

氯倉與氯氣洩漏中和設備之設計概要

The Design Concept of Chlorine Storage Room with Chlorine Emergency Scrubber System

林 瑞 楨

摘 要

現今全世界民衆的環保意識日益高漲，而世界各國之環保標準也日趨嚴格。從前氯倉之設計方式必須依現行環保法規而有所修訂。由於氯氣洩漏排放方式之不同，因而影響到氯倉之設計。10年前，氯倉內發生氯氣洩漏時，均設計排風扇將洩漏之氯氣排放於室外大氣中稀釋。如今之環保要求，須將氯倉中洩漏氯氣導入氯氣洩漏中和設備中，經處理過以低於 15 ppm 之濃度後再排入大氣中。由於兩種排放標準不同，而導致氯倉之設計亦有所不同。

一. 設計準則

1. 氯倉與氯氣洩漏中和設備之設計標準(Design Criteria)

欲建造乙座符合當前環保法規之氯倉時，設計人員除應了解液/氯氣之物理及化學特性外，並應通曉氯倉之通風(Ventilation)，加氯設備之配置及安全防護設備等。相關之設計標準如下：

- 1) 氯氣洩漏中和後之排放濃度 ≤ 15 ppm。
- 2) 液氯洩漏於地面上之蒸發量為 $100 \text{ kg/m}^2\text{-HR}$ 。
- 3) 液氯桶之儲存量為 15 - 20 天之平均加氯量。
- 4) 單支氯桶自然蒸發氯氣量 $\leq 200\text{kg/天}$ 。
- 5) 瞬間單支氯桶自然蒸發氯氣量 $\leq 700\text{kg/HR}$ 。(操作時間不得大於一小時)
- 6) 氯氣分岐管處之捕捉風速 $\geq 0.5 \text{ m/秒}$ 。
- 7) 吸風口(風罩)須設置於離地面 30 cm 高度內。
- 8) 氯倉內設置氯氣管管溝或液氯洩漏坑(Sump)，以降低洩漏液氯蒸發量。
- 9) 每日平均加氯量 $> 700 \text{ kg}$ 時，應設置氯蒸發器，以降低氯桶儲存量。
- 10) 每支氯桶出口端需設置電動氯氣閥，以降低總氯氣洩漏量。

*振雅企業有限公司經理

- 1 1) 氯氣洩漏中和設備啓動時，須將氯倉相對於室外造成負壓，以避免氯氣洩漏於氯倉外。
- 1 2) 需設置緊急發電機，以供停電時中和設備使用。
- 1 3) 氯倉內需設置氯洩漏偵測器。當氯氣洩漏時，可啓動中和設備，關閉氯倉自動門及通風設備。
- 1 4) 氯倉內之照明，通風設備及氯倉電動門等需於氯倉外設置控制開關。
- 1 5) 於面臨氯氣分歧管及蒸發器之外牆需設置檢視窗，以供操作人員於氯氣洩漏時無需進入氯倉內及可檢視洩漏情況。
- 1 6) 於氯倉緊急出入口旁，設置氯桶緊急搶修工具箱(emergency kit)，人員防護衣及防毒面具等儲存箱。

2 . 氯氣洩漏中和設備之設計

依據美國防火統一規範(Uniform Fire Code, 1991)之規定，每套洩漏中和設備須符合下列設計條件：

- 1) 須能中和單一最大容積之氯桶(瓶)。

以使用噸裝氯桶爲例，該中和設備須能中和 960 公斤液氯洩漏。

- 2) 須能中和最大可能之洩漏壓力。

於使用噸裝氯桶時會有下列三種情況：

- A. 遇火災時，當溫度達 71.1°C ，氯桶熔塞閥(fusible plug)會熔化而將桶內約 21.7 kg/cm^2 壓力之液氯噴出。
- B. 使用蒸發器時，氯氣管線斷裂，管內壓力約 7.7 kg/cm^2 。
- C. 於使用氣氯時，噸裝氯桶閥或連接銅管斷裂，桶內壓力約 7.1 kg/cm^2 。(於室溫 26.7°C 時)

- 3) 須能中和最大可能之氯氣洩漏發生量。(中和設備吸風量)

