

飲料水氯化消毒法

陳可培著

# 飲料水氯化消毒法

陳可培著

1938

# 序 一

噫！氣之功用大矣哉！能殺人，亦能利人，其能殺人者，姑置不論，其能利人者，可得而言焉。夫吾人處此大地之上，日用恆常所必需者，水即其一也。苟無水，即無生，曩昔游牧民族必逐水草以居，從可知矣。顧水之爲吾人類之所需要既若此，對於水質之是否優良，是否適宜於吾人，誠有深切注意之必要，不然，其危害於羣衆，豈淺尠哉。證諸事實，如上海市歷次釀成之疫癘，莫不與水有嚴重之關係，每值猖獗之際，死亡枕藉，遭遇之慘烈，至今思之，猶有餘悸。然自自來水廠普及用氯素消毒以來，水之衛生狀況，頓入正軌，遠非使用氯素前所能企及。是以疫癘雖常發生，而其勢已視嚮日大爲戢滅，此不得不歸功於氯素，與防漸有方，能抑制水中病菌之滋蔓，有以致之。其裨益吾人類者，僅此一端，已何如耶！關於氯素消毒水料專書，在外國予嘗見之，我國則尙無撰述發行者，茲陳君可培，不憚辛勞，深思力究，能人之所不能爲者，毅然寫成此書，展閱之餘，覺豐贍確切，適於實用，其中材料尤多新創，故內容與體制之完美，殆罕有其儔，甚佩用心之苦及意義之遠。今行將付梓，徵序於予，爰拉雜作此以應，然予於此重有感焉，國人素不注意水之衛生，竊願讀是書者，能應用於實際，而努力於水之消毒，俾殘暴之病菌，潛消於無形，酷虐之疫癘，得免於猖獗，此不第作者之所深願，抑亦羣衆之大幸也已。

民國二十六年七月 程慕頤識於上海市衛生試驗所

## 序 二

上海內地自來水公司創於遜清光緒二十二年，水廠則成於二十八年，初爲商辦，共和肇建，乃改官辦，民四之際，因辦理不善，復改商辦，迨十六年七月市政府成立，歸公用局管轄，成爲官督商辦。顧於創始之時，無遠大計劃，重要之廠務管理，又委諸知識譚陋之工人，以致出水成績，質劣量缺，遇時疫猖獗之際，輒爲傳染之媒，是以物議沸騰，深表不滿，當軸雖有意改善，而計無從出，會十七年春世祐自歐洲歸國，道經滬上，而當軸遽以整理水廠工程相委，聞命之下，深懼力有未逮，三辭而始承乏焉。

夫優良之自來水，爲市民健康之先驅，關係至巨，余於就職伊始，首卽從事乎水質之改進；若向用土礮，則以純粹礮粉代之，溼式加礮方法之不易控制，則以新式機械代之，如是渾度減低，水色斯能潔淨焉。水質消毒，公司素不重視，余乃於渾水管道用漂白粉消毒，蓋渾水含有鉅量細菌，期於未達砂濾池之前，殲滅一部分，以減輕砂濾池之負荷，亦卽所以增加砂濾池之效率也。同時復利用漂白粉之鹼質，以增高水之鹼度，因而混凝劑之作用，得臻更完美之境地。經過消毒，混凝，沉澱，砂濾後，不良之色味皆已消失而成爲清水，此清水由管線輸與飲戶時，又再度用氯氣消毒一過，夫然，則病菌始無嚙類矣。然當時廠中設備，規模狹小，總共出水量僅一千萬加侖而弱，以擁有一百五十萬戶口與工廠林立之滬南，

此區區者安能濟事，爰於十七年冬提議建造一千二百萬加侖之新式快砂濾池，蓋此式現為美洲所盛行。其優點至夥，如（一）出水量高（二）佔地少（三）管理簡易之類，是也。時公用局亦以此督促公司，早日興工，未幾乃得通過董事會，於次年鳩工庀材，至十九年夏告竣，自是以後，水質遂益優良，每次檢驗結果，皆與市府所定飲水清潔標準相符合。且量既激增，不復有捉襟見肘之虞，而公司歷年有虧無盈，從此亦有薄利可得，幸免隕越，私衷竊以為快。

自質量既足與海上外商水廠相媲美，風聲所播與其他關係，而遷居至滬南者日益衆，戶口密度，殆在特區之上，以是而水量重感不足，復於二十六年夏添建一千五百萬加侖之快砂濾池，至是，公司竟擁有近四千萬加侖之鉅量焉。就滬南發展之史迹觀之，則此後十年，足敷用戶之需要，可無水慌之恐懼。

第猶有不能已於言者，公司水源取自黃浦，而黃浦之水，除含泥沙糞穢垃圾外，復富雜質與病菌等等，每一公撮水樣中，細菌之數達數萬，前年美國研究飲水專家希爾氏（Mr. Nicholas Hill, Jr.）蒞華考察水政時，亦認黃浦水源為世界最嚴重水源之一，然經施用漂白粉與氯氣殺菌後，立能將數萬細菌降至數十，大腸菌測驗，在五十公撮中不復發見，我市民近年能安全飲用清水而不罹疾患者，要皆氯素之功也。

憶自改良迄於擴充，所有消毒上之設計與佈置，以至應用，陳君可培實贊襄之，深得匡助，余以氯素消毒之偉大，且切於實用也，嘗慫恿陳君編著關於此項消毒之專書，益以陳君為化學專家，夙擅淨水消毒工

程，文章科學，卓爾不羣，必有佳作，公諸當世，今此編兩越寒暑而汗青矣，對於藥品之投加，器械之佈置，使用之手續等，莫不提綱挈領，纖悉靡遺，洵我國衛生工程界重要之貢獻，其裨益於公衆衛生，豈淺鮮哉，展閱一過，深獲我心，爰述服務時改進之經歷，陳君編著此書之動機於卷端，并誌欣慕之忱云爾。

上海內地自來水公司總工程師董世祐

中華民國二十六年七月

## 序 三

消毒飲料水之採用氯化法者，年來日見增多，其在公衆衛生上已占重要之位置，無待贅述。然環視我國坊間，關於此項專書，尙付闕如，以致研究者無從參攷，殊爲憾事，作者不揣譾陋，爰就個人之經驗，旁攷國外之成法，綴成是編，期適應社會之需要，都凡六章：包括漂白粉，液態氯，氮氣，食鹽電解等類；凡近今通行之氯化方法，雖不敢謂盡萃於此，顧大率已無遺漏矣。並爲讀者易於理解起見，各篇皆附圖表，藉免思索之煩，而文詞但求明暢，不尚高深，淺拙之愆，誠非所計。

本書發軔於二年前，經過蒐討實驗種種手續，頗費時日，光陰荏苒，迄今始克蒞事，鋟版問世。溯自開始編纂以來，承楊君建六與楊君淡成，在實驗上予以掖助，周君定一與王君無咎，不辭辛勞，將全編詳爲校閱，又蒙鄒君汀若，楊君粟滄，與嚴君國華，惠賜教益，匡正乖誤，薛君海金襄贊製圖，同深欽感，而其中所附一部分之圖畫，承馬爾康君慨允印行，亦爲作者所銘篆，爰誌數語，藉申謝忱。然事屬草創，雖謹慎將事，紕繆恐難盡免，希當世賢達，不吝指正，固非特本編之幸已也。

陳可培

民國二十六年八月

## 例 言

1. 本書中所用 P. P. M. 係重量每百萬分之分數 (Parts Per Million) 之略寫。
2. 本書對於人名地名概用譯音，後附原文。
3. 容量之單位，現多採用公撮 (Millilitre 略寫作 ml.)，惟本書仍襲用立方公分 (Cubic centimetre 略寫作 c.c.) 者，實緣國內採用既久，且已普遍，倘讀者備有公撮刻度之量器，請逕將立方公分視為公撮讀之可也。
4. 本書所用化學，物理，與細菌名詞，悉照教育部最近公佈者，機械名詞則用劉仙洲君編改訂英漢對照機械工程名詞，及廣井博士編改訂英和工學辭典。
5. 本書所用參攷文獻，為數甚衆，茲備讀者於消毒科學作更深奧之研究起見，特擇要將名目另列於後，藉資切磋。
6. 本書編有度量衡諸等表附於編末，可供查檢。
7. 本書不尙理論，注重應用，為專科學校研究飲料消毒者所必需，尤足以供自來水廠工程師，衛生工程師，醫師，衛生醫官，及家庭等實地參攷之用。
8. 本書印刷分足本與單印本二種；足本用道林紙精印，名曰『飲料水氯化消毒法』，單印本用報紙印，蓋錄自本書第一第二兩章，僅言漂粉消毒一種。此法具有普遍應用之價值，故另名曰『飲料水漂粉消毒法』，期普及也。



# 目次

序一	1
序二	2
序三	5
例言	6
目次	7
圖表索引	15

## 第一章 緒論

第一節	水與傳染病之關係	1
第二節	氯化消毒法之沿革	5
第三節	氯化消毒作用之解釋	7
	一・氧化作用假設	8
	二・毒性作用假設	8
	三・光線作用假設	9
	四・折衷假設	10

## 第二章 漂粉消毒法

第一節	漂粉之化學組織	11
	一・概說	11

	二・漂粉之製造	11
	三・性狀與組織	11
	四・化學分解	13
	五・有效氯量	14
	六・漂粉有效氯檢驗法	14
	七・精製漂粉	16
第二節	漂粉消毒用器之構造	17
	一・大型溶化槽	18
	二・小型溶化槽	19
	三・儲液槽	20
	四・投藥調節器	21
	1. 整口調節箱	23
	2. 漏斗調節器	23
	五・管件	24
第三節	漂粉溶液調製法	27
	一・如何溶化	27
	二・大量溶液調製實例	27
	三・少量溶液調製實例	28
	四・漂粉施用量	28
	五・標準溶液之濃度	31
	六・配製漂粉溶液之公式	35

---

	七·溶液穩度之測驗	36
	八·溶液濃度檢驗法	37
第四節	漂粉消毒法之佈置	37
	一·大量水消毒佈置	37
	二·少量水消毒佈置	41
	三·家用水消毒佈置	42
	四·井水消毒佈置	48
	1. 淺井水消毒佈置	48
	2. 深井水消毒佈置	51
	五·野外用水消毒佈置	53
	1. 過濾	54
	2. 消毒	56
	3. 游離氯之測驗	59
	4. 軍用流動給水車	60
第五節	漂粉用量之測定	61
	一·概說	61
	二·氯需要量測定法	63
	三·游離氯測定法(滴定法)	68
	四·投藥量之大概	69
	五·家用水之消毒控制	72
	六·漂粉殺菌力之比較	75

### 第三章 液態氯消毒法

第一節	液態氯之應用	77
	一·施用液態氯之起原	77
	二·液態氯之來源	78
	三·液態氯之性狀	80
	四·加氯器之功用	82
	五·濕式餽給與乾式餽給	82
	六·加氯器之節制式樣	85
	1.手動節制式	85
	2.半自動節制式	86
	3.自動節制式	86
	七·消毒方式	89
	1.濾先氯化	89
	2.濾後氯化	89
	3.單純氯化	91
	4.複式氯化	91
	5.分段氯化	91
	6.過量氯化	91
	八·消毒方式之選擇	92
	九·液態氯使用上須知	94

第二節	液態氯用量之測定	103
一	概說	104
二	各種因素與用量	104
1.	氧化物之關係	105
2.	溫度之關係	107
3.	接觸時間之關係	107
4.	日光之關係	109
5.	氫游子濃度之關係	110
6.	混和之關係	111
三	氯需要量之測定	112
四	游離氯測定法(比色法)	115
五	游離氯在干與物質中之測定	121
六	玻璃標準比色器	125
七	游離氯自動記錄連節制器	127

#### 第四章 氨氣消毒法

一	概說	129
二	氨與氯之化學變化	129
三	採用氨氣法之目的及其利益	132
四	氨氣法之殺菌效率	136
1.	殺菌速率	137

2. 溫度之影響	139
3. 渾濁度之影響	140
4. 氯用量增重之影響	140
5. 剩餘氯之延長性	142
五·投藥地位之選擇	142
六·氯氣投藥量之比例	145
七·氯胺藥液調製法	145
八·游離氯測定法	147

## 第五章 食鹽電解消毒法

第一節	膜片式電解槽（電解氯氣法）	148
	一·構造	148
	二·分類	148
	三·伏爾司式電解槽	149
	四·伏爾司式電解槽之運用	151
	五·鹽滴之處理	151
第二節	非膜片式電解槽（電解次氯酸鈉法）	152
	一·構造	152
	二·效率	153
	三·裝置與效果	154
	四·鹽滴之處理	155

## 第六章 味臭祛除法

一・曝氣法	158
1. 曝氣器之式樣	158
2. 曝氣之目的	158
二・氨氣法	161
三・活性碳法	161
1. 活性碳之性狀	162
2. 活性碳粉末之應用	163
3. 活性碳粉末之施用點	166
4. 活性碳粉末之用量	167
5. 活性碳粒子之應用	168
四・過量氯化法	171
1. 過量氯化法之應用	172
2. 過量氯化法之用量	174
3. 二氧化硫之消氯化的應用	175
4. 活性碳之消氯化的應用	178
五・高錳酸鉀法	179
參考文獻	181
中西名詞之對照	189

---

附錄：長度諸等表	195
面積諸等表	196
體積諸等表	197
衡制諸等表	198
萬國水量諸等表	199
上海市飲水清潔標準	200



# 圖表索引

圖 一	病原細菌	4
圖 二	有效氯檢驗之佈置	16
圖 三	大型溶化槽	19
圖 四	小型溶化槽	20
圖 五	液位指示尺	21
圖 六	浮筒式液位指示尺	21
圖 七	整口調節箱	22
圖 八	整口流量表	24
圖 九	漏斗調節器	25
圖 十	大量水消毒佈置圖	38
圖 十一	自動藥液投加器之裝置	40
圖 十二	少量水消毒佈置圖	41
圖 十三	家用濾水器	43
圖 十四	軟木浮子汲水裝置	44
圖 十五	橡皮管夾子	44
圖 十六	橡皮門塞之接合	45
圖 十七	軟木浮子之組織	45
圖 十八	綳篩汲水圖	46
圖 十九	滴濾濾水器	47
圖 二十	井水消毒加氯量	50

圖二十一	深井幫浦抽水制之消毒佈置	52
圖二十二	氣壓機抽水制之消毒佈置	53
圖二十三	氈呢濾水器	54
圖二十四(甲)	輕便野外濾水器	55
圖二十四(乙)	輕便野外濾水器	56
圖二十五	野外消毒器	58
圖二十六	軍用流動給水車	62
圖二十七	消毒用之玻璃器具	73
圖二十八	液態氯之重量	79
圖二十九	氯之溶解度	80
圖三十	氯之氣壓	81
圖三十一	濕式加氯器	83
圖三十二	乾式加氯器	84
圖三十三	手動節制式加氯器(濕式)	85
圖三十四	自動節制式加氯器(濕式)	87
圖三十五	差壓變換器	88
圖三十六	上海內地自來水廠總圖	90
圖三十七	投氯地位之揭示	93
圖三十八	餽氯室之加熱佈置	95
圖三十九	餽氯用之磅秤	98
圖四十	測驗氯漏氣用之吹瓶	99
圖四十一	氯筒筒瓣之構造	102
圖四十二	耗氧量與氯需要量之測驗	106

圖四十三	氫游子濃度與滅菌效率	111
圖四十四	水溫與吸氯之關係	120
圖四十五	海利蓋比色器	126
圖四十六	游離氯自動記錄連節制器	127
圖四十七	氯胺之平衡	131
圖四十八	加氯器之佈置	135
圖四十九	接觸時間之變遷對於氯氣法殺菌率之影響	138
圖五十	施用變量之氯對於氯氣法殺菌率之影響	138
圖五十一	溫度之變遷對於氯氣法殺菌率之影響	139
圖五十二	增重氯用量對於氯氣法殺菌率之影響	140
圖五十三	藥劑在管道內擴散之狀	145
圖五十四	藥劑在管道內擴散之狀	145
圖五十五	藥劑在管道內擴散之狀	145
圖五十六	伏爾司式電解槽	149
圖五十七	電解氯氣法之佈置	150
圖五十八	非膜片式電解槽	152
圖五十九	電解次氯酸鈉之佈置	154
圖六十	曝氣器之式樣	159
圖六十一	迴轉式乾藥餵給器	163
圖六十二	振動式乾藥餵給器圖形	164
圖六十三	棉花過濾試驗器之裝置	168
圖六十四	重力式活性碳粒除臭池	169
圖六十五	壓力式活性碳粒除臭器	170

圖六十六	簡易活性碳粒除臭器	171
圖六十七	機械混和井之佈置	173
圖六十八	二氧化硫蒸發器	176
表 一	漂粉分析表	12
表 二	漂粉與有效氯相互關係對照表 (美制)	29
表 三	漂粉與有效氯相互關係對照表 (公制)	30
表 四	漂粉施用量之對照	32
表 五	2%氯溶液調製表	33
表 六	5%氯溶液調製表	34
表 七	漂粉溶液穩度之測驗	36
表 八	上海黃浦江原水一日間細菌之變遷	63
表 九	漂粉溶液投加量對照表	70
表 十	漂粉殺菌效率百分數	76
表 十一	各種藥劑對於殺滅傷寒桿菌之比較	104
表 十二	耗氯量與殺菌作用	105
表 十三	溫度之影響	108
表 十四	接觸時間之影響	108
表 十五	日光之殺菌作用	109
表 十六	日光殺菌作用之比較	110
表 十七	混和之結果	112
表 十八	細菌致命用之氯量	113
表 十九	消毒記錄表格	114
表 二十	過濾與氯化滅菌之效率	116

---

表二十一	氯定量用標準比色溶液之配合.....	118
表二十二	氯與氯氣法殺菌率之比較.....	136
表二十三	不同加氯量對於殺菌速率之影響.....	139
表二十四	水之渾濁度對於氯氣法殺菌作用之影響.....	141
表二十五	氯與溫度對於剩餘氯持久性之影響.....	143
表二十六	美國採用氯氣餵給用量之統計.....	146
表二十七	採用過量氯化法氯用量之摘錄.....	175

# 第一章 緒 論

## 第一節 水與傳染病之關係

吾人處宇宙之間，而不能一日或缺者，厥惟水乎。水之爲物，實爲吾人最重要之養料，且非第人類而已，卽其他動植生物界，亦莫不皆然。其分佈於大地之間者，小則牛蹏之澗，深則不測之淵，廣則一碧萬頃之湖澤，巨則長流湯湯之江河，更巨者則有浩瀚滔天，洪濤洶湧，茫無涯涘之海洋，餘若涓滴鳴泉，懸流瀑布，藕菱細浦，蘆荻橫塘，則又更僕難數矣。其分佈之廣，殆如人身之脈絡，密張若網，明行潛伏，無所不屆，取之不盡，用之不竭，其利寧不溥哉。雖然無論泉水井水雨水以及江河之水，可直接汲取以爲飲料之用者，則又如鳳毛麟角，渺不可得，厥故何也，蓋各種水流率皆雜有危害人體之病菌（病原細菌），而是種病菌實爲傳染病之媒介，一切腸胃病（亦曰水媒病）之起因，殆全由於吾人吸飲含有病菌之生水所致。夷考載籍，歷次釀成可驚可畏之疫癘，卽此具體而微，肉眼所不能見到之病菌，肆其淫虐之故。當往昔醫學尙未昌明之際，疫癘一經發生，無不蔓延猖獗，駭駭然有進無已，莫可遏止，往往一廣袤數十里之染疫地帶，聯牀憔悴，比戶呻吟，朝喪其父，夕喪其子，一日數變，返魂乏術，死者如麻，縱橫枕藉，慘不忍觀。是以疫癘不發則已，一經發生，病者死者之數，殊屬駭人聽聞，往往一繁榮熱鬧之城鎮，頓成荒涼陰慘之丘墟，此固爲在歐洲過去數見不鮮之浩劫也。彼具體而微，肉眼所

不能見到之生物，儼然操生殺予奪之大權，爲吾人類之巨敵，是誠不可不亟思所以防禦之而撲滅之矣。

由病菌而起之水媒病，有傷寒，痢疾，霍亂，中狀腺腫，蛔蟲，鉤蟲病，吸血蟲病與其他腸胃病等。究其傳染之來源，根據事實上之觀察，約分下列五點：

1. 由於人類之糞便染污清潔之水流所致。
2. 由於昆蟲動物之媒介，如飛鳥，走獸，蚊蟲，蒼蠅之類，將病菌傳遞至水與食物而發生。
3. 由於工廠排出之工業污水侵入食水水道而釀成。
4. 由於江湖汜濫，水流冲刷地面髒物，因而染污者。
5. 由於與患者或帶菌者接觸而傳染者

職是之故，水媒病之傳染，實至易易而最普遍者也；若傷寒痢疾霍亂三者，乃爲由水所致之主要疾病，亦係最猛烈之腸胃病，其在吾國，蔓延較廣，爲害頗巨，請將其性狀述之於下：

**傷寒** 此病之發生，由於一種桿形之傷寒細菌侵入腸道而起，潛伏期約爲兩個星期，病初起時，頭昏目眩，精神疲倦，不思飲食。患者在第一星期，熱度甚高，且頭痛頗劇，至第二星期，病勢益趨嚴重，熱度繼長增高，而午後之熱度尤高，晨間則略爲降低，往往大便出血，證候殊屬危險，在歐美各國，近年來因勵行上水道及下水道消毒之結果，患本病之死亡率，向來每十萬人中有三十五人者，今則平均不滿三人，頓然銳減。吾國患本病者幾乎四季皆有，綿延不絕，而春秋之際，病者尤盛，各地水

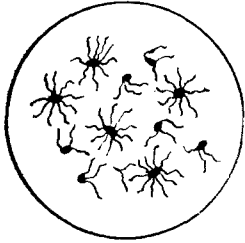
流之汗濁，病菌之繁殖，概可想見。

**痢疾** 本病分爲阿米巴痢與桿菌赤痢二種；前者爲慢性症，後者爲急性症。阿米巴痢起時，病勢較緩，大便次數，每日數次至數十次不等，腹內疼痛，但熱度不高，患者之糞便宛然如水，常含白色黏液，髣髴鼻涕，間亦帶血，此因阿米巴痢菌在腸內生殖，腸膜發生腐敗潰爛，化膿出血所致。桿菌赤痢起時，勢即凶猛，大便更較慢性症爲頻數，裏急外重，肛門灼痛，糞便中多含膿血凝質，患者熱度增高，頭痛嘔吐，神志昏愠，證候危險，生命堪虞，本病盛行於夏秋之間，入冬則殊渺所聞。

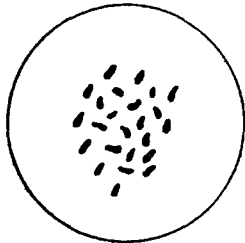
**霍亂** 起於一種弧形霍亂菌竄入腸胃內而成，勢甚凶猛，一經傳染，轉瞬病發，重者往往即於數小時間畢命。其症狀腹內絞痛，上吐下瀉，糞便先黃色，旋變爲米湯狀，裏急外重，眼球陷下，鼻尖凸出，脣部現藍色，面容可怕，手足青紫，腿部筋肉抽搐，全身出冷汗，人呈虛脫現象。憶於民國八年之夏，我國沿海數商埠，嘗爲霍亂所侵襲，僅福州一城，三閱月中死者達四千餘衆，十五年夏，上海市以飲水汗濁，亦罹其禍，投時疫醫院求治者，宛如潮湧，戶限爲穿，全市醫院均患人滿，後至者無法收容，一時死者甚衆，事後查患者總數，據上海醫師公會所編時疫調查表竟有一萬六千八百五十起之多。二十一年，全國亦復流行，因之物化者總計五萬以上，迨至今歲（民廿六年）夏季，是症又告死灰復燃，首發現者在廣東之海口，繼延及廣州香港二地，至九月初旬，揚子江下游亦遭波及，時正中日兩軍相持於淞滬一帶，鏖戰方酣，致地方行政機構受戰事影響，均失常態，並因交通阻塞關係，患者死者莫知梗概，惟據上海



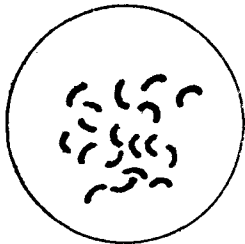
公共租界與法租界之衛生處就租界內霍亂流行之統計，謂自九月一日



X1000  
鞭毛形傷寒菌



X1000  
普通大腸菌



X2000  
霍亂弧菌

圖一 病原細菌

起迄十二月二十五日止，患者受公共租界與法租界區內醫院之診治，共有三千八百六十二人，亡者共九百二十四人(包括西人十九)，由此觀之，霍亂之傳佈，蓋如勃羅克納氣候循環圈 (Bruckner Weather Cycle)，同樣帶有週期性，每隔五六年則必一發其猖獗，每次流行即若洪水泛濫，一瀉千里，莫可抗禦，慘劇由是啓幕，雖勇如烏獲，智等陳平，殆亦不能免焉。

晚近歐美各國，因政府努力於衛生行政，與人民受賜於科學防疫法，舉凡水致之傳染病，皆能於事前作嚴密之防止，即若霍亂一症，在外國早已絕迹，殆已做到人定勝天之地步。迴視我國，人民衛生知識，幼稚異常，關係大眾生命之水流，任意使之不潔，罔知保護，對於飲料亦隨便汲用，漫不注意，就上述三大傳染病之普遍觀之，每年因飲水不潔以致死者，若一一加以精密之統計，其數率之高，實足令人口舌舉而瞿然失色者。試思人口之

喪失，與夫病者之衆多，其影響於全社會之經濟，及斲喪國家之元氣，何

等重大，此豈非疾首痛心之憾事耶！

## 第二節 氯化消毒法之沿革

現在為科學昌明之時代，凡百疾病皆可接受科學的醫學原理之支配，從事防禦，將發生疾病之因素，以一投足一舉手之勞而消滅之，是以由水而生之種種腸胃病，固可藉科學的消毒方法，消弭於無形，此為人類力所能至之一種事實，成績之佳，久已彰彰在人耳目，無庸疑義。設果人人講究衛生，注意飲水消毒，則對於危害吾人之水中病菌，何難撲滅淨盡，而此險惡之腸胃病，豈復能肆其凶慝耶。

飲水之消毒方法，種類至繁，普通所用者有氯化法，石灰法，臭氧法，紫光法，銀游子法，碘化法等。凡此種種，各有所宜，未可一概而論，但切合實用與夫手續簡便，則惟氯化法為最佳，且尤有最大之優點焉；即殺菌效力高強而迅速，在諸消毒法中無有出其右者，蓋純粹之氯氣或氯之化合物，如漂白粉，次氯酸鈉之類，咸具有極強之氧化力與殺菌力也。

氯恆存在於吾人日常所用之食鹽中，西曆一千七百七十四年，為瑞典化學家許來 (Scheele) 所發見，其應用於工業界，至廣至夥，無論造紙廠，漂染廠，麵粉廠，石油精煉廠，顏料廠或國防化學廠，莫不視為唯一之必需品。但將其應用至飲水消毒上，則僅近三十年間事耳；蓋一千九百零五年，英國林肯地方遽發生傷寒症，蔓延殊盛，社會騷然，是時倫敦首都給水局細菌學專家霍司敦氏，立被遣往該地，調查染病根由，霍

氏到達後，首先檢驗當地水質，結果乃於給水廠之清水池，砂澀池，輸水管等，皆發見傷寒病菌及其他雜污，遂使飲者莫不感受疫癘，以致一發而不可收拾，霍氏既深知致病之源，即作根本消滅之圖，乃施用含有百分之十氯氣之次氯酸鈉（施用量約為每十萬加侖之水中加入氯氣一磅），澈底將水消毒，未幾病菌乃盡肅清，而疫癘亦於焉告終，此實現代正式有規則施用氯氣消毒飲料水之嚆矢也。

然英人畢竟富於保守性，一經病菌肅清，疫癘告終，仍用慢砂澀池淨水法，撥棄業已用氯收效之良策而無所顧惜。繼之用氯消毒者，則為美利堅合衆國，顧其創始用氯消毒之因由，則殊饒興趣，當一千九百零八年，支加哥畜牧場因發現大量糞便沾污水流，特用硫酸銅消毒，然後取以為牲畜之飲料，詎支加哥市政府乃代牲畜運商控畜牧場於法院，謂其觸犯關於供給不良飲水與公眾之刑章。蓋牲畜飲用支加哥市之自來水，本可增加體重，及自飲牧場之水以後，體重增加甚微，以致牲畜出賣不能獲利，故此奇特之訟案遂倏然而起，結果牧場敗訴，被迫捨棄硫酸銅，姑取漂白粉以代之。及經一度試用，其消毒成績大出意料之外，水質之純潔優良，處處超越當時之市自來水，於是風聲傳播，立時引起美國國內自來水廠界之驚異與興趣，遂接踵仿效，互相改良，迨至一千九百十四年，經用漂白粉消毒之水，每日竟有7,600,000,000公升（即二十萬萬加侖）矣。自多數給水廠實施漂白粉消毒以後，頻年威脅危害各大城市之水媒病，乃日益減少，此實造成美國人民死亡率降低之最大原因也。

在歐洲大戰期間，協約國之兵士二千餘萬，出死入生，馳驅於槍林彈雨中，用水浩繁，可以想見，而戰地水流至爲汗濁，屢有疫癘之危害，幸賴漂白粉與次氯酸鈉之供給，源源不絕，始克化險爲夷，毫不感到用水之困難，新式軍隊所用之流動給水消毒汽車，亦遂於是時初次出現於沙場焉。凡車行所至，隨時隨地得將地面之汗水，製成大量之潔水，於是殺敵致果之將士，充分得到生命之安全，乃能如虎如貔，被堅執銳，一致大張撻伐，以討有罪，卽當時治療數百萬傷兵所用著名之但金氏(Dakin's Solution) 消毒溶液，亦屬氯之製劑，蓋以碳酸鈉二百八十四公分與35%漂白粉一百五十公分，共溶化於一公升水中所成之中性次氯酸鈉也。此種溶液，功能防止腐爛，治療傷口，神效卓著，爲當時醫藥上必不可缺之要品。

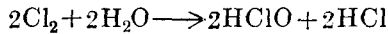
迨大戰告終，各參戰國鑒於氯有消毒價值，遂積極研究氯之衛生用途，於是利用液態氯素之殺菌器，卽在戰後大量出現於市場，關於製造氯之方法及技術，乃與日俱進，益形改良。歐美各國採取氯爲飲水消毒之用，遂日益繁多，曩已擯棄以氯消毒之英國，至是頓變故態，重行採用，卽素來專用臭氧消毒之德法二國，亦居然破例，改弦更張而步英美後塵矣。今則世界各大城市，暨我國上海，漢口，天津，杭州，南京，廣州等處，莫不食用以氯消毒之水，而其前程之進展，固猶方興未艾也。

### 第三節 氯化消毒作用之解釋

不潔帶菌之水，凡經注入適量之漂白粉溶液以後，卽能產生消毒作

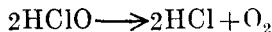
用，將水中所有之活體細菌，悉數滅絕，使致病之毒菌易為無害，此乃千萬確而毋庸置辯者也。然此消毒藥劑入水後，究起如何之反應，及其消毒理論奚若，是亦不可不略明梗概。就作者所知，關於是項問題，已有世界飲水消毒專家多人，業經發表不少之高論矣。

一、氧化作用假設 在最早時期流行之假設，多數人士皆完全認為一種化學作用；謂漂白粉之所以能分解各種顏料而有漂白功效之反應者，實賴其具有氧化力之產生，是以水中細菌能為漂白粉之藥力撲滅淨盡者，其作用正相同也，漂白粉內所含之氯質，一經與水接觸，即生下列之化學作用：



氯 水 次氯酸 氯化氫

次氯酸在化學上，性地頗為活動，極不安定，瞬息之間，將發生機之氧分解而出：

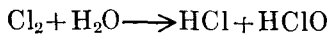


次氯酸 氯化氫 發生機氧

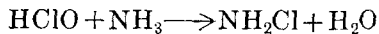
發生機之氧，乃最有強力之氧化主體，水中細菌凡經遇此組氧質，遂被其氧化而消滅，是即通行之所謂氧化作用假設之由來。

二、毒性作用假設 當歐戰方殷之際，漂白粉來源斷絕，市價飛漲，是時加拿大研究飲水專家雷氏（Race），希冀在飲水消毒之成本上作經濟之打算，乃創氯與漂白粉混用消毒，蓋以二份重量比例之氯與一份重量比例之氨相互攪合而成之法也。試用於渥太華（Ottawa）市，在

九閱月間，節省消毒費達加幣三千二百圓之多，且得到極美滿之消毒成績，此尤為其意外之收穫。當氨注入漂白粉溶液之頃，漂白粉中活動之漂白性，概遭毀滅，結果乃有第三種化學藥劑：氯胺之組成，其化學反應有如下式：



氯 水      氯化氫 次氯酸



次氯酸 氨      氯胺 水

此氯胺並不含有氧原子，但其滅菌消毒能力較諸純用漂白粉者，亦不稍遜，且是劑更有散除水中酚類惡味之優點。在此種場合，氧化假設即窮於解釋矣。因此彼遂根據證驗，斷定氯胺之所以具殺菌消毒之功效，由其能產生藥理上之直接殺菌毒性 (Toxicity) 作用所致，而氯之殺菌作用亦同時被其證明，並非完全由於氧化關係，大部分實亦屬於此種毒性作用云。

三. 光線作用假設 然法人波納氏 (Bunau-Varilla) 之見解，則迥然與此不同，渠謂當氯入水之時，此負電的氯之質點，即活躍而與有機物質相接觸，並散佈水中，立刻射出殺菌紫外光線，此光線之運動性，謂由於布朗運動 (Brownian Movement) 而活動，凡水中含有之各色細菌，在此光帶漫射行程之內，悉遭撲滅，無一生存焉。渠嘗在凡爾登戰場為初次之實地施用，以每五公分微量之氯氣 (同時用機械將水與氯拌和至於透澈)，能將十萬公升之水製成百分之百之純潔，絕對不含病

菌，因此方法曾於凡爾登戰場大規模施用，克奏膚功，以證明其所創立之假設，又因在凡爾登地方消毒成功，遂名之曰凡爾登化消毒法，用誌紀念焉。

四. 折衷假設 據上所述諸家對於解釋氯之消毒作用之殊異，與意見之參差，可見一斑，然而吾消毒界同人，固皆一致承認氯之消毒作用為兩重的；氯在水中的活動，第一步驟，是將水內可溶性之有機物質與氧化性之鹽類，全部氧化，成為氧化物，一俟氧化進行至飽和程度，第二步驟，始發揮其直接殺菌作用，將細菌加以包圍，氯質乃由細胞外皮深入細胞內之膠狀體，此膠狀體逢氯質侵入，便相與發生凝結作用，細菌本身此時遂轉成為氯基化合產物 (Chloro-Compounds)，此新組成之產物富有破壞細菌生活特性，故對於細菌的細胞，能消滅其生活的機能，更能抑制其分裂繁殖，細菌與氯相值，最初係呈中毒現象而停止發育，終則喪失活動本性，趨於死亡也。

## 第二章 漂粉消毒法

### 第一節 漂粉之化學組織

一.概說 漂粉現在國內已有大量之生產，品質亦足與洋貨相頡頏，所以消毒原料之供給，十分便利，固不必仰賴乎舶來，且便於應用，原料價廉，又隨時隨地，易於購辦，最適宜於我國一般之採用，在未正式詳言其具體施用方法之前，漂白粉之組織，性狀等，誠有先事敘明之必要，藉供關心本法者之參考，爰為列舉於下。

二.漂粉之製造 當低電位電流通過滿盛鹽滷之電解槽時，則起電解作用，於是陰極發生氫氧化鈉，陽極發生氯氣。此生成之氯氣用空氣稀淡暨冷卻等手續後，經由誘導管通至吸收轉筒；筒為平置重疊式，分六列至八列，每個筒內，裝有螺形迴轉機，初消石灰由最高一列轉筒加入，漸漸藉齒輪搖動之力，將消石灰在迴轉機內挨次攪拌，由第一列之一端，漸移至他端，如是落下至第二三四五六諸列轉筒，順次盤旋進行；同時氯氣由末尾轉筒逐漸向上逆流而行，經過各轉筒，與消石灰表面相接觸，適量之氯遂為所吸收，剩餘之氯，則自最高轉筒之一端逸去，漂白粉乃由末尾轉筒取出，現在之漂白粉，大率用此法製造者也。

三.性狀與組織 漂白粉一名氯化石灰，又稱次氯酸鈣，簡稱漂粉，為白色化學混合鹽，飽含氯質，氣味觸鼻，對於濕氣親和力亦強。尋常製

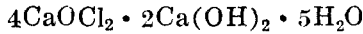


品約含純氧氯化鈣七成與不純物雜質三成，其化學的組織類多一致，今且將騷浦氏 (Thorpe) 化學辭典中之三種漂粉分析表錄之於下，由此可以明漂粉通常成分之大概：

表一 漂粉分析表

組 織 成 分	甲	乙	丙
有效氯	37.00	38.30	36.00
氯化物之氯	0.35	0.59	0.32
氯酸鹽之氯	0.25	0.08	0.26
石灰	44.49	43.34	44.66
氧化鎂	0.40	0.31	0.43
氧化鐵	0.05	0.04	0.02
礬土	0.43	0.41	0.33
錳化物	微量	微量	微量
磷酸	0.18	0.30	0.48
砂質	0.40	0.30	0.50
水及其他	16.45	16.33	17.00

上述三種漂粉，足以代表市上一般製品，根據其分析之數字，又可推測其化學分子組織，有如下式：

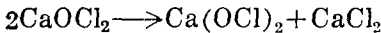


氧氯化鈣 氫氧化鈣 水

若按其含有量作百分率之計算，當有：

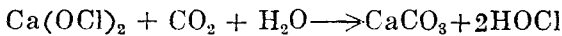
次氯酸鈣	$\text{Ca(OCl)}_2$	66%
氫氧化鈣	$\text{Ca(OH)}_2$	30%
水	$\text{H}_2\text{O}$	12%

四.化學分解 將漂粉溶於水中，其主要成分：氧氯化鈣，即起化學水解作用，而有兩箇分子相等之化合物產生：



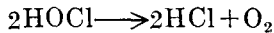
氧氯化鈣 次氯酸鈣 氯化鈣

氯化鈣之性狀，一經生成，即不活動，惟次氯酸鈣感受存在水中之二氧化碳之影響，重行發生分解：



次氯酸鈣 二氧化碳 水 碳酸鈣 次氯酸

次氯酸如前節所述，性地極不安定，立能放出發生機之氧：



次氯酸 氯化氫 氧

依前列公式所示，吾人可知漂粉之消毒力，乃其分解時所放出之氧，將細菌消滅，同時亦係一部分未曾分解之次氯酸對於有機物質，發

生毒性作用與有直接的力量所致。

五.有效氯量 所謂有效氯量，係指用過量強酸注入漂粉，俟其含有之氯質完全分解後所測得之游離氯之總量而言。此乃習慣上通用之名詞也，漂粉品質之優劣及買賣之價格，全憑含有實在氯量之高低，作為標準，其含氯濃度高則殺菌消毒力強，反之則力弱，市上最佳之漂粉，含氯成分有高達百分之三十五者，而次貨則有低至百分之十五者，殊不一律，斯與製造方法及所用消石灰原料，是否純粹，大有連帶關係，此外若包裝之疏密與貯藏日期之久暫，影響匪細，亦不可漠然視之者也。

漂粉之性質活潑好動，若包裝不密，或貯藏日期過久，則氯質易與空氣發生變化，往往含有百分之三十五氯之漂粉，因歷閱寒暑，竟使氯量下降至百分之十而不足，此為數見不鮮之事實，是以採辦漂粉總以品質新鮮，含氯成分高者方佳，若含氯成分不足百分之二十之貨，應即擯棄，不然一經溶化，盡屬不溶性之石灰渣滓，於人工金錢，毋乃太不經濟。凡消耗量大之給水廠，若直接向製造廠訂購，不但價格低廉，貨物新鮮，而且需要之含氯成分，亦得由定戶嚴格規定，誠較臨時採辦，合算多矣。

六.漂粉有效氯檢驗法 按如欲測知漂粉中所含有效氯質之量為若干，可用班諾脫 (Penot) 氏之氯定量分析法以測驗之，惟在施行檢驗之前，必須預先製備試藥及指示用之試紙。所述之試藥及試紙，可依下開方法分別配製之：

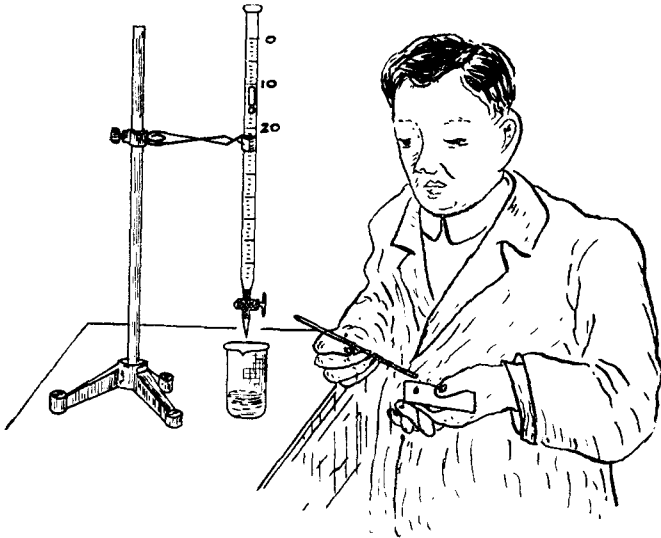
1. 試藥配製 秤取白色純潔三氧化二砷 ( $As_2O_3$ ) 4.95 公分及純潔碳酸鈉 ( $Na_2CO_3$ ) 25 公分；上述兩藥同時傾入燒瓶 (容1000c.c.) 內，繼

注入蒸餾水 200c.c.,然後用火熱之,加熱時須不斷振盪,以使藥物溶解,直至溶液沸騰爲度,俟溶液冷卻後,再加入足量蒸餾水稀釋,所加水量以至瓶頸上 1000c.c. 線位爲止。加水後,宜續加振盪,務使溶液含藥均勻。此試藥配就後,應用顏色玻璃小瓶,分裝數瓶,瓶蓋務須密閉,並藏於陰涼暗處,如此配成之試藥,即成爲鹼性十分之一規定亞砷酸試藥 (Arsenious Acid),每一 c.c. 溶液恰相當於 0.003546 公分之氣質。

2. 試紙配製 法用澱粉一公分,以少量蒸餾水調合成薄漿,繼加入沸水 100c.c.,更煮沸之,然後用濾紙過濾,收取澄清濾液。就此液內加入碘化鉀與碳酸鈉各一百公絲 (100mg.), 待其完全溶解後,將清潔濾紙剪成細條狀,即浸入澱粉藥液之內,歷十五分鐘後取出,在攝氏四十四度左右,設法使其乾燥,即便成爲碘化鉀澱粉試紙。

3. 檢驗手續 秤取漂粉 7.09 公分,盛於乳鉢內,加入蒸餾水少許,將其搗勻,待全量漂粉成爲均勻之薄漿後,方移入量瓶(容 1000c.c.),漂粉渣滓須經澈底洗滌,并須連同洗液一併傾入,然後加足水量,使成爲 1000c.c. 之足量(加至量瓶 1000c.c. 水位線爲止),並極度振盪,嗣用移液管精密取此漂粉溶液 50c.c.,盛入燒杯,繼將已配製之亞砷酸試藥,用刻度玻璃滴定管滴入擬檢驗之溶液,緩緩滴入,每次加入後,宜用玻璃棒攪拌,迨加至相當藥量時,可用玻璃棒蘸液一滴,滴於碘化鉀試紙上(臨用時若以乾燥試紙,將蒸餾水潤潮,則反應尤見敏捷)。

如漂粉溶液中尚含有氯質,則試紙必呈藍色反應,宜繼續加入試藥,視其成分濃度之高低,在試紙上所顯出之色度,由深藍而淺藍,俟在



圖二 有效氯檢驗之佈置

試紙上不再發生顏色變化，便成為反應之終點。倘今檢驗某種漂粉中之有效氯，即照上述標準方法，將其溶化，假定 50c.c. 之容量，檢驗時共需用亞砷酸試藥 34.55c.c.，方將反應告畢，既知每 c.c. 十分之一規定亞砷酸試藥，與氯質 0.003546 公分相等，此即一 c.c. 亞砷酸試藥相當於一% 有效氯質，由此便知漂粉含有有效氯為 34.55%。

七. 精製漂粉 漂粉為一種化學混合鹽，含有次氯酸鈣，氫氧化鈣與其他雜質，其性質好動，頗不穩定，是以在應用上，往往感到不便，唯此之故，遂引起多人之研究，希圖獲得替代品。今茲精製漂粉，一名精製次氯酸鈣，為外國新發明之一；此物係白色乾燥粉末，專供衛生消毒之

用，據云質淨品佳，具有各種優點，如（1）含有高量之有效氯（2）不溶解性物質含量低，能直接施用（3）質地略帶鹼性，頗為安定，故能經久儲藏也。下為美國 H.T.H. 牌精製漂粉之化驗結果：

有效氯	62.70%
氧化鈣	32.17
氧化鋁	1.76
氧化鐵	0.38
矽質	0.28
不可溶解物質	8.40

觀上之分析結果，可見此項次氯酸鈣含有有效氯成分之高，幾達普通漂粉之二倍，因之有漂粉精之稱，其尤堪注意者，粉末中並不攙有氯化鈣，故能暴露於空氣中，而無發生吸收潮濕之作用。惟製造者享有專利權，目前售價昂貴，每100磅售美金三十元（合國幣一百另五元），視普通漂粉售價相差數十倍（漂粉市價每100磅約售國幣五元），茲乘敘述漂粉之便，特附載於此。

