

總量管制空污防制技術

吳義林

國立成功大學 環境工程學系

大綱

前言

粒狀物控制

除酸與脫硫

脫硝

處理揮發性有機物

陶瓷濾材

總量管制

104年6月30日公告實施總量管制

實施期程： 104/6/30~107/6/29

既存固定污染源：

- 建立總量管制推動基線-列管工廠排放量認可
- 指定削減目標5%- 各管制污染物認可排放量達指定公告應申報年排放量者應削減 **5%**

新設或變更達一定規模者：應採用最佳可行控制技術，
並取得足供抵換污染物增量之排放量

管制污染物種類：**粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物及揮發性有機物**

既存固定污染源可採行之防制措施

以「實質減量」為原則

既存固定污染源可採行之防制措施

採用低污染製程、
低污染性原（物）
料或燃料

增設防制設施
或
提升防制效率

拆除或停止使用
產生空氣污染物
之設施

其他經中央主管
機關認可之防制
措施

天災或不可歸責於
己之事由(展延一次)



檢具替代方案、空
品模式模擬結果或
相關科學證據



交易



既存固定污染源
(削減量差額)

競標



主管機關拍賣

減量



非固定源
減量

公私場所採行防制措施前，應依「固定污染源設置與操作許可證管理辦法」之第23條第1項第2款規定辦理：改用低污染性原（物）料或燃料、拆除或停止使用產生空氣污染之設施、增設防制設施或提升防制效率者，應於事實發生後30日內檢附相關證明文件，向審核機關提出申請變更操作許可證

柒、既存固定污染源排放量認可、指定削減及削減量差額認可與管理作業方式

二、指定削減

（三）**既存固定污染源**指定削減作業方式

4. 指定削減之空氣污染物**無法削減時**，公私場所得以**具有相同空氣品質維護效益之不同空氣污染物種類**削減，其應檢具替代方案（含事由、被替代與替代之空氣污染物種類與削減量、替代削減量達成方式及期程與其他地方主管機關指定之事項）、空氣品質模式模擬結果、國外空氣污染物抵換相關文獻或相關科學評估證據，向地方主管機關申請以**不同空氣污染物之削減量替代**。

捌、新設或變更固定污染源審核規則

五、空氣污染物增量抵換原則

- (一) 僅限相同總量管制區內。
- (二) 僅限相同空氣污染物。但不同空氣污染物種類具有相同空氣品質維護效益並經地方主管機關審查同意抵換者，不在此限。
- (三) 新設或變更之固定污染源取得足供抵換污染物增量之排放量，應大於或等於新增之空氣污染物年排放量。

捌、新設或變更固定污染源審核規則

六、空氣污染物增量抵換比例

- (一) 同一法人保留削減量差額與其增量之抵換比例為1：1。
- (二) 不同法人間削減量差額與增量之抵換比例為1.2：1。
- (三) 本法第九條第二款至第五款來源之排放量與增量之抵換比例為1：1。

審查開發行為空氣污染物排放量 增量抵換處理原則

- 適用條件：(1) 開發單位申請開發案之固定污染源
(2) 且位於二級或三級防制區者
- 衍生性空氣污染物與原生性空氣污染物抵換，開發單位應提出兩者抵換比例模擬結果資料供審查，未提出者，其比例原則如下：

物種抵換	抵換方式	抵換比例	資料來源
SO _x : PM _{2.5}	近距離SO _x 與原生性PM _{2.5}	40:1	2012 USEPA
	遠距離SO _x 與原生性PM _{2.5}	10:1	
	SO _x 衍生性細懸浮微粒與原生性PM _{2.5} 抵換	40:1	行政院環保署
NO _x : PM _{2.5}	近距離NO _x 與原生性PM _{2.5}	85:1	2012 USEPA
	遠距離NO _x 與原生性PM _{2.5}	40:1	
	NO _x 衍生性細懸浮微粒與原生性PM _{2.5} 抵換	200:1	行政院環保署

空氣污染物之抵換

		A廠		
		SO ₂	NO _x	PM
A廠 (同廠)	SO ₂	1	1.24	4.17
	NO _x	0.80	1	3.36
	PM	0.24	0.30	1
B廠 (不同廠)	SO ₂	0.76	0.95	3.18
	NO _x	1.06	0.72	2.43
	PM	0.31	0.41	1.91

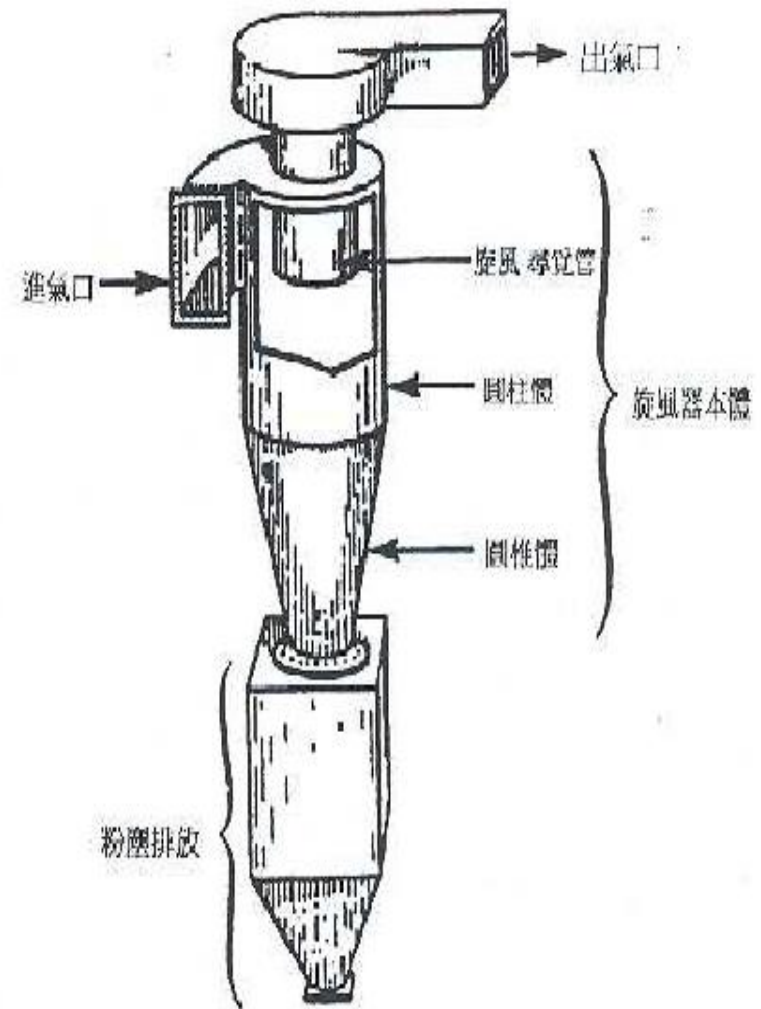
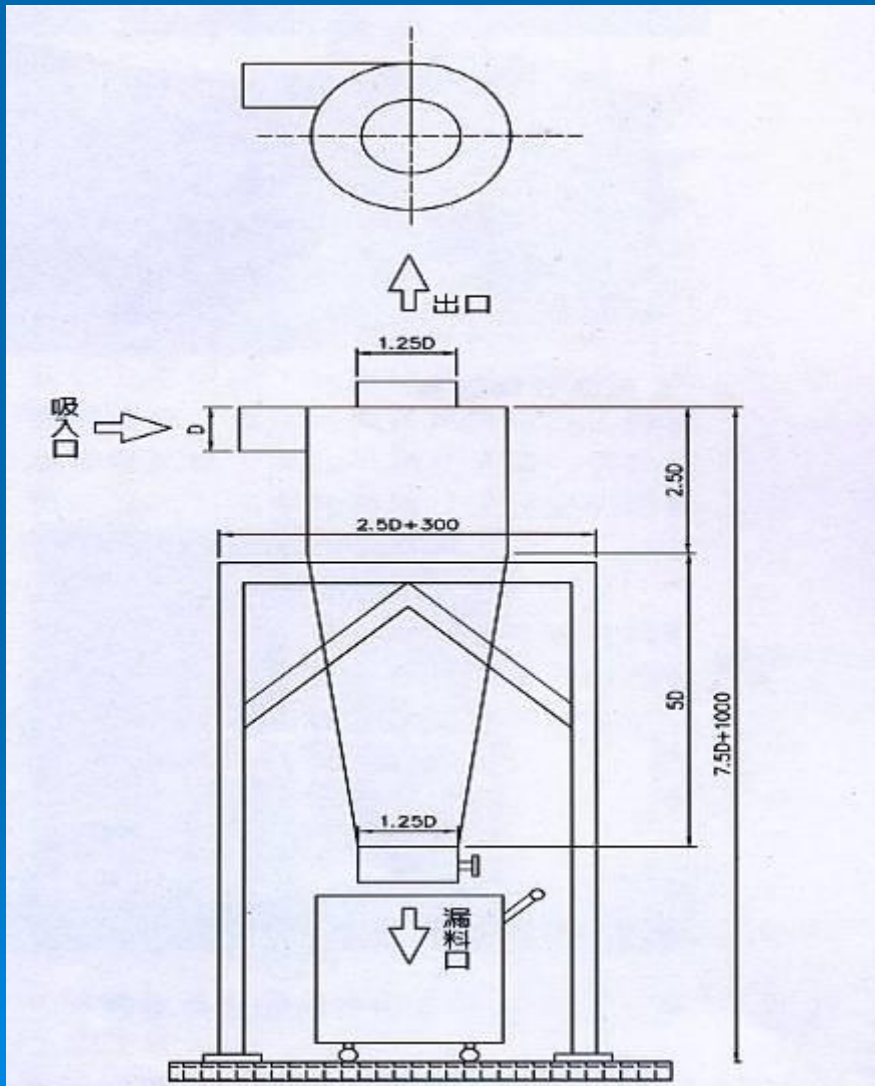
粒狀污染物防制設備

- 旋風集塵器(Cyclone)
- 濕式洗塵器(Scrubbers)
 - 噴水式洗塵器(Spray-Chamber Scrubbers)
 - 旋風式洗塵器(Cyclone Spray Chambers)
 - 濕式衝擊濕式洗塵器(Wet Scrubber)
 - 文氏洗塵器(Venturi Scrubber)
- 靜電集塵器(ESP)
- 濾袋集塵器(Bag Filter)

旋風集塵器(Cyclone)

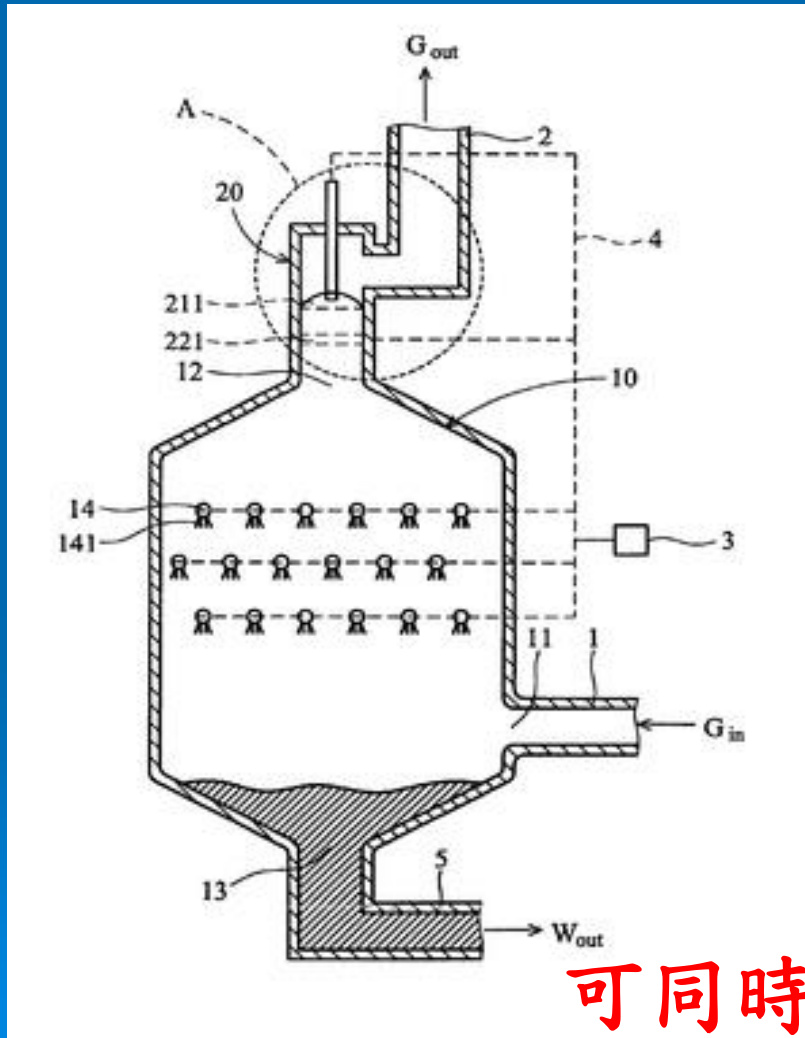
- 利用螺旋氣流離心力及塵粒慣性，收集粒狀污染物
- 傳統式旋風塵器對粒徑大於 $20\mu\text{m}$ 以上之塵粒處理效率約在85%，高效率旋風集塵器則可達90%以上
- 適合做為操作較為昂貴之最後處理設備（如：袋式集塵器、靜電集塵器）之前處理裝置

旋風集塵器(Cyclone)

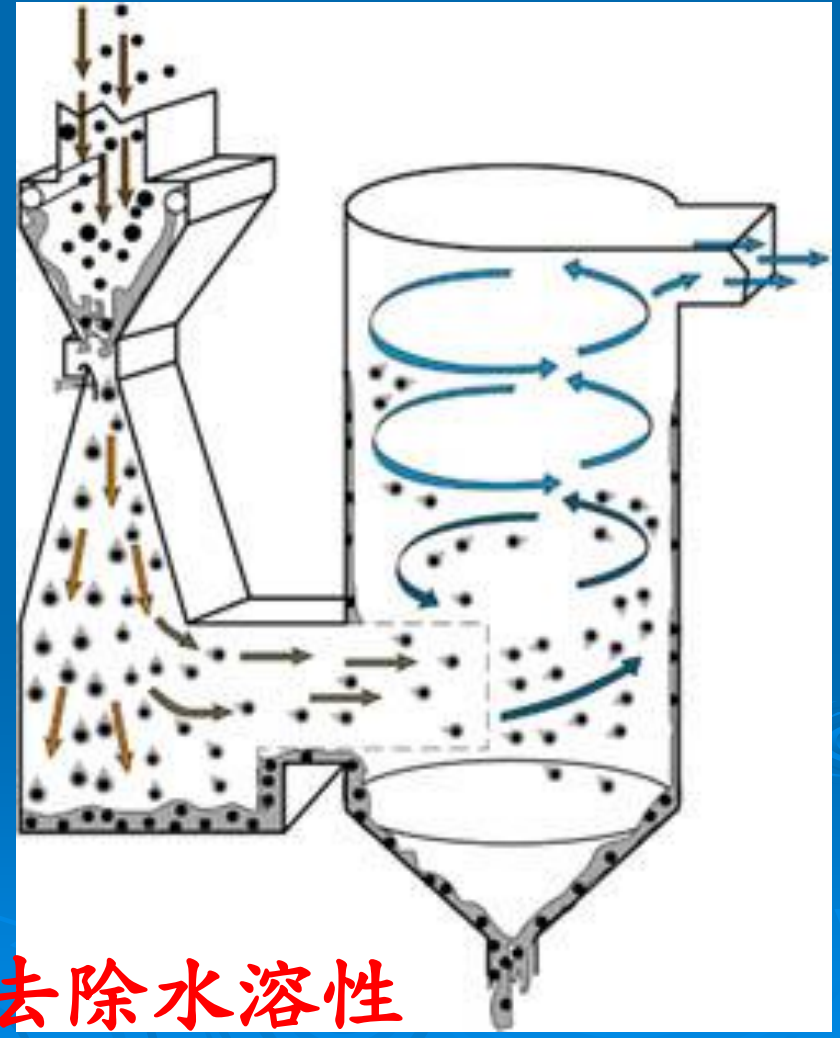


濕式洗塵器(Scrubbers)

