

書叢小學工

法潔清水用業工

譯編樵雪許

行發館書印務商

工學小叢書

工業用水清潔法

許雪樵編譯

商務印書館發行

目次

第一章	水及其性質·····	一
第二章	古時清潔水之方法·····	六
第三章	水之清潔及其利益·····	一〇
第四章	腐蝕與發泡·····	二一
第五章	試藥與黏結·····	三八
第六章	清潔水時所用之器械·····	五五
第七章	間斷法使用器械之說明·····	五八
第八章	連續法使用器械之說明·····	六九
第九章	汽罐化合物·····	七七

第十章	汽罐化合物之使用法	八三
第十一章	過濾器與淨水	八六
第十二章	清水之用途	九二

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十一·一，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，氧化淡，或鹵精氣，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，碳酸化合物等，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。有少數之碳酸鹽，僅能稍溶於純粹之水中，如石灰石、白雲石、菱苦土石、菱鐵礦等是也。若水含有二氧化碳，則此等鹽類，遂能溶入水中爲碳酸鹽或重碳酸鹽。當水由地面浸入地中時，因有機物之氧化作用，或碳酸鹽之分解，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，由液體凍結而為固體之冰，其容積較未結冰前大一·〇九倍，故冰之比重為〇·九，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，乃為軟水。若流過碳酸鈣或碳酸鎂及硫酸鹽地層者，則溶解此等鹽類，而為硬水。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，則漸變化為硫酸鎂與碳酸鈣。因二氧化碳之存在，碳酸鈣溶入水中而成重碳酸鹽。若硫黃之存在而為有機物，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，則為硫酸鈣，或碳酸鈣，鎂之鹽類，則為硫酸鎂與碳酸鎂，含此等鹽類之水，遇肥皂不生泡沫，除去此等鹽類，則為軟水。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為碳酸鹽，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，則爲安姆賽克拉克博士 (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，安姆賽亨利 (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，尙有許多至今未改者。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。

苛性石灰與碳酸鈉法。欲除水中之碳酸鹽，則利用苛性石灰與碳酸鈉法。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，俟水中碳酸鹽已除去一部分後，再加碳酸鈉亦可。因之所用之器械，較爲繁複，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，則較爲遲，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，反使淨水之效率爲之減少。其沉澱或變爲水垢，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A B C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，尙不失為正確。

處理水之目的。為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，大抵為鈣之化合物。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，為熱之不良導體，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(%)

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

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

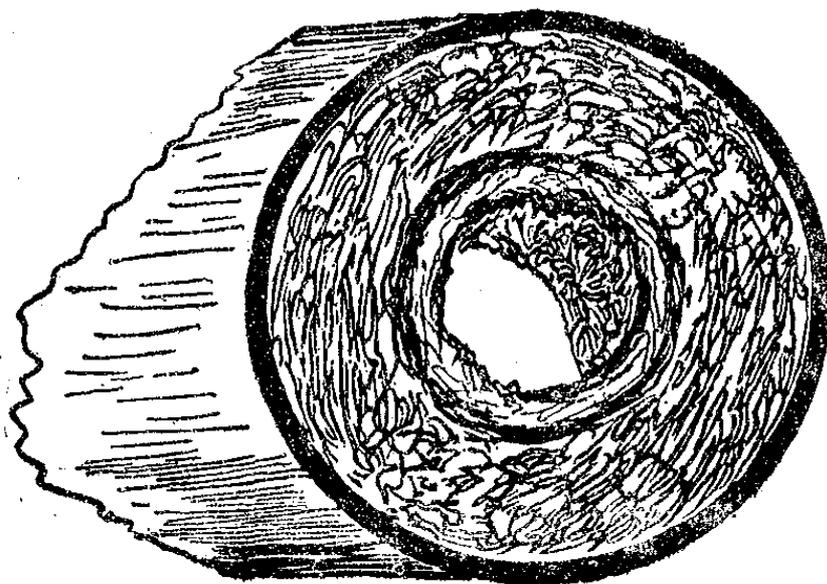
由水垢所損失之熱能率。由各家之學說，熱能因水垢之損失，或燃料因水垢而增加之量，視水垢之厚薄而異。惟汽罐之內部，或水管之裏面，既有如石之硬殼，必能使熱力受損失，固衆口一詞也。前表即示水垢之厚薄與損失熱能之多少，在實際上誠不至如此，要亦示吾人以梗概耳。

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，大都為白色之結晶體。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為硫酸鐵。因罐中之溫度較高，故硫酸鹽分解而為硫酸或他鹽類，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為優，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

五月	二、六四〇・〇〇	一七六・五〇		一九・三〇	九〇・〇〇
六月	二、三七六・〇〇	一七四・二〇	四九・〇〇	二三・二八	九〇・〇〇
共計	一四、七一八・四〇	八六四・四四	一八八・五〇	一〇〇・五八	五四〇・〇〇

汽罐消費統計表(用清潔之水)

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、一六三・〇〇		九四・〇〇	一二・二五	九〇・〇〇
二月	二、二四一・〇〇	一七・〇〇		一九・三〇	九〇・〇〇
三月	二、一六四・〇〇			六・五〇	九〇・〇〇
四月	二、一九六・〇〇			一六・九五	九〇・〇〇
五月	二、二三〇・七五			二三・八〇	九〇・〇〇
六月	二、〇八四・〇〇			一三・四〇	九〇・〇〇
共計	一三、〇七八・七五	四〇・〇〇	九四・〇〇	九二・二〇	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 酸 鈣 % 氫 氧 化 鎂 % 炭 酸 鎂 % 鈉 鹽 % 化 鐵 及 氧 化 矽 % 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 六·八九 四·〇五
四	河水	水七五·八五 三·六八 二·五六 〇·四五 二·九六 七·六六 六·八四

第三章 水之清潔及其利益

二〇	一九	一八	一七	一六	一五	一四	一三	一二	一一	一〇	九	八	七	六	五
海	海	海	海	自來	自來	自來	自來	井	井	河	河	河	河	河	河
水	水	水	水	水	水	水	水	水	水	水	水	水	水	水	水
〇・九七 八五・三五	〇・三四 七二・八五 一八・八三	三・四四 六九・七七 二二・五〇	二・〇〇 三四・〇〇 五八・〇〇	一・二二 七八・三二	一・七三 三一・五三 七六	一・五〇 〇四・二九 七六	一・六二 九五・二〇 八〇	二・五五 六二・五五 九二	三・三一 一六・五五 六四	五・〇〇 〇四・一八 二一・四七	四・四三 四・四四 一九・四三	五・九三 三八・七〇 九一・六三 三五	八・二〇 八五・〇一 四・三六	八・一四 四五・一〇	七五・九二 三一・一六
三・三九															
				一〇・三六	一八・〇四	一〇・八四	七・二四	五・五六	二〇・〇四						一〇・一六
二・七九	二・一六	〇・九九	微量	〇・六四	〇・五四	〇・八六	〇・八六	〇・二二	三・三一						〇・八四
〇・三二	二・四〇	一・三六	一・三三	四・六四	二・八八	二・三六	二・四八	五・〇四	七・四六	一六・五一	一・六四	八・二九	〇・五二	二・四四	二・九六
一・一〇	〇・八〇	〇・一六	微量	三・二二	四・三六	四・二八	三・七六	五・二六	一六・九四	一〇・〇九	二・八五	九・〇〇	一・九一	〇・八七	四・九四
五・九〇	二・六二	一・七八	四・六七	一・六〇	三・一一	一・八一	一・九一	二・三八	一四・四五					五・五一	二・〇二

水垢之生成及其特性。從前表得知水垢之第一第二及第三種，乃自火車汽罐水管中取來，可代表極硬之水垢。第一種水垢為海棉狀粗脆之結晶塊，第二種水垢與第一種之性質相近，亦含多量之硫酸鈣，且因氫氧化鎂之量甚大，尤能增加其硬度。其分析之成分，綜計碳酸鈣，硫酸鈣，氫氧化鎂三者已佔百分之九十以上，所餘者則為二氧化矽及氧化鐵或氧化鋁等。

第四第五及第六三種水垢之硫酸鹽成分甚少，含碳酸鹽之量甚大，可視為暫時硬水。若第七種水垢之水，含硫酸鈣之量甚多，而第八第九第十三種水垢，乃由於酸性河水而成，故須以石灰及梳打處理，使之中和，而減少其永久之硬性，使成軟性之粗鬆水垢，即可表示水軟之程度。凡水之含硫酸鐵多者，分析時即以氧化鐵及氧化鋁表示之。

第十一第十二兩種水垢，乃由井水而生，前一種含多量之鎂鹽，故其水垢中成多量之碳酸鎂，即氧化鐵之百分率亦甚高，間接表示水中有腐蝕性之物質，如氯化鎂等，與汽罐之鐵生作用，故水垢中含多量之氧化鐵。其第十二種，含硫酸鈣甚多，同時亦為高級之暫時硬水，因碳酸鹽之量亦不少也。

第十三第十四第十五第十六種水垢，或由井水，或從河水而生，故水垢之成分亦不一律。

第十七第十八第十九及第二十數種水垢，乃由海水而來。平常用水，鮮有用海水者；即在海船中，亦僅採用極少一部分。且水垢之生成，曾經較大之壓力，其所含硫酸鈣之量，因壓力與溫度之增加而愈多。下表即可示種種海水之成分。

海水所含之物質

十萬分之幾

鈣	三二·四	五五·七
鎂	一一五·八	一四七·一
鈉	一〇二〇·五	一一七七·〇
鉀	三五·四	六六·八
硫酸根	二五九·〇	三〇三·〇
氯素	一八一六·八	二〇八四·〇
溴素	二三·九	三八·八

從分析各種水垢之結果觀之，知碳酸鎂與氫氧化鎂不包含於碳酸鹽之內，免計算之差誤也。因鎂鹽在空氣中易與二氧化碳相結合，或與其他根類化合而影響於分析之結果。

汽罐用水經清潔後，不僅節省經濟已也。且能保汽罐部分之安全，因水垢在汽罐中既非熱之傳導體，有時且使汽罐一部分受過高之熱而至赤紅。罐中之水，既被水垢之隔離，與鋼板不能接觸而化汽，則汽罐之一部分，必起意外之膨脹，水垢因之破裂，水從裂縫穿入水垢與鋼板間，受赤熱而忽氣化，產生大量之蒸汽，其膨脹之力，小之可使汽罐之鉸釘鬆懈，大之則汽罐炸裂，推原其始，乃由水之不清潔而生水垢所致也。

第四章 腐蝕與發泡

腐蝕之原因。較水垢之生成，尤為可慮者，即汽罐之內壁與管壁被腐蝕一事，久之且使汽罐穿漏而不可用，皆緣於天然之水含有碳酸氣與氧，其他鹽類，及酸類所致。雨水中所含鹽類雖少，而所溶有腐蝕性之氣體，則為害於汽罐。可信水中所溶之氧，亦為腐蝕作用之大原因。

鐵在純粹水中，不生作用，不被腐蝕，但若遇吸收碳酸氣或氧之水，在尋常狀況之下，亦能起腐蝕作用。若在汽罐中，氣壓增加，溫度增高，其作用尤為顯著。鐵之生銹，其初則為碳酸鐵，蓋即二氧化炭溶於水中所生之碳酸也。故鐵遇之而生重碳酸鐵，繼則變為含水氧化鐵，厥後則為四氧化三鐵，皆水與空氣為之也。故水不僅可生水垢，同時且具腐蝕性。凡具腐蝕性之水，與能生成水垢之多少無關。

腐蝕性水之處理。凡具腐蝕性之水，可於汽罐中直接加入中和劑，如苛性石灰或碳酸鹼類

等。惟處理時，須特別注意，不宜使水垢之生成因之增多。若水中含有硫酸或硫酸亞鐵者，則以石灰中和之而生硫酸鈣，可於汽罐外先處理之，則所生成之物，不為害於罐之內部，乃最經濟之法也。

腐蝕性水對於鋼與熟鐵之作用。就一般言之，水之腐蝕性對於鋼板之作用，較熟鐵為甚，此理皆無明確之解說。惟據實地之觀察，熟鐵勢不易受腐蝕作用之感應。說者以為熟鐵中含有鎔滓，與鐵之組織，相間而生，無異鐵面為其保護，故其抵抗腐蝕力因之增大，且熟鐵中幾完全不含錳元素，此亦為阻止其分解之一大原因。蓋錳在鋼中，能生極化作用，無異催促鐵之腐蝕。若鋼中含有鎳、鉻、鈷等金屬者，則能阻止腐蝕作用之進行，惟此種金屬鋼不用以製汽罐耳。簡言之，凡水之含有少量硫酸、鹽酸或其他腐蝕性氯化物能生游離酸者，則其對鋼與熟鐵之腐蝕作用無大差異。若水之腐蝕性不大者，則對鋼之作用較熟鐵為甚焉。

腐蝕示例。汽罐之被水腐蝕，有起於一部分者，有各處俱遍者，隨水所有腐蝕物之性質而異。其腐蝕之面積，亦各各不同。其形式多成圓穴，或近似圓杯狀之洞穴，中填充黑色粉末狀之泥沙，大部分為含水氧化鐵，與鐵之鹽類，及腐蝕物等。穴底逐漸深入，終至洞穿鋼板為止。若鋼鐵螺旋之被

