

校園用水安全維護管理手冊

(2015 版)



教育部國民及學前教育署 指導

國立臺灣大學公共衛生學系 編輯

目錄

第一章 校園用水水源水質特性	1
第一節 自來水.....	1
第二節 非自來水.....	4
第三節 水中污染物的種類	7
第二章 校園水媒疫情個案介紹	10
第三章 校園常見供水設備與其維護	15
第一節 校園供水設備.....	16
第二節 校園用水二次污染預防	22
第三節 校園用水設備之維護及管理	26
第四章 校園常用淨水設備單元介紹	27
第一節 過濾.....	27
第二節 活性碳吸附.....	34
第三節 離子交換.....	39
第四節 紫外線殺菌.....	47
第五節 逆滲透.....	52
第六節 消毒.....	58
第七節 學校常用的水處理設備介紹	64
第八節 校園水處理模組選擇建議.....	73
第五章 校園用水安全維護	77
第一節 校園用水管理相關法規	77
第二節 校園用水設備之設置原則	79
第三節 校內用水自我檢查	92
第六章 校園用水緊急應變指引	97
參考文獻.....	111

附錄一	飲用水水源水質標準	a-1
附錄二	飲用水水質標準	a-4
附錄三	飲用水連續供水固定設備使用及維護管理辦法	a-11
附錄四	自來水用戶用水設備標準	a-14
附錄五	各縣市環保局及自來水事業單位聯絡電話	a-19
附錄六	各級學校每人每日用水量	a-21
附錄七	2011~2013 各縣市環保局自來水配水系統直接供水點水質抽 驗結果	a-22
附錄八	用水設備衛生檢查	a-24
附錄九	水池水塔清洗作業流程(臺北自來水事業處訂定)	a-30

圖目錄

圖 1.1 自來水傳統處理程序	1
圖 1.2 某簡易自來水場淨水設備	6
圖 3.1 蓄水池構造圖	19
圖 3.2 消防管線附屬設備	23
圖 4.1 水流流經砂粒後，去除水中之微細物質示意圖	28
圖 4.2 過濾程序中截留、沈澱和擴散等不同機制示意圖	28
圖 4.3 需清洗或更換之濾心	33
圖 4.4 家用活性炭濾心	35
圖 4.5 活性炭吸附貫穿曲線	37
圖 4.6 串聯式活性炭過濾單元	38
圖 4.7 離子交換作用原理	39
圖 4.8 典型離子交換設備	43
圖 4.9 校園常見之離子交換淨水單元	46
圖 4.10 常見紫外燈殺菌設備之構造	48
圖 4.11 UV 光源強度、使用壽命	51
圖 4.12 各式校園 UV 淨水設備	51
圖 4.13 滲透與逆滲透示意圖	53
圖 4.14 反洗過濾設備	65
圖 4.15 化學消毒裝置	67
圖 4.16 市售簡易餘氯試劑	68
圖 4.17 中央處理系統及逆滲透裝置	70
圖 4.18 飲水機種類	71
圖 4.19 山泉水校園用水處理設備建議流程	75
圖 4.20 地下水校園用水處理設備建議流程	76

圖 5.1 校園用水安全檢查流程	82
圖 5.2 使用地下水為水源時用水安全評估流程	85
圖 5.3 使用地表水（山泉水）為水源時用水安全評估流程	88
圖 5.4 使用自來水為水源時用水安全評估流程	90
圖 5.5 校園用水設備自我檢查流程	94
圖 6.1 緊急應變處理流程圖(第一級).....	107
圖 6.2 緊急應變處理流程圖(第二級).....	108
圖 6.3 緊急應變處理流程圖(第三級).....	109
圖 6.4 緊急應變處理流程圖(第四級).....	110

表目錄

表 1.1 使用不同水源需注意之水質問題	9
表 3.1 各配水管材性能之比較	21
表 4.1 典型逆滲透淨水器各單元更換週期及單價	57
表 4.2 各種消毒劑將病毒去活化的 CT 值	59
表 4.3 各種消毒劑將梨型鞭毛蟲去活化的 CT 值	59
表 4.4 淨水設備去除污染物及價格比較	72
表 5.1 飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表	81
表 5.2 校園用水設備自我檢查表	95
表 6.1 意外事件種類及評估	99
表 6.2 緊急應變負責人及負責事項	100

第一章 校園用水水源水質特性

一般校園用水水源可分自來水與非自來水兩大來源，自來水指經淨水場水處理程序後配送至用戶之飲用水，非自來水則包括地下水、山泉水及簡易自來水等水源。根據經濟部水利署統計資料顯示，截至民國 102 年底臺灣地區自來水普及率已達 92.9% 以上，且歷年來環保單位執行水質抽驗結果顯示直接供水自來水水質合格率達 98% 以上；但環保署針對非自來水系統所進行之水質調查亦顯示其合格率僅 85%，顯示使用非自來水為水源者必須特別注意水質安全。因此，對於地處偏遠、至今尚未鋪設自來水管線之鄉鎮或仍部份抽用地下水之地區而言，民眾的用水安全值得關切。使用自來水的學校雖水質較無疑慮，但也應注意校內用水設備的維護保養，以防水質劣化的情況。學校是師生群聚的地方，如因校園用水水質不良而爆發水媒病疫情時，將可能造成大規模的疫情感染。

第一節 自來水

自來水之定義為包括表面水、地下水的原水於淨水場經混凝、沈澱、過濾及加氯消毒等一系列處理程序（如圖 1.1），使其水質符合飲用水水質標準，再經由配水管線輸送合乎衛生、適於飲用之用水至各用戶。

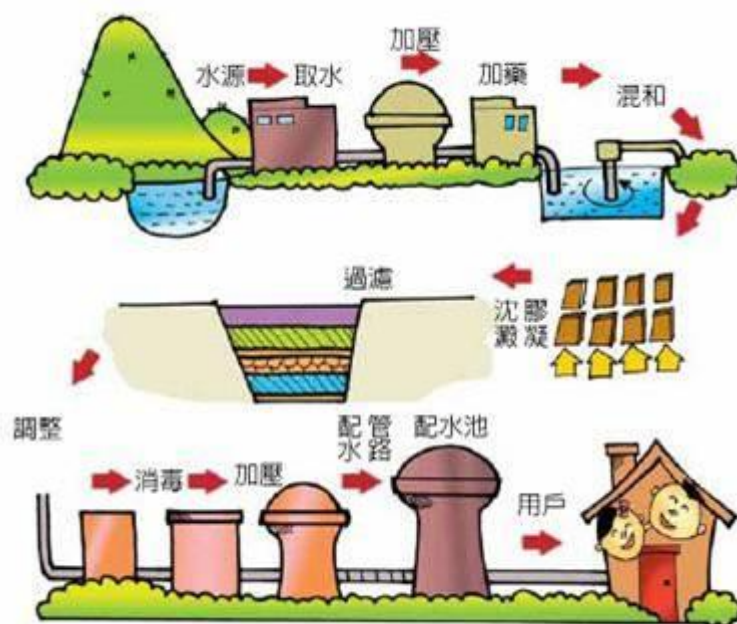


圖 1.1 自來水傳統處理程序（資料來源：行政院環保署）

淨水程序可分為傳統處理程序及高級處理程序兩種。傳統處理程序包括混凝/膠凝、沈澱、過濾、消毒（加氯）等程序；高級處理則包括離子交換、臭氧、活性炭、逆滲透等針對特殊水質要求所採用之處理程序。對於水源水質良好之淨水場，採用傳統處理程序即可有效提供優良水質之自來水供公眾使用。但如水源含有無法以傳統處理去除的物質，則依照欲去除的污染物選擇適當之高級處理程序，以改善供水水質。

一、傳統處理程序

1. 混凝/膠凝

於原水中加入多元氯化鋁或硫酸鋁（俗稱明礬）等混凝劑，透過快速攪拌的方式使混凝劑與水均勻混合與水中微小雜質顆粒結合，破壞其穩定性使小顆粒間相互碰撞吸引，水中雜質凝結成較大之顆粒後，再於膠凝池中逐漸形成膠羽狀之懸浮物質（俗稱膠羽），以增加粒子大小及重量，利於沉降去除。

2. 沉澱

沉澱池之設計使水體在池中平緩流動，讓在膠沈池形成之顆粒較大的膠羽能利用重力逐漸沉澱到底部，上層清澈的水則匯集流往過濾池。

3. 過濾

透過由無煙煤、濾砂、礫石等濾料依適當安排層層堆積而成之濾床，在沉澱水流過時利用阻絕方式將水中細微顆粒層層阻隔而去除，流經濾池的過濾水一般已去除絕大多數之混濁物，而得到相當純淨的清水。

4. 後加氯/清水

經過過濾處理之清水於此單元加氯消毒，將水中致病性微生物去活化，並藉良好加氯操作控制清水之餘氯量在 0.2~1 mg/L 範圍內，確保飲用水經過配水系統送至用戶時仍能維持適當之餘氯以維持水體之消毒作用，避免微生物再生長。

一般而言，若水源未受嚴重污染，則經傳統處理程序處理之自來水水質已能符合「乾淨、安全」之水質標準，能夠直接飲用且不影響民眾之健康。國內自來水場大多屬於傳統處理流程，關於自來水處理流程之詳細資料，可參閱一般環境工程教科書之淨水工程單元。各級學校亦可向自來水場申請參觀，透過戶外教學方式實際瞭解自來水淨水程序。

二、高級處理程序

經傳統處理程序處理之自來水，一般而言其水質已能符合飲用水水質標準，能夠直接飲用，但因民眾對水質安全之要求日益增加，加以部份水源經不同程度污染之影響導致水源水質惡化，因此部分自來水場會在傳統處理單元外另行增設高級處理單元，以提升自來水之水質。不同高級處理單元能去除不同之溶解性污染物、有機物、重金屬、影響口感物質等。一般常見之高級處理單元包括下列數種：

1. 離子交換

利用樹脂中的陽離子(通常是鈉離子)交換水中鈣、鎂離子等硬度來源，亦可交換部分離子態的重金屬以達到去除效果。樹脂飽和時須進行再生以恢復離子交換的能力，因此必須定期注意處理水之水質並視需要進行樹脂再生，以確保離子交換樹脂維持其去除水中硬度等離子物質之處理能力。

2. 臭氧

臭氧是一種強氧化劑，可有效氧化水中有機物，消毒力也高於氯。一般水處理可利用臭氧及其於水中反應產生之氫氧自由基氧化水中有機污染物；臭氧亦可取代加氯進行水體消毒工作，以降低三鹵甲烷等含氯消毒副產物之生成。若原水含有溴離子，使用臭氧時必須監測溴酸鹽生成之狀況，因溴酸鹽為消毒副產物之一種，濃度過高時對人體健康亦有危害。但因臭氧消毒無法維持配水系統之殘餘消毒力，使用時必須特別注意配水系統之水質安全，在國內自來水場使用時主要功能為去除臭味物質及氧化有機物。

3. 活性碳

活性碳為多孔性介質結構，淨水處理時利用其廣大之表面積來吸附水中農藥、三鹵甲烷、臭味分子等微量有機物以去除之。氯也會與活性碳反應，故可使用活性碳來去除水中餘氯。使用活性碳吸附並無法去除水中硬度。

4. 薄膜過濾/超過濾/低壓逆滲透

逆滲透主要作用單元是逆滲透膜。處理時利用半透膜的原理，施加壓力於水質較差之一方，使水質較差之原水在壓力下流過半透膜通到清水端，而將原水中雜質阻絕在半透膜另一側。逆滲透處理可去除大多數水中的雜質，包括重金屬、農藥、細菌、病毒、硬度、臭味等物質，可大幅改善飲用水之水質，但處理成本及技術要求也最高。

臺灣地區一般淨水場皆具備傳統處理程序，高級處理單元並非必要之淨水程序，應由淨水場視當地原水水質特性而增設，自來水公司於高雄地區設有高級淨水場，包括澄清湖、鳳山、拷潭、翁公園等四座淨水場，金門地區亦設有高級淨水場。詳細處理單元可參閱臺灣自來水公司網頁淨水場。處理過後之自來水受飲用水管理條例之規範，必須定期檢驗水質，環保單位也會定期檢測配水系統直接供水點的水質，故為安全之飲用水來源。前述高級處理單元之原理與一般學校、家戶使用淨水器之淨水單元大致相同，後續章節將針對一般淨水器常用之處理單元加以詳細說明。

三、自來水定期水質檢驗

自來水水質的檢驗分為自來水事業單位內部品管所進行之檢驗，以及環保單位定期於配水系統進行之外部查驗兩部份。自來水事業單位內部品管所進行之檢驗係由各自來水場自行辦理，主要用於評估自來水淨水處理效能，維持各處理單元之正常運作並確保出水能符合飲用水水質安全。以臺北自來水事業處為例，設有線上水質監測儀器設備，利用電腦系統 24 小時監控水質即時數據，並隨時調整各種處理藥劑的加入量；其他水質項目除檢驗室自行檢測外，部份項目則委託環保署認證之環境檢驗室進行檢測，以確保進入配水系統之清水水質能符合飲用水水質標準。處理完成之自來水進入配水系統後，其水質安全則由地方環保機關負責把關，由環保單位稽查人員定期選擇具代表性之配水系統直接供水點採樣檢驗，以確保自來水於配水管線中不受污染，符合飲用水水質標準之規定。

上述水質檢驗工作雖能保障送至用戶之自來水質安全無虞，但經過用戶端水表後之水質安全則需由用戶自行維護。多數校園或建築物設有蓄水池、水塔等間接供水設備，第三章將詳述家戶端供水設備的維護、以避免自來水於儲存後二次污染。

第二節 非自來水

主要指使用自來水以外之其他水源做為用水之來源，包括地下水、山泉水以及簡易自來水等。以學校而言，完全使用非自來水的學校多半位於較偏僻之山區、海邊或離島，因自來水管線鋪設不易，由學校或社區自行設置地下水井取水，或由山泉逕流、池塘地表水源引水至校園使用。

環保機關除了針對自來水進行水質檢驗外，也針對簡易自來水進行飲用水水

質抽驗，根據過去水質抽驗檢驗結果，主要不合格項目以大腸桿菌群為最多，其次為總菌落數、pH 值、氨氮、濁度及硝酸鹽氮等項目。原因推測為非自來水系統之水源大多未經過妥善的消毒與處理、消毒槽年久失修而擱置不用、甚至某些社區簡易自來水系統並未設置消毒槽，使得非自來水系統中微生物指標之抽驗結果經常不合格，無法確保其水質安全。

部分學校雖設有自來水管線，惟因考量自來水費負擔，使用非自來水水源於澆灌、沖廁或清潔洗滌等用途。由於在未將自來水及非自來水系統加以完全區隔，或因設計不良造成錯接現象的情況下，可能讓學童接觸到地下水或山泉水，其水質安全常因未作為飲用水、廚房用水來源而受到忽略，校園用水因而遭致病微生物污染，成為水媒疾病疫情之途徑。

一、地下水

地下水來自雨、雪等降水所形成之地面逕流，通過土壤與岩層等層層空隙滲入地下而成地下水層，由於水流經砂岩層進入地下水層的過程如同緩慢的過濾程序，故未受外界污染之地下水其水質常較地表水為優。

早期自來水尚未普及時，許多家庭與學校鑿井抽取地下水為相當普遍的作法。但隨著都市及工業化的發展，人類及農業活動日趨頻繁，導致地下水受人為污染之事件時有所聞。具代表性的桃園 RCA 地下水污染事件即因工廠使用之含氯有機溶劑污染地下水層，導致地下水污染，亦可能增加使用地下水民眾罹癌之風險。此外，校園因化糞池洩漏而導致地下水遭致病性微生物污染、或使用含砷地下水使得臺灣早期西南沿海烏腳病盛行等，皆為飲用受污染地下水致病的例子。

二、山泉水

一般刻板印象認為山泉水口感甘甜、水質清澈，較無安全上之疑慮。事實上山泉水因流經山區地表，為一開放性的系統，易遭受山區人類或動物活動所污染，水中也可能含有肉眼無法辨識、來自動物排泄物的寄生蟲或微生物之污染，加上農業區域之山泉水可能長期遭殘留農藥、肥料之污染故含有較高濃度的農藥及硝酸鹽氮，使得微生物、氨氮及硝酸鹽氮為使用山泉水常出現之污染物。

三、簡易自來水

為使無自來水供應地區之民眾亦能有適當之用水供應，政府於某些偏遠無自來水供應之地區輔導及協助社區興建簡易自來水設施。多數簡易自來水系統係由地方政府之鄉鎮公所、村里辦公室或社區委員會自行管理，少數則委由自來水事業單位代為操作，作為解決自來水無法配送供應地區的權宜之策。一般簡易自來水之水源即為上述地下水或山泉水，經簡單沉澱、過濾或消毒處理後供水。簡易自來水的問題在於法規無明確規定「簡易」淨水單元之定義，因此大多數簡易自來水僅有取水、蓄水及配送設備，並無有效消毒單元；部分社區管理之消毒設備則因無定期維修或擱置不用，衍生出其他水質安全問題。一般而言，簡易自來水需注意之水質指標與其來源地下水、山泉水之主要水質參數相似，其系統建議應有適當過濾、消毒處理以確保水質安全，社區簡易自來水若未裝設消毒設備者，應煮沸後再行飲用，並避免使用未經消毒的水。

下圖為某簡易自來水淨水場，目前委由自來水事業單位管理。

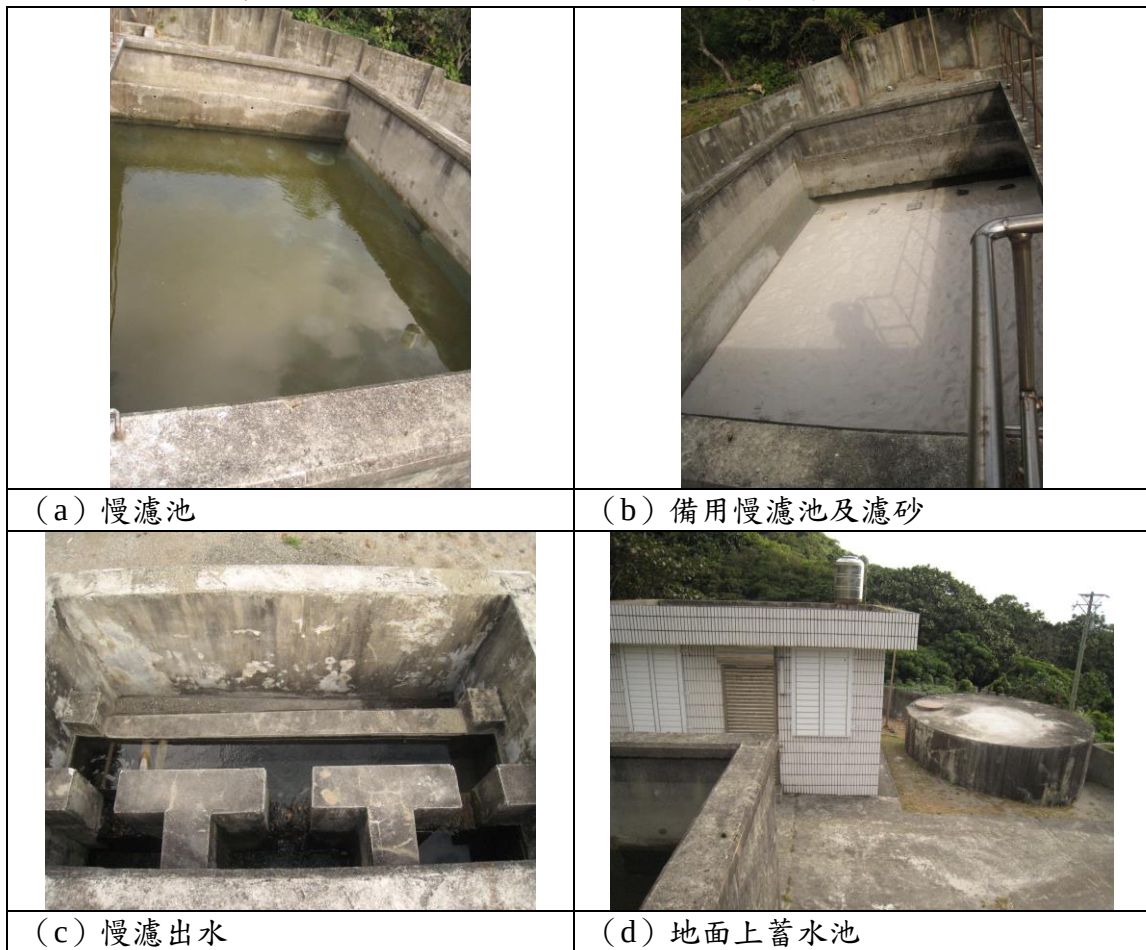


圖 1.2 某簡易自來水場淨水設備（原水→慢濾→出水，可配合自動加氯機操作）

第三節 水中污染物的種類

水中的污染物可分為生物性污染、有機物污染、無機物污染及影響適飲性物質等四大類。微生物包括細菌、病毒、原生動物等；有機物包括消毒副產物、揮發性有機物、合成有機物、農藥等污染物；無機物包括重金屬、陰離子、硬度、鹽類、氯鹽、溶解性固體等；適飲性物質則包括硬度。

一、生物性污染物

水中微生物通常以大腸桿菌群密度作為指標，由於其在水中廣泛存在且存活性較一般病菌高，因此當水中檢測出大腸桿菌群時，即必須注意是否有其他致病微生物之存在。總菌落數則代表水中存在並可檢出之全部細菌，由於所檢出之總菌落數未必為致病性微生物，故一般僅作為自來水場控管消毒效率之評估指標，而不據以評斷水質安全，飲用水水質標準中規定總菌落數之採樣點限於有消毒系統的配水管網。

常見之致病性細菌包括退伍軍人菌、霍亂弧菌、沙門氏菌及痢疾桿菌等，尤其痢疾桿菌曾多次在校園中引起群聚感染，將於第二章詳述。原生動物則以梨形鞭毛蟲、隱孢子蟲為代表，其所導致之水媒病事件以 1993 年美國威斯康辛州密爾瓦基市之隱孢子蟲事件最為著名，共造成 40 萬人感染，4,000 人住院以及 100 人死亡，主要原因是自來水處理程序異常所導致。由於加氯消毒對隱孢子蟲去除效率較低，適當過濾程序為較有效之去除辦法。另外當水中某些藻類因優養化而大量繁殖時，藻類毒素的產生對飲用水水質安全所產生之威脅亦值得注意。

二、有機污染物

飲用水中常見之有機污染物包括消毒副產物、揮發性有機物、農藥等。主要的消毒副產物為三鹵甲烷及鹵乙酸，為飲用水加氯消毒過程所產生之副產物；三鹵甲烷指甲烷中三個氫原子被氯與溴等鹵素離子取代，鹵乙酸則是指醋酸中甲基結構之氫原子被氯與溴取代所形成。流行病學資料指出上述兩大類消毒副產物中某些物質可能具有致癌性，某些物質可能有導致孕婦流產等生殖危害之風險。揮發性有機物多來自工業排放或地下油槽洩漏導致之水質污染，如三氯乙烯、苯等，長期暴露可能提高致癌風險。農業區亦應特別注意農藥噴灑所導致之水質安全問題。

三、無機污染物

飲用水水質標準中重金屬項目目前管制對象包括砷、鉛、硒、鉻、鎘、鋇、銻、鎳、汞等九種。臺灣西南沿海及東北部部分沿海地區，地下水因地質關係砷含量較高，被懷疑與烏腳病有關。部份老舊建築物之配水管線採用鉛管，可能增加飲水中的鉛含量，對幼兒智力發展潛在影響很大。

氨氮與硝酸鹽氮為氮循環中的成員。當水體遭受人類或動物糞便污染時，將有機氮及氨氮排入水體，水中微生物會將氨氮轉化為亞硝酸鹽氮；當水中溶氧充足時，生物作用可很快地再將亞硝酸鹽氮轉化為硝酸鹽氮：



由於硝酸鹽氮是氮循環之產物，因此可表示水體曾遭受污染的程度，而氨氮則為水體是否遭受家庭污水污染之指標。嬰幼兒飲用硝酸鹽氮含量過高之飲水，會導致藍嬰症，且亞硝酸鹽與胺類形成亞硝胺亦為潛在致癌物質，因此硝酸鹽氮於我國飲用水管理條例中被列為可能影響健康之物質。一般水中氮來源包括兩個途徑：畜牧或人為廢水中之有機氮及肥料中之氮肥。水體環境中氮的循環為一複雜且重要之環境化學課題，於一般環境化學書籍中多有詳細之說明可供參考。

水中硬度主要由鈣、鎂等二價陽離子組成，臺灣南部地區因地質因素之影響，造成水中硬度偏高。根據世界衛生組織（World Health Organization, WHO）的研究指出，長期飲用高硬度的水並不會造成健康上的危害，只是硬度較高時在燒開水過程中因鈣離子產生鍋垢，且硬水口感較差，因此屬於影響適飲性的物質。然而必須注意的是，在煮沸過程中形成結垢時，水中硬度已被去除。因此硬度較高之水體可以煮沸方式去除硬度，但須定期使用結垢清洗劑進行鍋爐或水壺結垢之清洗，以去除結垢，避免鍋爐運作發生危害。

表 1.1 為使用不同水源做為飲水來源時需注意之水質項目。臺灣地區自來水因地形地質因素，常有濁度偏高之情形；而配水系統餘氯不足、或水中消毒副產物濃度偏高等問題亦值得關切。依據以往飲用水水質檢測結果，臺灣中部山區及鄰近山地地區之農業區因施肥之影響，地下水中常含有較高濃度之硝酸鹽。由於水中硝酸鹽無法透過過濾、煮沸等程序去除，對於使用非自來水之學校，必須特別注意水中是否含有過高之硝酸鹽。

表 1.1 使用不同水源需注意之水質問題

水源	水質問題	健康效應	改善方法
自來水	餘氯不足	缺乏餘氯去除水中可能存在之病原體	加氯或 煮開後再行飲用
	濁度偏高	影響適飲性，不影響健康	加裝過濾裝置
	三鹵甲烷	長期暴露可能提高致癌風險 或導致生殖危害	本身為揮發性，水 煮沸後掀開鍋蓋 再煮三分鐘
地下水	砷	懷疑與烏腳病有關	停止飲用或 使用逆滲透處理
	硝酸鹽氮	在人體內可能轉為亞硝酸鹽 氮，導致藍嬰症	以陰離子交換樹 脂去除或使用逆 滲透處理
	大腸桿菌群	水中可能有其他致病微生物 之存在	加氯消毒或 煮沸後再行飲用
山泉水	原生動物、微生物	可能傳播疾病	加裝 1 μm 濾心之 過濾設備或 煮沸後再行飲用
	大腸桿菌群	水中可能有其他致病微生物 之存在	加氯消毒或 煮沸後再行飲用
	硝酸鹽氮	在人體內可能轉為亞硝酸鹽 氮，導致藍嬰症	以陰離子交換樹 脂去除或使用逆 滲透

第二章 校園水媒疫情個案介紹

過去十餘年臺灣地區曾爆發數起發生於校園及其他公眾設施之水媒病疫情案例，疫情之發生多與使用受糞便污染之地下水有關。以往校園水媒病疫情經驗顯示即使地下水未供直接飲用，也可能在間接情形下導致學童接觸到病原而引發水媒病疫情。本章提供臺灣地區發生之水媒病疫情資訊供參考，詳細疫情調查報告可由衛生署疾病管制局網頁查詢。

一、民國82年台中市某小學痢疾事件

民國 82 年 9 月台中市某小學兩位學生因腹瀉至醫院求診，糞便檢體經由預防醫學研究所中部檢驗站證實為志賀氏桿菌感染，過幾天後另有該校四名學生經中國醫藥學院附設醫院證實為痢疾阿米巴感染。

該校學生來源分布於全台中市及臨近縣市，全校師生員工共約 1800 人。該校使用兩種不同之水源（地下水及自來水），飲水使用自來水，洗滌用水則使用地下水。且老師與學生之飲水為兩種不同之供應系統，學生飲用學校飲水機的水，老師則飲用開飲機的水。

經相關研究調查結果，由環保局對學校飲水機出水的檢驗結果顯示生菌數超過正常值 30 倍（每毫升水樣生菌數達數千個），其他各項檢體檢驗，包括地下水、自來水及廚房等針對志賀氏桿菌檢驗則皆為陰性，此次事件分析結果顯示飲用學校飲水機的水可能為一危險因子。

經投入紅色染料觀察地下水滲漏情形，顯示地下水可能遭受化糞池污水污染。再由此小學及另一對照國小自來水用水度數比較，該小學與其他國小學生人數及用水度數呈現一樣的比例，而對照之國小學生乃混合飲用地下水及自來水，由此可知此小學亦可能混合飲用地下水及自來水。之後詢問與調查發現同學家屬在此次流行感染中亦有多人發病，因此人與人接觸傳染亦可能佔一重要因子。

二、民國 84 年桃園縣某國小痢疾事件

民國 84 年間省立桃園醫院通報一名桃園縣某國小學生，因高燒、拉肚子等症狀至該院住院治療，經診斷確定為桿菌性痢疾確定病例。於是由檢疫總所會同桃園縣衛生局通知學校，對該班學生及其家屬接觸者作採檢送驗，並對該生家中及學校環境（如洗手台、飲水機、廁所、自來水及地下水等）採樣進行檢驗，之

後省立桃園醫院又發現第二名確定病患，且亦為該國小學童。經檢疫總所與衛生局人員調查發現該校因嘔吐、發燒、腹瀉等症狀就醫者多達 186 位學童，且經檢驗證實同為志賀氏桿菌 D 群感染。故針對該校地下水使用管線、水井到化糞池、廁所之距離、及水塔等逐一了解，並採集環境檢體包括廁所污水、水溝水、自來水、砧板擦拭液、廚房洗滌槽擦拭液、廚房地面水、飲水機飲用水及三口井水之地下水檢驗，檢驗項目包括大腸桿菌群（coliform）、大腸桿菌（*Eschericia coli*）及志賀氏桿菌（*Shigella*），並調查該校地下水是否受化糞池污染。

該校使用之水源為自來水及地下井水。井水供廁所、洗手台及廚房用水，自來水部份供廚房烹調使用，部份經煮沸後儲於水塔再經飲水機供學生飲用。地下水乃經由馬達抽水打至樓頂水塔儲存後使用，水塔間若有儲水不足狀況時，經由其間相通管線互相補注。經檢驗後發現其中一水井之宋納志賀氏菌（*S. sonnei*, 志賀氏桿菌之一亞群）檢驗結果為陽性；調查該校的用水情況發現，廚房雖然有自來水及地下水，但一般營養午餐食品及餐具洗滌是兩者混用。教室前的洗手台都用地下水。老師和學生皆飲用煮沸後抽入水塔之飲用水。

經過統計各危險因子發現在飲水方面，飲用洗手台及飲水機的水、用洗手台水刷牙漱口、上完廁所洗手皆與感染桿菌性痢疾發病與否有統計上顯著意義，但食用學校營養午餐則與發病與否呈現顯著負相關，故該校的污染來源應為洗手台的供水所致，而非廚房洗滌時造成之污染。

三、民國 84 年 5 月台北縣某工專 A 型肝炎爆發事件

民國 84 年 3 月中旬，台北縣某工專出現首位 A 型肝炎病例，至 4 月底病例數有增多趨勢。該校學生日夜間部共六千人，低年級多住校，高年級則通學或於學校附近租屋。學校有一餐廳供應三餐，烹調用水為自來水，洗滌則用地下水。於學校用餐者多為低年級學生，高年級學生多在校外飲食攤用餐。經疾病管制局專員實地訪查後，發現所有發病個案皆為高年級學生，並未有低年級病例。發病學生於此段時間並未出國、赴山區旅遊、或參加喜宴等大型活動，故初步懷疑為社區共同感染源，故進行流行病學調查。

調查方式除進行血清檢驗外，採用病例對照研究法，針對該校學生以問卷調查飲用水狀況、校外飲食暴露狀況等流行病學資料。同時進行環境水質採樣，針對該校病例數較多之學生宿舍及飲食店檢驗生菌數、大腸桿菌數、大腸桿菌。為調查地下水是否受糞便污染，選擇學校附近民宅 A 型肝炎病例較多之地點，投

入紅色色素連續 4 天分析環境檢體中是否出現紅色螢光。

環境檢體調查結果發現，校外宿舍地下水中大腸桿菌群數及大腸桿菌皆超過水質標準，且自來水餘氯量為未檢出。當地直到該年開學前才裝設自來水管線，但除飲水機使用自來水外，其餘盥洗仍然使用地下水。同時發現當地社區化糞池局離地下水僅 3 公尺之遙，遠低於規範之 15 公尺，且廁所中排泄物經化糞池後，很快由屋側排水溝排到四周空地並滲到地下。而病例較多的某棟學生宿舍呈現環境檢體呈現紅色，且有病例聚集現象，表示受到化糞池污染。綜合流行病學調查結果發現，此次 A 型肝炎爆發與多家飲食店暴露、飲水、人與人接觸相關，三個致病因子缺一不可，飲食攤可能為此次爆發流行之起因，使用遭糞便污染之地下水不當烹調、清洗食物而引發感染，其他未經飲食攤暴露的發病者則飲用受污染之地下水、或與病患接觸而染病，造成此次 A 型肝炎之流行。

四、民國 86 年間新竹縣某國小痢疾事件

民國 86 年間新竹縣某國小發生群聚性痢疾感染事件，共約有四十多名學生感染，經檢測後發現該校有兩百多人符合痢疾病例，故除了對學生及相關接觸者進行糞便檢體外，也採取環境水檢體針對志賀氏桿菌進行調查並以血清學方法分型，確定其為 D 群痢疾桿菌。該校使用水源分地下水及自來水兩種，地下水均由淺水井抽出。分別抽水至其樓頂水塔供教室前走廊上之洗手台、廁所、校園，作為洗手、沖洗廁所及澆花使用，另一水井則供消防及沖洗廁所使用。自來水主要供應飲用水及廚房煮食營養午餐用，另有管線通至教室前走廊洗手台，與地下水混用，當自來水缺乏時則使用地下水。

分析危險因子發現用洗手台的水刷牙或漱口的頻率與發病情形之相對危險性呈劑量效應，與環境檢測之結果相符合；由使用地下水之洗手台檢出陽性，其餘均未檢出。故由以上結果可推論，此次該國小桿菌痢疾爆發事件主要是經由被污染的地下水而傳播，因為凡是飲用地下水或用洗手台的水刷牙或漱口均有較高的相對危險性，亦從水龍頭流出的地下水中檢出 D 群痢疾桿菌。

五、民國 87 年桃園某殘障教養院痢疾流行

民國 87 年 9 月桃園某殘障教養院有 4 名院生發生發燒、嘔吐、拉肚子等現象，隔日該院保健中心護士帶 5 名個案至當地衛生所就診，之後又陸續有新病例發生。病患之主要症狀為高燒、腹瀉和嘔吐，衛生局接獲通報後，懷疑是痢疾爆

發流行。馬上對居住於該院新大樓的部份院生共 26 人進行採檢，衛生署檢疫總所並前往該教養院進行實地調查，瞭解疾病之傳染途徑及相關危險因子。採集該教養院之環境檢體（包括污水出水口、馬桶、教室桌子、廁所地面、舊棟洗手台、飲水機手把、及飲水機用水）進行檢驗。由於懷疑該教養院仍持續使用地下水，故於 9 月 25 日再採集新舊大樓共 4 個水塔之用水進行檢驗。

環境調查方面，該院使用自來水及地下水，地下水含一深水井及一淺水井。深水井只供養魚使用；淺水井則位於餐廳廚房與廁所交界處，離廁所不到 2 公尺；之前該院並曾發生痢疾事件，投紅色染料測試糞坑與淺水井有無滲漏，經檢測淺水井井水被染紅，之後該水井已加蓋上鎖並只供消防使用。但痢疾感染事件再度爆發時，經相關單位實地勘查結果，發現該院舊大樓水塔自來水水源水量少，無法供應全日使用量，故常斷水，院方則另外接管線由井水取水，顯示可能持續在使用地下水，並經由檢測洗手台出水的餘氯為未檢出，可推斷洗手台水受地下水污染。

六、民國 96 年 11 月台中市某國小痢疾群聚感染

民國 96 年 11 月台中市某國小發生群聚性痢疾桿菌感染事件。最早發病的國小學童於該月初返回南投探親，疑於當地染病，返回台中數日後發病，經醫院通報衛生局而確定為桿菌性痢疾感染。發病期間，經由學童間接觸將疫情擴散，確定病例達十餘起，且聚集在兩個班級，故此時仍屬接觸傳染。後因患者日益增加，帶菌排泄物經化糞池滲漏至地下水，始爆發大規模之感染，感染人數達 300 多人，確定病例 60 多起。

經疾病管制局初步調查發現，該國小為百年老校，雖廚房及教室洗手台使用自來水源，但校內廁所及其洗手台仍然抽取地下水使用，且地下水未經加氯消毒等設備處理。檢驗人員於該校數座化糞池投入紅色試劑，發現其中一座化糞池紅色試劑可由地下水的水龍頭測出，因此顯示化糞池有滲漏進地下水的現象。故初步研判群聚傳染途徑可能為化糞池管線老舊破損，使得病患之帶菌排泄物滲漏至地下水井，學生上廁所洗手使用到被污染之地下水而受感染。

以往校園水媒病疫情經驗顯示即使地下水未供直接飲用，也可能在間接接觸下導致學童接觸到病原而導致疫情。依據歷次校園水媒病疫情之流行病學調查結果，臺灣地區校園水媒病疫情之發生多與校園用水受污染有關，主要媒介則為地

下水中之痢疾桿菌（以志賀氏桿菌為主）。包括志賀氏桿菌在內的痢疾桿菌所導致的群聚感染疫情爆發與人口過度密集、擁擠、簡陋的衛生設備以及微生物本身之高度感染力，具有密不可分的關係，也因此人與人之間的接觸傳染亦為一個重要的傳染途徑；而衛生設備不健全甚或供水不足及使用受污染的地下水，更使經不潔淨之水傳染成為群聚爆發之主要原因。由以往之水媒病疫情經驗，經水傳染並不只有飲用受污染的地下水才會導致。在受污染的娛樂區湖泊進行游泳、風帆或風浪板等水上活動，或單純用地下水洗手或漱口，也可能受感染。

即使學校使用之水源以自來水為主，地下水井為輔助水源，亦可能因地下水受糞便污染而導致疫情。依以往之校園水媒病疫情調查結果，一般地下水常供廁所、洗手台及廚房清潔用水使用，即使以自來水供廚房烹調，仍可能因混用地下水而導致水媒病之發生。特別在水池水塔容量過大、遭受污染、或因長期間置以致自來水餘氯不足時，更容易發生水媒病疫情。此外，部分自來水及地下水混用之學校，常將地下水以馬達抽水至樓頂水塔儲存後使用，水塔間若有儲水不足狀況時，經由水塔間相通管線互相補注自來水或地下水，亦容易衍生水質安全問題。因此，各級學校使用地下水為輔助水源時，必須確實將自來水及地下水系統加以區隔，避免學生有接觸地下水之機會。

第三章 校園常見供水設備與其維護

由自來水的角度，現今飲用水管理條例所規範之飲用水水質主要對象為經自來水淨水處理後之清水水質；然而此種清水水質在配水系統及用戶端極易受到污染，主要污染位置包括配水系統管線及用戶端之水池、蓄水塔及其他用水設備。因此在考慮供民眾飲用水質之安全性時，必須考慮輸配水系統之健全及用戶端各種用水設備之安全性。配水系統是原水經水廠處理後與消費者之間的配水管道，但為了維持各種不同用途的供水需要，在給水系統中常存在大型的輸水管線及儲水設施，用戶端亦須使用水塔來維持足夠的用水量，使得飲用水在供水管線中滯留時間過長，造成水質安全度下降。因配水系統不完善而衍生的水質污染是造成水媒疾病疫情的主要因素之一。

基本上自來水用戶端供水方式可區分為兩類：

一、直接供水

利用配水管本身提供之水壓，用戶不需使用水池、水塔，將水直接供應到用戶各用水設備之方式。此時配水管線必須能經常保持足夠之水壓，可避免用戶另行加壓並保持水質不受污染，為符合水質安全最佳之給水方式。部分情況下直接給水方式中亦有將水直送屋頂水塔後藉重力供水至各衛生設備。一般時候系統之配水水壓可直接將自來水送到部份樓層屋頂水塔蓄水供用戶使用，可避免尖峰用水時水壓不足而無法供水之現象，並具備有儲存適當水量供緊急使用之功能。此外，亦有採直接加壓方式，使用加壓抽水機將進入建築物受水管（受水池）之水直接加壓供水至各用水設備。無論直接供水或間接式之直接供水，經處理之自來水均於密閉系統內輸送及儲存，並未與外界有任何接觸，因此水質安全較有保障。

