



土壤及地下水油品類污染調查
作業參考指引
(113年修正版)

出版年份：民國 113 年 5 月
出版單位：環境部環境管理署
EPA-25-III-05B-2015-002

版本修正對照表

項次	第一版 (104 年)	第二版 (113 年修正版)	說明	頁碼
一	環保署爰針對油品類儲槽系統場址及污染物特性，於民國九十五年.....	行政院環境保護署（現已改制環境部）爰針對油品類儲槽系統場址及污染物特性，於民國九十五年.....	因應環保署升格為環境部，轄下各分署單位名稱與相關網站網址調整，進行相關內文文字修正。	1-1
	三、任何關於土壤及地下水採樣及檢測方法，應參照環保署最新公告之標準作業規範。	三、任何關於土壤及地下水採樣及檢測方法，應參照環境部最新公告之標準作業規範。		1-1
	七、本指引並不代表環保署任何政策或法規之制定方向，也不作為任何法規相關解讀與論證之用。	七、本指引並不代表環境部環境管理署（以下簡稱本署）任何政策或法規之制定方向，也不作為任何法規相關解讀與論證之用。		1-2
	參考環保署於民國 90 年執行「地下水污染潛勢調查計畫」結果，大型儲槽之污染防治設施以防溢.....	參考本署於民國 90 年執行「地下水污染潛勢調查計畫」結果，大型儲槽之污染防治設施以防溢堤.....		2-5
	參考環保署「全國十年以上加油站及大型儲槽潛在污染源調查計畫(乙)」結果，有污染之虞.....	參考本署「全國十年以上加油站及大型儲槽潛在污染源調查計畫(乙)」結果，有污染之虞.....		2-7
	環保署 100 年 1 月 14 日環署土字第 1000003701 號令訂定發布	環管署 100 年 1 月 14 日環署土字第 1000003701 號令訂定發布		2-13
	因此擬採用環保署公告之標準土壤及地下水採樣及分析方法進行污染.....	因此擬採用本署公告之標準土壤及地下水採樣及分析方法進行污染.....		6-5
	(一)該場址依據環保署公告之土壤、地下水標準採樣分析方法執行污染調查，.....	(一)該場址依據本署公告之土壤、地下水標準採樣分析方法執行污染調查.....		6-7
	調查結果如表 6.2-2 顯示，環保署所設之監測井(GW1)仍達污染管制標準；.....	調查結果如表 6.2-2 顯示，本署所設之監測井(GW1)仍達污染管制標準；.....		6-12

項次	第一版 (104 年)	第二版 (113 年修正版)	說明	頁碼
二	詳細測試方法說明請參照本署公告之地下儲槽密閉測試檢測方法-氮氣加壓測漏法(NIEA M201.11C)	詳細測試方法說明請參照本署公告之地下儲槽密閉測試檢測方法-氮氣加壓測漏法(NIEA M201.12C)	「地下儲槽密閉測試檢測方法-氮氣加壓測漏法於 109 年更新，原檢測方法於 109 年公告廢止」，進行相關內文文字修正。	2-14
三	詳細測試方法說明請參照本署公告之地下儲槽系統管線密閉測試檢測方法-氮氣加壓測漏法(NIEA M202.11C)。	詳細測試方法說明請參照本署公告之地下儲槽系統管線密閉測試檢測方法-氮氣加壓測漏法(NIEA M202.12C)。	「地下儲槽系統管線密閉測試檢測方法-氮氣加壓測漏法於 109 年更新，原檢測方法於 109 年公告廢止」，進行相關內文文字修正。	2-14
四	土壤採樣方法應根據本署公告之土壤採樣方法(NIEA S102.63B)執行，……	土壤採樣方法應根據本署公告之土壤採樣方法(NIEA S102.64B)執行，……	「土壤採樣方法於 111 年更新，原採樣方法於 111 年公告廢止」，進行相關內文文字修正。	5-1
	土壤採樣將依據土壤採樣方法(NIEA S102.63B)規定，以 Geoprobe 乾式鑽機，……	土壤採樣將依據土壤採樣方法(NIEA S102.64B)規定，以 Geoprobe 乾式鑽機，……		6-6
五	地下水採樣方法應根據本署公告之監測井地下水採樣方法(NIEA W103.54B)執行，……	地下水採樣方法應根據本署公告之監測井地下水採樣方法(NIEA W103.56B)執行，……	因應「環保署升格為環境部，轄下各分署單位名稱」及「監測井地下水採樣方法於 110 年更新，原採樣方法於 108 年公告廢止」，進行相關內文文字修正。	5-2
	地下水採樣將依據環保署公告之「地下水水質監測井設置作業原則(環署土字第 1020112290 號)」設置標準監測井後，依據監測井地下水採樣方法(NIEA W103.54B)進行	地下水採樣將依據本署公告之「地下水水質監測井設置作業原則(環署土字第 1020112290 號)」設置標準監測井後，依據監測井地下水採樣方法(NIEA W103.56B)進行。		6-6

項次	第一版 (104 年)	第二版 (113 年修正版)	說明	頁碼
六	土壤、底泥及廢棄物中揮發性有機物檢測方法－氣相層析質譜儀法 (NIEA M711.02C).....	土壤、底泥及廢棄物中揮發性有機物檢測方法－氣相層析質譜儀法 (NIEA M711.04C).....	「揮發性有機物檢測方法－氣相層析質譜儀法於 107 年更新，原檢測方法於 105 年公告廢止」，進行相關內文文字修正。	6-6
七	水中揮發性有機化合物檢測方法-吹氣捕捉/氣相層析質譜儀法(NIEA W785.55B)	水中揮發性有機化合物檢測方法-吹氣捕捉/氣相層析質譜儀法(NIEA W785.57B)	「水中揮發性有機化合物檢測方法－吹氣捕捉/氣相層析質譜儀法於 109 年更新，原檢測方法於 106 年公告廢止」，進行相關內文文字修正。	6-6

目錄

	頁碼
第一章 前言	1-1
1.1 目的	1-1
1.2 適用範圍與限制	1-1
1.3 內容概述	1-2
1.4 中英文專有名詞對照	1-4
第二章 場址環境評估	2-1
2.1 污染物特性及潛在污染源	2-1
2.2 執行注意事項	2-11
第三章 污染調查規劃	3-1
3.1 調查位置	3-1
3.2 調查深度	3-8
第四章 調查結果評估	4-1
第五章 品保品管及工業安全衛生	5-1
5.1 品保品管作業	5-1
5.2 工業安全衛生管理	5-4
5.3 緊急應變	5-4
第六章 國內污染調查案例解析	6-1
6.1 污染事實確認	6-1
6.2 污染範圍調查	6-9
參考文獻	參-1

圖目錄

	頁碼
圖 2.1-1 石油分餾產物示意圖	2-2
圖 2.1-2 常見加油站配置及可能污染區域示意圖	2-7
圖 2.1-3 我國油品類地上儲槽系統相關設施	2-9
圖 2.1-4 地上儲槽周圍水平式測漏管線配置示意圖	2-10
圖 2.2-1 採現地化學氧化法時之現場勘查因應策略	2-25
圖 2.2-2 開啟 SVE 時之現場勘查因應策略	2-25
圖 3.1-1 地下儲槽主觀判斷調查位置規劃	3-2
圖 3.1-2 地上儲槽主觀判斷調查位置規劃	3-3
圖 3.1-3 以網格法進行加油站採樣佈點規劃範例	3-4
圖 3.1-4 紐西蘭石油污染場址評估及管理指引之佈點方式	3-5
圖 3.1-5 美國麻賽諸塞州地下儲槽關閉之污染調查採樣佈點規劃	3-6
圖 3.1-6 美國田納西州針對地下儲槽關閉時建議之採樣位置	3-7
圖 3.2-1 油品污染特定深度採樣	3-9
圖 3.2-2 油品污染連續採樣作業流程	3-9
圖 3.2-2 油品污染地下水採樣深度示意圖	3-10
圖 3.2-3 利用多深度開篩位置進行油品污染地下水採樣	3-11
圖 3.2-4 MTBE 污染團產生之 Diving Plume 現象	3-11
圖 3.2-5 監測井開篩位置對地下水污染範圍推估影響(範例)	3-12
圖 4-1 以地下水流速推估污染傳輸距離案例	4-1
圖 4-2 考量污染物傳輸特性推估污染傳輸距離案例	4-2
圖 4-3 石油碳氫化合物污染團長度統計(API,1998)	4-3
圖 4-4 一般 BTEX Plume 之生命週期	4-4
圖 6.1-1 東北加油站現場勘查異常	6-5
圖 6.1-2 東北加油站採樣佈點規劃示意圖	6-5
圖 6.1-3 東北加油站污染情況	6-7
圖 6.2-1 東北加油站歷史污染調查位置	6-9
圖 6.2-2 東北加油站輸油管線洩漏更換位置圖	6-10
圖 6.2-3 東北加油站污染範圍調查示意圖	6-11

圖 6.2-4	東北加油站補充水文地質調查結果.....	6-11
圖 6.2-5	東北加油站 MIP 調查結果.....	6-13
圖 6.2-6	東北加油站土壤及地下水污染範圍補充調查結果.....	6-13
圖 6.2-7	東北加油站污染範圍調查結果.....	6-14

表目錄

	<u>頁碼</u>
表 1.4-1 中英文專有名詞對照表.....	1-3
表 2.1-1 石油分餾產物及成份.....	2-2
表 2.1-2 輕質碳氫化合物之物理化學特性.....	2-4
表 2.1-3 我國車用汽油物理化學特性表.....	2-5
表 2.1-4 國內市售柴油之物化性質.....	2-5
表 2.2-1 油品類地上儲槽系統洩漏污染潛勢評估查核表.....	2-12
表 2.2-2 油品類地下儲槽系統洩漏污染潛勢評估查核表.....	2-13
表 2.2-3 油品類場址應蒐集及審閱之場址基本資料.....	2-14
表 2.2-4 加油站地下儲槽系統場址營運基本資料調查表.....	2-15
表 2.2-5 油品類儲槽系統場址訪談問卷.....	2-21
表 2.2-6 業者可能採行之污染改善措施及因應調查策略.....	2-22
表 3.1-1 美國田納西州地下儲槽現地關閉時最少採樣點數.....	3-6
表 3.1-2 賓州地上儲槽系統最少採樣點數規定.....	3-7
表 3.1-3 賓州地下儲槽系統最少採樣點數規定.....	3-8
表 5.1-1 油品污染之土壤樣品保存方式及注意重點.....	5-2
表 5.1-2 地下水樣品保存方式及注意重點.....	5-4
表 6.1-1 東北加油站背景資料.....	6-2
表 6.1-2 東北加油站洩漏污染潛勢評估查核表.....	6-3
表 6.1-3 東北加油站土壤採樣規劃.....	6-6
表 6.1-4 東北加油站地下水採樣規劃.....	6-6
表 6.1-5 東北加油站土壤及地下水檢測數據.....	6-7
表 6.2-1 東北加油站土壤及地下水歷史調查結果.....	6-10
表 6.2-2 東北加油站土壤及地下水補充調查結果.....	6-14

第一章 前言

1.1 目的

自「土壤及地下水污染整治法」(以下簡稱土污法)於民國 89 年 2 月 2 日公布施行以來，國內已有為數不少之油品類儲槽系統污染場址，經過調查及查證後遭到環保機關依土污法相關規定公告列管。惟鑒於以往並無齊一之作業方式與流程可供遵循，行政院環境保護署（現已改制環境部）爰針對油品類儲槽系統場址及污染物特性，於民國九十五年針對調查階段的不同，共編製四本參考作業手冊，自污染潛勢調查、污染事實確認、污染範圍劃定及污染改善完成後之相關驗證作業皆成為一冊，分別為「油品類儲槽系統污染調查及查證參考作業手冊」、「油品類儲槽系統污染範圍調查作業指引」、「油品類儲槽系統快速場址調查及評估技術參考手冊」、「油品類儲槽系統污染改善完成驗證參考作業指引」，以供環保機關後續辦理相關業務時之執行參考。

然而，隨著土污法於民國 99 年的修訂，歷年土壤及地下水污染調查及整治技術的進步，我國污染調查及整治技術手冊撰寫冊數逐年增加。然而，卻仍未有相關手冊撰寫之統一結構，致使用者於閱讀上的困難度提昇。故遵循「土壤及地下水污染調查作業參考指引總則」邏輯架構，使用前小節所述之歷年發表油品污染物調查工作手冊原有內容，彙整成「土壤及地下水油品類污染調查作業參考指引(以下簡稱本指引)」。透過歷年手冊的法規更新及統一相關指引撰寫架構，以提昇使用者之閱讀便利性。

1.2 適用範圍與限制

- 一、 本指引設定之使用對象為環保主管機關、目的事業機關、技術顧問機構，以及污染行為人、污染土的關係人等，在土壤及地下水受油品污染場址，進行污染調查作業之參考。
- 二、 本指引並未提供有關土壤及地下水之基礎理論，如有該方面的基礎知識，可參考本指引參考文獻。
- 三、 任何關於土壤及地下水採樣及檢測方法，應參照環境部最新公告之標準作業規範。

- 四、 本指引所有內容均以科學與技術層面的解釋為出發點，並著重於如何與實務結合進行場址調查與評估工作。亦不提供各項技術與相關設備儀器之詳細操作步驟。
- 五、 使用者於執行污染調查各階段工作時，所採取之執行方式、採樣佈點位置、數量及分析項目等，仍應視各場址實際狀況及使用者之專業判斷加以決定，本指引中並無強制規範。
- 六、 本指引所列舉之各項快速調查技術，現階段仍僅作為協助污染潛勢研判或篩試之工具。
- 七、 本指引並不代表環境部環境管理署（以下簡稱本署）任何政策或法規之制定方向，也不作為任何法規相關解讀與論證之用。

1.3 指引內容概述

第一章 前言

本章說明本指引撰寫之目的、適用範圍與限制、指引內容概述，以作為使用者於首次閱讀時，可快速了解本指引可使用的範疇。

第二章 場址環境評估

本章說明我國常見油品污染物特性、潛在污染來源，以利污染調查單位於場址環境評估時，可根據污染物特性及潛在產業別，進行場址污染潛勢的研判。

第三章 污染調查規劃

本章說明場址初步調查採樣計畫之位置及深度規劃，並說明在初步調查後，並導入使用者應根據調查結果進行場址概念模型修正的觀念。

第四章 調查結果評估

本章說明根據調查結果，應進行場址概念模型修正，並提出污染

範圍及污染體積推估的方式。

第五章 品保品管及工業安全衛生

本章說明油品類污染之土壤及地下水調查時，在進行採樣與樣品分析之品保品管要求，工業安全衛生要求問題。

1.4 中英文專有名詞對照

表 1.4-1 中英文專有名詞對照表

英文	中文
Air sparging (AS)	空氣注入系統
Benzene	苯
Combustible gas indicator (CGI)	測爆器
Confined aquifer	受壓含水層
Dense Non-Aqueous Phase Liquid (DNAPL)	比水重非水相液體
Diesel	柴油
Electromagnetic Method, EM	電磁波探測法
Ethylbenzene	乙苯
Flame Ionization Detector (FID)	火焰離子偵測器
Flash point	閃火點
Gasoline	汽油
Hydraulic conductivity	水力傳導係數
Kerosene	煤油
Kinetic Viscosity	動力黏度
Light non-aqueous phase liquid (LNAPL)	比水輕非水相液體
Liquid petroleum gas (LPG)	液化石油氣
Lower Explosive Level (LEL)	爆炸下限(濃度)
Lubricating oil	潤滑油
Membrane Interface Probe (MIP)	薄膜界面鑽桿(管)
Methyl tert-butylether(MTBE)	甲基第三丁基醚
Naphtha	輕油/去漬油
Oxidation-Reduction Potential(ORP)	氧化還原電位
Oxygen Release Compound(ORC)	釋氧劑
PhotoIonization Detector (PID)	光離子偵測器
Plume	污染團
Research octane number(RON)	辛烷值
Residue	瀝青

英文	中文
Retardation factor	遲滯係數
Site Conceptual Model (SCM)	場址概念模型
Skin effect	集膚效應
Slug test	微水試驗
Soil vapor extraction, SVE	土壤氣體抽除系統
Spill & Overfill	洩漏及溢滿
Sulfur	含硫量
Toluene	甲苯
Total petroleum hydrocarbons (TPH)	總石油碳氫化合物
Unconfined aquifer	非受壓含水層
Volatile Organic Compound (VOC)	揮發性有機物
Xylene	二甲苯

第二章場址環境評估

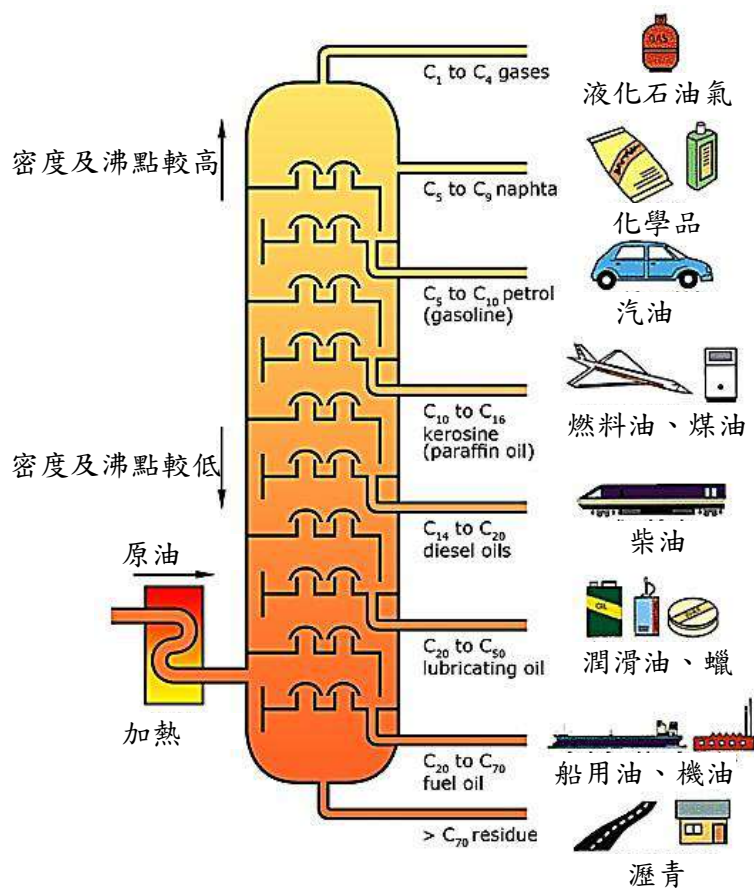
依目的不同所進行之污染調查工作亦不相同，可分為場址環境評估、污染調查工作規劃，及調查結果評估。擬確認場址是否存在污染潛勢，應進行場址環境評估，包含資料蒐集、現勘及訪談作業，現勘範圍包括場址內部運作與周界環境的勘查，現勘重點在於潛在污染源的情境描述，經綜合評估研擬調查計畫，作為現場採樣作業的執行依據。若欲了解場址是否有土壤及地下水污染事實存在，則應進行污調查工作規劃，此時調查評估人員應依據場址評估結果，規劃並執行土壤及地下水污染調查工作，包含地球物理調查、土壤及地下水樣品現場快速篩測與實驗室分析等工作，依其調查結果判定場址是否遭受污染。於調查結果評估時，則是於調查工作執行成果的分析，進一步了解場址污染的現況。以上三種類型之調查原則說明，詳見本署出版之「土壤及地下水污染調查作業參考指引總則」。

為有效提昇場址環境評估的執行成果，本章乃就油品類污染物特性及潛在污染來源彙整，以作為調查評估人員於執行污染現況評估工作之參考。接者，針對執行場址環境評估階段中應注意事項的說明。

2.1 污染物特性及潛在污染源

一、 污染物特性

油品類別污染主要來自石油相關產業。石油也稱原油，為一種黏稠的、深褐色液體。地殼上層部分地區有石油儲存。它由不同的碳氫化合物混合組成。目前石油主要被用來作為燃油和汽油，燃料油和汽油組成目前世界上重要的一次性能源。一般有機物含碳數愈低者，其沸點愈低，愈易揮發，而含碳數高者則沸點愈高，揮發性亦低。故常藉由加熱分餾方式，將原油經過換熱器與加熱爐加熱升溫至 675°F，再於蒸餾塔分餾與汽提，控制蒸餾塔的溫度與迴流量，取出不同沸點之油品，由輕至重依序為，液化石油氣(Liquid petroleum gas, LPG)、輕油/去漬油(Naphtha)、汽油(Gasoline)、煤油(Kerosene)、柴油(Diesel)、潤滑油(Lubricating oil)及瀝青(Residue)等，分餾圖如圖 2.1-1，產物如表 2.1-1。本節列舉幾項目前常見之油品類污染物之特性，說明如下。



