

出國報告（出國類別：實習）

有價證券印製生產空氣污染防制設備 規劃及操作實務

服務機關：中央印製廠

姓名職稱：游博宇 工程員

派赴國家/地區：德國、瑞士、奧地利

出國期間：113年5月12日至5月25日

報告日期：113年8月9日

摘要

為符合環保主管機關對於揮發性有機物規範，中央印製廠須建置 101 廠房空氣污染防制設備，本次出國實習至德國、瑞士及奧地利，探討空氣污染防制措施的不同層面，源頭減量層面：Louisenthal 造紙廠及 SICPA 公司暫無研究低揮發性有機物解決方案，但仍妥善處理廠內之揮發性有機物。製程改善層面：Koenig & Bauer 在其新式凹版印刷機配置密閉圍封設備及主要污染源的局部排氣設備，經測試廢氣排放口及印刷設備污染源濃度介於 22.83-161.98 ppm，而人員作業區僅剩 10 ppm 以下。防制設備層面：Giesecke+Devrient 印刷廠設置電漿再過濾及活性碳吸附系統，成功解決居民陳情，並符合政府要求，OeBS 公司因設備及原物料差異，排放量未達門檻，不受政府納管，無須設置防制設備。

經與各國有價證券印製生產相關公司進行討論，深入了解空氣污染管制法規、防制設備規劃及友善環境思維等內容，將以宏觀全面的角度，建置本廠最合適且具有效益之空氣污染防制設備。

目錄

壹、目的.....	1
一、出國實習背景.....	1
(一) 臺灣主管機關之有價證券印製生產空氣污染管制趨勢.....	1
(二) 本廠研究及評估結果.....	1
(三) 實習動機.....	2
二、了解歐洲先進國家有價證券印製生產之空氣污染管制法規.....	2
三、觀摩歐洲先進國家有價證券印製生產之空氣污染改善方案及防制設備.....	2
四、交流歐洲先進國家有價證券印製生產之空氣污染管理思維及策略.....	3
五、觀摩其他環境友善措施.....	3
貳、過程.....	4
一、實習前準備.....	4
二、實習行程.....	4
三、空氣污染防制措施探討.....	5
四、源頭減量.....	5
(一) G+D Louisenthal 造紙廠.....	5
(二) SICPA 公司油墨製造工廠及總部.....	9
五、製程改善.....	16
(一) Koenig & Bauer Banknote Solutions SA.....	16
(二) Koenig & Bauer (AT) GmbH.....	24
六、空氣污染防制設備.....	31
(一) G+D Currency Technology GmbH 印刷廠.....	31
(二) OeBS GmbH.....	43
七、其他環境措施.....	48
(一) G+D 公司超過濾擦拭溶液回收系統.....	48
(二) KBA 公司 Aqua Save 擦拭溶液回收系統.....	49
(三) OeBS 公司 HIREC 擦拭溶液回收系統.....	50
參、資料彙整.....	52

一、空氣污染管制法規彙整.....	52
(一) 許可證管理.....	53
(二) 排放限值.....	55
(三) VOCs 排放稅或防制費.....	57
二、空氣污染防制設備彙整.....	58
肆、心得與建議.....	60
一、心得.....	60
(一) 有價證券印製生產工廠空氣污染防制差異.....	60
(二) 空氣污染防制技術考量因素.....	61
(三) VOCs 排放與印刷設備及原物料使用息息相關.....	62
(四) 本廠之 VOCs 監測及評估相對完善.....	63
二、建議.....	64
(一) 適時派員出國實習或考察空氣污染防制之議題.....	64
(二) 持續關注主管機關立法動態及管制趨勢.....	64
(三) 全面考量空氣污染防制設備之技術服務案.....	65
(四) 持續監測及評估本廠揮發性有機物 (VOCs) 之排放量.....	65
(五) 將空氣污染防制觀念引入本廠新廠房新設備之規劃.....	65

圖目錄

圖 1、鈔券紙製程.....	6
圖 2、光影變化箔膜製程.....	6
圖 3、汽電共生爐 (combined heat and power, CHP).....	7
圖 4、Green LongLife 鈔券.....	8
圖 5、Louisenthal 造紙廠俯視圖.....	9
圖 6、SICPA 公司油墨製造工廠俯視圖.....	11
圖 7、Barrettine 公司生產之 white spirit.....	14
圖 8、墨桶清洗區 Google 街景圖.....	15
圖 9、Koenig & Bauer Banknote Solutions SA 展示中心示意圖.....	17
圖 10、PlateCoat 鍍鉻設備 (不公開資料).....	18
圖 11、CTiP III 凹版製版設備 (不公開資料).....	18
圖 12、PlateCoat 工作區劃分 (不公開資料).....	20
圖 13、網版印刷設備配置圖.....	21
圖 14、網版印刷設備各系統參數.....	21
圖 15、光離子化檢測儀.....	22
圖 16、大張檢查號碼印刷機 VOCs 濃度測試示意圖.....	22
圖 17、Koenig & Bauer (AT) GmbH 設備生產組裝區.....	25
圖 18、Koenig & Bauer (AT) GmbH 設備測試區.....	26
圖 19、設備測試區之活性碳過濾設備.....	27
圖 20、SOI evo 凹版印刷機.....	28
圖 21、SOI evo 主要產生 VOCs 廢氣單元及廢氣排放口.....	29
圖 22、SOI evo 遮罩及閘門開關之 VOCs 比較.....	30
圖 23、新舊廠房衛星圖.....	32
圖 24、新廠房外觀.....	33
圖 25、舊廠房作業區實景.....	34

圖 26、新廠房作業區實景.....	34
圖 27、輸送至屋頂廢氣管線	35
圖 28、處理後廢氣排放管道	36
圖 29、屋頂衛星圖	36
圖 30、印刷機氣罩	39
圖 31、密閉圍封搭配電漿處理設備	40
圖 32、塗佈機之密閉圍封排氣	41
圖 33、電漿過濾系統	41
圖 34、活性炭處理設備及其再生系統.....	42
圖 35、OeBS 廠房實景照片	47
圖 36、沉澱桶槽	49
圖 37、Aqua Save II WSR 2000 ZLD 處理流程圖	50
圖 38、OeBS 公司 HIREC 擦拭溶液回收系統過濾單元	51

表目錄

表 1、實習行程表	4
表 2、瑞士 VOCs 相關法規整理.....	12
表 3、供應商 white spirit 特性彙整.....	13
表 4、印刷銘版製造方式比較 (不公開資料).....	19
表 5、大張檢查號碼印刷機 VOCs 濃度測試結果.....	23
表 6、印刷設備適用之清洗溶劑 (不公開資料).....	24
表 7、德國 VOCs 相關法規整理.....	37
表 8、奧地利 VOCs 相關法規整理.....	45
表 9、許可證管理法規彙整	53
表 10、排放限值法規彙整.....	55
表 11、VOCs 排放稅或防制費法規彙整	58
表 12、空氣污染防制設備彙整	59
表 13、焚化及活性碳吸附技術比較.....	62
表 14、實際鈔券印刷廠比較	63

壹、目的

一、出國實習背景

近年來環保意識抬頭，學術機構對於各類空氣污染物的研究趨於完善，我國媒體亦有較深入報導空氣污染物造成之健康風險及危害，更透過環保主管機關之空氣品質監測及污染源資訊公開，致使空污相關議題逐漸受大眾關注，其中揮發性有機物 (Volatile Organic Compounds, VOCs) 為主要空氣污染之一，且為臭氧之前驅物質。

中央印製廠 (以下簡稱本廠) 為我國唯一有價證券印製生產機構，屬於雕刻凹版印刷，非屬常見之照相凹版印刷，惟環境部仍將本廠統一歸類於凹版印刷業，依據 110 年空氣污染防制費申報資料，凹版印刷製程每年共排放 4,124 公噸 VOCs，約佔排放總量之 5.79%，本廠安康廠區最新核定之操作許可證，VOCs 以質量平衡計算年排放許可量共 83 噸 (新北市環操證字第 F0365-16 號)，屬於凹版印刷業內排放大戶。

(一) 臺灣主管機關之有價證券印製生產空氣污染管制趨勢

本廠環保主管機關為中央之環境部及地方之新北市政府環境保護局 (以下簡稱環保局)，截至本報告完稿日，環境部尚未制定「凹版印刷業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」，依據 112 年 3 月 27 日環境部草案內容，擬規範凹版印刷業 VOCs 年排放量 50 至 120 公噸，處理效率達 92% 或排放濃度低於 40 ppm；年排放量 120 公噸以上，處理效率達 97% 或排放濃度低於 80 ppm；新設製程處理效率達 98% 或排放濃度低於 80 ppm，惟上述規範仍屬草案，須以正式公告為主。

環保局則於 112 年 2 月 22 日公告「印刷作業程序之空氣污染防制技術指引」，明訂新北市轄內 VOCs 年許可申請或核發排放總量 20 公噸以上者，其揮發性有機物排放削減量 $\geq 50\%$ ，並於 117 年 1 月 1 日起排放削減量 $\geq 60\%$ ；未達 20 公噸者，其揮發性有機物排放削減量 $\geq 25\%$ ，並於 117 年 1 月 1 日起排放削減量 $\geq 40\%$ 。

(二) 本廠研究及評估結果

為符合環保局規範，達規範之 VOCs 削減量，本廠須設置空氣污染防制設備，惟空氣污染防制技術多元，爰本廠於 112 年 7 月 28 日委託工業技術研究院進行本

廠 101 廠房廢氣之定性定量分析，以釐清 VOCs 種類及濃度，避免選擇無效或昂貴之處理技術，主要 VOCs 成分為碳數 5 到 9 之脂肪族碳氫化合物，顯示主要 VOCs 排放源為凹版印刷機使用之通用溶劑，另本廠 101 廠房已由環保局認定密閉負壓，依據 113 年 6 月 4 日至 5 日 101 廠房屋頂排放管道檢測結果，結果顯示印一股及印二股每年共排出 18.842 公噸 VOCs，工業技術研究院專家建議，在短期 5 年考量，建議以活性碳技術處理，若設置超過 5 年，建議以濃縮轉輪搭配蓄熱式焚化技術，本廠考量設備之長期使用，決議採行濃縮轉輪搭配蓄熱式焚化技術作為有價證券印製生產空氣污染防制設備。

(三) 實習動機

雖本廠已分析廢氣排放特性，並規劃採用濃縮轉輪搭配蓄熱式焚化技術，惟我國仍未建置專門處理有價證券印製生產之空氣污染防制設備，尚無法完全釐清該設備對生產環境之影響、印機廢氣收集方式及抽排氣量等工程實務，因此透過本次出國實習觀摩歐洲先進國家，以利建置有效且符合經濟效應之空氣污染防制設備。

二、了解歐洲先進國家有價證券印製生產之空氣污染管制法規

對企業而言，環保設備的本質是將外部環境成本內部化，會造成額外的支出，大部分的企業都傾向於最低限度地符合環保管制規範，因此環保法規的制定便非常重要，過嚴的規範會導致企業毛利降低，過鬆的規範會導致環境負荷提升，本次出國實習將了解歐洲先進國家有價證券印製生產之空氣污染管制法規，並與實習工廠討論如何因應法規，以釐清國內外空氣污染管制法規之差異。

三、觀摩歐洲先進國家有價證券印製生產之空氣污染改善方案及防制設備

空氣污染防制設備依據採行之處理技術，分為許多不同種類，常見設備為活性碳吸附床、廢氣水洗塔及廢氣焚化爐等，各種設備類型之設置成本及處理效率截然不同，由於我國無其他有價證券印製生產之工廠可供參訪，本次出國實習將觀摩歐洲先進國家有價證券印製生產之空氣污染改善方案及防制設備，並了解實習工廠之工程實務經驗，以供本廠借鑒並應用。

四、交流歐洲先進國家有價證券印製生產之空氣污染管理思維及策略

面對空氣污染問題，政府常以較為宏觀之思維擬定策略，如降低環境影響、改善空氣品質及淨零排放轉型等，而工廠端則常以生產優先之思維擬定策略，如解決居民陳情問題、改善員工作業環境及提升產品綠色價值等，綜合有價證券印製生產之空氣污染管制法規、改善方案及防制設備規劃，本次出國實習將交流歐洲先進國家有價證券印製生產之空氣污染管理思維及策略，並分享本廠空氣污染評估結果及我國管制規範，以學習不同角度之思考模式。

五、觀摩其他環境友善措施

空氣污染僅為環保管制的其中一個面向，以本廠為例，為順利執行鈔券生產作業，除領有空氣污染操作許可證外，另須妥善處理製程廢水、事業廢棄物及毒性化學物質，並領有相關之許可證。因此透過本次出國實習在時間允許下，將額外觀摩實習工廠其他環境友善措施，如製程廢水處理系統、擦拭溶液回收系統、物理氣相沉積鍍鉻及綠色永續產品等。

貳、過程

一、實習前準備

有價證券印製生產之空氣污染問題在國內外鮮少被討論，因涉及敏感資訊，期刊文獻也相對缺乏，因此本廠透過合作夥伴三互興業股份有限公司及 Koenig & Bauer (以下簡稱 KBA 公司)，與全球各國有價證券印製生產相關工廠聯繫，詢問各國印刷業之環保法規(如排放標準及去除效率等)、溶劑揮發之職安法規 (如暴露濃度等)、工廠是否設置機器之局部排氣裝置或作業環境之整體換氣設備、工廠之換氣率、排氣量、工廠是否設置空氣污染防制設備及工廠之地理設置等。

二、實習行程

實習前共聯繫 Giesecke+Devrient (以下簡稱 G+D 公司) 德國萊比錫廠、馬來西亞吉隆坡廠、Koenig & Bauer Banknote Solutions SA、SICPA 公司、泰國中央銀行及韓國造幣公社等，經彙整大部分外國有價證券印製生產相關工廠皆未深入研究空氣污染相關議題，僅 G+D 及 SICPA 公司設有活性碳處理設備，本次實習主要業務需求為老舊廠房改善，且近年來環保管制趨勢已由管末處理轉變為源頭減量，本廠亦在近年持續推動設備升級案，因此有價證券印製生產設備現地污染防治設備為可行之改善方案，另鈔券之主要原物料為紙張及油墨，使用較為環境友善之原物料亦可降低空氣污染排放量，故決定實習國家為德國、瑞士及奧地利。

表 1、實習行程表

日期	國家	城市	地點
5/14	德國	萊比錫	G+D Currency Technology GmbH 印刷廠
5/15	德國	特格爾恩湖畔格蒙德	G+D Louisenthal 造紙廠
5/16	瑞士	沙沃爾奈	SICPA 公司油墨製造工廠
5/16	瑞士	普里伊	SICPA 公司總部
5/17	瑞士	洛桑	Koenig & Bauer Banknote Solutions SA
5/21	奧地利	維也納	OeBS 公司

日期	國家	城市	地點
5/22-5/23	奧地利	默德靈	Koenig & Bauer (AT) GmbH

三、空氣污染防治措施探討

空氣污染控制層面很多，包含安裝空氣污染排放控制設備、使用清潔能源、改進生產工藝、加強設備維護和管理、廢氣回收和再利用、落實環保管理制度、員工培訓及宣傳教育。傳統空氣污染防治措施大多聚焦於管末處理，指污染物產生以後，在其直接或間接排到環境之前，安裝空氣污染排放控制設備進行處理，以減輕環境危害的治理方式，此方式能有效處理空氣污染物，惟往往需要較高的成本以達成規範之處理效率。

本廠主要需求為降低有價證券印製生產工廠之 VOCs 排放量，因此無法透過清潔能源改善 101 廠房之 VOCs 排放，在生產工藝之改進上，可分為 2 種不同的方法，第一種方法為有價證券生產製程改善，透過設備升級或更新，採用清潔生產技術，降低空氣污染物產生，第二種方法為源頭減量，透過優化生產流程，減少原材料和能源消耗，從源頭控制污染。

其他空氣污染控制層面，因本廠製程特性，排放廢氣為碳數 5 到 9 之脂肪族碳氫化合物 (C5-C9)，屬於混合物，且在製程廢氣 VOCs 濃度約 200 ppm 的狀況下，該濃度熱值不足，無法再利用，因此廢氣回收和再利用較無法於本廠實際運用，而其餘層面皆為配套之管理方法，本廠已有持續推行，綜上所述，本次實習報告將會以 3 種不同層面，分別為源頭減量、有價證券生產製程改善及有價證券生產空氣污染防治設備，來探討實習工廠之空氣污染防治措施。

