

書叢小學工

法潔清水用業工

譯編樵雪許

行發館書印務商

工業用水清潔法

第一章 水及其性質

水之存在。地球面上，除空氣外，其量最大而最重要之物質，厥爲水。水有與他物質化合者，或爲單體而存在者。如動植物組織中或礦物中之結晶水，卽屬前一例。若海水、河水、井水、泉水、雲、霧、雨、雪、霜、露等，則屬後一例也。

水之組成。水爲氫氧二原素所組成。以容積論，則爲二容積之氫，與一容積之氧化合而成二容積之水蒸氣。其合成法，則利用電氣火花，通過此二種氣體混合之容器中。當電火花通過，則爆鳴化合而爲水。若以百分組成言之，則水中之氫原素佔百分之一，一，氧原素佔百分之八八·九，而二原素重量之比則爲二：一五·八七九，或二·〇一六：一六。

水之性質

純粹之水，爲無味無臭無色之液體。若在二十六公尺以上之厚層，則水現黑藍色。

無論何種液體，以水爲最普通。其最大之密度，則在華氏溫度計三十九·二度，或攝氏溫度計四度時，一立方公分之水，計重一公分，爲萬國公制中衡法之基礎。水若冷之至華氏溫度計三十二度，或攝氏溫度計零度，則結爲固體，是謂之冰。熱之至華氏溫度計二百十二度，或攝氏溫度計一百度，則化爲水蒸氣。其絕對純粹之水，若加以大壓力，僅少許可以壓縮，且無彈力性，爲電氣之不良導體，其溶解力極大。故絕對純粹，或與純粹相近之水，若求之於自然狀態中，殆不可得。地殼上所起之一切變化，水之作用爲最大。且溫度愈高，壓力愈大，水之溶解能力愈增加。故地面或地中之一切礦物，均因此而生變化，尤以沙泥及岩石之溶於水中者更多。故自然狀態中，無純粹之水也。雨水降自天空，驟視之則以爲清潔，實則空氣中之不純物，悉爲雨水所洗淨。其中所含，除氣體外，則視地方情形而空氣中所浮游之物質，各有不同。一經降雨，盡被收納，故純粹之水，求之自然者，誠不可得。即工業上所謂純粹水者，亦僅比較之詞耳。是以純粹水之名稱，乃相對的而非絕對的。凡含極少量之不純物，與用水之目的不生妨害，則無論其爲飲料之用，或工業上用者，吾人則以淨水名之。然不可誤會以

爲雨水可充工業用水也，當雨水下降時，除容納空氣中可溶之氣體外，流過屋面，更溶種種之不純物；若直接用之於汽罐中，則所溶之氣體，被熱逸出，爲害於罐之內部者甚多。惟在許多地方，有專蓄雨水以充飲料者。大都近海之區，潮水味鹹，卽井水亦不適口者，則以雨水代之。

雨水中所溶之氣體，在二氧化碳約爲百分之一容，空氣約爲百分之五容，硝酸氣，氧化氮，或氮精氣，亦常溶於雨水中。若氧溶於雨水中者，有少許之氧化作用。二氧化碳氣在雨水中，則顯弱酸性。故岩石或礦物，被其溶解。而硫酸化合物，氯化物，炭酸化合物等，因之亦可溶於其中。

水對於岩石及礦物之作用，因二氧化碳之存在而作用愈增。有少數之炭酸鹽，僅能稍溶於純粹之水中，如石灰石、白雲石、菱苦土、菱鐵礦等是也。若水含有二氧化碳，則此等鹽類，遂能溶入水中爲炭酸鹽或重炭酸鹽。當水由地面浸入地中時，因有機物之氧化作用，或炭酸鹽之分解，遂使之含較多之二氧化碳氣，而增加其溶解他物之能力。

大氣與水對於岩石之作用，因大氣之影響，及水流之關係，許多岩石，爲之粗鬆，甚致崩碎，變爲砂礫。此作用一半爲化學的，一半爲物理的。其能力蓋緣於結冰與溶解，當水在攝氏溫度計零度，

或華氏溫度計三十二度時，由液體凍結而爲固體之冰，其容積較未結冰前大一・〇九倍，故冰之比重爲〇・九，因此容積之膨脹，生出極大之張力，岩石遂因之以崩碎。凡能溶於水中之物質，因之得溶於水中。

水中之作用 水之經過花崗岩地層，或純粹泥層者，因無所溶解，乃爲軟水。若流過碳酸鈣或碳酸鎂及硫酸鹽地層者，則溶解此等鹽類，而爲硬水。此等溶於水中之鹽類，因互起變化而生其他之鹽類。例如硫酸鈣與碳酸鎂相遇，則漸變化爲硫酸鎂與碳酸鈣。因二氧化碳之存在，碳酸鈣溶入水中而成重碳酸鹽。若硫黃之存在而爲有機物，或最普通者如黃鐵礦，則其結果生成硫酸或硫酸鐵。同理在水中能生許多新之化合物，與原來所溶之鹽類不同。

