

## 攔油索、汲油器及吸油材等海上油污染清理設備 之分析

陳彥宏<sup>\*</sup> 張春水<sup>\*\*</sup> 翁吉村<sup>\*\*\*</sup>

### 摘要

「阿瑪斯號(AMORGOS)洩油事件」，國內近二十六年來最大的海洋油污染事件，驚醒了全國民眾與中央政府機構，全國民眾看著驚慌失措、處理緩慢的相關部會，才了解到我國在處理油污事件的設備、技術與人力之嚴重不足，就連國內專營油品事業的中國石油公司亦宣稱他們沒有辦法處理如此海外油污染事故，而國內對於這方面之研究亦非常欠缺，有鑑於此本文先就油污處理的三種主要設備，攔油索、汲油器與吸油材做一分析與介紹，期能提供我國有關部門未來在添購此類設備時之參考。

### 一、緣起

台灣海域是船舶往來東南亞、東北亞的重要水道之一，相對的也由於台灣海域船舶之密集，也使得船舶的風險事故率相對的提高。在這些風險事故中，倘若船舶因為擱淺、觸礁、碰撞或失火、爆炸等原因而發生海難事故時，將可能導致船體破裂、損毀或油艙內之燃油、貨物外洩等，因而造成海洋生態或環境的嚴重傷害；因之，對於船舶油污所造成之海洋生態為害之風險應能建立一套預防以及防治的機制，其中，除了制定相關法規，加強規劃管制船舶航行及提供有關海事安全之服務外，對於油污事故一旦發生後之清理工作宜應未雨綢繆的妥予規劃及準備。

在油污清理設備方面，種類繁多，惟其各類型之設備亦有其最適化之適用環境與天候限制，因此對於油污處理設備之認識與其功用，有瞭解與探討之必要。本文，以油污清理設備中最常用的攔油索(booms)、汲油器(skimmers)以及吸油材(sorbents)等三類設備之特性與功能，期能提供我國有關部門未來在添購此類設備時之參考。

---

\* 國立海洋大學海事安全研究中心主任

\*\* 中央警察大學水上警察研究所研究生

\*\*\* 國立海洋大學海事安全研究中心研究助理

## 二、 海上油污事故風險

在海洋污染方面，發生在國家公園的「阿瑪斯」洩油事件，因其區域的敏感性引起了全國的高度關切，事實上，在分析在台灣周遭水域歷年來所發生的船舶洩油事故研究中，發現台灣在過去的「有案」的污染事件中，平均每年有十起之多(詳如表 1)，其中，商船約佔三成，漁船約佔七成。

	基隆港務局		高雄港務局		台中港務局		花蓮港務局		合計
	我國	國外	我國	國外	我國	國外	我國	國外	
八十一年	3	3	0	2	0	0	0	0	8
八十二年	3	4	0	1	0	1	0	0	9
八十三年	6	1	1	4	0	0	1	0	13
八十四年	2	0	1	2	0	0	0	0	5
八十五年	2	3	1	4	2	0	1	0	13
八十六年	1	1	1	0	2	0	0	0	5
八十七年	4	1	3	5	0	0	1	0	14
八十八年	5	2	3	1	0	0	0	0	11
八十九年	6	0	5	5	0	0	0	0	16
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>94</b>
<b>Average</b>	<b>3.6</b>	<b>1.7</b>	<b>1.7</b>	<b>2.7</b>	<b>0.4</b>	<b>0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>0</b>	<b>10.4</b>

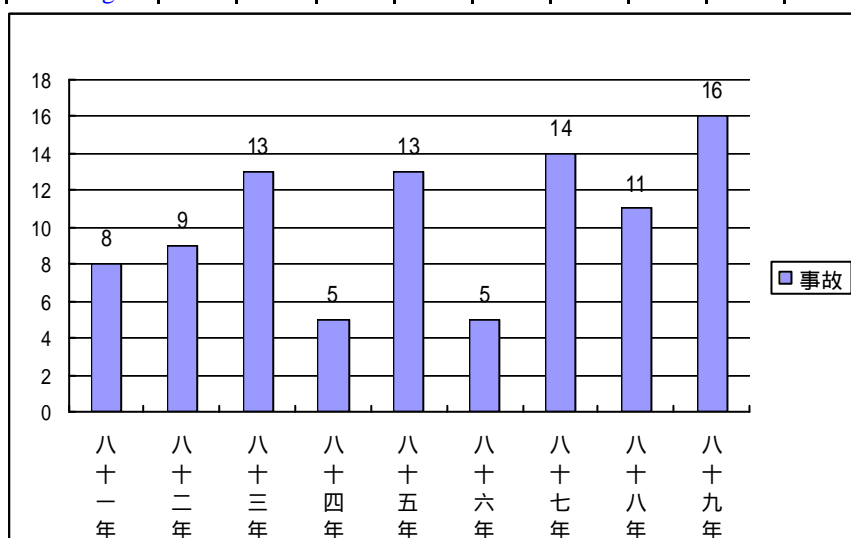


圖 1 歷年洩油事故圖

國際間，有關海上洩油的風險估算往往以該地區之油品裝卸量為估算之基礎以台灣而論，台灣，每一年進口的原油量據推估為 6,500 萬噸(約 4.7 億桶)<sup>1</sup>，復依

<sup>1</sup> 資料來源：ASSESSMENT OF OIL SPILL RESPONSE CAPABILITY IN TAIWAN, COMART

據 1974 年至 1992 年全球重大原油洩油事故(溢油量 1000 桶)表 2 之統計資料計算後可推估台灣之排洩原油之機率。

表 2 1974 年至 1992 年全球重大原油溢油事故

單位：桶(bbl)