四、源頭減量

(一) G+D Louisenthal 造紙廠

1.簡介

Louisenthal 造紙廠位於德國慕尼黑近郊城市特格爾恩湖畔格蒙德 (Gmund am Tegernsee)，為 100%由 G+D 公司持有之工廠，該廠常駐員工為 800 人，設有鈔券紙圓筒模具機 (cylinder mould machine)、光影變化薄膜 (foil) 製程設備

及窗式防偽 (security window) 製程設備，詳細製程如下圖 1 及圖 2 所示，其中鈔券紙製程為 4 班制，生產不間斷，僅歲修時停止生產，每年生產天數高達 360 日，最大年產量可達 200 億張鈔券紙。



圖 1、鈔券紙製程

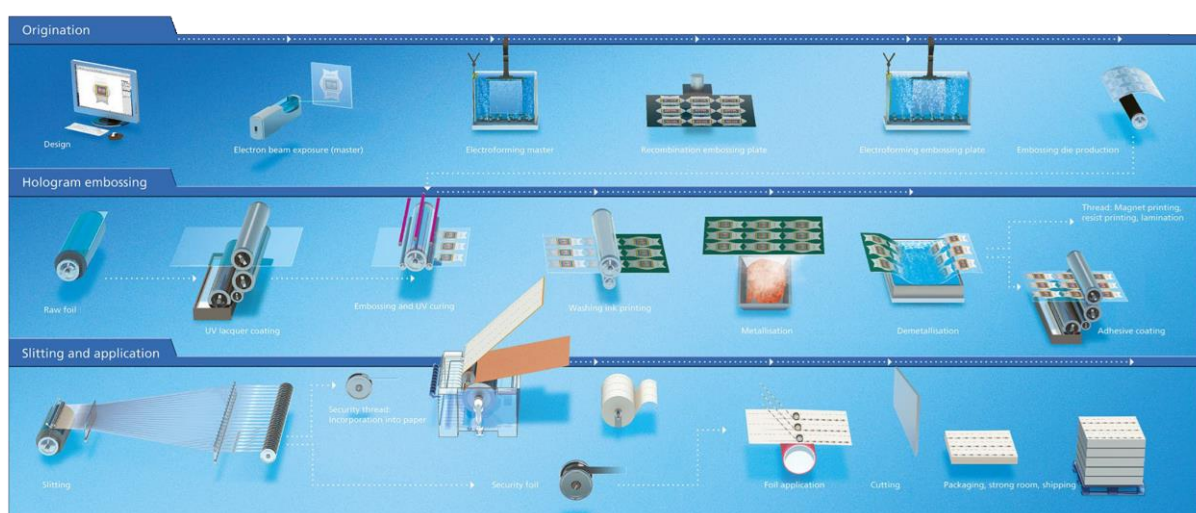


圖 2、光影變化箔膜製程

2. 潔淨能源使用

造紙製程中，剛成形的紙必須快速地乾燥，因此需要大量的蒸氣，且為了確保紙張能控制正確的尺寸及特性，作業環境之溫溼度亦須控制在特定參數，因此也需要一定的用電量。Louisenthal 造紙廠皆是透過燃燒天然氣以產生蒸氣，天然氣能減少排放之空氣污染物，燃燒過程中產生的廢熱更能回收，在較寒冷的季節提供室內熱能，自 2013 年起，每年可減少 2,000 公噸的二氧化碳

化碳當量排放，此外，該廠取用芒法爾河(Mangfall river) 河水進行水力發電，透過進水閘門進行控制，共設有 5 座發電站，每年使用 1230 噸的河水，能提供 1MW 的電力，自 2009 年起，每年可節省 1,500,000 度的用電量。

3.空氣污染防治設備

Louisenthal 造紙廠蒸氣鍋爐設有一座非常高的煙囪，因使用天然氣作為燃料，該廠未於煙囪設置任何空氣污染防治設備，僅每年監測粒狀污染物 (PM)、硫氧化物 (SO_x) 及氮氧化物 (NO_x)。此外，該廠之防偽線、光影變化箔膜及窗式防偽於生產過程中，皆未產生任何空氣污染，惟特定鈔券紙有強度要求，需要以加強表面特性以強化耐用性，僅鈔券紙生產過程中之表面塗佈製程 (surface coating)，因使用大量化學溶劑，因此在製程區產生大量 VOCs，該廠於表面塗佈製程採密閉作業，並減少作業環境之空氣體積，避免排放之廢氣量過大，後續將廢氣抽至轉輪濃縮，最後透過汽電共生爐 (Combined Heat and Power, CHP) (圖 3)將 VOCs 燃燒分解。



圖 3、汽電共生爐 (combined heat and power, CHP)

4.環境友善鈔券

經與 Louisenthal 造紙廠鈔券物質產品經理討論，目前該廠並未研究任何有關降低 VOCs 揮發量相關的紙質，近年致力於推行鈔券減碳，使用環保材料製作紙芯，並於 2022 年發表了綠色鈔券 (Hybrid ADDvance)，在維持相同生命週期的狀況下，產品碳足跡盤查結果顯示，綠色鈔券相比於傳統鈔券二氧化碳排放當量降低了 29%，紙芯之二氧化碳排放當量更比傳統降低高達 63%。

該廠的另一項產品 Green LongLife 鈔券(圖 4)在原先 LongLife 鈔券的耐用預塗層基材基礎下，將塑膠材料替換為生物基碳材料，整體的產品碳足跡可降低 30%，此外，安全線及光影變化箔膜亦可使用有機棉替代 70%的再生聚酯纖維，依據該廠分析結果，LongLife 鈔券生命週期約為傳統鈔券 1.7 倍，雖無法直接減少印刷過程中產生的 VOCS，但在生命週期延長的前提下，將減少鈔券汰換速度，間接降低鈔券生產量，亦可達成 VOCs 減量之目標。



圖 4、Green LongLife 鈔券

5.總結

Louisenthal 造紙廠之俯視圖如下圖 5 所示，雖該廠非屬直接進行有價證券印製生產之工廠，若以源頭減量的思維探討空氣污染防治措施，該廠設有水力發電系統，並以天然氣鍋爐取代傳統燃料，可減少溫室氣體、粒狀污染物、氮氧化物及硫氧化物之排放，此外，該廠研發綠色鈔券可達成減碳及延長生命週期之雙重目標，進而減緩鈔券汰換速度，降低鈔券年產量，可有效達成 VOCs 減量，而因應鈔券紙塗佈製程之有害空氣污染物，該廠亦設置濃縮轉輪搭配汽電共生爐，生成蒸氣及電力，同時將 VOCs 分解。

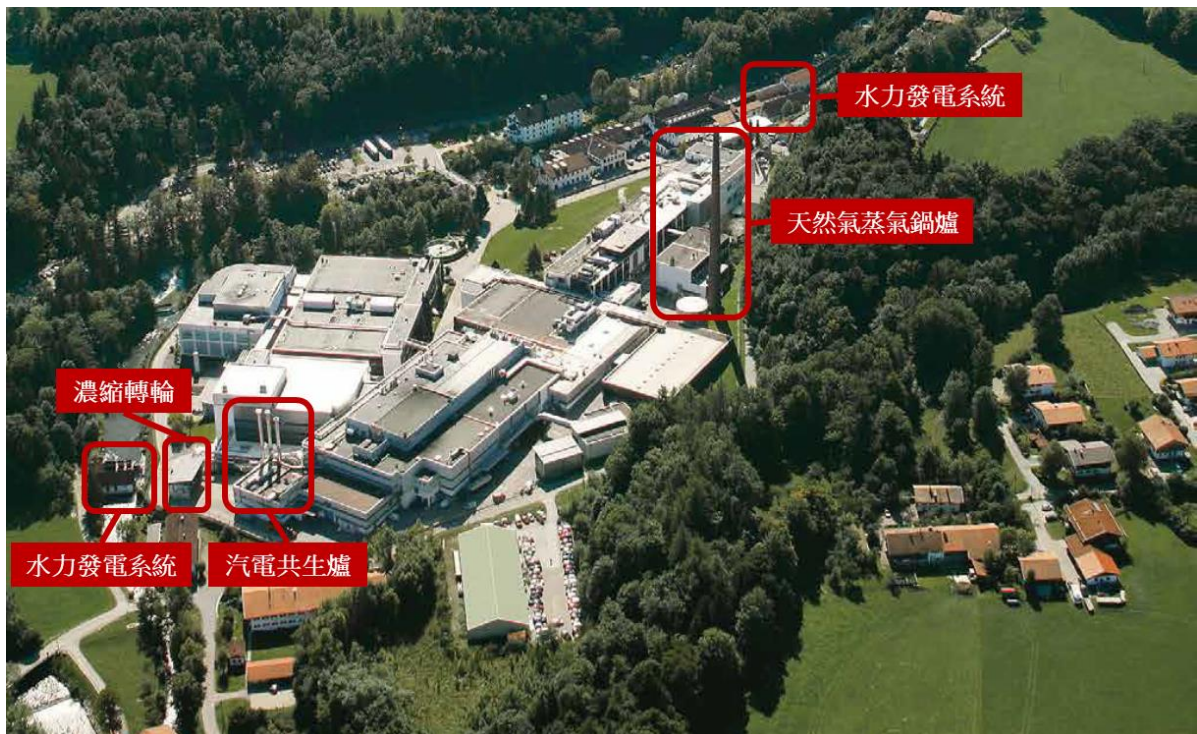


圖 5、Louisenthal 造紙廠俯視圖

(二) SICPA 公司油墨製造工廠及總部

1.簡介

SICPA 公司油墨製造工廠位於洛桑近郊的沙沃爾奈 (Chavornay)，該廠常駐員工約 300 人，主要生產貨幣、身份證件、護照及其他高安全性文件之防偽印刷油墨，工廠配備先進的凡立水反應槽、油墨攪拌、研磨及包裝設備，確保油墨的品質和安全性，每年約可生產約 4,000 公噸的油墨，這些油墨廣泛

的應用在全球各地的安全印刷行業。

SICPA 公司總部則位於洛桑旁邊的普里伊 (Prilly)，約有 1,600 位員工在全球總部工作，全球總部為 SICPA 公司的研發及創新中心，主要開發先進的油墨安全技術，建築設計符合高標準的環保及永續規範，包括建置節能系統及採用環保建材等。

2.現場參訪

(1)油墨調配

第一個參訪的地點是油墨調配區及配粉區，整體而言設備的種類與本廠製墨課大同小異，比較大的差異是在於 SICPA 公司油墨製造工廠的動線非常分明，也有明確標示出訪客動線與員工作業區，調配製程配方皆採電腦控制，管線便會直接投入所需凡立水量至攪拌桶中，減少作業員工人為控制失誤，作業環境中的員工都得配戴口罩，減少暴露粉塵及 VOCs 的劑量。

油墨調配區及配粉區處於開放式廠房，採自然換氣，廠房內部並未聞到明顯的有機溶劑異味，設備上方雖然有大大小小的管線，經詢問導覽人員後，皆非局部排氣設備，配粉區則有獨立的工作臺，有設置獨立的濾網過濾粒狀污染物，配置上與本廠製造股的配粉區相同，惟 SICPA 公司油墨製造工廠部分功能性油墨因使用特殊溶劑，含有害空氣污染物 (Hazardous Air Pollutants, HAPs)，作業員工須配備防毒口罩，並設置獨立的抽排氣管線將廢氣排放至戶外。

(2)凡立水製造

凡立水為油墨的基底，各種平版、凹版及凸版都需要不同種類的凡立水，本廠凡立水工廠被列為石化製程，在空氣污染操作許可證的納管下採密閉負壓，並設有多道空氣污染處理程序，僅將處理後的乾淨廢氣排放至戶外，因時間因素，凡立水製造區參訪的時間較少，沒有參訪的非常深入，SICPA 公司作為專業的油墨製造工廠，其凡立水製造區工廠

規模遠超過本廠，一進到廠房最大的感受就是幾乎完全聞不到凡立水的味道，雖然一樣都是採用密閉負壓集氣，但在本廠在製造凡立水時，仍會聞到明顯的味道，經詢問導覽人員，SICPA 公司凡立水製造區並未設備任何空氣污染防制設備。

(3)油墨包裝

油墨包裝區可分為金屬桶及厚紙箱包裝，動線嚴謹且倉儲系統非常壯觀，生產線的人力配置非常少，幾乎大部分製程都已採自動化，包裝區因未使用有機溶劑，沒有作業環境 VOCs 濃度及戶外空氣污染的問題，包裝區後方設有油墨調配桶清洗區，這是 SICPA 油墨製造工廠唯一的空氣污染防制設備，在 25 年前便已設置焚化爐，參訪當時 SICPA 公司正在進行設備汰舊換新，因 111 年焚化爐操作曾有異常，目前將焚化爐汰換為活性炭吸附塔，現場已沒有看到舊的焚化爐，但新的吸附塔鋼構都已經建置完畢。



圖 6、SICPA 公司油墨製造工廠俯視圖

3.空氣污染管制法規

瑞士 VOCs 相關法規如下表 2 所示，主要包含空氣污染控制法令 (Ordonnance sur la protection de l'air, OPair)、1997 年 11 月 12 日關於揮發性有機化合物激勵稅的條例 (Ordinance on the Incentive Tax on Volatile Organic Compounds, OVOC) 及工作法第 3 號條例 (Ordonnance 3 relative à la loi sur le

travail, OLT 3), 3 條法規皆適用於 SICPA 公司油墨製造工廠, 其中 OPair 規範該廠排放 VOCs 質量流率超過 3 kg/hr, 排放 VOCs 濃度不得超過 150 mg/m³ (在 0°C 及 1atm 下, 以甲烷濃度換算為 210 ppm), OVOC 規範每排放 1kg VOCs 須課徵 3 瑞士法郎稅。

表 2、瑞士 VOCs 相關法規整理

法規名稱	概述	相關條文
Ordonnance sur la protection de l'air (OPair)	規範各行業空氣污染排放之法規	613: 適用於塗料及印刷業, 溶劑 VOCs 排放量以總碳表示, 如排放 VOCs 質量流率超過 3 kg/hr, 排放 VOCs 濃度不得超過 150 mg/m ³ (210 ppm)。 614: 當印刷機排放 VOCs 質量流率大於 250 g/hr, 排放 VOCs 濃度不得超過 20 mg/m ³ (28 ppm)。
Ordinance on the Incentive Tax on Volatile Organic Compounds (OVOC)	使用溶劑揮發 VOCs 應課徵政府稅法規	Art. 7: 每排放 1kg VOCs 課徵 3 瑞士法郎稅。 Art. 8: VOCs 含量低於 3%免課稅。
Ordonnance 3 relative à la loi sur le travail (OLT 3)	保障員工暴露化學品之職安法規	Art. 12: 每個作業場所員工之空氣體積應至少 12 m ³ 。 Art. 18: 當作業環境空氣中有氣味、有害氣體、蒸氣、薄霧、煙霧、灰塵、碎屑或其他類似污染物時, 必須盡可能在靠近污染源的地方進行收集及排氣。

註: 在 0°C 及 1atm 下, 以甲烷濃度換算 mg/m³ 為 ppm

4.油墨 VOCs 揮發特性

油墨中添加的溶劑傳統上被認為是 VOCs 的主要來源之一，依據我國環境部規範，是以油墨使用量作為設置固定污染源操作許可證之門檻，經與 SICPA 公司環境安全與衛生部門經理討論，該公司檢測送往本廠之油墨及凡立水，VOCs 含量約落在 20%，此檢測結果與本廠自行檢測結果相符，而該公司尚未針對 VOCs 減量議題，研發低 VOCs 含量之油墨，主要原因為大部分安全油墨使用客戶尚未面臨緊迫的 VOCs 改善壓力，而該公司在油墨調配及凡立水製造區未被法規要求減量，且周遭居民並未向地方環保機關或該公司提出異味陳情，更未造成空氣品質之不良影響。

SICPA 公司僅油墨調配桶清洗區之 VOCs 排放被環保機關列管，該公司作為專業生產油墨的工廠，墨桶的規模及數量都遠超過本廠，本廠是直接在戶外清洗小型墨桶，因此清洗墨桶的形式與該公司截然不同，自然該公司所產生的 VOCs 排放量也是更大，經與環境安全與衛生部門經理討論，該公司墨桶清洗區使用之溶劑為 white spirit (圖 7)，屬於石油類有機溶劑，國外有許多類似產品，但我國使用上仍較不普遍，彙整多份國外物質安全資料表後 (表 3)，white spirit 主要成分為碳數 9 至 12 之脂肪族碳氫化合物 (C9-C12)，資料顯示 VOCs 含量可達 100%，性質上比較類似本廠所使用的脂肪族碳氫化合物，因此推測該廠在墨桶清洗區之廢氣特性非常接近於本廠 101 廠房排放之 VOCs 廢氣。