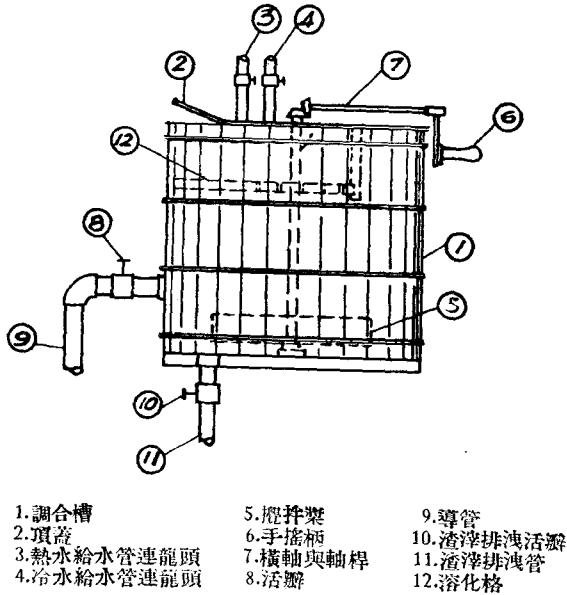
## 第二節 漂粉消毒用器之構造

消毒主要用器，有溶化槽，儲液槽，投藥調節器及管件四大類，而一切構造式樣，尚屬簡單，而內部組織亦不十分複雜，如細心將本章所列插圖瀏覽一過，按圖索驥，未嘗不易於就地仿製也，茲分述其構造及用法於後。

一、大型溶化槽 溶化槽一名調合槽，爲漂白粉與水互相調和用之容器，材料可用木材或混凝土製之，普通給水廠每用優等杉木或扁柏造成豎式圓形木槽，槽頂備有密閉用之槽蓋，其內部用精煉柏油油漆一塗，復用厚質上好柏油膠漆一遍，如此則冷凝後，卽成爲堅固之護面，上海市上所售清水柏油及柏油膠(Fresh Water Solution & Enamel)，頗合此種用途，木槽既經油漆爲之保護，則漂白粉液侵蝕木材之損壞程度，便遭相當之阻止，蓋凡杉木製成之槽，使用經過一足年後，木纖維卽腐爛如粉狀，不堪復用，若槽之盛液表面預以柏油爲之保護者，則其壽命最高可維持至三年之久，倘於木槽內部再加以水泥套槽，而施塗柏油爲之保護，則更穩妥耐用，此法在北美洲一帶採用者頗多，吾人固亦足以做法也。然大規模給水廠輒用純水泥混凝土砌成方形或圓形槽，在經濟及耐久性兩點上而論，當然較爲合算，惟混凝土槽表面多留有細孔，對於藥液亦發生相當化學作用，日久卽漸致滲漏。故在未經使用之前，加塗柏油亦屬不可疏忽者也。

至槽之組織，宜在槽之上部裝置木製溶化格，作爲溶化之用，並於槽之正中頂部，配置青銅製之軸桿(Shaft)，軸桿之下端連以攪拌槳二片(鉛製)，尋常調製藥液多用人工，故宜於軸桿之頂附裝橫軸及手搖柄，互相連接，工作之時，先將漂白粉傾入溶化格，俟其全體溶化透過格後，卽須用人工繼續加以轉動，務將漂白粉與水打成均勻薄漿。設如製大量溶液而厭人工攪拌動作不能達到始終如一，則可採取電力轉動，法卽於手搖柄處改裝皮帶輪，另接皮帶及馬達。而槽之頂端一律裝置清

水熱水給水管及冷熱水龍頭，並在槽之側面配以溶液導管暨活瓣，槽之底部配以渣滓排洩管及活瓣，亦屬必需，至其詳細組織，請閱圖三。

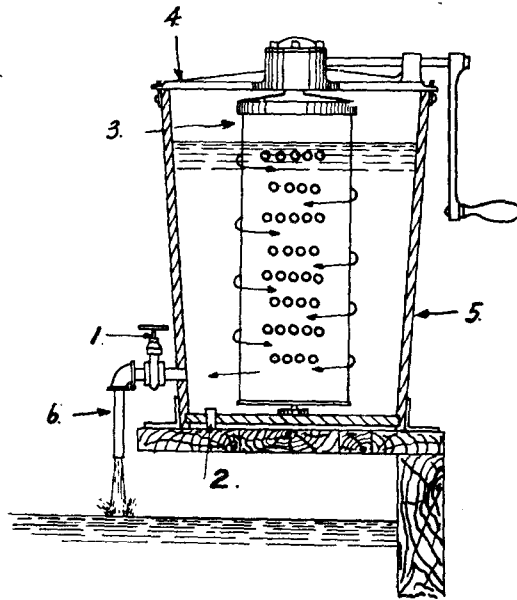


圖三 大型溶化槽

二. 小型溶化槽 此項溶化槽之構造，其形式與吾人夏日製造冰淇淋 (Ice Cream) 之桶完全相似，所不同者，容罐 (凍結器) 改用鋁板製造，且於此容罐之周圍遍鑽三公厘左右之小孔，罐內攪拌佈置，一仍其舊，並於容罐外之木槽添裝槽蓋，復設置溶液導管與活瓣各一，又於其底部裝置木塞一個 (見圖四)，使用時先於容罐內盛入適量漂白粉，繼注入熱水，乃將容罐蓋及槽蓋閉緊，此時即撥動手搖柄，則容罐與攪拌器同時即被轉動，而盛於容罐內之漂白粉着水後，即溶解成厚漿，因感



受攪拌漿之壓迫與離心轉動之影響，被迫與小孔外之熱水連續相混合，直至容罐內之溶液與容罐外所有達到同樣濃度為止。至木槽保護法，則與大型溶化槽相同。

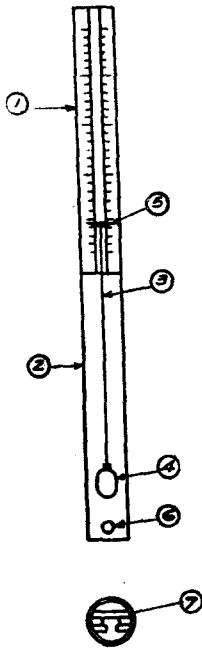


- |        |          |
|--------|----------|
| 1.活瓣   | 2.渣滓排洩活塞 |
| 3.漂粉容罐 | 4.頂蓋     |
| 5.溶化木槽 | 6.溶液導管   |

圖四 小型溶化槽

三.儲液槽 儲液槽係承受已經在溶化槽製成之溶液，作為暫時儲蓄之用，為便於消毒時常川維持藥液之連續供給而設。此槽之式樣及構造材料，與大型溶化槽毫無二致，惟其設備方面僅溶液導管及排洩用活瓣與溶液深度指示尺而已。

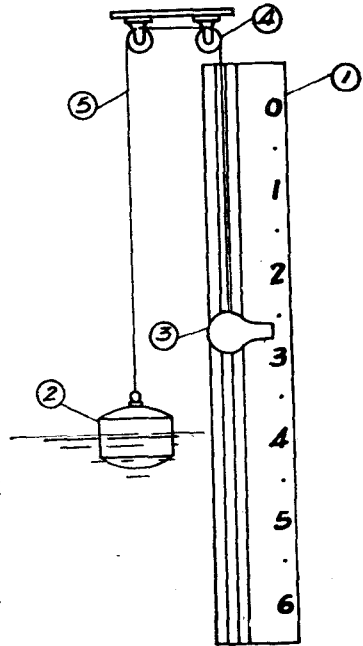
指示尺之構造分為二小部份，一為註有標誌之木尺，並空其中心，



- 1.木尺
- 2.引液管
- 3.硬鉛絲
- 4.橡皮浮球
- 5.指示針
- 6.引液口
- 7.引液管剖面

圖五 液位指示尺

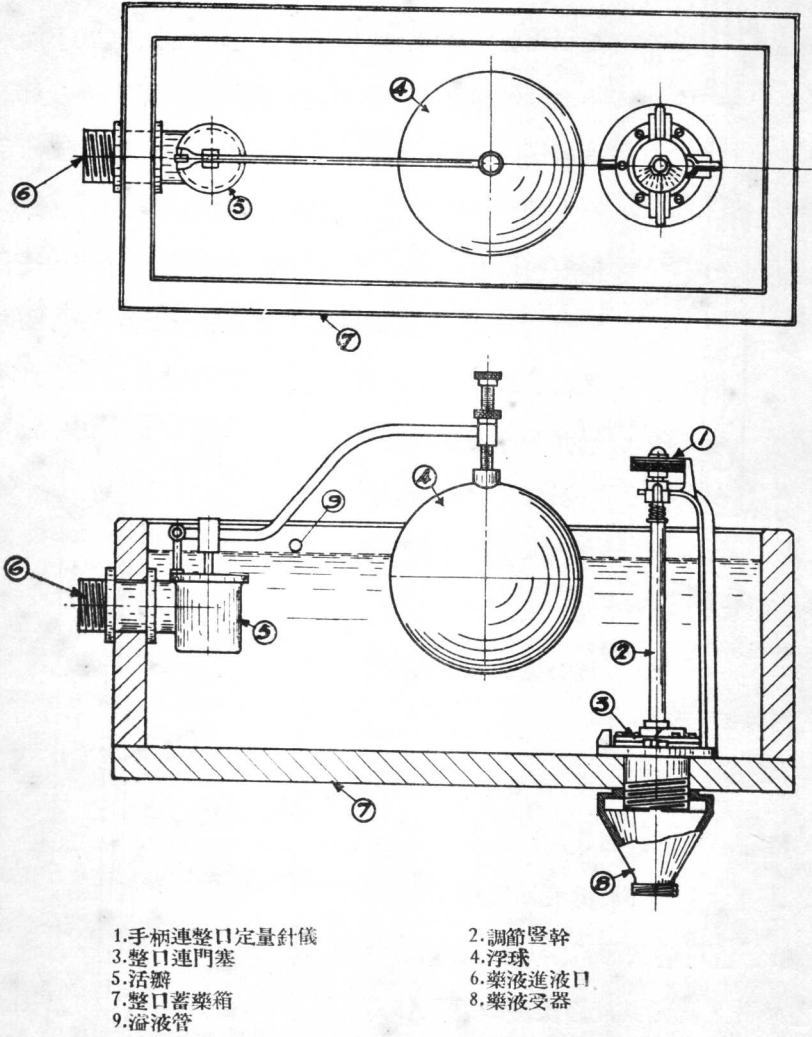
上半部突出槽外，下半部則裝於圓筒內，並在圓筒內配以粗硬鉛絲，鉛絲上端配以尖形指示針，其下端則垂連一硬橡皮製之小浮球(見圖五)，是則儲液槽溶液灌滿時，指示針因浮球浮力上昇關係，即昇至指示尺上最高之標誌，溶液用罄時便降落至最低之標誌。儲液槽備有此項裝置，對於藥液存儲量之多寡，一目瞭然，並可於藥液使用量與水量是否正確，亦可隨時獲得稽攷，惟此項裝置對於儲液槽過分高大者則不適用。今假定槽高為一公尺半，連指示尺在內其高度即為三公尺，人之視覺在此高度範圍內，尙無問題，然越三公尺以上之高度，便覺不易查察，在這種情形之下，則非用浮筒平衡法不可(見圖六)，惟於儲液槽容積小者，此項裝置直可省去而以活用細長木標尺代之，吾人欲知其液面深淺時，可隨時將是尺侵入槽中以測量之，固甚便捷也。



- 1.木尺
- 2.浮筒
- 3.重錘
- 4.滑輪
- 5.繩索

圖六 浮筒式液位指示尺

四.投藥調節器 某種水質如須使



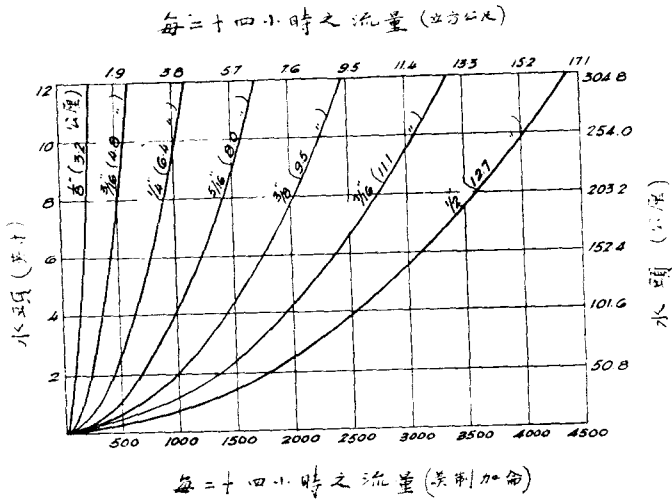
圖七 整口調節箱

用一定藥量者，胥賴乎此，方得維持其常衡之投加量，此為全部消毒器具中之主要機構，今有兩種式樣堪供採用，分述於後：

1. 整口調節箱 一名固定液位整口箱 (Constant Head Orifice Box)，為一長方形之淺槽，普通採用之尺碼，大都長為六十公分，闊三十公分，及深三十公分，約能容五十公升之藥液，槽身係用生鐵鑄成，但於盛貯藥液之內部，概襯以鉛鈹 (Sheet Lead)，以抗止腐蝕，其構造 (見圖七) 分：(一) 手柄及整口定量針儀，(二) 調節豎幹 (橡皮護面)，(三) 硬橡皮製之整口及門塞，(四) 鍍錫之銅浮球，(五) 青銅製之活瓣，(六) 藥液進液口，(七) 整口蓄藥箱，(八) 漏斗形藥液受器，(九) 溢液管。

此箱功效，在不受儲液槽內藥液多寡之影響，能始終投下固定之藥量，此固定藥量之能支持，實恃浮球調節之力，當箱內液位低落時，此球能自動將活瓣開啓，以容藥液通入，及至藥液固定線位恢復後，能重將活瓣關閉。欲規定藥液投加量之多寡，僅將手柄略為轉動。即可支配藥液之流量，如將手柄邊緣等分為十個單位儀，則每個單位能代表整口出口之口徑十之一，於調節豎幹一張一弛之間，可作精確之標準，此係利用水力學定理；即整口箱內始終保持常衡液位，則流量通過整口亦固定不變，其流量因之與整口孔開放之面積成為比例，此亦即整口箱命名所由來也 (關於整口各種口徑流量表見圖八)。

2. 漏斗調節器 此亦為固定液位投藥調節器，與前節所述者具有同樣功用，然構造大為簡單，組織部分：分 (一) 陶器漏斗，(二) 榿木

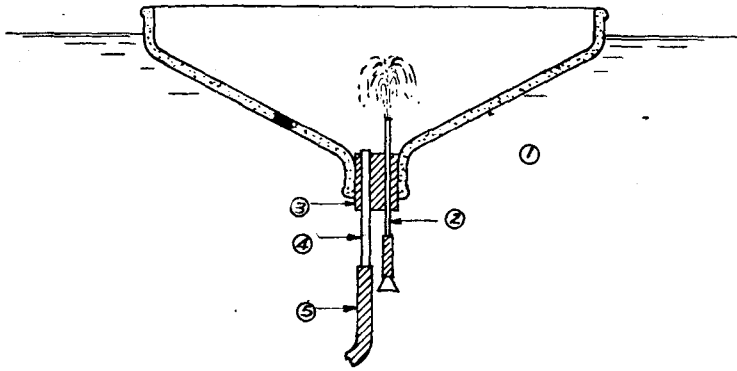


圖八 整口流量表

塞，(三)玻璃溶液噴射管，(四)輸液玻璃導管，(五)輸液橡皮管。斯項漏斗式投藥調節器無須採用特製投藥箱，可隨便漂浮於儲液槽或置於溶化槽內，亦無不可，當藥液噴入漏斗時，因噴管之管頂狹窄及液面壓力關係，藥液遂如噴泉狀噴出而集於漏斗內(見圖九)，由是立經輸液橡皮管而通至消毒水面處，實施消毒(消毒佈置圖另見第二章第四節)，設欲於此項調節器上較準用藥量之正確，亦至易易，僅須將進液噴管略為向上或向下扯移，同時用一玻璃量筒與時計直接測量之，則每分鐘或每小時欲其一定之流量者即無不可，凡欲溶液流量增高而加速者，可取玻璃噴管向下移動，欲量減而流緩者，可向上扯引，蓋向上扯引則水頭壓力減小，向下移動則水頭壓力增加，吾人應用此理，遂得作適宜之調整焉。

五. 管件 凡運輸溶液用之導管與夫連接用之彎管，丁形管，十字

管及控制溶液用之活瓣等，概稱之曰管件。其導管等附件宜用生鐵鑄造，而與藥液直接接觸之內壁，均應加鍍黑鉛，俾資抵抗腐蝕性之藥液，



1. 陶器漏斗  
4. 輸液導管

2. 溶液引入噴管  
5. 輸液橡皮管

3. 榅木塞

圖九 漏斗調節器

惟活瓣因活動關係，除須能抗銹外，兼須能耐受磨擦及易於轉旋，所以活瓣之瓣幹，門座，瓣身，必須全部採取不易銹蝕之青銅製成（青銅化學組織含有銅 80 % 鉛 10 % 錫 10 %），或用硬性烤橡皮（Vulcanized Rubber）方佳。

漂白粉溶液通過管件部份，往往容易發生石灰凝結物，硬結管內，一若含碳酸鹽等之硬水發生於水管者然，日積月累，漸將原來管子口徑縮小，終至減低其流勢與流量，是以在計劃配裝管件口徑之前，必須酌為放大，譬如應用二十公厘口徑則加大三分之一，擴為三十公厘，此即因填補管內結凝物之損失而設，經過相當時期使用之後，更須常以除垢器剷除管內堅硬凝結物，且為便於清除計，所有管子接頭一律宜用便於

拆卸之法蘭式 ( Flanged Type )，凡輸送消毒藥液，異於尋常之輸送清水，必須維持其最高殺菌效力，所以輸送藥液至擬定實施消毒飲水處，總以管子長度愈短愈妙，管子距離短則清除管內凝結物易於從事，即藥液流勢所受到之阻力，亦因之而可減輕，其直接足以增高消毒工作之效力，殊匪淺鮮。

橡皮管使用於運輸藥液流量小者，頗為適宜，此項橡皮管分為普通橡皮管與氯液專用橡皮管兩種；前者量輕質純，後者管壁相厚，惟橡皮內混有抗氯藥品，在售價方面，氯液專用橡皮管幾及普通製之數倍，又就耐用點而論，普通橡皮管使用數月，例須換新一次，而氯液橡皮管用至二年方始破裂，其耐用年齡尤大相懸殊，就其價格與耐用點互作精密之比較，則氯液橡皮管依然居於合算地位，是以人多樂用氯液橡皮管之日衆也。

欲清除積於橡皮管之沈澱凝結物，頗無何種困難，蓋祇須俟管內溶液滴乾，聽其自然結塊硬化，乾燥後，稍用兩手壓擠，立即破碎，持管向空用力一揮，其中凝結物即紛然脫離管壁而飛出矣。

本節敘述管子及附件所用原料，均屬上品之物，在可能範圍內能完全依照開列一一設備者，其消毒上之效用，日後自能明瞭其價值之所在，若圖撙節用費，或以他種關係，於活瓣材料改用黃銅，其他管子及附件改用紫銅，生鐵，熟鐵或鍍錫之熟鐵，亦未嘗不可，特抗止銹蝕作用甚為薄弱耳。就抵抗腐蝕作用低者若熟鐵而論，在三個月內輒已銹化而糜爛，其他材料雖較為延長，然最高亦鮮有逾一年以上者，斯則不可不深

加注意也。

### 第三節 漂粉溶液調製法

一. 如何溶化 漂白粉與他種消毒藥品同，須預先用水攪合製成稀薄溶液，始能應用，每份漂白粉大率可溶於水二十份中，其所含有效氯質易於溶化，若石灰類之雜質即不盡然，而此不易溶化之物往往沈澱於下，必須一一濾去之，尋常之化法，係以漂白粉一份溶化於清水五份至十份，用人工或機械之力，徐徐攪拌，先行打成一片薄漿，乃再繼續加足全量之水，使稀釋成爲二%有效氯之溶液，此種溶液帶濁乳狀，必須靜置數小時，俟石灰等雜質完全沈澱以後，始可汲取上層清液以應用焉。

二. 大量溶液調製實例 今以漂粉(含有效氯三五%)三十磅，將其製成二%氯之溶液，每十磅依三五%含氯成分計算，則三十磅即得十磅半之氯，不過漂粉在溶化稀淡之時，輒一小部份之氯(約五%左右)一時未能爲水分解釋出，實際僅十磅之氯可資利用，職是之故，必須採取經濟之化法，其法維何，即用甲乙兩個溶化槽；在甲槽中注入熱水二十加侖(攝氏二十五度)，繼將漂粉三十磅傾之於槽內溶化格，俟其全體溶化而透過溶化格後，即用人工旋轉攪拌半小時，漂粉與水融合呈乳狀薄漿，然後再行注入同溫度熱水四十加侖，將薄漿釋淡至需要之二%濃度，氯之溶液既釋淡後，仍繼續攪拌半小時，務使均勻，以免上下層疊發生濃度不一之弊，自此經過三小時左右之自然沈澱與澄清，乃可將清液導入儲液槽作爲二%之消毒溶液，預備應用。



在甲溶化槽內沈澱之殘渣厚液(約六加侖之譜)尚含有五%左右之氯,未曾分解釋出,必須蓄留,以便仍將此微量之氯收復之,其法可一次加足六十六加侖之熱水,將其洗滌一次,同時攪拌器亦照常加以運動,攪拌後靜置之,此類殘渣經過如此大量水之洗滌,其含有之氯概為水所吸收,俟下次乙溶化槽調製同量同濃度之溶液時,即可取靜置之洗滌溶液以充調合水料,若然則漂粉用量得以節省五%,而經過洗滌之殘渣,此時始可廢棄,是即所謂經濟之化法也。

三.少量溶液調製實例 配合少量藥液,其法較配製大量為輕便,今如取漂白粉(含有效氯氣三五%)二兩,欲製成五%氯溶液,即可將其置於乳鉢中,加入少許清水,研成糜形,俟全體溶化後,再加入清水稀釋,放置一晝夜,俟澄清後,取其清液,傾入有色玻璃瓶內,即可儲藏備用,如欲圖溶化時間加速,可用攝氏二十五度之熱水稀釋,以代冷水,俟靜置一小時後,亦可取用。

四.漂粉施用量 從上述配合之溶液濃度觀之,可知調製每個加侖溶液,要用到漂粉半磅,此數約當於百分率六%重量之漂粉,亦即等於二%重量之氯,普通用以消毒曾經明礬與砂隔濾之優良河水,每一百萬加侖約為  $33\frac{1}{3}\%$  成分之漂粉十二磅,此量即等於二%氯溶液二十五加侖,若按每加侖水量計算,則僅須一滴半(二%溶液)之纖細數量,已足以盡消毒之能事而將水中之病菌撲滅無遺矣。

茲列漂粉用量及有效氯量互相關係對照表於下:

表二 漂粉與有效氯相互關係對照表(美制)  
(漂粉有效氯 33½ %)

每百萬加侖水中 施用漂白粉量 (磅數)	每百萬分水中 施用漂白粉量 (P.P.M.)	每百萬分水中 施用氯量 (P.P.M.)	每加侖水中 施用漂白粉量 (格林)	每加侖水中 施用氯量 (格林)	每加侖水中施用 2%溶液量 (滴數)
2	0.24	0.08	0.014	0.005	0.25
4	0.48	0.16	0.028	0.009	0.50
6	0.72	0.24	0.042	0.014	0.75
8	0.96	0.32	0.056	0.019	1.00
10	1.20	0.40	0.070	0.023	1.25
12	1.44	0.48	0.084	0.028	1.50
14	1.68	0.56	0.098	0.033	1.75
16	1.92	0.64	0.112	0.037	2.00
18	2.16	0.72	0.126	0.042	2.25
20	2.40	0.80	0.140	0.047	2.50
22	2.64	0.88	0.154	0.051	2.75
24	2.88	0.96	0.168	0.056	3.00
26	3.12	1.04	0.182	0.061	3.25
28	3.36	1.12	0.196	0.065	3.50
30	3.60	1.20	0.210	0.070	3.75

(註一)按 P. P. M. 係西文 Parts Per Million 之縮寫，亦即每百萬分之幾之簡稱。

(註二)格林 Grain 英制，7,000 格林等於英制 1 磅，每一格林約等於萬國公制 0.0648 公分。

茲將前表所列各數值合成萬國公制，如表三所示，藉便計算：

表三 漂粉與有效氯相互關係對照表（公制）

（漂粉有效氯 33½ %）

每千立方公尺水中 施用漂粉量 (公斤)	每百萬分水中 施用漂粉量 (P.P.M.)	每百萬分水中 施用氯量 (P.P.M.)	每公升水中 施用漂粉量 (公分)	每公升水中 施用氯量 (公分)
0.2	0.2	0.07	$2 \times 10^{-4}$	$7 \times 10^{-5}$
0.4	0.4	0.13	$4 \times 10^{-4}$	$13 \times 10^{-5}$
0.6	0.6	0.20	$6 \times 10^{-4}$	$20 \times 10^{-5}$
0.8	0.8	0.27	$8 \times 10^{-4}$	$27 \times 10^{-5}$
1.0	1.0	0.33	$10 \times 10^{-4}$	$33 \times 10^{-5}$
1.2	1.2	0.40	$12 \times 10^{-4}$	$40 \times 10^{-5}$
1.4	1.4	0.47	$14 \times 10^{-4}$	$47 \times 10^{-5}$
1.6	1.6	0.53	$16 \times 10^{-4}$	$53 \times 10^{-5}$
1.8	1.8	0.60	$18 \times 10^{-4}$	$60 \times 10^{-5}$
2.0	2.0	0.67	$20 \times 10^{-4}$	$67 \times 10^{-5}$
2.2	2.2	0.73	$22 \times 10^{-4}$	$73 \times 10^{-5}$
2.4	2.4	0.80	$24 \times 10^{-4}$	$80 \times 10^{-5}$
2.6	2.6	0.87	$26 \times 10^{-4}$	$87 \times 10^{-5}$
2.8	2.8	0.93	$28 \times 10^{-4}$	$93 \times 10^{-5}$
3.0	3.0	1.00	$30 \times 10^{-4}$	$100 \times 10^{-5}$

上列二表皆依據漂白粉之含有  $33\frac{1}{3}\%$  有效氯而編製，是項對照表對於含有  $33\frac{1}{3}\%$  以上之有效氯之漂白粉，功用極為恰當，然按諸普通一般品質，此項標準未免過高，蓋漂白粉雖在市上曾經發見有三五%以上有效氯者，須知此非固定之情形，作者嘗羅列樣品，躬自試驗測定其含有氯量，其有效氯之成分，甚不一致，茲為顧全國內實際情形起見，始將漂白粉有效氯之標準定為二五%，此一比較安全而帶保守性之估算，大率堪為一種權且施用之規定，假使將所購漂白粉常依本章第一節(六)所列檢驗法加以試驗，則含氯成分指數即可瞭若指掌，倘檢出含氯指數超過二五%之標準與其差額在二〇%以上者，則配製溶液時，應作適當之調整，將漂白粉施用數量酌予減低，或將攪和水量略為增加，均無不可，茲依據漂白粉含氯二五%編製之漂白粉施用量及消毒水量對照表列下(表見下頁)，以供參證。

五. 標準溶液之濃度 漂白粉溶液之濃度，現時通行之標準，大概為二%及五%二種，在實際應用上，其最高濃度極少有超過五%者，蓋以氯之活動性質與強烈氧化力之關係，吾人總以為將溶液含氯成分愈稀淡愈視為有利，倘氯溶液之濃度過分增高，則不免發生：(一)溶液流勢延緩，(二)溶液導管與活瓣易遭堵塞，(三)氯氣在過濃溶液中易於散逸，(四)溶液所用器具須感受腐蝕之反響，因此諸故，是以較大之給水廠每每將溶液釋淡至二%以下。

表五表六為配製上述二種標準溶液之配合表，於配製溶液時，足免不少計算之煩。

表四 漂粉施用量之對照  
(漂粉有效氯25%)

每百萬分水中施 用有效氯量 (P.P.M.)	每百萬分水中 施用漂白粉量 (P.P.M.)	每千立方公尺水中 施用漂白粉量 (公斤)	每百萬美制加侖水中 施用漂白粉量 (磅數)
0.05	0.20	0.20	1.67
0.10	0.40	0.40	3.34
0.15	0.60	0.60	5.00
0.20	0.80	0.80	6.67
0.25	1.00	1.00	8.34
0.30	1.20	1.20	10.00
0.35	1.40	1.40	11.67
0.40	1.60	1.60	13.34
0.45	1.80	1.80	15.00
0.50	2.00	2.00	16.67
0.55	2.20	2.20	18.34
0.60	2.40	2.40	20.00
0.65	2.60	2.60	21.67
0.70	2.80	2.80	23.34
0.75	3.00	3.00	25.00
0.80	3.20	3.20	26.67
0.85	3.40	3.40	28.34
0.90	3.60	3.60	30.00
0.95	3.80	3.80	31.67
1.00	4.00	4.00	33.34
1.25	5.00	5.00	41.67
1.50	6.00	6.00	50.00
1.75	7.00	7.00	58.34
2.00	8.00	8.00	66.67

表五 2% 氯溶液調製表

(漂白粉有效氯25%)

調製溶液量 (公升)	漂粉與攪和水量		調製溶液量 (立方公尺)	漂粉與攪和水量	
	漂粉量 (公斤)	水量 (公升)		漂粉量 (公斤)	水量 (公升)
1/4	.02	.24	1	80	980
1/2	.04	.49	2	160	1960
1	.08	.98	3	240	2940
2	.16	1.96	4	320	3920
3	.24	2.94	5	400	4900
4	.32	3.92	6	480	5880
5	.40	4.90	7	560	6860
6	.48	5.88	8	640	7840
7	.56	6.86	9	720	8820
8	.64	7.84	10	800	9800
9	.72	8.82	11	880	10780
10	.80	9.80	12	960	11760
20	1.60	19.60	13	1040	12740
30	2.40	29.40	14	1120	13720
40	3.20	39.20	15	1200	14700
50	4.00	49.00	16	1280	15680
100	8.00	98.00	17	1360	16660
125	10.00	122.50	18	1440	17640
150	12.00	147.00	19	1520	18620
200	16.00	196.00	20	1600	19600
250	20.00	245.00	21	1680	20580
300	24.00	294.00	22	1760	21560
400	32.00	392.00	23	1840	22540
500	40.00	490.00	24	1920	23520
600	48.00	588.00	25	2000	24500
700	56.00	686.00	30	2400	29400
800	64.00	784.00	40	3200	39200
900	72.00	882.00	50	4000	49000
1,000	80.00	980.00	100	8000	98000

表六 5%氯溶液調製表

(漂白粉有效氯25%)

調製溶液量 (公升)	漂白粉與攪和水量		調製溶液量 (立方公尺)	漂白粉與攪和水量	
	漂白粉量 (公斤)	水量 (公升)		漂白粉量 (公斤)	水量 (公升)
1/4	.05	.23	1	200	950
1/2	.10	.47	2	400	1900
1	.20	.95	3	600	2850
2	.40	1.90	4	800	3800
3	.60	2.85	5	1000	4750
4	.80	3.80	6	1200	5700
5	1.00	4.75	7	1400	6650
6	1.20	5.70	8	1600	7600
7	1.40	6.65	9	1800	8550
8	1.60	7.60	10	2000	9500
9	1.80	8.55	11	2200	10450
10	2.00	9.50	12	2400	11400
20	4.00	19.00	13	2600	12350
30	6.00	28.50	14	2800	13300
40	8.00	38.00	15	3000	14250
50	10.00	47.50	16	3200	15200
100	20.00	95.00	17	3400	16150
125	25.00	118.75	18	3600	17100
150	30.00	142.50	19	3800	18050
200	40.00	190.00	20	4000	19000
250	50.00	237.50	21	4200	19950
300	60.00	285.00	22	4400	20900
400	80.00	380.00	23	4600	21850
500	100.00	475.00	24	4800	22800
600	120.00	570.00	25	5000	23750
700	140.00	665.00	30	6000	28500
800	160.00	760.00	40	8000	38000
900	180.00	855.00	50	10000	47500
1,000	200.00	950.00	100	20000	95000

上表第一項為需要配製溶液之總量，第二三兩項，為需用漂白粉與水攪合之量。

六.配製漂粉溶液之公式 若漂白粉含氯成分超過或低於第五第六二表，倘根據二五%之指數，臨配製溶液時，勢必每次有計算之勞，茲為便利應用計，乃創簡易算式如下：

今令B=漂白粉量

W=水量

x=氯溶液濃度百分數

y=漂白粉有效氯百分數

q=擬調製氯溶液總量

(公式1) 求漂白粉量公式  $B = \frac{xq}{y}$

(公式2) 求水量公式  $W = q(1-x)$

(例)假如茲擬調製五%氯溶液一百公升，惟知漂白粉之有效氯為三三%，問應用漂白粉及水量各若干？

(解答)擬式於下：

$$q = 100 \text{ 公升}$$

$$x = 5\%$$

$$y = 33\%$$

$$B = \frac{.05 \times 100}{.33} = \frac{5}{.33} = \text{漂白粉} 15.15 \text{ 公斤}$$

$$W = 100 \times (1 - .05) = 100 \times .95 = \text{水} 95 \text{ 公升}$$



上列公式，乃就已知之漂白粉有效氯百分數，擬製氯溶液百分數與溶液總量，以探求漂白粉及水量二項而設，若現有下列問題，則此項公式不足以概括一切，必另創公式，始能求其答案。

(例) 漂白粉五公斤，有其效氯為三三%，問應用水量若干，乃可製成三%氯之溶液？

(公式3) 求氯溶液稀釋公式  $W = \frac{(1-x)y}{x} \cdot B$

(解答) 今利用此公式，可將數字代入，即能求得下之答數：

$$B = 5 \text{ 公斤}$$

$$X = 3\%$$

$$y = 33\%$$

$$W = \frac{(1-.03) \times .33}{.03} \times 5 = \text{水} 53.35 \text{ 公升}$$

七、溶液穩度之測驗 漂粉溶液之穩定性，繫於氣溫鹼度及光線三個因素，尤其是光線作用，最足以摧弱溶液之濃度，下為二%溶液在第三種不同狀況中所測得之結果：

表七 漂粉溶液穩度之測驗

氣溫攝氏23.9°—25.6°

存貯狀況	氯之原濃度	經過十日後 氯之濃度	損失率
常受日光照射	2%	0.172%	91.4%
置於亮光處	2%	1.845%	7.3/4%
密藏暗處	2%	1.964%	1.8%

就上之結果，漂粉溶液如能保護妥當，以避去光線之照射，并貯藏經過十日之久，其所有有效氯質，可不致遭受顯著之損失。

八. 溶液濃度檢驗法 用移液管吸取擬檢驗之漂粉溶液 10 c.c., 盛於玻璃燒杯中（為便於檢驗起見，可酌用同量蒸餾水稀釋），繼將十分之一之亞砷酸試藥（參閱第二章第一節第六分目），由刻度玻璃滴定管，漸漸滴入，加以攪拌，試取溶液一滴滴在碘化鉀試紙上面，不復見其顯呈顏色反應而止，由所需亞砷酸試藥之量乘以 3.35，其所得之積數，即為有效氯之百分率。

#### 第四節 漂粉消毒法之佈置

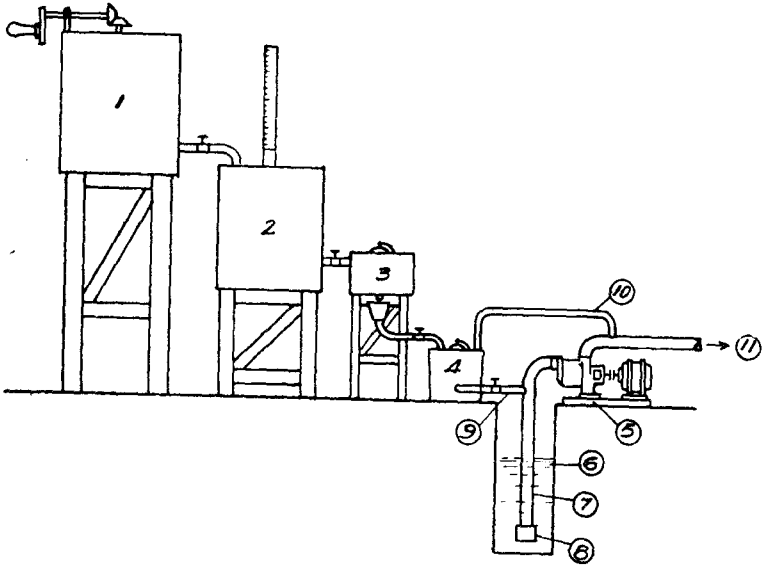
前章既詳述消毒溶液調製法，則於此似不能不一言消毒法之佈置，蓋消毒之成功，泰半繫於佈置之是否合乎科學之方法，茲為便於敘述起見，分為大量水小量水家用水井水野外用水五段言之。

##### 一. 大量水消毒佈置

凡每日消毒水量之在數百萬與數千萬公升之間者，概曰大量水，施行此項大量水之消毒佈置，有如圖十所示：（一）為溶化槽（二）儲液槽（三）整口調節箱（四）幫浦抽藥箱（五）幫浦（六）集水井（七）抽水管等，首三項宜依次排列，與地平較為高昇，成為梯級形，夫然，則槽內藥液之流勢，得援用重力原理，可以建瓴直下，在溶化槽已製成之溶液，經由導管，將活瓣開放，立可自然流入儲液槽，然後以極低緩之速率，源源輸至整口調節箱，藥液即由此依照需要之量，涓涓流洩而投於

適當水口處，行使消毒工作。

多數自來水廠工程師對於選擇消毒投加地點，曩嘗費去不少之考慮與實驗工作，至於現在則大都採用圖十所示單純氯化消毒佈置，乃一



- |          |              |
|----------|--------------|
| 1. 溶化槽   | 7. 幫浦抽水管     |
| 2. 儲液槽   | 8. 底瓣        |
| 3. 整口調節箱 | 9. 幫浦抽藥管     |
| 4. 幫浦抽藥箱 | 10. 幫浦抽藥箱給水管 |
| 5. 幫浦與底座 | 11. 幫浦輸水管    |
| 6. 清水集水井 |              |

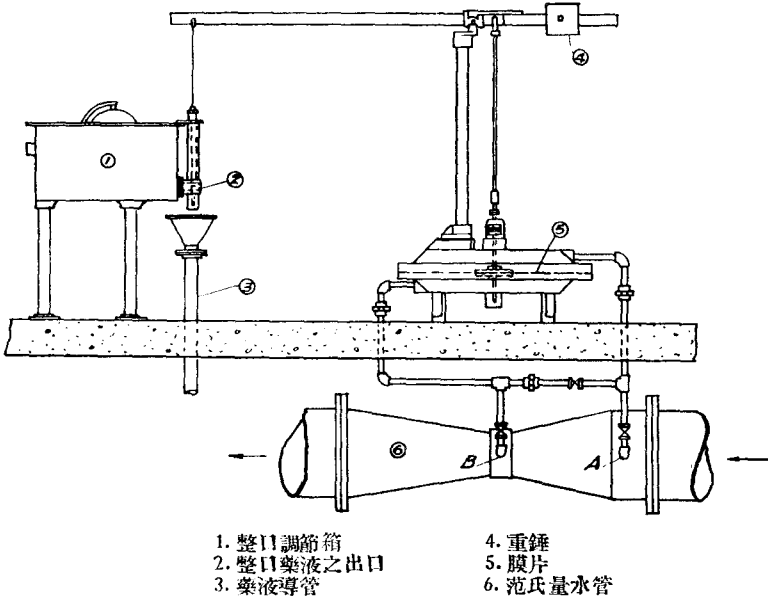
圖十 大量水消毒佈置圖

次加足藥液之消毒方法也。此法係將藥液直接投加於清水集水井內，其工作係當幫浦 (Pump) 開動吸水時，清水由清水井被抽而上，因抽吸力關係，盛於幫浦抽液箱內之藥液，亦同被抽引而上，賴幫浦轉動之翼子使水與消毒藥液，受到極湍激之衝擊，因是即獲得極充分之接觸與迅速

之混和，如砂濾池管理合法，則溷濁原水(Raw Water)內含有細菌數量，經過砂濾池過濾後，約可減少百分之九十九，故在清水集水井施加少量消毒藥液，立可將殘餘細菌百分之一，概行殲滅，蓋在清水內投加消毒藥液，其優點為過濾清水含有有機物質較原水大為減少而均勻，是以氯液消耗量減低而可達到消毒目的。次為氯液與有機物質所引起之惡味，亦可防止，此法幾被認為消毒上之無上經濟而最良者，深堪供公用給水廠所採用也。

前述之佈置，係使用藥液於清水集水井，清水與藥液由此經幫浦壓送，打入供水管網，供給用戶，法至簡捷，如輸水方法，係用重力式輸送制者，則消毒藥液投加地位，在砂濾池清水出口處或清水井之間，任擇一端均可。若要圖單純氯化法，效力更臻於安固起見，則可於砂濾池過濾之清水出口處，或清水池進口處，先施加消毒藥液，然後再於清水輸送幫浦之吸水方面，重加藥液一次，如是，即成所謂複式氯化法，較之單純氯化法，其效力更為增強，此亦屬維持水之安全性之一種保障。

自動控制藥液投加器，裝置於水之流量差率，在一日間有極大變動之處，亦頗有人採用，此係藥液之流率，隨水之流量，而自動控制其投加量，為用至便，惟構造略為複雜，圖十一即表示其組織，蓋此項器具之組織，乃范氏量水管(Venturi Meter Tube)與水管互相連接，當水流通過范氏量水管，因A B兩處口徑不同，而所發生壓力亦異，此遂使膜片隨管中水之流動或靜止而上下移動，假如水由范氏量水管通過，則A B兩處之壓力便生差異，即A處高而B處低，膜片致被迫向下移動，自



圖十一 自動藥液投加器之裝置

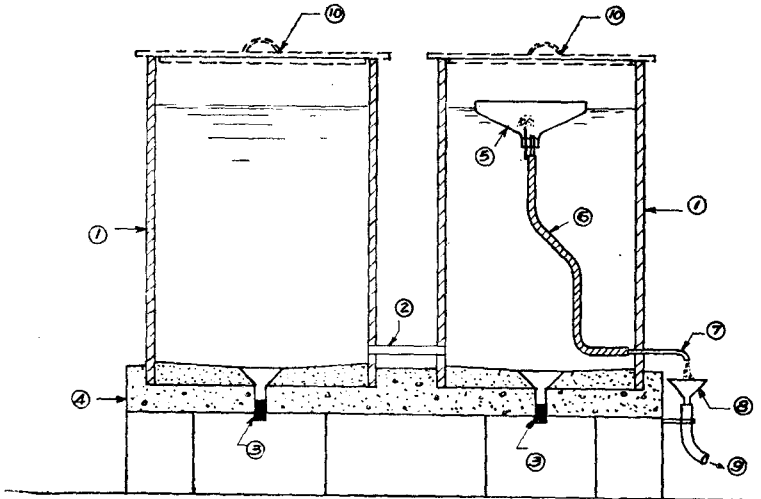
動配合活瓣，因槓桿作用而開啓，藥液於是自整口調節箱流入導液管，其藥液流量隨水壓為正比例，即水壓高水量大，整口調節器之口徑亦擴大，藥液流量亦增高，若范氏量水管中通過水流，一經停止，則膜片兩面壓力平衡，自動配合活瓣，立時恢復其原狀，整口調節器亦即關閉，以阻止藥液之流出。

**應注意事項** 如消毒藥液，係投加於離心幫浦之吸水管地位，則宜裝置幫浦抽藥箱（固定液位箱）於整口調節箱之下，以防止空氣竄入幫浦或吸水管，此為必要之設備，惟消毒藥液投加之地點，如為清水井，水堰或水溝之類（即藥液非投加於幫浦之吸水管地點），則藥液可由

整口調節箱直接導至水口，行使消毒，然藥液導管之噴射口，大概須浸入相當水面之下，如此，則不必有裝置幫浦抽藥箱之需要，此固須嚴加注意，以免愆事。

## 二. 少量水消毒佈置

本節所言者，包括小規模之自來水廠，醫院，學校，公寓，旅館或軍營，每日處理水量數萬至數十萬公升者，皆得作為少量水視之。水量既較大量水為小，則其消毒佈置，自必趨於簡便一途，而消毒設施，可如圖十二之佈置，即（1）水泥溝管（2）接連管（3）橡皮塞（4）水泥混凝土底座（5）陶器漏斗調節器（6）橡皮管（7）彎形玻璃導管（8）玻璃漏斗受器（9）橡皮藥液導管（10）木蓋。斯項裝置，係利用市上



- |        |       |           |        |        |
|--------|-------|-----------|--------|--------|
| 1.水泥溝管 | 3.橡皮塞 | 5.陶器漏斗調節器 | 7.玻璃管  | 9.橡皮導管 |
| 2.接連管  | 4.底座  | 6.橡皮管     | 8.藥液受器 | 10.木蓋  |

圖十二 少量水消毒佈置圖

之水泥溝管所製成，而此種溝管之尺寸，現在通常為高二英尺半至五呎，其口徑則小自六英寸大至四十八吋，各地易於購買，此與前節大量水消毒佈置，實有異曲同功之妙，而經濟則尤過之，矧藥液之調製，得在水泥溝管內製成，即溶化槽亦可省而不用，凡用藥量多者，則水泥溝管，不妨增至三個或四個以上，互相以接連管連絡之，至消毒藥液地點之選擇與投藥法，則前節所述方法，仍得應用，若夫單純氯化法與複式氯化法，亦可斟酌情形，同樣採用之。

