

科學圖書大庫

環境水質工程學

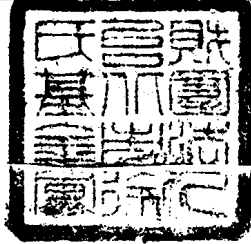
編著者 黃政平

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫



版權所有

不許翻印

中華民國六十八年八月七日三版

環境水質工程學

基本定價 1.40

編著者 黃政平 加拿大Saskatchewan 大學公共工程碩士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1.5 7 9 5 號

承印者 東陞美術印刷有限公司 台北市德昌街185巷12弄14號
電話：3020420

序

能源和污染控制是互相抗衡的。人類爲着生活上的需求，近年來大量地運用能源從事於各種工業的生產。工廠排出的廢物和廢水，污染着河流和湖泊等等天然水源，形成人們飲用水的安全性得不到安全的保障，對於此污染的因果關係和處理方法必須加以全盤地了解，以便獲得良好水質的飲用水。又另一方面，國內有關污染方面的書籍大多來自國外版，基於語言上的隔閡，限制有關此方面工作人員的鑽研。基於這二種因素，以中文著一書“環境水質工程學”作爲教學和研究之用。

作者感謝 C. R. Forsberg 教授，在旅加求學和做事期間承蒙諄諄教導，不但是論文上的指導教授，並在本書中好些資料來自他的供應。除外，還蒙黃金旺博士的鼓勵和洪永哲博士作許多有價值的指正。在此特致謝意。

作者 黃政平

識於加拿大沙城

民國六十四年九月

目 錄

序	
第一章 水的循環性和被污染性	1
前 言.....	1
1-1 水文循環.....	1
1-2 地表面水被污染性.....	2
1-2-1 河流.....	3
1-2-2 湖泊.....	4
1-3 地下水被污染性.....	5
第二章 取樣和測定	6
前 言.....	6
2-1 取樣須知和樣本處理.....	6
2-2 測定方法.....	8
2-2-1 化學性.....	8
A、鹼度 B、硼	
C、氯化物 D、剩餘氯	
E、氟化物	
F、硬定 G、鐵、錳和其他重金屬	
H、硝酸鹽	
I、臭氧	
J、磷酸鹽	
K、鉀	
L、硫酸鹽	
M、全部溶解固體物	
2-2-2 物理性.....	18
A、色 B、pH 值	
C、臭和味 D、濁度	
2-2-3 細菌性.....	20
A、最大可能數法	
B、薄膜過濾法	
C、標準平碟計數	
2-3 化學性測定結果平衡法.....	22
第三章 給水水質標準	26
前 言.....	26
3-1 化學性.....	26
A、鹼度 B、硼	
C、氯化物 D、氯	
E、氟化物 H、硬度	
G、鐵、錳和其他重金屬	
H、硝酸鹽 I、磷酸鹽	
J、鉀和鈉 K、硫酸鹽	
L、全部溶解固體物	
3-2 物理性.....	33
A、色 B、pH 值	
C、臭和味 D、濁度	
3-3 細菌性.....	36
A、最大可能數法 B	

