

廢溶劑回收可行性探討

盧滄海* 賴龍山*

一、前言

臺灣地區地狹、人稠、工廠多，因此環境污染問題，隨著工業化的程度愈來愈嚴重。欲解決工業污染問題，首先需對國內事業廢棄物作一全盤性的分析與調查，才能找到比較適合國內的解決方法。其分析與調查工作主要乃要了解：

1. 廢棄物的規模
2. 產生廢棄物的行業
3. 廢棄物目前的處理方式
4. 廢棄物是否值得回收再利用

本文主要乃探討廢溶劑回收的可行性，故報告內容以前述四項工作為主，希望能深入了解廢溶劑是否可找到一比較合適的解決方法。

二、國內有機溶劑使用現況

工業上使用的溶劑，大都是有機溶劑，而目前有55種有機溶劑納入政府法規管制。而這55種溶劑也是目前工業上最廣泛使用的溶劑。因此，僅要針對此55種溶劑做一調查，大約就可了解國內有機溶劑的使用情形。

根據勞工安全衛生法第3條第一項，有機溶劑依其對人體危害程度不同區分為三類：危害性較大的歸在第一類，其次的歸在第二類，最小的歸在第三類。其種類與分類如表一所示。

表一：國內有機溶劑種類與分類

I、第一種有機溶劑

1. 三氯甲烷 CHCl_3 Trichloro-methane
2. 1,1,2,2—四氯乙烷 $\text{CHCl}_2-\text{CHCl}_2$ 1,1,2,2,-Tetrachloroethane
3. 四氯化碳 CCl_4 Tetrachloromethane
4. 1,2—二氯乙烯 $\text{CHCl}=\text{CHCl}$ 1,2-Dichloroethylene
5. 1,2—二氯乙烷 $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$ 1,2-Dichloroethane

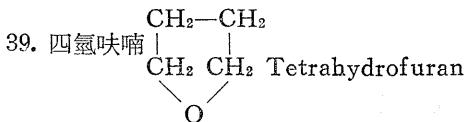
* 工業技術研究院化學工業研究所 製程發展研究室

6. 二硫化碳 CS_2 Carbon disulfide
7. 苯 C_6H_6 Benzene
8. 三氯乙烯 $\text{CHCl}=\text{CCl}_2$ Trichloroethylene
9. 僅由 1 至 8 列舉之物質之混合物。

II、第二種有機溶劑

1. 丙酮 CH_3COCH_3 Acetone
2. 異戊醇 $(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ Isoamyl alcohol
3. 異丁醇 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$ Isobutyl alcohol
4. 異丙醇 $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ Isopropyl alcohol
5. 乙醚 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ Ethylether
6. 乙二醇乙醚 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OC}_2\text{H}_5$ Ethyleneglycol monoethylether
7. 乙二醇乙醚醋酸 $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}(\text{CH}_2)_2\text{OCOCH}_3$ Ethyleneglycol monoethylether acetate
8. 乙二醇丁醚 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OC}_4\text{H}_9$ Ethyleneglycol monobutylether
9. 乙二醇甲醚 $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OCH}_3$ Ethyleneglycol monoethylether
10. 雙二氯苯 $\text{C}_5\text{H}_4\text{Cl}_2$ Orthodichlorobenzene
11. 二甲苯 $\text{C}_5\text{H}_4(\text{CH}_2)_2$ Xylene
12. 甲酚 $\text{C}_5\text{H}_4\text{CH}_3\text{OH}$ Cresol
13. 氯苯 $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ Chlorobenzene
14. 乙酸戊酯 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_5\text{H}_{11}$ Amyl acetate
15. 乙酸異戊酯 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ Isoamyl acetate
16. 乙酸異丁酯 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ Isobutyl acetate
17. 乙酸異丙酯 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}(\text{CH}_2)_2$ Isopropyl acetate
18. 乙酸乙酯 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$ Ethyl acetate
19. 乙酸丙酯 $\text{CH}_2\text{CO}_2\text{C}_3\text{H}_7$ Propyl acetate
20. 乙酸丁酯 $\text{CH}_2\text{CO}_2\text{C}_4\text{H}_9$ Butyl acetate
21. 乙酸甲酯 $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ Methyl acetate
22. 苯乙烯 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$ Styrene
23. 1,4—二氯陸園 $O \begin{array}{c} / \text{CH}_2\text{CH}_2 \\ \backslash \end{array} O$ 1,4-Dioxan
24. 四氯乙烯 $\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$ Tetrachloroethylene
25. 環己醇 $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$ Cyclohexanol
26. 環己酮 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$ Cyclohexanone
27. 1—丁醇 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$ 1-Butyl alcohol
28. 2—丁醇 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ 2-Butyl alcohol
29. 甲苯 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ Toluene
30. 二氯甲烷 CH_2Cl_2 Dichloromethane
31. 甲醇 CH_3OH Methyl alcohol
32. 甲基異丁酮 $(\text{CH}_2)_2\text{CHCH}_2\text{COCH}_3$ Methyl isobutyl Ketone
33. 甲基環己醇 $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{10}\text{OH}$ Methyl Cyclohexanol
34. 甲基環己酮 $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_9\text{CO}$ Methyl Cyclohexanone

