务的详细信息。

只有满足特定标准，国际公约中才可接受为了恢复被破坏的资源和促进自然恢复而进行的工作的索赔。应该详细地列出成本，清楚地说明所完成的工作。基于根据理论模型进行的计算的索赔和环境本身功能丧失赔偿的索赔在某些国家级和区域级赔偿制度中得到认可，但在国际赔偿制度中不予承认。关于油类污染对海洋环境的影响，另一篇国际油轮船东污染组织文章提供了更加详细的信息供参考。

索赔的提交

最基本的索赔材料应该包括索赔方的身份和联系方式、事件的名称（通常是船只名称）、索赔的金额及索赔的原因。以这种基本形式提交的索赔可能作为意图的实际通知，但在大多数情况下，这不足以支持开展评估工作，通常需要提供多得多的信息。

在未编写参照表情况下提供的大量发票、报表及其它文档等支持文档，将需要进行大量的额外工作，才能随后开展评估工作。在大规模事件中，索赔文档的数量可能相当庞大，应该以组织及将承担评估任务的专家能够容易理解的形式提交。具体来说，应该提供证明性的发票、记录和其它文档的说明，以解释各自与事件的相关性及如何为索赔提供支持，并索赔中的各个项形成参照关系。以方便使用的电子形式（最好为电子表格）提交的索赔摘要和详细数字表格将免去承担其分析任务的人员转录索赔详细信息的麻烦。而且，索赔的评估通常是国家 / 地区和国际专家之间合作进行的团队工作，文档的电子提交可能可以有助于此流程的开展（尤其需要翻译时）。不过，务必注意，提交文档齐全的索赔可能并不意味着索赔将因此获得承认，并继而符合获得赔偿的要求。

在索赔提交后可能会出现未预见的成本。如果数量相对较少，可能可以修改原始索赔来包括这些成本，不过这可能会推迟后续的评估流程。否则，可以稍后提交补充索赔，不过索赔方应注意，在很多管辖范围内（包括国际公约），在事件发生后一定时间，时间限制将导致某些索赔不能被接受。

要点

- 由于船只油类泄漏导致的损失应该尽快通知船东。
- 基本的索赔应该包括索赔方的身份、事件的名称、索赔的金额及索赔的原因之类的信息。
- 所需的其它文档类型将取决于索赔的类型。
- 对于清理索赔，支持文档的质量可通过从开始时采取措施记录和保留信息来得到增强。
- 记录信息的任务应该是所有人员共同的职责。收集支持索赔所必要的信息的任务应该分配给特定的人员或团体，并包括在应变计划中。
- 所有会议、活动和支出的记录应该保留，因为记录信息更多比记录信息不足更好。
- 清理索赔应该适当组织来反映不同的组成部分，应该基于为支持应对工作所进行的工作的合理费率。
- 财产损坏的索赔在很多情况下将需要进行独立调查，以确定破坏的程度和相应的修复工作。
- 继起性经济损失和纯粹经济损失（特别是旅游业和渔业部门）应用完整财务帐目和销售信息提供证明。
- 对于小规模作业和自给性作业，此数据可能不可用，可能需要采取其它方式证实损失。
- 最后，索赔方有责任证明自己的损失。

技术资料论文

- 1 海运油品泄漏的空中观察
- 2 海运泄漏油品的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的浮木档栅应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海运油品泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海运油品泄漏的应变计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。国际油轮船东污染组织为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴国际油轮船东污染组织技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得国际油轮船东污染组织明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999

电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950

网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



海运油品泄漏的应变计划

技术资料论文

16



导言

油类泄漏的有效应对工作很大程度上取决于涉及其中的组织和个人的准备情况。通过制定和维护处理所有可能会发生之意外情况的计划，可极大地加强这方面。制定应变计划的过程提供了确定角色和职责及定义应对战略和作业程序的机会，而且没有在泄漏发生时不可避免的巨大压力。

本技术资料论文将概略介绍应对源自船舶的泄漏事故的应变计划的典型格式和内容，并重点说明有效计划所需的关键步骤。

概述

为了应对影响大量人员和组织的严重油类泄漏事件，需要非常快速地作出各种决策。只有所有参与者都有充分准备、能理解不断展开的情况，能够有决断地尽快作出至关重要的决策并能够调动适当的资源，才能做到这一点。成熟的应变计划将帮助实现此目标。计划不仅是书面文档，而且包含在发生泄漏事件时作出立即而有效的应对所必要的所有实际的要求。

应该确定应对工作所必要的职能部门，并确定将要负责提供合适人员的组织或部门。还应该考虑各项应对技术，并确认实施战略所需的设备的可用情况。作业方面必须将环境、渔业、工业和娱乐活动方面的顾虑与公众健康和安全方面的考虑加以权衡（图 1）。将会不可避免地存在利益冲突，在很多国家 / 地区，媒体将会很快揭露任何举棋不定的情况及存在的缺点或分歧。

1990 年国际油污防备、反应和合作公约 (OPRC Convention) 认可应变计划的重要性，敦促缔约方建立综合的国家 / 地区油类泄漏应对计划框架，适用范围从处理碳氢物的个体设施扩展到国家 / 地区或国际级别的重大事件。这些安排旨在提供一系列相容且一致的计划逐步升级事件的应对措施。

制定和管理计划

应变计划提供管理应对作业的框架。虽然总体目标具有通用性，不过计划应该反映将实施国家 / 地区的工作文化，并应该采用工作文档的形式；简洁、易懂且方便更新。无论地理或组织范围如何，计划都应该具有合理的独立性，尽量少要求参照其它出版物，否则会推迟决策。这些要求可通过基于网络的电子系统来得到最有效的满足。



▲ 图 1：附近有居民区和休闲区的大型港口：油类泄漏应变计划案例。

计划的简单存在并不足以准备好应对油类泄漏。计划制定过程本身非常重要，能够提高对应对工作中可能出现的问题的认识。鉴于此原因，计划最好由在出现泄漏时将依赖于已完成的计划的人员制定。需要积极对计划加以管理，定期更新和修订，例如，借鉴从实际事件或演练中总结的经验教训或按法规更改的要求修订。计划制定之后，还能为培训提供重点。为了作为有凝聚力的团队一起工作，所有事故应对人员都需要了解计划，并熟悉自己的角色及应对结构中其他人的角色（图 2）。这可以通过定期的实际演练来实现，实际演练对保持应对能力的有效性至关重要。

应变计划的范围

计划的范围由计划旨在涵盖的地理区域内泄漏的风险确定。地方级（如各个设施、港口或海岸线）和较大的区域或国家 / 地区级的计划制定职责将取决于相关的境内管理安排。计划要切实可行，计划所有人（即各个层次承担计划实施任务和负责应对事件的组织或机构）应该从一开始就参与其中。确保所有计划协调一致的责任通常由某个国家 / 地区机构承担。

相容且一致的计划框架通常称为“分级应对措施”，意在确保所采取的应对措施反映特定泄漏事故的规模。通常认可三个级别，第一级是设施级别的计划，第二级为地方或区域级别的计划，第三级是国家 / 地区或国际应对措施安排。在每个级别，计划都应该能够处理风险评估中确定的可能情况的范围。

不同的机构可能采用不同的应对措施升级到下一级别的标准。这些标准可能基于泄漏油类的估计数量或需要比较低级别计划更多的设备或人力的需求。在另一种方式中，升级可能由泄漏从一个计划涵盖的区域移动到另一个计划涵盖的区域，需要两个区域之间协调开展应对工作。

计划组成要素

应变计划的编制过程通常包括四个阶段，这些阶段反映了计划的组成要素：

- 风险评估 – 确定泄漏的风险和预期的后果；
- 战略政策 – 定义角色和职责，并提供实施各项作业的原由摘要；
- 作业程序 – 建立泄漏发生时的工作程序；
- 信息目录 – 收集支持数据。

制定计划的顺序遵循各个阶段间的逻辑发展关系。风险评估的结果将帮助确定应对战略，而应对战略又将帮助制定在泄漏事故发生时将遵循的作业程序。在这些程序的制定过程中，目录中所需的信息类型将逐渐清晰。制定全面的应变计划所需的步骤如图 3 中所示。

风险评估

进行风险评估是应对计划制定流程的第一步，可确保在考虑其想要处理的风险的情况下制定计划。其目标是要确定可减少和管理泄漏风险及泄漏出现导致的后果的措施。风险评估的规模可以是国家 / 地区级的评估，也可以为个体设施或码头带来的具体风险调查。国家 / 地区风险评估能很好

地指示泄漏应对工作需要集中在海岸线的什么地方，而后者则考虑当地所需的详细应对措施安排。

油类泄漏带来的风险的评估需要对两个问题的答案进行分析：

1. 出现泄漏的可能性有多大？
2. 可能的后果是什么？

如要处理第一个问题，一个方法是对过去导致油类泄漏的事件类型进行分析；分析其频率及泄漏的油类的类型和数量。油类泄漏出现相对不太频繁，因此相关区域中的历史泄漏记录通常会不足，不能作出全定量评估。不过，通过全球范围的历史数据，可以让我们了解最常见泄漏原因的情况。将这些统计数据应用到局部环境，可以帮助确定区域所面临的风险。例如，研究发现，大多数泄漏都发生在港口或靠近港口的地方；其规模往往较小，通常都是由于例行作业导致的，如上货、卸货和装燃料等。因此，油轮和其他船只前往油港和商港的次数及装载的油类或燃油舱类型与风险评估具有非常密切的关系。在处理油类的类型已知的情况下，可能可以预测油类泄漏后的行为和存留情况。

确定了具有较高泄漏风险的区域后，可以进行泄漏的可能后果的估算。例如，这些位置的油类泄漏是否可能会影响到敏感的自然和经济资源，如市容地带、海水取水口、渔业和海洋养殖设施或海鸟栖息地。这些资源的位置记录在地图上（图 4 - 8），最常用的方法是使用地理信息系统 (GIS)。泄漏油类的移动情况可以通过普遍的风速和方向、潮汐和水流并考虑季节性变化加以预测。对区域中处理或运载的油类活动和类型的分析能够提供所需的基础，以便确定可能的泄漏情形和预测最可能出现的结果。



