

第十二篇

工業用水

目 錄

頁

第一章 緒 論

A 工業用水之重要性	12— 1
B 工業用水之分類	12— 1
C 工業用水量	12— 1
D 工業用水之水质標準	12— 4
E 水中之雜質	12— 5
F 工業用水之水源	12— 16

第二章 鍋爐用水

A 定義	12— 20
B 鍋垢之形成及其障礙	12— 20
C 腐蝕之成因及其障礙	12— 21
D 蒸汽水中含不純物之成因及其障礙	12— 22
E 鍋爐用水之處理	12— 22

第三章 冷却用水

A 冷却用水	12— 29
B 冷却用水之分類	12— 29
3.1 一次冷却隨即排除者	12— 29
3.2 一次冷却隨即移作其他用途者	12— 29
3.3 迴流冷却系統	12— 29
C 冷却用水之障礙	12— 30
3.4 水垢及腐蝕	12— 30
3.5 沉渣	12— 33
3.6 微生物	12— 33
D 冷却用水之處理	12— 33

3.7	給水、補充水之處理	12— 33
3.8	回收水之處理	12— 34
3.9	水中鹽濃度變化之計算	12— 36
E	海水冷卻	12— 38
3.10	水溫	12— 38
3.11	進水口考慮之諸項	12— 38
3.12	附着生物之障礙及防止法	12— 38
3.13	腐蝕現象及其防止法	12— 38
F	污水處理水之再用	12— 39

第四章 氣曝

A	氣曝之定義與目的	12— 40
B	氣曝之理論	12— 40
C	氣曝設備之設計	12— 40
D	操作方法之選擇	12— 43

第五章 混凝與沉澱

A	混凝	12— 45
B	速混	12— 51
C	藥劑加法	12— 52
D	膠凝	12— 53
E	沉澱	12— 58

第六章 過濾法

A	過濾	12— 65
B	慢砂濾池	12— 65
C	重力式快濾池	12— 67
D	壓力式快濾機	12— 74
E	砂藻土過濾機	12— 76
F	自動快濾機	12— 77

第七章 軟化

A	水軟化之概述	12— 79
B	沉澱祛除法	12— 81

7.4	石灰法	12— 81
7.5	石灰蘇打灰軟化法	12— 81
7.6	苛性鈉法	12— 84
7.7	石灰蘇打、磷酸鹽法	12— 84
C	離子交換法	12— 84
7.8	離子交換法	12— 85
7.9	離子交換體之種類及其性質	12— 85
7.10	交換操作	12— 89
D	陽離子交換樹脂法之軟化	12— 90
7.11	原理	12— 90
7.12	特徵	12— 90
7.13	用途	12— 90
E	脫鹼軟化法	12— 91
7.14	H 型離子交換與加鹼中和法	12— 91
7.15	H 型離子交換與原水中和法	12— 91
7.16	H 型、Na 型並列法	12— 91
7.17	H 型、Na 型直列法	12— 92
7.18	Na 槽加酸去除法	12— 92
7.19	Na 槽、Cl 槽直列法	12— 92
7.20	脫鹼軟化設備	12— 93
F	脫鹽法	12— 93
7.21	離子交換法	12— 94
7.22	電透析法	12— 94

第八章 純水製造

A	純水製造	12— 96
B	離子交換法純水製造	12— 97
8.1	複床式	12— 97
8.2	混床式	12— 99
8.3	移動床式	12—101
C	蒸餾法純水製造	12—103
8.4	蒸餾之原理	12—103
8.5	蒸餾裝置之分類	12—103

8.6 蒸餾裝置之用途	12—104
-------------------	--------

第九章 鐵錳之祛除

A 除鐵錳之意義	12—105
B 除鐵錳法	12—105
9.1 氧化法	12—105
9.2 混凝沉澱法	12—107
9.3 離子交換法	12—107
9.4 石灰蘇打法	12—107
9.5 接觸過濾法	12—107

