

污泥之處理資源化



簡報人：吳萬益



惠民實業(股)公司
Huimin Environmental Tech. Co.,Ltd

簡報內容

壹、自我及公司簡介

貳、前言

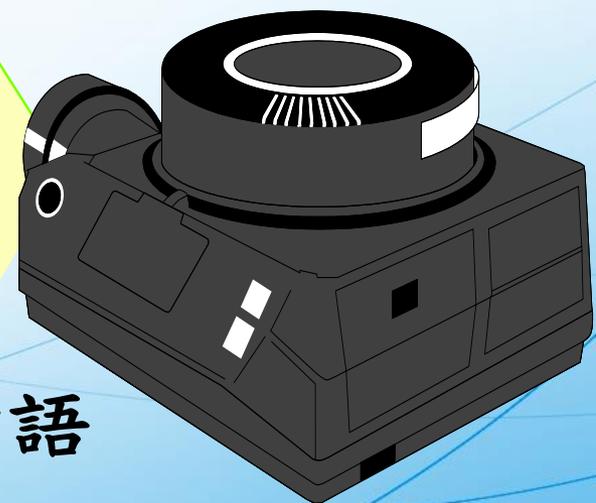
參、污水處理流程污泥減量

肆、污水處理系統末端污泥減量

伍、污泥異味處理

陸、污泥資源化利用

柒、國內污泥處理遭遇的問題與結語



壹-1、自我介紹

學歷：

- 國立臺灣大學環境工程學研究所 博士班2011年1月(51歲)畢
- 美國德州州立大學企管研究所 碩士1995(36歲)畢
- 國立政治大學企管所 科技管理研究班1993結業
- 國立臺灣科技大學 化工系學士1986畢
- 聯合工專化工科1980畢
- 花蓮高工化工科1977畢

現職：

- 惠民實業股份有限公司 執行董事兼總經理
- 燁民實業股份有限公司 董事 (燕巢一油污染土壤熱脫附再利用)
- 萬嘉環保實業股份有限公司 董事 (桃環科一污泥熱裂解再利用)
- 福建庄民實業股份有限公司 董事
- 台灣區環境工程專業營造同業公會 理事長
- 中華重大災害防治協會 理事長
- 新環境基金會 秘書長
- 聯合大學環安系兼任助理教授
- 中原大學環工系專業技術教授

化工讀7年， 受顧16年
企管讀5年， 創業16年
環工讀5.5年



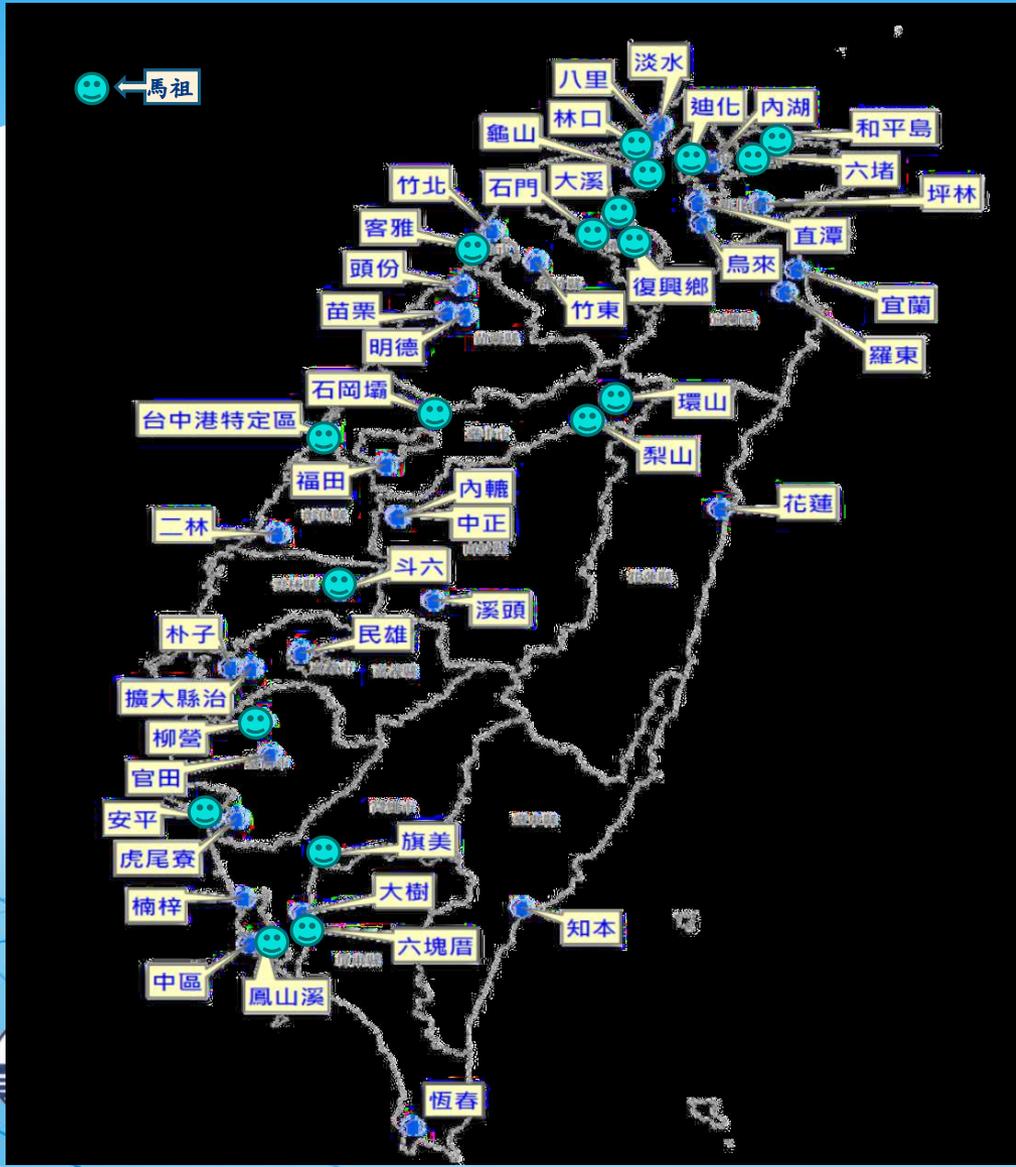
前言



貳、前言--污泥處理中國百億市場

- * 鉅亨網新聞中心 (來源：和訊網)2014-05-23 [Blog談新聞](#)
 - * 根據《中國污泥處理處置市場分析報告(2013版)》，如果要完成《“十二五”全國城鎮污水處理及再生利用設施建設規劃》的內容，2013年到2015年間，還需要完成日處理能力1.04萬噸。照這樣計算，污泥處理每年的投資建設市場約80億元。
 - * 根據去年年底對全國規劃執行情況進行的摸底，時間過半，但污泥的處置進度卻未過半。不僅處置量進展緩慢，“無害化”的目標更是相去甚遠，變成有機肥料、建材和工程回填土的污泥少之又少。
- ★ “最發達的國家搞污泥農用肥料，(非食用性植物)，次發達的國家搞污泥焚燒，欠發達的國家搞填埋，貧窮的國家亂扔亂倒。”因此，科學的農用才是污泥較為積極、高級的處置方式。但是，有關的標準規範、細節研究目前仍然不到位。

貳、前言--台灣運轉中之都市污水處理廠



目前運轉中之都市污水處理廠計有**55廠**，
惠民佔20廠36%，
設計水量約為369萬CMD
惠民佔229萬CMD 62%，
實際進水量278萬CMD
惠民佔181萬CMD 65%，
台灣都市下水道污泥量：
以污泥量/污水量比值為
0.011% 推估，
污泥產生量約300公噸/日
(濕基約80%含水率)

貳、前言--其他性質污水處理廠 惠民公司操作營運



貳、前言--污泥的特性

□ 水份型態：

水分污泥中所含水分及存在。

廢水處理所產生之污泥，一般偏親水性，含水量相當高

* **自由水(free water)**主要以間隙水、毛細管水、表面附著水存在：環繞於固體四週，可自由流動並能以重力方式引出者。

* **結合水(bound water)**內部水之形態存在：

定義為「在以某種方法試圖移除或改變膠體系統中水分子的存在型態後(如需藉機械力或化學反應)，仍無法被移除並殘留下來的部份」；其與固體顆粒間存在鍵結，活動力較低者。

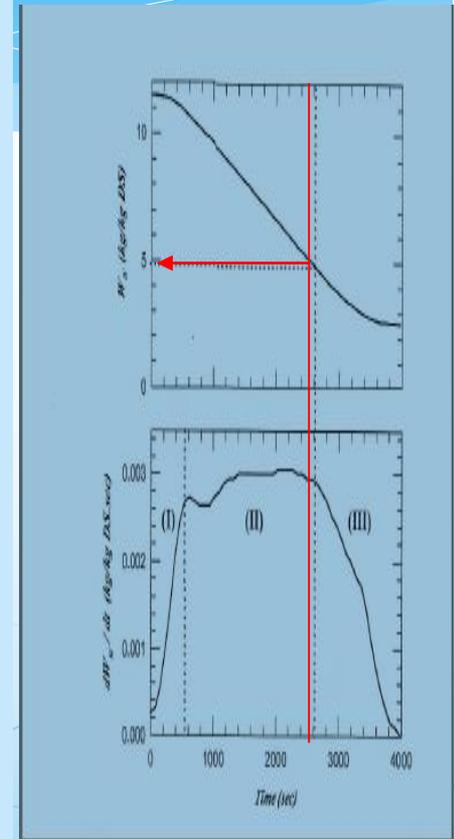
膠羽顆粒因富含水份，擁有巨大表面積與高度親水性，而帶有大量結合水。

因此**結合水的含量**即可視為**機械脫水的上限**；若結合水量越多，代表此一污泥越難脫水。

貳、前言--污泥的特性

□ 污泥乾燥(Drying method)

- * 結合水蒸發速率較自由水與間隙水低，故由污泥乾燥曲線求取恆速蒸發期(constant-rate period)與減速蒸發期(falling-rate period)之間的轉折點，其所對應之含水量即為結合水量。
- * 其中污泥床重量為100g，面積為100cm²，氣流溫度為40°C，流速為0.1m/s，相對濕度為50%；右圖中的
- * (I) 代表預熱區，污泥床尚未與氣流間尚未達到溫度平衡；
- * (II) 為恆速蒸發區，蒸發速率大致保持一定值，此時蒸發出的水份主要為自由水；
- * (III) 代表減速蒸發區，蒸發速率逐漸遞減至0，此時蒸發出的水份多為存在於顆粒空隙間及表面的部份；以右圖來說，污泥的結合水約在4.9kg/kg DS之間。(例如以80%的含水率污泥而言其結合水就含55%，即使用效率最高的離心式脫水機脫水也很難脫至55%以下，除非加入大量的混凝劑)，因此乾燥時需再提高溫度才能降低含水率。