▲ 图 2：大规模应对措施将涉及到来自众多不同机构和公司的人员。通过定期演练全面检验应变计划将帮助确保所有参与者熟悉自己的任务。

风险评估	战略策略	作业程序	信息目录
确定出现泄漏的可能性	计划概述	通知	作业参考资料
<ul style="list-style-type: none"> • 船只呼号或过往船只的编号和类型 • 装载的油品类型和数量 • 预计泄漏发生的频率和规模 • 确定高泄漏风险区域 	<ul style="list-style-type: none"> • 确定主导组织 • 略述法规框架和管辖范围 • 定义计划的地理区域 • 定义与其它计划的相互作用 – 确定分级应对措施的规模 • 略述船东的角色 	<ul style="list-style-type: none"> • 建立通知渠道 • 略述确定事件环境所需的详情 	<ul style="list-style-type: none"> • 相关政府机构和其它应对组织的联系方式和职责范围 • 可用资源目录和操作人员联系方式 • 材料和服务的第三方供应商的联系方式 • 敏感区域地图 • 消散剂使用限制
确定可能的后果	应对技术	评估	样本文档
<ul style="list-style-type: none"> • 敏感资源的位置 • 泄漏可能的动向 • 油类对资源的影响 	<ul style="list-style-type: none"> • 说明处理漂浮油的首选应对技术及其使用的任何限制 • 确定保护风险评估中确定的敏感资源的重要性和能力，并考虑各种季节性变化 • 确定计划区域内各种海岸线类型的适当清理技术 • 略述沾油野动植物的应对措施 	<ul style="list-style-type: none"> • 油品来源、气流和水流的详细信息 – 漂浮层轨线建模 • 确定对资源的威胁 • 通过空中、船舶和徒步调查获得更多的信息 	<ul style="list-style-type: none"> • 示例设备授权和雇请协议 • 每日空中、海上和海岸进度报告的形式样本 • 记录支出的示例表格
确定可能的泄漏情形	应对资源	启动	补充信息
衡量制定应变计划的好处	<ul style="list-style-type: none"> • 确保有合适的资源（以采购或签约的方式）可用于处理风险 • 分配储放位置 • 确定可能会需要的材料和服务的供应商 • 确定优先的废物储放、处理和弃置选项 	<ul style="list-style-type: none"> • 启动应对工作 • 确定应对团队成员、其职责和联系方式 • 通知或与其它组织联络，包括其他计划所有者 • 根据面临的威胁作出所需的应对决策 	<ul style="list-style-type: none"> • 获得批准的应对产品的列表 • 关于观察和记录海上和岸上油类情况的指导原则 • 关于优先应对技术的使用的指导原则，包括栅栏布设计计划 • 关于取样和污染水平监视的指导原则 • 资金划拨及赔偿的来源 • 加快成本回收所必要的信息 • 规定计划所有者的法定权利立法
<ul style="list-style-type: none"> • 确定现有泄漏应对安排 • 确定建议的应变安排是否能够帮助减少泄漏造成的后果 • 决定需要什么程度的应变计划 	领导、指挥和管理	调动资源	
	<ul style="list-style-type: none"> • 定义关键应对职能 • 略述职责划分 • 确保涉足其中的所有组织之间的协调 • 定义决策职责 • 决定指挥中心和前线作业基地位置 • 略述第三方的应对工作参与情况 • 考虑媒体和公共关系 • 确保准确的记录保存 	<ul style="list-style-type: none"> • 确定资源的供应情况并略述调动程序 • 确保资源根据战略策略部署 • 保留活动和成本记录 	
	培训和复查程序	清理支持	
	<ul style="list-style-type: none"> • 给出培训和演练的时间表 • 定义计划的定期复查和更新程序 	<ul style="list-style-type: none"> • 确保足够的后勤支持 • 确保为应对工作中的所有各方建立整合的沟通机制 • 确定最佳废物处理渠道 	
		进度核查	
		<ul style="list-style-type: none"> • 确保不断地对应对措施的所有方面进行重新评估 • 突出应对措施中需要修改的方面 – 扩大或缩小 	
		终止	
		<ul style="list-style-type: none"> • 确定终止和撤销工作点的标准 • 解散、清洁、维修和遣返资源 • 复原临时废物储放点 	
		计划复查	
		<ul style="list-style-type: none"> • 安排应对工作的复查 	

▲ 图 3：考虑周全、设计合理的应变计划所需的四阶段组成部分的示例。

风险评估流程的最后部分是评估需要什么范围的应变计划，或者现有应变安排是否应该加强或修改。要提出的一个重要问题是，建议的应变措施是否能够减轻泄漏造成的后果。例如，应该根据风险情形比较设备贮放位置，以确保能够有足够时间部署设备，以便在油类达到敏感资源之前开展应对作业。

战略策略

风险和应变安排确定之后，就应该确定应对战略。决策者应考虑地方、国家/地区和国际要求，例如现有的民事应急安排以及在漂浮油漂过境时国家/地区之间可能存在的合作安排。

关于源自船舶的泄漏需要处理的一项重要决策是，应对工作是由船东还是政府主导。由于政府负责保护国家/地区的利益，因此政府通常会在泄漏事故应对工作中发挥主导作用。其它情况下，也可以通过指导船东的应对工作而实现类似的结果。在某些国家/地区，法律可能要求船东在船只允许进入港口前与应对组织签署合同。为了确保清晰明确，应该在计划中说明政府的角色及期望船东在应对工作中作出什么样的贡献，并在合适的地方参考相关法律规定。

计划概述

文档的战略部分提供计划的概述（包括其地理范围），说明其根本原因并定义所采用的泄漏应对策略。应该确定计划所有人，并参考规定其职责的法规和法律管辖权。与邻近区域及分级应对措施中的其他级别计划的交互应该予以清楚阐述，并划分出与不直接参与清理作业的其他方开展合作的领域。

保护优先级别

确定优先级别是计划流程中最重要的一部分，因为在重大泄漏事件中，不可能面临威胁的所有资源都得到成功的保护。因此，需要事先确定保护的优先级别。为了确定这些优先级别，应该根据对社区的重要性对风险评估中确定的容易受到影响的经济和环境资源进行排序。可能受到泄漏影响的各种实体通常只是参与讨论，而只有政府机构才处在作出必要决策的位置。重要的一点是，不仅要考虑保护资源的愿望，而且资源的防卫和保护程度需要切实可行。应该提供更改应对优先级别的条款，例如，如果油类在计划实施前已经达到这些资源的情况。

季节性变化可能会极大地改变保护优先级别。例如，在临近夏季或夏季期间给予休闲海滩的优先级别可能不适合在冬季分配给相同的资源。与此

类似，某些生物敏感区域可能在繁殖或产卵期或已知迁徙种群将要出现时给予高优先级别。指示敏感区域和保护优先级别的地图上应清楚地标注任何已知的季节性变化（图 4）。

应对技术

应该确定关于在海上、港口内或岸上等地方的清理策略的策略，确定优先使用的应对技术和任何可能适用的限制，例如是否允许使用消散剂和其它化学品，如果允许使用，其使用的条件是什么（例如，需要获得许可且使用深度有限制）。采用的战略应该对泄漏风险的评估形成补充，应该处理一致认可的保护优先级别。

对于地方性计划，应该描述计划区域内的海岸线类型及考虑的每个区域最适合的清理技术。需要考虑的因素可能包括位置的美化价值、进出路况和是否适合重型设备及植物群和动物群的分布情况。可以在信息目录中包括海岸线类型的地图和照片，以说明每种技术可用于哪些地方及哪些地方可能适用各种限制。可能根据需要随附各种清理技术的详细指导原则。

需要谨慎地考虑处理沾油野生动物（尤其是鸟类）的条款，并决定相应的应对策略。计划中应该包括兽医或专业护理组织的联系方式，地方级别的计划中还应确定现有的治疗中心或可能用于建立临时中心的位置。可能需要的设备和饲料的供应商的联系方式应该包括在信息目录中。

应对资源

战略的实施需要确定实现有效应对所需的资源，考虑预期的气候条件范围、油品类型和预计使用区域。这些资源可能由计划所有者提供或根据需要采购/以签约方式获得。

应该在计划中随附可用设备目录，并在作业部分中列出调动程序。这些说明最好能在信息中心中作为表格提供，详细说明每个位置的设备类型、尺寸、容量、运输要求和发放的联系点。关于设备对不同油类的适用性、当前速度、海岸线类型等的说明可能可以帮助快速选择正确的设备。将此信息输入计算机数据库及链接的 GIS，能够确定最靠近泄漏地点的设备，并能快速确定特定类型的所有设备的位置。对于海滩清理和废物装卸作业中可以使用的非专用设备（建筑和农业机械），也应该对其潜在提供商予以确定。对于自有或承包商、工业企业或其他方提供的设备和废物，可以在计划中随附一致认可的合同条款。

选择专用设备的最佳储放位置（图 9）时应该对将设备放在确定的高风险区域还是中央位置的优

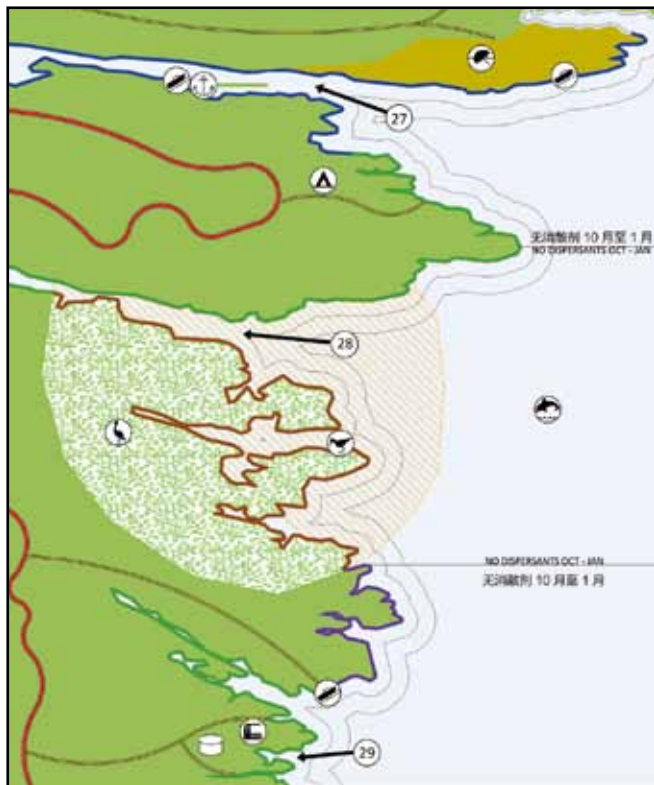


图 4：敏感性地图。计划中所需的地图的数量及其比例尺将取决于应变计划中涵盖的区域的大小及要说明的特征的复杂性。国家 / 地区计划中的地图通常将仅泛泛地指示海岸区域的主要特征、存在风险的资源及潜在的泄漏源。地方计划中的地图将提供更为详细的信息，如表面漂浮层可能的移动情况、一致认可的应对战略、海岸入口处和临时储放与弃置点。为了清楚起见，可能适合将信息分布在两个或更多地图中。还可以参照更多的草图或照片，从而更为详细地说明应对安排中的要素。GIS 提供了更为方便的用于结合所有这些信息的方法。给出了一份敏感性地图示例，并在下面提供了与地图上的泄漏应对工作高优先级地区对应的照片。



图 5：靠近河口的浮木档栅部署点。布设浮木档栅来让油类偏离可从岸上方便进入的收集点。



图 6：前面设有取水口的电站。部署了多个绕曲浮木档栅来防止油类进入。



图 7：后面分布着红树林和湿地的潮坪形成了鸟类的天然保护区。虽然可以考虑对靠近此区域的油类使用消散剂，但应该考虑近岸水域产卵的情况，这可能会导致在每年的特定时间限制消散剂的使用。柔软的泥土可能不能承载车辆和清理设备。



图 8：靠近酒店和公寓区的海水浴场。在出现污染的情况下，将需要优先注意海滩，尤其是夏季更需要特别关注。车辆进出方便。



▲ 图 9：作为计划制定过程的一部分，应该在计划中确定合适且足够的应对设备和材料，以应对出现的各种情况。

势进行权衡。集中储放可能带来设备维护方面的规模优势，操作员可以通过频繁出动获得更多实践经验。不过，与设备储放在本地相比，响应时间可能会比较长，而相关的运输成本也会较高。将储放位置分布在靠近确定的具有较高风险的区域，会不可避免地重复购买某些类型的设备。

需要事先确定可以确保快速满足部署设备和承担清理工作所需的人力的组织。实施计划的组织满足人员要求的程度将取决于从其他活动撤出人员的能力、工作团队的监督需求及要部署的专业设备的数量。应该在信息目录中列出来自承包商、政府部门、当地工业企业等的其他支持人员的来源，并将其视为分级应对措施方法的一部分。

在制定计划期间，需要考虑清理人员的后勤支持问题，如个人防护设备 (PPE)、食品、住宿和媒体资源等。将需要确定可能会需要的设备和材料以及资源和废物的运输等服务的供应商。应该在信息目录中包括计划区域内和计划区域外的潜在供应商的名称和地址。对于需要从海外获取资源的情况，应该在计划中确定入境和海关程序，以便在出现紧急情况时进行人员和设备的紧急清关。应该确定作业有足够的资金来源，如采购食品和燃油及支付薪酬、发票等，以确保应对工作能够根据需要长时间地持续进行。

在制定计划时，应该作出关于废物储放和废物处理、弃置或重复使用的选项方面的决策，决策时要考虑环境因素和法律要求，包括许可等。如果能够获得，可以在计划中随附每个选项的容量和可能的单位成本的详细信息。通常，将为液体和不同类型的固体废物确定独立的弃置渠道，计划中应该考虑从应对工作开始时即将其分离到不同的废物流中。为了最大限度减少运输成本，应该在风险评估中确定的潜在清理站点附近就近确定

