

染整廠定型機空氣污染防治最適減量 控制技術

楊慶熙*、葉芳露**、李松宏、謝江水***、張學樺***、
柳萬霞***、李秀霞***

摘要

近年來染整廠定型機所排放之廢氣，因含有油霧與助劑，於煙囪排放口常會因溫度降低凝結而形成大量淡藍色油煙，油滴也會飄落至工廠周邊地面造成污染，同時有時也會有異味產生，故鄰近住家經常因此向環保單位投訴陳情。根據訪查資料顯示，國內現有染整廠仍有多數未設置防制設備，經研判主要係目前環保法規尚未針對染整業定型機廢氣訂定排放標準，因此廠商均依照『固定污染源空氣污染物排放標準』檢測粒狀物、SO_x、NO_x 濃度，而環保單位針對陳情案件處理則多只能以『不透光率』超過 20% 予以取締告發，然與廠商則迭有爭議。

【關鍵字】

- 1.染整業 (dyeing finishing sector)
- 2.定型機 (senter)
- 3.空氣污染防治 (air pollution control)

*行政院環保署空保處簡任技正

**行政院環保署空保處科長

***工研院能資所空氣污染研究室

經訪查有定型機之 207 家染整廠，目前仍約 54% 廠商尚未裝置防制設備，而設置防制設備之廠商則以濕式洗滌塔為主（約佔 74.5%），其他防制設備尚有靜電集塵機（35KV）、靜電集塵機（12KV）、濕式靜電集塵機與冷凝過濾器等。本計畫曾製作一台小型實驗機台，進行長期操作與監測，並進行採樣分析其效率，確認其操作性能。經於染整廠實地實驗操作與檢測結果，冷凝過濾似效率不佳（約僅 70-80%），且煙囪排氣仍有白煙產生。

為了了解定型機廢氣成份，本計畫也實地採取染整廠定型機廢氣樣品，經分析結果染整業定型機廢氣中除含油霧外，確實含有苯、酚與奈類之揮發性有機物，其主要成份為甲苯與乙酸乙酯。因此，所排放的濃白煙霧不能以水氣認定。

有關定型機廢氣污染排放量，初步估計污染總量約為 2,626 公噸/年。根據檢測資料、實驗結果與防制設備設置成本與操作成本，研選染整業定型機空氣污染最適減量技術為靜電集塵機。

一、前　　言

輔導業者提升空氣污染防制技術能力與提供業者有效可行防制技術之建議一向是環保署既定的政策，因此環保署委託工研院能資所針對染整業為目標行業，進行染整廠實地訪查，收集產業相關資訊與污染防治現況，並針對廢氣進行檢測分析，配合防制技術可行性與設備投資與操作成本，進行行業污染源最適減量技術研擬，再配合技術示範說明會邀集業者進行技術研討與座談，達成前述政策的目標。

染整業定型機廢氣污染特性根據資料顯示，由於排氣中含無數次微米（粒徑小於 10^{-6} m）粒子因對光線具吸收及散射作用而形成高度不透光率，此等微粒之粒徑主要介於 0.001~1 μ m，故輕微質量濃度即可造成可見白煙導致不透光度問題，致定型機廢氣排放容量帶有淡藍色之白煙，且此等廢氣夾雜有臭味。目前染整廠所面臨空氣污染問題非為鍋爐排氣，由於鍋爐操作適當並有定期進行維護保養，除初始起火運轉階段外，並無碳煙塵灰排出之污染問題，主要是因定型機排放白煙超過不透光率排放標準，易遭目測判煙稽查或取締。由於產業加工層次多且受訂單限制，加工產品少量而多樣，致使用藥劑種類繁多，更換亦相當頻繁，因此為瞭解定型機

廢氣排放情況及特性，並進行推估產業污染排放因子，本計畫將遴選適宜且願意配合之工廠，進行現場廢氣檢測分析，以研擬最適減量技術。

二、染整業現況調查

國內染整業絕大多數屬於依訂單代工生產的中小型工廠，因纖維原料種類繁多，印染整理製程複雜，設備使用率偏低，生產成本提高，且為搶訂單造成業界間惡性削價競爭，致獲利更低。

為確實了解國內染整業產業現況、防制設備使用概況與污染防治問題，透過經濟部資訊網路收集國內染整廠名單，目前台灣地區的染整工廠約 450 家，主要集中於北部，尤其台北縣及桃園縣分別為 143 家及 172 家、佔全部工廠近七成，其餘大多分佈台中縣、彰化縣、台南縣，各縣市分佈情形如表 1 所示。並透過電話查詢方式，了解廠商生產概況，以篩選出有定型機之工廠名單，再進行工廠現勘訪查。

