

中華民國自來水協會110年度研究計畫

## 淨水場現地生產氯消毒劑可行性研究

委託單位：中華民國自來水協會

研究單位：台灣自來水公司總管理處

計畫主持人：洪世政

協同計畫主持人：李丁來

研究人員：蔣承廷、張光翹、林正隆、曾治中、林信忠

執行期間：民國 110 年 3 月至民國 111 年 11 月

中華民國 111 年 12 月

# 目錄

目錄.....	i
圖目錄.....	vi
表目錄.....	viii
摘要.....	1
Abstract.....	2
<b>第一章 前言</b> .....	<b>3</b>
1.1 計畫緣起.....	3
1.2 計畫目標及預期成果.....	3
1.3 研究方法及內容.....	3
1.4 預定進度.....	4
<b>第二章 相關法規及作業規範探討</b> .....	<b>5</b>
2.1 國內相關標準及法規.....	5
2.1.1 飲用水水質標準.....	5
2.1.2 台灣淨水處理藥劑之法規規定.....	6
2.1.3 台灣地區消毒淨水設施、貯存及管理相關規定.....	14
2.1.4 淨水處理藥劑(消毒劑)之性質與作用.....	19
2.1.5 淨水處理藥劑之加注系統管理.....	23
2.1.6 台灣自來水公司氯消毒劑採購品質規範.....	24
2.2 美國相關標準及法規.....	27
2.2.1 地表水處理規則 (SWTR).....	28
2.2.2 地下水規則(GWR).....	30
2.2.3 消毒劑和消毒副產物規則(DBPR).....	30
2.2.4 美國的化學安全要求.....	32
2.3 其他國際相關標準及法規.....	33
2.4 國內外藥劑認證及管理制度探討.....	39
2.4.1 國內藥劑管理.....	39
2.4.2 國外藥劑管理.....	40
2.4.3 國內外藥劑管理之比較.....	44
2.5 台灣飲用水消毒劑使用現況.....	45
2.5.1 加氯消毒.....	45
2.5.2 含氯消毒劑種類及優缺點.....	48
2.5.3 台灣自來水供應及淨水消毒藥劑使用現況.....	48

2.6 食品級鹽規定 .....	55
2.7 國內氯(Cl <sub>2</sub> )相關法規.....	59
<b>第三章 氯系消毒劑之製作原理及消毒副產物.....</b>	<b>60</b>
3.1 概述 .....	60
3.1.1 國內藥劑製作： <sup>[18]</sup> .....	60
3.1.2 OSG 系統製作： <sup>[1]</sup> .....	60
<b>3.2 鹽水電解化學 .....</b>	<b>61</b>
<b>3.2.1 基本反應 .....</b>	<b>61</b>
3.2.2 寄生反應(Parasitic Reactions).....	65
3.2.3 電解單元和系統性能的測量 .....	65
3.3 電解系統的類型 .....	67
3.3.1 超低 OSG 系統 .....	68
3.3.2 低強度 OSG 系統 .....	68
3.3.3 高強度 OSG 系統 .....	68
3.4 電解單元結構材料 .....	68
3.5 原料質量對電解單元性能的影響 .....	71
3.5.1 陽極鈍化 .....	71
3.5.2 電極磨損 .....	71
3.5.3 電解單元內無機材料的沉積 .....	72
3.6 電解單元維護 .....	73
3.7 氫氣處理技術 .....	74
3.8 次氯酸鹽溶液生成和儲存時無機 DBP 的形成 .....	76
3.8.1 無機消毒副產品概述 .....	76
3.8.2 散裝次氯酸鹽溶液中無機 DBP 的形成 .....	77
3.8.3 控制策略 .....	78
<b>第四章 商用 OSG 系統概述 .....</b>	<b>80</b>
4.1 DSA 電極單元配置概述 .....	80
4.1.1 使用電解單元生產氯氣和散裝次氯酸鹽 .....	81
4.1.2 電解單元配置 .....	81
4.1.3 電解單元電路 .....	82
4.2 低強度次氯酸鈉 (<1%NaOCl) .....	83
4.3 高強度次氯酸鈉 (>12 - 15%NaOCl) .....	86
4.4 OSG 系統進料品質要求 .....	90
4.4.1 鹽品質考量和規格 .....	90
4.4.2 水質注意事項和規格 .....	92
4.4.3 原材料輸入和其他必需的化學注意事項 .....	93
<b>第五章 OSG 施工安裝.....</b>	<b>95</b>

5.1 OSG 施工安裝概述 .....	95
5.1.1 一般系統佈局和空間考慮 .....	95
5.1.2 系統選型 .....	97
5.1.3 鹽和次氯酸鈉的儲存 .....	100
5.1.4 次氯酸鈉計量 .....	106
5.1.5 減少氫氣的注意事項 .....	108
5.1.6 輔助設備規定和設計 .....	109
5.1.7 電氣考慮 .....	111
5.1.8 儀表和控制(I&C)設計注意事項 .....	113
5.2 轉換為現場次氯酸鹽時要考慮的 10 大因素 .....	117
<b>第六章 OSG 系統應用案例.....</b>	<b>119</b>
6.1 以色列 Mekorot Ashkelon 地下水設施次氯酸水產生器安裝案例 ...	119
6.1.1 介紹 .....	119
6.1.2 系統操作說明 .....	120
6.1.3 概括 .....	122
6.2 加拿大蒙特婁市 Atwater 淨水場及 Charles-J. Des Bailleurs 淨水場 應用概況.....	122
6.2.1 簡介 .....	122
6.2.2 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統電解生產系統作業及生產能力 .....	125
6.3 香港大埔淨水場應用現場製造次氯酸鈉設備概況 .....	127
6.3.1 簡介 .....	127
6.3.2 解決方案: .....	128
6.3.3 Klorigen™系統特色.....	130
6.4 美國加州聖地亞哥市 Otay 自來水場現場生產次氯酸鈉 .....	131
6.4.1 簡介.....	131
6.5 東京都水道局朝霞淨水場以 PFI 方式採用現場次氯酸鈉生產設備 ..	134
6.5.1 概述.....	134
6.5.2 Hitachi 現場次氯酸鈉(NaClO)生產設備的生成原理 .....	135
6.5.3 Hitachi 現場次氯酸鈉(NaClO)生產設備系統 .....	136
<b>第七章 經濟性探討 .....</b>	<b>138</b>
7.1 概述 .....	138
7.2 價值評估方法概述 .....	138
7.2.1 淨現值分析 .....	139
7.3 系統規模定義 .....	140
7.4 評估資本、運營和維護成本 .....	140
7.4.1 次氯酸鈉技術的資本成本 .....	140

7.4.2 每磅氣的資本成本 .....	146
7.4.3 運維成本 .....	147
7.4.4 散裝次氯酸鹽 O&M 成本 .....	148
7.5 應急計畫成本：停電和/或化學品供應 .....	155
7.6 評估非成本因素 .....	155
<b>第八章 國內自來水事業導入 OSG 初步評估 .....</b>	<b>157</b>
8.1 南化淨水場案例分析 .....	157
8.1.1 南化淨水場處理流程概述 .....	157
8.1.2 南化淨水場現有氯消毒系統 .....	161
8.1.3 基本設計資料 .....	174
8.1.4 初步規劃說明 .....	174
8.1.5 操作成本及效益估算 .....	179
8.2 吉貝淨水場案例分析 .....	183
8.2.1 基本設計資料 .....	183
8.2.2 場內目前平均消毒處理費用計算結果(場內之提供資料) .....	183
8.2.3 初步規劃說明 .....	183
8.2.4 操作成本及效益估算 .....	186
8.2.5 設備預算 .....	191
8.2.6 電極備品估算 .....	191
8.3 七美淨水場案例分析 .....	192
8.3.1 基本設計資料 .....	192
8.3.2 場內目前平均消毒處理費用計算結果(場內之提供資料) .....	192
8.3.3 初步規劃說明 .....	192
8.3.4 操作成本及效益估算 .....	195
8.3.5 設備預算 .....	200
8.3.6 電極備品估算 .....	200
8.4 望安淨水場案例分析 .....	201
8.4.1 基本設計資料 .....	201
8.4.2 場內目前平均消毒處理費用計算結果(場內之提供資料) .....	201
8.4.3 初步規劃說明 .....	201
8.4.4 操作成本及效益估算 .....	204
8.4.5 設備預算 .....	209
8.4.6 電極備品估算 .....	209
8.5 大湳淨水場案例分析 .....	210
8.5.1 基本設計資料 .....	210
8.5.2 初步規劃說明 .....	210
8.5.3 操作成本及效益估算 .....	216
8.6 SWOT 分析 .....	219

8.6.1 S 優勢 (strength) .....	219
8.6.2 W 劣勢 (weakness) .....	219
8.6.3 O 機會 (opportunity) .....	219
8.6.4 T 威脅 (threat) .....	220
<b>第九章結果及討論 .....</b>	<b>222</b>
9.1 目前遭遇之困境 .....	222
9.2 技術可行性探討 .....	222
9.3 經濟可行性探討 .....	224
9.4 法規可行性探討 .....	227
9.5 商轉模式可行性探討 .....	228
<b>第十章結論及建議 .....</b>	<b>230</b>
<b>參考文獻 .....</b>	<b>233</b>
<b>審查委員意見回復 .....</b>	<b>235</b>
期末審查意見回復 .....	235
期中審查意見回復 .....	238
期初審查意見回復 .....	242
<b>附錄 1 .....</b>	<b>245</b>
<b>附錄 2 .....</b>	<b>252</b>
<b>附錄 3 .....</b>	<b>257</b>
<b>附錄 4 .....</b>	<b>260</b>
<b>附錄 5 .....</b>	<b>263</b>
<b>附錄 6 .....</b>	<b>268</b>

# 圖目錄

圖 2.1-1 淨水場實場儲存衰減情形	23
圖 2.1-2 台水公司飲用水水質處理藥劑採購及驗收方式	24
圖 2.4-1 申請使用公告飲用水水質處理藥劑之流程及規定	39
圖 2.4-2 NSF 申請藥劑認證完整流程	41
圖 2.4-3 JWWA 藥劑審查與稽核完整流程	43
圖 2.4-4 國內藥劑管理之結構分析	45
圖 2.5-1 次氯酸鈉進藥口及儲藥槽	47
圖 2.5-2 次氯酸鈉加藥設備	47
圖 2.5-3 2010 年-2021 年臺北自來水事業處出水量及消毒藥品使用量	50
圖 2.5-4 台水公司次氯酸鈉儲藥槽	52
圖 2.5-5 2010 年-2021 年台水公司消毒藥品使用量	53
圖 2.5-6 台水公司加氯消毒相關設施	54
圖 3.2-1 單極非分離式電解單元的初級陽極和陰極之圖以及這些電極表面上發生的基本反應	64
圖 3.2-2 分離式電解單元以及發生在電解單元陽極和陰極室中的電化學轉換	64
圖 3.2-3 溶液 pH 值與氯形態的關係	64
圖 3.4-1 金紅石晶相中原子排列的圖示	70
圖 3.4-2 DSA 陽極表面的 SEM 圖像顯示(a)微孔和(b、c)微裂紋結構	70
圖 4.1-1 平板型雙極電解單元示例	82
圖 4.1-2 管狀配置的扁平型雙極電解單元排列示例	83
圖 4.2-1 CloTec 技術流程圖	85
圖 4.2-2 Microclor 技術流程圖	85
圖 4.2-3 MaximOS 技術流程圖	85
圖 4.3-1 高強度系統技術流程圖	87
圖 4.3-2 高強度次氯酸鹽系統簡化技術流程圖	90
圖 4.3-3 20-lb/d 生成機(左)和 1,200-lb/d 生成機(右); lb/d 是每天氯氣當量的磅數	90
圖 5.1-1 低強度 OSG 系統佈局示例(現場考慮將決定實際佈局。)	96
圖 5.1-2 用於儲存鹽和鹽水溶液的大型“鹽水”FRP 系統示例	102
圖 5.1-3 通過自卸車接收鹽的儲鹽坑示例	103
圖 5.1-4 手動鹽儲存和溶液系統示例	103
圖 5.1-5 一個內襯混凝土罐的例子,它儲存溶液,同時在容器內提供二級安全殼(不銹鋼錨通過土工布材料保護免受次氯酸鈉的影響。)	105
圖 5.1-6 軟管式蠕動泵	108
圖 5.1-7 OSG 系統的典型軟管泵方向	108
圖 5.1-8 Point of the Mountain WTP 抽水迴路系統	108
圖 6.1-1 現場安裝圖	120
圖 6.1-2 安裝示意圖	120
圖 6.2-1 現場製造次氯酸鈉液消毒系統製造原理	124
圖 6.2-2 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統組成	125
圖 6.2-3 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統	126
圖 6.2-4 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統在淨水場內裝設情形	126
圖 6.2-5 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統在淨水場內操作巡檢情形	127

圖 6.3-1 大浦濾水廠從中國進口液氯維持飲用水消毒作業之風險 .....	127
圖 6.3-2 大浦濾水廠增設現場臭氧生產設施 .....	128
圖 6.3-3 大浦濾水廠增設現場氣消毒劑生產設施 .....	128
圖 6.3-4 Klorigen™現場製造氯氣、苛性鈉和次氯酸鈉原理 .....	129
圖 6.4-1 南加州聖地亞哥市 Otay 自來水處理場 .....	131
圖 6.4-2 Microclor® OSG 系統生產原理 .....	132
圖 6.4-3 Microclor® OSG 系統技術流程 .....	133
圖 6.4-4 加州聖地亞哥市 Otay 場 Microclor® OSG X1,000 磅/天氣當量機組 .....	133
圖 6.5-1 東京水道局朝霞淨水場處理流程 .....	135
圖 6.5-2 NaClO 的產生原理 .....	136
圖 6.5-3 每個電解槽運行時間和次氯酸產量關係 .....	136
圖 6.5-4 Hitachi 現場次氯酸鈉(NaClO)生產設備系統 .....	137
圖 7.4-1 按系統規模比較的資本成本 <sup>[1]</sup> .....	142
圖 7.4-2 5-mg/L 劑量下每等量氯的潛在資本成本範圍 <sup>[1]</sup> .....	146
圖 7.4-3 10mg/L 劑量下每當量磅氯的潛在資本成本範圍 <sup>[1]</sup> .....	147
圖 7.4-4 年運維成本按系統規模對比 <sup>[1]</sup> .....	149
圖 8.1-1 南化淨水場近 3 年原水濁度 .....	159
圖 8.1-2 南化淨水場近 3 年原水鐵濃度 .....	159
圖 8.1-3 南化淨水場近 3 年原水錳濃度 .....	160
圖 8.1-4 南化淨水場近 3 年原水氨氮濃度 .....	160
圖 8.1-5 南化淨水場儲藥槽平面配置圖 .....	163
圖 8.1-6 D 槽區(次氯酸鈉 01~10 槽) .....	164
圖 8.1-7 E 槽區(次氯酸鈉 11~18 槽) .....	164
圖 8.1-8 南化淨水場次氯酸鈉加藥機 .....	165
圖 8.1-9 南化淨水場淨水、廢水流程圖 .....	166
圖 8.1-10 南化場次氯酸鈉操作模式 .....	168
圖 8.1-11 110 年南化淨水場淨水藥劑洩漏演練 .....	170
圖 8.1-12 南化淨水場次氯酸鈉有效氯濃度衰減趨勢圖 .....	171
圖 8.1-13 南化淨水場近 3 年清水鐵濃度 .....	171
圖 8.1-14 南化淨水場近 3 年清水錳濃度 .....	172
圖 8.1-15 南化淨水場近 3 年清水氨氮濃度 .....	172
圖 8.1-16 南化淨水場近 3 年清水總三鹵甲烷濃度 .....	173
圖 8.1-17 南化淨水場近 3 年清水鹵乙酸濃度 .....	173
圖 8.1-18 OSG 參考處理流程圖 .....	178
圖 8.1-19 OSG 參考平面配置圖 .....	179
圖 8.2-1 SRDW 2500 設備外型圖 .....	186
圖 8.3-1 SRDW 3750 設備外型圖 .....	195
圖 8.4-1 SRDW 2500 設備外型圖 .....	204
圖 8.5-1 OSG 參考處理流程圖 .....	214
圖 8.5-2 OSG 參考平面配置圖 .....	215

# 表目錄

表 1.4-1 計畫執行進度表	4
表 2.1-1 飲用水水質處理藥劑一覽表	8
表 2.1-2 次氯酸鈉之國內外主成份及不純物一覽表	13
表 2.1-3 各種消毒劑殺死 99%微生物之 Ct 值	20
表 2.1-4 光照對次氯酸鈉濃度之影響	21
表 2.1-5 溫度對次氯酸鈉濃度之影響	22
表 2.1-6 台水公司與主管機關次氯酸鈉標準比較一覽表	25
表 2.1-7 國內外液氯之主成份及不純物規範彙整表	26
表 2.2-1 安全飲用水法(SDWA)監管架構	27
表 2.2-2 最低消毒要求(SWTR、IESWTR、LT1ESWTR)	29
表 2.2-3 LT2ESWTR 隱孢子蟲處理要求	29
表 2.2-4 消毒劑及消毒副產物容許濃度規定	32
表 2.2-5 美國 OSG 系統使用或生產的化學品的閾值數量規定	33
表 2.3-1 各國水質標準及法規	36
表 2.3-2 各國餘氯及消毒副產物水質標準	38
表 2.4-1 國內外藥劑檢驗制度差異分析表	44
表 2.5-1 加氯消毒之優劣	46
表 2.5-2 各種含氯消毒劑之優劣	48
表 2.5-3 台灣自來水供應單位及供水轄區	49
表 2.5-4 2010 年-2021 年臺北自來水事業處出水量及消毒藥品使用量	49
表 2.5-5 2010 年-2021 年消毒藥品使用量	52
表 2.5-6 2021 年各區管理處消毒藥品使用量	53
表 2.6-1 食品級鹽重金屬限量表	55
表 4.4-1 每家低強度和高強度 OSG 製造商在發佈時報告的鹽規格	91
表 4.4-2 高強度 OSG 製造商在發佈時報告的鹽規格	92
表 4.4-3 水質指標報告 ClorTec 和 MicrOclor	92
表 4.4-4 水質指標報告 MIOX 系統	93
表 4.4-5 OSG 系統生產氯消毒劑資源數量統計表	94
表 6.2-1 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成設備型號及氯當量生產能力	125
表 7.3-1 系統大小類別 <sup>[1]</sup>	140
表 7.4-1 散裝液體次氯酸鹽(12%)資本成本,單位:NTD	143
表 7.4-2 低強度 OSG 次氯酸鹽(0.8%)資本成本,單位:NTD	144
表 7.4-3 高強度 OSG 次氯酸鹽(12%)資本成本,單位:NTD	145
表 7.4-4 被評估技術的化學和電力成本範圍(單位:NTD)	148
表 7.4-5 散裝液體次氯酸鹽(12%)年運維成本,單位:NTD	150
表 7.4-6 低強度 OSG 次氯酸鹽(0.8%)年運維成本,單位:NTD	152
表 7.4-7 高強 OSG 次氯酸鹽(12%)年運維成本,單位:NTD	154
表 7.5-1 非成本因素評分系統示例	156
表 8.1-1 南化淨水場次氯酸鈉加藥機統計表	165
表 8.1-2 南化淨水場次氯酸鈉加藥設備建置成本	166
表 8.1-3 南化淨水場次氯酸鈉操作運維成本	167
表 8.1-4 南化淨水場淨水藥劑管理及操作人力成本	167

表 8.1-5 南化淨水場使用次氯酸鈉成本效益表 .....	167
表 8.1-6 南化淨水場藥劑洩漏安全防護設施 .....	169
表 8.1-7 南化淨水場淨水藥劑洩漏安全防護器具 .....	169
表 8.1-8 南化淨水場原水水質調查結果表 .....	174
表 8.1-9 南化淨水場 OSG 機械設備內容規劃 .....	175
表 8.1-10 OSG 系統添加食鹽標準 .....	176
表 8.1-11 OSG 系統電解槽進流水質標準 .....	177
表 8.1-12 ClorTec-1500 生產成本估算表 .....	180
表 8.1-13 南化淨水場採用 OSG 系統折舊成本分析表 .....	182
表 8.2-1 吉貝淨水場原水水質調查結果表 .....	183
表 8.2-2 無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備規格表 .....	185
表 8.2-3 吉貝淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)操作成本估算 .....	187
表 8.2-4 吉貝淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)每年預估效益 .....	188
表 8.2-5 吉貝淨水場採用 OSG 系統折舊成本分析表-無鹵水系統 .....	189
表 8.2-6 吉貝淨水場採用 OSG 系統折舊成本分析表-鹵水系統 .....	190
表 8.2-7 吉貝淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備費用 .....	191
表 8.3-1 七美淨水場原水水質調查結果表 .....	192
表 8.3-2 七美淨水場無鹵水系統(SRDW 3750)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備規格表 .....	194
表 8.3-3 七美淨水場無鹵水系統(SRDW 3750)及鹵水系統(SRDWB 1200)操作成本估算 .....	196
表 8.2-4 七美淨水場無鹵水系統(SRDW 3750)及鹵水系統(SRDWB 1200)每年預估效益 .....	197
表 8.3-5 七美淨水場採用 OSG 系統折舊成本分析表-無鹵水系統 .....	198
表 8.3-6 七美淨水場採用 OSG 系統折舊成本分析表-鹵水系統 .....	199
表 8.3-7 七美淨水場無鹵水系統(SRDW 3750)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備費用 .....	200
表 8.4-1 望安淨水場原水水質調查結果表 .....	201
表 8.4-2 望安淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備規格表 .....	203
表 8.4-3 望安淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)操作成本估算 .....	205
表 8.4-4 望安淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)每年預估效益 .....	206
表 8.4-5 望安淨水場採用 OSG 系統折舊成本分析表-無鹵水系統 .....	207
表 8.4-6 望安淨水場採用 OSG 系統折舊成本分析表-鹵水系統 .....	208
表 8.4-7 望安淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備費用 .....	209
表 8.5-1 大湳淨水場原水水質調查結果表 .....	210
表 8.5-2 大湳淨水場 OSG 機械設備內容規劃 .....	211
表 8.5-3 OSG 系統添加食鹽標準 .....	212
表 8.5-4 OSG 系統電解槽進流水質標準 .....	213
表 8.5-5 大湳淨水場 ClorTec-1800 操作成本估算 .....	216
表 8.5-6 大湳淨水場採用 OSG 系統折舊成本分析表 .....	218
表 9.4-1 食品級鹽重金屬限量表 .....	228

# 摘要

目前自來水事業是採用液氯與次氯酸鈉作為消毒劑，但液氯與次氯酸鈉在運送與貯存過程中，可能有洩漏風險，引發公安問題。且次氯酸鈉會隨著存放時間而使效用衰減。故本研究擬提出在淨水場採用現地生產消毒劑 (On-site chlorine generation, OSG)，依據需求量生產，可提高消毒液之有效性，避免過度生產、貯存導致濃度降低，而效用不彰，且能夠避免貯存、運送期間造成洩漏而延伸的環境污染與公安問題。目前國外已有設置 OSG 系統，且有相關法規規定執行。且在國內亦將氯氣列為第三類毒性化學物質，使用之場所需依毒性及關注化學物質管理法規定辦理，而採用 OSG 系統生成次氯酸鈉，於國內僅需最終產物 (次氯酸鈉) 符合環保署飲用水水質處理藥劑一覽表不純物規定及自來水事業單位藥品規定檢驗合格即可使用，既減少藥品採購之時間且相對使用液氯更安全，也對於管理操作專業需求較低 (不須有毒性化學物質專業技術管理人員訓練合格證照、申請通過「甲類危險性工作場所」安全評估審查及設置有曾受國內外製程安全評估專業訓練或具有製程安全評估專業能力，並有證明文件，且經中央主管機關認可者之製程安全評估人員。)

在設備建置上，OSG 系統安裝需考量系統佈局、系統選型、鹽和次氯酸鈉儲存、次氯酸鈉計量、氯氣注意事項、輔助設備規定及設計、電氣考慮及儀表控制設計等以提高 OSG 系統於各類型既有淨水場中的易操作性和維護性，並參考國外成功案例，如以色列 Mekorot Ashkelon 地下水設施、加拿大蒙特婁市 Atwater 淨水場及 Charles-J. Des Bailleurs 淨水場、香港大埔淨水場、美國加州聖地亞哥市 Otay 自來水場及東京都水道局朝霞淨水場等選用之設備品牌及型號和操作模式，讓後續接管人員在操作、維護、安全上無虞。另本報告依據 AWWA 介紹區分 5 種系統規模及三種次氯酸鈉技術的成本範圍，包括以大約 12% 溶液強度交付的散裝液體次氯酸鹽、0.8% 溶液濃度的 OSG 次氯酸鹽及 12% 溶液濃度的 OSG 次氯酸鹽等，經從資本成本及維運成本分析後，大型場站採用高強度 OSG 系統而小型淨水場則應採用低強度 OSG 較符合經濟效益，最後，本研究針對國內水公司南化淨水場、大湳淨水場、吉貝淨水場、七美淨水場及望安淨水場就目前方式與現場製造進行經濟評估試算，且經 SWOT 分析 OSG 系統之方案，策略性將 OSG 系統帶入台灣自來水事業，以達到除兼具公安、工安、勞安及環境友善之外更具備水質安全及成本效益。

# Abstract

At present, the tap water is disinfected using liquid chlorine and sodium hypochlorite; however, liquid chlorine and sodium hypochlorite may have risks of leakage and other relative safety concerns during transportation and storage. Meanwhile, the other common concern is the decay of sodium hypochlorite concentration with time. Therefore, in this project the feasibility of “On-Site chlorine Generation (OSG)” in Taiwan is studied. OSG has the advantages of production based on demand which increases the efficiency of disinfectant dosing and eliminations of environmental pollution and public safety concerns due to leakage during transportation and storage. OSG is widely applied in other countries under proper regulations. In Taiwan, chlorine is classified as Class 3 toxic chemical substances and its operation facilities are regulated in accordance with Toxic and Concerned Chemical Substances Control Act. However, the generated sodium hypochlorite solution from OSG is only regulated in accordance with list and standards of drinking water treatment agents issued by EPA and quality standards issued by Taiwan Water Corporation. It provides the benefits of short chemical procurement period, safer operation comparing with liquid chlorine, and less professional technical requirements (ex: certificate of professional technical management of toxic and concerned chemical substances and approval certificate of Category A Hazardous Work Place and persons with domestic or foreign professional training in process safety evaluation, or persons with process safety evaluation professional capability (with documentation), and approved by governing authorities in the Central Government are not required).

For OSG implementation, such as layout, type, salt and sodium hypochlorite storage/metering of sodium hypochlorite/safety of generated hydrogen gas/design specification/electrical and instrumentation design have to be well considered to be smoothly applied in existing plants and simplify the operation procedure and maintenance. Also successful case studies in other countries, such as Mekorot Ashkelon ground water treatment facility in Israel, Atwater plant and Charles-J. Des Bailleurs in Montreal in Canada, Tai Po plant in Hong Kong, Otay plant in San Diego in USA, Asaka Purification Plant of Tokyo Metropolitan Government Bureau of Waterworks are introduced to understand OSG in operation, maintenance and safety sides. Meanwhile, the costs of 5 different capacities and 3 sodium hypochlorite disinfection technologies (including 12% high intensity commercial sodium hypochlorite solution, 0.8% low intensity OSG sodium hypochlorite and 12% sodium hypochlorite) referred to AWWA report are also compared, and the result shows that large capacity plant using high intensity OSG and small capacity plant using low intensity OSG are more economically feasible. In the last section economical feasibilities of OSG applying in Nanhua, Danan, Jibei, Qimei and Wangan are studied, and through the estimation and SWOT analysis OSG will bring the advantages of high water quality safety and economical benefit apart from the known public safety, industrial safety, labor safety and environment friendly.

# 第一章 前言

## 1.1 計畫緣起

淨水場傳統處理流程為原水進入分水井，經前加氯、混凝、沉澱、過濾後，再經後加氯消毒，確保清水水中餘氯及水質安全。而目前自來水事業所採加氯劑係採用液氯和次氯酸鈉兩種消毒劑，液氯於運送途中和貯存於氯倉時，皆有潛在洩漏風險；而次氯酸鈉則會發生效用衰減、貯存用地空間大及運送途中可能發生之工安問題，故一般中小型淨水場採用次氯酸鈉為消毒劑，對於大型淨水場仍維持採液氯消毒(惟基於工安考量亦有漸採次氯酸鈉消毒劑之趨勢)。

為降低液氯洩漏風險，並兼顧土地利用效率，倘大型淨水場採用現地生產氯消毒劑方式，將可按需求量生產，提升消毒劑之有效性、減少貯存需求、提升運送之安全和操作彈性，本研究將蒐集現地生產氯消毒劑方式之文獻資料及國內外廠商既有技術能力，並挑選大型淨水場探討其可行之相關經濟成本效益分析及商轉模式，供國內自來水事業參考。

## 1.2 計畫目標及預期成果

現地生成的次氯酸鈉與液氯相比，需要較高之維護要求和較高的運行成本，因此於美國最初並未被當地自來水事業廣泛接受。然而近年來美國現地生產(OSG)技術的最新進展以及對與液氯有關的安全性和風險的日益關注，已導致透過現地電解食鹽水(或一般原水)於陽極生成氯氣，陰極生成氫氧化鈉並製備次氯酸鈉之 OSG 系統成為一種更具吸引力且更具成本效益的選擇。與單獨使用液氯或次氯酸鈉相比，現地生產氯消毒劑系統(OSG)的優勢包括：

- 1.減少必須現場儲存的有害物質的量
- 2.改善公眾和作業場所人員的安全
- 3.消除與運輸危險材料有關的責任
- 4.自來水事業免於制定應急計畫
- 5.具成本效益外，操作更具彈性及水質安全

## 1.3 研究方法及內容

本計畫將透過文獻回顧，最主要乃蒐集美國自來水協會(AWWA)編撰之國外已發展成熟之現地生產氯消毒劑系統(OSG)技術手冊、該手冊涵蓋現地生產的高、低強度次氯酸鈉系統，兩方案分析其化學反應、電極、能耗、空間規劃及後續維護保養並與散裝次氯酸鹽做經濟效益選擇評估等，除此之外，亦蒐集現行國內外自來水事業淨水場運作氯氣及次氯酸鈉消毒之相關法規及作業規範、台灣飲用水氯消毒劑使用現況(含遭遇之問題)、台灣主要氯消毒劑生產廠家之技術能力及國外已使用現地生產氯消毒劑淨水場之成功實際案例(含沿革、規模、流程配置、資本成本、運維成本、成本效益、商轉模式、工業安全及水質安全等面向)；透過上述文獻回顧後，本計畫將以台灣自來水公司第六區管理處南化

及大浦大型淨水場為例，以採現行散裝次氯酸鈉系統與國內現行氯消毒劑製造廠家技術及國外現地生產氯消毒劑製造廠家技術分別就規模、流程配置、資本成本、運維成本、成本效益、商轉模式、工業安全及水質安全等面向做可行性研究及 SWOT 分析，並評選出優選方案，期將此技術帶入台灣自來水事業，以達到除兼具公安、工安、勞安及環境友善之外更具備水質安全及成本效益。

## 1.4 預定進度

本計畫由民國 110 年 2 月 19 日第 19 屆技術、管理研究委員會第 7 次聯合會議審查通過，執行期程為 110 年 3 月 1 日至 110 年 11 月 30 日，惟因疫情及發生百年大旱延至 111 年 11 月 30 日，茲以期中報告為界，分為上下兩期執行，整理如表 1.4-1。

第一期 110 年 3 月至 111 年 6 月就先就 1.3 所述研究內容完成相關文獻蒐集，並針對所挑選之可行性研究案例大型淨水場做氯消毒劑系統現況調查。

第二期 111 年 7 月至 111 年 11 月針對所挑選之可行性研究案例大型淨水場就 1.3 所述研究內容完成相關可行性研究，並擬具相關可行之結論與建議。

表1.4-1 計畫執行進度表

時程 工作項目	111年度								
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
資料收集	■								
挑選案例大型淨水場 現況調查			■						
挑選案例大型淨水場 相關可行性研究						■			
資料整理分析								■	
期中、末報告					■				■
總進度(%)	10	20	30	40	50	60	75	90	100

## 第二章 相關法規及作業規範探討

自來水的目標在供應公眾安全、可口、清澈的飲用水，而安全的自來水是指水中不應含有致病菌及病毒，以確保用戶用水之衛生安全，因此原水在經過淨水場一連串混凝、沉澱及過濾等淨化程序後，仍需最後一個消毒的關鍵步驟才能維持飲用水安全、避免水媒疾病，而氯及次氯酸鈉的成本低廉且殺菌效果良好，不僅能於淨水過程中作為強氧化劑氧化有機物，亦能於配水系統中提供相對長時間的殘餘濃度以達殺菌功能，因此目前氯及次氯酸鈉為國際上水處理系統最為普遍使用的氧化劑及消毒劑。

為確保飲用水安全，世界衛生組織（WHO）發布飲用水水質指引，作為許多國家制定飲用水標準的基礎。《2011 年世界衛生組織飲用水水質指引》內容包含了以氯作為消毒劑的相關資料、使用建議量和消毒副產品（DBPs）的建議限量。其他國家和國際組織，包括美國水務協會（AWWA），美國國家衛生基金會（NSF）和 Chlorine Institute Inc.（CI），則提供了與氯有關的指導原則，以利氯的選擇以及相關使用<sup>[9]</sup>（AWWA）。而國內飲用水水質標準中亦明確規範飲用水中必需含有 0.2mg/L~1.0mg/L 的自由有效餘氯以確保清配水管線中有效消毒，避免菌類滋生，故國內淨水場均會使用次氯酸鈉或液氯進行消毒。

在台灣使用淨水處理藥劑需遵照主管機關(行政院環境保護署)相關規定，如飲用水管理條例第十三條：「飲用水水質處理所使用之藥劑，以經中央主管機關指定公告者為限」及飲用水水質處理藥劑一般規定事項第二條略以：「飲用水水質處理藥劑使用者應取得藥劑之主成份及不純物檢測報告及藥劑原料來源等書面資料」等，其中包含次氯酸鈉及液氯之規定，故關於現地生成次氯酸鈉消毒劑亦須遵守上述法規辦理。而且目前國內飲用水處理藥劑的來源均是在廠商端進行生產，自來水事業採購後再送各淨水場使用，其中液氯為毒性化學物質，使用上較具工安疑慮，而次氯酸鈉除需較大藥槽面積及運送問題外，尚有有效氯易衰退等問題，國外為解決此一問題，已有部分水場直接在淨水場內現地生產次氯酸鈉，使用多少生產多少，即時且高效，本章擬就加氯消毒法規要求及其國內外作業規範進行說明。

### 2.1 國內相關標準及法規

淨水處理藥劑之選用為淨水處理成敗重要的一環，除應符合法規要求外，藥品的品質及貯存管理，亦為影響淨水場淨水處理成效之重要事項，在台灣常用的消毒劑為液氯、次氯酸鈉及臭氧等，以下就針對淨水藥劑及消毒劑(氯及次氯酸鈉)進行說明。

#### 2.1.1 飲用水水質標準

行政院環境保護署為考量國人因飲用水污染物引起之健康風險，評估國內現況及環境背景，

廣泛蒐集世界衛生組織、美國、加拿大、歐盟、英國、日本、澳洲、紐西蘭、韓國、新加坡等國家之飲用水水質標準、毒理資料及相關規定，依飲用水管理條例第十一條第二項規定訂定飲用水水質標準，並自 87 年 2 月 4 日發布施行，透過規範飲用水水質，保障我國公眾飲用水安全。因應環境變遷及科技發展，環保署持續檢討修正水質標準，迄今已修正六次。相關標準請詳參附錄 1。

飲用水水質標準所規範檢項包含細菌性標準、物理性標準、化學性標準等，而化學性標準又分為影響健康物質、可能影響健康物質、影響適飲性及感觀物質、有效餘氯及氫離子濃度(pH 值)等項目，其中針對因消毒可能產生之消毒副產物如三鹵甲烷、鹵乙酸、溴酸鹽及亞氯酸鹽等等，則被規範於影響健康物質標準中，除了三鹵甲烷及鹵乙酸為人所熟知是使用氯系消毒劑如氯、次氯酸鈉等而產生的消毒副產物之外，溴酸鹽的主要來源為次氯酸鈉所含不純物或臭氧消毒劑與水中溴鹽反應所產生，亞氯酸鹽則是使用二氧化氯為消毒劑時難以避免產生之消毒副產物。

在淨水場加氯消毒的過程中，水中有機物和氯反應後以三鹵甲烷為主要消毒副產物，而鹵乙酸次之。三鹵甲烷的主要成份為氯仿、一氯二溴甲烷、二溴一氯甲烷及溴仿等，上述四種化合物濃度的總合即稱總三鹵甲烷，本國飲用水水質標準針對總三鹵甲烷的管制值為 0.08 mg/L，而鹵乙酸則包含了一氯乙酸、二氯乙酸、三氯乙酸、一溴乙酸、二溴乙酸等五種化合物，與三鹵甲烷相同，本國僅管制鹵乙酸類濃度總合，其管制值為 0.06 mg/L。

為消除水中致病菌、避免水媒疾病及管線輸水受污染的情形發生，供水管網中必須維持一定之餘氯量以延續飲水之消毒能力，我國飲用水水質標準對餘氯量的規定為 0.2~1.0 mg/L，但考量旱災、暴雨、地震等天然災害期間，水源缺乏、水源水質不穩定等因素，容易影響淨水處理後之供水水質，為期能於天然災害應變期間，飲用水供應無虞，確保公眾飲用水品質，維護國民健康，行政院環保署及經濟部爰分別於 111 年 5 月 23 及 24 日公告修增訂飲用水水質標準及自來水法，其在天然災害應變期間致飲用水水源濁度超過 1500NTU 時或需分區供水者，其供水區域飲用水水質得放寬餘氯水質標準為 0.2~3.0 mg/L。

## 2.1.2 台灣淨水處理藥劑之法規規定

目前我國尚無現地生產次氯酸鈉用於自來水事業的前例，相關法令亦各自解釋不同，而國內對於飲用水水質處理藥劑之管理，主要為「飲用水管理條例第十三條」及「飲用水水質處理藥劑一般規定」等法規要求，針對藥劑之不純物制定品質規範，分述如下：

### (一) 飲用水管理條例

飲用水管理條例第十三條明定如下：「飲用水水質處理所使用之藥劑，以經中央主管機關指定公告者為限，非屬前項公告之藥劑，供水單位得向中央主管機關申請公告為飲用水水質處理藥劑其申請資格、應檢附之書件、程序、核准條件、駁回、補正及其他應遵行事項之準則，由中央主管機關定之。」

而第十五條則明訂「各級主管機關得派員並提示有關執行上證明文件或顯示足資辨別之標誌，進入公私場所，檢查飲用水水源水質、飲用水水質、連續供水固定設備、飲用水水質處理藥劑或採取有關樣品、索取有關資料，公私場所之所有人、使用人或管理人，不得規避、妨礙或拒絕」，及第十八條罰則「違反第十三條規定者，處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科新台幣六萬元以下罰金」，與供水水質不符「飲用水水質標準」狀況僅施予罰款不同者，為違反規定者負有刑責。

行政院環保署依據上開飲用水管理條例第十三條規定，多次公告修訂各項飲用水水質處理藥劑之品質規範，最近一次是於 99 年 3 月 29 日公告修正 21 項飲用水水質處理藥劑之不純物規範，並整合成一覽表便於民眾使用，詳表 2.1-1 所示。

## (二)飲用水水質處理藥劑一般規定

行政院環保署依據飲用水管理條例第十三條第一項於民國 95 年 9 月 15 日環署毒字第 0950072803 號函修正公告「飲用水水質處理藥劑一般規定事項」，規定台灣地區飲用水水質處理藥劑相關規定如下：

- 1.飲用水水質處理藥劑，係指處理供人飲用之水時所使用之化學藥劑。但濾砂、濾石、無煙煤、活性碳及其他過濾物料、除藻劑、離子交換樹脂再生劑、離子交換樹脂、薄膜及薄膜處理之除垢劑、紫外線 (UV) 或非屬化學藥劑之設備或器材等，不在此限。
- 2.飲用水水質處理藥劑使用者應取得藥劑之主成分及不純物檢測報告及藥劑原料來源等書面資料，並詳實記錄藥劑保存期限、藥劑廠商建議最高使用劑量、來源之製造、調配、包裝、銷售廠商名稱、地址、證件字號及負責人姓名、地址、電話、身分證明文件。上述紀錄應保存三年備查。
- 3.飲用水水質處理藥劑如有變質、逾保存期限或有效期限、或以生產其他工業產品所產生之廢液、廢棄物或副產品作為藥劑製造原料所生產之藥劑者，不得作為飲用水水質處理藥劑。

飲用水水質處理藥劑品質規範，除了上開環保署公告之「飲用水水質處理藥劑一覽表」針對藥劑之不純物訂有品質限值外，另有中華民國國家標準(CNS)之規範，該標準亦針對藥劑之主成份制定管限制值，惟目前 CNS 之規範種類僅有自來水用硫酸鋁、次氯酸鈉、聚氯化鋁、氫氧化鈉及過錳酸鉀等 5 種，本研究則僅針對次氯酸鈉部分提出討論，茲將國內外次氯酸鈉主成份及不純物品質規範彙整如表 2.1-2。

故現地生產次氯酸鈉(OSG)，其不純物及主成份均需符合飲用水水質處理藥劑一覽表及 CNS 對次氯酸鈉的品質管制標準要求，如為自來水事業採購藥劑，則藥劑應適用其採購要求，對藥劑的品質要求均需與環保署公告的品質管制及中華民國國家標準(CNS)一致，或更為嚴格。有關台水公司藥劑採購管理在「2.1.6 台灣自來水公司氯消毒劑採購品質規範」一節中有更詳盡的說明。

表2.1-1 飲用水水質處理藥劑一覽表

藥劑編號	藥劑名稱		化學式	適用範圍 使用時機	最大添 加劑量	品質管制		備註
	中文名稱	英文名稱				項目	品質	
〇〇一	臭氧	Ozone	$O_3$	—	—	—	—	
〇〇二	硫酸鋁 (俗稱：明礬)	Aluminum Sulfate	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	—	—	砷 (As)	10ppm 以下	
						鎘 (Cd)	2ppm 以下	
						鉛 (Pb)	10ppm 以下	
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下	
						鉻 (Cr)	10ppm 以下	
						鐵 (Fe)	200ppm 以下	
						錳 (Mn)	25ppm 以下	
〇〇三	聚氯化鋁 (多元氯化 鋁)	Polyaluminum Chloride(PACl)	$[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_n$	—	—	砷 (As)	5ppm 以下	
						鎘 (Cd)	2ppm 以下	
						鉛 (Pb)	10ppm 以下	
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下	
						鉻 (Cr)	10ppm 以下	
						鐵 (Fe)	100ppm 以下	
						錳 (Mn)	25ppm 以下	

藥劑編號	藥劑名稱		化學式	適用範圍 使用時機	最大添 加劑量	品質管制		備註
	中文名稱	英文名稱				項目	品質	
〇〇四	氯化鐵	Ferric Chloride	FeCl <sub>3</sub>	—	—	砷 (As)	10ppm 以下	
						鎘 (Cd)	5ppm 以下	
						鉛 (Pb)	50ppm 以下	
						汞 (Hg)	2ppm 以下	
						鉻 (Cr)	50ppm 以下	
						硒 (Se)	10ppm 以下	
						銀 (Ag)	50ppm 以下	
〇〇五	氫氧化鈉 (俗稱：苛性 鈉)	Sodium Hydroxide or Caustic Soda	NaOH	—	—	砷 (As)	2ppm 以下	
						鎘 (Cd)	2ppm 以下	
						鉛 (Pb)	10ppm 以下	
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下	
						鉻 (Cr)	5ppm 以下	
〇〇六	氫氧化鈣 (俗稱：消石 灰)	Calcium Hydroxide or Slaked Lime	Ca(OH) <sub>2</sub>	—	—	砷 (As)	5ppm 以下	
						鎘 (Cd)	5ppm 以下	
						鉛 (Pb)	20ppm 以下	
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下	
						鉻 (Cr)	50ppm 以下	
〇〇七	液氯	Liquid Chlorine	Cl <sub>2</sub>	—	—	有效氯(Cl <sub>2</sub> )	99.5%以上	

藥劑編號	藥劑名稱		化學式	適用範圍 使用時機	最大添 加劑量	品質管制		備註
	中文名稱	英文名稱				項目	品質	
〇〇八	次氯酸鈉 (俗稱：漂白 液)	Sodium Hypochlorite	NaOCl	—	—	砷 (As)	1ppm 以下	
						鎘 (Cd)	1ppm 以下	
						鉛 (Pb)	1ppm 以下	
						汞 (Hg)	0.2ppm 以下	
						鉻 (Cr)	2ppm 以下	
						溴酸鹽 (Bromate)	50 ppm 以下	
〇〇九	次氯酸鈣	Calcium Hypochlorite	Ca(OCl) <sub>2</sub>	—	—	砷 (As)	2ppm 以下	
						鎘 (Cd)	2ppm 以下	
						鉛 (Pb)	2ppm 以下	
						汞 (Hg)	0.4ppm 以下	
						鉻 (Cr)	4ppm 以下	
						溴酸鹽 (Bromate)	50 ppm 以下	
〇一〇	氯化石灰 (俗稱：漂白 粉)	Chlorinated Lime	CaO·2CaOCl <sub>2</sub> · 3 H <sub>2</sub> O	—	—	砷 (As)	2ppm 以下	
						鎘 (Cd)	2ppm 以下	
						鉛 (Pb)	2ppm 以下	
						汞 (Hg)	0.4ppm 以下	
						鉻 (Cr)	4ppm 以下	

藥劑編號	藥劑名稱		化學式	適用範圍 使用時機	最大添 加劑量	品質管制		備註
	中文名稱	英文名稱				項目	品質	
○一一	高錳酸鉀 (過錳酸鉀)	Potassium Permanganate	KMnO <sub>4</sub>	—	—	鎘 (Cd)	5ppm 以下	
						汞 (Hg)	2ppm 以下	
						鉻 (Cr)	50ppm 以下	
○一二	硫酸	Sulfuric Acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	—	砷 (As)	10ppm 以下	
						鎘 (Cd)	2ppm 以下	
						鉛 (Pb)	10ppm 以下	
						汞 (Hg)	0.4ppm 以下	
						鉻 (Cr)	10ppm 以下	
						鐵 (Fe)	200ppm 以下	
○一三	磷酸氫二鈉	Disodium Hydrogen Phosphate	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	可依一定比例 混 合使用於 飲用水 水質 處理程序中， 作為管線抗腐 蝕 劑用。	—	砷 (As)	10ppm 以下	
○一四	磷酸二氫鈉	Sodium Dihydrogen Phosphate	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>			鎘 (Cd)	5ppm 以下	
○一五	聚磷酸鈉 (六偏磷酸鈉)	Sodium Polyphosphate Glassy (Sodium Hexametaphosphate)	Na <sub>n+2</sub> P <sub>n</sub> O <sub>3n+1</sub>			鉛 (Pb)	50ppm 以下	
○一六	三聚磷酸鈉	Sodium Triphosphate	Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>					
○一七	聚丙烯醯胺 (PAM)	Polyacrylamide, (PAM)	(C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO) <sub>n</sub>	當飲用水水源 之 原水濁度	1(mg/L)	丙烯醯胺 (Acrylamide)	0.05wt%以下	

藥劑編號	藥劑名稱		化學式	適用範圍 使用時機	最大添 加劑量	品質管制		備註
	中文名稱	英文名稱				項目	品質	
○一八	聚氯化己二烯 二甲基胺	Poly (Diallyldimethyl Ammonium Chloride), [Poly(DADMAC)]	(C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> N·Cl) <sub>n</sub>	大於二五 ○NTU 時，始 得使用。	10(mg/L)	氯化己二烯二甲 基胺 (Diallyldimethy l Ammonium Chloride)	5wt%以下	
○一九	氯甲基一氧三 環 二甲基胺聚 合物	Epi-DMA Polyamines (Epichlorohydrin Dimethylamine, Polymer)	(C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N·C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> ClO) <sub>n</sub>		20(mg/L)	氯甲基一氧三環 (Epichlorohydrin)	20ppm 以下	
						1,3-二氯-2-丙醇 (1,3-Dichloro- 2-Propanol)	1000 ppm 以下	
○二〇	氣態二氧化氯	Gaseous Chlorine Dioxide	ClO <sub>2</sub>	—	最大添加劑 量：1.4mg/L	亞氯酸根 ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1.0mg/L 以下	最大殘餘 量：0.7mg/ L；亞氯酸根 濃度 限值： 1.0mg/L。
○二一	聚矽酸鐵	Polysilicate Iron	Fe <sub>m</sub> ( SiO <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	—	—	砷 (As)	6ppm 以下	自中華民 國九十九 年七月一 日施行。
						鎘 (Cd)	6ppm 以下	
						鉛 (Pb)	6ppm 以下	
						汞 (Hg)	0.3ppm 以下	
						鉻 (Cr)	30ppm 以下	
						銅(Cu)	6ppm 以下	
						硒 (Se)	6ppm 以下	
						氰鹽(CN <sup>-</sup> )	6ppm 以下	
						氯仿 (CHCl <sub>3</sub> )	36ppm 以下	

表2.1-2次氯酸鈉之國內外主成份及不純物一覽表

次氯酸鈉		各國標準與規範																
		環保署公告	台水公司內規	北水處規範	CNS 3397 (自來水用)	AWWA B300:2018	JWWA K120:2008								EN 901:2013		澳洲	紐西蘭
							特級		一級		二級		三級		Type 1	Type 2		
							製品I	製品II	製品I	製品II	製品I	製品II	製品I	製品II				
單位	-	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
主成份	外觀	-	透明液體	-	淡黃色透明液體	淡黃色透明液體	淡黃色透明液體								澄清淡綠色液體		淡綠色液體	澄清淡黃綠色液體
	有效氯	-	>10	>10	>5	>10	>12	<12	>12	<12	>12	<12	>12	<12	>12(一般)也有稀釋的		一般供應 10-13	>13
	游離鹼	-	<2.0	-	<2	<1.5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	-	-	0.3-1.8
	不溶成分	-	<0.01	-	<0.01	<0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.18
	比重	-	-	-	-	-	<1.16	案分 值以下*	<1.16	案分 值以下*	<1.16	案分 值以下*	-	-	-	-	-	-
	單位	ppm	ppm	ppm	ppm		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
不純物	砷(As)	<1	<0.8	<1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.12	<0.60	-	<10	
	鎘(Cd)	<1	<0.8	<1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.30	<0.60	<8	<10	
	鉛(Pb)	<1	<0.8	<1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	<1.80	<1.80	-	<10	
	汞(Hg)	<0.2	<0.16	<0.2	<0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.42	<0.60	<4	<10	
	鉻(Cr)	<2	<1.6	<2	<2	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.30	<0.60	-	<130	
	溴酸鹽	<50	<40	<50	-	-	<10	案分 值以下*	<50	案分 值以下*	<100	案分 值以下*	<100	案分 值以下*	<255	<511	-	<20
	硒(Se)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<2.40	<3.00	-	<20	
	鎳(Ni)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.30	<1.20	<80	<0.05	
	銻(Sb)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<2.40	<3.00	-	<50	
	氯酸鹽(C103-)	-	-	-	-	-	<2000	案分 值以下*	<4000	案分 值以下*	<10000	案分 值以下*	<10000	案分 值以下*	<3145	<3145	-	<2000
氯化鈉(NaCl)	-	-	-	-	-	<2%	案分 值以下*	<4%	案分 值以下*	<4%	案分 值以下*	<12.5%	案分 值以下*	-	-	-	-	
備註				自來水用次氯酸鈉市售品 5~6% 之有效氯與約 12%者		*案分 值以下：製品 I 中有效氯濃度按比例調整之值以下								以12%NaOCl為基礎換算av. Cl與 product		dosage: 3 mg/L as 12% Cl <sub>2</sub>	以13%之NaOCl為基準	

資料來源：台灣自來水公司飲用水水質處理藥劑 CNS 國家標準相關研究

### 2.1.3 台灣地區消毒淨水設施、貯存及管理相關規定

台灣地區加氯消毒淨水設施一般設計係參考「自來水工程設施標準」及台灣自來水公司「自來水設備維護手冊」<sup>[19]</sup>規範進行設計，另在使用操作管理方面，台水公司訂有「台灣自來水股份有限公司飲用水水質處理藥劑使用管理作業要點」<sup>[25]</sup>作為藥槽之儲存及操作要求，相關規範內容說明如下：

(一) 自來水工程設施標準第 76 條對加氯消毒之規定如下：

1. 自來水採加氯消毒，其消毒之規定如下：

(1) 加氯方法以溶液式為準。

(2) 加氯設備應有可靠之性能，加氯速率及數量應準確易於控制，並有良好之安全設施。

(3) 加氯地點應選在氯劑能均勻混合於水中之處。

(4) 加氯設備之容量，應以最大處理水量及最大加氯率決定之，並應有備用設備。

(5) 流量經常有變化之處，消毒時應做自動控制設備，保持一定之加注率。

2. 自來水事業應訂定加氯消毒之標準作業程序及氯氣外洩之緊急應變計畫，並定期演練。

(二) 貯存設備相關規定<sup>[19]</sup>

依據台灣自來水設備維護手冊，次氯酸鈉及液氯的貯存規定如下：

1. 次氯酸鈉

(1) 次氯酸鈉若貯存於室內，需確保通風及換氣設備之正常運轉，防止室內溫度上升，窗戶及出入口需有遮光布，若貯存於室外，須施作遮光設施，以避免陽光直接照射。

(2) 檢查貯槽防外漏設施及緊急淋洗設備，確認是否可正常使用。

(3) 貯藏室內溫度控制在低溫，避免溫度上升，致次氯酸鈉有效濃度衰減。

(4) 次氯酸鈉因有效濃度降低致加藥量增加，結果造成水中溴離子增加。

(5) 長時間貯存，需注意次氯酸鈉有效濃度會降低。

(6) 需注意雜質、重金屬等物質混入次氯酸鈉中，導致有效濃度降低之現象。

(7) 避免次氯酸鈉蒸發逸散後與其他危險物質混合，故須有偵測及防止逸散之設施，漏

液需找專門處理之業者確實處理之。

(8)貯槽需定期清洗貯槽內部、檢查槽內腐蝕狀況、各處配管接頭、爬梯等是否損害，並定期維護保養液位計。

2.液氯貯存室（氣倉）應符合下列原則：

(1)液氯倉庫應遠離所有熱源，並應設置防火設備。

(2)勿使鋼瓶受日光直射。

(3)液氯倉庫應乾燥陰涼而通風（大門及窗戶需保持密閉，惟窗戶應裝置自動抽排風扇，當中和設備啟動時該抽排風扇必須可自動斷電並密閉），倉庫室溫以 25°C~30°C 為宜，不得超過 40°C。無論裝滿液氯或已放空之容器，均應放置陰涼通風地點。

(4)1 噸氣桶須安裝 3 噸以下之固定式起重機方便吊運，並設置氣桶地磅偵知剩餘量。液氯鋼瓶應遠離昇降機或搬運重物頻繁場所，以免意外遭受打擊。氣倉需考量人員、機具、氣桶吊運出入動線，人員走動區域之地面避免放置雜物。

(5)液氯倉庫僅可供貯存液氯專用，並應儘可能遠離宿舍住宅。

(6)倉庫之地面須平坦，以免液氯鋼瓶滑動傾倒。

(7)液氯鋼瓶換裝作業須依下列標準作業程序辦理：

A、作業說明及準備



B、換裝作業



C、管路檢查



D、作業完成

- 1.準備各項安全資料。
- 2.配戴防護器具及安全工具（藥罐式防毒面具）。
- 3.檢查各種防護、搶修器具，確認放置地點。
- 4.填報重瓶及空瓶數量。
- 5.須至少兩名操作人員共同作業。

- 1.確認鋼瓶之液氯存量在 30 公斤（3%）。
- 2.關閉鋼瓶之出口閥。
- 3.以氨水測試鋼瓶是否漏氣。
- 4.固定式起重機操作手與吊掛手均應由訓練合格人員操作。
- 5.確認鋼瓶防護蓋及防護罩均蓋妥後，以起重機吊離秤臺。
- 6.磅秤歸零後，新鋼瓶以起重機吊至秤臺。
- 7.以鋼索固定液氯鋼瓶後，進行管路連接。

- 1.以氨水測試各連接接頭檢查。
- 2.設定地磅液氯重量。

- 1.場地整理。
- 2.將鋼瓶換裝情形記錄於操作日誌。

(三) 台灣自來水股份有限公司飲用水水質處理藥劑使用管理作業要點<sup>[25]</sup>

台水公司為加強飲用水水質處理藥劑之管理，確保藥劑用藥品質管制項目符合法令規定，針對淨水藥劑儲存槽有以下基本功能規定：

1. 同類型藥劑儲藥槽應儘量相互連通，並能切換獨立使用，且需有防逆設施與排放管路，防止清水滲入，以避免影響藥劑品質。
2. 儲藥槽出藥管應有防逆設施與流放通路，阻隔清水滲入，以避免影響藥劑品質。
3. 儲藥槽上方頂蓋必須可防滴水滲入且可關閉及上鎖，另需設有排氣孔（需為防止異物掉入設計）以平衡槽內外壓力。
4. 為避免儲藥槽藥劑腐蝕內部金屬製爬梯造成污染，藥槽內金屬製爬梯應予以拆除，改採吊掛移動式爬梯以利人員進入清洗。
5. 為方便儲藥槽藥劑之採樣，如場地寬裕，各淨水場可考量設置獨立之交貨槽或於進料管及輸藥管適當位置增設三通管，以利分流採樣檢驗。
6. 新設儲藥槽之進藥管，管口端可考量以朝地面翹起四十五度傾斜，以利進藥輸送速度，且進藥管快速接頭不易因進藥重力而脫落或損裂。（若管口端翹起成九十度與地面平行，極易因進藥重力震動而脫落或損裂，較不耐用）。
7. 每座儲藥槽之加藥管，得另裝設清水反洗藥管之設備，避免加藥設備暫停使用時，加藥管內沉澱物阻塞。
8. 儲藥槽底部應有排水口及排水管，或上(側)方設置人孔，以利維修清洗。
9. 非混凝土製儲藥槽為防日曬，如場地許可應加設遮陽設施（含屋頂及側面）。
10. 次氯酸鈉於高溫、光照等情形下會加速分解，故其儲藥槽應盡量設置於室內或加設遮陽設施，且應設置室內溫度計觀察溫度變化，使保存溫度不超過 40°C，如有溫度過高情形，應加裝通風裝置以降低室內溫度。
11. 不同類型藥劑儲藥槽應分開設置，並於藥槽或淨水藥品儲藏室外側標示顯而易見之藥劑名稱，如因場地受限採集中設置者，進藥管應確實上鎖、加強顏色管理（各管線應依不同類型藥劑塗裝不同顏色及標示藥劑流向以資辨認）、設置防呆裝置、適當隔離及標示藥劑名稱，以避免發生進藥錯誤情事。

12.各類藥劑儲藥槽四周應有藥槽洩漏安全防護設施或採取相關防護措施，例如：

- (1)儲藥槽四周設置防溢堤，防溢堤內側容積需能儲留儲藥槽外洩藥劑量，或應具有藥劑外洩時可利用耐酸鹼之抽取設備進行緊急抽除功能之設施，如防溢堤內側容積無法儲留儲藥槽外洩藥劑量，得加裝藥劑洩漏警報裝置(具燈光及音效警示)，其訊號連線至監控室。
- (2)於儲藥槽四周設置截留導引溝渠，以利將外洩之藥劑導引集中收集至適當地點（以設置臨時儲藥桶為主，其他如廢水池、曬乾床為輔），並應注意暫時關閉廢水回收裝置暫時貯留。
- (3)如因場地受限或其他原因無法設置前二項防止藥劑外洩之安全防護設施者，得因地制宜設置其他類型之防止藥劑外洩設施或採取其他防止藥劑洩漏之配套措施因應。
- (4)小型儲藥槽(容量一立方公尺以下)仍應設置防溢堤，若如經評估，儲藥槽發生洩漏時不足以對場（站）區外環境造成污染者，得免設安全防護設施，惟應設置可將儲藥槽藥劑容量資訊回傳轄管廠所之監控設施，並具藥劑洩漏警報裝置，以避免發生藥劑大量洩漏但卻不自知情形。

另台水公司針對飲用水水質處理藥劑儲藥槽之管理則有以下規定(擇要說明)：

- 1.儲藥槽原則設置三座（如因藥劑使用量少、場地不足或採統一進藥再行分裝方式者，得酌減），俾供水質處理藥劑進藥及淨水操作之用，其「合計容量」考量現行藥劑採購驗收流程及主成分特性，依下列原則辦理：
  - (1)聚氯化鋁應以「平均日用藥量×六十日」或「最大日用藥量×二十一日」之最低者為準。
  - (2)其餘藥劑以「平均日用藥量×三十日」估算。
- 2.各淨水場平日應保持上開「合計容量」之三分之一為最低安全存量，惟於汛期用藥量大幅增加期間，安全存量可再酌予提高。
- 3.各淨水場應視藥劑種類及用量將藥槽區分為交貨槽、備用槽與使用槽三類或交貨槽與使用槽二類做輪替或專用，交貨槽進藥完成並經驗收合格後改標示為備用或使用槽，或固定一個交貨槽以管線輸送至使用槽，以利藥品檢驗不合格時可以辦理退貨。

- 4.加藥設備（含穩定桶、緩衝桶或調整槽等暫存容器及加藥、進藥管線等設備）於最後一次交貨時須待藥品使用完畢及受廠商供藥品質影響而有結晶沉澱物時，應責請廠商負責清理及運送處理所清理之剩餘藥劑，並依相關規定處理。
- 5.儲藥槽進藥完成後，應於啟用開關處加以鉛（簽）封至驗收合格為止，驗收合格後由藥劑管理人員拆除鉛（簽）封，再通知操作人員啟用。
- 6.各藥槽外側或該藥槽旁應正確標示交貨藥品之契約批次、交貨日期、驗收合格日期、啟用日期、保存期限（各類型藥劑保存日期應依其採購契約規定辦理）、物質安全資料表與安全標語（非工作人員禁止攀爬、局限空間作業注意要點等）及「尚未完成驗收不得使用，否則會觸犯刑法有刑事責任」警語。
- 7.已設置有攪拌機或循環馬達之儲藥槽，得每月運轉操作一次，以避免藥劑發生分層現象，並於每次運轉後確實清洗保養馬達與管路，以避免藥劑堵塞設備損壞，如攪拌設備損壞者，得自行評估予以修復或拆除。
- 8.各儲藥槽頂蓋應保持關閉並上鎖，鑰匙需由使用單位專人專責保管，以避免異物及雨水掉入污染藥劑。
- 9.儲藥槽之進藥管管口應加裝封套並上鎖，以防止外人灌入異物或惡意破壞。
- 10.藥劑未完成驗收程序前，不得先行使用，如發生緊急狀況急需用藥者，可由鄰近淨水場或區處調用驗收合格之藥劑。
- 11.採集中交貨槽統一進藥，俟驗收合格後再自行分送至小型場站用藥者，應加強辦理下列事項：
  - (1)藥劑運送容器應確實清洗後再行分裝，自行運送者應符合道路交通安全規則第八十四條規定，並避免藥劑於運送過程遭受污染。
  - (2)各藥劑採購契約首批藥劑於分裝槽進藥前，應確實清洗儲藥槽（含穩定桶、緩衝桶或調整槽等暫存容器）及其附屬管線（應記錄清洗時間以為佐證），以避免新藥劑與殘存藥劑混用，致影響藥劑品質。
- 12.為避免藥劑於加藥管內發生質變影響藥劑品質，對於需長時間（一個月以上）停止使用之加藥管得先行清洗，連續使用中之加藥管得依不同藥劑種類不定期排放處理，

並記錄清洗時間以為佐證。

13.各種處理藥劑儲藥槽紀錄，應區分使用槽、備用槽、交貨槽，分別紀錄各儲藥槽液位變化，當藥槽藥劑液位如有異常變化時，操作人員應立刻前往查察，如有藥劑洩漏情形，應即妥善處理，並隨時保持藥槽週邊地面之整潔，不得有藥劑洩漏污染地面之情形，以避免發生環境污染情事。

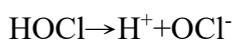
#### 2.1.4 淨水處理藥劑(消毒劑)之性質與作用

依據台灣自來水公司「自來水設備維護手冊」，自來水消毒在於確保經淨水處理配水至用戶使用前之水質有足夠消毒能力去破壞原水及淨水後配水管網系統中病媒之孳生，包含細菌、濾過性病毒及阿米巴原蟲囊等，確保用戶用水衛生安全。世界各國大多採用液氯或次氯酸鈉作為消毒劑，惟氯氣在貯存使用上有洩漏及人體危害之虞，次氯酸鈉並有濃度衰減現象，是以平時需注意氯氣、次氯酸鈉等之貯存、防止變質，並加強耐震、耐火、偵測、緊急應變及安全防護等設備和設施之維護保養，確保使用之安全。

氯氣、次氯酸鈉等之加氯量需考量水中濁度、本身有效濃度、溫度、接觸時間等，在水中以次氯酸、次氯酸根存在，稱為自由有效餘氯為主，若有氨氮存在時，亦可形成結合餘氯。

##### (一)加氯消毒原理

將氯氣或次氯酸鈉，加入水中，會產生以下反應：



HOCl及OCl<sup>-</sup>稱為「自由有效餘氯」，HOCl之殺菌消毒效率較OCl<sup>-</sup>為高。pH值越高，水中所佔的OCl<sup>-</sup>百分率越高，HOCl百分率越低。

另外若原水有氨(NH<sub>3</sub>)或有機氮存在，氯會與之反應生成一氯胺(NH<sub>2</sub>Cl)、二氯胺(NHCl<sub>2</sub>)及三氯胺(NCl<sub>3</sub>)，稱為「結合有效餘氯」。「結合有效餘氯」之消毒能力較「自由有效餘氯」為低。

加氯於水中，若水中不含有機物或還原性無機物，加氯量與自由有效餘氯量大致相等；否則，經某加氯量之消耗，水中才有自由有效餘氯量出現，此單位體積所消耗之加氯量，

稱為「需氯量」，「需氯量」為掌握加氯量的一個重要參數。

消毒效率與水溫、pH 值、餘氯濃度(C)及接觸時間(t)有關，水溫越高，消毒所需之 Ct 值越低；水溫越低，消毒所需之 Ct 值越高，pH 值越高，消毒所需之 Ct 值越高；pH 值越低，消毒所需之 Ct 值越低。在相同的水溫及 pH 值下，餘氯濃度(C)及接觸時間(t)之乘積相同，有相同之消毒效率。

不同消毒劑殺死不同微生物所需之 Ct 值如表 2.1-3，隱孢子蟲及梨形蟲等病原性原生動物，因具有孢子外殼，氯氣不易氧化穿透，所需 Ct 值約為大腸桿菌之 1 萬倍。

表2.1-3各種消毒劑殺死99%微生物之Ct值

微生物種類	殺菌劑	濃度(C) mg/L	接觸時間 (T) min	CT	pH	溫度(°C)
大腸菌類 (E. coli)	臭氧(O <sub>3</sub> )	0.065	0.33	0.022	7.2	1
		0.0023	1.03	0.002	7.0	12
	二氧化氯(ClO <sub>2</sub> )	0.75	0.50	0.38	6.5	5
		0.75	0.30	0.23	6.5	10
	次氯酸(HOCl)	0.1	0.4	0.04	6.0	5
	次氯酸根(OCl <sup>-</sup> )	1.0	0.92	0.92	10.0	5
二氯胺(NHCl <sub>2</sub> )	1.0	5.50	5.5	4.5	15	
一氯胺(NH <sub>2</sub> Cl)	1.0	175	175	9.0	5	
小兒麻痺病毒 (Poliovirus)	臭氧(O <sub>3</sub> )	0.3	0.13	0.04	7.2	5
		0.245	0.50	0.12	7.0	24
	二氧化氯(ClO <sub>2</sub> )	0.8	6.8	5.4	7.0	5
		0.5	2.0	1.0	7.0	25
	次氯酸(HOCl)	0.5	2.1	1.05	6.0	5
	次氯酸根(OCl <sup>-</sup> )	0.5	21	10.50	10.0	5
二氯胺(NHCl <sub>2</sub> )	100	140	14000	4.5	5	
一氯胺(NH <sub>2</sub> Cl)	10	90	900	9.0	15	
梨形孢囊蟲 (Giardia cysts)	自由氯 ((HOCl) <sup>+</sup> (OCl <sup>-</sup> ))	2	240	480	7.8	1
		5	60	300	7.8	1
		2	180	360	7.8	5
	氯胺 (NH <sub>2</sub> Cl)	2.6	180	468	6.5	3
1.8		230	414	7.0	10	

## (二)次氯酸鈉藥劑特性

### 1.性質

次氯酸鈉為淡黃色液體，濃度高時不安定，有效濃度的 4~12%，腐蝕性強，遇紫外線、日光照射時易分解，隨溫度上升衰減速度越快。當溫度為攝氏 25 度，有效濃度高約 12%，經 20 日後有效濃度衰減 25%；有效濃度約 4~6%時，衰減程度則較不顯著。

### 2.使用注意事項

勿接觸皮膚、眼鼻等黏膜，注入時易產生氣塞，與鹽酸等酸性液體混合時甚為危險，應特別注意當次氯酸鈉與鹽酸混合後會產生有毒氯氣。

### (三)液氯藥劑特性

#### 1.性質

常溫下為氣態，易揮發，比重為空氣的 2.5 倍，逸散時易停留於低窪區，毒性及腐蝕性極強，有刺激性臭味。經壓縮後，在 6.6 個大氣壓(20°C)時為液氯，比重約 1.56，體積僅氣態 1/456；氯氣極為不安定，少量洩漏時，在含水份之空氣中極易水解成鹽酸及次氯酸。因存放不占空間，市面供應規格分 50 公斤及 1 噸(淨重)2 種類型。

#### 2.使用注意事項

氯桶應避免受熱，搬運時避免撞擊；貯存量勿過多或過久，原則上維持 15 日之安全使用量；避免氯氣外洩，勿使水份流入管路系統中，造成腐蝕加劇；以及注意貯存室內之通風，尤其是氯氣最易積存之低窪處，須確保通風系統之正常使用，並須作密閉空間隔離，防止氯氣逸散至控制室內；亦需防範地震發生時可能之危害。

### (四)次氯酸鈉衰減探討

液氯和次氯酸鈉作為自來水事業常用之氧化劑及消毒劑，但卻極容易受日照、溫度及儲存時間的影響而衰減，造成次氯酸鈉分解及濃度降低，如反應式(一)~(三)所示，文獻指出，將次氯酸鈉儲存在 4°C 冰箱及未照光的條件下，經過 14 天其有效氯濃度從 11.71%降至 11.62%，僅降低了 0.09%，但若在照光及高溫的情況下則次氯酸鈉則濃度降低了 1.99%(約衰減 17%)左右[20，許國樑]，相關數據如表 2.1-4~表 2.1-5。

表2.1-4光照對次氯酸鈉濃度之影響

組別	實驗參數	0 小時 (有效氯)	2 小時後 (衰減量)	24 小時 (衰減量)
對照組	未照光、常溫(32°C)	11.62%	11.51% (0.11%)	11.22% (0.4%)
實驗組	正午照光 2 小時 溫度 32°C→37°C→40°C	11.62%	10.40% (1.22%)	9.63% (1.99%)

資料來源:光及溫度對次氯酸鈉濃度衰減影響因子之研究

表2.1-5溫度對次氯酸鈉濃度之影響

組別	溫度	有效氯含量%	有效氯衰減量%
1	32°C	11.22%	-
2	50°C	11.14%	-0.08%
3	55°C	11.08%	-0.14%
4	60°C	11.06%	-0.16%
5	70°C	11.04%	-0.18%

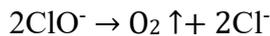
資料來源:南化給水廠次氯酸鈉有效氯濃度衰減研究

其相關反應如下<sup>[21]</sup> (林信忠等人):

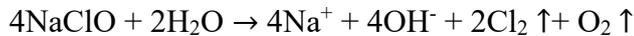
(一)在熱環境下易反應成氯化鈉及氯酸鈉:



(二)次氯酸鈉之次氯酸根離子極不穩定，在光照環境下易發生分解反應:

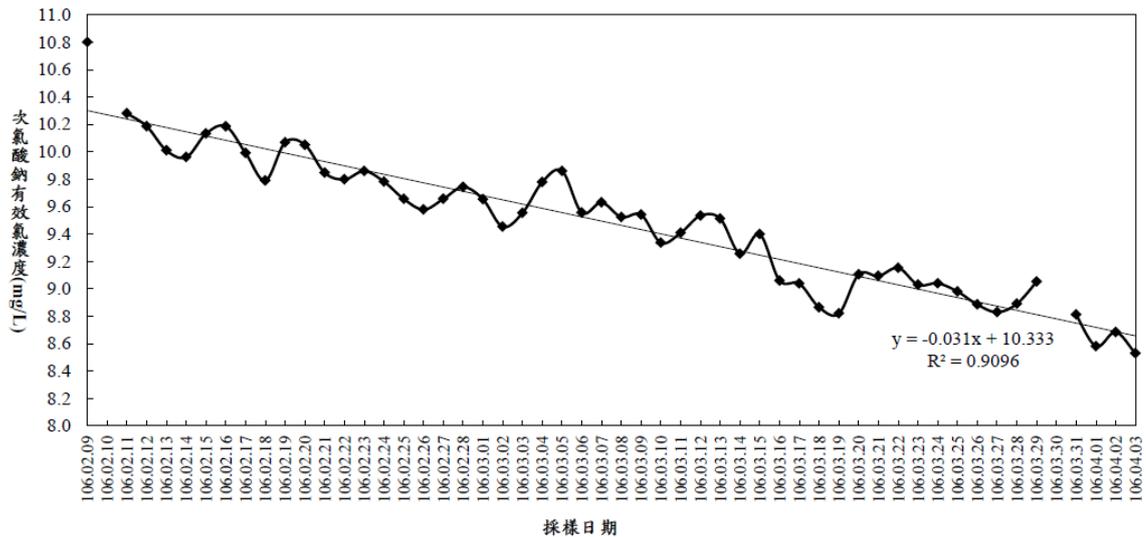


(三)在水中則會緩慢發生分解反應:



