

# 地下水水質監測井設置規範

91.12.27 環署水字第 0910091877 函

一、本規範係供環保主管機關執行水污染防治法第十條及土壤及地下水污染整治法第十條，設置地下水水質監測井之依據。

## 二、範圍及說明

- 1.本規範適用於未密實顆粒(unconsolidated granular)土層，以監測飽和含水層地下水質，取得監測井周邊之代表性地下水水樣為目的，而非以抽水試驗為設置目的。異於前述情況之監測井設置，由水文地質專業人士依現場實際地質情形，參考本規範辦理。
- 2.本規範所有附圖中尺寸、長度、規格已註明者為標準規格，未註明者（如井管、井篩長度等）則依監測井設置場址之水文地質情況而定。
- 3.本規範稱謂之專業水文地質師為具有國外水文地質師執照之專業人士，或具有水文、地質、水文地質專業訓練及相關經驗人士。其資格與經驗是否能滿足工作需求由環保機關確定之。
- 4.本規範所採用美國測試及材料學會(American Society for Testing and Materials,簡稱 ASTM)相關規範之條例或文字不包括於本文或其他附件。所採用之 ASTM 規範(如 C136,D1586,D1587, D2488 及 D5299)可經由所附註資料來源查察得之。（註：ASTM D1587 之中文版為 CNSA3284）。

## 三、鑽孔

- 1.監測井之設計圖示於圖一，圖一中尺寸、長度已註明者為標準規格；未註明者（如井管、井篩長度）則依當地水文地質情況而定。並於圖一中繪製監測井草圖，註明相關尺寸及設井時地下水位深度。監測井之工程要求、材料規格等依施工順序規定如下。
- 2.鑽機必須適合監測井址之地質情況。若需使用鑽泥(drilling mud)時，需採用可自然分解之人工合成鑽泥。鑽機必需能滿足連續土壤取樣之要求。卵礫石層中則不需連續取樣。
- 3.標準監測井之直徑為 2 吋，鑽孔孔徑為 6~8 吋。若有特殊需要，則監測井直徑得為 4 吋，鑽孔孔徑為 8~12 吋。其深度依監測井址當地地下水存在深度及含水層型態(受壓或非受壓)而定。
  - a.非受壓含水層(圖二)：在豐水期(高地下水位情況)，鑽孔至當時地下水位面下 5 米處；在枯水期，(低地下水位情況)，鑽孔至當時地下水位面下 1 米處；若枯、豐水期地下水位面變化超過 4 米以上，則應考慮多深度監測，或在不影響洗井時間及監測目的情況下，得改變井深及井篩長度，並應詳細紀錄原因。
  - b.受壓含水層(圖三)：貫穿阻水層(aquiclude)或滯水層(aquitard)進入含水層，鑽孔至含水層 2 米處。為防範錯接污染(cross contamination)，鑽孔至阻水層或滯水層上部時應立即暫時中止鑽孔，於原始鑽孔中下 6-8 吋護管。於此護

管中繼續鑽孔，鑽穿阻水層或滯水層至含水層 2m 處。必要時，可先將原始鑽孔擴孔至適當孔徑，再下 6-8 吋護管以利鑽鑿。視實際抽除難易而定，此護管於設井時完全抽除或部分抽除至阻水層或滯水層底部。無論護管抽除與否，均需在護管內進行封層工作，以確實避免錯接污染。

井址原則參照業主提供之預定井址設置；若基於事實需要，承包商得基於專業判斷選擇適當之替代井址，並經業主同意後設置之。至於鑽孔地點由承包商負責選定，不可破壞地下埋設管線或其他公有 / 私有隱式器物；若有破壞，承包商應負責賠償、修復或其他相關法律責任。鑽孔處之地下水位深度判定、水文地質特性研析、含水層型態識別及決定孔徑深度、相關資料之蒐集等由承包商專業水文地質師負責。

4. 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。劈管取樣方式及操作須遵循 ASTM D1586 (ASTM, 1984)，薄管取樣方式及操作須遵循 CNSA3284 或 ASTM D1587 (ASTM, 1983)。在鑽孔過程中若有卵礫石層，則在此層中不必使用上述取樣器作連續取樣，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。土樣應依取樣深度依序貯存於土樣箱。若在其深度土樣有所缺失，應在土樣箱相對深度處標明缺失。存入土樣箱之土樣需用適當方式封存防止水分漏失或入侵。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。土壤特徵描述：應依循 USCS ASTM D2488 (ASTM, 1991)。