當液氯洩漏時，於室溫 26.7°C 時約 19% 之液氯會立刻蒸發成氣氯，剩於之液氯會依 $100 \text{ kg/m}^2\text{-HR}$ 蒸發量轉便成氣氯。中和設備之吸風量須設計大於氯氣發生量，方可將氯倉相對於室外造成負壓狀態。

- 4) 當氯桶被並聯使用時，中和設備需依並聯桶數設計。

如鳳山給水廠目前係將 16 支氯桶並聯供氯，則該氯倉之中和設備則須能應付 16 支氯桶之洩漏量。

3. 氯氣洩漏中和設備之型式與選用

氯氣洩漏中和設備依其型式可分為文式管(Ejector-Venturi)與逆流填充塔(counter flow packing tower)串聯式、逆流雙填充塔串聯式(Two Stage counter flow packing tower)、多段式水平填充塔式(multi-stage cross flow packing tower)等。文式管與逆向填充洗滌塔之吸風動力及中和液噴灑由單一之系統循環泵提供。逆流雙填充洗滌塔及多段式水平填充洗滌塔式之吸風動力鼓風機提供，而中和液噴灑由另一部藥液循環泵提供。

當氯倉發生洩漏濃度 $>1\text{ppm}$ 時，漏氯偵測器會啟動中和設備。由於填充塔內之填充料須全部潤濕方能發揮中和效果，故逆流雙填充洗滌塔及多段式水平填充塔式中和設備僅適用於小洩漏量及化工廠洗滌設備全日運轉使用。

4. 氯倉之設計

氯係以高壓液態存放於氯桶中，由於氯桶內之壓力會因氯倉內溫度上昇而昇高之特性，欲使加氯作業正常運作，氯倉內需設置適當之通風設備。為使通風設備達到最佳功能，則進風口與排風口須使氯倉內產生有效之對流。所需之通風量至少須提供 $18.3\text{ m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 樓地板面積以符合美國 UFC 規定。當氯氣中和設備啟動時，電動門自動關閉，須設至人員緊急出入門以供氯倉內之人員可迅速逃離現場。此緊急出入門須下外開啓型並應能自動關閉。由於洩漏於地面之液氯會依 $100\text{ kg}/\text{m}^2\cdot\text{HR}$ 蒸發量轉便成氯氣，為降低氯氣蒸發量，須設置氯氣管溝或洩漏坑，深度為 30 cm ，所須面積為 $2.0\text{ m}^2/\text{桶}$ 。氯氣係屬高壓危險性氣體，非屬爆炸性氣體，故氯倉內之電氣開關箱符合 NEMA 4 防塵防水等級即可。氯倉檢視窗之設置採無法開啓式氣密窗。氯倉為達到氯倉緊密效果，氯倉之採光窗氣密窗。

5. 氯倉內加氯設備之配置

為防止因加氯設備配置不當，導至須設置較大型之氯氣洩漏中和設備方能符合當今環保要求。下列為配置加氯設備之原則：

- 1) 氯氣壓力管線僅設置於氯倉內，以降低洩漏源。
- 2) 如設置氯蒸發器，亦設置於氯倉內。
- 3) 於氯氣源處設置減壓閥以避免氯氣管線內壓力不穩定造成氯氣液化現象產生，進而致使氯氣管外壁產生凝結水，因而導致氯氣管腐蝕。
- 4) 為使氯桶出口閥處之捕捉風速達 0.5m/s ，吸風口須儘量接近氯桶閥。一般吸風口設置於外牆內壁，氯桶出口閥設置於離內壁約 60 cm 處。

5) 氯桶出口閥設置管夾式氯桶輔助閥，以降低更換氯桶洩漏機率。

二. 設計步驟

氯倉及氯氣洩漏中和設備之設計步驟依下列案例說明：

某淨水場之平均出水量為 200,000 CMD，最大出水量為 300,000 CMD，該廠之前氯加氯率為 3 mg/l，後氯加氯率為 1 mg/l。加氯設備須能提供平均加氯量之 125% 且需提供等量之備用設備。