自來水公司亦曾研究以南化給水廠實廠儲存的條件下測試次氯酸鈉的衰減情況，如圖 2.1-1 在長達約 2 個月的測試期間，能觀察次氯酸鈉濃度約呈線性下降。該研究報告指出，在進料當天存放第 0 天有效氯濃度為 10.8%，存放第 28 天有效氯濃度降至約 9.56%，存放第 55 天時則降至約 8.68%，因次氯酸鈉之衰減，當儲存時間增長約 2 個月時，用藥量會增加約 20%。

次氯酸鈉在衰減的過程中會產生氯酸鹽，研究指出，溫度越高氯酸鹽產生的速度及含量越高，而歐盟標準(用於人類用水處理之化學品:次氯酸鈉，BS EN 901:2013, Chemicals used for treatment of water intended for human consumption. Sodium hypochlorite)中指出，次氯酸鈉及氯酸鹽的比值應低於 5.4%，因此建議次氯酸鈉應該避免陽光直射、存放在陰涼乾燥環境，夏天的存放時間最好不超過 10 天<sup>[22]</sup> (劉麗君)。



資料來源: 南化給水廠次氯酸鈉有效氯濃度衰減研究

圖2.1-1淨水場實場儲存衰減情形

### 2.1.5 淨水處理藥劑之加注系統管理

淨水處理藥劑加注地點，以能發生快速混合(Flash Mixing)為考量，可利用原水輸送餘壓，轉換成流速，使成亂流(Turbulence)，而達成原水與藥品瞬間充份混合之目的，但需注意攪拌能量要足夠，Gt 值要達到 300 至 1600。

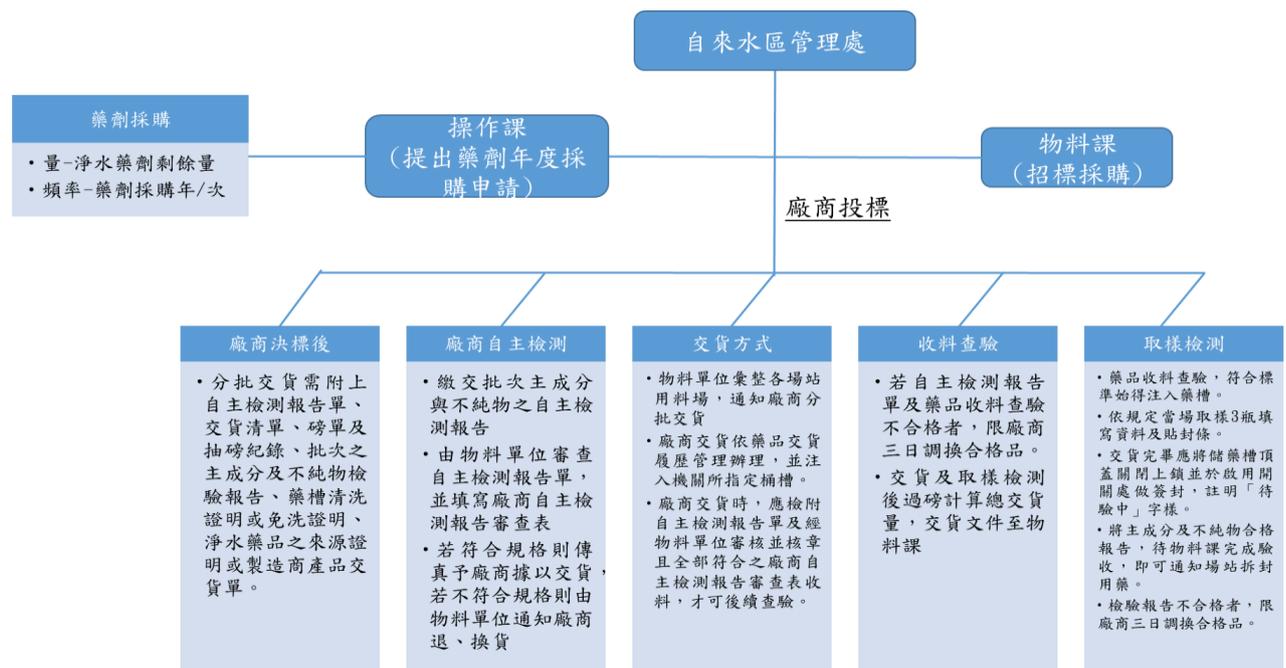
藥品自儲藥槽經由管線輸送到加注點附近，並由加藥機進行定流速(每分鐘多少毫升)或由管線直接至加注點重力加注。整個加注系統應定期檢查事項如下：

- (一)加藥管線是否阻塞；加藥管線可能因藥劑沉澱物致阻塞，應定期清洗管線及過濾裝置，以保持通暢。
- (二)加藥管線是否洩漏：加藥管線洩漏會影響加注量之準確性，應定期檢視。
- (三)加藥管線是否確實內含加注藥品：清洗完後之管線系統，應加以標示備用，切換使用初期，應注意加藥管線中含清水會影響實際加注量
- (四)藥槽液位是否影響加注量之流出：以重力加注之系統，加注量會隨藥槽液位改變，應隨時紀錄藥槽液位。
- (五)加藥機設定流量是否與實劑加注量相符：定期以量筒進行實際加注量與設定加注量比對，以瞭解加藥機性能狀況。

## 2.1.6 台灣自來水公司氯消毒劑採購品質規範

目前台灣地區淨水藥劑皆是由自來水事業(台灣自來水公司及臺北自來水事業處)依政府採購法自藥劑生產廠商購買後再運至各淨水場使用。以台灣自來水公司為例(以下稱台水)，採購流程是先由台水公司制定採購規範，內容包含欲採購之淨水用藥規格、廠商於得標後須呈交相關文件證明之規定，如交貨清單、磅單、抽磅紀錄、該批次藥劑之廠商「自主檢測報告單」(包含主成份及不純物自主檢驗報告)、藥槽清洗證明(或免洗證明)、藥品之來源證明或製造商產品交貨單等，上開自主檢驗報告皆合格後，藥劑才能進場並進行後續查驗。

廠商除上述應檢附之文件外，各批次藥品於進場時，仍需經台水公司抽檢查驗，依規定檢驗藥品之主成份及不純物，主成份由台水公司自行檢驗，不純物則委託交由環保署認證實驗室進行檢驗，待主成份及不純物之檢驗報告皆合格後方完成驗收，淨水場才能使用該批次藥劑。有關台水公司採購及驗收流程如圖 2.1-2 所示：



資料來源: 台灣自來水公司飲用水水質處理藥劑 CNS 國家標準相關研究

圖2.1-2台水公司飲用水水質處理藥劑採購及驗收方式

### (一) 台水公司次氯酸鈉檢驗規範

次氯酸鈉為淡黃色透明液體，用於淨水程序中作為氧化劑或消毒劑，並添加於清水中，提供配水管網中所需之餘氯。國內除環保署訂有飲用水水質處理藥劑一覽表(表 2.1-1)規定次

氯酸鈉不純物品質管制標準外，中華民國國家標準(CNS)亦訂有次氯酸鈉品質規範(CNS 3397/K1163)。

台水公司依據上開環保署及 CNS 之規定制定更嚴格之次氯酸鈉品質規格，內容除了主成份及不純物之品質規定外，亦分別述明主成份之檢驗依據如下：

**主成份檢驗：**抽樣方式依契約規定取樣作業辦理，抽樣後由台水公司水質課依中華民國國家標準【CNS 3397/K1163】公告之標準檢驗方法為之。特殊情況得委託經濟部標準檢驗局或環保署許可之檢測機構檢驗。

**不純物檢驗：**作為飲用水水質處理藥劑必需符合行政院環保署公告之品質管制。抽樣方式依契約規定取樣作業辦理，抽樣後送環保署許可之檢測機構，並以取得該類別檢項 NIEA 國家標準檢驗方法認證許可之檢測機構為優先，依環保署公告之標準檢驗方法檢驗。

廠商所交之藥劑必需符合台水公司之規定始能開封使用。茲將環保署、CNS 及台水公司次氯酸鈉藥劑品質規定彙整如表 2.1-6。

表2.1-6台水公司與主管機關次氯酸鈉標準比較一覽表

類別	項目	環保署	CNS3397	台水公司
主成份	有效氯(%)	-	>5	>10
	游離鹼(%)	-	<2	<2
	不溶分(%)	-	<0.01	<0.01
不純物	砷(As)	<1	<1	<0.8
	鉛(Pb)	<1	<1	<0.8
	鎘(Cd)	<1	<1	<0.8
	汞(Hg)	<0.2	<0.2	<0.16
	鉻(Cr)	<2	<2	<1.6
	溴酸鹽	<50	-	<40

資料來源: 台灣自來水公司飲用水水質處理藥劑 CNS 國家標準相關研究

## (二)台水公司液氯檢驗規範

液氯於淨水程序中作為氧化劑或消毒劑，具有強氧化力，是一種清澈的琥珀色液體，自壓力容器中釋放後，產生黃綠色氯氣。除有效氯外，美國 AWWA 及歐盟亦針對水份、非揮發性殘留物及金屬元素等進行規範，因液氯添加時為先行氣化後添加，其離開壓力容器減壓氣化後，不純物將殘留於壓力容器中，非揮發性殘留物與重金屬並不會隨之進入水中。因液氯採樣具危險性，美國、歐盟等標準中皆說明液氯樣品之採樣於供應端進行，紐西蘭

更說明液氯產品應由製造商或供應商自費進行抽樣和測試，製造商或供應商應在每次交貨時向買方提供合格證明。目前台水公司使用液氯的區處僅有第一、二、四、七及十二區處等。表 2.1-7 為國內外液氯主成份及不純物彙整表

表2.1-7國內外液氯之主成份及不純物規範彙整表

類別	項目	台水公司	環保署	美國 AWWA	美國 WCC <sup>註1</sup>	歐盟
主成份	有效氯(%)	>99.5%	>99.5%	>99.5%	ave. 99.8%	>99.5%
不純物	水份 <sup>註2</sup>	-	-	<150	<20	-
	不揮發 殘留物 <sup>註2</sup>	-	-	<50(槽車) <150(液氯鋼瓶)	-	-
	砷 <sup>註2</sup>	-	-	<3	-	-
	鉛 <sup>註2</sup>	-	-	<10	-	-
	汞 <sup>註2</sup>	-	-	<1	<7	-
	四氯化碳 <sup>註2</sup>	-	-	<16	<100	-
	三鹵甲烷 <sup>註2</sup>	-	-	<267	<300	-

註: 1. WCC, Water Chemicals Codex

2. 單位: mg/kg of product

資料來源: 台灣自來水公司飲用水水質處理藥劑 CNS 國家標準相關研究

## 2.2 美國相關標準及法規

美國於 1974 年 12 月 16 日通過《安全飲用水法》(Safe Drinking Water Act, SDWA) 並授權美國環境保護局 (USEPA) 制定與飲用水供應有關的法規以保護公眾健康，其中包含了與消毒有關的各項規定。透過《安全飲用水法》(SDWA) 來管理消毒的程度，藉以保護公眾健康，避免造成不必要的消毒副產物(DBPs)。

依不同的自來水系統類型，將現有的安全飲用水法(SDWA)監管架構彙整如表 2.2-1，以確定關鍵法規對各種類型系統的適用性，其中有三個主要規則與與氯或氯胺消毒相關，亦與現場生產(On-Site Generation, OSG)系統的選擇和設計有關：

地面水處理規則 (SWTR)、地下水規則 (GWR)、消毒劑和消毒副產品規則 (DBPR)

表2.2-1安全飲用水法(SDWA)監管架構

Rule	Community Water Systems*		Noncommunity Water Systems†	
	Surface Water/ Groundwater Under Direct Influence	Groundwater	Surface Water/ Groundwater Under Direct Influence	Groundwater
Surface Water Treatment Rule (1989, as amended 1998, 2002, 2006)‡	All systems that practice conventional or direct filtration as well as unfiltered surface water supplies	Does not apply	All systems that practice conventional or direct filtration as well as unfiltered surface water supplies	Does not apply
Total Coliform Rule (1989, as amended 2013)	All	All	All	All
Ground Water Rule (2006)	Only to groundwater sources operated by such systems	All groundwater supplies	Only to groundwater sources operated by such systems	All groundwater supplies
Stage 1 Disinfectants and Disinfection By-products Rule(1998)	All systems applying chemical disinfectant(s)	All systems applying chemical disinfectant(s)	Nontransient systems applying chemical disinfectant(s)	Nontransient systems applying chemical disinfectant(s)
Stage 2 Disinfectants and Disinfection By-products Rule(2006)	All systems that apply or receive water with a chemical disinfectant(s)	All systems that apply or receive water with a chemical disinfectant(s)	Nontransient systems that apply or receive water with a chemical disinfectant(s); transient, non-community water systems (TNCWSs) that treat with chlorine dioxide	Nontransient systems that apply or receive water with a chemical disinfectant(s); TNCWSs that treat with chlorine dioxide
Lead and Copper Rule(1991, as amended 2000, 2007)	All systems	All systems	Nontransient systems	Nontransient systems

資料來源: AWWA M65、2015

\* 社區供水系統(A community water system (CWS))定義為一公共供水系統，該系統全年為至少 15 個用戶或定期為 25 個居民提供服務。

† 非社區供水系統(A noncommunity water system)有兩種定義如下:

a. 非臨時性非社區供水系統 (A nontransient noncommunity water system, NTNCWS)，其定義為每年至少 6 個月定期向至少 25 個人供水的公共供水系統

b. 臨時性非社區供水系統 (A transient noncommunity water system, TNCWS)，其定義為每年至少 6 個月不定期向至少 25 個人供水的公共供水系統

‡ SWTR 按修訂年代包含法規如下: the Interim Enhanced Surface Water Treatment Rule (IESWTR), Long Term 1 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT1ESWTR), and Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT2ESWTR).

## 2.2.1 地表水處理規則 (SWTR)

SWTR 的主要目的是要求使用地面水或易受地面水影響之地下水(groundwater under the direct influence of surface water(GWUDI)) 為水源的淨水場，必需透過消毒和過濾以降低飲用水微生物污染的風險，SWTR 包含許多過濾和消毒過程的設計和操作要求。對於 OSG 系統的設計和操作，兩個最直接相關的要求是：(1) 通過應用 CT 概念（消毒劑濃度乘以接觸時間），實現淨水場所需的微生物污染物滅活（或初級消毒能力）和（2）提供二次消毒劑殘留，以最大限度地減少配水系統中細菌再生的可能性。

### (一)消毒(消毒劑濃度×接觸時間，CT)

SWTR 要求至少去除和/或滅活 99.9%（3-log）的梨形鞭毛蟲(*Giardia lamblia*)，及 99.99%（4-log）的病毒。透過過濾進行致病菌的物理去除，而藉由消毒進行細菌滅活。在 SWTR 中，USEPA 定義可達消毒能力之指標有氯，氯胺，二氧化氯，臭氧，和紫外線（UV）等。因此，通過適當的設計和操作，OSG 系統可以實現 SWTR 的要求。

代替直接監測梨形鞭毛蟲和病毒，地表水處理規則(SWTR)用 CT 概念(mg/L -min)來評估化學消毒的滅活作用。SWTR 為 CT 的計算提供了以下明確的說明：

- 1.每天在每個殘留消毒劑濃度採樣點至少測量一次消毒水的溫度。
- 2.如果系統使用氯氣，則必須每天在每個氯氣殘留消毒劑濃度採樣點至少測量一次消毒水的 pH 值。
- 3.必須每天確定每小時高峰流量期間的消毒劑接觸時間（T）。
- 4.必須每天測量每小時高峰流量期間第一個用戶端自來水或該用戶之前飲用水的殘留消毒劑濃度 (C)。

需要更高的消毒劑殘留濃度和/或額外的接觸時間才能實現更高的對數滅活率。初級消毒過程對 CT 最低之要求係根據所採用的處理類型而有所不同，如表 2.2-2 所示。這些要求在 SWTR、臨時增強地表水處理規則（Interim Enhanced Surface Water Treatment Rule，IESWTR）和長期 1 增強地表水處理規則（Long Term 1 Enhanced Surface Water Treatment Rule，LT1ESWTR）中是一致的，但在長期 2 增強地表水處理規則（Long Term 2 Enhanced

Surface Water Treatment Rule, LT2ESWTR) 中變得更加複雜。根據化學應用點和所需的滅活程度，使用 CT 值來計算氯所需的劑量，以建置適當大小的 OSG 系統。USEPA SWTR 指導手冊 (1991) 提供了決定 CT 的準則。

為包含隱孢子蟲(Cryptosporidium)項目，IESWTR 以及後來的 LT1ESWTR 和 LT2ESWTR 根據 SWTR 的原始要求延伸了規則規定。淨水場必須根據進流水隱孢子蟲的濃度提供總隱孢子蟲的去除和/或滅活效果，如表 2.2-3 所示。在 LT2ESWTR，可以利用臭氧，二氧化氯或 UV 滅活隱孢子蟲。但是，氯以及相關的 OSG 無法滿足 LT2ESWTR 對其他隱孢子蟲要求。由於 LT2ESWTR 的要求，OSG 的設計和操作皆受其影響，不僅是對梨形鞭毛蟲或病毒的滅活要求，還需考量其他多種消毒劑。此外，消毒方法的重大變化（例如，移動消毒點或更改消毒劑的種類）可能需要系統進行消毒分析和基準測試。這包括一年以上梨形鞭毛蟲 (Giardia) 的消毒分析或病毒滅活程序。這些數據應作為處理修改的設計基準。

表2.2-2最低消毒要求(SWTR、IESWTR、LT1ESWTR)

採用過濾處理技術	不同處理技術所需最低對數滅活率	
	梨形鞭毛蟲	病毒
Conventional	0.5	2.0
Direct	1.0	3.0
Slow sand	1.0	2.0
Diatomaceous earth	1.0	3.0
Reverse osmosis	0.0	1.0
Nanofiltration	0.0	1.0
Ultrafiltration	0.0	4.0
Microfiltration	0.0	4.0
Pretreatment plus bag or cartridge	1.0	4.0
Conventional filtration followed by bag or cartridge	0.5	2.0
No filtration	3.0	4.0

資料來源: AWWA M65、2015

表2.2-3 LT2ESWTR 隱孢子蟲處理要求

系統分類	隱孢子蟲濃度	傳統過濾(包括軟化)	直接過濾	慢沙或砂藻土過濾	替代過濾技術
Bin1	<0.075 oocysts/L	無需額外處理	無需額外處理	無需額外處理	無需額外處理
Bin2	≥0.075 to <1.0 oocysts/L	1-log treatment	1.5-log treatment	1-log treatment	*
Bin3	≥1.0 to <3 oocysts/L	2-log treatment	2.5-log treatment	2-log treatment	+
Bin4	≥3.0 oocysts/L	2.5-log treatment	3-log treatment	2.5-log treatment	⊙

\*由各州決定，使得總隱孢子蟲的去除和滅活至少為 4.0 log。

資料來源: AWWA M65、2015

+由各州決定，以使總隱孢子蟲的去除和滅活至少為 5.0 log。

⊙由各州決定，使總隱孢子蟲的去除和滅活至少為 5.5 log。

## (二)次要消毒劑殘留

使用地面水源(包括 GWUDI 系統)的供水系統必需有最小濃度的消毒劑殘留。維持次要殘留物的常用方法是使用氯或氯胺。使用氯或一氯胺的社區和非臨時性非社區的配水系統，必須同時取樣檢測總大腸菌群及殘留的消毒劑濃度。在任何監測期內，不超過 5%樣品低於標準值。美國各州對於標準值有不同定義，例如，在德克薩斯州，當使用游離氯時，殘留消毒劑的濃度必須等於或大於 0.2mg/L；而當使用一氯胺時，殘留消毒劑的濃度必須等於或大於 0.5mg/L。

## 2.2.2 地下水規則(GWR)

在2006年的聯邦地下水規則(GWR)，並不需要在所有情況下均進行消毒。相反地，它建立了一套特定規則，當達到特定條件時，各州可要求系統替換當前水源、應用額外的處理方法或採取其他風險管理步驟。條件包括：(1) 衛生缺陷的識別，(2) 樣品的糞便指示結果為陽性，或 (3) 水文地質環境評估。這是一個具有挑戰性的監管架構。因此，某些州擴大了對地下水系統進行強制消毒的現有規定或增加了新規定（例如，科羅拉多州，佛羅里達州，肯塔基州和賓夕法尼亞州）。

### (一)消毒CT

那些正在使用符合 GWR 要求的系統，必須提供 4-log 的病毒清除/滅活功能。法規鼓勵使用游離氯消毒，並認可使用膜和紫外線消毒。關於 CT，病毒的化學消毒劑滅活要求使用原始的 SWTR CT 表。

## 2.2.3 消毒劑和消毒副產物規則(DBPR)

建立第 1 階段和第 2 階段消毒副產物規則(DBPR)的目的是最大程度地減少因消毒措施（包括氯，氯胺，二氧化氯和臭氧）所產生的有害副產物危害。

### (一)第一階段消毒副產物規則(DBPR1)

第一階段 DBPR 建立了化學消毒劑的最大污染物容許濃度(MCL)，最大污染物濃度目標 (MCLG)，最大殘留消毒劑濃度 (maximum residual disinfectant levels, MRDLs) 和最大殘留消毒劑濃度目標 (maximum residual disinfectant level goals, MRDLG)，以及飲用水配

水系統中消毒副產物(DBP)的濃度。如表 2.2-4 所示。使用游離氯或氯胺的系統必須符合 THM 和 HAA 的要求。TTHM 和 HAA5 MCL 的合規性是根據淨水場供水系統中樣品季平均值的移動年平均值(running annual average (RAA))而來。儘管第一階段 DBPR 包括亞氯酸鹽和溴酸鹽的 MCL 要求，但僅針對處理過程中分別使用二氧化氯或臭氧的系統。一些公用事業公司還添加了亞氯酸鹽用於硝化控制 (Blute 等人，2013； McGuire 等人，2009)。這些實體也應考慮亞氯酸鹽的 MCL。使用氯消毒劑（例如次氯酸鈉）的自來水公司不需要監控亞氯酸鹽和溴酸鹽。但是，當使用次氯酸鈉時，亞氯酸鹽和溴酸鹽也可能引起關注。例如，由於用於生產次氯酸鈉的鹽中存在天然存在的溴離子，因此次氯酸鈉供應中存在溴酸鹽。亞氯酸鈉也是次氯酸鈉生產和儲存中的一種已知副產品。因此，必須仔細選擇和設計使用散裝漂白劑或現場產生的次氯酸鹽的氯消毒系統。

## (二)第2階段消毒副產物規則(DBPR2)

為符合第 2 階段 DBPR 規定，水處理系統需完成初始配水系統評估(initial distribution system evaluation, IDSE)，以闡明配水系統中 DBPs 的濃度及監控位置。第 2 階段 DBPR 並未更改任何第 1 階段 DBPR 的 MCL；但是改變了 TTHM 和 HAA5 的計算方法。在第一階段 DBPR 下，根據移動年平均值(running annual average, RAA)確定 TTHM 和 HAA5 的合規性，該 RAA 將多個採樣位置的 TTHM 和 HAA5 監測結果進行平均。在第 2 階段 DBPR 中，必需是每個監測地點的濃度皆需低於 MCL，才進行移動年平均值計算，稱之為 locational running annual average (LRAA)。這種方法旨在為配水系統的各用水戶提供更公平的水質。第 2 階段 DBPR 還將監視點轉移至可能發生高濃度 TTHM 和 HAA5 的位置。

此外，依據以下公式，計算運營評估濃度 (operational evaluation levels, OEL)：

$$OEL = (Q1 + Q2 + 2 \cdot Q3) / 4$$

Q1 = Stage 2 TTHM or HAA5 前二季的合規性濃度

Q2 = Stage 2 TTHM or HAA5 前一季的合規性濃度

Q3 = 當前季度的第 2 階段 TTHM 或 HAA5 合規性濃度

如果 TTHM 或 HAA5 OEL 分別超過第 2 階段 DBPR MCL 的  $80 \mu\text{g/L}$  或  $60 \mu\text{g/L}$ ，則必須進行操作評估以確定如何減少超標。該評估必須包括原水供應，水處理設施和配水系統。

表2.2-4 消毒劑及消毒副產物容許濃度規定

消毒劑殘留	MRDLG (mg/L)	MRDL (mg/L)	合規性基於
氯	4 (as Cl <sub>2</sub> )	4.0 (as Cl <sub>2</sub> )	年平均
氯胺	4 (as Cl <sub>2</sub> )	4.0 (as Cl <sub>2</sub> )	年平均
二氧化氯	0.8 (as ClO <sub>2</sub> )	0.8 (as ClO <sub>2</sub> )	每日樣品
消毒副產物	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	合規性基於
三鹵甲烷總量(TTHMs)	N/A	0.08	年平均
氯仿	0.07	-	
溴二氯甲烷	0	-	
二溴氯甲烷	0.06	-	
溴仿	0	-	
鹵乙酸(HAA5s)	N/A	0.06	年平均
一氯乙酸	0.07	-	
二氯乙酸	0	-	
三氯乙酸	0.2	-	
溴乙酸	N/A	-	
二溴乙酸	N/A	-	
亞氯酸鹽	0.8	1	月平均
溴酸鹽	0	0.01	年平均

資料來源: AWWA M65、2015

## 2.2.4 美國的化學安全要求

美國的清潔空氣法(CAA)的風險管理計劃 (RMP) 規則和職業安全與健康法(OSHA)的製程安全管理 (PSM) 計劃旨在最大程度地減少與危險化學品有關的潛在風險。針對使用、製造、儲存或處理超過閾值數量管制物質 (TQs) 的設施，制定書面計劃，以識別和防止與此類物質意外釋放時產生的潛在危害。這兩個計劃皆需要採取多種預防措施，包括培訓、合規性審核、熱工序許可證，以及制定緊急應變計畫及程序，以能最大程度地減少洩漏發生時對公眾和環境的影響，如表2.2-5中匯總了OSG過程中可能使用或生產的化學物質的閾值數量。

OSHA 實施了危害通識標準 (Hazard Communication Standard, HCS)，要求對有害物質進行標籤標記、安全資料表 (SDS) 製備以及對員工進行安全培訓。公用事業還必須遵守州政府或地方政府對有關液體化學品存儲和處理設施的設計和建造要求。工業標準通常建議化學品儲存應有遮陽設施或圍欄避免陽光直射及適當通風，尤其是存儲大量化學品時，儲槽和計量設備周圍應設置防溢堤及截留導引溝渠。對於需要生成多種液體的 OSG 系統，設計系統時應考量降低污染的措施，以最大程度地減少交叉污染的風險，包括定義明確的卸載方案、輸送管道的顏色識別、化學儲槽和管線的明確標籤，以及用於解鎖每個化學品輸送連接的單獨鑰匙。

表2.2-5美國OSG系統使用或生產的化學品的閾值數量規定

Chemical	CAS No.	Threshold Quantity (lb)	
		RMP	PSM
氯	7782-50-5	2,500	1,500
鹽酸 (37%或更高)	7647-01-0	15,000	Not listed
鹽酸 (小於 37%)	7647-01-0	Not listed	Not listed
氫	1333-74-0	10,000	Not listed
亞硫酸氫鈉	7631-90-5	Not listed	Not listed
氯化鈉	7647-14-5	Not listed	Not listed
氫氧化鈉	1310-73-2	Not listed	Not listed
次氯酸鈉	7681-52-9	Not listed	Not listed

資料來源: AWWA M65、2015

## 2.3 其他國際相關標準及法規

世界各國和國際組織也制定了與美國飲用水水質和消毒方面相仿的準則或可執行法規，表 2.3-1~表 2.3-2 彙整世界主要國家飲用水中餘氯的要求及消毒副產物的標準。這些參數直接或間接影響 OSG 系統的設計和操作。以下分別介紹各國及國際組織對水質要求的相關法規：

### (一) 世界衛生組織

世衛組織是聯合國負責公共衛生的機構，已制定了一套與飲用水水質有關的全面指引，旨在協助世界各地的決策者確保良好的飲用水習慣。這些指引針對各種微生物、化學性、放射性及感觀性的污染物而建立。該指引還包含各種消毒過程的設計和操作標準。例如，以氯進行有效消毒，建議最小殘留消毒劑濃度為 0.5 mg/L，接觸時間至少為 30 分鐘（在 pH 值為 8.0 的情況下）。並包含因氯化而形成的 DBPs 的建議限量。

### (二) 澳大利亞

澳大利亞飲用水準則由國家衛生與醫學研究理事會與國家資源管理部長級理事會合作制定，旨在為各個社區和監管機構提供飲用水的適當處理和管理措施。該準則提出了飲用水中微生物、物理和化學項目的限制，以確保飲用水安全。另外，該指南還包括有關選擇和監測各種處理過程（包括通過氯化和氯胺化消毒）的有效性的建議。這些是不可強制執

行的標準。每個州或地區都可以選擇實施任何一個或所有準則。

### (三)加拿大

加拿大衛生部水質和衛生局代表聯邦-省-地區飲用水委員會，是負責制定《加拿大飲用水水質準則 Guidelines to Canadian Drinking Water Quality》的聯邦組織。與美國建立 MCL 的組織相似，這些準則旨在建立飲用水中微生物、物理性、化學性、放射性物質和感觀性物質的最大可接受濃度（MACs）來保護公眾健康。這些是不可強制執行的聯邦標準。在加拿大，飲用水立法是各個省和地區的責任。每個省或地區都可以選擇採用部分或全部《加拿大飲用水水質準則》中最大可接受濃度(MACs)，或是建立全新的標準。迄今為止，十二個省和地區中只有艾伯特省和新斯科舍省通過了《加拿大飲用水水質準則》作為強制執行的飲用水法規。此外，每個省/地區皆負責制定一系列與處理、監測和報告有關的飲用水要求。儘管加拿大各地的要求各不相同，但全國的首要目標是採用多重屏障方法，透過減少或防止水源、處理過程以及配水系統中的污染物來保護公共飲用水。這通常至少包括對消毒的要求，以減少對水源中微生物污染的暴露。

### (四)阿布扎比酋長國水質法規

2009 年，阿布扎比酋長國的「水、廢水和電力部門監管局」製定了 2009 年水質條例 (Water Quality Regulations 2009)，以確保向整個酋長國的所有用戶提供安全的飲用水。法規根據 WHO 準則，建立飲用水中微生物、無機和有機污染物的最大限量。該法規包括對供水進行監控和記錄的要求。儘管法規沒有直接討論水處理或消毒，但法規確實規定“水中不能含有任何對人體健康有害的元素、有機物或物質”，法規亦包含各種消毒副產物的限值。

### (五)歐盟

1998 年，歐盟發布了理事會指令 98/83 / EC，該指令確立了人類消費用水的最低標準。儘管沒有明確要求進行消毒，但該指令包括與 WHO 指引類似的微生物規範和 DBPs 限值。還鼓勵會員國盡量減少 DBP 的形成，但不犧牲消毒作用。成員國可以採用更嚴格的標準以及對其他項目的限制。通常，大多數會員國都要求通過氯，二氧化氯，臭氧或紫外線對地表水供應進行消毒，但不需要對地下水供應進行消毒。只有一些成員國要求在供水系統中始終保持最小的消毒劑殘留量。其他國家（例如荷蘭）採用的策略包括僅使用高品質的水

源和生物穩定的供水系統材料，以及供水系統的操作策略（例如沖洗），以最大程度地減少細菌再生的可能性。

#### (六)紐西蘭

紐西蘭的飲用水標準（2005 年）是根據 WHO 準則制定的，其中包括微生物、放射性和化學性標準（包括 DBPs）的建議最大值。無論水源、水處理類型或供水系統的大小，該準則被強制執行至所有飲用水。準則要求對所有水源（地下水除外）進行消毒。該準則不僅要求監測淨水場和供水系統中的消毒效率，同時也要求報告和矯正措施。

#### (七)南非共和國

南非水質準則於 1996 年制定，為各種微生物、物理性、化學性和感觀性物質提供了目標水質範圍（TWQR）。指南建議通過氯化或氯胺消毒，並保持足夠的殘留量，以最大程度地減少細菌再生或生物腐蝕。飲用水還必須符合南非國家標準（SANS）241 飲用水規範中規定的要求。規範根據 WHO 準則建立了運輸監控點的最大允許濃度。

#### (八)新加坡

最近，新加坡政府頒布了環境公共衛生法(Environmental Public Health Act)，建立供水系統中水質標準。該法案還包括有關採樣和安全計劃的相關資料。儘管該法案並不明確要求消毒，但新加坡國家水務局（PUB）會在供水前對其飲水進行消毒。

表2.3-1各國水質標準及法規

	WHO	澳洲	加拿大	阿布扎比酋長國	歐盟	紐西蘭	南非	新加坡	美國
適用的標準	World Health Organization, <i>Guidelines for Drinking Water Quality</i> (2011)	<i>Australian Drinking Water Guidelines, Paper 6</i> (2011)	Health Canada, <i>Guidelines for Canadian Drinking Water Quality</i> (2010)	Emirate of Abu Dhabi, <i>Water Quality Regulations</i> (2009)	Council Directive 98/83/EC (1998)	New Zealand, <i>Drinking-Water Standards for New Zealand 2005</i> (Revised 2008)	<i>South African Water Quality Guidelines</i> (1996); South African National Standard 241— <i>Drinking Water</i> (2011)	Singapore, <i>Environmental Public Health Regulations (Quality of Piped Drinking Water)</i> (2008)	US Safe Drinking Water Act (as of March 2013)
<b>微生物學</b>									
隱孢子蟲	沒有建立指引，建議實施控制措施以降低風險	沒有建立指引，建議實施多重屏障	沒有建立指引，但是建議至少99.9%的去除率或滅活效果	無	無	<1 / 100mL	0 per 10 L	無	IESWTR要求至少99%去除率，但LT2ESWTR有額外要求
梨形鞭毛蟲	沒有建立指引，建議實施控制措施以降低風險	沒有建立指引，建議實施多重屏障	沒有建立指引，但是建議至少99.9%的去除率或滅活效果	無	無	<1 / 100mL	0 per 10 L	無	至少99.9%的去除率
大腸桿菌	0 per 100 mL	0 per 100 mL	0 per 100 mL	0 per	0 per 100	<1 per 100 mL	0 per 100 mL	0 per 100 mL	同總大腸桿菌群
總大腸桿菌群	無建立指引	無建立指引	0 per 100 mL	0 per 100 mL	無	無建立指引	≤10 per 100 mL	無	每月樣品陽性率小於5%(包含糞便型大腸桿菌及大腸桿菌)
異營菌平板計數法	無建立指引	無建立指引	無建立指引	10 per 1 mL at 37°C	無	無	≤1,000 per mL	無	<500 菌落/ mL
病毒	沒有建立指引，建議實施控制措施以降低風險	沒有建立指引，建議實施多重屏障	沒有建立指引，但是建議至少99.99%的去除率或滅活效果	無	無	無建立指引	0 per 10 L	Not listed	至少99.99%的去除率
<b>消毒劑(mg / L)</b>									
氯 (以Cl <sub>2</sub> 計)	5	5	無建立指引	無	無	5	≤5	5	4
殘留氯 (以Cl <sub>2</sub> 計)	>0.2	>0.5	無建立指引	0.20–0.50	無	無	無	>0.5	>0.2
<b>消毒副產物 (mg / L)</b>									

	WHO	澳洲	加拿大	阿布扎比酋長國	歐盟	紐西蘭	南非	新加坡	美國
溴酸鹽	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	無	0.01	0.0 10
氯酸鹽	0.7	無建立指引	1	0.7	無	0.8	無	0.7	無
亞氯酸鹽	0.7	0.8	1	0.7	無	0.8	無	0.7	1.0
鹵乙酸(HAAs)	無	無	0.08	無	無	無	無	無	0.060
一氯乙酸	0.02	0.15	0.08	無	無	0.02	無	0.02	包含在HAAs中
二氯乙酸	0.05	0.1	0.08	無	無	0.05	無	0.05	包含在HAAs中
三氯乙酸	0.2	0.1	0.08	無	無	0.2	無	0.2	包含在HAAs中
一溴乙酸	無建立指引	無	0.08	無	無	無	無	無	包含在HAAs中
二溴乙酸	無建立指引	無	0.08	無	無	無	無	無	包含在HAAs中
總三鹵甲烷 (TTHM)	每個檢項測值與 其限值的比例總 和≤1(註)	0.25	0.1	每個檢項測值與 其限值的比例總 和≤1(註)	0.1	每個檢項測值與 其限值的比例總 和≤1(註)	無	每個檢項測值與 其限值的比例總 和≤1(註)	0.080
一溴二氯甲烷	0.06	0.25	0.1	0.06	0.1	0.06	0.1	0.06	包含在TTHMs中
溴仿 (三溴甲烷)	0.1	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	包含在TTHMs中
氯仿 (三氯甲烷)	0.3	0.25	0.1	0.3	0.1	0.4	0.3	0.3	包含在TTHMs中
二溴一氯甲烷	0.1	0.25	0.1	0.1	0.1	0.15	0.06	0.1	包含在TTHMs中

註: 總三鹵甲烷限值計算如下:

$$\frac{C(\text{一溴二氯甲烷測值})}{C(\text{限值})} + \frac{C(\text{溴仿測值})}{C(\text{限值})} + \frac{C(\text{氯仿測值})}{C(\text{限值})} + \frac{C(\text{二溴一氯甲烷測值})}{C(\text{限值})} \leq 1$$

表2.3-2 各國餘氯及消毒副產物水質標準

水質項目(mg/L)	台灣	美國	日本	菲律賓	印尼	越南	德國	英國	印度	阿拉伯	韓國	羅馬尼亞	義大利
總三鹵甲烷	0.08	0.08	總和<0.1	-	-	-	0.05	0.1	-	≤1.0	0.1	0.1	0.03
一溴二氯甲烷	-	-	0.03	0.06	0.06	0.06	-	-	0.06	0.06	0.03	-	-
二溴一氯甲烷	-	-	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	0.1	0.1	-	-	-
氯仿	-	-	0.06	0.2	0.3	0.2	-	-	0.2	0.3	0.08	-	-
溴仿	-	-	0.09	0.1	0.1	0.1	-	-	0.1	0.1	-	-	-
鹵乙酸類	0.06	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-
一氯乙酸	-	-	0.02	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
二氯乙酸	-	-	0.03	0.05	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-	-
三氯乙酸	-	-	0.03	0.2	0.02	0.1	-	-	-	-	-	-	-
亞氯酸鹽	0.7	1	-	0.7 <sup>(註1)</sup>	0.7	0.2	-	-	-	0.7	-	-	0.2
餘氯	0.2 ~ 1.0 <sup>(註8)</sup>	4	-	0.3-1.5	5	0.3-0.5	-	-	>0.2	0.2-0.5	4	0.5	0.2 <sup>(註2)</sup>
溴酸鹽	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.025	0.01	0.01	-	0.01	-	0.01	0.01
水質項目(mg/L)	馬來西亞	新加坡	西班牙	柬埔寨	法國	WHO	中國	荷蘭	加拿大	歐盟	瑞士	澳洲	紐西蘭
總三鹵甲烷	1	-	0.1(註3)	0.25	0.1	-	每個檢項測值與其限值的比例總和≤1	0.025	0.1	0.1	0.05	0.25	每個檢項測值與其限值的比例總和≤1
一溴二氯甲烷	0.06	0.06	-	-	-	0.06	0.06	0.015	-	-	-	-	0.06
二溴一氯甲烷	-	0.1	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-	0.15
氯仿	0.2	0.3	-	-	-	0.3	0.06	-	-	-	-	-	0.4
溴仿	0.1	0.1	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-	0.1
鹵乙酸類	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-	-	-	-
一氯乙酸	-	0.02	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	0.15	0.02
二氯乙酸	0.05	0.05	-	-	-	0.05	0.05	-	-	-	-	0.1	0.05
三氯乙酸	0.1	0.2	-	-	-	0.2	0.1	-	-	-	-	0.1	0.2
亞氯酸鹽	-	0.7	-	-	-	0.7	0.7	-	-	-	0.2	0.3	0.8
餘氯	0.2-5.0	0.5-5.0	2 <sup>(註3,4)</sup>	0.2-0.5	-	0.2-5	0.3-4.0	0.1-0.3 <sup>(註5)</sup>	(註7)	-	0.1	5	5
溴酸鹽	-	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.001 <sup>(註6)</sup>	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01

1) 亞氯酸鹽與氯酸鹽的最大值為暫定值。當二氧化氯用作消毒劑，可以允許亞氯酸鹽或氯酸鹽超過最大值。

2) 總溶解固體量、自由有效餘氯為建議值。

3) 1.加氯消毒時檢測 2.若使用二氧化氯(chlorine dioxide) 配水池同步檢驗 3.超出標準時 2,4,6-三氯酚或其他消毒副產品應在水中及配水池檢測。

4) 適用於配水管網 自由餘氯 1.0mg/L, 總餘氯 2.0mg/L。

5) 與水之接觸時間必須至少為 30 分鐘。

6) 在消毒的情況下，最大值為 0.005mg/L (90%的百分位數，最高為 0.01mg/L)

7) MAC(maximum acceptable concentrations):Not required, 大多數加拿大飲用水配水系統的游離氯濃度範圍為 0.04 至 2.0 mg/L。

8) 天然災害致飲用水水源濁度超過 1500NTU，或需分區供水期間，自有有效餘氯放寬為 0.2~3.0mg/L。

## 2.4 國內外藥劑認證及管理制度探討

前節已蒐集國內外水質相關標準及法規予以介紹，本節則就國內外藥劑之認證管理制度加以探討，以為未來國內藥劑管理之精進作為及現地生產藥劑管理參考。

### 2.4.1 國內藥劑管理

如前節 2.1.2 所述，我國自來水事業所使用之飲用水水質處理藥劑，需遵守「飲用水管理條例第十三條」及「飲用水水質處理藥劑一般規定」等法規要求，經中央主管機關指定公告者才能使用，而行政院環保署依據上開飲用水管理條例第十三條第一項規定，公告 21 項飲用水水質處理藥劑之品質規範，詳表 2.1-1 所示，而非屬公告之藥劑，得依據飲用水管理條例第十三條第二項授權訂定之「飲用水水質處理藥劑申請公告作業準則」向中央主管機關申請公告飲用水水質處理藥劑，其相關申請流程如圖 2.4-1<sup>[23]</sup>（甘其銓等人）。

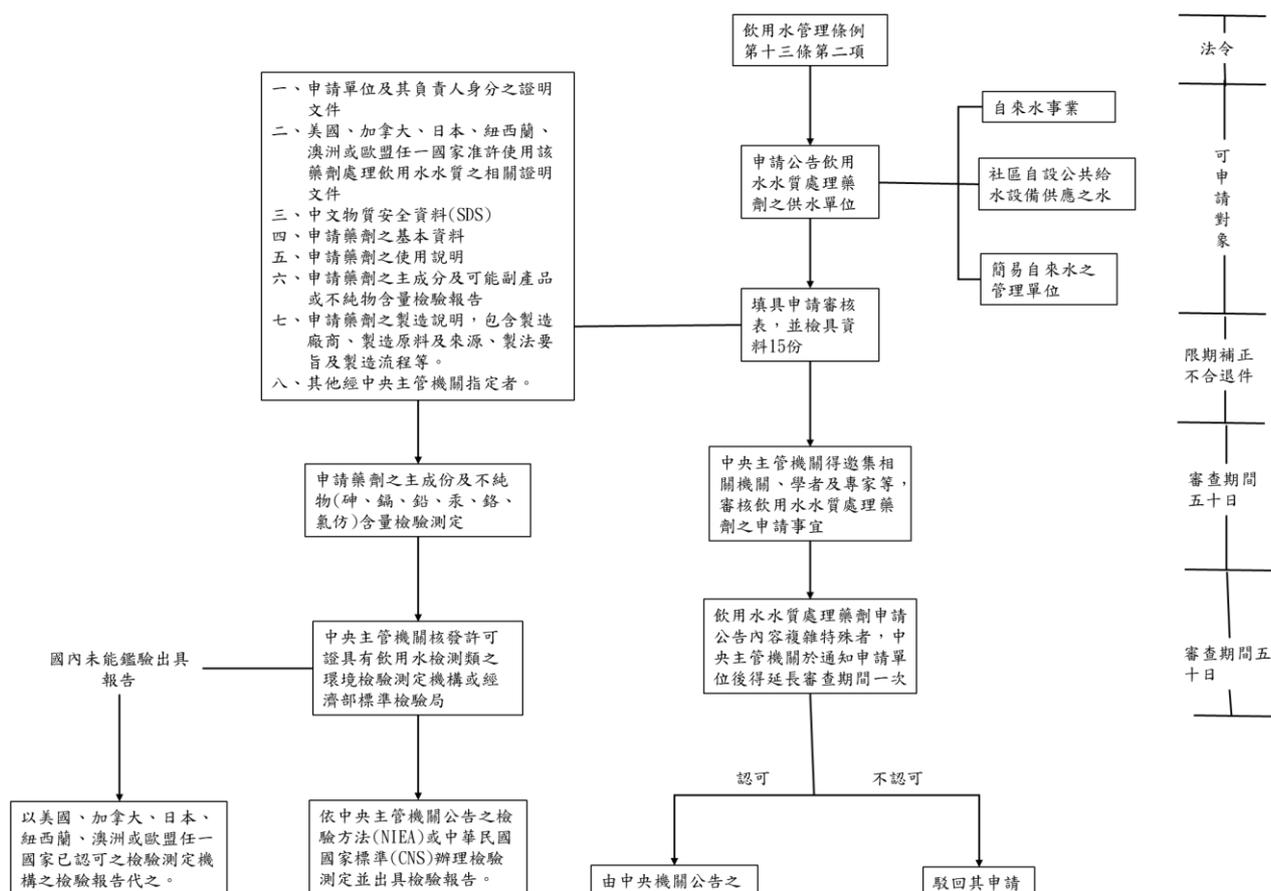


圖2.4-1申請使用公告飲用水水質處理藥劑之流程及規定

「飲用水水質處理藥劑一般規定事項」中規定，飲用水水質處理藥劑，係指處理供人飲用之水時所使用之化學藥劑，使用者應取得藥劑之主成分及不純物檢測報告及藥劑原料來源等書面資料，並詳實記錄藥劑保存期限、藥劑廠商建議最高使用劑量、來源之製造、調配、包裝、銷售廠商名稱、地址、證件字號及負責人姓名、地址、電話、身分證明文件。上述紀錄應保存三年備查。因此國內自來水事業均需制定其品質內部控制機制，以確保所購買之藥劑符合法規要求，如 2.1.6 節所述，台水公司制定採購規範及合約，再依政府採購法發包購買淨水藥劑，得標廠商需依合約要求繳交相關文件，如交貨清單、磅單、抽磅紀錄、藥劑批次之主成份及不純物檢驗報告、藥槽清洗證明(或免洗證明)、藥品之來源證明或製造商產品交貨單等，上開自主檢驗報告皆合格後，藥劑才能進場並進行後續查驗。而各批次藥品於進場時，仍需經台水公司抽檢查驗，依規定檢驗藥品之主成份及不純物，主成份由台水公司自行檢驗，不純物則委託交由環保署認證實驗室進行檢驗，待主成份及不純物之檢驗報告皆合格後方完成驗收，淨水場才能使用該批次藥劑。上開所提之主成份及不純物的檢驗標準皆需符合環保署飲用水水質處理藥劑一覽表及中華民國國家標準(CNS)對淨水藥劑之要求及規範，或需符合台水公司於合約中所訂之品質規範，始稱合格。

國內藥劑品質的管理，除環保署公告之飲用水水質處理藥劑一覽表(表 2.1-1)中 21 項藥劑，有明確規範各項藥劑之不純物外，亦於中華民國國家標準(CNS)對淨水藥劑制定相關主成份標準，但 CNS 目前僅針對硫酸鋁、聚氯化鋁、次氯酸鈉、氫氧化鈉及過錳酸鉀等 5 種藥劑有所規範。

## 2.4.2 國外藥劑管理

由文獻資料可知，目前國外的藥劑管理方式，如美國(NSF)及日本(JWWA)等大國，從藥劑源頭(如原料、生產、製做及運送)至藥劑後端(如使用及儲存)，皆透過第三方認證單位作為管理。本節即分別說明美國及日本對淨水藥劑之管理作法。

### (一)美國藥劑管理

美國在飲用水的規範上主要依循 1996 年修正的飲用水安全法案(Safe Drinking Water Act, SDWA)，該法案適用於所有的公眾供水系統，不論系統大小都必須符合飲用水標準(National

Primary Drinking Water Standards)的水質要求。而在公共給水系統之飲用水處理藥劑的管理上，美國環境保護署(以下簡稱 USEPA)於 1988 年起決定不再直接提供有關處理藥劑的資訊，改建議使用美國國家衛生基金會(NSF)所認證之藥劑及相關規範。

美國國家衛生基金會成立於 1944 年，為非營利組織，總部設在美國密西根州的安納堡，成立至今已超過 60 年，是一個第三公正驗證服務單位。NSF 將經過標準評估而鑑定合格的產品、貨物、零件、系統、材料、組件或成分，並發給證明文件的過程稱之為「認證」。而 NSF 認證的過程分為三大部分：(1)資料審查、(2)現場審查及檢驗、(3)獲證後定期抽查複驗，其相關流程如圖 2.4-2。

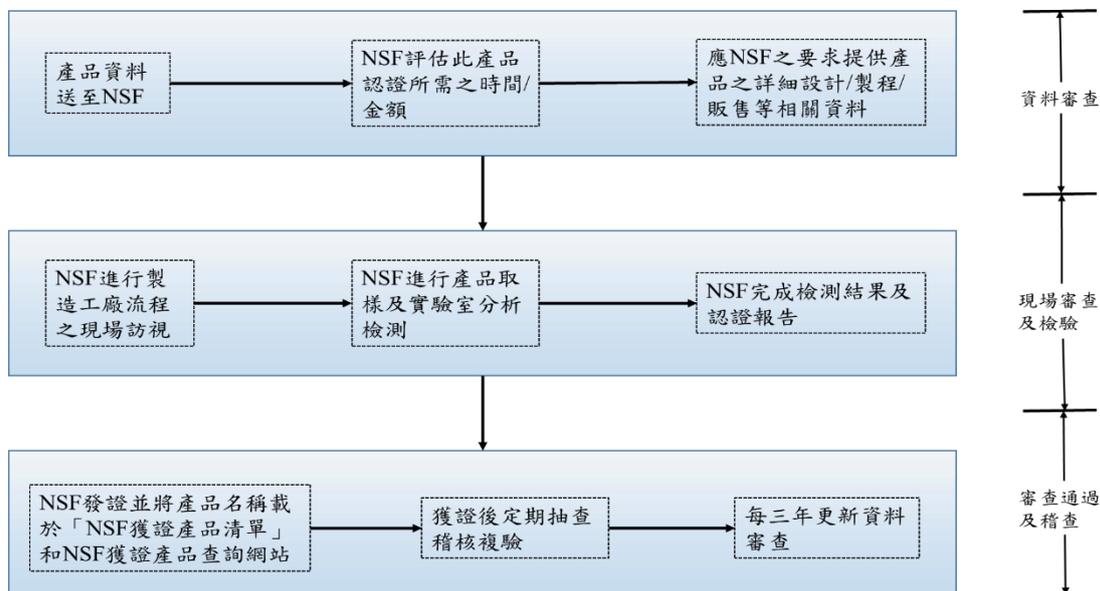


圖2.4-2 NSF申請藥劑認證完整流程<sup>[23]</sup> (甘其銓等人)

NSF 對飲用水處理藥劑中毒性物質含量之評估程序，根據 NSF Standards 60 和 61，NSF 可以進行無預警的工廠抽查、產品檢測和產品性質材料的評估。NSF 對上述結果絕對保密。NSF 毒性檢測小組將先審查製造商製造商所提供的產品材料及成分之書面資料，並在需要時請製造商提供產品成分配方和不純物百分比等資訊，以評估該產品對飲用水可能造成的汙染或健康影響。然後，NSF 將安排監察小組進行工廠現場訪視。在訪視中，監察員將查驗產品之各成分、配方以及其供貨來源，工廠之品管、品保程序及記錄，並於現場進行產品/原料取樣，攜回實驗室做進一步的化驗分析。

廠商在產品獲得認證之後仍需接受 NSF 對生產該產品的工廠進行無預警查訪，以證明該

工廠仍依 NSF 之認可生產程序生產該產品。已獲得認證產品之認證效期通常為一年，一年後需接受重新評估，以維持此 NSF 認證的效力。NSF 對於產品在第一年完成認證，第二年及第三年進行督導審查，第四年又重新針對產品進行認證審查流程。NSF 之產品認證等同於三年循環一次，避免廠商於產品製程及原料有所改變，確保產品使用安全性。所有獲得 NSF 認證的產品需表列登錄在 NSF 網站的「產品資料庫」中供一般民眾查詢，此一資料庫內容每日更新，內容包括產品名稱、功能、最大使用量、生產公司地址電話等資料。

## (二) 日本藥劑管理

日本厚生勞動省是日本負責醫療衛生和社會保障的主要部門，主要負責日本的國民健康、醫療保險、醫療服務提供、藥品和食品安全、社會保險和社會保障、勞動就業、弱勢羣體社會救助等職。自 1960 年代起，日本之自來水淨水用藥劑就由日本水道協會(JWWA)代為制定規格並審議其種類，再由日本政府對外公告，而厚生勞動省於 1973 年對外發出公告通知，自來水事業單位一定要使用 JWWA 制定規格並審議的淨水藥劑，而隨著淨水用藥劑的種類日益增加，為了能得到良好的水質，同時兼顧使用淨水藥劑之方便性，日本政府已於近年廢除自來水事業單位一定要使用政府認可的淨水用藥劑之規定，改由各淨水場自行決定淨水用藥劑之種類，日本政府所扮演的角色只有藥劑評價基準之訂定以及自來水水質之管理監測。

依規定日本自來水事業單位所用自來水用淨水藥劑必須符合厚生勞動省訂定之「淨水藥劑(不純物)評價基準」，至於藥劑是否符合評價基準則委託日本水道協會(JWWA)的品質認證中心(以下簡稱認證中心)進行檢測與認證。認證審查結果公告在該中心網站([http://www.jwwa.or.jp/ninsyo\\_index.html](http://www.jwwa.or.jp/ninsyo_index.html))以及日本水道協會發行的刊物上會公佈當年度通過認證的藥劑與廠商資料(藥劑名稱、廠商名、地址、連絡電話等)以便外界查詢。飲用水水質處理藥劑之使用準則以日本水道協會之文件(JWWA Standard)及日本工業標準(Japan Industry Standard)為依據，而規範內容是以表格形式來加以敘述，且對該產品之主成分及雜質訂定明確的限值，內容包含適用範圍、品質、採取方法、試驗方法等項目。藥劑含量及雜質之訂定則包含在品質項目中。

日本水道協會(JWWA) 被厚生勞動省指派為自來水使用設備及材料之檢驗組織，為一官

方認可之第三公正單位，其中包含了淨水藥劑檢驗，而為維護認證結果的公正性與過程透明化，JWWA 認證中心會邀請學者專家、消費者、自來水事業單位以及產品供應商等共同組成「認證制度營運委員會」，進行認證制度之營運。此外，該中心還會邀請學者專家組成「認證審查委員會」，針對新藥劑添加到自來水後不會對使用者造成安全上的問題。JWWA 的認證服務架構包括了認證系統、認證範圍及檢驗的標準。針對消費者、水廠、供水設備公司與水廠設備供給者提供認證的服務。認證範圍包括設備給水管管線、給水栓、淨水器；物質材料包含淨水及過濾設備如配水池內管之材質及濾材等；淨水藥劑包含淨水及過濾藥品，如絮凝劑、消毒劑、粉末活性炭等。另有設備檢測，其主要目的為了確保安全水質供應和供水系統穩定。

認證審查所需期間約為 2-3 個月，主要依據日本工業標準實施公共檢驗服務，JWWA 根據製造商申請進行徹底且嚴格的檢驗，日本工業規格(JIS)授權工廠的品質控制系統以生產 JIS 標示的產品以為供水使用，認證審查流程如圖 2.4-3 所示。此認證只有一年的效力，若要保持下去必須每年加以更新。JWWA 認證中心每年進行 1 次工廠檢查，調查項目與初次工廠調查相同，另當發生市售品抽樣品質不良(認證中心檢測)或有消費者申訴等情況時，認證中心會不定期進行工廠調查。

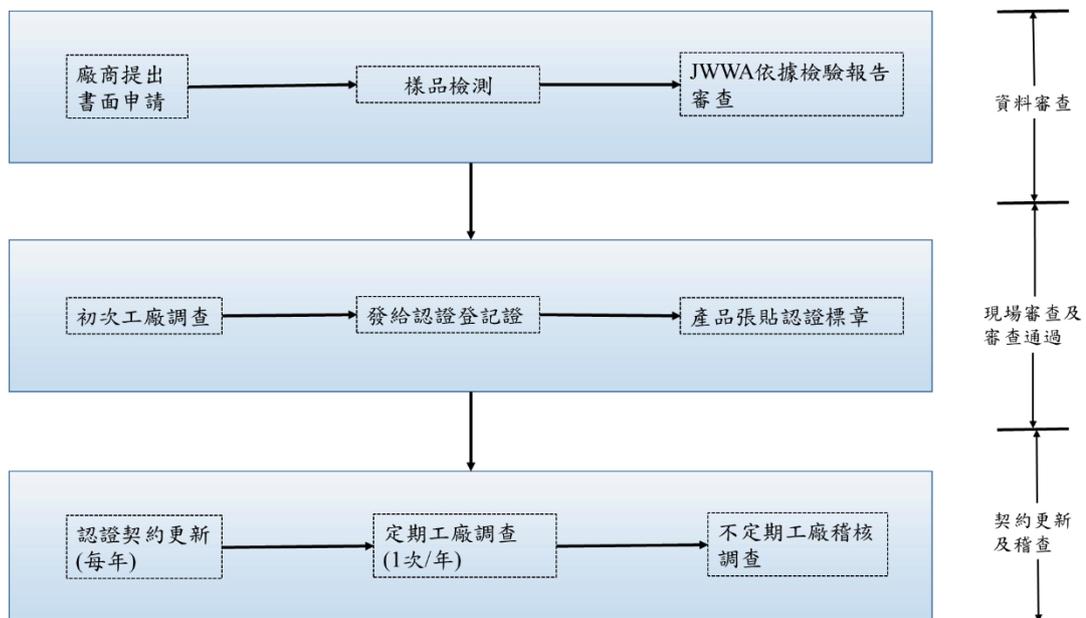


圖2.4-3 JWWA藥劑審查與稽核完整流程<sup>[23]</sup> (甘其銓等人)

### 2.4.3 國內外藥劑管理之比較

世界先進國家如美國及日本等均制訂淨水用藥劑相關檢測標準，並由官方全力支持成立全國性認證機構以進行各地認證實驗室之認可工作。美國NSF 標準主要以自願性標準為主，日本則是訂定強制性標準，強制性標準可統一規範各藥劑檢驗標準，但亦可能會限制製造商對產品的生產率。而國內目前主要以經濟部標準檢驗局所訂定之中華民國國家標準(CNS)及環保署所訂定之飲用水管理條例為依歸，亦是強制性之標準，但國內目前驗證機構只於物料進入藥劑儲槽時，才可進行藥劑主成分與不純物之檢驗。相關國內外藥劑檢驗制度差異如表2.4-1國內外藥劑檢驗制度差異分析表。

表2.4-1國內外藥劑檢驗制度差異分析表

項目	美國	日本	中華民國
檢驗單位	NSF	JWWA	NIEA 認證實驗室
對象	飲用水處理化學品	淨水及過濾藥劑	21種藥劑(包含混凝劑、酸鹼劑、消毒劑、高分子藥劑)
相關法令	NSF/ANSI 標準	JIS 標準	CNS 標準/飲用水管理條例
性質	自願性	強制性	強制性
涵蓋範疇	藥劑原料→生產→製做→ 運送→使用及儲存	藥劑原料→生產→製做→ 運送→使用及儲存	藥劑運送至使用點之驗收

資料來源: 飲用水水質處理藥劑管理制度探討

目前自來水事業對於其所採購淨水藥劑材料品質，是依據環保署訂定之「飲用水水質處理藥劑一般規定事項」與「飲用水水質處理藥劑一覽表」之規定及中華民國國家標準(CNS)對於飲用水水質藥劑之種類與品質進行規範，於藥劑原料取得、藥劑製造、運送以及於淨水現場使用之儲存與注入率定等操作尚無完整對應規範，無法達到生產管理源頭管控之效。但反觀國外藥劑管理方式，如美國(NSF)及日本(JWWA)，從藥劑源頭(如原料、生產、製做及運送)至藥劑後端(如使用及儲存)，皆透過第三方認證單位作為管理單位，對藥劑的「安全性」與「功能性」進行驗證後核發標章，並針對領有標章之藥劑製作廠商進行不定期的稽核工作。針對我國藥劑管理之結構分析如圖 2.4-4 所示，點出我國目前尚可針對生產追溯管理、運送、貯藏、注入及設備使用等相關管理規範制度加以強化。

與國外相較，我國對藥劑原料、製造、運送及相關設備並無明確之規範可供自來水事業遵循，自來水事業僅依使用需求制定採購合約並發包採購公告藥劑，而後委託經環檢所驗證之合格實驗室檢驗藥劑品質(第三方單位檢測)，合格後方可驗收；而美日淨水藥劑管理制度是從藥劑源頭(如原料、生產、製做及運送)至藥劑後端(如使用及儲存)，均透過第三方公正單位進行完整管理。因此我國可參考美國及日本的認證制度，透過第三方公正單位來督導藥劑由源頭至使用端的管理，以確保淨水藥劑品質符合安全要求。

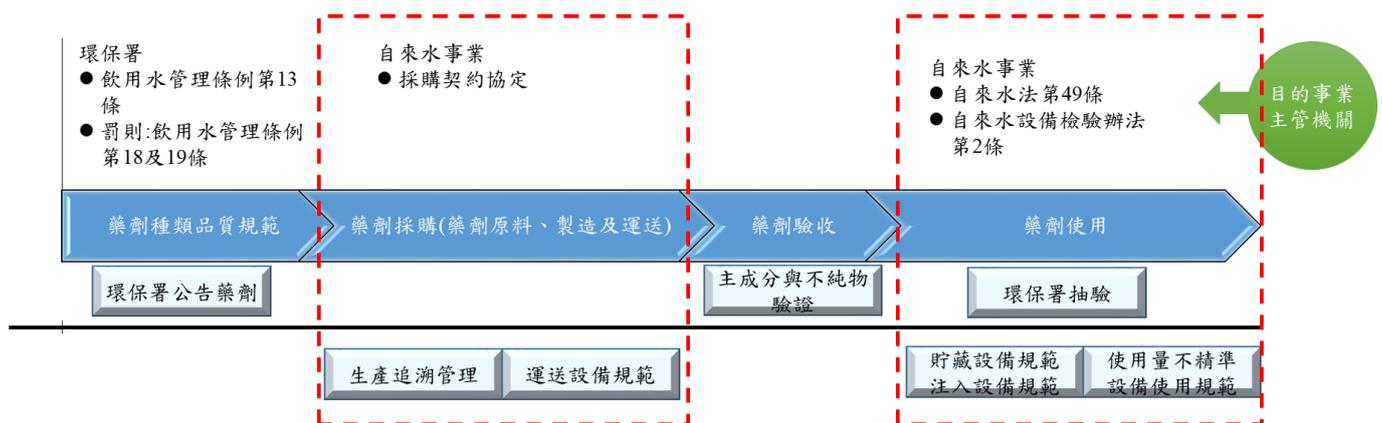


圖2.4-4國內藥劑管理之結構分析<sup>[23]</sup> (甘其銓等人)

綜上，自來水事業單位可朝向自行生產淨水藥劑或現地生產淨水藥劑的方向進行可行性評估，藥劑現地生產可避免如 2.1.4 節所言因溫度、日照或貯存時間過久而造成有效餘氯衰減的問題，而建置淨水藥劑認證管理機制，則可透過第三方公正單位來督導管理藥劑品質，從生產製造源頭至使用端皆嚴密管控，以確保飲用水淨水藥劑使用安全。

## 2.5 台灣飲用水消毒劑使用現況

### 2.5.1 加氯消毒

自來水水源包含水庫、河川、海洋、湖泊、水井及地下水，經淨水場混凝、沉澱、過濾等處理程序後，可以去除大部分的污染物、雜質，但仍有一些致病性的細菌、病毒等微生物存在水中，為確保飲用水安全衛生，必須再經消毒程序將這些有害的細菌、病毒殺死，才能供應給民眾使用。19 世紀自來水加氯消毒方法未被運用前，世界各地霍亂、傷寒等傳染疾病頻傳，奪走無數的性命。加氯消毒最早起源於歐洲，當時英國倫敦蘇活區爆發霍亂疫情，由於在供水中加氯殺菌，使疫情

獲得控制。到 20 世紀初英、美等國開始將加氯消毒廣泛地運用在自來水處理，成功地降低霍亂、傷寒等傳染疾病的發生率，自來水加氯消毒挽救了無數的生命。

氯是一種高效能的消毒劑，自來水中只要加入非常微量的氯便具有消毒效果。氯在水中會反應生成次氯酸和次氯酸根，次氯酸為中性分子不帶電，能夠穿過細菌之細胞壁，利用其氧化力破壞菌體中的酶、核酸及細胞膜，影響其細胞功能使細菌死亡。次氯酸和次氯酸根在水中的比例取決於 pH 值，pH 值愈低，愈趨向次氯酸生成，產生的消毒效果愈好。加氯消毒方法簡單、消毒效果佳、成本低廉，因此成為自來水處理技術中，最被廣泛運用的消毒方法。

自來水加氯消毒後，水中仍會殘餘氯，稱為餘氯。適量的餘氯（我國現行飲用水水質標準，餘氯之標準訂為 0.2~1.0 mg/L；世界衛生組織之標準為 <5 mg/L；美國環保署之標準為 <4 mg/L）可以使自來水在輸送到用戶的過程中仍維持消毒能力，防止運送及儲存過程中的二次污染，確保自來水安全衛生。其他具消毒作用之處理方式，如臭氧、紫外光等，雖亦具極佳殺菌效果，但只有暫時性消毒作用，程序處理後效果即消失，故有些使用臭氧消毒的淨水場，於供水管線系統仍必須再加氯，以維持水中保有一定的消毒力。因此，加氯消毒有其不可被取代的優點。加氯消毒之優缺點整理如表 2.5-1。

表2.5-1 加氯消毒之優劣

優勢	劣勢
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 對病菌有極強滅活性。</li> <li>2. 可產生餘氯，抑制輸配水管線病原菌及生物膜產生，有效避免二次污染發生，確保處理過的飲用水在配送過程維持水質穩定。</li> <li>3. 氯的氧化性可滿足前氧化程序的需求。</li> <li>4. 適合不同的水質消毒要求。</li> <li>5. 成本低廉。</li> <li>6. 控制與檢測方法相對簡單</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 對病毒、細菌孢子和原生動物等特定病原效率低。</li> <li>2. 產生致癌消毒副產物(THMs, HAAs)。</li> <li>3. 產品生命週期需符合之安全、環保相關法規。</li> <li>4. 運輸及倉儲之系統安全及可靠性要更強。</li> </ol>



圖2.5-1次氯酸鈉進藥口及儲藥槽



圖2.5-2次氯酸鈉加藥設備

## 2.5.2 含氯消毒劑種類及優缺點

加氯消毒可以使用不同的化學品，包含氯氣(液氯)、次氯酸鹽(次氯酸鈉、次氯酸鈣)、氯胺、二氧化氯等含氯消毒劑，其優缺點整理如表 2.5-2

表2.5-2各種含氯消毒劑之優劣

含氯消毒劑種類	優點	缺點
氯氣(液氯)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 含氯消毒劑中所需投入之成本最低。</li> <li>2. 儲存壽命長，不易失效。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 為揮發性有毒氣體，處理過程及貯存等使用之安全性需特別注意並遵循相關法規。</li> <li>2. 操作需培訓。</li> </ol>
次氯酸鈉	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 毒性較氯氣小，比氯氣消毒系統易操作管理。</li> <li>2. 消毒系統之操作培訓較氯氣消毒系統簡單。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 易因光照、溫度影響而逸散衰退、變質。</li> <li>2. 有增加無機物副產品生成趨勢(如氯酸鹽、次氯酸鹽、溴酸鹽)。</li> <li>3. 溶液有腐蝕作用。</li> <li>4. 藥劑費用較氯氣高。</li> </ol>
次氯酸鈣	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 比氯氣、次氯酸鈉穩定，使用壽命長。</li> <li>2. 消毒系統之操作培訓較氯氣消毒系統簡單。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 藥劑費用較氯氣高。</li> <li>2. 處理不當有爆炸、引發火災之虞。</li> <li>3. 有增加無機物副產品生成趨勢(如氯酸鹽、次氯酸鹽、溴酸鹽)。</li> </ol>
氯胺	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 減少消毒副產物 THMs, HAAs 生成。</li> <li>2. 不會把溴化物氧化為溴，減少溴化副產物生成。</li> <li>3. 消毒過程比餘氯穩定。</li> <li>4. 二次消毒效果好，比餘氯持續滅菌效果更佳。</li> <li>5. 有效降低水中異味。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 氧化效果較弱。</li> <li>2. 需同時投加氯或其化合物，增加操作難度。</li> <li>3. 具魚類有毒害作用，可能危及水產養殖業。</li> <li>4. 對腎臟會造成影響。</li> </ol>
二氧化氯	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 對隱孢菌素滅活力強。</li> <li>2. 受 pH 影響較小。</li> <li>3. 不會形成鹵代甲烷(THMs, HAAs)。</li> <li>4. 不會把溴化物氧化為溴，減少溴化副產物生成。</li> <li>5. 消除水中異味作用較氯佳。</li> <li>6. 氧化能力較氯強。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會形成亞硫酸鹽、氯酸鹽等無機副產物。</li> <li>2. 於溶液中更易揮發，故殘留量少，持續消毒效果較差。</li> <li>3. 操作人員需要更高之技術需求來完成設備運行、檢測。</li> <li>4. 製造設備複雜，管理要求更高。</li> <li>5. 費用較高。</li> </ol>

## 2.5.3 台灣自來水供應及淨水消毒藥劑使用現況

台灣自來水之供應依區域由不同事業單位負責。台灣本島、澎湖縣之自來水由台灣自來水公司(下稱台水公司)及臺北自來水事業處(下稱北水處)供應；金門、馬祖地區之自來水供應分別由金門縣自來水廠及連江縣自來水廠負責(如表 2.5-3)。

表2.5-3 台灣自來水供應單位及供水轄區

自來水事業單位	自來水供水轄區
台灣自來水公司	台灣除台北市及新北市新北市三重區、中和區、永和區、新店區以外之區域及澎湖縣
臺北自來水事業處	臺北市全部及新北市三重區、中和區、永和區、新店區及汐止區 7 個里
金門縣自來水廠	金門全島
連江縣自來水廠	馬祖地區(含南竿鄉、北竿鄉、莒光鄉、東引鄉)

## (一) 臺北自來水事業處淨水消毒藥劑使用現況

北水處隸屬於台北市政府，供水轄區面積約 434 平方公里，轄區用水人口約 374.1 萬餘人、用戶數達 160 餘萬戶(不含總表戶數)。所轄淨水場包含直潭淨水場、長興淨水場、公館淨水場、雙溪淨水場及陽明淨水場。北水處之淨水流程採用次氯酸鈉及液氯作為消毒藥劑，目前除直潭淨水場以液氯、次氯酸鈉併用外，其餘 4 處淨水場皆僅用次氯酸鈉消毒。近年北水處配水量及消毒藥品使用量如表 2.5-4、圖 2.5-3。

表2.5-4 2010年-2021年臺北自來水事業處出水量及消毒藥品使用量

時間	出水量 (立方公尺)	消毒藥品使用量 (公斤)	
		液 氯	次氯酸鈉
2010	882,703,252	651,900	3,337,959
2011	872,265,970	682,600	3,299,669
2012	870,475,084	637,100	3,317,480
2013	823,022,333	695,000	2,508,038
2014	808,151,442	718,500	2,329,614
2015	821,398,651	656,600	2,862,610
2016	824,992,995	607,100	3,204,917
2017	827,173,616	681,900	3,006,639
2018	838,684,092	717,700	3,237,936
2019	858,852,628	782,800	3,073,522
2020	921,840,642	909,300	3,686,650
2021	932,055,923	942,800	3,811,091

資料來源：臺北自來水事業處 99 年-110 年統計年報。



圖2.5-3 2010年-2021年臺北自來水事業處出水量及消毒藥品使用量

## (二)台灣自來水公司淨水消毒藥劑使用現況

台水公司是台灣最大的自來水供應機構，負責供給台北市、金門馬祖等離島外地區之自來水，每年供水量超過 30 億立方公尺。台水公司成立於民國 63 年，當時用於自來水消毒之藥劑包含液氯、次氯酸鈉及漂白粉(氯化石灰)。氯化石灰易與空氣中之水分及二氧化碳反應而分解失效，故漸漸被淘汰。台水公司自民國 90 年起，便不再利用漂白粉作為消毒藥劑，目前以液氯及次氯酸鈉運用於自來水消毒程序至今。

氯在淨水單元中可做為氧化劑及消毒藥劑，常溫下是一種黃綠色、刺激性氣味、有毒的氣體，具有強烈的刺激性、窒息氣味，可以刺激人體呼吸道黏膜，輕則引起胸部灼熱、疼痛和咳嗽，嚴重者可導致死亡。為利貯藏、搬運，運用時需要以高壓將氣態之氯氣壓縮成液態，一旦不慎發生洩漏，液氯氣化後體積遽然膨脹並迅速擴散，造成嚴重之災害。因氯屬於環保署公告之第三類毒性化學物質，各項運作行為(包含製造、輸入、運送、販賣、使用、輸出、貯存)皆受法規管制，於使用、貯存、危害預防等設備、操作管理人員資格及災害通報亦有相關規範要求；此外，使用液氯之淨水場屬於勞動檢查法所歸類之甲類危險性工作場所，管理上存在一定程度的風險。

市售液態次氯酸鈉為淡黃色液體，具強鹼性，有效氯濃度約 5~ 12%。次氯酸鈉之有效氯濃度越高，衰退的現象越明顯。台水公司目前針對液態次氯酸鈉之採購規定，有效氯濃度應在 10%以

