

監測井地下水採樣方法－微生物檢測

中華民國 110 年 3 月 8 日環署授檢字第 1101001031 號公告
自中華民國 110 年 6 月 15 日生效
NIEA E239.50C

一、方法概要

本方法係以經消毒（滅菌）之抽水泵或貝勒管(Bailers)為採樣設備，進行地下水採樣檢測微生物，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中微生物樣品之採樣。

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。
- （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、消毒（滅菌），將造成干擾，甚至造成井與井之間的交叉污染。

四、設備與材料

- （一）水位計：電子偵測式水位計，其刻度須可讀至 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：附有溫度補償功能。
- （四）溶氧計：附有溫度及鹽度補償功能，執行微洗井之洗井方式時使用。
- （五）氧化還原電位計：執行微洗井之洗井方式時使用。

(六) 濁度計：執行微洗井之洗井方式時使用。

(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）。

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。

(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 1），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。

(十一) 樣品容器：無菌塑膠容器或玻璃容器，如須重複使用，容器材質應可重複滅菌，滅菌方式請參照「環境微生物檢測通則—細菌 (NIEA E101.0)」，或可使用市售無菌袋（杯、瓶）。

(十二) 高壓滅菌釜：溫度能維持在 121°C （壓力約 15 lb/in^2 或 1.05 kg/cm^2 ）滅菌 15 分鐘以上。

五、試劑

(一) 試劑水：導電度在 25°C 時小於 $2\text{ }\mu\text{mho/cm}$ ($\mu\text{S/cm}$)。

(二) 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)」規定。

(三) 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)」規定。

(四) 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。

- (五) 標準濁度懸浮液：參照「水中濁度檢測方法－濁度計法 (NIEA W219.5)」規定。
- (六) 中性之次氯酸鈉溶液：於使用前配製 0.006% 次氯酸鈉溶液，並以 1 M HCl 調整使溶液之 pH 值介於 6 至 7。
- (七) 無菌試劑水：取試劑水以 121°C 高壓滅菌 15 分鐘以上。
- (八) 10% 無菌硫代硫酸鈉溶液：取 5 公克硫代硫酸鈉（試藥級以上）溶於 25 mL 試劑水中攪拌溶解後定容至 50 mL，再以 121°C 高壓滅菌 15 分鐘以上，待冷卻後室溫保存備用，保存期限 6 個月。可根據需求量依比例配製。
- (九) 0.01% 無菌硫代硫酸鈉溶液：每公升無菌試劑水中加入 1 mL 10% 無菌硫代硫酸鈉溶液。可根據需求量依比例配製。

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 70% 至 75% 酒精噴灑，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。

(二) 採樣前

1. 去污：採樣設備之清洗程序如註 2 所示。須清洗之設備包括：水位計、非一次式使用之貝勒管、抽水機、汲水管線、水流元。
2. 採樣設備消毒或滅菌：將清洗好的採樣設備（如：非一次式使用之貝勒管、汲水管線），選擇下列其中一種方式進行：
 - (1) 以 121°C 高壓滅菌 15 分鐘以上，貝勒管進行滅菌時須先以鋁箔紙包覆。
 - (2) 以中性之次氯酸鈉溶液循環流洗（浸泡）30 分鐘以上，再使用無菌硫代硫酸鈉溶液循環流洗（浸泡）5 分鐘以上，再以無菌試劑水流洗（浸泡）。

3. 採樣設備保存：採樣設備消毒或滅菌後，以經滅菌或 70% 至 75% 酒精噴灑之鋁箔紙或包裝容器將採樣設備包覆保存備用。
4. 若採用抽水機，使用前應以 70% 至 75% 酒精噴灑。
5. 採樣紀錄內容至少應包括：
 - (1) 採樣日期。
 - (2) 採樣地點。
 - (3) 井篩頂部至井口的深度。
 - (4) 監測井資料：
 - A. 井管內徑。
 - B. 地下水位面至井口的深度。
 - C. 井底至井口的深度。
 - (5) 井柱水深度（公分）：
$$\text{井柱水深度} = \text{井底至井口深度} - \text{水位面至井口深度}。$$
 - (6) 洗井結束時之水位面至井口深度。
6. 使用井柱水體積置換法時應記錄井柱水體積。
7. 使用抽水機時應記錄汲水流率及抽水機放置於井篩之位置。
8. 使用微洗井時應記錄井篩長度（公分）及水位洩降（公分）。
9. 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。

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。

洗井方式有井柱水體積置換法或微洗井二種進行洗井。

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

(1) 使用抽水機洗井

A.使用可調整汲水流率之抽水機較能節省時間，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 3）。

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。
- （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，即可以抽水機進行採樣。
- （7）開始洗井時，以小流率抽水，記錄抽水開始時間，同時量測並記錄汲出水的 pH 值、濁度、溫度、導電度、溶氧、氧化還原電位及現場量測時間。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	$\pm 3\%$
溶氧	$\pm 10\%$ 或 $\pm 0.3 \text{ mg/L}$
氧化還原電位	$\pm 10 \text{ mV}$
溫度	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
濁度	$\pm 10\%$ (濁度介於 20 NTU 至 5 NTU 為 $\pm 2 \text{ NTU}$) 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。

