

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

高科技廠

土壤及地下水污染風險預防管理及控制

Soil and groundwater pollution risk management and
control for High technology Factory

研究生：溫正華

指導教授：張翼教授

中華民國九十九年一月

高科技廠
土壤及地下水污染風險預防管理及控制

Soil and groundwater pollution risk management and
control for High technology Factory

研究生：溫正華
指導教授：張翼

Student : Cheng Hua Wen
Advisor : Chang Edward Yi

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk
Management College of Engineering
National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Science
in

Industrial Safety and Risk Management

January 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年一月

國立交通大學工學院產業安全與防災學程

摘要

有鑑於經濟快速發展，各產業之工廠需求大增，因此土地被快速的開發利用，這其中有以科學園區內之土地最明顯；在這些高科技廠中，高污染性化學藥品、油品等之種類相當繁多再加上現今各製程複雜，廠房中管線、儲槽密佈，一旦發生洩漏事件，因洩漏所造成之土壤或地下水環境之污染，影響相當長久，需耗費巨額金錢與時間才可解決。

為避免科技廠對土壤及地下水產生污染，自建廠規劃到營運生產，廠區全面性之土壤及地下水污染風險預防管理及控制極為重要；在此透過一座研發測試廠及三座十二吋積體電路廠之經驗，彙整及擬定出下列計畫內容：

建廠階段：對於即將開發之區域必須展開調查，包括該區域之土地使用背景、土壤及地下水調查、區域現場勘查及訪談，透過充分掌握過去及現況，藉以確認出可疑污染源及規劃選出具有代表性之採樣點。

營運階段：則需透過建廠階段所掌握之土壤及地下水檢測結果、地下水流向、水文資料及廠區污染潛勢調查結果，進行綜合分析以建構營運廠區之地水監測網。

藉由以上建立之標準程序，除可做到土壤及地下水污染風險預防管理，當發生洩漏污染緊急狀況時更可透過緊急應變程序以達到污染控制。

高科技廠以營運利益為宗旨，但仍需秉持著企業對於環境保護之責任。本論文計畫之目標：建制出一套可供高科技廠依循之土壤及地下水污染風險預防管理及控制程序，希望能降低初期建廠因誤判開發地下水污染廠址，導致無法順利建廠之風險；並於營運階段提供一套完善之土壤及地下水污染監控網，避免及降低可能引發之土壤及地下水污染。

關鍵詞：土壤地下水、環境調查、污染潛勢、監測井、綜合分析

Soil and groundwater pollution risk management and control for High technology Factory

Student : Cheng Hua Wen

Advisors : Dr. Chang Edward Yi

Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk Management
College of Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

In order to meet with all kinds of industrial factory demands with the rapid growing development of economics, land has been rapid developed and utilized, especially for the Science park. Within these high-tech factories, high polluting chemicals, oil and complicated process coupled with pipelines, storage tanks were constructed. Once the pollution of soil and underground environment resulted from the leakage happened, it is required to spend huge money and time to solve it.

To avoid this kind of problem, it is extremely important to establish the system of risk management and control from the plant to operation stage. Therefore, in this project , we propose the following plans by use of the experience of one RD research and three 12-inched integrated circuit factories.

In the plant stage, investigations of the upcoming developed region were necessary, including the background information of developed land, investigation of soil · underground environment and regional visit, interview . By the full grasp of these past and present information, the suspected polluted source would be confirmed and representative sample points could be located.

In the operation stage, from the establishment and comprehensive analysis of soil · groundwater monitoring results, groundwater flow, hydrological data and factory pollution potential findings in the plant stage, a groundwater monitoring network of the factory could be constructed.

Therefore, by use of the above proposed SOP, not only the risk of soil and groundwater pollution could be prevented and managed, but also the urgent pollution caused by the leakage could be controlled efficiently.

For high-tech factory, benefit is the most important undoubtedly, but should supposed to be responsible for the prevention of environment pollution. The

object of this project is to propose a series of risk prevention , management and control of the soil and groundwater pollution. To decrease the risk of unproperly plant construction caused by the misjudgment of developed region in the plant stage and provide a comprehensive soil and groundwater pollution monitoring network to reduce the pollution in the operation stage.



Key words: Soil groundwater, environmental investigation, Pollution Potential, monitoring wells, comprehensive analysis

誌謝

首先非常謝謝我的指導教授張翼老師給我許多的指導，真是銘記在心，另外也感謝我的處長丁立文先生的勉勵及家人、同事們的支持，還有許多中鼎顧問公司、學長姊們與朋友的協助，因為有這麼多長輩先進幫助我，方可讓我順利完成研究所學業；交大產安研究所是一所多元化及極具深度之大學，這些年來，透過授課老師們的教導與解惑，授與各不同領域裡之學識，給予更深更廣之專業技術，大大提升本身之專業識能，給予我在環境保護及安全衛生管理工作職場上，提升更高之領域層級；畢業後，期望能應用在學校所學的各项技能專長能，無論在職場上或學術領域上，都能在環境保護及安全衛生管理上盡一己之力。

目 錄

摘要	i
ABSTRACT	ii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章、緒論	1
1.1 研究動機與研究目的	1
1.2 研究內容	2
第二章、法規及文獻回顧	8
2.1 國內相關法規探討	8
2.2 因應土壤及地下水法規之作為	10
第三章、研究方法與步驟	11
3.1 新建廠階段土壤及地下水污染調查	11
3.1.1 土壤及地下水採樣分析計畫擬訂及執行	15
3.1.2 土壤取樣點之篩選	18
3.1.3 土壤採樣方法及設備	18
3.1.4 簡易地下水監測井設置	20
3.2 建廠後營運階段之土壤及下水污染潛勢調查監測	30
3.2.1 基本資料蒐集分析	32
3.2.2 廠區污染潛勢評估	33
3.2.3 土壤採樣點及地下水水質監測井網規劃	39
3.2.4 地下水設置規劃作業	40
3.2.5 地下水監測井功能維護	48
3.2.6 土壤採樣方法及設備	49
3.3 土壤及地下水應變計劃	51
3.3.1 概述	51
3.3.2 長期性洩漏土水污染應變措施	53
3.3.3 緊急污染洩漏事件	64
3.3.4 廠外污染事件應變作為	67
3.3.5 調查設備與個人防護	69
3.3.6 訓練及演練初步評估護	75
3.3.7 土壤及地下水污染改善技術護	76
第四章、採樣及檢測分析	86
4.1 土壤及地下水採樣位置	86
4.2 土壤及地下水質分析項目	86

4.3 土壤及地下水採樣時程	88
4.4 採樣分析之品保品管計畫	88
4.4.1 採樣方法	89
4.4.2 採樣之品保及品管	91
4.4.3 採樣作業品保品管執行	98
4.4.4 土壤及地下水檢驗之品保與品管	99
4.4.5 分析作業品保品管執行	99
4.4.6 監測結果分析及研判	103
第五章、實蹟與運作	104
5.1 廠址土壤及地下水環境背景調查	104
5.1.1 廠址環境背景調查	104
5.1.2 地下水監測井規劃設置及採樣分析	108
5.1.3 土壤採樣規劃及分析	121
5.1.4 監測結果分析	126
5.1.5 監測井功能維護	126
5.1.6 綜合研判	131
5.2 執行人力與成本	131
5.2.1 執行人力	131
5.2.2 執行成本	132
5.3 困難與建議	134
第六章、結論	135
6.1 本研究結果	135
6.2 本研究建議	141
參考文獻	143

表

目

錄

表1	新建廠階段用地土壤及地下水調查評估	3
表2	新建廠階段地下水監測系統	4
表3	計畫工作項目	7
表4	新建廠階段用地土壤及地下水調查評估	13
表5	新建廠階段用地地下水監測系統	14
表6	現場監工要事紀錄表	24
表7	監測井之水文地質記錄	27
表8	完井紀錄表	28
表9	高科技廠可能具污染潛勢之區域	34
表10	較具土水污染潛勢區域程度劃分表	38
表11	離地土壤處理技術	78
表12	現地土壤處理技術一覽表	81
表13	地下水處理技術一覽表	84
表14	土壤及地下水分析項目及分析方法	88
表15	土壤各種檢驗項目的採樣及保存方法	95
表16	水質（包括：水質水量、飲用水及地下水）樣品保存規定	97
表17	土壤品保品管執行結果	100
表18	地下水水質品保品管執行結果	101
表19	樣品分析品保品管執行查核結果	102
表20	監測井基本資料表	109
表21	地下水監測井地下水水位量測表	111
表22	地下水檢測結果	118
表23	土壤樣品分析方法、實驗室及保存方法表	123
表24	土壤重金屬檢測結果	124
表25	土壤VOCs分析結果表	125
表26	土壤SVOCs分析結果表	125
表27	地下水監測井出水速率測定記錄表	128
表28	監測井井體攝影記錄表	130
表29	監測井問題點與建議措施	131
表30	土壤及地下水污染風險預防管理及控制成本	133

圖

目

錄

圖1	計畫執行流程.....	6
圖2	採樣器及套管樣本.....	20
圖3	為現場施工作業.....	26
圖4	完井作業照片.....	29
圖5	土壤及地下水監測評估流程.....	31
圖6	監測井之設計型式圖.....	44
圖7	監測井設置永久性標示.....	45
圖8	土壤採樣步驟.....	51
圖9	長期性洩漏土水污染應變措施流程.....	55
圖10	不同形式之吸油棉.....	57
圖11	緊急洩漏事件土水污染應變措施流程.....	66
圖12	長期性廠外洩漏土水污染應變措施流程.....	68
圖13	廠區外緊急洩漏事件土水污染應變措施流程圖.....	70
圖14	各種型式之測爆器圖.....	71
圖15	各種型式之光離子偵測器圖.....	72
圖16	火焰離子偵測器圖.....	73
圖17	攜帶式X射線螢光偵測器圖.....	73
圖18	各式鑽機圖.....	74
圖19	地下水取樣說明圖.....	92
圖20	土壤及地下水採樣品保品管計畫執行流程圖.....	93
圖21	新竹科學工業園區地理位置示意圖.....	106
圖22	新竹科學工業園區一期用地.....	107
圖23	場址勘查之勘查圖.....	107
圖24	MW-01井構造示意圖.....	110
圖25	地下水流向及等水位線圖.....	112
圖26	場址土壤採樣點.....	121
圖27	土壤及地下水運作人員組織圖.....	132
圖28	土壤及地下水污染風險預防控制管理流程圖.....	140

第一章、緒論

1.1 研究動機與研究目的

近幾年來，由於「土壤及地下水污染整治法」的公佈及相關子法的逐步建置，相關事業於設立、停業或歇業前及所使用土地在土地移轉時，將面對土壤地下水調查之規定或要求，一旦用地發現土壤或地下水污染，而被環保機關納入污染場址的列管程序後，則可能需耗費難以估計的金錢及時間進行調查整治工作，情形嚴重者工廠甚至會遭到停業、停工等處分，使得事業蒙受重大甚至難以承受之損失及責任。因此，事業主對於正在生產使用的土地，應積極加強污染之防範並監測土壤及地下水之品質。若發現污染之後則迅速採取污染改善措施，以避免污染擴大而導致更重大之損失。此外，在事業土地取得之前，也有必要充分瞭解該用地土壤地下水潛在污染可能性，以釐清在土地使用時可能涉及之土壤及地下水污染整治法規相關責任。

有鑑於此，現代化高科技之工廠，所可能應用到之高污染性化學藥品、油品等之種類相當繁多，加上現今各製程複雜，廠房中管線、儲槽密佈，若一旦發生洩漏事件，輕則機器設備毀損，重則造成環境生態破壞及人員死傷；而其中因洩漏所造成之土壤或地下水環境之污染，則是需耗費巨額金錢與時間，方能進行有限度之處理，其所造成之影響是長久性的。有鑑於此，現代化之高科技廠房，自建廠規劃到營運生產，針對廠區全面性之土壤及地下水污染調查極為重要；新建廠房在施工動土前，針對開發區域是否曾受土壤地下水之污染，皆是全然無知，必須透過準確可靠之評估方法及技術，以確認開發區土壤及地下水之污染現況，進而判斷確認是否進行開發；而在營運廠房部分，因為高污染性化學藥品、油品等之種類相當繁多，加上廠房中管線、儲槽密佈，為達到土壤及地下水污染預防，在正式運轉營運前，依據廠區內各高污染性化學藥品、油品、廠房中管線、

儲槽配置規劃，而先行展開污染潛勢之評估，將可能導致土壤及地下水污染之位置區域評估出來，作為在土壤及地下水污染防護措施及監測之作為。

然新建廠區之土壤及地下水污染之調查結果，無論其背景資料、環境調查資料、土地使用狀況、現勘結果等，都是未來完成建廠後營運，先行規劃設置監測系統之重要參考資料；而高科技廠房秉持著企業對於環境保護之責任，且為避免對土壤及地下水產生污染，建置出一套高科技廠之土壤及地下水污染預防評估程序，為本論文計畫之內容。

1.2 研究內容

對於高科技廠房整體性之土壤及地下水污染防治工作，應包含二大主軸，一為新建廠區開發前階段之土壤及地下水污染調查，另一為建廠後營運階段之土壤及下水污染潛勢調查及監測。

1.2.1 在新建廠階段，其計畫內容應包含下列事項：

一、資料蒐集審閱

包括場址環境資料、場址歷史使用資料、及鄰近區域使用情形等之蒐集整理：

1. 蒐集的場址環境資料包括：

- (1) 是否曾屬主管機關公告為土壤、地下水污染控制場址。
- (2) 是否曾屬主管機關公告為土壤、地下水污染整治場址。
- (3) 是否位於公告之土壤、地下水污染管制區。
- (4) 是否曾違反相關環保法規之紀錄。
- (5) 場址所在地理位置圖、平面配置圖及其他相關地理、水文、地質資料。
- (6) 其他有助於評估土壤潛在污染之環境資料。

2. 蒐集的場址使用歷史資料，包括：

- (1) 航照圖：可供辨識場址開發及活動狀況之航照圖。

- (2) 土地登記資料：地政機關列管之土地登記資料。
- (3) 土地使用分區資料：目標場址的土地使用分區資料。
- (4) 其他有助於評估場址土壤潛在污染之歷史資料。
- (5) 鄰近區域的場址使用情形

二、場址現勘

在完成相關資料之蒐集及研判後，進行計畫用地之現場勘查，現場勘查須注意查對之內容，包括場址及毗鄰土地使用情形、水文地質以及地形狀態、道路、飲用水供應、惡臭、污漬或腐蝕、地表鋪面、植被、地上結構物、水井、管線、坑洞、水塘或池沼、儲槽、圓桶、有害物質與石油產品容器、未經確認的物質容器、加熱冷卻裝置、化學品貯存、廢水處理系統、廢棄物處理、化糞系統等。

三、人員訪談

訪談對象可包括：土地所有權人、管理人、使用人、當地居民及相關地方政府官員等，以協助瞭解目標場址之使用情形以及評估所須之相關資訊。針對新建廠區計畫用地土壤及地下水調查評估，各部份工作內容如表1、表2所示。

表1 新建廠階段用地土壤及地下水調查評估

工作項目	工作細目
1. 場址評估	101資料蒐集審閱 102場址勘查 103訪談
2. 擬定採樣計畫及執行	201擬定採樣計畫 202土壤採樣 203土壤樣品檢測分析 204簡易監測井設置 205地下水採樣 206地下水檢測分析
3. 調查分析結果評估及報告書撰寫	綜合相關調查成果，依計畫區之狀況進行分析後，提出相關成果。

表2 新建廠階段地下水監測系統

工作項目	工作細目
1. 基本資料之蒐集與研判	101廠區及鄰近地區現場資料研判 102廠區地下水地質與水文資料 103廠區雨污水收集系統 104廠區儲槽及使用之原物料分析
2. 水質監測井規劃及設置	201監測井設置點評估規劃 202監測井設置 203洗井 204井位高程測量 205地下水位量測 206現場含水層透水試驗
3. 地下水採樣分析	301地下水採樣 302地下水分析
4. 環境綜合研判分析	401地下水檢測結果研判分析 402可能污染來源分析 403水文地質概念模式建立
5. 報告撰寫	501彙整前述調查及分析結果 502分析可能之影響 503提出具體建議及因應對策

1.2.2 建廠完成後營運前，其計畫內容應包含下列事項：

新建廠房完成建廠後，其製程、原物料及成品之運送與儲存，皆已完成規劃定位完成，因此在營運前，除應積極防範土壤及地下水之污染之外，實有必要建立一完整的污染監測計畫，以防範本身或來自於其他鄰廠所導致之土壤及地下水污染。

因此，本計畫對營運廠區工作計畫主要目標在於以下三點：

- 一、藉由新建廠階段所得之監測結果，瞭解廠區水文地質特性、土壤及地下水質現況，進而建立廠區之基本資料。
- 二、規劃評估廠區土壤及地下水可能之污染潛勢及特性，預防污染的產生及擴大。
- 三、依據上述結果，整合規劃建立長期井網監測系統，以為預警之依據。

依據上述工作計畫內容，擬定本計畫之工作項目包括：

- 基本資料之蒐集與研判
- 土壤採樣點及水質監測井之規劃與設置
- 土壤及地下水質採樣及分析
- 土壤及地下水環境綜合研判分析
- 結論

為能更清楚瞭解對上述工作內容之作法，以下將說明工作構想及詳述各項工作之執行方法，其工作流程見圖1所示，主要工作項目則詳列於表3。

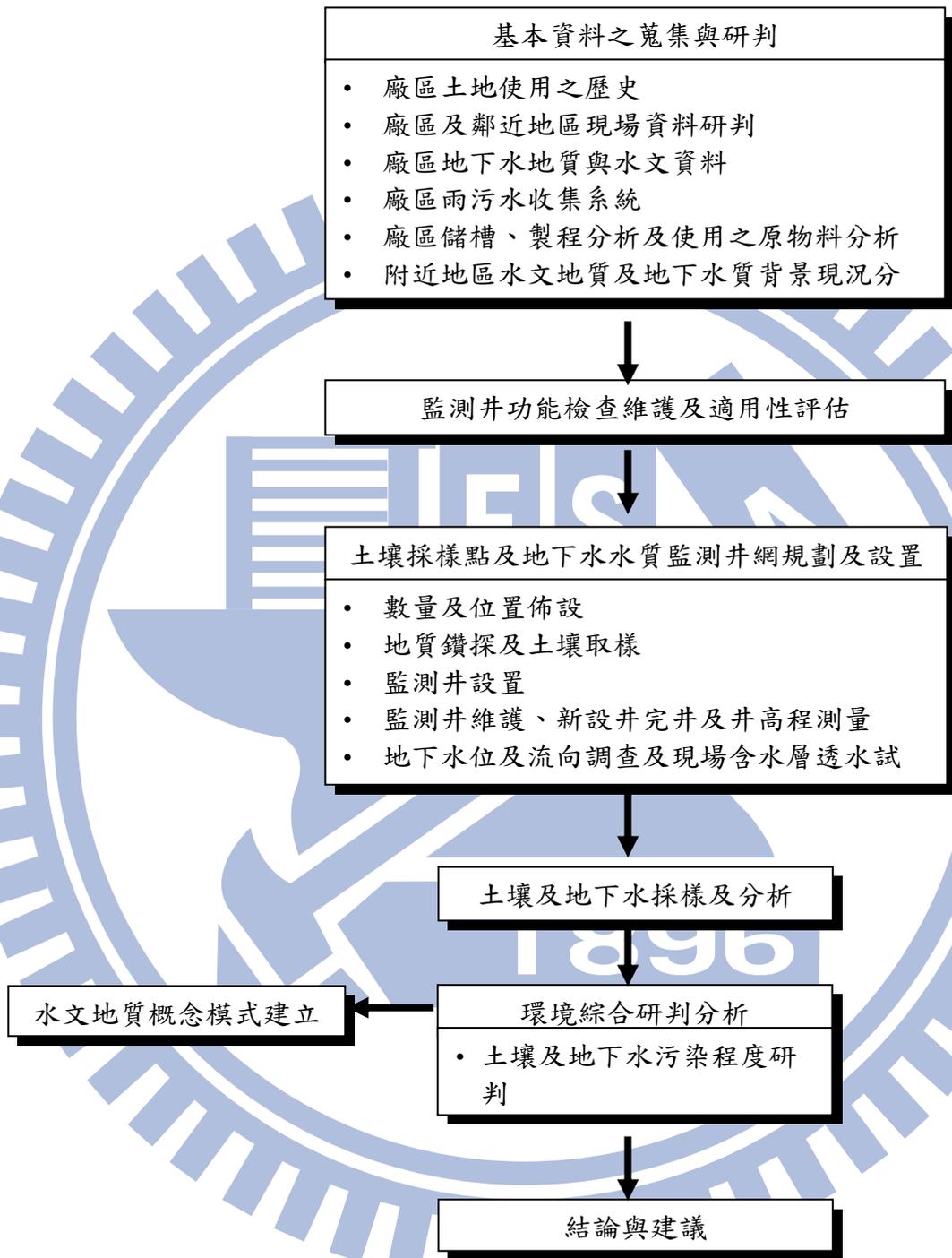


圖1 計畫執行流程

表 3 計畫工作項目

工作項目	工作細目
1. 基本資料之蒐集與研判	101 廠區及鄰近地區現場資料研判 102 廠區地下水地質與水文資料 103 廠區雨污水收集系統 104 廠區儲槽、製程分析及使用之原物料分析(廠區污染潛勢調查分析)
2. 土壤採樣點及水質監測井規劃及設置	201 土壤採樣點及監測井設置點評估規劃 202 地質鑽探及土壤取樣 203 實驗室土壤一般物理性試驗 204 監測井設置 205 洗井 206 井位高程測量 207 地下水位量測 208 現場含水層透水試驗
3. 土壤及地下水採樣分析	301 土壤採樣 302 土壤分析 303 地下水採樣 304 地下水分析
4. 環境綜合研判分析	401 土壤檢測結果研判分析 402 地下水檢測結果研判分析 403 可能污染來源分析 404 水文地質概念模式建立
5. 土水污染事件應變	501 提出污染事件應變建議
6. 結論與建議	601 彙整前述調查及分析結果 602 分析可能之影響 603 提出具體建議及因應對策 604 提出期中、期末簡報

第二章、法規及文獻回顧

土壤及地下水乃為部分污染物可能之環境最終受體，任何人為或意外的污染最終皆可能影響土壤及地下水，在現今國內法令及民眾對環境品質要求漸高、對污染行為更加關切、甚至污染行為人可能因污染行為觸法受罰之情形下，實有必要對新建廠區及營運廠區擬定監測及調查計畫以防範於未然。此外，對於土壤及地下水所涉及之污染責任義務問題，茲就法規面探討說明如下：

2.1 國內相關法規之探討

茲就「土壤及地下水污染整治法」之相關規定，就土地使用及開發之部分，探討廠區應考量及因應之法規要點。

一、土壤及地下水污染整治法第八條

第八條規定：「中央主管機關指定公告之事業所使用之土地移轉時，讓與人應提供土壤污染檢測資料。」，「土地讓與人未依前項規定提供相關資料者，於該土地公告為控制場址或整治場址時，其責任與場址土地所有人責任同。」

第八條適用時機為「土地移轉」時，由於科學園區或工業區之廠房用地皆以向科管局「租用」方式使用，並不算是土地移轉，故並不適用第八條之規定。

雖然如此，指定公告事業用途之土地租用者最好能在租用前要求土地所有人提供該土地之土壤及地下水調查資料。若土地所有人無相關調查資料或不願意提供調查資料，基於風險的考量，最好就該土地進行場址污染的評估，以做為租用與否的參考。如果該土地已存在土

壤地下水之污染，將來建廠及營運後才發現，而被公告為控制場址或整治場址，縱然污染並非因本身之操作營運所致，不屬污染行為人，仍可能因下列之管制措施而遭受損失：

(一)母法第十三條：所在地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：

- (1) 命污染行為人停止作為、停業、部分或全部停工。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 豎立告示標誌或設置圍籬。
- (5) 通知農業、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、衛生有關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。必要時，限制農地耕種特定農作物。
- (6) 疏散居民或管制人員活動。
- (7) 移除或清理污染物。
- (8) 其他應變必要措施。

(二)母法第十八條：污染行為人、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或污染控制計畫之實施，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，不得規避、妨礙或拒絕。

(三)土壤及地下水污染管制區管制辦法第六條：所在地主管機關於必要時，得限制人員進入土壤污染管制區。

(四)土壤及地下水污染管制區管制辦法第七條：土壤污染管制區內禁止下列土地利用行為，但經各該主管機關同意者，不在此限：(1)新建、增建、改建或修建非因污染整治計畫或污染控制計畫需要之建築物或設施。(2)符合開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準，應進行環境影響評估之行為。(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。

二、土壤及地下水污染整治法第九條

第九條規定：「中央主管機關指定公告之事業於設立、停業或歇業前，應檢具用地之土壤污染檢測資料，報請所在地主管機關備查後，始得向目的事業主管機關申辦有關事宜。

環保署已在民國九十三年十二月七日公告土壤及地下水污染整治法第九條之事業，自民國九十四年一月一日起實施。半導體製造業即屬公告事業之一。因此，依據該公告：「依法應辦理事業設立之許可、登記、申請執照等相關行為。如有開挖整地或改變地形地貌者，應於施工前完成檢測；否則應於工廠或設施進行試運轉（試車）前完成檢測。」

因此，自民國九十四年一月一日起，依照第九條規定，辦理設廠時，用地之土壤污染檢測資料乃屬必備的條件。

.2.2 因應土壤及地下水法規之作為

綜合上述對於法規面之檢討，茲綜合歸納建議如下：

一、在土地租用前，最好就該土地進行場址污染的評估調查，以做為衡

量租用與否的參考，調查結果也可做為未來相關污染責任釐清之依據。

二、辦理設廠時，用地之土壤及地下水污染檢測資料乃屬必備的條件。

建議依法於施工前完成檢測。

三、前二點建議之評估調查工作可合併辦理。

四、事業於設立、停業、歇業前及土地轉移，應檢具用地之土壤污染檢測資料，因此，為達到污染預防，對於營運廠區，最好就該土壤及地下水進行污染預防及監測，以做為未來相關污染責任釐清之依據。

第三章、研究方法與步驟

對於高科技廠房整體性之土壤及地下水污染防治工作，分為二大部分，一為新建廠區開發前之土壤及地下水污染調查，另一為建廠後營運前之土壤及地下水污染潛勢調查及監測；本章將就擬定工作內容及方法，並於說明下述各節中。

3.1. 新建廠區土壤及地下水污染調查

為執行於土污法第八條及第九條之指定公告事業辦理土壤污染檢測工作，環保署目前訂有參考指引供事業參。本計畫工作基本上將以相關指引之內容為基礎，並參酌相關場址調查經驗，提出工作內容建議包括計畫用地環境場址評估、土壤及地下水採樣分析計畫擬訂及執行，以及評估報告等三大部分，茲分述如下。

一、資料蒐集審閱

包括場址環境資料、場址歷史使用資料、及鄰近區域使用情形等之蒐集整理：

1. 蒐集的場址環境資料包括：

- (1) 是否曾屬主管機關公告為土壤、地下水污染控制場址。
- (2) 是否曾屬主管機關公告為土壤、地下水污染整治場址。
- (3) 是否位於公告之土壤、地下水污染管制區。
- (4) 是否曾違反相關環保法規之紀錄。
- (5) 場址所在地理位置圖、平面配置圖及其他相關地理、水文、地質資料。
- (6) 其他有助於評估土壤潛在污染之環境資料。

2. 蒐集的場址使用歷史資料，包括：

- (1) 航照圖：可供辨識場址開發及活動狀況之航照圖。
- (2) 土地登記資料：地政機關列管之土地登記資料。
- (3) 土地使用分區資料：目標場址的土地使用分區資料。
- (4) 其他有助於評估場址土壤潛在污染之歷史資料。

新建廠區用地土壤及地下水調查評估，詳如表4所示。

新建廠區用地地下水監測系統，詳如表5所示。

表4 新建廠區用地土壤及地下水調查評估

工作項目	工作細目	說明
1. 場址評估	101資料蒐集審閱 102場址勘查 103訪談	<p>檢視土地使用之歷史，並根據計畫區現場及附近狀況，初步研判區域環境狀況：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 場址環境資料 2. 場址使用歷史 3. 鄰近區域使用情形
2. 擬定採樣計畫及執行	201擬定採樣計畫 202土壤採樣 203土壤樣品檢測分析 204簡易監測井設置 205地下水採樣 206地下水檢測分析	<p>初步擬定土壤採樣點及鑽設簡易監測井，並進行土壤及地下水之採樣分析。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 土壤採樣深度及分析項目如下： <ol style="list-style-type: none"> (1). 表土0~15cm，分析項目為八大重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)，共計10個樣品 (2). 裡土15~30cm，分析項目為八大重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)，共計10個樣品 (3). 深層土壤 50~100cm，分析項目為VOCs(包括苯、甲苯、萘、二甲苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、氯乙烷等13項)，共計10個樣品 2. 地下水採樣分析項目如下： <ol style="list-style-type: none"> (1). 一般項目(水溫、導電度、酸鹼值)、 (2). 重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳) (3). VOCs：苯、甲苯、萘、四氯化碳、氯苯、氯仿、氯甲烷、1,4-二氯苯，1,1-二氯乙烷，1,2-二氯乙烷，1,1-二氯乙烯，順-1,2-二氯乙烯，反-1,2-二氯乙烯，四氯乙烯、三氯乙烯、氯乙烷
3. 調查分析結果評估及報告書撰寫		<p>綜合本計畫之相關調查成果，依計畫區之狀況進行分析後，提出相關成果。</p>

表5 新建廠區用地地下水監測系統

工作項目	工作細目	說明
1. 基本資料之蒐集與研判	101廠區及鄰近地區現場資料研判 102廠區地下水地質與水文資料 103廠區雨污水收集系統 104廠區儲槽及使用之原物料分析	根據廠區配置及附近狀況，初步研判區域地下水文、地質及潛在污染來源
3. 水質監測井規劃及設置	301監測井設置點評估規劃 302監測井設置 303洗井 304井位高程測量 305地下水位量測 306現場含水層透水試驗	初步擬定鑽設監測井，其中監測井完成後將隨即進行洗井及監測井位址及高程測量，並進行現場地下水位量測及微水試驗。
4. 地下水採樣分析	401地下水採樣 402地下水分析	於監測井設置完成後進行地下水一季次採樣及實驗室水質分析，以便瞭解土壤及地下水質狀況及濃度。採樣分析項目如下： (1). 一般項目(水溫、導電度、酸鹼值)、 (2). 重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳) (3). VOCs：苯、甲苯、萘、四氯化碳、氯苯、氯仿、氯甲烷、1, 4-二氯苯，1, 1-二氯乙烷，1, 2-二氯乙烷，1, 1-二氯乙烯，順-1, 2-二氯乙烯，反-1, 2-二氯乙烯，四氯乙烯、三氯乙烯、氯乙烯
5. 環境綜合研判分析	501地下水檢測結果研判分析 502可能污染來源分析 503水文地質概念模式建立	根據監測所得數據綜合研判地下水可能污染位置及濃度，並以建立水文地質概念模式對廠區作綜合性之地下水環境研判分析
6. 報告撰寫	601彙整前述調查及分析結果 602分析可能之影響 603提出具體建議及因應對策	綜合本計畫之相關調查結果，依廠區之狀況進行分析後，提出具體建議及因應對策，並提出未來監測計畫

二、場址現勘

在完成相關資料之蒐集及研判後，進行計畫用地之現場勘查，現場勘查須注意查對之內容，包括場址及毗鄰土地使用情形、水文地質以及地形狀態、道路、飲用水供應、惡臭、污漬或腐蝕、地表鋪面、植被、地上結構物、水井、管線、坑洞、水塘或池沼、儲槽、圓桶、有害物質與石油產品容器、未經確認的物質容器、加熱冷卻裝置、化學品貯存、廢水處理系統、廢棄物處理、化糞系統等。

三、人員訪談

訪談對象可包括：土地所有權人、管理人、使用人、當地居民及相關地方政府官員等，以協助瞭解目標場址之使用情形以及評估所須之相關資訊。

3.1.1 土壤及地下水採樣分析計畫擬訂及執行

依據土水法第九條之相關規定，計畫基地於施工前須進行土壤採樣及分析作業，並須將分析結果呈送相關環保主管機關備查。因此，以下將就施工前之土壤及地下水環境調查工作，進行工作說明。

一、現有資料檢視判斷

檢視現有資訊，以確認場址特性及鄰近地區狀況，進而決定：

1. 有哪些潛在土壤污染狀態需加以評估。
2. 在建築物、地面上、地下水、土壤或是地表水及場址附近，潛在土壤污染物的移動及分布影響。
3. 土壤污染物之評估方法。
4. 地下水污染物之評估方法。

5. 目標場址外之背景值或污染調查。
6. 適當的採樣點及採樣和檢測分析方法。

二、採樣規劃

參考環保署所公告之採樣技術規範或技術指引，規劃最可能取得具代表性的採樣點、採樣深度及採樣分析方法。

於規劃作業上，依據土水法第九條之規定：「中央主管機關指定公告之事業於設立、停業或歇業前，應檢具用地之土壤污染檢測資料，報請所在地主管機關備查後，始得向目的事業主管機關申辦有關事宜」。目前依照此法令，可參照環保署現今已公告之「土壤污染檢測資料格式、內容及填寫說明」、「以網格法辦理事業用地土壤污染檢測參考指引」、「以環境場址潛在土壤污染評估辦理事業用地土壤污染檢測參考指引」等相關參考指引，來執行各相關採樣、分析、報告撰寫等各項工作。

