

廢水及固體廢棄物處理技術培訓班

- 有機污泥生物處理

洪俊雄 教授

國立中興大學環工系, 環境生物技術實驗室
台中市國光路250號土木環工大樓523室
04-22856643, badger@nchu.edu.tw

課程內容

- 有機污泥的產生機制
- 生物污泥之質量平衡計算
- 有機污泥之好氧處理
- 有機污泥之厭氧處理

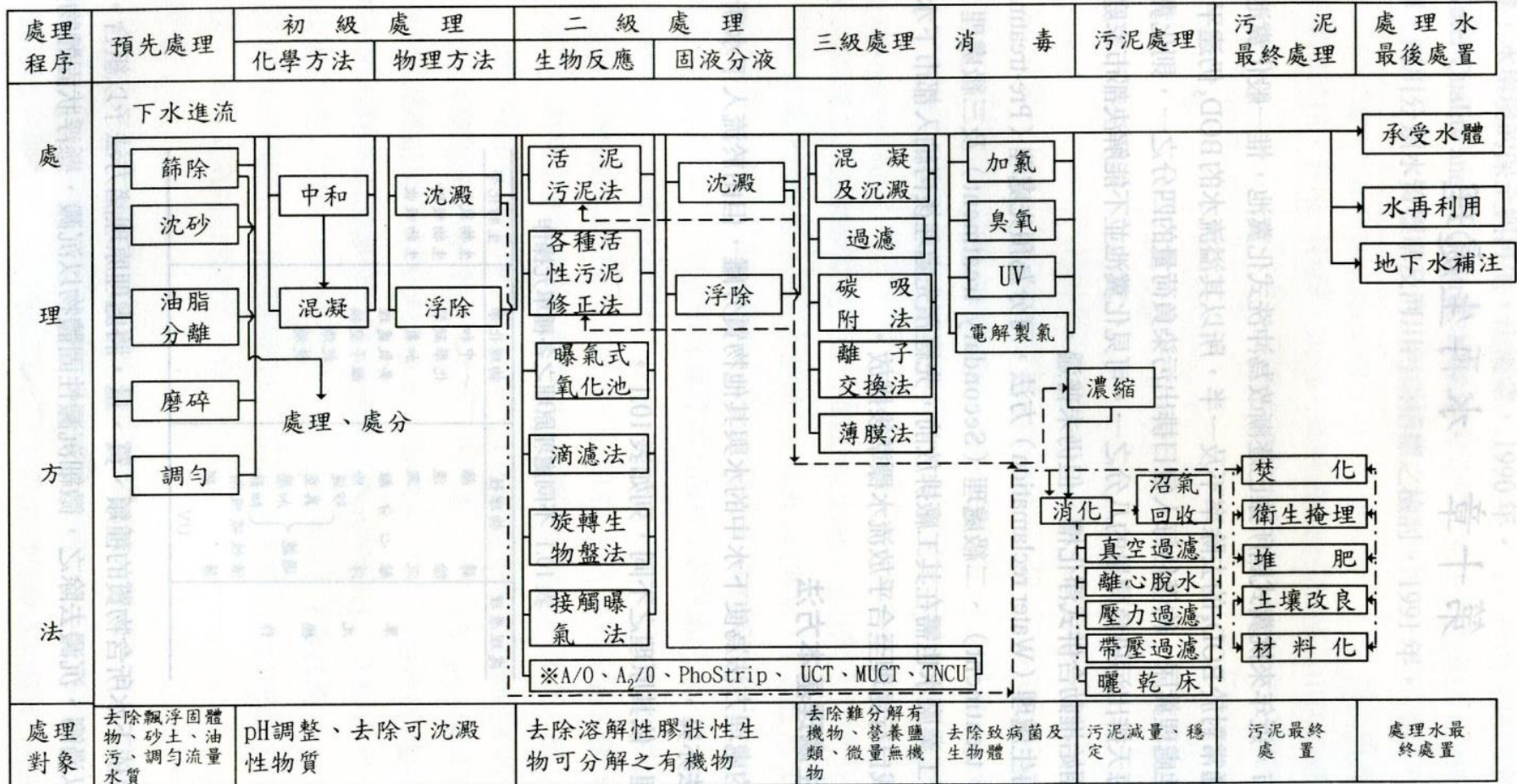
有機污泥來源

- 製程產生
- 廢水處理過程產生

物理、化學、生物污泥？

- 懸浮固體物沈澱
- 瓶杯實驗推估化學污泥量
- 生物污泥 - 微生物生長計算

常見污水處理廠單元流程



※A/O、A₂/O、PhoStrip、UCT、MUCT、TNCU等方式為兼具二級和三級處理功能之生物處理方法

下水道工程學 歐陽嶠暉

廢水處理之質量平衡

- 廢水部分

- 流量 (體積/單位時間)

- 濃度 (質量/體積)

- 質量/單位時間

- 污泥部分

- 污泥生成量(質量/單位時間)