35. 甲丁酮 $\text{CH}_3\text{OC}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ Methyl butyl ketone
36. 1,1,1—三氯乙烷 CH_3CCl_2 1,1,1-Trichloroethane
37. 丁酮 $\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$ Methyl ethyl ketone
38. 二甲基甲醯胺 $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$ N, N-Dimethyl formamide



40. 僅由 1 至 39 列舉之物質之混合物。

III、第三種有機溶劑

1. 汽油 Gasoline
2. 氣焦油精 coal-tar naphtha
3. 石油醚 Petroleum ether
4. 石油精 Petroleum naphtha
5. 輕油精 Petroleum benzina
6. 松節油 Turpentine
7. 正己烷 n-hexane
8. 礦油精 Mineral spirit (Mineral thinner, petroleum spirit, white spirit)
9. 僅由 1 至 8 列舉之物質之混合物。

表二 卽按國內有機溶劑之分類，分別說明該溶劑之用途及國內使用的現況，而溶劑使用量數據乃參酌海關總稅務司署進出口貿易統計月報與中華民國對外貿易發展協會進出口廠商資料，及根據國內製造商之年產量（包括國內自用量及出口量），進口溶劑代理商之年銷售量，再跟較大宗溶劑使用者之訪談整理所估算的結果。

三、產生廢溶劑的主要行業及其回收情形

如表二所示，國內主要使用的有機溶劑化學品，除作溶劑用途外，也可能當做化學反應物在製程中被消耗掉，一般主要作溶劑使用而可能造成廢溶劑污染的有機溶劑，有下列數種：

1. 醇類：甲醇、異丙醇
2. 酮類：丙酮、丁酮、甲基異丁基酮
3. 酯類：醋酸乙酯、醋酸丁酯
4. 其它：甲苯、二甲苯、二甲基甲醯胺、乙二醇醚、氯化溶劑。

這些廢溶劑產生的型態，依行業的不同而異，分為液態廢溶劑及氣態廢溶劑。根據調查結果，產生液態廢溶劑的行業，主要有合成皮工業（PU 皮濕式製程），電子工業和製藥工業等；而產生氣態廢溶劑的行業，主要有合成皮工業（PU 皮乾式製程），膠帶工業、食用油工業、汽車工業、印刷工業、橡膠輸送帶工業、塗料工業及一般塗佈工業。現分別說明之：

