

德國先進環保技術與產業環保發展趨勢

目 的

德國在發展環保技術及推動產業永續發展上，在國際間一直保持領先地位，而德國環保設備與技術輸出佔全球首位，在全球環保科技市場佔有率超過百分之18，在風力發電的裝置容量、發電設備科技、包裝回收和雨水再利用比例、以及家電能源使用效率等，德國皆領先其他國家。我國環保法規及管制措施逐漸加嚴，本次研習選定揮發性有機物管制及土壤地下水污染防治二項國內環保主管機關加強管制之項目為主題，蒐集相關德國管制策略、措施與防治技術，俾供我國相關單位及產業界借鏡參考，並可作為輔導我國產業符合環保法規之參考。另為輔導產業提高附加價值且符合國際趨勢潮流，亦針對環境化設計(綠色設計)蒐集德國發展概況與趨勢，俾供我國產業參考。

過程

一、參訪 EuRec 公司

(一)參訪魯本市(Lubben)都市廢棄物生物及分類處理廠

該處理廠為由魯本市政府操作管理之公有處理廠，處理流程為：

進料－>破碎－>磁選(鐵回收)－>圓盤分選－>A(有機廢棄物)及 B(無機及可燃廢棄物)

A：有機廢棄物經 7 日熟成穩定後可送至他處製成堆肥或作為掩埋場覆土。

B：分選出含氯廢棄物、玻璃、砂石、非鐵金屬及高熱值可燃廢棄物。

高熱值可燃廢棄物經打包(Baling)，可送至火力發電廠或水泥廠做為燃料(垃圾衍生燃料)。

因德國法令規定自 2005 年開始，都市廢棄物均不得再進入掩埋場(除作為掩埋場覆土外)，均需資源化、回收再利用或焚化，故該公司數項專利技術得以運用以因應該零掩埋政策(英國亦有類似政策)。

因火力電廠及水泥廠使用垃圾衍生燃料均有含氯成分(上限)及熱值(下限)限值，故該公司之可分選出含氯廢棄物之專利設備可發揮作用，惟據該公司稱費用甚高。

該公司設備所產製高熱值成分垃圾衍生燃料之熱值(約 16000 至 18000KJ/Kg)已超過火力電廠及水泥廠所要求熱值(下限：褐煤約為 13000KJ/Kg)限值。

該公司提供所產製處理系統與都市垃圾混燒焚化爐之比較，以一座每小時處理 50 噸，年處理量 40 萬噸之處理系統為例：

處理系統	都市垃圾混燒焚化爐	EuRec 生物及分類處理廠+焚化
建造費用	15-23 百萬歐元	14-17 百萬歐元
操作維護費用	42 歐元以上	42 歐元以下
回收潛力	無	高(堆肥、回收)
二次污染	高	低
申請建造核准時間	3-5 年	1.5 年以下
經濟效益	中	高

(二)參訪 EuRec Technology 公司總部

該公司辦公室及工廠毗連設立，員工約 90 人，工廠為典型機械製造廠，現場正產製破碎機、打包機、分選機及相關零組件。

除參訪所見機械設備外，該公司尚有：

1、打包機(Baling System)：如前所述，德國法令規定自 2005 年開始，都市廢棄物均不得再進入掩埋場，但新建焚化爐之設計建造需 4 至 5 年，故該公司所產打包機恰好可因應此一空窗期，該機使用約一公尺寬之 PE 塑膠膜(捲)，將垃圾圍繞打包(多重纏繞)，製成約 1.5 公尺直徑之圓柱球體，可長久保存，俟焚化爐完工運轉後再送入焚化，因該 PE 塑膠膜可阻絕部份紫外線進入，且圓包內為無氧狀態故可達無污水、臭味及蠅蟲問題。該設備售至大陸北京之使用者已改採用大陸當地生產之 PE 塑膠膜，該公司亦表贊同。

2、TLT 塑膠分類系統：

該公司之 TLT 塑膠分類系統可將混合之塑膠垃圾分類為 PP、PE、PS、PET、PVC 及其他塑膠，分離準確度達 99.9%，密度大於 0.032 克/立方公分。

該公司提供簡介資料及光碟多份，以上僅摘述介紹部份設備。

(三) 參訪 AWS 廢棄物處理公司

該公司位於一已關閉之掩埋場旁，使用 EuRec 公司之打包機將垃圾打包後置放於舊掩埋場上方，估計已堆放一千個垃圾包以上，未來仍將繼續打包，至焚化爐完工營運為止

(四)、小結與建議：

(一)因國內已推行廚餘分類收集活動，垃圾中之有機成分已大幅減少，故該公司之圓盤分選設備於我國可能已無大量引進之需要。

(二)該公司之含氮廢棄物分選設備可用於我國焚化爐之前處理設備，避免含氮成分垃圾進入焚化爐，應可降低焚化爐排放戴奧辛濃度，減少投資及操作戴奧辛防治設備之費用，並減低排放戴奧辛之風險，惟該設備可能無法單獨使用，需配合其他破碎及分選設備組合應用。

(三)該公司之打包機於國內之應用可分二方面：

1、做為垃圾貯存之備用設備，目前採行垃圾轉運之鄉鎮，如因垃圾焚化爐歲修

或其他原因，而需貯存垃圾超過三日以上時，可應用此系統暫時貯存，以免臭味污水蠅蟲問題。

2、偏遠鄉鎮及山區可設置該打包機系統暫時貯存垃圾，俟累積一定數量後再運送至區域焚化爐處理，惟該打包機是否適用於我國垃圾含水率較高之情形，尚待評估分析。

(四)該公司處理系統產製之垃圾衍生燃料，於日本已有類似技術製成乾燃料棒，而該公司係將該垃圾衍生燃料破碎至細小顆粒，可直接使用於燃煤火力發電廠及水泥廠，惟我國垃圾性質及含水率等成分是否適用於該設備尚待評估，且依廢清法規定，一般廢棄物處理方式是否包括送至火力發電廠及水泥廠，尚待確認與評估。

(五)該公司之 TLT 塑膠分類設備，雖未列於此次參訪行程中參觀實廠，惟如該設備於國內確實可行且無其他二次污染產生，則不失為廢塑膠資源再生之良好前處理分類系統，且較焚化處理更具永續性，惟塑膠廢料之市場價格需低於原生塑膠原料，方具有經濟可行性。

(六)本報告僅就 EuRec 公司提供之實廠及書面資料整理而成，尚未涉及該公司處理系統於我國應用之適用性及可靠性，亦未涉及系統或單項設備於我國使用之成本及效益分析。

二、參訪德國聯邦環境署(Federal Environment Agency)之一

德國揮發性有機物管制措施：

(一) 塗裝程序和環境保護

在生態考量上，一方面塗膜有透過塗料保護而達到延續產品使用壽命目的的功能，另一方面塗裝程序卻會污染環境；運用傳統技術和材料的塗膜，只有 25%的塗佈量形成保護塗膜，其他 75%都排放到環境中或變成廢棄物，圖一是顯示排放是如何產生的範例。