上，藥劑保存期限訂為製造後 180 天內。次氯酸鈉化學性質不穩定，次氯酸根 ( $\text{OCl}^-$ ) 易獲得電子，還原成更穩定之氯離子 ( $\text{Cl}^-$ )；在水中亦會緩慢分解形成氯分子；在光照射及高溫情況下，則易反應形成氯化鈉( $\text{NaCl}$ )及氯酸鈉( $\text{NaClO}_3$ )，故為確保次氯酸鈉品質及有效性，各場站進料時存放於玻璃纖維強化塑膠(FRP)槽、聚乙烯(PE)或聚丙烯(PP)塑膠桶中，並置於設有遮陽設施之陰涼處，以避免因光照、高溫而衰退變質，如圖 2.5-4。



潭頂淨水場儲藥處



山上淨水場儲藥處



南化淨水場儲藥處外觀



南化淨水場儲藥槽



烏山頭淨水場儲藥處外觀



烏山頭淨水場儲藥槽



泰山淨水場次氯酸鈉儲藥槽



貢寮淨水場次氯酸鈉儲藥槽

圖2.5-4 台水公司次氯酸鈉儲藥槽

為降低液氯管理及使用上之風險，台水公司現階段除第一、二、四、七、十二區處等 11 處淨水場(分別為暖暖淨水場、新山淨水場、平鎮淨水場、大湳淨水場、豐原淨水場、鯉魚潭淨水場、坪頂淨水場、翁公園淨水場、拷潭淨水場、鳳山淨水場及板新淨水場)仍使用液氯外，其餘淨水場皆以次氯酸鈉作為淨水消毒藥劑。2021 年，台水公司液氯及次氯酸鈉之使用量分別約 337.6 萬公斤及 3551 萬公斤，近幾年各年度消毒藥品使用量及 2021 年各區處消毒藥品使用量如表 2.5-5、表 2.5-6 及圖 2.5-5，相關液氯儲存設備如圖 2.5-6。

表2.5-5 2010年-2021年消毒藥品使用量

時期	出水量 (立方公尺)		系統供水能力 (CMD)	淨水場出水能力 (CMD)	消毒藥品使用量 (公斤)	
	全年總計	日平均			液 氯	次氯酸鈉
2010	2,981,258,972	8,167,833	10,808,340	12,742,878	3,688,024	21,660,639
2011	2,992,937,146	8,199,828	10,909,142	13,041,072	3,687,742	21,353,190
2012	3,019,817,591	8,250,868	10,892,962	13,014,672	3,416,531	22,212,893
2013	3,023,318,112	8,283,063	11,047,152	13,142,632	3,546,162	22,792,959
2014	3,073,716,977	8,421,142	11,233,359	13,435,992	3,862,850	23,830,833
2015	2,977,626,123	8,157,880	11,410,963	13,414,732	3,598,512	27,047,116
2016	3,048,232,453	8,328,504	11,419,323	13,779,752	3,237,436	27,054,033
2017	3,044,691,770	8,341,621	11,820,453	13,927,402	2,940,523	31,766,297
2018	3,023,136,586	8,282,566	11,797,679	13,884,102	2,959,258	32,681,189
2019	3,029,740,584	8,300,659	11,815,655	13,816,132	2,993,695	33,093,709
2020	3,027,083,715	8,270,721	11,850,518	13,788,182	3,410,776	34,607,885
2021	2,913,714,606	7,982,780	11,934,103	13,975,851	3,376,183	35,509,429

資料來源：台灣自來水公司 110 年統計年報。

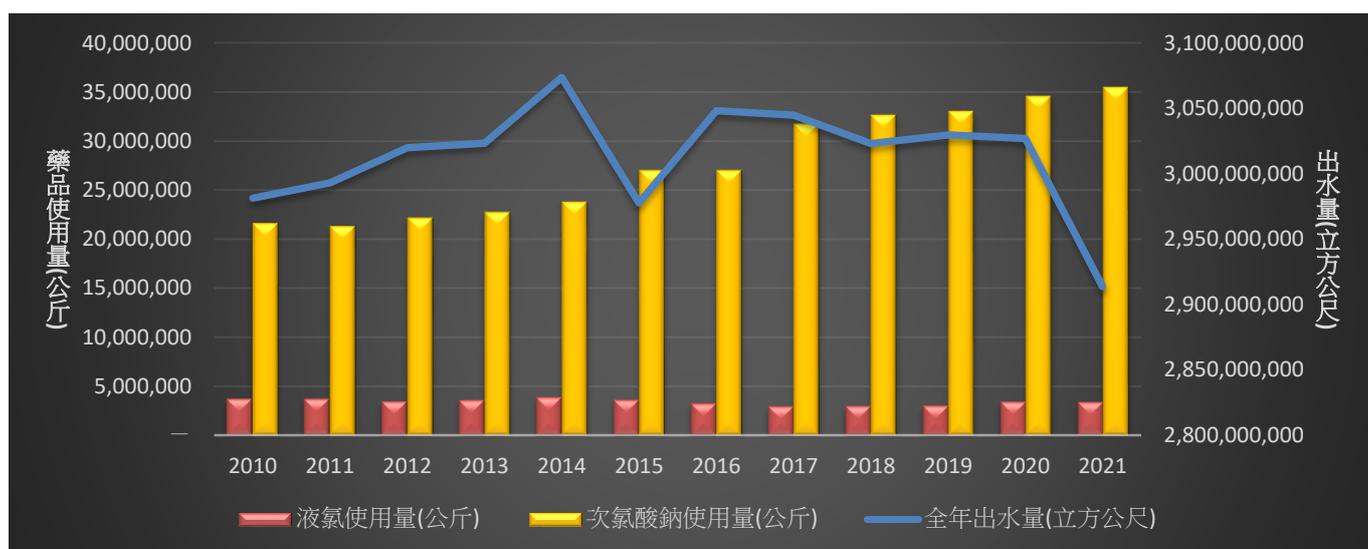


圖2.5-5 2010年-2021年台水公司消毒藥品使用量

表2.5-6 2021年各區管理處消毒藥品使用量

時期及供水系統別	出水量(立方公尺)		系統供水能力 (CMD)	淨水場出水能力 (CMD)	消毒藥品使用量(公斤)	
	全年總計	日平均			液 氯	次氯酸鈉
第一區管理處	120,743,233	330,803	512,200	533,450	325,279	1,206,981
第二區管理處	411,950,656	1,128,632	1,364,350	1,364,350	751,398	1,947,081
第三區管理處	228,833,340	626,941	1,053,080	1,063,080	—	7,071,746
第四區管理處	603,891,800	1,654,498	1,974,042	3,012,520	1,276,453	1,534,815
第五區管理處	221,116,535	605,799	1,273,390	1,273,390	—	5,894,681
第六區管理處	326,238,873	893,805	1,219,062	1,318,579	—	9,047,455
第七區管理處	589,870,225	1,616,083	1,834,925	2,410,830	629,051	2,058,397
第八區管理處	66,766,239	182,921	363,012	363,312	—	849,343
第九區管理處	41,872,254	114,719	228,402	329,585	—	430,442
第十區管理處	26,904,254	73,710	129,595	154,225	—	414,779
第十一區管理處	108,274,004	296,641	516,950	634,500	—	4,459,477
第十二區管理處	131,146,336	359,305	1,202,200	1,202,200	394,002	7,736
屏東區管理處	36,106,857	196,233	262,895	315,830	—	586,496

資料來源：台灣自來水公司 110 年統計年報。



新山淨水場氯倉



大湳淨水場氯倉



大湳淨水場消毒管線



板新給水廠氯倉



板新給水廠氯倉



泰山淨水場次氯酸鈉儲藥槽

圖2.5-6台水公司加氯消毒相關設施

## 2.6 食品級鹽規定

國內食鹽品質國家標準 CNS 4056 規定，一般食用及食品加工用食鹽分為普通級及高級食譜兩種，高級食鹽成分包括水分(0.5%以下)，氯化鈉(乾基 99.5%以上)及天然存在的其他礦物質(0.5%以下)；普通級食鹽成分包括水分(3%以下)，氯化鈉(乾基 99.0%以上)及天然存在的其他礦物質(1%以下)。

另衛生要求必須符合「食鹽衛生標準」所列之以下規定：本標準所稱的食鹽，係由海水、鹽礦或天然鹵水所精製，供一般食用及食品加工用。主要成分為氯化鈉，不得使用來自工業副產物的再生鹽。本標準亦適用作為食品添加物及營養素載體(carrier)的鹽。而食品級鹽又依「食品中污染物質及毒素衛生標準」規定，其中食鹽規定重金屬限量詳如附表 2.6-1，另關於檢驗說明如下：

1. 由各級主管機關或委任、委託經認可之相關機關(構)、法人或團體辦理。
2. 其檢驗方法，經食品檢驗方法諮議會諮議，由中央主管機關定之；未定檢驗方法者，得依國際間認可之方法為之。
3. 發布食品衛生檢驗資訊時，應同時公布檢驗方法、檢驗單位及結果判讀依據。

表2.6-1 食品級鹽重金屬限量表

食鹽	限量(mg/Kg)
砷	0.2
鉛	2
鎘	0.2
汞	0.1
銅	2

食鹽中重金屬檢驗方法如下說明：

- 1.適用範圍：本檢驗方法適用於食鹽中銅、砷、鎘、汞及鉛之檢驗。
- 2.檢驗方法：檢體經微波輔助酸消化後，以感應耦合電漿質譜儀(inductively coupled plasma mass spectrometer,ICP MS)分析之方法。

### 2.1.裝置：

- 2.1.1.感應耦合電漿質譜儀。

2.1.2.微波消化裝置(Microwave digester)：具 1000W 以上輸出功率，並具有溫度或壓力回饋控制系統。

2.1.3.攪拌均質器(Blender)。

2.1.4.酸蒸氣清洗裝置(Acid steam cleaning system)。

2.2.試藥：硝酸採用超純級(67-70%)及試藥特級；氯化鈉採用試藥特級；去離子水(比電阻於 25°C可達 18 MΩ·cm 以上)；銅(copper)、砷(arsenic)、鎘(cadmium)、汞(mercury)、鉛(lead)及金(gold)標準品濃度皆為 1000 μg/mL，均採用 ICP 分析級；鈦(scandium)、鍺(germanium)、銻(rhodium)、銱(iridium)及鉍(bismuth)內部標準品濃度皆為 1000 μg/mL，均採用 ICP 分析級。

2.3.器具及材料：

2.3.1.微波消化瓶<sup>(註)</sup>：石英玻璃或 Teflon 材質。

2.3.2.容量瓶<sup>(註)</sup>：50 mL。

2.3.3.儲存瓶：50 mL，PP 材質。

2.3.4.濾膜：孔徑 0.45 μm，PTFE 材質。

註：器具經洗淨後，使用酸蒸氣清洗裝置，以硝酸(試藥特級)蒸氣酸洗 2 小時後，取出以去離子水將附著之硝酸沖洗乾淨，乾燥備用；或浸於硝酸(試藥特級)：水(1:1, v/v)溶液，放置過夜，取出以去離子水將附著之硝酸沖洗乾淨，乾燥備用。

2.4.試劑之調製：

2.4.1.含 1% (w/w)氯化鈉之 5% (w/w)硝酸溶液：

取氯化鈉 10 g，以去離子水 800 mL 溶解，緩緩加入硝酸(超純級) 50 mL，再加入去離子水使成 1000 mL。

2.4.2. 1% (w/w)氯化鈉溶液：

取氯化鈉 10 g，以去離子水溶解使成 1000 mL。

2.5. 內部標準溶液之配製：

精確量取鈦、鍺、銻、銱及鉍內部標準品各 0.5 mL 及金標準品 5 mL<sup>(註)</sup>，分別以含 1% (w/w)氯化鈉之 5% (w/w)硝酸溶液定容至 50 mL，移入儲存瓶中，作為內部標準原液及金標準原液。臨用時取適量各內部標準原液混合，加入金標準原液，以含 1% (w/w) 氯化鈉之 5% (w/w)硝酸溶液稀釋至 1 μg/mL (含金標準品濃度 10 μg/mL)，供作內部標準溶液。

註：添加金標準品之目的係與汞形成汞齊錯合物，以穩定汞元素及減少汞之記憶效應(memory effect)或跨次干擾(carryover)。

## 2.6. 標準溶液之配製：

精確量取銅、砷、鎘、汞及鉛標準品各 0.5 mL，分別以含 1%(w/w)氯化鈉之 5% (w/w) 硝酸溶液定容至 50 mL，移入儲存瓶中，作為標準原液。臨用時取適量各標準原液混合，加入內部標準溶液，以含 1%(w/w)氯化鈉之 5%(w/w)硝酸溶液配製為 0~25 ng/mL(含內部標準品濃度 10 ng/mL 及金標準品濃度 100 ng/mL)，移入儲存瓶中，供作標準溶液。

## 2.7. 標準曲線之製作：

將標準溶液以適當速率注入感應耦合電漿質譜儀中，依下列測定條件進行分析。就銅、砷、鎘、汞及鉛與其內部標準品訊號強度比值，與對應之銅、砷、鎘、汞及鉛濃度，分別製作標準曲線。

感應耦合電漿質譜儀測定條件<sup>(註)</sup>：

電漿無線電頻功率：1500 W。

電漿氬氣流速：15 L/min。

輔助氬氣流速：0.9 L/min。

霧化氬氣流速：1.0 L/min。

稀釋氣體(氬氣)流速：0.2 L/min。

碰撞氣體(氬氣)流速：5 mL/min。

偵測離子( $m/z$ )：

分析元素		對應之內標元素	
銅	65	鈳	45
砷	75	鍺	74
鎘	114、111、112	銦	103
汞	202、200、201	銦	193
鉛	208、206、207	鈹	209

註：上述測定條件分析不適時，依所使用之儀器，設定適合之測定條件。

## 2.8. 檢液之調製：

將檢體均質混勻後，取約 0.5 g，精確稱定，置於微波消化瓶中，加入內部標準溶液 0.5 mL 及硝酸(超純級) 6 mL，依下列條件進行消化。放冷後移入容量瓶中，以去離子水每

次 5 mL 洗滌微波消化瓶，洗液併入容量瓶中，以去離子水定容至 50 mL，移入儲存瓶中，經濾膜過濾，供作檢液。另取一空白微波消化瓶，加入內部標準溶液 0.5 mL 及硝酸(超純級) 6 mL，以下步驟同檢液之操作，惟去離子水以 1% (w/w) 氯化鈉溶液取代，供作空白檢液。

微波消化操作條件<sup>(註)</sup>：

步驟	條件	輸出功率	升溫時間	持續時間	溫度控制
		(W)	(min)	(min)	(°C)
1		1200	15	10	210

註：上述消化條件不適時，可依所使用之裝置，設定適合之消化條件。

## 2.9. 含量測定：

將檢液、空白檢液及標準溶液以適當速率分別注入感應耦合電漿質譜儀中，依 2.7. 節條件進行分析。就檢液、空白檢液及標準溶液中銅、砷、鎘、汞及鉛與其內部標準品訊號強度比值，依下列計算式求出檢體中銅、砷、鎘、汞或鉛之含量(mg/kg)：

$$\text{檢體中銅、砷、鎘、汞或鉛之含量(mg/kg)} = \frac{(C-C_0) \times V}{M \times 1000}$$

C：由標準曲線求得檢液中銅、砷、鎘、汞或鉛之濃度(ng/mL)

C<sub>0</sub>：由標準曲線求得空白檢液中銅、砷、鎘、汞或鉛之濃度 (ng/mL)

V：檢體最後定容之體積(mL)

M：取樣分析檢體之重量(g)

附註：1. 本檢驗方法之定量極限，銅及砷均為 0.05 mg/kg，鎘、汞及鉛均為 0.02 mg/kg。

2. 檢體中有影響檢驗結果之物質時，應自行探討。

3. 以其他儀器檢測時，應經適當之驗證參考物質(certified reference material, CRM)或標準參考物質(standard reference material, SRM)之驗證，或方法確效。

## 2.7 國內氯(Cl<sub>2</sub>)相關法規

關於氯(Cl<sub>2</sub>)-第三類毒性化學物質規定如下：

- ◆ 未達毒性化學物質分級運作量\*<sup>2</sup>(運作濃度 $\geq 1\%$ (w/w)&運作重量 $\geq 50\text{Kg}$ )基準，得報經直轄市、縣(市)主管機關核可並取得核可文件者，並不受以下法規限制(毒管法§13之4)：
  - a. 危害預防及應變計畫報請直轄市、縣(市)主管機關備查(毒管法§35)。
  - b. 申請核發許可證、登記文件(毒管法§13之1及2)。
  - c. 設置專責人員(毒管法§18)。
  - d. 備有應變器材及設置偵測警報設備並報請直轄市、縣(市)主管機關備查(毒管法§39)。
- ◆ 甲類危險工作場所\*<sup>3</sup>：任一場所任一時刻製造、處置、使用液氯(氣)達5,000Kg之場所。

相關法源：

1. 毒性及關注化學物質管理法(毒管法)
2. 列管毒性化學物質及其運作管理事項
3. 勞動檢查法施行細則附表二

# 第三章 氯系消毒劑之製作原理及消毒副產物

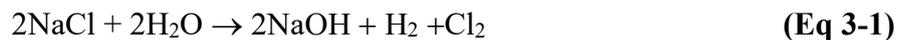
## 3.1 概述

### 3.1.1 國內藥劑製作：<sup>[18]</sup>

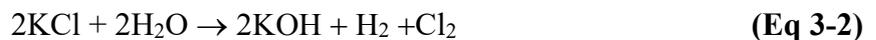
液氯及次氯酸鈉(NaOCl)為國內常見使用的消毒劑，其中國內廠商藥劑製造方法如下：

#### (1) 液氯：

常見製造方式為薄膜電解法加上冷凍法，是一電解處理飽和食鹽水產生氯氣、氫氣，再將氯氣液化裝填於鋼瓶中。



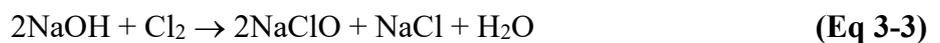
(製造商：台灣志氣、台塑、義芳化學、中華化學)



(製造商：台灣紙業)

#### (2) 次氯酸鈉：

國內廠商常用液鹼氯化法，是將氯氣與氫氧化鈉於鹼性條件下反應生成次氯酸鈉。



(製造商：台灣志氣、台灣紙業)

### 3.1.2 OSG 系統製作：<sup>[1]</sup>

以下針對現地生產 OSG 系統製作原理詳細說明以供了解，現地生產(OSG)系統的核心技術是電解單元，它主要的功能是完成氯的電化學生產。在電解單元內，來自氯化鈉鹽水的氯離子通過電解單元的電流而被氧化。通過這種電氧化過程，作為原料的氯化鈉 (NaCl) 鹽水被轉化為溶解於水中的含氯消毒劑溶液。在下面的方程式中，溶解於水中的氯以次氯酸鈉存在。



雖然透過 OSG 系統生產含氯消毒劑的基礎相對簡單，但除了含氧化劑溶液的化學形式以及操作 OSG 時的鹽水之化學參數會有影響之外，電解過程還可能受到系統設計的影響。本章將提供對電解單元操作的化學和工程方面見解，並將涵蓋以下主題：

1. 鹽水電解化學：OSG 系統電解單元內發生的化學轉化。
2. 電解系統的類型：討論對各類型的電解系統和透過電解氯化鈉鹽水所產生的各種產物。
3. 電解單元結構材料：提供常用於構建電解單元的材料內容。
4. 原料質量對電解單元性能的影響：水和鹽中的常見雜質對 OSG 系統的影響以及如何防止其出現問題。
5. 單元維護：典型的單元維護程序。
6. 氫氣處理技術：所有 OSG 系統中產生的氫氣副產品以及如何安全處理氫氣生產。

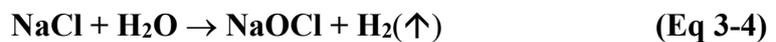
### 3.2 鹽水電解化學

電解單元分為兩類：分離式和非分離式。非分離式的電解單元由兩個或多個電極組成，這些電極浸入含有氯化鈉 (NaCl) 的鹽水水流中 (圖 3.2-1)。通常，電解單元中的電極具有鈦芯，陽極上帶有貴金屬 (VIII 族) 氧化物塗層，被稱為尺寸穩定陽極 (DSA)。在電解單元中，有一個主陽極和一個主陰極；電極與驅動電解單元中的電源相同。

#### 3.2.1 基本反應

##### (一) 非分離式的電解單元：

非分離式的電解單元有時也稱為未分離的電解單元。在未分離的電解單元內發生的整體化學反應是從氯化鈉 (NaCl) 水溶液中產生次氯酸鈉 (NaOCl) 和氣態氫氣 (H<sub>2</sub>)：



在發生氧化的陽極表面，鹽中的氯離子被氧化，初始階段會產生溶解於水中的氯氣 (Cl<sub>2</sub>)：



##### 1. 陽極：

產生後，氯氣迅速溶解並與水反應（水解），生成鹽酸 (HCl) 和次氯酸 (HOCl)：



由於這些化學和電解反應，陽極表面附近會產生氫離子(H<sup>+</sup>)與水溶液之 pH 值會趨於酸性。

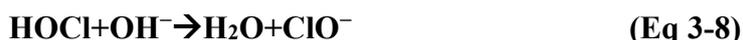
## 2.陰極：

而在陰極表面發生的電化學反應是使用水(H<sub>2</sub>O)作為電子接受者，水被還原以產生氫氣 (H<sub>2</sub>) 和氫氧根離子 (OH<sup>-</sup>)：



由於在此過程中會形成氫氧根離子，陰極附近的溶液通常是強鹼的狀態且具腐蝕性（pH 值大於 12）。

為了安全，在陰極表面產生的氫氣必須從 OSG 系統去除。在大多數 OSG 系統的未分隔槽中，陽極和陰極的溶液可以自由混合，陰極產生的氫氧根離子將與陽極產生的次氯酸結合，從而形成次氯酸根離子。



經由電荷和摩爾數之平衡，重寫了這些方程式方可實現方程式 3-1 中描述的整體化學轉化。

單極電解單元是僅包含初級的陽極和陰極之電解單元(圖 3.2-1)，大多數電解單元包含放置在主電極之間的中間板，這些電極也參與電解，中間板具有陽極側和陰極側，這種形式的電解單元稱為雙極電解單元。從概念上講，在雙極電解單元中，主電極之間的電壓場被等間隔的中間板分開，中間板僅通過電解質進行電的連接。每對中間板形成一個隔間，每個中間板之間的電壓差驅動每個隔間內的電解。雙極電解單元設計背後的邏輯為：透過電子（或電流）通過整個電解單元（所有隔室的組件）的相同電子（或電流）由每個隔室所組成，進而生成目標產物--氯水。雙極電解單元的主要優點是在較小的總電解單元體積內可產生大量氯氣，並且與具有可生成氯的單極

電解單元相比，電流較低。因此與具有類似生產能力的單極電解單元相比，雙極電解單元可消耗較少的電流，更省成本。此外，由於雙極電解單元中這些連接的數量減少，電解單元與電源連接處的能量損失被最小化，提供了進一步的優勢。

## (二)分離式的電解單元：

分離式的電解單元是一種電解單元，其中電解單元的陽極和陰極側被膜隔開，該膜允許電流從陽極流向陰極，但不允許陽極室和陰極室中的溶液互相混合（圖 3.2-2）分離式的電解單元中發生的電化學反應與非分離式的電解單元中發生的電化學反應相同。在陽極表面，氯離子根據方程式 3-5 被氧化而產生  $\text{Cl}_2$ ，而水在陰極表面被還原以根據方程式 3-7 產生氫和氫氧根離子。由於在分離池的任一隔室中形成的溶液因膜而無法混合，因此分離池將具有兩種產物輸出，而不是非分離式典型的電解單元為單一種輸出。根據使用分離式的電解單元的 OSG 的實際案例，陽極產物可以是低 pH 值的  $\text{HOCl}$  溶液或氣態  $\text{Cl}_2$ ，其中  $\text{Cl}_2$  氣體是此類電解單元中最常見的產物。隨著陽極電解液輸出的 pH 值降低，氣態  $\text{Cl}_2$  將從陽極產物中釋放出來。另外，所有分離式的電解單元都從陰極室產生高 pH 值的  $\text{NaOH}$  溶液和氫氣。

## (三)氯的形態和氯氣的形成：

OSG 產生的氯水溶液的形態是次氯酸  $\text{HOCl}$  或次氯酸根  $\text{ClO}^-$  取決於氯溶液的 pH 值（圖 3.2-3）。由於在  $\text{NaCl}$  鹽水的電解過程中會產生氫離子（以  $\text{HCl}$  和  $\text{HOCl}$  的形式）和氫氧根離子，因此可以預期，由非分離式的電解單元產生的氯溶液 pH 值與用作進料源的鹽水 pH 值不會有太大的變化。然而，通過電解氯化鈉鹽水產生的氯溶液的 pH 值通常為弱鹼性，一般來說 pH 值介於 9 和 10 之間，這導致次氯酸鹽成為溶液中主要的氯形態。大多數電化學產生的氯水溶液中的 pH 值升高的原因可能是由幾種不同的機制造成的。

在生成過程中少量的氯氣損失會導致產生的氫離子和氫氧根離子的數量不平衡。或者，陽極和陰極反應效率的差異會導致氫氧根離子的產出量增加，因為與陰極相比，陽極上的競爭反應更多。從非分離式的電解單元所電解產生的氯水溶液之 pH 值將取決於用於供給 OSG 系統的水的 pH 值和鹼度。在分離系統中，隨著 pH 值接近 4，氯氣開始從溶液中逸出，如圖 3.2-3 中的灰色實線所示。如果系統設計用於生產和安全地捕獲氯氣。

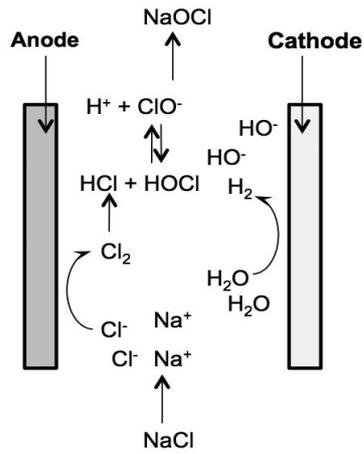


圖 3.2-1 單極非分離式電解單元的初級陽極和陰極之圖以及這些電極表面上發生的基本反應

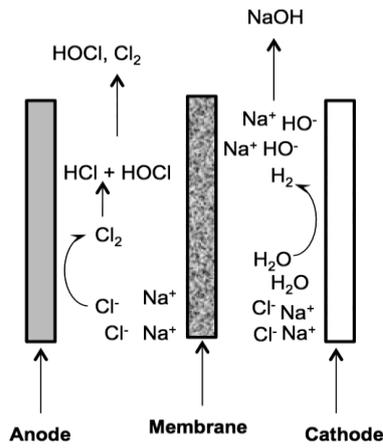


圖 3.2-2 分離式電解單元以及發生在電解單元陽極和陰極室中的電化學轉換

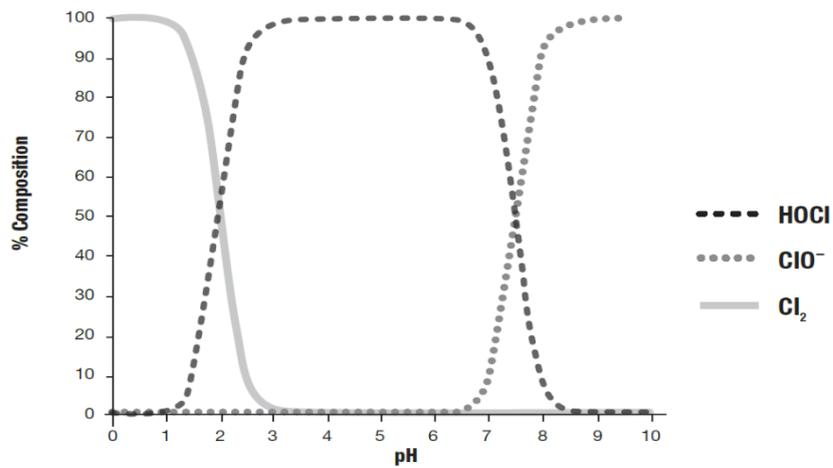


圖 3.2-3 溶液 pH 值與氯形態的關係

### 3.2.2 寄生反應(Parasitic Reactions)

寄生反應是指電解單元內任何一種副產物產生的反應，舉例來說，在 OSG 系統中除了氯或是其他可用於水處理的氧化劑之外的化合物皆為副產物，或是破壞目標產物並在該過程中參與電子的反應稱為寄生反應。電解時，當產物保留在溶液中，寄生反應可能會限制 OSG 系統的效率。在氯化鈉鹽水的電解過程中會發生三種主要的寄生反應：陽極產生氧氣、次氯酸根離子的陽極氧化和次氯酸根離子的陰極還原。

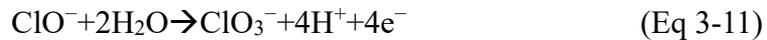
氧氣在陽極生成是一種不受歡迎但不可避免的過程，它通過水 (H<sub>2</sub>O) 的氧化發生。通常，該反應消耗了電解單元中通過的電子，大約有 5% 左右：



在陰極，主要的已知寄生反應是：



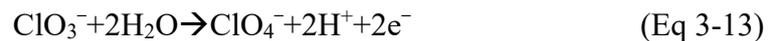
ClO<sup>-</sup> 的陰極還原是電解單元生成所需產物的能力之主要限制因子。會發生額外的寄生陽極反應，消耗通過氯化物氧化產生的次氯酸鹽。次氯酸鹽的陽極氧化會產生氯酸根離子(ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>)：



該反應很少見，也有報告的化學計量如下：



這些反應中產生的氯酸根離子可以進一步氧化以產生高氯酸根離子(ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>)：



隨著電解鹽水中次氯酸根陰離子(OCl<sup>-</sup>)的濃度升高，氯酸鹽(ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>)的形成增加，也可能發生高氯酸鹽 (ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>) 的形成。OSG 系統之高氯酸鹽發生情況的調查表示，高氯酸鹽濃度皆是低於關注水平。NaCl 鹽水電解的其他潛在氧化產物包括二氧化氯 (ClO<sub>2</sub>)、臭氧(O<sub>3</sub>)和過氧化氫(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)。

### 3.2.3 電解單元和系統性能的測量

OSG 電解單元中電解的目的是將鹽水中可利用的 Cl<sup>-</sup> 轉化為 FAC (自由有效氯)，同時產生過程中最大限度地減少能源和鹽的使用。通過對 OSG 系統的操作參數進行相對簡單的測量，可以計算出幾個效率參數。

(一) 法拉第效率：

法拉第效率(FE)是一種測量通過鹽水的電子在電解過程中使用效率的方法。通過的庫侖是通過測量的時間(秒)內，通過電解單元的電流(安培，I)。然後通過測量在此期間產生的溶液體積、測量溶液中的FAC濃度併計算產生的FAC質量。FE是實際產生的FAC質量與庫侖當量質量的比值，計算公式如下：

$$FE = \text{FAC質量(g)} / [(\text{通過的庫侖} / 96,493 \text{庫侖/莫耳}) \times 35.453 \text{g/莫耳的FAC}] \quad (\text{Eq 3-14})$$

FE 在電解的前期穩定不變，隨著所需產物在溶液中積累而下降。使用非分離式電解單元OSG系統，FE高度依賴操作條件和系統設計，通常在0.6到0.9的範圍內。

### (二)鹽轉化效率：

鹽轉化效率(SCE)是產生單位質量的FAC所需的鹽(NaCl)質量。SCE與FAC的劑量比例是用於評估鹽的使用率和OSG系統使用者必須準備的鹽量。SCE是通過測量OSG系統在一段時間內消耗的NaCl質量以及該單元在同一時間段內產生的FAC質量來確定的，計算公式如下：

$$SCE = \text{NaCl mass} / \text{FAC mass} \quad (\text{Eq 3-15})$$

SCE值也用於計算NaCl，可以通過以下方式計算：

$$\text{NaCl added (mg/L)} = \text{FAC dose (mg/L)} \times \text{SCE} \quad (\text{Eq 3-16})$$

OSG 系統製造商通常在系統交付給客戶之前測量其每個系統的 SCE，以確保在規範範圍內運行，並發布每個系統模型的 SCE。SCE值範圍在3以內是大多數使用非分離式的電解單元OSG 系統的典型值。

### (三)能量轉換效率：

能量轉換效率(ECE)是生產單位質量的FAC所需的能量(kW·h)。通常僅在電解單元上

進行測量；整個系統的能源需求更大，但電解單元通常使用OSG系統總能耗的90%以上。電解單元使用的能量是通過在固定時間（t）內測量電解單元兩端的電壓（V）和電流（I）並計算使用的能量（經過適當的單位轉換以產生 kW·h 後）而得出的：

$$\text{energy} = V \times I \times t \quad (\text{Eq 3-17})$$

如上所述，在同一時間範圍內產生的FAC質量(t)係由在時間t內產生的溶液體積和FAC濃度來確定。然後ECE計算如下：

$$\text{ECE} = \text{Energy (kW}\cdot\text{h)}/\text{mass of FAC produced} \quad (\text{Eq 3-18})$$

ECE用於估算OSG運作的電能需求和能源成本。OSG系統製造商通常在系統交付給客戶之前測量每個系統的ECE，以確保在規範範圍內運行，並在每個OSG系統模型都附上該ECE。使用非分離式的電解單元OSG的ECE值通常在1.8到3.0kW·h/磅FAC範圍內。

### 3.3 電解系統的類型

為了在陽極產生氯，電解單元兩端的外加電壓必須夠高，以便陽極表面的電位將 $\text{Cl}^-$ 氧化為 $\text{Cl}_2$ 。所需的電位與陽極表面塗層的 $\text{Cl}^-$ 濃度（隨著 $\text{Cl}^-$ 濃度的降低而增加）和過電位（超過所需電解反應的理論電位）成反比。由於鹽水比電阻（也稱為直流電阻）所需的施加電壓將隨鹽水NaCl濃度（隨著NaCl濃度的增加而減小）以及陽極與陰極之間的間距（隨著距離的增加而增加）而變化。

系統操作策略有兩種基本類型：

1. 固定施加電壓，鹽水濃度可變，以在指定範圍內產生電流和FAC產量。
2. 固定鹽水濃度和固定電流（電壓可隨之調整），和指定範圍內的FAC產量。

此外，一些系統固定所施加電壓和鹽水濃度，並允許FAC濃度浮動。以下部分簡要討論了OSG系統的常見類型。

### 3.3.1 超低 OSG 系統

在這些系統中，電壓、鹽水NaCl濃度和通過電解單元的流量是固定的，與其他OSG系統相比，鹽水濃度較低(2 - 3g/L)。電解溶液中的FAC濃度約為300毫克/升(0.03%)。這些類型的OSG系統通常非常容易攜便，有時用於在緊急情況下對水進行消毒。這些系統的應用主要於醫療保健和食品製備設施中的表面消毒。FAC濃度和溶液生產速率太小，在經濟上不適合用於飲用水或工業水處理。

### 3.3.2 低強度 OSG 系統

大多數OSG系統產生~8g/L(0.8% w/w)的FAC濃度，並使用15 - 30g/L(9 - 18g/L  $\text{Cl}^-$ )的NaCl鹽水濃度。在這些FAC濃度下產生的溶液流速和每日體積足以用於飲用水和工業水處理操作以及游泳池。許多OSG系統都是模組化的，因此每天可以從系統中幾個設定好的模組中生產大量的FAC。

### 3.3.3 高強度 OSG 系統

高強度OSG系統使用由離子交換膜隔開的陽極和陰極，該膜允許在鹽水中導電，但防止陽極側溶液（陽極電解液）與陰極側溶液（陰極電解液）的混合。隨著電解的進行，陽極電解液中的pH值會下降，從而使 $\text{Cl}_2$ 氣體在自然的情況下析出或通過空氣逸散去除。在電解單元的陰極室中，可以產生濃度高達15%（重量百分比）的腐蝕性產物。這種類型的OSG系統產生的 $\text{Cl}_2$ 氣體可以在大氣壓下收集並直接注入要處理的水中，也可以與陰極過程中的苛性鈉產品結合以產生高濃度（按重量計高達15%）的次氯酸鹽溶液，然後以與散裝次氯酸鹽相同的方式使用。

## 3.4 電解單元結構材料

電極為電解單元的核心，其材質與種類極為重要，DSA(Dimensionally Stable Anode)是以鈦為基底金屬並塗有貴金屬氧化物的陽極。DSA的出現是因為20世紀初用於NaCl電解的陽極是碳棒，它經歷了快速的侵蝕，必須經常更換。相比之下，DSA的開發是電解技術的重大進步，DSA不會因表面侵蝕而改變尺寸。

鈦是電解應用中電極常用的貴金屬，因為鈦在水溶液中進行陽極操作（也稱為陽極氧化）時在表面形成保護性氧化層（鈍化層）。鈦對  $\text{Cl}^-$  離子的氧化也具有很高的過電位，這意味著對於含有氯離子的水溶液，水分子會優先氧化在陽極表面的氯離子。這不僅會抑制 FAC 的生成，還會導致鈦表面氧化成氧化鈦。相比之下，貴金屬氧化物塗層對氯離子的過電位較低，因此在電解氯化物鹽水時會產生 FAC。由於最常用於製造 DSA 陽極塗層的金屬來自元素週期表中的第 VIII 族（鈦 [Ru]、銱 [Ir] 和鉑 [Pt]），因此 DSA 有時被稱為貴金屬陽極（PMA）、貴金屬塗層鈦（NMT）或鍍鉑鈦陽極（PTA）。

DSA 塗層通常主要包含鈦作為貴金屬成分，儘管銱也常與其他金屬一起使用，以較小的濃度添加以產生特定應用所需的電解性能。DSA 的生產經過許多步驟，首先對鈦基材表面進行化學蝕刻，這樣做是為了增強貴金屬氧化物塗層的附著力。早期的 DSA 是通過將鈦鹽與溶解在酒精中的有機鈦化合物結合生產的，然後將其塗覆在製備的鈦表面上。近年來，鈦鹽和銱鹽的水溶液已被用作塗層材料的來源。如果特定塗層需要除鈦和銱之外的其他金屬存在，則它們也被添加到塗層溶液中。然後使用各種物理方法（輥塗、浸塗、刷塗或噴塗）將塗層溶液施加到製備好的鈦表面，並對鈦基材進行熱處理以去除塗層溶液的溶劑和其他揮發性成分。通常，採用多個塗層/加熱步驟以在鈦基材上獲得所需厚度的塗層。一旦獲得所需的塗層厚度，將塗層加熱退火至  $600^\circ\text{C}$ ，從而固化塗層與鈦表面的結合。在熱退火塗層中，金屬氧化物以氧化物的形式存在，例如  $\text{RuO}_2$ ，各種金屬氧化物以固溶體形式（即所有金屬均勻分散在塗層中）與四方晶形結合，稱為金紅石相（圖 3.4-1）。

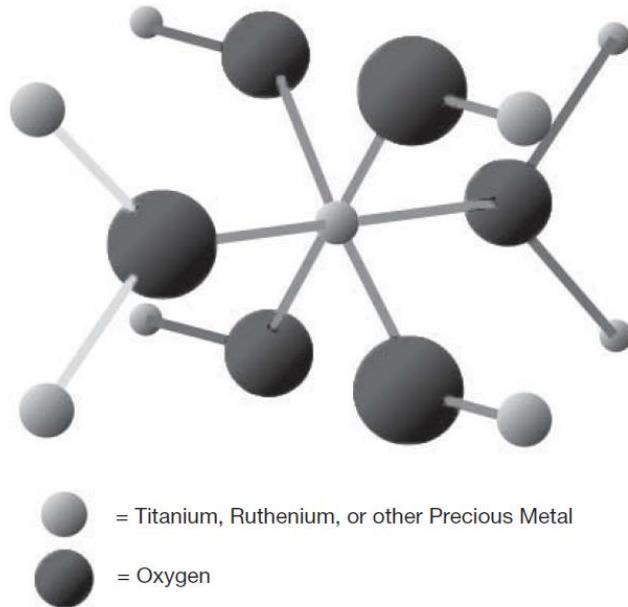


圖 3.4-1 金紅石晶相中原子排列的圖示

DSA塗層的掃描電子顯微照片(SEM)顯示這些塗層表現出複雜的微觀結構(圖 3.4-2)，具有微孔(圖 3.4-2a)和微裂紋(圖 3.4-2b 和圖 3.4-2c)特徵。這些結構是塗覆過程的結果，其中凝膠最初是在塗覆/加熱步驟中產生的，並且在凝膠表面乾燥時會產生缺陷。這些缺陷隨後在高溫熱退火過程中被放大，完全烘烤的陽極塗層的表面積係數是幾何面積的180-230倍。由於這種高表面積，DSA能夠在電解操作期間支持非常高的電流密度(I/單位陽極面積)。儘管對塗層配方、應用和退火程序進行了公認的控制，但仍觀察到最終陽極表面的質地和硬度存在很大差異。塗層的溶解速度極低；因此，很少有異物進入電解產物。

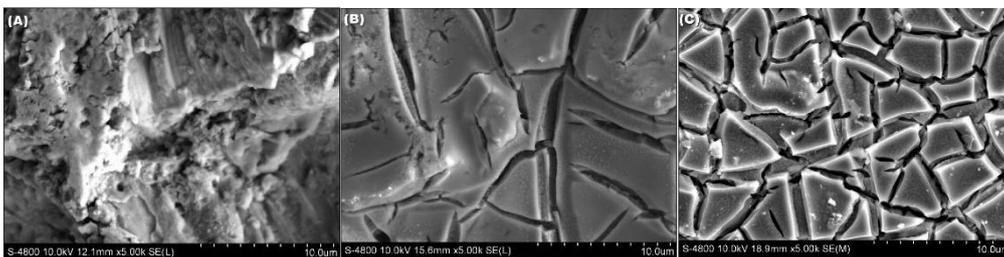


圖 3.4-2 DSA陽極表面的 SEM 圖像顯示(a)微孔和(b、c)微裂紋結構

### 3.5 原料質量對電解單元性能的影響

如果OSG系統維護良好，電解單元的預期壽命通常在5到7年之間。供給至電解單元的鹽和水是原料質量，決定OSG系統所需維護週期以及電解單元性能和壽命的主要因素。電解單元失效的三個主要機制是陽極鈍化、電極磨損和電解單元內沉積物的形成，說明如下。

#### 3.5.1 陽極鈍化

發生陽極鈍化時會使導電能力降低導致陽極產生較少的FAC(Free available chloride)，陽極鈍化的特點是產生FAC的電位不可逆地增加。實際上，儘管外觀在目視檢查下沒有變化，但陽極變得更像是絕緣體。

最終，這將導致貴金屬氧化物塗層的損失和電極鈦芯的侵蝕。幾個操作因素可能導致這種情況的發生，包括：

1. 用於供給低FAC生產OSG系統的鹽水中的低濃度氯離子。
2. 干擾氯化物擴散到陽極表面的表面沉積物。
3. 陽極表面的電流密度不均勻。
4. 鹽水的低溫和高溫。
5. 工作電壓高於生產FAC所需電壓。

鈍化也可以直接在OSG系統的操作參數中觀察到。在固定電壓OSG系統中，鹽水的使用量會增加，以確保系統在所需的電流範圍內運行。對於使用可變電壓來控制FAC生產的OSG系統，施加到電解單元的電壓會隨著鈍化程度的增加而增加。由於貴金屬塗層可以從鈍化的二氧化鈦層上脫落，因此通常可以通過肉眼觀察到陽極鈍化，這可以在電解單元的目視檢查中清楚地看到。在某些情況下，還會發生氧化鈦鈍化層的進一步脫落，最終導致鈦基材的完全降解。然而，這不常發生，並且鈍化也不能單純通過視覺檢測到。陽極表面上形成的沉積物會限制氯化物向陽極表面流動，也會導致氧氧化和陽極鈍化的增加。

#### 3.5.2 電極磨損

通常，在運作的第一個月內會觀察到貴金屬氧化物塗層的10-15%初始損失，然後在塗層

的整個使用壽命（5-7年）中隨著時間的推移逐漸磨損。鹽水雜質直接和間接影響塗層磨損過程。

1. 當細砂或其他不溶物等細小顆粒進入電解單元時，會發生磨粒磨損。通常，電解單元內存在非常高的鹽水流速以及湍流模式。如果鹽水流中存在細砂或其他顆粒，對塗層的影響類似於噴砂，塗層會比正常情況磨損得更快。通過在任何水進入電解單元之前加入5微米過濾器，可以最大限度地減輕顆粒物的影響。

2. 如果鹽水或電解單元的供水中存在某些雜質，如氟化物( $F^-$ )，也可能會直接侵蝕貴金屬塗層，當濃度高於2mg/L時， $F^-$ 會穿透塗層並直接攻擊Ti基材，導致塗層脫落。這個過程一旦開始，就不可逆轉。其他可直接影響塗層穩定性的鹽水雜質是還原劑和螯合劑，例如糖、乙二胺四乙酸(EDTA)和氰化物( $CN^-$ )。幸運的是，在大多數應用中都不會遇到這些雜質。

此外，塗層損失會影響電解單元的電力使用。塗層的損失最初不會影響電解單元性能，但隨著塗層磨損超過鈦/氧化鈦表面的暴露點，所需的電壓（或固定電壓平台中所需的鹽水濃度）將增加。

### 3.5.3 電解單元內無機材料的沉積

任何沉澱物質只要有足夠的數量都會阻止陽極-陰極隔室之間的局部流動，所造成的元素沉積會引起上所述的影響並導致陽極鈍化，或者在極端情況下會磨損陽極表面。已經觀察到包含鋁、鋇、鈣、鎂、矽、鋇和鈦的沉澱物會形成這些類型的沉積物。用於製備鹽水的低質量鹽或用於供應OSG系統的水，有可能會將這些元素引入OSG系統中，故需了解鹽及OSG系統的水源成分，以避免潛在的問題發生。OSG系統中最常見的沉積物如下：

#### (一)碳酸鈣 ( $CaCO_3$ )：

由於這種材料在陰極表面周圍的高pH值環境中沉澱，在陰極會形成白色“乾酪”狀 $CaCO_3$ 沉積物。當存在於水中或作為鹽中雜質的鈣離子( $Ca^{2+}$ )與由於溶解的二氧化碳( $CO_2$ )及其水解產物碳酸而存在於水中的碳酸根離子( $CO_3^{2-}$ )反應時，就會形成碳酸鈣( $H_2CO_3$ )。如前所述，陰極表面周圍的水性環境的pH值約為12，這表明陰極表面附近存在的無機碳物質中約有95%為碳酸鹽形式。由於碳酸鈣在高pH值下極不溶，水中存在的任何鈣離子都會與碳酸根離子迅速

反應形成碳酸鈣，碳酸鈣隨後主要在陰極表面從鹽水中沉澱出來。

使用~10% HCl（稀鹽酸）可以輕鬆快速地從電解單元中去除CaCO<sub>3</sub>沉積物，並且當將一滴酸滴在沉積物上時，通過釋放出的CO<sub>2</sub>氣體的特徵性氣泡很容易識別此類沉積物。

#### (二) 氫氧化鎂(Mg(OH)<sub>2</sub>)：

在陰極的高pH環境中，鎂(Mg<sup>2+</sup>)傾向於形成氫氧化物化合物氫氧化鎂(Mg(OH)<sub>2</sub>)而不是碳酸鹽。Mg(OH)<sub>2</sub>不會像CaCO<sub>3</sub>那樣引起與電解單操作相同嚴重程度的問題，因為它的存在量通常要小很多，並且可以通過與去除CaCO<sub>3</sub>相同的酸浸泡來去除。通常，由於海水中鈣和鎂的濃度都很高，因此海水系統最容易出現鈣和鎂沉澱。

#### (三) 鐵水合氧化物 (Fe(OH)<sub>3</sub>)：

以可溶性Fe<sup>2+</sup>狀態存在於鹽水中的鐵在陽極的強氧化條件下形成Fe(OH)<sub>3</sub>，並將直接沉積在陽極上。鐵水合氧化物也可以在陽極上形成Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的沉積物。如果鐵在鹽水中以膠體或顆粒氧化物的形式存在，膠體將因高離子強度和湍流而在鹽水中不穩定，並沉積在將鹽水輸送到電解單元中的管道和將氧化劑溶液輸送出電解單元的管道中。在電解單元內，Fe(OH)<sub>3</sub>沉積物將出現在電解單元內的所有位置，並且具有特徵性的紅色至棕褐色。Fe(OH)<sub>3</sub>的沉積形成電盲區，即不會發生電解反應，也沒有電流通過沉積點。

通常，Fe(OH)<sub>3</sub>沉積物可以通過浸泡池和用10%HCl沖洗管道來去除。沒有被HCl去除的沉積物通常可以使用錯合有機酸去除，已發現pH值2的檸檬酸可以去除此類沉積物。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的沉積物通常更難去除，但會在10%的HCl中緩慢溶解。

#### (四) 錳的水合氧化物(Mn(OH)<sub>4</sub>)：

與鐵水合氧化物類似，鹽水中的錳以可溶性Mn<sup>2+</sup>的形式在陽極的強氧化條件下形成Mn(OH)<sub>4</sub>並沉積在陽極上。在電解單元內部，Mn(OH)<sub>4</sub>沉積物將存在於電解單元內的所有位置，這些沉積物很難用肉眼識別。Mn(OH)<sub>4</sub>沉積物在10%HCl中緩慢溶解。

### 3.6 電解單元維護

僅使用軟化水和精製的NaCl來製備鹽水，CaCO<sub>3</sub>和其他無機氧化物沉積物也會在電解單元

電極表面和電解單元內積聚。發生這種情況時，必須清潔電解單元以防止氯生產效率降低或阻塞電解單元的出入口。如果長時間忽略清潔，沉積物會導致溫升、鈍化率增加或電極堵塞，在最壞的情況下，電解單元的過度延遲或不當維護會導致電解單元故障和電解單元的功能損失，而電解單元是OSG系統中最昂貴的組件。

由於電解單元內最常見的沉積物是陰極表面電解單元上的 $\text{CaCO}_3$ ，因此通常通過使用酸來完成清潔。酸還可以去掉通常與陰極表面上的 $\text{CaCO}_3$ 形成的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉積物和整個電解單元中常見的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉積物。還原酸是電解單元清潔的主要選擇，包括濃度為1-6M (36-216g/L；3.6-21.6%w/w) 的鹽酸（鹽酸），摩爾濃度為1-6M (60 - 360g/L, 6 - 36%w/w) 和pH~2的檸檬酸（通常不推薦，因為它是一種弱酸）。有機酸比HCl更昂貴，但有時需要使用檸檬酸等螯合酸來去除頑固的鐵和錳沉積物。也可以潛在地使用其他無機酸，例如硫酸。應避免使用磷酸作為電解單元清潔劑，因為已知磷酸根離子會與VIII族金屬（包括Ru和Ir）形成強絡合物，並可能腐蝕陽極塗層。不推薦使用氧化性酸，尤其是硝酸來清潔電解單元，因為它們對電解單元的其他組件具有很強的腐蝕性。

電解單元清洗頻率的細節因OSG系統製造商選擇使用的NaCl的精製質量而異；純度較低的NaCl通常含有大量的鈣鹽和鎂鹽，以及鐵和錳。鎂和鈣的濃度通常在鹽供應商提供的鹽規格表上為氯化物鹽，但鐵和錳並不一定有規定於鹽規格表上。大多數OSG系統包括就地清洗選項，其中酸在指定時間內循環通過電解單元以去除沉積物。一些製造商提供清潔服務，將電解單元從生成系統中取出並返回製造商進行清潔。

### 3.7 氫氣處理技術

如方程3-1所示，氫氣( $\text{H}_2$ )氣體在水溶液中的電解單元陰極處產生，作為電解過程中的必要副產物，其中水( $\text{H}_2\text{O}$ )是陰極的電子受體。在陰極沒有寄生反應的情況下，每產生一摩爾 $\text{Cl}_2$ 就會產生一摩爾 $\text{H}_2$ 。假設不發生寄生反應的保守情況（即最高的 $\text{H}_2$ 氣體生成速率）， $\text{H}_2$ 生成速率為6.96mL/A·min電流通過單極電解單元。在雙極電解單元中，生成速率為6.96mL/A·min乘以總電解單元中的隔室數量，因為相同的電流通過每個隔室。OSG系統製造商在其產品的安全數據表(SDS)中公佈了供銷售的每個系統的標稱氫氣生成率。通常，OSG的

氫氣產量約為每100磅FAC產生0.7立方英尺的氫氣。例如，在每天生產1,500磅FAC的OSG系統中，每天也會生產10.5立方英尺的H<sub>2</sub>氣體。

氫氣與空氣中的氧氣和氮氣形成爆炸性混合物。空氣中氫氣的可燃性上限和下限（UFL和LFL）分別為74.8%和4.1%（按體積計）。當空氣中的氫氣濃度高於可燃性上限和低於可燃性下限時，混合物被認為分別“太濃”和“太稀”而不會出現問題。然而，在UFL和LFL之間的廣泛濃度範圍內，如果點燃，混合物會爆炸。因此，氫氣必須安全地從OSG系統和氧化劑溶液儲罐排放到裝有OSG系統的建築物外部。氫氣在水中的溶解度小於1毫克/升，從溶液到空氣的傳輸速率非常大，特別是當溶液在流通式OSG系統中被攪拌時。

為了去除氫氣，OSG系統製造商使用了一種被動通風系統，OSG溶液通過一根管子從生成系統輸送到儲罐，該管與建築物外的空氣相通。大多數OSG系統製造商提供強制空氣H<sub>2</sub>通風系統，除了被動系統外，還可以連續排放氧化劑儲罐的頂部空間。這些強制通風系統常部署在較大的OSG系統上。

即使是最好的工程也可能受到不可預見的條件或事件的阻礙。在安裝OSG系統的房間內應格外小心：應避免吸煙和包括火花在內的火源，房間應通風良好，在進行任何工作之前，OSG儲罐應至少通風1小時，操作員必須接受安全措施方面的培訓。每個OSG系統都應該在包括儲罐在內的系統上張貼氫氣安全預防措施說明，亦可在OSG系統所在房間內最高點裝設氫氣警報器作為附加安全功能。

### 3.8 次氯酸鹽溶液生成和儲存時無機 DBP 的形成

將消毒劑引入自來水系統時，可能會形成消毒副產物(DBP)。對於使用二氧化氯的地區，亞氯酸鹽是必須監測的DBP，而對於使用臭氧則必須監測溴酸鹽。當氯加入水系統時，會形成幾種DBP，如TTHM和HAA5。TTHMs和HAA5s是有機DBPs（含碳）常見的物種，但無機DBPs，如氯酸鹽和高氯酸鹽，也可能在次氯酸鹽溶液中形成。當無機DBP具有鹵素原子，例如氯或溴時，它們有時被稱為鹵氧化物。在淨水場和配水系統內的氯和次氯酸鹽消毒過程中，存在大量關於TTHM和HAA5形成的說明及數據，此處不再贅述。本節將對次氯酸鹽溶液的生成和儲存過程中無機DBP的形成提出說明。

#### 3.8.1 無機消毒副產品概述

次氯酸鹽溶液中的無機 DBP 通常來源於消毒劑在其反應或形成時的轉化。無機 DBP 不含碳原子，環保署監管的無機 DBP 包括使用臭氧時的溴酸鹽( $\text{BrO}_3^-$ )和使用二氧化氯時的亞氯酸鹽( $\text{ClO}_2^-$ )。因此，當使用次氯酸鹽溶液為消毒劑時，無需監測溴酸鹽和亞氯酸鹽。以下針對高氯酸鹽、氯酸鹽、亞氯酸鹽、溴酸鹽等無機消毒副產物進行概述。

##### (一)高氯酸鹽

高氯酸根離子（以下簡稱高氯酸根）為次氯酸鹽溶液和飲用水中的新興污染物，因會影響人類甲狀腺系統而受到廣泛關注，在過去的幾年中，由於檢測低濃度無機污染物的分析技術的靈敏度提高，在分批式和 OSG 次氯酸鹽溶液中都曾檢測到高氯酸鹽。在分批式散裝的次氯酸鹽儲存期間，高氯酸鹽的濃度會隨著儲存時間而增加，尤其是當次氯酸鹽溶液的初始濃度和儲存溫度較高時。惟一份來自美國的高氯酸鹽發生率調查表示，低強度和高強度 OSG 產生的高氯酸鹽非常低。

##### (二)氯酸鹽

散裝和 OSG 次氯酸鹽溶液含有氯酸鹽，氯酸鹽在儲存過程中濃度會隨時間、溫度和其他化學因素而增加。氯酸鹽在 USEPA 為一個新興污染物候選名單上的項目，將來可能會受到法

規調整而受管控。目前，美國環保局對氯酸鹽的健康參考水平（指南）為  $210 \mu\text{g/L}$ ，世界衛生組織指南最大可容許污染物濃度（MCL）為  $700 \mu\text{g/L}$ ，加利福尼亞州則為  $800 \mu\text{g/L}$ ，加拿大衛生部 MCL 為  $1,000 \mu\text{g/L}$ 。

### （三）亞氯酸鹽

使用二氧化氯(MCL= $1,000 \mu\text{g/L}$ )時，亞氯酸鹽是一種受管制的飲用水污染物，也是批次式散裝次氯酸鹽和高強度 OSG 溶液的降解產物或污染物。然而，它往往保持在穩定狀態，不會有像是氯酸鹽和高氯酸鹽會有濃度上的變化，特別是在高濃度、高溫儲存情況下。

### （四）溴酸鹽

目前，對於使用臭氧作為消毒劑的系統，需監測飲用水中溴酸鹽，溴酸鹽是一種可能的人類致癌物，也是分批式散裝和 OSG 系統的次氯酸鹽溶液所產生的無機（或鹵氧化物）污染物，它是通過一種類似於氯酸鹽的機制，係氧化溴化物所產生的產物，因此在 OSG 系統中使用含溴鹽和原水進行電解時，溴酸鹽的形成也可能是一個潛在的隱憂。

## 3.8.2 散裝次氯酸鹽溶液中無機 DBP 的形成

### （一）氯酸鹽和高氯酸鹽

分批式散裝次氯酸鹽和 OSG 次氯酸鹽都會在儲存過程中因氯水溶液的降解而形成相同的無機污染物：亞氯酸鹽、氯酸鹽和高氯酸鹽。然而，次氯酸鹽的分解和隨後產生的氯酸鹽和高氯酸鹽的濃度取決於次氯酸鹽濃度、離子強度和溫度。較高的離子強度和次氯酸鹽濃度將推動反應產生更多的氯酸鹽和高氯酸鹽，同時也增加次氯酸鹽的分解速率。因此，在場外設施生產的高強度次氯酸鹽溶液（通常在 11-20%之間）並以高強度溶液形式交付，將比低強度溶液降解得更快。通過將 2-M 次氯酸鹽溶液稀釋 2 倍，高氯酸鹽的形成速率將降低了 7 倍，這是由於濃度和離子強度的雙重影響關係。如果將相同的溶液稀釋 4 倍，高氯酸鹽的形成率會降低 36 倍。更高的溫度也會加速批次次氯酸鹽的化學分解以及加速形成隨後產生的氯酸鹽和高氯酸鹽。

儲存溫度每降低  $5^\circ\text{C}$ ，高氯酸鹽的形成率就會降低大約 2 倍。因此，需要將溫度降低接

近15°C才能獲得與簡單的1:2稀釋相同的效果。圖3.8-1顯示了溫度和稀釋度的相對重要性。

在此可以注意到，具有高濃度次氯酸鈉（10-20%）的高強度 OSG 溶液在儲存降解特性和降解緩解策略方面的表現與分批式次氯酸鹽相似。低濃度 OSG 溶液(>1%)不會遵循圖 3.8-1 所示的高氯酸鹽降解途徑。

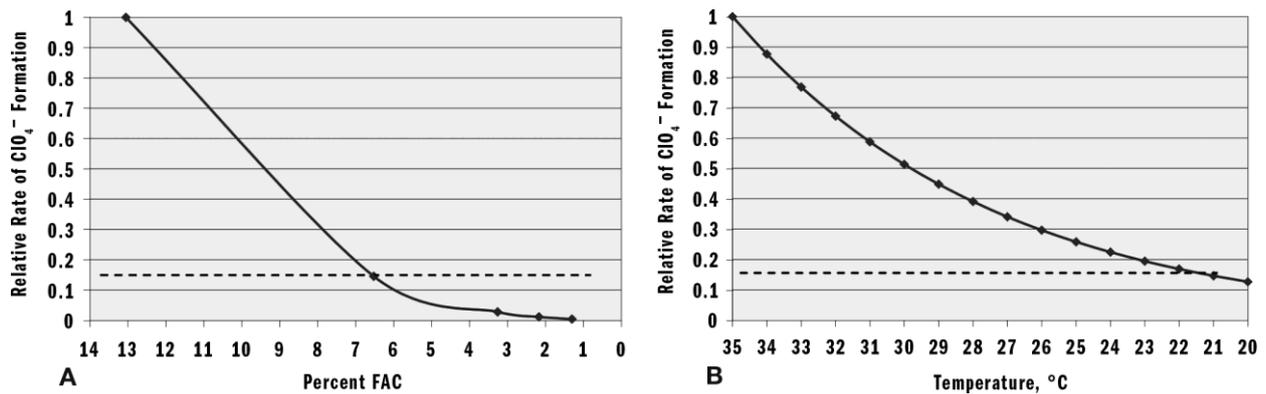


圖 3.8-1 顯示在(a)濃縮溶液稀釋和(b)溫度降低後散裝次氯酸鹽中，高氯酸鹽形成的相對速率的圖表

## (二) 溴酸鹽

如前所述，溴化物與次氯酸反應後，溴酸鹽濃度保持不變。因此，這種污染物的風險較低，並且很大程度上取決於製造過程中溴化物的含量。

### 3.8.3 控制策略

減少分批式次氯酸鹽中氯酸鹽和高氯酸鹽形成的控制策略主要為稀釋以及溫度控制（圖 3.7-1）。舉例來說，冷卻 12% 的分批式次氯酸鹽溶液至 15°C 可以將次氯酸鹽的分解速度和高氯酸鹽的形成速度降低 7 倍。其他方式還有儲存次氯酸鹽溶液於無照光之環境中（避免次氯酸鹽的光催化降解）和減少分批式次氯酸鹽中的過渡金屬離子（例如錳、鐵、鈷、鎳和銅，所有催化次氯酸鹽的降解物）。可以向廠商索取分批式交付的氯酸鹽儲存及運送歷史，以減少降解的因素。

對於現地生產 OSG 系統而言，盡量減少無機 DBP 的形成，在需要減少或消除電解過程中

氯酸鹽產生的情況下，可通過降低 pH 值或提高鹽水溫度來調節鹽水以減少氯酸鹽的相對產量。這兩種方法都可以很容易地在現有的 OSG 系統上進行改良。由於鹽水溶液中存在溴化物時，電解過程中和電解後會形成溴酸鹽，因此最大限度減少 OSG 系統產生溴酸鹽的最佳控制策略是確保使用高質量、低溴化物的鹽。電解後，建議盡可能在 OSG 次氯酸鹽溶液生成後儘快使用，或將溶液儲存在無光線之黑暗中，並盡可能冷卻溶液，以減少氯酸鹽和高氯酸鹽的濃度。

## 第四章 商用 OSG 系統概述

具備尺寸穩定的陽極 (DSA) 技術，這是過去 50 年來生產次氯酸鹽的關鍵進展。在電解單元內部，氯化鈉鹽水中的氯離子通過流過電解單元的電流被氧化。通過該電解氧化過程，將用作電解單元原料的氯化鈉 (NaCl) 鹽水轉化為含氯水的消毒液。當使用分離的電解單元 (例如用於批量次氯酸鹽生產和高強度 OSG 系統中的電解單元) 時，也可能產生重要的化學物質，例如氫氧化鈉。

儘管使用 DSA 技術生成氯水溶液的基礎相對簡單，但是電解過程可能會受到系統設計，設施設計，環境條件 (溫度, pH) 和進料化學物質 (鹽水或酸) 的影響，從而影響含氧化劑溶液的化學形式以及產品生產上的效能。在本章中，對每種類型的系統的描述，包括低強度 OSG，高強度 OSG，散裝次氯酸鹽，氯氣 (液氯) 等的優缺點。現場產生的氯氣，可以從具有適當配置的高強度 OSG 系統中產生。本章的各節涵蓋以下主題：

1. DSA 電極單元配置概述
2. 低強度次氯酸鈉 (<1%NaOCl)
3. 高強度次氯酸鈉 (12-15%NaOCl)
4. OSG 系統進料品質要求

### 4.1 DSA 電極單元配置概述

DSA 技術被廣泛用於許多類型的氯氣和次氯酸鹽生產，包括 OSG 系統以及生產氯氣和批量輸送次氯酸鹽的製造工廠。與低強度 OSG 系統相比，氯氣，散裝次氯酸鹽和高強度 OSG 系統生產中的主要區別是陽極單元產物 (次氯酸鹽或氯氣) 與陰極單元產物 (氫氧化鈉) 的分離或氫氧化鉀。

對於高強度 OSG 系統，電解單元中的膜使電解單元一側的陽極產物與另一側的陰極產物保持分開。從 DSA 的陽極側產生並收集氯氣 (次氯酸鹽) 或氯氣。經常收集苛性鈉溶液 (氫氧化鈉或其他鹼) 並用於再生鹽水，或者也可以將其用作生成高濃度次氯酸鈉溶液。用於自來水處理的大多數低強度 OSG 系統不需要膜。它們在電解單元中合併了陽極流 (氯水溶液) 和陰極流 (苛性

鈉)。通過合併溶液，電解單元更堅固（沒有膜），更易於維護，並且產生的產品的 pH 值更中性（pH 值接近 9），最終游離氯和有效氯(FAC)濃度<1%。可用的典型濃度為 0.4%和 0.8%的市售百分比。所有使用 DSA 技術的系統都會產生副產品氫氣，必須對其進行妥善管理。

$$\text{市售百分比}=\text{g/L Cl}_2\div 10$$

$$\text{市售百分比}=\text{有效 Cl}_2\text{ 的重量百分比}\times\text{比重}$$

#### 4.1.1 使用電解單元生產氯氣和散裝次氯酸鹽

氯氣和次氯酸鹽生產設施也稱為氯鹼工廠，因為電解生產過程會同時生產氯(chlor)和鹼性溶液(alkali)。為了產生氯氣，將純淨的飽和鹼性鹽溶液送入電解單元，在電解單元中用 HCl 將 pH 值調節至 2.5~5。鹽水被電解後，將氯氣排放至陽極液體罐進行處理，並為了生產次氯酸鈉，將鹽水的 pH 值調高，以使氯氣溶解到溶液中。另未使用(廢棄)的鹽水通過一系列步驟進行再生，這些步驟包括 pH 調節，溫度控制，脫氯和過濾，再生步驟取決於電解單元的類型。而電解單元陰極側產生的氫氧化鈉或氫氧化鉀經過加工後銷售。從氯鹼工廠生產的陽極氯氣通常用於氯化碳氫化合物，用於塑料和聚氯乙烯（PVC）生產，而苛性鈉用於玻璃製造。儘管氯鹼工廠最終生產的產品中只有一小部分最終用於自來水處理過程，但這些產品的運輸約佔交易費用的 90%。

因此，對於製造商和公用事業公司而言，它們也代表著更大的安全隱患之一。高強度 OSG 系統的製造商通過將通常在氯鹼工廠中使用的技術引入現場，降低了運輸風險。

#### 4.1.2 電解單元配置

電解單元性能定義為產生一單位（通常為磅或千克）氯當量的功率效率。該性能由幾個變量控制：鹽含量、溫度、流速、陽極塗層、陰極類型、電解單元電流密度、溫度、pH 值以及以液壓方式串聯的電解單元數量。由於當今大多數電解單元使用的陽極塗層和陰極類型都非常相似，因此影響性能的主要變量（在可能的最低能量轉換效率[ECEs]和鹽轉換效率[SCEs]下產生次氯酸鹽）按重要性排序如下：串聯電解單元數量、電解單元工作電流密度和溫度。因此，大多數製造商在他們的控制範圍內平衡參數（陽極和陰極選擇、電流密度、溫度和控制），以盡可能地以最佳 ECE 和 SCE 生產高純度產品。

### 4.1.3 電解單元電路

目前可獲得的所有 DSA 電解單元都具有水平或垂直方向。為了最大程度地提高效率，製造商傾向於使用雙極型電解單元，但是仍然存在一些單極型電解單元。單個電解單元或多個電解單元組件可以液壓和電氣方式串聯連接，以提供更大的容量。有時，在發生故障時，會使用多個單元組件提供備援。電解單元的方向和設計應以確保氫氣可排至每個隔室的頂部，並適當地流入氫氣排放系統。製造商對氫管理的建議可能有所不同；有些在產物流入儲罐後排放氫氣，其他一些則選擇在次氯酸鹽到達儲罐之前排放氫氣。

電解單元設計將在下面進行介紹：

1. 平板型雙極電解單元，採用壓濾配置，其中每個電極的一個面為陽極，另一面為陰極。圖 4.1-1 顯示了這種類型的電解單元示例。
2. 平板雙極佈置在玻璃纖維增強塑料 (FRP)，PVC 或丙烯酸管/管中，在電解單元內具有單獨的隔室，並且每個 DC 電源連接都有一個端子電極組。圖 4.1-2 顯示了這種類型的電解單元示例。

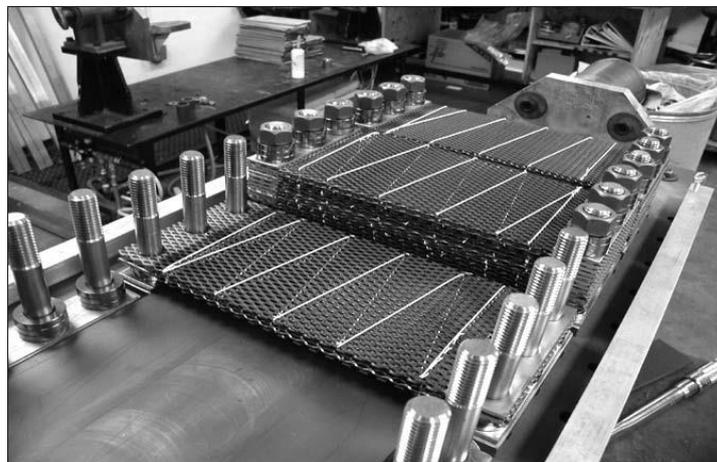


圖4.1-1 平板型雙極電解單元示例<sup>[1]</sup>

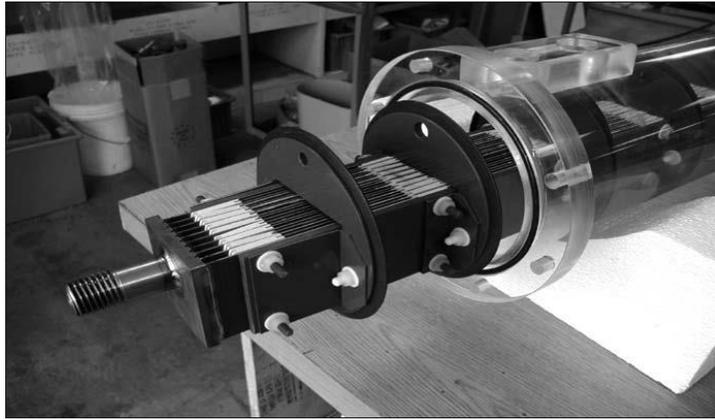


圖4.1-2管狀配置的扁平型雙極電解單元排列示例<sup>[1]</sup>

## 4.2 低強度次氯酸鈉 (<1%NaOCl)

電解單元系統的類型和工作原理：為了電解用於生產低強度次氯酸鈉的鹽水溶液，與使用分隔槽幾何結構的系統相比，鹽水電解槽設計用於極低的鹽水進料流速和狹窄的電極間隙。低強度OSG系統的能量轉換效率(ECE)通常為1.8至3.0kW·h/磅游離氯和有效氯[FAC]，鹽轉換效率[SCE]為每磅FAC產出約需3磅的鹽。

製造商通常建議將低強度OSG系統的大小設計為可運行約2天，但根據特定的工廠位置，佈局，操作和適用的法規/規範，許多設施的設計時間將比此更長（最多30天）。其他系統可能會根據每小時的運行時間規模進行調整，以滿足每小時的高峰流量。為了適應這些變化的要求，系統通常配置有以下標準組件，並以下面描述的方式運行。

- 軟水器：用於供給水除去鈣和鎂。
- 鹽溶解器/鹽水桶：提供電解所需的鹽溶液。
- 鹽水進料設備：鹽水泵，用於控制鹽水流入電解槽的過程。
- 一個或多個電解單元：電解稀鹽溶液。
- 直流電源整流器：為電解提供直流電。
- 儲桶：產品儲藏以滿足計量要求以及確保連續計量能力必不可少的任何多餘容量。注意：在極少數情況下，設施可以直接配量，而無需使用儲罐。
- 除氫系統：用於將電解過程中產生的副產物氫氣排放到建築物外部。
- 帶有定量控制的定量泵：根據餘氯和/或接收水流的流速提供所需的消毒劑量。

- 電解單元清潔系統：用於去除生產過程中沉積在電解單元陰極上的鈣質物質。
- 中央控制面板：執行系統生產控制功能。

一個簡單的 OSG 低強度系統操作始於飲用水流過軟水器，從而降低了水的硬度。每個製造商都有各自允許的硬度，但是大多數製造商將要求硬度小於 20mg/L 的碳酸鈣。將一部分軟化水添加到鹽溶解器中，製成約 300g/L 的濃鹽水溶液。然後將濃縮的鹽水與主流的軟化水混合，以產生約 3%（30g/L）飽和鹽水濃度。然後將該飽和鹽溶液泵送通過電解單元。電解單元將鹽溶液電解成次氯酸鈉，然後由進水壓力迫使其流到儲桶，來自儲桶的次氯酸鈉以計量泵的進行加藥。這些泵可通過餘氯分析或流量調節信號進行操作控制，以將次氯酸鈉供應到消毒點。

所有電解單元都需要清潔方案。許多系統使用 5~10% 的鹽酸（硫酸）或氨基磺酸，一些 OSG 系統使用自動酸洗系統，而另一些則需要手動酸洗。較新的方法包括使用反極性將陰極臨時更改為陽極，從而清潔電解單元的陰極側。

