

監測井地下水採樣方法

中華民國110年1月5日環署授檢字第1091007293號公告
自中華民國110年4月15日生效
NIEA W103.56B

一、方法概要

本方法係以抽水泵或貝勒管(Bailers)為採樣設備，進行地下水採樣，以確保採得具有代表性之地下水樣品。

二、適用範圍

本方法適用於依「地下水水質監測井設置作業原則」設置之監測井地下水採樣。

三、干擾

- (一) 以貝勒管洗井 (Purge water，或稱為抽除滯留水) 時，須緩緩於井管中上昇或下降，否則因活塞現象，將造成濁度增加之干擾。當有不互溶的有機液體 (註 1) 存在於水中時，可能於採樣同時被採集，因而造成干擾。
- (二) 以抽水泵洗井時，汲水速度過大，會造成濁度增加及氣提作用等干擾。
- (三) 採樣設備若無適當之清洗，將造成干擾，甚至造成井與井之間的交叉污染。
- (四) 採樣之規劃通常與檢測項目及濃度有關，尤其對低濃度之揮發性有機化合物應更為謹慎，避免受到干擾而影響其測值。

四、設備與材料

- (一) 水位計：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，其刻度須可讀到 0.1 公分，或採用其他功能相當之水位計。
- (二) pH 計：具有自動溫度或手動溫度補償功能，可讀至 0.01 pH 單位。
- (三) 導電度計：附有溫度補償裝置。

- (四) 溶氧計：附有溫度及鹽度補償功能，執行揮發性有機化合物採樣之微洗井時使用。
- (五) 氧化還原電位計：執行揮發性有機化合物採樣之微洗井時需使用。
- (六) 濁度計：執行微洗井洗井方式時使用。
- (七) 溫度計：刻度須顯示至 0.1°C。
- (八) 洗井設備：
1. 井柱水體積置換法(Well volume approach)：可調整汲水流率（2.5 L/min 以下）之抽水泵或貝勒管（參考圖一及圖二所示），其材質應具化學鈍性。
 2. 微洗井(Micro purge water)：可調整汲水流率（約 0.1 L/min 至 0.5 L/min）之抽水泵，其材質應具化學鈍性。
- (九) 水流元（Flow cell 或 Flow through chamber）：於量測水質時，可避免樣品因接觸空氣或擾動造成水質不穩定而測得穩定之水質參數。水流元之設計汲出水應從其下方進流，由上方流出。其係作為承裝水質量測儀器之密封容器（參考圖三所示）。水流元使用時須將水流元及水質量測儀器電極上滯留之空氣或氣泡排除（註 2），以避免因空氣或氣泡存在造成水質量測干擾。須注意水進流率勿過大或附有擋板之裝置，以避免水流直接衝擊儀器電極。
- (十) 採樣設備：使用可調整流率之抽水泵或貝勒管（若採揮發性有機化合物樣品時，應使用附流率調節底面流出配件(Controlled-flow, bottom emptying assembly)之鐵氟龍貝勒管），其材質應具化學鈍性。
- (十一) 樣品容器：依據「水質檢測方法總則（NIEA W102.5）」（註 3）之採樣及保存規定，使用適當之容器。
- (十二) 過濾裝置：包括塑膠或鐵氟龍固定座及濾膜。
- (十三) 濾膜：材質為聚碳酸酯(Polycarbonate)或乙脂纖維素(Cellulose acetate)，孔徑為 0.4 μm 至 0.45 μm。

五、試劑

- (一) 試劑水：參照「水質檢測方法總則 (NIEA W102.5)」之規定，依據檢測目的及需求使用適當等級之試劑水。
- (二) 保存劑：參照「水質檢測方法總則 (NIEA W102.5)」及各待測物檢測方法之規定。
- (三) pH 標準緩衝溶液：參照「水之氫離子濃度指數 (pH 值) 測定方法－電極法 (NIEA W424.5)」之規定。
- (四) 導電度標準溶液：參照「水中導電度測定方法－導電度計法 (NIEA W203.5)」之規定。
- (五) 氧化還原電位標準溶液：使用氧化還原電位 220 mV 標準溶液或其他適當之市售標準溶液，保存期限依商品規定。
- (六) 標準濁度懸浮液：參照「水中濁度檢測方法－濁度計法 (NIEA W219.5)」之規定。

