

# 第一章 水源保護

水是一切生命賴以生存的泉源，也是人類日常生活不可或缺的重要物質，自來水則是現代都市發展所需的基本要件，亦是工商業生產開發的必要物質；然而，面對近年來氣候變遷導致降雨不均，水源上游污染日益嚴重的今日，如何做好水源保育及污染防治工作，供應充足安全衛生的自來水，已成為自來水從業人員及國人重視的環保議題。

## 名詞解釋：

NTU：量度水中濁度的單位，採用光電濁度計應用散射原理，量測水中懸浮固體將光線驅散或吸收的程度，測出來濁度的單位為 NTU(散射濁度單位)。

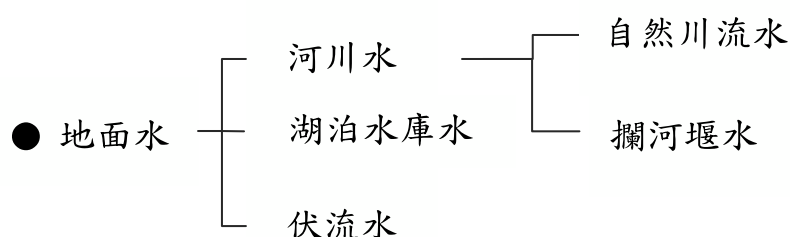
TOC：Total Organic Carbon 指水中總有機碳的含量，以碳的含量來表示有機物總量的一種指標，可用於判斷水質污染與否，TOC 值愈高，遭污染可能性愈高。

有機污染物：指以碳水化合物、蛋白質、氨基酸以及脂肪等形式存在的天然有機物質及某些其他可生物分解的人工合成有機物質為組成的污染物。

## 1.1 水源種類

### 一、水源分類

自來水為重要的維生必需物資，水源安全為民眾深切關心的議題。目前國內自來水水源可分為地面水及地下水兩大類（各種地面水水源及地下水源如下圖 1-1 所示），自來水事業水源大部分來自於水庫、壩、堰、河川地面水及鑽井地下水源，相關水源特性及取水注意事項特分述如後。



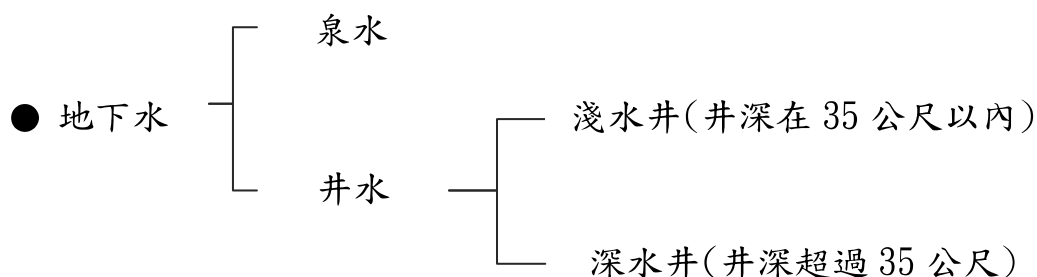


圖 1-1 自來水水源分類及種類

## 二、水源特性

### (一)地面水

地面水除了用於自來水外，也常被使用於發電或灌溉等用途，若遇到枯水期流量少且難於確保足夠的取水量時，該流域之相關取水單位就需協調如何分配使用，此時由河川管理機關召開同一水系使用者間之協調並加以規範使用，各取水單位必須依照協調決議，確實執行取水作業。

地面水源主要又可分為河川水源、湖泊水庫水源及伏流水等三種，相關水質水量特性分述如下：

#### 1. 河川水源

- (1) 河川水源易受氣候影響，例如台灣冬天及夏天時，河川的水溫變化非常明顯，冬天時河川水溫較低，水中微生物耗氧速率明顯降低，河川溶氧在冬季時較夏季為高，理論上冬季水質較佳，然而國內部分河川在冬季時常處於枯水期，河川流量偏低，對於污染物排入後的自淨能力低，反而使水質容易變壞。
- (2) 國內河川普遍屬短小且坡度陡峭之型態，遇到颱風暴雨時，地面沖蝕甚多，其含有細菌數亦相當驚人，常於短時間內使河水濁度飆漲數百倍，更形增加淨水處理困難度。
- (3) 河川水質常因工商業、農業及地區性的開發活動，影響水源水質，例如高爾夫球場的設置、山坡地的開發、飼養牲畜、養殖水產物或種植植物等行為，經常造成水源地水污染的現象。
- (4) 由於河川污染物質匯集流入海洋，其上、中、下游的水質有很明顯差異，形成取水地點選定的困難或隨時須做遷移。不過河川中的有機物及無機物均可藉河川自淨作用而逐漸分解減少，該自淨作用通常依河水流速及水深度而定。
- (5) 河川取水量須考慮河川的安全出水量(safe yield)，以取得最佳的水質及使河川維持其自淨能力。然台灣地區河川流量於豐水期及枯水期期間之區隔相當明顯，又因地形因素多無蓄水能

力，且中下游污染日益嚴重，可資利用的地面水有限。

## 2. 湖泊水庫水源

- (1) 通常湖泊水庫所在地常位於流域之上游處，屬庫容水，水質變化較川流水為小。
- (2) 庫容水若配合陽光及含有氮、磷、有機物的廢污水排入，容易引起藻類的大量繁殖，對水質及淨水將造成下列影響：
  - 1) 水質產生臭味。
  - 2) 大量死亡後，增加水中生化需氧量(BOD)來源。
  - 3) 易造成原水輸水幹管腐蝕影響水質。
  - 4) 於淨水場快濾池繁殖，因行光合作用放出氧氣，阻塞濾池或破壞濾膜。
  - 5) 藻類行光合作用移去二氧化碳，會導致水中鹼性化學物質增加。
- (3) 湖泊水庫於春天及秋天時，由於表面水溫下降，上層水的重量變重(水於 4°C 時密度最大)，會往下層池底擠壓，位於下層池底的沉澱物因而翻滾而上，產生惡劣水質，稱為湖泊翻騰作用(Overturn)或春秋躍層現象，如圖 1-2 所示。因此，取水時應特別注意春秋兩季湖水之翻轉，將湖底的有機物、細菌沉澱物揚升，帶入進水口。
- (4) 湖岸易受污染，但污染物質不致傳送太遠。
- (5) 湖泊水庫底層的溶氧常因有機物的分解而耗盡，底部沉泥中所含的多量鐵、錳會因缺氧而還原，再溶入水中，引起水質的惡化。
- (6) 國內河川普遍屬短小且坡度陡峭之型態，常無法使河川保持穩定的流量，因此，必要時須建造水庫儲蓄水量，以調節枯水期所需。