表 1 台灣地區染整工廠分佈統計

縣市別	台北縣	桃園縣	新竹縣	苗栗縣	台中縣	台中市	南投縣	彰化縣	雲林縣	嘉義市	臺南市	台南縣	高雄縣	台東縣
家數	143	172	5	7	15	3	2	59	8	1	32	4	2	1

參考自經濟部台閩地區工廠名錄資料庫

訪查 207 家染整廠，其中 111 家未裝設防制設備（佔 53.6%），70 家裝設濕式水洗塔（佔 33.8%），裝置靜電集塵機（35KV 以上）者有 3 家（佔 1.5%），裝置靜電集塵機（12KV）者有 5 家（佔 2.4%），裝置濕式靜電集塵機者有 1 家（佔 0.5%），裝置冷凝過濾器者有 1 家（佔 0.5%）；又部份廠家有上膠加工，故設置活性碳吸附塔回收甲苯溶劑，計 8 家。依縣市別統計如表 2。

表 2 染整廠定型機廢氣處理設備調查統計表

縣市別	無設備	濕式洗滌	靜電集塵	活性碳	其他	統計
台北縣	24	32	2	3	濕式+活性碳 2 濕式+旋風 1	64
桃園縣	54	31	6	3	旋風集塵 1 濕式+活性碳 2 冷凝+過濾 1	98
新竹縣	2	1	0	0	0	3
苗栗縣	1	0	0	0	旋風集塵 1	2
台中縣	4	0	0	1	0	5
彰化縣	16	3	1	0	濕式+活性碳 1	21
雲林縣	1	1	0	1	0	3
台南縣	8	2	0	0	0	10
高雄縣	1	0	0	0	0	1
統計	111	70	9	8	9	207

根據訪查資料顯示，國內現有染整廠仍有多數未設置防制設備，經研判主要係目前環保法規尚未針對染整業定型機廢氣訂定排放標準，因此廠商均依照『固定污染源空氣污染物排放標準』檢測粒狀物、SOx、NOx 濃度，檢測結果符合排放標準而不願設置防制設備，而環保單位針對陳情案件處理則多只能以『不透光率』超過 20% 予以取締告發，然與廠商則迭有爭議。目前有設置防制設備之廠商則以濕式洗滌塔為主，其他防制設備尚有高壓靜電集塵器、低壓靜電集塵器、濕式靜電集塵機與冷凝過濾器等。

為解決空氣污染防治問題，本計畫也針對染整廠的空氣污染源進行調查，由於染整業為紡織工業的一環，染整廠主要工作為各種紗線與胚布進行必要的染色與整理加工，因此整理加工過程所添加之油劑與助劑於定型機進行熱處理時，會受熱揮發隨定型機廢氣排放形成污染，由於染整廠處理的紗線與胚布種類繁雜，所使用之油劑與助劑種類多達數百種，因此難以定性討論。一般染整廠均使用蒸汽鍋爐與熱媒鍋爐作為熱源，由於使用重油為主要燃料，因此，會產生燃燒產物 SOx、NOx

與粒狀污染物；又染整製程尚有其他設備會產生空氣污染，如燒毛機、剪毛機、起毛機、刷毛機、烘乾機等。

同時於訪查過程亦發現，由於業者對空氣污染防治技術資訊的缺乏與認知，已有多位業者發生投資不當的防制設備，使用後未能達到預期性能效率，致原設備閒置不用或拆除並重新投資新設備，造成相當大的浪費。

三、染整業空氣污染來源與污染特性

由染整製程可知，染整業主要空氣污染源有下列設備產生：

1. 蒸汽鍋爐與熱媒鍋爐需燃燒重油作為熱源，產生廢氣。
2. 燒毛機係將需燒毛處理的胚布，藉燃燒機火源將胚布表面之不純物燒掉，目前多燃燒天然氣。
3. 刷毛機與起毛機於加工前需添加之起毛油與刷毛油。
4. 剪毛機係將胚布表面纖維剪除而形成平整的絨毛狀。
5. 磨毛機會產生纖維細絮。
6. 定型機主要藉由高溫使胚布中所添加之加工助劑（如柔軟劑、平滑劑、手感調整劑、）與纖維形成交聯。
7. 樹脂加工機主要功能為防縮、防皺、防水加工，其構造與定型機類似，均利用高溫將胚布中所添加之樹脂與纖維形成交聯，達到其預期功能。
8. 上膠機係胚布需進行貼合加工處理，加工前需使用膠劑。