資料來源：<http://www.livgeek.com/rants/10-reasons-to-buy-a-diesel-automobile>

圖 2.1-1 石油分餾產物示意圖

表 2.1-1 石油分餾產物及成份

餾分		分餾溫度	成份	用途
粗汽油	石油氣	40°C 以下	$C_1 \sim C_4$	燃料、化工原料
	石油醚	40~60°C	$C_5 \sim C_6$	溶劑
	汽油	60~220°C	$C_7 \sim C_9$	內燃機燃料
煤油		200~300°C	$C_9 \sim C_{16}$	點燈、燃料、溶劑
重油	柴油	300~360°C	$C_{16} \sim C_{18}$	柴油機燃料
	潤滑油	360°C 以上	$C_{16} \sim C_{20}$	機械潤滑油
	凡士林		$C_{18} \sim C_{22}$	防鏽劑、製藥
	石蠟		$C_{20} \sim C_{24}$	製蠟燭、蠟紙
	瀝青		殘餘物	鋪路及建築材料

資料來源：<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=14199>

(一) 液化石油氣

液化石油氣(LPG)，中文俗稱液化瓦斯。主要成分乃石油中所含的丙烷、丁烷之類比較容易液化的氣體製成的。對象由丙烷與丁烷等之碳氫化合物，俗稱為烴，而若其組成中碳原子數少於5者稱之為輕質碳氫化合物或稱低烴類。

LPG之各種化合物之物理化學特性如表2.1-2所示。LPG中所含之碳氫化合物以烷系碳氫化合物或石蜡烴為主，其分子式概屬於 C_nH_{2n+2} 型，如甲烷(CH_4)、乙烷(C_2H_6)、丙烷(C_3H_8)、丁烷(C_4H_{10})。其次為烯系碳氫化合物或稱烯烴，其分子式為 C_nH_{2n} ，如乙烯(C_2H_4)、丙烯(C_3H_6)、丁烯(C_4H_8)等。

(二) 汽油

國內汽油產品依據辛烷值(Research octane number, RON)大致上區分為92、95及98無鉛汽油，其物理化學特性簡保如表2.1-3，其揮發性高、容易汽化，屬於高燃性液體。另外，汽油中亦含有具毒性之苯(Benzene)、甲苯(Toluene)、乙苯(Ethylbenzene)、二甲苯(Xylene)等合稱為BTEX的化合物，及做為引擎抗震爆及提高汽油辛烷值(RON)的甲基第三丁基醚(methyl tert-butylether, MTBE)，另汽油中亦有約50mg/L的硫化物成份。以上物質一旦滲入環境水體，對水體生態及水質安全性均有相當的衝擊。

(三) 柴油

從化學成份來看，柴油與汽油的化學組成是類似的，都屬於碳氫化合物，唯兩者在原油提煉的餾程不同，柴油的餾程約在200~360°C範圍，一般而言，柴油的物化性質可概分為十六烷值(Cetane number)、密度、熱值、動力黏度(Kinetic Viscosity)、芳香烴含量、含硫量(sulfur)、閃火點(Flash point)、灰份、水份及沉澱物等。表2.1-4為國內市售柴油的組成及物化性質。

表 2.1-2 輕質碳氫化合物之物理化學特性

		甲烷	乙烷	丙烷	正丁烷	異丁烷	正戊烷	異戊烷	新戊烷	乙烯	丙烯	丁烯			
												1-丁烯	順-2丁烯	反-2丁烯	異丁烯
分子式		CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_4H_{10}	C_5H_{12}	C_5H_{12}	C_5H_{12}	C_2H_4	C_2H_6	C_4H_8	C_4H_8	C_4H_8	C_4H_8
分子量		16.04	30.07	44.09	58.12	58.12	72.15	72.15	72.15	28.05	42.08	56.10	---	---	---
氣體密度 kg/m^3		0.7168	1.3562	2.0200	2.5985	---	---	---	---	1.26036	1.9149	2.503	---	---	---
氣體比重		0.5544	1.0493	1.520	2.0098	---	---	---	---	0.9749	1.481	1.936	---	---	---
液體密度 kg/L	0°C	---	---	0.5282	0.6011	0.5812	0.6452	0.6394	0.6138	---	0.5464	---	---	---	
	20°C	---	---	0.5005	0.5788	0.5572	0.6262	0.6197	0.5910	---	0.5139	0.5951	0.6213	0.6042	0.5942
蒸氣壓 (絕對)	0°C	(176)	2.4	4.7	1.03	1.60	0.16	0.23	---	40	5.9	---	---	---	1.3
	20°C	(293)	3.7	8.4	2.10	2.95	0.42	0.62	---	(60)	9.8	---	---	---	2.5
沸點 (°C)		-161.49	-88.63	-42.07	-0.50	-11.73	36.07	27.85	950	-103.71	-47.70	-6.26	3.72	0.88	-6.90
臨界溫度 (°C)		-82.5	32.27	96.81	152.01	134.98	196.62	187.3	160.60	9.90	91.9	146.4	155		144.73
臨界壓力 (atm)		45.80	48.20	12.01	37.46	36.00	33.31	32.9	31.57	50.50	45.4	39.7	41		39.45
臨界密度 kg/L		0.162	0.203	0.220	0.228	0.221	0.232	0.234	0.238	0.227	0.233	0.238	0.238		0.234
蒸發潛熱 $kcal/kg$		121.9	117.0	101.8	92.09	87.56	85.38	81.79	75.37	115.4	104.6	93.36	99.46	96.94	94.22
發熱量(氣態) $1atm\ kcal/kg$		13.265	12.399	12.034	11.832	11.797	11.715	11.688	11.650	12.022	11.692	11.577	11.547	11.529	11.505
燃燒範圍 %	上限	140	12.5	9.5	8.5	---	---	---	---	32.0	10.3	9.3	---	---	---
	下限	5.3	3.0	2.2	1.9	---	---	---	---	3.1	2.4	1.6	---	---	---

資料來源：油氣雙燃料車—LPG 引擎，2010, ISBN: 9789572175712

表 2.1-3 我國車用汽油物理化學特性表

類別	92無鉛汽油	95無鉛汽油	98無鉛汽油
辛烷值	最低92	最低95	最低98
含硫量 (ppmw)	≤10	≤10	≤10
含苯量 (vol%)	≤1.0	≤1.0	≤1.0

參考資料：台灣中油油品行銷事業部，<http://new.cpc.com.tw/division/mb/>

表 2.1-4 國內市售柴油之物化性質

項目	單位	管制值	
		最小值	最大值
十六烷指數 (Centane index)		48	
密度 (15°C 條件下)	kg/m ³	820	845
銅片腐蝕性 (Copper strip corrosion, 50°C, 3hr)	等級		
閃點 (Flash point)	°C	55	
動力黏度 (Kinematic Viscosity, 40°C)	mm ² /s (cSt)	2.0	4.5
10% 蒸餾殘渣之含碳量 (carbon residue on 10% distillation residue)	wt%		0.30
95 vol% 餾出溫度 (95 vol% Recovered)	°C		360
灰份 (Ash content)	wt%		0.01
硫含量 (Sulfur content)	mg/kg		10 (2)
多環芳香烴含量 (Polyaromatics content)	wt%		11
潤滑性，校正磨痕直徑 (1.4 wsd, 60°C)	μm		460
脂肪酸甲酯含量 (Fatty Acid Methyl Esters)	vol%		5
水份及沉澱物 (Water and sediment)	vol%		0.05
水份 (water content)	mg/kg		200
總污染物 (Particle Matter)	mg/kg		24
流動點 (Pour point)	°C		-3
冷濾點 (CFPP)	°C		-3
氧化穩定性 (Oxidation Stability)	g/m ³		25
	h	20	
外觀 (Appearance)	清澈透明		

資料來源：台塑石化股份有限公司產品規範，<http://www.fpcc.com.tw/tc/>，2014 年

二、 潛在污染源

本指引將油品類潛在污染來源，以存在於地上來源及地下來源區分，可分為加油站地下儲槽系統、油品類地上儲槽系統等，以下茲依加油站地下儲槽系統及油品類地上儲槽系統潛在污染區域說明如下。

(一) 加油站地下儲槽系統

典型之加油站配置及可能污染區示意圖如圖 2.1-2。一般而言，加油站內可能造成地下環境污染之區域包括：

1. 卸油口及卸油管線

卸油口及卸油管線附近易因油罐車卸油溢滿或卸油處理不當造成污染；而卸油管線如發生銹蝕破損亦將造成油品洩漏。

2. 油槽

國內加油站每座大都配置 4 至 6 個地下油槽，其深度大都於地面下 5 公尺內；除有卸油管線連接卸油口外，亦有輸油管線連接加油機。每座油槽均設有人孔，供站方人員以油尺進行手動量油、緊急情況時抽油或日常維護使用。測漏管大都設置於油槽區，以監測油槽附近之土壤氣體。

3. 輸油管線

輸油管線設置深度大多在地面下 1 公尺內，由於油槽至加油機通常有一段距離，因此需藉由連接或彎曲，方能順利達到加油機下方，一旦管線接合處發生鬆脫現象，將造成油品洩漏。

4. 泵島

泵島又稱為加油島，其上設有加油機組及加油槍，地面下亦有輸油管線連接，其連接加油機之接點亦為易發生洩漏之區域。

5. 監測設施

目前國內加油站於油槽區均設置測漏管用以監測土壤氣體中之揮發性有機性氣體濃度，惟多數加油站(尤其以站齡 10 年以上)之管線區及泵島區尚未設置測漏管監測土壤氣體預警，因此容易成為日常監測死角。故如欲完整掌握加油站之污染潛勢，對輸油管線經過區域之洩漏潛勢評估及調查工作將不可忽視。

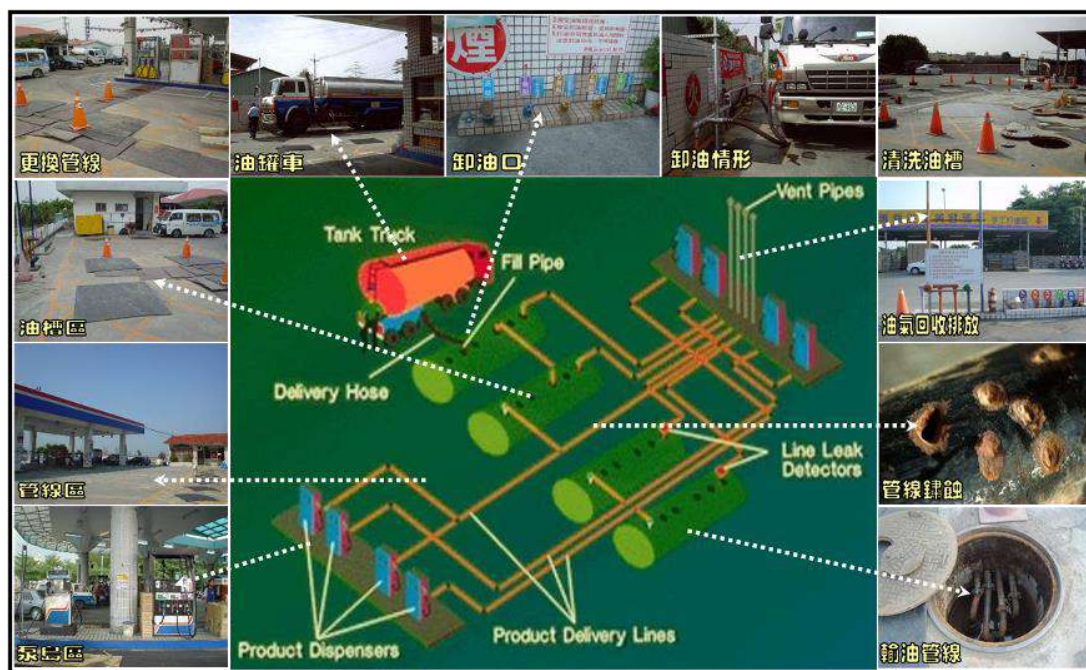


圖 2.1-2 常見加油站配置及可能污染區域示意圖

該類型儲槽系統可能造成污染的原因包含以下原因，各評估調查人員可根據以下潛在污染成因，作為現場勘查及人員訪談之注意要項。

1. 操作管理或設備裝置不當

- (1) 加油過程之疏忽導致油品洩漏於地面，並經由相關傳輸途徑(如管蓋未密合之測漏管)污染土壤。
- (2) 加油機未裝設盛油盤，導致維修人員於更換加油槍濾心、閥門、墊片等零件時，殘留油品直接滴落於加油機下方土壤進而造成污染。
- (3) 站方人員進行油槽人孔或陰井清洗作業時，將含有油漬或油花之積水直接倒入排水溝內。

2. 卸油過程中發生洩漏及溢滿情形(Spill & Overfill)

- (1) 油罐車於卸油過程中或結束後，部分殘留油品洩漏於地面，並經由相關傳輸途徑(如未關緊之測漏管)污染土壤。
- (2) 加油站常因油量計算錯誤而使得卸油過量，或卸油過程中因站方與卸油人員之協調錯誤或疏忽造成卸油溢滿。

3. 地下油槽及管線腐蝕洩漏

- (1) 因施工不當使得鋼筋與油槽或油管相連接，造成油槽或管線外包覆物質破損而加速腐蝕。
- (2) 因電鍍或管線包覆之施工不良，造成管線外露與土壤接觸而腐蝕。
- (3) 雖然大部分油槽現行大都採用犧牲鎂陽極等陰極防蝕保護措施，惟若因施工不當使得鋼筋與油管或接地網相連接，將造成鎂陽極消耗迅速。
- (4) 若上述陰極防蝕系統未設置檢測點，將無法得知鎂陽極消耗速率及是否有效，造成防護措施之盲點。
- (5) 加油站若鄰近捷運系統或鐵路系統，則可能因其造成之迷失電流而加速油槽或管線腐蝕。
- (6) 卸油口連接至油槽之管線因無規定須進行密閉測試或設置陰極防蝕措施，此段管線若腐蝕後容易被忽略，惟僅於卸油過程會造成洩漏。

4. 其他原因

- (1) 因長期承受車輛重壓及振動，導致油管接頭脫落而造成油品洩漏。
- (2) 由於地震等天然災害造成油槽晃動傾斜及管線斷裂脫落，而造成油品洩漏。
- (3) 油槽組出油口端沉油泵頭內部銜接處之 O 型環破損老化，造成泵體內油品溢漏至人孔底部，再由人孔井之空隙滲漏至土壤中。由於此處之油品滲漏量甚少，不易由總量管制察覺，惟長時間滲漏之結果亦會造成嚴重污染。

(二) 油品類地上儲槽系統

國內常見之油品類地上儲槽系統設施主要包括儲槽、管線、防溢設施及洩漏監測設施，如圖 2.1-3 所示。系統各潛在污染情況茲分述如下。

1. 儲槽

國內多數事業之儲槽區地坪採鋪設水泥方式，亦有採砂石級配加鋪不透水布之方式，防止儲存物質滲漏至土壤及地下水體。

2. 管線

一般地上儲槽之管線大多以管架支撐，亦有少許埋設於地下，油品可能由管線接合處或閥端滲漏。



(a) 地上型儲槽外觀



(b) 防溢堤設施

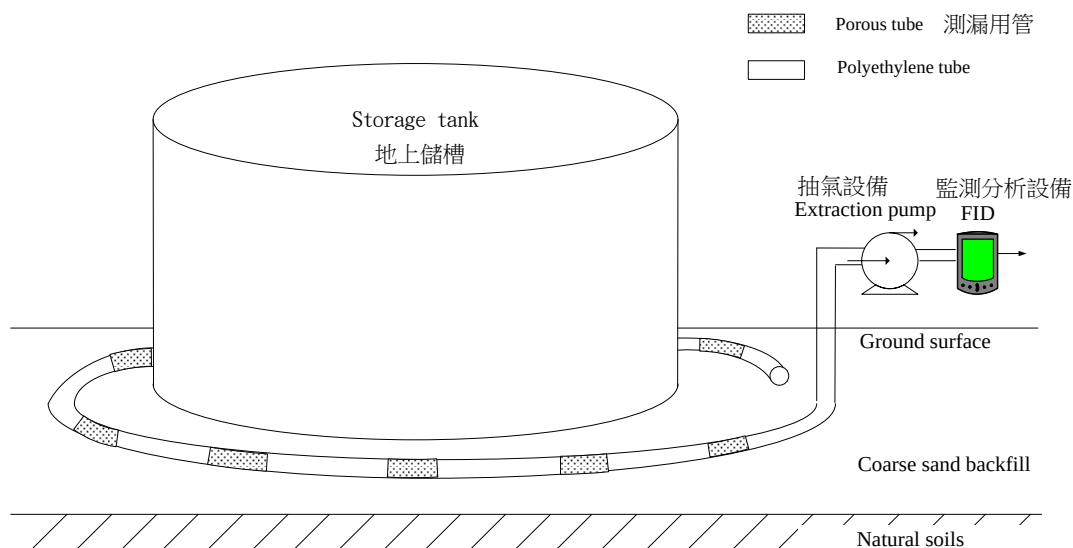
圖 2.1-3 我國油品類地上儲槽系統相關設施

3. 防溢設施

參考本署於民國 90 年執行「地下水污染潛勢調查計畫」結果，大型儲槽之污染防治設施以防溢堤為主，設置比例為 92.1%，其次為防滲透設施之 67.9%，再者為截流溝之 60.5%。由此可知目前國內地上儲槽之防溢設施以防溢堤、截流溝和防滲透設施3 項為主，以防溢堤設置最為普遍。防溢堤能於儲存之液態物質洩漏時，將液態物侷限於有限之四周範圍內，有效收集及控制洩漏物溢流和利於洩漏事故之處理。而依「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」第 38 條規定，儲存易燃性液體之儲槽，防溢堤內之容量應大於儲槽之 1.1 倍以上儲存量監測設施

地上儲槽區附近亦可設置測漏管，以監測土壤氣體中之揮發性有機性氣體濃度，其大多採垂直井之方式設置於槽區四週定點。此外，亦有採用環繞於油槽周圍之水平式測漏管線構造設計(如圖 2.1-4)。除土壤氣體監測外，國內亦有多處大型供油中心於地上儲槽區附近設置地下水監測井，用以監測地下水質是否遭受

污染。



參考來源：郭明錦，2006

圖 2.1-4 地上儲槽周圍水平式測漏管線配置示意圖

目前使用地上儲槽系統可能產生污染的成因，包含以下可能因素，各評估人員可藉此參考於現場勘查及人員訪談中，進一步了解場址是否存在污染潛勢。

1. 槽體接合處因施工不當導致槽體破裂，造成大量油品洩漏。
若儲槽無防溢堤或防滲透設施有間隙，油品將滲入土壤中。
2. 槽體底部與地面接觸面腐蝕洩漏，油品由防滲透設施間隙滲入土壤中。
3. 地下管線因腐蝕或施工不當造成洩漏。
4. 由於地震等天災害造成油槽振動，管線接合處斷裂或鬆動，導致油品洩漏。

2.2 執行注意事項

於場址環境評估階段中，主要工作為資料審閱、現場勘查、人員訪談三大工作，本章茲根據地上儲槽系統及地下儲槽系統於各階段工作應確核事項，分別彙整如表 2.2-1 及表 2.2-2。以下茲就油品類污染之場址執行評估時，各工作內容應注意事項說明。

一、 資料審閱

針對油品類儲槽系統場址，本指引建議應進行蒐集及審閱之資料至少包括「環境背景資料」及「營運管理及監測紀錄」等二大類(詳表 2.2-3)。其中有關加油站地下儲槽系統場址之營運管理及監測資料調查表如表 2.2-4，相關資料可事先商請場址所有人或管理人填寫及備妥相關文件，俟後續前往場址現勘時回收並進一步確認相關內容是否完整無誤。

(一)環境背景資料

1. 場址基本資料

如場址之營運歷史(設置年齡、營運移轉紀錄)、設施設置狀況及配置圖件等。一般而言，設置年代久遠、相關設施設置或營運管理紀錄較為簡陋者，應特別注意其發生洩漏污染之可能性。