1. 加氯量之計算

$$\begin{aligned}\text{前氯加氯量 (kg/D)} &= 1.25 \times \text{平均出水量} \times \text{前氯加氯量} \\ &= 1.25 \times 200000 \text{ (CMD)} \times 3 \text{ (mg/l)} \\ &= 750 \text{ kg/D}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{前氯最大加氯量} &= \text{最大出水量} \times \text{前氯加氯量} \\ &= 300000 \text{ (CMD)} \times 3 \text{ (mg/l)} \\ &= 900 \text{ kg/D}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{後氯最大加氯量} &= \text{最大出水量} \times \text{後氯加氯量} \\ &= 300000 \text{ (CMD)} \times 1 \text{ (mg/l)} \\ &= 300 \text{ kg/D}\end{aligned}$$

$$\text{總加氯量} = 900 \text{ kg/D} + 300 \text{ kg/D} = 1,200 \text{ kg/D}$$

2. 加氯設備之選用

由於總加氯量達 1200 kg/D。為能符合上述設計要求，加氯設備之選用如下：

- 1) 遙置真空式前氯加氯機兩台，每台最大加氯量 ≥ 900 kg/D。
- 2) 遙置真空式後氯加氯機兩台，每台最大加氯量 ≥ 300 kg/D。
- 3) 氯蒸發器兩台，每台蒸發器蒸發量 ≥ 1200 kg/D。每台蒸發器須備有液氯洩壓裝置及氣氯洩壓裝置。洩壓裝置設安全破裂片及壓力開關。
- 4) 單桶磅秤兩套，每套磅稱總秤重 2000 公斤。
- 5) 兩套電動真空调節閥，每套容量(capacity) 1200 kg/D。
- 6) 兩套氯桶分歧管(manifold)，每套分歧管設分歧管閥(header valve)兩只、液氯管線壓力錶乙只、液氯管線壓力開關乙只及一只氯氣電動關斷閥。
- 7) 氯氣洩漏偵測感應器六只。四只安裝於氯倉內，一只安裝於加氯機室，一只安裝於氯倉外。氯倉外之感應器應加裝氯氣稀釋裝置，以偵測氯倉發生高濃度洩漏時，氯倉內感應器失效時，操作人員仍能獲得氯倉內之氯氣之

濃度。

- 8) 三套個人防護設備，每套包括空氣瓶式防毒面具，工業用濾毒罐式防毒面具及個人防護衣、手套及工作鞋。
- 9) 氯桶洩漏緊急搶修箱乙套。個人防護設備及搶修箱儲存於氯倉緊急出入門外之儲存櫃內。儲存櫃不得設置門鎖。
- 10) 氯倉緊急出入門邊設置淋浴及洗眼設備乙套。
- 11) 設置加壓泵兩台。
- 12) 每套注入器之供水端設置給水過濾網及面積式供水流量計。

3. 加氯機室及氯倉之設計

1) 加氯機室

$$\begin{aligned}\text{加氯機室之最小面積} &= \text{加氯機數} \times 3\text{m} \times 1.5\text{m} \\ &\quad + \text{加壓泵數} \times 2.5\text{m} \times 1.5\text{m} + 2\text{m}^2 \\ &= 4 \times 3 \times 1.5 + 2 \times 2.5 \times 1.5 + 2 (\text{m}^2) \\ &= 27.5\text{m}^2\end{aligned}$$

$$\text{加氯機室高度} = 3.2\text{m}$$

2) 氯倉

$$\begin{aligned}\text{氯桶儲存之最小面積} &= (\text{每日平均加氯量} / 900\text{kg}) \times 14 (\text{天}) \times 3\text{m}^2 \\ &= (1200\text{kg/D} / 900\text{kg}) \times 14 (\text{D}) \times 3\text{m}^2 \\ &= 56.0\text{m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{蒸發器最小面積} &= \text{蒸發器數} \times 4\text{m} \times 3\text{m} \\ &= 2 \times 4 \times 3 (\text{m}^2) \\ &= 24\text{m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{磅秤最使最小面積} &= \text{磅秤數} \times 3\text{m} \times 3\text{m} \\ &= 2 \times 3 \times 3 (\text{m}^2)\end{aligned}$$

$$\text{氯桶裝卸最小面積} = 3\text{m} \times \text{氯倉寬度}$$

$$\text{氯倉緊急出入門所需面積} = 2\text{m} \times \text{氯倉寬度}$$

$$\text{氯倉寬度爲 } 7 \text{ 公尺，則氯倉所需最小基地面積 } 7\text{m} \times 20\text{m} = 140\text{m}^2$$