染整業空氣污染特性

1. 蒸汽鍋爐與熱媒鍋爐燃燒廢氣產生之 SO_x、NO_x、粒狀污染物。
2. 燒毛機燃燒廢氣產生之 SO_x、NO_x、粒狀污染物。
3. 刷毛機與起毛機會產生纖維絮，而所添加之起毛油與刷毛油將會於後續熱定型加工中揮發出來，形成油煙。
4. 剪毛機會產生大量纖維細絮，若未加以收集將是粒狀物溢散的主要來源。
5. 磨毛機會產生纖維細絮。
6. 定型機為主要整理加工設備，藉由高溫使胚布中所添加之加工助劑（如柔軟劑、

平滑劑、手感調整劑、、）與纖維形成交聯。定型機產生之廢氣，除含有胚布殘存的紡織油劑外，熱定型加工前所添加之刷毛油、起毛油、與助劑所含的蠟質、溶劑、乳化劑、高分子單體等，於高溫定型時均會揮發出，排放廢氣形成油煙。

7.樹脂加工機主要功能為防縮、防皺、防水加工，其構造與定型機類似，均利用高溫將胚布中所添加之樹脂與纖維形成交聯，達到其預期功能。樹脂加工機產生的廢氣可能含有害物質，如甲醛，即使低濃度亦會有臭味溢散問題。

8.上膠機主要於熱加工時，膠劑所使用的有機溶劑，如甲苯，會揮發出來，產生臭味。

由於定型機為染整廠整理加工之必要設備，且設備數量頗多，其排放之廢氣中會含有大量油脂、蠟質、有機蒸汽等，形成主要污染源，有關其廢氣污染特性如表3 所示。

表 3 染整業定型機廢氣污染特性

定型機操作條件	<ul style="list-style-type: none"> 烘乾定型室大多為 7-8 室 操作溫度 120-210°C. 一般進步速率 20-60 m/min
主要污染物	<ul style="list-style-type: none"> 有機蒸氣 粒狀污染物（包括氣膠、油霧）
污染形成原因	<ul style="list-style-type: none"> 布料中油脂或蠟質遇高溫揮發，當進入大氣因溫度下降發生冷凝，形成無數次微米粒子，容易排放淡藍色白煙
污染特性	<ul style="list-style-type: none"> 據國外文獻指出 粒狀物濃度 70-230 mg/m³ 不透光率 20-50% 粒徑分布 0.01-1.0 μm
污染組成	<ul style="list-style-type: none"> 上游紡織之織布油、紡紗油 染料及染色助劑（導染劑） 整理加工之樹脂、柔軟劑等 印花糊劑之尿素、溶劑等

摘自工業污染防治技術服務團『染整業空氣污染防治輔導專案綜合報告』，83.6

四、染整業定型機廢氣檢測

目前染整業所面臨空氣污染問題並非鍋爐排氣，由於鍋爐定期維護保養，並無黑煙排出污染問題，主要因定型機廢氣排放不透光率超出排放標準，常遭檢舉或取締，但是排放檢測包含粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物三項均能符合排放標準，時常引起業者困擾。

定型機排氣煙囪可見白色煙柱或帶有淡藍色之煙霧排放，且白煙常持續不斷一段時間。另外，染整廠於定型機台上方及排氣風車處可見咖啡色之蠟脂，而且於煙囪外部管壁處及屋頂可見到凝固之冷凝油脂液滴附著，由此可知定型機排氣所含粒狀物具黏稠性。為確認定型機廢氣所含之油霧濃度，本計畫將尋求業者配合進行檢測工作。

1. 染整業定型機廢氣檢測項目

基於染整業定型機為主要空氣污染源，而定型機廢氣特性為含油煙與有機蒸汽，然因染整廠均屬代加工操作，胚布種類與整理加工的功能需求，均需依據業者要求而做，所使用之助劑種類與來源均有非常大的差異，因此難以確認有機蒸汽的成份，增加檢測的困難度。

本計畫於規劃階段原擬將檢測項目定為油霧與總碳氫化合物（THC）兩項，然目前國內仍未有總碳氫化合物（THC）連續檢測項目認證核可之檢測公司，且由於定型機廢氣同時含有油霧成份，對總碳氫化合物（THC）檢測有極大的影響，因此，暫以油霧為檢測項目。此外，為了解定型機廢氣成份，亦對染整廠進行採樣分析其廢氣之 VOC 成份。

2. 染整業定型機廢氣檢測方法

由於定型機排氣所含氣膠、油霧等粒狀污染物之形成原因，係因氣流溫度下降至露點以下發生冷凝現象，若依照環保署現行公告檢測方法，無法有效分析因冷凝作用而產生之粒狀物，常造成檢測結果與實際濃度差距甚大，故需尋找適當之檢測方法，經與中技社工業污染防治中心討論後，建議採用日本油霧檢測標準方法（JIS Z8088）；同時，本計畫亦採用台大鄭福田教授所研訂之染整業定型機廢氣採樣分析方法作為比較。

