

海洋油污染應變資材量能 建構計算指引



海洋委員會海洋保育署

中華民國 113 年 9 月

目錄

	頁次
目錄.....	ii
壹、依據.....	1
貳、目的.....	1
參、應變量能資材作業需求分類.....	1
肆、應變能量資材評估量能建構計算指引.....	2
伍、各類應變資材量能處理油污染應變能力.....	16
陸、海上圍攔汲油回收系統組成需求建議.....	18
參考資料.....	23

表 目 錄

頁次

表 1 地方縣市政府轄內油吸附資材儲置量與吸附能力表.....	20
表 2 海洋油污染應變資材量能建構計算指引表.....	21

圖 目 錄

頁次

圖 1 海面溢油量擴散面積時間之關係.....	3
圖 2 海面溢油原始量與乳化後之增加數量比較圖.....	4

海洋油污染應變資材量能建構計算指引

壹、依據

依據「113 年度海洋污染防治及許可精進管理計畫」需求說明書三、（一）1.(1)規定略以：「提出可作為海洋油污染應變資材量能建構計算指引…」。

貳、目的

海洋油污染應變資材量能建構計算指引係參考國際海洋油污染應變訓練機構教材及相關應變機構應變作業手冊內容，並提供過去處理油污染事件之經驗作為建議，用以完善本計算指引。

針對「海洋環境管理平台-海污緊急應變系統」所登載應變資材品項，考量我國現有海污應變作業現況，進一步研析海洋污染清除應變設備器材應變能量計算，以利後續各機關(構)據以備置及採購應變資材。

參、應變資材作業分類

海洋油污染應變工作期間，針對污染回收清除工作概分為圍攔、集中、吸取回收、附著回收等方式綜合性完成清除工作，由於應變資材運用於污染清除之目的性不同，故以下列方式進行分類：

一、攔油索類：具海上圍攔防護與集中浮油之能力，阻止污染擴散，並集中油污增加浮油厚度，以利於後續進行汲取或吸附回收。

二、汲油器類：於圍攔集中之浮油區域進行汲取回收作業之設備。

三、油吸附類：於圍攔集中之浮油區域實施吸收、附著回收作業，或是在僅存少量油膜狀態下實施吸附回收作業。

四、以下應變資材雖具備清除或分散油污功能，惟使用環境無法量化清除回收數量或僅屬於機械啟動操作輔助工具，故排除應變資材量能建構計算範疇。

（一）高壓沖洗機：包含高溫高壓與常溫高壓兩種，運用場域多為海岸礁岩區

位潮間帶遭油附著後硬化之油塊，或人工結構物遭沾附油污清潔作業。

（二）油分散劑：

1.油分散劑主要用於均勻撒佈於浮油並使其充分混合，將浮油分散為微細粒子，促進海中生物分解油粒達到生物分解以及大海自淨目的，並預防水面油污隨風與潮流送至岸際造成污染。盡可能達到對整體生態環境產生最小衝擊與最大的淨環境利益。

2.我國近岸海域（離岸 3 哩內）大多為生態豐富之環境敏感區，部分為人文休憩之景觀敏感區以及工業進水口之工業敏感區，使用化學分散方式必須配合油膜厚度、波浪動能、操作技術及確保不產生二次污染等因素，且分散後之油粒並未消失，可能隨潮流重新漂流至海岸造成污染。

（三）發電機類：該類設備僅為攔油索類、汲油器類或海岸作業電力來源。

（四）汲油系統輔助機具類：雖然配合清除污染之船艇、機具與應變清污回收資材配合度可能左右應變效率，但取決於應變事件指揮單位或作業機關動員船艇與機具之數量，較難以量化。

海洋油污應變作業期間，由於海氣象條件、外洩油類風化後產生乳化物特性、動員應變能量清除浮油或已乳化物質適用性等因素影響，應變清除回收效率亦將隨之上下浮動，以下將針對相關環境條件評估界定與說明。

肆、應變能量資材評估量能建構計算指引

一、條件設定：

（一）針對海面溢油時，由於事故地點所在海域距岸遠近、天候、海象、回收儲具與除污方法、技術經驗等因子，將左右除污期程長短與應變資材消耗數量，另溢油事件發生後之現場海域風、流場變化對於油流走向，亦會左右油污登岸之程度與岸際遭污染油量估算，因此應先設定情境以利

後續估算，並推估外洩油種經風浪作用後的風化油量，以及經過風化的油量蒸發率、滯留海面漂浮數量以及污染岸際數量。

(二) 情境設定：設定油類風化、風力條件等情境因素。

1. 設定外洩油種之風化條件

(1) 溢漏油種：海面風化油種選擇船用重燃油或是原油，係因臺灣週邊海難船舶溢油事件、油輸送漏油污染或海域外洩油料種類多屬船用重燃油，港內則多屬於潤滑油或廢油水，外海卸油浮筒漏油多屬原油，前述多屬重質或中質燃料油，依據 ITOPF HAND BOOK 載述，船用重燃油或原油多屬於III組族群的油種。

(2) 擴散面積：依據 IMO OPRC Model Course - Level 2 載述（如圖 1），溢油量 1 噸在海面擴散面積可達到 0.1 平方公里、10 噸在海面擴散面積可達到 1 平方公里、100 噸在海面擴散面積可達到 10 平方公里（前述僅是原則並非絕對關係，實際擴散程度視當時風場與流場對應條件）。