2. 場址地下水位

參考本署「全國十年以上加油站及大型儲槽潛在污染源調查計畫(乙)」結果，有污染之虞 35 座加油站中，有 19 站地下水位於 3 米內，其中 13 站地下水查證結果達管制標準(佔 68%)。另，於「中北部地區十年以上加油站潛在污染源調查計畫(丙)」結果，中彰投地區有污染之虞 12 座加油站中，有 4 站地下水位於 3 米內，其中 3 站地下水查證結果達管制標準(佔 75%)。本指引據此初步研判污染潛勢與地下水位存在相對的關係。

因此，場址之地下水位若相對較高，油槽及管線將長期浸泡於水中，遭腐蝕及發生洩漏之可能性亦相對提高。若儲槽系統所在區位之地下水位在地面下 3 米內，應特別注意洩漏污染潛勢。

3. 地質條件

場址若屬砂質地層，其發生污染擴散及傳輸速率相對較高。

表 2.2-1 油品類地上儲槽系統洩漏污染潛勢評估查核表

類別	項次	查核項目	查核結果	說明	
A	環境背景資料	A1 地下水位是否於地面下 3 米內	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	油槽或管線發生洩漏污染時較易擴散至地下水之風險	
		A2 場址地質是否屬砂質類地層	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	油品洩漏時較易擴散至地下水含水層	
		A3 水力傳導係數(K 值)是否大於 10^{-3} m/s	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
		A4 以往調查結果是否曾發現污染情形	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
B	設施設置狀況	B1 地上儲槽設施是否設置防溢堤或截流溝	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	發生洩漏時較易造成污染物流佈至外圍	
		B2 現場是否有污染改善設備(如 SVE)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	顯示場址曾發生或正存有污染情形	
		B3 現場是否曾有污染改善(如換土)或管線更新紀錄	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	若曾更換管線,可能以往有發生洩漏	
		B4 測漏管分布數量是否涵蓋所有可能洩漏區域(如油槽區、管線區、卸油區)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	分布範圍不廣或功能異常,均無法達到監測目的	
		B5 測漏管之功能是否正常(無法開啟、透氣度 $> 500\text{mmHg}$ (惟地下水位距地表 ≤ 2 公尺地區之判斷標準為 150mmHg)、有效監測深度小於 50 公分者)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
		B6 排水溝內積水或底泥是否有浮油或油污之痕跡	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
		B7 現場是否有停用或廢棄之油槽或管線	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	油槽管線可能因破損洩漏而停用或廢棄	
		B8 管槽之陰極防蝕電位是否小於 -850 mV	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	若大於 -850 mV 管槽有發生腐蝕洩漏之可能	
		B9 槽壁外觀是否正常(滲漏、銹蝕、螺絲鬆動、變形等)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	儲槽系統可能因外觀銹蝕、變位等因素造成洩漏	
		B10 槽底板有無變位、沉陷、龜裂	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
		B11 輸油管及管閥有無滲漏、銹蝕	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
C	營運管理及監測紀錄	C1 工作日誌或工安紀錄是否有洩漏污染事件紀錄	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
		C2 總量管制資料是否正常	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
		C3 土壤氣體(測漏管)監測結果是否正常(爆炸下限值百分比(%LEL)大於 25%、PID 大於 500 ppmV)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
D	即時檢測結果	D1 土壤氣體(測漏管)檢測結果是否正常(如有浮油或油花、PID 大於 500 ppmV、LEL 大於 25%等)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
		D2 地下水井或監測井汲水觀測是否有浮油或油花	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
		D3 SVE 尾氣 PID 或 FID 量測結果是否偏高	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚		
污染潛勢初步評估結果					
是否進行土壤及地下水污染調查、查證？		☐ 是 ☐ 否 ☐ 無法判斷			
請簡要說明初評結果及進行污染調查之原因及理由：					

表 2.2-2 油品類地下儲槽系統洩漏污染潛勢評估查核表

類別	項次	查核項目	查核結果	說明
A	環境背景資料	A1 地下水位是否於地面下 3 米內	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	地下油槽或管線可能長期浸入水中增加污染擴散之風險
		A2 場址地質是否屬砂質類地層	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	油品洩漏時較易擴散至地下水含水層
		A3 水力傳導係數(K 值)是否大於 10^{-3} m/s	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		A4 以往調查結果是否曾發現污染情形	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
B	設施設置狀況	B1 地下儲槽設施是否有二次阻隔防護措施	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	發生洩漏時較易造成污染物流佈至外圍
		B3 地下管線是否屬壓力式管線	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	壓力式管線之洩漏可能性較吸取式為高
		B4 現場是否有污染改善設備(如 SVE)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	顯示場址曾發生或正存有污染情形
		B5 現場是否曾有污染改善(如換土)或管線更新之地坪切割痕跡	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	該痕跡可能為以往發生洩漏時更換管線所遺留，其附近區域可能已受污染
		B6 卸油泵島下是否有設置盛油盤	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	更換濾心或相關零件時，油品可能滲入地下
		B7 測漏管分布數量是否涵蓋所有可能洩漏區域(如油槽區、管線區、泵島區)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	分布範圍不廣或功能異常，均無法達到監測目的
		B8 測漏管之功能是否正常(無法開啟、透氣度 $> 500\text{mmHg}$ (惟地下水位距地表 ≤ 2 公尺地區之判斷標準為 150mmHg)、有效監測深度小於 50 公分者)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		B9 油槽陰井、人孔或監測井內是否有積水或浮油	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		B10 排水溝內積水或底泥是否有浮油或油污之痕跡	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		B11 現場是否有停用或廢棄之油槽或管線	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	油槽管線可能因破損洩漏而停用或廢棄
		B12 管槽之陰極防蝕電位是否小於 -850mV	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	若大於 -850mV 管槽有發生腐蝕洩漏之可能
C	營運管理及監測紀錄	C1 工作日誌或工安紀錄是否有洩漏污染事件紀錄	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		C2 總量管制資料是否正常(盈虧量絕對值大於油槽儲量之 1%+500 公升)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		C3 密閉測試結果是否正常(當地下油槽密閉測試壓力為 3-5 psig 維持 1 小時以上有明顯壓降情形；或管線密閉測試壓力至少 50 psig 或 1.5 倍操作壓力，維持 1 小時以上有明顯壓降)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		C4 土壤氣體(測漏管)監測結果是否正常(爆炸下限值百分比(%LEL)大於 25%、PID 大於 500 ppmV)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		C5 統計式存量分析(SIR)測試結果是否有“FAIL”紀錄	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		C6 油槽自動液面計測漏結果是否正常(所使用之自動量油計，需具有最小測漏精度達每小時 0.76 公升以上之能力)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	

表 2.2-2 油品類地下儲槽系統洩漏污染潛勢評估查核表 (續)

類別	項次	查核項目	查核結果	說明	
D	即時檢測結果	D1	土壤氣體(測漏管)檢測結果是否正確(如有浮油或油花、PID 大於 500 ppmV、LEL 大於 25%等)	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		D2	地下水井或監測井汲水觀測是否有浮油或油花	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
		D3	SVE 尾氣 PID 或 FID 量測結果是否偏高	☐ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚	
污染潛勢初步評估結果					
是否進行土壤及地下水污染調查、查證？			☐ 是 ☐ 否 ☐ 無法判斷		
請簡要說明初評結果及進行污染調查之原因及理由：					

表 2.2-3 油品類場址應蒐集及審閱之場址基本資料

環境背景資料	營運管理及監測紀錄
1.場址內土地使用現況	1.場址名稱、地址、所有人(負責人)姓名及聯絡方式
2.場址內及鄰近區域之氣候、地形地勢及土壤地層資料	2.場址用地及運作歷史資料(如設置時間、營運、移轉及更新紀錄)
3.場址內或鄰近區域之監測井分佈、長期之地下水位變化及背景水質監測結果、地下水可能流向評估資料	3.場址內相關設施之設置資料、儲存物質及配置圖說
4.毗鄰場址四周，及場址周圍300~500公尺內之土地利用及地下水使用情形	4.場址之營運、工作日誌或報表及相關工安管理及通報紀錄表單
5.場址敏感區位(如飲用水水源水質保護區)調查結果	5.總量管制紀錄(油量進出平衡數據)
	6.儲槽系統密閉測試紀錄
	7.土壤氣體(測漏管)或地下水監測紀錄
	8.自動儲槽測量計或存量分析(SIR)紀錄
	9.污染防治或整治措施
	10.過去污染紀錄及調查資料

註：若場址屬於依「加油站防止污染地下水體設施及監測設備設置管理辦法」應定期進行監測之地下儲槽系統，及依「土污法第八條、第九條」所指定公告應進行用地土壤污染檢測之事業，則可請業者提出相關申報資料俾供審閱及作為研判污染潛勢之參考。

表 2.2-4 加油站地下儲槽系統場址營運基本資料調查表

加油站營運及監測設施基本資料調查表									
站名：		站長或負責人：				座標：			
聯絡電話：()		傳真：()		設置日期： 年 月 日					
地址：				營業中： ☐ 是，營業時間 ☐ 否					
油槽數：		泵島數：		加油機數：		加油槍數：			
管制編號：				場址列管編號：					
營運主體： ☐ 中油直營 ☐ 中油加盟 ☐ 台塑直營 ☐ 台塑加盟 ☐ 其他民營____									
油槽基本資料 (填寫人員：_____)									
油槽編號		1	2	3	4	5	6	7	8
油品種類 (若販售/儲存其他油品請註明)		☐ 92	☐ 92	☐ 92	☐ 92	☐ 92	☐ 92	☐ 92	☐ 92
		☐ 95	☐ 95	☐ 95	☐ 95	☐ 95	☐ 95	☐ 95	☐ 95
		☐ 98	☐ 98	☐ 98	☐ 98	☐ 98	☐ 98	☐ 98	☐ 98
		☐ 柴油	☐ 柴油	☐ 柴油	☐ 柴油	☐ 柴油	☐ 柴油	☐ 柴油	☐ 柴油
		☐ 其他：	☐ 其他：	☐ 其他：	☐ 其他：	☐ 其他：	☐ 其他：	☐ 其他：	☐ 其他：
設置日期									
油槽容量(公秉)									
每日平均銷售量(公秉)									
油槽 材質	有保護鋼材	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	無保護鋼材	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	玻璃纖維(單層)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	玻璃纖維(雙層)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	其他(請註明)								
	無資料	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
油槽 內層 保護 (可 複選)	無保護	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	環氧樹脂(Epoxy)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	襯裡(包覆)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	其他(請註明)								
	無資料	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
油槽 外層 保護 (可 複選)	無保護	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	陰極防蝕	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	塗漆	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	玻璃纖維包覆	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	防漏襯布	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	柏油麻布包覆	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	混凝土外壁	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	其他(請註明)								
無資料	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
監測 設備	儲槽自動測量計	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	槽間監測設備	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	其他(請註明)								
	無資料	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

表 2.2-5 加油站地下儲槽系統場址營運基本資料調查表 (續)

油槽編號		1	2	3	4	5	6	7	8
油槽種類 (若販售/儲存其他油品請註明)		☐ 92 ☐ 95 ☐ 98 ☐ 柴 油 ☐ 其 他:	☐ 92 ☐ 95 ☐ 98 ☐ 柴 油 ☐ 其 他:	☐ 92 ☐ 95 ☐ 98 ☐ 柴 油 ☐ 其 他:	☐ 92 ☐ 95 ☐ 98 ☐ 柴 油 ☐ 其 他:	☐ 92 ☐ 95 ☐ 98 ☐ 柴 油 ☐ 其 他:	☐ 92 ☐ 95 ☐ 98 ☐ 柴 油 ☐ 其 他:	☐ 92 ☐ 95 ☐ 98 ☐ 柴 油 ☐ 其 他:	☐ 92 ☐ 95 ☐ 98 ☐ 柴 油 ☐ 其 他:
支撐 設備	下方/側邊有鋼筋混凝土支撐結構	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	下方支撐結構深度 (距地表)(公尺)								
	側邊有鋼筋混凝土支撐結構								
	無資料	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
管線基本資料				卸油處理資料					
管線型式		☐ 壓力式 ☐ 吸取式		卸油方式		☐ 依中油標準規範 ☐ 其他:___			
設置日期		___年___月___日		油品來源		☐ 中油 ☐ 台塑 ☐ 其他:___			
管線材質		☐ 玻璃纖維 ☐ 鍍鋅鋼管 ☐ 雙層可撓式軟管 ☐ 無縫鋼管 ☐ 無保護鋼材 ☐ 其他:_____ ☐ 無資料		卸油頻率		92無鉛汽油_____次/月 95無鉛汽油_____次/月 98無鉛汽油_____次/月 柴油_____次/月			
管線設施保護		☐ 塗漆 ☐ 玻璃纖維 ☐ 陰極防護 ☐ PE包裹 ☐ 防蝕帶包裹 無保護 ☐ 雙層管 ☐ 其他:_____ ☐ 無資料		卸油量		92無鉛汽油_____公秉/月 95無鉛汽油_____公秉/月 98無鉛汽油_____公秉/月 柴油_____公秉/月			
				卸油口		☐ 單管式 ☐ 雙管式			
				營業紀錄		☐ 進油紀錄 ☐ 加油紀錄 ☐ 無紀錄 ☐ 其他:_____			
翻修資料									
翻修項目	全面翻修	加油泵島翻修	油槽更新	管線更新	油槽油氣回收管	其他	無翻修		
翻修日期							☐		
監測資料									
地下儲油槽	總量管制: ☐ 手動量油尺存量分析 ☐ 儲槽自動測量計存量分析, 廠牌_____, 數量_____個								
	☐ 油槽密閉測試-測試頻率: _____, 最近一次檢測日期: ___年___月___日, 測試結果: _____								
	☐ 土壤氣體監測井(測漏管)共 _____支 ☐ 地下水監測井共 _____個 ☐ 槽間監測 ☐ 其他:_____								
管線	☐ 自動管線測漏 ☐ 土壤氣體監測井(測漏管)共 _____支 ☐ 地下水監測, 共 _____個 ☐ 其他:_____ ☐ 管線密閉測試-測試頻率: _____, 最近一次檢測日期: ___年___月___日, 測試結果: _____								

表 2.2-5 加油站地下儲槽系統場址營運基本資料調查表 (續)

SVE 裝設資料					
SVE 裝置	☐ 有設置 ☐ 無設置		代理商/設備商		
設置日期	年 月 日 ☐ 無資料		運轉情形描述		
馬力數	☐ 2HP ☐ 3HP ☐ 5HP ☐ 5.5HP ☐ 其他_____。				
抽氣井口數	油槽區：____ 口 管線區：____ 口	設置深度	油槽區：地表下_____公尺；管線區：地表下_____公尺		
尾氣處理設備：	☐ 無設置 ☐ 活性碳吸附塔 ☐ 生物處理 ☐ 其他_____。				
其他整治設施說明					
採用方式	☐ 添加化學藥劑 ☐ 設置浮油回收設施 ☐ 其他：_____				
說明					
洗車用水資料					
洗車設施	☐ 人工 ☐ 機械式(型式： ☐ 水刀流 ☐ 往覆式 ☐ 隧道式) ☐ 無設置				
用水來源	☐ 自來水 ☐ 地下水 ☐ 其他，請說明：_____				
用水量	☐ _____公升/日 ☐ _____公升/月 ☐ _____度/月 ☐ 無資料				
環境資料					
是否位於水源水質保護區	☐ 是 ☐ 否	周圍是否有飲用水井	☐ 是 ☐ 否	周圍是否有灌溉用或養殖用水井	☐ 是 ☐ 否
是否位於市鎮人口密集處	☐ 是 ☐ 否	周圍是否曾發現浮油	☐ 是 ☐ 否		

(二) 營運管理及監測紀錄

依據「地下儲槽系統防止污染地下水體設施及監測設備設置管理辦法」(環管署 100 年 1 月 14 日環署土字第 1000003701 號令訂定發布)第 7 條規定，地下儲槽系統應設置儲槽自動液面計進行總量進出平衡管制。同法第 8 條亦規定，地下儲槽系統應依「密閉測試」、「土壤氣體監測」、「地下水監測」、「槽間監測」及「其他經中央主管機關核准之監測方式」等方式之一進行監測。爰此，環保機關可透過審閱業者所申報之監測紀錄，研判場址過去是否曾發生油品洩漏之異常狀況。評估重點包括：

1. 總量管制紀錄(油料進出平衡數據)是否正常
當盈虧量絕對值大於油槽儲量之 1%+500 公升時即應注意。
2. 密閉測試結果紀錄是否正常
當地下油槽密閉測試壓力為 3-5 psi (g)維持 1 小時以上有壓降

情形，即需注意是否有洩漏之虞，詳細測試方法說明請參照本署公告之地下儲槽密閉測試檢測方法-氮氣加壓測漏法(NIEA M201.12C)。若管線密閉測試壓力至少 50 psi (g)或 1.5 倍操作壓力，維持 1 小時以上有明顯壓降即應注意，詳細測試方法說明請參照本署公告之地下儲槽系統管線密閉測試檢測方法-氮氣加壓測漏法(NIEA M202.12C)。

3. 土壤氣體(測漏管)監測結果紀錄是否正常

當測漏管(Combustible gas indicator, CGI)爆炸下限值百分比(Lower Explosive Level, %LEL)大於 25%或光離子偵測器(PhotoIonization Detector, PID)測值大於 500 ppmV，若上述任一情況發生時，則應注意是否有洩漏的可能。詳細監測方法說明見本署公告之地下儲槽系統土壤氣體監測標準作業程序(環署土字第 0950082897B 號)。

4. 地下水監測結果紀錄是否正常

當監測井內發現油花、浮油，或檢測結果高於或接近地下水污染管制標準時即應注意，詳見本署公告之地下儲槽系統地下水監測標準作業程序(環署土字第 0950082897B 號)。

5. 自動液面計結果紀錄是否正常

當洩漏率出現大於 0.2gal/hr 之紀錄即應注意。

6. 存量分析資料(SIR)之測試結果紀錄是否正常

當顯示有 FAIL 紀錄即應注意。

二、現勘

透過對於油槽系統設備之現勘檢視，可初步研判可能發生洩漏之位置。以下針對地上及地下儲槽分別說明應掌握評估之重點：

(一)地上儲槽系統檢視重點

1. 地上儲槽設施是否設置防溢堤或截流溝，防溢堤內是否有二次阻隔設施。
2. 現場是否曾有污染改善設備，如土壤氣體抽除系統(Soil Vapor Extration；簡稱 SVE)、空氣注入系統(Air Sparging；簡稱 AS)。

3. 現場是否曾有污染改善(如換土)或設備更新之痕跡(如因更換管線時進行之地坪切割施工)。
4. 現場有無停用或廢棄之油槽或管線。
5. 槽壁人孔有無滲漏、銹蝕、螺絲鬆動，壁板焊道是否有不正常腐蝕或變形。
6. 油管釋壓閥有無滲漏。
7. 撓性管有無過度彎區、滲漏、銹蝕。
8. 槽底板有無變位、沉陷、積水、龜裂。

(二)地下儲槽系統檢視重點

1. 地下儲槽系統是否有二次阻隔防護設施(如防護牆、管溝或雙層管)。
2. 油槽陰井、人孔、監測井及排水溝內積水或底泥是否有浮油或油污之痕跡。
3. 現場是否曾有污染改善設備。
4. 現場是否曾有污染改善(如換土)或設備更新之痕跡(如因更換管線時進行之地坪切割施工)。
5. 卸油泵島下是否有設置盛油盤。
6. 現場有無停用或廢棄之油槽或管線。
7. 測漏管之數量及分布是否涵蓋所有可能洩漏區域(至少應包括油槽區、管線區及泵島區)。
8. 管線系統型式係屬於吸取式或壓力式之管線。
9. 測漏管之功能是否正常，可參考本署公告之「地下儲槽系統土壤氣體監測標準作業程序(環署土字第 0950082897B 號)」，其檢視項目至少包括：
 - (1) 測漏管是否可開啟。
 - (2) 有無阻塞情形(透氣度 $>500\text{mmHg}$ ；惟地下水位距地表 ≤ 2 公尺地區之判斷標準為 150mmHg)。
 - (3) 油槽區之設置深度是否大於 240 公分，或其他區域之深度應大於管線埋設深度。
 - (4) 有無積水導致有效監測深度小於 50 公分。