二、間接供水

臺灣地區以往自來水供水水壓保持在 1 kg/cm^2 （鄉下）或 1.5 kg/cm^2 （都市）之設備標準，對於高層建築、山坡地區水壓不足或短時間大量用水需要者，直接供水之水壓及水量經常不敷使用，必須由用戶端設置蓄水池、水塔等間接給水設備維持正常供水。自來水進入用戶端蓄水池後，以抽水機抽送至屋頂水塔儲存，再藉重力供水至各用水設備，可避免配水系統水壓不足影響供水，以及避免臨時性大量用水導致鄰近區域水壓降低之情形發生。臺灣地區一般中高層建築均採此種供水方式。

一般建築物所使用的用水設備應能滿足一般自來水供水的三個基本條件，方能滿足供水需求：

- 1.用水設備所使用的材質不影響原本合於飲水用途的水質，
- 2.能提供整體建築各區域適當的供水壓力，
- 3.能提供充足的水量。

一般集合住宅建築物中的給水設備主要包括由輸水管線進入建築物的儲存設備、建築物內輸送至用戶端所需之設備、以及用戶端的取水設備。校園用水設備亦涵蓋於此範圍。

第一節 校園供水設備

供水設備可分為貯水設備、輸水設備及其他相關設備三部份來討論。貯水設備主要為蓄水池或水塔，包括附設之進水管、出水管、排水管、通氣管、溢流管、人孔、扶梯、水位控制設備、導流牆等；輸水設備即為校園內用於輸送校園用水之配水管線；其他相關設備則包括冷熱水栓、水槽、洗手台及衛生設備等。

一、貯水設備

1. 蓄水池或水塔：一般建築物將設置於室外地面、室內或地下室用以承接來自配水系統之自來水者稱為蓄水池，設置於屋頂或獨立高架建於屋外作為蓄水設備者稱為水塔。水池及水塔等蓄水設備設置型式有下列幾種。
 - 室外地面蓄水池：獨立建於室外地表上，較能隔離污染源。
 - 室外地下蓄水池：於地面向地下挖掘水池室，半露出地面或略低於地面。在水池週界有裂縫或設備有破損時容易受到外界污染。
 - 室內地面蓄水池：建於地下室、室內樓板上或樓梯間下方。水池週邊六面應留有適當空間以提供檢查人員進行維修，同時應有適當的避免負壓進水設施（經由地面接水槽、持壓閥或水池前管線最高處設有進排氣閥）及排水設施以避免污水滲入。
 - 屋頂水塔：建於屋頂或樓梯間上方的空間，除應避免消防用水逆流及異物入侵，尚需考慮結構之強度，人孔蓋亦須考慮屋頂強風影響予以加強。
 - 高架水塔：除結構及人孔蓋宜考量強風影響，予以加強外，設計檢修用之安全梯及圍籬亦須列入考量。

環保署安全飲用水手冊中對於水池水塔之設置提供下列規格供自來水用戶參考使用，以提升其水質安全性。說明如下：(圖 3.1)

- 水池、水塔頂端與建築物頂板間隔(A)應在 45 公分以上。
- 通氣管彎口與水塔頂端距離(B)應在 20 公分以上。
- 通氣管有效斷面積(C)須大於進水管之一半。
- 人孔直徑(D)大於 60 公分，周圍突起 D' 應有 10 公分以上。
- 蓄水池、水塔底部與底板間隔(E)應在 45 公分以上。
- 進水管口與滿水位之間隙(F)及與側壁之間隙(F')須大於進水管徑，且不得小於 5 公分。
- 溢流管口與承口間隔(G)須大於 2 倍管徑。
- 排水管口與承口間隔(H)須大於 2 倍管徑。
- 地下式與半地下式蓄水池，與其他水槽之距離(I)須在 5 公尺以上。
- 蓄水池、水塔四面牆與建築物牆壁間隔(J)應在 45 公分以上。
- 蓄水池池頂坡度宜大於 1/100，池底坡度宜大於 1/50 以利於排泥；若為水塔則池底坡度可為 1/100。
- 人孔蓋應採密閉且質地堅硬不易銹蝕者，並應上鎖。

現階段我國自來水設備管理法規中對於用戶端蓄水設備之規範，主要由自來水法、自來水用戶用水設備標準及建築技術規則加以規定。對於蓄水設備之容量大小，自來水用戶用水設備標準第六條即規定蓄水池容量應為設計用水量十分之二以上；其與水塔容量合計應為設計用水量十分之四以上至二日用水量以下。其他相關規定可參閱自來水用戶用水設備標準及建築技術規則。關於蓄水設備之詳細規格，可參考建築技術規則及自來水用戶用水設備標準之相關規定(參閱附錄三)。

2. 進水管：輸送馬達抽取之自來水或原水進入水池水塔，自水池頂部穿過池頂直接向下，或距池頂 20 公分處之側壁部位伸進池內。進水口與出水口應為對角線配置，以免造成死水。
3. 出水管：水池水塔連接室內管線之配管，位置須距水池底部 5~15 公分之距離，不可過低以免水池內部沉積物流入管內影響水質。

4. 排水管：為水池清洗時排放廢水之管線，置於水池最底部能自行排放為原則，排水管末端出口需設防蟲網。
5. 通氣管：目的為使貯水設備與室外氣壓保持平衡，以利水池內空氣流通。管口應設置活動式防蟲網，可拆卸清洗並定期檢查有無破損等昆蟲進入之跡象。
6. 溢流管：目的為防止水量水位過高，當水位超過最高容量時可自溢流管排出。管口亦須加裝防蟲網，且應與排水設備保持 15 公分以上間隔，以防止逆流造成二次污染。
7. 人孔：目的為檢修人員維修之出入口，應設置於易檢修且安全之位置，外部以密封式並加鎖之人孔蓋覆蓋，以避免雨水或周圍污染進入水池，50 噸以上之大型水池應有兩處以上人孔。
8. 扶梯：水池水塔高度距地面 1.7 公尺以上時，應於較安全之一側設置外扶梯。池內淨深 1.5 公尺以上時，需於人孔附近設置內扶梯以利作業，且材質應選擇耐腐蝕之不銹鋼。
9. 水位控制設備：用於水池之水位控制，包含浮球閥及水位控制器等，應設於人孔附近以利檢修。
10. 導流牆：目的為避免水滯留造成死水，50 噸以上的大型水池應設置導流牆。

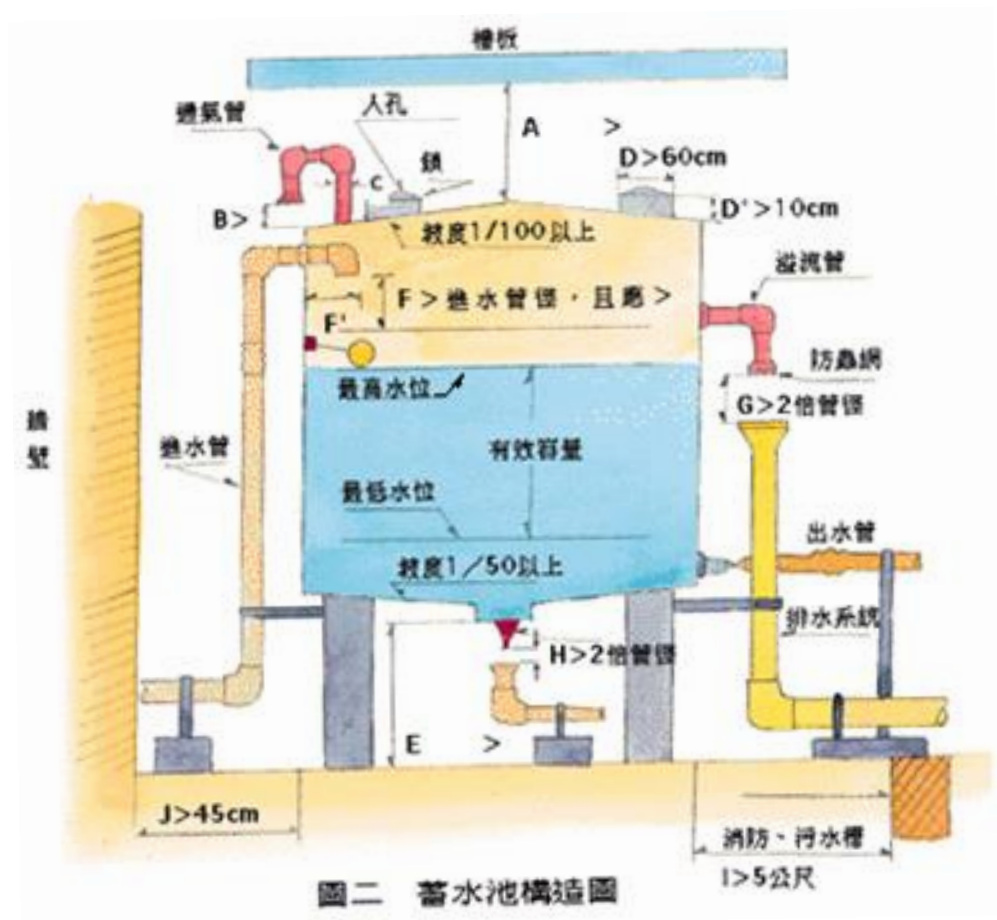


圖 3.1 蓄水池構造圖 （資料來源：行政院環保署）

二、輸水設備

目前國內建築物之配水管線材質有不銹鋼、銅管等金屬材質，亦有聚丙烯（PP）、聚乙烯（PE）等非金屬管材，或以 PP、PE 作為內襯之金屬管線，為了使水質不受污染影響，配水管材需具備高硬度及良好的抗腐蝕性。表 3.1 為常見的配水管材之特性比較。

1. 不銹鋼管：不銹鋼管為較理想之配水管材，然而若在鹼性或酸性的環境下，不銹鋼管也可能產生銹蝕。另外不銹鋼管硬度極高，因此地震時對不銹鋼管之損害可能較大。
2. 銅管：具極佳的輸水品質及使用壽命，銅氧化產生的銅綠雖有毒性，但此氧化層可阻絕氧繼續氧化。銅管具有可塑性受地震產生之影響較小。
3. 聚乙烯（PE）管：廣泛地於歐美國家使用，具有優異之抗化學性及較長的使用壽命，高密度聚乙烯（HDPE）管線常添加 3% 之碳黑，可增加抗紫外線之能力進而提高管線的壽命。聚乙烯為易燃物質、不耐高溫，可能接觸到汽油、油漆類的地方需特別注意。
4. 聚丙烯（PP）管：為所有聚烯類當中比重最小者，亦為所有聚烯類中抗化學性最佳者。
5. 聚丁烯（PB）管：亦有極長的壽命及抗化學性的特性，輸水品質亦佳。
6. 聚氯乙烯（PVC）管：具有易接合及質輕之優點，然而有易老化脆裂之缺點。十幾年前製造的聚氯乙烯單體（vinyl chloride monomer, VCM）被證實會影響人體健康，且必須添加錫、鉛、鋇、鎘等重金屬添加劑，若微量滲出於飲水中將影響人體健康，近來聚氯乙烯之添加劑有局部改良，但老舊 PVC 管線仍需注意。
7. 鍍鋅鐵管：俗稱的白鐵管，自民國 60 年後之配水管線大多使用白鐵管，但其易老化銹蝕且維修困難。
8. 鉛管：日據時代所使用之內線管材多為鉛管，若管線銹蝕使得鉛溶出而進入飲水中，將導致重金屬污染。鉛管自民國 68 年起即停用，若校園仍使用鉛管供水者應儘速加以更換。在更換前盡量不要飲用熱水管線的水，因為熱水管線比冷水更容易溶出鉛，故一般洗手台水龍頭中的水亦應流至原水溫度後再行飲用。

表 3.1 各配水管材性能之比較

特性 \ 材質	不銹鋼管	銅管	聚乙烯 (PE)管	聚丙烯 (PP)管	聚丁烯 (PB)管	聚氯乙烯 (PVC)管	鍍鋅鐵管	鉛管
壽命(年)	30~60	>60	長	長	長	5~8	10~15	10
內部特性	光滑	硬度軟、 不耐撞擊	光滑	光滑	光滑	光滑	表面不光 滑	光滑、易 撞凹
耐化學性	良	不耐酸	耐酸鹼	耐酸鹼	耐酸鹼	耐強酸	差	不耐酸鹼
保溫	差	差	佳	佳	佳	中等	差	差
耐熱性(°C)	-40~200	-40~200	-60~60	-60~60	-60~80	-40~60	-40~200	-40~75
耐震性	差	中等	上等	上等	上等	中等	中等	中等
維護	不易	不易	容易	容易	容易	容易	差	不易
添加劑	無	無	碳黑或 石墨	碳黑或 石墨	碳黑或 石墨	錫、鉛、 鋇、鎘	無	無
毒性	無。適用 於飲水管	無。適用 於飲水管	無。適 用於飲 水管	無。適用 於飲水 管	無。適用 於飲水 管	有，不適 用飲水管	易腐蝕， 不適用飲 水管	有，不適 用飲水管

(資料來源：鄭政利，住宅中建築設備對給水水質之影響，1998。)

三、其他相關設備

供水系統末端之附屬使用設備，此部份與用戶直接接觸，故仍需注意設備本身之清潔與周遭整潔。

1. 廚房給水器具：冷熱水栓、洗滌水槽、烹調器具等。
2. 浴廁衛生器具：各式水栓、馬桶、小便斗、蓮蓬頭等。

第二節 校園用水二次污染預防

一、自來水與其他水源混用

有些學校雖已接用自來水，仍會為了節省水費而鑿井抽取地下水或引山泉水使用。一旦地下水因化糞池不完整或有破損而發生滲漏，或山泉水受人類或動物糞便污染時，污染源很容易經由地下水或地表水源進入校園供水設備，導致如第二章所述之水媒病疫情。除地下水外，山泉水亦可能被上游農藥或畜牧廢水污染而造成疾病傳染。

民國 96 年 2 月 13 日修正之自來水用戶用水設備標準對於各項用水設備加以規範，該法規對於各項用水設備之設置、器材、施工及使用均加以規定。如該標準第十八條即明確規定「自來水與非自來水系統應完全分開」。依此項規定，各級學校如同時使用自來水及非自來水時，必須設置兩套獨立之用水系統，兩套管線系統彼此間不得相通，以避免錯接污染。

學校若基於經費考量無法全面使用自來水，應限制非自來水部份只能用作沖洗廁所、澆花灌溉等，不得用於可能接觸學童之部份。若必須用於洗手則應確實標示「地下水」或「非自來水，嚴禁漱口飲用」等標示，並配合提供具消毒力之肥皂同時使用，避免學生順手以非自來水漱口、刷牙等。另外，非自來水管線應與自來水確實分開，一旦有污染之虞也較容易找到污染源，進行改善。

二、馬達直接由自來水給水管抽水

部分自來水用戶為增加水壓，會使用抽水馬達直接由自來水配水管網之給水管中直接抽取自來水使用(或將其輸送至屋頂水塔後使用)，而非經由蓄水池抽取自來水。由於抽水馬達在短時間內由給水管線直接抽取大量用水，於尖峰用水期間或水壓偏低時將使水管內形成負壓，亦即壓力小於周邊，若此時管線有裂縫，則隙縫附近之污染物會因壓力關係被吸入水管中，因而污染自來水之水質。自來水用戶用水設備標準第十四條即明確規定「用戶裝設之抽水機，不得由受水管直接抽水」。

改善的方法建議如下：

1. 將進水管線安裝為倒 U 型並於最高處加裝進排氣閥，可有效避免負壓進水所導致之水質污染。以生飲管線為例，若於恆壓筒加壓馬達前之管線最高處增設負壓吸氣閥，加壓馬達後增設排氣閥，則飲水安全更有保障。

2. 管線與馬達間設置蓄水池以承受來自配水管網之自來水，再以馬達自蓄水池取水至屋頂水塔，且蓄水池的容量與水塔容量應依照建築技術規則及自來水用戶用水設備標準之規定設計，以間接加壓的方式供水就不會造成管線負壓。

三、自來水與消防用水錯接

近年來因消防法要求大樓每年須做消防測試，消防水與自來水錯接之情況偶有發生，主要係因隔離消防用水與自來水系統之逆止閥故障，消防用水倒流入自來水系統而造成污染。由於難以測試逆止閥功能是否完好，建議於逆止閥上端介於手動閥與逆止閥之間，設置一個排水栓，平時可藉此排除兩閥間的滯留水，同時亦可檢查逆止閥是否漏水，當發生逆止閥漏水時則進行維修或更新。如此一來，可簡單避免消防用水錯接流入自來水管線之污染。

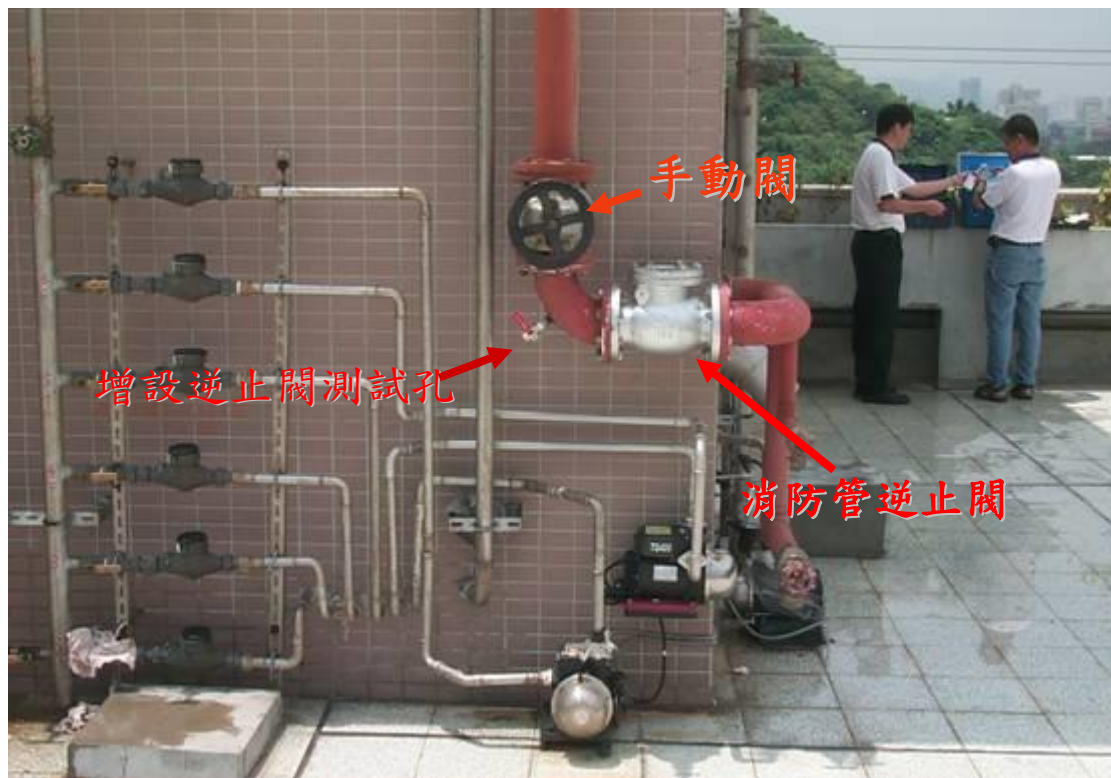


圖 3.2 消防管線附屬設備（資料來源：臺北自來水事業處）

四、自來水停水後恢復供水後，立即作為飲用水來源使用

自來水停水期間，配水管線內容易因無水而導致負壓，當管線有裂縫時外圍污染物容易因虹吸作用而滲入管線，導致自來水污染。故遇夏季乾旱或風災導致

長期停水，在恢復供水後仍先使用儲備水煮沸飲用，等待自來水供水穩定後（需時 1~2 天），再使用管線水作為飲用水源。如必須立即使用來自管線之水源，應先檢視水質狀況是否良好（濁度是否偏高）並經充分煮沸再供飲用。若有濁度偏高之現象，可使用孔隙 1 μm 之濾心進行過濾後再作為飲用水之水源。

五、採用地面下蓄水池

舊式建築物常將蓄水池設置於地下室基礎層或室外地下空間，如此一來蓄水池易與化糞池或消防水池為鄰，加上舊建築法規未嚴格規定池頂、池底、池壁等須與其他結構物分離，當蓄水池老舊龜裂則容易使污水直接滲入蓄水池，造成水質污染。此外，地面下水池清洗不易、內部檢查不便、龜裂修補效果不佳，加上無法設置溢流管、通氣管及排水管等附屬設備，故使用地面下蓄水池之校園，建議改為地面上蓄水池，以維護水質安全。

六、蓄水池、水塔容量太大

一般學校為避免供水不足之狀況發生，常於教學建築建設時將蓄水池、水塔容量設計過大，或因學生人數減少以致於每日用水量低於原設計人數，容易因蓄水設備容量過大而造成水長期滯留於蓄水池內，導致水池、水塔內餘氯量不足而滋生細菌污染水體，進而影響校園供水水質之安全。

為確保水質安全，現有用水設備相關法規即規定蓄水池、水塔之容量以一日用水量之 0.4 倍、但不超過兩日用水量為設計原則。學校適逢連續假日（2 天以上）或寒暑假時，應調低水位自動控制器或調整進水閥，以降低蓄水池、水塔容量，保障水質之新鮮度（維持適當餘氯）。飲用水若儲放超過兩天以上，水中餘氯可能不足，不適合直接飲用，可將其用於清潔用途，以增加換水率，提升水中餘氯濃度。

七、配水管線老舊或使用不當

給水管的材質建議採用符合 CNS 規範之自來水用不銹鋼管或銅管（以不銹鋼為佳），其次為 PVC（聚氯乙烯）或 PE（聚乙烯）內襯之鋼管，最後選擇才是符合 CNS 規範之自來水用塑膠管（包括 PVC 管及 PE 管），但塑膠管不宜用作熱水管。

老舊建築物所使用的給水管線可能為白鐵（鍍鋅鐵）管或鉛管，經年累月

使用後因管線腐蝕而生鏽，容易發生鐵鏽或鉛等重金屬溶出進入飲水中，長期飲用可能導致慢性重金屬中毒。若校園管線為鉛管，最好能更換管線材質；若經費不足無法更換，用水前應等待水龍頭的水流至原水水溫，再多流出 15 秒，使給水管中的滯留水完全排除，因為水滯留於管線越久則金屬溶出之機率越高。此外，熱水管線的水比冷水管線更易溶出金屬，不宜作為飲用水。

八、水龍頭接水時，橡皮管浸在水桶中造成倒流

校園中灌溉或清潔時，習慣於水龍頭加裝橡皮管以方便接水，但若將橡皮管直接浸泡於水桶等污水中，污水易藉由虹吸作用倒流進入給水管線而污染自來水。因此使用橡皮管時應採跌水方式，勿將橡皮管浸在污水中。

九、蓄水池、水塔未定期維護、清洗

蓄水池、水塔之清洗為校園用水設備相當重要的維護工作，至少每半年至一年須清洗一次，水質情況較差時可縮短清洗間隔。水池水塔之清洗可配合學期時間，於開學前 1-2 週進行清洗工作，即可有效維持蓄水池及水塔之清潔。水池水塔之清洗週期必須考慮學校所使用水源之水質狀況及氣候狀況，在水質不良或氣溫較高之地區，應考慮適度增加清洗之頻率。蓄水池、水塔之清洗應遵循一系列標準程序，清洗方式簡述如下：

1. 清洗前數日先關閉進水使水池水塔中之貯水於清洗前用至最低水量，減少浪費。
2. 清洗前打開排水管之制水閥或用抽水機迅速抽去水池水塔中殘留之積水。
3. 用高壓清洗機依出入口周圍、管線、頂板、壁面、底部順序洗淨。
4. 徹底洗淨後，以含氯量 50~100 ppm 之高濃度氯溶液進行噴霧消毒後，再徹底沖洗。
5. 最後採取水樣進行檢驗，須符合飲用水水質標準才算完成。

上述清洗工作校方不易自行施行時，可委託受自來水單位輔導的優良水池、水塔清洗業者辦理，較不建議委託未經輔導之水電業者進行清洗，以保障清洗作業之品質。該區清洗業者名單可向臺灣自來水公司或臺北自來水事業處查詢：

臺灣自來水公司 <http://www.water.gov.tw>

臺北自來水事業處 <http://www.twd.gov.tw>

第三節 校園用水設備之維護及管理

為避免校園用水安全遭受來自蓄水設備及其他用水設備外部的污染，配合適切的用水設備管理方式以便能確保校園用水安全是重要的事情。由於容量過大的儲水槽內的餘氯消耗較為迅速，容易造成細菌的繁殖，而容易被光線直接照射的水槽也容易因為較高的水溫及光源而促使藻類的生長，因此也須注意非因外來污染所導致的水質污染。

由於校園用水設備之管理者並非都具有水質安全相關的知識，所以有關於用水設備維護管理的規定，必須是以一般大眾可以接受的最低限度要求為基準來加以訂定，以增加實務可行性。為了達成校園用水管理之目標，有必要提升一般校園用水設備管理人員的專業技能及關於用水設備衛生檢查技術，以培養並累積有關管理方面的知識。

為確保校園用水安全，校園用水安全衛生管理的基準是時時確保所供應水的安全衛生，其主要內容應包括下述各點：

1. 蓄水池及水塔的清洗頻率為一年 1 至 2 次（視水質及區域而定），且應定期的實施。
2. 校園相關供水設施的定期衛生檢查，也是防止水質污染所需採取的必要措施。檢查項目應包括設備的外觀檢查、用水設備功能檢查、水質檢查及文件檢查等項目。這些檢查可用以評估校園用水的維護及管理狀態，並評估是否對供水水質產生不良影響，可藉由檢查結果予以正確的管理。
3. 管理人員須定期/隨時注意給水栓出水的顏色、混濁度、有無異臭味等現象，如有異常狀況發生時，須實施較完整之水質檢查（除餘氯檢測外，必要時包括由專業檢驗單位進行水質檢測），以確認水質安全性。
4. 如水質檢測結果顯示所供應之水有危害人體健康之虞時，須立即停止水的供應，並採取必要的因應措施。

另外，為確保管理的正确性，校園用水設備管理人員須記錄各項管理狀況，包括定期衛生檢查情形及水質檢驗之結果，並保留各項記錄本以備檢查。

第四章 校園常用淨水設備單元介紹

本章介紹過濾、活性碳、離子交換、紫外線殺菌、逆滲透等校園常見之淨水設備單元，包括其原理、一般設備規格、使用限制及維護管理原則。此外，以非自來水作為水源之學校應設置消毒設備，本章亦針對消毒原理及常用消毒劑作說明。本章最後針對前述淨水設備之價格及污染物處理作一綜合比較，並提供中央信託局共同供應契約中淨水設備的原理供各級學校參考。

第一節 過濾

在一般的民生用水處理中，使用過濾方式來淨化水質是最普遍的處理方法，尤其是用來降低濁度與微生物的污染。一般的飲用水過濾程序包含了使水通過濾料來去除懸浮顆粒與較大的膠體物質（懸浮顆粒例如黏土、淤泥、微生物、一些有機聚合物及鋁鐵的氧化物等），而某些材質的濾料甚至可以去除較小的膠體粒子與溶解性污染物。水廠中較常使用的濾料材質有：石英砂、矽藻土、無煙煤與細沙等，淨水流程可使用單一濾料過濾，也可以結合多種濾料分層過濾。

一、過濾原理

過濾法是將水通過砂層或其他過濾材料，水經過多孔濾料介質後，可將含在液體中的微細懸浮固體去除（如圖 4.1）。過濾對微細之懸浮物及細菌、色度、濁度、嗅與味、鐵與錳及溶解質之去除都有很好的效果。

過濾對雜質的篩除，主要經由截留、沈澱和擴散等不同機制進行。篩除作用主要發生在濾料上層之幾公分處。初過濾作用開始時，篩除僅能移除水中粒徑大於孔隙之顆粒，經過一段時間之過濾後，這些顆粒能形成比原始濾料孔隙還小的濾篩，此時水中粒徑較小之懸浮顆粒即可被此濾篩捕捉而移除，且變成濾篩的一部份，因此濾篩去除率和過濾時間成比例增加，過濾效果會越來越好，但處理水量也會因孔隙變小而慢慢下降。

過濾的第一種去除機制為截留，水中的雜質顆粒循著水流線，與濾料擦撞刷過而被濾料所捕獲（如圖 4.2 a）。

過濾的第二種去除機制為沈澱，比較大及比較重之顆粒，因為重力的作用，沈降在濾料顆粒上（如圖 4.2 b）。

以上二種機能對大顆粒有效，而最後非常小的顆粒則經由布朗運動，可能意外的與濾料撞擊，這程序稱為擴散（如圖 4.2 c）。擴散只發生在比膠體還小的顆粒。所以過濾程序中大顆粒和小顆粒的去除效率較高，而中間顆粒（粒徑約 1 微米之顆粒）的去除率則較低；由於某些病毒、細菌和微小的黏土顆粒大小約 1 微米，所以濾料種類的選擇對顆粒的去除效率有很大的影響。

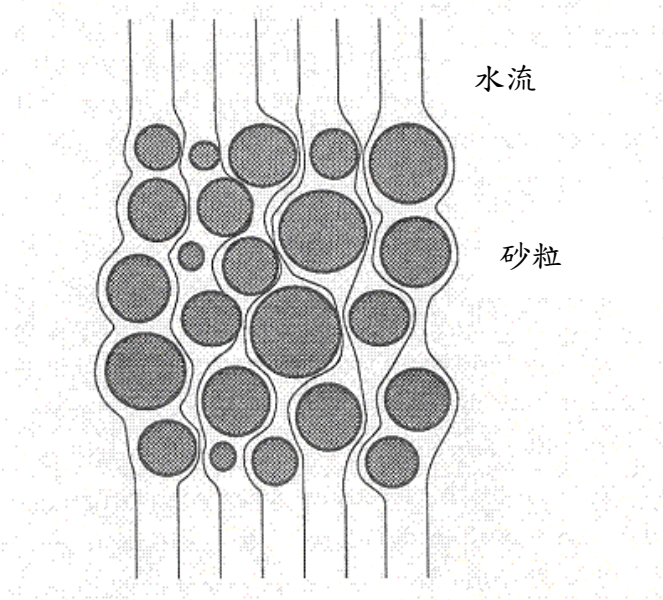


圖 4.1 水流經砂粒後，去除水中之微細物質示意圖

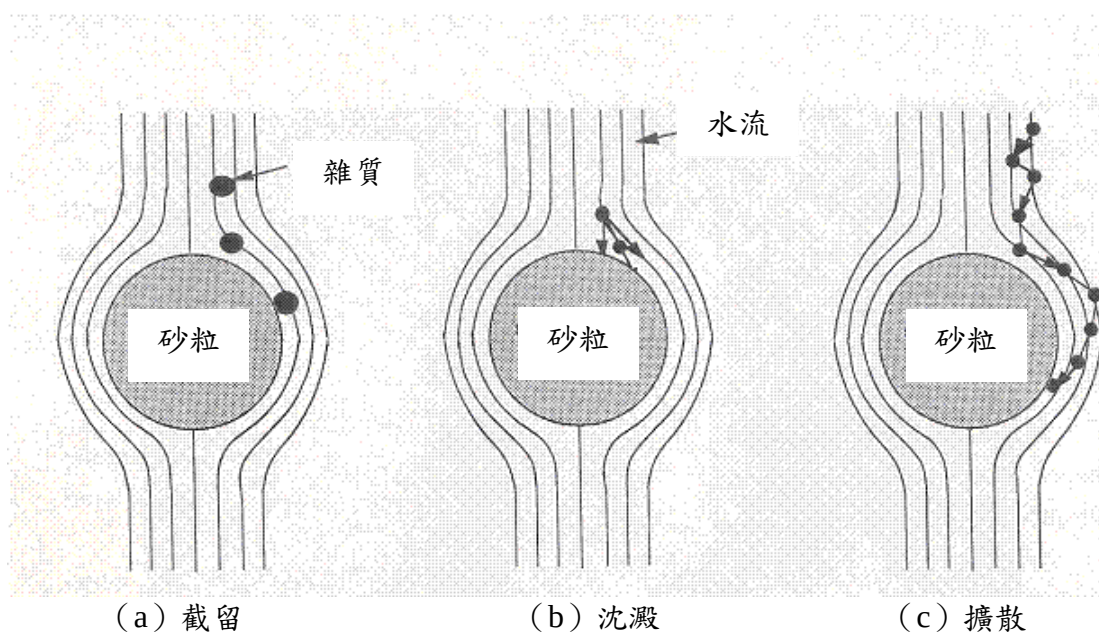


圖 4.2 過濾程序中截留、沈澱和擴散等不同機制示意圖

二、淨水程序過濾方式

1. 傳統過濾

傳統過濾方式，包含先以化學混凝、快速混合、及膠凝程序處理，再以沈澱或浮除將膠羽去除，經這些方式前處理後再進行過濾。一般淨水場傳統過濾的濾料材質包含了砂、或多種濾料雙層/三層填充濾床等方式，完整混凝/沈澱/過濾單元能有效的去除水中濁度、色度、消毒副產物的前質、細菌、病毒及原生動物（如隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲）等。傳統快濾方式搭配混凝及沈澱流程可有效去除病毒 99% 以上，梨形鞭毛蟲等原生動物去除率則可達 97~99.9%。但傳統過濾方式較少應用在小型供水系統（供應 500 人以下之用水），因為其需要較高的操作費用，操作技術方面也較複雜。

2. 直接過濾

直接過濾包括多種方式，均能達到一定程度的處理效果，但皆需要先以化學混凝及快速混合先行前處理，然後再經由加壓或重力流（小型供水系統通常用加壓的方式）通過雙層或混合濾料的濾床以達到過濾之效果。直接過濾通常適用於低濁度的原水，若原水平均濁度大於 10 NTU 以上，或最大濁度大於 20 NTU 以上時，則小型供水系統不建議使用直接過濾的方式。除此之外，其他考慮因素還有色度及藻類亦會影響過濾處理之效率。直接過濾可有效去除病毒 90~99%，沒有先以混凝處理時，梨形鞭毛蟲的去除率只有 50%，若搭配混凝則去除率可達 95~99%。直接過濾的缺點為操作上需要較專業的技術人員，亦需時時監控以調整操作系統。

3. 慢砂過濾

慢砂濾床類似使用單一濾料的快濾床，而兩者之間最大的差異為慢濾床表層會形成生物膜，因而能以生物分解方式去除懸浮有機物質及微生物，而非只有簡單的過濾及物理-化學吸附方式來去除水中污染物。當原水的濁度、藻類、色度皆低時，適合以慢濾來處理，若原水濁度較高，建議搭配其他方式先進行前處理。有些淨水程序則在慢濾床下層使用粒狀活性炭，以吸附通過慢濾床而未被去除的有機物。慢濾的優點為在操作維護方面的需求較低，小型供水系統適合使用慢濾之方式，去除效率對病毒可達 90~99.9999%，對梨形鞭毛蟲則可達 99.99% 以上。

4. 矽藻土過濾

當原水為低濁度之供水系統，可直接以矽藻土過濾來處理。濾床則為基礎結構上鋪一層薄薄的矽藻土。矽藻土過濾對去除梨形鞭毛蟲效果很好，但對非常小的顆粒（例如病毒）則去除效果稍差。因為不需要化學混凝的步驟，對小型供水系統而言，若原水的濁度、色度、有機物（消毒副產物的前質等）低時，即適合使用矽藻土過濾。

三、過濾程序所使用之濾料

1. 過濾布（網）

由特殊之濾布（如微細孔徑之發泡樹脂或特殊之有機聚合物）製成，或由綿線纏繞而成。藉其微小之孔徑，阻截濾除大於濾材孔徑的懸浮固體，達到過濾水質的目的。由於此類濾料之孔隙較大，一般家用淨水器常用於粗過濾使用，作為淨水處理之前處理。

2. 矽藻土

矽藻土外觀呈白色或灰白色，是由單細胞植物矽藻之骨骼外殼所形成，矽藻土大小為 $0.5\sim 1.2\ \mu\text{m}$ ，堅韌且有細密的孔隙，故可以濾除水中較大的物質。顆粒越小，越能捕捉懸浮的固體，但由於孔徑小，過濾速度較慢。一般自來水場淨水處理之過濾池常使用矽藻土濾料，家用淨水器極少使用此種濾材。

3. 陶瓷

此種材質濾心，是以天然陶瓷礦物為材料，經高溫燒結而產生堅硬細微的孔隙組織。利用其細密的孔隙，可以濾除水中大於孔隙孔徑的污染物，而陶瓷濾心最佳的過濾微孔徑，約為 $0.2\sim 0.5\ \mu\text{m}$ 左右。陶瓷濾心在使用一段時間後，濾心表面所附著的污泥雜質，在清洗時可用硬刷將其刷除。由於可重覆使用，一般家用淨水器常於粗過濾之後使用此種濾材作為細過濾之用，以進一步淨化水質。

4. 活性碳

活性碳 (activated carbon) 是將高碳物質熱處理、碳化等程序處理後，製成的多孔性的含碳物質，它具有高度發展的孔隙構造，其組成物質除了碳元素外，尚含有少量的氫、氮、氧及灰分，其主要結構則為碳形成的六環物堆積而成。由於六環碳的不規則排列，造成了活性碳多微孔體積及高表面積的特性。活性碳無臭、無味，不溶於水和有機溶劑。活性碳的微孔容積約 $0.6\sim 0.8\ \text{ml/g}$ ，比表面積

約 $500 \sim 1,500 \text{ m}^2/\text{g}$ ，對高分子量有機物質有很強的吸附力，而對於液相中的微量成分、色素、臭氣物質等具有高度的去除能力，是一種極優良的吸附劑。每克活性碳的吸附面積更相當於八個網球場之多，而其吸附作用是藉由物理性吸附力與化學性吸附力達成。活性碳依照其形狀可分為：

- (1) 粉狀活性碳：一般指活性碳經磨碎篩選分離後，其顆粒粒徑小於 325 mesh (0.043 mm)者，在一定的體積下，顆粒越小者整體表面積越大，其吸附效果也越好，但較易飽和、阻塞。
- (2) 粒狀活性碳：粒徑較大之顆粒在使用上較為廣泛，常用於管柱吸附，因其顆粒較大可減低壓力損失。
- (3) 纖維狀活性碳：可經由二次加工，成為不同型態的氈狀、布狀，相較於傳統粒狀活性碳，具有較快的吸脫附速率及更便利的操作維護之優點。

因活性碳有許多大小孔隙，除有機機械阻截作用外，其巨大表面積亦有很大的物理或化學吸附能力。因此，活性碳濾心常被飲用水設備業者用於去除餘氯、脫色、脫臭等設計，但活性碳濾心有一定的吸附量，若吸附量已達到飽和，則活性碳濾心就會失去其吸附效果。關於活性碳吸附於淨水處理單元之作用，請參閱活性碳一節。

四、不同濾料之使用限制

以棉紗為濾材之飲水機主要是利用其孔隙，以去除較粗大的懸浮物質，其對小顆粒物質及細菌之去除效果不佳，必須配合採用其他孔隙較小濾料材質之濾材，方能提昇水質衛生水準。

陶瓷濾心之主要功能為過濾，不能有效去除水中的化合物、氯、臭、異味等，所以使用陶瓷過濾器時，建議搭配活性碳或者是其他濾心來使用。如果有水壓不足的情形，因陶瓷濾心孔隙小以致阻力較高，出水量也會隨之降低。為維持陶瓷濾心之功能，陶瓷濾心必須經常清洗、保養，以免滋孳生細菌，積聚雜質，影響淨水功能。

石英砂等砂濾材質主要功能亦為過濾，且通常用於粗過濾，為避免阻塞使得出水量變少，應定期進行反沖洗以維持濾心正常運作。一般石英砂濾料多用於淨水場，不適用於家用淨水設備。

使用活性碳過濾之飲水機主要功能在脫色、脫臭，以改善水質，對於分子較

大有機物的清除，活性碳的功效有限。且活性碳過濾對於細菌等生物性之去除效果不佳。此外自來水所含餘氯亦被活性碳去除，致使殺菌力減弱，將影響飲水之安全衛生。測定進水及出水的溶解性有機碳濃度差（或細菌數量差）是考量更換活性碳濾心的依據之一。

五、其他過濾處理技術

薄膜過濾：薄膜過濾為使用半透性膜為材料來處理飲用水，為飲用水之高級處理方式之一，一般較常被使用的膜過濾方式有以下四種：逆滲透（RO）、奈米過濾（NF）、超過濾（UF）、微過濾（MF）。

1. 逆滲透：對原生動物及細菌、病毒去除效果佳。
2. 奈米過濾：對原生動物及細菌、病毒去除效果佳。
3. 超過濾：可去除原生動物及部分的細菌及病毒，超過濾後之出水濁度可低於 0.1 NTU（濁度單位）。
4. 微過濾：可去除原生動物及部分的細菌及病毒，建議搭配消毒使用，可提升微生物的去除率，超過濾後之出水濁度可低於 0.2 NTU