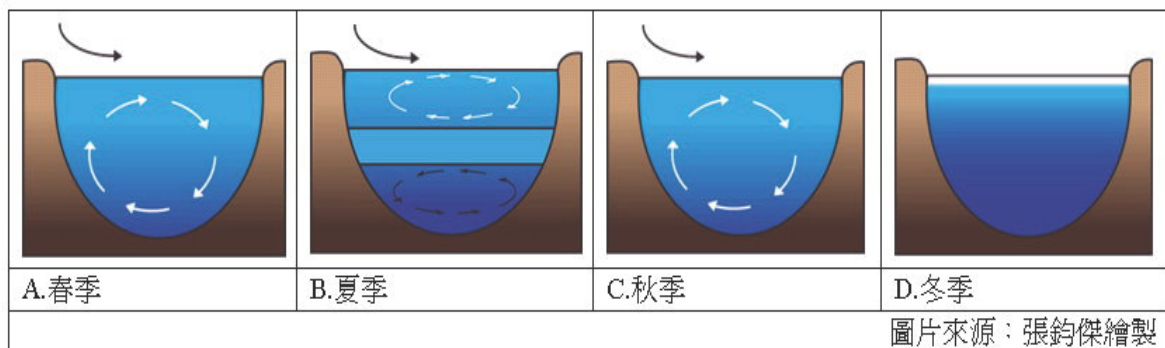


圖 1-2 湖泊的翻騰作用

### 3. 伏流水(River Bed Water)

- (1)於水道內河床下非飽和層內之伏流水為地面水，其水權登記以地面水為之。
- (2)水質受自然過濾地層性質、河湖污染程度及與河、湖間之取水距離等因素有顯著不同。
- (3)一般懸浮固體較少，可省去沉澱處理，但遇颱風暴雨時，河川水位增加，水質常呈混濁狀態。
- (4)出水量端視河川湖泊流量而定。

### (二)地下水

地下水一般來說適合用在中小規模之自來水水源，又從其存在形態看，可分為地層水及泉水。地層水即謂貯存在土壤粒子間的水，當含水層或含水通道被破壞露出地表時，湧出地表便成泉水，泉水根據水流狀況的不同，可以分為間歇泉和常流泉。

地層水也可分為不受壓地下水及受壓地下水。不受壓地下水即謂存在於自由水面比較淺層地帶地下水，其水量及水質容易受降雨量影響，不受壓地下水通常以地下 35 公尺以內為對象抽水井，一般被稱為淺水井。淺水井之管理，因其水層離地面比較淺，須加以監視受其他因素引起水質污染之影響情況。受壓地下水係挾存在粘土層等不透水性滯水層內的地下水，比較不會受地表水直接影響，其水質比較好而水量也較安定，以受壓地下水為抽水對象，深度超過 35 公尺者稱為深水井。

地下水一旦被污染則會長時間繼續受影響，要其回復原來水質極為困難，故須在污染未擴散前早期發現其污染源，並施行對水質維護有效之對策，以求能維持良好水源極為重要。對地下水水質監視或對排除有害物質污染之特定設備監視，須基於「水源污染防治法」並由有關行政機關施行，故應與相關機關能常保持密切連繫。又地下水因水流速度極為緩慢，故長期超抽會影響地下水收支平衡引起地下水位下降，進而造成地盤下陷，若接近海岸地區，則會因海水入侵發生地下水鹽化現象。

地下水抽水量要注意不影響環境，必須嚴格控制抽取量在安全抽水量之內，並設置監測自然水位之觀測井，使自然水位不發生異常降低。

地下水源主要分為淺井水、深井水、泉水等三種(如圖 1-3 所示)，相關水質水量特性茲分述如下：

#### 1. 淺井水(Shallow Well Water)

- (1)一般水質比地面水良好，惟水質易受地面滲入污水影響，水中常出現大腸桿菌，不應對水質太信任而不採取淨水處理。



(2)水量易受枯水期影響而不穩定。

## 2. 深井水(Deep Well Water)

(1)經過層層土質過濾，自淨作用較完全，且幾乎呈無菌狀態，水溫整年不變，水質穩定。

(2)水量較不受枯水期影響，出水量較穩定，但水質缺乏溶氧易引起物質還原作用。

(3)若含有適合藻類生長之無機營養物質，抽出使用時可能促使發生藻類大量繁殖現象。

## 3. 泉水(Spring Water)

(1)大型泉主要分布在石灰岩和火山熔岩構成的岩層中，礫石、砂、石灰岩、砂岩和玄武岩都可以構成泉水的含水層。經石灰岩層之泉水應特別注意水質是否受污染。

(2)泉水之深淺會影響泉水溫度，根據泉水溫度，可分為溫泉和冷泉。

## 三、取水注意事項

### (一)河川取水

1. 河川取水量須考慮河川的安全出水量，以取得最佳水質及使河川維持自淨能力。

2. 河川取水地點須考慮河心的變化，附近有無污染源，水土保持情況，避免會造成沖刷、沖毀的地點。

3. 取水口須低於河面，以取得較冷的水，且可防止漂流物流入取水口。另在靠近水體底部處，為防止底層淤泥進入，取水口底層應高於水體底部。

4. 將歷年枯水量、枯水位排比，查出其最枯流量及最枯水位，此水量可稱為自來水工程之計畫取水量與取水口關係最密切，通常河川地面水之安全出水量以二十年發生一次之枯水流量為準。

### (二)湖泊水庫取水

1. 台灣河川短小、坡度大，常無法使河川保持穩定流量，故須造水庫儲水，供枯水期使用。

2. 湖泊水庫取水地點須避免廢、污水流入地點，附近地基穩固，不接近航路地點及漂浮物聚集之處。

3. 多目標水庫，其取水口地點，應適合各種用途，由經辦單位協調各使用單位選定其位置。

4. 為增加供水可靠性，應於不同水深處設取水口，一般背岸風時採取底層清水，向岸風時採上層清水。

5. 蓄水庫之理論蓄水量由壩址地點長期枯水量(20 年發生一次之枯

水流量為準，但多目標水庫常用 10 年間第二位枯水為準)之河川有效流量與計劃取水量之差額累計而求得。

### (三)地下水取水

1. 地下水取水須考慮安全出水量，即能有規則性且長期被抽取的水量，且不發生下列現象：

- (1) 抽取量超過進入地下水層之水量。
- (2) 地下水位降低超過容許的(經濟的)抽水成本。
- (3) 造成嚴重的水質污染如海水入侵。
- (4) 造成不可容忍的地層下陷。