第十章 二氧化矽之祛除

A 除二氧化矽之目的	12—109
B 二氧化矽祛除法	12—109
10.1 凝集法	12—109
10.2 離子交換法	12—113

第十一章 海水淡化

A 諸論	12—114
B 海水淡化之現況	12—115
11.1 美國	12—115
11.2 歐洲、非洲及近東	12—116
C 海水淡化之技術	12—117
11.3 蒸發法	12—117
11.4 冷凍法	12—119
11.5 離子交換膜、電解透析法	12—120
11.6 半透膜法	12—121

第十二篇

工業用水

編撰人 高肇藩

審查人 王章清

第一章 緒論

A 工業用水之重要性

所謂產業用水，有廣義與狹義之分，前者含農業用水、發電用水、鑛業用水、水產用水、工業用水等，後者專指工業用水而言，本文範圍僅討論工業用水，亦即指狹義之產業用水。

近年來，由於國內經濟之急速成長，加上政府有關方面之全力誘導，工業發展有一日千里之勢，隨着工業構造之高度化，對於工業用水之需求日形尖銳，已不能一如往昔，取之即來，不用即棄，而漸漸形成一嚴重之問題，例如，由於地下水之大量抽取，導致地盤之下陷；取水之糾紛，引發水權重新分配之問題；至於因工業用水水質之不純，而造成的產品不良、鍋爐爆炸，其損失更無法估計，目前工業用水所佔公共用水之比例，雖然不高，但年有增加，將來之重要性當與飲用水無分軒輊。

B 工業用水之分類

工業用水依其使用目的可分為鍋爐用水、冷却用水、製造用水、雜用水等。鍋爐用水需水量雖然較少，但為多種工業所需要，水質要求亦較嚴格。冷却用水需水量於工業用水中之比率最高，但常被忽視水質而發生各種問題。製造用水分為原料用水及操作用水，前者如製水、飲料工業用水成為製品之一部份者，後者如造紙、染織、溶解紙漿、染料，造完成品後成為廢水而排除者，製造用水為用水型工業所不能缺少者。

C 工業用水量

目前我國工業用水除高雄工業給水廠及六堵工業區，因為專用，可以計算各

廠工業用水量外，其他地區大都自覓水源或鑿井，各工廠甚少統計用水量，故無詳細資料可資憑證，且工業用水量常因產品製造法、有否循環使用等而有很大之差別，往往每噸產品用水量少者幾噸，多者達千噸以上。此外，亦用工廠單位面積之用水量表示。表 1.1 為美國資料，表 1.2 為日本資料，表 1.3 為高雄工業區之統計資料，可供參考。

表 1.1 美國工業用水量

工 業 類 別			生產單位	需水量 (立方公尺)
化 學 製 品				
工 業 酒 精			立方公尺	120
鉛			噸	26
硫 酸	鉛		噸	835
碳 化	鈣		噸	125
二 氧 化	碳		噸	84
氫			噸	2,750
肥 皂			噸	2
蘇 打			噸	75
氯 酸	鈉		噸	250
硫 酸			噸	3~ 20 *
食 品 加 工				
麵 粉	包		噸	2~ 4
牛 乳 製	品		噸	36
奶 油			噸	20
蔗 糖			噸	4
造 紙 工 業				
紙 漿			噸	250~350
紙 板			噸	160
紙 板			噸	62~375 *
石 油 工 業				
天 然 汽 油			立方公尺	20
煉 油			立方公尺	70
紡 織 工 業				
棉 織 品 (漂)			噸	250~330

表 1.1 (續)

工 業 類 別	生產單位	需用水量 (立方公尺)
棉 織 品 (染)	噸	30~60
人 造 絲	噸	375~835
毛 紡	噸	580
其 他		
水 泥	噸	3
焦 煤	噸	6~15
製 鋼	噸	62~460 *
煉 鐵	噸	4
蒸 汽 發 電	瓩 時	0.3~0.6

