

社區污水應用 接觸曝氣法套裝 設備之設計與操作

吳美惠 · 林冠嘉 · 楊萬發

接觸曝氣法係將廢水中BOD以生物處理的一種方法，具有操作簡易、處理成效穩定、污泥產生量少等優點，同時該法適合廢水量小及進流量有些許變化之狀況，對於缺乏專職操作人員的小型工廠及社區而言，是可選擇的處理方法之一。經濟部工業局工業污染防治技術服務團針對小型工廠於廢水處理上所面臨之困難，曾規劃設計佔地面積小、建造安裝便利、操作簡易之廢水生物處理單元套裝設備設計圖—接觸曝氣處理系統，該設計圖可應用於各類小水量BOD處理參考。設計圖共計規劃有 4m^3 、 6m^3 、 12m^3 、 15m^3 、 20m^3 、 23m^3 等6組不同處理容量的套裝處理設備標準圖。手冊中設計原廢水水質訂為：

$$\begin{array}{ll} \text{BOD}_5 \leq 250 \text{ mg/L} & \text{油脂} \leq 20 \text{ mg/L} \\ \text{SS} \leq 200 \text{ mg/L} & \text{pH} = 6.5 \sim 7.5 \end{array}$$

實際應用時，須掌握廢水量、水質、排出污染強度，以校核各組套裝設備處理功能，據以選用。若實際水質狀況未能符合此一設計水質設定範圍，則須進一步校核處理功能，必要時須使用前處理設備，例如調整pH值、以除油槽降低廢水中油脂濃度、以混凝沉澱設施去除懸浮固體物和部分有機污染物成分。標準圖中包含各處理單元細部設計圖，使用者可直接委請設備製造工廠施工製作，於廠內組立按裝後，即可進水試車及操作運轉。由於社區污水本質上也屬有機性質，較工廠廢水更為穩定易於處理，故前述手冊之套裝設備也可供作社區污水處理之選用。



前言

生物處理法主要去除機制是以培養微生物分解廢水中有機物，以降低BOD污染量。而各種生物處理法中，考慮操作難易度、處理成效、污泥產生量等因素，以接觸曝氣法最適合使用於有機性小水量處理，故中技社污防中心於其服務團計畫中規劃設計一系列不同容量之接觸曝氣套裝設備，繪製標準圖，編製成廢水生物處理單元套裝設備設計手冊—接觸曝氣處理系統，應用者可視本身廢水特性依處理水量查出所需生物處理單元的尺寸大小、細部設計內容，即可瞭解整體處理設施所需的設備型式、容量、土地面積等資料。原則上廢水量在100CMD以下、廢水性質適合使用好氧性生物處理者均可應用本套裝設施標準圖。

套裝處理設備設計準則

(一)設計總則

本套裝設施標準圖所述及之有機廢水套裝處理設備，原係針對一般小型工廠製程中產生之有機性廢水處理而設計，尤其適用於小型食品製造業工廠。規劃中係以接觸曝氣系統之生物處理單元為設計內容，因接觸曝氣系統與活性污泥系統比較而言，具有操作簡易、生物膜馴養形成後處理成效穩定、污泥產生量少等優點，雖然設置成本較活性污泥系統高，但對於廢水量小且缺乏專職操作人員的小型社區而言，是較適合的選擇。應用時應注意槽體容積負荷及接觸材表面積負荷大小，選擇適合處理容量的套裝處理設備。

(二)設計條件

1.設計處理量及型號分類

套裝處理設備係按照處理量大小設計一系

列的設備，以提供使用者選擇，本標準圖之有機廢水套裝處理設備，處理水量分別設定為 4m^3 、 6m^3 、 12m^3 、 15m^3 、 20m^3 、 23m^3 等6組不同處理量的套裝處理設備。可視廢水量選擇所需設備型號。

2.設計原廢水水質

為使設計標準圖內容更為簡潔實用，設計原廢水水質訂為

$$\text{BOD} \leq 250 \text{ mg/L} \quad \text{油脂} \leq 20 \text{ mg/L}$$

$$\text{SS} \leq 200 \text{ mg/L} \quad \text{pH} = 6.5 \sim 7.5$$

本標準圖中之套裝處理設備主要功能在分解去除有機污染物成分。實際應用時，若水質狀況未能符合此一水質設定範圍，則須使用前處理設備，例如調整pH值、以除油槽降低廢水中油脂濃度、以混凝沉澱設施去除廢水中懸浮固體物和部分有機污染物成分。此外，調勻池亦是必備的前處理設備，以期能維持穩定的進流水質、水量。

3.預期處理水水質

以設計條件之水質、水量進流至套裝處理設備處理後，預期處理水水質有機污染物濃度及懸浮固體物濃度可符合87年放流水管制標準（如表1所示）。但若社區污水量 $< 50 \text{ CMD}$ ，則其放流水水質標準較寬，BOD及SS在80 mg/L以下即可。

(三)設計準則

套裝處理設備各單元槽體設備之功能用途及設計準則分別說明如下：

表1 處理水水質

水質項目	87年標準
pH	6.0~9.0
生化需氧量(mg/L)	30
化學需氧量(mg/L)	100
懸浮固體(mg/L)	30



1. 第一接觸曝氣槽 (編號: T-1)

- 用途: 本槽主要作用為培養蓄積微生物, 以提供分解廢水中有機污染物之功能, 於槽內設置接觸材, 提供好氧性生物附著生長, 以形成生物膜, 另設置曝氣設備由鼓風機供給空氣, 同時利用曝氣管閥門控制送風量, 進流空氣經散氣管散布細小氣泡, 以曝氣攪拌槽中廢水, 並提供好氧微生物分解有機物所需之溶氧。並設置反沖洗設備, 定期以高風量的曝氣沖擊增殖過厚之生物膜, 以避免接觸材阻塞。
- 設計要點: 水力停留時間16小時以上 (若為兩段式槽體, 則指二者合計之水力停留時間), 槽中溶氧須維持在1.5 mg/L以上。接觸材填充率50~60%, 接觸材表面積負荷 $\leq 12\text{g BOD/m}^2\cdot\text{day}$ 。槽中設置隔板, 以及槽底坡度, 以利循環水流形成。
- 型式: 不銹鋼矩形槽體、接觸材支撐架、隔板、操作平台及樓梯、曝氣、反沖洗空氣管線及閥門。

2. 第二接觸曝氣槽 (編號: T-2)

- 用途: 同第一接觸曝氣槽, 作為微生物分解廢水中有機污染物的第二段反應槽, 其作用在於可培養不同族群菌相歧異度高之微生物, 將廢水中部分難分解有機物更徹底分解, 提高處理效率, 或者作為穩定處理功能之用。
- 設計要點: 水力停留時間 (包括第一接觸曝氣槽) 16小時以上, 第二段接觸曝氣槽容積約佔全部容積1/3以下。槽中溶氧須維持在1.5 mg/L以上。接觸材填充率50~60%, 接觸材表面積負荷 $\leq 12\text{g BOD/m}^2\cdot\text{day}$, 設計曝氣量 $1.6\text{ m}^3\text{空氣}/\text{m}^3\text{槽體}\cdot\text{小時}$ 。槽中設置隔板, 以及槽底坡度, 以利循環水流形成。
- 型式: 不銹鋼矩形槽體、接觸材支撐架、

