地下水監測井規劃與設置方法練習題

第二章、監測井設置規範

2.1 規範

1. 環境部於 102 年 12 月 25 日所公告「地下水水質監測井設置作業原則」。本原則適用對象，依據設置目的之不同，可分為哪兩類？

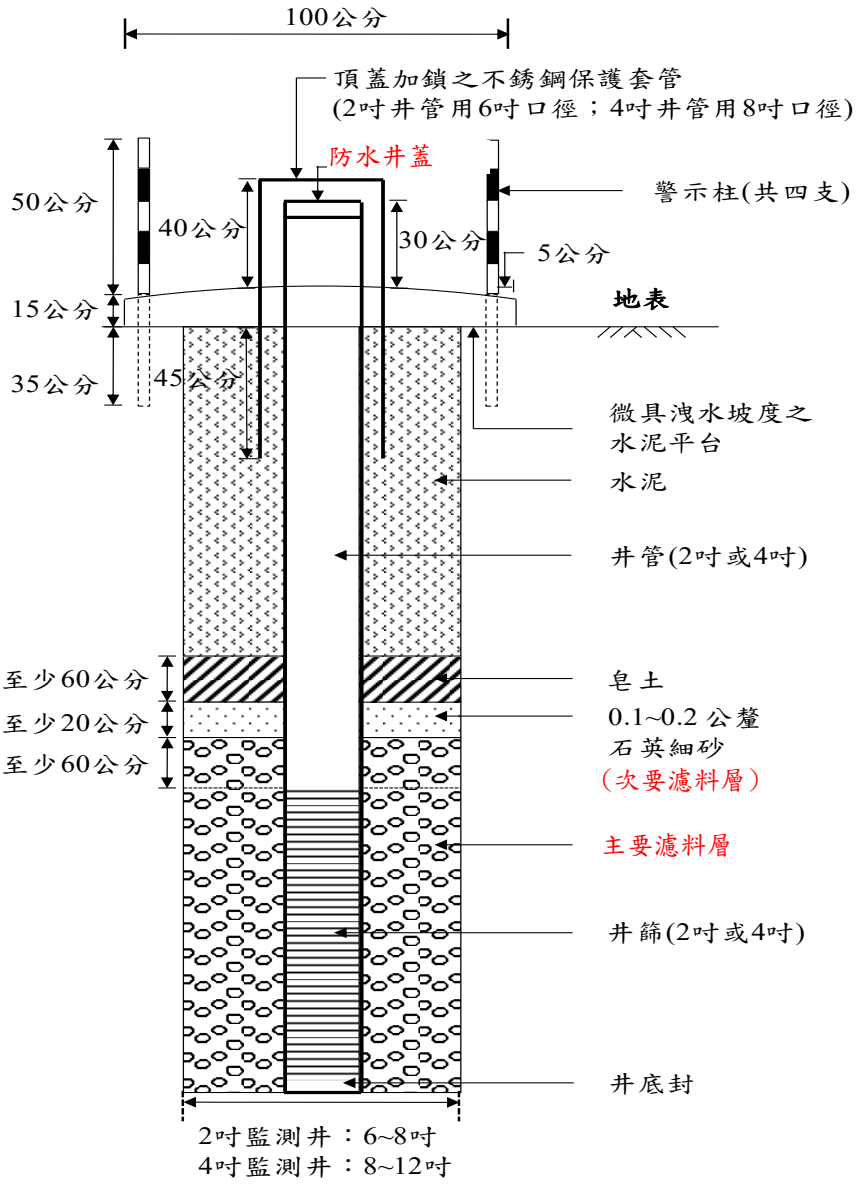
   解答：1. 以監測背景水質為目的之區域性監測井。

   2. 以污染預防、調查或查證為目的之監測井。

2.2 構造設計

2. 請繪製平台式監測井概要構造，需標示標準規格之尺寸、長度。

   解答：



國家環境研究院 National Environmental Research Academy