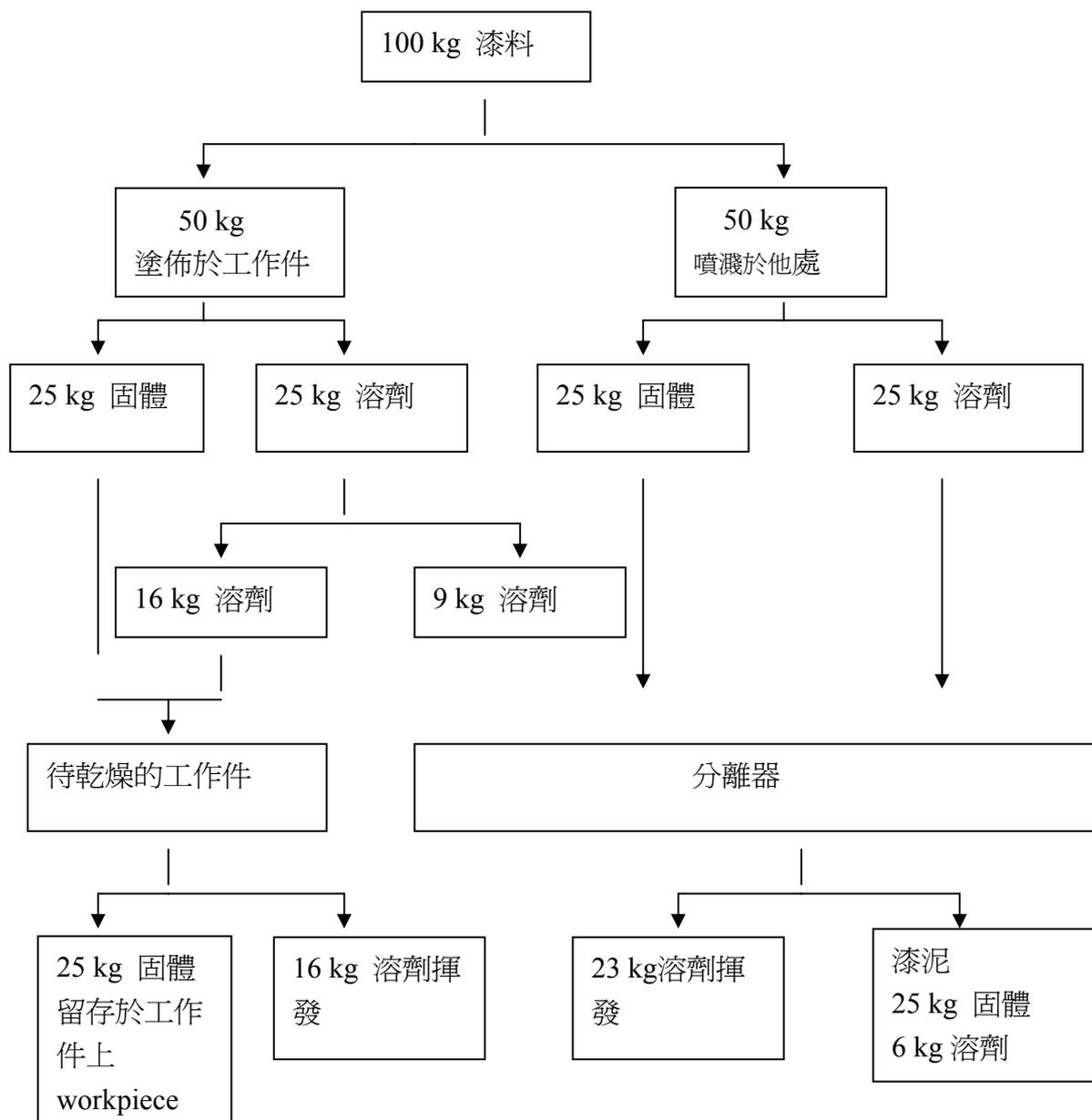


圖1:傳統噴漆程序物質流

圖2顯示德國的相關狀況，可看出塗裝作業是主要來源。

此外，每年塗裝作業產生約 250,000 - 300,000 噸的漆泥，而這些漆泥須以有害廢棄物的形式處理。

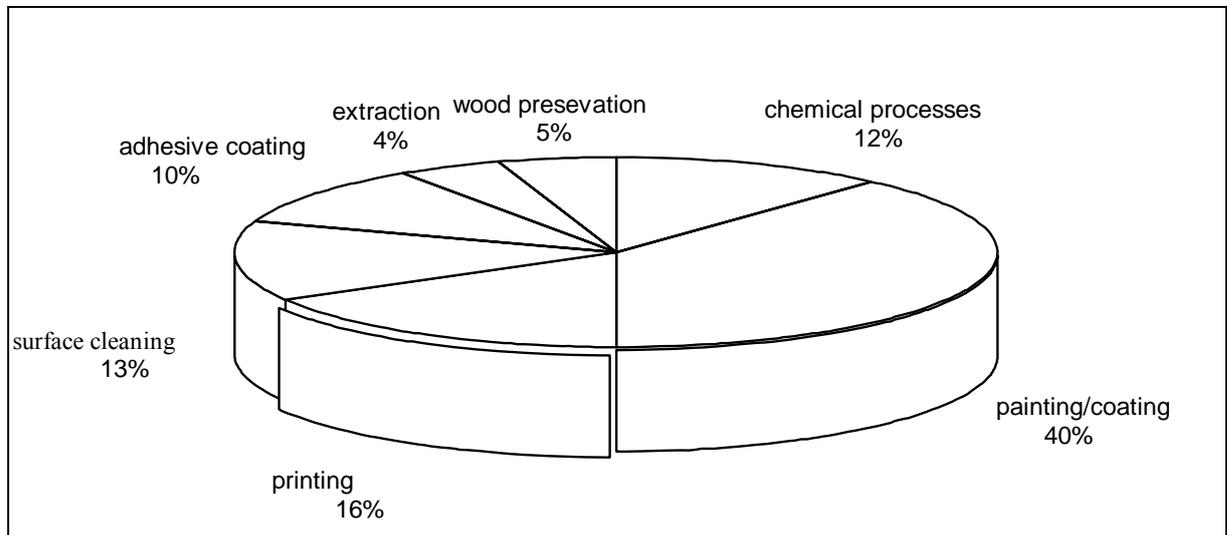


圖 2: 德國各部門使用溶劑VOC揮發分佈圖

Adhesive coating 接著劑塗膜

Surface clearing 表面清潔

Printing 印刷

Painting/coating 油漆/塗裝

Chemical processes 化學製程

Wood preservation 木料保存

Extraction 萃取

1.1 重要塗裝程序在VOC總排放所佔比率

1997年聯邦環境、自然保存暨核子安全部（BMU）和化學工業協會（VCI）有關環境目標的對話，將塗料部門VOC排放的綜述彙編入對話架構中，以VOC作為範例；此外，建物/外觀塗裝（50kt）、車輛表面塗裝/商用車輛塗裝（30kt）、機械結構（25kt），另外木料加工部門也被確認為相關排放源，約排放48kt。此外，估計用於這些部門當作塗料、稀釋劑、染色劑和清潔劑原料的溶劑，有超過

90%的比例揮發掉，這是認定這些部門有義務關注未來VOC排放減量議題的主因。

1.2 VOC減量的可能性

塗裝設施（工廠溶劑消耗率達25kg/小時或以上者）受到聯邦排放管制法管制，必須遵守空氣品質管制技術指令的排放管制規定（TA Luft），然而這些大型塗裝工廠只佔了工業塗裝作業VOC總排放量的20%，其餘的80%是由不需受管制的小型工廠排放的，並沒有或只有很少的排放減量法規針對這些小型工廠，所以現在減量的可能性必須聚焦於這些區塊。

在聯邦環境署環境研究計畫資助的研究計畫（未受管制塗裝工廠排放狀況確認和進階排放減量措施）中，進一步減少溶劑排放的措施已確定，且估計出各塗料應用部門的排放減量可能性，包括家具產業在內（圖3）。

一般而言，木料塗裝使用低溶劑塗裝材料(例如水性塗料)，不論大中小型工廠都具先進科技（WKI-Frauenhofer institut für Holzforschung）。在奧地利，依據奧地利塗裝設施條例，針對消耗量大於5公噸/年的傢俱塗裝工廠已有VOC減量的規定，這是根據使用低溶劑塗料和使用廢氣處理系統都是技術上可行的排放減量措施的假設。