此氯倉採用雙軌吊車較爲恰當，氯倉最小高度爲 4.8 公尺。

3) 氯倉加氯管溝及洩漏坑

由於該廠每次僅需使用乙桶液氯，故所需之最小管溝面積為 2 m^2 。

$$4) \text{ 所需機械通風量} = 18.3 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2 \times 140 \text{ m}^2 = 2562 \text{ m}^3/\text{min}$$

4 · 氯氣洩漏中和設備之設計參數

依該氯倉所需之中和設備須依下列設計參數：

1) 最大設計容量 = $960 \text{ kg} - \text{CL}_2$

2) 室內溫度 = $26.7 \text{ }^\circ\text{C}$

3) 氯氣壓力 = 7.7 kg/cm^2

4) 中和後排放濃度 = 15 ppm

5) 採用 NaOH 中和液濃度 = 20% ，比重 = 1.22

6) $29.4 \text{ }^\circ\text{C}$ 時液氯密度 = 1378 kg/m^3

7) 洩漏區容積 = 氯倉 = $7 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times (4.8 - 0.12) \text{ m}$
= 655.2 m^3

8) 管溝及洩漏坑面積 = 2 m^2

5 · 氯氣洩漏中和設備之設計步驟

1) 最大洩漏率及所須洩漏時間

液氯洩漏量依 Cameron Hydraulic Data 計算

2

$$Q = 19.636 \times C \times d \times \sqrt{h}$$

Q = 流量， gpm

C = 孔口係數 0.95

d = 最大破裂口徑， 0.957 inch

h = 孔口水頭， 200 ft

Q = 1260 kg/min

由於液氯洩漏會降低周遭溫度，桶內壓力會下降至約 0.1 kg/cm^2

Q_2 = 6 kg/min .

960 kg 液氯洩漏完約需 240 分鐘

2) 氯氣發生量

當液氯洩漏發生時， 19.143% 之液氯立刻蒸發成氯氣

氯氣發生量 = $82.6 \text{ m}^3/\text{min}$

於管溝內液氯蒸發量 = $1.11 \text{ m}^3/\text{min}$

最大氯氣發生量 = 83.71 m³/min.

中和設備氯倉吸風量為 92.1 m³/min 即可將氯倉相對於室外造成負壓。
加氯室吸風量設計 7.0 m³/min。系統總吸風量 = 99.1 m³/min。

3) 氯倉洩漏之最高濃度

$$y = V/F - (F/V - y') \times \exp(-F \times t/R)$$

y = 氯倉氯氣濃度 %

y' = 最初氯氣濃度

F = 抽風量 cfm

R = 洩漏區容積

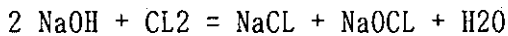
t = 時間

V = 漏氯發生量

最高可能發生濃度 = 352,000 ppm

4) 氯倉降至 1ppm 共需耗時約 7 小時。

5) 所需 20% NaOH 中和液



$$\begin{aligned} \text{所需容積(m}^3\text{)} &= \text{漏氯量} \times (80/71) \times 0.0063 \\ &= 960 \times (80/71) \times 0.0063 \\ &= 6.815 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

6) 20% NaOH 最小循環流量

當洩漏濃度降至 1ppm 時, 20% NaOH 濃度需維持至少 6%。

$$\begin{aligned} \text{最小循環流量} &= \text{總吸風量} \times 0.01481 \\ &= 99.1 \times 0.01481 \\ &= 1.47 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned}$$

為確保系統達到安全效果, 安全係數 = 1.35 - 1.5

$$\text{所需循環流量} = 1.47 \times 1.45 = 2.13$$

7) 所需中和效率及中和單元

$$\begin{aligned} \text{中和效率} &= (\text{最高濃度} - 15 \text{ ppm}) / \text{最高濃度} \\ &= (352000 - 15) / 357000 \\ &= 99.9957\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{中和單元} &= \ln(1 / (1 - 0.999957)) \\ &= 10.0543 \text{ 處理單元} \end{aligned}$$