2.3 井管與井篩規格

3. 請說明以監測背景為目的之區域性監測井於非受壓含水層之建議井篩長度及其原因？

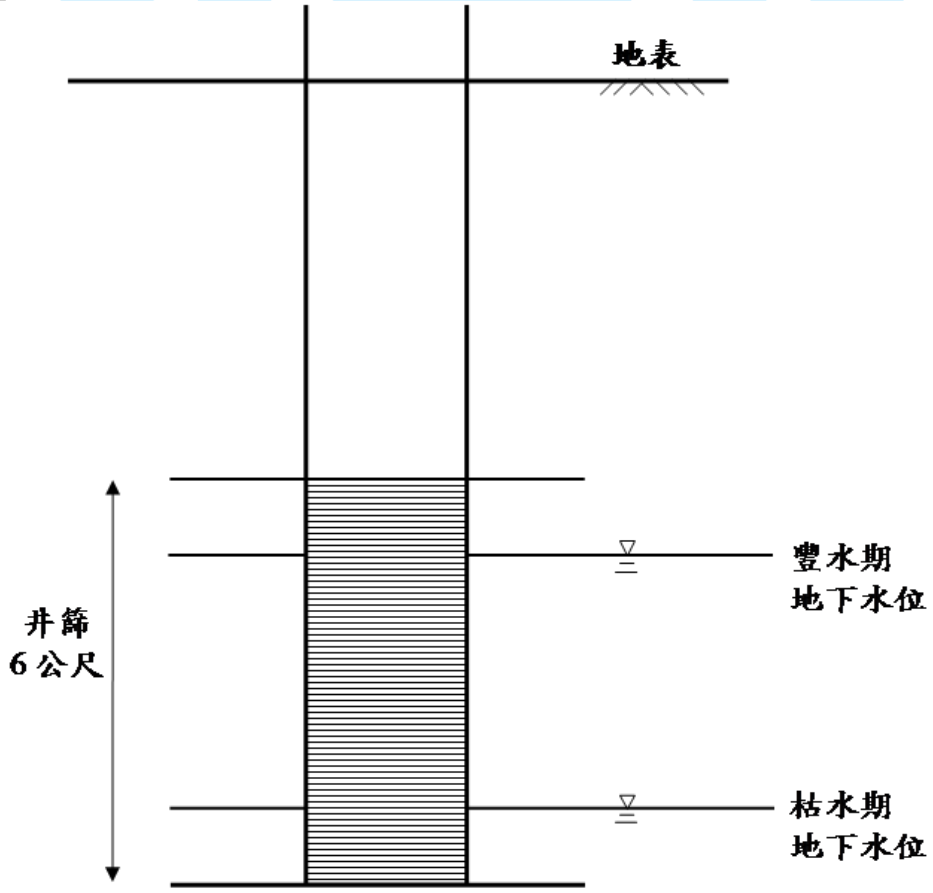
解答：1. 建議井篩長6公尺，井篩區間需涵蓋豐、枯水期之地下水位面，惟於枯水期間至少需有1公尺之井篩置於地下水面之下，以避免井內無水之情形。

2. 若井址之經常性地下水位較高，或需監測含水層特定深度之水質時，則井篩區間不以涵蓋豐、枯水期之地下水位面為限，由監測井設置規劃人員選擇適當方案，於紀錄中說明，並經監測井設置單位同意後實施。