噴水式洗塵器



文式洗塵器

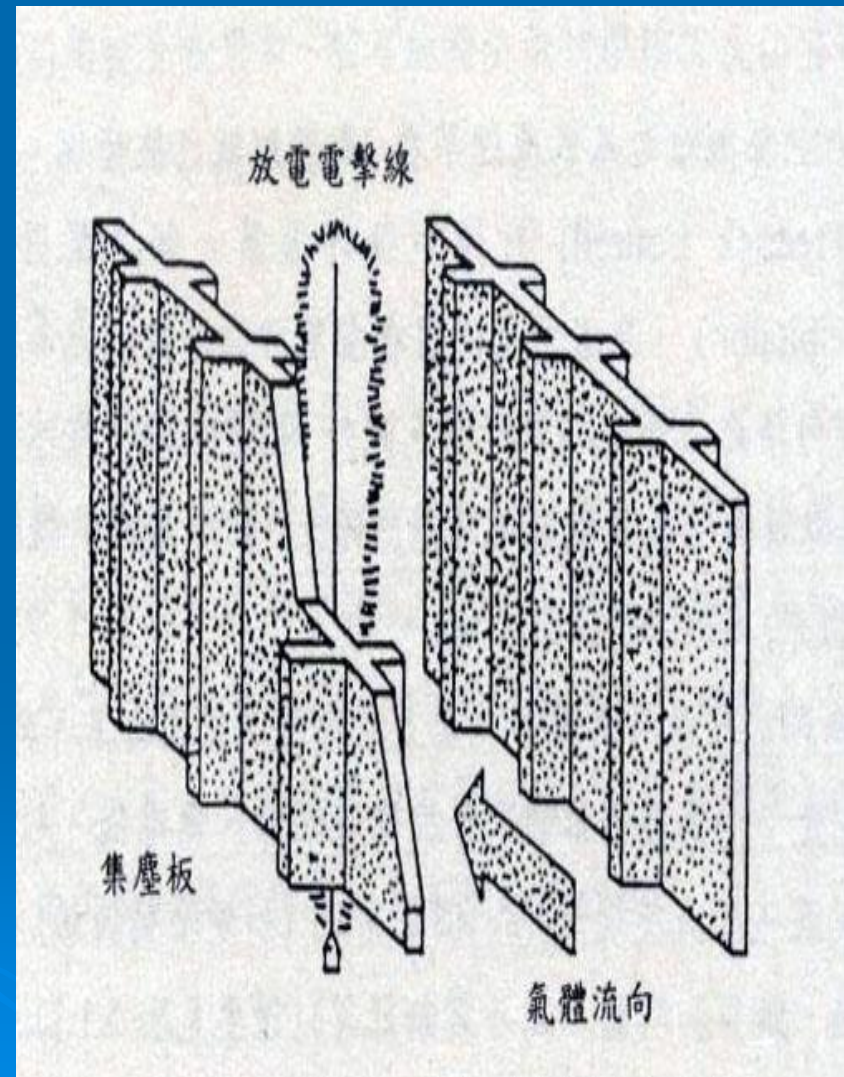
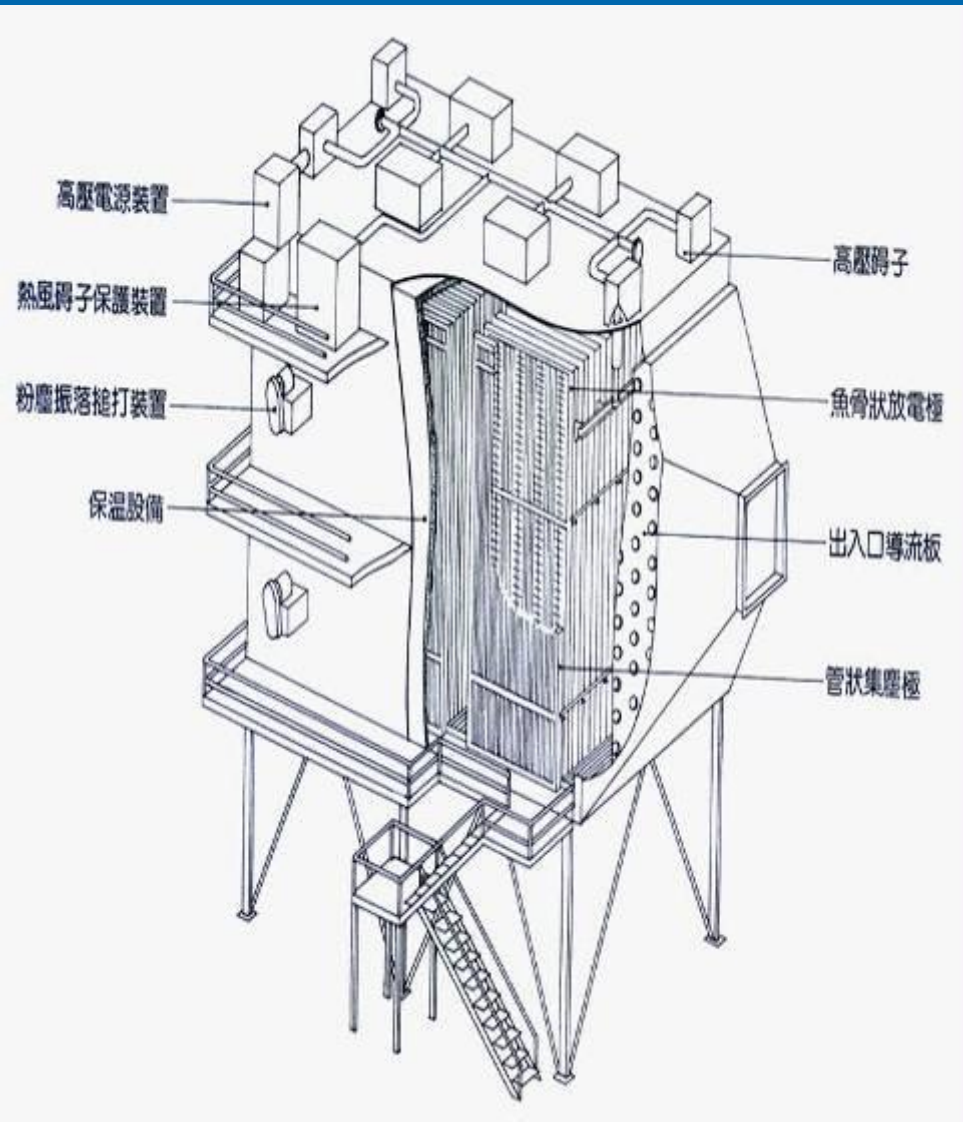


可同時去除水溶性
氣相污染物

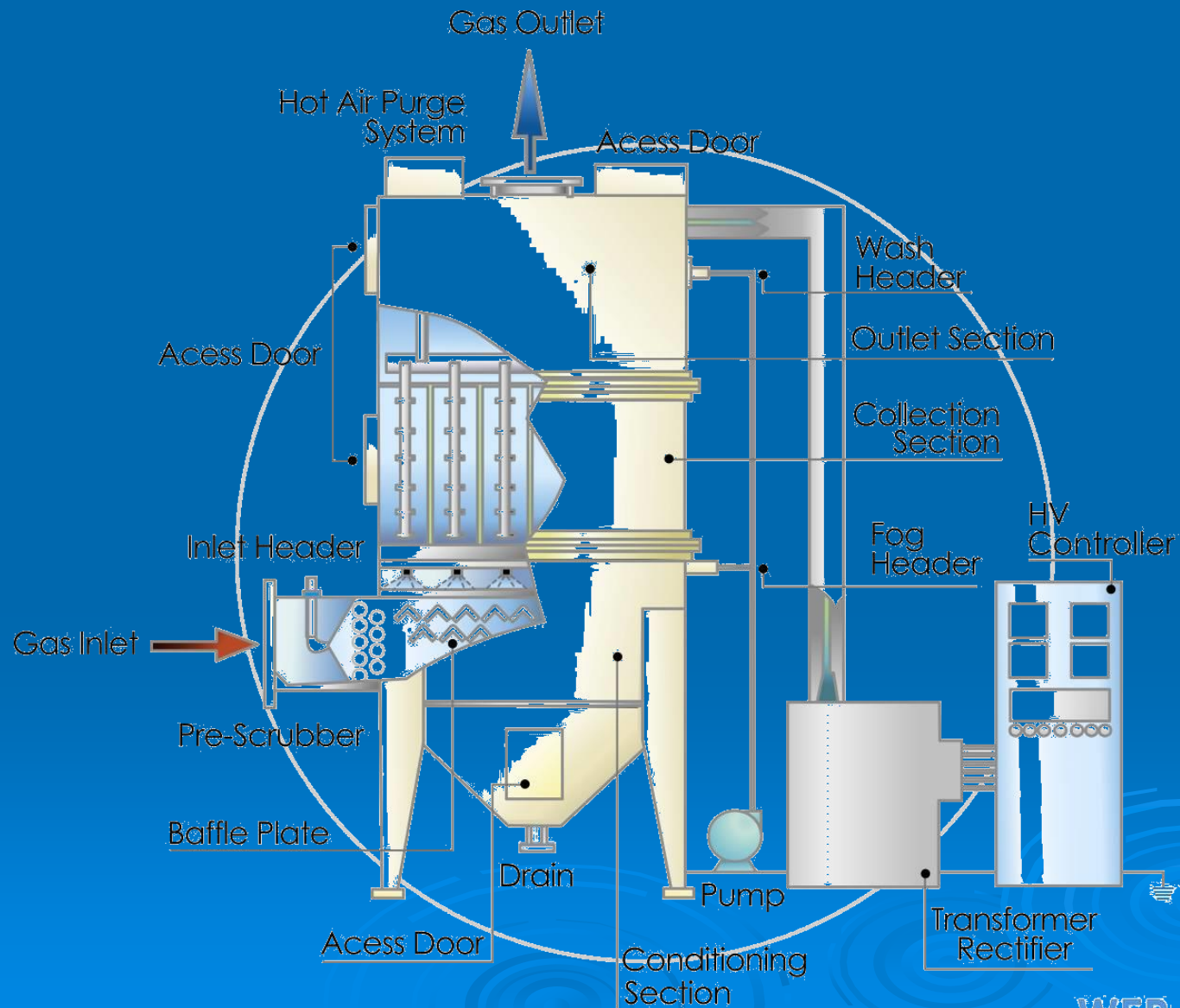
靜電集塵器(ESP)

- 利用電力使氣流中的塵粒帶電，然後再依「異性電相吸」的原理將微粒子捕集
- 收集機制：
 - 第一步驟→氣體離子化
 - 第二步驟→使氣流中之粒子帶電
- 收集之粒徑可小至0.1微米
- 效率在90%以上，某些情形下效率可高達99%

靜電集塵器(ESP)



Wet Electrostatic Precipitator

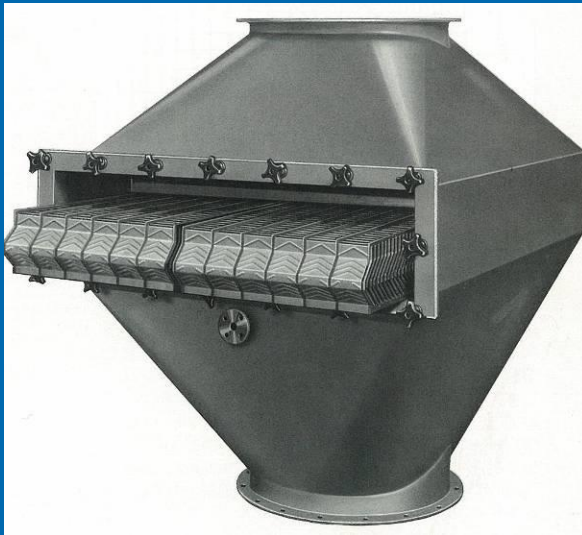


WEP System

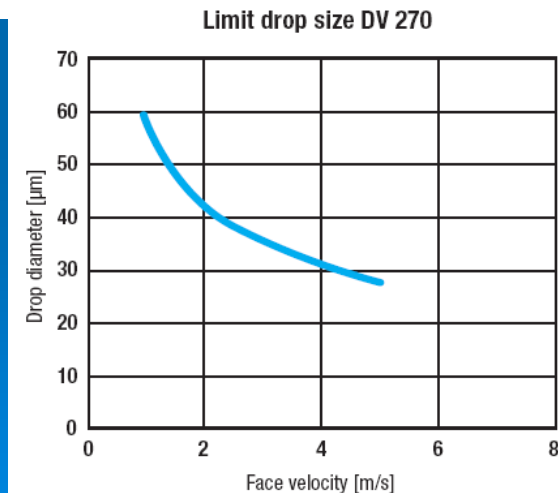
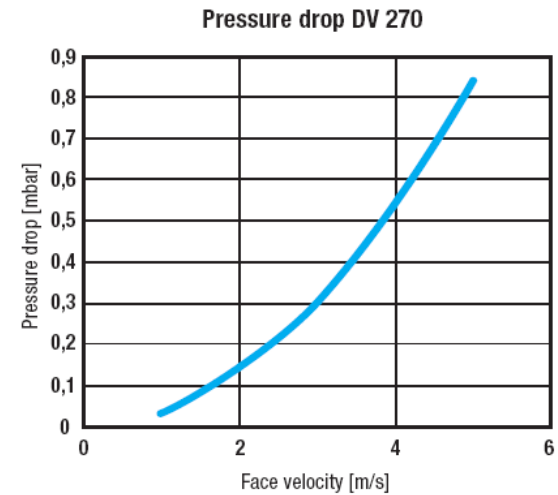
Collector Tubes



Mist Eliminator



Velocity for WEP is 1.45 m/sec



濾袋集塵器(Bag Filter)

- 利用濾袋作為塵粒依附體，對小粒徑塵粒產生高效率過濾作用
- 依材質不同可區分：
 - 「高溫型袋式集塵器」($T > 120^{\circ}\text{C}$)
 - 「中溫型袋式集塵器」($80^{\circ}\text{C} < T < 120^{\circ}\text{F}$)
 - 「低溫型袋式集塵器」($T < 80^{\circ}\text{C}$)
- 處理效率較差之煙塵粒徑約在 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$
- 操作良好者其對次微米至幾百微米之塵粒攔阻效果可達99%以上