圖：污泥乾燥測試結果



污水處理流程

污泥減量



參、污水處理流程污泥減量

一、有效微生物循環(複合)發酵工法

(Effective Micro-organisms Brewing Cycle)

一般發酵的種類



單發酵例如:



芝士



味噌



複發酵例如:



清酒



平行複發酵例如:



啤酒



平衡複發酵例如:



白酒



固體發酵例如:



發酵合成

複合發酵

單發酵

EMBC

工法

合成融合

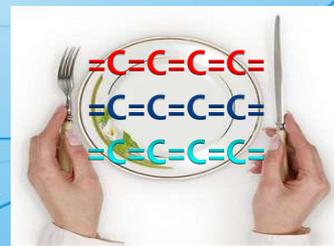
葡萄糖(有機)

集合以上形成複合發酵 →

參、污水處理流程污泥減量

一、酵素作用文獻回顧

- * 酵素的一個非常重要的功能是參與在動物消化系統的工作。澱粉和蛋白質的大分子不能被腸道直接吸收，而酵素可以將澱粉水解為麥芽糖或更進一步水解為葡萄糖等可以吸收的小分子。
- * 草食性反芻動物的消化系統中存在一些可以產生纖維素酵素的細菌，纖維素酵素可以分解植物細胞壁中的纖維素，從而提供可被吸收的養料。
- * 並非所有的酵素自身就可以催化反應，有一些酵素需要結合一些非蛋白小分子後才可以發揮或提高催化活性。這些小分子它們既可以是無機分子或離子（如金屬離子、鐵硫簇），也可以是有機化合物（如黃素、血紅素）。可以與其對應的酵素非常牢固地結合在酵素活性位點上而不脫落。
- * 但也有一些酵素則偏好在非常條件下發揮催化功能，如嗜熱菌中的酵素在高溫條件下反而具有較高活性，嗜酸菌中的酵素又偏好低pH條件，嗜鹽菌中的酵素即偏好高鹽環境。



參、污水處理流程污泥減量

一、生活污水污泥（安平水資）

★預期成果：

- ❖ 污泥齡SRT 7天 → 15天
- ❖ 污泥減半
- ❖ 惡臭消失
- ❖ 水質穩定BOD去除率提升
- ❖ 不需加氯消毒



微生物處理的情形



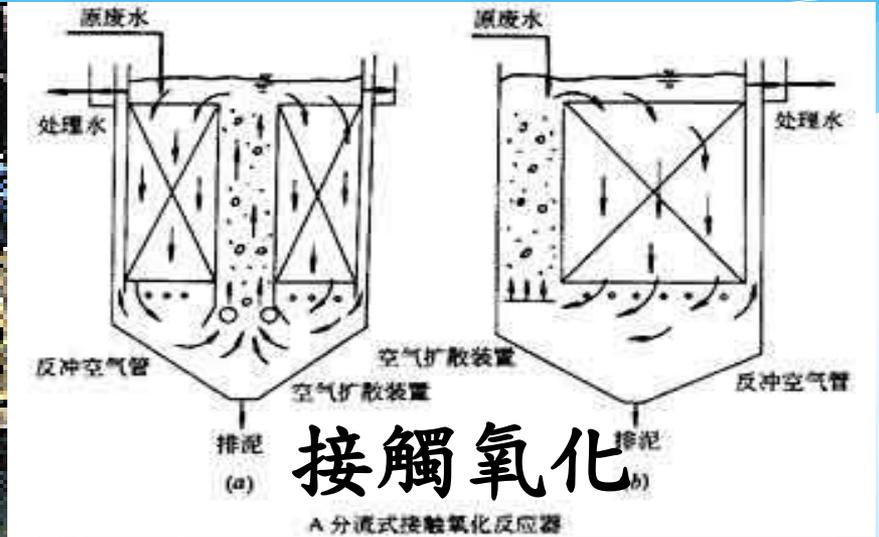
活性污泥法的污泥沉降（左）和複合發酵法的微生物凝集（右）



參、污水處理流程污泥減量

二、水處理系統厭氧消化

(耗氧增殖 0.25Kg/Kg-COD ，
厭氧增殖 0.03Kg/Kg-COD)





肆、污水處理系統 末端污泥減量



惠民實業(股)公司
Huimin Environmental Tech. Co.,Ltd

肆、污水處理系統末端污泥減量

一、離心及帶式濃縮機



肆、污水處理系統末端污泥減量

二、污泥處理系統厭氧消化 **1M³沼氣約可發電1.5度**

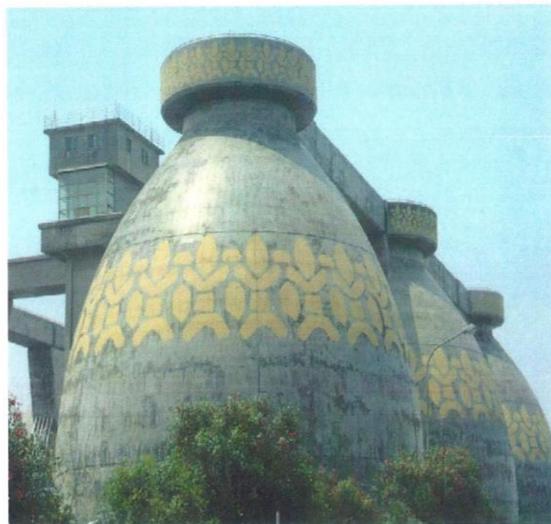
生質能

利用途徑

- 甲烷回收出售
- 沼氣發電
- 沼氣燃燒加熱

限制條件

- 安全問題
- 居民抗爭
- 經濟效益



八里污水處理廠蛋形消化槽

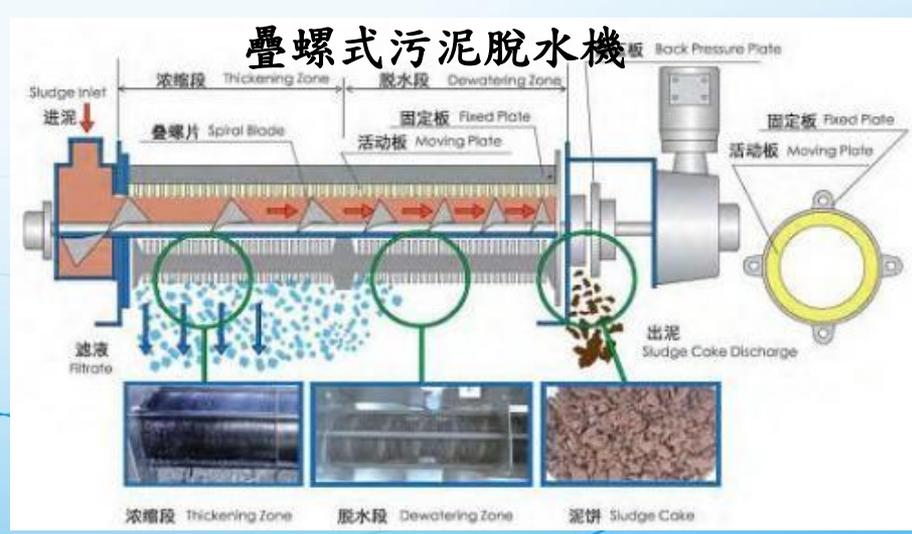
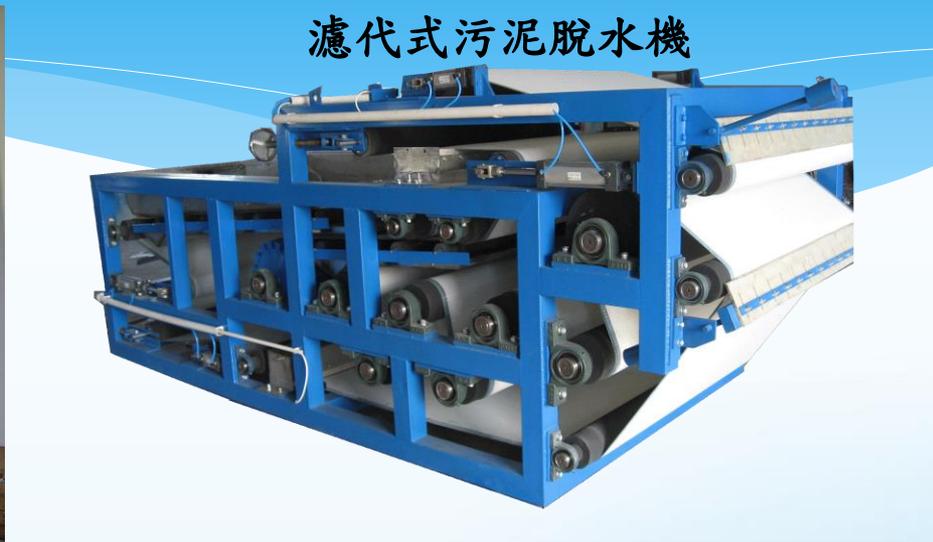


瑞典斯德哥爾摩採用卡車裝載回收甲烷氣至加氣站使用

- * 八里污水處理量：
每天7百萬立方米污水進流
- * 污泥消化槽：6個蛋形槽， **54,000 m³ of total capacity.**
- * 設計污泥消化水力停留時間：HRT：**18天** (3,000 CMD of sludge, in 3% of VSS).
- * 沼氣產生量：
27,000m³ /天 (污泥VSS濃度 3%)

