

# 過氧化氫於廢水廢氣處理

秦光智\*、陳朝興\*\*、蔡安榮\*\*\*

## 一、概論

過氧化氫，俗名雙氧水，分子式  $H_2O_2$ （分子量 34g/mole），為無色透明液體，可與水以任意比例混合，因其為十分經濟的化學品，故很早就被應用於廢水、廢氣之處理，紙漿漂白，廢紙脫墨、漂白，紡織品漂白，有機過氧化物製造，醫藥化粧品以及金屬純化，電鍍，木材、大理石之漂白，鮮奶之保持，在軍事用途上作為液態燃料推進劑之氧化劑，另一大用途為製造過碳酸鈉 (Sodium-Percarbonate)，主用於纖維漂白及衛生用品漂白殺菌，產製環氧大豆油，作無毒 PVC 所用鋅及鎘皂安定劑之協和劑 (Synergist)，藉以減少金屬安定劑之濃度，環氧可塑劑之使用可防止樹脂成品之模糊狀及不透明性，亦可用作醇酸樹脂與合成樹脂之腐蝕防止劑與可塑劑。據專家指出，雙氧水在將來紙漿脫墨上的需要量將激增，目前已發展為環境清潔處理劑，可有效地將廢水、廢氣處理淨化，為防止污染的功臣，估計未來國內需要量將在一萬噸以上。

雙氧水物理性質如下：

物 理 性 質	濃 度	
	35%	50%
活 性 氧 wt %	16.5	23.5
比 重 ( $20^{\circ}C$ )	1.133	1.196
pH	2.0~2.3	1.7~1.9
凝 固 點 $^{\circ}C$	-33	-50
沸 點 $^{\circ}C$	108	114
蒸 氣 壓 (mmHg)		
$30^{\circ}C$	23	18
$45^{\circ}C$	52	43
$60^{\circ}C$	111	88
粘 度 (C.P.)		
$0^{\circ}C$	1.81	1.87
$20^{\circ}C$	1.11	1.17

## 二、廢水廢氣處理

### $H_2O_2$ 在廢水處理上的應用

由於工業結構的轉變以及本省都市人口的劇增，不管是工業所產生的廢水或是都市所排放的

\* 長春石油化學公司業務部科長

\*\* 長春石油化學公司苗栗廠研究開發部副主任

\*\*\* 長春石油化學公司業務部業務員

廢水都已嚴重地影響到我們所居住的環境，工業廢水、廢氣的產生是在生產過程中，由於分離 (Separation)、沖洗 (Washing) 或洩漏……而將劇毒性的化學品排入放流水或大氣中，一般常見的污染物是氰化物 (Cyanide)，酚 (Phenol)，硫化氫 (Hydrogen sulfide)，次氯酸根 (hypochlorite)，六價鉻 (Chromium)，亞鐵離子 (Ferrous ion)， $\text{SO}_2$ ， $\text{NO}_x$ ……等等。至於都市廢水最常遇到的問題有兩點：一是由於硫化氫所引起的臭味、毒性腐蝕等問題，另一個是由於流入水的 BOD 或 COD 超負荷 (Overload) 或突增 (Shock load)，由於曝氣池中的溶氧 (D.O.) 不足以充分供應微生物消化所需要的量，因此引起沈降池中的活性污泥脹浮 (bulking)，使放流水的 BOD，S.S. 無法達到排放標準。 $\text{H}_2\text{O}_2$  具有兩個主要的特性，一為它是一種強氧化劑，能利用化學處理法，將氰化物、酚……等有毒化合物氧化成無毒性的化合物，或氧化成較易為微生物所消化的化合物，另一為  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解後生成  $\text{O}_2 \uparrow$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，因此它不會造成二次污染，同時它分解所產生的氧可用來供應微生物處理法所需要的溶氧 (D.O.)。因此當  $\text{H}_2\text{O}_2$  在美國、日本等工業先進國家推廣應用在廢水處理上後，很迅速而普遍地被推廣使用，據統計在美國已有數百家工廠和廢水處理廠使用  $\text{H}_2\text{O}_2$  來處理廢水，由於  $\text{H}_2\text{O}_2$  所具有的特性，足以使我們深信它將為我們下一代提供潔淨、美好的生態環境。

### $\text{H}_2\text{O}_2$ 的優點

- 反應後生成水和氧，不會造成第二次的污染。
- 效果良好，較其它種類的化學品更合乎經濟。
- 可做為廢水中溶氧的來源。
- 對活性污泥的微生物沒有不利的影響。
- 不會產生有毒或腐蝕性的氣體。
- 和硫化物反應的 pH 範圍很廣，同時其副反應很少。
- 操作簡單，設備投資費低。