表 3、供應商 white spirit 特性彙整

廠商	主要成分	EC number	VOCs 含量
RS Components	C9-C12 碳氫化合物	919-446-0	未登載
Barrettine	C9-C12 碳氫化合物	919-446-0	未登載
Bartoline	C9-C12 碳氫化合物	919-446-0	100%
Tupras	Stoddart Solvent	232-489-3	未登載
Tetrosyl	C9-C12 碳氫化合物	919-446-0	100%



圖 7、Barrettine 公司生產之 white spirit

5.空氣污染防制設備

SICPA 公司油墨製造工廠僅墨桶清洗區設置空氣污染防制設備，墨桶清洗區及空氣污染防制設備的位置如圖 6 所示，將清洗作業區隔離在獨立的廠房中，但未設置壓力監測儀錶，無法確認作業環境是否為負壓。設置空氣污染防制設備之目的，主要為符合瑞士當地環保規範，附近並沒有居民檢舉異味或噪音問題，目前檢測頻率為每 3 年執行 1 次檢測，根據最近檢測結果，風量約為 83 CMM，VOCs 濃度為 919 ppm，對比於本廠檢測結果（風量總和 600 CMM，VOCs 濃度 200 ppm）為低風量中等濃度之 VOCs 廢氣，顯示集氣效果不錯。



圖 8、墨桶清洗區 Google 街景圖

圖 8 為 2013 年的 Google 街景圖，該圖所示空氣污染防制設備為 25 年前設置之蓄熱式焚化爐 (Regenerative Thermal Oxidizer, RTO)，前年曾出現操作異常，SICPA 公司認為焚化爐中高溫會造成人員及廠房工安風險，且在 VOCs 廢氣濃度不穩定的狀況下，需要額外添加天然氣等燃料，以補充不足的熱值，導致操作上較無彈性，因此去年該公司便決議將焚化爐汰換為活性碳吸附塔，根據計算結果，預計每年換 3 次活性碳，參訪當時可見吸附塔本體已建置完畢，剩餘細部的施工尚未完成。

SICPA 油墨製造工廠設置之空氣污染防制設備，雖製程廢氣特性應於本廠相近，但本質上還是跟本廠需求有所落差，主要原因為如下：

- (1) 墨桶清洗與鈔券印製之生產週期不同
- (2) 當地之空氣品質良好，居民亦未有任何環保檢舉
- (3) 瑞士當局並未強力要求 VOCs 處理效率
- (4) SICPA 公司較為重視工安風險及操作性
- (5) SICPA 公司 25 年前已設置焚化爐

基於以上因素，SICPA 公司認為活性碳吸附塔更加適合該廠未來規劃，

體現了管制面、社會面、實務面及操作面上，該公司在面對 VOCs 空氣污染採取之解決方法，與我國及本廠之差異，客觀而言這沒有對錯之分，只能依照自身需求選擇最適合的空氣污染防治設備。

6.總結

先前透過電子郵件便了解到 SICPA 公司對於環境保護有許多獨到的見解及改善措施，而原先是預想能從油墨本身的 VOCs 含量著手，透過源頭減量以達成 VOCs 減量，實際參訪後才知道，其實油墨造成的 VOCs 反而不是主軸，因單就油墨製造或調配造成的空氣污染，瑞士政府並沒有透過法規去強制納管，反而 SICPA 公司是針對實際遇到的問題去改善，如配粉的粒狀污染物及特殊油墨的有害空氣污染物等，我國則往往不論實際狀況，全部齊頭式地納管，導致減量措施常常流於形式。

而有受到強制規範的是墨桶清洗區，雖然本質上並非有價證券印製生產，但基於相近的廢氣特性，仍是本廠可參考的珍貴資訊，也能了解到在各種不同面向的考量及思維下，為何 SICPA 公司是選擇活性碳吸附設備作為最終的解決方案。

五、製程改善

(一) Koenig & Bauer Banknote Solutions SA

1.簡介

Koenig & Bauer Banknote Solutions SA 為印刷設備之研發及展示中心，成立於 1952 年，位於瑞士洛桑，原名 Organisation Giori，1965 年合資成立 De La Rue Giori，直到 2001 年被 KBA 集團收購，並於 2011 年更名為 KBA-NotaSys，後於 2020 年定名為 Koenig & Bauer Banknote Solutions SA，主要業務為提供高安全性的印鈔技術及解決方案，據統計全球約 90%以上之鈔券印刷，皆是使用 Koenig & Bauer Banknote Solutions SA 開發之技術，而因應全國客戶需求，該中心提供客製化設計，滿足鈔券印刷高品質、高安全性及耐久之特性，近年則持續投入環境友善產品之開發，以減少有害化學物質、油墨及溶劑使用。

2.現場參訪

首先參訪的區域是 Koenig & Bauer Banknote Solutions SA 展示中心，示意圖如下圖 9，該中心空間非常大，陳列著許多印刷設備，參訪當下 KBA 公司正在籌備最新機種的發表會，工作人員都在緊鑼密鼓的測試，因此也沒有太多時間細探機器的空氣污染排放問題，本次參訪則主要針對最大污染源凹版印刷機進行討論，凹版印刷機在擦拭、印刷及供墨系統較容易揮發 VOCs，因應客戶需求，KBA 公司設計了圍封措施（擦拭系統遮罩及供應系統閘門），使得在作業期間污染源可處於近乎密閉狀態，後續再透過抽氣管線將 VOCs 廢氣抽至廢氣排放口，可銜接廠房管線將廢氣輸送至戶外或處理設備，詳細凹版印刷機之技術細節將於奧地利 Koenig & Bauer (AT) GmbH 設備組裝廠篇章說明。

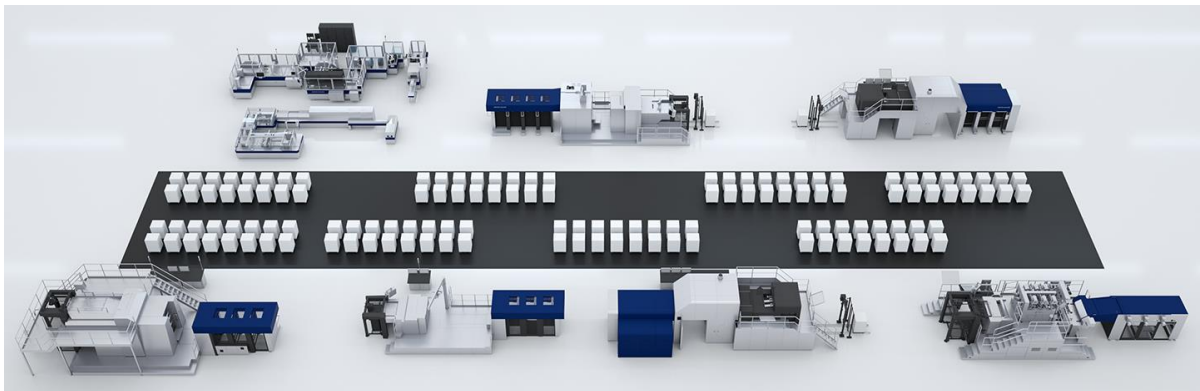


圖 9、Koenig & Bauer Banknote Solutions SA 展示中心示意圖

接著是參訪 PlateCoat 鍍鉻設備 (圖 10) 及 CTiP III (Computer To intaglio Plate III) 凹版製版設備 (圖 11)，兩者屬於有價證券印製生產印前 (Pre-Press) 製程中的印版製造，其中 PlateCoat 使用物理氣相層積 (Physical Vapor Deposition, PVD) 技術，實現六價鉻零使用、零產出、零鉻廢氣及零鉻廢水，CTiP III 則為凹版製版所需之設備，僅使用少量顯影及定影液，因使用上相對環境衝擊較小，故以下不針對該設備進行討論。

不公開資料

圖 10、PlateCoat 鍍鉻設備

不公開資料

圖 11、CTiP III 凹版製版設備

3.物理氣相沉積鍍鉻

印刷鉻版製造傳統上需要使用三氧化鉻電鍍鉻槽，但三氧化鉻中含六價鉻，已被證實對環境及人體有害，我國將三氧化鉻列為毒性化學物質，須具備許可證始得對毒性化學物質進行製造、輸入、輸出、販賣、運送、使用、貯存或廢棄等行為，歐盟則於 2017 年除部分特殊應用外，原則禁止使用六價鉻。

三氧化鉻在使用過程中會產生六價鉻廢氣及洗版廢水，PlateCoat 採用物理氣相層積技術，將在高溫真空之環境下，將原料加熱到蒸發 (Evaporation) 或濺射 (Sputtering) 的狀態，使其轉變成氣態，氣態原子或分子在真空中傳輸，並沉積在印版表面形成薄膜，由於原料為鉻板，不使用液態的毒化物三氧化鉻，因此不會產生六價鉻廢氣及廢水，僅印版清潔會產生少量非有害廢水，印刷鉻版製造方式比較整理於下表 4。此外，PlateCoat 使用上也更加自動化，並將工作區分為清淨區 (Clean Area) 及技術區 (Technical Area)，操作上所需人力更少，設備獨立在技術區將使產能更加穩定，且人員不容易暴露到化學品 (圖 12)。

表 4、印刷鉻版製造方式比較

不公開資料

不公開資料

圖 12、PlateCoat 工作區劃分

4.鈔券印製生產工廠規劃

Koenig & Bauer Banknote Solutions SA 作為鈔券印刷設備之最主要供應商，也參與了全球各地鈔券印製生產工廠之建廠規劃，近年來包含西班牙、墨西哥及印尼等國家都是其主要客戶，各國所需之鈔券印刷技術、產量、品質及規模截然不同，且各國面臨的環保問題亦不盡相同，因此該公司提供客戶客製化的印鈔設備、產線配置及附屬設備，如空氣污染相關之設備密閉操作、含 VOCs 化學品收集系統、排氣系統及火焰捕捉器等，以網版印刷設備為例，從印刷、貯存、清洗、研磨、熱固化、排氣、電力及乾燥系統，皆能依客戶需求進行配置 (圖 13)，並將印鈔設備所需參數彙整於表格中 (圖 14)，客戶可輕鬆地將印刷設備與廠房銜接，並符合自身鈔券印製生產需求及當地主管機關規範。

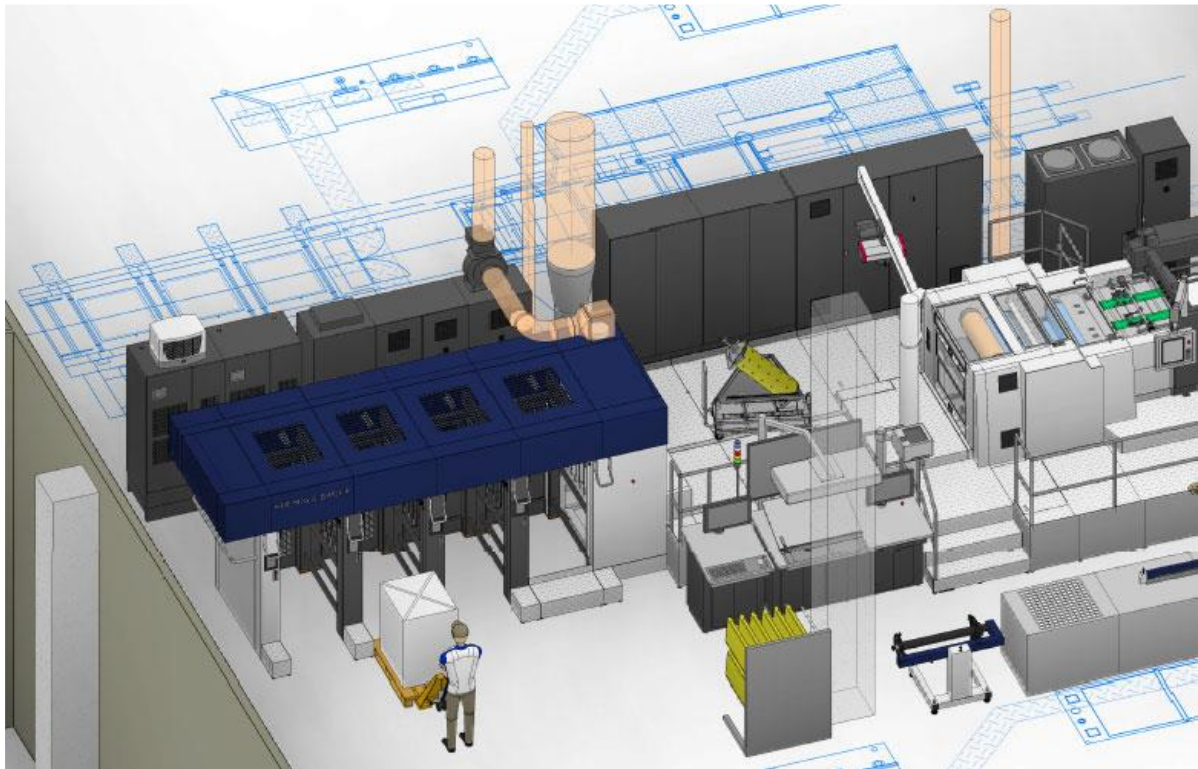


圖 13、網版印刷設備配置圖

46	1-002-399-042	SCREEN SOLDERING DEVICE II	E 46 POWER REQUIRED MAX. PHASE VOLTAGE FREQUENCY P 46 HIGH PRESSURE COMPRESSED AIR FLOW RATE CONSUMPTION PRESSURE (min)	260 W 1 ph. -N+E 230 / 115 V 50 / 60 Hz 1 Nm3/h Random use 6 bar	1	1-002-355-878	NOTASCREEN II DUAL CURE	P 1 HEAT LOAD MAX. HEAT LOAD DURING PRODUCTION HIGH PRESSURE COMPRESSED AIR CONSUMPTION PRESSURE (min/max)	37700 kcal/h 21820 kcal/h 223 Nm3/h 8-10 bar
47	1-002-399-045	MOUNTING DEVICE FIRST COLOUR			2	1-002-355-878	EXHAUST FAN PRINTING GROUP WHEN INTERMEDIATE UV DRYER	X 2 EXHAUST DUCT FLOW RATE TEMPERATURE OUTLET DUCT TYPE DISTANCE TO OUTSIDE MAX.	Ø 250 mm 1500 m3/h 36 °C GALVANIZED STEEL 10 m + 3 x 90° PIPE BENDS
48	1-002-399-046	STATIONARY STORAGE DEVICE SCREEN CYLINDERS			3	1-002-355-878	MAIN ELECTRICAL CABINET	E 3 POWER REQUIRED MAX. POWER REQUIRED DURING PRODUCTION CURRENT FUSE (CUSTOMER SIDE) PHASES MAX CABLE SECTION (CU) SHORT CIRCUIT CURRENT RATING M 3 VPN CONNECTION VIA INTERNET	44 kVA 30 kVA x A 250 A 3 ph + PEN 120 mm2 50 kA
49	1-002-399-047	MOBILE STORAGE DEVICE SCREEN CYLINDERS			5	1-002-355-878	CONTROL CONSOLE WITH SCREEN SAVE XT		
50	1-002-446-425	SCREEN CLEANING DEVICE II	E 50 POWER REQUIRED MAX. PHASES P 50 HIGH PRESSURE COMPRESSED AIR FLOW RATE PRESSURE CONSUMPTION S 50 SOLVENT IN R 50 SOLVENT OUT X 50 EXHAUSTED AIR TO THE OUTSIDE EXHAUST PIPE DIAMETER FLOW RATE STATIC PRESSURE DISTANCE TO THE OUTSIDE NOTA : IF THE DISTANCE IS MORE THAN 10 METERS, THE CUSTOMER HAVE TO PROVIDE AN ADDITIONAL EXHAUST FAN. MATERIAL	1 kW 3 ph + E 1200 l/min 8 bar Random use Ø 1 " Ø 100 mm 500 m3/h 450 Pa MAX. 10 m GALVANIZED STEEL	6	1-002-399-025	2nd PRINTING UNIT		
					7	1-002-399-104	INTERMEDIATE DRYER UV		
					8	1-002-399-104	INTERMEDIATE DRYER UV EXHAUST FAN	X 8 EXHAUST DUCT FLOW RATE TEMPERATURE OUTLET DUCT TYPE DISTANCE TO OUTSIDE	Ø 150 mm 290 m3/h 50-60 °C GALVANIZED STEEL 10 m + 3 x 90° PIPE BENDS
51	1-002-399-135	SQUEEGEE GRINDING MACHINE SM 1200 TT NM	E 51 POWER REQUIRED CONNECTION : SOCKET : 5 x 16A CLOCKWISE PHASE SEQUENCE VOLTAGE FREQUENCY	2 kW 400 V 50 Hz	9	1-002-399-104	INTERMEDIATE DRYER UV ELECTRICAL CABINET	E 9 ESTIMATED HEAT LOAD MAX. POWER REQUIRED MAX. FUSE (CUSTOMER SIDE) PHASES MAX CABLE SECTION (CU)	3096 kcal/h 23 kVA 50 AgG 3 ph + PEN 1 x 185 or 2 x 70 mm2