#### 四、設井

##### 1. 口徑及材質

井管及井篩均為 2 吋或 4 吋，schedule 40，螺紋式 (flush threaded) 接頭之 PVC 材質。當地下水質與 PVC 材料化性不相容時，由業主決定選用不銹鋼 (316)、鐵氟龍 (teflon) 或其他化性相容材質來代替 PVC。深度方面，當井深超過 20 公尺時，可改用 schedule 80 來增加井管的強度。井管與孔壁間的環狀空隙中填充物可用水泥漿 (neat cement grout) 或含 5% 皂土的水泥漿 (bentonite cement grout)。螺紋式公牙底座部分需有 O-Ring 防漏。公母牙旋接時不可用任何溶劑或塗料，但可用鐵氟龍膠帶纏繞公牙。2 吋監測井之保護套管為 6 吋，4 吋監測井之保護套管為 8 吋。保護套管為不鏽鋼 304 材質，長 1 米，露出水泥平台 40 公分 (見圖一)，頂部須加設鎖頂蓋；不使用時，頂蓋需鎖。井管頂部需設防水 (water tight) 井頂蓋；不使用時，井頂蓋必須蓋緊嚴防雜物進入井管。

##### 2. 井篩長度及位置

井篩長度方面，建議非受壓含水層之井篩長 6 米，豐水期間高地下水位情況，需有一米井篩置於地下水位面之上，5 米之井篩置於地下水位面之下

(如圖二所示)；枯水期間低地下水位情況，需有 5 米井篩置於地下水水位面之上，1 米之井篩置於地下水水位面之下(如圖二所示)。受壓含水層之井篩長 1 米，置於阻水層或滯水層下方 1 米處(如圖三所示)，或為符合監測目的，得置於含水層中合適深度，並應於紀錄中說明。井篩底部須用螺紋式接頭底蓋封實。旋接時不可用任何溶劑或塗料，但可使用鐵氟龍膠帶纏繞公牙。比水重之可溶性或非可溶性污染物監測井應鑽孔至含水層底部，不可貫穿阻水層或滯水層而造成溶液繼續往下移動。比水輕之可溶性或非可溶性污染物監測井鑽孔的深度，在豐水期(高地下水位情況)，鑽孔至當時地下水水位面下 5 米處；在枯水期(低地下水位情況)，鑽孔至當時地下水水位面下 1 米處；若枯、豐水期地下水水位面變化超過 4 米以上，則應考慮多深度監測。

### 3. 濾料填實(filter pack)及封井

如圖一所示，井篩及其上端井管 60 公分處之外圍需用濾料填實。亦即濾料需自井底向上填充至超過井篩上部 60 公分。為避免濾料填充時形成之架橋(bridging)或卡鎖(clogging)現象，應用導砂管( tremie pipe)，將濾料與清水緩慢輸入管壁與井壁環空。濾料頂部再輸入至少 20 公分厚之 0.1-0.2 公釐石英細砂。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一號水泥(Portland Type I Cement)填封以固定井管及防止地表滲漏影響監測。

### 4. 濾料粒徑及篩縫寬度選擇

濾料必需乾淨(由清水或蒸氣清洗)，淘選良好(均勻係數介於 1.5 至 2)圓形顆粒之石英砂。均勻係數定義為  $D_{60}/D_{10}$ ， $D_{60}$  代表 60% 的土壤顆粒能通過的粒徑， $D_{10}$  代表 10% 的土壤顆粒能通過的粒徑。其粒徑大小與含水層土壤粒徑有關，其篩縫寬度又與濾料粒徑有關。表一明列濾料粒徑、含水層土壤粒徑與篩縫寬度的相關性。若含水層由不同粒徑的土層組成，則  $D_{10}$  選用最細的土層為代表。不同廠商井篩篩縫寬度規格可能與表一所列者不盡相同，以最接近表一所列篩縫寬度為選用標準。