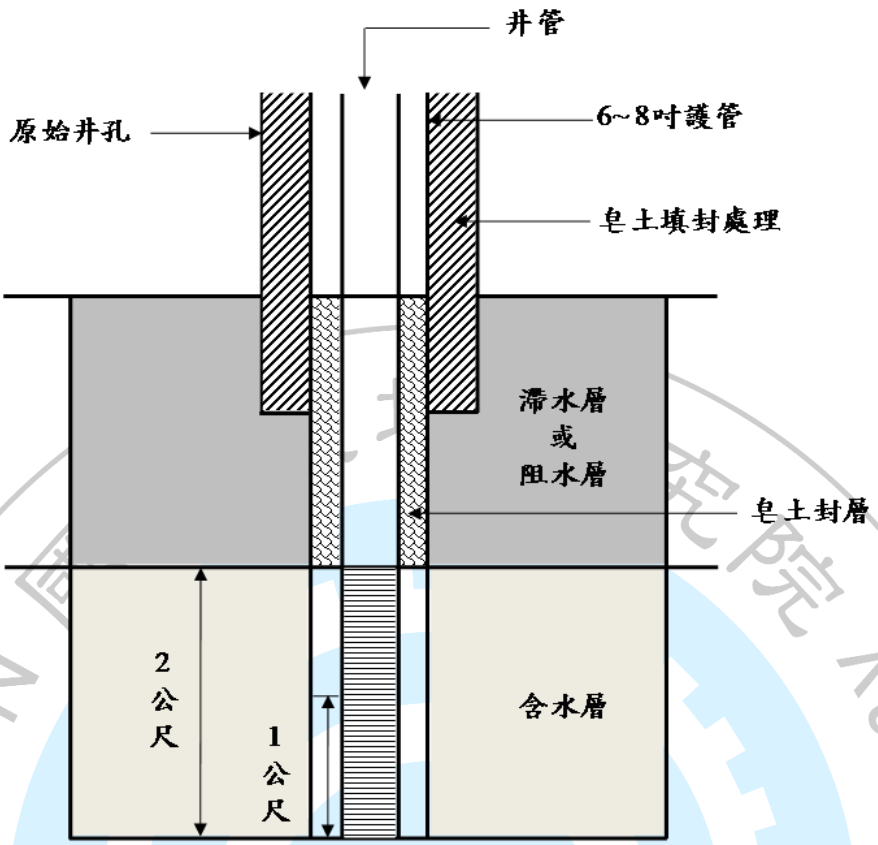
3. 若豐、枯水期地下水位變化大於6公尺，或含水層厚度較大時，井篩長度不以6公尺為限，可由監測井設置規劃人員選擇適當方案，或得考慮另設監測井，進行多深度監測，應於紀錄中說明，並經監測井設置單位同意後實施。

4. 請繪圖說明於非受壓含水層及受壓含水層，其監測井設置示意圖。

解答：



非受壓含水層在豐、枯水期鑽孔深度及井篩位置示意圖（未按比例）



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）

5. 如何計算計算均勻係數 (Uniformity Coefficient, C_u)？C_u 值為 1 代表什麼？通常濾層材料的 C_u 應為多少？

解答：在粒徑較大的地層中應將篩分析的結果繪製粒徑分布圖，求出對應於過篩率 60% 與 10% 的粒徑 D_{60} 與 D_{10}，計算均勻係數 (Uniformity Coefficient, C_u)，$C_u=D_{60}/D_{10}$。均勻係數代表粒徑的均勻性，C_u越小顆粒越均勻，C_u值為1代表所有顆粒都是同一粒徑。通常濾層材料的C_u應小於2.5。

6. 在選擇濾料和篩管時，應考慮哪些事項？

解答：1. 篩管縫寬可擋住90%之濾層材料。

2. 在合適濾料粒徑範圍內，濾層材料粒徑宜選用較大者，以降低洗井時的水頭損失，以便防止過多細砂、沉泥、黏土進入井中的機會，降低濁度。

3. 粒徑不均的濾層不適用，因為較小顆粒會填充大顆粒之間的孔隙而提高了水流的阻力。除了粒徑應均勻外，濾料形狀應越渾圓越好。

4. 濾層設計是依據地質材料的最小粒徑。以上相關細節可參酌美國環保署建議的規格，或ASTM D5092。

7. 依據「地下水水質監測井設置作業原則」，為避免濾料填充時形成之架橋或卡鎖現象，應如何處理？
解答：應用導管 (Tremie Pipe) 將濾料與清水緩慢輸入管壁與井壁間。

8. 依據「地下水水質監測井設置作業原則」，針對封層與回填，其濾料材質為何？需填充多少厚度？
解答：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公分以直徑1/4-1/2英吋丸狀或扁粒狀的皂土粒填實。

9. 請說明平台式監測井及隱藏式監測井體之保護構造，包括哪些設計與設置項目（不須詳細說明尺寸與細節）？
解答：1. 平台式監測井
(1) 保護套管與防水井蓋。
(2) 水泥平台。
(3) 警示柱。
2. 隱藏式監測井
(1) 防水手孔蓋與防水井蓋。
(2) 保護座。
3. 永久性標示牌。

10. 請說明永久性標示牌包含的資料。
解答：1. 站名。
2. 井號。
3. 井址座標（離島地區需加註經緯度坐標）。
4. 井徑。
5. 井深。
6. 井頂高程（井頂上需標示量測點永久性記號）。
7. 井篩位置。
8. 設井日期。
9. 管理單位。
10. 連絡電話。