腐蝕者，其旋紋逐漸消磨，終至斷折。大都汽罐鉸釘之處，腐蝕尤甚，而修理亦不易。

物理作用對於腐蝕之效應。腐蝕能力，常因物理作用而增加，蓋汽罐各部之壓力如不一致，則罐壁薄弱之處，即有蒸汽或水由此穿出，而為害更甚。兼之製汽罐之工廠，如工作惡劣，鐵釘不固，一起腐蝕，其作用即繼續進行，不可救藥。

發泡。發泡為水之弊害之一。當鹽類溶於水中，至相當濃度時，或因處理未經清潔之水，加入藥劑時，則水在汽罐中發生泡沫。大抵發泡之水，必為鹼性之水，或含多量之鹽類，或因浮游之物太多，或其表面有油性物質，則使水發生泡沫，或起帶水放汽現象，使細小之水點，摻入蒸汽之中。若將此種蒸汽，引入汽缸之內，則汽缸之蓋，常因凝結水之衝動而炸裂。凡遇水在汽罐內發生此種弊害時，立刻關閉汽門，減少爐火，使水在罐內不起兇猛之沸騰，此為暫時救濟之辦法。若水中含多量不溶解之浮游物質，可加入新水，以吹氣法吹去之。若陳水中含溶解物之濃度太高，則在相當時間內，將餘水之全部放去。須視水之性質，與汽罐工作之情形而後可定。

對於水中究含若干之鹽類，至若何之濃度，方能使水發生泡沫，或帶水放汽，學者無一定之規。

惟汽罐中若(一)有沉澱之細泥，(二)或水中含浮游之物質，(三)有機物質，(四)粗鬆之水垢於罐中起對流，都爲發生泡沫之原因。惟水中發生泡沫時所有鹽類之量，不易決定。

常見每加侖水中，含二百五十格林至一百五十格林之鹼性鹽類之水，易生泡沫，或因水中預含浮游之物質，即含鹼性鹽類至上述之量之半，亦多發生泡沫者。惟一般汽罐用水，絕不許含有鹼性鹽類如上述之量者。實用上決定水中所含鹼性鹽類之量，固不易正確。簡言之，每一美國加侖之水中，若含有該鹽類四十至五十格林，殆爲極量。而在汽罐中之陳水，常有含該鹽類至極量之三四倍者亦有之，惟立須用鮮水加入，將陳水放去。

在固定之汽罐中，其用水所含之鹼性鹽類之量，誠如上述。若在移動之汽罐，如火車頭之類，則每美國加侖之水，不過僅許含三十乃至四十格林之鹼性鹽類，已足發生泡沫，此清潔水者所宜注意者也。

物質在水中之溶解度。固體溶解所成之溶液，其顯於外部之變化甚多。如一固體溶入水中，能吸收相當量之熱量，使固體變爲液態，而溶液之溫度，因之下降。例如等量之硝酸銨與水相遇，則

水之溫度由華氏溫度計四十度降至四度。其他鹼性鹽類數種混和，亦有能降低溫度，由華氏溫度計四十度至三十度者。然物質溶於溶液中，能昇高溫度者亦有之。

溶解度一般之法則。下述之法則，即可應用於一般之溶液，故有時可稱為受法則支配之溶液。

(一) 固體溶解於液體中之量，有一定之限制。在同一溫度下，其量一定。或云溶解度之係數，隨溫度而起變化。

(二) 液體之一部或全部溶解某一固體至飽和時，尚能溶解他種固體，此種固體，在純粹水溶液中，或不溶解，或僅有極小之溶解度者。

(三) 固體之溶解度，常依溫度昇高而增加；若氣體則反依溫度昇高而減少。然亦有多數例外，即固體之溶解度，不依溫度上昇而增加，而氣體中如氫者，其溶解度則不因溫度之上昇而減少，蓋對於一切溫度皆常定也。

清潔水時所用之鹽類。水中所含之鹽類甚多，其重要者為鈣與鎂之碳酸鹽硫酸鹽及氯化

物等。其他鹽類，不若上述數鹽類之重要。一般之水垢，其中百分之九十五爲以上四鹽類所構成，即鈣與鎂之碳酸鹽，及鈣與鎂之硫酸鹽是也。於含此等鹽類之水中，可加入氯化鈉——食鹽——故海水或產鹽豐富之區，即用此法以淨水。

碳酸鈣 碳酸鈣不能盡溶於水，故實際上即含有碳酸鈣正鹽之水，仍爲軟水，而非硬水也。在平常之水，二萬八千五百份中，僅能溶碳酸鈣正鹽之一份，約當每立呎 0.035 公分，或十萬分中之三·五，或每一美國加侖二·〇四格林。據阿奇裏特 (Archbutt) 所示，若將水中之二氧化碳完全除盡，則每一加侖，僅能有碳酸鈣一·〇八格林，其餘之碳酸鹽及溶解之碳酸鈣，不能被苛性石灰所沉澱，表示此溶液業已中和。故碳酸鈣不爲溶液所有，而乃爲二氧化碳所溶解，生成重碳酸鈣，至水煮沸時，即可沉澱而出。

凡於水中通二氧化碳氣，使碳酸鈣之溶解甚易。在攝氏溫度計零度時，設使二氧化碳在溶液中飽和，其溶解碳酸鈣之量各各不同。大都一千 0.8 十分至一千四百二十分之一水，可溶碳酸鈣一分。即每呎可溶 0.704 公分至 0.926 公分，或每十萬分中可溶 70.4 分至 72.6 分。

分，或每一美國加侖可溶四一·〇四格林至五四·〇四格林。

碳酸鎂 凡水中溶有二氧化碳者，其溶解碳酸鎂之能力，較溶解碳酸鈣為大，惟不常遇之，即有亦不能超過每加侖五格林至六格林之數，雖亦有每加侖多至三十格林者，為不常耳。於含碳酸鎂之水中，加入苛性石灰，則此鹽極易除去。但此鹽極易溶於水，每加侖之水，盡量能溶十一格林至十二格林。若不加大量之石灰，則碳酸鎂不能全數變為氫氧化鎂。

據實驗所知，碳酸鎂在水中之溶解度之大小，根據於溫度之昇降，與壓力之高低。其正鹽在不含二氧化碳之水中，每一美國加侖之水，能溶六至十二格林。在華氏溫度計四十一度時，飽和二氧化碳之水，能溶解碳酸鎂之量，隨壓力之高低而有不同。其數量如下表所列：

碳酸鎂之溶解度

壓力以磅數計	每十萬份中能溶之份數	每一美國加侖中能溶之格林數
一三五〇五	六二一	三六二
三〇五	六九五	四〇五
四〇五	七四六	四四五
六〇五	九〇四	五三五
七〇五	一一〇四	六三〇
九〇五	一三〇六	七五七

在相當範圍內壓力與溫度聯合之效應及溫度之效應依據恩格兒 (Engel) 及萬耳 (Villie) 之實驗載如下表:

在二氧化碳飽和之水中碳酸鎂之溶解度

壓力以磅數計	華氏溫度計之度數	每十萬份中能溶之份數	每一美國加侖中能溶之格林數
一五	六七	二七八〇	一六二〇
三一	六七	三三一〇	一九三〇
四七	六八	三七三〇	二一七五
六九	六六	四三五〇	二五三六
八二	六六	四六二〇	二六九三
九一	六六	四八五〇	二八二八
一一〇	六七	五一二〇	二九八四
一三二	六六	五六六〇	三三〇〇

從以上二表觀之，第一，溶解度隨壓力之增大而加多。第二，溫度與壓力同時增加，溶解度亦隨

之增加。

硫酸鈣

測定硫酸鈣之溶解度，有許多之試驗，各各不同。茲則根據馬力格乃克(Marignac)

綜合泰耳登(Tilden)及仙石通(Shenstone)兩氏測定之結果，列如下表：

硫酸鈣 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 之溶解度

華氏溫度計之度數	每十萬份中能溶之份數	每一美國加侖中能溶之格林數
三二	二四一	一〇四·五
六五	二五九	一五一·〇
七五	二六五	一五四·〇
九〇	二七〇	一五七·〇
一〇〇	二七二	一五八·四
一〇六	二七〇	一五七·六
一二七	二六七	一五六·〇
一六二	二五六	一四九·〇
一八七	二四〇	一四〇·〇
二一〇	二二二	一二九·〇

上表所示，乃含兩分子結晶水之硫酸鈣，若不含水者，則較爲堅密，不易溶焉。含水硫酸鈣，在華

氏溫度計一百度時，為最大堅密。在華氏溫度計九十度至一百二十七度之間，其溶解度稍有變化，若在高溫及高壓時，經泰耳登及仙石通兩氏之試驗，得有價值之數字，列表如下：

在高溫度及不同壓力時含水硫酸鈣 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 之溶解度

壓力以磅數計	華氏溫度計之度數	每十萬份中能溶之份數	每一美國加侖中能溶之格林數
三七·八	二八四·〇	七八	四五·五
八〇·八	三二四·五	五六	三二·七
一三二·〇	三五六·五	二七	一五·八
五一三·五	四七三·〇	一八	一〇·五

因他種鹽類之存在，特別為氯化物，而硫酸鈣之溶解度，受其影響。如氯化鈣則可以減少硫酸鈣 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 溶解度，而氯化鎂則可增加其原來之溫度，在高溫度時，則無此效應也。氯化鈉及硫酸鈉，在普通對於硫酸鈣之溶解度，不生效應，二氧化碳氣則足以稍為減少其溶解度。氧化鈣或石灰，氧化鈣或石灰之溶解度，最宜注意。因氫氧化鈣為清潔水時重要之藥劑也。

道爾頓 (Dalton) 氏以爲石灰在熱水中較在冷水中爲不易溶。實際上，在華氏溫度計三十二度時，所溶解之量，則二倍於在華氏溫度計二百十二度時。恰與平常物質因溫度上昇而溶解度增大者相反。茲將氧化鈣在不同之溫度時之溶解度，列表如下：

在不同溫度時氧化鈣之溶解度

華氏溫度計之度數	每十萬份中能溶之份數	每一美國加侖中能溶之格林數
六〇	一二八·五	七五·八
一三〇	一〇〇·二	五八·四
二一二	七八·七	四五·九

對於氧化鈣之溶解度，能生影響者，如石灰之品質，煨燒時之溫度，製造之方法，消化時之溫度，配水溶液時，石灰與水接觸之情形，在在皆宜注意。

清潔水時，若石灰化爲石灰水而應用，習慣上依其溶解度每一畝水中有一·二五至一·三公分之石灰，恰與十萬份中有一二七·五份，或一美國加侖中有七四·三格林者相當。

硫酸鎂。鎂鹽類之相當於鈣鹽類者為硫酸鎂，普通謂之瀉鹽。其溶解度甚高，在華氏溫度計三十二度時，約為百分之二十五，在華氏溫度計二百十二度時，有超過一百分者。在高溫度及大壓力時，其溶解之量尤增。惟此巨大之溶解度，對於硫酸鎂之本身之關係，不甚重要。因其作用並非單獨，乃與他鹽類相伴也。其對汽罐用水之重要，俟以後再述及之。

氯化鈣。氯化鈣即二氯化鈣，在水中極能溶解，約當水重之四分之一。平常天然水中，不常遇之。惟有時特製之水，或汽罐用水中有之。例如人造冰用之鹽水，或製造二氯化鈣時，則含此物質之水，殆為副產物焉。

氯化鎂。在冷水中，其他善於溶解之鹽類，則為氯化鎂，約當水重之四分之一。在熱水中所能溶者，其重超過三又三分之一。其對清潔水時之重要性，因此鹽能分解為鹽酸， $MgCl_2 + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + 2HCl$ 有極強之腐蝕性。

氯化鈉。氯化鈉，即食鹽也。其在水中之溶解度，對於溫度之昇降，變化甚小。在華氏溫度計六十度時，能溶解重量二·八分者，在一百四十度，亦僅能溶解重量二·七分，而在二百二十度時，為

二·五分。其在海水或鹽井中，則視為重要之成分焉。

水·清·潔·法·之·化·學·學·理· 如前所述之石灰法或克拉克氏法，宜用於水之硬性，由含碳酸鈣，或碳酸鎂所致者，一般用之汽罐水，大都含有多少之礦物質，或水垢生成物，而雨水及蒸餾水，乃為例外。惟雨水與蒸餾水之用途極狹，且有限制，可置而不論也。水垢生成物之主成分，為鈣、鎂、鐵、鋁或硅之鹽類，及其他不溶解物，如泥沙等等，此等不溶解物，其本身不能構成水垢，乃被其他鹽類膠粘而成堅固之硬殼。故製成水垢之主要鹽類有四，即碳酸鈣，碳酸鎂，硫酸鈣，與硫酸鎂。此四者在水中均常遇之。所有水垢成分之百分之九十五至九十八，都為此四種鹽類，或其中一種所組成。

碳酸鈣為自然產生之化合物，其著名者如大理石，石灰石，白堊等等。在水中所含之鈣素化合物，亦以此為最普通。在純粹水中，實際上不能溶解。若水溶有二氧化碳氣，則其溶解度遂增加。尋常天落雨時，洗滌大氣中之二氧化碳氣，流於地面，浸入地中，與沙泥中之碳酸鹽相接觸，或流過石灰岩層，則溶解碳酸鈣，而含多量之碳酸鹽。溶液中所含二氧化碳氣之量，因沙泥與酸性水作用，或其他化學變化，分解岩石或礦物，發生此氣，而為之增加。此即天然水中有溶解碳酸鈣之能力，即吸收