硬水 如前所述，所有河水及泉水中，悉含甚多之礦物質，若鈣之鹽類，則爲硫酸鈣，或碳酸鈣，鎂之鹽類，則爲硫酸鎂與碳酸鎂，含此等鹽類之水，遇肥皂不生泡沫，除去此等鹽類，則爲軟水。若水之硬性，而由於含有酸性碳酸鹽如重碳酸鈣或重碳酸鎂者，將水煮沸，則重碳酸鹽悉沉澱而爲碳酸鹽，如此之水，謂之一時硬性。若用此等一時硬性之水，裝入汽罐之中，因水沸而使碳酸鎂或碳酸

鈣沉澱而爲水垢。水之硬性若由於含硫酸鹽者，則水煮沸時，可除去其一部分，如含有硫酸鈣之水，謂之永久硬性之水。

第二章 古時清潔水之方法

今日所用之清潔水方法，在一千八百四十一年，則爲妥姆賽克拉克博士 (Dr. Thomas Clark) 所專利，其對於硬水則用苛性石灰或石灰，惟其所用之器械，與今日所用者較，則嫌粗劣。若非對於極硬之水，今日鮮有用此法者矣。在一千七百六十六年，克文底西 (Cavendish) 發見石灰水加於硬水之作用，乃將水中之碳酸鈣，或碳酸鎂使之沉澱。十八世紀之末葉，妥姆賽亨利 (Thomas Henry) 亦用上述之法，使水清潔。惟克拉克氏能應用此法於實際，且其留傳之方法，尚有許多至今未改者。如鹼度之試驗，能知需用石灰之量。而硝酸銀之試驗，則知石灰用量之過多或缺乏。同時克拉克氏又利用肥皂之標準溶液，以定水之硬度，對於水之清潔法，極有價值。因其應用甚易，而其結果亦甚可靠也。

水硬之原因，由於含有碳酸鈣與碳酸鎂者，克拉克氏之方法完全由化學立場上着手，可以見

功。若含其他之鹽類，則非克氏之法所能辦。其清潔水時之設備，僅於地面上掘數池，備蓄石灰水及混合與定澱之用。混合池之蓄量極大，而定澱之時間，每次需十二小時至二十四小時云。

苛性石灰與炭酸鈉法 欲除水中的炭酸鹽，則利用苛性石灰與炭酸鈉法。惟初用者，頗不易。實則此法即克拉克氏法之放大耳。用時，兩藥劑同時並加，或先加苛性石灰，俟水中炭酸鹽已除去一部分後，再加炭酸鈉亦可。因之所用之器械，較為繁複，須用壓力將藥劑溶液打入混和池中，十分混和，經長久之時間，使起作用，然後將水通過過濾機，濾去沉澱。方法雖妙，費用較多。且對於化學藥劑之管理，亦須加嚴密之注意。其在水中所起之化學作用，固早已明瞭，其所用之器械，亦比較改良，可切實用。一千八百八十年之初，歐洲方面學者已有不少清潔水法之發明，而在美洲方面，此法之用，則較為遲，且其間尤多改良也。

古法之弊 昔時用於清潔水之藥劑，常當水將入汽罐時，即行加入，故所起之沉澱，即行留於汽罐中，反使淨水之效率為之減少。其沉澱或變為水垢，或須常開汽罐之吹孔，使泥滓由罐得以吹出。今則於水未裝入汽罐以前，先加藥劑，使其沉澱經過濾後，方以清潔之水納入罐中，不僅以前之

弊可免，且亦十分經濟也。

連續工作法與間斷工作法之比較

昔年清潔水時，所用之器械，大都限於間斷式。普通以兩槽供試藥及混和之用。惟連續工作之利，固早知之，但其設備時有不少之問題需研究者，故其法至今方見實行。若言間斷工作法之利，亦有可言者。即化學試藥與水所起之作用，有充分之時間，其沉澱物得以澱定或過濾。由機械方面着眼，亦較為簡單。連續工作法所用之器械，即在今日亦視為繁複。從間斷工作法所得之水，其性質較有規律，即變化亦僅在短時間內。故所用藥劑，常有一定之重量，加入一定量之水中。然其不利之點，亦有可言者。在連續工作法所佔之地面甚小，其供給水時，可以連續不斷，其設備費亦不甚大。惟藥劑之加入，欲得正確，甚不易，因水流之量，與水之性質同時俱起變化也。然此種困難之點，在今日皆有解決之可能。故此二法，各有其存在之價值，須視工廠之大小，經濟之豐儉，與環境之情形而後決定耳。