註：* 範圍自充分循環至僅一次使用。

本表係節錄自美國自來水協會 1961 出版之配水工程手冊。

表 1.2 日本工業用水量

工業類別	每公頃用水量 (CMD)	工業類別	每公頃用水量 (CMD)
金 屬	381	製 材	281
機 械	97	食 品	330
化 學	874	印 刷	439
窯 業	145	其 他	405
紡 織	393	平 均	372

註：本來資料來源為前日本內務省土木局

表 1-3 高雄市現有工廠用水概況

工 廠 名 稱	面 積 (公頃)	用 水 量 (噸)	單位面積用水量 (噸/公頃)
臺 灣 鋁 廠	22.69	10,000	441
臺 肥 三 廠	7.64	2,300	301
臺 碱 四 廠	21.10	14,000	664
臺灣機械公司鋼品廠	16.50	1,210	73
大 榮 製 鋼 廠	3.75	200	53
臺灣農業化工廠	9.40	2,300	245
復興木業公司	8.26	330	40
臺灣塑膠公司南亞塑膠加工廠	7.62	4,200	551
唐 榮 鐵 工 廠	19.56	6,670	941
臺糖副產品加工廠	12.00	300	25
臺灣水泥公司	28.00	6,238	223
林商號合板公司	10.00	295	30
臺 達 化 工 廠	5.61	110	20
開 南 木 業 公 司	4.80	160	33
左營石油公司煉油廠	300.00	42,620	142
唐 榮 油 漆 廠	1.23	67	54
東 方 油 漆 廠	0.67	40	60
永 記 造 漆 廠	0.34	10	29
唐 榮 高 雄 磚 廠	6.50	960	148
臺灣機械公司第一機器廠	8.60	840	98
臺灣機械公司第二機器廠	5.00	590	118
吉 南 製 材 廠	0.46	20	43
大 順 水 泥 製 品 廠	2.05	21	10
大 華 耐 火 磚 廠	3.24	20	6

D 工業用水之水質標準

工業用水之水質，因種類及用途而不同，也有因地理條件而加以某程度之約束者，一般並沒有明確之規定，冷却用水之主要必需條件為溫度低、恆溫、無過多之濁度，一般無需達飲水標準。鍋爐用水除合乎自來水標準外，常須特別注意硬度，以免產生鍋垢之危險。製造程序用水視產品之不同所需純度不一，有的需高至相當於蒸餾之純水者，表 1-4 為美國一般工業用水之標準。

E 水中之雜質

水中之雜質大別之可分為下列四大類：

1. 溶解礦物質。
2. 溶解氣體。
3. 特殊物理性質。
4. 微生物。

1.1 溶解礦物質

a. 鹼度—碳酸鹽、碳酸鹽、氫氧化物 水中之鹼度由於弱酸鹽之存在而引起，最普通之弱酸鹽為碳酸鹽，當水中溶有二氧化碳時，如再溶解碳酸鈣即可產生鹼度，由 pH 值之不同可使碳酸鹽成為碳酸鹽及氫氧化合物。其他弱酸鹽如硼酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽含量極少，有些對生物氧化作用有阻抗之有機酸，當變成鹽類時增加鹼度。在地表水中因藻類營光合作用消耗二氧化碳而放出氧 ($2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{CO}_2$)，使水中之 CO_3^{2-} 及 OH^- 增加，其 pH 值可高達 10 左右。

鹼度在化學混凝時可生緩衝作用，使 pH 值保持在適當範圍內產生良好之混凝效果，在石灰蘇打法中由水中鹼度可計算軟化所需要之石灰蘇打量，鹼度之多寡及 pH 值可計算水中之二氧化碳量，而二氧化碳為腐蝕之重要因素之一。

鹼度含量大對啤酒、碳酸飲料、食品、藥汁、冰塊、洗衣、人造纖維、造紙、鍋爐用水等有不長影響，其限制值如表 1.5。根據臺灣省環境衛生實驗所之統計報告臺灣各地自來水水源水質如表 1.6，臺灣中南部水質一般較北部者鹼度為高，地下水之鹼度除屏東區外大部份超過 150 mg/l 以上，有些資料表示地下水之鹼度高達 630 mg/l。