原則上土壤及地下水採樣數量需求初擬如下，應依初步場址評估結果做適當之調配，並擬訂採樣計畫：

1. 土壤採樣

於土壤採樣點之佈點方式及數量規劃上方面，可參考環保署所公告之「以環境場址潛在土壤污染評估辦理事業用地土壤污染檢測參考指引」及「以網格法辦理事業用地土壤污染檢測參考指引」來決定，而依據上述指引之內容，於土壤採樣點之數量規劃上，其建議數量如下：

最少採樣點數

事業用地面積(平方公尺)	最少採樣點數
100<	2
≥ 100 ~ <500	3
≥500 ~ <1000	4
≥1000	10

各土壤採樣點須採取3個深度之樣品(表土0~15公分、裡土15~30公分、深層50~100公分)，各深度之分析項目如下：

- (1)表土(0~15cm)重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)
- (2)裡土(15~30cm)重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)
- (3)深層土壤(50~100cm)為VOCs(包括苯、甲苯、乙苯、二甲苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、氯乙烯等13項)及SVOCs(包括1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、3-3'-二氯聯苯胺、六氯苯、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、五氯酚等7項)。

2. 簡易井設置及地下水採樣

因計畫建廠用地目前尚未進行相關整地及規劃作業，並不適宜設置永久性之監測井設置，以免設好之監測井於施工階段，遭施工機具不留意之破壞。為取得計畫區背景之地下水樣品，須選用適當機具設置簡易井，並進行一次性的地下水採樣調查功能，各井井深至少達設置時地下水位以下2公尺。

各進行一次採樣分析，分析項目包括包括一般項目(水溫、導電度、酸鹼值)及地下水管制標準所列之重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、

鋅、砷、汞、鎳)及VOCs(包括苯、甲苯、萘、四氯化碳、氯苯、氯仿、氯甲烷、1,4-二氯苯,1,1-二氯乙烷,1,2-二氯乙烷,1,1-二氯乙烯,順-1,2-二氯乙烯,反-1,2-二氯乙烯,四氯乙烯、三氯乙烯、氯乙烯)。

三、現場採樣及檢測分析工作

相關採樣分析工作,均須依據環保署公告之土壤採樣方法、監測井地下水採樣方法及各檢測項目之分析方法來執行土壤及地下水之採樣分析工作。

3.1.2 土壤取樣點之篩選

對於土壤採樣點之篩選方式建議如下:

1. 首先以格點劃分方式將調查場址劃分為數個面積相等的分區。在各個採樣分區各選取一個採樣點,選取之地點儘量接近如曾掩埋或置放廢棄物之地點,對於較不可能發生土壤污染者(如硬鋪面)暫不列入。
2. 各土壤採樣點採取3個深度之樣品(表土0~15公分、裡土15~30公分、深層50~100公分);其中表土及裡土之分析項目為重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)、深層土壤為VOCs(包括苯、甲苯、乙苯、二甲苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、氯乙烯等13項)、SVOCs(包括1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、3-3'-二氯聯苯胺、六氯苯、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、五氯酚等7項)等項目。

3.1.3 土壤採樣方法及設備

土壤採樣方法及設備須採用環保署公告認可之方式來執行,如手動

式螺旋鑽採樣器及不擾動套管式採土器(Undisturbed Soil Sampler)等各種方式，來進行土壤之採樣。而螺旋鑽採樣器可用於表層土壤重金屬採樣，不擾動套管式採土器則可用於較深層之土壤有機污染物採樣，採樣器及套管樣本如圖2所示。

土壤採樣分析之目的在於界定土壤可能受污染之範圍、深度及污染之程度，故需有良好之採樣設備、完善之採樣計畫及精確之分析技術。

為達到上述目的，本計畫將使用螺旋鑽採樣器及不擾動套管式採土器(Undisturbed Soil Sampler)進行土壤之採樣。其中螺旋鑽採樣器用於表層土壤重金屬採樣，不擾動套管式採土器則用於較深層之土壤有機污染物採樣。

一般而言，雙套管之取樣步驟為利用螺旋鑽桿直接鑽至預定深度後再取出，換成雙套管採樣管後，再將採樣管鑽至預定深度即可，也可直接以採樣管做土壤全程採樣。採樣的主要步驟說明如下：

1. 至預定採樣的位置，將螺旋採樣桿置入，取得表層土壤樣品。
2. 利用螺旋鑽桿或鑽井設備繼續鑽探至預定深度，取出換成雙套管採樣管。
3. 將外管與襯管壓入，使得土壤樣品充滿襯管後，取出襯管，使用管蓋將管兩端密封並將樣品冷藏。
4. 繼續上述2 ~ 3 步驟採樣。
5. 藉由品保品管計畫之執行，易於避免交互污染之現象發生。



至預定採樣的位置，將螺旋採樣桿置入，取得表層土壤樣品



不擾動套管式採土器設備鑽探至預定深度，取出換成雙套管採樣管

圖2 採樣器及套管樣本

3.1.4 簡易地下水監測井設置

本計畫簡易井位置之選定將根據場勘查與相關之基本資料，可參考以往相關調查資料所說明之地下水地質、地下水位及流向，以能掌握及涵蓋計畫區域之地下水位及流向分佈，同時並能兼顧監測外來可能污染團為原則，期能釐清地下水之水質狀況，以及地下水質有污染情形時可

正確研判污染來源，及區域內設井數量，井徑至少須內徑2吋以上之簡易監測井。

.3.1.4.1 監測井設置方法

鑽井方法之選擇，是影響水質監測井品質優劣之重要因素，其鑽機選擇至少必須符合下列各點：(1)必須適合監測井址之地質情況(2)鑽設過程盡可能不干擾地下水水質(3)須配合施工期程之規劃。

依井址之地質狀況及預定設計井深，且為降低對環境影響並盡量縮短施工期程，故採用鑽堡直接鑽挖之方式，可減少施工時間。

施工前由現場工程師及施工人員，先與相關人員進行會勘，評估有無地下管線後，再以手動鑽桿或其它對管線無害的器具加以挖掘，試挖深度至少2公尺，由現場工程師判定無地下管線或設施後，始能進行鑽井工程。圖3.1.4-1所示為各口簡易井之現場設井紀錄照片。

鑽堡之鑽挖，可適用於各種類型之地質條件，惟其限制點在於鑽孔大小與鑽挖深度有一定之限制；主要鑽挖之設備包含有：

1. 履帶式鑽機。
2. 內鑽桿鑽頭。
3. 每節長度為2米之中空內鑽桿數十節(節數依據鑽挖深度而定)。
4. 每節長度為2米之外套數十節(節數依據鑽挖深度而定，且口徑需符合監測井設置規範之要求)。
5. 大型高壓空氣壓縮車。

一、鑽堡鑽挖

而鑽堡鑽機之工作原理，主要是利用內鑽桿來鑽挖、外套管扮演支撐地層之角色，同時利用灌入高壓空氣(有時須結合灌入乾淨之水)將被內鑽桿絞碎之地層土方從內鑽桿與外套管間之空隙，予以吹出或

湧出，清潔鑽孔，以利繼續往預定之深度鑽挖，且鑽挖過程須隨時注意是否吹出物已含有水痕，來決定是否已到達地下水含水層。

鑽堡鑽挖監測井之作業流程說明如下：

4. 鑽機就定位，將高壓氣管連接鑽機與大型空氣壓縮車
5. 將具有鑽頭之第一節內鑽桿結合在鑽堡之旋轉機頭上，開始緩慢往下鑽挖
6. 待第一節鑽桿已鑽沒入至地表面後，旋下第一節鑽桿並將其留於地層內，將第二節內鑽桿與第一節外套管一起與鑽機之旋轉機頭結合，同時也將第二節內鑽桿與留於地層內之第一節內鑽桿接合，重新啟動機器後繼續往下鑽挖。
7. 依此內鑽桿與外套管交互之順序，持續接合鑽挖至預定之深度
8. 鑽挖過程中，隨時將高壓空氣(搭配灌水)經由旋轉機頭從最上一節中空內鑽桿灌入，並由最底下一節含鑽頭之內鑽桿之鑽頭開口處噴出，將已絞碎之地質碎屑從內鑽桿與外套管之空隙噴出地底。
9. 由此順序緩慢鑽挖至預定深度
10. 鑽挖過程須隨時注意所噴出地層碎屑是否已出現水痕，用以判別是否已到達地下水位。
11. 當初現水痕後，接續出現有大量之地下水被高壓空氣持續噴出，可判定已達地下含水層，並可決定是否停止鑽挖並開始進行後續之設井步驟。

二、簡易監測井設置

當鑽機鑽挖至預定深度後，即開始進行簡易監測井設置作業：

1. 拔出所有之內鑽桿。
2. 放置好井管固定器。
3. 先行下6公尺之井篩管。

4. 下井管(井篩管與井管、井管與井管間之接連處，均需牢接，以免井管脫離或斷裂在井孔內)。
5. 下石英砂等濾料(須將石英砂等濾料緩慢放置入井孔內，放置時須謹慎，以免造成架橋現象，且須填至井篩上端60公分處)。
6. 放製皂土封(採用粒狀之皂土填充，用於防止地表水滲入，至少須有60cm厚)。
7. 進行鑽出土回填，回填至地表，將剩餘之井孔空隙予以填實，以免造成井管晃動，甚至發生斷裂或位移等現象。
8. 進行完井作業。

3.1.4.2 鑽井作業執行

施鑽時，現場工程師於「現場監工要事記錄表」如表6中，記載每日到達現場時間、開始操作時間、每次取樣時間、與其他單位人員談話之重點、突發狀況、結束時間等資料。此外，於鑽挖過程中，同時也記錄現場地層狀況，以作為日後水文地質條件之判斷參考依據，相關各監測井之水文地質記錄如表7所示。

而圖3所示為現場施工作業記錄，主要記錄設井作業過程中，各階段之作業情形，並作為日後確認存查之目的。

監測井完成後，必需執行洗井工作，完井的主要目的在於清除石英砂內阻礙滲透之細粒物質，使地下水源能以最小阻力進入井體，幫助石英砂填充堅實完善，鞏固地層，以確保井體安全。監測井完井方法主要有抽水法(Pumping)、激盪法(Surging)、氣提法(Development with Compressed Air)。本計畫選擇氣提法(Development with Compressed Air)進行完井工作，完井記錄詳表8與圖4。

表6 現場監工要事紀錄表

計畫名稱：_____

地點：_____：____年____月____日

氣候狀況：_____ 記錄人員：_____

第_____頁,共_____頁

時間	要事摘要



鑽機定位



準備增加內鑽桿與外套管



內鑽桿與外套管



更換內鑽桿與外套管



內鑽桿與外套管之前端鑽頭



鑽至含水層，高壓空氣噴出地下水



鑽挖過程(未加水)



鑽挖過程

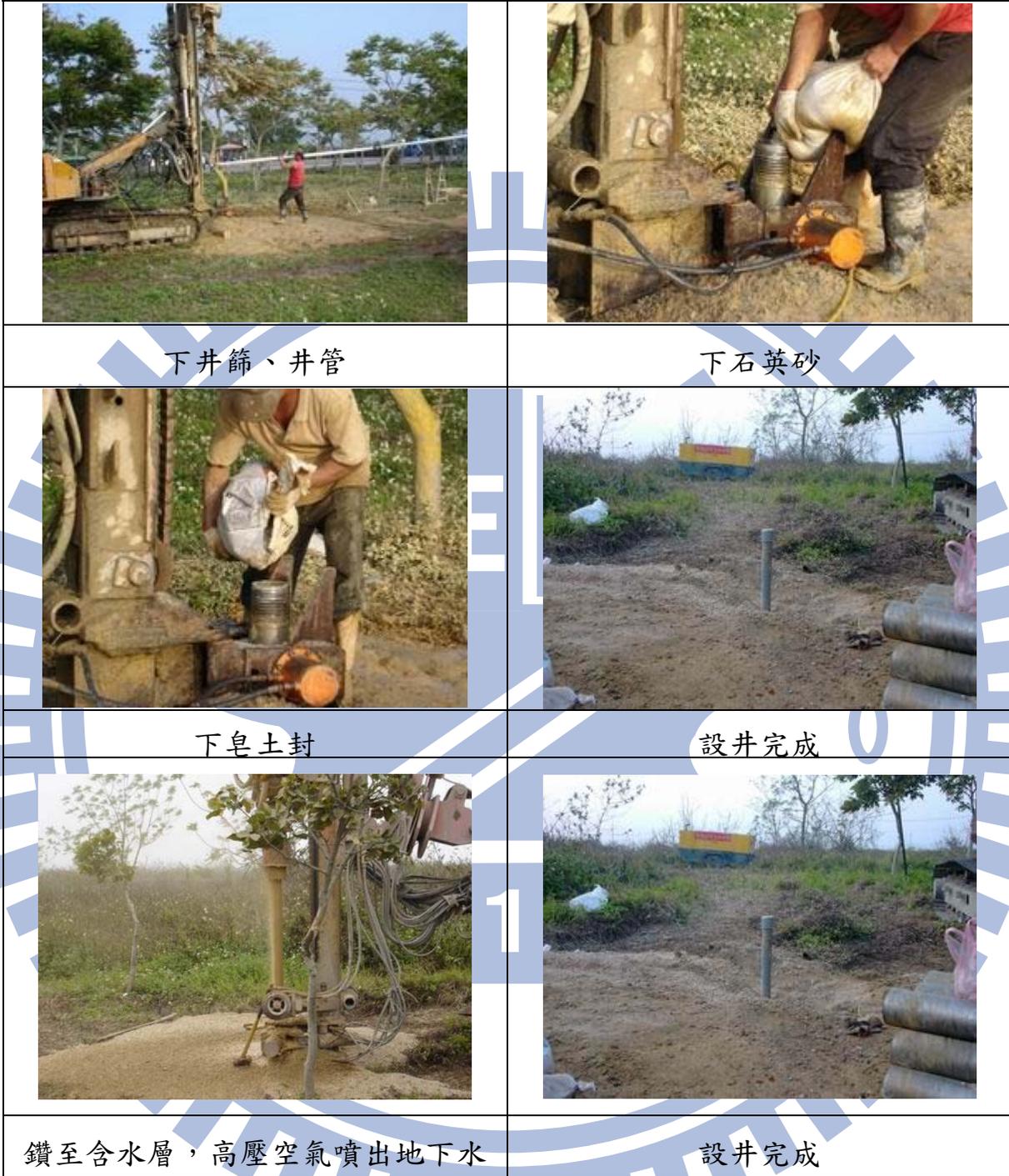


圖3 為現場施工作業

表 7 監測井之水文地質記錄

設置日期： 民國 年 月 日

監測井示意圖

井 號： _____

井頂高程： _____

鑽井方法： _____

井孔直徑： _____ 至 _____ Inch

井管型式： PVC 井管及井篩

井管接頭： 焊接式

井篩型式： 不銹鋼 316 直徑 4 Inch

篩孔尺寸： 0.01 Inch 井篩長度 6m

井頂蓋型式： 膨脹式

井底封型式： 螺旋式

濾料型式： 石英砂

濾料粒徑： 2V (0.414-0.833) mm

濾 料： 地表下 m 至 地表下 m

細 砂 封： 地表下 m 至 地表下 m

皂 土 封： 地表下 m 至 地表下 m

表 層 封： 地表上 m 至 地表下 m

保護井管： 不銹鋼保護套管 直徑 8 Inch

洗井方法： 氣提法 日期 _

說 明： _____

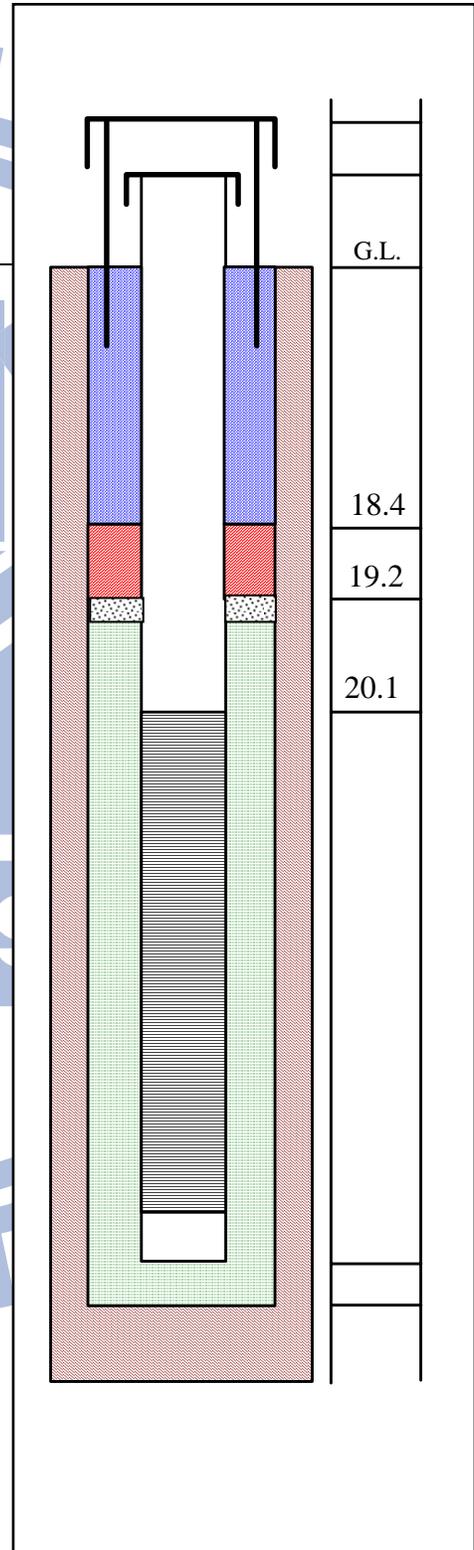


表8 完井紀錄表

工程名稱：

流 量： L/min

井 號：

洗井日期： 年 月 日

開始抽水時間：

地下水最初深度： m

儀器及設備：pH測定儀、電導度測定儀、溫度計

井 深： m(管口下)

洗井方式：Air Lifting

至少應汲取量：

時 間	抽取體積 (公升)	pH值	電導度 (mho/cm)	溫度 (°C)	顏色/其他描述 (單位NTU)

備註：



圖4 完井作業照片

而依據表6之監工要事記錄表之記載，於本簡易井設置作業期間，曾發生數次因機械作業上之問題，造成鑽挖作業暫停之現象，如：大型空氣壓縮車空氣濾清器阻塞、內鑽桿及外套管之鑽頭嚴重磨損更換、內鑽桿斷裂等等，但都能及時將各問題予以解決，並未影響到設井進度，相關情形將列為日後永久監測井設置時之關注要項。

. 3. 2. 建廠後營運前之土壤及下水污染潛勢調查監測

廠區營運後，為積極防範土壤及地下水之污染之外，須建立一完整的污染監測計畫，以防範本身或來自於化學溶劑或酸鹼原料的意外洩漏，所導致之土壤及地下水污染。本計畫對新建廠區未來營運時之土壤及地下水監測計畫主要目標在於：建立廠區水文地質概念模式、相關土壤環境綜合研析及永久性地下水質監測井規劃設置工作

為達上述目標，初擬本部份工作之工作項目包括：

- 基本資料之蒐集與研判
- 營運廠區預設監測井之位置評估
- 營運廠區地下水監測井之規劃與設置
- 土壤及地下水質採樣及分析
- 土壤及地下水環境綜合研判分析

詳細之土壤及地下水監測評估流程如圖5所示。

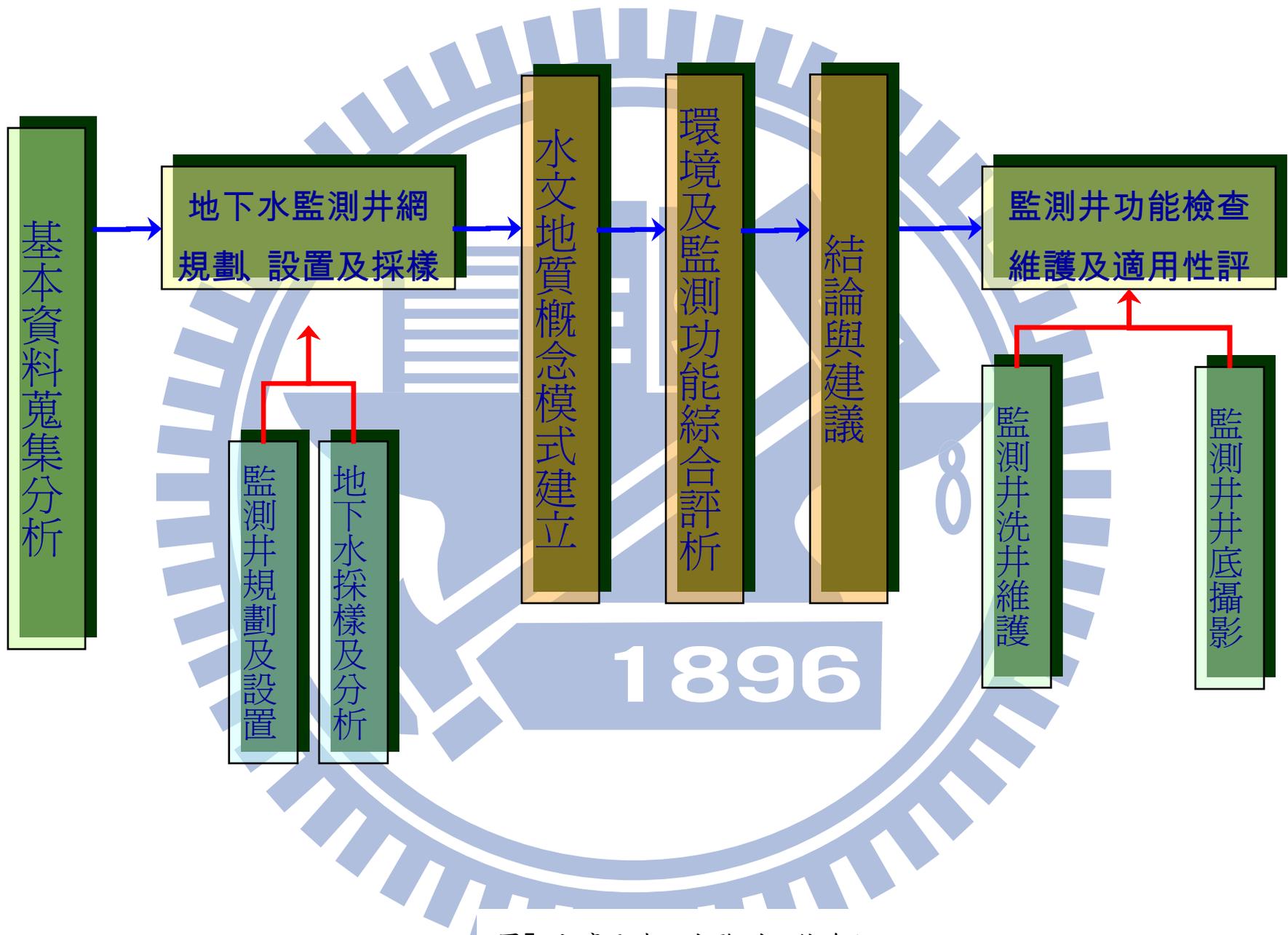


圖5 土壤及地下水監測評估流程

.3.2.1基本資料蒐集分析

本項工作為既有資料蒐集、整理與分析，為計畫執行之首要工作，對象包括廠區土地使用歷史、廠區內外潛在污染源、水文地質背景資料、廠區雨污水收集系統及場址及周圍井況調查等，各重點要項如下：

一、廠區及鄰近地區土地使用歷史

- 廠區土地未開發前之用途
- 有無意外溢洩漏狀況

二、廠區及鄰近地區現場資料研判

- 水文及氣象
- 2 區域地形圖
- 3 區域地質圖
- 4 區域地下水資料
- 5 鄰近區域可能之污染源研判

三、廠區水文地質相關資料

- 土層分佈
- 土壤及地質特性
- 地下水位
- 含水層位置
- 水力傳導係數

四、廠區雨污水收集系統

- 雨污水系統
- 廢水回收
- 廢水處理及排放

五、污染潛勢調查

- 各貯槽種類及配置
- 各式管線種類及配置
- 原物料裝卸載方式

2 廠區整體操作及營運

3 彙整廠區現有相關基本防護措施

六、廠區及鄰近地區相關監測調查資料

- 既設監測井資料
- 土壤調查分析資料
- 地下水污染調查資料

. 3. 2. 2 廠區污染潛勢調查

. 3. 2. 2. 1 污染潛勢評估目的

現代化高科技之工廠，所可能應用到之高污染性化學藥品、油品等之種類相當繁多，加上現今各製程複雜，廠房中管線、儲槽密佈，若一旦發生洩漏事件，輕則機器設備毀損，重則造成環境生態破壞及人員死傷；而其中因洩漏所造成之土壤或地下水環境之污染，則是需耗費巨額金錢與時間，方能進行有限度之處理，其所造成之影響是長久性的。因此，依據廠區內配置而先行進行污染潛勢之評估，可了解到廠區內較易發生土水污染事件之區域，從而可先行規劃設置監測系統，一方面可先行了解區域背景狀況，另一方面即發揮其日常性之預警監測功能。

. 3. 2. 2. 2 污染潛勢評估範圍及方法

一般工廠要執行土壤及地下水污染防治管理，首先需由工廠本身之運作特性、潛在污染源及土地使用情形開始瞭解，進一步針對廠內可能具污染潛勢之區域，於平時就特別注意並予記錄，也就是「自我體檢」，透過自我體檢或污染防治管理自評將可減少可能污染之產生。摘列高科技廠內可能具污染潛勢之區域及執行土壤及地下水污染防治管理之原則，說明如表9所示。

表9 高科技廠可能具污染潛勢之區域

項次	可能具污染潛勢之區域	應注意事項
1	堆置原物料之桶槽	廠房內原物料之桶槽堆置，可存之物質包括潤滑油、有機溶劑、清潔劑等物質，應注意桶槽附近區域有無鋪面，以及有無污染物洩漏至地面上的情形。部分桶槽外部會標示有儲存物質內容，可供現勘人員參考，惟桶槽儲存物質並不一定與標示物質一致，需特別加以留意。
2	疑似污染物洩漏區域	廠房內地面上是否有可視之污染洩漏痕跡，通常為原物料於運作時洩漏、溢出所導致，應注意洩漏區域有無鋪面，疑似洩漏物之顏色、氣味、型態應加以記錄。
3	原物料、產品、廢棄物卸載區	原物料、產品、廢棄物之卸載區、若無適當之防護措施，有可能於輸送裝卸過程中，導致洩漏、溢出等情形，而污染卸載區域附近之環境。
4	製程設施或設備附近區域	場址內製程設施或設備所在地點，即可能是使用相關原物料進行生產所在位置，若設備操作不當，即可能使含污染物之原物料洩漏或逸散至地面，若地面亦無適當之鋪面或地坪防護，則容易造成地下環境之污染。
5	地面儲槽及其管線附近區域	儲槽區域為高污染潛勢區域，場址內有儲槽存在時，應注意儲槽附近相關標示，以了解可能儲存物質，並觀察儲槽外觀、完好程度、連接管線、防溢設施，並視需要於儲槽通風管口處，以氣體偵測器加以量測判斷。
6	地下儲槽與地下管線區域	儲槽系統設有洩壓閥、通氣孔（管）與進出口等設施，若儲槽系統位於地面下時，可檢視用地內是否有前述儲槽系統可能設置之設施，來研判是否有儲槽與管線系統位於地面下，以發覺可能潛在之高污染區域。
7	泵站及污水坑、塘	原料輸送之泵站，其管線連接處附近地面應特別注意是否有異常情形；若場址內有污水坑、塘，可檢視塘水是否有異味、表面是否有浮油，必要時可利用現場簡易偵測設備加以檢驗；污水坑、塘之形成有可能是先前開挖所遺留、其下有不明掩埋物體、廢污水洩漏等原因積水所導致。
8	廢污水收集處理設施與放流口、排水口、溝渠等附近區域	製程廢污水收集處理設施、排水口、溝渠等附近區域應加以來檢視是否有異常情形，在進入廢水處理設施前之溝渠管線動向與完好度需特別注意，以發現可能洩漏污染位置；於場址內外環境並應注意是否有不明管線深入地下或自地下冒出。
9	變壓器及電容器置放區	早期使用之變壓器或電容器中，其絕緣油大部分含有多氯聯苯成分，若廢棄後任意堆置於場址內，有可能因設備受日曬雨淋導致外殼腐蝕破損而使污染物質流出，進而污染到場址地下環境。

而高科技廠潛在污染源大致可包括原物料、廢水及廢棄物幾大類，茲說明如下：

1 原物料

在高科技廠使用之原物料方面，其項目多達一百多項，包含多類無機酸鹼、有機溶劑、光阻液、異丙醇（IPA）、過氧化氫等，大多以液體及氣體為主；其中不乏具強烈腐蝕性、毒性之物質。

若以其溶解性及比重之特性劃分，則可分成易溶於水（Miscible）、不溶於水比水輕（Light Non-Aqueous Phase Liquid，LNAPL）及不溶於水比水重（Dense Non-Aqueous Phase Liquid，DNAPL）等三類，使用上主要是提供製程機台用做產品之清洗、蝕刻、顯影等用途。

由於所使用之原物料多數具有危害性，使用量大，其輸送管線、儲槽／供應槽容量等之設計多配合機台之需求及物質特性設計，但其仍有外洩之可能。

此外，廠區內發電機組所使用之油品（如超級柴油）等等，也是可能之污染來源。

2 廢水

高科技廠所產生之廢水，依其污染特性可分作業廢水及生活污水，其中作業廢水包括酸鹼廢水、氟酸系廢水及研磨廢水。

3 廢棄物

現有廠廢棄物的來源包括製程、設備之維修保養、廢氣處理、廢水處理、物料容器及包裝材料、物料汰換及員工日常活動等，而產生之廢棄物種類則有氟化鈣污泥、廢氣吸附材料（廢氣處理）、

零配件廢品（物料汰換、設備之維修、保養）、廢光阻劑、廢去光阻劑、廢異丙醇、廢酸(鹼)、廢晶片及廢IC等（製程）、廢紙、廢木材、廢塑膠桶、廢玻璃瓶（物料容器及包裝材）及生活垃圾、廢口罩、鞋套、手套等其他一般事業廢棄物（員工日常活動）等。

而通常可能造成土壤及地下水污染之情形有：

4. 原物料或廢液意外傾倒而漫流至未鋪面之裸露地表，進而滲入土壤及地下水層。
5. 地上或地下輸送原物料之管線發生洩漏。
6. 流進或流出廢水廠之地上或地下廢污水管線發生破損洩漏。
7. 原物料儲槽或儲油槽發生洩漏。
8. 原物料裝卸不慎，發生洩漏而漫流至裸露地表。
9. 其餘人員、機具、車輛等操作不慎或保養不當，發生油品意外之傾洩等。

於進行污染潛勢評估之作業上，其工作執行方法通常為：

一、需先了解該目標廠址之基本資料

1. 產業特性。
2. 使用原物料之性質。
3. 產品之性質。
4. 廠址所在地之地下水文地質條件。
5. 廠區內製程配置。
6. 廠區內原物料或產品之輸送動線。
7. 廠區內油品或化學品之儲存位置。
8. 廠區內廠房及其餘建物之配置。
9. 廠區內無鋪面之裸露地面配置情形。

二、進行室內之資料分析與彙整

當已蒐集廠區之背景基本資料後，需研判廠區之地下水流向、廠區內原物料及產品之輸送行為、廠區內原物料及產品之儲存行為、廠區配置、廢污水管路之佈設位置與路線，依據上述資料，思考彼此相互間之連帶關係，初步劃分具污染潛勢之區域，並經由後續之現場勘查作業來確認。

三、進行現場之勘查作業

為了解廠區具有可能發生土水污染事件之位置，經廠區主管人員同意後，由負責人員帶領進入廠區內進行細部勘查作業，以了解具發生污染潛勢之所在點為何。進行廠區內之細部勘查重點，主要包含有：

1. 所使用之化學品種類。
2. 化學品之出、入位置，及各出入位置周圍環境(是否有管溝)。
3. 化學品發生洩漏時之收集與排出位置。
4. 廢污水排出位置。
5. 地下管線位置及所輸送化學品種類。
6. 廠區內油槽位置及儲存油品種類。
7. 油槽管線。
8. 廠區內污水管線及放流位置。

依據前述之現勘結果，高科技廠房內地面均有良好之防水鋪面、偵測警示設備、防溢截流設備，因此尚不至於有土水污染之虞。但於建物外化學品之裝卸區，常緊鄰未有鋪面之景觀綠帶區，且裝卸作業頻繁；因此，進行廠區污染潛勢之評析上，將廠區各區域依照地表有無鋪面、可能之洩漏量大小、裝卸作業是否頻繁、污染物質是否為

