



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。



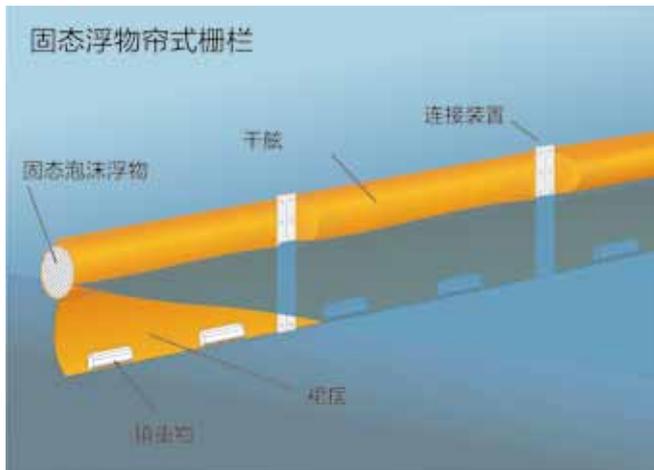
▲ 图 1：引导油类从锚定处流走的篱笆式栅栏。

绝大多数栅栏设计都可以归为以下两大类：

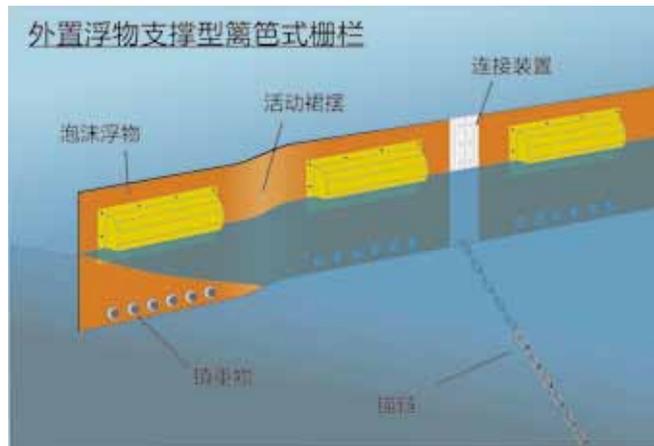
帘式栅栏 – 带有由填充了空气或泡沫的浮物室支撑的连续水下裙摆或活动围屏，浮物室的截面通常为圆形（图 2a 和图 2c）。

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。

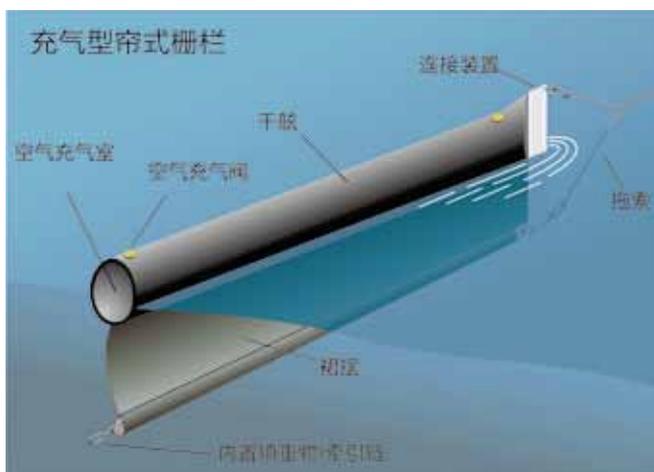
此外还有可紧贴在海岸或海滩上的栅栏，这种栅栏上的裙摆由充水的腔室所取代，从而使栅栏



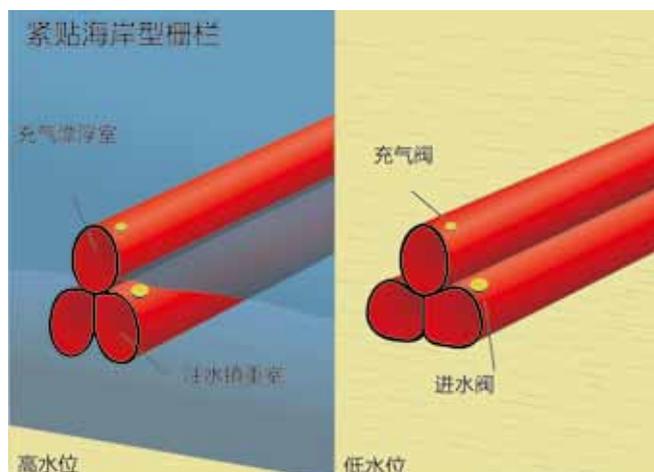
▲ 图 2a: 采用外置镇重物的固态浮物支撑型帘式栅栏。



▲ 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个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。

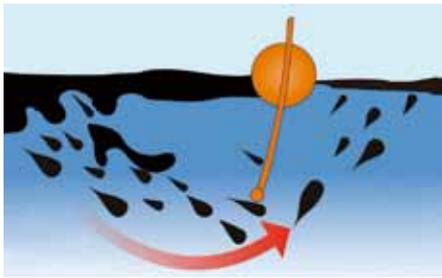
在低潮时能够紧贴在暴露出来的海岸线上（图 2d）。防火栅栏是专为承受油类燃烧时所产生的高温而制造的，可以采用篱笆式栅栏或帘式栅栏设计，因而在围堵油类方面也存在这两种设计的相关功能和局限性。

