

958/5

水和生活污水的物理 與化學分析法

中央衛生研究院 編著
衛生工程學系

人民衛生出版社

6231

水和生活污水的物理 與化學分析法

中央衛生研究院衛生工程學系 編 著

人民衛生出版社

一九五六年・北京

內 容 提 要

水的物理性質與化學成分的分析對於醫藥衛生、工業建設、水文地質、農業及鐵路運輸等方面有着重要的關係，也是研究和解決有關水質問題的首要步驟。生活污水的分析是鑑定污水處理最基本的材料。

本書介紹了五十七種水的和二十種生活污水的物理性質與化學成分的分析方法。對每個分析項目除分條敘述操作步驟外，並相應地補充了各分析方法的基本原理及一些儀器設備的圖片。書中所述分析方法均為中央衛生研究院衛生工程學系應用和改進過的，特別注意到吸取蘇聯先進經驗及採用的儀器和藥品應切合目前我國各地的實際情況，因而是切實可行的。

本書可供醫學院校和綜合性大學的衛生分析、工業分析、水文化學、給水工程、排水工程等方面教學工作人員及有關部門化驗室工作人員學習和工作的參考。

水和生活污水的物理與化學分析法

開本：850 X 1168/32 印張：8 字數：217千字

中央衛生研究院衛生工程學系 編 著

人 民 衛 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業營業許可證出字第〇四六號)

• 北京崇文區錢子胡同三十六號 •

人民衛生出版社印刷 • 新華書店發行
長春印刷廠

統一書號：14048·0430

定 價：(9) 1.10元

1954年5月第1版—第1次印刷

1956年6月第2版—第2次印刷

(長春版)印數：6001—12,000

第二版前言

本書第一版《水的物理與化學分析法》於1954年5月出版後，許多部門的化驗室及醫學院校等工作同志均用作參考。一年來，我們搜集了許多關懷我們工作的讀者反映和意見。同志們認為本書第一版的內容是目前水分析的良好資料，同時大家也對書中存在的錯誤和缺點作了討論並鄭重地提出了再版時作為參考的建設性意見。我們體會到過去編寫工作還存在若干缺點，因此除此次修訂時，採納同志們的許多意見及今後加強學習改進工作外，特向各位同志表示衷心的感激。

我們修訂第二版時，主要是依據以下原則進行的：

1. 注意吸收蘇聯方面先進的經驗，修改原有的項目；包括分析方法及計算結果的單位（如：鹼度、硬度、耗氧量等）。

2. 根據各部門的要求，適當地增添一些分析項目（如：水的味道、侵蝕性二氧化碳、熱水、硫化氫及硫化物等）及補充某些測定項目的容量分析和比色法（如：游離二氧化碳、鎂的容量法、鐵的有機試劑比色法、碘化物的容量法、餘氯的滴定法等）。

3. 增添有關生活污水的物理性質和化學成分測定的基本材料。

在修訂第二版時，我們考慮到近來國內在科學儀器製造及有機試劑合成方面的成就，故補充了某些比色儀器及若干有機試劑的採用；但對於其他精密儀器（如：光電比色計、電導計等）恐各地還不易普遍設置，所以暫未列入。對某些國外已有的分析方法（如：利用重鉻酸鉀和硫酸鈷代替氫鉀酸鉀等配製色度標準比色液，用有機試劑進行鉛、鋅、銅等微量金屬離子的比色分析方法等），我們還沒有比較成熟的經驗，因而也沒有補充進去。

隨着祖國社會主義建設事業的發展，水和生活污水的分析和研究工作會更加重要的，但由於這些分析項目很多，接觸面極廣，本系由於研究工作性質的限制，很不容易編出一本比較全面的水的分析方法資料來。因此，希望各部門水和生活污水分析工作同志們隨時指出本書的缺點和錯誤，並將寶貴的經驗介紹給我們，以便改進這些方法。

中央衛生研究院衛生工程學系

一九五五年四月

序

一九五一年底，中央衛生部將「全國環境衛生及衛生工程專業會議」提案中編寫水分析一書的任務交給本院衛生工程學系。本院衛生工程學系衛生化學室的同志們在接受這個任務後，即陸續做了搜集資料和整理資料的工作，並且根據過去的工作經驗進行了各種分析方法的比較研究。爲了適應目前情況，他們在編寫時，注意到選擇在一切水分析方法中易於購置儀器與藥品的方法。因此，須用光電比色計及特殊有機試劑的分析方法均未列入。1953年在俄文專業書籍速成閱讀學習結業後，又搜集了一些蘇聯方面的資料，將初稿做了初步的修正和補充。由於學習蘇聯還剛剛開始，經驗不夠，希望今後在不斷的學習過程中能夠搜集更多的蘇聯材料，使本書的內容更加充實。

