

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| 工廠行業：      | 金屬製品業                           |
| 應用技術：      | 以密封式真空噴塗系統取代傳統噴塗的減排示範項目         |
| 資料來源：      | 清潔生產伙伴計劃示範項目（12D0275）           |
| 參考編號：      | CP-D118                         |
| 項目年份：      | 二零一二年                           |
| 環境技術服務供應商： | 香港生產力促進局（anthonyleung@hkpc.org） |

## 概覽

本文介紹採用密封式真空噴塗系統取代傳統常壓開放式噴塗設備的減排示範項目。傳統噴塗工藝的油漆使用率低，浪費油漆又造成環境污染。

運豪機鑄有限公司（以下簡稱運豪）主要從事合金模擬模型車、合金塑膠玩具產品、五金製品和彩膜、頭盔等的生產。獲清潔生產伙伴計劃資助下，運豪自行設計和安裝了密封式真空噴塗系統（由維高科技（國際）有限公司提供），改善噴塗工序的廢氣排放，並提高生產中油漆的利用率，減少生產成本。項目投入服務後，每年節省人民幣2,053,590元，並有效減少空氣污染物的排放，投資回本期約為18個月。

結果顯示，運豪安裝密封式真空噴塗系統是具有環境及經濟效益的。

## 技術問題

傳統手工噴塗的油漆損耗大，油漆利用率只有20%至40%；而以水簾處理廢漆氣，不但效率低，而且空氣濕度大，工件表面容易出現水斑、氣斑或漆料斑點等瑕疵。靜電噴塗可以提高油漆的有效利用率，由於控制問題，工件表面易出現「橙皮」，工件尖角位或邊緣位易出現墜油，而且生產線設備複雜，投資成本高。現時運豪採用傳統及靜電噴塗工藝，在噴塗中仍產生大量揮發性有機化合物（VOC）廢氣，主要包括苯、甲苯、乙酸丁酯、乙苯等化合物，污染環境亦影響員工健康。如何減低廢氣的排放及提供噴塗效率，是運豪需要解決的問題。

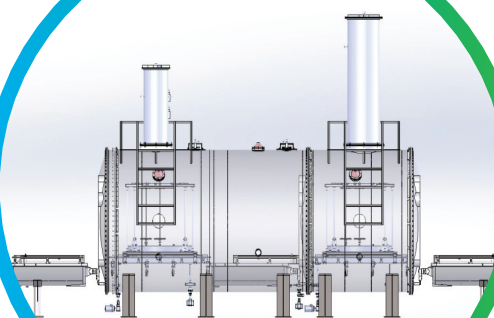
## 解決方案

在本示範項目中，運豪採用密封式真空噴塗系統，以取代傳統手工噴塗，可以實現工件的自動真空噴塗及真空烘烤，提高油漆的利用率及減少空氣污染物的排放。

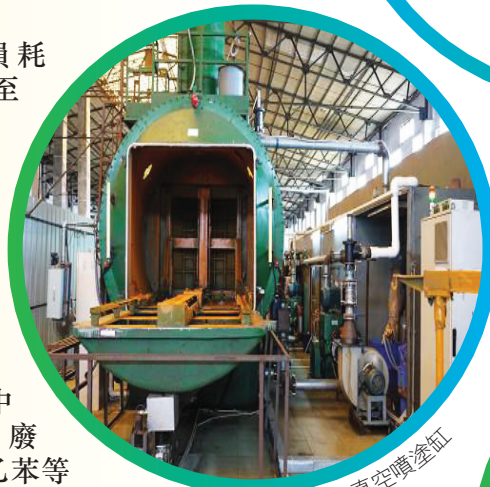
密封式真空噴塗系統分為三個部分：真空噴塗缸、烤缸以及廢氣過濾系統。工件由工件車裝載後送入真空噴塗缸，工件車可以在噴缸和烤缸內運行、定位及轉動。工件車通過定位系統定於噴缸中心，自轉系統會驅動工件車掛籠自轉，噴槍可以於缸內上下往復運行及噴塗。噴塗後工件進入烤缸進行烘烤。真空缸外設有壓縮空氣裝置，帶走多餘的廢氣和廢漆，同時在噴塗結束，壓縮空氣的快速入氣，使真空室迅速恢復至常壓。過濾系統共分為四級，用來過濾真空噴塗產生的廢氣及真空泵運行時產生的廢氣，確保最後的排放達到環保要求。

## 示範項目簡介

本示範項目於2012年11月完成安裝、調試及功能測試。經實際運作後，設備基本操作一切正常及符合預期要求。



密封式真空噴塗缸體（左為噴缸，右為烤缸）



真空噴塗缸



廢氣過濾系統



對比傳統的手工噴塗線、靜電噴塗線和真空噴塗設備的用漆量、用電量、人手配置、合格率和產值，三種噴塗方式的綜合運作成本和綜合效率如下：

| 項目                                     | 手工噴塗<br>(6個噴位) | 靜電<br>噴塗 | 真空<br>噴塗 | 手工噴塗和靜電噴<br>塗跟真空噴塗比較 |
|----------------------------------------|----------------|----------|----------|----------------------|
| 產能 (pcs/h)                             | 180            | 1,168    | 648      | ↑ 260% / ↓ 45%       |
| 平均每個工件<br>加工費用 (元)<br>(未計算合格率<br>提升因素) | 3.38           | 1.63     | 1.04     | ↓ 2.34 / ↓ 0.59      |
| 合格率 (%)                                | 50%            | 80%      | 98%      | ↑ 48% / ↑ 18%        |
| 綜合成品成本 (元)                             | 6.75           | 2.04     | 1.06     | ↓ 84% / ↓ 48%        |
| 綜合成品效率<br>(產能 pcs/h)                   | 90             | 934      | 635      | ↑ 606% / ↓ 32%       |