肆、污水處理系統末端污泥減量

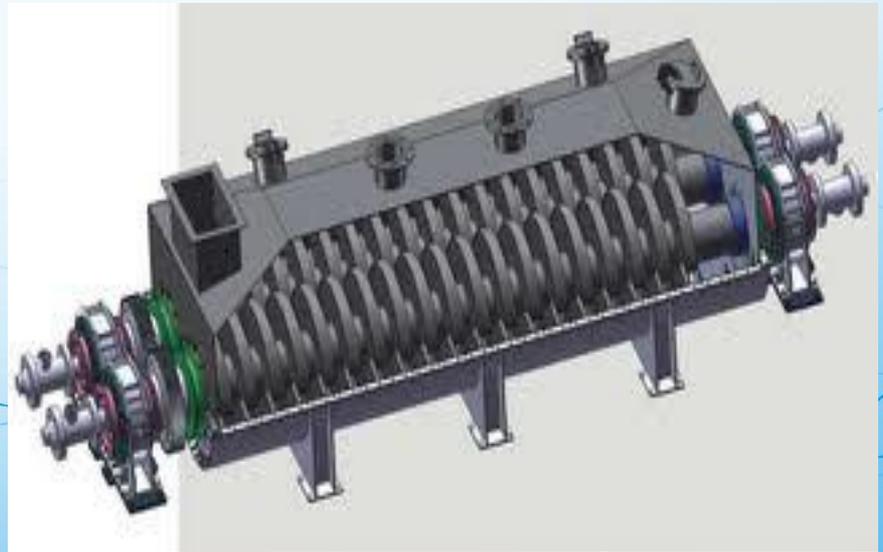
三、污泥脫水機



肆、污水處理系統末端污泥減量

四、1 污泥熱能乾燥機

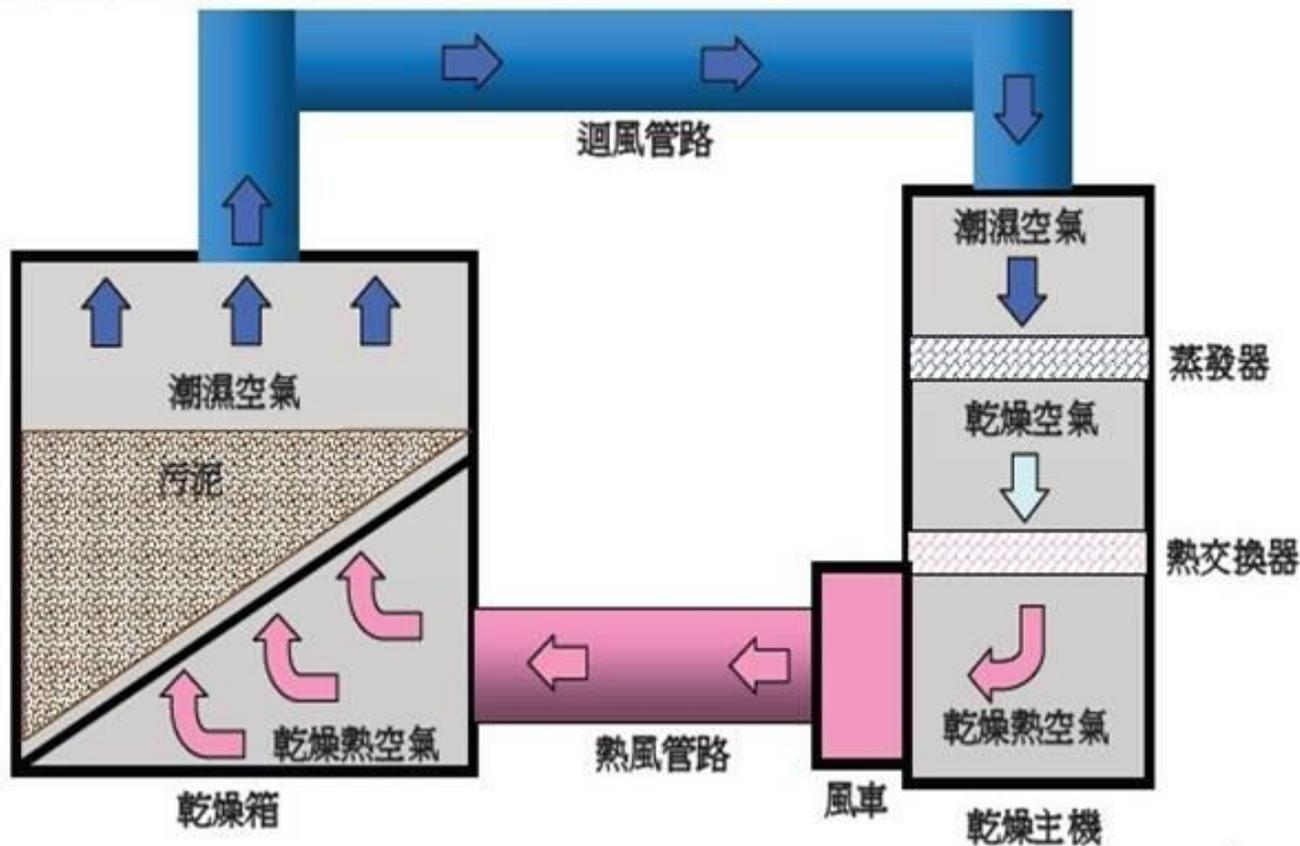
污泥由給料機經溜槽進乾燥器內導料板上，隨著筒體的轉動，高溫氣流從中穿過，使污泥預熱並蒸發部分水分。當污泥灑落、**直接與氣流接觸或間接與熱媒接觸**，將熱量傳給物料，使部分水分蒸發。



肆、污水處理系統末端污泥減量

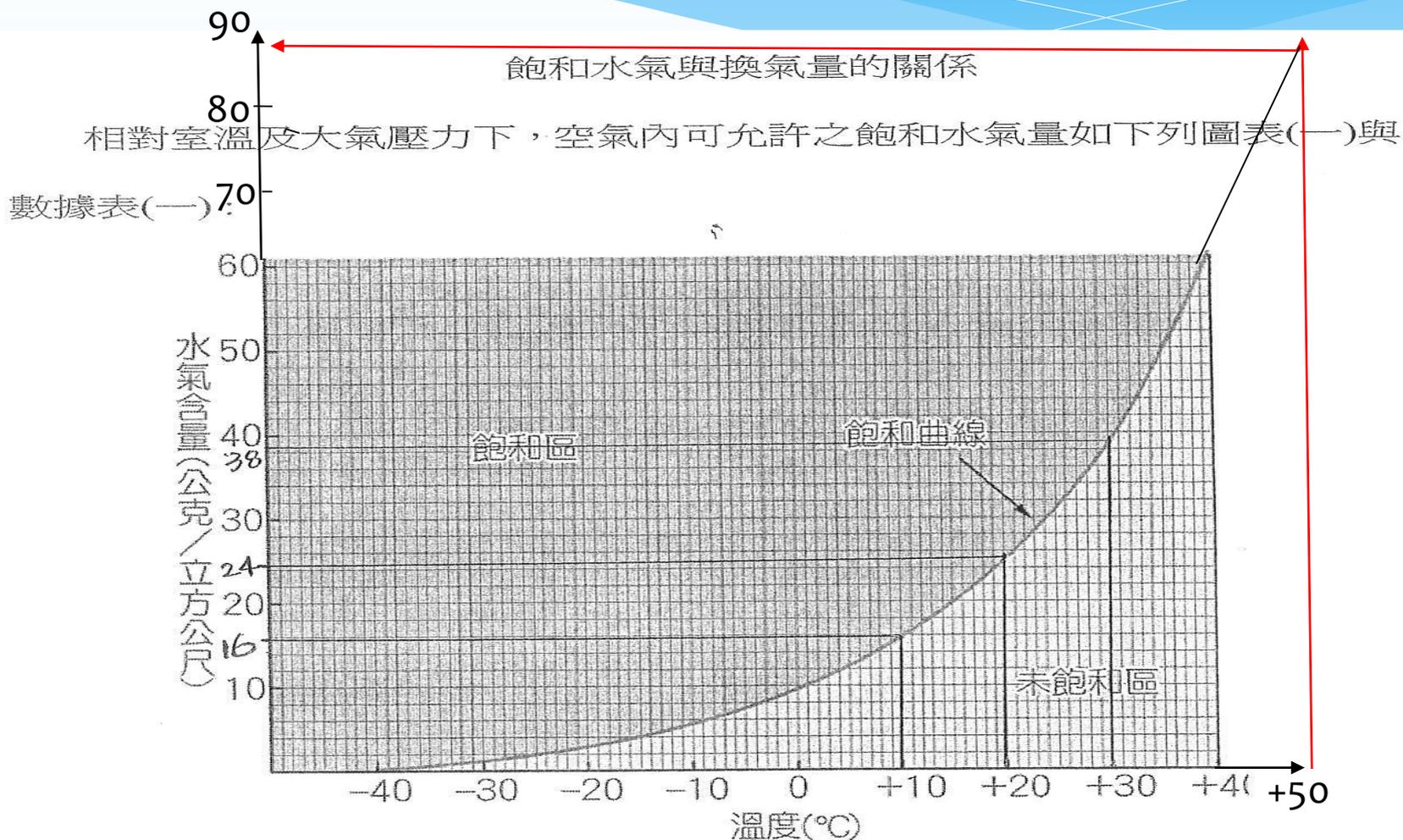
四、2 除濕式污泥乾燥機設計原理

冷凍式乾燥系統原理



肆、污水處理系統末端污泥減量

四、2除濕式污泥乾燥機除水模式



肆、污水處理系統末端污泥減量

四、3 市面污泥除溼乾燥機



Before Drying:

含水率 75%

After Drying :