當文式噴射器提供 2.3 處理單元，則逆向填充洗滌塔需提供 7.7543 處理單元。當填充料採用 1" 直徑時，每中和單元所需高度為 10"，填充洗滌塔之最少填充高度 = $7.7543 \times 10 \times 2.54 = 197 \text{ cm}$ 。為安全計，填充高度增加 13 公分。

三．結論

由於氯氣之特性易受周遭環境溫度變化而使得設計及操作人員無法確切掌握洩漏中正確變化。因此設計時採高標準雖較耗費金錢，惟可確實確保萬一發生重大洩漏時，氯氣不會外洩於氯倉外以致釀成臨近居民之恐慌甚至於身家之安危。預防氯氣洩漏之發生，最重要乃是每位氯氣設備操作人員確實了解並維修保養各項加氯設備，如此方可消除氯氣洩漏之夢魘。

四．參考文獻

- 1．美國 Uniform Fire Code; 1991 Article 80 Hazardous Material
- 2．Handbook of Chlorination by White, George Clifford
- 3．The Chlorine Manual; The Chlorine Institute, Inc USA
- 4．Disinfection Equipment of Wallace & Tiernan, Inc.
- 5．Caustic Management in EST Emergency Chlorine Scrubbing System
Technical Bulletin 92

附图(一)