3.染整業定型機廢氣檢測對象

為了進一步瞭解定型機廢氣排放情形，同時了解各項空氣污染防治設備使用性能，本計畫擬遴選裝設有不同空氣污染防治設備，且有意願配合挖設採樣孔之工廠，以不妨礙現場作業進行現場定型機排放口與空污設備入出口位置進行廢氣檢測。

染整廠定型機煙囪與管道大多未留有檢測口，且由於煙道內面多已積存油脂與纖維細絮，極易因火焰而發生火災，故染整廠多對本計畫要求於煙道間開挖檢測口一事持反對態度，因此也增加本計畫檢測的困難度，經一再拜訪與請求，及填具保證書，保證賠償損失，始得順利取得四家染整廠的首肯，進行煙道開挖檢測口與安排檢測工作。

此四家分別設置靜電集塵機（35KV以上）、靜電集塵機（12KV）、水洗塔、冷凝過濾器。原已尋求國內唯一裝設濕式靜電集塵機之染整廠同意進行檢測，然經現場勘查結果，因有多股廢氣（鍋爐廢氣、乾燥機廢氣、定型機廢氣）進入防制設備，而僅有一排放口，實難確認定型機廢氣處理效率，故作罷。

4.染整業定型機廢氣檢測結果

於選定檢測方法（JIS Z8088）後，經委託檢測公司進行定型機排氣油霧檢測，第一批計檢測兩家染整廠，檢測結果如表4。A廠定型機廢氣防制設備為靜電集塵機（35KV），靜電集塵機前方設有一座冷凝過濾器，由A廠數據顯示定型機出口（即冷凝過濾器入口端）濃度僅 $1.8\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，且較靜電集塵機出口濃度 $3.5\text{ mg}/\text{Nm}^3$ 為低，明顯極不合理，經本計畫內部研討結論，初步認定係因定型機出口廢氣溫度偏高，且因油煙粒徑過小，致檢測時易穿透濾筒而無法有效採集，經與檢測公司研究結果，決定併用鄭福田教授之「染整業定型程序排放廢氣採樣分析方法操作程序」作為後續檢測方法。B廠定型機廢氣防制設備為冷凝過濾器（氣冷式），經檢測結果發現，處理效率達96.8%，且煙囪出口未見白煙，同時因設備採氣冷式且無廢水問題，本計畫認為值得進一步探討其實用性，若確實有效，實值得業界參考。

第二批檢測以分別設置靜電集塵機（35KV）、靜電集塵機（12KV）及濕式洗滌塔等防制設備之3家廠商為對象，檢測時，第一與二組數據採鄭福田教授之

採樣分析方法，而第三組數據則採原用之 JIS Z8088 方法，以便做一對照與比對。檢測結果如表 5。

表 4 染整業定型機廢氣檢測結果（一）

項目 工廠	A			B	
產 品	混紡/平織			混紡/平織	
定 型 室	6			7	
加工類型	烘乾定型			烘乾定型	
操作溫度 °C	150			160	
排氣檢測位置	冷凝過濾器 入口端	靜電集塵器 入口端	靜電集塵器 出口端	冷凝過濾器 入口端	冷凝過濾器 出口端
排氣溫度 °C	126	54	46	121	95
排氣量 Nm ³ /min	148	125.9	133.5	89.1	84.8
粒狀物濃度 mg/Nm ³	1.8 *	48.2	3.5	135.9	4.3
防制設備效率%	*	92.7	-	96.8	-
煙囪排放情況			無白煙		無白煙

* 檢測數據有疑問

表 5 知定型機排放廢氣中可冷凝之粒狀物濃度佔排放濃度相當比例（約 2.8 - 71.4%），尤其對於定型機出口之高溫廢氣而言，此類粒狀物濃度影響比例更大（約 38 - 71.4%），由此可知檢測方法的研選，對檢測結果影響甚巨。

由 A 廠檢測數據可發現一個現象，定型機出口廢氣濃度為 77mg/Nm³，而廢氣經一冷凝過濾器降溫後，廢氣濃度卻反升為 170.7mg/Nm³，究其原因可能是高溫廢氣降溫後內含之油霧凝結成液滴，無法穿透採樣濾筒而遭截留所致。依此研判定型機廢氣先經冷凝降溫應有助於防制設備的操作與設置，又高溫廢氣中可冷凝粒狀物於檢測時未能完全採集，致分析結果數值偏低，採樣裝置也有檢討的必要。D 廠於平日操作時，煙囪出口即有很濃的白煙產生，業者多認為係水汽所致，然由檢測數據顯示煙囪出口濃度達為 68.5mg/Nm³，相較於其他各廠顯然偏高。