油类和沾油废物的临时储放场所，并在相关地图上加以标识。应该提供获得许可的废物运输者和弃置设施及国家 / 地区许可机构的联系方式。

领导、指挥和管理

在任何事件中，都会有大量必须履行的职能。在重大泄漏事故中，每个职能都会需要一个团队来完成必要的任务，而在规模较小的事件中，这些职能可以合并，由较小的团体或个人承担。关键职能有作业计划、进行中的作业的控制或管理、后勤支持提供及行政管理。单个政府组织对整个作业全权负责，并具有已确立的指挥链或现有管理结构，可以帮助避免职责划分方面可能产生的混淆。不过，由于海洋环境利用涉及多方利益及海上和海岸应对作业之间习惯上的职责划分的原因，可能会导致涉及多个组织。因此，需要建立这些各种组织间的协调程序，并清楚地定义各自的角色。所有参与者务必充分理解在应对工作期间必须进行的不同决策的职责归属组织结构中的具体位置。例如，有些问题必须向指挥链中的上层提交，而其他则可以在作业级别决定。*

必须确定容纳应对团队的一个或多个办公室或建筑。指挥中心作为确定的区域内的应对工作的管理焦点，是与外界利益相关者的联络点（包括公众和媒体）。此设施将需要足够容纳重大事件管理中所涉及的大量人员的空间，并配备会议室和通信系统；电话线路、互联网连接和无线电路足以确保信息自由进出指挥中心。应考虑在指挥中心为媒体设立独立的沟通和情况通报区域。

在长距离开展清理作业的情况下，可能需要在靠近作业点的位置设立多个临时指挥中心。关于清理作业和后勤要求的所有信息都应通过指挥中心传递。在重大泄漏事故中，海上、岸上和空中的作业可能会同时进行，指挥中心和每个部分之间的无线电通信将对保持信息和指令的快速传递至关重要。更偏远区域的作业可能需要建立临时通信站或使用卫星通信系统。需要特别注意海上船只与监督飞行器之间直接通信的能力，需要专用设备。通信设备和程序（包括制定的无线电频率信道）全部都应该在计划中予以考虑。

事件的应对工作中涉及的其他方可能会影响清理作业或受到其影响，应该在计划中包括相应的联络安排。在源自船舶的事件中，定期与打捞人员保持联系是整体应对工作的至关重要的元素，可以便于监视打捞工作的进展和评估油类进一步释放的可能性。海岸渔业和海洋养殖经常会受到影响，负责确保海洋产品的安全和可销售性的政府机构可能需要考虑实施针对渔业的限制。计划过程还为此类组织提供了梳理自己的应变安排的机会，如实施及稍后取消捕捞限制的标准。其它团



▲ 图 10：公众和媒体对应对团队提供的信息的要求可能非常密集，可能会影响有效开展应对工作的能力。计划中应该包含处理这些问题的程序。（图片由 USCG 惠供）。

队（包括旅游和如野生动物保护组织）也会对应对措施和安排非常关心，也应该考虑知会他们。

在很多国家 / 地区，不可低估通过媒体施加的压力，不过，如果有让记者和公众知悉情况的条款，就可以减少对应对工作进行的干扰。专门的媒体和公共关系关于可以处理质询，而作业负责人或组织的其他高级成员所做的情況通报能够让公众了解应对工作进展，并能提高其可信度（图 10）。在重大泄漏事故中，应该考虑建立专门的网站，定期发布公告，从而在出现新情况后数分钟内即可提供准确的信息。还应该考虑使用各种可用的社交媒体、网络和网络日志服务来公开信息，这些工具可能可以帮助关注公众舆论。

不仅要记录采取的行动，而且还要保留会议记录，并记录通信内容，以反映应对工作期间作出决策

的过程。如果在以后就结果及证明合理的决策提出质询，则可以检查这些内容。关于人工、设备、材料和支出的使用的准确记录也非常重要。考虑到一致性，值得花时间准备记录格式示例，并将其包括在信息目录中。全面的文档将协助阐明成本回收的索赔。*

培训、演练和核查

需要在机会中确定培训和演练的时间表。应该为所有层次制定培训计划，并包括海洋和海岸线应对团队和利益相关方。定期举行实际演练将帮助确保应变安排恰当运作，而且所有各方的角色和职责均得到全面测试和充分理解。应该定期调动和部署设备来评估其可用情况和性能（图 11）。此类演练还能确保联系方式和设备清单为最新内容。应该对计划进行复查，如果合适，还应根据演练或实际事件中总结的经验教训加以修改。所有涉及其中的人员都需要注意到计划的任何变化。

作业程序

在计划的作业部分中，应该按照事件顺序清楚地说明在发出事件通知后需要逐步进行的与后续评估和应对工作的初始化相关的活动。此部分将成为收到事件通知时的首个参考点，应该在计划中清楚地加以确定并能够方便地访问。

通知

在很多情况下，船员向当地海岸警卫站或港口当局提交的报告可能是表明存在泄漏的第一个提示

* 请参见关于海运油品泄漏事故处理的领导、指挥和管理的另一篇技术资料论文。

信息需求	信息来源
事件发生的位置和类型。	船长、船只操作人员、打捞人员、港口当局或海岸警卫队。
油品类型。	燃料舱证书或货物清单（可从船长、船只操作人员或船东、货物业主或船只承保人获得）。知道油类名称后，就可以通过油类的化验报告获知其特征。
水流、潮汐和天气预测。	潮流图集、潮汐表、当地海洋图表和航行指南、港口和机场当局和国家 / 地区气象服务部门。
位置和环境及社会经济资源的季节敏感性与其保护优先级别。	信息目录 / GIS（附加到计划中）。
受到威胁的资源的利益相关方的联系方式。	信息目录 / GIS（附加到计划中）。

▲ 表 1：评估和应对事件时可能需要的信息的潜在来源。

信息。另外，泄漏报告也可能来自各种来源，包括普通公众。计划应该说明报告如何送到计划所有者的途径。

一旦收到泄漏警告，制定计划的人员将努力确定事件的准确情况。计划的这一部分应该包括进行初步评估所必要之信息的清单，包括：

- 进行观察的日期和事件：当地事件或 GMT/UTC；
- 事件的位置（如经度和纬度、相对于地标或海岸线的位置）；
- 污染源和原因（如船只的名称和类型；碰撞或搁浅）；
- 泄漏油量的估计、其类型及特征；
- 泄漏油类的说明，包括漂浮层的方向、长度、宽度和外观；
- 洋流和预计天气和海况；
- 船只状态和打捞作业的详情；
- 货油和 / 或燃油舱相对于受破坏区域的分布及进一步泄漏的风险；以及
- 为了对抗污染而采取的行动。

评估

初步报告中不可能包括所需的所有信息，不足以全面评估油类对环境和经济资源造成的威胁。因此，计划中应该包括基于对事件的不完全了解评估威胁的指导原则，例如，是否可以在没有获得泄漏油量的准确估量的情况下调动资源。

可能需要技术专家的意见来帮助评估事件的大小、严重性和应对措施。表 1 中列出了此评估所需的数据的潜在来源。为了对这些信息来源进行补充，计划中应列出通过以下方式获得其他信息的程序：

- 确定油类漂浮层预测轨线；
- 安排空中监督，以验证这些预测和更好地了解事件的规模；
- 安排对受影响区域的调查，以验证报告，例如使用船只调查漂浮油，或者在油类已经搁浅到岸边时步行前往调查。

应对工作起动

如果认为初次事件的规模或任何泄漏油类造成的威胁很严重，通过通知计划中确定的应对团队的成员，并建立指挥中心。应对人员及其职责的组织图表以及在事件发生后最初几个小时内要采取的行动的列表将帮助加速此过程。为了协助开展作业，可能需要来自周边区域的额外事故应对人员，应该在信息目录中包括食宿设施的联系方式。



▲ 图 11：定期进行演练部署设备，将帮助确保设备得到维护，且在出现泄漏时即可使用。

计划中阐明的召集程序应该允许在发出通知的同时进行事件的评估工作。应该在信息目录中包括根据泄漏严重性需要通知的其他人员和机构的列表，并简单描述其职责范围和联系方式。

计划中应该列出要作出的应对决策：

- 是否没有关键资源受到威胁，而且预测油类将自然消散；
- 是否或许由于气候条件等原因而没有应对措施可行；以及
- 关键资源是否受到威胁或影响，例如，环境是否便于在海上对油类使用消散剂，或回收方法是否适合污染物。与此类似，当油类到达岸边时，可以使用最有效的海岸线清理技术（如低压大排量冲洗或海浪洗涤）来最大限度减少需要送去进行弃置处理的废物的生成和 / 或减少对海岸线造成更多的破坏。

可以使用包含在地方计划中的地图和信息确定出现泄漏面临风险的资源和在这些资源中存在相关利益的各方的联系方式，例如渔业企业、电站和相邻区域计划所有者等。应该包括预计事件超出计划范围时激活更高级别的应对措施的程序。

调动资源

应该在计划中定义各种程序，特别是以下方面：

- 为选择的应对技术调动必要的设备、人员和材料，包括安排等待调动命令时让应对资源进入待命状态；
- 根据应对决策部署设备，例如确定可以用于部

* 请参见关于索赔的准备和提交的另一篇技术资料论文。

署设备的船只及参考计划中随附的浮木档栅布设计在预先制定的位置放置浮木档栅来保护关键资源；以及

- 确保活动、决策和支出的记录得以保留。

清理支持

计划中应该包括用于调动支持整个应对工作成功进行所必要的后勤支持，例如应对团队的个人防护设备 (PPE) 和食物的分发、机械燃料的配给以及人员、设备和回收的废物的运输等，以便最大限度减少延迟。

计划的此部分还应该描述在整个应对作业中建立整合沟通机制，例如通过交换手机号码或建立向应对工作人员分配 VHF 无线电频率和收发器的程序。

还应该包括为战略制定过程中确定的废物选择最合适的储放、处理和弃置途径。

进度复查

来自空中监督和现场人员的报告将帮助密切监视清理工作的进展，报告中应确定所需的状态报告类型和格式及如何向管理应对工作的团队提供这些报告。计划应该包含在作业进行过程中不断重新评估应对工作的程序，尤其是要确定应对措施规模是否与有待完成的清理活动相称。

清理工作的终止

随着清理的进行，将会达到某些技术变得无效或已经达到想要的清理级别的时间点。计划的作业部分应该提供以下信息：

- 所有利益相关方之间的联络方式及就每个位置合适的清理级别达成的协议（即清理结束点和终止的技术标准）；
- 各个利益相关方的代表进行的联合调查，以监视进度和确定何时已达到一致认可的结束点；
- 撤离设备并将其返回储放地进行清洁和维护（图 12）。重新订购消耗的材料，并维修或更换受损设备；以及
- 对临时废物储放地和其他工作场所进行复原。

计划复查

应对工作一旦完成，应该起草关于作业的报告，以便复查应变计划和支持关于支出报销的索赔。

信息目录和附录

信息目录通过提供与计划涵盖的区域相关的信息和地图来为作业和决策过程提供支持。其中应该



▲ 图 12: 在可能的情况下，应该对设备进行清洁和维修，以便在下次事件时可供调动。

包含便于使用者评估事件规模，并能根据在计划制定期间一致认可的战略启动快速且恰当的应对措施级别。目录的设计应该便于更新，因为其中包含的很多信息将会频繁更改。正如前面所述，GIS 和数据库能够促进此过程的进行。信息目录将包括各种信息，例如：

- 所有相关中央政府、地方机构和海事机构的联系方式和职责范围；
- 与敏感环境和社会经济资源有利益关系的组织的联系方式；
- 能使用和不能使用消散剂的区域；
- 泄漏应对设备的列表（如撇浮装置、浮木档栅、消散剂、吸油物）和其发放的联系方式；
- 辅助设备的来源（如飞行器、挖土机、吸油卡车）和操作者的联系方式；
- 海岸线类型和敏感区域的详细信息及其保护优先级；
- 潜在清理站点的进出路线；
- 油类和其它废物的储放和弃置；
- 提供各种服务（如计算机建模、IT 和通信支持）和关于泄漏应对及科学问题的技术建议的机构的联系方式；以及
- 媒体联系人列表。

