

水的知識



科學知識叢書

科學知識叢書

水的知識

華 光 著

商務印書館

水的知識

華光著

出版者 商務印書館香港分館
香港皇后大道中三十五號

印刷者 商務印書館香港印刷廠
香港九龍炮仗街七十五號

* 版權所有 *

1978年2月初版

目 錄

一、水的重要性	1
二、水的自然形態	3
水的分佈	3
水在自然界中的循環	5
物理狀態	6
三、水的化學組成和分子結構	8
水的化學組成	8
水的分子結構	14
四、水的物理性質	18
比 重	18
密 度	19
比 熱	20
黏 度	21
表面張力	21
沸 點	21
蒸發熱、熔化熱	22
蒸汽壓	23
相 圖	23
五、水的化學性質	25
與金屬作用	25

與非金屬作用·····	28
與氧化物作用·····	28
與金屬碳化物作用·····	29
與氯化物作用·····	29
催化作用·····	30
熱分解反應·····	30
六、與水有關的一些物理化學變化·····	32
“萬能”溶劑·····	32
水的離解·····	35
水的電解·····	37
水解、潮解和風化·····	39
七、水的處理·····	44
天然水·····	44
生活用水·····	46
工業用水·····	47
純 水·····	55
海水淡化和綜合利用·····	59
廢水處理·····	66
八、過氧化氫·····	70
過氧化氫的物理性質·····	70
過氧化氫的化學性質·····	71
過氧化氫的分子結構·····	74
過氧化氫的製法及測定·····	76
過氧化氫的用途·····	78
九、重 水·····	80
重水的性質·····	81

重水的製法.....	82
重水的用途.....	83

一、水的重要性

水對於一切生命體是至為重要的，可以說，沒有水就沒有生命。自然界中的陽光、空氣和水是維持生命體存在的三大要素。綠色植物用它們合成人類極不可缺的食物——碳水化合物。一切動物體也依靠它們進行生命的活動。據說人的軀體就像一條新鮮的青瓜一樣，幾乎完全由水構成。水是體液和細胞的基本組分，缺少了水，哪怕並不是太久，人們就會感到乾渴難受，因為這時體內的新陳代謝過程（**Metabolism**）便要發生障礙，生命受到極大的威脅。所以我們完全可以體會到長途跋涉的沙漠旅行者盼望盡快找到綠洲的焦急心情。

水不只是維持生命存在的要素之一，而且是生命起源的必要條件。地殼形成後的歷史和水有着密切的聯系。當地球在太古時代，表面的溫度達到數千度時，水開始由氫和氧形成。在液態的熔體中產生的礦物體，有一部分在自己的化學組分中含有水；有一部分在高壓下凝結時，把水汽（和別的氣體一起）以溶液的形式保留下來。當地殼冷卻時，剩下的自由水就轉變為液態，掩蓋了地球總表面積的四分之三左右。這樣形成的溫暖的海洋成為生命起源的環境。顯然，正是在海洋裏面發生了，並且在隨後的悠久地質年代中發展了

原始的生命物質。後來有一部分生物移上陸地，但是水仍然是維持它們生命絕對不可缺少的物質。

爲我們提供基本生活資料的是農業，而農作物的生長一定要不斷地吸收水分，因此要獲得農業豐收，一個重要的條件就是要有水。現在農業生產不斷地發展進步，已改變了過去靠天吃飯的舊習，除了利用雨水這一天然資源外，還要大力興建水利工程，疏通灌溉渠道，植樹造林以利水土保持。近年來人工造雨技術也已研究成功，這都是提高農業產量的必要措施。

在工業上，如洗滌、印染、造紙等輕工業都要使用大量的水，因爲水是最廉價的溶劑，只有藉助於它，許多工業過程才能得以完成。自從蒸汽機問世，掀起工業大革命以來，蒸汽動力已成爲主要的動力資源。直至已進入原子能時代的今日，我們使用的絕大部分動力還是要靠水蒸汽或水的位能差來獲得。即使是原子能發電站，也是利用原子裂變釋放的熱能，將水轉化爲蒸汽以推動渦輪機運轉。此外在煉油、化工等許多重工業部門中也絕少不了水。水對人類的貢獻實在太大了。