隔板、操作平台及樓梯、曝氣、反沖洗空氣管線及閥門

3. 接觸曝氣槽接觸材 (編號: F1/F2)

- 用途: 提供微生物生長附著形成生物膜, 生物膜與廢水接觸吸附分解廢水中有機污染物。
- 設計要點: 比表面積 $\leq 90\text{ m}^2/\text{m}^3$ 。
- 型式: PVC、PP、PE或其他質輕不易腐蝕之材質。
- 附件: 接觸材固定架、反沖洗設備。

4. 接觸曝氣槽鼓風機 (編號: B)

- 用途: 提供接觸曝氣槽所需溶氧空氣來源以及帶動水流循環, 使廢水與接觸材均勻接觸之用。
- 設計要點: 依據設計處理有機負荷量計算所需溶氧量及循環水流所需風量, 換算為所需鼓風量, 再根據設計所需出口壓力、鼓風量選擇適量動力之鼓風機。
- 型式: 魯氏鼓風機。
- 附件: 出入口消音器、底座、安全閥、逆止閥、壓力計等。

5. 接觸曝氣槽散氣管 (編號: D)

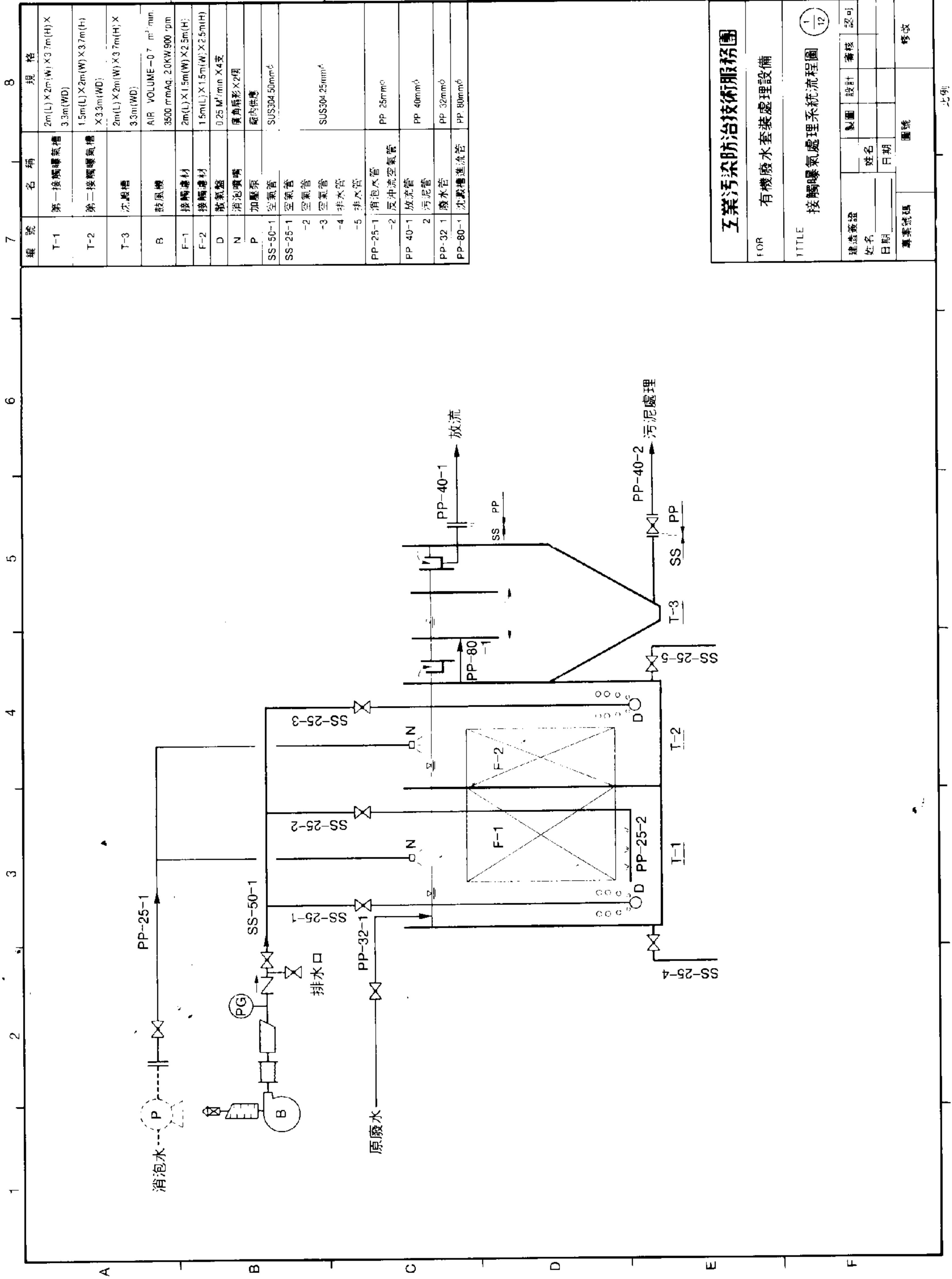
- 用途: 將鼓風機供給之空氣量分散為細小氣泡, 提高溶氧效率。
- 設計要點: 溶氧效率7~10%。
- 型式: 自閉式不阻塞型細氣泡散氣管。

6. 消泡系統 (編號: N)

- 用途: 以消泡噴嘴灑水將接觸曝氣槽液面形成之泡沫擊破。
- 設計要點: 噴角 $\geq 120^\circ$, 水量 $\leq 12\text{L}/\text{分鐘}$
- 型式: 廣角扇形消泡噴嘴。

7. 沉澱槽 (編號: T-3)

- 用途: 將接觸曝氣槽出流水中之懸浮微生物膠羽及其他固體物沉澱去除。
- 設計要點: 表面積負荷 $\leq 10\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$



工業污染防治技術服務團				
FOR	有機廢水套裝處理設備			
TITLE	接觸曝氣處理系統流程圖			
建造簽證	製圖	設計	審核	認可
姓名	姓名	姓名	姓名	姓名
日期	日期	日期	日期	日期
專業號碼	圖號		修改	