表 5 染整業定型機廢氣檢測結果（二）

項目 工廠	A			C	
產 品	混紡/平織			混紡/平織	
定 型 室	6			8	
加工類型	烘乾定型			烘乾定型	
操作溫度 °C	150			160	
排氣檢測位置	冷凝過濾器 入口端	靜電集塵器 入口端	靜電集塵器 出口端	靜電集塵器 入口端	靜電集塵器 出口端
排氣溫度 °C	115	54	48	108	58
排氣量 Nm ³ /min	110	132	120	323	335
不可冷凝粒狀物濃度 (濾筒) mg/Nm ³	26, 20, 20 (22)	217,153, 130 (166.7)	9, 8, 8 (8.3)	54, 49, 62 (55)	5, 5, 5 (5)
可冷凝粒狀物 濃度(濾紙) mg/Nm ³	60, 50 (55)	4, 4 (4)	ND, 2 (1)	30, 30, 42 (34)	5, 5, 4 (4.7)
總粒狀物濃度 mg/Nm ³	77	170.7	9.3	89	9.7
防制設備效率%	*	94.6	-	89.1	-
煙囪排氣狀況			無白煙		無白煙

有關定型機廢氣污染排放量，若依目前各廠定型機出口檢測數據計算，定型機排氣污染值平均約為 157.8 mg/Nm³，定型機廢氣平均排放量約為 113 Nm³/min，即每台定型機平均污染量為 0.018 kg/min，操作時間以 24 小時/天，每年操作 330 天計，並以紡拓會統計國內定型機台數 310 台為基準，初步估計污染總量約為 2,652 公噸/年。

然為進一步了解定型機排放廢氣所含的成份，將以 5 公升採樣袋採集兩家染整廠定型機廢氣，並委託工研院化工所分析其所含之 VOC 成份，分析結果如表 6。

由分析結果可知染整廠定型機廢氣中確含苯、酚、奈等類有機有害物質，其主成份均為甲苯與乙酸乙酯。由於計畫經費的限制，未能進一步分析其含的濃度，甚感可惜。另外，採集由定型機廢氣冷凝下來之液體樣品，也委託化工所分析 VOC 成份，結果僅得多碳數之碳氫化合物，未發現溶劑。

表 6 染整業定型機廢氣含 VOC 成份分析結果

工廠名稱	A	E
主要成份	Toluene, Ethyl acetate, 2-methyl naphthalene, 1-methyl naphthalene,	Toluene, Ethyl acetate,
次要成份	N,N-Dimethyl acetamide, Ethyl benzene, Xylene, Benzene, 1,2,4-Trimethyl benzene, Phenol	Dichloromethane, 1,1,1-Trichloroethane, N,N-Dimethyl acetamide, Xylene, Phenol 1,2,4-Trimethyl benzene, 2-methyl naphthalene, 1-methyl naphthalene,

五、小型冷凝過濾實驗與研究

前面提及 B 廠定型機廢氣防制設備為冷凝過濾器（氣冷式），經檢測結果發現，處理效率高達 96.8%，且煙囪出口未見白煙，同時因設備採氣冷式且無廢水問題，本計畫認為值得進一步探討其實用性與後續操作維護問題，若確實有效，實值得業界參考。經實地與該廠現場人員訪談，發現該套設備並未經常使用，因此雖已購置近四年，實際操作時數確不多，至今仍未更換過濾材，同時該廠負責人也表示不願配合提供該套設備供本計畫進行研究，因此決定自購一台小型冷凝過濾實驗機台進行研究。

1. 小型冷凝過濾實驗機台製作

在進行小型冷凝過濾實驗機台之前，與該設備原製作廠商討論，由於該公司聲明該設備已申請專利，為免觸及專利權的糾紛，因此委託該公司根據 B 廠設備設計與製作一台處理量為 $20\text{m}^3/\text{min}$ 的小型冷凝過濾實驗機台。定型機廢氣採氣冷式，藉由風車強制送風，冷卻廢氣溫度；過濾部份為五段式過濾，濾材為玻璃纖維棉與吸油棉。如圖 1 所示。