各種粒狀物防制設備之比較

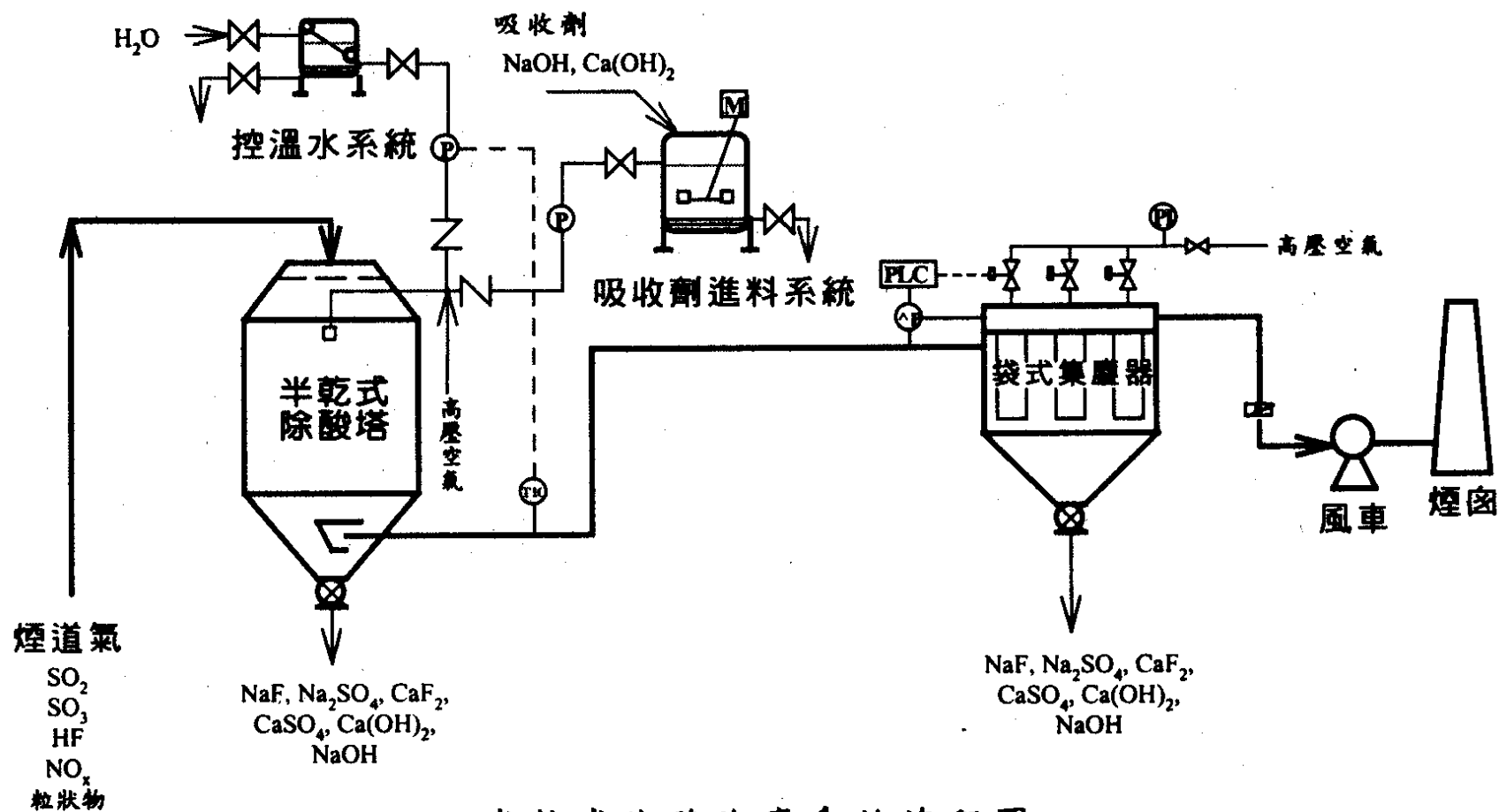
	可收集最小粒徑	收集效率	適用時機
重力塵降室	50 μm	< 50%	用於前處理去除粒徑大粉塵以減輕後段設備負荷
旋風集塵器	5~25 μm	50~90%	粉塵顆粒粗大；粉塵濃度高；不需很高效率
噴水洗塵器	> 8 μm	<90%	需高效率去除細微粒；需冷卻處理且濕氣存在影響不大；氣體具可燃性；氣態及粒狀污染物需同時去除
旋風洗塵器	> 5 μm	<95%	
開孔洗塵器	> 2 μm	<90%	
衝擊洗塵器	> 5 μm	<97%	
文式洗塵器	> 0.5 μm	<98%	
袋式集塵器	< 1 μm	>99%	需很高的去除效率；需乾燥地收集有價物質；氣體溫度恆高於露點溫度；氣體體積流量不大
靜電集塵器	< 1 μm	90~95%	需很高的去除小顆粒粉塵；氣體體積流率很大；需回收有價物質

SO_x 與 NO_x 之排放源

- 高溫燃燒：鍋爐，內燃機
- SO_x: Sulfur content
- NO_x: fuel NO_x, thermal NO_x
- 特定製程

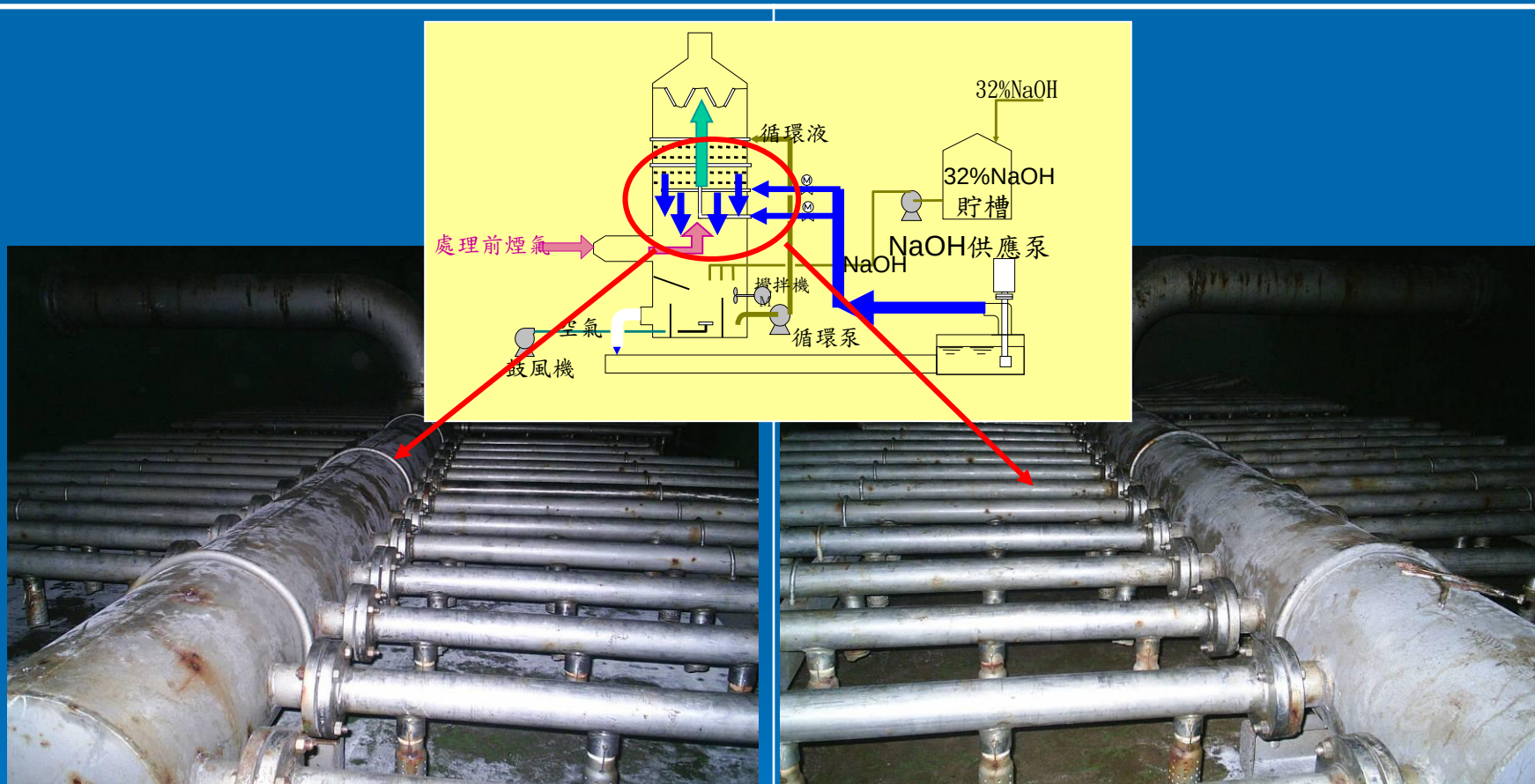
硫氧化物控制技術

- 減少SO₂的產生
 - 燃料脫硫
 - 改用低硫份燃料
- SO₂產生後的減量--排煙脫硫技術
 - 濕式洗滌法（市場佔有率超過85%以上）
 - 半乾式洗滌法
 - 乾式吸收法



半乾式除酸除塵系統流程圖

FGD設備



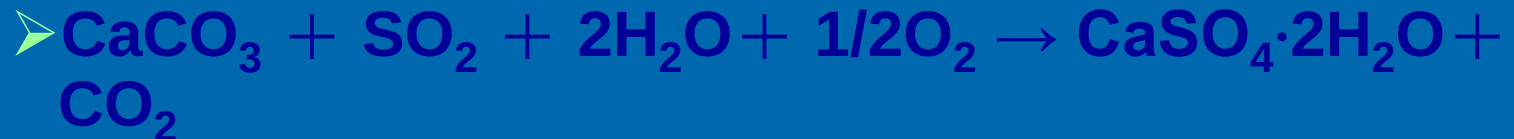
FGD內部曝氣管路主管

FGD內部曝氣支管路

硫氧化物濕式洗滌法

➤ 常用除硫程序主要反應原理

➤ 石灰石除硫法



➤ 溼式氫氧化鎂法



➤ 液鹼除硫法



硫氧化物控制技術

程序種類	除硫效率	吸收劑	空間需求	投資費用	操作費用
石灰石	>90%	CaCO_3/CaO	100%	100%	低
氫氧化鎂	>90%	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	80~100%	50~90%	較高
海水/石灰	>90%	海水, CaO	50~70%	80~100%	低
Wellman-Load	>90%	NaOH	150~170%	110~120%	高
雙鹼除硫	>90%	CaO , Na_2CO_3 , NaOH 等	100~120%	100~110%	較高
氧化鎂	>90%	MgO	120~170%	110~120%	高
噴霧乾燥	>90%	Na_2CO_3 , CaO	80~100%	65~90%	低
乾式注入法	>50%	Na_2CO_3 , CaO	20~30%	20~50%	較高
活性炭	>80%	Activated Carbon	130~150%	100~120%	高

燃燒後氮氧化物處理技術

乾式法	濕式法	氣態氧化法
選擇性觸媒還原法	氧化/吸收法	電子束法*
選擇性非觸媒還原法	吸收/還原法*	電暈放電法*
無選擇性觸媒還原法	氧化/吸收/還原法*	介電值放電法*
觸媒分解法		
吸收法		
吸附法		
移動床活性碳法*		

(註)*：可同時去除氮氧化物及硫氧化物

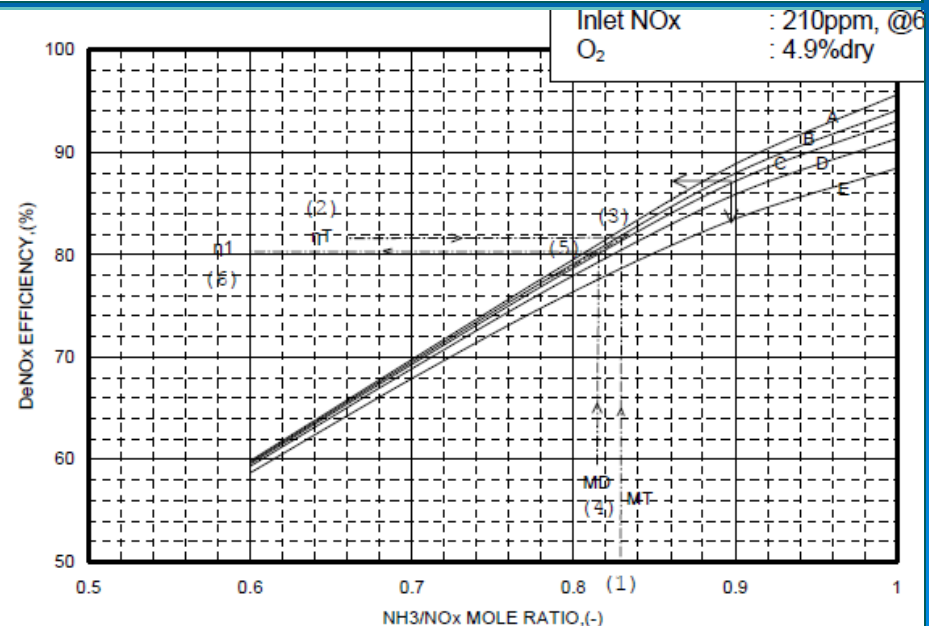
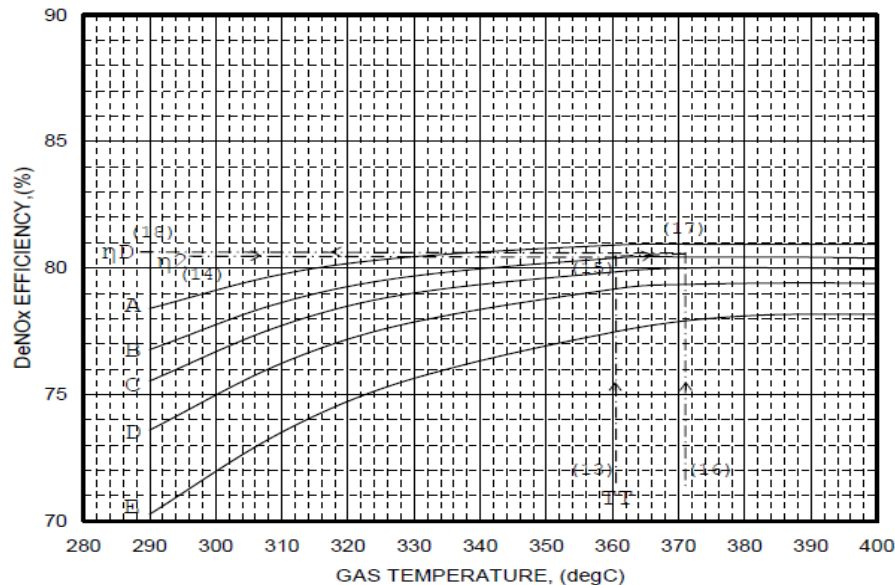
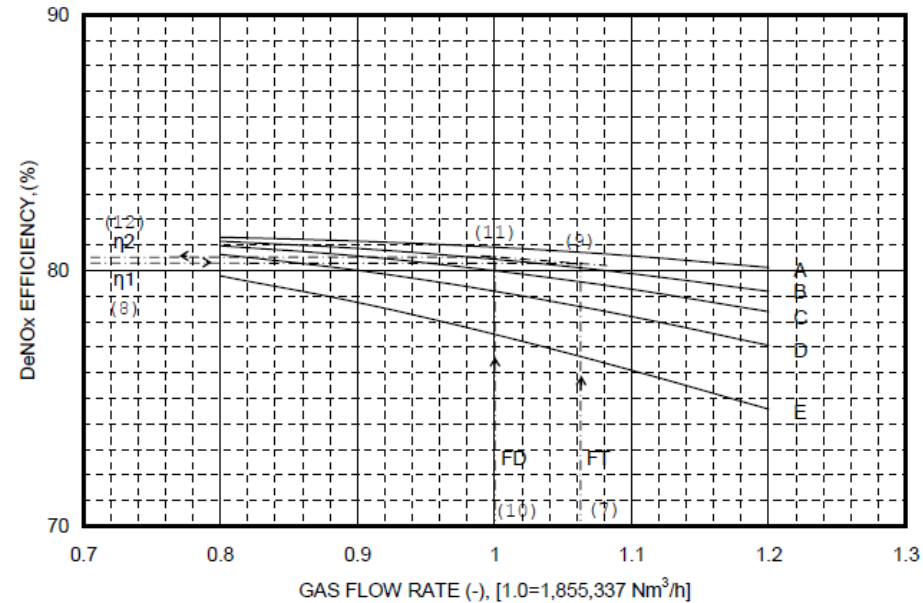
各種氨型態之優缺點及解決對策