圖 1

比例

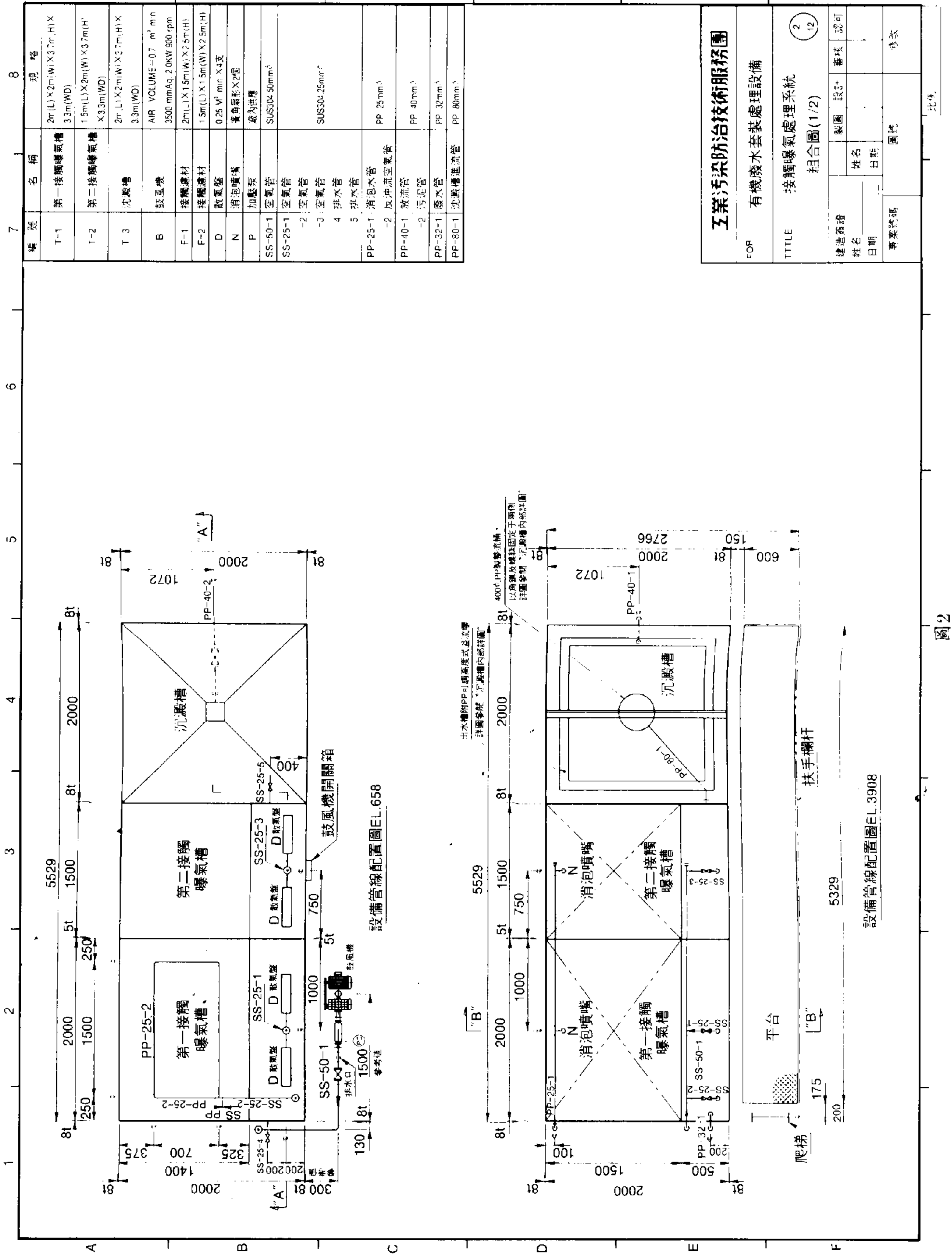


圖 2

7

8

6

5

4

3

2

1

編號	名稱	規格
T-1	第一接觸曝氣槽	2m(L) X 2m(W) X 3.7m(H) X 3.3m(WD)
T-2	第二接觸曝氣槽	1.5m(L) X 2m(W) X 3.7m(H) X 3.3m(WD)
T-3	沉澱槽	2m(L) X 2m(W) X 3.7m(H) X 3.3m(WD)
B	鼓風機	AIR VOLUME=0.7 m ³ /min 3500 mmAq 2.0KW 900 rpm
F-1	接觸曝氣槽	2m(L) X 1.5m(W) X 2.5m(H)
F-2	接觸曝氣槽	1.5m(L) X 1.5m(W) X 2.5m(H)
D	散氣器	0.25 V ³ /min X 4支
N	消泡噴嘴	寬角射擊 X 2支
P	加壓泵	蘇州世德
SS-50-1	空氣管	SUS304 50mm ³
SS-25-1	空氣管	
-2	空氣管	
-3	空氣管	
4	排水管	
5	排水管	
PP-25-1	消泡水管	PP 25mm ³
-2	及伸縮空氣管	
PP-40-1	放流管	PP 40mm ³
-2	污泥管	
PP-32-1	廢水管	PP 32mm ³
PP-80-1	沉澱槽進流管	PP 80mm ³

工業污染防治技術服務團

FOR 有機廢水套裝處理設備

TITLE 接觸曝氣處理系統

組合圖 (1/2)