水分析工作在反動派統治時期是不被重視的。在今天，我們的國家正在以最大的力量進行大規模的經濟建設，水質調查工作和水分析工作由於各方面的需要已經開始被重視起來。這本書的編寫，雖然是個嘗試，但是我們希望它能夠作爲全國各地衛生防疫站和醫學院校公共衛生學系等教學的參考。三年來，各地派到本院衛生工程學系進修的同志曾經採用本書的底稿做了很多實習，認爲切合實用。因此，在最後一次加以修改之後，就決定將它交給人民衛生出版社出版。自然，這本書所介紹的方法，還不夠全面，也許還有一些缺點甚至錯誤，希望讀者隨時向我們提出意見，使這本書在將來改版時，得到更適當的修改。

中央衛生研究院院長 沈 其 震

1953年12月於北京

目 錄

緒論	1
第一部分 水	2
✓ 一、水樣的採集	2
二、水分析測定的項目	6
✓ 三、水化學分析結果的表示方法	6
✓ 四、對水的物理性質和化學成分進行現場及 實驗室測定的步驟	9
五、水溫	9
六、臭氣	11
七、味道	12
八、沉澱	13
九、色度	13
十、濁濁度	18
十一、透明度	22
十二、總固體	24
十三、總固體燒灼減重及總固體的固定殘渣	27
十四、溶解性固體	28
十五、溶解性固體燒灼減重及溶解性固體的固定殘渣	29
十六、懸游性固體	29
十七、懸游性固體燒灼減重及懸游性固體的固定殘渣	31
十八、氫離子濃度(pH 值)	31
十九、游離二氧化碳	45
二十、重碳酸鹽二氧化碳及重碳酸鹽	49
二十一、侵蝕性二氧化碳	52
二十二、鹼度	57
二十三、硬度	60
二十四、氨氮	67
二十五、蛋白性氮	73
二十六、有機氮	74
二十七、亞硝酸鹽氮	76
二十八、硝酸鹽氮	79

二十九、耗氧量	84
三十、溶解氧	88
三十一、鈣	96
三十二、鎂	101
三十三、鐵(高鐵及低鐵)	107
三十四、錳	115
三十五、鉀	117
三十六、鈉	120
三十七、鋁	122
三十八、鋅	127
三十九、鉻	128
四十、銅	131
四十一、鉛	135
四十二、砷	139
四十三、氯化物	141
四十四、硫酸鹽	148
四十五、磷酸鹽	154
四十六、氟化物	158
四十七、亞硫酸鹽	163
四十八、二氧化矽(矽酸)	164
四十九、碘化物	168
五十、硫化氫及硫化物	170
五十一、氰化物	177
五十二、油	179
五十三、次氯酸鹽(漂白粉或漂粉精等)所含有效氯的測定	180
五十四、餘氯(活性氯)	182
五十五、需氯量	191
五十六、酚類	192
五十七、熱水	196
第二部分 生活污水	197
一、生活污水的分析項目	197
二、水樣的採取與保存	197
三、溫度	199
四、臭氣	199

五、色度	199
六、總固體、總固體燒灼減重及總固體的固定殘渣	199
七、溶解性固體、溶解性固體燒灼減重及 溶解性固體的固定殘渣	199
八、懸游性固體、懸游性固體燒灼減重及 懸游性固體的固定殘渣	200
九、氫離子濃度(pH 值)	200
十、鹼度	200
十一、酸度	200
十二、氨氮	200
十三、蛋白性氮	201
十四、亞硝酸鹽氮	201
十五、硝酸鹽氮	201
十六、耗氧量	201
十七、氯化物	201
十八、有機氮	202
十九、生物化學需氧量	205
二十、有機碳	209
附錄	212
一、水和生活污水分析實驗室一般規則	212
二、參考用表	216
✓ 1. 原子量(1952 年表)	216
✓ 2. 各種溫度的水的比重	216
✓ 3. 1 毫升氣體在標準溫度及標準壓力下的重量	217
4. 硬度換算表	217
✓ 5. 毫克/升與毫克當量/升互換的乘數	217
✓ 6. 溫度換算表	218
7. 單位換算表	218
8. 大氣壓力與水的沸點	218
✓ 9. 水分析及水處理中常遇到的化學反應式	219
10. 強酸的比重	221
11. 氫氧化銨的比重	224
12. 酒精的比重與容量百分率表	224
13. 氯化鈉溶液的比重	225