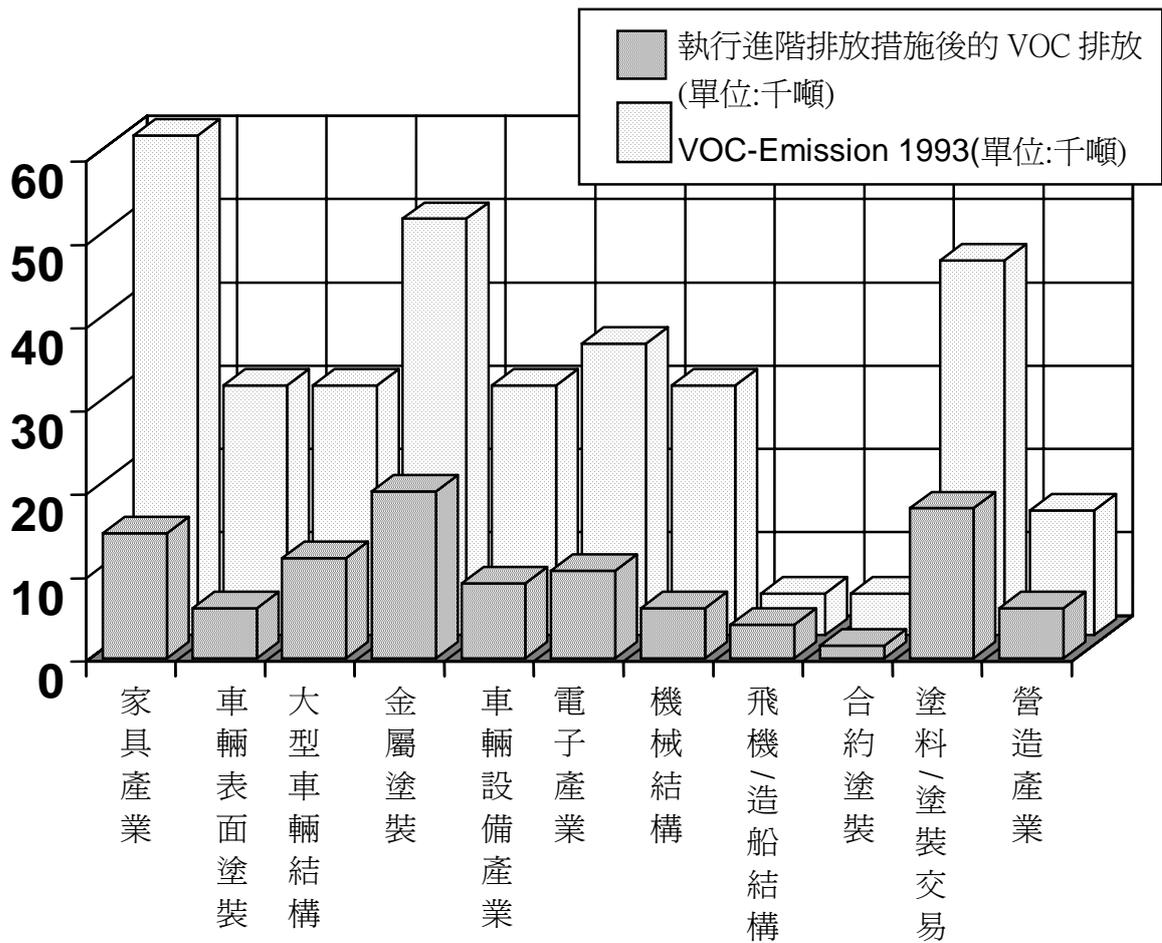


圖 3: 各應用部門之VOC減量潛力

1993 VOC 排放和執行進階排放措施後的 VOC 排放

1. 欄: 家具產業
2. 欄: 車輛表面塗裝
3. 欄: 大型車輛結構
4. 欄: 金屬塗裝
5. 欄: 車輛設備產業
6. 欄: 電子產業
7. 欄: 機械結構
8. 欄: 飛機/造船結構
9. 欄: 合約塗裝

10. 欄: 塗料/塗裝交易

11. 欄: 營造產業

下表為成功應用於家具產業的基本措施概述：

減量措施	應用	備註	資料來源
所有塗裝作業均使用空氣乾燥 水性塗料和 UV 塗料 溶劑含量： 0 - 0.8%, 最多 3%	製造中低價位寢 室、兒童房和小型 家具的薄板		LAHMAYER 研究計畫編號 104 03 525, 聯 邦環境署 (UBA), 1995 年 3 月
傳統底漆；用於填充料、基底 塗膜和外表塗膜的水性塗料； 回收噴濺的塗料	松木和橡木棺材塗 裝		同上
低或無溶劑塗裝材料： 水性底漆和丙烯酸鹽類為基底 的 UV 表層塗料；以滾筒或毛 刷、噴塗方式塗佈；邊緣噴漆 作業以 PUR 漆取代 NC 亮漆	寢室家具/ 夾板木 質核心以高品質薄 片包覆	減量潛力： VOCs: 85% 塗料廢棄物: 65% 塗料消耗: 70% 生產力提升 20%	投資計畫：公司 Wackenhut, Baden-Württemb erg
水性底漆 (1% 溶劑); 丙烯酸鹽類為基底的 UV 表層 塗料(8%溶劑); 以滾筒塗佈	鑲版		試驗計畫, Bavaria
水性漆(底漆、表層塗料); 靜電噴灑塗佈	山毛櫸木材製桌椅	1200 萬德國馬克 投資新工廠	JOT 1998/4 Brunner GmbH, Baden-Württemb erg

減量措施	應用	備註	資料來源
使用 UV 水性漆；回收噴濺部分；熱反應器	木板		LIFE 計畫
粉狀塗料	MDF 板	開發計畫	DBU 計畫 01/1999 + JOT 10/98
水性漆	窗框、兒童家具		Eisenmann - Catalogue 公司
<p>低排放塗裝系統：</p> <p>著色劑、水性： 約 95% H₂O/ 3%固體</p> <p>混合著色劑： 30% 溶劑/70% H₂O</p> <p>PUR 塗料、介質： 40-50%溶劑/50-60% 固體</p> <p>UPE 滾筒塗佈亮漆， UV: 0-2% 溶劑</p> <p>UPE 制止器， UV: 0% 溶劑</p> <p>水性塗料，傳統： 5-7% 溶劑/ 約 30% 固體</p> <p>水性塗料， UV: 2%.溶劑/ 約 40%固體</p> <p>水性塗料， 2 種成分 PUR: 9%溶劑/ 約 30%固體</p>	<p>平坦表面</p> <p>大面積表面、辦公室家具、拼花地板、門、寢室家具</p> <p>桌面、椅子產業、一般家具業</p>		<p>VDI 3462, Part 3: 排放控制 — 木製品機械加工</p> <p>Bearbeitung und Veredlung des Holzes und der Holzwerkstoffe, 10/96</p>
<p>天然樹脂系統：</p> <p>水性固態底漆，可用水稀釋： 無溶劑</p>	固態木質		<p>JOT 4/98</p> <p>Mr. Hansemann, Votteler Lackfabrik</p>

減量措施	應用	備註	資料來源
固態油性 13% 溶劑	10-20 g 塗料/m ²		
固態蠟 16% 溶劑	10-30 g 塗料/m ²		
熱噴灑蠟 1% 溶劑	10-30 g 塗料/m ²		
熱噴灑油性 無溶劑			
無溶劑 UV 塗料 (100% 固體) UV 基板塗料 (100% 固體) 真空塗裝技術	鑲板、木板、欄頂板	新法以滾筒塗佈 先進 UV 水性塗料 創新的 UV 100% 固體塗料	LIFE 計畫, Technologie- zentrum
所有塗膜使用水性塗料 (著色劑、底漆、填充劑、透明 塗膜、表層亮漆)	高品質廚具	投資 1200 萬德國 馬克	Bavaria 的一家 公司
混合塗膜結構 (水性塗料、含 溶劑塗料)	高品質廚具		聯邦 Baden Württemberg 州 的一家公司
木作用水性塗料	研究計畫	計畫成功完成,有 關最佳乾燥程序 的後續計畫已開 始。	聯邦 Baden-Württemb erg 州

2. 以有機溶劑從事表面清潔之VOC減量潛力(高揮發性鹵化物溶劑除外)

法蘭克福 Ökorecherche 執行的一項研究計畫，確認了表面清潔部門的排放狀況，也確認了減少VOC排放的進階措施，也提出了透過可行的技術和經濟措施可達成的排放減量之相關結論。(計畫：表面清潔設施減少VOC排放的可能性和先進技術，聯邦環境署，Berlin 1999)

因被列入表面清潔主要的次產業，依使用的溶劑和運用的清潔技術調查，說明下列項目：

- 服務部門，尤其強調車輛維修設施
- 車輛脫蠟
- 一般工業金屬脫脂，次產業：人工脫脂（工廠內作業、生產設備、金屬產品）和工廠清潔
- 特定工業運用，次產業：樹脂鑄造工廠沖洗、密封劑製造廠之桶槽清洗、止血棉球印刷區域清潔和產品修整
- 精密清潔，次產業：電子、光學儀器和精密工程
- 塗料去除。

相關數據彙編於這些次產業使用的溶劑物質流上（參閱表 1）。

表 1: 1998 年德國使用無鹵化物有機溶劑的表面清潔產業，分項：次產業、溶劑消耗量、排放至空氣的 VOC 量、廢溶劑處理。

次產業	溶劑消耗量(噸/年)	VOC 排放(噸/年)	廢溶劑(噸/年)
非工業之服務部門	11000	6200	4800
車輛脫蠟	6600	1225	5375
工業金屬脫脂，合計	27200	12000	15200
-人工清潔	25000	11100	13900
-工廠清潔	2200	900	1300
特殊工業應用之人工修整產 品	12000 4500	8600 3500	3400 1000
精密清潔	4400	2755	1645
塗料去除	2500	370	2130
合計	63700	31150	32550

次產業調查中，無鹵化物有機溶劑消耗量合計約63,700公噸，其中低於50%的數量排放至空氣中，剩下的50%主要是循廢棄物處理管道處理，大部份是焚化處

理，在特定次產業中，如與有機溶劑一起脫除，則需建立具備外部再生功能的高效率溶劑循環。此外，有一個重要的現象，人工作業程序約佔排放量的三分之二，其中以溶劑冷作佔多數。

以水性清潔劑取代有機溶劑，以非揮發性溶劑取代揮發性溶劑和以封閉式清潔系統取代人工清潔或開放式清潔系統，都是VOC減量的重要措施；部門調查顯示，若執行上述措施，可達成減少VOC排放50%。

依據歐盟溶劑排放指令的背景，如果執行了該指令，有多少排放減量潛力可被確認，表2是對不同表面清潔作業的估計。

表 2: 運用先進技術執行歐盟溶劑排放指令，不同表面清潔次產業的 VOC 排放減量（公噸/年）

次產業	工場總數/ 總排放		工場溶劑消耗量 > 2 公噸/年		透過執行歐盟指令，排放減少量 (溶劑消耗量大於 2 公噸/年的工場) (公噸/年)	運用先進措施可額外減少的排放量 t (公噸/年)
	工廠 (數量)	排放 (公噸/年)	工廠 (數量)	排放 (公噸/年)		
服務部門	50000	6200	40	25	5	2900
車輛脫蠟	2300	1225	250	890	n.a.	1125
金屬脫脂	27000	12000	2100	9800	6090	1080
特定工業運用	138000	8600*	400	750	300	2200
精密清潔	1100	2755	240	2365	1915	100
塗料去除	250	370	100	360	< 1	70
合計	218650	31150	3130	14190	8310	7475