建造簽證	製圖	設計	審核	認可
姓名	姓名	姓名	姓名	姓名
日期	日期	日期	日期	日期
專案號碼	圖號	修改	修改	修改

比例

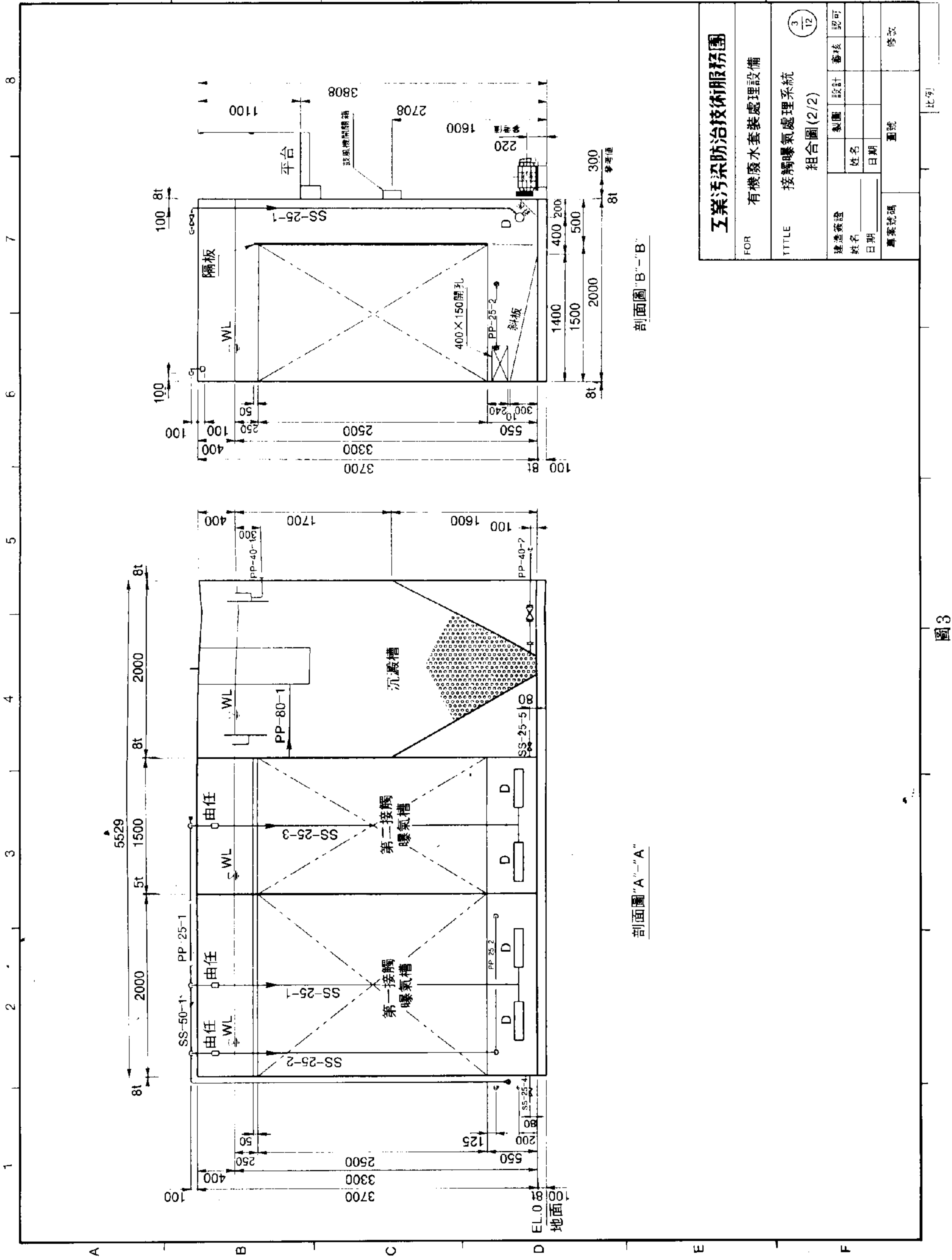


圖 3



表 2 23m³型槽體設備規格表

編號	槽體名稱	有效容 (面) 積	材質	尺寸
T-1	第一接觸曝氣體	13.2m ³	SUS304	2mL×2mW×3.7mH×3.3mWD
T-2	第二接觸曝氣體	9.9m ³	SUS304	1.5mL×2mW×3.7mH×3.3mWD
T-3	沉澱槽	V=8.78m ³ A=4m ²	SUS304	2mL×2mW×3.7mH×3.3mWD

表 3 23m³型機械設備規格表

編號	槽體名稱	數量	材質／型式	尺寸／規格
B	鼓風機	1	魯氏鼓風機	0.7m ³ /min×2kW×3500mmAq
F1/F2	接觸材	2	PP／波浪型	F1/2mL×1.5mW×2.5mH F2/1.5mL×1.5mW×2.5mH 比表面積80m ² /m ³
D	散氣管	4	自閉式細氣泡型	散氣量0.25m ³ /分·支
N	消泡噴嘴	2	PP／廣角扇型	噴嘴噴角≥120°，水量≤12L／分鐘

；堰負荷≤50 m³/m²·day，污泥斗斜度
>60°

- 型式：不銹鋼四角錐體槽體、進流分水整
流筒、三角型溢流堰、出水隔板及出水渠。

(四)套裝處理設備介紹-23m³型

1.廢水處理流程

23m³型有機廢水套裝處理設備設計處理
量為16kg BOD/day，處理流程圖表示如圖1
，為兩段式接觸曝氣系統，各槽體及設備編號
均標記於圖上。

2.設備佈置

23m³型套裝處理設備組合圖繪製如圖2、
圖3，接觸曝氣槽與沉澱槽為兩相連的槽體，
並於槽體邊上設置一操作平台，供操作人員觀
察、調整及取樣之用，平台下方設置鼓風機，
控制盤設置於槽壁上，沉澱槽污泥經重力沉降
後由底部排出，可視實際運用時不同狀況以重
力方式或以污泥泵將污泥排至污泥曬乾床或脫
水機單元進行後續處理、處置工作。

3.槽體設備規格

23m³型套裝處理設備槽體設備規格如表2。

4.機械設備規格

23m³型套裝處理設備其他設備規格如表3。

5.細部設計圖說

圖4～圖6為槽體詳圖，說明槽體結構、尺
寸和施工方式，圖7則是說明沉澱槽內部構造
詳圖，包括溢流堰尺寸、安裝結構及整流桶構
造、進流管線等。圖8為接觸濾材支撐圖，圖9
及圖10是為樓梯平台圖，圖11及圖12則為管線
及支撐圖。

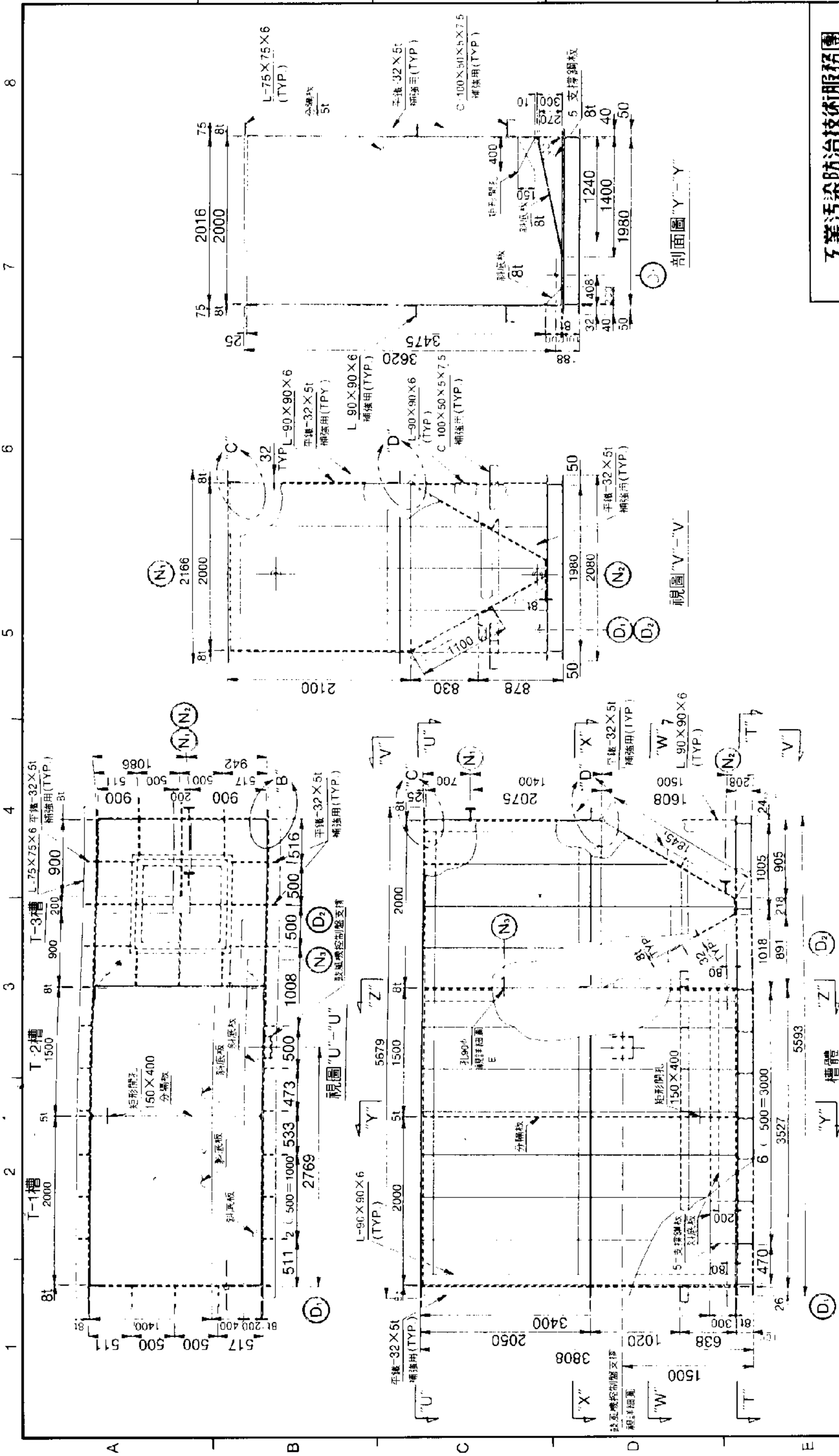
社區污水應用程序

(一)生活污水水量及水質

Q：50 m³/day
BODi：220 mg/L
SSi：200 mg/L

(二)處理水水質（流量小於50m³
/day時之87年標準）

BODe≤80 mg/L



工業污染防治技術服務團

FOR 有機廢水套裝處理設備

TITLE 接觸曝氣處理系統

T-1/T-2/T-3槽體詳圖(1/3)