二、水的自然形態

水的分佈

在地球表面上約有四分之三是水，這是指那些分佈在海洋、湖泊和河流中的液態水。水還以水蒸汽的形態廣泛地存在於大氣中，構成大氣的濕度。水又以冰雪等固體形態覆蓋在雪綫以上的高山頂部和地球的兩極。在地面下的土壤和岩層裏也有大量的地下水。當然，水又是動植物體內不可缺少的成分。所以說水是地球上分佈最廣泛的物質。

雨水是自然界中最純淨的水，在農村地區收集到的雨水中只含有溶解的氣體雜質（氧、氮和二氧化碳）以及極少量的固體雜質（0.0005%）。雨水中也含有化合態的氮，主要是以硝酸銨（ NH_4NO_3 ）。大約每年每英畝土地由雨水可得到4磅的氮，這為土壤、植物和動物提供了固定氮（Fixed nitrogen）的來源。

河水中除了含有與雨水中相同的氣體雜質以外，還含有由土壤和岩石中溶解的另外一些雜質。所含雜質的數量和種類則要看河水所流經的土壤和岩石的類型了。如果水是流過由不滲透物質構成的區域，如在花崗岩（Granite）地區中，它可能像雨水一般的純淨；而在石灰岩地區中則溶有較多的

無機鹽類，如鉀、鈉、鈣、鎂、鐵的氯化物，硫酸鹽，碳酸鹽及酸式碳酸鹽等。河水也同時由空氣中吸收入大量的二氧化碳，由於它的作用，能促進河水對所經的河床的礦石的溶解作用。如可溶性的酸式碳酸鈣和鎂鹽，就是經過這種化學作用由不溶性的碳酸鹽或硅酸鹽形成的。



水流千轉歸大海。河水中溶解的礦物質雖然不多，但隨着河水和海的逐漸接近，所溶解的物質逐漸在增多，到河流入海處，流速頓減，河水中所挾帶的泥沙和礦物質就沉積下來，漸漸形成河口處的三角洲。

河水是日常生活及工業用水的來源，也多為農業灌溉所應用。河水中懸浮的極小顆粒有時是由一些植物所必須的營養物質組成的，所以能供給土壤以豐富的肥料，例如定期泛濫的尼羅河兩岸土地就十分肥沃，極有利於農業耕作，這一自然條件促成了古埃及文明歷史的發達與繁榮。世界上不少大河流域就是孕育人類文明的發祥地。

泉水和井水由於經過多孔地層的過濾作用，幾乎所有的懸浮物質都被清除，但溶解的礦物質却有所增加。有些礦泉水 (**Mineral water**) 含有人體必須的礦物質，是很好的飲料，用來澈茶、釀酒有獨特的風味。溫泉水多含硫質，故溫泉浴對風濕和皮膚病等有一定的療效。

海水中含有大量雜質。海水所含的礦物鹽分很高 (3.6%)，其中以鈉、鎂的氯化物及硫酸鹽佔大多數，海鹽則是食鹽的主要來源。

水在自然界中的循環

“黃河之水天上來”，雖然是古代詩人的誇張，却生動地道出了水在自然界循環的一個環節。一次滂沱大雨可以給地面帶來數十厘米深的水，從直觀上，很多人都認為水源就在天上。但天上的水又來自何處呢？它又是從地面蒸發上去的，大量的水經常地由於蒸發轉移到大氣中，除了在海洋、河流、湖泊等處直接形成的水蒸汽外，植物的活動對於蒸發過程也有很大作用。

據估計，在整個地球上，每年約有 38 萬立方公里的水被蒸發掉。空氣中所含的水蒸汽（和二氧化碳一起），對地面上的熱平衡起着巨大的作用，它讓大部分的太陽光透過到達地面上，但是又在相當大的程度上阻攔着地球的相反的熱輻射作用，因此能够保存地球的熱量。

當水蒸汽遇到上層的冷空氣層時，就凝聚成很小的水滴（直徑為 0.001~0.01 毫米），這些小水滴就形成為雲。雲隨氣流移動，能把水帶到距原來蒸發地點很遠的地方，而最終雲又會以雨或雪的形式降落到地面上來。

蒸汽、雨、雪、冰、霜等都是水的不同物理形態。液態的水受熱就會蒸發變成蒸汽；而遇冷時蒸汽又會凝結為水；水在零度時會結成冰；冰在加熱下又融化為水；這就是水的三態循環。