表一 濾料粒徑、含水層土壤粒徑與篩縫寬度的相關性

含水層土壤 $D_{10}$ (公釐)	濾料粒徑(公釐)	篩縫寬度	
		英吋	公釐
小於 0.3	0.3-0.6	0.007	0.178
0.3-0.6	1.0-2.5	0.010	0.254
0.6-1.18	1.5-3.5	0.020	0.508
1.18-2.3	2.5-4.0	0.050	1.270
2.3-4.5	4.0-8.0	0.090	2.286
大於 4.5	4.0-8.0	0.150	3.810

### 5. 警示柱及水泥平台

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。

#### 6.井位高程測量

設井完成後，必須進行井位測量及井管頂、護管頂之高程測量。高程測量精度為 0.5 公分。

#### 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。標示牌應固定於水泥平台上，並以 48 號明體字體記載下列資料：

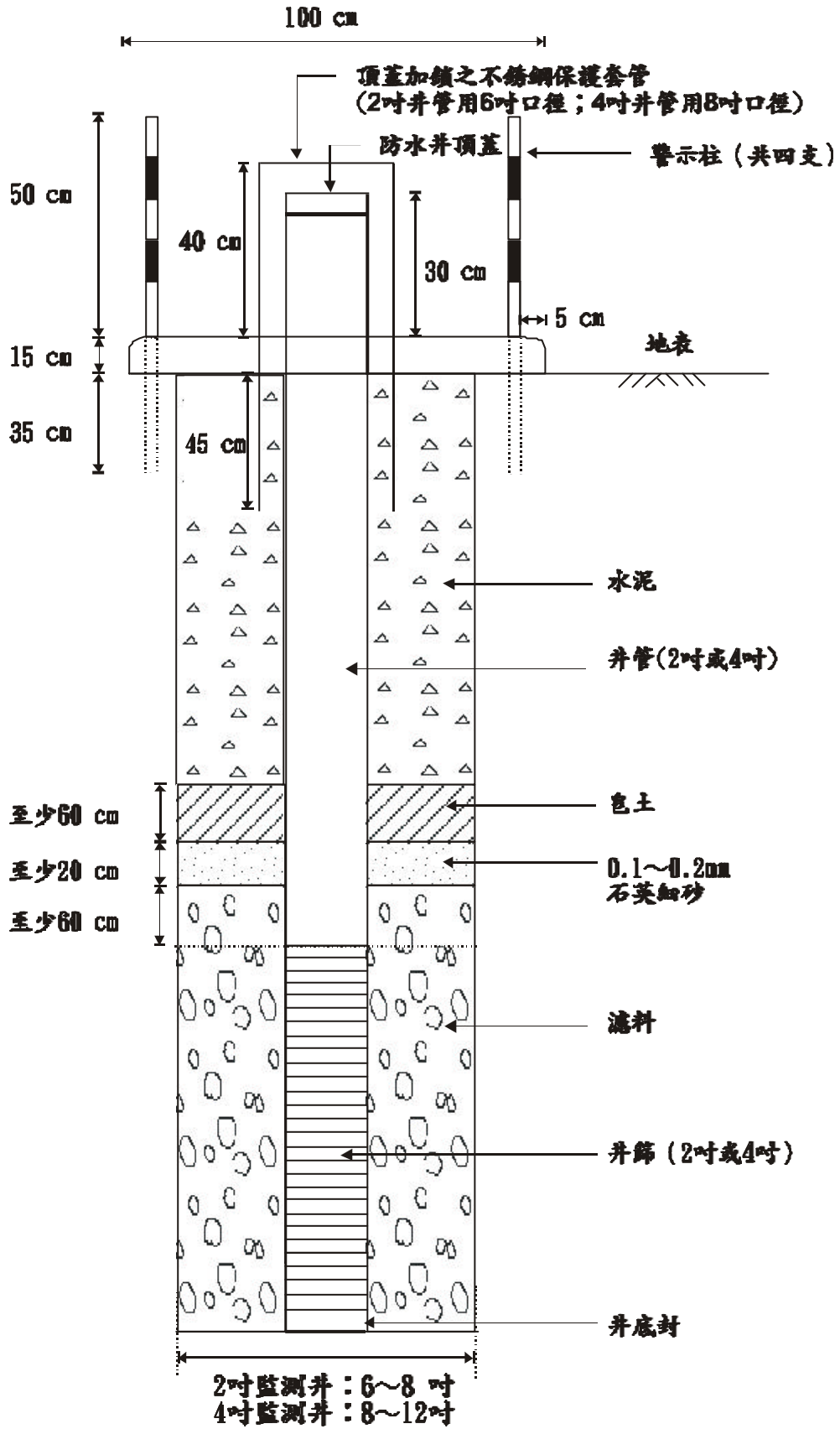
- 井號
- 井深
- 設井日期
- 井篩深度及長度
- 井頂高程並註明量測點永久性記號
- 置井廠商
- 管理單位及連絡電話