附录可能包含的信息包括：

- 得到行政部门批准的产品的列表（如消散剂或清洁剂）；
- 用于记录油污观察结果和清理进度的形式文档样本；
- 关于优先应对技术的使用的指导原则，包括浮木档栅部署计划；
- 雇请第三方设备的合同条款；
- 沟通计划；
- 弃置选项的详细信息；
- 支持服务的提供者列表（如餐厅、住宿、安全、

- 媒体等)；
- 计划中使用的缩写词的词汇表（或者，也可以将此词汇表放在计划的前面）。
- 资金划拨及成本回收赔偿的来源；

评估应变计划是否适当的十个问题

- 考虑到任何泄漏油类可能的移动情况，是否对可能的威胁的规模和严重性及面临的风险最大的资源进行了真实的评估？
- 保护优先级别是否得到了一致认可，并考虑了各种保护和清理选项的可行度？
- 是否就各个区域的保护和清洁战略达成了一致，并进行了清楚的说明？
- 是否已对应对工作所必要的所有职能进行了分配，并清楚说明了所有涉足其中的人员的职责，是否所有组织和机构都清楚自己的职责？
- 设备、材料和人工是否足以处理预期的泄漏规模？如果不够，是否确定了后备资源，是否建立了在必要的情况下获得其发放并进入所在国家 / 地区的机制？
- 是否已为收集到的残片确定了临时废物储放点和最终弃置渠道？
- 通知和初步评估程序是否已经得到了充分说明，是否建立了清理作业的进度和成效的持续复查安排？
- 是否说明了用于确保海岸、海上和空中作业之间的有效沟通的安排？
- 计划是否与邻近区域的计划和其他活动保持了一致？
- 是否对所有方面进行了测试？

技术资料论文

- 1 海运油品泄漏的空中观察
- 2 海运泄漏油品的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的浮木档栅应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海运油品泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海运油品泄漏的应变计划
- 17 对海洋化学品污染事故的应对措施

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织，旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息，借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文，本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息，请联系：

S



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999

电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950

网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998



海洋化学品污染事故的 应对措施

技术资料论文

17



引言

通过海洋运输的化学品数量逐年增加，因此国际社会越来越意识到需要制定安全而有效的应急计划来应对化学品泄漏事故。不过，化学品种类繁多，具有不同的物理属性，泄漏时具有不同的行为，对人类健康和海洋环境有不同的潜在影响，这意味着化学品泄漏的防备和应对措施要比油类泄漏复杂得多。

本文介绍了在应对化学品泄漏中涉及的问题，并讨论了危害范围、化学品在海上泄漏时的行为，另外还简要介绍了可以采取的备选应对措施方案。

什么是化学品？

“化学品”这一术语包含了人类已知的所有物质。不过，并非所有通过海洋运输的化学品都被视为危险物品，而只有归入“有害有毒物质”(HNS)的化学品才是危险物品。《有毒有害物质污染事故防备、反应与合作议定书(OPRC-HNS)》¹对有害有毒物质的定义如下：“除油类以外的、如果进入海洋环境便可能对人类健康造成危害、对生物资源和海洋生物造成损害、对宜人环境造成破坏或对海洋的其它合法使用造成干扰的任何物质”。与特定化学品相关的危险由其固有的属性所决定，因此，HNS可能展现出以下五个特性中的一个或多个：可燃性、爆炸性、有毒性、腐蚀性或反应性。

HNS 公约²提供了 HNS 的另一个定义，但与 OPRC-HNS 议定书中的定义大相径庭。根据该公约，如果某种物质包括在表 1 中列出的国际海事组织(IMO)公约和法规中的一个或多个列表中，

¹《有毒有害物质污染事故防备、应对与合作议定书》，2000 年（请参见 www.imo.org）。

²《国际海上运载有害和有毒物质造成损害的责任和赔偿公约》，1996 年。截至 2012 年 3 月，HNS 公约尚未生效（请参见 www.hnsconvention.org）。



▲ 图 1：化学品运输船。

则此物质就归入 HNS。列出的这些公约和法规旨在确保各类化学品的安全运输。除了列出不同类型的 HNS 外，其中还规定了 HNS 运输中涉及的不同船只的设计和建造标准以及关于化学品标贴、包装和装载的规则。放射性物质和传染性物质不包括在 HNS 公约中，也不在本文的讨论范围内。

OPRC-HNS 议定书针对防备和应对措施，而 HNS 公约则针对补救措施。两个 HNS 定义之间的差别很大，因为其各自涉及的货物并未包括在

HNS 材料	公约和法规
散装运输油类	1973 年制定的《国际防止船舶造成污染公约》的 1978 议定书修订稿 (MARPOL73/78) 的附件 I 的附录 I
散装液体	《建造和装备载运散装危险化学品船舶的国际法规》(IBC 规则) 第 17 章和 MARPOL 73/78 的附件 II 的附录 II
气体	《建造和装备载运散装液化气船舶的国际法规》(IGC 规则) 第 19 章
散装固体	《国际海运固体散装货物规则》(IMSBC 规则) 第 9 部分；如果采用带包装形式，则还包括在 IMDG 规则
带包装货物	《国际海运危险货物规则》(IMDG 规则)

▲ 表 1：提供 HNS 列表的 IMO 公约和法规示例（请参见 www.imo.org）。



▲ 图 2: 来自搁浅的集装箱货轮的漂浮泄漏油类和集装箱 (图片由 SMIT 惠供)。

另一方中。例如, OPRC-HNS 议定书包括煤、水泥、各种金属矿石和谷类。丢失此类货物可能会因窒息而导致环境损害; 就谷类来说, 其分解还会造成局部生物需氧量高, 并释放有毒气体硫化氢。相反, HNS 公约涵盖很多常见的易挥发矿物油蒸馏产物, 如煤油和汽油, 在某些情况下也包括低挥发性油类, 所有这些都包含在 OPRC-HNS 议定书中, 因为这些全部属于 OPRC 90 公约³ 的规定范围。2000 年 OPRC-HNS 议定书和 HNS 公约都涉及到了植物油。油类泄漏的应对措施在本 ITOPF TIP 系列的其它文章中讨论, 具体请参见封底。

有害有毒物质 (HNS) 的运输

全球各种行业对所用化学品之需求的增加导致海运化学品贸易的快速增长。2010 年, 国际海事组织 (IMO) 列出了通过海洋运输、最可能涉及 HNS 事故的 20 种最主要的化学品 (不包括原油、其液体产品和植物油)。此列表是在收集生产的化学品数量、最常运输的化学品和最常出现泄漏的化数据 (表 2) 的基础上得出的。

HNS 货物可能以两种方式海运: 散装 (液体和固体) 或带包装形式。如下所述, 多种不同类型的船只可用于 HNS 运输:

- **散装货轮** – 批量运送固体状的未包装干货, 如铁矿石、磷酸盐岩、煤炭、水泥和谷类。
- **化学品、零担或成品油轮** – 运送散装液体货物, 差异在于货舱分隔方式及所运送的化学品类型, 例如苯或苯乙烯 (图 1)。
- **气体运输船** – 运输高压和 / 或低温下的液化气, 即液化天然气 (主要是甲烷) (LNG) 和液化石油气 (丙烷和丁烷) (LPG)。
- **货柜船 (图 2)** – 使用方便高效装卸货的联合运输集装箱运送带包装的货品。货柜船的大小



▲ 图 3: 海岸线上与一个集装箱捆绑在一起的标准罐箱。

通常以 TEU (20 英尺标准箱) 表示, TEU 是船只可以运送的标准尺寸集装箱的数量。运输的一小部分集装箱是罐式集装箱或“罐箱”, 用于运输散装液体 (图 3)。

- **普通货船** – 运送小批量托运的松散货物, 例如, 用集装架、条板箱、箱或圆桶装运。就船只类型而言, 这是全世界运输船只中最大的一类。
- **滚装 (Ro-Ro) 船** – 运输装载松散货物、集装箱或散装液体和固体的公路拖车或铁路货运车辆。

如果运送多种 HNS 的船只 (例如货柜船、零担油轮或滚装船) 出现事故, 且单个集装箱、液罐或拖车遭损, 则可能会由于各种货物彼此混合及与水混合而产生更为复杂的情况。具体而言, 可能难以完成识别集装箱或拖车的具体内容和评估所构成的危害, 并在某些情况下, 危险货物舱单 (图 4) 和装载计划所提供的细节可能不足以充分评估某个潜在事件的严重性。

甚至相对较少量的 HNS 都可能会带来巨大的风险。例如, 磷化铝 (AlP) 是一种广泛运输的熏蒸剂, 与水反应会生成磷化氢 (PH₃), 这是一种有毒气体 (图 5)。事故中还可能会涉及燃料舱燃料或其它油类泄漏 (图 2 和 5), 这可能会让应对措施变得更为复杂。如果 HNS 对人类健康有害, 则在海上或海岸采取应对措施可能无法进行或产生负面效果。

化学品在海洋环境中的属性

物理属性

在制定应对战略时, 根据在释放到海洋环境中时表现的属性对物质进行分类 (气体、液体或固体) 是非常实用的工具。物质的最终归宿由挥发性、溶解性和密度属性决定, 而这些又反过来决定物

³ 《国际油污防备、应对和合作公约》(International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation)。

等级	化学品	行为	主要危害
1	硫酸	下沉物 / 溶解物	腐蚀性 / 遇水的放热反应 / 烟雾
2	盐酸	下沉物 / 溶解物	腐蚀性 / 遇水的放热反应 / 烟雾
3	氢氧化钠 / 苛性钠	下沉物 / 溶解物	腐蚀性 / 遇水的放热反应
4	磷酸	下沉物 / 溶解物	腐蚀性 / 遇水的放热反应 / 烟雾
5	硝酸	下沉物 / 溶解物	腐蚀性 / 遇水的放热反应 / 烟雾
6	液化石油 / 天然气	气体 (以液体形式运输)	可燃 / 爆炸性
7	氨	气体 (以液体形式运输)	有毒
8	苯	漂浮物 / 蒸发物	可燃 / 爆炸性
9	二甲苯	漂浮物 / 蒸发物	可燃 / 爆炸性
10	苯酚	溶解物 / 蒸发物	有毒 / 可燃
11	苯乙烯	漂浮物 / 蒸发物	可燃 / 有毒 / 聚合
12	甲醇	漂浮物 / 溶解物	可燃 / 爆炸性
13	乙二醇	下沉物 / 溶解物	有毒
14	氯	气体 (以液体形式运输)	有毒
15	丙酮	漂浮物 / 蒸发物 / 溶解物	可燃 / 爆炸性
16	硝酸铵	下沉物 / 溶解物	氧化剂 / 爆炸性
17	尿素	下沉物 / 溶解物	刺激性
18	甲苯	漂浮物 / 蒸发物	可燃 / 爆炸性
19	丙烯腈	漂浮物 / 蒸发物 / 溶解物	可燃 / 有毒 / 聚合
20	乙酸乙烯酯	漂浮物 / 蒸发物 / 溶解物	可燃 / 有毒 / 聚合

▲ 表 2: IMO 确定的在涉及 HNS 事故时最可能造成最高风险的 20 种主要化学品清单, 不包括原油、液体蒸馏原油产品或植物油 (来源: MEPC/OPRC-HNS/TG 10/5/4, 请参见 www.imo.org)。