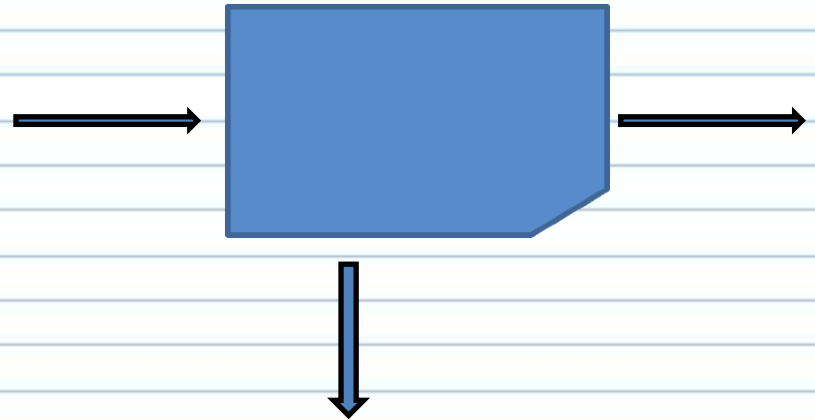
- 濃度 (質量/體積)

- 以比重換算

- 流量 (體積/單位時間)

質量平衡計算

- 進流流量 1000CMD
- COD 250mg/L
- SS 300mg/L
- COD 去除率 40% (計算)
- SS去除率 60% (計算)
- 污泥濃度 1% (測量)
- 比重 (計算)
- 污泥流量(計算)



污泥比重計算

- 通常污泥之比重略大於1，且與水之比重相差不多。污泥係由各種不同成份所組成，其比重計算公式如下

$$\frac{1}{S_s} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{W_i}{S_i} \right)$$

例1：

污泥成份	比重	重量百分率
揮發性物體	1.0	5%
非揮發性物體	2.5	5%
水分	1.0	90%

比重計算：

$$\frac{1}{S_s} = \left(\frac{0.05}{1.0} + \frac{0.05}{2.5} + \frac{0.90}{1.0} \right)$$

$$S_s = 1.03$$

所以本例之污泥比重為 1.03

化學污泥，濃縮污泥

- 比照一般沈澱計算
- 污泥量會隨混凝操作而有所變動
- 污泥比重計算與初級污泥不同
- 污泥含水率不同

活性污泥系統簡介

- 設計邏輯進流水特性確認
 - 確認微生物反應常數
 - 確認出流水要求
 - 計算最小污泥停留時間
 - 以安全參數選定一設計污泥停留時間
 - 計算出流水水質
 - 水力停留時間或混合液懸浮固體濃度擇一計算
 - 計算反應槽大小
 - 估計需氧量以及污泥產生量
 - 估計回流污泥以及廢棄污泥之濃度、流量
 - 計算營養鹽需求
 - 核對出流水有機物濃度

活性污泥計算及查驗項目

- 流量（進流、迴流）
- 有機物負荷（F/M、容積負荷）
- MLSS, MLVSS
- Sludge retention time
- Hydraulic retention time
- D.O.