六、採樣與保存

(一) 安全裝備及注意事項

1. 採樣人員必須對所欲採取樣品之環境背景資料有所了解，以決定所需的安全裝備，必要時應穿著防護衣及安全帽。
2. 採樣設備應避免接觸任何污染源，應於監測井旁備一乾淨的塑膠布以放置採樣設備。
3. 在井水補注充足的狀況下，應避免使用貝勒管洗井，而以低流率抽水泵洗井。

(二) 採樣前

1. 去污：採樣設備之清洗程序如註 4 所示。須清洗之設備包括：水位計、非一次式使用之貝勒管、抽水泵、汲水管線、水流元。
2. 樣品容器清洗：參照「水質檢測方法總則 (NIEA W102.5)」表一中各種檢測項目之規定執行。
3. 填寫「監測井地下水採樣紀錄表」，可參考附表格式製作。

(1) 填寫採樣日期。

(2) 填寫採樣地點，並將井篩頂部至井口的深度填寫於「井篩深度」欄中。

(3) 記錄洗井資料，包括下列項目

A. 量測井管內徑（直徑）的大小，並記錄於「井管內徑」欄中。

B. 用水位計量測地下水位面至井口的深度（註 5），應讀至 0.1 公分，並記錄在「水位面至井口深度」欄中。

C. 再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」欄中。

D. 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「地下水採樣紀錄表」的附註中。

(4) 計算井柱水深度

井柱水深度 = 井底至井口深度 - 水位面至井口深度。

並將其記錄於「井柱水深度」欄中。

(5) 記錄井柱水體積

計算井柱水體積：

直徑 2 吋監測井井柱水體積(L) = 2.0 × 井柱水深度(m)。

直徑 4 吋監測井井柱水體積(L) = 8.1 × 井柱水深度(m)。

(6) 記錄抽水器的型式、型號及汲水流率。

(7) 記錄抽水器的汲水方法（定量或變量汲水）。將抽水器放置於井篩之位置，並記錄抽水器進水口放置位置，記錄於「泵進水口深度」欄中。

(8) 若採微洗井方式，應記錄井篩長度（公分）及水位洩降（公分）。

(9) 若使用水流元應記錄水流元容積（公升）及現場儀器量測頻率（次/分鐘）。

(三) 洗井

洗井主要目的乃於採樣前以適當流率汲取地下水，抽換監測井中之滯留水，以取得代表性地下水樣品。對補注流率較佳之監測井，其汲水流率應小於補水流率，即避免洗井時，水位有明顯洩降。

對於揮發性有機化合物之採樣，其汲水流率以不造成濁度增加、氣提作用及氣曝作用等現象之小流率汲水，即表示汲水流率應小於補水流率。

若以 0.1 L/min 至 0.5 L/min 流率汲水，水位洩降超過 1/8 倍井篩長，或以貝勒管汲水且能把水抽乾時，則應由設井時之岩芯取樣(Core sampling)紀錄判斷該含水層是否屬低滲透性地層。屬低滲透性含水層，將汲水泵置於井管底部附近以較大之汲水流率將井內積水抽除，待水位回升後採集新鮮地下水樣品。非屬低滲透性含水層，可能井篩產生阻塞，須進行完井(well completion)作業後再採樣。