多量二氧化碳氣之故。

碳酸鈣非直接溶入溶液中，也須先經二氧化碳氣，或其他鹽類如重碳酸鈣之媒介而後可。重碳酸鈣，可以下之分子式表示之，如 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{CO}_2$ ， $\text{CaO}(\text{CO}_2)_2$ 及 $\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$ 等，爲此化合物之基本分子式。惟末一分子式 $\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$ ，又可寫作 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{CO}_3$ 。每一分子式，均表示重碳酸鈣有不同之結構。茲求簡單起見，可記憶第一分子式 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{CO}_2$ 於腦中，爲一切方程式中表示作用與變化之用。此式在各分子式可稱爲最明瞭，而又極簡單之一也。式中之第二 CO_2 在重碳酸鈣中，不如正鹽中所有二氧化碳之穩定。當此鹽之溶液煮沸，或加入其他之氫氧化合物，如氫氧化鈣、氫氧化鈉、氫氧化鉀、氫氧化鋇等，則此二氧化碳即被其除去。若水中而溶有碳酸鈣者，通入二氧化碳氣，則碳酸鈣悉被沉澱而出。故用煮沸與沉澱二法，可將水中所含碳酸鈣悉數取去，不能者惟純粹水中所含之少量耳。爲經濟起見，苛性石灰，即氫氧化鈣，殆爲除去水中碳酸鈣最通用之藥劑。

對於溶解度及除去方法言之，碳酸鎂與碳酸鈣極相似，惟較碳酸鈣尤能溶解。除礦泉水外，每

一加侖之任何水中，鮮有含至五或六格林者。其進入水中，大都由白雲石而來。鈣與鎂所成之碳酸複鹽，即一般所謂石灰石。且此兩碳酸鹽，常相遇於一處。故其除去時，亦可用同一之方法，加入苛性石灰也。在高溫度時，碳酸鎂即分解為氫氧化鎂，與二氧化碳氣。惟氫氧化鎂較碳酸鎂尤不易溶解，故須加較多之石灰，使與二氧化碳相化合。其變化示如次式：



若將上兩式聯合為一，則得次之方程式，即：



溶解 溶解 不溶解 不溶解

一般之水中，大都含有硫酸鈣，在天然中見者，以石膏為最普通。在尋常溫度，每一加侖水中，可溶解至一百五十格林。非將水煮熟至沸點以上，即五十五磅之汽罐汽壓，或華氏溫度計三百度，水中所溶之硫酸鈣，不能沉澱而出。及其沉澱，則為較重之結晶，且極堅硬，與水泥相似，為一切水垢中

之最可厭者。硫酸鹽之沉澱甚慢，故能粘着於汽罐之內壁或管壁，極為堅牢之原因。大凡用清潔水時，須先使已成之硫酸鹽水垢除去，因用多量之鹼類，能助水垢之變化，而使之不得再留存也。

硫酸鎂在鎂鹽中，與硫酸鈣相當，其最普通之成分，如前所述，即為瀉鹽，在水中極能溶解，其自身不能生成水垢。故碳酸鈣之存在，及在汽罐中之故，與此鹽互起作用而生硫酸鈣與碳酸鎂，如下方程式所示：



溶 解 溶 解 不溶解 一部分不溶解

碳酸鎂之生成，因苛性石灰或其他氫氧化合物之存在，而然，既已如上式所述；惟甚堪注意者，在自然界中，硫酸鎂之生成，有由上述方程式之逆作用而生者，即含硫酸鈣之水，與碳酸鎂相作用，或與重碳酸鎂相作用而來也。

水中所遇見之鹽類，除上述者外，尚有酸類及其他鹽類，於別種之工業用水中有之。最重要者，如氯化鈣氯化鎂。兩者都具腐蝕性，而氯化鎂在低溫度時，實際上則分解為鹽酸與氧化鎂，如下方

程式所示：



氯化鈣較氯化鎂爲安定，但在高溫度，及經蒸汽罐之高壓時，亦分解而生鹽酸，其腐蝕作用爲最甚。硫酸鎂與碳酸鎂都能與鹼性氯化物相作用，而生游離酸，然於清潔水時，此作用於實際上則罕遇之。硝酸鹽類亦如其他鹽類，有時存於水中，但其量不僅有限，且於水中存在者甚少也。

水·中·所·遇·之·游·離·酸·類· 游離酸類，有時存在於水中，有時則因鹽類在汽罐中分解而生成者亦有之。如氯化鈣與氯化鎂之分解，硝酸鹽與硫酸鹽之分裂，遂生主要之腐蝕性化合物。如硫酸與硫酸亞鐵，當煤礦中之黃鐵礦被氧化時，或在某種工場洗滌鋼與鐵時，俱能得之。凡從煤礦中汲出之水，多少總含有硫酸亞鐵與游離硫酸，都由黃鐵礦所自也。故從礦井中汲出之水，即經清潔，亦斷不合宜於汽罐之用，以其中所溶之鹽類太多也。是以河水之附近煤礦區域者，亦大都不潔，非經處理，萬不適宜於汽罐之用。

第五章 試藥與黏結

化·學·試·藥· 今日用於清潔水時之試藥，不外石灰與梳打灰，其效率為最大，且價值亦極低廉，茲述如後。

石·灰· 商業上首用以清潔水者，為苛性石灰。用時加以消化，為石灰乳或石灰漿，或飽和之石灰水。無論何種製法，均能供清潔水之用，其效果均能滿意。如前所言，此苛性石灰之用，即在沉澱重碳酸鈣與重碳酸鎂，其化學作用，表如次式：



溶 解

溶 解

不 溶 解

凡一百分重之碳酸鈣，需要五十六分之氧化鈣，為計算便利計，以碳酸鈣替重碳酸鈣，以氧化鈣替氫氧化鈣。同理苛性石灰加入重碳酸鎂中，亦生不溶解之碳酸鎂，惟在此變化，須加入兩當量

或兩分子量之石灰，方足以使溶解之碳酸鹽悉成不溶解之氫氧化鎂，如下式：



溶解

溶解

不溶解

不溶解

由上式，得八十四分重之碳酸鎂，需要一百十二分重之氧化鈣。

石灰清潔水法，為已知最經濟之法。凡水之含碳酸鹽及其硬性為一時者，其清潔之效率，無出石灰之右。同時石灰在水中，尚可中和游離酸，或硫酸亞鐵氯化亞鐵，或氯化鎂等，惟在此數變化時，生成硫酸鈣，足以增加水垢之生成，或其變化後，經分解而生腐蝕性物質者亦有之。凡用石灰之重量，較理論上計算所得者略為加添少許，以助沉澱之得速急澱定，且保證石灰之作用，十分完全。然亦宜謹慎用之，不得過多，否則其水中所生之弊害，較原有之碳酸鹽為尤甚也。

碳酸鈉。清潔水用之碳酸鈉，或稱梳打灰，用於水中，使其氯化物及硫酸化合物起分解，同時且能中和水中之游離酸類。茲將碳酸鈉與硫酸鈣之作用，列方程式如下：



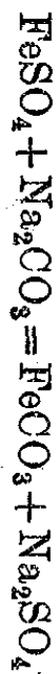
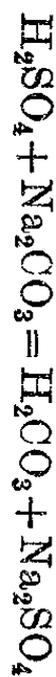
溶解

不溶解

溶解

從上式可知一百三十六分重之硫酸鈣，需要一百〇六分重之碳酸鈉，方能使用完全。其對於硫酸鎂之作用，亦正如上式，惟一百二十分重之硫酸鎂，需要一百〇六分重之碳酸鈉。

若水中有游離硫酸及硫酸亞鐵者，加入碳酸鈉時，其變化如次式：



從上式中，得知九十六分重之硫酸，或一百五十二分重之硫酸亞鐵，需要一百〇六分重之碳酸鈉。

當硫酸與碳酸鈉相作用時，不生不溶解之化合物，其理論上所生之碳酸，亦分解而為水與二氧化碳。其在硫酸亞鐵與碳酸鈉作用中所生成者，亦悉為可溶解之化合物。惟碳酸鐵極容易變為氧化鐵與二氧化碳。

碳酸鈉與氯化物及硝酸鈣之作用，如次之方程式所示：

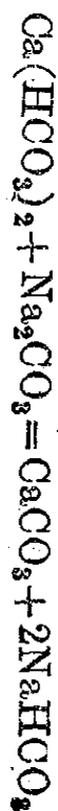




難 溶 難 溶 不 溶 解 溶 解

與鎂鹽亦起相似之作用，如上式，不贅。

碳酸鈉與重碳酸鈣或重碳酸鎂相作用，亦能生成溶解之重碳酸鹽及不溶解碳酸鈣或碳酸鎂，如下方程式所示：



上式中所生成之重碳酸鈉，被熱則分解如下式：



許多水中，同時需要加入石灰與梳打灰，且用時此兩藥劑相和為一。甚少之水，與兩藥劑之一或兩藥劑不生反應者。因石灰在水中，可以除去鈣與鎂所成之重碳酸鹽，同時更可與硫酸鎂氯化物硝酸化合物及游離硫酸亞鐵等相作用。而同量之梳打灰，用以分解石灰未經分解之其他鹽類，（如鎂鹽類即需要一分子之石灰，以加於梳打灰，使生成不溶解氫氧化鎂，）可知梳打灰之功

用，正如上述。故此兩藥劑在商業清潔水法上，極合實用，斷不致有差誤也。惟亦有例外須注意者，即水中所生之溶解鹽類未除去時，或由化學作用生成時，如濫用此藥劑，反致生成不溶解之鹽類者，亦有之。

苛性梳打 在清潔水法中，苛性梳打或氫氧化鈉之爲用，極廣且久，以其價比較昂貴，故今日鮮有用之者。彼能與一切生成水垢之鹽類相作用，又能中和游離酸類，正與苛性石灰之作用相當，與碳酸鹽硫酸鹽等相作用，惟苛性梳打需用兩分子量方能與苛性石灰之一分子量相當，因所含氫氧根爲一與二之比也。在另一方面言之，苛性梳打不能單獨用於含碳酸鹽之水中，因所生成之碳酸鈉，存留水中，其鹼性太甚，但水中若有硫酸鈣時，則此鹽能與之作用，使之除去，惟須有重碳酸鹽之存在，方足以作用於所生之苛性石灰，否則水中所餘之鹽類太多也。凡用苛性梳打以沉澱碳酸鎂或碳酸鈣者，則生成碳酸鈉，足供清潔水之用。

梳打灰有極強之苛性，不易攜帶，且於空氣中極易吸收濕氣與二氧化碳氣，當消化之石灰與之相混合而加入水中時，其中一部且起下列方程式之作用，即：



此種作用，於清潔水之效率上言之，並不損失，即對於試藥之重量言之，亦不受影響也。

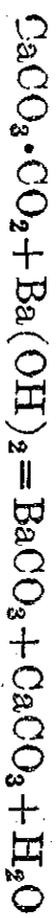
銻鹽類。銻鹽類亦為清潔水法中理想之試藥，因其所生之鹽類，無溶解者，惟其價值與分子量大之關係，故用途甚狹，且沉澱時需要之量甚多也。若言其應用於小範圍者，則在水中之鹼性過甚時，若再加入石灰或梳打，則更足以助水之起泡沫，或水中能生成水垢之物質已多量時，若再加入石灰與梳打，則生成溶解物之量太多，於此等條件下，則可用銻鹽代之，如氫氧化銻碳酸銻等，即其重要鹽類也。至於氯化銻及鋁酸銻等，則於特別之情形下用之，且不重要。鋁酸銻能使碳酸鹽及硫酸鹽分解，所生成之鹽類，均不溶解於水中。

數年前有用氫氧化銻以代一切試藥者，設使其價值便宜，則其用自無可疑者，因此試藥之作用，相當於石灰與苛性梳打，實際上能使所有生成水垢，及具腐蝕性之物質，及游離酸類等，均起分解。

茲將氫氧化銻在水中與種種鹽類及酸類之作用，列方程式如次：

工業用水清潔法

四四



溶解

不溶解

不溶解



溶解

不溶解

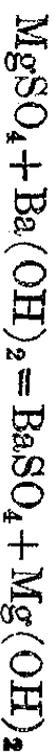
不溶解



不溶解

不溶解

溶解



不溶解

不溶解

不溶解



氫氧化鋇因價值較昂，用之者甚覺浪費，且其多量可用以除去定量之水垢，從前方程式得知一百七十一分重之氫氧化鋇，能除去一百分重之碳酸鈣，或八十四分重之碳酸鎂，而六十六分及一百十二分之氧化鈣，亦能起上述之作用，若用梳打灰，則須一百〇六分，方能除去一百五十二分之硫酸亞鐵，與九十八分之硫酸，若用氫氧化鋇，則須一百七十一分。

凡水之富於酸性或多量硫酸亞鐵，能與氫氧化鋇起作用者，同時亦可用碳酸鋇，並能與其他硫酸鹽起作用。惟碳酸鋇自身或不溶解，故其作用非常緩慢，須以多量投入作用槽中，但不為害，且其溶解量既少，不致超過與酸中之三氧化硫或鹽起作用之量。

