目錄

目錄 I
圖目次 III
表目次 V
第一章 前言 1-1
1.1 撰寫的目的 1-1
1.2 適用範圍與限制 1-1
1.3 手冊內容 1-2
第二章 土壤及地下水污染整治法及相關法規 2-1
2.1 土壤及地下水污染整治法及相關法規簡介 2-1
2.2 土污法對土壤及地下水污染之認定及判斷 2-5
2.3 土污法對土壤及地下水污染場址的管制 2-7
第三章 軍事場址土壤及地下水污染調查評估及整治作業流程 3-1
第四章 軍事場址特性概述 4-1
4.1 油料儲存與供油設施 4-1
4.2 保修/發動機維修廠 4-3
4.3 廢油/廢溶劑儲存設施 4-4
4.4 兵工廠 4-5
4.5 彈藥處理廠與銷毀廠 4-6
4.6 靶場與炸射演訓場 4-7
第五章 污染潛勢評估作業 5-1
5.1 資料蒐集審閱 5-4
5.2 人員訪談 5-9
5.3 場址勘查 5-18
第六章 污染調查作業 6-1
6.1 土壤及地下水污染調查規劃 6-1

6.1.1 污染潛勢調查 6-4
6.1.2 細密調查及污染範圍調查.....6-7
6.2 土壤及地下水調查及採樣方法 6-11
6.1.3 土壤及地下水污染調查方法選用指引 6-29
6.3 概念場址模型建立 6-35
第七章 緊急應變與整治技術選取 7-1
7.1 土壤及地下水污染緊急應變 7-1
7.1.1 應變時機 7-1
7.1.2 應變流程 7-2
7.1.3 應變措施 7-3
7.2 整治技術選取策略 7-6
7.3 常見整治技術 7-8
7.3.1 土壤氣體抽除法(Soil Vapor Extraction, SVE).....7-8
7.3.2 空氣注入法(Air Sparging, AS).....7-11
7.3.3 生物堆法/土耕法(Biopiles/Landfarming).....7-14
7.3.4 現地化學氧化法(In-Situ Chemical Oxidation).....7-18
7.3.5 地下水抽出處理法(Pump &Treat).....7-21
7.3.6 監測式自然衰減法(Monitored Natural Attenuation) 7-23
第八章 污染預防與污染場址管理 8-1
8.1 污染預防措施 8-1
8.2 污染場址管理 8-1
8.3 廢止撥用之土地品質自主檢測 8-6
第九章 國外軍事污染場址案例研析.....9-1
9.1 Joliet Army Ammunition Plant.....9-1
9.2 Tooele Army Depot.....9-6
參考文獻
附件一 土壤及地下水污染整治法及相關法規

圖目錄

圖 2.1-1 土壤及地下水污染整治法整體架構 2-2
圖 2.2-1 土壤及地下水污染場址認定及列管方式 2-5
圖 2.3-1 污染場址之整體管制流程 2-10
圖 2.3-2 應變必要措施執行時間點 2-10
圖 2.3-3 初步評估辦法處理等級評定作業流程 2-15
圖 3-1 國各類型場址調查及整治流程比較圖 3-2
圖 3-2 事場址土壤及地下水污染調查評估及整治作業流程 3-4
圖 6.1-1 場址土壤及地下水污染調查流程 6-2
圖 6.1.2-1 網格法採樣佈點規劃流程 6-9
圖 6.1.2-3 地下水污染範圍調查概要圖 6-10
圖 6.2.2-1 土壤污染潛勢調查現場工作流程圖 6-11
圖 6.2.2-2 地下水污染潛勢調查現場工作流程圖 6-21
圖 6.2.2-3 地下水定深度採樣 SP16 設備圖 6-26
圖 6.2.2-4 SP16 操作步驟 6-27
圖 6.3-1 軍事營區概念場址模型示意圖 6-36
圖 6.3-2 污染關聯圖範例 6-37
圖 7.1-1 國軍土壤及地下水污染緊急應變流程 7-4
圖 7.3-1 土壤氣體抽除系統示意圖 7-10
圖 7.3-2 空氣注入法系統示意圖 7-12
圖 7.3-3 生物堆法系統示意圖 7-16
圖 7.3-4 土耕法系統示意圖 7-16
圖 7.3-5 監控(測)式自然衰減法生物作用差異性示意圖 7-25
圖 8.3-1 軍事用地廢止撥用之土地品質確認流程 8-7
圖 9.1-1 場址火藥廠外觀、原料使用及生產情形 9-2
圖 9.1-2 開挖及生物堆法處理情形 9-4

圖 9.1-3 開挖及生物堆法處理流程 9-4
圖 9.2-1 SWMU 10 位置分布圖 9-6
圖 9.2-2 開挖及生物添加營養鹽處理情形 9-8
圖 9.2-3 TNT 及 RDX 處理結果 9-8

表目錄

表 1-1 軍事場址土壤及地下水污染調查評估及整治技術手冊綱要 1-2
表 2.1-1 土污法內容大綱 2-2
表 2.3-1 土壤、地下水污染管制區內之管制作為 2-16
表 5-1 土壤及地下水污染相關技術參考手冊及指引一覽表 5-2
表 5.1-1 軍事營區場址資料蒐集內容及來源一覽表-運作情形 5-5
表 5.1-2 軍事營區場址資料蒐集內容及來源一覽表-營區環境 5-6
表 5.1-3 軍事營區場址資料蒐集內容及來源一覽表-水文地質 5-7
表 5.1-4 原物料及廢棄物之物化性質及毒理資料來源 5-8
表 5.2-1 卷調查表範例 5-12
表 5.3-1 事營區污染樣態及可能污染物 5-19
表 6.1-1 不同目地之土壤及地下水污染調查工作特性 6-3
表 6.1.1-1 軍事場址作業類型調查重點彙整表 6-6
表 6.2.2-1 土壤間隙氣體採樣及檢測工作內容及流程 6-14
表 6.2.2-2 直接貫入式土壤採樣流程說明 6-16
表 6.2.2-3 土壤手動採樣流程說明 6-18
表 6.2.2-4 環檢所公告之土壤篩測方法 6-20
表 6.2.2-5 地下水標準監測井設置流程說明 6-22
表 6.2.2-6 地下水採樣方法適用性比較表 6-25
表 6.1.2-7 其他土壤及地下水污染調查適用之採樣方法 6-28
表 6.1.3-1 土壤污染調查技術之適用範圍及注意事項 6-29
表 6.1.3-1 土壤污染調查技術之適用範圍及注意事項 6-30
表 6.1.3-1 土壤污染調查技術之適用範圍及注意事項 6-31
表 6.1.3-2 地下水污染調查技術之適用範圍及注意事項 6-32
表 6.1.3-3 英國環保署軍事場址調查方式建議彙整表 6-33
表 7.1-2 國軍土壤及地下水污染緊急應變紀錄表 7-5

表 7.3-1 軍事場址常見整治技術一覽表 7-9
表 7.3-2 土壤氣體抽除法優缺點比較表 7-11
表 7.3-3 部分適用空氣注入法之揮發性有機污染物之特性.....7-13
表 7.3-4 空氣注入法優缺點比較表 7-13
表 7.3-5 生物堆法優缺點比較表.....7-17
表 7.3-6 土耕法優缺點比較表 7-17
表 7.3-7 現地化學氧化法優缺點比較表 7-20
表 7.3-8 下水抽出處理法優缺點比較表 7-22
表 7.3-8 下水抽出處理法優缺點比較表 7-26
表 8.1-1 事場址之土壤及地下水污染預防及監測措施.....8-2
表 8.2-1 壤及地下水污染場址之管理重點 8-3
表 9.1-1 火炸藥物質名稱對照表.....9-3
表 9.1-2 JOAAP 污染整治結果.....9-5
表 9.2-1 SWMU 10 污染整治結果.....9-9

第一章　前言

1.1 撰寫的目的

國內軍事營區數量眾多，且涵蓋的作業類型複雜，包含軍用油槽、加油站、港口、機場、保修廠、靶場及兵工廠等。環保署自 95 年起，陸續辦理各項軍事場址調查計畫，已針對各類型高污染風險的軍事營區進行調查，發現國內軍事場址確實存在油品、重金屬、揮發性有機物、火炸藥類物質土壤或地下水污染，其產生的污染物種類多元，在調查上相當具有挑戰性。為提供軍事場址土壤及地下水污染調查及整治之執行規範，透過歷年調查計畫累積的經驗及成果，蒐集及參酌國內、外應用於軍事場址土壤及地下水污染調查及整治技術與案例，彙整編撰「軍事場址土壤及地下水污染調查評估及整治技術手冊」(以下簡稱本手冊)，以提供軍事管理單位執行相關業務時之參考依據。

1.2 適用範圍與限制

1. 本手冊設定之使用對象為軍事管理單位。
2. 本手冊內容不代表環保署任何政策或法規的制定方向，也不作為任何法規相關解讀與論證之用。
3. 本手冊提供軍事管理單位執行場址污染調查及整治時，針對軍事場址所進行之初步篩試調查及查證作業、污染範圍調查作業、污染改善作業，以及驗證作業之參考作法。
4. 本手冊所有內容均以科學與技術層面的解釋為出發點，並著重實務進行場址污染調查與評估工作；現場土壤及地下水採樣、監測井設置、或實驗室檢測分析皆應依環檢所公告之標準方法執行，本手冊不提供各項方法之技術說明，以及相關儀器之操作步驟。

5. 本手冊使用者於實際執行軍事場址污染調查(整治)作業時，所採取之執行方式、採樣佈點位置、數量及分析項目等，各場址應依各場址實際狀況彈性調整，並依執行單位之專業判斷評估規劃，或由各環保機關之專案推動小組定奪，本手冊中並不做強制規範。

1.3 手冊內容

本手冊主要有九個章節，有關各章節內容大綱如表 1-1 所示。

表 1-1 軍事場址土壤及地下水污染調查評估及整治技術手冊綱要

章節	章節內容綱要	內容說明
第一章 前言	1.1 撰寫目的 1.2 適用範圍與限制 1.3 手冊內容	1.手冊撰寫目的 2.瞭解本手冊各項陳述、說明及各項規定與限制
第二章 土壤及地下水污染整治相關法規概述	2.1 土壤及地下水污染整治法及相關法規簡介 2.2 土污法對土壤及地下水污染之認定及判斷 2.3 土污法對土壤及地下水污染場址的管制	針對國內土壤及地下水污染整治法及其他相關法規進行說明
第三章 軍事場址土壤及地下水污染調查評估及整治作業流程	—	針對軍事場址之土壤及地下水調查評估及整治作業之架構及流程作一簡要說明，詳細之執行原則或方法則詳述於第四~七章
第四章 軍事場址場特性概述	4.1 油料儲存與供油設施 4.2 保修/發動機維修廠 4.3 廢油/廢溶劑儲存設施 4.4 兵工廠 4.5 彈藥處理廠與銷毀廠 4.6 靶場與炸射演訓場	本章針對不同軍事場址可能造成的土壤地下水污染做特性概述

表 1-1 軍事場址土壤及地下水污染調查評估及整治技術手冊綱要(續)

章節	章節內容綱要	內容說明
第五章 污染潛勢評估作業	5.1 資料蒐集審閱 5.2 人員訪談 5.3 場址勘查	分階段說明如何評估軍事場址污染潛勢作業，包括蒐集場址基本資料、環境現況及歷史運作資料等。
第六章 污染範圍調查作業	6.1 土壤及地下水污染調查規劃 6.2 土壤及地下水調查及採樣方法 6.3 概念場址模型建立	說明污染範圍調查作業之執行原則
第七章 緊急應變與整治技術選取	7.1 土壤及地下水污染緊急應變 7.2 整治技術選取策略 7.3 常見整治技術	1.說明發現污染後可採取之緊急應變措施 2.針對常見的污染整治技術做介紹，再引導軍方策略性選取適當之整治技術
第八章 污染預防與污染場址管理	8.1 污染預防措施 8.2 污染場址管理 8.3 廢止撥用之土地品質自主檢測	1.說明如何善盡污染場址之管理責任，以免造成二次污染或危害官士兵之健康 2.根據工作團隊過往之執行經驗，歸納整理軍事場址土壤及地下水污染之防治對策 3.依據國有不動產撥用要點第 18 點或土污法 8、9 條精神，說明土地停止撥用前需具備土壤及地下水相關資料
第九章 國外軍事污染場址案例研析	9.1 Joliet Army Ammunition Plant, JOAAP 9.2 Tooele Army Depot	針對國內外軍事污染場址整治案例進行探討，應用於後續發現之軍事污染場址。

第二章　土壤及地下水污染整治法及相關法規

軍事營區發現土壤及地下水污染後，各營區業管人員除了要立即進行緊急應變措施，隔絕可能污染源，並辦理後續土壤及地下水污染整治工作外，同時須面對環保機關對污染場址管制之相關行政程序及罰則。因此各營區之業管人員須對土壤及地下水污染整治法、相關子法及行政程序有一定程度之瞭解，以利軍事營區土壤及地下水整治工作之推動。

本章節簡介土壤及地下水污染整治法及相關法規主要內容及概念，並說明一般土壤及地下水污染場址管制規定及相關行政程序，幫助各營區業管人員在因應環保機關管制行政程序，擬定整治工作之工程進度、查核點及相關報告提送日期。

本手冊另提供土壤及地下水污染整治法、土壤及地下水污染整治法施行細則、土壤污染監測標準、土壤污染管制標準、地下水污染監測標準與地下水污染管制標準等相關法規(詳附件一)，以供各官、士、兵參考。

2.1 土壤及地下水污染整治法及相關法規簡介

土壤及地下水整治法(以下簡稱土污法)於民國 89 年 2 月公佈，歷經 2 次修正，共分為 8 章 57 條，各章之重點如表 2.1-1，其整體架構如圖 2.1-1，說明如下：

(一) 法規精神

從法規名稱來看「土壤及地下水污染整治法」與其他環保法令，如「水污染防治法」、「空氣污染防治法」、「廢棄物清理法」等以管制污染排放之目的之法規有明顯之差異，土污法主要著重在於

表 2.1-1 土污法內容大綱

章節	內容重點
第一章　總則	用詞定義及各級主管機關主管事項
第二章　防治措施	定期檢測、查證與應變必要措施、土壤污染評估調查及檢測資料提送、技師簽證
第三章　調查評估措施	污染查證、場址公告列管、場址調查與控制
第四章　管制措施	應變必要措施、管制區劃定與限制、禁止處分登記
第五章　整治復育措施	整治計畫提送、整治目標研訂、解除列管
第六章　財務及責任	整治基金成立、徵收來源、用途
第七章　罰則	違反本法處分規定
第八章　附則	連帶損害賠償、溯及既往等其他規定

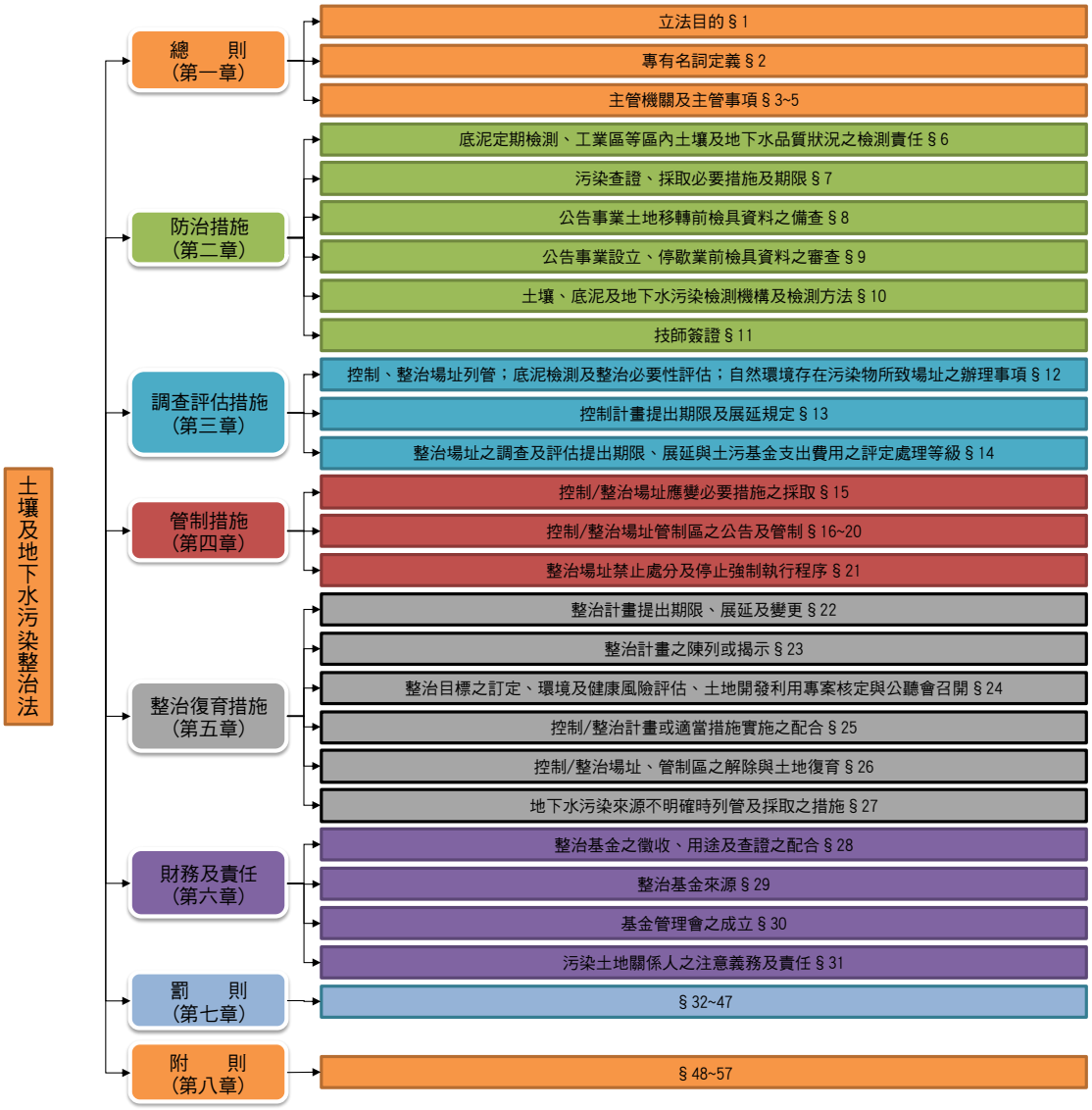


圖 2.1-1 土壤及地下水污染整治法整體架構

土壤地下水發生污染後之清理、改善與整治，並就其他環保法令在土地污染預防上所欠缺之部分加以補強，其整體立法設計理念可歸納下列幾點：

(1) 以污染整治為主要立法目的，避免與其他環保法規產生執行上的重複或競合問題。

(2) 環境標準採雙門檻制度，針對污染程度差異，採不同管制措施

(3) 擴大整治基金來源，強化整治財務來源，基金用途明確規範

(4) 以土地永續利用為整治最終目標，場址管理與整治程序彈性化

(5) 污染責任主體包括污染行為人、潛在污染責任人及加重污染土地關係人責任人。

(二) 土壤及地下水污染整治法施行細則簡介

土污法於 89 年 2 月 2 日公布施行，土壤及地下水污染整治法施行細則配合於 90 年 10 月 17 日發布施行。配合土污法修正內容於 99 年 2 月 3 日公布施行，環保署於土污法修正公布後即擬具「土壤及地下水污染整治法施行細則」修正草案，以配合土污法相關規定進行修訂，並於 99 年 12 月 31 日修正發布，全文共 29 條，主要重點如下：

(1) 主管機關責任

因土壤、地下水相關檢測、監測、查證、檢查及查核等工作，多由各級環保機關人員會同委辦計畫之執行單位人員進行。由於業務繁重，造成環保機關人員負荷過重，復考量本法執行多年以來，相關查證作業之執行程序已臻完備，為提高工作效率，爰依行政程序法第 15 條及第 16 條規定，訂定各級主管機關得委任、委託之事項。(第 4 條)

(2) 場址管制規定

1. 因應污染改善及整治作業實務上有許多採用污染土壤離場

處理方式，為加強離場土壤流向之控管，確保污染土壤妥善處理，訂定採行土壤離場處理者應提報之資料。(第 5 條、第 14 條及第 20 條)

2. 為釐清土污法第 7 條第 7 項得不公告為控制場址與土污法第 12 條第 2 項應公告為控制場址之適用關係，訂定相關規範內容，依土污法第 7 條第 5 項採取應變必要措施時，應先研判，如該情況無法於第 7 條第 6 項所定之執行期限內減輕而低於管制標準時，應即依本法第 12 條第 2 項辦理污染控制場址公告相關事項；倘非屬前揭情形，於符合第 7 條第 7 項規定時，得不公告為控制場址。本法第七條第 7 項得不公告為控制場址與土污法第 12 條第 2 項應公告為控制場址之適用關係。(第 6 條)

3. 依據土污法之立法原意，經營者若為具有獨立法人格之公司或法人，其變更係指工商廠場(事業)變更「經營主體」，不包括其負責人、代表人或股東之變更；倘經營者為獨資、合夥之商號，因其無獨立之法人格，故合夥人之一變動，即屬經營主體變更，為避免誤解，訂定變更經營者之範圍，僅限經營事業之主體發生異動之情形。(第 7 條)

4. 配合土污法第 15 條有關應變必要措施之內容，訂定直轄市、縣(市)主管機關得命污染行為人停止作為、停業或停工之情形。(第 17 條)

(3) 責任釐清

1. 配合土污法條文，明訂地下水污染來源明確之判斷或確認方式。(第 8 條)

2. 為使直轄市、縣(市)主管機關於依本法第十三條第二項規定採取適當措施之內容有所依循；另鑑於該適當措施支出之費

用，尚涉及後續依本法第四十三條第一項規定，向污染行為人或潛在污染責任人求償之範圍，訂定直轄市、縣(市)主管機關採取適當措施之內容。(第 13 條)

3. 配合土污法第 40 條及第 41 條有關污染行為人應接受環境教育講習之規定，訂定污染行為人為非自然人時，由有代表權之人參加法規及環境教育講習。(第 27 條)

2.2 土污法對土壤及地下水污染之認定及判斷

面對土壤及地下水污染發生後，各營區業管人員最關心的問題為「我的營區是否有土壤及地下水污染，污染有多嚴重」，而判斷土壤、地下水是否受到污染，主要依據環保署公告之土壤及地下水污染監測基準及管制標準進行研判，土壤及地下水污染監測標準及管制標準詳附件，依採樣調查結果可分為以下 3 種情形，如圖 2.2-1 所示，說明如下：

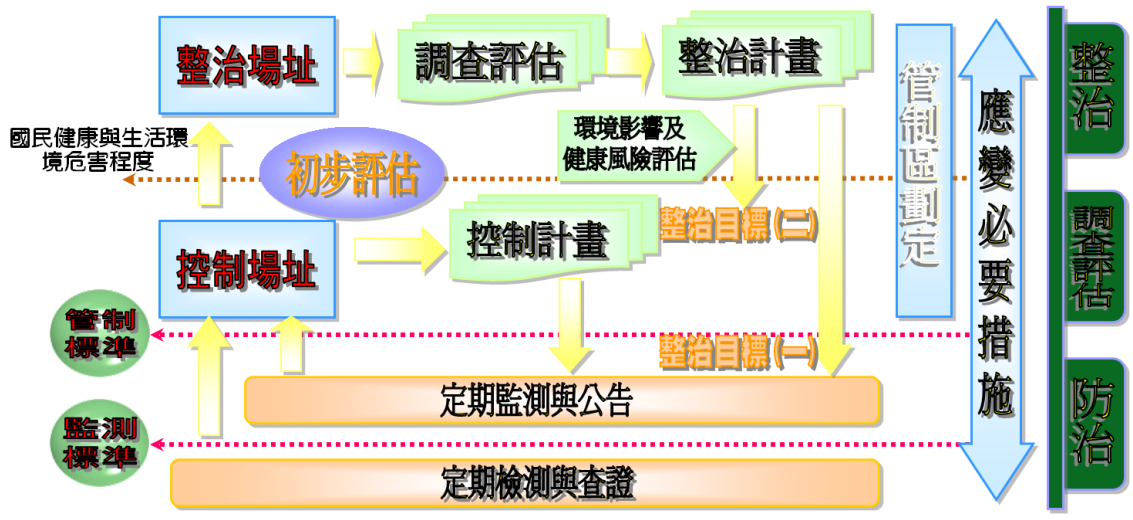


圖 2.2-1 土壤及地下水污染場址認定及列管方式

(一) 污染濃度低於監測標準

無需採取任何行動。

(二) 污染濃度高於監測標準，但低於管制標準

表示土壤或地下水可能有遭受污染之虞，必須進行定期監測，並及早確認是否有污染物洩漏情形

(三) 污染物濃度高於管制標準

該應進行應變必要措施，場址公告為控制場址，經初步評估，有嚴重危害生國民健康及生活環境之虞者，應公告為整治場址。同時，污染場址公告後，環保機關將視土壤及地下水污染影響範圍或情況，劃定並公告土壤及地下水污染管制區，限制管制區內之行為。

由 2.1 節內容可知，我國污染場址採行嚴格之責任認定制度，主要之相關責任主體包括：污染行為人、潛在污染責任人、污染土地關係人等,一旦土壤或地下水遭受污染,該土地相關之相關單位、使用單位或管理單位，均可能成為污染責任主體，而各責任主體分別負有不同的責任，說明如下：

(1) 污染行為人

污染行為人在土污法認定上，指因下列行為造成土壤或地下水污染之人：(一)洩漏或棄置污染物、(二)非法排放或灌注污染物、(三)仲介或容許洩漏、棄置、非法排放或灌注污染物、(四)未依法令規定清理污染物。

若經認定為污染行為人，應負執行應變必要措施、控制計畫/整治計畫之提出及執行、污染管制區內底泥污染之評估與整治計畫擬訂實施。若場址整治工作由土污基金會支出，則應負清償責任。

(2) 潛在污染責任人

潛在污染責任人在土污法認定上，指因下列行為，致污染物累積於土壤或地下水，而造成土壤或地下水污染之人：(一)排放、灌注、滲透污染物；(二)核准或同意於灌排系統中及灌區集水區域內排放廢污水。

若經認定為潛在污染責任人，應負執行應變必要措施、控制計畫/整治計畫之提出及執行、污染管制區內底泥污染之評估與整治計畫擬訂實施。若場址整治工作由土污基金會支出，則應負清償責任。

(3) 污染土地關係人

指土地經公告為污染控制場址或污染整治場址時，非屬於污染行為人之土地使用人、管理人或所有人。

若經認定為污染土地關係人，應負執行應變必要措施、控制計畫/整治計畫之提出及執行、污染管制區內底泥污染之評估與整治計畫擬訂實施。若證實有未盡善良管理人注意義務時，應負連帶清償責任。

2.3 土污法對土壤及地下水污染場址的管制

當環保機關進行土壤及地下水污染查證，若發現污染物濃度達管制標準，即會進行污染場址管制程序，污染場址之整體管制流程如圖2.3-1，列管作業大致可為污染調查、控制整治及解除管制等 3 階段，各階段主要列管作業包括：(一)污染之虞場址查證；(二)限期採取應變必要措施；(三)公告為控制場址或整治場址、(四)解除列管，說明如下：

(一) 污染之虞場址查證

依土污法第 7 條及第 12 條規定，當場址具土壤及地下水污染之虞時，主管機關有權利也有義務進入場址進行土壤及地下水污染調查及查證工作。依第 7 條規定，各級主管機關得派員攜帶證明文

件，進入公私場所，進行(一)調查土壤、底泥、地下水污染情形及土壤、底泥、地下水污染物來源(二)相關污染物採樣及地下水監測井之設置、(三)會同農業及衛生主管機關採集農漁產品樣本，且得命場所使用人、管理人或所有人提供有關資料，對於前述查證或命提供資料，不得規避、妨礙或拒絕，檢查機關及人員對於查證所知之工商及軍事秘密，應予保密。

當查證涉及軍事事務者,應會同當地軍事機關為之,若有規避、妨礙或拒絕情形，則可依土污法第三十八條，處新台幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並按次處罰。

(二) 應變必要措施

在土污法中，應變必要措施執行的時機有 2 個，分別於環保機關完成查證作業時(第 7 條第 5 項)及污染場址公告後(第 15 條)，時機點如圖 2.3-2 所示，說明如下：

(1) 環保機關完成查證作業時之應變必要措施(第 7 條第 5 項)

土污法第 7 條第 5 項明白指出,各級主管機關為查證工作時，發現土壤、底泥或地下水因受污染而有影響人體健康、農漁業生產或飲用水水源之虞者，得準用第 15 條第 1 項規定，採取應變必要措施；對於第 15 條第 1 項第 3 款(提供必要之替代飲用水或通知自來水機關優先裝自來水)、第 4 款(豎立告示標誌或設置圍籬)、第 7 款(移除或清理污染物)及第 8 款(其他)之應變必要措施，得命污染行為人、潛在污染責任人、場所使用人、管理人或所有人為之，以減輕污染影響或避免污染擴大。

依土污法第 7 條第 5 項執行之應變必要措施，以 12 個月內執行完畢為限，必要時得展延一次，期限不得超過 6 個月。若依第 7 條第 5 項規定採行應變必要措施，致土壤、地下水污染情形減輕，並經所在地主管機關查證其土壤及地下水污染物濃度低於

土壤、地下水污染管制標準者，得不公告為控制場址。

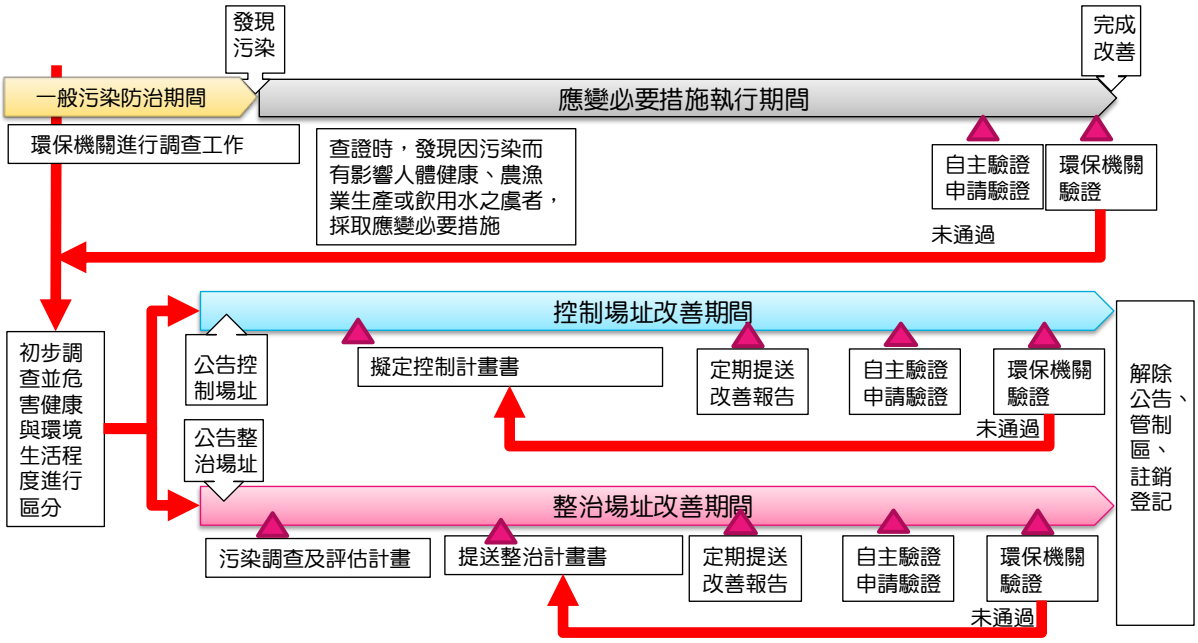


圖 2.3-1 污染場址之整體管制流程

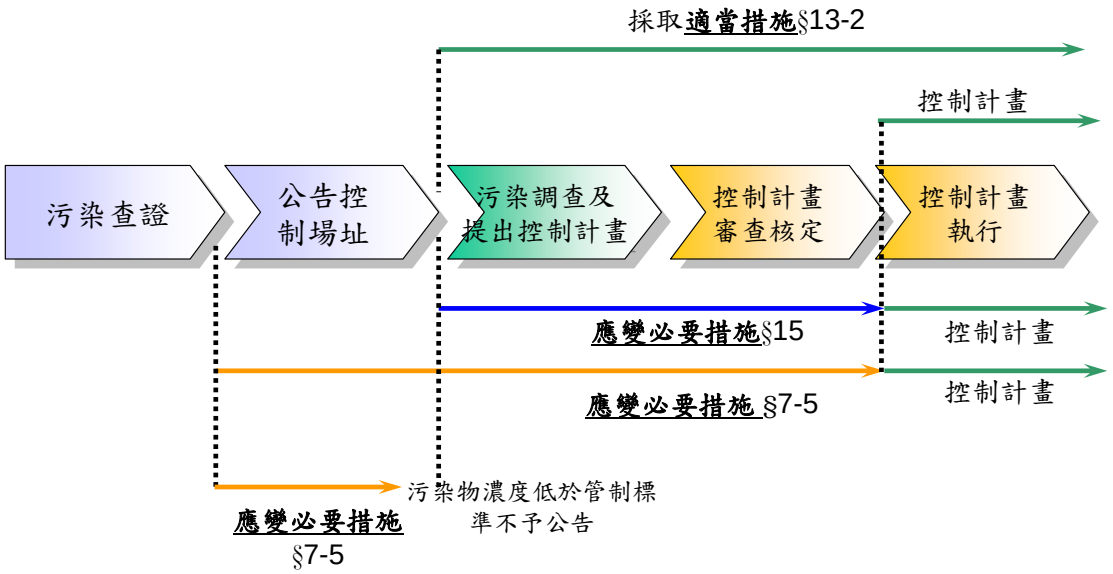


圖 2.3-2 應變必要措施執行時間點

(2) 污染場址公告後之應變必要措施(第 15 條)

土污法第 15 條，則是各地主管機關，依據控制場址或整治場址之污染情形，自行或命污染行為人採取相關應變必要措施，

內容包括：

(a) 命污染行為人停止作為、停業、部分或全部停工。

(b) 依水污染防治法調查地下水污染情形，並追查污染責任；必要時，告知居民停止使用地下水或其他受污染之水源，並得限制鑽井使用地下水。

(c) 提供必要之替代飲水或通知自來水主管機關優先接裝自來水。

(d) 豎立告示標誌或設置圍籬。

(e) 會同農業、衛生主管機關，對因土壤污染致污染或有受污染之虞之農漁產品進行檢測；必要時，應會同農業、衛生主管機關進行管制或銷燬，並對銷燬之農漁產品予以相當之補償，或限制農地耕種特定農作物。

(f) 疏散居民或管制人員活動。

(g) 移除或清理污染物。

(h) 其他應變必要措施。

其中第 15 條第 1 項第 3 款(提供必要之替代飲用水或通知自來水機關優先裝自來水)、第 4 款(豎立告示標誌或設置圍籬)、第 7 款(移除或清理污染物)及第 8 款(其他)之應變必要措施，期限則應由地方主管機關訂定，並命污染行為人、潛在污染責任人、場所使用人、管理人或所有人為之。

(三) 控制場址及整治場址列管

土污法採行雙門檻制進行土壤及地下水污染場址之列管，依環保機關完成查證，查證結果發現土壤污染或地下水污染來源明確，其土壤或地下水污染物濃度達土壤或地下水污染管制標準，由地方主管機關將公告為控制場址。

公告為控制場址後，地方主管機關應進行初步評估，經過初步評估後，有嚴重危害國民健康及生活環境之虞時，應報請中央主管機關審核後，由中央主管機關公告為土壤、地下水污染整治場址。

控制場址及整治場址之污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人，需依規定提送控制計畫書或整治計畫書，經主管機關核可後，據以進行場址污染改善工作。以下茲就控制場址相關規定、場址初步評估工作、整治場址相關規定及土壤及地下水污染管制區規定進行說明：

(1) 控制場址相關規定

當污染場址被公告後，直轄市、縣(市)主管機關應命污染行為人或潛在污染責任人於六個月內完成調查工作及擬訂污染控制計畫，並送直轄市、縣(市)主管機關核定後實施，據以進行污染改善工作。污染控制計畫提出之期限，得申請展延，並以一次為限。

污染控制計畫執行作業，必須要依照控制計畫書內容進行，如因執行上需要，需進行改善方法或作為變更時，須向環保機關提出申請，並經過核定後，才可進行改善方法或作為變更。

(2) 場址初步評估工作

「初步評估」程序為判定場址是否有危害國民健康與生活環境之虞，以作為是否進一步公告為整治場址之依據。為執行土污法第 12 條之初步評估作業，環保署於 92 年 5 月 7 日發布土壤及

地下水污染控制場址初步評估辦法(以下簡稱初步評估辦法)，並於 95 年 3 月 29 日修正發布，初步評估辦法概要如圖 2.3-3，依初步評估辦法第 2 條，控制場址經初步評估後，具有下列各款情形之一者，所在地主管機關應報請中央主管機關審核後公告為整治場址：

(a) 控制場址之單一污染物最高濃度達土壤或地下水污染管制標準二十倍。

(b) 依土壤污染評分（Ts）及地下水污染評分（Tgw）計算污染總分 P 值達二十分以上。

(c) 控制場址位於飲用水水源水質保護區內、飲用水取水口之一定距離內或水庫集水區內。

(d) 控制場址位於國家公園、野生動物保護區、敏感性自然生態保育地或稀有或瀕臨絕種之動、植物棲息地。

(e) 控制場址位於風景特定區或森林遊樂區。

(f) 控制場址位於學校、公園、綠地或兒童遊樂場。

(g) 其他經中央主管機關指定公告重大污染情形。

(3) 整治場址相關規定

整治場址與控制場址之規定並不完全相同，場址經公告為整治場址後，場址污染行為人、潛在污染責任人，應於環保機關通知後 3 個月內提出調查評估計畫，提送環保機關進行審核。調查及評估計畫執行期限，得申請展延，並以一次為限。

調查評估計畫審核完成後，整治場址之污染行為人或潛在污染責任人應依第十四條之調查評估結果，於直轄市、縣(市)主管機關通知後六個月內，提出土壤、地下水污染整治計畫，經直轄市、縣(市)主管機關核定後據以實施。污染行為人或潛在污染責

任人如認為有延長之必要時，應敘明理由，於期限屆滿前 30 日至 60 日內，向直轄市、縣(市)主管機關提出展延之申請；如有再次延長之必要時，則應敘明理由，於延長期限屆滿前 30 日至 60 日內向中央主管機關申請展延；直轄市、縣(市)主管機關應將核定之土壤、地下水污染整治計畫，報請中央主管機關備查，並將計畫及審查結論摘要公告(公告 15 日)。

應注意的是，土壤、地下水污染整治計畫，應列明污染物濃度低於土壤、地下水污染管制標準之土壤、地下水污染整治目標。但因地質條件、污染物特性或污染整治技術等因素，無法整治至污染物濃度低於土壤、地下水污染管制標準者，報請中央主管機關核准後，依環境影響與健康風險評估結果，提出土壤、地下水污染整治目標。

(4) 土壤及地下水污染管制區規定

當污染場址經公告為土壤或地下水污染整治場址後，直轄市、縣(市)主管機關，應囑託土地所在地登記機關登載於土地登記簿，並報中央主管機關備查。另依土污法第 21 條規定，直轄市、縣(市)主管機關對於整治場址之土地，應囑託土地所在地登記機關辦理禁止處分之登記。土地已進行強制執行之拍賣程序者，得停止其程序。同時，地方主管機關應自行或命污染行為人採取相關應變必要措施，此外，直轄市、縣(市)主管機關應視控制場址或整治場址之土壤、地下水污染範圍或情況，劃定、公告土壤、地下水污染管制區，並報請中央主管機關備查。土壤、地下水污染管制區內之管制作為如表 2.3-1 所示。但依法核定污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫之執行事項，不在此限。