常用之洗井方式有井柱水體積置換法及微洗井二種。

1. 井柱水體積置換法：洗井時可採用抽水泵或貝勒管進行，將井柱水抽換 3 倍至 5 倍井柱水體積後進行採樣。

(1) 使用抽水泵洗井

A. 使用可調整汲水流率之抽水泵較能節省時間，洗井汲水流率宜小於 2.5 L/min，以適當流率抽除井柱水。

B. 汲水位置：井篩中間部位（當水位高於井篩頂部時）或井篩內水位之中點（當水位低於井篩頂部時），原則上於洗井過程中儘量避免大幅降低井內水位。

C. pH 值與導電度量測頻率：汲出水約 2.0 倍井柱水體積時，量測第 1 次水質參數，然後每汲出 0.5 倍井柱水體積之水時再量測 1 次。洗井時 pH 值與導電度測值最後連續 3 次應符合之穩定規範如下：

穩定規範	
pH 值	± 0.1
導電度	± 3%

pH 計與導電度計於使用前須確認功能正常。

D.若水質參數已達穩定，則可結束洗井，或執行 5 倍井柱水體積置換後，即可進行採樣。

E.洗井時若使用水流元量測水質參數，進行採樣時須將水流元拆離或繞流(Bypass)。

(2) 使用貝勒管洗井

A.汲水位置：井管底部（註 6）。

B.pH 值與導電度量測頻率：汲出水約 2.0 倍井柱水體積時，量測第 1 次水質參數，然後每汲出 0.5 倍井柱水體積之水時再量測 1 次。洗井時 pH 值與導電度測值最後連續 3 次應符合六、（三）1.（1）C.之穩定規範。

C.若水質參數已達穩定，則可結束洗井，或執行 5 倍井柱水體積置換後，即可進行採樣。

2. 微洗井（或稱為小流率抽除滯留水）

(1) 本法需使用可調整汲水流率之抽水機，並能將汲水流率穩定控制於約 0.1 L/min 至 0.5 L/min，適用之抽水機型式包括氣囊式泵或離心泵等。惟離心泵不適合作為揮發性有機化合物樣品之採樣設備。

(2) 設置抽水機時，應緩緩將抽水機下降放置定位，並儘量避免擾動井管水，以免造成汲出水之濁度增加，因而增加洗井時間。

(3) 以微洗井方式進行洗井時，汲水位置為井篩中間部位（當水位高於井篩頂部時）或井篩內水位之中點（當水位低於井篩頂部時），原則上於洗井過程中儘量避免大幅降低井內水位，另若考量污染物在地表下之流布特性、相關之現場篩測結果及採樣目的等因素，可放置於井篩中適當位置進行。

(4) 設定汲水流率應從最小流率開始，慢慢調整汲水流率控制於約 0.1 L/min 至 0.5 L/min（汲水流率通常視監測井附近之地質、水文條件而定），每隔 1 分鐘至 2 分鐘量測水位 1 次，直到水位變化 ± 3 公分以下之穩定狀態後，進行洗井作業。

(5) 洗井期間須量測井中水位，並確認水位洩降未超過 1/8 倍井

篩長，須於採樣紀錄表中記錄汲水流率及水位深度。

(6) 以微洗井方式汲水，井中水位洩降未超過 1/8 倍井篩長，且量測之水質參數達到穩定後，即可以抽水泵進行採樣。

(7) 開始洗井時，以小流率汲水，記錄汲水開始時間，同時量測並記錄汲出水的 pH 值、濁度、溫度、導電度及現場量測時間。採集揮發性有機化合物樣品增加執行溶氧、氧化還原電位之量測。同時觀察汲出水有無顏色、異樣氣味及雜質等，並作記錄。

洗井過程中需繼續量測汲出水的水質參數，同時觀察汲出井水之顏色、異樣氣味，及有無雜質存在，並於洗井期間現場量測至少 5 次以上，直到最後連續 3 次符合各項參數之穩定規範，其量測值之差異範圍如下：

參數	穩定規範
pH 值	± 0.1
導電度	± 3%
溶氧	± 10% 或 ± 0.3 mg/L
氧化還原電位	± 10 mV
溫度	± 0.2°C
濁度	± 10% (濁度介於 20 NTU 至 5 NTU 為 ± 2 NTU) 若 3 次濁度值皆低於 5 NTU 視為穩定