2. 井的取水地點須考慮：

- (1) 周圍狀況，附近各項建築物及未來土地利用狀況。
- (2) 避免附近可能的污染來源。
- (3) 避免海水入侵的地點。
- (4) 避免附近既設井等。

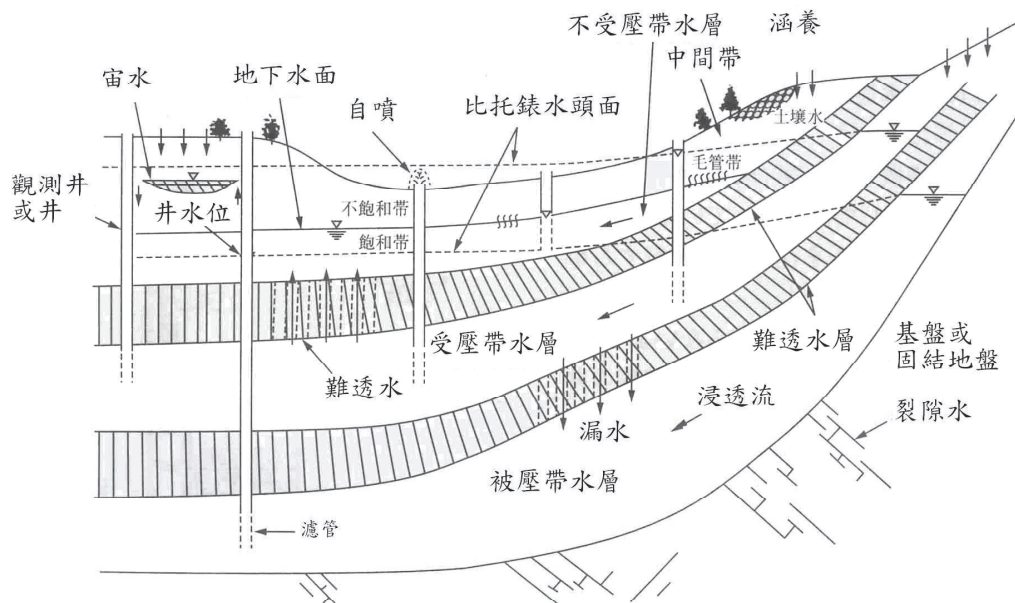


圖 1-3 地下水含水層形態圖

## 1.2 水源水質

### 一、水之性質

#### (一)物理性質

水之外觀自古以來即被用於判斷是否適於飲用水之標準。首

先，第一步看水是否清澈透明，即有無濁度及色度，第二步嗅其有無臭味，最後才是嚐其有無味道，但是水中有無致病菌及對人體有無危害的物質(即不含有超過法規容許量的化合物、微生物、礦物質及放射性物質等)，並無法用這些方法判定。儘管如此物理性質對飲用水源水質仍然很重要，茲分別簡述如下：

### 1. 水溫(Temperature)

水溫係表示水的冷熱程度，是檢驗及評估水體品質的一項重要物理參數。水溫會影響水的密度、黏度、蒸氣壓、表面張力等物理性質；在化學方面可影響化學反應速率及氣體溶解度等；在生物方面可影響微生物的活性及代謝速率等。

水溫越高，水中微生物的活性越高，約每增加 10°C，微生物生化反應速率約增加 1 倍；水溫越高，水中飽和溶氧濃度越低，溫度越低，溶氧就越高。當水溫較高之廢污水排入水體後，整體水溫提高，將減少溶氧量，增加細菌活動力，加速水中有機物分解，消耗大量溶氧使魚類因缺氧而死亡，並加速化學反應速率，而甚至達厭氧狀況，產生易燃物質(如甲烷)及有毒氣體(如硫化氫)。

### 2. 濁度(Turbidity)

濁度物質存在水體時，使光線無法穿過水體並產生散射，表示水質可能是骯髒的，這種水稱為混濁水。濁度的來源包括黏土、砂土、細微有機物、浮游生物或微生物等，濁度高會影響水體外觀並阻礙光的穿透，進而影響水生植物的光合作用。濁度更高還會使魚類的呼吸作用受阻，影響魚類的生長與繁殖，甚至窒息死亡。濁度之測定是藉由光線散射原理，量測工具為濁度計，濁度單位一般採用標準濁度單位(Nephelometric Turbidity Unit, NTU)。

一般狀況原水濁度高，需要較多量混凝劑。慢濾池之進流水濁度應控制在 30NTU 以下，否則易阻塞；快濾池進流水最好在 4NTU 以下。然而原水濁度太低，混凝沉澱效果反而不佳，又原水濁度超過 1,000NTU 處理困難度會增加，故原水濁度在淨水處理程序上，屬於相當重要管理因子。

### 3. 色度(Color)

色度分真色度及視色度，真色度是將水樣經離心或過濾的程序去除懸浮固體物所得的水樣色度；視色度則是水樣直接測得之色度，也稱為外觀色度。水之色度由於影響水資源觀瞻及利用，往往需要處理。一般原水多呈淡黃色，其色度來源主要為：

(1) 枯枝落葉腐根、浮游生物、水生生物屍體、泥炭、黏土等膠體

物質或溶解質。

(2)工業廢水各種金屬離子，如鐵離子(褐色)、銅離子(青綠色)、鉻離子(正6價為橙黃色，正3價為綠色)、錳離子(黑色)、鋅離子(白色)等。

(3)含高色度之工業廢水，如紙漿、整染、澱粉等廢水。

原水色度通常採用鉑鈷法(platinum cobalt method)檢定，檢驗儀器採用分光光度計，我國飲用水水源水質標準色度最大限值為15鉑鈷單位。

#### 4. 臭味(Odor and Taste)

臭是臭氣，味屬舌味，臭味關係密不可分，有時不易區別。臭氣因每個人感受不同而差異很大，即使同一個人也可能每日嗅覺反應不一致而有差異。

臭味可能來自有機物及無機物質，例如污水及工業廢水的排放、自然界有機物厭氣分解，皆可產生臭味。發出臭味的物質大部分為揮發性物質，描述水中臭氣通常以初嗅數(Threshold odor number, T.O.N.)表示，也就是將水樣以無臭水作系列稀釋後，檢驗員仍可聞到臭味之水樣最高稀釋比率。我國飲用水水源水質標準中對初嗅數最大限值為3，對於”味”則須無異常現象。