14. 石灰乳的比重	225
15. 水和生活污水分析及處理實驗室的一般儀器及藥品設備表	225
16. 對數表	233
17. 逆對數表	238
三、我國自來水的水質標準草案(1955年)	244
四、蘇聯飲用水的水質標準(國家標準2874—45)	245
五、參考文獻	247

緒 論

水和生活污水分析的重要性

在人的日常生活中，水是不可缺少的東西，除供作飲料及生活用水外，工業建設、農業灌溉和漁業生產，水都有極重要的關係。礦泉水還可以作為醫療用，地下水的化學成分，還可以作為地質調查及找尋地下金屬礦床的補充參考資料。天然水源不僅是供給人類一切用水的泉源，而且是排除生活污水和工業廢水的主要途徑，因此水是與人類一切實際活動有密切關係的。

由於水是一種極好的溶媒，所有的無機和有機物質都能或多或少地溶解水中。除可溶解的物質外，不溶解的懸游物質、膠體物質和生物等均可能混入水中；特別是河湖等地面水。因此化學純的水，在自然界是不可能存在的。至於天然水的物理、化學成分，是否適合於各種不同的用途，在選擇水源時，則應按其質量的指標，加以分析判斷。它的物理性質和化學成分，不特可作為選擇水源時的依據，且設計處理方法和設備時，亦必須藉這些資料來決定；處理方法和設備在運用時，是否能達到設計指標，亦可藉分析結果來判斷。

為了使生活污水和工業廢水得到合理的處理與排除，不致污染水源，危害人民健康與工業、農業、漁業的發展前途，亦須依據它的分析結果定出必要的措施。水和污水分析這門科學工作，在祖國社會主義建設事業中，是具有積極性意義的。

第一 部 分

水

一、水樣的採集

供分析用的水樣，應該能夠代表該水的全面性，因此水樣的採集必須注意下列各點。

(一) 樣瓶的準備：

1. 樣瓶的選擇——用 2 升容量、無色的、具磨口玻璃塞(或橡皮塞)的細口瓶。

2. 洗瓶液(硫酸重鉻酸鉀液)的配製——於 2 升硬質燒杯內放入 100 克工業用重鉻酸鉀(粗製品)並加入 375 毫升自來水，稍加熱，使重鉻酸鉀溶解；再把粗製的濃硫酸徐徐倒入溶液內，並用玻璃棒不停攪拌，直至總體積滿 1 升為止。這樣配成的硫酸重鉻酸鉀混合液稱為「洗瓶液」；是棕色液體，底部帶着大量紅色氧化鉻晶體。此液具有強烈氧化能力，是理想的實驗室洗瓶劑。

「洗瓶液」經過相當時間反覆使用後，所含的硫酸濃度不斷下降，因此作用的能力會逐漸減退；此時可加入適量的濃硫酸來幫助它恢復酸的強度。如果使用過久，或受到強烈的還原性物質污染，以致整個液體變為綠色時，則其中絕大部分的高價鉻化合物已被還原成為低價的硫酸鉻；在這種情況下，「洗瓶液」就不再具有氧化力，應該廢棄。因此，所有用過的玻璃儀器在用「洗瓶液」浸泡前，應該先用清水沖洗 1—2 次，並將各儀器上附帶的橡皮圈取下，凡士林等油狀物擦去，以免過多地耗費「洗瓶液」的力量。

3. 樣瓶的洗滌——取下瓶塞，用水沖洗內部及外部，並用毛刷(或者同時用砂肥皂洗刷)除去雜質、灰土、標籤紙等；再用水沖洗 2 次。將「洗瓶液」倒入樣瓶(約佔全瓶容積的 $\frac{1}{3}$)，並不停地轉動樣瓶，使「洗瓶液」與瓶內各處充分接觸，然後將藥液倒回原處。用自來水沖洗樣瓶，至少 7—8 遍，最後再以蒸餾水沖洗樣瓶(每次

約使用佔全瓶 $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{10}$ 容積的蒸餾水) 3 次。將瓶倒放在架上晾乾 (如急用時, 可放入電烘箱內乾燥)。玻璃塞可浸在「洗瓶液」中洗除雜質, 取出後用自來水及蒸餾水沖洗; 但橡皮塞則不能用「洗瓶液」處理, 否則會造成橡皮變質。