SS 與 VSS 之差異

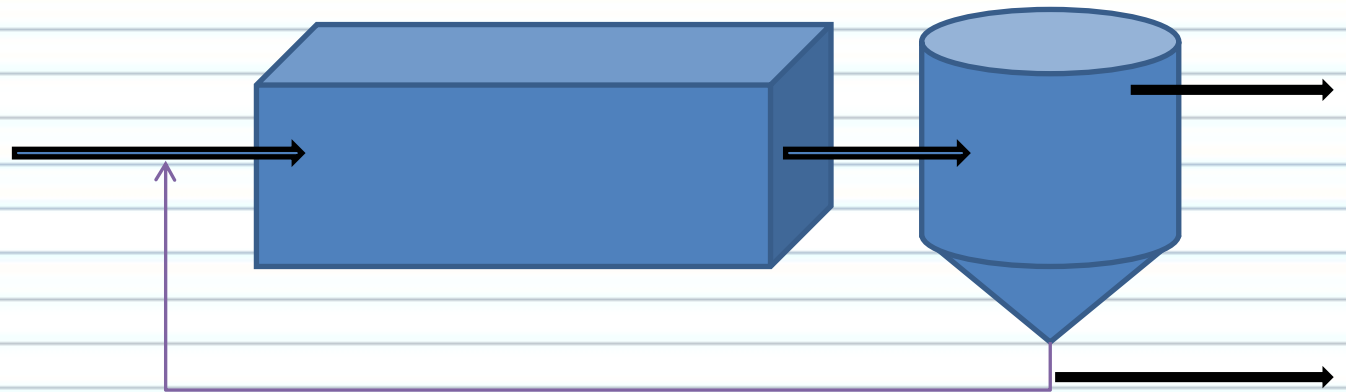
- 懸浮固體
- 揮發性懸浮固體

活性污泥系統的常用參數

Process name	Type of reactor	SRT, d	F/M kg BOD/kg MLVSS·d	Volumetric loading		MLSS, mg/L	Total τ , h	RAS, % of influent ^e
				lb BOD/1000 ft ³ ·d	kg BOD/m ³ ·d			
High-rate aeration	Plug flow	0.5–2	1.5–2.0	75–150	1.2–2.4	200–1000	1.5–3	100–150
Contact stabilization	Plug flow	5–10	0.2–0.6	60–75	1.0–1.3	1000–3000 ^b 6000–10000 ^c	0.5–1 ^b 2–4 ^c	50–150
High-purity oxygen	Plug flow	1–4	0.5–1.0	80–200	1.3–3.2	2000–5000	1–3	25–50
Conventional plug flow	Plug flow	3–15	0.2–0.4	20–40	0.3–0.7	1000–3000	4–8	25–75 ^f
Step feed	Plug flow	3–15	0.2–0.4	40–60	0.7–1.0	1500–4000	3–5	25–75
Complete mix	CMAS	3–15	0.2–0.6	20–100	0.3–1.6	1500–4000	3–5	25–100 ^f
Extended aeration	Plug flow	20–40	0.04–0.10	5–15	0.1–0.3	2000–5000	20–30	50–150
Oxidation ditch	Plug flow	15–30	0.04–0.10	5–15	0.1–0.3	3000–5000	15–30	75–150
Batch decant	Batch	12–25	0.04–0.10	5–15	0.1–0.3	2000–5000 ^d	20–40	NA
Sequencing batch reactor	Batch	10–30	0.04–0.10	5–15	0.1–0.3	2000–5000 ^d	15–40	NA
Countercurrent aeration system (CCAST TM)	Plug flow	10–30	0.04–0.10	5–10	0.1–0.3	2000–4000	15–40	25–75 ^f

活性污泥質量平衡

- 簡化之程序計算
 - 假設所有流進曝氣池之基質僅以溶解性BOD形式存在，假設出流水BOD即為殘留BOD
 - 曝氣池與二沉池一併計算
 - Yield? 此參數受到許多因素影響



生物系統Yield 比較表

Organism Type	Electron Donor	Electron Acceptors	C-Source	f_s^0	Y	\hat{q}	$\hat{\mu}$
Aerobic, Heterotrophs	Carbohydrate BOD	O ₂	BOD	0.7	0.49 gVSS/gBOD _L	27 gBOD _L /gVSS-d	13.2
	Other BOD	O ₂	BOD	0.6	0.42 gVSS/gBOD _L	20 gBOD _L /gVSS-d	8.4
Denitrifiers	BOD	NO ₃ ⁻	BOD	0.5	0.25 gVSS/gBOD _L	16 gBOD _L /gVSS-d	4
	H ₂	NO ₃ ⁻	CO ₂	0.2	0.81 gVSS/gH ₂	1.25 gH ₂ /gVSS-d	1
	S(s)	NO ₃ ⁻	CO ₂	0.2	0.15 gVSS/gS	6.7 gS/gVSS-d	1
Nitrifying Autotrophs	NH ₄ ⁺	O ₂	CO ₂	0.14	0.34 gVSS/gNH ₄ ⁺ -N	2.7 gNH ₄ ⁺ -N/gVSS-d	0.92
	NO ₂ ⁻	O ₂	CO ₂	0.10	0.08 gVSS/gNO ₂ ⁻ -N	7.8 gNO ₂ ⁻ -N/gVSS-d	0.62
Methanogens	acetate BOD	acetate	acetate	0.05	0.035 gVSS/gBOD _L	8.4 gBOD _L /gVSS-d	0.3
	H ₂	CO ₂	CO ₂	0.08	0.45 gVSS/gH ₂	1.1 gH ₂ /gVSS-d	0.5
Sulfide Oxidizing Autotrophs	H ₂ S	O ₂	CO ₂	0.2	0.28 gVSS/gH ₂ S-S	5 gS/gVSS-d	1.4
Sulfate Reducers	H ₂	SO ₄ ²⁻	CO ₂	0.05	0.28 gVSS/gH ₂	1.05 gH ₂ /gVSS-d	0.29
	acetate BOD	SO ₄ ²⁻	acetate	0.08	0.057 gVSS/gBOD _L	8.7 gBOD _L /gVSS-d	0.5
Fermenters	sugar BOD	sugars	sugars	0.18	0.13 gVSS/gBOD _L	9.8 gBOD _L /gVSS-d	1.2

Y is computed assuming a cellular VSS_a composition of C₅H₇O₂N, and NH₄⁺ is the N source, except when NO₃⁻ is the electron acceptor; then NO₃⁻ is the N source. The typical units on Y are presented.

\hat{q} is computed using $\hat{q} = 1 e^- \text{ eq/gVSS}_a\text{-d}$.

$\hat{\mu}$ has units of d⁻¹.

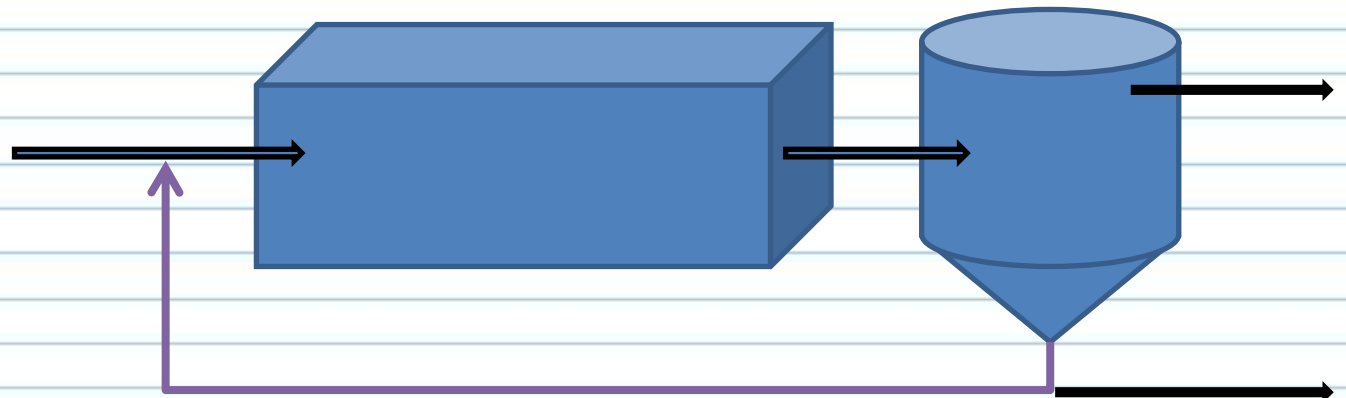
Environmental Biotechnology, Rittmann and McCarty