圖 14、網版印刷設備各系統參數

5.VOCs 濃度測試

為評估大張檢查號碼印刷機 (圖 16) 排放之 VOCs，Koenig & Bauer Banknote Solutions SA 自行使用光離子化檢測儀 (Photo Ionization Detector, PID)

(圖 15) 進行 VOCs 濃度檢測，檢測符合 ISO 17025 規範，測試濃度單位為 mg/m^3 ，在 0°C 及 1 大氣壓下，以甲烷濃度轉換為 ppm 表示，詳細測試結果整理於下表 5。



圖 15、光離子化檢測儀



圖 16、大張檢查號碼印刷機 VOCs 濃度測試示意圖

本次測試僅為展示工廠的設備 VOCs 濃度檢測，不能直接與實際有價證券印製生產工廠的 VOCs 濃度比較，雖然大張檢查號碼印刷機沒有進行密閉

負壓操作，但在妥善設置集氣系統之情境下，主要 VOCs 排放都會從廢氣排放口排出，而工作環境中員工所處的設備旁、控制台及油墨準備區皆沒有測得明顯 VOCs，因此當客戶選定鈔券所需製程之印刷設備後，在適當配置各空氣污染附屬設備後，應能妥善收集 VOCs 廢氣，並採行最有效率且經濟之防制技術。

表 5、大張檢查號碼印刷機 VOCs 濃度測試結果

測試位置	測試時間	檢測濃度 (mg/m ³)	檢測濃度 (ppm)
廢氣排放口 (印刷設備)	11:40-15:10	115.7	161.98
廢氣排放口 (熱風乾燥機)	11:40-15:10	16.3	22.83
廢氣排放口 (UV 燈)	11:40-15:10	55.3	77.42
印刷設備旁	10:00-15:20	3.1	4.34
控制台	10:00-15:20	3.7	5.18
油墨準備區	10:00-15:20	4.9	6.86

註：在 0°C 及 1atm 下，以甲烷濃度換算 mg/m³ 為 ppm

6.清洗溶劑選用

本廠清洗使用之通用溶劑經檢測分析為最主要 VOCs 排放源，Koenig & Bauer Banknote Solutions SA 亦彙整其印刷設備適用之清洗溶劑 (表 6)，自動清洗方面，主要使用的 Eurostar NV 及 Balkleen Nature，成分上非常接近本廠的多功能溶劑，因此可在源頭有效降低 VOCs 揮發，惟仍有使用接近本廠通用溶劑的 Farblöser，屬於不定時清洗使用，雖然本土廠商不一定有供應相同型號的溶劑，但本廠可透過物質安全資料表揭露之成分，詢問是否有相同成分的溶劑可供選用。

表 6、印刷設備適用之清洗溶劑

不公開資料

7.總結

有價證券印製生產製程空氣污染之改善中，Koenig & Bauer Banknote Solutions SA 在專業鈔券印刷設備的供應商基礎上，提供非常多解決方案，也針對大張檢查號碼印刷機進行 VOCs 濃度測試，更分析了該公司印刷設備適用之清洗溶劑，設備端除印刷機更加環境友善外，PlateCoat 鍍鉻設備成功地實現六價鉻完全汰換，於本廠環保管制中，相當於製版股不須納入固定污染源操作許可證，含六價鉻電鍍廢水零排放。該公司不僅只是設備供應商，亦能考量到客戶需求，設計更適合不同國家之系統性設備，無論未來印刷設備維修、升級或購置的需求，本廠若能夠進一步與該公司討論環保管制需求，進而評估更加適宜之設備規劃。

(二) Koenig & Bauer (AT) GmbH

1.簡介

Koenig & Bauer (AT) GmbH 為 KBA 公司的設備製造組裝廠，位於奧地利默德靈，是歷史悠久的印刷設備製造公司，2023 年成立滿 175 週年，在印刷技術領域有著豐富的經驗，近代專注於使用最先進技術製造鈔券及有價證券之印刷設備，該廠約 350 位員工，每年約出貨 20 至 25 台機器至全國各地客戶，

業務包含設計、製造、組裝和測試等環節，主要產品涵蓋平凸版印刷機 (Simultan Offset)、凹版印刷機 (Intaglio)、大張檢查號章印刷機 (Sheet Inspection and Numbering Press) 及後加工設備 (Finishing) 等，當客戶下單後，可前往該廠設備測試區進行試車，並在此確認印刷參數、機器配置及產品品質等，後續 KBA 公司會再將設備拆解運送至客戶處組裝。

2.現場參訪

參訪第一站為 Koenig & Bauer (AT) GmbH 設備生產組裝區 (圖 17)，組裝區地面設有導軌，上面設有吊軌，採用生產線化的組裝方式，透過不同的工作站，進行組裝及測試，並設有零件貯存區統一管理，每個工作站有獨立的領料口，輸入對應的資訊，即透過分配系統，將零件配送至工作站，人員可以精準且有效率取得對應零件，最後經由專業技師組裝零件及測試設備，整個生產線分工明確，並大幅提升物料分配效率。

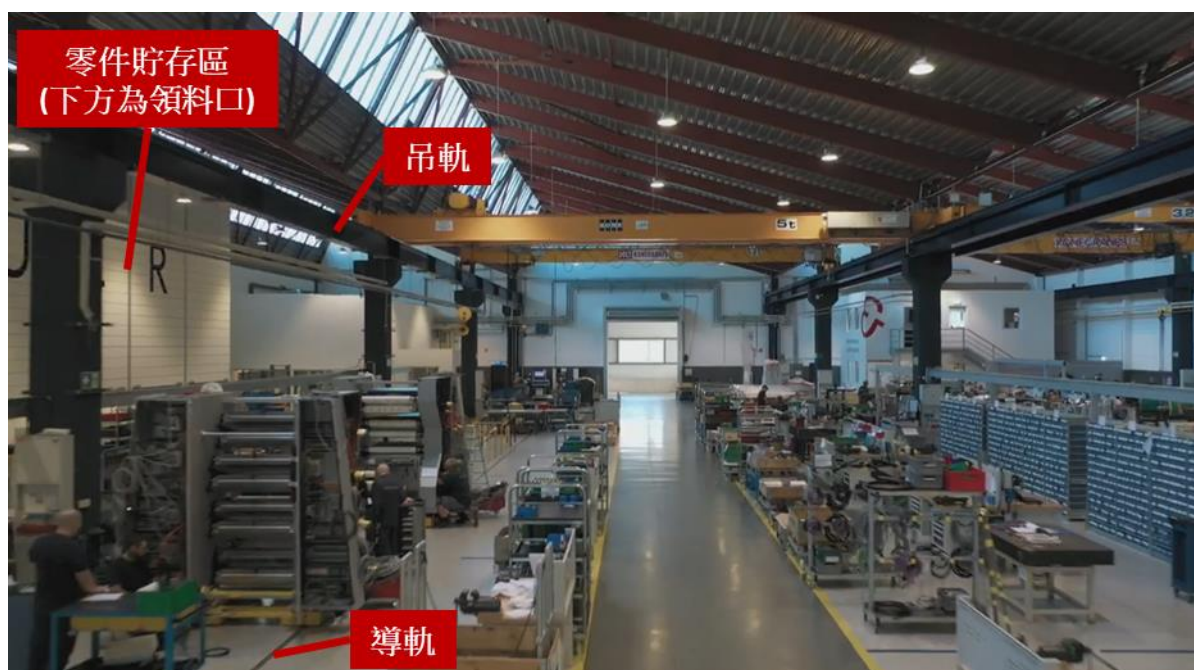


圖 17、Koenig & Bauer (AT) GmbH 設備生產組裝區

第二站為設備測試區 (圖 18)，作為設備出貨前試車及調校的場所，該區設置完整有價生產流程所需設備，已經可以視為一個小型有價證券印製生產工廠，少量地生產測試用有價證券，雖然屬於開放式的廠房，但可以看到設有許多排氣的管線，最特別是設備測試區的排風機、管線及排氣閥件就已固

定在建築上，每次交貨期測試的印刷設備會更換，但只要把特定印刷設備（如凹版印刷機及 UV 乾燥設備等）的管線與建築上的既有管線連結，即可將廢熱及廢氣由管線抽離印刷設備，成功在挑高及開放的廠房實現局部排氣，此部分若本廠採購新設備時，應可考量將此系統一併納入裝機。



圖 18、Koenig & Bauer (AT) GmbH 設備測試區

3.空氣污染防治設備

上述之 VOCs 廢氣排氣管線最終會匯流至活性炭過濾設備（圖 19），經由妥善處理後，才排放至戶外，惟該設備及管線的設計 KBA 公司都交由下游承包商負責維護及運轉，該廠僅了解排風機及活性炭過濾設備所需電力參數，在少量印刷測試的前提下，活性炭過濾設備確實非常適合作為批次操作處理 VOCs 廢氣，但在實際有價證券印製生產工廠中，可能會頻繁面臨到活性炭飽和，導致處理效果不彰，須更換活性炭的情況。



圖 19、設備測試區之活性炭過濾設備

4.SOI evo 凹版印刷機

凹版印刷機因製程及油墨特性，為有價證券印製生廠工廠的主要 VOCs 排放源，SOI (Super Orlof Intaglio) evo (圖 20) 為 KBA 目前最新的凹版印刷機型，其採模組化系統，延續並整合前幾代凹版印刷機之優勢，客戶可依自身需求加購系統升級，亦可處理多種印刷材料，包括紙張、塑料薄膜和鋁箔等，適應多種應用場景和行業需求，並配備先進的自動化控制系統，確保印刷品質一致性。其可分為飛達系統 (Sheet feeding)、紙張傳送系統 (Sheet infeed)、擦拭系統 (Wiping system)、印刷系統 (Printing system)、供墨系統 (Inking system)、檢測系統 (Inspection system)、收紙台 (Sheet delivery) 及中央控制台 (Control stations) 等八大部份。



圖 20、SOI evo 凹版印刷機

各部分的設計參數不在本報告中細述，其中主要產生 VOCs 廢氣之單元 (圖 21) 為擦拭系統、印刷系統及供墨系統，以下分述 3 種主要單元的特性：

(1) 擦拭系統

SOI evo 具備先進的自動擦拭功能，確保印版的清潔度，有效去除多餘的油墨及雜質，提高印刷精度，並使用高效且耐用的擦拭材料，能夠長時間保持擦拭效果，減少更換頻率和停機時間，據統計擦拭滾筒的清洗可在 8 分鐘內完成，若須更換滾筒，也能在 4 分鐘內完成，以上特性能有效降低溶劑及油墨的使用量，間接降低 VOCs 排放，自動擦拭系統另可設置遮罩，降低擦拭單元與工作環境之接觸面，避免 VOCs 揮發。

(2) 印刷系統

SOI evo 配備高解析度印刷滾筒和先進印刷技術，能輸出細膩圖像和文字，滿足高品質印刷要求，模組化設計使得印版和印刷單元可以快速更換，縮短了調機時間，提高生產效率，先進的機械結構設計和高品質材料保證了印刷系統的穩定運行，減少故障率和維護成本。

(3) 供墨系統

SOI evo 配備精密控制技術，能夠精準控制油墨的供應量，確保均勻

上墨，自動化供墨系統可根據印刷速度和印刷面積，自動調節油墨供應，減少人工干預，提高印刷品質，以上皆能可節省高達 25% 的油墨使用量，間接降低 VOCs 排放，且設計上支持使用環保的水性油墨，供墨系統另可設置閘門，降低供墨單元與工作環境之接觸面，避免 VOCs 揮發。

以上特性可有效降低含 VOCs 原料之使用，由源頭進行 VOCs 減量，且若設置擦拭系統遮罩及供墨系統閘門，整個 SOI evo 主要產生 VOCs 廢氣單元便會形成一個近乎密閉的環境，減少 VOCs 直接揮發至工作環境中，最後透過擦拭、供墨及印刷 3 個系統的局部排氣管線，將 VOCs 集中至 SOI evo 上廢氣排放口排出，總排氣風量可依客戶要求介於每小時 1500 至 3000 立方公尺 (Cubic Meter per Hour, CMH)，SOI evo 的排放口更可接上廠房原有的排氣管線，進而串接至屋頂或戶外的空氣污染防制設備。

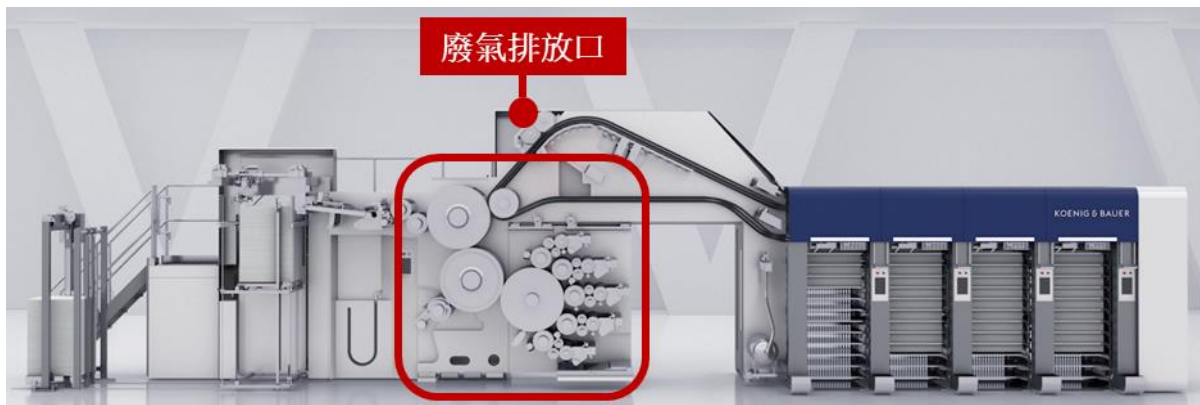


圖 21、SOI evo 主要產生 VOCs 廢氣單元及廢氣排放口

5.VOCs 濃度測試

為評估 SOI evo 在設置擦拭系統遮罩及供墨系統閘門之 VOCs，KBA 公司自行使用光離子化檢測儀 (Photo Ionization Detector, PID) (圖 15) 進行 VOCs 濃度檢測，檢測符合 ISO 17025 規範，檢測結果如下圖 22 所示，其僅為展示工廠的設備 VOCs 濃度檢測，不能直接與實際有價證券印製生產工廠的 VOCs 濃度比較，但仍可從 VOCs 濃度的趨勢中得出一些結論：

(1)SOI 控制台

因提升抽氣效率，在人員操作控制台，無論是否設置遮罩及閘門，

VOCs 濃度皆小於 10 ppm，人員僅暴露非常低劑量的 VOCs。

(2)SOI evo 擦拭滾筒

在抽氣效率提升的狀態下，無論是否設置遮罩，VOCs 濃度皆小於 20 ppm。

(3)SOI evo 印刷滾筒

位處核心區域的印刷系統，本身就是直接的 VOCs 排放源，無論是否設置閘門，VOCs 濃度都介於 100 ppm 上下，但在設置閘門的情境下，大部分的 VOCs 都會從上方廢氣排放口排出。