表二：國內有機溶劑使用情形表

名稱	用途	用量 (噸/年)
三氯甲烷	• 壓克力黏著劑。 • 萃取用溶劑。	800
四氯化碳	• 農藥中間體。 • 印刷油墨之溶劑。	400
1, 2—二氯乙烷	• 製造氯乙烯單體原料。 • 金屬脫脂劑。 • 溶劑，脫漆劑。	320,000
苯	• 製造工程塑膠、合成染料、清潔劑、橡膠化學品、紡織化學品及農藥之原料。	350,000
三氯乙烯	• 電子工業清洗劑。 • 金屬表面處理劑，萃取溶劑。	4,000
丙酮	• 壓克力單體及農藥原體之製造。 • 乙炔運輸之載體溶劑。 • 油漆、塗料、印刷電子用溶劑。	50,000
異丁醇	• 合成醋酸異丁酯及樹脂原料。 • 溶劑及潤滑油添加劑。	12,000
異丙醇	• 製造丙酮之原料。 • 電子工業，印刷油墨，硝化纖維素，製藥工業用溶劑。	30,000
乙二醇醚	• 油漆、樹脂、塗裝用溶劑。 • 積層板用溶劑。	5,000
二甲苯	• 石化產品原料及汽油添加劑。 • 樹脂、塗料、電子、印刷用溶劑。	440,000
甲酚	• 有機中間體。 • 消毒劑、清洗劑。	2,000

醋酸戊酯	• 溶劑。 • 稀釋劑。	2,000
醋酸乙酯	• 接著劑及樹脂、印刷油墨用溶劑。 • 噴漆、塗料用溶劑。	45,000
醋酸丁酯	• 噴漆溶劑。 • 塗料、橡膠、塑膠及紡織品之溶劑。	8,000
苯乙烯	• 製造工程塑膠。 • 合成樹脂。	370,000
四氯乙烯	• 乾洗、清洗溶劑。 • 電子工業刷洗劑。	15,000
環己酮	• 製造己內醯胺。 • 金屬脫脂劑。 • 繊維素溶劑。	110,000
1-丁醇	• 合成醋酸正丁酯，丙烯醋酸正丁酯，PU及乙二醇醚之原料。 • 樹脂溶劑。	20,000
2-丁醇	• 製造丁酮。 • 溶劑。	8,000
甲苯	• 石化產品原料及汽油添加劑。 • 溶劑。	140,000
二氯甲烷	• 泡綿發泡劑。 • 電子工業清洗劑。 • 溶劑。	8,000
甲醇	• 石化產品原料及汽油添加劑。 • 紅染料及香料之原料。 • 溶劑。	220,000

甲基異丁基酮	• 人造皮、油墨、噴漆及製藥工業之溶劑。	10,000
1,1,1—三氯乙烷	• 紡織工業用清潔劑（俗稱噴槍油）。 • 電子工業清洗劑。 • 切削劑，冷切潤滑劑之摻配用	12,000
丁 酮	• 合成皮、接著劑及樹脂溶劑。 • 電子工業，印刷油墨用溶劑。	42,000
二甲基甲醯胺	• 合成皮用溶劑。 • 製藥業及樹脂溶劑。	25,000
正 己 烷	• 黃豆油之萃取溶劑。 • 印刷油墨溶劑。 • 粘著劑及快乾漆之溶劑。	15,000

1. 合成皮工業

合成皮主要乃指 PU 合成皮，而在 PU 合成皮製造中區分為濕式及乾式製程。濕式製程中的廢溶劑二甲基甲醯胺 (DMF)，國內目前已六套回收設備，且沒設回收設備的廠商也將廢溶劑收集而轉交有回收設備工廠代工處理，故回收情形良好。其詳細回收情形詳見表三。而乾式製程的廢溶劑（以丁酮為主）目前僅南亞公司作回收利用，惟回收情形不是很理

表三：PU 合成皮（濕式製程）之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	二甲基甲醯胺 (DMF)		
用量 (噸/年)	35,000		
廠商名稱	南亞、三芳、普大、雅藝、尚鋒、勝宏等廿餘家。		
廢溶劑有無回收	有		
回收廠商	南亞、三芳、普大、雅藝、大穎、尚鋒、上曜、勝宏等。		
回收技術之來源	日立、日玄、益誼、三菱。		
回收率	92~99	純度	99.9%
回收技術是否成熟	是		
是否需要開發／改善回收技術	否		

備註：1. DMF 回收後，其排放廢水含量太高 (0.3%) 故廢水問題，仍需注意。
2. 如廢溶劑 DMF 規模夠大，值得建回收工廠，其投資報酬率年可達六億三千萬元。