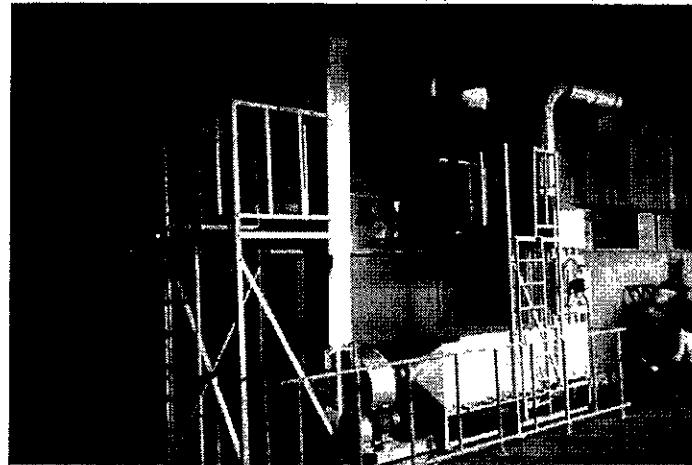


圖 1 小型冷凝過濾實驗機台（氣冷式）

2. 小型冷凝過濾實驗機台操作與測試

決定小型冷凝過濾實驗機台之製作後，本計畫即著手選定未來進行實驗之廠址，經陸續尋求 6 家尚未設置防制設備的廠家結果，多因場地不適或意願不高，最後僅 E 廠願意提供場地與水電供實驗機台使用。因此於實驗機台製作完成後，即運往該染整廠進行組裝與現場配管與配電工程。

為配合機台測試所需，裝置有三組溫度計與七組差壓計顯示操作情況，由溫度數據顯示，實驗機台入口溫度約為 130-140°C，經風車氣冷降溫後，廢氣溫度約為 100-110°C，煙囪排氣溫度約 80-90°C，整個系統之壓損約為 350mm WC，這些操作條件與 B 廠相當，按理效率也應相近。

實驗機台運轉初期，煙囪有白煙產生，起初以為係新濾材孔隙較大致效率較差，待操作一段時間後效率會更佳，然實地操作運轉一個月後，系統壓損變化不大，機台仍有白煙產生，效率似未提高，經停機檢視，過濾器底部已積有褐色油液，收集後約有 20 公升。

3. 小型冷凝過濾實驗結果

為了解實驗機台之操作效率，本計畫先後進行二次檢測，檢測結果如表 7。由檢測結果發現冷凝過濾器之去除效率約僅 70%，雖經一個月的操作結果，去除效率僅提升 1.2%，顯然濾材並未能達到預期效率。經進一步研判可能係降溫冷凝不夠的因素。

表 7 小型冷凝過濾實驗機台廢氣檢測結果

工廠 項目	E		E	
產品	混紡/平織		混紡/平織	
定型室	8		8	
加工類型	烘乾定型		烘乾定型	
操作溫度 °C	150		140	
排氣檢測位置	冷凝過濾器 入口端	冷凝過濾器 出口端	冷凝過濾器 入口端	冷凝過濾器 出口端
排氣溫度 °C	134	73	112	64
排氣量 Nm ³ /min	13	14	10	10
不可冷凝粒狀物 濃度(濾筒) mg/Nm ³	55, 64, 54 (57.7)	19, 19, 20 (19.3)	26, 25, 26 (25.7)	10, 9, 11 (10)
可冷凝粒狀物 濃度(濾紙) mg/Nm ³	80, 76, 82 (79.3)	20, 26, 20 (22)	14, 13, 28 (18.3)	2, 2, 4 (2.7)
總粒狀物濃度 mg/Nm ³	137	41.3	44	12.7
防制設備效率%	69.9		71.1	
煙囪排氣狀況		有白煙		有白煙

經內部討論結果，決定變更定型機廢氣冷卻方式為水冷式，為實驗需要採兩段式水冷降溫設計，以研究冷卻溫度對過濾器之影響；另考慮濾材之過濾速率，過濾方式改為垂直方向，四段式設計，每段為 20 公分高，前三段濾材為吸油棉，第四段則以顆粒活性碳床，因此，重新製作一套冷凝過濾器，如圖 2 所示，以進行實驗。

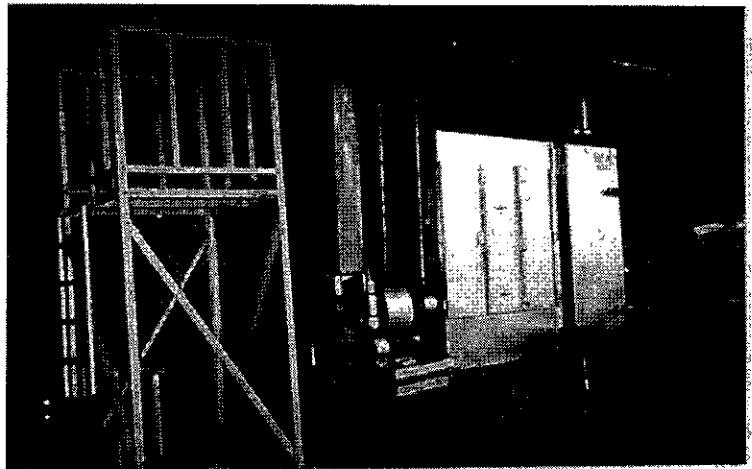


圖 2 小型冷凝過濾實驗機台（水冷式）

實驗結果由溫度數據顯示，實驗機台入口溫度約為 130-140°C，經第一段水冷降溫後，廢氣降為 70-75°C，而第二段水冷降溫後，廢氣可降至 40-45°C，煙囪排氣溫度約 35-40°C，整個系統之壓損約為 360mmWC。經實地操作發現煙囪排放白煙之情形有大幅改善，然仍可見些微白煙生成及異味存在。