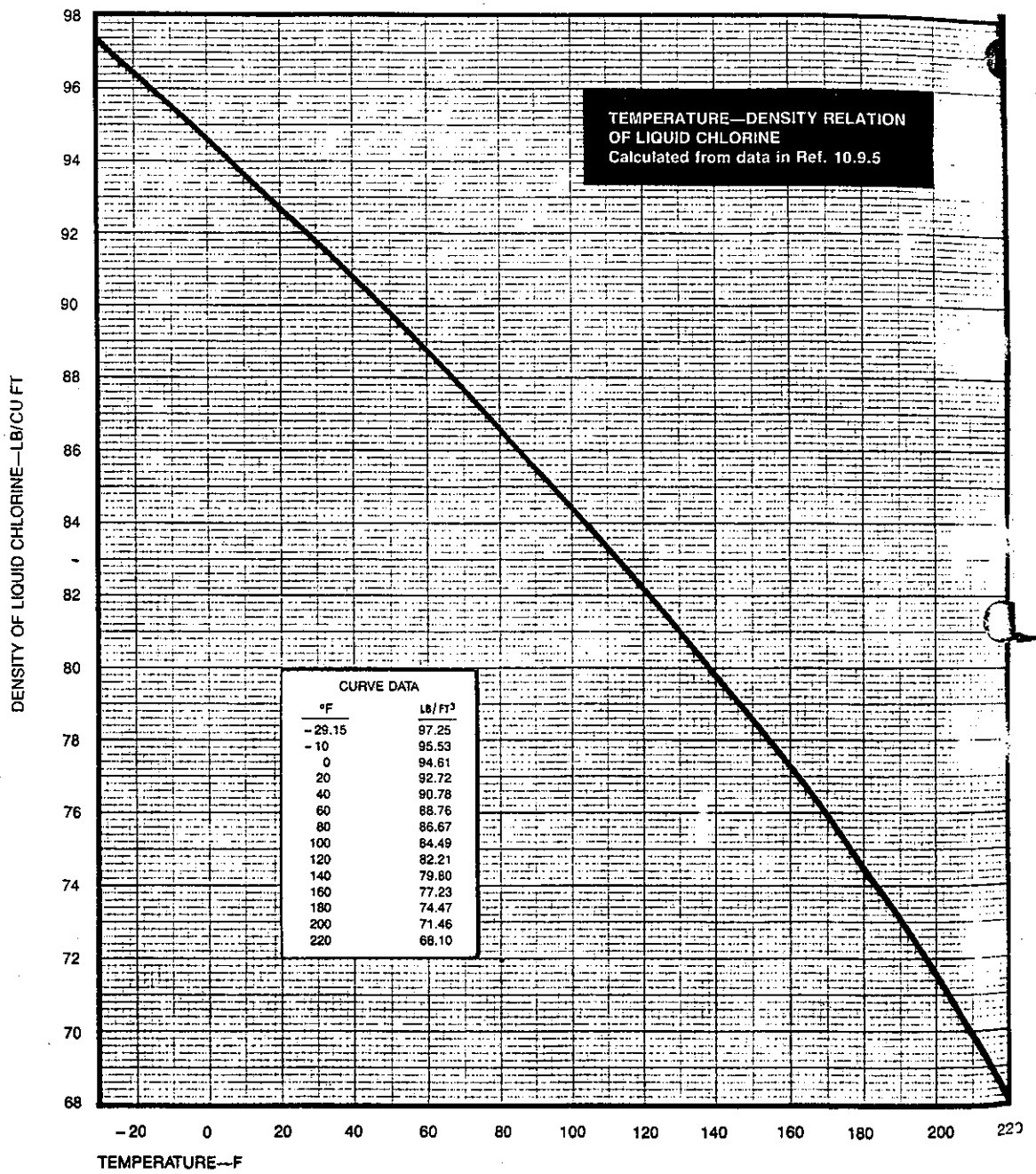


FIGURE 9.2

3付圖<=>