NAPL(非水溶性污染物)、有無地下管線及有無建物外洩漏阻絕設施等因素，來區分廠區內具土水污染潛勢區域之潛勢大小區分等級。

3.2.2.3 廠區內土壤及地下水污染潛勢評析結果

依據廠區現場勘查結果，將廠區予以區分出較具土水污染潛勢之區域，依據前節所做之評估及考量下列因素，將各區域進行污染潛勢高、中、低等區分：

- a 地表有無鋪面。
- b 可能之洩漏量大小。
- c 裝卸作業是否頻繁。
- d 有無地下管線。
- e 污染物質是否為NAPL(非水溶性污染物)。
- f 有無建物外洩漏阻絕設施。

詳細之較具土水污染潛勢區域程度劃分，如表10所示。

表10 較具土水污染潛勢區域程度劃分

污染潛勢分區	A	B	C	D	E	F	G	H
a.緊鄰地表有無鋪面								
b.若有洩露，洩漏量大								
c.日常裝卸作業頻繁								
d.有地下管線								
e.運作物質是否為NAPL								
f.有設置防洩漏之截流設施								
分級	中	低	高	中	高	高	中	低

- 註：1. 若同時具有 a、b、c 項者，歸類為高潛勢區域
 2. 若僅具 a、b 兩項且符合情形達至少三項以上者，歸類為中潛勢區域
 3. 其餘則為低潛勢區域

3.2.3 土壤採樣點及地下水水質監測井網規劃

一般之土壤及地下水監測皆必須預先分析並瞭解廠區的製程、貯槽種類及可能產生的污染物，才能據以規劃土壤及地下水監測點的空間分佈，進而評估採樣深度及設計水質監測井，例如井深與井篩開口位置等。

一、土壤取樣點之篩選

對於土壤採樣點之篩選方式建議如下：

1. 各個採樣點，選取之地點儘量在公共設施地區，例如道路邊、花園、草地等，並儘可能接近下列地區。

- (1) 曾掩埋或置放廢棄物之地點
- (2) 儲槽及管線區域
- (3) 廢水處理或溶劑回收區域
- (4) 對於較不可能發生土壤污染者(如硬鋪面)。

2. 採樣深度及分析項目方面，各個土壤採樣點採取3個深度之樣品：

- (1). 第一層為表土(0~15公分)，分析項目為重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)
- (2). 第二層為裡土(15~30公分)，分析項目為重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)
- (3). 第三層為深層土壤(50~100公分)，分析項目為：VOCs(包括苯、甲苯、乙苯、二甲苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、氯乙烯等13項)、SVOCs(包括1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、3-3'-二氯聯苯胺、六氯苯、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、五氯酚等7項)。

二、監測井數量及位置擬定

本計畫監測井位置之選定將根據場勘查與相關之基本資料，依地下水地質、地下水位及流向、廠區管線及可能污染源分佈狀況等之考量，進行佈設；以能掌握及涵蓋廠區之地下水位及流向分佈，同時並能兼顧監測外來污染團為原則，期能釐清地下水之水質狀況，以及地下水質有污染情形時可正確研判污染來源。

井深方面，以設置於第一含水層，能達豐水季時地下水位下5公尺，枯水季地下水位1公尺為原則。井篩開設長度依環保署「地下水水質監測井設置規範」，在自由含水層，規劃為6公尺。

.3.2.4 地下水監測井設置作業

根據地下水設置規劃，設置所需之地下水質監測井數量，監測井位置之選定參考周邊既有地下水監測井配置、區域性地下水流向及廠內污染潛勢判斷結果來進行佈置，而實際之監測井位，於進行現場勘查；有關監測井位置選取原則擬定如下：

1. 監測井位置需遠離低窪地，以免日後淹水，而妨礙地下水質監測工作及其永久性。
2. 監測井位需避開相關地下管線，如自來水管、電信電纜、瓦斯管、油管及污水管等。
3. 監測井位置附近需有足夠空間，以利鑽鑿機具進出及施工。
4. 監測井位鄰近上空無電力設施。
5. 監測井位置需不防礙日後相關單位操作或施工，儘量於道路邊、公共設施或停車場綠帶設置，以防止日後遭受破壞。

.3.2.4.1 監測井之設置原則

進行監測井之設計時，需考慮所要監測之污染物，以及地下水水位

具有隨季節變化的特性，因此事前的監測井規劃設計必需詳加考量。惟監測井設置工作之井深規劃乃依據環保署「地下水水質監測井設置規範」之要求及規定，由設置井址之實際水文地質狀況進行研判，因此各監測井之設井深度，以計畫位址地下水位之實際深度並有效涵蓋地下水位之變化範圍，作為設置規劃基準。

以下即就於91年12月27日環署水字第0910091877函所要求之規範——「地下水水質監測井設置規範」進行監測井之設置，茲將監測井設計之重點說明如下。

1. 監測井深度

監測井深度需綜合考量監測目的、欲監測物質之特性，以及整體水文地質條件及配合現場地質研判後決定。依據水文地質分層研判之結果，對於計畫公司地下水監測井網之井深佈置構想以非受壓水層為本計畫監測之主要對象。

2. 監測井材質

管材方面，所選用之井管井材是否會與所欲監測之關切化學物質起化學反應，甚至造成衍生物進而形成二次污染，亦為一項非常重要之考量因素。一般監測井之井材以選用PVC材質最為普遍，且本計畫場址鄰近並未有污染情事發生，因此本計畫井篩井管均選用PVC作為監測井材質。

3. 監測井井徑

一般而言，國內目前設置之地下水水質監測井，其井徑以2吋或4吋較常被使用，依據環保署於91年12月27日所公告之「地下水水質監測井設置規範」且考量後續之現場試驗、日後採樣作業之方便性，因此本計畫所設置監測井井徑均使用4吋。

4. 井篩

(1) 井篩長度

井篩之長度必須使取樣時具代表性，同時能提供足夠的水量

以供採樣。因此，依該區水文地質特性決定新設監測井之井篩長度為9m長，井篩底部並封實。

(2) 篩縫寬度

濾料必需乾淨、級配好(均勻係數介於1.5至2)之圓形顆粒之石英砂。決定濾料粒徑大小與含水層土壤粒徑有關，本計畫廠址之含水層土壤，主要為坩土質砂，因此使用寬度為0.010英吋寬度篩管作為監測井之規格。

(3) 井篩及井管放管時管接頭須裝接牢固，並保持井管鉛直，置於井孔中心，以使井圈填入粒料之厚度均勻。

5. 濾料填實(Filter Pack)及封井

(1) 井管安裝後，井管與孔壁間之環柱狀空間應以化學性質穩定之乾淨、級配良好之石英砂回填，其範圍由井管底部開始，回填到井篩的上方約60公分處。

(2) 在乾淨石英細砂上方使用之皂土顆粒(Bentonite Pellets)，依監測井深度設計至少形成60公分之封隔層(若通過粘土層，封隔層應位於粘土層內)。濾料放置過程中須注意放置入井管內之均勻性，以防止卡鎖(Clogging)或架橋現象(Bridged Condition)產生。

(3) 在皂土封隔層上方至地表之空間，以水泥填封以固定井管及防止地表污染物滲漏而影響監測井內之水質。

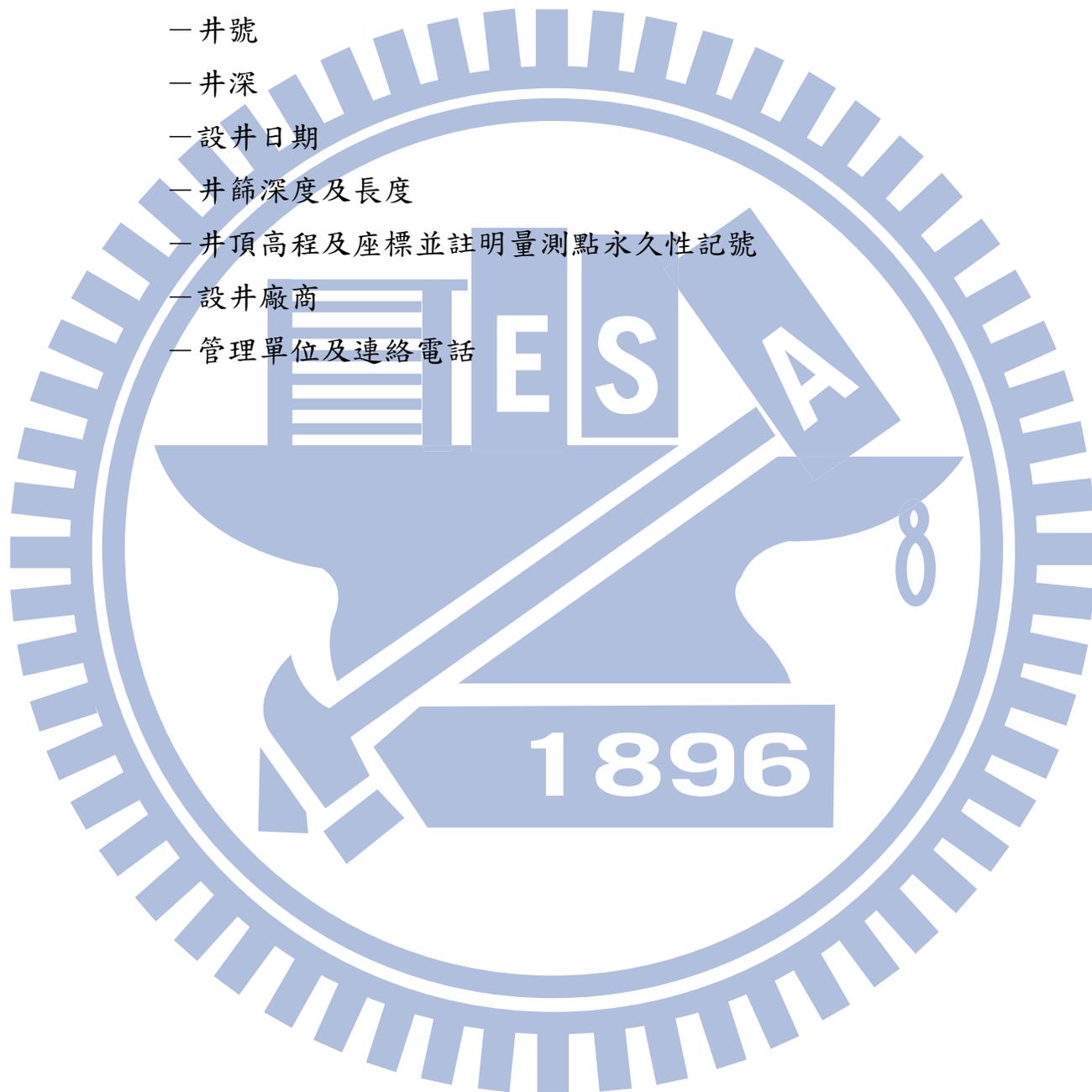
6. 保護設施

保護設施依不同的需求而定，一般分為平台式及隱藏式兩種。本計畫2口新設監測井，因設井位址空間寬擴且較無景觀上之限制，因此採用平台式方式進行設置施工。平台式為一厚15公分，邊長1公尺之正方形，每一平台之四角各設一警示柱。隱藏式則具有直徑12吋不鏽鋼304材質保護箱，內設有排水管以防止積水，保護設施之高度約略與地面高1~3公分，監測井之設計型式如圖6所示。

7. 永久性標示牌

於各監測井設置永久性標示牌。標示牌為長20公分，寬15公分，厚0.2公分之不銹鋼板（詳圖7）。標示牌應固定於水泥平台上，並記載下列資料：

- 井號
- 井深
- 設井日期
- 井篩深度及長度
- 井頂高程及座標並註明量測點永久性記號
- 設井廠商
- 管理單位及連絡電話



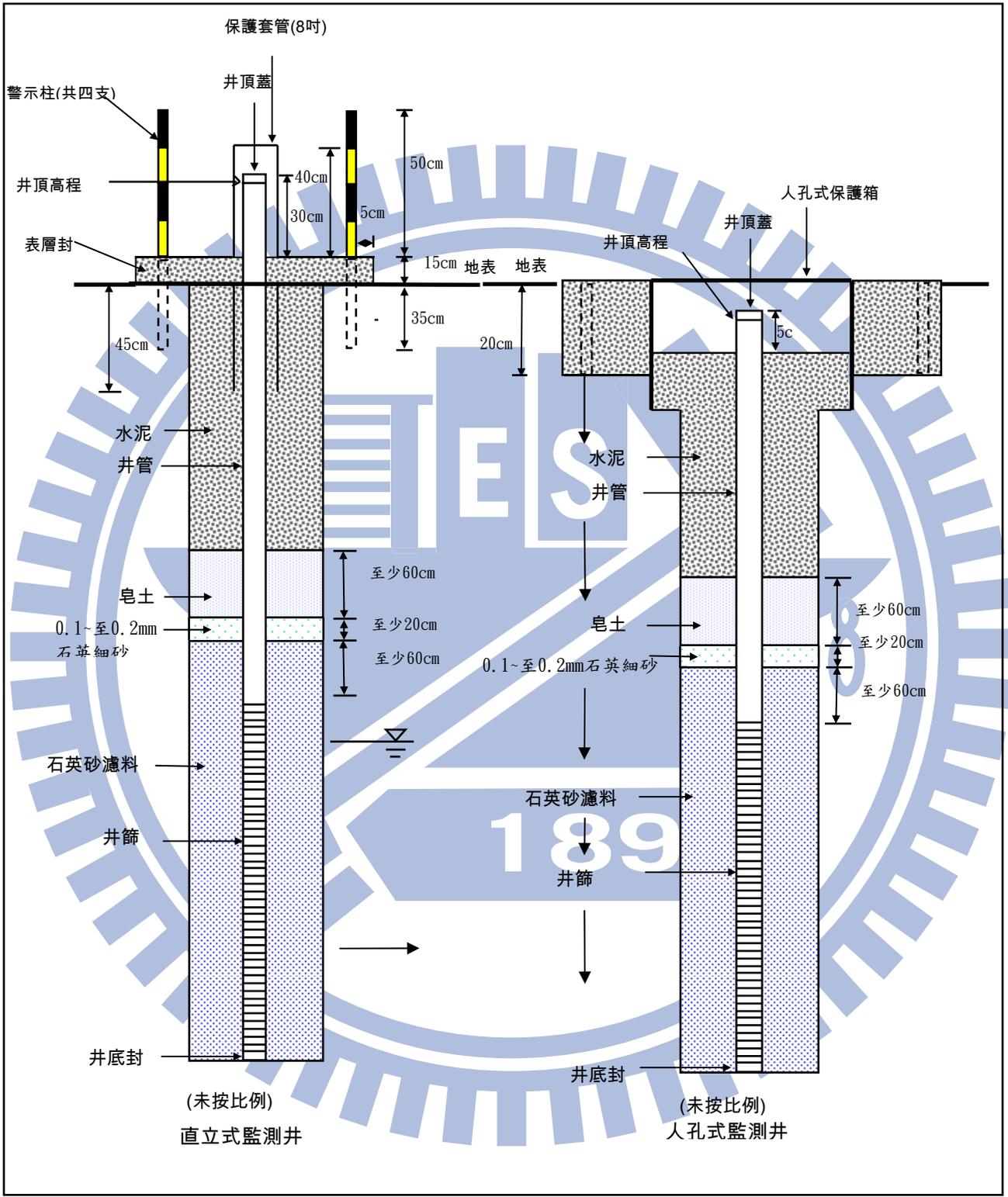


圖6 監測井之設計型式

地下水質監測井

井號		設置日期	
井座標 (E, N) @TWD97	(,)		
井 徑	4 英吋	井 深	m
井頂高程	井篩深度	井篩長度	
m	m	m	
設井廠商	1896		
管理單位			

圖7 監測井設置永久性標示

3.2.4.2 監測井設置及現場作業

一、鑽設方法選擇

一般而言，監測井挖鑿程序與鑽設方法、井徑的設計、井篩的選擇、回填材料與固封等有關。其中鑽設方法選擇乃影響水質監測井品質優劣之重要因素，其鑽機選擇準則為：

- 必需適合監測井址之地質情況
- 若需採用鑽泥(Drilling Mud)時，需採用可以自然分解之人工合成鑽泥
- 必需能對地下水位充分的掌握

鑽井方法之選擇主要是依據設井場址的地質條件及施工便利度而定，所選定的方法對地下水層的擾動影響應減至最低，尤其重要的是不能對地下水層與地下水有所污染及擴大或稀釋原有的污染範圍與濃度。目前國內常使用之水質監測井鑽設方法包括頓鑽(Cable Tool)、中空螺旋鑽法(Hollow-Stem Auger)及鑽堡等方法，各有其適用之地層及作業需求。專案小組經檢視評估 貴公司廠區之水文地質特性及其施工作業之便利度後，建議選擇頓鑽或鑽堡為本計畫之鑽井方式。

二、土壤鑽探

1. 鑽探進尺

- 鑽井設備在搬移至每個場地使用前，皆需予以除污，以防止污染廠區之地下水含水層。鑽井設備之除污應在特定地點進行，不可靠近鑽井位置或乾淨之設備及器材。
- 在每一井位附近應鋪上一層塑膠布以避免施工過程中所可能洩漏之任何流體(油脂、燃油或用水)與鑽井機具旁之土壤接觸，或流入鑽孔中。同時亦可提供作為已完成除污工作之清除機具之儲放場所。
- 鑽進過程中對鑽機之油脂或燃油洩漏應予監視及防止。尤其是位於鑽孔上側或旁邊之機具。可用塑膠袋將機具上塗有油脂之部分予以包覆。

- 潤滑油絕不可塗於鑽桿螺紋、套管及螺鑽上。鑽進過程中應將鑽孔中所發現之油漬隨時記錄於現場工作紀錄簿上。
- 施鑽前應先以人工試挖至地面下約1.5公尺左右，確定無地下管線後方可進行施鑽。
- 土壤取樣每一口監測井在鑽孔過程中必需使用劈管(split-spoon)、薄管(thin-wall)或岩心管取樣器作連續取樣。含水層中的土樣應在試驗室內遵循ASTM C136(ASTM, 1984)進行篩分析(sieve analysis)，以求得含水層土樣之粒徑分布曲線、有效粒徑、均勻係數(uniformity coefficient)及其它相關資料以備他用。
- 現場水文地質師需檢驗每個土壤樣品，記錄其採樣深度、顏色、土壤分類、潮濕狀況、緻密性、氣味等基本資料於現場鑽探報告上。若有必要時，現場同時將配備揮發性有機氣體偵測儀(PID或FID)，進行土壤中揮發性有機物之監測。
- 施鑽過程中若遇到地下水，須立即記錄地下水位於地下水位記錄表。
- 現場水文地質師應記載每日到達現場時間、開始操作時間、每次取樣時間、與其他單位人員談話之重點、突發狀況、結束時間等於現場監工要事記錄表，以備日後查驗。

2. 水質監測井設置

(1) 擴孔

由於在井管與孔壁之間必須有足夠的空間以供回填(通常4吋監測井擴孔孔徑為8吋~12吋)，故在鑽孔過程中須加以擴孔。

(2) 監測井構造

水質監測井的細部構造及其材料選擇之要求如下述：

A. 井管

- a. 本計畫所擬定之井管直徑為4吋。
- b. 井管之材料為PVC。
- c. 管底必需以底蓋封底，避免地下水由下方湧入。

監測井設置及現場作業與章節3.1.4簡易地下水監測井設置之作業大致相同，其設置圖片及相關紀錄錄可參照表6、7、8及圖3、4所示。

3.2.5 地下水監測井功能維護

地下水監測井經設置完成後，為確保其功能之有效性，以確實發揮廠區地下水監測井網之功能，達到污染預防及應變處置，針對監測井必須定期進行功能維護；其維護方法及內容說明如下：

1、井體(下)攝影

傳統井體維護技術上，「井體攝影技術」被認為是鑑定井體是否需要進行完井最直接的方法。隨著科技的進步，井體攝影發展出輕巧個人攜帶式及大型機械裝置，分別適用於淺井及深井的觀測調查。依使用時機而言，井體攝影最常用於新井驗收、井體定期檢查、洗井成效驗收及井體問題診斷。本計畫井體攝影主要用於井體功能不佳之監測井之井況評估，作為廢井及重新設置監測井評估之依據。

依據井體攝影之實際影像，掌握監測井之井深、井篩位置、井篩長度及接縫處，並依影響井體結構之三大主要問題：出砂、積垢與腐蝕，實際觀察其特徵，探討影響此現象之水質因子。一般而言，地下水監測井之井體攝影主要觀測項目為：

- (1) 井管的直徑有無減少的現象。
- (2) 井管表面的淤塞。
- (3) 淤塞物較多的部位。
- (4) 井壁有無破損的現象與損毀深度。
- (5) 井管是否仍垂直。
- (6) 井管有無淤塞以致井深減少。
- (7) 有無井體漏水穿孔現象。

井體攝影的影像中，經常拍攝到意想不到的影像，如：不慎落入之輕便工具、樹枝、樹根、石頭等，這些淤塞物種類很多，但大致遭人為破壞所致。一般地下水監測井除了這些人為淤塞外，常因井之設置不當、地下水質影響、產生物理性黏粒、化學性顆粒及細菌性黏液等特徵，這

些現象透過井體攝影拍攝，可反應出井體結構三大問題：出砂、積垢與腐蝕。

2、監測井完井作業

監測井使用一段時間後，逐漸會有細顆粒的沉澱，井中滯留水的成分，可能經由物理或生物化學的作用產生積垢即沉澱物質，而降低監測井的出水速率，甚至影響監測樣品之品質；因此，監測井須適時進行再完井作業以清除井內沉積物及濾料間之細顆粒物質，以確保監測井樣品之品質及延長監測井之壽命。

一般而言，影響井體結構或造成井功能不佳之主要三個問題，分別是出砂、積垢與腐蝕，其中出砂的原因主要與含水層的土壤結構、井篩設計不當有相當程度的關係，因此在功能維護上，亦僅能以治標方式將出砂之懸浮顆粒自井中移除。而積垢與腐蝕之成因，主要與地下水水質有關，即這些現象在不同環境狀況下，因化學變化或細菌性變化造成，所以在井體功能維護技術亦有使用化學洗井方法，但化學藥劑之使用可能影響含水層中之水質。本計畫對於井功能維護，乃採用傳統的再完井(re-development)方式，將井體中的粉粒與黏粒淤塞清除。完井維護方式包含超量抽水(over-pumping)、湧塞(surge)、汲水(Bailing)、氣提(air liftting)、反沖洗(backwash)、超量抽水(over-pumping)、柱塞法等。

3.2.6 土壤採樣方法及設備

依據章節3.2.1~3.2.3之環境基本資料彙集、廠區污染潛勢調查結果及土壤採樣點規劃選定，可明確掌握最具代表性土壤採樣點及可疑之污染源，進而可執行土壤採樣作業及分析。

土壤採樣分析之目的在於界定土壤可能受污染之範圍、深度及污染之程度，故需有良好之採樣設備、完善之採樣計畫及精確之分析技術。為達到上述目的，本計畫將使用螺旋鑽採樣器及不擾動套管式採土器(Undisturbed Soil Sampler)進行土壤之採樣。其中螺旋鑽採樣器用於表

層土壤重金屬採樣，不擾動套管式採土器則用於較深層之土壤有機污染物採樣。

一般而言，雙套管之取樣步驟為利用螺旋鑽桿直接鑽至預定深度後再取出，換成雙套管採樣管後，再將採樣管鑽至預定深度即可，也可直接以採樣管做土壤全程採樣。土壤採樣作業與章節3.1.3土壤採樣方法及設備之作業大致相同，其採樣圖片及相關紀錄表可參照圖2所示。

土壤採樣的主要採樣步驟說明如下，詳細之土壤採樣步驟如圖8所示：

1. 至預定採樣的位置，將螺旋採樣桿置入，取得表層土壤樣品。
2. 利用螺旋鑽桿或鑽井設備繼續鑽探至預定深度，取出換成雙套管採樣管。
3. 將外管與襯管壓入，使得土壤樣品充滿襯管後，取出襯管，使用管蓋將管兩端密封並將樣品冷藏。
4. 繼續上述2 ~ 3 步驟採樣。
5. 藉由品保品管計畫之執行，易於避免交互污染之現象發生。

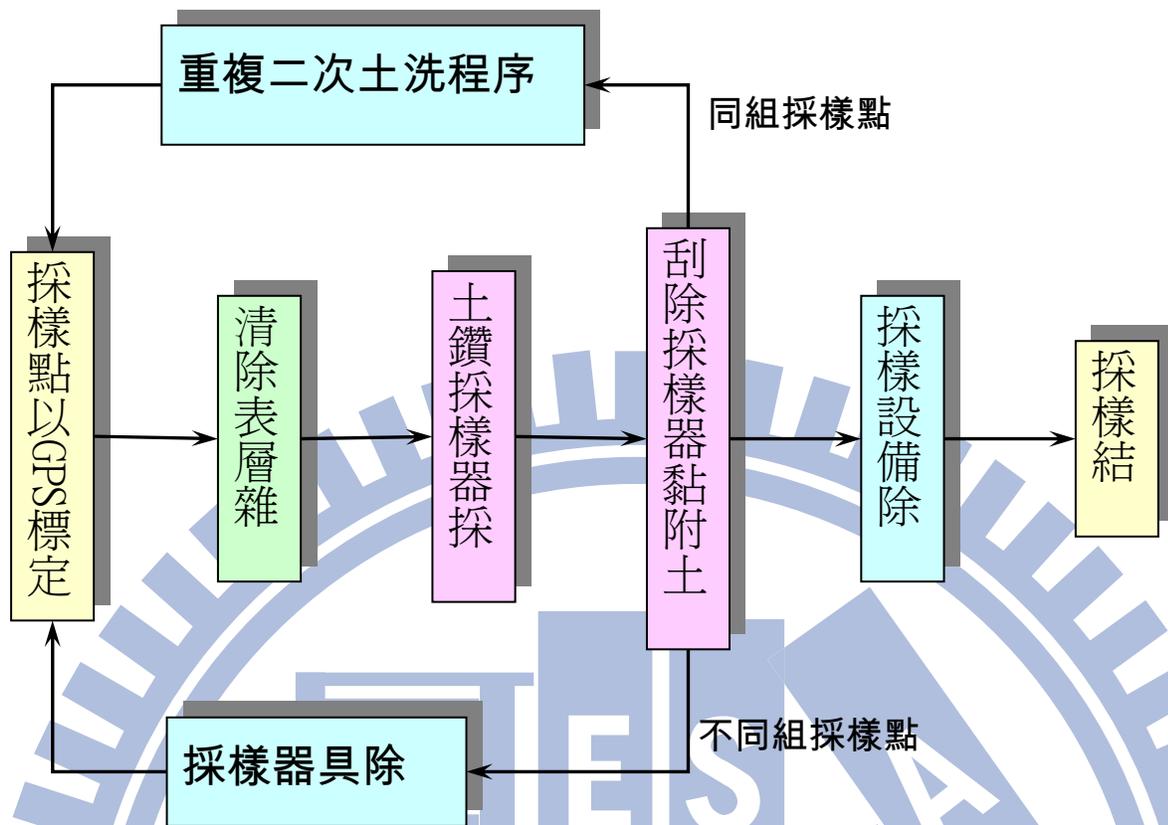


圖8 土壤採樣步驟

3.3. 土壤及地下水應變計畫

3.3.1 概述

當工廠不幸發生洩漏污染事件時，為減低相關污染行為所造成之土壤及地下水污染之嚴重性，因此將相關處理程序予以說明，以作為場址污染調查及相關作業之依循。

當廠區內之製程、儲槽、輸送管線、輸儲站、有害事業廢棄物儲存區、廢(汙)水處理設施、原物料儲存區等具有污染潛勢之區域，發生洩漏、管線破裂、人為操作疏失或人為惡意排放等行為，將導致造成發生土壤及地下水受污染之工安意外情事。

一般工廠大多會依據各工廠本身之生產特性，規劃制定工安意外之

緊急應變計畫，大致包含有人員疏散、現場搶救、現場復原、意外通報等程序。

而土壤及地下水污染之特性，除因立即且明顯洩漏等所造成之污染情事可即時發現而予以處理外，其餘因地下或隱藏式管線、儲槽洩漏而造成之土壤及地下水污染，則大部分須於設備維護、輸儲量計算、定期性監測或污染物逸散至地表時，方能被查知有污染洩漏情形。

因此，土壤及地下水污染事件應變作為，主要之工作在於工安意外應變處理後或污染行為發現後之污染範圍程度調查、污染防阻及清除工作。通常須立即委託專業之環境工程顧問機構立即進廠進行污染處理評估建議作業。

一般工廠土壤及地下水污染方式，主要為可分為兩大類：

1. 無法以目視判別之長期性地下管線、儲槽洩漏事件，而於定期性監測作業中所發現之緩慢長期性污染行為；如地下管線、儲槽之微小破裂等
2. 明顯且對人體具有立即危害性之地上管線、儲槽、槽車洩漏事件等。

通常發現土水污染事件時，於各工廠內，不論是定期性監測所發現或意外洩漏事故所造成，主要大多主要由工安環保單位及廠務單位合作進行相關應變措施。而工安環保單位，主要負責統籌規劃廠區內各工安意外事故應變機制、污染預防等環境保護工作；而廠務各單位則主要進行各類設備及儀器的操作與維護，並且依據工安環保單位之規劃與各機器設備的特性，執行設備之定期保養維護與檢查計畫，確保廠內各生產或支援設備能妥善安全的操作。以下概述各單位於土水應變上之應有作為：

一、風險管理處(工安環保單位)

1. 負責依據工安洩漏意外事故應變處理流程、應變分組與分工，依據洩漏事件之嚴重性，啟動各應變機制。
2. 負責監督、協調與聯繫各應變分組之作業。
3. 洩漏處理現場人員安全防護機制之準備。
4. 配合各分組之權責，進行現場之處置作業。

- 5.於洩漏點現場業。
- 6.循指揮體系回報，協助外部通報事宜(若有需要時)。
- 7.擬定及執行後續廠區環境監測措施。

二、廠務部門(生產及設備操作維護部門)

- 1.設備損壞情形通報。
- 2.應變器材與設備之統籌規劃與運用。
- 3.進行洩漏設備之搶修與洩漏源阻斷。
- 4.組配合執行現場之洩漏污染物清除、洩漏區清理等作業。
- 5.執行污染範圍評估、調查、及後續污染改善計畫。

三、其餘行政支援單位

配合工安環保單位之規劃，配合支援委外之污染調查與污染改善作業單位進廠作業等各相關事宜。

3.3.2 長期性洩漏土水污染應變措施

通常遇到發生無法即刻以目視判別之地下管線、儲槽洩漏事件，而於定期性監測作業中所發現之緩慢長期性污染行為時，通常需執行之應變措施主要包含有：

- 1.洩漏事件之廠內通報程序
- 2.污染物質確認、洩漏源阻斷、受污染土壤初步挖除與設備檢修(進行相關措施時，盡量避免讓污染物擴散至裸露地表或控制蔓延範圍)
- 3.確認土壤污染範圍與程度(土壤採樣佈點、土壤採樣分析與法規比對)
- 4.若有必要時，確認地下水污染程度(地下水監測井及整治井設置、採樣分析與法規比對)
- 5.受污染土壤之清理作業
- 6.污染物回收與移除
- 7.受污染區域性地下水污染改善(當污染深度達地下水位時)
- 8.受污染區域復原作業
- 9.污染事件通報

10. 受污染區域後續定期性監測作業

相關應變程序如圖 9 所示。因工廠化學品洩漏係為緊急處置措施，以減少災害繼續擴大、並防止發生人員損傷之情事，故各項後續現場調查、復原及急迫性低的作業，須待現場緊急處置後，即可進場執行。故工廠土水污染事件應變作為，可視為工安意外事件緊急應變措施之後端處置作為。而土水應變作業流程中，已將公司之洩漏意外應變程序概述包含在內，而自公司應變程序以下之各步驟則為土水污染應變作為部分。因如前所述，通常發生化學品洩漏意外事件後，須待現場處置作為結束且確認對人體並無立即之危害性後，相關後續作業即可進場執行，至狀況確認解除後，土水應變作為即可介入進行各調查評估與污染改善作業。