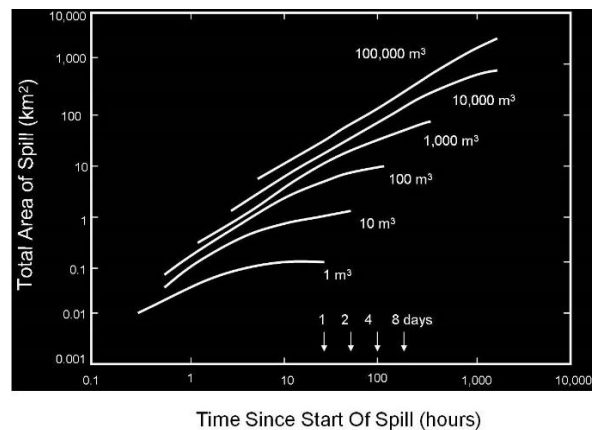


圖 1 海面溢油量擴散面積時間之關係

(3) 風化過程：依據 ITOPF HAND BOOK 載述，油溢漏至海面後，由於環境變數多以致無法細列各式風化過程間的相互作用，爰主要依賴不同油種屬性分類。根據各油種比重，將常用油品分為四個主要群體，經過分類後，風化率（乳化）變得較可預測，根據

乳化的過程，將導致其中大多數油種之體積激增（如圖 2）。

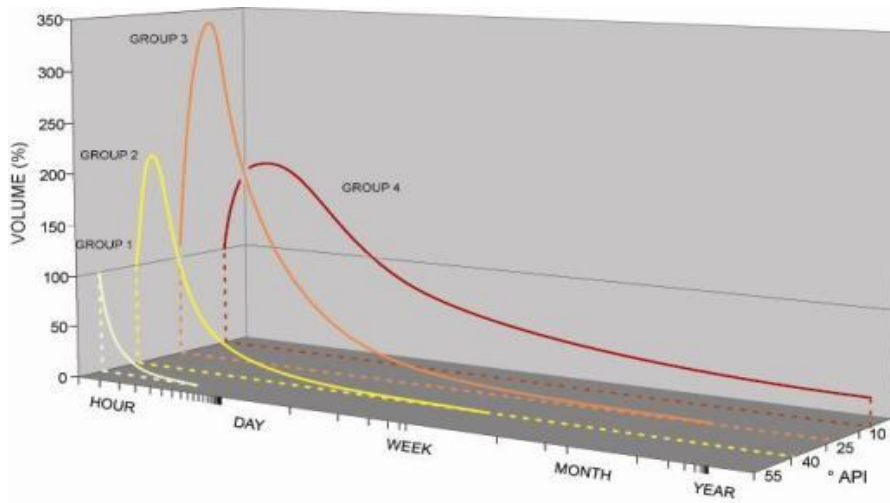


圖 2 海面溢油原始量與乳化後之增加數量比較圖

A.蒸發後剩餘量：船用重燃油或原油均屬於III組的油，外洩油料溢出擴散於海面後，可能透過蒸發會失去 30%的量，海上可能剩餘之油量為 70%。

B.乳化體積膨脹率：外洩油料溢出經風化作用後，其乳化膨脹率可能增加為原體積 300%以上。

C.海面總乳化油量：依前述第III組油類已風化條件設定，蒸發後剩餘量 70%乘以乳化體積膨脹率 300%。

(4) 海域漂浮油量與岸際遭污染油量比例：外洩油料殘存於海面與污染岸際比例，應視距岸遠近、海流、風向與有無立即圈圍攔油索而浮動。殘留海上與海岸之油量比例，與應變實際場域風流場因素以及應變資材動員到位部署完成時間而定，亦即越早圈圍則油料擴散效應越少，污染海岸之油量也越少。

2.設定海象應變操作風力條件：清除海面油污染海象條件為蒲福風力級數 5 級（浪高 2 公尺）以下。

三、應變設備器材實施圍攔或回收效率設定：以下各項應變資材圍攔與回收效率係

參考 Shipping Act Planning Guideline、IMO OPRC Model Course - Level 2、World Catalog of Oil Spill Response Products 及 Exxon Oil Spill Response Field Manual 之估算方式，以利於設定圍攔或回收效率。

(一) 外洩油料風化後：

$$100 \text{ 噸 (船用重燃油)} \times 70\% \text{ (蒸發後剩餘量)} \times 300\% \text{ (乳化體積膨脹率)} \\ = 210 \text{ 噸 (溢油 24 小時後之海面浮油估算總量)}$$

(二) 攔油索圍攔集中浮油需求計算

1. 攔油索需求計算：應變初期攔油索通常屬第一時間應變到位之設備，故需求長度計算設定以未風化前之外洩油量為計算標準。

2. 外海或開放水域圍攔需求長度：

(1) 長度設定公式：外洩油料海域圍攔能力：參採 Todd Mitchell Canada Shipping Act Planning Guideling 開放型水域溢油回收攔油索需求公式

$$B = 1.25H, \text{ B: 攔油索圍攔總長度, H: 海面油污總量}$$

綜前所述，設定每 100 噸需求 125 公尺攔油索實施圍攔回收。

(2) 海域圍攔回收攔油索需求型式為港灣型、近海型、外海型充氣式攔油索，具備較小儲存容積以及較輕拖曳重量。

3. 漏油點位防護：

(1) 漏油來源設定：我國海洋油污染樣態最常見者有船舶擱淺及外海浮筒漏油兩種，設定以最常發生之船舶擱淺樣態。

(2) 以船長 100 公尺為設定條件，參採 Exxon Oil Spill Response Field Manual 內容，全船周邊圍攔油索為船長 3 倍，即為 300 公尺以上（至少 6 點錨碇以維持攔油索佈放形狀）。