更詳細之薄膜過濾原理與應用之介紹，將於本章逆滲透一節討論。

六、維護管理原則

過濾是以阻截為處理機制，達到去除水中物質的功能，因此使用一段時間後，濾心上所阻截留下水中的雜質會逐漸累積。如果太久沒有更換或清洗，堆積在濾器上的顆粒物質會愈來愈多，則通過之水流量會逐漸減少，並會孳生細菌。一般淨水處理就是利用入水壓與出水壓差來判斷濾器被阻塞的程度，所以經過一定的處理水量後，濾器要定時進行反沖洗以排除堆積其上的雜質，同時濾心也需定期清洗或更換（過濾布、矽藻濾心一般 3 個月更換，活性碳濾心則一般約半年更換，或出水量減少時，即需更換），才能確保濾出水的安全。

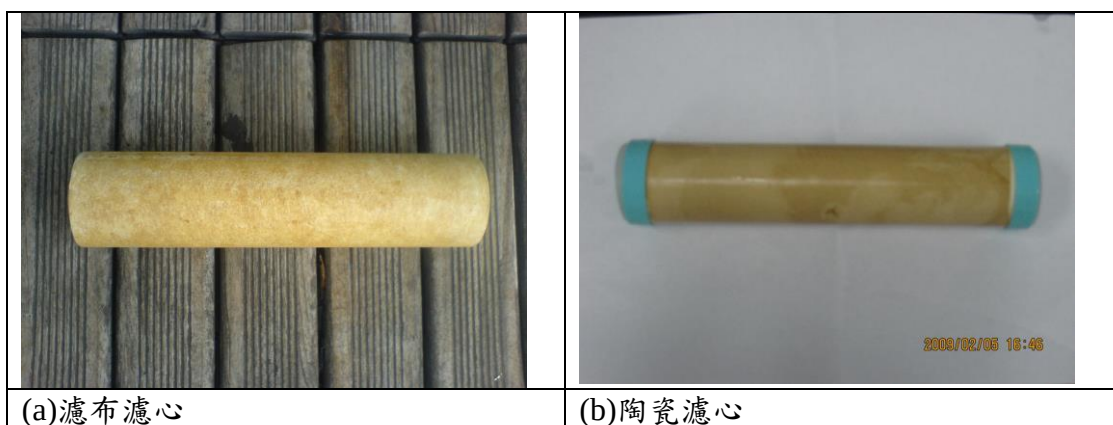


圖 4.3 需清洗或更換之濾心

活性炭濾心使用一段時間後，累積在表面之細菌會增殖，活性炭的吸附功能亦會消失。因此每隔一段時間（視用水量多寡）即需定期清洗濾材及附屬零件，才不會使過濾器孳生細菌，污染飲水甚至危害健康。濾材使用過久則功能減低或完全失效，所以濾心使用約三個月至半年亦應加以更換，才能維持正常效果。關於活性炭濾心之功能及管理維護要求，請參閱第二節活性炭濾心部分之說明。

第二節 活性碳吸附

一、活性碳吸附的原理

活性碳由木碳、椰子殼等材料經過高溫下隔絕空氣碳化，再進行活化製成。經過活化處理的活性碳含有很多孔隙，因此具有極大的表面積，1克活性碳可具有500-1,000 m²的表面積。所謂活性碳吸附是一種物理性吸附，利用活性碳廣大表面積的吸附容量，及活性碳和水中污染物間的親和力（凡得瓦力），將水中的污染物（稱為吸附質）吸附到活性碳（稱為吸附劑）表層。一般狀況下這種吸附作用是一種放熱作用，在低溫下進行較為有利；由於此物理性吸附是一種可逆反應，在高溫下會發生脫附作用，使已經被吸附的污染物脫離活性碳而回到水中，因此活性碳不適合在高溫環境下使用。活性碳吸附可用於去除水中的毒性物質，或難以被生物降解的污染物如農藥、清潔劑、臭味物質、或產生色度的物質等。

二、活性碳的種類

一般活性碳濾材可分為粉狀活性碳、粒狀活性碳、纖維狀活性碳等不同形式，其外型雖不相同，但基本吸附原理均相似。

1. 粉狀活性碳（Powdered Activated Carbon, PAC）

粉狀活性碳係先將活性碳粉碎後再經過篩分析，取其粒徑較小者用於水處理，稱之為粉狀活性碳。由於粉狀活性碳之顆粒小，因此其比表面積較大，散佈於水中時有較多機會與污染物接觸，吸附速率較快，因此常用於水處理。但因粉狀活性碳操作必須考慮水中污染物之濃度及攪拌之速率，以調整粉狀活性碳之劑量及操作時間來增加去除污染物之效能，加以後續處理必須將水中粉狀活性碳加以去除，因此不適合一般住家及學校使用。

2. 粒狀活性碳（Granular Activated Carbon, GAC）

粒狀活性碳的粒徑較大，一般粒徑可達0.1~1.0mm。由於粒狀活性碳的顆粒大，吸附速率也較慢，但是其顆粒較大，作為濾材時較不易發生阻塞現象，可維持水流之順暢，因此在連續操作的水過濾系統中，多半採用粒狀活性碳做為污染物的吸附劑。一般家庭及學校使用之活性碳淨水器，如採用「管柱」型式設計，將活性碳濾料充填於管柱中時，多採用粒狀活性碳作為濾料。在充填於適當設計之管柱後，此種粒狀活性碳濾料具有更換簡單之優點，因此廣泛用於一般家用淨

水處理設備之濾心。

3. 纖維狀活性碳（Activated Carbon Fiber）

纖維狀活性碳也是一般常見家用小型活性碳濾心之形式。此種方式係將活性碳製成纖維狀，並且將活性碳纖維織成纖維狀不織布、或壓製成管柱狀、環狀濾心等不同形式。纖維狀活性碳之纖維直徑小而具有如粉狀活性碳般良好的吸附能力，又具有粒狀活性碳不易阻塞之優點，可配合不同過濾設備形式加以設計，因此也廣泛被淨水設備廠商採用。但纖維狀活性碳之纖維細小，因此其抗壓力較低，容易在外力作用下損壞。

除此之外，活性碳也被製成球狀、圓柱狀、中空纖維等不同形式之濾材。

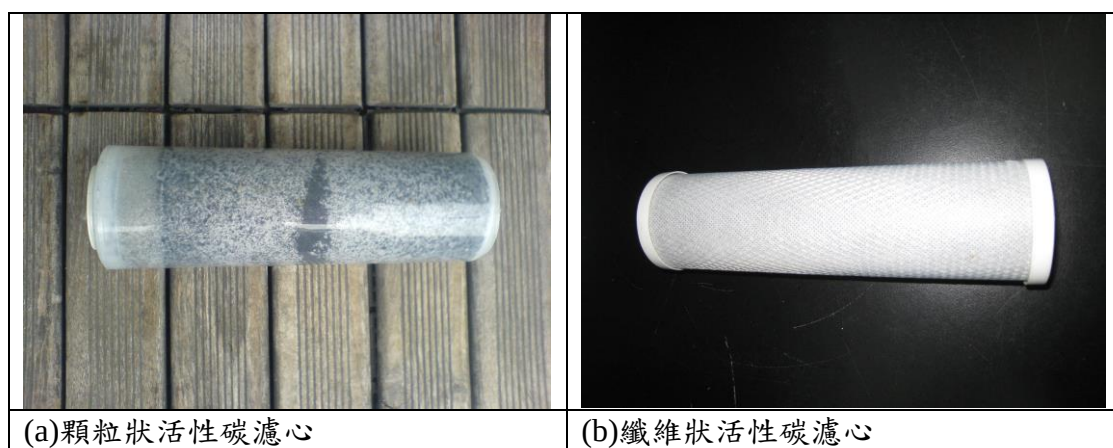


圖 4.4 家用活性碳濾心

三、影響活性碳處理效率之主要因素

1. 溫度

由於活性碳吸附是一種放熱反應，因此在低溫時之吸附效果會優於高溫時之吸附效果。以活性碳作為吸附劑時之操作溫度不宜太高，一般多維持在室溫時操作，以維持良好吸附效果。一般而言，吸附溫度越低，活性碳所能夠吸附的污染物量也就越多。溫度過高時，不僅吸附效率大幅下降，甚至可能發生脫附現象。因此活性碳濾心不應放置於熱水中。

2. 活性碳顆粒之材質及粒徑

活性碳之表面積越大，其吸附能力就越強，因此活性碳吸附劑顆粒的大小，

細孔的構造和分佈情況以及表面化學性質等對吸附也有很大的影響。一般家用小型淨水設備對於活性碳材質之說明較為欠缺，因此在購置時應加以注意及詢問。

3. 使用時間

活性碳的吸附原理是透過水中濃度之差異所產生之擴散作用，讓水中污染物因濃度差及凡得瓦力之作用吸附至活性碳表層，在活性碳表層形成某種平衡，污染物再逐步擴散至活性碳顆粒內部。在使用初期因活性碳表層並無污染物，因此吸附效果最高。但隨著使用時間增加，活性碳的吸附能力會因表層位置被污染物佔據而降低，吸附效果也隨之下降。如果處理水之水質較差，水中污染物濃度高，活性碳很快就會失去吸附能力，必須透過活性碳再生或更換濾心來恢復其功能。

四、活性碳吸附法在水處理中的應用

傳統淨水處理流程中，活性碳吸附一般設置在砂濾之後作為吸附劑，用於去除過濾無法去除之有機污染物質；活性碳也可與砂濾料配合組成雙層濾料過濾或單純以活性碳過濾代替砂過濾。

在使用活性碳吸附作為飲用水高級處理的過程中，有時可觀察到活性碳濾料表層生長出微生物而形成生物膜，透過生物降解之作用，使出水水質進一步提升且延長活性碳之使用壽命。在此基礎下也發展出生物活性碳技術，可經濟的有效去除水中微量有機污染物質。活性碳表面生成生物膜後，具有分解有機物之功能，配合吸附功能可提升整體效能並延長活性碳之使用時間。受限於操作技術，生物活性碳處理多用於淨水場高級處理，並不適用於家用或校園淨水器。

一般而言，進入活性碳過濾流程的進流水應盡量除去較大顆粒的懸浮物和膠體物質，以避免活性碳濾層堵塞，延長活性碳之使用壽命。由於一般淨水器的進水為自來水，已去除水中大部分的雜質顆粒和微生物，再經過前置過濾處理後（一般為 5 μm 之濾心）才進入活性碳，因此進水水質能滿足活性碳濾心之要求。但若進流水並非自來水，則需增加適當之前處理程序（例如設置適當的前過濾裝置），以避免活性碳之使用壽命降低。

活性碳吸附之貫穿曲線

活性碳吸附過程中，因為活性碳的吸附容量隨著活性碳使用時間的增加而降低，因此活性碳對水中污染物的吸附能力會逐漸下降。隨著吸附操作時間的增

加，出流水中污染物的濃度也會逐漸增加。將出流水中污染物濃度對吸附操作時間作圖，即可得到如圖 4.5 所示的貫穿曲線。當出流水中污染物濃度達到某個既定目標時（一般為進流水溶質濃度的 5% 或 10%），即稱為貫穿 (breakthrough)，此時污染物的濃度稱為貫穿濃度 (breakthrough concentration)。一般淨水處理可透過模廠試驗來求得吸附貫穿曲線。由於一般活性碳淨水器之使用者無法自行求得貫穿曲線，家用活性碳淨水器之供應商應提供活性碳濾心之貫穿曲線資料供消費者參考，並告知濾心更換之週期，以維持活性碳淨水設備之吸附能力。

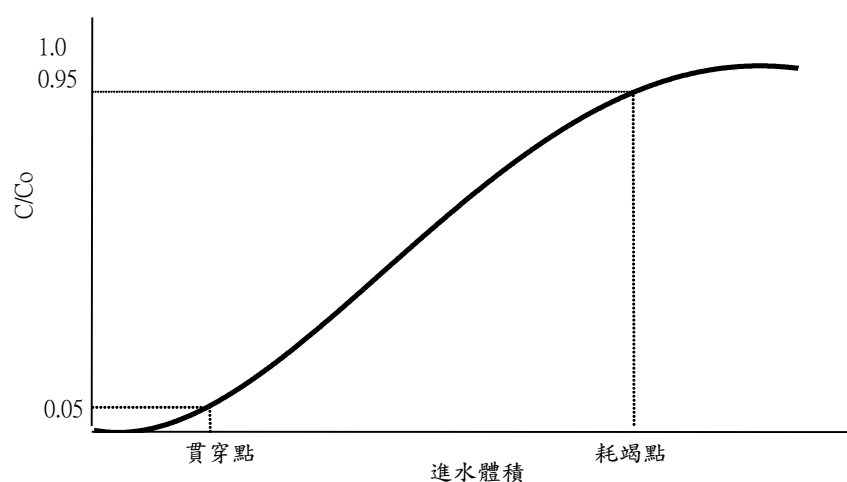


圖 4.5 活性碳吸附貫穿曲線

五、維護與管理

1. 增加水體與活性碳的接觸時間可以增加活性碳吸附的效果；接觸時間越長，過濾水的水質越佳。因此增加水體與活性碳接觸的時間會有所幫助，可以透過減低水流速度的方式達成。
2. 新的活性碳在第一次使用前應以清水流洗清潔，以去除殘留的粉末狀活性碳；或者在第一次使用時讓水先流一段時間，直到黑色消失為止，以便去除殘留的活性碳。
3. 活性碳的吸附對象是無選擇性的，只要是疏水性有機物，活性碳都具備某種程度的吸附效果。一般會在吸附前進行前處理，再由活性碳來進行進一步的水質純化。為增加活性碳吸附效果，水體應先經過濾再進入活性碳濾心。一般家用淨水器在活性碳濾心前會設置 $5\ \mu\text{m}$ 之濾心作為前過濾裝置，其目的就在保護活性碳濾心，增加活性碳濾心的吸附效果及使用壽命。

4. 使用者應瞭解活性碳不是萬靈丹。使用活性碳吸附可以協助淨化水質，但所吸附的污染物並未消失，而是被吸附在活性碳濾心中。活性碳濾心使用一段時間後必須更換，以維持吸附之效果。濾心更換的時程受到許多因素之影響，包括進流水水質、當地氣候、使用活性碳材質、使用狀況等都會影響活性碳之使用壽命。消費者在購買活性碳濾水設備前，應請活性碳供應商提供維護及更換之資料，以避免因缺乏適當維護而影響處理水之水質。
5. 為增加活性碳吸附之效能，提升處理水之水質，可將市售商品化活性碳串連來達到「增加接觸時間」的目的。圖 4.6 即為一例，利用淨水器串連的方式來提升吸附效能。

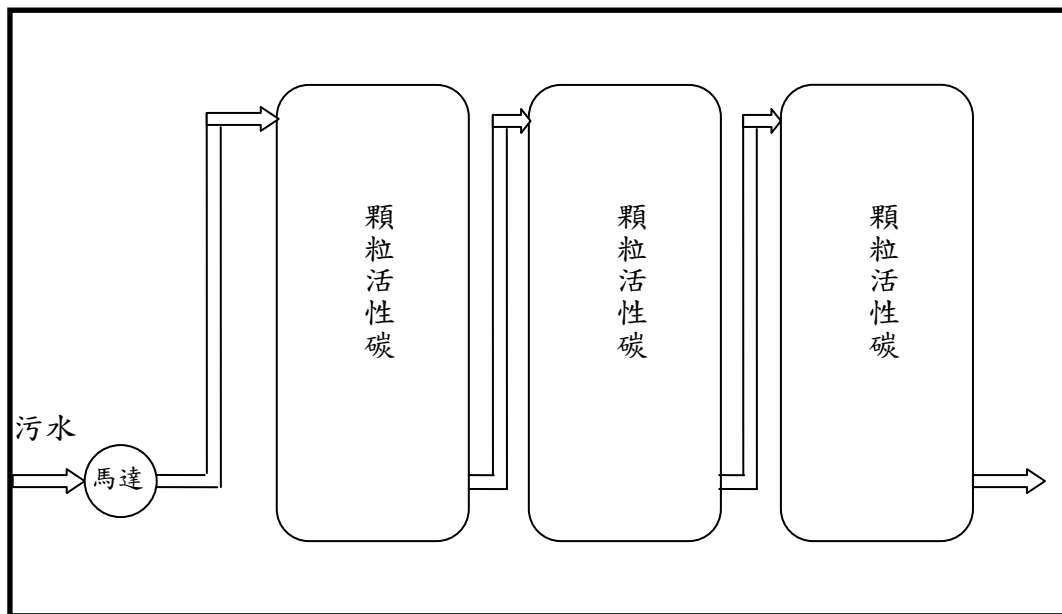


圖 4.6 串聯式活性碳過濾單元

第三節 離子交換

一、原理

1. 作用原理

離子交換樹脂的淨水機制乃為一種可逆的化學平衡反應，目前這種技術廣泛地應用在移除水中可溶解性的礦物質及污染物。淨水處理時離子交換的主要作用原理乃依據水中不同的陰陽離子具有不同的酸鹼性、極性，而這些陰陽離子因為具有不同的電荷，所以對離子交換樹脂上的離子交換劑有不一樣的親和力。若是水溶液中的特定離子對交換樹脂上的交換劑較為喜好時，就會被吸附在離子交換管柱上，而為了維持水溶液的電中性，離子交換管柱會釋出等電價的離子回到水溶液中，在管柱持續作用的情形下，樹脂本身的主要結構並無改變，且同時達到淨水的效果。

依據水中溶解性物質具有陰陽離子不同的特性，因此離子交換的作用機制也分為兩大類。在陽離子交換的過程中，水中具有正電荷的離子會與樹脂表面之正電荷離子進行交換（例如常見的鈉離子），硬水軟化處理流程就是最廣泛被使用之陽離子交換技術的應用。同樣地，在陰離子交換的過程中，水中具有負電荷的離子會與樹脂表面之負電荷離子進行交換（例如常見的氯離子），而這類反應則較常應用於硝酸鹽、氟離子、硫酸鹽或砷等水中污染物的處理。

離子交換樹脂之製作材質主要也分為兩大類，其一為自然生成的無機沸石 (zeolites)，其二為人工合成的有機固體顆粒，一般呈現多孔狀或顆粒狀，其大小約為 0.1~1 mm，且在表面具有可移動之酸性或鹼性官能基。在人工合成的樹脂部分，不論是酸性還是鹼性的樹脂，都是建構在相同的鹼性有機聚合物的基礎結構上，只是樹脂表面所鍵結的官能基有所差異，且這些官能基具有可移動的不同離子。

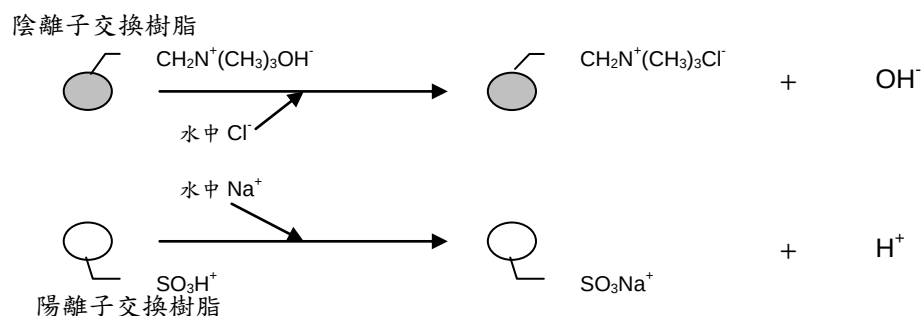


圖 4.7 離子交換作用原理

2. 離子交換樹脂之種類

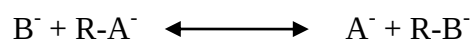
離子交換樹脂依照所含的官能基不同，共分為四種：

樹脂種類	官能基種類	樹脂上可交換離子種類	主要處理對象或用途
強酸型陽離子交換樹脂	強酸性的反應基 如磺酸基 ($-\text{SO}_3\text{H}$)	H^+ 或 Na^+ 型	純水去離子處理、金屬離子分離回收
弱酸型陽離子交換樹脂	較弱的反應基如羧基 ($-\text{COOH}$)		此樹脂僅可交換弱鹼中的陽離子如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ，對於強鹼的如 K^+ 等無法進行交換
強鹼型陰離子交換樹脂	較強的反應基如具有四面體銨鹽官能基 ($-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$)	在氫氧形式下， $\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$ 中的氫氧離子可以迅速釋出，以進行交換，交換陰離子有 OH^- 型或 Cl^- 型	強鹼型陰離子交換樹脂可以和所有的陰離子進行交換去除
弱鹼型陰離子交換樹脂	具有較弱的反應基如第一級銨、第二級銨或第三級銨		僅能去除強酸中陰離子如 SO_4^{2-} 、 Cl^- 或 NO_3^- ，對 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 或 SiO_4^{2-} 則無法去除

上述各種樹脂中以鈉型離子交換樹脂較常見，主要使用於硬水之軟化。當硬水流過交換管柱時，樹脂內的物質和水中的礦物質會產生數十億次的交換，鈣、鎂、鋁等金屬陽離子會被吸附在樹脂上，而樹脂進而釋出鈉離子。經過離子交換作用後，水中鈣鎂等溶解性物質含量會變少，飲用時口感較好。

由於離子交換是一種可逆的化學反應，所以必須遵循化學平衡的規律，水體中溶解性物質通過管柱時，離子會不斷被交換，濃度因此逐漸降低。不過，每一種離子交換樹脂表面積上每單位的最大離子交換量（活性離子點）都有所不同；同時也由於必須遵守化學平衡的定律，所以離子交換效率不會是100%。以陰離子交換之反應為例， B^- 為水中陰離子， A^- 為樹脂上之陰離子， $[\text{R-A}^-]$ 、 $[\text{R-B}^-]$ 為樹脂中離子 A^- 及 B^- 之濃度， K_{BA} 為選擇係數(Selectivity Coefficient)，代表離子

相對分佈情形，或離子對應於樹脂相對親和力(Affinity)。



$$K_{BA} = [R-B^-][A^-]/[B^-][R-A^-]$$

二、主要功能

1. 水質軟化

飲用水中若含有過高的硬度（主要來源為鈣離子和鎂離子），則煮開水後鍋底會產生白色碳酸鹽沈澱物，即一般所說的結垢。為改善此現象，民眾可能會選擇市售軟水器來解決此問題，軟水器一般即使用離子交換樹脂。另外由於電荷越多，分子量愈大的離子對陽離子交換樹脂的親和力也越大，因此軟水器也可去除水中可溶解性之離子態的重金屬。

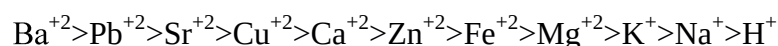
2. 除礦

離子交換樹脂也可使用於去除水中所含毒物（如銅）或重金屬（如鉛或鎘）。一般常以鈉離子或鉀離子進行取代，水中鈉或鉀的濃度也會因此提高。此種方法處理後的軟水不建議使用於嬰兒奶粉的沖泡，因為鈉、鉀濃度過高，可能對嬰兒的健康有不良的影響。少數的離子交換樹脂也可用以移除水中的氯離子或其他的有機污染物。同樣地使用於水質除礦時，離子交換樹脂也會達到飽和，一旦飽和後陽離子交換樹脂可以利用強的無機酸如鹽酸或硫酸再生，陰離子交換樹脂則可以利用強鹼如氫氧化鈉予以再生，或是其他形式的離子交換樹脂以適當之再生溶液再生，例如鈉型離子樹脂以氯化鈉溶液再生。

三、離子交換之特性

1. 樹脂對各種離子的親和力有所不同

一般來說，具有較高電荷的離子對於離子交換樹脂的親和力較低電荷的離子來得強，也就是離子交換反應的程度，會隨著電價升高而增加（例如 $Mg^{2+} > Na^+$ ； $PO_4^{3-} > SO_4^{2-} > NO_3^-$ ）。除了電價的影響外，離子的極性強度也會影響對樹脂的親和力。一般來說，各種陽離子對強酸性陽離子交換樹脂之親和力的相對關係如下：



而各陰離子對強鹼性陰離子交換樹脂的親和力相對關係大致如下：



2. 水體的pH值適用範圍

一般而言因為強酸性及強鹼性交換樹脂的組成官能基特性，所以此兩種樹脂適用水體之pH 值範圍較廣，分別可使用於pH值約為1~14及0~12之間。另外弱酸性交換樹脂之官能基由弱酸衍生而來，所以通常適用於pH值大於7及高鹼度的情形。最後一類弱鹼性交換樹脂官能基則是由各級胺所構成，因此適用之pH值範圍較窄，通常適用於pH值小於7的情形。

3. 離子交換樹脂上的官能基影響樹脂之作用

離子交換樹脂表面的官能基上具有可溶解性且可移動性的離子，且單位重量之樹脂上所含官能基數目即決定了樹脂可反應的離子交換容量，所以官能基之種類就決定了樹脂之離子的選擇性及交換性。

4. 樹脂再生的效率

樹脂的再生效率表示進行再生時，從樹脂中移除的總離子當量數和再生溶液中所含有的總離子當量數之比值。一般而言，強酸及強鹼性交換樹脂之再生效率大約為30~50%，而弱酸及弱鹼性交換樹脂由於對 H^+ 或 OH^- 離子具有較大的親和力因此再生效率較高。

5. 樹脂的離子交換容量

決定離子交換樹脂操作性能的重要因素之一為離子交換容量。除了再生效率較低之外，強酸及強鹼性交換樹脂的離子交換容量亦較少，故需要再生頻率較高，而弱酸及弱鹼性交換樹脂則通常具有較高的離子交換容量，且以單位樹脂質量為基準加以比較，通常陽離子樹脂的交換容量較高於陰離子樹脂。

6. 樹脂結構與孔隙大小

離子交換樹脂依照其組成結構和孔隙的大小，可概略分成膠型（gel type）樹脂和多孔型（macro-porous type）樹脂二大類。膠型樹脂孔隙較小，適用於無機離子之交換；多孔型樹脂因為孔隙較大，且樹脂顆粒內部含有較大的表面積，所以適合用以去除水中較大有機離子，不過該類樹脂一般具有再生效率不高的缺

點。離子交換樹脂除了孔隙大小會影響樹脂的選擇性之外，樹脂含有的孔隙度也影響到樹脂的離子交換容量。

7. 粒徑

樹脂之粒徑大小影響離子交換反應速率及其過濾性。樹脂粒徑較大者，離子的擴散途徑較長，所以如果通過管柱的液體流速太快則離子交換容量無法充分利用，進行再生時再生效率也會較差；但是反之若是樹脂粒徑太小，交換差較大，反洗時樹脂亦易流失。

四、常用設備型式

現在一般市售的離子交換樹脂多為球狀之人工合成有機物，表面再鍵結高分子的電解質。以作用機制與種類來說，最廣泛使用的型式為鈉型陽離子交換樹脂，作用機制主要藉由與鈉離子相較下，硬度物質如鈣、鎂、鐵、錳等離子與離子交換樹脂具有較高的親和力，所以水中硬度離子會和樹脂上的鈉離子進行交換，以去除水中造成硬度的主要離子，但同時也釋放出鈉離子到水體中。一般民眾購買時可認明環保署參照美國國家衛生基金會 NSF 的標準所制定之「飲用水處理單元/系統國家標準 CNS」，其中陽離子交換的機種標準為 NSF44，主要性能在針對水中硬度的移除及指定污染源的減量，同時供給被認為符合微生物安全的飲用水。

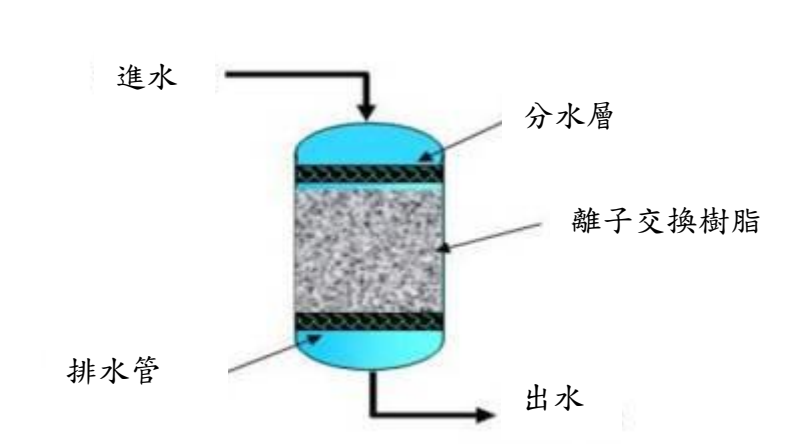


圖 4.8 典型離子交換設備

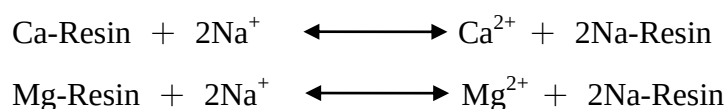
（來源：美國環保署，Drinking Water Treatability Database：Ion Exchange）

再者由於離子交換樹脂會不斷地與水中離子交換，去除不希望存在的離子，因此維持樹脂的交換能力是很重要的。離子交換樹脂操作一段時間後，除了會因

為官能基交換容量飽和而降低去除能力外，也常見到樹脂表面發生有機物質與微生物的附著，所以在使用離子交換管柱的同時，也應在水質的前段處理程序中，加裝紫外線燈來氧化分解有機物質，以防止樹脂被有機物或微生物污染。另外，為了儘早發覺樹脂的劣化，也可在前段的離子交換管匣之後裝上比阻抗計，以偵測水質的變化。

五、維護管理原則

市售的軟水器中最常使用的為鈉型陽離子交換樹脂，樹脂與水中硬度離子（鈣、鎂離子）作用後，會不斷釋放出交換後的鈉離子到水中，所以一般樹脂使用一段時間後，鈉離子會被消耗殆盡，樹脂的離子交換量會飽和，故需要進行樹脂再生。再生過程中可連續添加新的交換溶液，例如 10% NaCl 就是最廣泛使用的再生溶液，其他因為樹脂種類的不同，也可能使用其他強酸（如鹽酸、硫酸）或強鹼（如氫氧化鈉）溶液再生。進行樹脂再生時，反應朝正反應方向移動，而可以把樹脂上的已吸附水中離子沖洗下來，使樹脂可重複使用。再生反應式如下：



若樹脂之交換量達到飽和仍繼續使用，沒有進行樹脂再生，則此時樹脂不但沒有處理硬水的效果，還可能進一步洗出軟水器交換樹脂內的雜質，反而使濾出水後的水質更惡劣。因此，使用離子交換樹脂軟水器最需注意的操作維護重點就在於民眾應注意樹脂的定期再生與清洗維護。

樹脂除了需要定期進行再生反應外，由於樹脂對其他有機物也有一定的吸附容量，所以管柱使用一段時間後，也需要加以更換。尤其物質在 pH 值為 7 的水中不容易離子化，同時如果水中還有其他成分（如硼、矽等），還會因為樹脂的交換容量飽和，不會被吸附而通過管柱。有些軟水器在管柱前端還會加裝比阻抗計，以監測水質的變化，但是由於比阻抗值無法立即正確地檢測及反應非離子化無機物的濃度，因此有時即使過濾出水的比阻抗值沒有變化，但管柱實際的離子交換能力已降低，所以民眾購買的軟水器即使有加裝比阻抗計，還是要考慮離子交換樹脂的離子交換容量，除定期進行樹脂的再生外，並定期更換離子交換管柱。

六、使用缺點及限制

離子交換樹脂主要具有無機離子的去除能力優良與具再生能力，且裝置簡單等優點，但仍有許多使用上的限制與缺點。

1. 只適用於處理水中溶解性離子物質

當物質可以溶解於水中時，會形成離子，而具有不同的電價，正負電價在自然水體中是相互平衡的，才可應用離子交換的技術，進行交換或移除污染物。如果進行水處理時，水是混濁不清的或有其他顏色，表示水中可能有污染物以固體方式存在，而無法以離子交換樹脂來移除污染物，甚至直接阻塞樹脂，使其失去離子交換功能。

2. 樹脂需定期還原再生

每個離子交換管柱的離子交換容量有限，當使用一段時間後，樹脂的有效容量就會飽和，故必須進行還原再生，才能維持一定的離子交換效率。一般學校使用之離子交換淨水器，必須特別注意樹脂再生之時機，以維持足夠的離子交換能力。

3. 濾出水鈉離子濃度提高

廣泛使用於硬水處理的鈉型陽離子交換樹脂，在去除水中硬度離子的同時，也會釋放出鈉離子，因此，濾出水所含的鈉離子濃度會比過濾前高出許多，對於人體的健康可能有潛在不良影響，尤以嬰兒更需注意，因此一般不建議以離子交換過濾之濾出水，沖泡嬰兒飲用的奶粉。

4. 樹脂缺乏管理維護易使水質劣化

離子交換樹脂上的官能基雖可去除水中的離子，但隨著使用一段時間之後，因官能基的飽和而導致去離子效率的降低，反而容易引發水質劣化。另外，市售廣泛使用的離子交換樹脂，為人工合成有機物質，所以使用過程中也會因為氧化分解、機械性破裂等因素，而造成有機物質的溶出。再者，離子交換樹脂也可能吸附其他也帶有電荷的有機物質，或是表面帶負電某些微生物，所以除了易造成樹脂的污染外，樹脂表面也可能有微生物的繁殖，甚至是微生物所產生的代謝產物也成為有機物質的污染來源，而造成濾出水的水質比過濾前更為惡劣。

5. 移除水中污染物之種類有限

常見的軟水器內含陽離子樹脂只能達到軟水功能，並不能去除水中的化學有機、無機物質、農藥、氯氣，所以若能搭配活性碳或其他濾心元件來組合才會達

到較佳的淨水效果。

6. 樹脂還原再生用化學藥劑造成之水質污染

飽和的離子交換樹脂，雖然可以經由酸鹼藥劑的作用來再生，但若因為有機物質的吸附（污染）而造成效率變差時，樹脂的去除性能就會降低。此外，依再生用化學藥劑的品質不同也會有離子交換樹脂本身被污染的風險。

7. 出水可能略有樹脂異味

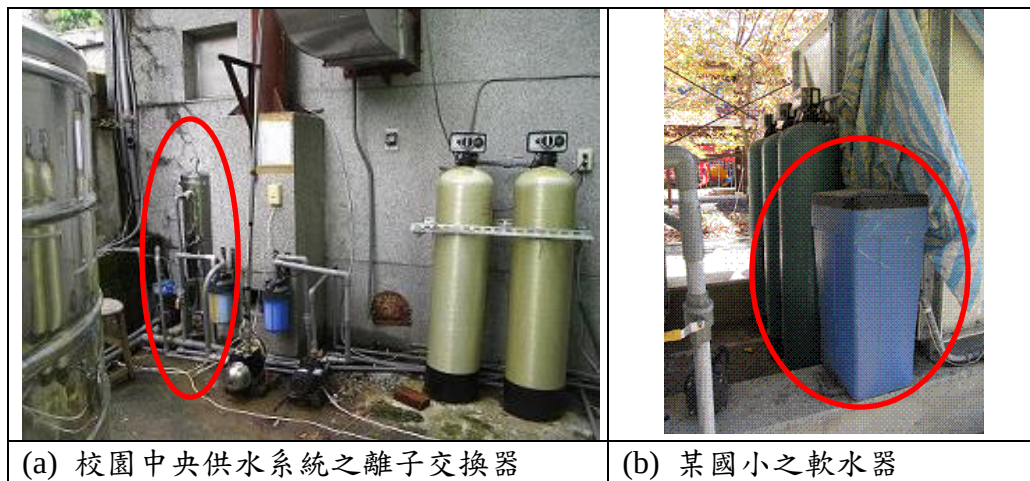


圖 4.9 校園常見之離子交換淨水單元

第四節 紫外線殺菌

一、演進

紫外線(UV)殺菌並不算是新的水處理技術。紫外線消毒最早應用於1910年法國的馬賽，而低壓汞燈管的裝置則於1940年代出現，當時多應用於藥物製劑、食品及飲料等工業用途。紫外線殺菌應用於殺菌處理已有長久的歷史，近年發現UV可去除隱孢子蟲及梨形鞭毛蟲的活性後，改變以往UV主要用於病毒及細菌不活化的認知，因此UV於飲用水處理的應用更加廣泛。

二、紫外線殺菌的原理

紫外線依其波長可分為UVA(400~320 nm)、UVB(320~290 nm)、UVC(290~100 nm)三種能量區間，UVC的波長最短、能量最大，因此殺菌能力也最強。除殺菌外，UVC也能氧化部分有機污染物。一般經驗指出去除微生物活性最有效的波長範圍介於250~270 nm之間，而在253.7 nm擁有最佳的殺菌能力，因此目前市面上買到的小型紫外線殺菌設備即以波長253.7 nm為主。

一般淨水處理中UV消毒的作用機制不在於去除或消滅水中的致病性物質，而是破壞微生物複製、增生的能力使其失去感染力。簡單來說，不同的分子結構或化學鍵結會吸收特定波段的紫外線，而波長接近254 nm之紫外線容易被DNA及RNA等細胞成份吸收。對細胞而言，DNA分子含有遺傳所需的基因資訊，RNA分子則傳遞DNA的遺傳資訊，使細胞得以製造產生蛋白質所需的酵素。DNA及RNA單體稱為核酸，核酸含有U、T、C、A、G等含氮雜環化合物，稱為嘧啶。紫外線的能量讓嘧啶彼此反應成為T-T、C-C、C-T等二聚體(dimer)，抑制DNA複製的能力，進而導致細胞死亡。

消毒效率之評估取決於消毒劑劑量(C)及接觸時間(T)，每一種微生物的不活化都必須滿足特定的CT值方能有效達成。亦即必須達到特定的CT值(消毒劑濃度與接觸時間之乘積)後，才能有效的達成消毒目標。以紫外線殺菌來說，其有效消毒劑量是以UV照射強度與照射時間的乘積來計算，亦即

$$\text{殺菌劑量} = \text{照射強度}(I) \times \text{照射時間}(T)$$

從此公式可知，使用高UV強度配合短時間照射與使用低UV強度配合長時間照射，其消毒效果是相同的。由於UV燈管之UV強度會隨著使用時間而降低，因此照射時間必須適時增加。然而UV強度之量測必須使用特定儀器，一般使用者無

法自行進行，因此不易判斷UV燈管之UV強度是否足夠，亦無法評估是否仍具備殺菌能力。此點在使用時必須加以注意。

三、一般紫外燈設備規格

一般淨水處理設備所使用之紫外燈多為低壓燈管，可放出單色、波長為253.7nm之紫外光。由於紫外光輻射的強度與接觸距離成反比，因此待消毒的水體需鄰近UV光源；此外，由於UVC容易被水體所吸收，因此水深不可過大，以免UVC無法有效穿透水體而降低消毒之能力。一般透明玻璃會阻擋紫外線，所以浸於水中的紫外燈必須使用石英管包覆燈管，不能使用一般玻璃。

典型的紫外線殺菌設備包括下列構造：

1. 穩定的高電壓電源（過低的電壓易導致UV劑量太低）。
2. 不銹鋼材質的反應槽（或其他不透明且抗UV氧化的材質）。
3. 具良好UV透光率的石英燈罩，其中的UV燈需妥善安裝、定時維護及更換。
4. 高穿透性的石英燈罩，可容納UV燈產生的紫外線能量穿透至水中。
5. 電子整流器（電子安定器，通常附於紫外線殺菌器中）。

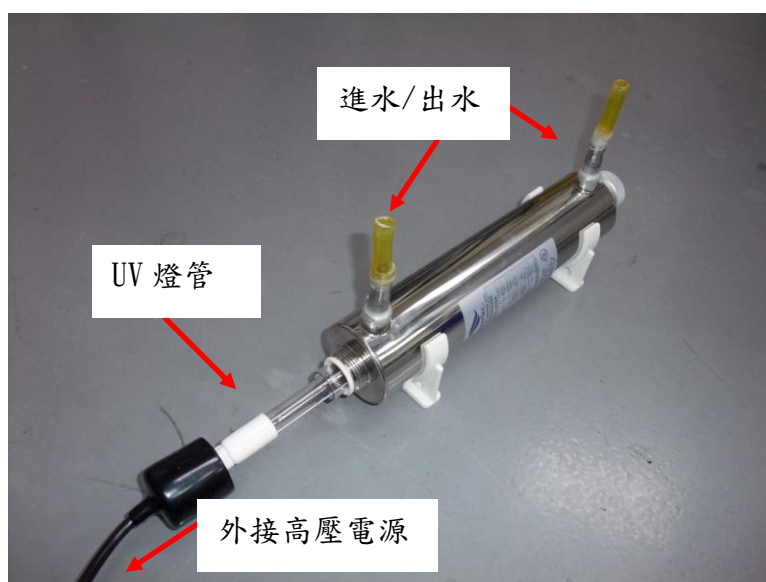


圖 4.10 常見紫外燈殺菌設備之構造

四、紫外線殺菌的優點

1. UV消毒可去除大多數的病毒、孢子以及囊胞之活性。
2. UV消毒為物理程序，不用添加化學消毒劑，沒有生產、處理、運送及貯存化學藥劑之需求。
3. 沒有文獻顯示會產生影響健康之副產物（如加氯消毒生成之三鹵甲烷）。
4. 操作流程簡單，一般僅需通電即可啟動紫外燈
5. 相較於其他消毒法，UV消毒所需接觸時間較短（約20~30秒），UV設備所需空間亦較小。