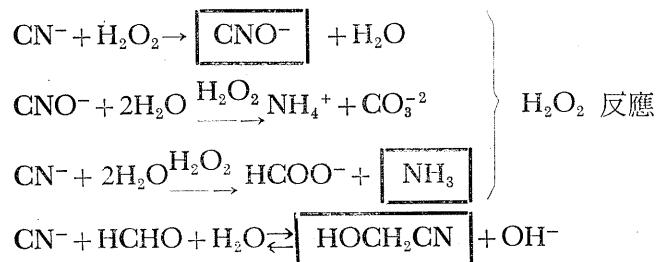
### $\text{H}_2\text{O}_2$ 在工業廢水廢氣上的應用

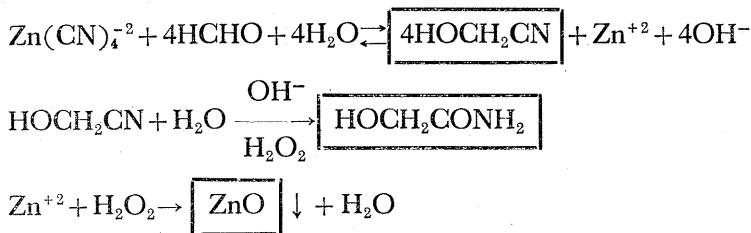
#### A、廢水

##### (-) 氰化物 (Cyanide)

煉鋼廠、煉油廠、電鍍廠的廢水中往往含有劇毒性的氰化物，以往大部分都用  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ， $\text{Cl}_2$  來處理，但因這兩種物質具有毒性，操作上非常不方便，同時易造成二次污染，1970年美國杜邦 (Du Pont) 公司開發出新的處理方法，即利用  $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{HCHO}$  來處理  $\text{CN}^-$ ，其處理範圍除了  $\text{NaCN}$ ,  $\text{KCN}$  外，尚包括  $\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-}$ ,  $\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-}$ ,  $\text{Cu}(\text{CN})_4^{2-}$  等金屬錯合離子。

(1) 原理：





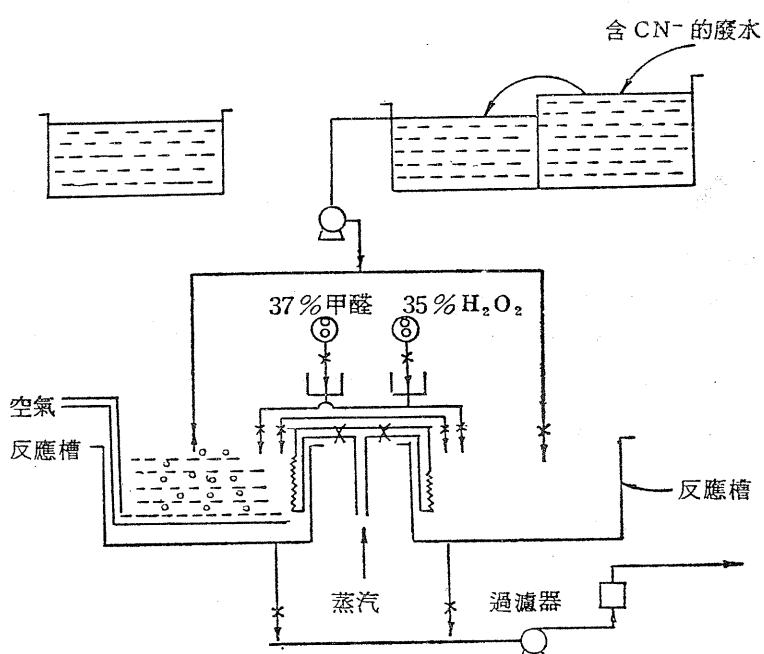
(2)特點：

- 1.處理步驟祇有一個，操作非常簡單。
- 2.所有的  $\text{CN}^-$  皆完全反應，處理後之放流水均合乎排放標準。(註：處理後  $\text{CN}^-$  的濃度幾乎無法測出)。
- 3.處理的範圍很廣，不管是高濃度或低濃度  $\text{CN}^-$ ，即使高達 6000 ppm 的廢水，皆可不須稀釋直接採用此法處理。
- 4.金屬氰化物會很快沉澱，可利用過濾的方法它將分離。
- 5.所須的設備簡單，投資費低。

(3)操作條件：

- (a) pH 10~11，不可用酸來調 pH 以免產生  $\text{HCN} \uparrow$  造成危險，必須用稀釋水來調。
- (b)  $\text{HCHO}/\text{NaCN}$  摩耳比 0.9， $\text{H}_2\text{O}_2/\text{NaCN}$  摩耳比 1.1。
- (c) 溫度 48~54°C，時間 30分鐘~1 小時。

(4)處理的流程



(5)實驗結果：以含 525 ppm NaCN 的廢水試驗，處理後情形如下：

生成物	ppm	CN <sup>-</sup> 被轉變成生成物的百分比
NH <sub>3</sub>	21~34	12~19%
NaOCN	216~225	31~33%
CH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub>   OH	291~362	36~46%

(6)處理實例：某工廠處理 100 噸廢水含 500 ppm NaCN，若以 35% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 及 37% HCHO 來處理，其加入量各須若干升？

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O}_2 \text{ 的需要量} &= \text{廢水量 (Kg)} \times \frac{\text{ppm}}{1000000} \times \frac{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ mol}}{\text{NaCN mol}} \times \frac{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ 分子量}}{\text{NaCN 分子量}} \\ &\quad \times \frac{1}{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ 的濃度}} \\ &= 100 \times 1000 \times \frac{500}{1000000} \times 1.1 \times \frac{34}{49} \times \frac{100}{35} \\ &= 109.04 \text{ Kg } 35\% \text{ H}_2\text{O}_2 \end{aligned}$$

