



經濟部工業局 110 年度
「輔導產業低污染排放技術計畫」

塗裝業空氣污染防治產業技術
研討會

主辦單位：IDB 經濟部工業局

執行單位： 財團法人台灣產業服務基金會

塗裝業空氣污染防治產業技術研討會

會議議程表

時間	課程內容	主講人
13：40～14：00	報到	
14：00～14：10	長官致詞	經濟部工業局
14：10～15：00	塗裝業空氣污染相關 法規修訂趨勢(含 Q&A)	工業技術研究院 綠能與環境研究所 陳玉恭 工程師
15：00～16：00	塗裝業低污染塗料 發展趨勢及應用 (含 Q&A)	工業技術研究院 材料與化工技術研究所 湯偉鈺 經理
16：00～16：15	中場休息	
16：15～17：15	塗裝業空污防制設備 經驗分享 (含 Q&A)	台灣產業服務基金會 鐘嘉祺 專案經理
17：15～17：30	綜合討論	
17：30～	散會	

塗裝業空氣污染相關法規修訂趨勢

主講人

工業技術研究院 綠能與環境研究所

陳玉恭 工程師

塗裝作業空氣污染相關 法規修訂趨勢

工研院 綠能所 空污組
空氣污染防制研究室
陳玉恭 工程師

中華民國110年7月28日

版權宣告©工業技術研究院



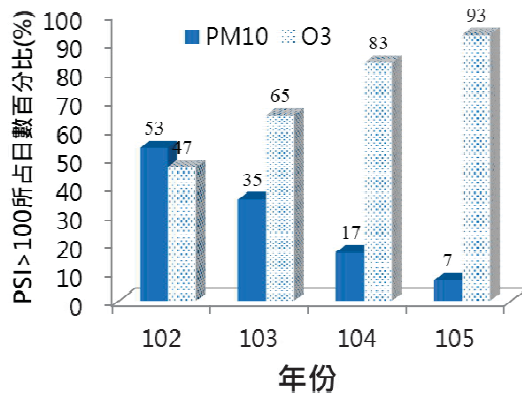
課程內容

- 前言
- 塗裝作業空氣污染特性
- 塗裝作業空氣污染法規修訂趨勢

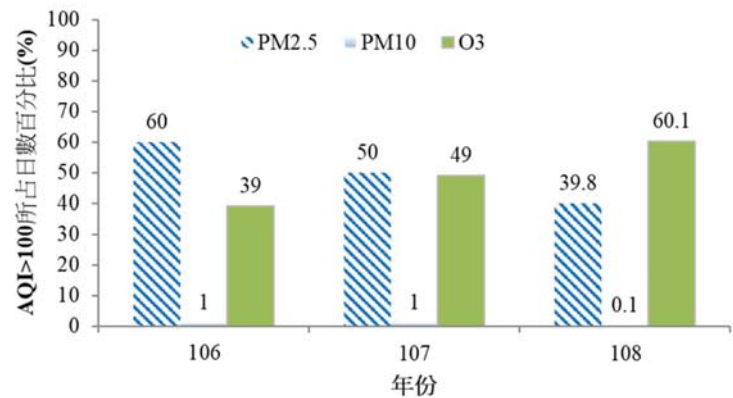
國內空氣品質現況

- 由PSI與AQI顯示，粒狀物(PM₁₀/PM_{2.5})所致空品不良之狀況有逐漸改善，而臭氧所致空品不良比例則有上升趨勢，故臭氧為現階段需加強關注及改善之空品問題

PSI



AQI



VOCs管制的重要性

- VOCs為臭氧與PM_{2.5}的重要前驅物，也是造成異味陳情主因之一；部分VOCs亦為HAPs，對人體有健康危害之影響



對空氣品質 影響

- ◆ O₃生成影響(光化學煙霧)
- ◆ PM_{2.5}生成影響(霾害)
- ◆ 異味問題

氣候變遷

- ◆ 溫室效應(CH₄、鹵化烴...)
- ◆ 影響大氣溫度
- ◆ 影響雨量與分布

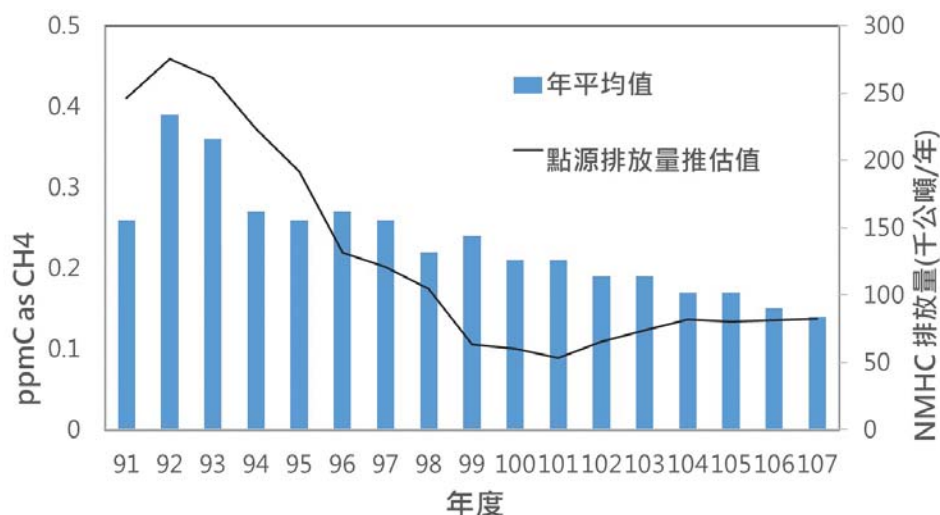


對人體健康 影響

- ◆ HAP影響
 - ✓ 致癌性(苯、甲醛...)
 - ✓ 急毒性

VOCs管制成效

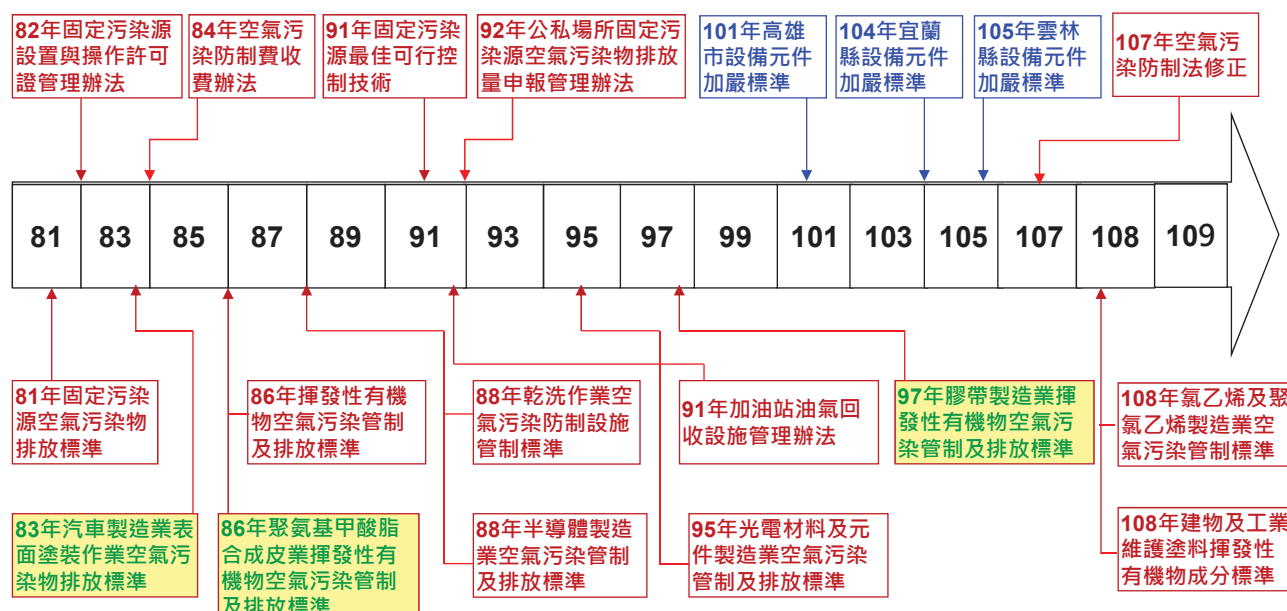
- 根據TEDS10.1，VOCs管制措施的推動在100年以前有顯著成效，而100年以後則點源排放量有微幅上升之現象
- 依據108年「環境保護統計年報」，大氣NMHC濃度則有逐年下降的趨勢



國內揮發性有機物管制歷程

- 自83年起至109年，陸續推動公告實施10項行業別相關管制法規 → 3項為塗裝作業

中央
地方



各項行業別法規管制重點

行業別	源頭 管制	排放濃 度或率	削減率	集氣 效率	設備 要求	操作 規定	監測 要求	檢測	紀錄
汽車		●	●					●	●
石化業		●	●		●	●	●	●	●
PU合成皮		●	●	●				●	●
乾洗業		●	●			●		●	●
半導體		●	●			●	●	●	●
加油站					●			●	●
光電業		●	●				●	●	●
膠帶業		●	●	●			●	●	●
氯乙烯及 聚氯乙烯		●	●		●	●		●	●
建物塗料	●								

塗裝作業有關法規管制內容

法規名稱	汽車製造業表面 塗裝作業空氣 污染物排放標準	聚氨基甲酸脂 合成皮業揮發性 有機物空氣污染 管制及排放標準	膠帶製造業 揮發性有機物 空氣污染管制及 排放標準
最近修訂日期	民國94年12月16日	民國104年03月23日	民國99年01月22日
管制範疇	汽車製造業 表面塗裝作業	聚氨基甲酸脂合成皮業	膠帶製造業
集氣設施	---	● 氣罩控制風速 ● DMF未連通至污染防制設備處理之量不得超過20%	● 規範各作業區之集氣設施類型(混拌、塗佈及烘乾區→圍封式集氣；其他→圍封式集氣或局部集氣)
防制設備 (處理效率、 排放濃度、排 放量)	乾燥室防制設備破壞處理效率90%及排放管道排放標準 60 mg/Nm ³	● DMF回收或處理效率90%或排放濃度20 ppm以下 ● 採非破壞性物料回收處理方式，其VOCs削減率達85%以上或排放濃度300 ppm以下	● VOCs處理效率≥92%或排放量≤3.8 kg/hr(新設製程、或全廠揮發性有機物原物料年許可用量達400公噸以上者) ● VOCs處理效率≥90% (400公噸以下)
	VOC：110 g/m ²	VOCs：65 g/m ²	---
其他規範	每月提交主管機關 原物料運作紀錄報告書	按月做成報告書， 每季向主管機關申報	按月做成報告書， 每年向主管機關申報

國內VOCs排放現況(1)

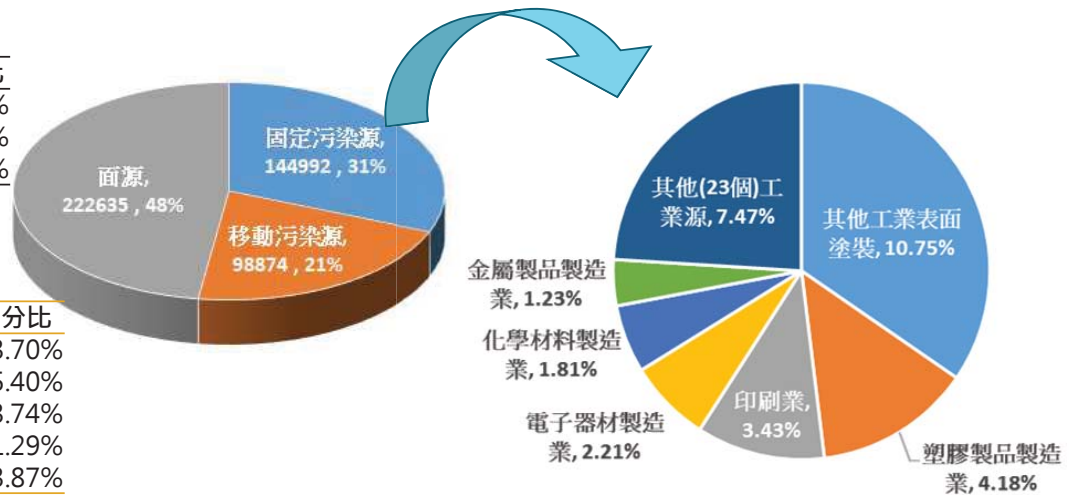
- 依據 TEDS11.0，全國 VOCs 年排放量為 46.7 萬公噸 (NMHC計)(TEDS10.1：52萬公噸)，固定源(工業)排放量占31%，其中排放量前三大為「工業表面塗裝」、「塑膠製品製造」和「印刷業」

移動污染源 百分比

自用小客車	7.67%
機車	8.85%
其他移動源	4.48%

固定源(面源) 百分比

消費性商品	33.70%
建塗-油性塗料	5.40%
餐飲業(油煙)	3.74%
汽車保養	1.29%
其他面源	3.87%



固定源(工業)之VOCs排放量占比(TEDS11.0版)

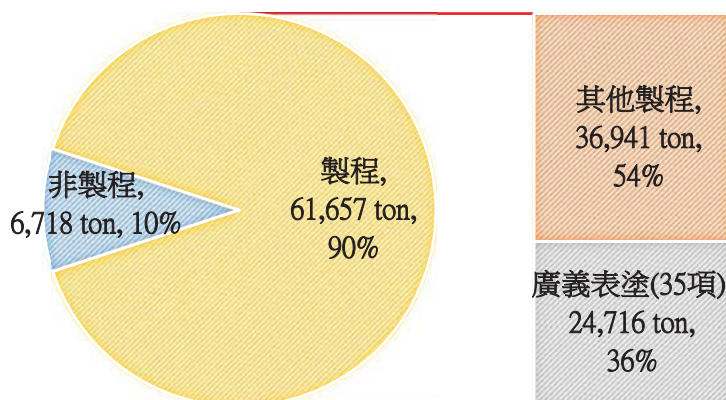
版權宣告©工業技術研究院

2021/7/23

9

國內VOCs排放現況(2)

- 109年空污費TVOCs申報量為68,375公噸



★廣義的表面塗裝相關製程總排放24,716公噸TVOCs，占36%。

→ 表面塗裝製程為主要排放源

版權宣告©工業技術研究院

2021/7/23

10

國內表面塗裝程序類別

■大致可分成以下六大領域：

- (1)金屬塗裝：包含汽車、機車、機械、小型五金零件等
- (2)木材塗裝：包含木、竹、藤及手工藝品等
- (3)建築塗裝：包含金屬鋼板、室內裝潢、牆面構形等工程
- (4)塑膠塗裝：包含保險桿、安全帽、鞋材、玩具、電腦外殼等
- (5)防水塗裝：主要建築體防水防漏工程
- (6)特殊塗裝：主要為防蝕、絕緣或抗輻射等特殊工程

塗料種類及其溶劑含量

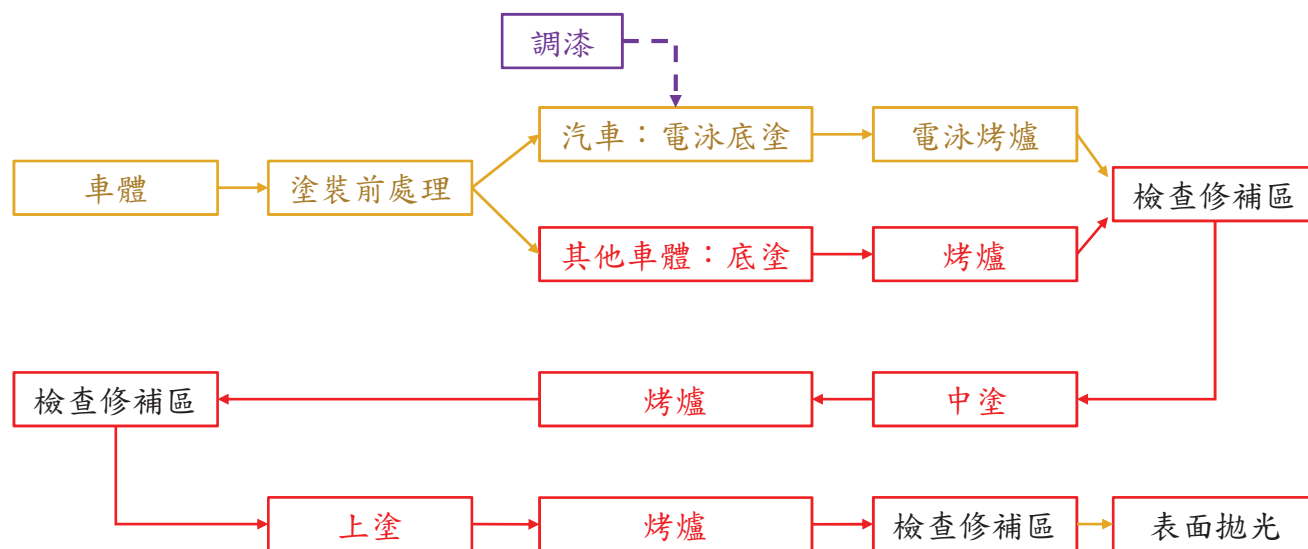
■VOCs 來自塗料所含溶劑、添加之稀釋劑、清洗溶劑

塗料	固型份(%)	有機溶劑(%)
溶劑型	20~30	70~80
高固型	>60	<40
水性	<85~90	10~15
粉體	100	0

資料來源：林文川，塗裝產業環保法令管制趨勢介紹簡報，環保技術輔導計畫，民國91年11月。

塗裝作業流程及其污染源(1)

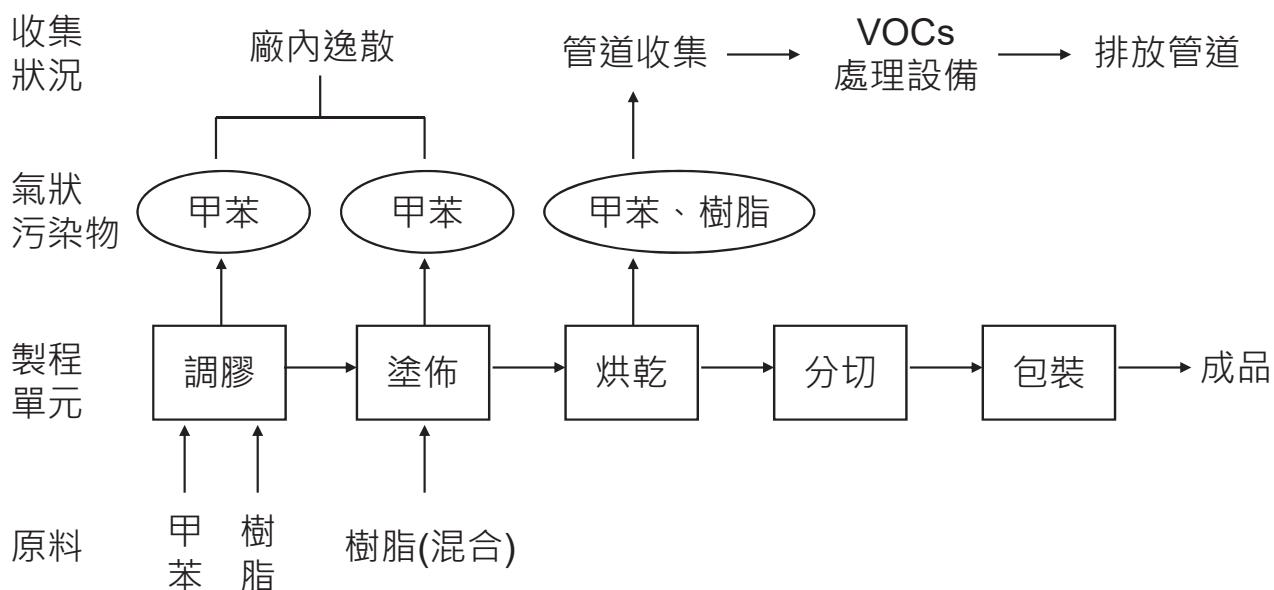
■以汽車表面塗裝作業為例



→ 調漆室、塗裝室與乾燥區為主要VOCs排放源

塗裝作業流程及其污染源(2)

■以膠帶業表面塗裝作業為例

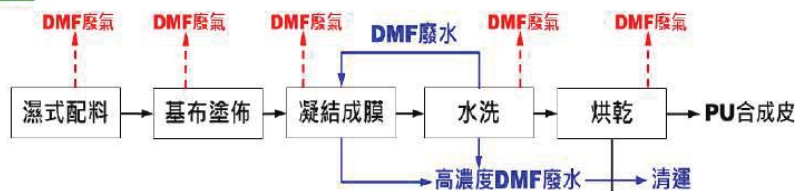


→ 調/製膠區、塗佈室與乾燥區為主要VOCs排放源

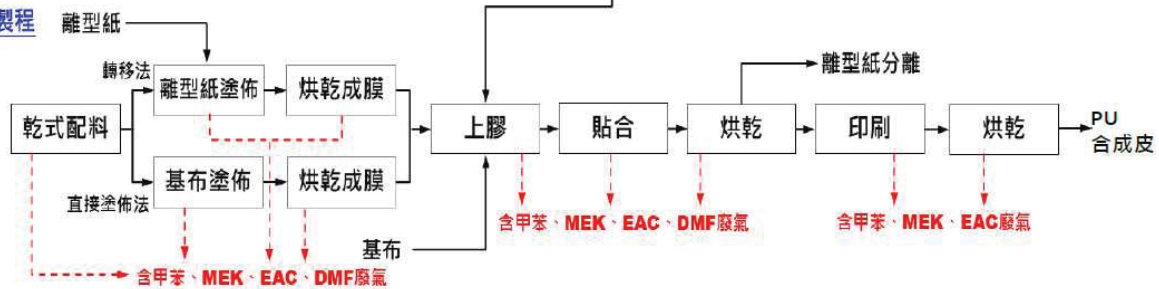
塗裝作業流程及其污染源(3)

■以PU合成皮業表面塗裝作業為例

濕式製程



乾式製程



註：印刷製程指於聚氨基甲酸酯基材表層塗佈顏料與樹脂混合形成薄膜之製程。

資料來源：桃園市政府環境保護局，甲苯減量行動塗裝相關程序製程特性及減量技術研商會議，PU合成皮製程特性及減量技術，民國106年7月。

塗裝作業流程及其污染源(4)

空氣污染物

作業單元

排放源

粒狀物

前處理
塗裝作業

- 噴砂、研磨
- 未附著之漆料（霧化漆粒、粉體漆粒）

酸鹼氣體
(H_2SO_4 、 HCl 、 NH_3)

前處理

- 前處理之酸、鹼藥劑槽

VOCs

前處理
塗裝作業

- 塗料/溶劑調配、貯放
- 前處理
- 塗裝作業
- 乾燥作業
- 塗裝設備清洗

塗裝作業污染排放特性

■不同作業之比較

作業名稱	廢氣量	VOCs 濃度
前處理	低	低
塗裝作業	高	低
乾燥作業	中高	高

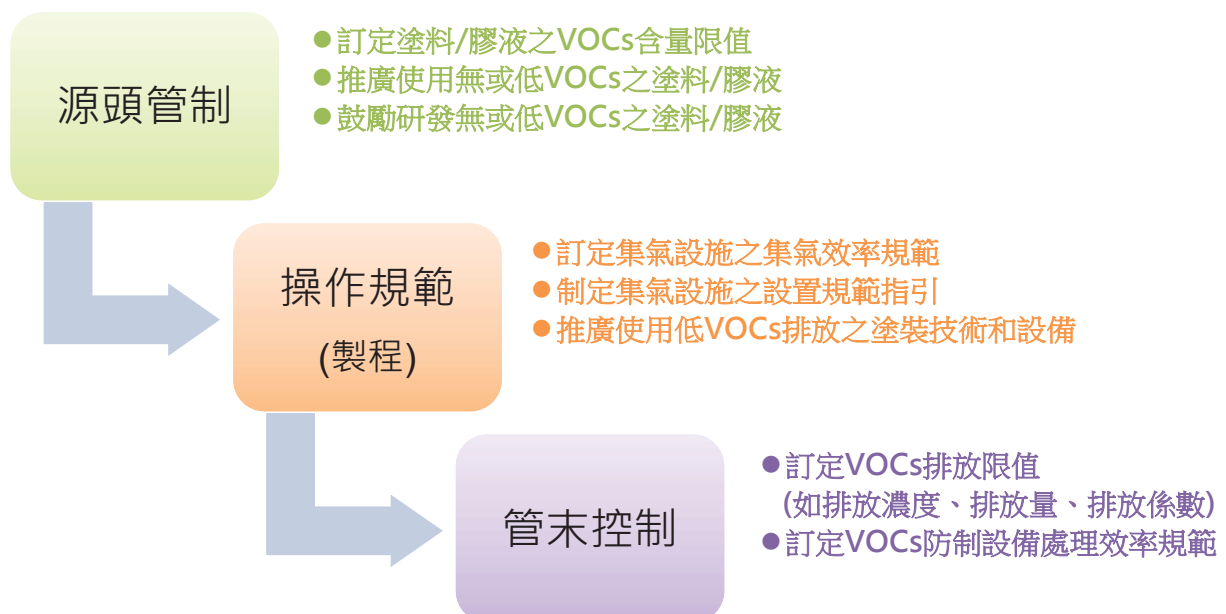
■行業別之不同設備污染量比例比較

設備名稱	汽機車業	金屬家具業	木製家具業
塗裝室	80~85%	40%	30%
靜置室	--	30%	50%
烘乾設備	15~20%	--	--

資料來源：林文川，塗裝產業環保法令管制趨勢介紹簡報，環保技術輔導計畫，民國91年11月。

塗裝作業(室)：為快速帶走漆粒需大量換氣，造成廢氣風量大、濃度低；加上塗裝並非連續操作，故廢氣濃度間歇落差大

表面塗裝之VOCs管制策略



近期擬強化之固定源VOCs減量策略



- 1 加強石化業VOCs管制
- 2 源頭管制(消費性產品)
- 3 行業VOCs排放量清查
與增訂及加嚴表塗相關
作業管制
- 4 修訂光電/半導體業排放
標準