五、紫外線殺菌使用限制

UV消毒的效率受下列因素影響：原水特性、紫外光強度、微生物暴露於紫外線的時間長短以及反應槽的配置。對處理廠來說，成功的消毒與水中顆粒（微粒）濃度直接相關。若水中濁度太高，可能影響UV的穿透性，降低消毒效率。

1. 低劑量照射無法去除某些病毒、孢子與囊胞之活性。因此必須依水質特性選購能提供合適UV劑量的燈管。
2. 紫外線照射劑量不足時，生物體受損的細胞可能經由某些修復機制自行復原。因此必須提供足夠的接觸時間，學校通常將UV燈管裝置於連續供水設備中，如此一來接觸時間可能未達20秒而使消毒效率降低，且UV燈老化亦使照射強度降低，需要更長的接觸時間。建議選擇殺菌設備時盡量以煮沸為主、UV為輔，避免仰賴UV作為唯一的殺菌設備。
3. 水中的濁度與總懸浮固體（TSS）可能影響UV的穿透性，降低消毒效率。在UV系統前應先經適當的前處理設施，特別是過濾處理，以去除水中影響UV消毒的粒狀物。選購UV消毒系統前應先確認進流水之濁度要求。
4. UV消毒必須耗費電力及選購適當UV劑量之燈管，因此UV消毒之成本效益未必優於加氯消毒，此點在選購前應加以考慮。
5. UV不若餘氯可殘留於水中持續殺菌，處理水需避免二次污染。
6. 紫外線對一般細菌及病毒有良好的消毒力，因此對人體也有一定的傷害。一般UV使用者最容易受到UV傷害的部位是眼睛，因此在使用UV消毒設備時應使用適當之防護設備。對於UV消毒設備周邊之設施亦應加以注意。

六、使用壽命

UV 燈管有一定的使用壽命，須根據產品說明書之建議進行更換。一般 UV 燈管之使用壽命約在 8,000 至 14,000 小時之間，通常超過 12,000 小時就需進行更換。以圖 4.11 為例，燈管壽命為 10,000 小時。以 10,000 小時之壽命計算，若每日使用 8 小時，總使用時間可超過 3 年。但必須注意 UV 燈之強度隨著使用時間之增加而降低（UV 燈之正常老化現象），其消毒能力亦隨之下降，因此必須透過消毒效率之評估研判是否需更換燈管，避免完全依據燈管上之使用壽命進行燈管更換。

七、紫外線殺菌器的維護及保養

1. 一般紫外燈管使用時如能維持最佳操作環境（主要為操作溫度），可維持較佳之操作效能及較長之使用壽命。購買紫外線消毒設備前應請供應商提供相關資訊。
2. 如進流水水質不佳（例如濁度或色度過高），應先採用其它淨化和過濾等前處理，使進流水水質能達到紫外線殺菌設備之進水要求，以免影響消毒功能。
3. 依設備供應商提供之資訊進行定期檢查，以確保紫外線燈管的正常使用。除非經過特別設計，一般淨水處理使用之紫外線燈應持續處於開啟狀態，反覆開關會嚴重影響燈管的使用壽命。
4. 根據不同的進水水質，紫外線燈管和其外層之石英套管需要進行定期清洗工作。應依設備供應商提供之資訊進行定期清洗工作，一般可使用酒精棉或紗布擦試燈管外層，並去除外層石英套管上之污垢，以免影響紫外線的穿透率，而影響殺菌效果。紫外燈管清洗維護之頻率應依進水水質及實際使用狀況加以調整。
5. 一般紫外燈燈管連續使用約 10,000 小時後，應更換紫外線燈管，以維持適當之殺菌力。更換燈管時，應依照供應商提供之流程進行燈管更換工作，必要時可由設備供應商進行此項工作。
6. 紫外線對細菌有強大的殺傷力，對人體同樣有一定程度的傷害。在消毒燈開啟時，應避免對人體直接照射，必要時可使用防護眼鏡及其他器具保護工作人員之安全。特別注意不可直接正視紫外燈光源，以免灼傷眼睛。
7. 除設置成本外，紫外線殺菌設備之操作及維護成本包括電力使用、燈管更換、設備維修等。各校估算年操作成本時應將其全部列入。



圖 4.11 UV 光源強度、使用壽命

(a) 某國小淨水器 (煮沸→UV→飲用水)	(b) 某國小中央供水系統 (過濾→UV→後續使用)
(c) 某國小教室飲水機 (中央處理系統→UV→飲用水)	(d) 某國小飯後潔牙專用洗手台 (中央處理系統→UV→刷牙漱口)

圖 4.12 各式校園 UV 淨水設備

第五節 逆滲透

過濾是淨水處理單元中最重要的處理程序之一。隨著淨水處理技術的發展，過濾處理日趨精細，現今最微細的過濾系統即為逆滲透處理系統。藉著不同材質及過濾孔隙的逆滲透膜之選用，除傳統過濾程序所濾除之粒狀物外，並可阻擋溶解性鹽類、無機分子以及分子量較大的有機物，薄膜使用亦可用於海水淡化。一般薄膜處理除可達到90%以上的脫鹽率（鹽分去除的比例）外，並可使用孔隙更小之薄膜供水分子通過薄膜將水體進一步純化而得到水質接近純水之處理水。為增加薄膜處理之效率，欲過濾之進流水在通過逆滲透膜之前需先通過前置之棉紗及活性碳等較大孔隙的濾心，去除水中較大顆粒、餘氯及部分有機物質，經過初步過濾的水再透過逆滲透膜過濾掉水中離子、重金屬、農藥等對人體有害的物質、可能引發疾病的微生物如細菌與濾過性病毒，以及硬度、臭味等會影響口感的相關成分，進而得到純淨無雜質的水質。

一、逆滲透(Reverse Osmosis, RO)之原理

逆滲透膜（Reverse Osmosis Membrane）過濾是由微細孔徑之化學纖維薄膜所組合成的裝置，利用滲透壓的原理來處理高離子及雜質含量的水，以純化水質。滲透之原理為以一個半透膜將兩種濃度不同的溶液隔開，此半透膜可以讓水、溶劑或較小分子之物質通過，較大分子之物質則無法通過此薄膜。雜質濃度較低部分的水分子因其壓力較高而會通過此半透膜到達雜質濃度較高的另一部分，直到兩側的壓力相等為止，此即為滲透之現象，促使水通過半透膜進入濃度較高溶液之壓力則稱為滲透壓。一般而言在未由外界施加壓力時，由於滲透壓的存在，水分子將會由雜質濃度較低（水質較佳）往雜質濃度較高（水質較差）的方向移動，但若由雜質濃度較高（水質較差）的一側施加壓力則可抵消滲透壓，使得雜質濃度較低部分之水分子滲透速度降低，隨著外加壓力逐漸增加而致水分子無法移動時，則可達到此薄膜的滲透壓(Osmotic Pressure)，此時滲透現象因施加此外加壓力而停止。若外加壓力持續增加，此時水分子之流向將會與原本滲透方向相反，變成由雜質濃度較高（水質較差）溶液部分往雜質濃度較低（水質較佳）部分移動，就是所謂的逆滲透現象(Reverse Osmosis)。若使用高壓幫浦對含有雜質的水加壓，其壓力超過滲透膜兩側之滲透壓時，水分子通過逆滲透膜而得到乾淨的水；此時未通過滲透膜的溶液則因為雜質濃縮故濃度增加，此濃縮溶液

應加以排出，成為逆滲透處理產生之廢水。滲透及逆滲透之現象如圖 4.13 所示，(a)為滲透現象，水分子由雜質濃度較低（水質較佳）部分通過半透膜移動至雜質濃度較高（水質較差）部分，(b)為達到滲透平衡時，由於作用於半透膜上的滲透壓，造成水分子的移動停止，而兩端液面的高低差即為滲透壓之大小，(c)為在高濃度部分施加大於滲透壓的壓力，致使雜質濃度較高（水質較差）部分的水分子往雜質濃度較低（水質較佳）部分移動。

水處理應用上，逆滲透可使用於工業廢水的回收處理與污染防治，或用於藥品製造、實驗室等需要純淨用水的地方。符合這些用途所使用的逆滲透裝置較為昂貴，隨水質需要而使用不同材質或孔徑的半透膜；而家庭所使用於製造飲用水的逆滲透淨水器則構造較為簡單，於進水端加壓使水分子通過半透膜製造出較純淨的水，雜質及無法通過半透膜的物質則被阻擋於膜外，含高濃度雜質的水則成為廢水，通常每製造 1 公升的純水約會排放 1~5 公升的廢水，若原水品質較差雜質較多時，所排放之廢水體積則會增加。一般小型逆滲透處理設備之產水率約為 10%~50%，亦即一半以上之進水會成為廢水；因此使用逆滲透淨水器時應注意廢水排放問題，適度加以回收使用以避免水資源浪費。

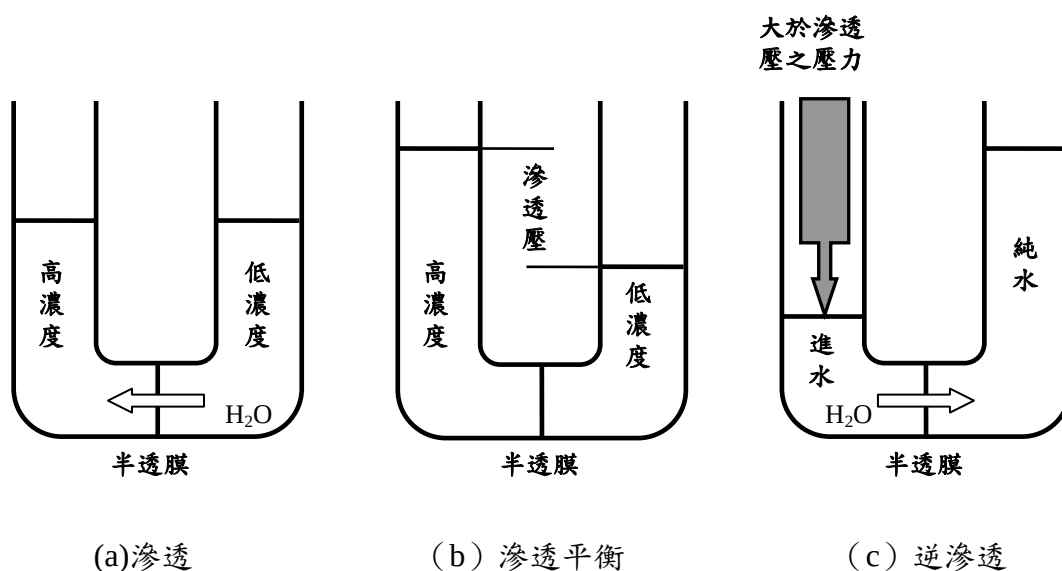


圖 4.13 滲透與逆滲透示意圖

逆滲透膜於1960年代即被發展出來，其特性為具有高通水量和高阻鹽率；目前市面上大部分的逆滲透薄膜孔徑分布範圍約在0.0001 ~ 0.001 μm (分子大小小於1000 Da之分子可通過)之間，其操作壓力在14 ~ 69 bar之間，可將溶解性鹽類及金屬離子、無機分子與分子量大於1000 Da的有機物濾除，可去除大部分的非極性有機物質，但對極性有機物質僅可達到40~60%之去除效果，配合孔徑最小的逆滲透膜可去除99%的鹽類，但對硝酸鹽離子的去除效果則未若其他鹽類佳，僅達到85~95%。

逆滲透薄膜的使用壽命受進水水質所影響，一些分子較大、不會溶解於水的物質會日積月累的附著於薄膜上造成阻塞，降低逆滲透處理之產水率。工業上使用之薄膜可進行清洗以處理阻塞情形，當阻塞物質為有機物或微生物時，可以使用氫氧化鈉、EDTA、次氯酸鈉清洗，當阻塞原因為無機鹽類沈澱時，可使用酸性溶液清洗。而非工業使用之一般家用逆滲透淨水器，多設有自動清洗裝置，在水壓過高、產水率降低時會自動進行薄膜沖洗工作；此種淨水器之逆滲透膜不宜自行清洗，若嚴重阻塞情況發生時應該進行薄膜之更換。

二、逆滲透淨水器之操作及使用限制

逆滲透淨水器的組成單元除了最主要的逆滲透膜之外，還包含一些前置處理單元以進行水質的初步處理，或後置單元進一步淨化水質。一般前置處理單元包括前置濾心及活性碳濾心，一些淨水器也使用活性碳作為後置濾心，或加上紫外燈以控制細菌孳生。經過前置過濾及活性碳吸附單元處理過的水，經逆滲透膜處理後，可將水中所含不純雜質如生物性的濾過性病毒、細菌，化學性物質如毒性化合物，砷、鉛、鎘、汞等重金屬及其他危害人體健康的物質過濾並與廢水一起排掉，產出較純淨的處理水。至於逆滲透膜的孔徑與材質選擇，以及與其搭配的前置及後置處理單元以何種較適合，則需視進水水質及使用上的需要而定，並參考地區水源特性再進行選擇。

一般家庭使用淨水器，大多數的水源均為自來水，水質狀態較佳。為了延長淨水器的使用壽命，一般狀況下並不建議使用地下水或山泉水等非自來水水源直接接入逆滲透淨水器，除非所設置之處理單元已考慮進水水質，並可進行完善的維護及管理。除了進流水中所含大分子物質及其他雜質過多容易造成薄膜之阻塞以外，由於逆滲透膜的材質特性，一些特殊水質狀況也會影響薄膜的壽命，例如水中含氯或鐵過高，可能會造成薄膜受損。另外進水溫度過高時，會使處理效果

變差，同時也會造成薄膜的損傷。故在操作逆滲透淨水器時，應對水源水質有一定的了解，並考慮各種可能影響薄膜壽命及處理效果的因素，以在良好處理水質及維護成本上取得平衡，達到最經濟的處理效率要求。影響薄膜操作的因素包括水溫、pH 值、操作壓力、進流水水質、水中離子型態及組成、薄膜材質及特性、操作時間、產水率、薄膜表面污染與生物分解等。逆滲透淨水處理較常見的影響因子如下：

1. 進水之 pH 值應在中性左右，防止過酸或過鹼的水質傷害薄膜。
2. 薄膜對於一些分子量較小，且為非離子性之物質去除效果較差，如酚類。
3. 逆滲透膜對於氯或臭氧等氧化劑較為敏感，容易因氧化作用而受損，應該避免接觸。
4. 應裝設前處理設備如棉紗、纖維或活性碳濾心，去除進水中之粒狀物及其他雜質，活性碳也可將氯反應掉，以避免薄膜在短時間內即阻塞失效。
5. 應在薄膜出現衰退狀態前即進行更換，以保障良好水質。

由於未使用的濾心在生產過程中難免受到污染而存有雜質，故新購置之淨水器及濾材應先以清水清洗，以去除其雜質。以逆滲透淨水系統而言，前置活性碳濾心及逆滲透膜均需使用大量清水沖洗浸泡，以去除碳粒及逆滲透膜保存液。另外一些逆滲透機種具有沖洗薄膜的功能，可將膜上堆積沈澱物質做初步的清除，定期啟動此功能可延長逆滲透膜的使用壽命。

三、逆滲透淨水器機組及功能

逆滲透處理系統除了最主要的逆滲透膜本身外，尚包括許多重要的元件共同運作方可達到最經濟的淨水效果。一般逆滲透淨水器組成單元可能包括的元件包括前置濾心、前置活性碳、後置濾心、加壓馬達、逆滲透膜、壓力儲水桶，以下分別介紹之。

前置濾心可稱為第一道濾心，初步將水中較大的粒狀物質去除，包括鐵鏽、砂石、微生物、膠狀物等，可降低逆滲透膜阻塞的機會。一般前置濾心多由孔徑 5 μm 的聚丙烯纖維(PP 棉)製成，用以進行初步過濾。在實務操作上可先通過 5 μm 濾心進行初步過濾，再通過 1 μm 濾心進一步過濾較小顆粒物質，處理後的水繼續進入活性碳濾心進行吸附處理以去除水中殘留氯及其他有機物質後再通入逆

滲透單元。某些逆滲透處理系統則將 1 μm 濾心及活性碳濾心前後對調，亦即先經活性碳濾心處理再進入 1 μm 濾心。

前置處理單元中之活性碳通常為第二道濾心，以粒狀活性碳或纖維活性碳製成。因活性碳為多孔性的結構，具有極大的表面積，故具備極高的吸收力，可吸附許多污染物質如農藥、殺蟲劑、滅鼠劑，三氯甲烷等有害健康或致癌物質，以及氧化性物質如漂白劑與氯，另外也可處理蛋白質、脂肪等物質。由於活性碳極強的吸附能力，亦具備除臭、去除異色及有機物等功能；對於無機物質則不具顯著去除效果，包括陰離子型態的污染物(如硝酸鹽)，以及重金屬及硬度(鈣、鎂離子)物質。通過前置濾心的細菌此時會附著在活性碳顆粒表面形成生物膜，隨著生物膜成長，由其表面脫落的游離細菌顆粒也會增加，故若未定期更換活性碳濾心，則會增加逆滲透膜的工作負荷而降低其使用期限。

一些逆滲透機種在活性碳濾心之後會增設後置濾心，通常為 1 μm 孔徑的聚丙烯纖維濾心，可阻擋前端活性碳濾心溢散出之粉末，並可再度過濾通過前置濾心及活性碳濾心之細微物質，將進入逆滲透膜前的原水中雜質含量再次降低。

單憑一般水壓或大氣壓力並不足以抵抗逆滲透膜之滲透壓，故需採用加壓馬達以提升造水水量及其品質，一般家庭用淨水器之逆滲透膜壓力約為 5-6 kg/cm^2 (70-80 psi)，故需注意過濾膜所承受之壓力是否合宜。由於每 10 公尺的高度可以產生 1 kg/cm^2 (14.22 psi) 的水壓，故可依裝設逆滲透淨水器之地點並參酌不同高差所形成之水壓，以考慮是否應加裝加壓馬達以提高水壓，或者設置減壓閥以降低水壓，以避免壓力過大致使濾心外殼或連接水管破裂。

逆滲透膜(RO 膜)常使用的材質有纖維質膜、芳香族聚醯胺類、聚醯胺類或 polyfuranes 等。至於薄膜結構形狀有螺旋型、空心纖維型及管狀型等。何種材質較適於應用於一般淨水處理則無定論。纖維質半透膜之耐氯性較高，但在酸鹼值大於 8 或細菌存在時半透膜較易受到破壞；而聚醯胺類則對氯等氧化劑之耐受性較差，需視原水特性進行選用。孔徑最小的逆滲透膜可濾除分子量大於 100 Da 的物質，過濾仍殘存於水中微細的重金屬、消毒劑、農藥、漂白劑、氯酸鉀、色素、染料、各種濾過性病毒等，並可排除 90%-98% 的單價離子，對雙價離子的排除率則可到 95%-99% 左右。

壓力儲水桶為逆滲透淨水器必備的元件，由於逆滲透膜製水需藉著加壓馬達將水反滲產出，此過程需花費時間而無法在短時間內大量製造純水，故需準備一儲水桶以裝盛製造出的水。一般家庭用壓力儲水桶約為 10 公升左右，其容量隨

各家廠商機型而有所不同，應維持桶內壓力為正壓，在取水使用時方能防止細菌進入，但其壓力也不可過大。此壓力也會影響出水之速度及儲水體積，當壓力儲水桶內空氣壓力越高時，出水速度越快而桶內儲水容量越少，反之亦然。

其他構造如高壓開關可控制壓力儲水桶滿水時，自動切斷電源以停止造水，而在壓力降低及水量下降到某種程度時，電源將會自動開啟以開始製水。一般在逆滲透管的出水處會裝設逆止閥，以防止壓力儲水桶內壓力過大時發生逆流狀況，使得逆滲透膜發生異常狀況。

市面上所販售的逆滲透淨水器及其濾心耗材價格及更換週期均有所差異，視製造廠商及機種功能而定。更換濾心時不僅應考慮廠商標示而定，也應該考慮實際上過濾的總水量是否超過該濾材的負荷，在發現機器效率或製水速度下降、或出水水質不良時即應更換之，以下大略整理各式耗材更換之週期及價格供參考：

表 4.1 典型逆滲透淨水器各單元更換週期及單價

濾心	更換週期	價格(元)
5 μm 濾心	3-12 個月	200-400
活性炭濾心	6-12 個月	400-600
1 μm 濾心	9-12 個月	200-400
逆滲透膜	1-2 年	1200-2000
後置活性炭濾心	8-12 個月	400-600

(資料來源：環保署飲用水全球資訊網-認識淨水器專刊)

第六節 消毒

一、消毒之原理

消毒/殺菌/抗菌主要目的為利用不同物理或化學方法，使微生物的蛋白質或酵素變性，失去正常功能，或是破壞損傷細胞膜、抑制其繁殖生長等，其中消毒主要目的為消滅大部分的微生物，但是對於消毒劑抗性較佳的部分物種，就可能無法完全消滅。而殺菌則不論病毒、細菌或是真菌，皆加以消滅。對於抗菌的部分則是利用不同的方式進行持續地消毒，以抑制微生物的生長。

消毒過程中影響抑菌效率的因素有許多，其中微生物的種類或形式，主要在於考慮微生物對於化學消毒劑的抗性（resistance），是影響消毒作用重要的參數之一。常見的微生物種類及形式如下：

- 可繁殖細菌（vegetative bacteria）：例如沙門氏菌（*Salmonella*）、大腸桿菌群（coliforms）
- 腸道病毒（Enteric viruses）：例如以 *E. coli* 為宿主細胞的噬菌體（coliphages）、A 型肝炎病毒（HAV）、諾羅病毒（Noroviruses）
- 細菌孢子（Bacterial Spores）
- 真菌孢子（Fungal Spores）
- 原生動物囊胞（Protozoan (oo)cysts）、孢子、腸道寄生蟲卵等：例如隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲、蛔蟲等

一般而言上述不同類型之微生物中，以可繁殖細菌對於化學消毒劑的抗性較低，腸道病毒之抗性略高，其他細菌或真菌的孢子，及原生動物對於消毒劑的抗性較強；也因此原生動物是目前飲用水處理所採用傳統消毒過程中較為重視，也較難以完全控制的部分。

二、殺菌效率評估指標

評估殺菌效率最常用的指標為 CT 值，為殘餘消毒劑劑量（mg/L）與接觸時間（min）的乘積。可比較在不同消毒劑及接觸時間下，對微生物或病原的去活化情形，通常以 log10 來計算去活化的比率，CT 值則以 mg-min/L 表示之。以下為計算去活化比例的方程式：

$$X = -\log_{10}(1-N) \quad \text{或} \quad N = 1 - 10^{-X}$$

其中 N 為微生物去活化的百分率，X 為對數清除率，當 X 為 2 時則代表 99% 的微生物去活化。

美國環保署將各種消毒劑對於病毒及梨型鞭毛蟲的 CT 值歸納如表 4.2、表 4.3。在相同之去活化比例下，溫度升高則 CT 值減少，亦即提高溫度可提昇消毒效率。

表 4.2 各種消毒劑將病毒去活化的 CT 值

去活化比例	CT 值(mg-min/L)		
	2-log (99.0%)	3-log (99.9%)	4-log (99.99%)
氯	3	4	6
二氧化氯	4.2	12.8	25.1
臭氧	0.5	0.8	1.0

表 4.3 各種消毒劑將梨型鞭毛蟲去活化的 CT 值

去活化 比例	CT 值(mg-min/L)					
	0.5-log	1-log	1.5-log	2-log	2.5-log	3-log
	68%	90%	96.8%	99.0%	99.7%	99.9%
氯	17	35	52	69	87	104
二氧化氯	4	7.7	12	15	19	23
臭氧	0.23	0.48	0.72	0.95	1.2	1.43

(測試條件：溫度 10℃，酸鹼值 6~9)

由上表可知，不同的消毒劑對不同的微生物之消毒效率有所差異。與氯及二氧化氯相較，臭氧的消毒力最強 (CT 值最小)，但臭氧消毒所需要的技術要求也最高，所需操作成本也高於氯及二氧化氯消毒。

三、影響消毒效率的因素

影響消毒效率的因素包括物理、化學或其他生物性因子：

1. 消毒劑種類：消毒力越強者，進行消毒過程所耗費的時間也較短。
2. 消毒劑劑量：不同消毒劑消毒能力不同，同種消毒劑增加劑量可提高消毒效

- 率，但加入過量亦可能造成消毒副產物的生成，衍生化學物質之健康危害。
3. 微生物種類及其生理狀態：微生物對消毒劑的抗性有所不同，一般而言原蟲較細菌或病毒具有較高的抗性。
 4. 接觸時間：一般而言，增加接觸時間可以減少消毒劑劑量。
 5. pH 值：pH 值可能影響消毒劑在水中存在的形式，因此影響消毒效率。
 6. 溫度：溫度升高可以增加消毒效率。
 7. 濁度：水中濁度粒子可能聚集並屏蔽致病菌，因此提高消毒劑劑量需求。
 8. 溶解性有機或無機物質：水中有機物質會與消毒劑反應，使得與微生物接觸的消毒劑劑量變少，降低消毒效率。
 9. 其他：微生物附著在微粒表面或可能形成生物膜，生物膜內層之微生物因較難與消毒劑接觸而影響消毒劑之作用。

四、消毒劑的選擇

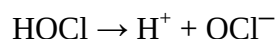
1. 氯

氯是最常用之消毒劑。氯與水作用，形成氫氯酸與次氯酸：



當 pH 值在 2~3 之間，水中主要以 Cl_2 為主。pH 值 >4 且為稀薄溶液時，上述平衡式趨向右邊，以 HOCl 為主，只有少量的游離氯存在。

水中的 HOCl 亦會解離：



次氯酸為一弱酸，當 pH 值低於 6 以下，在水中僅起微弱的解離。隨著 pH 逐漸增加反應往右邊進行，當 pH 為 7.5 左右，HOCl 及 OCl^- 之濃度約各佔 50%。

自由餘氯：

指水中形成之次氯酸 (HOCl) 及次氯酸離子 (OCl^-)。一般水體中，當水體 pH 值偏低時氯主要以 HOCl 存在，pH 值偏高則以 OCl^- 為主。不論兩者中的任一形式，都為強力的氧化劑，是為自由餘氯。

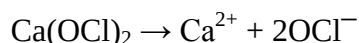
結合餘氯：

氯與次氯酸可與水中許多不同的物質作用（包括氮）。水體中銨離子、氯與氮離子三者間會依水體 pH 值之範圍達成平衡，形成一氯胺(monochloramine)、二氯胺(dichloramine)與三氯胺(trichloramine)，這三者稱為結合餘氯：



一氯化胺與二氯化胺之氧化力雖比不上自由餘氯，但仍有消毒作用；因其在水中較為安定，可在配水管線中持續進行消毒作用。

基於液氯的安全性考量及操作難度較高，一般校園可使用的加氯劑以次氯酸化合物為主。一般常見之次氯酸化合物計有兩種形式：其一為次氯酸化合物的溶液(漂白水)，廣泛使用於需求量很大的情況，如廢水消毒。其二為高品質乾燥的次氯酸鈣，多用於小量使用與中途添加，兩者皆在水中解離生成次氯酸根，如下式



對學校而言，液狀次氯酸(漂白水)在長期儲存後有自然降解之可能，不易掌握水中有效氯之濃度，使用時須確認有效氯濃度；粉狀次氯酸可於每次使用前依需求之劑量調配，較能有效避免日照溫度升高而使濃度降解，較容易控制消毒劑量。

2. 臭氧

臭氧(O_3)可經由光化學反應或加壓放電等方式形成，為氧化力相當強的一種消毒劑。臭氧的作用機制有直接反應與間接反應兩種。直接反應以臭氧分子的型態直接與水中之物質反應，達到氧化及消毒的雙重目的；間接反應時，臭氧因水中的氫氧離子或其他物質之起始作用發生自解反應，先形成強氧化力之氫氧自由基($\cdot\text{OH}$)再氧化水中物質，同時自由基亦攻擊臭氧分子而加速反應進行，故又稱為自由基鏈鎖反應(radical-type chain reaction)。

臭氧的分解速率會隨著 pH 值升高而加速，高 pH 值的溶液可促使臭氧分解產生氫氧自由基，加速氧化、消毒之效率。除了 pH 值外，UV 光、 H_2O_2 或其他高反應性自由基也容易促使臭氧分解，趨向以氫氧自由基為主之間接反應。當水中 pH 值偏低、水中有鹼度(碳酸根離子/碳酸氫根離子)等自由基捕捉劑之存在時，臭氧的自解效率會變慢，反應朝向臭氧分子為主之直接反應。

臭氧消毒的優缺點

臭氧對於水中微生物之去活性能力高於氯系消毒劑，亦即臭氧具有較高之消毒能力。同時臭氧亦具有去色、去味、除臭等效果，因此臭氧消毒亦常用於淨水處理，歐洲之淨水場即常使用臭氧處理，然而臭氧沒有餘氯之持續消毒力，故加氯消毒仍普遍被包括美國及臺灣地區之淨水場採用。

臭氧消毒之優點：

- 反應快速、消毒能力強。
- 無二次污染（降解為氧氣），不產生含氯之消毒副產物。

臭氧消毒之缺點：

- 臭氧本身對人體軟組織和呼吸道器官等有不同程度的傷害。
- 反應快速，無法在配水管線中維持殘餘消毒力。
- 當水中有溴離子存在時，可能形成致癌性的溴酸鹽離子。
- 臭氧半衰期短，必須於製造後立刻使用，耗費能量量大。

臭氧於校園使用中，需考量設置經費需求（含產生臭氧之電力損耗）、管線中無餘氯等缺點外，適當控制臭氧產生器之操作條件以維持適當濃度、增加臭氧與水的接觸時間及接觸面積，是操作管理員需注意的部份。

3. 二氧化氯（ClO₂）

液態二氧化氯以分子的型態溶於水中，性質較不穩定且容易光解，因此使用時通常皆於現場製造並以水溶液型態進行反應以確保使用上的安全。一般認為二氧化氯與臭氧相似，在結構上皆具有自由基的特性，兩者於鹼性條件下易解離成自由基(OH·)後與有機物反應，或生成具有強氧化力的中間產物後，發生更進一步的氧化作用。

二氧化氯對於水中病毒、細菌、病原體等微生物都有很好的去活性效果，也因此長期以來已被使用於飲用水處理的消毒劑；相較於傳統加氯消毒，二氧化氯具有一些優勢，包括其適用 pH 範圍廣、較不會生成三鹵甲烷等消毒副產物、具氧化鐵錳和硫化氫的效果等，另在微生物處理上也有良好效果，包括對梨型鞭毛蟲和隱孢子蟲亦具備部分不活化能力等。

而使用於飲用水處理時需注意的是二氧化氯會於水中進行氧化反應時形成具致癌性的無機性消毒副產物：包括亞氯酸鹽(chlorite, ClO₂⁻)和氯酸鹽(chlorate, ClO₃⁻)，對於一般飲用水處理來說，約 50%-70%的二氧化氯會轉變為亞氯酸根離

子，而約 30%轉為氯酸根離子，而因此當使用二氧化氯於自來水處理系統時，較合適的方法應為利用其作為前氧化劑/消毒劑，藉由氧化條件的控制或淨水流程減低氯酸鹽和次氯酸鹽的量，最終再搭配使用氯或氯胺以維持配水系統餘氯量控制出水中微生物生長。此種操作需要較高之技術，因此一般多應用於淨水場，如考慮用於校園消毒單元需注意是否有合適之操作人員。

4. 紫外線 (UV)

紫外線消毒廣泛應用於廢水場及一般家用淨水設備，詳見本章第四節紫外線專節討論。

第七節 學校常用的水處理設備介紹

學校選擇水處理設備前，應根據該校水源及水質現況，針對欲去除的污染物選擇合適之水處理設備。各淨水單元去除污染物及價格之綜合比較整理如表 4.4，學校可根據近期水質檢驗數據、可用於水質改善之預算、考慮師生人數及用水量，選擇可有效去除目標污染物、且維護經費及技術皆可負擔之水處理設備。關於校園用水當量之推估可參考附錄五 - 各級學校每人每日用水量。

一、反洗過濾裝置

反洗過濾由數個過濾裝置串聯組成，以物理性阻隔為主要處理機制，水中雜質直徑大於濾心孔徑時，即被攔阻在濾心表面。使用者可依需求選擇濾心種類，並考量用水量以評估串聯的濾心組數。濾心需定期清洗或更換，避免泥沙堵塞濾材，以確保出流水的水質及水量。各種濾心的處理效果視其材質、孔徑而不同，其功能及主要規格如下(資料來源：民國 99 年度中央信託局共同採購契約，103 年度契約中並無此項目)。

1. PP 纖維反洗淨化過濾器：

濾材孔徑為 5 μm 之聚丙稀(PP)組成，藉由小孔徑將水中雜質等大分子懸浮固體阻隔。

2. 雙層折疊反洗淨化過濾器：

過濾孔徑 5 μm ，材質功能同 PP 纖維過濾器，但外觀為雙層折疊(多層折疊式)。

3. UDF 活性炭反洗淨化過濾器：

為孔徑 5 μm 之纖維狀活性炭，除了物理性阻隔雜質外，活性炭還具吸附有機物之功效，因此亦可用作去除餘氯、脫色、除臭等。活性炭濾心亦有一定的吸附量，達飽和即需更換。

4. 離子交換樹脂反洗淨化過濾器：

疏水性之陽離子交換樹脂，可交換水中鈣、鎂等硬度來源，達到水質軟化之功效。離子交換樹脂亦有一定使用容量，飽和後若未將濾心再生，反而可能交換出軟水器上之雜質，使水質劣化。

5. 陶瓷反洗淨化過濾器：

以陶瓷礦物為材料，經高溫燒結產生堅硬細緻之孔隙組織。此處亦為 5 μm 之孔

徑規格，此種濾心達飽和後可進行清洗，將濾心表面的雜質以硬刷去除，清潔維護較為簡易。



圖 4.14 反洗過濾設備

學校裝置反洗過濾設備時通常如圖 4.14 所示，為二至三種不同過濾功能之濾心串聯，處理水量較大則以並聯方式增加數組過濾設備。最常見的組合為第一道 PP 纖維過濾濾心/雙層折疊濾心及第二層的活性炭濾心，先對較大的顆粒或雜質進行過濾，再以活性炭吸附可能的微量污染物質如農藥等，離子交換樹脂及陶瓷濾心則較少見。原水為地下水時，由於水中顆粒物質較少，故濾材較不易阻塞且使用壽命較長，原水為山泉水時，因濾材較易因水中泥沙等顆粒造成阻塞，故須觀察 PP 纖維濾心是否阻塞，若濾心表面之阻塞物質可沖洗除去，則可自行沖洗雜質以延長濾材的使用壽命，活性炭濾心則不建議自行清洗，而應定期進行更換。一般而言，PP 纖維過濾濾心、雙層折疊濾心、陶瓷濾心多作為第一道過濾，更換頻率較高，活性炭、離子交換濾心等第二或第三種濾心之更換頻率較低，更換頻率應視該校水質而有所調整，

通常學校裝設反洗過濾設備做為原水的前置處理，此過濾孔徑並無法過濾掉細菌，故出水僅提供洗手台使用，一般提供師生的飲用水會再經過飲水機或中央處理系統處理。因反洗過濾設備設置金額較高且規格較特殊，每只反洗過濾器約 25,000 至 27,000 元，濾心約為 7,000 至 9,000 元，校方應依據水質狀況評估濾心設置種類、數量及濾心更換的頻率，用以評估是否裝設反洗過濾設備。若原水中泥沙或大顆粒雜質含量較高，將會大幅提高濾材更換的頻率。

二、消毒設備

消毒的主要作用在於控制水中微生物，常見的化學消毒方式包括加氯、加二氧化氯以及臭氧消毒，物理性消毒則多使用紫外燈，圖 4.15a 及圖 4.15b 為校園中實際裝設消毒設備的案例。一般而言消毒設備應裝設於校內原水進水儲水塔，使出流水經有效消毒後再分送至用水單元，若使用加氯消毒，建議維持供水系統餘氯濃度於 0.2~1.0 mg/L 之間。加氯設備設置經費可能包含加藥機、馬達、藥劑稀釋槽及管線更動工程費用等，依學校需求而有所差異。學校也可安裝簡易型加氯設備，以馬達帶動藥劑（漂白水或次氯酸鈣粉末）稀釋槽中的藥劑進入水塔，每周配藥以確保藥劑活性，飲用水管理人員定期於管線末端測餘氯即可，此類簡易加氯設備設置費用約需 5~8 萬元。若學校欲精確控制餘氯濃度，則可設置自動控制加藥機、連續式餘氯偵測器及監控電腦模組，用水管理員可由電腦得知加藥量、餘氯值及藥品剩餘量，藉以監控餘氯狀態，此類設備約 30~100 萬元不等，設備較為昂貴且後續耗材更換費用較高。

學校中使用臭氧消毒時多使用臭氧產生機，需考量設置經費需求（含產生臭氧之電力損耗），此類機器多以控制運作時間及臭氧產生濃度來進行消毒，但臭氧產生機使用一段時間後功率可能降低，後續使用需視情況調整機器參數。臭氧消毒若使用於原水消毒時需注意臭氧的接觸時間及接觸體積，若直接將臭氧導入原水水塔(圖 4.15c)，建議於氣體管端裝置發泡材料以增加氣體與水體接觸的範圍，由於未與有機物反應的臭氧會由水中溢散至空氣中，故並無殘餘消毒能力，使用於原水時消毒效果較差。較佳的規劃是裝設於用水管線中如圖 4.15d，如此可確保出流水均與臭氧充分接觸，有較好的殺菌效果。

紫外線消毒屬於物理性消毒，如本章第四節所述，可使用於飲水機、廚房或洗手台出水點、或逆滲透設備的出水點。由於紫外線的穿透能力會受水中大顆粒影響而降低殺菌能力，故不建議裝設於未經處理或僅經過 5 微米過濾的原水水塔出水端，除了處理效率較差外，水中的細菌亦容易附著於紫外燈燈管或反應槽壁上形成生物膜，若無定期清洗設備，反而造成細菌量增加。



(a)自動加氯機及餘氯偵測



(b)自動加氯機



(c)臭氧導入水塔



(d)臭氧導入廚房及洗手台用水管線

圖 4.15 化學消毒裝置

水中餘氯濃度可利用市售之簡易餘氯試劑進行檢驗。一般市售之 OTD 簡易餘氯測試步驟相當簡單：滴入適量試劑於待測水樣後，水中的餘氯會與試劑中的 orthotolidine (OTD) 反應形成黃色的化合物，以比色法即可得出餘氯濃度範圍。另有市售餘氯比色試紙，惟價格較高（如圖 4.16）。市售比色法之餘氯試劑雖只能求得餘氯範圍，無法求出較精準之濃度值，但以校園簡易加氯或水質檢測要求而言，只要確認管線末端之餘氯維持在法規值的範圍內即可，故可考慮此種簡便之家用餘氯試劑（注意：市售之餘氯試劑與試紙無法檢測出二氧化氯）。市售簡

餘氯試劑價格可參考下表：

	名稱	單位	價格
1.	餘氯試劑 (OTD)	500 c.c. /瓶	約 300 元
2.	餘氯試劑 (OTD) 比色組	10 c.c./盒	約 80~250 元
3.	餘氯試紙	50 張/盒	約 700 元
4.	五合一試紙 (總氯、自由餘氯、硬度、鹼度、pH)	50 張/盒	約 800 元

*OTD 餘氯試劑屬於刺激性帶有毒性物質，請存放於陰涼、兒童不易取得之處，使用後之試劑請稀釋倒入排水孔。

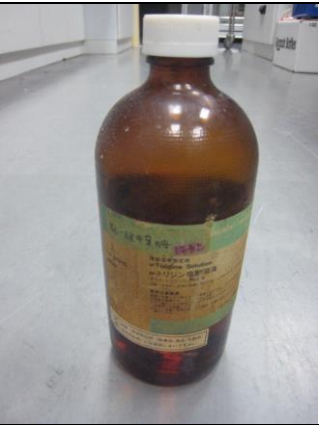
	
1. 餘氯試劑 (OTD)	2. 市售餘氯試劑(OTD)及比色板
	
3. 餘氯試紙 (圖片來源 http://www.hach.com)	4.五合一試紙 (總氯、自由餘氯、硬度、鹼度、pH) (圖片來源 http://www.hach.com)

圖 4.16 市售簡易餘氯試劑

三、中央處理系統/逆滲透系統

大部分學校所使用的中央供水系統包括兩大類，前置過濾處理或結合逆滲透系統(圖 4.17)，視處理水量或原水水質而有不同規模及功能的配置，前置過濾處理可包括前置石英砂過濾、活性碳過濾、離子交換樹脂、除鐵錳過濾器，這些前置過濾的濾心通常為 5-10 微米，並無法對細菌進行有效過濾，故經過前置處理的出水仍有部分細菌存在，若欲提供作飲用水應經過煮沸或消毒程序，用於廚房烹煮用水時應注意食物烹調溫度，以超過 100 度為佳。經過前置過濾處理的出水可再經過逆滲透設備處理，機組的設備包括前置濾心(孔徑通常為 1 微米)、活性碳濾心、再經過逆滲透膜過濾處理，此出水可直接飲用。