(3) 本項作業攔油索需求型式為港灣型、近海型、外海型固體填充式

攔油索，具備較強索體強度以及保障較長圈圍時效。

4.港口或鄰近開放水域海岸敏感區防護：

- (1)若需要防護或移離海面浮油，考慮攔油索索體強度受海浪衝擊影響，佈設單道攔油索超過 300 公尺極易造成索體損壞或連接器斷裂致喪失防護移離效果，故每道防護或移離型攔油索需求長度設定為 300 公尺，並於適當索體距離實施錨碇(通常為 60 公尺)，以增加索體強度。
- (2)依據過去應變經驗，圈圍期間攔油索索體經常受到海流作用以及風浪應力影響(尤以東北季風或颱風過境後之外圍環流)，導致損壞、斷裂必須重新佈索，若設定以 3 道 300 公尺攔油索實施污染源防護或圈圍備置數量，可有效減輕海象影響之效應。爰建議可透過備置 3 道攔油索(900 公尺)作為預備量之最低需求，以作為斷裂破損之後續補充備援。
- (3)海岸防護型態之攔油索型式，可運用潮間帶攔油索結合外海型、近海型固體填充式攔油索。由於需求之攔油索需求樣式、長度不一，應變期間可調撥鄰近應變單位之方式尋求支援。
- (4)本項攔油索需求將依實際海岸線、潮間帶寬度及佈設場域決定需求長度，故不列入下列之攔油索需求設定計算。

5.應變作業方式：外洩油量若未圈圍可能擴散面積將隨時間逐漸擴大(如圖 1)，以下建議不同外洩油量之應處作業方式。

- (1) 1 噸以下：擴散面積約 0.1 km^2 (約 316 公尺×316 公尺)，建議以吸油棉索圈圍，圈圍範圍使用油吸附材料回收清除油污。
- (2) 1 至 10 噸：擴散面積約 1 km^2 (1,000 公尺×1,000 公尺)，建議以攔油索圍攔，圈圍範圍使用油吸附材料回收清除油污。
- (3) 10 至 100 噸：擴散面積約 1 km^2 至 10 km^2 ，建議以攔油索圍攔，圈圍範圍使用汲油器並佐以吸附材料回收清除油污。

(4) 100 噸以上：擴散面積將達 10 km^2 以上，建議以攔油索圍攔，圍攔範圍使用汲油器並佐以吸附材料回收清除油污。

6.攔油索圍攔導致失效之海象條件說明（適用水域環境參照 Exxon Oil Spill Response Field Manual）：

(1) 海流：當流速大於 0.7 節以上，固體填充式與充氣式攔油索已圍攔之浮油將隨海流速度增加導致逐漸失效（浮油潛越出索體），即流速越強、圍攔效果越差。

(2) 風速與浪高：海上風力大於 5 級（風速 20 節）、浪高 2 公尺以上，可能產生已圍攔之浮油越過攔油索索體。

(3) 圍攔效果：若海面風力達 5 級或作業區浪高 2 公尺以上海況時，浮油圍攔效果隨風浪增強逐漸下降，且可能危及作業人員與船舶設施安全，故建議以自然風化以及海岸清除污染為主。

(4) 雙船攔油索圍攔浮油限制：

A.依據過去操作經驗，由於海流應力與船艇拉力，雙船佈放攔油索長度不超過 200 公尺為佳。可同步運用空中偵察(無人空拍機或直升機)確認海面油膜最厚處，即時指揮工作船運用攔油索、汲油器或吸油棉索實施拖掃回收。

B.執行雙船拖掃期間，船隻前進速度須盡量與海流流速保持零相對速率，以減少在索體內之浮油越出圍攔範圍。

C.海面風力 3 至 5 級之情況，若使用大型船舶執行海面油污回收清除，由於乾舷太高，需備有大型吊桿、外海型攔油索與大型汲油器等設施，且惡劣海象將導致海面污染回收效果不彰。

(5) 洩漏源圍攔限制：

A.攔油索強度若要能支撐海流應力，依據過去操作經驗，圍攔長

度通常不超過 300 公尺，且需適當距離錨碇方式增加索體強度。

B.可搭配吸油棉索佈放於攔油索內圈方式增加浮油回收效率。

C.若佈放於強勁海流處，需透過配合錨碇及佈放多道攔油索方式改善，惟效果有限，且需要佈放之攔油索將會以倍數方式大幅增加。

(6) 海象不佳解決方式

A.在海象可實施攔油索圈圍作業時，可依海流漲、退潮之流向，於距離漏源點相反方向之雙邊各錨碇佈放一道 300 公尺固體填充式攔油索，阻攔油料隨漲退潮擴散。若預估浮油將因海流影響越出索體，則於已佈放攔油索下游處額外佈放多道攔油索防護（各道攔油索間隔 50 至 100 公尺）。前已述及之備置 3 道攔油索（900 公尺）作為預備量之需求。

B.風力 7 級以上，無法及時執行油污清除作業，此時水面浮油將因被風浪翻攪快速而產生風化效應，隨之大量蒸發、消散與沉降，殘留於海面之浮油亦將形成乳化物漂流海面或污染海岸。俟風浪轉好，再派遣船舶出港清除漂流海面之乳化物，並另派員針對已污染海岸之污染物進行海岸污染清除。