活性污泥質量平衡計算

- 活性污泥生長，利用溶解性有機物生成新有機物（生物污泥），較有意義的代表測量值為VSS
- 新增VSS (kg/day)
= Yield (g VSS/g BOD) * (S₀-S)*Q
- 新增SS = VSS * (測定得到的MLSS/MLVSS 比值)

活性污泥質量平衡

- 廢棄污泥之總懸浮固體物 (kg/day)
= 進流SS + 新增SS - 出流水SS



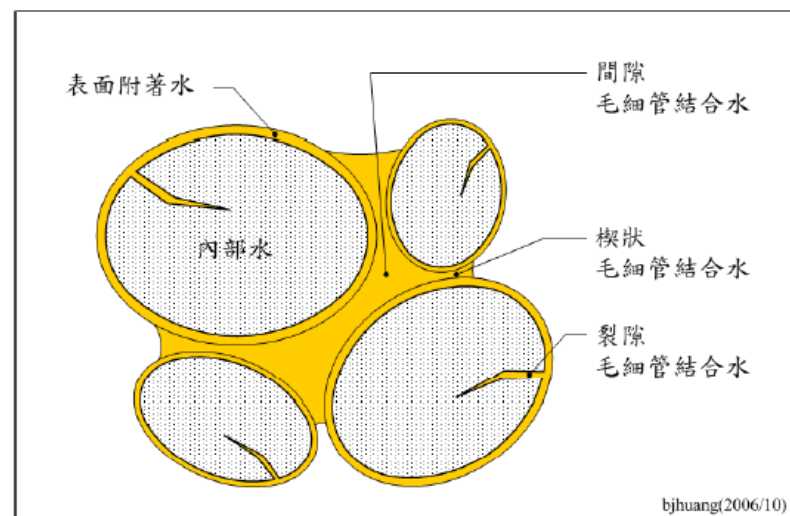
污泥生物處理

- 減量

- 穩定



污泥減量



水分型態	體積百分比(%)	說明
間隙水(自由水)	75	不以任何型態與污泥固體物附著或結合之水，且能用重力沉澱分離者
毛細管結合水	20	污泥粒子間微小間距內，因毛細現象保有之水分，需藉壓密或機械脫水始可去除
內部水	2.5	生物污泥為其微生物體內之細胞液，其他污泥則為水分與其顆粒有穩定鍵結者，故需將粒子破壞可排出水分
表面附著水	2	附著於污泥表面之一層水膜，需藉化學調理並配合機械脫水始能分離
固體物	0.5	