連續工作法所用之舊式器械

德法之化學家及工程家對於此工作法應用之器械，多所研

究，其重要者，為ABC三大槽作階梯式之排列，各槽互以管連通，未淨之水，先從較高之A槽之管

中流入，同時應加之藥劑亦流入管中，管底有漏斗式之杯形裝置，水與藥劑即在此生作用而起沉澱。待水充滿A槽，由槽口之管流入B槽中央之管中，管底亦如A槽，具有漏斗式之杯形裝置，以承受水中之沉澱物，俟水充滿B槽後，再流入C槽之管中。各槽漏斗式杯形之沉澱物，由杯底活栓排之於外。此種裝置，甚為簡單，且亦經濟，無時常修理之煩。惟實際上對於所用之藥劑與水量不易限制，故水之性質，亦不易固定。

或於水槽頂上流出之水，引之經過木濾槽，以節制水流之速度與容量，誠較改良；惟此裝置，能清潔之水，究屬有限，其化學作用，不能視為十分完全也。

第三章 水之清潔及其利益

凡消耗水量之大者，須注意水垢之生成，汽罐之腐蝕，與肥皂對於水性之改變。故在一千八百四十一年，克拉克氏即注意於水之清潔處理，距此四十年間，其法已遍用於歐洲。若在美洲，對於工業用水之處理，乃起於一千八百九十二年，其解釋所以需要清潔之理，尙不失爲正確。

處理水之目的。爲商業目的而處理用水，其理由如下：（一）除去水中能生成水垢之物質，（二）中和或除去水中有腐蝕性之物質，（三）除去水中浮游之物質，如泥沙等。所有上述三理由，均於處理時同時行之。其前兩項，可藉助於化學之方法。加入適當之藥劑，以起變化，次用物理的方法——過濾或澱定——以除去其化學變化後所生之沉澱及泥沙等。

何謂水垢。附着於汽罐之內部或水管之裏面，如泥石狀之硬殼者，乃由水中之沉澱而來，謂之水垢。其成分極無一定，大抵爲鈣之化合物。凡溶於水中之物質，不盡能成水垢，惟因水之蒸發而

● 使其中之溶解物質生沉澱者，水垢遂因之而生。

水垢之弊害 水垢在汽罐中，爲熱之不良導體，防止蒸汽之生成，消費多量之燃料。其生成之厚薄，向無一定。故掃除甚感困難，有時能使水管閉塞。且水垢之性質，亦各各不同。有硬如堅石者，亦有軟如泥灰者。若欲除去堅硬之水垢，有時且須採用特製汽罐清潔工具，如石匠之治石然。不惟消耗多量之工資，且使汽罐之壽命減少。且因汽罐之修理而致停止工作，因蒸汽發生量之減少而縮小馬力，言其甚者，汽罐之炸裂，亦多由水垢而生。茲將水垢與損熱之關係，示如下表。

水垢之厚度(英吋)

損失之熱能率或消耗燃料之百分率(%)

$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$
18	9	4	2

$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
90	74	60	48	38	27

由水垢所損失之熱能率。由各家之學說，熱能因水垢之損失，或燃料因水垢而增加之量，視水垢之厚薄而異。惟汽罐之內部，或水管之裏面，既有如石之硬殼，必能使熱力受損失，固衆口一詞也。前表即示水垢之厚薄與損失熱能之多少，在實際上誠不至如此，要亦示吾人以梗概耳。

水垢生成之例。若用硬水於汽罐，則水垢之生成，有時如A圖所示者。水垢中部較爲粗鬆，與

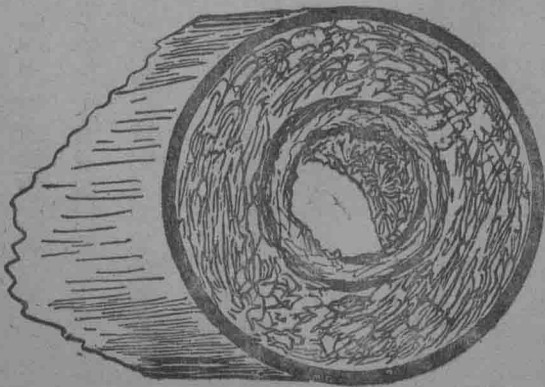
管壁附着之部分，則極堅密。凡汽罐之不常掃除者，水管中之水垢，每每如是。其消耗熱力，損失金錢，爲量不可以計。此外尚有由碳酸鈣所生成之軟性塊狀水垢，由硫酸鈣所生成之硬性塊狀水垢，有厚至一吋又四分之一或八分之三吋者，其形式種種不一，如在罐內釘上者，則成彎曲之杯狀，在管內者，則成管狀，大都爲碳酸鈣與泥沙等之混合物。

