



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用于回收粘性油类。

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 ITOF 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，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:



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