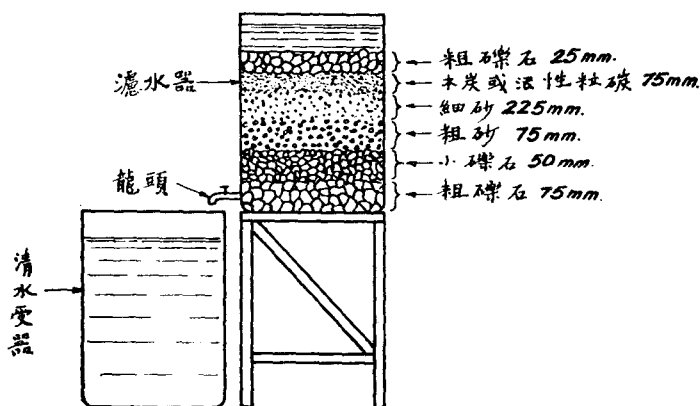
### 三. 家用水消毒佈置

我國城市之有新式自來水廠，并最近完工之濟南水廠在內，總數恰滿二十一，以偌大之國，而公用給水廠，僅僅此數，由此可知我國民衆，被撥而無緣享用清潔飲水者，實占絕大之多數，夫然，則家用水之消毒佈置尙矣。家用水之消毒設備，頗爲簡單，既已裝有自來水之家庭，遇水質發生玷污疑點時，亦未嘗不可利用，以作萬一之備，茲容擇其最實用者介紹於下：

(1) 斯項佈置須備一公尺左右高度之木架及濾水器各一，濾水器形式不拘，用木製圓桶或水缸均可，但宜於下方近底處，開一孔竅，裝上導管（竹管或生鐵彎管均可），管之出口用細密麻布紮緊，至於濾水器內，最下部鋪大粒石子一層，以適將導管掩沒爲度，次鋪小粒石子一層，又加粗砂一層，細砂一層，最後鋪木炭一層，並於其上鋪粗粒石子一層，藉爲鎮壓。而木炭砂石之總厚，約爲濾水器之四之三，例如濾水器深十尺者，則鋪置之濾料爲七尺半是也。此項濾水器之效率，全繫於濾料之

鋪置，即濾料鋪疊愈加深厚，結果愈形良好，若原水渾濁度尚不高者，濾料亦得採用淺薄之鋪置，但最低限度，務須依照圖十三所示之尺寸，不可過分減少。

過濾用之濾水器，在未置砂石以前，必須洗滌潔淨，即石子黃砂等，亦應用水洗清後，方可納入。裝置既竣，復另以受器置於平地，可緊靠濾水器龍頭之下（見圖），作為承受過濾清水之用（清水受器可用普通之水缸），凡雨水，井水，河水，塘水，如渾濁度高者，可先施加少許明

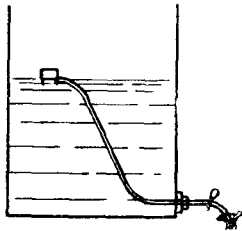


礬，以木棍亂攪，靜俟約三十分鐘，然後傾入濾器濾之，若原水渾濁度不高，即可直接倒入濾器，濁水經此器過濾後，水色便澄清，徐徐由導管滴入受器，俟受器滿後，乃用已製備之漂白粉藥液，依照水量之多寡，投入行使消毒，而藥液量之投入，如照規定量之分配者，須於投入藥液以後約半小時，始可飲用，但欲縮短時間，則可倍其藥量，當藥液投入水中，務須時時用棒盡力攪動，促其混和加速。此項消毒佈置，因濁水經過濾

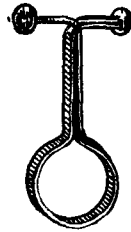


器澄清後，而始行使消毒，故名曰濾後消毒，然亦有人主張用漂粉藥液施加於未過濾前之濁水內，而後再傾入濾器濾之，此法在尋常家庭內，不甚相宜，蓋就消毒上而論，害多利少，但萬一必欲採用濾先消毒投藥法者，務必用沸水將濾器徹底沖洗一過，然後乃可傾入擬過濾之濁水，不然隨便傾入過濾，則此種消毒過濾之清水，仍難免帶有不少活的細菌，若即以此直接採作飲料或洗滌食具及食物之用，其危險蓋可知矣。

(2) 如欲省去濾器裝置，而冀得有同樣潔淨之水者。則可取相當大小之容器（木桶或水缸均可）代之，法先於容器之側面近底處，鑿一約三公分口徑（見圖十四）之小孔，即於此出口處配以橡皮塞，預在塞之中心鑽一小孔，孔中插一短玻璃管，口徑約一公分，在此用橡皮管接

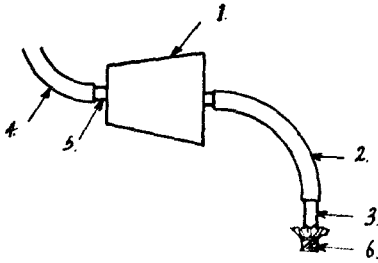


圖十四 軟木浮子之排水裝置



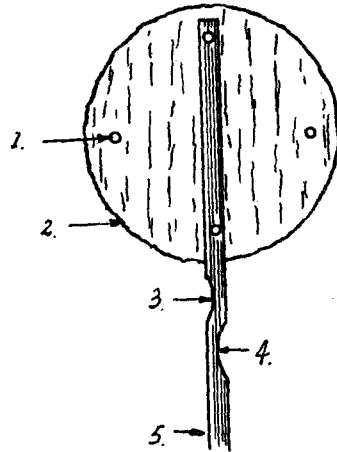
圖十五 橡皮管夾子

上，管長約十二公分，作為出口導管之用，然後復於導管之末端，加插玻璃管一小段，此末端之玻璃管上，再用細密洋紗或麻布一層，以線紮緊（見圖十六）如是乃在容器之內，配以適當之橡皮管，管之長度以能在水中自由上下活動為限，管之下端，緊接於出口之玻璃管上，一端則用五公分長之針，釘入直徑約八公分厚二公分之軟木塊上，針較軟木為長，故能穿出而露鋒穎，同時遂加釘兩針，使成等距離（見圖十七），於



1. 橡皮門塞
2. 橡皮管
3. 玻璃管
4. 橡皮管
5. 玻璃管
6. 精細洋紗

圖十六 橡皮門塞之接合

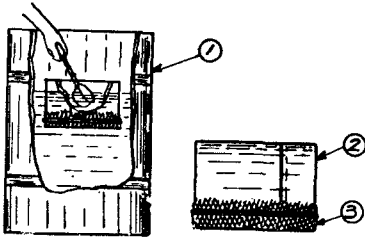


1. 針
2. 軟木
3. 吸水孔
4. 吸水孔
5. 橡皮管

圖十七 軟木浮子之組織

是此軟木塊隨水浮昇，清淨之水，即由橡皮管上之吸水孔，而滴入受器，如清液被吸至最低水平時，即站立於容器之底部，對於沉澱污物不致攪起，而免混入清潔之流水導管內焉。在應用此項裝置，則可將渾濁原水傾入容器，視水之渾濁度，酌量加入明礬與漂粉，惟使用量必較第1法約加重一倍，因渾濁關係，其吸收藥液力強也。（漂粉可臨時用低溫熱水溶化於器皿，并得將溶液與其渣滓一同傾入）加入之後，立用棒攪動約十分鐘，然後靜置三十分鐘左右之時間，混濁物徐徐向下沉澱，此時將橡皮管挾（見圖十五）釋放，則清水漸由橡皮管滴入受器中而可應用矣。

（3）此法（見圖十八）較前述兩者為簡易，容器僅用水缸或木桶，且無打孔鑽眼等之麻煩，祇須於使用之際，在容器之口，綑以粗麻布，如是凡過分渾濁之水，經過麻布，則粗大浮游物或昆蟲，概為其所阻留，俟



1.木桶 2.綑篩 3.精細洋紗

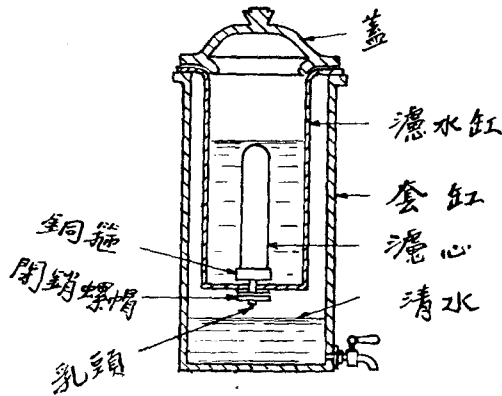
圖十八 綑篩汲水圖

水滿器，將麻布撤去，而再施加明礬與漂粉，其加法可參用上述第2法處理之，此二物不妨同時加入，加入後宜用竹杆木棒之類攪動約十分鐘，復靜置三十分鐘左右之時間，混濁物質大半逐漸下沉，此時乃以細密綑篩浸於液內，則純潔之水，即向上滲入，匯集於內，而可用杓挹取以應用矣。

(4) 滴濾濾水器(俗名家用沙濾缸)用於淨製少量清水，以供家庭之用者，現在頗見流行，此項濾水器之媒介為濾心(Filter Candle)，其材料係製自矽藻土(Kieselguhr)，或未上釉之陶土(Biscuit Porcelain)，然亦有用炭素製造者。濾心之形狀如竹筒，中空首圓，在排水之一端，用銅箍固封，並嵌有銅質乳頭，供洩水之用。

設於應用時，將擬潔治之渾水傾於濾水缸內，水便從缸之四周迫向濾心，此心質地疏鬆，具有極細密之孔隙，故清水乃得滲過濾心之壁，隨滴於下面之套缸，渾水中所有雜質垢污，概獲抑留於濾心之外表。凡牌號昭著與製造完善之濾心，除隔濾浮游物及固體物質外，且能隔濾病菌焉。

但市上現在發售之濾心，品質參次不齊，欲求一能完全隔濾浮游物與有形垢污，類能做到，惟欲求一絕對能隔濾病菌之濾心，殊不多觀，是以用滴濾濾水器過濾之清水，不得不再用藥劑消毒，以期安全。至消毒



圖十九 滴濾濾水器

之法，漂粉藥液可直接投於套缸內，或逕加於汲水之容器，經過充分之混和與規定之時間，方足以供冷飲及洗滌食物食器之用。

濾心經過數度使用之後，其表面常留有垢污，足以妨礙瀝水之通暢，故宜時用軟質刷子加以洗滌，以維濾心之清潔。惟當洗滌時，勿用肥皂或硬質刷子，尤不可沾油污。如使用日期稍久，恐細菌孳生於濾心中者，可將其浸於熱水中煮沸十數分鐘，煮後候冷，始可再用。有時濾心之孔隙，因遭微生物侵入之影響，水於通過濾心後，往往帶有腥味，此蓋由於微生物在濾心中繁殖，分泌味臭物質於水所致；倘將濾心煮沸，其味臭愈甚，滋為可厭，解除之術，宜將濾心浸於高濃度之漂白粉與硫酸銅之混合澄清溶液內約三小時（配合比例為硫酸銅一分對漂白粉四分），然後另用消氣劑如硫代硫酸鈉之類，將濾心中殘存之氣，予以中和，即不致復有腥味之發現焉。

#### 四. 井水消毒佈置

雨水降落地面，一部分瀉入江河，一部分則滲過地層組織，漸次降止於不透水之地層；水在此滯蓄而不他流，故成爲含水層，吾人用機器或人工鑿地層，及於含水層，即得井水之源，而井於是乎成焉。井水通常有淺井深井兩種，消毒佈置，因之不同，爰述於下：

1. 淺井水之消毒佈置 如用人工穿掘數公尺或十數公尺左右之井，是謂淺井，因得適宜之地層與優美之環境關係，淺井之水質，亦頗純潔，足以直接提供飲料之用，然大多數淺井之水源，係自地面上各種雜水滲入匯聚而成，實爲污水之尾閘，而非真正井水，故亦有稱之曰土井。此項土井之構造，類多粗陋，水質惡劣，而坐落於城市中者尤甚，蓋井口之位置，密邇房屋與通衢間，地面上之污物污水，不絕侵入，遂使此種水內，各種有機物質暨其他危害生命之毒菌，莫不畢具，而汲用之者，缺乏衛生智識，故往往易於感受各種疾病。今苟欲避免疾苦，則必於衛生之道嚴加注意始可，所謂衛生之道者，首應對於井之本身，不使有少許之漏痕，以免污水之滲入，對於井壁井欄井蓋之類，須時加檢驗，是否完好，遇有損壞或裂縫之際，立加修補，而廁所溝渠，尤應與井口有相當之隔離，此係防禦淺井過量受污之物理方法。同時更須實行化學的藥物消毒，作澈底之淨水處理，庶幾朝暮汲取而無害於吾人。

欲實施淺井消毒工作，須先測知井之深度，欲知井之深度，須備測度用之長繩，重錘（磚石鐵塊之類），量尺及玻璃量筒等，然後乃將重錘繫於繩之一端，緩緩垂入井中，既達於底部，則將繩取出，即就繩之浸

濕部分。用尺量其長度，立得井之實在深淺為若干，繼再以尺或繩量井口之直徑為若干，由此可測得井之總容積為若干。

(例) 今有井一口，其直徑為五百公厘，井之蓄水深度為六公尺，問井水容量為若干？

此可援用求圓柱體積公式演算即可求得如下：

$$\text{(公式)} \quad \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times 3.1416 \times h \times 1000 = \text{井水容量 (公升)}$$

1000.....因數 (公尺乘積化為公升)

3.1416.....圓周率

d .....井之直徑 (單位公尺)

h .....井水深度 (單位公尺)

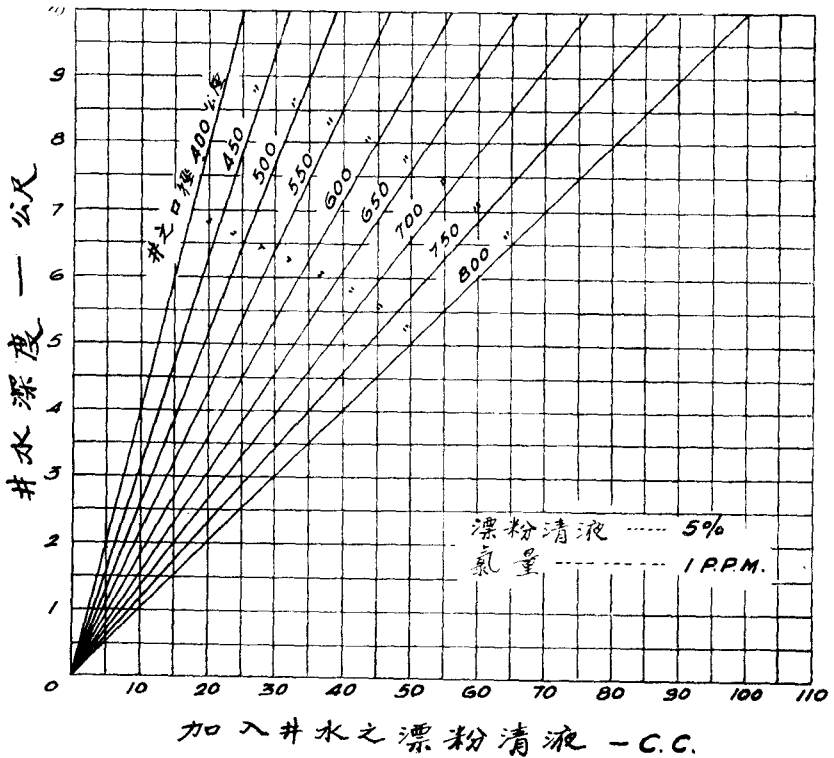
$$\text{(解答)} \quad \left(\frac{0.5}{2}\right)^2 \times 3.1416 \times 6 \times 1000 = 0.25 \times 0.25 \times 3.1416 \times 6 \times 1000 = 1178 \text{公升}$$

水量既明，則可施加預製之漂粉澄清溶液，用量筒投入井內，其投加量通常在 1P.P.M. 至 5P.P.M. 之間，惟不得少於 1P.P.M.，即等於每一百萬公升需要氯量為一公斤。

設加氯量為 2P.P.M.，則水量 1178 公升如乘以  $\frac{2}{1,000,000}$ ，其所得乘積 0.00236 公升，即為需要氯素之總量，亦即等於 2.36 立方公分 ( $.00236 \times 100 = 2.36$ )，此數約等於 5% 濃度漂粉溶液 47.20c.c. ( $2.36 \div 5\% = 47.20$ )。

藥量投入後，宜用長繩，繫以汲水吊桶，在井水中，上下振盪攪動十餘次，約經半小時之接觸後，即可汲用矣。

此種消毒法，大率每日分五次（上午七時十時下午一時四時七時之間），或每隔兩小時加入藥液，最宜於私人所置之井，確能收到相當淨水消毒之結果，若應用於公眾之井，除有專人看守外，則消毒管理上必遭不少之困難，蓋淺井水富含有機物與細菌，水質時常在變化中，藥液一經投入，類須滿足此項有機物氧化需要關係，所以氯液吸收量特強，一度加入之後，暫時可保水質之安全，惟消毒有效時間，僅二小時左右，如汲用水量少者，可以有效，若逾此時間，已消毒之水為所汲盡，或為地



圖二十 井水消毒加氯量

層滲加之雜水所沖淡，因而消毒藥液完全氧化而逃散，則細菌又已滋生充斥矣。所以講究衛生之家庭，每將所汲淺井水，採取家用水消毒之佈置，分別過濾及消毒，此在手續上似感煩瑣，然欲保淺井水之安全，固非此萬全之策不為功也。

2. 深井水消毒佈置 深井俗稱自流井，此種深井係開鑿地層三十公尺以上之深度，及於真正含水地層者，始得稱為深井，然亦有開鑿地層近三百公尺，方克獲得含純水源之地層者。故此項深井之深度，與普通開掘之淺井，迥不相侔。

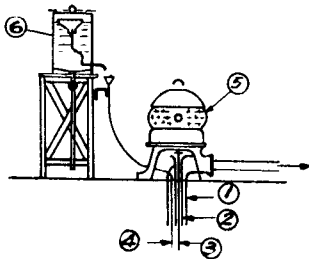
開鑿深井及於地下含水層，如為廣大之含水地層，則其含蓄量可取之不竭，用之不盡。我國各地，素視為最優良之水源，多數城市莫不有焉。最著者為北平之機井（深井），密佈於衝要地點，全城人民百分之七十，幾全恃深井水作為日常飲用之需，即上海一帶之房屋業主，年來亦多改鑿深井，藉以解決高昂自來水之水費問題。至採用深井水為自來水水源者，歐美各國，所在皆是，若我國青島與天津英租界之自來水供給，亦已多年仰給於深井，即在建造中之西安市自來水廠，亦已決定汲用深井水為水源。在目前自來水缺乏之城市，如開鑿合式深井，以供給公眾飲料，乃值得舉辦之事業，而為解決飲料最經濟之辦法也。

深井之水，自地下數十公尺至數百公尺取汲，故水質較淺井水或河水為清潔，即其化學成分，除硬度稍高外，其他成分，非常均勻，深堪為羣衆之飲料，惟深井水埋藏於嚴密之地層中，無絲毫雜污，倘井之構造，未臻完善，或開鑿不得其法，或地層組織於開鑿後，發生變遷（上海地質



因屬沖積層，變化尤劇），如有此因之一，外界之雜污，遂得乘隙侵入，以致井水不潔，此在汲用深井之用戶，固已數數遇之矣。是以吾儕對於深井水之消毒，亦不可漫不注意，即現在水質純淨尙未沾污者，亦不可不預爲防範，先事遏制之也。

消毒深井水之佈置，若井之深度，並不過甚者，吾人可將藥液導管引入於井之蓄水層內，至少其藥液噴射口近井之底部，而深井水式幫浦



- |         |         |
|---------|---------|
| 1.深井    | 4.藥液導管  |
| 2.幫浦排水管 | 5.深井幫浦  |
| 3.幫浦發動軸 | 6.消毒調節器 |

圖二十一 深井幫浦抽水制之消毒佈置

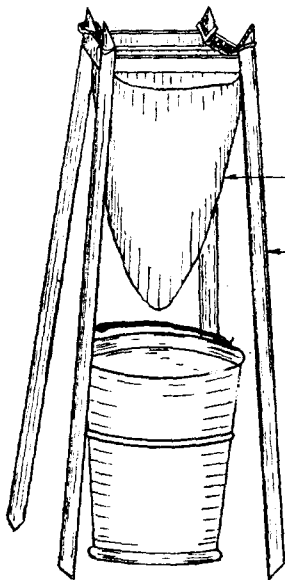
浦或離心式幫浦，可用吸水管吸上（見圖二十一），將其輸至蓄水箱，或直接將水壓送至用戶之供水管應用。此須視裝置情形而定，惟如用壓力式砂濾器（鐵砂濾缸）過濾手續者，其藥液應加入於砂濾器外之出水口相當地點，而水經過消毒後，再由此輸至蓄水箱等處。

若井之深度在一百公尺以上者，現在吸水方法，率採用氣壓機（Air Compressor）制，用空氣打入鐵管，先將水壓昇至地面，以達於築於地面或地下之蓄水箱，設清水之輸送爲重力式制（Gravity System）者，其消毒藥液勢必投加於幫浦之抽吸管處，此則宜參用圖二十二之佈置；即消毒藥液可在吸水管不斷爲幫浦之抽吸力所吸引，一同隨之混和於水中。倘清水之輸送係幫浦壓力制者，則高蓄水塔直可不用，消毒藥液宜投加於幫浦之吸水管中，因而水與藥液受到極澈底之拌和焉。



飲料之措施，不可不倍加注意；但野外給水之消毒，手續貴乎靈巧化，所有限於地方性之笨重裝置，概非所宜，一切用器，宜採活動式，以便搬移，茲請就處理方式，陳其一得。

1. 過濾 現所通用之野外淨水手續，類多分過濾與消毒，分別執行；即先將渾濁原水從河渠池沼或井泉汲至地面，使滲過濾水器，治成清淨，而後實行消毒也。倘水質過分渾濁者，僅僅行過濾法，每足削弱濾水器之功效，是以在未行過濾之前，宜於水中投以明礬（用量約為10 P.P.M.），先行混凝，使水中之生物垢污凝為膠狀體，然後再行過濾，如此不獨對於水中分子最渺小之物質，易於隔濾，且可使水之澄清結果，更為優良。



1. 氈呢濾水囊 2. 木架  
圖二十三 氈呢濾水器

最簡單之濾水器，如圖二十三所示，可用厚質氈呢縫成圓錐形之囊，緊垂於木棒支撐之架，以黃砂與木炭（或活性炭與棕櫚）為濾料，納諸囊中。取渾濁原水傾入過濾，則清水即涓滴不息，降於囊下之清水容器中，水中一切之浮游生物泥沙與固形物質，概得抑留。此種濾水器成本低廉，足以自製，如製作優越者，可及尋常砂濾器之效率百分之六十以上。

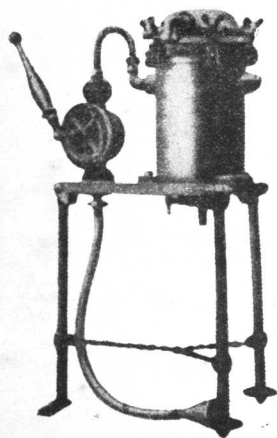
圖二十四（甲）係示利用濾心製成之輕便式濾水器，其結構乃濾水筒與抽水幫



圖二十四 (甲)

輕便野外濾水器

浦相連接，幫浦下端繫有橡皮吸水管（吸水端裝有隔濾器 Strainer），應用時以足踏住連於鐵柱之馬鐙，並置橡皮吸水管於河池井塘或水缸中，同時用手抽動幫浦之活塞桿柄，則水受吸引，立即為所吸上，當重將活塞桿向下壓擠時，水受壓力被迫奔入濾水筒，於是清潔之水乃由排水口潺潺噴出，此式之濾器，每分鐘約可濾清半公升之水量，型式小巧，便於攜帶，旅行之際，足供淨製少量水之需用。



圖二十四 (乙)  
輕便野外濾水器

圖二十四(乙)所示，為現在流行野外濾水器之一種，構造原理與圖二十四(甲)所示相同；有濾水筒，半旋轉式銅質幫浦（Semi-Rotary Brass Pump）及供抽水用之吸水橡皮管。濾水筒共設有大型濾心五枚，故出水量增加，每分鐘最高可達十公升，全器係支持於三腳鐵架之上，各部分皆可拆卸，即三腳架亦屬活動式，可以摺疊，故轉運靈便，絕不累贅，此種濾器在外國軍隊中，採用者甚夥。

2. 消毒 適於野外消毒用之調節器有二種：一為比例加藥式，一為定率加藥式。前者之設計，係利用鼓動之流水，自動依照水流之多寡，在有比例之下，將藥液餽給於擬消毒之水中，後者乃視吾人之需要，限制藥液，由整口細嘴，使在一定時間內，維持固定不變之餽藥率。論其優劣，各有所長，如比例式將加藥率規定，便能自行調節，故管理方面，至

爲省事；而定率式佈置簡單，雖每次執行消毒，須作較整手續，略略繁瑣，然處理野外給水，尤以行軍之際，事事着重簡單，故此式最切實用。

最經濟化之定率調節器，得用下列材料配合而成：

玻璃壘（容量二十公升）

木桶（容量十公升）

橡皮

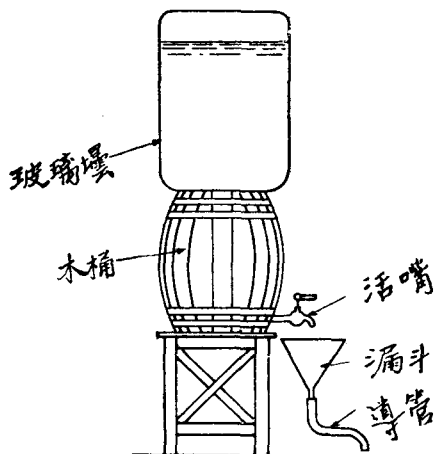
活嘴

玻璃漏斗

橡皮導管

配合之法，可先用鑿子在木桶之一端正中鑽一穴，繼用線條鋸具將穴鋸成100公厘對徑整圓形之孔竅（木桶製造材料最好選用櫟木 Oak），復在桶之側面近底鑽一小孔，乃將銅製活嘴裝上，另取五公厘厚薄二百公厘見方之橡皮一方，截成圓環（其內徑可與桶上之孔竅相同，外徑可截爲一百九十公厘），安置於孔竅四周，作爲填料；盛有藥液之玻璃壘，遂倒覆於橡皮環之上，玻璃壘之頸則伸入孔竅內，如是便製成細密完全之調節器械，其大概形狀如圖二十五之所示。倘藥液之投加點，係引向蓄水箱者，則可配以玻璃漏斗與橡皮導管等。

施用時，可參照第二章第三節中之表六所開列者，秤取25%漂粉4公斤，預用少量清水溶化，然後注入足量清水，使成爲含有5%濃度之氯液。倘用水量不多，爲便於控制餽藥之故，此已配成之5%氯液，宜儲存作爲母液，應用時，可另用同容量之玻璃壘一個，取母液100 c.c.，注入



圖二十五 野外消毒器

其中，仍用水稀釋，使全量化為 20 公升，而倒覆於桶上，即足供處理小量水之用；若餽氯率為 1 P.P.M.，並限制每分鐘滴漏量為 14 c.c.，則此罈所儲之稀淡藥液，足供一晝夜間連續投藥之用；若餽氯率為 2 P.P.M. 者，則此 20 公升之藥液，足以消毒 2500 公升之水料，餘可類推：

餽氯率 1 P.P.M. = 水量 1 公升

施用氯 1 公絲。

20 公升之 5% 濃度氯液 = 20 公升藥液中溶有氯 1 公斤。

20 公升之 5% 濃度氯液應可消毒水量 1,000,000 公升。

取 5% 濃度氯液 100 c.c.，再用水稀釋為 20,000 c.c. (20 公升)

= 0.025% 濃度氯液。

如規定每分鐘滴漏率為 14 c.c.，則 20,000 cc. 之 0.025% 氯液足供二

十四小時 (20,000 c.c. ÷ 1440 分鐘) 連續餽藥之用。

倘在野外用水量不高，上之佈置，直不需要，但採下述方法行之，大為簡易：即預用漂粉調成 2% 澄清氯液，儲於顏色玻璃瓶中，逢旅行或行軍時，攜帶在身，如有所需，乃用滴管吸取而滴之入水中，如此豈不至便捷哉。其投藥量大致正常之水料，每十個公升中宜滴加十滴 (或 0.5 c.c.)，即足盡消毒上之需要矣。若採用規定玻璃管裝 (或用安瓿 Ampoule

裝)，將新鮮漂粉密封於管內，臨時調用亦可，此於處理野外給水，亦頗流行，惟配製玻璃管時，含量概須規定一律；即一個玻璃管之藥量與欲消毒之水量，互合一定之標準，以便應用，譬如規定玻璃管中含有25%漂粉一公分，應用時將玻璃管擊破，傾於乳鉢中，加入微量之水而溶化之，復用水稀釋，乃移入於量筒中，使全量恰化為100c.c.，今如取此藥液20c.c.，即可消毒清水40公升，是則全量之藥液，可從容應付200公升之水量而猶有餘裕。

野外用水於消毒藥劑投入之後，亦須澈底加以攪拌，並充分之接觸時間，但至少不可短於半小時。欲圖時間縮短，例須增加藥劑之用量，惟藥劑用量過分增加，必產生氣味，此須用活性碳將水中含有過剩之氯濾除，或用硫代硫酸鈉，重亞硫酸鈉等藥品中和之。倘係使用硫代硫酸鈉，則須按照是藥7.5公分得以此中和氯1公分之比例（關於消氯化詳細敘述，見本書味臭祛除法章），然欲時間減縮而不加重氯之用量者，於氯液投入水時，同時復施催速劑如檸檬酸，二羥丁二酸（酒石酸），或醋酸等，僅用此項藥品之一，即可節省接觸時間，此種藥品，對於水味並不發生何種變化，設如施用氯量為1P.P.M.，同時輔之以3P.P.M.之檸檬酸，則接觸時間，可縮為五分鐘矣。

3. 游離氯之測驗 水於用漂粉消毒之後，如在100c.c.水樣中，經過細菌檢驗之結果，並不發見大腸菌屬，則可大胆言曰，水料已經過有效消毒之證明，可以安全飲之矣。但檢驗大腸菌，係屬地方性之工作，在野外舉行，深感困難，今幸有游離氯測驗之發明（見第五節），便利良多，



此法確能控制水之消毒，得在最短時間內，明悉消毒結果之是否完善，且以其在野外，更得盡量發揮其功用。

吾人若在規定接觸時間之後，按照本章第五節第三分目所述手續，檢驗水中之游離氯，如於試藥加入後，水中現出藍色者，水料表示已經加入有足量之消毒藥劑，不然，即可斷定水料已遭受極度之玷污，不可食用，必須再加相當藥量與經歷相當時間之混和，再度檢驗，俟發現藍色，方始妥善。

然檢驗水中之游離氯，亦可舍上法而以比色法爲之，比色法係以磷二甲基聯苯(Ortho-Tolidine)爲試劑，此法用慣之後，手續要較碘化澱粉法爲簡捷，舉行前，須備納氏比色管一個，滴管一個，0.1%磷二甲基聯苯試劑一小瓶。測驗之際，取比色管注滿擬檢查之水樣 100c.c.，就此水樣中滴入試劑 1c.c.，如水中存有游離氯，必在二分鐘內呈顯黃色，否則此水料即爲未曾經過有效的消毒處理之徵。凡水樣中顯現黃顏色時，可置白紙於比色管下，由上向下透視，如現淡黃色乃表示水中含有少量之游離氯，橙黃色所以示其有多量也。

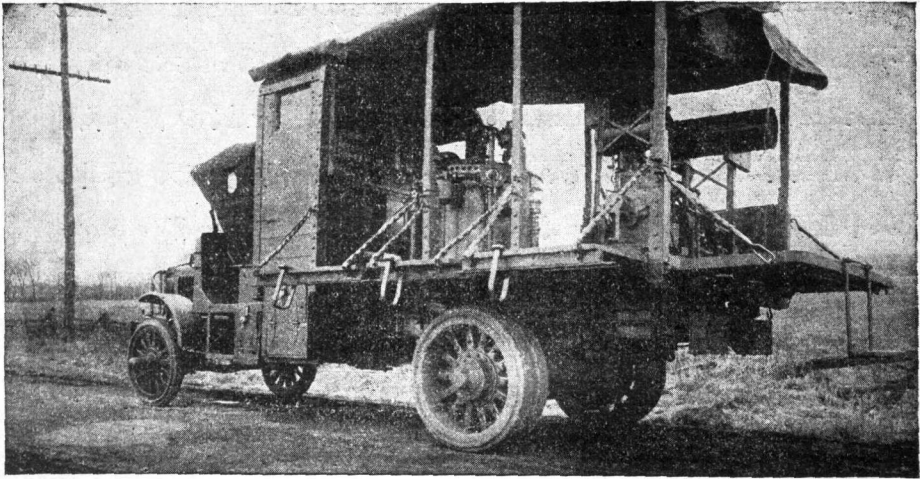
4. 軍用流動給水車 水在戰地，爲兵士之第二生命，其重要性殆與糧食相等，故各國於戰時，莫不注意之。當歐戰之頃，協約國在戰場上廣用漂粉消毒食水，其餽藥設備，係用三個圓桶，一個供調製薄漿之用，一個供配製稀淡溶液，一個則用以維持漂粉液位之不變，俾得將漂粉藥液，在固定餽藥率之下，源源投入水中，經過充分混和時間，與用碘化澱粉法以檢驗游離氯，檢定後，遂供兵士之用，同時更有流動化驗車至各淨水

消毒站抽取水樣，覆驗水料消毒後之細菌狀況，以輔助游離氯檢驗法之不逮，其於飲料上之認真保護，可謂無微不至矣！厥後戰場擴大，隊伍麇集，營壘密佈，用水浩繁，僅僅賴漂粉不足以供需要，於是新式流動軍用給水消毒車，乃於此時出現於疆場；此車之佈置，係利用一輛大型卡車，其中設置汽油引擎傳動之離心式抽水幫浦，范氏式凝聚器（Venturi Type Coagulator），鐵製混和沉澱缸，鐵製砂濾缸，液態氯消毒器，蓄水箱，供排水抽水用之橡皮管，與檢驗水質用之儀器，試藥及檢驗櫃檯等，蓋不啻將自來水廠之設備，全部彙集於四輪之上。凡道途平坦，車馬可通行者，此車皆得行駛，故能在頃刻間，將污濁原水製成安全飲料，俾二千餘萬之戰士，皆得享受，而不感恐慌。當時英美法三國軍隊皆採用之，即紅十字會在近東戰場進行救護工作者，亦多利用此車，因阿剌伯，土耳其，及巴爾幹各地，氣候酷熱，時疫猖獗故耳。

一車之出水量，胥視幫浦砂濾缸等之能量而定，在當時每車最大之出水量，每二十四小時為十萬加倫（450,000公升），最小量為二萬加倫（90,000公升）。此項給水車設備齊全，戰時開赴戰區服務，戰事結束，則用於軍營之內，妥速靈便，為活動自來水廠之基礎，實有保留價值，故外國陸軍中現已列為永久設備，不復廢棄矣。

### 第五節 漂粉用量之測定

一.概說 如將漂粉用於飲水消毒，欲知其有效之準確程度，首須測定該水質究應需若干藥量，即將應需藥量投入水中之後，其所發揮之



圖二十六 軍用流動給水車

藥性，恰能將水中所有一切病菌完全消滅至淨盡境界為度，至此，消毒任務始稱完備。水質既已純潔，凡飲用此項水料之人，自不致因是而感受疾病或發生他種危害矣，但水質隨地而異，即就任何一埠或某一城市論，不但地面水或地下水，各個水質截然不同，雖在同一區域以內，其一年四季中之水質，亦並不相同，甚至一日之內，亦常生極度之變化。試取上海黃浦江原水細菌變遷情形觀之（表八），即可窺見一斑，故欲決定某種水質，在某種環境時施行消毒，應適用若干藥量之準確方法，必須隨時舉行測定以規定之；換言之，凡負飲水消毒責任之人，應具有隨機應變之手腕與相當技術之素養，不時將供給於公眾之飲水，細加檢驗，以測其是否合乎消毒標準，如逢水質變劣或發生其他變化之時，尤須隨時校正其藥量，否則偶一疏忽，貽害至鉅，其可不審慎從事耶。茲為便於

表八 上海黃浦江原水一日間細菌之變遷情形

溫度29°C, 渾度 160 P.P.M.

日期	時間	用瓊脂培養基在 37°C. 培養所得之菌數
25年7月21日	上午九時	36,000
	上午十一時	30,000
	下午一時	16,000
	下午三時	25,000
	下午五時	43,000

採用漂粉消毒者管理水質起見，因將簡易測定方法，詳述於下。

二. 氯需要量測定法 漂粉中之氯質，係屬強氧化兼殺菌之藥劑，而尋常水質中，無不含有無機物質，有機物質與細菌。故如將漂粉投入於欲消毒之水中，其結果便發生氧化與殺菌之複式作用；此即依賴溶化於水中之氯質，以應付無機物質（包括硫化物，鐵質，錳質等）與有機物質（包括蛋白質，碳水化合物等）之氧化暨殺菌之需要，供其吸收，迨漂粉藥液被盡量吸收後，則水中所有病原細菌與普通非病原細菌，概被消滅。但藥劑之消耗，固非全用諸殺菌者，而大部份藥量殆供有機無機物質之吸收，故消毒功效之是否完善，胥視投加藥量是否已被此項物質吸收至飽和程度以爲斷，蓋有機無機等物，如未將其完全氧化，細菌仍有漏網之虞也。吾人利用此種特性，即可測定不論何種水質對於氯之需要量 (Chlorine Demand)，此項測驗法與用高錳酸鉀 ( $\text{KMnO}_4$ ) 之測

定耗氧量相同，然靈敏度則過之。

(甲) 試藥

1. 澱粉溶液 以澱粉二公分與冷蒸餾水調合，使成爲薄漿狀，然後傾入沸水200c.c.，並時加攪拌，俟溶液冷卻後，乃加三氯甲烷(Chloroform)數滴，如此，即可保存備用。

2. 碘化鉀 純淨粒晶形碘化鉀(KI)一小瓶(固體試藥)。

3. 0.1N 硫代硫酸鈉規定溶液 以 24.82公分純淨硫代硫酸鈉( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )，溶化於少量蒸餾水中，繼用蒸餾水稀釋全容量至1000c.c.，並加入穩定藥劑：碳酸銨1.5公分與三氯甲烷5c.c.，此即爲十分之一(0.1N)規定標準溶液。惟此項溶液之穩度，較之第二章第一節(六)有效氯檢驗法所用亞砷酸試藥爲遜，故宜常用下法，加以鑒定：

(a) 秤取碘酸合碘酸鉀( $\text{KIO}_3 \cdot \text{HIO}_3$ )3.25公分，溶化於少量蒸餾水，繼用蒸餾水稀釋全容量爲1000c.c.

(b) 取圓錐燒瓶一個，盛以100c.c. 蒸餾水，加入碘化鉀五公分，乃將瓶振盪，促其溶化。

(c) 取10%濃度淡硫酸10c.c. 與碘酸合碘酸鉀25 c.c.，加入於(b)溶液中，

(d) 將 0.1N 硫代硫酸鈉溶液，用滴定管緩緩滴入於上之試液，並用澱粉溶液作爲指示劑，迨滴定將告終了，試液應顯呈萎黃之草色。

(e) 滴定手續告畢後，可用如下之公式，以計算其實在之濃度：

$$\frac{\text{碘酸合碘酸鉀溶液施用c.c.數} \times 0.1}{\text{硫代硫酸鈉溶液施用c.c.數}} = \text{硫代硫酸鈉溶液鑒定濃度}$$

4. 0.025N 硫代硫酸鈉規定溶液 取0.1N 硫代硫酸鈉規定溶液 250c.c.，用蒸餾水釋淡為 1000c.c.，並加入三氯甲烷 5c.c.，此為 0.025N 硫代硫酸鈉規定溶液。

5. 不吸氣蒸餾水 注加適量液態氯或氯水於無氨蒸餾水（無氨蒸餾水，可取蒸餾水1000c.c. 混以濃硫酸2c.c. 覆蒸餾即得），務須使此水於滿足氯需要之外，含有 0.5P.P.M. 過剩之氯，繼加熱煮沸半小時，將氯蒸發散除，俟冷卻，乃可取用。

6. 氯水 每公升氯水，應含有氯一公分，此可取次氯酸鈉（NaClO）溶解於不吸氣蒸餾水而成，如取 3.5 % 濃度之次氯酸鈉 26c.c.，溶解於一公升不吸氣蒸餾水中，約可獲得此濃度之氯水，但其穩度不易保存，故須時常依照下法鑒定，俾便矯正：

- (a) 加入碘化鉀二公分於50c.c.蒸餾水中（盛器用圓錐燒瓶），繼加入冰醋酸2c.c.
- (b) 用移液管吸取擬檢驗之氯水5c.c.而加入於(a)試液。
- (c) 用0.025N 硫代硫酸鈉溶液，作為滴定劑，與澱粉溶液為滴定之指示劑。滴定後，隨用下之算式，以鑒定氯水中含有之有效氯量：

$$\underline{\text{滴加硫代硫酸鈉c.c.數} \times 0.1773 = \text{每1000c.c.中含氯之重量}}$$

7. 淡氯水 此可取上列(6) 氯水 100c.c., 用不吸氣蒸餾水稀釋為1000c.c. 即得。此水之濃度, 為一公升中, 含有氯量100公絲, 如取淡氯水1c.c., 加入於100c.c. 水樣, 此即相當於每箇公升容量水中, 投加1公絲之氯量, 亦即相等於1P.P.M. 之氯也。

(乙) 測定手續 用圓錐燒瓶一組約十個, 每瓶先以蒸餾水洗滌, 次以欲試驗之水, 覆洗一過, 然後用量筒量入水樣 100c.c. 於每個燒瓶內, 隨將瓶塞塞緊, 俟十個燒瓶水樣灌齊後, 乃照下述手續, 用移液管吸取淡氯水, 依次加入於每個水樣中:

第一瓶水樣投加0.25c.c. 淡氯水

第二瓶水樣投加0.50c.c. 淡氯水

第三瓶水樣投加0.75c.c. 淡氯水

第四瓶水樣投加1.00c.c. 淡氯水

第五瓶水樣投加1.25c.c. 淡氯水

第六瓶水樣投加1.50c.c. 淡氯水

第七瓶水樣投加1.75c.c. 淡氯水

第八瓶水樣投加2.00c.c. 淡氯水

第九瓶水樣投加2.25c.c. 淡氯水

第十瓶水樣投加2.50c.c. 淡氯水

經完全投入後, 仍將瓶塞塞緊, 防止空氣中氧氣之竄入, 並宜輕輕搖盪, 嗣即靜置半小時(此為容許水樣吸氯之規定時間), 迨半小時屆滿, 迅速施加固體試藥: 碘化鉀一小粒與澱粉溶液1c.c. 於

每個水樣，密塞搖盪之，此時須注意者，為水樣中顯呈之顏色，緣水樣中如有氯之存在，則試藥碘化鉀與之發生反應，氯與鉀相和合，而碘則被游離而出，立與澱粉起藍色之反應：



碘化鉀 氯 碘 氯化鉀

今如第一瓶至第五瓶五個水樣中加入之氯水，均被吸收而消失，不呈藍色，惟六瓶以下之五個水樣，皆呈藍色，則吾人即取首先發生藍色之水樣（即為第六個水樣），定為水之氯需要量，既知氯水濃度為一萬分之一，1c.c. 相等於 1P.P.M.，則  $1.5 \times 1 =$  即等於 1.5 P.P.M.；是即水之氯需要量也。

以上測定，如行之於水溫攝氏二十度及二十度以上時，其結果可以得心應手，至為靈驗，如行之於氣候寒冷與水溫降低時，則水之吸氯速度，不免因而減縮，設欲舉行測驗，勢必吸氯之接觸時間延長，容許水樣與氯水之相互作用，充分達於完全方佳，然欲完成此種測驗，時間上不免濡滯，為便捷計，凡欲檢驗水樣，溫度在二十度以下者，應將已加氯水後之水樣，全數浸入重溫鍋內，或用普通器皿，隔水溫之，並於十個盛水樣之燒瓶中，任擇一個，加插溫度計，藉知水溫之升降，水樣之溫度，宜在攝氏  $20^\circ$  與  $40^\circ$  之間，其接觸時間，亦須有半小時之久，然後取出，復照上法，加入試藥而測定之可也。若備有恆溫箱 (Incubator) 者，不論其定溫為攝氏二十度或三十七度，可假用此箱，作為加熱之媒介，因恆溫箱能使溫度有自



動調整之功，且前後一致，故測定結果，較為準確。

三、游離氯測定法（滴定法）按前節所述之方法，將消毒應用之漂粉藥劑需要量測定後，即根據結果，按照水質狀況，施加適量藥劑，即能消毒滅菌，但依消毒實驗觀察，消毒藥劑如係隨水之吸氣量率而投加，則投入之藥量，往往未必能將病菌盡行殲滅，而其一部份仍不免有漏網之虞，即水質確已治成潔淨而不帶絲毫病菌，但因通過給水管時，或以他種關係 恆有重遭污染之可能，凡此概予病菌潛行竄入之機會。要知水料業經消毒處理，若有活體病菌之存在，則飲用者仍有感受疾病之危險，故期杜絕此項情事之發生，唯一方法，對於消毒藥劑之投加量，必酌為加重，易言之，寧使投入之漂粉藥量於應付消毒滅菌之餘，略有過剩，俾剩餘藥量，得以遏止水中一應病菌之孳生，常保水質潔淨，以免其他變化，此項剩餘氯，留存於水中，屬游離性質，故名曰游離氯（Free Chlorine）或曰剩餘氯（Residual Chlorine），此游離氯存於水中，實為顯示水質已曾經過合法消毒之確證，蓋各種水料，如未將其本身需要之氯吸收飽滿，水中斷無游離氯存在（此指漂粉與水獲得充分接觸時間之後而言），故今凡採用漂粉或氯氣消毒之給水廠，對於游離氯之測驗，無不特別重視，亦因水質經用藥劑消毒在規定接觸時間內，僅須驗其有無適量游離氯存在，即可決定此項水質是否確實優良，此種決定，乃經無數消毒經驗，輔之以細菌檢驗，歷歷不爽，即各國消毒家，亦皆承認此為最簡便之水質檢定法，故現代衛生當局，僉以水中含有游離氯者，即視為水質之「安全因子」（Safety Factor）良有以也。