直轄市、縣(市)主管機關應會同農業、衛生機關會勘污染管制區之農業行為。必要時，得禁止在污染管制區內種植食用農作物、畜養家禽、家畜及養殖或採捕食用水產動、植物。

另外，若於土壤、地下水污染管制區內從事土壤挖除、回填、暫存、運輸或地下水抽出等工作者，應檢具清理或污染防治計畫書，報請直轄市、縣(市)主管機關核定後，始得實施。

(四) 場址解除列管

污染改善完成後，控制計畫或整治計畫之實施者須自行驗證，當確認驗證結果低於土壤及地下水污染管制標準後，實施者將驗證結果提送主管機關，並由主管機關派員進行驗證及確認工作，並召開會議審查同意後，便可辦理場址解除列管程序。

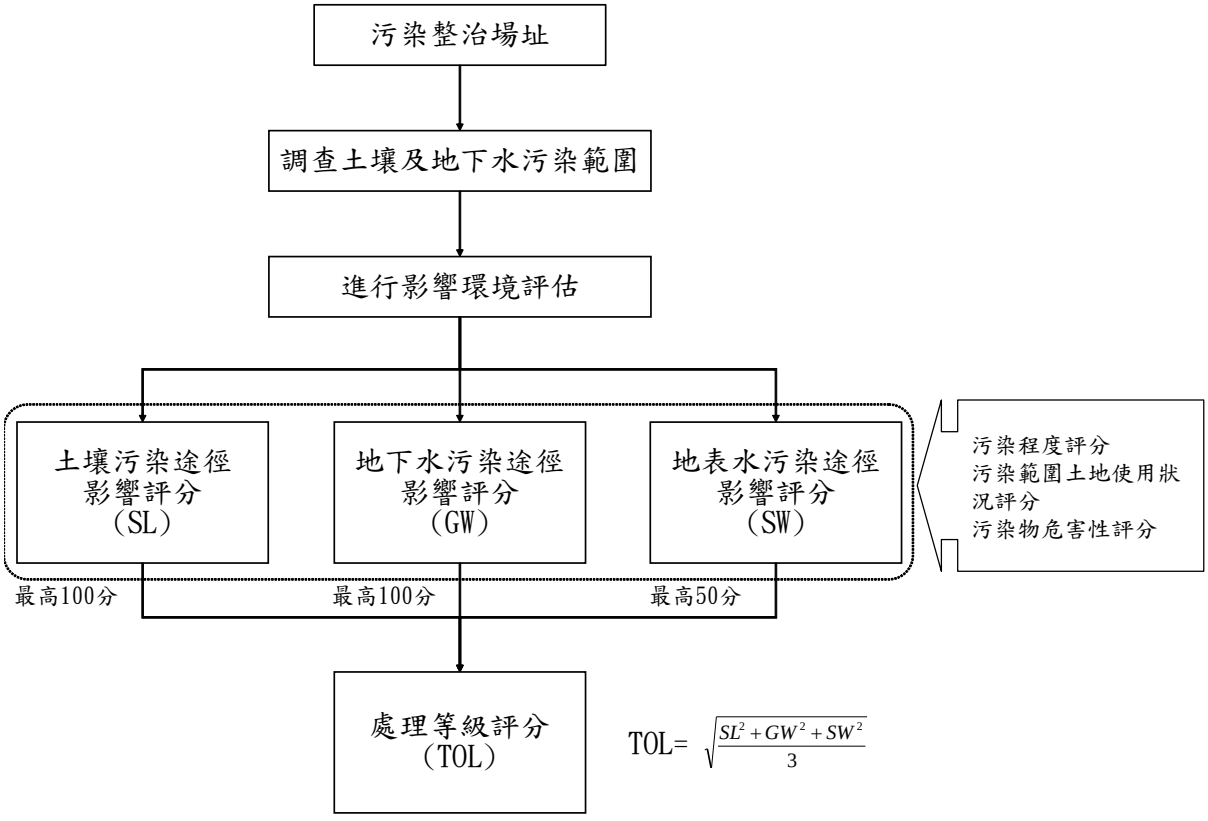


圖 2.3-3 初步評估辦法處理等級評定作業流程

表 2.3-1 土壤、地下水污染管制區內之管制作為

管制區	土壤、地下水 污染管制區	土壤污染管制區	地下水污染管制區
限制項目	1.置放污染物於土壤。 2.注入廢(污)水於地下水體。 3.排放廢(污)水於土壤。 4.其他經主管機關公告之管制行為。	禁止人員進出並進止下列行為： 1.環境影響評估法規定之開發行為。 2.新建、增建、改建、修建或拆除非因污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫需要之建築物或設施。 3.其他經中央主管機關指定影響居民健康及生活環境之土地利用行為。	主管機關則可以禁止飲用、使用地下水及作為飲用水水源。
例外情況	依法核定污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫之執行事項	經中央主管機關同意者，不在此限	

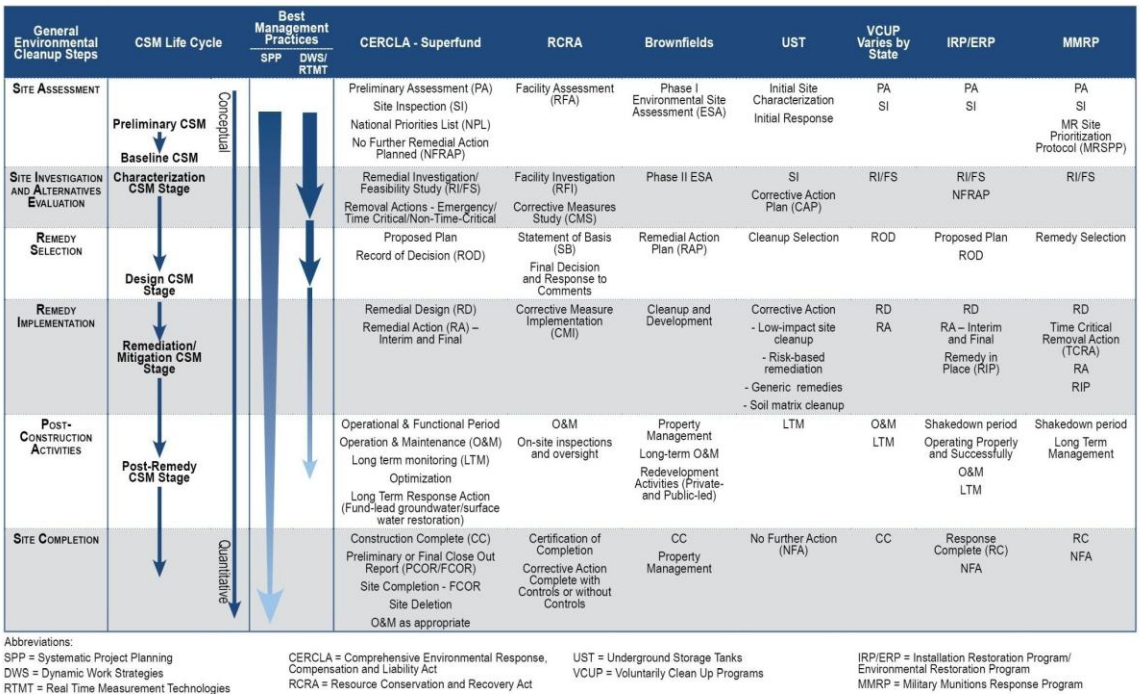
第三章　軍事場址土壤及地下水污染調查評估及整治作業流程

一般而言，國內大部分顧問公司或檢測機構，在執行土污法第 8、9 條所列事業類別之土壤污染調查工作，會參考「土壤污染評估調查及檢測作業管理辦法」內所附之「場址環境評估法」及「網格法」，進行場址之調查評估作業。

國外在進行污染場址調查作業時均採取階段性調查流程(如美國 ASTM 之環境場址評估(Environment Site Assessment, ESA) Phase I、Phase II 及 Phase III 程序，以確認污染場址土壤及地下水污染的潛勢及範圍；美國環保署亦針對不同類型之場址擬定調查作業流程如圖 3-1 所示。由圖 3-1 可知，土壤及地下水污染之調查及整治工作，可初步區分為「場址現勘評估」、「場址調查」及「場址整治改善」等 3 個主要階段，各階段工作流程如圖 3-2 所示，摘要說明如下，詳細調查評估及整治技術內容請參閱本手冊第四章至第七章。

(一) 場址現勘評估階段

軍事場址之污染類型多元化，故軍事場址之污染潛勢評估，須蒐集彙整各種不同類型營區之主要產線製程或作業型態、可能運作化合物種類與歷史運作資料(例如油料儲存與供油設施、保修廠、靶場等不同作業型態場址)，透過有系統的資料蒐集彙、現勘、訪談，對場址背景資料有所瞭解，並確實掌握當地區域性水文地質分布情形後，進一步至營區執行現場勘查與訪談，研判場址是否存在高污染潛勢區域，待現勘完成後進行資料彙整以供備查。



資料來源：USEPA Environmental Cleanup Best Management Practices: Effective Use of the Project Life Cycle Conceptual Site Model. (2011)

圖 3-1　美國各類型場址調查及整治流程比較圖

(二) 場址調查階段

依據現勘資訊結果評估場址是否存在高污染潛勢區，如存在高污染潛勢區，則規劃進行土壤及地下水之污染細密調查，然其工作項目包含場址水文地質調查及土壤地下水採樣佈點，進行污染調查工作。

當發現有土壤及地下水染情形需進行土壤及地下水污染整治工作時，則需進行更進一步之土壤及地下水細密調查工作，確認污染物之分布、範圍，同時亦需進行水文地質之調查工作，瞭解污染物於土壤及地下水中流布情形，根據調查結果界定場址污染範圍。

(三) 場址整治改善階段

當場址依法列為公告整治場址或控制場址，並完成細密調查及建立概念式場址模型後，依污染物特性、濃度、分布範圍、經費考

量、水文地質特性、法規要求與期程要求，進行整治工法之選取、設計工作。整治工作正式進行前，應依選擇之工法內容，進行實驗室或模場測試，確認整治工法之可行性後，再進行大規模施作。

場址定期監測之數據資料甚為重要，根據長期的監測資料能使場址管理或使用單位掌握整治進度,並瞭解整治是否符合預期成效，進一步針對所採之整治工法進行檢討或調整，最後經自我驗證及環保署驗證後，可將場址解除列管，重新執行土地利用。

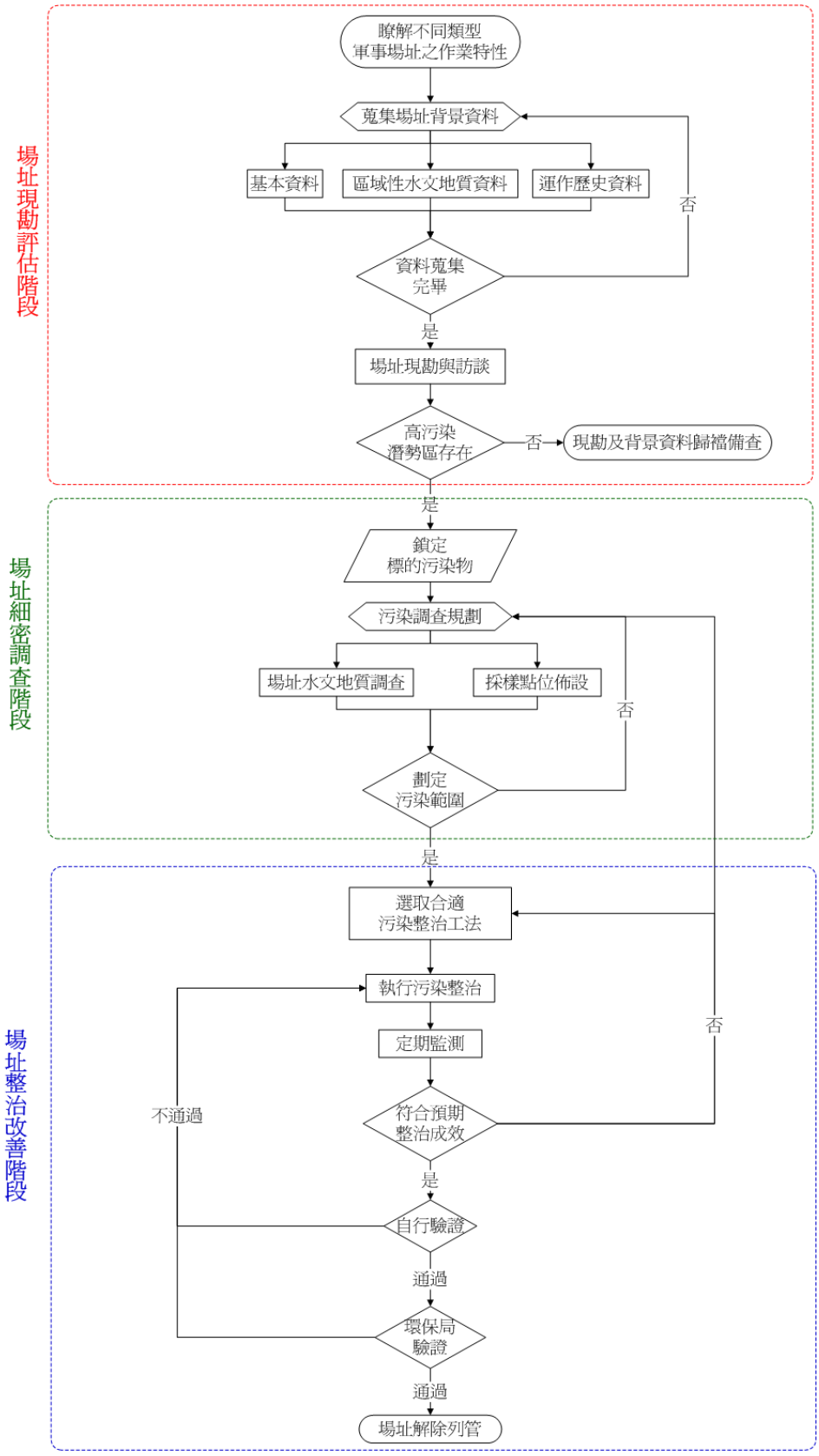


圖 3-2　軍事場址土壤及地下水污染調查評估及整治作業流程

第四章　軍事場址特性概述

軍事場址類型多元，各具有不同製程與作業型態，加上營區設施年久失修等因素，易導致各種不同類型之污染物，包括揮發性有機化合物、重金屬、含氯有機化合物及火炸藥類物質等，長期累積於土壤或地下水環境中，威脅國軍官兵或周遭居民健康。本章節乃參考環保署歷年之軍事場址相關調查計畫之執行經驗，歸納整理出六大具高污染潛勢之軍事場址類型，針對其易導致土壤或地下水污染之特性進行說明，以利國軍掌握各不同類型場址之污染潛勢評估重點。

4.1 油料儲存與供油設施

此類型場址之污染物主要為 TPH、BTEX(苯、甲苯、乙苯、二甲苯)、萘或總酚。此類污染多發生於輸油管線、儲槽、加油島與灌裝台及盤管區等，分別說明如下：

(一) 輸油管線

輸油管線存在於加油站、灌裝台、油庫及加壓站等類型場址，分為地上式與地下式兩種。管線通常會因鏽蝕或接合處鬆脫等原因造成油品洩漏，其中地下式管線大多設置於地面下 1 公尺內，因洩漏時不易即時發現，且軍事類型加油站多數無管溝等二次污染防治設施，油品洩漏後直接接觸土壤，故污染風險較高；地上式管線因可以目測方式觀察管線有無洩漏或鏽蝕之虞，且多數位於不透水鋪面上，洩漏時可即時應變，故污染潛勢相對較低。

(二) 儲槽

儲油槽多設置於加油站、油庫與加壓站或泵站，亦分為地上式與地下式兩種。地下式儲槽多設置於地面下 5 公尺內，因洩漏時不易發現，且多數軍事加油站興建年代久遠，當初並未設置二次阻隔層，又某些地區地下水位過高，使儲槽長期接觸地下水，更容易發生鏽蝕等情形，造成油品洩漏後直接接觸土壤甚至地下水，污染潛勢較高；地上式儲油槽多設置於水泥鋪面或以掩體型式存在，易於檢視外觀有無鏽蝕以進行保養修護，或設有防溢堤等設施，污染土壤及地下水之風險相對較低。

(三) 加油島與灌裝台

加油島多見於加油站，灌裝台則多設置於軍用機場及加壓站。加油島與灌裝台設有加油機及加油槍，下方與輸油管相連，其接點如發生鏽蝕或鬆脫，即會造成油品外洩。一般民間加油站之加油島下方多設有盛油盆，以防止油品洩漏時直接接觸於土壤，而盛油盆之有無可藉由開啟加油機面板，以人工目視方式即可確認。

(四) 盤管區

盤管區多設置於油庫與加壓站，以地上式居多。因多以地上型式存在，故污染風險相對較低，然仍須注意盤管區之輸油進、出口處，是否轉為地下管線，其附近地下管線分布區域乃為高污染潛勢區。

4.2 保修/發動機維修廠

此類型場址之污染物主要為 TPH 與揮發性有機化合物(VOCs)。此類污染多發生於作業區、物料儲存區及廢油儲存區，而廢油儲存區為多類型場址共有之污染潛勢區，將統一說明如后，茲就其他兩處污染潛勢區分別說明如下：

(一) 作業區

一般營區之二級保修廠,多為機油、潤滑油等油品之更換作業；軍用機場中之發動機維修廠，則為以有機溶劑進行飛機零件清洗。可能導致污染之原因在於人為作業不慎，更換油品或清洗時溢漏至地面，然多數保修廠或發動機維修廠作業區，大都設有水泥鋪面，故直接污染土壤之風險較低。

(二) 物料儲存區

此為新品、備品或代用物料之儲存區，可能導致污染之原因為儲存區位於室外或露天存放，且未設有不透水鋪面，導致容器銹蝕破損，使油品等相關污染物外洩，導致土壤污染。

4.3 廢油/廢溶劑儲存設施

此類型場址之污染物主要為 TPH、VOC 及 SVOCs。廢油或廢溶劑為軍事保修作業之末端產物，其儲存設施常設置於前述供油設施、保修廠與發動機維修廠內。此類型污染多發生於地下槽體或地上式存放之區域，分別說明如下：

(一) 地下槽體

舉凡保修作業產生之放水油、廢機油、廢潤滑油及廢有機溶劑等，如以地下油水分離池、地下廢溶劑槽等形式儲存，因洩漏時不易發現，且多數興建年代久遠，並未設置二次阻隔層，又如該區地下水位過高，使槽體長期接觸地下水，更容易發生鏽蝕等情形，造成廢油或廢溶劑滲漏後直接擴散至土壤甚至地下水，污染風險高。

(二) 地上式存放

常見之地上存放方式為以 55 加侖鐵桶收集後，存放於特定場所，然如存放區未鋪設不透水鋪面或設置鋼棚，將致使鐵桶經日曬雨淋產生鏽蝕，使油品或有機溶劑滲漏至土壤造成污染。此種存放方式所導致之污染，範圍多侷限於地表下 1 公尺內之土壤，除該地區地下水位過高外，污染擴散至地下水之風險較低。

4.4 兵工廠

此類型場址之污染物主要為重金屬、氰化物、VOCs 或火炸藥類物質等。此類型污染多發生於製程作業區及廢水處理廠等，分別說明如下：

(一) 製程作業區

火砲彈藥製程中之反應槽或廢水槽均含有各式之火炸藥類物質或有機化合物，另外彈藥金屬清洗線之電鍍槽、酸洗槽及脫脂脫漆槽等設施，亦會產生重金屬或揮發性有機化合物等污染物。如槽體為地下式，則須注意其滲漏導致之污染；槽體如為地上式，則須注意廢溶劑之存放方式須設有鋪面或鋼棚。

另外製程區之車、銑、鑽、沖床等機具，在執行鑽銑或切削製程時，所使用之切削油及產生之金屬碎屑，須妥善收集處理，避免其直接接觸土壤導致重金屬污染。

(二) 廢水處理廠

兵工廠於製程中產生之廢水如以廢水處理廠之方式處理，其輸送管線或廢水槽則為主要污染源，其鏽蝕或破損滲漏將增加污染土壤或地下水之風險；而處理後之廢水如為直接放流，須確認放流前之處理程序，或放流溝渠周遭之環境情形，不致產生污染土壤或地下水之情形。

4.5 彈藥處理廠與銷毀廠

此類型場址之污染物主要為火炸藥類物質。此類型污染多發生於彈藥銷毀爐、火炮脫藥線及彈藥燃燒坑等，分別說明如下：

(一) 彈藥銷毀爐/火炮脫藥線

銷毀爐主要針對輕兵器(如 5.56mm 步槍彈)以高溫引爆、水洗、過濾及吸附沉澱等程序進行銷毀；大型火炮彈藥則以脫藥蒸氣系統進行銷毀。此類設施易發生污染之原因為製程產出之廢水處理不當。而廢水之儲存方式如為地下槽體，則須注意可能產生滲漏導致污染之問題；如為地上桶槽，則須設有鋪面或鋼棚，避免滲漏後直接接觸或發生鏽蝕；再者，如為直接放流，須確認放流前之吸附過濾等前處理程序，或放流溝渠周遭之環境情形，確保其不致污染土壤或地下水。

(二) 彈藥燃燒坑

此類設施主要針對脫藥後之產物，包含發射藥或底火等物質，於土坑中直接進行引爆銷毀。此種銷毀方式之污染潛勢最高，火藥引爆後直接接觸土壤或殘餘之火藥與土壤摻混，又如場址所處地區地下水位高，則更提高火炸藥污染物污染地下水之風險。

4.6 靶場與炸射演訓場

此類型場址之污染物主要為重金屬與火炸藥類物質。此類污染多發生於射擊線及目標(靶)區，分別就輕兵器靶場及炸射演訓場之高污染潛勢區說明如下：

(一) 輕兵器靶場

(1) 射擊線

主要為土壤中火炸藥物質污染。子彈因撞擊使底火爆炸後而擊發，導致子彈中推進藥成分於發射後沉降殘留至射擊線附近區域之表土。

(2) 靶區/目標區

主要為土壤中重金屬污染。子彈擊發後，彈頭發射遺留於靶區，如不定期清理彈頭，使彈頭長時間經雨水淋洗，將鉛、銅等重金屬帶入表、裡土累積殘留。

(二) 炸射演訓場

(1) 射擊線

主要亦為土壤中火炸藥物質污染。原理同上，砲彈中推進藥成分，於發射後沉降殘留至射擊線附近區域之表土。

(2) 靶區/目標區

主要為土壤中重金屬與火炸藥物質污染。砲彈擊發後，於目標區爆炸碎裂，使火炸藥或砲彈碎片中之重金屬累積殘留於表、裡土中。

第五章　污染潛勢評估作業

國內進行場址之土壤及地下水污染潛勢評估作業，大多參考環保署「場址環境評估法」及美國 ASTM 之環境場址評估(Environment Site Assessment, ESA) Phase I 調查評估程序進行。

一般而言，污染潛勢評估工作主要可區分為「資料蒐集審閱」、「人員訪談」及「場址勘查」等三項工作，並依據此三項工作過程取得之資訊，進行綜合性評估，並篩選出場址內具有污染表徵或存在高污染潛勢區，進行調查規劃工作。

國內軍事營區之建物、設施及作業內容，乃依其任務需求進行設計及建造，然而國內大部份軍事營區運作歷史悠久，隨著國軍精實案及組織再造發展、營區人員退役或因任務需求輪調等因素，許多營區運作資訊及歷史取得不易，因此「資料蒐集審閱」、「人員訪談」及「場址勘查」需要一有系統性的作法進行，以做為後續污染潛勢評估的依據。本章節將說明「資料蒐集審閱」、「人員訪談」及「場址勘查」之作業方式及步驟，以供各營區業務人員之參考。

此外，由於軍事營區之建物、設施及作業內容複雜，除了第四章所述之內容外，各營區業務人員可依據營區作業、製程及內容，參考表 5-1 環保署及經濟部工業局所出版之土壤及地下水污染預防、緊急應變、調查及整治之作業指引或手冊，並參考各手冊內容所述之場址作業類型可能之污染樣態，調整場址污染潛勢調查方式。

表 5-1　土壤及地下水污染相關技術參考手冊及指引一覽表

手冊類型	手冊名稱	出版單位
法規	土污法宣導手冊	行政院環保署
土地交易	土地交易時應注意之土壤及地下水污染問題宣導手冊	行政院環保署
調查技術	場址環境評估法	行政院環保署
	網格法	行政院環保署
	土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址之初步篩試調查、查證及驗證作業技術參考手冊	行政院環保署
	油品類儲槽系統快速場址調查及評估技術參考手冊	行政院環保署
	油品類儲槽系統污染改善完成驗證參考手冊	行政院環保署
	油品類儲槽系統污染範圍調查作業指引參考手冊	行政院環保署
	油品類儲槽系統污染調查及查證參考手冊	行政院環保署
	廢棄工廠土壤及地下水污染調查指引	行政院環保署
污染預防及整治技術選取	土壤及地下水重金屬與無機陰離子污染物污染場址之初步篩試調查、查證及驗證等之作業參考手冊	行政院環保署
	土壤及地下水重金屬與無機陰離子污染物污染場址之整治技術選取、系統設計要點與操作維護注意事項參考手冊	行政院環保署
	土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊	行政院環保署
	油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊	行政院環保署
	土壤及地下水污染預防與整治技術手冊-含氯碳氫化合物	經濟部工業局
	鋼鐵冶鍊業土壤及地下水污染預防與整治技術手冊	經濟部工業局
	石油碳氫化合物土壤及地下水污染預防與整治技術手冊	經濟部工業局
	電路板業土壤及地下水預防與整治技術手冊	經濟部工業局
	半導體業土壤及地下水預防與整治技術手冊	經濟部工業局
	土壤及地下水污染整治技術手冊	經濟部工業局
	光電材料及元件製造業土壤及地下水污染預防與整治技術手冊	經濟部工業局
	重金屬土壤及地下水污染預防與整治技術手冊	經濟部工業局
	金屬表面處理業土壤及地下水預防與整治技術手冊	經濟部工業局
	土壤及地下水污染整治技術手冊-生物處理技術	經濟部工業局
	工廠土壤及地下水污染整治技術手冊－石化業	經濟部工業局
	監測式自然衰減整治法污染改善計畫審查參考手冊	行政院環保署
	應用監測式自然衰減法之可行性評估準則、設計及成效評估準則	行政院環保署
	自然衰減評估模式參考手冊	行政院環保署

表 5-1　土壤及地下水污染相關技術參考手冊及指引一覽表(續)

手冊類型	手冊名稱	出版單位
緊急應變	油品類儲槽緊急應變參考手冊	行政院環保署
	油品類儲槽系統污染事件緊急應變參考手冊	行政院環保署
	土壤及地下水污染事件應變處理參考手冊	行政院環保署
	【縣市政府版】應變必要措施作業程序(96.6) 【縣市政府版】查證作業程序(96.6) 【環保署版】應變必要措施作業程序(96.6) 【環保署版】查證作業程序(96.6) 手冊總則(96.6)	行政院環保署
健康風險評估	土壤及地下水污染場址健康風險評估評析方法及撰寫指引	行政院環保署
其他	土壤及地下水污染整治法第 8 條及第 9 條宣導手冊	行政院環保署
	土壤及地下水污染整治法第 8、9 條宣導折頁	行政院環保署
	土污法及 89 條說明會講義	行政院環保署
	土壤污染評估調查及檢測資料格式、內容及填寫說明	行政院環保署
	土壤污染評估調查及檢測作業管理辦法	行政院環保署
	土壤及地下水污染整治基金求償標準作業手冊	行政院環保署
	土壤及地下水污染控制計畫撰寫指引	行政院環保署

5.1 資料蒐集審閱

當各調查人員在面對所在營區之土壤及地下水污染潛勢評工工作前，應先掌握營區所在位置之場址水文地質概況及地理環境位置，同時應需瞭解營區之環境及運作歷史背景，並掌握營區內各作業內容，包括作業程序、製程、原物料保管儲存、廢棄物儲存及清運等，用以判斷場址土壤及地下水可能受污染類型。

在資料蒐集階段，應收集之資料及其來源建議如表 5.1-1~5.1-4 所示，應蒐集之資料應包括營區運作現況、營區所在地環境資料(例如：人口密度、環境敏感受體等)、水文地質資料(例如地下水位及地下水流向等)等，有助調查人員判斷土壤及地下水污染潛勢之資訊。各資料應經過專業知識、經驗及其他顯著的資訊綜合判斷，比對其中錯誤或不完整之處，審慎評估其正確性。

此外，由於土壤及地下水污染具有移動性，因此需針對營區附近環境進行資料蒐集，納入污染潛勢評估範圍。一般而言，環境資料及水文地質資料依美國 ASTM 的作法，係依照場址特性與適用法規之差異，而有不同的搜尋距離，其範圍界於 0.8 到 1.6 公里之間，可做為資料搜尋範圍之參考。

另外，為方便各調查人員作業，本手冊提供之資料來源大多為眾所皆知且可供公眾利用之資料，然因軍事營區資訊有其機敏性，建議可透過軍事單位內部管道取得，惟資料蒐集時應注意資料更新情形，以避免取得不正確或過時的資料。

若應蒐集的資料或其他替代性資料皆無法合理取得時，調查人員應嘗試儘可能尋求其他方法取得所需之資料。倘若所欠缺之資料足以影響研判目標場址是否遭受污染或具潛在污染危害之情形時。則應提出該筆欠缺資料對於執行場址評估或污染調查規劃之影響。

表 5.1-1　軍事營區場址資料蒐集內容及來源一覽表-運作情形

資料項目	資料內容	資料來源
運作情形	場址名稱	營區名稱，由調查人員自行確認
	地籍、建物資料	1. 地籍圖資網路便民系統 http://easymap.land.moi.gov.tw/
		2.電傳資訊系統及電子謄本系統 http://land.hinet.net/
		3.調查人員向國防部軍備局取得
	場址各類環境申報資料及環境檢測紀錄 1.廢水排放許可紀錄 2.空氣污染設置 3.操作許可 4.毒化物運作 5.廢棄物處理資料 6.儲槽設備資料 7.違反環保法規紀錄	營區所在地環保局或環保署環境保護許可管理系統(EMS)及稽查紀錄 http://ems.epa.gov.tw/NAView.aspx
	是否為公告之整治或控制場址、場址是否為土水污染管制區	環保署土基會資料 http://sgw.epa.gov.tw/public/00_SGW.asp
	工安環保意外	1.調查人員向各單位取得 2.中臺科技大學事故資料庫檢索系統 http://accident.ctust.edu.tw/help/03.aspx
	場址運作歷史、廠區配置圖及作業流程	調查人員向各單位取得
	使用之原物料及產生之廢棄物之毒理資料	1.調查人員向各單位取得 2.毒理資料來源詳表 5.1-4

表 5.1-2　軍事營區場址資料蒐集內容及來源一覽表-營區環境

資料項目	資料內容	資料來源
營區環境	1.場址位置、周界 2.場址附近工、商及住家分布 (1)1/25,000 地形圖或 1/5,000 航照圖(可至各單位購買或請航空公司拍攝) (2)歷年航照圖(可至各單位購買) (3)現場實地調查	農林航空測量所 http://www.afasi.gov.tw/
	土地使用區分	國土資訊系統資料倉儲及網路服務平台 http://tgos.nat.gov.tw/tgos/
	人口分布	營區所在地之戶政事務所統計資料
	降雨量	中央氣象局網頁
	其他環境敏感區 1.飲用水水源水質保護區 2.自來水水源水質水量保護區 3.飲用水一定取水口 4.重要水庫集水區等重要環境敏感區	居家生活環境資訊網 http://edb.epa.gov.tw/living/index.asp 1.環境品質資料倉儲系統 2.環境地理資訊系統 3.地方環境資料庫

表 5.1-3　軍事營區場址資料蒐集內容及來源一覽表-水文地質

資料項目	資料內容	資料來源
水文地質	營區所在地地質圖、地質狀況描述 1.經濟部中央地質調查所 2.附近區域之地質鑽探資料(例如工程鑽探資料) 3.現場實地調查 *地調所取得之地質資料或鑽探資料為區域性地質情形，營區所在地之地質仍應依現場調查為準	地調所地質資料整合查詢系統 http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/index.cfm
	地表水水文，包括所屬河川流域、水位、流速、流量	水文水資源料管理系統 http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/
	地下水水文 1.區域水文地質剖面圖 2.地下水流向之季節變化 3.地下水水位面之季節變化 4.地下水流速、導水係數、孔隙率 5.含水層型態、厚度、範圍 6.附近區域井網鑽探資料或觀測資料 7.現場實地調查	 全國環境水質監測網 http://wqshow.epa.gov.tw/
	地下水使用情形	1.附近民眾使用地下水情形 2.附近其他地下水抽水井汲取狀況 3.營區地下水井水權資料

表 5.1-4　原物料及廢棄物之物化性質及毒理資料來源

項目		主要參考資料	資料來源
油品	毒理資料	Toxicological Profile for Fuel Oils	美國 ATSDR 網站 http://www.atsdr.cdc.gov
		物質安全資料表(MSDS)	中油公司或台塑石化公司
	物化性質	物質安全資料表(MSDS) 石油產品規範	中油公司或台塑石化公司
		Toxicological Profile for Fuel Oils	美國 ATSDR 網站
	環境演變	Toxicological Profile for Fuel Oils	美國 ATSDR 網站
		Underground Spill Cleanup Manual - Section II Behavior of Spilled Oil in Soil (API 1628)	American Petroleum Institute (API)
化學物質	毒理資料	環保署「毒理資料庫查詢」系統	http://flora2.epa.gov.tw/prog/database.asp
		美國 ATSDR 網站	http://www.atsdr.cdc.gov
		美國環保署 IRIS 網站	http://www.epa.gov/iris
	物化性質	物質安全資料表(MSDS)	http://www.e-safety.com.tw
		環保署「毒理資料庫查詢」系統	http://flora2.epa.gov.tw/prog/database.asp
		Toxicological Profile	美國 ATSDR 網站
	環境演變	環保署「毒理資料庫查詢」系統	http://flora2.epa.gov.tw/prog/database.asp
		Toxicological Profile	美國 ATSDR 網站

5.2 人員訪談

依第四章所述，軍事營區場址類型可包括油料儲存槽與供油設施、保修廠、靶場及火藥炸射場等等，其污染種類可涵蓋重金屬、揮發性有機物、火炸藥物質及戴奧辛等，而無法掌握各設備設施作業內容及行為，因此，在蒐集彙整完善基本資料後，調查人員可透過現場勘查及訪談作業，進一步瞭解現場實際狀況，以利判斷場址土壤及地下水是否遭受污染，進行問卷調查時，應注意以下幾點：

(一) 訪談對象

在進行營區現勘前，應儘可能要求受調查營區指派對於營區之使用狀況與自然特徵非常熟悉者接受訪談。調查人員應儘可能對目標場址使用人進行訪談，且接受訪談的使用人目標場址工作之年資應確認。受訪對象包括

(1) 營區管理人

(2) 設施或設備使用人或管理人

(3) 業務承辦人員

(4) 資深弟兄

(5) 資深雇員

(6) 退休人員

(7) 鄰近居民/眷村居民

(二) 應強調問卷結果不會造成懲處

訪談紀錄中應儘可能詳實記錄受訪者之基本資料，包括其姓名、職稱、與目標場址之關係、使用目標場址期間或於目標場址附近居住之期間等資料。

且在人員訪談過程，應告知接受訪談者具體合理地回答問題；

並且誠實地就其所知的範圍內回答問題，但需強調此問卷調查結果不會造成任何懲處，以免造成受訪者恐慌，而取得不正確資訊。

(三) 可以聊天方式進行，避免制式化的問答

由於問卷內容及問題之設計，對非土壤及地下水污染專業之人員而言，可能有不易瞭解之處，故調查人員可透過聊天方式進行訪談，讓受訪者瞭解問卷內容，達到訪談目的。

(四) 取得資料蒐集階段未能取得之紀錄文件

調查人員在進行人員訪談過程中，儘可能詢問目標營區土地所有人、管理人以及使用人是否知悉任何下列文件。並且是否能在合理的時間及成本下，提供該等文件之複本。若可取得該等文件，評估調查人員應當在進行場址勘查前，先行審閱前述文件。

(1) 目標場址環境調查、檢測、評估等相關報告。

(2) 相關許可證明文件或書表(例如：廢(污)水排放許可、事業廢棄物清理計畫書、毒性化學物質運作許可等)。

(3) 物質安全資料表。

(4) 關於目標場址或其周遭區域之水文地質調查或研究報告。

(5) 政府機關對於目標場址過去或目前違反環境法令之公告或其他通知。

(6) 其他與目標場址相關之研究或報告。

(7) 涉及場址之訴訟或公告

在進行目標場址勘查之前，應儘可能詢問目標場址土地所有人、主要管理人以及使用人是否知悉：

(a) 任何與存在於目標場址中之土壤污染物，或與該目標場址產生的土壤污染物有關之民事、刑事或行政訴訟(包括尚未判

決、已判決或可能發生者)。

(b) 任何涉及目標場址曾經違反環境法令,經主管機關處分之紀錄。

(五) 配合現勘過程同時進行，現場及問卷內容互相印證

人員訪談可於現勘前進行，或配合現勘過程，一邊進行現場勘查，一邊依據問卷內容，向會同人員進行訪談。

人員訪談之內容應選擇有助於取得目標場址之使用情形以及評估所須之相關資訊，軍事營區之人員訪談問卷範例如表 5.2-1 所示，問卷之內容應依營區作業方式進行調整。透過人員訪談，可取得以下資訊：

(一) 營區歷史

由於國內營區大多歷史悠久，然而近年來國軍因精實案、組織再造等政策推動，使得軍事單位整併，並進行任務調整，使得營區歷史及過去運作狀況無法透過資訊之蒐集取得。

調查人員在進行軍事場址土壤及地下水污染潛勢評估時，除了可向營區內較資深之弟兄進行訪談外，亦可向資深約顧人員或營區附近眷村居民進行訪談。

由於營區內之官士兵可能會因任務需求而輪調，因此未必對營區歷史有深入瞭解，然資深約雇人員或營區附近眷村居民，可能為該受調營區退役之人員，透過訪談過程，可以取得過去營區運作歷史資訊。

(二) 老舊或已拆除之設備設施位置

軍事設施隨著時代進步而改建或拆除，因此目前不存在的設施或作業行為，不代表過去從未進行。因此透過訪談過程，調查人員應仔細詢問目前營區運作情況與過去運作情況之差異，並透過歷史圖資、