污泥濃縮

- 重力沈降
- 離心
- 帶濾
- 加壓浮除

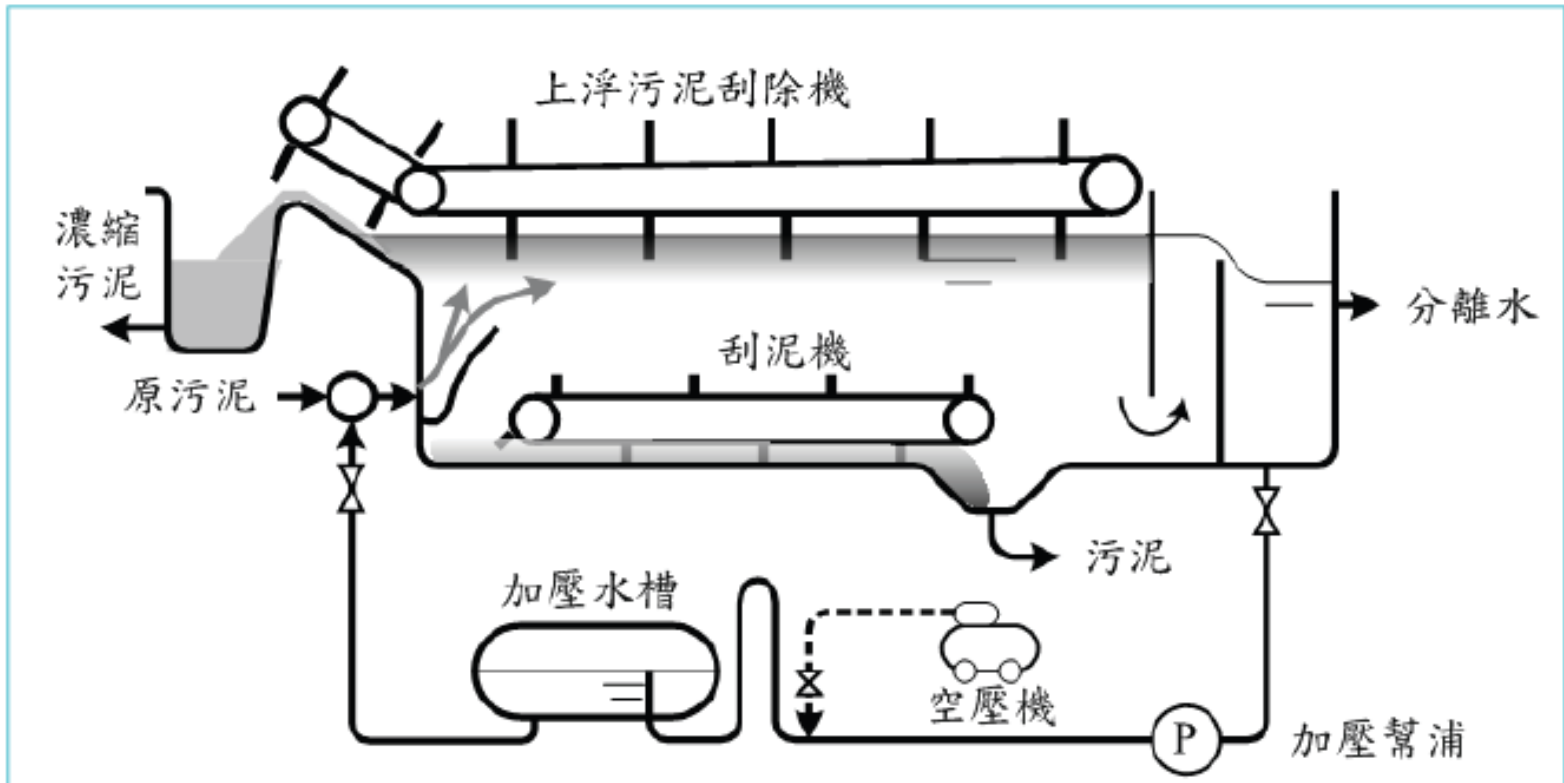


圖 6.5 浮除濃縮池流程

污泥消化（生物處理）

污泥消化係將污泥中有機成份以微生物方式分解去除以達安定化，依微生物種類主要分為厭氧消化及好氧消化，污泥好氧消化為污泥經長時間曝氣藉好氧性細菌作用分解污泥中有機物，成為二氧化碳及水，厭氧消化則藉酸生成菌及甲烷生成菌在自然界腐敗作用下進行能量代謝，污泥厭氧消化除有好氧消化之好處及特性外，更可藉由消化過程之甲烷化，回收最終產物甲烷（CH₄）做為加熱或發電之能源，二種污泥消化介紹如下。

好氧消化作用之原理為污泥中的微生物利用細胞基質的異營消化作用，取得能源來消化污泥細胞中不易分解的有機物質，並氧化轉變為二氧化碳、水和氮（氮最後轉變為硝酸鹽類），好氧消化之生物反應如圖 6.7 所示，化學式為：

$$\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 5\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$$

好氧消化

- 程序類似一般好氧活性污泥

表 6.9 好氧性污泥消化之操作參數

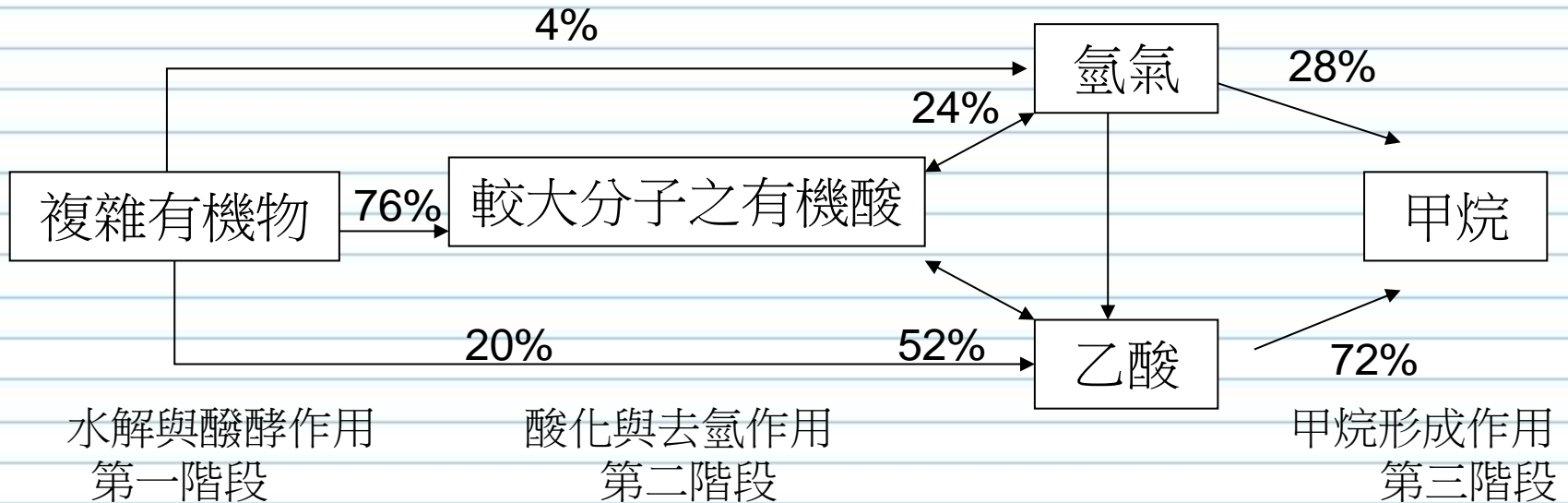
項 目	操 作 參 數	備 註
1.固體停留時間(day) (剩餘生物污泥)	10-15	1.依溫度、污泥種類而異
2.固體停留時間(day) (初沉及生物污泥或僅初沉污泥)	15-20	
3.VSS 負荷(kg/m ³ /day)	1.6-3.2	3.依溫度、污泥種類而異
4.需空氣量		
A.散氣系統(m ³ /1,000m ³ -min) (剩餘生物污泥)	20-60	A.足夠保持污泥懸浮並維持溶氧於 1 ~ 2 mg / L
B.散氣系統(m ³ /1,000m ³ -min) (初沉及生物污泥或僅初沉污泥)	> 60	
C.機器系統 (KW/1,000m ³)	25-35	C.此範圍乃由攪拌控制，多數機械曝氣機需底部攪拌機來攪拌大於 8,000 mg / L 之固體，尤其當槽深大於 3.5 公尺時。
5.需氧量(kg/kg)	~ 2.0	
6.最低溶氧(mg/L)	1.0-2.0	
7.溫度(°C)	> 15	
8.VSS 去除率(%)	35-50	