一般而言，場址四周如有土地利用狀況(如農田、漁塭)可能有使用地下水情形，一旦場址發生洩漏污染，其遭受危害之風險較高。針對場址相關之設施設置狀況進行現勘瞭解，遇有疑慮之處，應即向場址管理人詢問釐清。於場址現勘時，建議可搭配簡易檢測儀器(如 PID、火焰離子偵測器(Flame Ionization Detector, FID)、測爆器、油水界面計等)，對場址內既有監測設施及環境背景進行即時檢測。配合所蒐集之環境背景資料，對場址周圍 300~500 公尺之土地利用及地下水使用情形實際現勘瞭解。

由於油品類污染物具揮發性及輕質非水相液體(Light non-aqueous phase liquid, LNAPL)特性，故現勘同時若能利用簡便之現場檢測儀器(如 PID、FID、測爆器、油水界面計)或方式(汲水觀察)進行即時檢測，將可輔助研判油槽系統洩漏之可能性。如使用土壤氣體監測井(測漏管)現場檢測時，應注意檢測結果之 LEL 測值是否大於 25%、PID 測值是否大於 500 ppmV、測漏管或地下水井/監測井內是否有浮油或油花。此外，若場址內有土壤氣體抽除(SVE)系統，則可停止操作系統一段時間後，再檢測 SVE 抽除排放之氣體是否有高濃度揮發性有機性氣體。

三、訪談

對場址內相關人員(如站長、廠長、工安專責人員、加油人員、所有人、地主等)及鄰近居民訪談，除確認所蒐集資料之正確性及完整性外，並可藉以瞭解場址是否曾發生洩漏污染事件及相關異常事件，作為評估污染潛勢之參考。參考之訪談問卷內容如表 2.2-5 所示，包括：

- (一)場址內與環境污染相關之異常操作情形(如油罐車卸油溢滿)。
- (二)場址是否曾發生之營運經營轉手情形。
- (三)曾發生污染情形及陳情事件。
- (四)鄰近居民之地下水使用狀況。
- (五)鄰近居民日常生活中是否曾發生與該油品類儲槽系統場址有關之疑似污染或異常現象。

表 2.2-5 油品類儲槽系統場址訪談問卷

訪談日期及時間：民國 年 月 日 時 分至 時 分			
訪談地點：			
受訪者姓名	單位	連絡方式	與場址之關係或職稱
		地址： 電話：	
訪談問題		訪談結果	是否提供書面資料
1. 本廠(場址)之佔地面積(平方公尺或公頃)?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
2. 本廠(場址)之重要關係人?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
3. 儲槽系統槽齡、數量、容量、材質?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
4. 儲槽系統歷年使用紀錄, 儲存物質種類及成份?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
5. 儲槽系統污染防治設施設置情形?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
6. 廠區(場址)是否設置地下水監測井或其他土壤或地下水污染監測設備?如有, 請提供配置圖與最近一年內之監測資料。			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
7. 本廠(場址)使用之化學品、儲存物質清單?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
8. 本廠(場址)廢棄物貯存、清除處理方式?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
9. 本廠目前或曾經有任何已知洩漏污染土壤及地下水之問題或紀錄?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
10. 本廠(場址)過去是否曾發生火災、化學品洩漏、爆炸或意外排放等事件?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
11. 本廠(場址)目前或曾經設置化學實驗室?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
12. 本廠(場址)是否有任何抽水井?若有, 請詳述其數量、口徑、深度、材質、設置時間及主要用途。			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
13. 本廠(場址)是否有任何污染整治計畫或設施?若有, 請詳述之並提供相關資料。			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
14. 本廠(場址)過去是否曾自行或配合相關單位執行環境檢測調查或稽查計畫?若有, 請詳述之並提供相關資料。			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
15. 場址周圍是否有飲用水井?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
16. 場址周圍是否有灌溉用或養殖用水井?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
17. 場址周圍是否曾發現浮油?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
18. 場址或周圍建築物中是否發現油氣或明顯氣味?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
19. 場址或周遭地區是否曾有淹水紀錄?			是 ☐ (共 頁)/否 ☐
調查/訪談人員簽名：		會同單位人員簽名：	事業代表簽名：

四、其他對策

由於油品類儲槽系統業者所進行之污染改善措施，依其所使用之污染改善方式對於土壤氣體、土壤及地下水中之污染物濃度有不同程度之影響，進而干擾檢測結果之代表性。為避免業者採取之污染改善措施影響污染潛勢之研判，故環保機關在執行現場土壤、地下水污染調查作業時，應對各項污染改善措施可能造成之影響特別加以注意，本章將污染行為人可能採行之污染改善措施及現場勘查之因應調查策略彙整如表 2.2-6，個別說明如下：

表 2.2-6 業者可能採行之污染改善措施及因應調查策略

改善措施	因應對策	說明
1.局部換土	換土區下方採樣	業者藉由換土將表層受污染土壤移除，因應之方法為經由現場判視換土區與原土壤區交界處採樣，以獲得原始土壤污染資料。
2.現地化學氧化法(如添加過氧化氫)	增加土壤採樣點。 (因應流程詳圖3.2.3-1)	由於本項改善措施主要係針對地下水污染，對於土壤中之殘餘相恐無法立即改善，故如發現地下水溶氧過飽和或溶氧量過高，建議可增加土壤採樣點以掌握土壤污染狀況。
3.SVE使用	1. 避免於抽氣影響範圍內採樣 2. 於地下水位上方之土壤加強採樣 3. 事先要求業者關機 (因應策略詳圖3.2.3-2)	因SVE有一定之抽氣範圍，可藉由推算其馬達馬力及抽氣影響半徑，在影響範圍外採樣，可盡量降低樣品受干擾之程度。 此外，由於SVE僅適用於透氣性佳之未飽和層土壤，位於接近地下水位上方毛細層之土壤因含水率較高，若僅用SVE將無法有效改善污染，故建議在採樣策略上宜加強地下水位附近土壤之查證。若能事先要求業者停止操作SVE至少一週以上，亦可降低檢測之影響。
4.浮油回收(水力控制方式)	於回收井附近或地下水位上方進行土壤採樣	NAPL易集中於浮油回收井或地下水位上方附近，故增加前述位置之佈點採樣，發現污染之機率可能較高。

(一) 現地化學氧化法(如添加過氧化氫)

當部份業者於日常檢測測漏管內油氣濃度結果偏高時，常以添加化學藥劑，如釋氧劑(Oxygen Release Compound, ORC)、過氧化氫或油污分解劑之方式降低測漏管中之油氣濃度。若業者採取的是現地化學氧化方式時，可藉由量測測漏管或監測(整治)井內水樣之溶氧濃度是否過高(一般地下水溶氧濃度小於 3mg/L)，pH、氧化還原電位(Oxidation-Reduction Potential, ORP)、溫度、電導度等項目是否異常，或是觀察是否有冒泡之情形協助研判。

考量採用現地化學氧化等加藥改善方式恐無法立即去除土壤中殘餘相污染物，故若於現場調查時發現上述異常情形時，建議可於測漏管或監測(整治)井之化學加藥點影響範圍外，進一步增加土壤氣體或土壤之採樣檢測，以確認土壤污染事實。雖然地下水可能會受到加藥影響而使檢測結果不具代表性，惟若發現水中已有浮油或油花出現時，必要時亦可進行地下水採樣檢測供參。採取現地化學氧化作為污染改善方式之採樣策略如圖 2.2-1。

(二) SVE 使用

操作 SVE 會大幅降低測漏管內或周圍土壤氣體之揮發有機性氣體濃度，進而影響調查評估結果。若遇此一情形，建議可採下列方式因應：

1. 進場調查前要求業者事先關機。
2. 避免於抽氣井影響範圍內採樣。
3. 增加靠近地下水位面上方土壤之採樣。

有關現場採用 SVE 進行污染改善之採樣策略規劃如圖 2.2-2 所示。

(三) 浮油回收(水力控制方式)

若業者大量抽除地下水將降低地下水中污染物濃度，遇此種情形時，可觀察井內或地下水處理設備是否有浮油存在，並於抽水井附近採取地下水位面上方之土壤(毛細邊緣)進行土壤採樣。

(四) 局部換土

油品洩漏後，部份業者可能將發現有污染之虞處之土壤開挖置換，此時若直接採取換土區域之土壤恐無法確實掌握污染狀況。此時建議調查(查證)執行人員可藉由觀察場址內是否有地坪切割痕跡，或進一步詢問站(廠)方人員掌握相關資訊。若發現業者已有採取換土措施，建議應針對換土區底部下方或邊緣處之土壤採樣。

(五)其他

部份業者於油槽或測漏管進行檢修時，可能使用含氯溶劑清洗且不當排放清洗廢液，進而造成含氯有機物污染土壤或地下水之情形。因此調查(查證)執行人員若於資料審閱、訪談或現勘時發現油槽系統營運過程曾經使用溶劑清洗之紀錄，或毗鄰設施可能有其他污染來源時，必要時應增加檢測含氯有機物。

根據地下水氡濃度與油品污染場地含油飽和度之研究(Han et al., (2006), “Radon distribution in groundwater of Taiwan”, Hydrogeology Journal 14:173-179), 指出地下水氡濃度與油品污染場地含油飽和度之相關性，以檢測地下水氡濃度之方式追蹤地下水含油飽和度殘留情形(油品污染場址附近之地下水氡濃度較背景值降低，污染改善的成效將使地下水氡濃度回升)，俾作為研判污染潛勢及改善成效之參考，該方法似可不受前述場址開啟 SVE、Air Sparging 之影響，調查評估人員亦可引為參考。

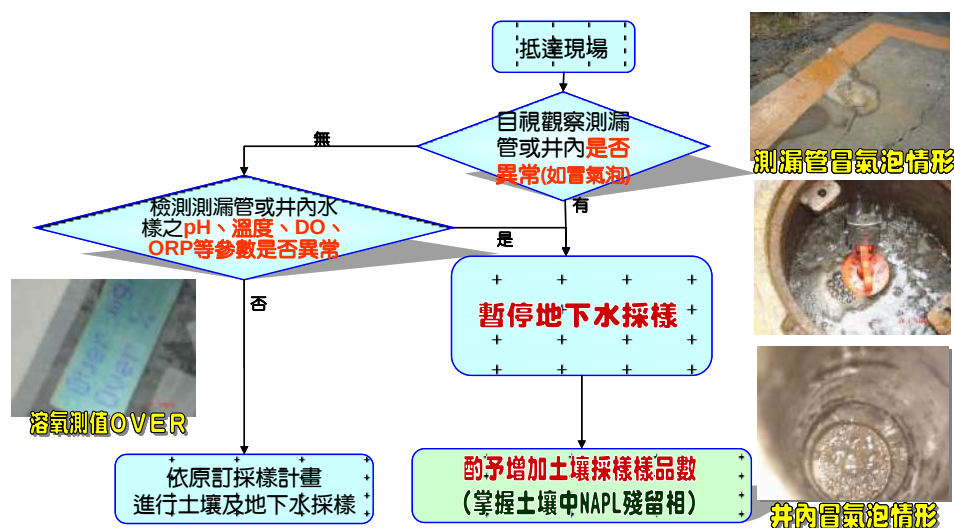


圖 2.2-1 採現地化學氧化法時之現場勘查因應策略

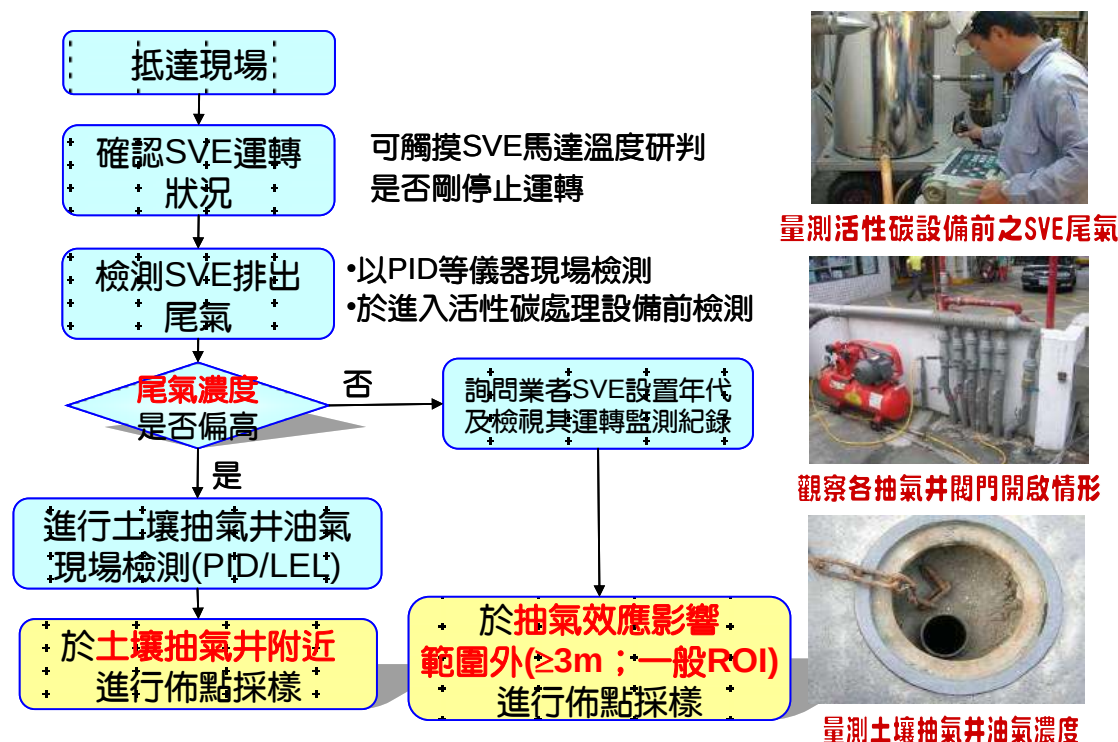


圖 2.2-2 開啟 SVE 時之現場勘查因應策略

上述為執行油品類污染場址環境評估時，應注意事項，評估調查人員應根據調查結果，在空間上需含括工廠內部與周界環境，在時間上則需含括過往歷史與現況。場址概念模型之建立方式與所需蒐集之資訊可參考本署發表之「土壤及地下水污染調查作業參考指引總則」所述之場址概念模型原理與內容，繪製該場址之初步概念模型，以作為場址是否具污染潛勢之結果說明，並可作為未來調查規劃之參考。

第三章 污染調查規劃

不論為何種污染物質之調查，進行現場調查規劃時不外乎採樣點位的位置、深度與採樣、分析方法的選擇。經場址環境評估階段之背景資料蒐集，調查評估人員可根據已知的場址基本資料，包括周界環境、地質、土地利用、工廠運作、廢棄物處理與排放、水文地質等，以及污染物的特性、範圍、釋放歷程等，建立場址概念模型(Site Conceptual model，以下簡稱SCM)。根據此初步場址概念模型進行污染調查規劃，內容至少包括土壤及地下水採樣佈點及規劃、水文地質特性調查以修正SCM、調查及採樣分析方法及品保品管，並根據此調查結果進行污染範圍及體積推估，作為污染情況的描述。

場址污染調查規劃視其目的採樣的數量與佈點原則有些許差異，一般而言可分為兩種目的，一種為污染情形之確認，一種為污染程度與範圍之劃定。針對第一種調查目的，採樣點位通常較少，且佈設之位置乃依具第一階段之場址背景調查資訊，選取污染潛勢最高之區域進行採樣；而第二種污染調查則是在確認場址的確有污染情形後，為了了解污染的嚴重程度與污染範圍，將進行較大範圍的補充調查，此階段之採樣目的為了解污染物之垂直污染深度與水平分布範圍，故採樣時需確認污染範圍邊界，不論是採樣深度或是佈點位置都需達污染範圍邊界，因此採樣深度會更深；佈點範圍會更廣。

本章茲參考「土壤及地下水污染調查作業參考指引總則」所述一般性原則，說明油品污染之調查位置及深度的規劃。至於油品類污染的調查方式，得根據「地下儲槽系統防止污染地下水體設施及監測設備設置作業辦法」第八條規定之密閉測試、土壤氣體監測、地下水監測或槽間監測的方式，並參考行本署公告之標準作業流程為之。

3.1 調查位置

當調查時間及經費均有限之情形下，建議可依據污染評估結果，由具土壤地下水污染調查相關實務經驗之專業人員，可採用主觀判斷方式於可

能洩漏區域進行佈點，並於現場可進一步搭配運用快速篩選調查技術，篩選具代表性之位置進行土壤及地下水採樣，以提高污染調查/查證執行績效。以下分別說明主觀判斷、網格法及其他系統化佈點方式說明。

一、主觀判斷法

(一)地下儲槽類型

本類型之代表性場址為加油站。以加油站為例，建議可於儲槽區、管線區及泵島區選擇可能發生洩漏污染之位置進行採樣，如圖 3.1-1 所示。惟若儲槽區底部及四周有混凝土二次阻隔層構造時，考量其污染受到侷限且避免破壞其結構，於佈點時可考慮避開。

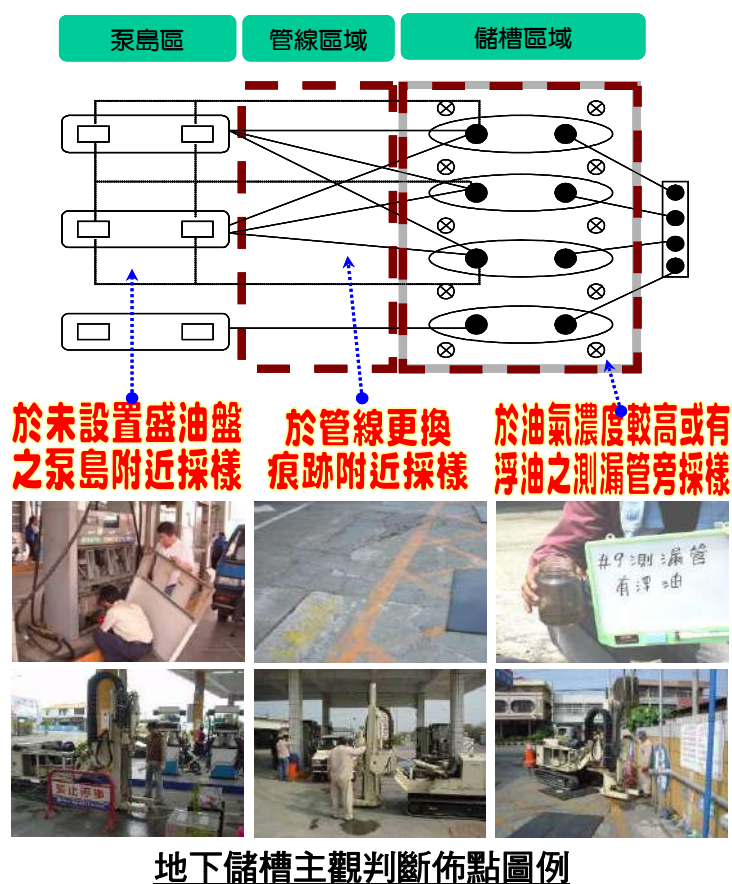


圖 3.1-1 地下儲槽主觀判斷調查位置規劃

(二)地上儲槽類型

可於地上儲槽之管線接點、儲槽底部及管線下方等可能發生洩漏污染之位置進行採樣，如圖 3.1-2 所示。惟若地上儲槽位於隔絕功能良好之堅實基礎或鋪設有不透水層時，則盡量避免於其上方佈點，以避免造成貫入採樣之困難或破壞原有防漏功能良好之阻隔設施。