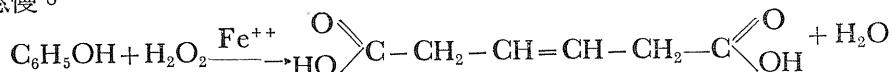
$$\begin{aligned} \text{HCHO 需要量} &= \text{廢水量 (Kg)} \times \frac{\text{ppm}}{1000000} \times \frac{\text{HCHO mol.}}{\text{NaCN mol.}} \\ &\quad \times \frac{\text{HCHO 分子量}}{\text{NaCN 分子量}} \times \frac{1}{\text{HCHO 濃度}} \times \frac{1}{\text{比重}} \\ &= 100 \times 1000 \times \frac{500}{1000000} \times 0.9 \times \frac{30}{49} \times \frac{100}{37} \times \frac{1}{1.08} \\ &= 69 \text{ L.....37\% HCHO} \end{aligned}$$

### (二)酚 (Phenol)

含酚的廢水，主要發生在煉焦廠、煉油廠、合成樹脂廠、染整廠，酚在廢水中很容易被氯所氯化 (Chlorination)，而氯酚係具有毒性和惡臭性的物質，即使在濃度很低的情況下 (ppm)，亦可感覺出很難聞的味道。

酚亦可用活性污泥法來處理，但是需要相當長的停留時間，同時若廢水中的酚濃度突然增高，活性污泥對酚的處理能力會大大地降低。

利用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 處理酚，以 Fe<sup>++</sup> 當觸媒，酚會很容易被氧化成 HOOC-CH<sub>2</sub>-CH=CH-CH<sub>2</sub>-COOH (Muconic acid)，苯環上有取代物的酚化合物，亦可用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 來處理，但是取代物愈多，反應愈慢。



處理的方法：

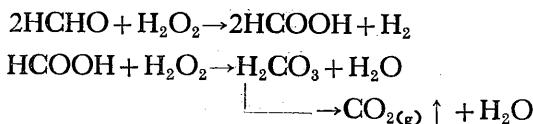
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> kg / 酚 kg	觸媒	pH	反應時間
2/1	3~100 ppm Fe <sup>++</sup>	3~5	10分鐘~1小時

註：若廢水中已經含 Fe<sup>++</sup>離子時，便不須再添加 Fe<sup>++</sup>，必要時可添加 FeSO<sub>4</sub> 以做為觸媒亞鐵離子的來源。

### (三)甲醛 (Formaldehyde)

甲醛的廢水主要發生在人造樹脂廠、家具、合板工廠。在鹼性條件下，H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 會將 HCHO

很迅速地氧化成甲酸和氫氣，甲酸再進一步和  $\text{H}_2\text{O}_2$  反應生成碳酸和水。

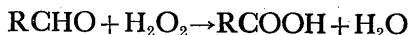


處理方法：

$\text{H}_2\text{O}_2$ kg/HCHO kg	觸媒	pH	反應時間
3/1	不須要	9~11	30分鐘

#### (四) 醛類 (Aldehydes)

分子量大於甲醛的醛化合物皆屬此類，醛類廢水主要發生在食物處理廠、鑄造廠、塑膠成型廠、油脂製造廠，醛類很容易被  $\text{H}_2\text{O}_2$  所氧化。



處理方法：

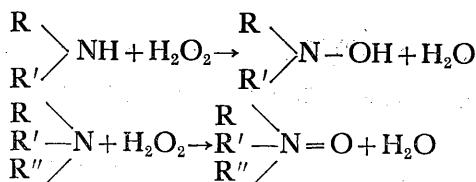
醛類	$\text{H}_2\text{O}_2$ kg/醛kg	觸媒	pH	反應時間
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$	4/1	不須要	$\geq 10$	數分鐘
$(\text{CH}_3)_2\text{CHCHO}$	4/1	不須要	$\geq 10$	數分鐘
$\text{CH}_3\text{CHO}$	1.5/1	100 ppm $\text{Fe}^{+2}$	$\leq 3$	數分鐘
$\text{CH}_3\text{CHCHO}$	1.5/1	100 ppm $\text{Fe}^{+2}$	$\leq 3$	數分鐘

#### (五) 胺類 (Amine)

生產或使用胺類的工廠很多，尤其是洗潔劑和洗髮精的製造廠使用最多。不論是一級胺  $\text{RNH}_2$

，二級胺  $\text{R}'\text{NH}$ ，或是三級胺  $\text{R}'\text{N}(\text{R}'')_2$  都可與  $\text{H}_2\text{O}_2$  反應，一級胺和  $\text{H}_2\text{O}_2$  反應生成  $\text{RNHOH}$

， $\text{R}-\text{N}=\text{N}-\text{R}$ ,  $\text{R}=\text{NOH}$  等混合物；與二級胺反應生成  $\text{R}_2\text{NOH}$ ；與三級胺則生成  $\text{R}'\text{N}(\text{R}'')_2=\text{O}$ 。

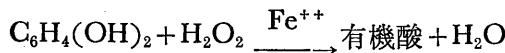


處理方式：

胺類	$\text{H}_2\text{O}_2$ kg/胺kg	觸媒	反應時間
$\text{RNH}_2$	0.8/1	不須要	數分鐘
$\text{R}'\text{NH}$	0.5/1	不須要	數分鐘
$\text{R}'\text{N}(\text{R}'')_2$	0.4/1	不須要	數小時

#### (v) 醛類 (Hydroquinones)

橡膠工廠及相關的有機化合物製造廠，其廢水中可能含有醛，醛被  $H_2O_2$  氧化後會形成  $HOOC-CH=CH-COOH$ ,  $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$  等有機混合酸。