、薄膜過濾法

第四章 處理方法和設計 39

前 言..... 39

4-1 需水量..... 40

4-2 進水口..... 40

4-3 過濾網和低揚抽水機 41

4-4 加水混凝劑和快速混
合..... 42

A、石灰 B、硫酸鋁
C、三氯化鐵

4-5 沈澱作用..... 45

4-6 再碳化作用..... 48

4-7 過濾作用..... 48

4-8 氟化作用..... 55

4-9 氯化作用和臭氧作用 56

4-10 儲存池..... 62

**第五章 給水系統的設計
和面臨的問題 64**

前 言..... 64

5-1 給水系統的設計..... 64

A、首先考慮該地區的用
水量 B、段切法

5-2 施工要點..... 73

5-2-1 管線附屬物..... 73

A、制水閥 B、空
氣閥 C、沖洗閥

5-2-2 管線輔設要點... 74

5-3 給水系統中面臨的難
題..... 76

5-3-1 水管材料的選擇 76

5-3-2 管線腐蝕的原因 79

A、構成物 B、電
流量 C、圍繞管線
四周的土壤性 D、
腐蝕作用時間

**5-3-3 管線腐蝕作用的
防止法..... 82**

A、加厚管壁 B、
管的表面加上層塗料
C、陰極保護 D、
填土 E、排除回散
的電流

附 註 85

附註一 Jar Test 法 85

A、實驗步驟..... 85

B、紀錄表格..... 86

附註二 Zeta-Potential
測定儀操作法..... 87

附註三 Zeta-Potential
圖解表..... 88

附註四 Zeta-Potential
在給水電理中的重
要性..... 89

附註五 自來水處理有關的
化學反應方程式... 92

附註六 C=80時給水系統
中主管的水力設計
圖解表..... 94

附註七 C=90時給水系統
中主管的水力設計
圖解表..... 95

附註八 C=100 時給水系
統中主管的水力設

IV

	計圖解表.....	96		Sewage relative to Tap Water and Precipitation	111
附註九	C = 110時給水系統中主管的水力設計圖解表.....	97	E、	Optimizing organic carbon and color removal from a Board Mill Effluent	113
附註十	C = 120時給水系統中主管的水力設計圖解表.....	98	F、	Carbon and color distribution in various size fractions of treated pulp mill and board mill waste effluents	119
附註十一	C = 130時給水系統中主管的水力設計圖解表.....	99	G、	Factors affecting the accuracy of polarographic method	121
附註十二	C = 140時給水系統中主管的水力設計圖解表.....	100	H、	Phosphorus distribution in Blackstrap Lake Sediments	124
附註十三	電腦計算Hardy-Cross 法的方程式.....	101			
附註十四	作者已發表過的文章的再版.....	103			
A、	Polarographic method for Nitrate and Dissolved Oxygen Analyses	108			
B、	Inorganic and Organic Phosphorus distribution in domestic and Municipal Sewage	107			
C、	Technique cuts BOD and COD Calculations to five minutes	109			
D、	Fluoride variation in Domestic				

第一章 水的循環性和被污染性

前 言

在日常生活中，人類不能沒有水。古時，部落的形成，都分佈在有水的地方，這可證明水的重要性。它是人類和其他一切有生命的動植物，賴以生存最重要的元素之一。在本章，首先研討水的循環性；從何處來，往何處去。水在未被人為的條件污染前，是不必加以處理，稍經消毒處理後，即可飲用。在1972年，本試驗室測定一水樣本，此樣本來自加拿大北部的Hudson Bay地區，測定結果顯示；其全部溶解固體量（Total Dissolved Solids）和試驗室的蒸餾水的全部溶解固體量，是幾近相等的。但自人為的污染後，又加以近年來，各種輕重工業的突飛猛進，人類只沉迷於追求物質生活的舒適，不顧整個自然界生態的平衡。造成地表面的水，不能直接取來飲用，務必加以處理後才能飲用。有部份的水源，受過度的污染，雖經過通常處理法（Conventional Treatment Methods）處理後，其水質仍未能符合標準；在此情況下，必須施以特別處理法處理。

1-1 水文循環

自然界中，水文的循環概況，表明於圖一。海洋中的水蒸發後，在空中遇冷，冷卻後變成雲，然後下降為雨。雨未達地面時，一小部份則被蒸發，其餘的部份，到達地表面；則一部份滲入地層，後來為地下水，其他部份流入湖泊、河流或低窪處成為地表水。然後，再由海洋、河流、湖泊等地表水的蒸發和植物的根部吸收的水份經由葉面蒸發等等作用，水氣再度進入大氣層，遇冷再凝結成雲，而後又下降為雨，如此循環不已。

海洋的蒸發量佔最大部分，因為它的含水量佔全部地表面水量的百分之九十七。其餘的百分之三，則分散在大氣中的水氣、地下水、河流、湖泊、雪和冰等等中。地球上，潔淨水量分佈的狀況，百分之七十五分佈於北極圈和冰河地帶；百分之二十五分佈在河流、湖泊和地下水。但散佈在河流和湖