如果不用「洗瓶液」也可以採用熱的肥皂溶液 (或用砂肥皂或活性白土) 先洗, 然後水洗, 最後用蒸餾水沖洗並晾乾。

如果要長期保持樣品, 並將測定其中鹼金屬時, 則玻璃瓶裡面須塗上一層熔化的石蠟, 以防止水侵蝕玻璃瓶。

(二) 水樣採集的體積: 供一般物理性質與化學成分分析用的水樣不可少於 2 升; 對於特殊的分析 (如礦物質測定或全部分析), 則採集的水樣應為 5—10 升。

(三) 各類水樣採集的一般方法:

1. 採集水樣前, 應該用水樣沖洗樣瓶 2—3 次; 然後才將水樣收集於樣瓶中; 水的體積距離瓶塞應不少於 1 厘米。

2. 採集自來水或具有抽水機設備的井水時, 應先放水數分鐘, 使積留在水管中的雜質洗出去; 然後才將水樣收集。

3. 沒有抽水機設備的井水, 應該先將水桶沖洗乾淨, 然後再取出井水裝入樣瓶; 或直接用「水樣採集瓶」(圖 1) 採集。

4. 採集河、湖表面的水樣時, 應該將樣瓶浸入水面下 20—50 厘米處, 再將水樣裝入瓶中; 如遇水面較寬時應該在不同的地點分別採集, 這樣才能得到代表性的水樣。

5. 採集較深的河、湖水樣時, 應當用「水樣採集瓶」(圖 1)。

採取地面水或蓄水池中水樣最簡單的器具, 是用一根桿子, 於

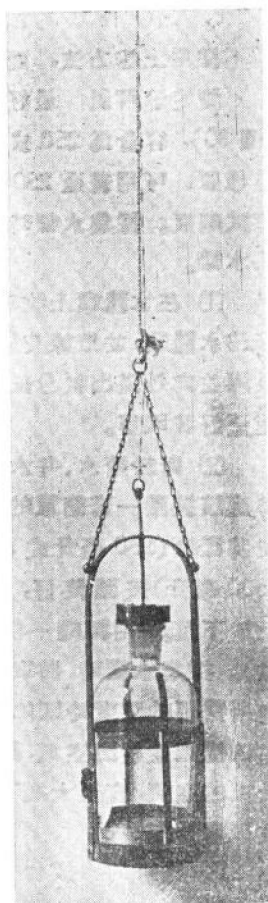


圖 1

其上用夾子固定一個裝水樣的瓶或是一個裝在重框內用繩索吊起的玻璃瓶，或者將已經洗乾淨的金屬塊或者磚石緊緊瓶底。將樣瓶降落到預定的深度，然後拉繩子把瓶塞打開。

取好的水樣用塞子塞好，並用石蠟封口（如果不將樣品轉送他處或立刻進行分析時，可不必用石蠟封口）。

6. 如果所取的樣品是用來測定水中溶解氧含量的話，則不採用上述方法，而用下面介紹的方法。

測定溶解氧，最好採用「溶解氧測定瓶」（圖 30），容量為 250 或 300 毫升。如果沒有這種瓶，可用普通 250 毫升磨口緊密的玻璃塞試劑瓶。採集水樣時應注意不要使空氣進入水樣。

(1) 在水龍頭上收集水樣時，要用橡皮管接住水龍頭，並把橡皮管插到瓶底部，待水樣放滿並向外溢出數分鐘，然後取出橡皮管，迅速蓋好玻璃塞。

(2) 對於塘水、井水、蓄水池的水樣，採集時應該裝置一套簡單的設備（可參照圖 2）。先將樣瓶（250 毫升或 300 毫升）與一個大瓶（500 毫升）按圖裝好，並將二瓶固定起來使便於下沉。用粗繩一根標明深度（米為單位）。採集水樣時，將取樣設備投入水中待到達所需要的深度時即停止下沉。此時使水樣進入樣瓶並趕出空氣，繼即進入大瓶，又趕出大瓶的空氣，直至大瓶不再存有空氣時為止。將樣瓶取下，迅速用玻璃塞蓋緊。

(3) 送來的水樣如果裝在大瓶中，應該用虹吸方法把水樣移入樣瓶中。

水樣採集完畢，要把樣瓶編好號數，以免錯亂。此時應該儘快地進行化學處理（最好就地進行，否則應保存在 4°C 左右再送到實驗室）；但滴定時可送往實驗室進行（參看三十、溶解氧）。