磷酸鈉 與用於汽罐外之試藥，有顯著之分別者，為磷酸鈉 $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 。此化合物惟在汽罐之溫度時用之，方生效力，故決無用之於汽罐或熱水器之外者。所有石灰與鎂鹽在汽罐狀況時與此試藥相遇，則生輕而鬆之磷酸鹽，其與硫酸鈣之作用，如下方程式所示：



在實用上，不需如理論所計算之量，即可將所有石灰及鎂鹽變為無黏性之泥，容易由汽罐中

以吹氣法排除之。惟磷酸鈉在清潔水法中，是否即可認為最佳妙最有效率之試藥，此則尙成問題也。

氟化鈉 氟化鈉之爲用，乃已故之著名化學家 C. A. 杜里慕時博士 (Dr. C. A. Doremus) 所發明而專利者也。因用於汽罐內，氟化物不生沉澱於冷水中，且其實用之量，亦較理論之量爲少，即其量之四分之一，即可生氟化物之泥滓，與汽罐之內壁或管壁不相粘着，容易以吹氣法排去之。因此鹽並不蒸發，故較其他鹽類爲有益，以無不潔之物，混入蒸汽之中。惟其價值過昂，故在商業上，無論何處，無用之以清潔水者，但從工業上之立場言之，亦合用之於特別之處。

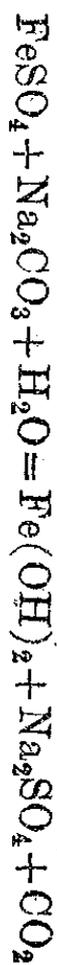
用爲試藥之其他鹽類 有許多之鹽類，可用爲清潔水之試藥者，惟不適於工業或商業上之用，其中如鹼性草酸鹽酪酸鹽及硅酸鈉等，用之有限，或價值太高，或所起之作用不能完全，或同一鹽類而兼有上述之數原因者。如鎂在德國則用之，在美國則無用之者。其相當於苛性石灰之作用，對於重碳酸鹽則能生成碳酸鎂與硫酸鈣相反應，起於熱水之中，如：



若加梳打灰以起作用，則不生硫酸鈉而生硫酸鎂，此鹽留存於水中。在工業上用鎂之利益，不見優於石灰與梳打，除喜浪費者，則可不計耳。

黏結之效用。 凡起沉澱之物，不經過濾或澱定，而欲使之澄清者，本屬困難之事。因水經清潔時，則生細粒之沉澱鹽類，即未經處理而過濾者，亦均感同樣之困難，非加入有黏結性之物，不易收拾也。黏結之效率，全恃能生成有黏性之沉澱，能使浮游於水中之物，隨之澱定。

黏結物。 如硫酸亞鐵、硫酸鎂等在水中均具黏性，為增加效應計，同時須有多量之氫氧化合物或碳酸化合物存於水中，或加入此黏結物，而使鹽類起分解，如次之方程式：



凡鹼性或鹼土族氫氧化合物，或碳酸化合物，均能與之起相似之作用。尋常清潔水時，加入梳

打灰，即如鹼土族鹽類生成硫酸鈣，需要同一量之梳打，亦正如硫酸亞鐵也。其所以需要氫氧化合物，或碳酸鹽之存在者，因硫酸亞鐵或硫酸鎂分解之結果，有時且生成硫酸，需此等鹽類與之中和也。實際上清潔水時，黏結物之量，隨水之情形而不同，其大約之量，則每加侖之水，加入一格林，或四千加侖之水，加入七十五磅。若水含有相當量之碳酸鈣，則加入半磅之梳打灰，四分之一磅之石灰，足生甚有效率之黏結作用，而鐵鹽與鋁鹽則鮮用之。

凡市用水之過濾，需要黏結劑尤甚於水之淨製。苛性石灰加入水中則成氫氧化物，梳打灰在市用水中，亦須加入相當之量。其重要理由，在使自來水過濾池之沙面上，成一黏性薄膜，使微生物不易通過。在許多事實上，幾有百分之九十九之微生物由此方法消除，即在澄清池或澄清槽底之定澱沙滓中，所有微生物之量亦甚大。又水之含有有機物而帶顏色者，亦可用黏結劑使有機物黏結，而將水淨至清潔無色。

沉澱水中鹽類需要試藥之量

沉澱一分之鹽類	需要試藥之量						
	氧化鈣 100%	碳酸鈣 58%	氫氧化鈉 74%	磷酸鈉 100%	氫氧化鉍 56%	碳酸鉍 100%	氯化鈉 100%
CaCO ₃ 視如重碳酸鈣	0.560	1.060	0.837	2.530	3.060		0.840
MgCO ₃ 視如重碳酸鎂	0.630	1.262	0.997	3.015	3.642		1.000
CaSO ₄		0.786	0.616	1.870	2.250	1.449	0.618
MgSO ₄		0.890	0.698	2.111	2.555	1.642	0.760
CaCl ₂		0.962	0.754	2.283	2.756		0.756
MgCl ₂		1.124	0.881	2.666	3.221		0.884
CO ₂	1.272	2.410	1.818	5.757	6.727		
H ₂ SO ₄	0.571	1.081	0.816	2.583	3.121	2.010	
FeSO ₄	0.368	0.693	0.519	1.666	2.000	1.290	0.553

沉澱水中一般鹽類及酸類所用之種種試藥，已如上表所列，若各種試藥用量之價值，則以次

表示之：

沉澱水中鹽類所用試藥之價值

沉澱一磅之鹽類 (即7000格林)	氯化鈣 每磅計 ¢3	炭酸鈉 每磅計 ¢1	氫氧化鈉 每磅計 ¢2.6	碳酸鈉 每磅計 ¢3.25	氫氧化銀 每磅計 ¢2.5	炭酸銀 每磅計 ¢1	氯化鈉 每磅計 ¢5
CaCO ₃ 視如重碳酸鈣	0.168	1.060	2.176	8.222	7.650		4.20
MgCO ₃ 視如重碳酸鎂	0.198	1.262	2.592	9.799	9.185		5.00
CaSO ₄		0.786	1.602	6.077	5.625	1.45	8.09
MgSO ₄		0.896	1.815	6.861	6.387	1.64	3.50
CaCl ₂		0.962	1.960	7.420	6.890		3.78
MgCl ₂		1.124	2.291	8.665	8.052		4.42
CO ₂	0.382	2.410	4.727	18.710	16.817		
H ₂ SO ₄	0.171	1.080	2.122	8.395	7.802	2.01	
FeSO ₄	0.110	0.693	1.349	5.414	5.000	1.29	2.76

前兩表中所揭示之石灰，殆為商品中之最佳者，在處理任何之水，皆有極好之效率。至於磷酸鈉、氟化鈉、氫氧化鋇等，則僅清潔汽罐用水時採取之，且其用量較理論上計算者為少，已足阻止水垢之生成。至於兩表上所計算之重量與價值，則根據各鹽類之分子量及變化上應用之量與市價耳。

在試藥價值表中所列之石灰，視如氫氧化鈣，用以沉澱碳酸鈣、碳酸鎂、硫酸亞鐵及二氧化碳，同時中和游離酸類，且與其他之鎂鹽相作用，但所餘之鈣鹽，須用梳打灰分解之。宜用新鮮並純潔之第一號石灰，其中氧化鈣之成分極高，不純物極少者，方合於用。凡含氧化鈣在百分之九十者，已足稱為上等之石灰。若兩表所列，則假定為一百足分，用時尚須照實際上所含氧化鈣之量，另為計算，方能適合。

測定石灰中所含氧化鈣之重量，可以用天平秤出重二十八公分之樣灰一份，加以含百分之十之蔗糖水一百立方公分於瓶中而搖盪之，至作用不再發生為止，濾取二十立方公分，以五十分之一之標準硫酸溶液滴定之，以煖醇試藥為指示藥。計算所用標準硫酸溶液之立方公分之數，即

間接表示氧化鈣在石灰中之百分率。至於其他標準酸類溶液，亦足以供滴定氧化鈣之用，茲略不述。

梳打灰用以分解硫酸化合物氯化物硝酸化合物及存在之游離酸類及二氧化碳等，普通在市面上所出售者，其成分當為百分之五十八，即梳打灰中含有百分之五十八之氧化二鈉 Na_2O ，約合百分之九十八之碳酸鈉 Na_2CO_3 。大凡含有百分之九十五之碳酸鈉者，即足以供清潔水之用。

茲就前二表中所列，其假定為一百分；若欲測定梳打灰之強度如何，可先溶解一·〇六公分之樣品於水中，而取其十分之一，然後以五十分之一之標準硫酸溶液滴定之，（即為〇·一〇六公分之碳酸鈉）更以甲烷橙為指示藥，視所用硫酸溶液之立方公分數，即足以代表碳酸鈉之百分率。

苛性鈉與其他一切之化合物起作用時，其價值比較梳打灰之含同一成分者為高，市面上常有裝桶出售者，其含氧化二鈉之百分率則為七十四。在測定其強度之時，當與測定梳打灰之方法

相似。

其他試藥之強度，可以平常之分析法處理之，茲篇無詳述之必要。前表所載之市價，隨所在地而不同，本書亦僅示以例耳。

試藥之計算與清潔法之管理。從以上之表觀之，得試藥之計算法，甚為簡單，僅恃水之分析須正確耳。所謂美洲之清潔水法，實際上以每一美國加侖之水，應加試藥若干格林，又每十萬分之水中，需試藥若干分，亦多用之。若每百萬分之水，需試藥幾分，除衛生分析外，則鮮用之者。由每一美國加侖之格林數，換算至每十萬分中所含之分數，可將格林數以 0.583 除之，或以 1.715 乘之，參觀前數表，即得兩種單位所應需要之試藥之重量。凡每一加侖之水，所需試藥之格林數，若以 1000 乘之， 7000 除之，（每磅之格林數）即得每一 1000 加侖應用之磅數。為便利計，將每一加侖需要之格林數，以 7 除之，即得每一 1000 加侖應需之磅數。若從次列試藥重量計算表所載，則每一 1000 加侖之水，應加試藥之磅數，實極方便。僅須將每一試藥下所載之數字，以每加侖之格林數乘之即得。茲列之如以下一表：

測定清潔水時應用試藥之量

水中所含鹽類之名稱	試 藥 名 稱						
	氧化鈣	碳酸鈉	氫氧化鈉	磷酸鈉	氫氧化銀	碳酸銀	氯化鈉
CaCO_3CO_2	0.080	0.151	0.121	0.361	0.437		0.120
MgCO_3CO_2	0.094	0.180	0.142	0.431	0.520		0.143
CaSO_4		0.112	0.088	0.267	0.321	0.207	0.088
MgSO_4		0.127	0.100	0.301	0.365	0.235	0.100
CaCl_2		0.137	0.108	0.326	0.394		0.108
MgCl_2		0.161	0.126	0.381	0.460		0.126
CO_2	0.182	0.344	0.260	0.822	0.921		
H_2SO_4	0.082	0.152	0.117	0.369	0.446	0.287	
FeSO_4	0.053	0.099	0.074	0.238	0.286	0.184	0.079

第六章 清潔水時所用之器械

間斷法與連續法所用之器械。清潔水時之兩種方法，用之業已多年。間斷法始於克拉克氏，約在一千八百四十一年。若連續法則在一千八百六十六年或一千八百六十七年，始發明之。連續法至有今日之效率，其原因乃有種種器械之發明，經許多之化學家與工程家改良之結果。此兩法在今日為最通用，無軒輊之分焉。

讀者首宜注意此兩種方法對於器械有精密之設計，經心之處理，方能使清潔之水，合於適用。惟對此兩種方法，孰為合宜，則須視所在地方之情形而異。其裝置則須採取最適宜之構造，方於經濟原則不致違反。

間斷法所用器械之利益。在間斷法中所用之器械，其水須分槽處理，故清潔時極為週到。因槽中之水容量有限，而加入試藥之分量，亦能正確，其量之固定或更改，可視水之性質而隨時變動。

之。故對於間斷法之器械，亦適於試藥之變化無定者。若欲試藥之加入能單簡與正確，則非連續法之器械所能勝任。且水經處理後，所得之沉澱，在間斷法中，經澱定後，即可過濾，尤為連續法所不及，故在適宜條件之下，此法亦見重要。

連續法所用器械之利益，能與間斷法之器械利益相對抗者，即連續法所用之器械，不需甚大之容量，因其澱定與過濾等工作，均連續不斷，有一定之程序，其器械之管理，不須十分之精密，其活瓣無相對開關之煩，便能使水連續流過而至貯水槽中。

裝置器械時應注意之點，如前所述，無論其為間斷法，抑為連續法，惟須視所處理之水之情形如何，故為研究兩法之優點計，有時在自來水工廠中，同時建造此兩方法中之器械，而比較其孰適於當地之情形，以為設計之基礎。

兩法中裝置之要點，簡言之則在地位與價值。所謂地位，即所在地之情形，殊非一端，而構造器械所用之材料，如木材鋼鐵及建築蓄水槽用之水泥等，亦須視其售價之如何。至於兩種方法之工作價值，固無顯著之差也。在小規模之廠中，管理唧筒者與汽罐裝水者，或其他負責工人，自負照料

