

水質改良及水分析

商 務 印 書 館

水質改良及水分析

陶 堯 橋 著

商 務 印 書 館

水質改良及水分析

陶延橋編著

★版權所有★

商務印書館出版

上海河南中路二一號

中國圖書發行公司發行

商務印書館北京廠印刷

(61714)

1952年8月初版 1953年6月再版

印數2,001—4,500 定價¥6,200

目 錄

前言	1
第一章 水的性質	3
第二章 水的分類	5
甲、雨水	5
乙、地下水	6
丙、地面水	6
第三章 水裏的雜質	7
甲、氣體雜質	7
乙、固體雜質	11
第四章 硬水和軟水	12
第五章 自來水廠改良水質的方法	15
甲、靜置	15
乙、過濾和砂濾池	17
丙、澄清和消毒	23
丁、飲料水的必要條件	37
第六章 怎樣改良並處理硬性水	39
甲、加熱	39
乙、以石灰處理	40

丙、以碳酸鈉處理	40
丁、石灰與鹼法	41
戊、計算石灰與鹼的需要量	43
第七章 人造沸石法	47
第八章 離子交換物	53
甲、陽離子交換物	53
乙、陰離子交換物	55
第九章 汽鍋水	59
甲、結成鍋垢物	59
乙、鍋垢消去物	63
丙、發生泡沫物	70
丁、發生腐蝕物	72
戊、結語	72
第十章 水的分析	74
甲、採取樣品	74
乙、分析項目	76

水質改良及水分析

前 言

水是重要的飲料，對我們身體健康影響很大；同時各種工業也都需要用水，它的品質好壞，對生產的影響也很大。

例如汽鍋用水，就不能含有大量硫酸鈣和相類似的鹽類，不然鍋裏就會結成鍋垢，緊貼在鍋裏，而造成很大的損失。可是如用這樣水釀酒的話，不但沒有害處，而且有很多優點，首先水裏的鈣鹽能和穀裏的蛋白質作用，成為不易溶解的化合物分離出來，因之酒中蛋白質含量減少，容易保存，其次穀裏的色素，也不易溶進酒內去。

除此之外，如製毛、製絲工業所用的水中，應該完全沒有鈣、鎂、鐵鹽的存在。造紙工業則要求所用水不含鐵鹽和有機物，否則就能生成斑點。啤酒釀造中所用的水，對啤酒品質有決定性的影響。如水裏含有很多碳酸鹽時，產品為黑啤酒，碳酸鹽含量少時，即產生白啤酒，可見生產中所用水

的品質，對於產品影響是多麼大了。

由於這些原因，使我們在用水之前，必須對他進行詳細的化驗、選擇和研究，並把它的品質設法加以改良，決不能隨便拿來就用。

這本書主要是講工業用水，並說明自來水廠怎樣使水澄清和消毒，工廠怎樣使水除掉硬性，以適合於汽鍋的應用。最後並有檢驗水的簡單方法，相當精確，又附有詳細的解釋，使讀了這本書的人，可以明瞭些化驗的情形。

第一章 水的性質

水是一種透明的液體，無味無臭。淺水無色，深水顯現淡藍綠色；至水顯現棕色或別種顏色，是因為含有機物很多所致。有時也因為含有鐵質，可使水帶有黃色；長江、黃河的水，常常是黃色，但這不是鐵質，却是水裏泥土過多的緣故。總之水如渾濁不清，或者發生氣味，或者表現顏色，都是由於含有雜質。清純的水，決沒有這樣現象。

我們都知道普通水的化學式是 H_2O ，即由氫和氧所組成的。並且知道每 5000 份水裏，還含有一份“重水”。重水和普通水的性質不同，現列表比較如下：

	比 重 $a_{20^{\circ}}^{4^{\circ}}$	冰 點	沸 點	黏滯性 N = 毫泊	最大密度 的溫度	折光指數 $N = \frac{d}{20^{\circ}}$	表面張力 γ
重 水	1.1059	3.8°C	101.42°C	12.60	11.6°C	1.3281	67.80
尋常水	1	0°C	100°C	10.87	4°C	1.3329	72.75

重水可殺死微生物，有些植物的種子在重水裏不能發芽。

水的主要的特性，是它有很強的溶解能力，他能溶解很

多種無機化合物、有機化合物和氣體等，其他液體皆不能與之比較。無機固體物溶解在水裏的量，和溫度有關係，一般說來是溫度越高，溶解量越大。但也有例外，如氫氧化鈣及硫酸鈣等，在高溫度時候，他們的溶解量，反而減少。

	冷水 1 公升所 溶固體量(克)	沸水 1 公升所 溶固體量(克)
氫 氧 化 鈣	1.28	0.79
硫 酸 鈣	2.30	2.10

水對於有機化合物的溶解能力，就比較小多了。溶解氣體的能力也很強，現列表於下：

	每公升水在 15°C 溶解 氣體的體積 (毫升)
氮	14.8
氫	19.0
氧	29.0
二氧化碳	1002.0
硫化氫	3233.0
二氧化硫	43,504.0
氯化氫	462,000.0
氫	727,200.0