由於未能達到預期無白煙排放之處理效率目標，因此也未進行進一步檢測作業，依目前實驗結果若欲提高過濾效率，必須採用高壓損之濾材，但如此作法，牽涉現有之排風機的馬力數與風壓均不足，且以高馬力之排風機操作，對染整廠現有之電力負荷與操作電力費用恐會是問題，因此本實驗擬於此暫停。

六、染整業定型機最適減量技術評估

由訪查染整業的過程，多數業者均表示目前該行業的景氣隨著國內經濟的不景氣，僅能維持在某一水平的營運情況，無法與數年前榮景相比擬，因此有許多業者移往大陸或東南亞國家發展，但對於環保問題，多數業者仍有意願投資設置防制設備，只是期望在可行的防制性能下，能以較低的投資成本作為設置防制設備的考

量，因此本計畫擬就技術的可行性（包含設備的性能與優缺點）及設備的投資成本（包括設備的初設成本與操作成本）等層面進行分析，以研擬染整業定型機空氣污染最適減量技術。

首先可列出目前國內染整業常用的定型機廢氣防制技術（由於業者有多人曾有投資錯誤的經驗，因此均要求要以有實績的防制技術為準），根據本計畫實際檢測數據分析與研究的結果，篩選出較可行的防制技術，再進一步分析這些可行的防制技術，於不同數量的定型機廢氣量規模下，設備的投資成本（含設備的初設成本與操作成本），藉以歸納出染整業定型機空氣污染最適減量技術。

國內染整廠定型機廢氣使用之防制技術主要有濕式靜電集塵機、靜電集塵機（35KV以上）、靜電集塵機（12KV）、濕式水洗塔、冷凝過濾器等。根據本計畫針對各項防制設備檢測、小型實驗機台實驗結果與煙囪排放是否符合不透光率等因素分析，目前可行的防制技術為濕式靜電集塵機、靜電集塵機（35KV以上）、靜電集塵機（12KV）等，後續將針對這些可行的防制技術進行成本分析。

成本效益評估之基本假設與資料來源如下：

1.定型機廢氣量：

依本計畫檢測數據平均一台定型機排氣量約為 $113 \text{ Nm}^3 / \text{min}$

2.定型機廢氣排放濃度值：

依本計畫檢測數據平均排放濃度約為 157.8 mg/Nm^3

3.定型機年操作時數： $330 \text{ 天/年} \times 24 \text{ 小時/天} = 7,920 \text{ 小時}$

4.定型機廢氣年排放量：

$$\begin{aligned} & 157.8 \text{ mg/Nm}^3 \times 113 \text{ Nm}^3/\text{min} \times 7,920 \text{ Hr/Y} \times 60 \text{ min/Hr} \\ & = 8473.5 \text{ kg/Y} \end{aligned}$$

5.減量控制技術去除效率：

濕式靜電集塵機：95%

靜電集塵機（35KV）：95%

靜電集塵機（12KV）：89%

6.減量控制設備之設備費與操作維護費用

濕式靜電集塵機：復龍機械公司提供

靜電集塵機（35KV）：銷信公司提供

靜電集塵機（12KV）：台灣靜電公司提供

各項費用評估僅為控制設備之設置及操作費用，並不包括土地成本及因工程施工而導致之停工、減產造成之損失。

濕式靜電集塵機：設備費 358 萬元，年操作費 74.5 萬元

靜電集塵機（35KV）：設備費 280 萬元，年操作費 47.5 萬元

靜電集塵機（12KV）：設備費 150 萬元，年操作費 38 萬元

由於濕式靜電集塵機係直接於入口處直接噴水降溫增濕，故無須另設置冷卻降溫設備外，靜電集塵機設備費均已含一間接水冷卻器。又濕式靜電集塵機使用染整廢水，使用後經一油水分離機再排放至廢水處理場，設備費含一油水分離機。