(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 4）。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. 如以原來洗井之抽水泵採樣，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，直接以樣品瓶或市售無菌袋（杯、瓶）接取樣品。
4. 採樣前應以 70% 至 75% 酒精噴灑手部及取樣口，或使用無菌手套，再採取樣品。
5. 開始採樣時，記錄採樣開始時間。抽水泵應先流洗 1 分鐘至 3 分鐘後再進行採樣，以抽水泵或使用貝勒管取足量體積的樣品，裝於樣品瓶內。
6. 裝瓶順序，若欲採集其他檢測項目之樣品時，應先採其他待測物樣品後再採微生物樣品。
7. 盛裝樣品時，樣品容器之上端應留下至少 2.5 公分的空間，以便檢驗時進行樣品混合。

（五）樣品保存

1. 運送時樣品溫度應維持在小於 10°C 且不得凍結，實驗室內保存溫度應維持在 4°C ± 2°C。
2. 樣品應於 24 小時內完成前處理（如過濾等）。

七、步驟

略

八、結果處理

略

九、品質管制

採樣現場品管樣品(Field QC samples)如下：

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），以採樣泵抽取無菌試劑水流洗約 5 L 後，收集無菌試劑水流洗液，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。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。

以上採集之空白樣品應隨同樣品進行檢測。

十、精密度與準確度

略

十一、參考資料

- (一) USGS. Fecal Indicator Bacteria. National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data, Chapter A7, 2007.
- (二) 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。
- (三) ASTM. D4448-01, Standard Guide for Sampling Ground-water Monitoring Wells, 2019.
- (四) ASTM. D6771, Standard Practice for Low-Flow and Sampling for Wells and Devices Used for Ground-water Quality Investigation, 2018.
- (五) 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.
- (六) U.S. EPA. Ground-Water Sampling Guidelines for Superfund and RCRA Project Managers, EPA/542/S-02/001, 2002.
- (七) 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.

- (八) U.S. EPA. Low-Flow (Minimal Drawdown) Ground - Water Sampling Procedures, EPA/540/S-95/504, 1996.
- (九) U.S. EPA. RCRA Ground-Water Monitoring : Draft Technical Guidance, pp7-1 ~ 7-32, November 1992.
- (十) Example of Field Protocol for Sampling a Monitoring Well, Principles of Contaminant Hydrogeology, 1996.
- (十一) 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。

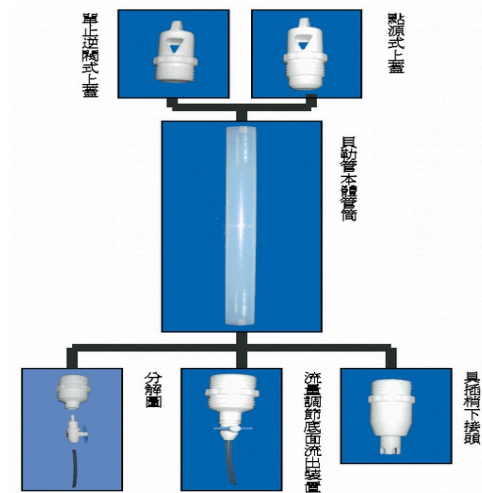
註 1：因地下水釋壓或監測井特性自然產生之微小氣泡須儘量排除。

註 2：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。當有機物殘留在採樣設備內時，需以溶劑清洗之。

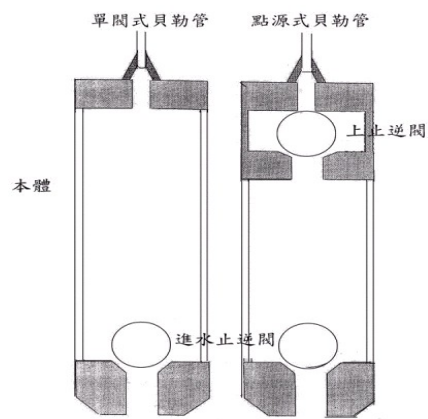
註 3：洗井時應避免產生過大洩降。過大洩降迫使遠處含水層地下水流向井中，造成水質空間混合，此時井柱中之水不代表監測井位置之地下水樣品。

註 4：此井篩中採樣位置之原則亦適用於其他採樣設備。

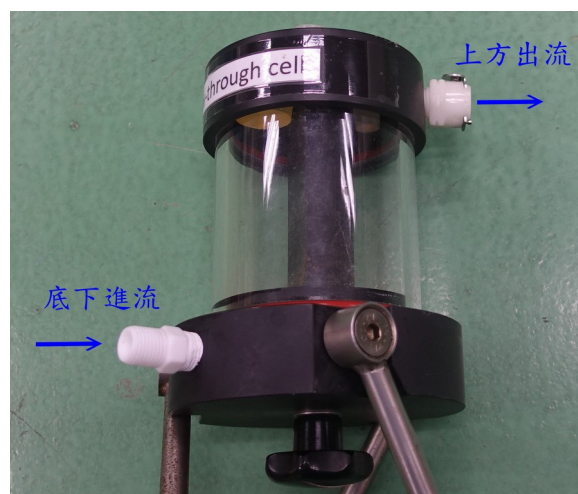
註 5：本文引用之公告方法名稱及編碼，以環保署最新公告者為準。



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