照片的比對，瞭解老舊設施之作用或已拆除設備設施位置與過去作業行為，並詳細紀錄，以做為土壤及地下水污染潛勢評估之參考。

表 5.2-1　問卷調查表範例

<table>
<tr><td colspan="4">現勘/填表人員：　　日期：　　年　　月　　日</td></tr>
<tr><td colspan="4">基本資料</td></tr>
<tr><td colspan="4">軍種：□陸軍 □海軍 □空軍 □聯勤 □後備 □憲兵 □軍備局 □其他(請說明:　　)</td></tr>
<tr><td colspan="2">姓名(軍階)：</td><td colspan="2">隸屬單位：</td></tr>
<tr><td colspan="2">負責業務/任職期間：</td><td colspan="2">電話(手機)：</td></tr>
<tr><td colspan="2">營區民線電話：</td><td colspan="2">營區民線傳真：</td></tr>
<tr><td colspan="2">問題類別</td><td>問　題</td><td>調 查 結 果</td></tr>
<tr><td rowspan="4">壹、營區基本資料</td><td>1</td><td>營區佔地面積(坪、平方公尺或公頃)？</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>營區使用歷史？</td><td>□10 年內 □10~20 年 □20~30 年
□30 年以上 □不清楚</td></tr>
<tr><td>3</td><td>營區內主建築物何時興建？</td><td>□10 年內 □10~20 年 □20~30 年
□30 年以上 □不清楚</td></tr>
<tr><td>4</td><td>營區目前狀況？</td><td>□運作中 □停止運作 □設備拆除 □建築拆除 □土地規劃釋出
□土地已釋出
□其他(請說明　　)</td></tr>
<tr><td rowspan="7">貳、營區類型調查</td><td>5</td><td colspan="2">營區是否具有或曾具有下列類型之場所、設施或作業型態？</td></tr>
<tr><td>5-1</td><td>油料儲存、配送及補給設施</td><td>□是 □否
(回答是者請回答第 6 題)</td></tr>
<tr><td>5-2</td><td>電鍍、表面處理、溶劑清洗及油品更換等維修工廠</td><td>□是 □否
(回答是者請回答第 7 題)</td></tr>
<tr><td>5-3</td><td>海軍船塢設施</td><td>□是 □否
(回答是者請回答第 7 題)</td></tr>
<tr><td>5-4</td><td>軍需品生產工廠或軍火武器(含研發測試單位)</td><td>□是 □否
(回答是者請回答第 8 題)</td></tr>
<tr><td>5-5</td><td>靶場、火炮射擊場、炸射場及廢彈拆解廠</td><td>□是 □否
(回答是者請回答第 9 題)</td></tr>
<tr><td>5-6</td><td>雷達站及大型電力設施(發電廠、變電所等)</td><td>□是 □否
(回答是者請回答第 10 題)</td></tr>
</table>

表 5.2-1　問卷調查表範例(續)

問題類別		問　題	調 查 結 果
參、作業場所及設施	6	油料儲存、配送及補給設施相關問題：(本題結束後請自第 11 題開始)	
	6-1	使用中或曾經使用油料類型？	□汽油 (□ 92 □95 □98 □高級汽油) □柴油 (□超級柴油 □船用柴油) □航空用油 (□JP-4 □JP-8 □JP-5) □其他 (請註明油品類型：　　)
	6-2	油料貯存方式為何？	□地下儲槽 □地上儲槽 □其他(請註明儲槽類型　　)
	6-3	儲油管理單位？	□聯勤 □自行管理
	6-4	油槽區、管線或加油機(手臂)是否有土壤地下水污染預防及監測設施？	□無預防設施 □設測漏管共　　口 □設監測井共　　口 □其他預防設施(請說明　　)
	6-5	是否曾發生油料滲漏、洩漏或溢流？	□是 □否 □不清楚
	7	電鍍、表面處理、溶劑清洗及油品更換等維修工廠，以及海軍船塢設施相關問題：(本題結束後請自第 11 題開始)	
	7-1	是否曾進行金屬表面處理作業(如酸洗、陽極處理等)？	□是 □否 □不清楚 如為是請簡述作業內容：
	7-2	是否曾進行電鍍作業(如鍍鉻、鍍鋅等)？	□是 □否 □不清楚 如為是請簡述電鍍種類：
	7-3	營區內是否設有保修廠？	□是(屬　　級保修廠) □否
	7-4	是否曾使用含氯有機溶劑(如三氯乙烯、氯仿等)？	□是 □否 □不清楚，如為是請註明： (1)使用溶劑種類： (2)廢溶劑貯存及處置方式：
	7-5	是否曾進行裝備保修,並使用油品清洗液清洗機械零件？	□是 □否 □不清楚，為是請註明： (1)使用清洗液種類： (2)廢清洗液貯存處置方式：
	7-6	是否定期進行裝備或車輛潤滑油更換？	□是 □否，為是請註明： (1)使用潤滑油種類： (2)廢潤滑油貯存處置方式：
	7-7	是否曾進行裝備退漆及噴漆塗裝？	□是 □否

表 5.2-1　問卷調查表範例(續)

問題類別		問　題	調 查 結 果
參、作業場所及設施	8	軍需品生產工廠或軍火武器(含研發測試單位)相關問題：(本題結束後請自第 11 題開始)	
	8-1	生產主要使用原料為何？	
	8-2	主要使用主要化學品？	品名：　　□未使用
	8-3	化學品貯存方式及場所?	
	8-4	主要作業內容(原料、產品或廢棄物)是否與右列物質有關？	□揮發性有機物(VOCs) □含氯有機溶劑 □油料□重金屬(砷，鎘，鉻，銅，汞，鎳，鉛，鋅) □火藥、爆炸性物質 □氰化物 □放射性物質 □飛彈火箭推進劑 □與以上物質均無關聯
	9	靶場、火炮射擊場、炸射場及廢彈拆解處理廠相關問題：(本題結束後請自第 11 題開始)	
	9-1	射擊之槍炮種類？	
	9-2	射擊頻率？(次數/月、季、半年、一年)	
	9-3	落彈區描述？（鋪面情形、緩衝物等）	
	9-4	射擊區描述？（鋪面情形、緩衝物等）	
	9-5	是否定期清理落彈區彈頭？	□是 □否 □不清楚
	9-6	是否(曾)有放置廢棄輪胎？	□曾經有 □無 □不清楚 □現場有發現
	9-7	是否曾因射擊引燃廢輪胎？	□是 □否 □不清楚
	9-8	簡述彈藥拆解、維護方式為何?	
	9-10	簡述彈藥銷毀方式及頻率為何?	
	10	雷達站及大型電力設施相關問題：(本題結束後請自第 11 題開始)	
	10-1	營區電力設施額定容量？	額定容量：_____KVA
	10-2	是否使用民國 70 年以前製造之變壓器？	□是 □否 □不清楚
	10-3	是否貯放或曾貯放報廢之變壓器？	□是 □否 □不清楚

表 5.2-1　問卷調查表範例(續)

問題類別		問　題	調 查 結 果
肆、環境保護措施	11	營區是否有其他可能產生廢(污)水之場所(如電鍍設施、軍機清洗等)，其廢(污)水來源與特性、收集處理方式?	□是(請說明_____) □否
	12	是否有廢水處理設施？	□是(處理水量：_____m^3/月) □否
	13	是否有其他產生廢油之場所(廢油特性、貯存與處置方式)?	□是(請說明_____) □否
	14	是否有廢棄物掩埋場(使用歷史、廢棄物種類、襯裡材質與構造)?	□是(請說明_____) (廢棄物量：_____噸/月) □否
	15	目前所有廢棄物之處理程序及後續清除處理方式？(簡述處理方式)	
	16	營區內外是否有任何型式之廢棄物堆置、暫存或棄置場？請詳述之。	□營區內堆置/暫存(物品：　　) □營區外棄置
	17	廢棄物是否以資源回收或其他型式再利用？	□是(回收物名稱：　　) □否
	18	是否有使用公告之毒性化學物質？	□是(名稱：　　) □否
	19	營區目前(或曾經)有任何已知的土壤及地下水污染問題？	□是(污染物名稱：_____) (受污染環境介質：□土壤 □地下水) □否
	20	營區目前(或曾經)針對土壤及地下水污染進行污染改善？	□是(改善工法:_____) □否
伍、地下水現況	21	是否有任何抽水井？數量、口徑、深度？	井數：_____口 ，深度_____公尺 ， 口徑：_____吋
	22	是否有定期進行地下水監測？若有，請詳述分析項目、頻率。	□是(項目：_____頻率：_____) □否
	23	營區抽取地下水之用途(可複選)	□飲用 □生活用水 □消防 □其他_____
	24	營區地下水原水外觀(無色、黃色混濁、油污漂浮、異味等) (簡述之)	
	21	是否有任何抽水井？數量、口徑、深度？	井數：_____口 ，深度_____公尺 ， 口徑：_____吋

表 5.2-1　問卷調查表範例(續)

問題類別		問　題	調 查 結 果
陸、其他	25	過去三年內是否曾發生火災、化學品洩漏、爆炸或意外排放等事件，而遭相關單位要求採取整、治疏散或其他措施？	□是(簡述：　　) □否
	26	過去三年內是否自行或配合相關單位執行過環境檢測、調查或稽查計畫？	□是(簡述：　　) □否
	27	是否有因環保問題遭罰款或刑罰？	□是(簡述：　　) □否
	28	目前(或曾經)設置化學實驗室？若有，請簡述其用途及負責安全衛生之人員。	□是(簡述：　　) □否
	29	營區內是否有不明桶裝物	□是(存放位置：　　) □否
備　註			

此外，由於經濟發展需求，許多都市精華區之軍事營區土地常會進行土地移轉及開發，亦需透過人員訪談的方式，使得瞭解過去該營區設備及設施之位置。

(三) 過去運作情況

隨著武器系統及各式設備之更新，軍事營區之任務及作業行為亦隨之改變，即使營區內之設施與建物未重建，目前之維修行為、作業方式及內容，並不代表是過去之作業行為或方法，因此需透過人員訪談的方式，了解作業行為及內容是否有所改變，並設法瞭解過去及現在作業行為是否可能造成土壤及地下水之污染。

(四) 廢棄物掩埋區位置或可疑污染區

由過去調查結果可知，部份軍事營區常存在不明廢棄物掩埋區或因作業行為產生之可疑污染區，因此需透過人員訪談的方式，由資深之弟兄或同仁指出這些不明廢棄掩埋區或可疑污染區的位置。

5.3 場址勘查

土壤及地下水污染大多沒有明顯污染表徵，且各類營區可能產生土壤及地下水污染之發生源亦不同，需具有豐富經驗之調查人員研判各種造成污染之狀況與可能途徑。場址現勘為採樣規劃之基礎，若規劃失當，將影響後續採樣及調查所需的經費及時間，亦可能造成污染潛勢區之誤判。

軍事營區之歷史資料常會因為營區經任務移轉、部隊移防、營區設施改建或資料保存不全等因素而佚失，使調查人員者無法取得正確之營區資訊，故於採樣規劃進行前，須針對場址進行勘查，瞭解營區現況。依 5.1 節所述於現勘前應依事先取得之營區資料，並編撰現勘紀錄表，並於現勘過程詳實紀錄現勘情形於現勘紀錄表上，並拍照紀錄。

表 5.3-1 為環保署 95-101 年起進行軍事場址調查所歸納出之國內軍事營區類型、可能污染源及污染物一覽表，由表 5.3-1 可知國內軍事營區常出現之污染物，包括總石油碳氫化合物(TPH)、揮發性有機物(VOCs)、含氯有機物、重金屬及火炸藥類物質，不同之污染物可能因作業行為不同而有所差異。

因此調查人員在進行軍事營區現勘時，應依特別注意如第四章所述之營區作業類型及可能發生之土壤及地下水污染樣態，包括：

(一) 油品供給、儲存方面

軍用加油站或油料儲槽之可能洩漏情形及現勘重點，與一般民間常發生之情況相似，現勘應注意事項可參考表 5-1 所列之「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手冊」、「油品類儲槽系統污染範圍調查作業指引參考手冊」、「油品類儲槽系統污染調查及查證參考手冊」及「油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要

點與注意事項參考手冊」等手冊內容。

表 5.3-1　軍事營區污染樣態及可能污染物

營區類型	可能污染源	主要污染物
一般營區	二級廠、廢棄物/廢油品/廢溶劑存放區	TPH、重金屬、VOCs
加油站/油槽	加油站、油槽區、廢油桶存放區	TPH、重金屬
靶場、射擊場	訓練場、靶場、火炮射擊場、炸射場及廢彈拆解處理場	火炸藥類物質、重金屬
設備工廠/兵工廠/實驗室	污水處理廠、製成廠區、油料設施、化學品存放區、廢棄物處理區、電鍍廠、廢彈拆解處理場、噴漆作業區、維修工廠	重金屬、含氯有機物、TPH、VOCs
空軍基地	航空器及車輛維修棚廠、地勤作業區、清洗區、各類工廠、廢水處理廠、消防訓練場	VOCs、BTEX、含氯有機物(TCE、PCE)
海軍基地	船塢、維修廠、油料庫、各類工廠、油料儲存補給	TPH、VOCs、重金屬

(二) 廢棄物/廢油/廢棄溶劑儲存區

國內軍事營區產生之廢棄物主要區分為「生活廢棄物」、「可回收之廢棄物」、「廢棄軍品或料件」、「廢油水」、「廢棄油品」、「廢溶劑」等。

其中「生活廢棄物」、「可回收之廢棄物」大多設有暫存區，由民間單位每日進行清運。

「廢棄軍品或料件」則依軍品種類，不涉及軍事機敏性，且具回收價值者，大多暫存於營區內，累積一定量以後，出售民間廠商，涉及軍事機敏性者，如過期彈藥等，則由軍方專責單位進行清除及處理。

「廢油水」、「廢油品」或「廢溶劑」為大多以 50 加侖桶儲存至一定量後，由民間廠商回收或軍方專責單位處理。

這些區域之現勘工作，應特別注意：

(1) 50 加侖桶是否有破損

(2) 儲存區域是否設有良好阻絕設施、舖面完整性

(3) 儲存區域附近地表情況、截流溝或陰井情況

(4) 是否存在污染表徵

(三) 維修廠

本手冊所指之維修廠包括車輛維修廠(二級廠以上之車輛修護廠)、航空器維修廠及船隻維修及修護廠。這些維修廠現勘應特別注意：

(1) 各種容器、廢棄物(固體或液體)存放區

通常維修廠均設有小型原料及廢棄桶槽之儲存區、廢棄物儲存區，應特別注意是否有明顯洩漏、破損、地面污漬、惡臭、地表積水顏色異常等情形。

此外應注意儲存區域附近地表情況、截流溝或陰井情況，注意是否有明顯洩漏、破損、地面污漬、惡臭、地表積水顏色異常等情形

(2) 室內維修區

維修廠房內、外之鋪面、排水溝、截流溝與集水坑結構是否具有裂縫、是否鋪設內襯，並取得排水道與集水坑之深度、走向、位置、管線、收集之廢水種類等資訊，可協助判斷污染源及污染情況。此外應注意排水管、污水坑之結構是否完整、是否有腐蝕破損、污漬，特別是管線轉彎處、銜接處是否有洩漏、損壞等情況發生。

(3) 室外清洗、維修區

部份維修作業或設備清洗作業於室外進行，因此應注意室外

作業行為，如除退漆作業、設備清洗作業等作業方法，並確認室外清洗、維修區之鋪面、截流溝或陰井情況，若無鋪面，則須注意草皮生長情況。

(四) 設備工廠/兵工廠/實驗室

軍事營區可能存在之設備工廠/兵工廠/實驗室,主要做為武器、航空器、船隻及車輛零件製造、特殊塗料製造、火炸藥類物質製造之用，大多為與金屬零件製造、電子設備裝配、化學品生產、製造、裝填等有關，因此可比照一般運作中工廠或廢棄工廠之現勘要點進行，針對部份相似之作業類型，可參考表 5-1 所列之手冊內容。

有關設備工廠/兵工廠/實驗室一般性之現勘重點包括：

(1) **各種容器、廢棄物(固體或液體)不當處理或棄置**

原料及廢棄桶槽之儲存區、廢棄物儲存區，若發現有明顯洩漏、破損、地面污漬、惡臭、地表積水顏色異常等情形，為現勘之重點。

(2) **任何形式之抽水井或監測井**

若場內使用之地下水抽水井或設有監測井，需檢視是否有遭受破壞、非法灌注等情形，若有必要，可取水樣，判斷水樣顏色、氣味是否有異常。

(3) **排水管與污水坑污漬或腐蝕**

應注意場內之排水管、污水坑之結構是否完整、是否有腐蝕破損、污漬，特別是管線轉彎處、銜接處是否有洩漏、損壞等情況發生。

(4) **排水道與集水坑**(sump)

廠房內、外之排水溝與集水坑結構是否具有裂縫、是否鋪設內襯，並取得排水道與集水坑之深度、走向、位置、管線、收集

之廢水種類等資訊，可協助判斷污染源及污染情況。

(5) **有害物質之使用、處理、儲存、處置或生產情形**

場址若使用有害物質，其使用、處理、儲存或生產之區域，應注意是否設有良好阻絕設施、鋪面完整性、管線狀況等，並檢視運作紀錄，確認運作量。

(6) **加熱或冷卻裝置(油槽、管線、冷凝管)**

在加熱器部份，可能使用燃料油，故具有油槽、輸送管線等高污染潛勢設備，需特別注意槽體、防溢堤、二次阻絕設施、測漏管等設施狀況，並且仔細檢核其運作資料。冷卻部份，則需注意使用之冷媒、冷卻水添加劑運作情形及管線設施完整性。

(7) **原物料及廢棄物裝卸載**

原物料、廢棄物等之裝載、卸除大多靠車輛運送，因此車輛停等區、原物料裝卸載區等區域之地表鋪面及道路情況，應於現勘時特別注意是否有破損、污漬、顏色異常等情形發生。

(五) 運作火炸藥類物質場所

火炸藥類物質為軍事營區獨有之污染物，且僅出現於運作火炸藥類物質之場所，如、靶場、火炮射擊場、炸射場及彈藥銷毀場、彈藥維護、拆解處理廠等，且常伴隨重金屬污染，另外，場址亦須注意火炸藥類物質代謝之產物如苯、硝酸鹽氮等污染物。運作火炸藥類物質之場所現勘重點說明如下：

(1) **輕兵器靶場**

舊式之輕兵器靶場，大多有射擊線、靶溝、背彈土堆等設施，現勘時，應特別注意射擊線及射擊線前方草皮生長狀況、靶溝前後草皮生長狀況及背彈土堆是否存在彈頭等廢棄物。

新型之露天靶場，則設有背彈牆，則現勘時應特別注意背彈

牆沙堆及前方靶溝情況，確認設備設施是否完整。

(2) **重型武器/火炮/戰車/艦砲/航空器炸射場**

重型武器/火炮/戰車/艦砲/航空器炸射場等演訓場所，則需注意「射擊區」及「目標區」狀況，射擊區須注意之火藥殘留、是否存在廢彈殼棄置情形，目標區則需注意是否存在彈藥之破片、破損之廢彈等，並注意土壤顏色是否異常。

另外，由於「目標區」可能存在老舊或破損之未爆彈，現勘過程可先利用無人載具進行初勘，若發現有未爆彈，應先通報未爆彈處理小組先行處理後，再進場現勘。

(3) **彈藥銷毀場**

國內軍事場址彈藥銷毀作業可區分為「露天銷毀」、「銷毀爐焚化」等 2 類，現勘重點說明如下：

(a) **露天銷毀**

對於過期之火炮或拆解之廢彈，國內大多以露天銷毀的方式進行，因此現勘時需特別注意銷毀坑及銷毀坑附近區域，並注意銷毀坑附近地表水匯流處之狀況，是否有草皮不生、燒灼或是殘餘之廢彈藥破片等存在。

(b) **銷毀爐焚化**

輕型武器彈藥則採以特殊規格之銷毀爐進行焚化處理，因此需特別注意其底灰及飛灰暫存區之鋪面情況，另外後續調查階段應規劃進行戴奧辛之分析。

此外，部份銷毀爐之空氣污染防治設備採用濕式處理，則需特別注意溼式處理之廢水排放口情況。

(4) **彈藥維護、拆解處理廠**

國軍事用之彈藥若仍有利用價值，則會定期進行維護，工作內容包括藥包之卸除、彈藥外觀除退漆、上漆及新藥包裝填等，注意事項與一般工廠相似，詳見(四)設備工廠/兵工廠/實驗室所述內容。

(六) 其他

依據過去調查經驗，軍事營區常出現有不明之廢棄物掩埋區，因此需特別注意營區之空地、裸土及植被覆蓋區域是否有廢棄物棄置、異常壟起、開挖痕跡等情形，並注意裸土及植被覆蓋區之土壤顏色是否有異常、是否有草木不生或生長狀況明顯差異的情形。

若發現人工鋪面、空地、裸土及植被區域會有明顯污漬或顏色異常，植被覆蓋區則可能出現植物死亡或寸草不生的情況，有地表顏色明顯異常情形，則可能有洩漏情況發生。地下管線上方之鋪面，若有重新開挖之痕跡，顯示曾進行管線更換或維修，可能有污染情況，須特別注意。

此外，部份營區設有焚化爐或廢污水處理廠，在焚化爐部份，需特別注意其底灰及飛灰暫存區之鋪面情況，另後續調查階段應規劃進行戴奧辛之分析。

廢污水處理廠則需助意其應注意場內之管線、儲槽、截流溝之結構是否完整、是否有腐蝕破損、污漬，特別是管線轉彎處、銜接處是否有洩漏、損壞等情況發生。污泥暫存區及附近之鋪面、裸土及植被覆蓋區之土壤顏色是否有異常、是否有草木不生或生長狀況明顯差異的情形。

第六章　污染調查作業

當完成軍事營區土壤及地下水污染潛勢評估作業之資料蒐集審閱及現場勘查訪談，確認營區內有明顯污染表徵或經評估後發現確有污土壤及地下水污染潛勢，須進一步透過土壤及地下水採樣及分析，瞭解營區內、外受污染情況及範圍，唯有明確瞭解營區內、外之污染情況及範圍，使能做出正確且有效的整治規劃，本章節說明軍事場址土壤及地下水污染調查規劃方法，以供營區調查人員規劃進行軍事營區土壤及地下水污染調查之參考。

6.1 土壤及地下水污染調查規劃

環保機關進行之軍事營區之土壤及地下水調查工作，主要為「污染潛勢調查」及「驗證調查」兩類，前者確認營區是否存在土壤及地下水污染，後者則是確認受污染之軍事場址是否完成污染改善工作。軍事營區自主進行之調查工作,則大多為「細密調查及污染範圍調查」,或是「整治過程調查」及「驗證調查工作」。

依據財政部國有財產局公告之「國有不動產撥用要點」規定，未來當軍事營區內具有油庫、加油站、化學品儲槽、彈藥庫、彈藥修護廠、廢彈藥處理廠、化學工廠、兵工廠、保修廠、試射場及其他訓練場等作業類型之場址停止其軍事任務，須移轉至其他單位做為其他用途時，撥用機關應視需要調查土壤及地下水污染狀況

因此軍事營區內之業管人員須對土壤及地下水污染調查規劃之內容有一定程度的瞭解。圖 6.1-1 為一般常見之土壤及地下水污染調查流程，調查人員進行場址現勘過程中，可以獲得場址初步資訊及現場配置，並瞭解場址污染潛勢，選擇進行土壤採樣、地下水採樣及水文地質調查工作。國內進行土壤及地下水污染調查工作之規劃，大多參考

環保署 94 年出版之「環境採樣規劃設計」、100 年出版之「場址環境評估法」及「網格法」進行。但不論採用何種方法進行規劃，首先應思考以下問題：

(一) 採樣目的

在規劃土壤及地下水採樣調查時，依採樣目的不同，所需之經費與調查方式均會影響調查規劃，不同型態場址的污染物、污染來源與調查方式均有所差異，調查目的及其相對應之特性整理如表 6.1-1。

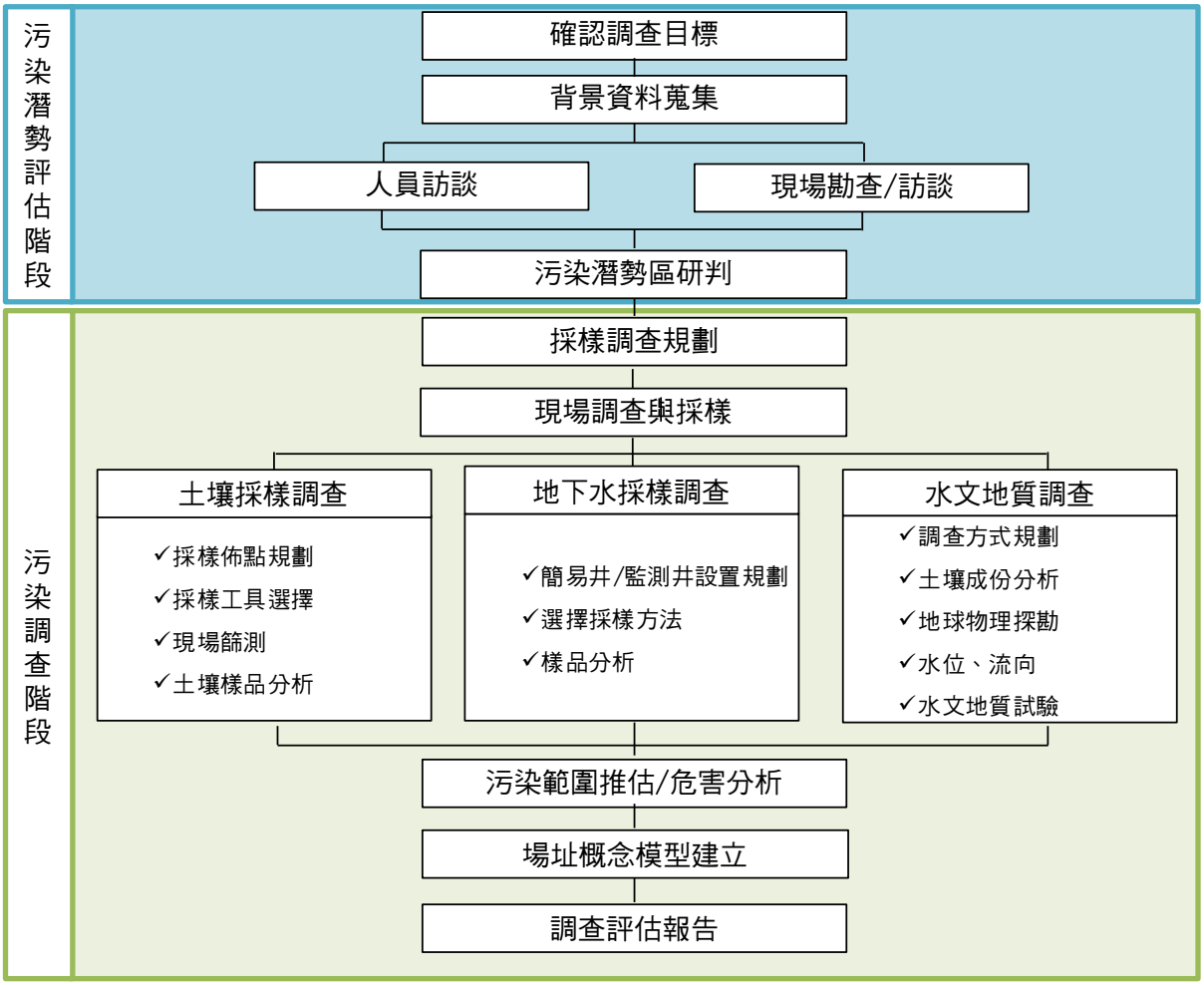


圖 6.1-1 場址土壤及地下水污染調查流程

表 6.1-1 不同目地之土壤及地下水污染調查工作特性

目的	特性
背景調查	欲了解某一地區之土壤及地下水背景濃度所進行之調查，常由環保機關進行
監測調查	於可疑污染場址針對污染物進行之短期或長期濃度監測，或依土污法第六條之預防性監測工作進行之調查
污染潛勢調查	針對具有土壤及地下水污染潛勢之場址進行之土壤及地下水污染調查工作
細密調查及污染範圍調查	以據已發現污染之區域，再進一步確認污染之垂直與水平狀況、濃度及變化，推估污染物之分布及可能影響之範圍。
整治過程調查	於整治作業之前、執行中與整治完成後，分別進行污染調查，以了解污染物濃度變化、整治可行性評估、整治成效以及是否達成整治目標。
驗證調查	整治完成後，由整治單位進行自主性之驗證，或由環保機關進行之驗證調查工作，確認污染改善情況。
土地移轉時調查	1.土污法第八、九條規定之事業單位，於土地移轉、辦理設立許可、登記、申請營業執照、變更經營、變更產業類別、變更營業用地範圍、事業歇業、繳銷經營許可或營業執照、終止營運(業)、關廠或無繼續生產、製造、加工時，須進行土地品質之調查工作 2.部份軍事營區可能因都市開發需求，而有土地移轉至其他單位情形，依據財政部「國有不動產撥用要點」第 18 點規定，軍事營區土地於移轉前，應進行土壤及地下水污染調查工作。

但針對調查工作本身而言，土壤及地下水採樣的目的不外乎瞭解樣品(1)污染是否超過土壤及地下水污染管制標準、(2)追查某一污染源的污染特徵、(3)確認污染特性及污染範圍、(4)確認高污染區域(hot spots)之位置或污染團(plume)位置、深度及範圍。

而水文地質調查則是要了解污染物在土壤及地下水中的傳輸、流布特性及地質環境的特性，以作為未來整治規劃、概念場址模型建立及風險評估的參考。

(二) 採樣的代表性

由於所採集的樣品及其分析結果，為判斷是否具土壤及地下水之依據，因此需確保採樣過程之品保品管。並需紀錄採樣位置之經

緯度及採樣時間，採樣數量則依調查目的決定。

(三) 採樣之限制

評估者應事先考慮會採樣或分析之限制及障礙，如廠房高度、作業範圍、土壤質地、地形和地下結構物如管線或建物、設施之基礎等。一般採樣限制可區分為 4 種，評估者應將採樣之限制敘明於報告中：

(1) 採樣/分析的限制：包括量測儀器於現場或實驗室技術的靈敏度及選擇性的要求，以及現場技術執行於低溫、高濕度，或於某個季節或天氣型態的樣品採集能力。

(2) 時間/進度的限制：包括季節性的限制如暴露與季節的關係。

(3) 地理的限制：包括如可能無法採樣，及任何可能妨礙準確識別採樣位置的地理障礙(如河川、圍籬等)。

(4) 經費的限制：需考量整體資料收集程序如從野外樣品採集、運送、保存，到分析樣品、資料輸入及確認等整體成本之支出。

當完成污染潛勢評估後，調查人員可依據調查目的、時間、經費等限制，選擇使用主觀判斷採樣法、簡單隨機採樣法、分層採樣法、系統網格採樣法、排序組合採樣法、應變叢集採樣法等首先要進行污染潛勢調查工作,這些內容在環保署 94 年出版之「環境採樣規劃設計」、100 年出版之「場址環境評估法」及「網格法」有完整之討論，本手冊不再贅述，僅就污染潛勢調查及細密調查/污染範圍調查之規劃原則進行說明。

6.1.1 污染潛勢調查

一般而言，在經費有限的情況下會選擇採以「主觀判斷採樣法」進行土壤及地下水採樣工作，經過污染潛式評估後，可篩選出營區內具有高污染潛勢之區域，規劃進行土壤及地下水採樣。依過去環保署辦理 95-96 軍事營區相關調查計畫之調查經驗,軍事場址中造成污染之

設施及區域為採樣調查的重點區，表 6.1.1-1 彙整軍事營區中各類型作業場所之調查重點，在污染潛勢調查過程，土壤及地下水採樣點選擇及規劃原則說明如下：

(一) 土壤污染調查規劃應注意事項

(1) 採樣點儘可能靠近疑似污染源或製程區。

(2) 研判為地表洩漏時，可在洩漏區土壤進行採樣。在確認無地下管線通過時，應從地表開始採樣，採樣深度應至土壤無污染標徵或至少達地表下 1m。

(3) 若有管線、水溝、陰井、集水坑、截流溝、地下槽體，土壤採樣深度應儘可能採至設施下方 1m。

(4) 若研判污染物為 LNAPL，則土壤採樣深度應規劃達地下水位面下方 1m。

(5) 若為運作油品之場所，如油槽、加油站或保修廠區域，則優先考慮測漏管及土間隙氣體 PID/FID 訊號值大於 500ppm 之位置進行土壤採樣，採樣深度應達地下水水位面，若受地質限制則不在此限，採樣時全程使用 PID/FID 進行篩測，若有 PID/FID 測值異常、土壤有明顯油氣味或 MIP 調查深度異常，則進行 TPH test kit 篩測。

(6) 若場址過去曾使用含氯有機溶劑，因含氯有機物對 PID/FID 感應較不靈敏，故在採樣時，選擇 PID/FID 值相對較高者進行送樣分析。

(7) 地球物理研判為高污染區時,且土壤氣體採樣篩測異常之位置，屬有機物污染。採樣深度應達地下水水位面，若受地質限制則不在此限。

(8) 若場址僅過去曾使用機油、潤滑油，則在附近草地或廢油存放區進行採樣，因 PID/FID 對機油、潤滑油較不靈敏，因此採樣時發現油氣味或有油品特徵的樣品,可進行 TPH test kit 分析。若場址過去曾使用切削油，則加測 XRF 快篩，以釐清樣品是否受重金屬污染。

表 6.1.1-1 軍事場址作業類型調查重點彙整表

項次	作業場所或類型	調查重點								
		儲槽洩漏潛在區	管線洩漏潛在區	油品、化學品卸載區	地下集水槽(溝)	可疑處理坑	各式設備處理區	地下水下游或積水區	設備測試或訓練區	其他高污染潛勢區
1	油庫及加油站設施	●	●	●	●	●		●		●
2	化學儲槽及維修工廠	●	●	●	●	●		●		●
3	兵工廠(含研發單位)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4	彈藥庫及試射場				●	●	●	●	●	●
5	飛彈及火箭燃料系統			●	●	●	●		●	●
6	船塢設施				●	●		●	●	●
7	雷達站及電力設施				●		●			●
8	化學藥劑儲存場所	●	●	●	●		●			●
9	訓練基地、中心			●	●	●		●	●	●
10	車輛存放與保修廠	●		●	●		●		●	●
11	武器存放與保修廠			●	●		●		●	●
12	其他產生廢(污)水之場所	●	●		●		●	●		●
13	其他產生廢油之場所	●			●	●		●		●
14	廢棄物掩埋場				●	●		●		●

(二) 地下水污染調查規劃應注意事項

淺層地下水調查，應儘可能合理利用各水文地質單元中原有的水井，及泉口等出水點，並應用簡易井或即時地下水採樣技術行調查，必要時得設置監測井。

即時地下水採樣技術、簡易井、監測井佈點原則如下：

(1) 位置

設置位置/採樣位置應設於發現土壤污染之地點附近(儘量位

於地下水流向下游處)，依場址地質條件選用設井機具，並於決定分析項目。此外，設井位置與既設井或整治井間之距離不宜過近(小於 3 公尺內)，以避免緊鄰井之抽水或改善措施影響查證檢測結果。

(2) 設置深度及開篩長度

(a) 優先規劃於土壤篩測、土壤氣體篩測、Test kit 及地球物理等訊號異常之位置

(b) 土壤樣品分析確認具土壤污染之調查點位置

(c) 標準監測井深度及井篩長度之決定須考量土樣箱內各段土壤之含水狀況、場址豐、枯水期間地下水位面之變化及關切污染物之特性等因素予以妥適決定，以取得代表性樣品。

(d) 若關切污染物之檢出係因比水輕非水相液體(Light Non-Aqueous Phase Liquid, LNAPL)之洩漏而造成，井篩長度需涵蓋豐枯水期水位變化，以避免發生地下水位面高出井篩頂端之情形。

(e) 若場址之污染物為 DNAPL，則應視情況調整設井深度及開篩深度，必要時可達第一含水層底部，且可設置井叢。

6.1.2 細密調查及污染範圍調查

細部調查及污染範圍目的，係依據初步調查結果，再進一步確認污染之垂直與水平狀況、濃度及變化，推估污染物之分布及可能影響之範圍。

在細部調查及污染範圍調查過程，應搭配現地、即時量測技術之檢測結果（如透地雷達、地電阻、土壤氣體分析、攜帶式氣相層析儀、MIP-FID/PID/ECD/XSD 等），並搭配網格法或依據專家經驗之判斷，

搭配分層採樣法、系統網格採樣法、排序組合採樣法、應變叢集採樣法，可增加採樣佈點規劃設計之精確性，確認場址之污染情況及可能影響範圍。

(一) 土壤污染調查規劃應注意事項

土壤污染範圍調查，則依據經費及現場狀況須求，進行規劃布點，一般可參考網格法(儲槽區除外)進行採樣佈點之規劃，流程如圖 6.1.2-1 所示，茲說明如下：

(1) 高污染潛勢區

(a) 非儲槽區

高污染潛勢區中之非儲槽區以 10m×10m(100 m^2)網格進行佈點，其佈點數量以下式計算：

NHN＝AGHN / 100

其中 NHN 為高污染潛勢區內非儲槽區 10m×10m 網格佈點數，AGHN 為以 10m×10m 網格所涵蓋高污染潛勢區內非儲槽區之網格面積(平方公尺)。

(b) 儲槽區

事業用地內擁有儲槽時，以單一儲槽至少佈設 2 點為原則，其儲槽數量總計為 n 個，則儲槽區佈點數 NHT = 2n；惟儲存自來水、消防用水等不具污染性物質之儲槽不在此限。

(2) 低污染潛勢區

以 50m×50m(2,500 m^2)網格進行佈點，計算公式如下：

$$N_L = A_{GL} / 2500$$

其中 NL 為低污染潛勢區 50m×50m 網格佈點數，AGL 為以

50m×50m 網格所涵蓋低污染潛勢區之網格面積(平方公尺)，若面積超過 10,000m^2，需增加採樣點數。

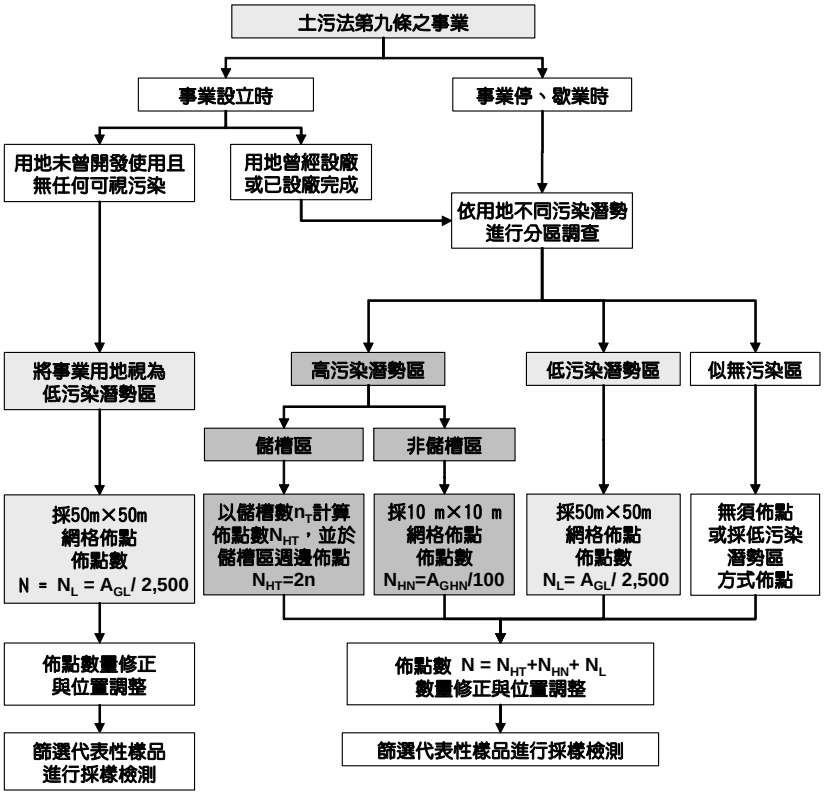
(3) 似無污染區

無須進行佈點採樣或可採低污染潛勢區方式進行佈點。

(4) 總佈點數量

總佈點數量之計算即為所有分區佈點數量之總和：

總佈點數 N = NHN + NHT + NL



A_{GHN}：以10m×10m網格所涵蓋高污染潛勢區內非儲槽區之網格面積
A_{GL} ：以50m×50m網格所涵蓋低污染潛勢區之網格面積
N_{HN} ：高污染潛勢區內非儲槽區10m×10m網格佈點數
N_{HT} ：儲槽區佈點數
N_L ：低污染潛勢區50m×50m網格佈點數
N ：總佈點數
n_T ：總儲槽數
面積單位：平方公尺