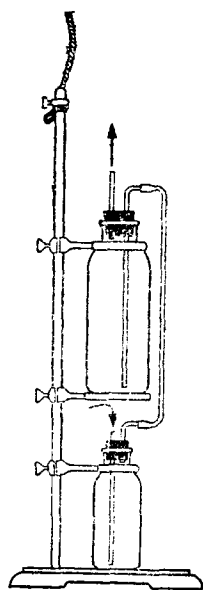


圖 2 水中氣體測定時
採取水樣的裝置

(四) 水樣的說明：水樣採集後，應該根據下列表格填寫清楚，貼在樣瓶上，以便分析部門參考(表 1)。

表 1

<u>水 樣 說 明 書</u>	
水樣編號：_____。此種水樣共有 _____ 瓶。	
採集地點：_____。採集日期：____年__月__日__午__時。	
水源種類(海水、江水、河水、湖水、塘水、泉水、井水、蓄水池水、游泳池水等)：_____。	
採集水樣時，水的溫度：_____°C。大氣溫度_____°C。	
水源周圍可能污染的情形(水源周圍是否有工廠、住宅、廁所、污水坑、下水道、垃圾堆或其他污染物存在)：_____。	
採集水樣的單位：_____。	
分析目的(飲用水、工業用水、礦泉等，加以詳細的說明)：_____。	
分析項目(物理性質，化學成分，特殊礦物質分析等)：_____。	
水樣採集者(簽字)_____。	

(五) 水樣採集與運送時間的關係：水樣採集後，應該儘速送至有關部門進行分析與檢驗，因為水中所含某些成分，放置太久，易受微生物等作用而有改變；如水的耗氧量、氫離子濃度(pH 值)及各種氮素等均易變動。事實上，水樣採集後，可供存放的時間並無絕對的規定，因為水樣成分的改變，受水質、溫度等因素的影響(如果能使水溫下降，則微生物的活動性會緩慢)，而有不同。根據一般經驗，常以下列時間作為水樣存放的參考(表 2)：

表 2

水 的 種 類	物理與化學分析所容許存放的時間
未 受 污 染 的 水	72小時
中 等 清 潔 的 水	48小時
受 污 染 的 水	12小時
污 水	時間越短越好，並須儲存在 3—4°C 處。

二、水分析測定的項目

水樣送達分析部門前必須在樣瓶上緊貼「水樣說明書」，並逐條填寫清楚；這樣可以幫助分析人員按照情況決定如何進行工作。

水樣分析的項目完全根據實際需要或水源的用途等情形來決定；下面是不同類型水樣進行分析時，可供參考的項目。

(一) 天然水(地面水及地下水)的一般衛生分析：細菌檢驗及顯微鏡觀察，色度，水溫，大氣溫度，臭氣，味道，濁濁度(透明度)，總固體，溶解性固體，氯化物，耗氧量，氟化物，氫離子濃度(pH值)，各種鹼度，總硬度，氨氮，蛋白性氮(或有機氮)，亞硝酸鹽氮，硝酸鹽氮，鐵，錳等；必要時做全部礦物質分析。

(二) 公共飲用水(自來水)的衛生分析：細菌檢驗及顯微鏡觀察，色度，水溫，臭氣，味道，濁濁度(透明度)，總固體，氯化物，餘氯，耗氧量，氫離子濃度(pH值)，各種鹼度，總硬度，氨氮，蛋白性氮，亞硝酸鹽氮，硝酸鹽氮等；必要時做特殊礦物質分析或個別成分分析。

(三) 礦水的分析：水溫，大氣溫度，比重，色度，臭氣，味道，濁濁度(透明度)，懸游性固體，總固體，pH值，耗氧量，總硬度(碳酸鹽硬度及非碳酸鹽硬度)，游離二氧化碳，氨，硫化氫，必要時氮或放射性氣體，鈣，鎂，鉀，鈉，鐵，鋅，氯化物，硫酸鹽，重碳酸鹽，碳酸鹽，二氧化矽，亞硝酸鹽，硝酸鹽，氟化物(必要時作其他離子的分析)；根據特殊的需要甚至須做冰點測定等。