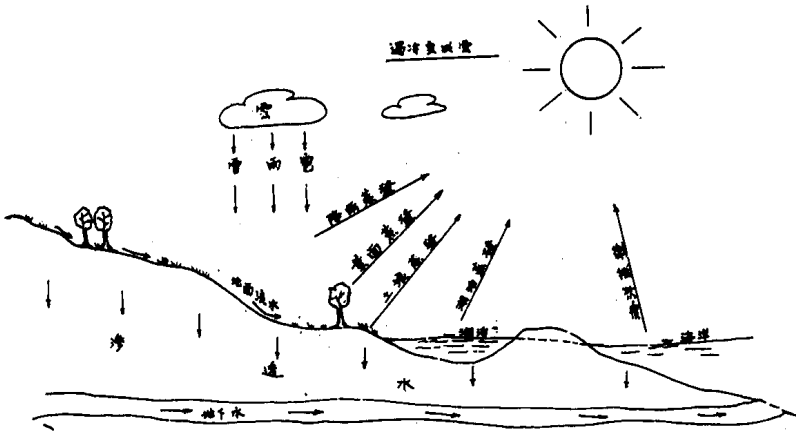


圖1 水文循環系統

泊的量，只佔全部水量的百分之零點三十三，這是人類取來作飲用水和工業用水量。如此稀少的水量，不足供應需用量，必須依賴水文的循環性來作補充。因此最重要者，不在於量的多寡，而在於量是否足夠繼續補充。換一句話說，就是水量的補充率必須大於它的消耗率。反之，消耗率超過補充率時，則因地而異，作不同的策施；有的地區則必須作儲水庫存量，以備旱季的不足，有的地區則必須由他處引水來作補充。

1-2 地表面水被污染性

飲用水取自地表面，不外乎來自河流、湖泊、儲水池等等。地表面水，本來除了加氯氣殺菌後，即可飲用。近年來，基於人口急速地增加，排泄物量也呈相對的驟增，又工廠林立，各種不同性質的廢水排入河流和湖泊，促使地表面水必須加以處理後才能飲用。

影響地表面水質，其受污染的來源，主要者如下：

(1)來自大氣中： 下雨時，雨點夾帶着塵埃、細菌、放射元素和排自工廠的二氧化碳、一氧化碳、氮氣、硫化氫等進入地面的流水。

(2)來自家庭中： 家庭的洗滌劑、油質物、廢水、垃圾和糞便等等，未經適當的處理而進入水中。它含着高量的氮和碳化合物，促進生物和微生物的生長，又加上有機物的分解，消耗水中的含氧量，產生可惡的臭和味。

(3)來自工業：人類追求工業的發達，以改進人類生活的環境。結果呢？不但污染了空氣而且更污染了水源，破壞了大自然的和諧性。汽車噴出的一氧化碳與毒物，危害人體甚重。各種不同工業排出的廢水，更令人喪膽，含着高量的有機物、無機物，濃厚的色素，有毒的重金屬元素和高溫的廢水等等，使原來清徹的河水、湖泊，魚類叢生的地方，受到重大的危害，變為奇臭無比。試問台北的淡水河和高雄的愛河是否有魚可釣呢？其水色為黑色，並發出一陣一陣的臭氣，失却了它自然的美景。

(4)來自農業：人口的增加，糧食不夠食用。為看增產，不顧一切後果大量地使用殺蟲劑，殺草劑等農藥，農藥中皆含有極毒的有機化合物，其少量的存在，可致水生動植於死地。同時其在水中含量的測定，亦不簡單。

1-2-1 河流

河流本身具有自淨作用的功效。其自淨程度，必因流量，流速，河川寬狹和深淺，承受污物的負荷量和污染物的種類等不同而迥異。當污染物進入河流中，促進水中生物和細菌的繁殖，其所需的氧氣超過河流所能供應時，河流逐漸變為無氧狀態，這些微生物也隨着開始腐爛，河流逐漸變為黑色，然後散發着強烈的臭氣。