11. 監測井之設井相關的紀錄需包括哪些表單？

解答：1. 地下水位紀錄表。
2. 土壤取樣紀錄表。
3. 土壤粒徑分析成果表。
4. 監測井構造紀錄表。
5. 現場監工要事紀錄表。
6. 完井紀錄表。

12. 請說明土壤取樣紀錄表，包含哪些項目？

解答：井名/井址/井號、氣候狀況、開鑽日期、取樣方法、記錄人員、監測井設置規劃人員、至地表下深度、土壤特徵描述、土壤柱狀圖。

13. 請說明地下水位紀錄表，包含哪些項目？

解答：井名/井址/井號、記錄人員、監測井設置規劃人員、日期、時間、地表下水深。

14. 請說明監測井構造紀錄表，包含哪些項目？

解答：計畫名稱、設井日期、施工單位、監測井設置規劃人員、井名、井號、井址、監測井坐標 (TWD97)、井管頂高程、高程測量方式、鑽井方法、鑽井深度、井孔直徑、井管總長、井管型式、距地表高度、井管直徑、井篩總長、井篩型式、開篩區間、篩孔尺寸、井底封、井底封材質、濾料封、濾料型式、濾料粒徑、均勻係數C_u、細砂封、細砂粒徑、皂土封、皂土型式、水泥封、水泥封型式、表層封、表層封型式、監測井構造示意圖。

15. 完井紀錄表中需記錄地下水哪些物理化學項目？

解答：pH值、導電度 (μmho/cm)、溫度 (℃)、濁度 (NTU)。

第三章、場置性監測井設置考量

16. 請分別說明區域性監測井與場置性監測井之定義？

解答：1. 區域性監測井：針對一般性區域水質進行長期的瞭解與趨勢分析。

2. 場置性監測井：以高污染潛勢污染源監測及污染查證與污染區調查為主，或對進行中之污染控制場址、整治場址及特定污染源、污染範圍之監測，因針對特定污染進行查證或監測，其監測項目與頻率亦依監測污染物之特性及所屬水文地質環境而異。

17. 請說明設置場置性監測井需考慮哪四個項目？

解答：1. 監測井設置間距。
2. 監測井設置深度。
3. 監測井位置。
4. 監測頻率。

3.1 監測井設置間距

18. 針對於什麼情形或條件下，監測井設置間距需考量較大？

解答：當水力傳導係數較低時。

19. 針對於什麼情形或條件下，監測井設置間距需考量較小？

解答：1. 在水文地質條件較複雜的情況下。
2. 水文地質參數在水平向有明顯較高異質性或異向性時。
3. 當污染源下方為透水性高的礫石層時，可能形成較狹長且會快速移動的污染團。
4. 若場址位置較接近補注區、水力梯度較高或有明顯變化、流速較快、地下水流向變化較大時。

3.2 監測井設置深度

20. 為何監測井開篩深度與地下水流動的優勢路徑 (Preferential Pathways) 有關？

解答：地下水流動的優勢路徑對於污染物在場址內外的分布與傳輸速度有關鍵的影響，優勢路徑包括含水層中水力傳導係數特別高的土壤中和裂隙較多的岩體，這些材料的分布主宰了地下水和污染的移動。監測井開篩的考量應該依據路徑的深度和厚度而定，而開篩本身則考量監測井的深度和篩管的長度。

21. 監測井開篩深度跨越過數個水力傳導係數大小交錯變化的地質單元，可能會造成什麼影響，該如何改善此問題？

解答：若篩管長度跨越過數個水力傳導係數大小交錯變化的地質單元，則這些相異的地質單元對水量和水質會有不同的影響，極可能造成污染物的稀釋和地下水流速和流向的誤判。若含水層中的水文地質單元較複雜，且可能形成不同的傳輸路徑，則需設置更多的監測井來監測。