含水率 < 20%



肆、污水處理系統末端污泥減量

四、3 市面污泥除溼乾燥機

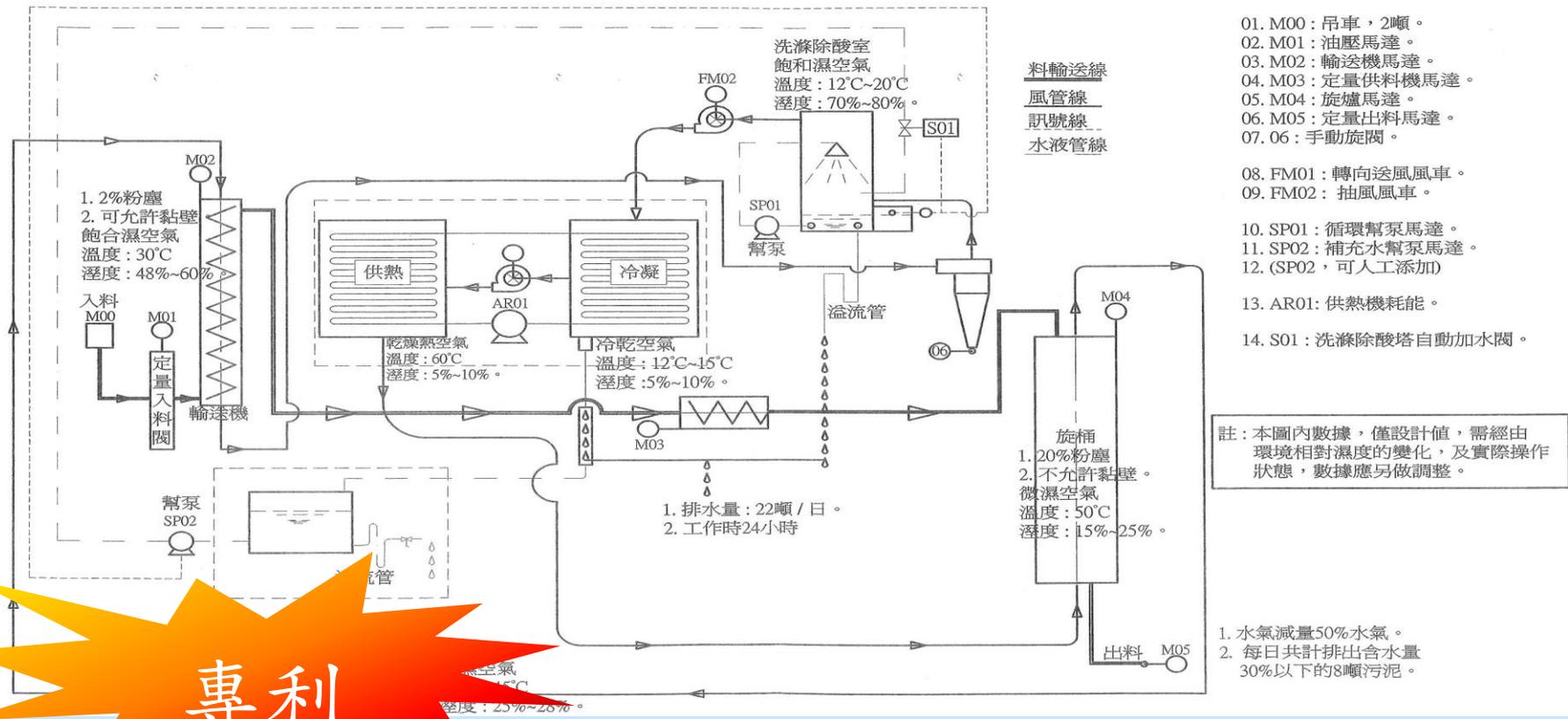
污泥除溼乾燥機進料系統



肆、污水處理系統末端污泥減量

四、4 惠民公司改良型除溼乾燥原理與設計

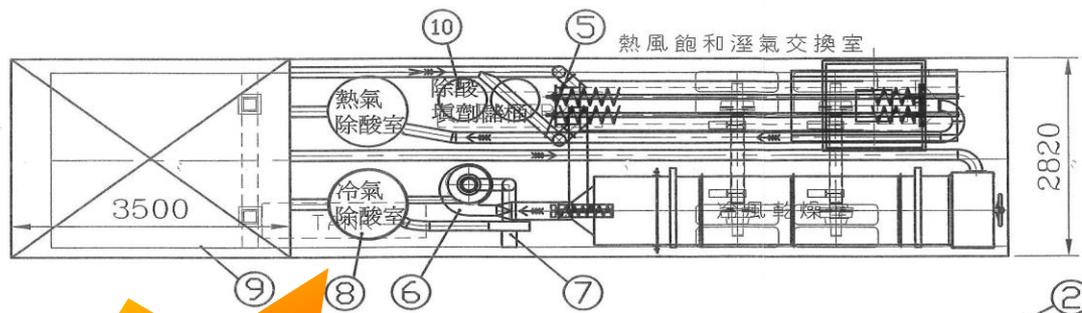
1. 利用旋窯使污泥與熱、乾空氣充分接觸增加乾燥效率
2. 利用兩段式處理將熱回收再利用於污泥預熱處理



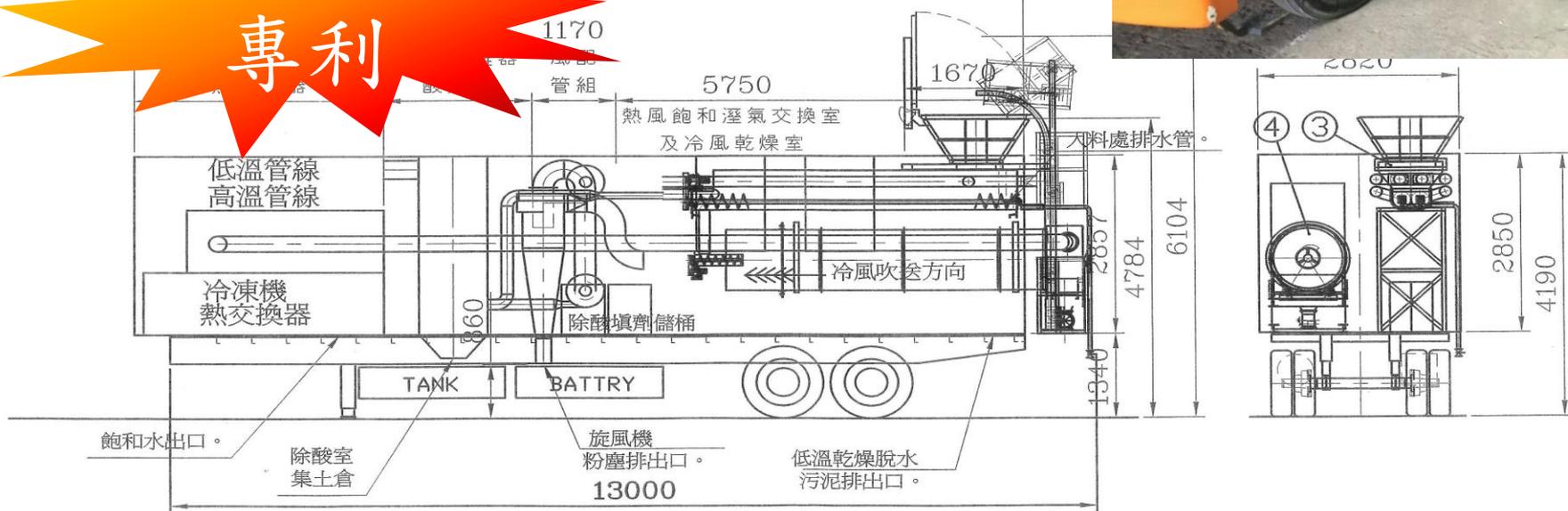
High efficiency dewatering and sludge drying system flow diagram

肆、污水處理系統末端污泥減量

四、4 惠民公司之改良型除溼乾燥機原理與設計

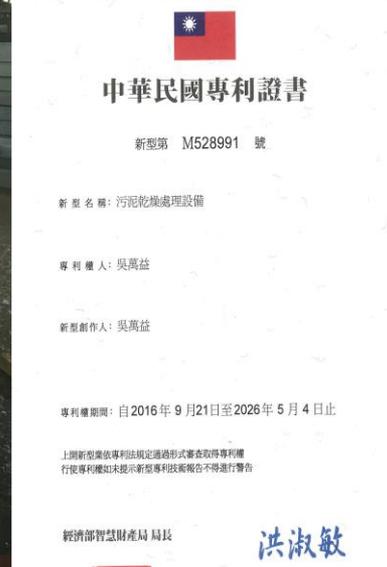


專利



肆、污水處理系統末端污泥減量

四、4 惠民公司之改良型除溼乾燥機原理與設計



肆、污水處理系統末端污泥減量

四、5 熱風乾燥與除溼乾燥比較

表 1 污泥乾燥技術特性比較表

污泥乾燥型式		污泥適用性	有機質破壞情況	廢氣產生量	加熱源溫度(°C)	熱效率(%)	處理量	處理方式	設備佔地面積	設備價格
熱風受熱式	熱風旋轉乾燥機	可	有	中	800	50~60	大	連續	中	中
	熱風旋轉乾燥機(含攪拌機)	優	有	中	800	60~70	大	連續	小	中
	氣流乾燥機	可	有	高	500	60~70	中	連續	小	低
	流化床乾燥機	可	有	中	400	60~70	大	連續	大	中
	噴霧乾燥機	可	有	高	400	60~70	中	連續	大	高
	輸送帶乾燥機	優	有	中	400	50~60	中	連續	中	低
傳導式	水蒸氣管式乾燥機	可	無	低	200	75~85	中	連續	大	高
	槳式乾燥機	優	無	低	200	75~85	中	連續	小	中
除溼式	冷熱交循式乾燥機	可	無	無	無	-	低	批次	小	低
	工研院除溼式系統	優	無	無	無	-	低	批次	小	低



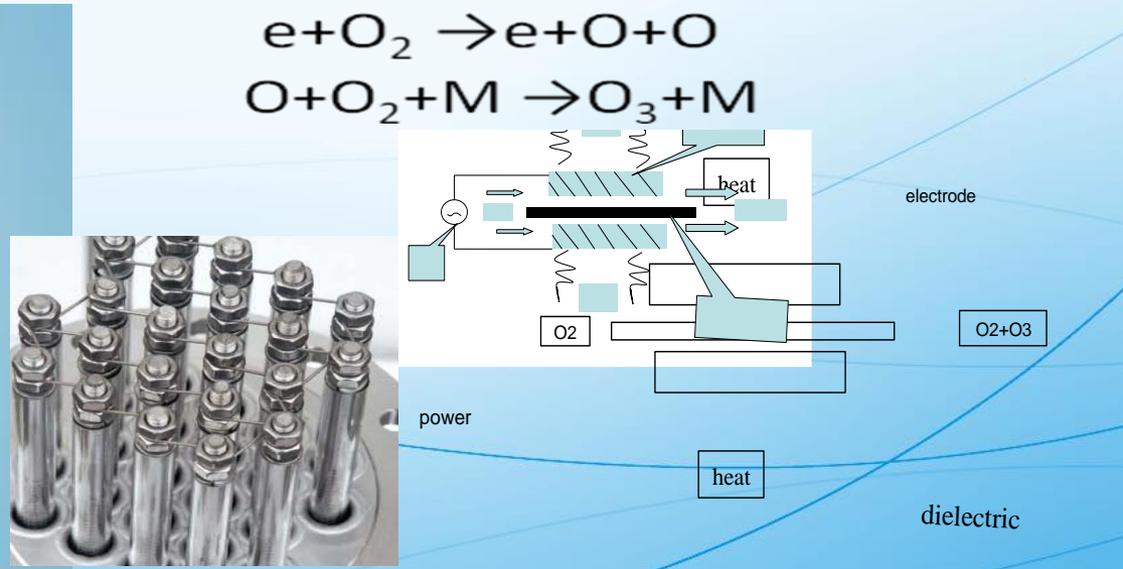
伍、污泥异味处理



貳-6、惠民公司創研 --(臭氧協同光觸媒除臭系統)