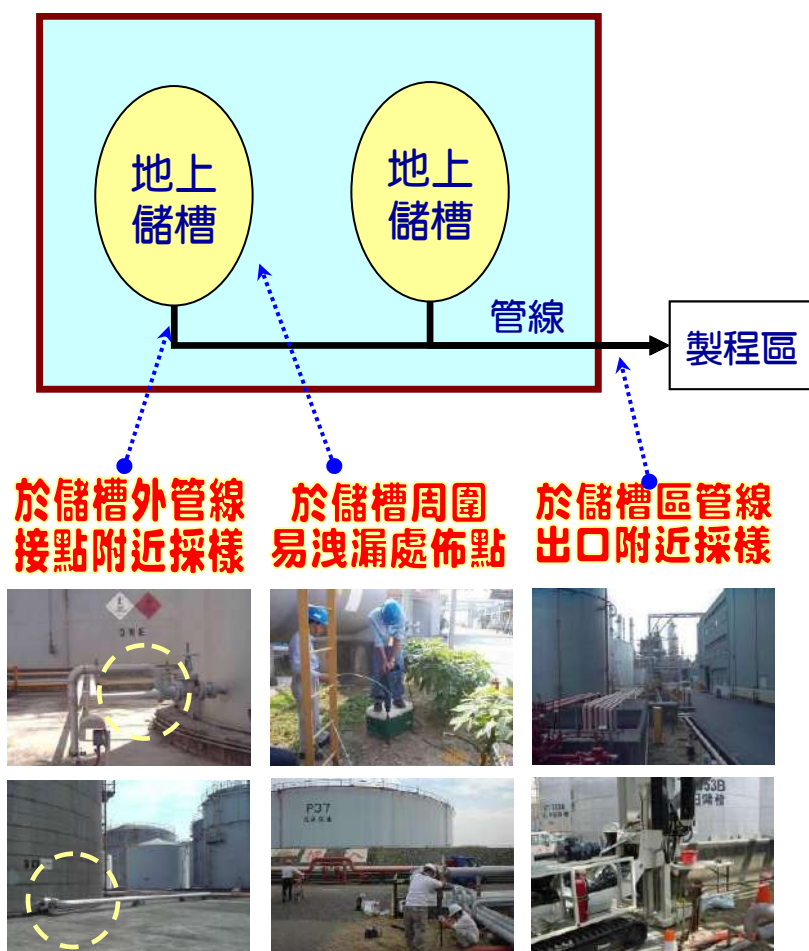


圖 3.1-2 地上儲槽主觀判斷調查位置規劃

二、網格法

除了主管判斷規劃調查位置外，當經費充裕時或擬劃定污染範圍時，可考慮採用網格法。圖 3.1-3 為以網格法進行加油站採樣佈點規劃範例，在面積計 500 平方公尺，經以網格法規劃後之採樣點數共計 10 點，符合

「土壤及地下水污染調查作業參考指引總則」中網格法所規定之，500 平方公尺範圍內最少應採 4 點之規定。

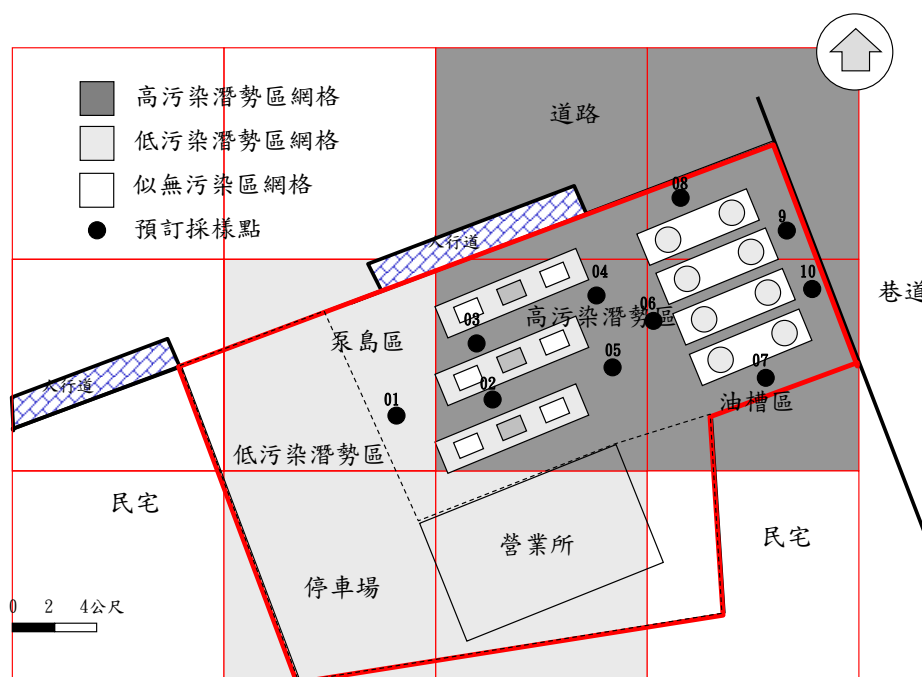


圖 3.1-3 以網格法進行加油站採樣佈點規劃範例

三、 其他系統化佈點參考方式

本指引列舉紐西蘭、美國之地下儲槽相關佈點方式，提供予各調查評估人員參考。綜合目前國內外油品類場址污染調查之經驗與規定顯示，若欲採用系統化佈點方式(非主觀判斷)以掌握場址污染物背景狀況，土壤採樣點數每個油槽以 2 點為原則，非油槽區則可採網格方式每 10m×10m 佈設 1 點為原則，或依管線長度每隔一定距離(如 5 公尺)即佈設一點，而前述各分區採樣點數之佈點位置得視場址狀況酌予調整。

地下水方面，若有已知污染區則至於已知污染區內至少採樣 1 點，於潛在污染區周圍至少採 3 個地下水樣，且土壤與地下水採樣位置得合併規劃。若受限於經費無法針對全數採樣點進行土壤/地下水採樣點進行檢測，則可先以土壤氣體篩選出污染潛勢較高之位置，進行後續採樣。

(一)紐西蘭

參考 Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites in New Zealand, 1999，紐西蘭「石油污染場址評估及管理指引」。地上儲槽區域之採樣點數為每個儲槽最少 2 點、每個護堤最少 2 點；地上油料管線則每 10 公尺佈設一個採樣點。按此原則，若欲全面進行儲槽區污染潛勢之背景調查，針對僅有獨立之單一儲槽者，可於儲槽四周 1.5~2 公尺範圍內佈點(圖 3.1-4(a))；若由多個儲槽所組成之儲槽區，則可於儲槽區防溢堤四周之側邊佈點(圖 3.1-4(b))。

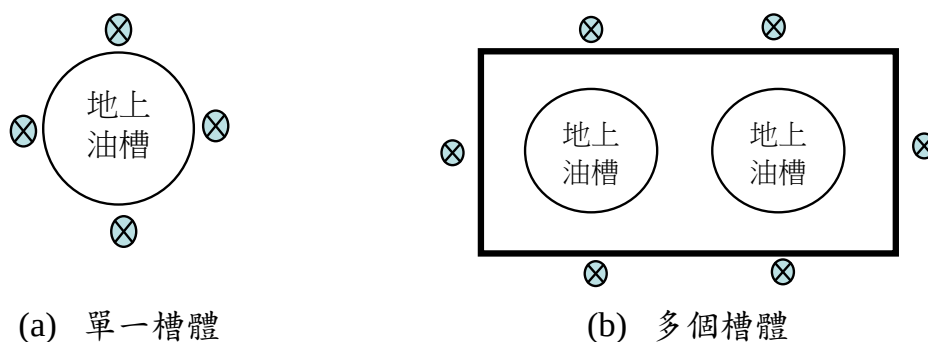


圖 3.1-4 紐西蘭石油污染場址評估及管理指引之佈點方式

(二)美國麻賽諸塞州

參考美國 Commonwealth of Massachusetts，Underground Storage Tank Closure Assessment Manual, 1996，麻賽諸塞州有關地下儲槽關閉之污染調查採樣佈點規劃方式，欲確認場址是否遭受污染，可於「地下儲槽與管線連接端點」、「地下儲槽側邊」、「卸油管線附近」、「輸油管線附近」及「加油泵島附近」等具污染潛勢之區域佈點，其中針對管線區建議以每 20 英尺(6 公尺)佈設一個採樣點方式進行調查，如圖 3.1-5。



圖 3.1-5 美國麻賽諸塞州地下儲槽關閉之污染調查採樣佈點規劃

(三) 美國田納西州

參考美國 Department of environmental and conservation division of underground storage tanks, Tennessee, UST System Closure Assessment Guidelines, 2000, 田納西州地下儲槽關閉評估指引, 其針對不同容量地下儲槽於現地關閉時之土壤採樣點數及位置建議如表 3.1-1 及圖 3.1-6 說明。

表 3.1-1 美國田納西州地下儲槽現地關閉時最少採樣點數

每個開挖區的總儲槽容量(公秉)	採樣點最少數量
小 (等) 於4.5	2
4.5 – 57	4
57 – 114	6
114 – 170	8
170 – 227	10

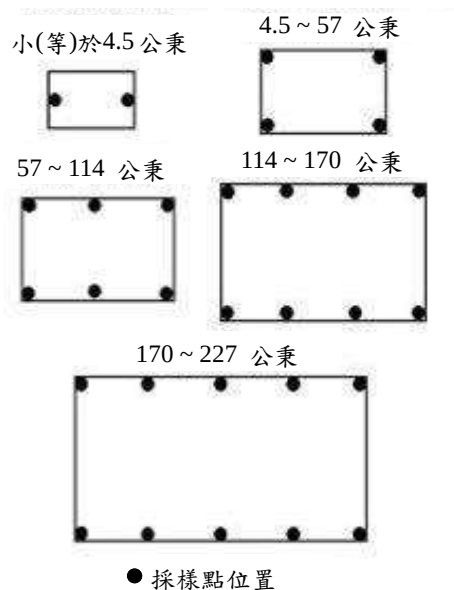


圖 3.1-6 美國田納西州針對地下儲槽關閉時建議之採樣位置

(四)美國賓州

參考美國賓州地上及地下儲槽關閉規定(Department of environmental protection, Pennsylvania, Closure Requirements for Underground Storage Tank Systems, 1998 及 Department of environmental protection, Pennsylvania, Closure Requirements for Aboveground Storage Tank Systems, 2002.)，係依據儲槽設施容量、大小與地下水位高低規定最少採樣點數；其中地上儲槽及地下儲槽系統個別應依表 3.1-2、表 3.1-3 之最少採樣點外，另規定輸油管及卸油口至少各採 1 點。

表 3.1-2 賓州地上儲槽系統最少採樣點數規定

單一地上儲槽大小 (直徑)，公尺	儲槽最少採樣 點數	每個傳送泵 卸油口	地上管線 (每個閥/接點)	地下管線 (每6公尺)
≤7.6	4	1	1	1
7.6~18.3	6	1	1	1
18.3~27.4	9	1	1	1

表 3.1-3 賓州地下儲槽系統最少採樣點數規定

項目	情境一 儲槽底部未接觸地下水		情境二 儲槽底部離地下水 60公分以內		情境三 儲槽底部與地下水接觸	
	土壤採樣 點 最少數量	地下水採 樣點 最少數量	土壤採樣 點 最少數量	地下水採 樣點 最少數量	土壤採樣 點 最少數量	地下水採 樣點 最少數量
每個開挖 區的總儲 槽容量 (公秉)						
≤3.8	2	—	2	2	4	4
3.8 ~ 75.7	3	—	3	3	6	6

3.2 調查深度

一、 土壤

因油品屬於 LNAPL 物質會浮在地下水位面，並隨著毛細現象殘留在毛細現象帶，在進行調查深度規劃時，必須留意場址豐枯水期之地下水位變化。土壤採樣深度原則上可分為「特定深度採樣」及「連續深度採樣」2 種類型，調查執行單位可視實際情形擇定之，說明如下：

(一)特定深度採樣

採特定深度方式取樣時，建議應視地下儲槽、管線埋設位置決定採樣深度，而採樣點宜規劃於管槽設施底部下方 1 公尺內，儘可能接近可能洩漏處附近，如圖 3.2-1 所示。以一般油品類儲槽系統場址儲槽與管線之分布位置與深度，儲槽管線區之採樣深度可在地面下 1~1.5 公尺，地下儲槽區之採樣深度則可在 3~4 公尺處左右。若該場址之污染改善措施包含管線或儲槽移除時，建議採樣深度應加深，必要時應採樣至土壤及地下水位面之交界處，以掌握地下水位毛細邊緣附近土壤之污染狀況。

(二)連續深度採樣

以適當長度為一段，進行全程連續取樣，直至地下水位面為(或油槽底部下方 1 公尺)止，採樣、選樣至樣品處理流程如圖 3.2-2 所示。若考量經費有限之情形下，可以 0.6~1.2 公尺為一段樣品，將各段兩端取出少量土壤(約 2 公分)之樣品置入夾鏈袋中，以 PID 或 FID 進行土壤氣體之篩試，並選取測值最高段之土壤樣品

進行分析。惟當每一段土壤樣品之測值均偏低時，則可直接採取土壤與地下水面交接處附近之土壤進行分析。使用時需注意 PID 與 FID 對不同的化合物的適用性，FID 以直鏈脂肪族為主而對芳香族(如 BTEX)較不敏感；PID 可偵測化合物則以芳香族為主，且部份脂肪族也可偵測。

此外，若全程連續取樣過程中發現某段土壤樣品明顯有油相存在時，應拍照存證，並得不經篩試動作，即直接將該段土壤樣品依規定封存後送樣分析。

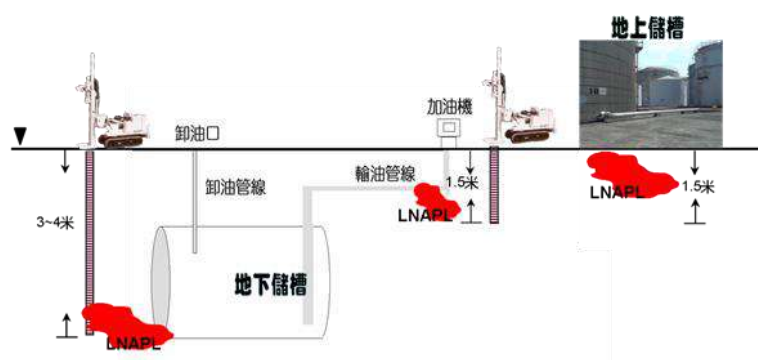


圖 3.2-1 油品污染特定深度採樣

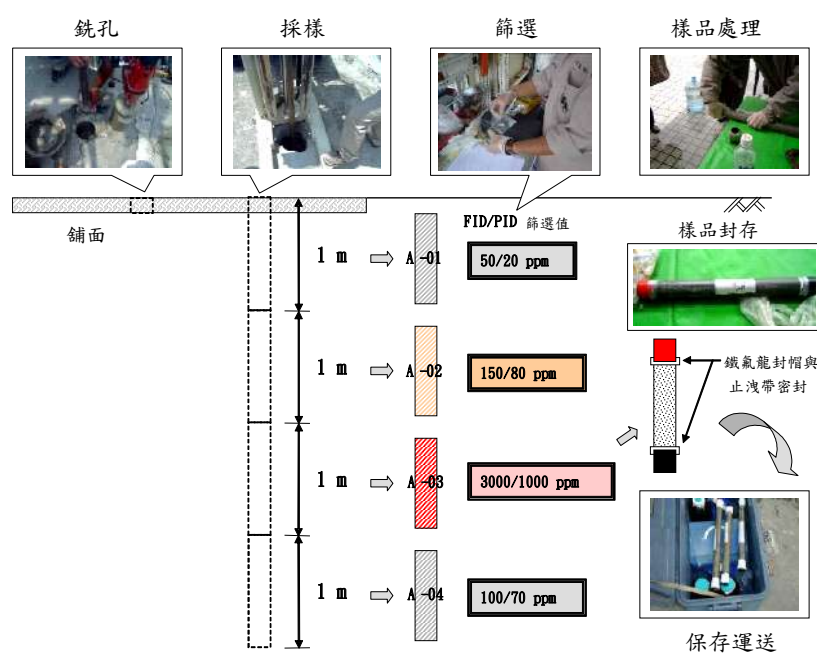


圖 3.2-2 油品污染連續採樣作業流程

二、地下水

地下水採樣深度，則因考量到油品類儲槽系統之污染物質大都屬於 LNAPL 性質，故地下水採樣位置以儘量靠近含水層之上緣為原則，如圖 3.2-3 所示。

此外，當場址存在 MTBE 污染時，應採用多深度開篩之監測井調查策略，以確實掌握污染團之擴散趨勢，如圖 3.2-4。其原因是因 MTBE 於地下水之流佈相對較 BTEX 為快，故可作為研判汽油洩漏可能污染邊界之指標污染物。此外，MTBE 較易往地下水深層擴散移動，在地表逕流或降雨補助充沛之地區，MTBE 污染團易產生所謂之“Diving Plume”現象(圖 3.2-5)。以 ITRC, 'Overview of Groundwater Remediation Technologies for MTBE and TBA. P.25, Feb.2005，特針對不同之監測井開篩位置及長度對於 MTBE 調查結果之影響分析。其結果顯示在情境 B(圖 3.2-6(b)，短開篩，且開篩區間接近 MTBE 最高濃度處)最能掌握污染物分佈狀況，而情境 A(圖 3.2-6(a))及情境 C(圖 3.2-6(c))則是開篩區間未能設置於污染物濃度最高處，且開篩長度較常產生濃度稀釋效應。