內容 項目	優點	缺點	解決對策
液態氨	1.儲存槽佔空間小 2.系統控制容易 3.反應效率高	1.壓力高、有毒氣體、需符合高壓氣體勞工安全規則 2.氨氣洩漏 3.氨氣不正常排放造成惡臭	1.用耐壓/耐腐蝕材料並定期檢查 2.接合處儘可能採用焊接而不用法蘭接合；使用雙閘閥並附有隔膜（diaphragm）之壓力計 3. 所有排洩口與安全閥（PSV）之排放口皆須收集至處理中心
氨水	1.常壓，儲存及運輸無危險。 2.外洩量小，較容易控制。	1.氨只佔約 25%，故儲存槽所佔空間較大。 2.因水分含量高，加熱氣化時能量損耗大	1.以地下水儲存槽存放氨水 2.利用煙道氣預熱減少能量消耗
尿素	運輸及儲存最方便且全性最高	1.尿素及 NO _x 反應之莫耳比較複雜，脫硝效率控制較複雜 2.脫硝反應過程中會有笑氣（N ₂ O）產生 3.尿素及水之混合槽及儲存佔空間大	1.廠商之專門技術，由專業廠商處理 2.需加入添加劑，此部分亦為廠商之專門產品 3.使用地下儲存槽

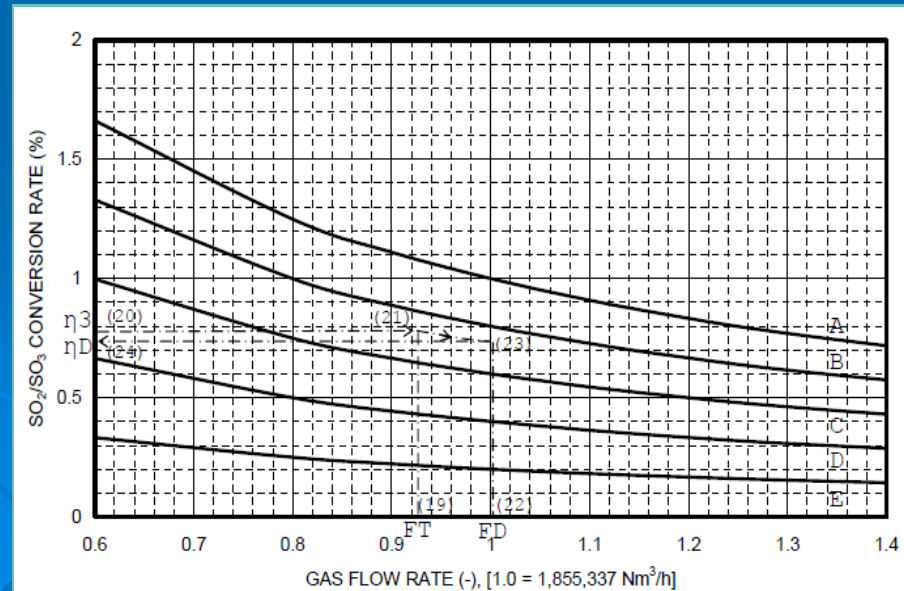
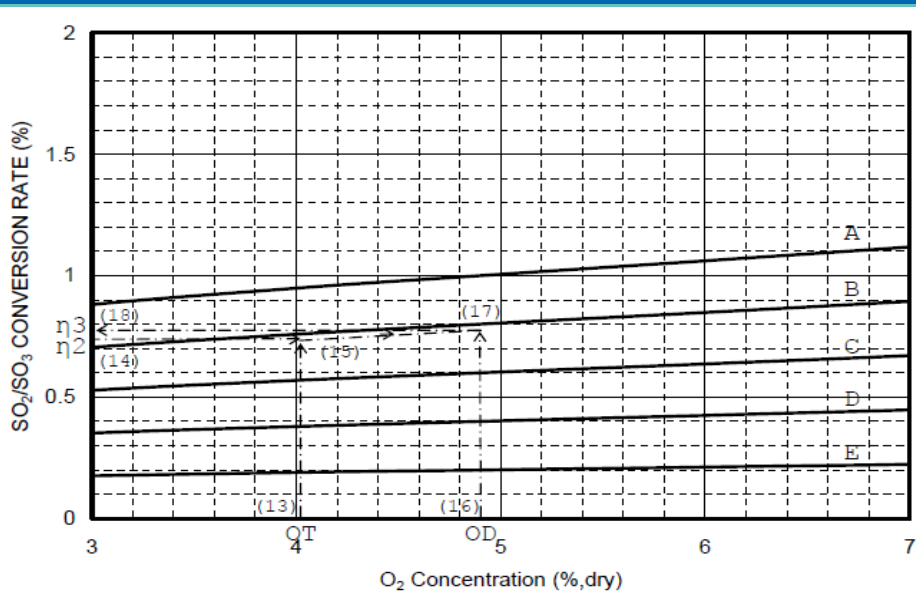
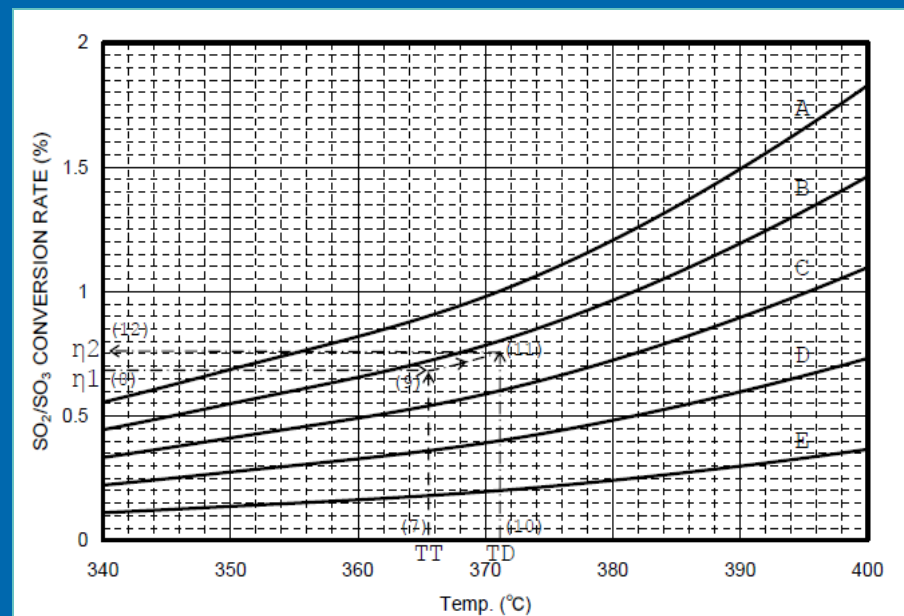
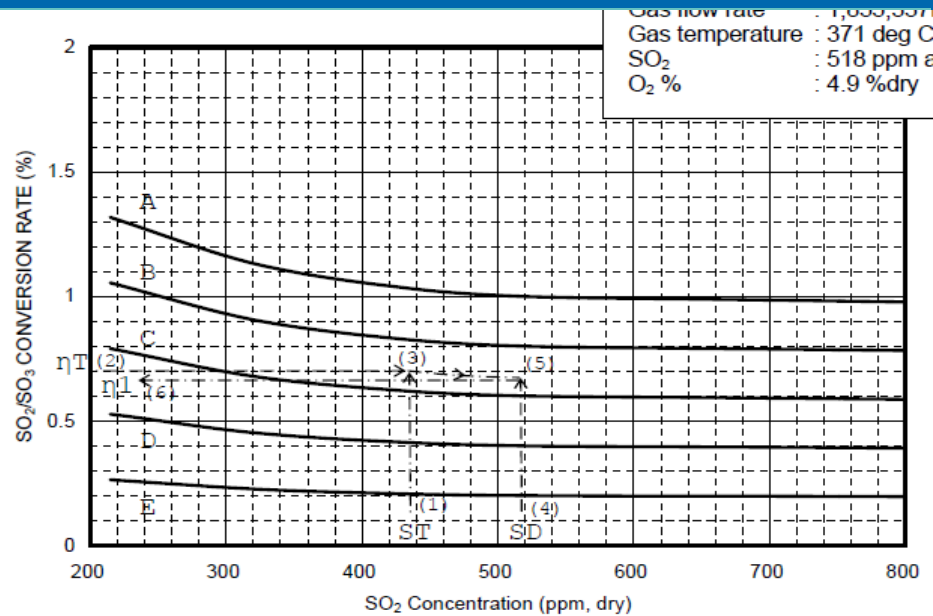
DeNOx efficiency of SCR

Operating parameters:

Temperature,
Gas flow rate (residence time),
NH₃/NO_x mole ratio



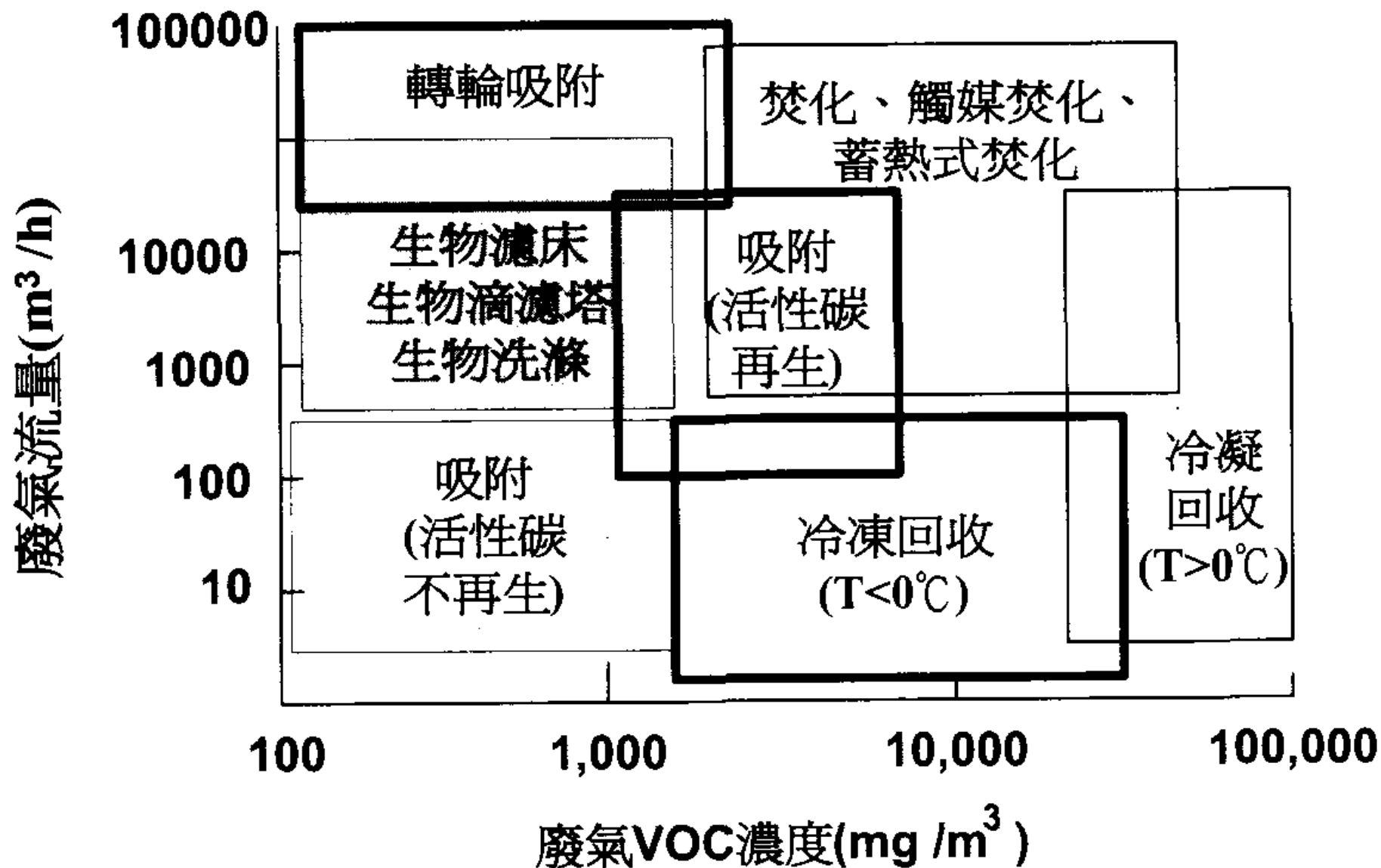
SO₂/SO₃ Conversion Rate for SCR



揮發性有機物管制之面向

空氣品質： 臭氧、細懸浮
微粒

空氣毒物： 個別成份
異味



VOCs控制技術

◆燃燒式控制技術：

- ✓ 破壞排氣中之揮發性有機物成份
- ✓ 控制技術：熱焚化法、觸媒焚化法、蓄熱式焚化法、化學氧化法
- ✓ 對大部份氣態有機污染物之去除效率甚高，因此應用較多