機關學校選購逆滲透淨水機時，應考慮該單位之用水情況，是否出現用水量或用水時間集中的情形。由於逆滲透裝置出水速度較為緩慢，若遇到下課、午餐時間需大量用水時，若選用出水量較少的一般家庭用淨水器，可能無法即時供應足夠水量，造成馬達長時間不斷運轉，容易造成軸承或其他機件消耗損壞，同時因過濾水量不符該濾心本來設計之用量，當前置濾心不堪負荷時將影響逆滲透膜的使用，故此時選用處理量較大之機型較佳，或設置儲水槽儲存經過處理的出水。另使用一大型機型與同時使用數台較小機型相較，濾心耗材更換成本、後續維修經費及水電費的支出以大型機型較為便宜，故學校多採用此種方式購置逆滲透淨水機。為了使用上的方便，常由逆滲透出水之儲水桶裝設管線延伸至各使用單位，但須注意管線及出水口的清潔。由於逆滲透淨水器出水並無殘留餘氯，故管線內若孳生細菌會影響處理完成之純水，造成二次污染，因此必要時應於使用點增設消毒裝置。

購置逆滲透淨水器時應注意該機型是否符合安全飲用水處理單元/系統之國家標準(CNS)、或美國國家衛生基金會(NSF)之規範。另應考慮維修更換時之便利性，一些廠商出品的淨水器僅能使用該廠牌的專用濾心或材料，若需維修或更換時若無法立即取得，抑或該廠牌在國內已無代理，則會嚴重影響日後維護保養工作；某些廠牌之淨水器裝卸濾心時需特殊工具或僅能由廠商更換，若需緊急處置時將緩不濟急，故逆滲透淨水器的廠牌選擇需要慎重考量，選擇濾心耗材易取得之機型，以降低後需維護及操作之成本。購置逆滲透淨水器實應取得維護保養資訊，並依既定期程進行維護工作，以確保出水水質。

逆滲透淨水機之產水率低，每製造一份純水會製造出 1-5 份之廢水，故若空間許可，可另設廢水收集桶或將其導引至適當位置，供澆灌或沖廁使用，進一步節省水資源。



(a) 逆滲透設備



(b) 逆滲透設備



(c) 中型逆滲透設備



(d) 小型逆滲透設備

圖 4.17 中央處理系統及逆滲透裝置

四、飲水機

為一般校園常見供水方式中的飲水機單元，提供溫熱/冰溫熱、程控殺菌、逆滲透等不同功能選擇，選購時應考量後續設備維護、設備規格是否有取代性、與耗材更換之花費，以免購買後經費不足而未定期更換濾心，反而造成水質惡化。學校選擇飲水機時，應視該校水質進行機種的選購，當校園供水為非自來水時，若供水已經過中央逆滲透處理系統處理，則可選擇無逆滲透功能之飲水機，若僅經過前置處理系統，則可選擇逆滲透機型飲水機，均可透過煮沸功能將經過前處理的飲用水進一步殺菌。當校園供水為自來水時，建議僅須透過飲水機供水即可，不須另行裝設中央處理系統。



(a)飲水機 - 逆滲透



(a)飲水機 - 過濾

圖 4.18 飲水機種類

表 4.4 淨水設備去除污染物及價格比較

淨水設備種類	可去除污染物							購置成本	維護難易度	備註
	無機陰離子 (硝酸鹽氮...等)	農藥	氣味	臭味	硬度	重金屬	細菌/病毒			
加氯設備	X	X	X	X	X	X	○	高	中	定期檢驗餘氯
前置過濾	X	X	X	X	X	X	X	低	易	主要用於輔助設備
活性炭	X	○	○	○	X	△	△	低	中	
陽離子交換	X	X	X	X	○	○	X	低	中	
陰離子交換	○	X	X	X	X	X	X	低	中	無市售產品
紫外光	X	X	X	X	X	X	○	中	中	主要用於輔助設備
逆滲透	○	○	○	○	○	○	○	高	難	產生1~5倍廢水

註：○表示去除效率良好，△表示部份去除，X 表示去除效率差

購置成本 高＝大於 5 萬元，中＝1 萬～5 萬元，低＝小於 1 萬元（學校使用之大型設備）

高＝大於 4,000 元，中＝1000~4000 元，低＝小於 1000 元（一般家戶使用之設備）

新增年維護經費 - 每年以購置費用之 10%~20%估算。

第八節 校園水處理模組選擇建議

不同供水來源的學校應以該校可取得的水源、水量與水質狀況為考量選擇飲用水處理設備，綜合本團隊歷年前往不同水源的非自來水學校現勘、水質檢測數據結果、配合校園用水問卷中用水設備經費及學校規模分析，提出不同水源可能遇到的問題、以及相應的用水設備選擇建議，圖 4.19 及圖 4.20 分別為使用山泉水及地下水做為水源學校之建議流程，其中實體框線者為必須設備，虛線框線部分則由各學校視本身的狀況選擇裝設。

(1) 使用水源為山泉水之學校

可能遇到的飲用水問題：

1. 下雨時泥沙易增多。
2. 山泉水中離子濃度（如硝酸鹽氮）較高。
3. 水中細菌數高。

可考量之處理設備(參閱圖 4.19)：

1. 針對水中泥沙較多的狀況，可設置前置水塔作為初步沈澱之用，水中泥沙可在前置水塔中靜置沉澱，經沈澱後的水再進入後續過濾（如 5 μm 及 1 μm 孔隙之濾心）等處理設備。至少半年至一年進行前置水塔泥沙清除及清洗工作。
2. 山泉水常有細菌過高的狀況，為考量洗手台供水使用的安全性，可在前置水塔處加氯消毒。
3. 水中陽離子濃度或硬度較高時，使用離子交換樹脂或使用逆滲透處理設備，若硝酸鹽氮濃度高需使用逆滲透設備處理。
4. 針對細菌數高的狀況，可用煮沸方式或紫外線殺菌處理。
5. 若擔心集水區因農作物種植可能有造成農藥濃度較高影響水質，可加裝活性炭濾心吸附處理。

(2) 地下水之學校可能遇到的飲用水相關問題(參閱圖 4.20)：

1. 地下水中有鐵錳等成分。

2. 水中離子濃度（如硝酸鹽氮）或硬度較高。
3. 水中細菌數高。

可考量之處理設備：

1. 若懷疑地下水中溶解性鐵或錳濃度較高，可裝設錳砂過濾設備進行前置過濾。
2. 山泉水常有細菌過高的狀況，為考量洗手台供水使用的安全性，可在前置水塔處加氯消毒。
3. 若飲用水中硬度影響口感的問題，可裝置陽離子交換樹脂。或使用逆滲透處理去除水中硝酸鹽氮及硬度。
- 3.針對細菌數高的狀況，可用煮沸方式或紫外線殺菌處理。

(3)使用水源為簡易自來水之學校

因簡易自來水之水源可能為山泉水或地下水，校方可向鄰近自來水場或簡易自來水供水單位詢問水源種類為何，視其水源種類與水質狀況選用處理設備。

(4)使用水源為自來水之學校

由於水源以經過自來水處理，大致上均可符合自來水水質標準，因自來水經過水池水塔儲存滯留可能造成微生物增加，可裝設具備煮沸功能的飲水機將飲用水進行殺菌消毒再行提供飲用。

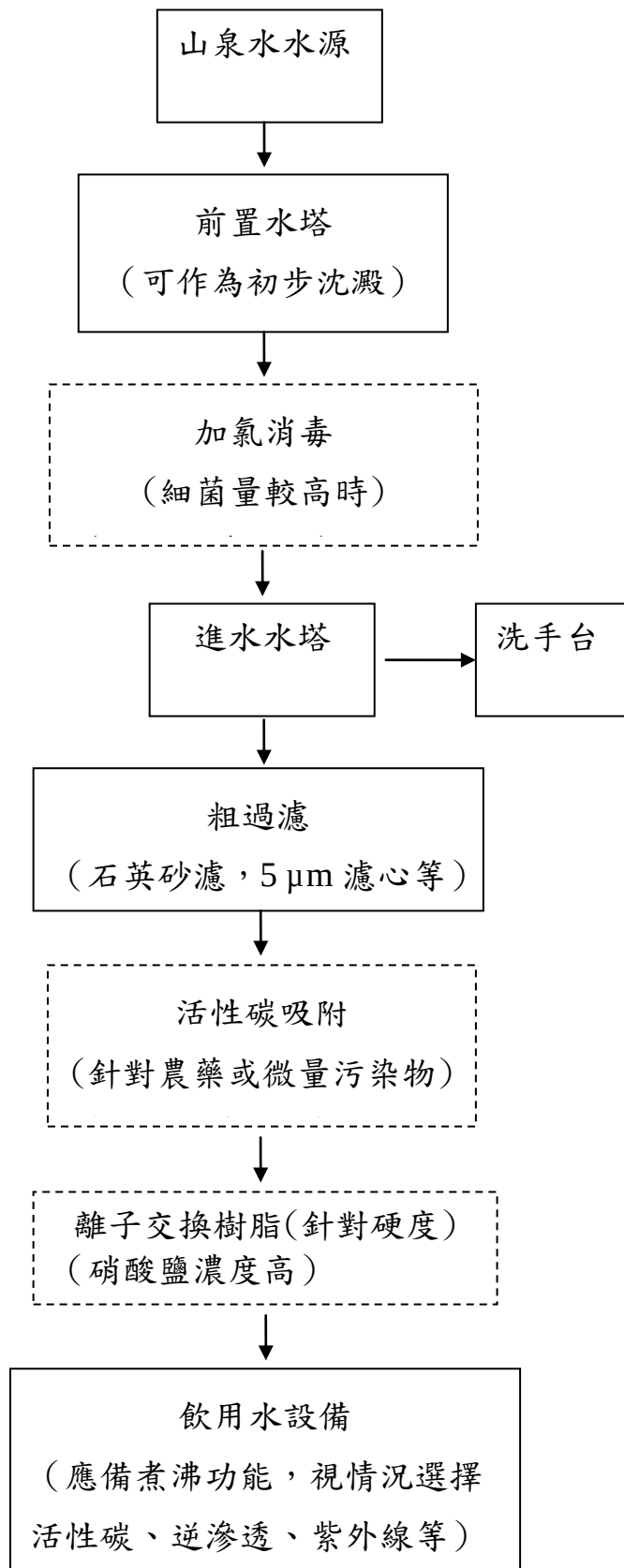


圖 4.19 山泉水校園用水處理設備建議流程

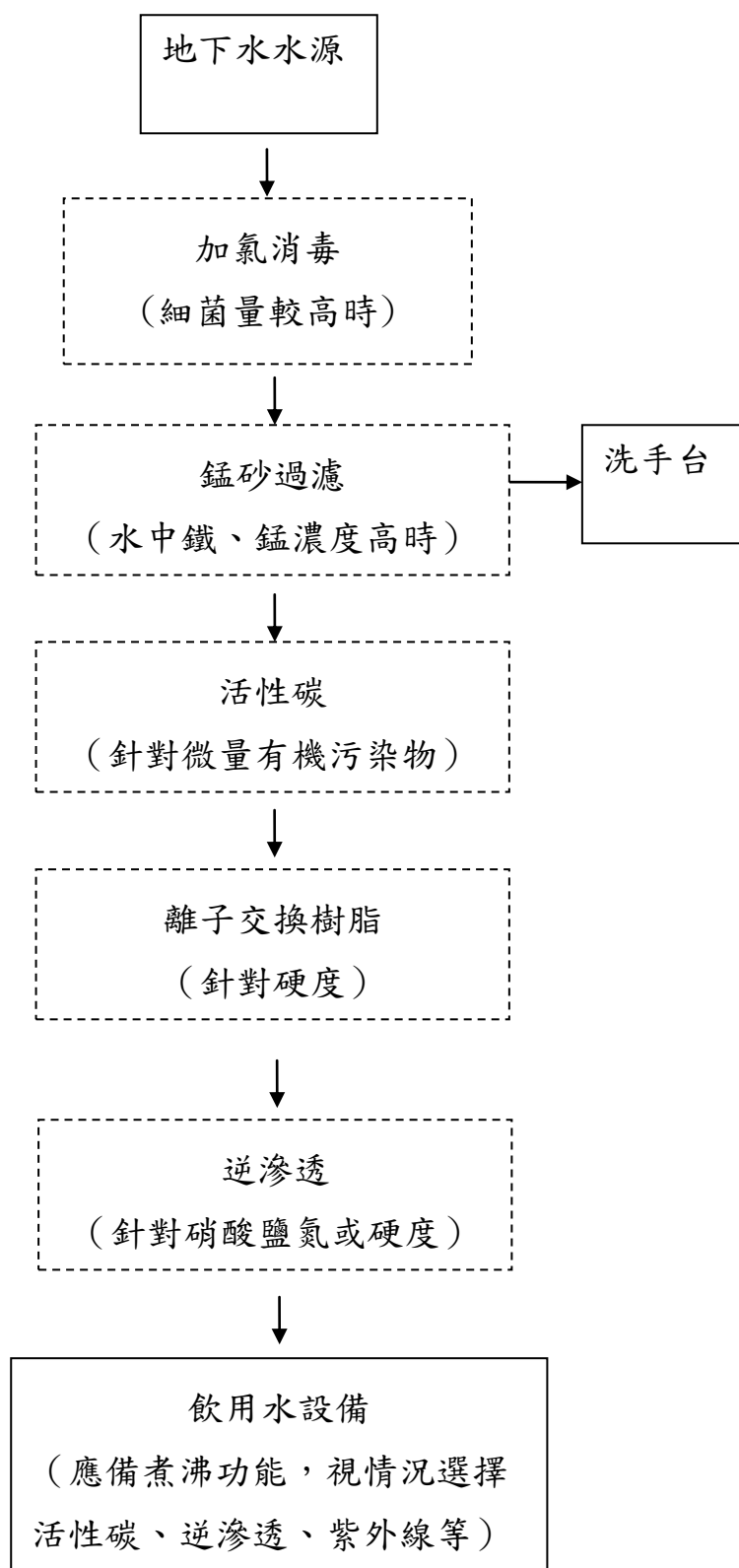


圖 4.20 地下水校園用水處理設備建議流程

第五章 校園用水安全維護

第一節 校園用水管理相關法規

目前與校園用水安全相關之飲用水管理法規主要透過飲用水管理條例、飲用水設備維護管理辦法及自來水法之規定加以規範。飲用水管理條例主要針對飲用水水質安全、飲用水設備設置及維護、定期採集水樣進行檢驗與分析等工作加以規定；自來水法中與校園用水安全相關者主要為用戶用水設備之使用規定，規定自來水用戶不得任意更改用水設備，自來水用戶用水設備標準則就用水設備之設置及管理維護加以規定。此外，各級學校如同時使用自來水及非自來水時，必須依照自來水用戶用水設備標準之要求設置兩套獨立之用水系統，兩套管線系統彼此間不得相通，以避免污染。

一、飲用水管理條例相關規定

根據飲用水管理條例第九條規定「公私場所設置供公眾飲用之連續供水固定設備者，應依規定維護，並作成維護紀錄，紀錄應予揭示，並保存供主管機關查驗；其維護方法、頻率、紀錄之製作方式、揭示、保存期限及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。」其施行細則中說明「本條例第四條所稱公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備，係指公私場所以管線輸送固定水源並能連續處理及連續供水之飲水機，或將其處理後之水以管線輸送至飲水檯供人飲用之裝置。」因此，一般校園常見之用水設備除開飲機、瓶裝蒸餾水及鍋爐等設備之外，皆受到根據飲用水管理條例中飲用水設備相關條文之規範，對於飲水設備之設置、維護、水質檢測、紀錄等均需依法辦理。因環保署目前並未依飲用水管理條例第八條規定公告任何公私場所為指定公告之公私場所，故現階段各級學校採購飲用水設備時不需要事先申請登記即可購置使用（惟須符合採購法之相關規定），但飲水設備設置後仍須依規定定期進行設備維護及水質檢驗工作。

根據民國 95 年環保署公告「飲用水連續供水固定設備使用及維護管理辦法」之規定，校園用水設備管理者應負下列五項管理責任：

1. 維護：

每月至少自行或委託業者進行 1 次維護。

2. 檢驗：

應每隔三個月委託合格之代檢驗機構採樣檢驗水質，檢驗項目為大腸桿菌群，檢驗的比例為所有台數的八分之一。檢測頻率如下：

- 接用自來水者：飲用水每 3 個月檢測大腸桿菌群。
- 非接用自來水者：飲用水每 3 個月檢測大腸桿菌群；水源每 3 個月檢測大腸桿菌群、硝酸鹽氮及砷。其中水源之硝酸鹽氮及砷，連續 1 年檢測結果均符合飲用水水源水質標準時，自次年起改為每隔 6 個月檢測一次。

另外，飲用水設備處理後之水質於飲水機或飲水檯等供人飲用之裝置，其出水溫度維持於 90℃ 以上者，得免除每 3 個月大腸桿菌群之檢測。

3. 紀錄：

每次維護內容及水質檢驗狀況，應詳載於表 5.1 所示「飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表」，其紀錄應保存 2 年以備主管機關查核。

4. 公布：

將上述飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表，公布張貼於飲用水設備的明顯處。

5. 水質管理：

當檢驗結果發現水質不符合飲用水水質標準時，各校飲用水設備管理人員應立即採取下列措施：

- 關閉進水水源，停止飲用。
- 懸掛「暫停使用」告示警語。
- 進行設備維修工作。
- 三日內向所在地主管機關（環保局）申報水質檢驗數據。
- 在完成維修工作後應進行水質複驗，若符合標準者，應檢具符合之證明文件向所在地主管機關報請查驗，完成改善後，始得再供飲用。

二、自來水法關於用水設備相關規定

由用水設備來看，一般校園所使用的用水設備應能滿足一般自來水供水的三個基本條件，方能滿足供水需求：

1. 所使用的材質不影響原本合於飲水用途的水質，
2. 能提供整體建築各區域適當的供水壓力，
3. 能提供充足的水量。

自來水法第二十三條即規定「本法所稱用水設備，係指自來水用戶，因接用自來水所裝設之進水管、量水器、受水管、開關、分水支管、衛生設備之連接水管及水栓、水閥等。」。由於自來水法第五十條另規定「自來水用戶用水設備，應依用水設備標準裝設，並經自來水事業或由自來水事業委託相關專業團體代為施檢合格，始得供水。前項用水設備標準，由中央主管機關定之。」此即說明用戶端各項用水設備之設置應符合主管機關規定之用水設備標準，並經檢查合格者方能使用。

民國96年2月13日修正之自來水用戶用水設備標準，對於各項用水設備加以規範，該條文對於各項用水設備之設置、器材、施工及使用加以規定。其中與校園用水安全直接相關者有兩條：

第十四條：用戶裝設之抽水機，不得由受水管直接抽水。

第十八條：自來水與非自來水系統應完全分開。

依此項規定，各級學校如同時使用自來水及非自來水時，必須設置兩套獨立之用水系統，兩套管線系統彼此間不得相通，以避免污染。

第二節 校園用水設備之設置原則

校園用水管理人員應充分掌握校園用水來源及水質狀況，並瞭解校內蓄水池、水塔、水處理設備、飲水機及地下水井、化糞池等之相對位置及供水系統流程；並對照圖5.1校園用水安全檢查流程，定期針對學校水源類型及用水情況，逐一檢查各項硬體設備之完整性，依據衛生檢查結果及用水水質狀況研判是否需增/減其他設備，以瞭解校內用水設備之設置是否符合各校需求，並視需要進行各項改善工作。各項用水設備或管線之汰換、新設或維修等相關圖資皆須妥為建檔，以利日後維護管理。

由於以自來水或地下水為水源時所使用之用水設備及維護管理方式有所不同，校園用水設備管理人員應依各校水源狀況及用水設備設置情形研擬合適之校園用水管理辦法，據以執行校園用水衛生檢查工作。原則上，完整而全面之校園用水設備衛生檢查（自水源、供水設備至供水點）至少每年應執行一次（可配合水池水塔清洗時執行），並應留下完整之檢查紀錄。檢查紀錄應包含檢查人員、檢查範圍項目及檢查結果。為隨時掌握校園用水設備之使用狀況，每月/季可配

合環保署飲用水設備水質檢驗及飲用水設備維護工作進行校園用水設備巡察，以檢視是否有應進行修繕或調整之處。此項巡察亦應留下紀錄，以隨時掌握校園用水狀況。

本節所說明之硬體設備安全檢查，應配合水質檢驗報告一併進行，當確認學校水源安全、硬體設施之設置無重大問題後，未來只需定期進行自我檢查，做好維護管理的工作，即可有效進行校園用水設備維護及管理工作。關於自我檢查之流程與步驟將於本章第三節詳述，以下則針對硬體設施之安全檢查作說明。

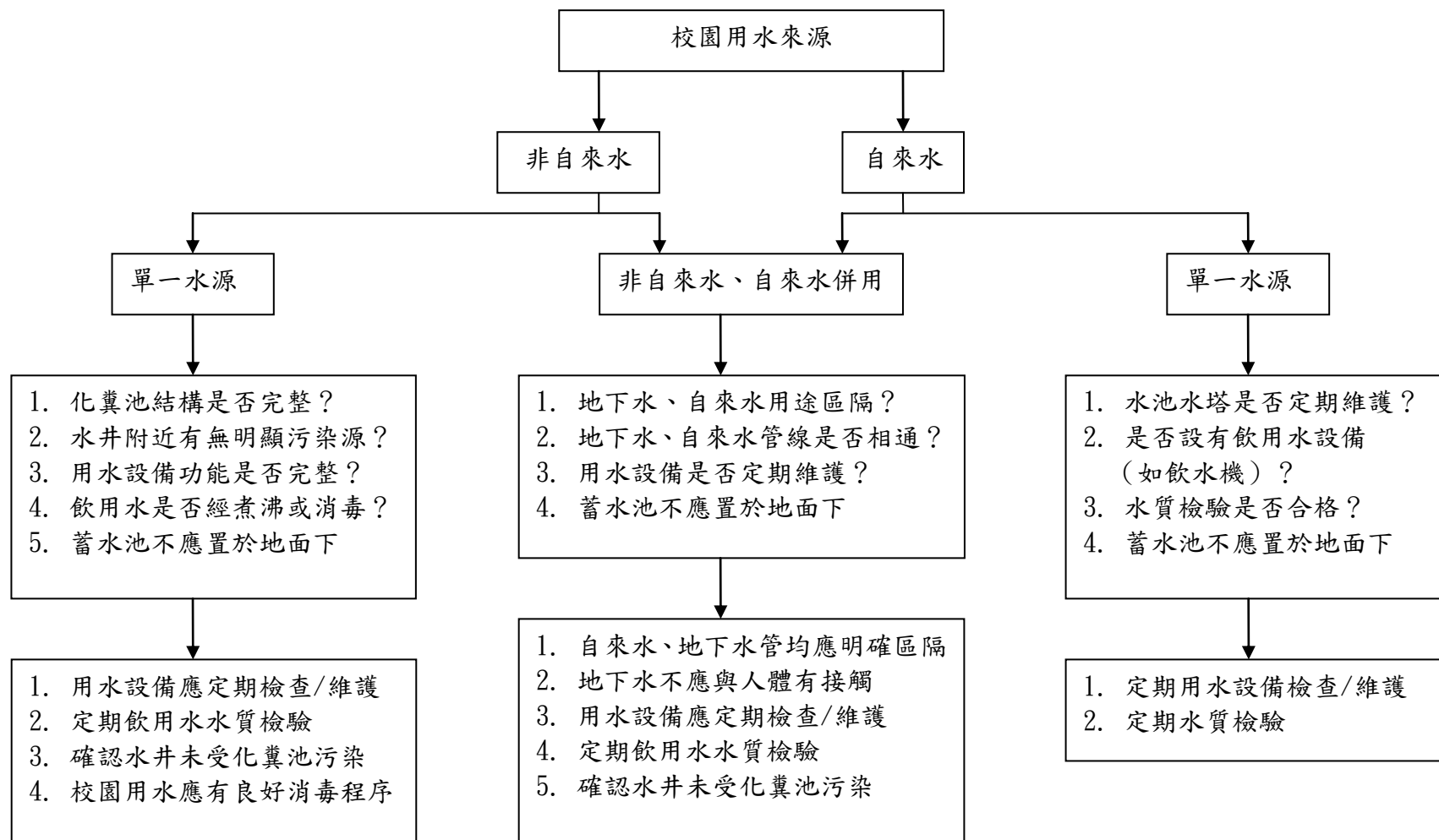


圖 5.1 校園用水安全檢查流程

一、以地下水為單一水源

以地下水為水源之學校可參考圖5.2地下水之安全用水評估流程擬定及施行校園用水設備檢查。一般而言，未受污染之地下水其水質狀況會優於地表水，因為地下水已經地層土壤之層層過濾及吸附。水質良好之地下水只要經適當之消毒（加氯或紫外線消毒）即可供民眾飲用。臺灣地區因為人口稠密、農業發達，因而地下水常遭生活污水及農業化學品（農藥及肥料）之污染。此種地下水受污染之情況在淺層地下水特別明顯。

1. 避免水井受到周遭環境污染

以地下水為唯一水源的學校，需注意水井本身結構之完整性、水井周遭是否有污染源，包括是否過於接近學校及鄰近住家之化糞池與垃圾場。因淺井較易受到地表污染源之污染，水井應有足夠深度。如水井出水過於混濁，應檢查水井井框之篩網設置位置是否合宜，以降低後續處理之成本。如出水水質無法改善，應尋找其他合適之開鑿位置。

為避免地下水遭化糞池污染，應定期檢查化糞池的完整性以免排泄物滲漏污染地下水。此外，定期監控水質指標微生物參數（以大腸桿菌群為代表性指標污染物）。當化糞池有滲漏污染水井之疑慮時，可於便器投入食用紅色色素，並於一兩天後檢查水井或水龍頭出水，若有紅色出流水則表示化糞池污水已滲漏入水井。當井水遭受不易改善之污染時（如周遭有垃圾場等），應封閉原有水井、改變水井位置或增加取水深度以取得符合水源水質標準之地下水。

若懷疑學校周遭地下水受到污染，可前往環保署土壤與地下水污染整治基金管理委員會網頁查詢學校所在地附近是否為污染場址。環保署土壤地下水污染整治基金會網址為：<http://sgw.epa.gov.tw/public/0401.asp>。

2. 用水設備功能是否完整

良好的淨水處理系統應包含過濾及消毒兩個部份。基本過濾設備應含 5 μm 及 1 μm 兩種孔隙之濾心，前者去除原水中粒徑較大之泥沙，後者則用以阻隔水中較細小之粒狀物及原生動物等。消毒設備可採用加氯消毒或煮沸，以自動加氯機配合控制器維持水塔中的餘氯濃度，管理人則以簡易餘氯測試劑檢查管線末端出水的餘氯，使餘氯濃度維持在 0.2~1.0 mg/L 之法規值。所有非自來水的水源都應具備有效的消毒設備，校方可就現有設備改善，或設置符合法規的設備，並定

期維護各項設備功能。未經適當消毒之地下水（惟符合飲用水水質標準之深層優質地下水除外）不應提供學生使用（包括洗手台），以維護學生之健康。

地下水如經檢驗發現有硝酸鹽或重金屬（最常見為砷）存在時，前述過濾或消毒處理均無法有效去除此類硝酸鹽或重金屬污染物。如無法尋得水質較佳之替代水源時，應設置適當之處理設備（如逆滲透），以降低學童暴露到硝酸鹽或重金屬之潛在危害。

舊有校園建築物常利用地下室基礎層之空間設置蓄水池，當附近有鄰水溝、化糞池或地下消防池時，常因蓄水池壁裂縫而使污水滲入。大雨過後，亦可能因為地下室積水而污染蓄水池。另外，設於地下之蓄水池通常無法設置溢流管、通氣管、排水管等必需附屬設備，同時使後續管理維護工作更加困難，包括清洗不易、內部檢查不便、龜裂修補困難等，易使水質遭受污染。應逐漸以水塔或地面上蓄水池取代之。蓄水池及水塔通氣孔應設防蟲網避免昆蟲進入，周圍亦不得堆置雜物。

3. 未處理過之地下水僅供清掃、澆灌使用

未經處理之原水應只可用於沖洗廁所、澆灌及清掃等用途，不得用於清洗食物、餐盤及學童洗手刷牙等用途。當洗手台同時供應未經處理及處理後（如加氯消毒、過濾等）之地下水時，應以不同顏色或記號標示做出明顯區隔，或變更水龍頭位置，將未經處理之地下水龍頭移至洗手台側邊低處，避免學童誤用。未經適當處理之地下水水龍頭應上鎖，以避免誤用。

4. 定期飲用水水質檢驗

參閱本章第一節之檢驗部份，非自來水源之飲用水每 3 個月檢測大腸桿菌群、硝酸鹽及砷。連續 1 年檢測結果硝酸鹽及砷均符合飲用水水質標準時，自次年起改為每隔 6 個月檢測一次。另外，連續供水設備之出水溫度維持於 90℃ 以上者，得免除每 3 個月大腸桿菌群之檢測。水質檢驗應委託環保署認可之檢測業者以確保數據品質，合格業者之訊息可向各縣市環保局詢問。

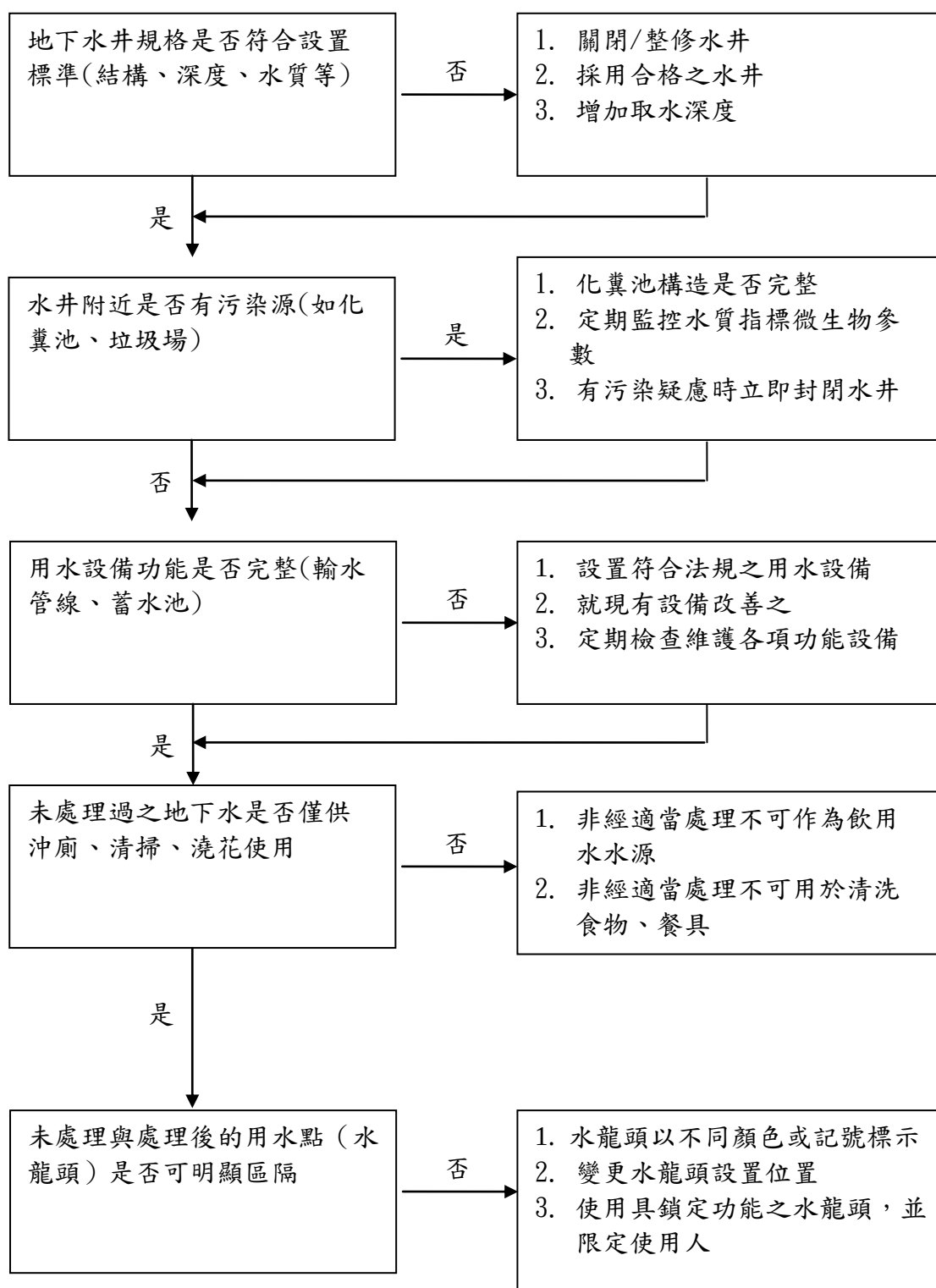


圖 5.2 使用地下水為水源時用水安全評估流程

(惟經確認不會被地面水污染且符合飲用水水質標準之深層優質地下水除外)

二、以地表水為單一水源

以地表水為水源之學校可參考圖5.3地表水之安全用水評估流程擬定及施行校園用水設備檢查。地表水於地表流動，因而一般地表水中含有因土層沖刷所帶出之各種雜質，因而含有較高之濁度及動物之排泄物。在颱風季節，地表水中之濁度更大幅上升，必須等待水質穩定後才能供後續使用。此外，地表水極易受到各種人為活動之影響而受到污染。為避免地表水中之污染物影響到人體健康，地表水應經適當處理方能供飲用，過濾及消毒為地表水應有之基本處理程序，未經良好過濾及充分消毒之地表水禁止供學生使用。下列措施為使用地表水為水源之學校應注意及執行之基本工作。

1. 取水口是否適當

取水口的選擇應考慮是否能提供穩定水量的水源及良好的水質。因山泉水或地面溪流可能因乾季而水量不足，高山蔬果的種植亦可能使水源遭受農藥等污染，因此取水口之選取應考量水源水量是否穩定，必要時應有替代水源供使用。同時應避免使用周遭有垃圾棄置場或明顯污染源之取水點，並應定期檢視取水口周圍環境，當有污染疑慮時立即停止供水。取水口應裝設篩網，避免昆蟲或雜物直接進入取水管線，以降低後續處理之需要。平時應經常檢查取水口篩網是否阻塞，以維持取水量。

2. 用水設備是否完整

以地表水為水源之用水設備主要包括儲水設備及處理設備兩部份。使用山泉水等地表水之山區學校，若師生人數不多，儘可能由 1-2 個水塔供應一般用水以減低處理之操作及維護費用，多餘之水塔則作為儲水用途，但仍需同時進行定期清洗。

因地表水雜質較多，除於取水口設置篩網外，於取水管線進入蓄水用之水塔前建議先經簡單粗濾設備以過濾雜質後再進入蓄水塔儲存，此可大幅降低後續蓄水塔之維護費用。所使用之粗濾設備以簡單、價廉為原則，亦可自行以鐵絲網搭配濾棉之方式設置，除能降低設置成本外亦能去除水中明顯可見之粒狀物。

在供師生使用之前，地表水應經適度之過濾及消毒處理。由蓄水塔中流出之水體，可使用細濾搭配活性碳濾心處理再加以消毒。所謂「細濾」以 1 μm 之濾心為佳，可有效去除包括一些原生動物等污染物及細微雜質。活性碳吸附設備可

用以去除水中有機污染物，若有農藥污染疑慮亦可裝設活性碳處理設備。一般而言，地表水經粗濾、細濾、活性碳（視需要）、消毒等設備處理後，才能作為清洗、烹煮食物與飲用水之水源。

3. 未處理過之地表水僅供清掃、澆灌使用

未經處理之原水應只用於沖廁所、澆灌及清掃等用途，不得用於清洗食物、餐盤及學童洗手刷牙等用途。當洗手台同時供應未經處理及處理後之地表水時，應以不同顏色或記號標示做出明顯區隔，或變更水龍頭位置，將未經處理之地下水龍頭移至洗手台側邊低處，避免學童誤用。未經適當處理之地表水水龍頭應上鎖，以避免誤用。

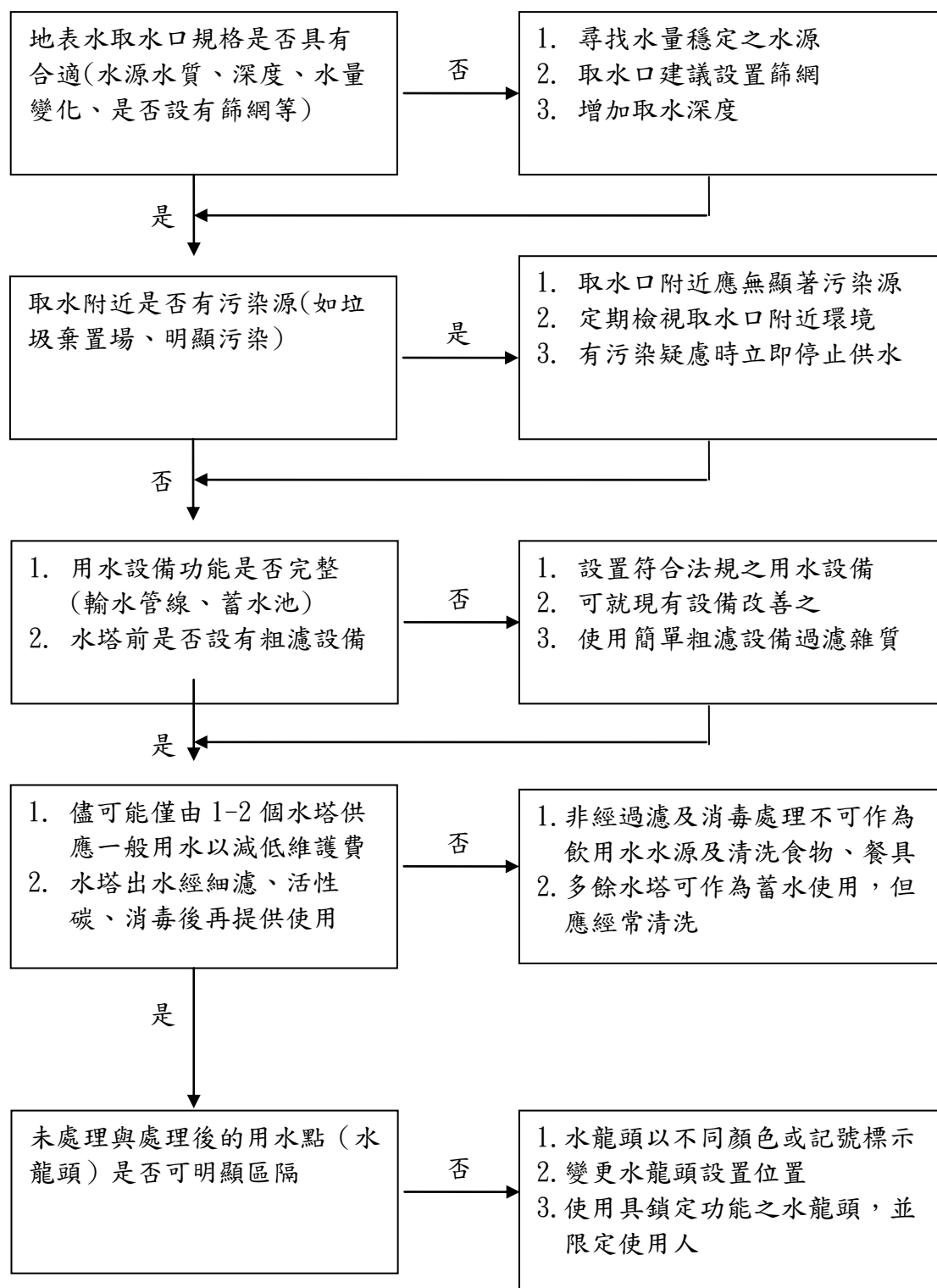


圖 5.3 使用地表水（山泉水）為水源時用水安全評估流程

三、以自來水為單一水源

以自來水為水源之學校可參考圖 5.4 自來水之安全用水評估流程擬定及施行校園用水設備檢查。由於自來水已經自來水供水系統處理，並經檢驗符合飲用水水質標準後方可供水，因此自來水是安全衛生的飲用水。一般自來水用戶用水設備只要合乎自來水法相關用水設備之規定，即可有效避免二次污染。一般以自來水為水源之飲用水設備，由於其水質已符合飲用水水質標準，因此應以殺菌為重點，以避免浪費並確保水質安全。

1. 評估是否需設置淨水設備

各校可向水公司索取該區自來水水質相關基本資料（餘氯、硬度、濁度、硝酸鹽氮等），以評估校內是否需裝設淨水設備。附錄六亦提供各縣市環保局自來水水質檢測結果供各校參考。當水質安全有疑慮時，則根據水質項目安裝適當的淨水單元（詳見第四章淨水設備比較）。水質良好時，則可視學校供水設備的狀況（供水管線是否老舊、蓄水池與水塔清洗維護狀況）決定是否裝設開飲機等飲水設備。