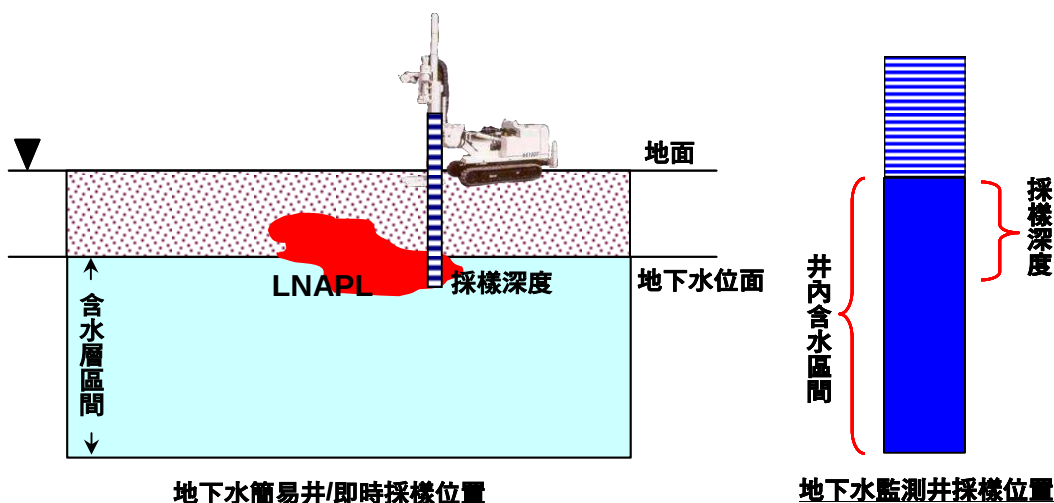


圖 3.2-3 油品污染地下水採樣深度示意圖

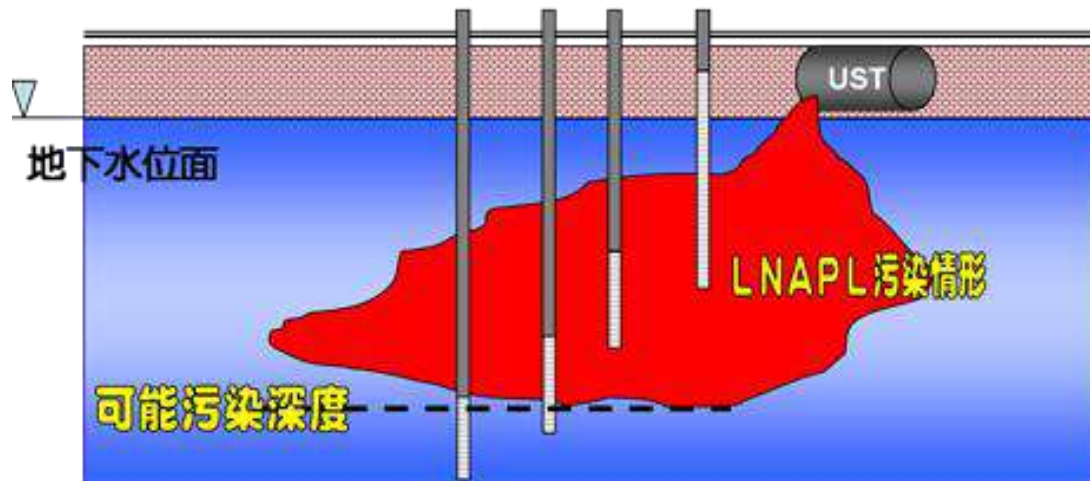


圖 3.2-4 利用多深度開篩位置進行油品污染地下水採樣

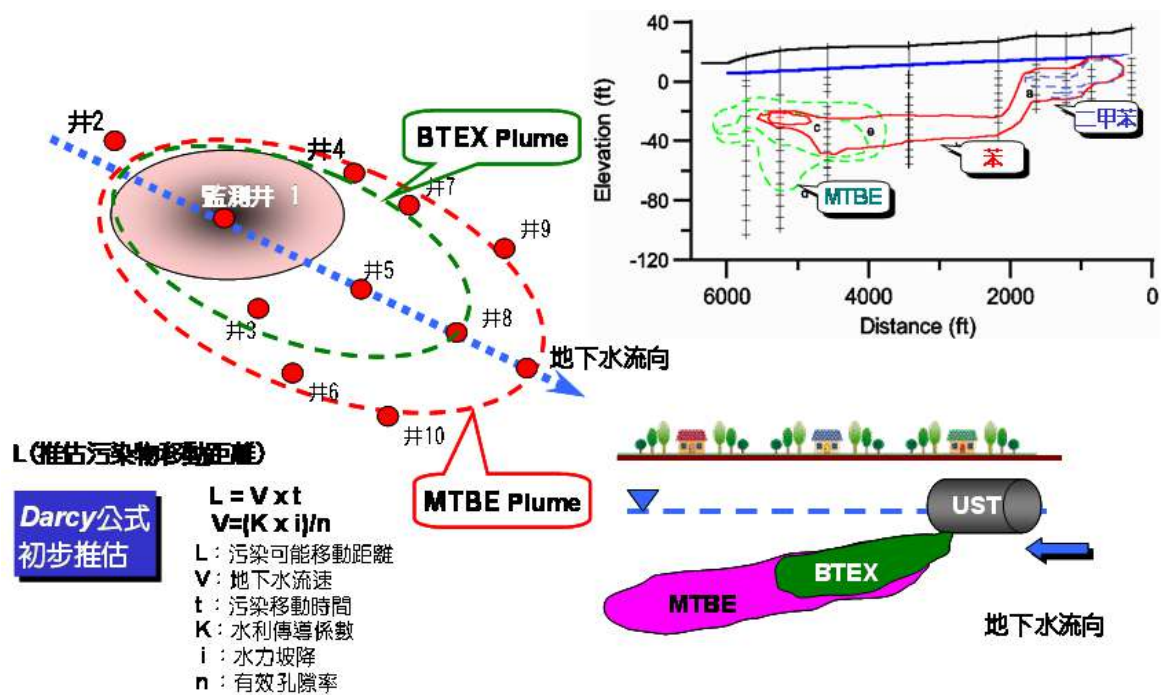
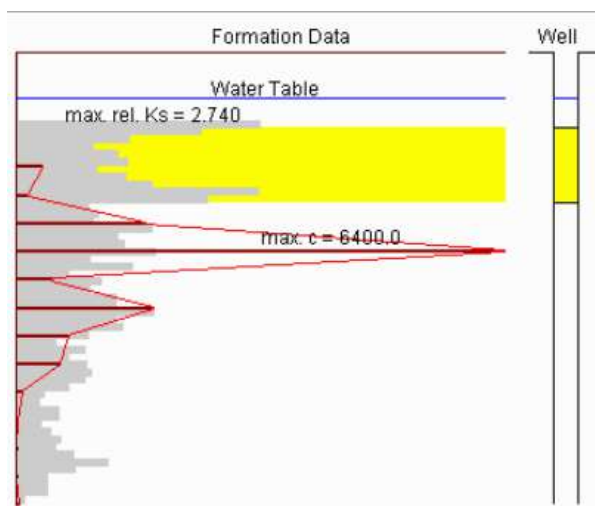
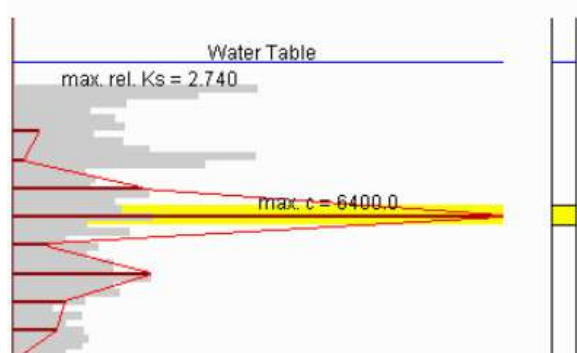


圖 3.2-5 MTBE 污染團產生之 Diving Plume 現象



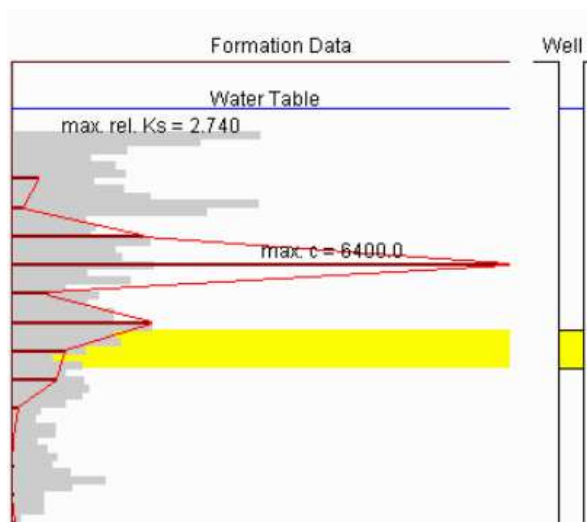
(a) 情境 A

井篩頂端深度 **6.096m**, 井篩長度 **6.096m**



(b) 情境 B

井篩頂端深度 **15.24m**，井篩長度 **1.524m**



(c) 情境 C

井篩頂端深度 **21.336m**，井篩長度 **3.048m**

註：

MTBE 最大濃度($6,400 \mu\text{g/L}$)位於右圖中曲線之最高點處
黃色區域顯示各情境開篩區間之監測範圍

圖 3.2-6 監測井開篩位置對地下水污染範圍推估影響(範例)

第四章 調查結果評估

本章茲根據現場土壤及地下水調查規劃與執行之結果，進行污染調查結果的說明，並可作為污染範圍及體積劃定的基本資訊。以下利用「土壤及地下水污染調查作業參考指引總則」所述之地下水污染傳輸模式，進行地下水污染物可能移動距離推估案例說明。

該案例場址之地下水中苯超過管制標準，推估之洩漏時間(t)為 20 年。場址之水力傳導係數(Hydraulic conductivity, K)為 $3 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 、水力坡降(i)為 $1/200$ 、有效孔隙率(n)為 0.25、土壤容積比重(ρ_b)為 2 g/mL 、土壤有機碳含量比例(f_{oc})為 0.0006。以下分別說明利用地下水流速作為污染物傳輸速度推估，及考量污染物傳輸特性之推估結果。

一、利用地下水流速作為污染物傳輸速度推估

以地下水流速作為推估基準，首要利用達西公式保守推估地下水流速(式 4-1)，並利用地下水流速及推估的洩漏時間，估計污染物可能移動的距離約為 378.4 公尺，如式 4-2。推估方式如圖 4-1 所示。

$$v = \frac{K \times i}{n} = \frac{3 \times 10^{-3} \times (1/200)}{0.25} = 6 \times 10^{-5} \text{ cm/s} = 18.92 \text{ m/year} \quad \text{式 4-1}$$

$$L = v \times t = 18.92 \text{ m/year} \times 20 \text{ year} \cong 378.4 \text{ m} \quad \text{式 4-2}$$

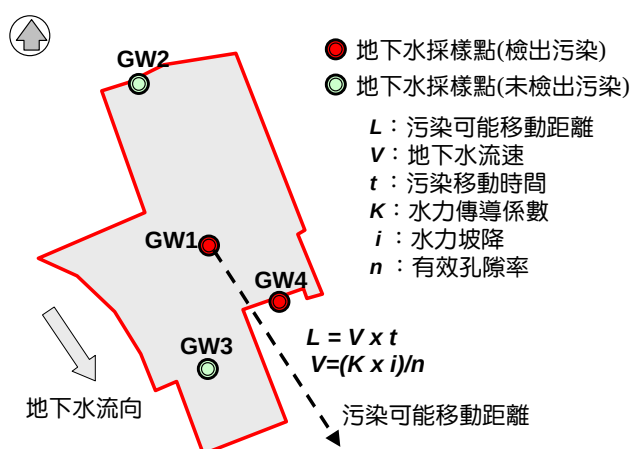


圖 4-1 以地下水流速推估污染傳輸距離案例

二、 考量污染物傳輸特性推估

考量污染物傳輸特性時，應事先取得污染物之 K_{OC} 值，經查表可知苯的 K_{OC} 為 83 mL/g，對於有機污染物而言，分配係數可利用式 4-3 推得 K_d 為 0.0498 mL/g，並利用式 4-4 求得遲滯係數(retardation factor)。而後，如同利用地下水流速作為污染物傳輸速度推估，以 K 、 i 、 n 進行地下水流速推估，不同的是多考慮了 R ，即為多將污染物傳輸特性納為考量(式 4-5)。最後，同式 4-2 公式，求得污染物可能移動距離約為 270.6 公尺(式 4-6)。推估邏輯及圖示如圖 4-2。

$$K_d = K_{oc} \times f_{oc} = 83 \text{ mL/g} \times 0.0006 = 0.0498 \text{ mL/g} \quad \text{式 4-3}$$

$$R = 1 + \frac{\rho_b}{n} \times K_d = 1 + \frac{2}{0.25} \times 0.0498 = 1.398 \quad \text{式 4-4}$$

$$v = \frac{K \times i}{n} \times \frac{1}{R} = \frac{3 \times 10^{-3} \times (1/200)}{0.25 \times 1.398} = 4.29 \times 10^{-5} \text{ cm/s} = 13.53 \text{ m/year} \quad \text{式 4-5}$$

$$L = v \times t = 13.53 \text{ m/year} \times 20 \text{ year} \cong 270.6 \text{ m} \quad \text{式 4-6}$$

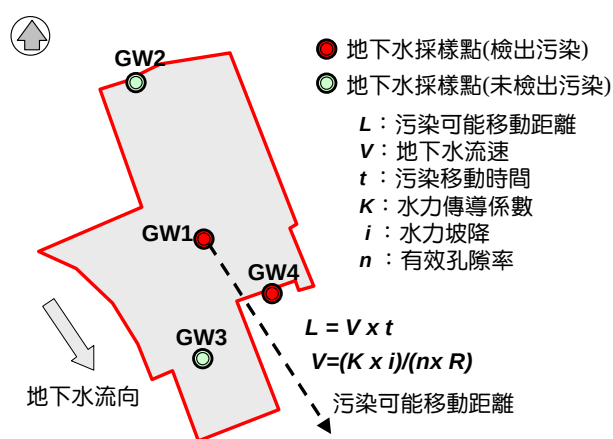
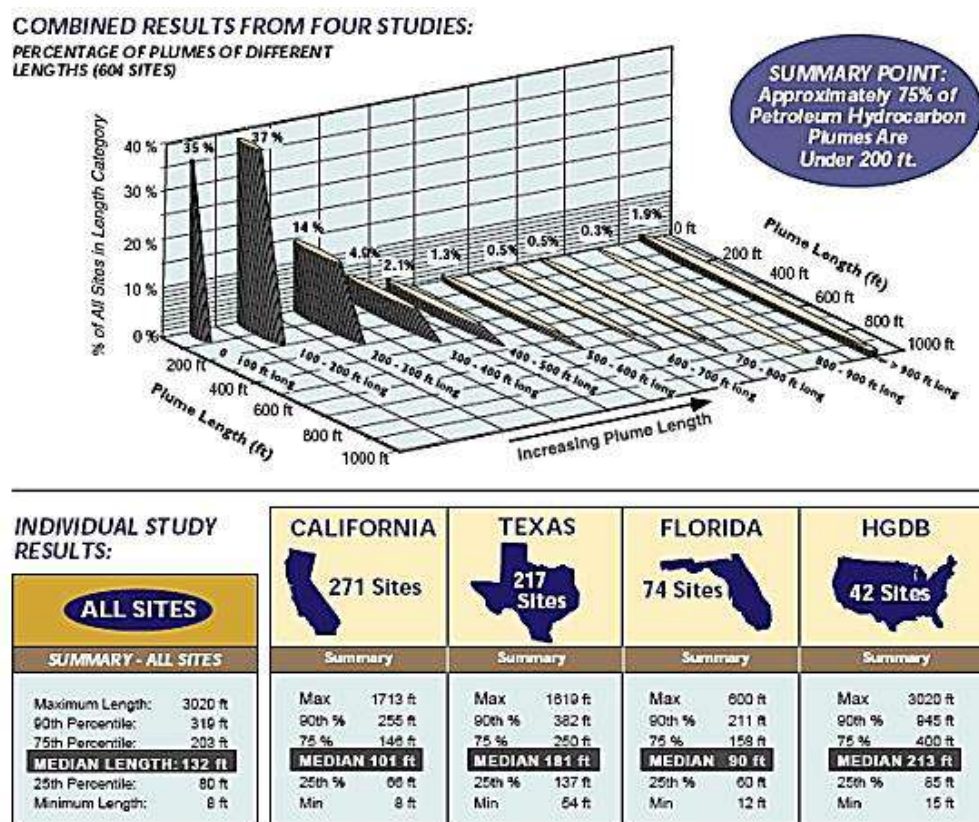


圖 4-2 考量污染物傳輸特性推估污染傳輸距離案例

本案例是否考量污染物傳輸特性結果相較，可發現利用達西公式推估之移動距離較為保守，在污染調查初期判定可能受污染範圍較廣。然而，無論何種推估方法，皆為初步調查評結果，應於後續工作規劃時，做更詳盡的調查比較確認污染範圍所在。

為協助評估調查人員了解污染物傳輸特性對於污染範圍判定之影響，以下列舉美國於污染傳輸之統計資料結果分析，說明 BTEX 污染物特性對於污染範圍調查之影響，作為各位評估人員應於實際評估作業時參考。美國依據美國石油協會(API)在 1998 年針對美國 604 個已歇業、無繼續洩漏來源，並進行污染控制中之油品洩漏地下儲槽場址(LUST)，進行地下水石油碳氫化合物污染團(Petroleum Hydrocarbon Plume)之傳輸距離統計結果如下(圖 4-3)。

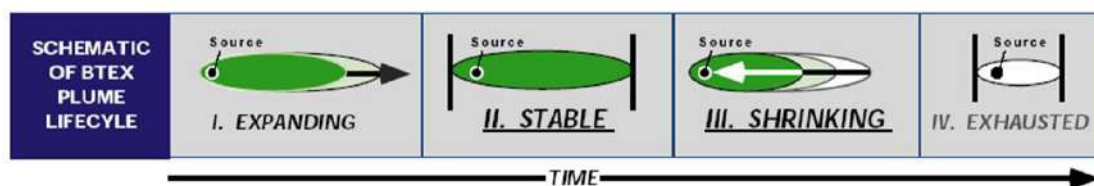
- 一、 75%的洩漏場址地下水中石油碳氫化合物移動距離在 200 ft(約 66 公尺)內。
- 二、 污染團最長距離(Maximum Length)：3,020 ft(約 1,000 公尺)。
- 三、 污染團中數距離(Median Length)：132 ft(約 40 公尺)。
- 四、 污染團最短距離(Minimum Length)：8 ft(約 2.4 公尺)。



資料來源：API, "Characteristics of dissolved petroleum hydrocarbon plums-Results from four studies", Dec.1998

圖 4-3 石油碳氫化合物污染團長度統計(API,1998)

造成上述現象之原因除統計場址已無繼續洩漏來源並進行控制中外，係 BTEX 污染物於自然環境中普遍存在生物降解(衰減)之情形。一般 BTEX Plume 之生命週期所圖 4-4 所示。在該文獻中提到多數 BTEX 地下水污染團在小於 200 英尺內者，從一開始的擴散逐漸達到穩定，污染團最終則將逐漸縮小甚至完全消失。



資料來源：API, "Characteristics of dissolved petroleum hydrocarbon plums-Results from four studies", Dec.1998

圖 4-4 一般 BTEX Plume 之生命週期

第五章 品保品管及工業安全衛生

土壤及地下水污染調查作業參考指引總則，已將現場採樣及檢測作業相關的品保品管規範進行一般性原則說明，本指引茲就執行油品類污染採樣或檢測應注意要項說明，並強調工業安全衛生執行的重要性。

5.1 品保品管作業

目前所有土壤及地下水採樣及分析，皆已有相關標準檢測方法得依循，各評估調查人員及檢測單位，皆應據此進行相關作業。於此條件下，本節另針對現場土壤及地下水採樣工作品保品管作業注意事項，說明如后。

一、土壤採樣作業注意要點

土壤採樣方法應根據本署公告之土壤採樣方法(NIEA S102.64B)執行，如有檢測方法更新則以最新訊息為準。採取之土壤樣品保存方式及注意要點如表 5.1-1 所示。

- (一) 進行油品類污染場址土壤採樣時，由於土壤中 VOC 極易揮發及逸散，因此採樣過程中應特別注意樣品之密封、避光及保存。
- (二) 各段樣品於快速篩測時之搓揉篩試方式應有一致性之作法，篩試同時亦不可忽略原盛裝土樣採樣襯管之避光及保存。
- (三) 切勿使樣品保存之襯管內留有空隙，以避免樣品於運送過程中因擾動造成 VOC 逸散現象。
- (四) 裝(送)樣時除不可使襯管內留有空隙外，襯管兩端應套上鐵氟龍封帽或內置鐵氟龍膜之塑膠封帽，並於封帽邊緣包裹纏繞鐵氟龍止洩帶或石蠟(paraffin)封口膜後標明上、下端及採樣深度，以確保樣品密封。
- (五) 進行篩試、剪除、密封動作時，應於避光之環境下進行(如室內、具遮陽設備之陰暗處)，避免受陽光曝曬後造成 VOC 揮發現象。
- (六) 如發現各段採樣襯管因礫石阻塞導致土壤無法進入襯管中及回收率不佳情形，應移孔採樣。

表 5.1-1 油品污染之土壤樣品保存方式及注意重點

檢測項目	樣品量 (重量： g)	採樣襯管	裝樣操作說明	保存方法
VOCs 〔苯、甲苯、乙基苯、二甲苯(鄰-二甲苯、間對-二甲苯)、氯乙烯、氯仿、1,2-二氯乙烷、順1,2-二氯乙烯、反1,2-二氯乙烯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、三氯乙烯、四氯化碳、四氯乙烯〕	125	金屬、鐵氟龍或PETG採樣襯管	將土壤採樣管回拔後，取出裝樣襯管依所需深度截取裁切適當樣品襯管長度後，兩端先以鐵氟龍薄膜片覆蓋，再蓋上塑膠蓋，最後以石蠟膜密封接口處，並註記上、下端及採樣深度。	4± 2℃ 冷藏
TPH(總石油碳氫化合物)				
SVOCs 〔3,3'-二氯聯苯胺、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、五氯酚、六氯苯〕	250	金屬、鐵氟龍或PETG採樣襯管	將土壤採樣管回拔後，取出裝樣襯管依所需深度截取裁切適當樣品襯管長度後，兩端先以鐵氟龍薄膜片覆蓋，再蓋上塑膠蓋，最後以石蠟膜密封接口處，並註記上、下端及採樣深度。	4± 2℃ 冷藏

二、 地下水採樣作業注意要點

地下水採樣方法應根據本署公告之監測井地下水採樣方法(NIEA W103.56B)執行，如有檢測方法更新則以最新訊息為準。採取之地下水樣品保存方式及注意要點如表 5.1-2 所示。

- (一)應測量監測井於洗井前之初始水位，並以清潔之貝勒管汲取井內滯留水觀察及照相。一旦發現有浮油相或油花時應特別註記及照相存證，並量測貝勒管或井內之浮油厚度，及依井蓋密封狀況、井蓋是否累積油漬及監測井位置研判是否為外界油品流入井中所致。
- (二)洗井應以低速進行，速率不得超過 2.5L/min(如採微洗井方式者，應採用可調整汲水速率之氣囊式泵浦，並將汲水速率穩定控制於 0.1 ~ 0.5 L/min)。
- (三)洗井過程中應持續量測汲出水的溫度、pH 值及導電度，並建議增加溶氧及還原氧化電位之量測。
- (四)如發現重大異常狀況(如溶氧測值異常偏高)應即刻停止地下水採

樣工作，並洽詢業者釐清。

- (五)洗井完成之標準為於洗井期間現場量測下列水質參數至少 5 次以上，直到最後連續 3 次符合各項參數之穩定標準為止。
- (六)如洗井後以泵浦進行 VOC 採樣，汲水速率應確實調降至 0.1 L/min 以下，避免因擾動造成 VOC 逸散。如以貝勒管進行 VOC 之採樣，採樣過程亦需緩慢上升及下降，勿造成擾動。
- (七)採樣器放置位置建議以井篩中段(當水位高於井篩頂部時)、井內水位之中點(當水位低於井篩頂部時)，並得視 LNAPL 污染物比水輕之特性，採樣位置盡量靠近含水層上緣。
- (八)如以貝勒管採樣，建議分裝水樣於棕色玻璃瓶中時，於考量分裝所需之足夠體積後，先放流部份水樣，所收集水樣以貝勒管中段以上，儘量靠近液面為原則。
- (九)採樣作業應於洗井後待井內水體回復穩態，即於 2 小時內進行。此外，為避免濁度干擾檢測結果，建議宜量測採樣時之濁度，並於採樣紀錄上註記，俾供日後分析研判數據使用。
- (十)不宜於完井後當天進行採樣；應於完井後一段時間(至少翌日)，再進行地下水採樣。
- (十一) 採樣過程中所使用之器具，均應確實進行除污動作，以避免於不同鑽孔或監測井進行採樣時，造成交叉污染。
- (十二) 除污後之廢污水或廢土應作適當之收集處理，不得任意漫流或棄置。