◆非燃燒式控制技術：

- ✓ 主要是以回收揮發性有機物以達成污染控制目的
- ✓ 控制技術：吸附法、吸收法及冷凝法

焚化法

◆技術原理：

- ✓ 利用高溫燃燒之氧化作用。
- ✓ 使廢氣轉換成無害之 CO_2 與 H_2O 。

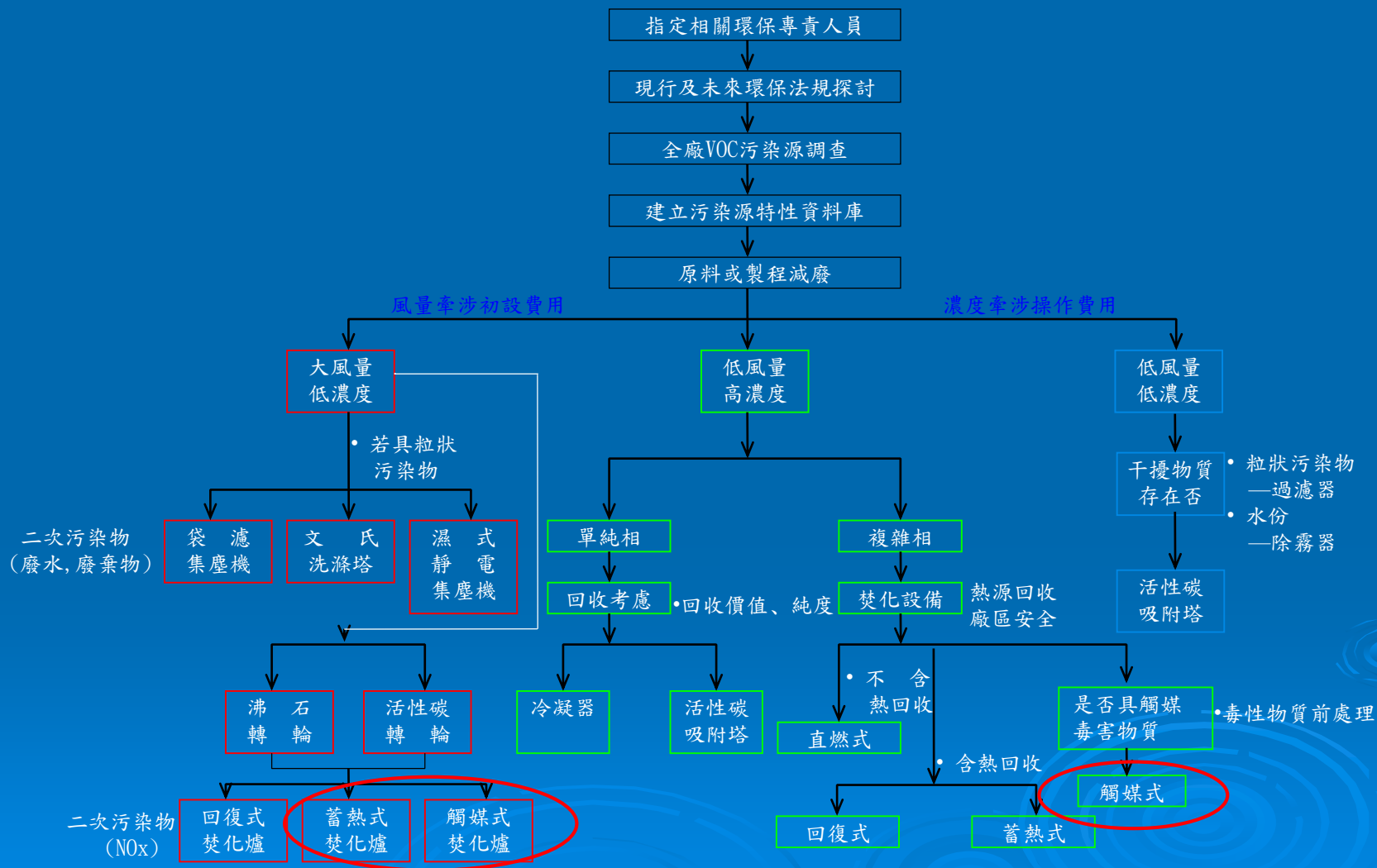
◆影響處理效率之參數：

- ✓ 焚化溫度
- ✓ 紊流強度
- ✓ 停留時間

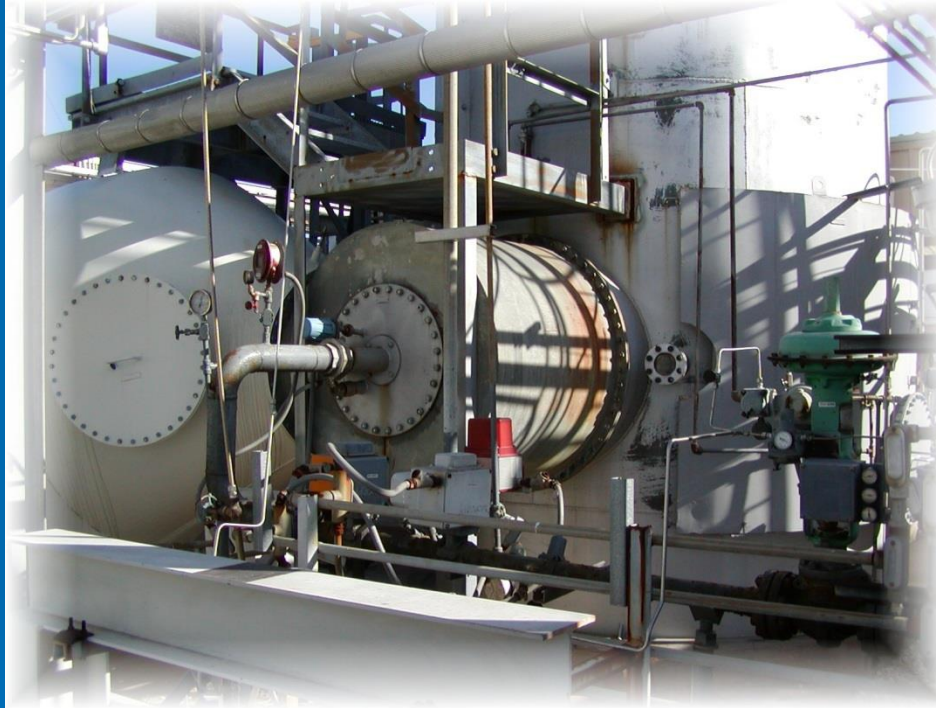
設備種類

1. 直燃式
2. 觸媒焚化
3. 蓄熱式熱焚化
4. 觸媒蓄熱式熱焚化

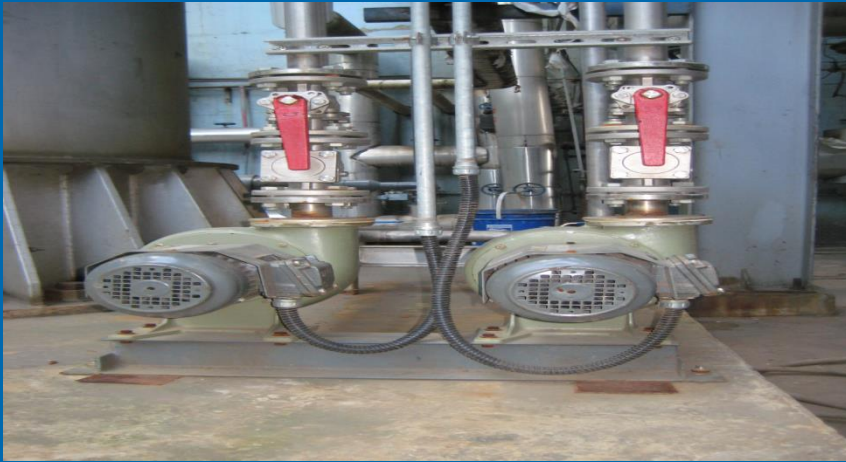
VOC處理方案選擇流程



Direct fired thermal oxidizer (process heater, boiler)



A direct-fired oxidizer is the simplest technology of thermal oxidation. A process stream is introduced into a firing box through or near the burner and enough residence time is provided to get the desired destruction removal efficiency (DRE) of the VOCs.



鍋爐之NMHC去除效率

	廢氣濃度(ppmC)	去除效率(%)	廢氣成份
A廠	623	98.7	丙烯、丙烷、醋酸乙烯
B廠	245000	99.0	聚乙烯
C廠	1320	98.8	甲醛

8 to 16 ppmC of NMHC from oil-fueled boiler

蓄熱焚化

- 蓄熱式焚化爐(RTO)的原理為利用陶瓷蓄熱介質做為熱源回收之載體，藉以達到高的熱回收效率減少燃料的耗損。
- RTO設有2~3個燃燒室，內部蓄熱介質先將入口VCO廢氣預熱至700~770°C，再由燃燒機加熱補充至燃燒設定溫度(800~900°C)，以達到高VOC去除效率。
- 蓄熱式觸媒焚化爐(RCO)則是在RTO蓄熱床上方添加觸媒層，以降低VOC完全破壞所需要的溫度。

焚化爐操作參數

➤ 焚化爐操作重要操作參數：3T

◆ 溫度(Temperature)

RTO: 800~900℃

RCO: 280~450℃

◆ 擾流(Turbulent)

$Re > 10,000$

◆ 停滯時間(Time)

0.5~2.0sec

蓄熱式觸媒焚化爐(RCO)

➤ 蓄熱式觸媒焚化爐特性：

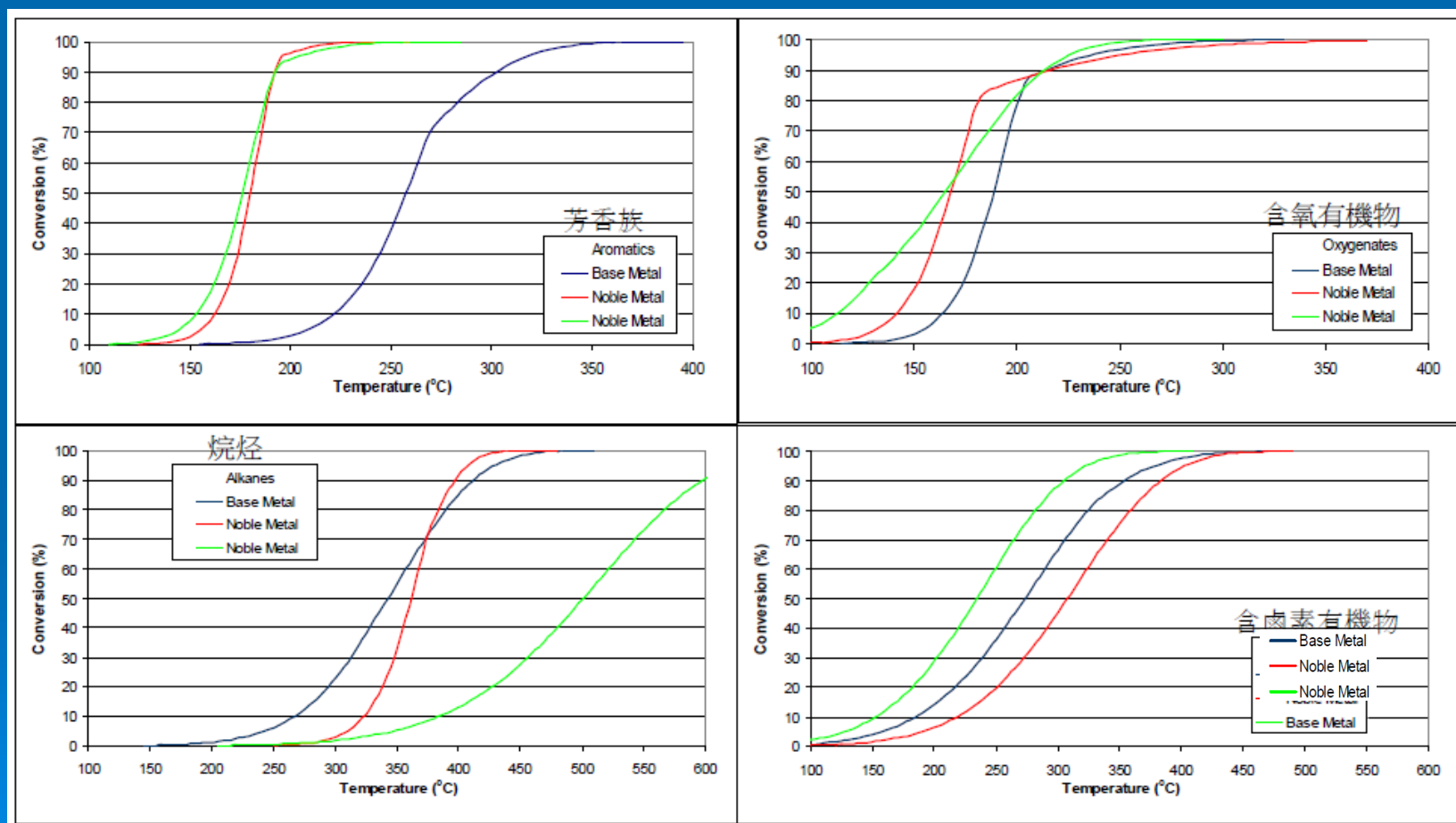
- ◆ 可與轉輪及吸附設施結合，燃燒產生的熱能可作為吸附設備脫附之用。
- ◆ 操作溫度較低，相較其他焚化設備而言燃料費用較少
- ◆ 缺乏石化燃料供應的工廠可採用電力為熱源
- ◆ 熱回收效率高(>95%)，去除效率高(>97%)