水垢之傳導度 一般言之，水垢之傳導度，約當

鐵之傳導度之三十七分之一。此說雖非絕對正確，惟水垢非熱之良導體，固極可信。當水中含有碳酸鹽而起沉澱時，本極鬆脆，殆如細泥，可用吹氣法吹出之。惟水垢中常遇含有硫酸鹽者，則對於汽罐之內壁及管壁，十分固着，成種種形狀，須用特製工具以鑿去之。凡

圖

A



含多量硫酸鹽之水垢，大都爲白色之結晶體。當其由鋼板上取下時，使鋼面之一部分腐蝕成黑色之糊狀物，此即水垢中之硫酸鈣，與汽罐之鐵相作用化合而爲硫酸鐵。因罐中之溫度較高，故硫酸鹽分解而爲硫酸或他鹽類，與鋼面起作用。若水中含碳酸鹽多於硫酸鹽者，則所成之水垢，不甚堅實，用水垢工具，易除去之，其附着力較弱，即以傳導度論，亦較硫酸鹽所成之水垢爲優，故與硫酸鹽水垢同厚薄之碳酸鹽水垢，其消費燃料亦較少也。

水處理後之經濟結果，不良之水，影響於經濟，如下列兩表所示，乃實際之事實。蓋同一汽罐，在前六個月則用未經清潔之水，後六個月則用清潔之水，其用費兩兩比較，不言而喻。

汽罐消費統計表（用未經清潔之水）

月份	燃料費（元）	清除水垢費（元）	修理費（元）	意外費（元）	工資（元）
一月	二、二七一・五〇	一四一・〇〇	四三・〇〇	一八・〇〇	九〇・〇〇
二月	二、五六三・〇〇	一七二・四〇		一二・八〇	九〇・〇〇
三月	二、四九六・〇〇	一三六・三四	九六・五〇	一六・二〇	九〇・〇〇
四月	二、三七一・九〇	六五・〇〇		一一・〇〇	九〇・〇〇

月份	五月	六月	共計
燃料費(元)	二、六四〇・〇〇	二、三七六・〇〇	一四、七一八・四〇
清除水垢費(元)	一七六・五〇	一七四・二〇	八六四・四四
修理費(元)		四九・〇〇	一八八・五〇
意外費(元)	一九・三〇	二三・二八	一〇〇・五八
工資(元)	九〇・〇〇	九〇・〇〇	五四〇・〇〇

汽罐消費統計表(用清潔之水)

月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	共計
燃料費(元)	二、一六三・〇〇	二、二四一・〇〇	二、一六四・〇〇	二、一九六・〇〇	二、二三〇・七五	二、〇八四・〇〇	一三、〇七八・七五
清除水垢費(元)	二三・〇〇	一七・〇〇					四〇・〇〇
修理費(元)	九四・〇〇						九四・〇〇
意外費(元)	一二・二五	一九・三〇	六・五〇	一六・九五	二三・八〇	一三・四〇	九二・二〇
工資(元)	九〇・〇〇	九〇・〇〇	九〇・〇〇	九〇・〇〇	九〇・〇〇	九〇・〇〇	五四〇・〇〇

由上兩表比較，得同一汽罐，同一時間內，燃料費之相差，爲一、六三九・六五元，清除水垢費之相差，爲八二四・四四元，修理費之相差，爲九四・五元，意外費之相差爲八・三八元。總計之，六個

月之相差爲二、五六六・九七元。假設以四八七・五元爲利息及折舊費，則半年中淨省二、〇七九・四七元，而清潔水時之一切設備費不過四〇〇〇元，六個月內實際上即可省出百分之五十。單就燃料費清除水垢費修理費等比較，其所省亦幾佔百分之五十也。

上表所示之平均結果，有時且較此數爲大。因水之清潔而使蒸汽動力部分每年可省百分之四十至五十者，亦甚尋常之事。惟水之硬度，各處不同，其清潔之設備，因之各異。若硬度在六或七度以下者，反不若較硬之水，其設備費爲經濟也。

水垢之成分。下表乃由分析水垢之結果而得其各種之成分於不同之水源。

從各種水所成之水垢成分

水垢 號數	水	源	炭 %	酸 鈣 %	硫 鈣 %	酸 鈣 %	氫 氧 化 鎂 炭 %	酸 鎂 鈉 %	鹽 化 鐵 及 氧 二 化 矽 % 物等	水分及有機 物等
一	河水及井水	四・〇七八三・八三					二・七八			
二	河水及井水	一七・七九六三・六二					八・五〇			
三	河水及井水	八五・九八					四・〇五			
四	河水	水七五・八五					二・五六			
		三・六八								
		二・五六								
		〇・四五								
		二・九六								
		七・六六								
		六・八四								