

水的物理與 化學分析法

人 民 衛 生 出 版 社

水的物理與化學分析法

編 著 者

中央衛生研究院衛生工程學系

(汪德晉 黃承武 尹泉文 劉遠嶸)

一九五四年·北京

水的物理與化學分析法

書號 1518

25 開

93 頁

151 千字

編 著 中央衛生研究院衛生工程學系
(汪德晉, 黃承武, 尹阜文, 劉遠燦)

出 版 人 民 衛 生 出 版 社
北京南英馬路3號

發 行 新 華 書 店
印 刷 醫 學 圖 書 印 刷 廠

(東北版)

1954 年 5 月 第 1 版

定價 8,600 元

1—6,000

序

1951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够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，但是我們希望它能够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，還不够全面，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

引言	1
一 水樣的採集	1
二 水分析的測定情形	4
三 化學分析結果表示方法	5
四 溫度	6
五 色度	6
六 臭氣	9
七 渾濁度	11
八 總固體	16
九 燒灼減重及固定殘渣	18
十 溶解性固體	19
十一 溶解性固體燒灼減重及溶解性固體的固定殘渣	20
十二 混懸性固體	21
十三 混懸性固體燒灼減重及混懸性固體的固定殘渣	22
十四 氫離子濃度 (pH 值)	23
十五 鹼度	34
十六 酸度	37
十七 二氧化碳	38
十八 重碳酸離子	43
十九 碳酸離子	43
二十 氫氧離子	44
二十一 硬度	45
二十二 氮素化合物——氨氮	54

二十三	氮素化合物——蛋白性氮	59
二十四	氮素化合物——有機氮	60
二十五	氮素化合物——亞硝酸鹽氮	62
二十六	氮素化合物——硝酸鹽氮	65
二十七	氯化物	69
二十八	耗氧量	74
二十九	溶解氧	76
三十	餘氯	82
三十一	次氯酸鹽(漂白粉或漂粉精等)所含有有效氯的測定	90
三十二	需氯量	92
三十三	鐵	93
三十四	錳	100
三十五	鈣	102
三十六	鎂	107
三十七	鉛	109
三十八	二氧化矽	114
三十九	鉛	116
四十	鋅	120
四十一	鉻	123
四十二	銅	126
四十三	鉀	128
四十四	鈉	131
四十五	砷	132
四十六	油	135
四十七	氟化物	136
四十八	碘化物	138
四十九	硫酸鹽	140
五十	磷酸鹽	144

五十一 亞硫酸鹽	148
五十二 氰化物	149
五十三 酚類化合物	151
附 錄:	153
附表一 原子量(1952年)	153
附表二 1 克水所佔的體積	153
附表三 1 毫升氣體在標準溫度及標準壓力下的重量	154
附表四 水分析結果常用的離子互相推算表	154
附表五 氫氧化鈉及氫氧化鉀的比重與含量表	154
附表六 氫氧化銨的比重與氮含量表	155
附表七 硫酸的比重與含量表	155
附表八 鹽酸的比重與含量表	155
附表九 硬度換算表	156
附表十 換算表——毫克/升與 1,000,000 份水中 所含當量數(epm)的互換表	156
附表十一 溫度換算表	157
附表十二 單位換算表(重量、容量、長度、面積 與單位時間容量的變換)	157
附表十三 大氣壓力與水的沸點	157
附表十四 水分析及水處理中常遇到的化學方程式	158
附表十五 飲用水物理及化學分析綜合性標準	160
附表十六 水分析實驗室的一般儀器及藥品設備表	161
附表十七 對數表 (一) (二)	166
附表十八 逆對數表 (一) (二)	168

參考文獻

引 言

水分析在公共衛生及工業方面都很重要，今簡述於下。

飲用水分析——水是生物生存所不可缺乏的東西，人體內 70 % 以上是水份；給水是公共衛生方面基本工作之一。水的衛生分析對於水源的選擇，水質處理與消毒等都有着密切的關係。例如，水中氟化物缺乏或過多都會使人的牙齒發育不正常；水中含着過量鐵(或錳)就易使水產生特殊氣味；又如飲用水在化學處理及消毒時，對於水質的變化，餘氯的含量以及消毒的效果等都需要不斷的分析；此外游泳池水的處理也要依靠水分析的協助才能做好工作。