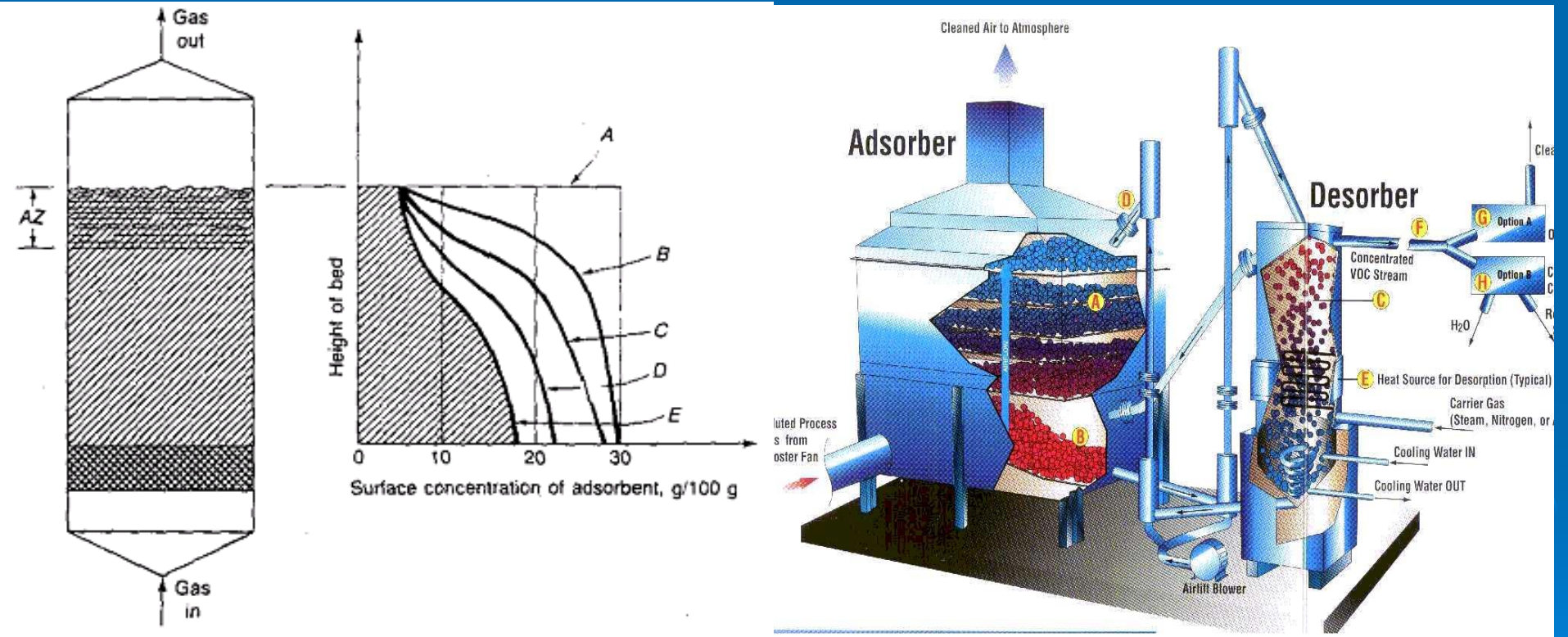
註：部份VOC物種臭味閾值極低，建議採用三槽RTO高溫設計。

VOCs觸媒

不同觸媒活性物質對不同廢氣的反應起始溫度與去除效率

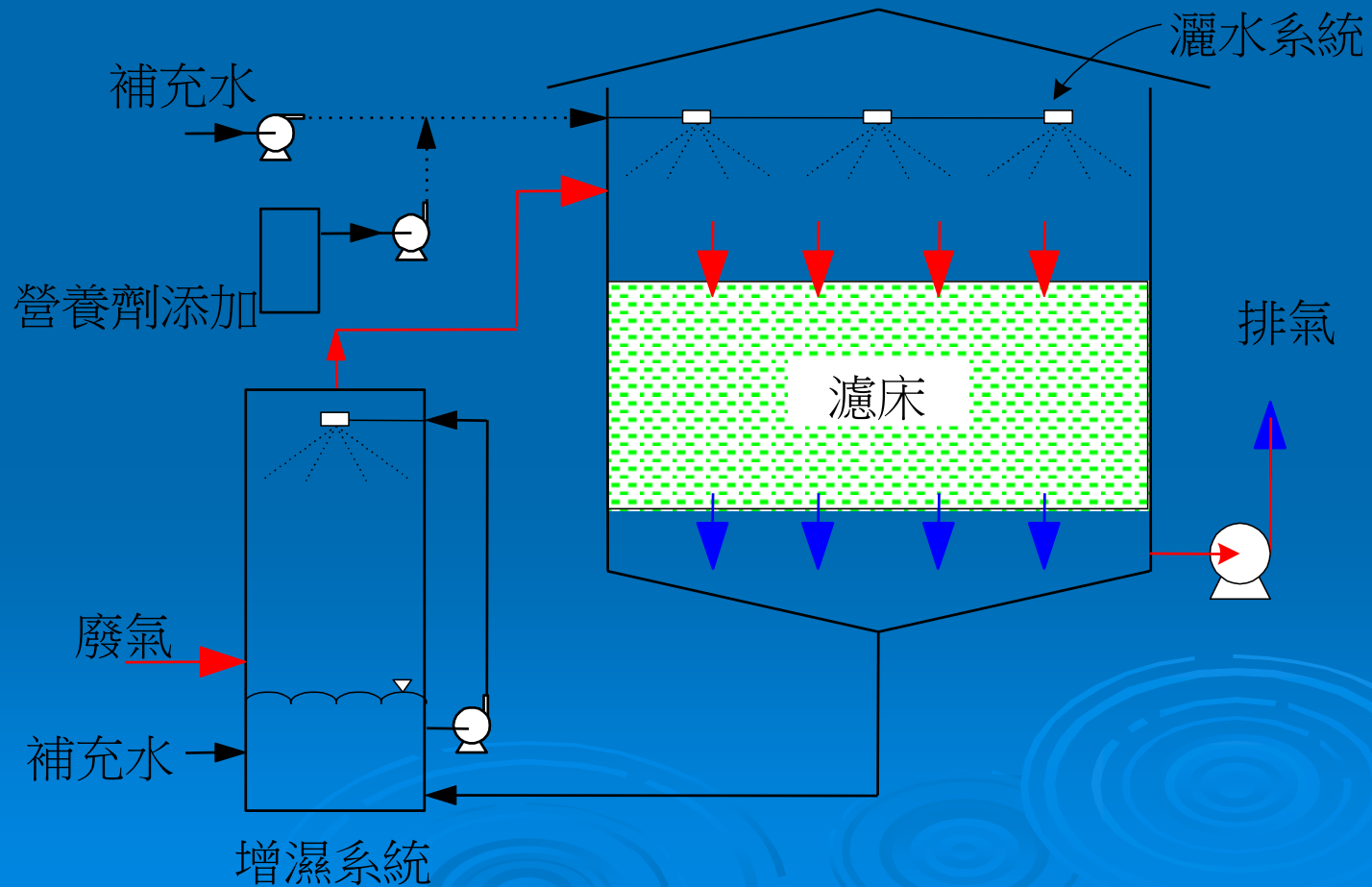


控制技術-活性炭



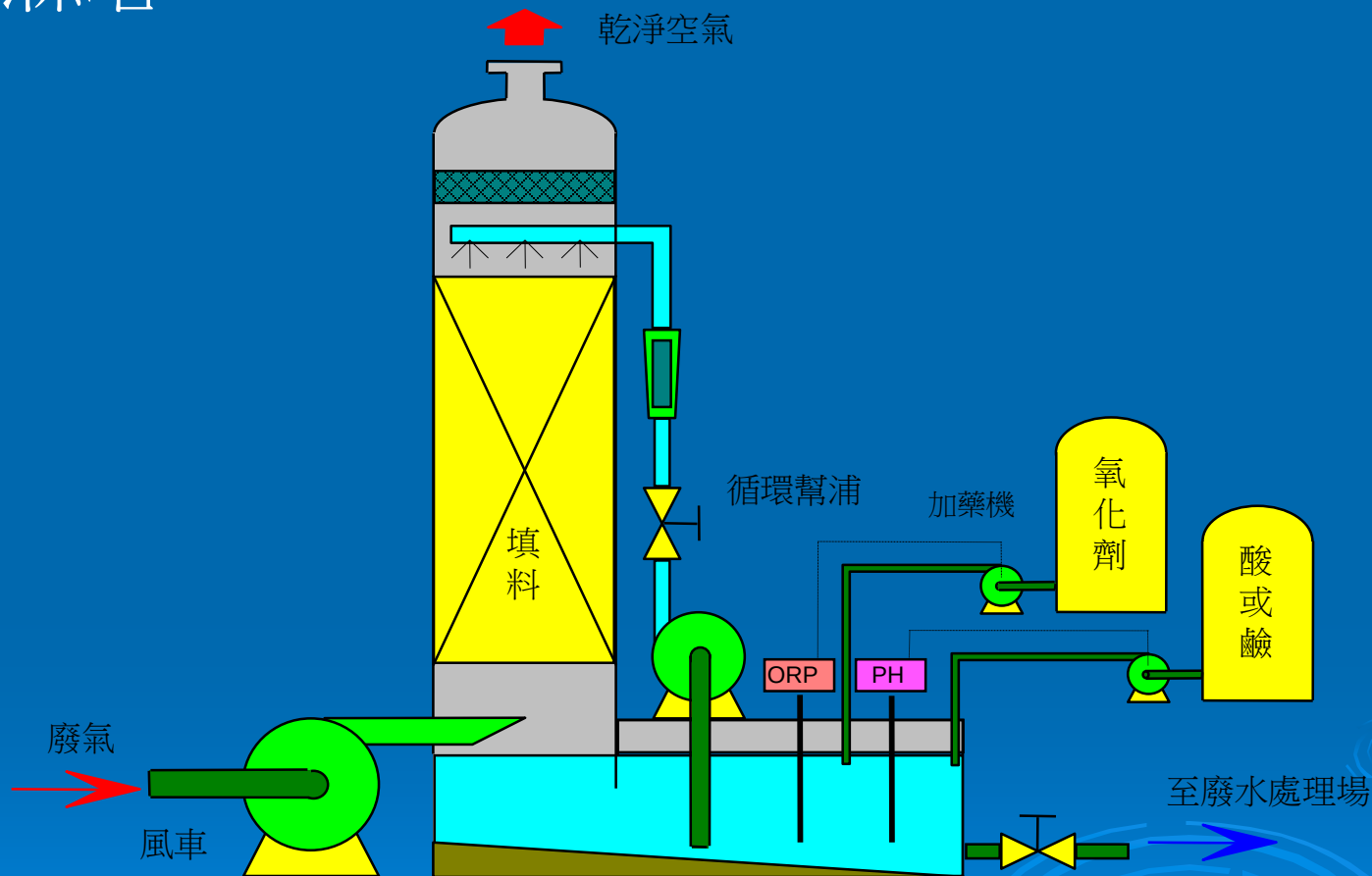
控制技術

生物濾床



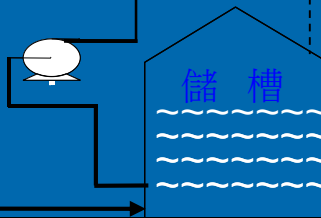
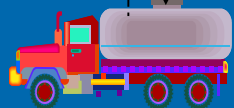
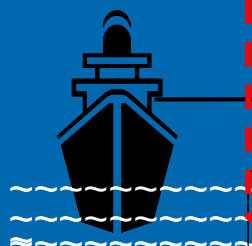
控制技術

濕式洗滌塔



濕式洗滌除臭技術示意圖

防制設備

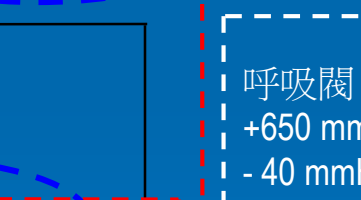
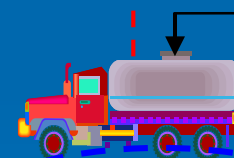