註1：於採樣過程中，若發現由土壤外觀可明顯研判其物化性質異於場址或附近土壤性質時即應參採高污染潛勢區之調查佈點方式辦理或調整佈點數量與位置。
註2：土污法第八條第一項之事業若採本方式進行調查採樣時，採樣佈點數與檢測項目得依事業製程與用地現況特性，由土地移轉雙方自行協議決定。

圖 6.1.2-1 網格法採樣佈點規劃流程

(二) 地下水污染調查規劃應注意事項

當發現有地下水污染情形時，應從污染區域之周界，選定三角形三頂點方式設置監測井（如圖 6.1.2-3(a)），於地下水流向上游設 1 口監測井、下游設 2 口監測井，進行調查。

若周界地下水檢測合格，則其污染範圍以此為界，並可透過發現污染之監測井地下水污染濃度及周界監測井地下水濃度，以商業化軟體如 Surfer 進行模擬，推測污染範圍及濃度範圍。

如有一點不合格，則必須進一步研判地下水流向、流速，推測污染物移動情況，並向污染區域之周界外，於水平或垂直地下水流向之移動距離之邊界，以地下水即時採樣、設置簡易井或設置監測井方式進行地下水採樣（如圖如圖 6.1.2-3(b)），直至採樣點 N 檢測合格後停止。並以污染區域中心至該點的調查結果，以商業化軟體如 Surfer 進行模擬，推測污染範圍及濃度範圍。

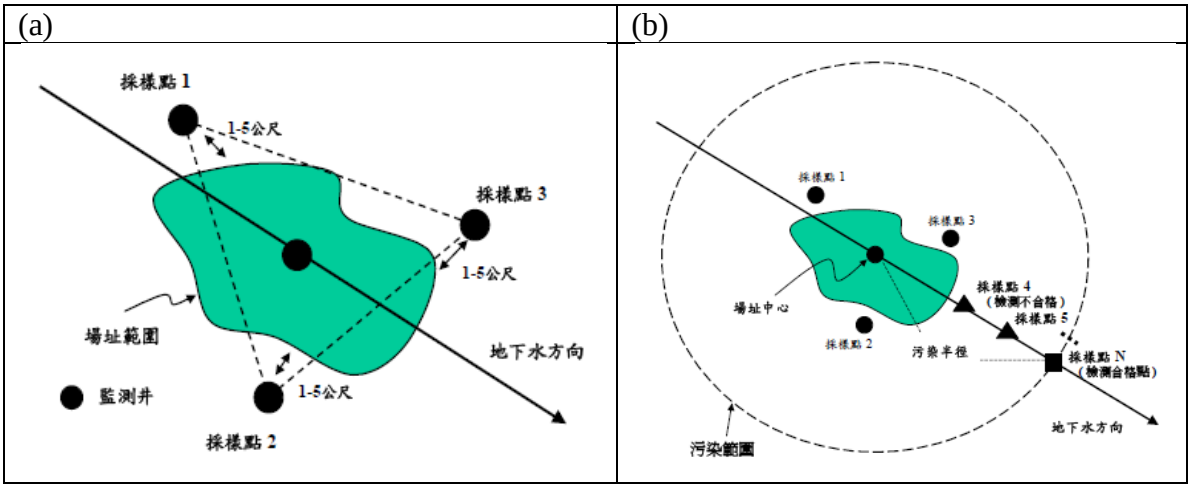


圖 6.1.2-3 地下水污染範圍調查概要圖

6.2 土壤及地下水調查及採樣方法

6.2.1 土壤及地下水污染調查方法

由於污染物在土壤及地下水中的空間分布及傳輸受到地質組成、土壤之成份、物化特性及地下環境中的生物性質的影響，具有極大的空間變異性。

土壤及地下水污染調查，須依照污染程度、污染物特性、地下環境狀況、污染發生的原因與場址運作現況之不同，加上地質本身非均質性，使調查策略與採樣方法有所不同。

國內土壤及地下水污染採樣方法規範目前國內已針對土壤及地下水污染相關之規範，茲就規範內容介紹如下：

(一) 土壤污染調查及分析方法

土壤採樣工作為土壤污染調查之第一個步驟，所有環境介質最終檢測結果的判定，均須仰賴是否可取得具有代表性的樣品。土壤污染潛勢調查及查證現場工作之執行流程及使用之調查方法如圖 6.2.2-1 所示。

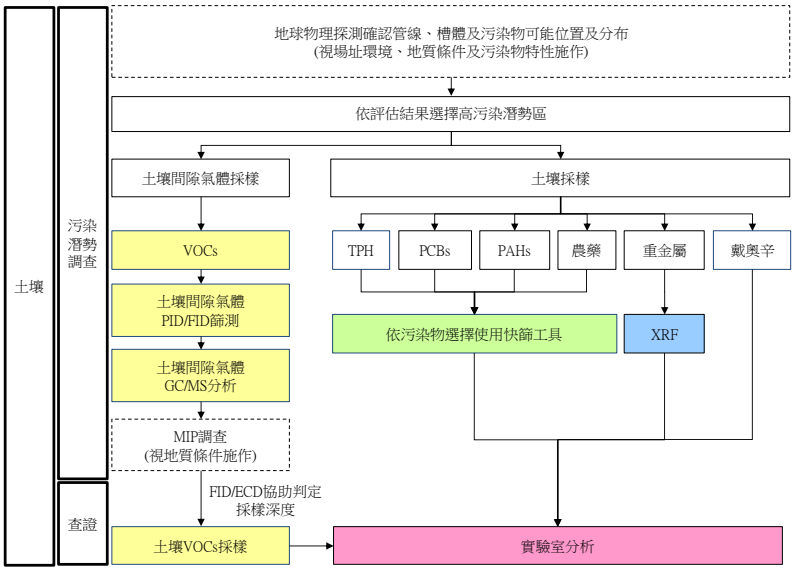


圖 6.2.2-1 土壤污染潛勢調查現場工作流程圖

(1) **地球物理探測**

對於腹地較廣或污染潛勢區分佈複雜之軍事場址，進行地電阻法、透地雷達法或感應電磁法等非破壞性地球物理方法進行探測，快速評估污染潛勢較高之區域。

實際施測前，將先進行背景環境地質與污染物特性之地球物理初勘調查，釐清可能雜訊與評估各軍事場址之適用性，於合適軍事場址選擇非破壞性地球物理探勘技術進行地下環境初勘，逐步縮限採樣調查範圍。

地球物理方法各方法之應用範圍不同，但原則上用於，場址面積較大難以用明確判斷潛在污染源之區域或針對地下管線進行探測。茲就各方法規劃原則說明如下：

(a) **地電阻方法用於曾運作油品或有機溶劑之場址中，特別是含氯有機溶劑，但運作歷史久遠、現場面積廣大且無明顯污染表徵之區域。若選用地電阻方法，則鑽孔位置應配合會同單位提供之地下管線設施資料或透地雷達資料進行調整。**

(b) **透地雷達用於會同人員未地下管線資訊，或地下管線槽體不明確之情況。**

(2) **土壤間隙氣體採樣及實驗室分析**

若場址關切污染物為揮發性有機物，或場址曾經運作油品及(或)有機溶劑，則依據場址特性，在地質條件及地下水位深度條間許可的情況下，在適合的區域，規劃採集土壤間隙氣體樣品，現場以人工或鑽機貫入方式，將土壤間隙氣體抽汲進入 TEDLAR 採氣袋中，再以 PID(photo ionization detector)及 FID(flame ionization detector)現場初步篩測，再選擇篩測數值異常之採樣點，以全新之 TEDLAR 採氣袋，搭配實驗室或現場 GC/MS(氣相層析/質譜儀)方法分析，土壤間隙氣體採樣及檢測工作內容及流程如

表 6.2.2-1，選點原則說明如下。

(a) 若場址內已存在既設測漏管，則可先利用測漏管進行土壤間隙氣體 PID/FID 分析，再依實際情況決定是否於其他位置進行土壤間隙氣體調查。PID/FID 大於 500ppm 時，在依現場狀況決定是否採集第二批土壤間隙氣體送樣分析。

(b) 油品類設施之高污染潛勢區且無設置測漏管，若地質條件適合則進行採集土壤氣體，先以 PID/FID 進行初步篩測，若該調查區域中發現異常者：PID/FID 值超過 500ppm 時，則進行第二批土壤間隙氣體採樣，以 GC/MS 分析氣體成分，各污染潛勢區至少採集一組。

(c) 施作地球物理試驗之場址，選擇地球物理篩測訊號異常之區域，進行土壤間隙氣體篩測。

(d) 另 PID/FID 對含氯有機物靈敏度較低，故若場址過去曾運作含氯有機溶劑，則可選擇相對高值之採樣點，進行二次土壤間隙氣體採樣，送實驗室 GC/MS 分析。

(3) MIP 調查

若污染潛勢區之可能污染物為揮發性有機物且地質為砂土、黏土層時，可利用 MIP 調查並研判污染垂直深度，其貫入位置選擇，可依地球物理調查結果或選擇污染潛勢較高之區域而定，原則上在地質條件許可的情況下貫入深度應達地下水位面以下 1m。若可能污染物為 DNAPL，則可視 EC 值訊號變化調整調查深度。MIP 調查執行重點，說明如下：

(a) 貫入 MIP 鑽頭前應確認鑽機角架是否固定，確保垂直貫入。

(b) 貫入 MIP 鑽頭前需先進行半透性膜之透氣性測試，且需加熱至 121℃後方可貫入。

表 6.2.2-1 土壤間隙氣體採樣及檢測工作內容及流程

採樣步驟	工作說明	照片
Step1 選點、試挖	選定採樣點，進行銑孔及試挖，確認是否有管線存在	
Step2 貫入鑽桿	鑽桿前端接上拋棄式鑽頭，以手動或鑽機方式貫入至試挖深度下方約 1 米左右。	
Step3 第一批採樣	將鑽桿頂起，使鑽桿與鑽頭分離。PE 管另一端接上真空抽氣泵後，將土壤間隙氣體收集到真空採樣箱(Vacuum Box)內之 TEDLAR 採氣袋中。	
Step4 PID/FID 分析	以 PID/FID 分析 TEDLAR 採氣袋內的氣體。若發現數值有異常，則進行 Stpe 3，以全新之 TEDLAR 採氣袋採樣。	
Step5 第二批採樣，實驗室分析	將第二批採樣之氣體送至實驗室分析。	

(3) 貫入施作過程中注意維持等速及等溫，貫入速度不宜過快，搭配 EC 者另應注意土壤孔隙導電度變化，如遇導電度突然升高現象應注意是否遭遇黏土層，避免貫穿造成污染擴散。

(4) 現場工程師可藉由 MIP Display Log V5.0 或 Microsoft® Excel 以曲線圖示方式，呈現出深度、測值、土壤導電度值與檢測深度關係，以判斷污染物分佈位置。

(5) 完成鑽探作業後，應立即以皂土回填復原，避免污染擴散。

(4) 土壤污染簡易篩測

本計畫利用現勘調查、地球物理方法、土壤間隙氣體篩測及MIP 調查等方法，瞭解軍事營區場址中高污染潛勢區域可能位置分布後，依據污染物種類複雜，針對不同污染物，選用不同簡易篩測工具進行初步篩選，用以評估污染狀況及分布，並決定高污染潛勢區採樣點及採樣深度。茲就採樣採樣方法、佈點規劃、簡易篩測方法及查證工作內容說明如下：

(a) 採樣方法

土壤採樣方法依環檢所最新公告之「土壤採樣方法(NIEA S102.61B)」，依照污染物特性，選擇適當工具進行土壤採樣。場址遇有水泥或柏油鋪面等情形，則需進行地表鋪面破除工作，並於實際鑽探及採樣前進行試挖，試挖孔徑須大於鑽機外套管管徑，以避免發生工安意外。

一般而言，採用 Geroprobe 鑽機以直接貫入方式，搭配雙套管採集地層中未受擾動之土壤，採樣流程如表 6.2.2-2 所示。若遭遇礫石層或較堅硬之地層，則選用鑽堡進行定深度採樣。另外，針對表裡土或分布於淺層土壤之污染物，依場址狀況選用人工採樣，採樣流程如表 6.2.2-3 所示。

(b) 簡易篩測

目前環檢所已針對不同之污染物，發展出不同快篩工具進行簡易篩測方法如表 6.1.2-4 所示，在採樣調查過程，可依據污染物特性，採集不同深度樣品進行篩測，用以快速取得場址土壤污染概況。

表 6.2.2-2 直接貫入式土壤採樣流程說明

<table>
<tr><td colspan="4">設備需求</td></tr>
<tr><td colspan="4">直接貫入式機具設備(電動錘或鑽機、鑽桿、鑽桿拔取器)、土壤採樣器、RC 銑孔機、PID/FID、拋棄式鑽頭、採樣襯管、夾鏈袋與鐵氟龍封帽等。</td></tr>
<tr><td colspan="4">現場檢測作業流程</td></tr>
<tr><th>步驟</th><th>工作項目</th><th>內容</th><th>照片</th></tr>
<tr><td>步驟 1</td><td>選點與銑孔</td><td>1.協同軍方人員選定採樣點。使用 RC 銑孔機將預定採樣點的 RC/PC 保護層切割，以利後續採樣工作。
2.選點時應核對場址設施配置圖，確認地下無相關儲槽、管線或其他設施，以避免誤擊。</td><td> </td></tr>
<tr><td>步驟 2</td><td>試挖</td><td>運作中場址作業安全考量，建議以人工方式試挖至地表下 1~1.5 公尺(必要時至 2 公尺)左右，以確認採樣點下方並無管線等設施。若確認無管線設施則省略本步驟。</td><td> </td></tr>
<tr><td>步驟 3</td><td>將鑽桿鑽至預定深度採樣</td><td>使用機具：鑽機(Geoprobe)
優點：速度較快，可節省人力。
缺點：可能受限於地形、建物與採樣空間影響，而無法進行採樣。</td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="2">步驟 4</td><td rowspan="2">進行待測土壤樣品之土壤氣體篩試</td><td>回拔採樣鑽桿，並將其內部採樣襯管(套管)取出後，將未填滿土壤之多餘空間切除。土壤樣品鋸除襯管空隙後，其剩餘土壤樣品量應至少含 250 克的土柱，以提供足夠之分析樣品數量。</td><td> </td></tr>
<tr><td>每 50 公分進行 PID/FID 篩測，土壤量不足者，每 100 公分篩測。取出部份土樣，放置夾鍊袋中搓揉，以 PID/FID 檢測並記錄於土壤採樣紀錄表，以篩選出現場測值最高之具代表性土壤樣品送樣分析</td><td> </td></tr>
</table>

表 6.2.2-2 直接貫入式土壤採樣流程說明(續)

設備需求			
直接貫入式機具設備(電動錘或鑽機、鑽桿、鑽桿拔取器)、土壤採樣器、RC 銑孔機、PID/FID、拋棄式鑽頭、採樣襯管、夾鏈袋與鐵氟龍封帽等。			
現場檢測作業流程			
步驟	**工作項目**	**內容**	**照片**
步驟 5	樣品封存	選擇測值較高之土壤樣品以石蠟(paraffin)或鐵氟龍止洩帶密封進行樣品保存，並於樣品套管上以防水筆標明上下位置及貼上標籤後填寫現場採樣記錄表。	
步驟 6	保存運送	將採樣樣品置入運送箱中進行 4℃冷藏，送至實驗室進行後續分析工作。	
步驟 7	封孔	拔除鑽桿後先以皂土封層，再以水泥封填鑽孔，並清理場地恢復原貌。	

表 6.2.2-3 土壤手動採樣流程說明

<table>
<tr><td colspan="4">設備需求</td></tr>
<tr><td colspan="4">採樣鏟、手動式土壤採樣組、重鎚或電動鎚、採樣襯管、PID/FID、夾鏈袋與鐵氟龍封帽等。</td></tr>
<tr><td colspan="4">現場檢測作業流程</td></tr>
<tr><th>步驟</th><th>工作項目</th><th>內容</th><th>照片</th></tr>
<tr><td>步驟 1</td><td>選點與銑孔</td><td>1.協同軍方人員選定採樣點。使用 RC 銑孔機將預定採樣點的 RC/PC 保護層切割，以利後續採樣工作。
2.選點時應核對場址設施配置圖，確認地下無相關儲槽、管線或其他設施。</td><td> </td></tr>
<tr><td>步驟 2</td><td>試挖</td><td>運作中場址作業安全考量，建議以人工方式試挖至地表下 1~1.5 公尺(必要時至 2 公尺)左右，以確認採樣點下方並無管線等設施。</td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="4">步驟 3</td><td>手動式
採樣組</td><td>於預定位置，以人力將手動採樣組加壓、旋轉，可將採樣投移入適當深度，同時使土壤樣品進入採樣頭內。</td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="3">手動式
薄管採樣組</td><td>於預定位置，以重鎚或電動鎚將鑽稈壓入預定採樣深度，此時土壤會進入襯管中。以手動式薄管採樣組，通常僅能採至 2~3 公尺深度。</td><td> </td></tr>
<tr><td>回拔採樣鑽桿，並將其內部採樣襯管(套管)取出後，將未填滿土壤之多餘空間切除。土壤樣品鋸除襯管空隙後，其剩餘土壤樣品量應至少含 250 克的土柱，以提供足夠之分析樣品數量。</td><td> </td></tr>
<tr><td>每 60 公分進行 PID/FID 篩測。取出部份土樣，放置夾鍊袋中搓揉，以 PID/FID 檢測並記錄於土壤採樣紀錄表，以篩選出現場測值最高之具代表性土壤樣品送樣分析</td><td> </td></tr>
</table>

表 6.2.2-3 土壤手動採樣流程說明(續)

設備需求			
採樣鏟、手動式土壤採樣組、重鎚或電動鎚、採樣襯管、PID/FID、夾鏈袋與鐵氟龍封帽等。			
現場檢測作業流程			
步驟	**工作項目**	**內容**	**照片**
步驟 4	樣品封存	將土壤樣品以石蠟(paraffin)或鐵氟龍止洩帶密封進行樣品保存，，並於樣品套管上以防水筆標明上下位置及貼上標籤後填寫現場採樣記錄表。	
步驟 5	保存運送	將採樣樣品置入運送箱中進行 4℃冷藏，送至實驗室進行後續分析工作。	
步驟 6	封孔	拔除鑽桿後先以皂土封層，再以水泥封填鑽孔，並清理場地恢復原貌。	

表 6.2.2-4 環檢所公告之土壤篩測方法

編號	方法名稱	公告日期
W106.50C	土壤及地下水直接貫入採樣及篩選測試方法	097/01/24
S322.60C	土壤和底泥中元素濃度快速篩選方法－攜帶式 X-射線螢光光譜儀分析法	095/01/18
S410.62C	土壤酸鹼值(pH 值)測定方法－電極法	097/10/02
S601.60C	土壤中可氯丹篩檢方法－免疫分析法	095/07/13
S602.60C	土壤中滴滴涕篩檢方法－免疫分析法	095/07/13
S603.60C	土壤中毒殺芬篩檢方法－免疫分析法	095/07/13
S604.60C	土壤中多氯聯苯篩檢方法－氯離子電極法	096/12/25
S701.60C	土壤中總石油碳氫化合物篩檢方法－免疫分析法	095/07/13
S702.60C	土壤中多環芳香烴化合物篩檢方法－免疫分析法	097/03/28
S703.61B	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	096/10/17
S704.60C	土壤中十六烷萃取物內可吹氣捕捉之有機化合物篩選測試方法－氣相層析儀／火焰離子化偵測器法	096/12/25
S901.60B	土壤中類戴奧辛化合物篩檢方法－冷光酵素報導基因法	099/06/10
S902.60C	土壤中火炸藥物質-海掃更、奧克托景類化合物比色篩檢方法	101/05/03
S903.60C	土壤中火炸藥物質-三硝基甲苯類化合物比色篩檢方法	101/05/03
M624.00C	土壤及水中五氯酚篩檢方法－免疫分析法	095/07/13
M625.00C	多氯聯苯篩檢方法－免疫分析法	095/07/13

(5) 土壤樣品分析

土壤樣品之分析方法，則須由目標污染物種類及特性決定，調查人員於「污染潛勢評估」階段，可透過資料蒐集與人員訪談，取得營區內作業內容，並由使用之製程、原料、化學品、料件、廢棄物等，推測可能產生之污染物，並選擇分析方法，詳細方法內容，可透過環檢所網站取得。

(二) 地下水污染調查及分析方法

地下水污染調查則選擇具地下水污染之虞場址進行，現場工作之執行流程及使用之調查方法如圖 6.2.2-2 所示，說明如下：

(1) **監測井/簡易井設置**

地下水採樣前，需依據調查須求設置監測井或簡易井。簡易井顧名思義為構造較簡單，可快速取得地下水之井，依據「地下水水質監測井設置規範」內之監測井設置方式簡化而成，設置成本較低，為國內常用之地下水污染潛勢調查工法之一。

然由於簡易井之設置方式省略許多必要之步驟，因此取得之地下水樣品容易造成誤差，故若簡易井地下水樣品分析結果發現有污染物濃度超過地下水污染管制標準情形，則需進行監測井之設置及地下水採樣工作。監測井之設置需依照環保署公告之「地下水水質監測井設置規範」進行設置，表 6.2.2-5 為監測井設置流程。

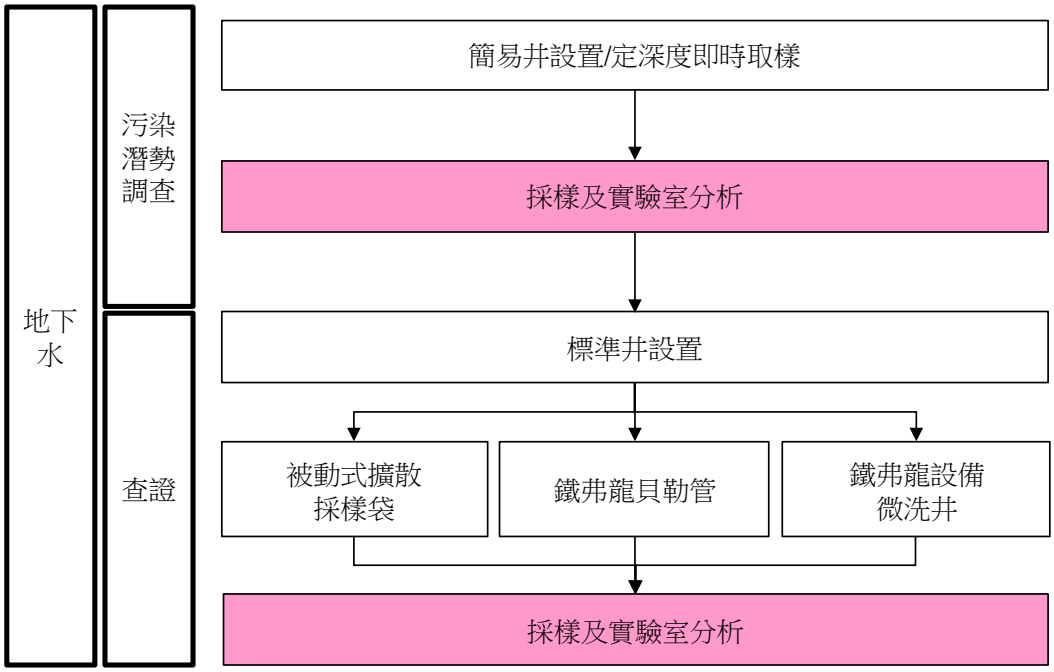


圖 6.2.2-2 地下水污染潛勢調查現場工作流程圖

表 6.2.2-5 地下水標準監測井設置流程說明

設備需求			
鑽機或其他鑽孔設井設備機具、RC 銑孔機、量尺、PVC 井篩、PVC 井管、石英砂、皂土、水泥等。			
現場檢測作業流程			
步驟	**工作項目**	**內　容**	**照　片**
步驟 1	**選點 與銑孔**	1.使用 RC 銑孔機將預定採樣點的 RC/PC 保護層切割，以利後續採樣工作。 2.選點時應核對場址設施配置圖，確認地下無相關儲槽、管線或其他設施，以避免誤擊。	
步驟 1	**選點 與銑孔**	1.使用 RC 銑孔機將預定採樣點的 RC/PC 保護層切割，以利後續採樣工作。 2.選點時應核對場址設施配置圖，確認地下無相關儲槽、管線或其他設施，以避免誤擊。	
步驟 2	**試挖**	主要為作業安全考量，以人工方式試挖至約 1 米左右，以確認採樣點下方並無管線等設施。	
步驟 3	**土壤 連續取樣**	1.每 1 口監測井在鑽孔過程中必需進行土壤連續取樣。在鑽孔過程中若有卵礫石層，則在此層中不必作連續取樣，可用適當方式取得土樣以供參考，但必需記錄卵礫石層的深度及厚度。研析土樣填寫土樣柱狀圖。 2.依據土壤連續取樣結果(如土壤含水程度)研判監測井開篩位置。	
步驟 4	**設井 (中空螺旋鑽)**	1.深度限制：一般約 20 公尺以內 2.適用地質：砂、粉土 3.優點： (1)可於中空鑽頭內直接採樣。 (2)由鑽屑瞭解各深度土壤性質 4.缺點：較不適用於卵石層	

表 6.2.2-5 地下水標準監測井設置流程說明(續)

設備需求			
鑽機或其他鑽孔設井設備機具、RC 銑孔機、量尺、PVC 井篩、PVC 井管、石英砂、皂土、水泥等。			
現場檢測作業流程			
步驟	**工作項目**	**內　容**	**照　片**
步驟 5	**置入井篩**	1.建議非受壓含水層之井篩長 6 米，可充分掌握地下水豐枯水期水位變化。 2.若無法研判含水層係屬受壓或非受壓含水層，可將井篩放置於含水層中，於適當時間後觀察水位是否發生大幅上升變化，若有前述情形者則屬受壓含水層。	
步驟 7	**皂土回填**	細砂上 60 公分用 1/4 至 1/2 英吋直徑丸狀或扁粒狀(pellets 或 tablets)的皂土粒填實。皂土層至地表用波特蘭 1 號水泥(Portland Type I Cement)填封以固定井管及防止地表滲漏影響監測。	
步驟 8	**完井**	設井完畢後，需要完井及人工清除井篩周邊之細小顆粒。完井方式不拘，一般可用汲取(bailing)、湧水塞(surge block)、噴氣(air jetting)、反沖(backwash)、超量抽水(over-pumping)等或業主同意之方法。	
步驟 9	**完井 水質檢測**	完井標準為總懸浮固體(TSS)5mg/l 以下或濁度 5NTU 以下為標準。	
步驟 10	**平台式 監測井**	警示柱 1.5 吋，schedule 40 之碳鋼 1 米長，漆成黃色黑色相間。0.5 米高出水泥平台，0.5 米埋於平台及地下。平台式為一厚 15 公分，邊長 50~100 公分之正方形，且正方形四邊角須磨圓。每一平台之四角各設一警示柱，警示柱距台邊各 5 公分。	
	隱藏式 監測井	1.監測井頂端設置膨脹式井頂蓋 2.手孔內應設置排水導管避免積水，其上應設置防水手孔蓋，	

(2) **地下水採樣**

地下水之採樣，依據已有設監測井或簡易井或者尚未設井所遵循之規範如下：

(a) **已有設監測井或簡易井：**

採樣時必須遵循環保署「監測井地下水採樣方法」(NIEA W103.54B)採樣規範或監測井地下水揮發性有機物被動式擴散採樣袋採樣方法(NIEA W108.50C)。

表 6.1.2-6 為目前國內常用之地下水採樣方法比較表，應依據地下水中污染物特性、水文地質特性，來決定選用之採樣方法。

(b) **未設井：採樣時必須遵循環保署「土壤及地下水直接貫入採樣及篩選測試方法」**(NIEA W106.50C)。

此方法主要係在不直接設置地下水井的方式，瞭解預定深度位置之地下水污染物濃度。茲就坊間常見之 Geoprobe 套件 Screen Point 16 Groundwater Sampler (簡稱 SP16)進行介紹。

SP16 主要是屬於直接貫入的方法(direct push)，包含 PVC 或是不鏽鋼的篩管，並且外套鑽管，搭配鑽機直接貫入預定之深度，已取得該深度具有代表性的水樣，SP16 設備圖如圖 6.1.2-3 所示。包括四個步驟如圖 6.1.2-4 所示：

(i) **操作**

利用標準的 Geoprobe 鑽桿，將 SP16 地下水採樣套件，貫入至適當的採樣深度。

(ii) 展開

使用延伸桿固定篩管至預定位置，同時將外套鑽桿往上拉，篩管外露出來，此時篩管套在篩管區間的上緣，形成機械性的環狀密封。

表 6.2.2-6 地下水採樣方法適用性比較表

採樣方法	抽水泵或貝勒管採樣	微洗井	被動式擴散採樣袋
特性	1.特別適用於 LNAPL 之採樣 2.需至少置換 3 倍井體體積積水 3.容易造成井水擾動	1.可取得特定深度水樣 2.擾動小誤差較少 3. 不適用於存在 DNAPL 或 LNAPL 純相時之樣	1.完井後立即置入 2.需靜置至少 14 日用以分析地下水 VOCs 3. 須注意是否有 LNAPL
適用之地質	低至高水力傳導係數	中至高水力傳導係數(若可以符合洩降的要求，則也可以適用於一些較低導水度的地質材料)	低至高水力傳導係數(需>10-6 m/s)
在選擇採樣方法前必須先取得之含水層/污染團特性資料	污染團與水力傳導係數的分布較不重要 (水力傳導係數差者，洗井時把井水抽乾，採回水後之樣品)	高解析度的水力傳導係數於垂直向之分布與垂直向污染物分布	必須考慮水力傳導係數和污染物在垂直向的分布解析度，才能決定適用之方法
適用之污染物種類	對於所有污染物均適用(然而當濁度較高且污染物對於濁度較為敏感時，微洗井較為適用)	對於絕大多數污染物均適用，特別是揮發性有機物	揮發性有機物
資料品質目標	1. 基本場址調查 2. 中至高解析度污染團劃定(取決於井篩管長度) 3. 分析結果僅代表整段篩管長度之可能涵蓋之污染物與其濃度平均值	1. 在水平向與垂直向高解析度污染團劃定 2. 降低其他採樣法於高濁度狀況下導致之偏差 3. 以含水層的較小區域為目標	1. 視採樣方法原則上可適用於基本場址調查 2. 可降低其他方法導致的偏差 3. 可以得到高解析度的污染團劃定

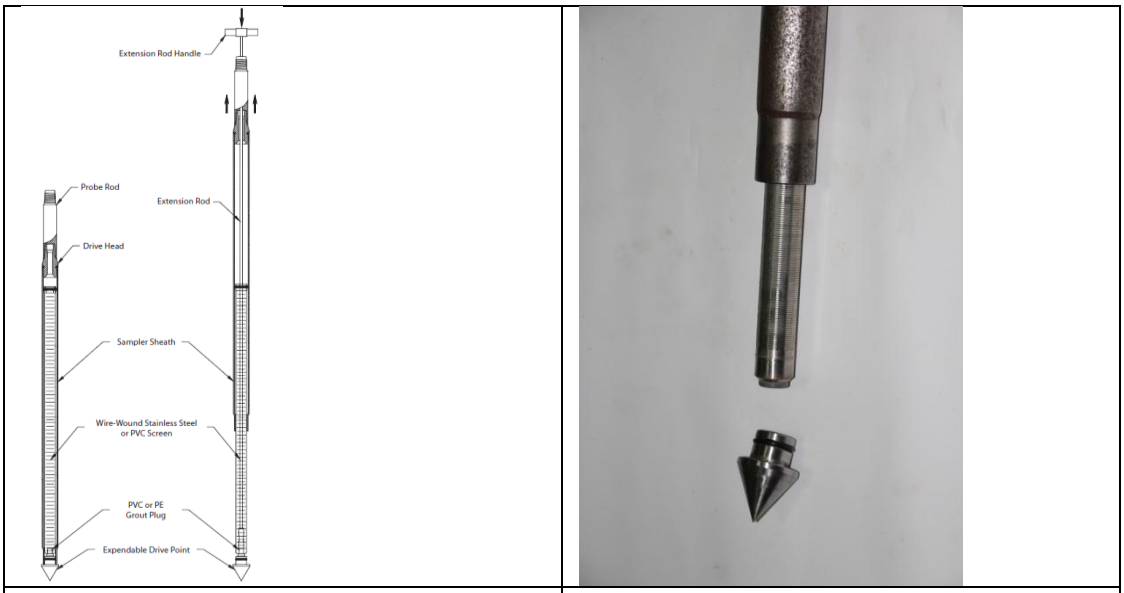
(iii) 採樣

採樣管確認閥開啟進行採樣，在篩管區間如同一般地下水採樣，並可量測 NAPLs。另外，使用小的氣囊泵可進行完整的 VOCs 樣本採集。

(iv) 灌漿

廢棄灌漿方式符合 ASTM 指引，當篩管及鑽桿完整夾起之後，利用高壓灌漿機，在鑽桿孔內進行灌漿回填。

工作團隊在一般地質條件之下，將使用 SP16 搭配 Geoprobe 鑽機，進行多深度採樣，但是若場址地質屬於礫石層等，需要使用鑽堡設井，則將以短開篩、定深度的地下水簡易井方式取代。



(a)採樣設備總成示意圖　(b)井篩與外套管實體圖

圖 6.2.2-3 地下水定深度採樣 SP16 設備圖

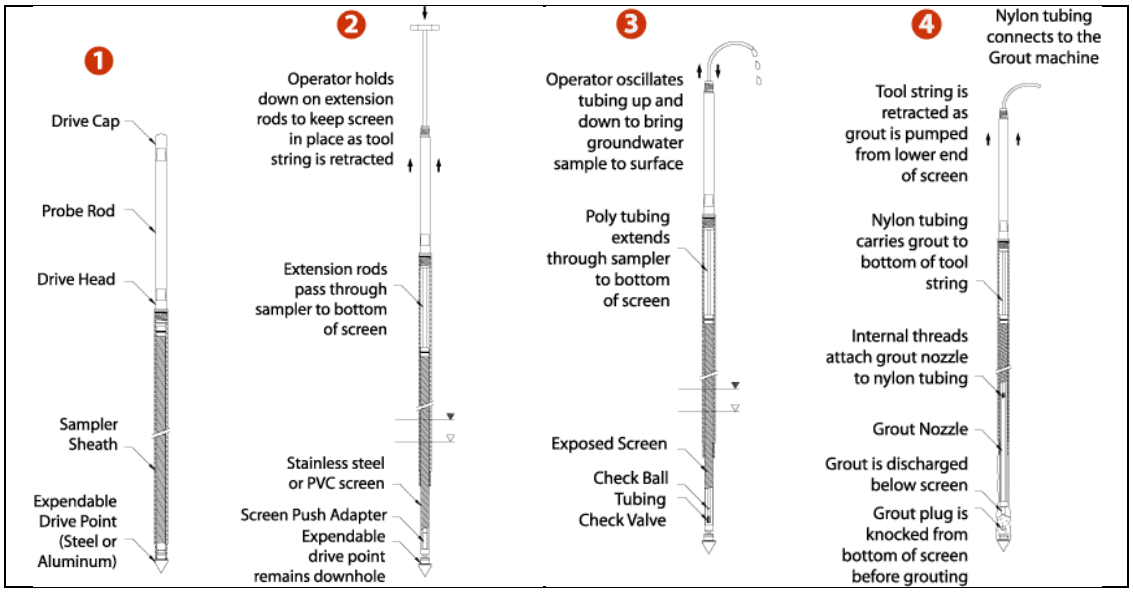


圖 6.2.2-4 SP16 操作步驟

(2) 地下水樣品分析

地下水樣品之分析方法，則須由目標污染物種類及特性決定，調查人員於「污染潛勢評估」階段，可透過資料蒐集與人員訪談，取得營區內作業內容，並由使用之製程、原料、化學品、料件、廢棄物等，推測可能產生之污染物，並選擇分析方法，詳細方法內容，可透過環檢所網站取得。

(三) 其他採樣方法

土壤及地下水污染除了會影響到土壤品質及地下水品質外，污染物隨著地下水之傳輸，可能會影響到地表水或飲用水，因此依據調查需求，須選用不同之採樣方式，表 6.1.2-7 列出目前環檢所公告之其他相關之調查及採樣方法，供調查人員參考，詳細資料可透過環檢所網站取得。

表 6.1.2-7 其他土壤及地下水污染調查適用之採樣方法

編號	方法名稱
S104.31B	底泥採樣方法
W101.54A	飲用水水質採樣方法－自來水系統
W104.51C	河川、湖泊及水庫水質採樣通則
W107.50C	水域油污採樣方法
W109.51B	事業放流水採樣方法
R118.02B	事業廢棄物採樣方法
R124.00C	一般廢棄物（垃圾）採樣方法
R125.02C	一般廢棄物（垃圾）檢測方法總則

6.1.3 土壤及地下水污染調查方法選用指引

土壤及地下水污染大多為看不見之污染，除了一些明顯的土壤及地下水污染表徵外，需要有效地搭配應用不同土壤及地下水調查的方法，才能在有限的調查經費下，得到正確的調查結果。依據場址特性、污染物種類及可能污染潛勢區情況，選用方法之特性摘要如表 6.1.3-1 及表 6.1.3-2 所示。調查人員可依此選擇適用於場址之土壤及地下水污染調查方法。

表 6.1.3-1 土壤污染調查技術之適用範圍及注意事項

調查技術			適用時機	注意事項與限制
地球物理探勘	透地雷達法		1.地下電纜、管線或地下構造物不明 2.淺層（10 公尺內）水文地質及污染潛勢區	1.天線頻率決定探測深度，而探測深度與解析度不能兩全（探測深度加深，但解析度可能較差），可依探測目標深度選用合適頻率 2.遭遇厚層地坪或鋼筋網鋪面其探勘深度嚴重受限，須選擇超低頻天線頻率（50 MHz） 3.一般 50 MHz 以下可探勘至地下 6～10 公尺；100～900 MHz 可探勘至地下 0.6～6 公尺；1,000～16,00 MHz 可探勘至地下 0.3～0.6 公尺（針對 1 吋以下細管）
	地電阻法	電極棒法	1.適用各種地質條件 2.污染潛勢區不明廠區範圍廣 3.工廠區經多次翻修致污染潛勢區不易判定 4.可能污染深度較深 5.較適用於 DNAPL 污染	1.佈線展距長短影響剖面深度資料，須特別注意場址建物等空間限制 2.電極棒須穿透厚層地坪（視需要選擇 0.4～1 公尺長度電極棒）或避開鋼筋網 3.施測前需進行背景環境地質與污染物特性調查，釐清可能雜訊 4.須進行野外率定及實驗室室內率定 5.現場施測可在同一測線安排不同電極排列與解析方法交叉佐證，以獲取最佳擬合剖面與具說服力證據

