

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

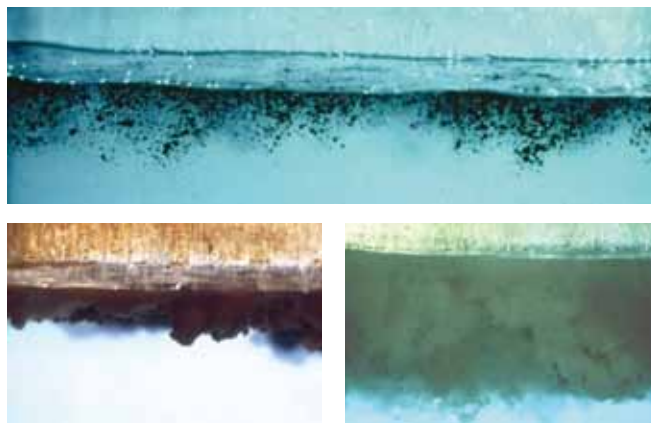
油类泄漏到海面上后，所产生的漂浮层中的部分油类可能会自然消散到水体中。这种消散发生的程度取决于所泄漏油类的类型以及海洋的混合能。粘度较低油类与粘度较高的油类相比，更容易出现自然消散。一般而言，原油在消散程度上要高于燃油。

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

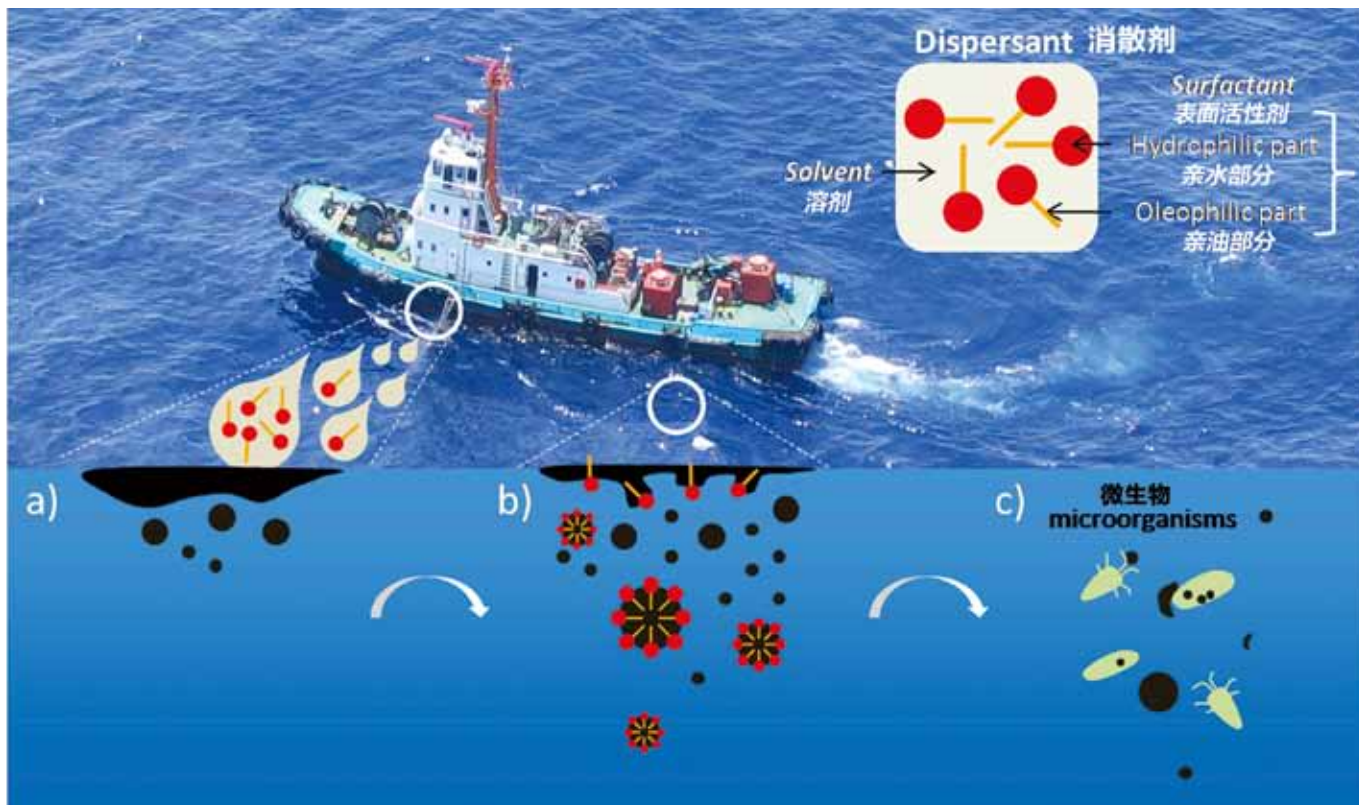


▲ 图 1：实验室条件下的成功消散。a) 未对油类施用消散剂时的情况（自然消散）；b) 对油类施用消散剂时的情况；c) 对油类施用消散剂几秒钟后的情况，表明出现了快速稀释。（图片由 Delft 水力学研究所惠供）。