*包括工業止血棉球印刷機的清潔設備 (120000 家工廠，排放量 3500 公噸)

根據這項估計，若執行歐盟指令，VOC排放將約只減少27%，但是運用先進措施可達成減量50%。一方面是因為有相當數量的使用者未包括在指令列管範圍內，缺乏執行進階措施的壓力，另一方面是因為指令本身的規定，有些部門已符合規定，所以無法再期待這些部門有更進一步的減量。對於表面清潔的部門，透過降低溶劑消耗量的閾值，由2公噸/年降至1公噸/年，有利於擴大減量範圍，先創造了額外的1000公噸減量。

部門調查確認總減量潛力只有50%，主要原因是人工作業系統所佔比率太高，在此部門只有減少清潔產品的溶劑含量，才能達成額外的減少量。這需要從清潔產品製造商開始，管制產品溶劑含量的相關法規可創造額外的減量潛力。

3. 透過第二法規，執行使用高揮發性鹵化碳氫化合物的表面清潔部門的 VOC 減量

因為高揮發性鹵化碳氫化合物對環境和人體危害甚巨，第二法規的目標是要執行限制高揮發性鹵化碳氫化合物排放，而於1990年12月10日頒布的限制高揮發性鹵化碳氫化合物排放之聯邦排放控制法規；透過執行第二法規，1991年高揮發性鹵化碳氫化合物減少量超過70%，第二法規提倡的密閉式溶劑回收大量減少含鹵化物溶劑的使用（例如乾洗設施1991年以前使用量20000公噸/年，1991年後使用量是3000公噸/年）。

下列為法規重點說明(特別是與乾洗設施相關)：

法規範圍：

本法規適用於與下列各項相關的設施建造、設備結構和操作作業

- 表面處理設施 (包括清潔和脫脂),
- 乾洗設施(包括紡織物整理加工)
- 萃取設施

且使用在 1013 mbar 壓力下沸點為 150°C 之鹵化碳氫化合物溶劑（高揮發性鹵化碳氫化合物）。

使用溶劑之規定：

當作業設施除了下列各項外無其他氯化碳氫化合物時，應使用純溶劑：

- 四氯乙烯，
- 三氯乙烯，
- 二氯甲烷。

乾洗設施應只使用四氯乙烯。

乾洗作業操作人員相關規定：

機械應依據下列各點建造和操作：

- 當乾燥程序完成時，滾筒區域出口處乾燥空氣中四氯乙烯(PER)質量濃度不超過 $2\text{g}/\text{m}^3$ ，當滾筒轉動時，通風開啓，進料門關閉，待處理物品溫度不低於 35°C 。
- 在處理程序開始時，安全裝置會自動啓動將進料門鎖住，直到乾燥程序完成後，運用測量技術連續檢測的結果，PER的質量濃度不再超過規定，進料門鎖才開啓。
- 由乾洗機抽出的廢氣應儲存於分離裝置，此裝置可確保在標準狀況(273 K [0°C] 1013 mbar)下，PER排放在未稀釋的廢氣中質量濃度不超過 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，分離後的PER應回收，分離裝置不可用新鮮空氣或周遭空氣脫除吸附，所以上述抽出廢氣程序不應使用通風裝置。
- 在乾洗裝置內處理程序之後的分離程序完成後，若廢氣流量超過每小時500立方公尺，使用的連續測量設備應具有紀錄功能，以連續測量廢氣中PER的質量濃度，或是使用其他設備具有功能可以在記錄到每立方公尺廢氣PER質量濃度超過1公克時，即會釋出自動關閉的訊號，通知與分離裝置相連的乾洗裝置或紡織物加工整理裝置自動關閉。
- 乾洗裝置只可以使用可再生濾網，過濾液態溶劑。
- 作業室的通風，只可以使用通風設備抽出週遭的空氣。在乾洗機置放場所之儲存溶劑處、清洗好或設備處理過的物品存放處、熨衣板或蒸汽熨衣設備置放處或從乾洗機拿出衣物處，PER的排放會增加，依前述方法收集和抽出。
- 作業室內，除乾洗設備外不可使用PER。

溶劑處理：

設備添加 PER 或取出使用過的溶劑，應以先進技術處理避免 PER 排放，尤其要確認置換的溶劑排放的廢氣須

- 抽出現場且抽入分離裝置，或
- 經過氣體交換程序交換。

將含有 PER 的殘留物質卸下時，只可使用密封裝置。

鹵化碳氫化合物或含鹵化碳氫化合物的殘留物，均需以密封容器儲存、運輸或處理。

一般規定：

若鹵化碳氫化合物會進入

- 人類使用的房間或不屬於處理設施的房間，或
- 鄰近設施，該設施依據食物和消費者產品法規第一款，為生產、處理、循環、消耗或儲存食物的設施，

應限制裝置操作，並採用最先進技術改善。

若確認周界空氣中 PER 濃度超過 $0.1\text{mg} / \text{m}^3$ （計算 7 天的平均值），而這是因為鄰近裝置作業導致，操作員應於六個月內採取措施，確保周界空氣中 PER 濃度不超過 $0.1\text{mg} / \text{m}^3$ 。

4. 2001 年 8 月 25 日德國溶劑法規

依據歐盟溶劑指令，德國溶劑法規規範多種作業，包括印刷、表面處理、乾洗、表面塗裝、塗料製造、亮漆製造、接著劑製造、藥品製造、橡膠轉換和萃取。關於這些設施/作業的規定，都已詳細制定，包括廢氣排放限值、逸散性排放值和總排放限值。

本法規對危害人類健康甚巨的溶劑加強管制，強化對人類健康的保護；此外對致癌、致突變和致畸型的物質，要求非常嚴格的排放限值，對疑似會造成不可逆危害（例如癌症和/或1986年德國政府依據聯邦大氣濃度管制法所發佈的空氣品

質管制技術指令第3.1.7款 Class I 所指定之疾病)的揮發性有機化合物，也有更嚴格的規範。

對較大設施及需要許可的設施有較嚴格的限值規範，此外管制範圍也擴及木製品和家具塗裝以及車輛表面處理部門的小型工廠，因為這兩個部門使用溶劑佔VOC總排放量相當大的百分比，而且使用較低溶劑含量的塗料等減量措施也通過試驗且已在使用。在這些工廠進行減量方案是可能的，所以納入法規中成爲規定，以達成相當的減量潛力。

溶劑法規原則上容許透過其他方式達到排放限值的替代減量方案，推動減量方案的可能性是鼓勵採行基本措施，例如使用不含或含少量溶劑的塗料和運用高效率施作技術，尤其是中、小型設施對選擇二級措施(廢氣處理)有相當的生態和經濟敏感性。

此外，德國溶劑法規對特定部門不需許可的設施（例如車輛表面處理、木製品和其他材料塗裝），提供了簡化減量方案；也就是說若使用的全部塗料VOC含量都未超過規定的最大容許濃度，視爲符合減量方案的規定。

使用簡化減量方案的先決條件是相關產品對VOC含量的標示，呼籲塗料製造商、配製商和供應商要能配合客戶未來對產品資訊的需求，提供易於處理的產品資訊（例如紀錄於發票上）。

4.1 德國溶劑法規的基礎

德國溶劑法規的原意是要執行歐盟溶劑指令1999/13/EG，聯邦環境署代表聯邦環境、自然保存和核子安全部提出執行方案，自1999年9月開始討論並形成德國溶劑法規的技術基礎。

下列各項對歐盟指令的執行曾有或仍有重要影響：

- 對德國現有排放管制法規與歐盟指令有重大差異部分進行調整。
- 考量聯邦環境部和化學工業協會對話的結果 — 認爲若歐盟溶劑指令如實執行，建議的VOC減少量不超過50%時，則相關工廠可以達成。

- 排放控制領域技術水準持續改進和對受管制工廠現行的授權規定。
- 考量研究結果和排放控制現有科技水準的VDI標準。
- 考量處理臭氧問題的中至長期目標，兩個前驅物(VOC和NO_x)都需減少70~80%。

因為歐盟溶劑指令在排放控制的某些領域落後德國業已達成的水平，只是單純的採用歐盟指令並非有效的途徑。因此，在某些案例，德國法規有更嚴格的要求。

在某些案例排放限值更趨嚴格，尤其是需要許可的設施；此外，木製品塗裝和車輛表面處理領域，範圍更擴大到較小型的工廠。大體上上述兩個部門使用的溶劑佔了VOC排放總量相當高的比例，而且使用較低溶劑含量的塗料等減量措施也經過試驗且已在使用。在這些工廠進行減量方案是可能的，所以納入法規中成為規定，以達成相當的減量潛力。