## (甲) 試藥

1. 碘化鉀 同上段(甲)2.
2. 澱粉溶液 同上段(甲)1.
3. 濃鹽酸 須化學純淨品質
4. 0.001N 硫代硫酸鈉規定溶液 此可取上段(甲)3之0.1N 規定溶液10c.c., 與用蒸餾水稀釋為1000c.c. 即得, 此溶液每箇c.c. 相當於0.03546公絲之氣量。

(乙) 測定手續 取200c.c. 水樣, 置於白瓷蒸發皿器中, 次加入固體碘化鉀一小粒與濃鹽酸1c.c., 用玻璃棒輕輕拌和, 然後將此水樣靜置五分鐘, 嗣再加入澱粉溶液1c.c., 此時如水中不存有游離氣, 當無顏色變化, 如有游離氣, 則立即顯呈藍色。若欲行定量測定游離氣之多寡, 可用滴定管滴加 0.001N 規定硫代硫酸鈉溶液, 徐徐滴入水樣, 至水中藍色褪盡而中止, 至是乃用下列計算公式, 可求得游離氣之總量為若干:

$$\underline{0.001N \text{ 硫代硫酸鈉滴定量用 c.c. 數} \times 0.1773 = \text{游離氣 P.P.M.}}$$

近年來一般應用比色法於游離氣檢驗工作者, 頗為風行, 此係取隣二甲基聯苯為比色試劑, 雖發明於茲, 年數無多, 顧以優越之故, 已有漸取本法而代之勢, 讀者欲知其詳細, 請參閱第三章第二節第四分目之比色法。

四. 投藥量之大概 對於水之吸氣量測定, 如精密執行, 實足指示任何水質應需藥劑之數量, 緣水質之遭污染極深者, 內含微菌及有機物

質必多，故吸氣量亦必高，惟其如此，故水質之優良者，則吸氣量當然減少，其相互關係之密切，殆極明顯，此項測驗堪作事前施加藥劑之準繩。

表九 漂粉溶液投加量對照表

處理水量(公升)		每分鐘加於水中應用之溶液量 (根據加氣量1P.P.M.計算)				
每二十四小時	每分鐘	1%濃度	2%濃度	3%濃度	4%濃度	5%濃度
		c.c.	c.c.	c.c.	c.c.	c.c.
1,000,000	694	69.40	34.70	23.10	17.40	13.90
1,500,000	1,042	104.20	52.10	34.70	36.00	20.80
2,000,000	1,389	138.90	69.40	46.30	34.70	27.80
2,500,000	1,736	173.60	86.80	57.90	43.40	34.70
3,000,000	2,083	208.30	104.20	69.40	52.10	41.60
4,000,000	2,778	277.80	138.90	92.60	69.40	55.60
5,000,000	3,472	347.20	173.60	115.70	86.80	69.40
7,500,000	5,208	520.80	260.40	173.60	130.20	104.20
10,000,000	6,944	694.40	347.20	231.50	173.60	138.90

試取某種過濾清水，經用氣需要量測驗，因知每一百萬公升水中，共需要吸收氣量半公斤，如採用漂粉，則半公斤之氣，即等於 25% 有效氯之漂粉二公斤。苟欲求消毒穩妥安全，必需額外增加「安全因子」氣量半公斤（合 25% 有效氯漂粉二公斤），應需漂粉藥劑即共為四公斤，其用藥量與水之比例，適為氯一份與水一百萬份（氯一公斤：水1,000,000公升），若此項水料之消毒手續，確皆合乎科學格式，則水中投加藥

劑後，經過半小時以上之混合與接觸時間（冬天河水水溫降低，約需二小時以上），即可供給用戶飲用，然逢夏季水量消耗激增之候，供應尚虞不及，自不能如平時以待水中藥劑之從容混和，至此惟有採用增加投藥量之一法，蓋將已經測定之應當需用藥量，增加一倍施用之是也。例如原先測定之氯需要量為0.5 P.P.M.，今加增一倍，其所需藥量為1 P.P.M.，復另加「安全因子」氯 0.5 P.P.M.，其總數為1.5 P.P.M.（合25%有效氯漂粉六公斤），於是即可使接觸時間縮短一半（注意在此種情況之下，水與投入之漂粉藥劑，必須充分攪拌與調和，否則所投藥劑難於奏效），惟水中投入藥劑後，經相當攪拌與調和及長時間之接觸，則漂粉藥劑，祇求其能維持原數四公斤已足，可無庸增加其用量矣。

現在通常採用藥量，大率每一百萬公升過濾清水中，用氯量0.5—1.0公斤（合25%有效氯漂粉二公斤至四公斤），如同一數量之原水（渾水），則用氯量增為1—2公斤（合25%有效氯漂粉4公斤至8公斤），倘係相等之泉水或深井水，則用氯量為0.25至0.50公斤（合25%有效氯漂粉1公斤至2公斤），此種用藥分量，乃指水源水質，兩俱優良而言。所舉各例，亦僅揭示投藥量之大概，惟就拙見觀之，最合理之藥量判定法，以根據下列公式為宜：

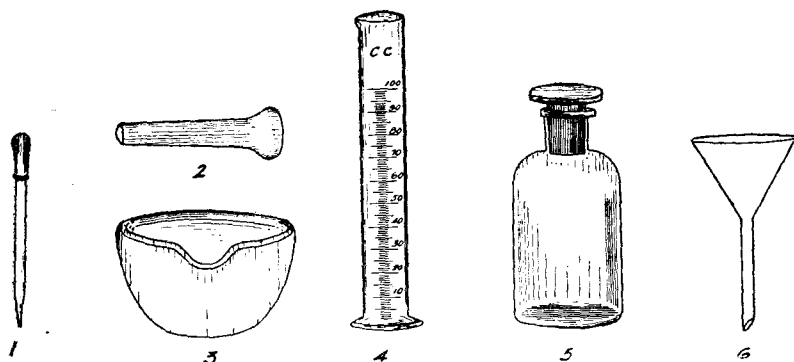
$$\text{氯需要量} + 0.5 \text{ P.P.M. 安全因子氯量} = \text{水之消毒用藥量}$$

至「安全因子」所用氯量 0.5 P.P.M.，係屬最高之規定量，但視水質之良窳，亦得酌量增減，然是否可以減低，必取決於消毒最末一步之結果，即水質既經規定時間接觸，行將輸送與公眾飲用之前，如有游離

氯存於水中（其量不妨暫取0.25P.P.M.作為標準），而不低於0.25P.P.M.為標準，臨測驗時，如發現游離氯超過0.25P.P.M.以上，同時又不覺有漂粉氣味者，則藥劑用量，可勿減低，倘藥味過濃，飲用而感不快者，始可將「安全因子」用氯量減低至0.25P.P.M.，然仍以不犧牲水質為標準。某一種水質，終非加重用藥量不能治成潔淨者，在此種重藥量之下，雖經過相當接觸時間，而游離氯之量仍高，游離氯之量既高，在飲用時而藥味必重，欲水質不帶藥味而又可口者，吾人惟有採用消氯化（De-Chlorination）之方法，先將水中藥味祛除，然後再行汲用也。關於祛除氣味之方法與手續，請參閱第六章味臭祛除法。

五. 家用水之消毒控制 家用水或小量水之用戶，其水之消費量類皆不巨，在家庭中能備置精密之量器，則秤量藥物，當可感到不少之便利，若不能備置者，不妨酌購簡易量器。惟最低限度，須備置圖二十七所示之玻璃用器，因此為消毒上便於控制所必需也（圖二十七所示之玻璃用器，儀器商店，西藥房均有出售，其價總計不足三元）。至應用之漂粉，可向工業原料號購買，但宜注意者，品質須擇新鮮。購時可將瓶塞開啓，嗅之而氯氣濃烈衝鼻者，即為質地新鮮之徵，否則乃係宿貨，不宜購用。

為便於應用起見，漂粉可製為稀淡溶液，今假定擬配製2%濃度之氯素溶液 1000 c.c.，簡陋之法，可用玻璃量筒（或量杯）以代天秤，將25%有效氯之漂粉傾入量筒內，計量時用竹箸搗之充實，以至60 c.c. 線位齊平為止，然後用清水溶化，稀釋全量為1000c.c.，俟藥液澄清，乃取清液過入細口瓶（顏色），此即為2%氯溶液，可儲藏備用。



- |        |          |        |
|--------|----------|--------|
| 1. 滴 管 | 2. 杵     | 3. 乳 鉢 |
| 4. 量 筒 | 5. 細 口 瓶 | 6. 漏 斗 |

圖二十七 消毒用之玻璃器具

上之漂粉藥液，若儲藏稍久，含氯成分往往不免減弱，影響於消毒結果匪淺，倘欲耐久儲藏，不遭損失者，宜於配製2%溶液時，酌將碳酸鈉(潔鹼)混和於漂粉溶液中，作為安定劑，其加入之量，約為每100c.c.用5公分。自己配製此種漂粉藥液，若嫌煩瑣不便，或恐手續簡陋而不合標準者，可向配西藥之藥房倩其代為配製，則所需要之漂粉濃度，必可獲得準確矣。

漂粉中之氯素，消毒力旺盛，每百萬分正常之水，僅需25%漂粉四分，即足應付消毒之用，故藥量極小，在管理方面，處理大量水似較處理小量水為便利。但恐處理小量水發生手續不周，或投藥量錯誤情事，為安全起見，在執行小量水消毒時，採用漂粉之藥量，寧可過量，勿使短缺。現在德國用氯素消毒水料，亦主張施用高氯量，此確為策進水質穩妥之辦法。其最小之投氯率，宜規定不得低於1P.P.M. 如水量為10公升

者，可施用2%氯濃度之藥液十滴(合0.5c.c.)，惟最高以施用10P.P.M.爲限度(此需要用2%濃度之氯溶液5c.c.，餘類推)。或採用直接法消毒，即臨應用時，將漂粉加些許之水於溶化後，迅速傾入擬處理之水中是也。其用藥之比例，如爲3P.P.M.者，可用銅質茶匙撮取漂粉半茶匙(重量約等於 $1\frac{1}{2}$ 公分)。則此全量之漂粉，約可消毒125公升之水料。在另節所言水於消毒之後，應有相當攪拌與充分之接觸時間，於處理小量家用水亦須同樣執行，俾得增高消毒上之功效。

欲辨知水於消毒後之衛生狀況，與究竟水質是否優良而合於食用，則惟有取決於游離氯之測驗法；此項測驗手續，可依照本節第三分目所列之方法爲之。欲更求簡便，以適合於家庭之採用者可參照下法執行之：

取已消毒之水100c.c.，置於白磁茶杯內，次乃投入碘化鉀一小粒與1%澱粉溶液十滴(1%澱粉溶液可用茶匙量取菱粉約 $\frac{1}{4}$ 茶匙，溶化於茶杯中，調成糜狀，而後再用蒸餾水稀釋爲100c.c.，並用火隔水煮熟即得)，如見有深藍色之反應，即爲水料已成優良之表示，可供食用。若無藍色者，則必水質玷污嚴重，或投藥不足，二者必居其一，此項水料不可食用，便非再加入相當藥量消毒，與再經過充裕接觸之時間不可。總之無論如何，必須游離氯之檢驗認爲滿意者，方可汲用。

不用藥品而利用吾人之味官，亦可將游離氯檢出者，此在法國甚爲流行。該國巴黎市之工業廠家與大旅館現多僱有味官最發達之工人，專司嘗試所用之水料，如辨出水中帶有過多游離氯時，即採用中和藥劑，加入水中，將其消除。蓋氣味重者，吾人之嗅官能辨之，氣味輕者，易以

味官辨之，此爲天賦之技能，今法人既有以此專其業者，吾人何莫不可效法也。

水中若發見微量之游離氯，對於食用上並無若何之妨礙，儘可放心飲用（作者數常飲用帶有5P.P.M. 高量游離氯之清水，健康上毫不感有何種之損害），若帶有高量之游離氯，不習慣於食用者，可依照野外給水之消毒法，施用硫代硫酸鈉以中和之，倘水料於施行中和消氯後，一時不能用罄而須儲藏若干時者，爲衛生安全着想，與防止中途玷污之發生，則可採用氫氧化銨水(Aqua Ammonia) 爲中和藥劑，此水中之氯與銨水中和結合之後，則必產生第二種之化合消毒藥劑（參閱第四章氮氣消毒法），消毒功效，反而增強，一舉兩得，深堪採用。至其消除氯之藥量，爲中和氯素重量一公分，用比重 0.88 之氫氧化銨水三公分而已。

六. 漂粉殺菌力之比較 來德勒與伯西孟 (Lederer & Bachmann) 二氏曾實地做過各種病菌抵抗漂粉藥劑之比較試驗，並發表如下之比較（見表十），所列結果，頗饒興趣，表中所列細菌，皆屬主要腸胃病菌，除變異形桿菌在衛生上並不具有十分價值外，其他任何病菌，凡用漂粉之氯量至 0.5P.P.M.，經過一刻鐘之接觸後，無不盡遭殲滅者，漂粉藥力之功效，於此可想見矣。

當民國十五年之夏，上海時疫熾盛之際，醫師朱仰高君嘗用漂粉藥劑（用量約等於2P.P.M.有效氯）消毒，以污濁著名每c.c.水中含有病菌兩百萬個之蘇州河水，將漂粉加入水中，經過二十小時之接觸時間後，朱君重加檢驗，則繁夥之病菌，概遭殺滅，纖屑靡遺，以如此污濁惡



劣之水質，而漂粉威力卒能將其含有之病菌，全數肅清，則其功效之偉大，實足令人咋舌。如上所述，用漂粉消毒而能處理合法，可獲美滿之結果。凡非芽胞式之細菌與腸原病菌，若大腸菌，傷寒菌，霍亂菌，腸炎菌等，對於漂粉皆無抵抗能力，是以易為藥力所殺滅。祇芽胞式之桿菌，因外層有厚密之胞膜質保護，雖在極高熱之沸水中，猶能抵抗數分鐘之久，自非漂粉稀淡溶液所能消除，其他若動物性之水虫，吐虫，變形虫等，亦不為漂粉藥劑所傷害，幸胞細芽式菌與虫類，皆不能透過砂濾池，故在實施消毒前，早被阻留於砂池表面，將其隔濾。此即顯示漂粉具有殺菌之選釋作用，能殺病菌而無害於人類與動物之明證也。

表十 漂粉殺菌效率百分數

(接觸時間十五分鐘)

每c.c. 水中 含有細菌數	160,000	9,500	3,000	8,000	180,000	180,000	500
氯量 P.P.M.	陰滯桿菌	鹼性糞桿菌	副型傷寒菌	變異形桿菌	腸炎菌	產氣乳桿菌	霍亂菌
0.1	—	99.98	—	27.30	—	—	—
0.2	99.69	99.99	99.97	45.50	99.83	99.17	95.80
0.3	99.75	100.00	100.00	63.70	99.98	99.98	100.00
0.5	100.00	—	—	72.70	100.00	100.00	—
0.7	—	—	—	63.70	—	—	—
1.0	—	—	—	63.70	—	—	—
3.0	—	—	—	90.90	—	—	—
5.0	—	—	—	90.90	—	—	—

## 第三章 液態氯消毒法

### 第一節 液態氯之應用

一。施用液態氯之起原 自北美一帶給水廠盛用漂粉而成效大著之後，於是有人起而倡導用液態氯以代漂粉者，其理由謂漂粉係用氯與熟石灰製成之化合物，消毒上水之功效，賴氯之釋出為主力，如直接取用氯氣以行消毒，非惟省事，且可增加氯之效率。此說也視之似屬匪艱，而實行之，即多困難之點。當1910年有美國軍醫隊陸軍少校達納爾 (Major C. R. Darnall) 者，始作液態氯試驗於媽亞炮台 (Fort Myer)，氏係取盛於鐵筒之氯素，用管連接於幾費心血製成之自動減壓瓣，氯由此通過，其流量之速率變為低下，氯量便可獲得調節，以應付水量之增減。試驗方法乃將氯氣導至甫用明礬處理之上水，氯與水即在混和管處互相混和，結果甚為美滿，是為用氯素代替漂粉實驗成功之第一人。

1912年六月，復有歐斯坦氏 (Ornstein) 踵起研究，其用液態氯素以消毒上水與下水，餽氯方法與前者略異，蓋氏將氯氣在加氯器內先化於少量清水，造成氯之溶液，然後以之加入於擬加處理之水中，試驗結果，亦頗良好。

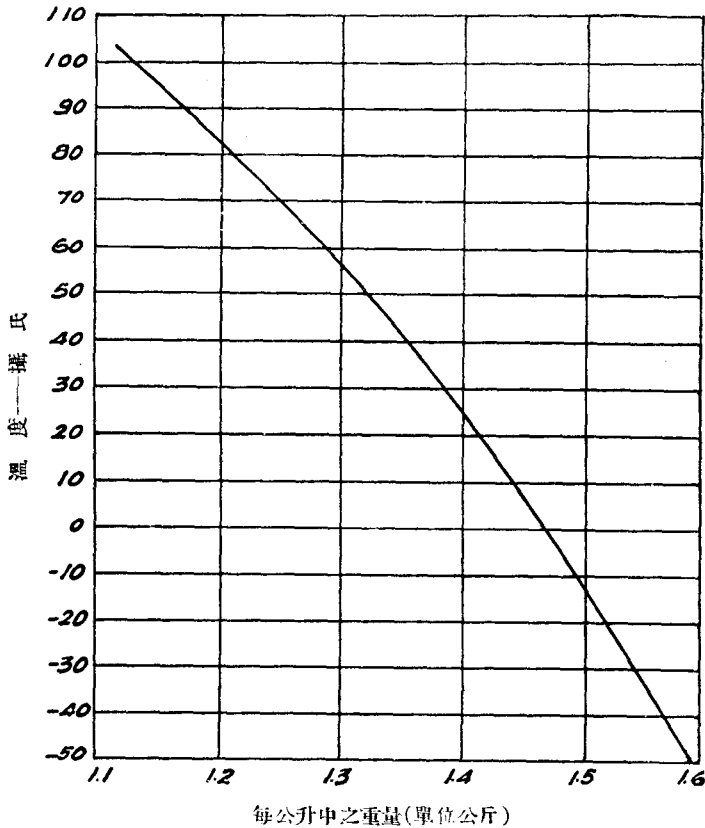
實驗液態氯消毒，既告成功，遂引起給水廠之注意，同年七月，美

國西區紐約給水公司之尼加拉瀑布給水廠即正式用液態氯以行消毒；1913年一月，惠明敦(Wilmington)水廠繼之。顧此時用器粗陋，構造未臻完善，缺點尚多，故全世界用液態氯者，祇此兩家而已。具有遠見之發明家鑒於應用氯氣消毒上水之發展，大有希望，積極加以研究，於是逐漸改良，推陳出新，在1913年冬季卒造成優良之氯氣餽給器，出而問世，因之用液態氯消毒之給水廠，遂漸增加，至1915年美國用液態氯消毒水量，激增至每日十萬萬美制加倫，迨乎1917年，已增至三十五萬萬美制加倫。大戰告畢後，此法傳播更廣，自西徂東，實已遍佈五大洲矣。至其傳入我國，則當民國九年，上海外商水廠首先採用，而我國水廠，多數在民國十五年霍亂疫勢告絕後，始有人向海外購辦加氯器。夫液態氯應用於上水消毒之發展，雖為輓近之事，然其裨益於衛生者，固已成效卓著，而吾人類之食其惠賜，良匪淺渺。

二。液態氯之來源 當食鹽鹽滷在電解槽電解甫產生濃厚之氯氣時，若不使之與熟石灰接觸以製造漂粉，乃用壓縮機壓縮，逼其通過凝縮器，將氯氣中所含水分與氯化氫預先在凝縮器中處理除去，繼續又將清淨氯氣通過硫酸乾燥塔，除盡水分後，再經過冷卻，與用幫浦施加以1.5氣壓之壓力壓縮方法，約在零下攝氏十度左右，乾燥氯氣即便液化，視需要之大小，然後分別灌於100磅(45.36公斤)，150磅(68公斤)，或一噸鋼製圓筒或十五噸之貯氯櫃車(Car Load)。此為現代大量液態氯製取之通用方法。

氯與燒鹼，為食鹽之產物，如用電解法製取燒鹼，同時必附帶有氯

之生產，在歐戰以前，燒鹼在市場上視為最有實用之化學原料，氯則一向被視為燒鹼之副產品，蓋祇限於製造漂白粉等用，故屈居於次要地位。但近年來情形已為之一變，歐美各國市場供過於求，銷納成為問題，化工業中要求祇產氯氣不產燒鹼之呼聲，亦應時而起。化學家對此凝思焦慮苦加研究，至於現在，竟已有人發明能用硝酸處理鹽鹵，得有單獨

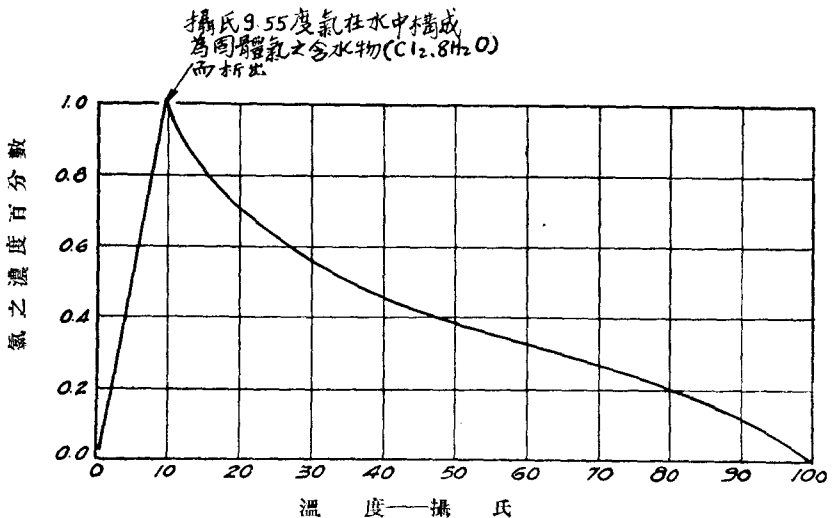


圖二十八 液態氯之重量

氯氣之產生，從此製造氯之製法，日形進步，氯之來源，日益豐富，是現代氯工業之革命，深堪欣慰者也。

三。液態氯之性狀 液態氯為黃色油狀液體，在攝氏零度時對於水之比重為1.4405，其氣態氯與空氣比重為2.491，在十五度時即有5.8大氣氣壓，是以氣態氯易於液化，冷至攝氏零下33.60度，則凝為液體，更冷至攝氏零下120度，則結為固體，每個體積之液態氯，在零度與760公釐氣壓時，相等於460體積之氣態氯，氯之蒸發潛熱為3.5卡路里，在攝氏145度以下，液態氯如盛於有氣壓之容器內，可以保持其液態。

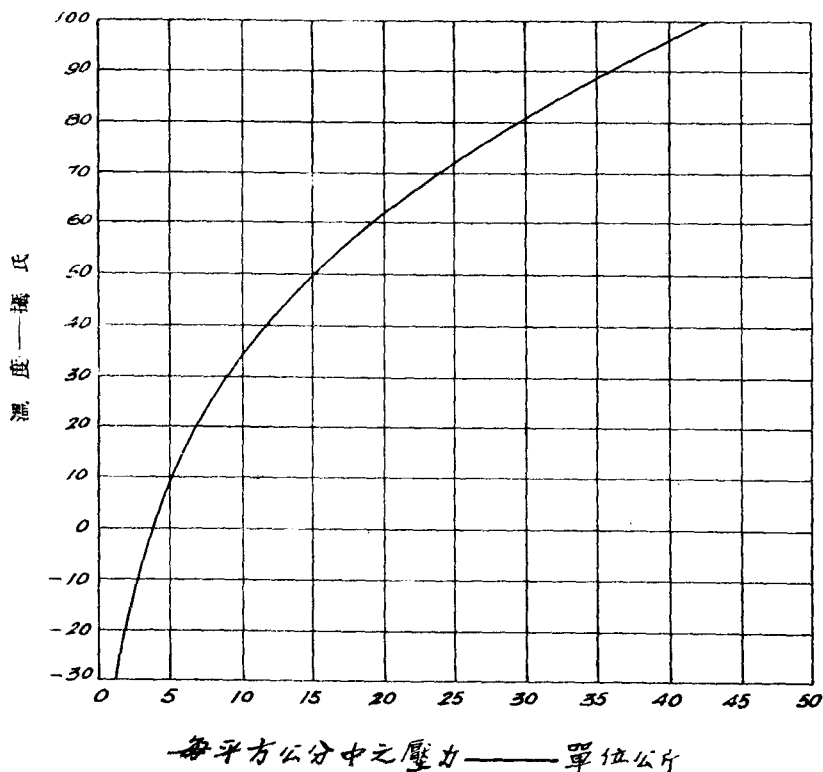
液態氯重量之變化，與溫度成反逆（見圖二十八），其重量之減縮，每公升自1.467公斤（零度）迄1.102公斤（百度），此係由於液體隨溫度高昇而膨脹所致。惟氯之溶解度則與此反對（見圖二十九），蓋在



圖二十九 氯之溶解度

零度時，每百萬公升水中，可溶氯7203公升，若在百度時，祇能容2881公升而已。

盛於鋼製容器內之液態氯，其所產生之壓力，隨容器外面之溫度為轉移，當炎暑之日，其壓力最高，每平方公分可至10.5公斤(合每平方英吋有150磅)，在嚴寒之時，其氣壓每平方公分往往僅有2.8公斤(合每平方英吋為40磅)，圖三十示氯氣壓之曲綫變化，此係表示液態氯盛於



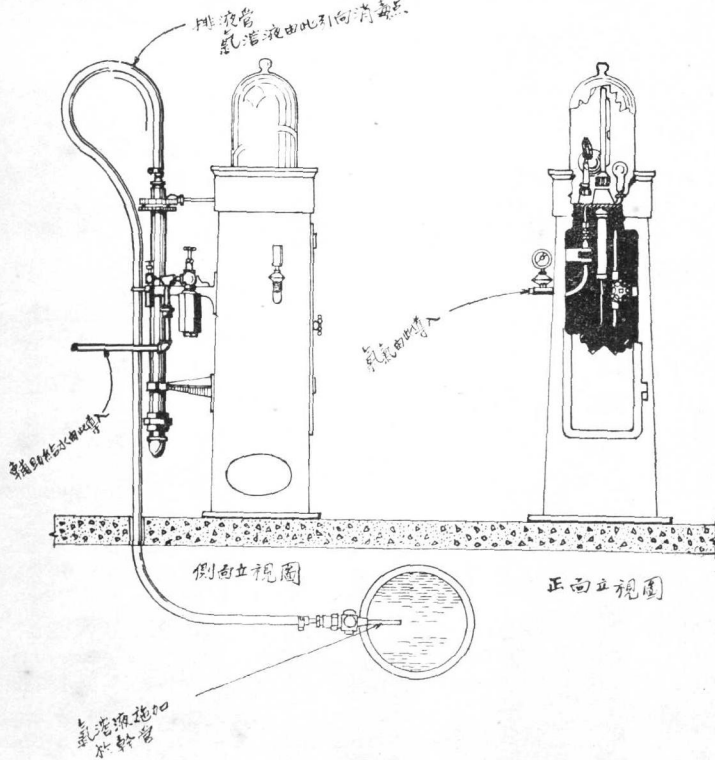
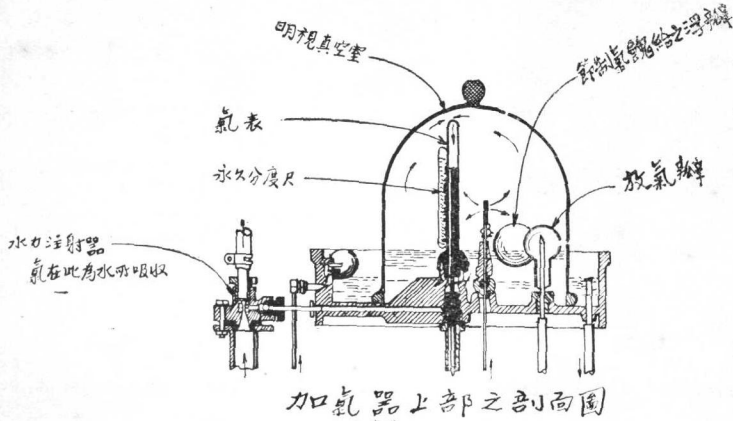
圖三十 氯之氣壓

鋼筒內部，在各種溫度時所發生之氣壓（此處所謂溫度者，指鋼筒內液態氯之溫度而言）。

四。加氯器之功用 液態氯之蒸發率，因受制於容器內氯之容量與容器外之大氣溫度，多寡靡定，蓋鋼筒之容器，如貯氯充足與溫度適當，其蒸發率必高而速，反之，容量減少，氯之氯化速度，變成緩慢，其蒸發率亦隨之降低，但取圖三十觀之，以同體積之液態氯，在定壓之下，其於低溫時所產生之氣壓與高溫時所產生者，比較之下，變化亦大，高低之懸殊，直有數倍之鉅。夫氯與飲水消毒，最貴有精密準確之餽藥量，若施用時，氯之流量發生忽疾忽緩劇烈之變化，則不但失却餽藥之標準而流於錯誤，即消毒結果，亦易於釀成紊亂無序之狀態，是實為消毒工作上所大忌，欲免此弊，則加氯器（Chlorinator）之利用，遽為施用液態氯之要器焉。

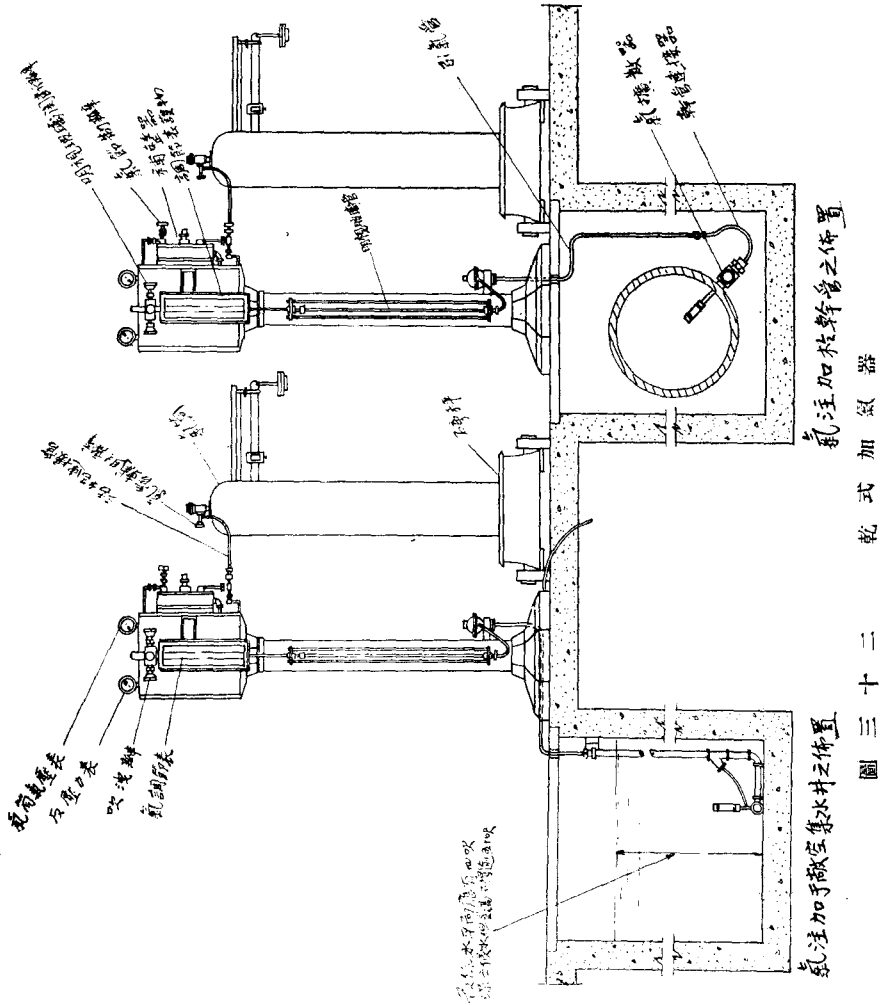
加氯器為統制氯氣流量而設計，其功用可得而言者，為（一）減低氯之氣壓（二）維持氯之蒸發率之均衡（三）調整氯之餽藥量。此器主要功用，能置氯於低壓力之下，不論氯之容量高至數十立方公尺或低至二公升，用此器餽氯，其產生之氯氣壓力，乃可退低而維持均衡，氣壓可始終一律，壓力既能調整，進即可以維持氯之蒸發常率與支配餽藥方法，故以此器施用於消毒，不但上述之氯之劇烈變化，可獲得控制，即其他困難諸點，亦連帶為之迎刃而解矣。

五。濕式餽給與乾式餽給 加氯器大別之，可分為二種：曰濕式餽給（Wet Feed），曰乾式餽給（Dry Feed）；前者先溶氯氣於少量水中，



圖三十一 濕式加氣器(半自動式)



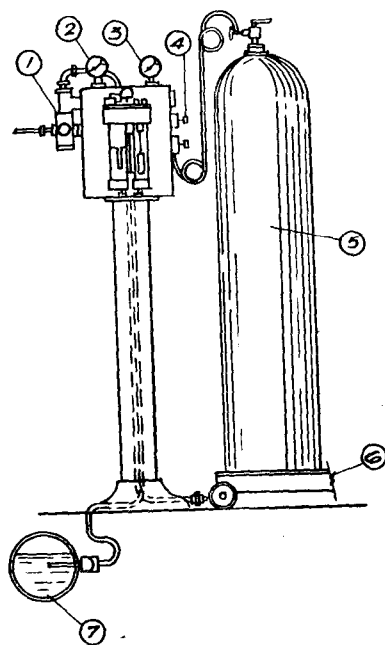


製成氯溶液，然後注此氯溶液於水中，行施消毒，是謂之濕式餽給，一名溶液餽給 ( Solution Feed ) ，後者用乾燥之氯氣，不與水混和，而直接注入於水中，是謂之乾式餽給，一名直接餽給 ( Direct Feed ) 。此二種

加氯器工作之原理，完全相同，其構造之大概情形見圖三十一及圖三十二。佈置方面，乾式加氯器似較濕式簡單，論調整手續，亦以乾式為易，惟濕式加氯器之餽氣，須先用水溶化之故，器械上之組織，稍形複雜，而滅菌之效率，在消毒上可獲得比較均勻之結果，兩者優長互見，吾人應用時，須因地制宜，譬如在消毒地點，有承壓力之輔助給水供給者，應儘量採用濕式消毒，若消毒地點附近，無從獲取承壓力之輔助給水者，為便利計，宜採用乾式。

六.加氯器之節制式樣 濕式  
加氯器與乾式加氯器，因節制餽氣上佈置之殊異，通常每種又分為手動節制式，半自動節制式，及自動節制式三種。

1.手動節制式 手動節制式 (Manual Control Type) 加氯器，為加氯器中最簡單之節制器械（見圖三十三），一切調整，皆用手工操作，當加氯器未曾開用之前，預將水質狀況與需要氣之用量，先為測定，嗣再將氣之餽給藥量加以規定，而後開用，開用之



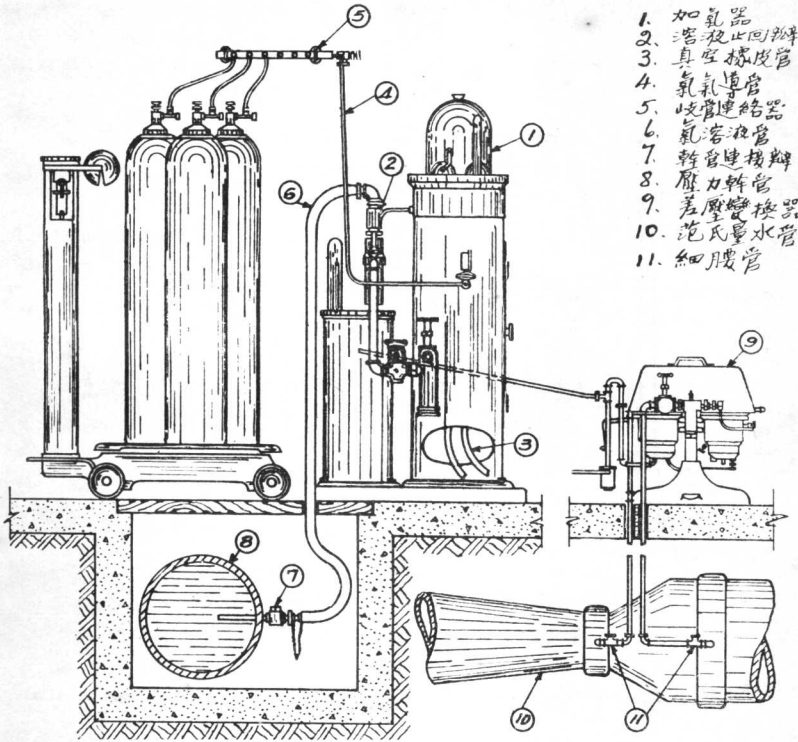
- |          |         |
|----------|---------|
| 1. 水力注射器 | 5. 氯筒   |
| 2. 水壓表   | 6. 磅秤   |
| 3. 氯筒氣壓表 | 7. 壓力幹管 |
| 4. 補整器   |         |

圖三十三 手動節制式加氯器(濕式)

後，氯之餽給量視水之流量，隨時酌為調節，逢水流量增加，氯之調整瓣（Regulating Valve）之孔口，乃須增大，若水流量降下，即須縮小，重行調節，設若幫浦停止輸水，此時水流中止，加氯器內氯之餽給，亦宜遏制其注入，於是祇得再度將調整瓣用手工節制，予以關閉。

2. 半自動節制式 半自動節制式（Semi-Automatic Control Type）加氯器，構造原理，與人工節制式不同（見圖三十一），其駕駛餽氯用量之多寡，雖亦藉重人工，惟逢抽水幫浦一旦停機，加氯器用給水之水源切斷，此器能自動停止餽氯工作，直至抽水幫浦開動或給水水源恢復原狀為止；換言之，設若處理水之流量與餽氯用量不變，則此器能隨水流之進退為進退，此種半自動節制之作用，由於利用加氯器之鐘瓶（Bell Jar）內產生真空而來，此項真空，係直接為水力注射器（Injector）之給水所控制，蓋給水通過水力注射器以開動加氯器時，水流有抽吸能力，能將貯於鐘瓶之真空，抽吸而下，當真空被抽吸時，能附帶幫同吸取氯氣而注入於水力注射器，氯即在此器內與水互相化合，成為淡氯溶液，然後再導至水口處以行使消毒。

3. 自動節制式 自動節制式（Automatic Control Type）加氯器，乃利用水頭差壓之原理而製成。此器支配氯量餽給之結構，除與上之半自動式餽氯器相同（見圖三十四）外，並增添一差壓變換器（Differential Converter）（見圖三十五），氯之計量與節制，係在鐘瓶內舉行，瓶內藉真空之輔助，氯氣之流率，得能在較低於大氣壓下，得以精密支配所需要之用量。此器藉差壓變換器之運用，若

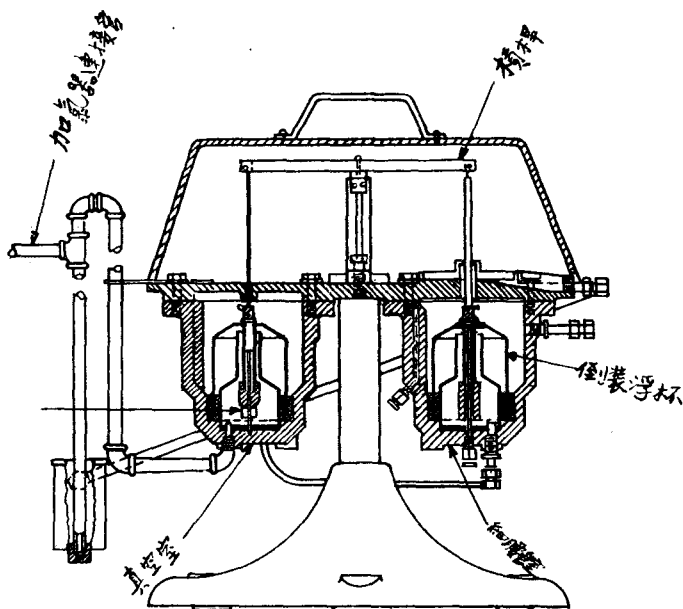


1. 器回瓣
2. 乳液止標
3. 真空橡皮管
4. 氣道管
5. 歧管結器
6. 氣管液管
7. 浮力管接瓣
8. 壓力管
9. 差壓變換器
10. 范氏量水器
11. 細腰管

圖三十四 自動節制式加氯器(濕式)

於氯與水所需要之餽給藥量比率，一經規定，則氯之投入水中之流量，乃可永久隨水量之伸縮而能自動調整。設處理水量發生增減或動靜，則此器立即自行操作與調整，以適應隨時發生之變遷。

差壓變換器為自動加氯器之軸心，其功用能將氯之施用，分別隨水流之高低，依照比例，自行限制，其控制之術，得借重下列四種不同水流測度器械，擇一用之。所謂四種水流測度器械，即范氏量水表，一



圖三十五 差壓變換器

名差壓量水表(Venturi Meter), 水流整口片(Flow Orifice Plate), 畢托氏管(Pitot Tube)與水堰(Weir)。其運用方法如下:

當水流通過范氏量水表(或他種量水器械), 因速率增加與水頭喪失, 乃發生差壓, 是項水頭之差壓, 與水流速率之平方成比例。此既發生之差壓, 由紫銅接連管與差壓變換器相接通, 水頭差壓經過此器調整, 將其壓力減小後, 隨轉變為真空差壓, 此器操作由兩個分室組成(見圖三十五), 每分室用水銀封口裝置, 以免漏氣, 兩個分室各罩以倒裝浮杯(膜片), 並用精細之金屬絲, 懸於槓桿之臂, 使兩者成為等臂狀之平衡, 由范氏量水表導來之水頭差壓, 經過減壓處理, 隨

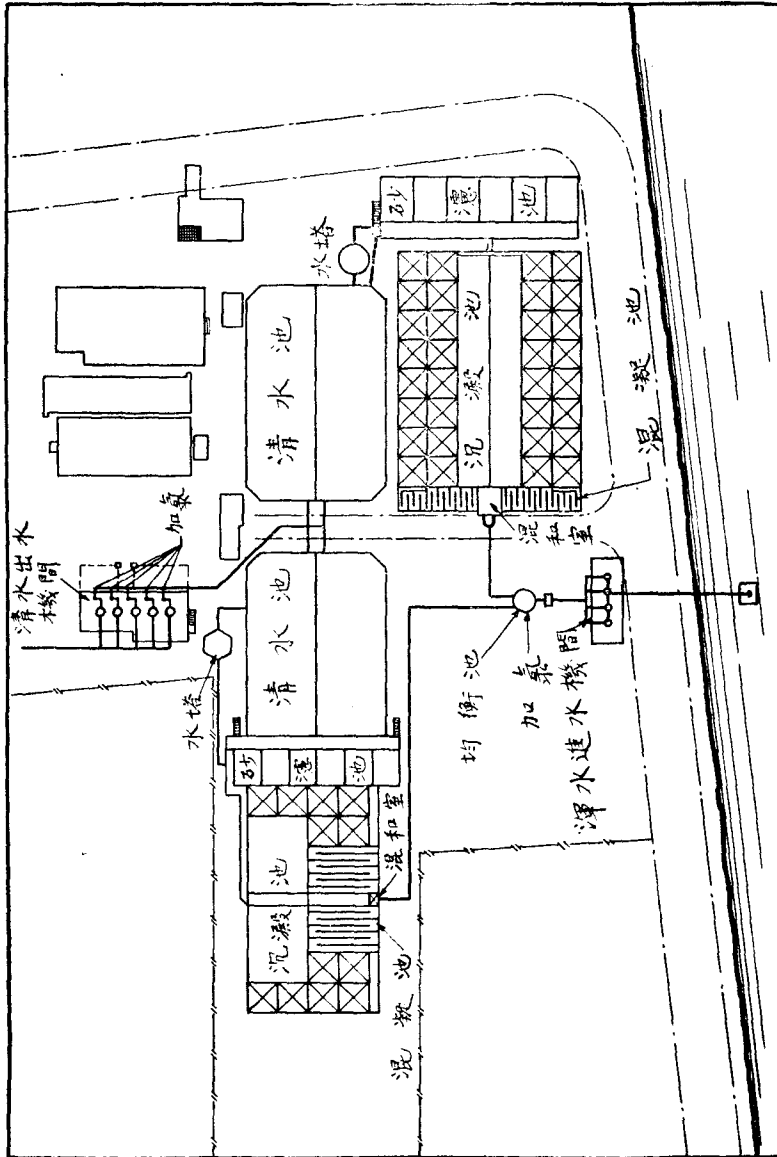
導至水壓瓣室，此時室內倒裝之浮杯，受壓力激動，即向上或向下移動（視導入之差壓強弱變化而定），此項變化立刻乃由槓桿臂，傳導至空氣瓣室之浮杯，而此浮杯內部，常保持局部真空狀況，一經來自隔室之差壓（視差壓之高低），此浮杯即發生向上或向下之運動，浮杯內之局部真空遂生變化，並將所產生之真空差率，接通至加氯器之真空調整管，由此便自動節制其所需要投入水中之藥量焉。

七。消毒方式 液態氯應用於上水之消毒，由於時序之推進與專家不斷研究之結果，現已蛻化不少之消毒方式，茲舉下之六種，說明如次：

1. 濾先氯化 濾先氯化（Pre-Chlorination），氯氣係施加於渾水在未流入砂濾池之先之任何地點，或在原水幫浦出水管端，或在原水溜槽，或在混凝室，或在沉澱池與砂濾池接連之水槽內。此項消毒方式在淨水工程上，有種種優點，如

