

宜蘭縣政府環境保護局

(九十五年度)

「廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理計畫

暨

固定污染源連續自動監測設施功能查核及維護計畫」

第一部分

廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理計畫

期末報告正式定稿版

國立台北科技大學 環境規劃與管理研究所

地址：台北市忠孝東路三段一號

TEL:02-27712171 #2645/4121

中 華 民 國 九 十 五 年 十 二 月

摘要

宜蘭縣環境保護局為維護縣內空氣品質及民眾健康，因此有必要對水泥廠採用廢溶劑作為輔助燃料所產生之空氣污染物做一持續性的監測與追蹤，並規劃完善廢溶劑貯存管理措施，以期兼顧廢溶劑之處理以及空氣品質與民眾健康。據此宜蘭縣環保局，特訂定「宜蘭縣 95 年度廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理」，本計畫相關調查與評估結果，可提供主管機關作為未來實施相關政策之參考，並建立民眾了解廢溶劑作為水泥窯輔助燃料所產生之空氣污染物對於環境及人體健康之影響。本計畫主要針對宜蘭縣境內兩家水泥廠，台灣水泥股份有限公司及幸福水泥股份有限公司，分別進行廢溶劑進入宜蘭縣作為水泥窯輔助燃料之環境調查與評估工作，並達成以下之計畫目標：

- 1.落實宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案之查核。
- 2.落實廢溶劑清運貯存管理 SOP 與查核制度。
- 3.藉由水泥窯排放煙氣之檢測與查核工作達到空品維護目標。

茲就執行結果摘述所獲得的重要結論如下：

1. 本計畫在落實查核管制方案內容工作上分為清查處理廠現行之清運貯存管理措施，及邀請專家學者進行廢溶劑成分檢測報告與現場查核兩方向進行。由執行結果可知台灣水泥廠和幸福水泥廠兩間廢溶劑成分及煙道檢測污染情形，大體上可符合規範要求，只有台灣水泥廠的廢溶劑兩次採樣中有一次的樣品之平均熱值小於 3,000 kcal/kg(2,653 kcal/kg)，雖然廢溶劑熱值在高溫旋轉窯(約 1400⁰C)下，依其混燃量並不足以影響爐溫及廢溶劑破壞率，但因低於縣環保局之『宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案』規定，值得業者及管理者注意。

2. 本計畫邀請化學環工領域之專家學者 5 位，針對七家廠商之廢溶劑成份檢測報告、收集與貯存方式、廢溶劑產生機制等項目進行現場查核，廢溶劑產源廠商之廢溶劑清除貯存管理措施尚稱完善，且部分廠已執行廢溶劑減量工作。
3. 針對廠內及業者現行廢溶劑清運洩漏進行調查及查核，以預防廢溶劑在裝料/清運/洩料等過程中洩露，目前尚未發現有重大的洩漏事故發生。唯經本工作團隊人員依查核表之注意事項進行查核，在假設災害狀況發生時，被查核對象了解如何處置之對答情形可發現約有 85%以上的能掌控或了解因應狀況。
4. 綜合本計畫歷年(93-95 年度)檢測結果含產生源廠商自行檢測之數據資料，其中廢溶劑之發熱值之總平均為 4,647kcal/kg，高於「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定之 3,000kcal/kg，屬於高熱值之液體廢棄物，除適用於焚化處理外，亦可考量作為輔助燃料使用。雖然相較於燃料煤 6,400 kcal/kg、燃料油 9,200 kcal/L、天然氣 9 kcal/m³、液化石油氣 11.9 kcal/kg、液化天然氣 9.9 kcal/m³等一般燃料物質，廢溶劑之熱值仍屬偏低，但尚可充分控管廢溶劑成分中所含之有害成分，並利用水泥窯提供之良好的燃燒條件(溫度高且停留時間長)，作為輔助燃料使用不啻為一可行之能源再生方式。
5. 根據本 95 年度二家水泥廠之煙道戴奧辛採樣分析結果(分別為 0.214 與 0.307 ng-TEQ/Nm³)可知，此值高於往年均值，雖仍符合焚化爐管制標準(小於 0.5 ng-TEQ/Nm³)，唯基於環境風險管理，值得業者與管理者注意。
6. 本 95 年度二家水泥廠煙氣中鉛鎘汞分別為：台灣水泥廠之汞 0.0027 mg/Nm³、鎘 0.0016 mg/Nm³、鉛 0.0039 mg/Nm³，幸福水泥廠之汞 0.0051 mg/Nm³、鎘 0.0022 mg/Nm³、鉛 0.0038 mg/Nm³，此與往年均值相差不遠，其符合煙道管制標準，亦甚符合學理上的推估。

計畫名稱：宜蘭縣95年度空氣品質改善維護計畫廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理計畫

本計畫工作日期95年3月7日起至95年12月31日止

填表人：周芷玫

項次	工作項目	目標數	進度分析	95年度										累積 進度	進度說明
				第一季	第二季			第三季			第四季				
				3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
一	落實查核宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案	3廠次	預定達成數	0	0	0	0	1	1	1	0	0	100%	此項工作將分為三階段進行，第一階段：先篩選委員名單，第二階段：再提供查核表單，請各委員提供建議，第三階段：彙整各方意見	
			實際達成數	0	0	0	0	1	1	1	0	0			
			累積達成數	0	0	0	0	1	2	3	3	3			
			累積達成比例	0%	0%	0%	0%	33.3%	66.6%	100%	100%	100%			100%
二	建立並落實廢溶劑清運貯存管理SOP與查核制度	7廠次	預定達成數	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	100%	
			實際達成數	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0		
			累積達成數	0	0	1	0	2	3	5	5	5	5		
			累積達成比例	0%	0%	20%	20%	40%	60.0%	100%	100%	100%	100%		
三	台灣水泥股份有限公司煙道檢測(共4項)	1根次	預定達成數	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	100%	
			實際達成數	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
			累積達成數	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1		
			累積達成比例	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%		
四	幸福水泥股份有限公司煙道檢測(共4項)	1根次	預定達成數	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	100%	
			實際達成數	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
			累積達成數	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1		
			累積達成比例	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%		
五	台灣水泥股份有限公司廢溶劑檢驗(共10項)	2組次	預定達成數	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	100%	
			實際達成數	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0		
			累積達成數	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2		
			累積達成比例	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%		
六	幸福水泥股份有限公司廢溶劑檢驗(共10項)	2組次	預定達成數	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	100%	
			實際達成數	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0		
			累積達成數	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2		
			累積達成比例	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%		
七	期中/期末報告	2	預定達成數	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	100%	
			實際達成數	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0		
			累積達成數	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2		
			累積達成比例	0%	0%	0%	0%	50%	50%	50%	100%	100%	100%		

目 錄

摘要.....	I
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 背景概述.....	5
1.2.1 廢溶劑特性.....	5
1.2.2 水泥廠旋轉窯焚化爐燃燒特性.....	10
1.2.3 水泥廢溶劑再利用情形.....	15
1.2.4 相關法規.....	18
1.2.5 歷年執行成果與問題.....	33
1.3 計畫目標.....	36
第二章 工作項目及內容.....	37
第三章 執行方法.....	39
3.1 落實查核宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方 案內容.....	39
3.2 建立並落實廢溶劑清運貯存管理 SOP 與查核制度.....	44
3.3 使用廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之排放廢氣風險推估.....	57
第四章 執行成果.....	59
4.1 落實查核輔助燃料管制方案內容.....	59
4.1.1 管制方案查核結果(水泥廠).....	59
4.1.2 學者專家意見彙整(產源廠).....	66
4.2 查核廢溶劑清運貯存管理之 SOP 執行情形.....	79
4.2.1 廢溶劑清運貯存管理標準作業程序查核.....	79
4.2.2 廢溶劑清運洩漏之查核.....	95
4.3 廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之污染風險.....	101
4.3.1 引言.....	101
4.3.2 進料廢溶劑成份檢測結果.....	109
4.3.3 煙道檢測結果.....	133
4.3.4 污染風險綜合評估.....	152
4.4 研修廢溶劑輔助燃料管制方案.....	163
4.5 其他行政作業.....	171
第五章 結論與建議.....	172
5.1 結論.....	172
5.2 建議.....	174

參考文獻

附錄

附錄一 期中期末報告審查意見說明與回覆

附錄二 廢溶劑相關法規

附錄三 戴奧辛檢測報告結果

附錄四 廢溶劑檢測 QAQC 作業紀錄表

附錄五 產源廠現勘資料

附錄六 定期申報之檢測

附錄七 戴奧辛相關模式相關資料

表 目 錄

表 1.1-1 水泥廠空氣品質檢測項目與頻率.....	3
表 1.1-2 我國水泥廠以廢溶劑作為輔助燃料之名單.....	4
表 1.1-3 宜蘭縣水泥廠使用廢溶劑作為輔助燃料統計.....	4
表 1.2-1 半導體業者使用有機原物料之種類及作業區.....	6
表 1.2-2 光電半導體業者使用有機原物料之種類及作業區.....	7
表 1.2-3 國內建議優先調查之 30 種有害空氣污染.....	8
表 1.2-4 中央公告與宜蘭縣訂定水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案之差異對照表.....	21
表 1.2-5 我國事業廢棄物管制策略與措施表.....	28
表 3.1-1 廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表.....	40
表 3.1-2 宜蘭縣水泥窯(代運輸)業者廢溶劑清運管理作業巡檢表.....	49
表 3.1-3 宜蘭縣水泥窯業者廢溶劑貯存管理作業巡檢表.....	50
表 3.2-4 廢溶劑洩漏之一般道路應注意事項.....	53
表 4.1-1 廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表(台灣水泥廠).....	62
表 4.1-2 廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表(幸福水泥廠).....	64
表 4.1-3 五位廢溶劑產源專家資歷表.....	70
表 4.1-4 本計畫調查對象之廢溶劑主要產源廠.....	71
表 4.1-5 專家學者對廢溶劑產生源(電子廠)之重要建議條列表.....	72
表 4.1-6 七家廢溶劑產源廠近來執行廢溶劑減量成效.....	74
表 4.2-1 廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序.....	80
表 4.2-2 廢溶劑槽車運輸作業之標準作業程序.....	82
表 4.2-3 廢溶劑槽車洩料作業之標準作業程序.....	84
表 4.2-4 台灣水泥廠與幸福水泥廠廢溶劑之儲存設備比較表.....	87
表 4.2-5 廢溶劑清運過程洩漏之一般道路應注意事項.....	97
表 4.3-1 半導體產業各主要製程中所使用液態化學品(主要含氯成分)之特性...104	
表 4.3-2 TFT-LCD 製程用化品.....	105
表 4.3-3 95 年度計畫廢溶劑檢測結果(一).....	112
表 4.3-4 95 年度計畫廢溶劑檢測結果(二).....	113
表 4.3-5 93 年度廢溶劑檢測結果(一).....	125
表 4.3-6 93 年度廢溶劑檢測結果(二).....	126
表 4.3-7 93 年度廢溶劑產生源之自行檢測結果.....	127
表 4.3-8 93 年度廢溶劑產生源之自行檢測結果(續).....	128
表 4.3-9 94 年度計畫廢溶劑檢測結果(一).....	129
表 4.3-10 94 年度計畫廢溶劑檢測結果(二).....	130

表 4.3-11 94 年度廢溶劑產生源之自行檢測結果(一).....	131
表 4.3-12 94 年度廢溶劑產生源之自行檢測結果(二).....	132
表 4.3-13 92 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例...	135
表 4.3-14 93 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例...	136
表 4.3-15 94 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例...	137
表 4.3-16 95 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例...	138
表 4.3-17 92 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例...	139
表 4.3-18 93 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例...	140
表 4.3-19 94 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例...	141
表 4.3-20 95 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例....	142
表 4.3-21 各水泥廠歷年(92-93 年度)煙道檢測結果(戴奧辛).....	147
表 4.3-22 本計畫執行各水泥廠 94 年度煙道檢測結果.....	148
表 4.3-23 本計畫執行各水泥廠 95 年度煙道檢測結果.....	148
表 4.3-24 本計畫研究標的歷年煙道戴奧辛檢測結果.....	149
表 4.3-25 本計畫歷年廢溶劑濃度與煙道戴奧辛檢測之平均濃度.....	156
表 4.4-1 宜蘭縣水泥窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案之考量因素與研修依據原則.....	169

圖 目 錄

圖 3.1-1 執行廢溶劑管制方案修正作業之流程圖.....	43
圖 4.1-1 台灣、幸福水泥廠所處理廢溶劑(LVH)之平均發熱值比較圖.....	61
圖 4.1-2 代表性產源廠近三年廢溶劑以焚化處理之百分比變化.....	78
圖 4.2-1 廢溶劑載運之路線圖(台灣水泥廠).....	89
圖 4.2-2 運載廢溶劑之運輸車輛(台灣水泥廠).....	90
圖 4.2-3 廢溶劑之貯存場所(台灣水泥廠).....	90
圖 4.2-4 廢溶劑載運之路線圖(幸福水泥廠).....	92
圖 4.2-5 運載廢溶劑之運輸車輛(幸福水泥廠).....	93
圖 4.2-6 廢溶劑之貯存場所(幸福水泥廠).....	93
圖 4.2-7 相關人員廢溶劑清運過程洩漏狀況因應之訪查結果統計(對問題因應的 了解程度).....	100
圖 4.3-1 94 年度全國「廢液」分類事業廢棄物各月份申報量.....	101
圖 4.3-2 94 年度全國事業廢棄物各月份申報量.....	102
圖 4.3-3 95 年度全國「廢液」分類事業廢棄物各月份申報量(至 8 月份).....	102
圖 4.3-4 95 年度全國事業廢棄物各月份申報量(至 8 月份).....	103
圖 4.3-5 廢溶劑採樣作業(1).....	110
圖 4.3-6 廢溶劑採樣作業(2).....	110
圖 4.3-7 廢溶劑採樣作業(3).....	110
圖 4.3-8 廢溶劑採樣作業(4).....	110
圖 4.3-9 廢溶劑採樣作業(5).....	111
圖 4.3-10 廢溶劑採樣作業(6).....	111
圖 4.3-11 廢溶劑採樣作業(7).....	111
圖 4.3-12 廢溶劑採樣作業(8).....	111
圖 4.3-13 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「低位發熱值」彙整圖.....	120
圖 4.3-14 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「灰分」彙整圖.....	120
圖 4.3-15 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「含氯量」彙整圖.....	121
圖 4.3-16 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「含硫量」彙整圖.....	121
圖 4.3-17 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「鉛含量」彙整圖.....	122
圖 4.3-18 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「鎘含量」彙整圖.....	122
圖 4.3-19 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「鉻含量」彙整圖.....	123
圖 4.3-20 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「鋅含量」彙整圖.....	123
圖 4.3-21 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「砷含量」彙整圖.....	124
圖 4.3-22 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「汞含量」彙整圖.....	124
圖 4.3-23 92 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例...	143
圖 4.3-24 93 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例...	143

圖 4.3-25 94 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例...	144
圖 4.3-26 95 年度(1 至 10 月)台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量 之比例.....	144
圖 4.3-27 92 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例...	145
圖 4.3-28 93 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例...	145
圖 4.3-29 94 年度(1 至 10 月)幸福水泥公司東澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量 之比例.....	146
圖 4.3-30 95 年度(1 至 9 月)幸福水泥公司東澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之 比例.....	146
圖 4.3-31 各水泥廠歷年煙道檢測結果(戴奧辛).....	150
圖 4.3-32 各水泥廠本計畫歷年煙道檢測結果(鉛 Pb).....	150
圖 4.3-33 各水泥廠本計畫歷年煙道檢測結果(鎘 Cd).....	151
圖 4.3-34 各水泥廠本計畫歷年煙道檢測結果(汞 Hg).....	151
圖 4.3-35 廢溶劑儲存區逸散風險之參考模擬濃度(空氣中).....	153
圖 4.3-36 本計畫歷年廢溶劑濃度與煙道戴奧辛檢測之平均濃度.....	156
圖 4.3-37 槽車翻覆事件.....	158
圖 4.3-38 常見三種劑量效應函數圖.....	159
圖 4.3-39 不同體重與丙酮或苯濃度下相對應之致癌風險值.....	161
圖 4.3-40 廢溶劑洩漏之致癌風險值.....	162
圖 4.3-41 廢溶劑洩漏之致癌風險值.....	162

第一章 緒論

1.1 前言

台灣工業迅速發展，廢溶劑被廣泛使用在各產業製程中，如半導體製造業(2710)、光電材料及元件製造業(2792)及石化業(1712)等產業。因水泥製造為高耗能之產業，而廢溶劑熱值高(3,000~7,000 kcal/kg)之特性可作為替代燃料使用；行政院環境保護署為有效解決國內廢溶劑處理去處問題，參考先進國家處理方式，經濟部工業局訂「水泥窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則」，並於 89 年 10 月 17 日核可水泥窯處理廢溶劑為合法處理方式之一，利用水泥窯所具有之良好 3T 燃燒條件，可破壞廢棄物中之有害成分，但因廢溶劑成分複雜，水泥窯中混燒處理存在之戴奧辛有危害人體健康物質之可能性。

此外，宜蘭縣政府於 90 年初邀請相關領域學者專家針對廢溶劑是否適合進入水泥旋窯燃燒進行研討，經討論結果，認為水泥窯乃是現階段處理廢溶劑之最好設備，基於水泥旋窯之特性不會對環境造成衝擊及為保護本縣環境品質，乃訂定較嚴格之「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」(如廢溶劑使用總重量不得超過任何時刻燃料使用重量之 10%、熱值應高於 3,000Kcal/Kg 等)，再據以審慎執行，以符環境保護、經濟發展及依法行政之目標。

據環保署資料統計，國內每年產出廢溶劑約八萬九千公噸，目前約有 30% 係送水泥窯作為輔助燃料使用，除有效解決廢溶劑去處外，並降低水泥廠使用燃料成本。就環境管理層面而言，有關處理過程二次污染管制問題，水泥廠依環評承諾營運期間就空氣品質實施定期檢測(檢測項目及頻率如表 1.1-1 所示)，各縣市環保局與轄區之水泥廠均設有連續自動監測連線系統(檢測項目為不透光率、氮氧化物、氧氣、排放流率、溫度)，24 小時監測其空氣污染排放情形，地方環

保局並經常至轄區水泥廠稽查檢測，環保署亦針對戴奧辛排放進行採樣，目前為止並未發現污染排放不合格情事。

根據經濟部工業局提供我國可以廢溶劑作為輔助燃料之 14 座水泥窯中，如表 1.1-2 及 1.1-3，其中 8 座集中於宜蘭及花蓮等東部地區，其中宜蘭縣擁有 5 座比例佔最高，其餘分別為高雄縣 4 座、花蓮縣 3 座、新竹縣及嘉義縣各 1 座。據瞭解，除宜蘭縣台灣水泥及幸福水泥公司因產量較充足，可較穩定消化所回收之廢溶劑外，其餘水泥廠大多因產量不足（瀕臨倒閉）或因使用廢溶劑易造成爐壁掉落導致製程不穩等因素，無使用廢溶劑做為燃料。

台灣水泥股份有限公司以及幸福水泥股份有限公司為宜蘭縣境內兩家大型水泥廠，以使用廢溶劑作為水泥窯或旋轉窯輔助燃料，從 92~94 年度資料統計，每月約有 1,042~1,635 與 755~852 公噸處理量（如表 1.1-4），其來源以新竹科學工業園區為主，目前園區內廠商每月產生約 1,500 公噸廢溶劑，除送至合格的代處理機構處理或以再利用方式外，均以「水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則」送至水泥窯處理，目前新竹科園區內廠商所產生之廢溶劑均能獲得妥善處理。

為維護縣內空氣品質及民眾健康，宜蘭縣環境保護局於 94 年度執行「廢溶劑進入宜蘭縣作為水泥窯輔助燃料之環境管理評估計畫」，對於上述兩水泥廠進行戴奧辛、廢溶劑監測，並依據上述檢測結果研修「廢溶劑輔助燃料管制方案」，此研究成果將可提供環保局與相關單位推動廢溶劑資源化的重要參考。

據此，今（95）年度宜蘭縣環保局，特訂定「廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理暨固定污染源連續自動監測設施功能查核及維護計畫」，為 94 年度「廢溶劑進入宜蘭縣作為水泥窯輔助燃料之環境管理評估計畫」之延續性計畫，以期完善之規劃管理措施，兼顧廢溶劑之妥善處理，祈求維護空氣品質與民眾的健康。

表 1.1-1 水泥廠空氣品質檢測項目與頻率

項目	檢驗項目	一年檢驗次數
台灣水泥	周界空氣品質 (士敏國小)	2 (24 小時連續監測) (每半年 1 次)
	周界空氣品質 (廠內辦公室前/儲槽)	1 (每年 1 次)
	煙道排放管道	戴奧辛、SO _x 、NO _x 、HCl、HF、CO、VOCs (CH ₄ 、NMHC、THC)、Pb、Cd、粉塵濃度 (每年 1 次)
		不透光率、氮氧化物、氧氣、排放流率、溫度 (CEMS) 24 小時連續監測
幸福水泥	周界空氣品質	TSP、PM ₁₀ 、SO _x 、NO _x 、VOCs (以THC代替) (每季 1 次)
	煙道排放管道	SO _x 、NO _x 、HCl、HF、CO、VOCs (CH ₄ 、NMHC、THC)、Pb、Cd、粉塵濃度 (每半年 1 次)
		戴奧辛 (每季 1 次)
		不透光率、氮氧化物、氧氣、排放流率、溫度 (CEMS) 24 小時連續監測

註：依照台灣水泥「甲級廢棄物處理廠環境影響評估」與幸福水泥「環境影響評估」承諾營運期間環境監測位置、頻率及項目。

表 1.1-2 我國水泥廠以廢溶劑作為輔助燃料之名單

公司名稱	工廠名稱		
<u>台灣水泥公司</u>	<u>宜蘭蘇澳水泥廠</u>	花蓮水泥廠	花蓮和平水泥廠
亞洲水泥公司	新竹水泥廠	花蓮水泥廠	
嘉新水泥公司	高雄岡山水泥廠		
建台水泥公司	高雄水泥廠		
東南水泥公司	高雄水泥廠		
<u>幸福水泥公司</u>	<u>宜蘭東澳水泥廠</u>		
信大水泥公司	宜蘭南聖湖水泥廠		
中國力霸水泥公司	宜蘭冬山水泥廠		
環球水泥公司	高雄阿蓮水泥廠		
欣欣水泥公司	嘉義水泥廠		
油源公司	宜蘭冬山廠		

資料來源：經濟部工業局

表 1.1-3 宜蘭縣水泥廠使用廢溶劑作為輔助燃料統計

水泥廠名稱		台灣水泥股份有限公司	幸福水泥股份有限公司
相關資料		蘇澳廠	東澳廠
地址		宜蘭縣蘇澳鎮永昌路 46 號	宜蘭縣南澳鄉東岳村蘇花路三段 101 號
聯絡電話/傳真		TEL：(03)996-2511~20 FAX：(03)997-1755	TEL：(03)9986-110~5 FAX：(03)9986-066
廢溶劑處理量 (公噸)	92 年	15,745	9,997
	93 年	12,506	10,224
	94 年	20,068	7,555
處理方式		旋轉窯焚化	旋轉窯焚化

1.2 背景概述

1.2.1 廢溶劑特性

一、廢溶劑之基本說明

所謂之「廢溶劑」係指事業生產機構在其生產製程中使用溶劑作為清洗或溶解等目的，而產生含有不純物之溶液者，由於其若不經處理已不宜再作為原製程所用，故被視為「廢棄物」。早期甚多此種所謂「廢溶劑」都以中和、焚化等方式處理。而後，在環境保護意識的提升，環保主管機關對污染物排放的限制更趨嚴格的條件，再加上生產成本考量等諸多因數影響，因而將「廢溶劑」資源化的技術及投資意願逐漸的被開發出來，如本計畫所敘述之「廢溶劑作為水泥窯之輔助燃料」即為廢溶劑資源化之一例。

二、廢溶劑之產生源

廢溶劑之產生源若依產業別區分，大略可分為：

（一）半導體產業（包括晶圓代工及 DRAM 等產業）

此類產業製程產生之廢溶劑主要包括廢硫酸、廢異丙醇、廢丙酮及廢氫氟酸（ CaF_2 污泥）等。

（二）光電產業（包括 TFT-LCD 等產業）

此類產業製程所使用之溶劑種類甚多，其產生之廢溶劑包括廢硫酸、廢稀釋液（Thinner）、廢剝離劑（stripper）及廢浸洗劑等。

(三) 其他產業（包括印刷電路板廠、化工廠等）

此些產業廢溶劑主要為剝錫鉛廢液及有機溶劑廢液等。

三、廢溶劑之成分

近些年來，隨著產業結構型態的變換，半導體及光電產業躍升為國內生產事業的主流，其產值與收益均名列前茅。由於這些產業之製程使用溶劑之種類多且用量大，宜蘭縣境內之水泥窯業者大多回收其廢溶劑作為水泥窯之輔助燃料。據此欲瞭解本縣水泥窯業者所回收之廢溶劑成分，應調查我國半導體及光電產業使用之有機原物料，表 1.2-1 及 1.2-2 為半導體產業及光電產業使用有機原物料種類及其作業區域及廢溶劑之相關有害空氣污染物之毒性指標清單。

表 1.2-1 半導體業者使用有機原物料之種類及作業區

製程分類	主要使用之有機原物料	污染來源之作業區
晶圓製造	IPA、顯影液、稀釋液、光阻劑、去光阻液、NMP（N-甲基四氫咯銅）、Acetone、SOG、聚亞醯胺、乙二醇、對二氯乙烯	擴散區、黃光區、濕蝕刻區、化學蒸鍍區、廢溶劑收集槽、廢異丙醇收集槽、廢光阻劑收集槽
晶圓製造	IPA、Acetone、乙二醇、丙三醇、MIBK、光阻劑、去光阻液、TEOS、對二氯乙烯	擴散區、黃光區、光罩區
晶圓製造	IPA、顯影液、稀釋液、光阻劑、TEOS、TEB	擴散區、黃光區、薄膜區
晶圓製造	Acetone、NMP（N-甲基四氫咯銅）、光阻劑、去光阻液、顯影液、HMDS、聚亞胺、樹脂	晶圓清洗區、黃光區、乾蝕刻區、去光阻金屬掀起及後續清洗區、晶片剝離區
IC 封裝	Acetone、環氧樹脂、油墨	標籤印台清洗區
IC 封裝	Acetone、油墨（甲醛、酚、單甲基醚丙二醇）	調墨區、蓋印區、迴焊區