7.各種類型攔油索適用場域說明

(1)河川型攔油索(充氣式、固體填充式圓柱狀、固體填充式扁平狀)：

A.圍攔浮油：適用內陸表面水體或港內波高小於 30 公分之平靜水域環境，故不列入本指引計算範圍

B.本類型攔油索可與港灣型攔油索以連接器接合共用。

(2)港灣型攔油索(充氣式、固體填充式圓柱狀、固體填充式扁平狀)：

A.圍攔浮油：適用港內或近岸波高小於 1 公尺水域環境。

B.雙船拖帶圍攔：適用港內、近岸或外海波高小於 1 公尺水域環境。

C.船舶或油輸送設施外洩點圍攔：適用港內、近岸或外海波高小於 1 公尺水域環境。

D.本類型攔油索可與近海型攔油索（充氣式、固體填充式圓柱狀、固體填充式扁平狀）以連接器接合共用。

（3）近海型攔油索（固體填充式圓柱狀、固體填充式扁平狀）：

A.圍攔浮油：適用港內、近岸或外海波高約 1 公尺之水域環境。

B.雙船拖帶圍攔：適用港內、近岸或外海波高約 1 公尺水域環境。

C.船舶或油輸送設施外洩點圍攔：適用港內、近岸或外海波高約 1 公尺。

D.本類型攔油索可與外海型攔油索（固體填充式圓柱狀、固體填充式扁平狀）接合共用。

（4）近海型攔油索（充氣式）：

A.圍攔浮油：適用港內、近岸或外海波高約 1 公尺水域環境。

B.雙船拖帶圍攔：適用港內、近岸或外海波高約 1 公尺水域環境。

C.本類型攔油索可與外海型充氣式攔油索接合共用。

（5）外海型攔油索（固體填充式圓柱狀、固體填充式扁平狀）：

A.圍攔浮油：適用港內、近岸或外海波高介於 1 至 2 公尺之水域環境。

B.雙船拖帶圍攔：適用港內、近岸或外海波高介於 1 至 2 公尺水域環境。

C.船舶或油輸送設施外洩點圍圍：適用港內、近岸或外海之波高介於 1 至 2 公尺。

(6) 外海型攔油索（充氣式）：

A.圍攔浮油：適用港內、近岸或外海波高介於 1 至 2 公尺之水域環境。

B.雙船拖帶圍攔：適用港內、近岸或外海波高介於 1 至 2 公尺水域環境。

(7) U 型攔油索：

A.本類型攔油索受海域漲、退潮流影響，無法採用固定點位佈放攔阻回收浮油方式，僅能以雙船拖掃方式圍攔回收海面浮油，單次回收浮油量小於 3 至 5 公秉(視索體底部囊袋容量而定)。

B.可承受浪高 2 公尺、風速 20 節海象條件。

C.佈設 U 型攔油索需要專用工作平台船(具備可容納裝載索體貨櫃之寬闊甲板)輸運至需求海域，並由兩艘工作船在海面將索體展開拖曳呈 U 型回收浮油。

(8) T 型便攜式攔油索：

A.可承受浪高 2 公尺、風速 20 節之 5 級海象以下之條件。

B.本類型攔油索構造與連接器相異於其他種類攔油索，故無法與其他攔油索接合共用。

(9) 潮間帶攔油索：

A.佈放於海岸潮間帶臨海處，可結合近海型或外海型攔油索，延長潮間帶防護長度。

B.本類攔油索屬於海岸防護性質，故不列入回收浮油清除能量計

算指引。

(10) 永久固定式攔油索：

A.部分油輸送業者設置於港內油輸送作業區，目的在於預先圈圍船體或油輸送作業區，預防油料外洩擴散。

B.本類攔油索屬於港域防護性質，故不列入回收浮油清除能量建構計算指引範圍。

8.攔油索儲置配套需求（利於快速動員）：

(1) 圍攔浮油：充氣式攔油索每 200 公尺需配置專用充氣機 1 部、捲索機 1 部、動力機 1 部，並以 1 個 20 呎貨櫃套裝儲存（不足 200 公尺者以 200 公尺計算）。

(2) 溢漏點位：固體填充式攔油索每 300 公尺需配置 1 個 20 呎貨櫃套裝儲存（不足 300 公尺者以 300 公尺計算）。

(三) 汲油器回收率條件設定（參採 World Catalog of Oil Spill Response Products 內容）：

1.汲油器回收計算設定：

(1) 各類型汲油器以每日作業 10 小時計算。

(2)依照前述設定，每 100 噸油料風化後算上體積膨脹預估為 210 噸，惟於海面汲油回收效率受風浪波高影響甚大，雖有部分消散或飄至岸際，仍以回收 210 噸油量進行估算。