### 五、完井

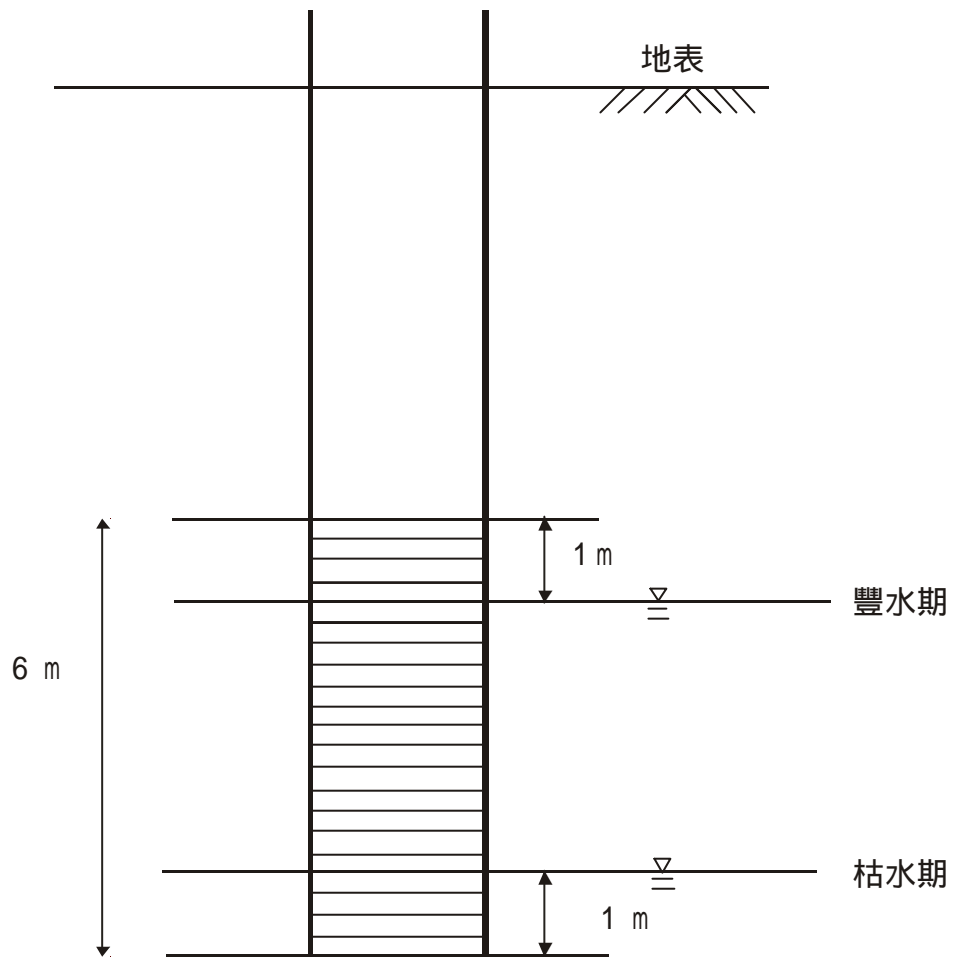
設井完畢後，需要完井及人工清除井篩周邊之細小顆粒。這些細小顆粒若不清除，將進入井內造成水樣混濁，對水質分析不利及不便。先行淘漿，將井內殘留泥漿或污水用容器汲出，然後進行完井。完井方式不拘，可用一般可行之汲取(bailing)、湧水塞(surge block)、噴氣(air jetting)、反沖(backwash)、超量抽水(over-pumping)等或業主同意之方法。完井標準為總懸浮固體(TSS) 5mg/l 以下或濁度 5NTU 以下為標準。