資料來源：行政院環境保護署，特定行業揮發性有機物污染檢測及污染物特性分析計畫，Nov.28, 2003

表 1.2-2 光電業者使用有機原物料之種類及作業區

製程分類	主要使用之有機原物料	污染來源之作業區
STN/TN-LCD	玻璃清潔劑Brulin 224、玻璃基板、 N_2 、 NH_3 、矽甲烷、 H_2 、 PH_3 、 NF_3 、光阻劑、稀釋劑(PGMEA)、 $KOH(45\%)$ 、 $HCl(36\%)$ 、 $HNO_3(70\%)$ 、玻璃清潔劑Brulin 1696、純水	清洗、薄膜(沉積)、光阻塗佈、曝光、顯影、蝕刻、光阻剝離、洗淨
TFT-LCD	N_2 、矽甲烷、 H_2 、 PH_3 、玻璃基板、 SiH_4 、 NH_3 、 NF_3 、 N_2O 、 HCl 、光阻劑、稀釋劑、HMDS顯影劑、TMAH顯影劑、光阻去除液、顯影液、EBR黃光清洗劑、HMDS強化光阻劑、金屬蝕刻液ITO、混合酸Al-ETCH、 BCl_3 、 Cl_2 、 CCl_4 、 O_2 、He、 HCl 、 SF_6 、 N_2 、Ar、HF、蝕刻液、異丙醇、NMP清洗劑、丙酮、聚亞醯胺	薄膜(沉積)、光阻塗佈、曝光、顯影、蝕刻、光阻剝離、配向區、洗淨、液晶區、模組區
LED 中游與上游	二矽烷、二環戊基鎂、三甲基銦、三甲基鋁、三甲基鎵、砷化氫、磷化氫、 HCl 、矽甲烷、 NH_3 、 NH_4OH 、 H_2O_2 、砷化鎵基板、磊晶片、 SiH_4 、 PH_3 、 H_2 、 H_2SO_4 、 HNO_3 、HF、 CH_3COOH 、 NH_4F 、 NH_3 、 $SiCl_3H$ 、 $SiCl_2H_2$ 、 $POCl_3$ 、二氯乙烯、 N_2 、 O_2 、 H_2 、丙酮、異丙醇、顯影液、光阻液、HMDS(雙參甲矽基胺)、 CF_4 、 SF_6 、 CHF_3 、 Cl_2 、 BCl_3 、 NH_4F 、Stripper(去光阻劑)、 BF_3 、 PH_3 、 AsH_3 、Ar、 I_2 、 SiH_4 、 B_2H_6	磊晶區、擴散區、化學處理、黃光區、蝕刻區、離子佈植區、蒸鍍區、化學氣相沉積區

資料來源：行政院環境保護署，特定行業揮發性有機物污染檢測及污染物特性分析計畫，Nov.28, 2003

表 1.2-3 國內建議優先調查之 30 種有害空氣污染之毒性指標

類別	污染物名稱	單位風險 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	急性可受濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	慢性可受濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OSHA (ppm)	可能屬於本計劃所 探討的廢溶劑成分
VOC	Benzene(苯)	2.9E-05	0.0E+00	7.1E+01	10	✓
VOC	Styrene(苯乙烯)	5.7E-07	0.0E+00	7.0E+02	50	
VOC	1,2-Dichloroethane(1,2- 二氯乙烷)	2.0E-05	0.0E+00	9.5E+01	1	✓
VOC	Trichloroethylene(三氯乙 烯)	2.0E-06	0.0E+00	6.4E+02	50	✓
VOC	Ethyl benzene(乙苯)	0.0E+00	4.0E+03	1.0E+03	100	
VOC	Chloroform(氯仿)	5.3E-06	0.0E+00	3.5E+01	2	✓
VOC	Toluene(甲苯)	0.0E+00	0.0E+00	2.0E+02	100	
VOC	Xylenes(混合二甲苯)	0.0E+00	4.4E+03	3.0E+02	10	
VOC	Tetrachloroethylene(四氯 乙烯)	5.8E-07	6.8E+03	3.5E+01	25	
VOC	Methylene chloride(二氯 甲烷)	1.0E-06	3.5E+03	3.0E+03	50	
VOC	N,N-Dimethylformamide	0.0E+00	0.0E+00	3.0E+02	2	
VOC	1,1- Dichloroethene(1,1- 二氯乙烯)	0.0E+00	0.0E+00	5.0E+02	1	
BNA	Phenol(酚)	0.0E+00	0.0E+00	4.5E+01	5	✓
VOC	Tetrachloromethane(四氯	4.2E-05	1.9E+02	2.4E+00	2	

6

	甲烷)					
VOC	1, 1, 1-Trichloroethane(1, 1, 1-三氯乙烷)	0. 0E+00	1. 9E+02	3. 2E+02	350	
VOC	Methanol(甲醇)	0. 0E+00	0. 0E+00	6. 2E+02	200	
VOC	Furans(夫南)	0. 0E+00	0. 0E+00	3. 5E+00	-	✓
VOC	Methyl phenols(混合甲酚)	0. 0E+00	0. 0E+00	1. 8E+02	-	
VOC	Methyl isobutyl ketone(甲基異丁基酮)	0. 0E+00	1. 2E+03	8. 0E+01	100	
VOC	Ethyl acetate(醋酸乙酯)	0. 0E+00	0. 0E+00	3. 2E+03	-	
VOC	Carbon disulfide(二硫化碳)	0. 0E+00	3. 3E+02	1. 0E+01	4	
重金屬	Arsenic(砷)	3. 3E-03	0. 0E+00	5. 0E-01	0. 01	✓
重金屬	Chromium VI(鉻 VI)	1. 4E-01	0. 0E+00	2. 0E-03	1	✓
重金屬	Cadmium(鎘)	4. 2E-03	0. 0E+00	3. 5E+00	0. 1	✓
重金屬	Lead(鉛)	8. 0E-05	1. 5E+00	1. 5E+00	0. 05	✓
酸氣	Nitric acid (硝酸)	0. 0E+00	4. 7E+02	1. 0E+02	2	✓
酸氣	Hydrogen chloride(鹽酸)	0. 0E+00	3. 0E+03	7. 0E+00	0. 5	✓
酸氣	Sulfuric acid(硫酸)	0. 0E+00	2. 5E+01	2. 5E+01	1	✓
BNA	Carcinogenic PAHs	1. 7E-03	0. 0E+00	0. 0E+00	2	
BNA	Naphthalene(奈)	0. 0E+00	0. 0E+00	1. 4E+01	10	

1.2.2 水泥廠旋轉窯焚化爐燃燒特性

旋轉窯焚化爐是近年來用於廢棄物焚化的主要爐型，若用於處理有害事業廢棄物，這類焚化爐的系統基本配備架構與固定爐床式焚化系統相仿，可採用兩段式燃燒，廢棄物利用推桿送至一燃燒室，在 50 至 80% 之化學計量需氧量的空氣供應條件下，使廢棄物熱解成氣體，所需熱量則由固定碳的釋熱反應提供。所產生的煙氣及熱解產物主要為揮發性的碳氫化合物及一氧化碳，及其他燃燒產物。部份爐型由於採用缺氧熱解式操作，一次爐的燃燒反應及紊流速率均可維持在較低水平，可防止或減少粒狀物的排出。後燃燒室則提供過量空氣，使有害氣體在高溫及過量空氣狀態下完全燃燒破壞。旋轉窯焚化爐一次爐的操作溫度通常維持在 500°C 至 800°C，廢棄物在爐體內的滯留時間視其性質而異，通常在 1 秒至數小時。二次燃燒室操作溫度通常維持在 800°C 至 1000°C，處理有害事業廢棄物時，溫度可能需高達 1200°C。在一次燃燒室中熱解所產生的氣體產物，在二次燃燒室的滯留時間約為 0.5 至 2 秒。至於此種爐型用在一般廢棄物（垃圾）或一般事業廢棄物則大都採過剩空氣量的一二次佈風的燃燒方式，此種考量燃燒效率的問題，卻也帶來高煙塵排放的問題。

綜合旋轉窯焚化爐優點為：

1. 可同時處理物理性質不均之各式廢棄物
2. 所需補充燃料較少
3. 較容易將廢棄物內的碳氫化合物轉化成氣體並使之完全燃燒

其缺點則包括：

1. 可能生成致癌性的裂解副產物
2. 大件物品的處理能力差

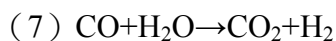
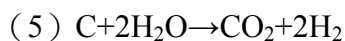
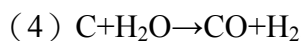
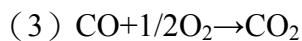
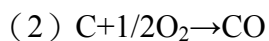
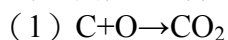
3.燃燒效率不高且煙塵量不易掌控（或推估）

雖然焚化具有多項優點，如減量化，安定化等，但不可否認廢棄物焚化後，若控制不當仍有二次污染之慮。尤我國環境法規愈趨嚴格，對空氣品質要求愈來愈高。如針對焚化爐煙氣排放品質之「廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準」（請參見下節）可見端倪。而焚化後處理設施即是控制焚化後污染物的焚化次系統，其有絕對的存在必要，若處理有害廢棄物，吾人可說無後處理設施，該焚化系統是不可能通過環保法規。

焚化過程中，發生劇烈的氧化還原現象，其反應過程甚為複雜，無法將所有的化學反應全部加以描述，且由於焚化之廢棄物，其性質組成均不同，而可能發生不同的反應情況。然而在燃燒過程中仍有一些基本反應，例如：碳粒（C），廢棄物中含有大量的碳元素，其不是以碳氫化合物燃燒便是以碳粒狀態單獨與氧反應，諸如焚化過程中所形成碳煙（soot），與廢棄物中的固定碳成份有關。此等碳元素能在廢棄物堆中或懸浮於煙道氣中與氧發生氣固燃燒反應。基此，從煙氣的污染排放角度而言，旋轉窯焚化爐應用上有一極重要的技術關鍵點（keypoint on technical design），即：燃燒不易完全而易產生未燃碳粒與PAHs（聚芳香族群）。茲就廢棄物主要成份之燃燒原理說明如下：

一、碳

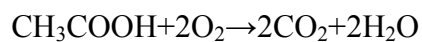
廢棄物中含有大量的碳元素，其不是以碳氫化合物燃燒便是少量以碳狀態單獨與氧反應，諸如燃燒過程中所形成的少量碳煙（Soot），此與廢棄物中的碳成份有關。此等碳元素能在廢棄物中或懸浮於煙道氣中與氧發生燃燒反應，所涉及的基本反應有：



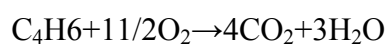
二、碳氫化合物 ($\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$)

碳氫化合物基本燃燒反應式可寫成：

如：醋酸 (CH_3COOH) 為



如：丁二烯 (C_4H_6 ，塑膠原料)

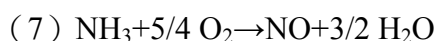
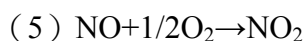
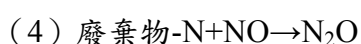
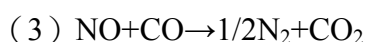
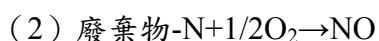
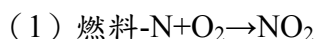


事實上，如上述所提者僅表示了燃燒時的完全反應或最終產物，然而在燃燒過程中因受溫度，廢棄物成份干擾，或反應物混合程度不同等影響，這些反應除了包括過渡期間的反應，也含有其他連鎖反應，以致於常有些中間產物產生，而不一定都是生成 CO_2 與 H_2O ，這也是為何控制不良的燃燒爐往往會產生無法預期的產物，甚至於有毒氣體。

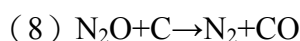
三、含氮物質

廢棄物中含氮的成份亦不少，含氮物質內之碳氫成份經燃燒後易變成 CO_2 與 H_2O ，其涉及反應如上所述；另該物質內的氮 (N) 成份則與氧分子發生氧化反

應後生成氮氧化物 (NO_x)。然而焚化過程中所產生的 NO_x 並非完全由此而來，另有一部份是來自空氣中的 O_2 與 N_2 反應而成的，吾人常稱此種 NO_x 為熱誘氮氧化物 (Thermal Induced NO_x)，所以燃燒過程中涉及氮氧化物的基本反應有：

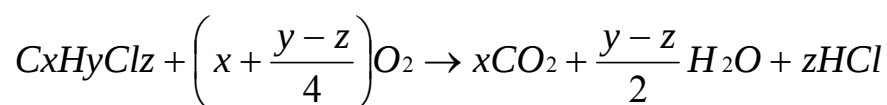


(NH_3 來自進氣或燃燒過程的副產物)



四、含氯物質

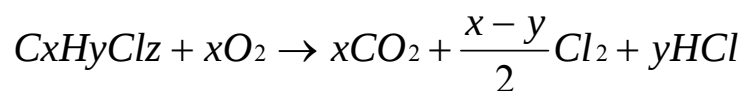
廢棄物中若含有氯元素則通常於燃燒過程中極易產生有害的氯化氫(HCl)，氯氣(Cl_2)或光氣(COCl_2)，因此含氯物質的燃燒反應控制一直是燃燒技術的重要關鍵。雖然氯化物之燃燒化學反應非常複雜，但以下幾個主要基本化學反應仍能幫助了解其燃燒情形。



設含氯的 VOCs 以 $C_xH_yCl_z$ 表示，則其與氧反應有二種可能：

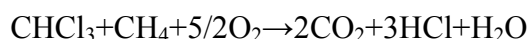
(1) 當 $y \geq z$ 時

即當氯原子數小於氫原子數時，燃燒過程中有足夠的氫氣反應成 HCl。

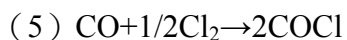
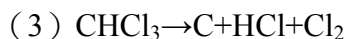
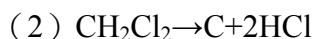
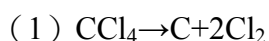


(2) 當 $y \leq z$ 時

即當氫原子數低於氯原子數時，由於不足的氫無法使全部的氯氧化生成氯化氫，故燃燒後極易產生氯氣。在含氯的廢棄物中以最簡單分子結構的氯仿($CHCl_3$)為例，若設在有甲烷(燃燒過程的中間產物，或來自輔助燃料的天然氣)的反應下為：



另外由於碳與氯之間的化學鍵能較低，一些含氯物質在未完全與氧反應前。即因受熱裂解(Pyrolysis)而易產生一些小分子，如炭黑、氯氣等，此等反應包括有：



1.2.3 廢溶劑再利用情形

許多非可燃物的事業廢棄物如氟化鈣污泥、廢水處理污泥餅、電廠煤灰、金屬礦泥、鑄造沙、氧化矽膠，甚至如水庫淤泥、焚化爐底灰及建築廢棄土等均適合使用當作水泥生產替代原料，國內外水泥窯已經安全且環保地使用許多這些廢棄物達幾十年之久了，然而，由於近年來國內環保法令的加嚴使得廢棄物再利用申請使用程序繁瑣，加上地方主管機關的本位主義使得水泥廠無法有效利用這些原本是廢棄物的原料，若干水泥廠所在地的環保主管機關更設下重重障礙來阻止水泥廠使用替代原料或燃料，這對台灣的整體環境利益及天然資源的保護是一大諷刺。在強調地球村的今日，減少自然資源的開採、儘量將廢棄物資源化並減少廢棄物管末處理是必要的，任何形式的環保處理都應該受到重視。地方環保機關只為了區域利益或選票的考量而不顧整體環保的心態是值得檢討的。

使用替代原料時應兼顧環保及水泥的品質需求，水泥生產配料需要嚴密的品管程序，為了精確地控制原料投入的成分及條件，因此，將替代原料的成分及特性分析清楚是必要的，以充分了解該取代多少的石灰石、黏土、矽砂及鐵渣。尤其要考慮氯化物及鹵元素的含量，因為氯離子及鹵元素容易與鈣離子結合成為氯化鈣或其他鹽類，這些鹽類的熔點較低容易附著於旋窯或預熱機料管導致阻塞甚至停窯，另外鹵元素會隨著水泥粉塵回到旋窯內產生富集化(Build-up)，不容易排出窯系統故必須加以管制或採用旁通(By-pass)系統。

水泥廠使用替代燃料/原料的益處包括回收廢棄物中的熱能、取代石化燃料、降低生產成本及使用現有的設備去燃燒大量的廢棄物。

一、回收熱能

許多事業廢棄物含有高的熱值，這些高熱值的廢棄物若送到掩埋場或焚化爐處理時會產生大量的二氧化碳，甚至熱值亦無法回收再利用。若將這些廢棄物處

理成替代燃料則水泥廠願意使用這些熱值穩定的燃料，因此原本是廢棄物的物質便可被回收「再利用」。這種資源再利用的案例符合國家的廢棄物管理政策，是應該受到鼓勵的。如果廢棄物的產出能找到合法管道被回收再利用，則無形中減少環境的負擔及處理成本。掩埋是最差的處理方法，廢棄物不經處理就掩埋於地下，短期是將問題掩蓋，但是長期而言則是將最終處理的問題丟給後代子孫。由於施工不良或廢棄物擠壓滑動造成不透水布破裂，則滲出水很有可能會污染土壤及地下水，屆時造成更嚴重的污染並須耗費更多的金錢來整治。

二、取代石化燃料

石化燃料並非取之不盡用之不竭，地球上所有可用的石化燃料如煤及石油等，在下個世紀來臨前，就將全部耗盡；使用替代燃料的最大好處之一是能取代無法再生的珍貴石化燃料。國內水泥窯每年要耗用 380 萬噸的生煤，若能使用由廢棄物衍生之替代燃料，其所取代的石化燃料是相當可觀的。

三、降低生產成本

水泥生產是高能源需求的產業，燃料費用約佔生產成本的 10-20%，因此水泥的生產成本和燃料費用是息息相關的，大部份的水泥廠在投資時均考慮石灰石原料及燃煤的取得成本。因為替代燃料的費用比傳統石化燃料要來得便宜，所以業界有使用替代燃料的誘因。甚至有些水泥廠直接以廢棄物當燃料使用，除了能取代一部分的石化燃料並有處理費收入。

四、使用現有的設備去燃燒大量的廢棄物

台灣的事業廢棄物產生量遠大於可處理的能量，因此有許多廢棄物遭到非法棄置或僅能暫時儲存，使事業及社會須忍受廢棄物長期暴露的風險。處理事業廢棄物要有成熟的觀念和新的技術，尤其處理有害事業廢棄物更需要專業的管理及技術。然而，新的廢棄物處理設備的設計和建造是非常昂貴的，而且設立處理設

施經常要面對民眾的抗爭使得成本日益提高。水泥廠使用替代燃料的好處是技術和設施早已存在，而且水泥廠是既有設施不會產生新的排放源，需面對的阻力亦相對較小。因此，水泥廠燃燒具有熱回收價值的廢棄物是一個符合環保的好選擇。

水泥生產時使用廢棄物材料當作替代原料及替代原料，有許多對環境的優點，包括：

- 1.回收廢棄物的可用資源
- 2.減少珍貴天然資源的開採及開採時的環境破壞
- 3.大量減少二氧化碳的排放
- 4.減少硫氧化物和氮氧化物的排放
- 5.減少採煤及石灰石礦時甲烷和灰塵的排放
- 6.將廢棄物管理從管末處理向上移動到資源化

使用廢棄物當燃料和原料的方案應該持續的推動，工業用窯爐使用替代燃料前應進行試燒以確認排氣符合標準，窯爐的操作條件及替代燃料的供應應該要穩定，否則容易造成有機物質分解不完全而導致二次公害的問題。整體而言，廢棄物可視為放錯地點的原料或燃料，資源化處理不僅能減低環境污染並能降低使用單位的成本及減少天然資源的開採及環境的破壞，實為一舉數得，對於整個地球資源及台灣整體環境而言有極正面的意義。

1.2.4 相關法規

以下茲就水泥業者以廢溶劑作為水泥窯或旋轉窯輔助燃料之相關認定原則，及除應使用符合認定原則之廢溶劑外之應注意事項進行說明；另針對廢溶劑產生之事業機構應注意事項以及焚化爐之相關排放標準蒐集說明如下：

一、水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則

因水泥窯/旋轉窯具有一般焚化爐應具備之 3T 條件(溫度、時間及攪拌)，其燒成溫度為 1,200~1,450℃，滯留時間為 5~10 秒。美國、加拿大、英國、法國及日本等國家均利用其功能處理事業廢棄物，而該類廢棄物之熱值如達 2,000 Kcal/Kg 以上，即可充當輔助燃料以取代生產中使用之燃料，同時達到處理事業廢棄物及降低燃料成本之雙重目的，因而大幅降低生產成本，並妥善處理事業廢棄物。採用廢有機溶劑以取代燃煤或其他燃料時，應就水泥窯/旋轉窯本身之操作條件及限制加以考量，而生產之產品品質是否受廢棄物之內容物影響，亦是重要考慮因子。行政院環境保護署根據國內外實際處理資料，於 92 年 1 月 2 日公告「水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則（93 年 9 月 1 日停止適用）」，廢溶劑之成份中熱值應高於 2,000 kcal/kg，灰分應低於 12%；含氯量應低於 1,000 ppm，芳香族氯化化合物不得檢出；含硫量應低於 2%；含 Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg 量各應低於 50ppm 等，廢溶劑之 pH 值應介於 4~12.5 之間。宜蘭縣環保局對於水泥窯使用廢溶劑作為輔助燃料亦訂有更嚴格管制方案，要求廢溶劑使用不超過總燃料量 8%；熱值應高於 3,000 kcal/kg；灰分應低於 3%；含氯量應低於 100 ppm，芳香族氯化化合物不得檢出；含硫量應低於 1%；含 Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg 量各應低於 25ppm 等，廢溶劑之 pH 值應介於 4~12.5 之間等。

使用時，並應搭配下列相關管理措施：

（一）水泥窯/旋轉窯應增設噴霧設備，提高霧化作用。

- (二) 應設置攪拌調勻槽，使噴進窯內之液體廢棄物發熱值、含水、硫、氯量均勻，掌握穩定之操作狀況。
- (三) 進場之廢棄物管理應注意其相容性，以免發生燃燒、爆炸或堵塞等意外事件。
- (四) 進行處理前，廢有機溶劑之收集貯存及其黏度、水分與氯含量應加以品質控管。並應加以拌勻至一定品質水準後（熱值與微量元素均勻化），由窯前及（或）Calciner 噴入加以再利用，以防燃燒、爆炸或堵塞之問題。
- (五) 水泥窯/旋轉窯應以實際仍在生產者為限，且操作溫度超過 1,200°C、滯留時間 5 秒以上者為限。
- (六) 應依環保相關法規規定，以做好二次污染防治工作與查核資料管理。

表 1.2-3 為中央公告與宜蘭縣訂定管制方案之差異對照表，供各界參採。

二、廢溶劑產生之事業機構應注意事項

- (一) 應比照「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第 50 條第 2 項規定，與使用廢溶劑作為輔助燃料之水泥窯業者簽訂契約。
- (二) 事業機構如屬本署公告應以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理及再利用者，仍應依規定辦理申報。
- (三) 非屬公告應以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理及再利用者，應比照「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第 34 條規定，於每年 6 月及 12 月底將廢溶劑之名稱、種類、數量及廢溶劑使用者（即水泥窯業者）向事業機構所在地之環保機關申報備查。
- (四) 其他地方環保機關規定事項。

三、水泥業者除應使用符合認定原則之廢溶劑外應注意事項

- (一) 免依「公民營廢棄物清除處理機構管理輔導辦法」申請廢棄物處理許可。
- (二) 無須依「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」第 31 條或「有害事業廢棄物再利用許可辦法」之規定申請再利用許可。
- (三) 應符合空氣污染物排放標準之規定。
- (四) 使用輔助燃料達「固定污染源設置變更及操作許可辦法」第三條規定之變更者，應依規定申請變更。
- (五) 應依據「空氣污染防制法」規定向事業機構所在地之環保機關申請燃料異動。
- (六) 其他地方環保機關規定事項。

表 1.2-4 中央公告與宜蘭縣訂定水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案之差異對照表

宜蘭縣 95 年版管制方案	中央之認定原則
1. 水泥窯使用廢溶劑應以廢溶劑生產廠（公司）對使用廠（公司）為原則，以利管制及確保廢溶劑成分之穩定。（更加明確規定申請之原則）	1. 僅訂定廢溶劑成分，無對象之限制，無法確認廢溶劑成分之穩定。
2. 廢溶劑任何時刻使用總重量不得超過燃料使用重量之 8%。（針對使用量加以限制，避免全國之廢溶劑無限量進入宜蘭縣）	2. 無廢溶劑使用量之限制。
3. 廢溶劑之低位發熱值應高於 2,000 kcal/Kg。（提高熱值相對可減少使用量）	3. 廢溶劑之熱值應高於 2,000 kcal/Kg
4. 廢溶劑之灰份應低於 3%	4. 廢溶劑之灰份應低於 12%
5. 廢溶劑之含氯量應低於 100 ppm，芳香族氯化化合物不得檢出。（降低戴奧辛之排放）	5. 廢溶劑之含氯量應低於 1,000 ppm，芳香族氯化化合物不得檢出
6. 廢溶劑之含硫量應低於 2%	6. 廢溶劑之含硫量應低於 2%
7. 廢溶劑中之 Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg、Ni、Se 等重金屬含量各低於 25 ppm。（加嚴重金屬管制）	7. 廢溶劑之含重金屬（Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg、Ni、Se）量各應低於 50 ppm
8. 廢溶劑之 pH 值應介於 4~12.5 之間	8. 廢溶劑之 pH 值應介於 4~12.5 之間
9. 廢溶劑由宜蘭縣環保局至少每季隨機採樣一次（每次至少抽檢三個樣品）委託檢驗，檢驗項目應涵蓋上述廢溶劑管理方案項目，並得視廠方申報資料調整之，採樣檢測費用由水泥窯業者負擔。	9. 無檢測機制規範
10. 使用廢溶劑水泥業者依據空氣污染防治法之規定，申請相關許可證變更，試運轉期間之空氣污染物檢測項目如附表，正式運作期間應至少每半年檢測一次，戴奧辛每年至少檢測一次。（加強空氣品質管制）	10. 無檢測機制規範
11. 廢溶劑貯槽應有妥當之揮發性有機物收集處理設施	11. 無揮發性有機物之防制規範