之責。若間斷法之器械，管理需較少之時間。就此區別，則非關重要。若在大規模之廠中，處理水時，全部時間均須注意，且對於兩法皆然也。在極大規模之廠，則連續法比較簡易，祇須一人，即可保管。而以間斷法出水供給大市鎮或大汽罐之用，則每一轉換間，俱不能疏忽。故論兩法之優劣，一則工作簡單而順遂，一則常須修理與校正也。

第七章 間斷法使用器械之說明

最簡單之間斷法器械。 在清潔水工作中，關於間斷法最簡單之器械，為二個或二個以上之槽，其容量之大小，視所需之水量而定。在二槽之上，另置一簡單之溶液槽，為盛石灰水或梳打灰水之用。槽中俱裝攪拌器，在溶液槽中者，其攪拌器可以手搖動之，而其他二槽中者，則須機力拖帶。其攪拌器為橫直兩軸所構成，直軸之端，在槽面上者，裝有平面齒輪，其末端近槽底處，則裝攪拌葉子。當機力以皮帶拖帶動軸，使與平面齒輪接觸之立齒輪轉動，則直立軸即可在槽中回轉。此種裝置，勿須另用過濾槽。祇須候水澄清，即可將其沉澱之泥滓，由底放出。當清水放入汽罐內時，乃由槽中具有浮筒放水管，使水之清者，先可流出，其混濁者，有充分沉澱之時間。此放水管之一端，有轉環裝置，其他一端，以鏈繫浮筒相連，可隨水面之高低而起昇降。此鏈之上，出於水面，與槽上之滑輪相聯，別以小重錘繫鏈之一端，視錘所在之位置，即可知槽中水面之高低。

若照此法多安數槽，則一槽在修理時，他槽仍可工作。澄清之水，亦因之得繼續不斷。槽中排出泥滓之孔，裝於槽底，各裝活栓，隨時可以任意開關。

空氣攪拌器 前節所言水槽中之攪拌裝置，係藉重於機力以帶動直軸之葉子。然亦有利用壓縮空氣者，於槽底裝置有孔之管，當試藥加入水中後，即可由管中打入空氣，經過相當之時間，使水與試藥十分混和，直至不生沉澱為止。如此工作所用之壓縮空氣，其壓力與水之深淺成比例。每深一呎之水，需氣壓八盎司，其混和時間，約為十五分鐘至三十分鐘。

空氣攪拌器之經濟利益 在許多工廠中，即小工廠亦在內，所用之打氣裝置，或壓縮空氣裝置，較用機力拖帶攪拌器者，無論如何，消費較省。因空氣攪拌器既能使水中所加之化學試藥十分混和，又能使所生之沉澱得迅速澱定。其原因在空氣打入水時，其中含有相當量之二氧化碳，由實驗得知此少量之二氧化碳，能與水中不潔物與試藥所生之化合物起作用，不惟不減少試藥之效率，且能使此工作法之經濟增高。

八只水槽裝置法 在間斷法中，有裝置八只沉澱槽，或濾清槽者。以四槽為一列，八槽平行為

兩列，於槽上置二個或二個以上之溶液槽。如此裝置，溶液可以分別裝入各槽中，不相混和。沉澱槽之底，各以管相連，而接於一總管。各管另具活栓，其出水管亦各槽裝置，互相連接，亦各裝活栓。當水進入各槽後，（進水管在各槽之底）槽中之攪拌器亦如前節所述者，即開始運動，試藥亦隨時加入，或一槽單獨工作，或八槽同時運轉，可以電動機或其他動力拖帶攪拌器軸上之皮帶輪。

八只水槽裝置所用之試藥 在八只水槽裝置中，其溶液槽內，以一槽裝石灰乳，一槽裝梳打灰溶液，安裝置於沉澱槽之上。此法中則用石灰乳，前法則用石灰水。其區別之點，則在石灰乳為過飽和之石灰溶液，或飽和之石灰溶液含有浮游之石灰者。此石灰乳之作用，在稀淡時，與石灰水固同一作用。然用於大槽時，前者則較後者為佳。

在八只水槽裝置中，亦有用石灰水者，惟加入時之量，較用石灰乳為多，故管理上更加注意。實際上無論用石灰水或石灰乳，俱無顯著之區別。

八只水槽之容量 每一水槽之容量為一五〇〇〇加侖，每二十四小時內，每槽可以出空四次。若言槽之全容量，誠不十分正確，因所生成之泥滓與沉澱物悉在槽底也。為留泥滓與沉澱於

槽底，因而廢棄之水，約當全量百分之十五，乃至百分之二十。故槽中實際可用之水量爲一二五〇〇〇加侖，若二十四小時出空四次，則每槽之總容量爲五〇〇〇〇〇加侖，八槽之水共計爲四〇〇〇〇〇〇加侖。

欲得清水如上述之量，須先設計一較大之澱定容量。設每槽在二十四小時內出清三次，而澱定之時間最少需五至六小時，裝水與出水則需二至三小時，此外之時間則爲吸水與消費之時間，須視地方之情形而定。若澱定之時間較爲延長，則二十四小時內，出水之量祇一五〇〇〇〇〇加侖。故水之澱定時間，最宜注意。且各種情形之下，需要之時間亦不同。若水源之長流者，則常含有不同量之溶解物，或浮游之物質，在不同之節季內。

八只水槽裝置之利益。在處理水之裝置中，八只水槽爲最簡單。至若其他裝置之器械，無論爲間斷式與連續式，其優良與經濟之點，無不採取於此式中。且此種裝置，無繁重之機械，每槽僅三活栓，一在水流入之處，一在清水出口之處，一爲除清槽中泥滓，排去廢水之處，且槽之多少，可以由，而槽之容量，亦可任意決定。

人造石槽。在八只水槽裝置中，可用人造石爲槽，其切斷面爲長方形或圓形。若地方有限者，則以長方形槽爲最佳。其槽入地中，槽邊露出地面之高低，視廠中之情形而定，尋常鮮有高出地面至數呎者。如此裝置，則水入槽中，不必經過唧筒工作，勞力較省。至於人造石槽之建造價值，亦視廠方之情形。若爲長久之計畫，則其建費視木槽或鋼槽爲尤省。以今日人造石使用之廣，逆料在將來清潔水工作上，用人造石爲建築材料者必多。

魏夫果式。在清潔水之器械中，有所謂魏夫果式 (We Fe Go System)，亦間斷式之一種。爲 Pittsbury 之 William B. Scaife & Son 公司所建造，有兩處理槽，一溶液槽，一過濾槽。處理槽中，裝有攪拌器，以葉子聯於槽之中心之垂直軸上，另裝齒輪於槽上之水平軸，與之相接，而以皮帶拖動之，或用電動機，或用蒸汽機關爲原動力均可。惟尋常裝置，各以接合子相配，每槽之攪拌不相關連。溶液槽置於處理槽之上，其攪拌則用手搖機關。有具活栓之管，爲放試藥入處理槽之用。若此槽不便置於處理槽上者，亦可置於地面之上，或其他適宜之處，以唧筒抽取試藥，入處理槽中，可省勞工搬運之力。每處理槽裝有浮筒排水管，及廢水泥滓排除管，每管各有活栓，栓上有

輪，可以自由回轉，以資啓閉。

若過濾槽，則係承受處理槽中出來之水，經槽之上面之多孔管，流入槽中。其出水亦有浮筒裝置，以銅製之空球，連於活栓之處，槽水既滿，則筒浮起而栓關閉，水落則筒降而栓開。所謂過濾裝置，則積粗沙與細沙爲厚層，水經其上，過濾後再流入出水管中。若沙濾多日，爲泥所填塞，則可將壓縮空氣打入出水管內，將進水管之活栓關閉，使此壓縮空氣，翻動泥沙，浮於水面，隨水溢出槽外，流入溝中。當壓縮空氣停止打入時，槽中沙石則依其自身之比重，而依次堆積，繼續工作。

兩處理槽交替盛水，其溶液槽中先加入應用之石灰，加水消化，放入處理槽中，次裝入梳打灰，加水溶後，亦由管放出，同時開動攪拌器，攪拌十五分鐘，使試藥與水十分混和而起作用，即上次存在槽中之沉澱，或泥滓，亦起充分之攪動。

處理槽若設備四只者，溶液槽一只亦足敷用。惟須裝置四管，通於四槽，以輸送試藥。其過濾槽之數，須視入水之容積，與水之性質，及沉澱之多少而定。若沉澱中，大部分爲結晶式之碳酸鈣，則過濾僅需較小之面積。若沉澱中爲細泥或氫氧化鎂等，則過濾面積非大不可。若水在處理槽中澱定

之時間太短，澄清尙未完全，則過濾面積尤不可小，否則工作必不順利。

設在加入試藥與攪拌及出水有充分之時間，則過濾工作可以免除。若水之澱定時間既短，即使之過濾，是槽之容量，比之出水之量相差太遠。設每時消耗一〇〇〇〇加侖之水，則槽之容量需八〇〇〇〇加侖。如此計畫，每槽需有四〇〇〇〇加侖者，兩槽方足供每小時一〇〇〇〇加侖之淨水，而每槽裝水與澄清之時間則須四小時，若以一小時供裝水及攪拌之用，而澄清之時間平均爲三小時，由實驗得知每處理一槽之水，最少時間爲四小時，除特別例外，試藥作用之時間，非如此不能完全也。尤以用於汽罐中水，其處理一槽，不能較四小時爲少，有時視水源與水之性質，其需時在六小時或較六小時爲多者亦有之。無論何種事實，凡所需要之時間，全視試藥與水作用之情形及水澱定之遲速而異。

泥滓之重要 在水槽中，存留上次處理水後所得之泥滓亦屬重要。由古昔清潔水之器械言之，沒有泥滓留存槽中，當新水與試藥加入攪拌時，則新沉澱被舊泥滓帶之下降，此作用雖純屬於物理的，然對於沉澱之生成與下降，亦大有幫助也。惟在水槽中應留存老泥滓之量，對於澱定速度

之關係，並無一定之限制，惟稍有可言者，則視水槽之容積。若水中含有多量之泥，或多量碳酸化合物沉澱，則堆積之泥滓與攪拌作用多防害。若浮筒出水管未空虛時，則此多量之沉澱，或因攪拌而竄入出水管中，使清水有污穢之危險。就平常實驗言之，視水中所生沉澱之量之大小，每隔一星期至四星期，必須將槽中存留之泥，出清一次。此固無一定之規，要亦視水之性質與工作者之經驗。惟就一般言，水槽陳泥，斷無全行出清之理，必留一部分於處理槽中，使以後水中所生之沉澱，得依之以迅速澱定。

讀者尤須注意本節所言留存沉澱之理，不僅對於魏夫果式之器械爲然也，所有一切間斷式之器械，凡水之必須澱定者，莫不皆然也。

皮·特·時·襃·濾·水·公·司·之·間·斷·式·器·械。凡濾水之用間斷式者，其器械之裝置，大同小異，所能言者，特在細微之部分耳。在皮特時襃濾水公司之裝置，有兩大處理槽，槽中各具浮筒出水管，其管與兩濾水槽相連接，而以溶液槽置於濾水槽之旁，其水管及活栓之裝置，能使處理槽中之水，同時至濾水槽中，或單獨入一濾水槽亦可。在處理槽底又另具一管，當活栓放開時，使槽中之水，不經過濾

槽而直接他出亦可。過濾槽中之水，經槽底之管，流入一總管中。管中具有三孔塞，若欲使左邊之槽之水流時，則活栓轉動，僅與左槽之出水相通，而右槽之出水路閉塞。若欲使右槽之水流時，則轉動活栓，使左槽之出水路閉塞，右槽之出水路開通。若欲兩槽同時出水，則三孔塞同時與左右槽出水管相連，水即同時流出。

溶液槽大都建於濾水槽之旁，槽中試藥，經唧筒打入處理槽內。至於槽中之攪拌作用，則以壓縮機發生壓縮空氣，過通半寸徑之小管，使水起充分之攪動。

在皮特時襲濾水公司所建之水槽，其槽底概為圓錐形，如此槽底，謂之 *Sludge bottom*。槽底中心，裝有活栓，以備排出泥滓之用。如此形式之利益，在使水中沉澱，悉能沉集於圓錐形之槽底中，而留清水於上部。在尋常平底之槽，僅能排出清水百分之八十乃至八十五，若圓錐形之底之槽，其排出清水，可至百分之九十五。故能增加水槽之容量，至百分之十或百分之十五。且此種槽底之利益，猶不止此也。當沖洗槽中泥滓時，能省多量之清水。其量約占全槽容積之百分之一至百分之一。五。若平底之槽，每次留存槽中之淨水，最少占全量五分之一，即沖洗泥滓一次，即有如此一次

損失也。且此種圓錐式之槽底，因底中具有活栓，當排出泥滓時，所費時間，亦較平底者為省。

皮特時褻瀘水公司之水槽，為鋼板所建。其底用八呎高之柱支起，俾便於處理槽底之泥滓。於槽與槽間建階梯，以便上下。槽之直徑為三十呎，除圓錐形之底不計外，其槽高為三十呎。其有效容量為一六〇〇〇〇美國加侖，其全容量約多一〇〇〇〇加侖，但此多餘之水，不能完全由槽排出，故無論任何水槽，均有有效容量與全容量之分也。