《臭氧發生器》，採用國際主流技術——DBD (**Dielectric Barrier Discharge**)介質阻擋放電技術。DBD介質阻擋放電技術，是在高壓放電下將通過放電單元內的原料氣體電離，等離子放電狀態下，**高能電子將原料氣體中的氧分子電離為氧離子，氧離子迅速與氧分子結合生成臭氧分子**，如右圖所示。單位放電面積下，施加的能量越多，產生的臭氧也就越多。

微間隙玻璃介質阻擋放電單元來設計製造高效的臭氧發生器，放電管內電極材質為SS316L



伍、污泥異味處理

一、臭氧協同光觸媒除臭反應機構

185 nm 波長:

分解氧氣(O₂)為兩個不穩定的氧原子(O)，進而產生臭氧(O₃)。



254 nm 波長:

分解臭氧為氧分子(O₂)與一個氧自由基(O*)。



此一氧自由基 (Oxygen Radical) 具有高能量，可破壞大多數有機污染物質的 DNA 鍵結，具有殺菌效果。

氫氧自由基 (Hydroxyl Radical):

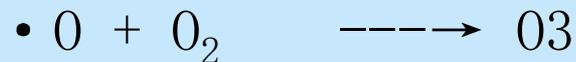
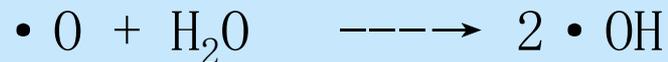
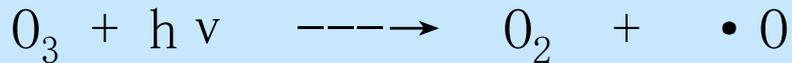
水分子在 185 nm 照射下會分解出 OH[·]，在 254 nm 照射與氧自由基共同機制下，也會產生 OH[·]。

氫氧自由基活性很強，可以氧化許多有機物質。

伍、污泥異味處理

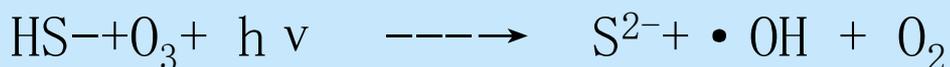
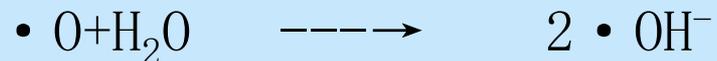
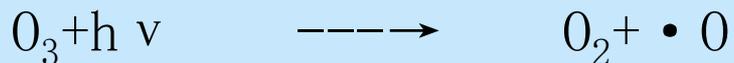
一、臭氧協同光觸媒除臭反應機構

硫化氫 (H₂S) 的光化學反應過程如下：



硫化氫分子吸收來自輻射光量子的輻射能時，如果所吸收的能量大於等於匹配鍵的解離能，則發生鍵的斷裂，產生原子或自由基。硫化氫反應產生硫離子，進而使惡臭味消失。硫離子還可以在環境中繼續進行反應，生成SO₄²⁻。

甲硫醇的光化學反應和硫化氫類似，同樣是因為HS⁻結構型式的破壞而失去臭味。

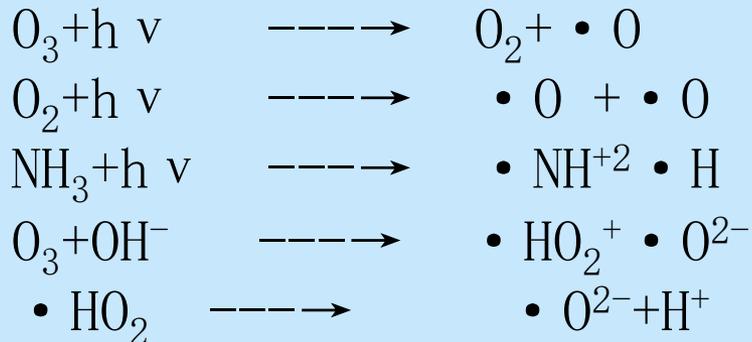


伍、污泥異味處理

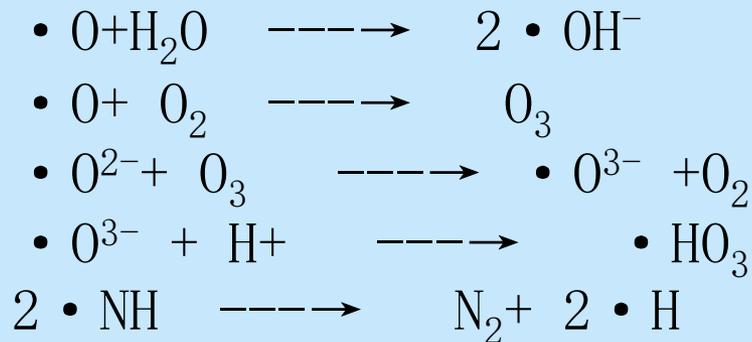
一、臭氧協同光觸媒除臭反應機構

氨(NH₃)的光化學降解主要涉及到觸發反應、傳遞過程及終止反應

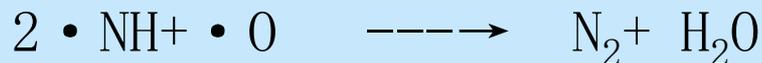
①觸發反應



②傳遞過程



③終止反應



伍、污泥異味處理

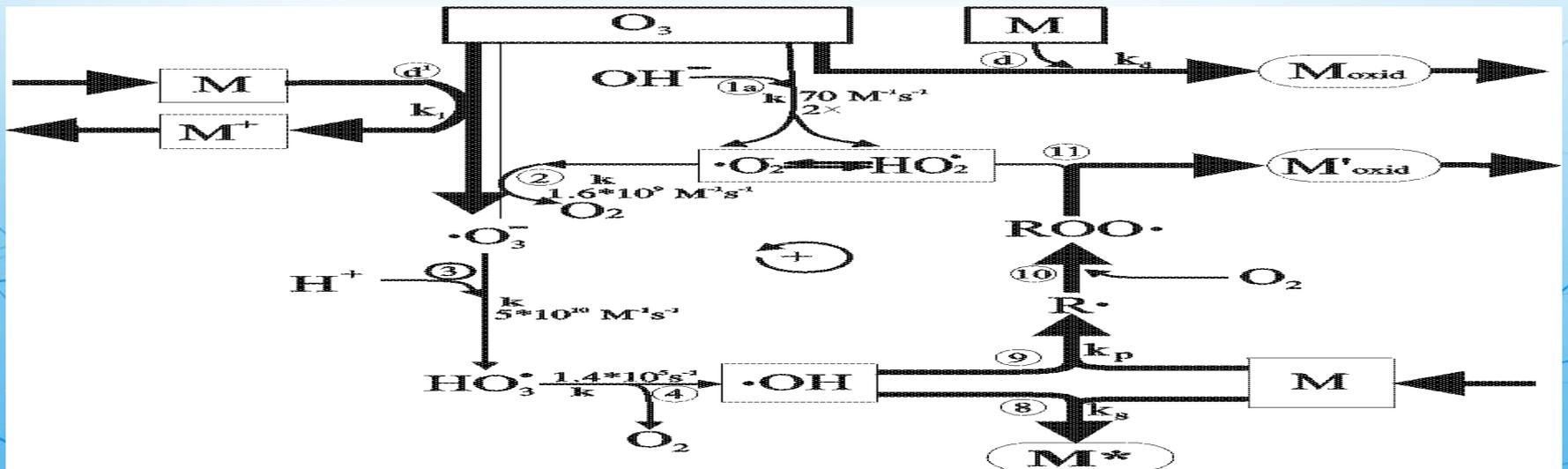
一、臭氧協同光觸媒除臭反應機構

臭氧化有機化合物主要有兩種主要機理：

1. $O_3 + M \longrightarrow M_{ox}$ (Direct Reaction, very selective, on electrophilic sites (親電子側) and /or nucleophilic (親質子側) sites of organic compounds by photo association,)