pH 計、導電度計、溶氧計、氧化還原電位計及濁度計於使用前須確認功能正常。

(8) 現場儀器量測頻率：

A. 若在水流元中量測水質參數，則可依水流元容積與汲水流率決定量測頻率，以確保每次測量水流元內之樣品已充分更新。例如：水流元之容積為 500 mL，汲水流率為 250 mL/min，則量測之時間間隔至少為 2 分鐘。

B. 若非於水流元中量測水質參數，量測之時間間隔至少 5 分鐘。

(9) 若水質參數已達穩定，則可結束洗井；若無法達到穩定規範，則改以井柱水體積置換法進行洗井。

(10) 洗井時若使用水流元量測水質參數，濁度之量測應於汲出水進入水流元前之三通閥取樣。當水質達到穩定後，進行採樣時須將水流元拆離或繞流。

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。

(四) 採樣

1. 採樣應在洗井完成後 2 小時內進行，若監測井位於低滲透性地層，洗井後，待新鮮水回補，應儘快於井底採樣，較具代表性。
2. 如以貝勒管採樣，原則上將貝勒管放置於井篩中間部位（當水位高於井篩頂部時）、井篩內水位之中點（當水位低於井篩頂部時）。另若考量污染物在地表下之流布特性、相關之現場篩測結果及採樣目的等因素，將貝勒管放置於井篩中適當位置進行取樣（註 7）。貝勒管在井中的移動應力求緩緩上升或下降，以避免造成井水之擾動，造成氣提或曝氣作用。
3. 檢測項目中有揮發性有機化合物者，洗井設備與採樣設備應相同（離心式抽水機不適合用於採集揮發性有機化合物樣品）。以抽水機採樣其流率應控制在 0.1 L/min 以下，並確認管線中無氣泡存在以避免揮發性有機化合物逸散。如以貝勒管採樣，應注意貝勒管於井管中移動所造成之擾動問題。其採樣設備材質應以鐵弗龍，且貝勒管應採用控制流率底面流出配件，使樣品由貝勒管下的底面流出配件之噴嘴流出，採樣步驟請依照揮發性有機化合物檢驗方法之規定。
4. 如以原來洗井之抽水機採樣，則俟洗井完成或水質參數穩定後，在不對井內作任何擾動或改變位置的情形下，維持原來洗井之低流率，直接以樣品瓶接取樣品。
5. 開始採樣時，記錄採樣開始時間。以抽水機或貝勒管取足量體積的樣品，裝於樣品瓶內。並填好樣品標籤，貼在樣品瓶上。
6. 裝瓶順序，應依待測物之揮發性敏感度之順序安排，如下所示：

- (1) 揮發性有機化合物（註 8），總有機鹵素。
 - (2) 總有機碳（註 9）。
 - (3) 溶解性氣體。
 - (4) 半揮發性有機化合物。
 - (5) 重金屬及氰化物。
 - (6) 陽離子及陰離子。
7. 若待測項目為溶解性金屬時，應於採樣現場以 0.4 μm 至 0.45 μm 之濾膜過濾。若未於現場進行過濾，地下水樣品可能因化學作用（如氧化沉澱）而增加水中膠體或細微顆粒，此時再予過濾之樣品將不具代表性。
8. 進行現場過濾時，採樣設備如為抽水機，建議於線上直接過濾；採樣設備如為貝勒管，則可使用過濾裝置直接加壓過濾。

（五）樣品保存

樣品保存方法，請參照「水質檢測方法總則（NIEA W102.5）」之規定。

七、步驟

略

八、結果處理

- （一）重金屬檢測結果須註明為溶解性或總量。
- （二）洗井作業及採樣時若發現有不互溶有機相存在，易造成參數異常，應記錄所發生實況於採樣紀錄表，以佐證洗井時水質參數無法穩定之合理性，並依採樣目的（例如：污染源追查、污染改善期間監測）採集代表性樣品。