在皮特時褻瀘水公司之器械工作時應用試藥，如石灰及梳打灰等，秤出分量後，溶於溶液槽中。石灰水或石灰乳由唧筒打入處理槽內。當槽將滿時，再打入梳打灰之溶液。彼時壓縮空氣即開始攪動，繼續至十五分鐘乃至三十分鐘，使所生之沉澱降下。至於澱定之時間，則視不同之情形而定，前已言之。普通有二小時，即可敷用；此時間之長短，大抵視槽之全量與出水量之比而定。

魏夫果式與皮特時褻瀘水公司式之比較。魏夫果式與皮特時褻瀘水公司式兩者之主要

區別，則在前者所用之試藥，其溶液直接取自處理槽之上之溶液槽中，不需唧筒之助，直接即加入處理槽內。後者之試藥，另在他室之槽內（與地面平行）設備，再以唧筒打入大處理槽中。如前之

裝置，則所有溶液槽過濾槽等，可假定設在一處，其工作甚為便利。惟本節對於兩式之安置法，並不判其是非。須知各有其優點，且各有兩相當之成功與效率。即以攪拌工作論，無論其為機械攪拌，或壓縮空氣攪拌，其效率皆相等也。

此兩式在間斷法中，為用最廣，其構造在今日亦最普通，故可視為間斷式清潔水法之標準，其裝置僅有少許之區別，已詳述於前兩節內，茲不及焉。

第八章 連續法使用器械之說明

如前所述，連續法之發明，較間斷法爲晚，故其使用之器械，在近年內亦改良甚多，而其使用時間有已過三十年者，經逐漸之改良，已臻完滿之域。

當混濁之水，繼續流入器械之內，清潔之水，亦繼續流出。換言之，即水流經器械中後，已變爲清潔。此式之優點，不必枚舉，惟水經清潔後之性質，與其器械之效率，於間斷式與連續式兩者之間，有不同之點焉。

以下所述，並非注重連續法使用器械之發展情形，僅言及各種形式之器械，爲今日使用最廣者，或爲昔日相沿之舊式，或由舊式而逐漸改良者。

連續石灰飽和器 在連續清潔水法中所用之石灰飽和器，其功效卓越者，在今日亦僅一二種爲最普通。其式爲高而長之圓筒，其下部則盛氧化鈣，以水加入其中，氧化鈣經消化後，即繼續得

氫氧化鈣之飽和溶液，故圓筒有適當之高度與面積，方能在筒頂得澄清而且飽和之石灰溶液。當新鮮石灰投入筒中時，誠易得飽和之石灰水，及石灰消化既完，則其溶液僅有部分飽和，故所生石灰水溶液之成分，不能一定，實為本法中困難之一事。為保證石灰水之必須飽和，與石灰之為用必須完全，曾經長久之研究，為種種攪拌之設備。其攪拌機械之形式，亦甚多種，或用壓縮空氣，或用蒸汽以攪動飽和溶液之下部。使用蒸汽攪拌者，其成效不可期，以石灰在水中之溶解度，因溫度昇高而為之減少也。故石灰飽和器之設計，其攪拌作用，不如用流入之水以激動溶液為得也。

現在所用之石灰飽和器，在連續式中，多所說明。有澳洲工程家耶兒襲耳 (E. J. E. E.) 與施格畝持 (Siegmanth) 兩氏發明第一次之石灰飽和器，器為一圓筒，以盛飽和之石灰水，其水逐漸向上滲透，所生之石灰乳狀溶液，亦逐漸澄清，成飽和之石灰水，由圓筒之口上溢出於外。此種連續作用飽和石灰水器，既已證明其適用，且被比利時之德蛙克司清水機第一次所採用。

德蛙克司連續式器械。此式中備有石灰飽和器，及溶解梳打灰，製造石灰乳，與澄清水之槽。其工作時，有備濾水器，或不備濾水器者。其澄清槽有圓錐形之底，當石灰水等與水作用而生沉澱

時，則易積於槽底而沖去之。

在德蛙克司式中之石灰槽與澄清槽共列爲一排，乃上廣下銳之高圓筒，筒中有管，直達底上。澄清槽之上，另有三長方箱，在槽與箱之間，另裝小桶，桶邊懸一虹吸管，管之頂部，用鍊與上方之一進水箱中浮筒相連。當梳打灰在另一箱中溶解後，從底上小管，流入桶中，當進水箱之水滿時，則浮筒上昇，而虹吸管下降，梳打水送入澄清槽中之量遂多。若進水箱中之水降下，則浮筒低落，虹吸管上昇，梳打水之送入澄清槽中之量遂減，故進入混水之量，與梳打水之加入成比例。又因石灰槽與澄清槽相隣，混水由進水箱旁之活栓，流入石灰槽中之直管，使水由下而上，消化石灰，得飽和之石灰溶液，從槽頂之管，流入澄清槽中，如水已滿，則由浮筒將管門關閉。以上所述，對於此式之工作，誠屬簡單，然其大體，則不外使所用之石灰水與梳打水與混水成比例，而其量之多少，又藉浮筒之力，自由限制。惟石灰飽和器中，終使人難滿意者，即其溶液濃度之不一律。當水初滿槽中時，飽和之濃度甚大，厥後石灰逐漸消化，溶液之濃度亦減。此種不勻之缺點，經許多改良，終不能免，且有時生出特別障故，爲意料所不及者。

在法德兩國中，用此式以清潔水者較多，其不利之點，除上述者外，則在進水較速時，試藥之量不能同時加多，沉澱不能完全，而水不能如所期之澄清，然經近代之研究，已獲不少之改良，在美國式器械中，亦稱佳妙者矣。

的時羅馬克司連續式器械 在此式中，亦如德蛙克司式有重要之三部份，一為連續飽和石灰器，二為梳打灰溶液槽，三為澄清槽。此兩式器械之大分別，則在加入試藥時的時羅馬克司式需用一水輪，以入水沖動之，因輪之回轉，而使梳打水之流進水槽者，與水量成比例，同時又因輪之回轉，開放活瓣，使相當量之水，進入石灰飽和器中，製成飽和石灰溶液，其進水箱中有時添裝浮筒，且以鍊連接於梳打水槽之浮筒，為節制兩者出量之用。石灰槽中之水，因水輪與活瓣之關係，有相當之限制，且藉水輪之轉動，以拖動此槽中之攪拌器。故在此器械中，各處之動作，悉隨試藥之加入時間為久暫，且不假人力，便得攪拌之運動。且一方出水，一方入水，可以連續進行，而無限制，因石灰水與梳打水俱隨進水之多寡而為挹注也。惟尚有可言者，即此式之澄清槽中，備有螺旋狀之板裝置，使試藥由槽底昇上，經過螺旋板，十分作用，遂得滿意之結果。

在種種連續式之器械中，關於水流之方向，及水流在澄清槽中之速度，對於水之澄清與水之沉澱，有莫大之關係，其理由已闡明在一般連續式之器械中，且昔日所視為重要者，在今日亦未嘗即可忽視也。

布魯云老韋納連續式器械 在此式中，仍藉重於水輪之回轉，如前節所述，使試藥中之石灰乳與梳打灰水相混和，而放出適當之分量，此種裝置，本為布魯云氏所專利，然今日美國之清潔水公司中所用之器械，仍多沿用布魯云氏之名。其溶液槽安置於地平線上，用時則以唧筒打溶液入於澄清槽上之箱中，每十二小時內，需要不少之石灰，其由箱中放出之石灰乳，先經篩過，流入下一箱中，此時加入相當量之梳打灰，由水輪帶動之水動機以充攪拌之用，在此同一之動軸上，即可使唧筒運轉，以抽取所用試藥之溶液。惟此水動機，不僅能充攪拌，且同用以抽水，使水由管中送入澄清槽上之水斗內，一斗水滿，傾入次斗中，由此再傾入大槽內，同時由溶液內藉唧筒之力，送試藥入水斗中，每當水斗翻動時，即從聯桿開關活栓，使水斗中得適當之試藥溶液，故水量與試藥之量，亦有一定之限制。當水由水斗傾入槽內時，通過槽中之圓筒，再由筒底向上行動，經過許多隔層，俾水

與試藥得十分混和，而生多量之沉澱。當水升至槽口相近，則經過一過濾裝置，使未沉澱之泥滓，悉行過濾，再由槽口將清水，流入貯水槽中。凡水中所生之沉澱，則從槽底之圓錐部分出清之，故布魯云老韋納清水器，亦稱美國式清水器，其重要之點，與許多連續式器械有相同者，如水由槽中降下，而過濾則在槽頂，即其一例。

加於活動水斗中之石灰乳，約為百分之十之溶液，與其他用多量之飽和石灰溶液者不同，其顯然之便利，即在不需大量之石灰槽，故與尋常石灰水槽之容積相比，僅得八分之一，且其所得之成分，亦甚固定。惟所用之石灰，亦須十分純潔耳。在布魯云老韋納器械中所使用之試藥，都從地平面槽內，藉唧筒之力，打入澄清槽之頂上，較之其他連續式與間斷式之器械，此點亦足稱異。

兌維得孫連續式器械 在清潔水法中，有所謂兌維得孫連續式，亦利用一活動之水斗，以量抽入之水，及所應加之試藥。而水斗之翻動，亦正如前所述布魯云老韋納式。惟新加入之水，須與前一次加入之水起拌動，方能使試藥之作用，十分滿足。平常安置兩槽，一用以澄清混水，一則用以盛水，並用浮筒放水管於淨水之表面，以便自由放水。

此式爲詩家谷與西北鐵道公司之化學師兼試驗工程師G. M. 兌維得孫(Davidson)氏所發明，鐵道公司即採用此種裝置，爲火車頭汽罐淨水之用，可稱爲連續式兼間斷式者。其貯水之兩槽交互使用。當兩槽俱有泥滓時，則同時沖洗之。所加試藥，則與入水連續動作，並不間斷云。

坑李可特連續式器械。在美國之鐵路上，多採用坑李可特連續式，其效率亦極偉大。雖在連續式中歷史較早，然已經不少之改良。如試藥與進水之成比例，石灰槽之攪拌，卽其例也。當水由唧筒打入水輪上之一管，入一箱中，衝動水輪，使水入混和室中，與石灰及梳打灰溶液相混，流入以下之轉動板中，同時板起轉動，十分混和，流入隣近之澄清槽中。槽之直徑，上小而下大，故水在其中之速度，逐漸減小，沉澱遂得下沉於圓錐形之底內。且水由下上昇經過多孔之層板，速度更減，若有泥滓，必起沉澱，及水達槽之上端，經過木纖維之過濾裝置，將泥滓悉數除去，使淨水流入貯水槽中。

此式中之石灰溶液，則由裝在澄清槽內之連續飽和器所產生，此器在槽中，既能預防水之冰凍，尤能保持水之溫度不致大異，故所生之石灰水成分，亦較一致，而石灰之消化，卽在此器之上端，藉水輪之力，使水昇入消化石灰箱內，並以攪拌器攪動之，讓多餘之石灰沉下後，其澄清而飽和之

石灰水進入混和器內，與梳打水及混濁水十分混和，方入澄清槽中。

消化石灰所以必須引用澄清之水者，以避免飽和溶液中再起碳酸鈣之沉澱，有時水中含重碳酸鹽之量多者，其所生之沉澱，使石灰飽和器非常污穢。

第九章 汽罐化合物

定·義·與·類·別· 用於汽罐中之化合物，僅有減輕劣水性質之效力，若用之於汽罐之外以處理不良之水，殊不見功。且汽罐本身並不能視為清潔水用之器械，故於罐外先使水清潔，然後注入罐中，此乃正當之辦法。然亦有時特別例外，必須採用汽罐化合物者，如在小規模之工廠中，一時不能設備清潔用水之裝置，而用水之性質，又復不良者，故不得不採用汽罐化合物。

所謂汽罐化合物，其主要試藥之作用，則在加入汽罐內，能禁止或減少水垢之生成，以及水中之腐蝕性，故在此化合物未加入汽罐以前，既無與水作用，而使其軟化之機會，亦不能除去因作用而生之沉澱物，且所謂化合物之名稱，亦僅就其大體言之，其中有許多作用，不屬於化學的而屬於機械者，亦甚多也。

汽罐化合物，可類別為：（一）能與水垢生成物起化學作用，與前述清潔水用之試藥相似，其在

水中與水垢生成物相化合，使生沉澱，而將全部份或一部份之水垢生成作用因之取消。(二)當水垢已生成後，尙未能在罐壁或管內做成堅硬及黏着之硬殼以前，加入此化合物，能有機械的効力，使水垢之生成，因之取消。(三)加入之化合物，兼有化學的與機械的効力，既能將已生成之水垢使其一部份起溶解，同時復使水垢被腐蝕而疏鬆，俾易於除去。