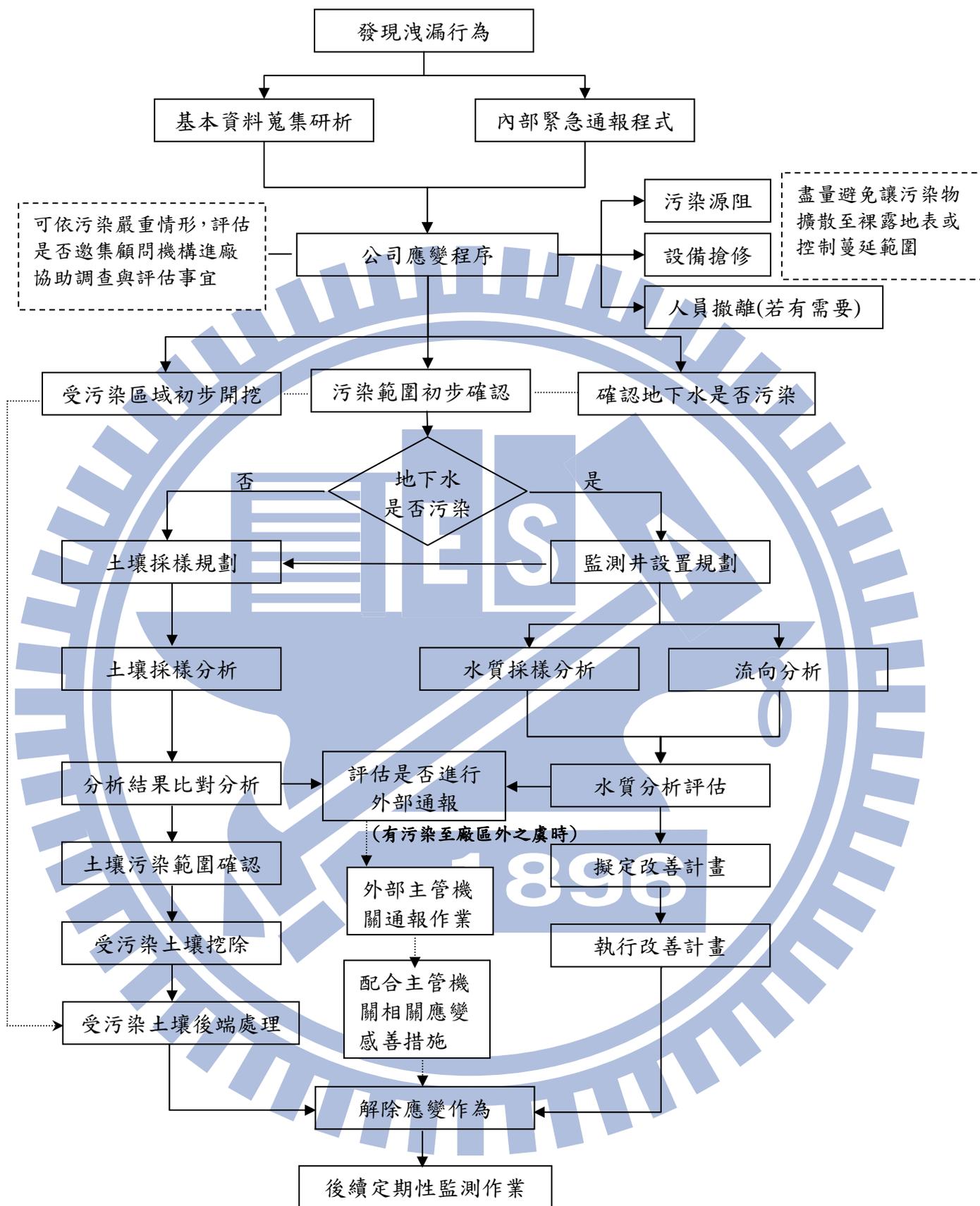


圖 9 長期性洩漏土水污染應變措施流程

3.3.2.1 污染物質確認、洩漏源阻斷與設備檢修

此類型之污染行為，主要係於定期性監測作業、設備維護、輸儲量計算或污染物逸散至地表時，方能查知。因此，當發現時，首先需依據廠內通報程序規定，逐級呈報各該管主管，並且依據權責劃分，立即針對所發現之污染物，就其所儲存之儲槽、輸送之管線進行輸儲量計算比對、測漏措施，以查明洩漏發生之處。

而依據圖 9 之說明，事件發生之初，即須進行基本資料蒐集研析，主要包含有：洩漏物之物理化學性質、廠區水文地質資料、洩漏區域地下管線或構造物之分部配置、以往相關採樣分析結果等依據公司對於所使用之各類化學物品，詳細之物質安全資料，可供隨時之查閱。

若儲槽或管線係埋設於地表下或建物內，則須立即依據洩漏發現之位置，並依照公司所制定之洩漏狀況處理標準作業程序進行來現地開挖，以立即阻斷洩漏及進行洩漏物初步回收、受污染土壤初步挖除及設備修復等工作。

控制洩漏污染源，如停止疑似洩(滲)漏油槽或管線之使用，或抽除化學品或油品，通常可設置障礙物(如攔油索、土堤)或土壤表面設置覆蓋物以阻絕污染物擴散及保護環境敏感點。

各類污染物移除技術或設備如：

- 1.浮油回收泵。
- 2.真空吸油泥車。
- 3.吸油棉或吸油粉吸除。
- 4.化學性或生物性除油劑。
- 5.嗜油性微生物製劑。
- 6.其他

吸油棉使用過後，應將廢棄吸油棉應集中收集密封後，進行妥善處理。其適用之時機包括現場圍堵洩漏之污染物、將洩漏污染物進行吸收。

圖 10 所示為常見吸油棉之種類。



(a) 片狀吸油棉



(b) 條狀吸油棉(吸油索)

參考來源：環保署土基會網頁資料

圖 10 不同形式之吸油棉

3.3.2.2 土壤及地下水污染範圍程度與確認

通常當土水採樣分析結果有異常之升高時，即須先行進行廠區內設備查察檢視、洩漏源阻斷、洩漏物初步回收及受污染土壤初步挖除等工作，同時即可邀請合格之環保顧問機構進廠配合進行污染範圍與程度之評估作業，以釐清影響區域之大小，甚至進行污染改善規劃與執行工作。

於調查方式上，即需依據洩漏物質為何，進行土壤之採樣與分析作業。採樣作業之執行，主要之項目包含有：

- 1.取得場址配置圖及鄰近場址之地圖，必要時應現場繪製
- 2.確認污染物為何
- 3.取得污染處之製程、儲槽、管路等相關資料
- 4.確認洩漏源。洩漏或滲漏可能由一個以上污染源所造成。
 - (1)製程區。
 - (2)管線區。
 - (3)儲槽區。
 - (4)桶槽貯存區。

- (5) 廢棄物貯存、清除及處理設施。
- (6) 地下儲槽。
- (7) 廢水處理廠。
- (8) 污水塘。
- (9) 汙漬土壤、鋪面或不正常枯黃植物之區域。
- (10) 廠區雨污水排水管線及溝渠系統。

5. 採樣點規劃

依據研判疑似發生洩漏處之環境條件，設置數點採樣點，每點採樣點需進行不同深度之土壤取樣作業，以釐清垂直向土壤受污染之程度。

6. 分析項目選定

需依據洩漏項目之種類來選擇合適之分析項目。如油品類洩漏污染，則須檢測 TPH 項目；若為電子工業常用之化學品，如三氯乙烯、四氯乙烯等項目，則須檢測 VOCs 類之項目。

7. 土壤採樣方法之選定

需依據現場環境條件，選擇以人工手動方式或機械方式來進行土壤取樣，而方法之選擇上則須注意避免採用需用水或鑽液之機具來進行，以免影響數值之判定。各種方法皆須符合環保署所公告之「土壤採樣方法(NIEA S102.60B)」內之各種規定。

8. 採樣作業執行

採樣作業之執行，於事前需妥善規劃好工安規定事宜、機具及人員動線、採樣時程，並且需立即拍照存證，同時將樣品包裝妥善後，即刻送實驗室進行樣品前處理與分析作業。

如土壤污染物為揮發性有機物，可利用現場土壤氣體採樣分析方法，進行土壤污染範圍初步研判，並依據研判結果，進一步採集土壤樣品進行檢驗。

9. 品保品管作業

10. 數據結果法規比對分析

將分析出來之土壤數據與法規進行比對，以釐清受污染區域之土壤

中污染物含量，經初步受污染土壤挖除後，是否仍出現超過法規管制標準值，以利決定後續進行較大面積受污染土壤清除之範圍與深度。

當土壤採樣分析發現污染深度有可能延伸至地下水含水層，則可依據廠區地下水之流向、污染物類別與含水層型態來設置數口地下水質監測井，以釐清地下水是否也已受到污染。若發現地下水已受到污染，則可同時進行地下水污染改善措施，以防止污染物隨地下水擴散污染。而地下水採樣之規劃：

1. 首先針對廠區內既有地下水監測井進行採樣分析，以釐清污染物是否已滲漏至地下水含水層，或是已經由地下水流至廠區外
2. 依據廠區地下水流向、現地廠區地下或地上之建物或設施配置，評估於污染區域之地下水流向下游端，是否可設置地下水監測井，或監測井設置位置、數量，若受限於廠區地下或地上建物設施等，則以廠區既設地下水下游端監測井取代。
3. 若可設井，則依據洩漏污染物之物理化學性質(如比水輕或比水重，事關污染團在地下水含水層之位置與流動性)，決定設井深度與井篩位置，方能正確取得地下水中污染物污染團(plume)之水樣。
4. 採樣作業執行，需依照環保署公告之「監測井地下水採樣方法 (NIEA W103.53B)」中之規範來執行。
5. 分析工作之品保品管作業
6. 數據結果法規比對分析，將分析出來之數據與法規進行比對，以釐清受污染區域地下水中污染物含量，以利評估是進行地下水污染改善之必要性，甚而決定地下污染改善方法。

3.3.2.3 受污染土壤或地下水之清除作業

發生土水污染之行為，有相當多之可能性，而且進行污染改善作業，需考量物質特性、水文地質條件、洩漏量、洩漏濃度、廠區地上建物與地下管線配置、施作空間等，須因地、因案制宜來決定處理方式、工法、處理挖除量等等，故尚無法以單一標準規範來套用於各種不同之洩漏意

外事件。

但通常於作業執行前，須事前規劃以下之事項：

1. 進廠作業之工安規訂與要求

因污染土壤之清除作業，時常需要進行地表鋪面破壞、土地開挖、動火作業等工廠內施工之作業，況且目前計畫公司竹科廠區已是一座運作中之工廠，因此於進行任何作業前，均須配合公司之工安環保規定，以免影響製程作業，甚而造成更大之損失。

2. 施工作業工法確定

土壤及地下水之污染，可評估採用現地污染改善或採用土方挖除之方式來執行。

若受污染土壤採用土方挖除方法，須考量天候、挖除區域鄰近建物分部等因素，以免因開挖行為，造成土方坍塌，危及鄰近建物之安全。此外，開挖之機具及作業方式，也須完整規劃現場環境衛生，以免造成廠區環境之二次污染。

若經調查結果發現污染物已達地下水含水層，通常須進行包含設置污染物收集與抽除井、地下水監測井等設施，並評估採用現地污染改善(如化學加藥氧化法)或抽除處理之方式來執行。

3. 採用挖除法時之受污染土壤挖除範圍確認

於挖除作業執行前，除應藉由先前污染範圍調查之結果，先行大略確認須清除之區域與深度，而於作業執行中，可搭配現場量測儀器(如PID、FID等)來進行更明確之污染範圍確認。

4. 受污染土壤之暫存措施

於污染作業進行前，須先規劃挖除出之受污染土方之暫存處與儲存方式，如是否有良好之地表鋪面或防止逸散等措施，以免引發儲存區域之水或空氣等二次污染。通常受污染之土方應以太空包(裝滿約 1m^3 ，但通常約裝 $0.6\sim 0.7\text{m}^3$ 左右)之方式來進行暫存。

5. 受污染土壤之後續處理措施

對於已挖除並暫存之土壤(以柴油污染為例)，最佳之方式可於廠區內予以處理(如土耕法、Bio-Pile...等方式)，並且於處理完成後可予以回填。

若因場地空間之限制，則可委由專業代處理機構進行廠外處理，但相關廢土運送及處理程序須遵照環保法規之規定。(各種後端處理方法簡介詳7.7節說明)

6. 受污染地下水之後續處理措施

若採用抽除處理之方式，所抽除之污染物質，可依據污染物特性與濃度，搭配設置現地廢水處理設施，進行污水處理至符合放流水水質標準後，方可排放，或於廠區污水處理廠容量許可之情形下，導引入廠區廢水處理廠予以處理。

若採用現地處理方式(如採用化學加藥氧化法)，則須先行評估計算所需加藥量、加藥濃度、投放方式，以免造成地下水體之二次污染。

通常進行土壤及地下水污染改善措施作業，可於發現污染情事時，即可委託專業之環境工程顧問機構進廠配合執行污染調查評估、污染改善規劃等相關作業，相關之評估規劃成果，經委託單位或委託單位所另行委任之專家學者評估認可後，即可由被委任之專業顧問機構統籌規劃辦理，在委託單位之監督下，搭配結合各專業領域之單位，執行污染改善作業。

搭配結合執行污染改善之單位，通常包含有：

1. 專業之環境工程顧問機構—負責執行規劃整體之污染調查評估計畫、污染改善計畫、配合委託單位統籌辦理污染改善工作
2. 經環保署認可之環境檢測分析機構—負責進行現場之污染採樣與實驗室分析工作
3. 合格之監測井設井機構—設置地下水監測井、進行相關水文參數之現場試驗、監測井座標測量等
4. 土水污染改善及污染防治設備儀器代理機構—搭配執行現場設備或儀器之操作維護、成效評估等
5. 土方清運機構—土方開挖、運送等

3.3.2.4 場址復原與後續監測措施

當確認受污染區域之土壤已清除後，可進行乾淨土壤回填及區域復原

等作業，或可依照公司之規劃來進行復原配置。

任何受污染場址於進行污染改善措施後，須對於污染場址進行定期性之環境監測，已持續追蹤污染改善後是否仍存在有不明之污染物質亦或是以達成污染改善之目標，而相關監測作為，須依據污染形式及污染改善後之情形來進行規劃。

因土壤及地下水之污染，常常是一體之情形，當於進行完污染改善措施，且並以確認應變處理後之污染區域此樣分析已符合相關法規標準時，即可規劃：

1.土壤：針對已確認污染區域進行每半年一次之土壤採樣分析，採樣點位與分析項目，至少須符合土水法第八、九條規定之項目及與進行應變措施時之採樣分析項目一致，並且可增加與廠區內使用化學品有關之分析項目。

若採樣分析項目測值呈現遠低法規標準或無檢出之情形時，可減低採樣頻率為一年一次，甚至兩年一次即可，作為廠區背景監測。

2.地下水：針對廠區內既設井進行每半年一次之地下水採樣分析，若是於應變作為中，有因應變目的所增設之監測井，也一併入採樣對象。採樣分析項目，至少須與進行應變措施時之採樣分析項目一致，並且可增加與廠區內使用化學品有關之分析項目。

若發現土壤或地下水分析結果出現異常增高，則可增加採樣次數為每季一次，甚或每月一次，並且當於已確認為發生污染情事時，則可依據污染應變措施規劃，進入污染應變程序，並且以能及時處理污染情事為第一優先，減低對環境之傷害。

3.3.2.5 污染事件通報

土水污染事件之通報作為，可分成廠區內部行政系統之通報及對外之通報作為。若污染範圍僅侷限於廠區內並且對於廠區外之環境並未有污染擴散之疑慮，則應儘快依循廠區緊急通報系統，通報各主管人員，並隨即組成應變小組，以期在污染情形未擴大之前，可立即將污染範圍與程度減

至最低。

通報之紀錄應包含有以下之資料：

1. 通報單位及通報者姓名、職稱。
2. 通報者電話及連絡方式
3. 發現污染事件所在區域
4. 發現污染的時間。
5. 污染物主要狀態、可能污染來源及主要污染途徑。
6. 污染量：可能污染面積或體積。

若當有土水污染之虞時，應以立即就地處置污染情勢為第一優先，以減低污染產生之傷害與嚴重性。但當污染事件有污染至廠區外之疑慮時(如污染物經地下水流動傳輸擴散或洩漏情形擴散至廠區外)，應通知環保主管機關。

依據土水法第六條「民眾發現土壤或地下水有污染之虞時，得向所在地主管機關檢舉；各土地或地下水使用目的事業主管機關、土地使用人、管理人或所有人於發現土壤或地下水有污染之虞時，應即通報所在地主管機關」，而另依據土水法第三條之說明，「主管機關在縣(市)為縣(市)政府」，而環保主管機關亦有一標準通報系統，並且依權責於會勘後 24 小時內，通報至環保署土汙基管會、環境督察總隊及各區督察大隊，並且進入污染場址之改善程序。

通常所在地環保主管機關對於通報事件之做為，依據土水法施行細則第五條之說明，主要有：

1. 調查土地類別、實際使用及產權歸屬
2. 告知有關地區民眾相關檢測結果
3. 依相關環保法規處理，並通知農業、衛生、水利、工業、地政、營建或相關機關，依其權責處理；也就是即須對各該管機關所提事項配合執行，主要有進廠查證作業、採樣分析作業、及相關行政管制措施等。

另依據環保署(89)環署水字第 0026410 號函「土壤及地下水整治個案監督作業要點」第二條之說明：地方環保主管機關應於土壤及地下水污染案

件發現一個月內，邀集相關單位、代表及專家學者成立整治推動專案小組，審查相關之調查計畫及污染整治計畫.....等。通常討論及作業內容包含有：污染責任釐清、整治作業責任歸屬、污染改善方法與計畫之擬定與執行、查核及驗證等工作。

若當不幸有污染情事發生且有進行外部通報作業之必要時，公司最主要之作為，可先行委託專業顧問機構進行初步評估，並配合環保主管機關之進廠查證作業，同時配合執行污染範圍確認、污染量估算等作業。在保護計畫公司權益與能解決污染情事之前提下，參與環保機關所召集之專案小組，進行污染改善方法之決定與執行，以減低對土水環境之傷害。

3.3.3 緊急污染洩漏事件

緊急性污染洩漏事件，當不幸發生槽車翻覆、化學品裝卸口大量洩漏或儲槽管線破裂等人為操作不當意外事件，造成有化學物質持續洩漏或地面上散佈含有高濃度之污染物時，應即時依照公司之工安意外事件緊急處理程序，即時進行現場之搶救作為，先行將污染源阻斷及進行污染物質回收，待完成現場初步處理及人員搶救之工安應變程序後，再依據污染物受否有污染至土壤及地下水來進行土壤污染之應變措施。

通常緊急之應變作為包含有：

1. 防止污染物質繼續擴散(遵循廠區工安意外處理部門緊急應變程序)，控制洩漏污染源，如停止疑似洩(滲)漏油槽或管線之使用，或抽除化學品或油品。
2. 設置障礙物(如攔油索、土堤或截流溝)，以阻絕污染物擴散及保護環境敏感點。
3. 使用化學品或其他物質抑制污染物排放之擴散或降低其影響。
4. 分析土壤、土壤氣體及水質樣品以確認污染物擴散之範圍。
5. 如污染物擴散至表面水體，應控制污染源上游被圍住表面水之排放。
6. 污染事件通報

而通常緊急性現場應變處理器材或設備，主要是搭配工安洩漏意外事

件緊急處處置之器材與設備來執行，通常包含有現場偵測儀器、污染物控制之技術或設備，如：

1. PID(攜帶型光離子偵測器)-偵測土壤或空氣中有機性氣體
2. FID(攜帶型火焰離子偵測器)-偵測土壤或空氣中有機性氣體
3. 攜帶型氣體濃度偵測器
4. 浮油回收泵(Skimmer)
5. 真空吸油泥車
6. 吸收(油)棉或吸收(油)粉吸除
7. 攔油索、阻絕土堤
8. 化學性或生物性除油製劑
9. 嗜油性微生物製劑
10. 表面覆土土壤

當於消防及工安等單位之現場緊急洩漏狀況處理完畢後，並且確認已無人身安全之虞後，即可依據污染區域之地表情形、污染區域範圍與現場配置情形、及污染物質是否已有漫流至裸露土壤或滲流入地下水體，來評估進行土水污染調查；若已確認污染到土壤及地下水區域，則再依照章節 3.3.1 之說明來進行相關土壤及地下水污染調查與污染處理。相關應變流程如圖 11 所示。

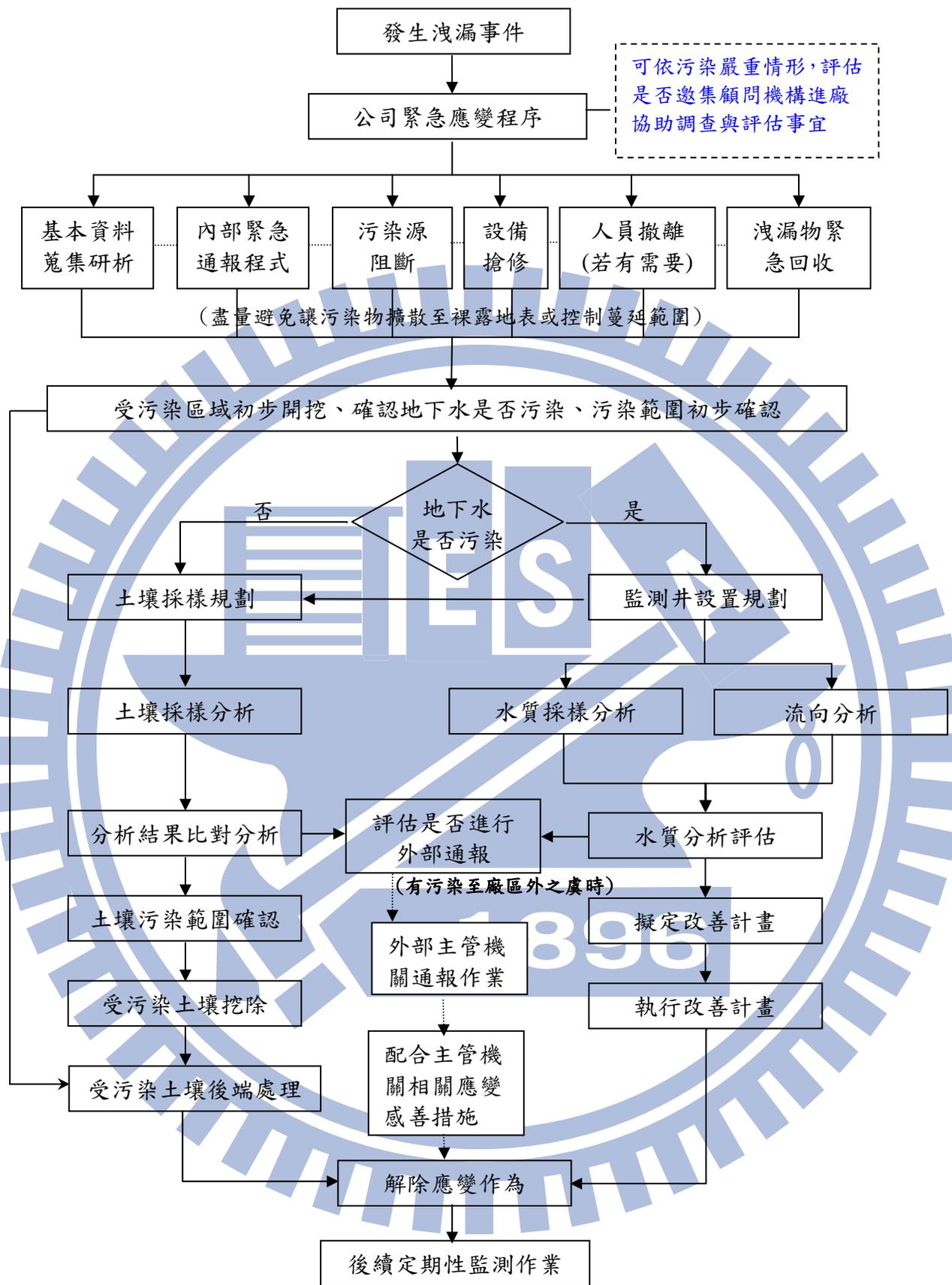


圖 11 緊急洩漏事件土水污染應變措施流程

3.3.4 廠外污染事件應變作為

於第 3.3.2 節~3.3.3 節所述，主要係針對廠區內發現或發生有土水污染之虞時，所進行之應變措施規劃。若因廠區外之污染事件，進而對廠區產生影響，則相關之污染應變程序則需配合環保主管機關、消防機關、工安意外管理機關之相關規定與處置作為來配合辦理。

通常廠外污染事件可分為因定期性監測所發現土水污染事件(如廠區地下水上游端監測井定期監測時，發現有污染物質)、緊急意外洩漏事件(如槽車廠外翻覆或鄰近區域儲槽破裂)等二大情形。以下概述各種污染事件發現情形之應變作為。

一、定期性監測所發現土水污染事件(如地下水監測井定期採樣作業)，相關應變流程詳圖 12：

1. 首先須先依據所檢測出之物質，研判廠區內是否有使用該種物質
2. 並檢視採樣位置與廠區外環境之相對關係
3. 確認是否為廠區外污染行為所致
4. 若確認係廠區外界所致，根據土水法第六條及土水法第七條之規定，向所在地主管機關通報處理。而土水法第七條之規定：
「各級主管機關得派員攜帶證明檔，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、地下水污染情形及土壤、地下水污染物來源。
二、進行土壤、地下水或相關污染物採樣。
三、會同有關機關採集農漁產品樣本。

各級主管機關為查證工作時，發現土壤、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，應命污染行為人、場所使用人、管理人或所有人採取緊急必要措施，以減輕污染影響或避免污染擴大」。因此，發現有污染情事向所在地主管機關進行污染事件通報，而後依據土水法第七條之說明，配合主管機關來進廠進行污染查證作業、責任釐清及污染改善作業。

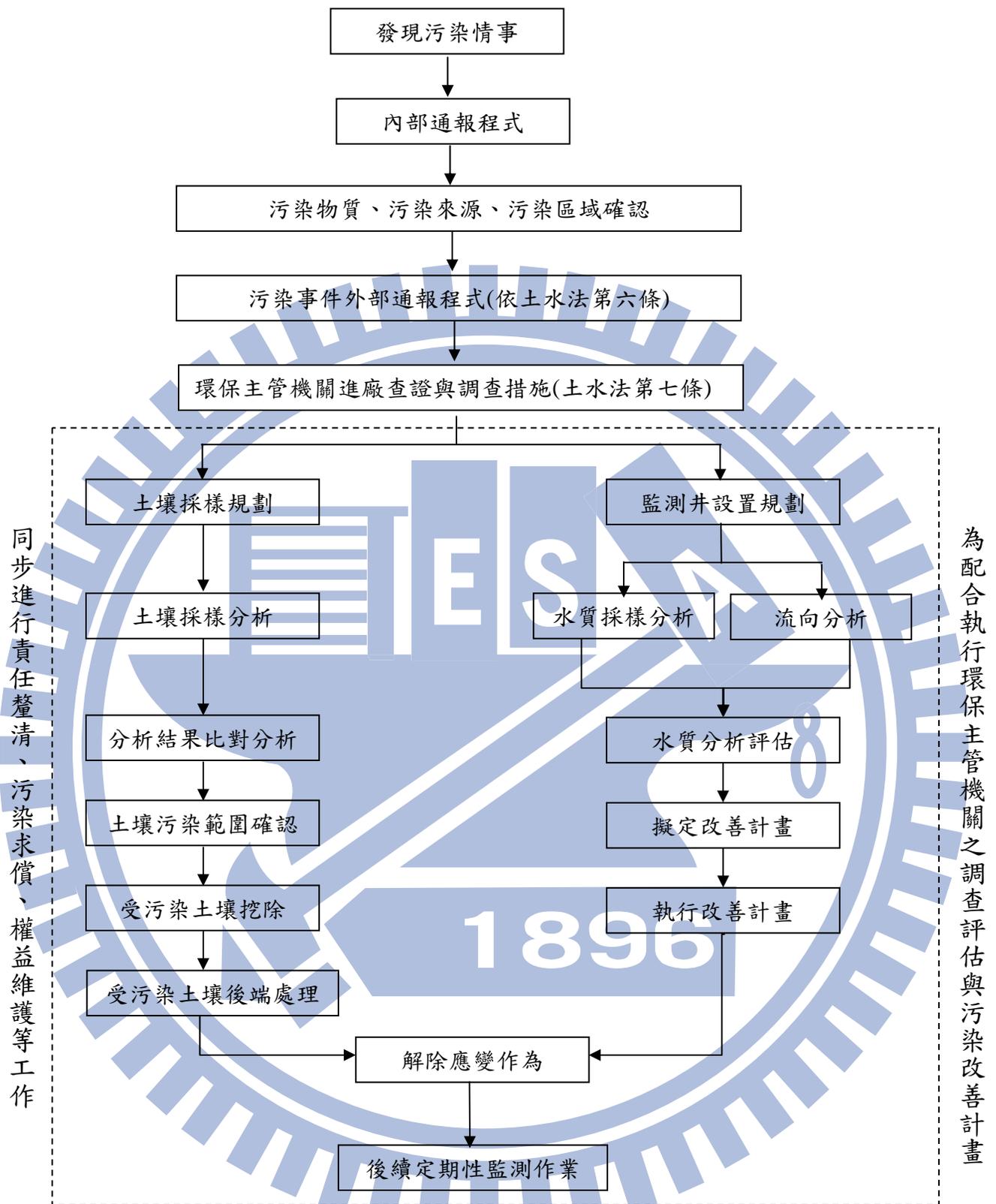


圖 12 長期性廠外洩漏土水污染應變措施流程

- 5.需配合主管機關之作為，包含有：配合主管機關進廠進行土壤或地下水採樣分析、配合參與相關污染調查與改善之會議(提出廠區關切事項、權益維護事項、污染求償)、配合進行污染改善作業
- 6.禁止廠區人員接近已知污染之區域

二、緊急意外洩漏事件(如鄰近廠區槽車翻覆或鄰近區域儲槽破裂等)，相關應變流程詳圖 13：

- 1.於工安洩漏意外處理階段，依據洩漏物種類、與廠區距離、洩漏量等判斷因素，配合協助消防、環保、化災應變等相關處理機關進行，洩漏意外事件之應變處置作為
- 2.於廠區鄰近洩漏意外發生處，視洩漏量與範圍，緊急鋪設攔油索、吸油棉、設置圍阻土堤、及鋪灑土壤或木屑等，以防止污染物漫流進廠區內。
- 3.若發生漫流進廠區內，緊急鋪設攔油索、吸油棉、設置圍阻土堤、鋪灑土壤或木屑、裝設吸取泵等，並依情形進行人員疏散等作業。
- 4.依據土水法第七條，配合環保主管機關之進廠進行土壤或地下水採樣分析、配合參與相關污染調查與改善之會議(提出廠區關切事項、權益維護事項、污染求償)、配合進行後續污染改善作業

3.3.5 調查設備與個人防護

於進行現場工安意外造成污染事件之應變作業時，必須有齊全完備之人員防護措施，方可進場執行作業，如阻漏、緊急抽除洩漏物、人員撤離等。而化學品之洩漏，而發生污染事件後，對於土水污染應變與調查，也須有合適之工具來執行。以下將就各種個人防護措施與調查工具作概略之介紹。

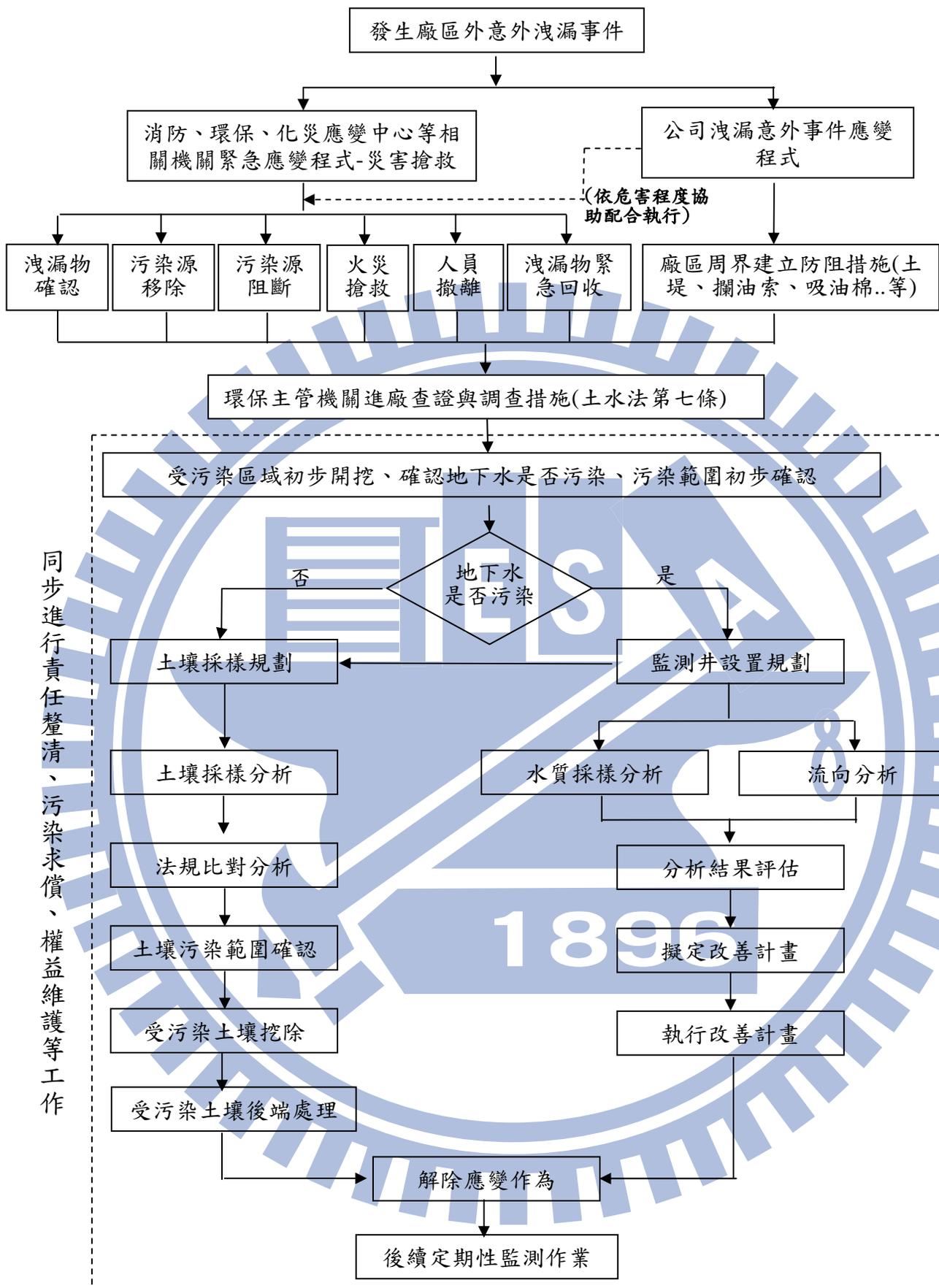


圖 13 廠區外緊急洩漏事件土水污染應變措施流程

一、現場採樣分析設備

當發生或發現有污染洩漏事件時，需即時利用現場偵(監)測儀器來進行危害程度之初步判斷，而當已完成危害程度之判斷並確認無後，則相關之現場採樣分析儀器與設備則：

(一) 氣體偵測器(可適用於油品及化學品)