2.各類型汲油設備

(1) 導流型（堰式）汲油器：

A.回收率：

a.油膜 1 至 8 mm 厚度油污回收率僅為 10%，故依據設計回收能力（泵功率）乘以 10%計算。

b.油膜在已圈圍之攔油索內，浮油厚度 25mm 以上且風平浪靜時，回收油污回收率可提升為 50%以上，適用於港內已使用攔油索圈圍集中之狀況，回收率可採乘以 50%計算。

c.本指引估算對象與溢油標的傾向外海或海岸發生之事故，故堰式汲油器回收率均採 10%回收率。

B.回收量：泵功率 $A \text{ m}^3/\text{h} \times 10\% \times 10\text{h}/\text{天} = \text{回收能力 } B \text{ m}^3/\text{天}$

a.泵功率 10m^3 ： $10\text{m}^3/\text{h} \times 10\% \times 10\text{h}/\text{天} = 10\text{m}^3/\text{天}$ 。

b.泵功率 25m^3 ： $25\text{m}^3/\text{h} \times 10\% \times 10\text{h}/\text{天} = 25\text{m}^3/\text{天}$ 。

c.泵功率 40m^3 ： $40\text{m}^3/\text{h} \times 10\% \times 10\text{h}/\text{天} = 40\text{m}^3/\text{天}$ 。

d.泵功率 100m^3 ： $100\text{m}^3/\text{h} \times 10\% \times 10\text{h}/\text{天} = 100\text{m}^3/\text{天}$ 。

(2) 親油型（碟、鼓、刷、帶式）汲油器

A.回收率：

a.本類型汲油器在油膜 1 mm 厚度即可作業。

b.惟設計之轉速與實際油污回收作業轉速差距甚大（實際作業最佳轉速於依據實務經驗上僅為十分之一，才可有效實施回收），因此回收率依設計回收能力乘以 10%為實際汲油速率，乘以油水回收比率 90%（含水率 $<10\%$ ）計算。

B.回收量：泵功率 $A \text{ m}^3/\text{h} \times 10\% \times 90\% \times 10\text{h}/\text{天} = \text{回收能力 } B \text{ m}^3/\text{天}$

a.泵功率 10m^3 ： $10\text{m}^3/\text{h} \times 10\% \times 90\% \times 10\text{h}/\text{天} = 9\text{m}^3/\text{天}$ 。

b.泵功率 25m^3 ： $25\text{m}^3/\text{h} \times 10\% \times 90\% \times 10\text{h}/\text{天} = 22.5\text{m}^3/\text{天}$ 。

c. 泵功率 45m^3 : $45\text{m}^3/\text{h} \times 10\% \times 90\% \times 10\text{h}/\text{天} = 40.5\text{m}^3/\text{天}$ 。

d. 泵功率 80m^3 : $80\text{m}^3/\text{h} \times 10\% \times 90\% \times 10\text{h}/\text{天} = 72\text{m}^3/\text{天}$ 。

(3) 真空式吸油器 (包含傘型吸油器與可攜式油污清除機) :

A. 回收率：本類型吸油器透過改良吸油頭或吸油口增加回收率，若於圈圍完成之攔油索內，且油膜厚度超過 1 公分，熟練之操作人員可達成油回收率 50%。

B. 回收量：泵功率 $A \text{ m}^3/\text{h} \times 50\% \times 10\text{h}/\text{天} = \text{回收效能 } B \text{ m}^3/\text{天}$

a. 泵功率 2m^3 : $2\text{m}^3/\text{h} \times 50\% \times 10\text{h}/\text{天} = 10\text{m}^3/\text{天}$

b. 泵功率 5m^3 : $5\text{m}^3/\text{h} \times 50\% \times 10\text{h}/\text{天} = 25\text{m}^3/\text{天}$

c. 泵功率 10m^3 : $10\text{m}^3/\text{h} \times 50\% \times 10\text{h}/\text{天} = 50\text{m}^3/\text{天}$

3. 各類型吸油器適用場域說明

(1) 導流型 (堰式) : 水面浮油經由吸油頭或堰口吸入，透過吸油管暫存於岸際、海面或船艇貯油設施內。

A. 適用波高：1 公尺以下。

B. 適用油種：輕質油 (汽油、柴油等)、中質油 (潤滑油、沙拉油等)、乳化物。

C. 不適用：重質油 (船用重燃油、鍋爐油等)、油污夾雜大量殘渣垃圾水域、海岸潮間帶潮池或作業水域水深小於 50 公分。

(2) 親油型：以圓形滾筒、圓盤碟片、毛刷、帶狀繩索等方式使油污附著後收集至儲油設施內。

A. 適用波高：2 公尺以下。

B. 適用油種：中質油 (潤滑油、沙拉油等)、重質油 (尚未乳化

之船用重燃油、鍋爐油等)。

C.不適用：輕質油(汽油、柴油等)、乳化物、海岸潮間帶潮池或作業水域水深小於 50 公分。

(3) 真空型：藉由真空泵配合汲油頭或汲油管方式回收油污，例如管狀扁頭、扇型真空汲油器等。

A.適用波高：2 公尺以下。

B.適用油種：輕質油(汽油、柴油等)、中質油(潤滑油、沙拉油等)、重質油(尚未乳化之船用重燃油、鍋爐油等)、乳化物。

C.不適用：重質油(已乳化之船用重燃油、鍋爐油等黏稠乳化物)。

4.專用油污回收船：船舶設計成為活動式大型汲油器之型態，回收海面油污，如麥寮海洋號等海上專用除污船。

(1) 適用波高：2 公尺以下。

(2) 適用油種：輕質油(汽油、柴油等)、中質油(潤滑油、沙拉油等)、重質油(船用重燃油、鍋爐油等)、乳化物。

5.應變資材配套儲置需求(利於快速動員)：各類型汲油器 4 部套裝儲置於 1 個 20 呎貨櫃(不足 4 部者以 4 部計算)，櫃內配置相同數量之發電機以利汲油器啟動運轉作業。