表塗相關作業管制重點(1)

【計畫團隊之初步建議，不代表環保署最終之表塗相關排放標準研訂方案】

■管制重點

- 調查排放量大未納管行業
- 重點行業法規增修訂
- 研訂通用型表面塗裝作業法規
- 編撰VOCs污染改善指南

強化特定表面塗裝作業管制法規



研訂表面塗裝作業通用型法規

增訂操作規範

• 其他表塗製程單元 (31項，約占TVOC20%)

製程名稱	排放量 (ton)	占比 (%)
金屬表塗	3,932	14.5
塑膠品塗裝	2,830	10.4
平版印刷	832	3.1
金屬表面清洗	810	3.0
其他印刷	603	2.2
印染整理	547	2.0
金屬表面處理	401	1.5
其他24項	2,357	8.7

註：空污費申報資料。

塗裝作業空氣污染法規修訂趨勢 表塗相關作業管制重點(2)

【計畫團隊之初步建議，不代表環保署最終之表塗相關排放標準研訂方案】

■ 加嚴修訂

管制行業	管制方式	修訂重點
車體塗裝	排放量、 源頭管制	擴大管制範疇、加嚴VOCs排放標準、 增訂塗料成分標準
PU合成皮	削減率或排放濃度、操作規範	適用對象修正、強化集氣設施規範、增訂VOCs排放標準
膠帶業	削減率或排放量、操作規範	適用對象修正、強化集氣設施規範、加嚴VOCs排放標準

■ 草案或調查階段

階段	行業別	管制重點
草案	通用型表面塗裝作業	集氣規範、操作規範
調查	凹版印刷	原物料使用情形、集氣設施、防制設備、無或低VOCs油墨發展現況等等
調查	船體塗裝	原物料使用情形、集氣設施、防制設備、水性塗料發展現況等等

塗裝作業空氣污染法規修訂趨勢 強化特定表面塗裝作業管制法規(1)

【計畫團隊之初步建議，不代表環保署最終之表塗相關排放標準研訂方案】

車體相關行業

- 汽車製造業表面塗裝作業
空氣污染物排放標準→**車體及其零件表面塗裝作業
空氣污染物排放標準**

- 加嚴汽車製造業之全廠
VOCs排放量標準110→
既存?? g/m²
新設?? g/m²



- 汽車→汽車、汽車零件、機車及其零件、自行車及其零件

- 蒐集彙整各車體行業使用塗料之VOCs含量範圍，訂定合理之塗料成分標準(品質規範)

強化特定表面塗裝作業管制法規(2)

【計畫團隊之初步建議，不代表環保署最終之表塗相關排放標準研訂方案】

PU合成皮業

1 法規名稱變更

聚氨基甲酸酯合成皮業→聚氨基甲酸酯塗佈作業

避免產生是否為PU合成皮業爭議

2 適用對象修正

以聚氨基甲酸酯為原料塗佈或貼合於織布、不織布、皮革、塑膠膜及塑膠布等材質基布之乾式、濕式及印刷製程

避免納管到高爾夫球、羽球拍、樂器

3 改規定集氣設施型式

- 1.原控制風速規範→改為集氣設施設置型式規範
- 2.區分水性和油性製程給予不同規範
- 3.DMF回收設備的集氣規範
- 4.納管儲槽排氣(13項有害物種或毒化物)

- 1.統一表面塗裝作業集氣設施規範
- 2.鼓勵業者朝水性製程發展

4 增訂排放標準管制標的

- 1.VOCs增訂防制設備處理效率和排放濃度管制標準
- 2.區分既存和新設

- 1.利於查核/稽查
- 2.為符合新的排放標準，需增設VOCs防制設備

既存：??%或??? ppm
新設：??%或??? ppm

強化特定表面塗裝作業管制法規(3)

【計畫團隊之初步建議，不代表環保署最終之表塗相關排放標準研訂方案】

膠帶業

1 適用對象修正

- 增訂排除納管使用水性膠液占比100%之製程者

2 強化集氣設施規範

- 統一表面塗裝作業集氣設施規範
- 新增納管儲槽排氣(13項有害物種或毒化物)
- 製程操作作業之集氣設施規定

3 加嚴排放標準

防制設備處理效率、單一排放管道排放量/率

- 既存、400噸以下：90→??%
- 既存、400噸以上：92→??%或3.8→?? kg/hr
- 新設：92→??%或3.8→?? kg/hr

塗裝作業空氣污染法規修訂趨勢 通用型表面塗裝作業法規

【計畫團隊之初步建議，不代表環保署最終之表塗相關排放標準研訂方案】

- **納管對象：**表面塗裝作業相關製程，但排除已有行業別法規者
- **規範內容：**

設置集氣設施

- 依各行業製程特性及污染單元，訂定不同集氣設施規範



生產操作行為

- 清洗溶劑與含VOCs原物料於運輸、裝卸、貯存及使用訂定相關操作規範

塗裝作業空氣污染法規修訂趨勢 表塗管制法規推動配套措施(1)

【計畫團隊之初步建議，不代表環保署最終之表塗相關排放標準研訂方案】

■ 集氣設施之集氣效率：採設置氣罩之型式認定

參考公私場所固定污染源申報空氣污染防制費之揮發性有機物之行業製程排放係數、操作單元(含設備元件)排放係數、控制效率及其他計量規定 — 附表三控制效率之認定。

類別	設施名稱或 適用對象	控制效率		應記錄之 操作條件	備註
		條件	收集 效率(%)	項目	
集氣 設施	密閉操作	圍封空間內之污染排放區域及人員或物料進出口處符合負壓並設有壓力監測儀表者。	100	1.用電量 2.壓力差 3.風速	1.應提出設計圖說 2.新設集氣設施應記錄其集氣設施之用電量，既存集氣設施若實廠狀況無法加裝電表者，應檢具可證明其集氣設備正常操作之佐證資料。
		圍封空間內之污染排放區域符合負壓操作並設有壓力監測儀表者。	90		
	包圍式操作	符合下列條件之一者： 1.污染源設置一般型氣罩且有圍幕設施者 2.設置包圍型氣罩者	80	1.用電量 2.抽風量 3.風速	
	一般氣罩	無圍幕之一般型式氣罩	60		

表塗管制法規推動配套措施(2)

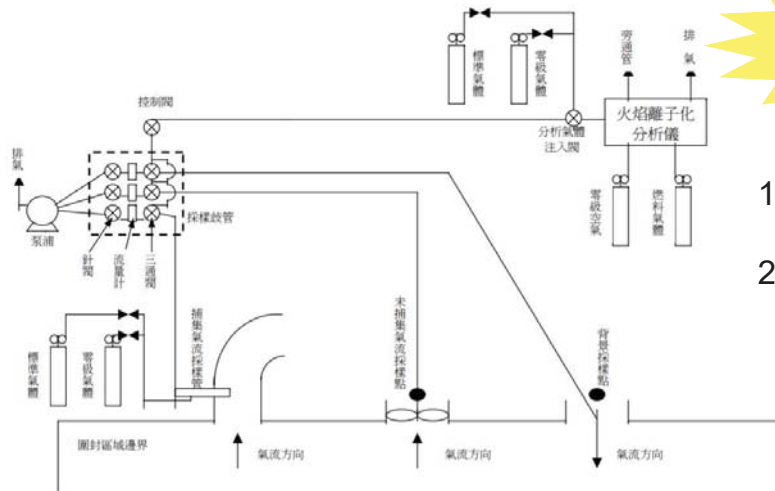
【計畫團隊之初步建議，不代表環保署最終之表塗相關排放標準研訂方案】

■ 未來製程VOCs集氣設施之集氣效率認定方式

短期
採設置氣罩之
型式認定

長期
實際檢測

環檢所公告之「集氣設備揮發性有機物集氣效率測試法(NIEA A735.70C)」



**本方法
需做修訂**

- 1.包圍型氣罩(塑膠圍幕)易受干擾
- 2.屬多測定點(捕集、未捕集、背景)者難執行...等等

表塗管制法規推動配套措施(3)

【計畫團隊之初步建議，不代表環保署最終之表塗相關排放標準研訂方案】

■ 公私場所固定源空氣污染防制設備空氣污染防制費減免辦法(97年)

- 申請條件
 - 1.應採BACT者，其處理效率 $\geq$ BACT+3%
 - 2.屬應實施環評者，其處理效率 $\geq$ 審查結論+3%
 - 3.非上述1,2者，採破壞性VOCs防制設備處理效率 $\geq$ 95%；採非破壞性VOCs防制設備處理效率 $\geq$ 90%。
- 減免項目及金額
 - 1.購置成本：最高500萬元(破壞性)、200萬元(非破壞性)
 - 2.耗材費用：依公式計算
- 申請程序

分三次申請文件：設置前、完工驗收及操作一年

- 協助中小型企業管末改善
- 修訂重點：申請條件、減免金額、簡化申請程序等等

聲 明

- 本文件作者已盡力確保資料的準確性，惟任何未經授權擅自使用本資料所造成的損害，作者及工研院均不負賠償責任。
- This document is prepared with utmost care by the speaker. However, neither the speaker nor ITRI shall be liable for any loss or damage arising out of unauthorized use or access to the contents hereof.

Copyright 2021 ITRI 工業技術研究院

29

敬請指教！



塗裝業低污染塗料發展趨勢及應用

主講人

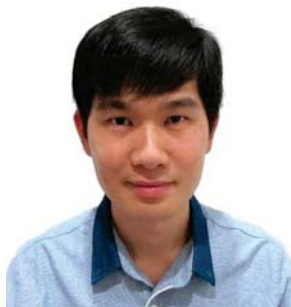
工業技術研究院 材料與化工技術研究所

湯偉鈺 經理

塗裝業低污染塗料發展

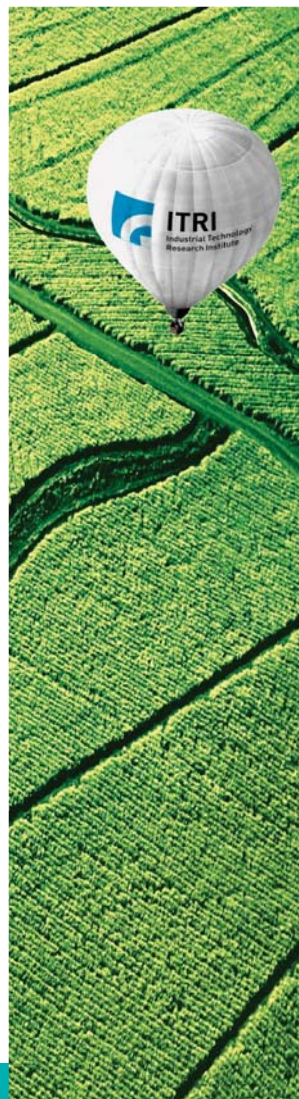
湯偉鈺 博士, 經理

材料與化工研究所
應用化學組
機能樹脂與塗料研究室

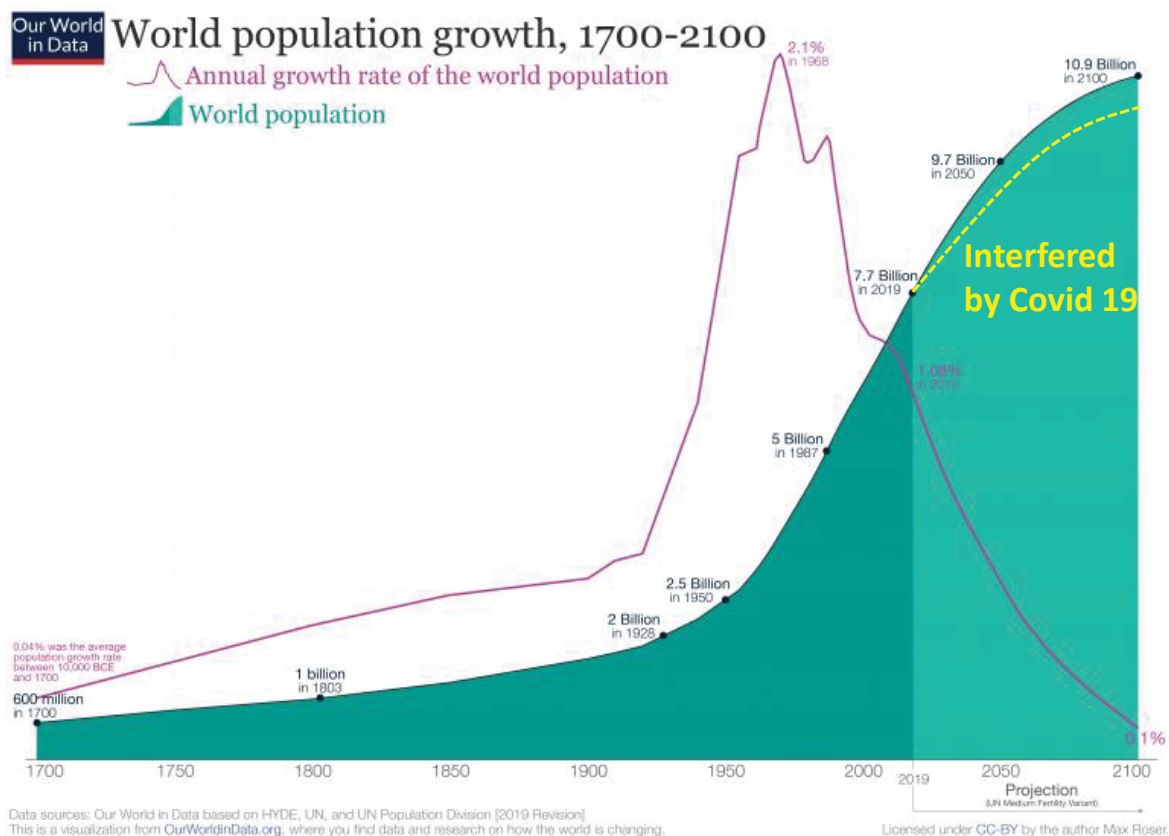


2021/07/28

Copyright ITRI 工業技術研究院 版權所有



全球人口的成長



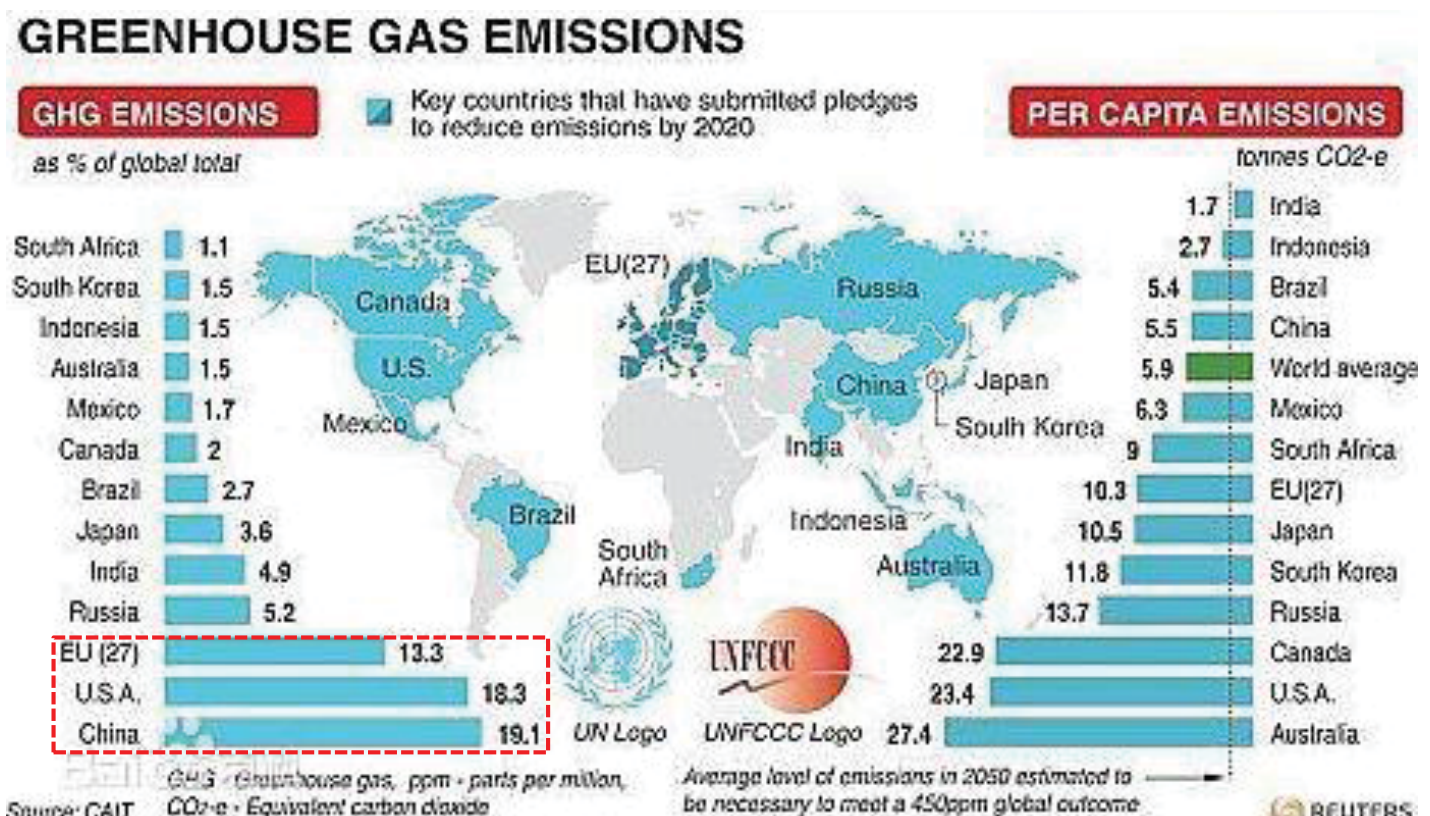
全球大趨勢Megatrend

Global Megatrend

- The population of those over 65 from **8% today will increase to 13% by 2030**
- **China and India** will account for **35% of world population by 2030**
- **60%** of world population will **live in cities** by 2030
- **80% of all urban growth** in the next 20 years will take place in **Africa and Asia**
- Estimated **global gap** between **water supply and demand** will be **40% by 2030**



溫室效應及空氣汙染



大陸地區霾害可危及整個東亞地區

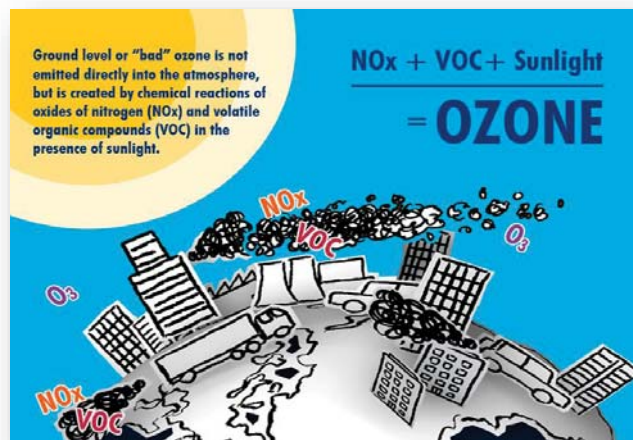


VOC vs. HAPs

Hazard Air Pollutants (HAPs) 有害空氣污染物

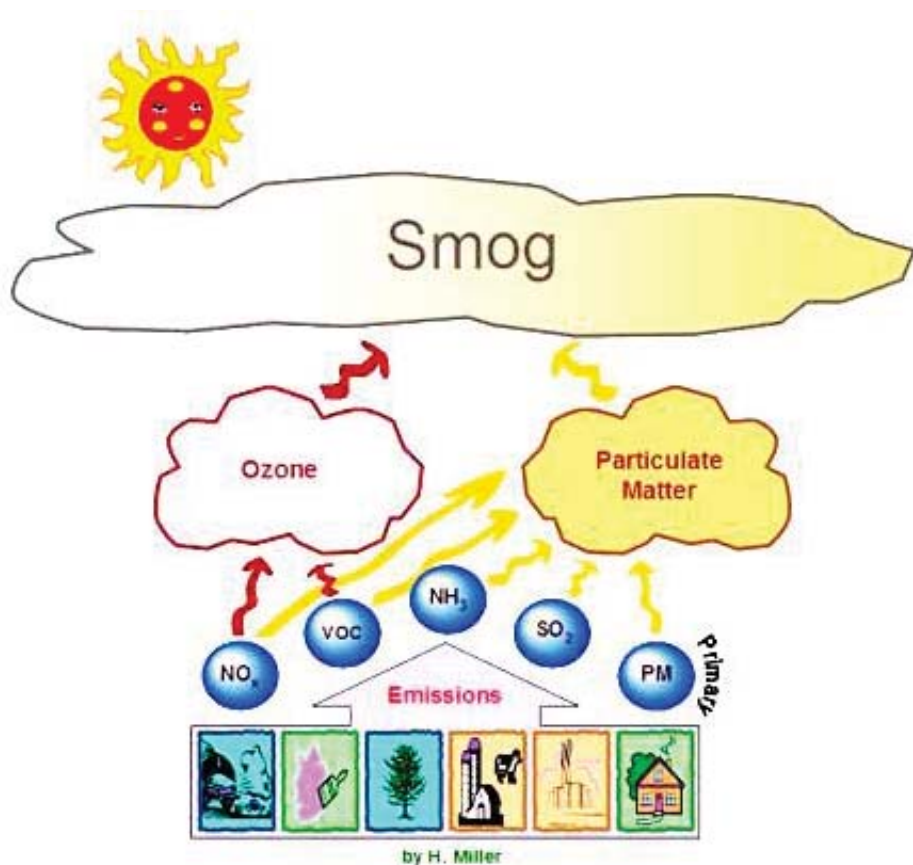


Volatile Organic Compound (VOC) 揮發性有機化合物



□ Not all VOC chemicals belong to HAPs (hazard Air Pollutants) and vice versa.

VOC + HAPs = SMOG (霾害)



NO_x來源：

工業區、石化廠、發電廠、汽車廢氣...等

VOC來源：

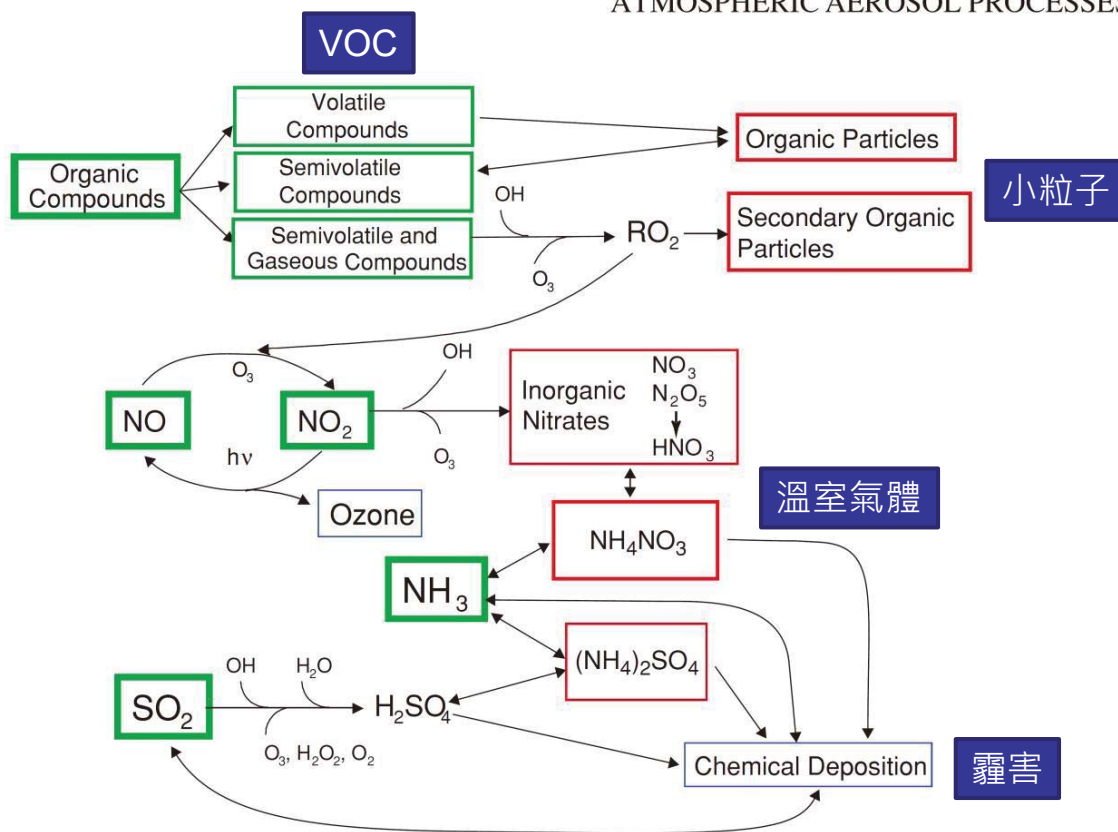
塗料、接著劑、油墨、裝潢材料、汽車廢氣...等

PM來源：

水泥廠、焚化爐、鍋爐、柴油車廢氣...等

Particulate Matter (PM)生成機制

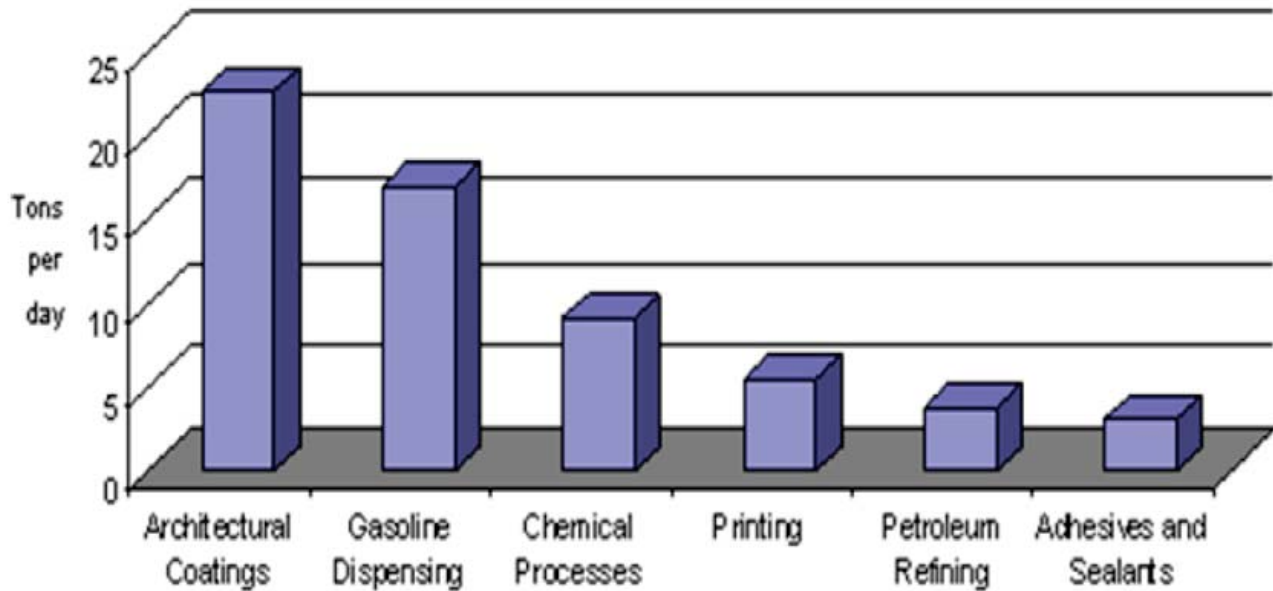
ATMOSPHERIC AEROSOL PROCESSES



在美國塗料是產生voc的主要來源



Comparison of Daily VOC Emissions
Estimated 2010 Annual Average Emissions



國際發展趨勢及benchmark分析

國際benchmark分析

Treehugger : 5 Zero-VOC Interior Paints for a Freshly-Renovated, Healthy Home

Behr Premium Plus
Enamel Low Luster



Benjamin Moore
Natura/Aura



Milk Paint



YOLO
Colorhouse



Sherwin-Williams
Harmony



<http://www.treehugger.com/green-home/5-zero-voc-interior-paints-renovation-healthy-home.html>