Year	All spills	Number of spills in port			Number of spills at sea			Crude oil movements (10 <sup>9</sup> bbl)	Spills per (10 <sup>9</sup> bbl)
		1000-9999	10000-99999	>100000	1000-9999	10000-99999	>100000		
1974	19	5	2	1	6	3	2	10.2	1.9
1975	19	2	0	3	5	7	2	9.3	2.0
1976	18	3	0	1	4	4	6	10.5	1.7
1977	15	1	2	1	3	3	5	10.7	1.4
1978	17	2	1	0	3	4	6	10.5	1.6
1979	22	3	2	2	4	5	6	11.0	2.0
1980	11	1	1	1	3	2	3	9.7	1.1
1981	7	3	1	0	3	0	0	8.5	0.8
1982	6	2	0	1	3	0	0	7.3	0.8
1983	13	4	1	0	1	4	3	6.9	1.9
1984	6	1	3	0	1	1	0	6.8	0.9
1985	5	1	2	0	1	0	1	6.4	0.8
1986	6	2	0	0	1	3	0	7.2	0.8
1987	11	3	1	0	4	3	0	6.8	1.6
1988	6	1	3	0	1	0	1	7.4	0.8
1989	12	3	0	0	1	5	3	8.0	1.5
1990	8	5	0	0	1	2	0	8.7	0.9
1991	6	0	0	1	2	1	2	9.2	0.7
1992	6	3	0	1	1	1	0	9.3	0.6
Total	213	46	19	12	48	48	40	164.4	<b>1.3</b>

表 3 1974 年至 1992 年全球原油油輪排洩油率

Tanker spill <sup>a</sup> 1000 bbl	Number of spills	Average spill size (bbl)	Median spill size (bbl)	Spill Rate <sup>b</sup> (spills per 10 <sup>9</sup> bbl)
In Port	77	58300	6400	<b>0.47</b>
At Sea	136	130100	22000	<b>0.83</b>
All spills	213	104200	1500	<b>1.30</b>

<sup>a</sup> Crude oil spills only excludes barge and inland spills (1 bbl = 0.159 m<sup>3</sup>)

<sup>b</sup> based on movement of 164.4 × 10<sup>9</sup> bbl crude oil

表 4 台灣洩油事故機率

洩油型態	地方級		區域級		國家級	
	整體	浮筒	整體	浮筒	整體	浮筒
洩油頻率	3.5 次 1 年	1 次 1.5 年	1 次 1.5 年	1 次 1.5 年	1 次 3-4 年	1 次 1.5-3.5 年
洩油量	1-49 bbl 0.14-6.89MT		50-999 bbl 6.9-138.9 MT		>1000 bbl >139 MT	

上述這個統計的事實與交通部依「中加海事體系技術合作備忘錄」委託加拿大所做的「海上油汙染防止及應變機制之建立」研究計畫之推估，在基本上是相符的。只不過是台灣自民國六十年的布拉哥事件後迄今仍未在台灣附近海水域發生極大型以上之油汙事件，已經是很幸運了，而阿瑪斯號洩油事故，其所洩漏之數百噸的油量，也只是屬於每 3-4 年可能發生之大型洩油事故。

而每單次事故所造成之損失與傷害以及後續所需處理之費用，在美國，過去有關海上油汙清理費用之平均成本為每噸 26000 美元，至於香港、日本、馬來西亞、菲律賓、新加坡與南韓的平均成本為每噸 27000 美元，尚且這些費用並未包括撈救費用、損害賠償以及法律上的費用。假設台灣的情況亦為類似，並依洩油規模計算清理成本如表 5 所示。估算台灣的年度清理費用為一千萬美元。<sup>2</sup>

表 5 台灣清理洩油事故年成本<sup>3</sup>

洩油型態	洩油量 噸	平均原油 洩油量 噸	每年原油 洩油率	每年原油 洩油量 噸	平均產品油 洩油量 噸	每年產品 油洩油率	每年產品 油洩油量 噸	年總噸	US\$ 每噸	總成本 US\$/年
小型	0.14-6.89	1.4	4.210	5.89	1.4	2.440	3.42	9.31	100000	\$931,000
中型	6.9-138.9	32	0.651	20.83	30	0.934	28.02	48.85	20000	\$976,912
大型	>139	14500	0.260	3770.00	878	0.267	234.43	4004.43	2000	\$8,008,852
Total			5.12	3796.72		3.64	256.86	4062.58		\$9,916,764

### 三、 海上油汙染清理設備之分析

為有效實行海洋污染防治、落實海上汙染清理，對於海上油汙清理之相關設備必須有所瞭解，而其主要分為物理式清理與化學式清理兩大類，其中物理式有攔油索(Oil Booms)、汲油器(Oil Skimmers)與吸油材(Sorbents)三種，而化學式有化油劑(Dispersant)。由於每種海上油汙洩漏之性質、型態之不同，且隨事故時間長短、水文資訊、地形位置、潮流等因素，將會產生不同、多樣之變化。又油汙之清理並非單種設備即可以處理、解決的，需要多種設備相互配合使用，方能達到設備的最佳效果，以降低海洋環境、生態之危害程度。茲就攔油索、汲油器與吸油材等三種物理式清理設備分析探討如下：

### 四、 攔油索(Oil booms)

攔油索之功用主要在於能夠圍堵油汙或使油汙轉向，以利於油汙之清除。一般而言，攔油索之基本結構須包括：頂端之浮力結構、襯裙之張力結構與底部之

<sup>2</sup> 資料來源：ASSESSMENT OF OIL SPILL RESPONSE CAPABILITY IN TAIWAN, COMART

<sup>3</sup> 資料來源：ASSESSMENT OF OIL SPILL RESPONSE CAPABILITY IN TAIWAN, COMART

壓載結構(部份攔油索會利用襯裙質料，而省去底部之壓載結構)三部分。此三結構由浮力(Float)、乾舷(Freeboard)、襯裙(Skirt)、張力(Tension member)、壓載(Ballast)等主要五大成份所組成(如圖 2)<sup>4</sup>；除此之外，尚有其他輔助構成要素如：拴扭點(Anchor points)、繫船繩(Bridle)、連接器(End connectors)、樞紐(Hinges)、起吊點(Lifting points)、加固襯料(Stiffeners)；另有其他附件如：燈號(lights)、掃除器(Para vanes)、風向指示器(drogues)、浮標固定系統(buoys anchor systems)、回收儲存袋(storage bags)、工具箱(boxes)、捲索器(reels)、連接器隔板(bulkhead connectors)、修理漏氣工具(repair kits)等組成。