2. 評估是否有負壓進水之虞

負壓污染主要是停水期間馬達持續由給水管上直接抽水，或設置於地下樓層之水池因虹吸進水吸進髒水所致。負壓污染大都屬間歇性，少量污染被餘氯消毒而不易覺察，但若污染物中含有石炭酸類化合物，則會產生強烈消毒水味（所謂「藥味」）。

3. 各項用水設備之管理維護

蓄水池及水塔、供水管線、出水點水龍頭及廚房用水等各項設備均應定期檢查、清洗與維護。用水設備及管線若經過地下，應測試化糞池及排水系統有否污染之虞並考量其之封閉或遷移之可行性，並檢查管線不得與消防用水錯接外，每半年至一年定期檢查管線設備及清洗水池水塔一次。

4. 定期檢測餘氯

定期以簡易餘氯測試劑檢查管線末端出水之餘氯，若濃度降低表示自來水在供水系統中滯留時間過長或受到污染，應採取合適之因應措施。

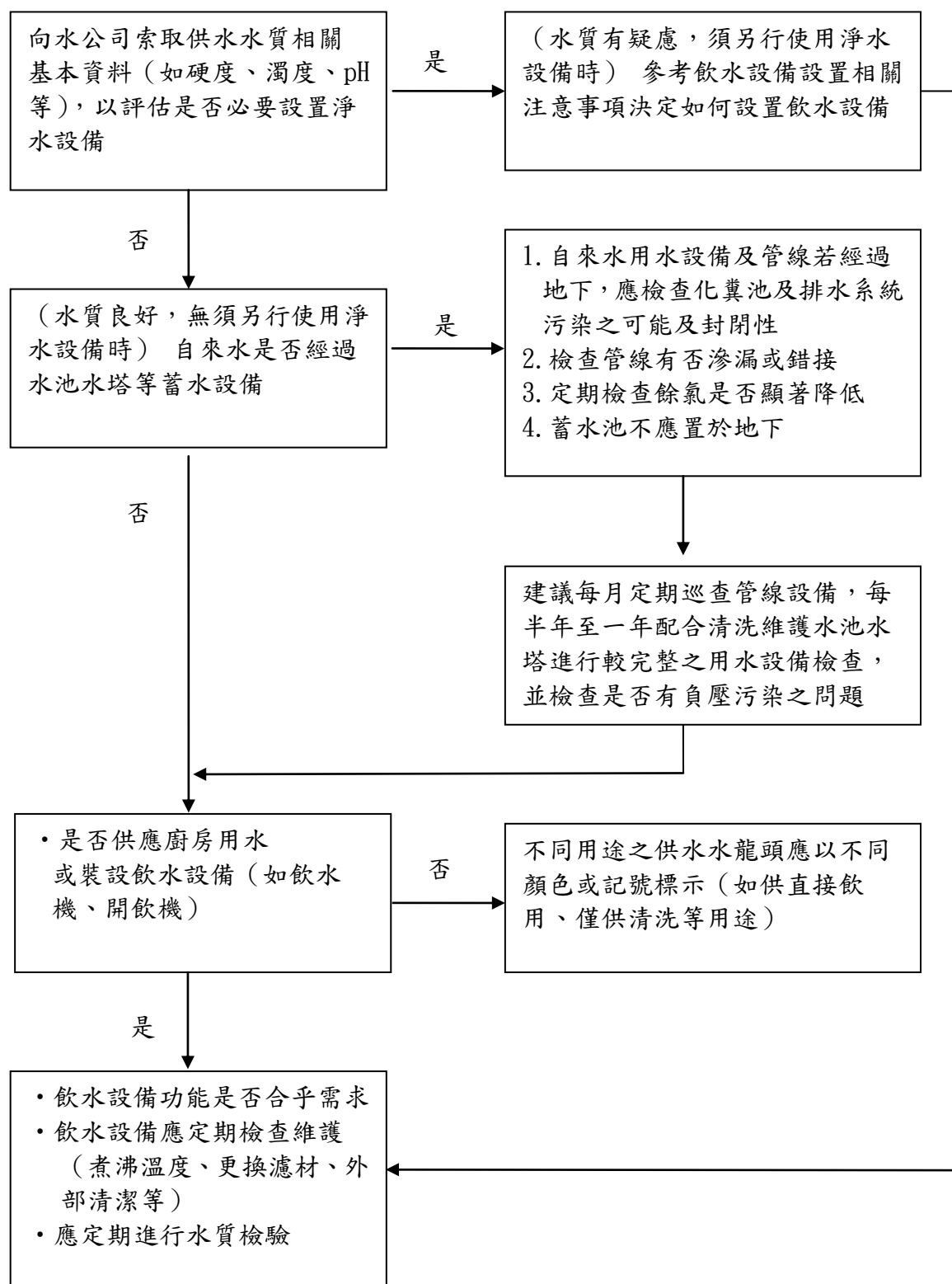


圖 5.4 使用自來水為水源時用水安全評估流程

四、自來水、非自來水併用時

1. 自來水、非自來水管線需有明顯區隔

當學校有自來水管線，但因水費等因素另行抽取地下水或引地表水作為輔助水源時，兩者之蓄水設備及管線需完全區隔。原則上，非自來水只作輔助用途，不與學童有直接接觸。若遇自來水停止供水等特殊情況時，非自來水需經有效消毒才能作為生活用水之水源。

2. 自來水、非自來水用途需不同

當非自來水只用於沖廁所、澆灌、清洗及消防用水，不與人體接觸時，學校也不需針對非自來水裝設處理設備，即可達到作為輔助水源節省經費之目的，並應明確規範只有自來水能作為飲用水及學生清潔用水（例如洗手台）水源。因此，若洗手台上同時具備兩種水源之水龍頭，最好移至洗手台側邊低處，避免學童混淆用以洗滌、刷牙，必要時非自來水之水龍頭上鎖，或水龍頭開關取下使學童無法取水。

3. 用水設備定期維護及水質檢測

不管使用何種水源，蓄水池及水塔應每學期清洗一次，並定期進行飲用水水質檢測以評估供水系統之完整性。當洗手台供應未經處理之非自來水時，雖無法令強制規定洗手台水質檢測，亦應編列預算定期檢驗水質（視預算決定半年～一年檢驗一次）以確保學童洗滌安全。

依現行「自來水用戶用水設備標準」第十八條之規定，「自來水與非自來水系統應完全分開。」。為避免供飲用之自來水系統受污染，各級學校如同時使用自來水及非自來水時，必須設置兩套獨立之用水系統，且兩套管線系統應有明顯標示，彼此間不得相通。

第三節 校內用水自我檢查

日本「簡易專用水道檢查手冊」，對自來水用戶之用水設備設置、水質管理、檢查方法與步驟等均有完整的敘述，並規定大型用戶必須每年進行一次用水設備自我檢查。此簡易專用水道之設定前提為：自來水流入用戶蓄水池時是為潔淨的，因此用戶端只要能避免來自外部的污染，配合適切的管理即可將潔淨的水供應給所有使用者。同理，學校亦可利用此概念，以圖 5.5 檢查流程搭配表 5.2 自我檢查表，每學期進行一次校內用水設備管理及自我檢查（可利用開學前實施）：

一、用水設備的外觀檢查

以肉眼檢查用水設備的維持管理狀況、水質是否不良影響。在不需要抽掉水塔的水就可以判斷的範圍內，觀察水塔中有無污染物、污水等進入之可能，保持水塔及周遭的清潔，檢查水塔內有無沉積物、浮游物質的存在。

二、水質的檢查

同樣以肉眼檢查末端水龍頭出水有無異常，檢查項目包括臭氣、味道、顏色、混濁等。若有異常需對其他水龍頭、水塔的水、進水塔前的水等順序逐一檢查，找出水質異常之所在並查明原因。在有污染之虞時，則應排定時間進行必要之水質檢驗，評估飲用水是否遭受污染。

三、文件檢查

包括校內用水設備的配置圖、水塔清洗紀錄、設備維護紀錄、水質檢驗紀錄及其他管理紀錄等文件應有適當的整理及存檔，以利後續需要實用以評估水質、污染狀況及污染源。此類文件亦可提供續任者瞭解校園用水設備之狀況。

四、設備使用狀況的確認

校內用水管理人員應同時確認用水量、設備的使用狀態是否異常，觀察近期

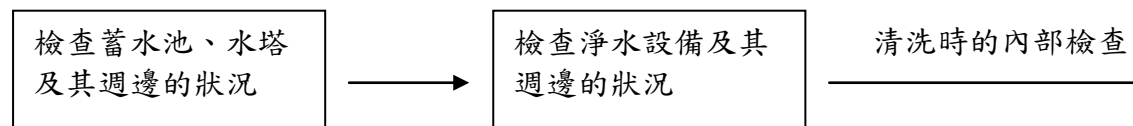
有無師生抱怨水質不佳等，視校園用水設備現況加以檢查並提出改善建議。

檢查完成後，對於校內無法自行改善的部份，應通報各縣市教育局及知會水公司，尋求經費或專業上的協助。若原水檢測結果不適合作為飲用水水源時，應立刻停止使用並公告校內師生暫停飲用，完成改善前可改以購買之瓶裝、桶裝水作為飲用水，並宣導學童不得用不潔淨之校園用水刷牙、漱口。

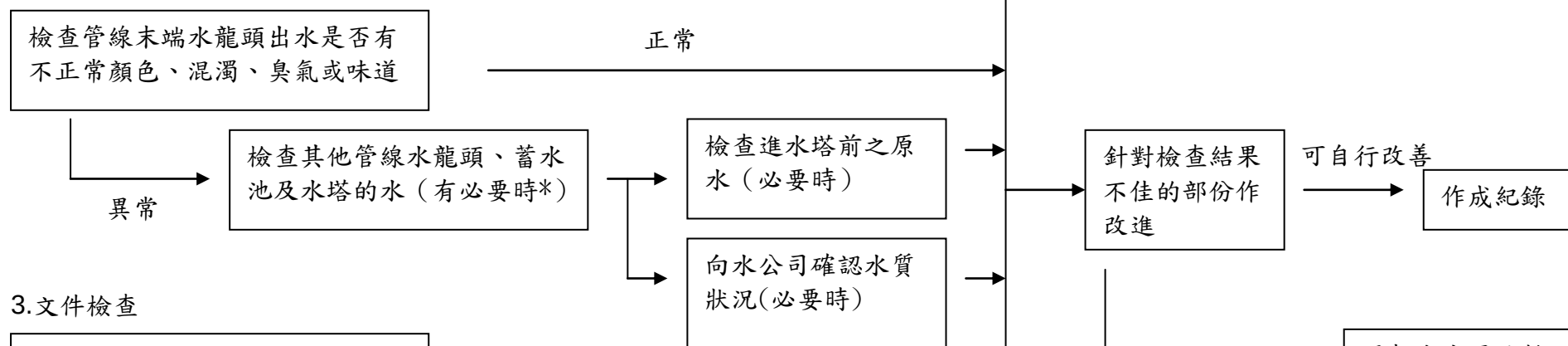
臺灣地區在夏秋時期常受到颱風或豪雨的侵襲，這些天然災害發生後，可能使學校的用水設備受損或因水源（井水、地表水）受到污水混入，而影響校園用水之水質，除了可依圖 5.5 檢查流程搭配表 5.2 自我檢查表再次確認外，對於受到污水污染的蓄水池、水塔或水井，則需進行妥善消毒工作方可繼續使用，環保署於民國 88 年委託執行「天然災害後環境清理與消毒體系之研究」計畫，說明蓄水池、水塔之清洗流程（附錄 8），以及災後自來水用戶及非自來水用戶保障飲用水安全所應採取之措施，內容簡述如下：

- 1.需檢查蓄水池是否淹水，若淹水則需徹底清理消毒後方可繼續使用。
- 2.自來水濁度增高時可暫時飲用包裝水，或將自來水煮沸後再飲用。
- 3.災後自來水加氯量增加，故用戶應將其煮沸後再開蓋繼續煮沸約三分鐘。
- 4.若該用戶為飲用山泉水或井水的簡易自來水用戶，管理單位應該清除水井或水源地的污泥，並應沖洗乾淨，必要時施以消毒，用戶亦必須將水煮沸後再飲用。
- 5.若飲用水來源為井水、山泉水或河川池塘等者，在災後水質濁度增高時，宜加強過濾（砂濾）或投以適量明礬（硫酸鋁）充分攪拌後，靜置一段時間，取其澄清液煮沸後再飲用，必要時可暫時飲用包裝水，以保障飲水安全。

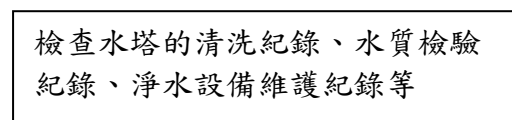
1.負壓進水可能性檢查及用水設備的外觀檢查



2.水質的檢查



3.文件檢查



4.設備使用狀況的確認

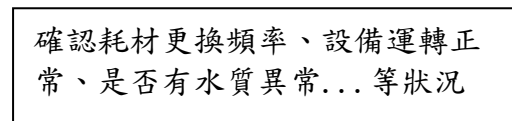


圖 5.5 校園用水設備自我檢查流程

表 5.2 校園用水設備自我檢查表

學校名稱：		檢查日期： 年 月 日
學校地址：		
使用水源： ☐ 自來水 ☐ 簡易自來水 ☐ 地下水 ☐ 山泉水(溪澗水)		
管理人：		職稱： 聯絡方式：
一、水表 ☐ 無此設備		
1.表箱蓋沒有破損及上方沒有堆放雜物		☐ 是 ☐ 否
2.表箱內沒有積水		☐ 是 ☐ 否
3.水表整體無漏水/滲水現象		☐ 是 ☐ 否
二、蓄水池 ☐ 無此設備		
周圍	保持清潔無堆置雜物	☐ 是 ☐ 否
	無污水或積水現象	☐ 是 ☐ 否
本體	無裂縫或漏水現象	☐ 是 ☐ 否
上部	人孔蓋上無直接放置其他設備	☐ 是 ☐ 否
	頂部無放置可能產生污染之設備	☐ 是 ☐ 否
內部	無異常沉積物	☐ 是 ☐ 否
	定期清洗(半年至一年)	☐ 是 ☐ 否
	無其他水源管線接入	☐ 是 ☐ 否
	水中、水面無懸浮物	☐ 是 ☐ 否
人孔	人孔蓋防水密閉，無異物侵入	☐ 是 ☐ 否
	已上鎖或固定孔蓋，非相關人員不易開閉	☐ 是 ☐ 否
	孔緣突起高於槽頂 10 公分	☐ 是 ☐ 否
溢流管	管口無有害物侵入	☐ 是 ☐ 否
	防蟲網完整無破損	☐ 是 ☐ 否
	管口無與排水系統直接相接	☐ 是 ☐ 否
	管口與排水系統間隔 2 倍管徑以上	☐ 是 ☐ 否
通氣管	管口無有害物侵入	☐ 是 ☐ 否
	防蟲網完整無破損	☐ 是 ☐ 否
	管口直徑超過 4 公分	☐ 是 ☐ 否
排水管	管口無與排水系統直接相接	☐ 是 ☐ 否
	管口與排水系統間隔 2 倍管徑以上	☐ 是 ☐ 否
三、水塔 ☐ 無此設備		
本體	無裂縫或漏水現象	☐ 是 ☐ 否
內部	無異常沉積物	☐ 是 ☐ 否
	定期清洗(半年至一年)	☐ 是 ☐ 否
	無其他水源管線接入	☐ 是 ☐ 否
	水中、水面無懸浮物	☐ 是 ☐ 否
人孔	人孔蓋防水密閉，無異物侵入	☐ 是 ☐ 否
	已上鎖或固定孔蓋，非相關人員不易開閉	☐ 是 ☐ 否
	孔緣突起高於槽頂 10 公分	☐ 是 ☐ 否

溢流管	管口無有害物侵入	☐ 是 ☐ 否
	防蟲網完整無破損	☐ 是 ☐ 否
	管口無與排水系統直接相接	☐ 是 ☐ 否
	管口與排水系統間隔 2 倍管徑以上	☐ 是 ☐ 否
通氣管	管口無有害物侵入	☐ 是 ☐ 否
	防蟲網正常、無破損	☐ 是 ☐ 否
	管口直徑超過 4 公分	☐ 是 ☐ 否
排水管	管口無與排水系統直接相接	☐ 是 ☐ 否
	管口與排水系統間隔 2 倍管徑以上	☐ 是 ☐ 否
給水管	無與其他配管直接連接（錯接）	☐ 是 ☐ 否
	無通過污染設備	☐ 是 ☐ 否
四、管線		
配水管線及水龍頭無破損、生鏽或阻塞		☐ 是 ☐ 否
五、其他		
抽水馬達/水位感應器能正常運作		☐ 是 ☐ 否
六、水池水塔清洗		
1. 水池水塔清洗週期: 次/年		最近清洗日期: 年 月 日
1. 清洗廠商:		電話:
七、負壓進水可能性研判 (凡 1 為『是』或 2、3、4 任一為『否』者，皆有負壓污染之虞，須立即改善)		
1. 是否使用馬達直接抽水 (即未經由蓄水池直接自水表後管線抽水)		☐ 是 ☐ 否 (續答 2、3、4)
2. 蓄水池前是否有地面接水槽 (即蓄水池無負壓虹吸進水之虞)		☐ 是 ☐ 否 (續答 3、4)
3. 水表後是否有設持壓閥 (給水管徑屬 50mm 以上者方可能設有持壓閥)		☐ 是 ☐ 否 (續答 4)
4. 水表後至蓄水池之管線最高處是否有設進排氣閥		☐ 是 ☐ 否
八、飲用水設備 ☐ 飲水機____台 ☐ 反洗過濾(☐ 濾心過濾 ☐ 活性炭 ☐ 軟水樹脂) ☐ 逆滲透主機____台 ☐ 紫外燈 ☐ 煮沸鍋爐		
維護	飲用水設備進行定期維護	☐ 是 ☐ 否
	飲用水設備耗材更換頻率 ☐ 每____月/次	☐ 依規格而定
	維護紀錄已妥善留存	☐ 是 ☐ 否
檢驗	飲水機/設備每季進行水質抽驗	☐ 是 ☐ 否
	供水設備檢驗台數達八分之一	☐ 是 ☐ 否
	檢驗紀錄已妥善留存	☐ 是 ☐ 否
附註：		
1.請每學期至少檢查一次(不合格項目請儘速改善)。		
2.蓄水池及水塔，得各別檢查紀錄。		

第六章 校園用水緊急應變指引

第一節 天然或人為災害之發生

校園用水會因人為或天然意外事件的發生而影響供水水質及水量。依意外事件種類之差異，影響的程度可能包括全校的供水系統損壞、僅對局部用水設施造成影響，亦可能在系統未受損下造成水質的污染，以致影響師生用水安全。以下舉出台灣地區可能發生影響校園用水安全的意外事件並說明之。

1. 天然災害

A.地震：

地震可能造成建築物及供水系統結構的損壞，嚴重時可能全面的影響水源、供水管線及輸送、儲水設備如水塔及蓄水池、以及其他硬體設備等；當地震發生時，無論水源為自來水、地下水或山泉水均可能會受到影響。

B.暴雨或淹水：

台灣地區夏季常出現颱風、大雨或滯留鋒面等天氣型態，某些低窪地區會有淹水的可能。若供水設施受洪水淹沒，受污染的用水會隨蓄水池及管線將泥沙、地表污染物及致病微生物等輸送至與其相連通的用水設備，造成馬達等機械設備損壞及供水水質的污染。若降水集中在山區則會嚴重影響山泉水水源之品質，常見之問題包括造成濁度增加導致過濾設備負擔加重、地表沖刷衍生致病微生物污染等問題。

C.缺水：

每年 11 月至 5 月是台灣地區的枯水期，此時使用山泉水的學校可能會面臨水源供水量不足的情形，而以自來水為水源的學校則因自來水場供水量/水壓降低，也可能面臨水壓及水量不足等問題。

D.水媒病：

志賀桿菌、梨形鞭毛蟲或隱孢子蟲等皆為常見的腸道寄生蟲及致病微生物，一旦污染水源可能造成大規模的流行，造成腹瀉等症狀，嚴重時如 1993 年美國密爾瓦基甚至造成上百人死亡；2008 年 O157:H7 型大腸桿菌也曾引發美國及加拿大上千人的感染。我國亦曾多次發生地下水受化糞池污染導致校園水媒病疫情。防止水媒病發生最基本的做法為透過適當的淨水程序（或使用經處理自來水）及供水設施維護，對水源及供水設備的妥善監測及處理。

2.人為事件

A.惡意破壞：

通常為非計畫性的行為，使用隨手可得的器具破壞校園供水設備。這些行為可藉著提高校園的安全防範等級（例如加強巡邏及安裝監控設備）、供水設備及區域加鎖等作為預防。

B.設備缺乏維護管理：

供水設備之元件常因未定期更換或維護保養而衍生水質安全疑慮，如過濾設備之濾心、蓄水池之抽水馬達、蓄水池及水塔的清潔等。若管理者忽略維護工作，則原本符合清潔要求的供水在運送至校園後水質反而劣化。

C.管線錯接：

學校裡可能發生的狀況包括消防用水管線、污水與自來水管線因施工不慎而發生錯接、或因供水管線調整資料遺失而造成錯接。這些狀況會使得受污染或不適合使用的用水與潔淨的用水混合，造成水媒疾病或中毒等狀況。

D.工程影響：

可能因供水設施施工而需暫時停止供水，若為校內工程則可以儲水系統應付之，若為校外施工意外挖斷管線則會造成供水不足，需儘速修復以利供水。

意外事件的發生可能造成不同程度的影響，確認該事件對學校的影響有助於採取正確的因應作為，並利於向相關主管單位正確的描述此事件之影響並尋求適當之協助。依意外事件之嚴重程度、影響範圍可將意外事件分為四級，學校可據個別狀況修改或簡化級別。

第一級為最輕微的意外事件，學校管理人員可自行在 24 小時之內處理，基本上並不需要外部協助，校園的供水系統亦不會受到立即危害，此種狀況包括停電、配水管線破損、校園用水設備之馬達機件損壞等。學校平日應有專人負責用水管理，除瞭解校園供水設施外亦知道如何確認這些意外事件是否發生，若無法自行在 24 小時內修復或復原，且校內儲水不足以供應校園正常運作之用水需求時，則應歸類為第二級意外事件。

第二級意外事件為學校的供水量不足或懷疑受到致病微生物污染，包括主要輸水管線破壞、缺水停水、受化糞池或污水污染等，使師生之健康因缺乏安全用水而受到威脅，此時用水管理人員需有警覺且快速因應，視情況需要通報衛生或教育主管機構或尋求外界協助，第二級意外事件應在數日完成處理並恢復供水。

第三級意外事件為學校供水系統明顯受損或爆發水媒病疫情，校園用水受到污染或影響的範圍較大，包括爆發由大腸桿菌引起的疫情、校園用水設施遭到惡意破壞，此時管理人員必須通知衛生及教育主管單位並尋求即時協助。第三級意外事件已超出學校能處理的範圍，可能需要三天以上的處理時間才可排除問題並恢復供水。

第四級意外事件為因地震、淹水等天然災害或其他意外導致校園供水設施損壞不堪使用，校園可能長期無清潔用水可使用，管理人員需立即通知主管單位，並向外界尋求立即協助。此時需進行的應變工作如尋找替代水源、修復供水設施等，校園用水在此種情況下需要較長時期才能恢復正常運作。若學校維持教學正常時，則應提供基本之飲用水供師生使用。

第二節 緊急應變計畫之研擬

2.1 校園用水安全脆弱性評估

校內應有用水相關設備管理人員，以熟悉校園供水相關資訊。管理人員平日應蒐集之校內用水相關資訊包括：校園用水之水源（自來水，山泉水，地下水等）、儲水設施（水池水塔、水池水塔材質、水池水塔數目、放置位置等）、地下水井數目及位置、校園供水設施之管線線路及使用狀況、飲水供應相關設備（飲水機、過濾、逆滲透、紫外燈等淨水設備），與校園用水相關管理記錄（清理、維修、巡檢）等。

每所學校均應依其所在區域、使用水源及管線設置評估可能遭受的意外事件，意外事件發生機率及該事件發生後對學校用水影響程度，根據以上考量擬定事件發生後之緊急應變程序。以位於低窪地區、使用地下水為水源之學校為例，對於以上意外狀況的評估如表 6.1。

表 6.1 意外事件種類及評估

意外事件種類	評估結果	校園用水安全破壞之嚴重性或機率
地震	校地區域曾發生 5、6 級地震，但校內建築及用水設備在各次地震後均無損壞情形	中
暴雨及淹水	地處低窪地區，颱風時曾發生淹水，致使水池設備受損	高

乾旱	全用深井井水，故水源無缺乏之虞	低
水媒病	深井井水不易受微生物污染，化糞池及污水管線與其他管線有明顯區隔	低
惡意破壞	未曾發生破壞事件	低
缺乏維護管理	儲水塔清潔週期不固定	中
管線錯接	無消防蓄水池*，管線劃分明確	低
工程影響	曾有校外工程挖斷水管	中

* 消防蓄水池為自來水蓄水池，儲蓄之水體用於火警時及消防機關用水。水池的水量一般都大於法規儲水量，且儲水不常使用或更換，因此消防水池應定期清洗，避免水質發臭。

各級學校可參考上表之格式，依校園環境狀況及用水設施概況進行評估，以瞭解校園用水設施之「脆弱性」，並依以往經驗準備因應措施。為建立緊急應變措施，各校可在需要時尋求地區供水單位或專業人員協助評估緊急應變措施之可行性。

2.2 緊急事件發生之應變處理

2.2.1 緊急應變編組：

為因應緊急事故發生時之處理，各校平日應針對用水供應（及其他可能事故）建立緊急應變編組。緊急應變負責人一般為校長或總務主任；並包括用水操作或管理人員、應變方式、聯絡人員等編組。平日應定時或不定時巡視校園用水設備，於緊急事件發生時應報告校長（或緊急應變負責人），以啟動緊急應變機制。緊急應變編組任務如下表（可依各校特性調整）：

表 6.2 緊急應變負責人及負責事項

緊急應變負責人	負責事項
校長	通報當地教育局、請求衛生或環保單位協助等
總務主任	掌握實際用水現況（水源、儲水、管線、飲水）
○○老師	負責聯絡相關設備維修、緊急處理人員
○○老師	負責告知全校師生因應方式（如每班派人領取飲用之瓶裝水、管制用水量等）

* 各校任務編組應依校園狀況適度調整，以提升應變效率。

2.2.2 緊急事件發生時現況評估

各校平時即應有校內用水設施相關資料收集與準備工作，於事件發生時可據以瞭解與評估現場實際狀況並提供資訊給相關單位進行後續處理（平時即應備妥相關政府單位名單、諮詢人員與聯絡電話、緊急維修之單位廠商及聯絡人等）。

評估項目：

水源來源是否充足穩定或已遭毀損、儲水設備是否破損污染、飲水衛生（供應全校師生飲水水量是否充足及符合安全衛生之要求）等，並於事件發生時評估針對一般生活用水與飲用水，是否需要尋找替代水源、替代水源為何、儲水設備是否需消毒、補修或更換、是否緊急採購桶裝或瓶裝水供師生使用等。

以下為「緊急事件後校園用水相關評估表（參考）」範例，供各校參考：
飲水處理

1. 目前飲水之主要來源？（答包裝水或自來水者請跳答 4）

- ☐ 包裝水（含瓶裝、杯裝、罐裝等等）或自來水（含自來水公司運水）
- ☐ 井水、地下水等
- ☐ 地面水（山泉水、河水等）

2. 包裝水及自來水之外的飲水有煮沸或加氯消毒嗎？

- ☐ 是 ☐ 否 ☐ 不知道

3. 是否有派人進行飲水檢驗（如測量餘氯或大腸桿菌）？

- ☐ 是 ☐ 否

4. 飲水之供應量（以每人每天飲用 2 瓶 600 c.c 的礦泉水為判斷標準）

- ☐ 每天供應充足。
- ☐ 2 到 3 天才能喝到這麼多水
- ☐ 3 天以上才能喝到這麼多水
- ☐ 不易獲得，請描述 _____
- ☐ 不知道

炊食及飲用之外用於清洗的水（生活用水）處理

1. 一般用水（如洗手台、廁所、廚房）之主要來源？

- ☐ 自來水（含自來水公司運水）
- ☐ 井水、地下水
- ☐ 地面水（山泉水、河水等）

2. 生活用水有加氯或漂白水(粉)消毒嗎？

☐ 是 ☐ 否 ☐ 不知道

3. 政府相關單位是否有派人進行生活用水檢驗？

☐ 是 ☐ 否 ☐ 不知道

4. 生活用水之供應量？

☐ 每人每天 20 公升（約口徑 38 公分大水桶之容量）以上

☐ 每人每天 10 到 20 公升

☐ 每人每天 10 公升（約口徑 30 公分小水桶之容量）以下

☐ 不易獲得，請描述 _____

2.2.3 通報系統

一般通報程序為：

校園用水負責人→校長→教育局→相關協助單位（各縣市教育局、衛生局、環保局、自來水公司）

災害發生時，應儘速收集校園用水受到影響之現況資料，經適當的處理與評估後，以電話、傳真、網路、電子郵件等方式，傳達相關資訊至各縣市教育局及衛生、環保單位或自來水公司，通報校園用水狀況並尋求校園用水安全維護之協助。

2.2.4 採取緊急應變

一般用水之替代水源包括另尋地下水、山泉水、雨水回收方式，或協請消防單位送水，儲水設備可設置不銹鋼、塑膠等水塔為臨時儲放桶；飲用水可以過濾、加氯消毒、煮沸或供應瓶裝水等方式以確保飲水衛生。

2.2.5 對外聯絡及溝通單位

對水質及衛生狀況有疑慮，可洽當地環保機關（縣市環保局）、衛生單位（縣市衛生局）、自來水公司或飲水機維護保養廠商請求協助，進行採樣化驗水質或用水消毒相關事項。

2.2.6 評估修復狀態

依校園供水狀態是否恢復，評估是否結束緊急應變狀態。

整體緊急應變流程可參考緊急應變流程圖（圖 6.1-6.4）。

2.3 替代水源之選擇

天然災害或緊急事件發生時，學校之飲用水源如受到污染或是供水設備遭到破壞，為保障全校師生健康，必須尋找其他安全的替代水源，這些水源可能包括雨水、地下水井、地面水、湧泉或是其他桶裝或瓶裝水等。由於緊急事件發生後，必須在短時間內獲得水源，因此學校應於平日即針對各校供水及用水現況與特性進行評估，建立緊急事件發生時可取用的替代水源資料，彙整之資料應包括：

1. 替代水源的種類：雨水、地下水井、地面水、湧泉或是其他瓶裝水、消防水車供水等。若是取自天然的替代水源，應避免使用含有固體、有異味或顏色發黑的水。
2. 水源來源及相關聯絡資料：若是天然水源，應說明可取水之正確位置；若是瓶裝水，應於平日確認可供應廠商，與其聯絡後並留下緊急聯絡人、電話和地址等相關聯絡資料；若是消防單位或自來水公司派遣供水車供水，也應蒐集所屬轄區或供水區之相關供水單位之承辦人員姓名、電話等聯絡資料，以供緊急用水所需。
3. 預估可供應量：平日應就各校師生人數及不同用水用途之每人每日單位用水量進行預估（例如每人每日飲用水量約為 2 公升），用水量之預估同時應區分為短期性（數小時至數日）與長期性（數週至數月）加以預估。並配合各項可能替代水源調查或統計可供應量，定期評估各替代水源之短期及長期可供應量是否充足。

替代水源特性及使用用途：對應於不同替代水源水質所具備的不同水質特性，評估確認緊急應變時各水源可使用的用途，避免使用水資源缺乏時，不當的資源浪費。例如瓶裝水為安全衛生無虞的替代水源，應限制使用於學校師生飲用或煮食的使用，以避免浪費；取自天然替代水源之用水，應適當過濾並煮沸至少 10 分鐘才能飲用，不過應注意將水煮沸並不能去除全部化學污染物質；其他如水質可能欠佳的地表水，可收集做為沖廁或其他清潔衛生的使用。

2.4 恢復性評估

緊急事件發生後，各校供水、用水情形若是趨於穩定，且校方認為供水系統已可掌握及正常操作運行後，應針對供水系統執行一系列評估，以確認水質及相關硬體、軟體系統已回復正常操作狀態，並可提供穩定及安全衛生的用水。校園供水系統恢復性評估步驟的詳細度或複雜度主要依據緊急事件發生的嚴重程度

而有所不同，簡易判斷基準可能是恢復正常設備系統供電及供水設備修復即可；若是緊急事件除了造成設備損壞，水質也發生異常變化時，則必須針對水質進行檢測，確認如大腸桿菌的數目已低於安全標準值以下，消毒系統也能正常運作，可有效維持水質的安全及衛生。

以下為學校進行水源水質恢復性評估時，應注意的各項因素及重點：

1. 供水系統已修復，並可供應滿足各項用途之用水需求量。
2. 系統維護或管理人員已針對供水系統之設備單元完成各項安全性或可操作性評估。例如系統是否已經適當的沖洗、消毒，或是通過各項水壓承載測試。
3. 供水經符合適當採樣原則加以採樣，經合格檢測單位檢測後，水質已可符合各項水質規範標準。
4. 確認學校具備適合人員，可正常操作、管理及初步維護保養供水設備及系統。
5. 除了學校本身的供水系統外，地方政府及中央政府之供水系統軟硬體設備也已恢復正常運行。例如所屬供水區之淨水場設備損壞，是否也已修復，可正常供應安全用水。

學校緊急應變計畫擬定時，即應包含後續供水系統的恢復性評估程序，並明確指定及說明緊急應變小組中，各成員在恢復性評估中所應負責之事項，以確保各項評估能順利進行。

2.5 水質檢測及採樣

2.5.1 水質檢測作業

不論是緊急事件發生後，水質有受到污染或破壞的疑慮，或是學校供水系統已逐漸恢復正常供水，都需要針對供水水質進行確認與評估。學校應針對用水安全進行基本的檢視及確認，並聯絡相關合格單位或組織，在適當的採樣位置正確採集水樣並進行檢測。可提供水質檢測的單位，包括公部門的中央及地方政府環保署、環保局，或是衛生署、衛生局，自來水公司各區處的負責單位、一般檢測公司，以及販賣或維護保養供水設備系統的相關廠商，都可提供相關協助或水樣分析。學校平日即應針對可提供水質檢測分析的單位，收集及紀錄相關可提供協助事項，或是相關聯絡資訊，並將此份資料包含在緊急應變計畫中，以供突發事件應變時所需。

不論學校供水系統的損壞是由於天然的災害還是人為的破壞，飲用水中的污染物主要可分為四大類，包括無機物（如金屬、硝酸鹽）、有機物（如農藥、揮

發性有機物)、放射性物質(較為少見)及微生物。其中較常監測的項目包括以下各項。

無機物中的氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)以游離氨(NH_3)和銨鹽(NH_4^+)型態存在於水中,動物性有機物的含氮量一般比植物性有機物高,且人類和動物糞便中之含氮有機物容易分解成氨,故氨氮濃度可作為水中糞便污染的指標之一。水中氮之污染源主要來自畜牧廢水及農業肥料,飲用水中硝酸鹽氮是主要之氮化合物,農地施用肥料污染地下水源,會使硝酸鹽氮之濃度提高。硝酸鹽氮最主要健康影響為嬰孩長期飲用硝酸鹽氮過高的飲水,可能會罹患變性血色蛋白血症,或稱藍嬰症,因硝酸鹽氮在嬰兒體內還原成亞硝酸鹽氮後與血液作用,減少血液輸氧量使膚色呈現藍色。

硬度是水中溶解性二價陽離子之總合,最主要為鈣離子與鎂離子。水中總硬度的存在亦受其他水質因素(如 pH 及總鹼度)之影響。硬度在飲水中之影響主要為味覺及口感,以及在硬水加熱過程中形成白色鍋垢或水垢,影響視覺感官而被認為水不乾淨,但其實那是硬度高的水煮沸後產生碳酸鈣或碳酸鎂沈澱的自然現象,硬度過高之飲水本身對健康是否有害,則缺乏臨床醫學上之直接證據。

砷是一種致癌物質,普遍存在於自然界中,水中砷主要源自於自然界富含砷的岩石,因此在天災後可能導致天然水體中(特別是地下水)砷濃度的增加。水中砷含量若超過 $10\text{ }\mu\text{g/L}$,長期飲用就可能導致砷中毒,也可能引發全身性的癌症,包括腎臟癌、皮膚癌、膀胱癌等。另外砷進入人體後,會廣佈在身體的各個器官系統,因此在身體各部位都可能造成病變,例如烏腳病、心臟病、高血壓等。

所有學校都應針對水中大腸桿菌進行監測。因為大腸桿菌在環境中存活能力較強,常被用為飲用水水質安全之指標微生物。故當水中未檢出大腸桿菌時,代表其他微生物存在之可能性較低,反之若在水體檢出大腸桿菌群,常表示水體中可能有其他致病菌存在。

除了污染物質的檢測外,尚有其他項目需要進行監測。pH 值為氫離子濃度之一種表示方式,飲用水水質標準 pH 值主要管制目的是避免供水系統管線之腐蝕,一般 pH 值對人體健康無直接影響,美國環保署則將 pH 值列為參考水質項目。若是學校使用加氯消毒的供水系統,則需進行水中餘氯的監測。水中若是不含餘氯,則無法有效抑制細菌的生長;若是水中餘氯過高,除導致口感問題外也可能影響師生對水質安全的顧慮。

上述所有污染物質皆可參考下列準則進行採樣及分析。

2.5.2 採樣點選擇

採樣點選擇視各校水源及用水設備設置現況予以通盤考量。採樣人員進行現場勘查後，依用水與使用者接觸機會多寡為依據，採集具有代表性的樣品以正確評估校園用水水質安全。原則上採樣位置以水源、水塔、洗手台出水、飲用水處理單元出水、廚房烹煮用水等位置為主。

2.5.3 採樣方法及運送

採樣方法應依照環保署環境檢驗所公告之飲用水水質採樣方法（NIEA W101.51A）進行，水樣保存與運送則依照水質檢測方法總則—保存篇（NIEA W102.50A）之內容進行。水樣在保存及運送時都應於 4 °C 下進行，並於 1 日內運送至實驗室冰存，以防水樣變質。若是學校將自行採樣及送樣，則應於平日即備妥相關採樣用具及適當容器，並收集適當運送公司及運送方式等相關資料，以供緊急應變使用。

2.5.4 水質項目及檢驗方法

一般學校水質檢測項目以細菌性指標之大腸桿菌群/大腸桿菌為主，並檢測酸鹼值、氨氮、硬度等化學性指標；使用地下水的學校則視需要加測硝酸鹽及砷之濃度，以進行校園用水安全之評估。不論學校委託公部門或是私人公司組織進行水質檢驗，各項分析檢驗均應依環保署環境檢驗所公告之標準方法進行。細菌檢測項目儘可能以滅菌袋採樣以預防污染，採樣、運送及分析過程中，並搭配空白分析及重複分析，以確保數據之準確性。檢測完成後，也應向檢測單位詢問及確認檢測結果是否符合法規規範及其代表意義，並做成記錄，以供學校操作人員參考。