### 六、附錄一：地下水水質監測井設置品保品管規範

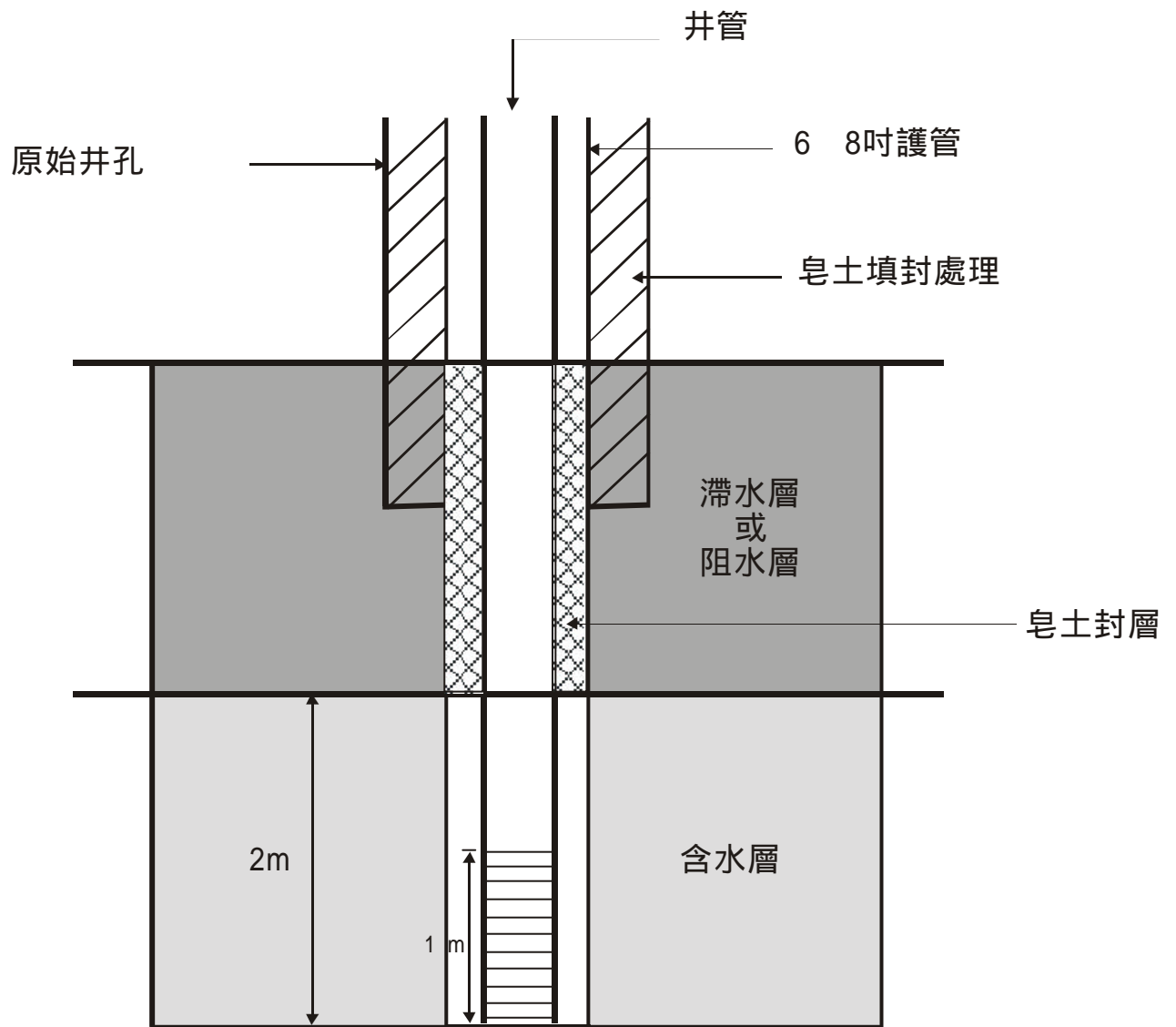
附錄二：監測井驗收時應注意事項



圖一 監測井設計示意圖 (未按比例)。圖中尺寸長度註明者為標準尺寸；井篩和井管長度未註明者依地質狀況及含水層型態而定。



圖二 非受壓含水層在豐水期和枯水期鑽孔深度及井篩位置示意圖(未按比例)