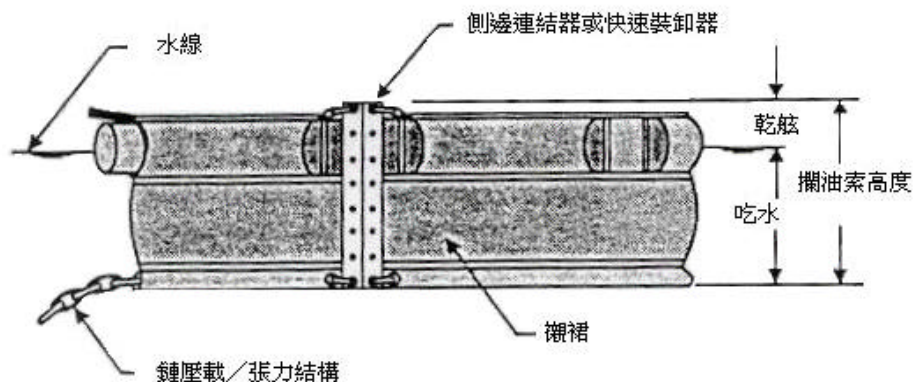


圖 2 攔油索基本結構圖

#### 4.1 攔油索作用方式

攔油索於海上使用時，會受到基本的浮力作用(Buoyancy)、滾動作用(Roll response)、抬升作用(Heave response)三種物理作用。茲分述如下：

1. 在浮力作用方面，指攔油索能浮立於水面與保持適當之乾舷，主要之來源為浮力，浮力大小可由下列方式測量出來：
  - 總重浮力：指攔油索沒入淡水中所排開水的重量。
  - 預留浮力：指總重浮力減去攔油索的重量。
  - 預留浮力 / 重量比：指預留浮力除以攔油索重量。
2. 在滾動作用方面，指襯裙之壓載重量不足或受到強風、強流等因素而產

<sup>4</sup> 資料來源：World Catalog of oil spill response products

生過度傾斜，攔油索轉動之現象，稱之；若襯裙主要張力太密集，以致不能接近水線亦會產生過度的轉動之現象。攔油索靈敏度測量包括了轉動之靈活性，攔油索一般會注意其垂直性，以便說其具有較不容易轉動之特性；轉動之不靈活性可借由增加壓載而提高。而張力佈置於乾舷頂端、襯裙底端處，對於易彎曲攔油索於風、流中反而容易形成垂直狀，此種設計之目的在穩定乾舷與吃水之減少，並儘可能減到最小程度。

3. 在滾動作用方面，抬升作用是攔油索於水面的一種垂直運動狀態。良好之抬升作用指當波浪通過攔油索時，攔油索能緊密貼於水面且隨波浪起伏；反之，較差的抬升效應指當波浪通過時，可能導致攔油索沉入水面下，若同時襯裙由較硬的物質或加固襯物所組成，受到抬升作用之影響可能會導致襯裙平躺於水面，而發生油污洩漏之情形。抬升作用與水域面積、攔油索總重及預留浮力之大小等因素有關，大的水域面積、總重量及輕的預留浮力會有較差之抬升作用；攔油索會因流速與拖纜而增加總重量與減輕預留浮力，應特別注意。另外攔油索僵硬程度將增加攔油索在水中移動的困難度，而使乾舷與吃水減少。攔油索之彎曲度可藉由分割成數個浮力區段或封閉浮力室來提昇。

## 4.2 攔油索種類

依外型主要可區分為柵欄式(Fence booms)、窗簾式(Curtain booms)、外部張力式(External tension booms)、防火式(Fire booms)四類。其特性與功能詳如表 6、表 7所示。另外尚有一些專為特殊天候、目的而設計之攔油索，如適用浮冰區之冰型(Ice boom)、或特殊目的之吸油索(Sorbent booms)等。

表 6 攔油索外型種類之特性

種類	特性
柵欄式	用堅硬或近似堅硬之物質貫川縱向垂直面
窗簾式	1.可自由獨立浮動之襯裙， 2.襯裙深度與乾舷可避免同時喪失 3.可將張力結構佈置於襯裙底端或置於水線之上，將攔油索滾動問題減至最小 4.擁有適度之水流通過率和良好之滾動和抬升作用
外部張力式	1.攔油索背面有狹小長方形的海棉橡膠浮力 2.攔油索外形和強度由拖纜繩於拖纜時形成 3.具有索具 4.擁有外部拖纜繩，此設計可大幅改善滾動與抬升作用 5.儲存空間非常的小
防火式	1.使用特殊之防火性物質，如；陶瓷、不銹鋼等 有單一步驟封鎖、收集油污之特點

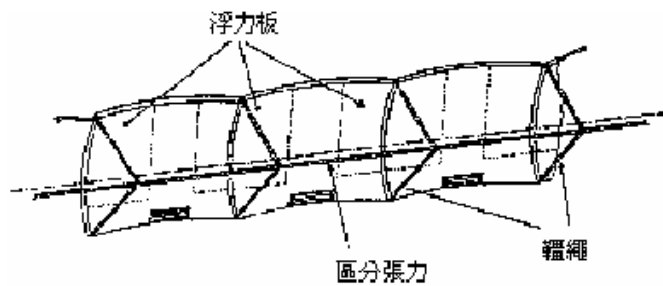
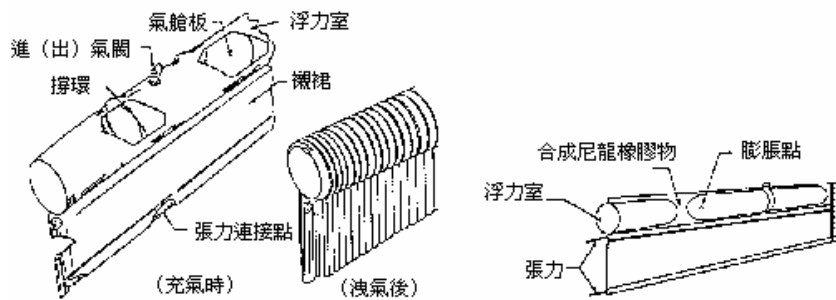