表 6.1.3-1 土壤污染調查技術之適用範圍及注意事項

調查技術			適用時機	注意事項與限制
地球物理探勘	地電阻法	Ohmmaper	1.適用各種地質條件 2.污染潛勢區不明廠區範圍廣 3.工廠區經多次翻修致污染潛勢區不易判定 4.無法鋪面破壞 5.較適用於 DNAPL 污染	1.調查時地面須乾燥 2.拖行範圍內無金屬物質干擾施測前需進行背景環境地質與污染物特性調查，釐清可能雜訊 3.須進行野外率定及實驗室室內率定 4.調查深度及解析度較電極棒法低
地球物理探勘	感應電磁法		1.具有可疑掩埋區之場址 2.工廠區經多次翻修致污染潛勢區不易判定 3.利用污染物引起之強度不同之變動渦電流，可應用於重金屬甚至 NAPL 類之調查	1.測前需進行背景環境地質、水文地質特性與污染物特性調查，釐清可能雜訊 2.調查範圍附近無地下設施或地下室 3.通常僅能界定 60~80%的污染範圍
土壤氣體篩測	PID/FID		1.污染洩漏區明顯且調查位置可靠近 2.幫助瞭解地下水位面或可能棲止層位置 3.適用乾燥、粗粒徑、均質之砂質、砂土地質	1.緊密土壤構造、卵礫石、水分含量高的粉砂及黏土較不適用 2.透氣層厚度愈小，受大氣空氣影響顯著，易造成判斷誤差 3.棲止層存在易改變揮發性有機物傳輸 4.為避免地質異質性影響數據品質，宜隨深度篩測（如每 0.5 公尺篩測 1 點） 5.PID 能快速瞭解是否含有環狀化合物及部份含氯有機物，FID 適用於脂肪族揮發性有機物。 6.FID 可能受到高濃度甲烷、丙烷干擾，造成誤判。 7.對含氯揮發性有機物敏感性較低。

表 6.1.3-1 土壤污染調查技術之適用範圍及注意事項

調查技術		適用時機	注意事項與限制
土壤氣體篩測	攜帶式 MS	1.污染洩漏區明顯且調查位置可靠近 2.幫助瞭解地下水位面或可能棲止層位置 3.適用乾燥、粗粒徑、均質之砂質、砂土地質 4.可連續監測 5.可針對特定污染物監測	1.緊密土壤構造、卵礫石、水分含量高的粉砂及黏土較不適用 2.透氣層厚度愈小，受大氣空氣影響顯著，易造成判斷誤差 3.棲止層存在易改變揮發性有機物傳輸 4.為避免地質異質性影響數據品質，宜隨深度篩測（如每 0.5 公尺篩測 1 點） 5.可定性及定量，但耗時較 PID/FID 種類長，且儀器成本較高
薄膜界面感測器（MIP）調查		1.適用砂質、砂土地質 2.瞭解污染潛勢區垂直污染分佈濃度資訊（導電度、FID、PID 及 ECD 等） 3.進行定點之污染程度判斷，作為土壤及地下水採樣位置及深度依據	1.注意施作過程維持等速等溫，貫入不宜過快 2.卵礫石地區無法採用直接貫入機具受限 20 公尺調查深度 3.注意浮油或純相附著於半透膜形成拖尾現象而誤判 4.避免污染物殘留載流管形成交叉污染 5.須同時評估鑽探點隨深度之土壤導電度，研判高濃度區之地質條件，避免貫穿侷限污染之阻絕地層 6.目前亦有 MIP-GC/MS 之產品，可定性及定量，但國內尚未引進
土壤樣品快篩工具		1.依污染物種類選擇快篩工具 2.XRF：用以調查重金屬污染潛勢場址 3.TPH：濁度計法 4.火炸藥類物質：分光光度計法 5.含氯農藥、殺蟲劑、除草劑、PCBs、PAHs、戴奧辛等：免疫法	1.依污染潛勢、污染可能位置、污染物特性等，決定採樣位置與深度 2.XRF 須注意部份重金屬互相干擾及方法偵測極限 3.TPH 應依油品選擇感應因子 4.火炸藥類物質需注意不同火炸藥類顯色 5.免疫法須注意作業溫度及免疫法快篩工具保存的問題
土壤採樣		瞭解調查區域土壤是否污染	1.配合上述調查結果，決定採樣位置與深度 2.必要時，配合現場篩測儀器篩測選擇較高數值樣品送樣 3.礫石地層不易採集土樣

表 6.1.3-2 地下水污染調查技術之適用範圍及注意事項

調查技術		適用時機	注意事項與限制
定深度即時取樣		1.直接貫入法定深度即時取樣適用砂質、矽土地質條件 2.搭配 MIP 調查結果，選擇 FID/PID/ECD 訊號異常之深度採樣	1.卵礫石地區無法採用直接貫入機具 2.須依 MIP 之 EC 分佈，研判高濃度區之地質條件，避免貫穿侷限污染之阻絕地層
簡易井設置		1.簡易井合適砂質、矽土地質條件，且設井深度不宜超過 20 公尺 2.堅硬地層或卵礫石層或設井深度超過 20 公尺，宜採用鑽堡設置標準監測井 3.瞭解地下水流場 4.瞭解調查區地下水是否污染	1.依上述調查結果決定設置位置與深度 2.由於 DNAPL 溶解相易隨地質環境分佈迥異而不易查證，須特別注意開篩位置與採樣深度 3.調查顯示高污染區或疑似污染源區呈現較均勻之分佈，建議採附有流速調節之貝勒管採樣 4.當調查評估顯示污染隨深度遞減或遞增，或濃度分佈在某一區域範圍，或出現明顯地層互層，建議考慮設置群井或多深度監測井，或於單井採用微洗井採樣
監測井設置			
地下水採樣	貝勒管	1.若有監測井中存在浮油，可取得油厚	1.採樣及洗井時間較長 2.採樣時應注意回收貝勒管的速度，降低擾動造成的影響
	微洗井	1.可依污染物分佈特性，取得較具代表性之濃度 2.可進行多深度採樣，取得不同深度資料 3.對地下水擾動較小	1.應注意汲水速率及汲水量是否穩定 2.線材、管材及氣囊應避免重複使用，防止造成污染 3.在放置微洗井設備時，應小心避免卡在井管中
	被動式擴散採樣袋	1.僅適用於揮發性有機物採樣	1.會受有機物之分子大小、形狀、疏水性及採樣袋材質等因素之影響，易造成採樣偏差。 2.放置及取出時應避免與 NAPL 接觸，以免有機污染物附著於採樣袋表面。 3.不適用於水層透水係數(K)低於 10-6m/s 之低滲透含水層採樣。 4.採樣時間長
地下水流向	單井流速流向	1.量測小範圍之地下水流向及流場	1.井徑至少需要 2 英吋 2.每次至少量測 3 次數據，以協助評估資料之判斷

由第四章可知，軍事營區內作業類型複雜，可能同時存在多種污染物，因此在調查方法的選擇上，需要更細膩的選擇及使用，目前國內已針對各類型污染物出版多項土壤及地下水污染調查及整治之指引手冊(表 5-1)。表 6.1.3-3 為英國環保署(Environment Agency)提出針對軍事場址內化學工廠及運作火炸藥類物質之場所土壤及地下水污染調查方法選擇建議，調查人員在面對營區內存在化學物質工廠或運作火炸藥類物質之場所時，可依據污染潛勢評估結果、營區特性、水文地質特性、可能污染物等，並參考表 6.1.3-3 選擇適當之調查方法。

表 6.1.3-3 英國環保署軍事場址調查方式建議彙整表

可能潛在污染源	主要的調查/偵測技術	應用性/技術限制
化學武器[1]		
化學武器污染之土壤	1. 化學物質監測器(Chemical Agent Monitor, CAM)及 CMA+	1. CAM 可偵測 Sulphur mustard 及其他揮發性有機物，CAM+也可檢出 Carbonyl chloride (phosgene) 及 Hydrogen cyanide
	2. Draeger 檢知管	2. 所有的 VOCs
	3. 試紙	3. 大部份的有機物
	4. 光離子偵測器 PID	4. VOCs
	5. 氣味或感染徵兆	5. 化學物質本身的危害
	6. 採樣及分析	6. 確認化學物質存在及微量分析
化學武器污染之建物	1. 檢體棒(Swabs) 2. 樣品 3. 前述技術	離場分析(較慢) 現地移動式實驗室快速篩測
火炸藥類物質[2]		
火炸藥類污染之淺層土壤	1. 非破壞性地物調查 (non intrusive geophysical techniques) 2. 手動挖掘坑 (hand excavated trail pits) 3. 機械挖掘坑(Mechanical excavation trail pits)	1.除非安全可行的情況下，才可用探測孔或鑽孔採樣。 2.在某些情況下，僅可採用遠端搖控探測(remote probing)。 3.調查及採樣過程應格外小心，並於有炸藥安全管理訓練的人員陪同下進行採樣。
火炸藥類污染之建築結構物	1. 地表檢體棒採樣(surface swabs) 2. 岩心採樣(core sampling)	岩心採樣應以遠端搖控方式進行。

表 6.1.3-3 英國環保署軍事場址調查方式建議彙整表(續)

可能潛在污染源	主要的調查/偵測技術	應用性/技術限制
火炸藥類污染之地下結構物(如排水管、陰井、集水坑)或深層土壤	1. 非破壞性地物調查 2. 機械挖掘坑 3. 探測孔(Probe holes) 4. 鑽孔(boreholes) 5. 地表檢體棒採樣(surface swabs) 6. 岩心採樣(core sampling)	調查及採樣過程應格外小心，並於有炸藥安全管理訓練的人員陪同下進行採樣。
火炸藥類處理產生之廢水(進入水體)	1. 非破壞性地物調查 2. 探測孔(Probe holes) 3. 鑽孔(boreholes)	調查及採樣過程應格外小心，並於有炸藥安全管理訓練的人員陪同下進行採樣。
掩埋的軍火	1. 非破壞性地物調查 2. 手動挖掘坑 3. 機械挖掘坑 4. 鑽孔	探測孔或鑽孔應搭配井內地物技術，並由專家進行此工作。
石棉洩漏	1. 非破壞性地物調查 2. 手動挖掘坑 3. 機械挖掘坑 4. 探測孔 5. 鑽孔	石棉可能會在軍事場址中被發現，零散的出現在場址內，且與土壤混合，因此須注意揚塵抑制。

資料來源:

1. Environment Agency (2001) R&D Technical Report P5-042/TR/2 Land Contamination Technical Guidance on Special Sites: Chemical Weapons Sites, Produced by WS Atkins for the Environment Agency, Bristol.
2. Environment Agency (2001) R&D Technical Report P5-042/TR/03 Land Contamination Technical Guidance on Special Sites: Explosives Manufacturing & Processing Sites. Produced by WS Atkins for The Environment Agency, Bristol.

6.3 概念場址模型建立

當調查及分析結果完成後，調查人員應針對場址之污染範圍進行推估，計算可能污染之土方量及地下水污染量，並彙整各階段調查所得結果，建立概念場址模型（conceptual site model, CSM），以供後續整治規劃、健康風險評估及風險溝通之參考。

概念場址模型，可將調查結果彙整以視覺化及文字化呈現，描繪場址之地下水文、地質、污染源、傳輸途徑與受體間的關係，並藉由調查及整治等不同階段之場址調查及監測資料的陸續增加，不斷地更新概念場址模型，使其更加符合現地實況。一般而言，建置概念場址模型主要的目的包括：

(一) 確認資料缺口，作為後續調查工作方式

由於調查初期取得的資料有限，在初步場址概念模式建立後，尚有許多資料須進一步蒐集與釐清，可透過進一步的資料蒐集，及擬定土壤地下水採樣分析計畫，以取得調查所需之場置性資料。

(二) 判污染流布與污染範圍

將場址基本資料與土壤地下水採樣分析結果，如場址配置圖、地下水等水位線、污染物等濃度線與水文、地質剖面圖等予以結合，可以協助研判污染流布與污染範圍。

(三) 供降低或阻斷污染對環境或人體健康危害之措施規劃構想

場址概念模式建立後，可進一步確立污染源、傳輸途徑與受體間的關係，當評估污染會立即或短期內對受體造成影響時，則應立即採取切斷污染源與受體間傳輸途徑之必要因應措施或進行整治工程，以降低污染對環境或人體健康的危害。

概念場址模型依所彙整資料之情形可分為文字敘述、圖示與關聯

圖等 3 種方式，來展現個別污染場址概念模式，摘要說明各類型場址概念模式如下：

(一) 文字敘述

依資料與彙整與研析之結果，以文字敘述方式，說明場址的污染狀況，敘述內容將摘要說明污染源與受體間相互關係與可能產生之影響，對於污染狀況非常單純的場址，以敘述方式即可說明場址污染物傳輸之概念。

(二) 圖示

以圖示方式展現場址概念模式，應包括污染場址概念模式的主要構成要素，包括污染源、受體、污染源與受體間的相關性(如污染傳輸途徑與機制)，以圖示方式展示，容易讓人們瞭解場址污染物傳輸的概念，此外亦有以污染場址水文地質剖面圖，如圖 6.3-1 所示，以展現土壤、地下水污染與水文地質關係的概念模型。

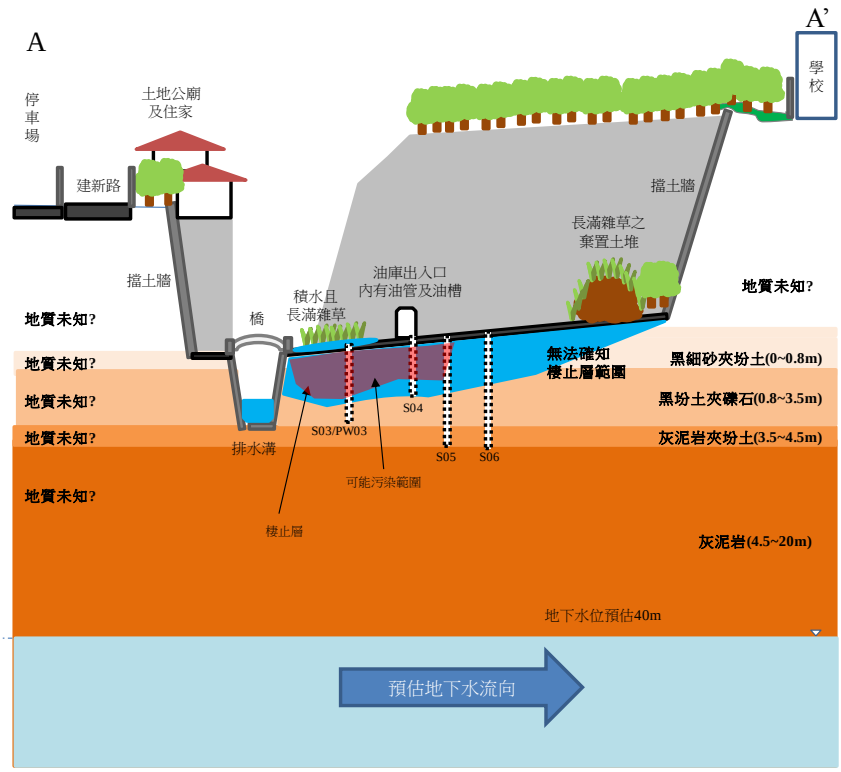
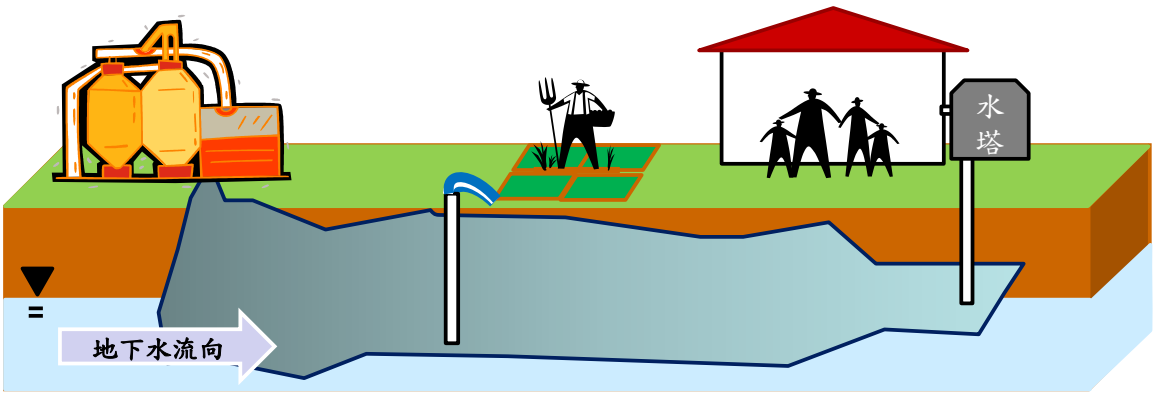


圖 6.3-1 軍事營區概念場址模型示意圖

(三) 關聯圖

關聯圖可以簡要地呈現出完整與不完整的污染曝露途徑，調查過程中可能會確認出間接污染源(secondary source)與間接污染途徑(secondary pathway)，可依實際資料蒐集與彙整情形，將污染源與污染途徑加入關聯圖如圖 6.3-2 中。



第七章　緊急應變與整治技術選取

國軍因近年來因 202 兵工廠開發案、水湳機場重金屬污染案、台中烏日軍方油管疑似遭盜油案等，使土壤及地下水污染逐漸成為軍方環保重點項目之一，而土壤及地下水為環境污染之最終受體，故當遭受污染，必須採取必要作為防堵或控制污染向外擴散，以減少環境危害，降低人體健康風險。本章主要說明發生環境污染事件，而有危害到土壤及地下水之虞，應採取應變之時機與作為；另彙整軍事場址之常見整治技術，建立國軍官、士、兵對於土壤及地下水污染應變與整治改善之基本概念。

7.1 土壤及地下水污染緊急應變

早期因土壤及地下水污染問題並非主要環保議題，故當發生意外事件，於完成現場緊急應變工作後，常會忽略衍生之土壤及地下水污染問題。近年來因完成土壤及地下水污染整治之立法工作，且發生數件受矚目之污染事件，使政府有關單位全面性考量土壤及地下水污染事件所衍生之問題，進而瞭解到正確迅速的防止污染擴大並保護危害受體，為緊急污染案件之首要任務。

7.1.1 應變時機

目前國軍常見之環境污染意外事件，多為輸油管洩漏或遭非法盜油等情事，使污染波及周遭農田土壤、渠道及居民；另一方面，國軍發生多起之兵工廠爆炸意外，亦可能使火炸藥類物質等新興污染物大量累積於土壤，在人身安全為優先之前提下，對於環境可能產生之影響亦不容忽視。茲建議應採取應變作為之污染事件時機如下：

(一) 輸油管線破損，肉眼可見大量油料外洩。

(二) 周遭監測井(包含民井)、農田、地面水體或溝渠發現浮油。

(三) 聯測系統發現測漏管之油氣監測值急遽升高，LEL 達 25%。

(四) 測漏管定期檢測發現油氣監測值一次性急遽升高。

(五) 周遭監測井(包含民井)檢測出營區作業之化學物質，且超過地下水污染管制標準。

(六) 兵工廠、油庫或彈藥庫發生意外災害，致使油料、有機溶劑或火炸藥等污染物質外洩。

(七) 其他可能污染土壤或地下水之虞之意外事件。

7.1.2 應變流程

當發生之污染事件符合前述時機時，建議採通報、應變及採樣三步驟先控制圍堵污染擴散，再確認土壤及地下水是否遭受污染。詳細應變流程請詳圖 7.1-1，並針對主要三步驟說明如下：

(一) 內部通報

應變單位在初步瞭解現場污染情形後，應立即通報直屬上級單位，必要時請求提供相關協助，共同防堵污染擴散。

(二) 採取應變措施

以應變單位現有之設備或相關單位提供之協助，盡最大可能控制污染範圍，同時通報當地環保局，如能確認污染源，則應立即切斷或阻絕污染來源，詳細之應變措施請詳第 7.1.3 節之說明。另針對現場污染情形及所採取之應變措施等相關資訊，詳實記錄於表 7.1-2 之國軍土壤及地下水污染緊急應變紀錄表。

(三) 採樣檢測

當確認污染情形有效控制或污染源移除後，後續應針對受波及之土壤或地下水，委託環保署認證之機構進行採樣檢測，以確認土壤或地下水是否遭受污染。如檢測結果達土壤或地下水管制標準，該污染場址即會受當地主管機關依土污法相關規定，進行列管並命令改善。

7.1.3 應變措施

採取應變措施之對象，分為受污染端與污染源端。當可立即判斷污染源時,針對污染源端與受污染端分別進行污染組絕及控制等作為；如無法立即確認污染源,則先行針對所發現之受污染端進行防堵擴散。分別說明如下：

(一)受污染端

(1) 如發現浮油等肉眼可見之污染物，可設置障礙物(如攔油索、土堤或截流溝)，或以浮油回收泵、真空吸油泥車、吸油棉、吸油粉、化學性或生物性除油劑等，防止污染物向外擴散。

(2) 直接挖除受污染土壤，暫存於專區並蓋以不透水布，另於專區設置圍籬。

(3) 如為地下水遭受污染，則停止使用地下水並提供替代水源。

(4) 受污染端如位於室內，污染物為可燃性或有害之揮發性物質，則應使用不產生火花、接地的通風系統強制通風，降低爆炸危害，並嚴格管制人員車輛之進出。

(二)污染源端

(1) 針對疑似洩漏之儲槽或管線，利用油料盈虧分析、測漏管油氣濃度或進行加壓密閉測試，研判可能洩漏之儲槽或管線。

(2) 停止使用疑似洩漏之儲槽或管線，或抽除其內之溶劑或油料。

(3) 停止疑似導致污染之設備或機具繼續運作。

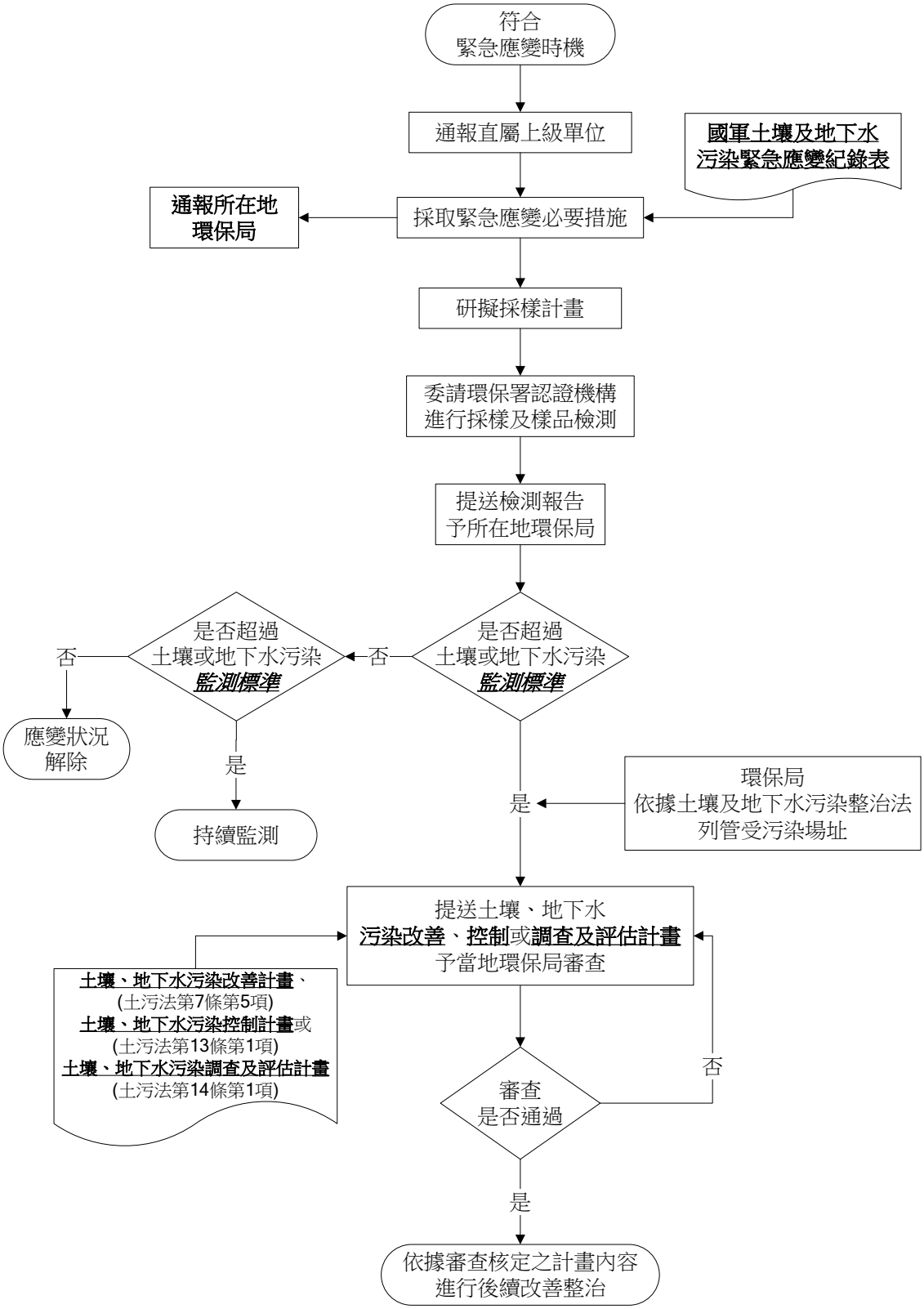


圖 7.1-1 國軍土壤及地下水污染緊急應變流程

表 7.1-2 國軍土壤及地下水污染緊急應變紀錄表

應變單位			
污染發現時間	民國　　年　　月　　日　　時　　分		
發現污染位址	(請以地址、路名或地標描述發現污染之位址，如為營區內請加註營區名稱)		
污染情形	☐ 輸油管線破損，肉眼可見大量油料外洩。		
	☐ 周遭監測井(包含民井)、農田、地面水體或溝渠發現浮油。		
	☐ 聯測系統發現測漏管之油氣監測值急遽升高，LEL 達 25%。		
	☐ 測漏管定期檢測發現油氣監測值一次性急遽升高。		
	☐ 周遭監測井(包含民井)檢測出營區作業之化學物質，且超過地下水污染管制標準。		
	☐ 兵工廠、油庫或彈藥庫發生意外災害，致使油料、有機溶劑或火炸藥等污染物質外洩。		
	☐ 其他，請說明＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿		
內部通報	通報時間　民國　　年　　月　　日　　時　　分		
	通報上級單位名稱：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿		
污染源	☐ 可以立即判定污染源		
	☐ 無法立即判定污染源，須進行後續研判		
應變措施			
其他註記事項			
周遭 500 公尺環境描述	東 ☐ 民宅 ☐ 農田 ☐ 河川溪流 ☐ 公園 ☐ 學校 ☐ 山坡地 ☐ 其他 請說明＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿		
	東 ☐ 民宅 ☐ 農田 ☐ 河川溪流 ☐ 公園 ☐ 學校 ☐ 山坡地 ☐ 其他 請說明＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿		
	東 ☐ 民宅 ☐ 農田 ☐ 河川溪流 ☐ 公園 ☐ 學校 ☐ 山坡地 ☐ 其他 請說明＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿		
	東 ☐ 民宅 ☐ 農田 ☐ 河川溪流 ☐ 公園 ☐ 學校 ☐ 山坡地 ☐ 其他 請說明＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿		
通報環保局	通報時間　民國　　年　　月　　日　　時　　分		
填表人簽名		**應變單位主官簽名**	

7.2 整治技術選取策略

整治技術選取前，需瞭解到所有整治技術皆有其限制及優、缺點，同一整治技術不一定適用於同類型污染物之所有場址，需考量技術本身可行性、場址污染範圍及狀況、場址水文地質概況、經費成本、整治時程、對周遭環境的影響、責任歸屬，以及相關環保法規及地方政府的要求等，並經過小規模先導試驗(Pilot-Test)後，再依其結果進行評估，決定最適宜該場址之整治技術，並可依後續整治過程中之監測結果，適當檢討或更新整治技術。茲就整治技術選取時應評估之重點說明如下：

(一) 污染源是否移除

污染源之確認及阻絕為場址整治前之必要前提，如此方能避免整治過程中污染量持續增加，延宕整治期程。如污染源為儲槽或管線洩漏，則可以加壓密閉測試之方式確認洩漏管線或儲槽，於整治執行前，進行盲封移除或改善修復。

(二) 場址水文地質特性

水文地質特性為評估整治方法中相當重要之依據，意指土壤質地、地下水流向、飽和/未飽和含水層與不透水層等綜合地質資料。通常皆於場址細密調查(詳第六章)過程中所獲得，藉由現場採樣相關紀錄，可得知場址土壤通透性(質地)、地下水位及地下水回水速率等重要資料。以油品類污染場址場採用之抽氣/注氣法為例，場址水文地質資料將提供整治執行團隊，決定整治井佈設位置或深度等依據；若為重金屬污染採用之開挖離地處理，則可利用水文地質資訊，決定後續開挖深度或範圍，並提供施工設計之評估依據。

(三) 污染物種類及污染程度

污染物種類及污染程度將決定後續採用之整治技術及規劃之整治範圍，此項資訊可藉由主管機關進行查證或自行細密調查之結果得知。如污染物具揮發性，則可採用抽氣/注氣或離地翻堆等工法進行處理；如為非揮發性之重金屬，則適用離地固化或現地淋洗等方式進行整治。

(四) 主觀評估因素

此部分包含經費成本、期程急迫性、對周遭環境影響、主管機關要求等，應併同前述因素進行考量。如場址整治期程急迫性高，則須採用較為迅速之整治工法；如場址周遭為密集住宅區，則需採取低噪音、低振動或少揚塵之工法進行整治。

(五) 選用適宜之整治技術

綜合前述水文地質、污染物種類及主觀評估三大評估因素，最後選擇最適合該場址之整治技術，並將該工法先行於場址內進行小規模之先導試驗(Pilot-Test)，待確認成效後再全面應用於該場址。常見整治技術之說明請詳第 7.3 節，並彙整不同污染物常見之整治技術於表 7.3-1。

(六) 訂定整治目標

整治目標之決定攸關整治技術與整治經費之多寡，而以目前國內現行法規制度而言，一污染場址之整治目標，仍須達到污染管制標準以下，方能解除環保機關列管。

(七) 定期評估整治成效

因整治技術均有其限制，故須定期掌握整治時之逐期監測數據，以評估採用之整治技術，其成效是否如預期或污染有無擴散之虞。當整治成效不如預期，則應評估同時或分階段採用其他的整治技術；

而當污染物未超過整治目標，建議應再持續監測 1 年，以瞭解污染物濃度是否有回升的情形。

7.3 常見整治技術

由第四章可知，軍事場址作業類型多元，產生之污染物種類包括油品、重金屬、含氯有機化合物及火炸藥等，已涵蓋環保署之土壤及地下水主要污染管制項目。茲參考環保署相關污染類型場址之技術手冊，針對常見之軍事污染場址，彙整其適用之整治技術如表 7.3-1，並就常用之整治技術摘錄說明如后。

7.3.1 土壤氣體抽除法(Soil Vapor Extraction, SVE)

土壤氣體抽除法為針對不飽和層或通氣層（Vadose Zone）土壤中高揮發性污染物進行整治之方法。本技術利用真空抽氣，使土壤中之污染物產生揮發作用，由固相或液相轉為氣相，並因抽氣井使污染區土壤產生負壓，使污染物隨土壤氣體往抽氣井方向移動，而被抽出，被抽除土壤氣體可進行回收或經處理後排放。本技術操作時，通常於地表上覆蓋一層不透水布或設置不透水鋪面，以避免產生短流現象，並增加抽氣井影響半徑及處理效率。土壤氣體抽除系統如圖 7.3-1 所示。

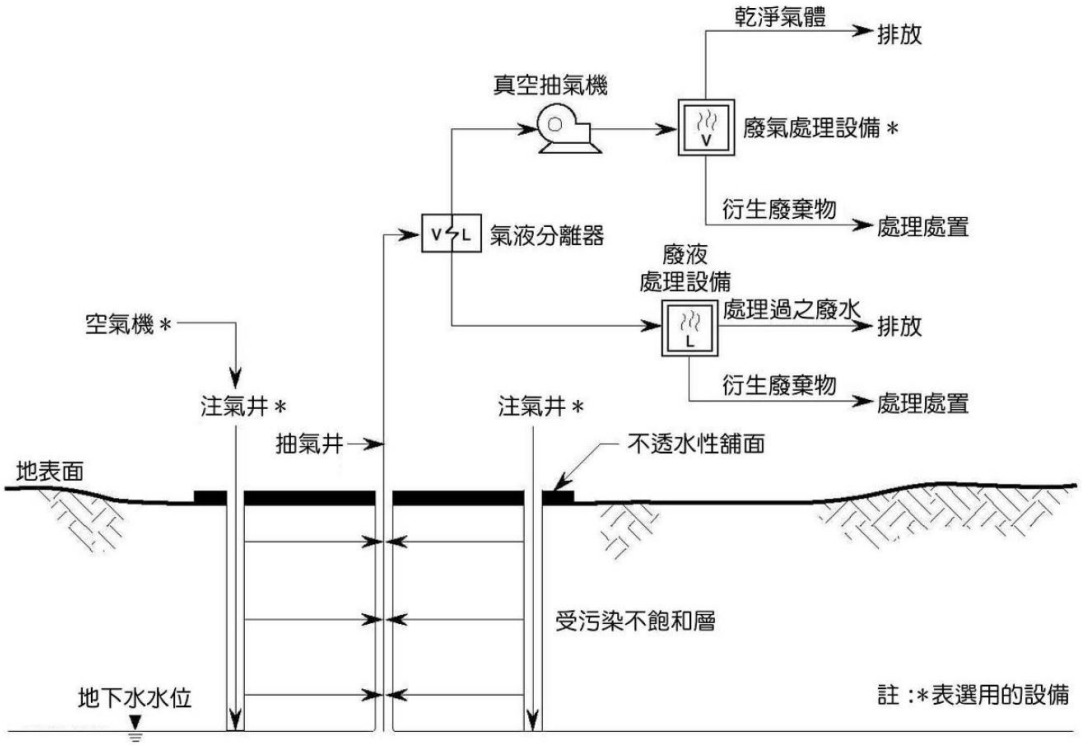
(一) 適用時機及環境介質

土壤氣體抽除法可成功地運用在處理位於中透氣性及高透氣性土壤中含有揮發性污染物成分，並被大量運用在油品類及含氯溶劑污染的場址中。其限制說明如下：

1. 不適用於低揮發性或低亨利常數之污染物，亦不適合處理水分含量高或黏土質之土壤，更不適用於低透氣性的土壤環境中。雖可以運用工程技術克服上述不利的條件，但會顯著增加整治之經費。

表 7.3-1　軍事場址常見整治技術一覽表

污染物種類	常見污染場址類型	整治技術名稱	
		土壤	地下水
油品污染	1.油庫 2.加壓站 3.加油站 4.灌裝台	土壤氣體抽除法	空氣注入法
		生物通氣法	生物曝氣法
		低溫加熱脫附法	雙相抽除法
		土耕法	抽出處理法
		生物堆法	井內氣提法
		開挖處理法	現地化學氧化法
		現地化學氧化法	界面活性劑沖排法
		界面活性劑沖排法	現地地下水生物整治法
		監控(測)式自然衰減法	監控(測)式自然衰減法
重金屬污染	1.兵工廠 (含研發單位) 2.靶場 3.炸射演訓場	高溫礦冶分離法	監測式自然衰減法
		固化/安定化法	現地生物整治法
		玻璃化法	滲透性反應牆法
		開挖及離場處理法	反應帶整治法
		土壤清洗法	地下水抽出及處理法
		土壤淋洗法	電動力法
		監測式自然衰減法	植物復育法
		現地生物整治法	—
		添加土壤改良劑法	—
		反應帶整治法	—
		電動力法	—
		植物復育法	—
含氯有機化合物污染	1.兵工廠 (含研發單位) 2.飛機保修廠 (含除褪漆)	土壤清洗法	地下水注氣法
		土壤氣體抽除法	生物整治
		生物整治	熱處理法
		熱處理法	監測式自然衰減法
		監測式自然衰減法	地下水抽出處理
		地下水抽出處理	地下水循環井
		地下水循環井	現地化學氧化/還原法
		現地化學氧化/還原法	透水性反應牆
		透水性反應牆	界面活性劑/共溶劑沖洗法
		界面活性劑/共溶劑沖洗法	植物整治法
		植物整治法	電動力整治技術
		電動力整治技術	奈米科技處理法
火炸藥污染	1.兵工廠 (含研發單位) 2.靶場 3.炸射演訓場	堆肥法	現地化學氧化/還原法
		生物整治	生物整治
		石灰法	零價鐵
		植物復育	植物復育
		熱處理法	—
		電化學法	—
		現地化學氧化/還原法	—



資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

圖 7.3-1 土壤氣體抽除系統示意圖

2. 土壤對揮發性有機物之吸附力，會降低土壤氣體抽除系統對揮發性有機物之萃取率，亦即將揮發性有機物轉化為氣體之效率，土壤對污染物吸附力的影響，在整治階段後期最為明顯，土壤氣體抽除法將需要更長的操作時間，以處理最後殘留於土壤的揮發性有機物。

3. 土壤的異質性亦將影響土壤氣體抽除系統的成效，氣體易在大粒徑土壤中流動，但不易在粒徑小的黏土中流動，且在一般情形下，揮發性有機物亦累積在黏土表面，因此，相對地流過高污染土壤的氣流量將極為有限。

(二)整治方法優缺點

茲將土壤氣體抽除法（SVE）優缺點彙整如表 7.3-2 所示。

表 7.3-2 土壤氣體抽除法優缺點比較表

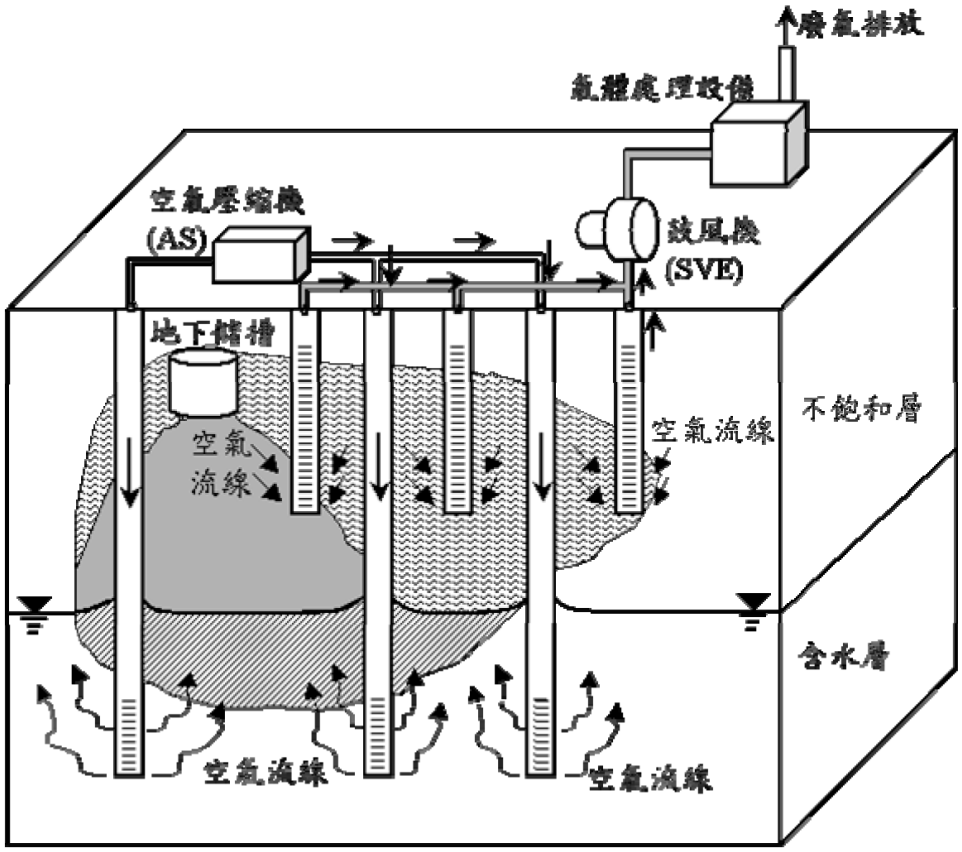
優點	缺點
在國外，相關整治成效已被證明，使用者容易取得設備，設置安裝容易。	污染物濃度降低 90%以上不易達成。
對場址運作之干擾最小。	當應用於低滲透性土壤或分層土壤之場址時，其處理效果之可靠性低。
整治期程短：在理想情況下，一般整治期程約 6 個月至 2 年。	經抽除後之土壤氣體，為符合空氣排放標準，其廢氣處理費用可能需支付較昂貴的處理費用。
整治價格具競爭性。	僅適用不飽和層土壤污染之整治;飽和層土壤及地下含水層部分需要採用其他整治方法。
易與其他技術結合運用，如空氣注入法、生物整治法、生物漱洗法等。	—
可運用於建築物下方或其他不能進行開挖的地方。	—