四、中小型廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準

行政院環境保護署於民國 89 年 10 月 11 日發布「中小型廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準」，開始管制中小型廢棄物焚化爐戴奧辛之排放問題，另於民國 92 年 12 月 10 日增訂第 11 條之 1 條文，本項法規之適用標準為：事業廢棄物焚化爐及設計處理量每小時未達 10 公噸之一般廢棄物焚化爐（以下簡稱焚化爐）之煙道排氣。內容大致如下：

(一) 戴奧辛排放限值：焚化爐設計處理量未達 4 公噸／小時者為 0.5 ng-TEQ／Nm³，設計處理量達 4 公噸／小時以上者為 0.1 ng-TEQ／Nm³。

(二) 焚化爐之操作運轉條件及煙道出口高度應符合下列規定：

1. 焚化爐之 2 次空氣注入口下游燃燒氣體溫度 1 小時平均值不得低於攝氏 850 度。
2. 前款燃燒氣體滯留時間既存焚化爐應達 1 秒以上，新設焚化爐應達二秒以上。
3. 煙道出口一氧化碳（CO）一小時動平均值應低於 100 ppm，排氣含氧量以 11% 為參考基準。
4. 焚化爐出口排氣中含氧量一小時平均值應達 6% 以上。
5. 集塵設備入口廢氣溫度既存焚化爐應在攝氏 280 度以下，新設焚化爐應在攝氏 200 度以下。
6. 採用活性碳注入設備降低戴奧辛排放量者，需記錄每小時活性碳注入量。焚化爐正常操作時之活性碳注入量不得低於最近一次採樣分析符合戴奧辛排放標準期間所使用同一規格活性碳之平均每小時注入量，若操作時變更活性碳規格或減少其注入量，應重新進行戴奧辛採樣分析，測定注入量之下限值。

7.焚化爐於啟爐時應啟動助燃燃燒器迅速提升爐溫後，方得進行廢棄物投料。

8.焚化爐於停爐時，應啟動助燃燃燒器保持爐內高溫，將殘留之廢棄物燃燒，或阻絕空氣進入燃燒室，進行埋火作業以減少廢氣排放。

9.處理量達 4 公噸／小時以上焚化爐之煙道出口高度應在 50 公尺以上，處理量未達 4 公噸／小時焚化爐之煙道出口高度應在 20 公尺以上。

(三)檢測頻率：

1.焚化爐處理量達 4 公噸／小時以上、處理有害事業廢棄物或處理感染性醫療廢棄物者，至少每 1 年應定期檢測 1 次。

2.焚化爐處理量未達 4 公噸／小時者，至少每 2 年應定期檢測 1 次。

3.於定期檢測前 7 日應檢送檢測計畫書至當地主管機關；若連續 2 次定期檢測煙道排氣戴奧辛均符合第五條排放標準值，得檢具相關證明文件向當地主管機關申請調整檢測頻率。但經主管機關稽查檢測結果或任 1 次定期檢測結果超過第 5 條排放標準值者，主管機關得要求回復至原定之檢測頻率辦理定期檢測。

4.焚化爐處理量達 4 公噸／小時以上、處理有害事業廢棄物或處理感染性醫療廢棄物者其檢測頻率不得低於每 2 年 1 次；焚化爐處理量未達 4 公噸／小時者，其檢測頻率不得低於每 3 年 1 次。每次檢測結果應於檢測後 60 日，向當地主管機關提出檢測報告書。

5.焚化爐處理量未達 4 公噸／小時，且燃燒處理之廢棄物為不含氯之物質者，可檢具證明文件向當地主管機關申請免予檢測。但必要時，主管機關得重新要求檢測。

五、事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準

(一) 有害事業廢棄物之貯存方法，除感染性事業廢棄物外，應符合下列規定：

1. 固定包裝材料或容器密封盛裝，置於貯存設施內，分類編號，並標示產生廢棄物之機構名稱、貯存日期、數量、成分及區別有害事業廢棄物特性之標誌。
2. 貯存容器或設施應與有害事業廢棄物具有相容性，必要時應使用內襯材料或其他保護措施，以減低腐蝕、剝蝕等影響。
3. 貯存容器或包裝材料應保持良好情況，其有嚴重生鏽、損壞或洩漏之虞，應即更換。
4. 貯存以二年為限，超過二年時，應於屆滿三個月前向貯存設施所在地主管機關申請延長。

(二) 事業廢棄物之清除

1. 清除事業廢棄物之車輛、船舶或其他運送工具於清除過程中，應防止事業廢棄物飛散、濺落、溢漏、惡臭擴散、爆炸等污染環境或危害人體健康之情事發生。
2. 不具相容性之事業廢棄物不得混合清除。
3. 事業自行或委託清除其產生之事業廢棄物至該機構以外，應紀錄清除廢棄物之日期、種類、數量、車輛車號、清除機構、清除人、處理機構及保留所清除事業廢棄物之處置證明。
4. 前項資料應保留三年，以供查核。

(三) 清除有害事業廢棄物之車輛應符合下列規定：

- 1.應標示機構名稱、電話號碼及區別有害事業廢棄物特性之標誌。
- 2.隨車攜帶對有害事業廢棄物之緊急應變方法說明書及緊急應變處理器材。
- 3.清除有害事業廢棄物於運輸途中有任何洩漏情形發生時，清除人應立即採取緊急應變措施並通知相關主管機關，產生有害事業廢棄物之事業與清除機構應負一切清理善後責任。

六、全國事業廢棄物管制清理方案（參見表 1.2-4）

(一) 基本政策

- 1.強化事業廢棄物源頭管理及流向追蹤，確實掌握事業廢棄物的質與量。
- 2.加強事業廢棄物的稽查管制，防止環境犯罪與非法棄置。
- 3.一般事業廢棄物由環保署負責整合、協調、監督各目的事業主管機關推動，提供一般廢棄物處理設施之餘裕量，協助處理一般事業廢棄物。
- 4.有害事業廢棄物之處理及最終處置設施之規劃設置，由經濟部（工業局）負責統籌規劃、分工協調與推動，並將現有各目的事業主管機關已規劃進行之處理設施及最終處置設施併入考量。目的事業主管機關應提具體計畫積極自行或輔導設置事業廢棄物清理設施及應變貯存設施。
- 5.現已規劃完成及進行之處理設施，應積極加速進行。
- 6.排除事業廢棄物處理設施設置及營運障礙，鼓勵民間參與投資。

(二) 短期措施

- 1.環保署已於八十九年十月二十一日成立「事業廢棄物管制中心」，加強事業單位申報資料之勾稽比對，並加強稽查工作，避免棄置事件發生。
- 2.由環保署協助輔導合法業者申請廢有機溶劑處理項目或變更增加廢有機

溶劑處理量，並加速審查。

3.由環保署協調國科會協助目前新竹科學園區產生的廢有機溶劑委由彰濱工業區內油源股份有限公司貯存。

4.由經濟部工業局研擬水泥窯、鋼鐵業高爐使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則，並由環保署依法許可為事業廢棄物之處理方式，協調水泥業者、鋼鐵業者以廢有機溶劑作為輔助燃料，以協助解決廢有機溶劑去處的問題。

5.由環保署協調一般廢棄物焚化爐提供餘裕量處理一般事業廢棄物。

6.一般廢棄物焚化爐得併燒一般事業廢棄物。

7.各目的事業主管機關配合內政部修正相關法規，簡化事業廢棄物處理設施用地變更流程及時程（一個月內），提高投資意願。

8.環保署辦理加強事業廢棄物減量及資源再利用

(1)檢討已公告之事業廢棄物再利用類別：重新檢討已公告十五項再利用類別及管理方式，除簡化一般事業廢棄物申請再利用審核程序外，依再利用科技成熟程度開放多元性用途類別，並強化防範規定。

(2)擴大公告再利用類別項目：協調相關目的事業主管機關研商增列公告再利用之類別，包括石材廢料、生物污泥等計十八種，並已於八十九年十二月十二日完成公告。

(3)協調各目的事業主管機關加強資源化或再利用產品之用途管理，避免廢棄物未妥善再利用而造成環境之危害。

（三）修正廢棄物清理法

1.再利用之事業廢棄物種類、數量、許可、許可期限、廢止、紀錄、申報及其他應遵行事項之管理辦法，由中央目的事業主管機關會商中央主管機關、再利用用途目的事業主管機關定之。

2.因天然災害、重大事故或其他急迫之情事，致現有廢棄物貯存、回收、清除、處理設施能量不足，而有污染環境或影響人體健康之虞時，中央主

管機關應會同中央目的事業主管機關及有關機關，指定廢棄物緊急清理之方法、設施、處所及其期限，不受相關規定之限制。

3. 中央目的事業主管機關，得指定公告特定地區之事業，應將其事業廢棄物，送至中央目的事業主管機關自行或輔導設置之事業廢棄物處理設施處理。

七、國內外之相關法規

本研究團隊除了彙整國內主要廢溶劑之法規外，包括有再生資源再使用管理辦法、資源回收再利用法、應回收廢棄物稽核認證作業辦法、科學工業園區事業廢棄物再利用管理辦法及工業廢棄物共同清除處理機構管理辦法，亦蒐集國外（香港、法國）之廢溶劑處理相關法規，其詳細內容參見附錄二。

表1.2-5 我國事業廢棄物管制策略與措施

策略	具體措施	完成期限	主辦機關
一、強化源頭管理	(一)成立事業廢棄物管制中心，統合源頭管理、流向申報管制及污染稽查系統。 (二)即行清查最近半年事業機構及代清除處理業所申報之資料，並與地方環保機關保存之事業廢棄物清理計畫書及代清除處理業之營運紀錄，互相勾稽比對。 1.清查對象分三階段進行，每階段以半年為期： 第一階段為國營事業單位、工業區及清除處理業。 第二階段為教育單位及科學園區。 第三階段為一千大事業單位及最大污染事業諸如：皮革業、化工業等。 2.修改申報書格式，使簡明易閱，以利清查。 (三)加強中央與地方及目的事業主管機關之聯繫 1.協調地方政府提供事業機構之事業廢棄物清理計畫書。 2.協調經濟部、國科會、衛生署、教育部、內政部、農委會及國防部提供工廠之製程及可能產生之廢棄物種類與數量，供環保署參考。 3.規定地方核發公民營廢棄物清除處理機構許可證時，應副知中央備查。	立即辦理 九十年六月 九十年十二月 九十一年六月 九十年二月 九十年二月 九十年三月 八十九年十二月	環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 直轄市、縣市政府環保署
二、流向申報管制	(一)建立廢棄物清理業之新管理模式。 1.建制完整之代清理業資料，做為流向追蹤之依據。 2.綜合性處理機構：除加強辦理追蹤清除業廢棄物去向，並輔導現行廢棄物清除、處理機構整合為一綜合性清理機構，該清理機構須兼具執行清除及處理作業能力。 3.檢討簽約三合一制度：事業機構若委託廢棄物清除、處理機構清除處理事業廢棄物時，應先與廢棄物處理機構簽訂書面契約或中央主管機關認可之文件，載明事業廢棄物種類、數量及期限，始得自行或委託清除機構清除至該廢棄物處理機構處理。 (二)研議廢棄物運輸車輛申報登記制度。 (三)定期公布各機關執行績效，加強辦理	八十九年十二月 九十年十二月 九十年六月 九十年二月 加強辦理	環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府

表 1.2-5 我國事業廢棄物管制策略與措施（續一）

策略	具體措施	完成期限	主辦機關
三、稽查取締	(一)依製程之產能因子，編撰完整之行業別稽查手冊。 (二)設置事業廢棄物檢舉專線並訂定檢舉獎勵辦法。 (三)增加擴大環保警察之編制，招募環保義工，並與督察大隊結合，加強稽查。 (四)擴大廢棄物運輸車輛攔檢稽查工作：於主要道路，如高速公路收費站、橋樑要道，實施有效攔檢稽查，以防範污染流布。 (五)依法行使公權力，保障合法業者營運，排除非法抗爭。	九十年十二月 八十九年十二月 加強辦理 加強辦理 加強辦理	環保署 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 直轄市、縣市政府環保署
四、積極設置處理及處置設施	(一)一般事業廢棄物 1.一般事業廢棄物之處理由環保署負責統籌規劃、分工、協調與推動，並將一般廢棄物處理體系的處理設施及最終處置設施規劃設置之能量併入考量。 2.一般廢棄物焚化爐提供餘裕量處理一般事業廢棄物。 3.整合、協調各目的事業主管機關推動一般事業廢棄物處理及處置工作。 4.現已規劃完成及進行中之一般事業廢棄物處理設施，應積極加速進行。 (二)有害事業廢棄物 1.統籌規劃有害事業廢棄物處理及處置設施之設置。 2.現已規劃完成及進行中之處理設施，應積極加速進行。 (三)其他各目的事業主管機關負責該管事業廢棄物調查、處理之相關工作，包括 1.經濟部：負責工業廢棄物的處理及處置工作，現有工業區應於民國九十年七月十四日前規劃完成事業廢棄物之處理及處置設施，並於九十二年十二月前完成設置，對於新設工業區應規劃設置完成廢棄物中間處理設施及最終處置設施後，始得營運。	立即辦理 立即辦理 立即辦理 加強辦理 加強辦理 九十二年十二月 加強辦理	環保署 目的事業主管機關直轄市、縣市政府 環保署 直轄市、縣市政府 環保署 目的事業主管機關 目的事業主管機關 環保署 直轄市、縣市政府 經濟部 目的事業主管機關 目的事業主管機關

表 1.2-5 我國事業廢棄物管制策略與措施（續二）

策略	具體措施	完成期限	主辦機關
四、積極設置處理及處置設施	(一)一般事業廢棄物 1.一般事業廢棄物之處理由環保署負責統籌規劃、分工、協調與推動，並將一般廢棄物處理體系的處理設施及最終處置設施規劃設置之能量併入考量。 2.一般廢棄物焚化爐提供餘裕量處理一般事業廢棄物。 3.整合、協調各目的事業主管機關推動一般事業廢棄物處理及處置工作。 4.現已規劃完成及進行中之一般事業廢棄物處理設施，應積極加速進行。	立即辦理	環保署 目的事業主管機關直轄市、縣市政府
		立即辦理	環保署 直轄市、縣市政府
		立即辦理	環保署 目的事業主管機關
		加強辦理	目的事業主管機關
	(二)有害事業廢棄物 1.統籌規劃有害事業廢棄物處理及處置設施之設置。 2.現已規劃完成及進行中之處理設施，應積極加速進行。	加強辦理	環保署 直轄市、縣市政府
		九十二年十二月	經濟部
	(三)其他各目的事業主管機關負責該管事業廢棄物調查、處理之相關工作，包括	加強辦理	目的事業主管機關
	1.經濟部：負責工業廢棄物的處理及處置工作，現有工業區應於民國九十年七月十四日前規劃完成事業廢棄物之處理及處置設施，並於九十二年十二月前完成設置，對於新設工業區應規劃設置完成廢棄物中間處理設施及最終處置設施後，始得營運。		目的事業主管機關
	2.國科會：負責科學園區內廢棄物的處理及處置工作，現有科學園區應於民國九十年七月十四日前規劃完成事業廢棄物之處理及處置設施，並於九十二年十二月前完成設置，對於新設科學園區應規劃設置完成廢棄物中間處理設施及最終處置設施後，始得營運。		
	3.衛生署：負責醫療廢棄物。 4.教育部：負責學校實驗室廢棄物。 5.農委會：負責農業廢棄物。 6.內政部：負責營建廢棄物。 7.國防部：負責國防部所屬機關、部隊所產生的各類事業廢棄物。		

表 1.2-5 我國事業廢棄物管制策略與措施（續三）

策略	具體措施	完成期限	主辦機關
四、積極設置處理及處置設施	(四)各目的事業主管機關就所轄事業機構之事業廢棄物清理作確實之輔導，並辦理暫時貯存設施設置及廢棄物調度應變事宜。	九十年十二月	目的事業主管機關
	(五)規劃推動事業廢棄物減廢及廢棄物再利用工作，編列預算從事廢棄物資源化的研究。	例行性工作	經濟部 環保署 其他目的事業主管機關
	(六)由「一般事業廢棄物處理小組」及「特殊事業廢棄物處理小組」召集各目的事業主管機關共同研擬具體設置中間處理、最終處置設施之短中長期計畫，報請行政院核定。	九十年六月	環保署 經濟部 其他目的事業主管機關
	(七)各目的事業主管機關依行政院核定之計畫設置事業廢棄物中間處理及最終處置設施，包括工業局設置北、中、南三區有害事業廢棄物示範廠。	九十二年十二月	目的事業主管機關
五、調查事業廢棄物質量基線資料	各目的事業主管機關調查事業廢棄物的質與量，建立基線資料，並預估未來十年之廢棄物種類及質量。	九十年六月	目的事業主管機關

表 1.2-5 我國事業廢棄物管制策略與措施（續四）

策略	具體措施	完成期限	主辦機關
六、配合修正相關法規	(一)主管機關或目的事業主管機關依本法規定規劃設置廢棄物清理設施時，其用地涉及都市計畫變更者，主管機關、目的事業主管機關應協調都市計畫主管機關，依都市計畫法第二十七條規定辦理變更；涉及非都市土地使用變更者，於報准徵收或撥用取得土地後，依法辦理變更編定。完成報編為廢棄物清理專區之土地，其屬公有者，得辦理撥用或出租、讓售與興辦人，不受土地法第二十五條規定之限制。	九十年六月	內政部 目的事業主管機關環保署
	(二)增訂禁止地方政府限制跨區處理事業廢棄物的規定，研議對提供全國性事業廢棄物處理使用設施之地方政府獎勵措施。	九十年六月	環保署
	(三)中央目的事業主管機關，得指定公告特定地區之事業，應將其事業廢棄物，送至中央目的事業主管機關自行或輔導設置之事業廢棄物處理設施處理。	九十年十二月	環保署 目的事業主管機關
	(四)研議立法事業機構設置專責人員制度。	九十年十二月	環保署
七、獎勵投資	(一)研擬公營機構興建事業廢棄物處理設施獎勵措施，鼓勵正派廠商投資。	立即辦理	環保署 目的事業主管機關 直轄市、縣市政府
	(二)提供獎勵誘因，鼓勵 BOO/BOT 投資興建事業廢棄物中間處理及最終處置設施。	立即辦理	環保署 目的事業主管機關 直轄市、縣市政府
八、加強污染場址清理	全面展開事業廢棄物污染場址調查、建檔及清理工作。	加強辦理	環保署 直轄市、縣市政府 目的事業主管機關

1.2.5 歷年執行成果與問題

一、93 年度完成之最終工作成果說明如下：

- 1.由彙整廢溶劑成分檢測資料得知，台灣水泥、幸福水泥兩廠之燃料進料端及貯存槽各兩處，合計共三處之廢溶劑成分測值範圍，發熱量約 1,710~7,105 kcal/kg、灰份 0.01~0.56%、pH 值 8.03~10.95、含氯量 75.4~55.0 ppm、含硫量測值無法檢出（低於偵測極限）；上述各檢測項目及廢溶劑八大重金屬測值皆符合認定標準，除幸福水泥廠進料端與貯存槽 1 之發熱值稍低於認定原則需大於 3,000 kcal/kg 之標準。
- 2.煙道重金屬檢測資料可知，台灣水泥、幸福水泥兩廠 93 年（本計畫）之鉛、鎘、汞測值範圍約 0.0072~0.0133 mg/Nm³、0.0026~0.0047 mg/Nm³以及 0.0030~0.0041 mg/Nm³，比對「事業廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準」之值：3 mg/Nm³、0.5 mg/Nm³、0.5 mg/Nm³之標準濃度亦低甚多。
- 3.台灣水泥廠P101、P301 戴奧辛測值分別為 0.359 及 0.031 ng-TEQ/Nm³；幸福水泥廠P001、P002 戴奧辛測值分別為 0.285 及 0.249 ng-TEQ/Nm³，若比照「中小型廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準」，皆符合戴奧辛 0.5 ng-TEQ/Nm³（小於 4 ton/hr）之排放標準。
- 4.煙道戴奧辛檢測測值，再應用近三年不同的氣象條件進行ISCST3 濃度模擬，可推估台灣水泥廠及幸福水泥廠各有兩煙囪同時排放時，在 89 年氣象條件下，台灣水泥廠之最大著地濃度為 9.191×10^{-8} ng-TEQ/Nm³（約在東南方 607m處）；幸福水泥廠之最大著地濃度為 8.614×10^{-8} ng-TEQ/Nm³（約在東北方 217m處）。
- 5.台灣水泥廠及幸福水泥廠對於廢溶劑之貯存/清運管理措施尚稱完善，唯每批運至水泥窯廠商的廢溶劑成分不穩定，因此建議水泥窯廠商應針對性質相同之廢溶劑分開貯存分批使用，以控制空氣污染物排放之穩定性；另由於廢溶劑成分難以立即分析，應要求廢溶劑產生源廠商，提供每批廢溶劑之基本資料（如包括發熱量、灰分、pH 值等認定原則中管制項目），以利

水泥窯廠商進行廢溶劑之分批貯存管理；故建議環保局應查核水泥廠，辦理教育訓練與緊急應變措施演練兩項目，必要時得執行現勘工作，以確保工作人員遭遇到危害時之熟練度。

6. 水泥廠每季隨機採樣報告宜針對回收量大之工廠，直接進行廢溶劑成分採樣與分析，較具代表性；另為防止廢溶劑輸送至水泥窯燃燒間之管線發生洩漏危害，應加強管線洩漏測試作業；且宜加強演練，含裝載時、操作時之緊急事件演練工作，以避免遭遇危害時，工作人員不熟悉緊急應變措施，導致災害持續擴大無以挽回之窘境。

7. 委請化學環工領域學有專精之五位教授，前往新竹科學園區現勘廢溶劑產生源之清運貯存流程，查核結果發現，台積電、世界先進、光磊以及聯電等四家廠商，對於場內之廢溶劑貯存清除管理措施尚稱完善，惟針對委員意見提出以下四點建議：

(1) 建議廢溶劑產生源廠(或其他有廢溶劑運到宜蘭處理之工廠)定期(如按月)向宜蘭縣環保局及新竹縣環保局二單位申報其運出量。

(2) 執行廢溶劑芳香族含氯化化合物之檢測時，應要求檢測公司明確標示所原檢測的各成分名稱，因含氯芳香族化合物涵蓋甚多成分。

(3) 建議將廢溶劑產生源廠所制定之廢溶劑貯存清除管理措施，轉知廢溶劑處理水泥窯之所在縣轄環保單位，以利環境資訊的互通增進環境品質。

(4) 建議產源進行廢溶劑質量平衡，以掌握其流向。

二、94 年度完成之最終工作成果說明如下：

1. 煙道採樣主要進行粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物、氯化氫、氟化物、戴奧辛及重金屬(鉛、鎘、汞)之採樣，其中戴奧辛濃度在台灣水泥公司煙道編號P101 部分約為 0.006ng-TEQ/Nm^3 (混燃廢溶劑)及 0.040ng-TEQ/Nm^3 (未混燃廢溶劑)；幸福水泥公司煙道編號P002 部分約為 0.008ng-TEQ/Nm^3 (混燃廢溶劑)及 0.103ng-TEQ/Nm^3 (未混燃廢溶劑)。

2. 混燃廢溶劑戴奧辛檢測資料進行ISCST3 模擬出之濃度場，使用網格間距為 250 公尺，各煙囪最大濃度場濃度非常小，最大為 91 年P101 之小時平均最大著地濃度 $1.01\text{E-}04(\text{ng-TEQ/Nm}^3)$ ，最小為 90 年P002 之年平均最大著地濃度 $3.52\text{E-}07 (\text{ng-TEQ/Nm}^3)$ 。採用上述戴奧辛擴散模式模擬結果，以 88~92 年氣象條件下，兩煙囪同時排放之日平均最大著地濃度值，代入公式進行多介質風險評估，求得 88~92 年不同氣象條件下，最大致癌風險值為 90 年 2.92×10^{-7} (LCP)，最小為 88 年 1.42×10^{-7} (LCP)，換言之，最大致癌風險係在 90 年的氣象條件下，約每一千萬人中會有約 3 人左右得到癌症。
3. 為杜絕因焚化品質不良的廢溶劑進入水泥窯內，建議可透過不定期之檢驗報告予以確認，惟確保檢測報告之正確性及合理性，測試報告應加強 QAQC 查核。
4. 本計畫在落實查核管制方案內容工作上分為清查處理廠現行之清運貯存管理措施，及邀請專家學者進行廢溶劑成分檢測報告之書審作業，兩方向進行。本計畫於 11 月初再行前往幸福水泥廠及台灣水泥廠清查其貯存與防制設施是否勘用，清運管理是否確實實行，僅台泥在清運車輛上需攜有運送計畫書乙項未符合規定外(本計畫已現場要求立即改善)，其餘項目皆符合，大致上台泥與幸福兩廠不管在廢溶劑之貯存與防制設施，及廢溶劑之清運管理作業皆有做妥良好之管理。
5. 水泥窯混燃廢溶劑作為輔助燃料後，是否會增加煙道排放氣體中之有害成分(重金屬、戴奧辛等)，從檢測結果顯示粒狀污染物(PM)濃度變化是否與混燃廢溶劑並無法看出有直接關聯性；硫氧化物(以 SO_2 表示)濃度可看出似可因混燃廢溶劑而降低；氮氧化物(以 NO_2 表示)濃度並無法看出是否與混燃廢溶劑有顯著關聯性；氯化氫(HCl)濃度無論是否混燒廢溶劑，在MDL值為 2.89ppm之下均無法檢出，亦無法判斷與混燒廢溶劑與否之關聯性；氟化物(以F-計量)濃度從檢測結果亦無法看出是否與混燃廢溶劑有顯著關聯性；在無添加廢溶劑當輔助燃料狀況下，兩根次煙道戴奧辛檢測分析結果，各檢測值皆在該煙道歷次檢測結果之中低位準濃度，惟上述結果因相關數據資料仍相當稀少，建議後續可進一步再探討。