物 理 狀 態

上面敘述的都是自由狀態的水。此外在礦物中還有以化合狀態存在的水，叫做結晶水（Water of crystallization）。石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）中的水就是結晶水。結晶水對一些晶體的結晶形狀是必須的，它是當物質由水溶液中結晶出來時所含的一定量的水。如果沒有這種與物質鬆弛結合着的水，則結晶就無法形成。

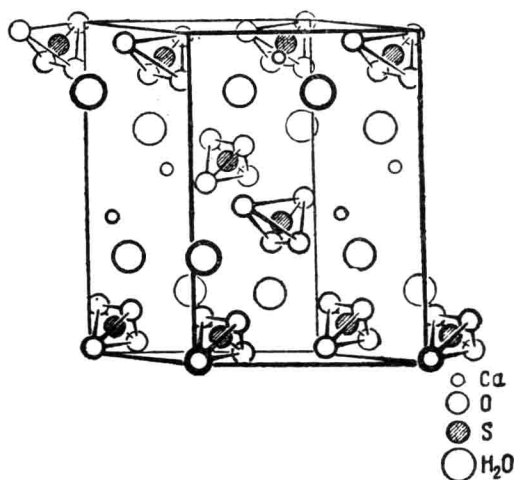


圖 1 石膏的結構

如果把硫酸銅晶體（ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）放進試管中緩緩加熱，就可以觀察到有很多水蒸汽釋放出來。硫酸銅的形狀和

顏色跟着會改變，由藍色的晶體變成了白色的無水粉末：



如果用氯化鉀來進行這種實驗，則不會析出水蒸汽而直到熔融前仍保持其原來的結晶形狀，因為在它的晶體結構中沒有水分子參加。

下表中列出含有結晶水及不含結晶水的幾種物質：

含有結晶水的物質	不含結晶水的物質
碳酸鈉晶體($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) Sodium carbonate crystals	氯化鈉(NaCl) Sodium chloride
硫酸鈉晶體($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) Sodium sulphate crystals	高錳酸鉀(KMnO_4) Potassium permanganate
硫酸銅晶體($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) Copper sulphate crystals	硝酸鉀(KNO_3) Potassium nitrate
硫酸亞鐵晶體($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) Ferrous sulphate crystals	硫酸銨[(NH_4) $_2\text{SO}_4$] Ammonium sulphate

三、水的化學組成和分子結構

水的化學組成

1781 年以前，水一直都被認為是一種單一的元素。儘管在這以前英國化學家伯列斯特里（**Priestley**）曾做過這樣的實驗：在密閉的玻璃容器中，用電火花引爆空氣和易燃氣體（或者氫氣）的混合物，會形成露水。可是人們對於這一發現並不十分重視，因為誰也知道濕氣冷卻便會凝成小水點。1781 年，卡萬迪斯（**Cavendish**）又重複了這一實驗，他燃燒了大量氣體後，共收集到 135 克水。但當卡萬迪斯用氧氣代替空氣進行同樣實驗時，發現水中含有硝酸；因為這樣又推延了對水合成的研究成功。其後拉瓦西（**Lavoisier**）也做了一個類似的實驗，將易燃氣體與氧一起放在一個罩在汞面上的鐘形玻璃罐中燃燒，結果得到半盎司（**Ounce**）的水。於是他宣告：水是易燃性氣體與氧元素的化合物。其實這個結論早就由卡萬迪斯作出，可是他一直没有公佈過。拉瓦西稱這種易燃氣體為氫，並用水蒸汽通過灼熱的槍筒的方法製得氫氣。由此更加證明水確實是一種化合物了。

由下面一個簡單的實驗，我們可以證明水的確是由氫與空氣中的氧化合而成的。

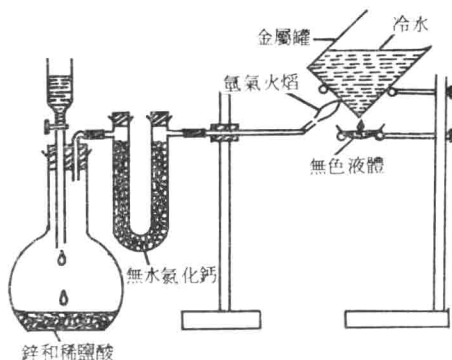
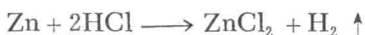