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。

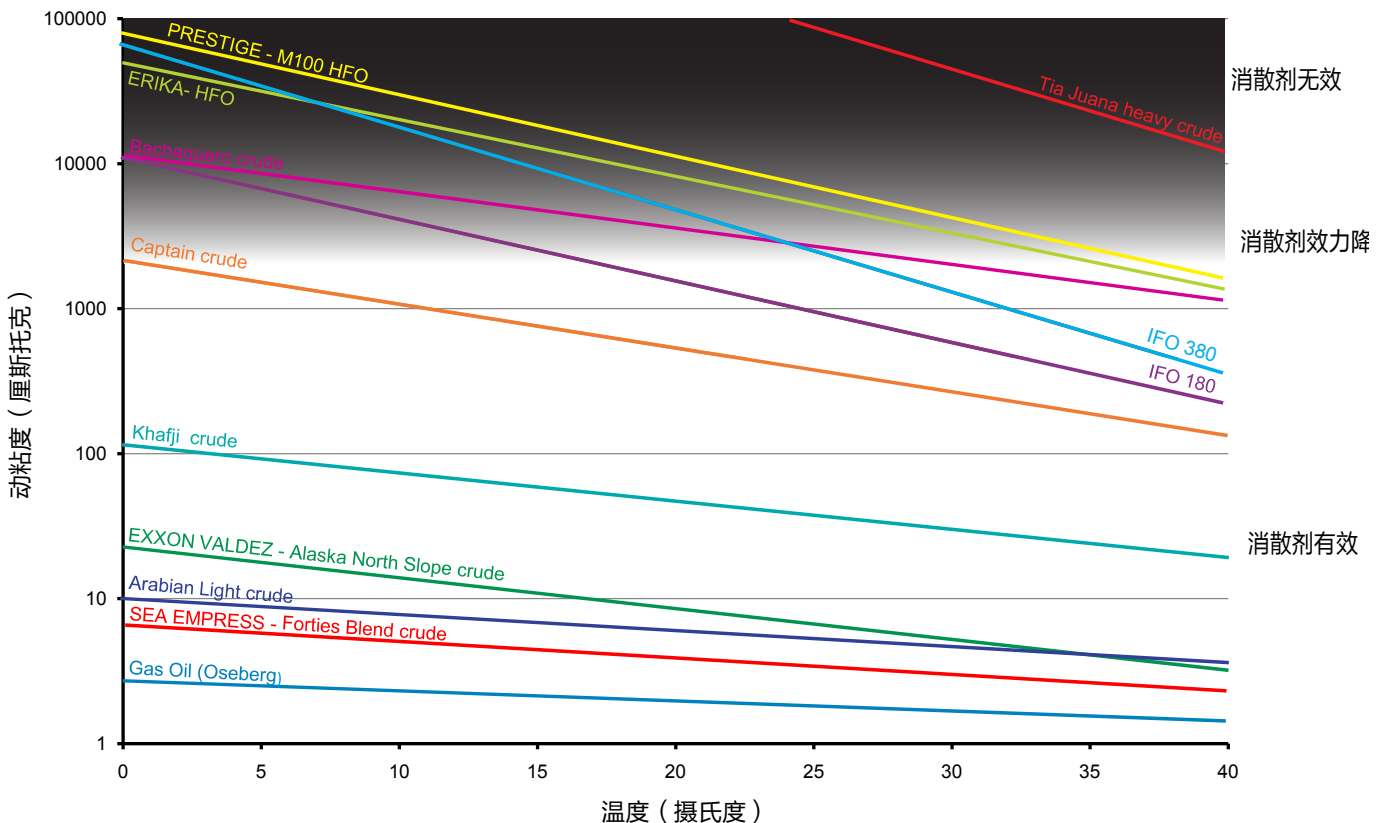
油类属性

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。

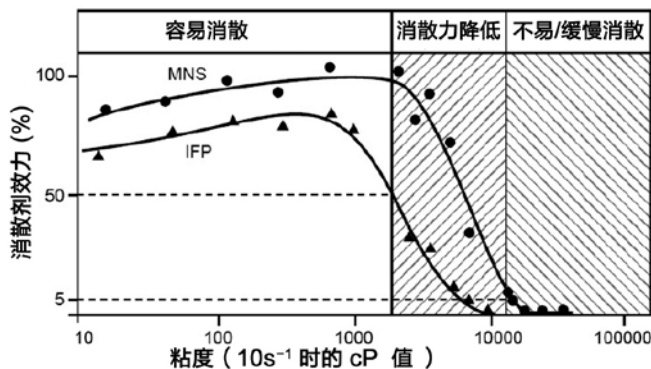
随着油类粘度的增加，消散剂的效果会减小(图 3 和图 4)。一般认为，新鲜的轻质到中质原油(另一篇关于“海洋泄漏油类的最终归属”的国际油轮船东污染组织 (ITOPF) 论文中所述的第 2 组或第 3 组油类)在大部分海洋温度下都可以很容易地消散。较重的油类(第 4 组油类)可能会达到消散上限。一般的指导原则是，大多数消散剂对泄漏时粘度超过 5,000–10,000 厘沱 (cSt) 的油类都不太可能有效。所泄漏油类的粘度会因为风化作用(主要是蒸发和乳化)而增加。因此，在新鲜时可能可以消散的油类之后可能无法消散。