1.3 計畫目標

宜蘭縣環境保護局（以下簡稱宜蘭縣環保局）為維護縣內空氣品質及民眾健康，因此有必要對水泥廠採用廢溶劑作為輔助燃料所產生之空氣污染物做一持續性的監測與追蹤，並規劃完善廢溶劑貯存管理措施，以期兼顧廢溶劑之處理以及空氣品質與民眾健康。據此宜蘭縣環保局，特訂定「宜蘭縣 95 年度廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理」，本計畫相關調查評估結果，可提供主管機關作為未來實施相關政策之參考，並建立民眾了解廢溶劑作為水泥窯輔助燃料所產生之空氣污染物對於環境及人體健康之影響。本計畫主要針對宜蘭縣境內兩家水泥廠，台灣水泥股份有限公司及幸福水泥股份有限公司，分別進行廢溶劑進入宜蘭縣作為水泥窯輔助燃料之環境調查評估工作，完成之計畫目標如下：

一、落實宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案之查核

調查廠內及業者現行之清運貯存管理查核制度，並提供相關修正建議，以協助其建立周全之廢溶劑清運貯存管理查核制度，避免水泥業者魚目混珠將品質惡劣的廢溶劑作為輔助燃料，而危害本縣環境及民眾健康。

二、建立並落實廢溶劑清運貯存管理 SOP 與查核制度

依據上年度完成之廢溶劑清運貯存管理 SOP 與查核制度進行實場查核工作，以降低因意外、天然災害、突發狀況而導致廢液散落、破裂、傾倒所引起之污染災害。

三、藉由水泥窯排放煙氣之檢測與管制以期達到空品維護目標

彙整歷年煙道檢測及影響空品之評估，並於台灣水泥股份有限公司及幸福水泥股份有限公司，由環保局指定二家公司各一窯之煙道進行煙道檢測各一根次，依據其結果提出水泥窯混燃廢溶劑之空品影響程度，並利用相關學理評析廢溶劑主要成分在水泥窯煅燒過程中產生 PIC(Products of Incomplete Combustion) 之潛勢，並與歷年實際結果做比對分析，以提供宜蘭縣環保局管制之參考。

第二章 工作項目及內容

「宜蘭縣 95 廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理暨固定污染源連續自動監測設施功能查核及維護計畫」因環保署計畫核撥經費合併為同一筆，因此兩計畫雖執行屬性不同卻得以共同與 貴局簽約，但考量計畫執行性質不同而為使參閱者方便翻閱，本計畫期中報告分為二部分，第一部分「宜蘭縣 95 廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理」，第二部份「固定污染源連續自動監測設施功能查核及維護計畫」，本報告屬第一部分，將「廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理」之工作成果概況詳細說明之，第二部分將另冊說明。本計畫之第一部分工作項目與內容包括如下：

一、落實宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案之查核

- 1.就地查核管制方案內容之落實程度。
- 2.藉由不同訪談與邀請相關人士(學界、處理廠、產源及管理者各數人)就能源、水泥產業、環保民意、地方管制提出，綜合其意見以提出建議方案。

二、建立並落實廢溶劑清運貯存管理 SOP 與查核制度

- 1.清查水泥廠廠內集業者現行之清運貯存管理措施。
- 2.至廢溶劑生產廠商調查其廢溶劑成分。
- 3.清運貯存過程洩漏之查核，並提出查核報告。
- 4.研修廢溶劑清運貯存之管理制度(SOP)。
- 5.落實清運貯存管理 SOP 與查核制度，並提出查核結果。

三、藉由水泥窯排放煙氣之檢測與管制以期達到空品維護目標

- 1.彙整歷年煙道檢測及影響空品之評估，並做比較、評析以提供管制之參考。
- 2.於台灣水泥股份有限公司及幸福水泥股份有限公司，由環保局指定二家公

司各一窯之煙道進行煙道檢測各一根次，檢測項目包括鉛、鎘、汞、戴奧辛；及廢溶劑檢驗各二組樣本，檢測項目為高位發熱量、灰份，芳香族氯化化合物、含氯量、含硫量，鉛、鎘、鉻、鋅、砷、汞。

- 3.依據上述結果提出水泥窯混燃廢溶劑之空品影響程度。
- 4.利用相關學理評析廢溶劑主要成分在水泥窯煅燒過程中產生 PIC(Products of Incomplete Combustion)之潛勢，並與歷年實際結果做比對分析。
- 5.綜合各項執行結果提出地方管制之改善對策。

第三章 執行方法

3.1 落實查核宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案內容

一、就地查核管制方案內容之落實程度。

為確保水泥業者作為輔助燃料之廢溶劑，符合「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案九十三年版」之品質標準，宜蘭縣環保局至少每季隨機採樣一次（每次至少抽檢三個樣品）委託檢驗，檢驗項目應涵蓋廢溶劑管理方案項目，並得視廠方申報資料調整之，採樣檢測費用由水泥窯業者負擔。據「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案九十三年版」，對於廢溶劑進廠要求如下：

- 1.廢溶劑之低位發熱值應高於 3,000 Kcal/Kg。
- 2.廢溶劑之灰分應低於 3%。
- 3.廢溶劑之含氯量應低於 100 ppm，含氯芳香族化合物不得檢出。
- 4.廢溶劑之含硫量應低於 1%。
- 5.廢溶劑中之 Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg 等重金屬含量各應低於 25 ppm。
- 6.廢溶劑之 pH 值應介於 4.0~12.5 之間。

除此之外，本計畫為查核水泥業者作為輔助燃料所使用之廢溶劑的嚴格品質要求，將至廢溶劑生產廠商調查其廢溶劑成分，其查核表如表 3.1-1 所示，以避免水泥業者魚目混珠將品質惡劣的廢溶劑作為輔助燃料，而危害本縣環境及民眾健康。

表 3.1-1 廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表(1/2)

查核項目		廢溶劑進廠要求 及排放標準	是否符合 左欄標準	附 註
40 燃料 種類 廢 溶 劑	廢溶劑：_____公噸 煤炭：_____公噸 柴油：_____公噸 重油：_____公噸	(廢溶劑使用重量／煤炭使用重量) $\leq 0.8\%$	☐ 是 ☐ 否	
	低位發熱值 (kcal/kg)	> 3,000 kcal/kg	☐ 是 ☐ 否	
	灰分 (wt.%)	< 3 %	☐ 是 ☐ 否	
	pH 值	4 ~ 12.5	☐ 是 ☐ 否	
	含氯芳香族化合物(mg/L)	不得檢出	☐ 是 ☐ 否	
	含氯量 (ppmw)	< 100 ppm	☐ 是 ☐ 否	
	含硫量 (wt.%)	< 1 %	☐ 是 ☐ 否	

表 3.1-1 廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表(2/2)

檢測分析項目		廢溶劑進廠要求 及排放標準	是否符合 左欄標準	附 註
廢 溶 劑	鉛 (mg/L)全含量	< 25 ppm	☐ 是 ☐ 否	
	鎘 (mg/L)全含量		☐ 是 ☐ 否	
	汞 (mg/L)全含量		☐ 是 ☐ 否	
	鎳 (mg/L)全含量		☐ 是 ☐ 否	
	鋅 (mg/L)全含量		☐ 是 ☐ 否	
	砷 (mg/L)全含量		☐ 是 ☐ 否	
	硒 (mg/L)全含量		☐ 是 ☐ 否	
	鉻 (mg/L)全含量		☐ 是 ☐ 否	
煙 道	戴奧辛	0.5 ng-TEQ/Nm ³ (400公噸/小時以下)	☐ 是 ☐ 否	
	鉛(mg/Nm ³)	3 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以下) 7 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以上)	☐ 是 ☐ 否	
	鎘(mg/Nm ³)	0.5 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以下)	☐ 是 ☐ 否	
	汞(mg/Nm ³)	0.7 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以上)	☐ 是 ☐ 否	

二、進行廢溶劑產源及水泥處理廠現場清查工作，就能源、水泥產業、環保民意、地方管制提出，綜合其意見以提出建議方案。

一份客觀的調查評估報告需藉由客觀的審視，才能夠獲致社會大眾的認同與信認，因此本計畫將根據「宜蘭縣廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理評估計畫」甄選須知內容中規定，邀請各單位之參與人員，針對本計畫之調查評估結果進行嚴格的審核評定。本計畫將彙整所有建議逐一檢討進行修正。而主要審核之項目大致包括：

- 1.煙道廢氣排放檢測結果之合理性
- 2.廢溶劑成分檢測結果之合理性
- 3.檢測方法之正確性
- 4.管制方案內容之正確性

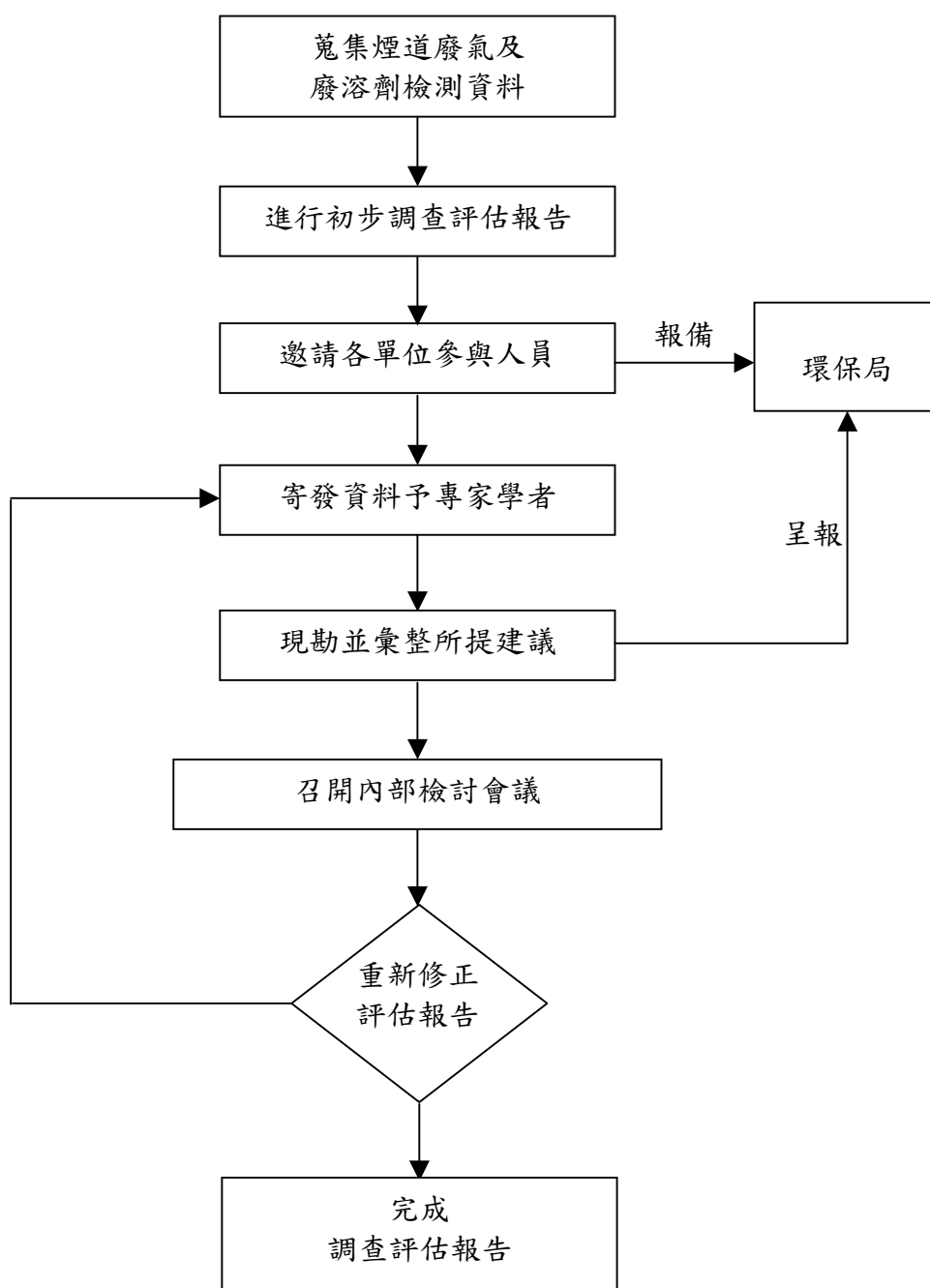


圖 3.1-1 執行廢溶劑管制方案修正作業之流程圖

此外，使用廢溶劑作為水泥窯輔助燃料時，並應搭配下列相關管理措施：

- 一、水泥窯/旋轉窯應增設噴霧設備，提高霧化作用。
- 二、應設置攪拌調勻槽，使噴進窯內之液體廢棄物發熱值、含水、硫、氯量均勻，掌握穩定之操作狀況。
- 三、進場之廢棄物管理應注意其相容性，以免發生燃燒、爆炸或堵塞等意外事件。
- 四、進行處理前，廢有機溶劑之收集貯存及其黏度、水分與氯含量應加以品質控管。並應加以拌勻至一定品質水準後（熱值與微量元素均勻化），由窯前及（或）Calcliner 噴入加以再利用，以防燃燒、爆炸或堵塞之問題。
- 五、水泥窯/旋轉窯應以實際仍在生產者為限，且操作溫度超過 1,200℃、滯留時間 5 秒以上者為限。
- 六、應依環保相關法規規定，以做好二次污染防治工作與查核資料管理。

3.2 建立並落實廢溶劑清運貯存管理 SOP 與查核制度

一、清查水泥廠廠內集業者現行之清運貯存管理措施

宜蘭縣兩家水泥窯廠商所使用之廢溶劑皆是由外縣市輸入，礙於外縣市之廢溶劑產生廠所在地不屬於本縣環保局之管轄範圍，未有相關單位陪同的情況下，不易前往廢溶劑產生廠進行現勘查核，源此，宜蘭縣環保局對於廢溶劑產生源廠商（位於新竹縣市）無職權執行查核業務，本計畫將「廢溶劑清運貯存管理查核制度」之建立分成兩方面，「廢溶劑清運管理查核制度」以及「廢溶劑貯存管理查核制度」，然若考量廢溶劑之清運與貯存過程係分屬兩不同作業背景，「清運」係針對車輛（槽車）載運廢溶劑之安全性進行查核，查核對象為車輛（槽車）及駕駛人員；而「貯存」則是針對水泥窯廠商在使用廢溶劑作為輔助燃料前，暫時貯存廢溶劑之相關設施（包括貯槽、貯存區域、防護設施等等）進行安全性查核；

此外，部分水泥窯廠商無自購運輸車輛，需委託行政院環保署認可清除公司，協助前往廢溶劑產生源將廢溶劑運回廠內燃燒再利用，因此清除與貯存作業亦分屬不同單位執行，實應分開建立之必要。

有鑑於此，本計畫建立宜蘭縣「廢溶劑清運貯存管理之查核制度」查核對象係定義：

- 1.清運管理查核：運輸車輛進入本縣主要道路之清運管理查核。
- 2.貯存管理查核：水泥廠廢溶劑之貯存管理查核。
- 3.一般性查核：如管制方案之相關規定、教育訓練、緊急應變措施演練等。

參考宜蘭縣「九十四年水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」之規定，建立「廢溶劑清運貯存管理查核制度」，查核其宜蘭縣水泥窯（代運輸）業者廢溶劑清運管理作業巡檢表（如表 3-1.1）、宜蘭縣水泥窯業者廢溶劑貯存管理作業巡檢表（如表 3-1.2），說明如下：

（一）「廢溶劑清運管理作業巡檢」之查核表

本制度依據「廢棄物清理法」、「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」以及「毒性化學物質運送管理辦法」，共制定了 20 項巡查項目（如表 3-1.1 所示），其中為符合交通法規制定 2 項，包括：

- 1.駕駛人員須具備合格駕照
- 2.運輸需依照政府機關核准之路線行駛

為符合「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」制定 8 項，包括：

- 1.裝載之廢溶劑是否夾雜其他廢棄物？
- 2.運輸過程是否有飛散、濺落、溢漏、惡臭、爆炸等污染環境或危害健康之虞？

- 3.運送車輛之貯槽是否嚴重生鏽、損壞或洩漏？
- 4.運送車體外是否有標明機構名稱、電話號碼及區別有害事業廢棄物特性之標誌？
- 5.清運紀錄表中之清除廢棄物之日期、種類、數量、車輛車號、清除機構、清除人、處理機構及保留所清除事業廢棄物之處置證明，與實際載送情形是否相符？
- 6.是否有填具一式六聯之遞送聯單？
- 7.隨車是否有攜帶廢棄物之緊急應變方法說明書及緊急應變處理器材？
- 8.是否有加裝 GPS（衛星定位）系統？

參照「毒性化學物質運送管理辦法」制定 6 項，如：

- 1.必須攜有運送計畫書
- 2.需攜有物質安全資料表
- 3.需攜有個人防護設備
- 4.需攜有安全裝備及應變裝備
- 5.需攜有危險物品運送人員訓練
- 6.需攜有廢棄物清理注意事項教育訓練

其餘則為保障運輸過程若發生洩漏時，避免災害擴大而制訂有 4 項

- 1.車輛需定期或不定期保養
- 2.駕駛與隨車人員需熟悉緊急應變措施之通報流程
- 3.清運過程中洩漏之緊急應變措施通報系統需暢通
- 4.駕駛與隨車人員需熟悉緊急應變措施之處理流程

(二)「廢溶劑貯存管理作業巡檢」之查核表

本制度依據「廢棄物清理法」、「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」以及「九十三年宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」，共制定了 29 項巡查項目（如表 3.2-1 所示），其中為符合事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準制定 9 項，包括：

- 1.廢溶劑應與有害事業廢棄物分開貯存
- 2.廢溶劑貯存地點、容器、設施應保持清潔完整
- 3.廢溶劑貯存地點、容器、設施，應避免廢棄物飛揚、逸散、滲出、污染地面或散發惡臭之情況
- 4.貯存容器、設施是否與所存放之廢棄物具有相容性，不具相容性之廢棄物應分別貯存
- 5.貯存地點、容器、設施應於明顯處以中文標示廢棄物之名稱
- 6.廢溶劑應以固定包裝材料或容器密封盛裝，置於貯存設施內，分類編號，並標示產生廢棄物之機構名稱、貯存日期、數量、成分
- 7.貯存以二年為限，超過二年時，應於屆滿三個月前向貯存設施所在地主管機關申請延長
- 8.應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設備或措施
- 9.貯槽附近應整齊放置廢棄物之緊急應變方法說明書及緊急應變處理器材
- 10.查核廢溶劑之貯存紀錄，應妥善保存三年以上

其餘為保障廢溶劑在貯存過程中，若發生洩漏時避免災害擴大，而制訂有 17 項，擇其重點如下：

- 1.貯槽應有定期清洗
- 2.貯存區域應保持通風及排氣正常
- 3.廢溶劑之貯存紀錄應與實際貯存狀況相符
- 4.貯存廢溶劑之貯存容器或包裝材料，應無嚴重生鏽、損壞或洩漏之虞
- 5.貯槽之氮氣降溫設備、液位指示器應正常
- 6.貯槽之洩漏緊急應變措施所需使用之防護設備應齊全及勘用
- 7.貯存設施之警報設備、滅火設備、照明設備、沖淋設備能正常運轉
- 8.貯存設施附近是否已將危險物品或危險區域（如煙火或電焊作業）作好隔離
- 9.貯槽管理人員應熟悉緊急應變措施之通報流程並暢通

上述兩查核表之設計方法係採用「肯定」原則，亦即，本計畫在設計各項巡查項目時，皆以巡查結果勾選「是」者係符合法規規定，結果為「否」者為不符合規定，如此只要視其勾選「否」者，皆為缺失並須進行監督改善的項目，未來巡查單位便可方便統計水泥窯業者在清運或貯存管理上的缺失項目並持續追蹤其改善。

表 3.1-2 宜蘭縣水泥窯（代運輸）業者廢溶劑清運管理作業巡檢表

巡查日期： 年 月 日 時 分起 時 分迄	
公司名稱： 車號： 駕駛：	
巡 查 項 目	結 果
1 駕駛人員是否具備合格之執照？（交通法規）	☐ 是 ☐ 否
2 是否有加裝 GPS（衛星定位）系統？（廢棄物清理法）	☐ 是 ☐ 否
3 是否依照政府機關核准之路線行駛？（交通法規）	☐ 是 ☐ 否
4 是否攜有運送計畫書？（毒性化學物質運送管理辦法）	☐ 是 ☐ 否
5 裝載之廢溶劑並無夾雜其他廢棄物？（事業廢棄物貯存清除處理方法）	☐ 是 ☐ 否
6 並無飛散、濺落、溢漏、惡臭、爆炸等污染環境或危害健康之虞？（事業廢棄物貯存清除處理方法）	☐ 是 ☐ 否
7 運送車輛之貯槽並無嚴重生鏽、損壞或洩漏之虞？（事業廢棄物貯存清除處理方法）	☐ 是 ☐ 否
8 檢查車輛之定期（不定期）保養紀錄，車輛是否有定期保養？	☐ 是 ☐ 否
9 運送車體外是否有標明機構名稱、電話號碼及區別有害事業廢棄物特性之標誌？（事業廢棄物貯存清除處理方法）	☐ 是 ☐ 否
10 清運紀錄表中之清除廢棄物之日期、種類、數量、車輛車號、清除機構、清除人、處理機構及保留所清除事業廢棄物之處置證明，與實際載送情形是否相符？（事業廢棄物貯存清除處理方法）	☐ 是 ☐ 否
11 是否有填具一式六聯之遞送聯單？（事業廢棄物貯存清除處理方法）	☐ 是 ☐ 否
12 是否攜有物質安全資料表？（毒性化學物質運送管理辦法）	☐ 是 ☐ 否
13 是否攜有個人防護設備？（毒性化學物質運送管理辦法）	☐ 是 ☐ 否
14 是否攜有安全裝備及應變裝備？（毒性化學物質運送管理辦法）	☐ 是 ☐ 否
15 是否攜有危險物品運送人員訓練？（毒性化學物質運送管理辦法）	☐ 是 ☐ 否
16 是否攜有廢棄物清理注意事項教育訓練？（毒性化學物質運送管理辦法）	☐ 是 ☐ 否
17 隨車是否有攜帶廢棄物之緊急應變方法說明書及緊急應變處理器材？（事業廢棄物貯存清除處理方法）	☐ 是 ☐ 否
18 駕駛與隨車人員是否熟悉緊急應變措施之通報流程？	☐ 是 ☐ 否
19 清運過程中洩漏之緊急應變措施通報系統是否暢通？	☐ 是 ☐ 否
20 駕駛與隨車人員是否熟悉緊急應變措施之處理流程？	☐ 是 ☐ 否
巡查人員	（簽章）
駕駛人員	（簽章）

表 3.1-3 宜蘭縣水泥窯業者廢溶劑貯存管理作業巡檢表

巡查日期： 年 月 日 時 分起 時 分迄		
公司名稱：		
巡 查 項 目		結 果
1	查核廢溶劑之貯存紀錄，是否有妥善保存三年以上？（廢棄物清理法）	☐ 是 ☐ 否
2	廢溶劑之貯存紀錄與實際貯存狀況是否相符？	☐ 是 ☐ 否
3	貯槽是否有定期清洗？	☐ 是 ☐ 否
4	廢溶劑貯槽之揮發性有機物（VOCs）收集處理設施是否能正常運作？（九十三年管制方案）	☐ 是 ☐ 否
5	貯存區域通風及排氣是否正常？	☐ 是 ☐ 否
6	廢溶劑是否與有害事業廢棄物分開貯存？（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準）	☐ 是 ☐ 否
7	貯存地點、容器、設施是否保持清潔完整？（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準）	☐ 是 ☐ 否
8	貯存地點、容器、設施，並無廢棄物飛揚、逸散、滲出、污染地面或散發惡臭之情況？（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準）	☐ 是 ☐ 否
9	貯存容器、設施是否與所存放之廢棄物具有相容性，不具相容性之廢棄物應分別貯存？（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準）	☐ 是 ☐ 否
10	貯存地點、容器、設施是否於明顯處以中文標示廢棄物之名稱？（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準）	☐ 是 ☐ 否
11	廢溶劑是否以固定包裝材料或容器密封盛裝，置於貯存設施內，分類編號，並標示產生廢棄物之機構名稱、貯存日期、數量、成分？（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準）	☐ 是 ☐ 否
12	廠方貯存廢溶劑之貯存容器或包裝材料，並無嚴重生鏽、損壞或洩漏之虞？	☐ 是 ☐ 否
13	廢溶劑貯存以二年為限，貯存時間是否有在年限內？（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準）	☐ 是 ☐ 否
14	貯存設施之防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設備或措施是否正常？（事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準）	☐ 是 ☐ 否
15	貯槽之氮氣降溫設備是否正常？	☐ 是 ☐ 否
16	貯槽之液位指示器是否正常？	☐ 是 ☐ 否
17	貯存設施之災害防止設備是否能正常運轉？	☐ 是 ☐ 否
18	貯槽之洩漏緊急應變措施所需使用之防護設備是否齊全？	☐ 是 ☐ 否
19	貯槽之洩漏緊急應變措施所需使用之防護設備是否勤用？	☐ 是 ☐ 否
20	貯存設施之警告標示是否清晰明瞭？	☐ 是 ☐ 否
21	貯存設施之警報設備是否能正常運轉？	☐ 是 ☐ 否
22	貯存設施之滅火設備是否能正常使用？	☐ 是 ☐ 否

二、至廢溶劑生產廠商調查其廢溶劑成分

為確保水泥業者作為輔助燃料之廢溶劑，符合「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案九十四年版」之品質標準，宜蘭縣環保局至少每季隨機採樣一次（每次至少抽檢三個樣品）委託檢驗，檢驗項目應涵蓋廢溶劑管理方案項目，並得視廠方申報資料調整之，採樣檢測費用由水泥窯業者負擔。據「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案九十三年版」，對於廢溶劑進廠要求如下：

- 1.廢溶劑之低位發熱值應高於 3,000 kcal/kg。
- 2.廢溶劑之灰分應低於 3%。
- 3.廢溶劑之含氯量應低於 100 ppm，含氯芳香族化合物不得檢出。
- 4.廢溶劑之含硫量應低於 1%。
- 5.廢溶劑中之 Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg 等重金屬含量各應低於 25 ppm。
- 6.廢溶劑之 pH 值應介於 4~12.5 之間。