資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

7.3.2 空氣注入法(Air Sparging, AS)

空氣注入法係利用壓力將空氣或氧氣注入地下水中產生氣泡，增加地下水溶氧量及不飽和層氣體氧氣濃度，促進污染物被好氧微生物降解。主要針對吸附於土壤或溶解於地下水中之揮發性或半揮發性有機物進行處理，促使含水層（飽和層）之污染物溶出，並揮發至氣相進入透氣層(不飽和層)中。

為有效控制氣相污染物的流動，通常會結合土壤氣體抽除法，將氣體抽出至地面處理後予以排放。此外，在注入空氣中加入甲烷(營養鹽)，則可促進含氯有機物(如三氯乙烯)被共代謝微生物降解。故本法去除污染物之機制，高揮性有機物以「揮發」為主，低揮發性有機物則以「生物降解」為主。本法原理示意圖請參見圖 7.3-2 所示。



資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

圖 7.3-2 空氣注入法系統示意圖

(一) 適用時機及環境介質

本法適用於均質、高透水性之自由含水層污染，污染物為可被好氧微生物降解之揮發性有機物或汽油。部分適用本法之揮發性有機污染物及其特性，如表 7.3-3 所示。本法對於部分異質性、低至中透水性分層之含水層亦有部分效果。

(二)整治方法優缺點

茲將空氣注入法優缺點彙整如表 7.3-4 所示。

表 7.3-3 部分適用空氣注入法之揮發性有機污染物之特性

污染物	揮發性 (Vp, mm-Hg @ 20˚C)	好氧生物降解姓 ($t_{1/2}$，小時)
苯	高(Vp=95.2)	高($t_{1/2}$=240)
甲苯	高(Vp=28.4)	高($t_{1/2}$=168)
二甲苯	高(Vp=6.6)	高($t_{1/2}$=336)
乙苯	高(Vp=9.5)	高($t_{1/2}$=144)
三氯乙烯	高(Vp=60)	非常低($t_{1/2}$=7,704)
四氯乙烯	高(Vp=14.3)	非常低($t_{1/2}$=8,640)
汽油	高(Vp=14.3)	高
燃料油	非常低	中等

資料來源：環保署，土壤及地下水受比水重非水相液體污染場址整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2008 年 12 月。

表 7.3-4 空氣注入法優缺點比較表

優點	缺點
簡單可得之工具器材，容易設置。	若有自由相浮油存在，不能同時處理，必須先移除浮油。
操作空間較小。	不能處理遭特殊地質侷限之污染團。
較短的處理時間，在特定條件操作下，整治期程小於 1 至 3 年。	土壤若有分層，恐造成效能降低。
每噸土壤處理費用約 20~50 美元，較其他地面處理程序便宜。	一些化學性、物理性、生物性的交互作用尚不清楚。
不須移除、處理、儲存、處置遭受污染的地下水。	缺乏實場及實驗室數據支持設計考量因子，場址差異性影響參數，不能通用。
可以 SVE 加強處理效能。	會造成組成物的移動
—	須細部設計模場試驗，確認氣體揮發之控制。

資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

7.3.3 生物堆法/土耕法(Biopiles/Landfarming)

生物堆法和土耕法類似，皆為利用地面上之人工處理系統，提供生物處理程序，降解有機污染物。兩者不同處在於供氧方式，生物堆法是利用機械動力(鼓風機)，進行土堆內氣體的進氣及抽氣等氣流交換作用提供氧氣；土耕法則係利用耕土、翻土等動作，以與大氣交換之方式提供氧氣。

生物堆法主要係在場址原處或選擇其他空地處，先鋪上一層不透水層或是其他阻隔材料，圍起一整治區，再將受污染之土壤挖起放置於整治區，堆成一個土堆，再將空氣(氧氣)、營養鹽、微量元素、水份(氣)等，利用管線系統輸送至土堆之內部；土耕法主要係將污染土壤挖除後，分開散灑於地表上，以形成一個土壤薄層，然後澆灑營養鹽、礦物質、水分等，並藉由翻土、犁耕等動作供給氧氣至土壤顆粒間隙內。兩者供氣(氧)之目的，皆在於馴養好氧性之微生物，微生物則利用油品類污染物質做為代謝生長的基質，將其分解轉化成代謝產物 CO_2 及 H_2O。

揮發性較高之汽油類，大多由進(抽)氣或翻耕作用時所移除；揮發性較低之柴油或煤油等，則可藉由生物進行降解，或仍有部分逸散揮發；而較重之潤滑油等，則僅能靠生物處理降解。生物堆法及土耕法之設備單元請詳圖 7.3-3 與圖 7.3-4。

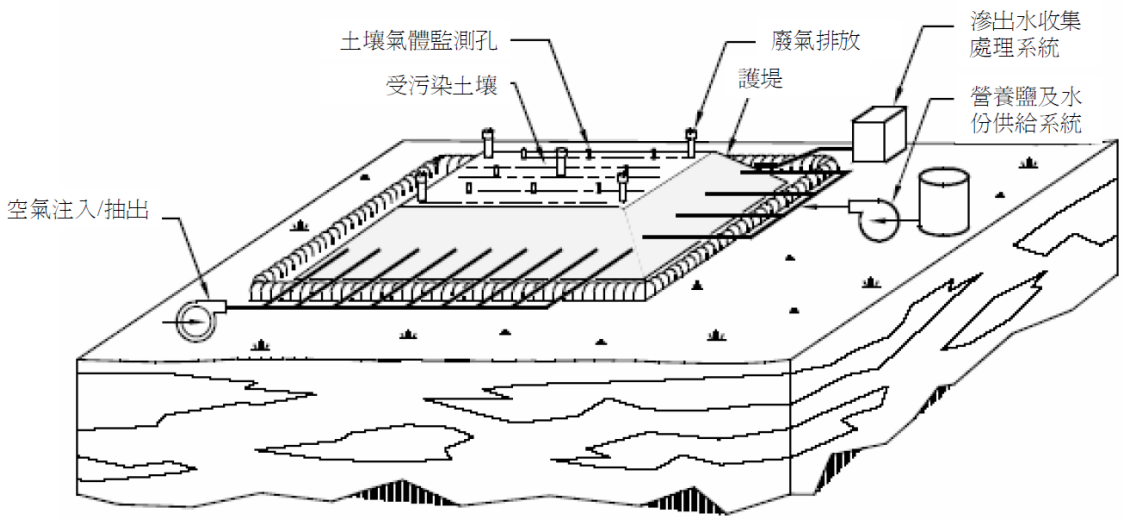
(一) 適用時機及環境介質

兩技術皆為適用於處理受污染之土壤，但不適用於地下含水層污染。而在污染物濃度方面，建議總石油碳氫化合物（TPH）濃度不大於 50,000 ppm，而重金屬建議小於 2,500 ppm。若超出建議濃度範圍，必須另外進行生物毒性試驗或延長預估整治時間期程。

(二) 整治方法優缺點

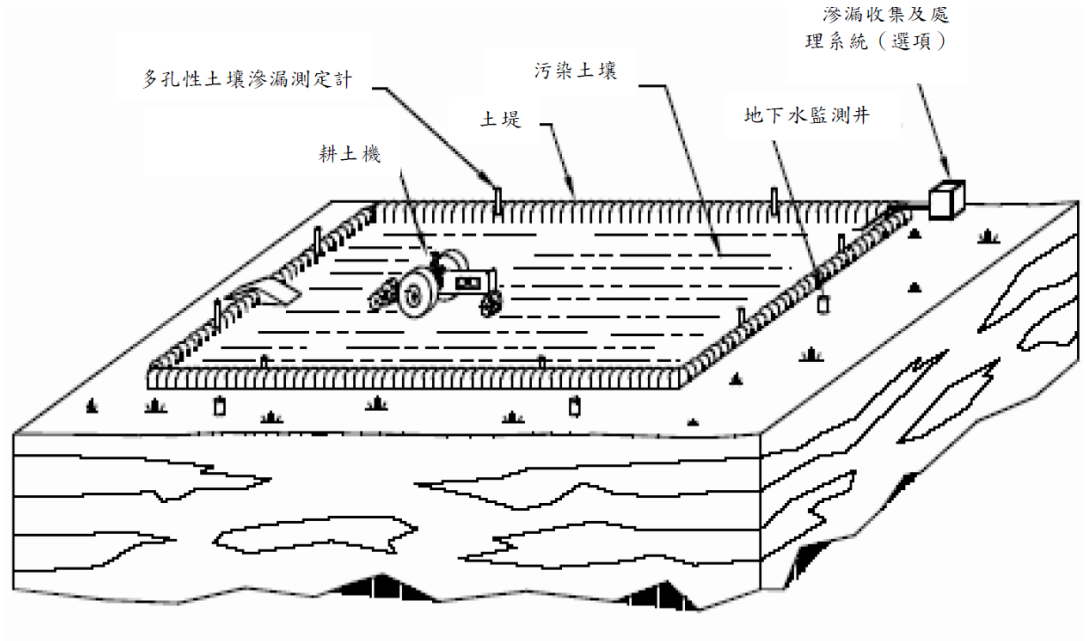
生物堆法及土耕法需考量之優缺點請詳表 7.3-5 與表 7.3-6。兩種方法之共同問題，為整治過程中產生之 VOCs 逸散問題，因皆位於開放式空間處理，故 VOCs 逸散須符合空氣污染防制法之相關規定。除防止 VOCs 逸散措施外，另須設置滲水收集處理設施，並嚴密監測地下水，防止土壤污染物滲透至地下水層。

而為減少逸散量，生物堆法可採用密閉系統之氣體蒐集方式，使逸散之氣體完全在控制系統之下，這點相較於土耕法而言，則有較大的好處；但在設置方面，土耕法相較於生物堆法更為簡單，且其位於地表上，因此維護也較容易。茲將兩種方法優缺點彙整如表 7.3-4 所示。



資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

圖 7.3-3 生物堆法系統示意圖



資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

圖 7.3-4 土耕法系統示意圖

表 7.3-5 生物堆法優缺點比較表

優點	缺點
相對於其他整治技術而言，較簡單，且容易設置。	濃度去除率＞95%，殘餘濃度 0.1 ppm 的情形是比較難以達到的。
較短的處理時間，在已調整為最適的操作狀況之下，平均約 6 個月至 2 年間可以完成整治工作。	＞50,000 ppm 高濃度污染土壤可能效率較差。
每噸土壤處理費用約 30~90 美元，較其他地面處理程序便宜。	＞2,500 ppm 高濃度重金屬土壤可能會抑制微生物作用。
比土耕法需要較少的土地面積。	揮發性高的物質可能較易被抽氣系統移除，而不是被生物分解成無害物質。
對於有機化合物具有生物降解之輔助作用。	需要較大的土地面積空間（雖然仍比土耕法需要較少）。
相對於土耕法而言，可以設計密閉式的逸散氣體收集系統。	抽出之氣體必需處理，不能直接與大氣交換。
能有效處理複雜的油品類土壤污染場址。	需要設置底部阻絕設施。

資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

表 7.3-6 土耕法優缺點比較表

優點	缺點
相對於其他整治技術而言，較簡單，且容易設置。	濃度去除率＞95%，殘餘濃度 0.1 ppm 的情形是比較難以達到的。
較短的處理時間，在已調整為最適的操作狀況之下，平均約 6 個月至 2 年間可以完成整治工作。	＞50,000 ppm 高濃度污染土壤可能效率較差。
每噸土壤處理費用約 30~60 美元，較其他地面處理程序便宜。	＞2,500 ppm 高濃度重金屬土壤可能會抑制微生物作用。
對於有機化合物具有緩慢的生物降解作用	揮發性高的物質可能較會被逸散揮發，而不是被生物分解成無害物質。
—	需要較大的土地面積空間。
—	土耕過程中產生粒狀污染物，以及揮發性氣狀污染物，其濃度必須符合空氣污染防制相關法令。
—	需要的話，必須設置底部阻絕設施。

資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

7.3.4 現地化學氧化法(In-Situ Chemical Oxidation)

現地化學氧化法，顧名思義係利用各種化學氧化劑，注入土壤或地下水污染層中，氧化油品污染所造成環境中存在之各項化合物，使其成為二氧化碳及水。該技術中所使用之氧化劑曾被廣泛應用於廢水處理程序，現逐漸被利用於土壤及地下水污染之現地處理。

現地化學氧化法之特點為處理時間較快,相對於生物整治法而言，需要的反應時間較短。然而，因為地質條件限制，以及各種氧化劑的特性，都會限制氧化的時間以及效果，可以根據需求來加以選擇。例如，有的氧化劑雖然反應較慢，但可以緩慢持續與污染物接觸反應，提供較長的接觸時間，在氧化劑的選擇上須加以評估。

現地化學氧化法最主要的考量因子是土壤與氧化劑的反應性，如果土壤中含有大量的其他有機質,那麼有可能會消耗大量的化學藥劑，造成成本的浪費。又例如 Fenton 氧化劑（過氧化氫）可能不適用於含有大量碳酸鹽的地下水，因為過氧化氫的氫氧自由基，在尚未與地下水中油品反應之前，即與碳酸鹽離子進行反應耗盡，造成浪費耗損與效率降低。相反地，含有大量碳酸鹽的地下水，則有助於高錳酸鹽類氧化物對於油品的氧化作用。

(一) 適用時機及環境介質

在使用現地化學氧化法前，必須先進行自由相（free product）之回收,在確定場址內沒有浮油層之後,才會使用現地化學氧化法，其理由有兩點：

(1)避免發生浮油與氧化劑產生劇烈的氧化作用而發生危險。

(2)避免浪費太多化學藥劑，造成成本浪費。

基於安全的理由，現地化學氧化法常常搭配其他整治技術，例如土壤氣體抽除法(SVE)一併施行，以幫助緩和安全問題，控制可

能因各種化學氧化劑添加所產生的氧化作用，所引起含有揮發性有機物(VOCs)、氧氣和其它反應副產物的尾氣。

在多重整治方法併同處理的整治趨勢下，現地化學氧化法在應用時機上，往往扮演一個先趨的角色，亦即在整治初期，先以現地化學氧化法控制污染擴大趨勢，爭取整治時間，後續再以生物整治方式，將剩餘之污染量移除，因為氧化劑於地下水殘餘的結果，會持續形成高溶氧狀態，提供微生物分解代謝過程中所需之電子接受者。

現場的化學處理必須考慮化學物質的宿命(fate)，也就是該物質於土壤中的傳輸、擴散及反應等。於應用化學處理時，必須特別注意所加的化學藥劑可能含有害性化學物質，而且所添加的量也可能很大，這些都是現場處理前必須考慮的環境影響因素。就 Fenton 氧化法而言，因為過氧化氫於處理過程中用量較大，但是在自然環境中會被分解為氧氣及水，其所添加的 Fe^{2+}催化劑是自然界含量頗高的化學物質，因此相較於高錳酸鉀及臭氧而言，其對環境的衝擊較小。所以如用過氧化氫加鐵催化的 Fenton-like 法處理受有機污染之土壤及地下水之改善方式，亦成為後續現地化學氧化法發展的核心。

(二) 整治方法優缺點

本技術之優缺點整理於表 7.3-7，選擇最適合的處理技術有賴正確的場址特性調查及詳細的現場篩選分析，通常需要實驗室的可行性評估及現場的模場試驗。此外，本技術的成功關鍵在於：

(1) 所用的化學物質之加藥量與污染物的比值必須合理。

(2) 能有效地將添加的化學物質傳送到受污染的區域。

表 7.3-7 現地化學氧化法優缺點比較表

優點	缺點
污染物可以在現地被破壞移除	初設成本及總成本可能較高
處理效率較為快速	滲透性較差的地方，化學氧化劑可能無法到達以及氧化污染物
處理過程中沒有廢棄物、廢水等產生，場址中加藥氧化過程產生的氣體也不多。	過氧化氫可能在現場產生危害性氣體，可能需要輔以其他設備抽除，避免危險
可以氧化 MTBE 等油品類較難分解污染物	在處理數週至數月後，溶解性的水中污染物濃度可能回升
減少操作及監測成本	污染團結構及範圍可能在施作數週之後改變
殘餘的碳氫化合物可以持續由氧化劑產生的溶氧等，加強後續的生物分解作用	化學藥劑之使用，有健康風險以及場址作業安全之考量
對於場址運作干擾最小	如果只用現地化學氧化法要將場址整治至非常低的濃度，可能是不經濟的甚至技術上很難達成的。
—	化學藥劑有可能浪費在與土壤層中其他物質作用而消耗。
—	有可能造成沉澱性固體，阻塞土壤層中的顆粒間隙

資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

7.3.5 地下水抽出處理法(Pump &Treat)

抽出處理法(pump & treat)包括了主要兩個程序：(1)將污染之地下水抽出至地表 (2)處理這些被抽出之污染地下水。因該項技術簡單、處理成本較為經濟、技術門檻較低，在以往為最常被用於地下水的處理技術。

抽出處理法主要能夠發揮下列兩種功能，一為利用抽水作用，降低地下水位，防止受污染的地下水向外擴散，或是隨地下水流向下游方向流去；其次為將抽出之地下水在現場即時加以處理。至於處理方式，則可視污染物性質，設置合適的處理單元。一般現場主要考量機動性較高的移動式設備，但若地下水抽除量較大，且污染區位於運作中的工廠，則可將工廠內的既存廢水處理設備納入考量，但應注意是否會超出原設計之處理負荷。

(一) 適用時機及環境介質

本項技術係針對地下水污染整治，因此，不飽和層的土壤污染區整治並不適用。

若抽取之地下水中所含的污染物質是屬於溶解性的，則一般的水井水力學原理，均適合於評估地下水污染物的抽除；但若是滲透性較低，或是地質結構較為複雜且非均質相時，則採取抽水方式處理較不適當。若場址滲透性較佳，除了抽水之外，甚至可以將抽除處理後之地下水進行補注，或是搭配其他整治方式加強處理，如此可更有效的將污染物從地下水中移除，這也是抽出處理法往往是整治技術組合序列的最初使用方法。

雖然地下水抽除處理的技術對於 LNAPL 等處理可行且有效，但是本技術在建立時，做了下列基本假設：

(1) **含水層的傳導係數為單一常數。**

(2) 水井為完全貫穿的型態。

(3) 沒有其他的地下水補助源。

(4) 傳導係數屬於均向性。

基於上述條件，抽出處理技術雖然有效，卻不能應用於每一個場址。故在實場中上述條件均須滿足，否則採用本技術將可能導引出不正確的結果。而在實場上，因為邊界條件的不同與場址特性的差異，最好能以數值模式的方法加以分析。這是本項技術的特色；亦即若要達到良好的預期抽水成效，應有完善的規劃及現地試驗。

(二) 整治方法優缺點

茲將地下水抽出處理法優缺點彙整如表 7.3-8 所示。

表 7.3-8 地下水抽出處理法優缺點比較表

優點	缺點
設置簡單、快速，操作經驗需求較低。	部分 NAPL 物質，溶解於水中的速率相當緩慢，導致污染物無法隨地下水快速有效的抽出。
設置及維護成本較低。	污染物從水力傳導性低的區域擴散到水力傳導性高的區域速率緩慢。
對於污染區域較小，或是污染濃度不高的場址，容易達成整治目標。	含水層中，已被土壤吸附污染物質的脫附速率較為緩慢，因此，可能當在地下水中污染物濃度已被抽除降低之後，若停止抽水，仍有可能因緩慢的脫附作用，使得水中濃度再度緩慢的提昇。
容易同時搭配其他土壤或地下水的整治方法，形成多重組合的整治序列，提高整治效能。	在死角區域（dead-end zone）的水動力會遭到隔絕（hydrodynamic isolation）。

資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

7.3.6 監測式自然衰減法(Monitored Natural Attenuation)

監控(測)式自然衰減法（Monitored Natural Attenuation, MNA）為一種消極的污染場址管理方式，亦即不對土壤或地下水污染區域進行通氣、抽水、開挖、加藥或其他主動的處理方式，僅定期性進行監測工作。但為避免污染行為人規避整治責任，採用本項方法之前，必須進行嚴密的規劃及研判，有關監控(測)式自然衰減法的應用，必須具備下列四項條件：

(1) 確定所有的環境條件顯示，污染範圍沒有持續擴大的潛勢。

(2) 未來沒有土地開發利用的需求。

(3) 經健康風險評估計算，所有的暴露途徑下產生的風險（包括致癌及非致癌），必須低於法令規定或環保主管機關之要求。

(4) 設置嚴密的持續性監測計畫。

監控(測)式自然衰減法的淨化機制，乃在自然環境中藉助自然的衰減作用，使有害污染物的質量、毒性等能夠衰減成無害物質，而移動性、分布體積等能夠被侷限甚至縮小。衰減作用包括自然的非破壞性（nondestructive）以及破壞性（destructive）作用。非破壞性作用特徵如下：

(1) 水力分散的動力稀釋作用。

(2) 土壤顆粒間隙的吸附作用。

(3) 污染物本身於地質環境中的自然揮發作用。

非破壞作用對於污染物本身並不會造成結構性的改變，也就是說污染物並不會降解氧化成無害的二氧化碳及水，而僅會因為上述的物理現象，造成污染團濃度的稀釋。至於破壞性作用有可能包括下列幾種型態：

(1) 生物降解作用。

(2) 水解作用。

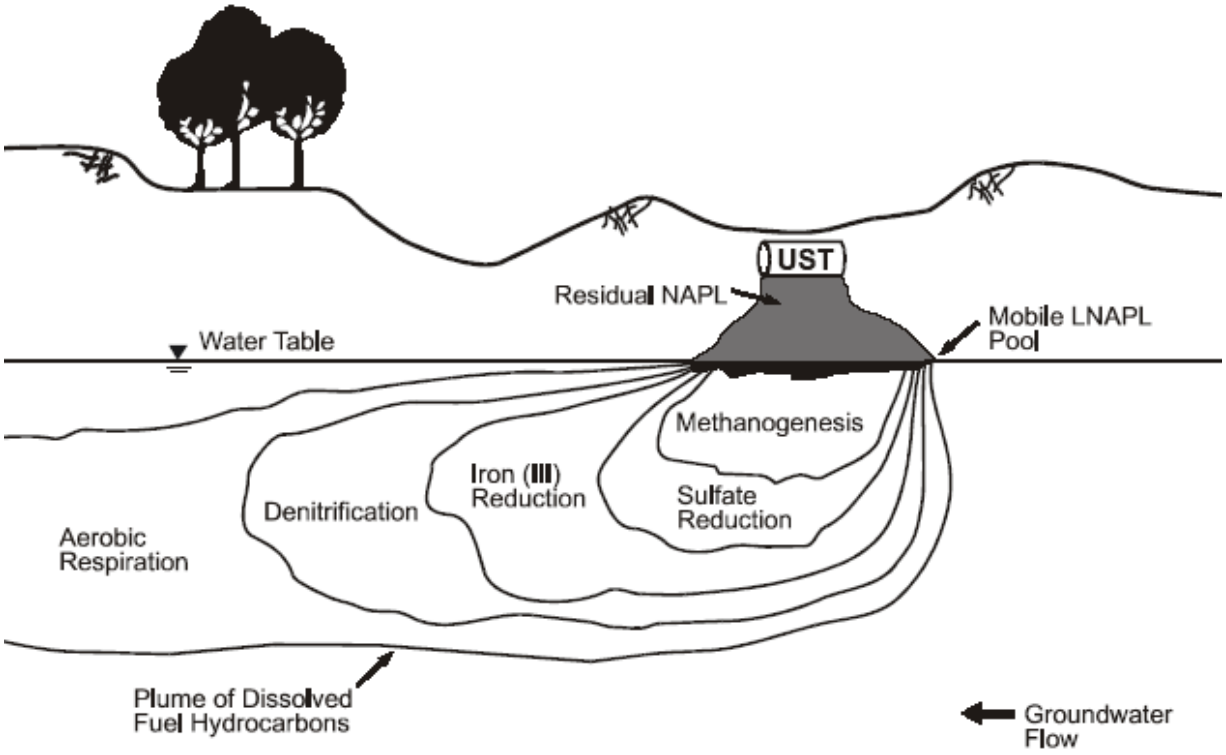
在地下自然環境之中，最重要的降解因子為生物降解作用。生物降解作用依據污染源位置與地下水流方向判定區域不同，可能有不同的機制存在。典型的油品類儲槽系統地下儲油槽洩漏污染的場址概念如圖 7.3-5 所示。在地下水下游方向，距洩漏污染源較遠處，因為污染物濃度較低，含水層中含氧量較高，因此土壤層中好氧性微生物可能會利用污染物做為生長代謝作用之基質，產生所謂的好氧分解作用；而在越靠近污染團的地方，因為污染物濃度過高，溶氧量不足，低氧化還原電位的情形之下，容易形成厭氧狀態，並產生脫硝、脫硫、發酵等作用。

(一) 適用時機及環境介質

環保主管機關可從圖中的判定流程原則逐一進行審查，若整治單位提出監控(測)式自然衰減法，不打算積極處理者，可依本項流程單元逐一清查，若有不符合之情形發生，即有產生污染擴大的可能，必須要求整治單位配合其他整治方式處理。

(二) 整治方法優缺點

茲將地下水抽出處理法優缺點彙整如表 7.3-●所示。本項方法有其優點，對整治單位而言較有利。若基於環保主管機關之立場而言，本項整治方法缺點的部分，極有可能對環境以及大眾健康造成傷害。因此，並不積極鼓勵採用本項整治方法。



資料來源：環保署，油品類儲槽系統土壤及地下水污染整治技術選取、系統設計要點與注意事項參考手冊，2006 年 9 月。

圖 7.3-5 監控(測)式自然衰減法生物作用差異性示意圖

表 7.3-8 地下水抽出處理法優缺點比較表

優點	缺點
總處理成本相對較便宜。	對於高濃度（大於 20,000mg/kg）TPH 污染土壤地下水而言，沒有處理成效，浮油層也無法處理。
最少的操作管理。	當民眾對於污染土壤地下水有接觸途徑，例如抽取地下水井、住宅附近污染土壤蒸氣揮發等，產生健康風險時，本法不適用。
對於位於建物底下或其他不能挖除的區域可行。	需要分長久的時間自然衰減，同時這個時間也無法預期。
沒有整治過程中產生的二次公害產物，但自然生物降解產生之甲烷仍有風險。	經過一段長時間以後，仍無法達到整治標準之可能性相當高。
沒有因需要離場處理所造成污染物移入移出之運輸過程中，所產生的意外風險。	需要相當完整、詳細的場址調查工作，甚至有可能需要比其他整治技術更詳細之調查。
因不進行施工作業，降低人員接觸主污染區高濃度土壤地下水的風險。	需要完善、詳細、制度化的控制及監測計畫，確保場址安全。
有生物降解作用產生。	監測計畫的點次、頻率需要更高，監測距離範圍需要更廣。
—	需要更完善的緊急處理及應變計畫，如此一來反而可能更增加成本。
—	污染團有隨著地下水移動的可能

第八章　污染預防與污染場址管理

本章節將說明一具污染潛勢之場址，其應採取之污染預防及監測措施，倘若後續因污染事實遭環保機關列管，相關業務承辦人員如何兼顧法規及工程管理面，針對改善整治中之場址進行監督與管理，以期儘早解除場址之列管。最後針對部份因應國家政策須求，移轉予國有財產局或地方政府使用之軍事用地，說明移交前應執行之土壤及地下水相關調查。

8.1 污染預防措施

依第四章說明之各場址可能導致土壤及地下水污染之原因，彙整各類型之軍事場址，其土壤及地下水污染預防及監測措施如表 8.1-1。

8.2 污染場址管理

針對受環保機關列管之土壤及地下水污染場址，其整治改善計畫之撰提及後續整治工程之執行通常委由專業機構執行。而相關業務承辦人員針對污染場址之管理及監督，主要分為法規及整治兩種層面，茲歸納兩者之管理原則及重點如表 8.2-1，並分述如下：

(一)法規面-土污法

(1) 限期改善場址(或稱 7 條 5 場址)

當所發現之污染物有影響國民健康或生活環境之虞，如管線或儲槽大量洩漏，或污染物濃度達土壤或地下水管制標準，地方主管機關可依土污法第 7 條第 5 項規定列管。

相關業務承辦人員須注意此類場址經列管後，須提送污染改善計畫至地方主管機關審查，並據以執行後續改善工作。改善期限為 12 個月，並得展延一次，展延期限不得超過 6 個月。

表 8.1-1 軍事場址之土壤及地下水污染預防及監測措施

場址類型	可採取之預防措施	污染定期監測方式
油料儲存及供油設施	地上油槽或地上管線設置於不透水鋪面上，並設防溢堤、截流溝等	土壤氣體監測(測漏管)
	地下儲槽或地下管線設置二次阻隔層	油槽、管線密閉測試
	地下管線或地下儲槽使用非腐蝕材料建造；使用鋼材建造者，應包覆適當之不導電物質及裝設陰極防蝕系統。	地下水監測
	加油機底部設置防止滲漏設施(盛油盆)	記錄每次之進油量、發油量及存油量
	地下儲槽設置自動液面計	每月紀錄油槽油位及槽底水位
本保修/發動機維修廠	作業區設置不透水鋪面	於作業區外圍設置地下水監測井
	作業人員定期實施污染防治教育訓練	定期實施土壤及地下水採樣檢測
	廢溶劑以地下槽儲存或設有地下管線者，應使用非腐蝕材料建造；使用鋼材建造者，應包覆適當之不導電物質及裝設陰極防蝕系統。	如保修用溶劑無法明確辨認內含之化學物質，應向廠商索取相關成分資料或物質資料安全表，以掌握場址關切污染物。
	地下廢溶劑槽或地下管線設置二次阻隔層	—
	廢溶劑以地上式儲存者(如 55 加侖鐵桶)，儲存區應設置鋼棚等遮雨結構，地面並鋪設不透水鋪面。	—
兵工廠	製程設備如具有地下槽體，應使用非腐蝕材料建造；使用鋼材建造者，應包覆適當之不導電物質及裝設陰極防蝕系統。	於作業區外圍設置地下水監測井
	針對地下槽體或地下管線設置二次阻隔層	定期實施土壤及地下水、放流水採樣檢測
	連接至廢水處理廠之地下管線，應使用非腐蝕材料建造；使用鋼材建造者，應包覆適當之不導電物質及裝設陰極防蝕系統。	如製程中使用之溶劑無法明確辨認內含之化學物質，應向廠商索取相關成分資料或物質資料安全表，以掌握場址關切污染物。
	製程產出之廢料、廢溶劑應集中收集，儲存區，應設置鋼棚等遮雨結構，地面並鋪設不透水鋪面。	—
彈藥處理場及銷毀廠	銷毀設施如具有地下槽體，應使用非腐蝕材料建造；使用鋼材建造者，應包覆適當之不導電物質及裝設陰極防蝕系統。	於作業區外圍設置地下水監測井
	針對地下槽體設置二次阻隔層	定期實施土壤及地下水、放流水採樣檢測
	針對銷毀坑而言，可納入圍堵(Containment)整治工法之概念，以鋼板樁、阻隔材料等，侷限污染物(火炸藥物質)之影響範圍。	—
靶場及炸射演訓場	設置擋彈土坡(Backstop Berm)，土坡背彈面鋪設不透水布。	於作業區外圍設置地下水監測井
	土坡及靶位中間設置靶溝，靶溝底部鋪以石灰(Limestone)或以水泥等方式建造靶溝。	定期實施土壤及地下水、放流水採樣檢測
	定期清理靶場內彈頭	—
	靶場內栽種植被，降低污染物藉地表逕流向外擴散之風險。	—

表 8.2-1　土壤及地下水污染場址之管理重點

場址種類	管理方向	
	土污法層面	整治工程層面
限期改善場址	**列管法源：** 第 7 條第 5 項 **列管條件：** 污染情形有影響國民健康或生活環境之虞，或其濃度達管制標準。 **應變改善計畫：** 依主管機關要求，提送應變改善計畫至環保機關審查。 **改善期限：** 12 個月，得展延 1 次，不得超過 6 個月。	**進度查核重點：** 1.依據審查通過之計畫書內容進行整治。 2.定期提送改善進度報告(內含場址監測資料)至主管機關審查。 3.整治期程是否可達預期之成效，以檢討所採整治工法之適宜性。 **二次污染防治：** 依所採整治工法之特性，並考量可能影響周遭環境，針對*場址放流水質*、*地表水質*、*空氣品質*或*噪音*與*振動*進行監測。 **工地安全衛生：** 1.整治施工期間應依「勞工安全衛生法」等相關規定進行作業。 2.避免人員損傷、減少財產損失或環境品質遭受破壞，訂定緊急應變計畫，重點包含： (1)組織架構、人員職責與聯絡方法 (2)緊急應變程序 (3)現場應設置告示牌，說明聯絡方式 (4)支援單位及主管機關通報系統
控制場址	**列管法源：** 第 12 條第 2 項，列管並公告 **列管條件：** 污染物濃度達管制標準 **控制計畫：** 公告後 6 個月內提送審查。提出期限得申請展延，並以 1 次為限。	
整治場址	**列管法源：** 第 12 條第 3 項，列管並公告 **列管條件：** 控制場址經初步評估，有嚴重危害國民健康之虞。 (*污染物濃度達管制標準 20 倍*) **調查及評估計畫：** 公告後 3 個月內提送審查。提出期限得申請展延，並以 1 次為限。	
改善完成場址	**解除列管申請法源：** 第 26 條第 1 項，應報請直轄市、縣（市）主管機關或中央主管機關核准。 **申請條件：** 污染物濃度低於管制標準時。 **改善完成報告：** 當自行驗證之結果顯示土壤或地下水污染物濃度低於管制標準，即可撰寫改善完成報告至主管機關審查。 **解除列管條件：** 經主管機關採樣檢測結果顯示，污染物濃度低於管制標準，場址即可解除列管(第 26 條第 2 項)。	**自行驗證：** 提出申請前，應有自行採樣分析數據顯示，場址內之污染物均已低於管制標準。 **持續監測三個月：** 建議持續監測三個月，如污染物濃度皆低於管制標準，再行提出申請。

(2) 控制場址

當所發現污染物濃度達土壤或地下水管制標準，地方主管機關可依土污法第 12 條第 1 項規定列管，並公告為控制場址。

相關業務承辦人員須注意此類場址經公告列管後，須於公告後 6 個月內提送污染控制計畫至地方主管機關審查，據以執行後續改善工作。

(3) 整治場址

當控制場址經初步評估後，有嚴重危害國民健康之虞。地方主管機關可依土污法第 12 條第 3 項規定列管，並公告為整治場址。常用之評估依據為污染物濃度達管制標準 20 倍。

相關業務承辦人員須注意此類場址經公告列管後，須於公告後 3 個月內提送污染調查及評估計畫至地方主管機關審查；並依據調查評估結果，於地方主管機關通知後 6 個月內，提出污染整治計畫審查，據以執行後續改善工作。

(4) 改善完成場址

污染場址經一段時間改善後，如於定期監測數據發現污染物濃度逐漸下降，最終低於土壤或地下水污染管制標準，即表示場址可能已改善完成，然仍建議持續監測關切污染物濃度三個月，如皆低於管制標準，再行向地方主管機關申請解除列管。

針對善完成之場址，須撰寫改善完成報告，提送至地方主管機關進行審查。如審查通過，環保機關後續將派員至場址進行採樣檢測，如結果亦顯示污染物濃度均低於土壤或地下水污染管制標準，依土污法第 26 條第 2 項，場址即可解除列管。

(二)整治工程面

此部分之工程執行乃委由專業機構進行，相關業務承辦人員主要針對三方面進行管理，以利改善計畫執行：

(1) 進度查核

整治作業乃依據主管機關審核通過之計畫進行，另須按期提送改善進度報告予主管機管審查，並根據歷次污染物監測數據，評估整治期程是否可符合預期成效，以適時檢討整治工法之適宜性。

(2) 二次污染防治

為避免整治工程進行時之中間產物，影響周遭環境或附近居民，依據場址所採整治工法之特性，針對放流水質、地表水質、空氣品質或噪音與振動進行長期監測，並比對相關法規管制值，以隨時監控工程進行時可能帶來之影響。

(3) 工地安全衛生

整治過程中所執行之挖掘、回填或吊掛等作業，及所動用之機具、器材或儀器，包含現場作業人員等，皆須符合勞工安全衛生法之相關規定，以確保作業環境與人員之安全無虞。

(4) 自行驗證

此項工作即為污染物低於污染管制標準之該次監測數據，另建議持續監測三個月，如皆低於管制標準，再行向地方主管機關申請解除列管。

8.3 廢止撥用之土地品質自主檢測

針對部分停止軍事用途，未來將移轉予國有財產局或地方政府使用之軍事土地(依國有不動產撥用要點，此類型土地稱已廢止撥用之土地)，工作團隊乃依據土污法、國有不動產撥用要點(以下簡稱撥用要點)及歷年軍事場址之現勘經驗，歸納統整一土壤及地下水污染潛勢認定之軍事用地廢止撥用流程，如圖 8.3-1 所示，並說明如下：。

(一) 土地類型

依撥用要點第 18 點第 1 項「撥用之土地為軍事單位之油庫、加油站、化學品儲槽、彈藥庫、彈藥修護廠、廢彈藥處理廠、化學工廠、兵工廠、保修廠、試射場及其他訓練場等場址，撥用機關應視需要調查土壤及地下水污染狀況。」而除上述類型場址外，軍事用地亦含有加壓站、廢油廢溶劑儲存或金屬表面處理等相關高污染潛勢設施，建議可另參考土污法第 8、9 條之公告事業製程評估該用地之污染潛勢。

(二) 土壤及地下水污染調查報告

前述高污染潛勢場址，於辦理廢止撥用前，應依據「土壤污染評估調查及檢測作業管理辦法」，針對場址內土壤及地下水品質進行調查。並於申請廢止撥用時，檢附土壤及地下水污染調查報告，以釐清土地污染相關責任歸屬；如有污染物濃度達土壤或地下水污染管制標準，應於完成污染改善後，再辦理廢止撥用。此報告之格式可參考環保署公告之「土壤污染評估調查及檢測作業管理辦法」進行撰寫，另加列地下水污染評估調查與檢測結果。