22. 對監測 LNAPL 其監測井開篩深度需考慮什麼？

解答：在地下水位變動幅度較大的非受壓含水層中，監測井必須有夠長的篩管以便偵測到地下水位面以上的LNAPL游移相 (Free Product)。

23. 調查 LNAPL 及 DNAPL 污染為目的之監測井，請分別說明監測井之開篩位置？

解答：1. 對LNAPL監測，監測井開篩應跨越地下水位面，且篩管長度必須考量地下水位的季節性變化。

2. 液相DNAPL密度較水高，所以DNAPL可能穿透不同深度的含水層。因此DNAPL監測應進行分層監測之外。此外，監測井開篩位置應接近含水層的底部以瞭解是否有液相的DNAPL淤積在阻水層上方。

3.3 監測井位置

24. 井址原則參照環保主管機關提供之預定井址設置，惟應避免設置於哪些地方？若基於事實需要，需如何辦理設置？

解答：井址應避免設置於化糞池、抽水設備或樹木等可能影響井體及水質之設施旁；若基於事實需要，專業水文地質師得基於專業判斷選擇適當之替代井址，並經環保主管機關同意後設置之。

25. 請說明設置上游背景水質監測井與下游監測井，需考慮什麼？

解答：1. 上游背景水質監測井在場址範圍內越上游越好，但不應超過潛在高污染區域邊緣80公尺以上。下游監測井在污染源下游，距離潛在高污染區域邊緣至少3公尺以上，至多不超過15公尺。

2. 通常下游監測井應該設置3口以上，才能涵蓋可能的污染團移

動路徑。

26. 當 DNAPL 污染量大時，其監測井的位置應考量什麼？

解答：DNAPL污染量大時可能淤積在地下水含水層底部的阻水層上，沿其坡度往下方移動，此時不僅必須在地下水流向下游設置監測井，也必須在阻水層頂部高程坡度的下方設置監測井以掌握純液相污染物的動態。

3.4 監測頻率

27. 依據環境部訂定之「場置性地下水監測井設置及後續處理處置原則」，環保機關之監測頻率為何？

解答：均應持續利用既設監測井，以1年2次之頻率持續定期監測。監測期間為每年以豐、枯水期各監測1次為原則；且場置性監測井檢測分析項目，應以場址特性、製程用原物料及製程產生之污染物項目為主。

第四章、設置工法

28. 請說明哪三種是國內外最常用的鑿井方式？

解答：氣錘式鑽堡、中空螺旋鑽、水沖式旋鑽或頓鑽。

29. 請簡述中空螺旋鑽之鑿井方式，在臺灣哪些地方不適用，為什麼？

解答：中空螺旋鑽之鑽桿即為套管，無須拔除鑽桿，利用鑽桿中空進行土壤採樣與設置監測井，同時有利於使用另一套尺寸較小的中空螺旋鑽鑽穿阻水層設置監測井而不會有交互污染的問題。中空螺旋鑽可以鑽孔至約45公尺深，但通常較少超過30公尺。但在臺灣因為平原地區多為沖積層經常有卵礫石層或卵礫石夾雜在砂層、黏土層中，因此中空螺旋鑽在臺灣中部以北及東部地區的適用性較低。

30. 請說明 3 種國內外最常用的鑿井方式（氣錘式鑽堡、中空螺旋鑽、水沖式旋鑽或頓鑽）之優缺點？

解答：

項目	氣錘式鑽堡	中空螺旋鑽	水沖式旋鑽或頓鑽
優點	◎可貫穿卵礫石層 ◎不須穩定液 ◎土壤取樣品質較高 ◎設井速度較快	◎不須套管 ◎不須穩定液 ◎土壤取樣品質較高 ◎可於鑽桿內部取樣與	◎技術與設備較為普及 ◎價格較低

項目	氣錘式鑽堡	中空螺旋鑽	水沖式旋鑽或頓鑽
		設井	
缺點	◎以高壓氣體噴出岩土碎屑可能影響土壤中有機污染物之分析 ◎紅土層等黏度高者較不易施作 ◎價格較高	◎無法貫穿卵礫石層與岩層	◎卵礫石層、砂層需使用套管或穩定液 ◎回流水或穩定液必須要處理 ◎穩定液可能影響監測井設井與採樣品質