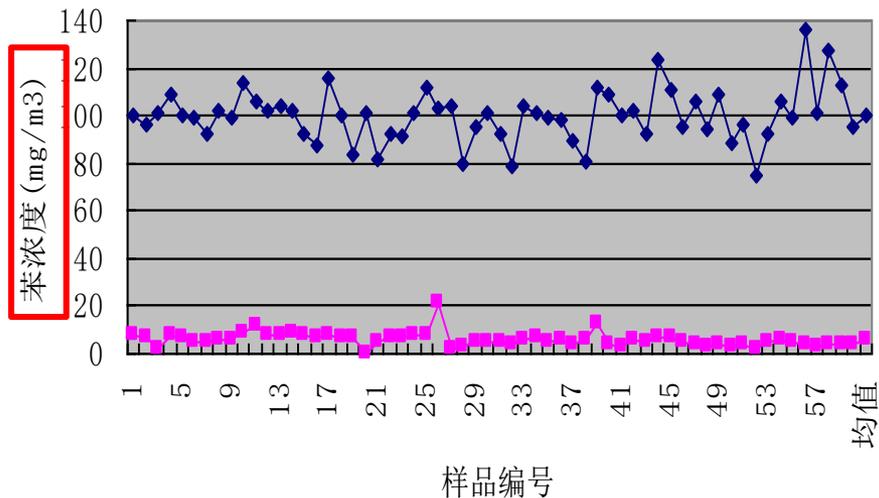
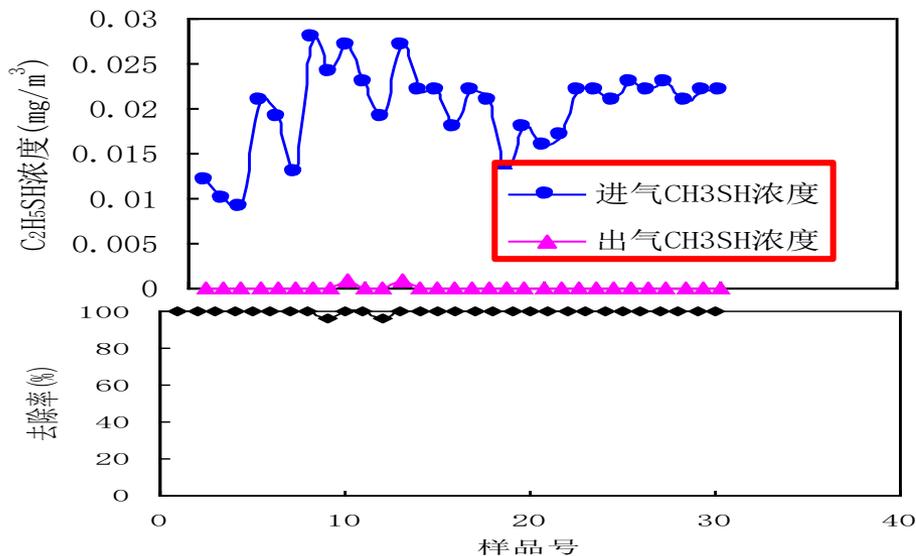
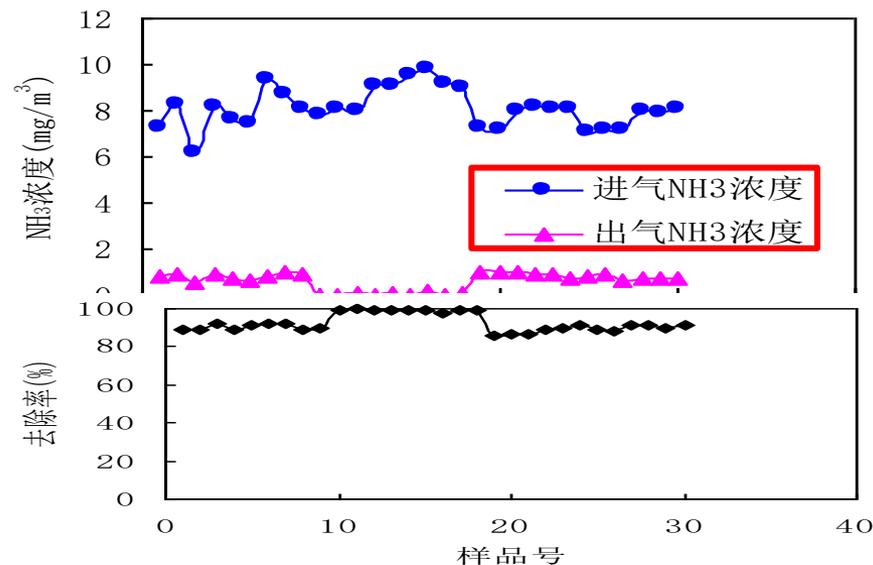
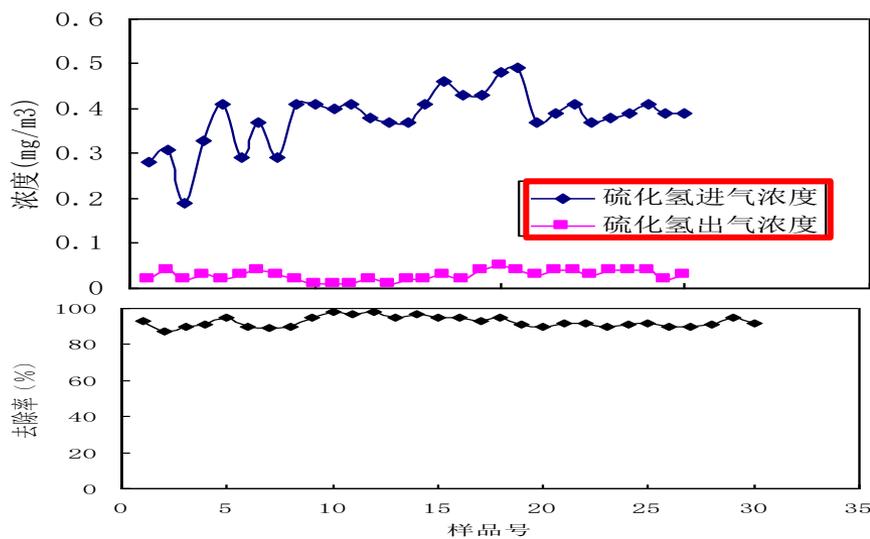
2. $O_3 \xrightarrow{H^+, OH^-} OH^\bullet \xrightarrow{M} OH^- + M_{ox}$ Radical Reaction

Less selective, favored at high pH (> 9), and catalysts: photo, Fe, Cu, Cr, Co, Ni and Ti, and humic substances.



伍、污泥異味處理

二、惠民公司製造臭氧協同光觸媒除臭系統





陸

污泥资源化利用



惠民實業(股)公司

Huimin Environmental Tech. Co.,Ltd

陸、污泥资源化利用

一、方式探討

酵素、水解、濃縮、消化、脫水及超音波等減量技術

企業內部減量效益，比管末處理更為顯著為推廣首要

流向

肥料化

材料化/資材化

燃料化

直接利用

乾燥後直接再利用

堆肥

有機肥

有機肥料 土壤改良劑

水泥混凝土應用

道路及管線工程應用

燒結

水泥窯礮燒

重金屬回收

灰渣混凝土

路基回填材料
混凝土

骨材
污泥磚

環保
水泥

貴金屬
原

單獨焚化

厭氧消化

混燒

RDF 共燃

碳化氣化熱解

蒸氣及渣利用

沼氣及渣利用

蒸氣及渣利用

固/液燃料



惠民實業(股)公司

Huimin Environmental Tech. Co., Ltd

陸、污泥资源化利用

二、德國污泥炭化（水浴式炭化）



- ✓ 200°C
- ✓ 20bar
- ✓ 2hr
- ✓ 不須設置煙囪，免環評
- ✓ 脫水後就像褐煤的固態燃料



利用二次燃燒室回收熱，
來加溫熱煤油，預熱污泥

陸、污泥资源化利用

二、德國污泥炭化（水浴式炭化）

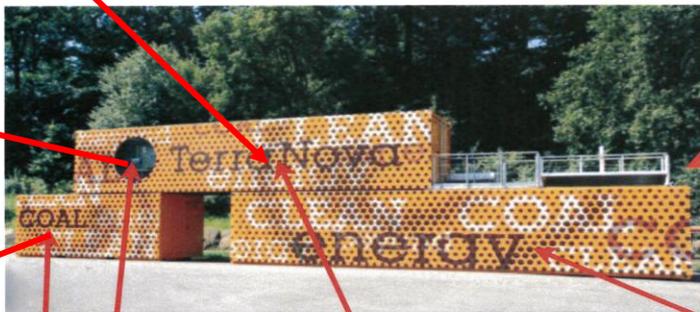
Hydro Thermal Carbonization (HTC)



HTC plant small WWTP
Modular System



Control room
Dewatering



Chemical storage



Receiver hopper



Heat exchanger and reactor



反應槽：200°C，20bar
TerraNova energy

Sewage sludge input and resulting biocoal



Direct input of biomass with 15 to 30% dry matter
No addition of polymers necessary
Output from filter press with 70% dry matter
→ minimized energy required for drying

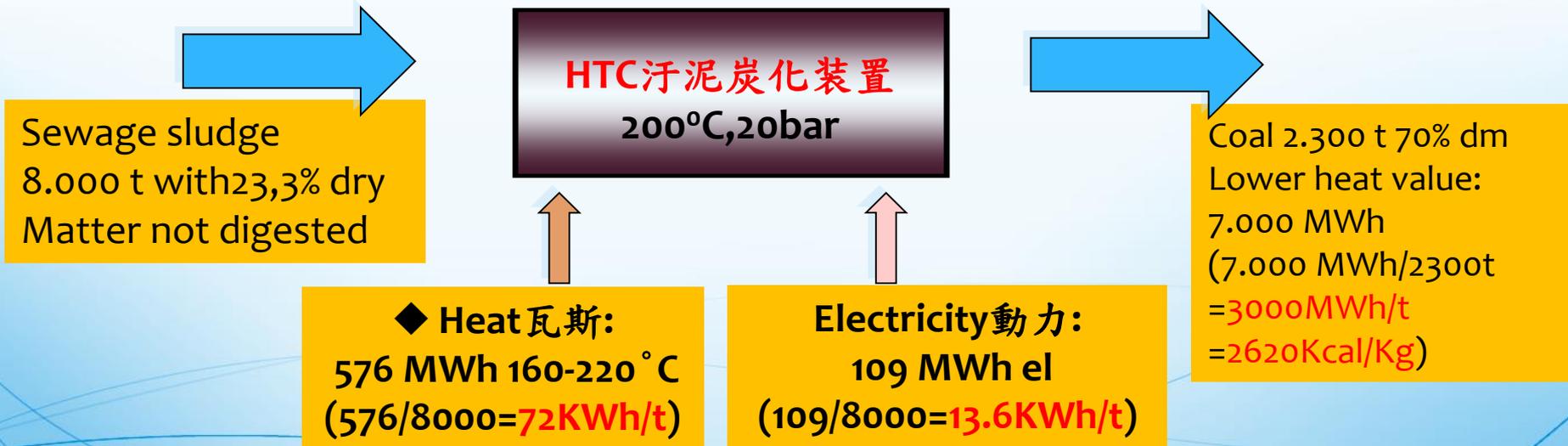
陸、污泥资源化利用

二、德國污泥炭化（水浴式炭化）

生活污水HTC的質能平衡

EX : sewage sludge 8.000 t per year (80 000 people equivalents)

每噸含水率76.7%之城市污泥，可產生0.2875噸之30%含水率之燃料炭(產出炭的熱值 > 2400Kcal/Kg，不須加入任何燃料即可自燃)



* If excess heat can be used only 10% of the resulting energy content is required for the production of the coal

[總投入的能耗只有總產出熱值的⁴⁰10% ((576+109)/7000=0.098)]



陸、污泥资源化利用

三、有機污泥熱分解中可能的釋放物種

* 溫度 $K = C + 273.15$

釋放物種

* $370^{\circ}\text{K}(96.85^{\circ}\text{C})$

乾燥脫水/主要是 $m_i/z_i = 18$ 的分子團
(17 ~ 19, 極可能是 H_2O)

* $400^{\circ}\text{K}(126.85^{\circ}\text{C})$

CO_2 、結合水/ $m_i/z_i = 42 \sim 44$ 的分子團

• $450^{\circ}\text{K}(176.85^{\circ}\text{C})$

NH_3 、 HCN (27)、 CO (28)、 CH_4 、 C_2H_6 (30)
、 CO_2 等/ $m_i/z_i = 26 \sim 31$ 、 $42 \sim 44$ 的分子團

* $510^{\circ}\text{K}(236.85^{\circ}\text{C})$

脂肪族碳氫化合物(C_j)分解成 CO_2
及其短鏈化合物($j < 7$)