表 1.5 各種工業最高鹼度容許值

工 業 類 別	限 制 值 mg/l
啤 酒	75~ 80
碳 酸 飲 料	30~ 50
食 品	30~250
菓 汁	100
製 冰	30~ 50
洗 滌	60
人 造 纖 維	50~ 75
製 紙 漿	45~150

b. 硬度—鈣及鎂 水中硬度之成因主要為鈣鎂之鹽類溶於水中所造成，如前述空氣中或土壤中由於細菌作用生成大量之二氧化碳，與水結合成為碳酸，再流經碳酸鹽所成之岩石，而變成溶解性之氫碳酸鈣或氫碳酸鎂。除鈣鎂外，其他二價金屬離子如 Sr^{++} 、 Fe^{++} 、 Mn^{+} 亦與肥皂反應形成沉澱物，但一般含量不多。

硬度由結合之陰離子可分為碳酸鹽硬度與非碳酸鹽硬度。當總硬度大於碳酸鹼度及氫碳酸鹼度之和時，與總鹼度相等之硬度稱為碳酸鹽硬度，剩餘之硬度稱為非碳酸鹽硬度。當硬度與總鹼度相等或少於總鹼度時，則所有硬度均為碳酸鹽硬度。碳酸鹽硬度加熱後分解成為難溶之沉澱物，可去除大部份之硬度，故稱為暫時硬度。非碳酸鹽硬度加熱後並不改變硬度，稱為永久硬度。

鈣鹽、鎂鹽、鈉鹽在 100°C 時之溶解度如表 1-7 所示。

表 1-7 鈣、鎂及鈉鹽在 100°C 時之溶解度

化 學 式	溶解度 (以 CaCO_3 mg/l 計)
CaCO_3	13
MgCO_3	75
Na_2CO_3	289,000
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	888
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	8
$\text{Na}(\text{OH})_2$	975,000

由表 1-7 可知鈉鹽溶解度甚高，根本不構成鍋垢，氫氧化鎂溶解度最小，故大部份鍋爐當其溫度升高時，所造成之鍋垢以碳酸鈣及氫氧化鎂二種較多。

表 1-8 硫酸鈣在 0°C 至 220°C 時之溶解度

溫 度 ($^{\circ}\text{C}$)	溶解度 (以 CaCO_3 mg/l 計)
0	1,293
40	1,551
100	1,246
170	103
200	56
220	40

非碳酸鹽硬度由鈣鎂之硫酸鹽、硝酸鹽及氯化物所組成，其中後兩者溶解度較高，只有硫酸鈣能形成鍋垢，表 1.8 為在不同溫度時其溶解度變化之情形，由表中可知在高壓高溫之鍋爐中因溶解度僅有 40 mg/l，能形成一種非常堅硬之鍋垢，故鍋爐用水中不容許有硫酸鈣之存在。

經多年研究結果，鍋爐之熱傳導甚低，而因鍋垢中孔隙率大，充滿如絕緣體之蒸氣，更加降低熱傳導度。當硬度與肥皂接觸時，成為不溶性之鈣鎂肥皂沉澱，且要等鈣鎂離子全部作用後，肥皂才能發揮功能，硬度愈高，肥皂之消耗愈多，紡織廠、洗衣廠及洗滌產品之工廠，須要軟化硬水以節省肥皂之消耗。在紡織廠、硬水除消耗肥皂外，鈣鎂肥皂之沉澱物附着於纖維上，與其污物粘結成為斑點，對成品柔軟性有不良影響，近年來普遍使用合成清潔劑，可減少硬水消耗洗淨劑問題。