(四) 油吸附材料(各類型油吸附材料回收率以材料本身 10 倍重量估算)

1.依據 Exxon Oil Spill Response Field Manual 表 10.1，合成材料之吸油棉在純油環境下可達 25 倍(純油環境下吸油倍率最高)。

2.油吸附材料回收率條件設定(參採 Exxon Oil Spill Response Field Manual 內容)：於實際作業條件下，非屬純油環境，爰依實務經驗設定各類型油吸附材料為本身重量之 10 倍。

(1) 片狀吸油棉：重量 4 公斤/箱（每箱 100 片）；吸油量為 40 公斤/箱。

(2) 捲狀吸油棉：重量 16 公斤/捲（長 42 公尺）；吸油量為 160 公斤/捲。

(3) 3 吋條狀吸油棉：8 公斤/包（10 條/包、1 條 3 公尺）；吸油量為 80 公斤/包。

(4) 5 吋索狀吸油棉：8 公斤/包（4 條/包、1 條 3 公尺）；吸油量為 80 公斤/包。

(5) 8 吋索狀吸油棉：16 公斤/包（3 條/包、1 條 3 公尺）；吸油量為 160 公斤/包。

(6) 附油球：1 顆附油球油污附著量為 0.2 公斤以上（50 個/箱）；回收量為 100 公斤/箱。

3.由於油吸附材料常運用於外洩事故（100 噸以下）之輔助回收工具，且地方政府及所屬縣市之事業單位均已大量儲置(如表 1)；當發生大量需求期間，各機關（構）可快速相互調用補充，爰設定 100 噸外洩事件僅需備置可吸附 10 噸之油吸附材料。

4.油吸附材料類適用場域說明：

(1) 油吸附材料型式：吸油棉類（片狀、3 吋條狀、5 吋與 8 吋索狀、捲狀、枕狀吸油棉）、附油球等，均適用於海域、港口或海岸範圍佈放。

(2) 油吸附率效能：其高低取決於吸附範圍內（已圈圍或未圈圍環境）之油膜厚度與風浪大小之影響。

5.應變資材配套儲置需求（利於快速動員）：5 噸油吸附材料配置 1 個 20 呎貨櫃（不足 5 噸者以 5 噸計算）。

伍、各類應變資材量能處理油污染應變能力

綜合前述設備及資材圍攔防護與回收清除效率，以現有攔油索、汲油器、油吸附材料等資材，設定海洋油污染應變回收作業能量調遣需求指引。

一、攔油索圍攔能力：

- (一) 以港灣型、近海型、外海型充氣式或固體填充式攔油索為計算標的。
- (二) 圍攔能力以每 100 噸外洩量為計算基準。超過 100 噸以上外洩或有外洩之虞事件，以 100 噸倍數加乘，不足 100 噸者以 100 噸列計。
- (三) 海難與非海難事件圍攔外洩源均以 300 公尺長度為作業需求。
- (四) 例舉如下：

1. 假設發生 30 噸油料（不足 100 噸）外洩或有外洩之虞事件：

(1) 外洩油料風化後(溢油 24 小時後)：

A. $30 \text{ 噸 (船用重燃油)} \times 70\% \text{ (蒸發後剩餘量)} \times 300\% \text{ (乳化體積膨脹率)} = 63 \text{ 噸 (溢油 24 小時後之海面浮油估算總量)}$ 。

B. 風化後推估殘留海面與污染岸際油量：依據以往經驗設定 50% 漂流海面，30% 消散、光氧、沉降作用與經生物吸收，20% 污染海岸，剩餘海面漂流浮油量約 31.5 噸，污染海岸約 12.6 噸。

(2) 攔油索通常屬第一時間應變到位之設備，需求長度計算爰以未風化之外洩油量為計算標準，外洩不足 100 噸之攔油索圍攔需求以 125 公尺計算。

(3) 外洩源圍攔以 100 公尺長度之船舶漏油為計算標的，計需求為船長的 3 倍（300 公尺）攔油索長度。

(4) 若應變事件鄰接海岸敏感區且需要防護或移離海面浮油，考慮攔油索索體強度受海浪衝擊影響，攔油索通常需求長度約為 300 公

尺。本項作業於過去多次應變期間非每次均需佈設(油料外洩後立即污染海岸導致不及佈設)，故本項攔油索數量需求可併於前項之外洩源圈圍需求 300 公尺數量。

(5)作為攔油索損壞、斷裂之後續補充備援，約需備置 3 道攔油索(900 公尺)作為預備量之最低需求。

(6)以上 30 噸油料需求攔油索長度經加總後，125 公尺+300 公尺+900 公尺=1,325 公尺。

2.假設發生 450 噸油料外洩或有外洩之虞事件：

(1) 外洩油料風化後(溢油 24 小時後)：

A.450 噸(船用重燃油)×70%(蒸發後剩餘量)×300%(乳化體積膨脹率)=945 噸(溢油 24 小時後之海面浮油估算總量)。

B. 風化後推估殘留海面與污染岸際油量：依據以往經驗設定 50%漂流海面，30%消散、光氧、沉降作用與經生物吸收，20%污染海岸，剩餘海面漂流浮油量約 472.5 噸，污染海岸約 189 噸。

(2) 125 公尺×(2+1)=375 公尺(每外洩 100 噸需求 125 公尺、不足 100 噸者列計為 100 噸計算)。

(3) 外洩源圈圍需求以 100 公尺長度之船舶漏油為計算標的，計需求船長的 3 倍(300 公尺)攔油索長度。

(4) 若應變事件鄰接海岸敏感區且需要防護或移離海面浮油，考慮攔油索索體強度受海浪衝擊影響，攔油索通常需求長度約為 300 公尺。本項作業於過去多次應變期間非每次均需佈設(油料外洩後立即污染海岸導致不及佈設)，故本項攔油索數量需求可併於前項之外洩源圈圍需求 300 公尺數量。