(4)SOI evo 供墨系統

緊鄰印刷系統，在設置閘門的情境下，VOCs 濃度從原先約 80 ppm 降低至 10 ppm，幾乎與控制台及擦拭滾筒處與相同的 VOCs 水平。

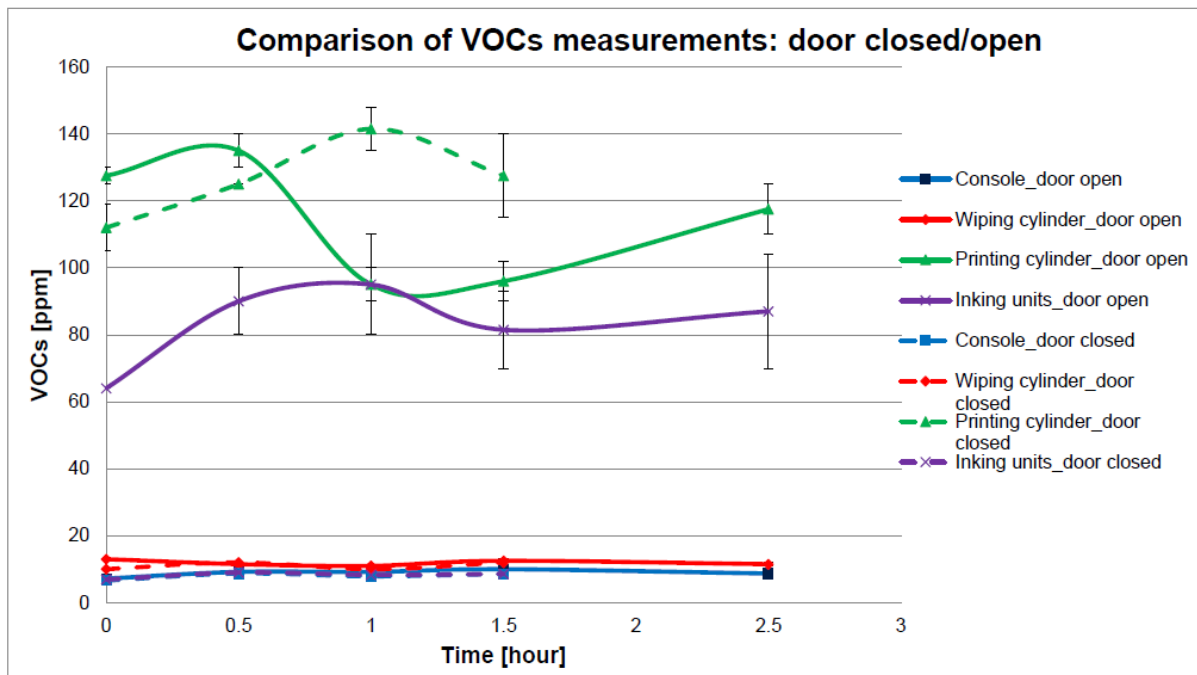


圖 22、SOI evo 遮罩及閘門開關之 VOCs 比較

綜上述分析結果，SOI evo 設置擦拭系統遮罩及供墨系統閘門後，雖非完全密閉負壓操作，但結果顯示集氣效率已接近 80 至 90%，這些設計都屬於印刷機器本身的模組化設計，因此在沒有額外增加排氣量的狀況下，就能有效將 VOCs 廢氣導流至排放口，最高排氣風量為 3000 CMH，實現低風量高濃度

的 VOCs 廢氣，以利後續進行處理。

6.總結

先前電子郵件往來時，並沒有取得太多 Koenig & Bauer (AT) GmbH 的資訊，但在空氣污染防制措施中製程改善這方面，是有許多值得借鏡之處，首先是在該廠的設備測試區，廠房型式非本廠的密閉負壓操作，但在廠房尺寸與本廠相近的狀況下，仍用建築既有的排氣管線實現了局部排氣，印刷僅需將原有的排氣管線銜接廠房管線，即能有效地將 VOCs 廢氣排出，接著是機器本身也確實更考量現代的環境安全衛生及環境保護需求，雖非直接設計空氣污染防制設備在印刷設備上，而是將機台產生廢氣透過設計更容易收集，能視客戶所需自行決定如何處理廢氣，並同時降低作業環境人員暴露 VOCs 之劑量，此外，新世代印刷設備具備更佳的參數調控、自動擦拭及自動供墨系統，這些設計都直接降低了含 VOCs 原物料的使用，在製程改善的基礎下，同時達成空氣污染防制措施中的源頭減量。

六、空氣污染防制設備

(一) G+D Currency Technology GmbH 印刷廠

1.簡介

G+D Currency Technology GmbH 印刷廠位於德國萊比錫，成立於 1852 年，為 G+D 公司創始廠房，G+D 公司業務涵蓋鈔券、信用卡、身分文件、SIM 卡等安全文件製造，近年更投入數據平台及區塊鏈技術，萊比錫印刷廠為該公司主要生產鈔券之廠房，該廠歷經戰爭破壞及東西德分裂，G+D 公司於 1991 年從東德私有化機構買回該廠，目前常駐員工約 450 人，2001 年起承接歐元印製，總產量達 4.5 億張，近年承接全球共 60 國家鈔券印刷業務，年產量自 2008 年由 18 億張增長至 2019 年 22 億張，該廠配備先進印刷設備，其中更包含全球唯一的 12 色平板印刷機，共有 2 條生產線，為德國過去印製馬克及現今印製歐元的重要印刷廠。

2.現場參訪

G+D Currency Technology GmbH 印刷廠位於建築林立的萊比錫市區，因該廠超過百年的歷史，歷經數次重建及擴建，本次參訪主要地點為新廠房及舊廠房的作業區 (圖 23)，參訪前先在該廠周圍環繞了一圈，讓我非常驚訝的是，即便是數十年，甚至是數百年的建築，外觀上還是跟市景非常融合，無法想像這是一個年產量達 20 億張鈔券的印刷廠，雖然可以明顯看出建築的舊與新，不過視覺上仍覺得非常和諧 (圖 24)，唯一的瑕疵是受限用地，廠房的布局比較雜亂，但整體瑕不掩瑜，第二個明顯感受是走在路上完全沒有聞到印刷的異味，顯示該廠在排氣、異味處理及空氣污染防制肯定下了苦心。

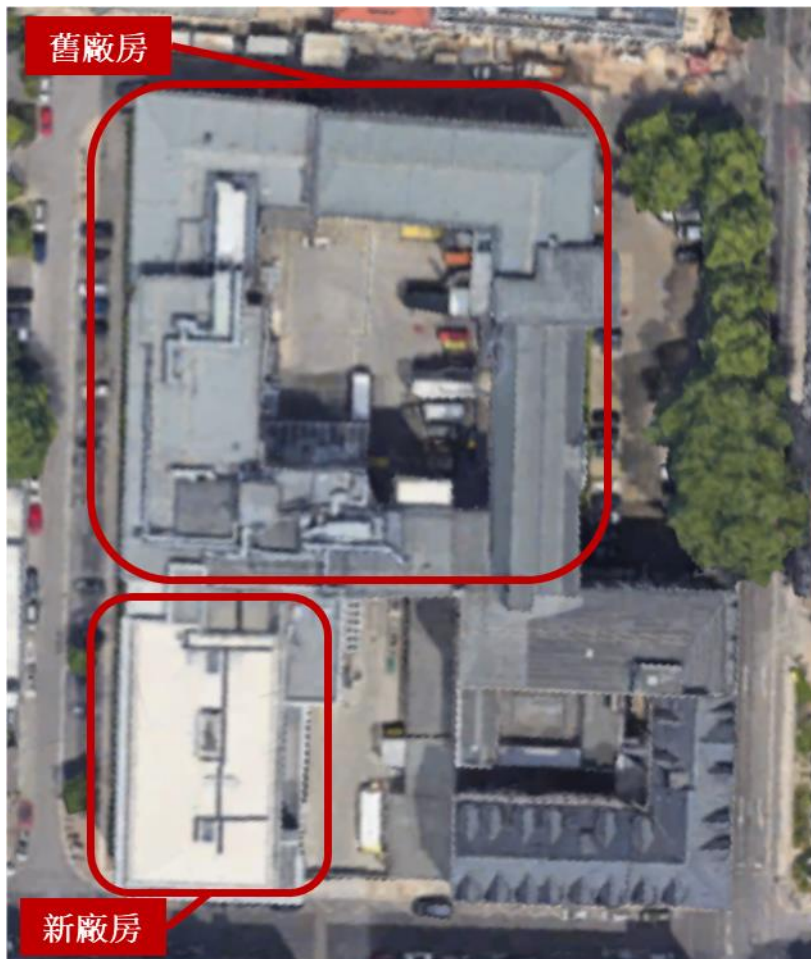


圖 23、新舊廠房衛星圖



圖 24、新廠房外觀

首先參訪舊廠房作業區，進入作業區前，須更換訪客用防護衣、安全鞋及警示背心，並管制手機及相機等器材，大部分的印刷設備都位於舊廠房，如網版印刷機 Notascreen、平版印刷機 Super Simultan、凹版印刷機 Super Orlof Intaglio 及號章印刷機 Super Numerota 等設備，設備的配置感受上是比較壅擠的 (圖 25)，但在用地受限的情況下，這樣的設計實屬合理。

經過自動閘門後，來到新廠房作業區，整體環境就與舊廠房截然不同，空間方正且挑高 15 公尺以上 (圖 26)，甚至比本廠 101 廠房都還高，該廠新廠房並沒有將空間全部配置完畢，比較主要的設備包含印後塗佈設備及 12 色平版印刷機，接著進到空調機房，舊廠房位於作業區同層的隔間，新廠房則位於建築最高層，空調箱內置活性炭濾網，同時處理廠房內回風內氣及室外外氣。



圖 25、舊廠房作業區實景



圖 26、新廠房作業區實景

最後參訪屋頂的廢氣管線及空氣污染防制設備，在有限的空間中，該廠巧妙地將輸送至屋頂廢氣管線（圖 27）及處理後廢氣排放管道（圖 28）藏在工廠內部，因此在該廠四周環繞，也完全不會察覺這裡是個高產能的印刷廠，屋頂衛星圖如下圖 29，此外，即使屋頂充滿錯綜複雜的廢氣管線，因高度皆不高，地面上視覺幾乎是完全沒有影響，而比較無形的空氣品質方面，VOCs 經由活性碳吸附設備處理後，低排放量也不致造成臭氧等光化學污染，核心問題在於印刷異味，該廠則透過電漿除臭再過濾換氣設備，解決了居民面臨的異味問題，以下將進一步說明空氣污染管制法規、廢氣收集及空氣污染防制細節。



圖 27、輸送至屋頂廢氣管線



圖 28、處理後廢氣排放管道

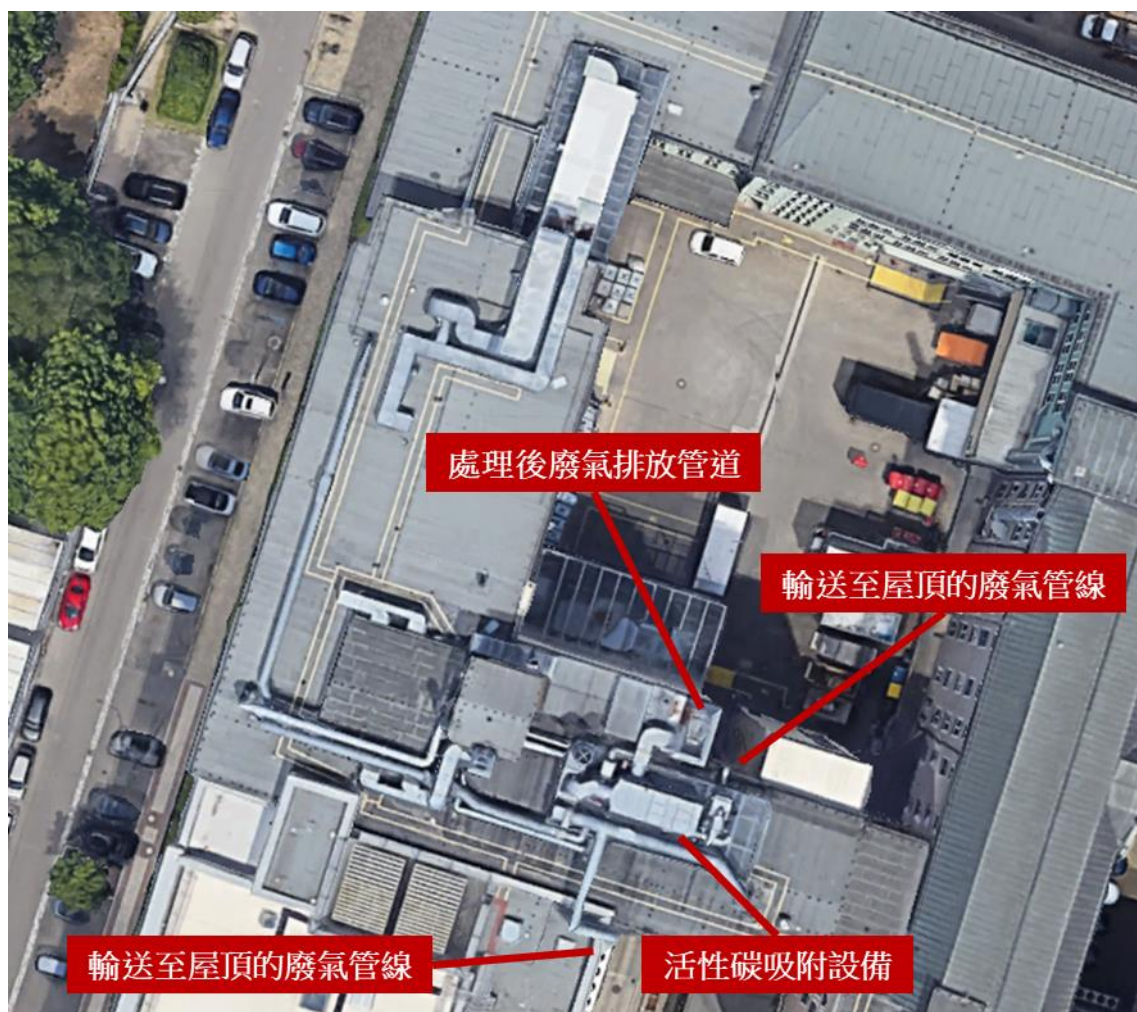


圖 29、屋頂衛星圖

3.空氣污染管制法規

德國為歐洲聯盟成員國，歐盟的法規 (Regulations) 和指令 (Directives) 有不同的法律約束力和實施要求，指令是對成員國具有法律約束力的立法文件，成員國必須在規定的期限內將指令轉化為本國法律，並確保實施，而歐盟法規和決議則具有即時法律效力，成員國必須直接遵守其規定，無需轉化。歐盟主要透過工業排放指令 (Directive 2010/75/EU) 管制境內工廠的 VOCs 排放，該指令整合並取代綜合污染防治與控制指令 (Directive 96/61/EC) 及揮發性有機化合物排放指令 (Directive 1999/13/EC)，規範更加廣泛的工業活動，其主要規範如下：

- (1) 設立更嚴格的排放標準及監測要求
- (2) 工業設施須獲得環境許可證
- (3) 實施綜合污染防治與控制措施

在工業排放指令 (Directive 2010/75/EU) 的基礎下，德國聯邦政府訂定聯邦排放控制法 (Bundes-Immissionsschutzgesetz, BImSchG) 及聯邦排放控制法條例 (Bundes-Immissionsschutzverordnung, BImSchV)，與印刷業 VOCs 相關之條文整理於下表 7，德國政府於 Directive 2010/75/EU 的基礎下，在 BImSchG 訂定了不同許可審查程序，可分為 G 類及 V 類許可，其中 4. BImSchV 以印刷業溶劑消耗量作為分類許可的依據，在所有須設置許可證的工業活動中，都必須滿足 31. BImSchV 的排放標準。

表 7、德國 VOCs 相關法規整理

法規名稱	概述	相關條文
BImSchG	許可種類規範	§ 10：G 類許可為完整許可程序，包括全面的審查和公眾參與。 § 19：V 類許可為簡化許可程序，不需要全面的環境影響評估，也沒有公眾參與。

法規名稱	概述	相關條文
4. BImSchV	印刷業設置適用許可種類	Anhang 1 5.1.1.1: 印刷設備溶劑消耗量大於 150 kg/hr 或 200 ton/yr，適用 G 類許可及歐盟 Directive 2010/75/EU；印刷設備溶劑消耗量介於 25-150 kg/hr 或 15-200 ton/yr，適用 V 類許可
31. BImSchV	凹版印刷 VOCs 排放標準	Anhang III 1.2: 可採行吸附或甲苯回收技術 1.2.1: 排放限值為 20 mg/m ³ (28 ppm) 1.2.2: 總排放量限值為溶劑使用量的 5% 1.2.3: 逸散排放限值為溶劑使用量的 2.5%
31. BImSchV	其他印刷活動排放標準	Anhang III 1.3.1: 排放限值為 50 mg/m ³ (70 ppm)，如使用熱燃燒技術為 20 mg/m ³ (28 ppm)，如使用生物處理技術則為 90 mg/m ³ (126 ppm) 1.3.2: 溶劑使用量介於 15-25 ton/yr，逸散排放量限值為溶劑使用量 25%；溶劑使用量大於 25 ton/yr，逸散排放量限值為溶劑使用量 20%，如屬於 Directive 2010/75/EU 規範之工業活動為 12% 1.3.3: 總排放量限值為 0.3 kg VOCs/kg