#### (二)化學性質

飲用水水源水質之化學性質主要係指酸鹼度(pH 值)、總固體溶解量(TDS)、硬度、氮氮等，茲就其相關之水質項目說明如下：

##### 1. 氫離子濃度指數(Potential of Hydrogen, pH)

氫離子濃度指數係指水中氫離子濃度倒數的對數值。一般自然水之 pH 值多在中性或略鹼性範圍，若水受到工業廢水或家廢水污染時，其 pH 值可能產生明顯的變化；pH 值會影響生物的生長、物質的沉澱與溶解、水及廢水的處理等。pH 值通常採用玻璃電極與參考電極組合而成之 pH 計測定，水質意義及應用如下：

- (1)檢驗水質是否受污染或變化，pH 值突然變化，表示水源有異常現象。
- (2)推定水庫藻類繁殖情況。如藻類過度繁殖時，會消耗水中二氧化碳或碳酸氫根離子，使 pH 值升高。
- (3)pH 值對混凝劑加藥量相當重要，會直接影響最佳加藥量。
- (4)pH 值對鑄鐵管腐蝕及防蝕具重要影響性。
- (5)pH 值對加氯效果關係至大，當  $\text{pH} < 6.5$  會影響消毒劑的消毒能力。

##### 2. 溶氧(Dissolved Oxygen, DO)

溶氧係指溶解於水中的氧量，為評估水體品質的重要指標項

目之一。水中溶氧可能來自大氣溶解、自然或人為曝氣及水生植物的光合作用等。在正常大氣壓下，20℃時，水中飽和溶氧為9.2 mg/l，其濃度隨每天不同時段有週期性的變化。水若受到有機物質污染，則水中微生物在分解有機物時會消耗水中的溶氧，而造成水中溶氧降低甚至呈缺氧狀態。溶氧對於河川的自淨作用、魚類的生長(通常需要4.0 mg/l以上)、水的利用影響極大，飲用水源水質DO值在6.5 mg/l以上，表示未受污染。

### 3. 生化需氧量(Biochemical oxygen demand, BOD<sub>5</sub>)

生化需氧量係指水中易受微生物分解的有機物質，在某特定時間及溫度下，被微生物的分解氧化作用所消耗的氧量。一般所稱的生化需氧量係以20℃培養5日後所測得的結果，所以以BOD<sub>5</sub>表示(如圖1-4)。生化需氧量可表示水中生物可分解的有機物含量，間接也表示水體受有機物污染的程度，飲用水源水質BOD<sub>5</sub>值在3.0 mg/l以下，表示未受污染。

BOD是測量生物性可氧化有機物的唯一方法，在環境科學或工程上具有廣泛用途。由於BOD可指示水中有機物污染的程度，故舉凡水體之水質標準分類、放流水標準擬定、河川污染程度評估及環保稽查處分等等法令或工作，均以BOD測定結果為重要依據。

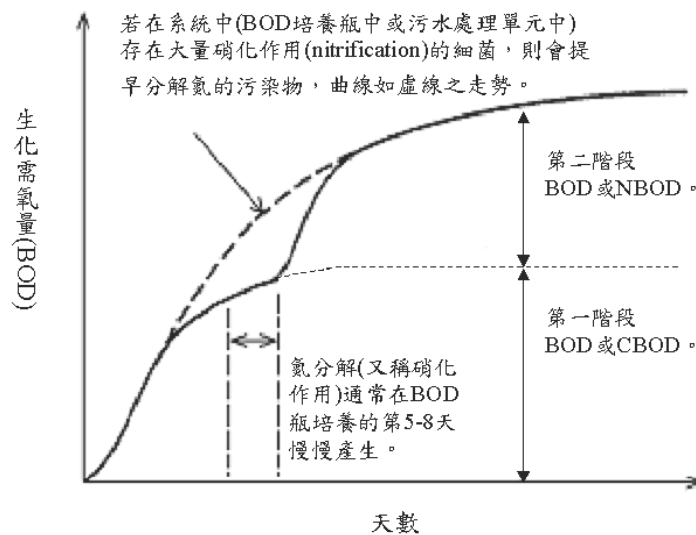


圖 1-4 實驗室 BOD 之培養試驗

### 4. 化學需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)

化學需氧量一般用於表示水中可被化學氧化之有機物含量。化學需氧量係應用重鉻酸鉀為氧化劑，在強酸情況下加熱，將水中有機物氧化為二氧化碳及水，再將所消耗之重鉻酸鉀換算成相

當之氧量，就是化學需氧量。一般工業廢水或含生物不易分解物質之廢水，常以化學需氧量表示其污染程度。

在顯示水中有機污染物含量方面，總有機碳(total organic carbon, TOC)、BOD 及 COD 三項水質參數最常被使用，由於 TOC 測定儀器設備價格高昂，BOD 及 COD 兩項指標較廣受採用。COD 測定約 3 小時即可在一般實驗室完成，而 BOD 量測則需耗時 5 天，因此，需要迅速得到水質資料以供分析研判時，COD 測定尤具實用價值。

## 5. 硬度(Hardness)

水中硬度是由於溶有鈣、鎂、鐵、錳等兩價陽離子物質，其硫酸鹽及碳酸鹽造成。水中硬度高低，對工業用水之管理相當重要，因為冷卻水及鍋爐系統，若不予以控制硬度，會降低機械效率，增加操作成本外，尚有鍋爐爆炸之危險(高硬度的水在鍋爐中加熱，會形成鈣鹽和鎂鹽的沉澱，俗稱鍋垢，會降低熱的傳導性，影響鍋爐效率，並妨礙水在管線中流動)。

日常生活中，肥皂在硬度高的水中會起反應而形成不溶性之灰白色沉澱，降低肥皂的洗滌效果。水中硬度通常以每公升水中含有多少毫克碳酸鈣(mg  $\text{CaCO}_3/\ell$ )表示，表 1.1 為水質硬度分類表。