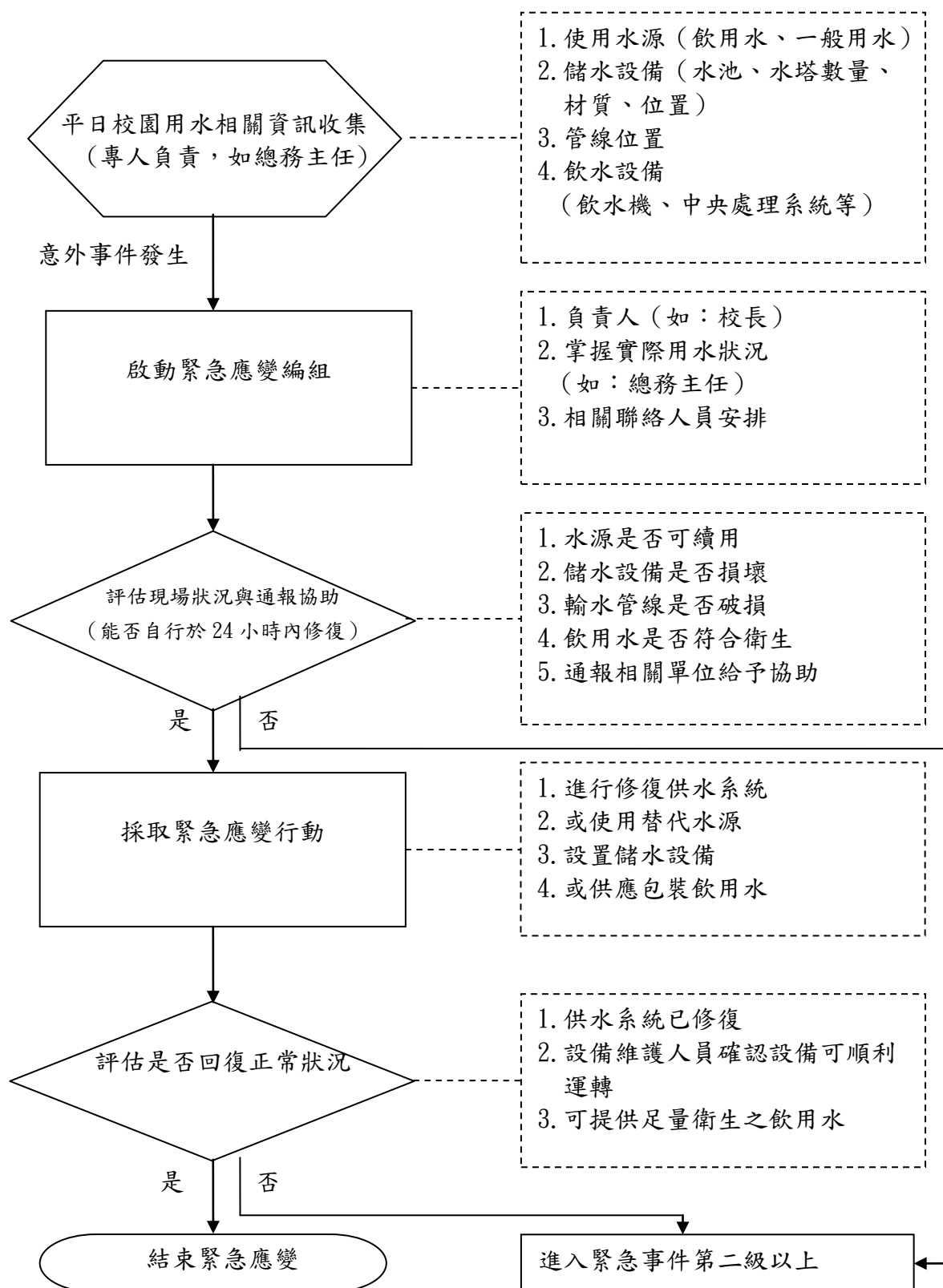


圖 6.1 緊急應變處理流程圖 (第一級)

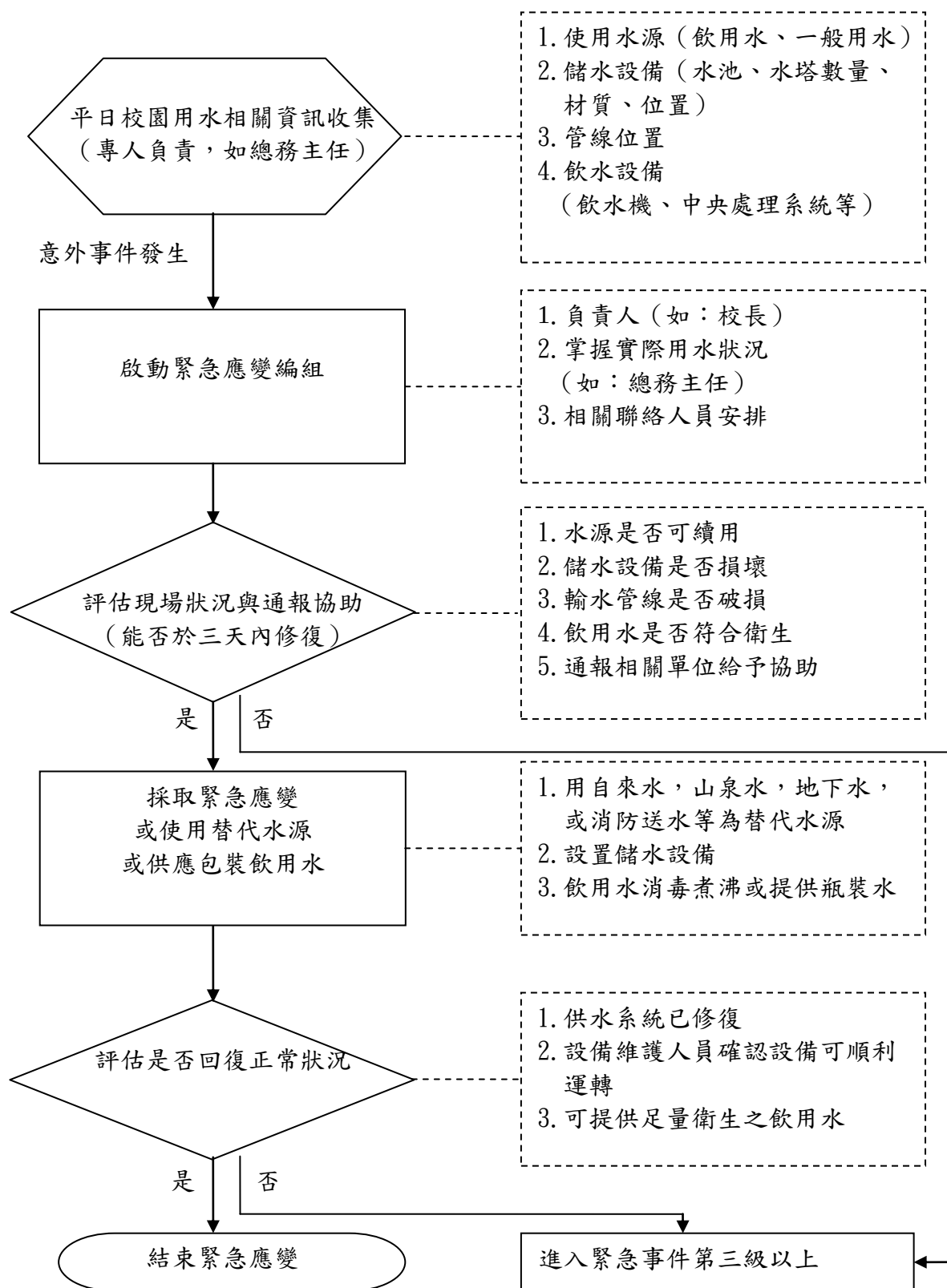


圖 6.2 緊急應變處理流程圖 (第二級)

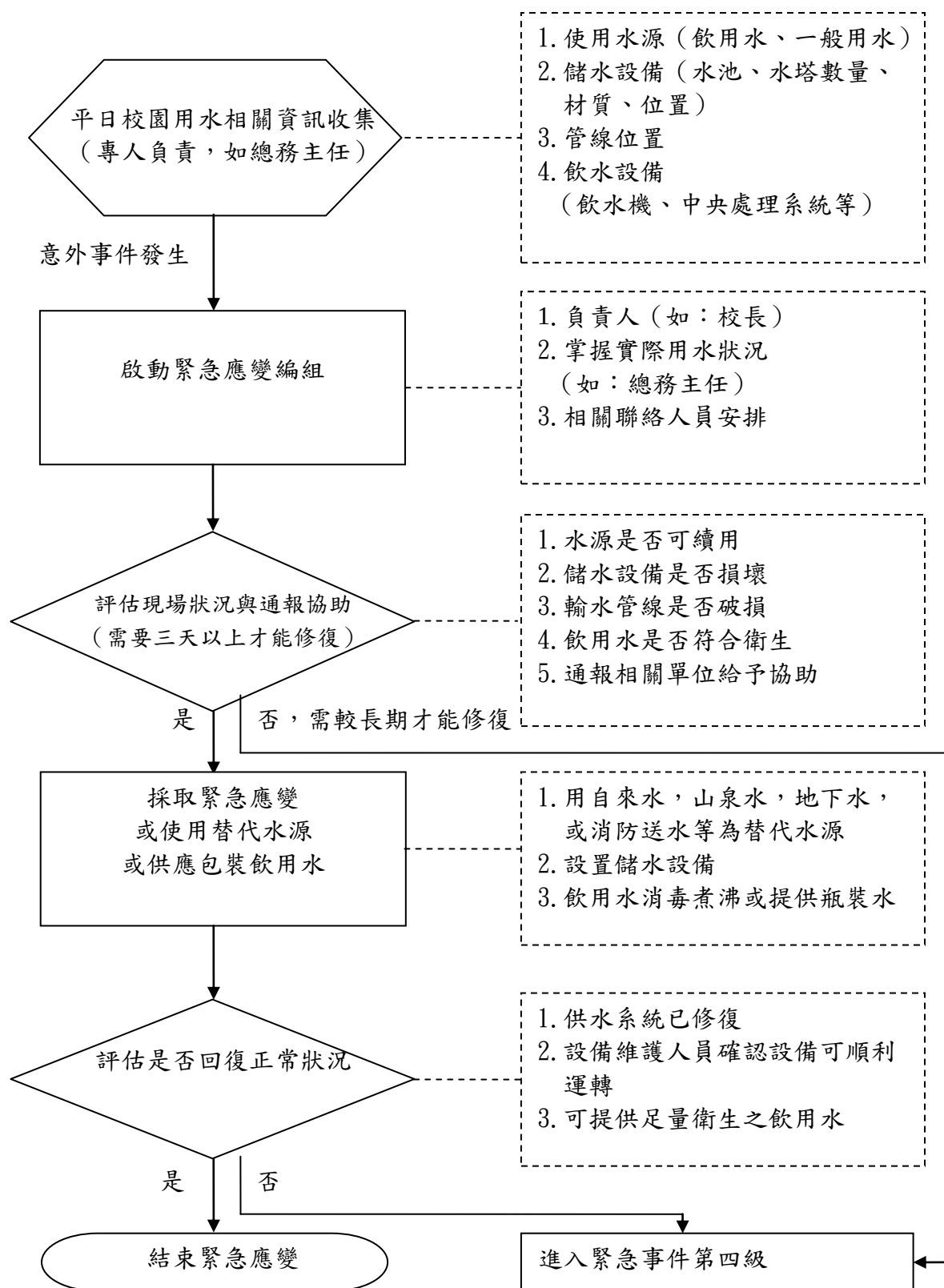


圖 6.3 緊急應變處理流程圖 (第三級)

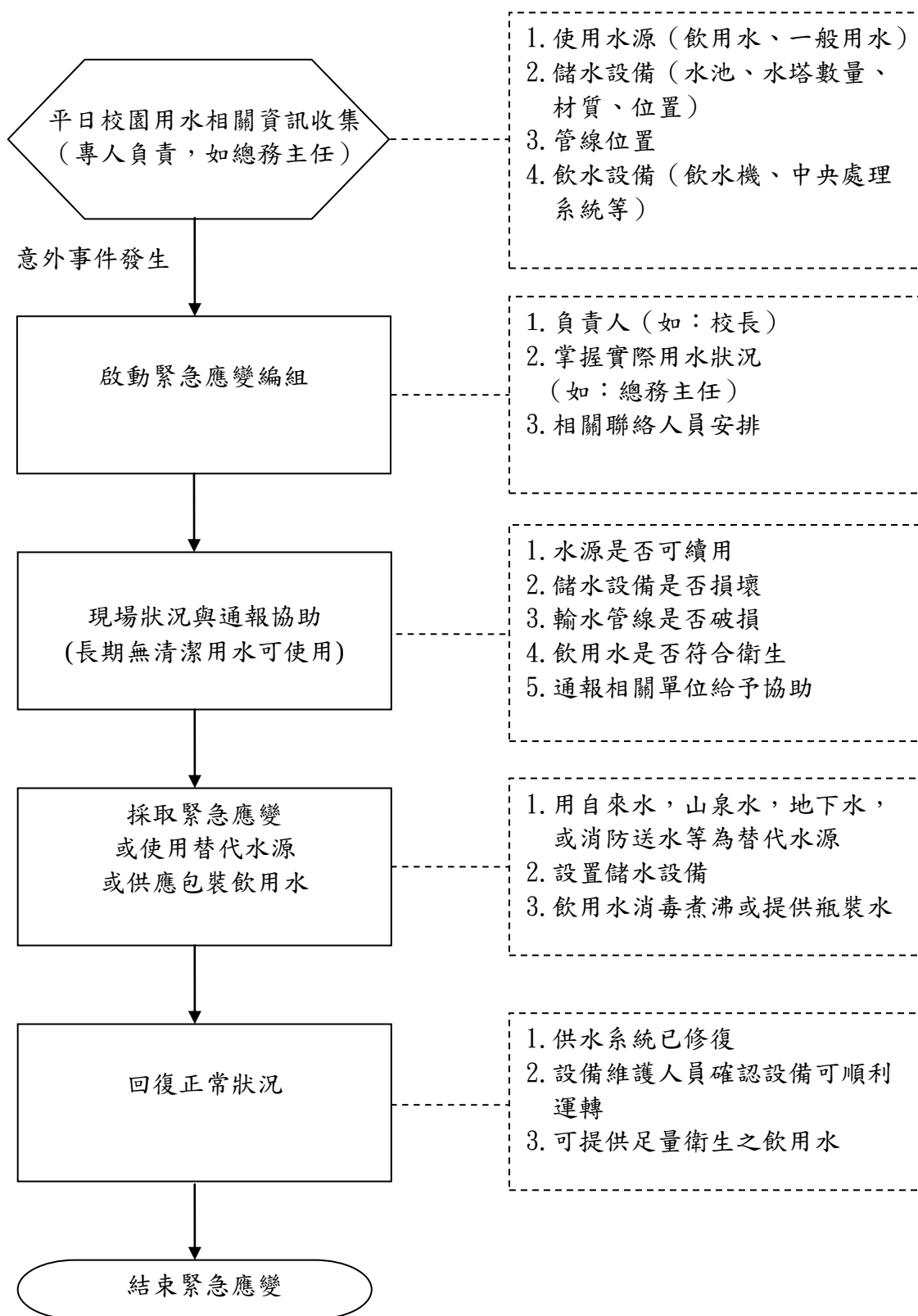


圖 6.4 緊急應變處理流程圖 (第四級)

參考文獻

1. 行政院環保署，安全飲用水手冊（第四版）。
2. 羅美棧等，建築物水塔水池對水質安全改進研究，內政部建築研究所籌備處研究計畫專題報告，1991。
3. 臺北自來水事業處，台北市各級學校用水設備及水質調查，1998。
4. 鄭政利，建築設備對飲用水水質之影響，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，1998。
5. 王根樹，間接用水水質評估及飲用水管理策略之規劃，行政院環保署計畫報告，2001。
6. 王根樹，自來水用戶設備管理體系之建立，中華民國自來水協會技術研究委員會計畫報告，2003。
7. 盧冠霖、江大雄、潘子明等：新竹縣關西鎮某國小桿菌性痢疾爆發事件。行政院衛生署疾管局疫情報導1998; 14: 147-157。
8. 邱瑞斌、魏秀芬、陳國東等：台中市某小學痢疾流行事件調查初報。行政院衛生署疾管局疫情報導1994; 10: 75-88。
9. 考尚德、趙黛瑜、陳國東等：桃園縣某國小桿菌性痢疾爆發流行危險因子探討。行政院衛生署疾管局疫情報導 1997; 13: 1-17。
10. 趙黛瑜、邵文逸、盧志對等：淡水某工專 A 型肝炎爆發流行之危險因子調查。行政院衛生署疾管局疫情報導 1997; 13: 97-115。
11. 張淑境、趙黛瑜、王鎮灝等，桃園縣某殘障教養院桿菌性痢疾爆發之流行病學調查。行政院衛生署疾管局疫情報導 1999; 15: 219-236。
12. 中華民國環境工程學會，96 年度校園用水管理資訊化系統，教育部環保小組計畫報告，2008。
13. 李建武等，生物化學實驗原理和方法，藝軒圖書出版社，1999。
14. 離子交換 原文：USEPA EPA 625/-81-007 June 1981 翻譯：侯萬善。
http://www.waterline.com.tw/p_topic14.php
15. 林嘉明，天然災害後環境清理與消毒體系之研究，行政院環保署計畫報告，1999。

16. 行政院環境保護署，「天然災害後環境清理與消毒應變手冊」草案。
17. USEPA, Drinking Water Treatability Database.
<http://iaspub.epa.gov/tdb/pages/treatment/treatmentOverview.do?treatmentProcessId=263654386>
18. New Hampshire Department of Environmental Services. Ion Exchange Treatment of Drinking Water. WD-WSEB-2-12, 2001. <http://des.nh.gov/>
19. WHO Water Sanitation and Health (WSH): Chemical Methods of Water Treatment. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/
20. U.S. Environmental Protection Agency, Ultraviolet Light Disinfection Technology in Drinking Water Application—An Overview. Office of Water: Washington, D.C. EPA/811-R-96-002, 1996.
21. U.S. Environmental Protection Agency, Wastewater Technology Fact Sheet Ultraviolet Disinfection. Office of Water: Washington, D.C. EPA/832-F-99-064, 1999.
22. AWWA, Integrating UV Disinfection Into Existing Water Treatment Plants, 2005.
23. AWWA, Manual of Design for Slow Sand Filtration, 1991.
24. USEPA, 2004, Emergency Response Plan Guidance for Small and Medium Community Water Systems to Comply with the Public Health Security and Bioterrorism Preparedness and Response Act of 2002, EPA 816-R-04-002, www.epa.gov/safewater/security.
25. USEPA, 2011, Response Protocol Tool Box Module 3, Site Characterization and Sampling Guide, EPA-817-D-03-003, http://www.epa.gov/safewater/security/pdfs/guide_response_module3.pdf.
26. USEPA, 2011, Response Protocol Tool Box Module 4, Analytical Guide, EPA-817-D-03-004, http://www.epa.gov/safewater/security/pdfs/guide_response_module4.pdf.
27. Washington State Department of Health, 2003, Emergency Response Planning Guide for Public Drinking Water Systems, DOH PUB #331-211.

附錄

附錄一 飲用水水源水質標準

附錄二 飲用水水質標準

附錄三 飲用水連續供水固定設備使用及維護管理辦法

附錄四 自來水用戶用水設備標準

附錄五 各縣市環保局及自來水事業單位聯絡電話

附錄六 各級學校每人每日用水量

附錄七 2011-2013 各縣市自來水配水系統直接供水點水質檢驗結果

附錄八 用水設備衛生檢查

附錄九 水池水塔清洗作業流程

附錄一 飲用水水源水質標準

中華民國八十六年八月三十日行政院台八十六環字第三三六八六號函核定
中華民國八十六年九月二十四日行政院環境保護署環署毒字第五六〇七五號令訂定發布全文十條

第一條 本標準依飲用水管理條例（以下簡稱本條例）第六條第二項規定訂定之。

第二條 本標準專有名詞定義如下：

- 一、原水：指未經淨化處理之水。
- 二、淨水處理設備：指為淨化處理原水使其適於飲用所設置具備加藥、混凝、沈澱、過濾、消毒功能或其他高級處理之設備。
- 三、原水前處理設備：指為減輕淨水處理設備處理負擔，於原水進入淨水處理設備前先行處理所設置之設備。

第三條 水源水質檢驗之採樣地點如下：

- 一、自來水水源：於供水單位取水後進入淨水場內之淨水處理設備前之足以代表該水源水質之適當地點採樣；取水後先經原水前處理設備處理後再進入淨水處理設備者，亦同；無原水前處理設備或淨水處理設備者，應於供水單位取水後足以代表該水源水質之適當地點採樣。
- 二、簡易自來水或社區自設公共給水水源：於管理單位取水後進入淨水處理設備前之足以代表該水源水質之適當地點採樣；取水後先經原水前處理設備處理後再進入淨水處理設備者，亦同；無原水前處理設備或淨水處理設備者，應於管理單位取水後足以代表該水源水質之適當地點採樣。
- 三、包裝水水源：於包裝水業者取水後未經以任何設備或方式輸送或裝載進入工廠生產前之足以代表該水源水質之適當地點採樣。
- 四、盛裝水水源：於盛裝水業者取水後未進入淨水處理設備或貯水設備前，或尚未以管線、載水車或其他容器、設備輸送、盛裝或裝載之前採樣。
- 五、供公眾飲用之連續供水固定設備水源：於水源進入該設備前之適當地點採樣，無適當地點採樣時，應於足以代表該水源水質之其他出水口處採樣。

前項採樣地點由供水單位、管理單位或包裝水、盛裝水業者報請當地主管機關核定。

第四條 因暴雨或其他天然災害，造成自來水、簡易自來水及社區自設公共給水水源水質惡化時，供水單位或管理單位應於事實發生後，立即採取應變措施，並於四十八小時內報請中央主管機關核准，於核准期間內得不適用本標準之規定。

第 五 條 地面水體或地下水體作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者，其水質應符合下列規定：

項 目	最 大 限 值	單 位
大腸桿菌群密度	二〇、〇〇〇（具備消毒單元者） 五〇（未具備消毒單元者）	MPN／一〇〇毫升或 CFU／一〇〇毫升
氨氮（以 NH ₃ -N 表示）	一	毫克／公升
化學需氧量（以 COD 表示）	二五	毫克／公升
總有機碳（以 TOC 表示）	四	毫克／公升
砷（以 As 表示）	〇・〇五	毫克／公升
鉛（以 Pb 表示）	〇・〇五	毫克／公升
鎘（以 Cd 表示）	〇・〇一	毫克／公升
鉻（以 Cr 表示）	〇・〇五	毫克／公升
汞（以 Hg 表示）	〇・〇〇二	毫克／公升
硒（以 Se 表示）	〇・〇五	毫克／公升

第 六 條 地面水體或地下水體作為社區自設公共給水、包裝水、盛裝水及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備之飲用水水源者，其單一水樣水質應符合下列規定：

項 目	最 大 限 值	單 位
大腸桿菌群密度	六（作為盛裝水水源及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備水源者） 五〇（作為社區自設公共給水、包裝水之水源者）	MPN／一〇〇毫升或 CFU／一〇〇毫升
濁度	四	NTU 單位
色度	十五	鉑鈷單位
臭度	三	初嗅數
鉛（以 Pb 表示）	〇・〇五	毫克／公升
鉻（以 Cr 表示）	〇・〇五	毫克／公升
鎘（以 Cd 表示）	〇・〇〇五	毫克／公升
鋇（以 Ba 表示）	二・〇	毫克／公升
銻（以 Sb 表示）	〇・〇一	毫克／公升
鎳（以 Ni 表示）	〇・一	毫克／公升
銀（以 Ag 表示）	〇・〇五	毫克／公升
鐵（以 Fe 表示）	〇・三	毫克／公升
錳（以 Mn 表示）	〇・〇五	毫克／公升
銅（以 Cu 表示）	一・〇	毫克／公升
鋅（以 Zn 表示）	五・〇	毫克／公升
硒（以 Se 表示）	〇・〇一	毫克／公升
砷（以 As 表示）	〇・〇五	毫克／公升
汞（以 Hg 表示）	〇・〇〇二	毫克／公升
氰鹽（以 CN ⁻ 表示）	〇・〇五	毫克／公升
氟鹽（以 F ⁻ 表示）	〇・八	毫克／公升
硝酸鹽氮（以 NO ₃ ⁻ -N 表示）	一〇・〇	毫克／公升
亞硝酸鹽氮（以 NO ₂ ⁻ -N 表示）	〇・一	毫克／公升
氨氮（以 NH ₃ -N 表示）	〇・一	毫克／公升
氯鹽（以 Cl ⁻ 表示）	二五〇	毫克／公升
硫酸鹽（以 SO ₄ ²⁻ 表示）	二五〇	毫克／公升
酚類（以酚表示）	〇・〇〇一	毫克／公升
總溶解固體量	五〇〇	毫克／公升
陰離子界面活性劑（以 MBAS 表示）	〇・五	毫克／公升
總三鹵甲烷	〇・一	毫克／公升

三氯乙烯	0.005	毫克／公升
四氯化碳	0.005	毫克／公升
1,1,1-三氯乙烷	0.2	毫克／公升
1,2-二氯乙烷	0.005	毫克／公升
氯乙烯	0.002	毫克／公升
苯	0.005	毫克／公升
對-二氯苯	0.075	毫克／公升
1,1-二氯乙烯	0.007	毫克／公升
安殺番	0.003	毫克／公升
靈丹	0.004	毫克／公升
丁基拉草	0.02	毫克／公升
2,4-地	0.1	毫克／公升
巴拉刈	0.01	毫克／公升
納乃得	0.01	毫克／公升
加保扶	0.02	毫克／公升
滅必蟲	0.02	毫克／公升
達馬松	0.02	毫克／公升
大利松	0.02	毫克／公升
巴拉松	0.02	毫克／公升
一品松	0.005	毫克／公升
亞素靈	0.01	毫克／公升

第七條 地面水體或地下水體作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者，經檢驗其水質任一項目超過第五條最大限值時，主管機關應針對該項目每十五日至二十五日檢驗一次，並持續檢驗五次。

依前項檢驗之六次算術平均值超過第五條所定最大限值時，即認定該水源水質不符合本標準之規定。

第八條 本標準各水質項目之檢驗方法，由中央主管機關訂定公告之。

第九條 主管機關辦理水源水質之檢驗，得委託合格之檢驗測定機構協助辦理。

第十條 本標準自中華民國八十七年五月二十一日施行。

附錄二 飲用水水質標準

中華民國八十七年二月四日行政院環境保護署（87）環署毒字第0044

二八號令訂定發布全文九條

中華民國九十二年五月七日行政院環境保護署環署毒字第0920028

八九六號令修正發布第三條條文

中華民國九十四年五月三十日行政院環境保護署環署毒字第0940039894號

令修正發布第三條、第四條、第五條、第六條條文

中華民國97年1月2日行政院環境保護署環署毒字第0960100652號令修正發布第三條

中華民國98年11月26日行政院環境保護署環署毒字第0980106331E號令號令修正發布第三條

中華民國103年1月9日行政院環境保護署環署毒字第1030001229號令修正發布第三條

第一條 本標準依飲用水管理條例（以下簡稱本條例）第十一條第二項規定訂定之。

第二條 本標準適用於本條例第四條所定飲用水設備供應之飲用水及其他經中央主管機關指定之飲用水。

第三條 本標準規定如下：

一、細菌性標準：（總菌落數採樣地點限於有消毒系統之水廠配水管網）

項 目	最 大 限 值	單 位
1. 大腸桿菌群 (Coliform Group)	六(多管發酵醇法)	MPN／一〇〇毫升
	六(濾膜法)	CFU／一〇〇毫升
2. 總菌落數 (Total Bacterial Count)	一〇〇	CFU／毫升

二、物理性標準：

項 目	最 大 限 值	單 位
1. 臭度 (Odour)	三	初嗅數
2. 濁度 (Turbidity)	二	NTU
3. 色度 (Colour)	五	鉑鈷單位

三、化學性標準：

（一）影響健康物質：

項 目	最 大 限 值	單 位
1. 砷 (Arsenic)	〇・〇一	毫克／公升
2. 鉛 (Lead)	〇・〇一	毫克／公升

3. 硒 (Selenium)		0.01	毫克／公升
4. 鉻(總鉻) (Total Chromium)		0.05	毫克／公升
5. 鎘 (Cadmium)		0.005	毫克／公升
6. 鋇 (Barium)		2.0	毫克／公升
7. 銻 (Antimony)		0.01	毫克／公升
8. 鎳 (Nickel)		0.1	毫克／公升
9. 汞 (Mercury)		0.002	毫克／公升
10. 氰鹽(以CN ⁻ 計) (Cyanide)		0.05	毫克／公升
11. 亞硝酸鹽氮(以氮計) (Nitrite-Nitrogen)		0.1	毫克／公升
消毒副產物	12. 總三鹵甲烷 (Total Trihalomethanes)	0.08	毫克／公升
	13. 鹵乙酸類 (Haloacetic acids) (本管制項目濃度係以檢測一氯乙酸 (Monochloroacetic acid, MCAA)、二氯乙酸 (Dichloroacetic acid, DCAA)、三氯乙酸 (Trichloroacetic acid, TCAA)、一溴乙酸 (Monobromoacetic acid, MBAA)、二溴乙酸(Dibromoacetic acid, DBAA)等共5項化合物(HAA ₅)所得濃度之總和計算之。)	0.08 自中華民國一百零三年七月一日施行。 0.06 自中華民國一百零四年七月一日施行。	毫克／公升
	14. 溴酸鹽 (Bromate)	0.01。 颱風天災期間致水源濁度超過 500NTU 時，為因應供水需求及我國特殊氣候水文環境，溴酸鹽標準在該期間不適用。	毫克／公升
	15. 亞氯酸鹽 (Chlorite) (僅限添加氣態二氧化氯消毒之供水系統)	1.0	毫克／公升

揮發性有機物	16.三氯乙烯 (Trichloroethene)	〇・〇〇五	毫克／公升
	17.四氯化碳 (Carbon tetrachloride)	〇・〇〇五	毫克／公升
	18.1,1,1-三氯乙烷 (1,1,1-Trichloro-ethane)	〇・二〇	毫克／公升
	19.1,2-二氯乙烷 (1,2-Dichloroethane)	〇・〇〇五	毫克／公升
	20.氯乙烯 (Vinyl chloride)	〇・〇〇二	毫克／公升
	21.苯 (Benzene)	〇・〇〇五	毫克／公升
	22.對-二氯苯 (1,4-Dichlorobenzene)	〇・〇七五	毫克／公升
	23.1,1-二氯乙烯 (1,1-Dichloroethene)	〇・〇〇七	毫克／公升
	24.二氯甲烷 (Dichloromethane)	〇・〇二 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
	25.鄰-二氯苯 (1,2-Dichlorobenzene)	〇・六 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
	26.甲苯 (Toluene)	一 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
揮發性有機物	27.二甲苯 (Xylenes) (本管制項目濃度係以檢測鄰-二甲苯(1,2-Xylene)、間-二甲苯(1,3-Xylene)、對-二甲苯(1,4-Xylene)等共3項同分異構物所得濃度之總和計算之。)	一〇 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
揮發性有機物	28.順-1,2-二氯乙烯 (cis-1,2-Dichloroethene)	〇・〇七 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升

揮發性有機物	29.反-1,2-二氯乙烯 (trans-1,2-Dichloroethene)	○・一 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升
揮發性有機物	30.四氯乙烯 (Tetrachloroethene)	○・○○五 自中華民國一百零三年七月一日施行。	毫克／公升

農藥	31.安殺番 (Endosulfan)	○・○○三	毫克／公升
	32.靈丹 (Lindane)	○・○○○二	毫克／公升
	33.丁基拉草 (Butachlor)	○・○二	毫克／公升
	34. 2,4-地 (Dichlorophenoxyacetic acid)	○・○七	毫克／公升
	35.巴拉刈 (Paraquat)	○・○一	毫克／公升
	36.納乃得 (Methomyl)	○・○一	毫克／公升
	37.加保扶 (Carbofuran)	○・○二	毫克／公升
	38.滅必蟲 (Isoprocarb)	○・○二	毫克／公升
	39.達馬松 (Methamidophos)	○・○二	毫克／公升
	40.大利松 (Diazinon)	○・○○五	毫克／公升
	41.巴拉松 (Parathion)	○・○二	毫克／公升
	42.一品松 (EPN)	○・○○五	毫克／公升
	43.亞素靈 (Monocrotophos)	○・○○三	毫克／公升

持久性有機機物	44.戴奧辛(Dioxin) 本管制項目濃度係以檢測2,3,7,8-四氯戴奧辛(2,3,7,8-Tetrachlorinated dibenzo-p-dioxin -2,3,7,8-TeCDD)，2,3,7,8-四氯呋喃(2,3,7,8-Tetra chlorinated dibenzofuran,2,3,7,8-TeCDF)及2,3,7,8-氯化之五氯(Penta-)，六氯(Hexa-)，七氯(Hepta-)與八氯(Octa-)戴奧辛及呋喃等共十七項化合物所得濃度，乘以世界衛生組織所訂戴奧辛毒性當量因子(WHO-TEFs)之總和計算之，並以總毒性當量(TEQ)表示。(淨水場周邊五公里範圍內有大型污染源者，應每年檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為兩年一次。)	三 自中華民國一百零三年七月一日施行。	皮克-世界衛生組織-總毒性當量/公升 (pg-WHO-TEQ/L)
---------	--	-----------------------------------	---

(二)可能影響健康物質：

項 目	最 大 限 值	單 位
1.氟鹽(以F計) (Fluoride)	〇・八	毫克/公升
2.硝酸鹽氮(以氮計) (Nitrate-Nitrogen)	一〇・〇	毫克/公升
3.銀 (Silver)	〇・〇五	毫克/公升
4.鉬 (Molybdenum) (淨水場取水口上游周邊五公里範圍內有半導體製造業、光電材料及元件製造業等污染源者，應每季檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為每年檢驗一次。)	〇・〇七	毫克/公升
5.銦(Indium) (淨水場取水口上游周邊五公里範圍內有半導體製造業、光電材料及元件製造業等污染源者，應每季檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為每年檢驗一次。)	〇・〇七	毫克/公升

(三)影響適飲性、感觀物質：

項 目	最 大 限 值	單 位
1.鐵 (Iron)	〇・三	毫克/公升

2. 錳 (Manganese)	〇・〇五	毫克／公升
3. 銅 (Copper)	一・〇	毫克／公升
4. 鋅 (Zinc)	五・〇	毫克／公升
5. 硫酸鹽(以 SO_4^{2-} 計) (Sulfate)	二五〇	毫克／公升
6. 酚類(以酚計) (Phenols)	〇・〇〇一	毫克／公升
7. 陰離子界面活性劑 (MBAS)	〇・五	毫克／公升
8. 氯鹽(以 Cl^- 計) (Chloride)	二五〇	毫克／公升
9. 氨氮(以氮計) (Ammonia-Nitrogen)	〇・一	毫克／公升
10. 總硬度(以 CaCO_3 計) (Total Hardness as CaCO_3)	三〇〇	毫克／公升
11. 總溶解固體量 (Total Dissolved Solids)	五〇〇	毫克／公升
12. 鋁 (Aluminium) (本管制項目濃度係以檢測總鋁形式之濃度)	〇・四 自中華民國一百零三年七月一日施行。 〇・三 自中華民國一百零四年七月一日施行。 〇・二 自中華民國一百零八年七月一日施行。 陸上颱風警報期間水源濁度超過500NTU時，及警報解除後三日內水源濁度超過1000NTU時，鋁標準不適用。	毫克／公升

(四)有效餘氯限值範圍(僅限加氯消毒之供水系統)：

項 目	限 值 範 圍	單 位
自由有效餘氯 (Free Residual Chlorine)	〇・二 ～ 一・〇	毫克／公升

(五)氫離子濃度指數

(公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備處理後之水，不在此限)

項 目	限 值 範 圍	單 位
氫離子濃度指數 (pH值)	六・〇 ～ 八・五	無單位

第 四 條 自來水、簡易自來水、社區自設公共給水因暴雨或其他天然災害致飲用水水源濁度超過二〇〇NTU時，其飲用水水質濁度得適用下列水質標準：

項 目	最 大 限 值	單 位
濁度(Turbidity)	四(水源濁度在五〇〇NTU以下時)	NTU
	十(水源濁度超過五〇〇NTU，而在一五〇〇NTU以下時)	
	三十(水源濁度超過一五〇〇NTU時)	

前項飲用水水源濁度檢測數據，由自來水事業、簡易自來水管理單位或社區自設公共給水管理單位提供。

第一項處理後之飲用水，其濁度採樣地點應於淨水場或淨水設施處理後，進入配水管線前採樣。

第 五 條 自來水、簡易自來水、社區自設公共給水因暴雨或其他天然災害致飲用水水源濁度超過五〇〇NTU時，其飲用水水質自由有效餘氯（僅限加氯消毒之供水系統）得適用下列水質標準：

項 目	限 值 範 圍	單 位
自由有效餘氯 (Free Residual Chlorine)	〇・二 ～ 二・〇	毫克／公升

第 六 條（刪除）

第 七 條 本標準所定各水質項目之檢驗方法，由中央主管機關訂定公告之。

第 八 條 主管機關辦理本標準水質之檢驗，得委託合格之檢驗測定機構協助辦理。

第 九 條 本標準規定事項，除另定施行日期者外，自發布日施行。

附錄三、飲用水連續供水固定設備使用及維護管理辦法

行政院環境保護署 86 年 12 月 31 日(86)環署毒字第 74096 號令發布
行政院環境保護署 87 年 7 月 29 日(87)環署毒字第 48632 號令修正發布
行政院環境保護署 94 年 11 月 30 日環署毒字第 0940095916 號令修正發布
行政院環境保護署 95 年 7 月 7 日環署毒字第 0950052903 號令修正發布

第一條 本辦法依飲用水管理條例(以下簡稱本條例) 第八條、第九條及第十二條第一項規定訂定之。

第二條 本辦法適用範圍為公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備(以下簡稱飲用水設備)。

第三條 依本條例第八條規定經中央主管機關公告之公私場所，設有飲用水設備者，應檢具下列文件，向所在地主管機關申請飲用水設備登記，取得登記使用證明(如附圖一)，並將該證明張貼於飲用水設備明顯處後，始得使用。

- 一、飲用水設備登記申請表(如附表一)。
- 二、飲用水設備非接用自來水者，應提出其水源水質符合飲用水水源水質標準之證明文件；不同飲用水設備使用同一水源者，得提出相同之水源水質證明文件。
- 三、每一飲用水設備應提出處理後水質依第七條第一項規定之檢驗項目檢驗並符合飲用水水質標準之證明文件。
- 四、飲用水設備圖說。
- 五、含管線配置之設置地點簡圖。
- 六、飲用水設備維護管理說明書。
- 七、其他主管機關規定之文件。

前項飲用水設備應以每一台飲水機或飲水檯為單位，分別取得登記使用證明。

依第一項規定取得登記使用證明之飲用水設備，其設置地點變更時，應於事實發生後三十日內，檢具含管線配置之設置地點簡圖，向原核發機關申請變更登記。其水源或設備機型變更時，應依第一項規定重新取得登記使用證明。

第四條 依前條第一項第六款所稱飲用水設備維護管理說明書，應記載下列事項：

- 一、飲用水設備管理單位及其負責人。
- 二、飲用水設備維護單位或其維護人員。
- 三、飲用水設備之濾材或濾心定期清洗、更換及管線消毒等維護說明。
- 四、飲用水設備水質處理或消毒所使用藥劑之種類、用量及名稱。
- 五、水質檢驗項目及頻率。
- 六、其他主管機關規定之事項。

第五條 主管機關依第三條規定核發飲用水設備登記使用證明之有效期限為三年，管理單位於有效期限屆滿前撤除取得登記使用證明之飲用水設備，

應即向所在地主管機關申請註銷其登記使用證明。

飲用水設備管理單位於有效期限屆滿後仍繼續設置及使用該飲用水設備，得於有效期限屆滿日前三個月至五個月期間內向所在地主管機關申請展延，每次展延之有效期限不得超過前項規定。

前項飲用水設備管理單位應檢具下列文件，向所在地主管機關申請展延有效期限：

- 一、飲用水設備登記展延申請表(如附表一)。
- 二、飲用水設備非接用自來水者，應提出其水源水質符合飲用水水源水質標準之證明文件；不同飲用水設備使用同一水源者，得提出相同之水源水質證明文件。
- 三、其他主管機關規定之文件。

第六條 公私場所應依其設備之種類及型式，執行定期維護工作，其屬本條例第八條經中央主管機關公告之公私場所設置飲用水設備者，應依申請登記時檢具之飲用水設備維護管理說明書執行定期維護工作。

飲用水設備管理單位應自行或委託專業機構辦理維護，每月至少一次，並將每次維護內容詳細記載於飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表（如附表二）；其紀錄應保存二年，以備主管機關查核。

第七條 依本條例第十二條規定辦理飲用水設備水質狀況之檢測時，其檢測項目及頻率規定如下：

- 一、接用自來水者：經飲用水設備處理後水質，應每隔三個月檢測大腸桿菌群。
- 二、非接用自來水者：經飲用水設備處理後水質，應每隔三個月檢測大腸桿菌群；其水源應每隔三個月檢測硝酸鹽氮及砷。其中水源之硝酸鹽氮及砷，連續一年檢測結果均符合飲用水水源水質標準時，自次年起改為每隔六個月檢測一次。

飲用水設備處理後之水質於飲水機或飲水檯等供人飲用之裝置，其出水溫度維持於攝氏九十度以上者，得免依前項辦理每隔三個月大腸桿菌群之檢測。

飲用水設備水源及處理後水質之檢測項目，除第一項所指定之檢測項目外，其他仍應符合飲用水水源水質標準及飲用水水質標準。

第一項水質檢測紀錄應保存二年，以備主管機關查核。

第八條 飲用水設備應依前條第一項規定檢驗水質狀況，其應執行抽驗台數之比例為八分之一。

前項應執行抽驗台數的計算，未達一台者以一台計，抽驗應採輪流並迴避前已完成檢驗設備之方式辦理，必要時，所在地主管機關得視實際水質與維護狀況提高應執行之抽驗比例或指定應執行抽驗之飲水機或飲水檯。