美國Behr 公司

- 2012年，美國塗料商品全部達到 **50g/l以下的“低” VOC水準**，並且已有**20%左右商品達到5 g/l以下的“無” VOC水準**。

- Work as **solvents and diluents** (溶劑)
- Give open time and improve **flow leveling** (流平劑)
- Help penetration (e. g. wood finish and coatings)
- **Coalesce polymer** (such as latex emulsion) particles to form continuous film (成膜助劑)
- Improve coatings **low temperature application** (抗凍劑)
- Enhance coatings storage stability at low temperature

VOCs (揮發性有機物質)定義

 'volatility Organic chemicals' that have a **boiling point between 50°C ~260 °C** at standard atmospheric pressure.
JPMA, <http://www.toryo.or.jp/index.html>

 organic compound having an **initial boiling point ≤ 250 °C** measured at 101.3kPa standard atmospheric pressure.
歐盟2004/42/EC, EUR-Lex, <http://eur-lex.europa.eu>

 organic compounds that have **boiling points roughly in the range of 50~250°C**.
Health Canada, www.hc-sc.gc.ca

 在101.3kPa標準壓力下，任何初沸點低於或等於250 °C 的有機化合物。
GB 18582-2008 室內裝飾裝修材料內牆塗料中有害物質限量

 'solvents' that have a **boiling point below 250°C** at standard atmospheric pressure.
BCF, <http://www.coatings.org.uk/>

 指碳的任何揮發性化合物，但不包括甲烷、一氧化碳、二氧化碳、碳酸、金屬碳化物、金屬碳酸鹽、碳酸銨及豁免化合物。
空氣污染管制(揮發性有機化合物)規例

 常溫常壓下會自然蒸發的任何有機液體、固體，且於空氣中具光化學活性的化合物。
CNS15080-Maximum volatile organic compound content limit value for architectural coatings

 any compound of carbon, excluding carbon monoxide, carbon dioxide, carbonic acid, metallic carbides or carbonates, and ammonium carbonate, which participates in atmospheric photochemical reactions..
EPA, SCAQMD Rule102, <http://www.aqmd.gov/>

美國VOCs 定義豁免無光化學活性的揮發物

- ❑ VOC means any compound of carbon, **excluding carbon monoxide, carbon dioxide, carbonic acid, metallic carbides or carbonates, and ammonium carbonate**, which participates in atmospheric photochemical reactions.
- ❑ Reflect its predominant concern over outdoor air pollutants
 - **VOCs + NO_x + heat + sunlight → O₃**
 - Some VOCs are powerful infrared absorbers and thus contribute to the problem of **global warming**.
- ❑ Chemicals having negligible photochemical reactivity are not be classified as VOC by EPA. Such as:
 - **Methane (甲烷)**
 - **Ethane (乙烷)**
 - **Methylene chloride (二氯甲烷)**
 - **Acetone (丙酮)**
 - **Tetrachloroethylene (四氯乙烯)**

歐盟VOCs 定義直接以物質沸點區分

- ❑ VOC is any organic chemical with
 - **Boiling point below 250 °C** at a standard atmospheric pressure of 101.3 kPa
 - Vapor pressure higher than 0.01
- ❑ VOC definition is only dependent on chemical's B.P. and clearly defined



World Health Organization

WHO : World Health Organization

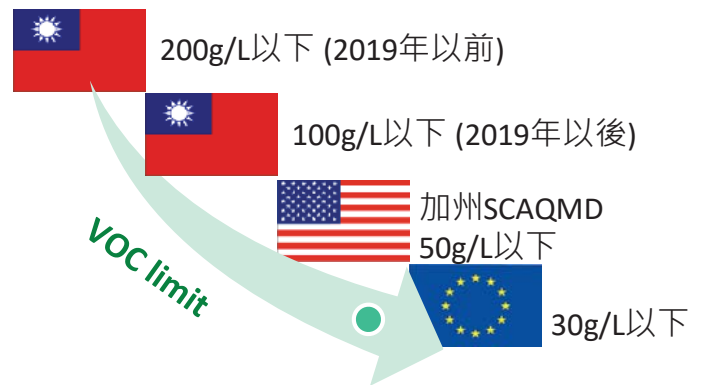
WHO, as cited in **ISO 16000-6**, defined VOC as any organic compound whose **boiling point is in the range from (50 °C to 100 °C) to (240 °C to 260 °C)**, corresponding to having saturation vapour pressures at 25 °C greater than 100 kPa.

零VOCs、低毒性、低汙染環境友善的產品

**Lower Volatile Organic Compounds (VOCs),
Lower cost, and Lower pollution!!**

- ❑ 傳統溶劑型塗料約含有30 ~ 60 % 之可揮發性有機溶劑(VOCs)。使用Non-VOC塗料可減少成本支出，並減少塗佈後的空氣汙染。
- ❑ 減少VOCs是全球塗料業共同方向，開發Non-VOCs塗料可提昇我國產品的國際競爭力。

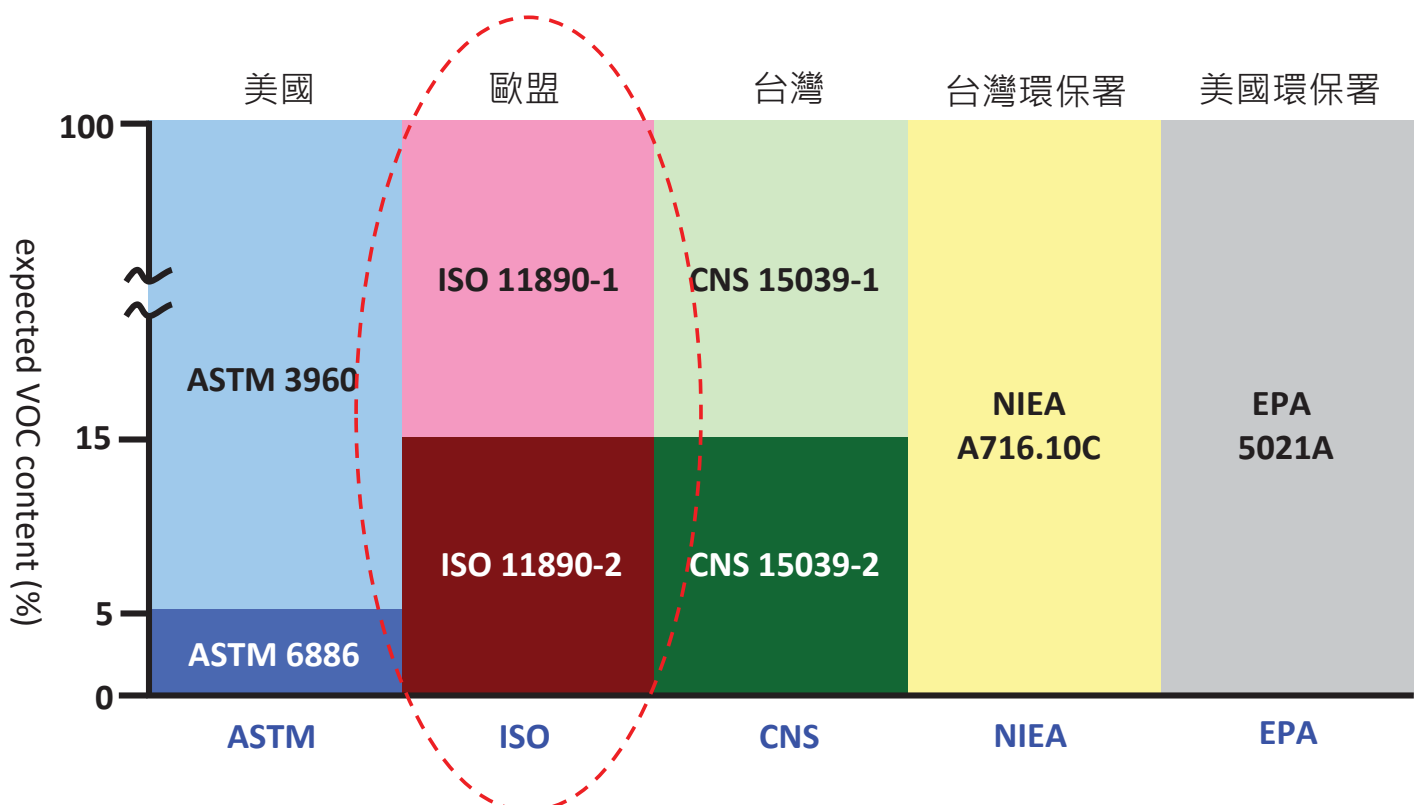
VOCs法規造就台灣與歐美技術差距逐年擴大



台灣與歐美塗料VOCs法規比較

產品類別	台灣 CNS 15080 (2019修正)	歐盟 2004/42/EC European Directive (2010.1.1)	美國加州 South Coast AQMD amended June 3, 2011
Flat	50 g/L	30 g/L	50 g/L
Nonflat	100 g/L	100 g/L	50 g/L

VOCs測量方法分類



ISO 11890塗料VOCs測試標準設備及方法

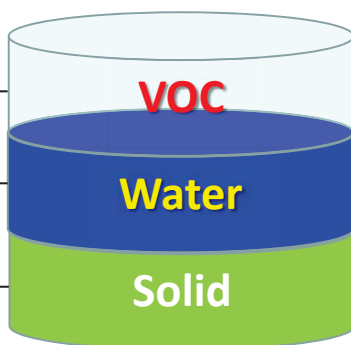
ISO 11890-1

VOC>150g/L(假設密度=1)

100%-固體%-水分%
塗料體積(扣水/不扣水)

Karl-Fisher
計算水分%

110°C, 1小時
乾燥後殘餘固體%



ISO 11890-2

VOC<150g/L(假設密度=1)

GC/MS 定量分析VOC%
塗料體積(扣水/不扣水)

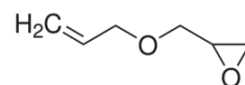
Karl-Fisher
計算水分%



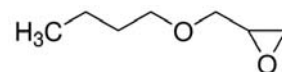
ISO 11890-1盲點

- 1.沸點> 110°C的揮發性溶劑
- 2.具有熱反應性的揮發性溶劑

溶劑名稱	沸點(1大氣壓)
甲苯	110.63
丁醇	117.7
乙二醇單甲醚	124.6
乙酸丁酯	126.11
二甲苯	138.5~141.5
N·N-二甲基甲醯胺	153.0
環己酮	155.65
乙二醇	197.85
二甘醇	244.8



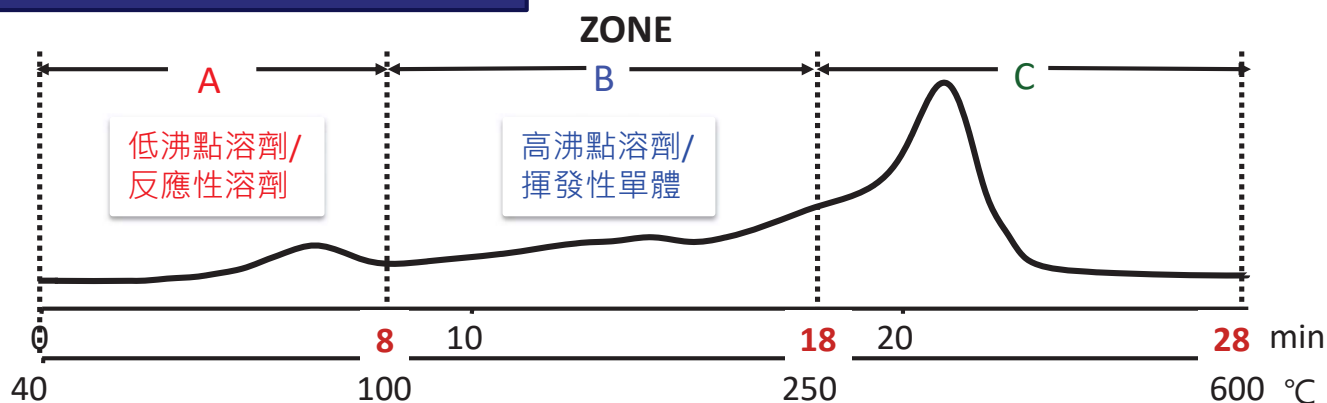
Allyl glycidyl ether (B.P.=154°C)



Butyl glycidyl ether (B.P.=164°C)

歐盟建議使用ISO 11890-2偵測塗料罐內VOCs

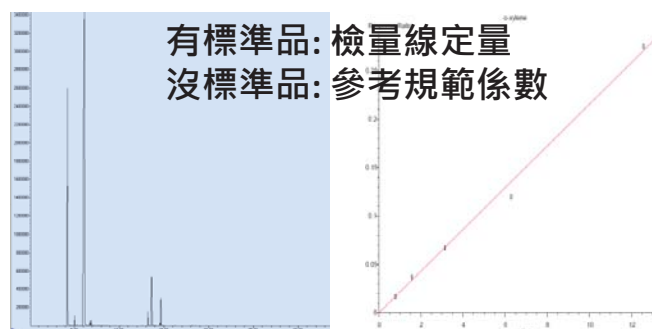
Cold-injection : 溫度區間分開分析



Karl Fischer



熱裂解氣相層析儀 (GC/MS)



ISO 11890計算方法

方法 1：“隨即可用”產品 VOC 含量%(m/m)

$$VOC = 100 - NV - m_w$$

式中，VOC：“隨即可用”產品之 VOC 含量%(m/m)

NV：不揮發性物質含量%(m/m)

m_w ：水含量%(m/m)

方法 2：“隨即可用”產品之 VOC 含量，g/L

$$VOC = (100 - NV - m_w) \times \rho_s \times 10$$

式中，VOC：“隨即可用”產品之 VOC 含量，g/L

NV：不揮發性物質含量%(m/m)

m_w ：水含量%(m/m)

ρ_s ：23℃試樣之密度，g/mL

10：轉換因數

EU.TW算法(扣水)

方法 3：“隨即可用”產品扣除水分後之 VOC 含量，g/L

$$VOC_{1w} = \left(\frac{100 - NV - m_w}{100 - \rho_s \times \frac{m_w}{\rho_w}} \right) \times \rho_s \times 1000$$

式中， VOC_{1w} ：“隨即可用”產品扣除水分之 VOC 含量，g/L

NV：不揮發性物質含量%(m/m)

m_w ：水含量%(m/m)

ρ_s ：23℃試樣之密度，g/mL

ρ_w ：23℃水之密度，g/mL(=0.997537 g/mL)

1000：轉換因數

方法 4：“隨即可用”產品扣除水分及豁免化合物(僅在有國家法規時方需扣除)後之 VOC 含量，g/L。

$$VOC_{1we} = \left(\frac{100 - NV - m_w - \sum_{i=1}^n m_{eci}}{100 - \rho_s \times \frac{m_w}{\rho_w} - \rho_s \times \sum_{i=1}^n \frac{m_{eci}}{\rho_{eci}}} \right) \times \rho_s \times 1000$$

式中， VOC_{1we} ：“隨即可用”產品扣除水分及豁免化合物後之 VOC 含量，g/L

NV：試樣中不揮發性物質含量%(m/m)

m_w ：水含量%(m/m)

m_{eci} ：豁免化合物 i 之含量%(m/m)

ρ_s ：23℃試樣之密度，g/mL

ρ_w ：23℃水之密度，g/mL(=0.997537 g/mL)

ρ_{eci} ：豁免化合物 i 之密度，g/mL

1000：轉換因數

USA算法(扣水)

降低塗料voc的三大手段

高固型分 (High Solid)

- High Solid
- Non-Solvent



水性化 (Water-based)

- Water-based
- Water-borne
- Water-dilutable



粉體塗料 (Powder coating)

- Powder coating



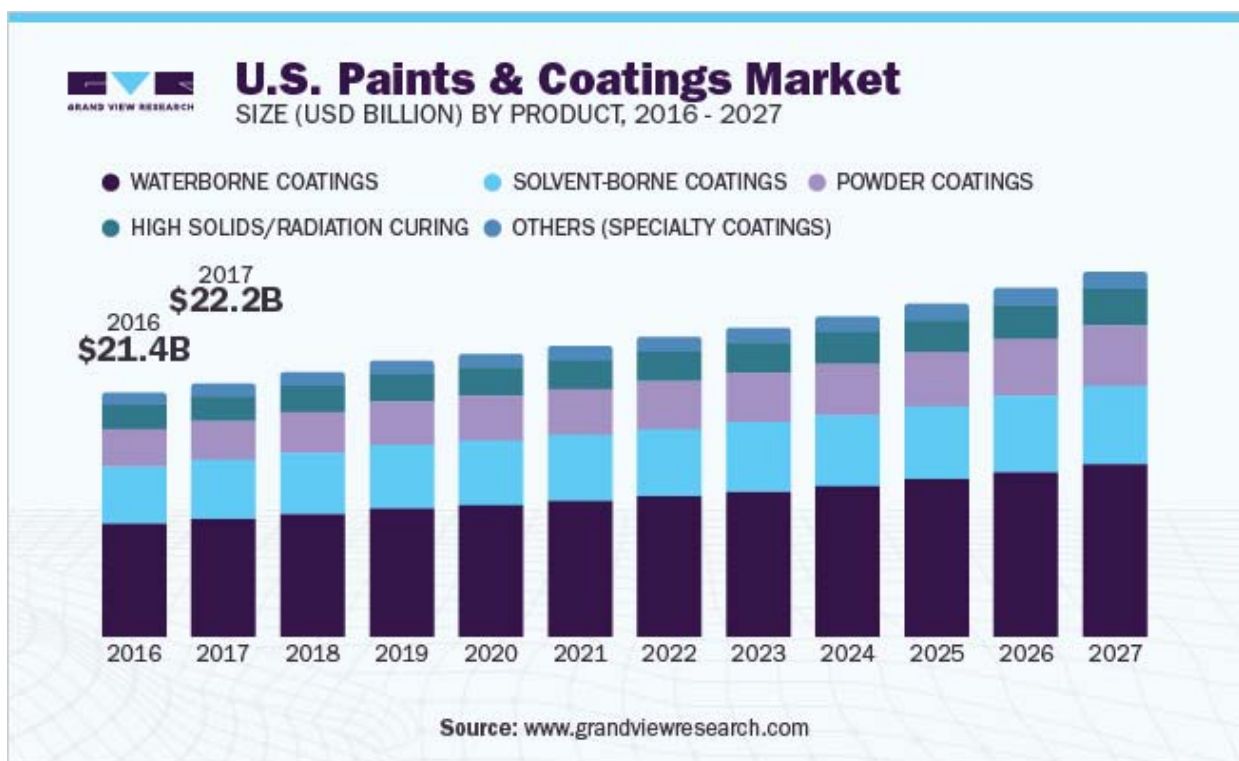
不同類型低voc塗料的比較

★★★★:優；★★★:佳；★:可

	塗料用途 性能要求	高固型份	水性塗料	粉體塗料
		高	低	固體
裝飾塗料	塗料黏度	高	低	固體
	氣味/粉塵	★	★★★★	★
	色彩飽和	★★★★	★★★★	★★★★
	塗料光澤	★★★★	★	★★
	硬度/耐污染性	★★	★	★★★★
工業 功能性保護塗料	塗膜厚度	★★	★	★★★★
	耐酸鹼性	★★★★	★	★★★★
	耐化學品	★★★★	★	★★★★
	耐UV照射	★★	★★	★★★★
	耐濕氣性	★★★★	★★	★★★★
	操作溫度(能耗)	常溫/中溫	常溫/中溫	高溫(200度)
	耐腐蝕性	★★★★	★	★★
	基材附著性	★★★★	★★	★★
	重塗性	★★★★	★★★★	★

美國不同類型塗料的市場占比

- 歐美天氣乾燥，且大多使用木造，建築以多數用水性塗料
- 金屬建材仍以高固型分、粉體烤漆為主



高固型分塗料的關鍵: 降低樹脂黏度

- 一般塗料固形分: <60% ; 高固型分塗料: >80% ; 超高固型分塗料:>90%

- 一般樹脂黏度:
13000cps~固體
- 一般塗料黏度:
2000~3000 cps

⇒ 溶劑稀釋

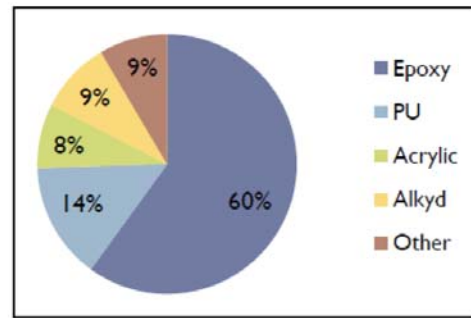


Figure 1. Share of marine and protective coating markets by resin technology.¹

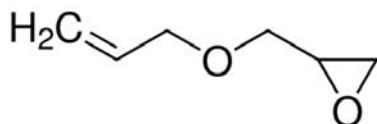
Table 2: Summary of Standard Epoxy Resins

Property	SER	BADGE	BFDGE	BADGE + AGE RD
Description	Solid 1-type epoxy resin, 75% solids in xylene	Liquid Bisphenol A Diglycidyl Ether	Liquid Bisphenol F Diglycidyl Ether	Liquid Bisphenol A Diglycidyl Ether + AGE Reactive Diluent*
Epoxide equivalent weight, EEW, (g/eq)	430-480 (on resin solids)	182-192	167-174	195-204
Viscosity @ 25°C, (cP)	16,000	13,000	3,900	743

*12-14 alkyl glycidyl ether (AGE)

Christian Piechocki, The Dow Chemical Company, US

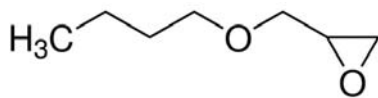
高固型分塗料手段1: 反應型稀釋劑



Allyl glycidyl ether (AGE)

黏度~1.2 cps

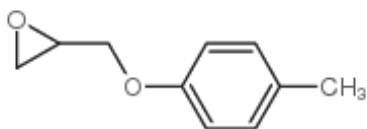
沸點~154°C



Butyl glycidyl ether (BGE)

黏度< 2cps

沸點~164°C

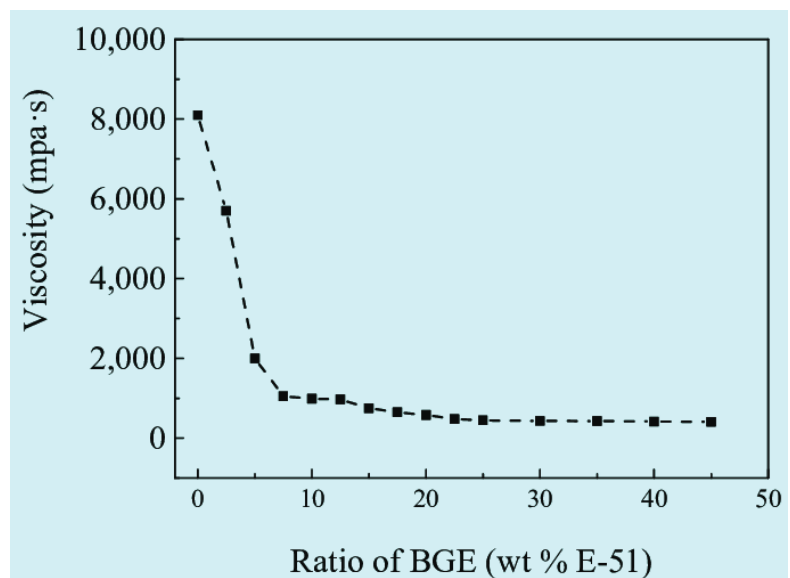


Cresyl glycidyl ether (CGE)

黏度~5~10 cps

沸點~110°C

TIP: 反應型稀釋劑: 具有溶劑一樣的稀釋效果, 但在乾燥過程參與反應不揮發 (降低VOC emission)