除此之外，本計畫為查核水泥業者作為輔助燃料所使用之廢溶劑的嚴格品質要求，將擇數家位於新竹科學園區之廢溶劑生產廠商調查其廢溶劑成分，以避免水泥業者魚目混珠將品質惡劣的廢溶劑作為輔助燃料，而危害本縣環境及民眾健康。

三、清運貯存過程洩漏之查核，並提出查核結果

廢溶劑洩漏通常是在環保單位，甚至是廠商認為最不可能的時間與情況下發生，所造成的影響與社會成本也最大，因此廢溶劑洩漏災害發生後，若要有效的應變與控制，首先需要事故工廠本身迅速的搶救應變與通報，以及各環保單位的監督與協調應變，依據發生洩漏災害的時間與地點大致可分為三種情況：

情況一：槽車前往廢溶劑生產廠商進行載送作業，在廢溶劑生產廠廠區內發生廢溶劑洩漏災害。

情況二：為槽車自廢溶劑生產廠商將廢溶劑運送至處理廠（水泥廠）之運輸過程中，在一般道路間發生洩漏災害。

情況三：為槽車已將廢溶劑運送進入處理廠，在處理廠區內發生洩漏。

以上第一種及第三種情況，由於廢溶劑生產廠商以及處理廠對於廠區的災變皆已擬妥完善之災害緊急應變措施規劃，並獲得環保署及地方環保機關之核可，因此當災變發生時皆可適時的做好救災之準備與臨場的救災應變；第二種情況，槽車行駛過程的主要道路間發生災變最不易控制，其影響範圍亦最大，表 3.2-3 為廢溶劑洩漏之一般道路應注意事項：

表 3.2-4 廢溶劑洩漏之一般道路應注意事項

	災 害 狀 況	處 理 原 則	通報對象與相關處理	
			水泥窯廠商	環保局
53 壹、裝料廠區狀況處理注意事項	一、裝車時發現管路接頭有漏料時	立即通知廠方停止裝車動作，知會裝料廠會同人員或安全衛生人員隨即將手提容器、吸液棉，放置漏料處。	隨時掌握漏料情形，避免災情擴大	
	二、注入槽車之管路接頭，欲拆下因管內壓力未降而溶液溢出並潑及人員時	管路接頭勿馬上脫離，用碎布、吸液棉將溢料接頭包住，慢慢洩壓、洩料直至管內流完，隨即清洗沾到之防護用具、車輛、地上，並教育操作人員防止管內溢出。	隨時掌握漏料情形，避免災情擴大	
	三、裝車完竣欲駛離時，車子故障	如沒電不能發動，需報告裝料廠安衛人員，做好防爆、防護等才得以併車接電發動，輪胎沒氣時亦做好上項措施再充氣，不得敲打，待處理完畢亦報備安衛人員及公司管理人員。	紀錄車輛故障狀況，更新零件	
	四、裝料時遇地震、火災等	立即停止裝料，關閉各閥門並防止溶劑外洩，聽從裝料廠區指揮人員駛離至安全地點。	回廠後，立即檢測車輛零件是否有遭遇損壞	
	五、洩漏之處理	小洩漏以拖把、布、吸液棉再投入容器內密封；大洩漏以隨車消防砂圍堵掩蓋，再以塑膠打包裝回。所有車輛外觀、桶裝等應擦拭乾淨。	小洩漏：隨時掌握洩漏情形，避免災情擴大 大洩漏：立即啟動緊急應變措施	大洩漏：掌握緊急應變措施之處理情形，危急時提供必要之協助
	六、平板桶裝洩漏之處理	1.桶蓋因損壞致不能旋緊，立即換隨車備份桶蓋並擦拭滲漏之溶劑。 2.小洩漏以修補劑、AB 膠或以鐵桶、塑膠桶之防漏束帶。	回廠後，立即檢測車輛零件是否有遭遇損壞	

表 3.2-4 廢溶劑洩漏之一般道路應注意事項（續一）

	災 害 狀 況	處 理 原 則	通報對象與相關處理	
			水泥窯廠商	環保局
54 貳、行駛途中應注意事項	一、遇到申請之路線不能通過時	嚴守申請路線，不得強行通過或任意變換，如遇火災現場，不得靠近或通過，需聽從現場指揮，依序駛往安全空曠處，避開擁擠路段，並回電告知公司主管人員。	告知公司主管人員，請示是否可進行運輸路線之更換	
	二、行駛中拋錨，需緊急搶修或拖離時	首先擺好三角錐故障標誌、滅火器等防護措施，再以電話告訴公司人員處理，非必要不得擅離車輛，等待救援人員到來。如遇重大交通阻塞亦需告知當地派出所或 119 支援。	回廠後，立即檢測車輛零件是否有遭遇損壞	
	三、發生車禍、翻覆、大量洩漏危及附近民房行人時	馬上電告知 119、派出所，打電話回公司報告現況，並在現場適時處理，指揮交通、疏散人員等，並依緊急應變辦法作處理。如有大量洩漏危及附近時，通知環保單位。	立即啟動緊急應變措施	掌握緊急應變措施之處理情形，危急時提供必要之協助
	四、行駛中欲休息時之停放	欲駛往休息站，先將車覓妥較安全之地點，不得在路邊任意停車，如欲短暫停留，應開啟紅色旋轉警告燈。		
	五、平板桶裝行駛中該注意些什麼	每一休息站檢查束帶有否綁緊，帆布是否固定，桶蓋有否旋緊或滲漏現象，如有溢漏應即時做好警戒，如有小隙縫的洩漏先用修補劑修補，滅火器、吸液棉、碎布、容器備妥待用，並告知公司支援處理。		

表 3.2-4 廢溶劑洩漏之一般道路應注意事項（續二）

災 害 狀 況		處 理 原 則	通 報 對 象 與 相 關 處 理	
			水泥窯廠商	環保局
參、進入廠區卸料時注意事項	一、卸料時發生卸料閥故障	隨即通知廠方卸料人員停止卸料動作，並配合廠方緊急應變管理辦法處理，告知公司有關人員排除故障，不得任意敲打車體，必要時駛往修理工廠修理。	立即檢測車輛零件是否有遭遇損壞	
	二、作業中，卸料工作人員身體各部分沾到廢溶液時	先停止卸料，馬上以清水清洗，並隨即向廠方、公司安衛人員告知情形。	告知安衛人員	
	三、當發生地震、火災、停電或不可抗拒災害時	先關閉各閥門，如可駛離現場，儘速移至空曠安全處，但以遵從廠方指揮系統為主，做好一切防護措施。	啟動廠內之緊急應變措施	掌握緊急應變措施之處理情形，危急時提供必要之協助
	四、桶裝廢溶劑開啟桶蓋有蒸氣噴出時	先以布團遮住桶蓋，再慢慢旋扭桶蓋，先讓其洩壓，不可貿然開啟。		
	五、卸料作業中如不慎吸入廢溶劑氣體致頭昏嘔吐時	先關閉桶蓋及閥門，再移至上風處新鮮空氣地方，卸下防護用具休息觀察，如無礙健康可繼續作業，否則須就醫治療。	告知安衛人員	
	六、卸料時發生結塊，阻塞致不能卸完時	先簡單處理，若仍然阻塞時再洽廠方現場人員改變卸料流程，依其指示操作。	洽廠方現場人員改變卸料流程	
	七、車輛進入廠區時	運廢溶劑車輛進入廠區時，卡車、人員〔含卸料人員〕須遵循該廠訂定之『卸廢溶劑安全衛生應注意事項』辦法作業。		

四、查核落實廢溶劑清運貯存之管理制度(SOP)情形

標準作業程序(SOP)於政府單位及各產業中行之已久，並成為品質確保與提升的基礎與準則。本計畫擬採 SOP 的概念結合廢溶劑清運貯存管理措施，查核並落實「廢溶劑清運貯存管理標準作業程序(SOP)」，提供廢溶劑清運、貯存單位實際運用。良好的廢溶劑清運貯存管理措施，才能避免因洩露的產生而危害週遭環境，有害廢棄物的處理、處置、回收的設施需有環境安全標準和操作程序來控管，並符合「廢棄物清理法」規定。本(95)年度計畫持續依據「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定，針對 93 及 94 年度水泥廠現行廢溶劑之清運貯存作業進行查核及落實制度。

五、落實清運貯存管理 SOP 與查核制度，並提出查核結果

廢溶劑對於環境與人體健康最重大的危害，莫過於廢溶劑發生洩露事件，考量廢溶劑最容易洩露之時機，大部分係發生在裝料/清運/洩料之過程中，因此已完成廢溶劑「裝料/清運/洩料」標準作業程序，統稱廢溶劑「清運」標準作業程序；廢溶劑之貯存，因廢溶劑已運至水泥廠廠內，或屬產源廠內貯存應必須有完善之管理措施，以及若不幸發生洩露時也較容易清理，所導致的危害也較小。根據去年度(94)「廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理暨固定污染源連續自動監測設施功能查核及維護計畫」之清運貯存管理 SOP 與查核制度，持續針對各廠廢溶劑清運貯存管理查核制度的落實加強查核，並提出查核結果，避免廢溶劑因貯存所產生之洩露危害。

3.3 使用廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之排放廢氣風險推估

一、彙整歷年煙道檢測及影響空品之評估，並做比較、評析以提供管制之參考

以廢溶劑作為水泥製程中旋轉窯替代燃料之再利用方式是否可行，最受質疑的即是其煙道排放物質中是否含有影響環境及人體健康之有害物質，其中又以戴奧辛及重金屬最受關切。本計畫將收集歷年來廢溶劑成分檢測及使用廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之煙道廢氣檢測數據，依其檢測項目再與今年度檢測數據進行相互比較分析，其中將依據本計畫甄選須知中規定，收集 94 年以前水泥窯無添加廢溶劑之排氣成分與目前已添加廢溶劑之水泥窯進行比較分析工作。依據上述結果提出水泥窯混燃廢溶劑之空品影響程度，此分為二部份評估(礙於經費及人力配置，本項工作只執行污染排放量評估，不做健康風險評估)。

(一) 逸散方面

針對現勘調查結果及廢溶劑採樣分析之結果，評估因操作管理不當可能造成的空品影響，其影響程度擬以溶劑洩漏之 VOCs 逸散量最為基準，配合盛行風速或通風率概值作業區之 VOCs 污染排放量。

(二) 煙道方面

由本年度檢測之數據及彙整歷年資料，針對煙道排放之戴奧辛及三項重金屬（鉛、鎘、汞），配合污染源支操作條件（如煙氣排放率）以推估此等污染物之年排放量及日排放量，並據此定性上概估其可能對周界環境的影響。

二、利用相關學理評析廢溶劑主要成分在水泥窯煅燒過程中產生 PIC(Products of Incomplete Combustion)之潛勢，並與歷年實際結果做比對分析。

目前針對廢溶劑檢測分析方法是沿用固體廢棄物（垃圾）分析的方法和理論，因此實際上並不適用於分析溶劑型的廢棄物，故有可能發生實際進場的與採樣分析的有很大的差異問題，連帶的影響焚化操作與空氣污染防治設備的處理效率。其次是熱值偏低的問題，除了必須增加輔助燃料之外，亦有可能因此降低了焚化溫度和焚化效率，會衍生出許多不完全燃燒的污染物。由於廢溶劑的類型及成分

非常多元，不完全燃燒的結果將產生大量的粉塵和有害氣態成份(如產生戴奧辛)有些毒性廢棄物具有揮發性其均可逸散至空氣中而使空氣品質惡化(如汞蒸氣等)。因此，本研究將針對有機溶劑產源進行採樣分析，並與歷年實際結果做比對分析。

三、綜合各項執行結果提出地方管制之改善對策

限於國內廢溶劑回收管道不足，回收後對回收業及後來的產品安全影響疑慮尚未消除，廢溶劑的處理宜以焚化為主，回收利用為輔。本研究將藉由分析結果，提出具體綜合性之建議策略，以提供各公民营相關單位，就本研究之後續研究或規劃參卓。另外，應建立分類回收設施政策，避免交叉污染發生而影響溶劑或其它廢棄物回收的可行性，並宜配合法規在工業區內設焚化爐或集中型貯存場等措施，提供業者另一合法而且容易監督查核的處理管道。

第四章 執行成果

本計畫於民國 95 年 3 月 7 日承宜蘭縣環保局委託執行「廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理」後，旋即展開各項工作，本計畫已依原規劃項目及進度完成工作，茲說明如下各節：

4.1 落實查核輔助燃料管制方案內容

4.1.1 管制方案查核結果(水泥廠)

環保局固定污染源管制計畫以及環境影響評估報告書中，已規定水泥廠須定期執行煙道及廢溶劑檢測，廢溶劑產源業者也必須定期檢測廢溶劑的成份，因此相關數據眾多。本計畫在落實查核輔助燃料管制方案工作上，考量煙道監測數值及廢溶劑成分需透過繁複之檢測工作，鑑於委員前往查核亦無法立即獲知煙道排污程度及廢溶劑成份，因此本計畫之作法係彙整以往及現今水泥廠煙道監測資料、產源廢溶劑成分報告以及空污防制設施之各項操作條件，再根據廢溶劑進廠要求與空氣污染排污標準作成查核，並對各項目提出要求與建議。本研究團隊分別於 95 年 4 月~9 月期間前往台灣水泥廠及幸福水泥廠進行現勘，並將採樣之樣本進行分析，其現場查核資料結果表如表 4.1-1 與 4.1-2 所示，並就縣內二大水泥廠廢溶劑作為之輔助燃料管制現況說明如下：

台灣水泥廠和幸福水泥廠兩間所使用的廢溶劑燃料總重量標準不得超過任何時刻燃料使用重量之 10%，而平均生產一噸水泥約需 75 萬仟卡的熱量，大約相當於 120 公斤的生煤。根據現場調查結果顯示，除了台灣水泥廠之發熱值未達到限值外，其他相關查核項目皆在標準範圍內，茲就各項查核項目說明如下，另其現場查核表如附錄二。

另發熱值為廢溶劑是否適於以焚化進行處理之重要指標，不但可解決廢溶劑處理之問題，同時亦可達成能源再生之資源化效益。兩間水泥廠廢溶劑熱值檢測之結果，台灣水泥廠及幸福水泥廠熱值皆大於 3,000 符合水泥廠之輔助燃料標準（如圖 4.1.1 所示）。灰分(wt.%) 兩間水泥廠灰分相當低，皆在 0.2 wt.% (< 3%)，檢測結果顯示可符合規範要求。pH值，兩間水泥廠pH值範圍在 6.3 至 8.2 之間，檢測結果顯示可符合規範要求pH值 4~12.5 範圍之間。含氯芳香族化合物(mg/L)不可檢測出，兩間水泥廠應避免廢溶劑物質含有氯芳香族化合物成分，這與戴奧辛之生成有極大之相關。含氯量 (ppmw)，燃燒物質中含有氯成分，也是生成戴奧辛之主要原因之一，兩間水泥廠含硫量在 26.1ppmw~32.4 ppmw之間不等，規定廢溶劑含氯量須小於 100ppmw，因此必須充分掌控廢溶劑中之含氯量。含硫量(wt.%)，物質中含硫成分會造成燃燒後排放SO_x污染物，造成環境中的負荷，兩間水泥廠皆無檢測出。重金屬(鉛、鎘、汞、鎳、鋅、砷等六類)，兩間水泥廠須控制水泥進入窯燃燒之廢溶劑中重金屬含量，規定廢溶劑重金屬含量須小於 25ppm。煙道部分，戴奧辛最大使用量達四公噸／小時以上者，至少每一年應定期檢測戴奧辛排放一次；未達四公噸／小時者，至少每二年應定期檢測戴奧辛排放一次。鉛(mg/Nm³)、鎘(mg/Nm³)、汞(mg/Nm³)須控制水泥進入窯燃燒之廢溶劑中重金屬含量。

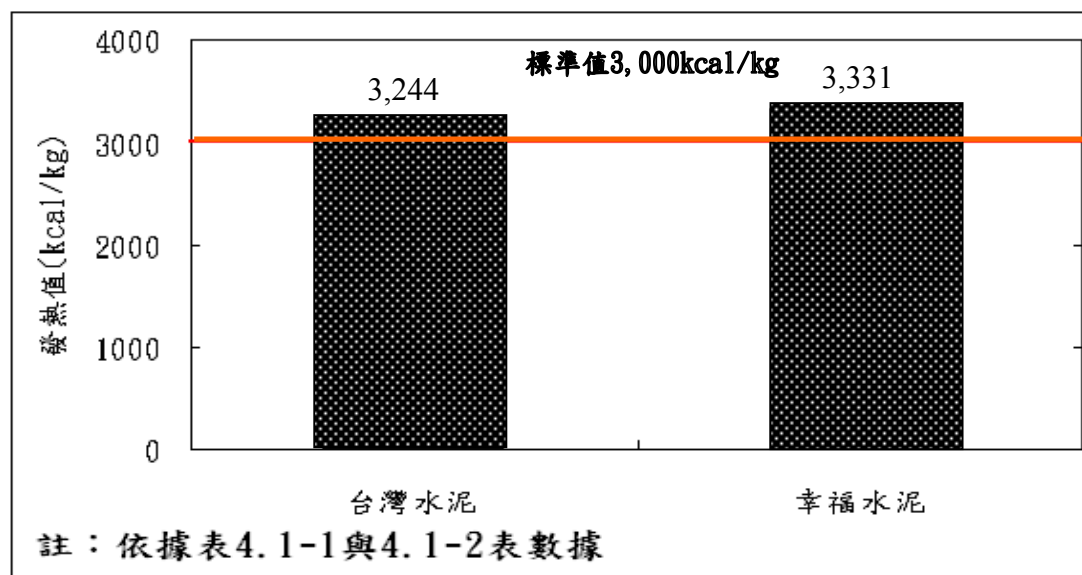


圖 4.1-1 台灣、幸福水泥廠所處理廢溶劑(LVH)之平均發熱值比較圖

台灣水泥廠和幸福水泥廠兩間廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表，大多檢測結果顯示可符合規範要求，本 95 年度只有台灣水泥廠兩次樣品中有一次樣品的平均熱值小於 3,000 kcal/kg(2,653 kcal/kg)，值得地方環保主管機關及業者留意。

表 4.1-1 廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表(台灣水泥廠 1/2)

查核項目		廢溶劑進廠要求 及排放標準	是否符合 左欄標準	附 註
燃料 種類	廢溶劑： <u>15.5</u> 公噸/日 煤炭： <u>23.8</u> 公噸/日 柴油： <u> </u> 公噸/日 重油： <u> </u> 公噸/日	(廢溶劑使用重量／煤炭使用重量) ≤ 0.8%	■是□否	廢溶劑使用重量/煤炭使用重量 = 0.65%
	低位發熱值 (kcal/kg)	> 3,000 kcal/kg	□是■否	平均低位發熱值 = 3,244 kcal/kg(以本年度測值計)
	灰分 (wt.%)	< 3 %	■是□否	平均灰份 = 0.2 wt.%
	pH 值	4 ~ 12.5	■是□否	平均 pH 值 = 8.2
	含氯芳香族化合物(mg/L)	不得檢出	■是□否	ND
	含氯量 (ppmw)	< 100 ppm	■是□否	平均含氯量 = 32.4 ppmw
	含硫量 (wt.%)	< 1 %	■是□否	ND

註：其數據參見 4.3.1 節

表 4.1-1 廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表(台灣水泥廠 2/2)

檢測分析項目		廢溶劑進廠要求 及排放標準	是否符合 左欄標準	附 註
廢 溶 劑	鉛 (mg/L)全含量	< 25 ppm	■是□否	平均鉛全含量 = 1.28 mg/L
	鎘 (mg/L)全含量		■是□否	平均鎘全含量 = 0.0042 mg/L
	汞 (mg/L)全含量		■是□否	ND
	鋅 (mg/L)全含量		■是□否	平均鋅全含量 = 1.13 mg/L
	砷 (mg/L)全含量		■是□否	平均砷全含量 = 0.0109 mg/L
	鉻 (mg/L)全含量		■是□否	平均鉻全含量 = 0.0161 mg/L
煙 道	戴奧辛	0.5 ng-TEQ/Nm ³ (400公噸/小時以下)	■是□否	0.307 ng-TEQ/Nm ³
	鉛(mg/Nm ³)	3 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以下) 7 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以上)	■是□否	鉛 = 0.0039 mg/Nm ³
	鎘(mg/Nm ³)	0.5 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以下)	■是□否	鎘 = 0.0016 mg/Nm ³
	汞(mg/Nm ³)	0.7 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以上)	■是□否	汞 = 0.0027 mg/Nm ³

表 4.1-2 廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表(幸福水泥廠 1/2)

查核項目		廢溶劑進廠要求 及排放標準	是否符合 左欄標準	附 註
燃料 種類 廢 溶 劑	廢溶劑： <u>15.4</u> 公噸/日 煤炭： <u>42.9</u> 公噸/日 柴油： <u> </u> 公噸/日 重油： <u> </u> 公噸/日	(廢溶劑使用重量／煤炭使用重量) ≤ 0.8%	■是□否	廢溶劑使用重量/煤炭使用重量 = 0.35%
	低位發熱值 (kcal/kg)	> 3,000 kcal/kg	■是□否	平均低位發熱值 = 3,331 kcal/kg(以本年度測值計)
	灰分 (wt.%)	< 3 %	■是□否	平均灰份 = 0.2 wt. %
	pH 值	4 ~ 12.5	■是□否	平均 pH 值 = 6.3
	含氯芳香族化合物(mg/L)	不得檢出	■是□否	ND
	含氯量 (ppmw)	< 100 ppm	■是□否	平均含氯量 = 26.1 ppmw
	含硫量 (wt.%)	< 1 %	■是□否	ND

註：其數據參見 4.3.1 節

表 4.1-2 廢溶劑成分及煙道檢測合理性查核表(幸福水泥廠 2/2)

檢測分析項目		廢溶劑進廠要求 及排放標準	是否符合 左欄標準	附 註
廢 溶 劑	鉛 (mg/L)全含量	< 25 ppm	■是□否	平均鉛全含量 = 0.71 mg/L
	鎘 (mg/L)全含量		■是□否	平均鎘全含量 = 0.0114 mg/L
	汞 (mg/L)全含量		■是□否	ND
	鋅 (mg/L)全含量		■是□否	平均鋅全含量 = 0.85 mg/L
	砷 (mg/L)全含量		■是□否	平均砷全含量 = 0.0057 mg/L
	鉻 (mg/L)全含量		■是□否	平均鉻全含量 = 0.0126 mg/L
煙 道	戴奧辛	0.5 ng-TEQ/Nm ³ (400 公噸/小時以下)	■是□否	0.214 ng-TEQ/Nm ³
	鉛(mg/Nm ³)	3 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以下) 7 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以上)	■是□否	鉛 = 0.0051 mg/Nm ³
	鎘(mg/Nm ³)	0.5 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以下)	■是□否	鎘 = 0.0022 mg/Nm ³
	汞(mg/Nm ³)	0.7 mg/Nm ³ (400 公斤/小時以上)	■是□否	汞 = 0.0038 mg/Nm ³

4.1.2 學者專家意見彙整(產源廠)

依我國相關規定水泥廠須定期執行煙道及廢溶劑檢測，廢溶劑產源業者也必須定期檢測廢溶劑的成份，因此本計畫在落實查核輔助燃料管制方案工作上，考量煙道監測數值及廢溶劑成分需透過繁複之檢測工作，本項工作已先彙整以往及現今水泥廠煙道監測資料、產源廢溶劑成分報告以及空污防制設施之各項操作條件提供予委員，再根據廢溶劑進廠要求與空氣污染排污標準作成書面及現勘資料，並對各項目提出要求與建議。

本計畫邀請數位化工及環工領域之專家學者(資歷如表 4.1-3 所示)，擇本縣所處理的廢溶劑廠源產之主要 7 家產源廠商進行查核，包括廢溶劑成份檢測報告、收集與貯存方式、廢溶劑產生機制等項目進行書面查核及現勘，並與 94 年度之結果與建議進行比較。

根據針對 7 家廠商進行查核發現，廢溶劑產源廠商之廢溶劑清除貯存管理措施尚稱完善，亦清楚污染物之流向，且應有減量的趨勢。茲就各廠之背景及各項廠內對廢棄物相關減廢做法說明如下：(參考表 4.1-4 至 4.1-6)：

一、A 廠：

此工廠位於新竹市科學園區，開始量產時間為 1999 年 7 月，月產能 70,000 片/月。針對其工廠之製程減廢有許多方案：降低 Metal Film rework 機台鋁蝕刻液攜出量、降低鋁蝕刻液使用量、改變 Clean-season Time and Frequency For Single Layer、將 GSH 膜厚減薄、減少光阻液使用。

降低金屬版模機台鋁蝕刻液攜出量，對於資源效益可節省鋁蝕刻液用量 258 噸/年。降低鋁蝕刻液使用量，可減少使用鋁蝕刻液 600 噸/年。改變單層膜清洗時間用以減少 NF_3 使用量，可減少使用 6,762Kg NF_3 /年。將 GSH 膜厚減薄用以減少氣體使用之方案，可減少 SiH_4 使用量 243Kg/年、 NH_3 使用量

93Kg/年。而減少光阻液使用，2003~2005 年減少光阻液使用量 151.55 噸。

二、B 廠：

此工廠位於新竹市科學園區，設立於 1997~1999 年間，生產 8 吋晶圓為主，月產能 40,000 片/月。其對於清潔生產工作推行以源頭減廢為主。主要有三種方式：製程調整與回收、尋找替代化學品、機台設施的改善。

製程調整與回收的主要方式為：減少 H_2SO_4 的使用量，例如：將製程簡化，使清洗步驟減少 6 道手續或延長 H_2SO_4 的更換次數，清洗次數從 15 次延到 30 次，以減少 H_2SO_4 的更換頻率。尋找替代化學品於 2004 年開始執行，主要方式為：進行廢溶劑回收改善系統、將介電層蝕刻後之清洗液以 H_2SO_4/H_2O_2 取代剝離液(Stripper)。機台設施的改善同樣於 2004 年開始執行，主要為提昇MeOH的置換效果:提昇 N_2 Bubble流量，使MeOH置換N-396的效果進一步提昇，可有效並節省MeOH使用量。