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。

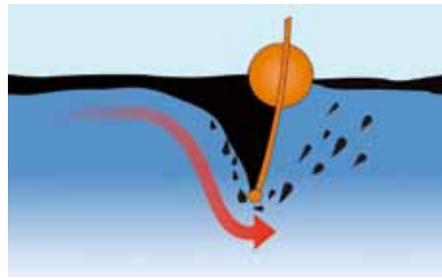
尽管有些栅栏系统已发展到可以在快速流动的水体使用，还有一些系统已发展到可以在以相对较高的速度拖拽时使用，但大多数传统的栅栏设计在水流速度远超 0.5 ms^{-1} （1 海里/小时）且以

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）。

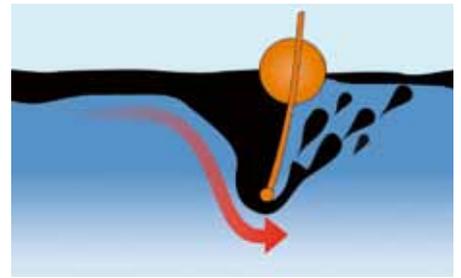
除了河水形成的水流和潮汐流以外，风和波浪也会产生超出逃逸速度的水体流动，并且会导致围



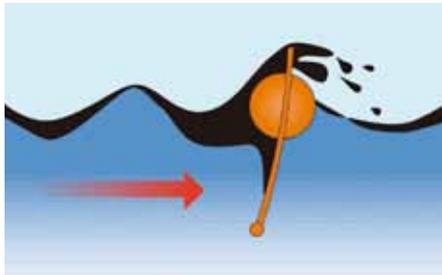
▲ 图 3a: 夹带。



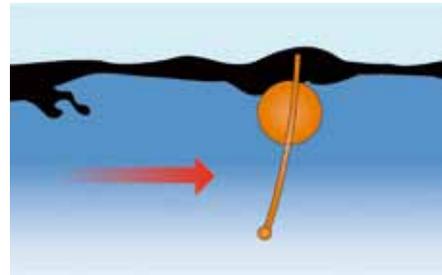
▲ 图 3b: 排放失灵。



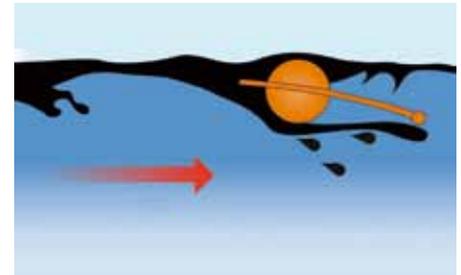
▲ 图 3c: 积累到临界厚度。



▲ 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:

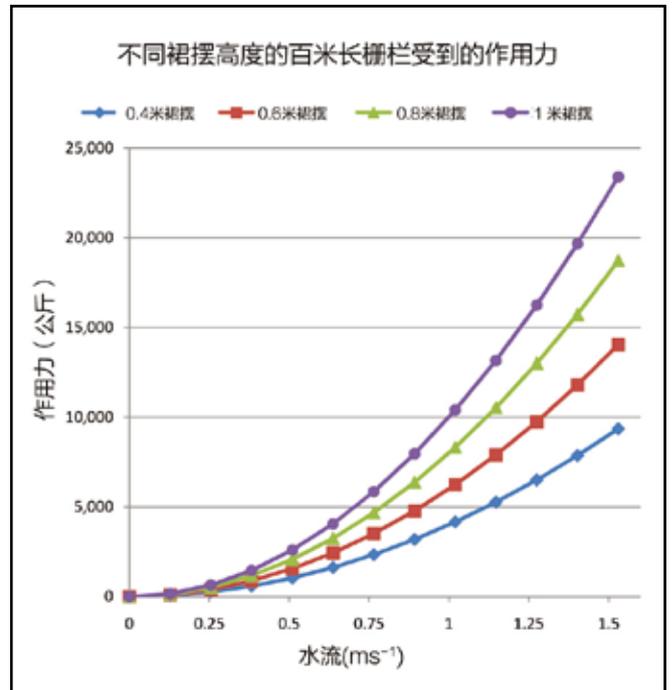
$$F = 100 \times (0.5 \times 100) \times (7.5/40)^2 \approx 175 \text{ kg (力)}$$

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。



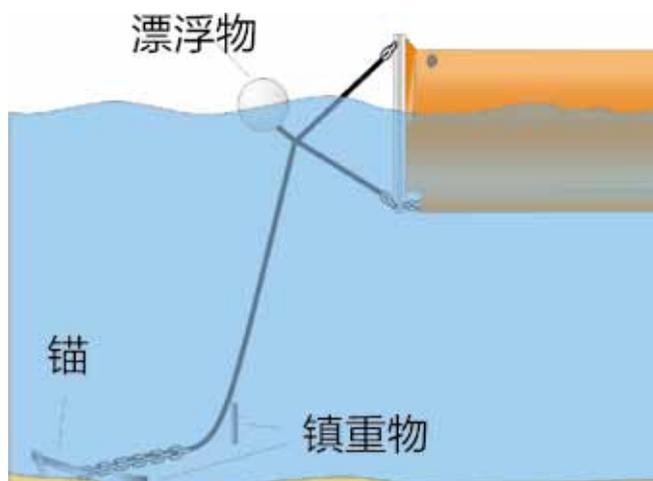
▲ 图 14：栅栏起到堤坝的作用，引导油类流向海岸以便回收（© 挪威海岸管理局版权所有）。

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、夜间凉条件下, 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