2/12

建造簽證
姓名
日期

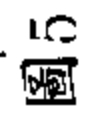
圖號
姓名
日期

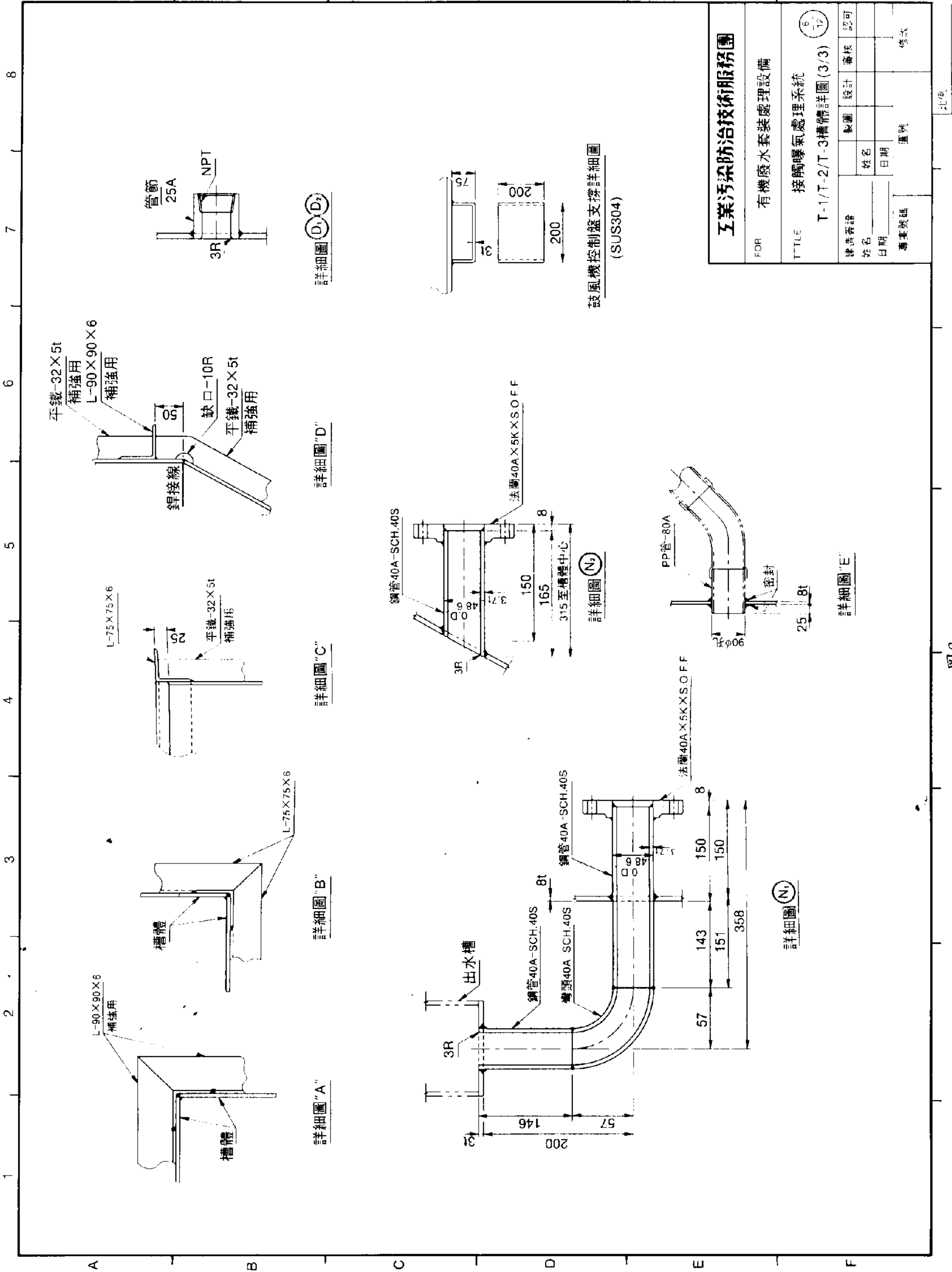
圖說
圖號
修改

- 註 解
1. 所有材料均應採用優質材料，但另有規定者除外。
 2. 噴嘴高度應在設備之最大流量時，能達到最高之噴霧效果。
 3. 所有尺寸均以公釐(MM)為單位，但另有規定者除外。
 4. 噴嘴之噴霧角度應在15°至25°RMS之間，且應有規定之噴霧範圍。
 5. 垂直與水平噴嘴間距，應以槽體之長度為準，每50MM調整50mm長。

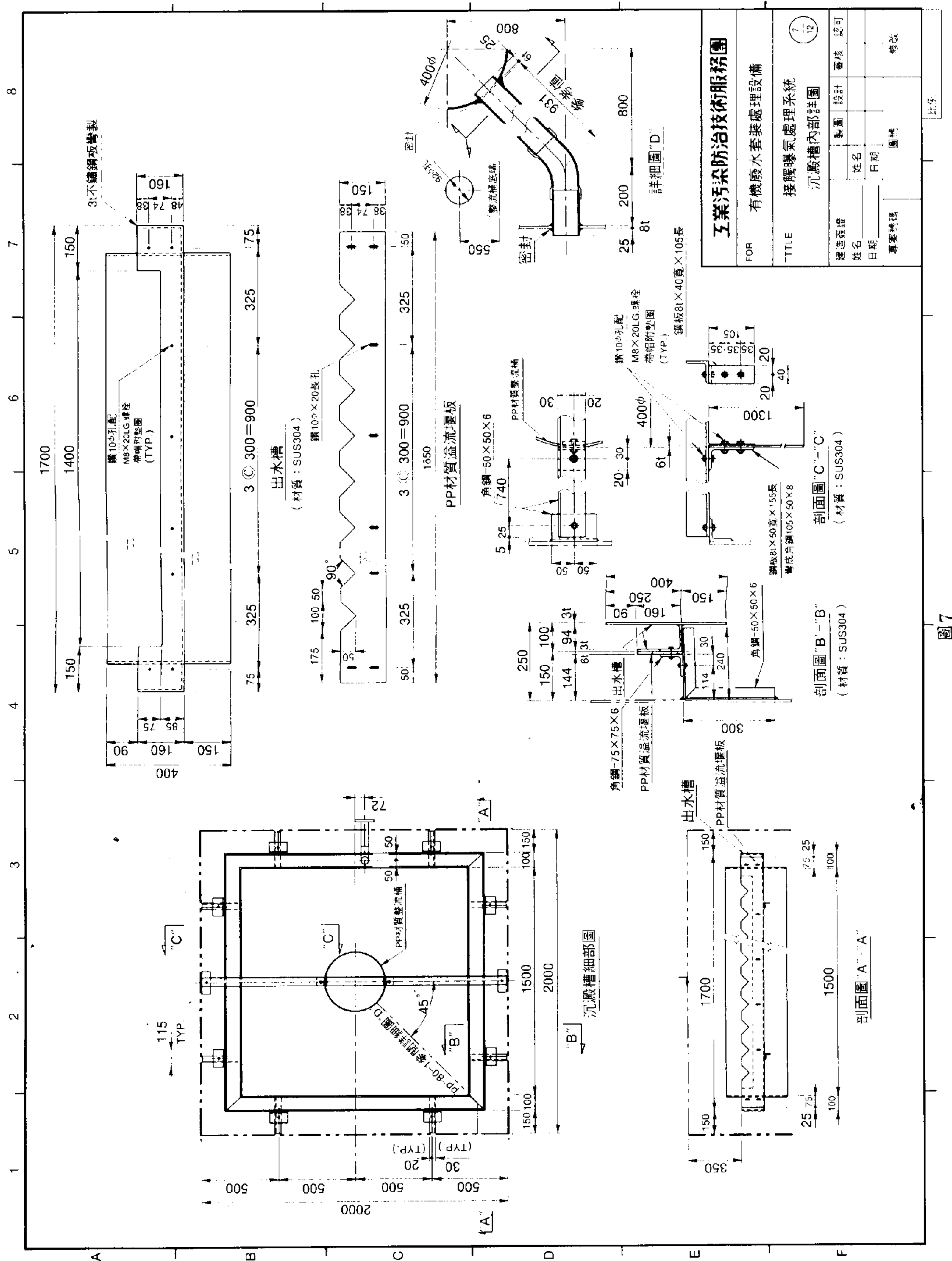
噴嘴明細表		材料規格	
編號	數量	尺寸	用途
D2	1	25A	第一接觸曝氣槽排氣孔
D1	1	25A	第二接觸曝氣槽排氣孔
N3	1	40A	第一接觸曝氣槽至第二接觸曝氣槽之出口
N2	1	40A	第二接觸曝氣槽至第三接觸曝氣槽之出口
N1	1	40A	第三接觸曝氣槽至第四接觸曝氣槽之出口
編號	數量	尺寸	用途
D2	1	25A	第一接觸曝氣槽排氣孔
D1	1	25A	第二接觸曝氣槽排氣孔
N3	1	40A	第一接觸曝氣槽至第二接觸曝氣槽之出口
N2	1	40A	第二接觸曝氣槽至第三接觸曝氣槽之出口
N1	1	40A	第三接觸曝氣槽至第四接觸曝氣槽之出口
編號	數量	尺寸	用途
D2	1	25A	第一接觸曝氣槽排氣孔
D1	1	25A	第二接觸曝氣槽排氣孔
N3	1	40A	第一接觸曝氣槽至第二接觸曝氣槽之出口
N2	1	40A	第二接觸曝氣槽至第三接觸曝氣槽之出口
N1	1	40A	第三接觸曝氣槽至第四接觸曝氣槽之出口