圖三 貫穿受壓含水層覆蓋時防止錯接污染措施示意圖（未按比例）

## 附錄一、地下水水質監測井設置品保品管規範

### 一、鑽孔品管及品保

- 1.鑽井設備在搬移至每個場地使用前，皆需予以除污，以防止污染該場地之地下水層。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。
- 2.鑽井設備應以鋼刷、高壓蒸氣進行除污，直至肉眼所見之污物、油脂完全除去為止；然後以無磷清潔劑(如 ALCONOX-5)清洗。清洗之鑽井設備及器材至少應包括：
  - 套管
  - 鑽桿
  - 鑽頭
  - 螺旋鑽
  - 大錘
  - 鑽機及腳架
  - 聯結器
  - 抽水機
  - 抽水管
  - 橡皮水管
  - 繩索
  - 其他經承包商或業主之現場工程師要求者。
- 3.在每一井位附近應鋪上一層塑膠布或橡膠墊，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並流入鑽孔中，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。
- 4.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 / 旁之機具。可用塑膠袋將機具上塗有油脂之部分予以包覆。
- 5.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。
- 6.於鑽井過程中，應詳細紀錄地層狀況、鑽頭型式及地下水面深度(記錄於地下水水位記錄表，如表一)，以做成地層柱狀圖。
- 7.除污步驟及已完成除污之機具設備亦應詳細紀錄於現場工作記錄簿。

### 二、土壤取樣品管及品保

(以下標準貫入及劈管僅適用於中空螺鑽或傳統式鑽機、頓鑽或衝擊鑽地層採樣使用汲筒及鑽頭取樣管)

- 1.依 ASTM D1586 之劈管取樣或 CNSA3284 或 ASTM D1587 之薄管取樣方法採取土樣，必須連續採樣。
- 2.土壤取樣設備及器材於使用前均將予以除污。土壤取樣之器材包括劈管、薄管、不鏽鋼刀、刮、杓等。



- 3.土壤取樣設備及器材之除污步驟如下：
  - 使用無磷清潔劑清洗，以去除可見之微粒與殘餘油料。
  - 以清水（自來水）清洗除去殘餘之無磷清潔劑。
  - 以去離子水或蒸餾水清洗以除去自來水中之礦物質。
- 4.取樣後，將土樣置於乾淨之廣口瓶中，先以手提式油氣偵測器（僅適用於揮發性污染）或偵爆計進行土樣有機氣體探測，然後再依據 ASTM D2488 土壤統一分類標準進行地層描述。
- 5.依 ASTM D2488 進行地層描述時，應描述土壤之粒徑分佈及形狀、排列情形、顏色、結構、緊密度或稠度及含水量（相對的）等。
- 6.現場工程師 / 水文地質師於現場進行土壤取樣工作時，應詳細記錄下列資料：
  - 土壤
  - 鑽機型式及使用設備
  - 鑽頭大小及型式
  - 臨時套管的直徑及長度
  - 地下水面的深度
  - 樣號、取樣深度及取樣日期
  - 取樣方法
  - 取樣器種類及尺寸
  - 貫入速率及取樣率
  - 目視之污染（油污、染色情形或非原色外觀）
  - 地層層次
- 7.所有取得之土壤樣品均以標準土樣箱裝妥。標準土樣箱材料、附件、規格與標準岩心箱者相同。土樣土壤樣品在裝入土樣箱前須用保鮮膜包好以防止水分散失。依深度依序放入區格，並註明深度，若有取樣空白段須標明"遺失"字樣。裝填妥後須在箱蓋內側標明取樣地點（若有井號，則亦須標明井號）箱號、深度，將土樣箱蓋妥並送交業主保存。
- 8.每一樣品應記錄之項目包含：
  - 樣品編號，深度及取樣區間（長度）
  - 採用何種取樣器 / 方法
  - 取樣器之型式及大小
  - 樣品採收之長度
  - 標準貫入試驗之結果（SPT）（僅適於中空螺鑽，不適於頓鑽或衝擊鑽採樣）
  - 可見污染物（油漬、污點、顏色異常、臭味等）
  - 若土壤中有揮發性氣體則用手提式油氣偵測計讀值或偵爆計讀值
  - ASTM D2488 規定之土壤描述或偵爆計每日將依製造廠之指示進行校正
- 9.取樣記錄如表二；對照採樣記錄繪製土壤柱狀圖。