為着增加農作物產量，大量使用肥料，肥料中含有的磷素和氮素，是用來促進農作物的生長。當這些營養劑經由農業排水 (Agricultural Runoff) 進入河流中，加速水生動植物的繁殖。Miller 和 Maloney (1) 在試驗中，以 20% 的碳或是 1.0 mg/l 的氮加入 Burntside 河流 (在美國的米里蘇打州) 的水樣中，對於水藻的生長率毫無起影響的作用；但是各加入 0.06 mg/l 的磷時，水藻的繁殖不但快而且極繁盛。此結果，明顯地指出，磷是造成滋養過多作用 (Eutrophication) 的主要元素。又如紙廠的廢水排入河流中，其含有濃厚的色素，妨礙陽光透入水中的深度，水生植物因此失去光合作用的機能，影響水中動植物的生態交替，破壞了河流的自淨作用。

就正常情況來說，污物進入河流中，未超過被同化的數量時，水中的細菌和低等植物，為高等植物的食物；高等植物則為小魚的食物；小魚被大魚所吞食；最後大魚作為人類的食物；如此形成一循環作用。控制這個循環作用，最主要的關鍵就是氧氣量，水中氧氣被水生動物用盡後，由於河流的流

(1) Miller, W. E., and Maloney, T. E., *Effect of Secondary and Tertiary Wastewater Effluents on algal growth in a lake-river system*, JWPCF, Vol. 43, No. 12, pp. 2361-65 (1971).

4 環境水質工程學

動，很快地就會被充滿，在此情況下，河流乃是一天然而且是最經濟的污水處理廠。

綜合上述各項，取河流作為給水處理廠的原水時，務必經過慎重的勘查，原水處應取在未被污染的地點。在 1969 年十一月五日加拿大一份月刊，名為“News from the field water resources management”中，對於台北自來水處理廠，作如下的記述：

The water is taken from a river, with the intake some distance away. Unfortunately waste outfalls have been permitted above the intake. There is now real concern about the protection of the raw supply. Must the intake be carried farther upstream on the waste water disposal of in other ways?

自來水廠的進水口 (Intake) 處在污物傾倒口的下游，這是不合邏輯的。進水口應該處在污水排入口的上游，以免水質受污染。好的水質，可以節省許多金錢和技術的問題，使處理後的水質達到飲用的標準。

1-2-2 湖 泊

大的湖泊，除了靠近岸邊，污水排入口和接近河流的出口處外，通常供應着好的水質；稍經處理後，即可作飲用和洗滌用。湖中的水質，受季節的變遷，主要者為溫度，改變其物理、化學和微生物的作用性。這些變化可決定它的用途，用來作飲水，工業用水，灌溉用水或是娛樂用水等等。