- （甲）減少砂濾池細菌之負荷，俾水質有較佳與更均勻之潔淨。
- （乙）改善混凝功效，並可節約混凝劑之用量。
- （丙）砂濾池運用時間延長，而沖洗池砂用洗水亦得儉省。
- （丁）抑制藻類生殖於水池及砂池。
- （戊）維持砂池之清潔，並免除砂池表面發生裂縫或結合泥球之弊。

2. 濾後氯化 濾後氯化（Post-Chlorination）消毒方式，氯氣係施加於經過砂濾池過濾之清水內，其投藥地點在濾過水之總管，清水



圖三十六 上海內地自來水廠總圖

槽,清水池入流水口及出流水口,集水井等處。

3.單純氯化 單純氯化 ( Simple Chlorination ) 消毒方式,係單獨一次加氯於無色之清水內,其投藥地點可在清水槽,清水池入流水口及出流水口, 敞空配水井或集水井等處,大致與 ( 2 ) 濾後氯化式相同。

4.複式氯化 複式氯化 ( Double Chlorination ) 方式,氯氣係分作兩次投入,如水源遭受污染程度深者,一部份氯氣可先加入於渾水,其他一部分之氯則繼續加入於清水,此項消毒方式之優點,除如濾先氯化所有諸優點外,又可於第二次所加之氯,能獲得額外良果,蓋即水質之淨化消毒,多加一重要安全保障是也。或者將氯氣先加於清水池入流水口處,後再加於出流水口處或供水幹管內,是即所謂複式氯化。

5.分段氯化 分段氯化 ( Split Chlorination ),指氯之餽給分為三處或三處以上地點,分別加入於水,其功效足以超越一次或二次加氯之所得,如美國紐約市之給水,最遠水源取自市外一百二十哩外之蓄水池,其製水淨化廠亦離市有三十哩,在未輸入用戶之前,須經歷遙遠之路程,其加氯次數,乃分六處地點逐段加入,以保水質之安全,是即一個採用分段氯化之實例。上海英商自來水廠處理快性砂濾池之水質,目前所採用者亦為分段消毒方式,惟分三處投加耳。

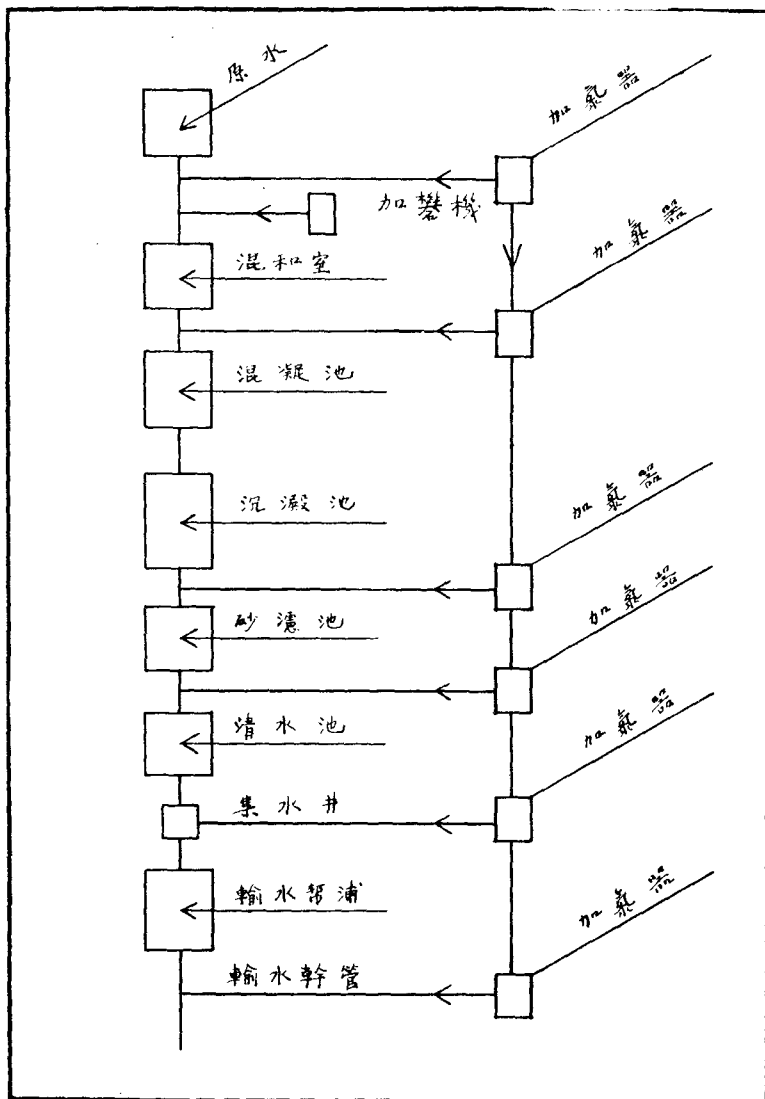
6.過量氯化 過量氯化 ( Super-Chlorination ) 消毒,係施加多量氯氣一倍或數倍於實際上滅菌所需要者,此項消毒方式,有消滅病



菌，劑除味臭兼藻類之功，如氯與水容有充分長時間之接觸，水中有機物先相與化合，繼而水中之味臭產生物質，亦為氧化消滅。今歐美各國水廠採用過量氯化者，皆同時採用消氯劑，如活性碳二氧化硫等化學品，以除去或中和其殘存於水中之氯味，使水質與最高之衛生標準相適合。

八.消毒方式之選擇 公用給水廠於消毒未實施之前，對於選擇加氯之地位與方式，必須審慎研究，俾藥無虛擲，且可獲得最佳良之殺菌結果。惟各處水質不盡相同，各給水廠之淨水方法，亦不一律，實際上殊多困難，茲貢其芻蕘之見於下，藉為選擇時之一助：

吾人在未選定消毒方式之前，先取原水舉行完全細菌檢驗（檢驗方法及手續，見標準驗水專書），以測定每100c.c.中含有大腸菌屬之數量，其中存有大腸菌屬之數量，即所以顯示水之污染程度，污染程度既明，即可按照後之所述，以判定消毒應行採用之方式。譬如水源有極嚴重之染污，平均含有大腸菌數每100c.c.在10000以上者，宜採用分段氯化消毒方式，其第一段之餽氯地點，可在混和槽貼近處投入。或餽給於沉澱池之出流水之水槽內（此槽與砂濾池間至少有相當距離，並須有十五分鐘以上之接觸時間），至其第二段餽氯地點，可在清水池入流水口處，最後一段餽氯之地位，宜在集水井或配水井處。設如水源染污程度較低而其原水平均每100c.c.含有大腸菌數在5000左右者，消毒方式可採用複式氯化（濾先氯化與濾後氯化混合施用）為之，其餽氯地點，則濾先氯化可參用前之說明，而濾後氯化宜施加於集水井或配水井處。但如源地



圖三十七 投氯地位之揭示

點環境優美，無十分染污之攪混，又或原水經檢驗後平均每100c.c.含有大腸菌數在100左右者，則採用單純氯化方式，亦已足矣，餽氣地點可在集水井，配水井或幫浦吸水管三處，擇一施用。倘清水池構造堅固，池之內外，無絲毫滲漏痕跡，兼有嚴密之保護者，則氯之餽給於清水池入流水口處尤佳，蓋可使氯與水有較久長之接觸，而水質更可增進潔淨也。

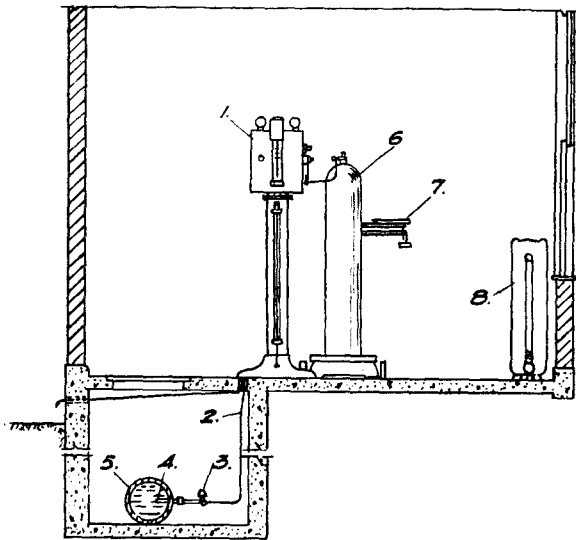
以上均就給水廠用快性砂濾池而言，若夫應用於慢砂濾池，則消毒方式較可簡單，緣慢砂濾池之濾率不高，過濾之清水除菌效率佳者，可達99%以上，原有細菌濾池之稱，消毒慢砂濾池之過濾清水，吾人便可採用單純氯化消毒式，僅須單獨加氯一次，已足以應付需要，其投藥地點宜擇集水井，配水井或幫浦吸水井或輸水幹管等處。

九。液態氯使用上須知 應用液態氯之成功，雖與管理合法，具有最密切之關係，然管理欲臻於完善，大半亦有賴於常識之運用，二者原相輔弼，互為因果，欲圖效力之策進，固不容忽視者也。茲將使用液態氯時，應行注意之共同要點，分述於下：

1. 餽氣室之設置 加氯器應設於擬消毒水口處之附近，並應置於室內，臨施用地點如無現成房屋，則應另築相當小室，占地可二公尺×三公尺見方，高約二公尺，並須光綫充足，顧潮濕於加氯器有相當害處，易使妨礙器械之功用，是以餽氣室不應設於敞空井或水槽之上。

2. 餽氣室之溫度 壓力存於氯容器鋼筒內，為保持液氯狀態所必需，但從液體蒸發成為氣體，需要吸收相當熱量，此則可取諸鋼筒

周圍之空氣。蓋當鋼筒上之筒瓣 ( Tank Valve)開啓，筒內壓力即便減輕，液態一部分遂生氣體化，由液體變成氣體，若在氣候寒冷或潮濕低溫之際，氯之氣化，因乏蒸發潛熱，便生困難，縱氣化成功，然速率甚為延緩，且易於構成固體狀氯之含水物 ( Chlorine Hydrate)，一名氯冰，阻塞氯之流通，故圖防止此類情事，則裝置加氯器之小室，非有加熱設備不可。其法宜用蒸氣管，熱水爐，熱空氣，電爐，煤爐或油爐(見圖三十八)為之，顧加氯器及附於鋼筒之洩氣管與貯氯之鋼



- |        |            |
|--------|------------|
| 1.加氯器  | 5.幹管       |
| 2.引氯管  | 6.氯筒       |
| 3.止回流瓣 | 7.磅秤       |
| 4.擴散器  | 8.蒸氣或熱水散熱器 |

圖三十八 餽氯室之加熱佈置

筒，三者受熱，應有區別，即前二者射熱之溫度，不妨高於鋼筒也。如此，則洩氣管與控制餽氣之器械，時常在較高於貯氣鋼筒所受溫度之下，則氣氣導至加氣器，得一路維持其氣體狀態，但日光又不宜直射於貯氣鋼筒筒身。來自射熱器之熱，如不能徧分其熱之發射，則鋼筒筒身應圍以絕熱之屏蔽，若石棉布之類，藉使熱力普遍，得以維持熱之差異。在冬令時，餽氣室之溫度，應常使維持攝氏十六度與二十二度之間，最低亦宜在十度之上。

3. 氣量抽吸之限度 氣氣抽自每箇氣筒之量，應有相當限制，凡容量68公斤之氣筒，於每二十四小時內不得超過18公斤（合四十磅），一噸氣筒則以二百公斤（合四四一磅）為度。若圖氣之抽吸量加重者，應用氣筒二個或二個以上，連接於歧管連絡器（Manifold），匯合混用方可，至直接用熱如火炬重溫浴等，以加強或催速氣之抽吸量，則危險殊甚，切勿輕試。貯於氣筒內之液態氣將屆抽盡時，氣之氣壓必形低下，此可於氣壓表見之，普通小型之氣筒（容45或68公斤），凡氣壓表指示針指示每平方公分0.3515公斤（合每平方吋五磅）時，乃停止抽吸，另換以實筒，至大型一噸之氣筒，於壓力屆每平方公分1.0545公斤時（合每平方吋十五磅），即應停止抽吸。

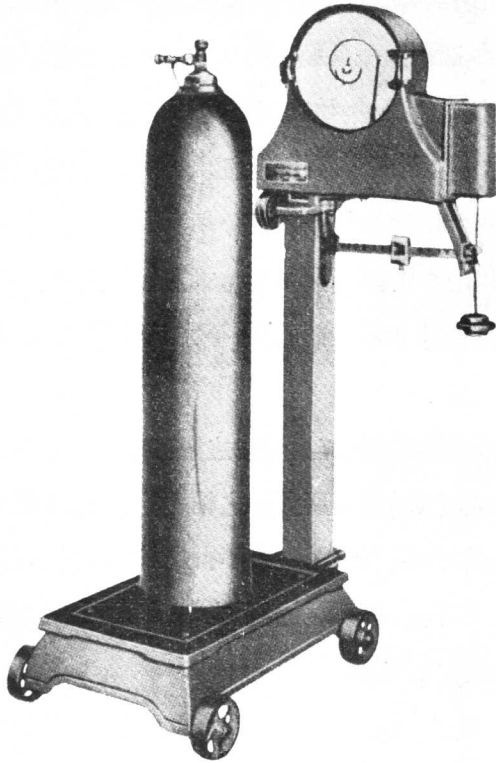
4. 乾式餽氣之佈置 乾式餽氣之地點，視水廠佈置情形而定，如在敞空吸水井，則注氣之擴散器淹沒於水位綫下，應有1.22公尺之深度，但至多不得逾十五公尺，然如氣注於有壓力之幹管，則擴散器宜置於幹管之下側部，惟勿與活瓣相緊接，藉以防止腐蝕。氣氣之導管，

自加氯器導引氯至幹管或敞空吸水井，其裝置之管道，應自上向下，並略作傾斜形，庶氯氣流勢順利，阻力減少耳（見圖三十二）。

5. 輔助用水之水壓 如前所述，濕式餽氯器，氯氣係先在器內與承壓力之給水溶合為氯溶液，而後經由導管通至所欲消毒地點，此項混和用之輔助給水，至少每平方公分須具有1.05公斤（合每平方吋15磅）之壓力，此項壓力，為使用小型濕式加氯器所必需，若係大型濕式加氯器，則輔助給水水壓，即需要每平方公分有1.76公斤（合每平方吋25磅）。

以上係指氯溶液注於無反壓力之敞空水渠集水井而言，若投氯地點為具有壓力之幹管，則所需要之輔助給水，最少須有四倍於餽給藥物之水口處之水壓，但最低壓力不得少於每平方公分1.76公斤，氯液如原有水壓力不足以壓入於高壓之幹管，乃可借助幫浦之力，增強壓力，方能強制將其注入。

6. 磅秤之功用 氯筒當施用時，最良辦法，宜置於平台式磅秤之上，時常權其輕重，俾有查攷。而每個氯筒有規定重量刻於筒身，若欲知其每日或一定時間內之用量，祇須於原有總重量減去其秤碼上之重量，所得差數，便為已經用去之氯量，倘管理人員循環稱計氯筒之重量，足以稽核每小時或每日氯之用量。加氯器械之工作，係調整氯之流量，今若輔之以磅秤，更可進而計算氯之餽給數量，是亦足以補加氯器之不逮。今製磅廠多數發售有自動式兼附記錄儀者（見圖卅九），氯筒於開始施用時，如將砝碼較準，則此項磅秤因利用鐘機關為



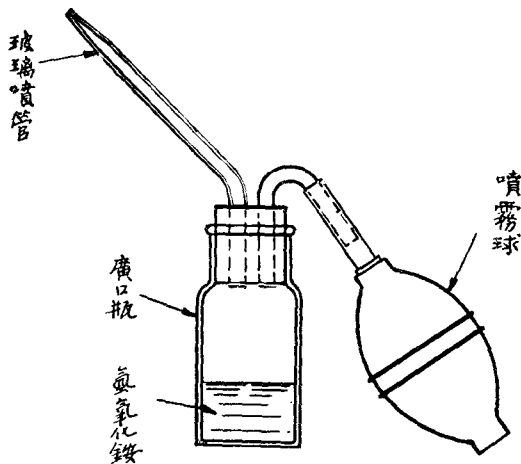
圖三十九 餽氯用之磅秤

動力，能自動將氯之餽給數量，繼續不息記錄於劃分時日之圖綫表上，則每分鐘或每小時流量之變遷，靡不躍然顯於其上，是則為用益形便利矣。

7. 漏氣探尋法 氯之滲漏，若不及早發見，雖極輕微，亦足以變成極嚴重而驚人之擴大。倘在潮濕之空氣中，其滲漏之速率，更加迅疾，滿盛液態氯之氣筒，往往能於二小時內完全洩盡。嘗有因氣筒上

纖微之滲漏，疏於注意，事後被迫投入河中者，此類事件，數見不鮮。

探尋之法，最簡便者，可用比重0.88 氫氧化銨（濃氨水）爲之，用時以小團棉花投此水中浸濕，然後一手握持（手用橡皮手套），直接向加氯器接口處之下端，徐徐搜尋，如有漏氣，立刻發生顯明之白烟。蓋氯與氫氧化銨相接觸，遂生氯化銨之結果也。或舍上法而用漏氣測尋吹瓶亦可，此係將氫氧化銨之烟霧噴射於漏氣可疑部份。是法則可無處弗屆，無漏不能尋獲，蓋其功效更爲卓著。製法可依照圖四十揭示，取容量250c.c.之廣口瓶及橡皮瓶塞各一，塞上鑽二小孔，次取外徑九公釐對徑與一百六十公釐長度之玻璃管一枝，預用火彎成135角度，並用火使管端燒成尖形，成爲噴管之射口，另取同口徑一百公釐長度之玻璃管一枝，與噴射管彎成同樣角度，作爲連接管之用，



圖四十 測驗氯漏氣用之吹瓶



噴霧球即連接於此管，二者插於橡皮瓶塞，使成平行狀，至於玻璃管插入廣口瓶內之距離，與瓶塞同等之深淺爲止。

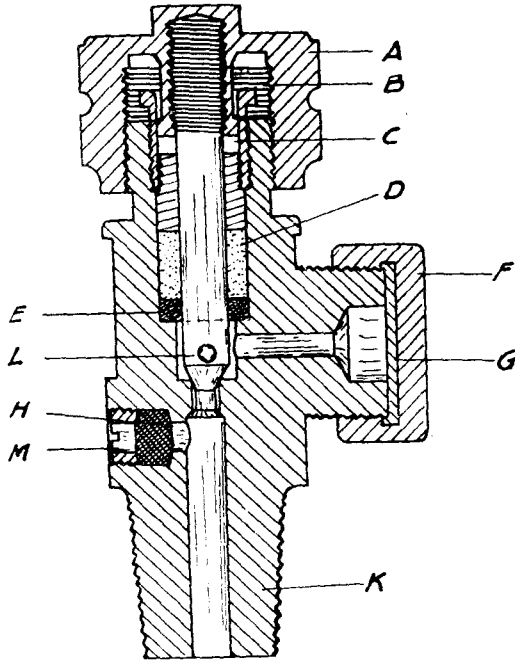
8. 漏氣之處置 使用液態氯時，如發生漏氣，所有工作人員應疾行至臨風處暫避，並應立用呼吸口罩或防毒面具，重回至餽氣室，迅將漏氣處加以修理。漏氣如在加氯器，祇須更換墊圈(Gasket)，往往即能將漏氣彌補完好，倘氯之漏氣在附於氣筒上之筒輔助瓣(Tank Auxiliary Valve)，(此爲氯氣最易漏氣之處)，則宜先將氣筒上之筒瓣加以關閉，後復將氣筒輔助瓣關閉，然後始可將活絡連接筒管(Flexible Tank Connection)與輔助瓣連接處之墊圈，予以更換，自氣筒起，迄投氯地點止，遇漏氣發現，應首測定其漏氣地點之所在，經尋獲漏氣點後，乃可從事遏止，惟須嚴重注意者，加氯器上之調整瓣，祇可作輔助調整之用途，不能特爲關斷氯氣之總門。凡合式關閉方法，應先從氣筒瓣關起，次及輔助瓣，而調整瓣則應列於最後。

9. 加氯器之愛護 氯氣對各種金屬有相當作用，氯氣與金屬相接觸時，若有濕氣或水分之混和，其作用愈益速化，倘加氯器因修理停用，對於各部接合處，宜用銅製悶塞(Plug)閉塞，藉資保護。加氯器之各部分，如須清滌垢污，則除玻璃部分可用水洗外，其他金屬部分，宜用四氯化碳或三氣甲烷爲之，切勿用酒精(乙烷醇)乙醚或其他石油蒸餾物代替；緣後述諸物，均易與氯氣化合，組成固體蠟狀物質，即如貯氯之氣筒，氯氣一經抽盡，設在筒頂上之瓣，亦應立即向右旋動，將其閉緊，慎勿使空氣竄入，致生腐蝕作用，以摧殘筒之壽命也。

10. 氯筒漏氣之處置 苟氯筒發生漏氣，當臨時無法遏止之際，最簡便之消滅方法，首須採用冷卻法，逼使氯之溫度降下，則筒之漏口自能結成氯冰，阻住漏氣之溢出，其法蓋將氯筒浸於流動之水槽或用乾冰（固體二氧化碳）直接冷卻之。至於用水噴射法，希圖阻止氯之溢出，除行之於嚴寒之日，或能收效外，若在尋常氣候中，殆難得良好之結果。

凡使用氯之場所，或存放氯之倉庫，通常應有強制通氣之設備（Forced Ventilation），此項設備，包括輸送新鮮空氣之通氣孔裝置於平頂，而抽吸排氣之出口，則設於近地平綫處。所排出之氯氣，應用導管導至室外，至相當高度，俾排出之氯，可獲得更充分與大氣稀淡之機會，遇氯氣洩漏時，若連用電力激動風扇，則通風力量每小時宜有自二十至三十次空氣之更換方佳，如給水廠有蒸氣之供給者，則解決氯之漏氣，得更趨簡便，蓋可用放射器散置於近室之平地綫以上半公尺處。值氯氣洩漏時，即將此器開放，氯氣與蒸汽接觸，被吸收而結合為鹽酸，即可泰然無慮矣。

11. 氯筒瓣漏氣之處置 如氯筒之筒瓣（Tank Valve）一旦發生漏氣，可依下之說明，妥加處理（參閱圖四十一），漏氣處如在瓣幹“C”之四周，則首須用節制柄“A”向下旋緊，次乃將保護螺帽“F”立即裝上，並須注意墊圈“G”亦宜同時加入，然後即將節制柄“A”撤去，復將填料螺帽“B”旋緊（可向右旋轉），因此填料“D”承受壓力而與幹莖互相緊接，漏氣當可停止。填料螺帽“B”不論在任何情形之



- |         |        |
|---------|--------|
| A 節制柄   | F 保護螺帽 |
| B 填料螺帽  | G 墊圈   |
| C 瓣桿    | H 安全塞  |
| D 填料    | K 瓣體   |
| E 填料環   | L 針鍵   |
| M 安全塞螺旋 |        |

圖四十一 氣筒筒瓣之構造

下,切勿撒離,節制柄“A”裝上時,可先略為旋下,再將瓣桿“C”儘量向外拖引,然後將節制柄旋置於瓣之本體上,直至瓣緊閉為止。

安全塞 ( Safety Plug ) 係易熔性金屬製成,氣筒受熱,溫度過度,此物能自動在攝氏七十二度熔化,縱容氣之逃逸,其功用如自動

噴水頭 ( Sprinkler Head ) 之於防止火災蔓延者相同。此安全塞若因溫度增高，致氯之膨脹力增加時，能先溶融，防止氣筒發生爆裂之禍患，使用氣筒時，此部分應嚴加保護，切勿撞動。

若須使用板鉗時，則板鉗之長度不得逾三十公分，每次旋動較緊之操作，用力不可太猛，以免傷害瓣之螺紋。

12. 防氯面具之使用 氯氣有惡臭，富刺激性，如吸入微量，能致流淚咳嗽，苟呼吸稍久。能傷害氣管，引起呼吸器管發炎與欬血諸病症。是以採用液態氯者，防患於未然，應備合格之防氯面具，並宜置於取用便利地點，管理氯氣工作人員必須視為保障生命安全之必需品，不論氯之漏氣如何，一律戴用。須知纖微之漏氣，因空氣潮濕，推波助瀾，往往能驟然變為極嚴重之大漏，此時如再歸取面具，實已晚矣。防氯面具之主要機構，係繫於濾氣罐，此罐今茲多用氯氧化鈉，石灰，碳酸鈉與活性炭等物質製成，其功效能將空氣中含有之氯氣為其中和與吸收，使無毒空氣透過，以供吾人呼吸，此罐每次用畢後，切勿忘却將底部之進氣門塞或圓蓋閉緊，並須時常更新，至少每年二次（指標準勃勒爾 Burrel 式而言），如應用頻繁，或保藏欠妥，則更新時期，尤須斟酌情形而縮短之。更須注意者，防氯面具不宜使用於氧氣缺乏之處，至少空氣中含氧量不得少於13%，免致窒息而危及工作人員之生機。

## 第二節 液態氯用量之測定

一。概說 在鹵族 ( Halogens ) 元素中,除氟富含毒性,不宜充作消毒劑外,其他若氯,溴,碘,皆具有破壞有機物,殺菌滅臭,消毒之功能,實為良好之消毒劑。三者之原子量,碘最高為126.92, 溴次之為79.916, 而氯最小為 35.457。惟殺菌力之強弱,似與其原子量成反比例。試取下列之李台爾與華喀氏 ( Rideal & Walker ) 所編之酚係數 ( Phenol Coefficient ) 消毒力之比較 ( 見表十一 ) 讀之,即可明瞭:

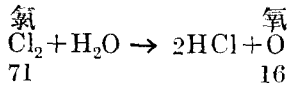
表十一 各種藥劑對於殺滅傷寒桿菌效率之比較

藥 劑	李台爾與華喀氏酚係數
次氯酸鹽(根據有效氯估算)	146—220
碘 水	100
溴 水	64
高錳酸鉀	42
硫 酸 銅	2

足見氯之原子量雖低,而消毒力反而最強,故用於飲料消毒之化學消毒藥劑,惟氯或次氯酸鹽最為廉美也。

二。各種因素與用量 惟氯之能否將水中細菌生物予以撲滅,或能否抑制其活動,端視吾人消毒時所施用之藥量以為斷。據過去各地給水廠消毒情形而言,其施加於水中之藥劑量,充作殺菌用途者,實渺乎其小,不過施用之藥量與獲得優良之結果,係與水中之氧化物,水溫,接觸時間,日光,氯游子濃度,水之混和等,有直接關係,則為極明顯之事實。凡此種種,皆為解決正確氯用量之重要因素,故有分別研究之必要。

1. 氧化物之關係 水中所有可氧化物質，分爲有機物質與無機物質兩大類；主要之無機物質易於氧化者，爲亞鐵基鹽類（尋常爲碳酸鹽），亞硝酸鹽與硫化氫。此等物質皆能與氯相互進行定量之反應，以至完全氧化爲止，其氯之氧化價值，依照下列加水分解方程式，約及有效氯容量四之一：



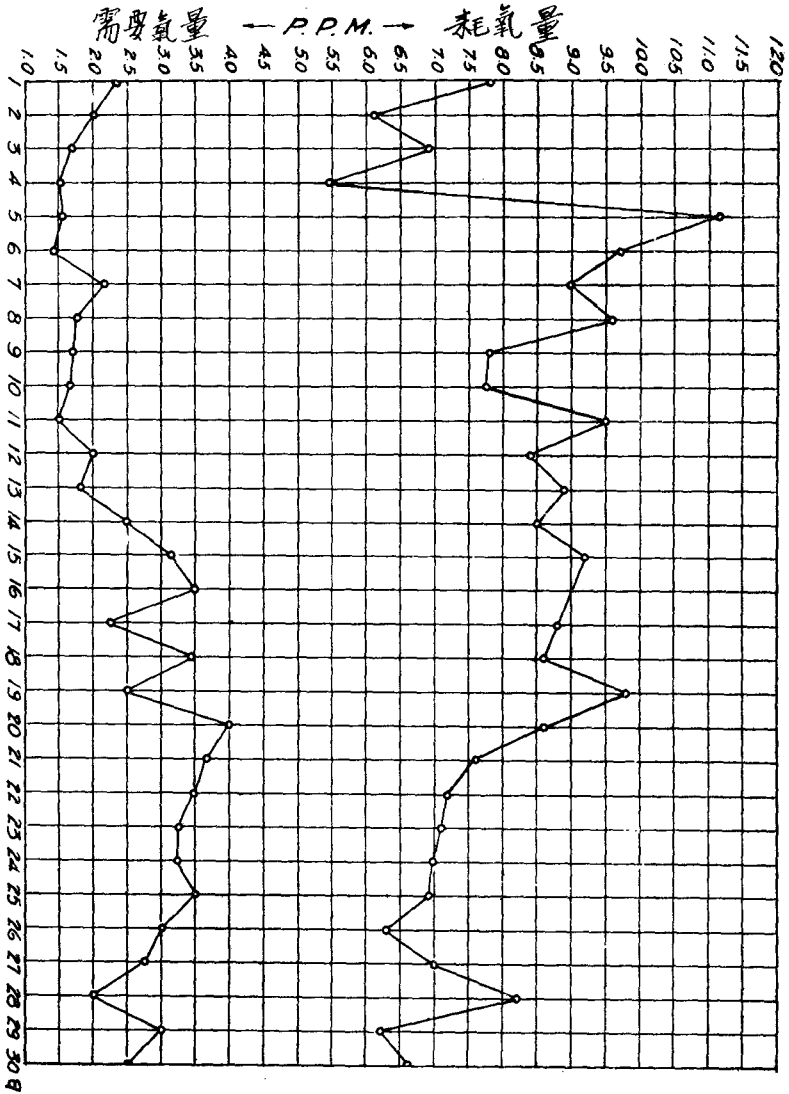
即氯71相當於氧16，故1單位有效氯能氧化1.58單位亞鐵，0.197單位亞硝酸氮與0.479單位硫化氫。

有機性之氧化物質常存於水中者，包含各式之物質：若脲，氨基化合物，碳水化合物與從湖沼或土地沖洗而來之腐植土酸(Humic Acid)。水中如混有後者之酸類，通常皆有特異之色澤，可資識別。

表十二 耗氯量與殺菌作用

水源	pH 值	色 度 P.P.M.	耗氯量 (30分鐘)	氯需要量 P.P.M.	每立方公分 細菌數	加氯半小時後 細菌殘存數
黃浦江(原水)	7.2	22	9.8	2.10	14,500	0
黃浦江(過濾清水)	7.0	4	6.2	1.45	1,650	0

表十二示處理上海黃浦江水之結果：一爲原水，色度爲22度，一爲



圖四十二 耗氧量與氯需要量之測驗

用明礬經過凝與過濾之清水，色度為4度，在同一時間內，達到完全殲滅水中之細菌，則過濾之清水，耗氧量需1.45 P.P.M.，而原水因色度過高，須耗氧2.10，蓋原水中之有機物質含量較多，所以用氯量隨之增加，而過濾清水之氯用量稍低者，因水中之有機與無機物質，一部份經過沉澱與過濾後，獲得減少故也。

水中之有機物質，若用耗氧量檢驗法測定，據謂即可決定消毒所用大概氯之需要量，雷氏曾擬有投氯量與耗氧量相互關係之曲線，以顯示二者之間恍若有定量之連繫存於其間，然據作者之試驗結果而比較之，則耗氧量與氯需要量，祇發現有極微小之關係（見圖四十二），謂為有直接之關係，未能證實，此蓋因高錳酸鉀僅能氧化水中之碳水化合物，而不能將所有一切有機物質完全氧化。若尿與糞污中之蛋白質，則須用氯素氧化，殊非高錳酸鉀所能生效者也。

2. 溫度之關係 消毒劑之殺菌作用，隨環境之溫度變化為轉移，此為消毒界中已知之事實。溫度增高，消毒劑所呈之殺菌作用，隨之增強，反之，溫度降低，其所呈之殺菌作用，亦隨之削弱。此亦殺菌作用之速度，乃與溫度成爲比例，下表示三種水樣含有同數量之大腸菌與用等氯量之藥劑在不同溫度時所得之結果（見表十三）。

由表十三可見水溫變化，足以影響于殺菌效力爲何如矣。

3. 接觸時間之關係 若接觸時間特爲延長，其於用量與消毒力關係，頗爲重要，在實驗室內所獲經驗，即可證明接觸時間延長，有更良好之消毒結果。設如在接觸時間半小時，消毒藥劑須耗全量，但若將接觸



表十三 溫度之影響

氯量 1 P.P.M.

每 C.C. 中大腸菌數	640	640	640
溫 度	8—10° C.	18—20° C.	35—37° C.
接觸時間			
15分鐘	265	105	7
30分鐘	90	26	0
1 小時	3	0	0
2 小時	0	0	0

時間延長至六小時，藥量則祇需全量三分之一，而消毒結果反可更為優良，故能將水質於消毒之後，容許藥物與水充分時間之接觸者，在可能

表十四 接觸時間之影響

每 C.C. 中細菌數	4,475	4,475	4,475	4,475	4,475
氯 量	0.5 P.P.M.	0.75 P.P.M.	1.00 P.P.M.	1.25 P.P.M.	1.50 P.P.M.
接觸時間					
5分 鐘	無數	3,100	1,250	500	350
15分 鐘	4,000	550	475	375	95
30分 鐘	3,000	275	250	240	0
45分 鐘	1,300	110	61	52	0
1 小 時	350	48	32	4	0
3 小 時	43	0	0	0	0
6 小 時	0	0	0	0	0

範圍內，宜儘力爲之。至在冰凍嚴寒時期，水質吸收氯素遲鈍，消毒效力之速度，大爲減低，欲於短時間內之接觸，達完全消毒之功效，除非加重藥量，不易獲得。

表十四示接觸時間對於殺菌效率之影響，可見細菌之減少，繫與接觸時間之增加，殆成爲一定之常數。

4. 日光之關係 日光具有光化學 (Photo-Chemical) 作用，對於氯之殺菌速率，有顯著促進之功效，已行氯化消毒之水，如直接能受到日光之照射者，則可將必須接觸之時間，相當縮短。惟流通於密閉水管中之水或有蓋水池之水，因有障礙物之遮蓋，光線無從通過，自不能獲得光化學作用之效果。

表十五 日光之殺菌作用  
( 渾濁度 124 P.P.M. )

試樣番號	暴露時間(單位小時)	大腸菌(每C.C.)	減少率百分數
1	0	2,700	—
2	1.5	2,300	15
3	2.5	2,100	22
4	5.0	900	67
5	10.75	50	98
6	15.75	0.5*	99.98

\*用 Rebigelagar 培養基平板培養，却無大腸菌發見。

表十五示漢彌登氏所實驗污染嚴重之原水，僅僅在暴露于日光直

射之下所獲殺菌之結果。表十六示雷氏實驗水料氯化後，曬於日光之下與藏於暗處所獲消毒成績之比較。

表十六 日光殺菌作用之比較

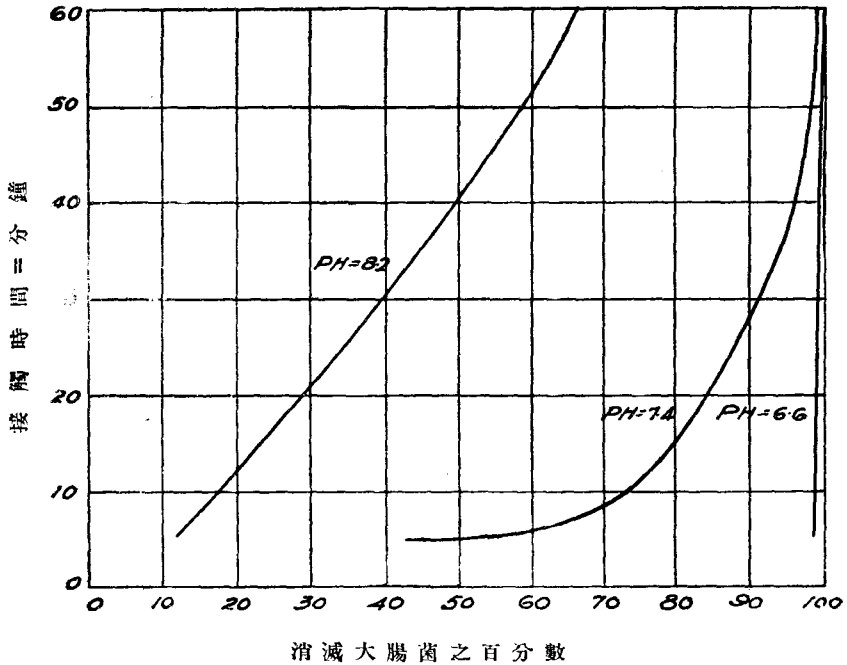
接觸時間	有效氯 0.35 P.P.M.	
	照射於日光下	藏於暗處
0	215	215
30分鐘	130	145
1小時	122	136
2½小時	61	130
3½小時	0	32

每 C.C. 水中大腸菌數

5. 氫游子濃度之關係 氫游子濃度與氯之殺菌速率之關係，經不少人士之研究，已證實其有密切之影響；此即氯之殺菌功效，在氫游子濃度大時，較在氫游子濃度小時為迅速，換言之，氯之殺菌作用以 pH 值愈小愈為有力。

觀圖四十三，可知水在 pH 值 = 6.6，其殺菌速率在五分與十五分鐘之間，即顯現其最高之效果，在 pH 值 = 7.4，其速率比較略為遲緩，前後須歷四十五分鐘，方始獲得完全殺菌之功效，在 pH 值 = 8.2，殺菌之速率，更為延緩，其進行之姿態，幾成為斜線形之上升，在六十分鐘內接觸之結果，祇有百分之六十六之殺菌效率而已。

(注：溶液 pH 值 = 7 為中性，在此值以上為鹼性，以下則為酸性。)



圖四十三 氯游子濃度與滅菌效率

6. 混和之關係 氯與水應有澈底之混和，斯為欲獲良好消毒結果中必要條件之一。不澈底與不良之混和，皆有趨向于造成氯之局部濃厚之結果，氯素分配欠勻，又易浪費藥劑與消毒無效之缺陷。混和方法固有多端，但應儘量利用自然之力，以收經濟與有效之良果，至自然混和方法，如發生懷疑，則可採用機械混和方法以代之，於此則離心式幫浦允推為最有效而簡便之機械式之混和方法。賴幫浦翼子之力，藥劑與水遂有極劇烈之激動，有效之混和於是乎取得。惟藥液不可注射于幫浦之出水管 ( Discharge Pipe ) 中，蓋若在此處投藥，因中無攪動可資利

用，水流直瀉而出，混和效果較遜也。

表十七示黃浦原水之有良好混和，與不良混和之淨化比較。

表十七 混和之結果

日 期	有效氯量 P.P.M.		1 C.C. 中之細菌數		
	甲	乙	原 水	甲	乙
民 25 年					
五 月	1.25	1.25	15,000	15	80
六 月	1.25	1.25	20,000	20	130
七 月	1.50	1.50	25,000	22	95

『甲』有良好之混和

『乙』不良之混和

三。氯需要量之測定 福浦米 ( T. Folpmers ) 氏曾舉行一個比較試驗，以決定所謂細菌最小致命之氯量，斷定須用氯量若干，行使消毒，能消滅水中常見之病菌，俾資為研究之標準，其所得結果，如表十八所示。

觀乎表十八，則不論何種高數量之細菌，凡懸游于純潔之蒸餾水內，如用極微量藥劑與經過五分鐘之接觸，莫不氣息奄奄，為所消滅，顧在實地執行消毒工作時，后開藥量，即失却其功效，何則，蓋水中本混有有機物質與無機物質，此類物質與氯素相接觸，首先發生化學的氧化反應，故投氯入水，大半消耗於此，其真正殲滅細菌之用量，殊屬有限，不能超越細菌之最小致命量也無疑。若欲行簡捷之測驗，以決定氯大

表十八 細菌致命用之氯量

蒸餾水溫度10°C. pH = 6.0

細菌種類	每立方公分 含有細菌數 (懸游於蒸餾水)	氯量 P.P.M.	接觸一分鐘 後每立方公 分殘存細菌	接觸五分鐘 後之結果
細球菌(革蘭陰性)	5,100	0.08	60	全滅
(革蘭陽性)	600,000	{ 0.10 0.15	150 30	全滅 全滅
點狀菌	500,000	0.02	5	全滅
螢光色膠溶性桿菌	1,020,000	{ 0.03 0.04	無數 750	全滅 全滅
大腸桿菌	900,000	0.04	75	全滅
產氣菌	350,000	0.03	無數	全滅
枯草桿菌	14,000	0.07	10	全滅
普通桿菌	3,000	0.02	75	全滅
菌狀桿菌	1,000	0.15	500	全滅
好氣性鼻粘液產生菌	44,000	0.075	20	全滅
副行菌	35,000	{ 0.20 0.30	100 25	全滅 全滅

概之用量，可採用第二章第五節第二分目所開『氯需要量測定法』之方式，庶可得之。惟欲行精密之測定，宜照下列之細菌檢驗手續，逐步進行：

即取擬消毒之水，分盛於十二個玻璃瓶內（每瓶可容水樣 100c.c. 或 1000c.c.），俟水樣分別灌齊，乃自第二瓶起迄第十二瓶止，於每瓶內投入不等量之次氯酸鈉溶液（第一瓶水樣可作為空白原水檢查之用，

無須施用次氯酸鈉)，投入既竣，將各瓶用力震盪，然後參照表十九消毒檢驗空白表格中所列各節，順序取1c.c.1:10或1:100稀釋水（如預知水中含菌數不超過250者，無庸稀釋），注入於膠基平板或瓊脂平板孵養；前者須採用20°C.恆溫箱與經過四十八小時之孵養，後者須用37°C.