飲用水之硬度一般分類如下：在 0~75 mg/l 為軟水，75~150 mg/l 硬度適當，150~300 mg/l 為硬水，300 mg/l 以上非常硬水等四級，均以 CaCO_3 計，但此種分級對工業用水並無意義，因工業用水視產品之種類對硬度規定也不一，除了紡織廠、洗衣廠外，化學纖維、紙漿、造紙、碳酸飲品、食品罐頭等廠製造用水都限制硬度不超過某種限度。從表 1.6 知臺灣南部水質硬度較高，有些井水之總硬度高到 1,075 mg/l，地面水之硬度常隨季節變動甚大，地下水亦因抽水量過多，降低地下水位引起水質惡化，增加硬度。水軟化處理時，需要一年間硬度變化之資料，如沒有此種資料，亦應由枯水期之硬度為設計對象。

c. 鈉鹽 鈉鹽大都以硫酸鹽、氯化物、硝酸鹽、氫碳酸鹽存在於水中，但很少以碳酸鹽存在於水中，其各種鈉鹽之溶解度都很大，如表 1.9 所示，因此不管加熱或變冷，都沒有形成鍋垢之危險，也不會消耗肥皂，但鍋垢用水中如含有多量之氫碳酸鈉時，必須先用硫酸處理，再加氣曝，以減少蒸氣中二氧化碳之含量，以含有 200 mg/l 以上之氫碳酸鈉之水洗衣時，能使衣服變成黃色，但如含量在 60 mg/l 以下，則沒有此種問題。水中之鈉鹽對照像材料工業、合成橡皮工業及紡織工業之影響較大，必須規定其標準。

d. 二氧化矽 二氧化矽為自然水中溶解礦物質主要成分之一，但其含量變化甚大，臺灣中南部 60 個水廠中二氧化矽最高值為 55 mg/l，最小值 7.2 mg/l，大多數在 20 mg/l 左右，河水中之二氧化矽之含量隨季節而變化，一般枯水時期之含量較高，自然水中二氧化矽之狀態有分子型及離子型，至於微粒或吸着狀之二氧化矽可用混凝法去除之。

水中溶解二氧化矽與鈣鹽、鐵鹽等在高壓鍋爐內形成非常堅硬且緊密的鍋垢，必須用鹼除方能清理，其熱傳導率甚低。二氧化矽亦可隨蒸氣逸出，在熱管或

表 1.9 鈉鹽之溶解度

學 名	化 學 式	溶解度 (以 CaCO_3 mg/l 計)	
		0°C	100°C
氫 碳 酸 鈉	NaHCO_3	38,400	分 解
碳 酸 鈉	Na_2CO_3	62,600	239,000
氯 化 鈉	NaCl	225,000	241,000
氫 氧 化 鈉	NaOH	370,000	975,000
硝 酸 鈉	NaNO_3	248,000	378,000
硫 酸 鈉	Na_2SO_4	33,200	298,000

渦輪機之葉片形成鍋垢損壞機器，造紙用水若二氧化矽含量高時，將會增加灰量，影響品質，製造人造纖維用之紙漿含有二氧化矽則會妨碍製造設備，故其含分限制於 20 mg/l 以下。

e. 鐵 在各種水源中之鐵之形式各有不同，有些以單價形式存在，有些以二種以上同時存在，其型式有：

1. 離子狀態之二價鐵或三價鐵，因三價鐵之溶解度甚低，除非酸性水含量很少，二價鐵存在於二氧化碳較高且無溶解氧之地下水中，當澄清透明狀態之氫碳酸鐵 $[\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2]$ 被抽到地面時與空氣接觸後，逐漸被氧化為乳白色之 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，進一步氧化則呈黃褐色之氧化鐵，引起濁度及色度。

2. 二價鐵易被氧化成為難溶解之三價鐵，故一般地面水含量較低。沼澤地帶之水源中之鐵，往往以有機鐵或膠狀鐵存在，不易被氧化，此種水略呈黃色。

3. 酸性廢水或煤礦廢水之鐵，因酸度較高，一般以二價或三價溶於水中。

4. 因水中有溶解氧存在，二價鐵被氧化為三價鐵，水中含鐵量超過 0.2 mg/l 時，對於很多工業用水比較不適用，有些工業其限制更嚴，必須在 0.1 mg/l 以下，例如紙漿、人造纖維、皮革、染織、洗滌等工業用水皆不容許含有溶鐵。水中之溶解鐵可供鐵細菌之生長，可阻塞水管系統並產生多量之沉澱物。臺灣各地地下水含鐵量甚為普遍，如表 1.6 所示，彰化、雲林地區之地下水含鐵量甚高，斗南水廠之原水含鐵量高達 20 mg/l 以上，另一資料指出一年中最大值為 34 mg/l。