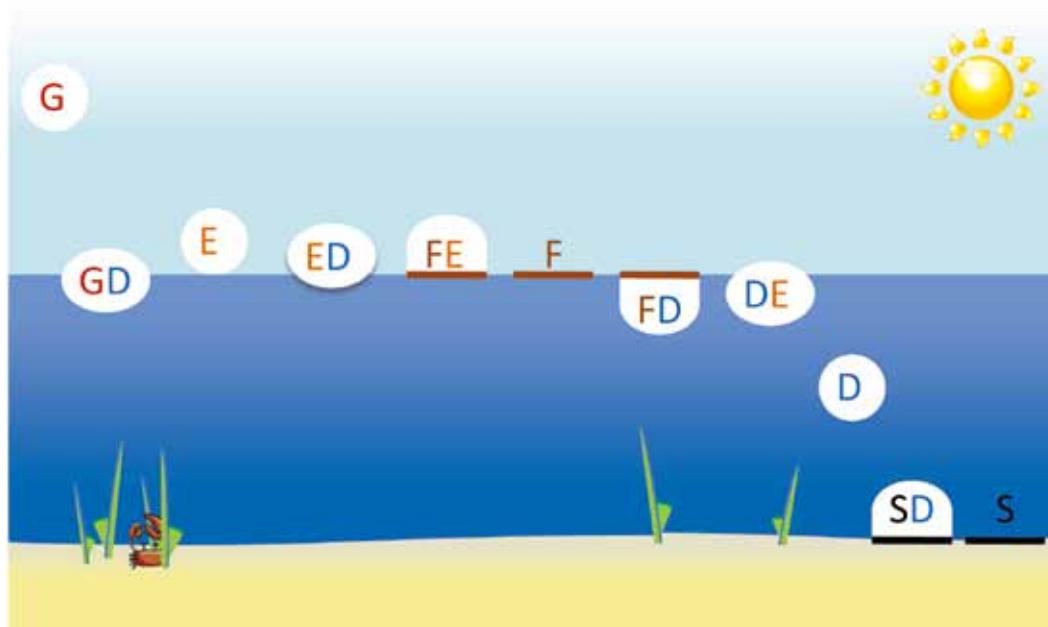
DANGEROUS GOODS MANIFEST M/V BOXSHIP L1234567 (Inbound to Panama)

Shipper/Consignee	Pkg. No.	Shipping Description	Stowage Position	Gross Weight	Container	Port of Discharge	Shipment No.
Local Chemical Co.	25 Drums	ACROLEIN, class 6.1 UN1092, P.G. I(3), Marine Pollutant	030862	2500 Kgs	243917	NYNY	7654321
Manufacturing Co.	30 Tins	ADHESIVES (liquid), Class 3, UN1133, P.G. III Flammable Liquid	420190	19.22 Kgs	678345	NYNY	6453210
Manufacturing Co.	500 Bottles	DICHLOROMETHANE (liquid), Class 6.1, UN1593, P.G. III Toxic substance	420190	1000 Kgs	678345	NYNY	6465210



▲ 图 4: 危险货物清单示例, 提供两个包含 HNS 的集装箱的详细信息。

◀ 图 5: HNS 的存在可能会妨碍对油类泄漏采取的应对措施。这里裹有燃料油的不明瓶子分布在海岸线上, 其中一些可能为磷化铝 (见插图), 这种物质与水接触会产生高毒性磷化氢气体。在这种情况下, 制定了详细的风险评估计划, 以确保海岸线清理人员的安全 (插图由 United Phosphorous 惠供)。



▲ 图 6: 标准欧洲行为分类的示意图。

质所带来的危险（毒性、可燃性、反应性、爆炸性、腐蚀性等）。

标准欧洲行为分类 (SEBC) 系统根据物质在水中的主要行为将 HNS 分成 12 个组 (图 6 和表 3)。预示化学品在海上泄漏时的行为的主要属性如表 4 中所示。不过, 必须明白, 此系统仅根据其相对于泄漏应对措施的主要行为对化学品进行分类, 化学品还可能会展现出其它特征。例如, 苯根据其 主要特征 (蒸发) 分类, 但也会有一定程度的可溶性。在计划应对措施时, 应该对物质行为的所有方面均加以考虑。

	属性组	属性
G	气体	立即蒸发
GD	气体 / 溶解物	立即蒸发、溶解
E	蒸发物	快速蒸发
ED	蒸发物 / 溶解物	快速蒸发、溶解
FE	漂浮物 / 蒸发物	漂浮、蒸发
FED	漂浮物 / 蒸发物 / 溶解物	漂浮、蒸发、溶解
F	漂浮物	漂浮
FD	漂浮物 / 溶解物	漂浮、溶解
DE	溶解物 / 蒸发物	快速溶解、蒸发
D	溶解物	快速溶解
SD	下沉物 / 溶解物	下沉、溶解
S	下沉物	下沉

▲ 表 3: 标准欧洲化学品行为分类 (SEBC) 系统。

危险

根据联合国全球化学品统一分类和标签制度 (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS)⁴, 化学品根据其所带来的危险类型进行分类, 并使用一致的标贴和安全数据表按统一的危险沟通信息进行描述。GHS 旨在确保关于化学品带来的实际危险和毒性的信息可在处理、运输和使用过程中用于加强对人类健康和环境的保护。GHS 内包括两组图标: 一组是用作集装箱标贴和工作场所危险警告 (图 7), 第二组在危险品的运输过程中使用 (图 8)。具体选择哪一组图标取决于目标受众, 但二者不能同时使用。HNS 泄漏本身或 HNS 与其它化学品、水或空气反应可能会产生由前七个图标描述的以下危险。

⁴ www.unece.org/trans/danger/danger.html



▲ 图 7: 用于 HNS 标签的 GHS 图标。从左到右: 可燃、爆炸性、助燃、急性毒性、腐蚀性、有害 / 刺激性、对环境有毒、致癌物 / 感光剂和压缩气体。这些图标旨在取代国家和地区性的标签。

属性	说明
密度	密度 ρ (物质) = 质量 / 体积。说明物质漂浮或下沉的可能性 (海水的平均密度: $\rho = 1.025 \text{ g/cm}^3$)。 ρ (苯) = 0.88 g/cm^3 , 漂浮。 ρ (固体磷酸) = 1.864 g/cm^3 , 下沉。
比重	比重 = ρ (物质) / ρ (水) 是无量纲参数, 即没有单位。在淡水中也称为相对密度。
溶解性	固体、液体或气体在某种液体 (通常指淡水) 中的溶解能力。在海水中: s (苯) = 0.07% , 微溶; s (磷酸) = 100% , 易溶。
蒸汽压	说明物质将蒸发形成蒸汽的可能性。蒸汽压越高, 物质就越容易蒸发 (缓慢蒸发物 $VP > 300$ 帕, 快速蒸发物 $VP > 3$ 千帕)。VP (乙二醇) = 500 帕; VP (乙醇) = 5 千帕; VP (丙烷) = 2.2 兆帕。
蒸汽密度	气体或蒸汽与空气相比的相对重量, 空气的比重为 1 。如果气体的蒸汽密度小于 1 , 通常会在空气中上升。如果蒸汽密度大于 1 , 气体通常将在空气中下沉。此属性基于分子重量。空气的分子重量 = 29 个原子质量单位 (AMU)。氢气 = 2 AMU, 因此蒸汽密度为 $2/29 = 0.068$, 上升。己烷 = 84 AMU: 蒸汽密度 = $84/29 = 2.9$, 下沉。
燃点	挥发材料的燃点是可以蒸发在空气中形成在接触火源时燃烧的混合气体的最低温度。燃点 T (苯酚) = 79°C , 燃点 T (苯) = -11.1°C 。
爆炸下限 (LEL)	气体或蒸汽在空气中能够在有火源时燃烧的最低浓度 (百分比)。空气中的浓度低于 LEL, 没有足够的燃料可燃烧, 空气燃料混合物 “太稀薄”。也称为可燃下限 (LFL)。LEL (苯) = 1.2% 除以空气体积 ($12,000 \text{ ppm}$)。20°C 时的 LEL (甲烷 (CH_4)) = 5.1% 。
爆炸上限 (UEL)	气体或蒸汽在空气中能够在有火源时燃烧的最高浓度 (百分比)。高于 UEL 的浓度 “太浓密” 而不能燃烧, 也称为可燃上限 (UFL)。UEL (苯) = 7.8% 除以空气体积 ($78,000 \text{ ppm}$)。
可燃区间	可燃下限和上限之间的浓度区间。
自燃温度	化学品在没有火源的情况下燃烧的最低温度。自燃 T (苯) = 538°C 。
沸点	沸点 T (丙烷) = -42°C , T (氨) = -33°C , T (硫酸) = 337°C 。

▲ 表 4: 用于评估化学品的最终归属和行为的关键物理属性。

可燃性

可燃性是指材料发生自燃或有火源时燃烧的程度。液体的可燃性由其蒸汽压或燃点决定。可燃液体具有低沸点和低燃点的特点。其它可燃材料可能在与空气接触时发生自燃。HNS 起火可能会释放热量、产生固体微粒和有毒气体 (图 9)。

爆炸性

具有爆炸性的物质是在特定环境条件下 (例如加热、摩擦、碰撞或静电) 变得不稳定而释放出存储的能量的化学品或化学品混合物。物质按照其对环境条件的敏感度、爆炸速度及其化学构成进行分类。此分类还包括烟火装置和弹药这样的材料。

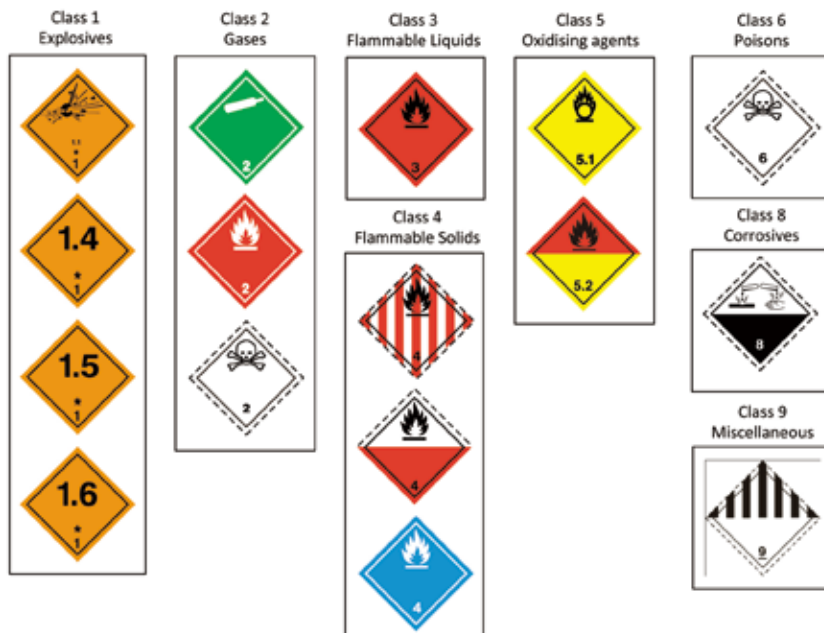
爆炸可能伴随冲击波、火焰和热量。具体来说, 当释放的能量不能快速耗散, 就会产生破坏。

BLEVE (沸腾液体膨胀蒸汽爆炸) 是挥发性物质和环境条件结合产生爆炸性方面一个重要的例子; 例如, 对罐装的压缩液化气加热可能会由于内部的液体沸腾后产生的超压导致容器破裂。这样会随之产生瞬间能量释放, 可能会形成足够大的可燃云团, 从而发生急剧燃烧、火球或蒸汽云爆炸。

爆炸上限和爆炸下限 (LEL 和 UEL) 定义了空气中的气体或蒸汽在有火源时会起火的区间。

助燃危险

本身不一定可燃, 但可能通过提供氧气导致或促进其它材料燃烧的物质可能会存在助燃危险。硝酸 (HNO_3) 之类的强氧化剂与有机材料接触时反应尤为强烈。



▲ 图 8: 联合国用于 HNS 运输的图标。第 1 到 6 类及第 8 类属于全球化学品统一分类和标签制度 (GHS) 的一部分。第 7 类材料 (放射性 - 未显示) 和第 9 类 (其它) 虽然在 IMDG 法规符号范围内, 但并未包括在 GHS 中。

毒性

有毒化学品包括在少量吸入、吞咽或通过皮肤吸收时会导致死亡或受伤的化学品。毒性通常以特定浓度对人类健康和环境带来的风险程度加以衡量和分类。经常会提到急性和慢性浓度暴露限度。急性接触定义为单次接触有毒物质即可能会导致严重生物伤害或死亡, 且接触时间通常不超过一天。慢性接触定义为长时间持续接触毒素, 经常以月或年为单位计算, 且可能会导致不可逆转的副作用。氯气就是一种高毒性气体。