* $530^{\circ}\text{K}(256.85^{\circ}\text{C})$

* $630^{\circ}\text{K}(356.85^{\circ}\text{C})$
脂肪族

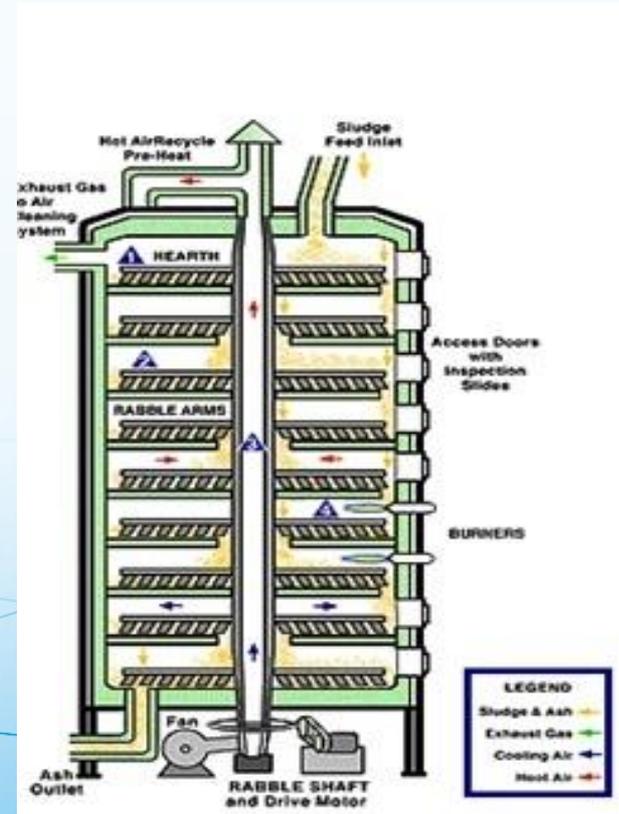
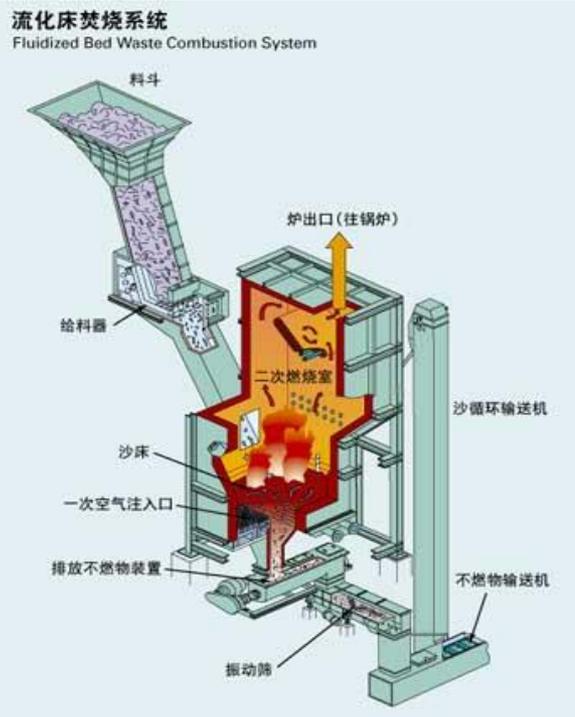
當溫度繼續升高，會釋放出更大的分子團長鏈脂

碳氫化合物(C_j)分解成 CO_2 及其短鏈化合物($j < 13$)
如 $m_i/z_i = 58$ 、 86 、 125 、 140 、 181

陸、污泥资源化利用

三、下水道污泥最佳去處——各縣市焚化爐 (RDF 共燃)

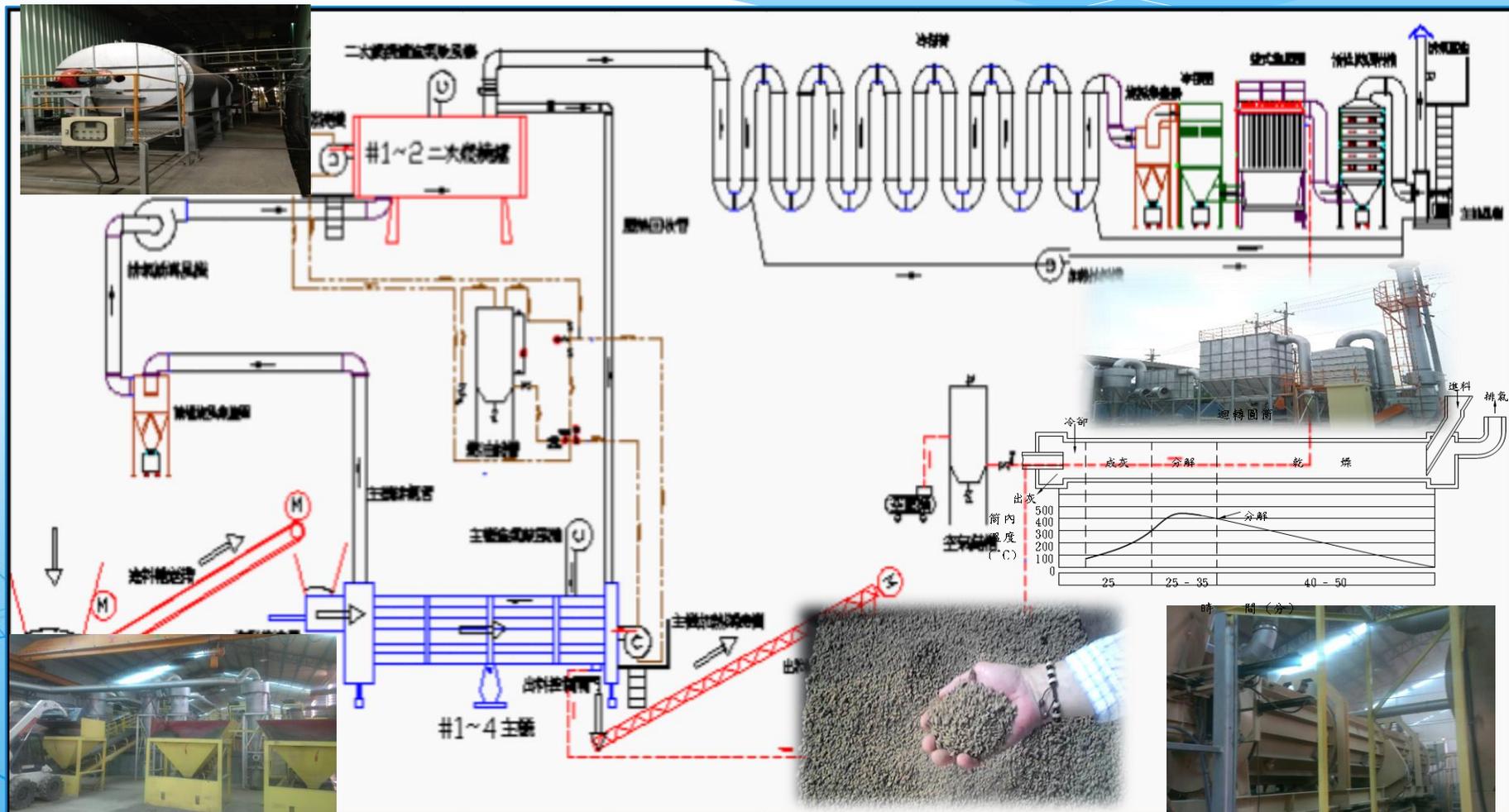
將脫水污泥乾燥後，再用高溫氧化污泥中的有機物，使污泥成為少量灰燼。污泥焚燒爐有多膛焚燒爐、旋轉窯焚燒爐、流化床焚燒爐等幾種。



陸、污泥资源化利用

三、惠民關係企業燁民實業污泥之處理經驗

(燕巢一油污染土壤熱脫附及污泥處理系統流程圖)



陸、惠民關係企業污泥之處理經驗

三、惠民關係企業福建庄民環保實業污泥之處理經驗

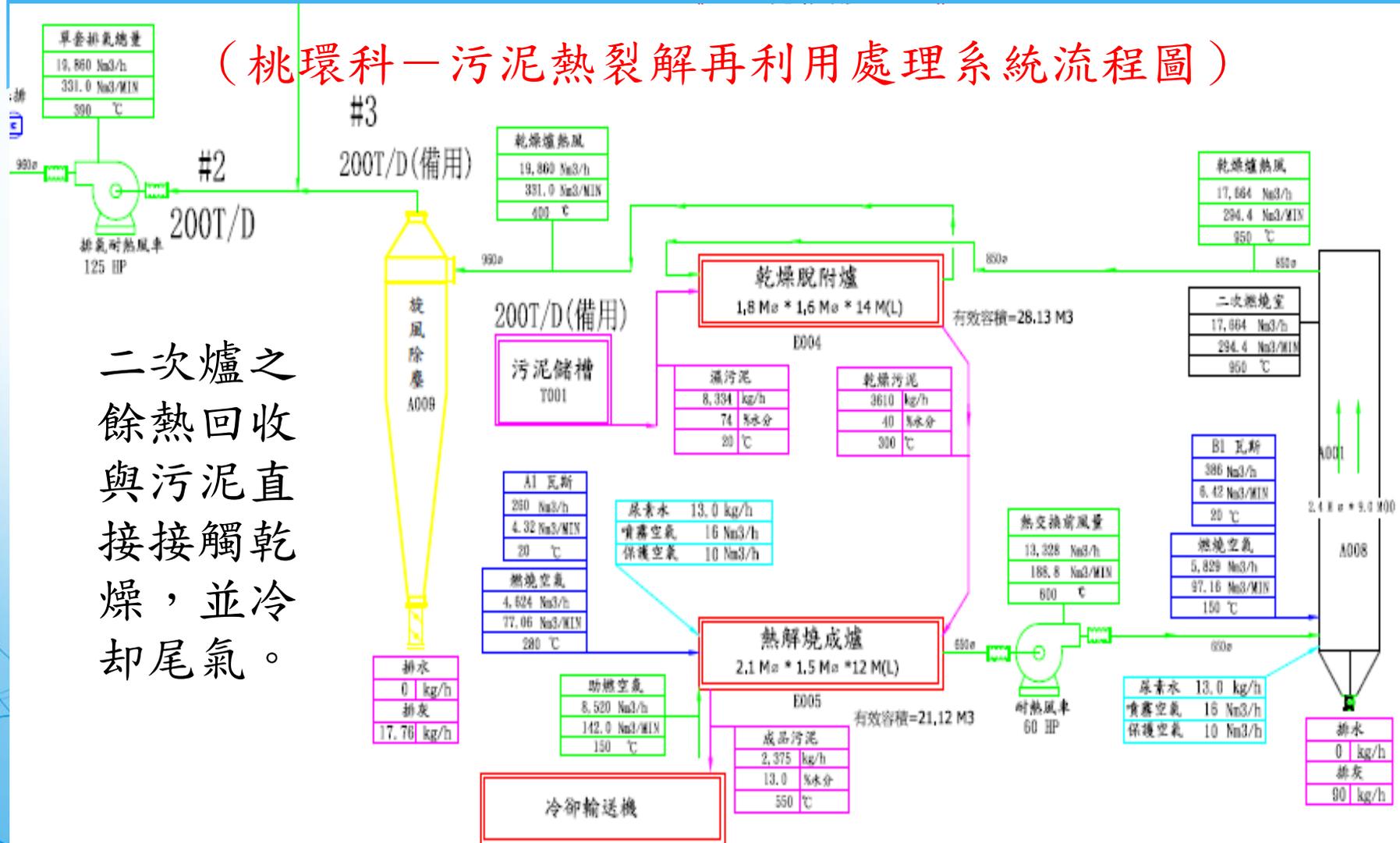
(污泥熱處理出料系統)