註：在 0°C 及 1atm 下，以甲烷濃度換算 mg/m³ 為 ppm

依據 G+D Currency Technology GmbH 印刷廠自行評估結果，若以溶劑使用量及揮發比例計算，該廠每年共排放 43 公噸 VOCs，適用德國 VOCs 管制法規的 V 類許可，應滿足規範的排放限值，而該廠表示目前尚未設置許可證，

但明確表示未來萊比錫當地政府將要求該廠設置許可證，推測是鈔券印刷廠非屬當地政府首要改善對象，且許可種類非 G 類許可，亦非 Directive 2010/75/EU 規範之工業活動，而面臨即將到來的環保管制壓力，該廠其實在 VOCs 廢氣收集及空氣污染防治都已經有對應的措施。

4.VOCs 廢氣收集方式

G+D Currency Technology GmbH 印刷廠在舊廠房及新廠房作業區都設有排氣系統，該廠舊廠房屬正常樓高，配置鈔券各製程印刷機，可分為局部排氣及整體換氣，局部排氣包含氣罩及密閉圍封，一般氣罩 (圖 30) 主要用於特定 VOCs 污染源，其異味及揮發性相對低，不須完全密閉即可有效抽氣，密閉圍封則用於異味及揮發性相對高的污染源，如 UV 及烘乾單元，設有獨立的抽風馬達，抽氣風量為 800 m³/hr，舊廠房的密閉圍封單元會直接搭配電漿處理設備 (圖 31)，主要將異味去除，並降解部分的 VOCs，各個局部排氣的幹管會再匯流成主幹管，並由主幹管將廢氣抽至屋頂處理，因部分印刷機未設置任何抽氣管線，舊廠房內仍可聞到印刷異味，因此在部分對外窗亦設置抽風機，作為工作環境的整體換氣，並透過管線將廢氣輸送至屋頂處理。



圖 30、印刷機氣罩



圖 31、密閉圍封搭配電漿處理設備

新廠房挑高建築，機器部分參訪當下僅配置塗佈機及 12 色平版印刷機，以塗佈機為例，將 VOCs 污染源密閉圍封排氣 (圖 32)，設有獨立抽氣馬達，並可透過氣閥控制，目前排風量設定為 $900 \text{ m}^3/\text{hr}$ ，各個排氣單元會再匯流至主幹管中，並設有電漿處理設備，由主幹管末端將電漿打入主幹管中，接著主幹管會將廢氣導流至建築最高樓的濾網，確保異味完全去除後，再將經由電漿過濾系統 (圖 33) 處理的廢氣輸送至屋頂處理，新廠房建廠當下已考量到換氣系統，且目前還有部分空間尚未配置印刷機，因此工作環境也幾乎聞不到任何印刷異味。整體而言，G+D Currency Technology GmbH 印刷廠新舊廠房，假設對外窗屬於常閉的狀態下，已接近達成整個廠房密閉，惟當地政府並未要求該廠進行壓力監測。



圖 32、塗佈機之密閉圍封排氣

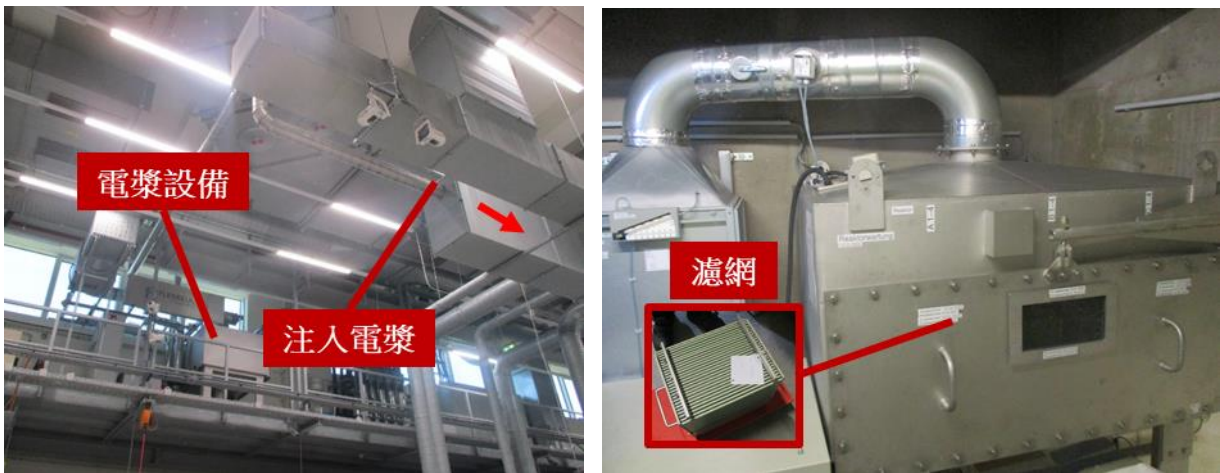


圖 33、電漿過濾系統

5.空氣污染防制設備

G+D Currency Technology GmbH 印刷廠在主要 VOCs 污染源都已透過電漿處理設備將異味及部分 VOCs 去除，無論新舊廠房的廢氣最後都會集中到屋頂的空氣污染防制設備，該廠目前採用 1 套活性炭處理設備 (圖 34) 吸附廢氣中 VOCs，在廢氣收集確實的狀態下，該廠不須設置很大型的處理設備，惟

該廠因尚未設置許可證，故未對廢氣濃度進行監測，依據該廠自行以質量平衡計算之 43 公噸年 VOCs 排放量，經由電漿初步降解後，並經活性炭吸附後，假定處理效率 60%，估計 VOCs 實際排放量落於 20 公噸以下，而該設備是採用熱再生活性碳，趁著製程歲修或停機時間，利用觸媒加熱活性炭，將飽和活性炭中的 VOCs 燃燒分解，並設有獨立的排放管道，目前每年約再生 2-3 次，目前該套設備的維護是交由簽約的承包商負責。

經詢問該廠是否考慮採用其他處理技術，該廠表示廢氣焚化處理技術有工安風險的疑慮，且廢氣產源不穩定會導致處理效果不彰；溶劑回收技術不確定能否適用鈔券印刷之化學品，故該廠選用吸附技術。在如此完善的廢氣收集及處理系統下，該廠即使位於建築林立的市區，也幾乎感受不到印刷異味，且未對空氣品質造成影響，未來若設置許可證，也僅須滿足地方政府規範之申報或監測事項即可，不用另外增設處理系統。



圖 34、活性炭處理設備及其再生系統

6.總結

G+D Currency Technology GmbH 作為一個歷史比本廠更加悠久的鈔券印刷廠，有非常多值得學習的地方，但同時這也是許多關鍵因素導致的差異，如政府管制、設備年限、空氣品質及居民反應等，過去本廠曾多次參訪該廠，但大多聚焦在印刷技術的學習，本次實習是首次以空氣污染作為主題與該廠交流，在 VOCs 減量措施中，空氣污染防制設備是最立即有效的方式，但大多時候都需要付出極大的成本，主要因製程設備在設置當下，往往沒有考慮到空氣污染防制的需求，導致無法在原有基礎下重新設計，最直接的例子就是廢氣收集系統，當原先無考慮到收集廢氣，日後要再加裝設備往往會遇到很多困難。

該廠卻巧妙地克服了這個問題，在舊廠房成功加裝局部排氣系統，且原先是為了解決居民對印刷異味的抗議，新廠房則在建置前就已考量到廢氣收集問題，成功在挑高廠房中達成廢氣的妥善收集，最後透過屋頂的活性碳處理設備吸附廢氣中 VOCs，值得一提的是目前該廠不須設置許可證，但除了未進行檢測外，已近乎達成未來的法規要求，更加證實了該廠在面對環保議題上的先進思維，並非是等到期限逼近，才處心積慮地請求主管機關展延。

(二) OeBS GmbH

1.簡介

OeBS 全名 Österreichische Banknoten- und Sicherheitsdruck GmbH，位於奧地利維也納，成立於 1816 年，原是奧地利國家銀行設立的印刷部門，在 2000 年經由重組後，改制成立 OeBS 公司，主要目的為提高運營效率，使 OeBS 公司能夠在高安全性印刷領域更加靈活地運作和競爭，同時也使得 OeBS 公司能夠更好地專注於擴展其業務，包括為其他國家和國際組織提供印刷服務，改制後奧地利國家銀行仍然保持對 OeBS 公司的全資擁有權，目前該廠共擁有約 160 位員工，僅 1 條產線，年產量達 6.5 億張，為奧地利主要印製歐元的印刷廠。

2.現場參訪

OeBS GmbH 位於維也納舊城區附近建築林立的地區，外觀是一棟非常現代化的建築，甚至還比周遭的建築新穎，不過整體外觀還算協調，一樣也先在該公司附近環繞了一圈，因為完全沒有印刷異味，很難察覺到這裡是一個印刷工廠，該公司內部有部分區域是奧地利國家銀行使用，印刷區域獨立在一個長方體廠房中。



參訪當下正在印製歐元，依據該公司及歐盟的標準作業流程，歐元印製過程中不得有外部人員進入印刷廠房，因此很可惜沒能進入現場了解設備配置、空調排氣及空氣污染處理狀況，並感受作業中的工作環境空間及異味強度，據該公司所述，印刷廠房廢氣僅透過空調設備進行過濾，並未額外設置空氣污染防制設備，而印刷廠房樓頂也未設置排放管道，顯示在該公司目前的印刷條件下，僅透過空調設備過濾，就能符合當地政府環保要求，且未造

成鄰近居民的異味問題，以下先就管制法規進行探討，再細部討論其他空氣污染防制措施。

3.空氣污染管制法規

OeBS GmbH 位於奧地利，屬歐洲聯盟成員國，須遵守歐盟工業排放指令 (Directive 2010/75/EU) 之相關 VOCs 規範，因此該國訂定了空氣排放法 (Emissionsgesetz) 以滿足上述指引要求，該法第 20 至 21 條訂定之許可證條件、污染防制及排放標準皆依循 Directive 2010/75/EU 規範，並要求工廠每年須向監管機構提交上一年度的排放數據，監管機構則必須每 3 年向國會提交報告，內容包含空氣污染物現況、排放趨勢、預測及現行措施之效果，本報告將奧地利相關空氣污染管制法規之內容整理於下表 8。

依據 OeBS GmbH 每年提交給監管機構的排放數據，去年以溶劑使用量計算之排放量為 9509 公斤，此結果遠低於應設置環保許可證的門檻，距離應符合有機溶劑設施排放標準的最低門檻 15 公噸也還有一段距離，因此論法規面，該廠確實不須設置空氣污染防制設備，僅須每年提交排放數據證明供監管機構。

表 8、奧地利 VOCs 相關法規整理

法規名稱	概述	相關條文
Emissionsgesetz	許可證規範	<p>§ 21：申請許可證時，必須提供設施詳細描述，包括使用的技術、設備、排放控制措施、廢物管理及環境影響評估，另須包含排放限值、操作參數和監測要求，這些要求基於最佳可行控制技術 (BAT)，以確保對環境的影響最小化。</p> <p>§ 21a：任何被歐盟工業排放指引 (Directive 2010/75/EU) 所涵蓋的設施，必須根據該法規取得許可證，並遵守該指引綜</p>

法規名稱	概述	相關條文
		合污染預防與控制要求 § 25：所有設施必須測量其排放量，並在每年4月30日前向監管機構報告其年度排放數據。
Directive 2010/75/EU	許可證門檻	ANNEX I 6.7：針對表面處理（包括印刷、塗層、脫脂、防水、定型、塗漆、清潔或浸漬等活動）設施，若有機溶劑的消耗量超過 150 kg/hr 或 200 ton/yr，須申請環境許可證。
Directive 2010/75/EU	有機溶劑設施排放標準	ANNEX VII PART 2 1：平版印刷溶劑使用量介於 15-25 ton/yr，排放限值為 100 mg/m ³ (140 ppm)；溶劑使用量超過 25 ton/yr，排放限值為 20 mg/m ³ (28 ppm)。 溶劑使用超過 15 ton/yr，逸散比例限值為 30%。 3：其他凹版印刷溶劑使用量大於 15 ton/yr，排放限值為 100 mg/m ³ (140 ppm)。 溶劑使用介於 15-30 ton/yr，逸散比例限值为 25%；溶劑使用大於 15-30 ton/yr，逸散比例限值为 30%。

註：在 0°C 及 1atm 下，以甲烷濃度換算 mg/m³ 為 ppm

4.其他空氣污染防制措施

在確切了解 OeBS GmbH 管制現況後，仍向該公司詢問其他空氣污染防制措施，據公司每年向監管機構提交的排放數據，很明顯以溶劑使用量質量平

衡計算的排放數據很低，表示該公司溶劑使用量很少或高污染排放的溶劑都已汰換，該公司表示過去使用三氯乙烯進行清洗，此化學品對環境及生物體毒性大，且容易揮發，近年已陸續使用 ShellSol D70 及 Schnellreiniger 640 S 取代，成分分別為碳數 11 到 14 之脂肪族碳氫化合物 (C11-C14) 及石油類碳氫化合物，揮發比例相對低，另部分製程亦有使用丙酮進行清潔，除提交年度 VOCs 排放數據，為符合職安衛規定，該公司亦有監測作業環境之有機溶劑、粒狀污染物及丙酮濃度，並提交給職安衛監管機構，不過該監測報告為機密，因此無法得知實際數據。

後續與該公司透過廠房實景照片 (圖 35) 討論廠房狀況，廠房非常整潔明亮，高度約為 9 公尺，最舊之印刷設備使用約 25 年，但因印刷規模較小，還是和本廠配置有蠻大的落差，另可見印刷設備未設置任何局部排氣設備，僅透過照片中兩側柱子中的空調設備進行內氣循環及過濾，如此便可將廠房內的有機溶劑 VOCs 妥善處理，且不造成工作環境員工之危害。



圖 35、OeBS 廠房實景照片

5.總結

OeBS GmbH 在 VOCs 管制規範的門檻之外，因此免設置空氣污染防制設備，並非是因為鈔券印刷的特殊性，導致該廠排除監管，造成這個狀況的因素有很多，首先是歐盟 Directive 2010/75/EU 規範的非常明確，從設置許可證到有機溶劑運作設施都有詳細且完整的規範，本次報告也僅節錄與印刷業相關的部分，第二點是源頭減量，無論奧地利或歐盟規範，都非常關注有機溶劑使用及揮發比例，因此採用揮發性較低的有機溶劑就能有效降低源頭產生的 VOCs，第三點是製程設備的差異，即使是 20 年前的機種，製程操作條件與 50 年前一定有所差異，新世代機種投入的油墨及有機溶劑量相對較舊機種少，綜合以上 3 點因素，該公司的年排放數據才得以降低，脫離許可及有機溶劑規範監管，且不致於造成員工健康影響及居民異味危害。

七、其他環境措施

(一) G+D 公司超過濾擦拭溶液回收系統

G+D Currency Technology GmbH 印刷廠使用 Water Treatment GmbH (WTG) 公司規劃的超過濾擦拭溶液回收系統，該系統是一種高效的水處理技術，通過物理分離方式去除溶液中的污染物，超過濾膜通常為孔徑 0.01 至 0.1 μm ，能夠有效地攔截細菌、病毒、膠體、懸浮物和某些大分子有機物，允許水分子和一些小分子通過，實現擦拭溶液的再生及回收。

WTG 公司採用陶瓷濾膜，使用壽命長達 5 至 7 年，此材質可實現極高的回收比例，且避免了許多廢水處理所需化學品的使用，使用後擦拭溶液經收集後，先進入桶槽沉澱分離金屬成分，再經由濾膜過濾，約 95% 乾淨之擦拭溶液貯存至暫存槽，可供印刷設備使用，另約 5% 濃縮廢液進入緩衝槽中，經由乾燥機，將廢液乾燥成含水率 2% 以下之乾污泥，後續透過固體廢棄物處理程序處理，此為完全的零廢水產生系統，僅有部分污泥及乾燥機廢氣生成，廢氣另透過集塵器處理，以避免粒狀污染物排放至環境。