(5)作為攔油索損壞、斷裂之後續補充備援，約需備置3道攔油索(900公尺)作為預備量之最低需求。

(6)以上450噸油料需求攔油索長度經加總後，375公尺+300公尺+900公尺=1,575公尺。

陸、海上圍攔汲油回收系統組成需求建議

綜合前述，針對應變資材量能圍攔或回收清除能力計算，彙整於海洋油污染應變資材量能建構計算指引表（如表2），相關說明如下：

一、港內或浪高小於1公尺之平靜海面：

（一）圍攔：港灣型、近海型或外海型攔油索均適用，惟若進行雙船拖曳集中浮油作業，如使用固體填充式攔油索，須考量船艇空間是否適合置放，爰建議使用充氣式攔油索。

（二）回收：建議使用堰式或親油型（刷式、蝶式、鼓式、多功能）汲油器為主，若攔油索圈圍後浮油超過1公分，可使用真空式汲油器。

（三）汲油系統：港內每組清污回收系統組成

1.作業船舶兩艘（其中乙艘須具備吊桿以利吊放與回收汲油器）。

2.攔油索125公尺（或以上）。

3.堰式、親油型或真空式汲油器。

4.回收廢油水暫儲設施（儲油囊或貝克桶等）。

（四）若運用充氣式攔油索，建議配置專用充氣機1部、捲索機1部、動力機1部，以20呎貨櫃套裝儲存於作業船舶。

（五）若動員運用U型攔油索實施回收浮油作業，建議配置專用汲油設施，套裝儲存於作業船舶。

(六) 若動員專用油污回收船，例如麥寮海洋號、港內油污清潔船等，依據船艇本身廢油水儲存量計算當日回收量。

(七) 外洩源圍圍需求，建議以固體填充式攔油索為主，避免較快耗損。

二、外海或浪高大於 1 公尺或風浪不佳：

(一) 圍攔：近海型或外海型攔油索均適用，惟進行雙船拖曳集中浮油作業，如使用固體填充式攔油索，須考量船艇空間是否適合置放，爰建議使用使用充氣式攔油索。

(二) 回收：建議使用親油型（刷式、蝶式、鼓式、多功能）汲油器為主。

(三) 汲油系統：外海每組清污回收系統組成

1. 作業船舶兩艘（其中乙艘須具備吊桿以利吊放與回收汲油器）。

2. 攔油索 125 公尺（或以上）。

3. 親油型汲油器。

4. 回收廢油水暫儲設施（儲油囊或貝克桶等）。

(四) 若運用充氣式攔油索實施圍攔集中浮油作業，建議配置專用充氣機 1 部、捲索機 1 部、動力機 1 部，以 20 呎貨櫃套裝儲存於作業船舶。

(五) 若動員運用 U 型攔油索實施回收浮油作業，建議配置專用汲油設施(裝載 U 型攔油索及其附屬配件之貨櫃)套裝儲存於作業船舶，另須有載運貨櫃之 1 艘專用平台船以及拖曳索體之 2 艘工作船配合執行佈設作業。

(六) 若動員專用油污回收船，例如麥寮海洋號，建議依據船艇本身廢油水儲存量（120 噸）計算當日回收量。

(七) 外洩源圍圍需求，建議以固體填充式攔油索為主，以避免較快耗損。

表 1 地方縣市政府轄內油吸附資材儲置量與吸附能力表

	種類	片狀吸 油棉	捲狀吸 油棉	3 吋條 狀吸油 棉	5 吋索 狀吸油 棉	8 吋索 狀吸油 棉	附油球	吸附能力(資 材 10 倍重量)
	單位	公斤	公斤	公斤	公斤	公斤	公斤	噸
1	基隆市	116	640	0	0	740	90	15.86
2	新北市	5,411	1,616	144	616	409	670	88.66
3	桃園市	768	560	340	176	240	420	25.04
4	新竹市	389	1,488	338	348	228	190	29.81
5	新竹縣	54.4	800	561	0	1,080	150	26.45
6	苗栗縣	496	720	587	380	1,136	140	34.59
7	臺中市	802	2,096	782	980	1,992	210	68.62
8	彰化縣	710	2,352	576	224	972	230	50.64
9	雲林縣	596	720	314	48	852	100	26.30
10	嘉義縣	1,451	656	1,026	486	500	420	45.39
11	台南市	1,384	1,440	0	680	1,216	1,440	61.60
12	高雄市	2,515	2,256	540	2,662	1,304	120	93.97
13	屏東縣	552	1,632	300	696	704	300	41.84
14	宜蘭縣	680	768	88	493	1,508	80	36.17
15	花蓮縣	436	1,312	188	580	952	490	39.58
16	臺東縣	304	3,824	860	12	1,068	530	65.98
17	澎湖縣	1,033	1,696	0	152	708	200	37.89
18	金門縣	1,242	1,760	2,518	0	1,396	730	76.46
19	連江縣	1,686	944	110	670	2,514	40	59.64
	總計	20,625.4	27,280	9,272	9,203	19,519	6,550	924.49