低強度 OSG 系統易受水溫低於 15°C 和高於 26°C 的影響。如果水溫低於 15°C，則必須通過在電解單元出口處添加某種形式的熱交換器來提高水溫。入口給水通過交換器的一側，被加熱的產品通過相對側。交換器的尺寸需確保系統入口水被加熱到至少 15°C。對於高於 26°C 的水溫，可以使用冷水機冷卻水溫。軟化水在送入電解槽之前通過冷卻器。較低和較高的水溫是地表水源的一個問題，地下水源通常具有更穩定的溫度，但應評估任何水源的歷史溫度數據。

圖 4.2-1、4.2-2 和 4.2-3 顯示了三種市售的低強度次氯酸鈉系統的技術流程圖。

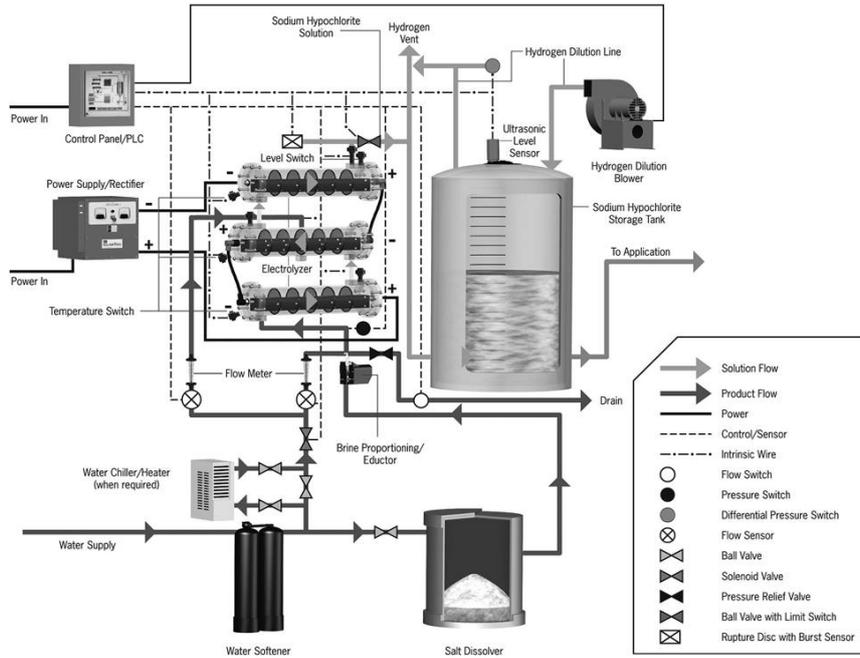


圖4.2-1 CloTec技術流程圖<sup>[1]</sup>

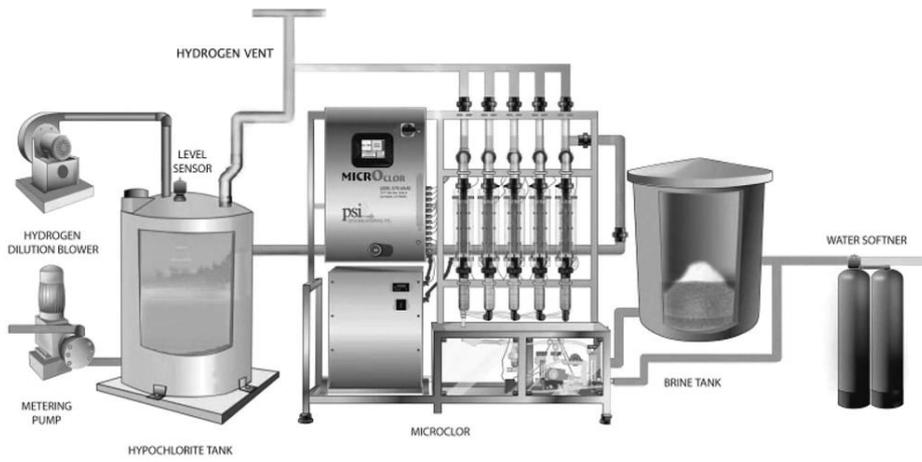


圖4.2-2 MicroOlor技術流程圖<sup>[1]</sup>

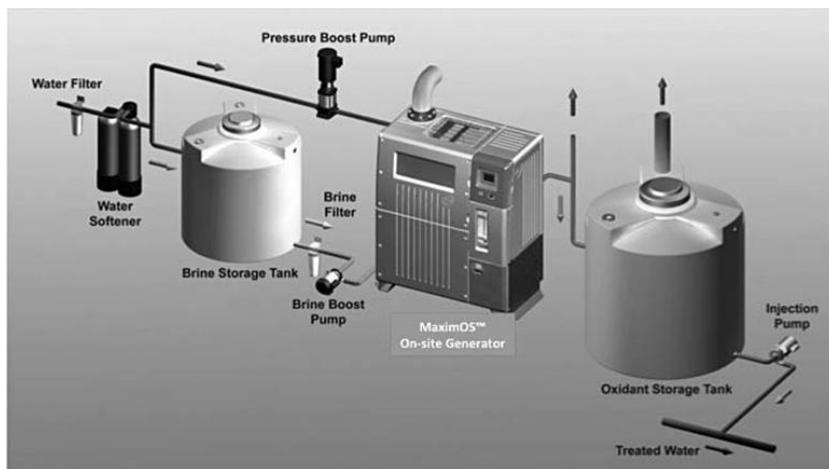


圖4.2-3 MaximOS技術流程圖<sup>[1]</sup>

### 4.3 高強度次氯酸鈉 (>12 - 15%NaOCl)

與用於低強度 OSG 系統的鹽水電解一樣，高強度 OSG 系統使用鹽水溶液與直流電反應生成高強度的次氯酸鈉（最高 19%）。但是，與低強度 OSG 系統相比，這是僅有的類似組件之一。高強度 OSG 系統與氯鹼工廠使用的系統密切相關，使用的是分離的電解單元配置，其中包含將陽極和陰極分成兩個不同隔室的膜。儘管這提供了較高強度陽極產物的優勢，但還需要低強度 OSG 系統不需要的其他維護和鹽水調節/再生過程。高強度 OSG 系統通常具有以下組件，這些組件也顯示在圖 4.3-1 和 4.3-2 中。高強度系統的安裝照片如圖 4.3-3 所示。

- 鹽溶解器/鹽水桶：產生飽和鹽水溶液。
- 鹽水預處理系統：從鹽水流中除去沉積物，並為鹽水軟化器模塊適當調節 pH 和溫度。
- 鹽水軟化器模塊：將鹽水溶液的硬度降低至小於 20  $\mu$ g/L。
- 鹽水儲桶：在較大的系統中將無沉澱的低硬度鹽水儲存 8-24 小時。
- 鹽酸桶：儲存鹽水軟化器模塊再生過程中使用的鹽酸。
- 膜式電解單元：通過基於全氟化磺酸膜的化學反應產生氯氣，苛性鈉和氫氣。
- 陽極液接收器水箱：從電解槽中收集含溶解氯的鹽水。
- 陰極液接收罐：從電解槽中收集 15% 的苛性鈉。
- 氫氣稀釋鼓風機：提供稀釋空氣以將氫氣濃度降低到爆炸下限以下。
- 氯氣汽提塔單元：從陽極電解液接收桶中除去廢棄鹽水中溶解的氯氣，並為鹽水預處理系統提供熱量。
- 鹽水脫氯模塊：對氯氣汽提塔中消耗的鹽溶液進行脫氯。
- 亞硫酸氫鈉桶：儲存鹽水脫氯模塊中使用的亞硫酸氫鈉。
- 熱交換器：將熱量從氯氣汽提塔模塊傳遞到原鹽水溶液。
- 次氯酸鹽轉化模塊：通過膜池電解單元中的氯氣和陰極電解液接收桶中的苛性鈉的反應生成濃次氯酸鈉溶液。
- 直流整流器：將交流電轉換為直流電，以提供給電解單元。
- 主控制面板：包含嵌入式儀器，可在自動模式下控制整個 OSG 系統，或便於手動操作每台設備。



的多功能性，以及可承受無法預料的系統不匹配和硬度波動。

將飽和的鹽水送入陽極液室，將軟化水送入陰極液室。直流（DC）電源從整流器提供給膜電解單元的陽極和陰極。帶有貴金屬氧化物塗層的 DSA 鈦陽極在陽極液室中產生反應，生成氯氣和鈉離子。氯氣被排放到陽極液接收器槽中，該槽具有帶鈦熱交換器的冷卻水迴路，以將陽極溶液保持在最佳溫度。鈉離子將通過膜遷移回來，在陰極液室中形成苛性鈉。形成了含有溶解氯的陽極電解液鹽水，該鹽水將被送至氯氣提塔模塊進行脫氯和 pH 調節，然後循環回到鹽水溶解器中進行再飽和。

316L 不銹鋼的陰極在陰極液室中產生反應，產生氫氣和氫氧根離子。氫氧根離子與鈉離子發生反應，後者從陽極液室中反遷移形成氫氧化鈉，通常也稱為苛性鈉。送入陰極液室的軟化水將使苛性鈉濃度保持在 15%。但是，它的範圍從 5% 到 20%。氫氣的密度低於空氣，它將從陰極液室中排出，到達陰極液接收桶，以排放到大氣中。陰極液接收桶儲存 15% 的苛性鈉溶液，並向鹽水預處理系統，次氯酸鈉轉化模塊和鹽水脫氯單元提供苛性鈉。

兩台氫氣鼓風機，一台值班，一台備用，排放到陰極液接收桶中以供應稀釋空氣，這會將氫氣濃度降低到爆炸下限以下。通風孔配有流量傳感器，以確保持續的氣流。如果未檢測到氣流，則備用鼓風機將在 2 秒內啟動。如果仍未檢測到氣流，則為安全起見，將關閉 OSG 系統。

來自膜電解單元陽極液室含有溶解氯的廢棄鹽水被泵送到氯氣汽提塔單元中的氯化鹽水桶中。將鹽酸（32%）泵入氯化鹽水桶中，以將 pH 值降至 2，然後鼓風機將空氣吹入溶液中，以將大部分氯從鹽溶液中分離出來。夾帶空氣的氯溶液被送到次氯酸鹽轉化模塊，廢棄氯鹽水被泵送到鹽水脫氯模塊。氯化鹽水桶包含一個熱交換器，該熱交換器會將熱量從鹽水預處理系統傳遞到原鹽溶液。

鹽水脫氯模塊從氯氣汽提塔單元中接收廢棄的鹽溶液。將苛性鈉添加到廢棄的鹽水溶液中以將 pH 值提高到 10，然後添加亞硫酸氫鈉以淬滅鹽水溶液中的剩餘氯。溶液桶中的氧化還原電位（ORP）探頭將確定為去除剩餘氯而需要進料亞硫酸氫鈉的量。鹽溶液被送入鹽溶解器/鹽水桶進行再飽和。

由薄膜電解單元產生的氯氣經氯氣汽提單元(壓力為-5~-20 英吋水柱)分離後至次氯酸轉換模

組。氯氣與來自陰極電解液接收桶的 15% 苛性鈉反應，形成 12.5% 的次氯酸鈉溶液。次氯酸鈉反應放熱，需要冷卻。鈦板框式換熱器通過冷卻水將熱量降低到最高 40°C 以下。苛性鈉的強度可以在 5% 到 20% 之間變化，這將影響次氯酸鈉的濃度在 5% 到 12.5% 的範圍內。該反應由 ORP 傳感器監控，以確定過量的苛性鈉濃度並調節苛性鈉進料速率以產生 12.5% 的次氯酸鈉溶液。次氯酸鈉溶液將被送至儲桶，由計量泵注入到加藥地點。

主控制面板控制生成系統。生成系統的控制邏輯位於主控制面板中，具有許多輸入和輸出 (I/O) 點。生成系統可以通過嵌入式控制邏輯以完全自動化的方式運行，也可以通過完全手動的方式運行，這將使操作員可以分別調整生成系統的各個組件。主控制面板包含選擇器開關，這些選擇器開關可以手動操作每台設備，以便可以根據需要選擇一件設備手動運行，而系統的其餘部分則自動運行。

電機控制中心裝有電機啟動器和饋線斷路器，以操作發電系統的電氣負載。主控制面板將控制電動機啟動器，以使泵和鼓風機的電動機運行。

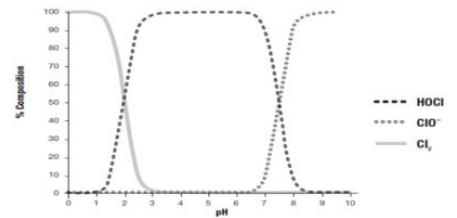
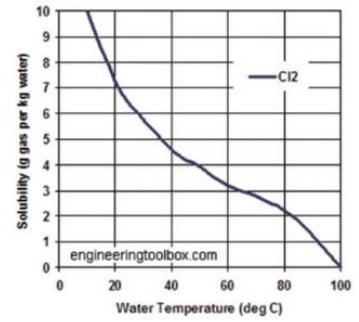
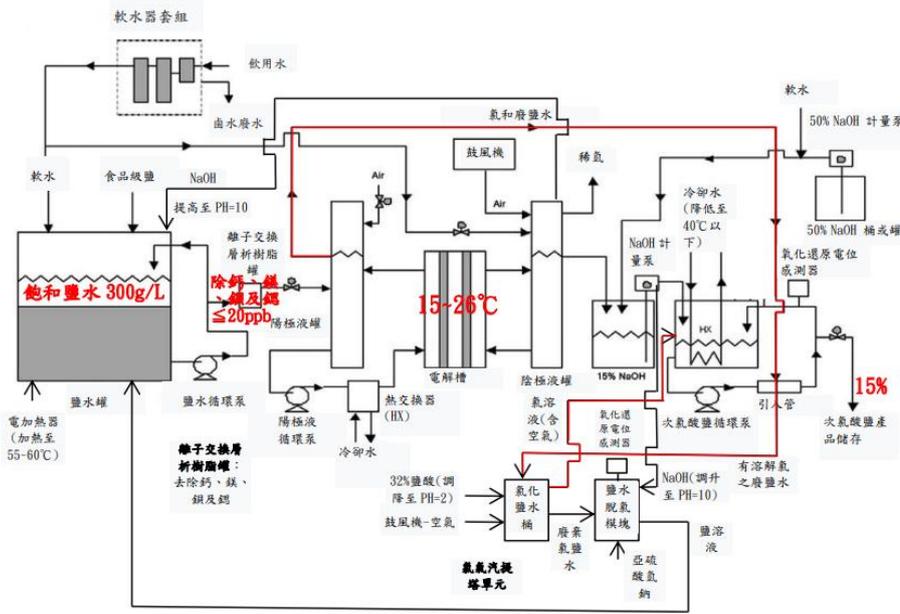


圖4.3-2高強度次氯酸鹽系統簡化技術流程圖<sup>[1]</sup>



圖4.3-3 20-lb/d生成機 (左) 和 1,200-lb/d生成機 (右); lb/d是每天氯氣當量的磅數<sup>[1]</sup>

## 4.4 OSG 系統進料品質要求

### 4.4.1 鹽品質考量和規格

次氯酸鈉和氣態氯生成過程中使用的鹽的質量非常重要，因為它與可形成的副產物，所需的維護間隔以及陽極板和陰極板的預期使用壽命有關。表 4.4-1 及 4.4-2 列出了低強度和高強度 OSG 系統製造商的最低鹽品質要求。

表4.4-1每家低強度和高強度OSG製造商在發佈時報告的鹽規格<sup>[1]</sup>

報告的成分或雜質	ClorTec*	OSEC <sup>†</sup>	MicrOclor <sup>‡</sup>	MIOX <sup>§</sup>	Klorigen <sup>¶</sup>
氯化鈉乾基	96.30% min.	99.80% min.	99.40% min.	99.50% min.	99.95% min.
氯化鈉濕基	93.30% min.	None reported	96.40% min.	None reported	None reported
硫酸鈣	0.30% max.	Reported differently	0.10% max.	Reported differently	Reported differently
氯化鎂	0.06% max.	Reported differently	0.06% max.	Reported differently	Reported differently
氯化鈣	0.10% max.	Reported differently	0.08% max.	Reported differently	Reported differently
硫酸鎂	0.02% max.	Reported differently	0.02% max.	Reported differently	Reported differently
不溶物	0.10% max.	0.10% max.	0.10% max.	0.005% max.	20 ppm max.
水分（以 H <sub>2</sub> O 計）	3.00% max.	None reported	3.00% max.	Reported differently	1.00% max.
鉛	0.0007% max.	None reported	0.0007% max.	Reported differently	None reported
銅	0.0003% max.	None reported	0.0003% max.	Reported differently	0.20 ppm max.
鐵(as Fe)	0.00200% max.	None reported	0.00200% max.	0.0005 %max.	0.70 ppm max.
氟化物	0.00001% max.	None reported	None reported	None reported	0.05 ppm (as fluorine) max.
錳	<0.0002%	None reported	See <sup>‡</sup> below	0.00002 %max.	0.05 ppm max.
溴化物**	None reported	None reported	None reported	None reported	150 ppm max.
鈣和鎂（以鈣計）	Reported differently	0.14% max.	Reported differently	Reported differently	60 ppm max.
硫酸鹽（以 SO <sub>4</sub> 計）	Reported differently	0.16% max.	Reported differently	Reported differently	0.05% max.
鈣（所有形式）	Reported differently	Reported differently	Reported differently	0.01% max.	Reported differently
鎂（所有形式）	Reported differently	Reported differently	Reported differently	0.01%	Reported differently
添加劑類	0%	None reported	None reported	0.0001%	

注意：min.-最小;max.-最大

\*請勿使用有機粘合劑，流動調節活性劑或樹脂清潔材料。

<sup>†</sup>粗顆粒或造粒食品級/柔軟劑級（即低硬度）。

<sup>‡</sup>電解液中的錳含量極低（大於20 ppb）會導致陽極嚴重降解並縮短其使用壽命。如果軟化水中沒有Mn，則可以用最大含量為0.5 ppm Mn的干鹽製成3%的鹽溶液，而不會引起問題。重要提示：如果大量散裝運送鹽，供應商應使用專用於運送鹽的運送卡車。這樣可以避免同一拖車中先前裝載的貨物產生交叉污染。

<sup>§</sup>來自進水源或鹽原料的鈣化是主要維護問題的根本原因。數據已證明，鈣和鎂含量較高的鹽會導致電解單元鈣化，從而降低鹽分和能源效率。

<sup>¶</sup>高強度OSG系統需要更高純度的鹽。這些系統還存在其他令人關注的污染物，這些污染物通常不會以相同的有害方式影響低強度OSG系統。

\*\*一些製造商建議使用食品級鹽，以確保鹽中僅存在低濃度的溴化物（可能形成溴酸鹽）。OSG製造商無法在不知道鹽中預期的氯含量和溴化物含量的情況下提供有關溴鹽濃度的建議，而鹽含量製造商的規範中通常並未包括這些建議。

表4.4-2高強度OSG製造商在發佈時報告的鹽規格<sup>[1]</sup>

高強度 OSG 生產次氯酸鈉和氯氣系統關注的其他污染物					
	ClorTec*	OSEC†	MicrOclor‡	MIOX§	Klorigen¶
鋇					1.00 ppm
鉍					1.00 ppm
二氧化矽					5.00 ppm
碘					0.05 ppm
鉻					0.02 ppm
鎳					0.02 ppm

#### 4.4.2 水質注意事項和規格

用於製造次氯酸鈉的水的品質與鹽的要求一樣重要，並且每個製造商的水質要求都不同。製造商提供這些指導原則的目的是努力平衡一系列可能的水雜質與電解單元的運行和維護參數。表 4.4-3 總結了兩個不同製造商的要求。

表 4.4-4 列出了可能影響每個自來水系統的氧化劑需求，OSG 的氧化劑產生或電解單元本身壽命的因素。考慮到最壞情況的措施非常重要，因為水質會因季節而異。

表4.4-3水質指標報告ClorTec和MicrOclor \*<sup>[1]</sup>

欄 1	ClorTec	MicrOclor
pH 值	6.5 - 7.5	6.5 - 8.5
硬度 (以 CaCO <sub>3</sub> 計)	<10 ppm	<10 ppm
總有機碳 (TOC)	<2 ppm	<5 ppm
鐵	<200 ppb	<200 ppb
錳	<10 ppb	<10 ppb
鎳	<5 ppb	<5 ppb
氟化物	<1 ppm	<2 ppm
銅	<5 ppb	<5 ppb
氣	<2 ppm	<5 ppm

表4.4-4水質指標報告MIOX系統\*[1]

會受什麼影響					
	Measure	限制	氧化劑的需求	生產氣	電解單元壽命
總硬度†	mg/L (or grains/gal)	<17.1 mg/L (1 grain/gallon)		X	X
鐵 (Fe) †§	mg/L	<1 mg/L	X		X
錳 (Mn) †	µg/L	<50 mg/L	X	X	X
氟化物 (F1)	mg/L	<1 mg/L			X
二氧化矽 (SiO <sub>2</sub> )	mg/L	<80 mg/L		X	X
溴化物	mg/L	<50 mg/L			X
氯化物	mg/L	<1 mg/L			X
鉛	mg/L	<2 mg/L			X
溶解的硫化物 (as H <sub>2</sub> S)	mg/L	‡	X		
氨氮 (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	‡	X		
有機氮 (Org=N)	mg/L	‡	X		
總有機碳 (TOC)	mg/L	‡	X		
pH	—	5 - 9		X	X

†警告：軟水器將最多清除這些成分。請參閱軟水器文檔中有關最大含鐵量和錳含量的參考。總硬度僅影響電解單元壽命，因為更高的硬度需要酸洗以去除電解單元中的碳酸鹽沉積物。使用軟化的<1顆粒硬度的水不需要對電解單元進行酸洗。

‡氧化劑需求受任何濃度的H<sub>2</sub>S、氨或有機氮或TOC的影響。

§鐵可能將Fe(OH)<sub>3</sub>沉積在陽極上，導致電“盲”，這將增加系統達到運行窗口所需的鹽水比例泵信號電壓（鹽水比例泵速度）。氣的產量將保持不變，但鹽轉化效率將降低。二氧化矽在陰極上的作用相同。

### 4.4.3 原材料輸入和其他必需的化學注意事項

每個現場次氯酸鈉和氣態氯的生成過程都需要一定量的電，鹽和水。高強度的次氯酸鈉和氣態氯的生成還需要一定量的鹽酸，亞硫酸氫鈉和其他苛性鈉。表 4.4-5 概述了每種 OSG 系統的特  
定化學，功率和水要求。該表還列出了高強度 OSG 系統所需的指定化學藥品量。

表4.4-5 OSG系統生產氯消毒劑資源數量統計表<sup>[1]</sup>

		低強度次氯酸鈉(<1%)	高強度次氯酸鈉 (12 - 15%)	氣態氯
鹽	(磅 required/磅 Cl <sub>2</sub> produced)	2.5 - 3.0	1.65	1.65
電	(kW·h required/磅 Cl <sub>2</sub> produced)	1.8 - 3.5	1.75	1.75
水	(加侖 required/磅 Cl <sub>2</sub> produced)	15	1	1
鹽酸 (32%)	(磅 required/磅 Cl <sub>2</sub> produced)	n/a	0.017	0.017
亞硫酸氫鈉 (34 %)	(磅 required/磅 Cl <sub>2</sub> produced)	n/a	0.007	0.007
苛性鈉 (50%)	(磅 required/磅 Cl <sub>2</sub> produced)	n/a	0.012	n/a

# 第五章 OSG 施工安裝

## 5.1 OSG 施工安裝概述

OSG 技術的最新進展以及對與氯氣相關的安全性和安全性風險的日益關注，已導致現場生成次氯酸鈉成為一種更具吸引力且更具成本效益的選擇。該系統生產過程涉及將直流電（DC）通過電解板施加到鹽水溶液中，鹽溶液係通過將鹽（NaCl）溶解在軟化水中而產生的。當溶液在板之間通過時，形成了次氯酸鈉溶液。氯也作為該反應的副產物產生，通常被稀釋並排放到大氣中。

雖然 OSG 生產氯水的基礎相對簡單，但 OSG 系統最佳運行的能力還取決於其在設施中的組成方式。本章將提供有關一般設計概念和典型方法的其他見解，這些概念和方法通常被建議作為低強度和高強度 OSG 系統的設計和構造指南。本章中的各節涵蓋以下主題：

1. 一般系統佈局和空間考慮
2. 系統選型
3. 鹽和次氯酸鈉的儲存

### 5.1.1 一般系統佈局和空間考慮

各種方法可用於低強度和高強度 OSG 系統的技術設計和設備佈局（圖 5.1-1）。決定整體佈局的主要因素是容納特定製造商的設備，並考慮系統是要改裝到現有空間中還是安裝到新設施中。無論項目是改造還是安裝到新站點，系統佈局所採用的方法都必須與選定的系統製造商仔細協調，因為每個製造商需要不同的佔地面積，並且可能有各自變化的電解單元。不同 OSG 系統製造商的鹽水泵、熱水器、鼓風機、軟水器等輔助設備也各不相同，這些因素都會影響整個系統的佈局。

系統的易操作性和維護性取決於 OSG 系統的成功設計、構建和啟動：易於進入電解單元以取出陽極和陰極對於維護、清潔和更換至關重要，以確保連續、可靠地生產次氯酸鈉，且 OSG 系統的輔助設備需要足夠的空間來進行日常維護，通常任何輔助設備至少三個側面都需要 3 到 4 英尺的淨空間。

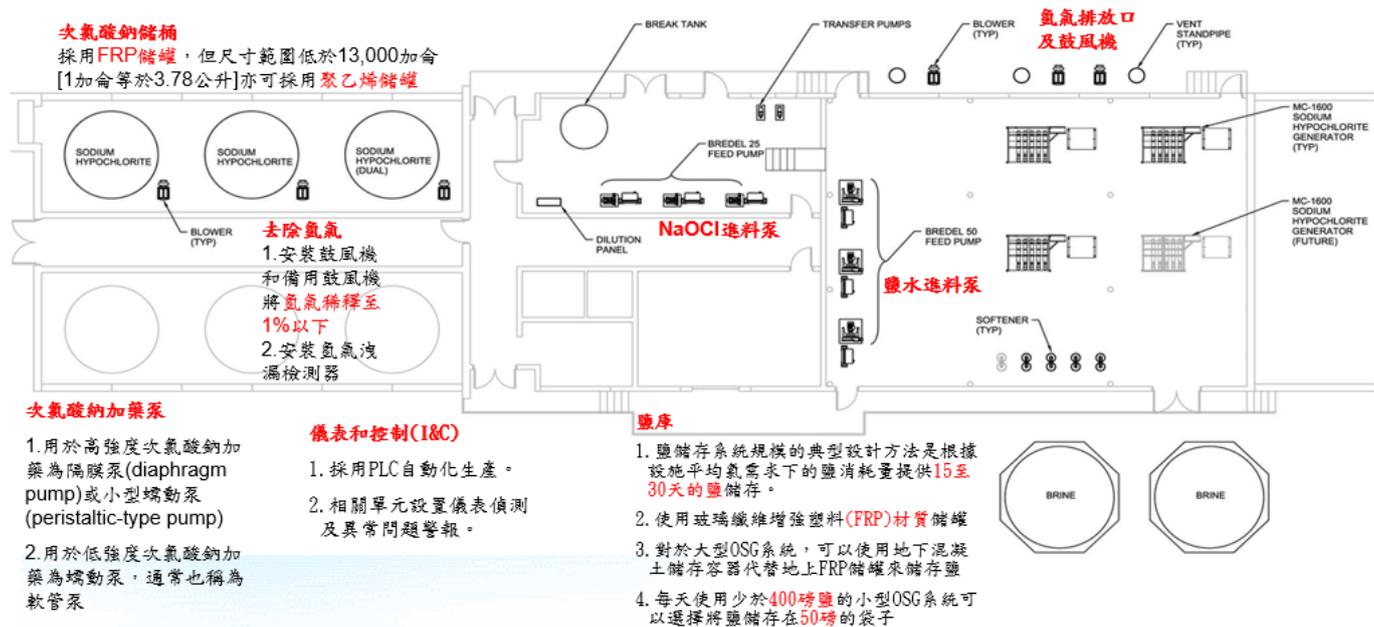


圖5.1-1低強度OSG系統佈局示例（現場考慮將決定實際佈局。）<sup>[1]</sup>

### (一)低強度和高強度操作的異同

要了解如何在可用空間內最好地佈置 OSG 系統，了解每個系統之間的異同非常重要。OSG 系統目前有兩種選擇：生成<1%之方案的低強度 OSG 系統和生成 12.5%之方案的高強度 OSG 系統。低強度 OSG 系統與高強度 OSG 系統之間的主要區別在於，高強度 OSG 系統中的電解單元（稱為電解槽）採用陽離子遷移膜將陽極反應與陰極反應分開。此外，在生成高強度次氯酸鈉溶液期間使用的鹽水溶液可能需要比低強度 OSG 系統更高的純度。鹽水預處理和淨化過程的水平取決於鹽的質量。如果不使用高純度食品級鹽，則需要進行預處理以去除低純度日光鹽中存在的雜質。通常，鹽必須滿足以下一般純度要求，否則需要在高強度 OSG 技術中進行預處理：

1. 氯化鈉>99.95%
2. 硫酸鹽<0.05%
3. 總 Ca+Mg 硬度<0.0006%
4. 銅<0.2ppm
5. 鐵<0.7ppm

無論是使用低強度還是高強度生成系統來生產次氯酸鈉，OSG 系統都可以以**批量模式**或**按需模式**運行。系統實際運行時間取決於生成量和次氯酸鈉需求量。在典型的系統中，當儲存的次氯

酸鈉溶液的體積下降到預定存量時，系統則開始生成次氯酸鈉溶液。生成系統保持開啟，直到儲桶重新裝滿適當的存量。由於重啟系統需要時間，通常高強度 OSG 系統不會在批量處理模式下運行，然而與低強度 OSG 系統相比，高強度 OSG 系統的調節比通常更大，允許通過改變每單位時間產生的次氯酸鹽溶液的體積來連續生產。

與高強度系統相比，低強度 OSG 系統需要更少的組件並且不那麼複雜，但它們需要更多的水和鹽來產生較低濃度次氯酸鈉溶液。高強度 OSG 系統還提供了從生成系統生成次氯酸鈉和直接供給氯氣的靈活性，同時還生產可用於工廠處理過程中其他用途的燒鹼，且配置使用次氯酸鹽轉化模塊，由此應用額外的苛性鈉將氯氣轉化為高濃度次氯酸鈉。

### 5.1.2 系統選型

OSG 系統的尺寸與典型的大容量儲存型化學品進料系統的尺寸不同，主要在於次氯酸鈉在生成時使用，只有少量化學品儲存在現場。OSG 系統規模和設計的主要考慮因素如下：

1. 根據最大平均 FAC 需求到最大 FAC 需求（所需的化學品數量）設計安裝 OSG 裝置的尺寸和數量。
2. 提供的化學品儲存量和儲存期限。儲存有時用於彌補峰值流量和最大平均流量之間的氯需求差距。
3. 替代備援功能；例如，使用散裝次氯酸鈉。

#### （一）需用水之考量

OSG 設備製造商的用水要求是系統選型和設計的重要考慮因素。水壓和水質要求均取決於 OSG 設備製造商的規格，因此需要在設計中加以考慮。例如，硬（高鹼度）水可能需要顯著的軟化預處理。如果水壓不足，系統可能無法工作。

#### （二）OSG 單元尺寸

與大宗化學品儲存設施的典型設計不同，後者提供 15 至 20 天的化學品儲存期，OSG 次氯酸鈉則是“按需”生產的，所提供的生成溶液的儲存量通常最少。雖然 0.8% 的溶液通常可以在不降低濃度的情況下儲存比製造商建議的更長的時間，但在峰值流量事件期間儲存容量可能仍然有限。

將 OSG 設備故障導致的潛在停機時間降至最低非常重要。必須首先考慮電解單元本身，因為它們是系統的核心。

對於給定的系統，通過計算每天的氯需求量（以氯磅為單位）來確定 OSG 系統的所需容量。由於次氯酸鈉是按需生成的，因此重要的是，要以最大預期氯劑量通過自來水處理廠的最大流量來計算氯需求，這種方法適用於在相對不久的將來將達到最大容量的自來水處理廠或水資源回收廠。但當這些自來水處理廠多年無法以最大設計容量運行時，此種計算方式可能會給自來水處理廠的選型帶來問題，在這些情況下，峰值流量和最大平均流量的系統規模之間的折衷可能是最好的解決方案，特別是如果與適當的儲存容量相結合。如果提供了額外的儲存容量以確保有足夠的次氯酸鈉可用，則可以使用其他方法，例如使用最大處理廠流量或高峰小時流量和平均氯劑量來確定系統大小。無論採用哪種方法，系統都必須能夠通過單獨生成或通過生成容量以及使用儲存和/或備用系統的組合，為所有運行情況提供充足的次氯酸鈉供應。

一旦確定了所需的系統尺寸，下一步就是確定要安裝的電解槽的合適尺寸和數量。該決定是針對特定處理廠的，應與特定地點的處理廠操作人員以及 OSG 系統製造商協調，以解決一年中不同需求時期的處理廠流量變化以及整個生命週期中的用水預測。通常，安裝盡可能少的單元以滿足所需的需求是可取的，但法規可能會規定最少的單元數量。更少的單元將簡化操作，減少維護，並需要更小的整體佔地面積。通常會提供與安裝的最大單元相匹配的備用單元，以提供備援，以確保在運行單元發生故障或需要停機時滿足需求。在某些情況下，以較小的 OSG 容量提供更多機組是合適的，以確保在一台機組停機時不會發生生產能力的重大損失。在其他情況下，如果空間允許，可以使用獨立的批量系統作為備援。

### (三)化學品儲存要求

對於典型的**散裝儲存型化學品進料系統**，通常設計散裝儲存容量以提供給定天數的化學品儲存。對於 OSG 次氯酸鈉，為低強度次氯酸鈉提供類似數量的儲存天數是不現實的，因為需要大量儲存。例如，0.8%的溶液需要比 12.5%溶液高 15 倍的進料速度；對於散裝運輸的每加侖 FAC，低強度 OSG 需要多 15 倍的溶液。相反，**儲存容量保持為鹽**，其中相當於長時間運行的大量鹽可以儲存在小體積中。雖然散裝系統的儲存容量用於提供足夠的化學品容量，以防止化學品供應問題

或化學品需求高峰期延長，但 OSG 系統的儲存目的主要是在生成的容量與正在使用的容量之間提供平衡，且儲存的 OSG 次氯酸鈉容量允許 OSG 設備全天均勻運行，並允許設備在需要時停機進行維護或修理。

早期的 OSG 系統提供至少一天的儲存空間。更普遍接受的做法是在平均流量和平均劑量條件下提供至少三天的時間，以在 OSG 系統停機時提供更高水平的備援。在確定儲存系統（儲存時間）的大小時，還應考慮形成次氯酸鹽副產品的可能性。實際儲存量取決於場地，取決於可用於儲罐和安全殼的區域以及操作人員的偏好。通常可以在至少兩個儲罐之間提供最小儲存容積。僅提供一個儲罐將使得儲罐出現單點故障時，可能導致整個 OSG 系統停機；而提供兩個儲罐可增加備援度和操作靈活性。

在評估次氯酸鈉的儲存時，還應考慮密封措施。通常，對於低強度 OSG 系統，不需要密封，因為<1%的溶液強度通常被認為是無害化學品。然而，一些地方要求對所有儲存的化學品進行二級密封，甚至是低強度的次氯酸鈉。由於該產品是現場製作，有可能溢出儲罐所以無論監管環境，低強度 OSG 的溢流堤應該在設計過程中是一個優先事項的決定。例如，混凝土溢流堤在發生洩漏時提供了額外的保護。鑑於高強度 OSG 系統會產生 12-15%的次氯酸鈉溶液並且它是一種危險化學品，因此高強度次氯酸鈉溶液以及其他化學品（例如氫氧化鈉溶液）的儲罐需要密封。

#### (四) 替代供給能力

通常建議安裝備用 OSG 裝置以可靠地滿足化學品需求，但這樣做可能是一項昂貴的方法。為 OSG 系統提供備援的另一種方法是設計獲取和供給散裝輸送的液體次氯酸鈉的能力。交付的次氯酸鈉可在市場上買到，通常以 12.5%次氯酸鈉濃度的溶液形式交付。散裝次氯酸鈉可以按交付濃度直接加入，也可以稀釋至<1%以匹配低強度 OSG 系統的溶液濃度。

##### 1. 接收和進料散裝次氯酸鈉

為了使用散裝運輸的次氯酸鈉，化學品從運輸卡車卸載到低強度次氯酸鈉儲罐或專用儲罐。從概念上講，這種化學品可以用類似於低強度溶液的化學計量泵來供給。然而，進料散裝溶液和低強度溶液之間存在關鍵差異。由於輸送的次氯酸鈉濃度增加，進料12.5%次氯酸鈉濃度所需的流速明顯小於<1%次氯酸鈉濃度所需的流速，因此用於低強度溶液的泵一般而言無法滿足調節

量要求進料12.5%次氯酸鈉濃度的溶液。對於這種12.5%次氯酸鈉濃度的溶液替代方案，可能需要一套單獨的專用化學品計量泵。此外，高強度散裝次氯酸鈉的降解和排氣需要額外的儲存和管道考慮，這將在隨後的儲存部分中討論。

## 2. 高濃度次氯酸鈉的稀釋

對於加入高濃度次氯酸鈉相關的挑戰和額外成本，通常做法是接收高濃度次氯酸鈉溶液並將其稀釋至<1%，以用於使用低強度OSG系統的應用。這允許使用現有的化學計量泵，消除對排氣的擔憂，並減少材料兼容性問題。然而，稀釋確實需要一些額外的設計考慮和設備。

(1)稀釋面板：OSG製造商可以提供稀釋面板以提供稀釋次氯酸鈉的能力。

(2)軟化水：應使用軟化水稀釋次氯酸鈉。雖然OSG系統包括用於鹽水溶液的軟水器，但可能需要為稀釋過程提供額外的或更大容量的軟水器。在許多情況下，與OSG系統一起提供的軟水器就足夠了。

(3)儲罐注意事項：在稀釋過程中需要一個儲罐來儲存12.5%濃度次氯酸鈉的溶液。與OSG系統相關的一個儲罐可以設計為雙用途儲罐，這意味著在正常運行下，該儲罐將接收來自生成系統的次氯酸鈉，但其設計和設備之規格需符合接收全部交付的次氯酸鈉。至關重要的是，該雙用途罐的設計目的是接收整批運送（通常為4,500加侖）的次氯酸鈉，以確保設施不會因分批運送而收取附加費或更高的化學品成本。根據處理廠的不同，可能需要將此罐放置在樹下或室內，以最大程度地減少由於環境溫度較高而導致的散裝溶液的降解。另一種設計方法是為OSG系統提供一個額外的儲罐，其唯一目的是在緊急情況下接收大量輸送的次氯酸鈉溶液。該儲罐可能不會長期使用，並且會增加OSG系統的總體資本成本。對於批量備份系統，應考慮對最有可能的化學品供應商及其交付能力進行評估。

### 5.1.3 鹽和次氯酸鈉的儲存

次氯酸鈉系統的鹽和生成產物的儲存是整個系統設計的重要組成部分。此外，對於高強度OSG系統，生成系統所需的其他化學品的儲存是設計工作的一個重要考慮因素。對於低強度和高強度生成系統，儲存量應足以滿足國家機構管理的監管要求，以及實現處理廠員工所需的操作靈活性和服務水平。

## (一)鹽庫

OSG系統通常以下列速率消耗鹽分：

1. 低強度OSG：每磅氣當量約3.0磅鹽
2. 高強度OSG：每磅氣當量約1.65磅鹽

許多OSG系統製造商會為其系統提供性能保證，前提是在系統操作期間使用並記錄了指定的操作條件和鹽規格。就使用率而言，例如，當將4.0毫克/升 FAC的低強度生成的次氯酸鈉應用到50百萬加侖/天(mgd)[1加侖等於3.78公升]的生產中時，每天使用超過5,000磅[1磅等於0.45公斤]的鹽。建議在設計過程中由製造商驗證實際鹽的使用量；如果製造商提供性能保證，還建議在系統啟動時檢查鹽的使用率。儲鹽量應足夠大，以允許生成系統在鹽交付之間繼續運行，同時還提供完全貯存所交付鹽以及剩餘鹽所需的體積。鹽儲存系統規模的典型設計方法是根據設施平均氣需求下的鹽消耗量提供15至30天的鹽儲存。

對於OSG系統，鹽必須溶解在鹽水飽和系統中以形成可以供應給OSG系統的飽和氯化鈉溶液。此過程需要軟化水和日光或食品級鹽，具體取決於OSG系統。對於大多數低強度OSG系統，日光鹽是可以接受的，而大多數高強度OSG系統可以在生成過程中使用日光或食品級鹽。

由玻璃纖維增強塑料(FRP)儲罐（圖5.1-2）組成的鹽水系統通常用於OSG系統的鹽儲存。這些系統提供鹽儲存，同時通過應用軟化水溶解鹽以形成飽和鹽溶液。溶液液位通過壓力傳感器或液位探頭測量，用於控制電磁閥，調節軟化水流量以保持預設的溶液液位。該容器設計用於接收使用壓縮空氣從鹽罐車吹入的鹽。吹鹽的管道必須有大半徑彎曲，並由不銹鋼或其他能夠處理研磨材料的耐腐蝕材料製成。還應盡可能縮短供應管線的長度，以減少可能增加卸載時間的壓力損失。必須在鹽箱通風口上設置濾袋，以過濾卸貨過程中產生的灰塵。該系統應設計為便於拆卸和清潔袋子，因為袋子在只輸送幾次鹽後就會被灰塵浸透。此外，重要的是為操作和維護人員提供一個平台，該平台可以進入位於鹽水罐圓頂上的人孔，以便可以定期打開人孔，讓工廠工作人員從軟管施加壓力水以分解任何橋接罐中的鹽。有一些鹽水系統設計用於在進料鹽時吹除灰塵，從而消除對濾袋的需要。



圖5.1-2 用於儲存鹽和鹽水溶液的大型“鹽水”FRP系統示例<sup>[1]</sup>

儲鹽罐的位置是整個系統設計中的一個重要考慮因素。對於大多數OSG系統，儲鹽罐位於室外；然而，在極端高溫的地方，鹽水溫度升高會阻礙生成過程的整體效率。對於某些應用，鹽水罐可能位於室內，對於這些應用，系統設計人員應為長半徑彎道提供足夠的屋頂間隙，以便將鹽從罐車運輸到儲罐，並應採取措施盡量減少由此產生的灰塵來自輸送過程中的過壓。此外，如果位於室內，鹽水罐應與OSG系統的其他組件隔離，以避免因超壓而意外釋放灰塵時出現潛在問題。

一些製造商強烈建議車主與鹽供應商制定運輸要求，使卡車成為專用鹽車。如果運輸卡車不是專門的運鹽車，那麼很可能僅僅從運輸卡車上運來鹽中會參入許多雜質。使用不合規格的鹽會導致需要數週才能解決的系統問題。

對於大型OSG系統，可以使用地下混凝土儲存容器代替地上FRP儲罐來儲存鹽和生成鹽水溶液。這種類型的系統接收從腹部自卸車或末端自卸車直接倒入儲存容器頂部的鹽；該運輸系統需要仔細考慮混凝土路緣石的寬度，以便與鹽供應商協調這些尺寸，以確保運輸卡車能夠將其全部內容卸載到儲存容器中。該系統提供了更快、更有效卸載的優勢。但是，應使用聚氯乙稀襯裡（例如T-LOCK或類似產品）保護混凝土。通常對於這些類型的系統，考慮到傾倒運輸的性質，通常不需要灰塵控制。圖5.1-3顯示了此類運輸系統的一個示例。

每天使用少於 400 磅鹽的小型 OSG 系統可以選擇將鹽儲存在 50 磅的袋子中，並通過托盤運送。在操作過程中，這些 50 磅的鹽袋被手動裝入裝有軟化水的塑料罐中（圖 5.1-4）。



圖5.1-3 通過自卸車接收鹽的儲鹽坑示例<sup>[1]</sup>

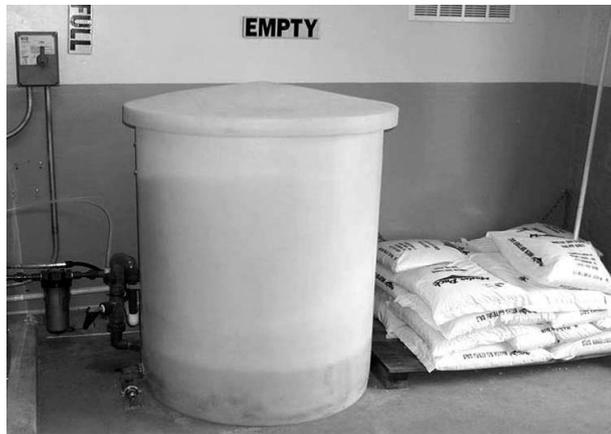


圖5.1-4 手動鹽儲存和溶液系統示例<sup>[1]</sup>

## (二)次氯酸鈉儲存

由低強度或高強度OSG系統生產的次氯酸鈉的儲存量需要仔細考慮。與生產等量氯當量的高強度OSG系統相比，這對於生產約15倍體積的次氯酸鈉溶液的低強度OSG系統尤為重要。通常，FRP儲罐用於儲存次氯酸鈉溶液，但尺寸範圍低於13,000加侖[1加侖等於3.78公升]的聚乙烯儲罐也可接受。

**低強度OSG系統：**從低強度OSG系統儲存次氯酸鈉的典型設計考慮包括以下內容：

1. 如果副產品的形成不成問題，總儲存量應至少相當於在淨水場氯需求高峰至少三天次氯酸鈉溶液存量。
2. 請勿指定鋼或不鏽鋼部件與溶液接觸；溶液中的高氯化物含量會迅速腐蝕金屬。腐蝕產物變

成污染物並導致溶液降解。

3. 儲罐必須連續排氣以防止氫氣積聚。每個OSG系統製造商都以自己的方式解決儲罐中氫氣的排放問題，最常見的方法是在每個儲罐中使用氫氣稀釋鼓風機。
4. 通風口應位於每個儲罐的頂部，如果儲罐建在建築物內，則必須穿過屋頂。
5. 應提供用於維護和清潔儲罐的排水裝置。應考慮將儲罐地板傾斜至排水閥。
6. 對於一些OSG製造商，在罐中的最高液面和氫排出口或通風口之間的高度差可能是溶液“打嗝”的氫排出堆於排氣的端部的根源。遵循OSG製造商的建議，但請注意，改造特別容易不符合建議，其後果可能導致在氫氣排氣口附近的外部持續噴灑溶液。

**高強度OSG系統：**考慮到作為過程一部分產生的12.5%次氯酸鈉的性質，使用高強度OSG系統儲存次氯酸鈉需要額外的設計考慮。高強度儲存和相關管道的其他注意事項包括：

1. 次氯酸鈉儲罐通常需要二次密封，這取決於溶液強度。生成12.5%溶液的高強度OSG系統的處理方式與散裝次氯酸鹽系統類似。對於具有多個儲罐的室外安全殼，通常可以根據最大儲罐的體積加上20%的體積來確定安全殼的大小。
2. 因為12.5%的溶液會隨著時間的推移而降解，所以盡量減少系統中的儲存容量很重要；建議提供不超過30天的高強度溶液儲存。
3. 應考慮有蓋或室內儲存，以減少溶液的太陽能加熱，這會增加溶液的降解速度。
4. 高強度溶液會排出氣體，因此管道的設計應使氣體不會被困在管道內。此外，應使用隔膜閥代替球閥，否則球閥會被滲出而淹沒上側的球芯（稱為通風腔球閥）。排氣閥也可以安裝在高點，以便系統保持運行時釋放氣體。
5. FRP儲罐在儲存大量次氯酸鈉時會隨著時間的推移而降解。應提供清潔儲罐的方法，以減少由儲罐底部和角落中堆積的固體引起的降解。對於室內安裝，還必須考慮拆卸和更換儲罐的方法。
6. 高強度OSG系統提供了直接從生成系統供給氯氣的靈活性。如果系統配置為這種佈置，設計人員需要提供必要的管道和引入管系統來捕獲氯氣以合成高濃度次氯酸鈉溶液。

對於較大的OSG系統，在二級安全殼區域內建造一系列儲罐所需的面積可能很大。減少儲

存區域要求的一個選擇是建造內襯混凝土罐，既可以儲存溶液，又可以提供二級安全殼之保護作用。它們由一個襯裡構成，襯裡通過一個小氣隙與塗層混凝土容器隔開。該系統類似於雙壁儲罐，因為在襯裡發生破損時，混凝土盆可作為二級安全殼的手段（圖5.1-5）。

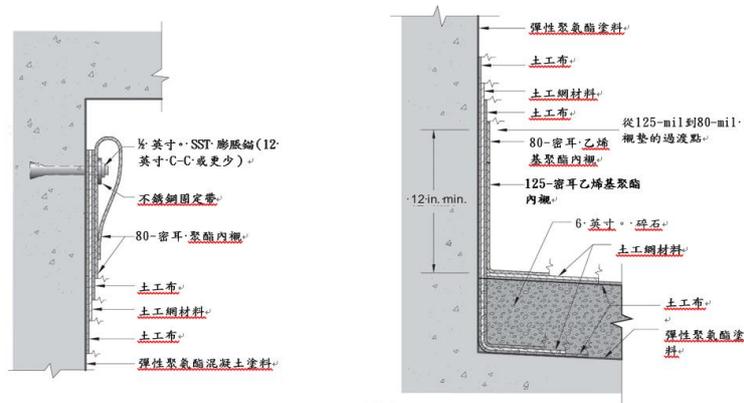


圖5.1-5 一個內襯混凝土罐的例子，它儲存溶液，同時在容器內提供二級安全殼（不銹鋼錨通過土工布材料保護免受次氯酸鈉的影響。）<sup>[1]</sup>

### (三)其他化學品的儲存

高強度OSG系統還需要使用以下化學品進行鹽水再生和次氯酸鹽生產：

1. 氫氧化鈉（燒鹼）用於生產次氯酸鈉和其他生成過程中的用途，包括鹽水脫氯模塊和使用日光鹽時的鹽水用以提高PH值以達離子交換樹脂最佳性能(軟化)。
2. 鹽水脫氯技術用亞硫酸氫鈉
3. 廢鹽水處理系統用鹽酸
4. 使用日光鹽的高強度OSG系統用於鹽水預處理的氯化鈣
5. 使用日光鹽的高強度OSG系統用於鹽水預處理的碳酸鈉

典型的設計慣例規定，為高強度OSG儲存的其他化學品的數量與為生成過程儲存的鹽的數量相似，即根據平均氯的特定化學品消耗量提供15至30天的儲存設施的需求。要確定高強度OSG技術中使用的每種化學品的具體儲存要求，設計人員應使用以下指南：

1. 氫氧化鈉（苛性鈉）：~1.07磅濃度50%氫氧化鈉/每磅生產的當量氯
2. 亞硫酸氫鈉：~0.007加侖濃度38%亞硫酸氫鈉/每磅生產的當量氯

3. 鹽酸：~0.017加侖濃度32%鹽酸/每磅生產的當量氣
4. 氯化鈣：~0.027磅濃度32%氯化鈣/每磅生產的當量氣
5. 碳酸鈉：~0.038磅濃度100%碳酸鈉/每磅生產的當量氣

與鹽和次氯酸鈉儲存相比，這些化學品的需求量很少，取決於OSG系統的配置。較小容量的儲罐可以由聚乙烯製成。可考慮將玻璃纖維增強塑料(FRP)用於較大的儲罐，但應與製造商核實樹脂兼容性。對於容量較小的高強度OSG系統，所需的化學物質較少，允許使用手提袋進行化學物質儲存。這尤其適用於氯化鈣和亞硫酸氫鈉，而碳酸鈉可以儲存在50磅的袋子中，並手動添加到進料器中，以提供OSG系統使用。鑑於許多這些化學品的腐蝕性，建議在與每種化學品相關的儲存系統周圍建造二級安全殼。

#### 5.1.4 次氯酸鈉計量

OSG系統主要使用兩種類型的化學品輸送系統。這些包括使用泵或加壓進料迴路。對於低強度OSG系統，大多數用於化學計量的泵不能滿足泵送<1%次氯酸鈉的高流量要求，包括隔膜泵(diaphragm pump)或小型蠕動泵(peristaltic-type pump)。用於計量低強度次氯酸鈉的最常用泵是蠕動泵，通常也稱為軟管泵(圖5.1-6)。蠕動泵使用安裝在泵頭中的軟管或軟管，帶有圍繞管子旋轉的滾子，將其向前移動並將其計量到應用點。較大的軟管泵類似於較小的蠕動泵，不同之處在於包含軟管和滾輪的泵殼是一個密封單元，軟管穿過一個充滿潤滑液的腔室，以盡量減少摩擦和滾輪產生的熱量。軟管(蠕動)泵非常可靠，具有良好的調節能力，並且具有很高的壓力等級(大約80psi)，但它們通常很昂貴。蠕動泵也適用於與高強度OSG系統相關的12.5%次氯酸鈉溶液的應用，因為這些泵可藉由壓縮軟管，減輕次氯酸鈉計量應用中潛在的排氣問題。

一般來說，蠕動泵的最大缺點是需要定期更換軟管，作為定期維護計劃的一部分。由於使用潤滑液，大型泵中的軟管更換更為複雜。更換軟管也可能很昂貴；軟管磨損與泵的速度和油管上滾子的累計轉數直接相關。軟管磨損也受背壓影響。泵持續承受的背壓越大，軟管壽命越短。因此，為了延長軟管的使用壽命，泵應設計為在低泵速下正常運行，並儘可能降低背壓。軟管的典型使用壽命為6到12個月，具體取決於泵的使用情況和運行速度。在可行的情況下，

設計者應考慮泵的方向和位置，以便操作和維護人員有足夠的空間來頻繁更換軟管。設計人員不應將軟管泵定向而使得泵直接面向牆壁。圖5.1-7顯示了軟管泵方向的設計最佳實踐示例。

通常，一台泵專用於淨水場的每個應用點。然而，為了提供可能需要的最大消毒劑劑量，特定應用點可能需要兩個泵。提供一個安裝的備用泵，通過管道輸送給任何應用點是一種最佳實踐措施，它將增強計量系統的整體備援能力。

將化學品直接泵送到應用點的另一種方法是使用通常稱為加壓迴路型進料裝置。該系統通過使用化學負荷磁力驅動臥式離心泵對進料迴路加壓，在該迴路上連接了一系列流量控制閥和儀表。迴路中的壓力由一個持壓閥維持，任何未計量到應用點的多餘泵送物將返回到儲罐。單獨的儀表和流量控制閥協同工作，以保持每個應用點所需的流量。用於該系統的控制閥通常是球型化學負荷閥，其精度極高且調節比大（圖5.1-8）。

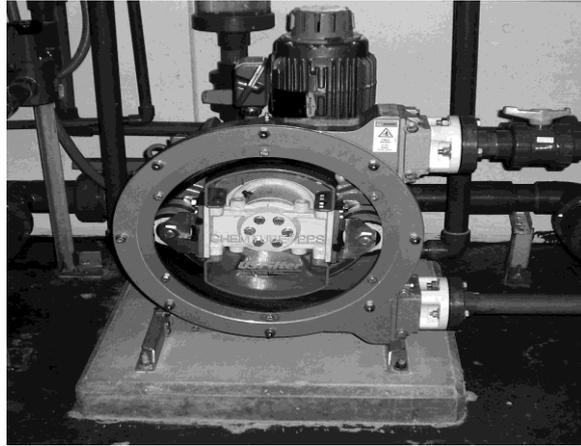


圖5.1-6軟管式蠕動泵<sup>[1]</sup>



圖5.1-7 OSG 系統的典型軟管泵方向<sup>[1]</sup>



圖5.1-8 Point of the Mountain WTP 抽水迴路系統<sup>[1]</sup>

### 5.1.5 減少氫氣的注意事項

氫氣是次氯酸鈉生產過程的副產品，必須妥善排放，以減輕操作和維護人員的潛在安全風

險。作為OSG過程的一部分，每產生1磅的氯，也會產生1/35磅的氫氣，OSG過程的這種副產品必須稀釋到可燃性下限(LFL)以下並通過適當的通風排放。氫氣的緩解通常是特定於所選OSG系統製造商的，在設計和建造過程中應進行仔細協調，以確保達到系統製造商的要求。一般而言，無論系統製造商如何，都應考慮幾種緩解氫氣的最佳做法：

1. 將次氯酸鈉管道從生成機傾斜至少每英尺¼英寸，以使次氯酸鈉溶液中的氫氣保留在管道頂部，直到氣體可以通過排氣管或儲罐正確排放到大氣中。
2. 在排出氫氣之前，盡量減少在管道中使用彎頭和彎頭，以防止氫氣在管道中積聚。
3. 對於使用水平單元的低強度OSG系統，可能有必要使用安裝在生成機周圍的防護罩來控制因超壓和在極少數情況下可能發生的爆炸而造成的洩漏；和/或可能需要使用壓力釋放和故障安全關閉控制，以防止在操作期間下游閥門關閉的情況下在裝置內積聚氣體。
4. 在次氯酸鈉生成器和儲罐之間使用排氣管，並安裝有工作鼓風機和備用鼓風機，以便在空氣通過通風管層疊時通過次氯酸鹽溶液持續地排出稀釋於空氣中。
5. 在每個儲罐上安裝稀釋鼓風機，通過與OSG系統相關的儲罐持續排出空氣。
6. 確保氫氣排放口之端口處位於外部位置，以便適當排放到大氣中。
7. 在生成室內的最高點安裝氫氣洩漏檢測器，以便在檢測到洩漏時發出警報和/或關閉設備。

## 5.1.6 輔助設備規定和設計

低強度和高強度OSG系統除了電解單元、儲罐和計量系統外，還需要輔助設備來生成次氯酸鈉。由於低強度或高強度OSG系統的獨特性，生成過程所需的輔助設備也因類型而異。以下討論描述了每種類型的OSG系統經常使用的輔助設備。

### (一)低強度 OSG 系統

水硬度會導致在低強度OSG系統中的電極上沉積，從而降低生成過程的整體效率。為了實現最佳系統效率、最大限度地減少維護和最大限度地延長電極壽命，在低強度OSG系統中使用軟水器以防止硬度沉積在帶負電的陰極電極上。通常，提供離子交換軟化器以用鈉離子代替水

中的鈣和鎂離子，以最小化硬度對電極的影響。離子交換軟化器包含用於去除水中硬度的陽離子交換樹脂。軟水器通常作為系統製造商提供的整體OSG系統中的一部分，軟水器設計參數的具體細節應與系統製造商協調，這通常需要有關使用之水總硬度的信息。在某些情況下，可能會建議使用硬度監測器。

根據OSG系統的水質信息和整體尺寸，軟水器的類型和數量由系統製造商確定。對於大多數應用，提供多個軟水器，這些軟水器並行運行，為每個生成機和鹽水系統提供服務。由於陽離子交換樹脂會隨著時間的推移使用，軟化器會用鹽水溶液沖洗再生，沖洗後之廢棄的鹽水溶液應排入污水坑或下水道。如果排放到下水道，設計者應檢查廢水操作，以確保鹽水排放與操作的兼容性，包括任何再利用應用。如果無法將廢棄的鹽水輸送到下水道，設計者應考慮使用帶有液位浮子的污水池來收集廢棄的鹽水，並在污水池中的水位達到一個指定的水位時定期抽出污水池。

為了保持生成過程以最高效率運行的適當溫度，大多數低強度OSG系統提供熱水器或水冷卻器以實現65°F[18.33°C]的目標最佳溫度。將水溫提高到最佳水平的另一種方法是由一個系統供應商（PSI的Microclor系統）提供，該供應商使用熱交換器從生成過程中捕獲熱量以提高水溫。在溫暖的氣候中，有時需要冷卻器來達到最佳生成溫度。為確保設備在所有季節都保持在所需的水溫，設計人員應請系統製造商提供生成系統所需水的溫度摘要，以便系統可以包含適當的設備。

## (二)高強度 OSG 系統

低強度OSG系統需要最少的輔助設備，而高強度OSG系統需要額外的輔助設備。高強度OSG所需的部分設備取決於鹽類型的選擇，因為日光鹽的使用需要額外的預處理步驟，而在生產過程中使用食品級鹽時則不需要這些步驟。下面總結了除電解單元、儲罐和計量泵外，生產高強度次氯酸鈉所需的典型輔助設備：

1. 軟水器
2. 鹽水化學預處理模塊（僅用於日光鹽選項）
3. 鹽水預處理模塊，包括膜過濾

4. 鹽水軟化器模塊
5. 成品鹽水儲罐
6. 帶有氫氣稀釋模塊的接收器單元
7. 燒鹼接收器模塊
8. 鹽水脫氯模塊
9. 氯汽提模塊
10. 引入管道（是否需要靈活地從電解單元中輸送氯氣）
11. 平板壓機（用於在使用日光鹽時處理來自鹽水化學預處理的鹽水污泥）

由於高強度OSG系統的複雜性和所需的大量組件，建議設計人員與系統製造商密切協調，以正確選擇和調整系統及配套輔助設備的尺寸。設計人員應與公用事業公司合作，決定生成過程是否需要日光或食品級鹽，因為這會影響整體系統佈局和設計。通過向系統製造商提供生成過程中使用的鹽的類型和生成過程中使用水的特性，系統製造商可以有足夠的信息來選擇和設計所需的輔助設備。

### 5.1.7 電氣考慮

通常，低強度OSG系統需要 $2\text{kW}\cdot\text{h}$ /每磅當量氯，僅用於將鹽水溶液轉化為次氯酸鈉的電解過程，而高強度OSG系統使用約 $1.75\text{kW}\cdot\text{h}$ /每磅當量氯。一些製造商會提供性能保證，類似於鹽消耗量，基於生產每磅氯的功耗。在某些情況下，可能需要在啟動後進行驗證測試並扣留付款，以確保安裝符合規定的性能標準。OSG系統的其他組件需要額外的電力，例如熱水器、計量泵和OSG低強度或高強度次氯酸鈉所需的其他輔助設備。因此，為這些系統服務的電氣元件的設計需要特別注意，以確保它們安全、高效和可靠地運行。這對於現有淨水場的氯氣系統改造尤為重要，因為OSG系統的大電力負載有時會導致對現有電力系統的重大改造。

#### (一) 佈局和配置

OSG系統將交流電(AC)整流為直流電(DC)，然後將直流電應用於電解單元以生產次氯酸鈉。系統通常設計有480V的三相電源。規範至少應要求OSG設備符合電業法及用戶用電裝置規則的

最新要求。所有電氣元件和設備都應完全額定用於在安裝海拔高度下連續運行，不應用額外的降額因素。在設計過程中應考慮OSG系統對電氣系統諧波可能產生的影響，並應解決電氣和電子工程師協會(IEEE)標準519的要求。如果發現潛在的諧波問題，則可能需要諧波濾波器。

OSG系統通常需要將電氣元件放置在靠近液體流（水、鹽水、次氯酸鈉和其他化學品）的位置。因此，存在液體濺到或直接噴到電子元件上的可能性。應針對這種潛力設計電氣面板。應考慮指定美國電氣製造商協會(NEMA) 4X 型或由耐腐蝕材料（玻璃纖維增強塑料、316不銹鋼或等效材料）製成的類似外殼。這些類型的面板適用於室內或室外使用，主要是為了保護設備免受風吹灰塵和雨水、飛濺或軟管導向的水、冰的形成和凍結以及腐蝕。或者，在適用且系統製造商允許的情況下，將系統的電氣組件（例如整流器和控制面板）放置在單獨的房間內也可能是合適的，以提供更強大的保護，防止液體流與電氣設備相互作用。組件。一些OSG系統的配置使得整流器可以在電纜長度限制內與生成單元分開。應設計一種電纜佈線方式，以便在保護電纜的同時提供設備周圍的通路。選項包括架空佈線、地溝、地板安裝，可通過電纜行走，或專用支撐系統，用於將電纜從整流器直接佈線到生成機。

重要的是，OSG設備所在房間的溫度和濕度必須保持在製造商要求的指定範圍內。通常可以容忍40°至100°F的溫度範圍，但應聯繫製造商以驗證其設備的適當範圍。整流器在將交流電轉換為直流電的過程中會產生熱量，這可能導致在某些氣候下需要空調；高濕度會降低設備的使用壽命，這是空調的另一個好處。供暖、通風和空調(HVAC)設計還應考慮機組產生的大量熱負荷。

OSG系統是淨水場運行的關鍵組件，消毒失敗將導致工廠停工。應考慮為OSG系統提供備用電源或使用雙饋電源系統。如果大型備用發電機或雙饋電源不是一種選擇，其他可能性是提供儲存大量次氯酸鈉的備援能力或連接到便攜式備用發電機以防長期停電。

## (二)安全

安全是OSG系統電氣組件設計中最重要考慮因素之一。系統電氣組件必須符合NEC和美國國家消防協會(NFPA)的要求，包括接地和過電流保護。此外，應考慮連接到配電系統的OSG電氣設備的整個項目進行電氣系統研究（故障電流研究、保護裝置協調研究和電弧閃光研究）。

為OSG系統的各個組件貼上標籤，通過提醒操作員可能遇到的危險以及識別組件的功能來提高安全性。另一種最佳做法是確保液體流管道與供電線路分開，並且管道不位於整流器或其他電氣組件上方。OSG系統產生的氫氣具有極強的爆炸性和危險性，與設備製造商合作以了解和識別可能在各種設備周圍指定的危險位置和邊界，並確保設計中的規定以滿足此類危險場所的必要NEC要求。

### 5.1.8 儀表和控制(I&C)設計注意事項

與其他類型的消毒劑儲存和供給系統相比，考慮到OSG系統的複雜性和組件數量，精心規劃的儀器和控制系統是OSG系統整體設計的重要組成部分。OSG系統儀表旨在提供連續監測，使系統在可接受的運行條件下運行。用於監視和控制OSG系統的每個系統組件都應配備警報和系統關閉設置點。一般來說，每個系統製造商都會有相同的一般警報和系統狀態指示燈，以確認正常運行；然而，鑑於每個OSG系統的獨特性，設計人員應考慮特定的警報和系統狀態指示器，並諮詢系統製造商以在設計中適當考慮這些功能。

綜合控制策略是設計過程的一個重要元素，它為工程師、製造商和所有者提供了一個機會來審查和決定OSG系統將如何操作、控制、監控和警報。建議在設計過程的早期準備控制系統說明，並在設備製造商的輸入和審查下進行開發。控制說明應確定系統控制和操作的邏輯，並註明監控、警報和聯鎖要求。

設計人員應了解各種低強度OSG系統之間的系統差異，同時還要注意高強度OSG系統在操作和控制系統方面也有很大不同。

#### (一)控制策略

OSG系統控制策略的典型方面應包括以下內容：

1. 控制敘述
2. 參考資料（過程和儀表圖[P&ID]表）
3. 設備標籤和說明
4. 硬件控制

5. 硬連線互鎖
6. 可編程邏輯控制器 (PLC)
7. 軟件互鎖
8. 人機界面(HMI)控制
9. 監督控制和數據採集 (SCADA) 系統
10. 控制模式
11. 指示燈和警報
12. 啟動策略
13. 關閉策略
14. 趨勢/存檔數據
15. 故障模式/故障安全策略
16. 潛在的流程影響
17. 停電和復位程序

## (二) 監控

以下通常是推薦的，並且可能會因所選OSG製造商而異：

1. 整體系統運行和故障狀態
2. 設備狀態 (生成機等主要部件的開/關)
3. 鹽水罐液位 (鹽和液體)
4. 產品罐液位
5. 與高強度OSG系統相關的其他儲罐液位 (hypo、廢鹽水、亞硫酸氫鈉、鹽酸、燒鹼)
6. 高強度OSG系統各點pH值
7. 給水壓力
8. 水硬度
9. 生成機電解單元電流、溫度和鹽水流量

10. 設備運行次數
11. 稀釋鼓風機運行和故障狀態
12. 稀釋鼓風機氣流檢測
13. 氫氣檢測器讀數和操作/故障狀態
14. 整流器電流強度和溫度
15. 鹽水泵運行和故障狀態
16. 餘氯
17. 鹽使用和維護日誌

### (三) 警報

以下通常是推薦的，並且可能會因所選OSG製造商而異：

1. 鹽水低液位和高液位警報
2. 鹽分高低警報
3. 產品罐低液位和高液位警報
4. 氫氣檢測儀故障
5. 稀釋鼓風機故障
6. 稀釋鼓風機：氣流損失檢測
7. 生成機故障
8. 整流器高溫
9. 鹽水泵故障

### (四) 互鎖

以下通常是推薦的，並且可能會因所選的OSG製造商而異：

1. 低鹽水位關閉生成機
2. 電解單元電量低會關閉生成機
3. 電解單元中的高溫會關閉生成機

4. 稀釋鼓風機故障關閉生成機
5. 室內氫氣檢測關閉生成機
6. 產品罐中的高液位關閉生成機
7. 產品罐中的低液位關閉進料泵
8. 變壓器高溫停機生成機

高強度OSG系統的操作需要額外的組件，並且需要額外的監控、警報和互鎖，超出上述列表中的內容。鹽的化學和其他所需預處理，以及鹽水脫氯過程和次氯酸鈉轉化過程，具有特定的警報和監控要求，這些要求是高強度OSG系統整體控制系統不可或缺的一部分。由於採用這種OSG技術的附加系統組件，設計人員必須協調控制系統的設計以考慮這些附加組件。

與OSG系統相關的控制面板的設計應考慮到液體流從可能的洩漏或其他來源直接流向它們的可能性。建議控制面板獲得UL（美國保險商實驗室）的認證並至少達到NEMA類型4X。還應指定面板，以便面板內有足夠的空間用於安裝組件並便於佈線和端接。在某些情況下，希望為主系統控制面板提供面板安裝的不斷電源系統(UPS)，以確保在電源故障期間保持供電。對於未安裝在氣候控制房間內的面板，應考慮氣候控制（加熱和/或空調）。

與整個工廠控制系統和OSG系統控制的通信可以通過各種方法實現，從單個硬接線信號到以太網，這是一種常見的方法。與設備製造商就OSG系統與工廠SCADA系統接口的要求進行協調是整個OSG系統設計的一個關鍵方面。

## 5.2 轉換為現場次氯酸鹽時要考慮的 10 大因素

由於對供水操作安全和反恐安保的日益關注，世界各國對於氯氣使用之生產、分裝、分銷和運輸等過程，均加強嚴格審批。但用於確保公共給水安全的消毒劑，倘未被妥善使用時，將會帶來健康和安全的風險，因此在安全、可靠和效率之間取得平衡，是現代淨水處理場設計和操作的關鍵課題。

市政公共給水處理上，常用的液氯，裝存在鋼瓶中是濃縮的。因此每磅液氯的運輸成本不高，是相當具成本效益的方案。相較之下，工業用次氯酸鈉有效氯濃度約 10-15%，水佔 85-90%，因此按每磅有效氯計算的運輸成本，則就高得多。倘在淨水場內生產次氯酸鈉，僅須運送原料—純鹽，將可比由次氯酸鈉供應商運送和儲存工業用次氯酸鈉或液氯鋼瓶，更具成本效益、穩定性和安全性。因每個地區的消毒劑生產及經銷供應鏈、安全要求和法規都可能存在差異，因此在評估這些消毒劑替代方案時，需要考慮各地區的安全要求和法規，進行綜合評估，相關注意事項如下：

### 1. 生產機組容量

現場生成次氯酸鈉的主要應用於飲用水之處理，現場電解氯化 (On-Site Electrolytic Chlorination, OSEC) 系統，係以批次操作模式運行，產生 0.8% 的次氯酸鈉溶液，生產容量係根據淨水場的平均和尖峰加氯量和流量來計算每日氯需求量。為了確保系統可在批次模式下運行，生產機組容量宜比氯需求峰值高 20-30%，俾預留一些備載能力可供操作，系統僅在需要時啟動運行，並在產品庫存時處於待機狀態。

### 2. 自來水水質

進水的水質非常重要，因為這將與電解設備直接接觸，溶解在水中的鈣和鎂會在電極表面形成沉積物，從而降低生產效率，因此通常需要使用軟水設備，將水中硬度降至低於 17mg/L (as CaCO<sub>3</sub>)，另自來水的餘氯必須低於 1mg/L 和 45-60 psig (3.16-4.21 kg/cm<sup>2</sup>) 的水壓。

### 3. 水溫控制

OSEC 系統在進水 55-80°F (12.8°C-26.7°C) 溫度範圍內，可高效運行，由於電解反應會產生熱能，因此通過 OSEC 系統時，可能會升高 20°F (6.7°C) 為了滿足和維持常溫 50-104°F (10-40°C) 要求，控制進水溫度至關重要，倘不能滿足，則須在進入鹽水槽前，經熱水器/冷卻器，將水調整到可接受的溫度。

### 4. 鹽水飽和器

高純度精鹽通常通過氣動方式輸送到大型儲槽和飽和槽備用，不會對操作人員造成傷害或危險，儲槽通常可容納 15-30 天的鹽用量。置於室外儲槽可能需要在較冷溫度時，進行加熱和/或隔熱，以防止飽和鹽水結冰。

#### 5. 鹽水輸送方式（鹽水泵）

為確保最佳次氯酸鹽生成，需要穩定、可靠和精準的鹽水輸送系統。為此，機械驅動隔膜泵優於隔膜泵或噴射泵，使用機械驅動隔膜泵，可以精確調節流量，而隔膜泵則不易控制及耐用性較差。至於噴射泵，流量會受到水壓變化的影響，因此必須提供增壓泵和壓力調節閥。以保持穩定的流量。

#### 6. 次氯酸鹽產生器

OSEC 產生器的額定容量將決定每個機組上包含多少個電解槽，電解槽內部是由陽極和陰極板組成。每組產生器都與專用變壓器/整流器耦合，為電解程序提供穩定的直流電源，系統設計包括所有必要的儀表和作業安全聯鎖裝置。

#### 7. 次氯酸鈉儲槽及通風設計

所製造的次氯酸鈉溶液和氫氣，從產生器流向產品儲槽，這些具特殊襯裡的儲槽，容量設計以在氯需求高峰時，可保持 24 小時低濃度次氯酸鹽(0.8%)庫存，儲槽通常係聚乙烯、玻璃纖維強化塑膠(FRP)製成。放置室內時以避免極端溫度和陽光直射，但是如果儲槽必須放置在室外，則建議使用伴熱、絕緣和遮陽措施，以防止在低於 32°F(0°C) 溫度下結凍及因紫外線而降解。儲槽的重要考慮因素是：通風系統、液位傳感器、溢流口位置、壓力傳感器和可防止氫氣在儲槽中產生火花的安全屏障。