總之，1 公升尋常水裏能溶空氣 25 毫升，其中含氧 30—31%，含氮 64—66%，二氧化碳只有 2—3%。

第二章 水的分類

水的化學組成是一樣的，按說所有的水，應該完全相同，但因為它有很強的溶解力，所以不同來源的水，就含有很多不同的雜質；爲了方便，把天然水按來源不同，簡單的分成了三類，即雨水、地下水如井水、泉水等，和地面水如江水、湖水等。現在也有依照所含的陰離子，分爲三類的：如硫酸根($\text{SO}_4^{=}$)、碳酸氫根(HCO_3^{-})及氯根(Cl^{-})。

今將各類水的性質，先略加敘述如下：

甲、雨水

雨水比江湖水較爲清純，因為地面上的水，經過蒸發，到空氣裏，遇冷凝結成雨，很像蒸餾水。但在落下時候，經過空中，溶解了許多氣體和雜質，如二氧化碳、一氧化碳、二氧化硫、氧、氮、灰塵、細碎有機物等。曠野間落下的雨水，比較城市的雨水清潔得多，是因為鄉間空氣裏的雜質，比較少的緣故。

乙、地下水

地下水含懸浮雜質很少，但含溶解物很多。溶解物中分量最多的是鈣、鎂、鈉、鉀、鋁和鐵的碳酸鹽、硫酸鹽、氯化物、硝酸鹽和矽酸鹽等。鈣、鎂化合物影響水的性質很大，以後常詳細討論。

井的深淺，也能影響井水的品質。淺井的水，可能有陰溝滲水等流入，不能用作飲水，而深井的水，因黴菌不容易混入，就較為清潔。淺井的水溶解礦物質較少，所以水質多軟，深井水溶礦物質較多，水質較硬，同時深井水大都清澄無色，溫度較低。不論深井水、淺井水，都含很多碳酸鹽及酸性碳酸鹽，不能直接在蒸汽鍋內應用。

泉水含溶解物很多，他的溫度高於空氣的溫度。還有的含有氣體像氮氣，也有的含一點錳的鹽類，故有醫治皮膚病的效能。

丙、地面水

像江、河、湖水等都是地面水，它裏面溶解物比地下水較少，但懸浮雜質却很多，這是這兩種水不同的地方。

海洋水中溶解固體物較多，平均約有 3.6%，在這裏面有 2.6% 是普通的食鹽，另外的是鎂、鈣和鉀的溴化物、硫酸鹽、氯化物及碳酸鹽等。

第三章 水裏的雜質

水裏含雜質很多，現爲解釋方便起見，分雜質爲下列兩種，即：

氣體雜質 氣體溶解在水裏雖然很多，但對蒸汽鍋發生損害者，只有氧、二氧化碳及硫化氫三種。

固體雜質 固體在水裏，有的懸浮，有的溶解，留待以後再加詳盡解釋。

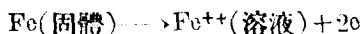
甲、氣體雜質

1. 氧氣能在水裏溶解，1公升水最多可溶氧29毫升，在普通情形下，也能含到10毫升。氧氣的腐蝕力比較同量二氧化碳，要大5倍到10倍。同時溫度高，腐蝕力也大，例如在 90°C 時，氧氣的腐蝕力，比較在 60°C 時，要大2.0到2.5倍。

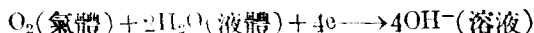
氧氣損傷蒸汽鍋的情形，可用下列幾個反應式說明：

鐵——和含氧的水接觸，發生些溶液壓力，有氧化反

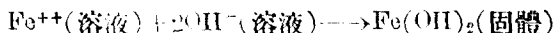
應：



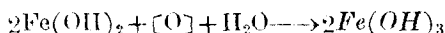
這樣反應達到相當程度，就停止了。另一方面氧和水起反應，產生 OH^- 離子：



Fe^{++} 和 OH^- 離子又起反應：

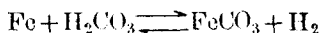
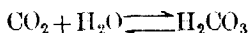


氫氧化亞鐵如黏附在鐵的表面，可成為保護層，使內部鐵質不再受侵蝕。但水裏如有很多氧氣的時候，氫氧化亞鐵可轉變為氫氧化鐵：

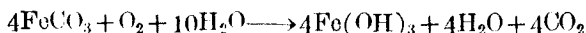


氫氧化鐵沉澱下來，落入水裏。鐵的表面，沒有東西遮蓋，就必須更多的鐵，和水反應，以變成氫氧化亞鐵。照這樣情形繼續下去，鐵就會受到很大損失。

II. 二氧化碳溶解在水裏，成為碳酸 (H_2CO_3)。和鐵化合，轉成碳酸亞鐵 (FeCO_3)：



碳酸亞鐵貼在鐵的表面，氫氣也附在表面成一薄膜，這兩種東西都是保護層，能使裏面鐵質不再受損失。但如果水裏溶有氧氣，能破壞氫氣薄膜，使氫氣氧化成水，也能使碳酸亞鐵氧化，變為氫氧化鐵：