f. 錳 錳在水中之含量一般較鐵為少，但有時亦有較含鐵量為多者，大

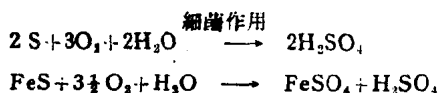
都以氫碳酸錳存在，此時呈無色透明，與空氣接觸後，溶解狀二價錳被氧化成四價錳，呈灰黑色，與鐵細菌相同，錳細菌亦可利用水中溶解錳作營養而生長，因此對水管系統亦有阻塞作用，在含硫酸之水中亦可發現硫酸亞錳之存在，在湖水或蓄水庫等地面水中，錳有時亦以有機及膠質狀態存在。高級紙張、人造纖維、染織、皮革、洗衣等用水如含有極少量之錳亦會影響產品品質，必須加以處理。美國飲用水標準規定錳不得超過 0.05 mg/l ，以免產生臭味及色度。臺灣地下水、地面水含錳量如表 1-6，由表中知高屏溪流流域地下水含錳量相當多。

g. 砷 砷為水流經過含砷礦石而溶解於水中，係一種累積性中毒元素。臺灣南部沿海一帶地下水含砷量頗高，有高達 1.5 mg/l 者，長期飲用此種水源，被認為烏腳病之主因。故飲水標準規定 0.05 mg/l 以下，對於工業用水除食品工業等照飲用水標準外，其他因含量不會太高不甚重要。

h. 氟鹽 地面水中除受殺蟲劑、工業廢水污染外一般含量不多，地下水中含氟量受地質影響甚大。最高達到 30 mg/l ，普通較高者亦有 4 mg/l 。由於氟化鈣 (CaF_2) 之溶解度很低（常溫為 17 mg/l ），故有形成鏽垢之可能。氟鹽含量達 30 mg/l 以上時侵蝕牙齒之琺瑯質產生黃斑牙，但若水中含有適量之氟量，不但不會成黃斑牙，而且可以防齲牙，經若干人研究之結果，飲水中含有 $0.8 \sim 1.2 \text{ mg/l}$ 之氟鹽，可以減低齲牙達 67%，因此飲用水中加氟鹽，成為自來水之重要項目。氟鹽除對飲用水、食品工業用水有影響外，其他工業用水影響甚少。

i. 鉻 天然水中無鉻之存在，大部由電解廢水而來，二價之鉻毒性較少，但六價鉻毒性高且能腐蝕管線，飲用水標準規定不超過 0.05 mg/l 。

j. 礦酸度 (mineral acidity) 自然水中礦酸度來自礦坑水、酸性工業廢水，礦坑含有多量硫磺或硫化鐵，由細菌作用產生酸度，其形成有關之化學反應式如下：

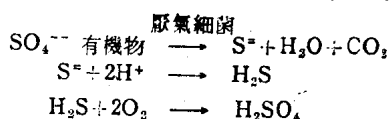


強酸之水中以含有氧、鐵、鋁、錳、鎂之硫酸鹽最多，這種水通常二氧化碳含量亦高，水中酸度之檢驗法常用氫氧化鈉之標準溶液，以酚酞指示劑滴定時求得之酸度稱為總酸度，用甲基橙作指示劑滴定時求得之酸度稱為礦酸度。酸性廢水排入河川後，雖可以由河水中之鹼度中和，但如排入量過多，河水將成為酸性水，故水中礦酸度需要用氣曝、石灰、蘇打灰中和處理。