1. 測爆器：為常使用之工安氣體檢測儀器，用於檢測空氣中有害氣體之濃度指數，如附圖 14 所示。



(a) BACHARACH TLV SNIFFER SNIFFER



(b) RKI EGALE(LEL/O₂/CO/H₂S四用)



(c) NEC XPO-317(LEL/O₂兩用)



(d) RIKEN GP-88 SNIFFER

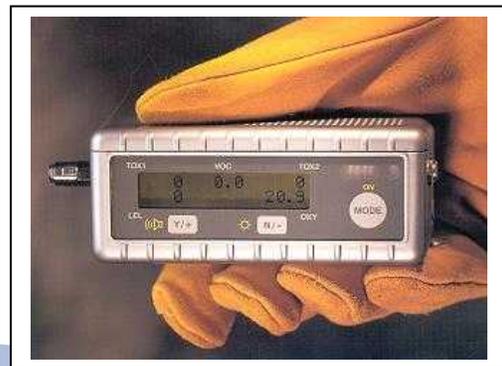
參考來源：環保署土基會網頁資料

圖 14 各種型式之測爆器

2. 光離子偵測器(PID)：光離子偵測器可偵測環狀有機化合物，故用來判斷土壤氣體是否含有環狀有機化合物成分相當適合，且可使用於氧氣濃度較低之待測氣體。各種型式之光離子偵測器如圖 15 所示。



(a) HNU PI-101 10.2 eV



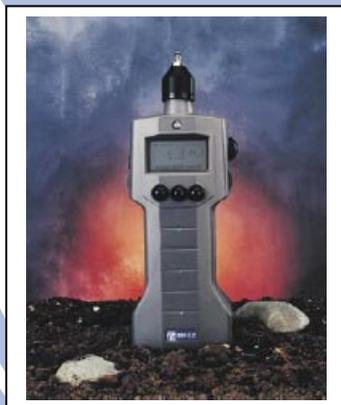
(b) Muirae PGM-50



(c) Rae Minirae



(d) Thermo 580-B 10.6 eV



(e) OVM 580 EZ



(f) PHOTOVAC Model 2020

參考來源：環保署土基會網頁資料

圖 15 各種型式之光離子偵測器

3. 火焰離子偵測器(FID)：FID 是使用氫氣及氧氣燃燒產生火焰，激發碳氫化合物電離，火焰離子偵測器經由電極收集電子，偵測電流強度而量測濃度，可研判揮發性有機化合物之濃度。火焰離子偵測器所使用氧氣濃度需維持在 14% 以上。各種型式之火焰離子偵測器如圖 16 所示。



(a) Foxboro OVA 128



(b) Foxboro TVA-1000(PID、FID 兩用)

參考來源：環保署土基會網頁資料

圖 16 火焰離子偵測器

(二) 土壤重金屬現場分析設備—攜帶式 X 射線螢光偵測器(XRF)

其原理為利用 X-光束照射經前處理後之土壤，激發土壤中重金屬原子，當原子自激發態回到基態時，偵測所釋放出來的螢光，經由分光儀分析其能量與強度後，可偵測土壤中重金屬元素種類與含量。各種型式攜帶式 X 射線螢光偵測器如圖 17 所示。



(a) NITON XL-700



(b) TN Spectrace 9000

參考來源：環保署土基會網頁資料

圖 17 攜帶式 X 射線螢光偵測器

(三) 採樣工具及設備

1. 中空螺鑽機：以旋轉方式鑽孔，孔徑約 4~8 吋，適用砂、粉土層，深度通常小於 15 公尺，具有操作便利、可於中空鑽頭內直接採樣等

優點。鑽機如圖 18 所示。

2.鑽堡：以氣錘及旋轉方式鑽孔，孔徑約 4~6 吋，適用所有地層，無深度限制，具有動量大，速度快等優點，以套管保護孔壁，缺點為鑽孔時需使用高壓空氣或水，且機具較大，搬運成本高。如圖 18 所示

3.頓鑽機(Cable Tool)：以重錘敲擊地面，適用所有地層，無深度限制，為傳統機具，動量大，不受地層與深度限制，但有鑽孔時需使用大量清水，且拌合泥漿等缺點。如圖 18 所示。

4.直接鑽孔貫入機：鑽孔時需使用循環流體，以氣錘方式鑽孔，孔徑約 1.5~3 吋，適用於土壤粒徑小於採樣器開口直徑一半之地層，深度可達 10 公尺，優點為速度快，以套管保護孔壁。如圖 18 所示。



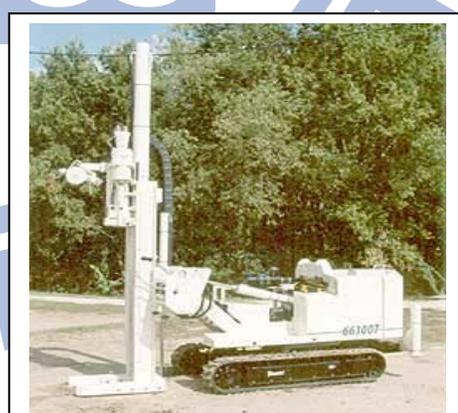
(1) 中空螺旋鑽機



(2) 鑽堡



(3) 頓鑽機(Cable Tool)



(4) Geoprobe 直接貫入機

參考來源：環保署土基會網頁資料

圖 18 各式鑽機

二、個人防護裝備

直接穿戴在現場調查人員身上，以防止洩漏之化學或石化物品對人體健康造成危害。個人防護裝備通常必須為可以防酸、鹼飛濺附著之穿戴式配備。防護衣著與裝備必須整合形成一完整的保護體，但須依據現場初步之監測結果穿著佩戴合適之防護裝備，以免影響現場調查與採樣工作之作業順場性。

個人防護裝備依危害程度分成 A、B、C、D 四個等級，分級內容如下：

- (一) A 級個人防護裝備：對呼吸、皮膚、眼睛之保護級數是最高的。符合 A 級規格之個人防護裝備如圖 14，包括自供空氣式人工呼吸器 (SCABs)、正壓全密封式之化學防護衣及內式化學防護手套、適當之工作服、具化學防護之安全鞋與可棄式化學防護鞋套、適當之安全帽。
- (二) B 級個人防護裝備：呼吸之保護級數最高，皮膚可較次一等。符合 B 級規格之個人防護裝備包括：自供空氣式人工呼吸器、頭套連身之化學防護衣、內、外式化學防護手套、適當之工作服、具化學防護之安全鞋與可棄式化學防護鞋套、適當之安全帽。
- (三) C 級個人防護裝備：當污染物為可燃性及其濃度可量測時使用之，但此級防毒面具須防毒面具須有空氣淨化之功能。符合 C 級規格之個人防護裝備包括：全面或半面式具濾毒罐之空氣濾淨呼吸器、頭套連身之化學防護衣、內、外式化學防護手套、適當之工作服、具化學防護之安全鞋與可棄式化學防護鞋套、適當之安全帽。
- (四) D 級個人防護裝備：最低保護等級，不得使用於對呼吸或皮膚造成危害之環境。符合 D 級規格之個人防護裝備如下：適當之工作服、手套、安全鞋、安全眼鏡或護目鏡、適當之安全帽。

3.3.6 訓練及演練初步評估

土水污染事件之應變作為，可架構在廠區工安洩漏意外事件處理組織下來搭配執行，而造成土水污染之成因，可分為長期性洩漏及緊急意外洩漏事故等兩大類型，故減低土水污染嚴重性之應變重點，可分為發現污染

時避免污染物質持續洩漏、避免擴散至裸露地表、盡快將以洩漏出之污染物予以回收，及後續污染調查評估、污染改善作業規劃與執行上。其中後續之污染調查評估、污染改善規劃與執行等作業，因須經初步評估後，視污染範圍與程度，方能決定如何進行細部調查與進行污染改善，故建議人員訓練及演練之重點，可重於前述阻漏、設備搶修與避免污染擴散等作業上。

相關工作人員之教育訓練上，建議對於廠區內之工安環保管理、廠務設備與操作負責、駐廠保全等相關人員來辦理，但仍須以工廠既有之工安洩漏意外事件緊急應變分組主體架構來搭配執行。

建議訓練之重點，可於既有之工安應變作為中，著重於以下數點：

1. 安全防護措施之要求：須依據相關化災應變規定，依危害等級配戴合適之防護裝具，方可進場處理。
2. 攔阻器材或設備之鋪設：儘量於鋪設攔阻器材或設備時，能依擴散及漫流方向，避免洩漏物往地表無鋪面處、排水溝渠等處擴散，減低造成土水污染之風險。
3. 對於發生長期性洩漏之設備(如儲槽、管線)，進行定期查察檢視。
4. 對於已發生擴散或漫流而造成土壤污染之區域，進行挖除與廠區內暫存之作業規劃與演練。
5. 污染物回收抽取設施設置作業(如抽油泵等)。

此外，若已污染至地下水且須進行污染物抽除動作，則須進行抽出水排入廠區污水處理廠處理之規劃

若因廠區外意外事件而造成有廠區內土水污染之虞時，則可依據廠區內之應變措施，再配合相關主管與應變機關之處置作為來進行應變作為。

3.3.7 土壤及地下水污染改善技術

土壤及地下水污染改善技術方法之選擇與場址特性、污染物種類/污染程度、法令規定、經費需求等因素有關，相關技術來源可參考美國環保署、美國能源部門、學術研究機構及技術提供者等方面獲得。

對於現地處理技術，場址特性如廢棄物量、場址地質條件（污染物深度、粒徑大小、pH 及濕度）及地理位置可能為成本效益考量下決定整治技術之關鍵因數。受污染土壤及地下水與污染物種類（如 VOCs、SVOCs、油品等）亦對整治技術之適用性有關。處理最後結果依處理標準、最終整治成果及場址對污染阻遏來判斷。對污染改善技術而言，若可以現地處理土壤污染而不將其挖除是最具經濟效益的。以下則對現地或離地之土壤及地下水處理技術加以說明。

一、離地土壤處理技術

離地處理技術需要將污染物質挖除，再於現場或離場處理。除了生物復育法外，所有離地處理技術所需清除時間都相當短，當然還得視受污染土壤量的大小及設備處理效率等，各項離地土壤處理技術彙整於表 10 中，以下分別說明之。

1. 生物復育法（**Bioremediation**）

利用微生物來降解移除的有機污染物(VOCs & SVOCs)，微生物將污染物分解作為食物來源，其最終產物一般為二氧化碳及水。常見之離地生物復育法為土地耕種法及堆肥法。

2. 去氯法（**Dechlorination**）

去氯法為化學反應中移走或置換有害物質之氯原子，以降低其毒性。污染土壤經前置處理後，與碳酸鈉混合後加熱，氯化物部份分解及揮發。揮發的氯化物再被捕捉、冷凝，而後再分別處理。

表 11 離地土壤處理技術

整治技術	應用	處理有效性	優點	缺點及限制	整體費用
生物復育	HVOCs、VOCs, 燃料、BTEX、低分子量之 SVOCs 及 PAHs、	對低分子量及非鹵化物有效	初設成本及操作成本低	需空間大、整治時間長、且需溫暖氣候	低
去氯法	高毒性含氯有機化合物如 PCBs、戴奧辛/ 喃、殺蟲劑及除草劑	對高毒性化合物可達極低濃度之需求(ppt, 10^{-12})	環境風險低, 且對高毒性化合物成本較焚化低	僅適用於高毒性有機鹵化物	中至高
焚化法	適用各種有機物	有效	可應用於所有介質及有機污染物	社會及環境多持以高風險及高費用之觀念	高
土壤淋洗	適用於重金屬移除、不適用於高有機化合物	對某些金屬有效, 但對粘土及微粒介質並不太有用	可由污染介質中移除重金屬	僅限於重金屬移除, 對有機物無效	中至高
固化/穩定化	適用於重金屬、重油之穩定化, 污泥及沉澱物之固化	穩定化可有效地防止重金屬再釋出	應用在大量之重金屬及重油上費用較低	僅為穩定污染物而非移除, 且費用及效果視選用試劑而異	低至中
溶劑萃取	適用於高分子有機化合物、液體或液體萃取	對有機物之移除不如焚化、熱脫附及脫氯作用等有效	低溫過程適用於對熱處理敏感者及有機物回收	適用於對熱處理敏感者之應用	高
熱脫附 - 直接加熱法	適用於石油系產物、HVOCs	有效	可處理量大、費用低, 設備可得性高	對高分子量及高毒性有機物較無效用	低
熱脫附 - 間接加熱法	適用於 SVOCs, HVOCs, HSVOCs, PCBs, PAHs, PCP, 戴奧辛/ 喃, 殺蟲劑, 除草劑, 汞	需選擇適當之設備及操作溫度較可達到效果	環境風險性及費用較焚化處理低, 較易被容許, 處理過程彈性較大, 對含水量高及有機物含量高者適用	對低分子量有機物不如SVE、生物處理、直接加熱熱脫附法有效	中

3. 焚化法 (Incineration)

以高溫(890°C-1200°C)揮發並在有氧狀態下燃燒鹵化物及難分解有機物，通常需要使用輔助燃料以供燃燒，在適當操作下，焚化爐對有害廢棄物的移除效率(DRE)超過99.99%，對PCBs及戴奧辛亦可操作達99.9999%的移除效率。惟所產生之廢氣及燃燒殘留物仍需處理。現場焚化處理通常使用移動式設備，而離場焚燒則是將廢棄物轉送至處理中心處理。

4. 土壤淋洗法 (Soil Washing)

被較細小之土壤顆粒吸附的污染物可由淋洗法被分離出來，淋洗液中可加入萃取劑、介面活性劑、嵌合劑等或調整pH值，以助其移除有機物及重金屬。

5. 固化/穩地化法 (Solidification/Stabilization)

由物理及化學方法降低有害物質或污染物在環境中的移動性，此法以現地及離地處理皆可，離地處理時污染物被穩定劑束縛或包覆其中，然而此固化產物尚需掩埋處理。而現地處理則以鑽機及注射系統將固化劑直接注入現地土壤中處理。

6. 溶劑萃取法 (Solvent Extraction)

以有機溶劑為萃取劑將土壤中之有機物及金屬污染物質分離出來，將污染土壤與萃取劑在萃取器中混合攪拌使污染物溶解，萃取液再置於分離器中藉以分開污染物及萃取劑。由於此法與熱脫附、焚燒及去氯法等比較，費用極高且產生高濃度污染物，因此並不被推薦。

7. 熱脫附法 (Thermal Desorption)

污染土壤經加熱脫水並將有機污染物揮發，再利用真空系統或氣體攜帶揮發的水蒸汽及有機物至氣體處理系統中。依脫附溫度可分為高溫熱脫附(90~320°C)及低溫熱脫附(320~560°C)兩大類。高溫熱脫附也稱為中溫熱脫附，以與高溫焚化有所區別。熱脫附設備有以下幾種不同應用：

(1). 直接加熱系統 (Direct heated)

此系統以燃燒器加熱空氣作為熱源，並強迫其穿過旋轉窯中，

使其直接與廢棄物接觸，反應後所產生的大量廢氣將再通過集塵系統及二次燃燒室處理，但此系統僅能應用在低濃度污染土壤及某些含氯揮發性有機化合物。

(2). 間接加熱系統 (Indirect heated)

此系統將空氣、蒸汽、熱流、融鹽或金屬表面之電源轉換為熱力用來處理廢棄物，熱脫附過程中有機污染物以物理機制與土壤分離，被脫附的有機物經冷凝後回收，再經過活性碳處理後排放至大氣中。對污泥、沉澱物、含水量高及污染含量高之廢棄物來說，間接加熱系統較為適合。此系統漸漸被應用在毒性含氯有機物（如 PCBs、戴奧辛、殺蟲劑、除草劑及 PCP 等）之處理方法。

二、現地土壤處理技術

源頭控制的現地處理技術應用主要為不經過開挖、抽除或移動污染介質至地表，而直接處理污染介質或將污染物移除，各項現地土壤處理技術彙整於表 11 中，以下分別對各處理技術作一說明。

1. 生物復育法 (Bioremediation)

此方法為刺激或打造一合適環境以利微生物生長，並以污染物為食物及能量的來源，也就是說提供充足的氧氣、養份、水份並調整溫度及 pH 值。生物通氣法是現地生物復育法較常用的一種方式，乃利用通氣井將空氣間歇式泵入地下以增進空氣的循環。

2. 化學處理法 (Chemical Treatment)

藉由氧化還原反應，可將有害污染物質轉換為無害或毒性較低的化合物，此化合物較穩定、移動性低，甚至為鈍性。較常用的氧化劑為 O^3 、 H_2O_2 、 $KMnO_4$ 、 OCl 。化學氧化還原技術可與其他現地處理技術合用以提高其處理效率。

表 12 現地土壤處理技術一覽表

整治技術	應用	處理有效性	優點	缺點及限制	整治時間	整體費用
生物復育	HVOCs, BTEX, 低分子量 SVOCs, VOCs, 低分子量 PAHs, 燃料	對低分子量及非鹵化物有效	初設費及操作維護費用低	處理時間較長, 需較溫暖氣候及低分子量有機物	長	低
化學處理	HVOCs, HSVOCs, 殺蟲劑, 除草劑以氧化方式進行; HVOCs, 金屬以還原方式進行	在污染源及污染團處理時, 對 HVOCs 及 BTEX 量減少有效	使用臭氧、過氧化氫及高錳酸鉀可與許多污染物快速及大量反應	限於目標污染源及污染團地區	短至一般	中
電動力法	HVOCs, 重金屬	—	可應用於有機物及重金屬	試驗結果尚不足夠	一般	中
植物復育法	HVOCs, BTEX, 金屬	移除可溶性污染物, 增加有機物之降解, 及穩定重金屬	經濟有效、維護費及環境影響低	留意場址選擇需求需要對化合物與植物根系作更進一步研究	長	中
空氣裂隙法	HVOCs, BTEX, 低分子量 SVOCs, VOCs, 低分子量 PAHs, 燃料	使砂土、黏土、頁岩、床岩產生裂隙以加速其他現地處理技術	廣泛應用在污染物上, 作為其他現地處理技術之加強處理	在處理床岩及滲透性低之黏土及砂土時較困難	一般	中
土壤淋洗	石油產物, HVOCs	有效	量大且設備費用低	高分子量及高毒性有機物效果不	長	中
土壤氣體抽除法	HVOCs, BTEX, 低分子量 SVOCs, VOCs, 低分子量 PAHs, 燃料	低分子量有機物合適系統有效	現地處理中較常見且具彈性技術可結合注氣法、生物通氣、空氣/水力裂隙法、熱加強法及其他地下水處理技術	限於低非子量有機物, 受土壤條件、深度及岩床組成影響	一般	低
固化/穩定化	重金屬穩定化、污泥/沉積物固化、重油穩定化	穩定化可有效防止重金屬由物質中溶出	使用低廉試劑處理某些重金屬及重油則為大量且費用低之應用	穩定污染物而非移除, 費用及表現結果視試劑選擇而異	短	低到中
介面活性劑/共同溶劑淋洗	增加移動性、可溶性減少 NAPL 及 DNAPL 表面張力	對某些有機物有效, 對黏土及細顆粒介質則不太有效	增加 NAPL/DNAPL 之移動性及可溶性	小型處理加強技術	長	中到高
熱加強法 (RF, AC, 熱空氣, 熱水及蒸汽)	增加蒸氣壓, 擴散性, 黏土滲透性使有機物揮發及移除更具效力	選擇性加熱及應用有效	改善有機物揮發移除	限於小型加強處理特殊應用處理	一般	中

3. 電動力分離法 (Electrokinetics)

此法可在飽和或未飽和土壤中，分離或抽除重金屬、放射性物質及有機污染物。原理為將電極對分別植入污染土壤中，以低強度直流電通過，電流產生電滲透及離子移動，可使表層下液相污染物或由土壤表面脫附的污染物，根據其帶電狀況，移動到相對的電極附近，達到分離的效果，再經過回收系統抽取集中於電極附近之污染物。介面活性劑可提高污染物的溶解性，以加速污染物之移除。此為一較新穎技術，尚無充分之實場運用經驗。

4. 植物復育法 (Phytoremediation)

此法為利用植物來移除、移轉、穩定或破壞土壤及沉積物中之污染物。植物復育之機制包括提高根部周圍生物降解作用、植物萃取、植物降解及植物穩定化。植物可被用來作為現場復育整治，可經由對毒性有機物產生礦化作用，並累積濃縮重金屬或其他無機物，將污染物由土壤中送至地面上的芽內。

5. 空氣裂隙法 (Pneumatic Fracturing)

以高壓空氣注入受污染的強化沉積物中，擴展已存在的裂縫並發展其他方向網狀小縫隙。擴大的縫隙網增加土壤中液體及氣體之滲透性並加速污染物之移除速率，尤其對氣體抽除、生物降解及熱處理等方法。

6. 土壤淋洗法 (Soil Flushing)

將大量的水（有時添加介面活性劑或螯合劑）注入土壤或注入地下水中以提高受污染土壤區內之地下水位，將污染物淋洗出來，再將淋洗出的水與地下含水層分離後回收處理。

7. 土壤蒸汽萃取法 (Soil Vapor Extraction, SVE)

此法通常應用於發生在未飽和含水層污染處理，利用抽氣井抽氣產生真空，而隨壓力梯度造成氣體流動，使揮發性污染物由土壤中擴散至抽氣井中，另注入空氣亦可提高生物通氣效果，但尚需對廢氣處理控制。一般較常用為現地土壤通氣、現地揮發、加強揮發或土壤真空抽除法。為提高處理效率及適用範圍，此技術亦發展出許多新的應

用，如熱空氣注入、合併蒸汽萃取及注氣法、蒸汽注入、生物通氣、適當的田間翻動、空氣裂隙、水力裂隙、射頻加熱、化學氧化及地下水循環井法等。

8. 固化／穩定化法 (Solidification/Stabilization)

原理同離地處理中之固化／穩定化法。

9. 介面活性劑／共溶劑淋洗法 (Surfactant/Co-solvent Flushing)

添加介面活性劑或共溶劑（如醇類）來萃取土壤中的污染物。此法乃將介面活性劑以注入或滲透方式泵入土壤中，污染物被淋洗至地下水中，然後再將其收集、抽出並處理。

10. 熱增強法 (Thermal Enhancement)

利用無線電波及電阻加熱方式來去除土壤中有機化合物。藉選擇性加熱黏土層至 100°C 或以上，可以(1)增加污染物蒸氣壓及擴散力，(2)增加黏土層釋放水蒸氣及污染物之有效滲透性，(3)於現地蒸氣氣提處理時，可增加污染物之揮發性，(4)黏滯性降低以提高移動性。此技術為自限性，當黏土加熱乾燥時，電流會停止流動。熱空氣、熱水、蒸氣注入為其他熱增強技術。在滲透性較高的砂土中，可用蒸氣注入法，藉蒸發作用，其壓力迫使土壤、水及污染物移動，有機物可被轉換至蒸氣相，隨後被冷凝、抽除移出。注入適溫之熱水（50°C）於污染區中，可增加自由相有機物之溶解性，亦有助於抽除處理，其重要機制可能是自由相液體之黏滯性降低，進而可被熱水移走。

三、地下水處理技術

地下水處理復育技術包括傳統抽除處理、現地處理或兩者合用等方式，各種地下水處理技術彙整於表 12 中，以下對 8 種地下水整治技術分別加以說明：

1. 地下水抽除處理 (Groundwater Pump-and-Treat)

此法乃將地下水抽至地面上再行，廣泛使用傳統水處理方法來處理地下水。若場址之清除工作需要長時間進行，則此方法之操作維護費用非常昂貴。

表 13 地下水處理技術一覽表

整治技術	應用	處理有效性	優點	缺點及限制	整治時間	整體費用
抽除處理	HVOCs, BTEX, 低分子量 SVOCs/HSVOCs, VOCs, 低分子量 PAHs, 燃料	可有效將污染物由地下水中搆出	初設費用低, 應用廣泛	操作費用高, 限於污染物可溶解或浮在地下水中, 非源頭控制技術	非常久	低至高
雙相萃取法	HVOCs, BTEX, 低分子量 SVOCs/HSVOCs, VOCs, 低分子量 PAHs, 燃料	在地下水多相中有效的移除有機物	初設及操作費用低, 應用廣泛	主要由地下水中回收產物及移除主要有機物	一般	中
注氣法	HVOCs, BTEX, 低分子量 SVOCs/HSVOCs, VOCs, 低分子量 PAHs, 燃料	對較輕的 VOCs 如 BTEX 較有效	費用低及容易應用	對較輕的有機物注氣法結合 SVE 即可	短	低
生物復育	HVOCs, BTEX, 低分子量 SVOCs/HSVOCs, VOCs, 低分子量 PAHs, 燃料	在注氣法/生物通氣/SVE 過程中, 產生好氣消化作用, 對非鹵化低分子量之 VOCs/ SVOCs 有效	可應用為源頭控制技術, 對分裂岩床地區的 HVOCs 以加強生物復育進行	養分/pH/溫度控制以加強生物復育作用, 移除其限制條件	長	低至中
化學氧化	HVOCs, HSVOCs, BTEX, 殺蟲劑, 除草劑	在污染源及污染團處理時, 對 HVOCs 及 BTEX 量減少有效	使用臭氧、過氧化氫及高錳酸鉀可與許多污染物快速及大量反應	限於目標污染源及污染團地區	短	中
地下水循環井 (GCW)	HVOCs, BTEX, VOCs	可由地下水及飽和土壤中有效的移除污染物如 HVOCs 及 BTEX	不需要注入井, 免除將污染地下水抽至地表上處理之動作, 可結合 SVE、生物復育及化學處理法	場址特殊應用, 適當設計以避免污染團延伸至其他區域	一般	中
通透性反應牆 (PRBs)	HVOCs, 金屬、氫化物	在地下水反應牆發生化學還原作用而將污染物移除	應用於某些重金屬, 避免污染物隨地下水流移動	場址特殊應用	長	中
植物復育	HVOCs, BTEX, 金屬	可移除可溶性污染物, 提高有機物降解作用, 穩定重金屬	經濟有效, 維護費用及環境影響低	實廠試驗計畫需要對化合物與植物根系作更進一步研究	長	低至中

2. 雙相萃取法 (Dual-Phase Extraction)

以真空系統來移除污染地下水、分離相的石油系產物及蒸汽等結合之污染物質，此系統先降低井四周的地下水位，使其部份曝露出更多，當被抽到地面上時，抽除蒸氣、液相有機物及地下水將被分離及處理。之後可利用 SVE 系統來抽除處理新曝露出的通氣層區內之污染物質。

3. 注氣法 (Air Sparging)

此法以空氣或氧氣注入受污染含水層中，注入的空氣沿水準及垂直方向流經土壤細縫之間，形成地底下可由揮發移除污染物質之清潔劑。注入之空氣可將污染物質沖洗至未飽和層中，蒸氣抽除系統常與注氣系統連接，繼續進行移除所產生之蒸氣相污染物質。氧氣也可被加入受污染地下水中，通氣層土壤亦能提高在地下水位上、下方污染物質的生物降解作用。

4. 生物復育法 (Bioremediation)

營養源、氧氣等利用井被泵入含水層中以加強地下水中生物降解污染物質之作用，現地生物復育法之加強法可用生物注氣法 (biosparging) 及生物啜食法 (bioslurping)。

5. 化學反應法 (Chemical Oxidation)

將試劑注入地下水中並使其溶解，可轉換污染物質為無害或非溶性化合物，常使用的氧化劑如 O_3 、 H_2O_2 、 $KMnO_4$ 等。

6. 地下水循環井 (Groundwater Circulation Wells, GCW)

地下水循環井系統以不將水抽出地面為原則，將地下水抽入井中，再注回地下含水層中，以造成含水層中之循環模式。根據此機制，亦發展出許多應用技術，如循環井技術 (Recirculating Well Technologies, RWT)、井內蒸氣氣提法 (**in-well vapor stripping**)、井內空氣氣提法 (**in-well air stripping**)、現地蒸氣氣提法 (**in-situ vapor stripping**)、現地空氣氣提法 (**in-situ air stripping**)、真空蒸氣抽除法 (**vacuum vapor extraction**) 等。

7. 通透性反應幕牆 (Permeable Reactive Barriers)

在地下水污染團流經處設置一通透性反應牆，反應牆之材質可為零價金屬、螯合劑、吸附劑及微生物等。在允許地下水通過之同時，藉由還原劑（如零價鐵）或強鹼（如氫氧化鈣、氫氧化鎂）將污染物暫時阻擋下來。在還原反應中，零價鐵可將有機物脫氯；強鹼劑可降低金屬溶解性或使成為金屬氫氧化物而沉澱，如將六價鉻氫氧化物轉為不溶性之三價鉻氫氧化物。污染物經此反應強發生降解作用或形成一更集中物質。PRBs 法也常與垂直建造牆（**vertical engineered barriers, VEBs**）結合使用，以助引導地下水流經反應牆中。加入生物降解性聚合物可避免反應牆堵塞問題。

8. 植物復育法 (Phytoremediation)

植物復育法可移除滲透至地下水中之溶解性污染物如重金屬、溶劑、石油添加劑等。

第四章、採樣及檢驗分析

4.1 土壤及地下水採樣位置

對於土壤及地下水採樣之採樣點，其規劃評估方式在新建廠階段章節 3.1.2 及營運階段章節 3.2.3，已詳細陳述土壤及地下水採樣點之位置選定方法，詳細之內容可參閱章節 3.1.2 及 3.2.3。

4.2 土壤及地下水質分析項目

土壤檢測項目依據法規所列之行業別(半導體製造業)要求之檢測項目，地下水分析項目主要分為評估地下水背景之基本水質及主要離子等一般水質項目，與掌握潛在污染源之重點項目（即有害物質）。其中重點污染項目是以土水法已公告監測基準或管制標準之物質為對象。

1. 土壤分析項目

依據法規所列之高科技廠(半導體製造業)要求之土壤檢測項目，依污

染物在土壤剖面傳輸之特性，各層土壤檢測之項目分別為：第一層及第二層土壤的分析項目為八大重金屬（鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳），而深層土壤(50~100cm)則針對 VOCs(包括苯、甲苯、乙苯、二甲苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、氯乙烯等 13 項)、SVOCs(包括 1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、3-3'-二氯聯苯胺、六氯苯、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、五氯酚等 7 項)。

2.地下水分析項目

地下水分析項目主要分為評估地下水背景之基本水質及主要離子等一般水質項目，與掌握潛在污染源之重點項目（即有害物質）。因此本計畫之地下水質採樣與分析內容為：

- (1). 一般項目(水溫、導電度、酸鹼值)。
- (2). 重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)。
- (3). VOCs：主要為苯、甲苯、萘、四氯化碳、氯苯、氯仿、氯甲烷、1,4-二氯苯，1,1-二氯乙烷，1,2-二氯乙烷，1,1-二氯乙烯，順-1,2-二氯乙烯，反-1,2-二氯乙烯，四氯乙烯、三氯乙烯、氯乙烯等 13 項)

對於土壤及地下水採樣分析之項目及方法可參照下表 14 所示。

表 14 土壤及地下水分析項目及分析方法

分析項目		中文分析方法	環保署代號
地下水	水溫	水溫檢測方法	NIEA W217.51A
	pH	電極法	NIEA W424.51A
	導電度	導電度計法	NIEA W203.51B
	鉛、鉻、鎘、銅、鋅、鎳	感應耦合電漿原子發射光譜法	NIEA W311.51B
	砷	自動化連續流動式氫化物原子吸收光譜法	NIEA W434.53B
	汞	冷蒸氣原子吸收光譜法	NIEA W330.51A
	VOCs	吹氣捕捉/氣相層析質譜儀法	NIEA W785.53B
土壤	鉛、鉻、鎘、銅、鋅、鎳	王水消化法	NIEA S321.63B
	砷	砷化氫原子吸收光譜法	NIEA S310.62C
	汞	冷蒸氣原子吸收光譜法	NIEA M317.01C
	VOCs	氣相層析質譜儀偵測法	NIEA M711.01C
	SVOCs	毛細管柱氣相層析質譜儀法	NIEA M731.00C