陸、污泥资源化利用

三、惠民關係企業萬嘉環保實業污泥之處理經驗

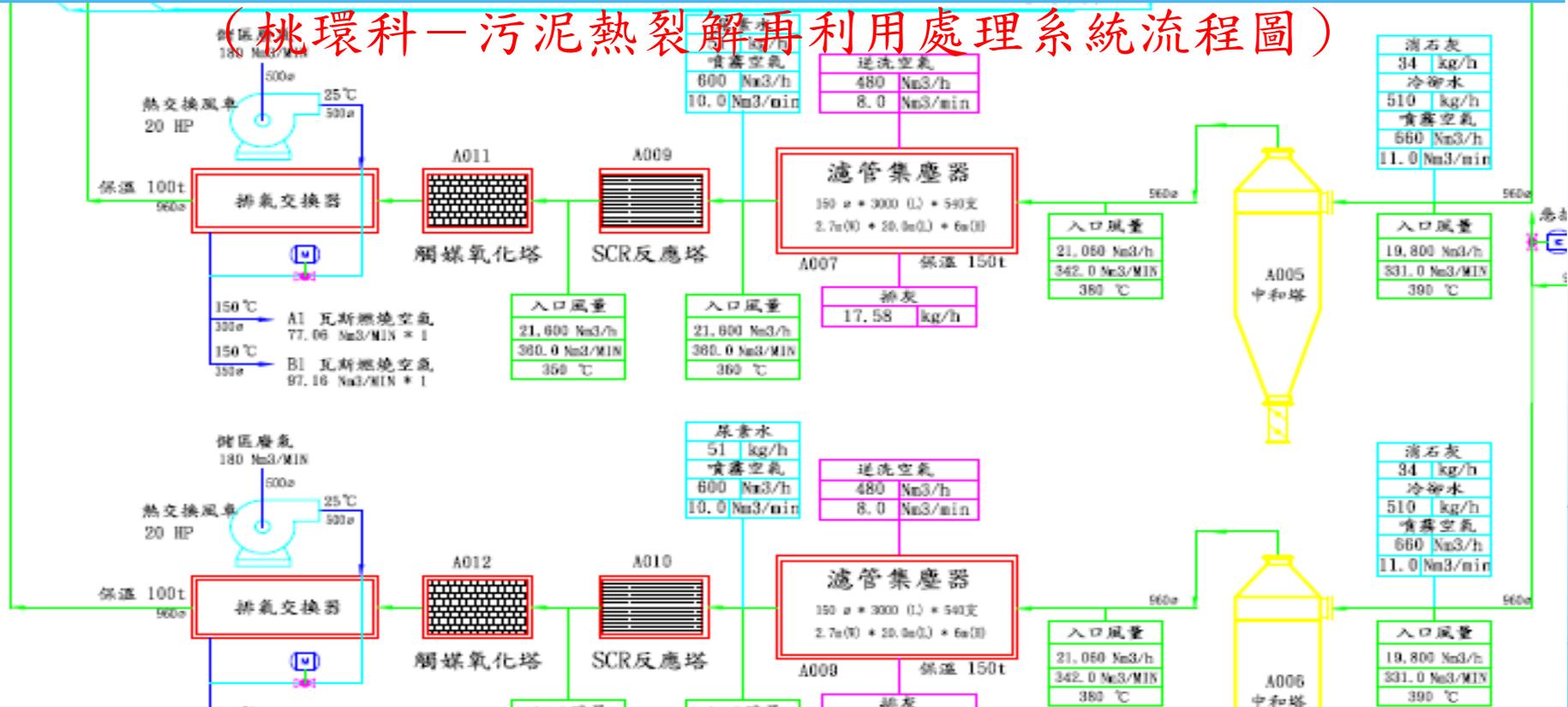
(桃環科一污泥熱裂解再利用處理系統流程圖)



陸、污泥资源化利用

三、惠民關係企業萬嘉環保實業污泥之處理經驗

(桃環科一污泥熱裂解再利用處理系統流程圖)



桃環科因總量管制，NO_x需處理至10ppm以下故必須：

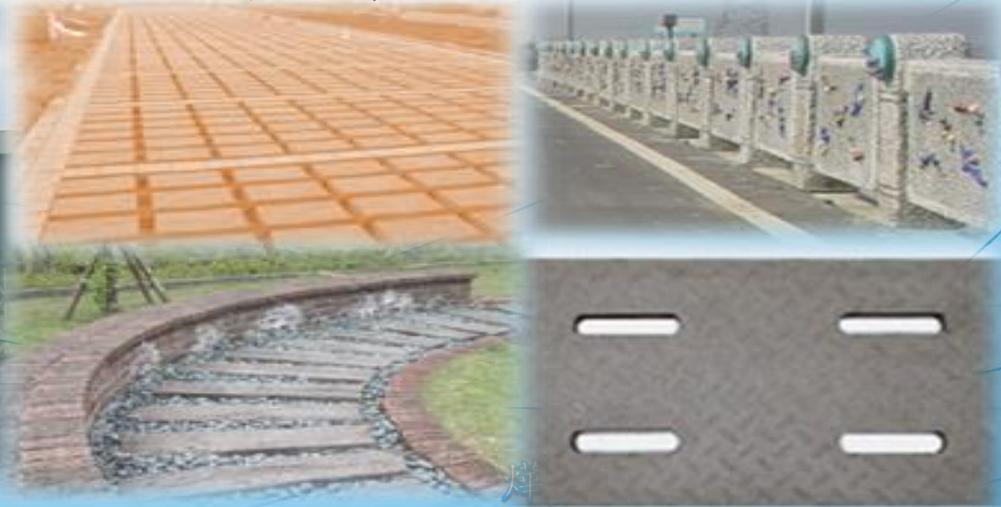
1. 使用低NO_x燃燒機。
2. 使用SCR，又因SCR反應溫度在350-400oC，只有選用陶瓷濾管。
3. 二次爐之餘熱氣直接與污泥接觸乾燥有臭味之虞，利用臭氧協同光觸媒除臭。

陸、污泥资源化利用

三、惠民關係企業**燁民實業**污泥之處理經驗

- * 製程過程主要是讓原物料藉由熱能、陶瓷輻射能之作用，以爐體自身之旋轉，使原物料均勻受熱，讓原物料中之有機化合物分離脫附，其操作溫度保持在**600°C~550°C**，操作區段及停留時間如圖所示。
- * 藉由處理後之產品资源化，產生可再使用之原料及建材。如無機性粉砂可作為水泥製品之骨材及級配料如**CLSM材料**等，也可利用無機性粉砂生成高性能透水磚、水溝蓋板等相關產品，其用途可作為步道、人行道等公共空間鋪面。

惠民實業股份有限公司
高雄中華西路130號



陸、污泥资源化利用

三、惠民關係企業**燁民實業**污泥之處理經驗

* CLSM材料相關法規，規格摘要

檢驗項目	規定值	依據之試驗規範
28天期齡抗壓強度	<90 kg/cm ²	CNS 1232
12小時期齡抗壓強度	>7 kg/cm ²	
坍流度(slump flow)	15公分以上不超過20公分且表面無泌水為最佳	ASTMD 6013
初凝時間(initial set)	<3.5小時	ASTMC 403
粗骨材用量	不得超過400 kg/cm ³	-





柒

國內污泥處理 遭遇的問題與結語



惠民實業(股)公司
Huimin Environmental Tech. Co.,Ltd

柒-1、國內污泥處理遭遇的問題

* 1. 污泥產量龐大且處理用昂貴

*至民國98年，處理費每噸1800元至今7500-8500元以上。

* 2. 處理成本與衍生2次公害之問題

*衛生掩埋處置由於地小人稠，掩埋廠廠址尋覓不易，處理的社會成本及民眾抗爭均難以掌控。

*焚化處置設施的建造成本維護費用高，而且又有戴奧辛及灰渣的排出與再處理的費用及問題。

* 3. 污泥成分差異問題

*污泥重金屬含量，比重、pH值、氯離子含量等因素若有顯著差異，則會影響燒結結果。

• 4. 主管單位玩世界杯足球賽

*農委會—肥料，環保局—焚化爐，營建署—???



柒-1、國內污泥處理遭遇的問題

* 5. 使用上遭遇瓶頸

*污泥焚化飛灰顆粒粒徑偏細，難以直接作為混凝土粒料與道路工程料。

* 5. 作為農業用途面臨之問題

*目前污泥直接作為土壤肥力改良材料仍為我國法令所禁（「有機農產品生產規範-作物」，92.9.15）。

*污泥既有氮磷鉀比例未必穩定且合適作為肥料，需機動添加配方。

*工業有機污泥因重金屬含量偏高，較不適用於堆肥。

*因有機農業市場規模尚在成長，同時化學肥料價格偏低，污泥堆肥產品推廣較有困難。

*因農委會怕黑心肥料管理不易。

柒-2、結語

- * 未來污泥處置的新挑戰有三個層面：
 - ***技術層面上**，要使整個操作程序維持在最大效能與彈性，盡可能從**汗水處理系統上減少污泥產生**及回收有用物料與資源。
 - ***經濟層面上**，要積極擴展副產品的市場(例如可以透過法令與獎勵)，增加污泥處置的**經濟誘因**，使從污泥中取出之利益能夠超過其原本對環境的衝擊連同資源化過程的投資。
 - ***法令與規劃層面上**，要能發展全球性的污泥物性產量資料庫與時俱進合理之再利用規，屆此建立適用於各地區的污泥處置標準。
- * 可預見的未來，將需要更多的處理設備、更多的再利用途徑、更多經充分訓練之操作者，因此需要與時並進的法令，設定更合理的標準，以及為污泥資源化創造市場。

Wishing You

health

happiness