7.設備費採年均成本估算：

$$\text{年均成本} = \frac{i \times (1 + i)^n}{[(1 + i)^n - 1]} \times \text{設備成本}$$

中

n : 表設備折舊年限，假設為 10 年

i : 表利率，假設為 10%

有關各種防制設備的成本效益評估如下：

1.濕式靜電集塵機：

$$\begin{aligned} \text{年處理成本} &= \frac{0.1 \times (1 + 0.1)^{10}}{[(1 + 0.1)^{10} - 1]} \times 3,580,000 + 745,000 \\ &= 1,327,628.5 \text{ 元/年} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{定型機廢氣削減量} &= 8,473.5 \text{ 公斤/年} \times 0.95 \\ &= 8,049.8 \text{ 公斤/年} \end{aligned}$$

$$\text{成本效益} = 1,327,628.5 / 8,049.8 = 164.9 \text{ 元/公斤}$$

2.靜電集塵機（35KV）：

$$0.1 \times (1 + 0.1)^{10}$$

年處理成本 = $\dots \times 2,800,000 + 475,000$
 $[(1 + 0.1)^{10} - 1]$
 $= 930,687.1$ 元/年

定型機廢氣削減量 = 8,473.5 公斤/年 $\times 0.95$
 $= 8,049.8$ 公斤/年

成本效益 = $930,687.1 / 8,049.8 = 115.6$ 元/公斤

3. 靜電集塵機 (12KV) :

年處理成本 = $\dots \times 1,500,000 + 380,000$
 $[(1 + 0.1)^{10} - 1]$
 $= 624,118.1$ 元/年

定型機廢氣削減量 = 8,473.5 公斤/年 $\times 0.89$
 $= 7,541.4$ 公斤/年

成本效益 = $624,118.1 / 7,541.4 = 82.8$ 元/公斤

七、結論與檢討

訪查 207 家染整廠，其中 111 家未裝設防制設備（佔 53.6%），70 家裝設濕式水洗塔（佔 33.8%），裝置靜電集塵機 (35KV 以上) 者有 3 家（佔 1.5%），裝置靜電集塵機 (12KV) 者有 5 家（佔 2.4%），裝置濕式靜電集塵機者有 1 家（佔 0.5%），裝置冷凝過濾器者有 1 家（佔 0.5%）；又部份廠家有上膠加工，故設置活性碳吸附塔回收甲苯溶劑，計 8 家。

國內現有染整廠仍有多數未設置防制設備，經研判主要係目前環保法規尚未針對染整業定型機廢氣訂定排放標準，因此只能依照『固定污染源空氣污染物排放標準』作為管制標準，然因定型機廢氣中主要污染物係染整過程添加之油劑與助劑，於高溫處理時所揮發出來的油煙、有機揮發物質與極少量之纖維絮，因此若檢測粒狀物、SOx、NOx 濃度，檢測結果均能符合排放標準；惟該類物質於煙囪排放後因

冷卻凝結成淡藍色煙霧，『不透光率』明顯超過 20%，為環保單位取締告發之唯一依據，然廠商則常以該煙霧係水氣為由，迭有爭議。

事實上，於實際訪查過程中，幾乎可發現染整廠定型機之胚布進出口處往往可發現因廢氣溢散所留置之油跡，同時廢氣排放管道接縫處也常會有油滴滲漏出，煙函排放口四周屋頂處也留有烏黑的油漬，種種證據顯示定型機排放之廢氣並非純然是水氣。同時由實驗機台所收集的凝結油液與廢氣採樣分析結果，亦可證實定型機廢氣含油霧與揮發性有機物。

為了解冷凝過濾器的技術可行性，而製作一台小型實驗機台，進行長期操作與監測，並進行採樣分析其效率，確認其操作性能。經於染整廠實地實驗操作與檢測結果，冷凝過濾似效率不佳，約僅 70%，因此，配合其他各項控制設備，如靜電集塵機（35KV）、靜電集塵機（12KV）、濕式洗滌塔等之檢測資料、防制設備設置成本與操作成本，研選染整業定型機空氣污染最適減量技術為靜電集塵機。

為了解染整業定型機廢氣中所含 VOC 成份，利用採氣袋採集兩家染整廠定型機廢氣進行分析，確實含有苯、酚與柰類之揮發性有機物，其主要成份為甲苯與乙酸乙酯，至於定型機防制設備收集之冷凝油液，主要為多碳之碳水化合物。基於染整廠定型機廢氣確實含有油霧與揮發性有機物，但目前仍未有排放標準，建議環保署進一步研擬管制規範與排放標準。但儘速建立標準檢測方法也是迫切需要的。

參考文獻

- 1.中國技術服務社工業污染防治技術服務團，「染整業空氣污染防治輔導專案綜合報告」，83 年 6 月。
- 2.鄭福田，「染整業烘乾及定型廢氣排放調查與控制之探討」期末報告，經濟部工業局工業污染防治技術服務團，83 年 5 月。
- 3.鄭福田，「染整業定型程序排放廢氣採樣分析方法操作程序」，經濟部工業局，82 年 10 月。
- 4.鄭福田，「染料、助劑對環境污染之影響研究綜合報告」，經濟部工業局，82 年 10 月。