圖 2 水的合成

實驗裝置如圖 2 所示，氫氣則是用稀鹽酸與鋅的反應來產生的：



將所得的氫氣通過裝有無水氯化鈣的 U 形管，以使其乾燥。然後讓氫氣在噴嘴處燃燒，並在盛有冷水的金屬罐的外底壁上冷卻。燃燒所產生的濕氣就在罐底上冷凝，且滴到放在下面的裝液體的器皿中。這種液體可以由實驗證明是水。

與無水硫酸銅作用：將一滴上述實驗產生的液體滴在無水硫酸銅上面，於是在白色的固體上會出現藍色的斑塊，可以證明其為水。不過此時尚不能說明這種液體就是純水。



測定該液體的沸點，如果大氣壓為 760 毫米汞柱，純水的沸點則應該是 100°C 。綜合兩個實驗的結果可以證明生成的液體是純水。水的冰點在 760 毫米汞柱的氣壓下應為 0°C ，

但這實驗比較麻煩。

我們除了了解到水的確是氫和氧的化合物之外，還應該知道水分子中這兩種元素的原子數目。根據阿佛加德羅定律，氣體的分子數是與其體積成正比的，所以要從分析構成水的氫和氧的體積比例着手。許多科學家做了這種體積分析的實驗，都得到了相似的結果，而且是一個比一個更準確。例如1781年卡萬迪斯所做的實驗結果是：

氫：氧 = 201：100（按體積）
而1895年莫萊（Morley）的結果為：

氫：氧 = 200.269：100

到了1915年波特（Burt）和艾格（Edgar）的結果則為：

氫：氧 = 200.288：100

從另一角度出發，用電解法分解水時，會分別在兩極上析出氫氣和氧氣，它們的體積之比亦為二比一。於是可以證明水的分子中原子比數為氫二氧一，水的分子式為 H_2O 。氫與氧化合生成水的化學反應是：



水的兩種構成元素之重量比實驗，很多科學家都致力研

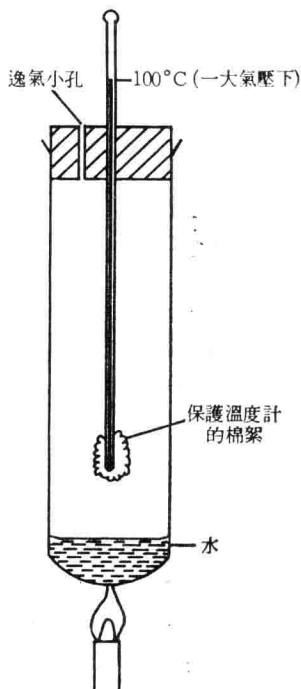


圖 3 測定水的沸點

究過。1820 年伯茲萊斯 (Berzelius) 和杜朗 (Dulong) 所做的實驗，是將氫通過氧化銅，結果產生出水和金屬銅。



這樣做就不必準確地稱量氣體的重量，只要稱出生成水的重量，並由氧化銅的重量損失算出參加反應的氧的重量，則水的重量與氧的重量之差就是氫的重量了。

1842 年杜瑪斯 (Dumas) 大規模地重複了這一實驗。圖 4 繪出他的實驗裝置。他是用鋅與稀硫酸作用來製備氫氣的，並令其通過 X 個一米高的 U 形管以純化及乾燥之。U 形管中，裝有硝酸鉛溶液的可除去硫化氫 (H_2S)；裝硝酸銀的可除掉砷 (AsH_3)；裝鉀碱 (Potash) 的則能除掉酸蒸汽；而在冰中冷却的油狀硫酸，或五氧化二磷則能除去水汽。氧化銅和銅是裝在一個大玻璃球中，它附有一個一米長的管子以與整個系統連接。產生的水在一個球形玻璃瓶中冷却，水蒸汽則用與前面乾燥氫氣相似的一套 U 形管來吸收。

綜合十九次實驗結果，杜瑪斯共製得了一千克水，並得到如下比數：

$$\text{氧} : \text{氫} = 7.98 : 1$$

由於系統造成的誤差，這個比例是偏高的。

1895 年莫萊的實驗更準確些。他用很純淨的氫和氧來做實驗，求出氫和氧氣體的重量，以及由它們化合而生成的水的重量。

我們知道，氫是最輕的氣體了，即使體積很大時也只有很小的重量，因此稱量氫氣比較困難。莫萊採用金屬鈀 (Palladium) 來吸收氫氣，其裝置如圖 5 所示。