表十九 消毒記錄表格  
(接觸時間十五分鐘)

有效氯量 P.P.M.	細菌數 20° 或 37°			大腸菌	游離氯 P.P.M.
	1 C. C.	1:10	1:100		
0					
0.25					
0.50					
0.75					
1.00					
1.25					
1.50					
1.75					
2.00					
2.25					
2.50					
3.00					

恆溫箱與經過二十四小時之孵養。至大腸菌之檢驗，可培種試水於乳糖肉汁發酵管並孵養於37°C恆溫箱，如經過四十八小時而發生10%以上之氣體者，即可斷定係有大腸菌之存在，所得結果，依次記出。試驗時之水溫，至少應與採取水樣時相等，而剩餘氯之檢驗，宜於檢水接觸時間屆滿後，迅予舉行，將其結果錄下，勿過分遲延。如一切操作概無背於細菌檢驗之規則，至少於四十八小時之後，得有消毒結果之記錄，於是根據所得之記錄而可矯正用氯量之多寡焉。

四.游離氯測定法(比色法) 游離氯測定之主要目的，在鑒定水質於氯化後，殘存於水中游離氯之數量，俾以調節消毒用氯兼以檢示水質淨化之狀況，而補細菌檢驗之不逮也。蓋執行一個完全細菌檢驗，以測度水質之淨化程度，須費二十四小時以上，始有確切之端倪，但水經氯化之後，多數給水廠少有長久時間，可資蓄留，咸係隨時消毒，隨時輸送于飲戶汲用。今利用本法，在短時間內，能視水中游離氯之存在與否，乃可擬定水質之良窳(見表二十)，不徒時間倍縮，且可用為氯化消毒法之控制，方法靈驗，現代給水工程界中頗為重視。第二章第五節第三分目已詳述硫代硫酸鈉滴定法，今不再贅于此，茲欲介紹者，為O.T.(隣二甲基聯苯 Ortho-Tolidine 之略寫)比色法，此係由愛爾姆與好銳(Ellms & Hauser)二氏肇其始，近年來採用之者殊盛，良以方法較前之滴定法為簡捷，操作祇須一次，並無滴定手續之煩，即存於水中微跡之游離氯，若小至.0005 P.P.M.而碘化澱粉所無法檢出者，若用O.T. 試藥，立能毫無困難，依樣將其檢出，又就靈敏度而言，比色法似超越滴



表二十 過濾與氯化滅菌之效率

日期	每C.C.原水中含有菌數	每C.C.過濾後含有菌數	投氯量 P.P.M.	氯化後 滯留時間	剩餘氯 P.P.M.	大腸菌屬 每100 C.C.
26年 2月 1日	8,000	200	1.300	1小時45分	0.08	-
2日	5,000	110	1.200	—, —	0.06	-
3日	6,000	120	1.350	—, —	0.13	-
4日	10,000	150	1.250	—, —	0.15	-
5日	7,000	75	1.250	—, —	0.20	-
6日	5,000	45	1.125	—, —	0.15	-
7日	5,000	50	1.235	—, —	0.06	-
8日	3,000	30	1.375	—, —	0.05	-
9日	4,000	35	1.055	—, —	0.19	-
10日	15,000	340	1.160	—, —	0.01	+
11日	20,000	180	1.160	—, —	—	+
12日	10,000	95	1.250	—, —	0.12	-
13日	8,000	130	1.255	—, —	0.20	-
14日	20,000	170	1.255	—, —	0.10	-
15日	16,000	150	1.200	—, —	0.06	-

定法多多。

(甲) 試藥

1. O.T. 溶液 取乾燥O.T. 試藥 ( 熔點  $129^{\circ}\text{C}$  ) 並照下開手續調成溶液:

a. 正確秤取乾燥O.T. 試藥一公分, 傾于大號研鉢 ( 直徑150

公厘)內,繼加入20%淡鹽酸 5c.c. (事前可取比重1.18—1.19濃鹽酸100c.c.與蒸餾水400c.c.配製即得)。

b. 研成薄漿,復用蒸餾水200c.c.稀釋。

c. 移入于1000c.c.刻度之燒瓶內並再度用蒸餾水稀釋,使容量稀釋至505c.c.表記線為止,

d. 最後投入20%淡鹽酸495c.c.,然後澈底拌和,使溶液全量成爲1000c.c.。

本溶液調成之後,宜用優質琥珀色或有色玻璃瓶(具塞),分裝數瓶,並宜藏于陰涼之處,如直射日光,業經證明具有摧壞藥性之作用,應加以避免,而低溫有促成磷二甲基聯苯爲氧化結晶物之沉澱,亦非所宜。

2. 硫酸銅溶液 秤取硫酸銅( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 1.5 公分與濃硫酸1c.c.,溶化于少量蒸餾水中,再用蒸餾水稀釋爲100c.c.。

3. 重鉻酸鉀溶液 秤取重鉻酸鉀( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) 0.25 公分與濃硫酸1c.c.,共溶化于蒸餾水中,繼用蒸餾水稀釋爲1000c.c.。

4. 標準比色溶液 依照表二十一所開,用移液管吸取上述硫酸銅與重鉻酸鉀兩種溶液,混合傾于100c.c. 納氏比色管(Nessler Tube),並用蒸餾水稀釋至 100c.c. 標記線而止,如是乃可配製深淺不同各式之標準比色溶液,藉以定量測定水中游離氯之含量。

此項標準比色溶液調製後,爲防止塵埃之侵入與溶液揮發起

表二十一 氯定量用標準比色溶液之配合

氯 P.P.M.	硫酸銅溶液 C.C.	重鉻酸鉀溶液 C.C.
0.01	0.0	0.8
0.02	0.0	2.1
0.03	0.0	3.2
0.04	0.0	4.3
0.05	0.4	5.5
0.06	0.8	6.6
0.07	1.2	7.5
0.08	1.5	8.2
0.09	1.7	9.0
0.10	1.8	10.0
0.20	1.9	20.0
0.25	1.9	25.0
0.30	1.9	30.0
0.35	1.9	34.0
0.40	2.0	38.0
0.50	2.0	45.0
0.60	2.0	51.0
0.70	2.0	58.0
0.80	2.0	63.0
0.90	2.0	67.0
1.00	2.0	72.0

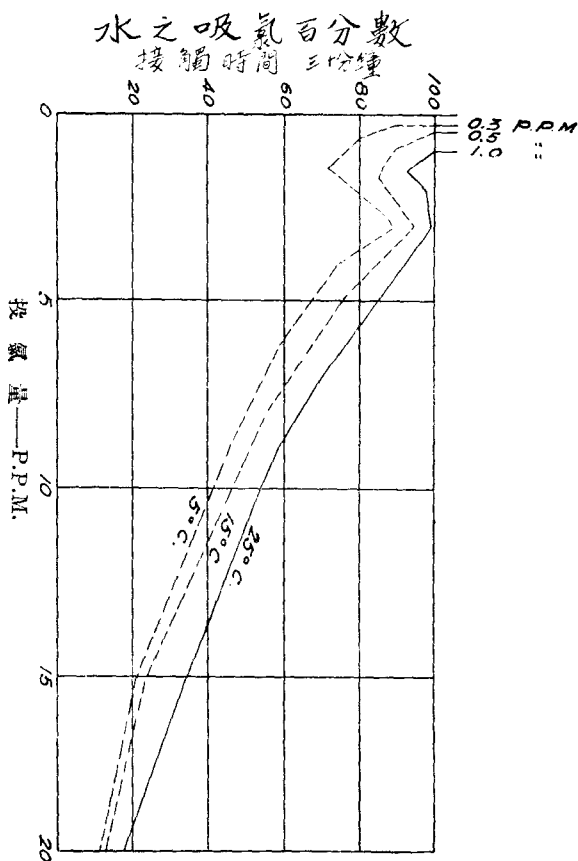
見，可取顯微鏡蓋玻片，用膠棉（Collodion）固封，以資保存，若日光直射，對於本溶液有褪色作用，故不論測驗或儲藏，皆以不受日光直射為宜。據台維斯及開利（Davis & Kelly）二氏之經歷，謂此項溶液如藏于不見日光之暗處，可維持十一個月之久而不墮，但多數意見，則主張無論如何，逢屆滿六個月，應更新一次，以期正確而保新鮮云。

（乙）手續 取100c.c. 水樣，盛于有100c.c. 容量之納氏比色管（管上所劃之標記線與管底應有300公厘之距離），次投入O.T.溶液1c.c. 而與水樣在納氏管中相混和，乃令該水樣靜置於暗處五分鐘，俟時間屆滿，即以水樣所呈之色與標準比色溶液，順次互相比較之，得水樣所呈之色，與某標準比色溶液相同而止。殘存於水中之游離氯與O.T.相互產生之顏色變化，自淡黃色起迄橙黃色止；大概淡黃色係表示水中存有微量之游離氯，橙黃色則顯示其有多量也。

上述接觸（靜置）時間雖為五分鐘，但最高不得逾十五鐘，斯為容許水樣與試藥產生顏色反應之必需時間，此係根據溫度攝氏二十度而言（如為已用氯氣法處理之水樣，接觸時間必須放長，在同樣情形之下，至少不得短於十五分鐘）。

但此項時間之標準，須視水質狀況與水溫之變遷，隨時加以糾正，譬如夏日炎暑，或水之pH值降低時，水之吸收氯素，非常亢進，如接觸時間過分久長，水樣與磷二甲基聯苯所顯呈之顏色反應，難免迅速消滅，此時應斟酌水質狀況，減縮為五分鐘。若逢冬令水溫低落，情形相反，水

之吸氣速率暴跌（見圖四十四），其間接足以影響於游離氯之檢驗者非細，故接觸時間，如不改為十五分鐘，難免發生不正確之結果。然圖檢驗更正確起見，若水溫低於攝氏二十度者，可將水樣盛于圓錐燒瓶



圖四十四 水溫與吸氣之關係

內，浸入沸水，隔水加熱，顧於水樣浸入後，務須不斷加以旋轉，俟達到適當溫度即止。尤須嚴密注意者，水樣之溫度，最高不得超過攝氏四十四度。

有時水中帶有高量之游離氯，當 O.T. 試藥加入之後，其顯現之顏色反應，深為濃厚，要超越標準比色溶液 1P.P.M. 界限以上，於此情形之下，欲作比色上之檢驗，祇有將上法略為變通即可。譬如所檢驗之水樣，假定帶有 1P.P.M. 以上及 2P.P.M. 以下之游離氯，執行檢驗時，乃將已經產生色彩之水樣，用等量不含氯之蒸餾水稀釋，並加以透澈之攪拌，而後再取此稀釋之水樣與標準比色溶液互作比較，若比色結果測定為 0.7P.P.M.，則其真確之游離氯便為  $0.7 \times 2 = 1.4$  P.P.M. 是也。如檢驗水中游離氯含量逾於 2P.P.M. 以上者，此即需用多倍容量之蒸餾水施行稀釋，將所用蒸餾水容量之倍數，與稀釋水樣在比較標準溶液時所獲得比色上之數值相乘，其所得之積，即為水之游離氯量。

當比色時，乃由上向下俯察，所以水樣在 100c.c. 納氏比色管內之深度，亦須一致，上下之距離不得短於 300 公厘，否則發生錯誤達百分之五十，至易易也。臨比色時，比色管之下面，須為白地或置於鏡面，使光線向上反射，倘觀察地點為北向沿窗之間接光線，則比色時，尤可得更明晰之視線與精密之結果焉。

五. 游離氯在干與物質中之測定 按 O.T. 試藥屬有機類胺之化合物，難溶于水，惟易溶于各酸，今既與鹽酸混和，其結果即構成為水溶性鹽基之氯化氯鹽 ( Hydrochloride Salt )，此鹽對於氯之游子，感應

比較最爲銳敏。在目前確可視爲檢驗游離氯唯一靈妙之試藥，採用者大可信賴之而勿疑。然吾人有不可不知者，卽利用此法以檢驗氯時，其所產生之黃色反應，係表現其氧化反應之結果，不第此也，此藥劑更不僅僅與氯引起作用爲限，如水中雜有他種干與物質，此試藥亦能與之發生同樣之色彩作用。此蓋在酸質配製之溶液中，其能呈有黃色反應者，乃由於產生上述氧化作用之結果，凡強氧化劑如氯，溴，錳或鐵之化合物，有一與之接觸，悉能使溶液變爲黃色。若以亞硝酸鹽與O.T. 溶液混和爲例，後者且能被促成爲重氮體化 (Diazotization)，其所現之反應，亦屬一個黃色之變化，是以在檢驗游離氯時，倘不採取適當技術，細加辨別與糾正，則于測定前途，難免召致錯誤失真之結果。

查水中常遇到之主要干與物質，據過去之經驗，以鐵，錳及亞硝酸鹽三類爲最普通。若臨檢定之時，發見屬於此項範圍內之干與物質者，祇須於措施上慎重調整，並參照合法處理之手續，則不正確之結果，卽可避免。而代表真正游離氯之數值，不難獲得矣。爰將糾正用之試藥與手續，開列于下，藉資取法，至上段所述關於手續上應行注意各事項，在本測定法中，依然有效，惟因節省篇幅起見，不復複舉：

#### (甲) 試藥

1. 不吸氣蒸餾水 注適量液態氯或氯水于無氯蒸餾水中 (無氯蒸餾水可取蒸餾水1000c.c.混以濃硫酸2c.c. 覆蒸餾卽得)，但務須使此水于氯需要滿足之外，含有0.5P.P.M.過量之氯，繼而加熱煮沸半小時，將其揮發驅除，俟冷却乃可取用。

2. O.T. 溶液 秤取乾燥 O.T. 試藥一公分，依照前段所述手續，製成溶液。

3. 淡鹽酸 用量筒量取比重 1.19 濃鹽酸 300c.c.，暨用蒸餾水 700 c.c. 稀釋至 1000c.c.。

4. 硫酸鎂溶液 將硫酸鎂 ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 20 公分溶化於 100 c.c. 蒸餾水，本溶液如對於氯有吸收作用者，應用氯使之滿足其需要。

5. 4.5N 氫氧化鈉規定溶液 溶化氫氧化鈉 19 公分于蒸餾水 100 c.c. 中即得，某種氫氧化鈉對於氯有相當之吸收性，此可用下法鑑定之：

取 100c.c. 納氏管一個，盛以 4.5N 氫氧化鈉規定溶液 10c.c.，繼加入 100 P.P.M. 濃度標準氯水 0.2c.c.，于三十分鐘靜置時間屆滿之後，再行投入不吸氯蒸餾水 90c.c.，4.5N 氫氧化鈉 10c.c.，O.T. 溶液 1c.c. 與淡鹽酸 2c.c.，力加振盪。若試料呈有游離氯之反應者，即可斷定此項驗質絕無顯著之氯吸收作用，當鑑定時，如須施用 100 P.P.M. 濃度之氯水，耗量超過 0.2c.c. 以上者，此為溶液對於氯有吸收之表示，若此，則可就本氫氧化鈉規定溶液內加入足量氯水，務使溶液負有微量之游離氯，然後經過一夜之靜置，以容許氯為溶液所吸收，而後可供檢驗之用。

6. 碘化鉀溶液 溶化純淨(不含碘與碘酸鹽)碘化鉀(KI)75公分于少量新鮮冷蒸餾水中，俟溶解，乃加入乙烷醇(Ethyl Alco.



hol) 100c.c., 次用新鮮冷蒸餾水釋淡至1000c.c.。

7. 0.01N 硫代硫酸鈉規定溶液 取0.1N 硫代硫酸鈉規定溶液 100c.c. (見第二章第五節第二分目甲. 3), 用蒸餾水稀釋為 1000c.c. 即得, 另加三氣甲烷 5c.c., 俾資保存, 此溶液每箇c.c. 相當於0.3546公絲之氯量。

8. 澱粉溶液 溶液配製法同第二章第五節第二分目甲. 1.

### (乙) 手續

1. 如水樣中檢有亞硝酸鹽含量在 0.3P.P.M. 以下, 並查有是項物質存於水中, 有干與之明證, 或鐵質含量超過0.3P.P.M. 以上, 1P.P.M. 以下者, 可用下法檢定:

加入O.T. 溶液 1c.c. 于100c.c. 檢水 (盛於納氏管) 中, 次加入淡鹽酸 1c.c., 充分混和, 乃將水樣靜置於暗處五分鐘, 惟最久不得逾十五分鐘, 俟顏色完全顯現後, 須即與標準比色溶液相比較, 倘水樣中pH值過高, 如依尋常檢定方式, 執行檢定, 則O.T. 試藥與游離氯相互所產生之黃色反應, 每為藍色或綠色所掩蔽, 致檢定彌感棘手, 若用本法, 得將干與之色澤消滅于無形。

2. 如水樣中含有高錳物質 (Manganic Mn) 超越0.01P.P.M. 或高鐵 (Ferric Fe) 。高於 1P.P.M. 者, (1) 法即不適用, 此須以下法試之:

量取水樣200c.c., 次加入硫酸鎂溶液 2c.c. 與4.5N 氫氧化鈉規定溶液2c.c., 充分混和, 嗣均勻分配於數個玻璃管, 及用離心沈澱器

以每分鐘一千轉之速度，旋轉三分鐘，乃傾取其上層清液於納氏管，繼而加入淡鹽酸2c.c.與O.T.溶液1c.c.，澈底振盪，再將水樣靜置於暗處五分鐘，惟最久不得逾十五分鐘，然後依前述手續而觀察其色度。

3. 如水樣內檢有亞硝酸氮 (Nitrite N) 及其含量大于0.3 P.P.M.者，則 O.T. 比色法，亦不能適用，斯則非用下述之碘化澱粉滴定法不可。而此法對於水中存有高錳物質，亦一律適用，惟碘化澱粉法之靈敏度，乃與溫度相反，溫度愈低，其靈敏度愈為銳敏，是以用冰或冷卻方法，將水樣溫度抑低，測定時可得較整齊之結果：

取水樣 1000 c.c. 盛于白色瓷皿內，用移液管吸取碘化鉀溶液 10c.c. 而加入於水樣中，當加入時，移液管之尖端須浸于檢水水面之下，以防藥液發生氧化，並宜輕加攪拌，靜置五分鐘，而後注入澱粉溶液 5c.c.，與用 0.01N 硫代硫酸鈉規定溶液，緩緩滴入，至水中藍色褪盡為止，倘欲知水中含有游離氯為若干，斯可用下之公式計算即得：

$$\text{硫代硫酸鈉滴定用c.c.數} \times 0.3546 = \text{游離氯P.P.M.}$$

六。玻璃標準比色器 近來一般採用顏色玻璃製成之永久標準者漸衆，市上較著名之製品，允推海利蓋比色器 (Hellige Comparator)，是器最普通之結構有如圖四十五所示，有比色架，三稜鏡，返射鏡，納氏管及圓形顏色平板等（平板上嵌有透明小圓玻璃顏色標準九片，分為

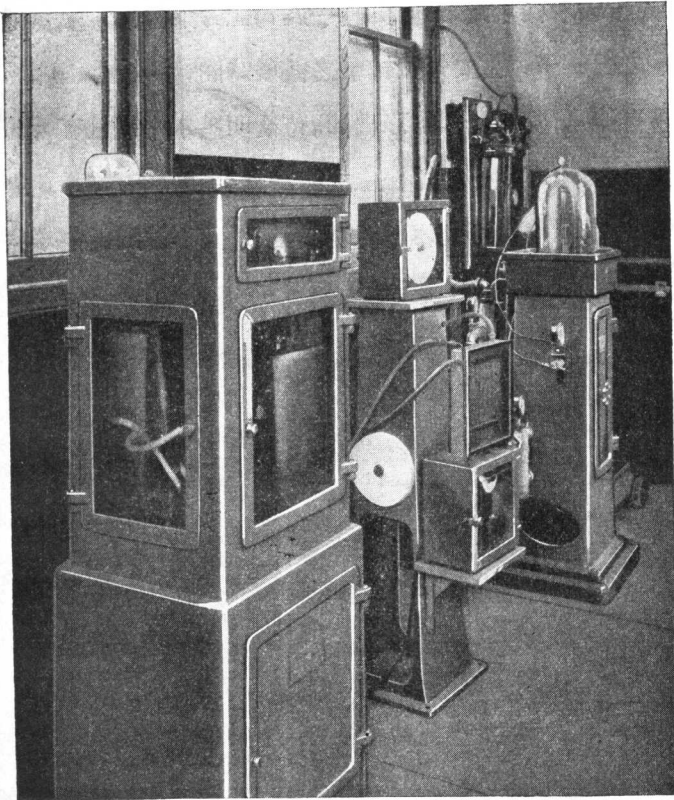


圖四十五 海利蓋氏比色器

0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1.0 P.P.M. 氯標度不等) 應用時, 先注試水入二納氏管至標度線, 一管水樣滴入以 O.T. 藥液 1c.c., 隨即拌和, 其他一管水樣, 作為比較之用, 免加試藥, 於經過規定接觸時間後, 將盛滿水樣之納氏管, 一律插于比色架內, 此時如由三稜鏡俯察水樣, 及旋動顏色平板, 擇水中所呈顏色與平板上之標準而比較之, 立可

獲知游離氯爲若干矣。施用此項玻璃顏色標準之優點，蓋係標準屬玻璃鑄成，顏色溶於玻璃內，故可經久耐用，因之時常鑑定比色溶液之麻煩手續，得以避免，且構造簡單，運用靈便，而尤宜於野外測驗工作之用。

七。游離氯自動記錄連節制器 美國沃萊思天倫公司 (Wallace & Tiernan Co.) 創製游離氯自動記錄連節制器 (Automatic Residual



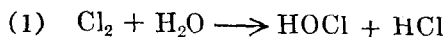
圖四十六 游離氯自動記錄連節制器

Chlorine Recorder & Controller ) , 方法更形進步, 凡一切人工應爲之測定手續與記錄工作, 是器能若機械人之代替人工, 概能優爲擔任。此器功效, 逢水中加氯量不足或過量時, 能自行節制以應付水質之變化。其構造原理與傳影機或有聲電影相彷彿, 係利用光電池 ( Photoelectric Cell ) 爲其主要之心臟; 全器係兩大部份 ( 見圖四十六 ) 組織而成, 一爲司檢驗水樣之光電池部份, 一爲司記錄兼節制加氯器部份。吾人如將水之投藥率與需要每個檢驗之循環時間, 事前預爲規定, 則以後便可聽其自然運轉, 而無須加以顧問。苟欲明悉水中氯量有否短少或游離氯負荷爲若干, 祇須察視器械上之記錄圖表, 則所有結果, 立可一目了然, 是器結構雖覺微形複雜, 但設計新穎, 固不媿爲近年來科學界中一個有用之發明品也。

## 第四章 氮氣消毒法

一.概說 凡將氯氣及氯之化合物如次氯酸鈉漂粉之類,注於含有氮游子之溶液,其結果即有第三種新化合物—氯胺(Monochloramine)之產生,此物性質與氯或氮迥異,乃臘希許氏(Raschig)於1907年發現,顧為人所認識具有殺菌價值者,則推李地爾氏(Rideal),當氏於1910年舉行糞便消毒實驗時,試加氮於次氯酸鈣溶液,曾測得含有1%有效氯之藥液,殺菌能力能加強三倍,即次氯酸鈣之殺菌力,原為酚係數(Phenol Coefficient)2.18者,經加入氮後,結果能將酚係數擴為6.36,嗣於1916年雷氏(Race)首先應用是法於渥太華城(Ottawa)給水廠,渠於節省消毒經費之外,復取得殺菌藥力之增高,頗著成效。當1930年一月以前,北美之採用是法者,僅有五處,至1933年已激增至六百五十處,最近世界各地給水廠與游泳池統計在內,至少有一千處,其突飛猛進,僅略次於用純氯化法,誠堪吾人注目也。

二.氮與氯之化學變化 一氯胺之生成,由於次氯酸或次氯酸鹽作用於氮而成。惟在產生之程序中,先有中間物次氯酸銨(Ammonium Hypochlorite)之生成:

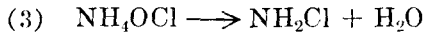


氯 水 次氯酸 氯化氫



次氯酸 氨 次氯酸鉍

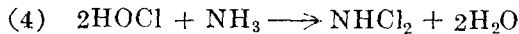
次氯酸鉍極不穩定，迅即轉變為一氯胺與水：



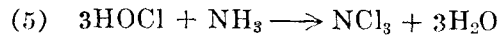
次氯酸鉍 一氯胺 水

上之反應，除一氯胺與水之外，尚有微量之硝酸鹽與亞硝酸鹽連帶產生。

今如將第一方程式中，用氯量略略過剩，即有二氯胺 (Dichloramine) 或三氯胺 (Trichloramine) 之產生：

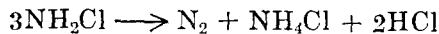


次氯酸 氨 二氯胺 水



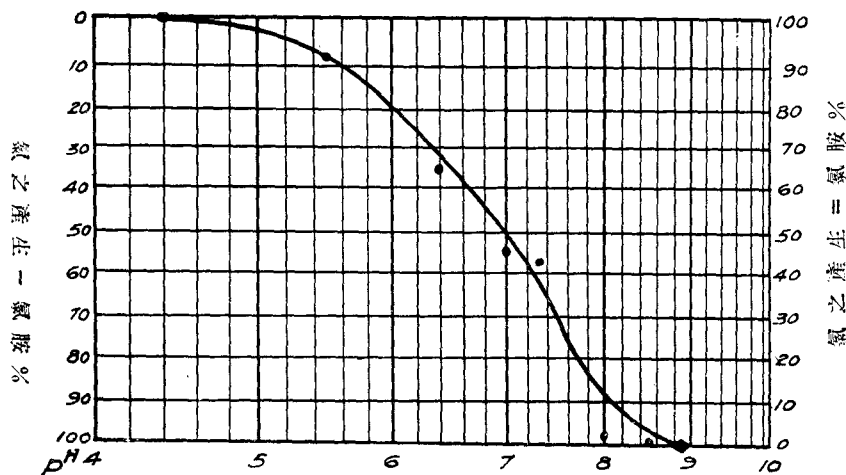
次氯酸 氨 三氯胺 水

上述諸種化學變化，皆受控制於最後溶液中之氯離子濃度之下，就普通情形而言，大概屬於一氯胺產物為多數，此式反應 (方程式3) 依理論上計算，為需要一份氨與二份氯，但按諸採用本法用戶之實地經驗，謂如水中用氯或氨游子故使剩餘，實為組成氯胺所必需。此說之由來，可歸之於氨有穩定作用，蓋氨係鹼性，如水之氯離子濃度適當，則氨用量稍稍過剩，至少可以阻止一氯胺發生下之分解：



一氯胺 氮 氯化鉍 氯化氫

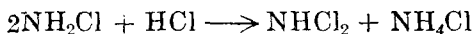
一般對於氯氣相互在溶液中產生之反應，皆認溶液若為酸性，則有導成三氯胺（一名三氯化氮）之趨向，如溶液為鹼性，則有變成一氯胺之結果。嘉賓氏 (Chapin) 對於此問題，曾作澈底之探討，據其發表論文，謂氯離子濃度在  $\text{pH}=8.5$  以上，祇有一氯胺之產生，如在  $\text{pH}=4.4$  與  $\text{pH}=5.0$  之間，可產生二氯胺，但在  $\text{pH}=4.4$  以下，則僅產生三氯胺，在  $\text{pH}=5.0$  與  $\text{pH}=8.5$  之間，則有一氯胺與二氯胺共同之產生，二者量之多寡，胥視氯離子濃度而定，若溶液為中性 ( $\text{pH}=7$ )，則約有等量之



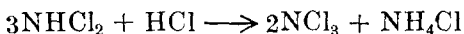
圖四十七 氯胺之平衡

一氯胺與二氯胺之構成，然若將含一氯胺之溶液，使變為酸性（將  $\text{pH}$  值降至 7 以下），如是即陸續發生化學分解，由一氯胺而二氯胺，最後如蓄留時間稍久，則已分解為三氯胺矣。





一氯胺 氯化氫 二氯胺 氯化銨



二氯胺 氯化氫 三氯胺 氯化銨

三. 採用氯氣法之目的及其利益 近年來歐美給水廠裝置氯氣法者，漸見增多，其採用之動機，雖每個水廠因環境之不同，頗不一致，然此法之爲人青睞與採用之緣由，若謂爲大都抱有列目的之一而來者，殆敢決其不謬也：

1. 防止味臭之發生與增高
2. 防止病菌之復生
3. 防止水池產生藻類等生物
4. 防止水管紅水等之釀成
5. 設備簡單

本法能解決上述消毒上種種問題，確屬實情，是以造成目前盛行之局面，茲就上列次序，一一加以伸說，藉明其利益。

1. 防止味臭之發生與增高 氣味與氣臭，在不良情形下，最易惹人厭惡，譬如給水廠採用重力式輸水制度與固定之加氯藥率，受供水之用戶，每於次日清晨開啓龍頭汲水時，即聞強烈之氣臭；此係隔夜累積於水管過量之氯液而來，在寒冬之際，氣味尤爲觸鼻，茲若取氯與氯混合行使消毒，則此弊立可避免，不復發生。

某種水質，不潔程度殊爲嚴重，設如施用氯量不足，恆苦難於治

成無病菌之純淨，倘將氯量提高，水固純淨矣，然往往遺留有類碘仿（Iodoform）之臭味，此臭味由於過量之氯與水中之溶解性物質互相作用而成，雖於衛生上絕無妨害，惟於口味上總為一種缺點，抑且臭味重者，足令用戶發生厭惡不快之感，所以多數水廠，從採用氯氣法後，在不犧牲水質原則之下，利用氯胺之功效，能供給淨潔可口之水質，不復聞有異臭矣。如飲水消毒為氯與氨合用，亦可容許水中剩餘氯含量之增高，俾資應付參差之輸水量與水之氯需要量，以維持水質安全。若深井水之水質，含有有機物質本甚輕微，雖僅加入少量之氯，亦易致氯之臭味之發生，茲若參用氯氣或鉍鹽，於增強水質之‘安全因子’外，復可避去臭味之構成。

本法如採用適當，得抑制氯酚味（Chlorophenol Taste）強度之增高；此係指氯與酚或酚之同族化合物質由互相接觸而生成，凡貼近鋼鐵廠，煉焦廠，煉油廠，煤氣廠之水源，常易遇到此類物質之沾污，水質中含酚量少者，如不用氯消毒，其味並不現出，但如與氯相接觸，「酚」味立形顯著，於是即組成氯酚化合物質於水中。假如含有微量酚之原水，並不施用氯氣消毒，其味可永不表顯。照勃來德氏（Braidech）之實驗記錄，則知每百萬份之水量含有酚量一份，若用氯量 0.55P.P.M. 消毒，則水中之氯酚氣味，立為味官所感覺，即在一百十九小時後，猶依然存在，苟改用 0.5P.P.M. 氯，混以 0.5P.P.M. 之氨加入水中，則氯酚氣味，立可將其抑制，能不為味嗅兩官所辨覺。

2. 防止病菌之復生 水中之細菌，經消毒後，往往難免有復生之現

象 (Aftergrowth), 即已爲藥物消毒之水料, 經短時間後, 病菌重又繁殖孳生。此在經過用氯消毒之上水, 爲數見不鮮者。夫水質中已行消毒滅菌, 而事後仍復容有病菌, 則水與不消毒等, 其危害用戶之康健, 實足懼, 而究其致此之由, 乃因氯係強氧化劑關係, 水雖一度消毒, 其留於水中游離氯之性質, 頗爲活潑, 瞬息間與水中他種物質相化合。投藥量偶爾短少, 則細菌復生之機會, 因之增多, 惟氯與氨所生成之游離氯, 性質反是。蓋氯胺之氧化力較低 (Oxidation Potential), 故留存於水中時間可以持久, 細菌永處於游離氯包圍之下, 新細菌孳生, 固難容許, 即其已死之病菌, 亦鮮有復生之機會。

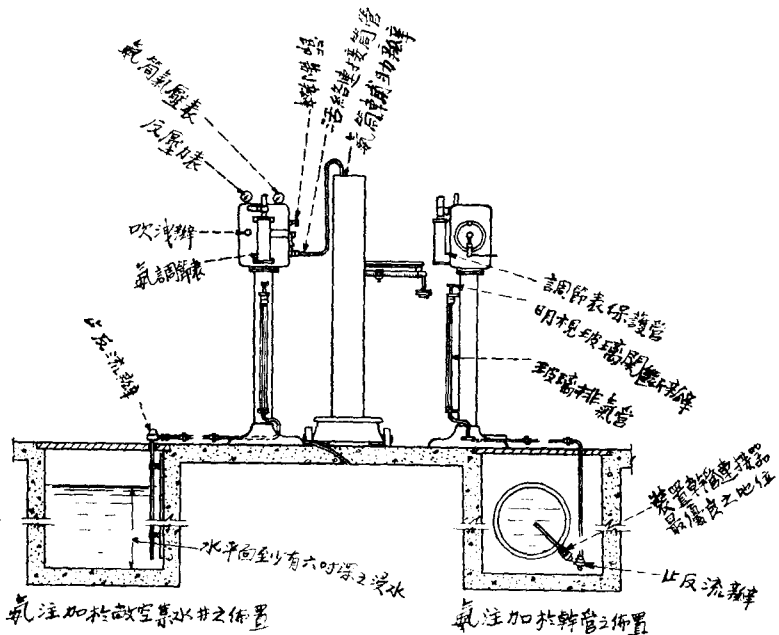
3. 防止水池產生藻類等生物 水池控制藻類繁殖 (Algae Growth) 問題, 給水廠煞費周章, 往昔之時, 其清除藻類, 每將水池蓄水盡行抽乾, 用人工將其剷除, 然後用硫酸銅溶液噴射於池面與池壁, 此非但手續麻煩, 且功效亦不十分可靠。故近二十年來, 恆舍此而改用氯氣或漂粉, 作爲除藻劑, 現更進而採用氯胺法者矣。攷此法之優點, 蓋氯胺藥劑溶於水流中, 有延緩特性, 耗費較少之藥量, 可獲致更美滿之結果, 不但水池之浮遊生物 (Plankton) 悉告杜絕, 即如一切滋生物, 除用氯氣法根本將其殲滅外, 復可免去一切滋生物分泌之腥味也。

4. 防止水管紅水等之釀成 現在給水廠採用氯氣法附帶將紅水 (銹水) 問題取得解決, 因每個給水廠之水管網, 常不免以水質中氫離子濃度, 失其平衡, 或長途幹管水量消耗量低, 致水流速率迂緩, 水與鐵質發生化學變化, 日積月累, 遂釀成紅水之結果。依照舊法, 水廠常用石

灰或碳酸鈉，除提高 pH 值外，同時祇得不時遣人至各處沖洗幹管，將銹水大量排出，促使水流暢通，藉維水流潔淨，以是水廠往往疲於奔命，且損失鉅額水量，同時尚須屈受衛生當局之懲罰，誠屬不幸。今則僅以氨與氯二種藥品，慎為調和，立得抑制其發生，即向住於靜僻地帶之用戶，常汲取不合衛生與屯積之死水，自氨氣消毒法出現後，諸多困苦，悉得為解除，而解除術之簡易，殆無有逾於此者矣。

5. 設備簡單 本法施用手續與加氯法同樣簡便，即應用器械，完全與加氯法設備無異（見圖四十八）。

大規模之給水廠可利用液態無水氨（Anhydrous Ammonia）或



圖四十八 加氨器之佈置

硫酸銨<sup>\*</sup> (Ammonium Sulphate) 作為水之氯化藥劑，前者可用加氨器 (Ammoniator) 餽給，後者可用乾藥餽給器 (Dry Chemical Feeder) 乾餽法通入於水。小範圍之水廠可用硫酸銨或高濃度之氫氧化銨水 (Aqua Ammonia) 溶化於少量水中，先製成氨之淡溶液，然後再將此氨之淡溶液餽給於水。至調節用器，可參用本書第二章漂粉消毒之裝置。

照目前上海市價，氯氣每公斤約為七角，氨氣每公斤為一元二角，素來每百萬公升水量應用氯量一公斤半，今如參用氨氣 0.25 P.P.M.，則氯用量可縮減至 0.5 公斤，同能獲得相等殺菌之功效。用純氯化法消毒，向為一元另五分，茲氨與氯混合消毒，僅須六角五分，費可節省百分之四十，允稱經濟。

四. 氨氯法之殺菌效率 關於用氨氯法殺菌之功效，言人人殊，有謂氨氯法殺菌作用，實與單純氯化法相等，或謂其效力且超越用氯化法，然亦有謂其功效不逮他法者，議論紛紜，莫衷一是。此乃最先採用時之批評，當時應用伊始，時期短促，經驗與用法，並皆缺乏，難免實驗上手續欠完備，或不良環境關係，以此數因，遂構成參差之結果。前章液態氯消毒法中，曾闡明水溫，氯離子濃度，混濁度，接觸時間，混和方法等原因，皆與殺菌功效有重要之影響。今氨氯法當然不能例外，且氨與氯二藥相互作用後所生成之反應物——氯胺——究竟其確實物理的性狀與化學的性狀若何，因種種困難，迄今尚未澈底明瞭，故此法應用視

<sup>\*</sup> 供本法消毒用之硫酸銨，須擇品質純淨，不得含有痕跡之氰化物，吡啶之含量，亦不宜超過 0.05%

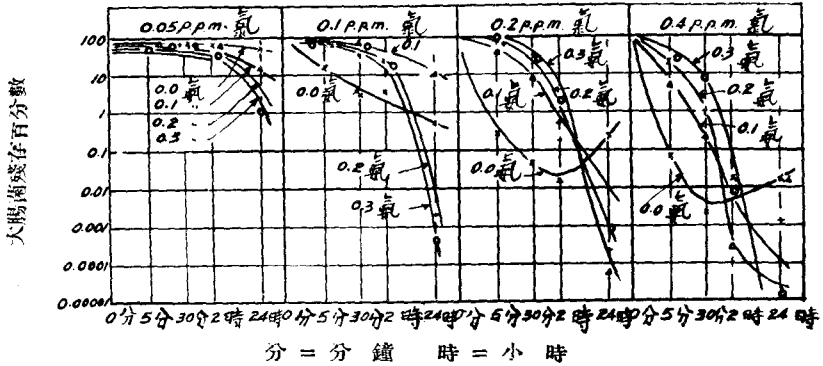
純氯化法實為複雜，早在意想之中。幸基礎粗具，其在消毒上之功效，漸形明顯，具富含研究性之具體報告，時有披露，尤以美國茄斯坦氏（Gerstein）之氨氣法之殺菌效率一文，蜚聲於時，今特將原文中之重要諸點與功效比較表圖，一一錄出，藉供研究本法者之參閱：

1. 殺菌速率 水之經過氨氣法與經過純氯化法處理之結果，證實前法之殺菌速率較後法為落後，倘氨用量增加，殺菌速率之落後，更為顯著，但經過一度落後時間，隨後之殺菌效率之表現，反超越純氯化法。此為其特徵，表二十二示純氯化法與氨氣混合法消毒力之比較。乃係分別舉行於不同之藥量，接觸時間，溫度，渾濁度，M.O. 輪度及 pH 值時所獲得之結果。

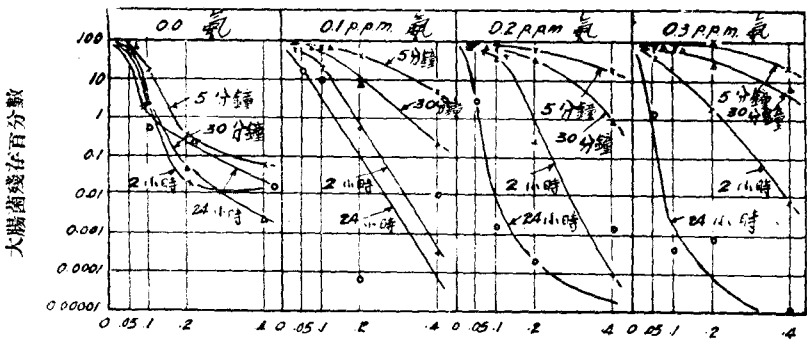
實驗時試水之標準，係先用純粹培養之大腸菌種，移殖於少量之原水（生水），嗣用水稀釋及較準，規定為每 100c.c. 水中含有一百萬個大腸菌。至加藥之手續，每次先將氨液加入水中，俟三十分接觸時間屆滿，然後再投入氯液。表內各個數字之價值，概屬每次所做五個試驗之平均結果的代表。

就表二十二用圖線表出，其結果有如圖四十九與圖五十所示。

茄氏發見單獨用氯 0.2 P.P.M. 處理上水，則其殺菌功效，能於五分鐘後完成，惟用氨氣混合法處理，則非五小時不可。然加氯量若增為 0.4 P.P.M.，雖有同樣之結果，顧以氨之存在，殺菌速率之延緩作用，即可縮短為二小時。此係示氯與氨用藥比例提高，能催促迅速殺菌之效率。圖五十有如圖四十九之同樣數值，然畫法則微有不同耳。如單獨用



圖四十九 接觸時間之變遷對於氯氣法殺菌率之影響



施用氯量 = P.P.M.  
(氯用量維持常數不變)

圖五十 施用變量之氯對於氯氣法殺菌率之影響

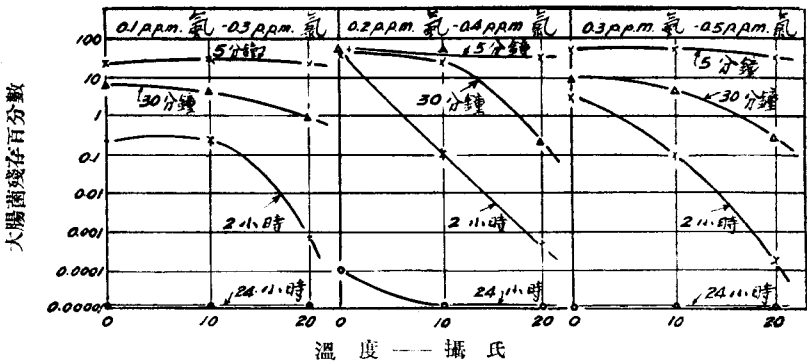
氯處理，其時間有五分鐘與二十四小時之懸殊，但獲得之功效，直無軒輊。苟水中有氮之參加，則五分鐘與二十四小時二種時間，乃有極大之反響；其差別隨氮量之增加為比例。關於氮用量之增加，其影響於殺菌作用者，另用表二十三揭示，此係根據圖四十九數值寫成。於此表可知殺菌之功效，如單獨用氯為 0.4 P.P.M.，則在 2.5 分鐘內即能殺滅大腸菌達 99%，倘參用氮 0.3 P.P.M.，則費一小時始有同等效率。惟氮用量

表二十三. 不同加氨量對於殺菌速率之影響

大腸菌 減少率百分數	需要接觸時間(單位小時)							
	0.1 P.P.M. 氨				0.4 P.P.M. 氨			
	0 氨	0.1氨	0.2氨	0.3氨	0 氨	0.1氨	0.2氨	0.3氨
90	0.2	24	4	3	0.02	0.06	0.12	0.4
99	9	>24	8	6	0.04	0.2	0.5	1
99.9		>24	15	10	0.07	0.7	0.9	2
99.99			20	15	0.2	1.5	1	3
99.999			30	20		5	1.5	4
99.9999			60	30		24	4	5
99.99999							>24	10

仍舊,而接觸時間展長至4.2分鐘,則大腸菌殺滅率可增至99.9%,若參用氨0.3P.P.M.,乃須經歷二小時,始取得類似之結果。

2. 溫度之影響 水溫之降下,其影響於氨氣法之殺菌作用亦大,圖五十一示氨氣法在攝氏零度迄二十度間之功效比較,就五分鐘短時間



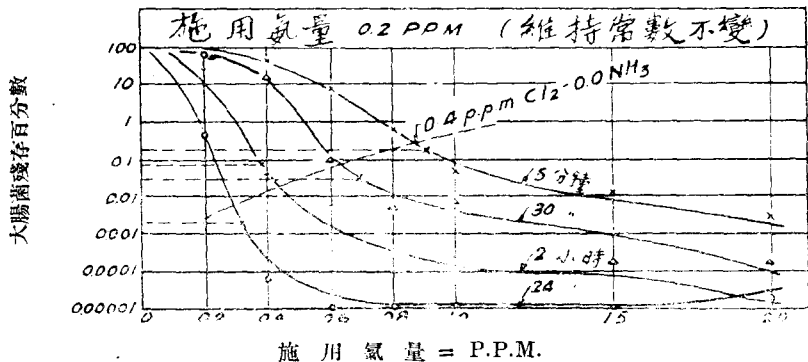
圖五十一 溫度之變遷對於氨氣法殺菌率之影響



之接觸而觀，其殺菌效率，不論在低溫或高溫，前後相差至為細微。苟用藥量相同，與接觸時間改為半小時，若處在高溫之下，則其效率突然增高，如再將時間放長至二小時，則其滅菌率益形彰明。

3. 渾濁度之影響 水之渾濁度影響於氯氣法之功效，雖不若溫度之甚，然其相互性之連繫，亦堪注意。表二十四係施用 0.2 P.P.M. 氯與 0.4 P.P.M. 氯，在同溫度狀況中獲得之殺菌功效之速率。實驗時分成四組，“A”，“B”，“C”三組之水之平均渾濁度，自 5.6 P.P.M. 迄 10.4 P.P.M.，今經過三十分鐘接觸時間，其大腸菌之殘存百分數，即自 0.2% 減至 0.99%，至“D”組實驗結果，其渾濁度高至 55 P.P.M.，經過三十分鐘之接觸，大腸菌之殘存，發現為 15.4%。觀此可見渾濁度之高下，影響於殺菌功效之程度。

4. 氯用量增重之影響 如一般之期待，氯對氯用量比例若增加，而殺菌之速率，亦隨之進步。此可於圖五十二徵之，在本實驗中，氯用量保



圖五十二 增重氯用量對於氯氣法殺菌率之影響

表二十四 水之渾濁度對於氯氣法殺菌作用之影響

( 氯與氣之用量：0.2P.P.M.氯—0.4P.P.M.氯 )

實驗分組	接觸時間	殘存大腸菌 %	剩餘氯 P.P.M.	物理的與化學的平均性狀		
				渾濁度	pH	溫度C°
“A”	5分鐘	19.3	0.35	10.0	7.9	17.8-20.2
	30分鐘	0.99	0.34			
	2小時	0.0001	0.32			
	24小時	0.0013	0.28			
“B”	5分鐘	37.0	0.35	10.4	7.8	19.5-23.3
	30分鐘	0.52	0.35			
	2小時	0.0004	0.34			
	24小時	0.0002	0.25			
“C”	5分鐘	32.1	0.38	5.6	7.8	22-22.3
	30分鐘	0.20	0.39			
	2小時	0.0004	0.38			
	24小時	0	0.33			
“D”	5分鐘	39.0	0.16	55.0	7.8	21.6-23.0
	30分鐘	15.4	0.14			
	2小時	0.033	0.13			
	24小時	0.0005	0.058			

持其常數 0.2 P.P.M.，而氯用量則頻頻更變。自 0.2 P.P.M. 迄 2.0 P.P.M.，水色比較渾濁，最高渾濁度為 96 P.P.M.，最低為 26 P.P.M.，其平均度為 55 P.P.M.，就圖五十二觀之，則吾人可見氯 0.9 P.P.M. 與氨 0.2 P.P.M.，在五分鐘內混合消毒之結果，其獲得之殺菌功效與單獨用氯 0.4 P.P.M. 相形之下，稍有遜色，故單獨用氯 0.4 P.P.M. 及用氯 0.3 P.P.M.，與氨 0.2 P.P.M. 混合法處理，在二十四小時後，足以互相匹敵。

5. 剩餘氯之延長性 剩餘氯在水中持久時間之久暫，與氯及水溫二者，關係至巨，表二十五示溫度與氯影響於極渾濁之水質，水中留存剩餘氯之持久性的關係，在攝氏 20—22 度，水之處理如單獨用氯為 1 P.P.M.，則剩餘氯僅能維持二小時為止，然於氯之原用量外，再混合以氨 0.5 P.P.M.，其剩餘氯在水中，足以維持一百二十小時之久，在攝氏 0—2 度之低溫，若單獨用氯 1 P.P.M. 處理，則二十四小時後，僅有痕跡之剩餘氯。反之，於 1 P.P.M. 氯量外，另加 0.5 P.P.M. 之氨，於二十四小時後，則有 0.62 P.P.M. 剩餘氯，即接觸時間延長至二十二日，其剩餘氯猶有 0.2 P.P.M. 留存於水中。

五. 投藥地位之選擇 氯之投藥地位，根據水質狀況與採用之目的而異，今茲通用方式，有濾先氯化法 (Pre-ammoniation) 與濾後氯化法 (Post-ammoniation) 二種；前者氯加於原水，後者氯加於已經砂濾池過濾之清水。照大概情形而論，若水料經過消毒之後，能容許有長時間之屯留，或原水帶有嚴重酚類之氣味，致不適於飲料之用者，在此

表二十五 氯與溫度對於剩餘氯持久性之影響

(加氯量1P.P.M.)