(三) 土壤及地下水污染潛勢資料

由於廢止撥用之軍事用地多歷史悠久，而土壤及地下水污染潛勢資料提供之目的乃為使移交單位針對接收管理之軍事用地，盡可

能掌握其運作歷史與作業型態，資料內容包含作業內容或製程、運作歷史、設施名稱、管線圖與場址平面配置圖等相關資料。

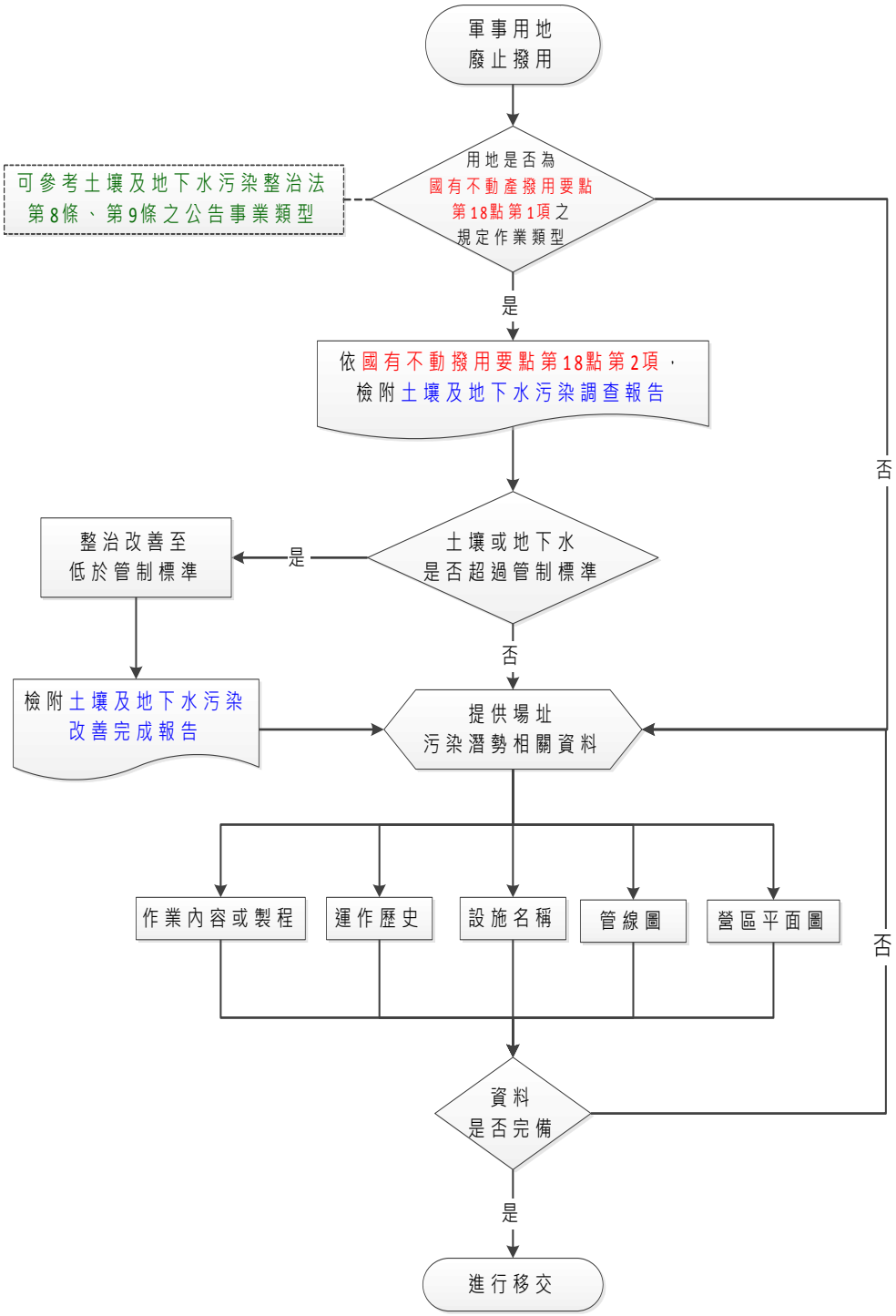


圖 8.3-1 軍事用地廢止撥用之土地品質確認流程

第九章　國外軍事污染場址案例研析

本章節引用 2 處國外軍事污染場址整治案例，將針對場址背景資料、污染情形及整治方法進行說明與分析，以提供軍方作為軍事污染場址選擇整治工法之參考。

9.1 Joliet Army Ammunition Plant

(一) 場址背景資料

喬利埃特軍事火藥廠(Joliet Army Ammunition Plant，JOAAP)位於美國芝加哥伊利諾伊州西南方約 40 英里威爾郡(Will County, Illnois)，佔地約 36 平方英里，該廠用途原為軍事彈藥製造廠，設立於 1940 年二戰期間，其火藥廠外觀、原料使用及生產情形如圖 9.1-1 所示。該廠由埃爾伍德軍械廠(Elwood Ordnance Plant)和坎卡基軍械工程(Kankakee Ordnance Works)二部門組成，此二部門皆於 1945 年停止使用。該廠於 1953 年朝鮮戰爭時重新啟動，1960-1970 年越戰爭期間改名喬利埃特陸軍彈藥廠(JOAAP)。1976 年 JOAAP 停止火炸藥(TNT)的生產，於 1980 年代關廠並由霍尼維爾(Honeywell Corporation)管理運用。

資料來源：From War to Peace Joliet Army Ammunition Plant, 2008

圖 9.1-1 場址火藥廠外觀、原料使用及生產情形

(二) 場址污染情況

JOAAP 停止使用後共 53 處區域之土壤及地下水被認定遭受火炸藥物質污染，其污染體積土方約 137,585 立方碼，污染種類包括 1,3,5-三硝基苯、2,4,6-三硝基甲苯(俗稱黃色炸藥)、2,4-二硝基甲苯、2,6-二硝基甲苯、2-硝基甲苯、環四亞甲基四硝胺、環三亞甲基三硝胺、四硝基甲苯)，其中英文名稱對照表詳如表 9.1-1。

表 9.1-1 火炸藥物質名稱對照表

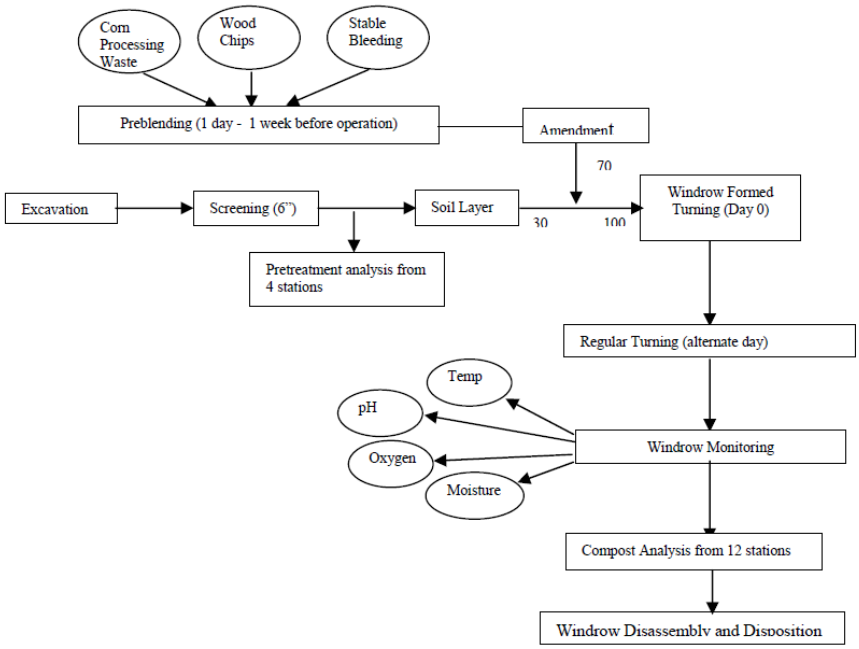
英文名稱	中文名稱	別名
1,3,5-TNB	1,3,5-三硝基苯	-
2,4,6-TNT	2,4,6-三硝基甲苯	黃色炸藥
2,4-DNT	2,4-二硝基甲苯	-
2,6-DNT	2,6-二硝基甲苯	-
2-NT	2-硝基甲苯	-
HMX	環四亞甲基四硝胺	奧克托今
RDX	環三亞甲基三硝胺	海掃更
Tetryl	四硝基甲苯	-

(三) 污染整治方法

JOAAP 於 1999 年委託廠商利用開挖(Excavation)及生物整治法(Bioremediation)的方式針對該場址土壤中火炸藥類污染物進行整治，其處理情形如圖 9.1-2 所示。首先將污染場址進行開挖，並做篩選及分類動作，再以生物整治方式進行處理，在堆土過中程中添加基質、木屑、農業加工物(例：玉米梗)等，並監控其溫度、濕度、pH 及含氧量，待整治完成後將土壤進行回填，其詳整治流程如圖 9.1-3 所示。該整治方法平均處理約 32 天可達到整治目標，本計畫於第一年處理超過 3 萬噸污染土壤，共計處理火炸藥類污染土壤約 28 萬噸。該場址於 2008 年完成土壤污染整治，比預定期程提早 3 年。JOAAP 之污染整治結果詳如表 9.1-2 所示。

資料來源：From War to Peace Joliet Army Ammunition Plant, 2008

圖 9.1-2 開挖及生物堆法處理情形



資料來源：USEPA, Joliet Army Ammunition Plant Wilmington, Will County, Illinois, 2004

圖 9.1-3 開挖及生物堆法處理流程

表 9.1-2 JOAAP 污染整治結果

單位：mg/kg

污染種類	法規標準	初始濃度	整治目標
1,3,5-TNB	-	120-1,100	100
2,4,6-TNT	79	1600-482,000	190
2,4-DNT	5.5	25-86,709	8.4
2,6-DNT	620	20-2,540	8.4
2-NT	13	18,500	10,000
HMX	49,000	19,000	10,000
RDX	24	76-65,000	52
Tetryl	2,500	224000	4,100

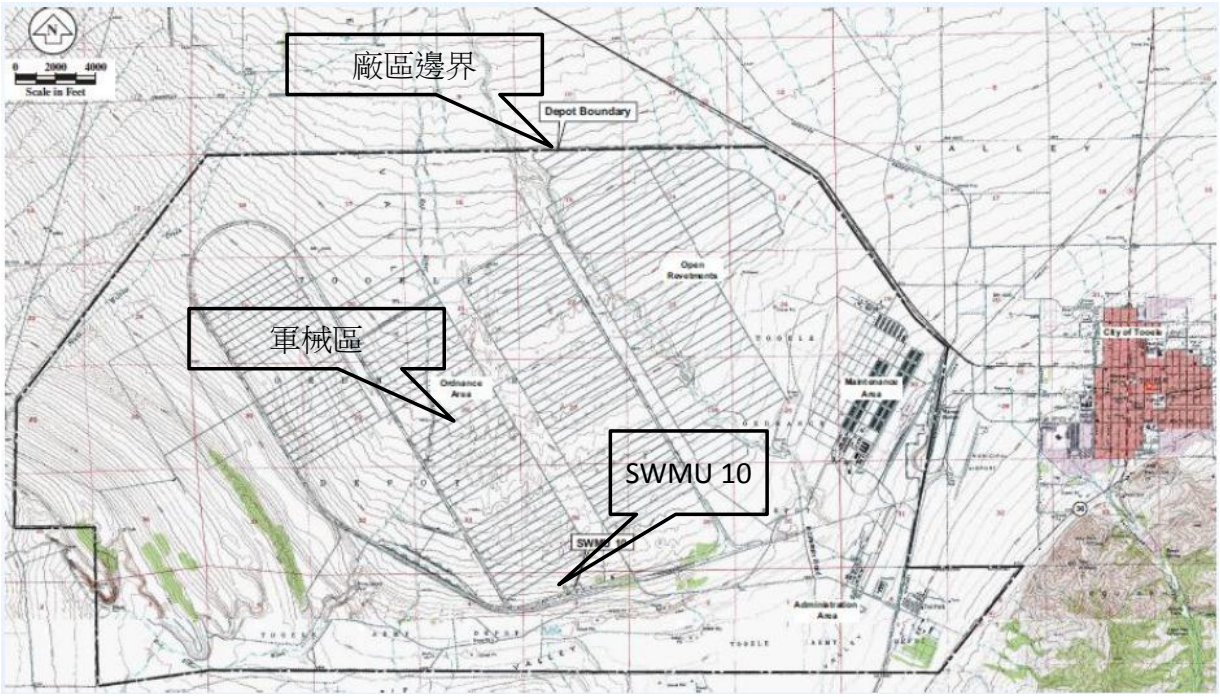
資料來源：USEPA, Joliet Army Ammunition Plant Wilmington, Will County, Illinois, 2004

註：目前國內無火炸藥物質管制標準，該法規標準為美國第九區工業用地土壤污染管制標準。

9.2 Tooele Army Depot

(一) 場址背景資料

圖埃勒軍用倉庫位於美國猶他州鹽湖城西南方 35 英里處，站地約 25,000 英畝，其中 SWMU 10(Solid Waste Management Unit 10) 位於圖埃勒軍用物資補給站中(分佈位置如圖 9.2-1)，該廠建立於 1945 年，主要用途為戰爭儲備物資及軍火武器培訓中心，其作業內容包含彈藥武器之儲存、播發、接收、修護及銷燬等作業，於 1948 年至 1965 年間從事清洗切割彈藥金屬外殼或將彈藥進行水銷(Washout Facility)之相關作業，清洗及水銷後之廢水則直接排入 TNT 沖洗區內(TNT Washout Area)。



資料來源：Valkenburg, 2009

圖 9.2-1 SWMU 10 位置分布圖

(二) 場址污染情形

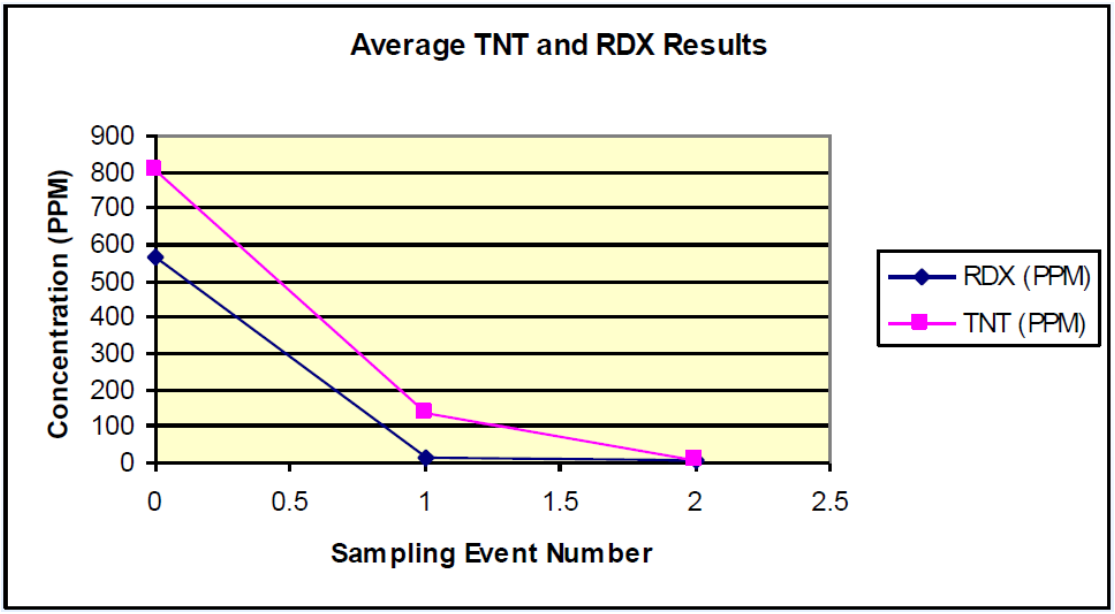
由於 SWMU 10 清洗及水銷後之廢水未經處理，直接排入 TNT 沖洗區內，因此約造成面積約 48,000 平方英呎的土壤受 TNT 及 RDX 所污染，污染土方量約 8,900 立方碼，濃度約介於 1000-2000 毫克/公斤。

(三) 污染整治方法

SWMU 10 於 2007 年委託廠商利用開挖及生物添加營養鹽的方式對該地進行整治。其處理流程如下：首先將污染場址進行開挖，並將污染土方移至屋內進行營養鹽添加(DARAMEND®)，再將其均勻混合翻轉並作加水動作，最後使其堆疊長菌(作業方式詳如圖 9.2-2 所示)，該步驟每批次處理量約為 3,000 立方碼，共處理 3 個批次約 8,900 立方碼，處理時間約為 5 到 10 週，處理完成約 1 週後，能使每批次土壤中 TNT 及 RDX 平均濃度降至 10 毫克/公斤 以下，如圖 9.2-3 所示，其污染整治結果如表 9.2-1 所示。當污染土壤處理完畢後，即可將達到整治目標之土壤進行回填。在處理費用方面，每立方碼污染土壤之添加藥劑費用約為 62 美元，整治完成共花費 475 萬美元。

資料來源：Valkenburg, 2009

圖 9.2-2 開挖及生物添加營養鹽處理情形



資料來源：Valkenburg, 2009

圖 9.2-3 TNT 及 RDX 處理結果

表 9.2-1 SWMU 10 污染整治結果

單位：mg/kg

污染種類	法規標準	初始濃度	整治目標
TNT	79	802	86
RDX	24	563	31

資料來源：Valkenburg, 2009

註：目前國內無火炸藥物質管制標準，該法規標準為美國第九區工業用地土壤污染管制標準。

參考文獻

1. 行政院環境保護署，土壤及地下水污染整治法，2010。
2. 行政院環境保護署，土壤及地下水污染整治法施行細則，2010。
3. 行政院環境保護署，土壤及地下水污染控制場址初步評估辦法，2006。
4. 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，民國 100 年。
5. 財政部，國有不動產撥用要點，2012。
6. 環保署，「網格法」，2005。
7. 環保署，「場址環境評估法」，2011。
8. 環保署，「網格法」，2011。
9. Environment Agency R&D Technical Report P5-042/TR/2 Land Contamination Technical Guidance on Special Sites: Chemical Weapons Sites, Produced by WS Atkins for the Environment Agency, Bristol, 2001.
10. From War to Peace Joliet Army Ammunition Plant, 2008.
11. USEPA, Environmental Cleanup Best Management Practices: Effective Use of the Project Life Cycle Conceptual Site Model., 2011.
12. USEPA, Joliet Army Ammunition Plant Wilmington, Will County, Illinois, 2004.
13. Valkenburg, J., In Situ Chemical Reduction for Organic Explosives in Soil, 2009.

附件一　土壤及地下水污染整治法及相關法規

附 2.1 土壤及地下水污染整治法

土壤及地下水整治法(以下簡稱土污法)於民國 89 年 2 月公佈，歷經 2 次修正，共分為 8 章 57 條各章節之重點如下：

第一章　總則：用詞定義及各級主管機關主管事項。

第二章　防治措施：定期檢測、查證與列管前應變、土壤污染評估調查及檢測資料提送、技師簽證等。

第三章　調查評估措施：污染查證、場址公告列管、場址調查與控制。

第四章　管制措施：應變必要措施、管制區劃定與限制、禁止處分登記。

第五章　整治復育措施：整治計畫提送、整治目標研訂、解除列管。

第六章　財務及責任：整治基金成立、徵收來源、用途。

第七章　罰則：違反本法處分規定。

第八章　附則：連帶損害賠償、溯及既往等其他規定。

第一章　總則

第一條　為預防及整治土壤及地下水污染，確保土地及地下水資源永續利用，改善生活環境，維護國民健康，特制定本法。

第二條　本法用詞，定義如下：

一、土壤：指陸上生物生長或生活之地殼岩石表面之疏鬆天然介質。

二、地下水：指流動或停滯於地面以下之水。

三、底泥：指因重力而沉積於地面水體底層之物質。

四、土壤污染：指土壤因物質、生物或能量之介入，致變更品質，有影響其正常用途或危害國民健康及生活環境之虞。

五、地下水污染：指地下水因物質、生物或能量之介入，致變更品質，有影響其正常用途或危害國民健康及生活環境之虞。

六、底泥污染：指底泥因物質、生物或能量之介入，致影響地面水體生態環境與水生食物的正常用途或危害國民健康及生活環境之虞。

七、污染物：指任何能導致土壤或地下水污染之外來物質、生物或能量。

八、土壤污染監測標準：指基於土壤污染預防目的，所訂定須進行土壤污染監測之污染物濃度。

九、地下水污染監測標準：指基於地下水污染預防目的，所訂定須進行地下水污染監測之污染物濃度。

十、土壤污染管制標準：指為防止土壤污染惡化，所訂定之土壤污染管制限度。

十一、地下水污染管制標準：指為防止地下水污染惡化，所訂定之地下水污染管制限度。

十二、底泥品質指標：指基於管理底泥品質之目的，考量污

染傳輸移動特性及生物有效累積性等，所訂定分類管理或用途限制之限度。

十三、土壤污染整治目標：指基於土壤污染整治目的，所訂定之污染物限度。

十四、地下水污染整治目標：指基於地下水污染整治目的，所訂定之污染物限度。

十五、污染行為人：指因有下列行為之一而造成土壤或地下水污染之人：

(一)洩漏或棄置污染物。

(二)非法排放或灌注污染物。

(三)仲介或容許洩漏、棄置、非法排放或灌注污染物。

(四)未依法令規定清理污染物。

十六、潛在污染責任人：指因下列行為，致污染物累積於土壤或地下水，而造成土壤或地下水污染之人：

(一)排放、灌注、滲透污染物。

(二)核准或同意於灌排系統及灌區集水區域內排放廢污水。

十七、污染控制場址：指土壤污染或地下水污染來源明確之場址，其污染物非自然環境存在經沖刷、流布、沉積、引灌，致該污染物達土壤或地下水污染管制標準者。

十八、污染整治場址：指污染控制場址經初步評估，有嚴重危害國民健康及生活環境之虞，而經中央主管機關審核公告者。

十九、污染土地關係人：指土地經公告為污染控制場址或污染整治場址時，非屬於污染行為人之土地使用人、管理人或所有人。

二十、污染管制區：指視污染控制場址或污染整治場址之土壤、地下水污染範圍或情況所劃定之區域。

第三條　本法所稱主管機關：在中央為行政院環境保護署；在直轄市為直轄市政府；在縣(市)為縣(市)政府。

第四條　本法所定中央主管機關之主管事項如下：

一、全國性土壤、底泥及地下水污染預防與整治政策、方案、計畫之規劃、訂定、督導及執行。

二、全國性土壤及地下水污染之監測及檢驗。

三、土壤、底泥及地下水污染整治法規之訂定、研議及釋示。

四、直轄市或縣(市)主管機關土壤、底泥及地下水污染預防、監測與整治工作之監督、輔導及核定。

五、涉及二直轄市或縣(市)以上土壤、底泥及地下水污染整治之協調。

六、土壤及地下水污染整治基金之管理。

七、土壤、底泥及地下水污染檢測機構之認可及管理。

八、土壤、底泥及地下水污染預防與整治之研究發展及宣導。

九、土壤、底泥及地下水污染整治之國際合作、科技交流及人員訓練。

十、其他有關全國性土壤、底泥及地下水污染之管理、預防及整治。

第五條　本法所定直轄市、縣(市)主管機關之主管事項如下：

一、轄內土壤、底泥及地下水污染預防與整治工作實施方案、計畫之規劃、訂定及執行。

二、轄內土壤、底泥及地下水污染整治自治法規之訂定及釋示。

三、轄內土壤及地下水污染預防、監測及整治工作之執行事項。

四、轄內土壤、底泥及地下水污染預防與整治之研究發展及宣導。

五、轄內土壤、底泥及地下水污染預防及整治之人員訓練。

六、其他有關轄內土壤、底泥及地下水污染之管理、預防及整治。

第二章　防治措施

第六條　各級主管機關應定期檢測轄區土壤及地下水品質狀況，其污染物濃度達土壤或地下水污染管制標準者，應採取適當措施，追查污染責任，直轄市、縣(市)主管機關並應陳報中央主管機關；其污染物濃度低於土壤或地下水污染管制標準而達土壤或地下水污染監測標準者，應定期監測，監測結果應公告，並報請中央主管機關備查。

前項土壤或地下水污染監測、管制之適用範圍、污染物項目、污染物標準值及其他應遵行事項之標準，由中央主管機關分別定之。

下列區域之目的事業主管機關，應視區內污染潛勢，定期檢測土壤及地下水品質狀況，作成資料送直轄市、縣(市)主管機關備查：

一、工業區。

二、加工出口區。

三、科學工業園區。

四、環保科技園區。

五、農業科技園區。

六、其他經中央主管機關公告之特定區域。

前項土壤及地下水品質狀況資料之內容、申報時機、應檢具之文件、檢測時機及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

下列水體之目的事業主管機關，應定期檢測底泥品質狀況，與底泥品質指標比對評估後，送中央主管機關備查，並公布底泥品質狀況：

一、河川。

二、灌溉渠道。

三、湖泊。

四、水庫。

五、其他經中央主管機關公告之特定地面水體。

前項底泥品質指標之分類管理及用途限制，由中央主管機關定之。

第五項底泥品質狀況之內容、申報時機、應檢具之文件、檢測時機及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

第七條　各級主管機關得派員攜帶證明文件，進入公私場所，為下列查證工作，並得命場所使用人、管理人或所有人提供有關資料：

一、調查土壤、底泥、地下水污染情形及土壤、底泥、地下

水污染物來源。

二、進行土壤、地下水或相關污染物採樣及地下水監測井之設置。

三、會同農業及衛生主管機關採集農漁產品樣本。

前項查證涉及軍事事務者，應會同當地軍事機關為之。

對於前二項查證或命提供資料，不得規避、妨礙或拒絕。

檢查機關及人員對於查證所知之工商及軍事秘密，應予保密。

各級主管機關為查證工作時，發現土壤、底泥或地下水因受污染而有影響人體健康、農漁業生產或飲用水水源之虞者，得準用第十五條第一項規定，採取應變必要措施；對於第十五條第一項第三款、第四款、第七款及第八款之應變必要措施，得命污染行為人、潛在污染責任人、場所使用人、管理人或所有人為之，以減輕污染影響或避免污染擴大。

前項應變必要措施之執行期限，以十二個月內執行完畢者為限；必要時，得展延一次，其期限不得超過六個月。

依第五項規定採取應變必要措施，致土壤、地下水污染情形減輕，並經所在地主管機關查證其土壤及地下水污染物濃度低於土壤、地下水污染管制標準者，得不公告為控制場址。

第八條　中央主管機關公告之事業所使用之土地移轉時，讓與人應提供土壤污染評估調查及檢測資料，並報請直轄市、縣(市)主管機關備查。

土地讓與人未依前項規定提供受讓人相關資料者，於該土地公告為控制場址或整治場址時，其責任與本法第三十一條第

一項所定之責任同。

第九條　　中央主管機關公告之事業有下列情形之一者，應於行為前檢具用地之土壤污染評估調查及檢測資料，報請直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關委託之機關審查：

一、依法辦理事業設立許可、登記、申請營業執照。

二、變更經營者。

三、變更產業類別。但變更前、後之產業類別均屬中央主管機關公告之事業，不在此限。

四、變更營業用地範圍。

五、依法辦理歇業、繳銷經營許可或營業執照、終止營業(運)、關廠(場)或無繼續生產、製造、加工。

前條第一項及前項土壤污染評估調查及檢測資料之內容、申報時機、應檢具之文件、評估調查方法、檢測時機、評估調查人員資格、訓練、委託、審查作業程序及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

第十條　　依本法規定進行土壤、底泥及地下水污染調查、整治及提供、檢具土壤及地下水污染檢測資料時，其土壤、底泥及地下水污染物檢驗測定，除經中央主管機關核准者外，應委託經中央主管機關許可之檢測機構辦理。

前項檢測機構應具備之條件、設施、許可證之申請、審查、核(換)發、撤銷、廢止、停業、復業、查核、評鑑程序、儀器設備、檢測人員、在職訓練、技術評鑑、盲樣測試、檢測方法、品質管制事項、品質系統基本規範、檢測報告簽署、資料提報、執行業務及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

依第一項規定進行土壤、底泥及地下水污染物檢驗測定時，其方法及品質管制之準則，由中央主管機關定之。

第十一條　依本法規定須提出、檢具之污染控制計畫、污染整治計畫、評估調查資料、污染調查及評估計畫等文件，應經依法登記執業之環境工程技師、應用地質技師或其他相關專業技師簽證。

第三章　調查評估措施

第十二條　各級主管機關對於有土壤或地下水污染之虞之場址，應即進行查證，並依相關環境保護法規管制污染源及調查環境污染情形。

前項場址之土壤污染或地下水污染來源明確，其土壤或地下水污染物濃度達土壤或地下水污染管制標準者，直轄市、縣(市)主管機關應公告為土壤、地下水污染控制場址(以下簡稱控制場址)。

直轄市、縣(市)主管機關於公告為控制場址後，應囑託土地所在地登記機關登載於土地登記簿，並報中央主管機關備查；控制場址經初步評估後，有嚴重危害國民健康及生活環境之虞時，應報請中央主管機關審核後，由中央主管機關公告為土壤、地下水污染整治場址(以下簡稱整治場址)；直轄市、縣(市)主管機關於公告後七日內將整治場址列冊，送各該鄉(鎮、市、區)公所及土地所在地登記機關提供閱覽，並囑託該管登記機關登載於土地登記簿。

農業、衛生主管機關發現地面水體中之生物體內污染物質濃度偏高時，應即通知直轄市、縣(市)主管機關。

直轄市、縣(市)主管機關於接獲前項通知後，應檢測底泥，

並得命地面水體之管理人就環境影響與健康風險、技術及經濟效益等事項進行評估，評估結果經中央主管機關審核，認為具整治必要性及可行性者，於擬訂計畫報請中央主管機關核定後，始得實施。必要時，並得準用第十五條第一項規定。

地面水體之管理人不遵行前項規定時，直轄市、縣(市)主管機關得依行政執行法代履行之規定辦理。

依第二項、第三項規定公告為控制場址或整治場址後，其管制區範圍內之底泥有污染之虞者，直轄市、縣(市)主管機關得命污染行為人或潛在污染責任人準用第五項規定辦理，並應將計畫納入控制計畫或整治計畫中執行。

污染行為人或潛在污染責任人不遵行前項規定時，直轄市、縣(市)主管機關得準用第十三條第二項及第二十二條第二項規定辦理。

污染物係自然環境存在經沖刷、流布、沉積、引灌致場址之污染物濃度達第二項規定情形者，直轄市、縣(市)主管機關應將檢測結果通知相關目的事業主管機關，並召開協商會議，辦理相關事宜。必要時，並得準用第十五條規定。

前項之場址，直轄市、縣(市)主管機關得對環境影響與健康風險、技術及經濟效益等進行評估，認為具整治必要性及可行性者，於擬訂計畫報中央主管機關核定後為之。

第三項初步評估之條件、計算方式及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

依第二項、第三項公告為控制場址或整治場址之土地，如公告後有土地重劃之情形，土地所在地登記機關應將重劃後之地籍資料，通知直轄市、縣(市)主管機關。

直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關應於控制場址或整治場址公告後，邀集專家學者、相關機關，協助審查及監督相關之調查計畫、控制計畫、整治計畫、健康風險評估及驗證等工作事項。

第十三條　控制場址未經公告為整治場址者，直轄市、縣(市)主管機關應命污染行為人或潛在污染責任人於六個月內完成調查工作及擬訂污染控制計畫，並送直轄市、縣(市)主管機關核定後實施。污染控制計畫提出之期限，得申請展延，並以一次為限。

污染行為人或潛在污染責任人不明或不擬訂污染控制計畫時，直轄市、縣(市)主管機關得視財務狀況及場址實際狀況，採適當措施改善；污染土地關係人得於直轄市、縣(市)主管機關採適當措施改善前，擬訂污染控制計畫，並準用前項規定辦理。

第十四條　整治場址之污染行為人或潛在污染責任人，應於直轄市、縣(市)主管機關通知後三個月內，提出土壤、地下水污染調查及評估計畫，經直轄市、縣(市)主管機關核定後據以實施。調查及評估計畫執行期限，得申請展延，並以一次為限。

整治場址之污染行為人或潛在污染責任人不明或不遵行前項規定辦理時，直轄市、縣(市)主管機關得通知污染土地關係人，依前項規定辦理。

整治場址之污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人未依前二項規定辦理時，直轄市、縣(市)主管機關應調查整治場址之土壤、地下水污染範圍及評估對環境之影響，並將調查及評估結果，報請中央主管機關評定處理等級。

第十二條第五項至第十項、第十三條第二項與第十五條

第一項第七款及第八款規定，得由土壤及地下水污染整治基金支出費用者，應納入前項規定，報請中央主管機關評定處理等級。

前二項污染範圍調查、影響環境之評估及處理等級評定之流程、項目及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

第四章　管制措施

第十五條　直轄市、縣(市)主管機關為減輕污染危害或避免污染擴大，應依控制場址或整治場址實際狀況，採取下列應變必要措施：

一、命污染行為人停止作為、停業、部分或全部停工。

二、依水污染防治法調查地下水污染情形，並追查污染責任；必要時，告知居民停止使用地下水或其他受污染之水源，並得限制鑽井使用地下水。

三、提供必要之替代飲水或通知自來水主管機關優先接裝自來水。

四、豎立告示標誌或設置圍籬。

五、會同農業、衛生主管機關，對因土壤污染致污染或有受污染之虞之農漁產品進行檢測；必要時，應會同農業、衛生主管機關進行管制或銷燬，並對銷燬之農漁產品予以相當之補償，或限制農地耕種特定農作物。

六、疏散居民或管制人員活動。

七、移除或清理污染物。

八、其他應變必要措施。

直轄市、縣(市)主管機關對於前項第三款、第四款、第七款及第八款之應變必要措施，得命污染行為人、潛在污染責任人、污染土地關係人或委託第三人為之。

第十六條　直轄市、縣(市)主管機關應視控制場址或整治場址之土壤、地下水污染範圍或情況，劃定、公告土壤、地下水污染管制區，並報請中央主管機關備查；土壤、地下水污染範圍或情況變更時，亦同。

第十七條　土壤、地下水污染管制區內禁止下列行為。但依法核定污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫之執行事項，不在此限：

一、置放污染物於土壤。

二、注入廢(污)水於地下水體。

三、排放廢(污)水於土壤。

四、其他經主管機關公告之管制行為。

土壤污染管制區內，禁止下列土地利用行為，並得限制人員進入。但經中央主管機關同意者，不在此限：

一、環境影響評估法規定之開發行為。

二、新建、增建、改建、修建或拆除非因污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫需要之建築物或設施。

三、其他經中央主管機關指定影響居民健康及生活環境之土地利用行為。

地下水污染管制區內，直轄市、縣(市)主管機關得禁止飲用、使用地下水及作為飲用水水源。

第十八條　　直轄市、縣(市)主管機關應會同農業、衛生機關會勘污染管制區之農業行為。必要時，得禁止在污染管制區內種植食用農作物、畜養家禽、家畜及養殖或採捕食用水產動、植物。

第十九條　　於土壤、地下水污染管制區內從事土壤挖除、回填、暫存、運輸或地下水抽出等工作者，應檢具清理或污染防治計畫書，報請直轄市、縣(市)主管機關核定後，始得實施。

前項工作，由直轄市、縣(市)主管機關為之者，應報請中央主管機關核定後，始得實施。

直轄市、縣(市)或中央主管機關應於前二項清理或污染防治計畫書提出後三個月內，完成審核。

第一項清理或污染防治計畫書,得合併於污染控制計畫、污染整治計畫或其他污染改善計畫中提出。

第二十條　　污染土地關係人、土地使用人、管理人或所有人因第十七條至前條之管制，受有損害者，得向污染行為人請求損害賠償。

第二十一條　　直轄市、縣(市)主管機關對於整治場址之土地，應囑託土地所在地登記機關辦理禁止處分之登記。土地已進行強制執行之拍賣程序者，得停止其程序。

第五章　整治復育措施

第二十二條　　整治場址之污染行為人或潛在污染責任人應依第十四條之調查評估結果，於直轄市、縣(市)主管機關通知後六個月內，提出土壤、地下水污染整治計畫，經直轄市、縣(市)主管機關核定後據以實施；污染行為人或潛在污染責任人如認為有延長之必要時，應敘明理由，於期限屆滿前三十日至六十日內,向直轄市、縣(市)主管機關提出展延之申請；

如有再次延長之必要時，則應敘明理由，於延長期限屆滿前三十日至六十日內向中央主管機關申請展延；直轄市、縣(市)主管機關應將核定之土壤、地下水污染整治計畫，報請中央主管機關備查，並將計畫及審查結論摘要公告。

前項整治場址之污染行為人或潛在污染責任人不明或不遵行前項規定時，直轄市、縣(市)主管機關必要時得視財務狀況、整治技術可行性及場址實際狀況，依第十四條之調查評估結果及評定之處理等級，擬訂土壤、地下水污染整治計畫，降低污染，以避免危害國民健康及生活環境，經中央主管機關核定後據以實施，並將計畫及審查結論摘要公告。

污染土地關係人得於直轄市、縣(市)主管機關進行土壤、地下水污染整治前，提出整治計畫，並準用第一項規定辦理。

土壤、地下水污染整治計畫之實施者，得依第一項、第二項規定之程序，提出整治計畫變更之申請；直轄市、縣(市)主管機關亦得視事實需要，依規定自行或命整治計畫實施者變更整治計畫。

污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人為多數時，得共同提出土壤、地下水污染整治計畫。

第二十三條　各級主管機關依前條規定核定土壤、地下水污染整治計畫前，應將該計畫陳列或揭示於適當地點，期間不得少於十五日。

對於前項計畫有意見者，得於前項陳列或揭示日起二十日內以書面方式，向各級主管機關提出。

第二十四條　　第二十二條第一項及第三項之土壤、地下水污染整治計畫，應列明污染物濃度低於土壤、地下水污染管制標準之土壤、地下水污染整治目標。

前項土壤、地下水污染整治計畫之提出者，如因地質條件、污染物特性或污染整治技術等因素，無法整治至污染物濃度低於土壤、地下水污染管制標準者，報請中央主管機關核准後，依環境影響與健康風險評估結果，提出土壤、地下水污染整治目標。

直轄市、縣(市)主管機關依第二十二條第二項規定訂定土壤、地下水污染整治計畫時，應提出污染物濃度低於土壤、地下水污染管制標準之土壤、地下水污染整治目標；或視財務及環境狀況，提出環境影響及健康風險評估，並依評估結果，提出土壤及地下水污染整治目標，並應另訂土壤、地下水污染控制計畫，及準用第二十二條第二項、第四項規定辦理。

整治場址之土地，因配合土地開發而為利用者，其土壤、地下水污染整治目標，得由中央主管機關會商有關機關核定。核定整治目標後之整治場址土地，不得變更開發利用方式；其有變更時，應先報請中央主管機關會商有關機關核定，並依其他法令變更其開發利用計畫後，始得為之。整治場址污染物之濃度低於核定之整治目標而解除管制或列管後，如有變更開發利用時，直轄市、縣(市)主管機關應就該場址進行初步評估，並依第十二條規定辦理。

主管機關依第二項及第三項核定不低於管制標準之整治計畫前，應邀集舉行公聽會。

前項公聽會之召開程序及相關應遵行事項由中央主管

機關定之。

主管機關依第二項、第四項核定土壤、地下水污染整治計畫時，得依環境狀況，命整治計畫實施者，提出風險管理方式及土壤、地下水污染控制計畫，並準用第二十二條規定程序，經主管機關核定後實施。

第二項及第三項環境影響與健康風險評估之危害鑑定、劑量反應評估、暴露量評估、風險特徵描述及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

第二十五條　污染行為人、潛在污染責任人、污染土地關係人或土壤、地下水污染管制區內之土地使用人、管理人或所有人對於土壤、地下水污染整治計畫、污染控制計畫或適當措施之實施，應予配合；各級主管機關得派員攜帶證明文件到場檢查或命提供必要之資料，該等人員不得規避、妨礙或拒絕。