工業用水分析——在祖國偉大的經濟建設中，全國各地將設立許多不同類型的工廠。水分析在工業方面也佔着極重要的地位；工廠鍋爐用水的硬度不可太高也不應過低；印染廠的用水如果含鐵量超過限度，將影響成品的質量；此外火車用水也需要經過分析，才能符合標準。以上的一些舉例，充分說明水分析在工業方面的重要性。

一 水樣的採集

供分析用的水樣，應該能够代表水源的全面性，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，直至總體積為 1000 毫升為止。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，整個液體變為綠色時，表示其中絕大部份的高價鉻化合物被還原成低價的硫酸鉻；因此在這種情況下，「洗瓶液」不再具有氧化力，應該廢棄。

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；再用水沖洗二次。將「洗瓶液」倒入樣瓶（約佔全瓶 $\frac{1}{3}$ 體積），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。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 $\frac{1}{3}$ 至 $\frac{1}{2}$ 體積的蒸餾水）3 次。將瓶倒放在架上待乾（如用電烘箱乾燥更好）。玻璃塞可浸在「洗瓶液」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。

（二）水樣採集的體積：

供一般物理與化學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 3—5 次；再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. 採集自來水或井水具有抽水機設備者，應先放水數分鐘，使積留在水管中的雜質洗出去；然後，再將水樣收集。

3. 沒有抽水機設備的井水，應該先將水桶沖洗乾淨，至少沖洗 3 次；此時再取出井水裝入樣瓶。

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，可將已經洗乾淨的金屬塊或者磚石緊緊瓶底，然後將樣瓶降落到預定的深度，再收集水樣。

(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：

水 樣 說 明 書	
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。	
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、工業用水等，加以詳細的說明)：_____。	
分析項目(物理分析，化學分析，特殊礦物質分析)：_____。	
水樣採集者(簽字)：_____。	

(五) 水樣的採集與運送時間的關係：

水樣採集後，應該盡速送往有關部門進行分析與檢驗，因為水中所含某些成份，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；水樣成份的改變，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)。根據一般的經驗，常以下列時間作為水樣存放的參考：

表 一

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，並儲存在 3°—4°C 處。

如果水樣遇到特殊情形，經過較長的時間才能分析，則在分析結果中要註明存放的時間。

二 水分析的測定情形

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來決定；下面是不同類型水樣進行分析時，供參考的項目。

（一）公共飲用水的衛生分析：

細菌檢驗及顯微鏡觀察；色度，嗅氣，渾濁度，總固體，溶解性固體，氯化物，耗氧量，氟化物，鐵，鋅，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，硝酸鹽氮等；必要時做特殊礦物質分析或個別成份的分析。

（二）地面水及地下水的衛生分析：

細菌檢驗及顯微鏡觀察；色度，嗅氣，渾濁度，總固體，溶解性固體，氯化物，耗氧量，氟化物，鐵，鋅，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，硝酸鹽氮等，必要時做全部礦