逸散排放



槽車密閉迴氣系統

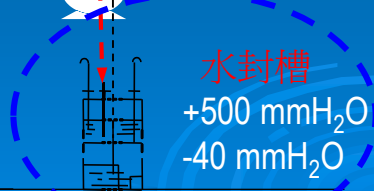
船艙密閉迴氣系統



呼吸閥
+650 mmH₂O
-40 mmH₂O

氮封系統

防制設備



水封槽
+500 mmH₂O
-40 mmH₂O

Control Efficiencies: 98% to greater 99%

水封槽



歷史曲線

Jul 01
00:07:45

Jul 08
18:04:55

Jul 16
12:02:05

Jul 24
05:59:15

Jul 31
23:56:25

PI_A1

-21.0

-26.2

none

不存在

不存在

none

不存在

不存在

none

不存在

不存在

none

不存在

不存在

none

不存在

不存在

none

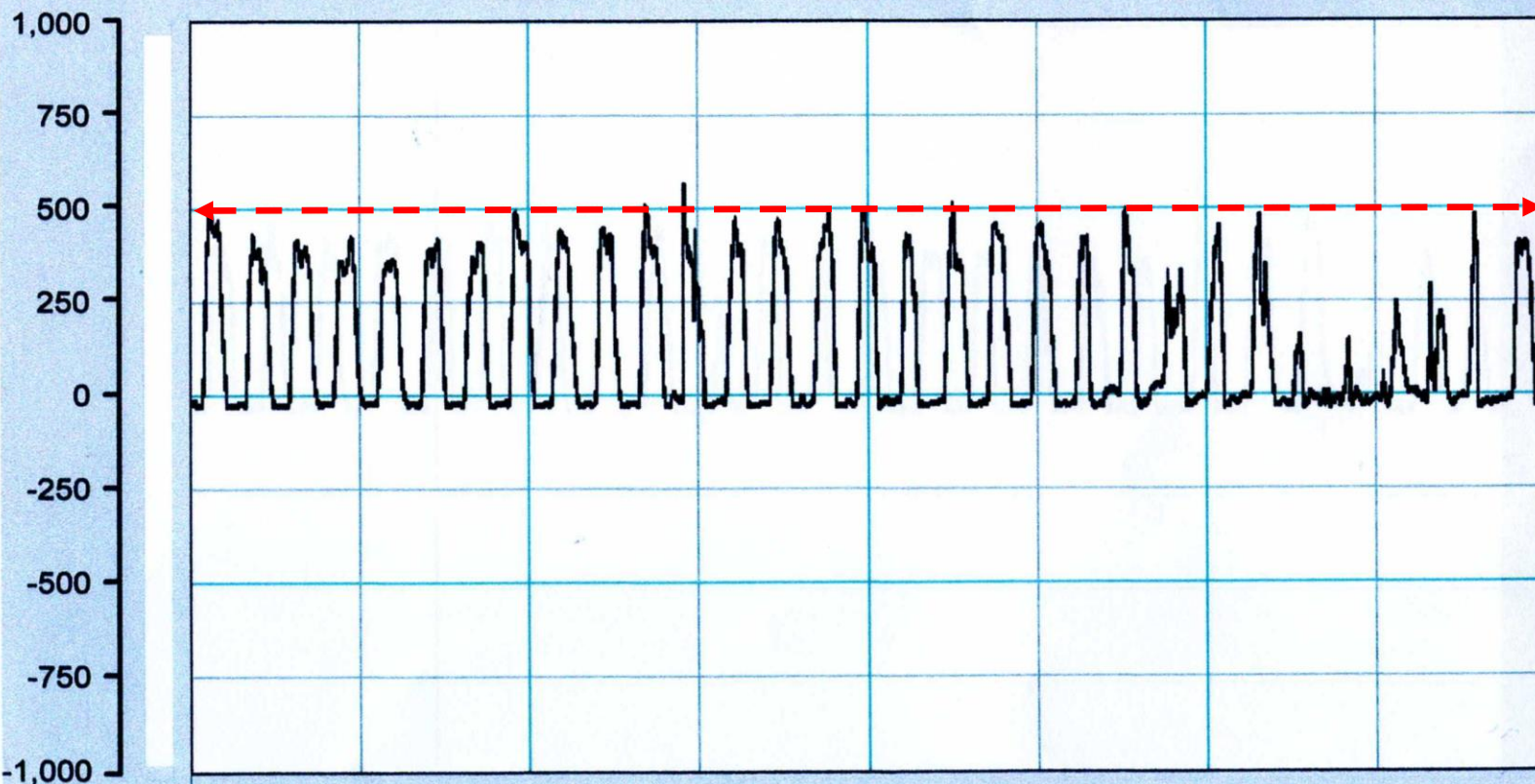
不存在

不存在

none

不存在

不存在



歷史曲線

Jul 01
00:07:45

Jul 08
18:04:55

Jul 16
12:02:05

Jul 24
05:59:15

Jul 31
23:56:25

PI_A2

-23.9

-23.6

none

不存在

不存在

none

不存在

不存在

none

不存在

不存在

none

不存在

不存在

none

不存在

不存在

none

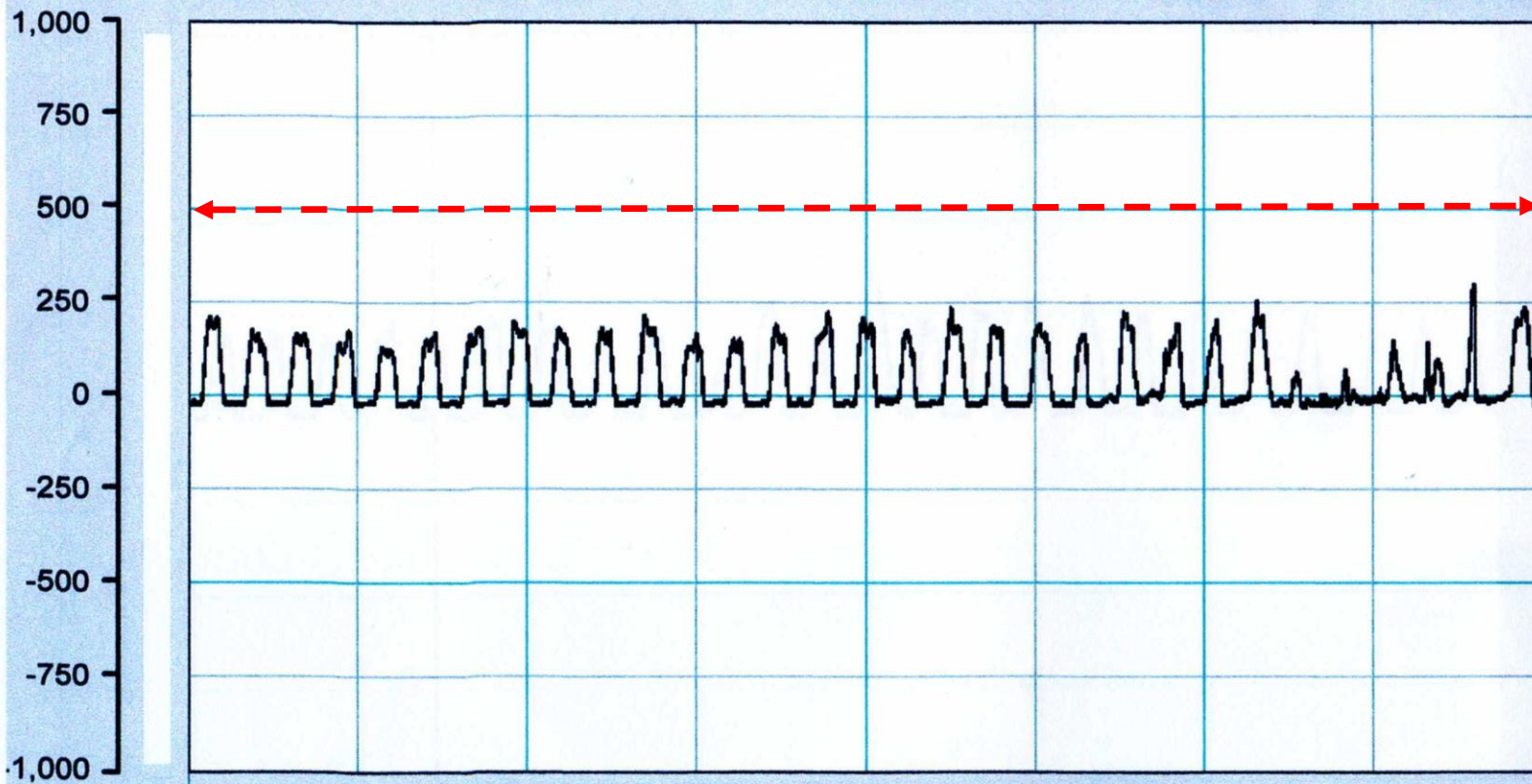
不存在

不存在

none

不存在

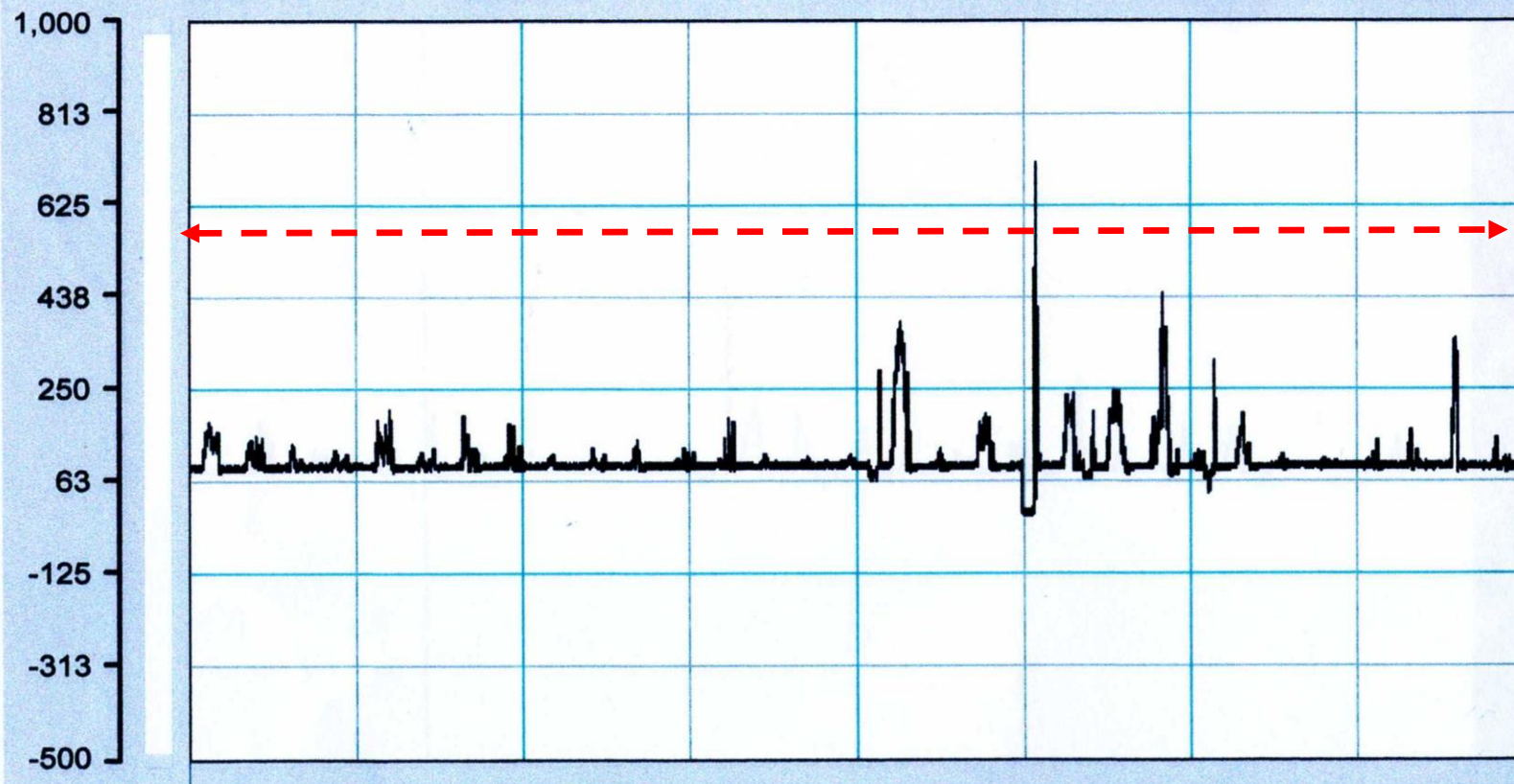
不存在



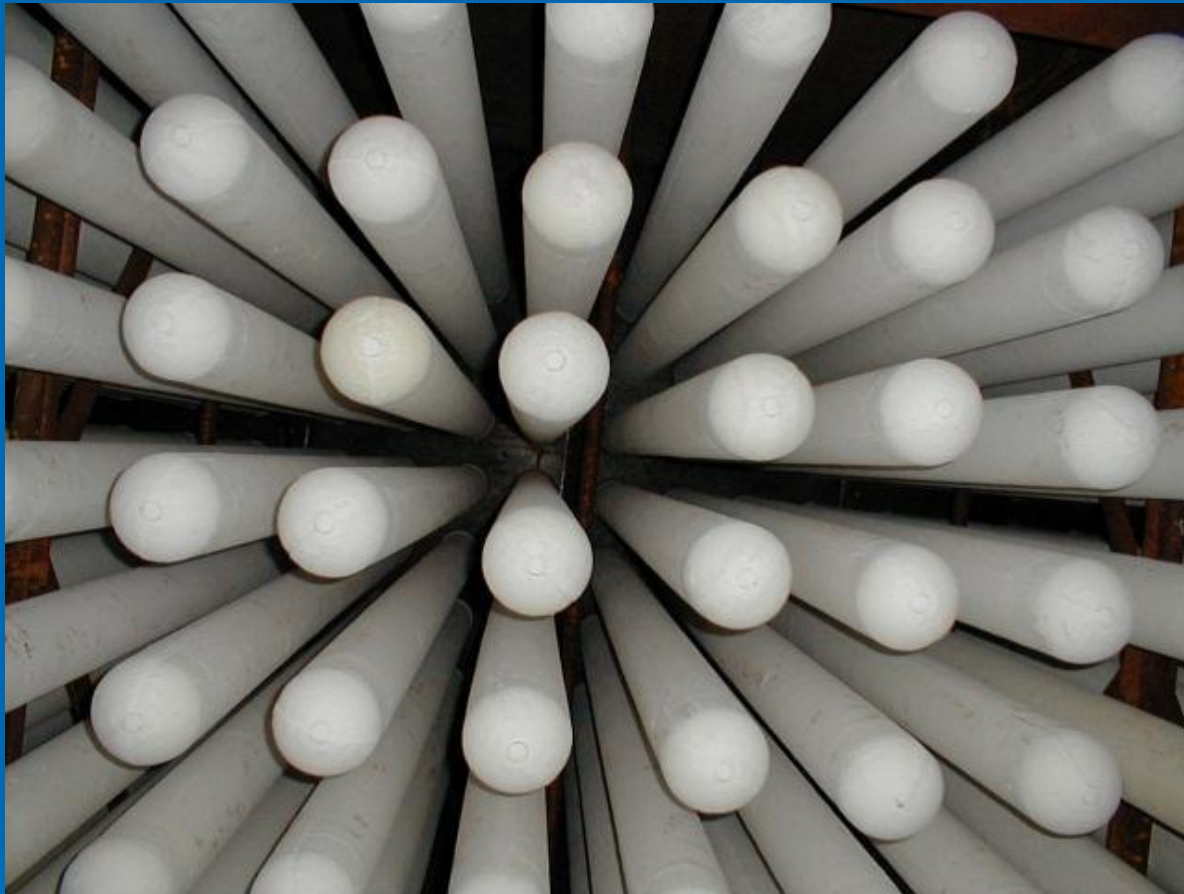
歷史曲線

Jul 31
23:56:25

none
不存在 不存在



History of Ceramic Filters



On the market for 20+ years

3 British 2 German, 1 Austrian and 1 Japanese supplier

Hundreds of references

Primarily dust (+ acid gas)

Recently catalyst addition dust + acid gas + NO_x + VOC

Features of Ceramic Filters

1.Highly porous

Low density 0.4 g/cm³

70-95% porous

Thermal shock resistance

2.One piece construction

Self-supporting No cage required

Tube shape

Inorganic binders and alumino-silicate fibers

3.Efficiency comes from fiber thickness

4.Chemically almost inert – ceramic fiber

5.High temperature resistance

6.Longest product 3 meters long

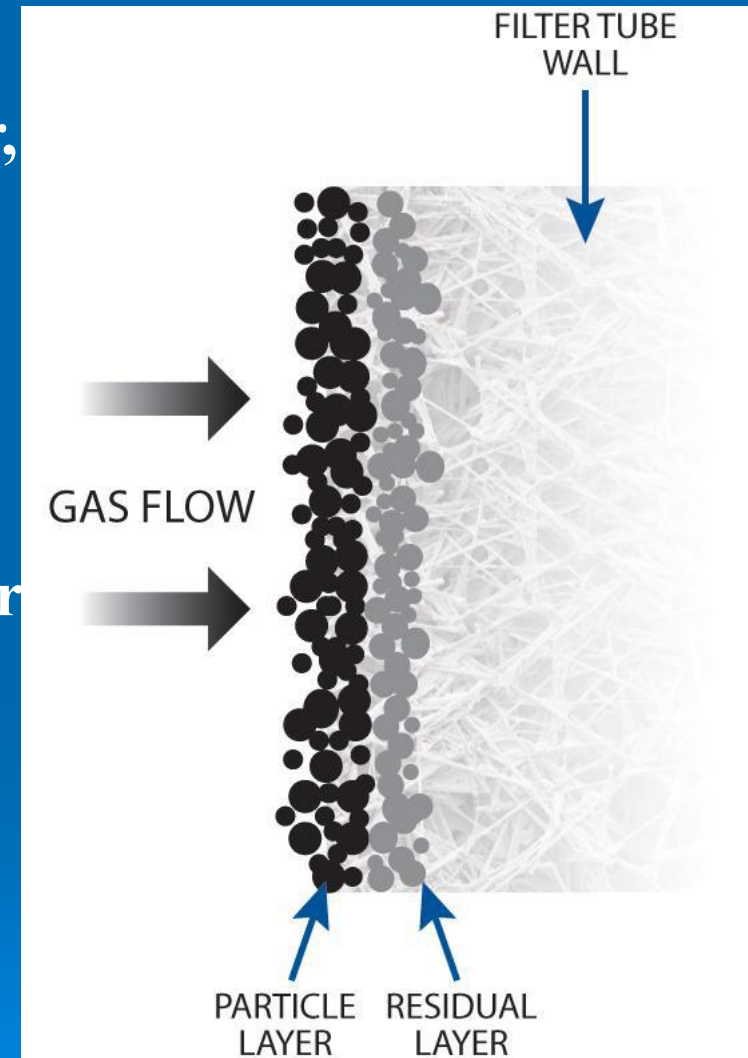
7.Rigid otherwise works like a fabric bag

Filtration Mechanisms

- **Surface filtration – condition before use**
- **Dust cake builds upon the residual layer, does not penetrate into filter body**
- **Dust is periodically removed with a reverse pulse of air, a brief low volume shockwave**
- **Always some dust left on surface**
- **Element does not flex like a Fabric Filter bag**

As a consequence:

- **Negligible depth penetration**
- **High filtration efficiency – HEPA rated**
- **Can handle variable loading conditions**
- **Potential for very long filter life**



Catalytic Filter Technology for de-NO_x



Standard filter tube
+ SCR catalyst

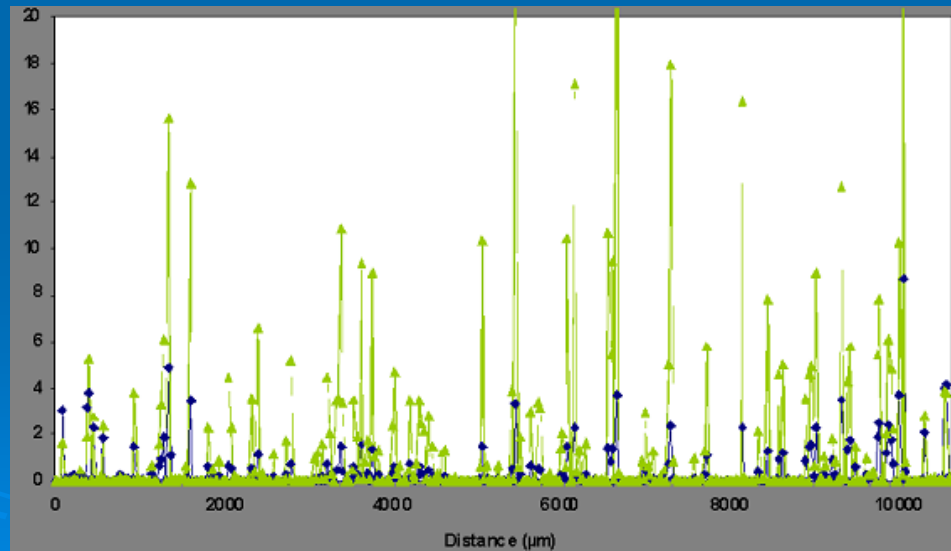


Catalyst Distribution

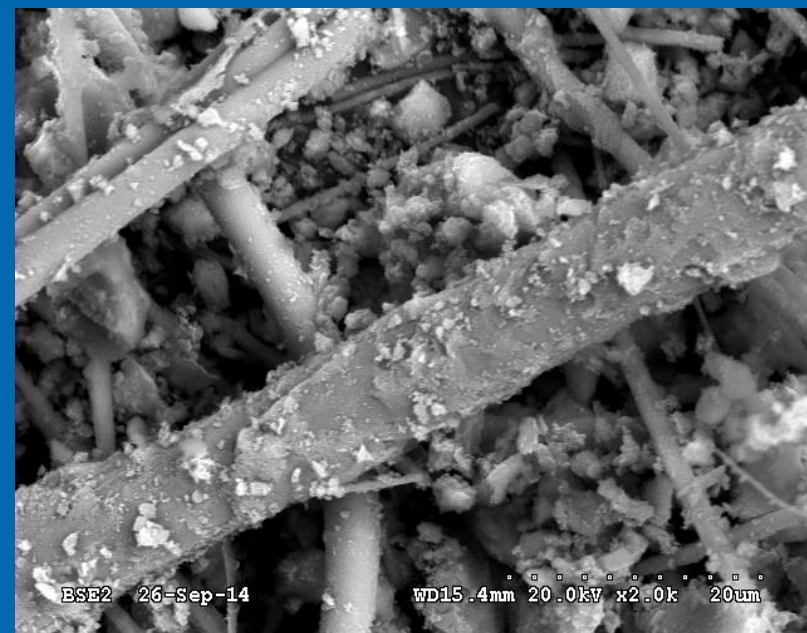


Nano sized catalyst particles increase active surface area and reaction efficiency- no diffusion restriction

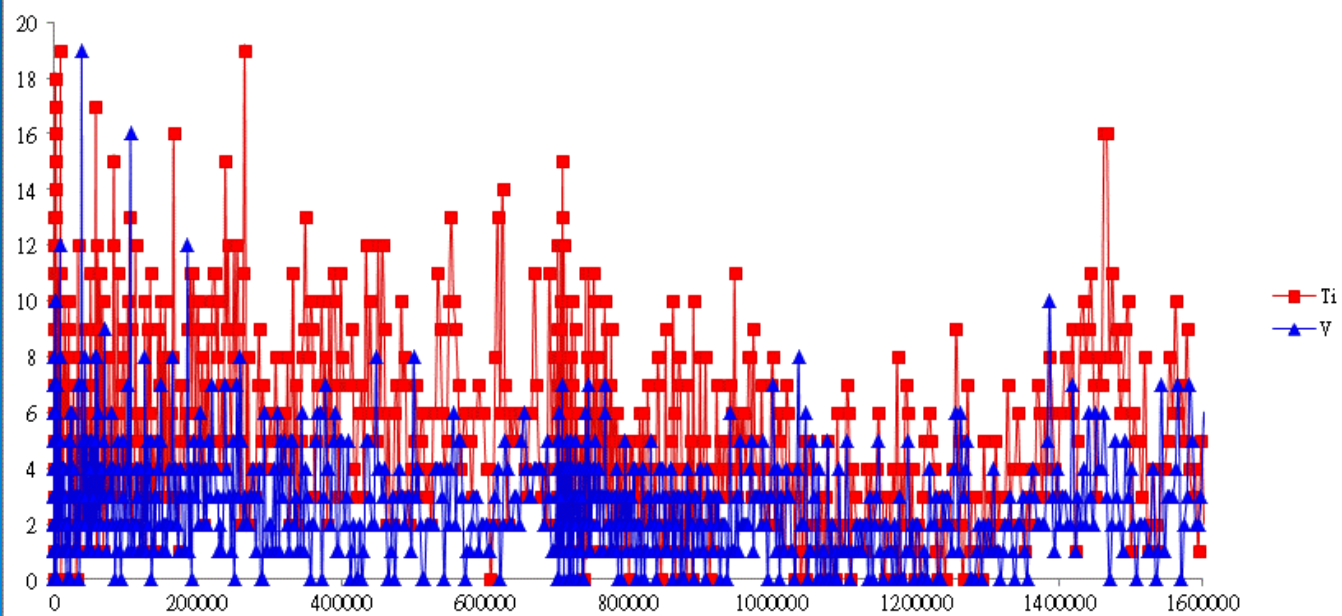
- Catalyst distributed throughout element wall thickness
- Residence time and efficiency maximised