表 1-1 水質硬度分類表

分類	硬度範圍	
	Meq/L	mg $\text{CaCO}_3/\ell$
軟水(soft)	<1	<50
中度(moderately hard)	1~3	50~150
硬水(hard)	3~6	150~300
甚硬(very hard)	>6	>300

## 6. 懸浮固體(Suspended Solids ,SS)

懸浮固體係指水中會因攪動或流動而呈懸浮狀態之有機或無機性顆粒，包含膠懸物、分散物及膠羽。懸浮固體會阻礙光在水中的穿透，其對水中生物影響與濁度相類似；懸浮固體若沉積於河床，則會阻礙水流，若沉積於水庫庫區，則可能減少水庫的蓄水空間。水中懸浮固體物的測定，在污水分析上相當重要，在事業放流水排放標準中，對各行業之放流水中懸浮固體物含量，均有詳細的規定。

## 7. 氨氮(Ammonia Nitrogen , NH<sub>3</sub>-N)

含氮有機物主要來自動物排泄物及動植物屍體之分解，分解時先形成胺基酸，再依氨氮、亞硝酸鹽氮及硝酸鹽氮程序漸次穩定。因此當水體中存在氨氮可表示該水體近期受污染。

原水中氨氮濃度偏高時，自來水處理即需增加加氯消毒量。各國飲用水水質標準中，一般均定有氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮之限值，歸為氨氮及亞硝酸鹽氮為「影響適飲性物質」，而硝酸鹽氮則屬於「可能影響健康之物質」，因為硝酸鹽氮含量過高的飲用水，已有造成嬰兒罹患「藍嬰症」(methemoglobinemia)之病例。

### (三)生物性質

調查水中之生物種類及項目可判斷水污染是否嚴重、沉澱過濾處理之效率、查明臭味來源、檢討是否去除水庫之藻類。茲就其相關之水質生物性檢驗項目分別說明如下：

#### 1. 總菌落數(Total Bacterial Count)

在自然界裡，只要有水的地方就有細菌存在。細菌依其形狀不同，可分為球菌、桿菌及螺旋菌等三種；依氧氣需求程度不同，可分為好氧菌、微好氧菌、兼性厭氧菌及厭氧菌等四種；依營養要求性之不同，則可分為自營菌及異營菌等二種。細菌在合適的條件下，大部分可以分裂法來進行繁殖，我們可將含菌的水樣經過適當的稀釋後，取其一定量培養於適當的培養基上，經一段時間後，依培養基上的菌落數來推算水樣中之總菌落數。水中總菌落數可呈現水質中異營菌生長概況，由於水中必須供給有機化合物、氮素、磷、硫等成分，異營細菌才能生長，故一般污染程度越高的水，其總菌落數越多。因此，水體水質環境監測工作上，常將總菌落數列為重要項目之一。

#### 2. 大腸桿菌群(Coliform Group)

大腸桿菌為細菌的一種，其學名為 *Escherichia coli*，其中 *Escherichia* 為屬名，*coli* 則為種名，簡稱 *E. coli*。然在水質指標上，較常用「大腸桿菌群」一詞，在人體排泄物中經常大量存在，且常與消化系統之致病菌共存，其生存力比一般致病菌如傷寒、霍亂、痢疾等強，但比一般細菌弱，故如水中無大腸桿菌群，可認為無致病菌存在，而有大腸桿菌群並不表示一定會有致病菌。大腸桿菌群常棲於人畜之腸管中，當大腸桿菌群到了腸道以外的組織時，有可能會侵入到血液中造成膿毒病。另由於具有下列特性：

##### (1) 易偵測及辨別。



- (2)致病菌存在時亦存在。
- (3)存在之量比致病菌多，有比例關係。
- (4)不會出現在未受污染水中，且具有致病菌之特徵。

因此，水體中之細菌性標準常以大腸桿菌群密度作為污染程度之指標。當大腸桿菌群密度高時，不僅顯示水中有機化合物、氮素、磷、硫、微量元素等成分供給充分，亦顯示水中致病性之病原菌含量可能很高，對人體產生危害之機會相對較大。

### 3. 微生物檢測項目計量單位 CFU、MPN

由於環境水樣中的微生物數量難以直接計數，分析上常使用一些間接的方式加以估計。微生物密度檢驗方法不同，例如以培養皿平面培養後計數菌落生成數量(colony forming unit, CFU)計算原 100 毫升水樣中的微生物密度，其單位為 CFU/100mL，又例如係以序列稀釋之多管醱酵法來進行特定生化反應，以統計方法推估原 100 毫升水樣中最大可能菌數(maximum probability number, MPN)，其單位為 MPN/100mL。

## 二、水體分類標準

水體分類包括甲、乙、丙、丁、戊五類水體，而公共給水水源水質必須符合丙類水體水質標準以上。

甲類：適用於一級公共用水、游泳、乙類、丙類、丁類及戊類。

乙類：適用於二級公共用水、一級水產用水、丙類、丁類及戊類。

丙類：適用於三級公共用水、二級水產用水、一級工業用水、丁類及戊類。

一級公共用水：指經消毒處理即可供公共給水之水源。

二級公共用水：指需經混凝、沈澱、過濾、消毒等一般通用之淨水方法處理可供公共給水之水源。

三級公共用水：指經活性碳吸附、離子交換、逆滲透等特殊或高度處理可供公共給水之水源。

## 三、水源水質

### (一)飲用水水源水質標準-最大限值

1. 大腸桿菌群密度 20,000 (具備消毒單元者) /50 (未具備消毒單元者) MPN/100ml 或 CFU/100ml
2. 氨氮 (以  $\text{NH}_3\text{-N}$  表示) 1 mg/l
3. 化學需氧量 (以 COD 表示) 25 mg/l
4. 總有機碳 (以 TOC 表示) 4 mg/l
5. 重金屬

表 1-2 水源水質重金屬最大限值及可能疾病

項 目	最大限值	可能導致疾病
砷（以 As 表示）	0.05 mg/l	烏腳病
鉛（以 Pb 表示）	0.05 mg/l	中樞神經
鎘（以 Cd 表示）	0.01 mg/l	痛痛病
鉻（以 Cr 表示）	0.05 mg/l	皮膚病
汞（以 Hg 表示）	0.002 mg/l	水俣病
硒（以 Se 表示）	0.05 mg/l	肌肉及神經系統