圖 4

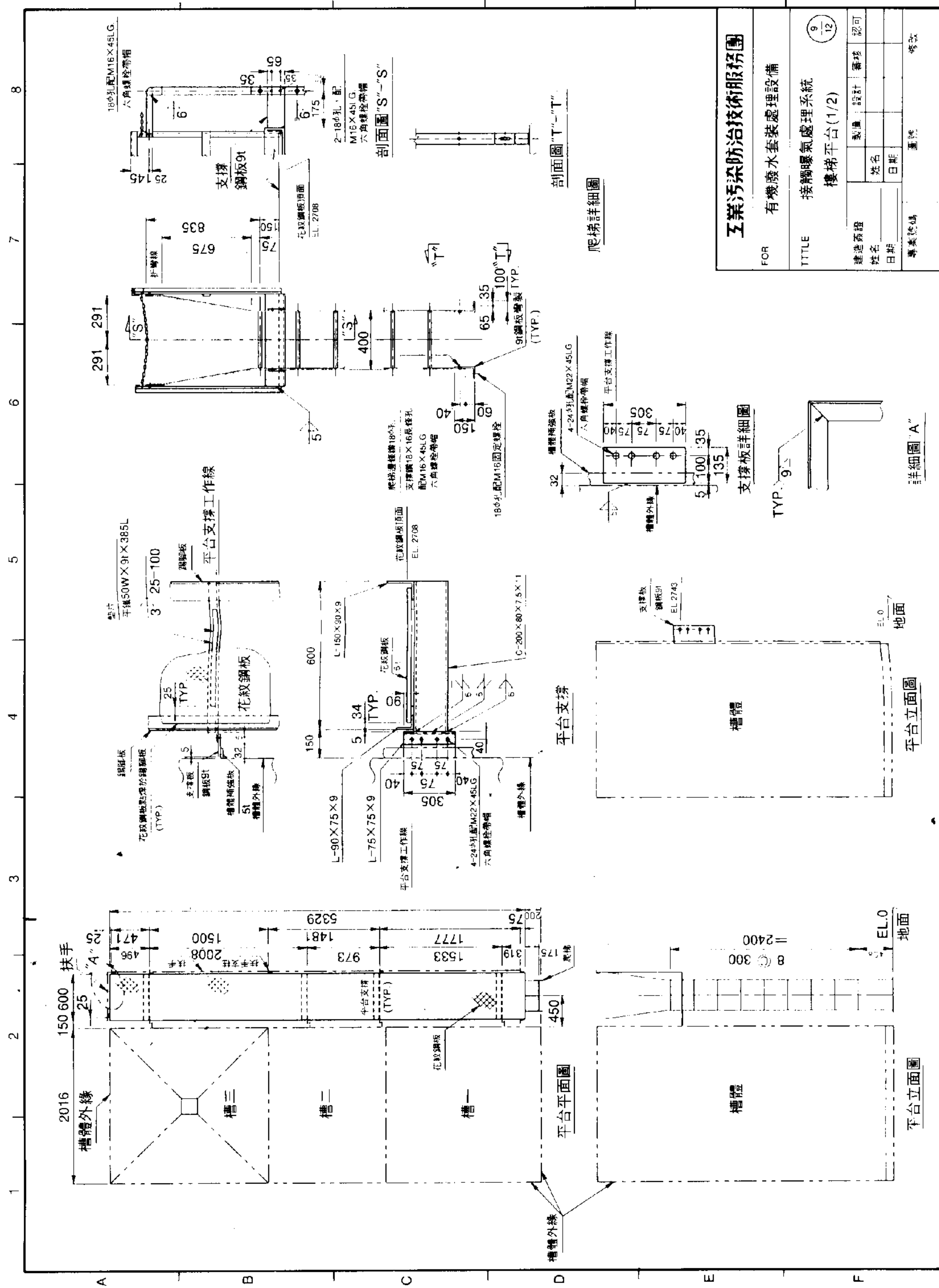


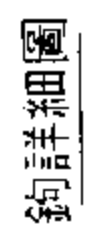


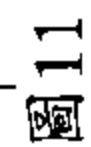
工業污染防治技術服務團					
FOR 有機廢水套裝處理設備					
TITLE 接觸曝氣處理系統					
T-1/T-2/T-3 槽體詳圖 (3/3)					
建議簽證	姓名	日期	圖號	審核	認可
姓名	日期	圖號	審核	認可	修改
專案號碼	比例				