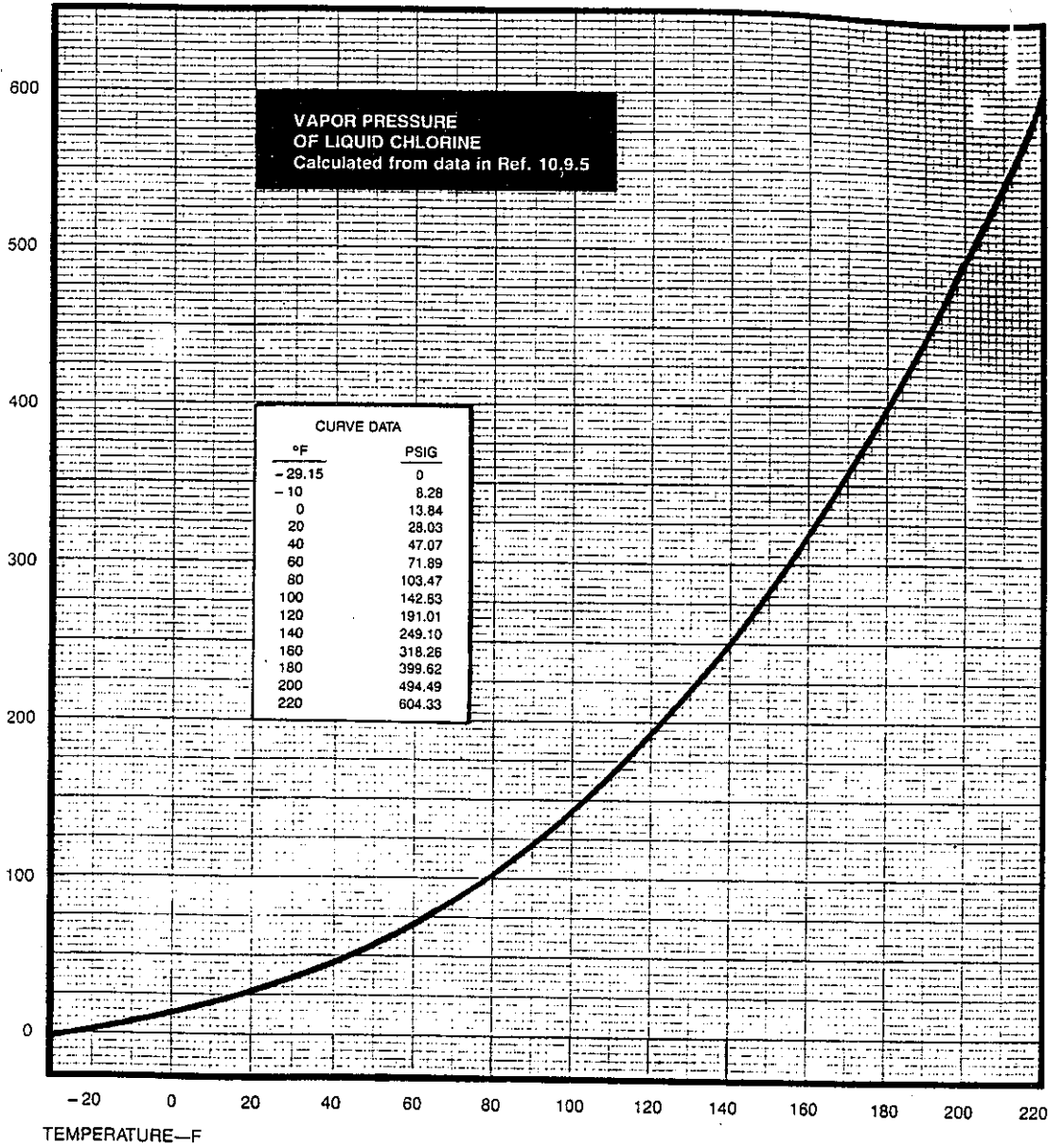
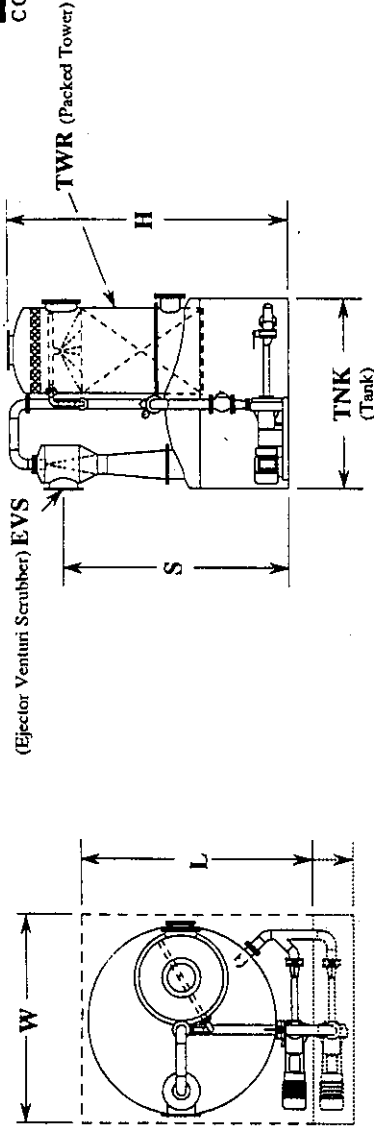