<https://cvcthermoset.com/product-line/erisys-group/>

高固型分塗料手段1: 反應型稀釋劑

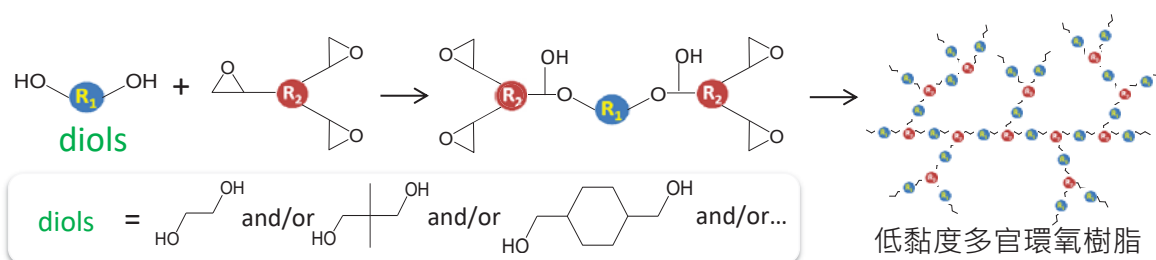
TIP: 注意沸點

編號	結構	Bp(°C)	黏度(cps)	EEW
GE-20		103-107	10-18	125-137
GE-22		154-160	45-75	145-165
GE-24		266	60-70	310-330
GE-25		328.7	15-23	143-156

<https://cvcthermoset.com/product-line/erisys-group/>

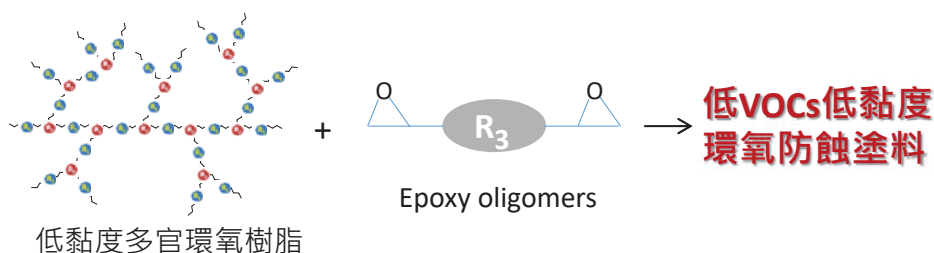
高固型分塗料手段1: 改變樹脂結構降低黏度(環氧)

工研院低VOCs環氧樹脂分子設計: 分支型高分子降低黏度，高分子量提高拉拔強度，且維持液態

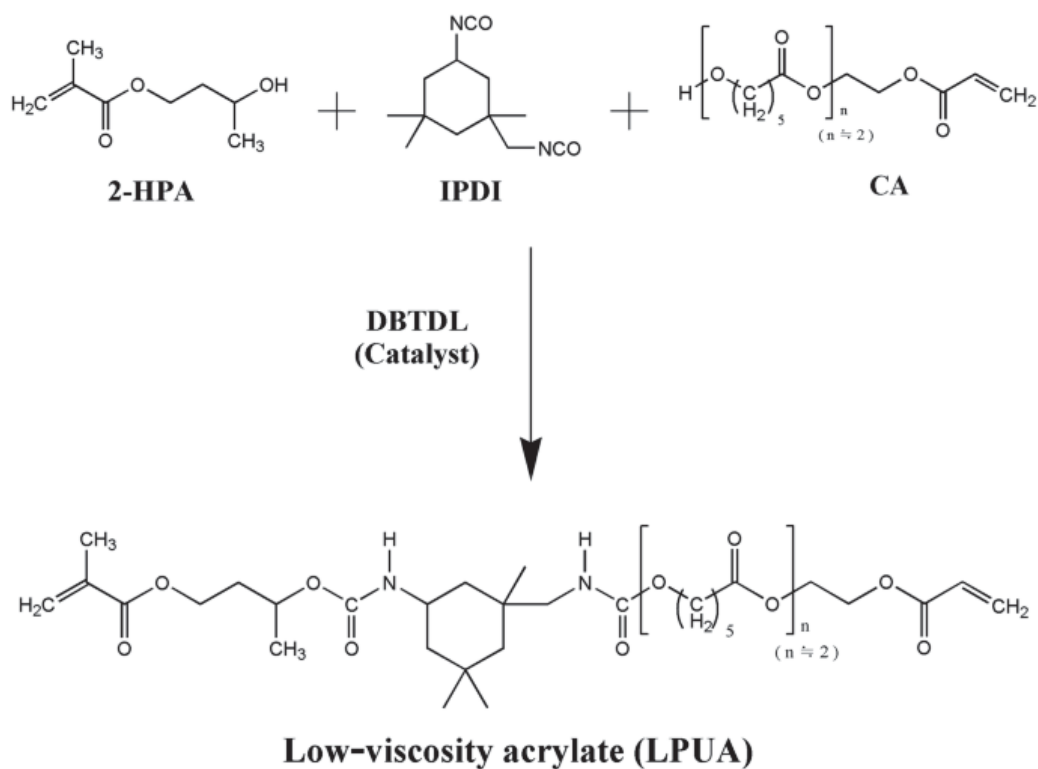


低VOCs環氧防蝕塗料配方: 低黏度高分子量多官環氧樹脂+環氧oligomer

編號	分子量(g/mol)	黏度(cps)
Epoxy-1	6343	2543
Epoxy-2	9463	3122
Epoxy-3	7344	3975
Epoxy-4	3435	1064
Epoxy-5	2314	933

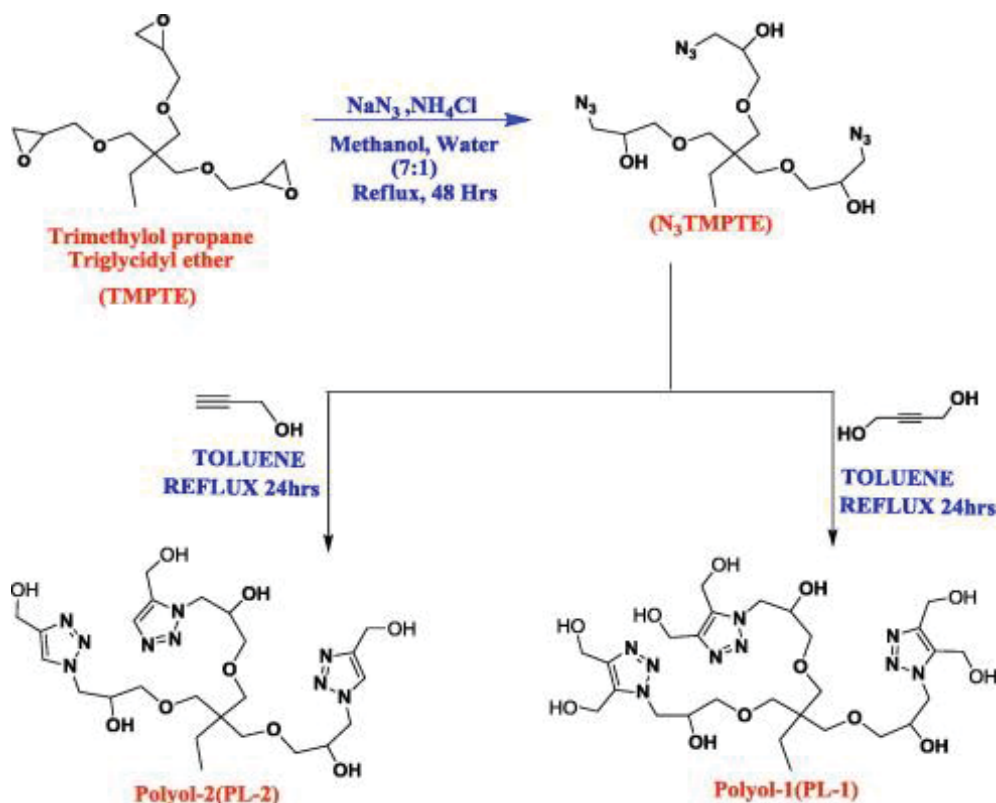


高固型分塗料手段1: 改變樹脂結構降低黏度(壓克力)



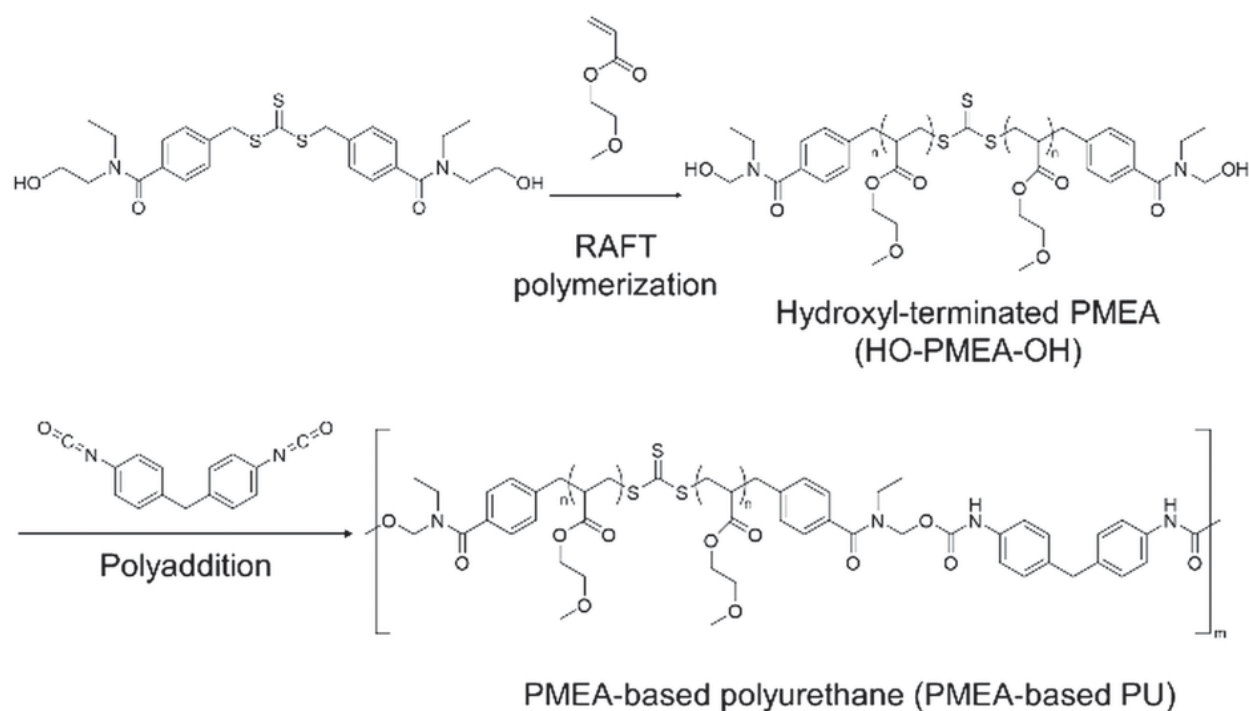
Journal of Coatings Technology and Research volume 16, pages 377–385 (2019)

高固型分塗料手段1: 改變樹脂結構降低黏度(多元醇)



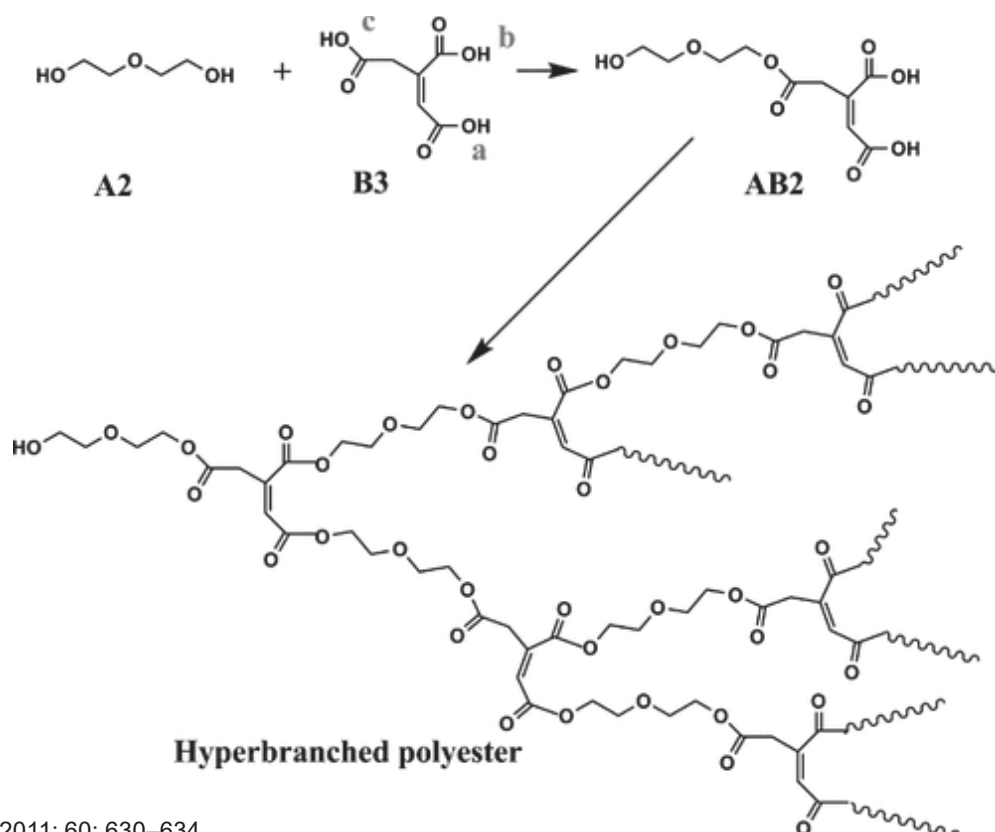
S. kantheti et al./Reactive & Functional Polymers 73 (2013) 1597-1605

高固型分塗料手段1: 改變樹脂結構降低黏度(聚氨酯)



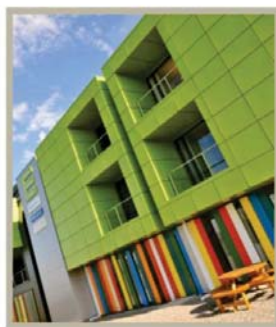
Mater. Adv., 2021, 2, 1657-1664

高固型分塗料手段1: 改變樹脂結構降低黏度(聚酯)



Polym Int 2011; 60: 630-634

高固型分塗料的市場應用



Building Envelope



Electrical Steel



Structural Pipe



Battery



Automotive



Packaging



Energy & Power



Fuel Cell

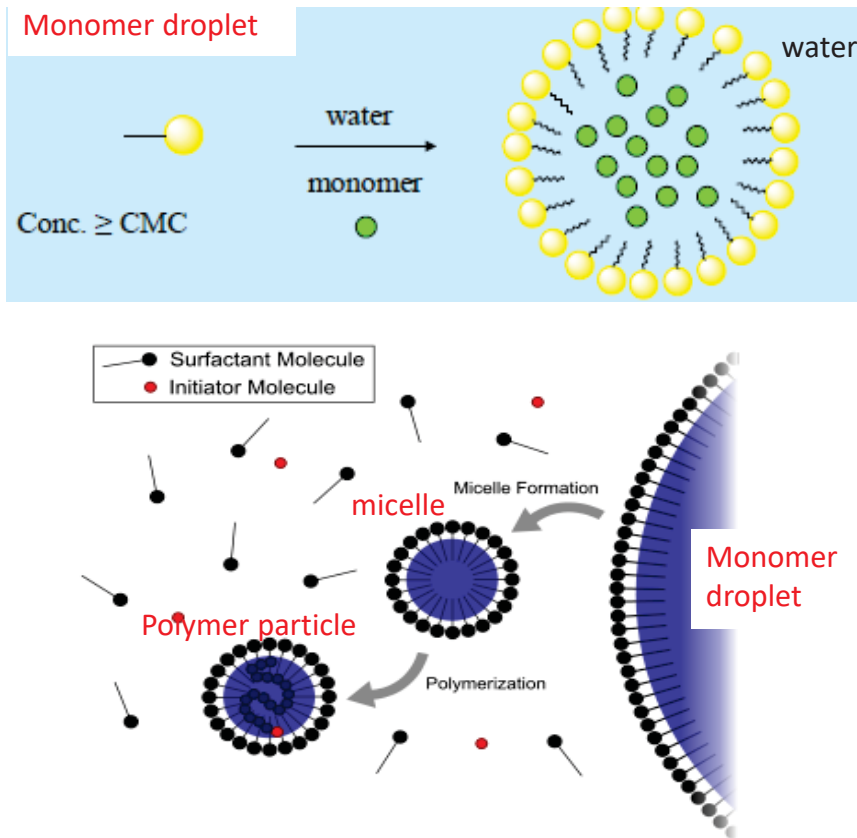
TIP: 在工廠塗裝/金屬防蝕的應用居多

水性塗料的關鍵: 從了解水性樹脂開始

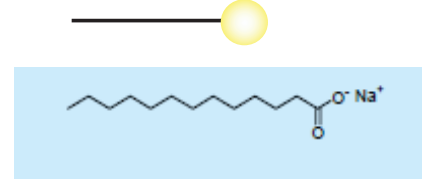


典型的水性壓克力樹脂製備方法(乳液聚合)

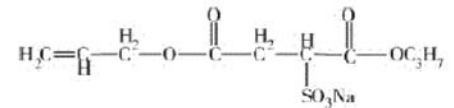
主要成分：單體、乳化劑、起始劑、水



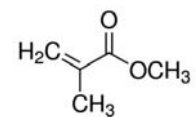
常見乳化劑



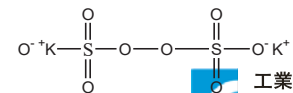
反應型乳化劑



常見單體 MMA



常見起始劑KPS

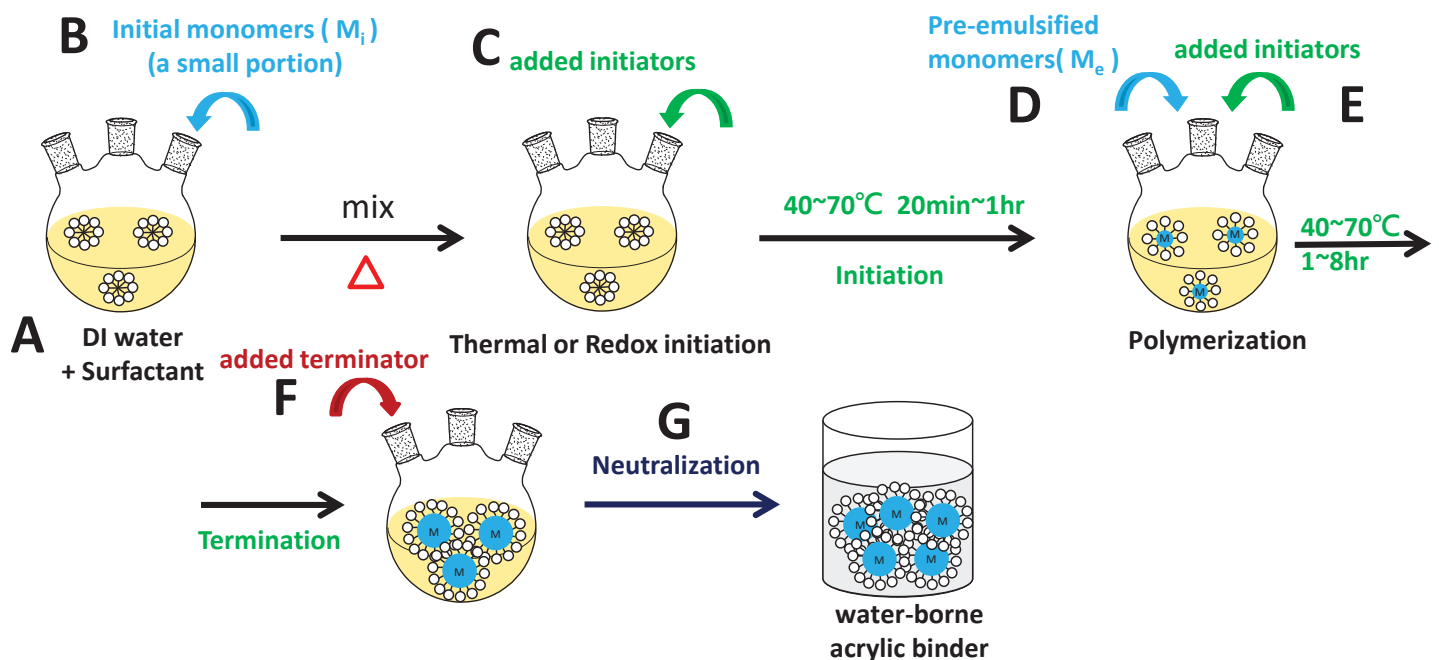


工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

Copyright ITRI 工業技術研究院 版權所有

33

典型的水性壓克力樹脂製備方法(乳液聚合)



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

Copyright ITRI 工業技術研究院 版權所有

34

典型的水性聚氨酯(PU)樹脂製備方法

預聚物混合法 (Prepolymer Mixing Process)

Polyol + Diisocyanate + 內植乳化劑 → 預聚物 → 水分散 → 鏈延長

□ 丙酮法 (溶液法)

調劑法 (溶液法)

Polyol + Diisocyanate + 內植乳化劑 + 鏈延長劑 + 中和 $\xrightarrow[\text{丙酮}]{\text{溶劑}}$ **水分散**



除丙酮

□ 熱熔法

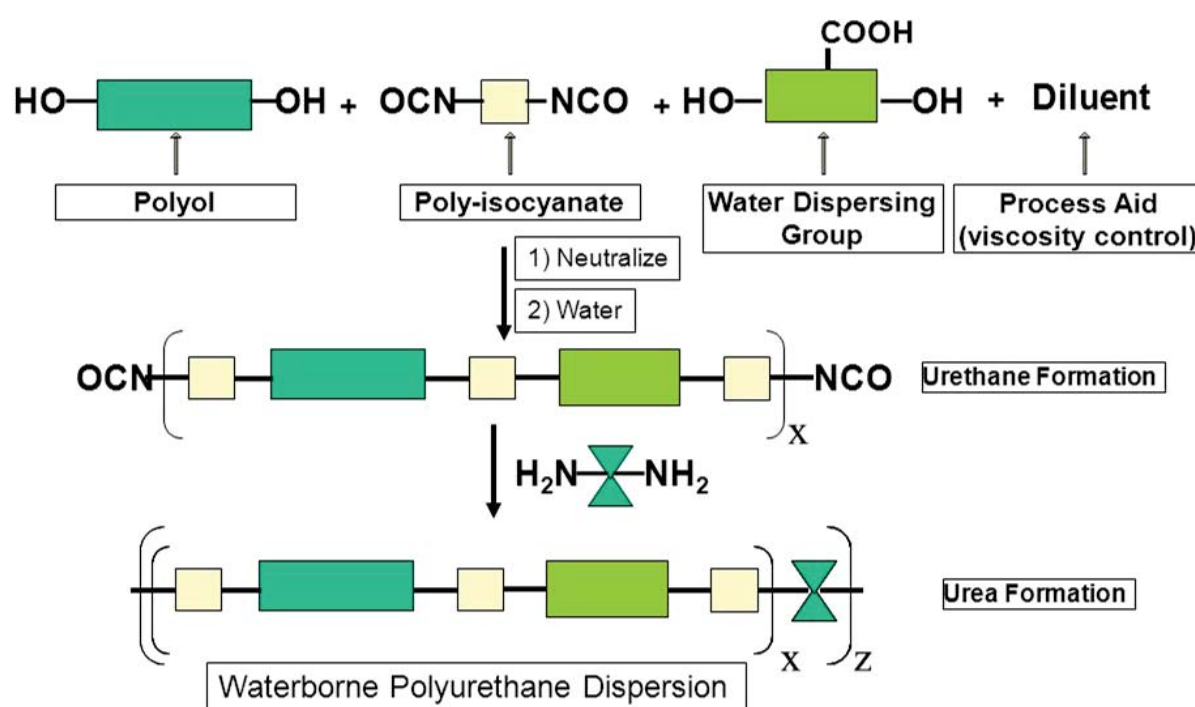
不需添加有機溶劑，但因黏度很大需特殊攪拌裝置。

□ Ketimine/Ketazine 法

使用Blocked Diamine做為鏈延長劑加入預聚物中，水分散時 Blocked Diamine 會還原成 Diamine 進行鏈延長反應。

典型的水性聚氨酯(PU)樹脂製備方法

預聚物混合法 (Prepolymer Mixing Process)



典型的水性環氧樹脂(Epoxy)製備方法

FIGURE 1 | Epoxy resin dispersion and amine solution (waterborne technology).

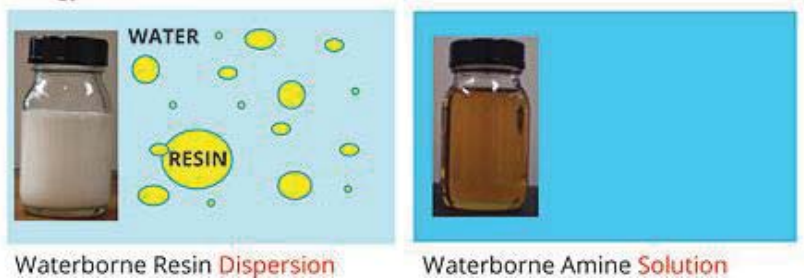
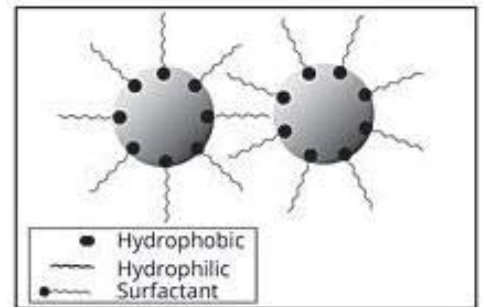
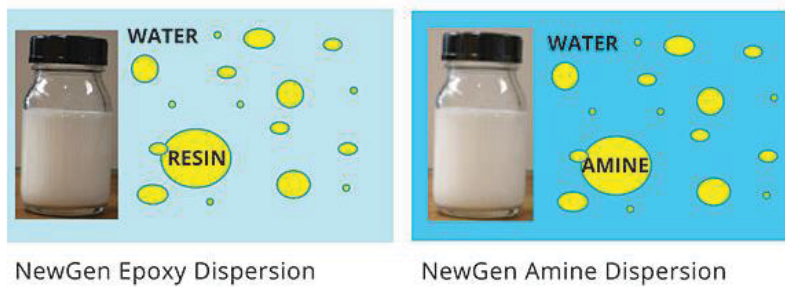


FIGURE 2 | NewGen epoxy and amine dispersions.