#### 8. 氣體監測和儀表系統

主要用於檢測和監測空氣中的氫氣濃度，通常放置在氫氣堆集處，安裝點位於儲槽氫氣排放口頂部附近的天花板上。

#### 9. 加藥泵

加藥泵將次氯酸鈉從儲槽輸送到加藥點，藉由監測餘氯回饋至加藥系統，調整加氯量，以滿足產水所需。

#### 10. 餘氯監測

在淨水過程中，進行餘氯監測，並優化所蓄存次氯酸鈉的使用。

## 第六章 OSG 系統應用案例

### 6.1 以色列 Mekorot Ashkelon 地下水設施次氯酸水產生器安裝案例

#### 6.1.1 介紹

以色列 Mekorot Ashkelon 地下水設施 Migdal 4 泵站供應 150-200 立方米/小時的地下水，由於靠近居民區，Mekorot 工程師決定通過升級到現場次氯酸鈉生成來消除液體次氯酸鹽的運輸和儲存危險，並採用 CQM WATER 現場無鹽水次氯酸鹽生成技術。

該系統直接從水源中天然存在的氯化物中生產高達 200 克/小時的混合氧化劑溶液（主要是 100%純次氯酸鹽）。這一獨特的系統系列幾乎無需維護，並且易於安裝和操作（自動和遠程）。

系統主要組成，安裝現場圖 6.1-1 及示意圖 6.1-2：

1. SRDW-14000 反應器 [SRDW-14000 reactor]
2. 電機（24VDC）和裝置（自清潔機構） [Motor(24VDC) and gear(self-cleaning mechanism)]。
3. 控制和電源面板 [Control & power panel]
4. 1000A 24VDC 電源供應器 [1000A 24VDC power supply]
5. 格蘭富離心泵 [Grundfos centrifugal pump]
6. 壓力傳感器指示反應器中液體的高度 [Pressure sensors to indicate the height of the liquid in the reactor]
7. PT100（溫度傳感器） [PT100 (Temperature sensor)]
8. 控制閥 [Controlled valves]



圖6.1-1 現場安裝圖

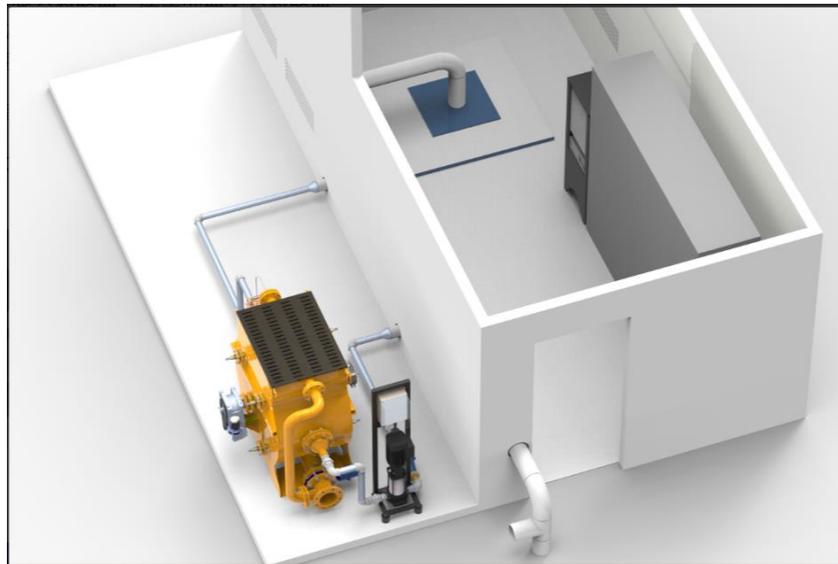


圖6.1-2安裝示意圖

## 6.1.2 系統操作說明

### (一)電解技術：

來自主管道供應的淡水以  $2-3\text{m}^3/\text{h}$  的流速被導入 SRDW-14000 反應器。流量由系統控制器控制，從主供水產生小比例的旁通流量。在任何給定時間，只有一小部分來自主管道的水流過系統。在 SRDW-14000 反應器中，它將經歷電解過程並產生次氯酸鹽溶液。

### (二)反沖洗技術

1. 系統自動沖洗和清洗 SRDW-14000 反應器，此時反沖洗閥和排水點打開。

2. 洗滌時間根據 PLC 輸入的時間段（目前每週兩次，可更改）。
3. 用新鮮水進行反沖洗，淡水將流入反應器和排水閥到指定的排水管。反沖洗是 100% 環保的。
4. 反洗後，反應器將充滿水並在氯水平下降到預設值時恢復工作（電解操作）-根據操作員的要求。

(三)系統的控制、警報和消息：

#### **控制**

- 在超過最小/最大設定點的情況下，氯傳感器能夠停止電解過程。
- 流量開關-循環管路（磁力泵）中的傳感器將允許啟動電解電源。
- 反應器充滿著浮標並由壓力傳感器所偵測之液位值控制閥門開關。
- 反應器故障不會停止格蘭富離心泵運行。
- 當格蘭富離心泵停止時，電解過程將不會運行。

#### **故障提示：**

- 控制系統將產生警報顯示在 HMI 屏幕上的
- 一旦故障被修復，故障提示將自動消失。
- 如果故障導致過程停止，則在修復故障後，過程將從停止的階段繼續。
- 出現故障/警報時會出現故障重置按鈕（在屏幕上）。單擊該按鈕系統將返回開始工作。
- 將記錄故障歷史。

#### **從 CQM 到 Mekorot 的消息和報告**

1. 系統運作中（幹接點）
2. 反沖洗的需求訊息
3. 反沖洗反應器啟動
4. 故障（幹接點）泵不停機

#### **從 Mekorot 到 CQM 的消息和報告**

1. 泵運作中（幹接點）。
2. 餘氯值來自氯傳感器（4-20mA 類比訊號）。

#### (四)運行 4 年期間發生的故障和問題的歷史記錄：

該系統是在大約 4 年前提供和安裝的。在此期間，由於故障/故障或 Mekorot 的要求，系統接受了定期維護，並更換或升級了多個部件：

1. 升級電機、裝置、電機電源供應器，打造更高扭矩自潔機構。
2. 因故障更換旋轉指示器傳感器。
3. 主軸桿斷了-它被更換了一個新的，包括一個新的密封裝置。
4. 灌裝閥因抱怨灌裝時隔膜噪音大而更換。

上述所有內容均包含在保修範圍內。

### 6.1.3 概括

在升級到 CQM WATER 電氯化技術之後，Mekorot 南部供水裝置報告稱，與之前具有相似特性的站點的液氯系統相比，維護成本降低了 60%。

1. 該系統能夠生產高達 200 克/小時 (280ppm 氯化物)。
2. 電解氯化系統產生的氯穩定在目標濃度為 0.4mg/L 的產品水中，濃度範圍為 0.3-0.7mg/L。
3. 在 Migdal 4 泵站的運行條件下 (150-200m<sup>3</sup>/h)，這些條件下的氯需求量為 60-100 克/小時。
4. 系統耗電量約為 2.3KW/h (僅電解單元)。
5. 在所有 4 年的運行中，由於系統的自動高效機械清潔，無需對電極進行化學清潔。

## 6.2 加拿大蒙特婁市 Atwater 淨水場及 Charles-J. Des Bailleurs 淨水場應用概況

### 6.2.1 簡介

西元 2005 年，加拿大蒙特婁市(city of Montréal)啟動了一項重大計畫，預計投資數十億美元，升級和修復其服務 200 萬人口的八座飲用水處理場，該項目包括研究、工程、採購、項目管理和施工管理。

其中一項任務涉及更換兩座靠近蒙特婁市中心的最大飲用水處理場 Atwater 和 Charles-J. Des Bailleurs 的現有氯氣消毒系統。Atwater 淨水場興建於 1910 年，距今已有 111 年歷史，產能原為 20 萬 m<sup>3</sup>/d，2010 擴建至 68 萬 m<sup>3</sup>/d，而 Charles-J. Des Bailleurs 淨水場則興建於

1973 年，1978 年開始操作營運，處理能力為 116 萬  $\text{m}^3/\text{d}$ ，兩座淨水場的處理技術，因原水水質相當良好，故其處理流程甚為簡單，僅有篩分(screening)、過濾(filtration)、臭氧氧化及液氯消毒 (Ozonation / Chlorine gas disinfection )。

由於西元 2000 年初美國飲用水處理場曾發生氯氣意外釋放到大氣中的事件後，蒙特婁市開始擔心該市也會面臨這種風險，無論是在運送氯氣筒通過人口稠密住宅區，以及在日常淨水處理場操作中，均可能發生洩漏氯氣風險。為更進一步確保供水安全，該市要求負責該計畫之工程技術顧問團隊—SNC-Lavalin/DESSAU，於進行淨水場現代化升級時，檢討這些風險，評估潛在影響，並尋找替代的消毒方法。

SNC-Lavalin/DESSAU 研究顯示，Atwater 和 Charles-J. Des Bailleys 這兩座淨水場每天使用 2 至 4 噸氯氣，這些氯氣以 1 噸的氣瓶運送，相距約 100 公里。這些淨水場有大約 80 個 1 噸的鋼瓶在等待中，還有 36 個鋼瓶連接到氯氣消毒系統。鋼瓶在 Atwater 場係在室外卸載，在 Charles-J Des Bailleys 場則是在室內卸載，處理鋼瓶的風險之一是閥門故障，這可能導致鋼瓶釋放約一噸氯氣。

為了使現有的消毒系統達到當前標準並降低淨水場的風險，SNC-Lavalin/DESSAU 建議導入現場製造次氯酸鈉消毒系統(On-site sodium hypochlorite system)，替換現有的氯氣消毒系統。現場製造次氯酸鈉系統使用常見消耗品：鹽、去礦物質水(Demineralized water)、電極板及電力。鹽係用於製備鹽水溶液，然後用去礦物質水降低其濃度。稀釋後的鹽水溶液被泵送通過一個帶電子電荷的電解池，在該電解池中發生化學反應，生成 0.8% 的次氯酸鈉溶液。

鹽可以用卡車運送，很容易儲存在桶槽裡，處理濃度較低的 0.8%次氯酸鈉溶液，在操作時較不具危害性，可大大降低意外曝露有害物質-氯之風險。因此，總體而言，與氯氣和散裝次氯酸鈉相比，現場生成系統可大大降低了危險液氯的儲存和處理需求，也降低了淨水操作人員的風險，消除了運輸過程之安全責任，並降低了對於公共安全之威脅之風險。

根據 SNC-Lavalin/DESSAU 的研究，Atwater 場需要六套次氯酸鈉生成系統，每套系統的氯當量為 1,500 磅/天(681Kg/day)，Charles-J 需要五套，Charles-J. Des Bailleys 新的消毒系統於 2010 年完成，而 Atwater 場則於 2011 年年中開始安裝，並於 2012 年完成，最後經招標

結果，該市考量安全性和成本效益，最終選擇了西門子水技術公司的 11 個 OSEC B-Pak 次氯酸鈉生成系統，其生產製造原理，如下圖。

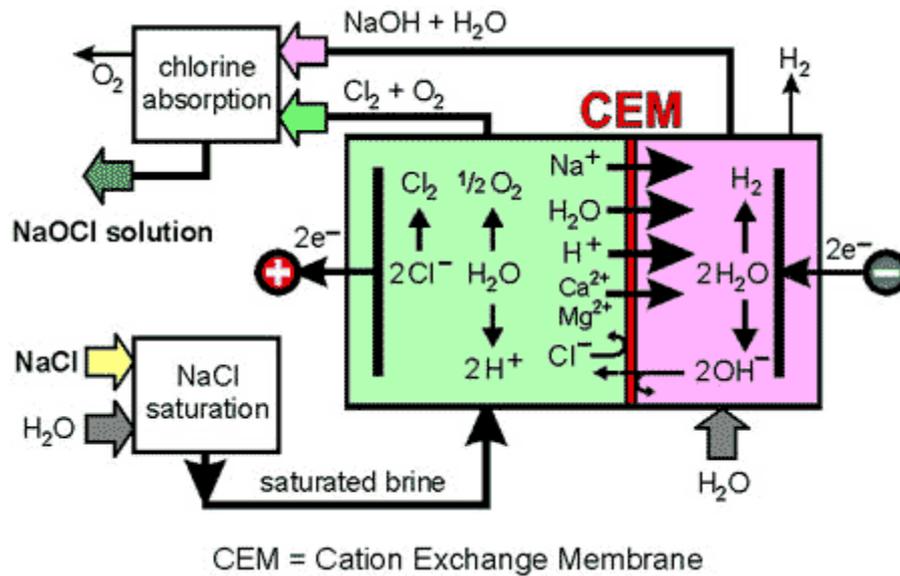


圖6.2-1現場製造次氯酸鈉液消毒系統製造原理

西門子水技術公司(Siemens Water Technologies—於 2014 年被 AEA 投資公司以 8.72 億美金購買更名為 Evoqua Water Technologies LLC. 公司)的 OSEC B-Pak 次氯酸鈉生成系統，其佔地面積小，可全自動、預組裝的現場次氯酸鹽生成系統，旨技術特色係通過在現場按需要通過鹽水電解產生 0.8%的次氯酸鈉溶液，僅消耗水、鹽和電。該系統消除了與液化氯氣或商業次氯酸鈉溶液的運輸和儲存相關的問題，使其成為任何需要氯劑消毒應用的理想選擇。

與高濃度（12-15%）商業次氯酸鈉溶液相較，OSEC B-Pak 系統產生的低濃度(0.8%)次氯酸鹽溶液，可最大限度地減少次氯酸鈉溶液典型的腐蝕和降解（儲存期間有效氯的損失）問題。此外，還採取了廣泛的安全措施來處理氫氣—該系統唯一的副產品，不需要與使用氯氣相關的特殊安全設備或服裝，也不需要實施和維護成本高昂的風險管理計劃，該系統還可確保準確可靠的鹽水測量，從而提高效率，與商業次氯酸鹽相比，該系統的運營成本更低，通常可以帶來有吸引力的投資回報期，其系統主要機構組成包括：軟水器、鹽水槽、鹽水泵、電解槽、控制面板、鼓風機、電流轉換器和次氯酸鈉暫存槽，系統組成如下所示，OSEC B-Pak 次氯酸鈉生成設備型號及氯當量生產能力如下表所示。

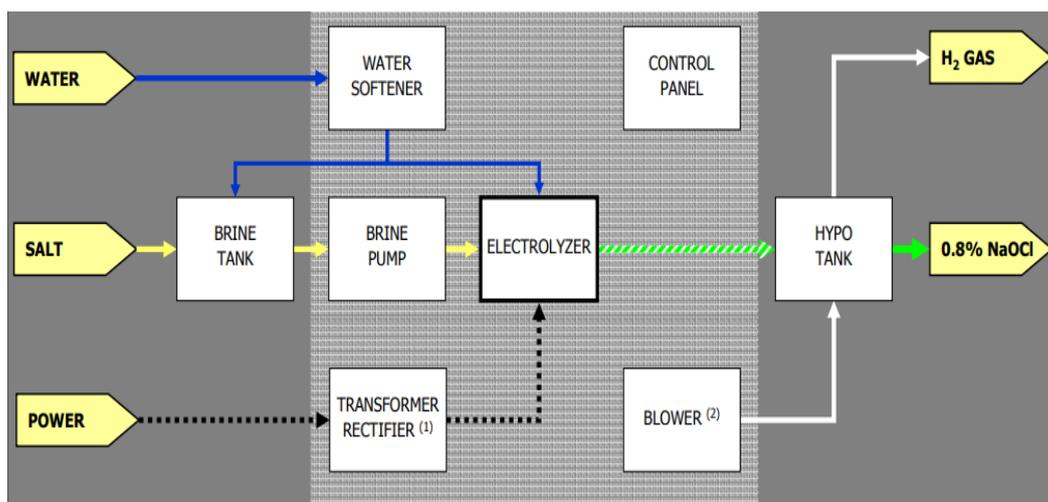


圖6.2-2 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統組成

## 6.2.2 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統電解生產系統作業及生產能力

OSEC® B-PAK 次氯酸鈉的現場電解生產系統作業如下：

- 將鹽送入鹽水槽，通常是 30 天的鹽庫存量。
- 導引自來水通過軟水器，將硬度降低到低於 17 mg/L。
- 軟化後之自來水送入鹽水槽，保持預設液位並產生飽和鹽水溶液。
- 飽和鹽水以定速率鹽水泵送入電解槽，混合軟化水，以稀釋飽和鹽水至最佳濃度。
- 電解產生 0.8% 次氯酸鈉和氫氣的液氣混合物氣體，輸送到次氯酸鈉儲槽。
- 鼓風機以足夠高的空氣流速吹入水箱，以稀釋氫氣降至其低可燃性的 25% 以下限制，將稀釋的氫氣從槽中排出並排放到外界空氣。
- 0.8% 的次氯酸鈉儲存在儲槽中維持 1 天的庫存。

表6.2-1 OSEC® B-PAK次氯酸鈉生成設備型號及氣當量生產能力

Model	Capacity	
OSEC B-Pak 250	250 lb/day	4.7 kg/h
OSEC B-Pak 500	500 lb/day	9.5 kg/h
OSEC B-Pak 1000	1,000 lb/day	18.9 kg/h
OSEC B-Pak 1500	1,500 lb/day	28.5 kg/h

OSEC® B-Pak 套裝設備旨在最大限度地減少系統佔用空間並簡化安裝、操作和維護，整組設備標準尺寸（35 英寸寬 X 96 英寸長 X 77 英寸高，約 0.9 公尺寬 X 2.43 公尺長 X 1.96 公尺高），適用 250 到 1500 磅/天之生產能力規格。設備尺寸可根據客戶需求調整。



圖6.2-3 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統



圖6.2-4 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統在淨水場內裝設情形



圖6.2-5 OSEC® B-PAK 次氯酸鈉生成系統在淨水場內操作巡檢情形

## 6.3 香港大埔淨水場應用現場製造次氯酸鈉設備概況

### 6.3.1 簡介

為提供用戶可靠和充足的飲用水供應，香港大埔濾水廠 (Tai-Po Water Treatment Works, TPWTW) 乃計畫將其供應的飲用水容量從 73,381 gpm(約40萬CMD)提高到 146,762 gpm(約80萬CMD)。由於香港沒有氯氣供應商，大埔濾水廠係從中國進口液氯，以維持日常飲用水消毒作業，面臨運送液態氯途中的潛在洩漏風險及貯存液態氯的潛在洩漏風險(如圖6.3-1)。

為使擴建計畫可行，經香港水務署所委託的工程技術顧問公司—Black & Veatch Hong Kong Ltd. 評估，原有運輸氯氣與儲存氯氣瓶相關的後勤和安全問題，因此對採購消毒劑研擬了創新方案：現場製造臭氧，次氯酸鈉和氯氣(On-site chlorine generation, OSCG)，並要求將生產過量的次氯酸鈉，可運輸到其他的小型淨水場或中間加氯設施使用。

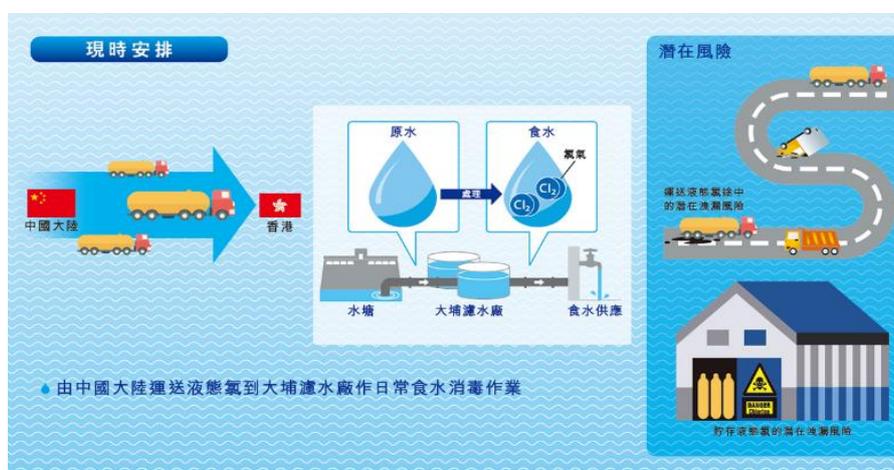


圖6.3-1 大埔濾水廠從中國進口液氯維持飲用水消毒作業之風險

### 6.3.2 解決方案：

#### a. 增設現場臭氧生產設施

先進和高效的消毒技術，可減少約30%的氯消耗量，提升飲用水水質(如圖6.3-2)。

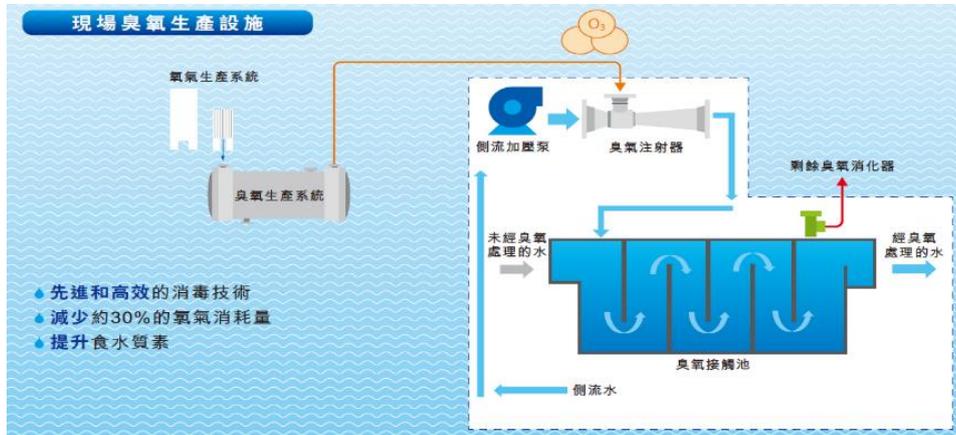


圖6.3-2 大浦濾水廠增設現場臭氧生產設施

#### b. 增設現場氯消毒劑生產設施

氯氣按量生產、消除液氯貯存和運輸風險、次氯酸鈉作備用消毒劑、提升飲用水消毒作業的安全和彈性(如圖6.3-3)，特點如次：

- 氯氣按量生產，消除液態氯的貯存風險
- 不斷改進的薄膜技術，設施所需空間少，更具成本效益
- 提升飲用水消毒作業的安全和彈性
- 提供更優質的飲用水

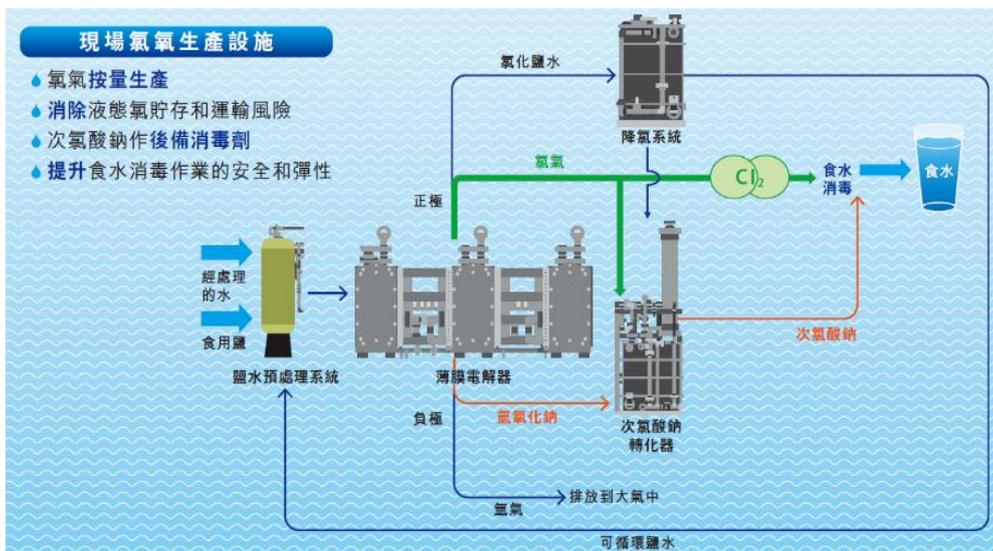


圖6.3-3 大浦濾水廠增設現場氯消毒劑生產設施

該項技術雖然已在工業應用中得到驗證和普遍使用，但對水務署和營運操作人員來說係屬新挑戰，是都市供水處理工程的相對獨特應用，對香港來說是新事物。OSCG 的複雜性和精密度，也非典型的水處理技術。

2017年經由招標結果，大浦濾水廠採用的是美國Electrolytic Technologies 公司之 Klorigen™，決標金額是美金1200萬元，是一種專為市政用水和廢水處理而設計，自 2001 年以來已在全球工廠所採用的先進電化學技術，它在預計使用之場所，使用鹽和水來生產化學物質：氯氣、苛性鈉和次氯酸鈉。這些化學品可以單獨使用，也可以轉化為濃度高達 15% 的高純度次氯酸鈉，顯著降低了與傳統氯/次氯酸鈉應用所需的危險化學品運輸相關的成本和風險，其製造原理如下圖。該技術被認為是“本質安全技術”（Inherently Safe Technology, IST），並已被美國國土安全部認證為「安全法案」下指定的合格反恐技術（QATT）。

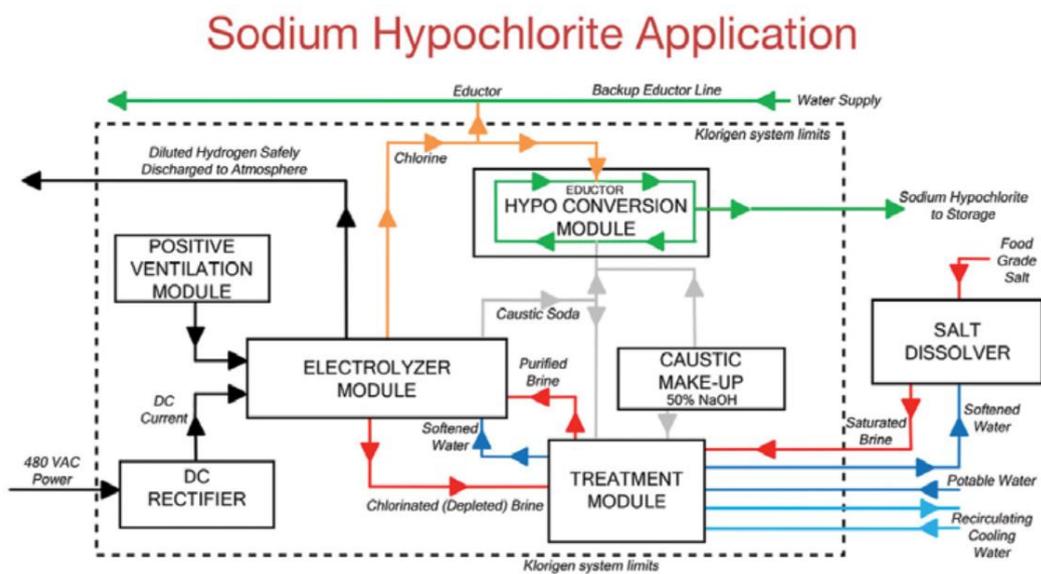
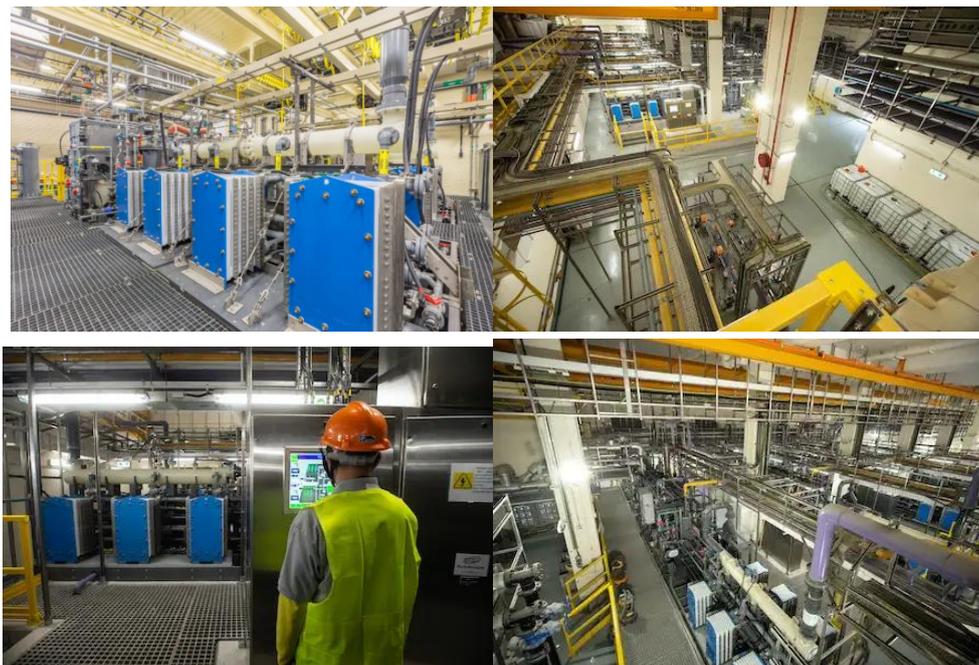


圖6.3-4 Klorigen™現場製造氯氣、苛性鈉和次氯酸鈉原理

為了滿足大浦濾水廠的化學品需求，其設備能力需能夠產生大約 7,495磅/天（約3402公斤/天）的氯。該設備採用模塊化、組合式設計，可進行配置以適應現有設施佈局，這有助於根據應用調整設備尺寸。在大埔濾水廠的OSCG系統啟動前，先前使用的加壓氯氣裝置必須停用，並拆除儲存的氣瓶，以便利用原有之氯倉空間來改裝。這個過程需要一個臨時化學品採購解決方案，以實現不間斷供應，由於COVID-19 的出現，影響了最初的啟動階段，該設備於 2020 年 1 月開始安裝，並於 7 月完工，其氯倉空間改裝OSCG系統之情形(僅用約1/2)如下圖。



### 6.3.3 Klorigen™系統特色

- 藉設計，系統可在不到一個大氣壓的壓力下運行，電極由半全氟膜隔開，消除了電解槽或產品儲罐下游的氫爆炸風險，所產生氯氣亦低於大氣壓，消除了危險有毒氣體釋放的可能性。
- 產生的氯氣可與副產品氫氧化鈉結合，以生產高強度次氯酸鈉，其運營成本在大多數情況下與最終用戶可用的任何替代氯鹼產品相當或更低。
- 系統預計使用壽命超過 20 年，每 5 到 8 年進行一次小規模翻新。
- 所產生的化學產品（氯氣、氫氧化鈉和次氯酸鈉）在質量和功效上與傳統散裝供應替代品相當，並且符合美國NSF 標準。
- 模塊化設計允許在不到一周的時間內將系統的容量在其現有佔地面積內增加兩倍甚至三倍，同時最大限度地減少運營中斷。
- 每個系統和子系統都設計為適合傳統的海運集裝箱，允許低成本的公路和海運到客戶現場。

## 6.4 美國加州聖地亞哥市 Otay 自來水場現場生產次氯酸鈉

### 6.4.1 簡介

位於加州聖地亞哥市之 Otay 自來水處理場(如下圖 6.4-1)，每天的處理能力為 34MGD(約 128,690CMD)，為大約 10 萬用戶提供飲用水。該自來水場由聖地亞哥市運營，距離美國-墨西哥邊境不到兩英里，儘管距離太平洋 15 英里，但乾旱地區被認為是科羅拉多沙漠的一部分，每年平均只有 10 英寸的降雨。



圖6.4-1南加州聖地亞哥市Otay自來水處理場

由於幾乎沒有當地可用的水源，聖地亞哥市依賴南加州大都會水區(Metropolitan Water District Southern California)的原水，該水區從科羅拉多河水道(Colorado River Aqueduct)和加州「水資源計劃」(California State Water Project)，該兩個大型水源計畫，將來自其他流域和地區的水，經數百英里水道帶到加州北部和東部，致原水含有大量天然有機物。

Otay 自來水處理場採用傳統淨水處理程序，即使原水含有大量天然有機物，但仍使用氯氣產生的二氧化氯進行消毒，隨著 Otay 周邊地區的發展和擴大，該市及淨水場操作人員開始考慮其他消毒方案。鑑於自來水場周圍的住宅逐步擴張，聖地亞哥市希望尋求更安全，具有前瞻性的氯替代來源之創新技術，俾為市民提供更安全、更可持續的飲用水消毒劑。

聖地亞哥市的多座自來水處理場，通常每座處理場約有 20 至 40 噸氯氣，儲存在 1 噸加壓鋼瓶中，每座場都配備了最多一噸氯氣外洩的中和設施，此意味可能發生數萬磅氯氣外洩風險，危險區域可從氯氣外洩地點，順風擴散至 20 英里。由於政府對恐怖主義的高度關注，要求水務單位應加強注意供水安全和人員培訓，俾避免氯氣外洩風險。在美國加州，使用氯氣需申請註冊，通過加州意外洩漏預防 (CalARP) 計劃嚴格的風險管理審核以及現場安全稽核，而美國聯邦國土

安全部，也將氯氣儲存場，視為潛在的恐怖分子攻擊目標。

因此西元 2014 年聖地亞哥市著手升級 Otay 自來水場時，如何降低使用氯氣風險和簡化操作是首要任務。市府官員評估了幾種替代消毒方案，包括：維持氯氣系統正常運行、升級現有的氯氣系統、改為槽車運輸的散裝次氯酸鈉、改為就地產生氯氣並轉化為現場生成次氯酸鈉（通過使用電將食鹽轉化為 0.8% 的氯溶液而產生，On-site sodium hypochlorite generation，OSG）系統，並進行了淨現值（NPV）分析，比較評估各個選項的綜合長期資本和運營成本。

該分析亦將輕微和災難性氯氣外洩相關的風險和危害，納為成本因素。使用散裝次氯酸鹽（濃度約為 12.5%）的主要問題點是，化學槽車經過社區運送的預期頻率相當高。從降低對社區的總體風險、簡化操作和降低操作安全培訓要求的角度來看，OSG 系統的安全性和可靠性具有吸引力。最後，NPV 計算確認 OSG 是基於整體風險降低和資本和運營成本的最具成本效益的解決方案。

聖地亞哥市最後評估決定 PSI 水技術（PSI Water Technologies）公司合作，採用該公司的 Microclor® OSG 系統，由 PSI 公司規設兩座 1,000 磅/天氣當量機組，其次氯酸鈉生產原理、技術流程及 1,000 磅/天氣生成能力機組，如下圖 6.4-2、圖 6.4-3、圖 6.4-4 所示。

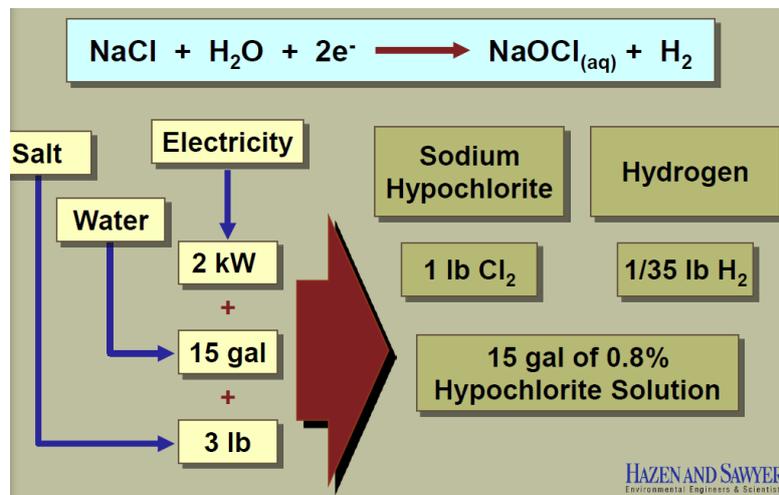


圖6.4-2 Microclor® OSG 系統生產原理

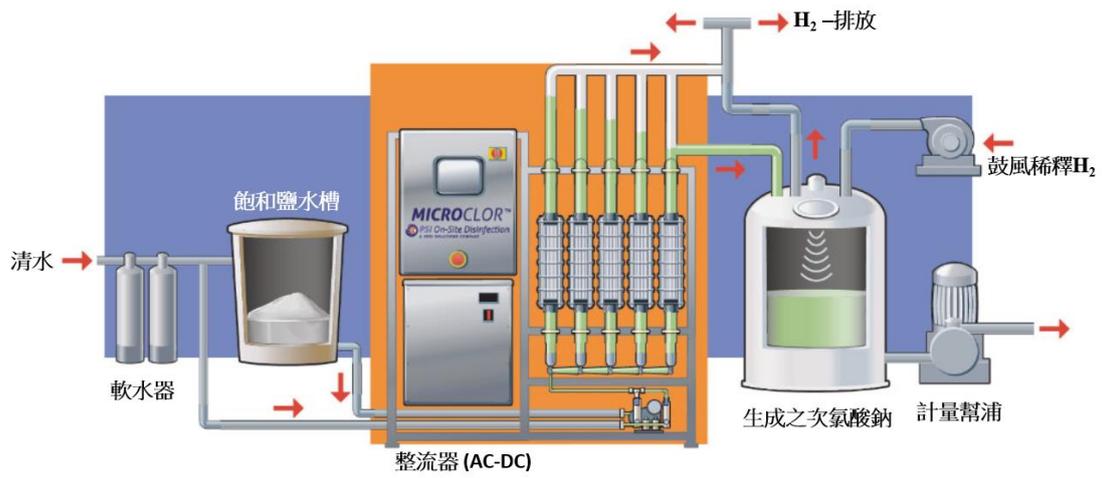


圖6.4-3 Microclor® OSG 系統技術流程

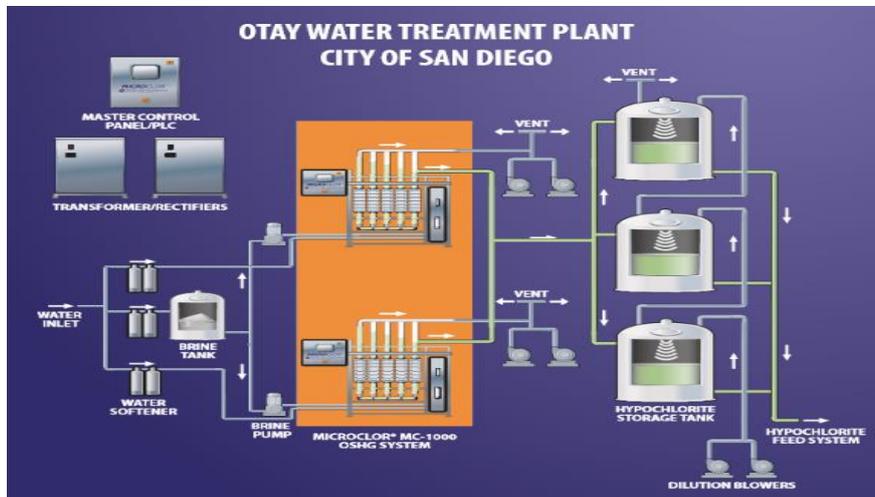


圖6.4-4加州聖地亞哥市Otay場Microclor® OSG X 1,000 磅/天氣當量機組

自西元 2016 啟動以來，Otay 水處理廠的營管人員已經觀察到新系統具有許多可衡量的優勢，與高濃度散裝次氯酸鈉劑相比，由 Microclor® OSG 系統產生的 0.8% 次氯酸鈉衰減反應性更小，並且隨著時間的推移更穩定。這種質量穩定的次氯酸鈉，可改善以往加氯作業時，因次氯酸鈉衰減問題，致控制加藥量不易之情形，並減少淨水場內 THM 的生成量。此外，改用 OSG，意味著聖地亞哥市可不再需要被納入 CalARP 計劃管控，從而節省了以前須投入合規、報告、培訓和審計的數百作業人時。得益於 Microclor® OSG 系統，聖地亞哥市的 Otay 水處理場現在擁有安全可靠的化學消毒劑，簡化了操作。

## 6.5 東京都水道局朝霞淨水場以 PFI 方式採用現場次氯酸鈉生產設備

### 6.5.1 概述

朝霞淨水場（處理能力 170 萬 CMD，處理方法：快濾+高級淨水處理）為東京都水道局所營運之 11 座淨水場中，處理能力最大者，該場評估使用液氯之安全性，擬將淨水過程中使用的消毒劑，從液氯轉換為次氯酸鈉。復考量朝霞淨水場之出水規模，從傳統的液氯轉換到次氯酸鈉，消耗量將相當大，需克服藥品儲存、操作維護、藥品運輸及地震安全等問題，俾提高操作安全性和可靠性，因此決定導入現場次氯酸鈉生產設備，於 2001 年配合政策，試行採取 PFI（Private Finance Initiative）創新措施，其處理流程如圖 6.5-1。

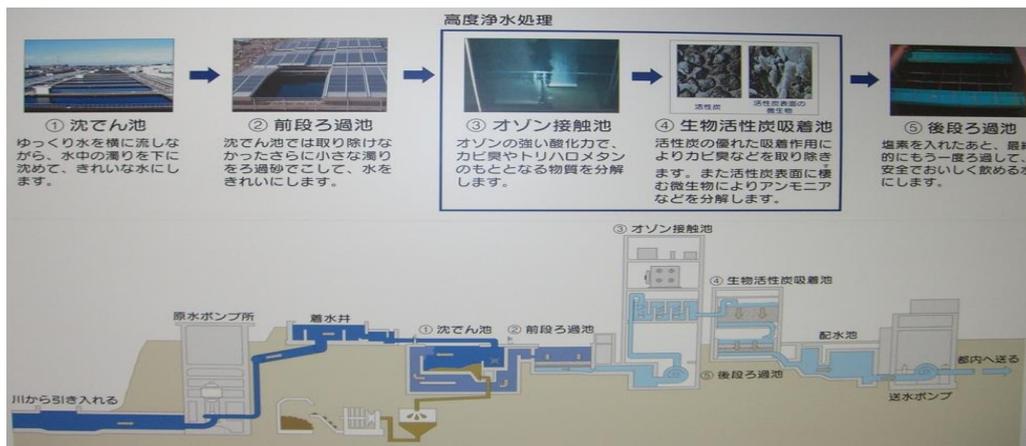
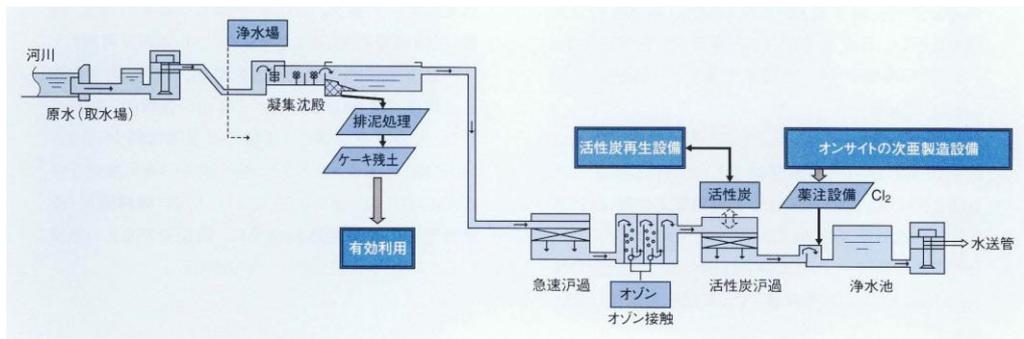


圖6.5-1東京水道局朝霞浄水場處理流程

PFI 屬於「公私協力」(Public Private Partnerships) 範疇，其概念為政府運用民間機構管理能力及商業的專業知識，和民間機構簽訂 PFI 契約，先由民間機構興建、營運公共建設，政府再向民間機構購買該公共建設之公共服務，政府在民間機構營運公共建設後，依據雙方契約所訂之評估指標及規範，檢視民間機構之服務品質有無符合約定，再予以付款，倘未達到績效指標或資產無法提供服務時，則有扣款機制，通過將私營企業的資金、管理知識等引入公共部門開展的社會資本開發和管理領域，有效提高社會資本的一種方法。

經招商結果由 Hitachi 得標，由該公司在朝霞浄水場安裝次氯酸鈉生產設施，次氯酸鈉供應濃度為 5%，生產能力最大 4,800 kg/天（以有效氯計算），供給範圍 2,000~3,600kg/天，平均 2,300 kg/天。於契約期間（20 年）擁有、運營和維護該設施，並向東京都水道局供應次氯酸鈉，契約結束後，Hitachi 將自費拆除製造設備，將經營場所恢復原狀，契約於 2001 年 10 月簽訂。

### 6.5.2 Hitachi 現場次氯酸鈉(NaClO)生產設備的生成原理

以鹽水和稀釋水（軟水）為輸入原料的「離子交換膜」型電解槽中，在電極間通過直流電流，生成次氯酸鈉溶液（見圖 5.6-2）。電極材料採用鉑基金屬電極，以提高電解效率。氯（Cl<sub>2</sub>）和生成之 NaOH 直接反應生成 NaClO，因此無排放 Cl<sub>2</sub> 問題，是安全的作業（Cl<sub>2</sub> 產生效率為 92~

95%)，由於上述反應屬放熱反應，所以通過低溫循環儲槽冷卻和向外部散熱控制，使溫度在 40°C 以下。另一方面，過程中會產生不需要的氫氣 (H<sub>2</sub>)，但與爆炸極限 (在 1 個大氣壓下，空氣中的 H<sub>2</sub> 氣體超過 4%，且具有火源的條件下) 相比，以大約 1% 的濃度釋放到外部空氣，係相當安全的措施。

「離子交換膜」型電解槽功率單位為 3.5AC-kWh/kg-Cl<sub>2</sub>，使用的基本單位為 2kg NaCl/kg-Cl<sub>2</sub>，從維護角度來看，雜質少的原料鹽 (尤其是 Ca、Mg、Ti) 是較理想的。次氯酸鈉的生產量，可配合供水需求及電價差別費率情形，調整操作時間，每台處理量為 1200kg-Cl<sub>2</sub>/d，濃度 5%，設 4 個機組，可利用夜間操作，俾降低電力成本，年平均運行時間為 11.5 小時/組，年平均供應 2300kg/d (變動範圍 2000~3600kg/d)，如圖 6.5-3 所示。

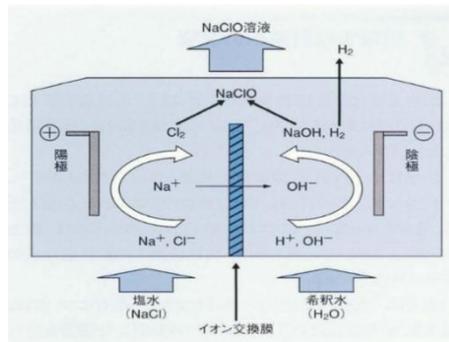


圖 6.5-2 NaClO 的產生原理

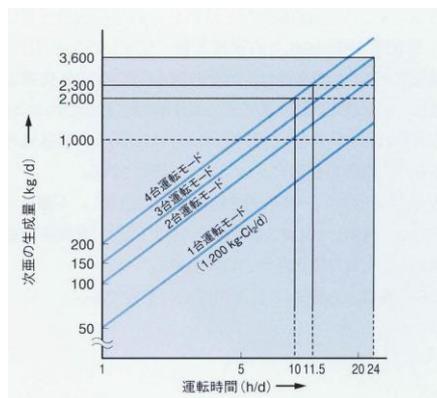


圖 6.5-3 每個電解槽運行時間和次氯酸產量關係

### 6.5.3 Hitachi 現場次氯酸鈉(NaClO)生產設備系統

現場次氯酸鈉(NaClO)生產設備概要 (見圖 6.5-4)，每組「電解槽」係由「溶解槽+飽和槽：10 天」的「原料鹽」和供給鹽水的「鹽水泵系統」組成。自來水通過「軟水器」後，蓄存在儲槽中，再泵送進「電解槽」，施加電壓和電流，產生 5%次氯酸鈉。

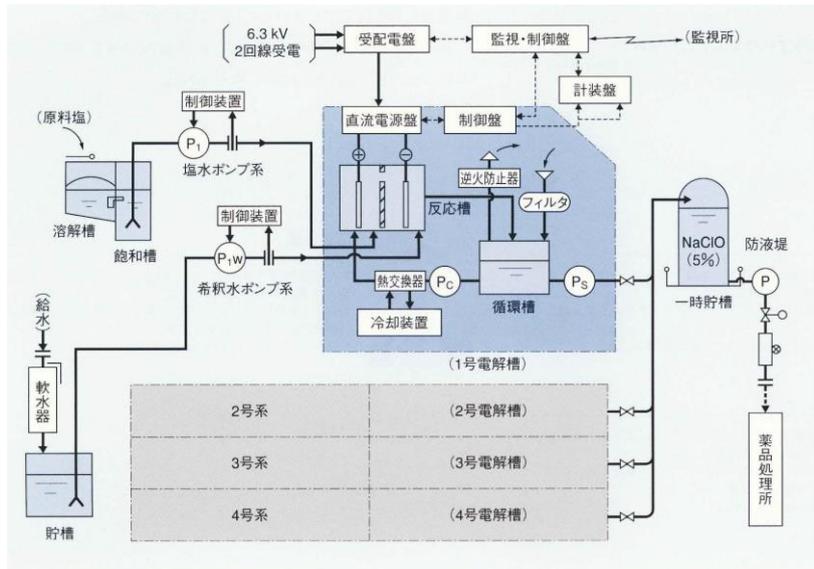


圖6.5-4 Hitachi現場次氯酸鈉(NaClO)生產設備系統

# 第七章 經濟性探討

## 7.1 概述

使用現場生成的次氯酸鈉的決定因當地條件而異，涉及經濟和非經濟因素。公用事業公司可能正在尋求替換現有工廠的氯化技術，或考慮將哪種技術用於新工廠。主要的經濟驅動因素是資本、運營和維護成本，但與成本不直接相關的其他因素或非成本因素也可能非常重要。非成本因素的例子有安全考慮、社區認知/風險和化學品供應鏈。本章提出了一種使用加權評分來量化非成本因素的方法。本章還概述了應考慮的經濟和非經濟因素，並介紹了三種不同類型的水氯化系統之間的成本曲線和比較：散裝次氯酸鹽、低強度 OSG 和高強度 OSG。此處不考慮液氯的成本比較。成本曲線顯示了各種系統規模，並基於從已經經歷過仔細評估各種氯化選項過程的現有公用事業公司的抽樣。本章探討主題：

- (一) 價值評估方法概述
- (二) 系統規模定義
- (三) 評估資本、運營和維護成本
- (四) 應急計畫成本
- (五) 評估非成本因素

## 7.2 價值評估方法概述

財務（成本）和非財務方法都可用於評估氯化技術。財務方法包括資本回報（或投資回報）、淨現值（或淨現值）和生命週期成本分析。非財務考慮包括但不限於監管要求、公共衛生影響、設施安全考慮、化學品供應、運營複雜性、資本成本、安裝成本、運營成本和維護成本。適當的分析方法或方法組合可能因公用事業所有權結構、財務狀況、消毒需求和位置而異。建議使用可靠的方法進行評估，無論評估是基於財務模型還是非成本因素風險評估的一部分。在下一節中，將討論用於執行資本、安裝、運營和維護成本比較的淨現值（也稱為淨現值）分析，因為它在執行生命週期成本評估中很重要（Dhillon 1989）。

## 7.2.1 淨現值分析

淨現值(NPW)，通常由公用事業公司進行計算，將替代氯化技術作為生命週期成本評估的一部分。淨現值一詞有時與生命週期成本(LCC)評估可互換使用，但 NPW 是一種執行 LCC 的方法。生命週期成本被定義為擁有、運營和維護一個系統在其整個使用壽命期間所必需的所有費用的淨現值（或價值）。NPW 計算需要假設貼現率（有時稱為利息）、項目壽命和年度現金流。這些可能因具體項目的財務安排而有很大差異。

淨現值是給定分析期開始時發生的資本成本加上考慮到通貨膨脹和假設利率的分析期間發生的年度成本的現值的總和。20 年的分析期通常用於比較次氯酸鈉替代品。以下等式可用於計算每個備選方案的 NPW。

$$NPW = C_0 + \frac{A_1}{(1+i)^1} + \frac{A_2}{(1+i)^2} + \frac{A_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{A_{20}}{(1+i)^{20}}$$

Where:

$C_0$  = initial capital cost(初始資本成本)

$A_1, A_2, A_3, A_{20}$  = annual cost expended in year 1, year 2, year 3, year 20 after completion of construction(建設完成後第1年、第2年、第3年、第20年每年花費的成本)

$i$  = interest rate(利率)

年度成本包括運營和維護成本，以及分析期內未來發生的定期更換成本。通貨膨脹因素包括在每年的年度成本計算中。請注意，年度成本應基於化學品和電力的年度平均使用量，而不是在確定設施規模以確定資本成本時使用的峰值量。

NPW的比較將導致在分析期間根據所做的假設從最低成本到最高成本對備選方案進行排名。NPW的結果可以與特定地點的非成本因素的比較結果相結合，以確定每個公用事業的最合適的選擇。每當對備選方案進行NPW比較時，重要的是要根據計算中包含的假設考慮分析的敏感性。例如，資本成本是相對固定和已知的，因為規劃者將建造一定規模的設施，並且可以根據建設成本估算的準確性水平，相對確定地計算成本，包括適當的意外因素。但是，年度成本包括許多可能隨時間變化的假設；材料的實際成本和實際使用或產生

的化學品數量等因素可能會影響分析。

對於本章評估的所述比較，涵蓋了 NPW 方法的各個方面，但由於系統規模和地點的可變性，並未具體遵循分析。這被認為適合考慮和規範所有不同的系統規模、不同的次氯酸鹽技術以及非成本因素也可能發揮重要作用的區域考慮。

### 7.3 系統規模定義

在本章中，從小型到大型公用事業的氯化成本比較中包括了五個系統規模類別。選擇這些類別以匹配 AWWA 消毒系統委員會供水設施調查中使用的系統規模類別（AWWA，2008a，2008b）。表 7.3-1 總結了每個類別的服務人口。使用每個類別中服務的最高人口和假設的人均用水量為 100gpd(GALLON PER DAY)和 1.5 的峰值日平均日比率來開發等效的水處理能力。

表7.3-1 系統大小類別<sup>[1]</sup>

系統規模類別	服務人口	Equivalent Plant Capacity (mgd 百萬加侖/天)
1	<10,000	1.5(約 5,678CMD)
2	>10,000 - 50,000	7.5(約 28,390CMD)
3	>50,000 - 100,000	15(約 56,781CMD)
4	>100,000 - 500,000	75(約 283,906CMD)
5	>500,000	112.5(約 425,859CMD)

### 7.4 評估資本、運營和維護成本

本節介紹了三種次氯酸鈉技術的成本範圍。這些技術如下：

- (一)以大約 12%溶液強度交付的散裝液體次氯酸鹽
- (二)0.8%溶液濃度的 OSG 次氯酸鹽
- (三)12%溶液濃度的 OSG 次氯酸鹽

#### 7.4.1 次氯酸鈉技術的資本成本

散裝次氯酸鹽溶液的主要資本成本項目包括儲罐、某些地區的建築物 and 化學進料泵。此外，還將對現有的氯氣設施進行一些土建場地改造，包括結構、機械、電氣和儀器改造，以適應大宗化學品儲存處理和進料。在某些情況下，公用事業公司選擇將散裝交付產品的濃度從12%稀釋到6%到8%，以降低散裝交付產品的降解率。為稀釋產品添加稀釋系統和可

能的額外大容量儲存罐將增加此選項的資本成本，應根據具體情況進行考慮。對於OSG技術，資本設備通常包括熱水器或冷卻器（如果需要）、鹽水罐、電解槽、整流器、諧波過濾器、軟水器、主控制面板、次氯酸鹽溶液儲罐、氫氣排放鼓風機（如果需要），以及進料泵。高強度OSG系統可能需要額外的用於亞硫酸氫鈉、苛性鈉和鹽酸的化學進料系統。與便利化相關的其他成本可能包括建造建築物以容納設備、現場工作、結構和電氣系統升級以及到應用點的化學進料管道。

根據從加拿大和美國的實際項目獲得的項目數據，為五個系統規模類別中的每一個類別制定了典型的資本成本範圍，並推斷或繪製以適應顯示的大小類別。由於成本可能隨化學品的使用而變化，因此評估了5和10mg/L的兩種等效氯劑量。根據USEPA 2000對典型低劑量和高劑量用戶的調查結果，選擇了5和10mg/L作為游離有效氯的劑量。

在這些分析中，成本估算不僅包括技術設備，還包括施工應急費用和專業服務費。施工應急費用是在施工階段遇到的不可預見的情況（例如變更單、更新的報告或安裝延遲）所允許的預算百分比，因此可能不適用於所有情況。

如資本成本表（表7.4-1、7.4-2和7.4-3）所示，施工應急費用和專業服務費按技術設備成本的百分比估算。如果公用事業公司擁有內部專業知識或適當的設施，不需要太多委外設計及代操作和土建工程費用來安全地安裝和操作設備，這些費用可能並不總是適用。專業服務費也可能不適用於聘請內部專業知識監督設備設計和安裝的公用事業公司。

表7.4-1、7.4-2和7.4-3總結了三種次氯酸鹽技術、五種系統規模類別和兩種氯劑量中的每一種的總資本成本。還顯示了每磅成本指標，本章稍後將討論。對於系統規模類別1，高強度OSG系統的資本成本沒有顯示，因為假設由於成本和操作的複雜性，該技術不太可能被較小的系統使用。

圖7.4-1顯示了每個處理方案的計算資本成本（不是每磅成本）的比較圖。

提出以下一般性意見：

1. 對於系統規模類別1-3（工廠產能為1.5至15mgd百萬加侖/天[約5,678CMD~56,781CMD]），任何給定選項的資本成本都相似，並且對於類別4和5中估計工廠產能分別為75和

112.5mgd(百萬加侖/天)[約283,906CMD和425,859CMD]的較大系統，資本成本往往會急劇增加。

2. 對於第4類和第5類，資本成本的急劇增加與0.8%的溶液量有關。當溶液更稀時，需要更大的儲罐或更多的小罐。有時，與建造新的基礎設施以容納大量次氯酸鹽相關的建設成本更高。
3. 無論系統規模大小，高強度OSG資本成本幾乎持平。

在較小的系統尺寸類別 1-3 中，散裝次氯酸鹽的成本似乎相對可承受。然而，隨著設計流量從 75 到 112.5mgd(百萬加侖/天)[約 283,906CMD 到 425,859CMD] 大大增加，對於系統尺寸類別 4 和 5，這種情況發生了巨大變化，並且對於系統大小類別 4 和類別 5 在 5 和 10mg/L 氯劑量之間的成本差異更大。更高的成本與需要更多的資本設備來儲存和泵送所需量的次氯酸鹽以滿足這些大型淨水場的消毒需求有關，而不是因為設備每磅氯的成本更高。

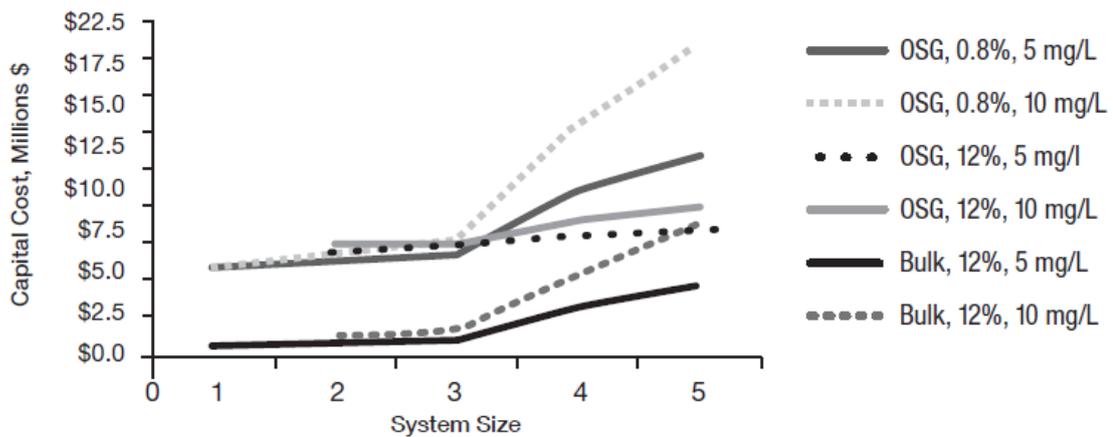


圖7.4-1按系統規模比較的資本成本<sup>[1]</sup>

表 7.4-1 散裝液體次氯酸鹽(12%)資本成本<sup>[1]</sup>，單位：NTD

Bulk 12% Capital Costs, Chlorine Dose = 5 mg/L

Category of Capital Expense	General %	System-Size Category				
		1	2	3	4	5
流量，CMD		5678.1	28390.6	56781.2	283905.9	425858.8
平均氯使用量，kg/天		28.6	142	284	1,419	2,128
技術設備費用		9,090,000	13,590,000	19,230,000	64,260,000	92,400,000
<b>Subtotal</b>		9,090,000	13,590,000	19,230,000	64,260,000	92,400,000
施工應急費用	30%	2,730,000	4,080,000	5,760,000	19,290,000	27,720,000
專業服務費	15%	1,350,000	2,040,000	2,880,000	9,630,000	13,860,000
<b>Subtotal</b>		4,080,000	6,120,000	8,640,000	28,920,000	41,580,000
<b>Total</b>		13,170,000	19,710,000	27,870,000	93,180,000	133,980,000
<b>每磅成本</b>		210,000	60,000	30,000	30,000	30,000

Bulk 12% Capital Costs, Chlorine Dose = 10 mg/L

Category of Capital Expense	General %	System-Size Category				
		1	2	3	4	5
流量，CMD		5678.1	28390.6	56781.2	283905.9	425858.8
平均氯使用量，kg/天		56.7	284	567.4	2837.2	4256.1
技術設備費用		10,200,000	19,230,000	30,480,000	120,540,000	176,850,000
<b>Subtotal</b>		10,200,000	19,230,000	30,480,000	120,540,000	176,850,000
施工應急費用	30%	3,060,000	5,760,000	9,150,000	36,180,000	53,040,000
專業服務費	15%	1,530,000	2,880,000	4,560,000	18,090,000	26,520,000
<b>Subtotal</b>		4,590,000	8,640,000	13,710,000	54,240,000	79,590,000
<b>Total</b>		14,820,000	27,870,000	44,190,000	174,810,000	256,440,000
<b>每磅成本</b>		120,000	30,000	30,000	30,000	30,000

注意：這些成本方程是從有限的數據集開發的，所有安裝都存在影響總資本成本的特定地點問題。對於批量交付的次氯酸鹽技術設備成本，制定了以下成本方程：

$$y = 39683x + 7962000$$

Where:

y = process equipment capital cost 技術設備資本成本(NTD)

x = kg/d of equivalent chlorine dose derived from the system-size categories(來自系統大小類別的當量氯劑量 kg/天)

表7.4-2低強度OSG次氯酸鹽(0.8%)資本成本<sup>[1]</sup>，單位：NTD

OSG, 0.8% Capital Costs, Chlorine Dose = 5 mg/L

Category of Capital Expense	General %	System-Size Category				
		1	2	3	4	5
流量，CMD		<b>5678.1</b>	<b>28390.6</b>	<b>56781.2</b>	<b>283905.9</b>	<b>425858.8</b>
平均氯使用量，kg/天		<b>28.6</b>	<b>142</b>	<b>284</b>	<b>1419</b>	<b>2128</b>
技術設備費用		121,380,000	129,660,000	139,980,000	222,540,000	274,140,000
<b>Subtotal</b>		121,380,000	129,660,000	139,980,000	222,540,000	274,140,000
施工應急費用	30%	36,420,000	38,880,000	42,000,000	66,750,000	82,230,000
專業服務費	15%	18,210,000	19,440,000	21,000,000	33,390,000	41,130,000
<b>Subtotal</b>		54,630,000	58,350,000	63,000,000	100,140,000	123,360,000
<b>Total</b>		<b>176,010,000</b>	<b>187,980,000</b>	<b>202,950,000</b>	<b>322,680,000</b>	<b>397,500,000</b>
<b>每磅成本</b>		2,820,000	600,000	330,000	90,000	90,000

OSG, 0.8% Capital Costs, Chlorine Dose = 10 mg/L

Category of Capital Expense	General %	System-Size Category				
		1	2	3	4	5
流量，CMD		<b>5678.1</b>	<b>28390.6</b>	<b>56781.2</b>	<b>283905.9</b>	<b>425858.8</b>
平均氯使用量，kg/天		<b>56.7</b>	<b>284</b>	<b>567.4</b>	<b>2837.2</b>	<b>4256.1</b>
技術設備費用		123,450,000	139,980,000	160,620,000	325,740,000	428,940,000
<b>Subtotal</b>		123,450,000	139,980,000	160,620,000	325,740,000	428,940,000
施工應急費用	30%	37,050,000	42,000,000	48,180,000	97,710,000	128,700,000
專業服務費	15%	18,510,000	21,000,000	24,090,000	48,870,000	64,350,000
<b>Subtotal</b>		55,560,000	63,000,000	72,270,000	146,580,000	193,020,000
<b>Total</b>		<b>179,010,000</b>	<b>202,950,000</b>	<b>232,890,000</b>	<b>472,320,000</b>	<b>621,990,000</b>
<b>每磅成本</b>		1,440,000	330,000	180,000	90,000	60,000

注：這些成本方程是從有限的數據集開發的，所有安裝都存在影響總資本成本的特定地點問題。對於低強度OSG(0.8%)系統技術設備成本，開發了以下成本方程：

$$y = 72752x + 119328000$$

Where:

y = process equipment capital cost 技術設備資本成本(NTD)

x = kg/d of equivalent chlorine dose derived from the system-size categories(來自系統大小類別的當量氯劑量 kg/天)

表 7.4-3 高強度 OSG 次氯酸鹽 (12%) 資本成本<sup>[1]</sup>，單位：NTD

OSG, 12% Capital Costs, Chlorine Dose = 5 mg/L						
Category of Capital Expense	General %	System-Size Category				
		1	2	3	4	5
流量，CMD		5678.1	28390.6	56781.2	283905.9	425858.8
平均氯使用量，kg/天		28.6	142	284	1,419	2,128
技術設備費用		—	150,000,000	150,000,000	180,000,000	180,000,000
<b>Subtotal</b>		—	150,000,000	150,000,000	180,000,000	180,000,000
施工應急費用	30%	—	44,970,000	45,540,000	50,040,000	52,860,000
專業服務費	15%	—	22,470,000	22,770,000	25,020,000	26,430,000
<b>Subtotal</b>		—	67,440,000	68,310,000	75,060,000	79,290,000
<b>Total</b>		—	217,350,000	220,080,000	241,830,000	255,450,000
<b>每磅成本</b>			690,000	360,000	90,000	60,000

OSG, 12% Capital Costs, Chlorine Dose = 10 mg/L						
Category of Capital Expense	General %	System-Size Category				
		1	2	3	4	5
流量，CMD		5678.1	28390.6	56781.2	283905.9	425858.8
平均氯使用量，kg/天		56.7	284	567.4	2837.2	4256.1
技術設備費用		—	150,000,000	150,000,000	180,000,000	210,000,000
<b>Subtotal</b>		—	150,000,000	150,000,000	180,000,000	210,000,000
施工應急費用	30%	—	45,540,000	46,650,000	55,680,000	61,290,000
專業服務費	15%	—	22,770,000	23,340,000	27,840,000	30,660,000
<b>Subtotal</b>		—	68,310,000	69,990,000	83,490,000	91,950,000
<b>Total</b>		—	220,080,000	225,510,000	269,040,000	296,250,000
<b>每磅成本</b>			360,000	180,000	30,000	30,000

注意：這些成本方程是從有限的數據集開發的，所有安裝都存在影響總資本成本的特定地點問題。對於高強度 OSG (12%) 系統技術設備成本，制定了以下成本方程：

$$y = 13228x + 148020000$$

Where:

$y$  = process equipment capital cost 技術設備資本成本 (NTD)

$x$  = kg/d of equivalent chlorine dose derived from the system-size categories (來自系統大小類別的當量氯劑量 kg/天)

較小系統的資本成本也可能是保守的，因為成本代表了傳統的設計-投標-施工方法，對於較大的系統比中小型系統更常見。例如，如果公用事業公司內部擁有該專業知識或製造商提供該專業知識作為其服務的一部分，則圖中所示的施工應急費用和專業服務費可能不合適。

一些化學品和設備供應商以專案方式提供設計、設備和安裝服務（作為已完成的項目出售給買方），對於中小型系統而言，這通常是一種較便宜的方法。考慮批量交付次氯酸鹽的大型系統可能會選擇更具競爭力且成本更低的採購流程。還應該注意的是，OSG製造商通常會為設備提供專案的方案，這可能會導致所有系統尺寸的成本低於本文預計的成本。

#### 7.4.2 每磅氣的資本成本

由於供應商經常討論每磅氣的價格，我們計算並顯示了兩種劑量水平（5和10mg/L）下每磅氣的資本成本，分別如圖7.4-2和7.4-3所示。正如人們所預料的那樣，散裝次氯酸鹽系統的資本成本通常是最便宜的。Garibi（2007）闡述了OSG生成系統尺寸如何改變較小尺寸（低容量）OSG系統的每磅氣計算的資本成本。由於規模經濟，OSG系統的資本成本不會隨著系統容量的增加而增加，這可能表現為使用較小容量的OSG系統在現場產生的每磅FAC的資本成本更高。這兩種OSG技術變得更具競爭力，並接近大型系統（尺寸類別4和5）的散裝次氯酸鹽的資本成本。然而，對於所有系統尺寸，尤其是較小的系統，在僅根據每磅氣的資本成本計算做出決定之前應謹慎行事，因為OSG系統的運營和維護成本通常低於散裝交付的次氯酸鈉。有趣的是，圖7.4-2和圖7.4-3表明，隨著自來水場規模的擴大和所需的次氯酸鹽數量增加，無論技術如何，資本成本幾乎相等，尤其是對於10mg/L的較高劑量。這種均衡往往發生在>15 mgd的設計容量上。對於較小的系統規模類別1-3，OSG的資本成本往往更大。資本成本從第3類上升到第4類和第5類可能是由於處理的水量更大。例如，容量從3類到4類增加了5倍，從4類到5類增加了1.5倍。大型系統的資本成本規模經濟。

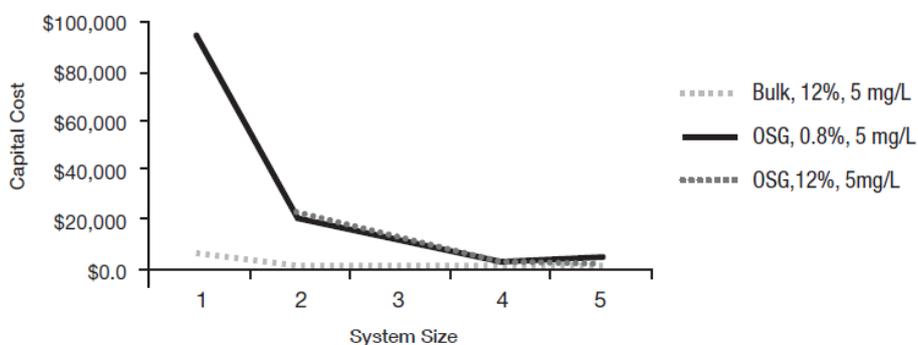


圖7.4-2 5-mg/L劑量下每等量氣的潛在資本成本範圍<sup>[1]</sup>

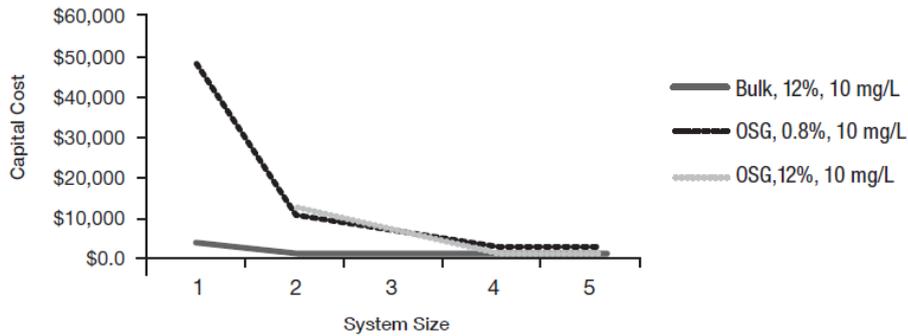


圖7.4-3 10mg/L劑量下每當量磅氯的潛在資本成本範圍<sup>[1]</sup>

### 7.4.3 運維成本

使用設計流量峰值因子（平均流量的1.5倍）的類似假設，為表7.4-1、7.4-2和7.4-3中所示的相同系統規模類別準備了運營和維護(O&M)成本表，服務的人群（每個尺寸類別中最高的）和兩種氯劑量（5和10毫克/升）。

影響散裝次氯酸鹽運維成本的主要項目包括化學品成本、設備維護成本和人工成本。其他次要成本，如電力，不包括在大宗次氯酸鹽O&M成本估算中。此外，應該注意的是（1）大量次氯酸鹽的濃度範圍從10%到大於15%，但對於這些估計，使用12%的濃度，因為它是最常見的；（2）降解這些計算中沒有考慮產品強度。如果產品強度降低，將影響使用率，從而影響散裝次氯酸鹽的運維成本。

影響OSG系統（低強度和高強度系統，0.8%和12%）運維成本的主要項目包括鹽、電力、設備維護、電解單元/膜的定期更換和人工。OSG次氯酸鹽生產的鹽和電力使用可能因不同製造商的設備而異，因此使用每磅氯3.0磅鹽和2.0kW·h電力的標準假設來生成估算值。這些估算中不包括次要成本，例如散裝次氯酸鹽（如果用作備用）的成本和水成本。高強度OSG系統需要額外的化學品，例如32%的鹽酸、38%的硫酸氫鹽和50%的苛性鈉，但由於這些化學品的需求量非常小，因此這些O&M成本估算中不包括成本。

對可用的已發表文獻、設備製造商提供的數據以及本章作者的項目數據進行了審查，以確定每種被評估技術的典型O&M成本範圍。其中包括散裝次氯酸鹽、鹽、電力和勞動力的價格。化學品成本和電力成本可能因地理區域和購買的化學品數量而有很大差異。雖然鹽的成本因地理位置而異，但食品級鹽的成本通常高於日曬鹽的成本。大多數低強度OSG系統可以使用太