## （二）河川污染程度指數(RPI)

目前行政院環保署用於評估河川水質之綜合性指標為「河川污染程度指數, River Pollution Index」簡稱「RPI」。RPI 指數係以水中溶氧量 (DO)、生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>)、懸浮固體 (SS)、與氨氮(NH<sub>3</sub>-N) 等四項水質參數之濃度值，來計算所得之指數積分值，並判定河川水質污染程度，積分值越低表示污染越輕微，積分值越高表示污染越嚴重。

## （三）卡爾森指數(CTSI)

目前行政院環保署用於評估水庫水質優養程度的指標為「卡爾森指數，Carlson trophic state index」，簡稱 CTSI。CTSI 係以水中的透明度 (SD)、葉綠素 a (Chl-a) 及總磷 (TP) 等三項水質參數之濃度值進行計算，再以其計算所得之指標值，判定水庫水質之優養程度。一般湖泊水庫水質分為貧養(表示水質非常良好)、普養(表示水質仍屬良好)及優養(表示水質不佳)等三個階段。

# 1.3 水源污染防治

## 一、污染來源

台灣地區社會快速變遷、工商業急速發展、都市人口密集，導致各種用水量增加，也排出大量廢污水，雖然國內對事業廢水訂有放流水標準進行管制，仍有污染物排出，加上部分家庭污水未納入污水下水道，已經嚴重污染水源水體。台灣地區雨量雖然豐沛，但分布不均，並且河床陡坡流急，大部分雨水迅速流入海洋，而平時河川流量少，自淨能力小，致能達到水質標準之河段，只有三四成。在用水量日漸增加及水質變壞雙重因素影響下，水資源日漸匱

乏，因此，水源污染防治是保護水資源刻不容緩的要務。

水污染來源包括天然的污染源及人為的污染源。天然的污染源一般指市鎮暴雨逕流等，人為的污染源則來自人們各種活動及開發所產生者，主要有三方面：一是工業廢水；二是生活污水；三是農業廢水。

### (一)工業廢水

各種工業在生產過程中所排出的廢水，包括生產過程用水、機器設備冷卻水、設備和場地清洗水及生產廢液等。廢水中所含的雜質包括廢液、殘渣以及部分原料、半成品、副產品等，成分相當複雜，污染物含量變化也很大。

工業廢水的嚴格分類非常困難，因為同一種工業類型可同時排出數種不同性質的污水，而一種污水又有不同物質和不同污染效應。因此，工業廢水可按成分分為：含無機物的廢水，包括冶金、建材、化工無機酸鹼生產的廢水等；含有機物的廢水，包括食品工業、石油化工、瀝油、焦化、煤氣、農藥、塑料、染料等工廠排水。下面係依主要工業類型排放的工業廢水，簡要敘述其特性。

#### 1. 礦區廢水

各種金屬礦、非金屬礦、煤礦的開採礦坑廢水，主要含有各種礦物質懸浮物和有關金屬溶解離子。硫化礦床的礦水中含有硫酸即酸性礦水，具較大的污染性，另洗煤的廢水含有大量的懸浮礦物粉末或金屬離子外，還含有各類浮選劑，懸浮顆粒物含量每升可達數萬以至十餘萬毫克，經沉澱後可重複利用，但酸性含重金屬離子的廢水，則具高度污染性不易回收再利用。

#### 2. 冶煉廢水

鋼鐵工業的煉鐵、煉鋼、軋鋼等過程的冷卻水及沖鑄件、軋件的水污染性不大；洗滌水是污染質最多的廢水，如除塵、淨化煙氣的廢水常含大量的懸浮物，經沉澱後可循環使用；有色金屬如銅、鉛、鋅以及鋁等的冶煉廢水水質同原料和採用工藝有關，一般含有相當量的金屬離子和鹽類，直接排出會污染水體。

#### 3. 煉焦煤氣廢水

焦化廠、城市煤氣廠等在煉焦與煤氣發生過程中產生嚴重污染的廢水，含有大量酚、氨、硫化物、氰化物、焦油、等雜質，有多方面的污染效應。

#### 4. 機械加工廢水

包括鑄造、機床、塗漆、電鍍等方面排出的廢水，主要是含機械潤滑油、油脂，並可能含有病菌，耗氧量也很高，有時具有含氮有機物，對水體污染較強。

## (二)生活污水

生活污水是人們日常生活中產生的各種污水混合液，包括廚房、浴室等排出的污水和廁所排出的含糞便污水等。其來源除家庭生活外，還有各種機關團體和商業活動排出的污水。所謂城市污水是指排入城市污水管網的各種污水的總合，有生活污水，也有一定的各種工業廢水，還有地面的降雨，並夾雜各種垃圾、廢物、污泥等。是一種成分極為複雜的混合廢水。

生活污水中雜質很多，但其總量只占 0.1—1%，其餘都是水分。雜質的濃度與用水量多少有關。懸浮雜質有泥沙、礦物廢料和各種有機物（包括有人及牲畜的排泄物、食物和蔬菜殘渣等），膠體和高分子物質（包括有澱粉、糖類、纖維素、脂肪、蛋白質、油類、肥皂及洗滌劑等）；溶解物質則有各種含氮化合物、磷酸鹽、硫酸鹽、氯化物、尿素和其他有機物分解產物；產生臭味的有硫化物、硫化氫以及特殊的糞臭素。此外，還有大量的各種微生物，如細菌、病毒、原生動物以及病原菌等。生活污水一般呈弱鹼性，pH 約為 7.2—7.8。由此構成的生活污水外觀就是一種渾濁、黃綠以至黑色、帶有腐臭氣味的廢水。每人每日排放量生化需氧量為 20—30g / (人日)；懸浮物 20—45g / (人日)。

## (三)農業廢水

農業生產用水量大，並且是非重複用水。農作物栽培、牲畜飼養、食品加工等過程中排出的污水和液態廢物稱為農業廢水。

在農業生產方面，噴灑農藥及施用化肥，一般只有少量（10—20%）附著或施用於農作物上，其餘絕大部分（80—90%）殘留在土壤和飄浮在大氣中，通過降雨、沉降和逕流的沖刷而進入地表水或地下水，造成污染。

農藥是農業污染的主要方面。各種類型農藥的施用，它存在於土壤、水體、大氣、農作物和水生生物體中，嚴重時造成污染。

濫施化肥也是造成承受水體嚴重污染的一個來源。在各類蔬菜和大田作物的生產中，氮肥的施用不斷增加，加之畜牧業的集約化，大型飼養場的增加，各種廢棄物的排放，無疑會使接受液態廢物的天然河溪水體造成污染。磷肥在農業生產中普遍使用，在土壤中通過地表逕流方式將磷化合物帶入天然水體，它可同硝酸鹽一起造成水體的優養化。