4.3 土壤及地下水採樣時程

依據計劃與配合建廠及營運進度相關時程，需事前規劃完整之採樣時程表，以利於法規所要求之下列條件前完成採樣作業。

1. 事業於設立、停業或歇業前，應檢具用地之土壤污染檢測資料。
2. 事業所使用之土地移轉時，讓與人應提供土壤污染檢測資料。
3. 開挖整地或改變地形地貌者，應於施工前完成檢測；否則應於工廠或設施進行試運轉（試車）前完成檢測。

4.4 採樣分析之品保品管計畫

對於土壤及地下水採樣分析方面，但基於確保採樣品質，仍分別配合執行一次土壤及地下水之現場採樣監督工作。以下茲就土壤及地下水之採樣、品保品管工作等詳述如下。

4.4.1 採樣

1. 土壤

土壤採樣作業程序主要依據環保署所公告之「土壤採樣方法(NIEA S102.60B)」來執行，依據檢測項目要求的採樣深度分為(1)表土(0~15公分)、(2)裏土(15~30公分)及(3)深層(50~100公分)等三種，所使用之採樣器具如下表所示：

設備名稱	功能說明
1. 不擾動套管式採土器	用於採集分析金屬與一般項目之土壤樣品。
2. 不擾動土壤有機物採樣器	用於採集分析有機物項目之土壤樣品。

本計畫土壤採樣的主要採樣步驟說明如下：

- (1) 確認土壤之採樣位置，並準備該測站所需之土壤採樣設備器材與樣品瓶組。
- (2) 分別依所需檢測項目進行分層採樣作業：①表土(0~15公分)、②裏土(15~30公分)及③深層(50~100公分)等三種。
- (3) 至預定採樣的位置，將螺旋採樣桿置入，取得表層土壤樣品。
- (4) 利用螺旋鑽桿或鑽井設備繼續鑽探至預定深度，取出換成雙套管採樣管。
- (5) 將外管與襯管壓入，使得土壤樣品充滿襯管後，取出襯管，使用管蓋將管兩端密封並將樣品冷藏。
- (6) 繼續上述2~3步驟採樣。
- (7) 藉由品保品管計畫之執行，易於避免交互污染之現象發生。
- (8) 樣品採集後，分裝於該測站所準備的樣品瓶組中，並立即依樣品保存方法進行樣品保存作業。
- (9) 將分裝保存好的樣品，進行樣品清點與檢查作業，並立即將樣品置放於冷藏櫃，並填寫土壤採樣記錄表。

(10)採樣作業完成後，立即以採樣車將樣品送至檢驗單位，並指派專人負責接樣作業及樣品分析工作。

2. 地下水

水質採樣分析工作，主要係參照行政院環保署於94年12月12日所公告之「監測井地下水採樣方法(NIEA W103.53B)」之地下水採樣方法之品保品管程序執行地下水採樣，重點如下：

- (1). 現場採樣人員需戴丟棄式衛生手套，避免污染水樣。
- (2). 事先完成所有設備之除污工作，開始量測水位及填寫地下水背景調查、採樣記錄表。
- (3). 採樣時使用採樣泵以 2.5 L/min 流速，於抽除水量之過程中，立即進行現場量測，量測結果需詳細記錄，以為現場採樣品質管制程序之永久記錄。待 pH 值、電導度、溫度、溶氧及氧化還原電位穩定後（變化範圍分別在： ± 0.2 、 $\pm 3\%$ 、 0.2°C 、 $\pm 10\%$ 及 $\pm 10\%$ 以內時），則可結束洗井進行採樣作業。
- (4). 水樣之溫度應先予以量測，俾利其他水質試驗之修正依據。
- (5). 校正pH計及導電度計。若需採揮發性有機物水樣時，校正攜帶式溶氧計及攜帶式氧化還原電位計。將校正資料記錄於地下水採樣紀錄表中。
- (6). 取樣前先將每一水樣瓶貼好標籤，標籤上應包括下列各項資料：監測井編號、樣品名稱、儲存條件、樣品收集日期和時間、分析項目。
- (7). 為確定無任何污染水樣的情形發生，將另採集總水樣之10%的品保/品管水樣。
- (8). 採取水樣後並進行水樣之保存及加藥，確保水樣不產生質變。地下水採樣設備及作業如圖19所示。

4.4.2 採樣之品保與品管

土壤及地下水採樣工作是調查土壤及地下水污染中最重要的一環，除需防止鑽井及按裝監測井因施工之人為因素導致污染物進入地下水外，亦需嚴守土壤及水質採樣之工作步驟，以避免其交互污染。圖20為土壤及地下水採樣QA/QC工作流程；有關的程序與注意事項如下：

一、洗井

採樣之目的即在於能取到含水層中預定深度之原狀水，以增加實驗樣品之代表性。故於採樣前須將已滯留在井中多時較不具代表性之水移去（即洗井）。原則上，至少三倍井中水量的水應在採樣前移去，通常以測試所取出之地下水的溫度、pH值及電導度(Conductivity)來判定水質穩定程度($\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 ± 0.5 、 $\pm 10\%$)，決定洗井是否完成。



現場水質儀器



發電機與流速控制器



洗井時，現場水質紀錄



Bailor 管取樣

圖 19 地下水取樣說明

1896

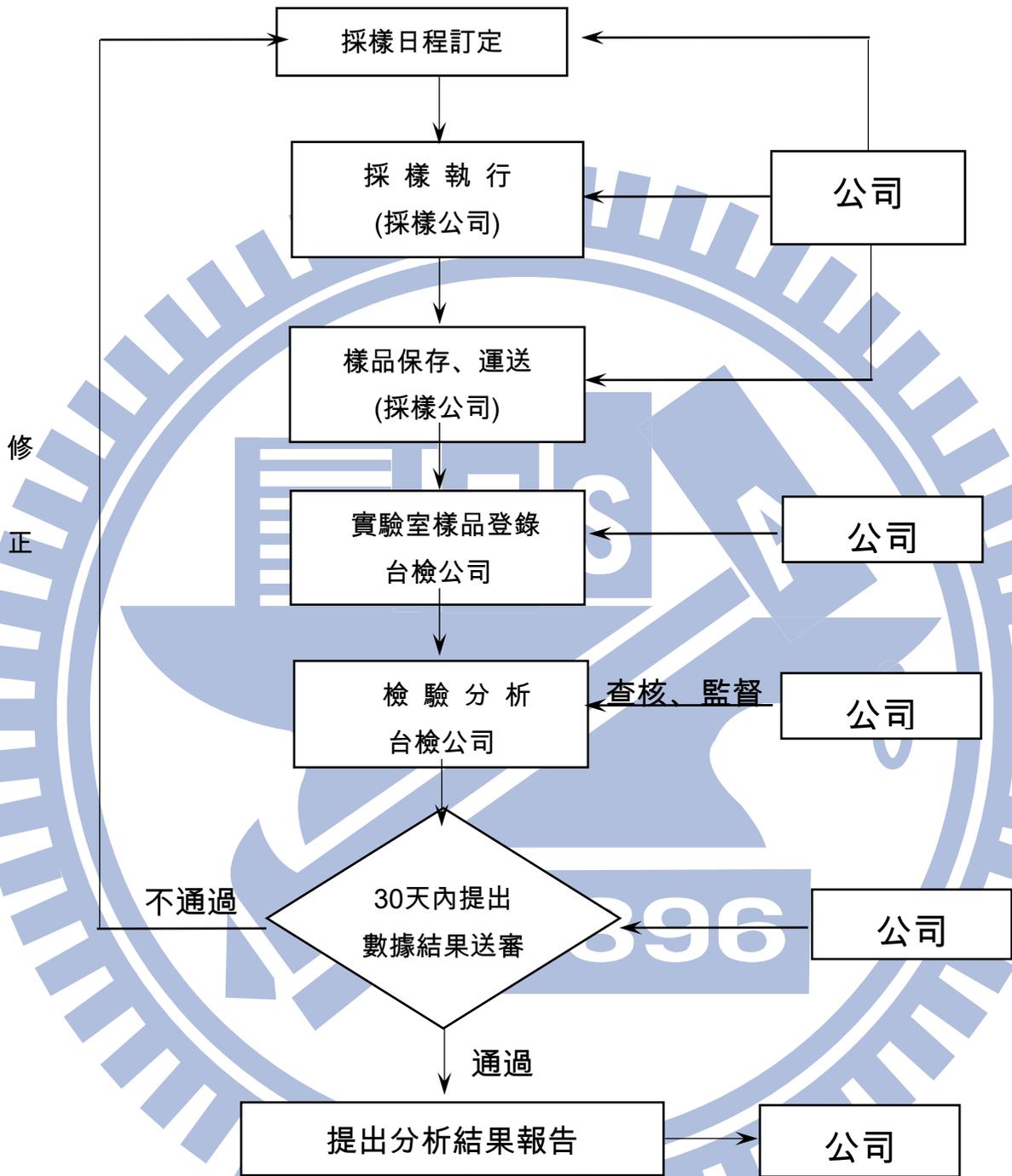


圖20 土壤及地下水採樣品保品管計畫執行流程

二、土壤揮發性有機化合物採樣

由於揮發性有機化合物易因操作不當而曳散，因此以採樣襯管裝置待測土壤揮發性有機化合物時，樣品管須儘量充滿土樣，避免及減少擾動，並於兩側套上鐵氟龍封帽或內置鐵氟龍膜之塑膠封帽，再於封帽邊緣以石蠟 (paraffin) 封口，確保其密封效果。

三、器材清洗

使用取樣器取樣前，對所有取樣器及其附屬器材充分清洗乾淨：

1. 採樣器材洗滌與防污

依本計畫需要，現有地下水監測井之洗井 (purgings) 以 Grundfos-MP1 幫浦洗井，再以拋棄式 Bailer 採樣：

- (1). 洗井幫浦 (Grundfos-MP1)：於採樣出發前先以去離子水或蒸餾水洗淨。
- (2). 土壤採樣器：先用毛刷或鋼刷將附著的土壤刷除，再以熱水或無磷清潔劑清洗，如果水樣中可看出有油脂或油份存在時，則用正己烷 (n-Hexane) 或丙酮清潔劑清洗。

以自來水沖洗到無清潔劑殘存為止，最後以去離子水或不含有機物之試劑水清洗，在室內烘乾後，以塑膠袋或鋁箔紙包裹備用。

2. 樣品容器洗滌

本計畫所需之樣品容器種類依分析項目區分為：重金屬、揮發性有機物、以及其他一般項目等類別，各類樣品容器之洗滌方法說明如下：

- (1) 重金屬：聚乙烯塑膠瓶 (PE) 附螺旋蓋，必須先以 1:1 之硝酸洗劑洗淨後，再以 RO 水沖淨，晾乾加蓋備用。
- (2) 揮發性有機物：玻璃瓶附蓋，先以無磷清潔劑浸泡清洗除去油質或有機物，再以 RO 水沖淨，最後以去離子水淋洗，並置入 $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 烘箱內烘乾，加蓋備用。盛裝揮發性有機物樣品之容器，除依照一般樣品容器之方式外，最後須以試劑水淋洗 2 分鐘，再以 105°C 烘乾至少 1 小時。清洗盛裝農藥樣品之容器時，須先

以最後使用之溶劑沖洗，再依照一般樣品容器之清洗方式清洗。

(3)其他一般項目：聚乙烯塑膠瓶(PE)附螺旋蓋，先以無磷清潔劑清洗除去油質或有機物，以自來水沖淨後，再以去離子水沖洗，晾乾加蓋備用。

(4)土壤採集管：PETG及PVC管不回收再用；不鏽鋼襯管則依土壤採樣器之洗滌方法清洗風乾後，以塑膠袋或鋁箔紙包裹，兩端套上封帽。

清洗過之器材不得置於地上或有污染之虞之表面，採樣人員必須戴手套，手套在取樣進行前也需要清洗，清洗步驟同清洗取樣器及附屬器材。每一位參加取樣工作人員須按採樣記錄表詳載：採樣前之洗井、量測地下水水位、清洗採樣器材、採水樣、保存水樣之詳細步驟及與採樣有關之事項。

四、樣品保存之QA/QC

1. 土壤

由於土壤樣品之部分成份會隨化學性或生物性的變化而改變其性質，故採樣與檢驗間隔的時間不宜過長，應依各檢測方法之規範要求（詳表12）保存。其中重金屬部分，除了六價鉻及汞可在 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 保存28天外，其餘重金屬項目可在室溫下保存6個月。有機成分應避免光照，保存在 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下，並儘速檢驗；若不能立刻檢驗，則需先進行萃取處理，處理後之萃取液可以保存至40天。

表 15 土壤各種檢驗項目的採樣及保存方法

檢測項目	土樣需要量 (g)	容器	保存方法	保存期限	備註
重金屬	500 ~ 1000	塑膠夾鏈袋	室溫	6月 ~ 1年	
揮發性有機物 (VOCs)	100	以1+1硝酸洗淨之玻璃瓶	暗處， 4°C 冷藏，若測定溶解性磷酸鹽，須於採樣後立刻以 $0.45 \mu\text{m}$ 之薄膜濾紙過濾。	2週 ~ 1個月	
半揮發性有機物	100	玻璃或塑膠瓶	暗處， 4°C 冷藏。	2週 ~ 1個月	

2. 地下水

水樣會隨化學性或生物性的變化而改變其性質，故採樣與檢驗間隔的時間愈短，所得的結果愈正確可靠；若採樣後不能立刻檢驗，則樣品需以適當方法保存以延緩其可能產生之變質。保存的方法包括pH控制、冷藏或添加試劑等，以降低生物性的活動及成份之分解、吸附或揮發等，但對於易受環境影響之不穩定水質化學參數，則需在現場加以測定。

本計畫所有檢驗項目之保存方法、保存期限、樣品體積與樣品容器如表13所示。

五、樣品運送之QA/QC

1. 樣品運送之品保

本計畫地下水採樣作業於每批採樣均準備一組運送空白樣品，其追蹤分析項目的選擇，主要係以揮發性有機物為追蹤對象。若待測樣品偵測出含有揮發性有機物(VOCs)時，則進行相關之運送空白樣品分析，以確認釐清是否為運送途中污染或待測樣品本身的實際狀況。

2. 樣品運送之品管

採樣負責人於採樣完成後，仔細清點所採樣品及所攜設備，並檢查樣品是否包裝妥當，清點檢查無誤後，將樣品置入冷藏櫃中，同時亦檢查與填寫樣品監控表，當日採樣完畢後，由檢測公司以採樣車將整批樣品運回實驗室，後依分析項目，分送至相關實驗室進行分析。採樣負責人與樣品運送人員需特別注意所有樣品於運抵實驗室之時間，以確保樣品之保存期限皆能達到要求，所有採樣記錄表與樣品監控表應隨樣品，同時送回實驗室，由所指派的專人負責樣品接收。

表 16 水質（包括：水質水量、飲用水及地下水）樣品保存規定

檢測項目	水樣需要量 (mL) 註 2	容 器	保 存 方 法 註 3	最長保存期限
導電度	500	-	若採樣後無法在 24 小時內測定完成，應立即以 0.45 μm 之濾膜過濾後，4 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏並避免與空氣接觸。	-
pH 值	300	玻璃或塑膠瓶	-	立刻分析 (現場測定)
溫度	1000	-	-	立刻分析 (現場測定)
一般金屬	200	以 1 + 1 硝酸洗淨之塑膠瓶	加硝酸使水樣之 pH < 2 (若測定溶解性金屬，須於採樣後立刻以 0.45 μm 之薄膜濾紙過濾，並加硝酸使濾液之 pH < 2)。加酸後之水樣應貯藏於 4 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$ 下。	180 天
六價鉻	300	塑膠瓶	暗處，4 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏。	24 小時
砷	-	以 1 + 1 硝酸洗淨之塑膠瓶	水樣於採集後應立即添加濃硝酸使水樣之 pH 值小於 2。	180 天
汞	500	預先以低汞含量濃硝酸或超純濃硝酸 (1 + 1) 溶液洗淨之下列容器： 1. 石英或鐵氟龍 (TFE) 2. 聚丙烯或聚乙烯材質且具聚乙烯蓋之容器。 3. 硼矽玻璃材質之容器。	添加濃硝酸使水樣之 pH 值小於 2，加酸後之水樣宜貯藏於約 4 $^{\circ}\text{C}$ 。或每 1 L 水樣中添加 2 mL 含 20 % (W/V) 重鉻酸鉀之低汞含量濃硝酸或超純濃硝酸溶液 (1 : 1)，並置於無汙染之冷藏庫 (4 $^{\circ}\text{C}$) 中保存。	若水樣中含數 mg/L 濃度之汞時，其保持穩定之期限為 35 天，但當水樣中汞濃度僅為 0.001mg/L 範圍時，應於採樣後儘速分析。
揮發性有機物 (VOCs)	40*2	40mL 褐色直口玻璃瓶盛裝樣品，瓶蓋內附鐵氟龍墊片。	不得以擬採之水樣預洗，加鹽酸使水樣之 pH < 2，裝樣後不得含有氣泡，暗處，4 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏，若水樣中含有餘氯，則於每瓶水樣中添加 25 mg 抗壞血酸。	14 天
半揮發性有機物 (SVOCs)	1000	以褐色玻璃瓶或以鋁箔紙包裹等避光方式處理之玻璃瓶盛裝樣品，並須附鐵氟龍內墊之蓋子。	不得以擬採之水樣預洗，暗處，4 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏 (若水樣中含有餘氯，則需添加 80mg 硫代硫酸鈉 / L)。	水樣應於 7 天內完成萃取，萃取後 40 天內完成分析。

註：1、資料來源：民國 94 年 3 月 2 日環署檢字第 094001591 號公告，NIEA W102.51C。

2、表中所列水樣需要量僅足夠使用一種檢測方法分析一次樣品之用，若欲配合執行品管要求時，則應依需要酌增樣品量。

3、表中冷藏溫度 4 $^{\circ}\text{C}$ 係指 4 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$ 之變動範圍。

4.4.3 採樣作業品保品管執行

本計畫土壤及地下水採樣作業均按上述之採樣、保存及運送品保品管要求來執行，並將其相關執行結果說明如下：

一、在地下水之主要品管要求方面

(一) 執行現場測量儀器(pH計、導電度計)的品管測定，以確定現場量測儀器之準確性。

(二) 執行相關運送空白樣品分析，以確認樣品運送過程無污染發生。

其實際品保品管執行情形說明於下：

(1) 現場測量儀器品管測定(pH計、導電度計)

現場測量之品管作業，主要針對測量儀器(pH計、導電度計、DO計、ORP計)進行現場校正後的標準液測定。由採樣人員準備外購之pH標準溶液(pH=7.00)與由實驗室配製的導電度標準液(導電度為 $1413 \mu\text{mho/cm}$)，於量測實際待測樣品之前，均有進行儀器現場校正後的測定，以確定測定儀器校正無誤。

本計畫檢測公司於採樣現場，pH計針對pH標準溶液之測定結果均為7.00(品管要求之pH標準溶液測值為 7.00 ± 0.03)，而導電度標準液之測定結果均為 $1413 \mu\text{mho/cm}$ (品管要求之導電度標準液測值為 $1413 \pm 70 \mu\text{mho/cm}$)，顯示本計畫之現場測試的儀器(pH計、導電度計)均符合其品管要求。

(2) 運送空白樣品分析

本計畫地下水採樣作業準備一組運送空白樣品，其追蹤分析項目的選擇，主要係以揮發性有機物為追蹤對象。若待測樣品偵測出含有揮發性有機物(VOCs)時，則進行相關之運送空白樣品分析，以確認釐清是否為運送途中的污染或是待測樣品本身的實際狀況。地下水監測井之運送空白品進行分析，其分析結果均為ND mg/L。由本計畫之監測結果得知，地下水採樣作業於樣品運送途中並無污染情形發生。

二、在土壤之主要品管要求方面

由於土壤樣品具有相當的穩定性，因此依分析項目的相關特性，選擇揮發性與半揮發性有機物為追蹤對象，進行方法空白分析，以確認釐清待測樣品本身的實際狀況。而本次土壤中揮發性與半揮發性有機物之方法空白分析結果皆為ND mg/Kg。

4.4.4 土壤及地下水檢驗之品保與品管

為尋求土壤及地下水檢驗數據之可信度，本計畫之土壤及地下水檢驗分析工作，依分析項目，委託經環保署許可之環境檢測機構—台灣檢驗科技公司執行，其檢驗分析項目包括本計畫所有之採樣分析項目，其檢驗項目包括地下水之VOCs、土壤重金屬、土壤VOCs及SVOCs。

為確保樣品的真實性、代表性，避免樣品受污染及遺失，必須追蹤樣品是否確實執行品管分析，品管分析項目計有：空白分析、重覆分析、查核樣品分析、及添加標準品分析等，並藉此品管分析來確定樣品分析的品質。

4.4.5 分析作業品保品管執行

本計畫於執行土壤及地下水樣品分析時，所執行品質管制分析計有：查核樣品分析、重覆分析、樣品添加分析等，其土壤及地下水水質品管分析結果請詳見表14~表15。

查核本計畫品保品管執行結果，彙整於表16，由彙整結果可知，本計畫土壤及地下水水質分析的品保品管分析均符合本計畫的管制要求。

表 17 土壤品保品管執行結果

序號	品保樣品名稱		實驗室控制樣品分析			添加樣品分析結果				重複樣品分析結果			
	檢驗項目	檢驗方法	添加量 (μg)	回收率 (%)	管制標準	添加量 (μg)	分析值 (μg)	回收率 (%)	添加 管制標準	分析值 1 (μg)	分析值 2 (μg)	差異 百分比率(%)	重複 管制標準
重金屬													
1													
2													
3													
4													
5													
VOC													
1													
2													
3													
4													
5													
VOCs													
1													
2													
3													
4													
5													

表 18 地下水水質品保品管執行結果

序號	品保樣品名稱		查核樣品分析結果			添加樣品分析結果				重複樣品分析結果			
	檢驗項目	檢驗方法	配製值 (mg/L)	回收率 (%)	查核 管制標準	添加量 (µg)	分析值 (µg)	回收率 (%)	添加 管制標準	分析濃度 1 (mg/L)	分析濃度 2 (mg/L)	差異 百分比率(%)	重複 管制標準
重金屬													
1													
2													
3													
4													
5													
VOCs													
1													
2													
3													
4													
5													
VOC													
1													
2													
3													
4													
5													
16													

表 19 樣品分析品保品管執行查核結果

查核類別 分析種類		控制樣品分析結果			查核樣品分析結果			添加樣品分析結果			重複樣品分析結果		
		回收率 (%)	查核 管制標準	符合 確認	回收率 (%)	查核 管制標準	符合 確認	回收率 (%)	添加 管制標準	符合 確認	差異 百分比率 (%)	重複 管制標準	符合 確認
土壤	VOCs												
	SVOCs												
	重金屬												
地下水	VOCs												
	重金屬												

4.4.6 監測結果分析及研判

經由前述採樣檢測分析結果，可得知廠區地下水水流、地下水質及土壤品質情況，可進一步對地下環境作一綜合研判分析，其評估之工作重點在於：

- 將土壤及地下水中分析項目濃度與我國法規標準比較。
- 經由特定項目分析，判斷土壤及地下水是否受特定污染源之污染。
- 由地下水流上下游之關係，進行可能污染關係研判。
- 由上述結果建構出廠區之地下水監測網絡。

4.4.6.1 監測數據之處理與彙整

本階段主要工作為：1.彙整本計畫各項監測作業之監測結果，2.將本計畫各項監測結果與環境標準比較，並列出異常值，其內容說明如下：

1.彙整本計畫各項監測作業之監測結果

本計畫之監測項目中，土壤及地下水監測作業，其結果依環境品質管制須求，彙整廠區不同區域之代表性監測結果，以利於與法規標準比較。

2.本計畫各項監測結果與環境標準比較，並列出異常值

若監測之土壤及地下水為管制項目，則將針對這些監測結果與法規比較，並以陰影方式列出不合格項目。

4.4.6.2 監測成果之綜合分析

監測成果綜合分析工作，主要係將彙整之數據，從廠區內各不同代表性之採樣結果之變化趨勢中，找尋是否具異常數據；對於有異常數據之採樣點，及配合環境基本資料調查結果，將有助於掌握主要污染源及污染物；因此，綜合分析為綜合各採樣點特性及污染特性分析之工作，以確實有效評估監測數據之成果，建構出地下水流上下游之關係，進行可能污染關係及研判廠區之地下水監測網絡。

第五章、實蹟與運作

5.1 廠址土壤及地下水環境背景調查

5.1.1 廠址環境背景調查

5.1.1.1. 場址背景狀況

新竹科學工業園區位於新竹市的東南側(圖21)，橫跨新竹市及新竹縣二縣市，園區內多為紅土台地及丘陵，其高程約在平均海平面60公尺至130公尺之間。園區北邊與交通大學為鄰，西側靠近十八尖山，東側接近關東橋，南邊毗鄰寶山鄉，呈東西向狹長不規則形，涵蓋面積約380公頃。本場址位於新竹科學工業園區一期用地(圖22)。

5.1.1.2. 地質概況

園區主要位於新竹地區，出露於新竹區域的地層，依據本場址附近監測井設置記錄之地質資料顯示，地表下4-8公尺以上為風化紅土，以下至32公尺主要為礫石層夾細砂或粉砂，偶夾薄層細砂，礫石層以下為灰色細砂及粉砂偶夾黏土。

5.1.1.3. 水文地質

依據科學工業園區管理局90年度執行之「新竹科學工業園區第一含水層地下水水質第二階段細部調查工作」調查結果顯示，竹科一期用地本場址附近之地下水流向有由西北往東南流動之趨勢。由本場址附近監測井地下水水位資料顯示，地下水位位於地表下24公尺左右。

5.1.1.4. 場址說明及勘查

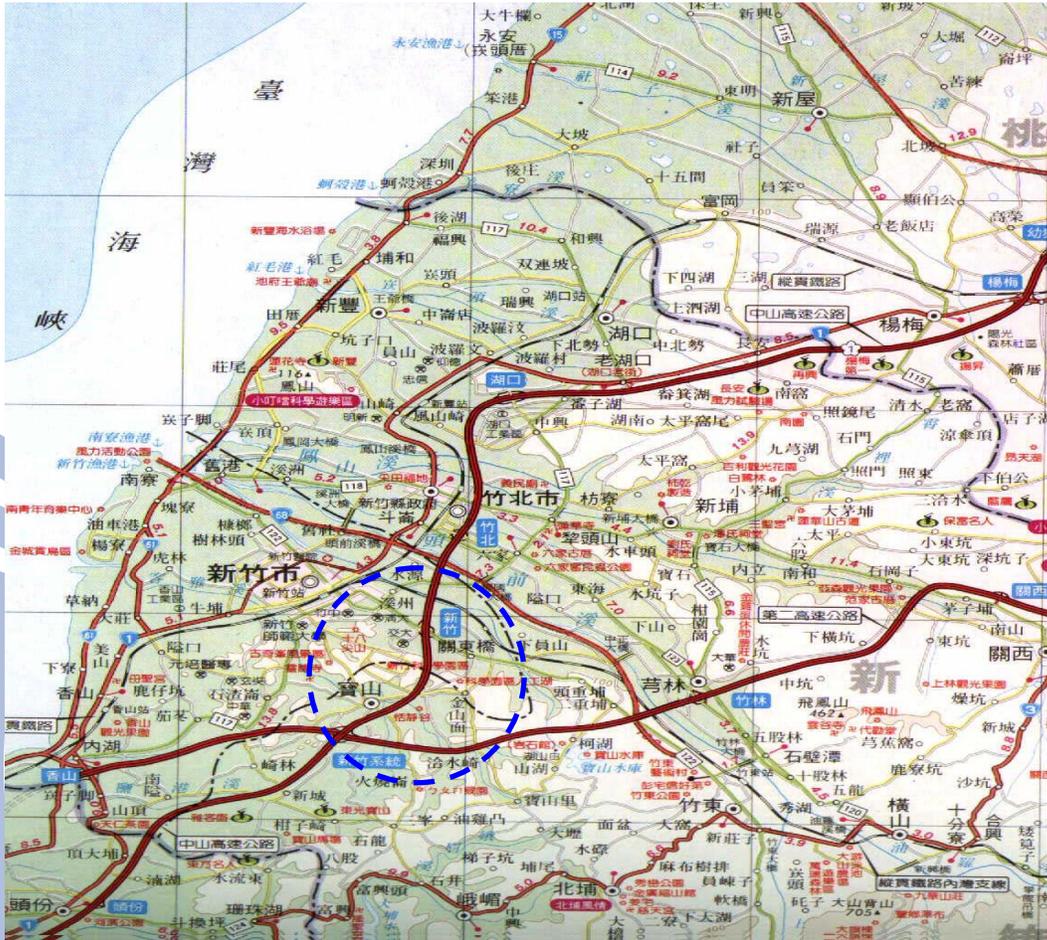
本場址位於新竹科學工業園區，於民國75年及80年分階段由A公司興建完成，民國84轉售予B公司，場址面積約30000平方公尺，建物面積約14000平方公尺。民國84前A公司營運期間，主要營運項目為電腦組裝、影像掃描器。其主要生產流程依序為零件採購、組裝及出貨等。

地下一樓佔地面積約與大廳相同，僅做為員工餐廳使用，餐廳北側有一組消防設備及一消防水槽。一樓除北側部分廠房出租，其餘主

要為倉庫、辦公室、出貨碼頭及組裝區，一樓地板鋪面皆為環氧樹脂，可防酸鹼、抗壓及磨損，無污染土壤及地下水之虞。二樓則為辦公室及倉庫。場址周圍除有4處化糞池外，無其他地上或地下儲槽。場址內產生之生活污水，由廠區周圍之污水排放管匯集經場址北側及大廳左側之污水放流口排放至園區衛生下水道。

場址勘查之勘查地點如圖23所示，茲將其詳述如下：

- 1、場址外觀：本場址為地下一層地上二層之建築樓層，大門與XX公司相對。
- 2、場址外觀：場址北側為機車停車場，隔園區二路與XX公司相對。
- 3、場址外觀：場址西側為機車停車場，隔綠帶與XX公司相鄰。
- 4、場址外觀：場址北側廠房於民國93月出租給XX公司做為辦公室及倉庫之用。
- 5、污水放流口：位於大廳左側之生活污水放流口，管線埋設深度約為地表下50公分。
- 6、污水放流口：位於場址北側之生活污水放流口。
- 7、化糞池：位於場址西側。場址周圍共有4處化糞池。
- 8、出貨成品區：位於場址西南側，堆放待出廠之成品，地板鋪面為環氧樹脂，可防酸鹼、抗壓及磨損。
- 9、倉庫：位於出貨成品區旁，堆放物料之用，地板鋪面為環氧樹脂，可防酸鹼、抗壓及磨損。



(資料來源：桃竹苗生活圈百科全圖)

圖21 新竹科學工業園區地理位置示意圖

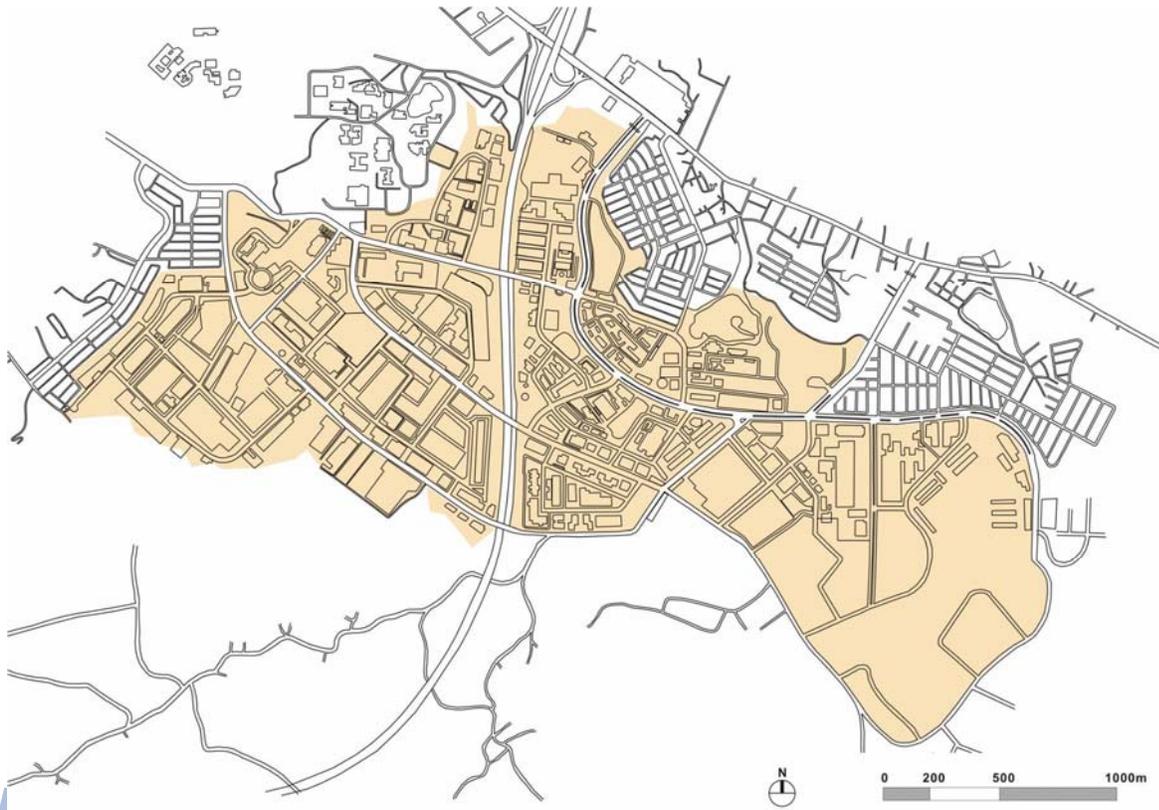


圖22 新竹科學工業園區一期用地



圖23 場址勘查之勘查圖

5.1.1.5 場址歷史回顧

「場址歷史回顧」之目的係在確認本場址或周遭環境過去之使用記錄，以瞭解目前該場址是否有環境污染狀況。

1. 場址使用歷史

本場址位於新竹科學工業園區，於民國75年及80年分階段由A公

司興建完成，民國84轉售予B公司，場址面積約30000平方公尺，建物面積約14000平方公尺。民國84前A公司營運期間，主要營運項目為電腦組裝、影像掃描器。其主要生產流程依序為零件採購、組裝及出貨等。