### 三、監測井設置品管及品保

1. 監測井由下而上之設置步驟如下（參考圖一）：
  - a. 密閉式螺紋接頭井底蓋
  - b. 適當長度及篩縫之井篩（螺紋接頭）
  - c. 適當長度之井管（螺紋接頭）
  - d. 防水井頂蓋不鏽鋼保護套管：4 吋監測井用 8 吋內徑，2 吋監測井用 6 吋內徑。
  - e. 保護套管之加鎖頂蓋
  - f. 所有螺紋接頭旋接時不可使用溶劑或塗料，公牙可纏繞鐵氟龍膠帶。
  - g. 井篩及井管長度視現場情況而定，決定方法參考監測井設置規範第三節。
2. 監測井之構造應詳細地記錄於監測井構造紀錄表(如表三)；對照施工記錄，繪製監測井示意圖，註明相關尺寸及設井當時地下水位深度。
3. 俟監測井管設置定位後，井管四週之回填材料及步驟（由下而上）如下：
  - a. 濾砂料回填至井篩頂端上方 60cm，濾砂料須用導砂管混以清水徐徐倒入，不可快速大量傾倒。
  - b. 回填細砂（0.1~0.2mm 石英砂）至少 20cm。
  - c. 回填皂土粒至少厚 60cm 並予以夯實。
  - d. 灌入水泥漿液至地表進行回填過程中，均應以鐵尺或尼龍線懸吊重物予以量測實際回填深度。
4. 監測井之不鏽鋼保護套管應標註井號以資識別，保護套管頂蓋需可鎖封不使外物進入。
5. 所有使用於監測井設置之機具、設備、器材及材料等，均需於事前以高壓蒸氣清洗除污。
6. 進行監測井設置過程中，除應將井構造及完井過程詳細記錄於監測井構造紀錄表（表三）外，亦應詳細記錄下列各項：
  - a. 完井過程中之抽水量及抽水率
  - b. 監測井材料、完井設備、除污之日期、時間及方法
  - c. 使用材料之數量、型式及廠牌
7. 記錄現場重要事項或突發狀況（如表四）。

### 四、完井品管及品保

1. 完井時之除污工作必須伴隨進行，以降低污染物在觀測井間傳輸之可能性。
2. 每次完井前完井的設備需以高壓蒸氣加以清潔。
3. 鑽井過程中殘留之油漬則需以高壓蒸氣 / 熱水加以清潔。
4. 每次鑽新井前皆應將完井設備予以清潔，不鏽鋼桶之吊繩於每次換新井時皆應使用新品，不可重複使用。
5. 完井時現場工程師 / 水文地質師應將下列資料記錄於完井紀錄表(如表五)：
  - 完井時使用之方法
  - 完井時抽取之水量或流率

- 設備除污的日期、時間及方式
- 濁度、溫度、pH 值及導電度
- 所採水樣之樣品顏色及濁度，或總懸浮物濃度

表一 地下水位紀錄表

工地名稱： \_\_\_\_\_ 日期： \_\_\_\_\_

氣候狀況： \_\_\_\_\_ 紀錄人： \_\_\_\_\_

鑽井編號	_____	_____	_____	_____
井頂高程	_____	_____	_____	_____
日期	_____	_____	_____	_____
井頂下水深	_____	_____	_____	_____
時間	_____	_____	_____	_____
井頂高程	_____	_____	_____	_____
日期	_____	_____	_____	_____
井頂下水深	_____	_____	_____	_____
時間	_____	_____	_____	_____
井頂高程	_____	_____	_____	_____
日期	_____	_____	_____	_____
井頂下水深	_____	_____	_____	_____
時間	_____	_____	_____	_____
井頂高程	_____	_____	_____	_____
日期	_____	_____	_____	_____
井頂下水深	_____	_____	_____	_____
時間	_____	_____	_____	_____
井頂高程	_____	_____	_____	_____