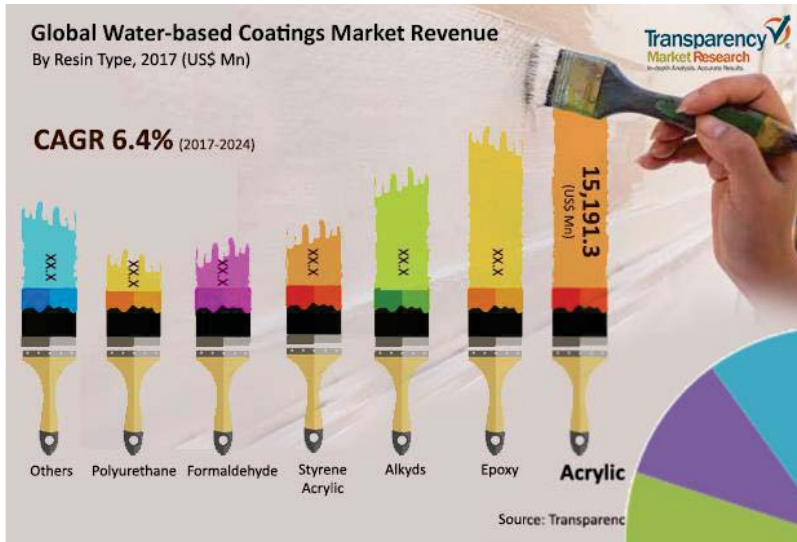
<https://www.pcimag.com/articles/96850-waterborne-epoxy-zinc-rich-primers--there-are-viable-options->

全球水性防蝕樹脂產品發展現況

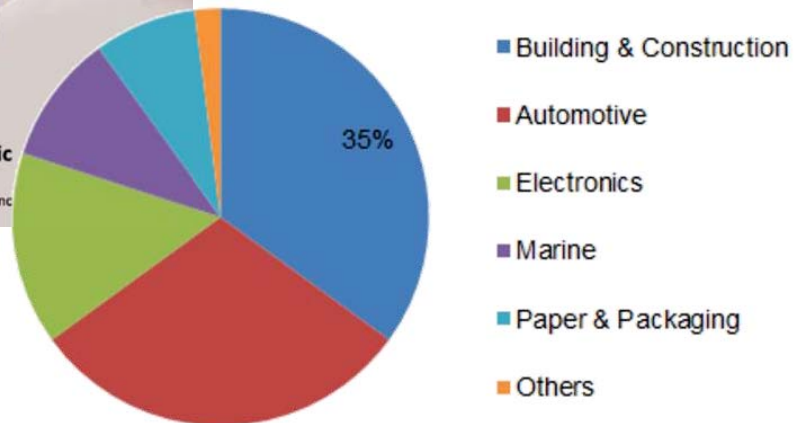
Product Type	Company Name	Logo	Trademark
High Solid Epoxy (Novalac Epoxy)	Olin (Dow)		D.E.N.™
	Hexion (Momentive)		EPON™
	Huntsman (CVC)		EPALLOY™
	南亞		NPPN™
Water-based Epoxy	Dow chemical		XZ™
	Allnex (CYTEC)		BECKOPOX®
	Hexion (Momentive)		EPI-REZ™, EPIKOTE™
	南亞		NPEW™
Water-based Acrylic	Dow chemical (Rohm & Haas)		AVANSE™ 200
	BASF		Acronal®, Joncryl®
	Arkema		Encor®
	Covestro (Bayer)		Bayhydrol®, Desmodur®
Water-based PU	Covestro (Bayer)		Bayhydrol®, Desmodur®

水性塗料市場

(依據種類)



(依據應用載具)



<https://www.transparencymarketresearch.com/waterbased-coatings-market.html>
<https://www.marketresearchfuture.com/reports/water-based-coatings-market-5742>

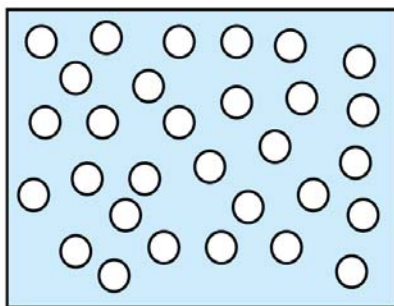
工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

Copyright ITRI 工業技術研究院 版權所有

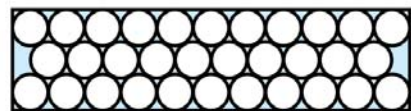
39

水性塗料的瓶頸: 從了解水性塗料成膜機制開始

1. Colloidal dispersion in water



2. Close-packed particles



$T > MFFT$ ↓ B. Deformation of particles

C. Coalescence and interdiffusion



4. Homogenous Film



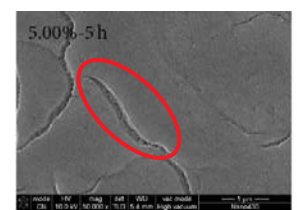
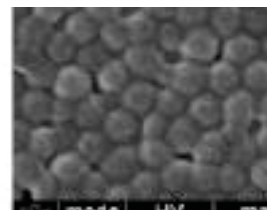
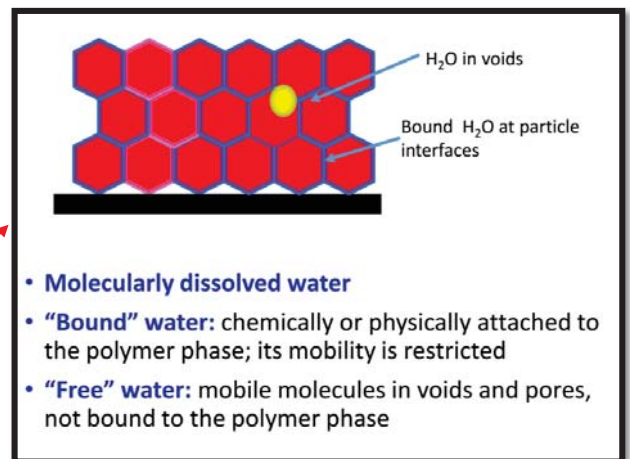
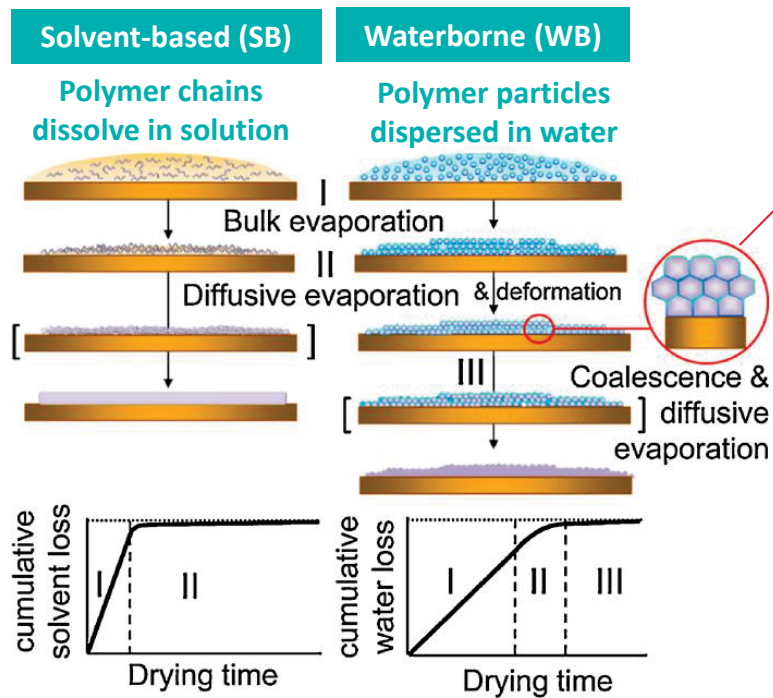
3. Dodecahedral structure (honeycomb)

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

Copyright ITRI 工業技術研究院 版權所有

40

水性塗料的瓶頸: 從了解水性塗料成膜機制開始



Always minor defect
Surfactant and coalescing agent remained

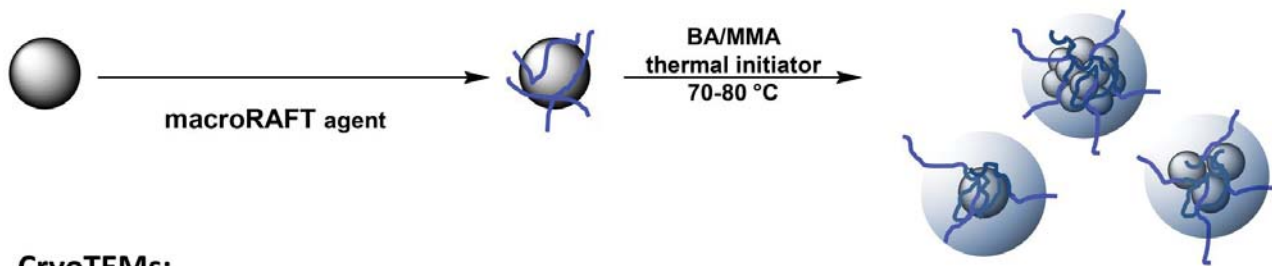
ref: ElectrochimicaActa62 (2012) 199–206

水性塗料的研發方向

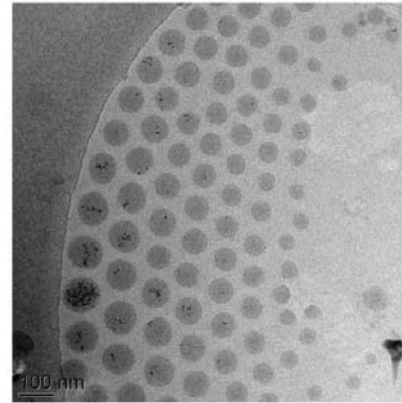
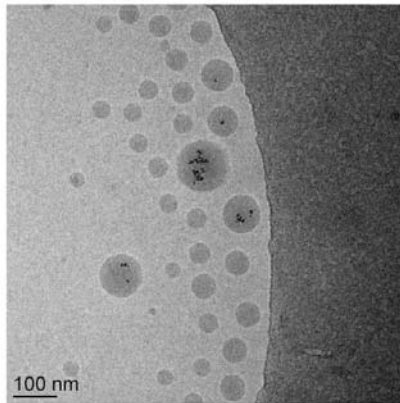


提升水性塗料的硬度/耐刮性研究

TIP: 在壓克力乳液中包覆無機奈米粒子

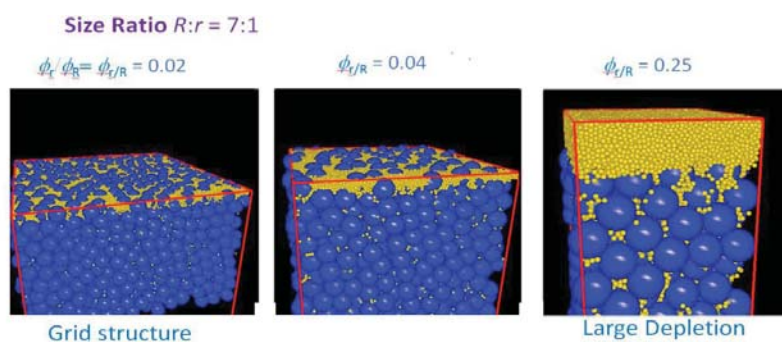


CryoTEMs:



提升水性塗料的硬度/耐刮性研究

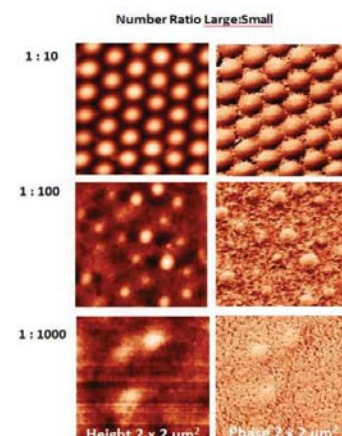
TIP: 小粒徑的無機奈米粒子乾燥過程自分層到樹脂表面



Evidence of depletion layer - AFM

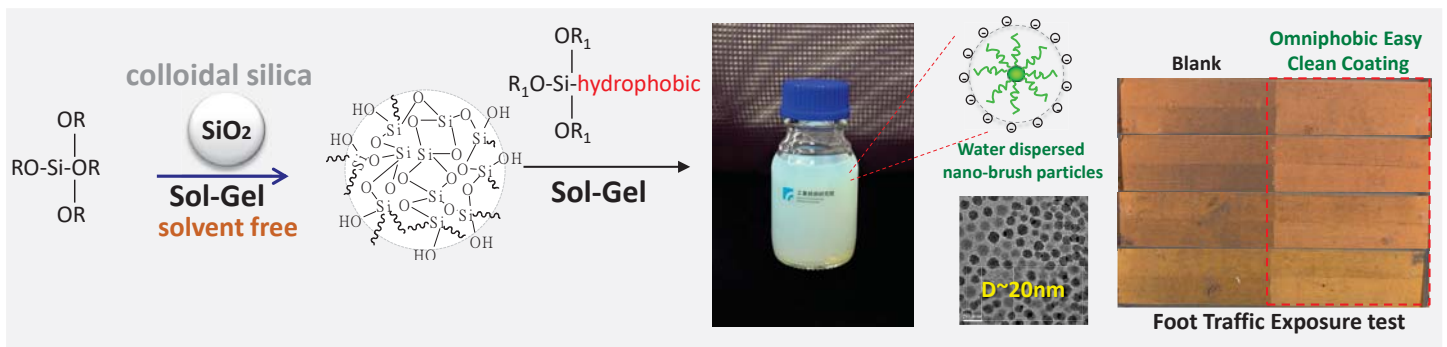
- This system shows evidence of depletion layer predicted by the modelling, depending on the small/large number ratio.
- Confocal microscopy experiments confirm

A. Fortini et al., Phys. Rev. Lett., **116**, 118301 (2016)



提升水性塗料的硬度/耐刮性研究

水性奈米抗塵防污塗料



Warehouse ground (hot tire pickup)

Field test: US, Santa Ana



BEHR

ITRI
Industrial Technology
Research Institute

•共同獲證專利

(9,688,866、
I488927、
ZL201410192793.1)



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

Copyright ITRI 工業技術研究院 版權所有

45

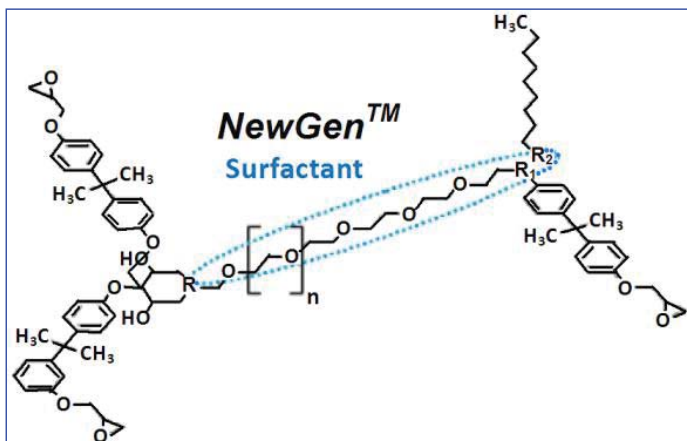
水性塗料之挑戰-耐水性、防蝕性

工業維護瓶頸

水性防蝕塗料對防蝕之阻
抗能力

可能克服方式

可使用可交聯型surfactant，藉由交聯後的結構與構型達到阻
水與防蝕的效果



Binder system: Tg, Mw,
morphology etc

Drying conditions:
RH, T, time, film
thickness etc

Optimize film
formation &

Avoid early failure
of the coating

Good substrate
preparation

Formulation: Coalescents &
plasticizers, pigments etc

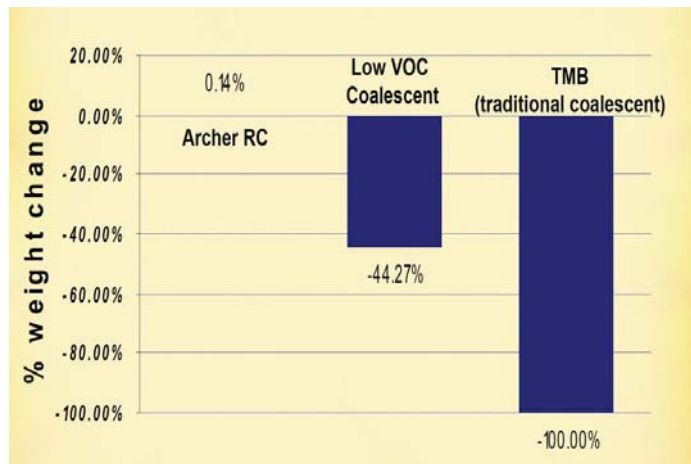
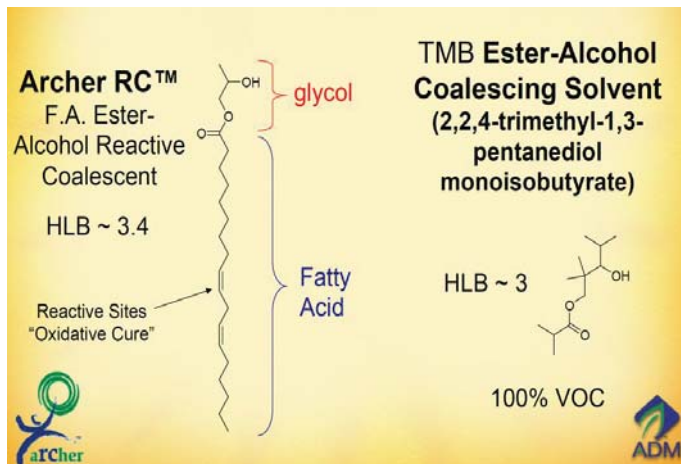
工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

Copyright ITRI 工業技術研究院 版權所有

46

水性塗料之挑戰-非VOC成膜助劑

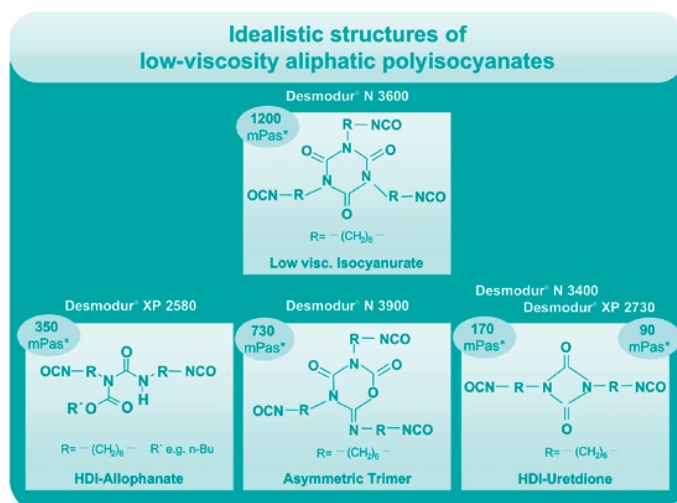
水性防蝕塗料瓶頸	可能克服方式
水性塗料使用的傳統成膜助劑含有大量VOCs	高沸點組成或是反應型助劑



水性塗料之挑戰-乾燥速率

工業維護瓶頸	可能克服方式
水性防蝕塗料常溫乾燥時間長，施工時early rain resistance低	合成高分子量、低T _g 及固含量較高的水性樹脂可提高乾燥速率，此外可考慮導入撥水材料(如:silicone)提升防水性

Bad early rain resistance



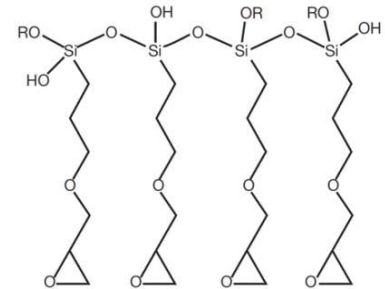
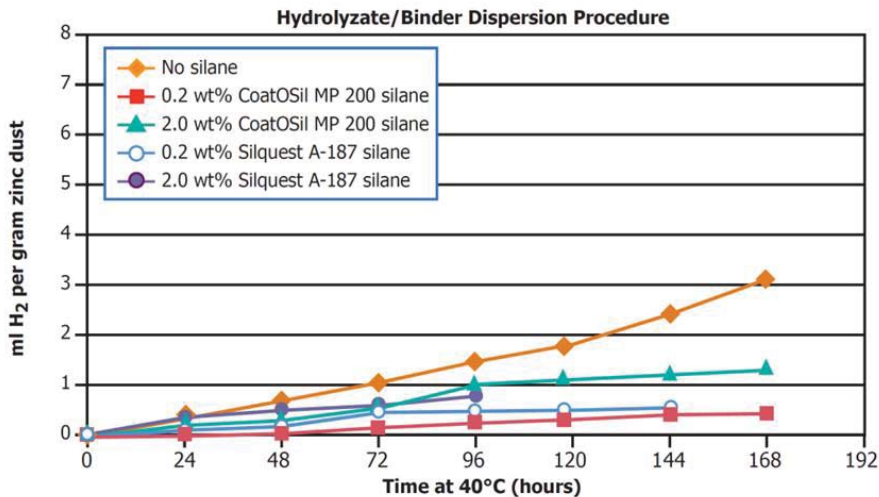
水性塗料之挑戰-防蝕常用鋅粉水活性

水性防蝕塗料瓶頸

鋅粉在水中與水反應產生氫氣，使塗料安定性變差

可能克服方式

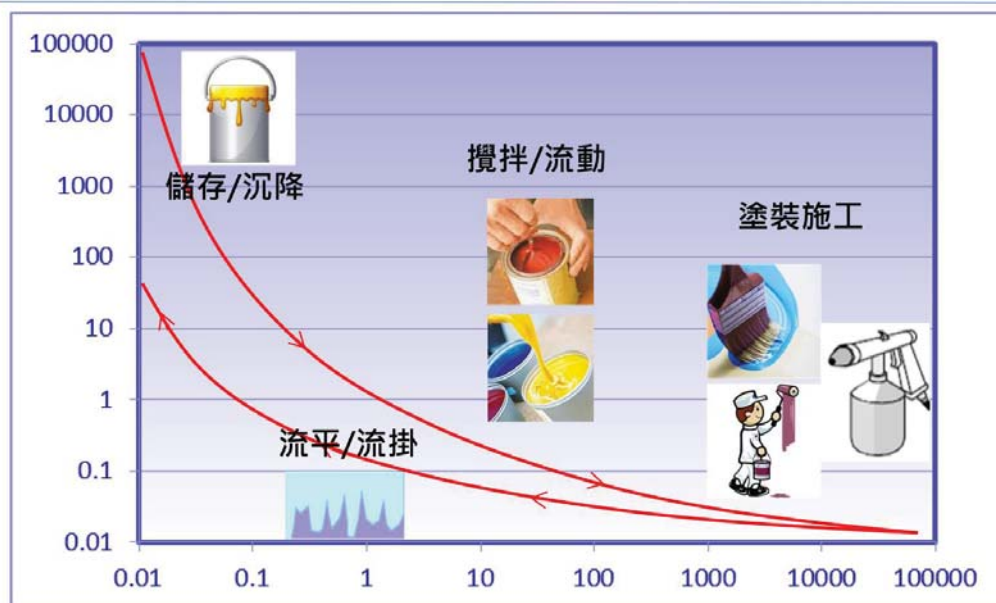
國外曾使用silane改質鋅粉顆粒，使其在水中安定性增加



MP-200 silane

水性塗料之挑戰-高膜厚、高PVC要求下的流變性/抗沉性

流變曲線對塗料的影響



水性塗料之挑戰-高膜厚、高PVC要求下的流變性/抗沉性

水性流變助劑種類與性能比較

ELEMENTIS
SPECIALTIES

性能	PU 締合型	聚醚多元醇	丙烯酸鹼溶脹型	纖維素	鋰蒙脫石土
抗飛濺性	●	●	○	×	○ - ●
流平性	●	●	○ - ●	×	×
漆模豐滿度	●	●	○ - ●	×	×
高光澤潛力	●	●	○ - ●	×	×
配方敏感性	×	○	×	●	●
pH敏感性	●	●	×	●	●
耐擦洗性	●	●	×	×	×
耐鹼性	●	●	×	○	●
抗腐蝕性	○	○	×	×	●
電解質敏感性	●	●	×	●	●
生物穩定性	●	●	●	×	●

DEUCHEM
ADDITIVE + RESIN
海名斯·德謙

35 Yrs

×差 ○可 ●優

One-stop Total Solution Provider
一站式整體解決方案的伙伴

15

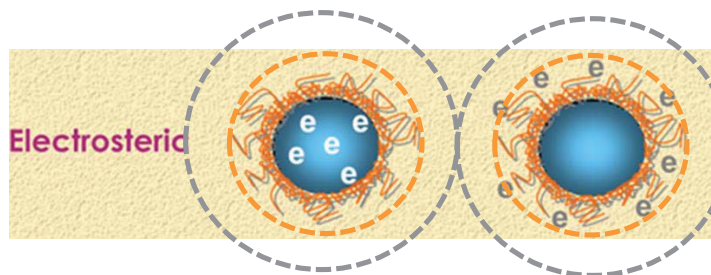
工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

Copyright ITRI 工業技術研究院 版權所有

51

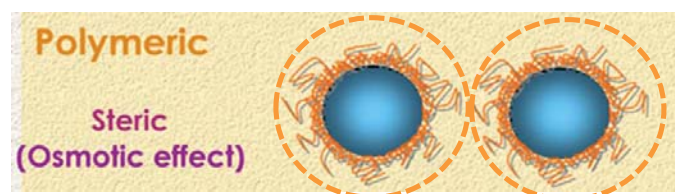
水性塗料之挑戰-因應自動配色需求的水性通用型無樹脂色漿

水性分散劑

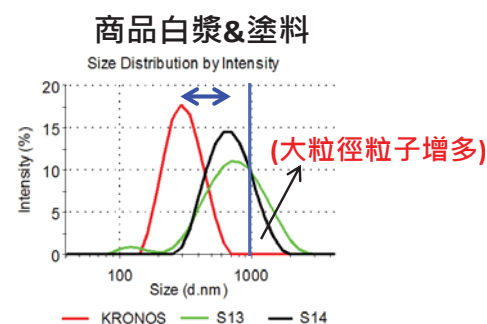
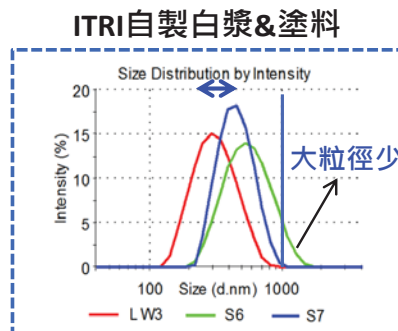
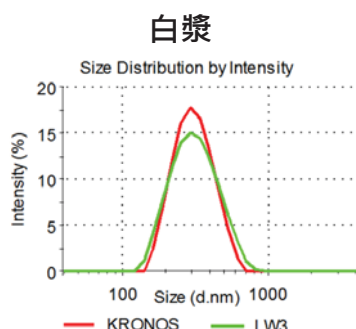


靜電排斥+立體障礙 → 分散效果更好

溶劑型分散劑



立體障礙 → 分散效果好



ITRI自製分散劑配製的白漿和樹脂(壓克力、聚氨酯...)相容性均佳(ΔD_{ave} 小) → 通用型白漿

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

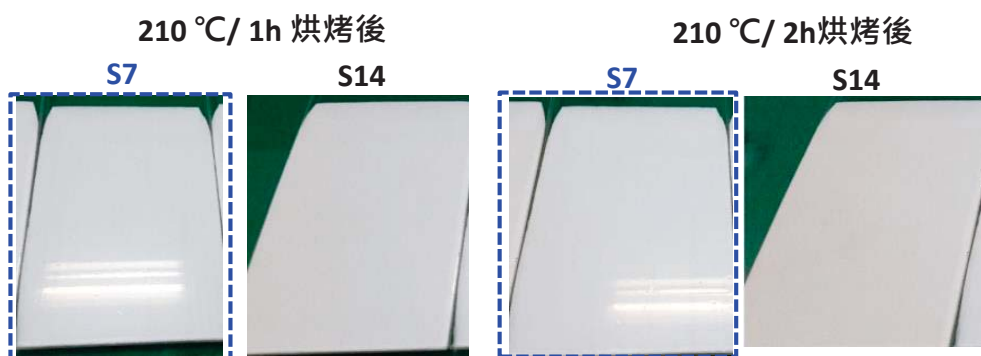
Copyright ITRI 工業技術研究院 版權所有

52

水性塗料之挑戰-高溫(210°C)耐黃變的白色色漿

塗料 ^a	分散劑	白漿	Original			210 °C/ 1 hour (級)	210 °C/ 2 hours (級)
			X	Y	Z	ΔYI	ΔYI
S7	ITRI自製	LW3 (ITRI自製)	81.35	86.68	95.87	1.5 (0)	5.5 (2)
S14	--	Kronos (市售)	81.32	86.62	95.38	4.6 (2)	14.7 (5)

^a PVC: 28 %, Rod No. 22, wet film thickness 50.29 μm, coated on glass.