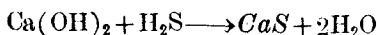
這兩種保護膜除掉以後，碳酸又繼續產生，鐵又和他起作用，恢復原狀，不稍減少，因而使鐵再受腐蝕，而引起很多損失。

III. 硫化氫可和鐵作用生成硫化鐵 (FeS)，但硫化鐵不能貼在鐵的表面上成為保護層，所以腐蝕鐵質也很劇烈，不過水裏這種氣體含量很少，不足為慮。

IV. 除掉氣體的方法 爲了除去水裏已經溶解的各種氣體，可用下列六種方法：

一、加熱 將水加熱裏面氣體可以驅逐出去。例如氧氣，水熱到 60°C 時，即可以完全除掉。有人說每公升水裏，氧氣須少到 0.2 毫升，也有人說就是這一點氧氣仍可使鐵質受到損壞和消耗。總之蒸汽鍋汽壓越高，氧氣應越少。假使蒸汽鍋的汽壓在 600 磅(每平方吋)以上，水裏的氧氣含量每公升不得超過 0.01 毫升。

二、加石灰 水裏加入石灰，可除掉二氧化碳及硫化氫兩種氣體，但不能除掉水中所含的氧氣。

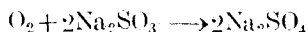


三、用鐵除氣體 在高塔裏堆放廢鐵，使水慢慢通過，氧氣同鐵作用，成氧化鐵。這種方法，成績良好。水裏的氧氣，可減少到每公升 0.5 毫升。3 克鐵能用以處理 1 立方

公尺的水，1 磅鐵可處理水 40,000 加侖。

二氧化碳及硫化氫都能和鐵起反應(見前反應式)，也能用這法處理去掉。

四、用亞硫酸鈉(Na_2SO_3)能將最後贖下的氧除掉：



但是用這種東西，可增加水裏固體含量，雖然可除去氧氣，也有他的缺點。

五、充氣法 即向水中鼓動空氣，和水混合，水裏別種氣體就跟隨空氣散失。用這種方法的結果是：

(i) 水裏原有的氣體如硫化氫、二氧化碳及多餘的氯氣，都可被空氣帶走。

(ii) 水的氣味如草味、魚羶味及微生物所產生的揮發油，都可除掉。

(iii) 水裏已死的海藻發生的氣味，也可除去。

(iv) 空氣裏的氧，能使水裏鐵、錳兩質沉澱，並使有機物因氧化而一齊除去。

向水裏引導空氣有兩種方法：即在水裏放進有小孔的管，或別種疏漏管筒，空氣進入後，立刻由許多地方透入水裏，能和水普遍混合。或者設法使水成薄膜，或微細點粒，散佈在空氣中。

經過這種方法處理的水，二氧化碳含量可減少到百萬份之 10 以下，但增加氧氣的含量，對鐵管還有侵蝕性。

六、用陰離子互換物可除去溶解的氧氣。

乙、固體雜質

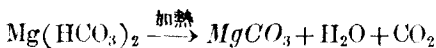
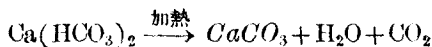
水裏固體雜質很多，有的懸浮，如泥土是；有的溶解，如無機鹽類是（也有少量有機物可以溶解）。懸浮物經過濾後，容易去掉，惟有溶解的鹽類還留在水裏，影響水的性質很大。

通常溶解在水裏最多的雜質，是鈣、鎂等的碳酸鹽、酸性碳酸鹽、硫酸鹽、硫化物、氯化物及硝酸鹽等。

第四章 硬水和軟水

含有很多鈣鎂等雜質的水，叫做硬水。含雜質比較少一些的水，叫做軟水。天然水總含有雜質的，不過份量有多少，一點雜質沒有，是絕對不可能的。究竟雜質多到多少算硬水，少到多少是軟水，現在尚無確實規定；大概水的硬性少到 5,6 度，可以說是軟水。

水的硬性分為兩種：就是暫硬性（這是指水裏含有鈣鎂的酸性碳酸鹽）和永硬性（這是指水裏含有鈣鎂的硫酸鹽、氯化物及硝酸鹽）。鈣和鎂的酸性碳酸鹽遇到熱，可生成沉澱，因而失去硬性，這就是暫硬性名稱的由來。



碳酸鈣在水裏的溶解度甚小，所以暫硬性水的酸性碳酸鈣可以完全除掉。碳酸鎂在水裏的溶解度相當大（在 100 毫升水內，可溶 0.0106 克），所以暫硬性水的酸性碳酸鎂，