想，仍需製程與設備的改善，詳細回收情形詳見表四。

表四：P U合成皮（乾式製程）之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	丁酮 (MEK), 二甲基甲醯胺 (DMF), 甲苯。		
用量 (噸／年)	30,000	10,000	5,000
廠商名稱	南亞等廿餘商		
廢溶劑有無回收	有 (僅一家)		
回收廠商	南亞		
回收技術之來源	日本日鐵		
回收率	60~70%	純度	
回收技術是否成熟	否		
是否需要開發／改善回收技術	是		

備註：1. 吸附槽易著火，且回收的 MEK 溶劑呈淡黃色。

2. 可針對回收系統製程設備，吸附劑及吸附槽進行回收技術改善。

2. 電子工業

電子工業使用的溶劑主要乃甲苯、異丙醇、丙酮、丁酮、三氯乙烯、三氯乙烷和乙二醇醚。其用途大多當清洗劑使用。由於量少且佔整個成本的比例很低，故電子廠大都將廢溶劑轉交給溶劑純化廠處理；除非量大且污染程度低才考慮回收使用，但據了解回收使用效果不佳，且意願亦低。其詳細回收情形請見表五。

表五：電子工業之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	異丙醇、丙酮、丁酮	氯化溶劑	甲苯、二甲苯	乙二醇醚		
用量 (噸／年)	10,000	5,000	5,000	1,000		
廠商名稱	聯華、臺灣積體、臺灣通用、華通等上百家					
廢溶劑有無回收	有 (少數幾家)					
回收廠商	麗正 (回收異丙醇)，華通 (回收三氯乙烷)					
回收技術之來源	國外					
回收率		純度	不高，僅可重複使用數次			
回收技術是否成熟	否					
是否需要開發／改善回收技術	是					

備註：1. 電子工業之廢溶劑，大多轉交給國內溶劑純化工廠回收處理，其再製回收溶劑大都純度不高。

2. 可針對純化進行回收技術之改善。

3. 膠帶工業

膠帶工業依其膠體之使用主要分為兩類型：壓克力樹脂型及天然橡膠型；其中壓克力樹脂型使用醋酸乙酯溶劑，而橡膠型使用甲苯溶劑。故其廢溶劑主要乃醋酸乙酯和甲苯。因大廠使用的溶劑相當可觀，故大都設有回收設備；然僅少數幾家進行至純化階段，大都僅至回收混合溶劑階段而已。

至於詳細情形詳見表六。

表六：膠帶工業之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	醋酸乙酯	甲苯	
用量(噸／年)	15,000	4,000	
廠商名稱	亞洲、四維、晉通、高冠、地球等卅餘家		
廢溶劑有無回收	有（僅大廠五家）		
回收廠商	亞洲、四維、晉通、高冠、地球等五家		
回收技術之來源	日本、荷蘭		
回收率	60~65%	純度	97%
回收技術是否成熟	否		
是否需要開發／改善回收技術	是		

備註：1. 可針對回收效率之問題，修飾回收製程。

2. 收集的混合溶劑可再進行純化分離，使回收溶劑的利潤提高。

4. 製藥工業

製藥工業其使用的溶劑乃用在合成或萃取上，常用的溶劑乃醇類與酮類，這些溶劑大都循環使用，惟在溶劑的純度、顏色較嚴重時才當廢溶劑處理。由於，這些廢溶劑含固體成份較少，故可轉售給溶劑純化工廠。其詳細情形詳見表七。

5. 食油工業

目前食用油主要乃黃豆油，而黃豆提油乃藉溶劑正己烷來萃取。因正己烷使用量大，故一般製程皆會回收循環使用。然尾氣含溶劑的量除少部份的業者外皆過高。應可考慮予以回收或直接燃燒掉，其詳細情形詳見表八。

6. 汽車工業

汽車工業使用的溶劑乃在電著塗裝及表面塗裝階段，其中電著塗裝大都有超過濾(UF)裝置，故無廢溶劑問題。而表面塗裝，不管噴漆、烤漆其廢溶劑皆稀釋後排放出，應可考慮降低排放濃度。其詳細情形詳見表九。