使用汽罐化合物，能使水中之沉澱，不至生成堅硬之水垢，故間時從汽罐中用吹氣法排除之，或使用水垢剷除器，亦易於工作，使之盡去。所謂此類第一流化合物，即平昔用於清潔水者。其主要試藥，在一切化合物中，事實上即為梳打灰。此物在汽罐內之作用，與在罐外之水中相同，能中和游離酸類，又能分解硫酸鹽，生成硫酸鈉。即碳酸鹽中之一原素，與硫酸根相連合也。苛性梳打有時單用，有時與梳打灰相合而用。因其價值昂貴，故其用不如梳打灰之多。且其具甚烈之腐蝕性，又能從空中吸收水氣而潮解，吸收碳酸氣而變為碳酸鈉，且因其具腐蝕性，不易攜帶。較之等量之梳打灰，不便甚多。若汽罐之裝有銅活瓣，及其他銅件者，其受破壞作用尤甚。

其他鈉鹽，用於汽罐化合物中甚廣者，則為磷酸鈉 $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 。但現在之用途，則較前

數年爲少。有許多作用中，鮮採及之，然仍不失爲一廣用之試藥也。其化學作用，前已述及，茲不再贅。惟在許多見解上，視此物直接用於汽罐中爲最能使水軟化，雖能除去一部分之石灰，但其效率爲最大者，惟較之用梳打灰或苛性梳打，總覺其甚不經濟耳。

尙有其他化合物，屬於第一流汽罐化合物，而用之甚廣者，則爲單寧化合物。此化合物從植物之實或皮取來，如沒食子五倍子栲皮等，即含有之。若與梳打相遇，則化合而爲單寧酸鹽。其與石灰及鎂鹽相作用，則生成硫酸鈉或碳酸鹽或石灰與鎂之單寧酸鹽，乃極輕鬆之沉澱物也。故從汽罐中易吹出，即生成水垢，亦甚鬆脆，易除去之。尋常清潔水之工作中，多採用含有單寧而絕對不值價之物質，如鋸木粉與廢棄無用之樹皮（硝皮用者）此種材料，對於水垢之硬性，使之減少，有些微之効力，同時使水垢得易於除去，但此種藥劑，已屬第二流矣。

氟化鈉爲著名之汽罐化合物，且不宜用於汽罐之外，因鈣與鎂鹽在冷水中則化爲氟化物之沉澱也。在汽罐中，氟化鈉立即與鈣及鎂之化合物化合而生成氟化物之沉澱，惟此類沉澱與罐壁或管壁無附着力，且有人確言氟化鈉四分之一之量所生之沉澱，不起黏着。惟此尙屬問題耳。至於

研究其所生之沉澱，確較理論上之量爲少，且能阻止水垢之生成。若汽罐中所生之蒸汽，除生動力外，尚欲移作別用者，則氫化鈉雖在罐水中，其所生之蒸汽，決不帶鹼性作用。

第二流之汽罐化合物，爲具膠黏性或油性之物，或能於新結晶物之外面，生浮膜者，遂使沉澱物減少其凝集性，而不能生成堅硬之水垢，故此種水垢，較其他水垢易於用吹氣法除去，或利用剷垢工具，亦極省力。

此類化合物，現用之者甚少。然在較小之蒸汽動力工廠中，猶用之。其所遭人厭棄之理，則因此等物質，大都使水污穢，且質地厚稠，糊於汽罐內壁，乃熱之不良導體，易使汽罐之一部份過熱，使汽罐發生損壞。蓋此等物質盡屬黏性，常用者有山芋澱粉，油類骨粉，動物之蹄角等，其作用能阻止水垢之生成，卽有生成之水垢，因此等物質存在之關係，排除亦極易。

汽罐化合物之第三流爲火油，因用此物加入汽罐中，卽能在罐之內壁或管之內壁生一薄油層，使水垢不能與壁黏着，惟一般之粗油中，常含有多量之揮發油與地蠟，此等油不宜加入汽罐之內，因能使罐壁一部分過熱，有燒壞之危險，且有有用之而致爆發者，其爲害尤甚。

根據化合物之性質，可知第二流與第三流之化合物，用於汽罐內誠得不少幫助，惟其發生之危險，亦宜十分注意。其大部分則在罐內生成不傳熱之厚層，使罐之部分過熱而破壞，因水不能將其高熱傳導而去也。若忽然將此不傳熱之部分移去，則水必與赤熱之罐壁接觸，勢必發生意外之危險，因此及其他理由，故知第一流化合物不僅為重要之化合物，且能代替一切之其他化合物，而居緊要之地位焉。

他類之化合物，有用之甚廣，而其組成為糖質者，其效率蓋能增加石灰化合物之溶解度。糖汁價值甚賤，可代糖之用，常用之以中和酸類，或與硫酸鹽相作用。有單用者，有與碳酸鈉連用者。灰汁能溶解大量之石灰鹽類，並能阻止此等鹽類之澱定，惟對於罐壁及管內有少許之附着力，然藉吹氣之力，亦能將其排出也。

此等化合物之化學性質，則能與石灰生成石灰糖質，易溶於水內，且經汽罐之高熱與壓力，其所生成之化合物，尤易分類。其所分解之鹽類，在熱水中反較在冷水中不易溶解。故當汽罐放置冷卻後，則冷水中溶解之石灰化合物，即在水熱時所不能溶解者。石灰鹽類之溶解，既有如此之現象，

故當汽罐將出清時，不如在水熱之時候，因冷水中所能溶者，數倍於熱水中也。若用其他之化合物，水垢之生成不多，則間時可以出清之，蓋視所用之水之性質與試藥之性質耳。

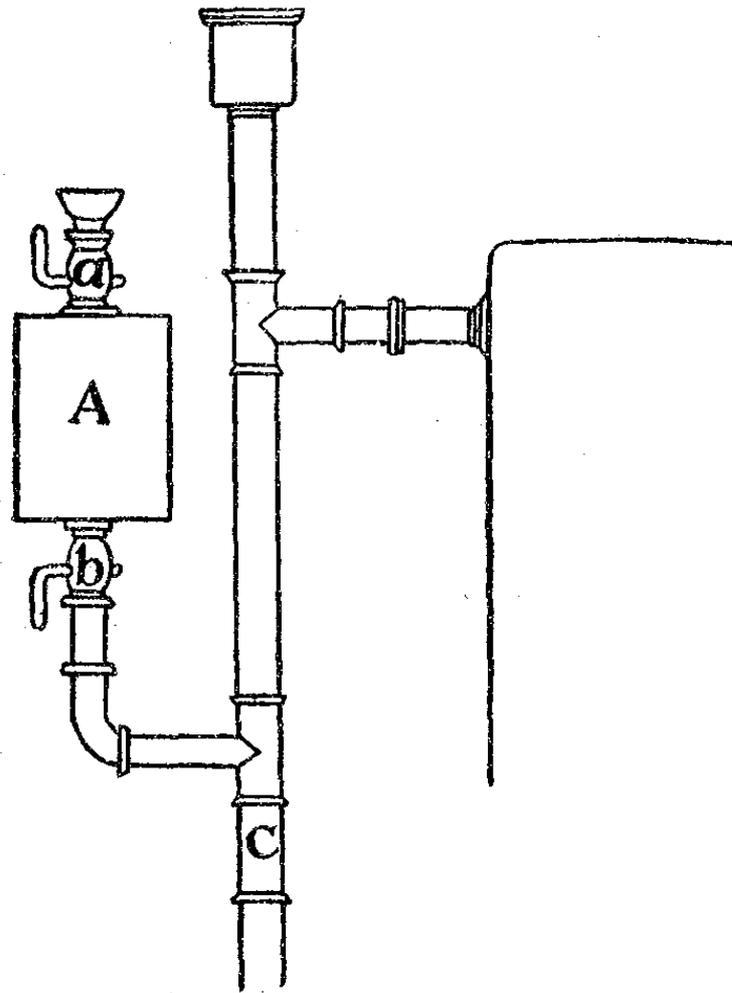
甘油亦有用爲汽罐化合物者，其效率蓋能使石灰鹽類溶解其中，不使之沉澱而生堅硬之水垢，惟有一問題須慮及者，即甘油之價值甚貴，不合於實際之用。

第十章 汽罐化合物之使用法

將此等化合物加入汽罐內，或水內，常使化合物之效應，一部或全部宣告失敗，若化合物為單純而非複雜者，則處理較易，使用亦不見十分困難。茲為方便起見，有數種器械專為使用汽罐化合物而製作者，略述如下：

簡單化合物使用之器械

第十章 汽罐化合物之使用法



如B圖，此器械即介紹所用之化合物於溶液，以灌入於汽罐中。其主要部分為貯藥箱A，有適當之容量，與吸氣管C相連，A箱上下有活栓a b，以限制化合物之進出。同時開a活栓，關閉下活栓b，盛入溶液於A箱，次將a活栓關閉，開b活栓，使C處之吸氣作用，將A箱中之溶液吸出。若欲限制A箱溶液量之多少，則校準b活栓之出口即得。

此外尚有簡單之裝置，即在吸水管之側通一管，於試藥溶液箱中，使用溶液之多少，以活栓之開關為節制，惟此等裝置，在小規模或中規模之工場，尙能見多少之滿意，若在大工場或在短時間內而給水量變換甚多之處，則此裝置，必難得滿意之結果。因所用試藥溶液之量，或多或少，不能一律，偶不注意，則空氣竄入吸氣唧筒中，使工作發生障故。

拿耶式器械

拿耶(Noy)專利之器械，能免除以上所述各裝置之困難，可相信為直接輸送

試藥入汽罐之最佳設備。其構造為一開口圓槽，槽之大小，視所使用之試藥溶液之量而定，槽底有管，與汽罐之進水唧筒相連，罐中有浮筒裝置，與槽底之管之活瓣相接，若槽中溶液之水平面過低時，則浮筒降下，塞住管口，使槽內溶液不致完全吸空，槽中邊上另有小管，引水入槽，備溶解試藥之

用，其出水時間，有相當之間隔，此外槽底尙有小管，中通蒸汽，以爲加熱於溶液及攪拌之用。

此種裝置之利，即在構造簡單，而價值低賤，且供給試藥之效率，亦極偉大。因所出溶液之量，隨汽罐用水之量而增減，故槽底之管，與汽罐進水唧筒相連也。

第十一章 過濾器與淨水

過·濾·器·之·類·別·與·說·明。凡在清潔用水之器械中，常裝置過濾器，尤以間斷式之器械為不可少。一般之自來水工廠所用者，大都為沙濾。本章所言，則僅限於汽罐用水之清潔，故過濾裝置，亦僅就與此有關者言之。就以前所言各式器械中，其過濾器之目的，無非在除去浮游於水中之物質，與多數成分之微生物，尤在自來水工廠中，恃沙濾作用，以除去之微生物不少。

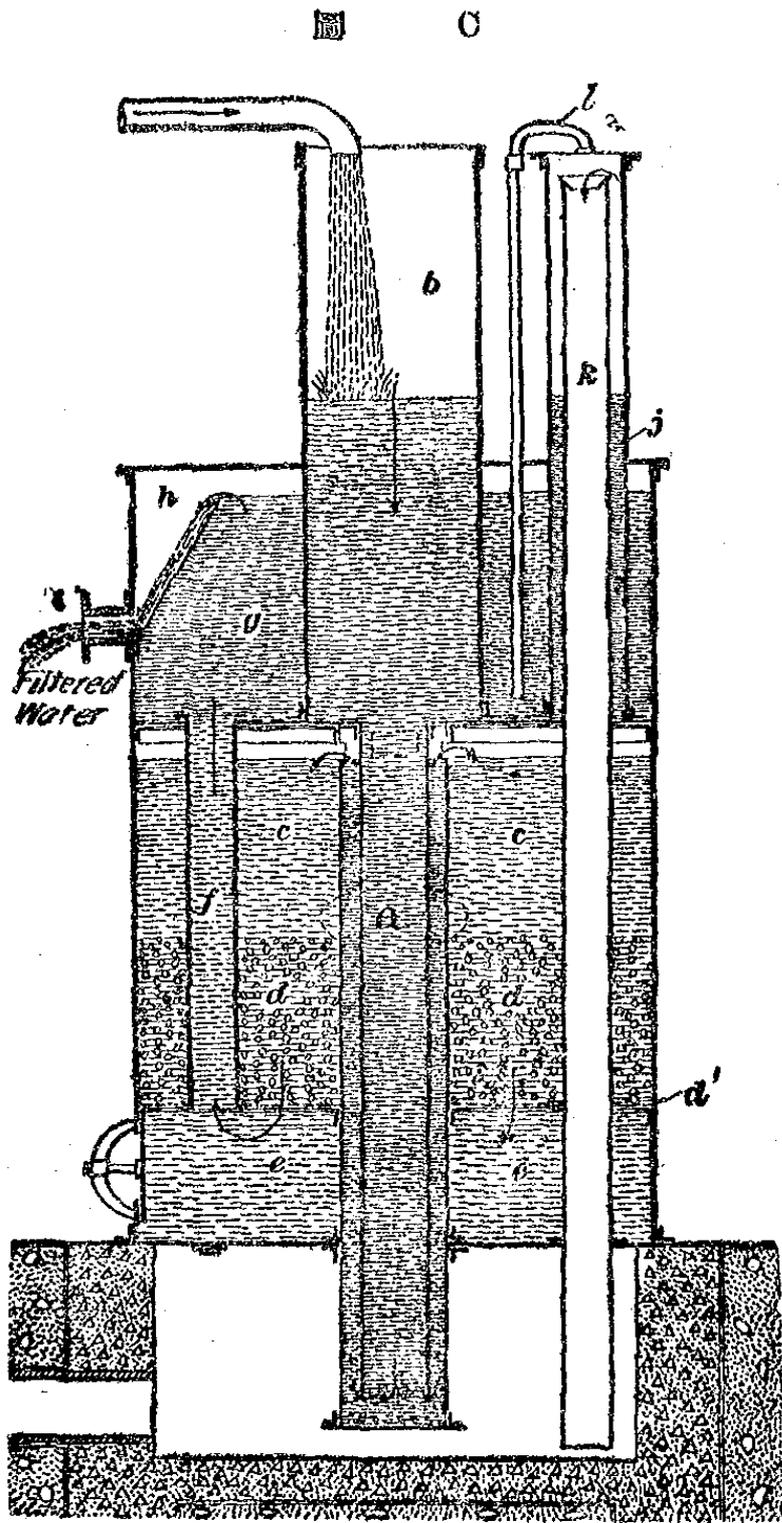
過·濾·媒·質。用於過濾之媒質有種種，如砂礫、碎石英、細砂、焦煤、木炭、麻布、氈毯、棕櫚、海棉等，都可用之。所謂標準之過濾器，一般都用硅石，如細砂、石英砂礫，常以此三者合用之。此三種物質在過濾器中之裝置，正如川河之底，或河岸之沙灘，即大塊者在器底，次塊者在中層，而細砂則置於器面。