陽能或食品級鹽來滿足設備製造商推薦的最低質量要求。高強度OSG系統需要食品級鹽。因此，準備了兩組估算來確定O&M成本的低端（低氯劑量和其他變量的低比率）和高端（高氯劑量和高其他變量的比率）。表7.4-4總結了這些評估中使用的範圍。

O&M成本是按年平均成本計算的，如下所示。由於對所考慮的每個O&M變量（散裝次氯酸鹽成本、鹽成本、電力成本）進行了兩組假設，因此如資本成本估算所示，O&M成本曲線並未以每磅氯為基礎繪製在圖7.4-2和7.4-3中。

#### 7.4.4 散裝次氯酸鹽 O&M 成本

散裝次氯酸鹽的成本可能會因公用事業的地理位置和給定時間訂購的次氯酸鹽數量而有很大差異。對於此分析，假設範圍為18NTD至30NTD/加侖（作為12%次氯酸鹽溶液）。假設每年的設備維護成本為每個系統規模類別的技術設備成本的1%。假設勞動力成本與設備維護成本相關。系統規模越小，人工成本佔設備維護成本的百分比就越大（例如，對於系統規模類別1，人工成本=設備維護成本的40%，而對於規模類別5，人工成本=設備維護費用的25%）。

基於這些假設，散裝次氯酸鹽（12%）的O&M成本明細如表7.4-5所示，5和10mg/L兩種氯劑量的總體O&M成本如圖7.4-4所示。

表7.4-4 被評估技術的化學和電力成本範圍<sup>[1]</sup> (單位：NTD)

Variable	Low Range	High Range
Chlorine dose (mg/L)	5	10
散裝次氯酸鹽成本（每磅氯或每加侖 12%溶液）	18.0	30.0
鹽成本(per lb)	1.5	2.4
電費 (per kW•h)	1.5	3.6

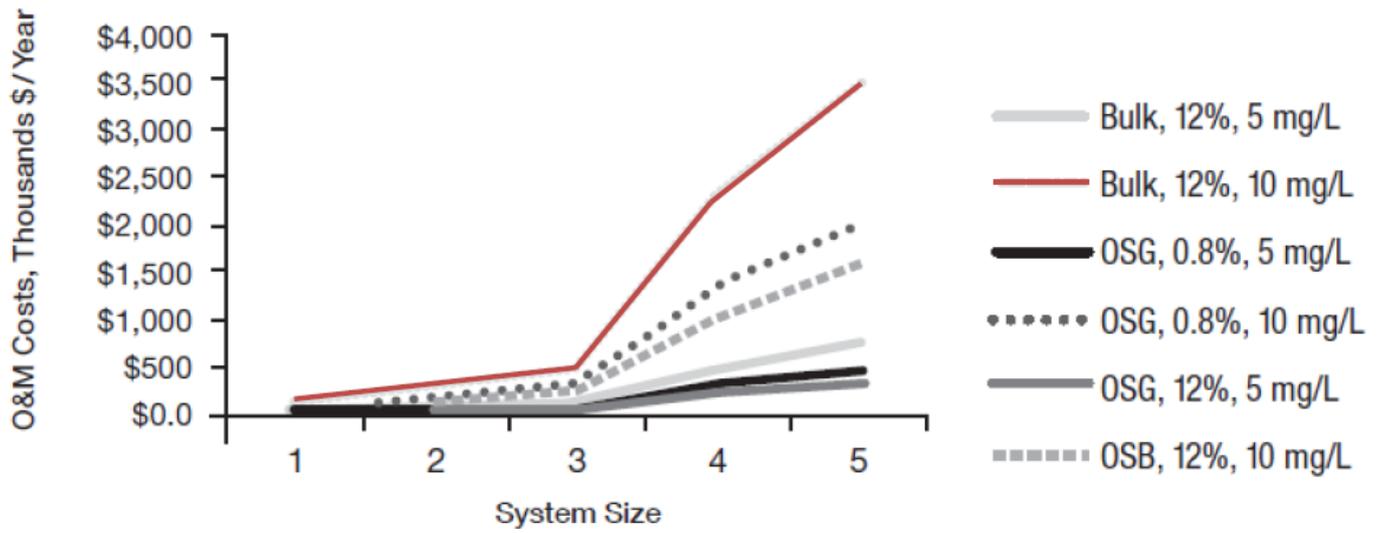


圖7.4-4年運維成本按系統規模對比<sup>[1]</sup>

表7.4-5 散裝液體次氯酸鹽（12%）年運維成本<sup>[1]</sup>，單位：NTD

Bulk 12% O&M Costs in NTD/Year, Chlorine Dose = 5mg/L					
Category of Capital Expense	System-Size Category				
	1	2	3	4	5
流量，CMD	<b>5678.1</b>	<b>28390.6</b>	<b>56781.2</b>	<b>283905.9</b>	<b>425858.8</b>
平均氯使用量，kg/天	<b>18.9</b>	<b>94.7</b>	<b>189.1</b>	<b>946</b>	<b>1,419</b>
次氯酸鹽成本	273,000	1,371,000	2,739,000	13,698,000	20,547,000
設備維護成本	90,000	135,000	192,000	642,000	924,000
人力成本	36,000	48,000	63,000	192,000	231,000
<b>每年維運(O&amp;M) 成本,NTD</b>	<b>402,000</b>	<b>1,554,000</b>	<b>2,994,000</b>	<b>14,535,000</b>	<b>21,702,000</b>
<b>維運(O&amp;M)成本,NTD/Kg</b>	<b>58.27</b>	<b>44.96</b>	<b>43.38</b>	<b>42.1</b>	<b>41.9</b>
<b>維運(O&amp;M)成本,NTD/m<sup>3</sup></b>	<b>0.19</b>	<b>0.15</b>	<b>0.14</b>	<b>0.14</b>	<b>0.14</b>
Bulk 12% O&M Costs in NTD/Year, Chlorine Dose = 10 mg/L					
Category of Capital Expense	System-Size Category				
	1	2	3	4	5
流量，CMD	<b>5678.1</b>	<b>28390.6</b>	<b>56781.2</b>	<b>283905.9</b>	<b>425858.8</b>
平均氯使用量，kg/天	<b>56.7</b>	<b>284</b>	<b>567.4</b>	<b>2837.2</b>	<b>4256.1</b>
次氯酸鹽成本	1,371,000	6,849,000	13,698,000	68,493,000	102,738,000
設備維護成本	102,000	192,000	306,000	1,206,000	1,770,000
人力成本	42,000	66,000	99,000	363,000	441,000
<b>每年維運(O&amp;M) 成本, NTD</b>	<b>1,512,000</b>	<b>7,110,000</b>	<b>14,100,000</b>	<b>70,059,000</b>	<b>104,949,000</b>
<b>維運(O&amp;M)成本,NTD/Kg</b>	<b>73.06</b>	<b>68.59</b>	<b>68.08</b>	<b>67.65</b>	<b>67.56</b>
<b>維運(O&amp;M)成本,NTD/m<sup>3</sup></b>	<b>0.73</b>	<b>0.69</b>	<b>0.68</b>	<b>0.68</b>	<b>0.68</b>

注：

1. 對於O&M成本的5毫克/升氯劑量計算，假設次氯酸鹽成本範圍的下限值，而對於10毫克/升氯劑量，使用次氯酸鹽成本範圍的上限值（分別為18和30NTD/加侖）。
2. 維運(O&M)成本,NTD/m<sup>3</sup>係為每噸水所需藥劑生產操作費用；維運(O&M)成本,NTD/Kg係為生產每公斤藥劑所需之操作費用。

#### 7.4.5 低強度 OSG 次氯酸鹽(0.8%)運維成本

對於低強度OSG系統，假設生產1磅氯（以Cl<sub>2</sub>計）消耗3.0磅鹽和2.0kW·h電。對於每個系統規模類別，假設每年生產每磅氯氣的設備維護成本為2.4NTD元。假設勞動力成本與設備維護成本相關。系統規模越小，人工成本佔設備維護成本的百分比就越大（例如，對於系統

規模類別1，人工成本=設備維護成本的40%，而對於規模類別5，人工成本=設備維護費用的25%)。假設每5年更換一次低強度OSG系統的電解槽，相關成本按年計算併計入年度O&M成本。基於這些假設，對於5和10mg/L兩種氯劑量，低強度OSG次氯酸鹽系統(0.8%)的O&M成本明細如表7.4-6所示，總體運維成本繪製在圖7.4-4。

#### 7.4.6 高強度 OSG 次氯酸鹽(12%)運維成本

對於高強度 OSG 系統，假設生產 1 磅氯 (以  $\text{Cl}_2$  計) 消耗 1.65 磅鹽和 1.75  $\text{kW}\cdot\text{h}$  電力。假設每種尺寸類別每天生產的每磅氯氣每年的設備維護成本為 2.4NTD。假設勞動力成本與設備維護成本相關。系統規模越小，人工成本佔設備維護成本的百分比就越大 (例如，對於系統規模類別 1，人工成本=設備維護成本的 40%，而對於規模類別 5，人工成本=設備維護費用的 25%)。高強度 OSG 系統的膜更換假設為每 5 年一次，相關成本按年計算併計入年度 O&M 成本。基於這些假設，5 和 10mg/L 兩種氯劑量的高強度 OSG 次氯酸鹽系統(12%)的 O&M 成本明細如表 7.4-7 所示，總體運維成本繪製在圖 7.4-4。

表7.4-6低強度OSG次氯酸鹽（0.8%）年運維成本<sup>[1]</sup>，單位：NTD

OSG 0.8% O&M Costs in NTD/Year, Chlorine Dose = 5 mg/L					
Category of Capital Expense	System-Size Category				
	1	2	3	4	5
流量，CMD	5678.1	28390.6	56781.2	283905.9	425858.8
平均氯使用量，kg/天	18.9	94.7	189.1	946	1,419
鹽成本	69,000	342,000	684,000	3,426,000	5,136,000
總用電量(kW·h/年)	30,000	152,000	304,000	1,522,000	2,284,000
電費	45,000	228,000	456,000	2,283,000	3,426,000
設備維護成本	36,000	183,000	366,000	1,827,000	2,739,000
人力成本	15,000	63,000	117,000	549,000	684,000
電解單元重置成本	3,000	9,000	18,000	93,000	141,000
<b>每年運維(O&amp;M)成本, NTD</b>	<b>168,000</b>	<b>828,000</b>	<b>1,641,000</b>	<b>8,175,000</b>	<b>12,126,000</b>
<b>運維(O&amp;M)成本,NTD/Kg</b>	<b>24.35</b>	<b>23.95</b>	<b>23.78</b>	<b>23.68</b>	<b>23.41</b>
<b>運維(O&amp;M)成本,NTD/m<sup>3</sup></b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>
OSG 0.8% O&M Costs in NTD/Year, Chlorine Dose = 10 mg/L					
Category of Capital Expense	System-Size Category				
	1	2	3	4	5
流量，CMD	5678.1	28390.6	56781.2	283905.9	425858.8
平均氯使用量，kg/天	56.7	284	567.4	2837.2	4256.1
鹽成本	330,000	1,644,000	3,288,000	16,437,000	24,657,000
總用電量(kW·h/年)	91,667	456,667	913,333	4,565,833	6,849,167
電費	330,000	1,644,000	3,288,000	16,437,000	24,657,000
設備維護成本	111,000	549,000	1,095,000	5,478,000	8,220,000
人力成本	45,000	192,000	351,000	1,644,000	2,055,000
電解單元重置成本	6,000	27,000	57,000	282,000	423,000
<b>每年運維(O&amp;M)成本, NTD</b>	<b>816,000</b>	<b>4,056,000</b>	<b>8,079,000</b>	<b>40,281,000</b>	<b>60,009,000</b>
<b>運維(O&amp;M)成本,NTD/Kg</b>	<b>39.43</b>	<b>39.13</b>	<b>39.01</b>	<b>38.9</b>	<b>38.63</b>
<b>運維(O&amp;M)成本,NTD/m<sup>3</sup></b>	<b>0.39</b>	<b>0.39</b>	<b>0.39</b>	<b>0.39</b>	<b>0.39</b>

NOTES:

1. 對於5-mg/L氯劑量計算O&M成本，假設鹽成本範圍的下限值，對於10-mg/L劑量，使用鹽成本範圍的上限值（分別為1.5NTD/磅和2.4NTD/磅）。
2. 對於5mg/L氯劑量計算O&M成本，假設電力成本範圍的下限值，對於10mg/L劑量，使用電力成本範圍的上限值（分別為1.5NTD/kW·h和3.6NTD/kW·h）。
3. 運維(O&M)成本,NTD/m<sup>3</sup>係為每噸水所需藥劑生產操作費用；運維(O&M)成本,NTD/Kg係為生產每公斤藥劑所需之操

作費用。

圖7.4-4顯示，低強度OSG的O&M成本最低，其次是高強度OSG，散裝次氯酸鹽的每個劑量類別（即5mg/L或10mg/L）的O&M成本最高。在所有系統尺寸中都觀察到這種趨勢，在系統尺寸類別4和5中看到更大的成本差異。

雖然經常觀察到這些 O&M 趨勢，但執行特定地點的評估非常重要，以便準確計算當地的化學品和電力成本。例如，一些公用事業公司在非高峰時段運行 OSG 生成系統以利用較低的能源成本。執行投資回報(ROI)計算也可能很有用。此計算的目的是衡量獲得投資於資本設備的資金回報的時間量（通常以年為單位）。這可以幫助公用事業公司決定是否進行投資。例如，OSG 通常會提供較低的運營成本但較高的前期資本投資。通過評估與散裝次氯酸鹽相比在一定時期內節省的運營成本，可以計算獲得生成系統原始資本成本回報所需的時間。

表7.4-7 高強OSG次氯酸鹽（12%）年運維成本<sup>[1]</sup>，單位：NTD

OSG 12% O&M Costs in NTD/Year, Chlorine Dose = 5 mg/L					
Category of Capital Expense	System-Size Category				
	1	2	3	4	5
流量，CMD	<b>5678.1</b>	<b>28390.6</b>	<b>56781.2</b>	<b>283905.9</b>	<b>425858.8</b>
平均氯使用量，kg/天	<b>18.9</b>	<b>94.7</b>	<b>189.1</b>	<b>946</b>	<b>1,419</b>
鹽成本	—	189,000	378,000	1,884,000	2,826,000
總用電量(kW·h/年)	—	134,000	266,000	1,332,000	1,998,000
電費	—	201,000	399,000	1,998,000	2,997,000
設備維護成本	—	183,000	366,000	1,827,000	2,739,000
人力成本	—	63,000	117,000	549,000	684,000
電解單元重置成本	—	9,000	18,000	93,000	141,000
<b>每年維運(O&amp;M)成本, NTD</b>	—	<b>645,000</b>	<b>1,278,000</b>	<b>6,348,000</b>	<b>9,387,000</b>
<b>維運(O&amp;M)成本,NTD/Kg</b>	—	<b>18.66</b>	<b>18.52</b>	<b>18.38</b>	<b>18.12</b>
<b>維運(O&amp;M)成本,NTD/m<sup>3</sup></b>	—	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>
OSG 12% O&M Costs in NTD/Year, Chlorine Dose = 10 mg/L					
Category of Capital Expense	System-Size Category				
	1	2	3	4	5
流量，CMD	<b>5678.1</b>	<b>28390.6</b>	<b>56781.2</b>	<b>283905.9</b>	<b>425858.8</b>
平均氯使用量，kg/天	<b>56.7</b>	<b>284</b>	<b>567.4</b>	<b>2837.2</b>	<b>4256.1</b>
鹽成本	—	903,000	1,809,000	9,042,000	13,560,000
總用電量(kW·h/年)	—	399,167	799,167	3,995,000	5,993,333
電費	—	1,437,000	2,877,000	14,382,000	21,576,000
設備維護成本	—	549,000	1,095,000	5,478,000	8,220,000
人力成本	—	192,000	351,000	1,644,000	2,055,000
電解單元重置成本	—	27,000	57,000	282,000	423,000
<b>每年維運(O&amp;M)成本, NTD</b>	—	<b>3,111,000</b>	<b>6,189,000</b>	<b>30,828,000</b>	<b>45,834,000</b>
<b>維運(O&amp;M)成本,NTD/Kg</b>	—	<b>30.01</b>	<b>29.88</b>	<b>29.77</b>	<b>29.5</b>
<b>維運(O&amp;M)成本,NTD/m<sup>3</sup></b>	—	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.29</b>

NOTES:

1. 鹽成本僅為該技術的食品級。
2. 對於5-mg/L氯劑量計算O&M成本，假設鹽成本範圍的下限值，對於10-mg/L劑量，使用鹽成本範圍的上限值（分別為1.5NTD/磅和2.4NTD/磅）。
3. 對於5mg/L氯劑量計算O&M成本，假設電力成本範圍的下限值，對於10mg/L劑量，使用電力成本範圍的上限值（分別為1.5NTD/kW·h和3.6NTD/kW·h）。

4. 維運(O&M)成本,NTD/m<sup>3</sup>係為每噸水所需藥劑生產操作費用；維運(O&M)成本,NTD/Kg係為生產每公斤藥劑所需之操作費用。

最後，特定場所的非成本因素在評估消毒方案時可能具有更大的權重。以下部分討論了一些經常遇到的問題，這些問題考慮了與上述成本估算沒有直接關係的環境、社會和安全因素。

## 7.5 應急計畫成本：停電和/或化學品供應

在發電機不工作的情況下 OSG 應急計畫的選擇，例如購買備援系統或電池或提供一個用於臨時交付 12%次氯酸鈉溶液的系統。示例包括停機維護或準備自然事件，如颶風或暴風雪，這是可以預測的。無論備援方法或應急計畫是什麼，這些成本都應包含在維運(O&M)年度成本評估中。

許多公用事業公司會考慮採用一種系統，將 12%的散裝次氯酸鹽稀釋至 1%以下。計劃這些臨時交付的目的是為 OSG 設備的定期維護提供備援，或為重大風暴事件做好準備，在此期間電力或化學品的交付可能會間歇性。對於低強度 OSG 系統，輸送的次氯酸鹽溶液(~12.5%) 通常用水稀釋至約 1%，以便系統的化學品進料泵可以在泵的調節率範圍內處理大量液體化學品。散裝溶液可以卸載到指定用於單獨散裝儲存罐中，然後將產品稀釋並儲存在其他罐中。

## 7.6 評估非成本因素

資本和O&M成本對於估算預算很重要，但它們並不總是需要考慮的最重要因素，尤其是在特定氯化技術的整體生命週期成本相似的情況下。因此，證明特定技術合理性的考慮還可能包括特定於每個公用事業環境和位置的非成本因素。非成本因素的例子包括：

- (一) **不間斷地供應散裝化學品**。在北美的某些地區，無法可靠地獲得市售氯源，因此 OSG 系統技術可能更有利。
- (二) **鄰里風險**。一些社區可能會考慮用大型運輸工具運輸 12% 的次氯酸鹽通過居民社區，這與運送氯氣一樣具有環境風險。
- (三) **現場化學品處理**。低強度 OSG 系統產生不屬於危險化學品的弱氯溶液。
- (四) **化學品交付頻率**。與散裝交付的次氯酸鹽相比，由於對化學品供應商的依賴程度較低且交付量更少（例如，低強度 OSG 系統只需要鹽），因此能夠在現場生成氯溶液對

一些公用事業公司很有吸引力。

許多其他非成本因素可能適用於考慮替代氯氣的任何給定公用事業。表7.6-1中列出了一些示例標準。評估每種技術的非成本因素相對於彼此的一種方法是開發一個決策矩陣，該矩陣為每個非成本因素分配一個權重因素，並為每種技術分配一個分數。在確定非成本因素標準列表後，確定權重因子，其重要性由公用事業確定。所有權重因子加起來應為100%。接下來，應為每個標準和技術分配1-5分。1分表示該技術最不受歡迎或不符合標準，而5分表示最有利或完全符合標準。最後，將加權因子乘以分數，得出加權分數。

表7.5-1非成本因素評分系統示例<sup>[1]</sup>

Example 標準 (總加權因 子)	Weighting Factor	Score (1 to 5)			Weighted Score		
		Alternative 1: Bulk Hypo	Alternative 2: Low- Strength OSG	Alternative 3 High- Strength OSG	Alternative 1: Bulk Hypo	Alternative 2: Low- Strength OSG	Alternative 3: High- Strength OSG
<b>安全 (20%)</b>							
運輸風險	7%	3	3	3	21	21	21
儲存和處理	13%	3	3	3	39	39	39
<b>公共關係 (10%)</b>							
場地影響	5%	3	3	3	15	15	15
社區認知	5%	3	3	3	15	15	15
<b>運營 (20%)</b>							
操作複雜度	10%	3	3	3	30	30	30
易於維護	5%	3	3	3	15	15	15
卡車交貨數量	5%	3	3	3	15	15	15
<b>可靠性 (50%)</b>							
技術的可靠性	20%	3	3	3	60	60	60
原料輸送	10%	3	3	3	30	30	30
產品降解	10%	3	3	3	30	30	30
水質	10%	3	3	3	30	30	30
總得分	100%				300	300	300

# 第八章 國內自來水事業導入 OSG 初步評估

## 8.1 南化淨水場案例分析

### 8.1.1 南化淨水場處理流程概述

#### (一)水源：

南化淨水場水源取自南化水庫原水，南化水庫位於臺南市南化區曾文溪支流後堀溪上游，其水源除本身集水區(面積約 100Km<sup>2</sup>)外，另由高屏溪支流旗山溪設甲仙堰於豐水期越域引水，以輸水隧道將旗山溪豐水期多餘之水量引入南化水庫運用，提高南化水庫之供水量。

#### (二)淨水處理流程：

南化淨水場淨水流程如圖 8.1-9，南化水庫原水進入場內調節池進行水量調整及沉澱降低濁度後，經分水井進入快混池，於快混池原水中加入氯化鐵作為混凝劑，藉由水躍達成快速混合作用，接著於快混池末端進行前加氯(次氯酸鈉)去除(氧化)氨氮、鐵及錳等耗氯物質。快混後(加藥混合)之原水進入膠羽沉澱池，產生膠羽顆粒，藉由膠羽機緩慢攪拌，經膠凝作用使小膠羽逐漸結合較大且重之膠羽，形成膠羽之原水，在足夠滯留時間下藉由重力之沉降作用、分離原水中較大之膠羽顆粒及懸浮固體。沉澱後取其表面水進入快濾池，將細小懸浮物質及微生物等藉由濾料之截留、沉澱、吸附及化學反應等作用加以去除，並藉反沖洗機制維持濾料之清潔。快濾後之清水經後加次氯酸鈉消毒進入清水池，主要功能係維持淨水場穩定出水量之調節能力、確保消毒接觸時間及增加消毒效果。

#### (三)原水水質：

統計南化淨水場 108~110 年水質變化情形(詳圖 8.1-1~4)，在豐水期間(5~9 月)常因豪雨造成原水濁度劇烈上昇，其餘時期大致均在 10 NTU 以下，109 年由於枯旱久未下雨南化水庫水位低於下限值，5 月 22 日一場豪大雨造成水庫原水濁度劇烈上昇，又因未達南化

水庫表層取水工連接高度之水位，無法抽取水庫表層較低濁度之原水，導致引入南化淨水場原水日平均濁度 4,422NTU(最高濁度達約 12,500 NTU)，淨水場採取原水減量進水、膠凝沉澱池連續排泥、緊急添加 Polymer 絮凝劑及加強混凝操作等措施因應。

原水中含鐵(Fe)濃度豐水期間偏高約在 0.18~0.38 mg/L，其餘時期約在 0.03~0.12 mg/L；原水中含錳(Mn)濃度豐水期間偏高約在 0.138~0.226 mg/L，其餘時期約在 0.035~0.100 mg/L。原水中含鐵、錳濃度偏高原因，主要是豐水期間水庫大量進水，造成沉澱在水庫底部厭氧還原之鐵、錳離子上揚，及地表逕流進入水庫原水中含有鐵、錳之濁度物質。原水中含氨氮(NH<sub>4</sub>-N)濃度豐水期間偏高約在 0.21~0.43 mg/L，並有逐年增加趨勢，其餘時期約在 0.03~0.13 mg/L。原水中含氨氮濃度偏高原因，主要是水庫上游及甲仙堰於豐水期間越域引水之高屏溪支流旗山溪等集水區內，種植芒果、竹子、火龍果及熱帶水蜜桃等農業經濟作物過量施肥，於豐水期間隨著豪大雨地表逕流沖刷進入水庫。

由於豐水期間原水中有機物、氨氮、鐵及錳等耗氯物質濃度上升，尤其是耗氯量較大之氨氮濃度有逐年增加趨勢，導致南化淨水場 105 年設置 10 只 FRP 50M<sup>3</sup> 次氯酸鈉貯藥槽不夠使用，故於 110 年再增設 8 只 FRP 50M<sup>3</sup> 次氯酸鈉貯藥槽，現合計共設有 18 只 FRP 50M<sup>3</sup> 次氯酸鈉貯藥槽。

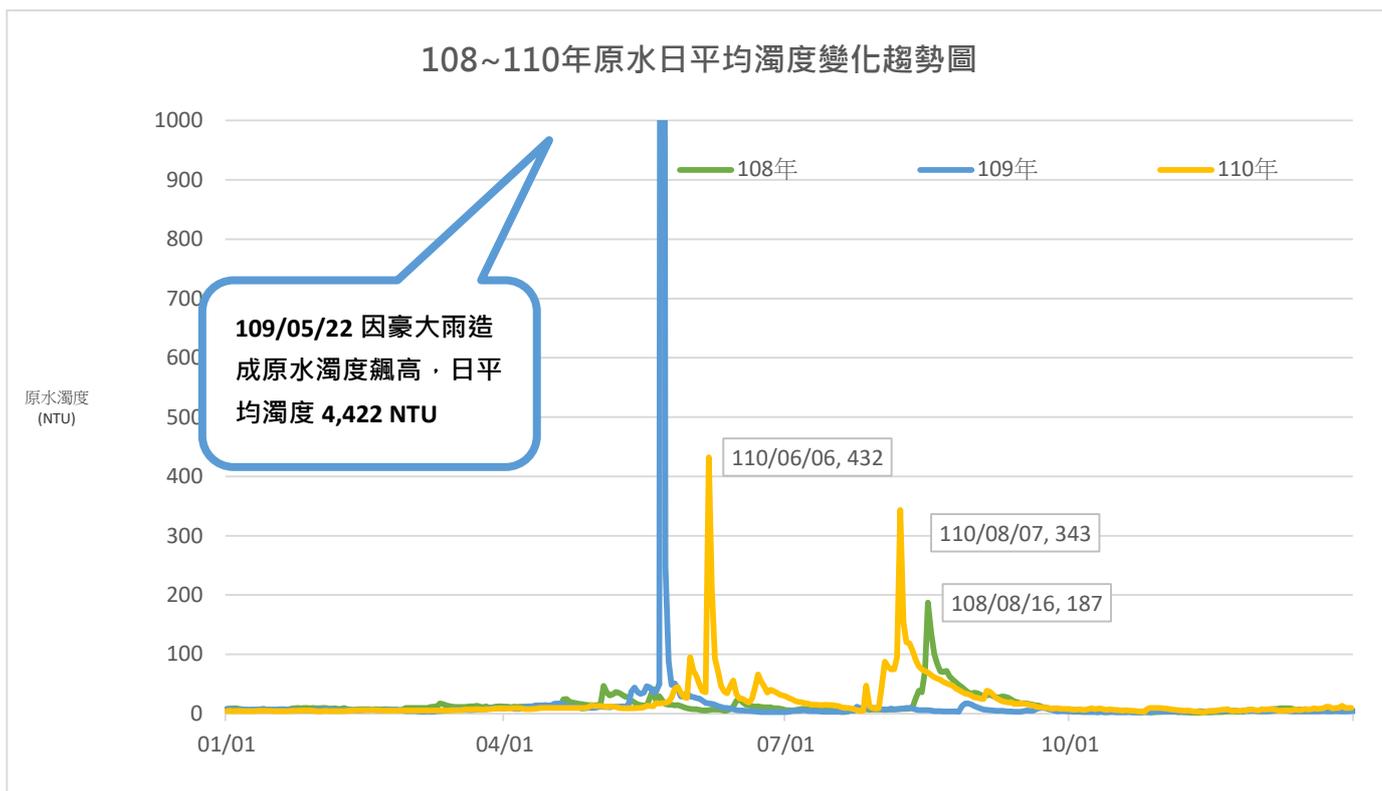


圖 8.1-1 南化淨水場近3年原水濁度

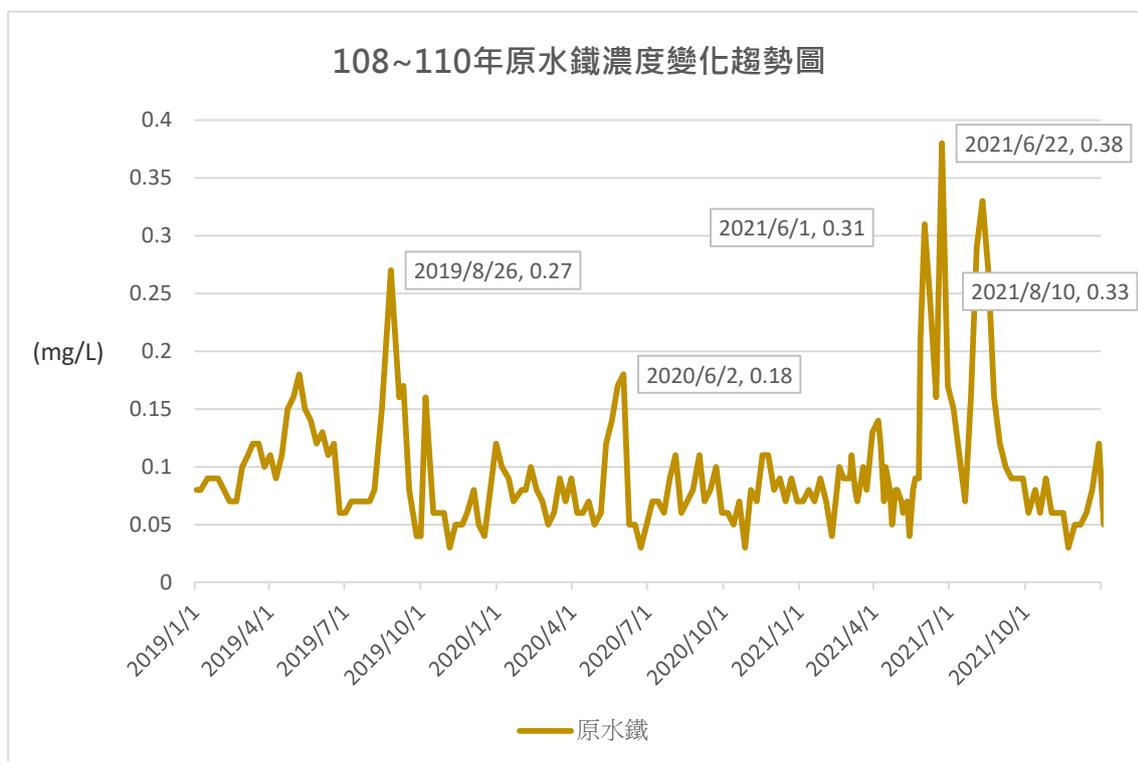


圖 8.1-2 南化淨水場近3年原水鐵濃度



圖 8.1-3 南化淨水場近3年原水錳濃度

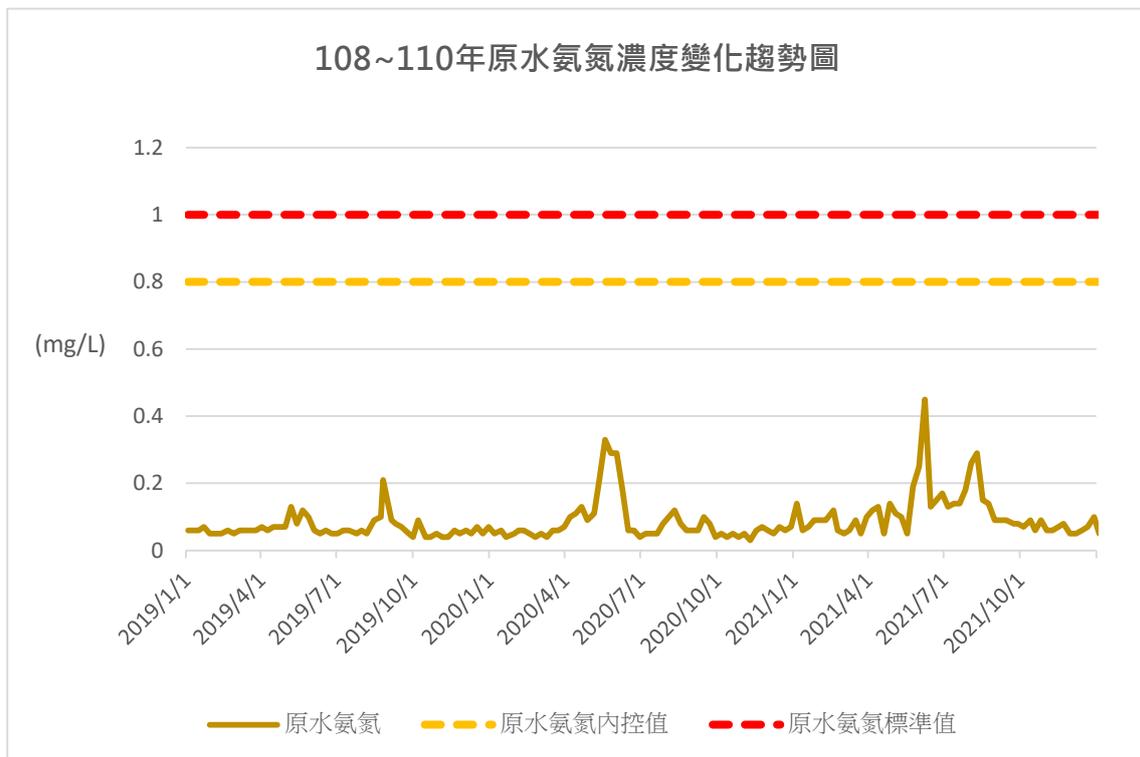


圖 8.1-4 南化淨水場近3年原水氨氮濃度

## 8.1.2 南化淨水場現有氯消毒系統

### (一)沿革：

民國 70 年國家 14 項重要建設計畫中第 10 項水源開發計畫核定興建南化水庫及下游淨水場、導送水管線等設備，於 82 年 11 月 1 日正式完工通水，南化給水廠亦於當天奉准成立。

南化淨水場前期使用液氯作為消毒劑，於 106 年 3 月起，停止使用液氯，改用 10%次氯酸鈉做為消毒劑，原因詳述如下：

- A. 液氯運作風險高：液氯鋼瓶於運輸、貯存及使用過程中可能造成氯氣洩漏，氯氣為具有毒性、腐蝕性和助燃性的氣體，能和許多化學物質作用產生爆炸性的反應；考量南化淨水場為國家關鍵基礎設施(CI)，若發生氯氣洩漏事件，除危及使用人員、社區安全和污染環境外，恐將影響台南及高雄地區供水。
- B. 管理操作專業需求較高：液氯運作場除需向「縣市政府環保局申請「毒性化學物質運作許可證」、「應變器材、偵測及警報設備設置及操作計畫備查文件」和「危害預防及緊急應變計畫備查文件」等、每月定期申報運作使用量紀錄和每年定期申報釋放量，並需設置有毒性化學物質專業技術管理人員訓練合格證照之管理人員、操作人員需具備固定起重機吊掛作業操作及吊掛指揮人員訓練合格證照。氯為職業安全衛生法列管之丙類第一種特定化學物質，依勞動檢查法需向「勞動部職業安全衛生署南區職業安全衛生中心」，申請通過「甲類危險性工作場所」安全評估審查，並需設置有曾受國內外製程安全評估專業訓練或具有製程安全評估專業能力，並有證明文件，且經中央主管機關認可者之製程安全評估人員。
- C. 設備維護成本較高：由於氯氣具有高氧化性及腐蝕性等化學特性，氯氣加藥設備及相關供應輸送管線容易腐蝕故障，維修頻率及費用高，另因氯氣為法定第三類具急毒性化學物質，為因應防止運作場所氯氣洩漏造成危害，所需防止氯氣外洩設施(噴霧淋洗及中和設備等)和洩漏搶修個人安全防護設備(A、C 級防護衣及背

負式空氣供應設備等)維護費用亦高。

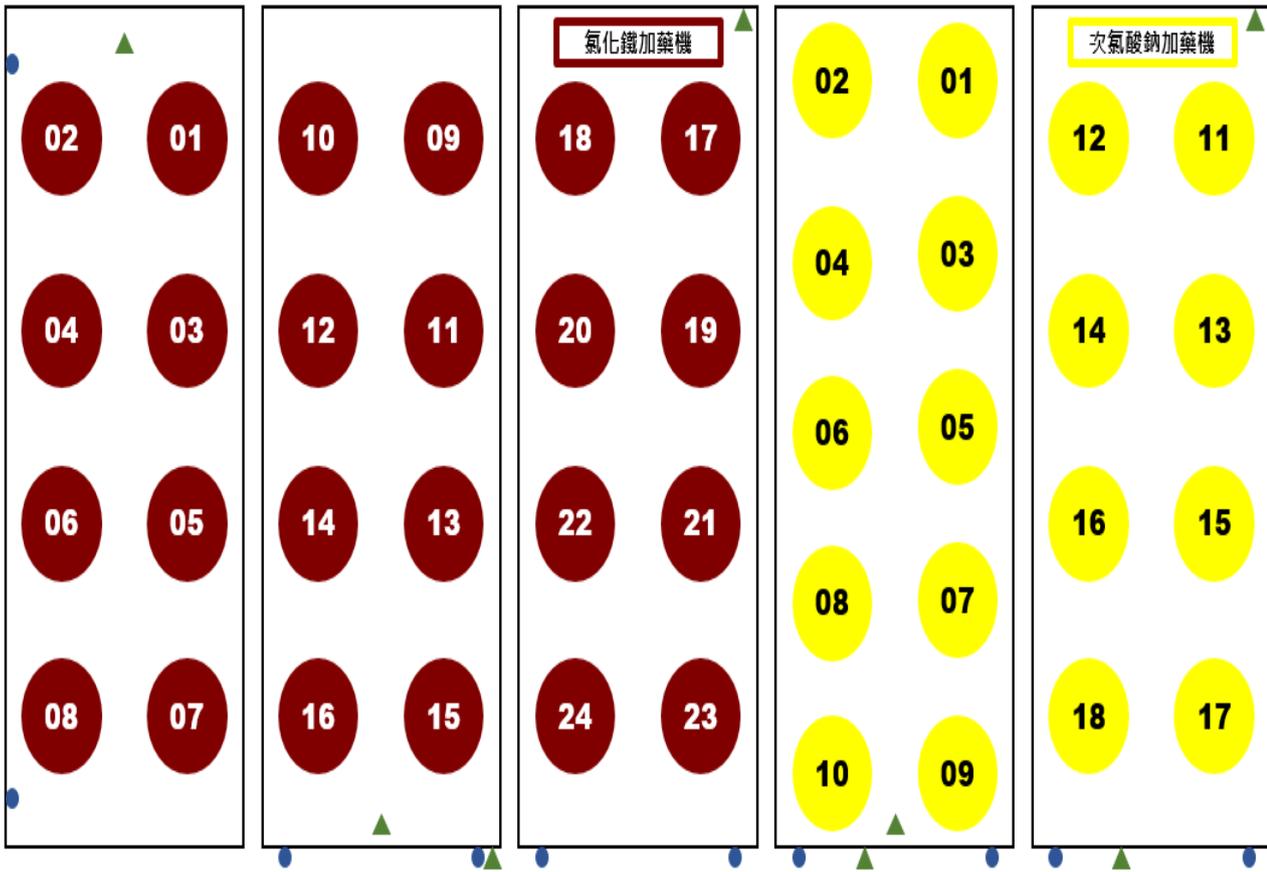
- D. 教育訓練需求：液氯運作場所設置之毒性化學物質專業技術管理人員、固定起重機吊掛作業操作及吊掛指揮人員等，需參加環保署及職安署舉辦定期回訓，本場每年要求液氯供應廠商派員到淨水場，辦理液氯鋼瓶使用及氯氣洩漏搶修安全講習。
- E. 人力短缺：液氯屬第三類毒性化學物質，依「毒性化學物質管理法」及本公司「液氯設備操作維護作業準則」，每半年需定期辦理液氯外洩災害防救演練1次，演練編組人力約需20餘人，由於本場人力短缺，需請求其他廠所支援。且依毒性化學管理法規定，縣市政府環保局得派員到淨水場，進行無預警查核及現場下達實施液氯外洩災害防救演練測試，礙於無法臨時動員演練人力20餘人，實屬困難配合。

南化淨水場於105年設置FRP 50M<sup>3</sup>次氯酸鈉貯藥槽10只，藥劑從進藥入庫到完成驗收可以使用，保守估計約需4週的時間，豐水期水質尚可時原水中耗氯物質(如有機物、氯氣、鐵及錳)濃度低，次氯酸鈉使用量約為100Ton/週，既設貯藥槽容量尚可滿足需求；惟若遇颱風導致原水耗氯物質濃度升高時，次氯酸鈉加藥量上升，可能導致藥劑存量不足而影響供水。故於110年再增設FRP 50M<sup>3</sup>次氯酸鈉貯藥槽8只，以求穩定供水。

## (二)次氯酸鈉加藥設備規模：

南化淨水場現有次氯酸鈉FRP 50M<sup>3</sup>貯藥槽18只，由於10%次氯酸鈉比重約為1.2，故貯藥槽可貯存藥劑最大容量共計1,080噸，貯藥槽配置平面圖如圖8.1-5。

現有次氯酸鈉加藥機共計22台，加藥地點及加藥機容量如表8.1-1，次氯酸鈉加藥機設置於E槽區如圖8.1-5，次氯酸鈉加藥機設置安裝情形如圖8.1-8。



A槽區：氯化鐵    B槽區：氯化鐵    C槽區：氯化鐵    D槽區：次氯酸鈉    E槽區：次氯酸鈉

● 進藥口    ▲ 沖身洗眼器

圖8.1-5 南化淨水場儲藥槽平面配置圖



圖8.1-6 D槽區(次氯酸鈉01~10槽)



圖8.1-7 E槽區(次氯酸鈉11~18槽)

表8.1-1 南化淨水場次氯酸鈉加藥機統計表

加藥地點	加藥機容量 (L/hr)	數量 (台)	備註
調節池消能井	940	2	預備加氯
分水井	120	4	預備加氯
快混池	120	4	前加氯
過濾水集流井	120	8	後加氯
	375	4	



圖 8.1-8南化淨水場次氯酸鈉加藥機

(三) 流程配置：

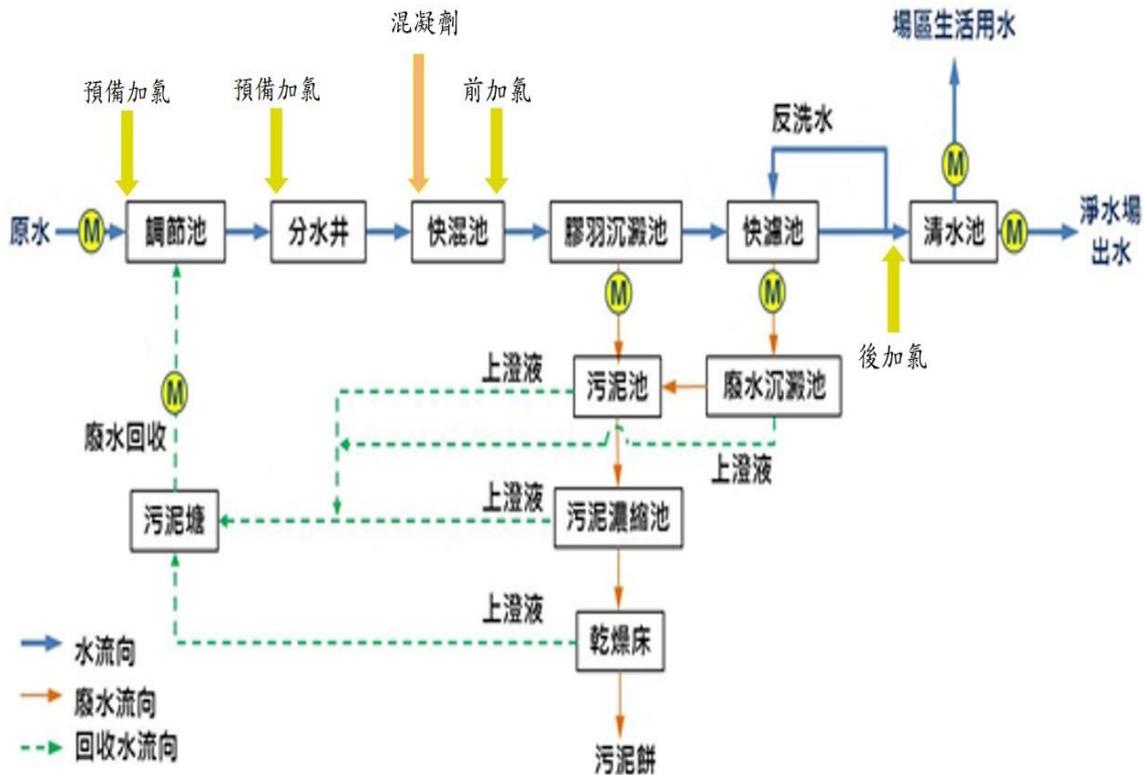


圖8.1-9 南化淨水場淨水、廢水流程圖

(四) 資金成本：

資金成本：南化淨水場次氯酸鈉加藥設備，主要包含鋼筋混凝土基礎座、鋼構遮陽棚、FRP 50M<sup>3</sup>貯藥槽、次氯酸鈉加藥機、加藥管線、液位計及加藥監控設備等，建置成本為 2,889 萬元；土地總面積(C、D 槽區)1,936 M<sup>2</sup>、土地公告現值 610 元/M<sup>2</sup>、土地市價(土地面積×土地公告現值×2.2 倍)259.8 萬元，建置總成本 3,148.8 萬元，如表 8.1-2

表 8.1-2 南化淨水場次氯酸鈉加藥設備建置成本

槽區	藥槽編號	設備成本 (萬元)	土地面積 (M <sup>2</sup> )	土地公告現值 (元/M <sup>2</sup> )	倍數	土地市價 (萬元)
D	01~10	1,205	890	610	2.2	119.4
E	11~18	1,684	1,046	610	2.2	140.4
小計		2,889	1,936			259.8
建置總成本			3,148.8(萬元)			

(五)運維成本：

近3年(108年~110年)用藥費及維護費用詳如表8.1-3，南化淨水場使用及維護次氯酸鈉加藥設備費用平均每年約為1,722萬元。

表8.1-3 南化淨水場次氯酸鈉操作運維成本

年度	用藥費(元)	維護費(元)	年運維費(元)
108	15,800,419	250,000	16,050,419
109	16,506,780	300,000	16,806,780
110	18,460,758	350,000	18,810,758
平均	16,922,652	300,000	17,222,652
平均每年運維成本(萬元)			1,722

(六)管理及操作人力成本：

南化淨水場淨水藥劑相關管理人員1人、輪班操作人員10人，共計11人，薪資以士級同仁九等三級月薪53,510元，每人年薪=53,510元×16.4月=877,564元，平均每人每天約需1小時執行藥劑倉儲管理、進藥、收藥、儲藥槽加藥機等加藥設備維護、修繕、現場環境及文書相關作業，每年約需人力成本約120.6萬元，如表8.1-4

表8.1-4 南化淨水場淨水藥劑管理及操作人力成本

人數	工作時數 (小時/天/人)	淨水藥劑管理及操作		人力成本 (元/年)
		工作時數 (小時/天/人)	年薪 (元/年/人)	
11	8.0	1.0	877,564	1,206,650

(七)成本效益：

近3年(108年~110年)單位用藥費詳如表8.1-5，南化淨水場平均單位用藥費為0.096元/M<sup>3</sup>。

表8.1-5 南化淨水場使用次氯酸鈉成本效益表

年度	出水量(M <sup>3</sup> )	用藥費(元)	單位用藥費 (元/M <sup>3</sup> )
108	180,540,003	15,800,419	0.088
109	176,049,363	16,506,780	0.094
110	172,443,380	18,460,758	0.107
平均	176,344,249	16,922,652	0.096

### (八)操作模式：

前加氯部分：前端次氯酸鈉加藥位置(前加氯)在快混池末端，加入次氯酸鈉加藥劑量約維持在 0.8 ~1.0 mg/L(有效氯)，平時膠羽沉澱池進水端餘氯量維持約在 0.6~0.8 mg/L 之間，並以膠羽沉澱池出水端監測餘氯量維持在 0.2 ~0.4 mg/L，回饋做為次氯酸鈉加藥劑量操控調節參考。

後加氯部分：後端次氯酸鈉加藥位置(後加氯)在快濾池至清水池中間集流井處，可充份混合反應進入清水池，次氯酸鈉加藥劑量約維持在 0.6 ~0.8 mg/L 之間，並以清水池出水端線上監測值餘氯量，回饋做為次氯酸鈉加藥劑量操控調節參考，以維持清水出水餘氯量在 0.80~0.90 mg/L 之間。

預備加氯部分：當發現原水中耗氯物質（如有機物、氨氮、鐵及錳等）濃度升高時，啟動調節池消能井及分水井進水處等預備加藥點進行次氯酸鈉加藥，提前將耗氯物質藉由氧化去除，或反應形成氧化態顆粒，俾利於後續膠羽沉澱或快濾單元去除。

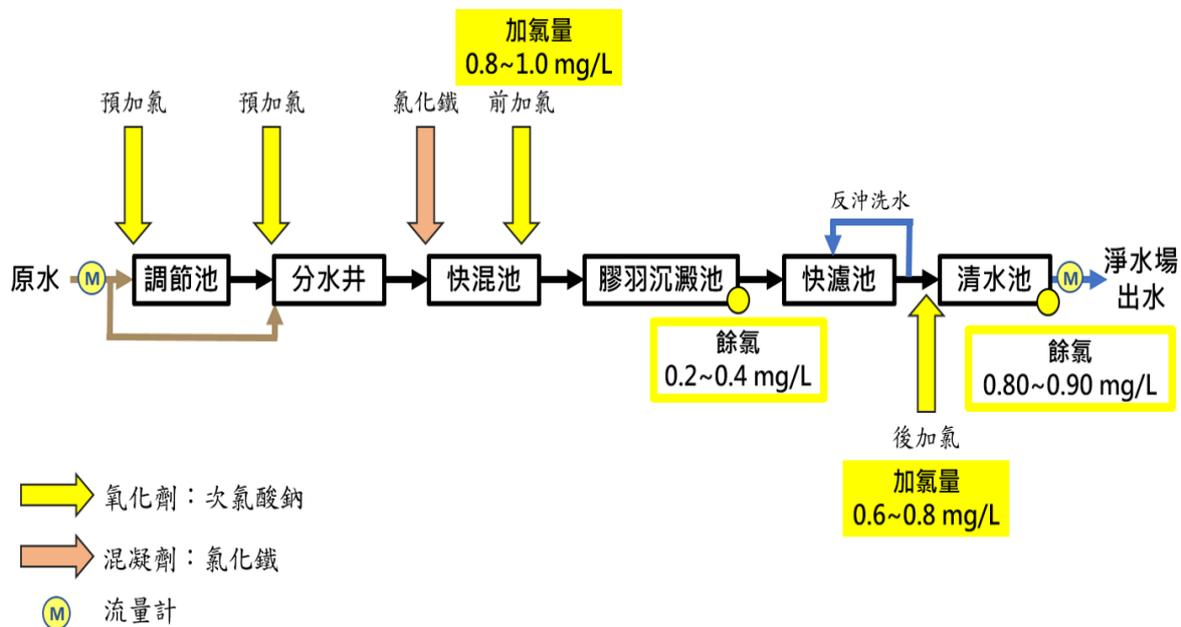


圖8.1-10 南化場次氯酸鈉操作模式

### (九)工業安全：

查 10%次氯酸鈉為一般危險性化學物質，各項安全防護措施主要可分為防止液體次氯酸鈉

洩漏和藥劑噴濺人體兩個部分，因此各淨水藥劑貯藥槽四周應設有貯藥槽洩漏安全防護設施或採取人員安全相關防護器具，皆依本公司「飲用水水質處理藥劑使用管理作業要點」辦理。

**防漏設施：**為因應貯藥槽藥劑洩漏時所設置相關安全防護設施，如表 8.1-6。

表8.1-6 南化淨水場藥劑洩漏安全防護設施

品 項	數 量	位 置
防 溢 堤	1/區	D、E 槽區
截 流 溝 渠	1/區	D、E 槽區
洩漏偵測警報設備	1/區	D、E 槽區
監 視 攝 影 設 備	2/D 區 5/E 區	D、E 槽區
緊 急 沖 淋 洗 眼 器	2/區	D、E 槽區

**防護器具：**淨水藥劑採樣或處理藥劑洩漏時，需穿戴個人防護器具，相關防護器具如表 8.1-7。

表8.1-7 南化淨水場淨水藥劑洩漏安全防護器具

品 項	數 量	存 放 位 置
C 級 防 護 衣	12	C 槽區
防 護 眼 鏡	12	C 槽區
防 毒 面 具	5	C 槽區
耐 酸 鹼 手 套	12	C 槽區
耐 酸 鹼 鞋	12	C 槽區
工 作 圍 裙	2	C 槽區

**藥劑洩漏演練：**南化淨水場每年辦理淨水藥劑洩漏處理安全防護演練。



圖8.1-11 110年南化淨水場淨水藥劑洩漏演練

**次氯酸鈉貯存環境中衰減情形：**本公司採購契約訂定次氯酸鈉淨水藥劑有效氯濃度需達 10%以上，次氯酸鈉之有效氯濃度在貯存環境中，易受光線、熱影響而衰減，為有效減緩次氯酸鈉於貯存環境中有效氯濃度衰減，南化淨水場將次氯酸鈉 FRP 50M<sup>3</sup> 貯藥槽設置於通風良好之鋼構遮陽棚內，由於次氯酸鈉從進貨注入 FRP 50M<sup>3</sup> 貯藥槽內開始，經檢驗合格至藥劑使用完畢，實際使用週期約 2 個月，為瞭解南化淨水場 FRP 50M<sup>3</sup> 貯藥槽環境中次氯酸鈉有效氯濃度衰減情形，南化淨水場於 106 年 2 月 9 日起至 106 年 4 月 3 日止，每日進行次氯酸鈉貯藥槽內藥劑採樣，並進行有效氯濃度檢測分析，檢測結果，如圖 8.1-12，次氯酸鈉有效氯濃度從 10.8% 衰減至 8.53%。

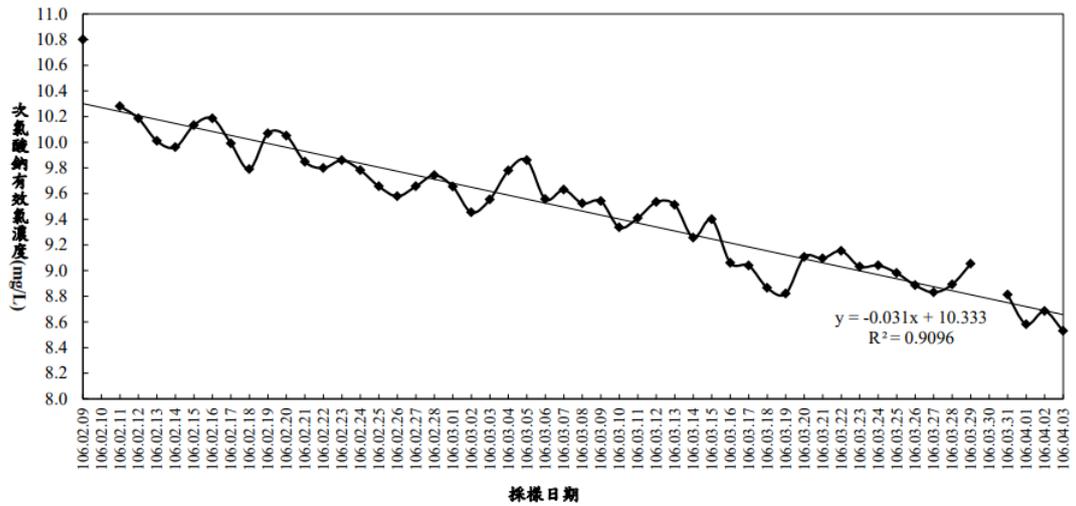


圖8.1-12 南化淨水場次氯酸鈉有效氯濃度衰減趨勢圖

(十)水質安全：

南化淨水場使用次氯酸鈉做為消毒劑，能有效降低原水中耗氯物質如鐵、錳及氨氮，且消毒副產物如總三鹵甲烷及鹵乙酸皆能符合法規標準及公司內控值。

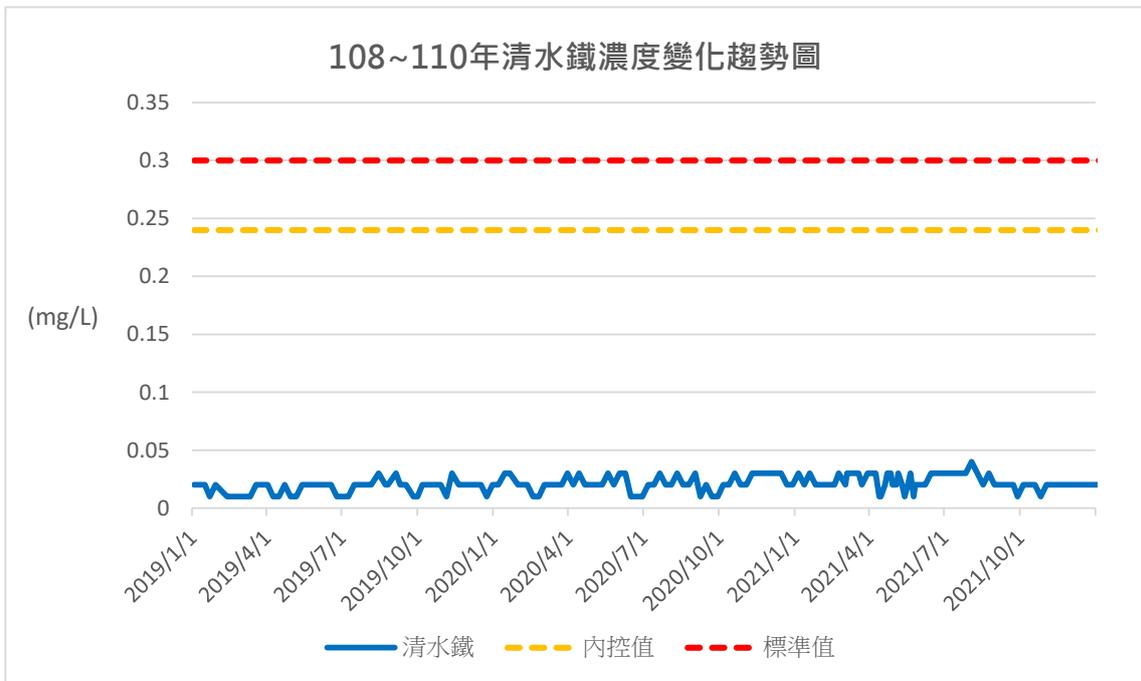


圖8.1-13 南化淨水場近3年清水鐵濃度

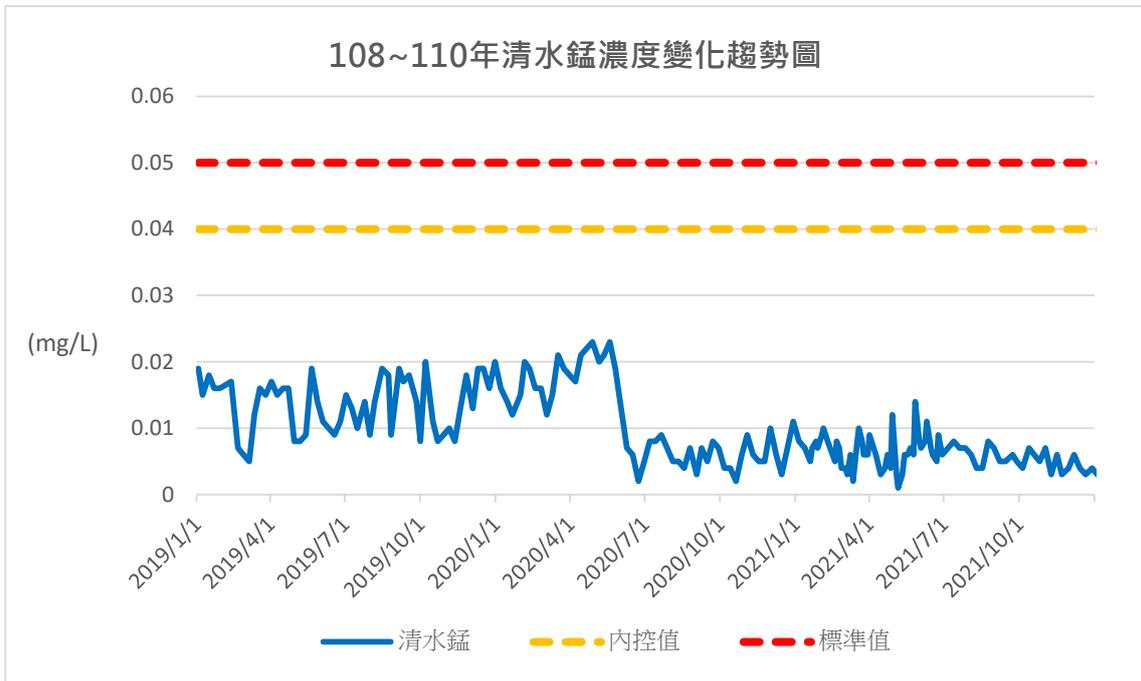


圖8.1-14 南化淨水場近3年清水錳濃度

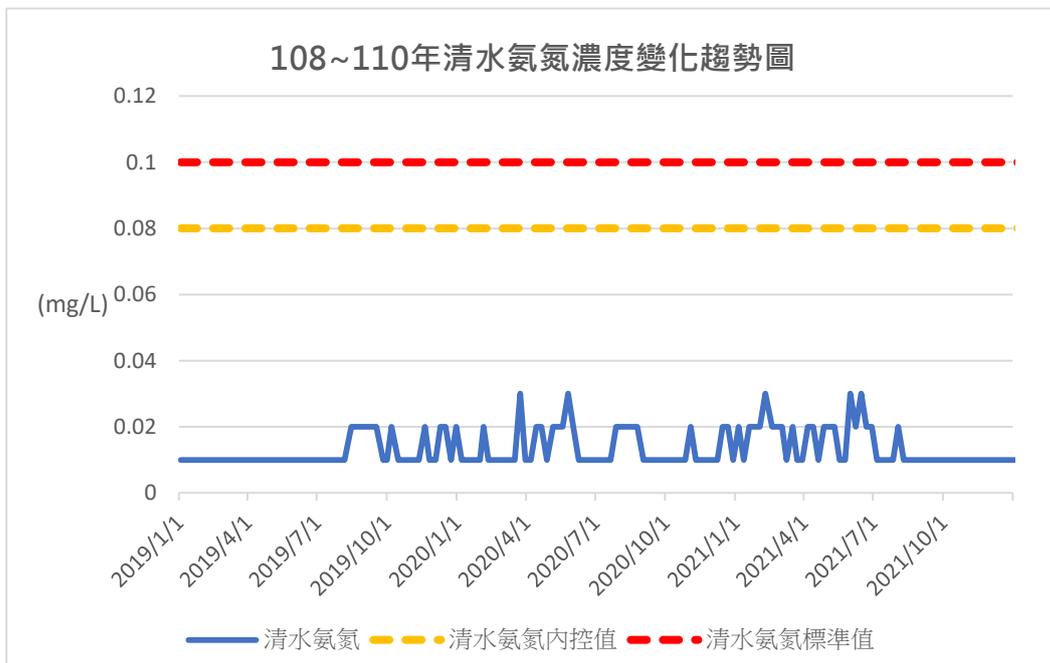


圖8.1-15 南化淨水場近3年清水氨氮濃度

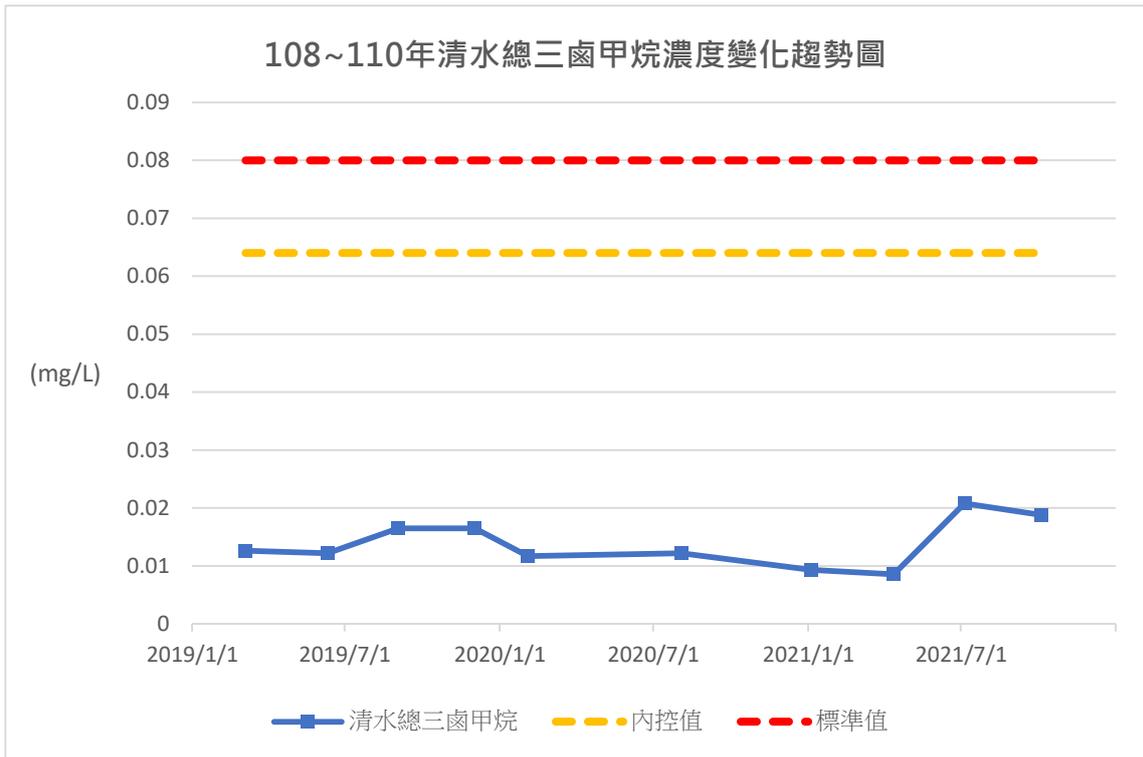


圖 8.1-16南化淨水場近3年清水總三鹵甲烷濃度

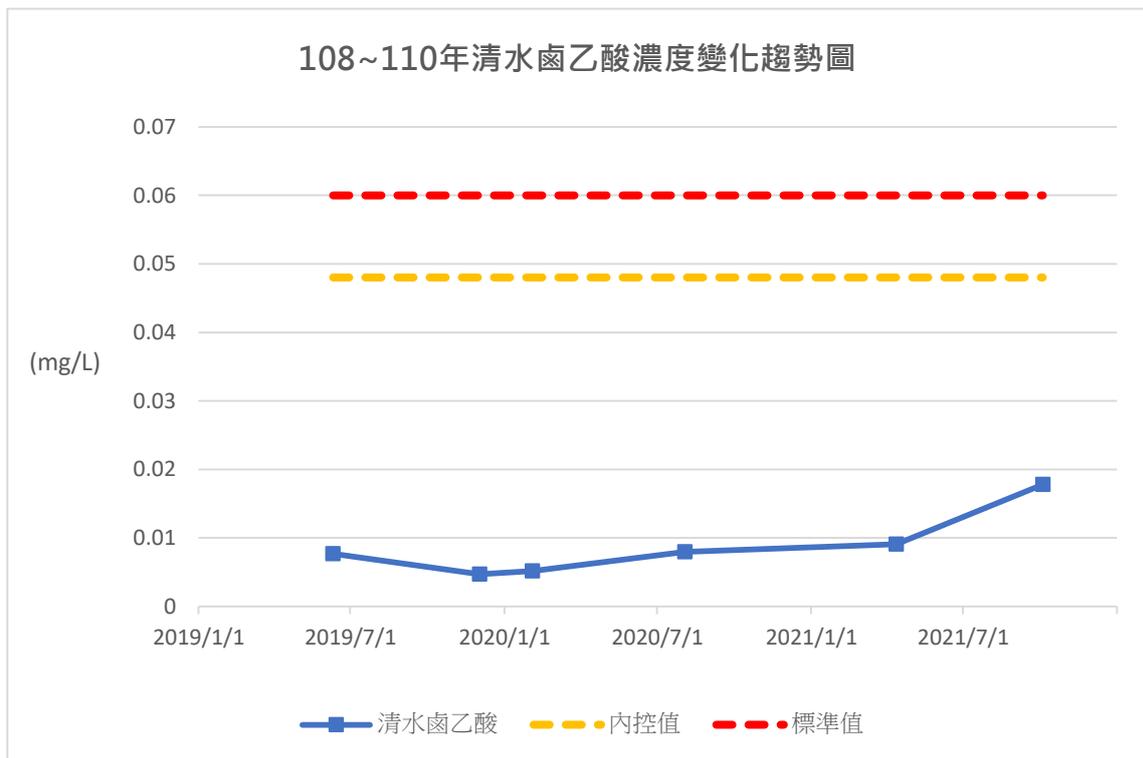


圖8.1-17 南化淨水場近3年清水鹵乙酸濃度

### 8.1.3 基本設計資料

- (一)設計原水種類：經處理後待消毒之飲用水
- (二)原水排放時間：24hrs/day,7days/week
- (三)原水處理設備運轉時間：24hrs/day,7days/week
- (四)設計原水處理量：28,333m<sup>3</sup>/hr x 24hrs/day=680,000m<sup>3</sup>/day
- (五)場內既有消毒藥劑/濃度：次氯酸鈉，>10%
- (六)水質調查結果(場內提供數據)：

表8.1-8南化淨水場原水水質調查結果表

項目	單位	數值
水量	CMD	680,000
Temp	°C	20~37
pH	-	8.15
Cond.	μS/cm	336
Cl <sup>-</sup>	mg/L	2.24
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0.05
TOC	mg/L	0.88

### 8.1.4 初步規劃說明

#### (一)有效氯需求量計算

初步先以場內最大處理水量 680,000CMD 及經調查後場內回傳之 1.6~2.0mg/L 有效氯需求加藥量進行計算(取其最大值 2mg/L)，其有效氯之需求量为 680000m<sup>3</sup>/day x 2mg/L=1,360kg/day。

#### (二)建議型號說明

由其廠內提供資料所計算得出之有效氯需求量为 1,360kg/day 進行評估，初步規劃採用 ClorTec 1500 型號(每座有 2 組電解槽)，共計 3 座(二用一備)，而每座的有效氯產生量为 28.3kg/h(680kg/day)。

#### (三)初步機械設備內容規劃

表8.1-9南化淨水場OSG機械設備內容規劃

編號	設備名稱	數量	動力(kw)	設備規格
1	CT-1500 OHSO 電解系統	3 座 (1 座備用)	--	模組設計，每座含 2 套 750PPD 電解槽 槽體：PVC/FRP 附屬設備：溫度開關、流量開關、電磁閥、鹵水輸送泵、過濾器、控制盤及操作面板
2	OHSO 整流器	3 台 (1 台備用)	165 x (2+1)	型式：氣冷式 輸入電壓：400VAC 3P 50Hz 輸出：1500A/110VDC 附屬設備：電流/電壓顯示、緊急停機開關
3	水質軟化系統	1 組	--	連續操作，非電極式軟化系統
4	冷卻系統	1 組	--	水溫高於 29°C 時啟動 包含：自動調溫器、溫度計、儲存桶、熱交換器
5	鹵水儲槽	1 座	--	規格：20m <sup>3</sup> /座(5 天用量) 材質：FRP 附屬設備：液位計，液面計
6	次氯酸鈉儲槽	1 座	--	規格：80m <sup>3</sup> /座(12 小時存量) 材質：FRP 附屬設備：液位計
7	氫氣稀釋系統	1 套 (1 套備用)	--	鼓風機 3,800m <sup>3</sup> /hr/台 附屬設備：壓力開關、皮托管
8	酸洗系統	1 套	--	附屬設備：藥劑儲桶、輸送泵
9	氫氣偵測器	1 組		
10	緊急洗眼器及緊急淋身設備	1 組	--	
11	控制盤	1 組	--	
12	走道，爬梯，安全設施	1 式	--	
13	配管及管架材料	1 式	--	
14	配線材料	1 式	--	

#### (四)食鹽品質標準

OSG 系統所添加食鹽需不含高分子有機物/樹脂清潔劑，同時需符合以下標準：

表8.1-10 OSG系統添加食鹽標準

NaCl:	
-乾基	96.3% minimum
-濕基	93.3% minimum
硫酸鈣	0.30% maximum
氯化鎂	0.06% maximum
氯化鈣	0.10% maximum
硫酸鎂	0.02% maximum
不溶物	0.1% maximum
水分（以 H <sub>2</sub> O 計）	3.0% maximum
鉛	0.0007% maximum
銅	0.0003% maximum
鐵（以 Fe 計）	0.002% maximum
氟化物	0.002% maximum
錳	<0.0002%

(五) 電解槽進流水質標準

OSG 系統之進流水需不含高分子有機物、絮凝劑、膠凝劑及抑垢劑等。樹脂清潔劑，同時需符合以下標準：

表8.1-11 OSG系統電解槽進流水質標準

pH	6.5 to 7.5
硬度 [Ca/Mg]	<10 ppm
總有機碳(TOC)	<2 ppm
鐵	<200 ppb
錳	<10 ppb
鎳	<5 ppm
氟化物	<1 ppm
銅	<5ppb
Cl <sub>2</sub> (free chlorine)	<2 ppm