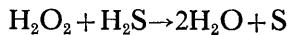


處理方法：

$H_2O_2$ kg/醛 kg	觸媒	pH	反應時間
4/1	10~100 ppm $Fe^{++}$	3~5	30分鐘

#### (vi) 硫化氫 (Hydrogen sulfide)

許多工廠的廢水中含有  $H_2S$ ，在  $pH \leq 7.5$  時， $H_2O_2$  在數分鐘內便會與  $H_2S$  反應生成水和膠狀的硫，當  $pH > 7.5$  時則生成硫酸根化合物。

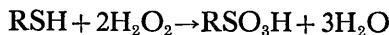
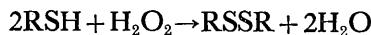


處理方法：

$H_2O_2$ kg/ $H_2S$ kg	觸媒	pH	反應時間
1.5/1	1~3 ppm $Fe^{++}$	$\leq 7.5$	數分鐘
4.0/1	1~3 ppm $Fe^{++}$	$> 7.5$	5~30分鐘

#### (vii) 硫醇 (Mercaptans)

含硫醇的廢水，主要發生在紙漿廠、煉油廠、殺蟲劑廠以及製造塑膠或橡膠添加劑的工廠，硫醇有一股很難聞的味道， $H_2O_2$  與其反應生成水不溶性的 RSSR 浮在水表面，可以很容易地將其分離，分子量愈高的硫醇與  $H_2O_2$  的反應愈迅速。

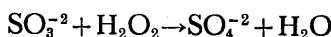


處理方法：

硫醇	$H_2O_2$ kg/硫醇 kg	觸媒	反應時間	溫度
$CH_3SH$	3.5	1~3 ppm $Fe^{++}$	30~60分鐘	$60^{\circ}C$
$C_2H_5SH$	0.27	1~3 ppm $Fe^{++}$	40分鐘	$25^{\circ}C$
$C_3H_7SH$	0.22	1~3 ppm $Fe^{++}$	40分鐘	$25^{\circ}C$
$C_4H_9SH$	0.17	1~3 ppm $Fe^{++}$	40分鐘	$25^{\circ}C$

#### (viii) 亞硫酸氫根和亞硫酸根 (Bisulfites & Sulfites)

含  $SO_3^{2-}$ ,  $HSO_3^-$  的廢水主要發生在硫酸廠、煉油廠、紙漿廠， $H_2O_2$  與  $SO_3^{2-}$  的反應非常迅速。

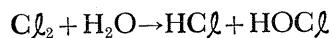


處理方法：

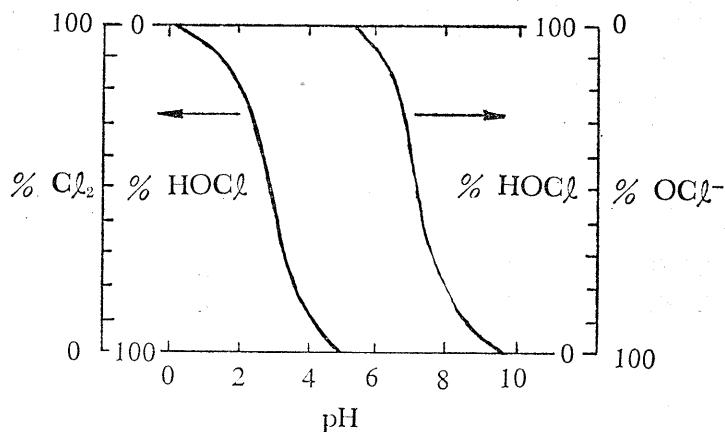
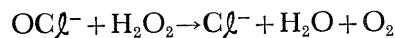
$H_2O_2$ kg/ $SO_3^{2-}$ kg	觸媒	pH	反應時間
0.5/1	不需要	不限	數分鐘

(+) 次氯酸根和殘留氯 (Hypochlorite & chlorine residual)

次氯酸根普遍存在於工業廢水中，主要來自生產過程或放流水排放之前進行氯化消毒所引起。



當  $pH > 8.5$  時  $H_2O_2$  與  $OCl^-$  會即刻反應



圖一  $OCl^-$ ,  $HOCl$  與  $Cl_2$  相互之間的量與 pH 的關係

如果同時含有  $Cl_2$  和  $NH_3$  時，會形成  $NH_2Cl$ ，因  $NH_2Cl$  係強氧化劑，所以  $H_2O_2$  無法將它氧化。

處理方式：

$H_2O_2$ kg/ $HOCl$ kg	觸媒	pH	反應時間
0.5/1	不需要	8.5~10	數秒鐘

(+) 亞鐵離子 (Ferrous ion)

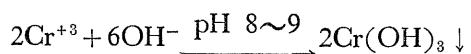
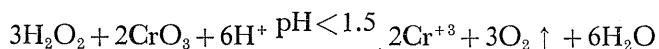
地下水和工業廢水中常常含有亞鐵離子，pH 在酸性或中性的情況下， $Fe^{++}$  會立刻被  $H_2O_2$  氧化成  $Fe^{+3}$ ，然後 pH 調至  $\geq 7.5$  時，會形成  $Fe(OH)_3 \downarrow$  紅褐色沉澱，利用  $H_2O_2$  來去除  $Fe^{++}$  可達 99.8% 的去除率，若用分散的小氣泡來氧化，則  $Fe(OH)_3$  以非常微細的顆粒懸浮在廢水中，很難沉澱分離。