註：查詢時間 113 年 9 月 24 日

表 2 海洋油污染應變資材量能建構計算指引表

圍攔與圈圍資材需求指引（攔油索）					
外洩噸數	清除建議	資材需求計算		附屬配備	備考
10 噸以下	以吸油棉索圈圍，圈圍範圍使用吸附材料回收清除油污。				
10 至 100 噸	以攔油索圍攔，圈圍範圍使用汲油器佐以吸附材料回收清除油污。	海域圍攔汲油	B=1.25H B：攔油索圍攔海面油污總長度。 H：海面油污總量。	調用充氣式攔油索每 200 公尺配置專用充氣機、捲索機、動力機各 1 部，以 1 個 20 呎貨櫃套裝儲存，（不足 200 公尺者以 200 公尺計算）。	
100 噸至 700 噸		溢油點防護圈圍	全船週邊圈圍攔油索為船長 3 倍，即為 300 公尺以上	調用於溢漏點位防護或外海圍攔固體填充式攔油索，每 300 公尺配置 1 個 20 呎貨櫃套裝儲存（不足 300 者以 300 計算）。	
		溢油點防護圈圍備置量	3 道攔油索即為 900 公尺以上		
700 噸以上	已屬於大型外洩事件，油污將在水面隨風場、流場條件快速擴散成多個污染區域，建議先行動員各鄰近區域內所有應變能量，並視污染場域與後續發展通報與逐次動員其它區域應變能量。				

清除回收資材（汲油器）（各類型汲油器以每日作業 10 小時計算）				
品項名稱	回收能力	適用場域	不適用場域	備考
A.導流型（堰式）汲油器	泵功率 $A \text{ m}^3/\text{h} \times 10\% \times 10\text{h}/\text{天} = \text{回收能力 } B \text{ m}^3/\text{天}$	輕質油（汽油、柴油等）、中質油（潤滑油、沙拉油等）、乳化物。	重質油（船用重燃油、鍋爐油等）、油污夾雜大量殘渣垃圾水域、海岸潮間帶潮池或作業水域水深小於 50 公分。	
B.親油型（碟、鼓、刷、帶式）汲油器	泵功率 $A \text{ m}^3/\text{h} \times 10\% \times 90\% \times 10\text{h}/\text{天} = \text{回收能力 } B \text{ m}^3/\text{天}$	中質油（潤滑油、沙拉油等）、重質油（尚未乳化之船用重燃油、鍋爐油等）。	輕質油（汽油、柴油等）、乳化物、海岸潮間帶潮池或作業水域水深小於 50 公分。	
C.真空式（可攜式油污清除機）汲油器	泵功率 $A \text{ m}^3/\text{h} \times 50\% \times 10\text{h}/\text{天} = \text{回收能力 } B \text{ m}^3/\text{天}$	輕質油（汽油、柴油等）、中質油（潤滑油、沙拉油等）、重質油（尚未乳化之船用重燃油、鍋爐油等）、乳化物。	重質油（已乳化之船用重燃油、鍋爐油等黏稠乳化物）。	
附屬配備：各類型汲油器 4 部套裝儲置於 1 個 20 呎貨櫃（不足 4 部者以 4 部計算），另貨櫃內再配置相同數量之發電機。				

清除吸附資材			
品項名稱	規格	吸附能力	備考
A.片狀吸油棉	100 片/箱，每箱重量 4 公斤	每箱吸附能力 40 公斤	
B.捲狀吸油棉	寬 100 公分、長 43 公尺，每捲重量 16 公斤	每捲吸附能力 160 公斤	
C.條狀吸油棉	每條直徑 3 吋、長 3 公尺，8 條/包，每包重量 8 公斤	每包吸附能力 80 公斤	
D.索狀吸油棉（5 吋）	每條直徑 5 吋、長 3 公尺，4 條/包，每包重量 8 公斤	每包吸附能力 80 公斤	
E.索狀吸油棉（8 吋）	每條直徑 8 吋、長 3 公尺，3 條/包，每包重量 16 公斤	每包吸附能力 160 公斤	
F.附油球	50 顆/箱	每箱吸附能力 100 公斤	
附屬配備：5 噸油吸附材料配置 1 個 20 呎貨櫃（不足 5 噸者以 5 噸計算）。			

參考資料

1. 海洋環境管理平台-海污緊急應變系統，網址：<https://oin.oca.gov.tw/login.aspx>
2. IMO OPRC Model Course - Level 2, 2nd Edition Supervisor/On-Scene Commander, Participant's manual, 256, 53.
3. International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF), HAND BOOK (2011/12), Fate of Marine Oil Sill, 52, 12-13.
4. Todd Mitchell Navenco Marine Inc. Canada 350 Boulevard Ford, Suite 120 Chateauguay, Quebec J6J 4Z2 Canada (1997). International Oil Spill Conference, CANADE SHIPPING ACT PLANNING GUIDELINES, 439-442, 440.
5. Exxon Oil Spill Response Field Manual. Table5-5 Suggested Boom Lengths, 368, 108.
6. World Catalog of Oil Spill Response Products (2008), CHAPTER 2, OIL SPILL SKIMMERS, 2-8~2-17.
7. Exxon Oil Spill Response Field Manual, Table10-1 Sorbent Selection Matrix, 368, 211.
8. Exxon Oil Spill Response Field Manual, 5.4 Boom Failure, 368, 93-96.