圖 3 外部張力式攔油索



一、窗簾式自我膨脹型攔油索

二、窗簾式受壓膨脹型攔油索

圖 4 窗簾式攔油索

表 7 攔油索外型種類之比較

	柵欄式 Fence booms	窗簾式 Curtain booms	外部張力式 External tension booms	防火式 Fire booms
展開難易	易	易	尚可	難
保持垂直 方式	使用重壓構造使縱 向易於呈現垂直、不 易彎曲狀而水平卻 能夠隨波移動	利用空氣產生浮力 並結合壓載與壓載 鏈	外形結構需靠攔油 索垂直硬度而加以 保持	使用重壓構造使縱 向易於呈現垂直、不 易彎曲狀而水平卻 能夠隨波移動
襖裙與乾舷連 結方式	機械方式	一體	一體	一體
缺點	1. 易有嚴重滾動或 不垂直 2. 可能導致乾舷與 吃水之喪失	1. 過於龐大 2. 儲存不易 3. 易因整體重量較 輕而受到水面漂浮 物之穿越，導致攔油 索平躺之危險	1. 外型與強度需依 靠托攬	1. 過於笨重 2. 儲存時不易
適用時機	碇泊時	泊碇時	外海	燃燒油污時

窗簾式另可依浮力區分為：實心型<sup>5</sup>、氣閥型<sup>6</sup>、外部型<sup>7</sup>等三型，其特性如表 8 所示。

表 8 窗簾式浮力型式之比較

	實心型	氣閥型	外部型
浮力室組成	1.合成海棉橡膠 2.堅硬、適當之圓木 3.顆粒海棉橡膠	1.自行膨脹 2.受壓膨脹型	1.中心線浮力 2.舷外浮力 3.單側舷外浮力
保持垂直方式	壓載鏈	壓載鏈 張力結構 水壓艙	本體之強度與張力
缺點	外皮有所損害時，將可能產生海水滲透入內或海棉顆粒外洩於海面，而導致內部浮力移動或部分區域沒有浮力	1.具有較差之張力強度 2.易被戳刺、撕裂或機械所損傷	1.會受海況影響而造成纏繞、滾動或無法拉成一直線之問題 2.可借由外部張力與適當之壓載彌補

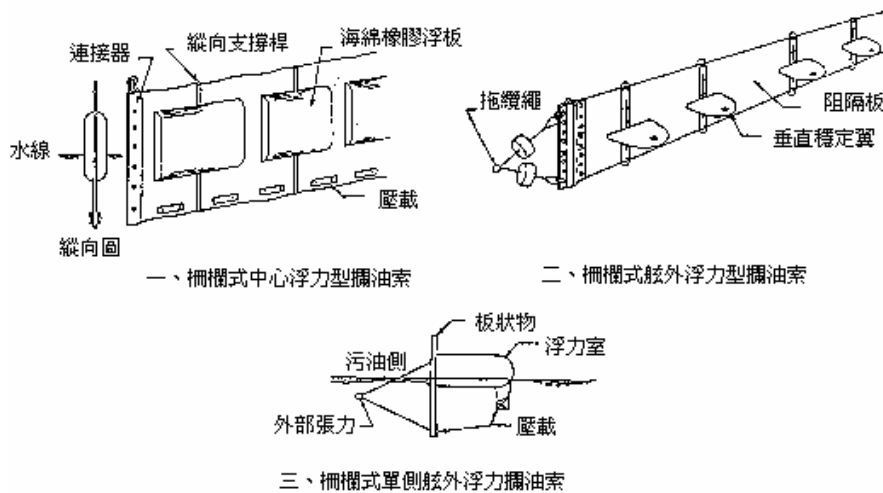


圖 5 柵欄式攔油索

總結上述各型攔油索之特型與分析比較後，可以歸納出選擇一適當攔油索所需具備之功能、物理特性以及基本特性。

- <sup>5</sup> 實心型的特性為可切分為好幾段以順應抬升作用，適度之柔軟性、耐久性與較大之預留浮力
- <sup>6</sup> 較高的浮力 / 重量比、良好的抬升效應、浮力室不會因打入之氣體而變形或喪失彎曲、折疊或捲成一捲可節省儲存空間
- <sup>7</sup> 堅固的材質質輕，富彈性之襯裙

表 9 攔油索功能與物理特性

攔油索類型	環境狀況			功能特點		物理特性		
	開闊海面 H>3 呎 V<1 節	港口與海灣 H>3 呎 V<1	掩蔽近岸 H>1 呎 V>0.5 節	波浪 回應	強度	易於 操作	易於 清潔	緊密性
1. 實心浮體式	2	1		1	2	2	1	2
2. 充氣式	壓力膨脹	1	1	2	1	1	1	1
	自行膨脹	2	1	1	3	1	2	1
3. 圍牆式	3	2	1	1	2	2	3	3

說明：H = 主要的浪高，V = 表面流速，1 = 佳，2 = 可，3 = 差

表 10 攔油索最基本之特性

特性	港區河口之掩蔽近岸	沿海與海灣	外海
攔油索乾舷高度範圍(cm)	8-24(cm)	18-42(cm)	36-90 以上(cm)
預留浮力 / 重量比(N)	3 : 1	3 : 1	7 : 1
總張力不得少於(N)	6,800	23,000	45,000
襯裙之張力其度不得少於(N/50 mm)	300	400	400
撕裂強度不得少於(N)	450	450	450