一般來講，湖泊深度大於十公尺時，依其溫度的分佈 (見圖二)，可分為三區分帶：

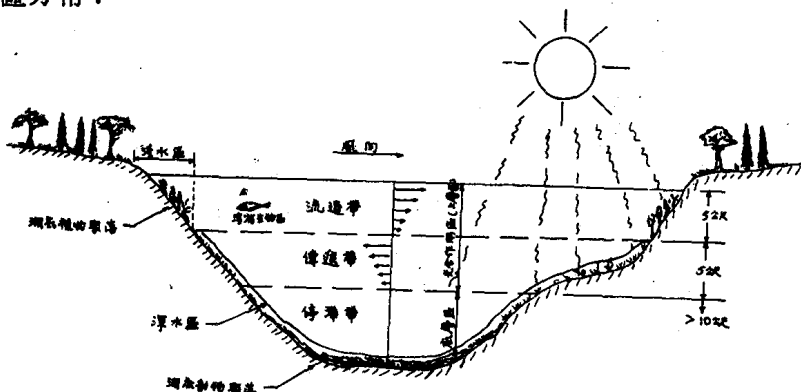


圖2 湖泊受溫度影響產生的區分帶

(1)為流通帶：位在從湖面到湖面下五公尺處。此帶的水，具有相同的溫度和密度，它容易隨風作水平流動，並亦受熱而產生對流，作垂直的流動。

(2)為傳遞帶：位在湖面下五公尺至十公尺內。此帶水的溫度，隨着深度的增加而驟減。

(3)為停滯帶：位在湖面十公尺下。此帶溫度，經常保持一定。

湖表面接受較多的陽光，促進生物和微生物的加速繁衍。溫度的變化，會影響水的化學溶解度；當溫度升高時，水中的溶解氧量就隨着遞減。溶解氧量在另一方面，隨着水深度的增加而逐漸減少，但二氧化碳量反而增加。在無氧的地帶，有機物質則呈無氧狀態分解，產生甲烷(CH_4)、硫化氫(H_2S)，臭等等。

湖中的溫度達到結冰的程度時，由於在攝氏4度時，水的密度最大；在春季和秋季時，湖中產生春季混流(Spring Overturning)和秋季混流(Fall Overturning)，此種混流，毫無問題地破壞湖的物理性、化學性和生物性。因此，飲水取自湖泊時，這些影響因素勢必謹重加以勘察和分析。

1-3 地下水被污染性

地下水受量的限制，通常用在較小的社區或是鄉村或是私人用。水由地表面滲入地層中，抵地層的水位(Water table)，匯集而成地下水。大體上當水經過地層時，因地層含有鈣鹽和鎂鹽，此鹽類易溶解於水，造成地下水硬度的較高性。經過軟化和加氯處理後，即可飲用。有的地區則例外，因地層岩石分佈性質的不同，影響地下水的化學結構形態，像台南北門一帶，地下水含有砷，經長期飲用該地的水，造成可怕的烏腳病。因此，井水在被使用之前，必須加以周詳的分析，以確定是否危害人體的健康。

地下水近年來也因人為的因素，受到嚴重的污染，其來源如下：

(1)來自地表水，受上節所述的各種不同污染後，其中一部份的水進入地層而成。

(2)滲透水經過衛生土埋法(Sanitary Land fill)時，被埋在地下的固體廢物，經過一段時間後，有機物質起分解作用後而溶解於水中。

(3)埋在地下的污水管的破裂，石油管的破裂和化糞池出水口等流出物的滲入水中。

(4)受污水深井處理法的污染。

由此看來，對於地下水的處理，必因地而不同。

第二章 取樣和測定

前 言

河溪湖泊受污染的程度如何？應測其物理性、化學性和細菌性含量的多寡來定。在測定之前，如何採取具有代表性的樣本，樣本採取後應如何處理，處理後如何檢查其準確性，實在是一重要的課程。

飲水中含有極少量的礦物質例如砷、鉛、汞、水銀等，即對人類的健康造成危害，一般的地表水和地下水，除受某種工業特別污染外，其存量極為稀少，因此在測定的準確度上，有時面臨困難。但近年來，測定方法不斷地改進和精密測定儀器的出現，解決了不少定量和定性上的難題。

2-1 取樣須知和樣本處理

出發取水樣前，首先將取樣用的玻璃容器或是塑膠容器，以鉻酸（Chromic Acid）洗滌後，用熱水沖洗數次，接着用蒸餾水沖洗數次，最後將它倒置（即瓶口向下），讓它乾掉，以便使用。

計算所需用的瓶數，在每一瓶子上，貼上一註明下列事項的紙條，以便記錄。這些事項必須在採取樣本後，即刻填寫。

- (1)取樣的位置。（如河流、湖泊的名稱和其地理位置）。
- (2)取樣日期。（註明年、月、日和當時取樣的時和分）。
- (3)樣本的溫度。（帶一溫度計，當水樣取到後馬上測定其溫度）。
- (4)當時水位的讀度。（可從水位指標讀出，如沒有時，則以水位是甚高、高、正常、低或是甚低來註明）。
- (5)當時氣候狀況。（是雨天、或是雲天、或是晴天並且風速如何，等等）。