31. 請就鑿井深度、適用地層及時間說明3種鑿井方式（氣錘式鑽堡、中空螺旋鑽、水沖式旋鑽或頓鑽）之比較？
解答：

項目	氣錘式鑽堡	中空螺旋鑽	水沖式旋鑽或頓鑽
鑿井深度	至少可達100公尺	最深約30公尺	無限制
適用地層	無限制	砂、沉泥	無限制
時間	1-2天/口	2-3天/口	2-3天/口

32. 依據「地下水水質監測井設置作業準則」，土壤取樣每一口監測井在鑽孔過程中必須使用什麼取樣器作「連續」取樣？
解答：劈管 (Split-Spoon)、薄管 (Thin-Wall Tube) 或岩心管。

33. 含水層中的土樣應在試驗室內進行篩分析，以求得含水層土樣的哪些特性及特徵？
解答：粒徑分布曲線、有效粒徑、均勻係數及其他相關資料。

34. 設井完成後，進行的微水試驗可求得什麼，以掌握污染物可能之傳輸速率？
解答：設井完成後，必要時可施作微水試驗求得土壤之水力傳導係數，以瞭解地下水流動速度並綜合其他資訊，瞭解污染物可能之傳輸速率。

第五章、設井品保品管與驗收注意事項

5.1 現場監督

35. 配合監測井設置作業，由承包商指派專業人員需進行現場實地監督及哪些工作？

解答：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。

36. 設井時之常見缺失有哪些？

解答：1. 鑽探機具選用不當。
2. 坍孔與濾料錯填。
3. 未實施土壤連續取樣。
4. 連通與污染錯接。
5. 規定之井篩長度與位置無法一體適用。
6. 完井標準不易達到。
7. 缺乏設置與品保品管紀錄，或紀錄內容錯誤。

37. 完井標準為何？

解答：完井標準為出水的濁度小於5 NTU；若不能達到上述標準時，得以完井最後階段，每次間隔10分鐘，連續量測3次濁度小於20 NTU或變化±10%以內。

5.2 設井品保品管

38. 現場工程師/水文地質師於現場進行土壤取樣工作時，應詳細記錄下列哪些資料？

解答：1. 土壤。
2. 鑽機型式及使用設備。
3. 鑽頭大小及型式。
4. 臨時套管的直徑及長度。
5. 地下水面的深度。
6. 樣號、取樣深度及取樣日期。
7. 取樣方法。
8. 取樣器種類及尺寸。
9. 貫入速率及取樣率。
10. 目視之污染（油污、染色情形或非原色外觀）。
11. 地層層次。

5.3 完井驗收

39. 監測井設置完成後，對於監測井材質、濾料等不易判斷，但可依何校核？

解答：1. 相關紀錄及照片查核。
2. 外觀檢視。
3. 移交並測試井鎖鑰匙。
4. 必要時可再次使用井中攝影,利用井孔攝影機垂入井中照攝，垂放時應置於井管中央緩慢下降，以確認施工品質及井管放置深度、材質、井篩位置等是否符合紀錄表。

40. 監測井設置完成後，應完成之相關紀錄與表單有哪些？
解答：1. 地下水位紀錄表。
2. 土壤取樣紀錄表。
3. 土壤粒徑分析成果表
4. 監測井構造紀錄表。
5. 現場監工要事紀錄表。
6. 完井紀錄表。
7. 土樣箱照片。
8. 下管、下濾料、下皂土、水泥平台/保護座及周圍保護構造建置之照片。
9. 監測井資料卡。
10. 測量報告。
11. 井中攝影照片（需標示水位、井篩及井深之深度）。
12. 井中攝影影片。

41. 監測井設置完成後，對於監測井外觀檢視要項為何？
解答：1. 檢視監測井之材質、水泥平台/保護座、警示柱、不鏽鋼保護套管、防水手孔蓋、防水井蓋及井鎖等井體保護構造是否依井體設計圖進行施作且完整無損；永久性標示牌之尺寸規格是否符合規定並確實固定於水泥平台/保護座；水泥平台/保護座與警示柱之外觀油漆是否剝落。
2. 監測井周圍環境是否完成復舊，本項作業需查核初始現勘紀錄有無相關配合事項。檢查施工器具、設備、防護圍籬等是否已全數撤離；表層是否夯實穩固；周圍環境是否有殘存水泥砂漿、施工物料或垃圾。
3. 井位坐標及井管頂高程之測量參考點是否標示於井管上。