為維持系統流量平衡，須在濾膜系統加入 5% 的新擦拭溶液，以避免暫存槽

的乾淨擦拭溶液不足，另濾膜也須進行定期的清潔，使其維持在高分離效率，G+D 公司使用之超過濾擦拭溶液回收系統，成功讓該廠完成零印刷廢水產生的目標，主要原因為德國自來水供應有獎勵機制，如果排放之廢水小於使用之自來水，能抵扣繳納的水費，根據統計該廠每年共使用 40,000 公噸的自來水，其中 14,000 公噸在使用過程中揮發，僅少部分印刷外的廢水排放至都市下水道系統，使該廠水費負擔降低許多，該擦拭溶液回收系統另一特點是沉澱桶槽 (圖 36)，在廢水處理的廠房中內有大量桶槽，透過沉澱前處理讓陶瓷濾膜的有機負荷下降許多。



圖 36、沉澱桶槽

(二) KBA 公司 Aqua Save 擦拭溶液回收系統

KBA 公司自行研發的擦拭溶液回收系統 Aqua Save，經過多年演進及改良，目前主要處理單元為板框式壓濾機，壓濾機是一種廣泛應用於固液分離的設備，透過壓力驅動濾液通過濾布來分離固體顆粒和液體，該公司最新型號為 Aqua Save II WSR 2000 ZLD，回收效率可達 90 至 97%，使用後擦拭溶液經收集後，儲存於收集

槽，接著送至處理槽添加試劑 Dalsep，進行初步固液分離，後續進入中間槽添加過濾助劑，便送入板框式壓濾機處理，乾淨回收溶液經過濾後進入暫存槽，也在此槽補充流失的氫氧化鈉、土耳其紅油及軟水，當壓濾機達到設計壓力時，將清除墨渣污泥餅，剩餘之液體廢棄物，可透過真空蒸發及冷凝處理，實現廢水零排放，流程如下圖 37。

Aqua Save 系統整體而言較接近本廠的處理方式，使用的技術也是相同的，差別在於本廠經過濾後的溶液，尚無法達到回收需求，因此會再透過其他單元處理後排放，Aqua Save 能快速有效的處理擦拭溶液，且較不受溶液性質影響，惟在處理過程中，有許多單元須額外添加藥劑。

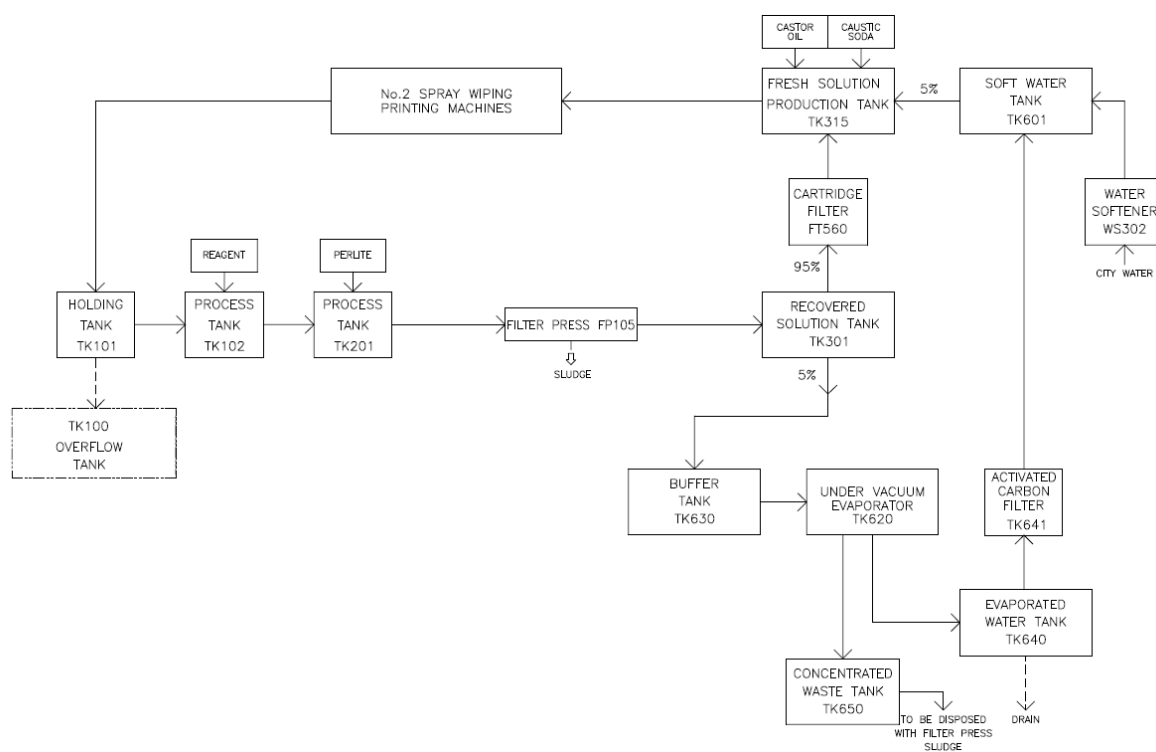


圖 37、Aqua Save II WSR 2000 ZLD 處理流程圖

(三) OeBS 公司 HIREC 擦拭溶液回收系統

OeBS 公司過去使用三氯乙烯進行擦拭，自 1990 年起嘗試研發替代技術，決定使用 HIREC 擦拭溶液回收系統，發展至今陸續與 Membraflow 及 KBA 公司合作，已成為可行之成熟技術，HIREC 系統主要處理單元是超過濾，回收效率可達 95% 以上，採用陶瓷濾膜，使用年限可達 5 年以上，透過濾膜管壁極細的小孔，僅乾

淨的擦拭溶劑能夠通過小孔，剩餘的溶劑則在系統內部循環，使用後擦拭溶液經收集後，先經由數個桶槽進行初沉澱，沉澱產生之濃縮污泥會定期排至污泥槽內，僅上層液進入濾膜單元 (圖 38)，濾膜單元含有 2 套循環幫浦，其中一套為輸送使用後擦拭溶液，另一套用於增加過濾流速，過濾後乾淨的擦拭溶液進入暫存桶內，每次過濾周期結束後，系統會自動排定使用乾淨擦拭溶液反沖洗，另每年須進行 2 次酸洗，過去使用清洗溶劑為檸檬酸，目前則使用硝酸，以上流程皆透過電腦自動控制，實現無人操作。

HIREC 擦拭溶液回收系統的運作，背後是很多細緻的操作參數設計，在回收過程中，完全不用添加任何化學藥劑，僅須注意陶瓷濾膜不耐物理衝擊，唯一在系統上產生的廢棄物是污泥槽的濃縮污泥，OeBS 公司則將排泥管線延伸至廠房外的閘門，定期委託業者進行抽泥，無廢水及空氣污染產生，該系統實際為一系列的處理流程，因此從擦拭溶液使用到回收完成需要一段時間，也意味著系統必須自動化連續操作。



圖 38、OeBS 公司 HIREC 擦拭溶液回收系統過濾單元

參、資料彙整

一、空氣污染管制法規彙整

在環保管制中，法規的存在扮演非常重大的角色，由於在資本主義的時代中，衡量企業成功的要素的就是獲利，而獲利自然與收入及成本息息相關，收入牽涉到產品的本質，在此不多加贅述，成本則可分為內部及外部成本，內部為企業本身負擔的成本，外部為不由企業負擔的成本，其中一個最主要的外部成本就是污染成本，在工業時代的發展過程中，環保觀念尚未發達，企業通常將廢水、廢氣、廢棄物及毒化物直接排放或棄置於環境介質中（如河川、海洋、大氣、土壤及地下水等），如此便將原本屬於企業自身的內部成本轉嫁至自然環境，由人類、其他動物及植物等來承擔這些污染帶來的健康影響，而實際上無論是環境或其他生物體，往往在無意識及無法選擇的狀態下承受環境污染的危害，且無力去負擔這些外部環境成本，大多數的外部環境成本更甚至在環境介質流布的過程中提高，如擴散後高風量中低濃度 VOCs 處理成本極高。

因應上述問題，最有效的解決方式就是由企業自身負擔這些環境外部成本，在製造階段將這些污染妥善處理，惟對企業而言，這些環境外部成本在無強制要求的情況下，企業認為自身沒有義務負擔，即使對環境或生物體造成危害，企業的獲利還是能提高，因此透過環保管制法規的制定，能要求產生污染的企業自行負擔這些環境外部成本。

然而實際的情況非常複雜，不同產業產品的毛利率截然不同，低毛利率的產品加上環境外部成本很有可能導致虧損，因此大多數法規都會因應不同的行業訂定不同標準，取決於該產品的污染量體、污染特性及產品毛利等，以我國政府初擬的「凹版印刷業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」草案為例，雖然僅針對凹版印刷業獨立訂法，但凹版印刷的不同產品仍有非常大的差異，可能使某些企業獲利受到非常大的影響。綜上所述，環境污染成本的特性必須透過法規強制使企業落實外部成本內部化，但標準的訂定會非常顯著的影響企業，因此本報告將彙整實習地點所在國家之空氣污

染管制法規，並與我國現行管制法規比較。

(一) 許可證管理

環保許可證制度是一種環境管理工具，通常規範於法規中，用於監測和控制各類生產活動對環境的影響，此制度要求企業設施及生產活動在營運前，獲得政府或環保機構的許可，並遵守相應的環保標準和條件，表 9 彙整之有價證券印製生產工廠相關許可證管理法規。

表 9、許可證管理法規彙整

國家	法規內容	法源
臺灣	<p>附表批次四</p> <p>從事凹版印刷作業程序，且油墨總設計或總實際年用量為五公噸以上者應設置「凹版印刷作業程序」固定污染源操作許可證，僅使用水性油墨者，不在此限。</p>	<p>第一批至第八批公私場所應申請設置、變更及操作許可之固定污染源</p>
瑞士	<p>Art. 12</p> <p>任何營運或計畫設置排放空氣污染物設施者，必須向當局提供以下資訊：</p> <p>a.排放空氣污染物的性質和數量</p> <p>b.排放位置、離地高度及其隨時間之變化</p> <p>c.評估排放所需之其他特徵</p> <p>Art. 13</p> <p>應確保空氣污染物排放符合限值，應自行或委託第三方進行排放測量或控制。</p> <p>註：瑞士法規並沒有許可證管理規範，而是將相應的監測及條件等規範至母法中</p>	<p>Ordonnance sur la protection de l'air, OPAIR</p>

國家	法規內容	法源
德國	<p>Anhang 1 5.1.1.1</p> <p>印刷設備溶劑消耗量大於 150 kg/hr 或 200 ton/yr，適用 G 類許可及歐盟 Directive 2010/75/EU；印刷設備溶劑消耗量介於 25-150 kg/hr 或 15-200 ton/yr，適用 V 類許可</p>	4. BImSchV
奧地利	<p>§ 21</p> <p>申請許可證時，必須提供設施詳細描述，包括使用的技術、設備、排放控制措施、廢物管理及環境影響評估，另須包含排放限值、操作參數和監測要求，這些要求基於最佳可行控制技術（BAT），以確保對環境的影響最小化。</p> <p>§ 21a</p> <p>任何被歐盟工業排放指引 (Directive 2010/75/EU) 所涵蓋的設施，必須根據該法規取得許可證，並遵守該指引綜合污染預防與控制要求</p> <p>§ 25</p> <p>所有設施必須測量其排放量，並在每年 4 月 30 日前向監管機構報告其年度排放數據。</p>	Emissionsgesetz
歐盟	<p>ANNEX I 6.7</p> <p>針對表面處理（包括印刷、塗層、脫脂、防水、定型、塗漆、清潔或浸漬等活動）設施，若有機溶劑的消耗量超過 150 kg/hr 或 200 ton/yr，須申請環境許可證。</p>	Directive 2010/75/EU

(二) 排放限值

空氣污染排放限值是指政府或相關機構為控制空氣污染，保障公眾健康和環境品質，對於各類污染源（如工廠及交通運具等）所排放之污染物，設定最高之允許排放濃度或特定時間段之排放總量，這些限值依據不同空氣污染物特性、健康危害、環境影響、技術及經濟可行性來制定，排放限值是環境保護政策中的重要組成部分，對於減少空氣污染及改善空氣品質具有重要意義，表 10 彙整各國之有價證券印製生產工廠相關排放限值法規。

表 10、排放限值法規彙整

國家	門檻	排放限值	法源
臺灣	第四條及第五條 註：本草案尚未訂定，上述內容來源為環境部舉辦之凹版印刷業者說明會		凹版印刷業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準（草案）
	含 VOCs 之原物料年許可用量 50-120 公噸	防制設備處理效率達 92% 或排放濃度低於 40 ppm	
	含 VOCs 之原物料年許可用量超過 120 公噸	防制設備處理效率達 97% 或排放濃度低於 80 ppm	
臺灣	(九)排放量計量相關規定 註：僅適用於應依法設置固定污染源操作許可證之業者		環保局印刷作業程序之空氣污染防制技術指引
	揮發性有機物年許可申請或核發排放總量 20 公噸以上者	其揮發性有機物排放削減量 $\geq 50\%$ ，並於 117 年 1 月 1 日起排放削減量 $\geq 60\%$ 。	
	未達 20 公噸者	其揮發性有機物排放削減量 $\geq 25\%$ ，並於 117 年 1 月 1 日起排放削減量 $\geq 40\%$ 。	

國家	門檻	排放限值	法源
瑞士	613-614		Ordonnance sur la protection de l'air, OPAIR
	適用於塗料及印刷業，溶劑 VOCs 排放量以總碳表示，如排放 VOCs 質量流率超過 3 kg/hr	排放 VOCs 濃度不得超過 150 mg/m ³ (210 ppm)	
	當印刷機排放 VOCs 質量流率大於 250 g/hr	排放 VOCs 濃度不得超過 20 mg/m ³ (28 ppm)	
德國	Anhang III 1.21-1.2.3		31. BImSchV
	凹版印刷設備溶劑消耗量超過 25kg/hr 或 15 ton/yr	排放限值為 20 mg/m ³ (28 ppm) 總排放量限值為溶劑使用量的 5% 逸散排放限值為溶劑使用量的 2.5%	
	Anhang III 1.3.1-1.3.3		
	其他印刷設備溶劑消耗量超過 25kg/hr 或 15 ton/yr	排放限值為 50 mg/m ³ (76.41 ppm)，如使用熱燃燒技術為 20 mg/m ³ (28 ppm)，如使用生物處理技術則為 90 mg/m ³ (126 ppm) 總排放量限值為 0.3 kg VOCs/kg	
	溶劑使用量介於 15-25 ton/yr	逸散排放量限值為溶劑使用量 25%	

國家	門檻	排放限值	法源
	溶劑使用量介於 25-200 ton/yr	逸散排放量限值為溶劑使 用量 20%	
	溶劑使用量超過 200 ton/yr	逸散排放量限值為溶劑使 用量 12%	
奧地利/歐 盟	ANNEX VII PART 2		Directive 2010/75/EU
	平版印刷溶劑使用量 介於 15-25 ton/yr	排放限值為 100 mg/m ³ (140 ppm) 逸散比例限值為 30%	
	平版印刷溶劑使用量 超過 25 ton/yr	排放限值為 20 mg/m ³ (28 ppm) 逸散比例限值為 30%。	
	其他凹版印刷溶劑使 用量介於 15-30 ton/yr	排放限值為 100 mg/m ³ (140 ppm) 逸散比例限值為 25%	
	其他凹版印刷溶劑使 用量溶劑使用大於 30 ton/yr	排放限值為 100 mg/m ³ (140 ppm) 逸散比例限值為 30%	

註：在 0°C 及 1atm 下，以甲烷濃度換算 mg/m³ 為 ppm

(三) VOCs 排放稅或防制費

排放稅或防制費是政府為控制空氣污染，減少其對環境和民眾影響，而對排放空氣污染的企業或機構徵收費用，此經濟措施旨在促使企業減少空氣污染排放，通過市場機制促使污染者內部化污染成本，鼓勵採用更清潔的生產技術和設備，達到減少污染排放、保護環境和公眾健康的目的，表 11 彙整之有價證券印製生產工廠相關 VOCs 排放稅或防制費法規。

經查詢各國主管機關法規，德國、奧地利及歐盟無相關 VOCs 排放稅或防制

費規定，我國為防制費制度，工廠繳納之防制費專供政府空氣污染防制工作執行運用，因採分級費率，且費率區分季節，以本廠為例，以質量平衡申報之季排放量約為 20 公噸，適用費率為每公斤 20-35 元，瑞士則為排放稅制度，稅率相對於我國費率高非常多。