(六)參考處理流程圖

# ClorTec® Gen III - System Standard Operation Process

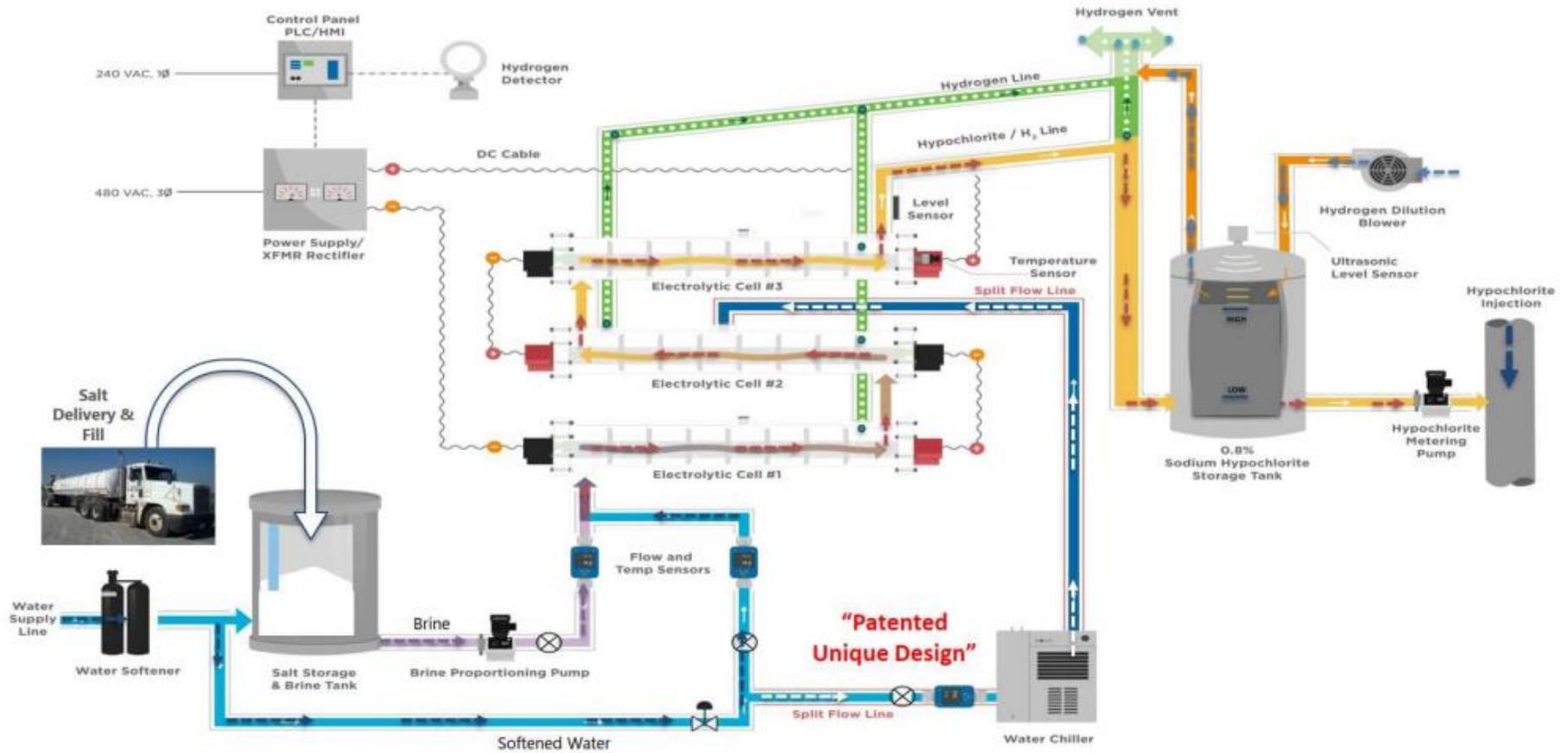


圖8.1-18 OSG參考處理流程圖

(七)參考處理流程圖(單位：mm)

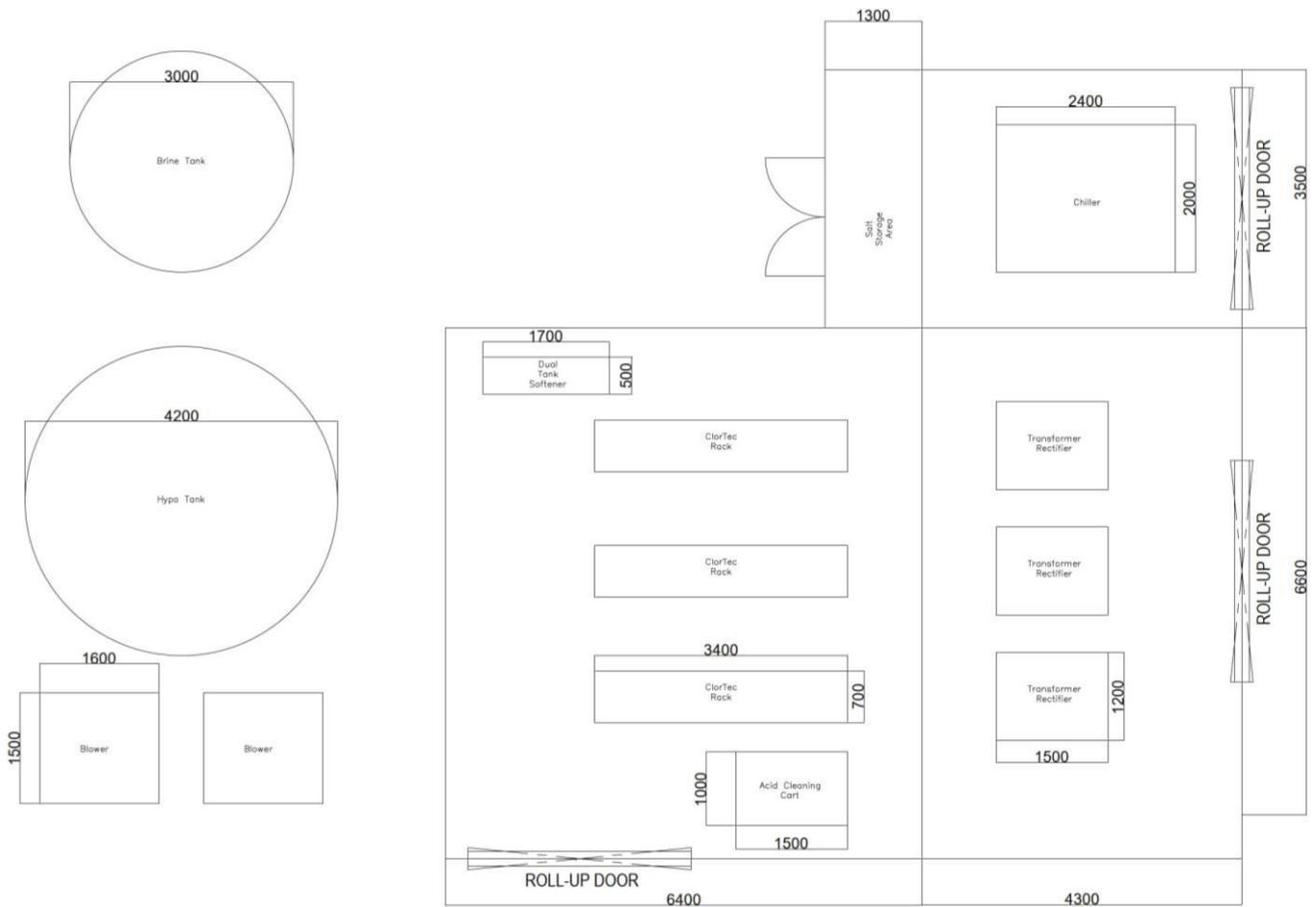


圖8.1-19 OSG參考平面配置圖

### 8.1.5 操作成本及效益估算

#### (一)操作成本估算

De Nora ClorTec 系統產生每公斤有效氯需耗用 4.4kWh 及 3kg 食鹽，同時亦會耗用少量水進行水質軟化後進電解槽產生次氯酸鈉使用，其預計生產成本整理如下表。

表8.1-12 ClorTec-1500生產成本估算表

建議型號 MODEL	ClorTec-1500
有效氯產量 (kg of FAC/day) <sup>(1)</sup>	682
<u>電力費用</u>	
1 kg 有效氯所需能耗 (kWh/kg of FAC)	4.4
每日所需能耗 (kWh/day)	3,000
電費單價 (NTD/kWh)	2.66
預估能耗費用 (NTD/day) <sup>(2)</sup>	7,980
<u>食鹽費用</u>	
1 kg 有效氯所需食鹽 (kg/kg of FAC)	3
每日所需食鹽 (kg/day)	2,045
食鹽單價 (NTD/kg)	8
預估食鹽 費用 (NTD/day) <sup>(3)</sup>	16,360
<u>耗水費用</u>	
預估水費單價 (NTD/ m <sup>3</sup> )	12
耗水量 (L/h)	3,550
預估耗水費用 (NTD/day) <sup>(4)</sup>	1,022
<u>每 kg 有效氯預估成本</u>	
( <sup>(2)</sup> + <sup>(3)</sup> + <sup>(4)</sup> ) / ( <sup>(1)</sup> ) (NTD/ kg of FAC)	37.2

(二) 系統預算

項次	項目	總價(NTD)	備註
1	規劃/設計	1,800,000	不含土木結構計算
2	工程監造	1,500,000	不含土木監造
3	土木工程	9,000,000	RC 廠房
4	機械/儀控設備	83,600,000	
5	設備安裝及現場配管	3,000,000	
6	控制盤安裝及現場配線	2,600,000	
7	功能試車及人員訓練	1,500,000	
8	工程保險、管銷及利潤	6,000,000	
總計		109,000,000	元 (不含營業稅)

### (三)經濟效益估算

根據調查表得知，廠內目前所購入次氯酸鈉(有效氯 10%)成本為 4.95NTD/kg，故可得知其每公斤有效氯之成本為 49.5NTD/kg of FAC。另參考 8.1.5 節之計算結果可得知，使用 OSG 其每公斤有效氯可節省  $49.5 - 37.2 = 12.3$ NTD/kg。

### (四)電極備品估算

項次	項目	總價(NTD)	備註
1	電極備品(包含 2 組 750 PPD 電極)	5,800,000	電極在正常操作下提供 2 年保固；依經驗通常可操作 5 年以上

(五)與採購散裝次氯酸鈉比較之效益分析(含折舊，單位：千元)

表8.1-13 南化淨水場採用OSG系統折舊成本分析表

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
每年採購次氯酸鈉費用	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572
採用 OSG 每年之操作費用	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466
更換電極費用(每 5 年更換)	0	0	0	0	5,800	0	0	0	0	5,800	0	0	0
折舊費用	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	1,746	1,746	1,746	1,746	-4,054	1,746	1,746	1,746	1,746	-4,054	1,746	1,746	1,746
年度	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
每年採購次氯酸鈉費用	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	24,572	
採用 OSG 每年之操作費用	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	18,466	
更換電極費用(每 5 年更換)	0	5,800	0	0	0	0	5,800	0	0	0	0	5,800	
折舊費用	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	4,360	合計
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	1,746	-4,054	1,746	1,746	1,746	1,746	-4,054	1,746	1,746	1,746	1,746	-4,054	盈餘 14,643
註 1：初設成本為 1 億 9 百萬元。													
註 2：OSG 系統使用年限 25 年以上。(經洽廠商)													

## 8.2 吉貝淨水場案例分析

### 8.2.1 基本設計資料

- (一)設計原水種類：經處理後待消毒之飲用水
- (二)原水排放時間：24 hrs/day,7days/week
- (三)原水處理設備運轉時間：24hrs/day,7days/week
- (四)設計原水處理量：18.7m<sup>3</sup>/hr x 24hrs/day=449m<sup>3</sup>/day
- (五)場內既有消毒藥劑/濃度：次氯酸鈉，10%
- (六)水質調查結果(場內提供數據)：

表8.2-1 吉貝淨水場原水水質調查結果表

項目	單位	數值
水量	CMD	449
pH	-	8.5-9.1
Cond.	μS/cm	1,400
Cl <sup>-</sup>	mg/L	320
NH3-N	mg/L	0.32
TOC	mg/L	ND

### 8.2.2 場內目前平均消毒處理費用計算結果(場內之提供資料)

#### (一)藥品費

一桶(次氯酸鈉)1000Kg÷(約可用)45 日=22.22Kg/日

22.22Kg/日÷350m<sup>3</sup>(每日平均供水量)=0.063Kg/m<sup>3</sup>

0.063Kg/m<sup>3</sup>×5.05 元/Kg=0.32 元/m<sup>3</sup>

#### (二)電費

整場電費：5084 元/1654 度

5084 元÷30 日=169.5 元/日

169.5 元/日÷350m<sup>3</sup>(每日平均供水量)=0.48 元/m<sup>3</sup>

### 8.2.3 初步規劃說明

#### (一)有效氯需求量計算

由於廠內回傳之有效氯需求加藥量達 5.5mg/L，經初步判斷及討論後，此值應為目前廠內實

際次氯酸鈉消耗量。由於離島之次氯酸鈉用量少會有相當長之藥劑存放時間，故可預期藥劑濃度衰減狀況會相當明顯，故此 5.5mg/L 應非實際上之有效氯需求量。故在有效氯需求量計算上，則先參考七美、望安兩廠之 0.6mg/L 進行計算，而不採用場內提供數據，故在場內最大處理水量 18.7CMH(449CMD)下，其有效氯之需求量为  $18.7\text{m}^3/\text{hr} \times 0.6\text{mg}/\text{L} = 18.7\text{m}^3/\text{hr} \times 0.6\text{g}/\text{m}^3 = 11.2\text{g}/\text{hr}$ 。

## (二)建議型號說明

由於吉貝淨水場之氯離子濃度夠高(達 350 mg/L)，故經由評估後可直接利用水中氯離子電解產生次氯酸進行水體消毒，不需額外添加食鹽，其建議之型號為 SRDW 2500；同時亦可考慮添加食鹽以鹵水方式產生次氯酸之系統，其優勢為能耗較低。相關規格及設備尺寸說明如下表，設備周圍建議可留 100cm 走道空間：

表8.2-2無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備規格表

建議型號 MODEL	無鹵水系統	鹵水系統
	SRDW 2500	SRDWB 1200
有效率產生量 Chlorine production (g/hr)	10-50	40
能耗 Power consumption (kW)	1.5-2.5	0.5-1
總輸入功率 Total power input (max) (kW)	4	1
最大電流 Total max current (A)	3x20 A	3x10 A
尺寸 Dimensions HxWxL (cm)	110x77x80 電解槽+整流器	160x120x215 套裝設備,plug&play
運輸重量 Shipping weight (kg)	250	310
操作重量 Operating weight (kg)	300	610
<b>進流水水質要求 Source Water Requirements</b>		
溫度 Temperature (°C)	Up to 30	Up to 30
導電度 Conductivity (µS/cm)	>500	1-3000
氯離子 Chloride (mg/L)	>100	1-2000
pH	6-7.6	6-7.6
總硬度 Total Hardness (mg/L)	20-2000	20-2000
耗鹽量 Salt Consumption (Common food-grade salt (DIN 19604/EN 973))	-	3-4 gr per 1 gr chlorine



圖8.2-1 SRDW 2500 設備外型圖



圖 8.2-2 SRDWB 1200 設備外型圖

## 8.2.4 操作成本及效益估算

### (一)操作成本估算

經 CQM 原廠評估後，將其預估之操作成本整理如下表。其中電費為參考吉貝淨水場提供之電費成本，而能耗則依 CQM 經驗所得之預估值，而食鹽價格則參考中部化工原料行之價格進行估算。然而其實際能耗需依現場模廠測試後方能得到較準確之數據，故下表所提供之估算僅供參考。

表8.2-3吉貝淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)操作成本估算

建議型號 MODEL	無鹵水系統	鹵水系統
	SRDW 2500	SRDWB 1200
設計水量 (CMH)	18.7	
所需添加有效氯量 (mg/L)	0.6	
每小時所需有效氯量 (g/h)	11.2	
<u>電力費用</u>		
電費單價 (NTD/kWh)	3.07	
預估能耗(kW)	1.8	0.7
預估每噸水能耗費用(NTD/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	0.296	0.115
<u>食鹽費用</u>		
1 g 有效氯所需食鹽 (g)	0	3.5
食鹽單價 (NTD/kg)	8	
每小時所需食鹽 (g/h)	0	39.3
預估每噸水食鹽費用 (NTD/ m <sup>3</sup> ) <sup>(2)</sup>	0	0.0168
<u>預估操作成本</u>		
<sup>(1)</sup> + <sup>(2)</sup> (NTD/ m <sup>3</sup> )	0.296	0.132

## (二)經濟效益估算

目前規劃上可分為無鹵水/鹵水系統兩種方案，其預估操作成本可參考 8.2.4 節。

綜上所述，將場內操作成本與現地生產消毒劑設備之預估操作成本進行比較並計算成預估效益，將結果整理如下表所示：

表8.2-4吉貝淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)每年預估效益

	場內目前費用	無鹵水系統	鹵水系統
		SRDW 2500	SRDWB 1200
消毒劑產生/處理費用 (NTD/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	0.32	0.296	0.132
每年操作費用 ((NTD/yr)**	52,443	48,510	21,633
每年預估效益 (NTD/yr)***	-	3,923	30,810
** <sup>(1)</sup> x449x365，以 365 天計，水量 449m <sup>3</sup> /day *** 場內目前費用-設備預估操作費用			

與採購散裝次氯酸鈉比較之效益分析(含折舊，單位：千元)-無滷水系統

表8.2-5吉貝淨水場採用OSG系統折舊成本分析表-無滷水系統

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
每年採購次氯酸鈉費用	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
採用 OSG 每年之操作費用	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
更換電極費用(每 5 年更換)	0	0	0	0	580	0	0	0	0	580	0	0	0
折舊費用	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-164	-164	-164	-164	-744	-164	-164	-164	-164	-744	-164	-164	-164
年度	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
每年採購次氯酸鈉費用	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	
採用 OSG 每年之操作費用	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	
更換電極費用(每 5 年更換)	0	580	0	0	0	0	580	0	0	0	0	580	
折舊費用	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	合計
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-164	-744	-164	-164	-164	-164	-744	-164	-164	-164	-164	-744	盈餘
註 1：初設成本為 420 萬元。 註 2：OSG 系統使用年限 25 年以上。(經洽廠商)													

與採購散裝次氯酸鈉比較之效益分析(含折舊，單位：千元)-滷水系統

表8.2-6吉貝淨水場採用OSG系統折舊成本分析表-滷水系統

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
每年採購次氯酸鈉費用	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
採用 OSG 每年之操作費用	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
更換電極費用(每 5 年更換)	0	0	0	0	350	0	0	0	0	350	0	0	0
折舊費用	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-217	-217	-217	-217	-567	-217	-217	-217	-217	-567	-217	-217	-217
年度	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
每年採購次氯酸鈉費用	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	
採用 OSG 每年之操作費用	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
更換電極費用(每 5 年更換)	0	350	0	0	0	0	350	0	0	0	0	350	
折舊費用	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	合計
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-217	-567	-217	-217	-217	-217	-567	-217	-217	-217	-217	-567	-7,180
註 1：初設成本為 620 萬元。 註 2：OSG 系統使用年限 25 年以上。(經洽廠商)													

## 8.2.5 設備預算

設備預算整理如下表所示，供場內參考：

表8.2-7吉貝淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備費用

項目	說明	預算(NTD)
無鹵水系統 (Brine-Free) SRDW 2500	模組化次氯酸現地生產電解系統 (含電解槽及整流器)	3,150,000
	設計/設備安裝/配管/二次側配電	750,000
	包裝/運輸/管銷	300,000
	<u>總計</u>	<b>4,200,000</b>
鹵水系統(Brine) SRDWB 1200	模組化次氯酸現地生產電解系統 (含電解槽、整流器、鹵水桶及藥劑暫存桶)	4,580,000
	設計/設備安裝/配管/二次側配電	1,120,000
	包裝/運輸/管銷	500,000
	<u>總計</u>	<b>6,200,000</b>
原廠人員指導試車	原廠工程師至現場指導試車	<b>450,000</b>

\*以上均不含土木施作

## 8.2.6 電極備品估算

電極備品預算整理如下表所示，供場內參考：

項目	說明	總價(NTD)
無鹵水系統(Brine-Free) SRDW 2500	電極組，含 10 對電極。電極在正常操作下提供 2 年保固；依經驗通常可操作 5 年以上。	<b>580,000</b>
鹵水系統(Brine) SRDWB 1200	電極組，含 4 對電極。電極在正常操作下提供 2 年保固；依經驗通常可操作 5 年以上。	<b>350,000</b>

## 8.3 七美淨水場案例分析

### 8.3.1 基本設計資料

- (一)設計原水種類：經處理後待消毒之飲用水
- (二)原水排放時間：24hrs/day,7days/week
- (三)原水處理設備運轉時間：24hrs/day,7days/week
- (四)設計原水處理量：60m<sup>3</sup>/hr x24hrs/day=1440m<sup>3</sup>/day
- (五)場內既有消毒藥劑/濃度：次氯酸鈉，10%
- (六)水質調查結果(場內提供數據)：

表8.3-1七美淨水場原水水質調查結果表

項目	單位	數值
水量	CMD	1,440
pH	-	7.9
Cond.	μS/cm	1,330
Cl <sup>-</sup>	mg/L	304
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0.07
TOC	mg/L	0.2

### 8.3.2 場內目前平均消毒處理費用計算結果(場內之提供資料)

#### (一)藥品費

一桶(次氯酸鈉)1000Kg÷(約可用)26.7日=37.52Kg/日

37.5Kg/日÷1000m<sup>3</sup>(每日平均供水量)=0.0375Kg/m<sup>3</sup>

0.03753Kg/m<sup>3</sup>×5.05元/Kg=0.19元/m<sup>3</sup>

#### (二)電費

整場電費：64454元/153576度

64454元÷30日=2149元/日

2149元/日÷1000m<sup>3</sup>(每日平均供水量)=2.15元/m<sup>3</sup>

### 8.3.3 初步規劃說明

#### (一)有效氯需求量計算

初步先以場內最大處理水量 60CMH(1440 CMD)及經調查後場內回傳之 0.6mg/L 有效氯需求加

藥量進行計算，其有效氯之需求量為  $60\text{m}^3/\text{hr} \times 0.6\text{mg}/\text{L} = 60\text{m}^3/\text{hr} \times 0.6\text{g}/\text{m}^3 = 36\text{g}/\text{hr}$ 。

## (二)建議型號說明

由於七美淨水場之氯離子濃度夠高(達  $300\text{mg}/\text{L}$ )，故經由評估後可直接利用水中氯離子電解產生次氯酸進行水體消毒，不需額外添加食鹽，其建議之型號為 SRDW 3750；同時亦可考慮添加食鹽以鹵水方式產生次氯酸之系統，其建議之型號為 SRDWB 1200，優勢為能耗較低。相關規格及設備尺寸說明如下表，設備周圍建議可留  $100\text{cm}$  走道空間：

表8.3-2七美淨水場無鹵水系統(SRDW 3750)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備規格表

建議型號 MODEL	無鹵水系統	鹵水系統
	SRDW 3750	SRDWB 1200
有效率產生量 Chlorine production (g/hr)	20-100	40
能耗 Power consumption (kW)	2.5-4	0.5-1
總輸入功率 Total power input (max) (kW)	7	1
最大電流 Total max current (A)	3x32 A	3x10 A
尺寸 Dimensions HxWxL (cm)	110x90x80 電解槽+整流器	160x120x215 套裝設備,plug&play
運輸重量 Shipping weight (kg)	300	310
操作重量 Operating weight (kg)	350	610
<b>進流水水質要求 Source Water Requirements</b>		
溫度 Temperature (°C)	Up to 30	Up to 30
導電度 Conductivity (µS/cm)	>500	1-3000
氯離子 Chloride (mg/L)	>100	1-2000
pH	6-7.6	6-7.6
總硬度 Total Hardness (mg/L)	20-2000	20-2000
耗鹽量 Salt Consumption (Common food-grade salt (DIN 19604/EN 973))	-	3-4 gr per 1 gr chlorine



圖8.3-1 SRDW 3750 設備外型圖



圖 8.3-2 SRDWB 1200 設備外型圖

### 8.3.4 操作成本及效益估算

#### (一) 操作成本估算

經 CQM 原廠評估後，將其預估之操作成本整理如下表。其中電費為參考七美場提供之電費成本，而能耗則依 CQM 經驗所得之預估值，而食鹽價格則參考中部化工原料行之價格進行估算。然而其實際能耗需依現場模廠測試後方能得到較準確之數據，故下表所提供之估算僅供參考。

表8.3-3七美淨水場無鹵水系統(SRDW 3750)及鹵水系統(SRDWB 1200)操作成本估算

建議型號 MODEL	無鹵水系統	鹵水系統
	SRDW 3750	SRDWB 1200
設計水量 (CMH)	60	
所需添加有效氯量 (mg/L)	0.6	
每小時所需有效氯量 (g/h)	36	
<u>電力費用</u>		
電費單價 (NTD/kWh)	3.07	
預估能耗(kW)	2	0.7
預估每噸水能耗費用(NTD/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	0.102	0.0358
<u>食鹽費用</u>		
1 g 有效氯所需食鹽 (g)	0	3.5
食鹽單價 (NTD/kg)	8	
每小時所需食鹽 (g/h)	0	39.3
預估每噸水食鹽費用 (NTD/ m <sup>3</sup> ) <sup>(2)</sup>	0	0.0168
<u>預估操作成本</u>		
<sup>(1)</sup> + <sup>(2)</sup> (NTD/ m <sup>3</sup> )	0.102	0.0526

## (二)經濟效益估算

場內已有先行提供目前消毒劑處理費用 0.19 NTD/m<sup>3</sup>(參考 8.3.2 節，為由場內實際用量除以平均水量而計算出之處理費用)

目前規劃上可分為無鹵水/鹵水系統兩種方案供水公司評估，其預估操作成本可參考 8.3.4 節。

綜上所述，將場內操作成本與現地生產消毒劑設備之預估操作成本進行比較並計算成預估效益，將結果整理如下表所示：

表8.2-4七美淨水場無鹵水系統(SRDW 3750)及鹵水系統(SRDWB 1200)每年預估效益

	場內目前費用	無鹵水系統	鹵水系統
		<b>SRDW 3750</b>	<b>SRDWB 1200</b>
消毒劑產生/處理費用 (NTD/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	0.19	0.102	0.061
每年操作費用 ((NTD/yr)**	99,864	53,611	32,062
每年預估效益 (NTD/yr)***	-	46,253	67,802
** <sup>(1)</sup> x1440x365，以 365 天計，水量 1440m <sup>3</sup> /day *** 場內目前費用-設備預估操作費用			

與採購散裝次氯酸鈉效益分析(含折舊，單位：千元)-無滷水系統

表8.3-5七美淨水場採用OSG系統折舊成本分析表-無滷水系統

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
每年採購次氯酸鈉費用	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
採用 OSG 每年之操作費用	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
更換電極費用(每5年更換)	0	0	0	0	1,020	0	0	0	0	1,020	0	0	0
折舊費用	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-170	-170	-170	-170	-1,190	-170	-170	-170	-170	-1,190	-170	-170	-170
年度	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
每年採購次氯酸鈉費用	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
採用 OSG 每年之操作費用	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
更換電極費用(每5年更換)	0	1,020	0	0	0	0	1,020	0	0	0	0	1,020	
折舊費用	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	合計
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-170	-1,190	-170	-170	-170	-170	-1,190	-170	-170	-170	-170	-1,190	盈餘
													-9,343
註1：初設成本為至540萬元。 註2：OSG系統使用年限25年以上。(經洽廠商)													

與採購散裝次氯酸鈉效益分析(含折舊，單位：千元)-滷水系統

表8.3-6七美淨水場採用OSG系統折舊成本分析表-滷水系統

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
每年採購次氯酸鈉費用	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
採用 OSG 每年之操作費用	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
更換電極費用(每 5 年更換)	0	0	0	0	350	0	0	0	0	350	0	0	0
折舊費用	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-176	-176	-176	-176	-526	-176	-176	-176	-176	-526	-176	-176	-176
<b>年度</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	
每年採購次氯酸鈉費用	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
採用 OSG 每年之操作費用	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
更換電極費用(每 5 年更換)	0	350	0	0	0	0	350	0	0	0	0	350	
折舊費用	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	合計盈餘
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-176	-526	-176	-176	-176	-176	-526	-176	-176	-176	-176	-526	-6,144
註 1：初設成本為至 620 萬元。 註 2：OSG 系統使用年限 25 年以上。(經洽廠商)													

### 8.3.5 設備預算

設備預算整理如下表所示，供場內參考：

表8.3-7七美淨水場無鹵水系統(SRDW 3750)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備費用

項目	說明	預算(NTD)
無鹵水系統 (Brine-Free) SRDW 3750	模組化次氯酸現地生產電解系統 (含電解槽及整流器)	3,980,000
	設計/設備安裝/配管/二次側配電	1,020,000
	包裝/運輸/管銷	400,000
	<u>總計</u>	<b>5,400,000</b>
鹵水系統(Brine) SRDWB 1200	模組化次氯酸現地生產電解系統 (含電解槽、整流器、鹵水桶及藥劑暫存桶)	4,580,000
	設計/設備安裝/配管/二次側配電	1,120,000
	包裝/運輸/管銷	500,000
	<u>總計</u>	<b>6,200,000</b>
原廠人員指導試車	原廠工程師至現場指導試車	<b>450,000</b>

\*以上均不含土木施作

### 8.3.6 電極備品估算

電極備品預算整理如下表所示，供場內參考：

項目	說明	總價(NTD)
無鹵水系統 (Brine-Free) SRDW 3750	電極組，含 20 對電極。電極在正常操作下提供 2 年保固；依經驗通常可操作 5 年以上。	<b>1,020,000</b>
鹵水系統(Brine) SRDWB 1200	電極組，含 4 對電極。電極在正常操作下提供 2 年保固；依經驗通常可操作 5 年以上。	<b>350,000</b>

## 8.4 望安淨水場案例分析

### 8.4.1 基本設計資料

- (一)設計原水種類：經處理後待消毒之飲用水
- (二)原水排放時間：24hrs/day,7days/week
- (三)原水處理設備運轉時間：24hrs/day,7days/week
- (四)設計原水處理量：16m<sup>3</sup>/hr x 24 hrs/day=384m<sup>3</sup>/day
- (五)場內既有消毒藥劑/濃度：次氯酸鈉，10%
- (六)水質調查結果(場內提供數據)：

表8.4-1望安淨水場原水水質調查結果表

項目	單位	數值
水量	CMD	384
pH	-	8.7
Cond.	μS/cm	1,630
Cl <sup>-</sup>	mg/L	357
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0.04
TOC	mg/L	4.8

### 8.4.2 場內目前平均消毒處理費用計算結果(場內之提供資料)

#### (一)藥品費

一桶(次氯酸鈉)1000Kg÷(約可用)50 日=20Kg/日

20Kg/日÷180m<sup>3</sup>(每日平均供水量)=0.111Kg/m<sup>3</sup>

0.111Kg/m<sup>3</sup>×5.05 元/Kg=0.56 元/m<sup>3</sup>

#### (二)電費

整場電費：17165 元/5600 度

17165 元÷30 日=572 元/日

572 元/日÷180m<sup>3</sup>(每日平均供水量)=3.17 元/m<sup>3</sup>

### 8.4.3 初步規劃說明

#### (一)有效氯需求量計算

初步先以場內最大處理水量 16CMH(384CMD)及經調查後場內回傳之 0.6mg/L 有效氯需求加藥量進行計算，其有效氯之需求量为 16m<sup>3</sup>/hr x 0.6mg/L=16m<sup>3</sup>/hr x 0.6g/m<sup>3</sup>=9.6g/hr。

## (二)建議型號說明

由於望安淨水場之氯離子濃度夠高(達 350mg/L)，故經由評估後可直接利用水中氯離子電解產生次氯酸進行水體消毒，不需額外添加食鹽，其建議之型號為 SRDW 2500；同時亦可考慮添加食鹽以鹵水方式產生次氯酸之系統，其建議之型號為 SRDWB 1200，其優勢為能耗較低。相關規格及設備尺寸說明如下表，設備周圍建議可留 100cm 走道空間：

表8.4-2望安淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備規格表

建議型號 MODEL	無鹵水系統	鹵水系統
	SRDW 2500	SRDWB 1200
有效率產生量 Chlorine production (g/hr)	10-50	40
能耗 Power consumption (kW)	1.5-2.5	0.5-1
總輸入功率 Total power input (max) (kW)	4	1
最大電流 Total max current (A)	3x20 A	3x10 A
尺寸 Dimensions HxWxL (cm)	110x77x80 電解槽+整流器	160x120x215 套裝設備,plug&play
運輸重量 Shipping weight (kg)	250	310
操作重量 Operating weight (kg)	300	610
<b>進流水水質要求 Source Water Requirements</b>		
溫度 Temperature (°C)	Up to 30	Up to 30
導電度 Conductivity (µS/cm)	>500	1-3000
氯離子 Chloride (mg/L)	>100	1-2000
pH	6-7.6	6-7.6
總硬度 Total Hardness (mg/L)	20-2000	20-2000
耗鹽量 Salt Consumption (Common food-grade salt (DIN 19604/EN 973))	-	3-4 gr per 1 gr chlorine



圖8.4-1 SRDW 2500 設備外型圖



圖 8.4-2 SRDWB 1200 設備外型圖

#### 8.4.4 操作成本及效益估算

##### (一)操作成本估算

經 CQM 原廠評估後，將其預估之操作成本整理如下表。其中電費為參考望安場提供之電費成本，而能耗則依 CQM 經驗所得之預估值，而食鹽價格則參考本公司詢問中部化工原料行之價格進行估算。然而其實際能耗需依現場模廠測試後方能得到較準確之數據，故下表所提供之估算僅供參考。

表8.4-3望安淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)操作成本估算

建議型號 MODEL	無鹵水系統	鹵水系統
	SRDW 2500	SRDWB 1200
設計水量 (CMH)	16	
所需添加有效氯量 (mg/L)	0.6	
每小時所需有效氯量 (g/h)	9.6	
<u>電力費用</u>		
電費單價 (NTD/kWh)	3.07	
預估能耗(kW)	1.8	0.7
預估每噸水能耗費用(NTD/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	0.345	0.134
<u>食鹽費用</u>		
1 g 有效氯所需食鹽 (g)	0	3.5
食鹽單價 (NTD/kg)	8	
每小時所需食鹽 (g/h)	0	33.6
預估每噸水食鹽費用 (NTD/ m <sup>3</sup> ) <sup>(2)</sup>	0	0.0168
<u>預估操作成本</u>		
<sup>(1)</sup> + <sup>(2)</sup> (NTD/ m <sup>3</sup> )	0.345	0.151

## (二)經濟效益估算

場內已有提供目前消毒劑處理費用 0.56NTD/m<sup>3</sup>(參考 8.4.2 節，為由場內實際用量除以平均水量而計算出之處理費用)。

目前規劃上可分為無鹵水/鹵水系統兩種方案供水公司評估，其預估操作成本可參考 8.4.4

節。

綜上所述，將場內操作成本與現地生產消毒劑設備之預估操作成本進行比較並計算成預估效益，將結果整理如下表所示：

表8.4-4望安淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)每年預估效益

	場內目前費用	無鹵水系統	鹵水系統
		SRDW 2500	SRDWB 1200
消毒劑產生/處理費用 (NTD/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	0.56	0.345	0.151
每年操作費用 ((NTD/yr)**	78,490	48,355	21,164
每年預估效益 (NTD/yr)***	-	30,135	57,326
** <sup>(1)</sup> x384x365，以 365 天計，水量 384m <sup>3</sup> /day *** 場內目前費用-設備預估操作費用			

與採購散裝次氯酸鈉效益分析(含折舊，單位：千元)-無滷水系統

表8.4-5望安淨水場採用OSG系統折舊成本分析表-無滷水系統

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
每年採購次氯酸鈉費用	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
採用 OSG 每年之操作費用	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
更換電極費用(每 5 年更換)	0	0	0	0	580	0	0	0	0	580	0	0	0
折舊費用	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-138	-138	-138	-138	-718	-138	-138	-138	-138	-718	-138	-138	-138
年度	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
每年採購次氯酸鈉費用	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	
採用 OSG 每年之操作費用	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	
更換電極費用(每 5 年更換)	0	580	0	0	0	0	580	0	0	0	0	580	
折舊費用	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	合計
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-138	-718	-138	-138	-138	-138	-718	-138	-138	-138	-138	-718	盈餘
													-6,347
註 1：初設成本為至 420 萬元。													
註 2：OSG 系統使用年限 25 年以上。(經洽廠商)													

與採購散裝次氯酸鈉效益分析(含折舊，單位：千元)-滷水系統

表8.4-6望安淨水場採用OSG系統折舊成本分析表-滷水系統

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
每年採購次氯酸鈉費用	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
採用 OSG 每年之操作費用	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
更換電極費用(每 5 年更換)	0	0	0	0	350	0	0	0	0	350	0	0	0
折舊費用	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-191	-191	-191	-191	-541	-191	-191	-191	-191	-541	-191	-191	-191
年度	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
每年採購次氯酸鈉費用	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	
採用 OSG 每年之操作費用	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
更換電極費用(每 5 年更換)	0	350	0	0	0	0	350	0	0	0	0	350	
折舊費用	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	合計
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	-191	-541	-191	-191	-191	-191	-541	-191	-191	-191	-191	-541	盈餘
註 1：初設成本為至 620 萬元。 註 2：OSG 系統使用年限 25 年以上。(經洽廠商)													

## 8.4.5 設備預算

設備預算整理如下表所示，供場內參考：

表8.4-7望安淨水場無鹵水系統(SRDW 2500)及鹵水系統(SRDWB 1200)設備費用

項目	說明	預算(NTD)
無鹵水系統 (Brine-Free) SRDW 2500	模組化次氯酸現地生產電解系統 (含電解槽及整流器)	3,150,000
	設計/設備安裝/配管/二次側配電	750,000
	包裝/運輸/管銷	300,000
	<u>總計</u>	<b>4,200,000</b>
鹵水系統(Brine) SRDWB 1200	模組化次氯酸現地生產電解系統 (含電解槽、整流器、鹵水桶及藥劑暫存桶)	4,580,000
	設計/設備安裝/配管/二次側配電	1,120,000
	包裝/運輸/管銷	500,000
	<u>總計</u>	<b>6,200,000</b>
原廠人員指導試車	原廠工程師至現場指導試車	<b>450,000</b>

\*以上均不含土木施作

## 8.4.6 電極備品估算

電極備品預算整理如下表所示，供場內參考：

項目	說明	總價(NTD)
無鹵水系統 (Brine-Free) SRDW 2500	電極組，含 10 對電極。電極在正常操作下提供 2 年保固；依經驗通常可操作 5 年以上。	<b>580,000</b>
鹵水系統(Brine) SRDWB 1200	電極組，含 4 對電極。電極在正常操作下提供 2 年保固；依經驗通常可操作 5 年以上。	<b>350,000</b>

## 8.5 大湳淨水場案例分析

### 8.5.1 基本設計資料

- (一)設計原水種類：經處理後待消毒之飲用水
- (二)原水排放時間：24hrs/day,7days/week
- (三)原水處理設備運轉時間：24hrs/day,7days/week
- (四)設計原水處理量：19,583m<sup>3</sup>/hr x 24hrs/day=470,000m<sup>3</sup>/day
- (五)場內既有消毒藥劑/濃度：液氯，>95%
- (六)水質調查結果(場內提供數據)：

表8.5-1大湳淨水場原水水質調查結果表

項目	單位	數值
水量	CMD	470,000
Temp	°C	15~25
pH	-	7.0~7.4
Cond.	μS/cm	250
Cl <sup>-</sup>	mg/L	<500
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0.02
TOC	mg/L	0.8

### 8.5.2 初步規劃說明

#### (一)有效氯需求量計算

初步先以場內最大處理水量 470,000CMD 及經調查後場內回傳之 2~5mg/L 有效氯需求加藥量進行計算(取其最大值 5mg/L)，其有效氯之需求量为 470,000m<sup>3</sup>/day x 5mg/L=2,350kg/day。

#### (二)建議型號說明

由廠內提供資料所計算得出之有效氯需求量为 2,350kg/day 進行評估，初步規劃採用 ClorTec 1800 型號，共計四座(三用一備)，每座有三組電解槽，每座的有效氯產生量为 34kg/h(816kg/day)。

#### (三)初步機械設備內容規劃

表8.5-2 大湳淨水場OSG機械設備內容規劃

編號	設備名稱	數量	動力 (kw)	設備規格
1	CT-1800 OHSO 電解系統	4 座 (1 座備用)	--	模組設計，每座含 3 套 600PPD 電解槽 槽體：PVC/FRP 附屬設備：溫度開關、流量開關、電磁閥、鹵水輸送泵、過濾器、控制盤及操作面板
2	OHSO 整流器	4 台 (1 台備用)	222 x (3+1)	型式：氣冷式 輸入電壓：400VAC 3P 50Hz 輸出：1500A/148VDC 附屬設備：電流/電壓顯示、緊急停機開關
3	水質軟化系統	3 組	--	連續操作，非電極式軟化系統
4	加熱系統	1 組	41.4	水溫低於 15°C 時啟動 包含：自動調溫器、溫度計、儲存桶、熱交換器
5	鹵水儲槽	1 座	--	規格：15m <sup>3</sup> /座(5 天用量) 材質：FRP 附屬設備：液位計，液面計
6	次氯酸鈉儲槽	2 座	--	規格：80m <sup>3</sup> /座(12 小時存量) 材質：FRP 附屬設備：液位計
7	氫氣稀釋系統	2 套 (1 套備用)	--	鼓風機 6,850m <sup>3</sup> /hr/台 附屬設備：壓力開關、皮托管
8	酸洗系統	1 套	--	附屬設備：藥劑儲桶、輸送泵
9	氫氣偵測器	1 組		
10	緊急洗眼器及緊急淋身設備	1 組	--	
11	控制盤	1 組	--	
12	走道,爬梯,安全設施	1 式	--	
13	配管及管架材料	1 式	--	
14	配線材料	1 式	--	

### (三)食鹽品質標準

OSG 系統所添加食鹽需不含高分子有機物/樹脂清潔劑，同時需符合以下標準：

表8.5-3 OSG系統添加食鹽標準

NaCl:	
-乾基	96.3% minimum
-濕基	93.3% minimum
硫酸鈣	0.30% maximum
氯化鎂	0.06% maximum
氯化鈣	0.10% maximum
硫酸鎂	0.02% maximum
不溶物	0.1% maximum
水分 (以 H <sub>2</sub> O 計)	3.0% maximum
鉛	0.0007% maximum
銅	0.0003% maximum
鐵 (以 Fe 計)	0.002% maximum
氟化物	0.002% maximum
錳	<0.0002%

(四) 電解槽進流水質標準

OSG 系統之進流水需不含高分子有機物、絮凝劑、膠凝劑及抑垢劑等樹脂清潔劑，同時需符合以下標準：

表8.5-4 OSG系統電解槽進流水質標準

pH	6.5 to 7.5
硬度 [Ca/Mg]	<10 ppm
總有機碳(TOC)	<2 ppm
鐵	<200 ppb
錳	<10 ppb
鎳	<5 ppm
氟化物	<1 ppm
銅	<5ppb
Cl <sub>2</sub> (free chlorine)	<2 ppm

(五)參考處理流程圖

# ClorTec® Gen III - System Standard Operation Process

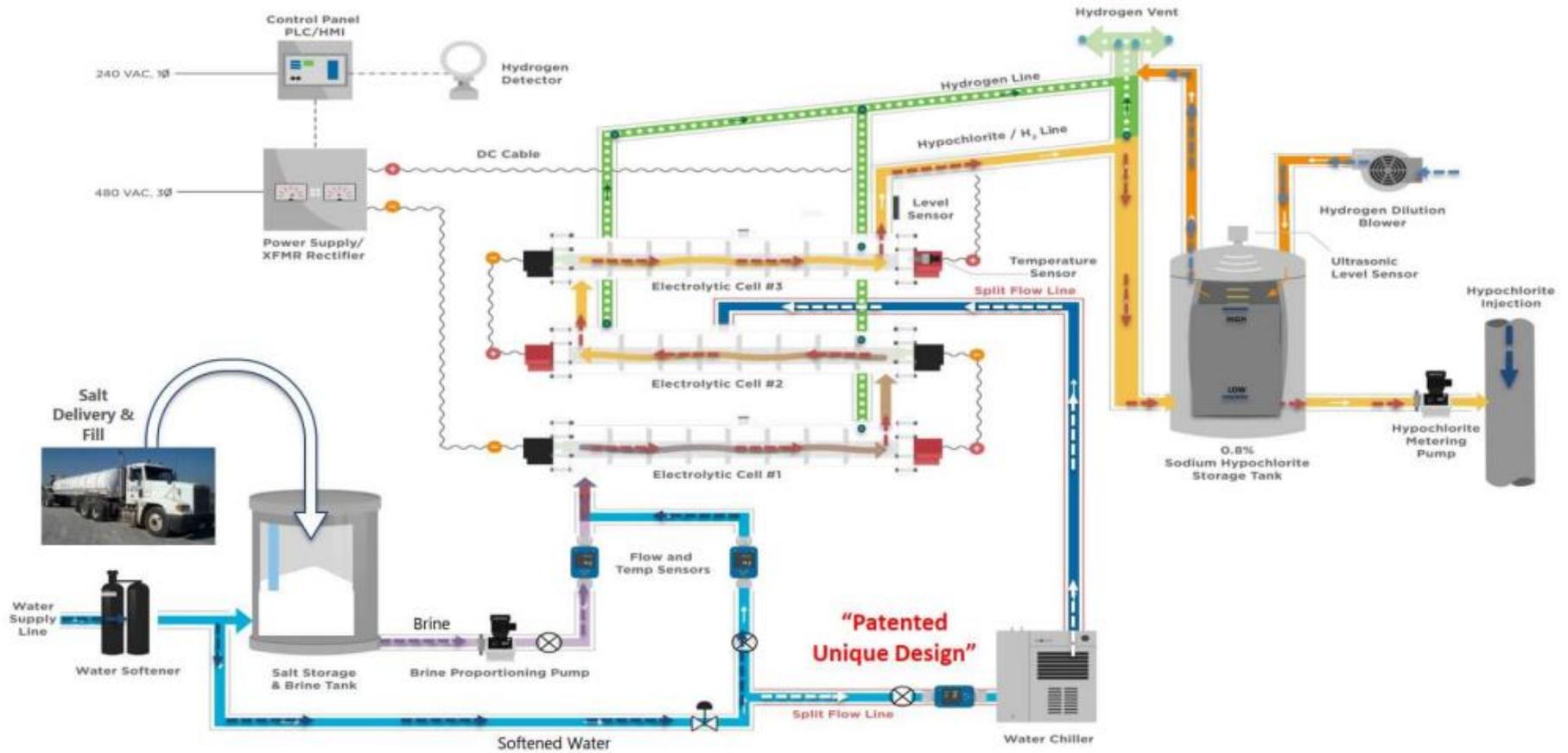


圖8.5-1 OSG參考處理流程圖

(六)參考平面配置圖(單位：mm)

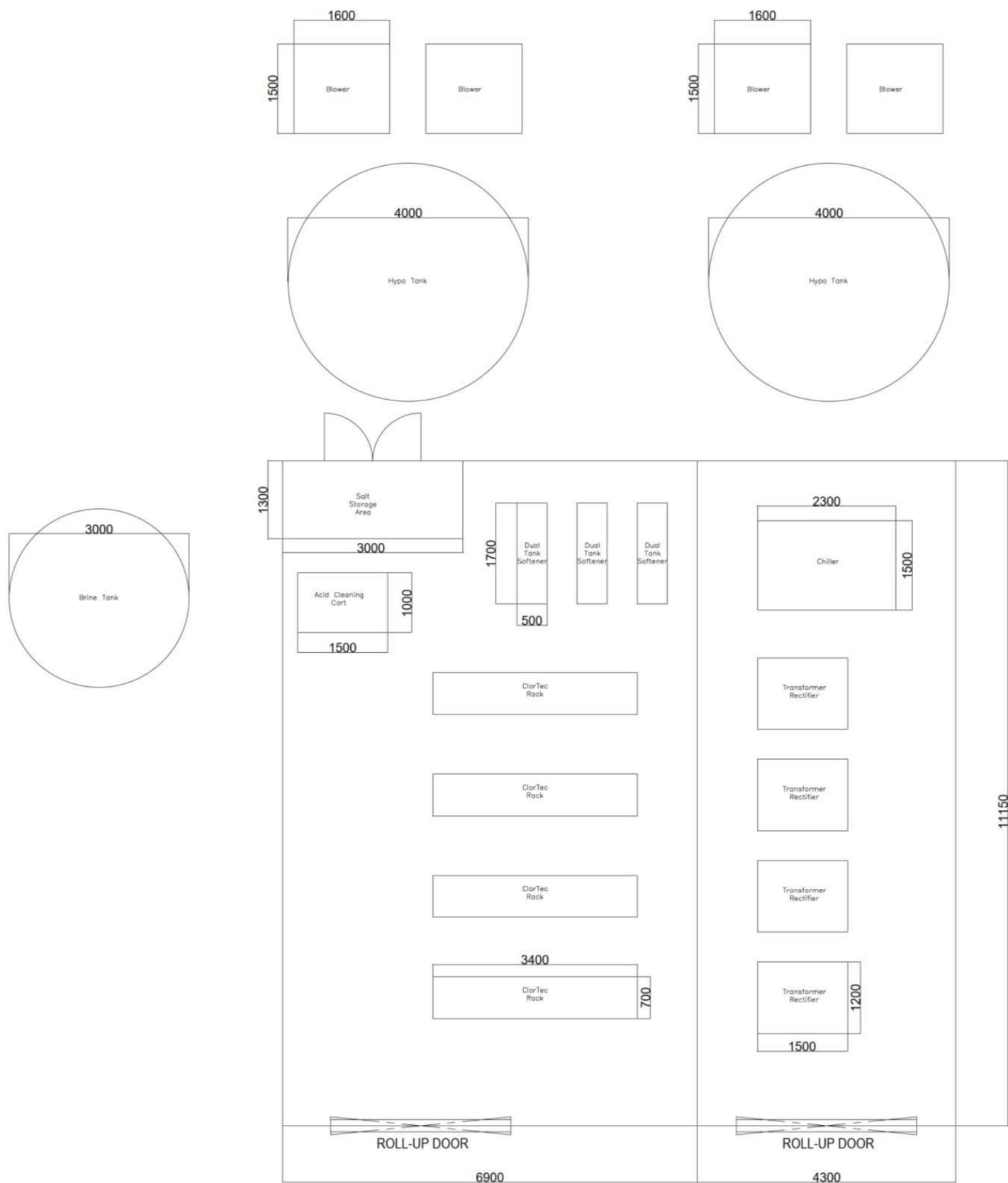


圖8.5-2 OSG參考平面配置圖

### 8.5.3 操作成本及效益估算

#### (一)操作成本估算

De Nora ClorTec 系統產生每公斤有效氯需耗用 4.4kWh 及 3kg 食鹽，同時亦會耗用少量水進行水質軟化後進電解槽產生次氯酸鈉使用，其預計生產成本整理如下表。

表8.5-5大湳淨水場ClorTec-1800操作成本估算

建議型號 MODEL	ClorTec-1800
有效氯產量 (kg of FAC/day) <sup>(1)</sup>	818
<u>電力費用</u>	
1 kg 有效氯所需能耗 (kWh/kg of FAC)	4.4
每日所需能耗 (kWh/day)	3,600
電費單價 (NTD/kWh)	2.12
預估能耗費用 (NTD/day) <sup>(2)</sup>	7812
<u>食鹽費用</u>	
1 kg 有效氯所需食鹽 (kg/kg of FAC)	3
每日所需食鹽 (kg/day)	2,455
食鹽單價 (NTD/kg)	8
預估食鹽費用 (NTD/day) <sup>(3)</sup>	19,640
<u>耗水費用</u>	
預估水費單價 (NTD/ m <sup>3</sup> )	12
耗水量 (L/h)	4,259
預估耗水費用 (NTD/day) <sup>(4)</sup>	1,227
<u>每 kg 有效氯預估成本</u>	
<sup>(2)</sup> + <sup>(3)</sup> + <sup>(4)</sup> / <sup>(1)</sup> (NTD/ kg of FAC)	35.1

(二)系統預算

項次	項目	總價 (NTD)	備註
1	規劃/設計	2,100,000	不含土木結構計算
2	工程監造	1,500,000	不含土木監造
3	土木工程	10,000,000	RC 廠房
4	機械/儀控設備	108,400,000	
5	設備安裝及現場配管	3,500,000	
6	控制盤安裝及現場配線	3,000,000	
7	功能試車及人員訓練	1,500,000	
8	工程保險、管銷及利潤	8,000,000	
總計		138,000,000	元 (不含營業稅)

(三)經濟效益估算

根據調查表得知，其他廠內目前所購入次氯酸鈉(有效氯 10%)參考成本為 4.95NTD/kg，故可得知其每公斤有效氯之成本為 49.5NTD/kg of FAC。另參考 8.5.3(一)節之計算結果可得知，使用 OSG 其每公斤有效氯可節省  $49.5 - 35.1 = 14.4$ NTD/kg。

(四)電極備品估算

項次	項目	總價(NTD)	備註
1	電極備品(包含 3 組 600PPD 電極)	7,200,000	電極在正常操作下提供 2 年保固；依經驗通常可操作 5 年以上

(五)與採購散裝次氯酸鈉效益分析(含折舊，單位：千元)

表8.5-6 大湳淨水場採用OSG系統折舊成本分析表

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
每年採購次氯酸鈉費用	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459
採用 OSG 每年之操作費用	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107
更換電極費用(每 5 年更換)	0	0	0	0	7,200	0	0	0	0	7,200	0	0	0
折舊費用	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	6,832	6,832	6,832	6,832	-368	6,832	6,832	6,832	6,832	-368	6,832	6,832	6,832
年度	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
每年採購次氯酸鈉費用	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	42,459	
採用 OSG 每年之操作費用	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	30,107	
更換電極費用(每 5 年更換)	0	7,200	0	0	0	0	7,200	0	0	0	0	7,200	
折舊費用	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	5,520	合計盈餘
盈餘(相對直接購買次氯酸鈉)	6,832	-368	6,832	6,832	6,832	6,832	-368	6,832	6,832	6,832	6,832	-368	134,790
註 1：初設成本為 1 億 3 千 8 百萬元。 註 2：OSG 系統使用年限 25 年以上。(經洽廠商)													

## 8.6 SWOT 分析

### 8.6.1 S 優勢 (strength)

1. 降低氯氣儲存及外洩的風險。
2. 生產後即時使用，減少次氯酸鈉有效氯的衰減。
3. 能因應極端氣候水質水量變異，依耗氯需求彈性調整供水。
4. 與現有消毒方式相較，係兼具水質安全、工業安全、職業安全及成本效益之供水韌性水處理設備。
5. 原料不再採用液氯或次氯酸鈉輸送，對周遭民眾生活品質及原料運輸安全有所提升。
6. 相較傳統散裝消毒劑儲存空間，OSG 佔用土地面積較小，對於台灣地狹人稠、寸土寸金，相對開發建置土地成本較低，對於既有場站改用 OSG，亦可獲得剩餘土地再利用之龐大效益。
7. 藥品品質提升。
8. 現地生產氯的單位成本較使用次氯酸鈉低。
9. 食鹽保存期限較長，有利物料使用管理。
10. 對於偏遠及使用次氯酸鈉少的小型淨水場，可以維持其有效氯的消毒效能。
11. 降低毒化物管制成本。

### 8.6.2 W 劣勢 (weakness)

1. 國內尚無淨水場使用案例，相關主管機關態度較為保守。
2. OSG 型式多元，都為外國專利，相關資訊取得較為不易，宥於政府採購法，傳統 DBO(Design, Built, Operate)方式不易執行。
3. 製造原料及成品品管要求門檻較高，須多元配合以成其效。
4. OSG 建置成本較散裝氯消毒劑高出甚多，投資成本不易回收。
5. 相較傳統散裝消毒劑，OSG 操作及維護對水廠原有工作人員是陌生的。因此，對於供料中斷之故障排除或緊急應變處置，較傳統消毒方式複雜，且對於大廠影響供水壓力較大。
6. 額外設備及其維護成本。
7. 操作人力需求增加。
8. 涉及鹼氯工業食鹽電解化工程序專業，廠、所同仁恐無能力自行設計。
9. 缺乏操作維護管理等專業，須強化員工教育訓練。

### 8.6.3 O 機會 (opportunity)

1. 可改變國內淨水消毒藥劑採購及使用形態。
2. 國內現有消毒劑製造商及供應商，伺機檢討現況，接軌國際，與時俱進，改變經營模式，開啟另一商機。
3. 國內相關主管機關，伺機檢討現有法令，接軌國際，與時俱進。

4. 民眾關注生活周遭環境，對於採用液氯之場站，較為排斥。若能改採 OSG，相對較受民眾歡迎。
5. 民眾生活水準提升，注重用水品質，尤其是飲用水消毒副產物殘留。相較傳統散裝消毒劑，OSG 生成消毒副產物風險較低。
6. 現有大型淨水場鄰近都會區使用氯消毒有其風險，且土地取得不易或土地價格昂貴等因素，可採用現地生產氯。
7. 離島地區或偏遠山區交通不便，適合所需消毒劑數量少之小型淨水場。
8. 不受毒化物(環保法規)及特化物(職安法規)等法令規範。

#### 8.6.4 T 威脅 (threat)

1. 藥劑品質確保方式尚需重新建立。
2. 因無大的儲備量，需有機器故障的備援機制。
3. 商轉模式可能改變，生態重整，亦引致既有利害相關者抗爭。
4. 自來水事業領導階層至基層相關人員，須有共識，方竟其功。
5. 新興消毒方式(UV、O<sub>3</sub>…)亦不斷在全世界開發、改良中，倘若因國內法規制定延宕導入，恐由其他後繼之消毒產品取代。
6. OSG 在國內自來水業尚未採用，相對應之國家標準及法規尚未制定。若要逕予採用 OSG 方式消毒，必須與相關法令主管機關溝通，並須立法以確保民眾用水安全。立法時間不易掌握，曠日廢時。
7. 寡占市場易受制於承攬商。
8. 需求不足廠商投資意願低。
9. 現地食鹽電解生產氯，所需電力費用占整體生產成本 1/3，台灣目前屬缺電國家，台電公司為符合發電成本，未來可能會再提高電價因應。



# 第九章結果及討論

## 9.1 目前遭遇之困境

目前自來水事業所採加氯劑係採用液氯和次氯酸鈉兩種消毒劑，液氯於運送途中和貯存於氯倉時，皆有潛在洩漏風險；而次氯酸鈉則會發生效用衰減、貯存用地空間大及運送途中可能發生之工安問題，故一般中小型淨水場採用次氯酸鈉為消毒劑，對於大型淨水場仍維持採液氯消毒(惟基於工安考量亦有漸採次氯酸鈉消毒劑之趨勢)。

因國內尚無相關 OSG 系統使用經驗，法規、標準規範、操作準則尚未制定，且國內既有鹼氯業者評估無經濟效益，採行觀望態度。然若採用 OSG 系統可降低土地成本、運輸液氯之風險及消毒副產物之產生，在國外已有相當多成功運行的實績，且美國自來水協會也已訂定 OSG 系統操作指引，因此，本章將針對 OSG 系統進行技術可行性、經濟可行性、法規可行性及商轉模式可行性分析如下。

## 9.2 技術可行性探討

現行 OSG 系統在國外已有許多成功案例可供參考。經過資料收集，僅單一家 OSG 廠商於全世界即有高達上千件實績。其它如以色列 Mekorot Ashkelon 地下水設施 Migdal 4 泵站供應 150-200 立方米/小時的地下水，由於靠近居民區，Mekorot 工程師決定通過升級到現場次氯酸鈉生成來消除液體次氯酸鹽的運輸和儲存危險，並採用 CQM WATER 現場無鹽水次氯酸鹽生成技術，該系統直接從水源中天然存在的氯化物中生產高達 200 克/小時的混合氧化劑溶液（主要是 100%純次氯酸鹽），這一獨特的系統系列幾乎無需維護，並且易於安裝和操作（自動和遠程）。

再如美國加州聖地亞哥市之 Otay 自來水處理場，每天的處理能力為 34MGD(約 128,690CMD)，為大約 10 萬用戶提供飲用水，鑑於自來水場周圍的住宅逐步擴張，聖地亞哥市希望尋求更安全，具有前瞻性的氯替代來源之創新技術，市府官員評估了幾種替代消毒方案，包括：維持氯氣系統正常運行、升級現有的氯氣系統、改為槽車運輸的散裝次氯酸鈉、改為就地產生氯氣並轉化為現場生成次氯酸鈉（通過使用電將食鹽轉化為 0.8%的氯溶液而產生，On-site sodium hypochlorite generation，OSG）系統，從降低對社區的總體風險、簡化操作和降低操作安全培訓要求的角度來

看，OSG 系統的安全性和可靠性具有吸引力，聖地亞哥市最後評估決定 PSI 水技術(PSI Water Technologies)公司合作，採用該公司的 Microclor® OSG 系統，由 PSI 公司規設兩座 1,000 磅/天氣當量機組。

再比如日本東京都水道局朝霞淨水場，處理能力 170 萬 CMD，處理方法：快濾+高級淨水處理，為該局所營運之 11 座淨水場中，處理能力最大者，該場評估使用液氯之安全性，擬將淨水過程中使用的消毒劑，從液氯轉換為次氯酸鈉。復考量朝霞淨水場之出水規模，從傳統的液氯轉換到次氯酸鈉，消耗量將相當大，需克服藥品儲存、操作維護、藥品運輸及地震安全等問題，俾提高操作安全性和可靠性，因此決定導入現場次氯酸鈉生產設備，經招商結果由 Hitachi 得標，由該公司在朝霞淨水場安裝次氯酸鈉生產設施，次氯酸鈉供應濃度為 5%，生產能力最大 4,800kg/天（以有效氯計算），供給範圍達 2,000~3,600kg/天，平均 2,300kg/天。綜上案例可知，國外已有多家成功用於自來水場之 OSG 系統，爰僅要考量如下 10 點 OSG 系統重要設備設置注意事項，引進 OSG 系統技術是可行的：

#### 1. 生產機組容量

現場生成次氯酸鈉的主要應用於飲用水之處理，低強度 OSG 系統係以批次操作模式運行，產生 0.8%的次氯酸鈉溶液，生產容量係根據淨水場的平均和尖峰加氯量和流量來計算每日氯需求量。為了確保系統可在批次模式下運行，生產機組容量宜比氯需求峰值高 20~30%，俾預留一些備載能力可供操作，系統僅在需要時啟動運行，並在產品庫存時處於待機狀態。

#### 2. 自來水水質

OSG 系統進水的水質非常重要，因為這將與電解設備直接接觸，溶解在水中的鈣和鎂會在電極表面形成沉積物，從而降低生產效率，因此通常需要使用軟水設備或逆滲透，將水中硬度降至低於 17mg/L(as CaCO<sub>3</sub>)。

#### 3. 水溫控制

OSG 系統在進水 55-80°F(12.8°C-26.7°C)溫度範圍內，可高效運行，由於電解反應會產生熱能，因此通過 OSG 系統時，可能會升高 20°F(6.7°C) 為了滿足和維持常溫 50-104°F(10-40°C)要求，控制進水溫度至關重要，倘不能滿足，則須在進入鹽水槽前，經熱水器/冷卻器，將電解反應用水調整到可接受的溫度。

#### 4. 鹽水飽和器

高純度精鹽通常通過氣動方式輸送到大型儲槽和飽和槽備用，不會對操作人員造成傷

害或危險，儲槽通常可容納 15-30 天的鹽用量。

#### 5. 鹽水輸送方式（鹽水泵）

為確保最佳次氯酸鹽生成，需要穩定、可靠和精準的鹽水輸送系統。為此，機械驅動隔膜泵優於氣動隔膜泵或噴射泵，使用機械驅動隔膜泵，可以精確調節流量，而隔膜泵則不易控制及耐用性較差。至於噴射泵，流量會受到水壓變化的影響，因此必須提供增壓泵和壓力調節閥。以保持穩定的流量。

#### 6. 次氯酸鹽產生器

OSG 產生器的額定容量將決定每個機組上包含多少個電解槽，電解槽內部是由陽極和陰極板組成。每組產生器都與專用變壓器/整流器耦合，為電解程序提供穩定的直流電源，系統設計包括所有必要的儀表和作業安全聯鎖裝置。

#### 7. 次氯酸鈉儲槽及通風設計

所製造的次氯酸鈉溶液和氫氣，從產生器流向產品儲槽，這些具特殊襯裡的儲槽，容量設計以在氯需求高峰時，可保 24 小時低濃度次氯酸鹽(0.8%)庫存，儲槽通常係聚乙烯、玻璃纖維強化塑膠(FRP)製成。放置室內時以避免極端溫度和陽光直射，但是如果儲槽必須放置在室外，則建議使用保溫、絕緣和遮陽措施，以防止在低於 32°F(0°C)溫度下結凍及因紫外線而降解。儲槽的重要考慮因素是：通風系統、液位傳感器、溢流口位置、壓力傳感器和可防止氫氣在儲槽中產生火花的安全屏障。

#### 8. 氣體監測和儀表系統

主要用於檢測和監測空氣中的氫氣濃度，通常放置在氫氣堆集處，安裝點位於儲槽氫氣排放口頂部附近的天花板上。

#### 9. 加藥泵

加藥泵將次氯酸鈉從儲槽輸送到加藥點，藉由監測餘氯回饋至加藥系統，調整加藥量，以滿足產水所需。

#### 10. 餘氯監測

在淨水過程中，進行餘氯監測，並優化所蓄存次氯酸鈉的使用。

### 9.3 經濟可行性探討

本報告依據 AWWA 介紹，區分 5 種供水系統規模(分別為 5,678CMD、28,391CMD、56,781CMD、283,906CMD 及 425,859CMD)及三種次氯酸鈉技術的成本範圍，包括以大約 12%溶液強度交付的散裝液體次氯酸鹽、0.8%溶液濃度的 OSG 次氯酸鹽及 12%溶液濃度的 OSG 次氯酸鹽等，其中散裝次氯酸鹽溶液的主要資本成本項目包括儲罐、某些地區的建築物 and 化學進料泵，

及對現有的氯氣設施進行一些土建場地改造，包括結構、機械、電氣和儀器改造，以適應大宗化學品儲存處理和進料。

而對於 OSG 技術，資本設備通常包括熱水器或冷卻器（如果需要）、鹽水罐、電解槽、整流器、諧波過濾器、軟水器、主控制面板、次氯酸鹽溶液儲罐、氯氣排放鼓風機（如果需要），以及進料泵。高強度 OSG 系統可能需要額外的用於亞硫酸氫鈉、苛性鈉和鹽酸的化學進料系統。與便利化相關的其他成本可能包括建造建築物以容納設備、現場工作、結構和電氣系統升級以及到加藥點的化學進料管道。

另影響散裝次氯酸鹽運維成本的主要項目包括化學品成本、設備維護成本和人工成本。而影響OSG系統（低強度和高強度系統，0.8%和12%）運維成本的主要項目包括鹽、電力、設備維護、電解單元/膜的定期更換和人工。OSG次氯酸鹽生產的鹽和電力使用可能因不同製造商的設備而異，因此使用產出每磅氯當量需3.0磅鹽和2.0kW·h電力的標準假設來估算。系統規模越小，人工成本佔設備維護成本的百分比就越大（例如，對於系統規模5,678CMD供水量，人工成本=設備維護成本的40%，而對於規模425,859CMD供水量，人工成本=設備維護費用的25%）

承上分析，在AWWA技術手冊中大型場站（共2種供水系統規模分別為283,906CMD及425,859CMD，氯需量分別為1,419kg/天及2,128kg/天）採用高強度OSG系統資本成本（技術設備費用）皆為「1億8千萬元」較於低強度OSG系統分別為「2億2,254萬」及「2億7,414萬」元低，而年操作成本高強度OSG分別為「634萬8,000元」及「938萬7,000」元亦低於低強度OSG分別為「817萬5,000元」及「1,212萬6,000元」，另採購散裝次氯酸鈉資本成本（技術設備費用）分別為「6,426萬元」及「9,240萬元」，年操作成本分別「1,453萬5,000元」及「2,170萬2,000元」，當採用高強度OSG相對採購散裝次氯酸鈉時年操作成本可分別節省「818萬7,000元」及「1,231萬5,000元」；另對於小型場站（供水系統規模為5,678CMD，氯需量為28.6kg/天即為1,191g/hr），採用低強度OSG系統資，年操作成本為「16萬8,000元」，另採購散裝次氯酸鈉資本成本（技術設備費用）為「909萬元」，年操作成本為「40萬2,000元」，當採用低強度OSG相對採購散裝次氯酸鈉時年操作成本可節省「23萬4,000元」，爰於大型場站建議採

用高強度OSG系統而小型淨水場則建議採用低強度OSG系統較符合經濟效益。

另本報告又以台灣自來水公司實際案場並洽詢廠商評估5案淨水場設置成本及維運費用，如大湳淨水場及南化淨水場等大型淨水場，每天分別需2,350kg及1,360kg有效氯之需求量，評估設置低強度OSG系統之設計、設備及安裝費分別為1億8千萬及1億元(不含土建費用)，且評估其他淨水場內目前所購入次氯酸鈉(有效氯10%)參考成本為4.95NTD/kg，故可得知其每公斤有效氯之成本為49.5NTD/kg of FAC。因此，在使用OSG後其分別每公斤有效氯可節省 $49.5 - 35.1 = 14.4$ NTD/kg及 $49.5 - 37.2 = 12.3$ NTD/kg，粗估每年維運費用分別可節省1千2百萬及6百萬元；另對於離島淨水場分別就吉貝、七美及望安淨水場進行評估，分別每小時需11.2g、36g及9.6g有效氯之需求量，評估設置低強度OSG系統(無鹵水系統)之設計、設備及安裝費分別為420萬、540萬及420萬，每年維運費用分別可節省3,923、46,253及30,135元；另外，評估設置低強度OSG系統(鹵水系統)之設計、設備及安裝費皆為620萬元，粗估每年維運費用分別可節省30,810、67,802及57,326元。

綜上經濟性分析，並將輕微和災難性氯氣外洩相關的風險和危害納為成本因素，從降低對社區的總體風險、簡化操作和降低操作安全培訓要求的角度及離島小型淨水場亦須將採購之次氯酸鈉溶液降解並產生消毒副產物影響用戶之身體健康問題，納為成本因素，雖然若考量OSG系統設備維護成本、電極更換成本、預期未來電費成長及建設費折舊攤提，則投資回收年限將延長，但若考量節省土地空間成本可量化效益、降低消毒劑運輸、儲存風險及減少消毒副產物生成之非量化效益，在民意、環保、安全及健康趨勢下，確實有其經濟效益。

另若採用東京都水道局朝霞淨水場採用PFI，其屬於「公私協力」(Public Private Partnerships)範疇，概念為政府運用民間機構管理能力及商業的專業知識，和民間機構簽訂PFI契約，先由民間機構興建、營運公共建設，政府再向民間機構購買該公共建設之公共服務，政府在民間機構營運公共建設後，依據雙方契約所訂之評估指標及規範，檢視民間機構之服務品質有無符合約定，再予以付款，倘未達到績效指標或資產無法提供服務時，則有扣款機制，即類似台灣自來水公司澎湖3,000CMD購水合約模式，將操作、耗材更換等維運成本及設備折舊統由專業承攬商評估、營運，將可有效降低OSG建設營運費用，提高OSG系統經濟

可行性。

## 9.4 法規可行性探討

1. 依據毒性及關注化學物質管理法(下簡稱毒管法)，氯( $\text{Cl}_2$ )屬於第三類毒性化學物質，如未達毒性化學物質分級運作量(運作濃度 $\geq 1\%$ (w/w)&運作重量 $\geq 50\text{Kg}$ )基準，得報經直轄市、縣(市)主管機關核可並取得核可文件者，並不受以下法規限制(毒管法§13之4)：
  - (1)危害預防及應變計畫報請直轄市、縣(市)主管機關備查(毒管法§35)。
  - (2)申請核發許可證、登記文件(毒管法§13之1及2)。
  - (3)設置專責人員(毒管法§18)。
  - (4)備有應變器材及設置偵測警報設備並報請直轄市、縣(市)主管機關備查(毒管法§39)。
2. 依據勞動檢查法施行細則，甲類危險工作場所定義為：任一場所及任一時刻，製造、處置、使用液氯(氣)達5,000Kg(以上)之場所。
3. 次氯酸鈉依據環保署飲用水水質處理藥劑一覽表規定不純物含量需符合：重金屬砷(As)1ppm以下、鎘(Cd)1ppm以下、鉛(Pb)1ppm以下、汞(Hg)0.2ppm以下、鉻(Cr)2ppm以下及溴酸鹽(Bromate) 50ppm以下，且台灣自來水公司次氯酸鈉藥品採購契約規定外觀須為透明液體、有效氯濃度為10%以上、游離鹼2%以下、不溶成分0.2%以下及不純物濃度須為「環保署飲用水水質處理藥劑一覽表」不純物規定之0.8。
4. 依據國內食鹽品質之國家標準 CNS 4056 規定，一般食用及食品加工用食鹽分為普通級及高級食鹽兩種，高級食鹽成分包括水分(0.5%以下)，氯化鈉(乾基 99.5%以上)及天然存在的其他礦物質(0.5%以下)；普通級食鹽成分包括水分(3%以下)，氯化鈉(乾基 99.0%以上)及天然存在的其他礦物質(1%以下)，另衛生署要求必須符合「食鹽衛生標準」所列之以下規定：本標準所稱的食鹽，係由海水、鹽礦或天然鹵水所精製，供一般食用及食品加工用。主要成分為氯化鈉，不得使用來自工業副產物的再生鹽。本標準亦適用作為食品添加物及營養素載體(carrier)的鹽。而食品級鹽又依「食品中污染物質及毒素衛生標準」規定，其中食鹽規定重金屬限量詳如附表 9.4-1，

表9.4-1 食品級鹽重金屬限量表

食鹽	限量(mg/Kg)
砷	0.2
鉛	2
鎘	0.2
汞	0.1
銅	2

5. 經參考高強度 OSG 系統廠牌型號 MS 204，產氣量 1000Kg/d 機型，該機組運轉時，在任一時刻製程管路中儲存之氯氣僅 0.6Kg，未達上述毒管法規定運作重量 $\geq 50\text{Kg}$ 之基準及勞動檢查法施行細則規定 5,000Kg 以上之甲類危險工作場所。且經 111 年 11 月 3 日專家學者諮詢會議，環保署會中表示運作濃度 $\geq 1\%(\text{w/w})$ 且運作重量 $< 50\text{Kg}$ 者，該系統僅需報經直轄市、縣(市)主管機關核可並取得核可文件，系統即可運行。另外，OSG 系統採用之食鹽標準相當於我國高級食鹽之國家標準，因此，具有法規可行性。
6. 由於採用「低強度現地次氯酸鈉生成系統」，製程中無氯氣生成，不屬於甲類危險場所，可免申請通過「甲類危險性工作場所」安全評估審查，亦不需依據毒性及關注化學物質管理法，報經直轄市、縣(市)主管機關核可並取得核可文件，就適法性而言，是為最推薦系統。