k. 氮鹽 水中氮鹽含量範圍甚廣，其來源有多種，如水流過地面溶解氮

鹽、如漲潮時海水倒灌到內陸河流等，地下水之氯鹽量突然增加，在沿海地帶可能來自海水之侵入，在內陸可能由鄰近之天然鹽水侵入水井內。臺灣各地水井因連續抽水常常超過安全抽水量，易於引起附近鹽水或海水之侵入。臺南市某井曾在七個月內氯鹽量自 385 mg/l 增加到 2,026 mg/l，故測定氯鹽可以瞭解地下水抽取情形。又受水肥污染之地面水或地下水也會增加氯鹽量。工業用水中氯鹽量之限制值由工業種類而異，製糖、造紙、碳酸飲料、食品、製冰、釀造等工業用水之含氯量由 20 ppm 至 300 ppm。

1. 硫酸鹽 水中之硫酸鹽來自石膏及其他礦物質之溶解，或含硫有機物之氧化分解之最終生成物。硫酸鹽在鍋爐或熱交換器中形成堅硬鍋垢而生厭菌菌之作用，硫酸鹽被分解成爲惡臭且腐蝕金屬之硫化氫及碳酸，其反應式如下：



工業用水用氫離子交換法軟化時，需要硫化鹽、氯鹽等以便中和。

m. 磷酸鹽 磷酸鹽爲合成清潔劑 (synthetic detergent) 之主要成分，最近因合成清潔劑之被大量使用，故水源中磷酸鹽之含量有日益增多之趨勢。水源中如含有大量之磷酸鹽時，除可使藻類大量繁殖而降低水質外，並將妨礙給水處理中之凝沉沉澱及軟化效率。據研究，水源中之磷酸鹽濃度在 0.5~1.5mg/l 時，將嚴重地阻礙凝沉之進行，0.4 mg/l 之磷酸鹽濃度即可增加濁度祛除之困難。

n. 氮化合物 水中之氮化合物分爲氨性氮、亞硝酸鹽及硝酸鹽。

1. 氨性氮及亞硝酸鹽 氮化合物爲生物體或其排泄物之主要成分，在自然界中分解爲氨性氮、亞硝酸鹽，終變成硝酸鹽，成爲無機鹽而穩定。故水中含有氨性氮、亞硝酸鹽者，即表示此水受污染不久，不適於飲用，但深井水則往往缺乏氧氣而使硝酸鹽還元成爲亞硝酸鹽或氨性氮，其存在並不表示有受污染現象。

2. 硝酸鹽 硝酸鹽爲有機物中之氮化合物，喜氧分解之最終產物，污水或水肥處理水含量較多，自然水中硝酸鹽含量並不多，飲水標準規定不超過 30 mg/l，食品罐頭用水照飲水標準限制，其他工業用水影響不甚重要。

o. 有機物質 水中之有機物，由水中生物及土壤之溶化、污水、有機性廢液之流入而來，有機物有很多種，但除一些特定之成分外，迄未加以研究。水中之有機物一如陸上有機物之被微生物分解成無機物，如糖類之變成單糖類、乳酸、醋酸等，蛋白質則經胺基酸之過程而生成低級脂肪酸，但此種分析極爲複雜

，通常以試驗與此種有機物有密切關連的其他東西來表示其含量，例如 BOD 及 COD 等，有機物對工業用水之影響須以特殊情形分別論之。

1. 生化需氧量 (biochemical oxygen demand, 簡稱 BOD)

此種有機物普通以 20°C 五天所消耗氧量的 mg/l 來表示，此種以細菌分解有機物所消耗之氧量來表示總有機物含量，因能精確表示河川自然淨化所需氧量，故對河川自淨作用及河川污染程度極關重要，同時亦為評定污水處理廠處理效果之主要指標。

2. 化學需氧量 (chemical oxygen demand, 簡稱 COD) 以高

錳酸鉀或重鉻酸鉀氧化水中有機物，再求出所消耗相當氧量以表示水中有機物質的一種方法，因在一定條件下，還原物質並非全由有機物所構成，且有機物質有時因無足夠好氧細菌存在而無法迅速分解並消耗含氧量，故如無其他還元物質，此種方法雖可求出水中有機物質總量，但並不能測定河川的自然淨化作用。