第九條 飲用水設備處理後之水質，經檢驗不符合飲用水水質標準者，該飲用水設備管理單位應即依序採取下列措施：

- 一、關閉進水水源，停止飲用。
- 二、於飲用水設備明顯處懸掛告示警語(如附圖二)。
- 三、進行設備維修工作。

前項設備維修工作完成後，應再進行水質複驗，其已符合飲用水水質標準者，始得再供飲用。

第十條 飲用水設備管理單位應將每一飲用水設備水質檢驗及設備維護紀錄表置於該設備明顯處，並備主管機關查核。

第十一條 本辦法自發布日施行。

附錄四 自來水用戶用水設備標準

中華民國92年08月13日經濟部經水字第09204610150號令發布訂定

中華民國96年2月13日經濟部經水字第09604600870號令發布修正第9、19、30條及第4條附表一

第一章 總則

第一條 本標準依自來水法第五十條第二項規定訂定之。

第二條 本標準所稱之用戶管線，包括下列各款：

- 一、進水管：由配水管至水量計間之管線。
- 二、受水管：由水量計至建築物內之管線。
- 三、分水支管：由受水管分出之給水管及支管。
- 四、與衛生設備之連接水管。

第二章 設計

第三條 用戶管線之設計，應依據所裝設之各種設備種類、數量及用途，計算其最大用水量；其口徑大小須足以在配水管之設計最低水壓時，仍能充分供應需要之用水量為準。

第四條 衛生設備用水量設計基準如附表一，其同時使用之百分比設計基準如附表二。

第五條 進水管及受水管之口徑，應足以輸送該建築物尖峰時所需之水量，並不得小於十九公厘。

第六條 蓄水池與水塔應為水密性構造物，且應設置適當之人孔、通氣管及溢排水設備；池（塔）底並應設坡度為五十分之一以上之洩水坡。

蓄水池容量應為設計用水量十分之二以上；其與水塔容量合計應為設計用水量十分之四以上至二日用水量以下。

蓄水池之牆壁及平頂應與其他結構物分開，並應保持四十五公分以上之距離；池底需與接觸地層之基礎分離，並設置長、寬各三十公分以上，深度五公分以上之集水坑。

進水口低於地面之蓄水池，其受水管口徑五十公厘以上者，應設置地上式接水槽或持壓閥。

第七條 用戶裝置之蓄水池、水塔及其他各種設備之最高水位，應與受水管保留五公分以上間隙，避免回吸所致之污染。

第八條 採用沖水閥之便器應具有有效之消除真空設備。

第九條 衛生設備連接水管之口徑不得小於下列規定：

- 一、洗面盆：十公厘。
- 二、浴缸：十三公厘。
- 三、蓮蓬頭：十三公厘。
- 四、小便器：十三公厘。
- 五、水洗馬桶（水箱式）：十公厘。
- 六、水洗馬桶（沖水閥式）：二十五公厘。
- 七、飲水器：十公厘。
- 八、水栓：十三公厘。

前項各款以外之裝置，其口徑按用水量決定之。

第十條 水量計之口徑應視用水量及水壓決定，但不得小於十三公厘；其受水方所裝設之水閥，口徑應與受水管口徑相同。

第十一條 二層樓以上或供兩戶以上使用之建築物，用戶管線應分層分戶各自裝設水閥。

第十二條 連接熱水器、洗衣機或洗碗機之水管，應裝設水閥；必要時，並應裝設逆止閥。

第十三條 水栓及衛生設備供水水壓不得低於每平方公分 $\circ$ ·三公斤；其因特殊裝置需要高壓或採用直接沖洗閥者，水壓不得低於每平方公分一公斤。

水壓未達前項規定者，應備自動控制之壓力水箱、蓄水池或加壓設施。

第十四條 用戶裝設之抽水機，不得由受水管直接抽水。

第十五條 蓄水池、消防蓄水池或游泳池等之供水，應採跌水式；其進水管之出口，應高出溢水面一管徑以上，且不得小於五十公厘。

第十六條 裝有盛水器之衛生設備，其溢水面與自來水出口之間隙，應依前條之規定辦理。

無法維持前項間隙時，應於手動控制閥之前端，裝置逆止閥。

第十七條 裝接軟管用之水栓或衛生設備，應裝設逆止閥，並高出最高用水點十五公分以上；未裝設逆止閥之水栓或衛生設備，不得裝接軟管。

第十八條 自來水與非自來水系統應完全分開。

第三章 器材

第十九條 用戶管線與其管件及衛生設備，其有國際標準或國家標準者，應從

其規定；其中衛生設備最大使用水量，如附表三。

第二十條 曾用於非自來水之舊管，不得使用為自來水管。

第四章 施工

第二十一條 埋設於地下之用戶管線，與排水或污水管溝渠之水平距離不得小於三十公分，並須以未經掘動或壓實之泥土隔離之；其與排水溝或污水管相交者，應在排水溝或污水管之頂上或溝底通過。

第二十二條 用戶管線及排水或污水管需埋設於同一管溝時，應符合下列規定：

一、用戶管線之底，全段須高出排水或污水管最高點三十公分以上。

二、用戶管線及排水或污水管所使用接頭，均為水密性之構造，其接頭應減至最少數。

第二十三條 用戶管線埋設深度應考量其安全；必要時，應加保護設施。

第二十四條 用戶管線橫向或豎向暴露部分，應在接頭處或適當間隔處，以鐵件加以吊掛固定，並容許其伸縮。

第二十五條 用水設備之安裝，不得損及建築物之安全；裝設於六樓以上建築物結構體內之水管，應設置專用管道。

第二十六條 用水設備不得與電線、電纜、煤氣管及油管相接觸，並不得置於可能使其被污染之物質或液體中。

第二十七條 水量計應裝置於不受污染損壞且易於抄讀之地點；其裝置於地面下者，應設水表箱，並須排水良好。

第二十八條 配水管裝設接合管間隔應在三十公分以上，且其管徑不得大於配水管徑二分之一。

第二十九條 採用丁字管裝接進水管時，其進水管之管徑，不得大於配水管。

第五章 檢驗

第三十條 用水設備之新建或因擴建、改裝導致原用水量需求改變時，設計者應於施工前將設計書送請當地自來水事業核准。

第三十一條 用戶管線裝妥，在未澆置混凝土之前，自來水管承裝商應施行壓力試驗；其試驗水壓為每平方公分十公斤，試驗時間必須六十分鐘以上不漏水為合格。

第六章 附則

第三十二條 本標準自發布日施行

附表一 衛生設備用水量設計基準

衛生設備種類	平均每分鐘用水量(公升)
洗面盆及廚房水槽(含水栓)	八至十五
浴缸(含水栓)	二十五至六十
蓮蓬頭	八至十四
小便器	二十至三十
水洗馬桶(水箱式)	四・八至九・六
水洗馬桶(沖水閥式)	八十至一百二十
飲水器	十二至四十

附表二 衛生設備同時使用之百分比設計基準

衛生設備種類 衛生設備數量	一般水洗馬桶 (直接沖水閥式)	其他衛生設備
1	100	100
2	50	100
3	50	80
4	50	75
5	45	70
8	40	55
10	35	53
12	30	48
16	27	45
24	23	42
32	19	40
40	17	39
50	15	38
70	12	35
100	10	33

附表三 衛生設備最大使用水量標準

衛生設備種類	最大使用水量
水龍頭(不包括浴缸水龍頭)	每分鐘流量不超過九公升。
小便器	每次沖水量不超過三公升。
一段式水洗馬桶	每次沖水不超過六公升。
兩段式水洗馬桶	每次沖水量大號不超過六公升，小號不超過三公升。
蓮蓬頭	每分鐘流量不超過十公升，但最低不得少於五公升。

附錄五 各縣市環保局及自來水事業單位聯絡電話

環保單位	聯絡電話
行政院環保署	(02)23117722
臺北市環保局	(02)27208889
高雄市環保局	(07)7351500
基隆市環保局	(02)24651115
新竹市環保局	(03)5368920
臺中市環保局	(04)22276011
嘉義市環保局	(05)2251775
臺南市環保局	(06)2686751
新北市環保局	(02)29532111
桃園縣環保局	(03)3386021
新竹縣環保局	(03)5519345
苗栗縣環保局	(037)277007
南投縣環保局	(049)2237530
彰化縣環保局	(04)7115655
雲林縣環保局	(05)5340414
嘉義縣環保局	(05)3620800
屏東縣環保局	(08)7351928
宜蘭縣環保局	(03)9907755
花蓮縣環保局	(03)8237575
臺東縣環保局	(089)221999
澎湖縣環保局	(06)9221790
金門縣環保局	(082)336823
連江縣環保局	(0836)26517

自來水事業單位	聯絡電話
臺北自來水事業處	TEL:(02)87335678
臺北自來水事業處 東區分處	TEL:(02)87703389
臺北自來水事業處 西區分處	TEL:(02)33431678
臺北自來水事業處 南區分處	TEL:(02)83695123
臺北自來水事業處 北區分處	TEL:(02)21004123
臺北自來水事業處 陽明分處	TEL:(02)28882123
臺灣自來水公司 總管理處	TEL:(04)22244191
臺灣自來水公司 第一區管理處	TEL:(02)24228185~9
臺灣自來水公司 第二區管理處	TEL:(03)4643131~10
臺灣自來水公司 第三區管理處	TEL:(03)5712141
臺灣自來水公司 第四區管理處	TEL:(04)22218341
臺灣自來水公司 第五區管理處	TEL:(05)2252670
臺灣自來水公司 第六區管理處	TEL:(06)2138101
臺灣自來水公司 第七區管理處	TEL:(07)7311111~9
臺灣自來水公司 第八區管理處	TEL:(03)9229847
臺灣自來水公司 第九區管理處	TEL:(03)8351141~7
臺灣自來水公司 第十區管理處	TEL:(089)326121~3
臺灣自來水公司 第十一區管理處	TEL:(04)7245031~6
臺灣自來水公司 第十二區管理處	TEL:(02)29968961~5
金門縣自來水場	TEL:(082)327021~3
連江縣自來水場	TEL:(0836)22708

附錄六 各級學校每人每日用水量

各校選購淨水設備前，需根據校園水質、使用人數（師生數）、設置預算並搭配校園用水量以推算未來的年維護經費，綜合考慮上述各影響因素找出最合適的淨水設備。

校園用水量可參考中華民國環工學會「96 年度校園用水管理資訊化系統」研究報告（林正芳，2008），因各校師生數及校地面積等條件差異甚大，故以每人每日用水量（單位：公升）作為客觀的比較標準，計算 2003～2006 年期間各級學校（國小、國中、高中職、大專院校）扣除寒暑假月份之總用水量，除以實際用水人數及日數，求得每人每日用水當量，其計算方式如下。各級學校用水量變動範圍及平均值整理如下表。

$$\text{每人每日用水量} = \frac{\text{總用水量（公升）}}{\text{用水總人數} \times \text{用水總日數}}$$

各級學校每人每日用水量（公升）

	各級學校	3～6 月 平均值	9～12 月平 均值	2003～2006 年 用水量變動範圍
自來水組	國小	28.7	28.4	27.3～29.5 公升
	國中	30.9	31.7	28.9～33.4 公升
	高中職	32.9	34.6	30.1～35 公升
	大專院校	65.9	63.0	55.6～71.0 公升
自來水混用 地下水組	國小	17.3	17.4	17～19.1 公升
	國中	18.5	17.9	19.3～21.9 公升
	高中職	21.1	20.3	16～18.4 公升
	大專院校	37.8	35.7	29.7～43.2 公升

附錄七 2011~2013 各縣市環保局自來水配水系統直接供水點水質抽驗結果

項目 縣市	大腸桿菌群 合格率(%)	總菌落數 (CFU/mL)	濁度 (NTU)	硝酸鹽氮 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	總硬度 (mg/L)	自由有效餘氯 (mg/L)	總三鹵甲烷 (mg/L)	pH 值
基隆市	100	31.7±24.2	0.28±0.19	1.07±0.54	—	—	0.60±0.15	0.02±0.004	7.11±0.2
台北市	100	8.4±14.7	0.09±0.04	0.47±0.17	0.036±0.019	31.6±8.0	0.55±0.07	0.006±0.003	7.27±0.2
新北市	99.9	53.7±59.6	0.28±0.51	0.66±0.42	0.015±0.014	54.1±26.9	0.59±0.13	0.009±0.008	7.19±0.3
桃園縣	100	6.7±8.0	0.83±0.67	0.80±0.92	0.016±0.012	82.6±17.9	0.59±0.12	0.006±0.002	7.50±0.3
新竹市	100	7.4±12.5	—	—	0.054±0.026	—	0.62±0.14	0.01±0.002	7.47±0.3
新竹縣	100	7.8±11.4	0.38±0.38	—	0.027±0.017	125.7±30.1	—	0.02	7.89±0.2
苗栗縣	99.9	4.5±7.9	0.23±0.24	0.88±0.77	0.036±0.021	138.4±48.4	—	0.007±0.008	7.34±0.2
台中市	100	—	0.25±0.20	1.53±1.81	—	122.5±39.0	0.59±0.13	0.004±0.006	7.41±0.4
彰化縣	100	5.9±12.3	0.18±0.11	2.55±2.68	0.048±0.023	163.2±60.3	0.53±0.09	0.004±0.005	7.82±0.5
南投縣	100	25.4±26.0	0.29±0.26	2.47±2.32	—	144.8±48.1	0.48±0.11	0.003±0.01	7.54±0.6
雲林縣	100	—	—	—	—	189.9±43.6	0.55±0.10	0.01±0.01	7.77±0.3
飲用水水 質標準	6	100	2	10	0.1	300	0.2-1	0.08	6-8.5

項目 縣市	大腸桿菌群 合格率(%)	總菌落數 (CFU/mL)	濁度 (NTU)	硝酸鹽氮 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	總硬度 (mg/L)	自由有效餘氯 (mg/L)	總三鹵甲烷 (mg/L)	pH 值
嘉義縣	100	3.6±3.6	0.27±0.10	0.39±0.17	—	156.1±18.2	0.85±1.23	0.01±0.007	7.85±1.2
嘉義市	100	16.2±23.2	0.24±0.23	0.80±1.42	0.036±0.025	152.6±32.1	0.40±0.07	—	7.93±0.1
台南市	100	7.4±8.6	0.38±0.15	0.36±0.21	0.010±0.010	147.4±27.9	0.60±0.11	0.02±0.01	7.81±0.1
高雄市	99.9	1.9±1.1	0.25±0.10	0.82±0.54	0.021±0.012	165.4±48.5	0.55±0.18	0.007±0.007	7.48±0.2
屏東縣	100	8.0±19.5	0.20±0.19	1.58±1.58	—	157.8±66.2	0.54±0.13	0.003±0.008	7.58±0.3
宜蘭縣	100	3.2±8.5	0.23±0.34	0.61±0.24	0.018±0.008	78.0±32.1	0.47±0.09	0.001±0.002	7.43±0.4
花蓮縣	100	18.7±24.4	0.16±0.16	—	—	118.3±58.9	0.39±0.14	0.003±0.006	7.85±0.3
台東縣	100	6.9±6.6	0.31±0.26	0.23±0.17	0.040±0.026	132.7±68.7	0.51±0.24	0.009±0.01	7.64±0.4
澎湖縣	100	9.5±16.4	0.30±0.20	—	—	—	0.53±0.17	0.008±0.007	7.48±0.5
金門縣	100	70.5±1098.0	0.51±0.54	3.90±2.96	0.089±0.174	49.2±35.6	0.40±0.14	0.04±0.04	6.79±0.4
連江縣	92.9	18.1±24.2	0.29±0.30	0.78±1.27	0.051±0.059	89.2±54.2	0.47±0.18	0.02±0.02	7.14±0.4
飲用水水 質標準	6	100	2	10	0.1	300	0.2-1	0.08	6-8.5

附錄八、用水設備衛生檢查

用水設備污染原因

台北自來水事業處依據以往文獻資料及用戶服務經驗，彙整用水設備污染之主要原因如下：

一、位置配置不當

- (一) 水表位置積水。
- (二) 蓄水池設於屋外地下層或屋內的地下基礎層。
- (三) 蓄水池與周牆未隔離，或與化糞池、消防水池為鄰。
- (四) 消防用水與一般用水未分離。
- (五) 管線埋設位置經過污水處。

二、功能構造不足

- (一) 蓄水池水密性不良，有龜裂現象。
- (二) 水池水塔人孔未設凸緣。
- (三) 水池水塔溢排水管未設防蟲網。
- (四) 水池水塔容量太大。
- (五) 管線及設備零件生鏽。
- (六) 單一管線配置太長。

三、裝置錯誤

- (一) 地下水管線與自來水管線連接。
- (二) 未設蓄水池，以馬達直接抽取配水管內水量至水塔。

四、維護管理不善

- (一) 水池水塔人孔蓋未密合、生鏽、未上鎖。
- (二) 水池水塔頂部雜物堆積。
- (三) 水池水塔未定期清洗（藻類附生於池壁），或清洗方法不當。
- (四) 管線配置情形（口徑、管材、位置）未建立完整正確的資料。
- (五) 供水系統缺乏專人管理維護，管線與附屬設備受損未能定期檢查更新。

防治措施：

一、表位：

表位應保持乾淨，排水良好以避免積水，不可與排水溝相通。

二、表後管線：

材質應以不銹蝕、無毒、不易破損為原則，常用之管材如不鏽鋼管、銅管、PE 管等均為良好管材。

三、設備零件：

水管零件、接頭、彎頭、止水栓、浮球開關、水錘吸收器、特殊閥類等，亦應配合管線以不銹蝕材質製造。

四、水池與水塔：

- (1) 為減少污染機會及易於維護，水池應置於地面上。
- (2) 水池與水塔容量總和，應介於用水量 0.4 至 2.0 倍的日設計用水量間，以免水滯留造成餘氯量降低。
- (3) 水池應以 RC 結構建造，水塔可為 RC、不鏽鋼或以 FRP 等結構，且避免有龜裂、破損、滲水現象而造成污染。
- (4) 水池四周應有四十五公分（頂部六十公分）以上之間距，並保持清潔，以方便清理維修。
- (5) 水池與水塔人孔孔緣必須完整，孔蓋應以不鏽鋼製以防生銹。
- (6) 水池與水塔溢排水管及通風管均應俱全，與外部相通之管線皆應設置防蟲網。

五、加壓設備：

- (1) 沉水式馬達應以不鏽鋼製以防生銹。
- (2) 水錘吸收器、防震軟管、逆止閥等重要設備零件應保持堪用狀態。

日本全國給水衛生檢查協會關於用水設備檢查的檢查細節

	檢查事項	檢查基準	檢查時的參考項目
設施的外觀檢查	1. 蓄水池周圍	•確保周圍保留適當的空間，以便於查看、清掃、修理等工作。 •周遭應保持清潔，不囤積垃圾或異物。 •水槽週邊不可有積水情況。	1. 蓄水池或水塔的頂部、底面及四周牆壁必須維持足夠的進出空間。設置於屋頂的水塔則要有防止墜落的柵欄。 2. 地下式蓄水池池頂不可作為儲物空間，否則進出人員者眾，不易管理。 3. 為避免水池/塔周圍的污染，禁止置放置油槽、鍋爐等設備。 4. 水池/塔週邊應設有適當之排水設備。 5. 水池/塔週邊不可有鳥類糞便或其他污物，應隨時做好清潔管理。 6. 避免受到污水槽或排水管等設備污染。 7. 水池/塔周邊的設施避免讓不相關的人員靠近。 註：水池/塔周邊一般是指距離 5 公尺內的範圍。
	2. 蓄水池本體	•蓄水池之結構應利於內部檢查、清掃、修理等工作進行。 •不可有龜裂、漏水的地方。 •人孔或配管銜接部位不得有空隙，以免雨水或污水進入。 •水位控制器的電極部分與抽水管的銜接部位，必須固定且密封防水。	1. 因地下式水池/塔無法從水槽的內外部檢查龜裂或漏水，必須在維護清理水槽時仔細確認內部狀況，並以書面紀錄檢查結果。 2. 水池/塔側壁、池頂以及底部不可有龜裂或漏水的情況。 3. 槽壁與天花板之配管若貫穿水池結構，必須密封防水。 4. 水位控制器之電極與儲水槽的連結部位，必須固定且密封防水。 5. 人孔突緣、人孔蓋的連接部位必須密封、避免雨水流入。 6. 注意水池/塔的材質劣化情況並加以維修。
	3. 蓄水池池頂	•蓄水池/塔上方不可有積水情況，不可堆	1. 水池/塔頂不得有凹陷、變形情形，並應有 1/100 左右的坡度（利

		積任何影響衛生的物品。 •不可在水槽上放置可能會污染水質的設備及機器。	於排水的設計)。 2. 水池/塔上方及頂板內，不可有油管、污水管、排水管通過。 3. 水池/塔上方頂板面周圍要有突緣。如果水槽頂與其他的平面等高時，容易因為外來油污或污水污染，可加高人孔壁以防止積水。 4. 蓄水槽上面避免放置各種機器設備，避免因漏水漏油的情況而造成污染。
設施的外觀檢查	4. 蓄水池內部	•不可有污泥、鐵鏽等沉積物，槽內壁及內部構造物不得髒污，內部結構或塗裝不可有脫落等異常狀況。清掃工作必須定時且確實進行。 •除了水池/塔相關設施以外的配管設備，不得穿過水槽內部。 •進水口與出水口不可太接近。 •水中不得有漂浮物質。	1. 水池/塔內部不可有生鏽或藻類生長，並確實清掃水池/塔內壁，不得有髒污。 2. 水池/塔內部不得有石頭、磚、木片或其他異物。 3. 根據清掃紀錄及檢視內部，可以得知是否定期完成清潔工作。 4. 污水管與排水管不可貫穿水池/塔內部，而供水管以外的配管不可以互相連結。 5. 為了排出水池/塔污水而設置的頂樓水塔的排水管及大型溢流管，不可連接至蓄水槽內。 6. 進水口與出水口不可太接近。 7. 水面不得有油、垃圾等漂浮物。 8. 避免放置沈水馬達等機器。 9. 進水管管端部應設置於大型溢流管的上方，約管徑 2 倍以上的距離。
	5. 蓄水池人孔	•人孔蓋必須防水密封，且不得讓灰塵、污水等其他有礙清潔的物質進入。另外除檢查人員外，不得讓他人輕易開啟進出。 •人孔的周邊需設置人孔突緣。	1. 使用有適度彈性的襯套，完整覆蓋於蓋子或外框上。蓋與框的密合度必須良好，勿使水槽外部清掃時的髒水或雨水等流入。人孔蓋內側或外框，若已有生鏽、剝離等狀況，應加以整修。 2. 人孔蓋需與本體相連，沒有洞孔、龜裂現象。 3. 人孔除了需上鎖外，不得讓管理者

			以外的人員開啟進出。 - 人孔不能靠近有污染之虞的設備。 - 人孔內部要徹底的防鏽。蓋子及框有明顯腐蝕時，即使有裝襯套也會出現空隙，導致防水性不佳。此時應更換新的蓋子及框架，否則需清除鐵鏽，精磨、填補洞孔後，再全面塗上防鏽漆加以處理。 - 人孔蓋突緣的設置方式必須考慮周遭狀況，能有效確保清潔。一般應有 10 cm 高。
設施的外觀檢查	6. 蓄水池溢流管	- 管口應避免有礙清潔的物質進入。 - 確認管口的防蟲網無破損，能預防小動物進入。 - 管口與排水管的流入口等之間不可直接連接，為防止逆流需有充分的跌水空間。	- 需於適當的位置設置溢流管，管端位置需便於檢查。 - 溢流管口部位不可直接插入排水管流入口。 - 管端部需有適當的下向長度。 - 防蟲網材質強度要夠，不得有腐蝕狀態。
設施的外觀檢查	7. 蓄水池通氣管	- 管口應防止有礙清潔的污物進入。 - 確認管端的防蟲網無破損，並能預防小動物進入。 - 通氣管必須有足夠的管徑面積。	- 管口必須朝下。 - 通氣管與蓄水池/塔本體連接部份不得有空隙，並需防水密封。 - 管口必須保持清潔。若管口附近有垃圾放置場、室內停車場、或有影響衛生之虞的場所時，應改變管口或通氣管的位置。 - 要有通氣管或者可以替代的設備。 - 通氣管的材質須堅固不易破壞。 - 通氣管應設有防蟲網，以防昆蟲侵入。 - 較大的通氣管可促進氣體對流並可抑制生鏽。但容易造成灰塵及影響衛生的物質進入，故必須做好檢查工作。
設施	8. 蓄水池排水管	排水管口與流入口之間不可直接相連，為	- 管口部分應設於便於檢查的位置。 - 排水管的開關不得浸於水中。

的外觀檢查		防止逆流需有足夠的跌水空間。	
水質的檢查		• 臭味、味道、顏色以及混濁度的檢查：水龍頭出水不得有異常情況。 • 餘氯的檢查：必須驗出餘氯。	1. 檢查水龍頭出水水質，對用水設備是否完善進行確認。 2. 若發現水質異常，須檢查頂樓水塔、蓄水池、並蓄水池進水水質比較，推測原因並加以改善。 3. 進行水質採樣時，需先將水管內停滯的水放掉再採樣。
文件的檢查		• 用水管理者必須確認相關的文件整理及保存狀況。 • 檢查文件的內容及記載的事項，在必要的時候提出建議。	1. 應將供水系統圖和各樓層平面圖一起保存管理，並詳述供水系統機能及流程。亦可根據一般的配管系統圖製作樓層平面圖示意圖。文件記錄必須永久保存。 2. 設置蓄水池的樓層圖多以平面圖呈現，故埋於地下的蓄水池，必須特別留意周圍的設備。 3. 蓄水池/塔至少一年定期需清掃一次。詳加紀錄清洗年月日、作業人名、作業內容、檢查修膳狀況、使用消毒藥劑等資料。資料應保存3年。

附錄九、水池水塔清洗作業流程(臺北自來水事業處訂定)

一、 目的

為使水池水塔清洗業者清洗水池水塔時有所依循，俾能徹底清除水池水塔之沈澱物及雜質，趁機檢視平時不易察覺之水池水塔內部設施、對有礙用水安全事項提供改善建議，以確保用戶用水品質。

二、 清洗作業流程

【步驟1】清洗前規劃：先規劃最省水的作業方式，並以抽水機迅速排除積水。

【步驟2】設備檢查：仔細檢查平日不易查看的用水設備。

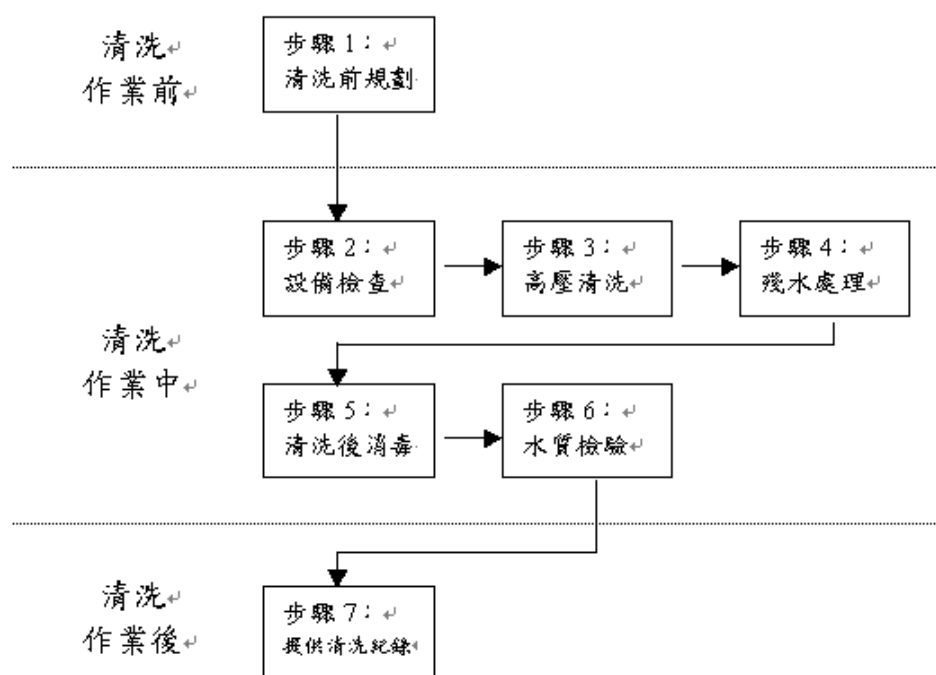
【步驟3】高壓清洗：使用高壓洗淨機清洗，維持良好清洗效果。

【步驟4】殘水處理：使用殘水處理機抽除池底殘水。

【步驟5】清洗後消毒：以高濃度氯溶液噴霧消毒，充分消毒後，再徹底沖洗乾淨。

【步驟6】水質檢驗：完成沖洗及排水後，才開始進水；進水完成後，再進行洗淨後之水質檢驗。

【步驟7】提供清洗紀錄：提供用戶清洗照片、設備檢查記錄及水質檢驗報告，清洗作業至此全部完成。



水池水塔清洗作業流程圖

三、 各清洗步驟要點說明

【步驟 1】清洗前規劃

1.向本處通報

- 清洗前依規定時間向本處通報清洗時間、地點及清洗人員等資料

2.與用戶溝通

- 對用戶說明清洗流程、步驟及相關細節，用戶如要求更改清洗程序或作業方式時，清洗廠商應先通知本處預為因應。
- 考慮停水時間，預先關閉蓄水池之進水閥，並先清洗蓄水池，再洗水塔，以儘量避免水量之浪費。

3.清洗人員及設備

- 工作人員需有工作證，且健康狀況良好。
- 至少 1 名工作人員領有水池水塔清洗教育訓練合格證。
- 工作人員應著工作服及配戴安全帽，並注意週遭環境狀況及安全。
- 準備清洗設備並完成消毒。
- 準備採樣設備及容器、校正檢驗儀器，並於水池水塔清洗、排水前，實施水質採樣檢驗，以了解該用戶平時之水質狀況。
- 準備抽風機等抽換氣裝置（尤其使用柴油發電機易產生無色無味之一氧化碳及北投等產生硫磺氣之地區），以保障工作安全。

【步驟 2】設備檢查

1.本步驟主要目的就是藉由水池水塔內積水排除同時，順便檢查平日不易查看的用水設備。

2.清洗人員依「水池水塔清洗設備檢查及水質檢驗紀錄表」逐項勾選檢查，並記錄結果及提改善建議。

3.填表時應注意事項說明如下：

- 每一個清洗之水池水塔皆應填寫檢查記錄表。
- 每張檢查記錄表可供同一地址之 1 個水池及水塔檢查使用，若同時有 2 個（含）以上之水池水塔，應分開填寫，並加編號（用阿拉伯數字）及註明位置以資區別，以便事後追蹤。
- 容量依內部尺寸丈量計算而得，其中高度為丈量進水管至底部之距離。
- 水池設於地面下，因池壁與土壤直接接觸，若水密性不佳或有裂縫，

外界污水極易滲入水池造成污染，列為建議改善之缺失。

- 水池水塔四周牆面應與其他構造物距離 45cm 以上，若有牆面與其他構物緊貼或共用牆面，易因污水滲入而無法察覺，應列為建議改善之缺失。
- 三極棒大都為水池水塔完工後才鑽設，一般皆未予密閉，故常造成雨水及污水滲入，應予改善。
- 人孔蓋孔緣未提高，易使雨水由人孔蓋與水池水塔邊緣滲入。
- 溢排管未設防蟲網，易使昆蟲由此進入，污染水池水塔。
- 其他需述明部分可於「廠商建議改善事項」欄位中填寫，並由用戶或業主簽章確認。

4.其他檢查事項：

- 檢查進水閥：先關閉蓄水池前之開關，再觀察水表指針是否有轉動，以判定蓄水池前管線是否有漏水現象。
- 排水狀況檢查：查看排水口附近洩水情形，確定其是否堵塞，暢通時方可排水，若排放於屋外之排水溝時，應注意不要使水溢出於附近及道路上。
- 環境與附屬設備檢查：
 - 1) 抽水機、貯水槽周圍(尤其是人孔，控制盤附近)之環境。
 - 2) 清除人孔框，人孔蓋之鐵銹；如人孔蓋銹蝕嚴重，應建議用戶改善。
 - 3) 管線、沈水式泵浦、水閥及電極棒等在清除鐵銹時，須特別小心以避免損壞，若遇鏽蝕特別嚴重時，應通知用戶更新，除銹工作完成後，需確定各功能是否正常。
 - 4) 內部支撐狀況
 - 5) 浮球開關
 - 6) 水位警報裝置
 - 7) 吸水管及逆止閥
 - 8) 通氣管、排水管
 - 9) 各水閥
 - 10) 溢流管與排放口之間隙
 - 11) 電氣配線

12)除給水管外，是否有其他管線相通

【步驟3】高壓清洗

- 1.使用高壓洗淨機可達迅速且衛生之目的。
- 2.為避免高壓洗淨機水壓損及老舊水池牆面，得經用戶同意改以其他適當方式清洗。
- 3.其他注意事項：
 - 為達到良好之清洗效果，應依洗淨機之種類決定噴洗之角度及與壁面之距離。
 - 清洗之順序依次為出入口周圍、進水管等水管部份、頂板、壁面及底部。
 - 清洗水池時，應事先預備所需之清洗水量
 - 調整洗淨機 V 型皮帶之張度
 - 檢查馬達曲軸箱部份機油之量及是否潔淨
 - 定期調整，保養性能
 - 使用時應注意不要直接噴射到人體

【步驟4】殘水處理

- 1.洗淨後殘留於池中無法完全排出之水，以抽水機抽除。
- 2.抽除殘留於槽內之水。可依現場情形選擇合適之機型使用，放下或拉上抽水機時，必須使用繩索，絕對不可使電線曲折，絞扭而致斷裂。

【步驟5】清洗後消毒

正確的消毒方法，才能有效地達到消毒之目的，以自來水洗淨後，再以高濃度之氯溶液(餘氯 50~100ppm)進行噴霧消毒，再以自來水沖洗，可達良好之消毒效果。

1.消毒液之配製

(1) 注意事項

次氯酸鈉溶液直接接觸到皮膚時會有刺痛之感覺。

使用時需特別注意不可碰到眼睛，若碰到應立即以清水沖洗，並且馬上送醫院作適當之處理。

衣服、鞋子等接觸到次氯酸鈉溶液時會導致褪色或破洞。該溶液亦可能損傷機械器材。所以在使用時應特別小心，操作時最好戴橡皮手套。

(2) 次氯酸鈉溶液

此溶液為鹼性，初製成時有效氯之含量為 15% 左右，貯存 3-4 個月後，濃度可能減半。市面上出售之次氯酸鈉溶液，廠牌、名稱及濃度各有不同（濃度通常以 6% 及 12% 較為常見），一般而言，應貯存於冷暗之處。

(3) 50~100ppm 濃度消毒液之配製

配製消毒液時應考慮所使用之水量及藥劑之有效氯濃度。

次氯酸鹽溶液之配製，可以下式簡單表示

$$Q = \frac{V \times D}{10 \times A \times d}$$

Q：次氯酸鈉溶液之需要量(mL)

V：欲配製之溶液體積(L)

D：欲配製溶液之有效氯濃度(ppm)

A：所使用次氯酸鈉溶液之濃度(%)

d：所使用次氯酸鈉溶液之比重（6%及 12%均約為 1.25）

實際使用時，可參考以下之換算表：

有效氯濃度 6%及 12%時之換算表

氯液總量 (水+次氯酸鈉 溶液)	氯液濃度 6%				氯液濃度 12%			
	50 ppm		100 ppm		50 ppm		100 pp m	
	體積 mL	重量 g	體積 mL	重量 g	體積 mL	重量 g	體積 mL	重量 g
10 公升	6.7	8.4	13.3	16.6	3.3	4.1	6.7	8.4
30 公升	20	25	40	50	10	12.5	20	25
50 公升	33.3	41.6	66.7	83.4	16.7	20.9	33.3	41.6
100 公升	66.7	83.4	133	166.2	33.3	41.6	66.7	83.4

例 1：試以有效氯濃度 6%之次氯酸鈉溶液，配製 1,500 公升、50 ppm 之氯液。

$$Q = \frac{V(1,500\text{ L}) \times (50\text{ ppm})}{10 \times (6\%) \times 1.25} = 1,000(\text{mL}) \quad \text{即需次氯酸鈉溶液 1,000 毫升}$$

例 2：試以 12%之次氯酸鈉溶液配製 100 ppm 之氯液 30 公升。

$$Q = \frac{30 \times 100}{10 \times 12 \times 1.25} = 20(\text{mL}) \quad \text{即需要次氯酸鈉溶液 20 毫升。}$$

(4) 有效氯

氯劑之強度，處理能力等，可以有效氯濃度表示。加藥量及殘餘量之有效氯濃度可以 ppm 表示，而所使用氯劑之有效氯濃度則以%表示。
1kg 氯氣相當於下列藥品之量。

強效漂白粉	(有效氯 60~75%)	1.5 kg
漂白粉	(有效氯 30~35%)	3.0 kg
次氯酸鈉溶液	(有效氯 15%)	5.0 L
次氯酸鈉溶液	(有效氯 10%)	10.0 L
次氯酸鈉溶液	(有效氯 5%)	15.0 L

2.槽內消毒

消毒時應特別注意工作人員之安全與衛生。為防止工作人員攜帶病菌進入槽內，工作人員應穿著乾淨衣服，所使用之長靴、手套、雨衣等，應預先以 50~100ppm 之次氯酸鈉液消毒。

(1) 高壓洗淨機

使用高壓洗淨機以 50~100ppm 之次氯酸鈉消毒液噴霧消毒，為保障工作安全，從事消毒工作時應著雨衣、頭盔，並使用口罩、護目鏡。消毒之順序，依次為人孔周圍→頂板→壁面→底部。

(2) 消毒工作應實施一次

- 消毒後，放置 10 分鐘以上。
- 貯水槽內部之塗襯，不僅可防蝕、防銹、延長使用年限，而且可以防止細菌附著於內壁，確保水質安全。

3.消毒後之沖洗

消毒後使用高壓洗淨機以清水（自來水）進行沖洗洗淨，避免因消毒液沖洗不徹底，造成進水後餘氯過高。

【步驟6】水質檢驗

1.採樣人員

採樣應由經本處訓練合格並持有「員工教育訓練合格證」之人員為之，或基於安全理由，在前述人員監督下，委由其他人員進行。

2.採樣時間

採樣應於欲清洗之水池水塔未排水前及清洗消毒完畢充份進水後各進行乙次，以掌握清洗效果。

3.採樣地點

樣品採取地點應儘量靠近蓄水池水塔之中心點。

4.採樣方法

採樣容器應為充份洗淨之塑膠瓶或玻璃瓶，並儘可能使用長柄採樣設備進行採樣，以便採取中間深度之水樣。

5.檢驗

採取之水樣立即於現場適當地點進行檢驗為原則（餘氯應當場檢測），使用之儀器應為攜帶型或實驗室桌上型，能以數字顯示測值之機種為原則，檢驗應留有紀錄備查。要求檢驗項目包括濁度、餘氯、氫離子濃度指數、總溶解固體量及氨氮等五項，各項檢驗之校正要求如下：

- 濁度：每半年應使用濁度標準液至少校正乙次，並留有紀錄。
- 餘氯：每半年應至少使用餘氯標準液進行測定比對乙次，並留有紀錄。
- 氫離子濃度指數：每半年應至少使用兩種(含)以上標準緩衝溶液進行校正，並留有紀錄。
- 總溶解固體量：應依所購儀器操作手冊之指示每半年進行至少校正乙次。

6.檢驗報告之繕製：

- 依本處規定之「水池水塔清洗設備檢查及水質檢驗紀錄表」格式繕製。
- 繕打每棟大樓詳列每一座水池、水塔清洗前後之水質檢驗數據。

- 水質檢驗紀錄表經清洗廠商用印（如用戶要求可送本處水質中心複核），完成水質檢驗紀錄表之繕製。

7.各檢驗項目之水質標準如下：

檢驗項目	飲用水水質標準限值
濁度	2.0 NTU
自由有效餘氯	0.2~1.0 mg/L
氫離子濃度指數	6.0~8.5
總溶解固體量	500 mg/L
氨氮	0.1 mg/L

8.水質異常之處理及回報

- 水池或水塔清洗後水質濁度 >1.0 NTU，應比對進水濁度，倘濁度值大於（進水濁度 $+0.3$ NTU）應排水再清洗。
- 水池水塔清洗後水質不符合飲用水水質標準時，應依前(1)項處置，若仍不符合水質標準應立即回報本處水質科。

9.水質檢驗之查核

- 依「臺北自來水事業處推薦優良水池水塔清洗廠商水質檢驗技術比對相關注意事項」辦理。

【步驟 7】提供清洗紀錄

清洗完成後應儘速復原現場，並提供提供用戶清洗照片、設備檢查記錄及水質檢驗報告，如下：

- 1.現場復原：確定人孔蓋已上鎖，並清點清洗用具數量，避免遺留餘水池水塔中。
- 2.通知住戶排水：清洗工作完成後，應張貼公告通知住戶自水龍頭排除清洗時內線所蓄積之空氣及殘水，以確保用戶用水安全。
- 3.回報本處：於每月 5 日前將上月填寫之「水池水塔清洗設備檢查及水質檢驗紀錄表」依序裝訂於後，定期送交本處備查。
- 4.提供用戶資料：提供經教育訓練合格人員簽章之「水池水塔清洗設備檢查及水質檢驗紀錄表」及清洗前後之照片，以供用戶了解參考。