污泥消化（生物處理）

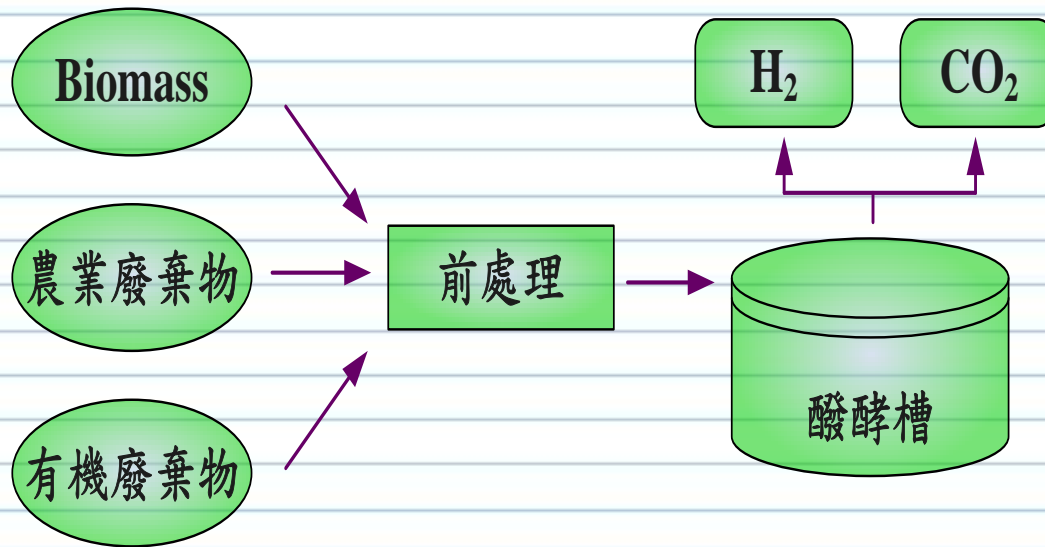
厭氧消化係將有機物代謝為最終產物甲烷（ CH_4 ）及二氧化碳（ CO_2 ），可分為酸性醱酵期、酸性減退期及鹼性醱酵期，酸性醱酵期係複雜的有機碳水化合物被酸性生成菌分解成低分子有機酸，本階段 pH 值降至 5，產生強烈的腐敗臭。酸性減退期為蛋白質之分解所引起，產生氨、胺羧酸等，同時與上述反應所產生之有機酸發生中和及分解，使 pH 值上升至 6-6.5。鹼性醱酵期為低級有機酸經甲烷菌之分解作用，產生 CO_2 、 CH_4 、 NH_4^+ ，為厭氧性消化之最終階段，本階段 BOD 減少，pH 升至約 7.5。

厭氧污泥消化

- 水解階段(Hydrolysis)
- 酸化階段(Acidogenesis)
- 甲烷生成(Methanogenesis)