腐蚀危险

腐蚀性化学品可能会毁坏或不可逆转地破坏与之接触的其他表面或物质, 包括活体组织 (皮肤、眼睛、肺) 或诸如应急设备、其它货物或包装



▲ 图 9: 标准滚装船的船头部分起火释放的热量导致集装箱被压扁和变形。

等材料。此类物质包括硫酸 (H_2SO_4) 和氢氧化钠 (NaOH) 等等。

刺激性 / 有害性

此类化学品可能对健康有害, 而具有刺激性属性的化学品可能会导致活的生物体 (例如, 眼睛、咽喉和 / 或肺部) 的皮肤和粘膜出现炎症 (皮炎)。

环境危险

可能会对一种或多种环境组成成分带来直接或迟发危险的化学品, 弃置时需要特别加以注意。

反应性

化学品可能会与相邻材料、燃油、水或空气发生各种各样的反应, 包括腐蚀、分解、氧化 / 还原或聚合反应。务必知道物质的反应性, 以制定适当的应对措施, 因为此类反应可能产生热量和可燃或有毒气体。例如, 铁可以与强酸或碱金属发生反应而释放出氢气, 氢气在空气中可形成具有爆炸性的氢气 - 空气混合气体。有些化学品可能会在加热或加水的情况下产生聚合反应。聚合反应通常伴随着体积的膨胀和热量的释放 (放热), 可能会对存储材料的容器造成破坏。聚合反应的产物还可能由于与周围环境的相互作用而分解出二次产物。分解产生的具体危险包括形成气体, 如二氧化碳 (CO_2) 和本身就有毒的硫化氢 (H_2S), 而且可能会导致氧含量降低, 进入船只的货舱或其它封闭空间时需要采取安全措施。美国国家海洋与大气管理局 (NOAA) 应对和恢复办公室⁵ 提供了可供下载的化学反应表软件 (CRW), 可

供使用者用于确定物质与空气、水和其它化学品的反应性。

危险评估

在对遗失特定货物带来的危险进行评定时，下面两份便于获取且简单易懂的指南确定了在评估事故的潜在严重性时重要的第一步工作：73/78 防止船污公约 (MARPOL 73/78) 的附件 II 及 III 和 GESAMP 危险性概述。

防止船污公约

防止船污公约是关于防止船舶污染的主要国际公约。防止船舶污染海洋公约的这两个附件与 HNS 相关：

附件 II

防止船舶污染海洋公约附件 II 包含关于在海上排放可能会导致环境污染的散装液体货物的规定。在此附件中，根据散装液体对人类健康、海洋资源和宜人环境带来的危险定义了四个类别。附件 II 的附录 II 包含按照以下所示的四个类别分组的各种物质的列表：

- **X 类** – 被认为对海洋资源或人类健康造成重大危险的液体物质，因此有理由被禁止排放到海洋环境中；
- **Y 类** – 被认为对海洋资源或人类健康造成危险或有损宜人环境或海洋的其它用途的液体物质，因此应该限制排放到海洋环境中的质量和数量；
- **Z 类** – 被认为对海洋资源或人类健康造成较小危险的液体物质，因此有理由对排放到海洋环境中的质量和数量实施较宽松的限制；
- **OS 类** – 这些“其它物质”在 X、Y 和 Z 类之外，被认为对海洋资源、人类健康、宜人环境或海洋环境的其它用途没有影响。

附件 III

附件 III 讨论防止以带包装形式在海上运输的有害物质的污染的条款。按照这些规章规定，任何对环境有害的物质（称为海洋污染物）都必须清楚地加以标记并贴上“海洋污染物”标签，以将其与有害程度较低的货物区分开来（图 10）。

GESAMP 的危险概述

海洋环境保护科学专家组 (GESAMP) 是成立于 1969 年的联合国咨询机构，他们对 HNS 给人类

⁵ <http://response.restoration.noaa.gov>

⁶ www.gesamp.org/publications/publicationdisplaypages/rs64

⁷ www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention

和海洋环境带来的危害进行了概括。该专家组由来自众多相关学科的专家组成。

GESAMP 已发布了《船舶运输物质的危险性评估》⁶，对最常运输的化学品通过船舶的经营性排放、意外泄漏或落水进入海洋环境而带来的危险进行了讨论。每种化学品的属性均相对于列出的任何化学品在海上泄漏时的一系列预定义效应进行了评估。此信息整理成危险性概述，根据以下类别确定每种物质的危险特征：

- a. 生物蓄积和生物降解；
- b. 水生毒性；
- c. 急性哺乳动物毒性；
- d. 刺激、腐蚀和长期健康影响；或
- e. 妨碍海洋的其它利用。

GESAMP 制作危险性剖析工作是一个持续的过程，将由 IMO⁷ 保持对清单的更新。

人类健康顾虑

除了危险相关的影响（如爆炸的冲击波、烧伤或氧气耗竭）外，皮肤接触吸收、吸入或摄取也会导致对化学物质的接触。吸入是气体和微粒进入体内的主要途径。通过健康的皮肤或通过皮肤受到化学破坏的表面（例如灼伤或皮炎）也会发生吸收。摄取则出现在吞咽危险药剂时。

HNS 制造商和其它组织发布材料安全数据表 (MSDS)，对与每种物质关联的具体危险进行总结。随着时间的推移，这些将被 UN GHS 的安全数据表 (SDS) 所取代。MSDS 和 SDS 基本遵循了相同的格式（图 11），提供表 5 中包含的信息。不过，应该注意，从可靠性和全面性而言，MSDS 当前提供信息的质量在不同提供者之间存在巨大差异，务必尽最大可能从制造商处获得事故中所涉特定货物的信息。预计到全面实施 GHS 时，安全数据表将提供更为一致且可靠的信息。

暴露限度

化工业和专门的政府机构已经建立了暴露限度来保护处理危险物质的工作人员。容许暴露限度 (PEL) 是对某种物质在空气中的最大量



◀ 图 10: 海洋污染物标志牌。此标志牌并不与具体类型的危险相关，供在运输任何海洋污染物时使用。

1. 物质识别
2. 危险识别
3. 构成 / 成份
4. 急救措施
5. 消防措施
6. 意外释放措施
7. 搬运、操作和存储
8. 接触控制 / 个人防护
9. 物理和化学属性
10. 稳定性和反应性
11. 毒理学信息
12. 生态学信息
13. 弃置考虑因素
14. 运输信息
15. 法规信息
16. 其它信息

▲ 表 5: MSDS 和 SDS 提供的信息。

或浓度的法定限度。PEL 使用时间加权平均 (TWA) 接触量确立, 通常为八小时 (一个典型工作日)。这些限度基于阈限值 (TLV), 阈限值反映了典型工作人员在不会导致严重的疾病或伤害风险的情况下可以在空气中接触的气体和蒸汽的量。这些限度旨在考虑危险物质的慢性接触, 不可用于处理在泄漏之后的急性接触的情况。

如要处理即时影响, 有时候还确立了短期暴露限度和最大限度。短期暴露时间限度是 15 分钟内的最大浓度, 每天重复出现的次数不能超过四次。最大限度是任何时候都不能超过的极限, 适用于刺激物和具有即时效应的其它材料。在这方面, 立即危及生命和健康 (Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH) 标准是最常用的最大限度, 描述会立即对典型的成年男性的生命或健康带来危险的大气构成情况。IDLH 限度最初为了帮助进行关于呼吸器使用的决策而制定。在定义 IDLH 限度时考虑了两个因素: 工作人员必须能够从危险环境中逃离, 不应造成永久的健康损害或严重的眼部或呼吸道炎症或其它可能会妨碍逃生的情况。

SIGMA-ALDRICH		sigmaldrich.com
		SAFETY DATA SHEET
		according to Regulation (EC) No. 1907/2006 Version 4.2 Revision Date 03.12.2011 Print Date 01.02.2012
1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING		
1.1 Product identifiers	Dichloromethane	
Product name		
Product Number	270997	
Brand	Sigma-Aldrich	
Index-No.	902-004-00-3	
CAS-No.	75-09-2	
1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against	Laboratory chemicals, Manufacture of substances	
Identified uses		
1.3 Details of the supplier of the safety data sheet	Sigma-Aldrich Company Ltd. The Old Brickyard NEW ROAD, GILLINGHAM Dorset SP8 4XT UNITED KINGDOM	
Company		
Telephone	+44 (0)1747 833000	
Fax	+44 (0)1747 833313	
E-mail address	eurtechserv@sigal.com	
1.4 Emergency telephone number	+44 (0)1747 533100	
Emergency Phone #		
2. HAZARDS IDENTIFICATION		
2.1 Classification of the substance or mixture	Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 [EU-GHS/CLP] Carcinogenicity (Category 2)	
Classification according to EU Directives 67/548/EEC or 1999/45/EC	Limited evidence of a carcinogenic effect.	
2.2 Label elements	Labelling according Regulation (EC) No 1272/2008 [CLP] Pictogram	
Signal word	Warning	
Hazard statement(s)	H351 Suspected of causing cancer.	
Precautionary statement(s)	P281 Use personal protective equipment as required.	
Supplemental Hazard Statements	none	
According to European Directive 67/548/EEC as amended,	Hazard symbol(s)	
Sigma-Aldrich - 270997 Page 1 of 7		

▲ 图 11: 二氯甲的制造商 SDS 首页内容示例。

行业和政府机构 (例如美国国家环境保护局⁸) 将继续制定更为具体的应对潜在空气传播物质释放的指导原则。

ERPG (紧急应对计划指南) 是单次接触危险物质的空气浓度指南, 旨在作为评估事故预防和应急计划是否充分的工具使用。ERPG 由美国工业卫生协会 (AIHA)⁹ 的 ERPG 委员会制定。

AEGL (急性接触指导浓度) 旨在描述与空气传播化学品终生一遇或罕见发生的接触对人体造成的风险。AEGL 是世界各地公共和私有部门合作的产物。美国国家危险物质急性接触指导浓度制定咨询委员会 (AEGL 委员会)¹⁰ 参加了这些指导原则的制定工作, 以有助于处理涉及泄漏或其它灾难性接触的紧急情况。

TEEL (暂时紧急暴露限度) 是表示危险物质对普通大众造成之不利健康影响程度的担忧等级。TEEL 由美国能源部¹¹ 定义, 供在 ERPG 或 AEGL 不可用时使用。

⁸ www.epa.gov/osweroe1/docs/chem/tech.pdf

⁹ www.aiha.org

对海洋资源的影响

一种或多种化学品对海洋环境的影响取决于一系列因素。最重要的是丢失的化学品或混合物或其反应产物的毒性。影响的程度还取决于涉及的数量，在水体中的浓度，生物区接触该浓度的时长，以及生物体对特定化学品或多种化学品的敏感度。不仅不同的水生物种展现出对物质不同的耐受性，而且给定物种的耐受性也会因其在生命周期中所处的不同阶段及季节的不同而变化。主要气候条件及当地的地貌也会对泄漏产生的后果有很强的影响。在无风情况下，暴露在有害影响之下的区域相对较小，只会缓慢地扩大，影响的强度随着与泄漏源距离的增加逐渐减小。另一方面，在河流或狭窄水道中，物质流会快速向下游流动，接触高浓度或有害浓度的区域会快速扩大。

在开放的海域中，潮水涨落、洋流和湍流扩散通常会导致污染物快速稀释。不过，即便浓度低于会导致死亡的水平，亚致死浓度仍然会带来其它影响。因化学原因诱发的压力可能会削弱生物繁殖、生长、进食或执行其它正常功能的整体能力。此外，务必注意化学品（即便处在亚致死浓度）可能中断对海洋的合理使用，比如导致鱼类感染或海滩关闭等。