(資料來源：World Catalog of oil spill response products) 其特性如表 8所示。

### 4.3 攔油索失效情況

攔油索攔阻、回收油污有很大的功效，但不是每次都有效且處理的非常完美。因此，瞭解攔油索運之特性有助於達成油污圍攔之成功，但我們亦需要瞭解何種情況為作業失敗之情況。以下有五種基本的作業失敗模式。

表 11 五種基本的作業失敗模式與預防

	失效情況	預防
穿越水失效 (Entrainment Failure)	在強流下攔油索被潮流的波前向上抬昇，當波前下降於波谷時，波前側邊則會發生擾動不安的現象，這種現象會造成油塊分離成油滴且形成漩渦並由攔油索下方通過至另一側之情況	除非波前的抬昇距離很長，導致油污沒有足夠的時間分離成油滴通過攔油索
排油失效 (Drainage Failure)	攔油索封鎖油污使油污厚度增加，未加以處理而超過攔油索水下部份深度，發生溢出至另外一側之情況	注意臨界速度與襯裙深度、油的黏性、比重及攔油索的餘裕深度之關係
激濺失效 (Splash over Failure)	可能為海象惡劣造成浮油激濺飛躍過攔油索乾舷部分而洩漏置另一側此種情況下	選擇適當乾舷高度之攔油索

沒入水中失效 (Submergence failure)	強流作業下或平靜海域施行高速拖纜所造成	適當之托纜作業速度 較高預留浮力之攔油索
企劃失效 (Planning Failure)	攔油索於強風、強流下移動，造成攔油索傾斜平躺於水面，由於這樣的情況導致油污再次洩漏	1.保持攔油索壓載之平衡 2.適當張力結構 3.避免內部張力結構太接近水線或高於水線

## 五、 汲油器

汲油器是撈取排油事件中所外洩之油污，與攔油索之不同在於，攔油索是圍堵海上油污必免油擴大；汲油器則是取回海上油污。也就是說，汲油器才是真正撈取海上浮油的油污處理設備，油污之撈取方式將隨海岸地形、海象、油之種類與黏性等特性，呈現出不同之結果。

汲油器本身又可分為靜態與動靜兩種。靜態係指使用時固定於一處，而不會移動；動態則會隨著相關設備移動，如；船舶、攔油索等。若汲油器與船舶結合，則變成撈油船(Oil recovery vessel)，船身除了提供汲油器之浮力、動力外，可加裝攔油索圍堵油污；船艙可改裝成儲油槽儲存回收之油污，對於重大海上事故，單獨可快速抵達現場、展開油污圍堵與海面之清除工作，避免油污擴散與第一時間之有效控制。

### 5.1 汲油原理

汲油器汲取海上油污之方式大致可分為附著式與吸附式兩種方法。附著式係利用浮於水面之油污附著於儀器表面如；毛刷、繩索。或內部之附著物品再以刮杓將之刮取，儲存於儲存槽中。吸取式係利用油、水比重之不同，造成油污形成堰塞，再以吸取或離心力之方式，吸取至儲存槽中儲存。

### 5.2 一般種類汲油器

一般種類的汲油器包含汲油索型(Boom-skimmers)、毛刷型(Brush skimmers)、盤型(Disc skimmers)、帶型(Belt skimmers)、繩索型(Rope mop skimmers)、堰型(weir skimmers) 與抽取型(Suction skimmers)等七種；

表 12 一般種類汲油器之特性

種類	特性
汲油索型 Boom-skimmers	1.可結合於攔油索表面 2.數量不限 3.外海或內陸寬廣深水中之大型漏油
毛刷型 Brush skimmers	1.由吸附油性之毛刷將海面之浮油附著於毛刷之表面掘起水面，再利用刮杓之方式將油污刮下

	2.高達 90 % 之回收率 3.不受漂浮物之影響 4.可分離海面漂浮物之能力 5.常架設於船艙之延伸故用於港口、外海之油污排洩
盤型 (Disc skimmers)	1.利用每個圓盤的下半部浸在油中，圓盤轉動時，油污附著於吸油性之圓盤表面，浮油就如此被帶出水面，而油污隨即被圓盤兩側之刮杓刮下，進入儲油槽 2.平靜海面高達 97 % 回收率 3.一般海況下 90 % 回收率 4.岸邊、船邊之積油
帶型 Belt skimmers	1.利用吸油性物質裝在一條不斷穿梭於油面之履帶集油，履帶隨著兩端之滾輪轉動，並將黏附於表面上之油污，刮入暫時儲油槽內 2.暫時儲油槽中設有油水分離器(oil/water separator)將油、水分離 3.所撈取之油污僅有油，而沒有或少量之油水混合或水之成分 4.分離漂浮、碎物之能力 5.常架設在大船上故用於港口、外海亦有架設在車上的，處理岸邊淺水之漏油
繩索型 Rope mop skimmers	1.吸油性物質所編織成之一條或多條繩索，於油污水面穿梭吸取油污，隨著帶動繩索之設備帶動下，繩索被帶入收集裝置，而用滾輪將油污窄取出來，進入儲油槽儲存 2.不受漂浮物所影響 3.適用於深水及淺水中之積油
堰型 weir skimmers	1.小型、中型常用於處理岸邊積油 2.大型則處理平靜水中較集中大型漏油，如接近污染源處
抽取型 Suction skimmers	1.運用連接具有水龍帶之真空、空氣吸入頭固定於水面，抽取水面之油污 2.易於攜帶 3.常用於與小船配合處理平靜之淺水、岸邊積油