處理方式：

$H_2O_2$ kg/ $Fe^{+2}$ kg	觸媒	pH	反應時間
0.3/1	不需要	$\leq 7.0$	數分鐘~數小時

### (a) 六價鉻 (Chromium)

金屬表面處理廠和抗腐蝕的表面處理工廠通常會有含  $\text{Cr}^{+6}$  的廢水，在  $\text{pH} \leq 1.5$  條件下， $\text{Cr}^{+6}$  會被  $\text{H}_2\text{O}_2$  還原成  $\text{Cr}^{+3}$ ，然後加  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  或放置四小時，令過剩的  $\text{H}_2\text{O}_2$  完全分解，然後將 pH 調至 8.5，則  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  會沉澱，我們可用過濾法來分離。

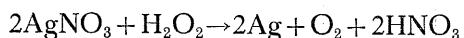


處理方法：

$\text{H}_2\text{O}_2$ kg/ $\text{Cr}^{+6}$ kg	觸媒	pH	反應時間
1/1	不需要	< 1.5 然後 8~9	1~4小時

### (b) 相片業的廢水 (Photo Waste)

沖洗相片的廢水，在排放之前若用  $\text{H}_2\text{O}_2$  來處理，則所回收銀的價值，足可抵銷部分處理費用，當廢液的濃度很高時，則 COD 的去除率達 80% 以上，若濃度很稀時可達 60% 的 COD 去除率。



處理方法：

$\text{H}_2\text{O}_2$ kg/COD	觸媒	pH	反應時間
0.3/1~0.6/1	15 ppm $\text{Fe}^{+2}$	3~5	1小時

### (c) 硫代硫酸根離子

煉油廠、造紙廠、製漿廠都可能含有硫代硫酸根的廢水，許多的處理廠利用  $\text{Cl}_2$ ，但無法很成功地將  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  氧化，但以  $\text{H}_2\text{O}_2$  對  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  却具有選擇性氧化的特性。



若以 Mo, W, Ti, V, Zr, Th, Ta, Nb 等化合物做觸媒，即使在酸性下  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  亦會被氧化成  $\text{SO}_4^{2-}$ 。

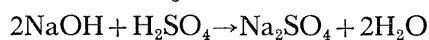
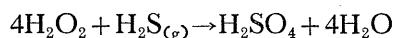
處理方法：

$\text{H}_2\text{O}_2$ kg/ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ kg	觸媒	pH	反應時間
0.2/1~0.3/1	不需	4~7	數分鐘
1.2/1	Mo, W, Ti, V, Zr, Th, Ta, Nb 的化合物 < 1 ppm	4~7	數分鐘
1.2/1	不需要	> 7	數分鐘

## B、廢氣 (Waste gas)

### (一) $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$

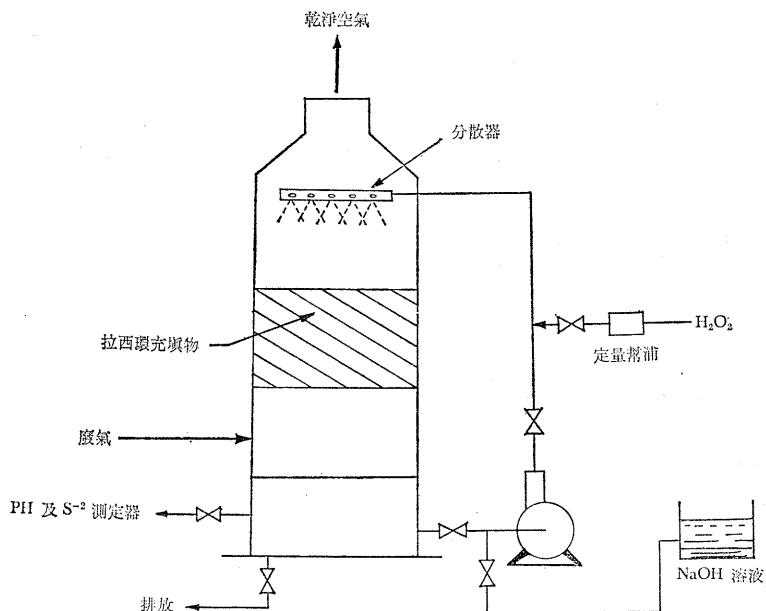
廢氣中的  $\text{H}_2\text{S}$  可以用 0.5%  $\text{H}_2\text{O}_2$  稀溶液，在鹼性的條件下，以沖洗 (Scrubbing) 的方法，可將廢氣中的  $\text{H}_2\text{S}$  洗淨。



處理方法：

$\text{H}_2\text{O}_2$ kg/ $\text{H}_2\text{S}$ kg	$\text{NaOH}$ kg/ $\text{H}_2\text{S}$ kg	觸媒	pH	反應時間
1/1	2.5/1	10~100 ppm $\text{Fe}^{++}$	$\geq 9$	數分鐘

處理裝置：



### (二) $\text{SO}_{2(g)}$

煉鋼廠或其它金屬冶煉廠，及一般工廠的鍋爐如燃燒硫分較高的重油時，排放的廢氣中往往含有相當高濃度的  $\text{SO}_2$ ，可用稀薄之  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液，或 50% 濃  $\text{H}_2\text{SO}_4$  或 0.5%  $\text{H}_2\text{O}_2$  的混合液來沖洗 (Scrubbing)，美國杜邦公司的硫酸工廠即採用後者的方法來處理。