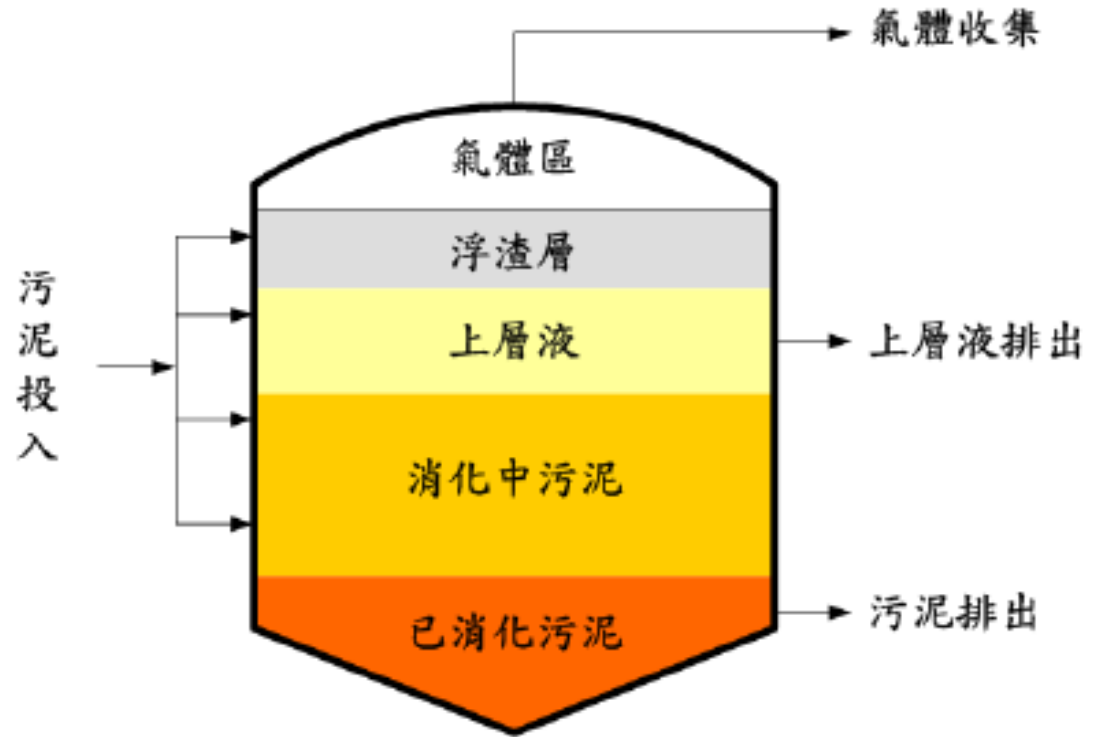
厭氧污泥消化



- ★ 發酵產氫代謝率高
- ★ 自有機質不斷產氫
- ★ 微生物成長迅速
- ★ 所需反應槽體積小
- ★ 操作條件要求較低
- ★ 不需光源
- ★ 可同時處理廢水或廢棄物