表 5.1-2 地下水樣品保存方式及注意重點

檢測項目	樣品量 (體積： mL)	樣品容 器	裝樣操作說明	保存方法
【VOCs】 苯、甲苯、萘、四 氯化碳、氯苯、氯 仿、氯甲烷、1,4- 二氯苯、1,1-二氯 乙烷、1,2-二氯乙 烷、1,1-二氯乙烯 、順1,2-二氯乙烯 、反1,2-二氯乙烯 、氯乙烯、三氯乙 烯、四氯乙烯	40x3	棕色玻 璃容器 (蓋附鐵 氟龍墊 片)	裝樣時不得以地下水先行潤 濕，並須將採樣瓶內水樣略溢 流(overflow)，但要避免將溶 解的抗壞血酸沖出。避免於裝 填水時有氣泡通過樣品或封 瓶時有氣泡滯留。加藥完畢以 鐵氟龍內襯朝下之瓶蓋密封 樣品瓶後，劇烈搖動 1 分鐘 ，倒轉樣品瓶，輕敲瓶壁，檢 查是否有氣泡。	裝樣至一半時，每 40 mL水樣加入兩滴 3 M 硫酸水溶液或1 ：1的鹽酸，使水樣 的 pH 值小於 2。 若水中有餘氯之干 擾時，裝樣時須添加 約 25 mg 抗壞血酸 。 採樣後之樣品須於4 ℃冷藏。
總 酚	1000	棕色玻 璃容器 (蓋附鐵 氟龍墊 片)	將採集水樣緩慢倒入1 L棕色 玻璃瓶內，於加入保存藥劑後 將蓋旋緊。	加硫酸使水樣pH<2 ，暗處4℃冷藏。

5.2 工業安全衛生管理

由於油品類儲槽系統設置區之環境可能存在高濃度之有機氣體，執行調查具有不確定之潛在危機，稍有不慎，即可能發生意外。為避免人員傷亡，針對參與調查作業之現場工作調查人員進行周詳之安全防護規劃，為調查工作之首要原則。因此，評估調查人員應根據「土壤及地下水污染調查作業參考指引總則」所述之工業安全衛生管理原則，研擬油品污染場址調查之管理對策。

5.3 緊急應變

緊急應變計畫措施研擬，須根據「危險性工作場所審查暨檢查辦法-附件四」緊急應變計畫規範，至少必須包含以下內容：

一、緊急應變運作流程與組織

(一) 應變組織架構與權責

(二) 緊急應變控制中心位置與設施

(三) 緊急應變運作流程與說明

二、緊急應變設備之置備與外援單位之聯繫

三、緊急應變演練計畫與演練記錄(演練模擬一般及最嚴重危害之狀況)

四、緊急應變計畫之修正。

第六章國內污染調查案例解析

為讓使用者瞭解國內污染調查情況，本指引挑選污染事實確認及污染範圍劃定之案例說明於后。

6.1 污染事實確認

在污染事實確認工作，如土壤及地下水污染調查參考指引總則第二章流程所述。首先，進行場址環境評估，審閱相關背景資料、現場勘查及人員訪談，進行污染潛勢的評估。如有污染之虞者，則進行下一步的污染調查規劃以確定污染事實。各階段工作成果說明如下。

一、場址環境評估

(一) 背景資料蒐集

環保局於民國 94 年 6 月 1 日接獲民眾陳情，指稱東北加油站附近之排水溝傳出油味，毗鄰該加油站之建築工地抽取地下水時，亦發現有油味傳出，該局遂依土污法第 7 條規定，於接獲陳情當日即派員前往該站進行現勘。

本指引彙整該場址之背景資料彙整於表 6.1-1，包含場址使用沿革、平面配置、周圍土地利用、水文地質、環境敏感區。

(二) 現場勘查與人員訪談

現勘過程中除針對該加油站站長、工讀生及鄰近建築工地之工作人員進行訪談外，亦利用攜帶式 PID 對場址內 14 支測漏管進行油氣檢測，並調閱其相關營運工作日誌及監測紀錄。本次污染潛勢評估查核結果如表 6.1-2 所示。以下針對資料審閱、現場勘查及人員訪談中，發現之異常情形說明如下。

表 6.1-1 東北加油站背景資料

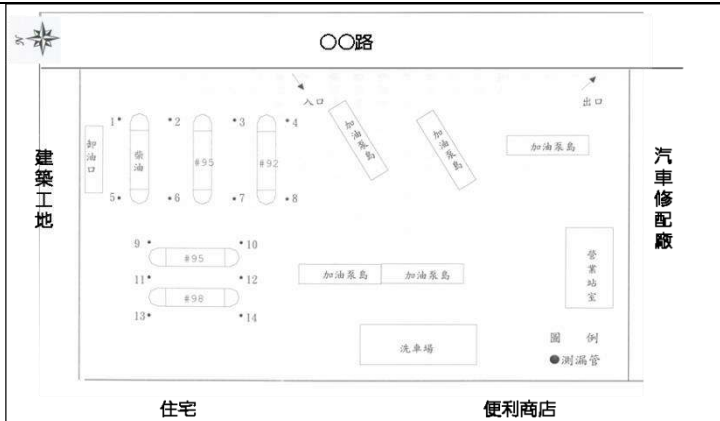
項目	場址資料說明
使用沿革	▶ 東北加油站係由甲公司於民國86年興建及營運，並使用A公司所供應之油品，自民國92年8月起改由東北加油站股份有限公司承接營運迄今，並改使用B公司所供應之油品。
平面配置	 ▶ 92無鉛汽油油槽1個(容量50公秉)；95無鉛汽油油槽2個(容量50公秉)；98無鉛汽油油槽1個(容量50公秉)；高級柴油油槽1個(容量50公秉)，總計5個地下油槽。 ▶ 5座加油泵島(每座配置4支加油槍)。 ▶ 14支測漏管(均於油槽區，未涵蓋管線及泵島區)。 ▶ 抽取地下水作為洗車用水。 ▶ 油槽區未設置相關二次阻隔防護設施。
周圍土地利用	 ▶ 周圍300~500公尺多分布零星工廠，並夾雜商店及住家民宅屬工商混合區。
水文地質	▶ 區域地質多為粉土質壤土及砂土
地下水使用	▶ 場址周圍之地下水使用情形不明，往東南方約900公尺為大漢溪。 ▶ 地下水位約在地表下3公尺左右，區域地下水流向為由北向南(或偏西南)方向。
環境敏感區	▶ 本區域非屬飲用水水源水質保護區

表 6.1-2 東北加油站洩漏污染潛勢評估查核表

類別	項次	查核項目	查核結果
A	環境背景資料	A1 地下水位是否於地面下3米內	☒ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚
		A2 場址地質是否屬砂質類地層	☒ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚
		A3 水力傳導係數(K值)是否大於 10^{-3} m/s	☐ 是 ☐ 否 ☒ 不清楚
		A4 以往調查結果是否曾發現污染情形	以往未曾進行調查
B	設施設置狀況	B1 地下儲槽設施是否有二次阻隔防護措施	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		B2 地下管線是否屬壓力式管線	☐ 是 ☐ 否 ☒ 不清楚
		B3 現場是否有污染改善設備(如SVE)	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		B4 現場是否曾有污染改善(如換土)或管線更新之地坪切割痕跡	☒ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚
		B5 卸油泵島下是否有設置盛油盤	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		B6 測漏管分布數量是否涵蓋所有可能洩漏區域(如油槽區、管線區、泵島區)	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		B7 測漏管之功能是否正常(無法開啟、透氣度 >500 mmHg(惟地下水位距地表 ≤ 2 公尺地區之判斷標準為 150 mmHg)、有效監測深度小於 50 公分者)	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		B8 油槽陰井、人孔或監測井內是否有積水或浮油	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		B9 排水溝內積水或底泥是否有浮油或油污之痕跡	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		B10 現場是否有停用或廢棄之油槽或管線	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		B11 管槽之陰極防蝕電位是否小於 -850 mV	☐ 是 ☐ 否 ☒ 不清楚
C	營運管理及監測紀錄	C1 工作日誌或工安紀錄是否有洩漏污染事件紀錄	☒ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚
		C2 總量管制資料是否正常(盈虧量絕對值大於油槽儲量之 $1\%+500$ 公升)	☐ 是 ☐ 否 ☒ 不清楚
		C3 密閉測試結果是否正常(當地下油槽密閉測試壓力為 $3-5$ psig維持 1 小時以上有壓降情形；或管線密閉測試壓力至少 50 psig或 1.5 倍操作壓力，維持 1 小時以上有明顯壓降)	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		C4 土壤氣體(測漏管)監測結果是否正常(爆炸下限值百分比(%LEL)大於 25% 、PID大於 500 ppmV)	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		C5 統計式存量分析(SIR)測試結果是否有"FAIL"紀錄	☐ 是 ☐ 否 ☒ 不清楚
		C6 油槽自動液面計測漏結果是否正常(所使用之自動量油計，需具有最小測漏精度達每小時 0.2 加侖以上之能力)	☐ 是 ☐ 否 ☒ 不清楚
D	即時檢測結果	D1 土壤氣體(測漏管)檢測結果是否正常(如有浮油或油花、PID大於 500 ppmV、LEL大於 25% 等)	☒ 是 ☐ 否 ☐ 不清楚
		D2 地下水井或監測井汲水觀測是否有浮油或油花	☐ 是 ☒ 否 ☐ 不清楚
		D3 SVE尾氣量測結果是否偏高	未設置SVE

1. 資料審閱異常

東北加油站之營運工作日誌記載該站於94年3月間曾發生高級柴油卸油溢滿之情形，惟溢出油量及事後處理方式並未作詳細記載，詢問該站人員亦未獲知具體結果。

2. 現場勘查異常

經調閱東北加油站於93年8月間所作之密閉測試紀錄，發現95輸油管線有洩漏情形，隨即更換該條管線，如圖6.1-1(a)。此外在本次污染調查過程中，利用攜帶式PID進行該站所設置之14支測漏管中，有6支無法開啟，所餘8支中有1支有阻塞情形，顯示半數以上之測漏管無法達到監測預警功能。並在檢測過程中，發現編號5號測漏管之抽氣後PID測值高達6,500ppmV，經檢視發現管內疑似有浮油情形，如圖6.1-1(b)所示。此結果似與上述油罐車卸油溢滿情形相關。此外，編號11號測漏管之抽氣後PID測值亦有偏高現象(700ppmV)。

3. 人員訪談異常

此次訪談異常有三項，第一項為經訪談鄰近工地工作人員，得知自94年5月初起，該工地所抽出之地下水即嗅出輕微油味，而現勘人員亦確認此情形。第二項，靠加油站北側之排水溝內亦確有輕微油味傳出。最後一項，經檢視該站加油泵島下之盛油盤設置情形，發現靠近出口端之加油泵島，外觀上明顯較為老舊，下方亦未設置盛油盤，現場並有濃厚油氣傳出，其餘尚屬正常。

(三) 污染潛勢判定

針對東北加油站進行資料審閱、現勘訪談及現場即時檢測結果，發現其於「油槽區」、「管線區」及「泵島區」均具極高之污染潛勢，且場址外亦疑似有遭受污染情形。

初步研判場址內之土壤及地下水均有遭受污染之虞，且污染情形亦可能已擴散至場址外之建築工地，應儘速進行採樣查證。



(a) 95 輸油管線更換

(b) 測漏管測值偏高

圖 6.1-1 東北加油站現場勘查異常

二、 污染調查規劃

依據上述污染潛勢評估結果，對東北加油站採取「主觀判斷佈點」方式之採樣佈點規劃示意如圖 6.1-2。由於該場址之污染潛勢極高，因此擬採用本署公告之標準土壤及地下水採樣及分析方法進行污染事實確認。土壤及地下水採樣位置、方法、深度及檢測分析，彙整如表 6.1-3 及表 6.1-4。

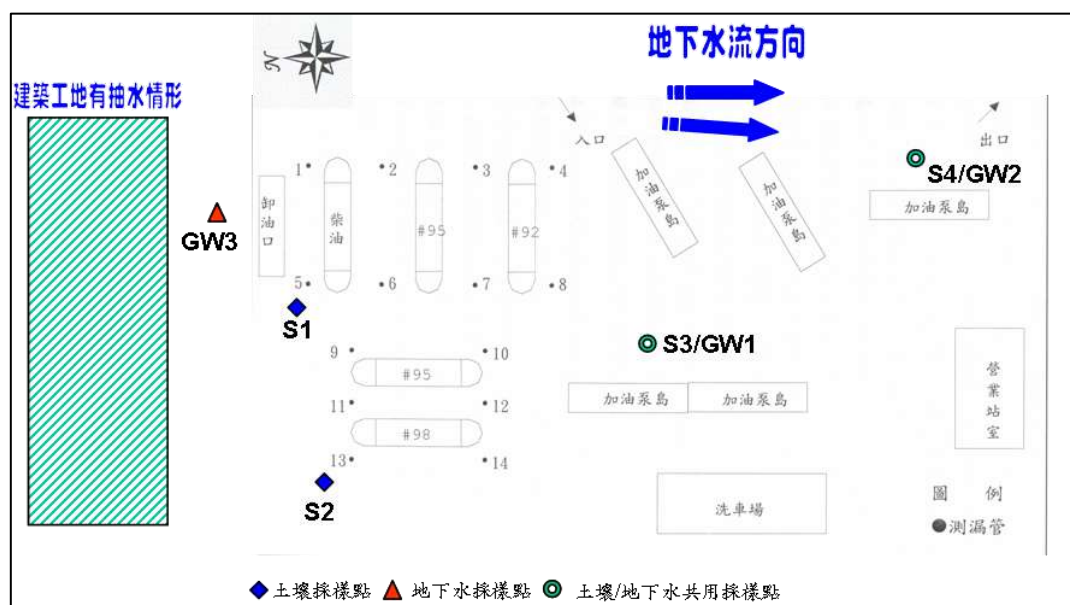


圖 6.1-2 東北加油站採樣佈點規劃示意圖

表 6.1-3 東北加油站土壤採樣規劃

類別		土壤採樣規劃
採樣位置	S1	高污染潛勢區(油槽區)：鄰近該點測漏管之PID測值極高，且內發現疑有浮油，爰採樣查證土壤是否遭受污染
	S2	高污染潛勢區(油槽區)：鄰近該點測漏管之PID測值偏高，爰採樣查證土壤是否遭受污染
	S3	高污染潛勢區(管線區)：該區域附近曾發生管線洩漏情形，爰採樣查證土壤是否遭受污染
	S4	高污染潛勢區(泵島區)：鄰近該點之泵島下方未設置盛油盤，爰採樣查證土壤是否遭受污染
採樣方式		土壤採樣將依據土壤採樣方法(NIEA S102.64B)規定，以Geoprobe乾式鑽機，採直接貫入(Direct Push)雙套管採樣工法進行全程採樣，每50公分以PID進行分段土壤氣體篩試，取測值最高段送樣分析。
採樣深度		該場址地下水位較高(地表下3公尺內)，採樣深度將採至土壤及地下水水位交界處為止。
檢測分析項目及方法	苯	土壤、底泥及廢棄物中揮發性有機物檢測方法—氣相層析質譜儀法 (NIEA M711.04C)
	甲苯	
	乙苯	
	二甲苯	
	總石油碳氫化合物(TPH)	土壤中總石油碳氫化合物檢測方法—氣相層析儀/火焰離子化偵測器法 (NIEA S703.62B)

表 6.1-4 東北加油站地下水採樣規劃

類別		地下水採樣規劃
採樣位置	GW1	高污染潛勢區(管線區)：該場址之地下水位較高，且該點位於場址內地下水可能流向下方，爰配合土壤採樣，併同查證地下水是否遭受污染
	GW2	高污染潛勢區(泵島區)：該場址之地下水位較高，且該點鄰近場址內地下水可能流向下方之周界，爰配合土壤採樣，併同查證地下水是否遭受污染
	GW3	該點雖位於場址外圍及地下水可能流向上游，惟污染情形可能受到建築工地之抽水情形牽引，且該處亦為民眾陳情位置，爰查證地下水是否遭受污染
採樣方式		地下水採樣將依據本署公告之「地下水水質監測井設置作業原則 (環署土字第1020112290號)」設置標準監測井後，依據監測井地下水採樣方法(NIEA W103.56B)進行。
採樣深度		該場址地下水位位於地表下3公尺內，考量LNAPL污染物分佈特性，採樣深度將儘量接近地下水水位面。
檢測分析項目及方法	苯	▶ 水質檢測方法總則 (NIEA W102.51C)
	甲苯	▶ 水中揮發性有機化合物檢測方法—吹氣捕捉/氣相層析質譜儀法 (NIEA W785.57B)
	萘	
	總酚	▶ 水質檢測方法總則 (NIEA W102.51C) ▶ 水中總酚檢測方法—分光光度計法 (NIEA W521.52A)

三、 污染事實確認

該場址內土壤中之苯、TPH 及地下水中之苯等項目之檢測結果均達土壤及地下水污染管制標準(表 6.1-5)，場址污染情況如圖 6.1-3。

表 6.1-5 東北加油站土壤及地下水檢測數據

類別	樣品編號	採樣深度 m	檢測分析結果						
			苯	甲苯	乙苯	二甲苯	TPH	萘	總酚
土壤	S1	1-2	57	10.5	3.6	4.5	12000	---	---
	S2	1-2	1.05	2.98	0.125	1.24	23.6	---	---
	S3	1-2	ND	ND	ND	ND	5.84	---	---
	S4	1-2	36	89.9	76.2	125	9800	---	---
	土壤污染管制標準 (mg/ kg)		5	500	250	500	1000	---	---
地下水	GW1		0.112	0.0236	---	---	---	0.0123	0.0025
	GW2		0.108	0.025	---	---	---		0.019
	GW3		0.159	0.078	---	---	---	0.0112	0.017
	地下水污染管制標準 (mg/L)		0.05	10	---	---	---	0.4	0.140

註：紅底表示超過管制標準

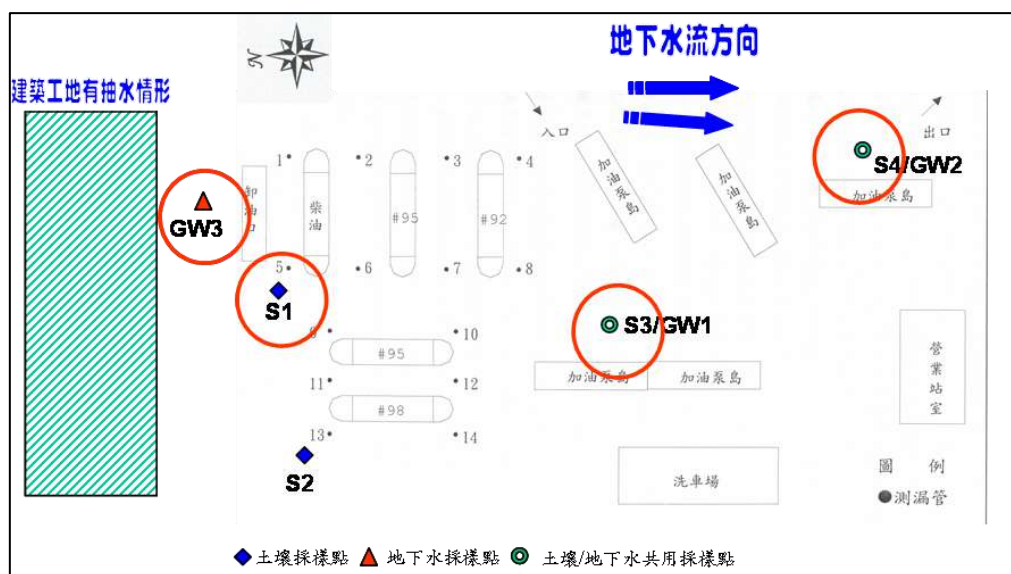


圖 6.1-3 東北加油站污染情況

四、 後續管理工作建議

(一) 該場址依據本署公告之土壤、地下水標準採樣分析方法執行污染調查，結果顯示土壤中苯、TPH 及地下水中苯等污染物項目之濃度均達土壤及地下水污染管制標準。基下列理由，建議應根據