7. 印刷工業

印刷工業除油墨使用溶劑外，清洗也使用到溶劑，由於油墨摻配的溶劑種類達數十種以上，再加上量少，故回收不易，而其廢氣對作業區環境會造成污染。至於清洗劑，量大者如

表七：製藥工業之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	異丙醇	甲醇	甲基異丁酮
用量(噸／年)	4,000	3,000	2,000
廠商名稱	中國化學合成、永豐化學等上百家		
廢溶劑有無回收	有(溶劑純化廠商回收之)		
回收廠商	鍾祥、昇利、臺灣南庄、大循等數家		
回收技術之來源			
回收率		純度	
回收技術是否成熟	否		
是否需要開發／改善回收技術	是		

備註：1. 製藥工業產生的廢溶劑大多可轉售給溶劑回收純化工廠，故比較無廢溶劑處理之問題。
2. 可針對溶劑純化工廠進行純化技術改善。

表八：食用油工業之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	正己烷		
用量(噸／年)	3,000		
廠商名稱	大統益、惠勝、統一、臺糖等十餘家		
廢溶劑有無回收	有		
回收廠商	大統益、惠勝、統一、臺糖等		
回收技術之來源	西德		
回收率	99%	純度	99%以上
回收技術是否成熟	是		
是否需要開發／改善回收技術	否		

備註：1. 尾氣排放含正己烷的濃度約 100~3,000ppm，可考慮在尾氣排放處，發展一套裝式回收設備或燃燒處理。

報社，有溶劑回收工廠搜購；量小者，就自行傾倒。其詳細情形詳見表十。

8. 橡膠輸送帶工業

此乃塗佈工業的一種，此廢溶劑的產生乃在烘乾過程溶劑揮發造成的。由於此工業使用的溶劑單純，故回收相當可行且具有經濟性。其詳細情形詳見表十一。

表九：汽車工業之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	甲苯、二甲苯、醋酸丁酯、乙二醇醚、異丙醇		
用量(噸／年)	1,200~1,500		
廠商名稱	裕隆、福特、三富、羽田機械等數家		
廢溶劑有無回收	無		
回收廠商	無		
回收技術之來源			
回收率		純度	
回收技術是否成熟			
是否需要開發／改善回收技術	否		

備註：1. 汽車工業廢溶劑量小且多處揮發（作業區大），回收不易，故宜考慮廢氣的排放濃度。

2. 目前汽車工業廢溶劑乃稀釋揮發排放，故可針對廢氣考慮直接燒掉或觸媒轉化燃燒處理。

表十：印刷工業之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	丁酮、甲基異丁基酮、異丙醇、甲醇、苯、正己烷、四氯化碳等		
用量(噸／年)	10,000~50,000		
廠商名稱	聯合報印刷中心等數百家		
廢溶劑有無回收	有（部份廠商收集後，轉交回收純化廠處理）		
回收廠商	鍾祥、昇利等數家		
回收技術之來源			
回收率		純度	
回收技術是否成熟	否		
是否需要開發／改善回收技術	是		

備註：1. 國內印刷工業，規模皆不大，可在烘乾蒸發部份採密閉方式，處理廢溶劑。

2. 廢氣量較大的廠商，要考慮尾氣的處理。

3. 可針對回收純化廠進行分離純化技術的改良。

9.塗料工業

塗料工業在塗料製造摻配過程中比較無廢溶劑產生，主要乃在使用塗料時才會產生廢溶劑，尤其在噴漆作業時，氣態廢溶劑會揮發出來。至於洗桶產生的廢溶劑為數也不少，但一般回收純化工廠可回收此廢溶劑。其詳細情形請見表十二。

表十一：橡膠輸送帶工業之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	甲苯		
用量(噸/年)	400		
廠商名稱	三五橡膠、興國等數家		
廢溶劑有無回收	有		
回收廠商	三五橡膠		
回收技術之來源	立鋼(彰化市)		
回收率	90~92%	純度	90%以上
回收技術是否成熟	是		
是否需要開發／改善回收技術	否		

備註：1. 國內已有能力提供設備與回收技術。
2. 應將此技術廣泛推廣。

表十二：塗料工業之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	醋酸丁酯、乙二醇醚、甲苯、二甲苯		
用量(噸/年)	15,000~20,000		
廠商名稱	永固、永記等數十家		
廢溶劑有無回收	有(部份廠商收集後，轉交回收純化廠處理)		
回收廠商	鍾祥、昇利等數家		
回收技術之來源			
回收率		純度	
回收技術是否成熟	否		
是否需要開發／改善回收技術	是		