渾濁度 = 104P.P.M. M.O.輪度 = 120P.P.M. pH = 7.6

接觸時間	剩餘氯 (根據O.T.測定法)					
	0-2°C.		10-12°C.		20-22°C	
	0. P.P.M. 氯	0.5P.P.M. 氯	0. P.P.M. 氯	0.5P.P.M. 氯	0. P.P.M. 氯	0.5P.P.M. 氯
5 分鐘	0.60	0.65	0.60	0.60	0.60	0.65
30 分鐘	0.40	0.65	0.45	0.60	0.40	0.65
2 小時	0.30	0.65	0.30	0.65	0.04	0.60
24 小時	微量	0.62	微量	0.55	0	0.45
48 小時		0.62		0.55		0.31
120 小時		0.55		0.45		0.03
264 小時		0.30		0.24		
480 小時		0.20		0.12		
528 小時		0.20		0.12		

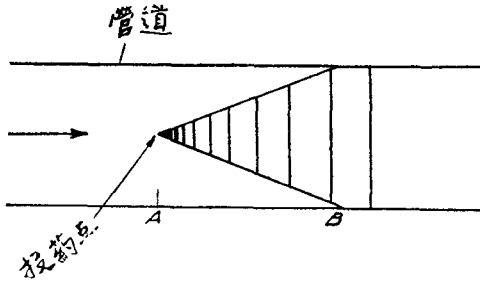
種情形之下，宜採用濾先氯化法。惟圖消毒作用加速，竟可採用濾後氯化法，蓋即先氯後氯之消毒法，不徒能獲得氯化消毒法固有之優點，且可兼有穩定游離氯之功效也。

濾先加氯之地位，宜在原水溜槽 (Raw Water Flume) 之上游，蓋此處加氯可藉水力作用，獲取最有效之混和也。給水廠如無溜槽之設備，可將氯與明礬共同餽給於混和槽，此法用者亦衆，但目的若在節省消毒藥品，則以氯餽給於沉澱池與砂濾池連接之管道內，較為經濟；

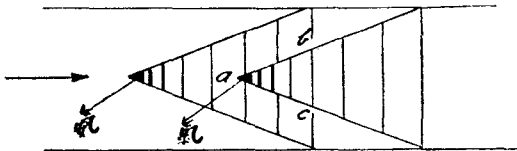
因渾濁原水經用明礬混和後，蜿蜒曲折，通過混凝池，水流達沉澱池，所含泥垢，載游載沉，最後達沉澱池之末階段，幾已全部下降。故此處水質清淨，吸收藥品能力低微，用費可掙節不少也。以上乃指濾先氯化法而言，至於濾後氯化法，範圍比較狹隘，其加藥地位，不外乎在砂濾池出流水口與清水池入流水口間之管道。要之，餽氯方式不論為濾先法或濾後法，應於氯投入水中經過短時間（約五分鐘）之接觸，氯液應迅速隨之加入，二藥加入之後，立當使氯與氨有充分接觸之時間與滿意之混和，此為最重要之原則。

氨之餽藥裝置，須與餽氯裝置，切勿使有過度之距離；因氨為有機物質良好之食料，如氨與氯互相餽給之地位，相隔稍遠，大部份之氨殆將為水中有機物質所吸收，以致消失淨盡，氨如加入於沉澱池之入口處，與氯加入於砂濾池過濾之清水，此段水程接觸之時間，甚為冗長，不但藥品消耗量太鉅，不合經濟，且其殺菌成效，亦並不十分可靠，是實深宜注意也。

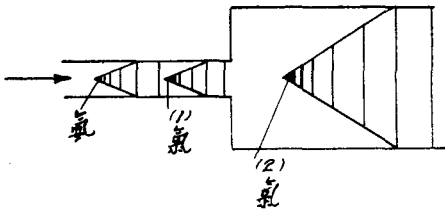
氨在攝氏零度時，每一體積之水，約溶一千三百體積，在平常之溫度，能溶八百體積，故氨極易溶解於水。茲若採用液態氨為餽給藥料，當氨由導管導至水流處，則此藥劑立在擴散器附近構成局部高濃之氨液，其擴散於水之速率，甚為遲緩，因氨之比重較水為低，且擴散之進行方面，自下而上，故如用溜槽或藉障板（Baffle）之力，促進氨與水之激盪，則其擴散於水中，可得均勻之分佈。列圖於下，圖五十三，五十四，五十五示藥品在水中擴散之形狀，俾讀者易於會悟其用法。



圖五十三 圖示氯或氯在管道內擴散之狀，其三角之投影，係表示藥劑之濃度，自“A”至“B”所需要均勻之混和時間，乃取決於水流之速度，管道之大小（闊狹）與激動之程度等，灼然可見。



圖五十四 圖示二個投藥地點，倘過分接近時，在 A, B, C, 小圓錐三角形內，易於招致三氯胺之產生。



圖五十五 圖示藥劑擴散之速度與水流速度之關係，凡藥劑注於較小對徑之管道為迅速，故能獲得迅速之混和。

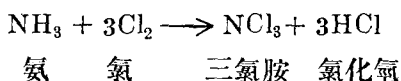
六. 氯氣投藥量之比例 氯與氯採用之比例，自 1:1 至 1:10 不等（見表二十六），此實隨水質與處理方式情形而異，因每種水質，有各個之特性與需要，苟欲測定適當之用量，應在實驗室內預作小規模細菌的試驗，然後再決定其用量。在管理完善之水廠，施用於濾先氯化法，則採用 1:2 之比例（即氯氣一份與氯氣二份重量之比），足敷消毒之需要，若施用於濾後氯化法者，可採用 1:4 之比例，斯項用量比例，在通常情勢中，常克臻效。

七. 氯胺藥液調製法 尚須注意者，氯與

表二十六 美國採用氯氣餽給用量之統計

給水廠番號	加 氯 地 點		氯 之 來 源			施 用 藥 量 (磅單位對每百萬美制加侖)			氯 氣 比 率			
	原水	混和室	凝後	過濾後	清水池 流入水	副產品 磷酸鈣	合成硫 磺酸鈣	氣水	最高	平均	最高	平均
1	X								3.2	2.5	10	1:4
2		X							1.4	2.0	6.1	1:3
3	X								2.0	0.9	8.4	1:2
4	X								4.0	1.5	4.5	1:1.3
5		X			X				2.5	3.9	6.0	1:3
6									3.0	1.3	4.0	1:1
7			X						3.0	1.3	9.8	1:3
8	X								0.8	1.5	9.0	1:2
9			X						1.6	0.5	3.5	1:4
10	X								1.0	1.5	5.8	1:3
11							X		0.7	0.7	3.4	1:3.3
12	X								1.0	0.6	5.0	1:4
13			X						3.0	1.0	2.8	1:2
14			X						6.6	5.8	6.0	1:2
15			X						2.0	2.0	41.5	1:2.5
16	X								2.5	1.7	10.0	1:4
17		X							2.3	1.8	9.0	1:4
18			X				X		1.0	0.8	3.5	1:0.5
19		X					X		1.7	0.4	2.5	1:1.5
20			X						2.0	1.4	5.9	1:2
											20.7	1:3.5
											7.0	1:4.5
											7.0	1:4
											2.4	1:3
											3.5	1:4
											1.3	1:4.5
											1.3	1:2.3
											3.7	1:2.8
											3.7	1:4.3

氯絕對不得直接混合施用，於氯氣導引至濃厚鉍鹽之溶液，亦在避免之列。不論氯氣之性質為氣體或化合物，凡濃度如屬高強，設二者互相混合，必釀成猛烈之爆炸，此係由於生成三氯胺之結果：



氯胺在衛生上有滅菌之功效者，惟一氯胺與二氯胺二種而已，故給水廠之採用氯氣法，在可能範圍內，應儘量施用分離餽藥法；是即先氯後氨或先氨後氯間斷式之加藥法，藉以抑制三氯胺之產生，亦即所以減除危險耳。

倘人擬直接調製氯胺藥液，以行消毒，曷請參用雷氏之舊法乎，此法先以氯與氨，各別製成 0.5% 之淡溶液，配就後，仍用儲液槽分開貯藏，次用整口箱調節其流量，然後使二種藥液共同流向混合槽而會合之，如此，氯胺之藥液遂得組成。或依亞爾久斯基氏 (Olszewski) 之改良法亦可，蓋用稀淡次氯酸鈉 (用碳酸鈉及氯調合製成) 與氨直接在化合槽相混和，瞬息間即有氯胺之產生也。

八. 游離氯測定法 在液態氯消毒法中，用 O.T. 法以測定游離氯之多寡，即可預測水質之安全與否。本法殺菌劑之主力，亦賴氯之化合物之功效，得將上水治成清潔，適於衛生，故欲作迅速簡易之控制，亦可採用同前章所列之 O.T. 法之手續，以鑒定游離氯量。惟在用氯氣法消毒之水料，其容許之含量，不妨將標準略為提高，即無論何時，經過相當時間之接觸，水質中應有 0.5 P.P.M. 以上游離氯之存在。此為預測水質之假定方法，其精密結果，則必依賴細菌試驗之佐證。



## 第五章 食鹽電解消毒法

直接用電，將食鹽之水溶液（一名鹽滷 Brine）在電解槽（Electrolytic Cell）內分解，使其產生氯氣或次氯酸鈉，然後以之用於飲水消毒。此法在外國早有少數給水廠採用。其優點至少為不似用液態氯之含有危險性，亦不似用漂粉而有石灰渣滓之可厭，凡能享受低廉代價之電源與獲得政府特許工業用鹽之豁免重稅執照者，皆可適用。且此法尤宜於距離氯氣與漂粉產地遙遠之內地，惟技術上之管理，初不若理想中之簡易，故於採用之前，不可不慎加考慮也。

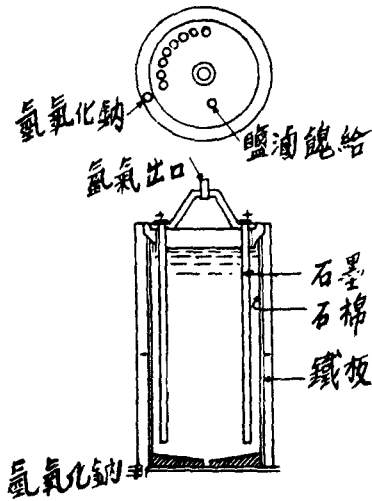
此項電解槽，已發明者何止數十種，依發明人之殊異，各有不同之形態，其構造方式，茲可概括於下之兩大類，請述其詳。

### 第一節 膜片式電解槽（電解氯氣法）

一. 構造 膜片式（Diaphragm Type）電解槽，乃係現在製造大量氯鹼工業所採用，其構造材料，陽電極幾皆一致以石墨（Graphite）為之。槽之本身，或用混凝土（Concrete），或用鋼板（Sheet Steel），亦有用混凝土與鋼板相互構成者。陰電極多數為鋼絲網，或以多孔之鐵板組成；電解槽之頂蓋，材料多用混凝土，槽中膜片用石棉紙或石棉布。

二. 分類 顧膜片式電解槽，如再細加分析，復可分成三種：（一）水銀式槽，若開斯納（Castner）與蘇倫生（Sorensen）兩種槽，乃其

代表也。(二)長方式槽，則哈勃(Hargreaves-Bird)湯笙(Townsend)愛倫慕爾(Allen-Moore)納爾生(Nelson)等槽屬之。(三)圓柱式槽，若吉勃斯(Gibbs)惠勒(Wheeler)伏爾司(Vorce)諸槽屬之。但就此三類電解槽比較之，則流行最廣，聲名昭著者，允推圓柱式槽為首屈一指，在北美洲一帶製造氯鹼工業者，幾多採用此種電槽。其超越點之可得而言者，即地位省，電流密度需要值低，產生氯氣比較純粹，陽電極堪經久耐用是也。茲為便於明瞭圓柱式電解槽內容組織，特將伏爾司式電解槽(見圖五十六)之構造，敘述於後。

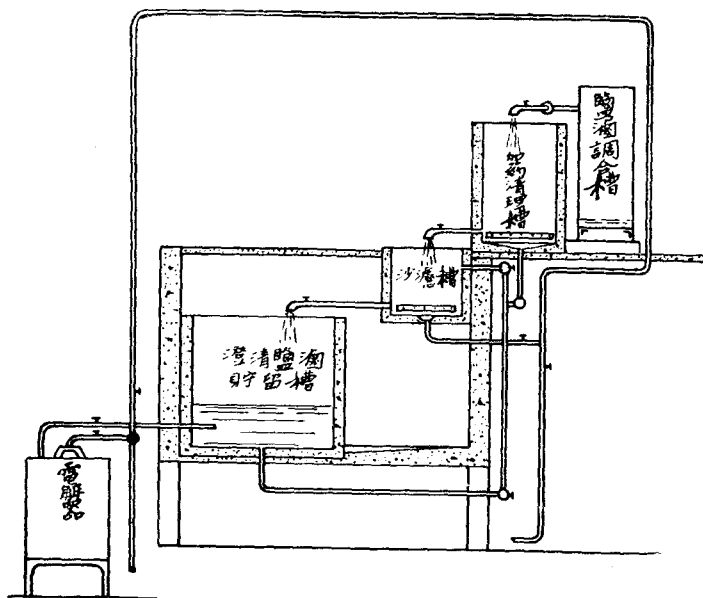


圖五十六 伏爾司式電解槽

三. 伏爾司式電解槽 伏爾司式槽之設置，中央為石墨陽極室，室之周圍，遍繞石棉膜片(緊接於多孔鐵板製成之陰電極處)，陽極室產生之氯氣，乃由槽頂之導氣口放出，應用之飽和鹽滿，亦由頂蓋處灌入。至陰電極附近生成之氫氧化鈉，由陰電極之底部排出。全部電解器並承受於鋼板與混凝土製成之圓筒內。至此式每個電解槽之功能與工作效率，大都電壓需要3.3—3.6伏

特，電流950—1000安培，陽電極電流密度，每平方英寸為0.34安培，陰電極電流密度，每平方英寸為0.5安培，電流效率94—96%，功率61—

62%，每仟瓦小時電流，可產生氯氣0.76磅與燒碱0.86磅，陽電極壽命可維持600—900日，電解溶質用飽和鹽滷，全槽尺碼為26英寸對徑×42英寸高，每日每個電解槽最高產量為氯氣63.15磅（同時產生氫氧化鈉71.42磅），以63.15磅生產量之氯氣，如用之處理中等規模之給水廠，水量在二萬立方公尺左右（五百萬加侖）與投藥量規定為1P.P.M.者，則備此一具，便能應付裕如，而藥量且綽有盈餘，至副產品之氫氧化鈉（燒碱），用途尤廣，可售與製皂廠染織廠等，藉此更可收回貼補消毒上之經費。給水廠採用本式電解槽之佈置。可如圖五十七所示，其主要部分，包括飽和鹽滷調合槽，加藥清理槽，電動發動機，沙濾槽，澄



圖五十七 電解氯氣法之佈置

清鹽滷貯留槽，電解槽，吸氣噴射器及管件等。

四. 伏爾司電解槽之運用 如電解槽業已通電，則陽極室陸續充滿氯，繼氯則化爲游離氣體而升騰，宜立由頂部導管直接導至消毒地點應用，同時於陰電極生成之氫與鈉，又起反應，氫因溶解度極小，乃經由洩氣管逸去，鈉因溶解度高，乃與 OH 離子相值，遂有氫氧化鈉之產生。電解槽中，因有膜片之阻隔，故能防止膜片內外二種物質相混合，既生成之氫氧化鈉得隨時由陰電極之底部抽去之。倘欲測知氯氣生產量之多寡，可用間接計算法，蓋即於規定時間內，視產生之氫氧化鈉之濃度與體積所占之重量爲若干，因而推求之也。緣氫氧化鈉與氯之生產比例係 1:0.8836，若於電解時，陰極產生氫氧化鈉 1 公分，則同時應有 0.8836 公分之氯氣產生，由此類推，遂能知其數量爲若干焉。

五. 鹽滷之處理 飽和鹽滷，每公升應含有氯化鈉 315 公分，此可先於飽和鹽滷調合槽內調製之，其法先於槽內盛滿食鹽，次由槽底導入調合用水，食鹽既與水相接觸，便溶解而成爲飽和鹽滷，然後由溢液管過入加藥處理槽，即加入碳酸鈉與氫氧化鈉，而此二藥之投加量，以適能滿足鹽滷中鈣鎂兩雜質化合與沉澱爲止；此帶有沉澱物之鹽滷，可援用自然重力使導入沙濾槽，經過過濾手續，所有澄清鹽滷，則透過沙濾槽而入貯留槽備用，而一切沉澱雜質，皆阻留於沙濾層之表面矣。惟既經用鹼質藥物處理之鹽滷，其鹼度必高，在鹽滷電解時，於陽電極室將產生多量之次氯酸鈉與其他弊病，因而妨礙電解槽之功用，所以貯於貯留槽之澄清鹽滷，必須重用鹽酸中和其鹼度，並使鹽滷略帶酸性，其鹽酸

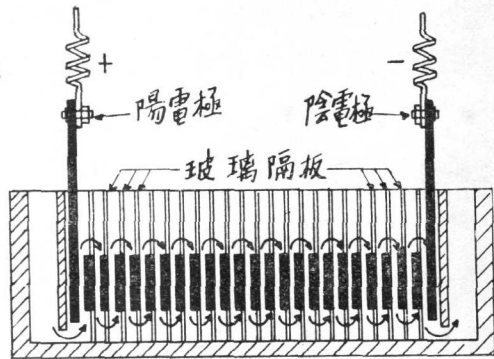
施用量，約為每10000公升鹽鹵，施用商用鹽酸1.5公斤。

酸性鹽鹵須先經由均衡調節箱，然後再導入電解槽（如用氯需要量高者，可置備兩個或兩個以上）。

## 第二節 非膜片式電解槽(電解次氯酸鈉法)

一.構造 非膜片式 ( Non-Diaphragm Type ) 電解槽，係一長方形之淺槽，以滑石或他種絕緣原料製成，其尺碼，縱約三十公分，橫七十公分，深三十公分，於槽之二端（見圖五十八）分別裝置陽電極（ Positive Electrode ）與陰電極（ Negative Electrode ）各一。復於

兩電極之間，密列小型電極數個或數十個不等；電極材料宜用石墨，並在每個小型電極間，用玻璃障板（ Glass Baffles ）隔成數個電解分室，此小型電極具有雙極性作用，即正面用作陽極，背面則為陰

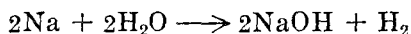


圖五十八 非膜片式電解槽

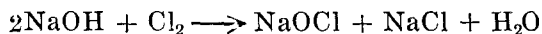
極，當電解槽先通以電流，繼將鹽鹵導入時，槽內立即發生電解（Electrolysis）作用，遂於陽電極產生氯，陰電極產生鈉，鈉與水互起作用，乃成氫氧化鈉，是時如繼續通電不止，及同時使鹽鹵流動，成為上下迴旋之姿態而進行，則氯又與氫氧化鈉互起作用，而得次氯酸鈉溶液：



食鹽（氯化鈉）鈉 氯



鈉 水 氫氧化鈉 氫



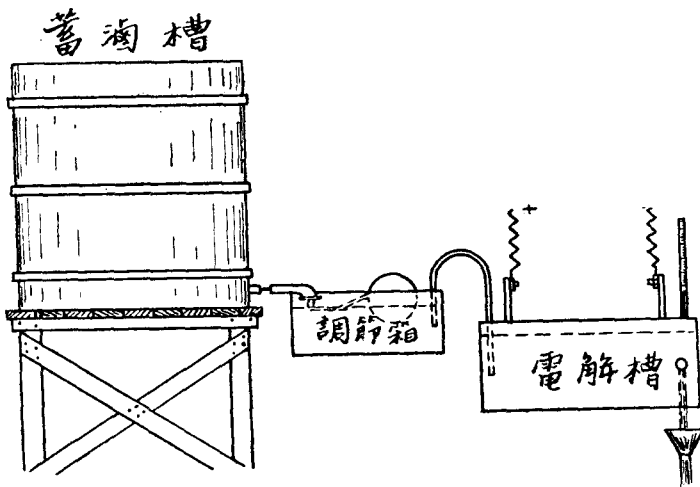
氫氧化鈉 氯 次氯酸鈉 氯化鈉 水

二.效率 事實上此式電解槽所需要之電壓，每個電解分室（電池）為四個伏特，今本式電解槽共有二十四電解分室，以每個作四伏特算，總電壓即需要九十六伏特（ $24 \times 4 = 96$ ）。今若採用100伏特電壓之電流，與配備一變阻器同用，即可運用操作矣。

就理論上之計算，每749公分之食鹽，如經用1.23仟瓦小時之電流，應產生有454公分之氯氣。顧普通非膜片式之電解槽，其效率頗低，其最高率祇為百分之二十五，即食鹽中之氯化物所能電離之成色，亦不逾百分之二十，故實際上需要五安培之電流與3.7公斤食鹽，方能產生半公斤有效氯氣。假如電解槽內溶質，於工作時之溫度超越攝氏三十度，上述效率，尚須再打一個折扣，因溫度增高，槽內產生之次氯酸鈉，立有變成氯酸鈉之傾向，此外尚有一部份生成之氫氣，在高溫度下，亦有促進次氯酸鈉之還元作用，因此對於電解槽低溫度之取得，甚關重要，現在通常辦法，係用冰逼使其溫度降低耳。至大規模採用本式電解槽之給水廠，則裝設機械冷却設備，以維持電解室之低溫，此項冷却設備，為採用非膜片電解槽者所不可或缺，不然，次氯酸鈉之產量太小，所得不償

所費，而各種附帶副作用，更無法杜絕之也。

三.裝置與效果 給水廠如採用此式電解槽，其一切佈置，可參照圖五十九所示，置備蓄滴槽，均衡調節箱與電解槽各一。用時，先將粗鹽十公斤溶於調合槽，充分與九十公升潔淨清水相化合，使成為百分之十



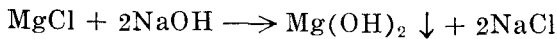
圖五十九 電解次氯酸鈉之佈置

濃度之溶液，再依法施用碳酸鈉與氫氧化鈉而加以處理，俟靜置澄清，然後吸取清液，或用沙濾槽過濾，再傾入蓄滴槽，至是，鹽滴緩緩由蓄滴槽通入均衡調節箱，由此自動經虹吸管，導入電解槽。鹽滴經電解結果，製成之次氯酸鈉溶液，即由電解槽之溢液口，隨消毒方式，已可直接引至擬消毒之處執行消毒，或另以均衡吸藥箱，用抽水機抽吸，隨抽水時吸入於水中焉。

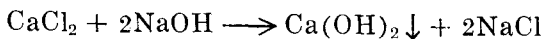
本節所述之電解槽，為美國盛行之台登 (Dayton) 式槽，據云在

正常工作情形之下，本式電解槽在每小時內，能分解四十加侖之淡鹽滴，而消耗電流為七十安培，其結果為每小時產生氯氣 2½ 磅，此即等於須用八磅食鹽與 3.08 仟瓦小時之電流，方能產生氯氣一磅。惟歐洲大陸則以基爾納(Kellner)式槽，採用較廣，近今彼得格勒城 ( Petrograd ) 給水廠，裝置基爾納氏之電解槽，成績頗為美滿，據該給水廠浦高兩氏 ( Pushin 與 Kaukhchev ) 之報告，謂耗用食鹽 6.22 公斤與 6.15 仟瓦小時之電流，即可產生氯氣一公斤，此即等於食鹽 6.22 磅與 2.79 仟瓦小時之電流，能得氯氣一磅之收穫，今以二種電解槽相互比較，可見後者電解槽之效率超過前者，用鹽與電流俱皆省儉，是其特點。該給水廠所置基爾納槽之總能量，為每日生產有效氯氣六百公斤，此量足供消毒 595,000,000 公升水量之用，世界給水廠中之擁有龐大電解次氯酸鈉能量者，殆當以該水廠為巨擘矣。

四. 鹽滴之處理 關於原料用鹽，如前節所述手續，亦須同樣加以處理，因我國各地食鹽品質，甚為龐雜，於氯化鈉之外，多含有氯化鈣，氯化鎂等雜質，如直接將粗鹽配成淡滴，灌入電解槽電解，其結果往往產生多量之鈣與鎂之氫氧化沈澱物，吸附於陰電極一帶，因而阻礙電之傳導率，間接便將電解槽之功效，橫被減小：



氯化鎂    氫氧化鈉    氫氧化鎂    氯化鈉



氯化鈣    氫氧化鈉    氫氧化鈣    氯化鈉



此外氫氧離子與游離氯亦有相當量之產生，此項物質輒互相引起感應，變為次氯酸離子。

電解溶質中，如混有多量雜質，則次氯酸鈉之產量，勢必要倍受損失，茲若用精製鹽以代尋常粗鹽，則於價格方面，軒輊太大，非所語於日常耗用大量之給水廠，但將應用之淡鹽滴中（濃度為10%），酌加少量碳酸鈉與氫氧化鈉，然後用鹽酸校正，使鹽滴成為中性，經如此一番處理，其食鹽成色，往往足與最佳之精製鹽相媲美，而處理用之藥物施用量僅為2%左右，消費無幾，手續簡易，洵一經濟之辦法也。

## 第六章 味臭祛除法

近年給水工程中，漸多注意如何消除臭氣與異味之問題，是蓋由於邇來供給淨水標準之提高，與公衆急切需要一個清潔而不帶任何可厭氣味之要求而來。

夷考地面水，莫不多少含有不適口之氣味，此項氣味，據調查所知，乃由水中之微生物與藻類分解而產生，或由有機溶解物質而生，或由工業排泄而生，或由氯消毒之故。其普通所常遇到者約有十五種，依氣味常現之頻數，列序如下：

- |         |        |
|---------|--------|
| 1. 魚腥   | 9. 酚氣  |
| 2. 泥土   | 10. 芳草 |
| 3. 植物   | 11. 甜味 |
| 4. 腐敗植物 | 12. 藥氣 |
| 5. 霉氣   | 13. 碘仿 |
| 6. 氯氣   | 14. 莠草 |
| 7. 泥炭   | 15. 油氣 |
| 8. 硫化氫  |        |

水中凡混有上列之氣味，含量輕微者，對於人類之康健尚無妨礙，若含量超過某種界限，味臭成爲尖銳化時，恆足引起飲用者感覺不快。有種組成氣味之物質混雜過多時，甚至對於生活上發生惡劣之反應。優

良之水，在外貌上不但應清瑩無色與不帶菌病，即一切不適口之味臭，亦不當存於其間，是以亟圖消除水中可厭之味臭，實現代淨水工程中一個不容忽視之重要問題也。

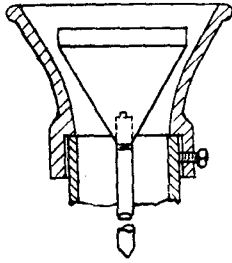
關於消除味臭之方法，茲所通行者，有下之數種，試為分別闡述於後。

1. 曝氣法
2. 氨氣法
3. 活性碳法
4. 過量氯化法
5. 高錳酸鉀法

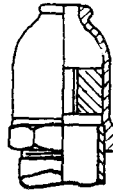
一. 曝氣法 曝氣法(Aeration)一名通氣法，為消除味臭術中之最舊與最普遍流行方法，歐美多數之給水廠採用有年。當一千九百零五年以前，他種方法猶未發明時，苟欲剷除惡臭異味者舍此末由，此法雖不能完善有效，但味臭若由於有機物質所導成而濃度尚不十分強烈者，要不失為經濟而適用者也。

1. 曝氣器之式樣 曝氣器(Aerator)之設計，各個水廠固不雷同，其設計之式樣，恆視水廠之經濟能力與水廠技師之意而定，但其主要者，可概括如下之三種：

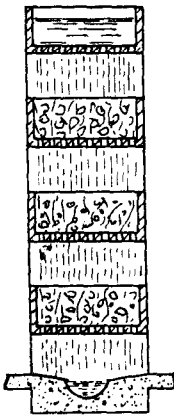
- a. 噴霧式
- b. 攪瀉式
- c. 播氣式



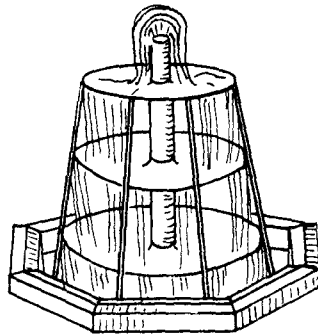
薩格拉門托式  
噴霧嘴



普通式噴霧嘴



焦炭盤格



瀑布式

圖六十 曝氣器之式樣

曝氣法雖經採用有年，而迄今尚無人能創立曝氣之理論，以解釋其基本之原則，良堪怪異。吾人對於水有吸收氣體之作用，類多知之，至氣味自水中釋出，應視為「負吸收」作用，其釋出之氣體，是否與吸收之速率一律，則猶有待乎學理與實驗之探討。驅除氣味究須若干空氣，亦無從知悉，即空氣與水中之氣味，實生何種作用，又欠明瞭，但若將水噴

射於真空之容氣內，則揮發性之氣味，易於釋出，此可想像得之。

現代採用曝氣法者，謂此法能消除味臭，乃因水中混有溶解性之氣體與易揮發之物質之故，是以將水噴成極細之霧點，即可有較大之平面的面積，得與空氣中之氧相接觸，由此則味臭即自水中播散，據此而言，則噴霧式之曝氣器，應視為最有效之設計也。

至潑瀉式之式樣亦有多種，設計之原理雖與噴霧式相同，顧其曝露於空氣之水平面之面積，並不廣大，是以結果較差。至播氣式係用空氣壓縮機將空氣播佈於水中耳，然施用此法，若與噴霧式相比較，其功能最次，而費用反居首位，故就經濟而言，非所宜也。

2. 曝氣之目的 可分四種言之（一）消除討厭氣味（二）消除二氧化碳（三）消除鐵與錳（四）回復氧氣入水。

今茲水廠採用之曝氣器，原為消除氣味而設置。此法之發明，係遠在邇來新法出現之前，其消除氣味之結果，並不顯著，因祇能減輕味臭，而不能完全氧化有機物質予以消滅之功能，蓋新法已能消滅之，無須獲曝氣器之輔助，故剷除嚴重味臭，已不復賴此法矣。

二氧化碳雖非屬於發生味臭之物質，惟此化合物能用曝氣法消除之，衆所咸知。水中如溶解二氧化碳愈多，酸度愈大，則水之腐蝕金屬水管性愈為活動，是以水廠現多利用曝氣器以減少水中之碳酸。然二氧化碳在何種含量時應運用此器，方合經濟，頗難臆斷，因須視環境與水質而定，但水中如有游離二氧化碳時，一律採用此法以消除之或中和之，較採用他法為經濟。然對於硬水又當別論，緣硬水所含游離碳酸，其腐

蝕水管性並不若軟水之十分顯著，在此種情形之下，若游離碳酸含量少者，僅用石灰或碱以使其中和，較爲經濟，若含量高者，可分兩部份手續將其消除，即曝氣與化學處理混合使用之，蓋先用曝氣法將水中之碳酸消滅一部份，繼用石灰或碱以使水之 pH 值臻於平衡是也。

鐵質出現於水中，其量在 1—2 P. P. M. 以上者，常呈現一種鐵味，惟錳在水中，罕有大量之發見，故其味若何，尙無人知之，顧鐵與錳用曝氣法消除，則已成爲必需之處理。此係當水與空氣密切接觸時，水中之低鐵化合物與空氣中氧相作用，得組成氫氧化鐵而沉澱，因之得用砂濾法將其除去。惟須注意 pH 值低於 6 時，即使含有大量之鐵，倘用曝氣法，則沉澱物之構成，非常濡滯，欲完全消除鐵質，殆不可能。以此唯有藉藥物之輔助，預將游離碳酸量減低，始得將 pH 值提高，然後再行曝氣處理，方能成功，至於鐵之消除，通常應用焦煤堆成之煤床 (Coke Bed) 與焦煤之盤格 (Coke Tray) 爲之。其曝氣手續爲先潑水於粗焦煤之上，水由煤之空隙而下，經過二個或二個以上盤格之滴濾，然後用沉澱砂濾諸手續，將鐵之沈澱物汰除。

二. 氨氣法 氨化行於氯化之前，有抑制酚味之功效，此爲一般採用本法所獲之利益，亦即現在盛用之主要原因。惟本法尙有一個佳處，即氨加入之後，水中剩餘氯與之結合爲氯胺，凡不嗅慣水中之氣味者，則可不復聞覺，而水中可容許負帶之游離氯量遂得增高也。本法已在第四章中列爲基本消毒法之一，關於用法及利益等，詳載該章，茲不復贅。

三. 活性碳法 木炭世人早知能消除水中之顏色與氣味，但因吸附

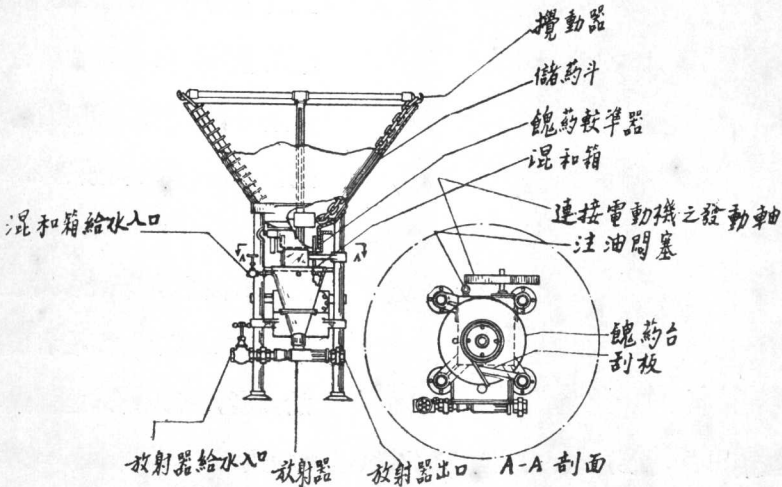
能力薄弱，在大規模之採用上，尙鮮成功。不但此也，木炭經用過一二度後，其表面易爲水中之混懸物質所窒塞，曩昔對於吸附作用 (Adsorption) 之意義殆少知者，至如何使木炭變成更爲活動，益不明悉。迨歐戰時，因需要最活動性之碳質以充製造防毒面具，各國學者研究對於如何使碳質成爲活動性化，遂大感興趣，故至大戰告終後，碳質如何促成活動性化，遂獲悉許多。此『活動性化』之名詞，乃表示斯項碳質曾以特別之處理，使碳之表面，比較普通之木炭更臻於活動也。在大戰以前，活性碳 (Activated Carbon) 雖已製造，但售價非常昂貴，且當時之用途，僅供製造藥品與植物食用油爲限。在一千九百二十八年，應用活性碳於淨水工作，可謂聞所未聞，迨近年來每逢水質發生任何味臭，各國全用是碳爲主要之解除劑，故用途日益激增矣。

1. 活性碳之性狀 活性碳乃用無烟煤，泥炭，褐炭，綜合骨炭，椰子壳，或造紙廠之硫化廢液製成。其製成程序，係先將原料置於固封之碳化爐內，在低溫下使生碳化，而構造爲初級碳（基本炭素），繼行酸洗烤乾等手續，復用氯化鋅或過熱蒸氣法，促其產生活化能力，經過此項處理後，碳之體積略爲斂縮，但其內面積則大形增加；同時復產生無數至纖微之毛細孔。此即與普通碳質特殊之處。唯其具此異點，故能於各種惡性味臭，富有吸附作用。凡水中常有之味臭，除多量之礦物性物質如硫酸鈉或氯化鈉外，無有不與之發生強親和力而獲得消除。其最顯著者，能除去水中之膠狀物質，厥功尤偉；且其應用於消除氣味尤有特效，蓋當活性碳已達飽和狀態不能再行吸附味臭物質時，如將已失效的

飽吸他種物質之活性炭投入帶有氯臭之水中，則此碳依然能將其吸除，此為氯對於活性炭有特性之表現。初一般以為活性炭於溶液中，其吸氯與吸附他項物質相同，但現已知其不然，因此種現象之表現，並不完全屬於物理的吸附效果，實與化學行為有關也。

活性炭粉末如施用於氯化消毒之前，亦可減低水之氯消費量，但若於氯化之後而投入，則懸游於水中之粉末，並不發生吸氯作用，反之，如將其散佈於砂濾池之表面，積成稀薄之碳層，水流通過之後，則又能將氯悉行吸除，此為活性炭對於氯之奇特之點。

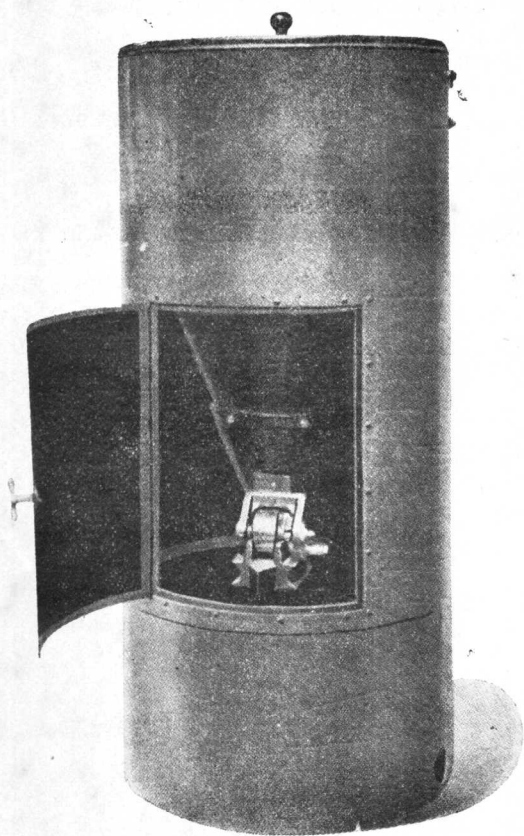
2. 活性炭粉末之應用 近茲多數採用之活性炭，幾盡為粉末，故餽給之操作，宛如餽給明礬同樣之簡便，法即利用乾藥餽給器將碳粉在有規則餽給之下，緩緩墮入於溶解箱，此時碳粉與清水相混和，組成水溶



圖六十一 迴轉式乾藥餽給器



液，而後視施用佈置，由導管輸至適當地點投入於水，以收消滅味臭之用。圖六十一及圖六十二即示現爲人所採用以作餽給活性碳粉之乾藥



圖六十二 振動式乾藥餽給器圖形

餽給器之式樣。圖六十一爲迴轉 (Revolving Feed) 式餽給器，其組織有儲藥斗 (Hopper)，攪動器 (Agitator)，校整軸環 (Adjustable Collar)，混和斗 (Solution Hopper)，放射器 (Ejector)，餽藥量較整器及連接電動機之發動軸 (Drive Shaft)。圖六十二爲振動 (Oscillation) 式乾藥餽給器，其主要結構包括儲藥斗，攪動器，混和箱，餽藥較整器，振動給藥嘴 (Oscillation Feed Spout) 及完全封閉之滾珠軸承式電動機。論二式之優劣，後者似勝於前者，緣迴轉式之儲藥斗

與餽藥出口，概爲開敞式，無頂蓋之保護，碳粉質輕，容易飄颺，日久之後，餽給器之機件易爲碳粉所黏附，機件感受摩擦力，因之使餽藥量提

模不定，艱於控制。振動式則異於是，其儲藥斗有頂蓋之裝置，即全部機件連電動機在內，全為封閉式(Enclosed Type)，是以不復有碳粉散播之虞，即餽藥之機件，因保護物之障礙，摩擦力得以減少，而能保持其正確度，且儲藥斗隨需要之情形，可增至任何高度，向之一日須作數次添加者，此僅以一次之勞即可了事，甚至二日以上之用量，亦可於一次之操作畢之，且其餽藥之給藥嘴，為進退振動式，碳之黏結或堵塞之煩惱，可不復發生，而餽藥口之裝置，益較前式為進步，其調整手續，又可作更正確之管理焉。

在小規模之水廠有將乾藥餽給器安置磅秤之上者，業已數見不鮮，然磅秤之能力，至多能稱一百公斤活性碳粉為度，其感量(Sensitivity)亦宜愈小愈妙，但不得大於 $\frac{1}{20}$ 公斤，如是實在之施用與需要擬定之量，獲得比較與查攷，洵屬便利。

多數之乾藥餽給器，皆適用於餽給活性碳粉末，惟餽給器用以餽給重性藥品若明礬之類者，則不十分宜於碳粉，因碳粉比重量輕，餽給時若無攪動之設備，細小之輸藥口，每易阻塞。

若採用溶液餽給式以代之乾藥餽給器，亦無巨大之困難，目下已有人採用，祇須供混和用之水，不斷加以攪動，俾活性碳混懸於水中，得以維持均勻，所用主要之器，為一圓鐵箱，正中裝置電鑽或他種動力式之攪拌器可耳。此箱之底部，須圓錐形，藉便攪拌，並用整口片以調節碳粉溶液之餽給。此法可由採用者參酌第二章所述漂粉用器之構造自行計劃，以適合環境上之需要。若僅為預備短時間施用，以糾正水質中偶

然發生之味嗅而已，則設備方面儘可從簡，祇取尋常之舊木桶，配以活瓣一個，即足應用。

乾藥餽給器皆有餽藥調節之設備，可免計算用量之煩，惟採用溶液式之餽藥者，須將碳液之濃度，虹吸管（或整口片）或活瓣出口之口徑，與夫流量速率，一一加以攷慮，始得設法調節而獲控制也。

3. 活性碳粉末之施用點 活性碳粉末之施用點，自原水進口處起迄砂濾池止，可任擇其中之一點餽給入水。最優良之施用點，實為砂濾池之入流水管道，往往用少量之碳粉，施諸砂濾池水之入口，為剷除味臭最敏捷之一法，但大量之碳粉不宜直接施用於此，蓋碳粉沈積於砂濾池表面，易將砂粒間之空隙堵塞，而濾池效率立遭減削，倘用量在 1 P. P. M. 左右者，砂濾池尚無巨大之影響，砂濾池水頭之損失，轉可縮小，因不甚影響於砂濾池之濾率也。但事實上碳粉施用於混和室或混凝槽，似最普通，據調查美國水廠，碳粉施用於混和室與混凝槽占 67% 之多，於此可窺見一斑。至用法可將碳粉先混凝劑而加入於原水，或與混凝劑同時加入，然後再行濾先氯化消毒，此法之優點，有下之諸項：

- a. 消除味與臭
- b. 節省混凝劑
- c. 增進混凝功用
- d. 抑制沈澱物之分解
- e. 增高砂濾池之效率

採用此項餽給法，如水中含有味臭物甚為嚴重，非用重量之碳粉不

能奏功者，則可將碳粉分作二次或二次以上分別投加：即一部分先施加於混和室，另一部分或施加於砂濾池，較為有效，但急欲獲取碳粉之優良吸附功效而擬將直接餽入於沈澱池者，則不宜提倡，因碳粉未能竟其充分吸附之效用前，多數將沈降於沈澱池底部，故所得結果，非常令人失望也。

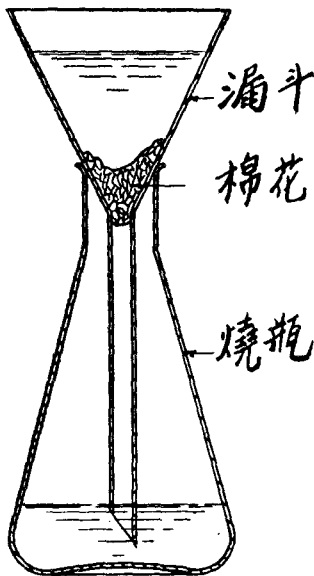
選擇合式之施用地點，關係於消除臭味之成績非常重要，因全部之成敗，繫於此也。惟鑒於水廠各為特殊環境所限，其發生之味臭，濃淡輕重，相互不同，處理之手續，即須視水廠之範圍與設計等複雜情形，自行研究，然後着手採用混合方法，先行幾種試驗工作，俟試驗工作獲有成就，然後進行大規模之實驗，用以決定其施用點，以收事半功倍之效。

4. 活性碳粉末之用量 活性碳粉末之施用量，因水質玷污之程度不同，與活性碳品質優劣之分，參差殊甚。倘水質含味臭量正常，及欲獲良好之結果，則宜採用上等牌號若 Nuchar（美製）Hydriffin（德製）之品，僅須施用 2 P. P. M. 至 5 P. P. M. 之量，與半小時以上接觸之時間，對於消除藻類及死水所產生之極度臭味，異常有效，亦有因水質玷污甚重，竟施用 50 P. P. M. 之巨量，而此項巨量之施用，在淨水除臭工作中，殆少經見者也。

水池中之沈澱物（包括泥渣與藻類等），實發生味臭之根源，蓋凝集於水池下之沈澱物中之產硫細菌與有機物質，時生分解作用，因而分泌氣體於水流，遂成異常可厭之味臭，今如施用 2 P. P. M. 左右之量，即得將其延緩，不使腐爛之發生，頗為有效。活性碳粉末施用於原水時，

其用量宜較施用於沈澱水為重，因原水中泥渣與有機物質之成分高，而沈澱水因經過混凝劑混凝作用，百分之九十之泥渣雜質已凝集於沈澱池底，水質清淨，故活性炭之消耗量，得以減輕。然為顧到種種利益，如沈澱物分解之得以延緩，混凝劑之節省，水之氯消耗量之削減等，則碳與混凝劑同時施用於原水，雖為量略高，費用稍貴，仍得抵銷其多出之用費也。

苟欲作迅疾之用量決定，即不斷將碳粉加於水內，直至砂濾池過濾後，達到免除或近乎免除味臭而止。倘係施用於砂濾池，此項測定法尤為適用，若係加於混和室，則水樣可在混和水之出口處汲取，並用圖六

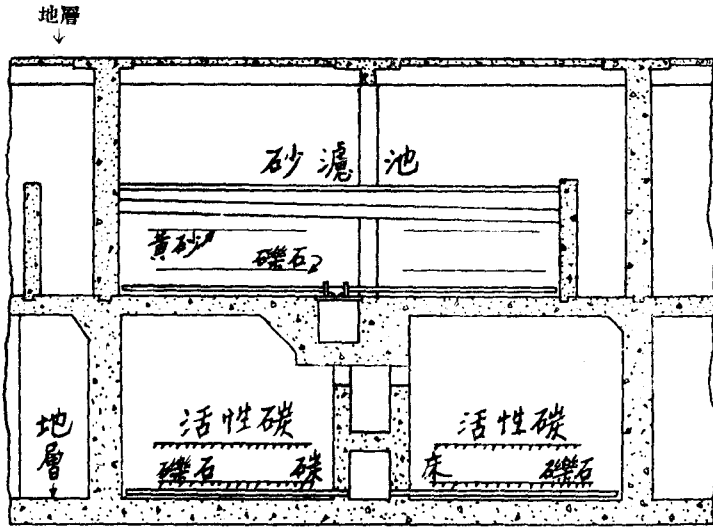


圖六十三 棉花過濾試驗器之裝置

十三之裝置，查驗其味臭，惟須注意者，當水樣過濾時，漏斗之幹端宜貼近燒杯之底，此為避免氣味在曝氣中發生還元變化，免致試驗結果成為不正確也。

5. 活性炭粒子之應用 利用活性炭粒子，舖成碳床，以消除水中之味臭，在歐美少數之給水廠，嘗採用之，即小規模備置淨水設備者，如旅館，公寓，工廠，私人住宅等，對於活性炭粉末運用感到困難時，多恃此以解除之。應用時操作簡捷，可不問水中含有味臭物質濃淡之程度，祇須容許水在低流率之下而均勻通過碳粒構成之碳