有些物质在泄漏到海洋中后会长期存在于海洋环境中，包括水银和其它重金属元素及一些不容易分解的有机合成物，如杀虫剂等。活生物体吸收此类物质会导致产生“生物聚积”。生物聚积是指持久性物质在生物体内（尤其指在特定组织内）的积聚速度超过新陈代谢分解或排泄的消减速度。过滤海水寻找食物的海洋固着生物（如牡蛎和蚌类等双壳纲动物）尤其容易受此类接触的影响。“生物放大”也可能出现在食物链上，即生物聚积物质的浓度从被捕食者到捕食者顺序增加。因此，通常会在位于食物链顶部的捕食者的身体组织内发现最高的物质浓度，例如从浮游生物的微量到鱼类体内更高的浓度，以及最终导致在人类体内发现巨大的积存量。

HNS 事故的应对计划

涉及 HNS 的泄漏对人类健康的潜在影响非常大，因此应对措施的有效组织和计划至关重要。应该清楚定义应急团队的每个成员的角色，并确定各自的职责和能力。应该在应急计划中详细说明培

¹⁰ www.epa.gov/optintr/aegl

¹¹ www.hss.doe.gov

¹² www.ilo.org/icsc

¹³ 计算机辅助应急作业管理

训和训练要求并加以实施，从而为应对人员提供安全完成其工作所必要的技能。

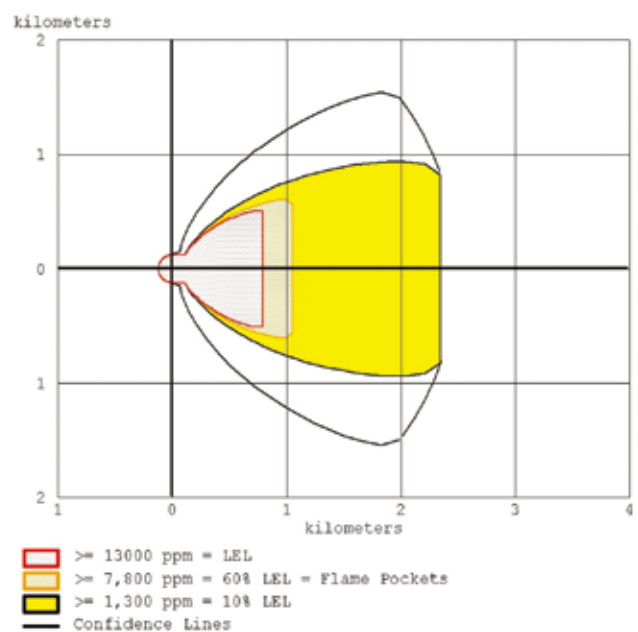
风险评估

无论涉及什么物质、事故的环境如何及所处何处，在应对涉及 HNS 的事故时，首先要采取的步骤都非常相似。对于化学品事故，在未对情况进行全面评估（以健康和安全性为重点）之前，切不可现场采取应对措施。务必确定涉及的所有化学品，注意其运输方式（散装、集装箱、托盘货物、桶装运货物等）以及泄漏或排放的性质（如化学品漏出、带包装危险货物丢失）。

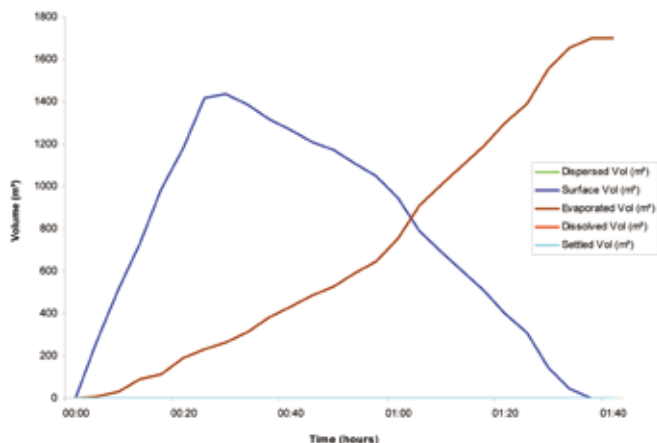
必须快速评估起火和爆炸的风险以及健康风险和对毗邻区域的风险；来自国际海运危险货物规则紧急情况应对指导原则 (ERG)、具体 MSDS、国际化学品安全卡 (ICSC)¹² 和化学信息数据库（例如 NOAA 的 CAMEO¹³）等渠道的信息能提供帮助。根据化学品的物理属性以及环境条件（如气温和水温、水流及盛行风强度和方向），可以对化学品的可能最终归属和行为作出相对简单的初步估计。只有确定了这些危险及任何进一步泄漏的风险之后，初步风险评估才算完成，才可考虑相应的应对战略。

建模

目前有很多不同的计算机模型，其中一些提供对化学品的可能传播情况进行二维预测的能力（图 12 和图 13），例如在水面上的传播，而其它模型则考虑在空中和水体中的三维消散。不过，计算机模型有一系列局限，包括开发模型的算法和源代码时采用的一般假设，而且



▲ 图 12: ALOHA 模型输出 (NOAA) 示例，显示环己烷相对于与源位置距离的各种严重程度（爆炸性）。ALOHA = 危险环境区域定位。



◀ 图 13: 沉船释放的有限体积的环己烷 (C_6H_{12}) 的长期行为模型示例。图中显示环己烷将上浮到水面, 并稳定地蒸发到大气中。在开始释放后 20 小时, 水面漂浮层将达到最大面积。由于环己烷不溶于水, 且密度为 0.78 g/cm^3 , 溶解并沉淀 (即沉入海床) 的量及消散的量为微不足道或零 (来源: Chemsys – 英国国家化学品应急中心 (NCEC), <http://the-ncec.com>)。

鲜有模型参照实际泄漏情况进行了验证。此外, 在查看模型输出时, 输入数据的可靠性, 操作员的受培训情况, 以及解读的技术都需要加以考虑。不过, 这些模型提供了实用的应急规划工具, 并可在一定程度上帮助实施应对措施操作, 尤其在与实时监视结合的情况下更是如此 (特别在 HNS 为无色透明时)。

监视

监视是化学品泄漏的应对措施中非常重要的一部分, 对于气体和快速蒸发的物质, 这可能是唯一的应对形式。在应对阶段, 可以进行两种形式的监视: 空气扩散监视和监视化学品在水中的散布

情况 (在水面、水体中或海底)。进行监视有多个目的:

- 确定泄漏的具体化学品;
- 检测是否存在特定物质;
- 测量物质的浓度;
- 建立安全边界; 以及
- 验证模型。

空气监视

可以使用实时监视来评估中毒、起火和爆炸的危险, 以帮助确定安全工作区或可能的撤离区, 及协助作出关于适当个人防护设备 (PPE) 级别

检测工具	检测方法	优点	缺点
化学品检测试纸	接触 HNS 时根据 HNS 的类型变色。	最简单、最经济的方法之一。	缺乏专一性, 容易导致假阳性读数。
比色管 (如 Draeger 管和 RAE 管)	将气体样本吸入到特定的试剂管中, 以读取浓度。有 160 种针对特定物质的试剂管可用于辨别不同的 HNS。	用于检测和辨别 HNS 的简单而价廉的方法。	对于每种 HNS 必须使用不同的比色管。需要知道可能出现 HNS 来防止错误否定的情况。一次性使用。
光电离检测器 (PID)	用紫外光对可疑气体进行电离, 即用特定频谱范围的紫外光电离特定 HNS 中分子。离子检测器将记录电离的分子。	高度灵敏。相对价廉。可以瞬间得到读数, 可以连续操作。	用户必须准确地知道所检查的气体或蒸汽的特征。
离子迁移光谱 (IMS)	辐射发射体对气态样本进行电离, 并与清洁空气样本进行比较。如果根据预先确定的参数确定了某种 HNS, 将会发出警报。	对污染物的灵敏度较低, 因为它依赖于清洁空气样本进行校准。瞬间获得读数。有很多商用型号可用。	相对较贵。通常限于军队或工业使用。
红外光谱	使用中红外线 (频率范围 4000 cm^{-1} 到 200 cm^{-1}) 激发气态分子。每种气体具有独特的红外指纹图谱。检测到后会发出警报。	选择性非常高的技术。有各种检测器类型可用 – 手持或遥控独立设备。	相对较贵。

▲ 表 6: 可用于进行实时监视的各类 HNS 检测器的优缺点。

的决策。例如，可以使用化学品电池测氧计进行监视，以检查是否存在氧气不足的环境，如果发现空气中含氧量低于 19.5%，则应该佩戴自给式呼吸器 (SCBA)。

各种精度的设备可供用于监视 HNS (表 6)。在选择设备时要考虑的关键因素之一是，能够多快获得结果。为取得最佳效果，需要“实时”获取信息。另一个重要的考虑因素是，监视设备是否为自主设备并可以遥控部署。如果需要人为干预，例如手持设备 (图 14)，则显然操作员必须使用适当的个人防护设备以实现正确的保护。另外，还有必要认识到，所有设备在使用前都需要对相关人员进行培训，而且有些设计将需要校准。

水域监视

一些分析技术可能有助于确定 HNS 在水体中的浓度。一些有机物质可以使用便携式气相色谱 (GC)、与气相色谱连接的质谱分析 (便携式 GCMS)、滴定法或紫外线 (UV)/ 红外线 (IR) 光谱法等方法进行监视。基于传感器的探测器可用于测量无机参数，如生物需氧量 (BOD)、浊度、导电性、pH 值、铵离子、溴化物、氯和铜，而试纸之类的简单方法可以用于测试酸碱度。在其它情况中，通过海洋生物漂白或死亡之类的生物影响可以跟踪污染物的扩散情况。沉淀的化学品监视更为困难一些，但通过使用声纳、安装在遥控设备上的水下摄像头或一系列加重的吸附物，可以确定污染物在海底的分布图。

个人防护设备 (PPE)

在初步风险评估之后，通常将调动一支评估团队对事故附近区域进行调查，以评估情况和确定是否可以在船舶上采取任何缓解措施。显然，评估团队和抢险人员应该配备正确的个人防护设备。



▲ 图 14: 危险区域外手持三氯化磷气体监视器演示。

个人防护设备是指保护人员免受化学品危险属性伤害所需的服装和呼吸设备。个人防护设备的选择应针对与泄漏化学品关联的危险特性。不过，没有一种材料可用于防护所有化学品，因为材料作为屏障的效力取决于材料接触化学品的时长、化学品的浓度及外界温度。如果未确定所泄漏的化学品成分，抢险人员应假设是最糟糕的情况，配备最高级别的防护措施。随着所获信息的增加，可以根据情况决定是否适合降低个人防护设备级别。除了个人防护设备材料对泄漏的化学品的耐受性之外，在选择适当个人防护设备时需要考虑的其它因素包括：所需的呼吸保护的级别、个人防护设备材料的耐用性及个人防护设备在热应力下的反应，以及抢险人员承担具体工作任务的能力。

包括美国职业安全与卫生管理局 (OSHA)¹⁴ 在内的一系列政府机构根据能提供的保护级别将个人防护设备分为了四类 (A 级、B 级、C 级和 D 级)。大多数应急组织都认可这四个级别。A 级提供最高的保护 (图 15)，而 D 级保护可以视为工作制服，只有在确定人员不会接触有害级别的 HNS 时才可穿戴。表 7 显示了从 A 级到 D 级的个人防护设备的组成物品，不过每个级别都可能包括安全帽和安全眼镜等其它物品。抢险人员务必接受全面的个人防护设备使用培训，以最大限度降低由于使用个人防护设备本身或在错误的情况下使用这些防护设备而导致伤害的风险。

HNS 泄漏应对措施备选方案

泄漏情况的应对措施应该与泄漏到海洋中之特定化学品的数量所构成的威胁以及所带来的危害成比例。产品的数量和密封度将影响应对措施；例如，化学品运输船整罐酸液释放的破坏影响，比集装箱受损 (一些酸液瓶被破裂) 要快得多，严重得多。另外，有些化学品 (如铝和氰化物) 在酸性条件下 (低 pH 值) 毒性会大许多，而且必须考虑与可能接触到的其它物质的二次反应及由此带来的危险。在所有情况下，抢险人员都必须穿戴适当的个人防护设备，而且携带的应急与监视设备必须具备适当设计，适合带入危险空气中使用，例如配有合适的空气过滤设备或防火花发动机。