物質分析或個別成份的分析。

(三) 工業用鍋爐水的分析：

溶解性固體，混懸性固體，總鹼度，總硬度，氯化物，硫酸鹽，氫離子濃度(pH值)；必要時測定碳酸鹽，氫氧化物，溶解氧，二氧化矽等。

(四) 游泳池水的分析：

除了細菌檢驗外，一般祇需要渾濁度，氫離子濃度(pH值)，總餘氯及自由性餘氯等。

(五) 鐵路用水分析：

總鹼度(或酸度)，總硬度，氯化物，溶解性固體，硫酸鹽，二氧化碳及氫離子濃度(pH值)等。

三 化學分析結果表示方法

(一) 單位：

水的化學分析結果以 1 升水中含某物質的毫克數為單位(毫克/升)。

(二) 化學分析結果的分類：

根據水所含化學成份的不同性質，可以把它們分成下列三類，對於水的工業分析有不少幫助。

1. 沉澱性物質——包括二氧化矽，氧化鋁，氧化鐵，鈣及鎂的化合物等；以上各物都能產生固體沉澱物。
2. 非沉澱性物質——鈉，鉀，鉍等化合物。
3. 腐蝕性物質——各種酸類，鐵及鉛的硫酸鹽，氯化鈣，硝酸鈣以及較多量的硫酸鎂，氯化鎂，硝酸鎂等；此外多量的游離二氧化碳及氫離子濃度(pH值)低於 10.0 時水中的溶解氧也有腐蝕作用。

四 溫 度

水的溫度對於水質處理，如凝結及消毒等都有重要的關係；測定水溫度可於水樣採集過程中進行，用攝氏表當場記錄。

如有深水溫度計(圖 1)，更能很好地記錄不同深度時水樣的溫度。



圖 1

五 色 度

純潔的水在淺時為無色，深時為淺藍綠色；水中如含有雜質則發生一些

淡黃色至棕黃色。水的產生顏色常常由於植物性物質的溶解(如落葉, 樹根及泥土中一些物質), 有時混懸在水中的泥沙或礦物質等也使水產生顏色。

水分析所測定的色度應該是將混懸物除去後的色度為標準, 稱為「真色」; 是把水樣放置數小時後吸取上層澄清水樣加以測定的。如果水中含混懸物不易下沉時, 可用手搖離心機分出混懸物, 但不用濾紙過濾, 因為濾紙能吸收溶解於水中的部份顏色。

沒有除去混懸物的水樣所產生的色度稱為「表色」; 因為有些水樣含有顆粒太細的有機性物質或無機性物質, 不易用離心機來分離, 祇能測定水樣的「表色」, 但在比色時很難與色度標準比色液一起比較。

在清潔的或渾濁度很低的水樣中, 它的「表色」與「真色」幾乎完全相等。

色度的測定是用鉑鈷色度標準比色液進行比色的。對於被工業廢水所污染的水樣因為產生極不正常的顏色, 且污染物的來源極為複雜, 所以沒有一種理想的色度標準比色液來比較。

(一) 鉑鈷色度標準比色液的配法:

方法一: 精確稱取 1.2450 克氯鉑酸鉀, K_2PtCl_6 (內含 0.5 克鉑) 及 1.0000 克氯化鈷, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (內含 0.2480 克鈷) 溶於 100 毫升蒸餾水, 加 100 毫升濃鹽酸; 然後傾入 1 升量瓶內, 再加蒸餾水至刻度。此時所配成的鉑鈷標準液的色度為 500 (註: 鉑鈷色度標準比色液規定 1 毫克鉑於 1 升水中稱為 1 個色度單位)。

方法二: 精確稱取 0.5000 克鉑溶解於適量王水中 (註: 王水是由 1 份濃硝酸與 3 份濃鹽酸的混合溶液), 放在石棉板上加熱使溶解後生成氯鉑酸, 並蒸發至乾燥狀態; 再加入一些鹽酸繼續加熱以除去溶液中多餘的硝酸, 如此反覆處理數遍使所有的硝酸都被趕出; 此時加入 1.0000 克氯化鈷及 100 毫升蒸餾水, 最後加入 100 毫升濃鹽酸; 傾入 1 升量瓶內, 並加蒸餾水至刻度。此時所配成的鉑鈷標準液的色度為 500。

取上面方法所配成的鉑鈷標準液 (色度為 500), 按照表二所列用量配成各種色度標準比色液。

表 二

色 度	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
鉑鉻標準液用量(毫升)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
蒸 餾 水 用 量(毫升)	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90

將以上配成的鉑鉻色度標準比色液，盛在質料很好的標準納氏比色管（註）；用顯微鏡蓋片及樹膠類物質在管口密封，防止溶液蒸發及灰塵的進入，這樣可以將標準比色液保存得很久，可供長期使用。