下列為溶劑法規關於表面處理工廠/作業（表面塗裝、接著劑、薄板加工和清潔）的重要規定：

閾值：溶劑消耗量閾值特別重要，若某特定作業超過規定的閾值，該設施或作業會接到通知且必須遵守法規規定。質量上排放較多的設施（例如較大的設施和受到聯邦排放管制法規管制的設施）須接受更嚴格的規定。表3為相關表面處理作業的管制閾值或限值。

表 3: 相關表面處理部門的規定

作業/設施 溶劑消耗量閾值 (公噸/年)	廢氣中排放限值 (mg C/Nm ³)	逸散排放值 (溶劑施 用百分比 t)	備註
車輛表面處理 (無閾值)	50	25	適用簡化減量方案
線圈塗裝 > 25	50 / 20 ¹ 75 ²	3	¹ TCP**案例 ² 假設回收溶劑

作業/設施 溶劑消耗量閾值 (公噸/年)	廢氣中排放限值 (mg C/Nm ³)	逸散排放值 (溶劑施 用百分比 t)	備註
其他金屬和塑膠塗裝 *			¹ 薄板自動塗裝 ² TCP**案例
> 5	100	25 / 15 ¹	
> 15	50	20 / 10 ¹	
	20 ²		
木製品表面塗裝			
> 5	無規定	無規定	簡化減量方案
> 15	100	25	
> 25	50	20	
	20 ¹		¹ TCP**案例
接著劑塗裝			¹ 若回收溶劑
> 5	50 / 100 ¹	25	² TCP**案例
> 15	50 / 20 ²	20	
表面清潔 ^{1/2} (但不用高揮發性鹵 化有機化合物)			¹ 若使用的清潔劑溶 劑含量少於 20%，可 不受限值管制。
> 1	75	20	² 若使用的清潔劑標 示風險狀態為 40, 45,
> 10	75	15	46, 49, 60, 61，則管 制限值更嚴格。

* 包括電氣、電子、機械製造、金屬塗裝、汽車設備、飛機建造和造船產業的塗裝作業。

** TCP = 熱後燃

本文中廢氣指收集到的排放溶劑，再透過廢氣處理系統排放的部份。

相對的逸散排放是指未收集到溶劑，而排放到空氣、土壤和水體中，或溢散到產品上被視為雜質；也包括釋放到工廠內廢空氣中，再經由無廢氣處理的通風系統排放。逸散排放值參照溶劑施用量，包括施用的新溶劑（單一溶劑或調製品）和再生溶劑。

逸散排放依據溶劑管理方案確認。

車輛塗裝部門的總排放限值：在某些部門（例如車輛塗裝）適用總排放限值而非廢氣中的排放限值和逸散排放值，這樣工廠經營者可以依據特定的生產條件而選擇不同的措施組合，以達到限值的要求。下列是每年溶劑消耗量超過15公噸的車輛塗裝部門，每平方公尺塗裝表面的總排放限值：

表 3: 車輛塗裝部門表面相關排放限值

汽車塗裝次產業 溶劑消耗 > 15 公噸/年	總排放限值 [g VOC/m ²]	備註
汽車 (Cars)	35	乾燥器下游之廢氣： 50 mg C/m ³
箱型貨車 (Truck cabins)	45	
小客貨車和卡車/拖車 (Vans and trucks/Trailers)	70	
巴士 (Buses)	150	
軌道車輛 (Track vehicles)	110	
	現有設施(直到 2005): 130	

減量方案：是上述限值規定的另一種選擇，塗裝工廠經營者可以選擇提出並完成減量方案。減量方案的目的是讓經營者有透過基本措施達到排放限值的可能性，例如使用低溶劑或無溶劑的塗料和/或使用較高塗裝效率的作業方式，排放減少量相等於受到排放限值管制的設施所達到的排放減少量，則無需在製程下游處安裝廢氣處理系統；這提供了小型和中型設施另一種具生態效益和經濟效益的VOC減量措施。

排放減量方案的起始點是在各參考期間內，塗裝消耗量的固體總質量（固體年消耗量），例如在「其他金屬或塑膠表面的塗裝」的案例中，固體質量要乘以1.5的參數，這就是所謂的（年參考排放值），可容許的最大總年排放值稱為「目標排放值」，計算方式是乘以參考排放值（百分比的形式），在大型設施是相當於溢散排放值+5，在較小型設施則是相當於溢散排放值+25。

即：

年參考排放值 = kg 固體 / 年 x 參數 1.5 (適用「其他金屬塗裝」部門)

目標排放值 = 參考排放值 x (逸散排放值 + 5/25) %

新設施必須在2004年10月31日前達成各目標排放值，現有設施則須在2007年10月31日前達成。對於現有設施達到目標排放值前，法規設有「中間目標」，必須在2005 10月31日前符合目標排放值1.5倍的中間目標值。數個主要表面處理部門的減量方案計算基礎如下列所示：

設施 / 作業	溶劑消耗量(公噸/年)	計算年參考排放值的乘法參數	目標排放值計算所用之百分比
軌道車輛塗裝	5-15 > 15	1.5	(25+15)% (20+5)%
汽車塗裝	≤ 15 t	2.5	(25+15)%
汽車表面處理	無 閾值	2.5	(25+15)%
線圈塗裝 (No. 6)		2.5	(5+5)%
其他金屬和塑膠塗裝 (No. 8)			
- 其他塗裝	5-15 > 15	1.5	(25+15)% (20+5)%
- 薄板塗裝	5-15 > 15		(15+15)% (10+5)%
木製品表面塗裝(No. 9)	5-15 ≥ 15-25 > 25	4 3 3	(25+15)% (25+15)% (20+5)%

設施 / 作業	溶劑消耗量(公噸/年)	計算年參考排放值的乘法參數	目標排放值計算所用之百分比
(接著劑塗裝) No. 14			
- 其他塗裝	5-15	3	(25+5)%
	> 15		(20+5)%
- 薄板塗裝	5-15	3	(15+5)%
	> 15		(10+5)%

溶劑管理方案：溶劑管理方案（參照圖4）用於 查核是否符合總排放限值、逸散排放值或減量方案的規定，它也是計算溶劑消耗量的基礎，如下列計算式所示：

→ 溶劑消耗 = $I1 - O8$

→ 逸散排放 = $I1 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8$, or
= $O2 + O3 + O4$

→ 總排放 = 逸散排放 + $O1$

$O1$ =處理後的 VOC

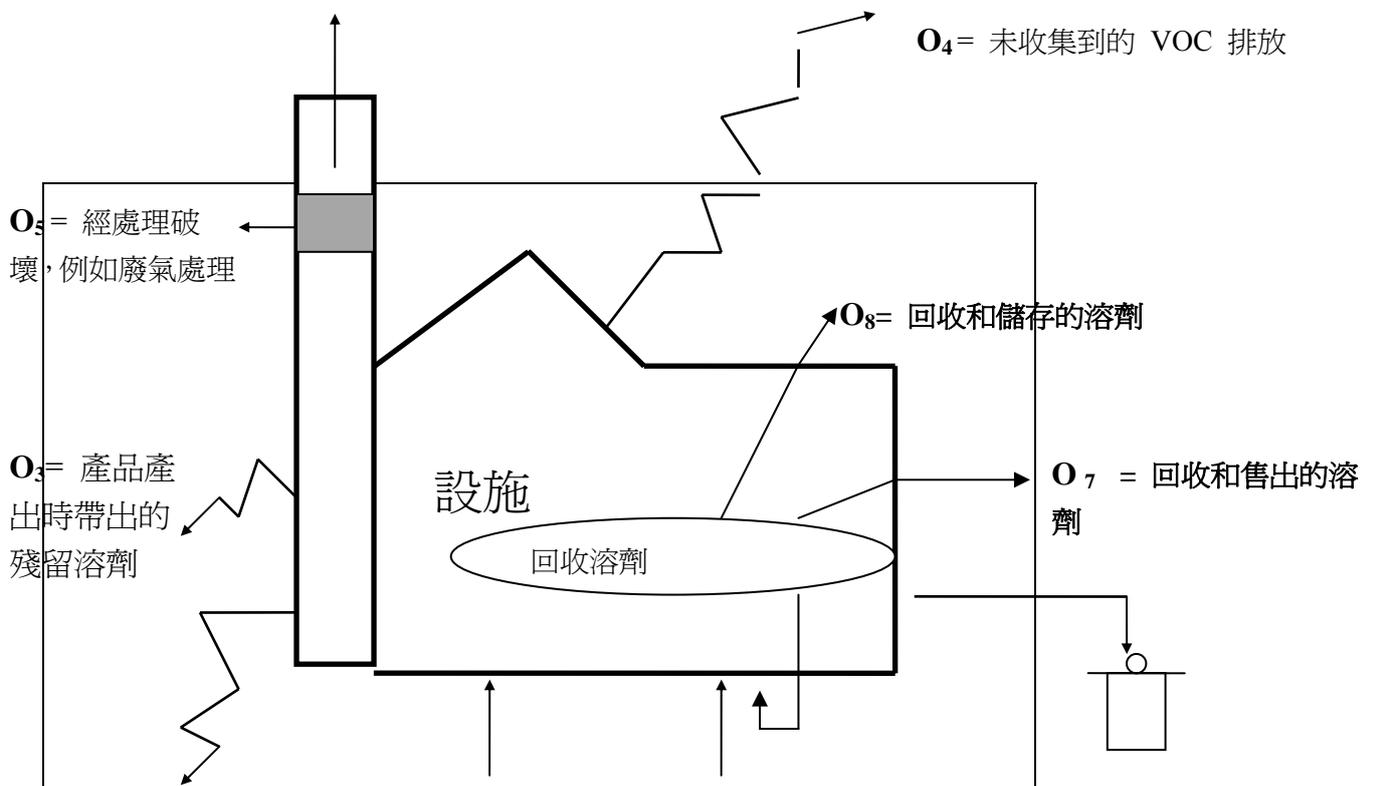




圖 4: 溶劑質量平衡 (輸入 = I, 輸出 = O)