黃變指數差異

(Yellowness difference ΔYI)

ΔYI越大表示黃變程度越大

$$YI = \frac{100(1.30 \cdot X - 1.13 \cdot Z)}{Y}$$

0級：無變色 · ΔYI ≤ 1.5;

1級：很輕微變色 · 1.6 < ΔYI ≤ 3.0;

2級：輕微變色 · 3.1 < ΔYI ≤ 6.0;

3級：明顯變色 · 6.1 < ΔYI ≤ 9.0;

4級：較大變色 · 9.1 < ΔYI ≤ 12.0;

5級：嚴重變色 · 12.0 < ΔYI;

自製分散劑配製的水性白色塗料經210 °C/1~2h熱烤，耐黃變性佳

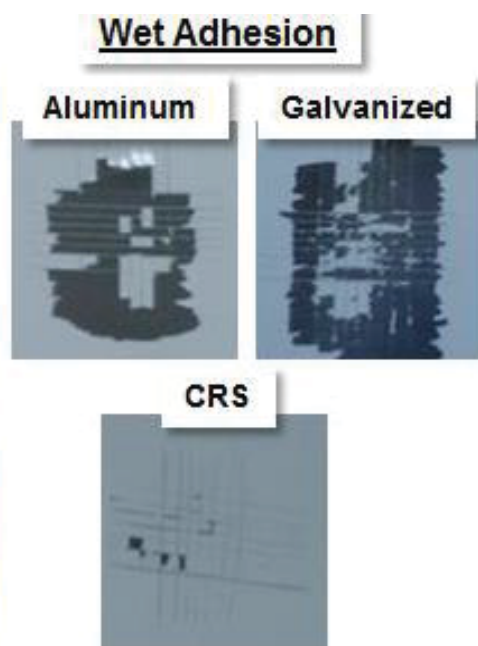
提升水性壓克力DTM塗料的防蝕性研究



DTM (Direct-to Metal): 不需底漆、輕防蝕、多與鍍鋅/不鏽鋼搭配

TIP: 中間硬、外殼軟的core-shell結構

水性壓克力DTM瓶頸



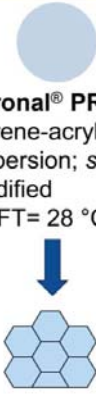
Acronal® PRO 763
styrene-acrylic dispersion; silane modified
MFFT = 28 °C

- Emulsifier stabilized
- Silane modification for post-crosslinking / adhesion promotion

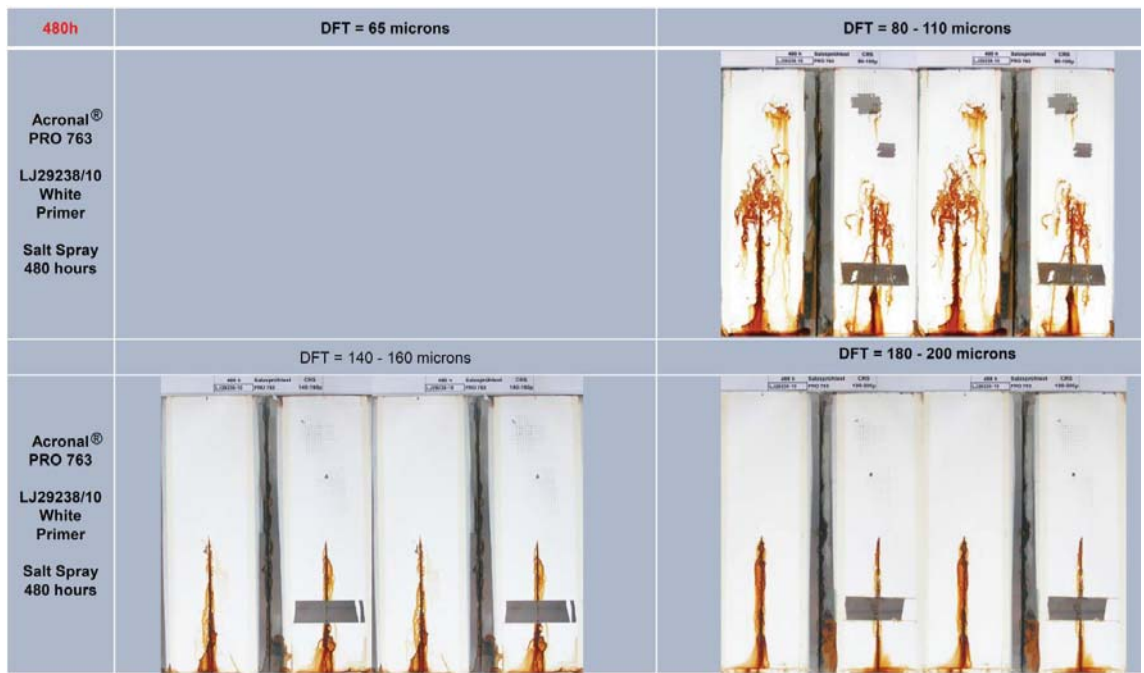
Acronal® PRO 780
Core-shell styrene-acrylic dispersion
MFFT = 20 °C

- Emulsifier stabilized
- Built in corrosion protection mechanism

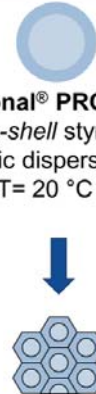
Acronal® PRO 763
styrene-acrylic dispersion; *silane* modified
MFFT= 28 °C



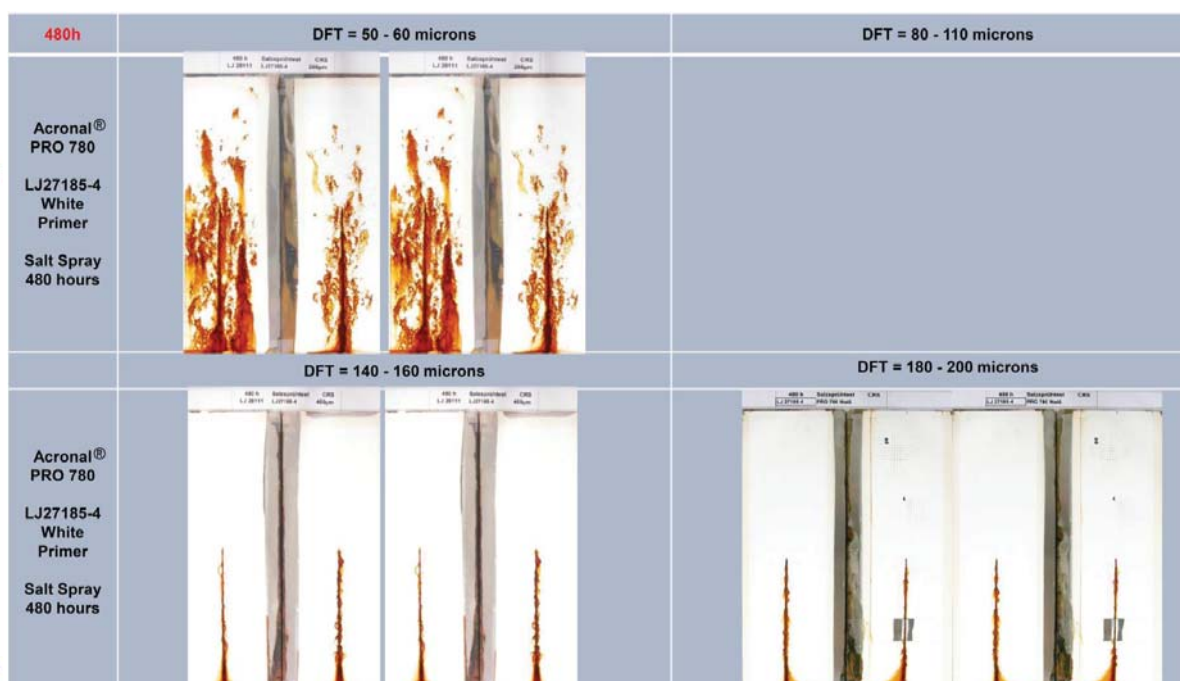
- Emulsifier stabilized
- Silane modification for post-crosslinking / adhesion promotion



Acronal® PRO 780
Core-shell styrene-acrylic dispersion
MFFT= 20 °C



- Emulsifier stabilized
- Built in corrosion protection mechanism



Waterborne Solutions for Paint Systems

配套体系的水性解决方案

**Heavy duty paint system: 2K epoxy (zinc rich) primer
+ 2K epoxy mid-coat + 2K PU topcoat**

重防腐配套: 环氧(富锌)底漆/环氧中间漆/聚氨酯面漆



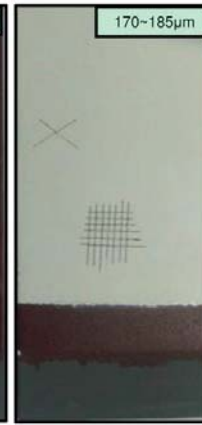
Salt spray resistance
耐盐雾, 2000h
DFT干膜厚度: ~50um
BECKOPOX™ EP2390w/75MP-
BECKOCURE™ VEH2849w/80WA



Salt spray resistance
耐盐雾, 2500h
DFT干膜厚度: ~200um
Layers层数: 3



120~130um

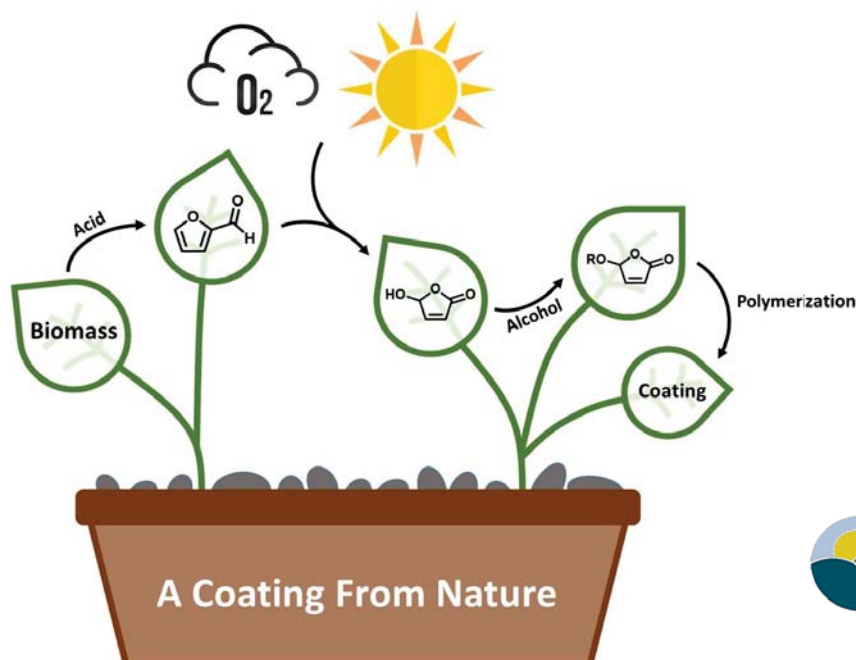


170~185um

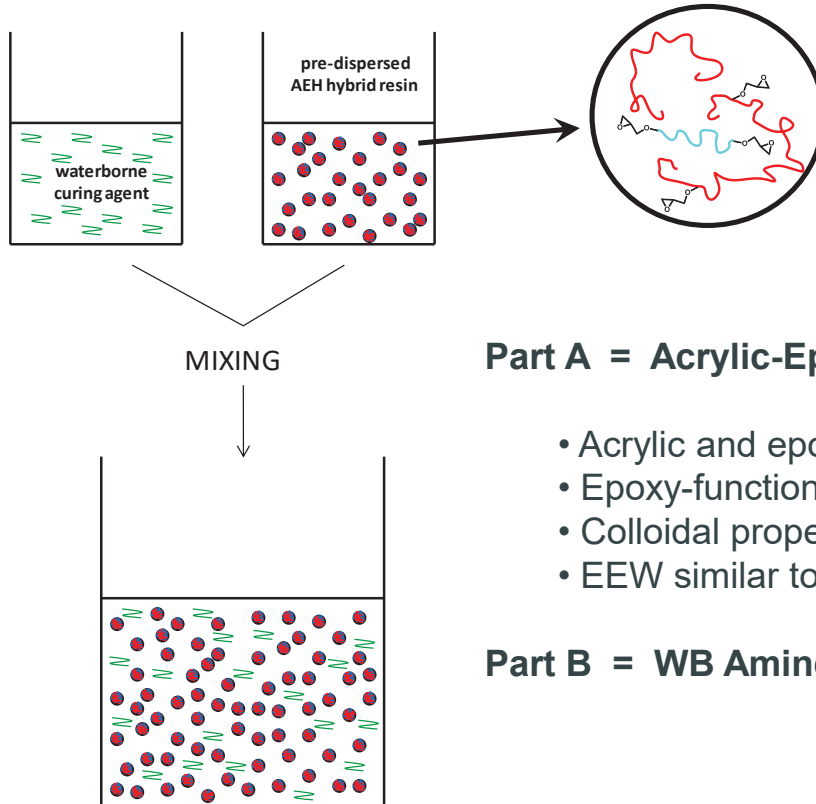
Adhesion test
BECKOPOX™ EP2391w/70MP-BECKOCURE™
VEH2849w/80WA + BECKOPOX™ EP2384w/56WA-
BECKOCURE™ VEH2188w/55WA + MACRYNAL™
VSM6299w/42WA

生質二元醇應用於水性牆面塗料已是進行式 AkzoNobel

A world of possibilities for paints and coatings has been unlocked by research being conducted by AkzoNobel, in collaboration with the Dutch Advanced Research Center Chemical Building Blocks Consortium (ARC CBBC).



TIP: 截長補短是水性塗料的必須作法



<50 g/L VOC capability

Long pot life (~ 4 – 10 hour pot life)

Fast cure (amine-epoxy reaction)

Fast dry time (lacquer dry of acrylic)

Fast hardness development

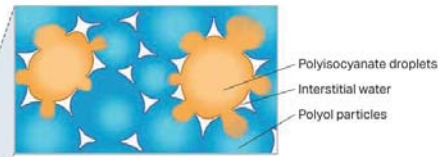
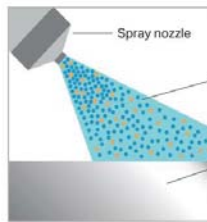
Good durability (due to acrylic)

Low viscosities for easy 2K mixing (i.e., a latex system)

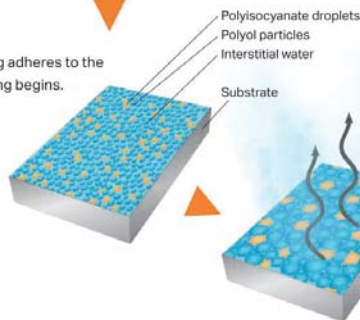
Potential for multi-substrate use in industrial and commercial architectural applications

Process of 2K waterborne film formation

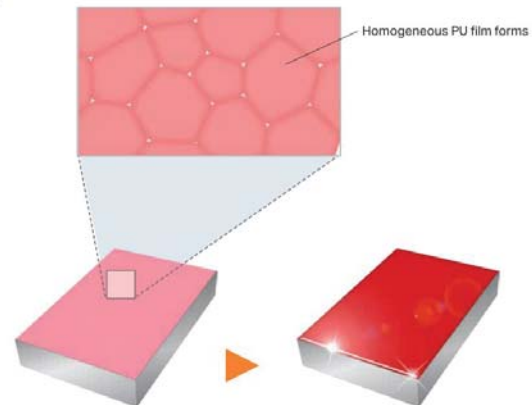
1. The waterborne 2K PU mix, the PIC-in-polyol emulsion, is sprayed on.



2. The wet coating adheres to the substrate, drying begins.



3. Polyol particles and polyisocyanate droplets coalesce and react. The film begins to form. Interstitial water evaporates.



4. A touch-dry film forms. Physical drying is complete, and chemical hardening is well underway.

5. Curing is complete. The result is a top-quality coating.

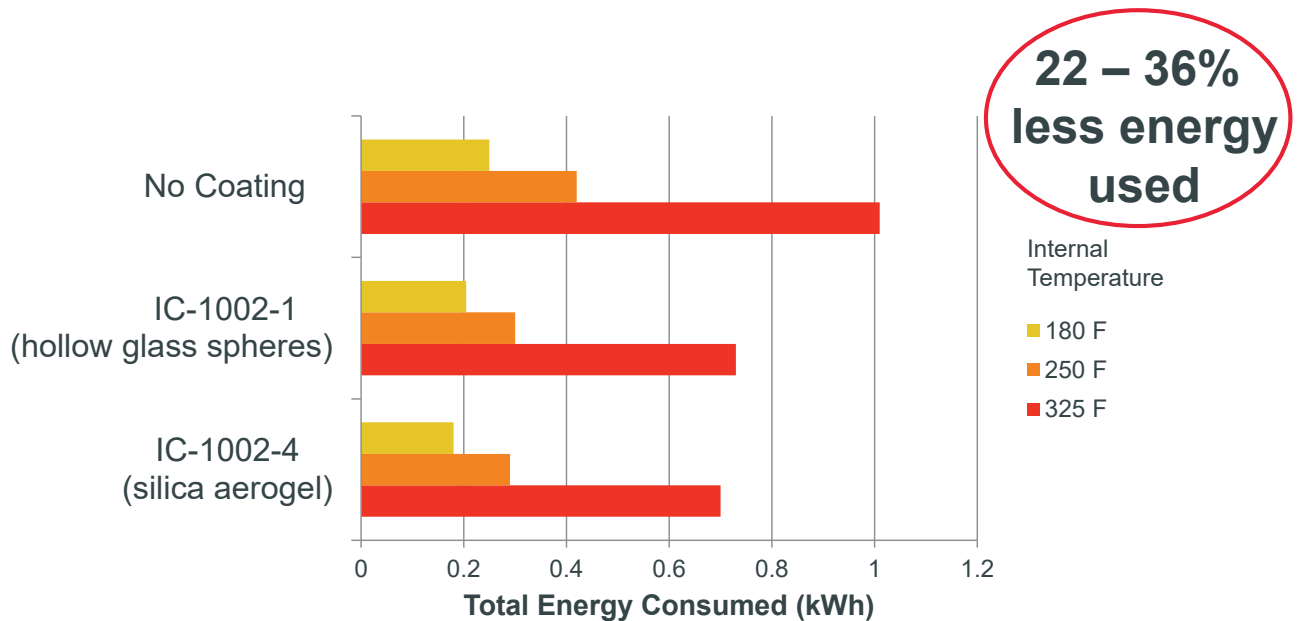
水性壓克力保溫塗料



WB Acrylic binders facilitate easy formulation of thermal insulation coatings, which offer :

- Low thermal conductivity (k-value)
- Personnel protection (safe touch)
- Insulating properties / Energy management
- Energy savings
- Improved inspection for CUI
- Ease of installation vs. traditional insulation

Energy consumption (kWh) to maintain various internal temperatures for a six-hour period with a 125 mil DFT insulation coating.



水性壓克力隔音塗料: Reducing Noise and Vibration



What is Liquid Applied Sound Damping?

- The use of coatings to reduce sound and vibration
- Typically used in the Automotive industry as a replacement for bitumen or asphaltic pads used on interior of body
- Applied by airless spray

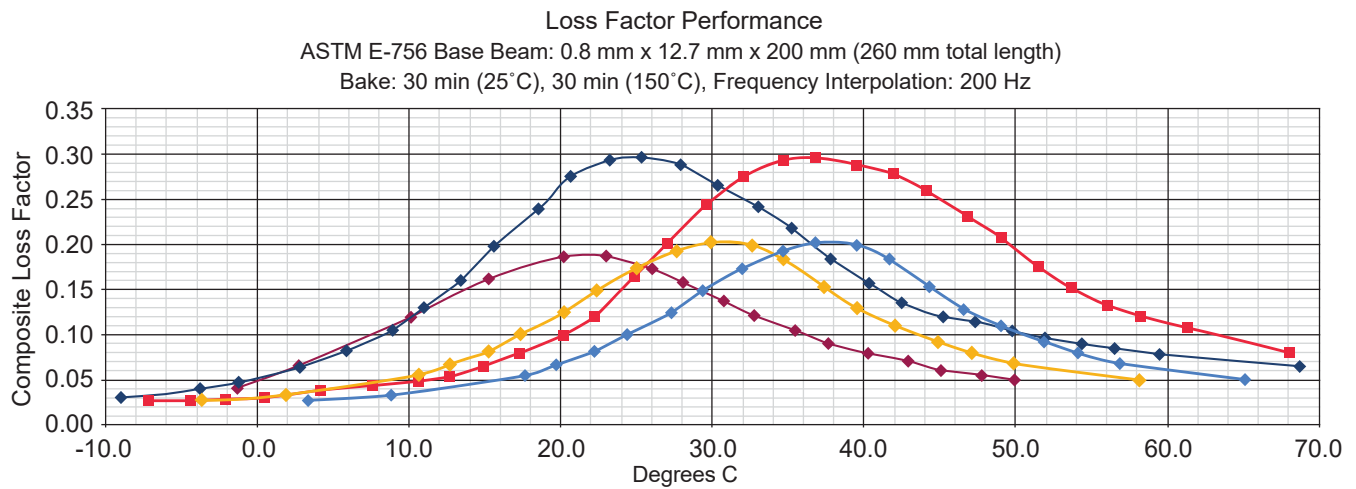


Where else could LASD be utilized?