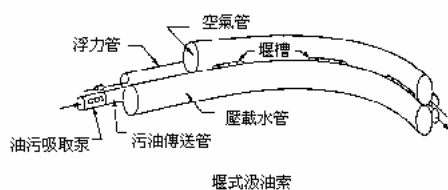


圖 6 堰式汲油索

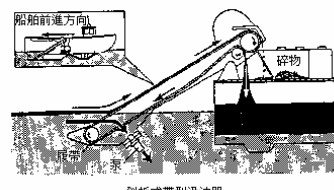


圖 7 帶型汲油器

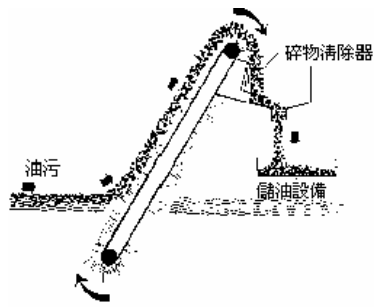


圖 8 鏈型毛刷式汲油器

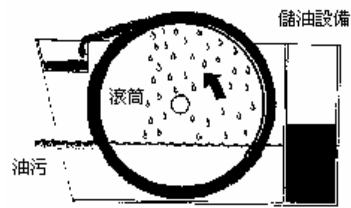


圖 9 滾筒型毛刷式汲油器

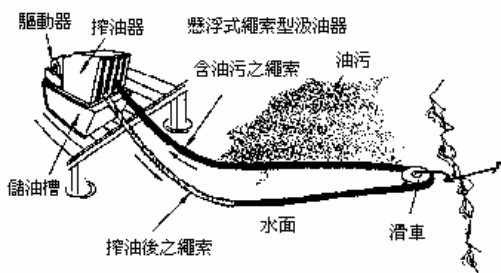


圖 10 定點式繩索型汲油器

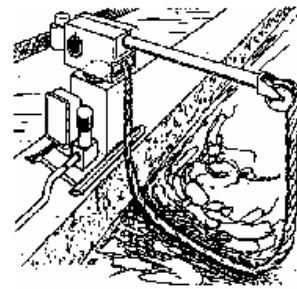


圖 11 舷臂式繩索型汲油器

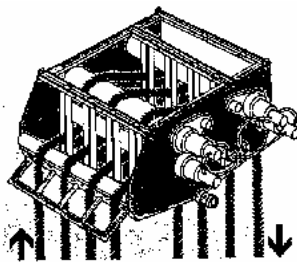


圖 12 懸浮式繩索型汲油器

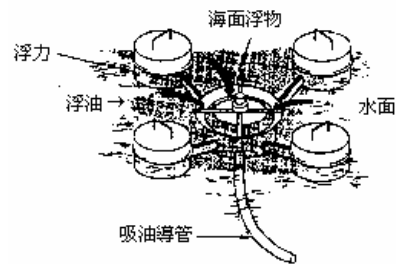


圖 13 簡單的堰型汲油器

表 13 一般種類汲油器之比較

種類	汲油原理	適用海域	適用海況	適用油污種類	缺點
汲油索型 Boom-skimmers	附著	港口 外海	5 級浪 以內	低至高黏度油及乳 化物	1.海面漂浮之碎裂物 阻塞汲油器之入口 2.刺穿攔油索之浮力 室
毛刷型 Brush skimmers	附著	淺水 港口 外海	3 級浪 以內	中、高黏度油	1.裝設較為麻煩 2.需裝設於船舷外
盤型 Disc skimmers	附著	淺水 港口	2 級浪 以內	中黏度油	儲油槽有限

		外海			
帶型 Belt skimmers	附著	淺水 港口 外海	2 級浪 以內	中油、重油及高蠟含 量固體	1.儲油槽有限 2.與攔油索或其它處 理設備共同結合使用 會減緩其運行速度。
繩索型 Rope mop skimmers	附著	淺水 港口 外海	2 級浪 以內	低、中黏度油	
堰型 weir skimmers	吸取	淺水 港口 外海	1 級浪 以內	低至高黏度油及乳 化物	
抽取型 Suction skimmers	吸取	淺水 港口	2 級浪 以內	低、中黏度油	1.不具有油水分離 器，撈取之油污呈現較 多之油水混合情況 2.易被漂浮物阻塞吸 入口

表 14 汲油器操作與費用區分

	施放	回收	操作	購置費	維護費	處理垃圾能力
汲油索	易	易	易	中	視使用情形而定	中度
毛刷型	易	易	易	-	-	優良
盤型	易	易	易	高	中	優良
帶型	易	易	專業	高	中	優良
繩索型	易	易	易	-	-	優良
堰型	易	易	易	低	低	視泵類型而定
抽取型	易	易	易	低	中	差

### 5.3 撈油船型汲油器

撈油船之設計理念是積基於若開闊之外海發生排洩油污事件時，海況不佳、未配備外海型攔油索<sup>8</sup>或快速有效控制現場情況，而進行撈油船之汲油作業，由於配置汲油器之船舶通常都不大，故其操控性能較為靈敏，因而不用預先使用攔油索圍攔，即可迅速處理海上油污。由於船舶空間較為寬大，通常具有較大之儲油槽、回收油駁送裝置、漂浮物處理設備等，可將油污處理得較為完善，目前一般常見之撈油船幾乎都是堰型汲油器與船舶結合而成。

表 15 撈油船型汲油器比較

種類	特性	適用海域	適用海況	適用油污種類
改良式堰型 Advancing weir skimmers	1.傳統堰型之變形。除了在船前方運行提供給堰型汲油器之收集器外，皆與其它之堰型汲油器相	開闊之外海	不佳	高濃度油污高 油污回收率

<sup>8</sup> 擬訂我國海上油污污染應變計畫之研究

	同 2.擁有寬大之集油效果 3.高油污回收率			
舷臂掃除式堰型 Sweeping arm weir skimmers	利用兩外伸舷臂與船體固定成60度，並於舷臂底設置堰式汲油器與泵，將所混合之油水透過濾網用泵抽至另一舷存入儲油槽	開闊之外海	不佳	高濃度油污
移動式斜面 Dynamic inclined plane skimmer	傾斜面由一帶條構成條帶，在某些情形下，以與船前進相反的方向轉動，以減低帶條與水之間的相對速度 船在水中前進時，表面的油層被迫沿斜面而下，流至末端，油被釋放進入油池，無油之水則逸離	開闊之外海	不佳	高濃度油污