三、C 廠：

此工廠位於桃園縣龍潭鄉，於 1999 年時其廠區陸續設立。而對於製程減廢的方法主要有：節省 TFT-LCD 製程顯影液(Developer)使用量、節省 TFT-LCD 製程剝離液(Stripper)使用量、單酸供應系統導入、丙酮回收二次使用報告。

而其績效分別如下：節省 TFT-LCD 製程顯影液(Developer)使用量，其改善前的狀況為 2.36% 顯影劑用量=7,154,200L/year，而改善後於 94 年時設備的回收率為 64.6%。節省 TFT-LCD 製程剝離液(Stripper)使用量，在改善前每年剝離液的用量=16,095Lx365=5,874,675L/年，而改善後於 94 年時設備的回收率可達 70%以上。而單酸供應系統的導入，對於磷酸用量有減少的趨勢，四代廠磷酸用量從 0.76 公升/片減少至 0.3 公升/片;五代廠磷酸用量從

2.82 公升/片減少至 0.7 公升/片。丙酮回收二次使用報告，於改善前各班清洗時多使用乾淨的丙酮，不知丙酮可回收再利用。而其改善對策有：訂立丙酮回收使用時機、製作圖卡及標籤，以方便人員作業、請四個班配合實施，以達到減少丙酮使用量之成效。

四、D 廠：

此工廠位於新竹市科學園區，其 8 吋廠開始量產時間為 1996 年 10 月，月產能最高可達 40,000 片/月，12 吋廠分別設立於 2002 年 10 月、2005 年 6 月，滿載月產能分別可達 45,000 片/月。

其對於環境管理推動的方案有：PFCs 排放管理與減量，解決方法為尾氣加裝處理設備，使 PFC 破壞效率 > 90%。而製程減廢的具體績效：在 CMP 部門中，改用低污染或低耗率研磨液，可降低成本約 121,361 元。在薄膜部門中，晶片清洗由酸洗改為水洗，可降低成本約 44,383 元。

五、E 廠：

此工廠位於新竹市科學園區，成立於 1994 年 12 月，早期以生產及開發 DRAM 及其他記憶體晶片為主，現今已轉型為晶圓代工公司。月產量 55,000 片/月。

針對其製程減廢的成效有：Chemical 減量 (H_2SO_4 、HF、BOE、 NH_4OH 、 H_2O_2)，於 2005 年 1 月~2005 年 12 月執行，可節省金額 770 萬元/年。Poly Control wafer & Dummy wafer reduction，於 2005 年 4 月~2005 年 7 月執行，可節省金額 330 萬元/年。調降特殊氣體鋼瓶中殘氣量，於 2004 年 1 月~2005 年 12 月執行，可節省金額 34.4 萬元/年。停止使用廢水區化學品 PAC，於 2004 年 1 月~2005 年 12 月執行，可節省金額 36 萬元/年。減少 Central SCRUBBER 硫酸的加藥用量，於 2005 年 10 月~2005 年 12 月執行，可減少

硫酸加藥量 60 噸/年，節省金額 42 萬元/年。

六、F 廠：

此工廠位於新竹市科學園區，開始量產時間為 2001 年，設計產能為 5,000 片/月。其製程減廢具體作法和經濟效益如下：光阻減量與替代，因全廠光阻減量，節省費用可達 4,691 千萬元/年。而清潔生產工作之目標有：光阻減量和 2005 年廢溶劑減量。其中 2003~2005 年光阻減量的作法：以不含 PFOS 替代品取代既有光阻使用，2003 年完成 UV26 取代 UV25 光阻使用。

七、G 廠：

此公司位於苗栗縣，成立於 2003 年 1 月，其工廠製程減廢管理之具體成效有：黃光區製程減量及溫室效應氣體減量。其中，黃光區製程減量有 HMDS 化學品減量計畫及 Coater 減量計畫，約每年減少約 14,000L 之廢溶劑產生，每年可節省 1,260 萬元化學品費用。而溫室效應氣體減量中 T/F AKT 成本控制計畫之 NF₃ 減量及 T/F Unaxis Reduce Clean Time 之 SF₆ 減量中，每年減少 NF₃ 約 244,800L，SF₆ 約 604,800L，減少 27,000 噸 CO₂ 產，每年可節省氣體費用約 928 萬元。

表 4.1-3 五位廢溶劑產源現勘專家資歷表

代號	服務機構	職稱	專業年資
1	國立台灣大學 環境工程學研究所	教授	20 年
2	國立台灣科技大學 化學工程系	教授	15 年
3	台灣環境保護聯盟	專家	14 年
4	國立台北科技大學 環境規劃與管理研究所	教授	18 年
5	國立台北科技大學 環境規劃與管理研究所	副教授	10 年

表 4.1-4 本計畫調查對象之廢溶劑主要產源廠

代號	工廠所在位置	主要生產品	工廠面積(m ²)	員工數
A	新竹市科學工業園區力行路	■ 薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)模組-(1.5 吋~46 吋)	約 40,000m ²	約 900 人
B	新竹市科學工業園區力行路	■ 動態隨機存取記憶體(DRAM) ■ 快閃記憶體(FLASH)	約 65,000m ²	約 4,421 人
C	桃園縣龍潭鄉渴望園區新和路	■ 薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)模組-(1.5 吋~46 吋) ■ 低溫多晶矽(LTPS)模組-(1.5 吋~6.5 吋) ■ 主動式有機發光顯示器(AMOLED)模組-(2.0 吋)	約 187,000 m ²	約 4,923 人
D	新竹市科學工業園區力行一路	■ 動態隨機存取記憶體(DRAM) ■ 同步動態隨機存取記憶體(SDRAM)	約 39,000 m ²	約 6,000 人
E	新竹市科學工業園區園區三路	■ 晶圓代工 ■ 快閃記憶體 (Flash)	約 35,000m ²	約 1,940 人
F	新竹市科學工業園區力行六路	■ 晶圓代工(LOGIC、DRAM、SRAM、HV、MIXED-MODE、CMOS)	約 70,000 m ²	約 4,300 人
G	苗栗縣科學工業園區竹南園區科學路	■ 薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)面板 ■ 大、小尺寸之 LCD	約 75,000m ²	約 2,600 人

表 4.1-5 專家學者對廢溶劑產生源(電子廠)之重要建議條列表

建議條列	94 年度	95 年度
內容	1.廢溶劑貯存槽之排氣應接至適當 VOC 處理系統。 2.貯槽及收集管線應加強管理，尤其洩漏元件的維護。 3.廢溶劑產源廠應定期紀錄廢溶劑運作量。 4.建議業者擴充貯槽及設置收集管線，避免以桶槽收集人工搬運方式進行部份廢溶劑收集。 5.建議業者於露天貯存區增設安全及防止逸散之措施。 6.廢溶劑戶外貯存槽是否宜定期監測 VOC(或 THC)濃度。	1.利用數種製程減廢方式，以降低對環境之衝擊。 2.應改用各原物料使用量為基礎，均化各主要污染物之年削減率（量）。 3.提出各項減廢與改善方案，計算出管道排放（含 VOCs）之減少量，並與原許可量進行比對。 4.應以物流分析方式（或質量平衡原理）為基礎，約落推估主要有害有機物流佈置環境的潛量有多少，作為環境管理的標的項目。

	7.廢溶劑於製程產生時，宜進行妥善源頭減量，部分使用過於超用（比合理值高），宜做好源頭減量計畫及管制工作。	5.不可廢棄物分類不確實，不能混合生活垃圾申報 6.建議業者原物料空桶應於廠內清洗過後，才屬於一般事業廢棄物，也才可以塑膠空桶（或鐵桶...）申報處理。 7. 從產源現勘發現從產源排出的廢溶劑部分少量混入非製程必要的廢液，因有價可回收之廢液業者自會收集轉由回收商處理，故要付費的廢溶劑自然會夾雜較不可預知的成分，故從管制面仍宜增加清運車入廠（水泥廠）之抽測頻率，且檢測項目宜再增列。 8. 在廠內設置廢溶劑回收系統，將廠內可回收廢溶劑經純化處理後再度供應到製程使用，此不僅可減少原料的使用量，亦可大幅降低廢溶劑的產出量。
--	--	--

表 4.1-6 七家廢溶劑產源廠近來執行廢溶劑減量成效

廠別	工作重點	成效
A 廠	■ 降低 Metal Film rework 機台鋁蝕刻液攜出量 ■ 降低鋁蝕刻液使用量 ■ Clean-season Time and Frequency For Single Layer 以減少NF₃使用量 ■ 將 GSH 膜厚減薄以減少氣體使用之方案	■ 可節省鋁蝕刻液用量 258 噸/年 ■ 可減少使用鋁蝕刻液 600 噸/年 ■ 可液少使用 6,762Kg NF₃/年 ■ 可減少SiH₄使用量 243Kg/年、NH₃使用量 93Kg/年 ■ 2003~2005 年減少光阻液使用量 151.55 噸
B 廠	■ 製程調整與回收 ■ 替代化學品(自 2004 年開始執行) ■ 機台設施改善(自 2004 年開始執行)	■ H₂SO₄ Reduction Program ■ 製程簡化(清洗步驟減少 6 道) ■ 延長H₂SO₄換酸次數(15 次→30 次) ■ Solvent Reduction Program ■ 介電層蝕刻後之清洗以 H₂SO₄/H₂O₂ 取代剝離液 (Stripper) (光阻去除 N396/MeOH) ■ 提昇MeOH置換效果:提昇N₂ Bubble流量,使MeOH置換N-396 的效果進一步提昇,可有效並節省MeOH使用量

C 廠	節省 TFT-LCD 製程顯影液(Developer)使用量 節省 TFT-LCD 製程剝離液(Stripper)使用量 單酸供應系統導入 丙酮回收二次使用報告	■ 改善前狀況： 2.36%Developer 用量=7,154,200L/year 改善後狀況： 94 年設備回收率 64.6% ■ 改善前狀況： 每年 Stripper 用量=16,095Lx365=5,874,675L/年 改善後狀況： 94 設備回收率 70%以上 ■ 改善前狀況： 四代廠磷酸用量 0.76 公升/片;五代廠磷酸用量 2.82 公升/片 改善後狀況： 四代廠磷酸用量 0.3 公升/片;五代廠磷酸用量 0.7 公升/片 ■ 改善前現象： 各班清洗多使用乾淨丙酮，不知丙酮亦可以回收再利用 改善對策： i. 訂立丙酮回收使用時機。 ii. 製作圖卡及標籤，以方便人員作業。 iii. 請四班配合實施，以達到丙酮使用量減少成效。
-----	--	--

D 廠	■ PFCs排放管理與減量 ■ 晶片清洗由酸洗改為水洗 ■ 改用低污染或低耗率研磨液	■ 可降低成本約 44,383 元 ■ 可降低成本約 121,361 元
E 廠	■ 化學藥品減量措施 ■ wafer 減量計畫 ■ 特殊氣體鋼瓶殘氣量調降 ■ 廢水區化學品 PAC 停止使用 ■ 減少 Central SCRUBBER 硫酸加藥用量	■ 可節省金額 770 萬元/年 ■ 可節省金額 330 萬元/年 ■ 可節省金額 34.4 萬元/年 ■ 可節省金額 36 萬元/年 ■ 可減少硫酸加藥量 60 噸/年，節省金額 42 萬元/年
F 廠	■ 光阻減量與替代，全廠光阻減量 ■ 以不含 PFOS 替代品取代既有光阻使用 ■ 2005 年廢溶劑減量(清潔生產工作目標)	■ 節省費用達 4,691 千萬元／年
G 廠	■ MDS 化學品減量計畫及 Coater 減量計畫 ■ T/F AKT Cost Down 計畫之NF₃減量及T/F Unaxis Reduce Clean Time之SF₆減量	■ 約每年減少約 14,000L 之廢溶劑產生，每年可節省 1,260 萬元化學品費用 ■ 每年減少NF₃約 244,800L，SF₆約 604,800L，減少 27,000 噸CO₂產，每年可節省氣體費用約 928 萬元。

本計畫為了瞭解廢溶劑產源（多位於新竹科學園區附近）對廢溶劑貯存在清運及產出成份特性，維持去年執行模式，委請 5 位專家學者（成員與去年不同），到主要產源（產出數量較大宗者）共 7 家，進行現堪訪查工作，茲就本項工作所獲重要結果說明如下：

1. 目前台泥廠多委由台灣通運公司至新竹、頭份等科學園區收運光電業、積體電路業所排棄的廢溶劑，但此等電子業（含光電、IC 業）的製程所排棄的廢溶劑，部分由亞洲化學、長春石化或勁鍊等公司回收再利用，故送至本縣水泥廠的廢溶劑多屬於性質較雜者，部分批料甚至挾帶大量的製程清洗水。
2. 大部分產源廠廢溶劑貯存槽（筒）都具體量體（或液位）監控系統，並具有 N+1 管理觀念（即多一份備量槽）。對於溢量所產生的洩露或環境危害幾乎達到零災害程度（註：現勘時工作人員素質的良莠不齊，此等產源工廠依「台灣廠區協力廠商安全衛生與環境稽核管理工作規範」），執行現場清運工作稽核作業。
3. 從近年來訪查廢溶劑產源（廠方）發現業者已逐年降低廢溶劑以焚化處理方式（即當作水泥廠輔助燃料），以本年訪查的 7 家電子廠，如圖 4.1-2 所示，每廠每年約有 2~5% 的下降率，此可能是業者本身成本考量（改以回收方式），也可能見於水泥廠周界居民的抗議，產源業者也意識到利用現行焚化方式有較高的責任風險。
4. 大宗廢溶劑產源都已納入其所在縣市環保單位之管制範疇內，加上中央環保署事業廢棄物管制中心上網申報制度（含清運作業）理應已有完善的監督措施，唯從產源現勘發現從產源排出的廢溶劑部分少量混入非製程必要的廢液，包括部分製程設備清洗的廢液，或營繕與維修時所排棄的液體廢棄物，因有價可回收之廢液業者自會收集轉由回收商處理，故要付費的廢溶劑自然會夾雜較不可預知的成分，故從管制面仍宜增加清運車入廠（水泥廠）之抽測頻率，且檢測項目宜再增列。

5. 在廠內設置廢溶劑回收系統(例如：stripper 回收系統、developer 回收系統等)
將廠內可回收廢溶劑經純化處理後再度供應到製程使用，此不僅可減少原料的使用量，亦可大幅降低廢溶劑的產出量。
6. 將廠內不可回收之廢溶劑及廢液依再利用方式區分，純化回到製程使用者佔 8%，做為次級(工業級)產品原料者約佔 32%，做為其他產品原料者約佔 22%，而做為替代燃料者約佔 37%，總計廢溶劑及廢液之回收再利用比例達到 99.5%。
7. 建議業者溶劑原物料空桶應於廠內清洗過後，才屬於一般事業廢棄物，也才可以塑膠空桶（或鐵桶...）申報處理。

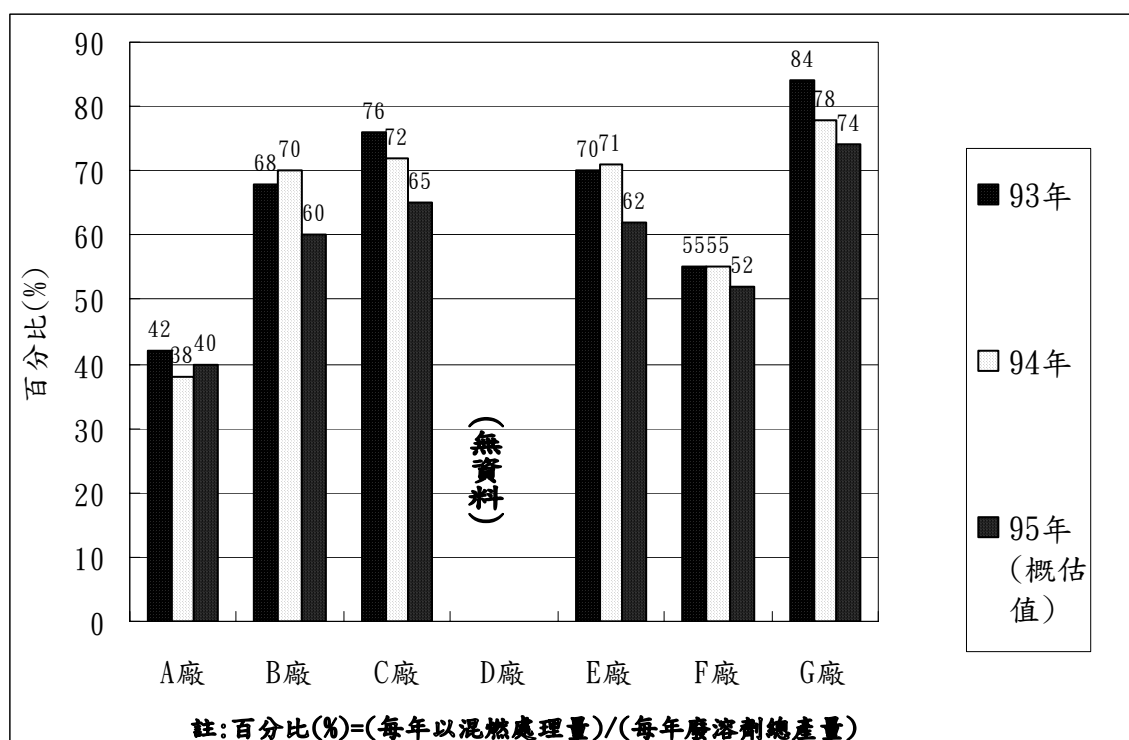


圖 4.1-2 代表性產源廠近三年廢溶劑以輔助燃料混燃處理之百分比變化

總之，依據此二年度查核結果，茲提出如下幾點建議供廢溶劑產源廠商，與水泥廠所在地宜蘭縣環保局作為未來管制廢溶劑產源廠商之參考：

1. 建議統一廢溶劑各成分之檢測方法及條件，如 pH、重金屬及其他含量檢測等（目前只有 CNS 可參考，NIEA 無適用方法）。
2. 建議增加含氟量及含氮量之檢測，此二項與「固定污染源空氣污染物排放標準」亦有關聯。目前仍不知來源甚雜的電子廢溶劑中是否含有氟化物，且因煙道排放的 NOx 應也會受廢溶劑進料的含氮物影響，故水泥業者反映其煙道中的 NOx 是否也受混燃廢溶劑影響而有升高之虞。
3. 對廢溶劑產源廠商提供之廢溶劑成分檢測報告品保品管加強查核，以確保其檢測數據之合理性。
4. 建議廢溶劑產源廠商所在地之新竹市與新竹縣環保局，宜要求其定期監測廢溶劑戶外貯存槽之 VOC(或 THC)濃度，以確實掌握 VOC 之逸散問題。
5. 建議廢溶劑產源廠每月定期提供廢溶劑之質量平衡計算，清楚表示廢溶劑之使用狀況與正確流向，環保局並不定期實地前往查核，避免廢溶劑隨意傾倒污染環境。

4.2 查核廢溶劑清運貯存管理之 SOP 執行情形

4.2.1 廢溶劑清運貯存管理標準作業程序查核

廢溶劑對於環境與人體健康最重大的危害，莫過於廢溶劑發生洩漏事件，考量廢溶劑最容易洩漏之時機，大部分係發生在裝料/清運/洩料之過程中，因此已完成廢溶劑「裝料/清運/洩料」標準作業程序，統稱廢溶劑「清運」標準作業程序；廢溶劑之貯存，因廢溶劑已運至水泥廠廠內，或屬產源廠內貯存應必須有完善之管理措施，以及若不幸發生洩露時也較容易清理，所導致的危害也較小，將

藉由廢溶劑清運貯存管理查核制度的落實加強查核，避免廢溶劑因貯存所產生之洩露危害。表 4.2-1~4.2-3 為廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序及廢溶劑槽車運輸作業之標準作業程序。本計畫今年度已針對台灣水泥廠及幸福水泥廠之廢溶劑清運貯存之現場進行 SOP 查核工作外，並彙整 93 及 94 年度之現場調查結果，以瞭解其查核之落實度。

表 4.2-1 廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序

作業名稱：	編號：××××××××
廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序	主辦部門：○○○○○○○○
一、目的： 為確保槽車裝卸廢溶劑等化學物質作業安全，特訂定本守則。 二、適用範圍： 本守則適用於常溫或隔熱保冷狀態下之槽車裝卸廢溶劑等化學物質之儲運設備及其裝載作業。 三、說明： 參考文件為廢棄物清理法、毒性化學物質運送管理辦法 四、實際操作： 1. 槽車依廠方規定停放適當地點，拉起駐車總開關熄火後，取下引擎鑰匙交予廠方現廠管理人員。 2. 工作人員、駕駛員穿著一切安全防護設備（含防護衣褲、安全鞋、安全帽、防護鏡、口罩、防護手套等）並閱讀廠方標示之作業須知。 3. 將輪檔（4 只）置於半拖車二側之前輪後方，後輪前方。	

作業名稱：		編號：××××××××			
廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序		主辦部門：○○○○○○○○			
4. 取下滅火器（2 組）分置隨手可拿之適當處。 5. 車前後各放紅色錐形標誌 2 只，架上橫杆，並將“廢溶劑作業中請勿靠近”告示標吊於橫杆上。 6. 接上接地線。 7. 關閉雨水排管閥。 8. 槽車入料口下方擺放接漏液水桶及吸液棉布，裝上回吹接頭及入料管，開啟槽車槽頂通氣管閥。 9. 重複檢查上述準備工作是否完整，尤其各管閥接口處是否牢固、緊密，不得有漏液現象發生。 10.通知廠方現場管理人員，並請其檢查，同意後開啟入料管閥，由其人員操作送料動作。 11.裝料畢： （1）廠方有空氣回吹設備者～由廠方負責做入料殘料回吹動作。 （2）廠方無空氣回吹設備者～裝上回吹氣管將殘料回吹至槽內。 12.卸下入料管將剩餘的殘液倒入水桶內，並將水桶的廢液由槽頂灌入槽內。 13.依反向動作將各準備作業前所放置的安全防護設備歸回。 14.經廠方人員檢查後將車輛駛往適當地點待三聯單開出後小心駛離。					
修定次數：○年○月○日		核 定	○○○	審 核	○○○
修訂日期：○年○月○日					
制訂日期：○年○月○日					

表 4.2-2 廢溶劑槽車運輸作業之標準作業程序

作業名稱：	編號：××××××××
廢溶劑槽車運輸作業之標準作業程序	主辦部門：○○○○○○○○
一、目的： 為確保槽車運輸廢溶劑途中避免發生洩漏、行車安全，特訂定本守則。 二、適用範圍： 本守則適用於常溫或隔熱保冷狀態下，廢溶劑槽車之運送作業。 三、說明： 參考文件為道路交通安全規則、毒性化學物質運送管理辦法 四、實際操作： 1. 應備具危險物品道路運送計畫書及物質安全資料表向起運地或車籍所在地公路監督機關申請核發臨時通行證，該臨時通行證應隨車攜帶之，其交由貨運業者運輸者，應會同申請，並責令駕駛人依規定之運輸路線及時間行駛。 2. 車頭及車尾應懸掛布質三角紅旗之危險標識，每邊不得少於 30 公分。 3. 裝載危險物品車輛之左、右兩側及後方應懸掛或黏貼合乎規定之危險物品標誌及標示牌。危險物品標誌及標示牌應以反光材料製作，運輸過程中並應不致產生變形、磨損、褪色及剝落等現象而能辨識清楚。 4. 裝載危險物品罐槽車之罐槽體，應依主管機關規定檢驗合格，並隨車攜帶有效之檢驗（查）合格證明書。 5. 運送危險物品之駕駛人或隨車護送人員應經專業訓練，並隨車攜帶有效之訓練證明書。 6. 裝載危險物品車輛應隨車攜帶未逾時效之手提乾粉滅火器，十型一具。	

作業名稱：		編號：××××××××			
廢溶劑槽車運輸作業之標準作業程序		主辦部門：○○○○○○○○			
7. 應依危險物品之性質，隨車攜帶適當之個人防護裝備。 8. 裝載危險物品應隨車攜帶所裝載危險物品之物質安全資料表，其格式及填載應依行政院勞工委員會訂定之危險物及有害物通識規則之規定。且隨車不得攜帶非所裝載危險物品之物質安全資料表。 9. 行駛中槽罐體之管口、人孔及封蓋，以及裝載容器之管口及封蓋應密封、鎖緊。 10. 裝載之危險物品，應以嚴密堅固之容器裝置，且依危險物品之特性，採直立或平放，並應綑紮穩妥，不得使其發生移動。 11. 危險物品不得與不相容之其他危險物品或貨物同車裝運；裝載爆炸物，不得同時裝載爆管、雷管等引爆物。 12. 危險物品運送途中，遇惡劣天候時，應停放適當地點時，不得繼續行駛。 13. 裝卸時，除應依照危險物品之特性採取必要之安全措施外，並應小心謹慎，不得撞擊、磨擦或用力拋放。 14. 裝載危險物品，應注意溫度、濕度、氣壓、通風等，以免引起危險。 15. 裝載危險物品車輛停駛時，應停放於空曠陰涼場所，與其他車輛隔離，禁止作業人員接近。並嚴禁在橋樑、隧道、火場 100 公尺範圍內停車。 16. 裝載危險物品如發現外洩、滲漏或發生變化，應即停車妥善處理，如發生事故或災變並應迅即通知貨主及警察機關派遣人員與器材至事故災變現場處理，以及通報相關主管機關。並於車輛前後端各 30 公尺至 100 公尺處豎立車輛故障標誌。 17. 行經高速公路時，應行駛外側車道，並禁止變換車道。					
修定次數：××		核定	○○○	審核	○○○
修訂日期：○年○月○日					
制訂日期：○年○月○日					