備註：1. 產生氣態廢溶劑，大都在最終使用者時發生，而使用者，一般也不會去回收溶劑，故應開發固成份較高的塗料，以減低廢溶劑的產生。
2. 可針對液態溶劑回收純化廠商進行純化技術的改良。

10.一般塗佈工業

很多產品為了保護表面，常需在表面塗佈一層膜；或配件需要黏在一起，皆需使用膠。當上膠後，需烘乾處理，例如，防水布、鞋子工業等，在烘乾過程中即有廢溶劑產生。其詳細情形請見表十三。

表十三：一般塗佈工業之溶劑回收情形

使用溶劑之種類	甲苯、二甲苯、醇類、酮類、乙二醇醚		
用量(噸/年)	10,000~50,000		
廠商名稱	福懋等上百家		
廢溶劑有無回收	有(僅少數幾家)		
回收廠商	福懋等數家		
回收技術之來源			
回收率		純度	
回收技術是否成熟	否		
是否需要開發／改善回收技術	是		

備註：1. 此類工廠在各行業相當多，故可開發套裝式小型回收設備，在工廠回收氣態廢溶劑後，再集中純化處理。

四、國內廢溶劑回收現況

國內廢溶劑的問題由來已久，多數的石油系溶劑（如碳氫化合物）使用廠商在十幾年前曾與中油公司訂有契約，將所產生之廢溶劑交由中油公司處理，由於達不到經濟利益及種種原因而作罷。而非石油系溶劑（如氯化溶劑）用量較少，且目前僅有數家小規模回收工廠在從事純化工作。

目前，國內各行業對製程上產生之廢溶劑的處理方式，可以歸納成以下三種情形：

1. 工廠自行回收再利用：如PU工業、膠帶工業、黃豆提油工業以及橡膠輸送帶工業等。
2. 將廢溶劑交由國內目前之廢溶劑回收工廠，予以回收純化等處理：如電子工業、製藥工業等。
3. 任意或掩人耳目而排放（或稀釋排放）：此為國內目前大部份工廠之作法。

其中，國內之廢溶劑回收純化工廠如表十四所示，廠商少且規模均不大。其處理技術層次不高，皆為簡單的蒸餾、脫水及脫色等操作。由於回收的溶劑純度不高，直接影響回收再製溶劑的售價；利潤有限相對地也影響了業者投資在回收設備或引進相關更高層次的溶劑純化技術的意願，長此以往，惡性循環，現有的溶劑回收工廠自然達不到高技術層次及經濟規模，因之，二次公害自然無法避免。此外，廢溶劑來源不穩定，且廢溶劑裏組成份亦複雜，工廠既無法穩定連續的操作運轉，業者自然無法購買動輒數百，上千萬元之溶劑回收處理設備。因之，在現有經濟因素考量下，以目前之廢溶劑純化技術，針對目前公害防治及環境保護的呼聲，自然無法有非常令人滿意，甚或差強人意的方法以改善目前的狀況。

根據訪問國內各產業及溶劑回收業者，知悉國內各產業工廠做溶劑回收之考慮因素，乃

表十四：國內目前登記的廢溶劑純化工廠

名稱	地址	電話	聯絡人
鍾祥有限公司	公司：臺北市太原路96號2樓 工廠：臺北縣樹林鎮柑園街1段72之1號	(02) 5416789 (02) 6836491	陳三儀
昇利化工有限公司	公司：臺北縣中和市員山路314巷9號 工廠：臺北縣三峽鎮添福路215之3號	(02) 2228375 (02) 6710017	陳振能
東帝化學有限公司	公司：臺北市光復北路102號5樓 工廠：苗栗縣銅鑼鄉銅鑼村民有路7號	(02) 7216851 (037) 982866	許文雄
灶興企業有限公司	公司：高雄市三民區建國二路157號 工廠：高雄縣路竹鄉後鄉村新興路122巷2號	(07) 2514129 (07) 251440	陳顯宗
旭步有限公司	新莊市壽山路107號	(02) 9022621	林平國
臺灣南庄有限公司	公司：臺北市仁愛路三段116之1號4樓 工廠：苗栗縣南庄鄉蓬萊村78號	(02) 7095422 (036) 821055	朱增貴