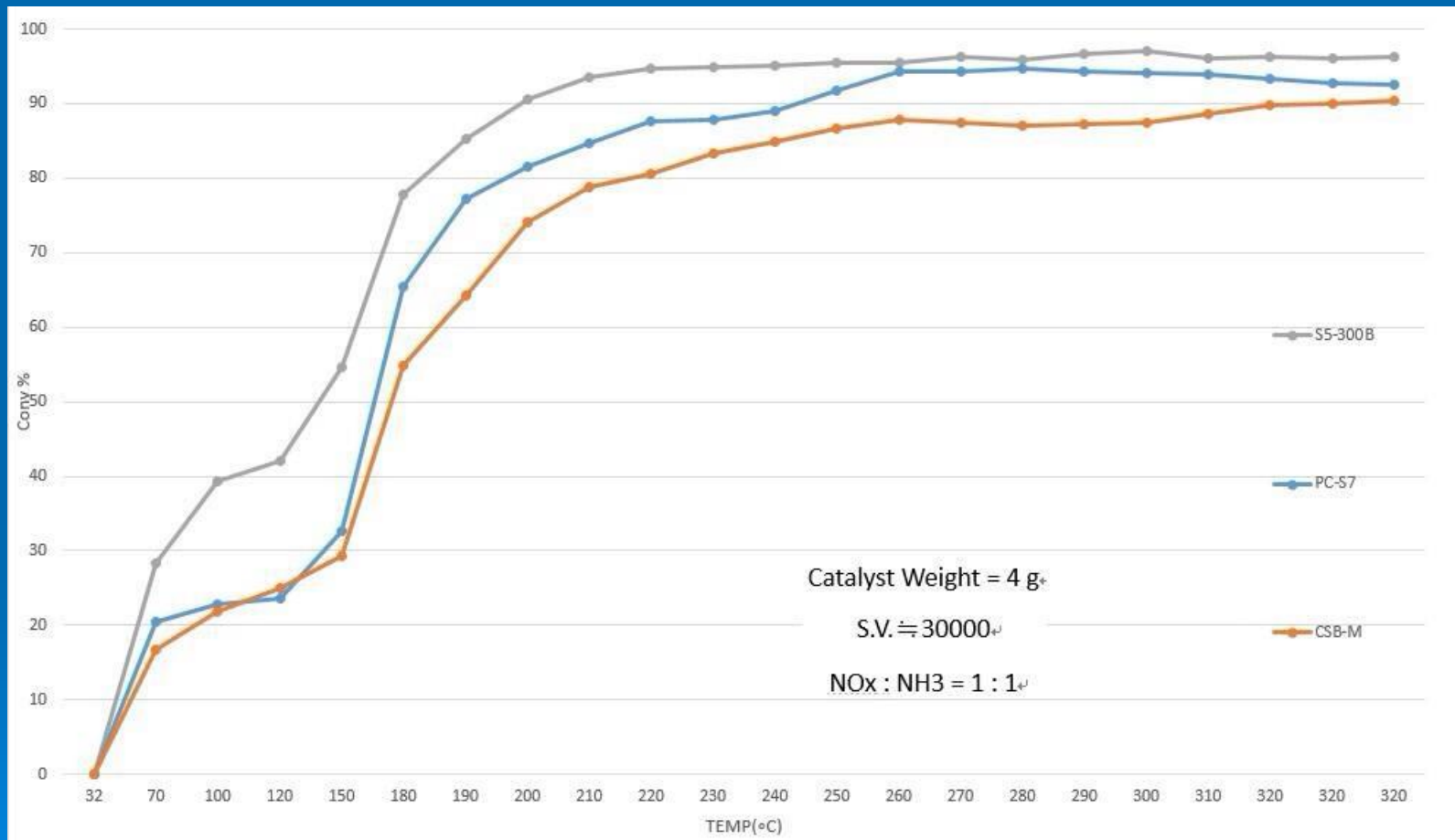




S5-300B



De-NO_x Efficiency



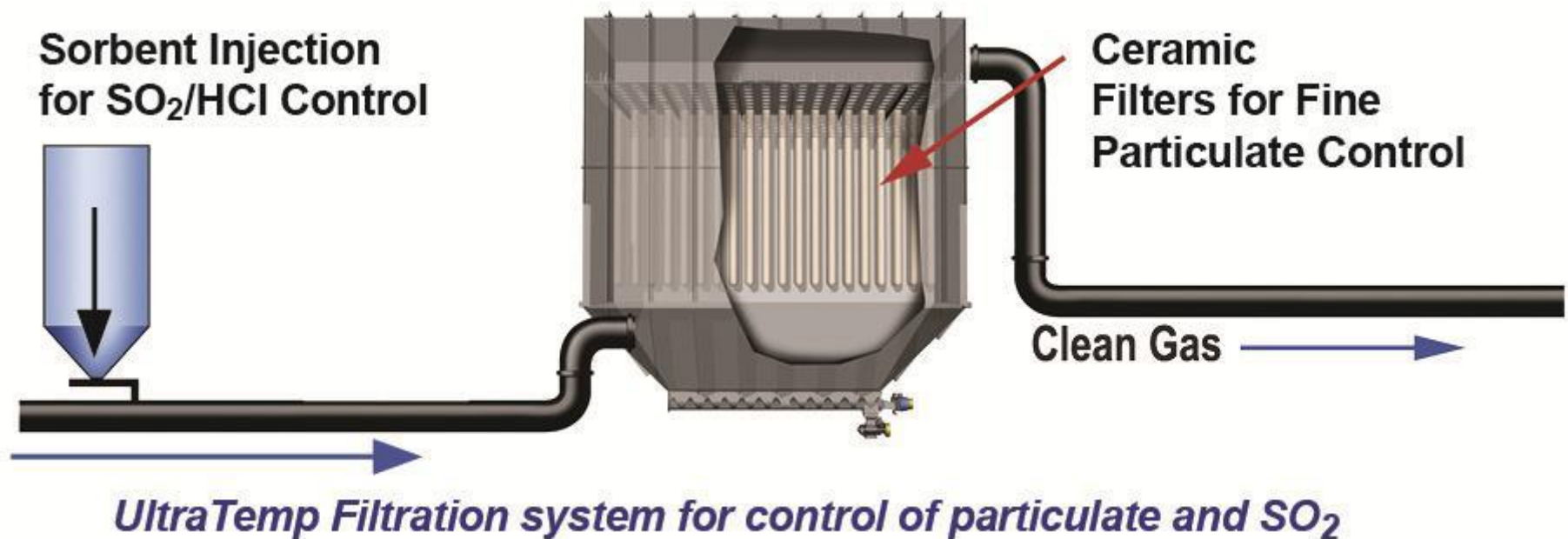
Ceramic Filter for Particulate Control

- Operating temperature up to 900 C
- Removal to below 2.0 mg/Nm³ typical
- Can handle very high inlet loads

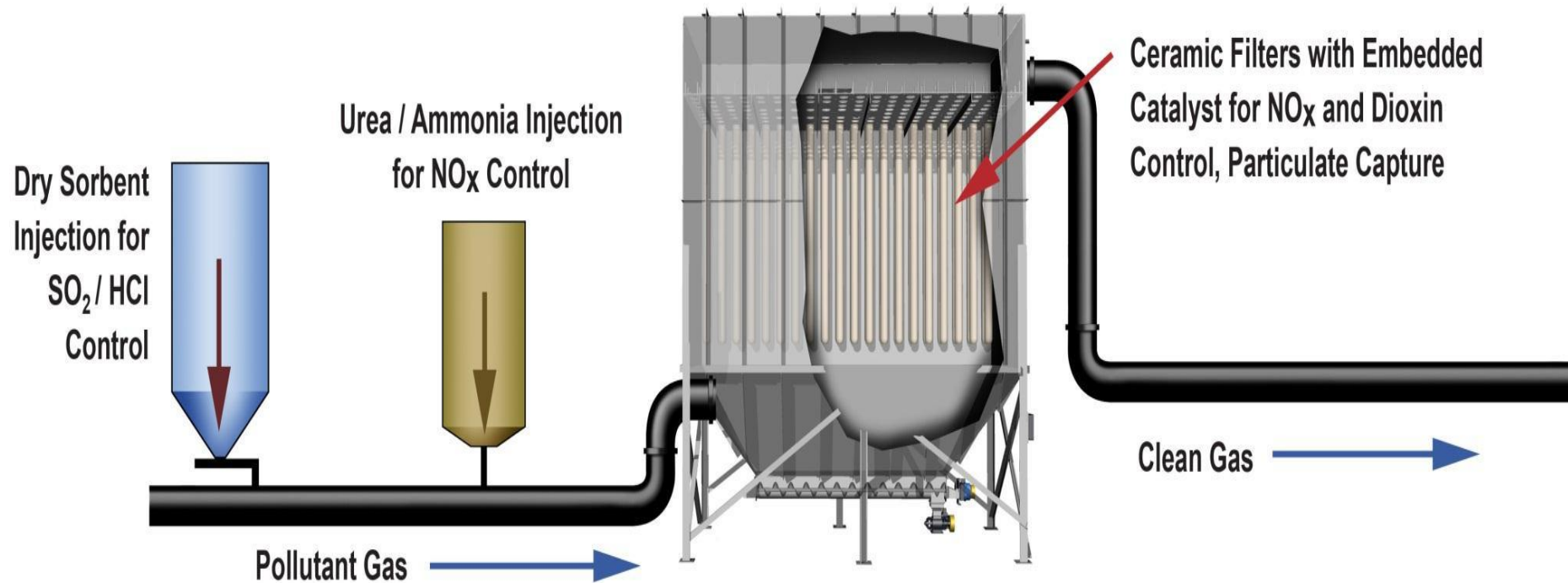


Ceramic Filter for Acid Gases

1. Calcium (lime) used
2. Operating temperatures 150-900 C
3. Typically 90% or better for SO₂ and HCl



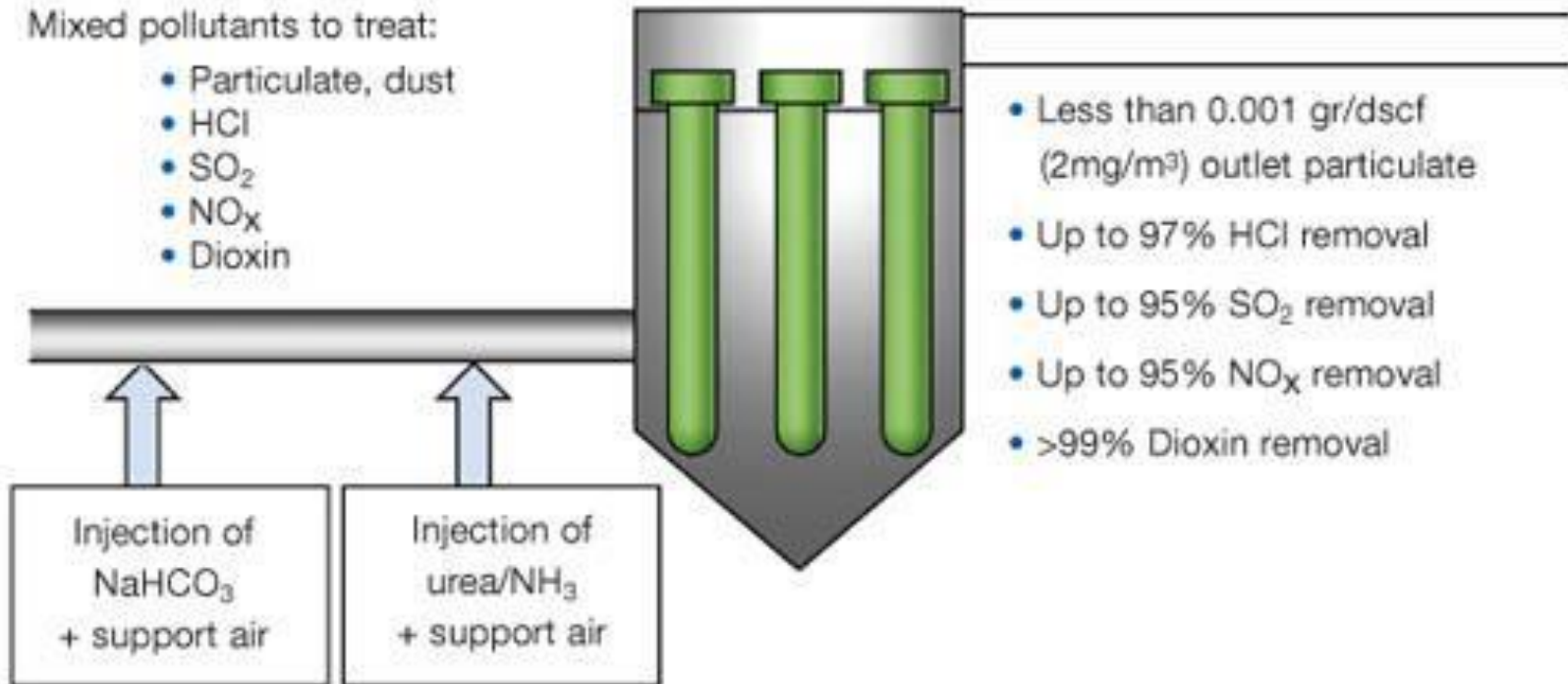
Multi-pollutant control PM, SO₂/HCl, NO_x



CATALYTIC ELEMENT PERFORMANCE

Mixed pollutants to treat:

- Particulate, dust
- HCl
- SO₂
- NO_x
- Dioxin



- Less than 0.001 gr/dscf (2mg/m³) outlet particulate
- Up to 97% HCl removal
- Up to 95% SO₂ removal
- Up to 95% NO_x removal
- >99% Dioxin removal

ILLUMINA – DNA FACILITY, USA



- **GAS FLOW – 40,000 ACFM**
- **DE-NOX > 90%**
- **DE-SOX > 90%**
- **PM – 1 MG/NM3**
- **INSTALLED - 2011**
- **PRICE - \$ 2,000,000.00 US**

DURAND GLASS FACILITY, PA, USA



- GAS FLOW – VARIOUS, US1,US2,US3
- DE-NOX > 90 % EFFICIENCY
- DE-SOX > 85 % EFFICIENCY
- PM – 2 MG/NM3
- INSTALLED 2011/12
- PRICE – \$ 5,700,000.00

Summary and Comparison

Process	Dust	De-SO _x	De-NO _x	Re-Heating	Cost		
					Invest	Operation	
SDR+ESP+SCR+WHB	High	High-Middle	High	X	High	Low	
DR+ESP+SCR+WHB	High	Low	High	X	High	Low	
WHB + DR + Bag + SCR	High	High-Middle	High	High	Middle	High	
WHB + Wet ESP+SCR	Middle	High	High	H-High	High	H-High	
WHB + Wet Scrubber + SCR	Low	High	High	H-High	Low	H-High	
Ceramic Filter	High	High	High	X	Low	Low	

*Thanks for Your
Attentions.*