表 11、VOCs 排放稅或防制費法規彙整

國家	法規內容	法源
臺灣	<p>附表</p> <p>每季申報防制費，採分級費率，季排放量低於 1000 公斤，免繳納，超過 1000 公斤者，每公斤繳納 15 元起。</p>	固定污染源空氣污染防制費收費費率
瑞士	<p>Art. 7</p> <p>每排放 1kg VOCs 課徵 3 瑞士法郎稅</p> <p>Art. 8</p> <p>VOCs 含量低於 3%免課稅</p>	Ordinance on the Incentive Tax on Volatile Organic Compounds (OVOC)

二、空氣污染防制設備彙整

依據本廠委託工業技術研究院之 101 廠房廢氣之定性定量分析報告，考量設備之長期使用，決議採行濃縮轉輪搭配蓄熱式焚化技術作為有價證券印製生產空氣污染防制設備，表 12 彙整本廠及出國實習現場參訪之空氣污染防制設備。

根據表 12，大部分有價證券印製生產空氣污染防制設備皆採用活性炭吸附技術，僅本廠及 G+D Louisenthal 造紙廠採用焚化技術，G+D Louisenthal 造紙廠因搭配汽電共生爐建置，故將塗佈製程之 VOCs 廢氣作為一部分的燃料，為因應淨零排放及綠色產品之措施。而在實際鈔券印刷工廠中，除本廠已檢測密閉負壓管道排放量，G+D Currency Technology GmbH 印刷廠及 OeBS GmbH 皆仍透過溶劑質量平衡計算，尚無法直接比較排放量大小，G+D Currency Technology GmbH 印刷廠透過熱再生活性碳，故未衍伸出更換活性炭之問題，OeBS GmbH 則未達奧地利政府管制門檻，故不須設置空氣污染防制設備。

綜上所述，造成各國設置空氣污染防治設備的差異有很多因素，包含空氣污染管理法規、當地空氣品質、鄰近居民陳情、印刷設備使用年限、原物料使用及永續規劃等，而本廠最直接面臨的是環保局的管制壓力，該局為改善新北市境內空氣品質，故針對境內凹版印刷業者，訂定排放限值，這是有別於本次出國實習參訪所有工廠面臨的問題。

表 12、空氣污染防治設備彙整

工廠	製程	排放特性	防制技術
中央印製廠 安康廠區	鈔券印刷	密閉負壓管道檢測 年排放量 18.842 公噸	濃縮轉輪搭配蓄熱式焚化系統 (規劃中)
G+D Louisenthal 造紙廠	鈔券紙表面塗佈	無監測	濃縮轉輪搭配汽電共生爐
SICPA 公司 油墨製造工廠	墨桶清洗製程	排放管道風量 83 CMM 濃度為 919 ppm	活性碳吸附設備 (建置中)
Koenig & Bauer (AT) GmbH	鈔券印刷試車	無監測	活性碳吸附設備
G+D Currency Technology GmbH 印刷廠	鈔券印刷	溶劑質量平衡計算 年排放量 43 公噸	活性碳吸附設備搭配熱再生系統
OeBS GmbH	鈔券印刷	溶劑質量平衡計算 年排放量 9.509 公噸	無設置

肆、心得與建議

一、心得

本次有幸前往德國、瑞士及奧地利實習，14 天橫跨 3 個國家，總共參訪 6 家公司，行程上非常緊湊，扣除飛行日及假日，總計 3 天的交通時間都排在晚上，導致當日參訪行程結束後，就要移動至下個住宿點，到當地都已晚上九點後，入住後隔天繼續參訪行程，但也讓實習內容變成非常豐富，非常感謝合作夥伴三互公司及 KBA 公司的協助。

有價證券印製生產工廠相關的空氣污染防治措施中，從源頭減量、製程改善到空氣污染防治設備都去了對應的公司，因應各國空氣污染管制法規，雖然部分公司並沒有針對 VOCs 進行減量或改善，仍經由與各公司不同部門的管理人員討論及交流，獲得空氣污染管制法規、印刷設備運作狀況、溶劑使用情形、VOCs 廢氣收集方式及防制設備等資訊，使本人對於有價證券印製生產空氣污染防治設備規劃及操作實務有更深入的了解，以下為綜合參訪內容及個人見解之心得：

(一) 有價證券印製生產工廠空氣污染防治差異

我國政府 VOCs 減量主要基於空氣品質之改善，惟中央環保主管機關環境部尚未訂定凹版印刷業空氣污染物排放標準，導致新北市政府只能透過自行訂定之技術指引約束境內業者，而技術指引的強制力落實在許可證審查上，本廠作為我國唯一的鈔券印刷廠，具有製程上的特殊性，歷史上遷移或建廠的過程也未興建空氣污染防治設備，近年本廠歷經數次許可證展延，中間多次推延空氣污染防治設備建置，也使得本廠員工與長官欠缺空氣污染防治之觀念，甚至認為沒有必要進行空氣污染防治。

本次實習參訪之德國、瑞士及奧地利，德國及奧地利都在歐盟指引的基礎修定了對應的 VOCs 管制法規，瑞士聯邦政府則原本就有自身 VOCs 管制法規，實習參訪各國之中央環保主管機關已訂定凹版印刷業空氣污染物排放標準，而這些國家遭遇的空氣品質惡化問題較少，因此沒有立即針對空氣品質改善之管制壓力，

在具有明確的管制法規下，工廠即因應法規進行 VOCs 監測及防制，其中德國 G+D 公司萊比錫印刷廠為解決民眾陳情問題，在管制前就已建置電漿過濾及活性碳吸附設備，瑞士 SICPA 公司油墨製造工廠也在管制前之建廠初期，便建置空氣污染防制設備，奧地利 KBA 公司更是在設備組裝廠建置了小型活性碳處理設備，甚至奧地利 OeBS 公司是向監管機構提出證明，因此排除管制。

綜上所述，我國與本次實習參訪國家之有價證券印製生產工廠空氣污染防制差異最直接體現在管制法規的差異，雖然鈔券印刷皆納管為凹版印刷業，但具有統一且明確的中央政府法規，也使得工廠更容易依循法規進行改善，比較間接的差異是體現在面對管制的思維上，本次實習參訪工廠在法規的強制力落實前，其實就因為各種因素，包含自主改善、建廠規劃及居民陳情等，提前建置空氣污染防制設備，工廠上下皆具有未雨綢繆的心態，也讓他們在面對管制時從容不迫，並不把空氣污染改善視為工廠的問題，而是應盡的義務。

(二) 空氣污染防制技術考量因素

本廠已著手編列 115 至 116 年度之空氣污染防制設備建置預算，本廠考量環保局要求、活性碳更換問題、未來超過 5 年之操作成本及 VOCs 處理效率，目前採行技術為濃縮轉輪搭配焚化技術，而本次實習參訪工廠大多數則仍採用活性碳吸附設備，單論 VOCs 處理效率，活性碳在正常維運、更換或再生的狀態下，亦有非常良好的處理效率，但我國大多數業者採用活性碳吸附設備，僅因該設備方便操作，部分業者甚至因為高額的活性碳更換或再生成本，導致活性碳長時間處於吸附飽和狀態，使得處理效率極差，因此環保主管機關也相對不樂見採行活性碳吸附技術，實際上，處理效率是建立在業者本身是否有正常操作，本次參訪工廠若採行活性碳吸附技術者，都已建立完善的活性碳更換或再生機制，使其維持在良好的處理效率。

處理效率以外，本次實習參訪工廠之相關部門主管都明確表示，他們非常在意工安風險，焚化爐使用高溫燃燒廢氣的同時，也伴隨著高溫及燃料貯存問題，因此除了 Louisenthal 造紙廠原本就設有汽電共生爐同時處理廢氣外，其餘工廠皆

是採用活性碳吸附設備，甚至 SICPA 公司油墨製造工廠是在去年將過去使用許久的焚化爐替換為活性碳吸附設備，主要也是因為風險層面的考量。若將防制技術聚焦在焚化及活性碳吸附，兩種都是市場成熟且技術可行的方法，因此並沒有選擇上的對錯，端看工廠考量的取捨，下表 13 比較焚化及活性碳吸附技術之優缺點，總結而言，沒有最佳的處理技術，受到管制法規、廢氣特性及環境限制等影響，只有當下最適合自己的處理技術，只要在建置任何可行的防制設備前，不要只看到該技術的優點，事前預防該技術的缺點可能產生的問題，相信任何技術都能妥善地處理 VOCs，且不會衍伸出其他的問題。

表 13、焚化及活性碳吸附技術比較

技術	焚化	活性碳吸附
優點	1.處理效能較佳 2.操作維護成本較低 3.對不同 VOCs 適用性廣	1.設置成本較低 2.技術難度較低 3.操作溫度低
缺點	1.設置成本較高 2.技術難度較高 3.高溫及燃料貯存風險 4.受廢氣熱值影響 5.操作不當有二次污染疑慮	1.處理效能較差 2.操作維護成本較高 3.廢活性碳處理問題 4.受廢氣濕度影響 5.選擇性吸附問題

(三) VOCs 排放與印刷設備及原物料使用息息相關

本次實習參訪最讓我驚訝的是德國 G+D 公司萊比錫印刷廠及奧地利 OeBS 公司，兩者都是該國的主要鈔券印刷廠之一，前者生產規模約達本廠的兩倍，但利用溶劑使用量質量平衡計算的 VOCs 年排放量大約 43 公噸；後者生產規模約為本廠的 60%，但利用溶劑使用量質量平衡計算的 VOCs 年排放量大約 9.5 公噸；對比本廠的生產規模，利用溶劑使用量質量平衡計算的 VOCs 年排放量大約 83 公噸，實有非常大的落差，下表 14 比較本廠及本次實習參訪工廠之印刷量、VOCs 年排放量及許可概況。

表 14、實際鈔券印刷廠比較

工廠	鈔券印刷量	溶劑使用量質量平衡計算的 VOCs 年排放量	許可概況
中央印製廠安康廠區	11.8 億張/年	83 公噸/年	依法設置固定污染源操作許可證
G+D Currency Technology GmbH 印刷廠	22 億張/年	43 公噸/年	符合納管門檻，即將設置 V 類許可證
OeBS GmbH	6.5 億張/年	9.5 公噸/年	未達納管門檻，不須設置許可證

歸納造成 VOCs 年排放量差異的原因是印刷設備及原物料使用，本次實習參訪工廠最舊的設備使用年限大約 20 至 30 年，對比本廠動輒 40 至 50 年的機器壽命，技術上就有非大的差異，最明顯的差異是本廠油墨使用量，因為老舊機型的限制，且無油墨回收系統，印刷過程中伴隨著大量油墨的廢棄，同時也要使用大量的溶劑清洗印刷設備，進而導致本廠的廢氣排放特性與本次實習參訪工廠不成比例。

其實不同的廢氣排放特性都能找到對應適合的處理技術，將 VOCs 妥善處理，而本廠在我國的管制法規下，也不太有可能將油墨年使用量降低至 5 公噸以下，以免除許可證納管，但這是有關於清潔生產及永續發展的問題，長年來本廠能維持良好的鈔券印刷品質，其背後可能是大量的油墨廢棄及溶劑使用，無論是油墨及溶劑等原物料的使用，或者是轉化成廢棄物的處理，都是一筆可觀的支出，這也都讓鈔券的環境足跡更加顯著，因此若能更新印刷設備或減少原物料使用，都能有效的降低鈔券生產對環境的影響，廢氣排放特性一定也會與現在有所差異，年 VOCs 排放量能獲得明顯的減量，也意味成能夠用更低成本處理廢氣。

(四) 本廠之 VOCs 監測及評估相對完善

這次實習很明顯感受是，在 VOCs 監測及評估這塊，本廠能提供的資料真的比參訪工廠還要多，可能是公務機關的屬性或過往皆沒有針對 VOCs 特性進行探

討，本廠近 2 年委託專家學者進行檢測與評估研究，實習參訪工廠則大多都是以溶劑使用量進行質量平衡計算搭配職安作業環境監測，並沒有太多直接針對排放特性的研究，我認為這是本廠做的比較前瞻的地方，因為了解排放特性，是最直接與防制設備的設計相關，也能更準確的評估各個處理技術的可行性及成本。

二、建議

本廠業已分析廢氣排放特性，並規劃採用濃縮轉輪搭配蓄熱式焚化技術，惟我國仍未建置專門處理有價證券印製生產之空氣污染防制設備，因此透過本次出國實習觀摩歐洲先進國家，以利建置有效且符合經濟效應之空氣污染防制設備，整理實習過程與心得後，提出以下建議：

(一) 適時派員出國實習或考察空氣污染防制之議題

近年來本廠面臨的環保問題重心已逐漸轉移至空氣污染，本次亦為本廠首次專門針對空氣污染議題之出國實習，原先規劃以宏觀全面的角度審視空氣污染防制措施，但也讓行程變得非常緊湊，導致每個廠大多只有一天的參訪時間，實屬可惜，建議本廠適時派員出國實習或考察空氣污染防制之議題，鑑於此議題須由對應的專職人員進行接洽，仍可透過合作夥伴以電子郵件洽詢對應工廠，並建議未來出國行程聚焦在鈔券印刷廠，若確切有設置空氣污染防制設備，可安排 2 天以上之深入參訪，將更全面了解設計參數等細節。

(二) 持續關注主管機關立法動態及管制趨勢

環保議題在沒有經濟誘因的狀況下，最重要的就是管制法規，本次實習已證實無論德國、瑞士及奧地利等有價證券印製生產工廠皆適用一般凹版印刷空氣污染管制法規，因此本廠也無法用此理由向環境部或環保局溝通，因應環保局的操作許可證管制壓力，本廠已編列預算建置空氣污染防制設備，而環境部方面，尚未訂定「凹版印刷業揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」，因此建議本廠持續關注無論環保部的立法動態及環保局的管制趨勢，搭配本報告彙整之實習參訪國家之管制法規，可作為持續與主管機關溝通討論的一大利器，這將重大影響本廠未來對於空氣污染的改善及精進方向。

(三) 全面考量空氣污染防制設備之技術服務案

本次實習觀摩到不同國家建置空氣污染防制設備的考量因素，也學習到面對空氣污染問題的未雨綢繆思維，依據本廠委託工業技術研究院之 101 廠房廢氣之定性定量分析報告，考量防制設備之長期使用，決議採行濃縮轉輪搭配蓄熱式焚化技術，技術層面已由專家學者證實可行，倘預算通過中央銀行及立法院審核後，建議本廠在建置空氣污染防制設備之技術服務案中，全面性地考量可能會遇到的問題，如本報告彙整的高溫風險、燃料貯存、廢氣熱值不足及二次污染疑慮等問題，尋覓經驗豐富且規劃得宜之廠商，透過技術服務案，釐清上述及其他可能遭遇的問題，以利後續防制設備的建置、操作及維護。

(四) 持續監測及評估本廠揮發性有機物 (VOCs) 之排放量

本廠近年進行 VOCs 監測及評估，這些結果作為向環保局溝通的佐證資料，順利展延許可證，使鈔券印刷工作不會中斷，也確實使本廠更加準確的選用防制技術，更是本次出國實習與工廠專職人員討論的依據，因應後續空氣污染防制費申報所需，未來將每年度都進行 101 廠房排放管道的 VOCs 檢測，能讓本廠了解在每年不同的鈔券印刷量下，實際 VOCs 排放量為何，在此基礎下，建議本廠能同時搭配 101 廠房內的 VOCs 監測，並更精細地定性及定量廢氣成分中碳數 5 到 9 之脂肪族碳氫化合物的特定物質，將有助於進一步提升防制設備處理效率，持續掌握本廠廢氣排放特性。

(五) 將空氣污染防制觀念引入本廠新廠房新設備之規劃

本廠多數印刷設備使用年限都已超過 40 年，目前大多採升級延壽，單單汰換 101 廠房內的老舊設備可能也不符本廠未來規劃，101 廠房內比較可行的改善方式為原物料汰換或減量，這有賴於生產單位的配合。此外，本廠正規劃新廠房新設備計畫，依據本次出國 KBA 公司實習內容，新式印刷機的密閉圍封或抽排氣設備都已為標配或選配設計，這些設計可以很簡單地銜接到廠房內換氣系統，而油墨及溶劑使用量也能有效減少，從源頭降低 VOCs 排放，建議本廠在未來新廠房新設備規劃應引入上述觀念，以利後續新廠房空氣污染防制設備的規劃與建置。