4.2. 特定部門的簡化減量方案

聯邦環境署估計除了依據 4th BImSchV 法規需要許可的工廠（約1,000家）之外，有約15,000家工廠將會收到通知，所有將會收到通知的工廠和已需要許可的工廠，都將需要符合規定，意即對工廠經營者和管理當局都需面對即將來臨的額外負擔。使用簡化減量方案可以帶給工廠經營者和管理當局相當的簡化程序，溶劑法規草案容許某些特定部門的設施可能可以無需經過許可。

以車輛表面處理為例：工廠經營者若提出關於使用塗料的簡單申報文件，將可豁免提出溶劑管理計畫和符合目標排放限值的證明。在這份申報文件中，工廠經營者只需證明他們只使用VOC含量未超過如下表所示限值的塗料即可。

表：用於車輛表面處理產品的 VOC 值

產品	VOC 值
工具清潔劑 (Tool cleaner)	≤ 850
預清劑 (Pre-cleaner)	≤ 200
止塞劑 (Stopper)	≤ 250
(金屬表面)蝕洗用塗料 (Wash primer)	≤ 780
底漆二道漿合一塗料 (Primer surfacer)	≤ 540 ⁽¹⁾
單層面漆 (1-coat topcoat)	≤ 420
基層漆 (Basecoat)	≤ 420
透明塗料 (Clear coat)	≤ 420 ⁽²⁾

⁽¹⁾ 2010 年為 250 g/l

⁽²⁾ 2010 年將採用當時最先進技術

VDI車輛表面處理排放管制準則，確認依據目前最先進技術，上述塗料排放屬低排放，此外除了使用上述塗料外再配合目前最先進的低排放作業技術(HVLP)，與傳統塗裝作業程序相比可降低高達70%的VOC排放量；意即可符合減量方案的規定。

以木製品為例：不需許可的木製品塗裝設施，若使用於平坦表面的塗料VOC含量每公升不超過250公克，使用於其他表面的塗料VOC含量每公升不超過450公克，用於著色的塗料VOC含量每公升不超過300公克，則視為符合減量方案的規定。

以其他塗裝為例：在此領域，若只使用VOC含量每公升不超過250公克的塗料，則視為符合減量方案的規定。

使用簡化減量方案，說明相關產品的VOC含量是重要的前提，呼籲含溶劑產品的製造商、調配商和供應商要能配合客戶未來對產品資訊的需求，提供易於處理的產品資訊（例如紀錄於發票上）。

三、參訪德國聯邦環境署(Federal Environment Agency)之二

德國土壤及地下水污染場址復育：

(一) 德國法令架構

1999 年後立法之聯邦法令：

聯邦土壤保護法(Federal Soil Protection Act)

- * 定義、義務、標準值(values)
- * 污染場址與受污染土壤之一般調查、評估與整治標準
- * 土壤挖掘與清運之管理規定
- * 避免土壤受污染之防治措施
- * 附錄一：採樣、分析與品質保證
- * 附錄二：行動值、檢測與預防
- * 附錄三：整治調查與復育計畫

聯邦土壤保護暨污染場址條例(Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance)

- * 標準值的引用、途徑、檢測方法

依據「聯邦土壤保護暨污染場址條例」公告檢驗方法及測試閾值之標準計算方法

整治之定義：

- 淨化(decontamination)技術（移除有害物質，如有害物質來源造成之直接影響）
- 阻絕(containment)技術預防有害物質的擴散，使有害物質留在場址內

如整治工作不可行或不可被接受，應採行下列措施：

- 管制措施，如封閉飲用水井
- 保護措施，如設置圍籬

RUBIN 計畫－德國透水性反應牆網路

14 個透水性反應牆(PRBs)，至少 4 個規劃中的透水性反應牆以較流行的導引地下水流向的方法，10 個以傳統的漏斗與閘(Funnel and gate)、排水溝與閘(drain and gate)、改良式漏斗與閘的技術(部分應用抽水井)、現地導管(In-situ

vessel, ISV)技術與導引半球狀反射(Directional Hemispherical Reflectance, DHR)技術等。為方便操作，反應槽或閘通常設置或安裝較接近地面的地方。零價鐵(ZVI)與活性炭是較常被選用的反應物。

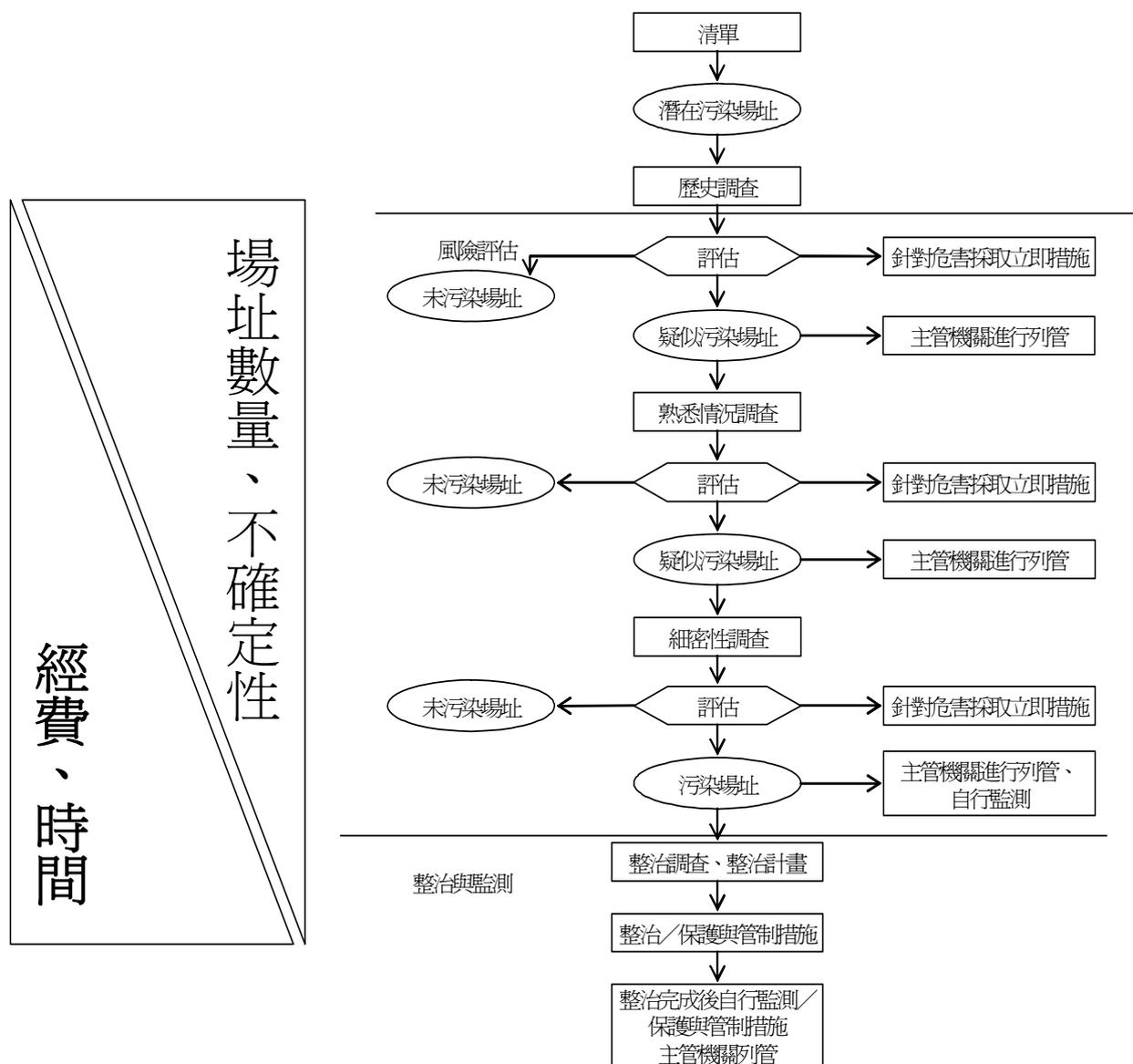
RUBIN 計畫之目標：

- 儘可能蒐集透水性反應牆之案例與不同應用方法，以評估其效益、缺點與應用之可行性
- 設計、建造與操作之資料
- 對環境的影響與效益
- 測試已設置處理牆
- 長期污染物的削減情形
- 可租借性(rentability)
- 研擬與建立品質標準
- 研擬德國法令架構中有關透水性反應牆規劃、建造、安裝、操作與監測之手冊、指引與規則