(四) 工業用鍋爐水及鐵路鍋爐水的分析：鹼度，硬度，氯化物，硫酸鹽，pH值，溶解氧，二氧化矽，發泡量，游離二氧化碳，油質等。

(五) 游泳池水的分析：除了細菌檢驗外，一般祇需要濁濁度(透明度)，pH值，總餘氯及自由性餘氯；必要時做耗氧量，氨氮，蛋白性氮等。

三、水化學分析結果的表示方法

(一) 過去水的化學分析結果是用 NaCl 、 CaSO_4 、 MgSO_4 等

鹽類來表示，但後來這種表示形式基本上已不採用。根據溶液的特性來確定溶液中溶解有何種鹽類的方法是不存在的，因為水中的鹽類溶解時，其本身已不復存在，它們在水中已經離解成各種離子。

最好的及採用最廣泛的、表示分析結果的方法，是用離子表示的形式，即用每升水中含某離子的毫克數來表示。

天然水除了含有離解成離子的化合物外，還含有不離解或離解極微而通常呈膠體狀態存在的化合物；如 SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 等，則可以每升水中含此種氧化物的毫克數來表示。

溶於水中的氣體則用 CO_2 , H_2S 等毫克/升表示。

(二) 在地下水及礦水的分析上採用毫克當量/升來表示，這樣可以清楚水中離子間數量上的比例。

因此，每種離子的毫克數必須用該離子的當量重量除之，例如 80.16 毫克 Ca^{++} 離子等於 $80.16 \div \frac{40.08}{2} = 4$ 毫克當量 Ca^{++} ；144.09 毫克的 SO_4^{--} 離子等於 $144.09 \div \frac{96.06}{2} = 3$ 毫克當量的 SO_4^{--} 等等。如果改用乘以當量重量的倒數的方法來代替用當量重量去除時，更加方便。例如： Na^+ 離子毫克數換算成毫克當量的乘數為 $\frac{1}{23.00} = 0.04348$ 及 SO_4^{--} 離子毫克數換算成毫克當量的乘數為 $\frac{2}{96.06} = 0.02082$ 等。

如果反過來計算時(由毫克當量換算成毫克數)，則須用該離子的當量重量來乘毫克當量數，例如：3 毫克當量的 Ca^{++} 等於 $3 \times 20.04 = 60.12$ 毫克的 Ca^{++} 。

表示水分析的當量式，除了清楚地說明各種離子間數量上的對比外，還有許多好處。如果除了個別離子以外，其餘離子都已確定，則該離子的含量可按差數計算出來。

例如：北京市玉泉山某泉眼水，主要離子成分如下(表 3)：

表 3

陰 離 子	含 量		陽 離 子	含 量	
	毫 克/升	毫克當量/升		毫 克/升	毫克當量/升
Cl ⁻	10.7	0.30	Ca ⁺⁺	55.9	2.78
SO ₄ ⁼	144.5	3.00	Mg ⁺⁺	17.9	1.47
HCO ₃ ⁻	239.8	3.93			
總 計		7.23	總 計		4.25

根據電離學說，在任何鹽類溶液中，帶負電荷的陰離子與帶正電荷的陽離子之毫克當量數精確相等。

表內陰離子總數為 7.23 毫克當量/升，而陽離子(Ca⁺⁺及 Mg⁺⁺)總數僅為 4.25 毫克當量/升。因此，陽離子的總數比陰離子總數少 $7.23 - 4.25 = 2.98$ 毫克當量。故可以肯定該分析結果中含有其他陽離子，通常以 Na⁺(及 K⁺)2.98 毫克當量/升表示。同樣可以換算成以鈉表示的含量來：

$$2.98 \times 23 = 68.54 \text{ 毫克/升}$$

因此通常不進行鈉(及鉀)的含量測定，而按差數來計算，但在分析的結果中必須註明[Na⁺(按差數)]。

(三) 爲了對同一水中離子的比例有一清楚概念，特別是爲了來比較各種礦化作用不同的水的離子的當量時，通常以水中所含陰離子及陽離子的毫克當量總數的百分比來表示(表 4)。

表 4

陰 離 子	含 量			陽 離 子	含 量		
	毫克/升	毫克當量/升	毫克當量百分數(%)		毫克/升	毫克當量/升	毫克當量百分數(%)
Cl ⁻	10.7	0.30	4.2	Ca ⁺⁺	55.9	2.78	38.5
SO ₄ ⁼	144.5	3.00	41.5	Mg ⁺⁺	17.9	1.47	20.3
HCO ₃ ⁻	239.8	3.93	54.3	Na ⁺ (按差數)	64.90	2.98	41.2
總 計		7.23	100.0			7.23	100.0