FIGURE 9.1

EMERGENCY SCRUBBER STANDARD DIMENSIONS, FIGURE 1



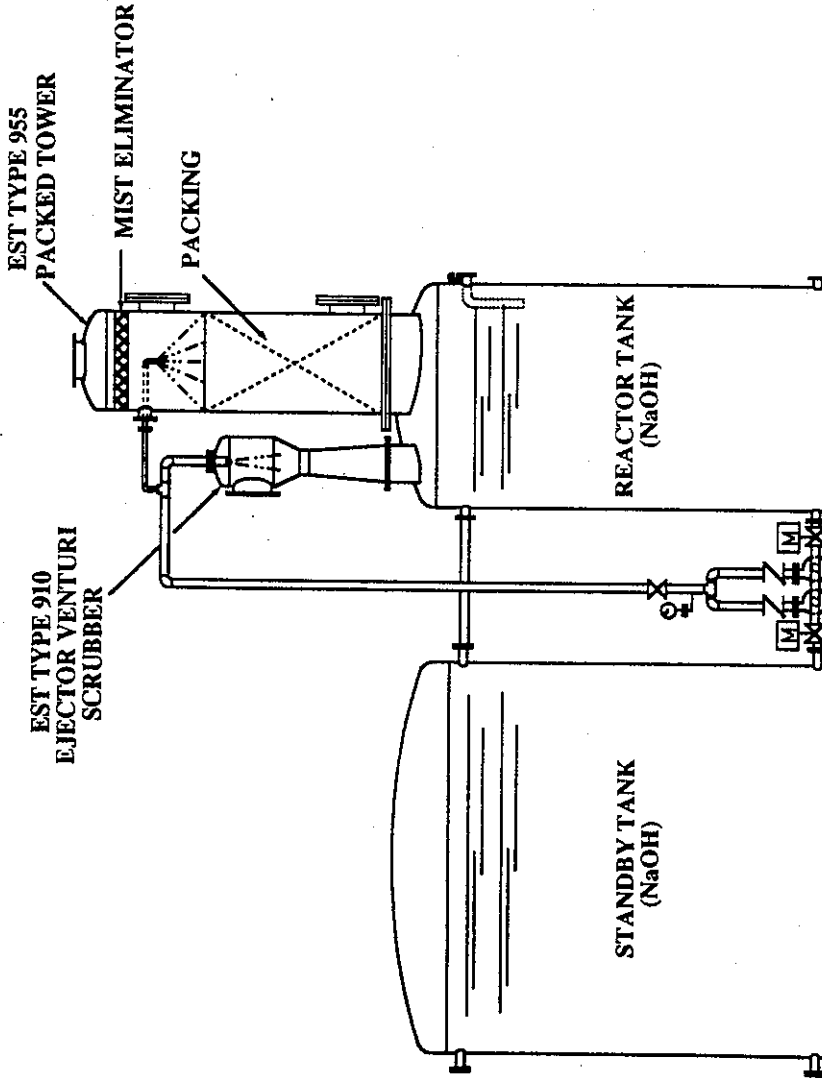
Appendix A

ONE TON "EMERGENCY CHLORINE SCRUBBER" (ECS) SYSTEMS										
MODEL	DESCRIPTION	L	W	H	S	TNK	EVS	TWR	WT#	
ECS3K1P-TL	3000 cfm/ 1 Pump @ 30 Hp/ Tall	12'	10'	19'	13'	9'	18"	48"	5000	
ECS3K2P-TL	3000 cfm/ 2 Pumps @ 30 Hp/ Tall	14'	10'	19'	13'	9'	18"	48"	6000	
ECS3K1P-SHT	3000 cfm/ 1 Pump @ 30 Hp/ Short	13'	11'	15'	12'	10'	18"	54"	5000	
ECS3K2P-SHT	3000 cfm/ 2 Pumps @ 30 Hp/ Short	15'	11'	15'	12'	10'	18"	54"	6000	
ECS3K1P-LP	3000 cfm/ 1 Pump @ 30 Hp/ Low Profile	14'	12'	11'	9'	11'	18"	54"	5000	
ECS3K2P-LP	3000 cfm/ 2 Pumps @ 30 Hp/ Low Profile	16'	12'	11'	9'	11'	18"	54"	6000	
ECS5K1P-TL	5000 cfm/ 1 Pump @ 50 Hp/ Tall	12'	10'	22'	15'	9'	24"	60"	6000	
ECS5K2P-TL	5000 cfm/ 2 Pumps @ 50 Hp/ Tall	14'	10'	22'	15'	9'	24"	60"	7000	
ECS5K1P-SHT	5000 cfm/ 1 Pump @ 50 Hp/ Short	13'	11'	16'	13'	10'	24"	72"	6000	
ECS5K2P-SHT	5000 cfm/ 2 Pumps @ 50 Hp/ Short	15'	11'	16'	13'	10'	24"	72"	7000	
ECS5K1P-LP	5000 cfm/ 1 Pump @ 50 Hp/ Low Profile	14'	12'	13'	11'	11'	24"	60"	6000	
ECS5K2P-LP	5000 cfm/ 2 Pumps @ 50 Hp/ Low Profile	16'	12'	13'	11'	11'	24"	60"	7000	

One ton systems are rated for a 2350# overfilled container of chlorine or sulfur dioxide.
 3K and 5K systems use 2100 gallons of 20% caustic, Low Profile systems utilize 1 venturi and 2 towers.
 WT# = Empty Weight. Weight of 2100 gallons of 20% caustic is 21500 lbs.

附圖 <甲>

Appendix D



EST Corporation

Page 25

EST Corporation	
Environmental Systems Technology	
Drawn By: EH	Scale: NTS
Date: 09-17-1993	Revised:
Multiple Tank Emergency Chlorine Scrubber	
Type No: 910/955	Dwg. No.: A92SK.MRT.01
Rev.	