Any application that can benefit from sound management and reduced noise, vibration, and harshness (NVH):

- | | | |
|--|--------------------|--------------------|
| • Marine/Rail | • Washers/Dryers | • Floors/Roofs |
| • Automotive | • Dishwashers | • HVAC Ducts |
| • Agriculture & Construction Equipment | • Refrigerators | • Elevator Shafts |
| | • HVAC Units | • Service Conduits |
| | • Air Conditioners | • Boiler Rooms |

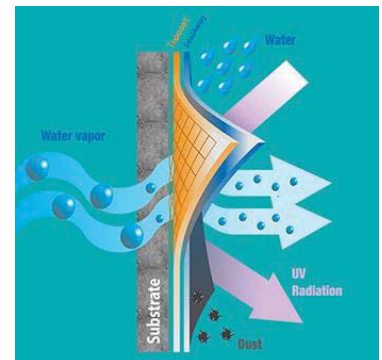
Range of Temperature Conditions and Performance Options



Changes in Tg and other emulsion construction variables allow the tailoring of damping performance to individual specifications

水性peelable/strippable塗料: 暫時性保護

- 保護運輸或製造過程中免受水氣、刮傷、污染
- 在塗層上具有適當的附著力，不會損壞表面
- 易於施工，施工後完整。在基材上易剝離移除
- 施工表面需光滑/無孔。好的延展性。



Bayhydrol UH



Intergard®5400



PU205/PU206



Strippable Coating





INNOVATING
A BETTER FUTURE

塗裝業空污防制設備經驗分享

主講人

台灣產業服務基金會

鐘嘉祺 專案經理

VOC廢氣處理設備介紹

財團法人台灣產業服務基金會
簡報人：鐘嘉祺

中華民國 110年 7 月 28 日

簡 報 大 綱

- ✓背景說明
- ✓處理技術原理
- ✓處理設備介紹
 - 活性碳吸附塔
 - 沸石轉輪
 - 直燃式焚化爐
 - 蓄熱式焚化爐
 - VOCs觸媒

背景說明

揮發性有機物(VOCs)定義：

- 在一大氣壓下，測量所得初始沸點在250°C以下有機化合物之空氣污染物總稱。但不包括甲烷、一氧化碳、二氧化碳、二硫化碳、碳酸、碳酸鹽、碳酸銨、氰化物或硫氰化物等化合物。
- 0°C時蒸汽壓不小於10 Pa或者101.325 kPa標準大氣壓下，沸點不高於260°C的有機化合物或者實際生產條件下具有以上相應揮發性的有機化合物的統稱，但是不包括甲烷。

3

背景說明

常見塗裝工程業別

金屬塗裝	汽車、船舶、飛機、五金、機械.....
木材塗裝	傢俱、木竹製品、工藝品.....
建築塗裝	鋼構、室內外裝潢、壁面結構.....
塑膠塗裝	塑膠製品、玩具、產品外殼.....
防水塗裝	建築防水、船舶防水、設備防水.....
特殊塗裝	防蝕、防氧化、絕緣.....

國內塗裝程序統計

製造程序	廠數	VOCs 排放量 (公噸)	占比 (%)
汽車表面塗裝程序	18	1,599.08	36.50
汽車零件表面塗裝程序	69	1874.39	42.78
機車及其零件表面塗裝程序	10	610.99	13.95
自行車及其零件表面塗裝程序	21	296.82	6.77
總計	117	4,381.29	100

4

背景說明

塗裝業空氣污染特性分析

污染物種類	產生源	對環境及人體影響
粒狀污染物	✓ 表面處理(噴砂、研磨) ✓ 未附著之漆粒	空氣中能見度降低、塵肺病
酸鹼性氣體	前處理(酸鹼洗程序及藥槽)	酸雨、建築物腐蝕、呼吸道損傷
揮發性有機物	✓ 塗料調配、稀釋 ✓ 前處理 ✓ 塗裝、烘乾 ✓ 塗裝設備清洗	光化學煙霧、臭氧層破壞、基因病變、癌症

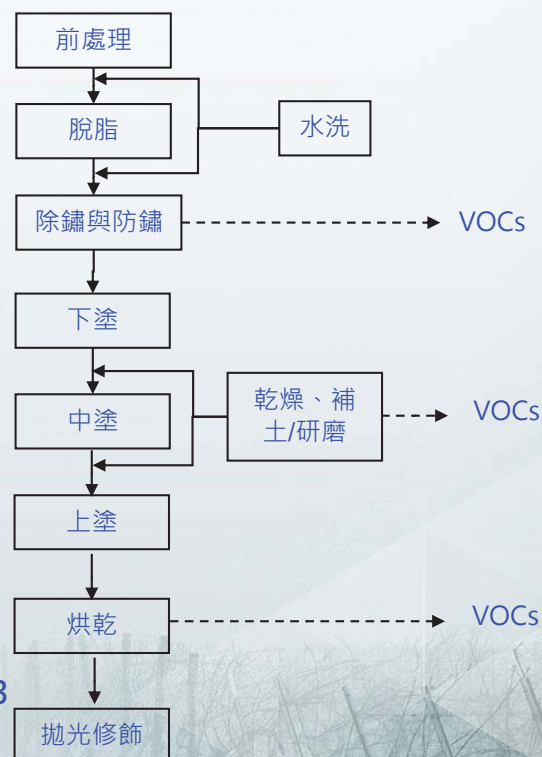
5

背景說明

➤ 汽機車塗裝程序常見的VOCs成份:

VOCs種類	VOCs 名稱
酯類	乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯 丙二醇甲醚醋酸酯(PGMEA)
苯系物	甲苯、二甲苯
酮類	環己酮、甲乙酮(MEK)
醇類	正丁醇

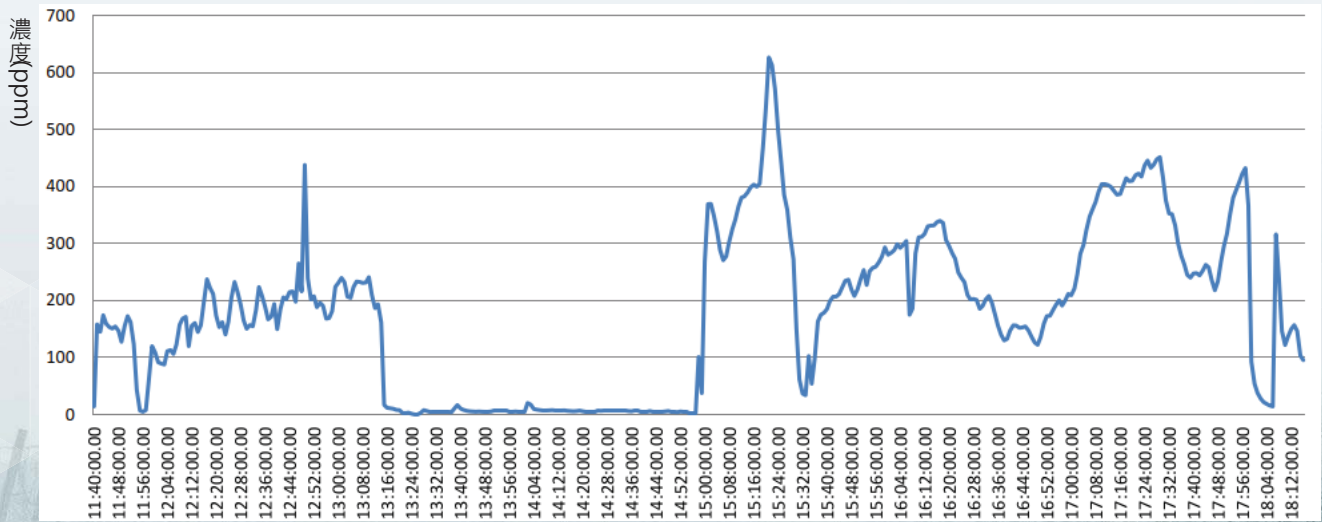
➤ 廢氣中VOCs濃度範圍：100~400 mg/m³



6

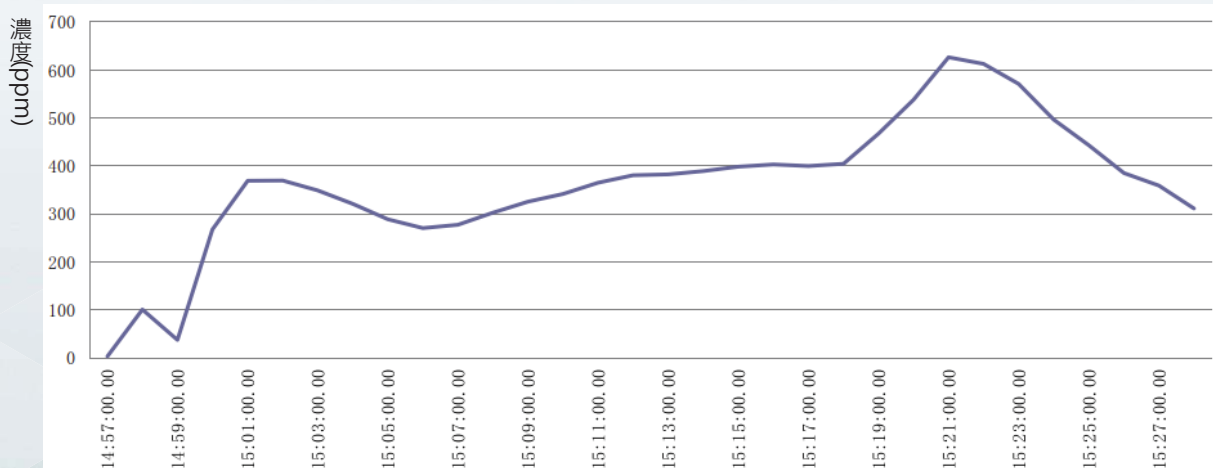
背景說明

- 汽機車、大型機械塗裝程序VOCs產生特性：非連續、濃度變化大

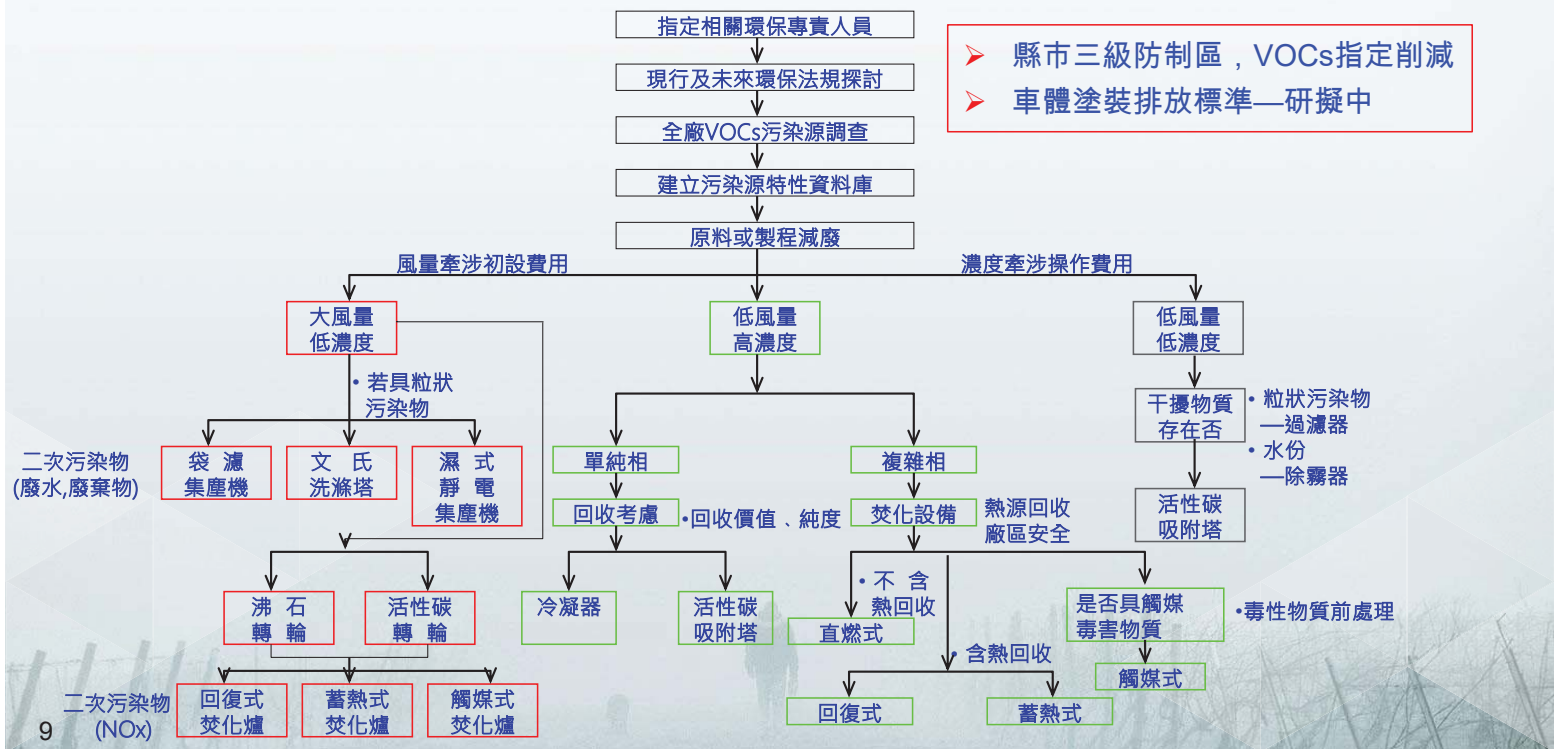


背景說明

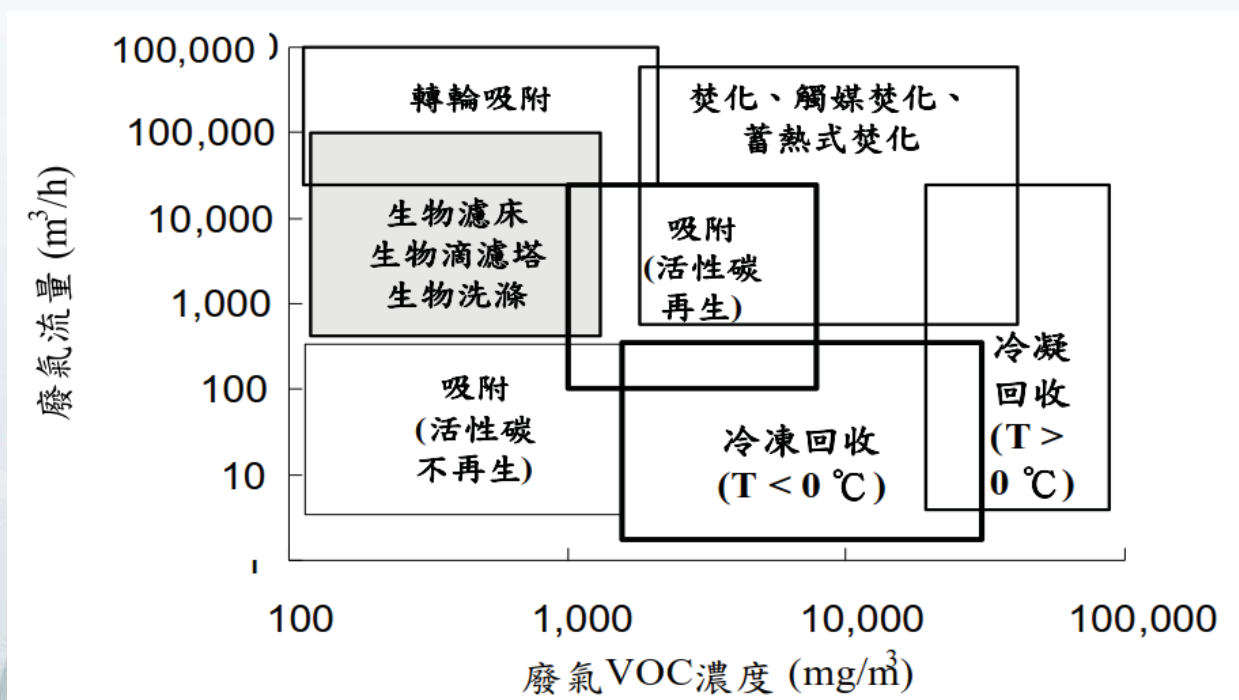
- 烘烤爐為汽機車塗裝製程重要VOCs排放來源



處理技術原理



處理技術原理

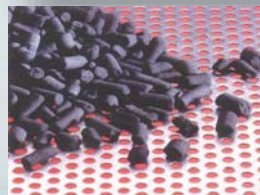
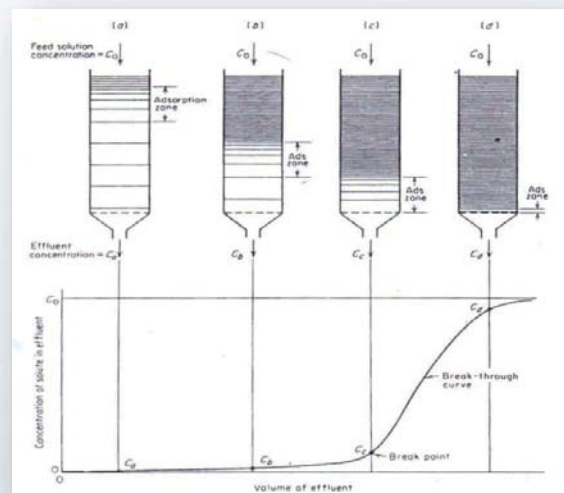


活性碳吸附塔

處理技術介紹

活性碳吸附塔

- 貫穿點與貫穿曲線是設計與操作的重要依據
- 除非長期穩定操作，「換碳頻率」不應為固定值
- 目前各縣市環保局多將活性吸附設備視為「備用設備」



處理技術介紹

活性碳吸附塔

- 活性碳吸附為放熱反應，計算式：

$$\Delta T = \frac{6.1}{\left(\frac{C_p}{C_i}\right) \times 10^5 + 0.51\left(\frac{C_p/A}{C_{st}}\right)}$$

ΔT ：溫度上升(°F)， C_p ：吸附劑比熱(活性碳
 $C_p=0.25\text{Btu/ft}^3\cdot^\circ\text{F}$)， C_i ：入口濃度,ppm
， C_{st} ：溫度 $T+\Delta T$ 時,吸附床的飽和容量

- 活性碳吸附塔應裝設溫度偵測、灑水、警報系統

常見VOCs成分的吸附熱

物質名稱	分子式	吸附熱 (kcal/kg)
氯仿	CHCl_3	121.3
苯	C_6H_6	188.5
甲醇	CH_3OH	409.4
甲烷	CH_4	281.3
氯甲烷	CH_3Cl	182.2
二氯甲烷	CH_2Cl_2	145.9
丙醇	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{OH}$	273.3

處理技術介紹

活性碳吸附塔設備規範

VOCs處理設備基本要求：

1. 總破壞去除效率 (排放削減率)：吸附部份為__%以上，或所有處理後廢排氣皆需符合法規要求之總量管制值□□□以下(以甲烷為基準)。
2. VOCs入口濃度預估 max. □ □ppm(以甲烷為基準)，溫度為□ □°C。
3. 活性碳更換週期：不少於 □□ 天，且在60%的工作條件下；其活性炭床的出口濃度必須低於 30%-入口濃度。
4. 操作溫度宜在 40°C以下。
5. 其他要求：安裝時該系統所有的設備，承包商須安排適當的維修空間。並預留 未來擴充設備之安裝空間。

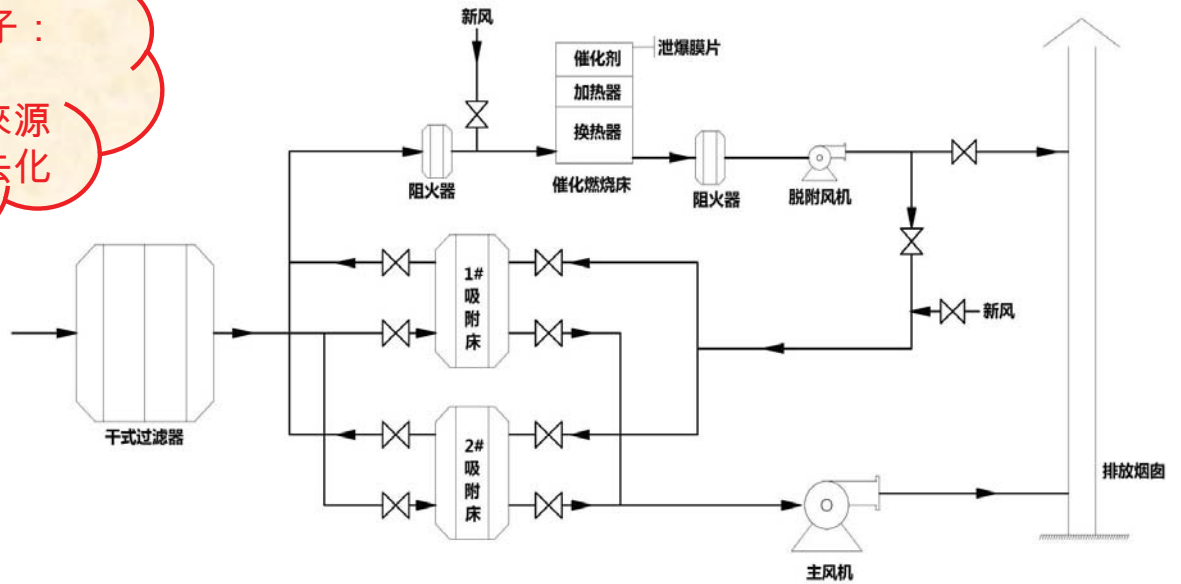


處理技術介紹

活性碳吸脫附系統

關鍵考量因子：

1. 安全性
2. 脫附能量來源
3. 回收溶劑去化

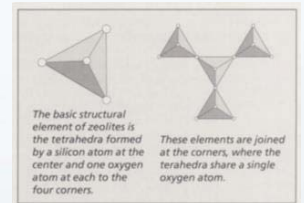


沸石濃縮轉輪



處理技術介紹

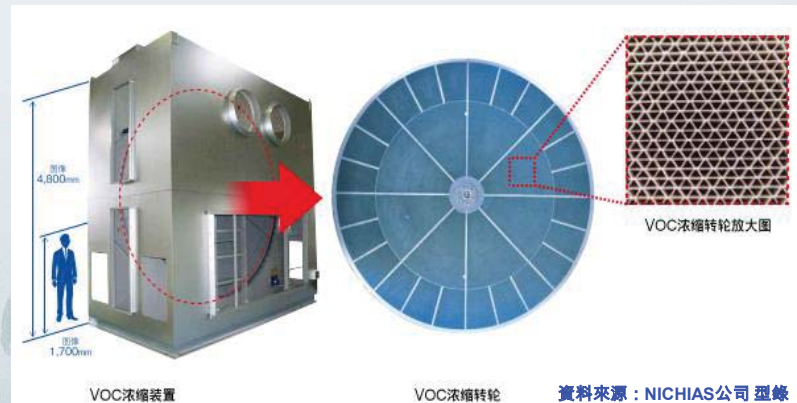
疏水性沸石濃縮轉輪(Hydrophobic Zeolite Rotor)



轉輪系統在處理大風量的廢氣、連續性操作、效率穩定度、廢氣排放狀況均優於固定床系統，轉輪同時亦有低壓損、無吸附損耗、極少可移動組件的優點。轉輪結構為無機性蜂巢狀疏水性沸石，對於高濕度的揮發性有機氣體，沸石亦能妥善處理。

沸石成份：矽鋁鹼氫氧化合物

- 網狀組成：由無數個四面體以三度空間所組成，藉由 SiO_2 和 AlO_2 連接，其中心組成是鋁原子和矽原子四周則有氧原子連接(AlSiO_4)。
- 鍵結後之沸石會形成不同形狀孔隙。



17

處理技術介紹

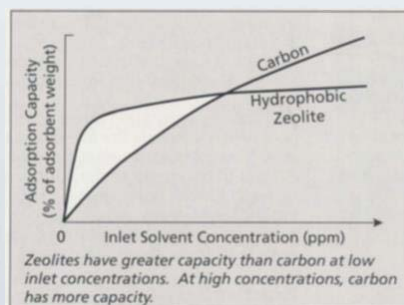
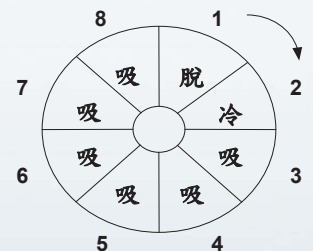
疏水性沸石濃縮轉輪(Hydrophobic Zeolite Rotor)

■ 臭味或VOCs處理特性。

- 在低廢氣濃度時，具有極佳之吸附能力
- 在廢氣相對濕度極高時，不會降低其效率
- 沸石基材為不可燃性
- 惰性、無機物、不具催化效果
- 可耐溫至500-550 °C
- 高沸點VOCs可用高溫脫附去除

■ 工作原理：

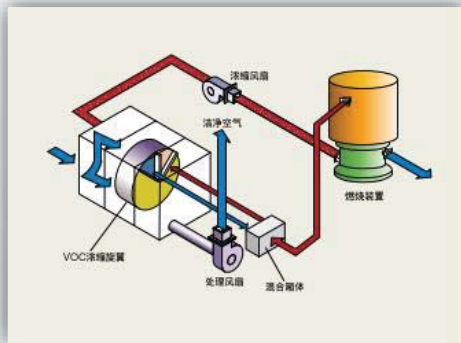
吸附→脫附→冷卻→吸附



18

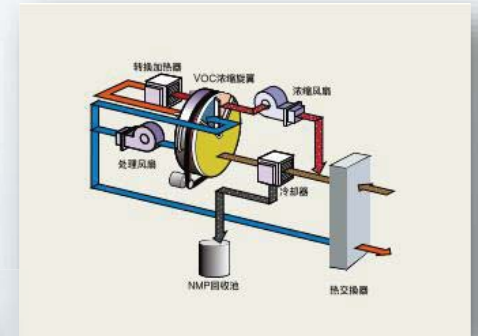
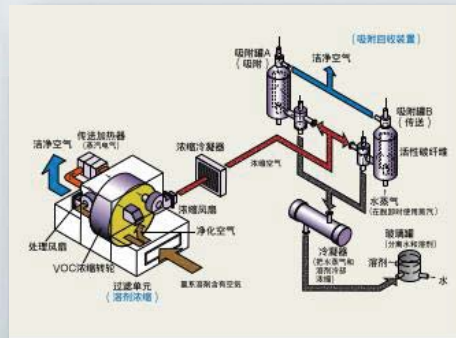
處理技術介紹

疏水性沸石濃縮轉輪(Hydrophobic Zeolite Rotor)