基於：

1. 該廠規模大：產品數量大，相對溶劑用量消耗也多，例如：膠帶工業所使用之溶劑醋酸乙酯和甲苯之回收。
2. 溶劑單價高：回收純化處理後，仍有利潤，例如：PU工業所使用之溶劑二甲基二醯胺之回收。
3. 污染明顯：可能成為公害注目對象。例如：電子工業所使用的氯化溶劑，廠商收集後，轉交純化工廠處理。

由此可知，國內有回收廢溶劑設備之工廠不多，需在觀念上多溝通與了解。

五、廢溶劑之回收純化處理技術

針對廢溶劑的回收、純化及處理技術，主要分為二：

1. 氣態廢溶劑：如PU工業，在其乾式製程中，PU皮成品加熱揮發溶劑蒸氣而乾燥，因此造成氣態廢溶劑。其回收流程，不外乎是利用活性炭、沸石等吸附劑來吸附溶劑蒸氣，再利用氮氣、熱空氣或蒸氣將固定位的溶劑脫附出來，成為液態廢溶劑，其處理方式如下節所示。

表十五：氣態廢溶劑回收技術之優缺點比較

回 收 技 術 之 名 稱	優 點	缺 點
活性炭吸附法 (Active Carbon Adsorption/Desorption Method)	<ul style="list-style-type: none"> 可批式操作。 有機揮發物濃度低時，仍具經濟效益。 以氮氣脫附，可回收處理氯化溶劑。 	<ul style="list-style-type: none"> 有炭床阻塞及著火的顧慮。 批式操作，效率漸低，活性炭需再生。 某些有機揮發物有磁滯反應，而不易洗出。
空氣燃燒法 (Incineration Method)	<ul style="list-style-type: none"> 廢熱可再利用。 	<ul style="list-style-type: none"> 能量消耗大。 有機揮發物無法回收再使用。 在觸媒催化系統中，溫度雖可降低，但觸媒需常更換。
液體洗氣法 (Liquid Scrubbing)	<ul style="list-style-type: none"> 可處理溶劑濃度在 1 % 以上。 操作簡單。 	<ul style="list-style-type: none"> 對非水溶性有機揮發物，需以礦物油來吸收，容易造成吸收油逸向大氣，會有污染的傾向。
冷凝／冷凍法 (Condensation/ Refrigeration)	<ul style="list-style-type: none"> 溶劑廢氣經濃縮，回收率高。 	<ul style="list-style-type: none"> 能量消耗大。 需配合吸附、燃燒及吸收法使用，否則無法處理低濃度之氣態廢溶劑。
密迴路吸收法 (Closed-Loop Absorption)	<ul style="list-style-type: none"> 效率穩定。 不需蒸氣，無腐蝕及廢水問題。 可自動化操作。 	<ul style="list-style-type: none"> 有機揮發物濃度低或廢氣流量低於 $1,000\text{ft}^3/\text{min}$ 均不符合經濟效益。

2. 液態廢溶劑：如 PU 工業，在濕式製程中，PU 皮樹脂內之溶劑，以水萃取置換出來，又如電子工業機器，零件之清洗亦同樣造成液態廢溶劑。其回收可經由蒸餾（一般蒸餾，共沸蒸餾、萃取蒸餾或反應蒸餾），汽取等分離及純化步驟，而得再製溶劑。

表十五乃為各類氣態廢溶劑處理技術優缺點之比較，至於液態廢溶劑，其回收純化乃化工單元操作之應用，故不詳談。廢溶劑之回收技術，國外已漸發展出套裝式回收設備以供應各種行業之使用。例如，用以電子工業、清洗劑氯氟碳化合物 (Chlorofluorocarbon, CFC) 溶劑之回收，根據1988年5月份 Chemical Engineering 的報導，日本一家製造 CFC 的 Daikin 公司，已發展出二階段的溶劑回收設備的吸附程序，來回收如 CFC-112 及 CFC-113 等溶劑。該設備首先是以活性碳來吸附低濃度（約 100~500ppm）的 CFC 物質，