油类属性因风化作用而随时间发生的变化意味着成功施用消散剂的机会十分有限。可以实施消散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

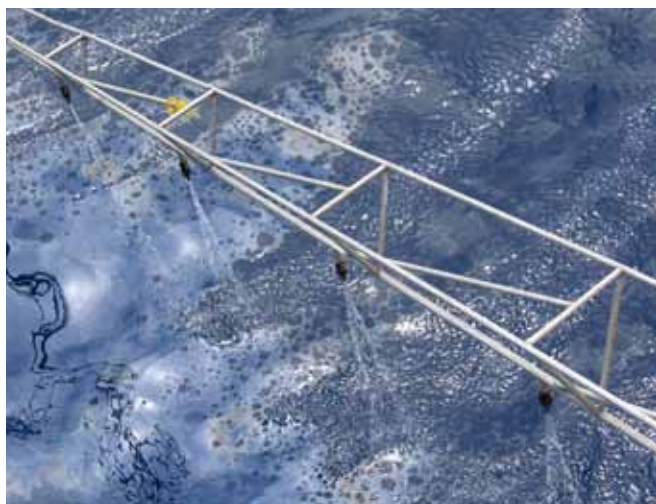
各种消散剂是依据不同的配方制成的，它们的效果因油类型而异。可以通过开展实验室测试来对各种消散剂对特定油类的效果进行排名，有些国家 / 地区要求油类生产设施和油码头（所生产和搬运的油类的类型是已知的）的操作员展开研究来确定对所涉及的油类最有效的消散剂。不过，通过根据这些研究的结果进行推断来预测海上将消散的油量时，建议要慎重，因为在实验室环境中难以准确复现海上的条件。在进行计划时，常常使用 III 类浓缩消散剂与油类之比为 1:20 的剂量，喷洒设备也常常预配置为产生这种效果。有时，可能会因为要消散的是新鲜油类而减少这种剂量，因为要消散的是粘性或乳化的油类而增加这种剂量，在后一种情况中，可能需要进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