表 4.2-3 廢溶劑槽車洩料作業之標準作業程序

作業名稱：	編號：××××××××
廢溶劑槽車卸料作業之標準作業程序	主辦部門：○○○○○○○○
一、目的： 為確保槽車裝卸廢溶劑等化學物質作業安全，特訂定本守則。 二、適用範圍： 本守則適用於常溫或隔熱保冷狀態下之槽車裝卸廢溶劑等化學物質之儲運設備及其裝載作業。 三、說明： 參考文件為廢棄物清理法、毒性化學物質運送管理辦法 四、實際操作： 1. 車輛依規定停放於地磅上，交回三聯單，並依指示駛往指定之地點。 2. 停放於適當地點，拉起駐車總開關，熄火，取下引擎起動開關交予廠方管理人員。 3. 工作人員穿著安全防護設備（含防護衣褲、安全鞋、安全帽、防護鏡、口罩、防護手套等）並依廠方管理人員作業。 4. 將輪檔（4 只）置於半拖車二側之前輪後方，後輪前方。 5. 取下滅火器分置隨手可拿之適當處。 6. 車前後各放紅色錐形標誌 2 只，架上橫杆，並將“廢溶劑作業中請勿靠近”	

作業名稱：		編號：××××××××			
廢溶劑槽車卸料作業之標準作業程序		主辦部門：○○○○○○○○			
告示標吊於橫杆上。 7. 接上接地線。 8. 槽車卸料口下方擺放接漏液水桶及吸液棉布，開啟槽車槽頂通氣管閥。 9. 打開煞車連鎖裝置開關，取下卸料封蓋，裝上接頭。 10. 由廠方管理人員開啟氮氣設備手動開關 15 秒後關閉。 11. 裝上廠方卸料管。 12. 重複檢查上述準備工作是否完整，尤其各管閥接口處是否牢固、緊密，不得有鬆動現象發生。 13. 通知廠方現場管理人員，並請其檢查，由其人員操作卸料動作後： （1）打開卸料手動開關。 （2）開啟卸料氣動開關。 14. 卸載中司機及廠方管理人員，需隨時注意卸載狀況，不得擅離。 15. 注意卸料情形及防止漏料發生。 16. 確定卸完料後依反向動作將各物件歸位。 17. 開啟雨水排管閥（若為雨水直接排出，若為溶劑則由水桶提至過濾桶處理）。 18. 空車過磅後駛回停車場。					
修定次數：○年○月○日		核 定	○○○	審 核	○○○
修訂日期：○年○月○日					
制訂日期：○年○月○日					

一、往年水泥廠清運貯存調查結果之追蹤

本執行團隊執行人員，前往幸福水泥廠及台灣水泥廠調查”水泥窯業者現行廢溶劑貯存管理措施”。台灣水泥廠擁有 95 m³儲槽 2 座、75 m³儲槽 2 座，幸福水泥廠 4.5 m³儲槽 4 座，兩廠廢溶劑之貯存方式皆以密閉之地上儲槽方式貯存，貯槽外圍設有防溢堤以防意外洩漏；貯槽另設有溫度、壓力與液位之監控，貯槽外部有噴水降溫，槽內有氮氣降溫，及自動化學泡沫滅火裝置，另為避免 VOCs 逸散，備有冷凝設備及 VOCs 活性碳吸附設備，貯槽內蒸發之 VOCs 經冷凝與活性碳吸附設備過濾後其排氣直接送入窯內燃燒處理。現階段兩廠之廢溶劑貯存方式皆符合國內廢棄物清理法以及再利用相關法規。

另就去年所提出幸福水泥廠及台灣水泥廠清查其貯存與防制設施是否勘用，清運管理是否確實實行，在進行追蹤與確認工作。綜合清查結果發現，台泥與幸福兩廠在廢溶劑之貯存與防制設施上，廢溶劑之貯存紀錄及狀況皆已改善並符合規定，貯存地點、容器及設施亦符合「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施準」，廢溶劑 VOCs 收集設施亦無違反 93 年管制方案，相關洩漏之緊急防護設備皆勘用並齊全，所有 22 項清查項目皆符合規定；另外在廢溶劑清運管理作業方面，僅台泥在清運車輛上需攜有運送計畫書乙項未符合規定外，其餘項目皆符合，如駕駛皆具合格執照，並依政府機關核准之路線行駛，符合交通法規外，車輛之定期保養、車體標示及車輛貯槽本身並無嚴重損害等亦符合「事業廢棄物貯存清除處理方法」，每部清運廢溶劑車輛上皆攜有物質安全資料表、安全裝備及緊急應變器材等等。因此大致上台泥與幸福兩廠不管在廢溶劑之貯存與防制設施勘用狀態，以及廢溶劑之清運管理作業皆已確實依相關 SOP 執行。

4.2-4 台灣水泥廠與幸福水泥廠之廢溶劑之貯存設備比較表

廠名	台灣水泥廠	幸福水泥廠
儲存設備	1. 95m ³ 儲槽 2 座 2. 75m ³ 儲槽 2 座 3. 防溢堤避免洩漏 4. 溫度、壓力與液位監控 5. 槽外噴水降溫 6. 槽內氮氣降溫 7. 自動化學泡沫滅火裝置 8. 冷凝設備 9. VOCs 活性碳吸附設備	1. 4.5m ³ 儲槽 4 座 2. 防溢堤避免洩漏 3. 溫度、壓力與液位監控 4. 槽外噴水降溫 5. 槽內氮氣降溫 6. 自動化學泡沫滅火裝置 7. 冷凝設備 8. VOCs 活性碳吸附設備
儲存方式	密閉地上	密閉地上

二、今年度廠內及業者現行清運貯存調查結果

本(95)年度計畫持續依據「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定，針對廠內及業者現行清運貯存進行調查，除確認各水泥廠之廢溶劑貯存方式及設施是否符合相關法規要求外，另調查了解廢溶劑於清運管理過程中是否符合道路交通安全規則、毒性化學物質運送管理辦法等法規之規定。茲就此台灣水泥廠、幸福水泥廠及七間電子公司查核現行清運貯存調查結果說明如下，其現場之現行清運貯存調查表詳見附錄二。

一、水泥廠

1. 台灣水泥廠

經過本工作執行團隊的查核發現，有部份操作項目未達規定標準。達到規定標準的部份有：

- (1) 確實關閉雨水排管閥。
- (2) 確實裝上回吹接頭並開啟槽中槽頂通氣管閥。
- (3) 重複檢查各管閥接口處是否牢固、緊密，不得有漏液現象。
- (4) 通知廠方人員並請其檢查，同意後開啟入料管閥。

- (5) 裝料完畢時，由廠方將殘料回吹的動作，或裝上回吹管吹回槽內。
- (6) 槽車依廠房規定停放適當位置，拉起駐車總開關熄火後，取下引擎鑰匙交予廠房現場管理人員。
- (7) 卸下入料管將剩等待三聯單開出後再小心駛離。
- (8) 剩餘的殘液倒入水桶內，並灌入廢液油槽內。
- (9) 依反向動作將各準備作業前所放置的安全防護設備回歸。

建議須再加強改進的部份有：

- (1) 現場工作人員並未做好做完整的防護措施，建議該廠能對員工安全加以注意。
- (2) 於車前後並未各放紅色堆型標誌二只而且沒有將”廢溶劑作業中請勿靠近”告示標在上面，不知情的人可能會接近導致意外發生。
- (3) 滅火器並未置於隨手可拿之處，當發生意外事故時，若沒有滅火器，會造成非常嚴重的公安意外。

其載運車輛、清運路線及現場貯存廠之情況詳見圖 4.2-1~4.2-3。

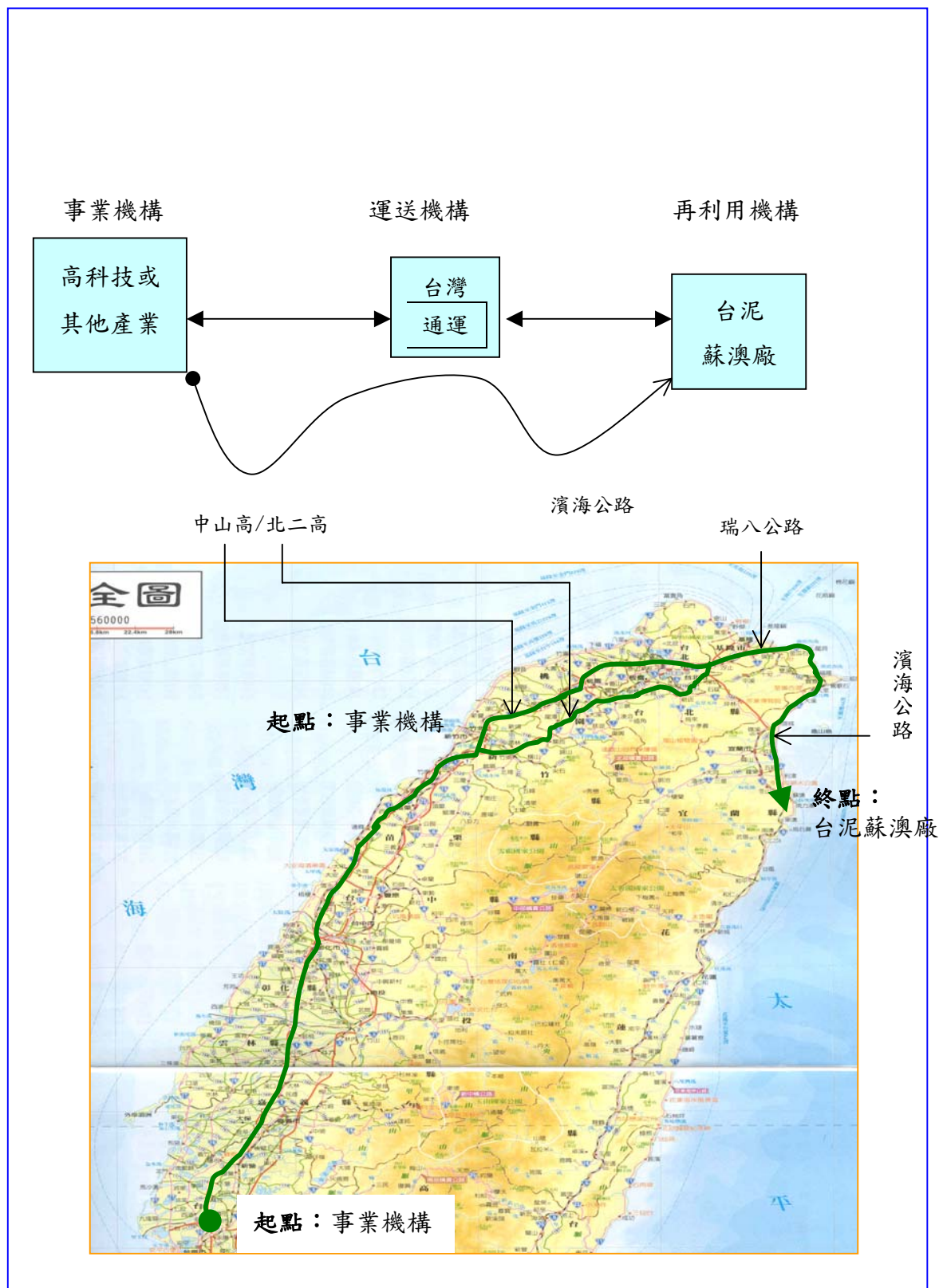


圖 4.2-1 廢溶劑載運之路線圖(台灣水泥廠)



圖 4.2-2 運載廢溶劑之運輸車輛(台灣水泥廠)



圖 4.2-3 廢溶劑之貯存場所(台灣水泥廠)

2. 幸福水泥廠

達到規定標準的部份有：

- (1) 槽車依廠房規定停放適當位置，拉起駐車總開關熄火後，取下引擎鑰匙交予廠房現場管理人員。
- (2) 工作人員，駕駛員有穿著安全防護設備。
- (3) 接上接地線防止靜電。
- (4) 關閉雨水排管閥防止污染物外流。
- (5) 確實裝上回吹接頭並開啟槽中槽頂通氣管閥。
- (6) 重複檢查各管閥接口處是否牢固、緊密，不得有漏液現象。
- (7) 通知廠方人員並請其檢查，同意後開啟入料管閥。
- (8) 裝料完畢時，由廠方將殘料回吹的動作，或裝上回吹管吹回槽內。
- (9) 卸下入料管將剩餘的殘液倒入水桶內，並灌入廢液油槽內。
- (10) 等待三聯單開出後再小心駛離。

建議須再加強改進的部份有：

- (1) 未確實取下滅火器並置於隨手可拿之適當之處，當發生意外事故時，若沒有滅火器，會造成非常嚴重的公安意外。
- (2) 車前、後未放置紅色錐型標示 2 只，架上橫杆，並將”廢溶劑作業中請勿靠近”告示標吊於橫杆上，沒有確實標示會導致公安意外。

其載運車輛、清運路線及現場貯存廠之情況詳見圖 4.2-4~4.2-6。

運輸路線圖



圖 4.2-4 廢溶劑載運之路線圖(幸福水泥廠)



圖 4.2.-5 運載廢溶劑之運輸車輛(幸福水泥廠)



圖 4.2.-6 廢溶劑之貯存場所(幸福水泥廠)

二、廢溶劑產源廠

1. A 廠：稽查小組前往 A 廠做稽核，發現該工廠大致上都符合廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序，但有下列地方須進行改進：(1)需要加強工作人員、駕駛員的一切防護設備；(2)並未在車前後放置紅色錐型標誌 2 只；(3)槽車並未接上接地線。
2. B 廠：稽查小組前往 B 廠做稽核，發現該工廠大致上都符合廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序，但有下列地方須進行改進：(1)槽車並未依廠方規定停放在適當地點；(2)雖工作人員與駕駛員之穿著一切符合安全設備的規定，但並未仔細閱讀廠方標示之作業須知；(3)駕駛員並未取下的滅火器(2 組)分置隨手可拿之適當處。
3. C 廠：稽查小組前往 C 廠做稽核，發現該工廠大致上都符合廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序，但有下列地方須進行改進：(1)駕駛人並未依規定之運輸路線及時間行駛；(2)槽車危險物品標誌及標示牌有褪色、磨損、變形等現象，而無法辨識清楚；(3)運送危險物品之駕駛人並未隨車攜帶有效之檢驗(查)合格證明書。
4. D 廠：稽查小組前往 D 廠做稽核，發現該工廠大致上都符合廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序，但有下列地方須進行改進：(1)裝載危險物品車輛隨車攜帶之手提乾粉滅火器使用期限已快到，需注意更換日期；(2)廢溶劑槽車遇惡劣天氣並未停放置適當地點而繼續行駛；(3)駕駛員及隨車人員並未依反向動作將各準備作業前所放置的安全防護設備歸回。
5. E 廠：稽查小組前往 E 廠做稽核，發現該工廠大致上都符合廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序，但有下列地方須進行改進：(1)需要加強工作人員、駕駛員的一切防護設備(未配戴防護鏡)；(2)裝料完畢後，駕駛人將車輛任意停置在一旁，需注意此點，以免造成引起危險；(3)運送危險物品之駕駛人並未隨車攜帶有效之檢驗(查)合格證明書。

6. F 廠：稽查小組前往 F 廠做稽核，發現該工廠大致上都符合廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序，但有下列地方須進行改進：(1)並未在槽車入料口下方擺放接漏水桶及吸液棉布；(2)並未依規定將輪檔(4 只)置於半拖車兩側之前輪後方，後輪前方；(3) 槽車並未接上接地線。
7. G 廠：稽查小組前往 G 廠做稽核，發現該工廠大致上都符合廢溶劑槽車裝料作業之標準作業程序，但有下列地方須進行改進和檢討：(1)駕駛人並未依規定之運輸路線及時間行駛；(2)裝載中司機及廠方管理人員並未隨時注意裝載狀況，而建議一旁人員需專心注意卸載的情形以防止漏料發生；(3) 槽車危險物品標誌及標示牌有褪色、磨損、變形等現象，而無法辨識清楚。

4.2.2 廢溶劑清運洩漏之查核

廢溶劑洩漏通常是在環保單位，甚至是廠商認為最不可能的時間與情況下發生，所造成的影響與社會成本也最大，因此廢溶劑洩漏災害發生後，若要有效的應變與控制，首先需要事故工廠本身迅速的搶救應變與通報，以及各環保單位的監督與協調應變，依據發生洩漏災害的時間與地點大致可分為三種情況：

情況一：槽車前往廢溶劑生產廠商進行載送作業，在廢溶劑生產廠廠區內發生廢溶劑洩漏災害。

情況二：為槽車自廢溶劑生產廠商將廢溶劑運送至處理廠（水泥廠）之運輸過程中，在一般道路間發生洩漏災害。

情況三：為槽車已將廢溶劑運送進入處理廠，在處理廠區內發生洩漏。

以上第一種及第三種情況，由於廢溶劑生產廠商以及處理廠對於廠區的災變皆已擬妥完善之災害緊急應變措施規劃，並獲得環保署及地方環保機關之核可，因此當災變發生時皆可適時的做好救災之準備與臨場的救災應變；第二種情況，槽車行駛過程的主要道路間發生災變最不易控制，其影響範圍亦最大，表 4.2-4 為廢溶劑洩漏之一般道路應注意事項，本執行團隊以提供廠方參考執行之。

根據台灣及幸福二大水泥廠之廢溶劑運輸作業，從產源製水泥廠之各項例行性工作，包括載運車輛車體之內外部保養、運輸路線及運送至水泥廠內貯存設備之日常檢查，皆能有效的落實，有助於在運輸過程中，降低逸散洩漏的問題發生。其二大廠之廢溶劑運輸作業之例行相關查核表詳見附錄二。

另本(95)年度計畫已持續依據「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定，針對廠內及業者現行廢溶劑清運洩漏進行調查及查核，以預防廢溶劑在裝料/清運/洩料等過程中洩露，目前尚未發現有重大的洩漏事故發生。唯經本工作團隊人員依表 4.2-4 之注意事項進行查核，在假設災害狀況發生時，被查核對象了解如何處置之對答情形可發現約有 85%以上的能掌控或了解因應狀況(參見圖 4.2-7 所示)。

表 4.2-5 廢溶劑清運過程洩漏之一般道路應注意事項

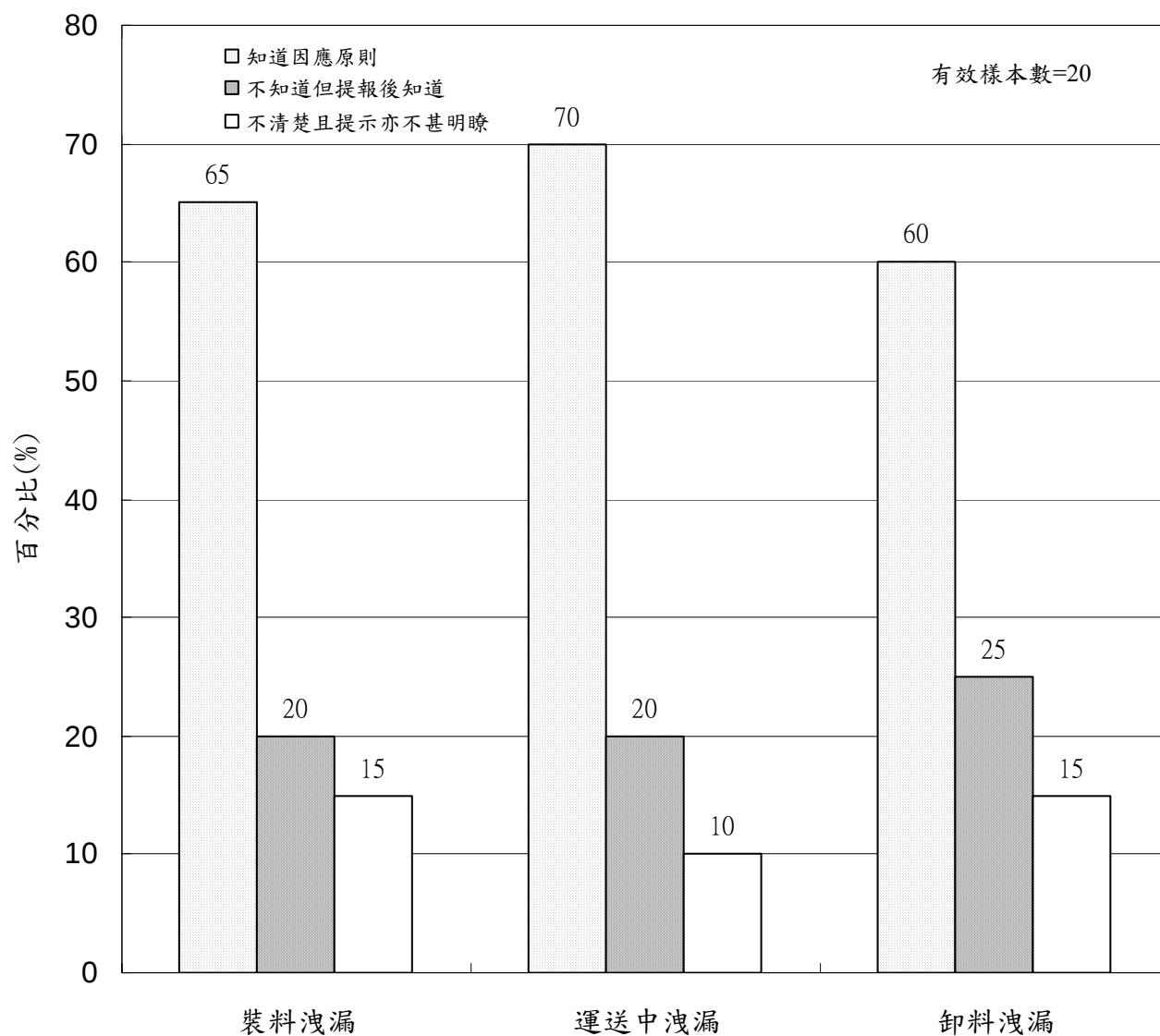
災害狀況	處理原則	通報對象與相關處理	
		水泥窯廠商	環保局
壹、裝料廠區狀況處理注意事項	一、裝車時發現管路接頭有漏料時。	立即通知廠方停止裝車動作，知會裝料廠會同人員或安全衛生人員隨即將手提容器、吸液棉，放置漏料處。	隨時掌握漏料情形，避免災情擴大
	二、注入槽車之管路接頭，欲拆下因管內壓力未降而溶液溢出並發及人員時。	管路接頭勿馬上脫離，用碎布、吸液棉將溢料接頭包住，慢慢洩壓、洩料直至管內流完，隨即清洗沾到之防護用具、車輛、地上，並教育操作人員防止管內溢出。	隨時掌握漏料情形，避免災情擴大
	三、裝車完竣欲駛離時，車子故障。	如沒電不能發動，需報告裝料廠安衛人員，做好防爆、防護等才得以併車接電發動，輪胎沒氣時亦做好上項措施再充氣，不得敲打，待處理完畢亦報備安衛人員及公司管理人員。	紀錄車輛故障狀況，更新零件
	四、裝料時遇地震、火災等。	立即停止裝料，關閉各閥門並防止溶劑外洩，聽從裝料廠區指揮人員駛離至安全地點。	回廠後，立即檢測車輛零件是否有遭遇損壞
	五、洩漏之處理。	小洩漏以拖把、布、吸液棉再投入容器內密封；大洩漏以隨車消防砂圍堵掩蓋，再以塑膠打包裝回。所有車輛外觀、桶裝等應擦拭乾淨。	小洩漏：隨時掌握洩漏情形，避免災情擴大 大洩漏：立即啟動緊急應變措施
	六、平板桶裝洩漏之處理。	1.桶蓋因損壞致不能旋緊，立即換隨車備份桶蓋並擦拭滲漏之溶劑。 2.小洩漏以修補劑、AB 膠或以鐵桶、塑膠桶之防漏束帶。	回廠後，立即檢測車輛零件是否有遭遇損壞

表 4.2-4 廢溶劑清運過程洩漏之一般道路應注意事項（續一）

災 害 狀 況		處 理 原 則	通報對象與相關處理	
			水泥窯廠商	環保局
貳、行駛途中應注意事項	一、遇到申請之路線不能通過時。	嚴守申請路線，不得強行通過或任意變換，如遇火災現場，不得靠近或通過，需聽從現場指揮，依序駛往安全空曠處，避開擁擠路段，並回電告知公司主管人員。	告知公司主管人員，請示是否可進行運輸路線之更換	
	二、行駛中拋錨，需緊急搶修或拖離時。	首先擺好三角錐故障標誌、滅火器等防護措施，再以電話告訴公司人員處理，非必要不得擅離車輛，等待救援人員到來。如遇重大交通阻塞亦需告知當地派出所或 119 支援。	回廠後，立即檢測車輛零件是否有遭遇損壞	
	三、發生車禍、翻覆、大量洩漏危及附近民房行人時。	馬上電告知 119、派出所，打電話回公司報告現況，並在現場適時處理，指揮交通、疏散人員等，並依緊急應變辦法作處理。如有大量洩漏危及附近時，通知環保單位。	立即啟動緊急應變措施	掌握緊急應變措施之處理情形，危急時提供必要之協助
	四、行駛中欲休息時之停放。	欲駛往休息站，先將車覓妥較安全之地點，不得在路邊任意停車，如欲短暫停留，應開啟紅色旋轉警告燈。		
	五、平板桶裝行駛中該注意些什麼。	每一休息站檢查束帶有否綁緊，帆布是否固定，桶蓋有否旋緊或滲漏現象，如有溢漏應即時做好警戒，如有小隙縫的洩漏先用修補劑修補，滅火器、吸液棉、碎布、容器備妥待用，並告知公司支援處理。		

表 4.2-4 廢溶劑清運過程洩漏之一般道路應注意事項（續二）

災 害 狀 況		處 理 原 則	通報對象與相關處理	
			水泥窯廠商	環保局
參、進入廠區卸料時注意事項	一、卸料時發生卸料閥故障。	隨即通知廠方卸料人員停止卸料動作，並配合廠方緊急應變管理辦法處理，告知公司有關人員排除故障，不得任意敲打車體，必要時駛往修理工廠修理。	立即檢測車輛零件是否有遭遇損壞	
	二、作業中，卸料工作人員身體各部分沾到廢溶液時	先停止卸料，馬上以清水清洗，並隨即向廠方、公司安衛人員告知情形。	告知安衛人員	
	三、當發生地震、火災、停電或不可抗拒災害時。	先關閉各閥門，如可駛離現場，儘速移至空曠安全處，但以遵從廠方指揮系統為主，做好一切防護措施。	啟動廠內之緊急應變措施	掌握緊急應變措施之處理情形，危急時提供必要之協助
	四、桶裝廢溶劑開啟桶蓋有蒸氣噴出時。	先以布團遮住桶蓋，再慢慢旋扭桶蓋，先讓其洩壓，不可貿然開啟。		
	五、卸料作業中如不慎吸入廢溶劑氣體致頭昏嘔吐時。	先關閉桶蓋及閥門，再移至上風處新鮮空氣地方，卸下防護用具休息觀察，如無礙健康可繼續作業，否則須就醫治療。	告知安衛人員	
	六、卸料時發生結塊，阻塞致不能卸完時。	先簡單處理，若仍然阻塞時再洽廠方現場人員改變卸料流程，依其指示操作。	洽廠方現場人員改變卸料流程	
	七、車輛進入廠區時。	運廢溶劑車輛進入廠區時，卡車、人員〔含卸料人員〕須遵循該廠訂定之『卸廢溶劑安全衛生應注意事項』辦法作業。		