再以熱空氣脫附將 CFC 的濃度增為20倍，濃縮的廢氣流即進入此設備之第二階段，流體化床吸附／脫附系統，據稱，此套溶劑回收設備，可使 CFC 物質回收純化至99%以上，且由於係使用熱空氣而非蒸氣脫附，可避免如氫氟化合物的產生。

因此，廢溶劑回收技術乃依廢溶劑的種類，濃度及數量來選擇適當的方法。

六、國內廢溶劑回收之可行性辦法

由上之討論可知國內廢溶劑回收可分為二種方式：

工廠本身自行回收處理和工廠將廢溶劑收集後轉交給溶劑回收純化工廠處理二種。至於第一種情形，只要回收技術可行，再加上有利可圖，工廠本身自行會想辦法處理。所以國內廢溶劑回收工作主要乃在產生廢溶劑工廠的收集與溶劑回收純化工廠上。這些工廠所面臨的主要問題乃：

1. 廢溶劑的來源問題
2. 廢溶劑的分類，蒐集問題

針對上述問題，提供以下四點可行辦法供參考：

1. 在本省北、中、南各選擇，並規劃廢溶劑等廢棄物之回收純化處理或再利用之專業區，由政府輔導民間設立數座大型之特定廢溶劑回收處理之中心工廠。可同時解決廢溶劑分類、蒐集及減少廢溶劑運輸成本問題。
2. 在環保法令規章的完備前提下，對於任意傾倒或丟棄廢溶劑等廢棄物的廠商施以超出目前金額數倍乃至數十倍的重罰，甚至勒令停工，以收遏止之效。如此，廢溶劑之回收處理工廠之來源不致於短缺，在能維持正常運轉，連續操作之情形下，國內的污染防治，才有契機。
3. 業者自行開發回收技術，或引進技術，或由工業技術研究院化學工業研究所開發所需之技術，來協助改善國內現有廢溶劑回收工廠之技術。例如，化學工業研究所預計今年7月起，針對國內電子工業及PU工業乾式製程之廢溶劑回收，進行研究，擬提供解決溶劑回收的技術給業者參考。
4. 配合化學工業研究所污染防治組所推廣的事業廢棄物交換中心功能的運作，使廢溶劑等有害廢棄物，達到減量化與資源化之目的。（需有關廢棄物交換資訊更詳細資料者，請電035-721321轉322 黃愛倫小組）

七、結論

國內工業的發展，日復一日，雖帶動了經濟上的繁榮，但因現有產業多數仍屬或高或低的污染性工業。業界在製程裏溶劑使用後所造成廢棄物的污染，占國內污染源相當重的比例。國內工業最大特點乃大都屬於中、小企業之規模，因之污染源星羅棋布，若要集中處理，困難頗多，而個別處理，亦需考量各行業之特性。除此之外，若非從工廠根本的架構與流程上徹底的修飾或更改，自然極需更高層次的污染防治技術，予以有效妥善的規畫處理，兼籌

並顧。目前有三項觀念極待溝通與了解。

1. 汚染者付費，污染防治乃生產成本的一部份。
2. 要建立社會成本與法治觀念，以避免廢棄物任意傾倒或排放。
3. 廢棄物資源回收再利用的方式，是減少廢棄物最積極作法，也是最佳方式。

廢溶劑回收在國內是可行性的且此工作勢在必行，除解決污染問題外，還可資源再利用。因此各工廠的老板們是否需再進一步了解貴公司是否有廢溶劑而未處理呢？

八、誌謝

感謝經濟部提供工業污染與公害防治專案計劃之經費，使本計劃能順利完成。

九、參考文獻

1. 第一屆環境與工業研討會論文集，逢甲大學，1986
2. A. J. Ehrler "Closed-loop absorption for solvent recycle", Metal Finishing, Nov. 1987, pp. 53-56.
3. 事業廢棄物管制近程措施，行政院衛生署環境保護局，1987
4. 有機溶劑危害預防，臺灣省工礦檢查委員會，1986