第二十六條　控制場址或整治場址因適當措施之採取、控制計畫或整治計畫之實施，致土壤或地下水污染物濃度低於管制標準時，適當措施採取者或計畫實施者應報請直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關核准。

直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關為前項核准後，應辦理下列事項：

一、公告解除依第十二條第二項、第三項所為控制場址或整治場址之管制或列管，並取消閱覽。

二、公告解除或變更依第十六條所為之土壤、地下水污染管制區之劃定。

三、囑託土地所在地之登記機關塗銷依第十二條第三項

所為之控制場址、整治場址登記及依第二十一條所為之土地禁止處分之登記。

直轄市、縣(市)主管機關依前項規定公告解除控制場址、整治場址或土壤、地下水污染管制區之管制，應報中央主管機關備查。

土壤污染整治完成後之土地，各土地使用目的事業主管機關應依土地使用實際需要，辦理土地使用復育事宜。

第二十七條　各級主管機關依第十二條第一項規定進行場址查證時，如場址地下水污染濃度達地下水污染管制標準，而污染來源不明確者，直轄市、縣(市)主管機關應公告劃定地下水受污染使用限制地區及限制事項，依第十五條規定採取應變必要措施，並準用第二十五條規定辦理。

前項場址，經直轄市、縣(市)主管機關初步評估後，有嚴重危害國民健康及生活環境之虞時，準用整治場址依第十四條、第十五條、第二十二條至第二十六條規定辦理。

第六章　財務及責任

第二十八條　中央主管機關為整治土壤、地下水污染，得對公告之物質，依其產生量及輸入量，向製造者及輸入者徵收土壤及地下水污染整治費，並成立土壤及地下水污染整治基金。

前項土壤及地下水污染整治費之物質徵收種類、計算方式、繳費流程、繳納期限、委託專業機構審理查核及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

第一項基金之用途如下：

一、各級主管機關依第七條第一項與第五項、第十二條第一項、第五項至第六項、第八項至第十項與第十三項、第十三條第一項與第二項、第十四條第一項與第三項、第十五條、第二十二條第一項、第二項與第四項、第二十四條第三項至第五項及第二十七條第一項與第二項規定查證、採取應變必要措施、監督、訂定計畫、審查計畫、調查計畫、評估、實施計畫、變更計畫支出之費用。

二、基金求償及涉訟之相關費用。

三、基金人事、行政管理費用、土壤、地下水污染預防及整治相關工作人事費用。

四、各級主管機關執行土壤及地下水污染管制工作費用。

五、土壤、地下水污染查證及執行成效之稽核費用。

六、涉及土壤、地下水污染之國際環保工作事項之相關費用。

七、土壤、地下水品質監測及執行成效之稽核事項之相關費用。

八、關於徵收土壤、地下水污染整治費之相關費用。

九、關於土壤、地下水污染之健康風險評估及管理事項之相關費用。

十、土壤、地下水污染整治技術研究、推廣、發展及獎勵費用。

十一、關於補助土壤、地下水污染預防工作事項。

十二、其他經中央主管機關核准有關土壤、地下水污染整治之費用。

前項基金之獎勵及補助對象、申請資格、審查程序、獎勵及補助之撤銷、廢止與追繳及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

中央主管機關得派員攜帶證明文件，進入土壤及地下水污染整治費繳費人所屬工廠(場)及營業場所進行相關查核工作或命提供必要之資料，繳費人不得規避、妨礙或拒絕。

第二十九條　土壤及地下水污染整治基金之來源如下：

一、土壤及地下水污染整治費收入。

二、污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人依第四十三條、第四十四條規定繳納之款項。

三、土地開發行為人依第五十一條第三項規定繳交之款項。

四、基金孳息收入。

五、中央主管機關循預算程序之撥款。

六、環境保護相關基金之部分提撥。

七、環境污染之罰金及行政罰鍰之部分提撥。

八、其他有關收入。

第三十條　前條土壤及地下水污染整治基金應成立基金管理會(以下簡稱管理會)負責管理及運用，該管理會得依下列需要設置工作技術小組：

一、依第十二條第三項規定之審核整治場址事宜。

二、依第十四條或第二十七條規定之處理等級評定事宜。

三、應變必要措施支出費用之審理事宜。

四、依第二十二條、第二十四條或第二十七條規定之污染整治計畫或整治目標審查核定事宜。

五、其他有關基金支用之審理事宜。

前項管理會得置委員，委員任期二年，其中專家學者不得少於委員總人數三分之二。管理會委員於任期中及該任期屆滿後三年內，均應迴避任期中其所審核之土壤、地下水污染整治相關工作；委員之配偶、直系血親及三親等內旁系血親均應迴避委員任期中其所審核相關整治場址之土壤及地下水污染整治工作。

第三十一條　污染土地關係人未盡善良管理人注意義務，應就各級主管機關依第十三條第二項、第十四條第三項、第十五條、第二十二條第二項及第四項、第二十四條第三項規定支出之費用，與污染行為人、潛在污染責任人負連帶清償責任。

污染土地關係人依前項規定清償之費用、依第十四條第二項及第二十二條第三項支出之費用，得向污染行為人及潛在污染責任人求償。

潛在污染責任人就前項支出之費用，得向污染行為人求償。

第一項污染土地關係人之善良管理人注意義務之認定要件、注意事項、管理措施及其他相關事項之準則，由中央主管機關定之。

第七章　罰　則

第三十二條　　違反第七條第五項未採取應變必要措施，或不遵行直轄市、縣(市)主管機關依第十五條第一項第一款、第二項所為之命令，因而致人於死者，處無期徒刑或七年以上有期徒刑，得併科新臺幣五百萬元以下罰金；致重傷者，處三年以上十年以下有期徒刑，得併科新臺幣三百萬元以下罰金。

第三十三條　　意圖變更土地使用編定而故意污染土壤者，處一年以上五年以下有期徒刑，得併科新臺幣一百萬元以下罰金。

故意污染土壤或地下水，致成為污染控制場址或整治場址者，處一年以上五年以下有期徒刑。

犯前二項之罪，因而致人於死者，處無期徒刑或七年以上有期徒刑，得併科新臺幣五百萬元以下罰金；致重傷者，處三年以上十年以下有期徒刑，得併科新臺幣三百萬元以下罰金。

第三十四條　　污染行為人、潛在污染責任人、污染土地關係人、檢測機構從業人員及第八條、第九條所定評估調查之人員，對於依本法作成之文書為虛偽記載者，處三年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣一百萬元以下罰金。

中央主管機關公告之事業代表人依第八條、第九條規定提供或檢具之土壤污染評估調查資料為虛偽記載者，科新臺幣一百萬元以下罰金。

第三十五條　　不遵行直轄市、縣(市)主管機關依第十五條第一項第一款所為之命令者，處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣三十萬元以下罰金。

第三十六條　　法人之代表人、法人或自然人之代理人、受僱人或其他從業人員，因執行業務犯第三十二條至前條之罪者，除依各該條規定處罰其行為人外，對該法人或自然人亦科以各該條之罰金。

第三十七條　　污染行為人或潛在污染責任人違反第十二條第七項、第十三條第一項、第二十二條第一項、第四項或第二十四條第七項規定，未提送控制計畫或整治計畫者，處新臺幣一百萬元以上五百萬元以下罰鍰，並通知限期補正或改善；屆期未補正或改善者，按次處罰。

第三十八條　　有下列情形之一者，處新臺幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並得按次處罰：

一、規避、妨礙或拒絕依第七條第一項、第二十五條或第二十八條第五項所為之查證、查核、命令或應配合之事項。

二、未遵行各級主管機關依第七條第五項、第十五條第二項所為之命令。

有下列情形之一者，處新臺幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並通知限期補正，屆期未補正者，按次處罰：

一、污染行為人或潛在污染責任人未依第十四條第一項規定提出或執行土壤、地下水污染調查及評估計畫。

二、污染行為人或潛在污染責任人依第十三條第一項或第二十二條第一項送直轄市、縣(市)主管機關審查之控制計畫或整治計畫，經直轄市、縣(市)主管機關審查以書面通知補正三次，屆期仍未完成補正。

三、控制計畫或整治計畫實施者未依第十三條、第二十二條第一項、第三項或第二十四條第五項主管機關核定之控制計畫或整治計畫內容實施。

第三十九條　未依第二十八條第二項所定收費辦法，於期限內繳納費用者，應依繳納期限當日郵政儲金一年期定期存款固定利率按日加計利息，一併繳納；逾期九十日仍未繳納者，處新臺幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰。

第四十條　讓與人未依第八條第一項規定報請備查或中央主管機關公告之事業違反第九條第一項規定者，處新臺幣十五萬元以上七十五萬元以下罰鍰，並通知限期補正，屆期未補正者，按次處罰。

污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人違反第十七條或第十八條規定者，處新臺幣十五萬元以上七十五萬元以下罰鍰，並通知限期改善，屆期未完成改善者，按次處罰；情節重大者，得命其停止作為或停工、停業。必要時，並得勒令歇業。

因污染行為人之行為致土地經公告為污染整治場址時，處新臺幣十五萬元以上七十五萬元以下罰鍰，並公告其姓名或名稱，且污染行為人應接受四小時本法相關法規及環境教育講習。

第四十一條　有下列情形之一者，處新臺幣十萬元以上五十萬元以下罰鍰，並通知限期改善，屆期未改善者，按次處罰；情節重大者，得命其停止作為或停工、停業；必要時，並得勒令歇業：

一、非屬污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人之人違反第十七條或第十八條規定。

二、違反依第二十七條第一項所公告地下水受污染使用限制地區之限制事項。

未依第十九條第一項規定檢具清理或污染防治計畫書，報請直轄市、縣(市)主管機關核定者，處新臺幣十萬元以上五十萬元以下罰鍰，並通知限期補正；屆期未補正者，按次處罰。

有下列情形之一者，處新臺幣十萬元以上五十萬元以下罰鍰：

一、未經公告為整治場址之污染行為人因其行為致土地經公告為污染控制場址。

二、污染土地關係人未盡善良管理人之注意義務，致土地經公告為污染整治場址。

前項第一款之污染行為人，直轄市、縣(市)主管機關應公告其姓名或名稱，並命污染行為人接受四小時本法相關法規及環境教育講習。

第四十二條　有下列情形之一者，處新臺幣五萬元以上二十五萬元以下罰鍰：

一、違反依第十條第二項所定辦法中有關儀器設備、檢測人員、在職訓練、技術評鑑、盲樣測試、檢測方法、品質管制事項、品質系統基本規範、檢測報告簽署、資料提報及執行業務之規定。

二、未依第十九條第一項核定之清理或污染防治計畫書實施。

三、未經公告為整治場址之控制場址污染土地關係人未盡善良管理人之注意義務，致其土地公告為控制場

址。

檢測機構違反前項第一款規定者，中央主管機關並得限期令其改善，屆期未改善者，按次處罰；情節重大者，得撤銷、廢止許可證。

污染行為人違反第四十條第三項及第四十一條第四項規定不接受講習者，處新臺幣五萬元以上二十五萬元以下罰鍰，經再通知仍不接受者，得按次處罰，至其參加為止。

第四十三條　依第十二條第八項、第十三條第二項、第十四條第三項、第十五條、第二十二條第二項、第四項及第二十四條第三項規定支出之費用，直轄市、縣(市)主管機關得限期命污染行為人或潛在污染責任人繳納；潛在污染責任人應繳納之費用，為依規定所支出費用之二分之一。

潛在污染責任人為執行第十二條第七項、第十三條第一項、第十四條第一項、第十五條及第二十二條第一項規定所支出之費用，得於執行完畢後檢附單據，報請中央主管機關核付其支出費用之二分之一。

污染行為人或潛在污染責任人為公司組織時，直轄市、縣(市)主管機關得限期命其負責人、持有超過其已發行有表決權之股份總數或資本總額半數或直接或間接控制其人事、財務或業務經營之公司或股東繳納前二項費用；污染行為人或潛在污染責任人因合併、分割或其他事由消滅時，亦同。

前項污染行為人或潛在污染責任人之負責人、持有超過其已發行有表決權之股份總數或資本總額半數或直接或間接控制其人事、財務或業務經營之公司或股東，就污染行為實際決策者，污染行為人或潛在污染責任人得就第一項支出之費用，向該負責人、公司或股東求償。

污染行為人、潛在污染責任人、依第三項規定應負責之負責人、公司或股東依第一項、第三項規定應繳納之費用，屆期未繳納者，每逾一日按滯納之金額加徵百分之零點五滯納金，一併繳納；逾期三十日仍未繳納者，處新臺幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並限期繳入土壤及地下水污染整治基金。

依第七條第五項規定支出之應變必要措施費用，直轄市、縣(市)主管機關得準用第一項及第五項規定，限期命污染行為人、潛在污染責任人、依第三項規定應負責之負責人、公司或股東、場所使用人、管理人或所有人繳納。

場所使用人、管理人或所有人就前項支出之費用，得向污染行為人或潛在污染責任人連帶求償。

潛在污染責任人就第一項、第六項及第七項支出之費用，得向污染行為人求償。

第一項、第三項及第六項應繳納費用，於繳納義務人有數人者，應就繳納費用負連帶清償責任。

第四十四條　污染土地關係人未依第三十一條第一項規定支付費用，經直轄市、縣(市)主管機關限期繳納，屆期未繳納者，每逾一日按滯納之金額加徵百分之零點五滯納金，一併繳納；逾期三十日仍未繳納者，處新臺幣二十萬元以上一百萬元以下罰鍰，並限期繳入土壤及地下水污染整治基金。

第四十五條　為保全前二條支出費用之強制執行，直轄市、縣(市)主管機關，得於處分書送達污染行為人、潛在污染責任人、污染土地關係人、場址使用人、管理人或所有人後，通知有關機關，於應繳納費用之財產範圍內，不得為移轉或設定他項權利；其為營利事業者，並得通知目的事業主管機

關，限制其減資或註銷之登記。

第四十六條　本法所定之處罰，除本法另有規定外，在中央由行政院環境保護署為之，在直轄市由直轄市政府為之，在縣(市)由縣(市)政府為之。

第四十七條　依本法所處之停工、停業、停止作為或撤銷、廢止許可證之執行，由主管機關為之；勒令歇業，由主管機關轉請目的事業主管機關為之。

經主管機關依本法規定命其停業、部分或全部停工者，應於復工、復業前，檢具完成改善證明文件或主管機關指定之文件，向主管機關申請；經主管機關審查核准後，始得復工、復業。

第八章　附　則

第四十八條　各目的事業主管機關應輔導事業預防及整治土壤及地下水污染。

第四十九條　依第四十三條、第四十四條規定應繳納之費用，優先於一切債權及抵押權。

第五十條　污染行為人、潛在污染責任人、污染土地關係人、場所使用人、管理人或所有人受破產宣告或經裁定為公司重整前，依第四十三條、第四十四條規定應繳納之費用，於破產宣告或公司重整裁定時，視為已到期之破產債權或重整債權。

第五十一條　整治場址之污染管制區範圍內屬污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人之土地，不得變更土地使用分區、編定或為違反土壤及地下水污染管制區管制事項之利用。

土地開發行為人依其他法令規定進行土地開發計畫，如涉及土壤、地下水污染整治場址之污染土地者，其土地開發計畫得與第二十二條之土壤、地下水污染整治計畫同時提出，並各依相關法令審核；其土地開發計畫之實施，應於公告解除土壤及地下水污染整治場址之列管後，始得為之。

土地開發行為人於前項土壤及地下水整治場址公告解除列管且土地開發計畫實施前，應按該土地變更後之當年度公告現值加四成為基準，核算原整治場址土壤污染面積之現值，依其百分之三十之比率，繳入土壤及地下水污染整治基金。但土地開發行為人於直轄市、縣(市)主管機關提出整治計畫之日前，已提出整治計畫並完成者，不在此限。

第五十二條　土壤及地下水污染致他人受損害時，污染行為人或潛在污染責任人有數人者，應連帶負損害賠償責任。有重大過失之污染土地關係人，亦同。

污染土地關係人依前項規定賠償損害時，對污染行為人或潛在污染責任人有求償權。

第五十三條　第七條、第十二條至第十五條、第二十二條、第二十四條、第二十五條、第三十七條、第三十八條及第四十三條第一項至第三項、第五項、第七項至第九項規定，於本法施行前已發生土壤或地下水污染之污染行為人、潛在污染責任人、控制公司或持股超過半數以上之股東，適用之。

第五十四條　公私場所違反本法或依本法授權訂定之法規命令而主管機關疏於執行時，受害人民或公益團體得敘明疏於執行之具體內容，以書面告知主管機關。主管機關於書面告知送達之日起六十日內仍未依法執行者，受害人民或公益團

體得以該主管機關為被告，對其怠於執行職務之行為，直接向行政法院提起訴訟，請求判令其執行。

行政法院為前項判決時，得依職權判令被告機關支付適當律師費用、偵測鑑定費用或其他訴訟費用予對土壤及地下水污染整治有具體貢獻之原告。

第一項之書面告知格式，由中央主管機關定之。

第五十五條　各級主管機關依本法應收取規費之標準，由中央主管機關定之。

第五十六條　本法施行細則，由中央主管機關定之。

第五十七條　本法除第十一條自本法公布一年後施行外，其餘自公布日施行。

附 2.2 土壤及地下水整治法實行細則

土壤及地下水整治法實行細則(以下簡稱土污法實行細則)於民國 90 年 10 月公佈，歷經 1 次修正，共分為 29 條，土壤及地下水整治法實行細則詳列如后：

第一條　本細則依土壤及地下水污染整治法(以下簡稱本法)第五十六條規定訂定之。

第二條　各級主管機關依本法第六條第一項規定定期檢測轄區土壤及地下水品質狀況時，應依轄區之地理、地質、水文條件及土地使用情形，逐年編列預算進行檢測，並對有土壤、地下水污染之虞之地區，優先檢測。

第三條　各級主管機關依本法第六條第一項規定採取追查污染責任之適當措施，應包括下列事項：

一、調查土地類別、實際使用及產權歸屬情形。

二、清查污染來源。

三、保存追查污染責任之相關證明文件。

四、依相關環境保護法令處理，並通知農業、衛生、水利、工業、地政、營建或相關機關，請其依權責處理。

第四條　各級主管機關就下列事項，得委任所屬機關或委託其他機關(構)、法人或團體辦理：

一、本法第六條第一項之檢測及監測。

二、本法第七條第一項、第七項及第十二條第一項之查證工作。

三、本法第二十五條之檢查。

四、本法第二十六條第一項核准前之查證工作。

五、本法第二十八條第五項之相關查核工作。

第五條　依本法第七條第五項或第十五條第一項第八款規定採取之應變必要措施，如採行土壤離場處理者，應提報下列資料：

一、土壤離場之處理方式及設施。

二、管制措施。

第六條　各級主管機關於依本法第七條第五項規定，命污染行為人、潛在污染責任人、場所使用人、管理人或所有人採取應變必要措施時，如經研判污染物質之特性、污染範圍或情況，無法於本法第七條第六項規定之執行期限內，符合同條第七項情形者，應即依本法第十二條第二項規定辦理。

第七條　本法第九條第一項第二款所稱變更經營者，指經營事業之主體發生異動，不包括公司或法人之負責人、代表人或股東之變更。

第八條　本法第十二條第二項所稱地下水污染來源明確，指依查證、調查結果及資料，可判斷或確認造成地下水污染之物質或位置等資訊。

第九條　直轄市、縣(市)主管機關得於控制場址污染物移除或清理後，依本法第十二條第三項規定進行初步評估。

直轄市、縣(市)主管機關應編列預算，執行控制場址初步評估事宜。

第十條　各級主管機關依本法第十二條第二項及第三項規定公告控制場址或整治場址時，其公告內容如下：

一、污染行為人姓名或名稱。

二、場址名稱。

三、場址地址、地號、位置或座標。

四、場址現況概述。

五、污染物及污染情形。

六、其他重要事項。

前項第一款之污染行為人姓名或名稱，於污染行為人未查明前或無污染行為人時，得不予記載。

第一項第二款之場址名稱，得以事業名稱、地址、地號、地標或其他適當方式表示之。

第一項第五款之污染情形，於控制場址時，應列明污染範圍；於整治場址時，應列明污染範圍及初步評估結果。

第十一條　直轄市、縣(市)主管機關依本法第十二條第三項規定報請中央主管機關審核公告為整治場址前，因代為執行致土壤、地下水污染物濃度低於土壤、地下水污染管制標準者，得解除控制場址之管制並公告之。

第十二條　直轄市、縣(市)主管機關依本法第十二條第三項規定囑託土地所在地登記機關登載於土地登記簿時，囑託文件應載明下列事項：

一、土地所有人之姓名、身分證明文件字號及住址等基本資料。

二、土地標示。

三、公告控制場址或整治場址之日期及文號。

直轄市、縣(市)主管機關依前項規定，辦理整治場址囑託

登記時，得併同本法第二十一條規定辦理土地禁止處分之登記，其囑託文件除包括前項各款事項外，並應載明下列事項：

一、權利範圍。

二、禁止處分之法律依據及其事由。

三、禁止土地移轉、分割及設定負擔之處分方式。

第十三條　直轄市、縣(市)主管機關依本法第十三條第二項規定採取適當措施進行改善，應包括污染範圍調查及污染監測。

第十四條　依本法第十三條第一項、第二十四條第三項及第七項規定提出之土壤、地下水污染控制計畫(以下簡稱污染控制計畫)，其內容應包括下列事項：

一、計畫提出者、撰寫者及執行者資料。

二、計畫大綱。

三、場址基本資料。

四、場址現況及污染情形。

五、污染調查方式。

六、污染物、污染範圍及污染程度。

七、污染控制目標及方法。如採行土壤離場處理者，應包含土壤離場之處理方式與設施及管制措施等。

八、污染監測方式。

九、清理或污染防治。

十、場址安全衛生管理。

十一、控制結果之自行驗證方式及採樣檢測規劃。

十二、計畫執行期程。

十三、經費預估。

十四、其他主管機關指定之事項。

前項第一款之資料，由法人提出者，應包括法人、負責人及專案經理人之資料。

第一項第十一款控制結果之自行驗證方式及採樣檢測規劃，應包括具代表性之土壤、地下水樣品採樣方法。

第十五條　前條污染控制計畫之實施者，得視實際需要申請變更污染控制計畫，經主管機關核定後實施。

第十六條　污染行為人、潛在污染責任人或污染土地關係人依本法第十四條第一項或第二項規定提出之土壤、地下水污染調查及評估計畫，其內容應包括下列事項：

一、計畫提出者、撰寫者、調查者及評估者資料。

二、場址基本資料。

三、場址現況及污染情形。

四、污染調查方法。

五、污染物、污染範圍及污染程度。

六、對環境影響之評估方法。

七、計畫執行期程。

八、經費預估。

九、其他主管機關指定之事項。

前項第一款之資料，由法人提出者，應包括法人、負責

人及專案經理人之資料。

第十七條　污染行為人有下列情形之一者，直轄市、縣(市)主管機關得依本法第十五條第一項第一款規定，命其停止作為、停業、部分或全部停工：

一、不遵行各級主管機關命其採取得減輕污染危害及避免污染擴大之處分。

二、依命令或自行採取減輕污染危害及避免污染擴大之措施，經調查結果發現污染物濃度或範圍仍持續顯著增加或擴大。

三、其他非以命污染行為人停止作為、停業、部分或全部停工，無法減輕污染危害及避免污染擴大之必要情事。

第十八條　依本法第十九條第一項規定，提出之清理或污染防治計畫書，其內容應包括下列事項：

一、提出者及污染場址基本資料。

二、污染情況說明。

三、土壤挖除、回填、暫存、運輸或地下水抽出之方式、預估數量及管制措施：

(一)採行土壤離場處理者，應包含土壤離場之處理方式及設施。

(二)涉及土壤回填者，應包含回填土來源及品質管控方法。

四、計畫執行期程。

五、污染防治對策。

六、安全衛生管理。

七、緊急應變方式。

前項計畫於實施完成後，應將結果通知直轄市、縣(市)主管機關。

第十九條　直轄市、縣(市)主管機關依本法第二十二條第二項規定擬訂土壤、地下水污染整治計畫前，應通知整治場址之污染土地關係人，得於一定期限內依本法第二十二條第三項規定提出土壤、地下水污染整治計畫。

第二十條　本法第二十二條所定土壤、地下水污染整治計畫，其內容應包括下列事項：

一、計畫提出者、撰寫者及執行者資料。

二、計畫大綱。

三、場址基本資料。

四、場址現況及污染情形。

五、污染物、污染範圍及污染程度。

六、整治目標。

七、整治方法。如採行土壤離場處理者，應包含土壤離場之處理方式與設施及管制措施。

八、整治後之土地使用方式。

九、污染監測方式。

十、清理或污染防治。

十一、場址安全衛生管理。

十二、整治完成之自行驗證方式及採樣檢測規劃。

十三、經費預估。

十四、整治期程。

十五、其他主管機關指定之事項。

前項第一款之資料，由法人提出者，應包括法人、負責人及專案經理人之資料。

第一項第十二款整治完成之自行驗證方式及採樣檢測規劃，應包括具代表性之土壤、地下水樣品採樣方法。

第二十一條　有本法第二十四條第二項之情形，整治計畫之提出者應提出下列資料，報經直轄市、縣(市)主管機關轉請中央主管機關核准：

一、場址地質特性、污染物特性或整治技術等因素之評估。

二、預計可行之整治目標。

三、整治目標下對環境影響之評估。

四、整治目標下對健康風險之評估。

五、其他中央主管機關指定之事項。

前項各款資料應依中央主管機關審核意見修正後，併入前條第一項第六款整治目標之內容。

第二十二條　經直轄市、縣(市)主管機關核定之整治計畫，其實施者就下列事項變更，應依本法第二十二條第四項規定，提出整治計畫變更之申請，經直轄市、縣(市)主管機關核定後據以實施：

一、第二十條第一項第一款所定計畫提出者之資料。

二、第二十條第一項第五款至第八款、第十二款及第十四款所定事項。

三、其他直轄市、縣(市)主管機關指定之事項。

前項各款所定事項外之變更，應送直轄市、縣(市)主管機關備查。

第二十三條　本法第二十三條第一項所定適當地點，應包括整治場址所在地之鄉(鎮、市、區)公所、地政事務所、村(里)辦公室及主管機關之資訊網站。

第二十四條　依本法第二十六條第一項規定報請各級主管機關核准解除列管時，適當措施採取者或計畫實施者應提出下列資料：

一、污染來源、範圍及程度。

二、控制或整治目標。

三、適當措施、污染控制或整治計畫實施情形及結果。

四、自行驗證實施情形及結果。

五、經費支出情形。

六、其他主管機關指定之事項。

第二十五條　各土地使用目的事業主管機關依本法第二十六條第四項規定辦理土地使用復育事宜時，除應依土地使用相關法規辦理外，並為必要之指導及協助。

第二十六條　本法第三十條第二項所稱土壤、地下水污染整治相關工作，指下列事項：

一、控制場址或整治場址調查及評估之執行事項。

二、控制場址或整治場址應變必要措施之執行事項。

三、控制場址適當措施之實施事項。

四、控制計畫與整治計畫之訂定及實施事項。

五、其他與基金支應有利益衝突之事項。

第二十七條　本法第四十條第三項及第四十一條第四項所定之污染行為人，如係法人、設有代表人或管理人之非法人團體、中央或地方機關(構)或其他組織者，直轄市、縣(市)主管機關應令該法人、機關(構)或團體有代表權之人，參加本法相關法規及環境教育講習。

污染行為人於直轄市、縣(市)主管機關通知於指定時間參加本法相關法規及環境教育講習時，如有正當理由而無法參加者，得申請延期，並以二次為限。

第二十八條　依本法第五十一條第二項規定，同時提出土地開發計畫及土壤、地下水污染整治計畫者，土地開發目的事業主管機關及主管機關依相關法令審核時，應會商辦理。

第二十九條　本細則自發布日施行。

附 2.3 土壤污染監測標準及管制標準

一、土壤污染監測標準

土壤污染監測標準於民國 100 年 1 月公佈，共分為 8 條，然其監測標準詳列如后：

第一條　本標準依土壤及地下水污染整治法第六條第二項規定訂定之。

第二條　本標準所列土壤中物質濃度，受區域土壤地質條件及環境背景因素影響，經具體科學性數據研判非因外來污染而達本標準所列污染物項目之監測值，得經中央主管機關同意後，不適用本標準。

第三條　本標準所稱濃度單位之毫克／公斤，指重金屬全量分析每一公斤土壤中(乾基)所含污染物之毫克數。

第四條　污染物之監測項目及監測標準值(濃度單位：毫克／公斤)如表 2-1 所示：

表 2-1 土壤污染監測標準

監測項目	監測標準值(毫克／公斤)
砷(As)	30
鎘(Cd)	10(食用作物農地之監測基準值為 2.5)
鉻(Cr)	175
銅(Cu)	220(食用作物農地之監測基準值為 120)
汞(Hg)	10(食用作物農地之監測基準值為 2)
鎳(Ni)	130
鉛(Pb)	1,000(食用作物農地之監測基準值為 300)
鋅(Zn)	1,000(食用作物農地之監測基準值為 260)

第五條　事業及其所屬公會或環境保護相關團體得提出具體科學性數據、資料，供中央主管機關作為本標準修正之參考。

第六條　本標準自發布日施行。

二、土壤污染管制標準

土壤污染監測標準於民國 90 年 11 月公佈，歷經 2 次修正，共分

為 6 條，然其管制標準細則詳列如后：

第一條　本標準依「土壤及地下水污染整治法」第六條第二項規定訂定之。

第二條　本標準所列土壤中物質濃度，受區域土壤地質條件及環境背景因素影響，經具體科學性數據研判非因外來污染而達本標準所列污染物項目之管制值，得經中央主管機關同意後，不適用本標準。

第三條　本標準專用名詞定義如下：

一、毫克／公斤：指每一公斤土壤中(乾基)所含污染物之毫克數。

二、奈克-毒性當量／公斤：指每一公斤土壤中(乾基)所含之污染物奈克-毒性當量(TEQ)數。

第四條　(刪除)

第五條　污染物之管制項目及管制標準值如表 2-2~2-4 所示：

表 2-2 重金屬土壤污染管制標準

重金屬	
管制項目	**管制標準值(毫克／公斤)**
砷(As)	60
鎘(Cd)	20(食用作物農地之管制標準值為 5)
鉻(Cr)	250
銅(Cu)	400(食用作物農地之管制標準值為 200)
汞(Hg)	20(食用作物農地之管制標準值為 5)
鎳(Ni)	200
鉛(Pb)	2,000(食用作物農地之管制標準值為 500)
鋅(Zn)	2,000(食用作物農地之管制標準值為 600)

表 2-3 有機化合物土壤污染管制標準

有機化合物	
管制項目	管制標準值(毫克／公斤)
苯(Benzene)	5
四氯化碳(Carbon tetrachloride)	5
氯仿(Chloroform)	100
1,2-二氯乙烷(1,2-Dichloroethane)	8
順-1,2-二氯乙烯(cis-1,2-Dichloroethylene)	7
反-1,2-二氯乙烯(trans-1,2-Dichloroethylene)	50
1,2-二氯丙烷(1,2-Dichloropropane)	0.5
1,2-二氯苯(1,2-Dichlorobenzene)	100
1,3-二氯苯(1,3-Dichlorobenzene)	100
3,3'-二氯聯苯胺(3,3'-Dichlorobenzidine)	2
乙苯(Ethylbenzene)	250
六氯苯(Hexachlorobenzene)	500
五氯酚(Pentachlorophenol)	200
四氯乙烯(Tetrachloroethylene)	10
甲苯(Toluene)	500
總石油碳氫化合物(TPH, Total petroleum hydrocarbons)	1,000
三氯乙烯(Trichloroethylene)	60
2,4,5-三氯酚(2,4,5-Trichlorophenol)	350
2,4,6-三氯酚(2,4,6-Trichlorophenol)	40
氯乙烯(Vinyl chloride)	10
二甲苯(Xylenes)	500

表 2-4 農藥土壤污染管制標準

農藥	
管制項目	管制標準值(毫克／公斤)
阿特靈(Aldrin)	0.04
可氯丹(Chlordane)	0.5
二氯二苯基三氯乙烷(DDT)及其衍生物(4,4'-Dichlorodiphenyl-triichloroethane)	3
地特靈(Dieldrin)	0.04
安特靈(Endrin)	20
飛佈達(Heptachlor)	0.2
毒殺芬(Toxaphene)	0.6
安殺番(Endosulfan)	60

表 2-5 土壤其他有機化合物污染管制標準

其他有機化合物	
管制項目	管制標準值
戴奧辛(Dioxins)	1000 奈克-毒性當量／公斤
多氯聯苯(Polychlorinated biphenyls)	0.09 毫克／公斤

第六條　前條管制項目中，戴奧辛管制標準值之濃度，以檢測附表所列各項戴奧辛污染物所得濃度，乘以其國際毒性當量因子(I-TEF)之總和計算之，並以毒性當量(TEQ)表示。

第七條　事業及其所屬公會或環境保護相關團體得提出具體科學性數據、資料，供中央主管機關作為本標準修正之參考。

第八條　本標準自發布日施行。

附 2.4 地下水污染監測標準及管制標準

一、地下水污染監測標準

地下水污染監測標準於民國 100 年 2 月公佈，共分為 4 條，然其監測標準細則詳列如后：

第一條　本標準依土壤及地下水污染整治法第六條第二項規定訂定之。

第二條　本標準所列地下水中物質濃度，受區域水文地質條件及環境背景因素影響，經具體科學性數據研判非因外來污染而達本標準所列污染物項目之監測值，得經中央主管機關同意後，不適用本標準。

第三條　地下水分為下列二類：

一、第一類：飲用水水源水質保護區內之地下水。

二、第二類：第一類以外之地下水。

第四條　污染物之監測項目及監測標準值(濃度單位：毫克／公升；表列有效位數之下一位數採無條件捨去)如表 2-6~2-7：

表 2-6 重金屬地下水污染監測標準

污染物監測項目	監測標準值(毫克／公升)	
	第一類	第二類
重金屬		
砷(As)	0.025	0.25
鎘(Cd)	0.0025	0.025
鉻(Cr)	0.025	0.25
銅(Cu)	0.50	5.0
鉛(Pb)	0.025	0.25
鋅(Zn)	2.5	25
鐵(Fe)	0.15	1.5
錳(Mn)	0.025	0.25

表 2-7 一般項目地下水污染監測標準

污染物監測項目	監測標準值(毫克／公升)	
	第一類	第二類
一般項目		
總硬度(以 $CaCO_3$ 計) (Total hardness as $CaCO_3$)	150	750
總溶解固體物 (Suspended solid)	250	1250
氯鹽 (Chloride)	125	625
氨氮 (Ammonium nitrogen)	0.050	0.25
硝酸鹽氮(以氮計) (Nitrate as N)	5.0	25
硫酸鹽(以 SO_4^{2-}計) (Sulfate as SO_4^{2-})	125	625
總有機碳 (Total organic carbon)	2.0	10

第五條　事業及其所屬公會或環境保護相關團體得提出具體科學性數據、資料，供中央主管機關作為本標準修正之參考。

第六條　本標準自發布日施行。

二、地下水污染管制標準

地下水污染管制標準於民國 90 年 11 月公佈，歷經 2 次修正，共分為 6 條，然其管制標準詳列如后：

第一條　本標準依土壤及地下水污染整治法第六條第二項規定訂定之。

第二條　本標準所列地下水中物質濃度，受區域水文地質條件及環境背景因素影響，經具體科學性數據研判非因外來污染而達本標準所列污染物項目之管制值，得經中央主管機關同意後，不適用本標準。

第三條　地下水分為下列二類：

一、第一類：飲用水水源水質保護區內之地下水。

二、第二類：第一類以外之地下水。

第四條　污染物之管制項目及管制標準值(濃度單位：毫克/公升；表列有效位數之下一位數採無條件捨去)如表 2-8~2-14：

表 2-8 單環芳香族地下水污染管制標準

污染物項目	管制標準(毫克／公升)	
	第一類	第二類
單環芳香族碳氫化合物		
苯(Benzene)	0.0050	0.050
甲苯(Toluene)	1.0	10
乙苯(Ethylbenzene)	0.70	7.0
二甲苯(Xylenes)	10	100

表 2-9 多環芳香族地下水污染管制標準

污染物項目	管制標準(毫克／公升)	
	第一類	第二類
多環芳香族碳氫化合物		
萘(Naphthalene)	0.040	0.40

表 2-10 氯化碳氫化合物地下水污染管制標準

污染物項目	管制標準(毫克／公升)	
	第一類	第二類
氯化碳氫化合物		
四氯化碳(Carbon tetrachloride)	0.0050	0.050
氯苯(Chlorobenzene)	0.10	1.0
氯仿(Chloroform)	0.10	1.0
氯甲烷(Chloromethane)	0.030	0.30
1,4-二氯苯 (1,4-Dichlorobenzene)	0.075	0.75
1,1-二氯乙烷 (1,1-Dichloroethane)	0.85	8.5
1,2-二氯乙烷 (1,2-Dichloroethane)	0.0050	0.050
1,1-二氯乙烯 (1,1-Dichloroethylene)	0.0070	0.070
順-1,2-二氯乙烯 (cis-1,2-Dichloroethylene)	0.070	0.70
反-1,2-二氯乙烯 (trans-1,2-Dichloroethylene)	0.10	1.0
總酚(phenols)	0.014	0.14
四氯乙烯(Tetrachloroethylene)	0.0050	0.050
三氯乙烯(Trichloroethylene)	0.0050	0.050
氯乙烯(Vinyl chloride)	0.0020	0.020
二氯甲烷(Dichloromethane)	0.0050	0.050
1,1,2-三氯乙烷 (1,1,2-Trichloroethane)	0.0050	0.050

表 2-11 農藥地下水污染管制標準

污染物項目	管制標準(毫克／公升)	
	第一類	第二類
農藥		
2,4-地(2,4-D)	0.070	0.70
加保扶(Carbofuran)	0.040	0.40
可氯丹(Chlordane)	0.0020	0.020
大利松(Diazinon)	0.0050	0.050
達馬松(Methamidophos)	0.020	0.20
巴拉刈(Paraquat)	0.030	0.30
巴拉松(Parathion)	0.022	0.22
毒殺芬(Toxaphene)	0.0030	0.030

表 2-12 重金屬地下水污染管制標準

污染物項目	管制標準(毫克／公升)	
	第一類	第二類
重金屬		
砷(As)	0.050	0.50
鎘(Cd)	0.0050	0.050
鉻(Cr)	0.050	0.50
銅(Cu)	1.0	10
鉛(Pb)	0.050	0.50
汞(Hg)	0.0020	0.020
鎳(Ni)	0.10	1.0
鋅(Zn)	5.0	50

表 2-13 一般項目地下水污染管制標準

污染物項目	管制標準(毫克／公升)	
	第一類	第二類
一般項目		
硝酸鹽氮(以氮計) (Nitrate as N)	10	100
亞硝酸鹽氮(以氮計) (Nitrite as N)	1.0	10

表 2-14 其他污染物地下水污染管制標準

污染物項目	管制標準(毫克／公升)	
	第一類	第二類
其他污染物		
柴油總碳氫化合物 (Total Petroleum Hydrocarbon as Diesel；TPH_d)	1.0	10
氰化物(Cyanide as CN^-)	0.050	0.50

第五條　事業及其所屬公會或環境保護相關團體得提出具體科學性數據、資料，供中央主管機關作為前條修正之參考。

第六條　本標準自發布日施行。