樣本取自河流時，水質隨着其深度、流量、流速和河寬大小而變化，如儀器設備許可時，應以河流的中心處為基點見圖三，然後從此點依等距離採取樣本到河底為止，然後樣本依其水流量而混合成一代性的樣本。如只要取一樣本時，應取在河流中心的中間深度處。

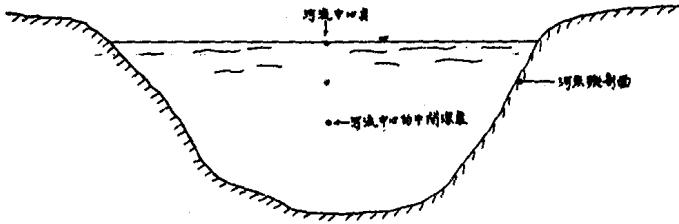


圖 3 河流取樣張

樣本取自湖泊時，其水質深受季節的變化，下雨量、排水量和風速等因素的影響。因此採取樣本的位置、深度和次數，決定於調查的目的。

調查報告中指出，像在加拿大的 Great Lakes，其水質在一年中受季節的變化而稍微不同。因此在任何時間或任何地點取樣本，都可以代表它的全體性。但需注意的是，經過一段長時間後，水質亦會起相當的變化。河流和較小的湖泊，其水質深受表面排水 (Run-off) 和季節的影響，又年年也因沿河流地帶地質的變化，不同污水量的排入等等因素起變化。在此情況下，應施予定期的取樣。

綜合上述各項，可以看出有許許多多的因素影響水質的變化。因此在任何地區都必須施以長期的取樣，以建立水質變化和當地降雨量或是進入河流和湖泊的水量的關係。

樣本取自井水時，在取樣之前，必須先抽出一段時間的水，等到抽出的水具有代表性時才取樣。

取樣本所使用的容器，在樣本運回試驗室途中或是保存於試驗室中，以不改變水的化學性質為準；例如專測水銀含量時，不能用塑膠容器，必須用玻璃容器，以免水銀和塑膠起作用而損失其含量，如專測鈉時，必須使用塑膠容器，以免玻璃容器的鈉組成物，影響水質。同時容器開口處，必須能夠封緊，否則因空氣進入容器，使水樣本的鐵和錳起氧化作用而起沈澱，亦造成水樣本的蒸發和由於不小心產生潑濺，減少水樣本量。通常取二公升的樣本，就足夠作完全物理性、化學性和細菌性的檢驗；如作含油質 (Grease) 時需多取一公升。

樣本得到後，最好能馬上完成物理性、化學性和細菌性的檢定，越快越好。樣本如封閉良好，又存在黑暗處和攝氏 4 度時，短期內不會產生顯然的變化。反之，封閉不良時，水中二氧化碳的增加或是減少，直接影響 pH 值

和鹼度 (Alkalinity)，在儲存期間，水中的鐵鹽、錳鹽和空氣接觸起氧化作用而沈澱，有機物形成的色素的消失率亦和儲存的時間成正比。地表面水由於受滋養料的污染，在儲存期間促進微生物和細菌的繁殖，使水變臭和增加濁度，增加分析工作的困難，又由於細菌的作用，改變硝酸鹽 (Nitrate)、亞硝酸鹽 (Nitrite) 和氨 (Ammonia) 間的平衡。另一方面，如加以化學藥品使水樣本儲存久些，所注意的是，加入的藥品不能影響所要測定的對象。由上述可知，對於樣本的儲存，不改變它原來的性質，實在相當不易，最理想的方法就是在取樣後馬上加以分析。

2-2 測定方法

水質是否可作灌溉用、工業用或家畜飲用，需經過物理性和化學性測定後才能確定。但是用來作人類飲用時，必須多加以細菌性的測定，確保安全性。在本節，茲將有關主要元素的測定方法，作一詳述。