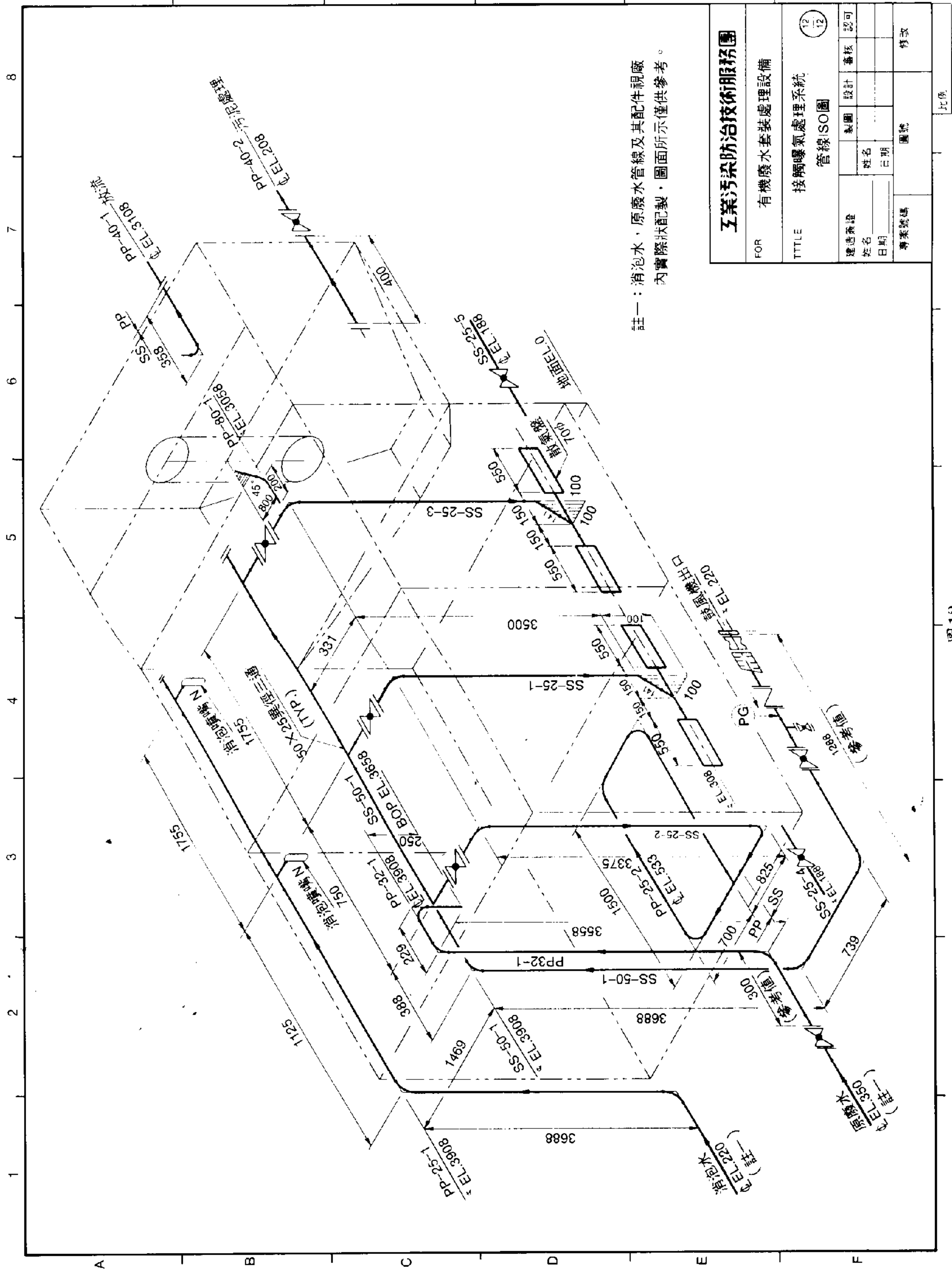






-10





註一：消泡水，原廢水管線及其配件視廠內實際狀配製，圖面所示僅供參考。

工業污染防治技術服務團									
FOR		有機廢水套裝處理設備							
TITLE		接觸曝氣處理系統 管線ISO圖							
建造簽證	姓名	日期	製圖	設計	審核	認可	修改		
	姓名	日期							
	日期								
專案號碼		圖號		比例					

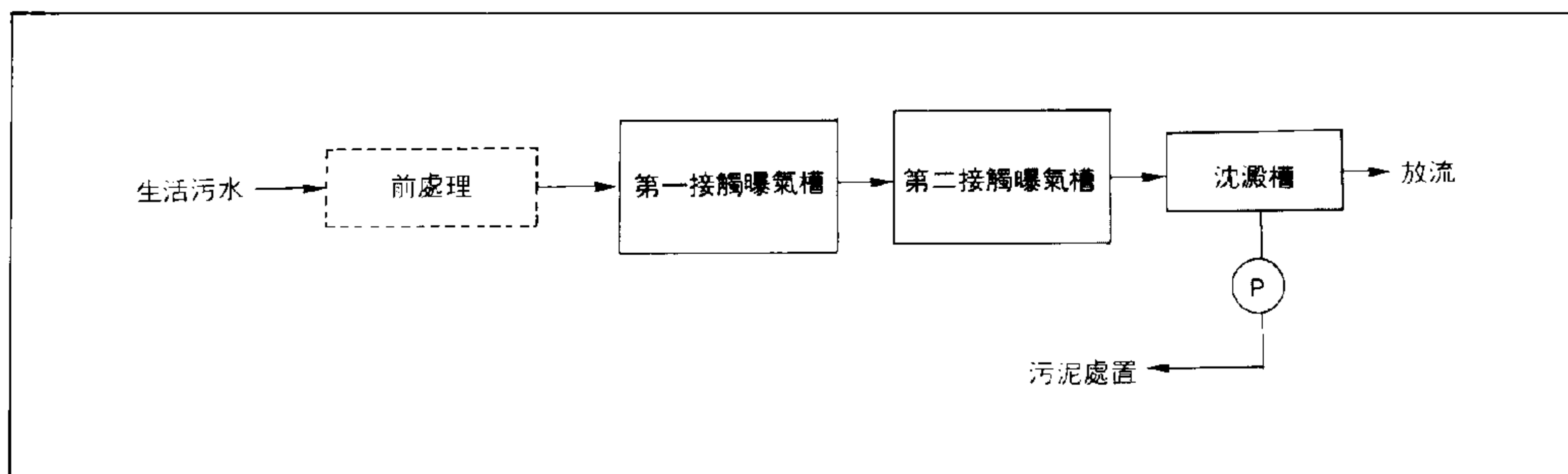


圖13 處理流程

$$SS_e \leq 80 \text{ mg/L}$$

(三)處理流程圖(如圖13所示)

(四)設計應用準則

1. 前處理

2. 接觸曝氣槽BOD容積負荷 (L_v) $\leq 0.7 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{day}$