## 9.5 商轉模式可行性探討

小型淨水場因氣需量少無法達到規模經濟，在國外可參考以色列 Mekorot Ashkelon 地下水設施 Migdal 4 泵站，採用由自來水場購買設備，廠商建置及營運模式，且在場站因水源天然存在氯(地下水源)，因此採用不需加鹽之 OSG 系統且電極具備機械自清功能，幾乎無需維護，並且易於安裝和採遠端操作，該營運模式對於國內離島或深山地區很適宜，自來水場可避免人力投入並取得專業的維護和設備保養。

中、大型淨水場商轉模式在國外可參考東京都水道局朝霞淨水場以 PFI (Private Finance Initiative) 創新措施方式，PFI 屬於「公私協力」(Public Private Partnerships) 範疇，其概念為政府運用民間機構管理能力及商業的專業知識，和民間機構簽訂 PFI 契約，先由民間機構興建、營運公共建設，政府再向民間機構購買該公共建設之公共服務，政府在民間機構營運公共建設後，依據雙方契約所訂之評估指標及規範，檢視民間機構之服務品質有無符合約定，再予以付款，倘未

達到績效指標或資產無法提供服務時，則有扣款機制，通過將私營企業的資金、管理知識等引入公共部門開展的社會資本開發和管理領域，有效提高社會資本的一種方法；在國內台灣自來水公司亦有相似之案例，如馬公 3000 噸海水淡化廠，水公司提供土地，廠商提供設備及營運操作，水公司在向該廠商購買海淡水，如水質不符規定則予以扣款及罰金。而對於本案，國內自來水事業無 OSG 系統之專業操作及維護經驗，由專業廠商營運將可帶來品質更優之次氯酸鈉、更有效率之操作及即時設備維護保養等優勢，自來水事業單位更可避免大量人力投入及大筆之資本投資，而廠商亦由長期合約(15 年或 20 年)獲得穩定之報酬，因此該商轉模式在雙方皆有益處情形下係為可行。

# 第十章結論及建議

## 結論

1. 台灣自來水事業現行消毒方式存在液氯洩漏、次氯酸鈉濃度衰減及交貨時間冗長等公安、工安、職安及無法因應極端氣候之水安全風險，現地生產氯消毒劑 (OSG) 之各面向可行性亟待研究探討。
2. 在 OSG 技術可行性面向，先進國家紛已採行多年，成功案例繁多都為具廠牌者，故其技術可行性殆無疑義。
3. 在 OSG 經濟可行性面向，不論供水規模，同樣新設 OSG 與新設散裝次氯酸鈉消毒，雖不論採高濃度或低濃度 OSG 初設費均較採散裝者為高，但每年操作維護費用不論採高濃度或低濃度 OSG 均較採散裝者為低廉，惟採高濃度之投報回收 (ROI) 年限較低濃度者短得甚多，尤其採散裝者耗地甚多，於人煙稠密地區，效益更為明顯；另就供水規模的大小於 ROI 回收年限，小場回收年限相對較大場者長得多，但 OSG 經濟可行性除需考量成本因素外，尚須綜合考量公安、工安、職安及無法因應極端氣候之水安全等風險之非量化成本因素。總而言之，不管 ROI 投資回收年限的長短與否 OSG 是兼具公安、工安、職安及水安全等經濟可行之技術。
4. 在 OSG 法規可行性面向，就飲用水管理條例飲用水水質處理藥劑不純物品質管制符規性部分，因 OSG 在電解原料食鹽不純物濃度要求大部分均較現行次氯酸鈉不純物低得甚多，因此其符規性殆無疑義，另就毒性及關注化學物質管理法符規性部份，已邀請環保署化學局於專諮會上確認，低濃度者因無產生氯氣，自無相關現行液氯使用之諸多法令限制，就算高濃度者雖製程中有氯氣產生，亦可免除現行該諸多法令限制；在職安法規符規性部分，經勞動部職安署確認，採用高強度 OSG 系統廠牌型號 MS 204，產氯量 1000Kg/d 機型，該機組運轉時，在任一時刻製程管路中儲存之氯氣僅 0.6Kg，非屬於甲類危險場所(詳附錄 6)。
5. 在 OSG 商轉可行性面向，因現行 OSG 均為國外製造具廠牌者，相關技術及操作規範資訊取得困難，宥於現行國內政府採購法之限制及公務人員保守之心態，甚難以現行 DBO 傳統方式發包後由自來水事業從業人員自行操作營運，或可比照東京都水道局以公私合營方式運行，並精

進貴我採購合約內容，設法拉長合作年限，爭取廠商合作參與誘因，共創雙贏。

## 建議

1. 由於 OSG 最終產品須符合飲用水管理條例規範藥劑規定，如次氯酸鈉規範不純物計有砷、鎘、鉛、汞、鉻及溴酸鹽等 6 項需符合其規定；主成份部分，則為自來水事業依其功能性需求自行進行的要求。

未來 OSG 次氯酸鈉的品質檢驗及驗收程序，初步建議如下：

- (一) 原料：鹽（食品級）及水，應符合規範的品質要求（其不純物大都已低於淨水藥劑不純物之規定）。
  - (二) 設備：生產設備應取得 NSF / ANSI 61 認證，確保與水接觸的材料(水管、接頭及濾料容器等)不會產生對人體有害的物質。
  - (三) 產品：各案對於藥劑品質之要求及檢測頻率可納入招標規範要求，建議於設備試車驗收時加強（如每日）查驗其主成份及不純物，應符合相關規範，而營運階段，則依下列不同型式辦理。
    - (1) 委外營運：廠商營運階段則依契約定期（如每月）抽測次氯酸鈉產品品質，確保藥劑符合規範要求。
    - (2) 自行操作：生產期間則回歸公司管理，依公司相關檢驗規定進行抽檢，確保藥劑符合標準。
2. 原淨水場設置儲藥桶、加藥泵及土建設施亦須資本成本，因此建議於新建之淨水場即規劃設計 OSG 取代原加藥系統，既可適宜規劃安裝空間及管路且亦不會有多餘之設備及土建設施成本支出。
  3. 經評估後小型淨水場因所需有效氯過低導致單位成本較高不符經濟效益，然考量以採購次氯酸鈉方式有運輸安全、儲存空間及濃度降解等問題，建議可於原加藥設備汰換時規劃改採用 OSG 系統。
  4. 建議以目前仍採用液氯之淨水場規劃改建為 OSG 系統，以避免液氯貯存、運送期間造成洩漏而延伸的環境汙染與公安問題及亦可免於申請通過「甲類危險性工作場所」安全評估審查及設

置有曾受國內外製程安全評估專業訓練或具有製程安全評估專業能力，並有證明文件，且經中央主管機關認可者之製程安全評估人員，亦不需依據毒性及關注化學物質管理法，報經直轄市、縣(市)主管機關核可並取得核可文件。

## 參考文獻

1. American Water Works Association M65 , 2015 , ON-SITE GENERATION OF HYPOCHLORITE .
2. Wu, J. and Boyle, E. A. 1997. Low blank pre-concentration technique for the determination of lead, copper, and cadmium in small-volume seawater samples by isotope dilution ICPMS. Anal. Chem. 69: 2464-2470.
3. U.S. Food and Drug Administration. 2020. Elemental analysis manual for food and related products. 4.7. Inductively coupled plasma - mass spectrometric determination of arsenic, cadmium, chromium, lead, mercury, and other elements in food using microwave assisted digestion. [https://www.fda.gov/media/87509/download]
4. Fang, Y., R.M. Hozalski, L.W. Clapp, P.J. Novak, and M.T. Semmens. 2002. "Passive Dissolution of Hydrogen Gas into Groundwater Using Hollow-Fiber Membranes." Wat. Res. 36(14):3533-3542.
5. Gordon, G., R. Bolden, and G. Emmert. 2002. "Measuring Oxidant Species in Electrolyzed Salt Brine Solutions." Jour. AWWA 94(10):111-120.
6. Jeong T., C. Kim, and J. Yoon. 2009. "The Effect of Electrode Material on the Generation of Oxidants and Microbial Inactivation in the Electrochemical Disinfection Processes." Wat. Res. 43(4):895-901.
7. Robertson, P.M., W.G. Gnehm, and L. Ponto. 1983. "High Efficiency Hypochlorite Generation." Journal of Applied Electrochemistry 13(3):307-315.
8. "Top 10 Factors To Consider When Converting To On-Site Hypochlorite" , Flora Vinson and Daryl Weatherup, Evoqua Water Technologies , <https://www.wateronline.com/doc/top-considerations-when-converting-to-on-site-hypochlorite-0001>
9. Going Off Chlorine , Jacques Trottier, M.A. Sc. And Jing An, Ing. SNC-Lavalin June 1, 2010 , Canadian Consulting Engineer , <https://www.canadianconsultingengineer.com/features/going-off-chlorine/>
10. Montreal replaces disinfection systems at two largest plants, SAN DIEGO, CA, June 15, 2009 , WaterWorld, <https://www.waterworld.com/drinking-water/treatment/article/16217553/montreal-replaces-disinfection-systems-at-two-largest-plants>
11. On-site electrolytic chlorination skid-mounted OSEC® B-PAK SYSTEM, <https://www.evoqua.com/siteassets/documents/products/disinfection/wt.085.090.000.u.a.ps.ossec-b-pak.pdf>
12. Tai-Po Water Treatment Works With Onsite Chlorine Generation, DEC 17, 2020 <https://www.wwdmag.com/tai-po-water-treatment-works-onsite-chlorine-generation>
13. Electrolytic Technologies , <https://electrolytictech.com/about-electrolytic-technologies/>
14. <https://electrolytictech.com/wp-content/uploads/2020/01/ETC-K-Series-Metric-Units.pdf>
15. Generating sodium hypochlorite on-site in South San Diego , WaterWorld, Feb. 29,

- 2020 ,  
<https://www.waterworld.com/drinking-water/treatment/article/14168802/generating-sodium-hypochlorite-onsite-in-south-san-diego>
16. On-Site Sodium Hypochlorite Generation: A Safe and Reliable Disinfection Alternative to Bulk Sodium Hypochlorite and Gas Chlorine, 2021 Virtual Quarterly Trainings - Q1 - February 25, <http://www.pnws-awwa.org/wp-content/uploads/2021/03/Q1AM03-On-Site-Generation-of-Sodium-Hypochlorite.pdf>
  17. Making Bleach Made Easy, PSI Water Technologies,  
<https://www.4psi.net/documents/Microclor%20December%202019%20v10.pdf>
  18. 甘其銓、林秀雄、蔡利局、楊惠玲、林志麟, 2021, 台灣自來水公司飲用水水質處理藥劑 CNS 國家標準相關研究, 台灣自來水股份有限公司
  19. 台灣自來水股份有限公司, 2013, 自來水設備維護手冊
  20. 許國樑, 2009, 光及溫度對次氯酸鈉濃度衰減影響因子之研究, 自來水會刊第 28 卷第 4 期。
  21. 林信忠、王超儀、黃慈閔, 2017, 南化給水廠次氯酸鈉有效氯濃度衰減研究, 台灣自來水公司第六區管理處。
  22. 劉麗君, 2019, 第三屆城鎮淨水現代化技術改造高峰論壇, 2019 給水大會。
  23. 甘其銓、林秀雄、陳煜斌、謝國鎔、楊惠玲、萬孟璋, 2016, 飲用水水質處理藥劑管理策略探討, 行政院環境保護署。
  24. 自來水用次氯酸鈉, 2005, CNS 3397/ K1163, 中華民國國家標準。
  25. 台灣自來水股份有限公司飲用水水質處理藥劑使用管理作業要點, 台灣自來水股份有限公司
  26. 鄭堡文、陳秀、黃琇君, 2019, 淨水場次氯酸鈉儲存環境暨衰減率之探討, 台灣自來水股份有限公司。
  27. 臺北自來水事業處, 2010-2022, 臺北自來水事業統計年報, 臺北自來水事業處。
  28. 台灣自來水股份有限公司, 2022, 台灣自來水事業 110 年統計年報, 台灣自來水股份有限公司。
  29. 淨水場オンサイトの次亜塩素酸ナトリウム製造設備, 中村恭之、向野茂生、渡辺浩延, 日立評論 VOL85. NO. 2, 2003 [https://www.hitachihyoron.com/jp/pdf/2003/02/2003\\_02\\_12.pdf](https://www.hitachihyoron.com/jp/pdf/2003/02/2003_02_12.pdf)
  30. 台灣自來水股份有限公司第六區管理處, 南化水庫工程計畫, 79 年。
  31. 台灣自來水股份有限公司第六區管理處, 南化淨水場(土建管線機電)工程, 81 年 5 月。
  32. 台灣自來水股份有限公司第六區管理處, 南化場加藥設備新設工程, 105 年 3 月。
  33. 台灣自來水股份有限公司第六區管理處, 南化場儲藥槽增設工程, 109 年 4 月。
  34. 台灣自來水股份有限公司第六區管理處, 南化給水廠次氯酸鈉有效氯濃度衰減研究報告, 106 年。
  35. 萬年清環境工程股份有限公司, 南化、吉貝、七美及望安場初步規劃, 111 年 10 月。

## 審查委員意見回復

### 期末審查意見回復

委員審查意見	辦理情形	說明
駱主任委員尚廉		
<p>1. 期末報告審查：修正後通過。敬請計畫主持人及研究團隊依各委員所提供之意見，參考修正或列表答覆各意見，並在計畫期限內完成成果報告，經主任委員審閱核示後送寄至協會以利核銷。</p>	<p>1. 感謝委員指導。</p>	
吳委員振榮		
<p>1. 第七章經濟性探討部分，國內外資料未以同一基準進行比較，如 P154 所列化學及電力成本以美元計，未換算成 NTD，並且電費每度單價未計算總耗電度數，及濃度因素是否已計入(5%或 10%)；同時對應台水公司採購藥劑或營管費用係以 \$NTD/M<sup>3</sup> 計算成本(詳 P171)，建議考量統一，以利比較。</p> <p>2. 本案所列原料(如：氯化鈉及水…)及產物(如：氯氣、氫氣及次氯酸鈉…)，均請考量需符合國內飲用水水質處理藥劑主成份及不純物等規定，倘目前尚未列入前揭一覽表之物質，亦請另考量相關法規之適用(如：CNS 或工安規定…)。</p> <p>3. 第六章 OSG 系統應用案例，顯示淨水場現場製造次氯酸鈉的實例，有增設軟化、臭氧及薄膜…等設備的需求，因此需納入相關成本(Capital Cost, O&amp;M Cost)計算；另技術面無論是委外或自操，均需朝技術能力留在台水為優先考量。</p> <p>4. 請補充英文摘要；另針對各章節分別條列文獻方式較為特殊，是否</p>	<p>1. 感謝委員指導，已於報告表 7.4-5、表 7.4-6 及表 7.4-7 增加總耗電度數及以 NTD/M<sup>3</sup>(每噸水所需藥劑生產操作費用)計算成本，並已於報告表 7.4-4 換算化學及電力成本為 NTD，詳報告第七章 7.4 節。</p> <p>2. 感謝委員指導，氯化鈉之相關規定已列於報告第二章 2.6 節；水為使用淨水場之清水符合飲用水管理條例詳報告第二章；次氯酸鈉須符合飲用水水質處理藥劑一覽表詳報告第二章；高強度 OSG 系統中間產物氯氣須符合毒性及關注化學物質管理法規定及勞動檢查法施行細則詳報告第二章 2.7 節(有關勞動檢查法施行細則規定之甲類危險場所經函詢職安署回復採用高強度 OSG 系統非屬於甲類危險場所詳附錄六)；氫氣需稀釋到可燃性下限(LFL)以下並通過適當的通風排放，如感測器故障 OSG 系統將不運作詳報告第五章。</p> <p>3. 感謝委員指導有關軟化及薄膜…等設備的成本皆已規劃於系統設備成本中，而維護成本亦已包含於系統維運成本中，詳報告第七章。</p>	

委員審查意見	辦理情形	說明
彙整依研究報告格式列於文末，並以英中文順序排序，請研究團隊評估調整。	4. 感謝委員指導，已補充英文摘要及調整文獻於文末。	
李委員嘉榮		
<p>1. 研究團隊用心搜集先進國家 OSG 案例，並對國內自來水事業自製次氯酸鈉就相關法規予以探討及分析商轉之可行性、SWOT 分析表示肯定。</p> <p>2. P226 第十章結論 1、2 及 3、4、5 不太順遂，建請再修正，結論 2. 提 OSG 技術是可行的，惟需就經濟、法規及商轉可行性探究；但結論 3、4、5 又對經濟、法規及商轉可行性又下一個結論是沒問題，建議研究團隊在結論本章節能就技術、法規、經濟及商轉可行性作較具體之論述。</p> <p>3. P227 建議 1 之(三)產品：各案之檢驗方法可納入招標規範要求，如試車驗收每日查驗藥劑之主成份及不純物，既是自來水事業產製，宜加強藥劑檢驗符合標準才可使用，並無驗收查驗作業，建議文字再略修正。</p>	<p>1. 感謝委員指教。</p> <p>2. 感謝委員指教，已調整。</p> <p>3. 感謝委員提醒及建議，針對未來 OSG 生產時的檢驗及驗收事宜，規劃由原料、設備及產品三方面全流程進行管控；其中產品方面說明如下：  產品：各案對於藥劑品質之要求及檢測頻率可納入招標規範要求，建議於設備試車驗收時加強（如每日）查驗其主成份及不純物，應符合相關規範，而營運階段，則依下列不同型式辦理：  （1）委外營運及 PFI：廠商營運階段則依契約定期（如每月）抽測次氯酸鈉產品品質，確保藥劑符合規範要求。  （2）自行操作：生產期間則回歸公司管理，依公司相關檢驗規定進行抽檢，確保藥劑符合標準。</p>	
丘委員宗仁		
<p>1. 第八章國內自來水事業導入 OSG 初步評估南化、大湳、吉貝、七美、望安等淨水場，操作成本未含藥劑生產製程操作人力，系統預算亦未含土木工程經費及設備折舊成本，所得之經濟效益估算數據恐有失真，建議可將這些可量化成本納入分析，非量化效益則以說明方式</p>	<p>1. 感謝委員指導，有關人力費用方面，採用 OSG 系統或原採購次氯酸鈉，考量本公司並不會因而調整人力，爰人力費用部分，皆相同不予估算；另有關於土木工程之經費已補充評估南化及大湳淨水場詳報告第八章而吉貝、七美、望安等淨水場 OSG 系統設備所需空間小，原建築即符合所需；而有關</p>	

委員審查意見	辦理情形	說明
<p>分析利弊。</p> <p>2. 第九章 9.3 節經濟可行性探討第 221 頁所列 AWWA 技術手冊中大型及小型場站操作成本建議註明為年或月成本？另小型場站(供水規模 5678CMD)採用低強度 OSG 系統資本成本為 1 億 2138 萬元，但年操作成本僅 16 萬 8000 元？而採購散裝次氯酸鈉操作成本為 40 萬 2000 元？是否有誤？自行生產次氯酸鈉其操作成本反較外購散裝次氯酸鈉為低，似不合理，建議再查明。</p>	<p>非量化效益於報告第七章、第九章及第十章皆有分析說明。</p> <p>2. 感謝委員指導。</p> <p>(1) 已加註為年操作成本。</p> <p>(2) 有關 AWWA 技術手冊中，小型場站(供水規模 5,678CMD)採用低強度 OSG 系統資本成本為 1 億 2,138 萬元係包括熱水器或冷卻器、鹽水罐、電解槽、整流器、諧波過濾器、軟水器、主控制面板、次氯酸鹽溶液儲罐、氫氣排放鼓風機，以及進料泵，與設備建置相關的其他成本包括建造建築物以容納設備、現場工作、結構和電氣系統升級以及到應用點的化學進料管道等，且於美國人力、運輸及工地機具費用較台灣高昂之緣由導致資本成本較高。</p> <p>(3) 另有關採購散裝次氯酸鈉操作成本之購買次氯酸鈉費用將包含運輸成本在內，在美國地區幅員廣大，運輸費高昂詳報告第四章 4.1.1 節所述運輸費用約佔交易費用的九成，爰採用低強度 OSG 系統操作費用低於採購散裝次氯酸鈉。</p>	
范委員煥英		
<p>1. P157 中表 7.4-6 Chlorine Dose = 10 mg/L 之鹽成本與電費的金額完全一樣，是否有誤植請再確認。</p> <p>2. 表 7.4-5、表 7.4-6、表 7.4-7 中 Chlorine Dose = 10 mg/L 建議增加維運(O&amp;M)成本，NTD/Kg 欄位</p>	<p>1. 感謝委員指教，對於低強度 OSG 系統，係以假設生產 1 磅氯（以 Cl<sub>2</sub> 計）消耗 3.0 磅鹽和 2.0kW·h 電，而在 Chlorine Dose = 10 mg/L 之鹽成本與電費分別為 2.4NTD/磅及 3.6NTD/kW·h，因此在此條件下鹽成本與電費相同。</p> <p>2. 感謝委員指教，已增加 NTD/Kg 欄位。</p>	
王委員藝峰		
1. 本計畫針對 OSG 為自來水加氯資	1. 感謝委員指教。	

委員審查意見	辦理情形	說明
<p>料蒐集完整並對經濟性深入分析，極具參考價值，對自來水事業引入 OSG 的策略評估頗有助益，本期末報告同意通過。</p> <p>2. OSG 會產生氫氣係綠色能源，可提升使用之經濟效期益並降低自來水碳排，建議後續可發展實用性的蒐集，純化利用的設備。</p> <p>3. OSG 可結合工地地下水井或建築筏基存水的利用，成為社區乾旱備用水的一環，值得後續深入研究。</p>	<p>2. 感謝委員指教，經評估產生之氫氣量體不多(每產生 1 磅的氣，產生 1/35 磅的氫氣)，所以國外案例皆以抽風排出。</p> <p>3. 感謝委員指教。</p>	

### 期中審查意見回復

委員審查意見	辦理情形	說明
駱主任委員尚廉		
(1)請依委員的意見納入期末報告內容中。期中報告審查通過。	感謝委員指教。	
康委員世芳		
<p>(1)淨水場現地電解食鹽水生產次氯酸鈉消毒劑，取代液氯，對附近有民宅之淨水場而言，是值得採用之方法可消除淨水場液氯外洩之工業安全疑慮。</p> <p>(2)電解食鹽水之食鹽規格為食品級與如何驗收(檢測)之相關技術資料建議納入期末報告。</p> <p>(3)電解海水亦是生產次氯酸鈉消毒劑的一種方式，是否納入技術評估?尤其離島澎湖七美海淡廠、吉貝海淡廠可免於運送食鹽。</p> <p>(4)期中報告收集多處國外淨水場現地電解食鹽水生產次氯酸鈉消毒劑，建議期末報告可針對一或二處資料再深入收集與分析。</p> <p>(5)建議期末能提出一處淨水場目前方式與現場製造之經濟評估試算。</p> <p>(6)國內電解食鹽水(或海水)生產次氯酸鈉之設備廠商如何?</p>	<p>(1)感謝委員指教。</p> <p>(2)感謝委員指教，報告第四章表 4.4-1 各家 OSG 製造商要求之鹽規格，台鹽高級精鹽氯化鈉乾基為 99.5 以上，符合廠商 ClorTec、MicorOclor 及 MIOX 等要求。相關食鹽規格已納入探討，詳報告第二章 2.6 食品級鹽規定</p> <p>(3)</p> <p>1.由於海水之組成成分相當豐富，一般直接電解海水產生次氯酸鈉之形式，主要用於廢水消毒處理。</p> <p>2.考量飲用水處理藥劑規格及飲用水質要求，以及部分 OSG 廠牌對於進料鹽不純物規格要求較高，因此如採用海水需經過前處理，綜上分析，不若原料直接選用高級精鹽來得便利低廉。</p> <p>(4)感謝委員指教，已針對案例進行補充，詳報告第六章及第八章。</p> <p>(5)已提出大場 2 處(大浦及南化)及小場 3 處(吉貝、七美及望安)之目前加藥消毒方式與現場製造之經濟評估試算，詳報告第八章。</p> <p>(6)</p> <p>1.國內目前無國產 OSG 系統製造廠商。目前氣鹼業者如志氣等公司囿於生產規模直接影響製</p>	

委員審查意見	辦理情形	說明
	程調整，故無直接投入意願，仍採觀望態度。 2.以色列 CQM water 與萬年清公司有簽合作協議。	
張委員添晉		
<p>(1)本計畫參考國外 OSG 技術案例進行淨水場現地整治，建議後續可根據我國現地條件，考量經濟與非經濟因素，進行不同水氯化系統成本分析，如低、高強度 OSG 與散裝次氯酸鹽之運維成本，以及周遭環境風險評估，有助於研析未來現地執行可行性。</p> <p>(2)有關 OSG 系統應用案例，建議後續可針對各技術進行評比，並評估各技術於我國淨水場址之適用性，以提升計畫書完整性，進而作為後續應用之參考依據。</p> <p>(3)有鑑於 OSG 系統執行過程將會產生氫氣副產物，建議後續可考量將氫氣純化捕捉，作為化學品生產原料及能源供給，提升能資源循環再利用效率，以朝向淨零排放目標邁進。</p>	<p>(1)目前已與專業顧問公司合作，已針對國內不同規模之淨水場進行資本成本及維運成本分析，詳報告第八章。</p> <p>(2)感謝委員指教，詳報告第八章。</p> <p>(3)感謝委員指教，經評估產生之氫氣量體不多(每產生 1 磅的氯，產生 1/35 磅的氫氣)，所以國外案例皆以抽風排出。</p>	
吳委員振榮		
<p>(1)氯系消毒劑有次氯酸鈉及液氯，依 P54 Eq3-1 電解過程產生氫及氯，建議臚列相關法規以釐清是否屬於危險場域及是否需要生產許可?</p> <p>(2)國內針對飲用水處理藥劑次氯酸鈉或液氯訂有品質管制(詳 P7-P8)，以往台水公司完成採購後，均有其品質檢驗程序，本研究結果倘付諸實施，是否也需制訂檢驗方法及流程?電解後的 NaCl 是否需有處理程序?</p> <p>(3)倘淨水場現地生產僅供現地使用，依需求及使用量恐不易達經濟規模，致失其經濟效益，是否構思較有力因素以增加本案可行性?另電解過程耗電情形是否納</p>	<p>(1)感謝委員指教，</p> <p>1.已於 111 年 11 月 3 日辦理專家學者諮詢，邀約環保署、職安署及國內學者就該部分做相關研討，詳附錄 5。</p> <p>2.氫氣國內無相關法規規定，而報告中已有設計相關防護設施包括鼓風機(將氫氣稀釋到可燃下限以下)及氫氣偵測器(當檢測到洩漏時發出警報和/或關閉設備)等方式降低風險詳報告第五章 5.1.5 減少氫氣的注意事項；另關於氯(Cl<sub>2</sub>)-第三類毒性化學物質須依據毒性及關注化學物質管理法(毒管法)、列管毒性化學物質及其運作管理事項及勞動檢查法施行細則，詳報告第二章 2.7 國內氯(Cl<sub>2</sub>)相關法規。</p> <p>(2)感謝委員指教，目前國內自來水事業對於次氯酸鈉淨水藥劑係採批次購入，如同委員所提從進藥、驗收、到不純物檢驗合格大約需時 1~2 週，再予以使用，需要大量的儲存空間</p>	

委員審查意見	辦理情形	說明
<p>入探討?未來規劃委外或自行生產?</p>	<p>(目前台水設置交貨槽、備用槽及使用槽因應),本研究標的現地生產消毒劑(OSG)主要優點即為現地生產、即時使用,故其品質檢驗方式需予以調整。</p> <p>依法規面來看,OSG最終產品須符合飲用水管理條例規範藥劑規定,如次氯酸鈉規範不純物計有砷、鎘、鉛、汞、鉻及溴酸鹽等6項需符合其規定;主成份部分,則為自來水事業依其功能性需求自行進行的要求。</p> <p>未來OSG次氯酸鈉的品質檢驗及驗收程序詳報告P227,初步建議如下:</p> <p>1、原料:鹽(食品級)及水,應符合規範的品質要求(其不純物大都已低於淨水藥劑不純物之規定)。</p> <p>2、設備:生產設備應取得NSF/ANSI 61認證,確保與水接觸的材料(水管 接頭 濾料容器等)不會產生對人體有害的物質。</p> <p>3、產品:各案之檢驗方法可納入招標規範要求,如試車驗收時每日查驗其主成份及不純物應符合相關規範,驗收後設備運轉時,定期(如每月)抽測其次氯酸鈉生產品質。其驗收及品管檢驗細節,自來水事業可依各自的需求及專案,進行規範。</p> <p>;另電解後的NaCl之廢棄鹽水將送至氣汽提塔模塊進行脫氯和PH調解,然後循環到鹽水溶解罐中進行在飽和,詳報告第四章第86頁及圖4.3-2說明。</p> <p>(3)感謝委員指教,關於營運模式分析詳報告第九章9.5商轉模式可行性探討,其中以澎湖3000噸海水淡化廠購水方案及日本朝霞淨水場PFI方式優先推薦。</p>	
<p>范委員煥英</p>		
<p>(1)可能翻譯軟體原因,報告中有多處大陸用語、錯誤用詞或不易理解之處,建請審視訂正。</p>	<p>(1)感謝委員指教,已重新審視訂正。</p>	
<p>陳委員明州</p>		
<p>(1)淨水場採用套裝生產機械現地生產次氯酸鈉應為可行方案,建議考量評估部分自行生產搭配部分外購機制,以降低全部自行生產之風險,例如故障或備料等因素。</p> <p>(2)本報告中所舉例之OSG系統</p>	<p>(1)感謝委員指教,於低強度OSG系統已規劃三天存量之次氯酸鈉儲桶及高強度OSG系統不超過30天儲量之次氯酸鈉儲桶供備援使用,詳報告第五章5.1.3(二)次氯酸鈉儲存說明。</p> <p>(2)感謝委員指教,詳報告P110,已說明泵送&lt;1%次氯酸鈉溶液的加藥泵須採用蠕動泵有別</p>	

委員審查意見	辦理情形	說明
<p>應用案例中，現地生產次氯酸鈉之生產量僅約3噸/日，濃度約0.8%~5%，與現有淨水場所使用的10%濃度相去甚遠，意即既有加藥設施必須加大容量才可符合需求，建議應納入評估分析。</p> <p>(3)目前淨水場從進藥、驗收、到不純物檢驗合格大約需時2週，依使用量推估，入廠進藥後約一個半月即使用完畢，未來OSG如仍需經品質檢驗等驗收程序，則現場仍然需要設置足量的儲藥槽，且原料食鹽亦需要大量空間儲存，建議應納入後續評估考量。</p>	<p>於現有淨水場的隔膜泵以達高流量需求。</p> <p>(3)感謝委員指教，目前國內自來水事業對於次氯酸鈉淨水藥劑係採批次購入，如同委員所提從進藥、驗收、到不純物檢驗合格大約需時1~2週，再予以使用，需要大量的儲存空間（目前台水設置交貨槽、備用槽及使用槽因應），本研究標的現地生產消毒劑（OSG）主要優點即為現地生產、即時使用，故其品質檢驗方式需予以調整，進行源頭管理。</p> <p>依法規面來看，OSG最終產品須符合飲用水管理條例規範藥劑規定，如次氯酸鈉規範不純物計有砷、鎘、鉛、汞、鉻及溴酸鹽等6項需符合其規定；主成份部分，則為自來水事業依其功能性需求自行進行的要求。</p> <p>未來OSG次氯酸鈉的品質檢驗及驗收程序，初步建議如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、原料：鹽（食品級）及水，應符合規範的品質要求（其不純物大都已低於淨水藥劑不純物之規定）。</li> <li>2、設備：生產設備應取得NSF / ANSI 61 認證，確保與水接觸的材料（水管 接頭 濾料 容器等）不會產生對人體有害的物質。</li> <li>3、產品：各案之檢驗方法可納入招標規範要求，如試車驗收時每日查驗其主成份及不純物應符合相關規範，驗收後設備運轉時，定期（如每月）抽測其次氯酸鈉生產品質。</li> </ol> <p>其驗收及品管檢驗細節，自來水事業可依各自的需求及專案，進行規範。</p>	
林秘書逸彬		
<p>(1)P29、30 未在報告中請補上。</p> <p>(2)成本分析中的圖表及討論的情境皆以英制單位表示，如為過去文獻資料，請加以註明。是否有本土化之經濟分析？</p> <p>(3)P170：圖 8.1-12：雖然有效氯濃度有隨時間衰減之趨勢，期間有上下起伏而非一路衰減，原因為何？</p> <p>(4)建議針對南化水庫就各種用藥方式及 OSG 之成本進行本土化之分析比較，以釐清 OSG 之效益。</p>	<p>(1)感謝委員指教，已於第六章 6.3 節補充載明。</p> <p>(2)感謝委員指教。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.文獻資料已註明出處。</li> <li>2.目前已與專業顧問公司協助評估於國內市場化不同淨水場規模，資本成本及維運成本，詳報告第八章。</li> <li>3)本研究為水公司南化淨水場自行研究，經查係由輪班操作人員定時採樣後送至場內實驗室冷凍櫃(5°C)儲存，俟水質分析人員空檔才取出分析，爰造成上下起伏之誤差。</li> <li>4)目前已與專業顧問公司合作評估於國內市場化不同形式系統下資本成本及維運成本，詳報告第八章。</li> </ol>	

期初審查意見回復

委員審查意見	辦理情形	說明
駱主任委員尚廉		
<p>(1)各委員對此計畫均以高度肯定與期盼。 (2)請納入各委員建議事項，修正本計畫後推薦通過。</p>	<p>感謝委員指教。</p>	
王主任委員根樹		
<p>(1)本案執行對現場加氣作業及成本管控有其價值，計畫執行有必要性。 (2)有關現地生產氯消毒劑之操作模式，在國外是否已有實際運作模式可參考？在文獻回顧及資料分析中應予蒐集並彙整。 (3)現地生產 Cl<sub>2</sub> 或 NaOCl？宜先加以釐清。 (4)預期成果以效益為主，宜針對計畫目標再予訂定可能之研究成果。</p>	<p>(1)感謝委員指教。 (2)有關現地生產氯消毒劑之操作模式於國外已有相關研究報告和實際案例，此部分將於本計畫第五章應用案例研究，納入文獻回顧及資料分析中應予蒐集並彙整。 (3)兩種消毒劑皆會於製程中產生。 (4)依委員意見，修正預期研究成果。</p>	<p>詳如研究計畫書 P3。</p>
王副主任委員藝峰		
<p>(1)本案請一併釐清是否屬“污染性工廠”？將涉土地容許使用及水源保護區限制。 (2)本案可能應評估環安衛成本，建議一併評估。 (3)計畫具創新思考及符合分散式生產概念，本人支持建議通過。</p>	<p>(1)經查「自來水水質水量保護區土地開發管制規定」-自來水法第十一條自來水水質水量保護區禁止或限制事項補充規定第 6 點，生產氯消毒劑廠不屬於禁止設立之污染性工廠。 (2)依委員意見於第四章商用現地生產氯消毒劑系統概述和施工安裝事項，納入環安衛成本評估。 (3)感謝委員指教。</p>	<p><b>三、研究方法</b> <b>(六) 評估採現地生產氯消毒劑環境安全衛生成本。</b> 詳如研究計畫書 P3。</p>
陳副主任委員曼莉		
<p>(1)現地生產氯消毒劑，現階段技術面層應已相當成熟，未來研究過程建議加強評估製造過程工安及毒化物管理相關問題，以及土地利用法規(例如：淨水場用地或水源區內是否適合設廠…)，可能遭遇之障礙及挑戰。</p>	<p>(1)經查「自來水水質水量保護區土地開發管制規定」-自來水法第十一條自來水水質水量保護區禁止或限制事項補充規定第 6 點，生產氯消毒劑廠不屬於禁止設立之污染性工廠。 (2)感謝委員指教，將於原計畫三之(一)納入分析。</p>	

委員審查意見	辦理情形	說明
(2)台水公司淨水廠非常多，規模差異也相當大，建議略加分類，俾利於研究過程聚焦。		
吳委員振榮		
(1)建議第六章就各面向做分析評估(如：生產技術、操作維護、法規、經濟效益、土地使用、鄰避效應…等)。	(1)依委員意見，將於原計畫二之(六)納入分析。	
范委員煥英		
(1)本案之推動除設置成本外，主要維運成本在電費之支出，建議可將太陽能之設置發電納入研究分析，以降低生產成本。	(1)利用既有場域日照區域，檢討評估分析太陽能建置可行性。	
張委員添晉		
(1)現地生產之目的之一為即產即用，是最適經濟規模應為研究重點之一。 (2)現地生產其生產之模式及規範可收集國外資訊加以本土化。 (3)本案若技術可行，以循環經濟之觀點尋找最佳營運模式應可突破法令之限制。	(1)感謝委員指教。 (2)將於本計畫第五章應用案例研究，納入研究。 (3)將於第六章經濟及商轉模式評估最佳營運模式，且於三、研究方法，已有營運模式相關分析。	
王委員傳政		
(1)近來國內廠商有群聚效益，利用就近設廠供應零附件方式來達成滿足客戶要求的目的，本研究案建議可就國內生產廠商是否有意願在大型淨水場設置生產設備就近供應需求的可能性，一併納入參考，(即提供土地及一定期間的供應合約)。 (2)本案是否一併探究其他消毒劑商用現地生產的可能性?如：臭氧、二氧化氯…等，以利後續採用。	(1)依委員意見，將於第六章經濟及商轉模式評估，一併納入評估。 (2)將檢討電解氯消毒劑之機轉過程，其他消毒劑商用現地生產之可行性。	<b>三、研究方法</b> <b>(七) 評估國內生產廠商是否有意願在大型淨水場設置生產設備就近供應需求的可能性。</b> 詳如研究計畫書 P3。



## 附錄 1

# 飲用水水質標準

修正日期: 民國 111 年 05 月 23 日

第 1 條 本標準依飲用水管理條例（以下簡稱本條例）第十一條第二項規定訂定之。

第 2 條 本標準適用於本條例第四條所定飲用水設備供應之飲用水及其他經中央主管機關指定之飲用水。

第 3 條 本標準規定如下：

一、細菌性標準：（總菌落數採樣地點限於有消毒系統之水廠配水管網）

項 目	最大限值	單 位
1. 大腸桿菌群 (Coliform Group)	六（多管發酵法）	MPN/—00 毫升
	六（濾膜法）	CFU/—00 毫升
2. 總菌落數 (Total Bacterial Count)	—00	CFU/毫升

二、物理性標準：

項 目	最大限值	單 位
1. 臭度 (Odour)	三	初嗅數
2. 濁度 (Turbidity)	二	NTU
3. 色度 (Colour)	五	鉑鈷單位

三、化學性標準：

（一）影響健康物質：

項 目	最大限值	單 位
1. 砷 (Arsenic)	0.0—	毫克/公升
2. 鉛 (Lead)	0.0—	毫克/公升
3. 硒 (Selenium)	0.0—	毫克/公升
4. 鉻（總鉻） (Total Chromium)	0.0五	毫克/公升
5. 鎘 (Cadmium)	0.00五	毫克/公升
6. 鋇 (Barium)	二.0	毫克/公升
7. 銻 (Antimony)	0.0—	毫克/公升

8. 鎳 (Nickel)	0.1 0.07 自中華民國一百零七年七月一日施行。 0.02 自中華民國一百零九年七月一日施行。	毫克/公升	
9. 汞 (Mercury)	0.002 0.001 自中華民國一百零九年七月一日施行。	毫克/公升	
10. 氰鹽 (以CN-計) (Cyanide)	0.05	毫克/公升	
11. 亞硝酸鹽氮 (以氮計) (Nitrite-Nitrogen)	0.1	毫克/公升	
消毒副 產物	12. 總三鹵甲烷 (Total Trihalomethanes)	0.08	毫克/公升
	13. 鹵乙酸類 (Haloacetic acids) (本管制項目濃度係以檢測一氯乙酸 (Monochloroacetic acid, MCAA)、二氯乙酸 (Dichloroacetic acid, DCAA)、三氯乙酸 (Trichloroacetic acid, TCAA)、一溴乙酸 (Monobromoacetic acid, MBAA)、二溴乙酸 (Dibromoacetic acid, DBAA) 等共5項化合物(HAA5)所得濃度之總和計算之。)	0.060	毫克/公升
	14. 溴酸鹽 (Bromate)	0.01	毫克/公升
	15. 亞氯酸鹽 (Chlorite) (僅限添加氣態二氧化氯消毒之供水系統)	0.7	毫克/公升
	16. 三氯乙烯 (Trichloroethene)	0.005	毫克/公升
揮發性 有機物	17. 四氯化碳 (Carbon tetrachloride)	0.005	毫克/公升
	18. 1,1,1-三氯乙烷 (1,1,1-Trichloro-ethane)	0.20	毫克/公升
	19. 1,2-二氯乙烷 (1,2-Dichloroethane)	0.005	毫克/公升

	20. 氯乙烯 (Vinyl chloride)	0.00二 0.000三 自中華民國一百零七 年七月一日施行。	毫克/公升
	21. 苯 (Benzene)	0.00五	毫克/公升
	22. 對-二氯苯 (1,4-Dichlorobenzene)	0.0七五	毫克/公升
	23. 1,1-二氯乙烯 (1,1-Dichloroethene)	0.00七	毫克/公升
	24. 二氯甲烷 (Dichloromethane)	0.0二	毫克/公升
	25. 鄰-二氯苯 (1,2-Dichlorobenzene)	0.六	毫克/公升
	26. 甲苯 (Toluene)	0.七	毫克/公升
	27. 二甲苯 (Xylenes) (本管制項目濃度係以檢測 鄰-二甲苯(1,2-Xylene)、間-二 甲苯(1,3-Xylene)、對-二甲苯 (1,4-Xylene)等共3項同分異構 物所得濃度之總和計算 之。)	0.五	毫克/公升
	28. 順-1,2-二氯乙烯 (cis-1,2-Dichloroethene)	0.0七	毫克/公升
	29. 反-1,2-二氯乙烯 (trans-1,2-Dichloroethene)	0.一	毫克/公升
	30. 四氯乙烯 (Tetrachloroethene)	0.00五	毫克/公升
農藥	31. 安殺番 (Endosulfan)	0.00三	毫克/公升
	32. 靈丹 (Lindane)	0.000二	毫克/公升
	33. 丁基拉草 (Butachlor)	0.0二	毫克/公升
	34. 2,4-地 (2,4-D)	0.0七	毫克/公升
	35. 巴拉刈 (Paraquat)	0.0一	毫克/公升

	36.納乃得 (Methomyl)	0.0一	毫克/公升
	37.加保扶 (Carbofuran)	0.0二	毫克/公升
	38.滅必蝨 (Isoprocarb)	0.0二	毫克/公升
	39.達馬松 (Diazinon)	0.0二	毫克/公升
	40.大利松 (Diazinon)	0.00五	毫克/公升
	41.巴拉松 (Parathion)	0.0二	毫克/公升
	42.一品松 (EPN)	0.00五	毫克/公升
	43.亞素靈 (Monocrotophos)	0.00三	毫克/公升
持久性有機污染物	44.戴奧辛 (Dioxin) 本管制項目濃度係以檢測2,3,7,8-四氯戴奧辛(2,3,7,8-Tetrachlorinated dibenzo-p-dioxin-2,3,7,8-TeCDD)，2,3,7,8-四氯呋喃(2,3,7,8-Tetrachlorinated dibenzofuran, 2,3,7,8-TeCDF)及2,3,7,8-氯化之五氯(Penta-)，六氯(Hexa-)，七氯(Hepta-)與八氯(Octa-)戴奧辛及呋喃等共十七項化合物所得濃度，乘以世界衛生組織所訂戴奧辛毒性當量因子(WHO-TEFs)之總和計算之，並以總毒性當量(TEQ)表示。(淨水場周邊五公里範圍內有大型污染源者，應每年檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為兩年一次。)	三	皮克—世界衛生組織—總毒性當量/公升 (pg-WHO-TEQ/L)

(二) 可能影響健康物質：

項 目	最大限值	單 位
1. 氟鹽 (以F計) (Fluoride)	0.8	毫克/公升
2. 硝酸鹽氮 (以氮計) (Nitrate-Nitrogen)	10.0	毫克/公升

3.銀 (Silver)	0.0五	毫克/公升
4.鉬 (Molybdenum) (淨水場取水口上游周邊五公里範圍內有半導體製造業、光電材料及元件製造業等污染源者，應每季檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為每年檢驗一次。)	0.0七	毫克/公升
5.銦 (Indium) (淨水場取水口上游周邊五公里範圍內有半導體製造業、光電材料及元件製造業等污染源者，應每季檢驗一次，如連續兩年檢測值未超過最大限值，自次年起檢驗頻率得改為每年檢驗一次。)	0.0七	毫克/公升

(三) 影響適飲性、感觀物質：

項 目	最大限值	單 位
1.鐵 (Iron)	0.三	毫克/公升
2.錳 (Manganese)	0.0五	毫克/公升
3.銅 (Copper)	一.0	毫克/公升
4.鋅 (Zinc)	五.0	毫克/公升
5.硫酸鹽(以SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 計) (Sulfate)	二五0	毫克/公升
6.酚類(以酚計) (Phenols)	0.00一	毫克/公升
7.陰離子界面活性劑 (MBAS)	0.五	毫克/公升
8.氯鹽(以Cl計) (Chloride)	二五0	毫克/公升
9.氨氮(以氮計) (Ammonia-Nitrogen)	0.一	毫克/公升
10.總硬度(以CaCO <sub>3</sub> 計) (Total Hardness as CaCO <sub>3</sub> )	三00	毫克/公升
11.總溶解固體量 (Total Dissolved Solids)	五00	毫克/公升
12.鋁 (Aluminium)	0.三 0.二	毫克/公升

(本管制項目濃度係以檢測總鉛形式之濃度)	自中華民國一百零八年七月一日施行。 陸上颱風警報期間水源濁度超過500NTU時，及警報解除後三日內水源濁度超過1000NTU時，鉛標準不適用。	
----------------------	--	--

(四) 有效餘氯限值範圍 (僅限加氯消毒之供水系統) :

項 目	限 值 範 圍	單 位
自由有效餘氯 (Free Residual Chlorine)	0.2 ~ 1.0	毫克/公升

(五) 氫離子濃度指數 (公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備處理後之水，不在此限) 限值範圍 :

項 目	限 值 範 圍	單 位
氫離子濃度指數 (pH值)	6.0 ~ 8.5	無單位

第 4 條 自來水、簡易自來水、社區自設公共給水因暴雨或其他天然災害致飲用水水源濁度超過一五〇〇NTU時，其飲用水水質濁度最大限值為四 NTU。

前項飲用水水源濁度檢測數據，由自來水事業、簡易自來水管理單位或社區自設公共給水管理單位提供。

第 5 條 自來水、簡易自來水、社區自設公共給水因暴雨或其他天然災害致飲用水水源濁度超過一五〇〇NTU時，其飲用水水質自由有效餘氯 (僅限加氯消毒之供水系統) 得適用下列水質標準：

項 目	限 值 範 圍	單 位
自由有效餘氯 (Free Residual Chlorine)	0.2 ~ 3.0	毫克/公升

第 5-1 條

1 自來水因前條天然災害需分區供水者，於天然災害應變期間，供水區域飲用水水質標準規定如下：

一、自由有效餘氯限值範圍 (僅限加氯消毒之供水系統) :

項 目	限 值 範 圍	單 位
自由有效餘氯 (Free Residual Chlorine)	0.2 ~ 3.0	毫克/公升

二、物理性標準：

項 目	限 值 範 圍	單 位
濁度 (Turbidity)	四	NTU
色度 (Colour)	一〇	鉑鈷單位

三、影響適飲性、感觀物質：

項 目	限 值 範 圍	單 位
鐵 (Iron)	〇・五	毫克／公升
錳 (Manganese)	〇・一	毫克／公升
總硬度 (以 CaCO <sub>3</sub> 計) (Total Hardness as CaCO <sub>3</sub> )	四〇〇	毫克／公升
總溶解固體量 (Total Dissolved Solids)	八〇〇	毫克／公升

2 前項天然災害應變期間指依災害防救法第十三條第一項規定成立中央災害應變中心處理天然災害之期間。

第六條 (刪除)

第七條 本標準所定各水質項目之檢驗方法，由中央主管機關訂定公告之。

第八條 主管機關辦理本標準水質之檢驗，得委託合格之檢驗測定機構協助辦理。

第九條 本標準規定事項，除另定施行日期者外，自發布日施行。

## 附錄 2

### 次氯酸鈉安全資料表(SDS)

台灣志氣化學股份有限公司  
安全資料表(SDS)

SDS-TCI-Rev.11

#### 一、化學品與廠商資料

化學品名稱：次氯酸鈉 Sodium Hypochlorite
其他名稱：-
建議用途及限制使用：自來水和泳池水消毒殺菌、漂白劑，與酸混合會放出氯氣。
製造者、輸入者或供應者名稱、地址及電話：台灣志氣化學股份有限公司 高雄市小港區中智街 25 號/07-8715171
緊急聯絡電話/傳真電話： 07-8716923 傳真：07-8717289

#### 二、危害辨識資料

A. 化學品危害分類：急毒性物質第 5 級(吞食)、金屬腐蝕物第 1 級、腐蝕/刺激皮膚物質第 1 級、嚴重損傷/刺激眼睛物質第 1 級、水環境之危害物質(急毒性)第 1 級。
B. 標示內容： 象徵符號：  警示語：危險 危害警告訊息： 吞食可能有害 可能腐蝕金屬 造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷 對水生生物毒性非常大 危害防範措施： 1. 操作時應配戴適當個人安全防護具。 2. 應避免眼睛或皮膚接觸，若不幸被觸及應立即以大量清水沖洗後送醫。 3. 應避免受熱、日曬或與酸性物質接觸發生分解，釋出氯氣，造成人員傷害、環境污染。 4. 洩漏時，應以大量水沖入廢水系統處理，不可直接加酸中和，釋出氯氣造成污染。 其他危害：刺激感、咳嗽、皮膚紅腫發炎、起泡、眼睛灼傷。 特殊危害：-類似氯氣主要症狀：咳嗽、呼吸困難、噁心、嘔吐、牙齒糜爛及變色。

#### 三、成分辨識資料

混合物：

中英文名稱：次氯酸鈉 Sodium Hypochlorite		
同義名稱：漂白水，鈉漂液，Bleach		
化學性質：		
危害成分之中英文名稱	化學文摘社登記號碼 (CAS NO.)	濃度或濃度範圍 (成分百分比)
次氯酸鈉(SODIUM HYPOCHLORITE)	7681-52-9	12%
氫氧化鈉(SODIUM HYDROXIDE)	1310-73-2	1%
氯化鈉(Sodium Chloride)	7647-14-5	10%
水(Water)	7732-18-5	77%

台灣志氣化學股份有限公司  
安全資料表(SDS)

SDS-TCI-Rev.11

危害成分 (成分百分比): 12%有效氯, 1%氫氧化鈉

#### 四、急救措施

不同暴露途徑之急救方法：

吸入: 將患者移至新鮮空氣處, 若無法呼吸, 施予人工呼吸。若心跳停止施予心肺復甦術, 立即送醫。

皮膚接觸: 用水緩和沖洗污染部位或眼睛至少 15 分鐘以上, 沖水時脫去污染衣物, 並立即就醫。

眼睛接觸:

1. 立即吸掉或清除該化學品(戴隱形眼鏡須先取下), 並以緩和流動的水連續沖洗污染的眼睛至少 15 分鐘。
2. 避免清洗水進入未受污染的眼睛。
3. 立即送醫就治。

食入:

1. 患者若意識不清, 勿餵食任何東西。
2. 給予患者喝 240-300 毫升之水, 切勿催吐。
3. 若呼吸停止, 由專業人員施以人工呼吸。
4. 若心跳停止, 施予心肺復甦術, 立即就醫。

最重要症狀及危害效應: 腐蝕造成灼傷、失明; 氯氣會造成肺水腫。

對急救人員之防護: 應穿著 C 級防護衣, 始可在安全區實施傷患急救。

對醫師之提示: 患者吸入時, 考慮給予氧氣幫助呼吸, 避免洗胃及引發嘔吐。

#### 五、滅火措施

適用滅火劑: 化學乾粉、二氧化碳、水霧、泡沫。(次氯酸鈉本身不燃)。

滅火時可能遭遇之特殊危害: 次氯酸鈉可能因接觸酸性物質分解而釋出氯氣。

特殊滅火程序:

1. 火災中, 高溫可能放出氯氣, 極具刺激性及毒性, 儘可能在上風處滅火。
2. 在安全情況下, 將容器及未波及之物質移離火場。

消防人員之特殊防護裝備:

消防人員配戴全身式化學防護衣及空氣呼吸器(必要時外加抗閃火鋁質披覆外套)。

#### 六、洩漏處理方法

個人應注意事項: 1. 禁止非相關人員進入。

2. 穿戴適當的個人防護裝備。

環境注意事項: —

台灣志氣化學股份有限公司  
安全資料表(SDS)

SDS-TCI-Rev.11

清理方法：

1. 不要碰觸外洩物。
2. 在安全許可下，設法止漏。
3. 少量洩漏：用砂或其他不燃物質吸附，並將該吸附之物質放置於適當之容器內作廢棄處置。
4. 大量洩漏：築堤圍堵後廢棄處置。
5. 若外洩量超過法規標準，通知當地緊急應變相關權責單位。

七、安全處置與儲存方法

處置：

1. 避免吸入或接觸到眼睛、皮膚或衣服。
2. 穿著適當個人防護裝備。
3. 為了避免激烈反應，注意必須將該物質加入水中而不可將水加至該物質。
4. 在通風良好處處置，避免接觸不相容物質。

儲存：

1. 使用非金屬材質容器，遠離火源或熱源，避免日光照射，有排氣裝置並依法規標示。
2. 定期檢查容器，存於通風良好之地方。
3. 避免與不相容物並存。

八、暴露預防措施

工程控制：在通風不良環境下操作時，須使用正壓式供氣呼吸器。

控制參數：

1. 八小時日時量平均容許濃度 TWA：--
2. 短時間時量平均容許濃度 STEL：--
3. 最高容許濃度 CEILING：--
4. 生物指標 BEI：--

個人防護設備：

呼吸防護：無(如有氯氣產生，微量時用氯氣之呼吸防護口罩；濃度高或無法判定濃度時，用正壓自攜式呼吸防護具。)

手部防護：化學防護手套。

眼睛防護：護目鏡或面遮。

皮膚及身體防護：有噴濺之虞需著長袖防噴濺圍裙或全身式防護衣。

衛生措施：

1. 工作場所嚴禁抽煙或飲食；處理此物後，須徹底洗手。
2. 工作後脫掉污染之衣物，洗淨後才可再穿或丟棄，並告知洗衣人員污染物之危害性。
3. 維持作業場所清潔。

九、物理及化學性質

外觀：淡黃液體	氣味：氯、漂水刺鼻味
嗅覺閾值：--	熔點：--
pH 值：大約 13	沸點/沸點範圍：96-120°C

台灣志氣化學股份有限公司  
安全資料表(SDS)

SDS-TCI-Rev.11

易燃性(固體/氣體)：--	閃火點：--
分解溫度：40 °C	測試方式： <input type="checkbox"/> 開杯 <input type="checkbox"/> 閉杯
自燃溫度：--	爆炸界限：--
蒸氣壓：17.5 mmHg @ 20°C	蒸氣密度(空氣=1)：--
密度(水=1)：1.21 @ 20°C	溶解度：可溶於水
辛醇/水分配係數：(log/Kow)--	揮發速率：--

十、安定性及反應性

安定性：正常狀況下安定
特殊狀況下可能之危害反應：與酸混合會放出氯氣。
應避免之狀況：溫度超過40°C、光直接照射及與酸混合。
應避免之物質：有機物、酸、尿素、氨、金屬(鎂、鋅、銅、鎳、鐵)。
危害分解物：熱分解或與酸接觸會產生氯氣。

十一、毒性資料

暴露途徑：吸入、食入、皮膚接觸、眼睛接觸
症狀：咳嗽、呼吸困難、噁心、嘔吐、肺水腫
急毒性： 皮膚：霧滴及溶液會刺激皮膚，嚴重時可能造成溼疹或灼傷。 吸入：與酸混合所放出之氯氣，會刺激鼻、喉，濃度高時會傷害肺部。 食入：造成粘膜腐蝕、喉嚨腫脹。 眼睛：霧滴及溶液會刺激眼睛，嚴重時可能造成灼傷。 LD50(測試動物、吸收途徑)：8.91gr/kg(大鼠，吞食) LC50(測試動物、吸收途徑)：--
慢毒性或長期毒性：產生皮膚炎，可能影響呼吸系統。 IARC 將之列為 <b>Group 3</b> ：無法判斷為人類致癌性。

十二. 生態資料

生態毒性：LC50 (魚類)：94.0 $\mu$ g/L/ 96H (Oncorhynchus clarki) EC50(水生無脊椎動物)：- 生物濃縮係數(BCF)：-
持久性及降解性： 半衰期(空氣)：-- 半衰期(水表面)：-- 半衰期(地下水)：-- 半衰期(土壤)：--
生物蓄積性：--
土壤中之流動性：--
其他不良效應：--

台灣志氣化學股份有限公司  
安全資料表(SDS)

SDS-TCI-Rev.11

十三. 廢棄處置方法

廢棄處置方法： 參考環保相關法規處理，避免污染地表土壤及水源。
------------------------------------

十四. 運送資料

聯合國編號：1791
聯合國運輸名稱：次氯酸鈉
運輸危害分類：第 8 類腐蝕性物質。
包裝類別：包裝等級 III
海洋污染物(是/否)：否
特殊運送方法及注意事項：道路交通安全規則，緊急應變指南處理原則

十五. 法規資料

適用法規：	
1. 職業安全衛生法	3. 道路交通安全規則
2. 危害性化學品標示及通識規則	4. 事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準

十六. 其它資料

參考文獻	工研院工安衛中心序號：3497 次氯酸鈉溶液安全資料表	
製表單位	名稱：台灣志氣化學股份有限公司	
	地址 / 電話：高雄市小港區中智街 25 號 / (07)8715171 Ext.208	
製表人	職稱：品保暨儲運經理	姓名：劉明信
製表日期	中華民國 111 年 1 月 7 日修訂	
備註	上述資料中符號 "--" 代表目前查無相關資料。	

上述資料由「台灣志氣化學股份有限公司」依據參考文獻製作，各項數據與資料僅供參考。

檔 號：  
保存年限：

## 台灣自來水股份有限公司 開會通知單

受文者：本公司工務處

發文日期：中華民國111年6月27日  
發文字號：台水工字第1110021788號  
速別：普通件  
密等及解密條件或保密期限：  
附件：

開會事由：中華民國自來水協會110年度研究計畫「淨水場現地  
生產氣消毒劑可行性研究」研討會議(視訊會議)

開會時間：中華民國111年06月28日(星期二)下午4時

開會地點：本公司總管理處第1會議室

主持人：李副總經理丁來

聯絡人及電話：蔣承廷04-22244191#330

出席者：臺北自來水事業處、本公司前副總工程師洪世政、供水處曾工程師治中、第  
六區管理處烏山頭給水廠林廠長信忠、水質處林組長正隆、工務處張組長光  
翹

列席者：本公司工務處

副本：

備註：

一、為降低液氯洩漏及次氯酸鈉運送風險，並兼顧土地利用效率，倘大型淨水場採用現地生產氣消毒劑方式，將可按需求產量生產，提升消毒劑之有效性、減少貯存需求、提升運送之安全性和操作彈性，本公司受中華民國自來水協會委託研究將蒐集現地生產氣消毒劑方式之文獻資料及國內廠商既有技術能力，探討其可行之相關經濟效益分析及商轉模式，供國內自來水相關單位參考。

二、本次會議視訊軟體為AVAYA，連結為<https://sdc.hivideo.hinet.net/scopia/mt/water/entry/index>.



jsp, 會議ID為852278

2022/06/27  
10:13:44  
電文  
交換章

公換章  
裝

訂

線

87

# 中華民國自來水協會 110 年度研究計畫「淨水場現地生產氯消毒劑可行性研究」研

## 討會議(視訊會議)紀錄

壹、會議時間：111 年 6 月 28 日（星期二）下午 4 時

貳、會議地點：本公司總管理處第一會議室

參、主持人：李副總經理丁來

記錄：蔣承廷

肆、召集人致詞：(略)

伍、報告事項：(略)

陸、臺北自來水事業處研討意見：

一、液氯貯存為甲類危險場所，需每 5 年辦理複評，臺北自來水事業處於 2 年前亦有研究轉為採現地生產氯消毒劑之可行性，惟製程仍有氯氣產生，恐不易於免除甲類危險場所認定，故導致其推行窒礙難行。

二、考量現地生產氯消毒劑系統穩定性之疑慮，及生產器具操作安全風險，後續仍需由水廠以外之專業人員操作、維運，經濟性是否可行。

三、原料(食用鹽)取得之規格、純度及產品副產物種類及濃度等問題，須有相關驗證及法規律定。

四、建置氯倉透過液氯蒸發器直接加藥與採在地生產之成本，何方案較具經濟性，仍有待進一步分析評估。

五、請本公司提供本案期中報告供臺北自來水事業處共同研討。

柒、臨時動議：無

捌、散會

檔 號：  
保存年限：

## 台灣自來水股份有限公司 開會通知單

受文者：工務處

發文日期：中華民國111年6月8日  
發文字號：台水工字第1110018660號  
速別：普通件  
密等及解密條件或保密期限：  
附件：

開會事由：中華民國自來水協會110年度研究計畫「淨水場現地  
生產氯消毒劑可行性研究」會議(視訊會議)

開會時間：中華民國111年06月10日(星期五)下午2時

開會地點：本公司總管理處第1會議室

主持人：李副總經理丁來

聯絡人及電話：蔣承廷工程師04-22244191#330

出席者：台灣志氣股份有限公司、臺灣塑膠工業股份有限公司、義芳化學工業股份有  
限公司、臺灣中華化學工業股份有限公司、台灣紙業股份有限公司、萬年清  
環境工程股份有限公司、洪計畫主持人世政、供水處曾治中、烏山頭給水廠  
林信忠、總經理室林正隆、工務處張組長光翹、工務處

列席者：

副本：

備註：

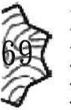
- 一、為降低液氯洩漏及次氯酸鈉運送風險，並兼顧土地利用效率，倘大型淨水場採用現地生產氯消毒劑方式，將可按需求產量生產，提升消毒劑之有效性、減少貯存需求、提升運送之安全性和操作彈性，本公司受中華民國自來水協會委託研究將蒐集現地生產氯消毒劑方式之文獻資料及國內廠商既有技術能力，探討其可行之相關經濟效益分析及商轉模式，供國內自來水相關單位參考。
- 二、本次會議邀請生產液氯廠商及次氯酸鈉廠商一同研討現地

生產氣消毒劑方式及商轉模式，以供本公司彙整評估可行性。

三、本次會議視訊軟體為AVAYA，連結為<https://sdc.hivideo.hinet.net/scopia/mt/water/entry/index.jsp>，會議ID為852278



裝



訂

線

中華民國自來水協會 110 年度研究計畫「淨水場現地生產氯消毒劑可行性研究」會

議(視訊會議)紀錄

壹、會議時間：111 年 6 月 10 日（星期五）下午 2 時

貳、會議地點：本公司總管理處第一會議室

參、主持人：李副總經理丁來

記錄：蔣承廷

肆、召集人致詞：(略)

伍、報告事項：(略)

陸、廠商意見：

台灣志氣化學股份有限公司

(1) 現地生產氯消毒劑方式及商轉模式。

依我們工廠生產方式無法在淨水場直接生產

(2) 生產液氯廠商及次氯酸鈉廠商評估生產設備及後續維護相關費用。

我們是毒化物製造廠, 無法整廠複製到淨水場製造, 無法評估

(3) 在地生產消毒劑所需之專業維護及操作專業證照、相關法規及申辦流程。

如前述要依照毒化物製造廠進行各項申請

另外目前國內的生產設備不像你們下圖提出的這麼簡化, 也許有特定設備商可以符合你們的要求

柒、臨時動議：無

捌、散會

檔 號：  
保存年限：

台灣自來水股份有限公司 開會通知單

受文者：工務處

發文日期：中華民國111年10月27日

發文字號：台水工字第1110038257A號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：會議議程 (313520000K\_1110038257A\_doc2\_Attach1.pdf)

開會事由：中華民國自來水協會110年度研究計畫「淨水場現地  
生產氣消毒劑可行性研究」專家學者諮詢會議

開會時間：中華民國111年11月03日(星期四)下午2時

開會地點：本公司總管理處第1會議室

主持人：李副總經理丁來

聯絡人及電話：蔣承廷工程師04-22244191#330

出席者：行政院環境保護署、勞動部職業安全衛生署、吳教授志超、甘教授其銓、洪  
計畫主持人世政、供水處曾治中、烏山頭給水廠林廠長信忠、總經理室林秘  
書正隆、工務處張組長光翹、工務處

列席者：

副本：

備註：本次會議視訊軟體為AVAYA，連結為<https://sdc.hivideo.hinet.net/scopia/mt/water/entry/index.jsp>，會議ID為

852278



# 中華民國自來水協會 110 年度研究計畫「淨水場現地生產氯消毒劑可行性研究」專

## 家學者諮詢會議紀錄

壹、會議時間：111 年 11 月 3 日（星期四）下午 2 時

貳、會議地點：本公司總管理處第一會議室

參、主持人：李副總經理丁來(洪主持人世政代理) 記錄：蔣承廷

肆、召集人致詞：(略)

伍、報告事項：為降低液氯洩漏及次氯酸鈉運送風險，並兼顧土地利用效率，倘大型淨水場採用現地生產氯消毒劑方式，將可按需求量生產，提升消毒劑之有效性、減少貯存需求、提升運送之安全和操作彈性，本公司受中華民國自來水協會委託研究將蒐集現地生產氯消毒劑方式之文獻資料及國內廠商既有技術能力，探討其相關之法規可行性及技術可行性，供國內自來水相關單位參考。

陸、討論事項：

一、OSG 系統在國外案例甚多，且也有 20 多年歷史，倘在國內應用，可能涉及哪些環保法規？

例如：

(1) 毒性及關注化學物質管理法之適用問題？

(2) 飲用水管理條例(環保署訂定之「飲用水水質處理藥劑一般規定事項」與「飲用水水質處理藥劑一覽表」之規定)適用問題？

二、其他與本研究(初稿)有關之建議事項。

柒、結論：

一、依據毒性及關注化學物質管理法規定，氯( $Cl_2$ )為第三類毒性化學物質，達毒性化學物質分級運作量(運作濃度 $\geq 1\%(w/w)$ &運作重量 $\geq 50Kg$ )基準，得受以下法規限制：

a. 危害預防及應變計畫報請直轄市、縣(市)主管機關備查(毒管法§35)。

b. 申請核發許可證、登記文件(毒管法§13 之 1 及 2)。

c. 設置專責人員(毒管法§ 18)。

d. 備有應變器材及設置偵測警報設備並報請直轄市、縣(市)主管機關備查(毒管法§39)。

二、對於高強度 OSG 系統氯氣運作濃度 $\geq 1\%$ (w/w)且運作重量 $< 50\text{Kg}$ ，該系統僅需報經直轄市、縣(市)主管機關核可並取得核可文件，系統即可運行。

三、目前仍處於紙本作業，無實體資料供環保署判定，建議於實際規設 OSG 系統前，主辦單位再與廠商、環保署毒物及化學物質局會同討論。

四、因應飲用水管理條例相關法規如「飲用水水質處理藥劑一般規定事項」及「飲用水水質處理藥劑一覽表」，OSG 系統應採源頭管理，符合國家標準之高級食鹽於市面上已很普遍且符合各家廠牌 OSG 系統進料鹽之規定，且生產設備及管路、加藥機應通過 NSF 61 之規定，這對於系統輸出產物之品質已有溯源之保障；另 OSG 系統取代原採購散裝次氯酸鈉可避免其降解而產生氯酸鈉(消毒副產物)，提高產水水質足以符合相關法規規定。

五、各與會專家對本研究之相關建議事項(如下)，請主辦人員檢討納入研究報告補充說明：

1. 本研究計畫為以 OSG 現地生產氯消毒劑，電解食鹽水產生次氯酸，應用於淨水場現地(如離島地區)之技術可行性、經濟性等進行評估。整體的報告書撰寫完善，OSG 技術具有相當的可行性與推廣性，對於未來國內淨水場現地生產氯消毒劑之技術可有具體的幫助。

2. 目前 OSG 技術在國外的運行已經相當成熟，惟國內尚無相關的設備商與實務經驗，建議未來可進一步研析，對於導入國外技術時，如何依據淨水廠應用端的水質，進行實場的長期驗證實驗，評估系統的次氯酸之生成品質、運轉穩定性、操作成本等。

3. 原水中是否含有硬度為關鍵的操作參數之一，硬度會於陰極表面結垢進而造成阻抗上升與電解效率下降，硬度對電解產氯系統造成的

影響與維護費用是否有納入評估？另外，依據採取的 OSG 系統，未來的運轉需要考量將原水進行軟化處理？再進入電解產氯系統，降低設備潛在的維護費用。

4. 以無鹵水 OSG 系統為例，所節省之 510,082 元中有 480,000 元來自於人工操作費用的節省，故投入效益主要來自於人工操作費用的節省（佔 90%以上），如規劃書中所示，建議實務上人工減少效益，應再依各廠實際操作情況進行調整計算。
5. 在成本估算中，預估 5 年一次的備品替換，是否應納入經濟效益計算之中？
6. 鹵水系統中預期外加食鹽增加導電度，是否有評估過其它可直接將原水濃度提濃的方法？
7. 根據國外次氯酸鈉 OSG 系統操作經驗，在顧及氫氣在系統中排出之安全性前提下，OSG 系統操作過程須導入空氣將氫氣產生濃度稀釋至爆炸極限(LEL)2%以下，建議未來台水公司業管單位可制定標準操作程序或職業安全規定以達到次氯酸鈉 OSG 系統安全操作的目標。
8. 建議未來若要在台水公司特定淨水場推動 OSG 系統，建議訂定 OSG 系統維護管理作業辦法或要點，定期更換電極或其他耗材（國外 Klorigen™ 設備可 5-6 年換一次），並規範其設備使用年限，以利設備即時汰換更新，以滿足水場現場次氯酸鈉生產量與濃度的需求（如 10%~15%）。
9. 建議未來次氯酸鈉 OSG 系統建置與操作應進行系統認證，以確保設備生產產能與產品品質穩定性，台水公司業管單位可參考 NSF/ANSI 標準 60 的內容進行研擬相關設備認證程序。
10. 根據國外文獻 OSG 系統成產之次氯酸鈉會受 pH 變化而影響其成份揮發程度，其系統運作過程產生之 HOCl 與少量 Cl<sub>2</sub> 氣容易因儲存時間（24 hr 內）而逐漸揮發而減少自由有效氯(FAC)的濃度，在高 pH 條件下 pH>7.5，HOCl 會水解成 OCl<sup>-</sup>，而 OCl<sup>-</sup>不易揮發，故在批次式 OSG

系統中應保持或控制次氯酸鈉溶液 pH 值在鹼性條件，並規定 OSG 生產藥劑之保存期限。

11. 建議本計畫成果報告新增國外 OSG 系統生產次氯酸鈉藥劑與液氯(氯氣)系統所產生之自由有效氯對水質影響分析報告內容，以完整說明 OSG 系統的使用對飲用水水質安全性效益評估成果。
12. 因外島地區海水或鹵水中含有大量硼(隨季節變化可達上百 mg/L)，世界衛生組織建議飲用水中硼的含量不超過 1 mg/L，為了維護民眾飲用水水質安全，若採用海水或鹵水作為次氯酸鈉 OSG 系統的原料，所生產之次氯酸鈉可能會殘留過量的硼，建議 OSG 系統仍應採用高品質與穩定性佳之食用鹽或海鹽，以降低消毒後飲用水水質安全風險。

捌、臨時動議：無

玖、散會

檔 號：  
保存年限：

### 勞動部職業安全衛生署 函

地址：24219新北市新莊區中平路439號南棟11樓  
承辦人：侯昱辰  
電話：02-89956666#8212  
傳真：02-89956665  
電子信箱：alvinhou@osha.gov.tw

受文者：台灣自來水股份有限公司

發文日期：中華民國111年11月22日  
發文字號：勞職衛2字第1111061204號  
速別：普通件  
密等及解密條件或保密期限：  
附件：

主旨：有關貴公司大湳淨水場原採用液氯消毒擬規劃改用「現地生產次氯酸鈉溶液系統」，是否仍屬於甲類危險性工作場所疑義一案，復如說明，請查照。

說明：

- 一、復貴公司111年11月10日台水工字第1110039533號函。
- 二、查危險性工作場所審查及檢查辦法第2條第1款規定略以，甲類危險性工作場所包括製造、處置、使用危險物、有害物之數量達勞動檢查法施行細則附表一及附表二規定數量之工作場所，其中氯之數量達5,000公斤，即屬危險性工作場所。
- 三、前開氯之數量係指同一時間「製造」、「處置」、「使用」數量之總合，包含氣態氯及液態氯；另事業單位內有二處以上從事製造、處置、使用有害物之工作場所時，其有害物之數量，應以各該場所間距在500公尺以內者合併計算；前項間距，係指連接各該工作場所中心點之工作場所內緣之距離。

四、貴公司大湳淨水場規劃之「現地生產次氯酸鈉溶液系統」，如將各該製造、處置、使用氯之場所(含管線及設備)間距在500公尺以內者合併計算，倘氯之數量未達勞動檢查法施行細則附表二規定，即非屬氯之甲類危險性工作場所。

正本：台灣自來水股份有限公司

副本：勞動部職業安全衛生署職業安全組、勞動部職業安全衛生署北區職業安全衛生中心、勞動部職業安全衛生署職業衛生健康組