2. 相關環境報告回顧

此廠區曾委託XX公司於民國94執行土壤及地下水相關之環境研究計畫，從其研究報告顯示報廠址並無土壤及地下水污染之情形。

5.1.2 地下水監測井規劃設置及採樣分析

A公司曾委託XX公司於民國94年依據環保署公告之「地下水水質監測井設置規範」進行地下水水質監測井設置作業，茲將監測井設置之成果說明於后。XX公司則於民國96委託XX檢驗科技股份有限公司進行採樣分析。

1. 地下水水質監測井井位

XX公司依據本場址相關資料蒐集及現場概況，於地下水下游處場址周界南側之綠帶，規劃1口地下水水質監測井，以調查本場址之地下水狀況。本場址監測井之設井編號為MW-01。

XX公司採用之鑽井方法為頓鑽法(cable tool)，在鑽井前，為確保工安考量無虞，先進行2.0m深的人工試挖作業，確認無地下管線經過，再以鑽機鑽孔，以避免造成工安危害。

2. 地下水監測井之材質及構造

本計畫設置之地下水水質監測井為4吋之PVC監測井，其使用之材質為：

- ① 井管：4吋PVC管，型號Schedule40，為螺紋式接頭，每支長3米；有O-ring防漏。
- ② 井篩：4吋PVC管，型號Schedule40，每支井篩長3米，篩縫寬0.01吋，為螺紋式接頭；有O-ring防漏。
- ③ 井頂蓋：壓密式井頂蓋。
- ④ 井底蓋：螺紋式井底蓋。

- ⑤ 濾料：乾淨無雜質，顆粒均勻之石英砂，粒徑約1mm-2mm之間。
- ⑥ 礫脫土：直徑1/4或1/2吋，高膨脹性顆粒狀之礫脫土。
- ⑦ 環狀封：波特蘭1號水泥。
- ⑧ 表層封：波特蘭1號水泥。

3. 設置成果

MW-01監測井已於民國94年設置完成。XX公司彙整MW-01井之基本資料如表20所示，監測井之井管及井篩皆為4吋之PVC管，螺紋式接頭，井篩篩縫寬度為0.01吋，井篩設置總長度6公尺，監測井設置之構造示意圖如圖24所示。由土壤資料顯示，本場址附近之地質為：地表下0-1m為回填土，1-3m為紅棕色粉砂夾細砂，3-20m為黃棕色細砂夾粉砂，20-24.5m為黃棕色細砂偶夾小礫石，24.5-25m為灰色粉砂，25-27m為灰色細砂夾粉砂。

表20 監測井基本資料表

監測井編號	MW-01
井深	28.278公尺（井頂下）
井篩深度	22.278-28.278公尺（井頂下）
井篩長度	6公尺
井徑	4吋
井管井篩材質	PVC
座標	E 249111.012
	N 2741111.887
井頂高程	109.974公尺（平均海平面）
地下水水位	23.475公尺（井頂下）
設井日期	民國94年10月16日

監測井構造記錄圖
MONITORING WELL RECORD DRAWING & CONSTRUCTION LOG

計畫名稱 PROJECT NAME	XX廠 地下水監測井設置	計畫編號 PROJECT NUMBER	GW094		
井號 WELL NO	MW-01	設置日期 INSTALLATION DATE	94.10.16		
井頂高程 ELEVATION (MSL) (TOP OF WELL CASING)	109.974	地點 LOCATION			
鑽井方法 DRILLING METHOD	頓鑽法	鑽井公司 DRILLER	XX公司		
井孔直徑 BOREHOLE DIA(S)	8 INCHES	至	28	m	
	INCHES	至		m	
井管型式 WELL CASING TYPE	PVC	直徑 DIAMETER	4	INCHES	
井管接頭 COUPLING TYPE	螺紋式接頭				
井篩型式 SCREEN TYPE	PVC	直徑 DIAMETER	4	INCHES	
篩孔尺寸 SLOT SIZE	0.01 INCHES	井篩長度 SCREEN LENGTH	6	m	
井頂蓋型式 TOP CAP TYPE	壓密式頂蓋				
井底蓋型式 END CAP TYPE	螺紋式底蓋				
集水管型式 SUMP TYPE	---				
濾料型式 FILTER PACK TYPE	石英砂				
濾料粒徑 FILTER PACK GRAIN DIAMETER	1mm-2mm				
皂土封 BENTONITE SEAL	顆粒狀膨脹土				
環狀封 ANNULAR SEAL	水泥封				
表層封 SURFACE SEAL	水泥封				
保護箱 TRAFFIC BOX	1m 6"不銹鋼管				
洗井方法 WELL DEVELOPMENT METHOD	Air Lift	日期 DATE	94.10.17		
說明 COMMENTS					

圖24 MW-01井構造示意圖

5.1.2.1 地下水水位及流向分析

因本場址於地下水下游處設置一口地下水水質監測井，為分析本場址附近之地下水流向，XX公司發函至園區管理局申請量測園區MW-x5、MW-x0、MW-x1、MW-x2及MW-x5監測井之水位，以利本場址地下水流向分析。

XX公司於民國94年，量測本場址MW-01及園區MW-x5、MW-x0、MW-x1、MW-x2及MW-x5地下水監測井水位，並配合監測井之高程將水位量測資料換算成地下水水位之絕對高程，其結果如表21所示。

XX公司繪出本場址之地下水等水位線圖如圖25所示，由圖顯示本場址附近之地下水流向應由西北往東南之方向流動。

表21 地下水監測井地下水水位量測表

項次	監測井編號	地下水水位 (m, 井頂以下)	地下水水位 (m, msl)	備註
1	MW-01	23.475	85.809	
2	MW-x5	23.575	84.09	井頂高程 107.665m, msl
3	MW-x0	24.33	88.25	井頂高程 112.580m, msl
4	MW-x1	24.184	84.696	井頂高程 108.880m, msl
5	MW-x2	23.848	83.105	井頂高程 106.953m, msl
6	MW-x5	23.938	84.897	井頂高程 108.835m, msl

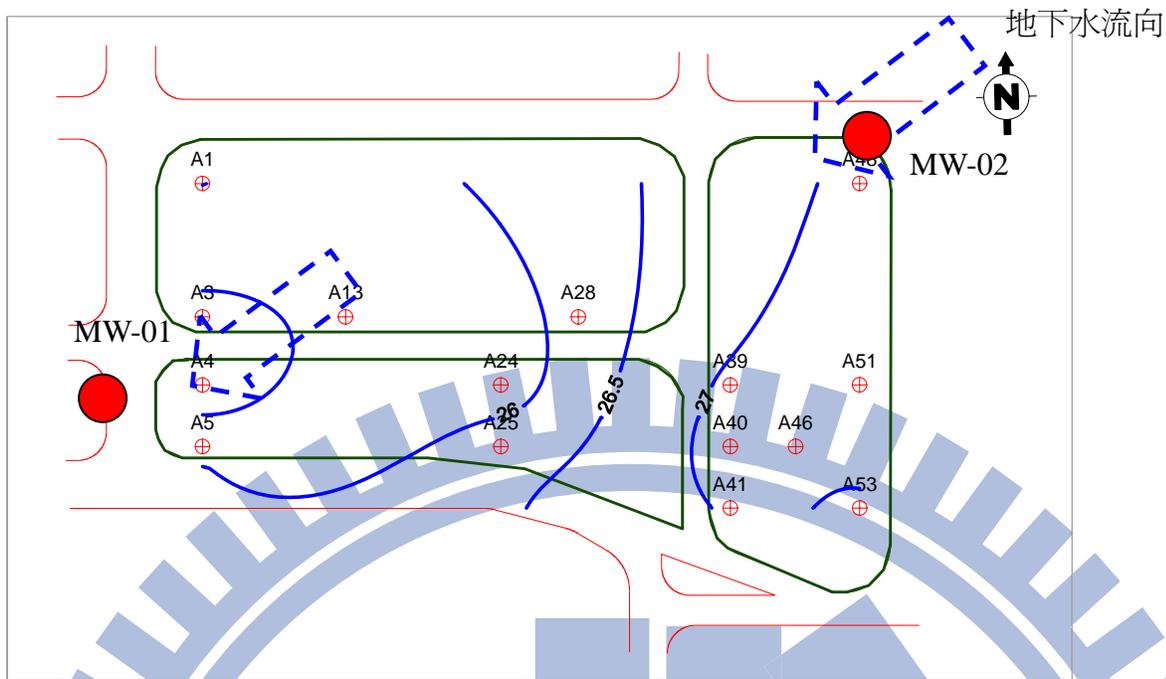


圖25 地下水流向及等水位線圖

5.1.2.2 地下水採樣及分析

本計畫地下水採樣分析委託xx檢驗科技股份有限公司於民國95年執行地下水採樣及分析作業，茲將成果敘述於后。

1. 地下水採樣地點及數量

依據環境調查資料（水文地質資料及、地下水流向）、廠址中現有監測點（MW-01）、鄰近廠區相關監測井之設置情形及廠址之污染潛勢，進行綜合分析，有鑑於此廠址過去及現況單純，加上地下水流向之上下游關係，目前廠址中下游已有一口監測井，僅需在上游處再增一口監測井即可；故本廠址計畫需新設一口地下水監測井以MW-02，採樣人員在採樣及運送過程當中，亦採取野外空白及運送空白樣品，以確保樣品之品保品管，樣品數共1組。

2. 地下水採樣作業

採樣人員依據環保署公告之「地下水採樣方法」(NIEA W103.51B)進行地下水採樣作業。取樣之程序包括以下四個階段，茲說明於后。

① 器材之準備

採樣時攜帶之設備包括：

- 溫度計：攝氏溫度，量測範圍涵蓋0至50°C，刻度需精密至0.1°C。
- 攜帶式pH計：在25°C下，其精密度需可達0.05單位，並附有溫度補償裝置。
- 攜帶式導電度計：附有溫度補償裝置。
- 攜帶式溶氧計：揮發性有機物時用。
- 攜帶式氧化還原電位計：揮發性有機物時用。
- 水位計：應採用電子偵測式水位計，材質應具化學鈍性且不易對分析物造成吸附或脫附者為宜，其刻度需精確至0.1cm。
- 洗井設備：以貝勒管洗井或選用可調整汲水速率之泵浦，其材質應具化學鈍性，汲水時不致產生氣提、氣曝作用及濁度增加等現象者為宜。
- 採樣設備：材質為拋棄式貝勒管；採揮發性有機化合物時使用附流速調節裝置之貝勒管。
- 樣品容器：依據NIEA W102.50A之規定使用適當之容器。

② 現場採樣前準備動作

現場採樣前準備動作包括：

- (1) 去污：以乾淨的刷子和無磷清潔劑清洗所有的器具，並用蒸餾水沖洗乾淨，清洗設備應包括水位計、貝勒管、手套、繩子及汲水泵。
- (2) 填寫「地下水採樣記錄表」其內容包括：
 - 填寫計畫名稱及採樣日期
 - 填寫採樣地點。若有井號，填寫井號，同時填寫井篩頂部至井口的深度於「井篩深度」欄中。
 - 記錄當天氣候狀況。
 - 現場環境描述。(現場環境的描述包括井之鎖扣是否完

整，有無遭受破壞之現象。若有破壞跡象，詳細記錄其情況，並且注意是否有外物入侵之可能。另外，記錄井附近是否有異於平常的環境情況，如積水等現象)。

- 記錄洗井資料，包括下列項目：
 - * 量測井管內徑(直徑)的大小，並記錄於「井管內徑」欄中。
 - * 用水位量測地下水位面至井口的深度，應讀至0.1cm，並記錄在「水位面至井口深度」欄中。
 - * 將水位計之探針沉至井底，量測井底至井口的高度，並將此記錄於「井底至井口深度」一欄。拉起水位計時，觀察是否有泥沙附著在水位計之探針上，若有此現象，記錄在「地下水採記錄表」的附註中。
- 計算井水深度：井水深度(公尺)=(井底至井口深度-水位面至井口深度)。並將其記錄於「井水深度」欄中。
- 記錄井水體積及預估洗井時間
 - * 計算井水體積。
 - * 預估洗井時間：
預估洗井時間(min)=3×井水體積(公升) / 抽水速率(公升/min)。
- 記錄抽水機浦的型式、型號及抽水率
- 記錄抽水機浦的抽水方法(定量或變量抽水)。並將抽水機浦放至設有井篩之位置，並記錄抽水機浦進水口放置位置，記錄於「泵浦進水口深度」欄中。

(3)現場量測儀器校正：校正儀器，並記錄於地下水採樣記錄表中。

③ 洗井

- 抽水開始時，量測並記錄汲出水的溫度、pH值、導電度、溶氧、氧化還原電位及現場量測時間，觀察汲出水有無顏色、異樣氣味及雜質等，並作記錄。
- 洗井時須將汲出的水置於洗過的容器內，不應將汲出水任意棄置或與其他液體混合。洗井過一段時間後量測pH值、導電

度及溫度並記錄之，同時觀察汲出井水之顏色、異樣氣味，及有無雜質存在。汲出水量應符合三倍井柱水體積之要求，並於洗井期間現場量測至少五次以上，而最後三次應符合各項參數之穩定標準，其值如下：pH $\leq\pm 0.2$ 、導電度 $\leq\pm 3\%$ 、溫度 $\leq\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 、溶氧 $\leq\pm 10\%$ 、氧化還原電位 $\leq\pm 10\%$ 。若已達穩定則可判定洗井結束，若井達穩定則應持續洗井，直到各項參數達到穩定為止。

- 洗井完成時，量測此時地下水位面至井口的高度，並記錄於「洗井結束時水位面至井口深度」欄中。
- 所有洗井工作完成後，須以乾淨的刷子和無磷清潔劑清洗洗井器具，並用去離子水沖洗乾淨。所有清洗過器具的水須置於裝「清洗器具用水」的容器中，不可任意傾倒或丟棄。

④ 取樣

地下水監測井取樣應注意事項包括：

- 採樣應在洗井後兩小時內進行為宜。
- 採樣位置應將採水器伸入井篩區附近以確保取得新鮮的水樣。
- 開始採樣時，記錄採樣開始時間，並以清洗過之汲水器，取足量體積的水樣裝於樣品瓶內，並填好樣品標籤，貼在樣品瓶上。
- 裝瓶順序建議應依待測物之揮發性敏感之順序安排，其優先順序為：揮發性有機物、總有機鹵、溶解性氣體及總有機碳、半揮發性有機物及金屬。
- 檢測項目中有揮發性有機物者，其採樣設備材質應以鐵氟龍為佳，並且貝勒管宜採用控制流速導管，使水樣藉由汲水器(貝勒管)下的導管噴嘴將汲水器內的水注入至供揮發性有機分析用之採樣玻璃瓶內，使瓶內充滿水樣且瓶口呈表面張力狀態後再將採樣瓶蓋內含凸的鐵氟龍墊片適當地放於瓶口

滿凸的水面上，然後重新使用新的揮發性有機物採樣瓶採樣，若無氣泡，則填好樣品標籤，貼在樣品瓶上。

- 貝勒管在井中的移動應力求緩緩上昇或下降，以避免造成井水之擾動，造成氣提作用或氣曝作用。
- 汲水器操作方法依其使用說明書或標準操作程序操作。

3. 地下水分析項目

地下水分析項目參考環保署公告之「地下水污染監測基準」及「地下水污染管制標準」中之項目，但不含農藥部分，包括下列項目。

- (1). 一般項目(水溫、導電度、酸鹼值)、
- (2). 重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)
- (3). VOCs：苯、甲苯、萘、四氯化碳、氯苯、氯仿、氯甲烷、1,4-二氯苯，1,1-二氯乙烷，1,2-二氯乙烷，1,1-二氯乙烯，順-1,2-二氯乙烯，反-1,2-二氯乙烯，四氯乙烯、三氯乙烯、氯乙烯

4. 地下水採樣分析之品保品管

品保/品管作業乃保證水樣於採樣、運送之過程不因外界之污染或樣品本身所產生之物理、化學變化，而改變或干擾原有之性質。

(1)採樣過程之品保/品管

- ①洗井時之除污工作必須伴隨進行，以降低污染物在各監測井間交互污染之可能性。
- ②每次洗井前洗井的設備（水位計、沉水式泵浦及鐵氟龍汲水管）需以清水加以清潔，本計畫使用丟棄式之汲水管，以避免交錯污染情形發生。
- ③汲水管之吊繩於進行每口監測井採樣時皆應使用新品，不可重複使用。
- ④洗井時現場工程師應將下列資料記錄於洗井記錄表，內容包括：
 - ◎洗井時使用之方式（汲水或抽水，Bailing or Pumping）
 - ◎洗井時抽取之水量或流率
 - ◎測量溫度、酸鹼度、導電度、溶氧及氧化還原電位

5. 地下水檢測結果及分析

地下水污染監測基準及管制標準中第一類標準係指飲用水水源水質保護區內之地下水；第二類標準係指第一類以外之地下水。本場址屬於非飲用水水源水質保護區，因此本計畫引用之「地下水污染監測基準及管制標準」係以第二類標準為主。地下水檢測結果一般項目方面、重金屬、揮發性有機化合物方面皆符合管制標準。詳如表22所示。



表 22 地下水檢測結果

樣品編號： PG4011201、11301~02

認 證	序 號	樣 品 編 號		MDL	單 位	PG401120	PG4011	PG401130
		檢驗項目	檢驗方法			1	301	2
						VEUTRON -MW-02	運送空 白	野外空白
	1	pH	NIEA W424.51A	-	-	5.6	-	-
	2	水溫	NIEA W217.51A	-	°C	27.8	-	-
	3	導電度	NIEA W203.51B	-	µmho/cm	258	-	-
	4	水位	NIEA W103.53B	-	m	22.920	-	-
	5	溶氧量	NIEA W103.53B	-	mg/L	2.9	-	-
	6	氧化還原電位	NIEA W103.53B	-	mv	108	-	-
*	7	砷	NIEA W434.53B	0.0007	mg/L	ND	-	-
*	8	鎘	NIEA W311.51B	0.001	mg/L	ND	-	-
*	9	鉻	NIEA W311.51B	0.007	mg/L	0.008	-	-
*	10	銅	NIEA W311.51B	0.006	mg/L	ND	-	-
*	11	總汞	NIEA W330.52A	0.0004	mg/L	ND	-	-
*	12	鎳	NIEA W311.51B	0.01	mg/L	0.03	-	-
*	13	鉛	NIEA W311.51B	0.008	mg/L	ND	-	-
*	14	鋅	NIEA W311.51B	0.01	mg/L	0.08	-	-
	15	1,1,1,2-四氯乙烷	NIEA W785.54B	0.00059	mg/L	ND	ND	ND
	16	1,1,1-三氯乙烷	NIEA W785.54B	0.00062	mg/L	ND	ND	ND
	17	1,1,2,2-四氯乙烷	NIEA W785.54B	0.00066	mg/L	ND	ND	ND
	18	1,1,2-三氯乙烷	NIEA W785.54B	0.00043	mg/L	ND	ND	ND
*	19	1,1-二氯乙烯	NIEA W785.54B	0.00064	mg/L	ND	ND	ND
*	20	1,1-二氯乙烷	NIEA W785.54B	0.00059	mg/L	ND	ND	ND
	21	1,1-二氯丙烯	NIEA W785.54B	0.00059	mg/L	ND	ND	ND
	22	1,2,3-三氯苯	NIEA W785.54B	0.00049	mg/L	ND	ND	ND
	23	1,2,3-三氯丙烷	NIEA W785.54B	0.00056	mg/L	ND	ND	ND
	24	1,2,4-三氯苯	NIEA W785.54B	0.00052	mg/L	ND	ND	ND
	25	1,2,4-三甲基苯	NIEA W785.54B	0.00057	mg/L	ND	ND	ND

	26	1,2-二溴-3-氯丙烷	NIEA W785.54B	0.00058	mg/L	ND	ND	ND
	27	1,2-二溴乙烷	NIEA W785.54B	0.00063	mg/L	ND	ND	ND
	28	1,2-二氯苯	NIEA W785.54B	0.00061	mg/L	ND	ND	ND
*	29	1,2-二氯乙烷	NIEA W785.54B	0.00051	mg/L	ND	ND	ND
	30	1,2-二氯丙烷	NIEA W785.54B	0.00042	mg/L	ND	ND	ND
	31	1,3,5-三甲基苯	NIEA W785.54B	0.00063	mg/L	ND	ND	ND
	32	1,3-二氯苯	NIEA W785.54B	0.00060	mg/L	ND	ND	ND
	33	1,3-二氯丙烷	NIEA W785.54B	0.00067	mg/L	ND	ND	ND
*	34	1,4-二氯苯	NIEA W785.54B	0.00058	mg/L	ND	ND	ND
	35	2,2-二氯丙烷	NIEA W785.54B	0.00070	mg/L	ND	ND	ND
	36	2-氯甲苯	NIEA W785.54B	0.00070	mg/L	ND	ND	ND
	37	4-氯甲苯	NIEA W785.54B	0.00063	mg/L	ND	ND	ND
*	38	苯	NIEA W785.54B	0.00066	mg/L	ND	ND	ND
	39	溴苯	NIEA W785.54B	0.00070	mg/L	ND	ND	ND
	40	氯溴甲烷	NIEA W785.54B	0.00064	mg/L	ND	ND	ND
	41	一溴二氯甲烷	NIEA W785.54B	0.00071	mg/L	ND	ND	ND
	42	溴仿	NIEA W785.54B	0.00070	mg/L	ND	ND	ND
	43	溴甲烷	NIEA W785.54B	0.00064	mg/L	ND	ND	ND
*	44	四氯化碳	NIEA W785.54B	0.00058	mg/L	ND	ND	ND
*	45	氯苯	NIEA W785.54B	0.00054	mg/L	ND	ND	ND
	46	氯乙烷	NIEA W785.54B	0.00057	mg/L	ND	ND	ND
*	47	氯仿	NIEA W785.54B	0.00080	mg/L	0.00135	ND	ND
*	48	氯甲烷	NIEA W785.54B	0.00057	mg/L	ND	ND	ND
*	49	顺-1,2-二氯乙烯	NIEA W785.54B	0.00061	mg/L	ND	ND	ND
	50	顺-1,3-二氯丙烯	NIEA W785.54B	0.00064	mg/L	ND	ND	ND
	51	一氯二溴甲烷	NIEA W785.54B	0.00071	mg/L	ND	ND	ND
	52	二溴甲烷	NIEA W785.54B	0.00071	mg/L	ND	ND	ND
	53	二氯二氟甲烷	NIEA W785.54B	0.00067	mg/L	ND	ND	ND
	54	乙苯	NIEA W785.54B	0.00064	mg/L	ND	ND	ND

	55	六氯丁二烯	NIEA W785.54B	0.00061	mg/L	ND	ND	ND
	56	異丙基苯	NIEA W785.54B	0.00063	mg/L	ND	ND	ND
	57	二甲苯(備註 1.)	NIEA W785.54B	0.00196	mg/L	ND	ND	ND
	58	二氯甲烷	NIEA W785.54B	0.00086	mg/L	ND	ND	ND
*	59	萘	NIEA W785.54B	0.00053	mg/L	ND	ND	ND
	60	正丁基苯	NIEA W785.54B	0.00061	mg/L	ND	ND	ND
	61	正丙基苯	NIEA W785.54B	0.00064	mg/L	ND	ND	ND
	62	對-異丙基甲苯	NIEA W785.54B	0.00069	mg/L	ND	ND	ND
	63	2-甲基丙基苯	NIEA W785.54B	0.00061	mg/L	ND	ND	ND
	64	苯乙烯	NIEA W785.54B	0.00065	mg/L	ND	ND	ND
	65	2,2-二甲基乙基 苯	NIEA W785.54B	0.00070	mg/L	ND	ND	ND
*	66	四氯乙烯	NIEA W785.54B	0.00064	mg/L	ND	ND	ND
*	67	甲苯	NIEA W785.54B	0.00089	mg/L	ND	ND	ND
*	68	反-1,2-二氯乙烯	NIEA W785.54B	0.00057	mg/L	ND	ND	ND
	69	反-1,3-二氯丙烯	NIEA W785.54B	0.00073	mg/L	ND	ND	ND
*	70	三氯乙烯	NIEA W785.54B	0.00064	mg/L	0.00287	ND	ND
	71	三氯一氟甲烷	NIEA W785.54B	0.00066	mg/L	ND	ND	ND
*	72	氯乙烯	NIEA W785.54B	0.00071	mg/L	ND	ND	ND
		以下空白						
備 註	1.二甲苯=間,對-二甲苯+鄰-二甲苯。							

5.1.3 土壤採樣規劃及分析

本計畫土壤分析作業委託XX檢驗公司於民國96年執行，土壤分析作業已完成，茲將成果敘述於后。

5.1.3.1 土壤採樣點分佈

依環境場址評估結果分析，本場址土壤及地下水潛在污染源位於污水排放管附近，其管線埋設深度約在地表下0.5公尺處，利用環保署之網格法及污染潛勢法規劃10處土壤採樣點，分別位於廢棄物儲存區、垃圾子車、廚房污水收集槽、污水放流口、化糞池、物料碼頭區、廢塑膠儲存區、生活污水銜接區、生活污水管路、雨水排放口，採樣深度約地表下0-1公尺。

本場址土壤採樣點，如圖26所示，土壤樣品編號為VS-01及S-10。

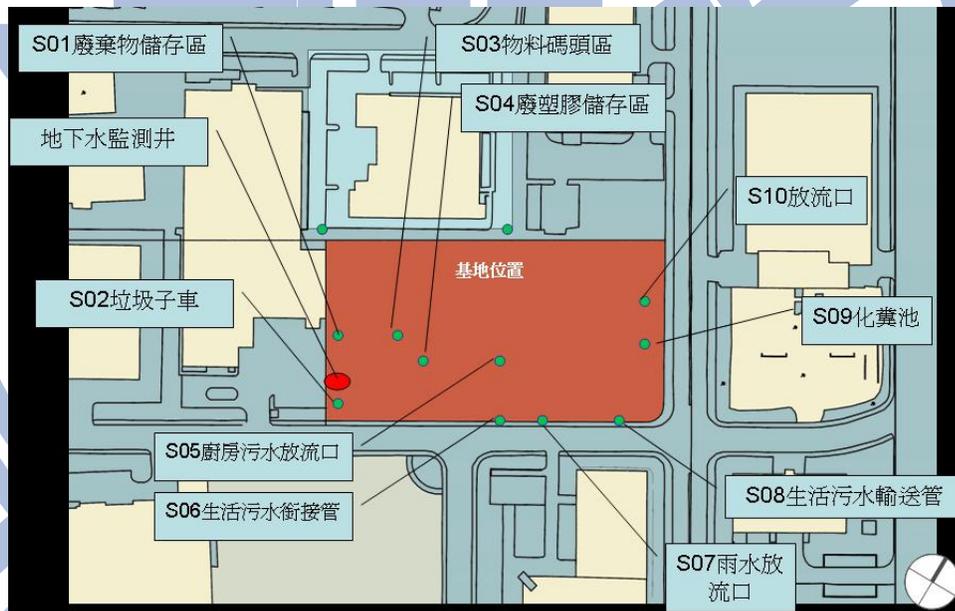


圖26 場址土壤採樣點

5.1.3.2 土壤採樣作業

採樣人員依據環保署公告的「土壤採樣方法」(NIEA S102.60B)進行本場址土壤採樣作業。採樣人員利用土壤採樣鑽機進行土壤採樣。採樣設備具有內外兩組套管，內桿前端接採樣視管，直接貫入土

中，以採取不擾動土壤。檢測有機污染物之土壤樣品裝入瓶蓋附有鐵氟龍墊片之棕色廣口玻璃瓶，瓶中土樣須盡量裝滿，旋緊瓶蓋。所有樣品須註明採樣點編號、分析項目、時間及採樣人員，完成採樣作業。

5.1.3.3 土壤分析項目

土壤分析項目參考環保署公告之「土壤污染監測基準」及「土壤污染管制標準中之項目，但不含農藥、戴奧辛及多氯聯苯項目，包括重金屬、揮發性有機化合物(VOCs)、半揮發性有機化合物(SVOCs)，詳細分析項目彙整如下所示。

- (1). 第一層為表土(0~15公分)，分析項目為重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)
- (2). 第二層為裡土(15~30公分)，分析項目為重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)
- (3). 第三層為深層土壤(50~100公分)，分析項目為：VOCs(包括苯、甲苯、乙苯、二甲苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、氯乙烯等13項)、SVOCs(包括1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、3-3'-二氯聯苯胺、六氯苯、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、五氯酚等7項)。

5.1.3.4 土壤採樣分析之品保品管

品保/品管作業乃保證樣品於採樣、運送之過程不因外界之污染或樣品本身所產生之物理、化學變化，而改變或干擾原有之性質。

1. 採樣過程之品保/品管

以劈管取樣器直接貫入方法採取土樣。

- (1) 土壤取樣之設備及器材於使用前均將予以除污。
- (2) 所有取得之土壤樣品裝入樣品瓶後，均需密封並貼妥標籤(註明孔號、樣品編號、取樣深度)後，送交送樣人員保存。

2. 樣品運送過程之品保/品管

土壤樣品分析項目之分析方法、分析實驗室及樣品保存方法及

期限彙整於表23所示，採樣過程需依各項之規定執行，除依表23之規定外，尚需注意下述各點：樣本瓶形式及所需樣品體積等均需於採樣前確定。不可照光之項目，可用棕色瓶或以鋁箔紙包裹。

(1)樣品於運送時需能確定包裝及保存溫度等，在運送至實驗室尚能合乎品保/品管要求。

(2)對於保存期限，採樣者在安排採樣日期時，需考量是否有連續假日或其他因素。且若有較急之樣品，需事先通知分析實驗室安排分析時間，且送樣人員有義務告知實驗室該樣品之保存期限。

(3)送樣人員將樣品送達實驗室時，須與接收員點交樣品，並逐瓶檢視標籤是否完整，且於樣品遞送單上簽名。

表23 土壤樣品分析方法、實驗室及保存方法表

採樣項目		分析方法	實驗室名稱	樣品保存方法及期限
1	鋅	NIEA S321.63B	台灣檢驗	室溫保存，6個月
2	鉻	NIEA S321.63B	台灣檢驗	室溫保存，6個月
3	鎘	NIEA S321.63B	台灣檢驗	室溫保存，6個月
4	鉛	NIEA S321.63B	台灣檢驗	室溫保存，6個月
5	銅	NIEA S321.63B	台灣檢驗	室溫保存，6個月
6	鎳	NIEA S321.63B	台灣檢驗	室溫保存，6個月
7	汞	NIEA M317.01C	台灣檢驗	4°C 冷藏，28日
8	砷	NIEA S310.62C	台灣檢驗	室溫保存，6個月
9	揮發性有機化合物	NIEA M711.01C	台灣檢驗	4°C 冷藏，14日
10	半揮發性有機化合物	NIEA M731.00C	台灣檢驗	4°C 冷藏，14日完成萃取，40日內分析完畢

5.1.3.4 土壤檢測結果及分析

本計畫共採取10組土壤樣品進行化學分析，檢測結果如表24土壤重金屬檢測結果、表25土壤VOCs檢測結果、表26土壤SVOCs檢測結果所示，各項重金屬之測值皆低於土壤污染監測基準。至於揮發性有機化合物、半揮發性有機化合物均未檢測出。

表24 土壤重金屬檢測結果

樣品編號： PL4004101~10

認 證	序 號	樣 品 編 號		MDL	管制 標準	單位	PL4004101	PL4004102	PL4004103	PL4004104	PL4004105	PL4004106	PL4004107	PL4004108	PL4004109	PL4004110
		檢驗項目	檢驗方法				S01(0~15)	S01(15~30)	S02(0~15)	S02(15~30)	S03(25~40)	S03(40~55)	S04(15~30)	S04(30~45)	S05(25~40)	S05(40~55)
	1	pH	NIEA S410.61C	-		-	5.9(23.6°C)	7.3(23.3°C)	7.6(23.2°C)	7.7(23.2°C)	6.8(23.4°C)	5.1(23.1°C)	7.2(23.2°C)	6.1(23.2°C)	7.8(23.1°C)	7.6(23.2°C)
*	2	砷	NIEA S310.62C	0.145	60	mg/kg	6.51	6.39	6.60	5.46	6.92	9.19	8.36	9.09	5.66	7.24
*	3	汞	NIEA M317.01C	0.032	20	mg/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.567	0.552	0.036	0.121
*	4	鎘	NIEA S321.63B	0.09	20	mg/kg	ND									
*	5	鉻	NIEA S321.63B	3.64	250	mg/kg	46.8	22.0	32.1	26.7	49.0	37.2	38.5	38.0	51.3	45.3
*	6	銅	NIEA S321.63B	4.04	400	mg/kg	11.4	9.87	9.35	5.56	11.4	11.2	23.9	23.1	9.79	172
*	7	鎳	NIEA S321.63B	3.74	200	mg/kg	28.6	18.0	22.9	19.3	30.8	22.9	20.3	19.6	30.7	27.9
*	8	鉛	NIEA S321.63B	3.79	2000	mg/kg	16.9	12.1	15.3	8.95	15.2	16.4	27.6	28.3	14.6	19.7
*	9	鋅	NIEA S321.63B	3.57	2000	mg/kg	88.1	64.4	55.6	39.7	74.9	70.0	71.2	73.8	57.3	83.9
	10	水份(風乾後)	NIEA S280.61C	-		%	0.91	1.01	1.08	0.72	1.62	2.68	2.17	2.18	1.50	3.20