- 註：1. 平均每個工件加工費用只包括油漆成本、人工和耗電，其中油漆成本按照 1kg 油漆人民幣 50 元整，人工按照平均每人 3,500 元/月，耗電按照 1.2 元/kWh，每年 300 天 11 小時生產  
2. 以上計算是按照三種生產滿負荷狀態計算  
3. 綜合成本計算合格率因素在內

結果顯示，使用真空噴塗設備可以減少油漆的使用量，降低生產成本 (降幅為 48%/84%)，以及提高生產效率。

## 財務分析

若以靜電噴塗做對比，真空噴塗設備生產一個 1/18 車身可以節省綜合成本：

$$2.04 \text{ 元/pcs} - 1.06 \text{ 元/pcs} = 0.98 \text{ 元/pcs}$$

每日工作 11 小時，真空噴塗共生產 1/18 車身：

$$635 \text{ pcs/h} \times 11 \text{ h} = 6,985 \text{ pcs/日}$$

每日可以節省成本：

$$6,985 \text{ pcs/日} \times 0.98 \text{ 元/pcs} = 6,845.3 \text{ 元/日}$$

推算每年 (300 日) 可以節省成本：

$$6,845.3 \text{ 元/日} \times 300 \text{ 日} = 2,053,590 \text{ 元/年}$$

本項目的投資為 3,067,814 元，投資回報期為：

$$3,067,814 \text{ 元} \div 2,053,590 \text{ 元/年} = 1.5 \text{ 年 (18 個月)}$$

(註：若比較人手噴塗，則每年節省 11,923,395 元，回本期為 3 個月)

實際上，由於提高產品品質，減少後續加工人手及時間，所以投資回報期應該少以上計算結果。

## 環境成效

除了經濟效益外，真空噴塗設備也相應減少揮發性有機化合物 (VOC) 的排放。真空噴塗在密閉的真空缸內噴塗，產生的廢漆和溶劑均密封在真空缸內，通過抽真空裝置可以將這些廢氣和溶劑全部抽到過濾系統中處理。

以揮發性有機化合物中的甲苯為例，甲苯的最高允許排放濃度為 60mg/m<sup>3</sup>，也就是 60ppb (1ppb = 1ug/L = 1mg/m<sup>3</sup>)，傳統噴塗作業和真空噴塗作業產生的實際甲苯排放量為：

| 項目                          | 手工噴塗 (6個抽風機) | 真空噴塗 |
|-----------------------------|--------------|------|
| 總排放量 (m <sup>3</sup> /h)    | 267,000      | 96   |
| 甲苯排放濃度 (mg/m <sup>3</sup> ) | 60           | 60   |
| 甲苯總排放量 (g/h)                | 16,020       | 5.76 |

由上表可知，在同樣的環保要求下，真空噴塗產生的實際揮發性有機化合物排放量遠少於傳統噴塗作業。

若以相同產能 (以真空噴塗作基準) 作比較，人工噴塗每年耗油：

$$= \text{真空噴塗年成品產量} / \text{手工噴塗合格率} \times \text{手工噴塗油單耗}$$

$$= 635 \text{ pcs} \times 11 \text{ h} \times 300 \text{ 日} / 50\% \times 27.59 \text{ g/pcs} = 115.6 \text{ 噸/年}$$

噴塗油漆中含有機溶劑約 68%，推算每年人工噴塗工序 (同等產量，以真空噴塗作基準) 的 VOC 的排放量：115.6 噸 × 68% = 78.6 噸/年

噴塗油漆中的 VOC 主要為甲苯，真空噴塗的實測甲苯排放量為：

$$5.76 \text{ g/h} \times 11 \text{ h} \times 300 \text{ 日} = 19.0 \text{ 千克/年}$$

粗略估算，以相同產能 (以真空噴塗作基準) 與人工噴塗作比較，每年減少 VOC 排放約：78.6 噸/年 - 0.019 噸/年 = 78.58 噸/年



## 香港生產力促進局清潔生產伙伴計劃秘書處

香港九龍達之路 78 號生產力大樓 3 樓

電話：(852) 2788 5588

電郵：enquiry@cleanerproduction.hk

(此文件可於清潔生產伙伴計劃網站下載：www.cleanerproduction.hk)

傳真：(852) 3187 4532

網址：www.cleanerproduction.hk

## 聲明

本文中所示範的設備或技術其成效只代表在本項目條件下的表現，並不表示使用在其他工廠或不同條件時會有相同的效果。此外，本文提及的設備、技術及環境技術服務供應商等並不表示是香港特區政府及香港生產力促進局所認可，對任何因使用該設備、技術或服務供應商而引致或涉及的損失，香港特區政府及香港生產力促進局概不承擔任何義務、責任或法律責任。此外，類似的設備、技術及服務供應商或可在市場上獲得。讀者應認真評估對該設備或技術的實際需求，以及在採用該設備或技術之前應向有關方進行詳細諮詢。