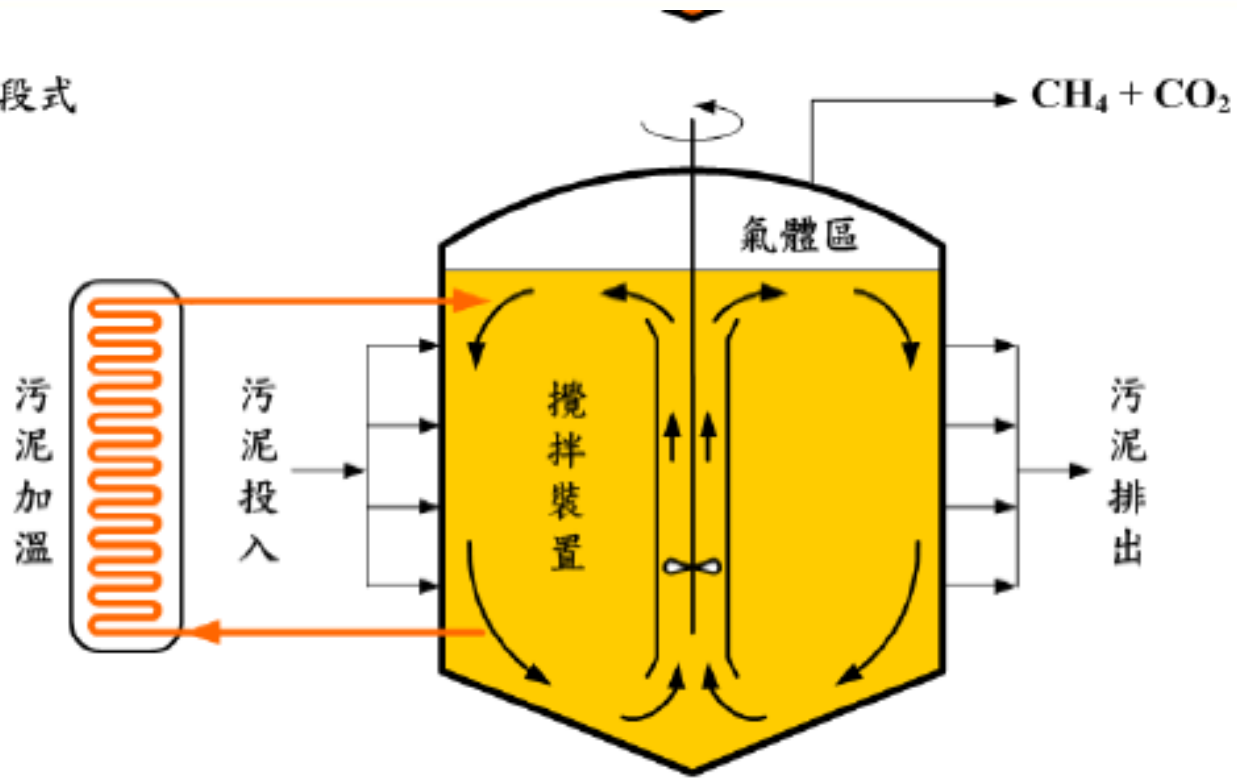
厭氧消化槽

傳統單段式



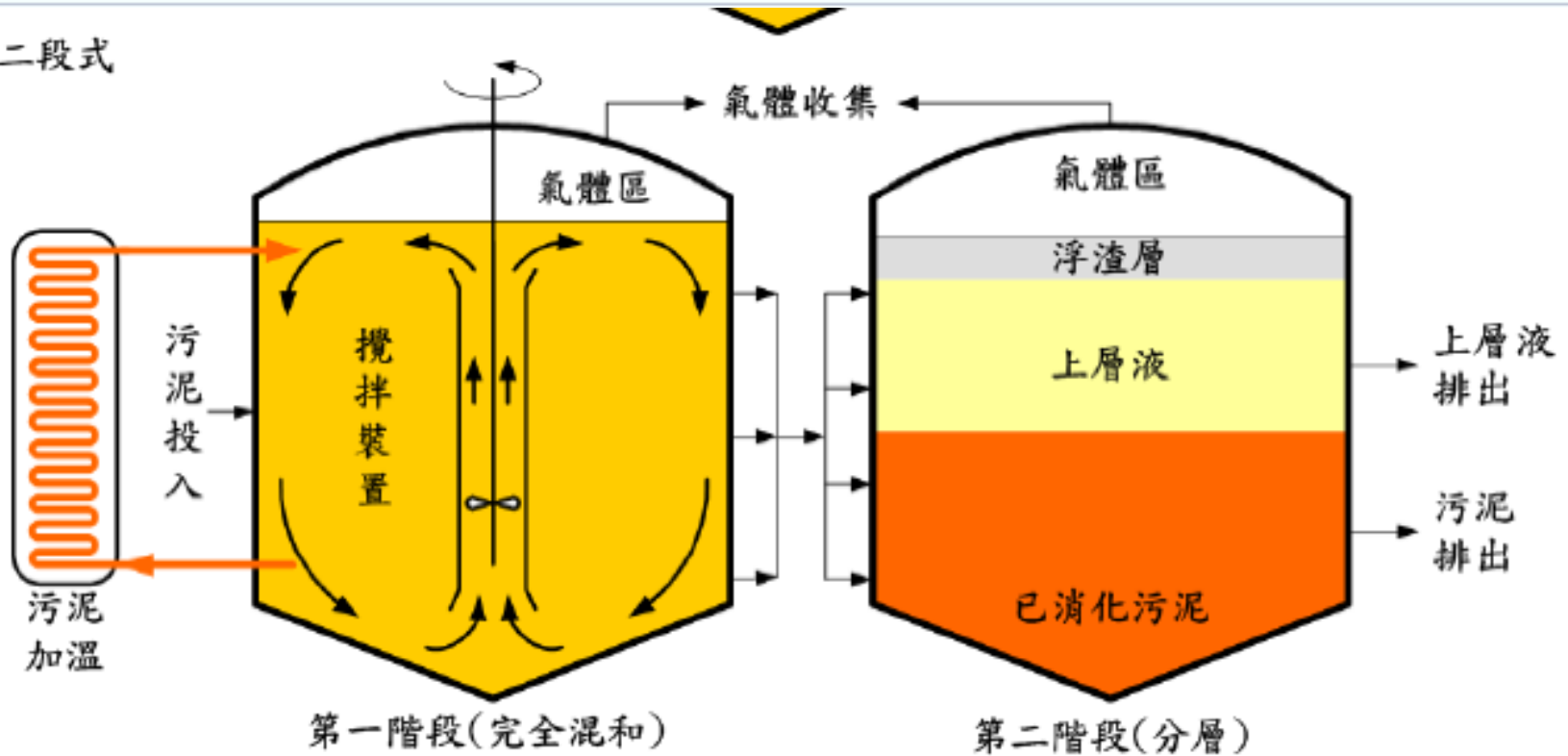
厭氧消化槽

混合單段式



厭氧消化槽

二段式



bjhuang(2006/09)

表 6.7 厭氧性污泥消化操作參數

參 數	標 準 式	高 率 式
1.固體物停留時間(SRT)，日	30-60	10-20
2.污泥負荷率(kg-VS/m ³ -day)	0.5-1.6	1.6-6.4
3.進入污泥濃度(初沉+廢棄活性污泥)，%	2 -4	4-6
4.消化污泥濃度，%	4-6	4-6
5.溫度，°C	35 ± 3	55 ± 2
6.pH	6.8 -7.5	6.8-7.5
7.VS 減少率，%	40- 70	40-70
8.甲烷產生量(Nm ³ /去除每 kg COD)	0.35	0.35
9.甲烷與 CO ₂ 比率，%	60 -75 : 25-40	60-75 : 25-40
10.消化氣體產生量(Nm ³ /去除每 kg VS)	0.8 -1.1	0.8-1.1
11.重碳酸鹽鹼度 (mg / L)	1,000 以上	1,000 以上
12.揮發酸／總鹼度	<0.5	<0.5

消化後接續程序

- 脫水
- 曬乾

謝謝聆聽