## 表二 土壤取樣紀錄表

工程名稱：\_\_\_\_\_開鑽期：\_\_\_\_\_。

井 號：\_\_\_\_\_完井期：\_\_\_\_\_。

取樣方法：\_\_\_\_\_氣候狀況：\_\_\_\_\_。

( split spoon依照ATSM D1586進行連續取樣，thin spoon依照  
ATSM D1587進行連續取樣，並需於備註欄中註明所選方法之相  
關工作資料，如錘擊數、貫入深度、特殊情況 等)

記錄人員：\_\_\_\_\_。

至地表下深度 (米)	土壤特徵描述	土壤柱狀圖
1~2		
2~3		
3~4		
4~5		
5~6		
6~7		
7~8		
8~9		
9~10		
10~11		
11~12		
12~13		
13~14		
14~15		
15~16		
16~17		
17~18		
18~19		
19~20		
:		
:		

表三 監測井構造紀錄表

設置日期： \_\_\_\_\_

井 號： \_\_\_\_\_

井頂高程： \_\_\_\_\_

地表高程： \_\_\_\_\_

鑽井方法： \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

井孔直徑： \_\_\_\_\_ 至 \_\_\_\_\_ m

\_\_\_\_\_ 至 \_\_\_\_\_ m

\_\_\_\_\_ 至 \_\_\_\_\_ m

井管型式： \_\_\_\_\_

井管接頭： \_\_\_\_\_

井篩型式： \_\_\_\_\_ 直徑 \_\_\_\_\_

篩孔尺寸： \_\_\_\_\_ 井篩長度 \_\_\_\_\_

井頂蓋型式： \_\_\_\_\_

井底封型式： \_\_\_\_\_

濾料型式： \_\_\_\_\_

濾料粒徑： \_\_\_\_\_

濾料封： \_\_\_\_\_ 至 \_\_\_\_\_ m

細砂封： \_\_\_\_\_ 至 \_\_\_\_\_ m

皂土封： \_\_\_\_\_ 至 \_\_\_\_\_ m

表層封： \_\_\_\_\_ 至 \_\_\_\_\_ m

保護井管： \_\_\_\_\_ 直徑 \_\_\_\_\_

完井方法： \_\_\_\_\_ 日期 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 日期 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 日期 \_\_\_\_\_

說 明： \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

監測井示意









## 附錄二、監測井驗收時應注意事項

監測井設置及完工後可由下列幾個步驟加以校核驗收，以確保監測井的品質。

### 一、現場監督

配合監測井設置作業，由承包商指派專業人員在現場實地監督及查核設井過程、井管井篩規格、濾料材質及粒徑、濾料細沙及水泥回填深度是否符合設置規範。驗收時需現場檢驗監測井水質濁度。汲提少量井水用合適方法或業主同意之方法檢視其濁度、懸浮物情況。若未能達到業主的的要求，承包商需再次完井，直到業主同意。

### 二、完井驗收

監測井設置完成後，對於監測井材質、濾料等不易判斷，但可依以下三點加以校核：

#### 1. 相關資料報表查核，包括：

- a. 地下水位紀錄表
- b. 土壤取樣紀錄表
- c. 監測井構造紀錄表
- d. 現場監工要事紀錄表
- e. 完井紀錄表

#### 2. 外觀檢視

- a. 檢視警示柱、平台、標示牌是否遭毀損、油漆是否剝落。
- b. 檢視不鏽鋼保護套管是否遭毀損、保護套管井頂鎖是否有生鏽或其它損耗情形。
- c. 防水井頂蓋是否太緊或太鬆，所有尺寸、規格是否符合規範所定之標準。
- d. 檢視永久性標示牌，尺寸規格是否符合規範規定，是否完整記錄應有資料，是否牢靠固定於水泥平台，字體大小及文字是否不易脫落或污損磨失。

#### 3. 井底深度量測

- a. 自井口垂入液位計或鉛錘直接量測井口至井底之深度。
- b. 4 吋井管之監測井可利用井孔攝影機(borehole camera)垂入井中照攝、記錄井篩、井管深度及情況。