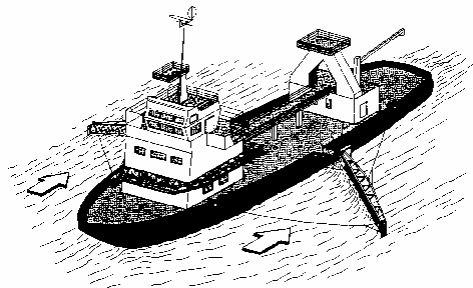


圖 14 舷臂掃除式堰型汲油船

## 六、 吸油材

吸油材基本上分為基本型、無機型與綜合型等三類；其尚需具備 1.快速吸附油性物質 2.排斥水被吸附 3.保留油性物質 4.迅速、容易展開 5.不造成環境污染 6.使用中不會沉沒 7.收取足夠之油污後，能夠容易收回且不造成斷裂、損毀之情況等七項特性，其中部份吸油材已經發展出，若使用過程中造成斷裂、損毀，可經由生物分解而不造成環境二度污染之技術。

吸油材由許多充滿空隙或膨鬆之連續微顆粒物質所組成，這些連續微顆粒物質可能形成墊子狀、滾輪狀、拖把狀、攔油索狀或其它型狀，而好的吸油材可吸附工作範圍外之區域，但由於這些微顆粒物質在收回時，可能會吸附海水或在海況不佳之情況下造成沉沒，導致回收油污減少，故一般而言，皆使用捆緊或填塞滿之毛織布料替代微顆粒物質，較為常見並於吸取油污後，經由刮杓、榨取或真空吸取，集中儲存於儲油槽中。

## 6.1 吸油材類型

表 16 吸油材類型比較表

	基本型 Organic	無機型 Inorganic	綜合型 Synthetic
組成	天然或工業上之大量耗材 如：稻草、雞毛、泥碳、木屑、木塊、木炭、黏土或有吸油性之碳成品	天然的礦物 如：珍珠岩 (perlite)、蛭石 (vermiculite)、玻璃棉 (glass wool)、火山岩 (volcanic rock)	人工合成物 如：聚氨酯 (polyurethane)、聚乙烯 (polyethylene)、聚丙烯 (polypropylene)、尼龍纖維 (nylon fibers)、尿素甲醛泡沫 (urea formaldehyde foam)
能量	本身重量之油污約一至十倍左右	本身重量之油污約四倍左右	吸取本身重量之浮油約五至二十倍左右
優點	1.易取得 2.實用性高 3.較便宜 4.天然易分解	1.量多 2.便宜	1.高度吸油和排水 2.強韌 3.可重複使用多次 4.可於寬廣之海面吸取黏度較高之浮油
缺點	1.會吸附海水最終會沉入水中 2.為了避免顆粒外漏與膨鬆之現象，通常會在其外圍加一層網子	1.部分會因為吸入大量水份而導致沉沒 2.不可運用於單僅只有水的海域	1.較基本型為貴 2.不為生物所分解。

## 6.2 吸油材之綜合分析比較

1. 大多數的吸油材屬油污處理之輔助工具，通常負責清除油污之最後階段，或在無法使用汲油器或其它方法清除時才被派上用場，以收取不易回收、剩餘之少量浮油。
2. 吸油材普遍受到使用次數與產生斷裂固化之限制，因此在計劃與使用時應該加以改善與注意。
3. 使用之地域與生態亦會影響吸油材與汲油器之擇定，如為保護龜類之棲息海岸，則必需選擇吸油材而不能選用機械式來清處。
4. 吸油材使用之選擇是依據油類產品與油污事故現場之大小而有所不同的。
5. 油污回收率是隨著價錢成正比增加，一般而言，基本型之價錢較無機型、綜合型便宜。

## 七、 國內現行之油污處理設備量

我國有關環境保護之事項雖為行政院環境保護署之職責，但從「阿瑪斯號」貨輪擱淺油污外洩事件中，明顯的凸顯出了國內油污處理設備之嚴重不足，就連負責全國環境保護之中央級機構「行政院環境保護署」都沒有充裕的設備，更遑論各地區之縣市政府。

就目前之油污清理設備而言，依據「中華民國海難救護委員會」之統計資料顯示，主要之設備均集中於各港務局以及油公司，至於執行或協助清理的海巡署似乎仍尚未購置該類之設備。有關之清理設備、數量與放置地點詳如表 17 與表 18 所示。

表 17 台灣現有各單位、機關之油污處理設備統計

國內各單位油污處理設備總數	工作船(消防船)	駁船	海上型攔油索(m)	近岸型攔油索(m)	汲油器	化油劑 L	吸油墊 M <sup>2</sup>	吸油索	噴灑設備
中油總數	15	12	0	6670	13	140500	1990	90	8
港務局總數	44	0	500	8646	6	14300	5730	19	1
海軍總數	22	0	0	2400	0	800	1800	0	0
其他救難單位總數	10	1	0	6000	0	2000	540	0	0
全國總數	91	13	500	18416	19	157600	10060	109	9

(資料來源：ASSESSMENT OF OIL SPILL RESPONSE CAPABILITY IN TAIWAN)