2-2-1 化學性

A. 鹼度 (Alkalinity)

1. 吸取 25.0 毫升 (隨濃度多寡，可酌約增減) 的樣本入 250 毫升的歐蘭麥氏瓶 (Erlenmeyer Flask)，然後加蒸餾水，稀釋到 50 毫升。

2. 滴四滴二羥二苯基苯二甲內酯指示劑 (Phenolphthalein Indicator) 入水溶液。

3. 如水溶液變粉紅色時，意味着水溶液的 pH 值大於 8.3，然後以 0.02 N 的硫酸滴定，直等到粉紅色剛剛消失的一瞬間，即停止滴定，這一部份為二羥二苯基苯二甲內酸鹼度 (簡稱 P. Alk)。如沒有粉紅色產生時，就表示沒有二羥二苯基苯二甲內酸鹼度的存在。

4. 滴四滴甲基橙指示劑 (Methyl Orange Indicator)，水溶液變為黃色，以 0.02 N 的硫酸滴定，直到黃色變為橙色為止，這時水溶液的 pH 值為 4.5。全部用掉的 0.02 N 硫酸量，用來計算水溶液的全部鹼度 (Total Alkalinity)。

5. 鹼度計算公式如下：

$$\text{二羥二苯基苯二甲內酸鹼度} = \frac{A \times N \times 5 \times 10^4}{S} \text{ 毫克 / 公升的}$$



$$\text{全部鹼度} = \frac{B \times N \times 5 \times 10^4}{S} \text{ 毫克 / 公升的 CaCO}_3$$

A = 滴定到二羥二苯基苯二甲內酸終點所用的硫酸量 (以毫升計)。

B = 全部所用的硫酸量 (以毫升計)。

N = 硫酸的當量數。

S = 樣本使用量 (以毫升計)。

6. 由鹼度測定的結果, 可推算水溶液的氫氧基鹼度 (Hydroxide Alkalinity), 碳酸鹽鹼度 (Carbonate Alkalinity) 和酸性碳酸鹽鹼度 (Bicarbonate Alkalinity) 的含量。其計算關係列於表一。

表一：鹼度混合物的計算法

滴定結果	氫氧 (OH ⁻) 鹼度	碳酸鹽 (CO ₃ ²⁻) 鹼度	酸性碳酸鹽 (HCO ₃ ⁻) 鹼度
P = 0	0	0	T
P > 1/2 T	0	2P	T - 2P
P = 1/2 T	0	2P	0
P > 1/2 T	2P - T	2(T - P)	0
P = T	T	0	0

P = 二苯基苯二甲內酸鹼度

T = 全部鹼度

B. 硼 (Boron)

1. 吸取 2.0 毫升的水樣本入 25 毫升的量筒。
2. 吸取 2.0 毫升的蒸餾水入另一 25 毫升的量筒。
3. 量 50 毫升的強硫酸 (36N) 入 250 毫升的燒杯, 後加入 0.075 克的 BoroVer, 加以攪拌到 BoroVer 完全溶解為止。
4. 將配好的硫酸, 分別倒入 25 毫升的量筒, 倒入量抵達 25 毫升刻度

處，就須停止。等一小時後，才各別倒入口徑為 1 英寸的試管。

5. 以蒸餾水處理的，用來校正比色儀透光度 (Transmission) 100% 的讀數。以此為準來讀水樣本的透光度的讀數。

6. 然後從已經計算好的表中，定含砷量。

C. 氯化物 (Chloride)

1. 吸取 50.0 毫升的水樣本 (隨樣本含氯化物濃度的多寡，加以增減) 入 250 毫升的歐蘭麥氏瓶，然後用蒸餾水稀釋到 100 毫克。此時水溶液的 pH 值，應在 7 到 10 之間。否則加下列化學藥品入水溶液時；當 pH 大於 10 會產生氫氧化銀的沈澱，當 pH 小於 7 會形成重鉻酸鹽。因此適 pH 值不在此範圍內時以 1N 的硫酸或是 1N 的氫氧化鈉來校正。