3. 第一接觸曝氣槽BOD面積負荷 (L_{A1}) $\leq 20 \text{ g BOD/m}^2 \cdot \text{day}$

4. 第一接觸曝氣槽BOD去除率為60%

5. 第二接觸曝氣槽BOD面積負荷 (L_{A2}) $\leq 12 \text{ g BOD/m}^2 \cdot \text{day}$

6. 沉澱槽表面積負荷 $\leq 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$

堰負荷 $\leq 50 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{day}$

停留時間 $\geq 3 \text{ hr}$

(五)處理功能校核計算

依據套裝處理設計內容，用 23 m^3 設施，校核各項功能參數，其設備規格為

第一接觸曝氣槽容積 $V_1 = 13.2 \text{ m}^3$

第一接觸曝氣槽接觸材料 $v_1 = 7.5 \text{ m}^3$

第二接觸曝氣槽容積 $V_2 = 9.9 \text{ m}^3$

第二接觸曝氣槽接觸材料 $v_2 = 5.625 \text{ m}^3$

接觸材表面積 $S = 80 \text{ m}^2/\text{m}^3$

$$\text{沉澱槽容積} = 8.78 \text{ m}^3$$

$$\text{沉澱槽表面積} = 4 \text{ m}^2$$

$$\text{沉澱槽堰長度} = 6 \text{ m}$$

1. 校核接觸曝氣槽BOD容積負荷 L_v

$$\begin{aligned} L_v &= \frac{Q \times \text{BOD}_i}{V_1 + V_2} \dots\dots\dots (1) \\ &= \frac{50 \text{ m}^3/\text{day} \times 220 \text{ mg/L}}{13.2 \text{ m}^3 + 9.9 \text{ m}^3} \\ &= 0.48 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{day} \end{aligned}$$

2. 校核第一及第二接觸曝氣槽BOD面積負荷 L_{A1} , L_{A2}

$$\begin{aligned} L_{A1} &= \frac{Q \times \text{BOD}_i}{v_1 \times S} \dots\dots\dots (2) \\ &= \frac{50 \text{ m}^3/\text{day} \times 220 \text{ mg/L}}{7.5 \text{ m}^3 \times 80 \text{ m}^2/\text{m}^3} \\ &= 18.3 \text{ g BOD/m}^2 \cdot \text{day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{A2} &= \frac{Q \times \text{BOD}_i \times 40\%}{v_2 \times S} \dots\dots\dots (3) \\ &= \frac{50 \text{ m}^3/\text{day} \times 220 \text{ mg/L} \times 40\%}{5.625 \text{ m}^3 \times 80 \text{ m}^2/\text{m}^3} \\ &= 9.8 \text{ g BOD/m}^2 \cdot \text{day} \end{aligned}$$



3. 校核送風量

$$\text{需氧量} = \frac{Q \times \Delta \text{BOD}}{\text{BOD}_5/\text{BOD}_L} - 1.42 \times \text{廢棄污泥量} \quad \dots\dots\dots(4)$$

其中假設 1. $\text{BOD}_5/\text{BOD}_L = 0.68$

2. 廢棄污泥量 ≈ 0

$$\begin{aligned} \text{需氧量} &= \frac{50\text{m}^3/\text{day} \times (220-80)\text{mg/L}}{0.68} \\ &= 10.294 \text{ kgO}_2/\text{day} \end{aligned}$$

所需送風量

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{需氧量}}{\text{氧分量} \times \text{空氣比重} \times \text{曝氣效率}} \quad \dots(5) \\ &= \frac{10.294\text{kgO}_2/\text{day}}{0.232\text{gO}_2/\text{gAir} \times 1.201\text{kg}/\text{m}^3 \times 7\%} \\ &= 528 \text{ m}^3\text{Air}/\text{day} = 0.367 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned}$$

$0.367 \text{ m}^3/\text{min}$ 仍小於帶動水流循環所需之 $0.7 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

$$\begin{aligned} 4. \text{校核沉澱槽表面積負荷} &= \frac{50\text{m}^3/\text{day}}{4\text{m}^2} \\ &= 12.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. \text{校核沉澱槽堰負荷} &= \frac{50\text{m}^3/\text{day}}{6\text{m}} \\ &= 8.3 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{day} \end{aligned}$$

$$6. \text{校核沉澱槽停留時間} = \frac{8.78\text{m}^3}{50\text{m}^3/\text{day}} = 4.2\text{hr}$$

由上，均可符合設計參數之一般規範要求，故選擇之型式應屬適當。

操作基準

接觸曝氣法雖較能承受負荷之變化，但負

荷的過度變異、環境中氣溫、水溫變化、微生物膜的自然剝落等現象，對於處理水質仍有相當影響，加以本法不若活性污泥法可以緊急連續迴流污泥，控制系統中的微生物數量及F/M比值，以穩定處理水質，因此，一般日常操作需加強接觸材反沖洗及送風均勻，使接觸材表面生物膜不致增殖太厚，造成水流循環不佳或阻塞的現象，若生物膜增殖、剝離的循環交替時間接近穩定或能有效加以控制，則接觸材上的微生物較能維持一良好的活性，負荷變化的承受能力提高。為使處理效率穩定，日常操作基準及注意事項列述如下：

1. 生活排水與衛生排水分開收集，個別前處理。
2. 進流水中的有機、無機粗大固體物應先予篩除，尤其是破碎纖維及整修房屋之水泥砂漿容易造成接觸材料之阻塞及底部淤積。
3. 接觸曝氣槽需每天一次定期以空氣反沖洗，最佳時機為社區污水排出量最少的時刻，例如下午2點至4點，以將過厚的生物膜沖洗出來，才能維持正常的處理功能。
4. 反沖洗時間
 - 曝氣槽內接觸材上之水位上升。
 - 曝氣槽內SS之濃度增加。
 - 曝氣槽有黑色異味之SS出現，感覺為厭氧臭味。
 - 曝氣槽內出現氣泡，處理水的透視度下降。
5. 處理水質、外觀有異常時，宜加強反沖洗頻率，以及加大曝氣送風量因應之。
6. 經常觀察曝氣槽內的狀態，有污泥顏色改變、發泡及臭氣時，應注意曝氣水流狀況是否改變或短流，以及可能曝氣管阻塞或故障所引起，應予以清除，或者接觸材中阻塞引起，則應進行反沖洗，以排除之。
7. 曝氣槽送風量突然增大，會造成生物膜的剝離，欲增加送風量時應緩慢為之。
8. 直接自曝氣槽排出反沖洗污泥者，應隨著水



的排出自上方以壓力水噴洗之，使附著之污泥得以充分剝落。

9. 沉澱槽應定期排出底泥及泥渣，以避免污泥過量貯存，以致有腐敗溢流之現象產生。

結 論

服務團之設計標準圖適用於廢水量小於50

CMD的小型社區，實際應用時，宜考慮廢水污染強度，校核套裝處理設備的最大負荷量，必要時，須予以前處理，尤其是社區生活污水常有很多雜物排出，如亦阻塞本處理系統，不僅無法發揮處理功能，同時難以消除淤塞狀況，故須予以有效管制及攔除，方可達到處理目的。

參考資料

工業污染防治技術服務團，「廢水生物處理單元套裝設備設計手冊—接觸曝氣處理系統」，經濟部工業局，（1995）。

管理」，經濟部工業局，（1994）。

工業污染防治技術服務團，「生物接觸曝氣法操作維護手冊」，經濟部工業局，（1995）。

工業污染防治技術服務團，「廢水處理廠操作

作者簡介：

吳美惠小姐，國立成功大學環工系研究所碩士。曾任職中鼎工程公司。現任職於中國技術服務社，經驗豐富，主要專長為廢水處理，環境稽核。

林冠嘉先生，國立中央大學土木所環工組碩士。現任職於中國技術服務社工業污染防治中心工程師，經驗豐富。主要專長為水處理。

楊萬發先生，美國北卡州立大學博士。曾任國立臺灣大學教授、環境工程所所長、工業污染防治技術服務團團長，總服務40年。現任職於國立臺灣大學環境工程學系研究所教授。主要專長為水及廢水處理、廢棄物處理與處置、環境工程。

責任編輯／成貴理