總之，農業污水中含有各種微生物、懸浮物、化肥、農藥、不溶解固體和鹽分等生物和化學污染物質。農業廢水是造成水體污染的面源，它覆蓋面廣、分散，並通過各種渠道影響地面水體。

## 二、常見污染物

影響水體污染的主要污染物按釋放污染種類可分為物理、化學等幾方面。

### (一)物理方面

指的是顏色、濕度、溫度、懸浮固體和放射性等。

1. 顏色：純淨的水是無色透明的。天然水經常呈現一定的顏色，它主要來源於植物的葉、根、莖、腐植質以及可溶性無機礦物質和泥沙。當各種工業廢水如紡織、印染、染料、造紙等廢水排入水體後，可使水色變得極為複雜。顏色可以說明所含污染物的含量。
2. 濁度：主要由膠體或細小的懸浮物所引起，不僅沉積速度慢而且很難沉積。由生活污水中鐵和錳的氫氧化物引起的濕度是十分有害的，必須用特殊方法才能除去。
3. 溫度：天然地表水的溫度一年中隨季節變化在 0—35℃ 之間，地下水溫度比較穩定。由於排放的工業廢水引起天然水體溫度上升，嚴重的可形成熱污染。
4. 懸浮固體：由於各種廢水排入水體的膠體或細小的懸浮固體的存在。可影響水體的透明度，降低水中藻類的光合作用，限制水生生物的正常運動，減緩水底活性，導致水體底部缺氧，使水體同化能力降低。

### (二)化學方面

排入水體的化學物質，大致可分為無機無毒物質、無機有毒物質、有機耗氧物質及有機有毒物質。

1. 無機無毒物質：指排入水體中的酸、鹼及一般的無機鹽類。這些鹽類能使淡水資源的礦化度增高，影響各種用水水質。生活污水和某些工業廢水中，經常含有一定量的磷和氮等植物營養物質，施用磷肥、氮肥的農田水中，也含有無機磷和無機氮的鹽類。這些物質可引起水體的富營養化，使水質惡化。
2. 無機有毒物質
  - (1) 重金屬：重金屬污染物排入水體環境中不易消失，通過食物鏈集的富集進入人體，再經較長時間積累可能促進慢性疾病的發作。很多重金屬（Hg、Pb 等）與人體內某些酶的活性中心有著特別強的親合力，因為重金屬極易取代硫基上的氫離子而與硫相結合，其致毒作用就在於使各種酶失去活性。目前已證實，約有 20 多種重金屬可致癌，如鉍、鉻、鈷、鎘及砷、鈦、鐵、鎳、鈦、錳、鋅、鉛、鈮等都有致癌性，而汞、鈮、鈹、鎂已知為特異性致癌物質。
  - (2) 氰化物：氰化物是指含有氰基(CN<sup>-</sup>)的化合物，它是劇毒物質。

水體中氰化物主要來源於電鍍廢水、焦爐和高爐的煤氣洗滌水，合成氨、有色金屬選礦、冶煉、化學纖維生產、製藥等各種工業廢水。在酸性溶液中氰化物可生成HCN而揮發。

(3) 氰化物：如電鍍加工含氰廢水和含氰廢氣洗滌水排入水體後造成水污染。氰化物對許多生物具有明顯毒性。水體含氰量低時對人體有益，飲用水濃度超過1mg / L時則出現氟斑牙，更高時使人骨骼變形，引起氟骨症和損害腎臟等。

3. 耗氧有機物：天然水中的有機物一般指天然的腐植質及水生生物的生命活動產物。生活污水、食品加工和造紙等工業廢水中，含有大量的有機物，如碳水化合物、蛋白質、油脂、木質素、纖維素等。有機物的共同特點是這些物質直接進入水體後，通過微生物的生物化學作用而分解為簡單的無機物質二氧化碳和水，在分解過程中需要消耗水中的溶解氧，在缺氧條件下就發生腐敗分解、惡化水質，故常稱這些有機物為耗氧有機物。有機物的種類繁多，組成複雜，實際工作中一般採用下列指標來表示水中耗氧有機污染物的含量：生物化學耗氧量(BOD)，化學需氧量(COD)、總有機碳量(TOC)、總需氧量(TOD)等。

### 三、水源保護措施

由於水源水質安全性關係自來水水質甚鉅，除自來水事業及目的事業主管機關，應依飲用水管理條例第五條規定，嚴格執行飲用水水源水質保護區或飲用水取水口一定距離內之地區，不得有下列污染水源水質之行為：

- (一) 非法砍伐林木或開墾土地。
- (二) 工業區之開發或污染性工廠之設立。
- (三) 核能及其他能源之開發及放射性核廢料儲存或處理場所之興建。
- (四) 傾倒、施放或棄置垃圾、灰渣、土石、污泥、糞尿、廢油、廢化學品、動物屍骸或其他足以污染水源水質之物品。
- (五) 以營利為目的之飼養家畜、家禽。
- (六) 新社區之開發。但原住民部落因人口自然增加形成之社區，不在此限。
- (七) 高爾夫球場之興、修建或擴建。
- (八) 土石採取及探礦、採礦。
- (九) 規模及範圍達應實施環境影響評估之鐵路、大眾捷運系統、港灣及機場之開發。

(十)河道變更足以影響水質自淨能力，且未經主管機關及目的事業主管機關同意者。

(十一)道路及運動場地之開發，未經主管機關及目的事業主管機關同意者。

自來水事業平常時亦應採取相關措施加強水源巡查，並依飲用水水源標準項目定期對水源進行檢測工作，防範水源受到污染。

此外，為加強管制台灣地下水之利用，以防止地層下陷、水質惡化及海水入侵，並應依「地下水管制辦法」，加強管制台灣地區地下水之利用。目前台灣地區地下水區，除台北盆地因近年管制得宜，抽水量減少及東部尚維持平衡外，其他各地區皆已超量抽用，尤以中南部屏東、嘉義、雲林、彰化等濱海地區，已導致海水入侵及地層嚴重下陷，嚴重破壞水土資源。今後地下水管制工作之重點應為：擴大現行管制區範圍，從嚴取締違規行為；加強限制申請水權；致力科技研究、應用，加強地下水水位及水質兩系統監測作業；加強對地層下陷區產業輔導，以及加強教育宣導。