2. 吸取 100 毫升蒸餾水入另一 250 毫升的歐蘭麥氏瓶。如 pH 值不在 7 到 10 之間時也要同樣加以校正。

3. 各加 1.0 毫升的亞鉻酸鉀 (Potassium Chromite) 指示劑入歐蘭麥氏瓶。此時水溶液呈黃色。

4. 以硝酸銀 (Silver Nitrate) 滴定，直到黃色變為橙色為止。

5. 氯化物含量的計算公式如下：

$$\text{氯化物} = \frac{(A-B) \times N \times 35,450}{S} \text{ 毫克/公升的氯化物 (as Cl)}$$

A = 樣本水溶液所用掉的硝酸銀量 (以毫升計)。

B = 蒸餾水所用掉的硝酸銀量 (以毫升計)。

N = 硝酸銀的當量數 ($\approx 0.015 N$)。

S = 樣本的用量 (以毫升計)。

D. 剩餘氯 (Chlorine Residual)

剩餘氯為游氯 (Free Chlorine) 和氯胺 (Chloramines) 以 Orthotolidine-Aresenite 法測定，簡稱為 OTA。在 $pH < 1.8$ 的溶液中，Orthotolidine 和比它氧化能力強的氧化物質作用，產生黃顏色，顏色的深淺和氧化物質的濃度成正比例。

游氯和 Orthotolidine 作用時，立即反應產生黃顏色；但氯胺則必須等五分鐘才能完成這反應。隨 Orthotolidine 後，加入亞砷酸鹽則能阻止 Orthotolidine 和氯胺的反應。水溶液中含有亞硝酸鹽和鐵、錳形成的氧化物等干

擾物時，這些干擾物和Orthotolidine 作用時亦立即產生黃顏色，造成剩餘氯的誤差。這誤差量可測定出來；先加亞砷酸鹽入水樣本中，後加Orthotolidine，因亞砷酸鹽能阻止游氯和氯胺跟Orthotolidine 起反應，只剩下干擾物和Orthotolidine 的反應。

測定游氯，剩餘氯和氯胺的步驟，列於表二。測定儀為Hellige Aque-Tester；如水中含氯量大於Aque-Tester所能測定的範圍，則必須將水樣本先稀解後，才加化學反應劑。

E. 氟化物(Fluoride)

用Orion 氟化物測定儀測定，不但準確而且省時。

1. 檢查測定儀的電池，是否有足夠的能量。
2. 用蒸餾水洗滌電極後拭乾它。
3. 吸取 15.0 毫升的Orion TISAB(可自行配製參考(1)，或購自Orion 公司)和 15.0 毫升已知濃度為 1.0 毫克/公升的氟溶液入燒杯，均勻攪勻。
4. 吸取 15.0 毫升的Orion TISAB和 15.0 毫升已知濃度為 0.1 毫克/公升的氟溶液入另一燒杯，均勻攪拌。
5. 將電極浸在第三項的已知濃度溶液中來定測定儀的讀數；如濃度 1.0 毫克/公升定在 100 的讀數，則濃度 0.1 毫克/公升的讀數必在 10，如不在 10 時需作數次反覆校正直到完全準確為止。(電極從一水溶液取出浸入另一水溶液時，務必以蒸餾水加以洗滌而後拭乾)。
6. 吸取 15.0 毫升的Orion TISAB和 15.0 毫升的水樣本入燒杯均勻攪拌後，將電極浸入，從測定儀中直接讀出水樣本的氟化物含量。

F. 硬定(Hardness)

全部硬度(Total Hardness)的測定步驟如下：

1. 吸取適量的水樣本入 250 毫升的歐蘭麥氏瓶，後以蒸餾水稀釋到 50 毫升刻度處。
2. 量 1 克的UniVer入水溶液呈紅色(色的深淺和水樣本含硬度量成正比)，接着即刻以EDTA溶液滴定，使紅色變為藍色，此藍色能持續五分鐘而沒有還原到紅色的趨向，此為滴定的終點。在滴定的過程中，水溶液必須繼續攪拌。

(1) American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 13rd Ed., New York (1974)。