1.2 溶解氣體

a. 二氧化碳 通常地面水之二氧化碳含量甚少超過 5 mg/l 者，這是由於河水流動；有氣曝作用之故。湖水或蓄水庫水，含量可能較高，但愈近表面含量愈少，這是由於表面水有綠葉植物行光合作用消耗二氧化碳放出氧，而湖底由有機物之分解產生二氧化碳之故。深井中二氧化碳含量有時高達數百 mg/l，又伏流水中，由於流經岩石層，自由二氧化碳被吸收變成碳酸鈣鈣，故含量較少，表 1.10 是二氧化碳的飽和溶解度，而表 1.11 是各種不同二氧化碳含量的大氣層下二氧化碳的溶解量。由表 1.11 看來，經由大氣中，二氧化碳的溶解量甚微少。

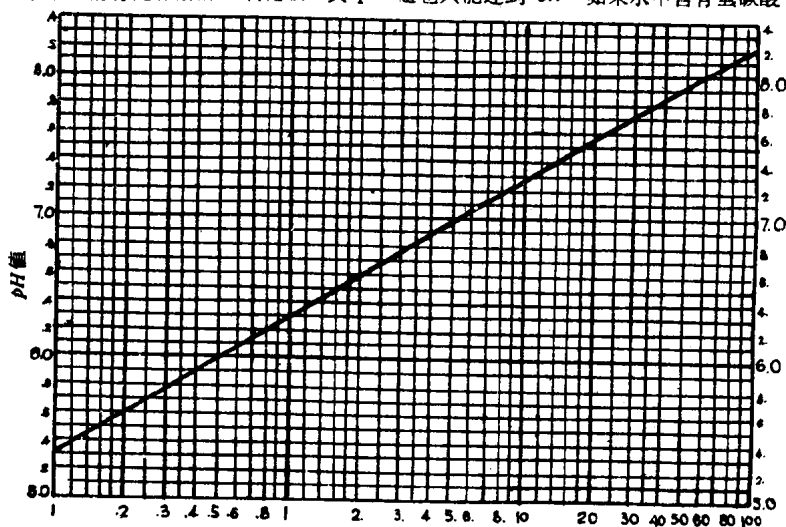
表 1.10 二氧化碳飽和溶解度 (760 mm 壓力下)

溫 度 (°C)	溶 解 度 (mg/l)
0	3,350
5	2,770
10	2,310
15	1,970
20	1,690
25	1,450
30	1,260
40	970

表 1.11 大氣中二氧化碳不同含量之 CO_2 的溶解量(壓力 760 mm)

溫 度 ($^{\circ}\text{C}$)	0.03 %	0.04 %	0.05 %	0.06 %
0	1.0	1.3	1.7	2.0
5	0.8	1.1	1.4	1.7
10	0.7	0.9	1.2	1.4
15	0.6	0.8	1.0	1.2
20	0.5	0.7	0.8	1.0
25	0.4	0.6	0.7	0.9
30	0.4	0.5	0.6	0.8
40	0.3	0.4	0.5	0.6

1. 二氧化碳對 pH 值之影響 當二氧化碳溶於水中後變成碳酸 (H_2CO_3)，此碳酸為具有緩衝作用之弱酸，其電離常數 $K_1=4.3\times 10^{-7}$ 、 $K_2=6\times 10^{-11}$ (25°C)，如水中不含鹼度，且水中含有飽和溶解二氧化碳，則在 25°C 時其 pH 值可達 3.8，因自然水中含有些鹼度，絕對無法達到此值，即使在蒸餾水中，溶有飽和溶解二氧化碳，其 pH 值也只能達到 5.7，如果水中含有氫碳酸



甲基橙鹼度 (以 p.p.m. CaCO_3 表示) 與自由二氧化碳 (以 p.p.m. CO_2 表示) 之比值

圖 1.1 自由二氧化碳對含氫碳酸鹼度水之 pH 值之影響