下文简要总结了针对不同化学品组的可用应对技术。

气体和蒸汽

气体或液体 HNS 的蒸汽的释放可能会生成有毒或与空气混合产生爆炸性的蒸汽云。因此，这可

¹⁴ www.osha.gov

个人防护设备 (PPE)	A 级	B 级	C 级	D 级
自给式呼吸器 (SCBA)	X	X		
全面罩或半面罩式呼吸防护器			X	
全封闭防化服 (TECPS)	X			
带头罩的化学防护服		X	X	
化学品防护外层手套	X	X	X	
化学品防护外内层手套	X	X	X	
化学品防护靴	X	X		
一次性防护服	X			
连体工装				X

▲ 表 7: 根据 US OSHA 每个级别的保护所需的设备项目。

能会对事故船舶船员、抢险人员和附近的人口密集区造成潜在的健康和安全影响。当此类事故发生于人口密集区附近时，当地消防部门通常在应对过程中承担指挥的角色。

为了计划应对措施，务必知道气体或蒸发物的行为方式及危险云团可能的轨道。空气传播污染物的计算机建模可能有助于预测物质流在扩散过程中的运动、传播和最终归属。然后可以根据需要设置安全区，并适当地知会公众。

让事故船舶驶离不失为一种备选方案，以便让有毒、有腐蚀性或可燃的蒸汽远离居民区。如果无法这样做，则政府部门可能需要告知公众留在室内并关闭门窗，甚至在严重的情况下，可能会发布命令要求从受威胁位置疏散。疏散也有相关的风险，例如会造成恐慌等，特别是大型人口密集区情况尤甚，必须将这些与人群保留在原地的潜在后果加以对比。



▲ 图 15: 配备 A 级个人防护设备的抢险人员。

抢险人员可能可以使用“冲散”蒸汽云，或者尝试使用水雾或泡沫阻止或使其转向之类的应对技术；不过，他们应该小心可能与水发生的反应，并将风险与可能的后果进行权衡。还应该考虑在出现大量注水时产生大量受污染水流的后果和事故船舶的平稳性。这些方法可用于各种水溶性气体，如氨气和二氧化硫。可以通过使用水雾和泡沫冷却热表面和抑制火星及火焰（图 16）来降低非水溶性气体的起火和爆炸风险。

在开放环境中，有毒蒸汽通常将由于自然空气流动和湍流而消散。唯一可行的应对措施往往会是监视云团及其消散情况。

溶解物

海上运输的大部分化学品都是可溶解物质。落入海中的溶解化学品将形成一股“羽状物”，并且随着这股羽状物离开源位置，其体积将不断增大，



▲ 图 16: 使用消防船应对 HNS 泄漏的模拟演习（图片来源未知）。



▲ 图 17: 从事故船舶涌出的磷酸岩物质流。

浓度会不断降低(图 17)。很多溶解物不可见,而且会很快消散,这意味着监视水体中的浓度并非易事。不过,计算机模型可以提供有用的提示,表明物质可能的分布情况和最终归属,并能够预测对海洋环境和其它资源(如渔业、进水口和休闲区域)的潜在危害。为验证计算机生成的预测,需要在预计的高浓度区进行监视。

围堵和回收溶解化学品的能力将极为有限。运用手段来加快自然消散和稀释的过程可能是应对此类化学品泄漏的唯一方式。从理论上来说,有些溶解的化学品流可以通过使用其它化学品来中和、絮凝、氧化或减少。在陆地上和封闭水体中,在获得相关部门批准的情况下,如果使用得当,中和剂可以成为非常有效的工具。絮凝剂、胶凝剂、活性炭、络合剂(将污染物捕捉到其分子结构中的化学品)和离子交换剂等可以用于处理水中的化学品的产品应该具有以下属性:

- 无毒;
- 中和过程和副产品必须无毒;
- 生物需氧量(BOD)低;
- 适合经过培训的人员安全地使用;
- 方便搬运、操作和存储;以及
- 容易获得,价格合理。

不过,在开放的海域,泄漏和响应之间的时间延迟以及涉及到的庞大水量都不可避免地意味着化学处理方式难具可操作性,或者不能带来任何好处,通常不建议采用这种方式。

漂浮物

漂浮的化学品可能是高粘性或低粘性液体,甚至可能是固体。如果泄漏化学品的蒸汽压高,则可能会快速蒸发,在漂浮层上形成蒸汽云。很多漂浮物将快速在水面上散布开形成漂

浮层;这与油类非常类似。不过,与油类不同,它们可能在水面上不甚明显。对于涉及到相对持久的漂浮化学品的泄漏,在某些情况下可能可以使用空中监测(SLAR、IR和UV)甚至卫星图之类的技术探测和监视漂浮材料,不过使用此类技术处理HNS泄漏的实际经验非常有限。

在安全的情况下,或许可考虑部署栅栏来围堵和控制物质在水面上的运动。撇浮装置和其它油类泄漏应对设备也可以用于从水面上回收材料。不过,在使用前务必确保泄漏的化学品不会与设备出现不良反应或者在产生火星时爆炸。在处理高毒性或可燃HNS时,围堵和回收可能并不明智,因为围堵可能会导致浓度上升,形成对于抢险人员和当地人口来说非常危险的环境。在这种情况下,等待自然消散的做法经常更可取,以等待将浓度降低到有害级别以下。当有起火和爆炸的危险且法律允许时,紧急情况抢险人员可以采用消防措施或灭火泡沫。

在某些情况下,可以部署吸附材料来收集和集中泄漏的HNS。应该对将泄漏的化学品吸收到材料的结构中的吸收物与化学品包裹在表面的吸附物加以区分,这一点非常重要。吸收物密封泄漏化学品,防止其释放并降低挥发性。相反,吸附物的使用可能会随着伴随物以蒸汽释放的速率增加,而导致泄漏化学品的表面区域扩大。而且,由于材料从水中回收,吸附物保留所回收化学品的能力可能会比较差。尽管吸附物在陆地泄漏事故中广泛使用,但在海洋环境中部署和回收的效果相对较差一些。优先使用吸附浮木档栅或吸附垫,尽量少用疏松粉末或纤维,因为经常难以对后者进行回收。吸附物产品的主要缺点是,价格可能较高,产生大量不便运输的污染材料,而且必须遵照当地法规进行弃置。

在某些情况下,可能可以烧掉漂浮的化学品,但必须充分考虑是否会形成对抢险人员健康和安造成影响的有毒烟气及火势和烟雾的失控情况。

下沉物

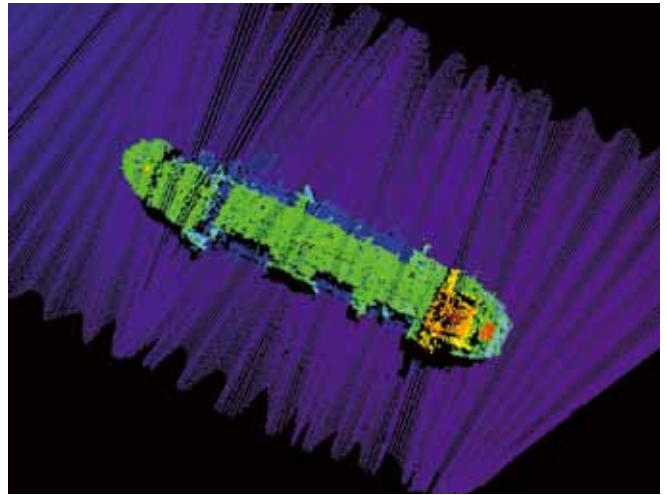
化学品下沉物可能会污染海底,有时候会长期存在于沉积物中。因此,针对化学品下沉物的应对措施可能需要考虑化学品及任何受到重度污染的沉积物的回收。在较浅的水域,可能可以使用机械式挖泥船和抽吸装置回收下沉的物质。另外,对于回收的化学品及受污染沉积物的处理和弃置

也需要特别小心。

沉船

保留在沉船（图 18）中的 HNS 货物可能存在与其未来释放相关的潜在风险及引发的担忧，包括突然释放，灾难导致的释放或长时间持续释放。在这种情况下，抢险人员通常考虑以下三个主要方法，并应该通过风险评估确定遵循其中的哪个方法：

- **被动释放**，通过排放口和 / 或在船体长期腐蚀之后释放。当风险评估表明释放不可能会对环境造成重大破坏或没有其它可行选项时，就采用此方法。
- **有控制的释放**，这是对溶解物之类的物质通常考虑的方法，此类物质如果相对缓慢地释放到水体中可能会造成局部影响，但不可能会导致大面积的破坏（不过突然释放可能会令人担忧）。
- **货物搬移**，对于在对邻近区域的人类健康、环境和经济活动的潜在危害方面最令人担忧的物质，需考虑采用此方法。



▲ 图 18：一艘沉没的化学品运输船的声纳图像（图片由 NOAA 惠供）。

要点

- 如果一个化学品具有可燃性、爆炸性、助燃性、腐蚀性、刺激性或环境危害性，则其会被视为有害有毒物质 (HNS)。
- HNS 的物理属性控制其落入海中时的行为，并决定该物质是成为气体、蒸发、溶解还是沉淀。
- HNS 对海洋环境的影响取决于其毒性、接触情况及海洋生物对所涉及化学品敏感度。
- 务必对会释放热量或产生有毒产物的潜在化学反应加以预见，包括特定 HNS 与水的反应、与空气的反应及泄漏多种化学品时化学品相互之间的反应。
- GESAMP 已评估了对人类健康和海洋环境存在的危害，而人体接触限度则表达为 IDLH、ERPG、AEGL 和 TEEL，以帮助安全地对 HNS 事故实行应对措施。安全数据表提供了相关的数据。
- 在对 HNS 事故采取应对措施之前，务必基于 HNS 污染物级别的建模和监视进行风险评估。
- 应对措施方案很大程度上取决于所涉及物质是气体、蒸发物、溶解物还是下沉物。对于气体和快速蒸发或溶解的物质，监视可能是唯一的应对形式，而对于漂浮物 and 下沉物，则或许能够进行回收。
- 有四个得到广泛认可的个人防护设备级别，A 级、B 级、C 级和 D 级，其中 A 级提供最高级别的保护。应该选择与危险程度相应的个人防护设备，不过如果需要高级别保护，在确定工作时长时，对环境条件加以考虑至关重要。

技术资料论文

- 1 海洋油类泄漏的空中观察
- 2 海洋泄漏油类的最终归属
- 3 油类污染应对措施中的栅栏应用
- 4 使用分散剂处理油类泄漏
- 5 油类污染应对措施中的撇浮装置应用
- 6 海岸线油类识别
- 7 海岸线油类清理
- 8 油类泄漏应对措施中的吸附剂材料应用
- 9 油类和残片的弃置
- 10 油类泄漏事故处理的领导、指挥和管理
- 11 油类污染对渔业和海洋生物养殖的影响
- 12 油类污染对社会和经济活动的影响
- 13 油类污染对环境的影响
- 14 海洋油类泄漏的采样和监视
- 15 油类污染索赔的准备和提交
- 16 海洋油类泄漏的应急计划
- 17 对海洋化学品污染事故应对措施

© 2012 年 ITOPF Ltd 版权所有。由位于英国坎特伯雷的 Impact PR & Design Limited 编制

国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 是一个非营利组织,旨在代表世界各地的船东及其保险公司促进对油类、化学品和其它危险物质的海洋泄漏采取有效的应对措施。提供的技术服务包括紧急事故抢险、清理技术咨询、污染危险评估、协助进行泄漏应对措施规划和提供培训。ITOPF 为您提供全面的海洋油类污染信息,借鉴 ITOPF 技术人员的丰富经验编写了一系列论文,本文是其中之一。本文中的信息可以在事先获得 ITOPF 明确许可的情况下进行复制。有关进一步的信息,请联系:



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

电话: +44 (0)20 7566 6999

电子邮件: central@itopf.com

传真: +44 (0)20 7566 6950

网站: www.itopf.com

24 小时热线: +44 (0)7623 984 606; +44 (0)20 7566 6998