九、品質管制

採樣現場品質管制樣品(Field QC samples)如下：

- (一) 現場空白樣品(Field blank sample)：又稱野外空白樣品，在檢驗室中將不含待測物之試劑水置入適當容器內，密封後攜至採樣地點，在現場開封並模擬採樣過程，但不實際採樣。密封後，再與待測樣品同時攜回檢驗室，視同樣品進行檢測，由現場空白樣品之分析結果，可判知樣品在採樣過程是否遭受污染。檢測水中揮發性有機化合物樣品時，每批次採樣行程應製備 1 件現場空白樣品。
- (二) 設備空白樣品(Equipment blank sample)：又稱清洗空白樣品(Rinsate blank sample)，指經清洗後之採樣設備（例：氣囊式泵或離心泵等），以採樣泵抽取不含待測物之試劑水流洗約 5 L 後，收集試劑水流洗液，視同樣品進行檢測。由設備空白樣品之分析結果，可判知採樣設備是否遭受污染。檢測水中揮發性有機化合物或重金屬樣品時，每 1 口監測井應製備 1 件設備空白樣品；如使用一次式採樣設備（例：一次式使用貝勒管等），同一批號生產之採樣設備應製備 1 件設備空白樣品。
- (三) 運送空白樣品(Trip blank sample)：又稱旅運空白樣品(Travel blank sample)，在檢驗室中將不含待測物之試劑水置入適當容器內，密封後攜至採樣地點，但在現場不開封。於採樣完畢後，與待測樣品同時攜回檢驗室，視同樣品進行檢測，由運送空白樣品之分析結果，可判知樣品在運送過程是否遭受污染。檢測水中揮發性有機化合物樣品時，每批次採樣行程應製備 1 件運送空白樣品。

以上採集之空白樣品，當地下水樣品之檢測值超過地下水法規標準值 20% 以內時，應執行空白樣品檢測。

十、精密度與準確度

略

十一、參考資料

- (一) 行政院環境保護署，飲用水採樣檢測方法建立與驗證 — 地下水標準採樣方法之建立，EPA-86-1302-09-02-01，1996。
- (二) ASTM. D4448-01, Standard Guide for Sampling Ground-water Monitoring Wells, 2019.

- (三) ASTM. D6771, Standard Practice for Low-Flow and Sampling for Wells and Devices Used for Ground-water Quality Investigation, 2018.
- (四) U. S. EPA. Region I, Low Stress (low flow) Purging and Sampling Procedure for the Collection of Groundwater Samples from Monitoring Wells, EQASOP –GW 001, 2010.
- (五) U.S. EPA. Ground-Water Sampling Guidelines for Superfund and RCRA Project Managers, EPA/542/S-02/001, 2002.
- (六) U.S. EPA. Evaluation of Sampling and Field-Filtration Method for the Analysis of Trace Metals in Ground-Water, EPA/600/R-94/119, October 1994.
- (七) U.S. EPA. Low-Flow (Minimal Drawdown) Ground - Water Sampling Procedures, EPA/540/S-95/504, 1996.
- (八) U.S. EPA. RCRA Ground-Water Monitoring : Draft Technical Guidance, pp7-1 ~ 7-32, November 1992.
- (九) Example of Field Protocol for Sampling a Monitoring Well, Principles of Contaminant Hydrogeology, 1996.
- (十) 行政院環境保護署，深層大口徑監測井地下水採樣方法訂定，EPA-92-1601-02-08，2004。

註 1：貝勒管內採集之不互溶有機相厚度，並不同於不互溶有機相在地下含水層中之厚度。

註 2：因地下水釋壓或監測井特性自然產生之微小氣泡須儘量排除。

註 3：本文引用之公告函及方法之內容及編碼，以環保署最新公告者為準。

- 註 4：採樣前先進行下述清洗程序：先使用清潔劑洗淨，再依序以自來水及試劑水沖洗乾淨。當有機化合物殘留在採樣設備內時，需以溶劑清洗之。
- 註 5：如果所測量之地下水位面深度之數據，將被用作日後判定此區域地下水流向之用時，則建議先量測區域內之所有監測井或水位觀測井的地下水位面深度，然後再逐口進行地下水採樣，以免地下水位面受潮汐或其他因素影響而造成誤差。
- 註 6：洗井時應避免產生過大洩降。過大洩降迫使遠處含水層地下水流向井中，造成水質空間混合，此時井柱中之水不代表監測井位置之地下水樣品。
- 註 7：此井篩中採樣位置之原則亦適用於其他採樣設備。
- 註 8：揮發性有機化合物係指「地下水污染管制標準」第 4 條污染物管制項目之揮發性有機污染物。
- 註 9：檢測項目總有機碳如僅檢測非揮發性有機碳時，依照非揮發性有機化合物方式採樣。