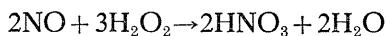
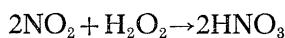


處理方法：

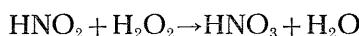
$\text{H}_2\text{O}_2$ kg/ $\text{SO}_2$ kg	觸媒	pH	反應時間
0.5/1	不需要	—	數分鐘

### $\Leftrightarrow \text{NO}_{x(g)}$

硝酸廠、鋼鐵廠酸洗鐵材時，廢氣中都可能有含氮的氧化物 ( $\text{NO}_x$ )，可用 2%  $\text{H}_2\text{O}_2$  來沖洗 (Scrubbing) 以去除之。



由於  $\text{NO}$  的溶解度較小，所以反應較慢，但如與  $\text{NO}_2$  共存時會形成  $\text{N}_2\text{O}_3$ ，溶於水形成  $\text{HNO}_2$ ，然後就可以很快地被  $\text{H}_2\text{O}_2$  氧化成  $\text{HNO}_3$ 。



處理方法：

$\text{H}_2\text{O}_2$ kg/ $\text{NO}_x$ kg	觸媒	pH	反應時間
1.25/1	不需要	<7	數秒～數分鐘

### $\text{H}_2\text{O}_2$ 在都市廢水的應用

都市廢水中最常遇到的問題是  $\text{H}_2\text{S}_{(g)} \uparrow$  所引起的臭味、毒性、腐蝕……等問題，以及二級沉降池中的活性污泥脹浮 (Bulking)，我們可以利用  $\text{H}_2\text{O}_2$  強氧化力的特性來解決  $\text{H}_2\text{S}$  所引起的問題，利用  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解後放出  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的特性來供應微生物在曝氣池中所需要的溶氧 (D.O.)，以解決污泥脹浮的問題。

#### (-) $\text{H}_2\text{S}$

##### 1. 臭味 (Odor)

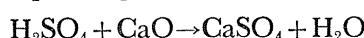
廢水中  $\text{H}_2\text{S}$  的濃度，祇要在 0.13 ppm 左右，便有一股很難聞的蛋腐臭味。

##### 2. 毒性 (Toxicity)

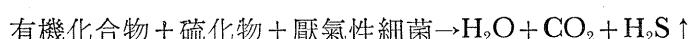
根據試驗，人若在空氣中含 150~200 ppm  $\text{H}_2\text{S}$  的環境下工作 15 分鐘，鼻子、喉嚨、眼睛便會受到傷害，若在 250~350 ppm  $\text{H}_2\text{S}$  的環境下工作一小時，便會令人呼吸困難、暈眩，若繼續停留四小時以上，則會腦溢血死亡，因為  $\text{H}_2\text{S}$  為一劇毒性的氣體，所以美國勞工協會，規定雇主在一天工作八小時的環境中，其空氣含  $\text{H}_2\text{S}$  的濃度不得超過 20 ppm。

##### 3. 腐蝕性 (Corrosion)

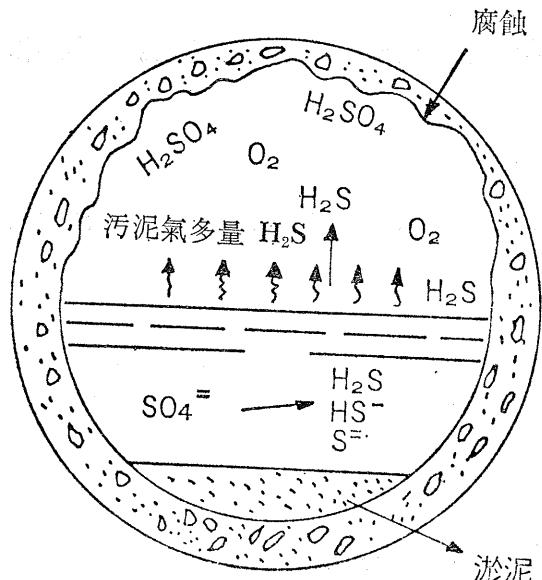
當  $\text{H}_2\text{S}$  在下水道內與空氣中的氧反應形成  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，而  $\text{H}_2\text{SO}_4$  會將混凝土的表面腐蝕。



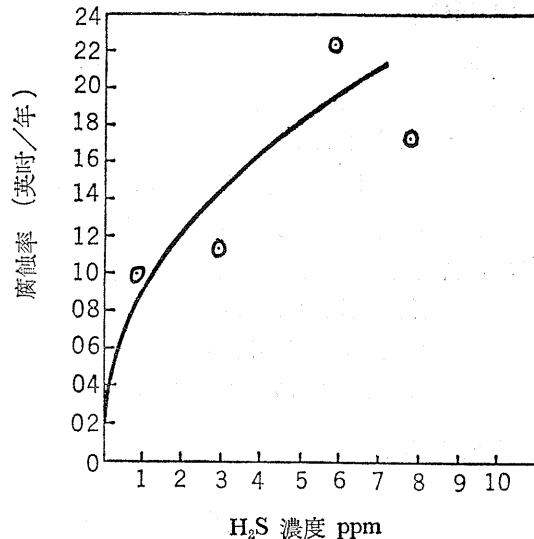
### $\text{H}_2\text{S}$ 的產生：



所產生的  $\text{H}_2\text{S}$  不會立刻完全放出而會溶在廢水中，當遇到湍流時這種惡臭性的氣體才會放出。



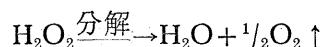
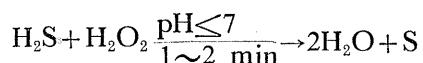
圖二 混凝土排水管橫切面腐蝕的情形