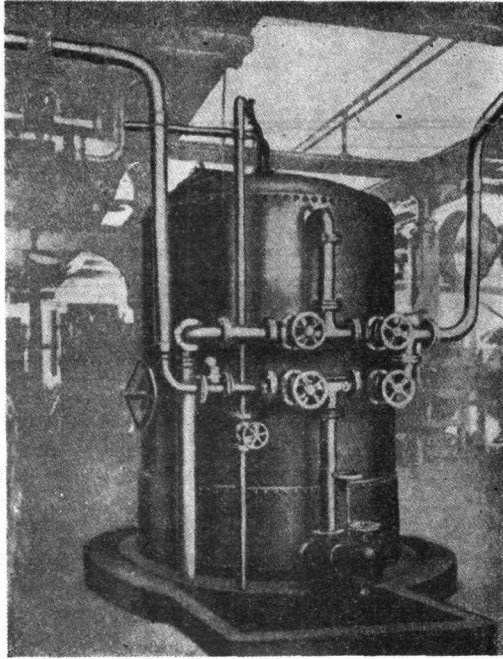
床，水流經滲濾與吸附作用，立能自然成爲晶瑩可口之水質。



圖六十四 重力式活性炭粒除臭池

圖六十四示重力式碳粒除臭池之構造，此式之佈置分爲二部份，即砂濾池設於上層，碳粒除臭池設於下層。此池先舖以粗細之礫石，總厚600公厘，然後於其上再舖活性碳粒，總厚120公厘，此池有反洗水管，集水管，排水管等，一切與快性砂濾池相同。惟通過碳池之水流方向，可自上而下，或自下而上。今採用者每喜由下而上，因此反洗碳池時，可由上而下，利用重力，易將積污清除，亦因碳質輕鬆，當反洗時，恐爲水力所沖潰。若行由上而下之沖洗，則碳床因礫石之阻隔，垢污積聚於礫石之表面，碳層轉可時常維持其潔淨也。

圖六十五示壓力式之碳粒除臭器，此式之能量，每二十四小時自一

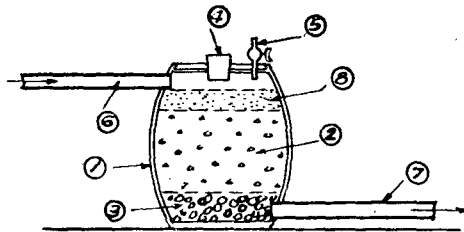


圖六十五 壓力式碳粒除臭器

立方公尺起迄數千立方公尺止，視需要量而定，並無限制，此器大率係用鋼板製造，一切沖洗方法與沖洗砂濾池相同。惟因碳粒質粗與採用上向之清濾，則沖洗祇可偶一為之。最佳之方法，乃於器上裝一水頭指示表，以視水流之通過碳床之情形，俾於水頭損失率達於相當情形之前，即行沖洗。當沖洗碳床時，應注意者，勿將粒子沖激而出，最安全之道，在水流出口處裝置銅絲網以阻之，惟沖洗時之水力，宜有相當之高水頭，以便洗去黏附表面之垢污。採用活性炭粒子應使碳粒常常維持其毛細孔，勿使堵塞，俾水質滲濾，得與碳粒內面積有接觸之機會，克盡吸

附之功用。至吸附於碳粒之表面之垢污，易於沖洗除去，若極纖微之懸游物質侵入於碳粒之毛細孔內，則易於堵塞，故欲維持碳床壽命之經久，宜將所欲處理之水，預用砂濾法過濾，經過濾後，不徒懸游物質當被撤除於砂濾池表面，即有機物質往往在過濾時，亦有相當之減少。

活性碳粒子運用日期稍久，碳之表面遍佈吸附之垢污，致喪失其除臭之功用。復甦已飽和之粒子，可用熱水或蒸氣通入於除臭池碳床下之暗渠或反洗之配水管約三十至六十分鐘，得將氣味驅逐而出，頗為有效。蓋利用高溫之熱水或蒸氣，使碳床沸騰，以破壞結於粒碳之膠狀粘膜與各種易於揮發之氣體，使其蒸發而去也。林克氏 (Link) 曾用氯化碳酸鈉溶液以中和碳粒，隨後再用氯化鈣處理，結果亦頗優良。



- |         |        |        |
|---------|--------|--------|
| 1.木桶    | 4.活塞   | 7.出流水管 |
| 2.活性碳粒子 | 5.氣嘴   | 8.粗砂   |
| 3.礫石    | 6.入流水管 |        |

圖六十六 簡易活性碳粒除臭器

四. 過量氯化法 因施用氯化消毒所造成之臭味，仍用氯化方式將產生味臭之物質與以消除，此在霍司敦氏1919年第十三次倫敦市水質研究年報中已曾叙及。尋常執行氯化消毒，如氯量略超水之需要，往往遺留氣味，倘有藻類與他種微生物或工業廢水存於其中，更易與之結



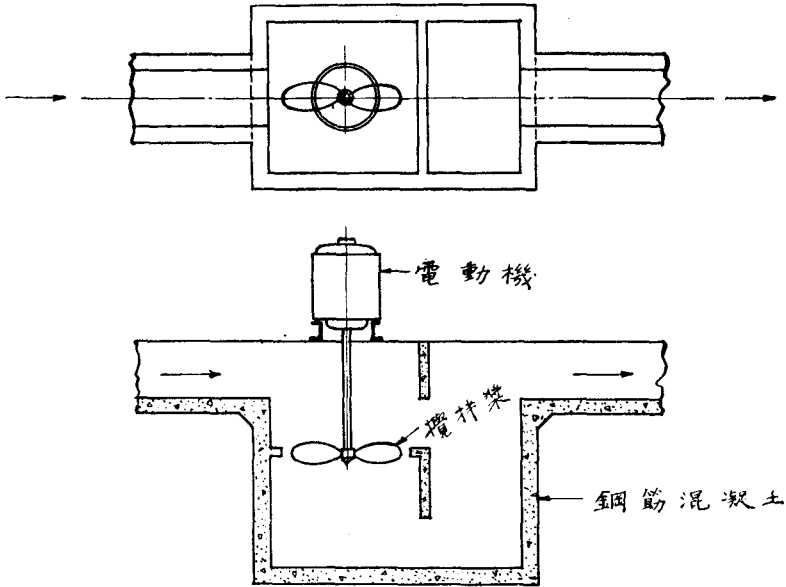
合，成爲氯之化合物質，致味臭之情形益形逆轉加重。設今採用一倍或數倍於尋常之氯用量，許以充分時間之接觸，水中之有機物質，凡與氯有親和力者，即結成氯之化合物質，一俟供應此項用途達於滿足，殘存之氯，乃發揮其強氧化性，進而毀滅具有味臭之化合物質。多數屬於芳香類之化合物，易被過量之氯所氧化，故取任何之強氧化劑，皆能將產生味臭之物質，力予破壞；此乃由於氯氣注入於水，誘發生機態氧之釋出，產生味臭之物質，遂得與氧相結合，構成不含臭味之新化合物質也。

應用過量氯化法之成功，乃恃氯之強氧化性與消毒滅菌性之表現，但亦與消氯劑（Antichlor）之功效有關。是以本法實爲過量氯化與消氯化之合併處理法，此即先施以氯化法，消滅水中之細菌與味臭，繼將存於水中多量之剩餘氯，藉二氧化硫或活性碳與之中和，然後水質得臻於無臭無味之佳境。

1. 過量氯化法之應用 凡玷污較重之水，如一次用過量之氯，不論水質惡劣至若何地步，得消去水中之味臭。若行過量氯化之後，現有 1 P. P. M. 以上之剩餘氯，則細菌之遭撲滅與味臭物質之祛除，定可在短時間內獲得成功。

本法之餽氯，可施於原水或過濾清水，但現下多數皆施於混和室入流水口處。此處餽氯，因含有多量之有機物質，消耗氯量固較在其他施用點爲高，然無論氯之投加點在混和室或砂濾池，其前後接觸時間不得短於三小時，在施用消氯劑之前，水中之剩餘氯規定量，應在 0.5 P. P. M. 以上。苟欲作進一步之研究，則水溫，氯離子濃度與水之玷污程度等，皆

有連帶關係，不可不加以探討，而欲收有效之消氯化之結果，則對於混和之佈置，尤為重要，非詳細考慮不可也。



圖六十七 機械混和井之佈置

應用過量氯化法於消滅或減低下開之味臭，業經人所認為有效。

- |        |       |
|--------|-------|
| 1 氯氣   | 5 藻類  |
| 2 魚腥   | 6 酚氣  |
| 3 腐敗植物 | 7 醇類  |
| 4 青草   | 8 硫化氫 |

鐵與錳如混於水中而溶解為碳酸鹽，若用曝氣法除去，絕非難事。惟鐵錳物質與有機性之苔酸相化合，僅用曝氣法則不能奏功；今利用過

量氯化法之氧化作用，頗能將鐵錳之有機化合物質加以破壞，而將鐵錳二金屬變為氧化物，因之得以除去。

據地芬列氏 (De Finaly) 謂匈國首都之飲水，汲自多瑙河流域，為便於行駛船隻之故，河道築有水閘，加以鎖閉，水流淤積，匪為死水，且水中富含鐵錳與不少之氮，二氧化氮及有機物質，處理常感棘手，但自採用過量氯化法後，情況突見進步，不但不含鐵錳與味臭，而水質在化學與細菌上，益為優良，國中詔為淨水消毒工程中之異蹟云。

2. 過量氯化法之用量 消除產生味臭物質應用之氯量，初無固定之規則可循，因水質狀況，各地不一，故餽氯率之參差頗大。苟欲作經濟之餽氯，勿使消耗量過分超過水之需要量涉於浪費者，則非由水廠自行依照第二章第五節第二分目之手續測驗不可。

在外國因氯之市價，非常低廉，施用時氯量稍為過度與超越實在需要量者，尚無大礙。但我國工業落後，多數之氯，仍恃法德美等國之供給，輸入我國，因運費關稅之稽征，幾達原價一倍以上，故氯之施用，非嚴密控制不可。但氯用量可隨水之有效接觸時間而得量為增減，譬如接觸時間為五小時，氯之用量當較三小時為節省是也。

檢驗剩餘氯在本法中亦為必要，假如氯係加於混和室，可靠之檢驗，得分三處執行，先於混和室出流水檢驗，次於通過砂濾池檢驗，最後於施行消氯化後檢驗。消氯劑對於氯之中和反應，甚為迅疾，於行消氯化與澈底混和之後，即可舉行剩餘氯測驗，但現圖水質安全起見，行消氯化時，無完全中和剩餘氯之必要。通常水中若負有 0.10 至 0.25 P.

P. M. 剩餘之氣，供「安全因子」之用，公認為絕對之需要。

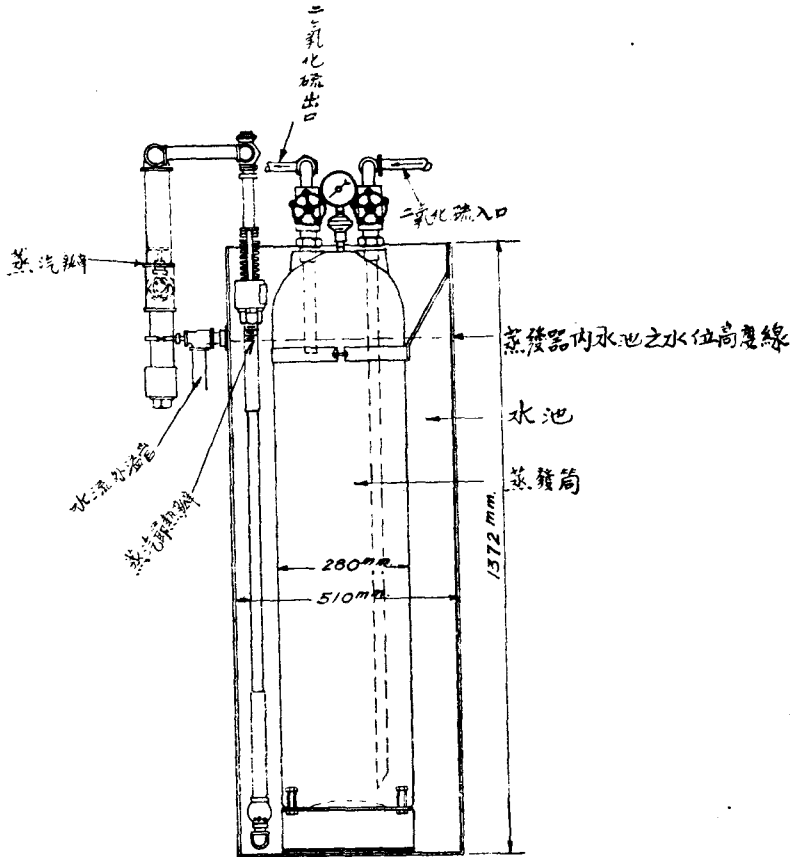
下表為幾個採用過量氯化用量之表率，散見於文獻中者，茲錄之以見氣用量參差之情形。

表二十七 採用過量氯化法氯用量之摘錄

著者	施用氯量 P.P.M.	處理水之種類
白 篤 (Bartow) } 雷上德 (Legendre) }	3.3-7.0	Seine 河水
好 爾 (Hale)	3.5	井水
霍司敦 (Houston)	1.0-2.0	太晤士河水
好華德 (Howard)	3.0	Ontario 湖水
福福倫次 (Pflanz)	1.0-3.0	Michigan 湖水
湯林生 (Tomlinson)	16.0	Northampton 河水
飛勒士 (Verluys)	3.3-7.0	河水

3. 二氧化硫之消氯化的應用 二氧化硫盛於鋼製圓筒，性質極易溶化於水，為最有效之消氯化藥劑，沸騰點為 $-10^{\circ}\text{C}$ ., 在壓力之下，能吸收外界之熱而氯化。惟在定溫內，壓力遠不逮液態氣，施用時欲維持其均勻之流量，恆須採用數個二氧化硫實筒，連接於一個加二氧化硫之調節器上。如於餽藥室內設有熱水暖器 (Hot Water Heater)，將盛有二氧化硫之圓筒浸於該器內，或於圓筒之外繞以蛇形管，並通以蒸氣，或另用蒸發器 (如圖六十八所示)，功用相同，皆可促使氯化率之加高，如是無須採用多筒之二氧化硫矣。

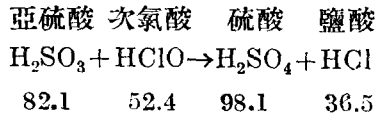
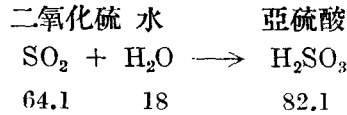
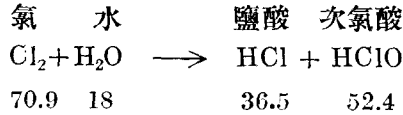
調節二氧化硫之餽給器，謂之加二氧化硫器，功用亦與加氯器無



圖六十八 二氧化硫蒸發器

異，即其構造除控制餽藥之機件稍有不同外，外貌與骨幹幾完全一致。二氧化硫在餽給器內與水溶化時，立即構成腐蝕性頗劇之溶液，應用之際，尋常之金屬勿與溶液相接觸，以免損壞。

在用二氧化硫以作消毒化時，其進行之反應有如下之方程式：



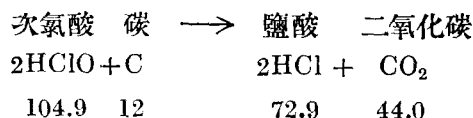
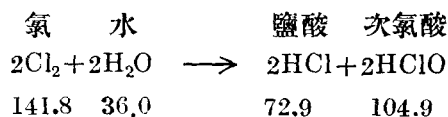
就上之公式，二氧化硫需要以中和剩餘氯之用量，較氯為少，其相互之比例（重量）為氯1.0單位對二氧化硫0.9單位。顧於實際應用上，二氧化硫之消耗，常與剩餘氯相等，甚至超過氯量，此殆由於亞硫酸在未曾與剩餘氯中和之前，發生局部氧化，或水中之生物活動性失常之故，亦未可知。

市上尚有含有有效二氧化硫之硫鹽，堪資消氣中和之用，今已被人採用者，有（一）硫代硫酸鈉（ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）（二）重亞硫酸鈉（ $\text{NaHSO}_3$ ）（三）無水重亞硫酸鈉三種。第一種性質穩定，價值低廉，含有五分之結晶水，每中和1箇單位重量之氯，需用硫代硫酸鈉 7.5 單位，第二種含有有效二氧化硫量頗多，需 1.6 單位，第三種含有有效二氧化硫更為豐富，每中和氯1箇單位，約用無水重亞硫酸鈉1.23單位。

上述硫鹽之施用，得仿漂粉溶液之辦法，採濕式餽藥法之佈置，以

調節其用量，而無水重亞硫酸鈉，為質重而易流動之粉末，宜用乾藥餽給器餽入於水，比較方便也。

4. 活性碳之消氯化的應用 活性碳對於氯之化學反應，首先進行者，為氯與水構成鹽酸與次氯酸，次為次氯酸中之氧，迅與碳結合為二氧化碳，此可用下之方程式表示：



觀上之反應，取 1 個單位重量純粹之活性碳，其消氯化力應可中和 11.8 單位高純重量之氯，惟市上充斥之活性碳，優劣不齊，即其最上等之品質，罕有超過 95% 之成分，實際應用上，故無完全利用其全量之碳質。今假設某種碳質有 50% 之有效成分足資利用者，則是碳仍比較為經濟之消氯化藥劑也。

通過碳床之水，宜盡量維持最低之流量。若碳床舖成 600 公厘深者，每分鐘之流量，應保守每平方公尺勿越 80 公升，若為 1200 公厘深者，宜限制為每平方公尺 200 公升。此與獲取美滿之消氯化結果有關，不可忽視。惟新舖之碳床，水之流量不妨酌量增高，然亦祇可於新池開始應用時作短時期之採用，不宜為經常消氯化之準則，免致減損碳床之效能。

活性碳之粉末在過量氯化中，消耗量頗高，如施用點在砂濾池處，則對於砂濾池之水頭損失亦大，故粉末原不十分適用於消氯化也。

佈置一個合式之碳床，僅鋼骨水泥一項，已屬不貲，初期成本，較採用二氧化硫者貴至數倍，惟碳床之用以消除他種味臭為主要目的，若每日工作不輟，活性碳粒子能用兩載半，始告廢棄，倘專供消氯化用途者，屆滿四載半，尚照常有效而不失其消氯化之功能，執此而觀，活性碳床之經常用費反在二氧化硫之下矣（現下上海市價，活性碳每公斤為九角而二氧化硫則為六角）。

如採用二氧化硫為消氯化藥劑，則二氧化硫用量之較準，甚屬重要。設調節稍有參差，每致產生味臭，若採用活性碳，儘可不問氯之用量錯誤至若何程度，祇須將水流緩緩滲過碳床，則濾過之水，必潔淨可口，不含氣味，且管理手續，尤較簡易。水於施行過量氯化處理之後，隨之通過碳床，除非接觸時間不足，幾可抑制任何可厭性之氣味，斯皆採用活性碳之利益。

五. 高錳酸鉀法 高錳酸鉀(Potassium Permanganate) 俗名灰錳養，為紫黑色結斜方柱或針晶之錳酸鹽，屬強氧化劑之一，易化於水，在醫藥界向為外用消毒劑，其應用於淨水除臭之工作，亦已有年。

高錳酸鉀施用於水之手續，殊不困難，祇須用水製成溶液，輔以整口調節器，即得以控制其用量。應用之際，如將溶液投於濾先氯化消毒點之先，較為有效，其尋常用量自0.1至0.5 P.P.M.，即獲優良之成績。據霍司敦氏採用之經驗，謂用量在0.25與0.80 P. P. M. 之間，對於水中類



攪牛兒之芳香氣味，能剷除之，而消除新鮮芳香屬之藻類味臭，亦能奏功，但味臭若為生物之分解或腐敗性質所產生者，殆無能為力。顧小規模之水廠僅應付偶然發生之味臭，如類攪牛兒新鮮芳香屬之藻類與酚氣，則此鹽仍不失為有效滅臭之藥劑也。

本法之缺點，為水料經用高錳酸鉀之後，發生褐色與苦澀收斂之藥味，遺留其中，令飲用者感覺不快。近年來有比較滿意之處理方式，如活性碳，氨氣及過量氯化等出現後，關於解決味臭，多舍此就彼，現給水廠之採用高錳酸鹽以為滅臭劑者，已屈指可數，故其應用之地位，漸告式微矣。

## 參 考 文 獻

書 藉

1. A.P.H.A. Standard Methods for the Examination of Water and Sewage, 1936.
2. Baker and Schmelkes: Ammonia Chlorine Process and its application in the Treatment of Water, W. & T. Research Pub. No. 305.
3. Baylis, J. R.: Elimination of Taste and Odor in Water, 1935.
4. Braidech, M. M.: Ammonia-Chlorine Process as a Means for Taste Prevention and Effective Sterilization, W. & T. Tech. Pub. No. 134.
5. Bunan—Varilla, La Radiolyse Chimique.
6. Buswell, A.M.: Chemistry of Water and Sewage Treatment.
7. Dakin and Dunham: Handbook of Antiseptics, 1918.
8. Ellms: Water Purification, 2nd Ed.
9. Emmerling, O., Praktikum der Chemischen, biologischen u. bakteriologischen Wasseruntersuchungen, 1934.
10. Engelhardt, V., Handbuch der technischen Elektrochemie, Al.
11. Gmelin, Handbuch der Anorganischen Chemie, 8 Auflage, System Nr. 6.
12. Hamilton, W.: A Study of the Pollution of the River Whang-poo as Affecting its use as a Source of Water Supply, 1935.

13. Hooker: Chloride of Lime in Sanitation, 1913.
14. Horwood: Sanitation of Water Supplies.
15. Houston: Rural Water Supplies & Their Purification.
16. I.C.I.: Water Sterilisation.
17. Race: Chlorination of Water, 1918.
18. Schmittner: Beitrage zur Wasserreinigung (Dissert.)
19. Stein, M.F.: Water Purification Plants and Their Operation, 2nd Ed. 1926.
20. 原田四郎: 水の鹽素消毒法
21. 宮島忠雄: 上下水道其他ノ殺菌劑トシテノ漂白粉並ニ鹽素
22. 羅氏衛生學: 胡宣明, 黃貽清譯

### 雜 誌

23. Adams, B.A., Water & Water Eng. 33: 387 (1931).
24. Adams and Buswell, Jour. Am. W.W. Assoc. 25: 1118-1139 (1933).
25. Adler, Rudolph, Gas u. Wasserfach, 72 Jahrgang, 675-8, 1928.
26. Bancroft and Richter, Jour. Physical Chemistry, 35: 511-30 (1931).
27. Baylis, John R., Water Works & Sewerage, 78: 193-5 (1931).
28. Beard and Kendall, Jour. Am. W.W. Assoc. 27: 876-887 (1935).
29. Berliner, J.F.T., Jour. Am. W.W. Assoc. 23: 1320-1333 (1931).
30. Besemann, Vom Wasser II. Band, 64-77, 1928.
31. Bramwell, C.B., Water and water Engineering XXXVII, 105-109 (1935).

32. Brown, K.W., Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 1684-1700 (1934).
33. Bruns, Hayo, Gas-und Wasserfach 71 Jahrgang, 1057-1064, 1928.
34. Bruns, Hayo und Pabst, Gas-und Wasserfach, 78 Jahrgang, 37-39, 1935.
35. Bunau-Varilla, Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 1536 (1934).
36. Buswell and Boruff, Jour. Am. W.W. Assoc. 14: 384 (1925).
37. Chapin, R.M., Jour. Am. Chem. Soc. 53: 912-920 (1931).
38. Clark and Iseley, Ind. & Eng. Chemistry 12: 1116-1122 (1920).
39. Cox, Charles R., Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 1587-1601 (1934).
40. Cude and Hulett, Jour. Am. Chem. Soc. 42: 391-401 (1920).
41. Daniels, F.E., Public Works, 64: 18 & 41 (1933).
42. Davis and Kelly, Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 757-9 (1934).
43. De Finaly, Ind. & Eng. Chemistry, News Ed. 13: 69 (1935).
44. De Jahn, Chem. & Met. Engineering 42: 537 (1935).
45. Egger, F., Vom Wasser II. Band, 56-64, 1928.
46. Ellms and Hauser, Ind. & Eng. Chemistry 5: 915 (1913).
47. Enslow, L. H., Water Works & Sewerage LXXVIII, 55-59 (1931).
48. Enslow, L. H., Jour. N.E.W.W. Assoc. 48: 6-22 (1934).
49. Folpmers, T., Vom Wasser, V. Band, 62-83, 1931.
50. Gerstein, H.H., Water Works and Sewerage, 78: 213-216 (1931).
51. Gerstein, H.H., Jour. Am. W.W. Assoc. 23: 1334-1356 (1931).
52. Gibbons, M.M., Ind. & Eng. Chemistry 24: 977-982 (1932).

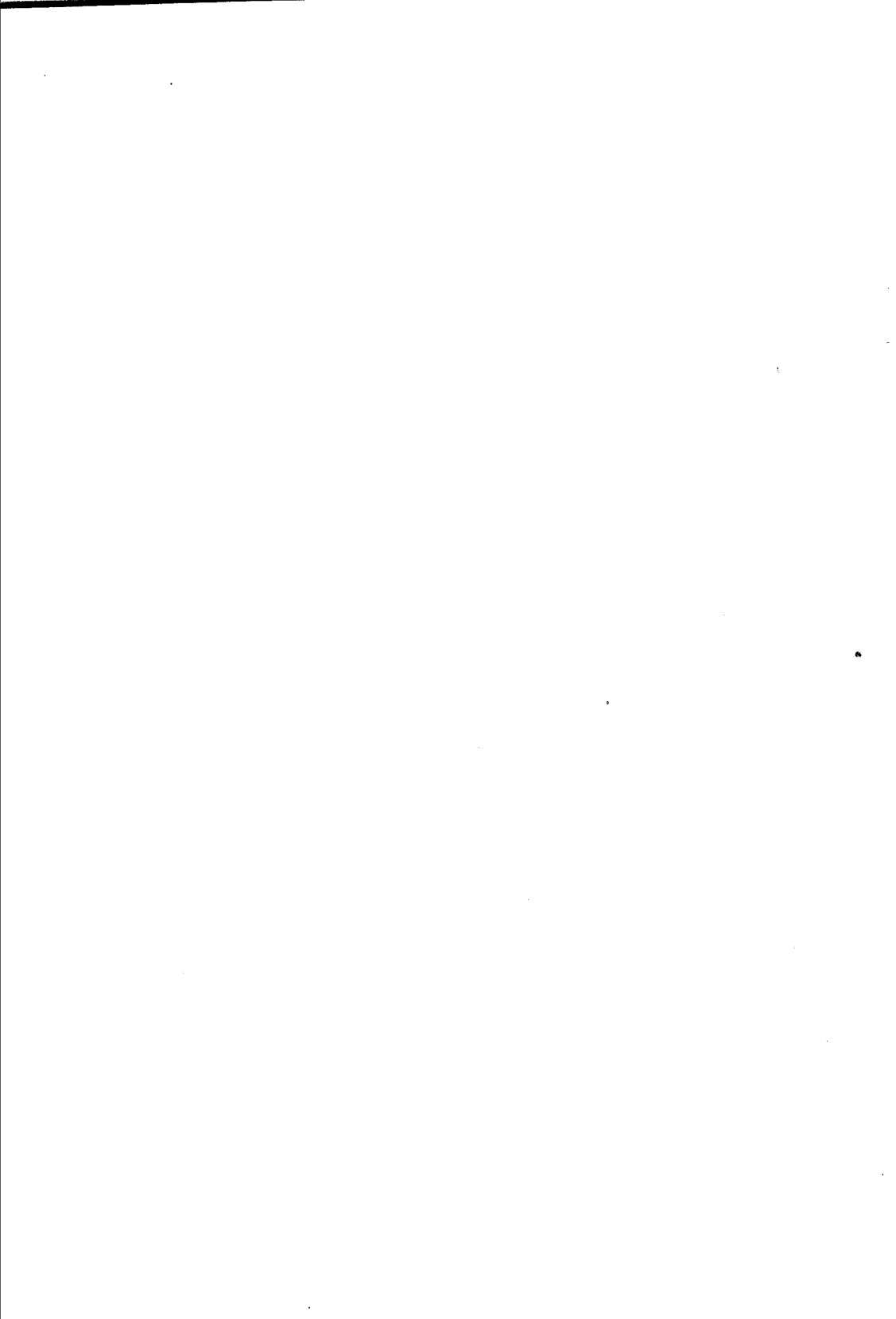
53. Grassberger, R. und Noziczka, F., Wiener Medizin. Wochenschrift 77 Jahrgang, 1136-7, 1192-1194, 1289-1294, 1927.
54. Griffin, A.E., Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 1631-1637 (1934).
55. Griffin A.E., Jour. Am. W.W. Assoc. 27: 888-896 (1935).
56. Haase, L.W., Gas-und Wasserfach, 71 Jahrgang, 385-391, 1928.
57. Haase, L.W., Gas-und Wasserfach, 72 Jahrgang, 217-222, 1929.
58. Hahn, M., Zeitschrift fuer Hyg. U. Infektions-Krankh., Bd. 108, 439-473, 1928.
59. Hansen, P., Contract Record & Eng. Rev. 44: 1361-1365 (1931).
60. Harris and Sigworth, Jour. Am. W.W. Assoc. 29: 377-389 (1937).
61. Hedgepeth L.L., Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 1602-1620 (1934).
62. Hinman and Beeson, Jour. Am. W.W. Assoc. 21: 1705-1716 (1929).
63. Houston, 13th, 15th, 19th & 25th Annual Research Reports.
64. Howard, Jour. Am. W.W. Assoc. 9: 766 (1922).
65. Irwin, Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 1202-1213 (1934).
66. Ivekovic, H., Zeitschrift fuer anal. Chemie 106 Bd., 176, 1936.
67. Jaenicke, M., Gesundheits Ingenieur 55: 585, 1932.
68. Johns, C.K., Ind. & Eng. Chemistry 26: 787-788 (1934).
69. Keiser, Karl, Gas-und Wasserfach, 69 Jahrgang, 41-43, 1926.
70. Keiser, Karl, Gas-und Wasserfach, 69 Jahrgang, 65-69, 1926.
71. Lederer and Bachmann, Eng. Record 1912, 65, 630.
72. Lewis and Whitman, Ind. & Eng. Chemistry 16: 1215-1220

- (1924).
73. Link, Erwin, Zeitschrift des Ver. deut. Ingenieure, Bd. 75, 170-174.
  74. Lutz, G., Zeitschrift fuer Hygiene und Infektionskrankh., Bd. 107, 585-591, 1927.
  75. Lyllis, Water Works Eng. LXXXIV, 1043-1045 (1931).
  76. Mantell, C.L., Chem. & Met. Engineering 38: 88-90 (1931).
  77. Marckwald und Wille, Berichte Bd. 56, 1319-1325, 1923.
  78. Massink, A., Chemisch Weekblad, 23e Jaargang: No. 29, Nummer 1190.
  79. Meadow and Hale, Jour. A.W.W. Assoc. 18: 75-81 (1927).
  80. Miyawaki, C., Japanese Jour. Experimental Medicine 13: 661-722 (1935).
  81. Mom, C.P., De Waterstaats-Ingenieur, 1928, Nr. 5.
  82. Municipal Gazette, Shanghai Municipal Council Vol. 30, Nos. 1679-1695 (1937).
  83. Nachtigall and Ali, Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 430-444 (1934).
  84. Olszewski W., Chemiker Zeitung Bd. 52, 141, 1928.
  85. Olszewski, W., Chemiker Zeitung Bd. 51, 269, 1927.
  86. Ornstein, G., Vom Wasser 1. Band, 27-38, 1927.
  87. Ornstein, G. und Kroke, R., Gesundheits-Ingenieur 53 Jahrgang, 153-157, 1930.
  88. Ornstein, Georg, Gesundheits-Ingenieur 53 Jahrgang, 694-697, 1930.

89. Pattillo and West, Paper Mill, LIV: 4 (1931).
90. Pflanz, E. L., Water Works & Sewerage LXXIX: 93-94 (1932).
91. Pushin and Kaukhchev, Chemical Abstracts, 25: 4185 (1931).
92. Rasching, Berichte Bd. 41, 4194, 1908.
93. Rideal, S., Jour. Roy. Sanit. Inst. 31: 33-45 (1910).
94. Sartorius, F.: Arch. Fuer Hyg. u. Bakt. 105: 48, 1930.
95. Schmelkes, F. C., Jour. Am. W.W. Assoc. 25: 695-703 (1933).
96. Schmidt, Richard, Gesundheits-Ingenieur, 55 Jahrgang, 66-67, 1922.
97. Scott, Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 634-640 (1934).
98. Smith, M.C., Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 1623-1630 (1934).
99. Spitta, Reichs-Gesundheitsblatt, 3 Jahrgang, 533-535, 1928.
100. Sterns: Water Works Eng. LXXXIII, 315-6 (1930).
101. Stuart, F.E., Jour. Am. W.W. Assoc. 25: 1603-7 (1933).
102. Tarvin, Todd and Buswell, Jour. Am. W.W. Assoc. 26: 1645-1662 (1934).
103. Tiernan, M.F., Fire and Water Engineering October Number, 779-803 (1924).
104. Tonney, Greer and Danforth, Am. Jour. Public Health, 8: 1259-1263 (1928).
105. Tupholme, C.H.S., Ind. & Eng. Chemistry, News Ed. 14: 217 (1936).
106. Ulsamer, Otto, Immunitaetsforschung u. exptl. Therapie Bd. 8, 714-725, 1926.

107. Urano, S., Proceedings of the World Engineering Congress (Tokyo, 1929) XXXI: 171-80, 1931.
108. Vollmar, Gas-und Wasserfach, 65 Jahrgang, 649-654, 1922.
109. Willson, V.A., Ind. & Eng. Chemistry, Analytical Ed. 7, 44-45 (1935).
110. Wolman and Enslow, Ind. & Eng. Chemistry 11: 209-213 (1919).
111. 李博達：工業安全3卷157—164(24年)
112. 金寶善：申報教育播音專刊(25年2月9日)
113. 鬼木寅之助：國民衛生8卷2號180—189(昭和2年)
114. 徐蘇恩：申報教育播音專刊(25年2月9日)
115. 陶藻楷，王樹芳：工程週刊3卷148—158(23年)
116. 陶藻楷，謝家澤：工程11卷191—199(25年)
117. 郭文宗：滿洲醫學雜誌25卷4號867—883(昭和11年)
118. 朱仰高：新聞報防疫專刊(21年7月11日)
119. 新醫與社會彙刊第一集493—502
120. 周賢偉：震大理工雜誌1卷65—87(23年)





## 中西名詞之對照

Activated Carbon	活性碳
Adjustable Collar	校準軸環
Adsorption	吸附
Aeration	曝氣
Aerator	曝氣器
Aftergrowth	復生
Agitator	攪動器
Air Compressor	氣壓機
Algae Growth	藻類繁殖
Ammoniator	加氮器
Ammonium Hypochlorite	次氯酸銨
Ammonium Sulphate	硫酸銨
Ampoule	安瓿
Anhydrous Ammonia	無水銨
Antichlor	消氯劑
Aqua Ammonia	氫氧化銨水
Arsenious Acid	亞砷酸
Automatic Control Type	自動節制式
Baffle	障板
Bell Jar	鐘瓶
Biscuit Porcelain	未上釉陶土

Brine	鹽鹵
Brownian Movement	布朗運動
Bruckner Weather Cycle	勃羅克納氣候循環圈
Car Load	櫃車
Chlorinator	加氯器
Chlorine Demand	氯需要量；耗氯量
Chlorine Hydrate	氯之含水物
Chloro-Compounds	氯基化合物
Chloroform	三氯甲烷
Chlorophenol Taste	氯酚味
Coke Tray	焦煤盤格
Collodion	膠棉
Concrete	混凝土
Constant Head Orifice Box	固定液位整口調節箱
Dakin's Solution	但金氏消毒溶液
De-Chlorination	消氯化
Diaphragm Type	膜片式
Diazotization	重氮體化
Dichloramine	二氯胺
Differential Converter	差壓變換器
Direct Feed	直接餽給
Discharge Pipe	出水管
Double Chlorination	複式氯化
Drinking Water	飲料水，上水

---

Drive Shaft	發動軸桿
Dry Chemical Feeder	乾藥餽給器
Dry Feed	乾式餽給
Ejector	放射器
Electrolysis	電解
Electrolytic Cell	電解槽
Ethyl Alcohol	乙烷醇
Filter Candle	濾心
Flanged Type	法蘭式
Flexible Tank Connection	活絡連接筒管
Flow Orifice Plate	水流整口片
Forced Ventilation	強制通氣
Free Chlorine	游離氯
Fresh Water Solution & Enamel	清水柏油及柏油膠
Gasket	墊圈
Glass Baffle	玻璃障板
Graphite	石墨
Gravity System	重力式制
Halogens	鹵族
Hellige Comparator	海利益比色器
Hopper	儲藥斗
Hot Water Heater	熱水暖器
Humic Acid	腐植土酸
Hydrochloride Salt	氯化氫鹽

---

Incubator	恆溫箱
Injector	注射器
Iodoform	碘仿
Kieselguhr	矽藻土
Manifold	歧管連繫器
Manual Control Type	手動節制式
M. O. Alkalinity	甲基橙鹼度
Monochloramine	一氯胺
Negative Electrode	陰電極
Nessler Tube	納氏比色管
Non-Diaphragm Type	非膜片式
Oak	櫟木
Orifice Box	整口調給箱
O. T.=Ortho-Tolidine	
Ortho-Tolidine	鄰二甲基聯苯
Oscillation	振動
Oscillation Feed Spout	振動給藥嘴
Oxidation Potential	氧化力
Phenol Coefficient	酚係數
Photo-Chemical	光化學
Photoelectric Cell	光電池
Pipette	移液管
Pitot Tube	畢托氏管
Plankton	浮遊生物

---

Plug	悶塞
Positive Electrode	陽電極
Post-Ammoniation	濾後氨化
Post-Chlorination	濾後氯化
Potassium Permanganate	高錳酸鉀
Pre-Ammoniation	濾先氨化
Pre-Chlorination	濾先氯化
Pump	泵浦
Raw Water	原水，渾水
Raw Water Flume	原水溜槽
Regulating Valve	調整瓣
Residual Chlorine	剩餘氯；游離氯
Safety Factor	安全因子
Safety Plug	安全塞
Semi-Automatic Control Type	半自動節制式
Sensitivity	感量
Shaft	軸桿
Sheet Lead	鉛板
Sheet Steel	鋼板
Simple Chlorination	單純氯化
Sodium Thiosulphate	硫代硫酸鈉
Solution Feed	溶液餵給
Solution Hopper	混和斗
Split-Chlorination	分段氯化

---

Sprinkler Head	自動噴水頭
Strainer	隔濾器
Sulphonator	加二氧化硫器
Super-Chlorination	過量氯化
Tank Auxiliary Valve	筒輔助瓣
Tank Valve	筒瓣
Toxicity	毒性
Trichloramine	三氯胺
Venturi Meter	范氏量水表
Venturi Meter Tube	范氏量水表管
Vulcanized Rubber	烤橡皮
Weir	水堰
Wet Feed	濕式餵給

# 附 錄

## 度量衡諸等表

長 度 諸 等 表

	英 制			公 制				
	呔	碼	哩	公釐	公分	公寸	公尺	公里
英	1 呔 =	0.0833	.0278	25.4	2.54	.2540	.0254	—
	1 呔 =	1.0	.3333	304.8	30.48	3.048	.3048	.0003
制	1 碼 =	3.0	1.0	914.4	91.44	9.144	.9144	.0009
	1 哩 =	5280	1760	—	—	—	1609	1.609
公	1 公釐 =	.0394	.0011	1.0	0.1	.01	.001	$1 \times 10^{-5}$
	1 公分 =	.3937	.0109	10	1.0	0.1	.01	$1 \times 10^{-4}$
制	1 公寸 =	3.937	.1094	100	10	1.0	0.1	.0001
	1 公尺 =	39.37	1.094	1000	100	10	1.0	.001
	1 公里 =	39370	1094	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^4$	1000	1.0



面 積 諸 等 表

	英 制				公 制			
	方 呎	方 呎	方 碼	方 哩	方 公 釐	方 公 寸	方 公 尺	方 公 里
1 方吋 =	1.0	.00694	.00077	—	645.16	.0645	.0006	—
1 方呎 =	144	1.0	.11111	—	92903	9.2903	.0929	—
1 方碼 =	1296	9.0	1.0	—	836130	83.613	.8361	—
1 方哩 =	—	$27.88 \times 10^6$	$3.1 \times 10^6$	1.0	—	—	—	2.590
1 方公釐 =	.00155	—	—	—	1.0	.01	.0001	$1 \times 10^{-6}$
1 方公分 =	.15501	.00108	—	—	100	1.0	.01	$1 \times 10^{-10}$
1 方公寸 =	15.051	.10764	.01960	—	$1 \times 10^4$	100	1.0	$1 \times 10^{-8}$
1 方公尺 =	1550.06	10.764	1.1960	—	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^4$	100	$1 \times 10^{-6}$
1 方公里 =	$15.5 \times 10^8$	$10.764 \times 10^6$	$1.1960 \times 10^6$	.3861	$1 \times 10^{12}$	$1 \times 10^{10}$	$1 \times 10^8$	$1 \times 10^6$

體 積 諸 等 表

	英 制			美 制			公 制
	立方呎	立方碼	品脫	夸	加	加	
1 立方呎 =	1.0	.00058	—	.02884	.01442	.00360	立方公分
1 立方呎 =	1728	1.0	.0370	49.831	29.415	6.229	立方公分
1 立方碼 =	46656	27	1.0	1345.6	672.81	168.20	立方公分
1 品脫 =	34.677	.02007	.00074	1.0	.50	.125	立方公分
1 夸 =	69.355	.04014	.00149	2.0	1.0	.25	立方公分
1 加 =	277.46	.16054	.00595	8.0	4.0	1.0	立方公分
1 美制加 =	231.18	.13379	.00495	6.667	3.333	.8333	立方公分
1 立方公分 =	.06103	.00003	—	.00176	.00088	.00022	立方公分
1 立方公尺 =	61026	35.316	1.3080	1759.8	879.90	219.95	立方公尺
1 公 升 =	61.050	.03532	.00131	1.7598	.87990	.21995	立方公尺

附註：1公升實在之換算 = 1000.027 立方公分

衡 制 諸 等 表

	英 制				公 制				
	磅	磅	噸	噸	公絲	公毫	公釐	公分	公斤
英 磅 =	1.0	0.0625	—	—	28349	2835	283.5	28.35	.0283
英 噸 =	16	1.0	.0089	.0004	—	45359	4536	453.6	.4536
英 噸 =	1792	112	1.0	.05	—	—	—	—	50.80
英 噸 =	35840	2240	20	1.0	—	—	—	—	1016
公 絲 =	—	—	—	—	1.0	0.1	.01	.001	$1 \times 10^{-6}$
公 毫 =	—	—	—	—	10	1.0	0.1	.01	$1 \times 10^{-5}$
公 釐 =	.0035	—	—	—	100	10	1.0	0.1	$1 \times 10^{-4}$
公 分 =	.0353	.0022	—	—	1000	100	10	1.0	.001
公 斤 =	35.27	2.205	.0197	.00098	$1 \times 10^6$	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^4$	1000	1.0

萬國水量諸等表

美制	英制	公制	美加侖	英加侖	立方公尺	立方英尺	立方英寸
1	0.83267	3.7854	1000.0	832.67	3.7854	133.68	231000
1.2010	1	4.5460	1201.0	1000.0	4.5460	160.46	271.0
.26414	.22006	1	264.14	220.06	1	35.315	61024
0.0010	.00083	.00379	1	.83267	.00379	.13368	231
.00120	.0010	.00455	1.2010	1	.00455	.16046	271.42
.26414	.22006	1	264.14	220.06	1	35.315	61024
.00748	.00623	.02832	7.4805	6.2290	.02832	1	1728.0
.00001	.00001	.00002	.00433	.00361	.00002	.00058	1

攝氏 4 度 1 立方公尺之清水重 1000 公斤 = 1 公噸

## 上 海 市 飲 水 清 潔 標 準

水 質 項 目	標 準	附 註
<b>物 理 測 驗</b>		
1. 攝氏溫度	—	
2. 渾濁 砂砂標準	10	
3. 色 白金鉍標準	0-70	
4. 味	0	
5. 嗅	0	
6. 沈澱渣滓	無藻質或動物	
<b>化 學 測 驗(每百萬分之分數)</b>		
1. 游離氨	0.015-0.03	深井水可至0.8如2-3兩項不超過標準  大潮時可至800  大潮時可超出此數但須與5項增加數成正比例
2. 胎中氮	0-0.07	
3. 亞硝酸鹽中氮	0-微量	
4. 硝酸鹽中氮	0.3-1.6	
5. 氯化物中氮	100	
6. 需要氧	0-1	
7. 鐵	0.5	
8. 鉛	0.1	
9. 銅	0.2	
10. 鋅	5.0	
11. 總硬度	300	
12. 定質總數	500	
<b>細 菌 測 驗</b>		
1. 每立方公分中細菌數(培養二十四小時後)	0-100	
2. 大腸菌	以五個十立方公分之水樣測驗在攝氏三十七度培養四十八小時後不得有二個水樣發生氣質佔水樣瓶封口端容積十分之一以上	用五個一端封口之發酵曲形管各注入十立方公分水樣所有水樣及培養汁均須於封口端經由溫度攝氏三十七度下培養四十八小時後如有二管發生氣質佔封口端容積十分之一者即為有大腸菌之徵
3. 病原菌	0	

本標準於民國十六年九月十五日公用局衛生局議決  
 於民國十六年九月二十一日市政府核准  
 於民國十六年九月二十三日公用局衛生局令知市內自來水廠  
 於民國十七年十二月十二日呈准市政府修正公布