樣 品 編 號		MDL	管制 標準	單位	PL4004111	PL4004112	PL4004113	PL4004114	PL4004115	PL4004116	PL4004117	PL4004118	PL4004119	PL4004120
檢驗項目	檢驗方法				S06(0~15)	S06(15~30)	S07(0~15)	S07(15~30)	S08(0~15)	S08(15~30)	S09(15~30)	S09(30~45)	S10(15~30)	S10(30~45)
pH	NIEA S410.61C	-		-	7.5(22.8°C)	8.3(22.6°C)	6.9(22.8°C)	7.1(22.9°C)	8.2(23.3°C)	6.8(22.8°C)	7.8(23.0°C)	8.7(22.8°C)	6.7(23.1°C)	5.2(23.7°C)
砷	NIEA S310.62C	0.145	60	mg/kg	6.13	3.28	8.45	10.2	5.89	8.83	9.03	8.10	9.68	8.43
汞	NIEA M317.01C	0.032	20	mg/kg	ND	ND	0.065	0.064	ND	0.037	0.035	0.045	0.037	0.036
鎘	NIEA S321.63B	0.09	20	mg/kg	ND									
鉻	NIEA S321.63B	3.64	250	mg/kg	64.9	64.5	41.3	42.8	46.4	45.7	39.7	54.9	41.6	40.6
銅	NIEA S321.63B	4.04	400	mg/kg	8.75	8.13	14.2	20.7	6.41	12.1	17.0	24.2	16.8	18.0
鎳	NIEA S321.63B	3.74	200	mg/kg	37.5	36.8	26.7	29.2	27.5	27.8	23.6	32.0	26.0	23.9
鉛	NIEA S321.63B	3.79	2000	mg/kg	14.5	12.2	22.2	23.3	10.6	17.4	19.7	26.6	19.3	19.7
鋅	NIEA S321.63B	3.57	2000	mg/kg	70.5	66.0	65.1	77.8	40.9	64.8	81.5	95.8	75.7	74.0
水份(風乾後)	NIEA S280.61C	-		%	0.84	0.69	3.24	3.36	0.68	3.24	3.38	4.33	4.68	3.74

表 25 土壤 VOCs 分析結果表

檢測項目		苯	甲苯	乙苯	二甲苯	1,3-二氯苯	1,2-二氯苯	四氯化碳	氯仿	1,2-二氯乙烷	順-1,2-二氯乙烯	反-1,2-二氯乙烯	1,2-二氯丙烷	四氯乙烯	三氯乙烯	氯乙烯
單位		mg/kg														
檢測方法		NIEA M157.00C NIEA M711.01C														
樣品編號	管制標準	5	500	250	500	100	100	5	100	8	7	50	0.5	10	60	10
	監測基準	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S09	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

註：ND 表示低於方法偵測極限

表 26 土壤 SVOCs 分析結果表

檢測項目		六氯苯	3,3'-二氯聯苯胺	2,4,6-三氯酚	2,4,5-三氯酚	五氯酚
單位		mg/kg				
檢測方法		NIEA M167.00C / M731.00C				
樣品編號	管制標準	500	2	40	350	200
	監測基準	-	-	-	-	-
S01	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S05	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S06	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S07	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S08	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S09	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S10	ND	ND	ND	ND	ND	ND

註：ND 表示低於方法偵測極限

5.1.4 檢測結果分析

1. 由環境場址評估結果顯示，本場址在神達電腦、力捷電腦及富創得公司之營運過程中，無明顯之土壤及地下水潛在污染源。本計畫已於場址內設置1口地下水水質監測井，可長期監測本場址之地下水水質狀況。
2. 本場址共執行VEUTRON-MW-01地下水監測井之檢測分析。分析結果顯示，皆未超過地下水污染管制標準。
3. 本計畫於場址執行10處土壤採樣分析。分析結果顯示，各項重金屬之測值皆低於土壤污染監測基準。揮發性有機化合物、半揮發性有機化合物均未檢測出。
4. 由土壤及地下水調查結果顯示，本場址並無發現明顯之污染情事。

5.1.5 監測井功能維護

本計畫對於井功能維護，乃採用傳統的再完井(re-development)方式，將井體中的粉粒與黏粒淤塞清除。完井維護方式包含超量抽水(over-pumping)、湧塞(surge)、汲水(Bailing)、氣提(air lifting)、反沖洗(backwash)、超量抽水(over-pumping)、柱塞法等，而本計畫於執行上，係採用氣提法及柱塞法來進行完井工作。

5.1.5.1 監測井完井作業

本計畫之執行工作要項之一重點工作項目，即針對廠區內 MW-01 進行出水速率測試，測試之目的在於判定監測井出水量是否有達到可提供基本監測作用之出水量。

MW-01 出現水位極低現象之監測井，為關注之重點。測定出水速率，若出水速率 $>0.5\text{L}/\text{min}$ (此為一經驗數值)，則該口井可視為能提供基本較佳監測服務功能之監測井。因依據環保署所公告之「監測井地下水採樣方法」說明：「.....洗井汲水速率宜小於 $2.5\text{L}/\text{min}$ ，以適當流速抽除 3 至 5 倍的井柱水體積，大致可將井柱之水抽換，以取得代表性水樣」，「...洗井時，若以 $0.1 \sim 0.5\text{L}/\text{min}$ 速率汲水，水位洩降

超過 1/8 倍井篩長，則應由設井時之岩心取樣 (Core sampling) 紀錄判斷該含水層是否屬低滲透性地層.....」。因本計畫場址之地質條件，初步研判非屬低滲透含水層，故於設定出水速率參考值上，選擇以 0.5L/min 為一界限值，且因洗井作業須先抽取至少 3 倍井水體積，若出水情形未達於 0.5L/min，會使得採樣作業執行上較為困難。

經本計畫所執行之監測井出水速率測試結果，MW-01 號監測井之出水速率，為 0.012~0.032L/min，遠低於 0.5L/min；且於測試作業執行中，水位上升之速度極慢，因此，此口井較無法正常發揮地下水質監測井之監測功能。詳細完井作業記錄如表 27 所示。



5.1.5.2 井體攝影作業

依據本計畫之工作計畫書說明，現有監測井因長期未進行維護作業，至監測井(MW-01)發生監測井內無水之情形，因此安排此次之井下攝影，以期能恢復監測井功能，或評估其餘替代方案。

於作業執行上，針對 MW-01 監測井，先進行井下攝影作業，藉由事前攝影判斷井體是否有積垢、破損等異常情形，研判紀錄攝影成果後，再執行完井作業。井下攝影作業結果紀錄表如表 28 所示。



5.1.6 綜合研判

X 公司於民國 94 年所設置之 MW-01 監測井，因自設井以來，維護與採樣之頻率較低，本工作小組依據工作項目之內容檢視當時之設置資料與進行井功能測試與維護後，發現部份監測井發現有功能異常之情形，主要為監測井之水位較低、出水狀況不佳，相關說明與建議措施如表 27 所示。

表 29 監測井問題點與建議措施

異常狀況	建議措施
MW-01 監測井異常情形與建議措施	
1. 出水狀況不佳：依據出水速率測試之結果，MW-01 之回水速率極差，約 0.032L/min；且井水量依舊不多。 2. 監測井井體攝影後發現井況不佳：依據井體攝影結果，MW-01 號監測井，經井體攝影後發現有較嚴重之積垢	1. 建議進行再完井，進行確認回水速率是否可恢復，若不可恢復則進行新設井評估。 2. 監測井 MW-01 經再完井後其回水速率已達 0.71L/min>0.5L/min，其回水速率檢測井應有之功能，因此可繼續正常監測使用。

5.2 執行人力與成本

5.2.1 執行人力

通常執行土壤及地下水運作，於各工廠內，不論是建廠及營運階段，主要大多主要由工安環保單位及廠務單位合作進行相關配合。而工安環保單位由 1 人負責規劃執行即可，主要負責統籌規劃廠區內土壤及地下水污染風險預防管理及控制規劃；而廠務各單位則主要進行建廠規劃及營運各水、電、氣、化之供應及各類設備及儀器的操作與維護，此有關土壤地水之配合運作執行則需由 5 人配合運作；而對於外部單位之配合有地方環保局、地政

單位、工業區或科學園區管理局、打井公司、檢驗公司及環境工程顧問機構等。詳細之人力組織如圖 27 所示。

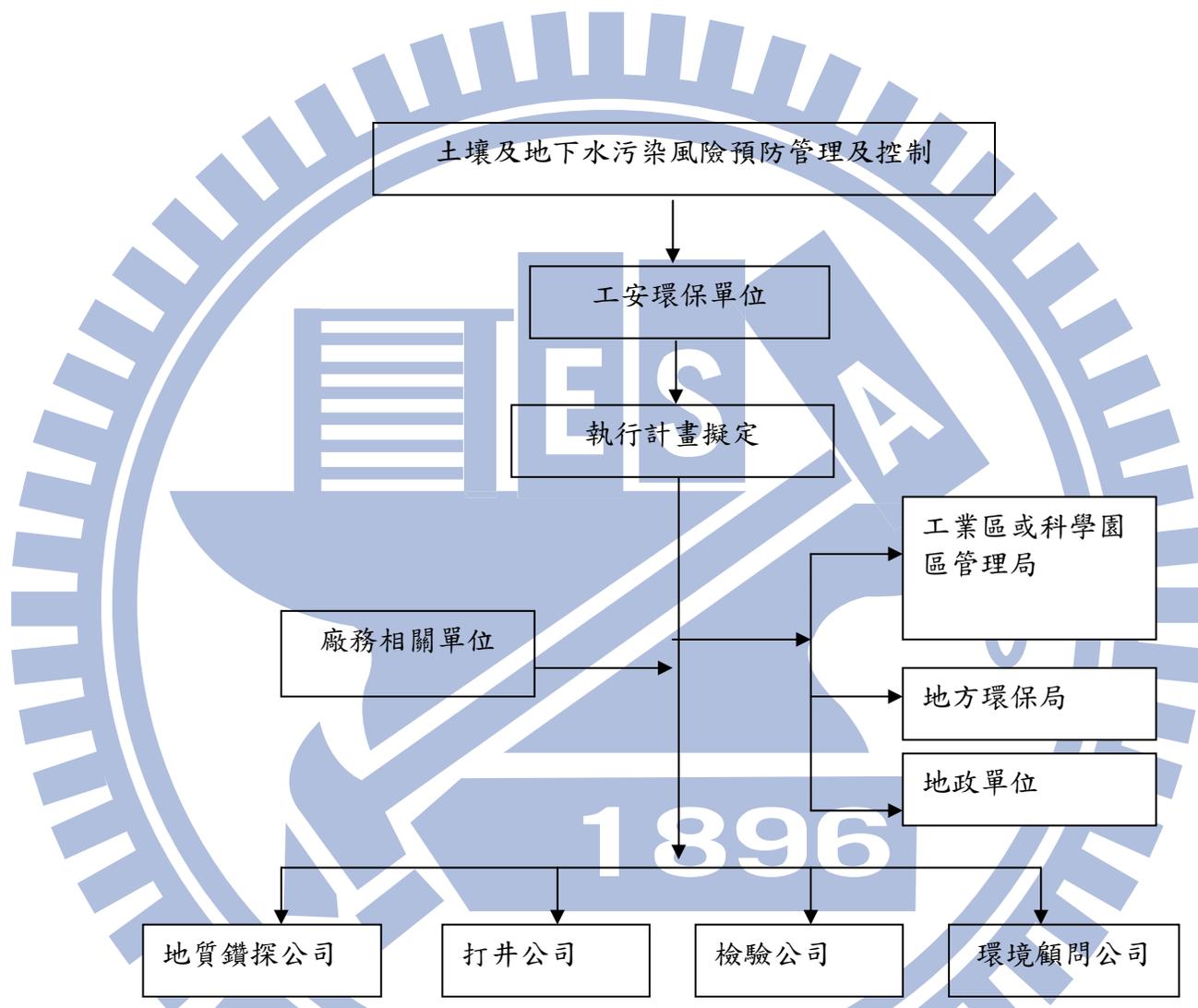


圖 27 土壤及地下水運作人員組織圖

5.2.2 執行成本

針對土壤及地下水污染風險預防管理及控制，其所需花費之成本大致上分成以下幾個部分，其成本費用在此提供單一點之成本費用供參考。詳細之成本費用支出如表 27 所示。

1. 環境背景資料調查費用
2. 地下水監測井設置
3. 地下水監測井功能維護
4. 地下水監測井井體攝影
5. 土壤採樣及分析
6. 地下水採樣及分析

表30 土壤及地下水污染風險預防管理及控制成本

費用幣別:(新台幣,元)

項次	工作項目	數量	單位	單價	費用
1	人時費用				
	基本資料蒐集分析研判--廠區土地使用歷史、潛在污染源分析、水文地質、相關監測井設置及檢測資料整理分析	1	式	150,000	150,000
	土壤採樣及監測井網規劃	1	式	50,000	50,000
	污染潛勢風險調查監測井適用性評估	1	式	50,000	50,000
	水文地質概念模式建立	1	式	50,000	50,000
	環境綜合研判及建議	1	式	50,000	50,000
	現場工作安排監督執行	1	式	120,000	120,000
	相關之會議及報告撰寫等	1	式	100,000	100,000
	差旅費用	1	式	60,000	60,000
	郵電、報告印裝、保險及其他直接費用	1	式	40,000	40,000
2	新設置 1 口標準地下水質採樣井(井直徑 4 吋,深度約 24 公尺), 含井位高程測量、微水試驗	1	口	20,000	20,000
3	井體功能檢查及再完井維護工作	1	口	10,000	10,000
4	井體攝影	1	口	30,000	30,000
5	土壤採樣費(6 點, 分別採表土 0~15cm、裡土 15~30cm、深層土壤 50~100cm)	1	點	5,000	5,000
	土壤表土 0~15cm 重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)檢測分析費, 計 6 個樣品	1	樣品	8,000	8,000
	土壤裡土 15~30cm 重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)檢測分析費, 計 6 個樣品	1	樣品	10,000	10,000

	深層土壤 50~100cm VOCs(包括苯、甲苯、乙苯、二甲苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、氯乙烯等 13 項)檢測分析費	1	樣品	10,000	10,000
	深層土壤 50~100cmSVOCs(包括 1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、3-3'-二氯聯苯胺、六氯苯、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、五氯酚等 7 項)檢測分析費	1	樣品	10,000	10,000
6	新設置 1 口標準地下水質採樣井(井直徑 4 吋,深度約 24 公尺), 含井位高程測量、微水試驗	1	口	150,000	150,000
	地下水採樣及分析費用, 針對 1 口井採樣 2 季次, 分析項目為一般項目(水溫、導電度、酸鹼值)、重金屬(鉛、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)及 VOCs: 苯、甲苯、萘、四氯化碳、氯苯、氯仿、氯甲烷、1,4-二氯苯, 1,1-二氯乙烷, 1,2-二氯乙烷, 1,1-二氯乙烯, 順-1,2-二氯乙烯, 反-1,2-二氯乙烯, 四氯乙烯、三氯乙烯、氯乙烯	1	樣品	30,000	30,000
合計(不含加值型營業稅)					933,000

5.3 困難與建議

以往本廠址所進行過之土壤及地下水調查計畫結果進行彙整外，並依據本計畫工作計畫書之規劃，進行原有監測井之井功能維護評估、廠區污染潛勢評估、監測井設置、土壤及地下水採樣分析評估、土水污染應變規劃等多項工作，以下將就各工作項目之困難與建議，進行歸納彙整說明。

- 1.執行之土壤及地下水環境背景調查工作，由於歷史資料部分已不可考，引此部分報告已無法取得;對此建議可向鄰近廠址之廠區或科學園區管理局調取相關資料。
- 2.土壤及地下水規劃設置及採樣分析，其所需之成本高，對此建議可利用相關背景資料自行規劃評估，無需委外透過顧問公司，可省下昂貴之顧問費用。
- 3.由於監測井設置費用昂貴，建議可先確認出廠址周遭他廠以設置監測井位置，再搭配地下水流向及上下游關係，判定是否足以釐清污

染責任，若可以則無需設置，若不可以則可選擇不足之點位進行設置即可。

4.地下水監測井設置後，必須定期執行功能維護，以維持其功能之正常。建議可二年執行一次，但若井體經常有結構及回水速率不佳之狀況時，必須至少每年一次。

5.部分廠址會出現地下水流向有多向性問題時，必須充分掌握鄰近廠址之相對位置、地下水文及地質資料、監測井上下游關係、廠內污染潛勢風險區域等，即可有效掌握污染源。

第六章、結論

6.1 本研究結果

本研究計畫，主要建置一套高科技廠之土壤及地下水污染風險預防管理及控制程序，藉由本計畫之背景資料、環境調查資料、土地使用狀況、現勘結果、現場訪談及廠區污染潛勢評估等重要參考資料，進行監測井設置、土壤及地下水採樣分析、監測井之井功能維護評估等多項工作，以達到土壤及地下水污染預防管理及控制目的，詳細之高科技廠土壤及地下水污染風險預防管理及控制流程如圖 28 所示；以下將研究計畫各項之結果，進行歸納彙整說明。

一、法規及文獻：

1. 土壤及地下水污染防制法之要求，事業於設立、停業或歇業前及所使用土地在土地移轉時，需釐清土地開發上涉及土水法相關之責任。
2. 高科技廠對於新建廠階段及營運階段，在施工動土或於營運試車之前，必須完成土壤及地下水之採樣工作，以釐清污染責任之歸屬。
3. 依據計劃與配合建廠及營運進度相關時程，需事前規劃完整之採樣

時程表，以利於法規所要求之下列條件前完成採樣作業。

- (1)事業於設立、停業或歇業前，應檢具用地之土壤污染檢測資料。
- (2)事業所使用之土地移轉時，讓與人應提供土壤污染檢測資料。
- (3)開挖整地或改變地形地貌者，應於施工前完成檢測；否則應於工廠或設施進行試運轉（試車）前完成檢測。

二、研究方法與步驟

高科技廠執行土壤及地下水調查工作時，執行之工作程序要項包含有廠區背景環境調查、地下水監測井設置、土壤及地下水採樣分析、地下水流向分析等相關工作。

(一) 土壤：

1. 土壤採樣規劃之目的主要是取得最可能具代表性的採樣點、採樣深度及採樣分析方法。
2. 土壤採樣分析之目的在於界定土壤可能受污染之範圍、深度及污染之程度。
3. 各土壤採樣點須採取 3 個深度之樣品(表土 0~15 公分、裡土 15~30 公分、深層 50~100 公分)，各深度之分析項目如下：
 - (1)表土(0~15cm)重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)
 - (2)裡土(15~30cm) 重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)
 - (3)深層土壤(50~100cm)為 VOCs(包括苯、甲苯、乙苯、二甲苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、順-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、氯乙烯等 13 項)及 SVOCs(包括 1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、3-3'-二氯聯苯胺、六氯苯、2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、五氯酚等 7 項)。
4. 為達到上述目的，本研究計畫將使用螺旋鑽採樣器及不擾動套管式採土器(Undisturbed Soil Sampler)進行土壤之採樣；其中螺旋鑽採樣器用於表層土壤重金屬採樣，不擾動套管式採土器則用於較深

層之土壤有機污染物採樣。

5. 土壤採揮發性有機化合物易因操作不當而曳散，因此以採樣襯管裝置待測土壤揮發性有機化合物時，樣品管須儘量充滿土樣，避免及減少擾動，並於兩側套上鐵氟龍封帽或內置鐵氟龍膜之塑膠封帽，再於封帽邊緣以石蠟 (paraffin) 封口，確保其密封效果。
6. 由於土壤樣品之部分成份會隨化學性或生物性的變化而改變其性質，故採樣與檢驗間隔的時間不宜過長。其中重金屬部分，除了六價鉻及汞可在 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 保存 28 天外，其餘重金屬項目可在室溫下保存 6 個月。有機成分應避免光照，保存在 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下，並儘速檢驗；若不能立刻檢驗，則需先進行萃取處理，處理後之萃取液可以保存至 40 天。
7. 經由廠區環境基本資料調查結果及採樣分析結果，可進一步對土壤作一綜合研判分析，土壤中污染物濃度是否符合我國法規標準，是否受特定污染源之污染，以作為該新建廠區是否繼續開發，若是營運廠區，如何進行污染控制及整治。

(二) 地下水：

1. 地下水採樣規劃之目的主要是取得最可能具代表性的採樣點、採樣深度及採樣分析方法。
2. 地下水設置前需調查地下水地質、地下水位及流向，以能掌握及涵蓋開發區域之地下水位及流向分佈，同時並能兼顧未來廠區監測外來可能污染，期能釐清地下水之水質狀況，以及地下水質有污染情形時可正確研判污染來源，及區域內設井數量，井徑至少須內徑 2 吋以上，各井井深至少達設置時地下水位以下 2 公尺。
3. 監測井之設計及設置，需考慮紀錄以下項目：監測井深度、監測井材質、監測井井徑、井篩、濾料填實(Filter Pack)及封井、保護設施、永久性標示牌，作為設置規劃基準。
4. 地下水採樣分析，分析項目包括一般項目(水溫、導電度、酸鹼值)

及地下水管制標準所列之重金屬(鉛、鉻、鎘、銅、鋅、砷、汞、鎳)及 VOCs(包括苯、甲苯、萘、四氯化碳、氯苯、氯仿、氯甲烷、1,4-二氯苯,1,1-二氯乙烷,1,2-二氯乙烷,1,1-二氯乙烯,順-1,2-二氯乙烯,反-1,2-二氯乙烯,四氯乙烯、三氯乙烯、氯乙烯)。

5. 地下水採樣之目的即在於能取到含水層中預定深度之原狀水,故於採樣前須將已滯留在井中多時較不具代表性之水移去(即洗井),至少三倍井中水量的水應在採樣前移去,通常以測試所取出之地下水的溫度、pH 值及電導度(Conductivity)來判定水質穩定程度($\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 ± 0.5 、 $\pm 10\%$),決定洗井是否完成。
6. 水樣會隨化學性或生物性的變化而改變其性質,故採樣與檢驗間隔的時間愈短,所得的結果愈正確可靠;若採樣後不能立刻檢驗,則樣品需以適當方法保存以延緩其可能產生之變質。保存的方法包括 pH 控制、冷藏或添加試劑等,以降低生物性的活動及成份之分解、吸附或揮發等,但對於易受環境影響之不穩定水質化學參數,則需在現場加以測定。
7. 經由廠區環境基本資料調查結果及採樣分析結果,可進一步對地下水作一綜合研判分析,地下水中污染物濃度是否符合我國法規標準,是否受特定污染源之污染,以作為該新建廠區是否繼續開發,若是營運廠區,如何進行污染控制及整治。

三、監測井井下攝影及完井作業

1. 地下水監測井功能維護包含:井必須定期進行井體(下)攝影及監測井完井作業。
2. 監測井進行井下攝影,依據井下攝影之結果,以確認監測井井內之狀態,井壁是否結垢、異物阻塞、變形等狀況。
3. 監測井出水速率測試若出水速率未達 $0.5\text{L}/\text{min}$,則於進行採樣作業上會較為困難,水位上升速度慢,無法正常發揮監測井應有之監測功能。

四、廠區內污染潛勢評估

1. 本計畫依據高科技廠所規劃之廠區內環境敏感點之位置資料，進行廠區內土水污染潛勢評估之現勘作業，現勘時考量各種儲槽、管線、設備、廢棄物堆置之配置、化學品輸儲動線等因素，將廠區劃分出具有土水污染潛勢之區域。
2. 將上述所劃分之具污染潛勢區域，依據是否有鋪面、可能洩漏量、裝卸作業是否頻繁、地下管路、有無阻絕設施等考量因素，另加以評定據污染潛勢高低之分級。

五、土壤及地下水污染應變規劃

1. 高科技廠內會造成土壤及地下水污染情事，通常最主要之成因為儲槽或管線之破裂洩漏、運輸槽車之人為不當操作或翻覆、輸儲設備之損壞等因素，而洩漏之情形可分為長期性洩漏及緊急洩漏等兩種情形。
2. 高科技廠原規劃有完善之工安意外緊急應變標準處理作業程序，而土壤及地下水污染應變規劃，最主要為架構於高科技廠之應變作為之下，可視為一個後端處理應變措施。
3. 土水應變措施與高科技廠之既定工安洩漏意外應變處理程序結合，並說明相關應變器材與作為。
4. 彙整相關土水法對於污染事件通報之相關規定與相關主管機關可能會採取之因應作為；而對於土水污染事件之處置，對於可歸責於廠區自身之責任，應以能即時將污染情形控制與改善為第一優先，方能避免污染擴散。
5. 所規劃之土水污染應變措施，需視所發生之污染行為類型，進行後續之受污染土方清除、污染範圍與程度之調查、受污染地下水改善、場址復舊等相關措施。
6. 常見之土壤或地下水污染改善方法，而相關方法，各自具有不同之適用性，須考量污染程度、水文地質條件、污染物種類等因素，並非可一體適用。

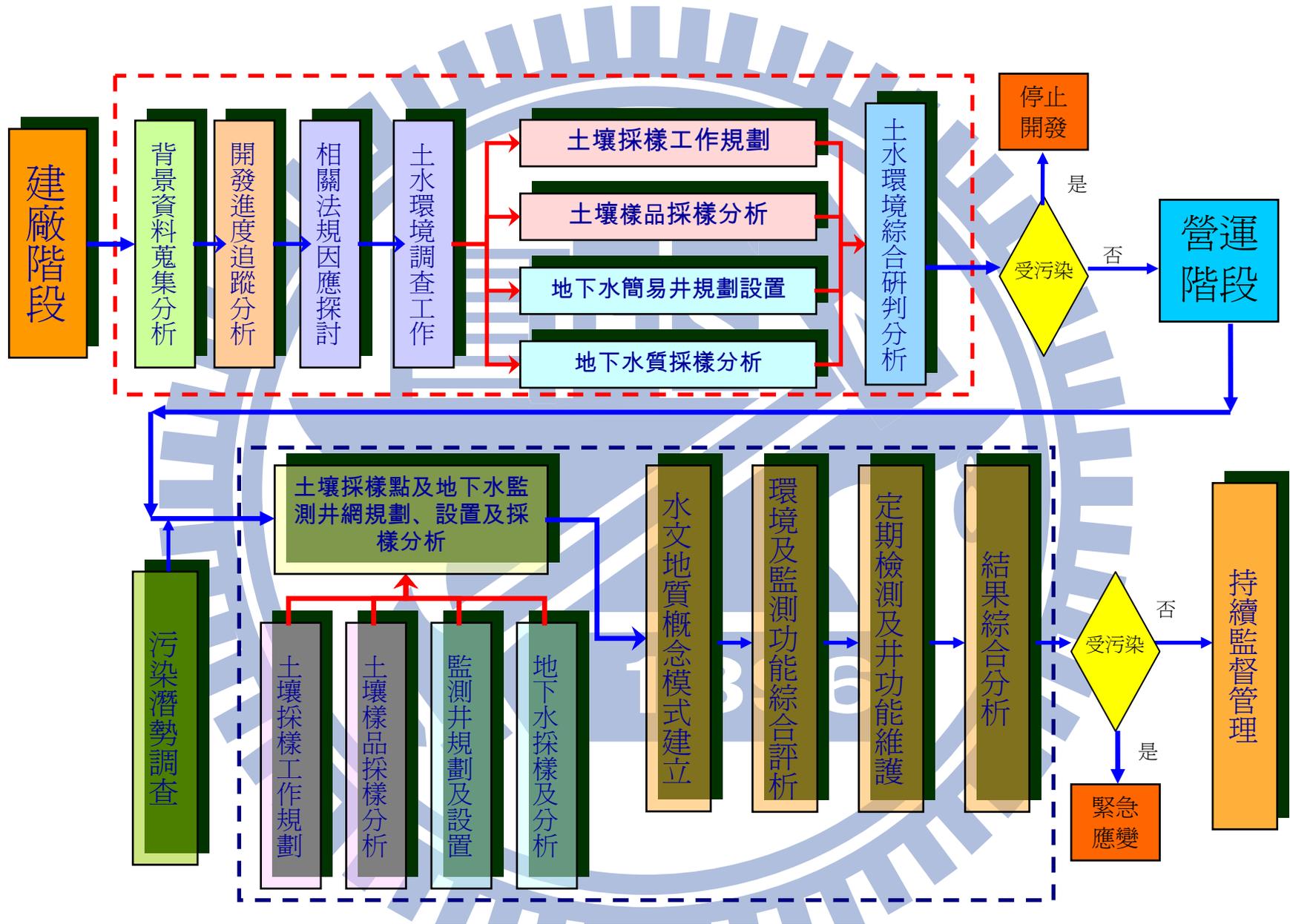


圖28 土壤及地下水污染風險預防管理及控制流程

6.2 本研究建議

1. 高科廠在設廠前必須詳細規劃土壤及地下水之污染風險預防管理計畫，以確保在開挖整地或改變地形地貌者前或於工廠設施進行試運轉（試車）前完成檢測，為確保土壤及下水之採樣具原始代表性，建議在開挖整地或改變地形地貌者前施行採樣分析。
2. 針對土壤及地下水採樣點之篩選必須具代表性，因此廠區之環境背景基線資料調查、土地使用狀況、現勘結果、現場訪談、廠區污染潛勢調查等資料，為綜合分析選點之重要依據。
3. 營運階段之地下水監測網之建構完整與否，其重要關鍵在建廠階段之土壤地下水分析結果（含地下水流向、水文資料）及未來廠區之污染潛勢調查結果之綜合分析。
4. 地下水監測井之設置鑽井深度必須考量該地下水含水層，在豐水期及枯水期下之地下水水位高度，其鑽設深度建議以枯水期之地下水高度當基準，以避免在枯水期時地下水監測井無水可監測
5. 地下水監測井建議必須至少每二年施行一次完井作業，若發現有井功能不佳或出水有出現樹枝等異物，則可考量再次進行井下攝影來進行確認。
6. 高科技廠各化學品灌注或輸出區為土壤地下水高污染區域，需定期檢視灌注接口設備及槽車之輸送管材，以防設備損壞而造成化學品大量洩漏導致土壤及地下水污染。
7. 監測井發現存在有污染物時，若測值低於監測基準或管制標準，而無法研判其實際之原因，建議持續進行每半年一次之水質採樣分析工作；若於日後採樣分析作業中，發現水樣中有不明或異常高濃度之污染物質，則增加採樣分析頻率為每季一次甚或每月一次，並依據監測結果進行污染責任釐清與改善措施。
8. 在後續定期性土壤與地下水監測方面，於採樣分析項目之決定上，應

依照土水法第八、第九條關於半導體業之採樣分析項目之規定來執行，而本計畫土壤及地下水採樣分析項目，均已包含有土水法規定項目，因此建議後續定期性之監測作業執行上，可遵循本研究計畫之分析項目來執行。

9. 當不幸發生土水污染意外事件時，應以立即進行現場處置為優先，避免因污染擴散進而衍生出諸多繁瑣之行政配合程序。而當發現污染情事時，建議即可邀集相關專業顧問暨機構，配合進廠進行評估與提出相關建議作為。



參考文獻

1. 「土壤及地下水污染整治法」行政院環境保護署，92年01月08日。
2. 「土壤及地下水污染控制場址初步評估辦法」行政院環境保護署，95年03月29日。
3. 「土壤及地下水污染管制區管制辦法」行政院環境保護署，92年01月08日。
4. 「土壤及地下水污染預防與整治推動計畫」，行政院環境保護署，95年09月。
5. 「整治場址污染範圍調查影響環境評估及處理等級評定辦法」行政院環境保護署，92年05月07日。
6. 「土壤及地下水污染整治法施行細則」行政院環境保護署，90年10月17日。
7. 「地下水污染管制標準」行政院環境保護署，98年01月15日。
8. 「土壤污染管制標準」行政院環境保護署，97年05月01日。
9. 「土壤採樣方法」，行政院環境保護署，94年11月30日。
10. 「土壤檢測方法總則」，行政院環境保護署，98年10月12日。
11. 「監測井地下水採樣方法」，行政院環境保護署，94年12月14日。
12. 「土壤及地下水直接貫入採樣及篩選測試方法」，行政院環境保護署，97年01月24日。
13. 「監測井地下水揮發性有機物被動式擴散採樣袋採樣方法」，行政院環境保護署，98年03月12日。