附表 監測井地下水採樣紀錄表 (例)

採樣日期： 年 月 日

採樣地點： 井篩深度：

洗井資料

井管內徑： 水位面至井口深度： 井底至井口深度：

井柱水深度： 井柱水體積： 預估洗井時間：

抽水泵型式： 型號： 汲水流率：

汲水方法： 泵進水口深度： 井篩長度：

水位洩降： 水流元容積： 現場儀器量測頻率：

洗井開始時間： 洗井結束時間：

現場量測儀器確認

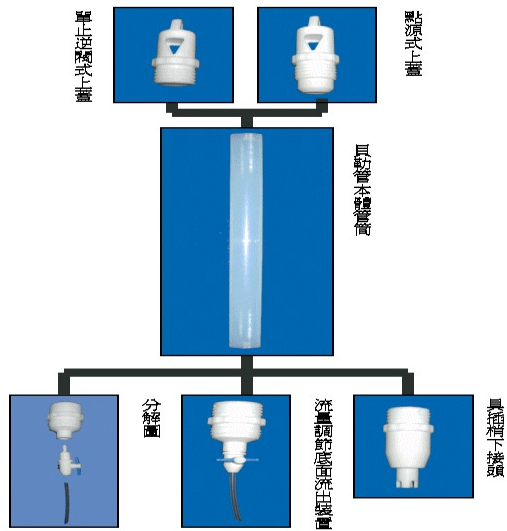
(1)pH 計使用緩衝溶液(Buffer)- 之確認值：【 】

(2)0.01 N 之氯化鉀溶液於 25°C 下之導電度的測值為：【 】 $\mu\text{mho} / \text{cm}$ ；0.01 N 之標準氯化鉀溶液於 25°C 下之導電度測試合格參考值為：【1343 ~ 1483】 $\mu\text{mho} / \text{cm}$ 。