過·濾·器·之·類·別。普通可分過濾器為兩類，即壓力式與重力式。簡言之，即前者之工作藉重壓力，後者則藉器面水頭之力，驅水使之通過。

重力式過濾器 此器爲一大圓槽，槽中裝置機械，運轉攪拌器，槽爲木材所製，其底則以水泥爲之，槽底安置於多數有管嘴之管上，而與一總管相連，通於木槽之外，槽中下部裝以砂礫，其上則鋪以厚層之砂，槽內四周圍有溝，以備洗滌過濾器時流水之用。

過濾器之工作 當混濁水由槽旁之管之活瓣通過而入槽之上部（活瓣用以節制水量）砂面，逐漸由砂中過濾而至槽底之小管，以積於總管，管有浮筒裝置，以節制出水之量，同時亦可限制過濾之遲速，如此過濾，經若干時後，砂礫污穢，必須沖洗，當沖洗時，槽中之攪拌器藉蒸汽機關或電動機之力，拖帶皮帶輪，在槽中運轉，同時由進水管輸入混水，出水管活栓關閉，另開槽之他一出水管，使污水由溝中流出槽外，而攪拌時，槽底且有管嘴之小管，打入壓縮空氣，故槽中砂礫，因空氣鼓動，與攪拌器之擾動，勢必上下翻滾，將所有污泥悉洗入水中，如此工作幾許時間後，停止壓縮空氣及機械之攪拌，槽中大小砂礫，各依其本身之比重，順序排列，仍復向來之位置，而繼續濾水之工作。

李·守·特·過·濾·器 如C圖所示，此器用於歐洲最廣，在美國則鮮用之，多半與間斷式及連續式



之清潔用水器相連，或單用之以供水之過濾亦可，此種過濾器，為自動的連續的工作，其構造可述
如次。

水由 b 處之管，進至器中，通過 a 管，由管底四圍之夾層中，溢出入於 c，在 c 之下部 d 處砂礫層過濾，其濾底則由有孔之 d' 板支持之，過濾之水，入至 e 室，通過 f 管，而入於 g，踰過斜板 h，由 i 管以入於貯水池。

當水由 b 進時，其水頭甚高，故所生之壓力，足以壓水過通砂礫濾層而至 i，若 d 處之過濾器發生障礙而閉塞，則 b 處水面漸漸上昇，勢必與 j 管在同一平面，厥後水面再高，必至由 k 管瀉出，然此處另有虹吸裝置，以倒轉水流之方向，k 管直通器底，其溢出之水，可流入 e 下之溝內，不在圖中。與水滿入 k 管時，l 處之虹吸，左短而右長，反能吸取 e 處之水，通過 d 之砂濾層，使水向上流入 k 管，以沖洗砂濾，如此反向之流動，直至 b 處水面降至 e 管開口之下，則空氣侵入 k 管，而虹吸作用停止，而過濾器又照舊繼續工作。直等若干時後，水再升至 k 而行自動的洗砂作用。

壓力式過濾器 在壓力式過濾器中，所有之壓力，或從其總管，或從唧筒而來。此器為一密閉之鋼鐵槽，從比此槽之地位較高之溶液槽中，發生壓力，使水通過。其濾面之大小，誠無一定。然其每日之濾量，不能超過五〇〇〇〇〇加侖。若欲過濾多量之水，不如設備多個之過濾器。當水過濾多

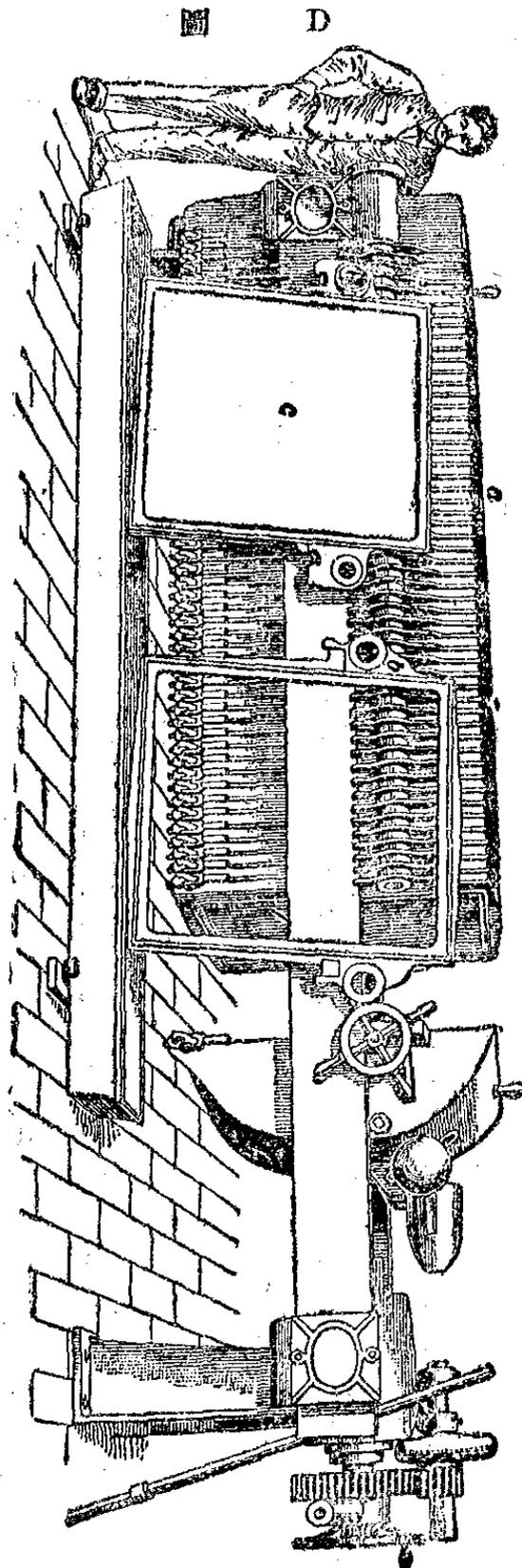
時後，砂濾必須沖洗，其每次沖洗應隔之時間，則視水中沉澱物之性質，與沉澱物之量，或其浮游物之多寡而定。其沖洗工作，則利用水流之反向，因具壓力之水，過通濾媒，並攪動過濾器之全部，使砂礫得十分清潔。此種沖洗裝置，式樣甚多，惟壓縮空氣充攪拌之用為常耳。

進水法清除法及過濾法之詳細情形，各各不同，尤以過濾之法，有臥置者，有直立者。至於壓力式之過濾，其原理與重力式者相同。水則盛於鋼製圓筒內，以抵抗所有之壓力，所有反向流動之裝置亦設備齊全，以作沖洗砂濾之用。凡清潔用水之規模甚大者，則或採用重力式，或壓力式，惟於過濾器，則須多備，以便交互應用，不至使工作停頓。

壓力式之過濾器，其普通者為直立圓筒式，以鋼板為外壳，兩端為圓形，距筒底約五分之一處，另設一底，以作濾層，其下以柱支持之，筒之腰部有洞，具活動之蓋，為除清筒之內部之進出口，其在濾層之底上，有許多十字之小管，管面有溝紋，穿通管內，於此等小管上，積厚層之砂，當工作時，水由筒之上端之一管輸入，通過濾層，而入其下之澄清室，再由下部之管，引水出外。凡筒上進出水之管，都具活瓣，當沖洗過濾層時，則水受壓而由筒之底部穿過沙濾，而沖去泥沙，而由筒之上部，以排出

於外。

濾榨器。過濾器之另一種爲濾榨器，歐洲用之者甚廣，惟在美國則鮮有用此器以爲濾水之用者。其他化學工業上用之者較多，故無須詳細之說明。如D圖，卽爲濾榨器普通之外觀，爲一組可



以活動之過濾袋，裝置於b之架上，或以紙或以布爲之，其式如c。當一列在架上時，則互相密接，以螺旋旋緊之。

圓式之濾榨器，有中空之軸，爲輸入混水之用。

第十一章 清水之用途

清水之最大用途，無可疑者，厥在化爲蒸汽，以備動力之用。若此外之較大用途，則在應用化學工業上，如染色與漂白工業，其最著者也。凡水之含有多量鹽類者，能影響於顏色，使其染料大部起變化，或新生沉澱於被染物中。鐵之化合物，正如石灰鹽類及有機類，尤爲特別可厭之成分。

其他軟水之用途，則爲肥皂工業與洗衣業。在製造肥皂時，若用不潔之水，則大部份之鹼類與之化合，爲無益之浪費，而肥皂之性質，既受其害，且產量亦爲之大減。至於洗衣業及家庭用水，約爲每一磅之普通肥皂，消耗於每千加侖之水之含有鹽類爲一硬度者。換言之，即水之硬度爲一度，其一千加侖之容量，多耗一磅之肥皂。因水中所有之石灰鹽類與鎂鹽類與肥皂化合而爲不溶物，不僅浪費肥皂，且使此等生成物附着於纖維間，常生黃色之斑紋，並使原有之污穢，不能除去。

軟化清潔之水，不僅供洗濯之用，即對於飲用與烹調，亦甚合於衛生，即不言經濟，而家庭間所獲之利益已不少。水中所含之微生物，誠不能悉數除盡，而為病源之微生物，必因水之淨製而減少至最低限度。若處理者稍加注意，則一般之微生物，幾能完全消除。故此種清水，極合宜於家庭中任何之用。在烹飪時而取硬水，則水中之鹽類因熱而沉澱於蔬菜肉食之表面，使其纖嫩者發硬，頗不適口。且凝結物之多者，能使用具之內面，為之不潔，剔除頗為不易。

當製革時，牛羊之皮，浸入石灰漿中，脫去毛後，若用水而含有重碳酸鹽者，能生碳酸鹽之沉澱於皮之組織中，遂能阻止單寧之吸入，而製皮之功效，部分受其損害，此製革工廠所以必須採用軟水也。

在製紙工場，用水甚多，其水性能軟化者固佳，即不然亦須清潔之水，於各部工作上，都獲莫大之利益。就紙之品質論，淨水所製，亦較為細潔。當加膠於紙漿時，若用硬水，則松香漿為明礬所沉澱，而其中之松香，與石灰化合，而成粗製松香肥皂，影響於加膠之工作。

在其他之工業中，對於用水之軟硬與清潔，皆為極大之問題，為主持者不可忽視之一事。尤以

攝影家沖洗照片之用水，更不可忽略。在用水量之少者，可加梳打灰重碳酸鈉或苛性石灰於水槽中，使水中沉澱，漸漸定清。若水中有浮游物者，對於顯影及印像工作，亦大受妨害。在甚大攝影工場中，天然清潔之水，不適用於用，必須如一般清潔用水之方法，處理用水，以供顯影液及沖片印像之用。

在釀造工作中，軟水不適用於用，而宜於採用硬水，此在工業中為最奇特。凡水之含有硫酸鈣（石膏）者最佳，能使所釀之酒，質味優良。故在事實上，有許多釀造工場所用之水，因不含硫酸鈣而特別加入者亦有之。吾國產酒，以紹興著者，即會稽山之水質，較優於他地也。而在英國所產之啤酒，亦因用水含多量之石膏，而品質為優。其水則每加侖中，約含石膏之重為六十格林。除石膏外，其他鹽類，或有機物，則於酒質不利。若水果含此等鹽類之少量，則照前述方法除去其中之重碳酸鹽，與其他鹽類，而留硫酸鹽於其中，或再加入石膏，以補充之，如此則水之性質可以確定。凡不適宜於釀造之物質，隨時可以除盡之。

中華民國二十四年六月初版

(61374)

工業叢書
工業用水清潔法一冊
每冊定價大洋貳角
外埠酌加運費匯費

版 翻
權 印
所 必
有 究

編譯者 許 雪 樵

發行人 王 雲 五
上海河南路

印刷所 商務印書館
上海河南路

發行所 商務印書館
上海及各埠

(本書校對者鄭光昭)

44