土壤及地下水污染場址初步評估暨處理等級評定辦法，進行場址初步評估，以判定是否公告為土壤及地下水污染控制場址或整治場址。

1. 進行現勘調查評估時發現該場址半數測漏管均喪失監測功能，顯示該場址日常監測預警措施及對場址內既設監測設備之維護並未落實。
2. 該場址除地下水位較高，鄰近地區亦有河川經過，且地層狀況亦有部份屬污染傳輸較快之砂層，地下水污染情形若未立即採取控制措施，恐有進一步擴散之虞。
3. 該場址土壤及地下水均已遭受污染，且地下水污染情形已擴散至場外，恐無法在短時間內，依土污法第七條規定命業者限期改善完成。

(二)應命業者於 1 個月內完成所有油槽及管線之密閉測試，如發現有洩漏情形，應即採行阻斷措施。

(三)應命業者立即暫停抽取地下水作為洗車用水來源，避免地下水污染情形擴散。

(四)應協調北側建築工地，暫停抽取地下水作業。

(五)環保機關應進一步調查場址周圍 300~500 公尺內居民及環境遭受危害之風險，必要時應於公告控制場址階段即劃定污染管制區，並依土污法相關規定進行緊急應變及管制。

6.2 污染範圍調查

某東北加油站經 6.1 節確認污染事實後，延續污染範圍調查工作。在進行污染範圍調查前，必須先深入瞭解場址背景資，接著著手污染調查規劃，確定污染範圍，各階段工作分別說明於后。

一、 背景資料確認

(一) 縣市環保局歷史調查紀錄

該縣市環保局於本站之調查採樣位置如圖 6.2-1 所示，共採集 3 點土壤樣品，並設置 1 口標準式監測井進行採樣。其調查結果如表 6.2-1，顯示 S2 之土壤，及 S3 之土壤及地下水中苯之污染物濃度均已達土壤、地下水污染管制標準。

(二) 場址歷史洩漏紀錄

民國 94 年 7 月 3 日，東北加油站進行油槽及管線密閉測試，結果顯示 2 條 95 輸油管線有洩漏情形，隨即進行更換工程，如圖 6.2-2 所示。

二、 污染調查規劃

(一) 補充水文地質調查

再依據 MIP 分析結果，進行土壤及地下水採樣，以確認污染物濃度及深度。此外，除該縣市環保局設置之監測井外，亦於場址周界增設 2 口標準監測井，除將長期監測外，亦將施作微水試驗，以求得水力傳導係數 K。



圖 6.2-1 東北加油站歷史污染調查位置



圖 6.2-2 東北加油站輸油管線洩漏更換位置圖

表 6.2-1 東北加油站土壤及地下水歷史調查結果

類別	樣品編號	採樣深度 m	檢測分析結果						
			苯	甲苯	乙苯	二甲苯	TPH	萘	總酚
土壤	S1	1-2	ND	10.5	3.6	4.5	279	---	---
	S2	1-2	68	2.98	0.125	1.24	23.6	---	---
	S3	1-2	57	ND	ND	ND	5.84	---	---
	土壤污染管制標準 (mg/ kg)		5	500	250	500	1000	---	---
地下水	GW1		0.112	0.0236	---	---	---	0.0123	0.0025
	地下水污染管制標準 (mg/L)		0.05	10	---	---	---	0.4	0.140

註：紅底表示超過管制標準

(二) 污染範圍調查

以 MIP(薄膜界面探測器)之現地有機物分析方式，於東北加油站內規劃 20 個採樣點，調查污染範圍如圖 6.2-3。東北加油站地下水水位於地表下 3 公尺內，考量 LNAPL 污染物分佈傳輸特性，採樣深度初步規劃於 6 公尺內。

再依據 MIP 分析結果，進行土壤及地下水採樣，以確認污染物濃度及深度。此外，除原設置之監測井外，亦於場址周界增設 2 口標準監測井，除將長期監測外，亦將施作微水試驗，以求得水力傳導係數 K。

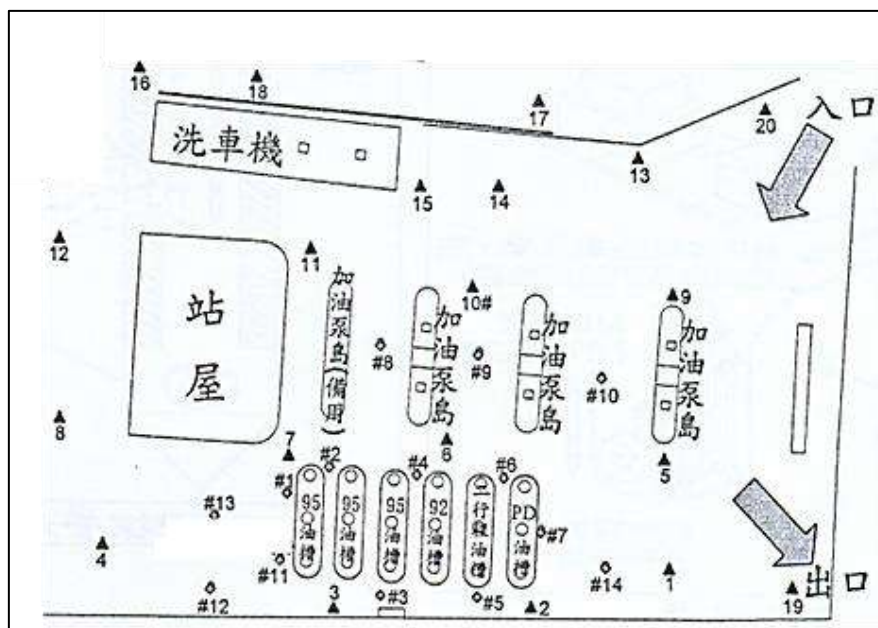


圖 6.2-3 東北加油站污染範圍調查示意圖

三、 確認污染範圍

(一) 補充水文地質調查

地下水文地質補充調查結果，如圖 6.2-4 所示，說明如下。

1. 除環保局設置之標準監測井(GW1)外，東北加油站亦增設 2 口標準監測井(GW2 及 GW3)，經由絕對水位高程之水位量測結果，推估流向為由北偏向西南方向流動，與區域性流向相符。

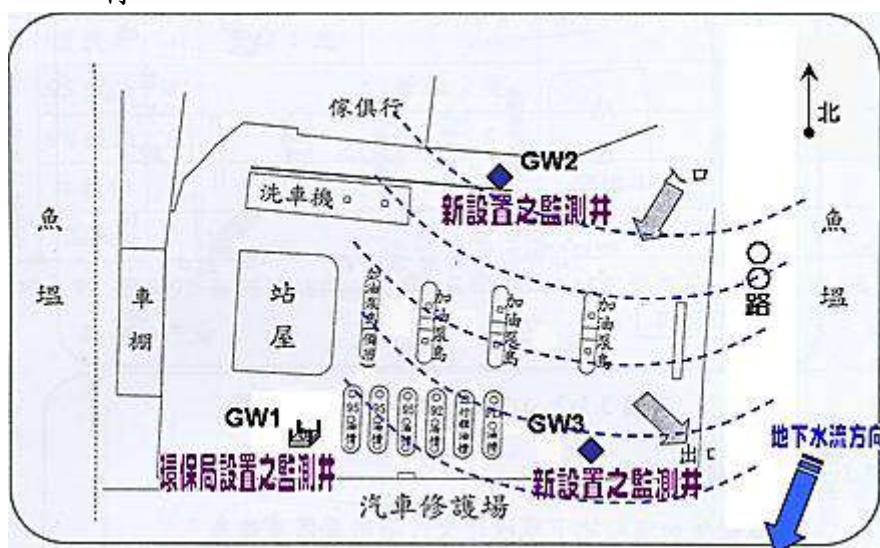


圖 6.2-4 東北加油站補充水文地質調查結果

2. 上述 3 口監測井之井深均為 7 公尺，開篩區間為 1~7 公尺，設井完成後之地下水位量測結果約為井頂下 2.8 公尺。土壤地層狀況自鋪面下至 2 公尺為粉土夾細砂，2~6 公尺為中砂偶夾粗砂之地層，6~7 公尺為粉土質黏土偶夾細砂。於 GW1~GW3 施作微水試驗後測得之水力傳導係數 K 分別為 $5.5 \times 10^{-4} \text{m/s}$ 、 $3.9 \times 10^{-4} \text{m/s}$ 、 $2.4 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ，透水係數佳，與砂質之地層特性相吻合。

(二) 土壤及地下水污染調查

本次污染範圍調查先由 MIP 進行初步高濃度污染區判定，再進行土壤及地下水採樣調查，成果分別說明如下。

1. MIP 調查結果

由 MIP 調查結果如圖 6.2-5，第 2 加油泵島北側至洗車機間為主要污染區域，此污染情形應為前述加油泵島管線洩漏所造成，且須注意污染團可能因洗車機抽水效應之影響，逐漸往洗車機方向移動。

場址內最靠西側之 95 油槽外，環保局設置之監測井曾經調查確認地下水遭受污染，而該處 3.5 公尺附近之 MIP 調查結果，亦呈現高濃度趨勢，由於此深度恰為一般油槽埋設之深度，建議應再針對該油槽進行密閉測試。

2. 土壤及地下水污染調查結果

為確認污染範圍，本加油站場址共再進行 3 口標準監測井採樣(GW1~GW3)、4 點土壤採樣(S1~S4)及 5 點地下水即時採樣(GDP1~GDP5)，配置圖如圖 6.2-6。其中，GDP5 採樣點規劃於場址地下水流下游外圍之汽車修護場空地，瞭解污染是否擴散。

調查結果如表 6.2-2 顯示，本署所設之監測井(GW1)仍達污染管制標準；位於曾發生管線洩漏區域之 2 點土壤(S1~S2)亦達到土壤污管制標準。5 點地下水即時採樣中 GDP1~GDP3 亦有達管制標準情形，GDP5 採並未發現任何污染物濃度。

(三) 污染範圍推估

污染範圍調查結果如圖 6.2-7，主要為土壤及地下水苯超過管

制標準。造成本加油站污染之原因應為管線洩漏所導致，亦由於本場址地下水位較高(約地面下 2.8 公尺)，導致污染情形已擴散至地下水，污染深度約達地面下 6 公尺。此外，由於加油站內之洗車機大量抽取地下水，導致污染團逐漸朝洗車機方向移動，而下方次要污染區之污染情形雖尚未擴散至場址外，惟其位於地下水流向下游，應立即進行污染控制，避免進一步擴大。

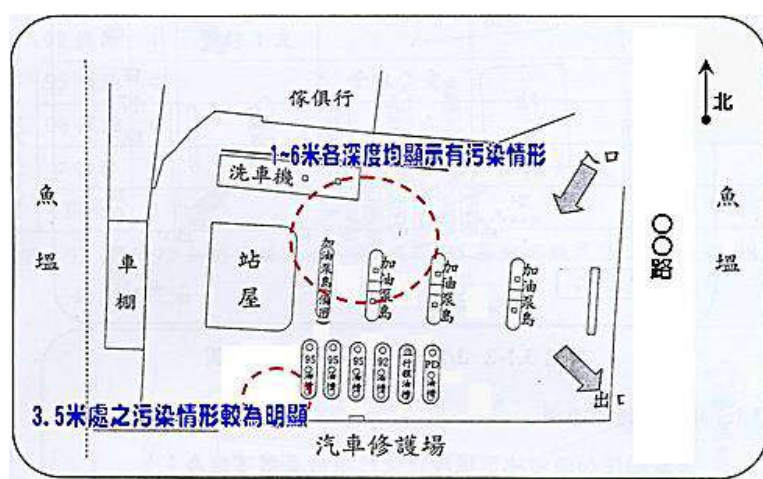


圖 6.2-5 東北加油站 MIP 調查結果

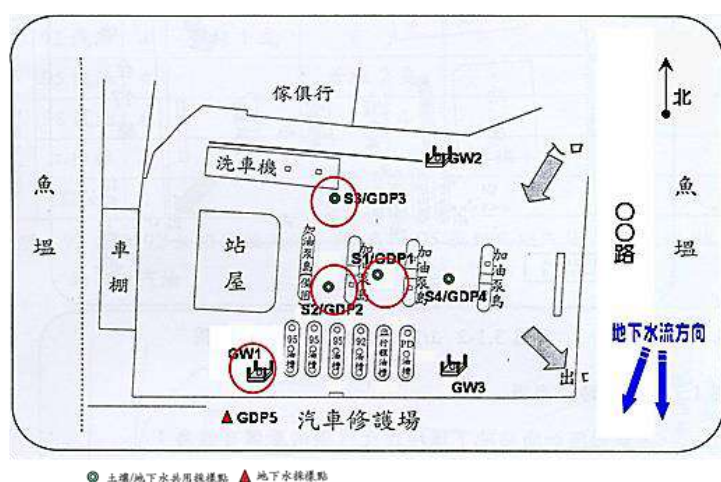


圖 6.2-6 東北加油站土壤及地下水污染範圍補充調查結果

表 6.2-2 東北加油站土壤及地下水補充調查結果

類別	樣品編號	採樣深度 m	檢測分析結果						
			苯	甲苯	乙苯	二甲苯	TPH	萘	總酚
土壤	S1	1-2	72	10.5	3.6	4.5	279	---	---
	S2	1-2	59	2.98	0.125	1.24	23.6	---	---
	S3	1-2	12	ND	ND	ND	5.84	---	---
	S4	1-2	0.09	ND	ND	ND	5.84	---	---
	土壤污染管制標準 (mg/kg)		5	500	250	500	1000	---	---
地下水	GW1		0.117	0.00228	---	---	---	0.0129	0.0025
	GW2		0.009	0.0234	---	---	---	0.009	0.0011
	GW3		ND	0.0118	---	---	---	0.005	0.00089
	GDP1		0.12	0.76	---	---	---	0.019	0.0057
	GDP2		0.125	1.45	---	---	---	0.094	0.072
	GDP3		0.132	3.2	---	---	---	0.043	0.0098
	GDP4		ND	0.77	---	---	---	0.0023	0.0032
	GDP5		0.0009	0.74	---	---	---	0.029	0.0087
	地下水污染管制標準 (mg/L)		0.05	10	---	---	---	0.4	0.140

註：紅底表示超過管制標準

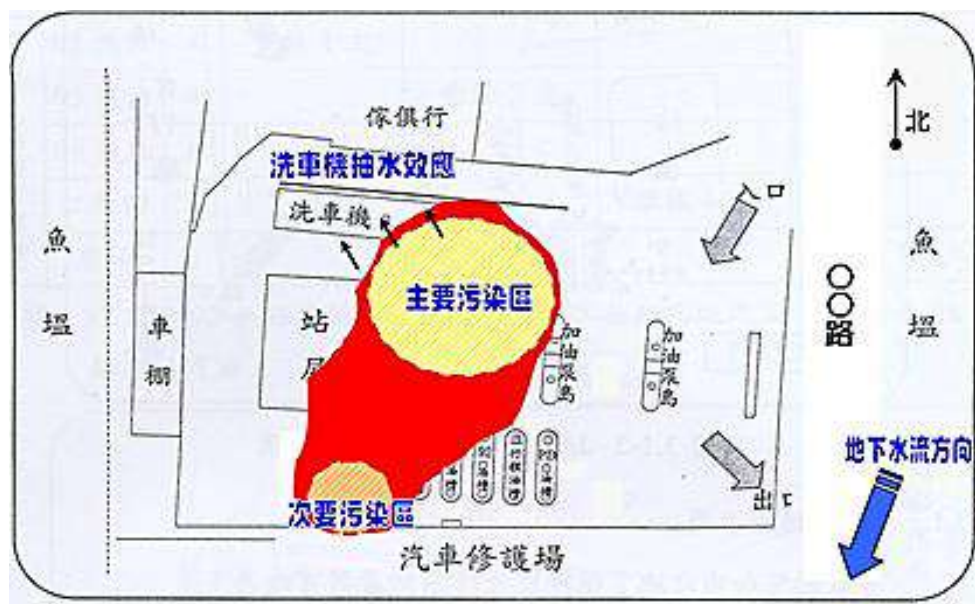


圖 6.2-7 東北加油站污染範圍調查結果

參考文獻

1. API, “Characteristics of Dissolved Petroleum Hydrocarbon Plums-Results from Four Studies”, Dec.1998.
2. Commonwealth of Massachusetts, USA, 1996, “Underground Storage Tank Closure Assessment Manual”.
3. Department of environmental and conservation division of underground storage tanks, Tennessee, USA, 2000, “UST System Closure Assessment Guidelines”.
4. Department of environmental protection , Pennsylvania, Closure Requirements for Aboveground Storage Tank Systems, 2002.
5. Department of environmental protection , Pennsylvania, Closure Requirements for Underground Storage Tank Systems, 1998.
6. Guidelines for Assessing and Managing Petroleum Hydrocarbon Contaminated Sites in New Zealand,1999.
7. Han et al., 2006, “Radon distribution in groundwater of Taiwan”, Hydrogeology Journal 14:173-179..
8. ITRC(2005) Overview of Groundwater Remediation Technologies for MTBE and TBA. P.25, Feb.2005
9. Jim van cura (2014) 10 Reasons To Buy A Diesel Automobile , <http://www.livgeek.com/rants/10-reasons-to-buy-a-diesel-automobile>
10. 台塑石化股份有限公司產品規範 (2014), <http://www.fpcc.com.tw/tc/>
11. 台灣中油油品行銷事業部 (2015), <http://new.cpc.com.tw/division/mb/>
12. 石油分餾及其主要產物的用途 (2010) , <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=14199>
13. 行政院勞工委員會，危險性工作場所審查暨檢查辦法，行政院勞工委員會 101 年 7 月 13 日勞檢 5 字第 1010150753 號令，2012

14. 行政院環境保護署，土壤及地下水污染調查作業參考指引總則，EPA-25-III-05B-2015-001，2015
15. 行政院環境保護署，土壤及地下水污染整治法，中華民國 99 年 2 月 3 日總統華總一義字第 09900024211 號，2010
16. 行政院環境保護署，土壤污染評估調查及檢測作業管理辦法
17. 行政院環境保護署，中北部地區十年以上加油站及大型儲槽潛在污染源調查計畫。民國 93 年 10 月。
18. 行政院環境保護署，全國十年以上加油站及大型儲槽潛在污染源調查計畫(乙)。民國 92 年 12 月。
19. 行政院環境保護署，地下儲槽系統土壤氣體監測標準作業程序，中華民國 95 年 10 月 18 日環署土字第 0950082897B 號
20. 行政院環境保護署，地下儲槽系統地下水監測標準作業程序，中華民國 95 年 10 月 18 日環署土字第 0950082897B 號
21. 行政院環境保護署，地下儲槽系統防止污染地下水體設施及監測設備設置管理辦法，中華民國 100 年 1 月 14 日行政院環境保護署環署土字第 1000003701 號令修正，2011
22. 行政院環境保護署，油品類儲槽系統污染範圍調查作業指引，2006
23. 行政院環境保護署，油品類儲槽系統污染調查及查證參考作業手冊，2006
24. 行政院環境保護署，油品類儲槽系統快速場址調查及評估技術參考手冊，2006
25. 行政院環境保護署，環境檢驗所，土壤採樣方法，NIEA S102.63B(中華民國 104 年 2 月 2 日環署檢字第 1040009426 號)，2015。
26. 行政院環境保護署，環境檢驗所，地下儲槽系統管線密閉測試檢測方法—氮氣加壓測漏法，NIEA M202.11C(中華民國 101 年 7 月 5 日環署檢字第 1010057193 號)
27. 行政院環境保護署，環境檢驗所，地下儲槽密閉測試檢測方法—氮氣

- 加壓測漏法，NIEA M201.11C(中華民國 101 年 7 月 6 日環署檢字第 1010057224 號)
28. 行政院環境保護署，環境檢驗所，監測井地下水採樣方法，NIEA W103.54B(中華民國 99 年 5 月 14 日環署檢字第 0990041320 號)，2010。
29. 郭明錦(2006)，示蹤技術監測儲氣窖附近斷層活動及儲氣之應用與研究
30. 楊成宗、郭中屏，油氣雙燃料車－LPG 引擎(2010), ISBN: 9789572175712