



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。



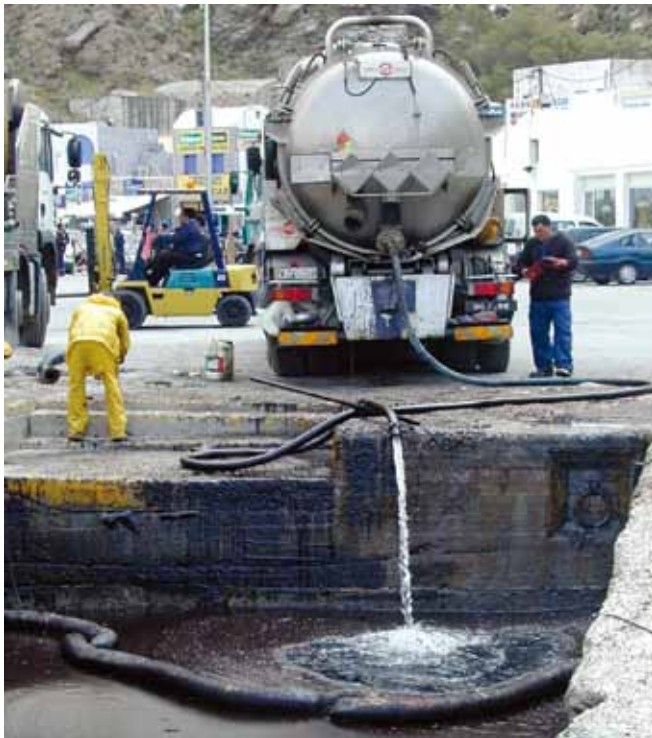
▲ 图 12：塑料袋长期暴露在阳光下导致的降解可能会造成再次污染。



▲ 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:



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