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，油类会因为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 $600\mu\text{m}$ 与 $800\mu\text{m}$ 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会使消散剂穿透油类。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。

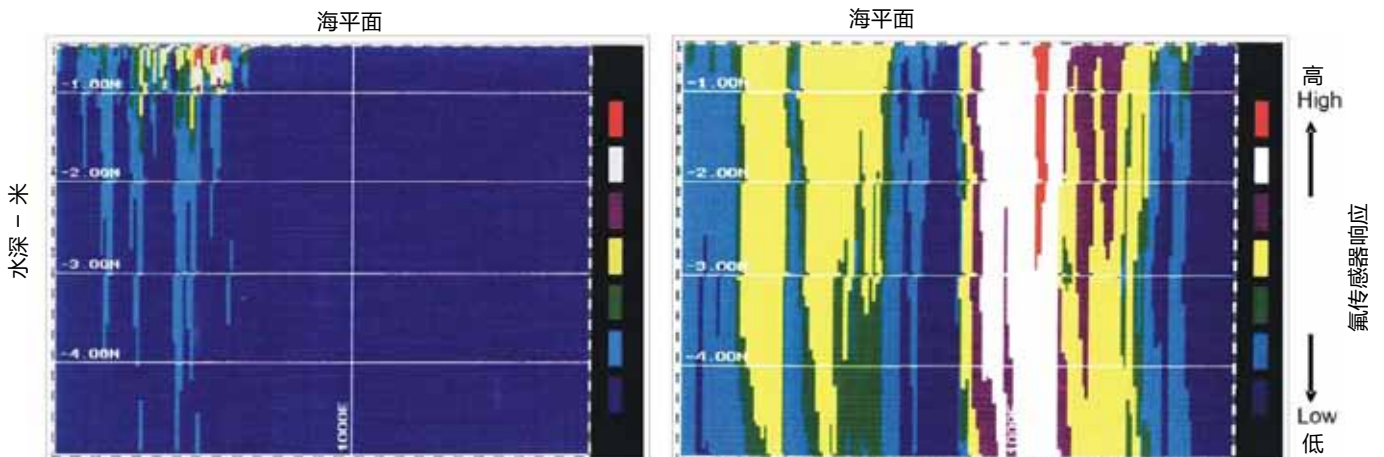
为了让消散剂的施用不致白费，需要在油类泄漏后很快进行消散，以降低油类漂浮到海岸线和敏感资源的危险。喷洒后不久，从空中就应该可以看到外观上的变化。如果油类外观无变化，油类覆盖面积未减小，或者消散剂从油类上流走，形成一种乳状的白色股流（图 5），这些都表明消散剂不起作用。同样，如果油类大面积扩散或者广泛破裂成片状，则施用消散剂可能无法从水面上清除足量的油类，从而无法显著减轻污染损害。

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：



ITOPF LTD

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.org

传真: +44 (0)20 7566 6950

网站: www.itopf.org

24 小时热线: +44 (0)20 7566 6998