圖三 H<sub>2</sub>S 的濃度對混凝土排水管的腐蝕率

處理的方法：

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 可以將 H<sub>2</sub>S 完全氧化成無毒性的硫或硫酸根，其反應速率很快，在酸性或中性的條件下，1 kg H<sub>2</sub>S 約需 1.5 kg 100% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 來處理，若 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 添加過量，則 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 分解所放出的氧，可補充水中的溶氧，抑制腐臭物質的形成。



H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的加入點應視水流的狀況而定，若水流很急則在臭味源的上端 3m 處添加即可，若水流很平穩則須在臭味源的上端 150~300 m 處添加。

添加量的計算：

$$35\% \text{ H}_2\text{O}_2 \text{ kg/天} = \text{廢水量 } (\ell/\text{day}) \times \text{H}_2\text{S 濃度 } (\text{mg}/\ell) \times \frac{1}{10^6} \times \frac{1.5 \text{ kg H}_2\text{O}_2}{1 \text{ kg H}_2\text{S}} \times \frac{100}{35}$$

#### H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 需要量的簡易換算表

Total Dissolved Sulfide (mg/L)	50% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> kg/天														
10	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	240	300	360
9	14	27	41	54	68	81	95	110	135	165	220	270	325	380	435
8	12	24	36	48	60	72	84	96	120	145	195	240	290	340	385

7	11	21	32	42	53	63	74	84	105	130	170	210	255	295	340
6	9	18	27	36	45	54	63	72	90	110	145	180	220	255	290
5	8	15	23	30	38	45	53	60	75	90	120	150	180	210	240
4	6	12	18	24	30	36	42	48	60	72	96	120	145	170	195
3	5	9	14	18	23	27	32	36	45	54	72	90	110	130	145
2	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	48	60	72	84	96
1	2	3	5	6	8	9	11	12	15	18	24	30	36	42	48
(m <sup>3</sup> /天)廢水量	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	5,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000

Total Dissolved Sulfides (mg/L)	35% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> kg/天														
10	21	43	64	86	110	130	150	175	215	260	345	430	515	600	685
9	19	39	58	77	96	120	135	155	195	235	310	385	465	540	620
8	17	34	51	69	86	105	120	140	175	210	275	345	415	480	550
7	15	30	45	60	75	90	105	120	150	180	240	300	360	420	480
6	13	26	38	51	64	77	90	105	130	155	210	260	310	360	410
5	11	21	32	43	54	64	75	86	110	130	175	215	260	300	345
4	9	17	26	34	43	51	60	69	86	105	140	175	210	240	275
3	7	13	19	26	32	39	45	51	64	77	105	130	155	180	210
2	5	9	13	17	21	26	30	34	43	51	99	86	105	120	140
1	3	5	7	9	11	13	15	17	21	26	34	43	51	60	69
(m <sup>3</sup> /天)廢水量	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	5,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000

註：以上所計算的數值，係僅針對 H<sub>2</sub>S 來處理，實際上廢水中往往含有許多能與 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 反應的其它污染物，所以在現場操作時，H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的注入量必須依分析的數據再略為調整。

### H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和其它化學品使用量的比較

基準：以處理 1 kg H<sub>2</sub>S 所需要的100%藥品量

藥品名	理論需要量 (kg)	實際需要量 (kg)
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.0	1.5
KMnO <sub>4</sub>	9.2	4.0
O <sub>3</sub>	4.3	6.0
Gel <sub>2</sub>	8.7	12.0
NaOCℓ	8.7	12.0
NaNO <sub>3</sub>	—	18.0
ZnSO <sub>4</sub>	—	22.5

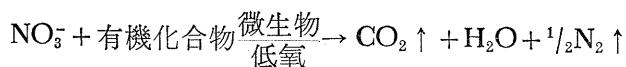
由上表可知處理 1 kg H<sub>2</sub>S 僅需 100%H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1.5 kg，而若用 KMnO<sub>4</sub> 處理則需 4 kg，比較之下使用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 來處理較為經濟。

## (二) 溶氧不足所引起的問題

以活性污泥法處理廢水時，若是溶氧太低，會造成 BOD 的去除效果差，以及造成污泥在澄清池 (Clarifier) 脹浮而有不沉降的現象，因此為使廢水處理達到理想的操作，必須穩定控制水中的溶氧。

脹浮的種類：

(a) Denitrification Bulking——廢水中的  $\text{NO}_3^-$  在溶氧很缺乏的情況下，分解出  $\text{N}_{2(\text{g})} \uparrow$  的小氣泡，使污泥膨脹上浮而不沉降。所以沉降池中若有很多小氣泡，致使污泥脹浮，可能屬於此類的脹浮。