表 18 台灣地區目前所有的油污處理設備與儲放地點

儲放地點	工作船(消防船)	駁船	海上型攔油索(m)	近岸型攔油索(m)	汲油器 (MT/hr)	化油劑 L	吸油墊 M <sup>2</sup>	吸油索 (m)	噴灑設備	附註
基隆港務局	12		250	17500	2 台 40	800	1200			
蘇澳港	3			500	1 台 40	200	80			
海軍(蘇澳基隆)	21			1200		400	900			
華龍港灣工程公司(基隆)	3	1		600		1500	300			8 台抽水機
中油沙崙輸油站	3			200		5300	450	40		
中油基隆油庫		2		900		7900			3	
中油蘇澳油庫	1	1		375	2 台 40	4600	600	10	2	
中油深奧輸油站	3			600	1 台 60	1600	300	8		
基隆小結	46	4	250	6125	6 台	22300	3830	58	5	
高雄港務局	20		250	850	1 台 40	5000	3700		1	
海軍(左營馬公)	1			1200		400	900			20 艘挖泥船
華龍港灣工程公司(高雄)	4					500	240			
其他救難組織	1									
中油前鎮儲運所	1	6		875	2 台 40	11100	390	20		
中油大林煉油廠	1			3000	2 台 90 5 台 40	106000				
中油湖西油庫				300		1600	100	1	1	
中油永安廠	6			220		1400	150			
高雄小結	34	6	250	6445	10 台	126000	5480	21	2	
台中港務局	5			5546	2 台	7000	750	19		
台灣打撈公司	2									
中油台中港油庫		3		300	1 台 40	1000		10	1	

台中小結	7	3		5846	3台	8000	750	29	1
花蓮港務局	4					1300			
中油花蓮油庫								1	1
花蓮小結	4					1300		1	1
總結	91	13	500	18416	19	157600	10060	109	9

(資料來源：ASSESSMENT OF OIL SPILL RESPONSE CAPABILITY IN TAIWAN, COMART)

## 八、 結論與建議

每一種類型油污之清除最需要的就是工具、設備，而設備究竟要多少才能符合台灣的需求呢？這是一個非常實際、務實且難以估算的問題，根據前述有關台灣區域的謝油機率分析，大致可以看出國內的洩油機率之區間與規模，未來將可依此衡量國內的需求。而根據民國八十九年十二月中加海事體系技術合作計畫，向交通部提出之「海上油污染防治及應變機制之建立」期末報告中，對於建立我國相關之海上油污染之相關應變措施、計劃與設備，有很詳盡的描述並做出了許多具體的建議<sup>9</sup>，包括規劃出國內所需的整清理設備需求，例如：攔油索、汲油器、沿岸回應船舶、有直昇機停機坪的指揮船、沿岸駁船、高效率幫浦、固定翼的飛機和直昇機等。

以國內現有的油污處理資源而論，在機、艦、船、艇等方面，如能加強如海巡、海軍、航政、環保等各政府機關、單位間之協調、合作與相關資源之調度，應可達到預期之目標，並也同時的樽節國家在油污處理設備上的支出，除此之外，也應與鄰近國家簽訂有關油污處理的國際合作協議，已達互助互利的共同目標。

至於如本文所述之海上型攔油索、汲油器、吸油索等急需的設備，則應儘速的編列預算添購。然而，以「阿瑪斯」案例中找不到適用的油污處理設備的窘況為殷鑑，未來，我國各有關單位在進行有關攔油索、汲油器、吸油索等油污處理設備的購置過程中，必須先能確立台灣的油污風險規模、不同海域與天候之清理技術與清理特性，除此之外，也必須能充分的了解各項設備之功能、特性及其適用環境，才能達到「工欲善其事，必先利其器」般的發揮油污處理設備之真正功效。

## 參考文獻

1. Abecassis, D.W, and Jarashow, R.L., Oil Pollution from Ships (London, Stevens), 2nd edn, 1985.
2. COMART, Assessment of spill response capability in Taiwan, COMART International corporation Toronto October 12, 2000

<sup>9</sup> 資料來源：ASSESSMENT OF OIL SPILL RESPONSE CAPABILITY IN TAIWAN, COMART , P 117 118。

3. DNV Rules for Classification of Ships, Ships in Operation, Part 7 Chapter 6, Management of Safe Ship Operation and Pollution Prevention, JULY 1996.
4. GESAMP, The State of the Marine Environment, Unep Regional Seas and Studies No.115, Nairobi, 1990.
5. IMO, Manual on oil pollution Section Prevention. International Maritime Organization London, 1992.
6. IMO, Manual on oil pollution Section Contingency Planning. International Maritime Organization London, 1988.
7. IMO, Manual on oil pollution Section Salvage. International Maritime Organization London, 1983.
8. IMO, Manual on oil pollution Section Combating Oil Spills. International Maritime Organization London, 1983.
9. O' Clair et al., 1996; Exxon Valdez Oil Trustee Council, 1999.
10. Oil Pollution in Ocean Planet, Judith Gradwohl, Smithsonian Institution, USA.2001
11. Overstreet, R. and Galt, J.A., Physical Processes Affecting the Movement and Spreading of Oils Inland waters, NOAA/Hazardous Materials Response and Assessment Division Seattle, Washington, HAZMST Report 95-7, September 1995.
12. Schulze, R. Ed., World catalog of oil spill response products, Colleen Purcell Publishing 1995.
13. Sindernamm, C. J., Ocean pollution: Effects on living resources and humans, CRC Press, Inc., Boca Raton, USA, 1996.
14. Timagenis, G.J., International Control of Marine Pollution, (New York Ocean), 1980
15. 何孝鐳，海水油污染，民國七十年三月十二日，交通部交通研究所。
16. 李台生(等)著，加強我國海域油污及災害處理能力之研究，交通部委託中國航海技術研究會辦理，中華民國八十三年二月。
17. 李台生(等)著，建立我國海上油污染防治能力與國際合作之研究，交通部運輸研究所，中華民國八十六年十一月。
18. 李台生(等)著，擬訂我國海上油污染應變計劃之研究，中華海運研究協會，中華民國八十三年二月。
19. 林彬，防止油輪貨油污染海洋之研究，文化大學海洋研究所碩士論文，七十三年六月。
20. 趙崇峰，從法律觀點論防治船舶油污染—以一九九〇年「油污染整備、因應及合作國際公約」為研究重心，海洋大學海法所碩士論文，民國八十二年十二月。
21. 羅逢源(著)，「油輪海洋污染之民事責任研究(一)」，航運季刊第二十一卷四期，民國七十四年一月。