濃縮+燃燒
大部份VOCs處理適用

濃縮+吸附回收
含氧VOCs回收處理



濃縮+冷卻
鋰電池製造

資料來源：NICHIAS公司 型錄

直燃式焚化爐

處理技術介紹

直燃式焚化爐

■原理

利用管殼式或板式熱交換器進行熱回收，將入口廢氣升溫，藉以提高熱回收效率(60~80%)，減少能源的耗損

■重要操作參數

- 溫度 (Temperature)-700-800 °C
- 擾流 (Turbulent)
- 停留時間(Time)-0.5~1秒



資料來源：DURR公司

資料來源：HiTemp Technology

■優點：氣流平穩，無壓力波動

■缺點：燃料費用高



蓄熱式焚化爐

處理技術介紹

蓄熱式焚化爐

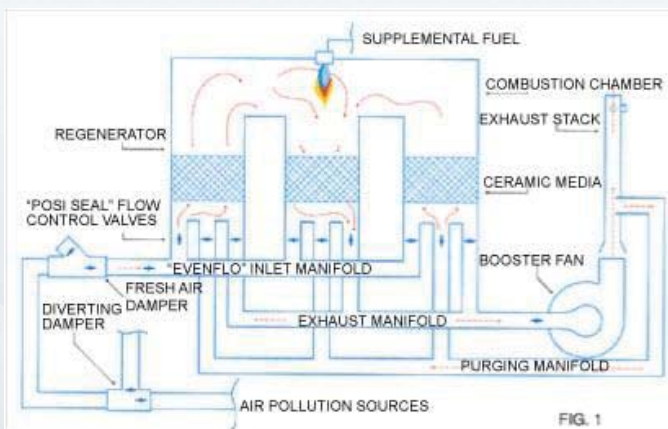
- 以風車引導VOCs廢氣，經蓄熱式焚化爐以燃燒方式去除後由煙囪排放，廢氣符合排放標準。
- 設備原理：利用陶瓷蓄熱介質做為介質用以回收熱能，藉以達到高的熱回收效率，減少能源的耗損。



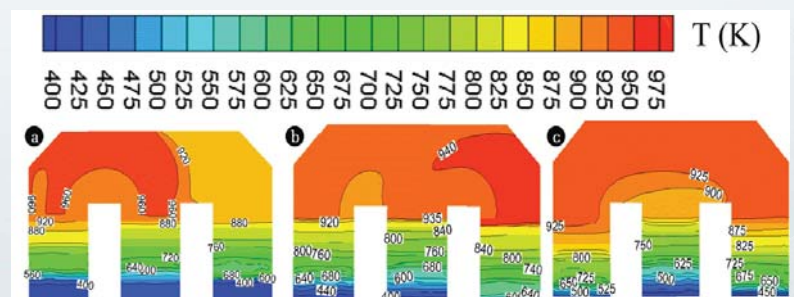
資料來源：DURR公司 型錄

處理技術介紹

蓄熱式焚化爐運作原理



資料來源：Catalytic Product International公司 型錄



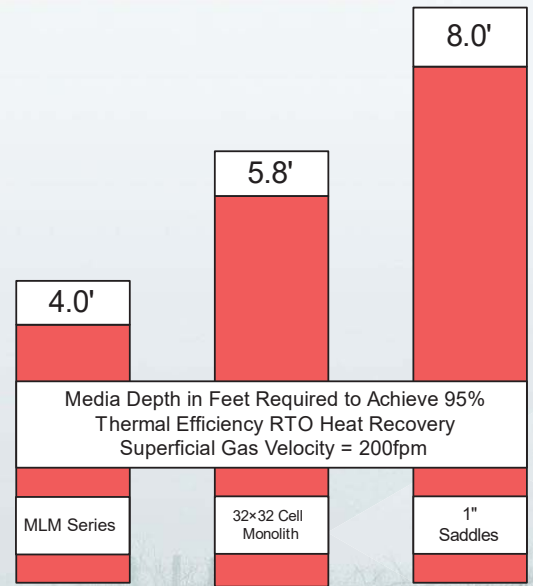
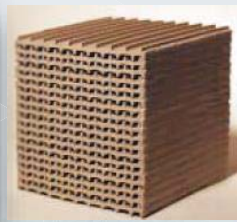
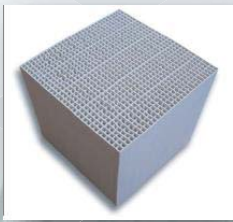
資料來源：Xiaowen Hao, et.al, Numerical simulation of a regenerative thermal oxidizer for volatile organic compounds treatment, 2018

處理技術介紹

蓄熱式焚化爐

■ 蓄熱介質特色

- ✓ 抵抗熱應力(Thermal stress)→避免陶瓷介質碎裂
- ✓ 高比表面積→填充厚度低
- ✓ 低壓損→低動力費用
- ✓ 設備重量較輕

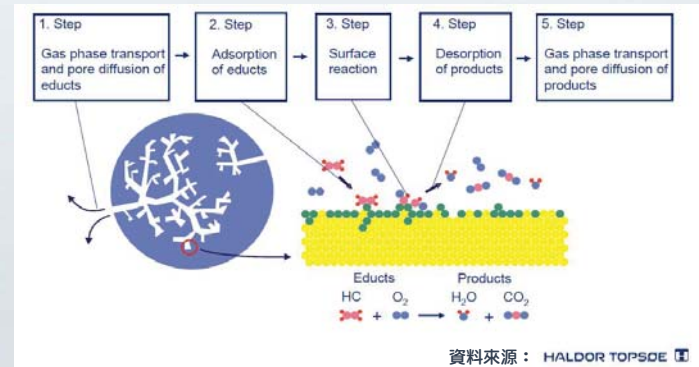
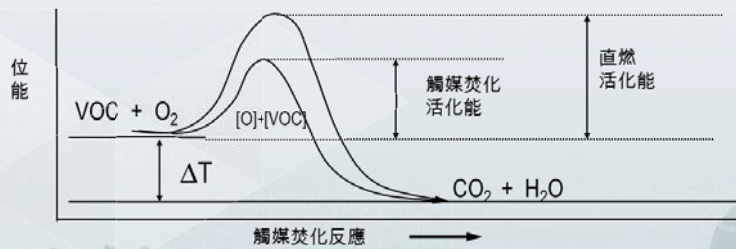


VOCs觸媒

處理技術介紹

VOCs觸媒

觸媒因其具有降低反應熱的特性，可在較低的溫度將VOCs成分加以氧化破壞，在爐床溫度400 °C時，無觸媒層之蓄熱式焚化爐對甲苯的去除率約為26.1%，填入觸媒後去除率可達到95%以上，甚至可達到98.3%

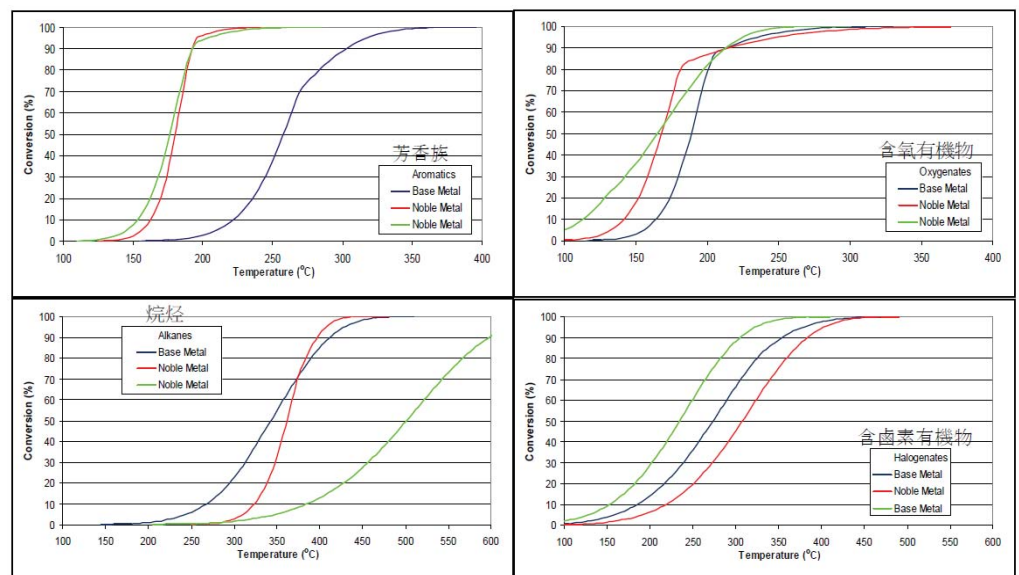


27

處理技術介紹

VOCs觸媒

不同觸媒對不同廢氣之去除效率比較



資料來源：HALDOR TOPSOE

28

處理技術介紹

VOCs觸媒

觸媒比較



項目 \ 觸媒	貴金屬	一般金屬
主要成分	鉑或鈀	過渡金屬(錳、鋅、鐵等)氧化物
載體	鋁、矽等	鋁、矽或氧化鋁等
活性	高	中等
活性位置	載體或塗層之最外層	載體內部孔隙
形狀	柱狀、馬鞍型或球狀	球狀、環狀
影響反應速率因子	反應熱、表面質傳	反應熱、載體內部擴散
廢氣進入觸媒床溫度	約250 °C	約300 °C
觸媒床壓降	高	低
活性物質比例	約0.5%	約17%
最高操作溫度	525 °C	600 °C
可耐受之毒害	硫化物	矽氧化物
處理風量	較高	較低

29

處理技術介紹

VOCs觸媒

■ 觸媒燒結

◆VOCs氧化屬於強放熱反應



◆觸媒燒結溫度(525~600°C)，必須控制VOCs濃度並防止VOC在觸媒表面堆積。

◆VOCs濃度過高時必須加以稀釋

VOC (Air, 4 vol.% H ₂ O)	Temperature increase, °C/ g/Nm ³
Carbon monoxide	7.2
Hydrogen	85.0
Methane 甲烷	36.3
n-Butane 正丁烷	33.4
Methanol 甲醇	15.3
Ethanol 乙醇	20.2
Toluene 甲苯	29.9
Methyl ethyl ketone 二丁酮	23.3
Formaldehyde 甲醛	12.5
Methyl chloride 氯甲烷	9.2

30

處理技術介紹

VOCs觸媒

■ 觸媒中毒

- ◆ 特定物質沉積於觸媒表面，造成觸媒官能基失去活性，為不可逆反應
- ◆ 觸媒廠商在使用者保證廢氣不含毒害物質的狀況下，保證1~2年觸媒活性

觸媒中毒成分限值^(註)

中毒成分	限值 (mg/Nm ³)
硫	0.017
氯+溴+碘	0.017
矽	0.017
磷	0.008
矽+磷	0.008
硼、鎢、砷、硒、碲 + 金屬	0.003

上表為某公司生產之一般金屬VOC觸媒耐受值，非所有觸媒相同

處理技術介紹

防制設備工程注意事項

■ 前處理

- ◆ 廢氣過濾系統配置三道以上的過濾系統，各道過濾系統的過濾等級、壓降計算應能完全將廢氣中的粒狀物去除。
- ◆ 過濾系統須配備壓差傳訊器，將監控資料傳送至中控室，壓差超過或低於設定值時顯示濾袋有阻塞或破損情形，現場發出聲光警報同時在中控室發出警報，提醒操作人員立即更換或檢查濾袋。



EN779-2012

級	分級	終端壓損 (Pa)	平均重量捕集率 (%)	平均效率 (E) @ 0.4 μm	最小效率 @ 0.4 μm
粗效 Coarse	G1	250	50% ≤ A _m < 65%		
	G2	250	65% ≤ A _m < 80%		
	G3	250	80% ≤ A _m < 90%		
	G4	250	90% ≤ A _m		
中效 Medium	M5	450		40% ≤ E _m < 60%	
	M6	450		60% ≤ E _m < 80%	
高中效 Fine	F7	450		80% ≤ E _m < 90%	MTE ≥ 35%
	F8	450		90% ≤ E _m < 95%	MTE ≥ 55%
	F9	450		95% ≤ E _m	MTE ≥ 70%

處理技術介紹

防制設備工程注意事項

■ 廢氣吸附系統

- ◆ 吸附後之VOCs去除效率應達90%以上，並考慮日後法規標準加嚴時的擴充性。
- ◆ 吸附塔箱體結構及吸附材料應考慮防火、防腐蝕，以及飽和後的處理方式。
- ◆ 吸附材對廢氣中的VOCs成份應有良好的吸附性，並注意避免吸附材過飽和。
- ◆ 吸附材更換頻率不應為「定值」，應配合製程廢氣特性，每日檢測防制設備出口濃度。



處理技術介紹

防制設備工程注意事項

■ 廢氣濃縮系統

- ◆ 濃縮後之VOCs去除效率應達95%以上，並考慮日後法規標準加嚴時的擴充性。
- ◆ 預算許可時在廢氣入口設置VOCs濃度監測設備，掌握濃度變化作為防制設備調整依據。
- ◆ 吸附材必須可以處理多樣溶劑且具高溫清潔能力，箱體採用氣密性高的材料以避免洩漏，氣密材料之正常使用壽命自驗收日起至少為42,000小時以上。
- ◆ 配置線上再生系統時，應注意吸附材之耐溫性、可燃性以及耐腐蝕性。再生使用的熱能應優先考慮使用VOCs處理產生之廢熱。
- ◆ 檢視吸附材料與濃縮設備壓損曲線，避免抽氣風車能耗過高。

處理技術介紹

防制設備工程注意事項

■ 廢氣焚化設備

- ◆ 焚化處理之VOCs 破壞率應達到97%以上。
- ◆ 廢氣入口應設置監測儀表如LEL計，或設置防回火裝置以及監控警報設備。
- ◆ 爐體應設有溫度監控系統，用於調節燃料供應與安全監控。
- ◆ 焚化爐應設置防止過溫及爐壓過高之安全防護裝置。
- ◆ 燃燒機應符合相關安全規範(ex：NFPA 86)，並考慮低氮氧化物燃燒機。
- ◆ 爐體、排氣風管與煙囪應有足夠的隔熱設施，爐體表面溫度不應超過60°C，排氣風管與煙囪採樣孔等人員可能接觸位置應加裝隔熱網。

處理技術介紹

防制設備工程注意事項

■ 觸媒處理設備

- ◆ VOCs 破壞率應達到90%以上。
- ◆ 選用前應充分了解廢氣特性，不可含有毒害觸媒物質，製程調整前務必與供應商確認不會造成觸媒損壞。
- ◆ 爐體溫度監控系統應優於一般焚化裝置，避免高溫造成觸媒燒結，建議優先考慮電加熱。
- ◆ 爐體、排氣風管與煙囪應有足夠的隔熱設施，爐體表面溫度不應超過60°C，排氣風管與煙囪採樣孔等人員可能接觸位置應加裝隔熱網。

結語

- 預防重於治療，源頭減量重於管末處理
- 沒有最好的防制技術，只有最適合的防制技術
- 防制技術日新月異，新技術要經得起市場考驗
- 防制技術考量的重點：安全、達標、節能、經濟

簡報結束
敬謝聆賞

宣導資料

經濟部工業局

產業低污染排放技術計畫輔導工作簡介

揮發性有機化合物（Volatile Organic Compounds, VOCs）一般係指沸點低於 150°C 以下之有機化合物，其成分包含烷類、芳烴類、烯、酯、酸、有機酮類等，種類繁多且廣泛運用於工業各項製程中。

由於部分 VOCs 具生物毒性，且為重要空氣污染物 O₃ 及 PM_{2.5} 前驅物，對空氣品質有相當影響，為維護民眾健康，歐美國家已持續加強 VOCs 管制工作。環保署亦陸續公告「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」、「汽車製造業表面塗裝作業空氣污染物排放標準」等法規加強對產業排放 VOCs 之管制。自 105 年起並辦理一系列研究計畫，調查不同塗裝製程 VOCs 排放情形，未來環保署擬針對「金屬表面塗裝」、「塑膠品塗裝」等製程修訂相關法規，擴大塗裝業納管範圍，達到減少環境中 VOCs、O₃ 及 PM_{2.5} 之目的。

為降低產業衝擊，工業局自 109 年度起辦理「產業低污染排放技術計畫」，調查產業現況、VOCs 排放情形、污染防制設備等基線資料，作為後續衝擊評估、產業策略規劃之基礎。本年度規劃辦理金屬表面塗裝及塑膠品塗裝兩類業者之減排輔導、最佳減量策略報告、提供技術研析課程等工作，輔導塗裝業者提升產業競爭力，並降低環保風險。整體工作規劃及服務項目說明如下：



圖 1、整體工作規劃



圖 2、服務項目

個人資料提供同意暨輔導申請表

歡迎您申請工廠輔導，依據「個人資料保護法」(以下簡稱個資法)，辦理及受委託辦理之相關機關(構)、學校、團體、公司廠商、人員，對於個人資料應於法令職掌必要範圍內為之，並均應依法律規定嚴密保護。財團法人台灣產業服務基金會 110 年度接受經濟部工業局委託，執行「輔導產業低污染排放技術計畫」(以下簡稱：本計畫)，基於個資法第 8 條及第 9 條規定，請於填寫個人資料前，詳細閱讀以下個人資料使用同意書之內容：

- 一、本計畫依據個資法之特定目的「182 其他諮詢與顧問服務」及個人資料類別「C001 辨識個人者」，為提供廠商輔導服務及輔導後資料寄發與聯繫，以工廠輔導申請書進行廠商個人資料蒐集，個人資料蒐集項目，包含任職單位、姓名、電話、EMAIL 等資訊。
- 二、本計畫將於蒐集目的之存續期間合理利用申請廠商所提供的個人資料。
- 三、本計畫僅於中華民國領域內利用您的個人資料。
- 四、本計畫將遵循個人資料保護法及相關法令之規定，並依經濟部工業局隱私權保護政策，於業務之必要範圍內蒐集、處理及利用您的個人資料。
- 五、廠商可依個人資料保護法第 3 條規定，就其個人資料向本計畫之窗口聯繫：陳小姐 (電話:(02)2784-4188 分機 5156) 行使下列權利：(1)查詢或請求閱覽、(2)請求製給複製本、(3)請求補充或更正、(4)請求停止蒐集、處理或利用以及(5)請求刪除。

您因行使上述權利而導致對您的權益產生減損時，本計畫不負相關賠償責任。另依個人資料保護法第 14 條規定，本計畫得酌收成本費用。

- 六、在您依個人資料保護法第 3 條之規定，請求停止個人資料蒐集、處理或利用或請求刪除前，本計畫得依循個人資料保護法及相關法令之規定，於個人資料提供之範圍與目的內使用該等個人資料。
- 七、您得自由選擇是否提供個人資料或行使前項權利，若您未提供正確之個人資料，本計畫可能將無法為您提供特定目的之業務服務。
- 八、本計畫因業務需要而委託其他機關處理您的個人資料時，本計畫將善盡監督之責。
- 九、您瞭解此一申請表符合個人資料保護法及相關法規之要求，且同意本計畫留存此申請表，供日後取出查驗。

經濟部工業局 110 年度「輔導產業低污染排放技術計畫」 工廠輔導申請書

經濟部工業局委託財團法人台灣產業服務基金會執行「輔導產業低污染排放技術計畫」，提供工廠空氣污染防制相關輔導服務。

一、輔導與服務項目：

(一)空氣污染防制輔導類型（可複選）：

☐揮發性有機物管制

☐既存污染源削減管制(☐三級防制區既存污染源指定削減)

(☐空氣污染防制計畫指定削減)

☐非傳統化石燃料燃燒與防制設備優化

☐其他_____

(二)藉由此次輔導，主要期望具體改善事項（可複選）：

☐污染物減量 ☐操作管理 ☐法規或技術諮詢 ☐其他_____

二、公司基本資料：

公司名稱：_____

申請人：_____

電話：_____

E-Mail：_____

(請務必於此處加蓋公司戳章)

【註】本書填妥後請回覆至『E-Mail信箱：s8657009@ftis.org.tw』或『傳真：(02)2784-4186』，並請來電通知(02)77045173 詹坤潔 專案副理。

-----分隔線以下由輔導人員填寫-----

訪廠記錄

輔導日期	輔導團隊(專案工程師/顧問)	廠方代表
____年____月____日	/ /	
____年____月____日	/ /	
____年____月____日	/ /	

☐我已確認前述內容並同意個人資料之提供 申請人簽章：_____

工業污染防治刊物徵稿

主辦單位：IDB 經濟部工業局 執行單位：財團法人台灣產業服務基金會

「工業污染防治刊物」自民國71年發刊至今，提供產業界各類工業污染防治之技術及管理工具，據以改善製程及提升管末處理設施效能，透過學術研究與實務技術發表，提供產、官、學、研技術交流之機會。本刊物竭誠歡迎**不限期徵稿**，惠請各界踴躍投稿。

本刊特點



1. 為國內歷史最悠久之環保期刊之一，至109年已發行150期，專業論著已逾1,786篇。
2. 列入國內重要專業期刊，專業技師投稿將取得60分之積分。
3. 納入國家圖書館期刊文獻資訊網，各期紙本刊物於國家圖書館永久保存。

徵稿範疇與方向



1. **空氣污染與噪音類**：空污減量、多污染與跨媒介之整治案例
2. **廢(污)水處理類**：廢水回收再利用、廢水氨氮及重金屬處理技術、因應放流水標準加嚴之新技術
3. **廢棄物類**：綠色材料與永續物料
4. **環境化學及微生物**：土壤與地下水整治、毒性化學物質管理
5. **環境規劃與管理**：再生能源發展與應用、永續發展策略、生命週期評估

投稿辦法



1. 投稿稿件，請以電子郵件寄至工業污染防治刊物編輯組
2. 檔案下載：徵稿啟事、撰寫格式及範例、著作權讓渡同意書
3. 稿件請勿一稿多投，來稿將依收件情況及範疇分期審查刊載

聯絡窗口



張工程師

專線電話：(02)7704-5176

E-mail：yingfang@ftis.org.tw

陳工程師

專線電話：(02)7704-5167

E-mail：sabinachen@ftis.org.tw



環境荷爾蒙小知識

何謂環境荷爾蒙

環境荷爾蒙

(Endocrine Disrupting Chemicals, EDCs)

又稱內分泌干擾素，係某些人造化學物質經流布於環境，透過食物鏈再回到民眾身體或其他生物體內，其可模擬體內之天然荷爾蒙，進而影響人體內之生理調節機能。多數環境荷爾蒙具有以下特性：

在環境中
長期存在

持久不易
分解

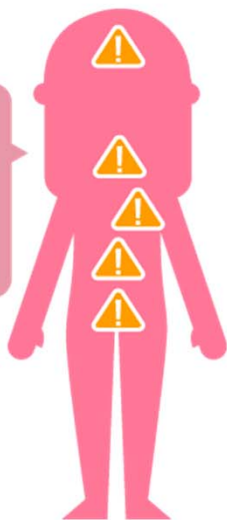
具生物濃縮及
生物蓄毒性

對生物
具有毒性

通常不溶
於水

環境荷爾蒙對人體之危害

- 與乳癌、子宮內膜癌、卵巢癌的發生有關
- 子宮內膜異常增生，受孕力下降
- 卵巢功能降低



自閉、過動症

甲狀腺癌增加

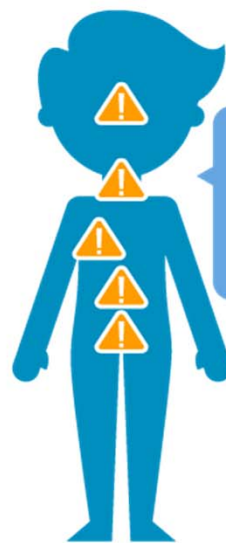
干擾代謝、免疫系統

神經系統受損

肝、腎功能損傷

肥胖與第2型糖尿病的發生率遽增

- 與前列腺癌、睪丸癌的發生有關
- 精蟲數下降，生殖力降低
- 睪丸縮小



母親透過胎盤影響胎兒健康



早產與出生體重過輕

先天性畸形

腦部發育不全



智商低落、發展遲緩

呼吸系統疾病

攻擊性、注意力不集中

過敏、異位性皮膚炎

性早熟

免疫力下降

資料來源：環境荷爾蒙資訊網站

<https://pops.epa.gov.tw/EDCs/Default.aspx>



性別主流化與性別平權

重視性別意識 消除性別歧視

性別主流化

1. 根據聯合國經濟暨社會理事會(ECOSOC)定義，「性別主流化」強調於各領域政治、經濟與社會層面政策與方案中，融入性別觀點降低不平等現象。
2. 終極目標是達成性別的實質平等，即性別平權。

性別平權

1. 消除社會中對婦女及性別一切形式的歧視
2. 使社會大眾檢視生活週遭的性別不平等情況
3. 促進女性參與決策，落實任一性別不少於三分之一，縮小性平差距。
4. 建立尊重多元性別的態度及平等相處的互動

家庭暴力零容忍

1. 被害人可撥打110或113保護專線
2. 依需要就近向當地社政、警政、醫療衛生單位求助
3. 可透過家暴庇護安置方案，接受緊急庇護或中長期安置服務。

性騷擾防治

1. 防治性騷擾之政策宣示
2. 舉辦性騷擾防治教育訓練
3. 建立內部性騷擾申訴系統

性別平等相關政策與法規

國外

消除對婦女一切形式歧視公約(CEDAW)

國內

- ※消除對婦女一切形式歧視公約施行法
- ※性別平等政策綱領
- ※性別教育平等法
- ※性別工作平等法
- ※性騷擾防治法

關懷e起來

家暴案件線上通報
113線上諮詢

<https://ecare.mohw.gov.tw>

什麼是「性騷擾」

違反他人意願而向他實施與性或性別有關之行為，若造成對方的嫌惡，不當影響他的正常生活進行的，都算是「性騷擾」。

 經濟部工業局

地址：台北市大安區信義路三段 41-3 號

電話：(02)2754-1255

傳真：(02)2704-3753

網址：<https://www.moeaidb.gov.tw>

 財團法人台灣產業服務基金會

地址：台北市大安區四維路 198 巷 39 弄 14 號 1 樓

電話：(02)2784-4188

傳真：(02)2784-4186

網址：<https://www.ftis.org.tw>

產業綠色技術資訊網

<https://proj.ftis.org.tw/eta/>