(b) Conventional Bulking——由於廢水曝氣不完全，廢水中的有機物含量過高，BOD 超負荷，或者 pH、溫度等因素所引起，這是屬於絲狀菌脹浮 (Filamentous Bulking)，若在脹浮的污泥中發現 *Sphaerotilus*, *Natans* 這類細菌，即表示屬於此類的脹浮。

(c) Sulfide Bulking——這是因為廢水中  $\text{H}_2\text{S}$  的濃度太高所引起，亦屬於絲狀菌脹浮 (Filamentous Bulking)，在脹浮的污泥中若發現 *Thiothrix* 或 *Beggiaota* 這類細菌，即屬於此類脹浮。

以上三種脹浮都是由於溶氧不足所引起，都可用  $\text{H}_2\text{O}_2$  來供應活性污泥所需要的溶氧，以解決這三種脹浮。

利用  $\text{H}_2\text{O}_2$  做為溶氧來源的優點：

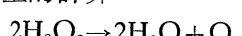
(a) 在不增加設備的情況下，可以很輕易地解決 BOD 突增 (Shockload) 的問題。

(b) 質量傳遞 (Mass Transfer) 速度較快，因曝氣法係將氣體 (空氣、氧氣、臭氣) 溶入液體水中，因氣一液之間有不同的界面 (Interface)，所以傳遞速度慢。

(c)  $\text{H}_2\text{O}_2$  所供應的溶氧其使用效率較曝氣法高。

(d) 設備簡單，操作容易，僅須一臺定量幫浦 (Pump) 直接注入即可。

$\text{H}_2\text{O}_2$  投入量的計算：



$$2 \times 34 \quad \quad \quad 32$$

$$\frac{\text{O}_2}{2\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{32}{2 \times 34} = \frac{0.47 \text{ kg D.O.}}{\text{kg H}_2\text{O}_2(100\%)}$$

$$\therefore 35\% \text{ H}_2\text{O}_2 \text{ kg/天} = \text{廢水量 } (\ell/\text{天}) \times \text{D.O. } (\text{mg}/\ell) \times \frac{1}{10^6}$$

$$\times \frac{\text{kg H}_2\text{O}_2}{0.47 \text{ kg D.O.}} \times \frac{100}{35}$$

脹浮的處理方法：

首先須瞭解曝氣池內的總污泥量，污泥量的計算如下式：

$$S = (Q + R) \times (C_M) \times K \times T$$

S : : 曝氣池內的總污泥量 kg

Q : 廢水流入量 (MGD)

R : 回流量 (MGD)

T : 廢水在曝氣池的停留時間 (天數)

C<sub>M</sub> : 汚泥濃度 MLSS mg/L

K : 轉換係數 3.78 kg/gal

1. 每 kg 污泥至少必須添加 0.2 kg 100% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 即 0.2 kg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/kg 污泥。

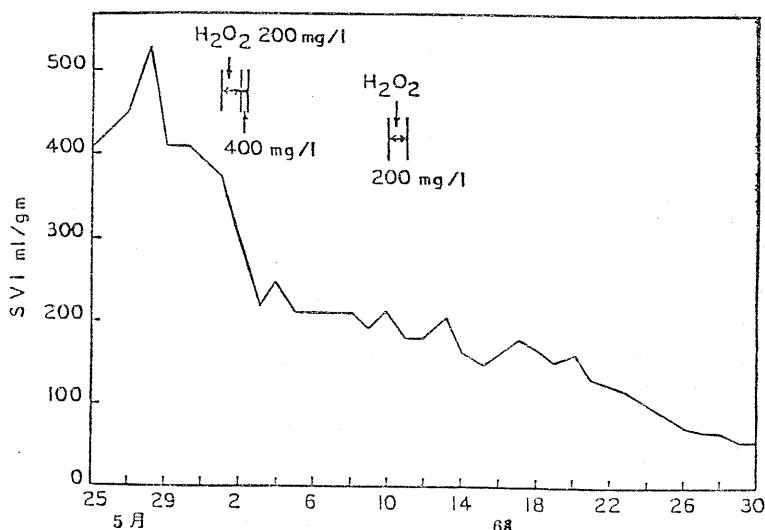
2. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的注入時間至少必須 3 倍於廢水在曝氣池的停留時間。

3. 每 kg 污泥每小時至少必須添加 0.002 kg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (100%), 即 0.002 kg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/hr/kg 污泥。

4. 以 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 處理時, 污泥每天必須維持 10% 的排放量。

5. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 添加的地方, 必須能和污泥液充分混合的地方, 如污泥的回流幫浦 (Sludge pump) 或曝氣池的入口, 有一點必須特別注意即所注入的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 必須在曝氣池內完全分解, 否則未分解的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 流至沉降池再分解時, 則所生成的氧氣小氣泡會使污泥浮於水面。

污泥脹浮的處理實例：



圖四 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 處理後 SVI 的變化情形

SVI (Sludge Volume Index) 處理後的變化情形通常被用來作為判斷沉降池的污泥是否脹浮的標準, 由圖四中我們可以看出以 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 處理後其 SVI 值遽降, 而 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的添加係根據 SVI 的變化而做間歇式的添加, 並調整其加入量。

### 三、結論

國內由於工業進步很快, 環境污染問題日趨嚴重, 但一般之廢水廢氣處理設備成本昂貴, 且亦造成二次污染, 如用過氧化氫於污染防治, 則設備簡單, 安全性高, 無二次污染。