RUBIN 計畫之初步結論

- 經明確導引地下水流向的透水性反應牆處理技術，如排水管與閘(Drain and Gate, D&G)、排水溝與閘(Trench and Gate, T&G)，似較為可行的整治技術
- 在透水性反應牆之豎井(shaft)中插入現地導管(ISV)，似較為可行的整治技術
- 透水性反應牆利用活性炭，似較為可行的整治技術

(二)土壤污染調查整治程序：



(三)聯邦大型整治計畫

共計 22 個大型計畫，該等計畫由聯邦政府負擔 75 %的整治經費與地方政府（邦，Länder）負擔 25 %的整治經費，總整治經費超過 30 億歐元。如：舊礦區整治與再開發，截至 2007 年止，編列於褐煤整治計畫的預算達 78 億歐元，由目

前計畫展延的協議，在 2008 年至 2012 年間將再提供約 10 億歐元的預算；舊鈾礦為另一重要礦區復育的重點，其復育經費完全由聯邦政府負擔，整治計畫將持續至 2015 年，預估預算將達 62 億歐元，目前已經完成三分之二必要的工作。

現狀統計資料

項目	調查時間	疑似污染場址	廢棄之廢棄物掩埋場	廢棄之工業場址	污染場址	完成整治場址	已完成風險評估場址	整治中場址	持續列管、監測中場址
Ifd Number		1	1.1	1.2	2	3	4	5	6
Baden-Wuerttemberg	12/2005	11,572	2,285	9,287	9,452	1,456	623	1,502	74
Bavaria	03/2006	16,035	11,166	4,869	3,471	1,450	1398	1,032	52
Berlin	07/2006	3,849	1,056	3,379	K.A.	681	62	122	67
Brandenburg	03/2006	21,165	7,498	13,667	3,756	1,431	86	3,328	38
Bremen	06/2006	3,333	40	3,293	552	367	41	467	149
Hamburg	06/2006	1,925	306	1,644	2,833	423	135	424	118
Hesse	07/2006	740	315	425	837	468	287	546	158
Mecklenburg-Western Pomerania	12/2005	6,652	2,799	3,853	385	1,130	374	849	530
Lower Saxony	06/2005	69,071	9,311	59,760	1,559	169	277	1,015	95
North Rhine-Westphalia	01/2004	48,459	19,163	29,568	10,701	2,186	2090	3,774	1,669
Rhineland-Palalinala	06/2005	13,415	10,563	2,852	1,365	405	167	712	206
Saarland	08/2005	1,941	1,668	289	740	461	33	42	156
Saxony	03/2006	22,125	7,139	14,986	5,624	1,016	724	2,146	1,204
Saxony-Anhalt	05/2005	19,421	5,738	13,683	1,927	118	49	978	9

Schleswig-Holstein	12/2005	17,498	2,395	15,103	2,233	257	104	874	K.A.
Thuringia	03/2006	15,559	4,826	10,733	2,321	604	604	722	39

272,760

13,622

18,533

挑戰一：確認污染源、強化污染源評估、污染團描述

— 整合與高解析地下水調查技術(Immission Pumping Tests, IPV)與“直接貫入”技術

挑戰二：成本效益污染移除

— 利用熱處理 (MOSAM、RF-TOOL) 迅速 (部分) 移除污染物

挑戰三：有效地處理複雜的地下水污染

— 模組化與有彈性的處理場 (以整治列車方法，即組合式的整治技術)

挑戰四：地下水污染半主動式與被動式現地處理技術

— 強化降解速率” 分隔轉換方法” (compartment transfer approach)

挑戰五：成效管制與符合性監測

— 最少的侵入與可靠的線上監測 “符合性監測”

四、參訪德國聯邦環境署(Federal Environment Agency)之三：

德國及世界環保產業發展趨勢：

德國聯邦環境署委託羅蘭貝格企管顧問公司完成一份「快速成長之環保科技市場 Markets for environmental protection technology booming」的報告顯示，世界環保科技市場將由 2005 年約 1 兆歐元之市場規模，未來將快速成長，預計於 2020 年成長至 2 兆 2 千億歐元，未來世界市場之擴張主要是由再生能源、能源有效利用之生產及永續水資源管理，而能源及推進系統將是最高成長率，德國環保科技市場歷年來約佔世界市場之 15 至 25%，2004 年為 18%。下表為相關環保產品類別預估年成長率(2005-2020)：

產品類別	預估年成長率%(2005-2020)
燃料電池	19.5
生質能沼氣場	17.8
油電混合車	17.1
太陽能發熱	16.6
生質柴油	16.2
分散式水處理系統	15.3
太陽能電池	14.5
生物可分解塑膠	13.5
海水除鹽	13.3
地熱系統	13.0
水力能源	10.4
污水淨化	10.0
家用暖爐	9.9
移動式過濾系統	9.2
增加效率	9.0
風能	7.9
運輸無線通訊系統	7.4
電動車	5.3

產品類別	預估年成長率%(2005-2020)
水配送	5.0
水處理	5.0
加熱及通風系統	5.0
量測及控制設備	4.8
在地化應用	4.3
生質酒精	3.3
農業廢棄物及回收再利用	3.0
軌道車輛建設	2.3
隔熱	1.4
汽油及柴油引擎	1.3
排氣集塵系統	-1.2
燃煤發電技術	-8.4

下表為 OECD 國家之環保產品之世界佔有率(%)

	德國	美國	日本	義大利	英國	法國	其他
1993	17.8	19.2	12.8	10.2	6.6	6.8	26.6
1994	17.5	18.7	13.4	9.4	7.1	7.1	26.8
1995	17.9	17.9	13.7	9.3	7.0	6.9	27.3
1996	17.5	18.6	12.7	9.7	7.2	6.7	27.6
1997	16.6	20.9	12.1	8.8	7.7	6.5	27.4
1998	17.5	20.7	10.0	9.1	7.5	6.8	28.4
1999	17.5	21	10.6	8.7	6.9	6.5	28.8
2000	16.4	23.3	12.4	7.6	6.5	5.7	28.1
2001	17.2	22.3	10.2	8	6.8	6	29.5
2002	18.3	20.2	9.8	8.1	6.6	6.2	30.8
2003	18.8	18.4	10.1	8.4	6.6	6.4	31.3
2004	18.3	18	12.1	7.7	6.8	5.9	31.2

五、參訪杜塞道夫台北設計中心

德國環境化設計發展概況與趨勢：

德國消費者的消費行為為德國環境化設計奠定了良好的基礎，德國消費者長久以來對於環境保護有相當的共識與生活習慣，這一點從全世界第一枚環保標章於 1978 年在德國首創可以得到證明。許多德國家庭仍保有節約消費的習性，許多人仍偏好使用自然材質，例如長久以來一般人購物已有自備購物袋及購物籃之消費習慣，而且偏好自然材質的籐製品，最近輕質鋁框的布提籃設計也很流行，塑膠材質則較少人採用。

由於歐洲普遍工資昂貴，加上德國人惜物的傳統，德國人幾乎人人都能自己動手維修物品，使得 DIY 產品市場非常發達，各類工具賣場林立，種類齊全，相對的延長了產品使用年限，延後產品成為廢棄物的可能性與時間。德國人已將跳蚤市場融入其生活的一部份，幾乎是一種全民運動，所有二手交易訊息都可上網查閱，常常可看到德國家庭全家一起出動，大人販賣家中已經不需要的二手物品或舊衣服，小孩則販賣舊玩具或舊故事書，目的並不是要以此營利，而是在此地可以藉由二手市場讓物品能在丟棄前，有被更多人使用的機會。跳蚤市場還細分成一般日用品、成衣、設計品或古董等，提供不同消費族群參與。

至於回收系統的設計及建置，也是透過政府與消費者合作，使所有被丟棄物資獲得最大的再利用。一般家庭除廚餘及一般垃圾外，其他物品需分類回收，一般社區都有瓦楞紙板、舊衣舊鞋、玻璃瓶(又分透明、綠色、茶色三種)回收處，家具、電器、燈管、藥品、金屬、塑膠、木材、園藝廢土等則需自行運至少數特定地點分類回收。