另國內有關水源保護措施目前重要議題及因應方法，應從落實水源保護區保育工作、水污染防治配合措施、加強水源巡查管制工作等三面向著手。

#### (一)落實水源保護區保育工作

水質水量保護區一般通稱為「水源保護區」，依據不同法令有因不同目的而劃設之保護區，以下主要有 4 種水源保護區：

##### 1. 自來水水源水質水量保護區（自來水法）

水源水質水量保護區自民國 64 年起，由內政部依據自來水法第 11 條之規定，劃設水源水質水量保護區，其目的在於保護重要之水源，因此劃定範圍大體上為重要取水口上游之集水區，希望能保持其自然狀態，以維護水質與水量。

在水源水質水量保護區內，任何對於水質與水量有所貽害之行為或土地利用皆被禁止，同時區內原有之土地利用若有對保護標的產生不良影響者，亦可通知所有權人或使用人於一定期間改變其使用，並予補償。

##### 2. 飲用水水源水質水量保護區（飲用水管理條例）

飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離內之地區，除前述各項不得污染水源水質之行為外，於公告後原有建築物及土地使用，經主管機關會商有關機關認為有污染水源水質者，得通知所有權人或使用人於一定期間內拆除、改善或改變使用，其所受之損失，由自來水事業或相關事業補償之。

目前經地方政府提出草案、環保署核定後，共 86 處飲用水水



質水量保護區及 49 處飲用水取水口一定距離，約 38.6 萬頃。

### 3. 水庫集水區（水土保持法）

依據水土保持法之規定，水庫集水區係指水庫大壩全流域稜線以內所涵之地區水庫，用以涵養水源、防治沖蝕、崩塌、地滑、土石流、淨化水質、維護自然生態環境。

經劃定為特定水土保持區之水庫集水區，其管理機關應於水庫滿水位線起算至水平距離三十公尺或至五十公尺範圍內，設置保護帶。前項保護帶內之私有土地得辦理徵收，公有土地得辦理撥用，其已放租之土地應終止租約收回。水庫集水區保護帶以上之區域屬森林者，應編為保安林，依森林法有關規定辦理。

### 4. 水源特定區（都市計畫法）

目前翡翠水庫之臺北水源特定區（包括：新店區、石碇區、烏來區、坪林區、雙溪區）為國內第一個由都市計畫程序規劃之水源水質水量保護區。此水源特定區係為了維護大臺北都會區超過 5 百萬人口飲用水水源、水質、水量之潔淨與安全，於民國 73 年發布實施。區內居民必須符合都市計畫、建築管理、水土保持與水質管理等類別之法令。

綜合所述，不管保護區依不同法令而有不同名稱，落實水源保護區保育才是最重要的工作。另因目前保護區劃設範圍過於遼闊，導致近年來區內民眾反彈抗爭不斷，未來水利主管機關應重新檢討，諸如：依「水庫集水區」、「水岸緩衝區」、「取水口緩衝區」、「一般管制區」等分級分區管制原則，重新劃設保護區之範圍，並隨環境之變遷定期檢討其範圍，以促進土地合理利用，並落實水源保護區有效管理。

## （二）水污染防治配合措施

近年來由於氣候變遷、全球暖化，微生物滋生速率，伴隨氣溫增加，呈現指數關係增長。因此，以往原屬輕微之污染源，近年來即可能造成水源大腸桿菌群含量超過標準。因此，除落實水源保護區有效管理外，亦應積極進行相關設置廢（污）水處理設施、納入污水下水道系統、土壤處理、委託廢水代處理業處理、設置管線排放於海洋等各項防治水污染措施。

為有效防治保護區內點源污染，除行政院分別於民國 76 年及 80 年核定實施污水下水道系統工程外，內政部自民國 94 年起，亦執行辦理「未納戶實施計畫」，相關機關應將水源區未納入污水下水道的用戶全部納管，以杜絕生活廢水污染水源的情事發生。

另針對保護區內有溫泉餐飲業者之地區，應積極辦理溫泉餐飲分流聯合巡查作業，主要是要求業者將溫泉排放水及生活污水分

流，即溫泉排放水需經過濾設施處理且符合放流水標準，才可直接放流至該溫泉泉源所屬之地面水體，而生活污水必須排入公共污水下水道系統中。

### (三)加強水源巡查管制工作

自來水事業對水源安全應加強重視，除禁止各項污染水源水質之行為，並應對水源水質進行檢驗工作，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分析，對於污染案件加強舉發，並列管追蹤至解決為止。

另因水庫集水區範圍大，巡查人力有限，難防有心人蓄意下毒，自來水事業應設專責單位進行水源區保護工作，除訂定計劃型水源巡查及溯溪查察作業外，並應不定期針對可能污染源進行突擊性檢查作業，期使完全掌控各項可能危害水源水質的因子。另水源區巡查應包括：路域巡查及水域巡查，並可結合現行政府所推展之河川巡守隊或民間守望相助組織。除此之外，網路技術目前極為發達可用於監視水域是否有人闖入，嚴防人為破壞水源。

為持續追蹤蓄水河段可能的水源污染來源及其污染程度，可導入先進的分子生物檢驗技術，並以傳統濾膜法進行平行比對，將已確認之污染源函請相關主管機關處理。

## 參考文獻及資料

1. 自來水設施維護管理指南 中華民國自來水協會 2008
2. 自來水及下水道工程 駱尚廉 楊萬發 曉園出版社 2006.10
3. 自來水設備工程設施標準解說 中華民國自來水協會
4. 衛生工程給水(自來水)篇 高肇藩編著 1980.9
5. 自來水工程設計與處理技術 陳維政編著 文笙書局 1990.9
6. 水道施設設計指針 日本水道協會 2012.7
7. 行政院環保署全國環境水質監測網站
8. 自來水設施操作維護手冊 中華民國自來水協會 1993.2
9. 給水工程 黃政賢著 高立圖書有限公司 2009.8
10. 經濟部水利署水利規劃試驗所--台灣河川復育網站
11. 張文亮--河馬教授的網站
12. 台灣地區飲用水水源水質保護策略 蔡鴻德 劉蕙雯
13. 台灣地區庫、壩、堰、河川地面水水源水質安全維護探討研究  
許仲景 華門工程顧問股份有限公司
14. 「水質分析」 江漢全 1996