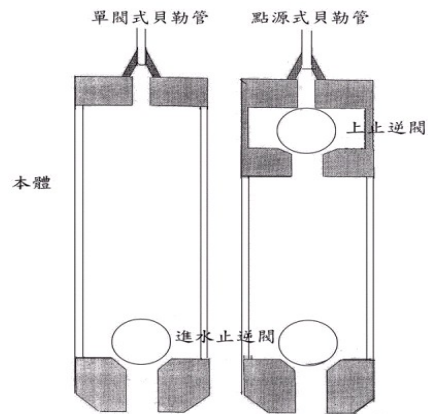
(3)溶氧計滿點確認之讀值：【 】 mg / L 。

(4)氧化還原電位計確認標準液之讀值：【 】 mV ，標準液之氧化還原電位值【 】 mV 。

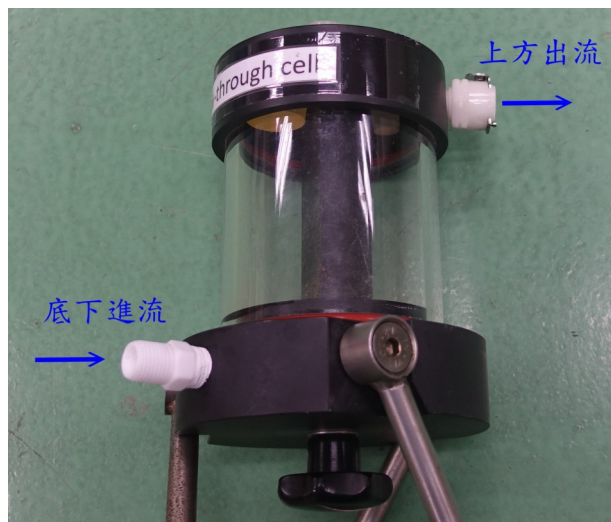
(5)濁度計確認標準液之讀值：【 】 NTU ，標準液值【 】 NTU 。



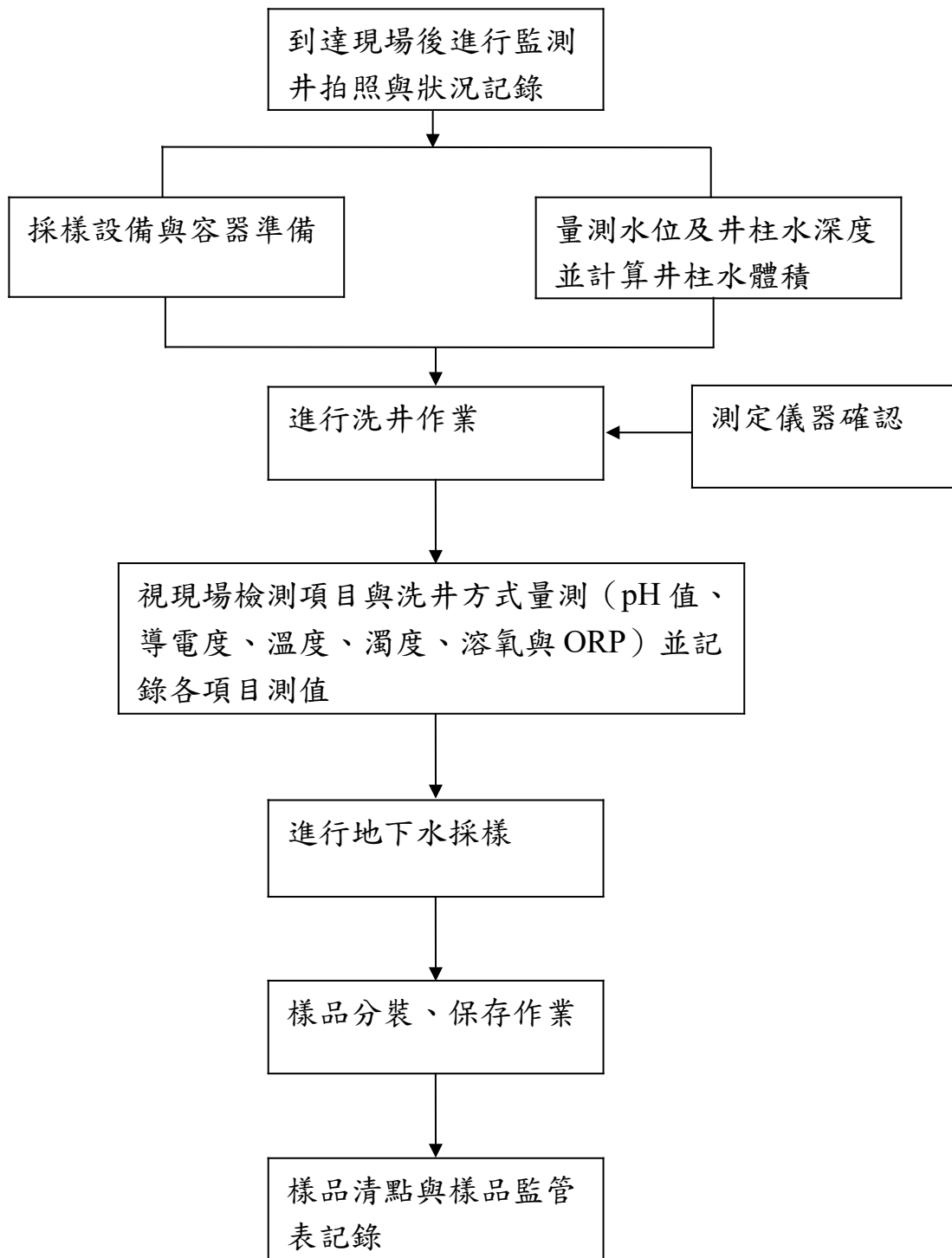
圖一 貝勒管及其配件



圖二 貝勒管構造示意圖



圖三 水流元示意圖



圖四 監測井地下水採樣作業流程圖