德國設計界很早就提出環境化設計理念及做法，1919 年在德國成立的 Bauhaus 學院，為現代主義設計奠定基礎，成為全世界各設計院校課程的共同學習典範，影響力至今仍然不減，其產品設計理念強調其功能、實用性及正確使用材料，並強調其造型的簡潔與美感，造就許多德國企業，如 Miele 等品牌，其產品歷經十

至、二十年的使用依然堅固耐用，此與環境化設計中的延長產品壽命精神相符，目前德國家用品設計上仍是以實用及耐久為主要的考量，所以在設計上都顯示出較有厚實感。

位於斯圖佳特的 Fraunhofer 製造工程及自動化學院在 90 年代初期就對產品結構的回收性設計進行有系統的研究，並且對環保影響最大的汽車工業及電子工業的產品回收設計方法進行深入探討，例如分析產品結構，使其從屬關係更為清楚並且符合回收作業邏輯；建立模組化設計方法及各種更符合回收的零組件加工或組裝方式等，使產業界在做環境化產品設計時有一套依循的標準，也為未來回收自動化奠定基礎。

許多年輕的德國設計師，常常藉由各項設計展提出其新的創意，很多都具有環保概念，實用又帶趣味的現代感設計，例如 Alexander Augsten 設計一款經模組化組合式稱為 Clipbox 的家具系統，不用工具就非常容易組合拆裝成各種桌椅，既環保又有設計感，另外也提出多款具有極簡風格的摺疊椅和燈具；Dirk Winkel 將三款由已故設計大師設計的經典座椅，重新設計成以 PP 設計的可堆疊的座椅，材料使用及運輸上都有很好的環保表現，高貴不貴，令人喜愛；由 Louise Campbell 設計的名為 Veryround 的座椅，它用 2 厘米的鋼板用雷射切割製成，總共用了 160 個單元的圓圈組成，設計成非常漂亮且強度足夠的新型態座椅，僅用到少量的單一金屬材質，反映了產品在數位時代的環保風格。

站在市場發展觀點，設計出符合環保的產品，在企業設計能力與品牌形象也是非常有利的。近年來德國逐漸發展出對優良產品設計提出表揚的國際性獎項，例如由德國下薩克森邦主辦的工業設計論壇(iF)設計獎及德國北萊茵邦主辦的紅點(Red Dot)設計獎，都是表彰全世界傑出設計的製造商及設計師的知名國際設計獎項，對於產品的環保特性是納入評審的審核要件，且是非常重要的指標之一，在國內業界也享有一定的知名度。另外德國有一項表揚電子產品的獎項稱為 PLUS X 獎，評審針對 11 個類別的電子產品，分別頒予創意、設計、容易使用、以及環保四個表現優異的獎項。例如 De' Longhi 德國公司推出兩款新型的空調設計，

即因為更加省電及使用環保冷媒獲獎；德國 Blomberg 公司推出省能源洗衣機，這款洗衣機同時能將洗潔劑的清洗效率完全發揮；另一家公司 Beko 也推出一款創新科技洗衣機，除了具有省電功能之外，洗滌時間號稱最短，同時也節省用水量，這些產品同時獲得大型家電類的環保優異獎項。我國是電子業的設計及製造大國，如能把握這個優勢，藉由這些國際獎項突顯本身創意設計能力及環保形象，得獎產品透過國際各大媒體的報導與國際商展的推廣，進而可得到市場上的宣傳效果及消費者的認同。

有些公司為了增加其競爭力，漸漸朝向藉由網路或硬體設施的規劃設計，將販售實體有形產品轉化為提供無形的服務價值，從而降低產品對環境的衝擊，並且確保符合顧客的需求，公司亦可從中獲得利潤與成長。“MIETE STATT KAUF” (租用取代購買)在德國漸漸成為流行的口號，傳統的租賃行業，像房屋、汽車、事務機器等商業模式已經行之有年，但是目前德國有更多新型態的產品服務系統正逐步發展中。

德國福斯汽車在沃爾斯堡和漢堡兩地執行兩項社區汽車租用計畫，由福斯提供出租汽車讓社區居民使用，汽車的所有權屬於車商，並由附近加油站提供洗車服務。這項計畫實施之後，參加的居民無須買車因而減少了生活開銷，藉由當區車商的管理及維修減少了環境衝擊，減少汽車數量也節省了停車空間，居民還可以依需求使用到不同大小車輛。

有一個名為 Raumobil 的德國網站，專門提供車輛和房屋空間的媒合服務，其目的就是讓車輛和房屋空間都能夠確實充分利用，使有車及需要車的雙方能互蒙其利，經營網站本身也能獲得利潤。例如在車輛方面，讓會員提供行車日期及行程，有需求共乘者或是有需要運送物品者，可依照網站上的行車行程來登記配對，來往德國各城市及鄰近國家城市。房屋空間方面則是讓有會議室、辦派對等活動空間或儲藏室及其需求者之間進行媒合，節省的費用由擁有者和使用者分享，結果也對資源節約及環境保護有利。產品服務系統的概念觸角也漸漸伸向其他行業，例如商用或個人用的咖啡機租賃、家用廚具租賃、高單價名畫或雕塑出

租給醫院、診所或其他公共場所等，在德國也漸漸流行起來。

以上幾個例子說明了德國環境化設計現況及其對於產品及環境的影響，在產品生命週期各個階段都有產生一定的環保助益。所謂產品生命週期，就是將產品看作一個有生、老、病、死的有機體一般。所謂「生」就是產品是由原始材料及相關零件，經一定的製造程序製成；「老」就是產品的使用年限，產品在消費者手中從新到舊的過程；「病」是指產品使用到某一年限後，部份零件開始耗損、故障、不靈光了；「死」則是產品在功能上或主觀意識上無法滿足消費者需要，成為廢棄物，透過環境化設計的手法，也可以讓產品起死回生，並繼續提供服務。

在整個產品生命週期中，環境化設計可扮演積極功能，促使產品各階段都能藉由創意的發揮，對整體環境帶來正面的效果。無論是站在消費者、設計師、企業界各個角度來看，環境化設計並沒有太高深的理論，反而很容易可從生活的實踐中發展出來，由以上各種案例及做法歸納起來，從應用新材質改良產品、重新設計產品結構、功能價值創新到新的服務系統都有，由各面向同時發展，並且因應時代需要提出創新想法，值得我國推動產品環境化設計之參考。

心得與建議

一、德國之環保技術與設備出口值執世界之牛耳，顯示德國環保技術與設備不論質與量均極優良，德國工藝之形象與水準，使德國環保技術與設備整體價值亦提高，故產品之高價與品質形成市場區隔與行銷，近年雖有部分零組件移往東歐或亞洲生產，但關鍵零組件及技術仍由公司掌握，而德國環保產業與我國類似亦多為中小企業，其成功經驗可供我國環保產業發展之參考。

二、揮發性有機物(VOCs)之管制已是國際趨勢，我國環保署將陸續制定或加嚴相關管制法規或標準，建議使用 VOCs(溶劑)之產業界，儘早透過提出自我溶劑管理方案，以了解未來排放減量規定對其工廠產生之衝擊，採取相關措施如：調整製程、使用低溶劑含量產品、更有效率的溶劑管理程序，尤其是在更新技術時換裝新設備和系統，所有措施都應即時規劃或啟動，以避免將來依法規要求必須在短時間內採行改善措施，反而花費更多。

三、德國近年大力推動再生能源產業，從原本透過「再生能源法」仰賴稅金補貼，如今已成為德國經濟的重要支柱，全球有三分之一的太陽能發電板，和將近二分之一的風力發電機，都在德國製造。環保相關產業的就業人口已達 100 萬人，未來隨著營業額擴大將不斷增加，到了 2020 年可望超過德國另外兩大代表性產業機械及汽車工業的就業人口。德國尤其特別扶植於德東地區發展新興產業，以有效提升德東地區就業率，而各部會及相關單位均支持此一政策，共同致力提振德東經濟發展，大力向國內外推廣再生能源技術設備與發展成功之經驗，且同時向國內外開拓再生能源產業市場，此一政策不但可紓緩兩德合併後德東經濟低落之困境，亦未排擠衝擊原西德經濟與生活，可同時解決多面向之問題，且從而得到多重之有形無形獲益，而首都遷至柏林，各中央部會及附屬機關亦隨之遷往德東地區，亦有助於德東之復甦，此可供我國產業發展之借鏡參考。

四、在拜訪德國產業及參觀相關展覽時，觀察環保產品(使用回收再利用材質)之售價可超過同品級商品三成至五成，如結合創新之設計及包裝，甚至可達同品級

商品二倍之售價，尤其如德國等環保先進國家，其環保消費意識已深植人心，含無法回收材質之商品已難以在歐洲銷售，反之，我國廠商可因應環保消費意識抬頭之趨勢，大力研發環保產品，帶領商機搶攻新興商品市場，可提高產品附加價值與產業競爭力，且重塑我國經濟發展與環境保護兼籌並進之成果與形象。