（二） 色度的測定方法：

1. 取清淨透明的水樣 100 毫升於納氏比色管中；
2. 將水樣與鉑鉻色度標準比色液並列，放在白磁板（或白紙）上比色；要在接近光線的地方，使光源能透過納氏比色管向上折射。眼睛自管口向下垂直觀察。
3. 記錄與水樣最相近的結果（必要時，再按實際需要配成更接近水樣色度的標準比色液，進行比色）。

例如：某水樣的色度在 5 與 10 之間，但與 5 很接近而與 10 相差較多；此時另外取二支 100 毫升納氏比色管，分別加入 1.2 及 1.4 毫升鉑鉻標準液，再加蒸餾水至刻度處，此時所配成的色度標準液的色度是 6 及 7。取水樣再作比較，發現水樣色度與 7 相同，加以記錄。

下列公式是計算稀釋後色度的情形：

$$\text{色度} = \frac{\text{鉑鉻標準液(色度爲 500)用量(毫升)} \times 500}{\text{納氏比色管容量(毫升)}}$$

(三) 水樣色度的記錄方法:

色 度 範 圍	色 度 最 低 讀 數(單位)
1— 50	1
51—100	5
101—250	10
251—500	20

(註) 標準納氏比色管——這裡所用的標準納氏比色管，是長形的；由質料很好的無色中性玻璃製成。整個比色管的各部份直徑都要一樣，管口應該平齊，以便封口之用；刻度要成整個的圓圈，不可祇刻成短短的一段範圍(圖2)。標準納氏比色管的規格如下：

1. 凡是 100 毫升的納氏比色管，其全部長度應該近於 375 毫米。比色管的內徑為 20 毫米，外徑為 24 毫米。刻度處應該在離開內部管底 300 毫米附近；一套比色管(約 10—12 支)各管之間刻度的出入，自最長的刻度管到最短的刻度管，不可超出 6 毫米。

2. 凡是 50 毫升的納氏比色管，其全部長度應該近於 300 毫米。比色管的內徑為 17 毫米；外徑為 21 毫米。刻度處應該在離開內部管底 225 毫米附近；一套比色管(約 10—12 支)各管之間刻度的出入，自最長的刻度管到最短的刻度管，不可超出 6 毫米。

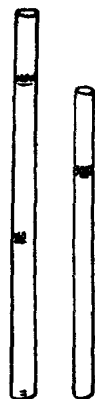


圖 2

六 臭 氣

清潔的水不具任何臭氣，被污染的水將產生一些不正常的臭氣。天然水中含有綠色藻類，原生動物類，均會發生腥味；此外水中有機體的分解或含有礦物質(如鐵或硫磺的化合物)及工業廢水的進入飲用水源等都能產生各種不同臭氣。

測定水的臭氣並沒有標準的單位來表示，一般常以水樣在冷時(20°C)及

熱時(60°C)作定性的表示:

(一) 臭氣的表示方法:

1. 臭氣性質的表示:

正常——不具任何臭氣。

芳香氣——花香, 水果味等。

甜味——蜜甜味。

化學藥品氣——分爲下列各類:

(1) 氯味。

(2) 石油氣味——汽油, 煤油, 煤焦油等。

(3) 藥味——酚, 碘仿等。

(4) 硫化物味——硫化氫等。

不愉快氣——分爲下列各類:

(1) 魚腥味。

(2) 家畜味。

(3) 污物味——污水等。

泥土氣——爛泥, 沙土等味。

草氣——青草味。

霉爛氣——如稻草發霉。

霉臭氣——產生臭氣的腐爛物。

植物氣——植物的根, 莖氣味。

2. 臭氣強度的表示:

表 三

強度數值	意 義	說 明
0	無 臭 氣	不發生任何臭氣
1	極微弱臭氣	一般飲用者, 甚難感覺出嗅氣, 但有經驗的水分析工作者能加以區別出來。
2	弱 臭 氣	此種氣味, 飲用者不易感覺, 但是加以指出後, 就可察覺出。
3	顯著臭氣	易於察覺, 此種水不加處理, 不能飲用。