註：調查對象為產原廠方、清運公司及水泥廠三方面人員

圖 4.2-7 相關人員廢溶劑清運過程洩漏狀況因應之訪查結果統計表
(對問題因應的了解程度)

4.3 廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之污染風險

4.3.1 引言

製造水泥係一能源消耗量相當高之產業，估計每生產一公噸水泥約需消耗 3.3 GJ 之能源，相當於消耗每公斤熱含量 27.5 MJ 的煤 120 公斤，能源成本約佔去水泥製造業之總成本 30~40 %。由於廢溶劑屬於液態廢棄物，不若一般固體廢棄物可採掩埋方式處置，因此除利用蒸餾等技術回收再製溶劑產品進行再利用外，多半採焚化方式處理該型態廢棄物。惟考量廢溶劑通常屬於有機成分，且具有高熱值特性之液態廢棄物，若利用廢溶劑做為水泥製程(clinker production)中旋轉窯(rotary kiln)之替代燃料，為能源再利用之方式之一。依據行政院環保署事業廢棄物管制中心所列管之重點有害事業廢棄物分類，「廢液」項目包括有機廢液、廢酸鹼及其他廢液等三類。94 年度屬「廢液」分類項目之事業廢棄物之全國總申報量約 88 萬餘公噸(圖 4.3-1)，約佔當年度全國總事業廢棄物申報量(圖 4.3-2)約 2,237 萬公噸之 3.9 %。

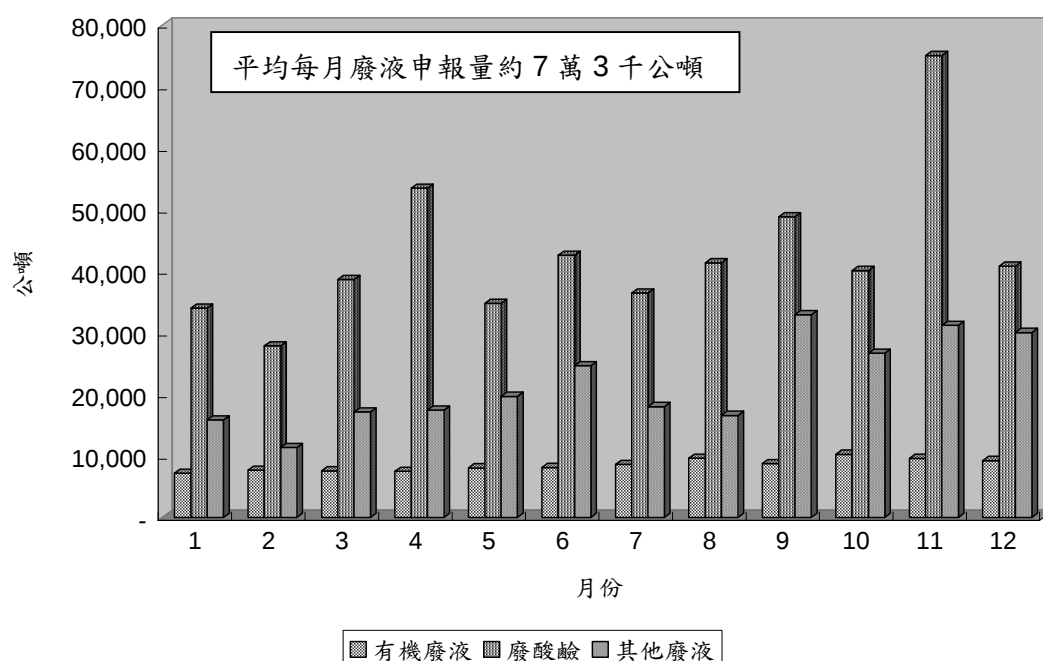


圖 4.3-1 94 年度全國「廢液」分類事業廢棄物各月份申報量

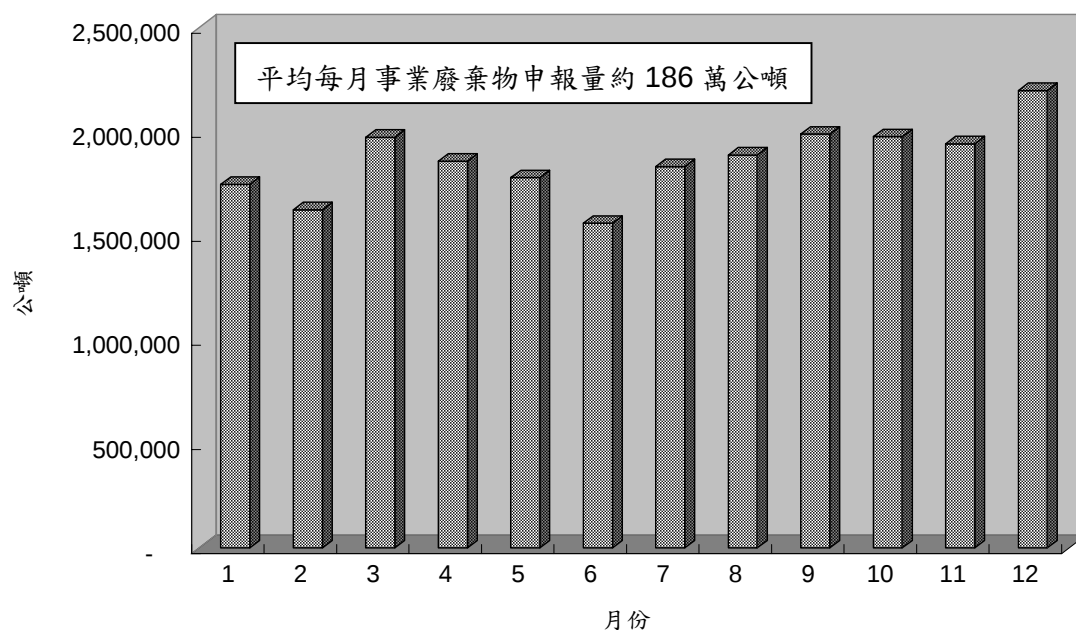


圖 4.3-2 94 年度全國事業廢棄物各月份申報量

95 年度截至 8 月份，屬「廢液」分類項目之事業廢棄物之全國總申報量已有約 62 萬餘公噸(圖 4.3-3)，約佔本(95)年度全國總事業廢棄物截至 8 月份之申報量(圖 4.3-4)約 1,713 萬公噸之 3.6 %。

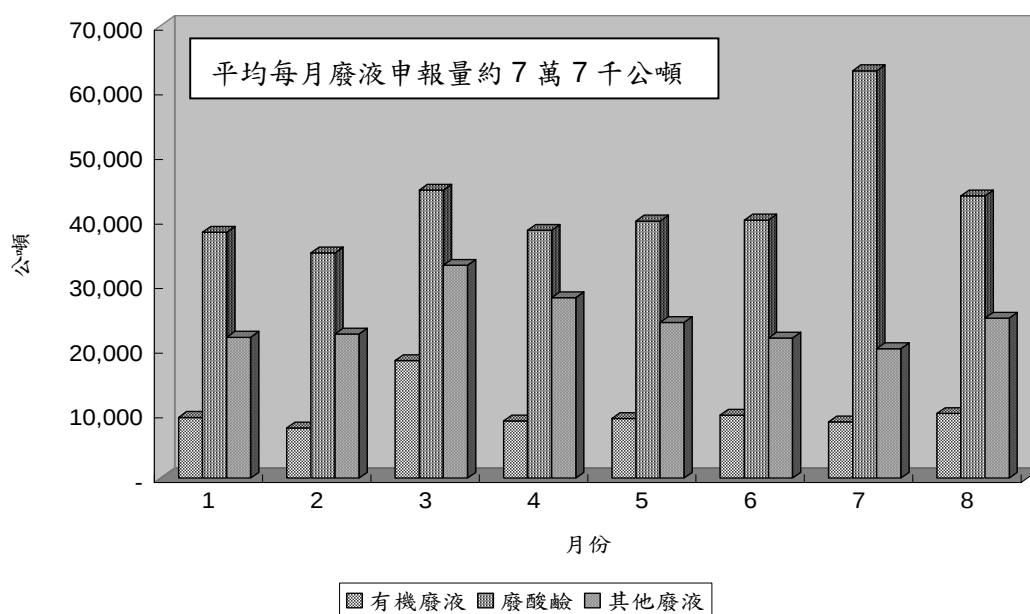


圖 4.3-3 95 年度全國「廢液」分類事業廢棄物各月份申報量(至 8 月份)

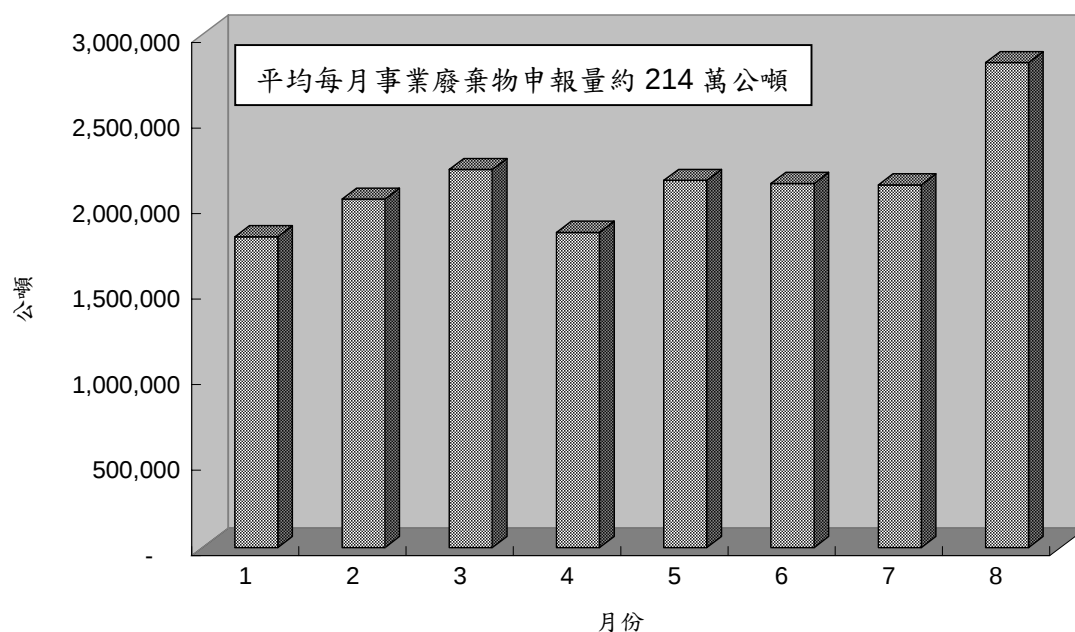


圖 4.3-4 95 年度全國事業廢棄物各月份申報量(至 8 月份)

目前國內廢溶劑多來自於半導體或液晶顯示器等製造業之薄膜沉積 (Thin-Film Deposition)、光顯影(Photolithography)、蝕刻(Etching)及清洗(Cleaning)等製程中所使用過之化學品，該等化學品種類繁多且成分複雜(參考表 4-3-1 及表 4-3-2)，致使廢溶劑所含成分複雜，將其做為替代燃料燃燒是否會產生對環境造成不利影響之物質仍有待進一步查證。為瞭解將廢溶劑做為水泥窯(cement kiln)之替代燃料是否對排放廢氣中之有害成份產生不利影響，可藉由質量平衡觀點，充分瞭解廢溶劑中之成份組成確有其必要性。

表 4.3-1 半導體產業各主要製程中所使用液態化學品(主要含氯成分)之特性

用途	品名	分子式	分子量 (g/mole)	熔點 (°C)	沸點 (°C)
薄膜沉積製程 (Thin-Film Deposition)	Boron Trichloride	BCl ₃	117.169	-107	12.4
	Hydrogen Chloride	HCl	36.46	-74	53
	Phosphorous Oxychloride	Cl ₃ OP	153.33	1	107
	Silicon Tetrachloride	Cl ₄ Si	169.90	-70	57.6
蝕刻製程 (Etching)	Chlorine	Cl ₂	70.906	-100.96	-34.06
	Chlorine Trifluoride	ClF ₃	92.4482	-76.3	11.8
清洗製程 (Cleaning)	Muriatic Acid 27.92%	HCl	36.461	-114.24	76
	Perchloric Acid	ClHO ₄	100.46	-17	181
光顯影製程 (Photolithography)	Cyclohexanone	C ₆ H ₁₀ O	98.1444	-47	155.6
	Cyclopentane	C ₅ H ₈ O	84.1176	-51.3	130.65
	Hexamethyldisilazane	C ₆ H ₁₉ NSi ₂	161.3948	-	127
	Methyl Isobutyl Ketone	C ₆ H ₁₂ O	100.16	-80	117.4
	NMP	C ₅ H ₉ NO	99.13	-24.4	202
	n-Butyl Acetate	C ₆ H ₁₂ O ₂	116.16	-77	126.1
其他用途 (Uncategorized Materials)	Methylene Chloride	CH ₂ Cl ₂	84.993	-96.7	39.8
	Perchloroethylene	C ₂ Cl ₄	165.83	-22.3	121.1
	Trichloroacetic Acid + Methyl Chloroform	C ₂ H ₃ Cl ₃	133.42	-30.4	74.1
	Trichloroethylene	C ₂ HCl ₃	131.39	-84.8	86.9
	<i>trans</i> -1,2-Dichloroethylene; <i>trans</i> - LC	C ₂ H ₂ Cl ₂	96.94	-49.4	47.2

資料來源：Misra, Hogan and Chorush, "Handbook of chemicals and gases for the semiconductor industry", John Wiley & Sons, Inc., New York (2002)

表 4.3-2 TFT-LCD 製程用化學品

製程步驟		使用化學品
Glass Cleaning	Oil contamination , metal and particles impurity	Natural Sweeper, Extranc Detergent (MA-01, MA-02)
	After cleaning	IPA
Metal Etching	Al,Al-Si-Cu	H ₃ PO ₄ /HNO ₃ /(CH ₃ COOH)
	ITO	HCl/FeCl ₃ ,HCl/HNO ₃ ,HBr,HI, ITO-06SD
	Cr	Ce(NH ₄) ₂ (NO ₃) ₆ /HClO ₄ or HNO ₃ ,Cr-T
	Mo	H ₃ PO ₄ /HNO ₃ /(CH ₃ COOH)
	W	HF/HNO ₃
	Ta	HF/HNO ₃
	a-Si	HF/HNO ₃ (CH ₃ COOH)
	SiO ₂	HF/H ₂ O(DHF)
		HF/NH ₄ F(BHF)
	Si ₃ N ₄	HF/(NH ₄ F or CH ₃ COOH)
Photo-lithography	Developer	TMAH, DEV-series
	EBR(thinner)	PMP-series, PGME/PGMEA, NBA,
	Stripper	SPS-series, DMSO , BDG, MEA, NMP

資料來源：伊默克化學科技股份有限公司(http://mktw.merck.com.tw/2_11.asp)

以廢溶劑作為水泥製程中旋轉窯替代燃料之再利用方式是否可行，最受關切的即是其煙道排放物質中是否含有影響環境及人體健康之有害物質，其中又以戴奧辛及重金屬最受關切。

戴奧辛(dioxins)是一個或兩個氧原子聯結一對苯環類化合物之統稱，因氯化物及鍵結位置之不同，戴奧辛總計有約 210 種不同的異構物，包括 75 種多氯二聯苯戴奧辛(polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins，簡稱 PCDDs)及 135 種多氯二聯苯呋喃(polychlorinated dibenzofurans，簡稱 PCDFs)。其中以 2,3,7,8-四氯聯苯戴奧辛(2,3,7,8-TCDD)之毒性最強，其在土壤中之半衰期可達 12 年之久，有「世紀之毒」之稱，其急毒性是僅次於目前已知最毒之肉毒桿菌毒素(botulinum toxin)。

戴奧辛與呋喃係為各種燃燒器排放之煙道氣所含不完全燃燒物中之有害有機物。設計不佳及操作不良之焚化設備，其煙道氣中戴奧辛與呋喃的濃度可能會遠高於典型燃燒設備。另外，於焚化排放廢氣中亦可能發現多溴化合之類似物(polybrominated analogues)存在(Sovocool et al., 1989)。

近代的焚化爐可經由處理程序中的三個部分排放出戴奧辛及呋喃：煙囪排放廢氣(stack-gas emissions)、底灰(bottom ash)及飛灰(fly ash)。底灰與飛灰常混合以廢棄物管理手段處置，惟其個別含有之戴奧辛及呋喃濃度並不相同。另外，除了少數使用濕式洗滌塔(wet-scrubber)做為空氣污染防制設備之焚化廠外，大多數都市固體廢棄物焚化廠皆可達到液態廢棄物零排放(zero discharge)之目的，故無污染廢水排放。

燃燒過程中戴奧辛及呋喃生成的三種可能來源如下：(1)原燃料中存在之戴奧辛及呋喃在經過熱處理時未被破壞之未燃成分；(2)由前驅物所形成(特定前驅物質經熱破壞及分子重組後形成戴奧辛及呋喃)；(3)de novo 合成(藉由提供氯之物質，及獲得氯生成之前戴奧辛分子(predioxin molecule)，經前驅物質之形成及氯化作用所合成)(USEPA, 1994)。

包括多氯戴奧辛及呋喃等各種有機化學物質均可在高溫氧化狀態下被破壞。在實際的燃燒設備中，假如氧氣與有機分子可充分混合時，該等有機物可於 980°C 或更高溫度下被破壞。存在於廢棄物進料中之多氯戴奧辛及呋喃，在氧氣及有機分子充分混合狀況下，在溫度 730°C 以上之環境即可被破壞(Duvall 與 Rubey, 1977; Dellinger et al., 1984)。然而，在焚化過程中戴奧辛及呋喃亦可藉由未在高溫下被破壞的前驅物種生成。Lahl 等人(1990)提出，雖然於進料混合物中即可能存在戴奧辛及呋喃等成分，惟大部分煙道所排放之戴奧辛及呋喃是在焚化爐中形成，並非廢棄物進料中原有存在之成分。

當溫度在 230-400°C 範圍時，倘有金屬觸媒物質(如銅、鎳、鋅、鐵及鋁與其鹽類化合物) 存在，將可促使戴奧辛及呋喃的生成(Stieglitz 與 Vogg, 1987; Vogg et al., 1992)。為避免產生酸蝕問題，多數空氣污染防制設備(APCDs)均在上述溫度範圍下操作。其他有利戴奧辛及呋喃生成之條件還包括在上述溫度範圍下有充分的氣體停留時間，且存在氣體不完全燃燒物或粒狀物中含有碳，及以 HCl、Cl₂ 存在的氯，或金屬鹽類等。某些有機化合物，例如氯酚(chlorophenols) 及氯苯(chlorobenzenes)等物質，在戴奧辛及呋喃之二次生成過程中扮演前驅物質的角色。另有研究指出硫(sulfur)與氨(ammonia)具有抑制戴奧辛及呋喃生成的能力。

燃燒過程中戴奧辛及呋喃之生成目前已提出三種主要來源。此外，亦有許多研究進行探討燃燒條件、設備組成、廢棄物進料成份，及污染控制設備等因素對戴奧辛及呋喃生成之影響。Siebert 等人(1988)對都市固體廢棄物焚化爐之各種操作因素進行研究，發現空氣污染防制設備之出口溫度、酸性氣體之控制，與設備之啟用年份為最重要之因素。Fangmark 等人(1993)針對爐床溫度、空氣中氧濃度、HCl 及水分含量之變化、後段燃燒區域生成戴奧辛及呋喃之溫度與停留時間進行研究。結論指出後段燃燒區域之溫度影響最為重要。根據 ASME(American Society of Mechanical Engineering, 1995)所進行的研究指出，從統計結果來看，進入焚化爐焚燒之廢棄物所含氯成分高低，與該焚化爐所排放

之戴奧辛及呋喃濃度之間並沒有顯著的關聯性。另外，包括顆粒碳的存在、金屬觸媒、燃燒效率、溫度及前驅物質存在等因素與戴奧辛及呋喃之生成有關。惟良好的燃燒效率與較低的後燃燒區域溫度被共同認為對於降低戴奧辛之二次生成有顯著的效果。

戴奧辛及呋喃可經由良好的燃燒操作及將進入空氣污染防制系統之燃燒氣體溫度快速冷卻(一般範圍在 140°C 至 150°C 之間)來進行控制。除可藉由廢熱鍋爐來快速冷卻燃燒氣體外，許多濕式洗滌系統之設計即可達到煙道氣快速冷卻之目的。多數設置濕式洗滌塔之有害廢棄物焚化爐可在未增設其他污染物控制設備即可達到法規要求之排放標準。

傳統用以測量燃燒效率(CO 及總碳氫化合物)之特性分析方法對水泥窯而言，燃燒操作良好與否和戴奧辛排放之間並無明顯之關聯性(CKRC, 1995)。該現象可藉由下述兩個可能的理由說明。首先即排放煙道氣體中總碳氫化合物及 CO 濃度與原礦進料的關聯性遠大於所使用之原燃料。此外 CO 亦會因窯中高溫所導致之不平衡狀態而生成，而非燃燒未完成所致。

大多數都市廢棄物焚化爐及少部分有害廢棄物焚化爐均可藉由注入粉末狀活性碳來達到去除戴奧辛、呋喃及重金屬汞之目的。而重金屬因屬於不燃物質，倘進料中含有重金屬成分，將可能經由煙道排放至大氣中。其中鉛具有累積、代謝性毒性，於燃燒時形成含鉛粒狀污染物逸散至空氣，沉降至地表或因雨水淋洗帶進水體，也會造成水中鉛含量增加。鎘是一種累積性毒物，會引起痛痛病，對呼吸道產生刺激，長期暴露將造成嗅覺喪失症、牙齦黃斑，鎘不易被腸道吸收，但可經呼吸道被人體吸收，積存於肝或腎臟造成危害。汞亦為累積性毒物，對人體健康傷害性極大，有機汞和無機汞主要影響分別為中樞神經系統和腎臟傷害等。由於該等 3 類重金屬對於人體健康影響最劇，故目前我國對於焚化爐排放空氣污染物中之重金屬僅對於該 3 類重金屬進行限制。

由於廢溶劑之成分複雜，要完全將其中之各種組成分析出其困難性，且實務上亦不符合經濟成本。因此可著眼於廢溶劑焚燒後可能造成污染物(戴奧辛及重金屬等)生成之重點物質進行分析，以了解其間之相互關係。本(95)年度計畫參照現行「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定，針對台灣水泥公司及幸福水泥公司所使用之廢溶劑進行高位發熱值、灰分、芳香族氯化化合物、含氯量、含硫量，及重金屬全含量(Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg)等項目之檢測分析。

4.3.2 進料廢溶劑成份檢測結果

本(95)年度計畫依契約工作項目分別針對台灣水泥蘇澳廠、幸福水泥東澳廠等二廠、各廠二次採樣，共四組廢溶劑樣品之發熱值等 11 種項目進行採樣檢測(圖 4.3-5 至圖 4.3-12)，並與「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」之規定比較，除確認各水泥窯作為輔助燃料之廢溶劑成分是否符合相關規範要求外，另藉由瞭解廢溶劑之各項重點成分含量，俾利與後續煙道排放污染物檢測結果進行相關性之探討。為使檢測數據資料之解析更為完整，亦將本計畫過去檢測結果及產生源廠商自行檢測結果納入進行分析討論。

本(95)年度廢溶劑採樣工作分別於 4 月及 10 月進行，於二家水泥廠之廢溶劑貯存槽及水泥窯之廢溶劑噴注點前分別進行現場採樣，共 4 組樣品。採集之樣品除含氯芳香族化合物委由清華科技檢驗股份有限公司分析外，其餘項目均由本計畫(台北科技大學環境規劃與管理研究所實驗室)進行分析。分析結果如表 4.3-3 及表 4.3-4 所示。



圖 4.3-5 廢溶劑採樣作業(1)



圖 4.3-6 廢溶劑採樣作業(2)



圖 4.3-7 廢溶劑採樣作業(3)



圖 4.3-8 廢溶劑採樣作業(4)



圖 4.3-9 廢溶劑採樣作業(5)



圖 4.3-10 廢溶劑採樣作業(6)



圖 4.3-11 廢溶劑採樣作業(7)



圖 4.3-12 廢溶劑採樣作業(8)

表 4.3-3 95 年度計畫廢溶劑檢測結果 (一)

檢測分析項目	台灣水泥公司-蘇澳廠		幸福水泥公司-東澳廠	
	樣本 1 (4 月 25 日)	樣本 2 (9 月 07 日)	樣本 3 (4 月 27 日)	樣本 4 (9 月 05-06 日)
低位發熱值 (kcal/kg) ^{註 1}	2,653	3,834	3,051	3,612
灰分 (wt.%)	0.21	0.19	0.20	0.19
含氯量 (ppmw)	33.7	31.1	26.3	25.9
含硫量 (wt.%)	ND(MDL=0.01)	ND(MDL=0.01)	ND(MDL=0.01)	ND(MDL=0.01)
鉛 (mg/L)全含量	1.31	1.25	0.73	0.69
鎘 (mg/L)全含量	0.0045	0.0039	0.0116	0.0112
鉻 (mg/L)全含量	0.0163	0.0158	0.0126	0.0125
鋅 (mg/L)全含量	1.17	1.09	0.86	0.83
砷 (mg/L)全含量	0.0127	0.0091	0.0058	0.0055
汞 (mg/L)全含量	ND(MDL=0.00055)	ND(MDL=0.00055)	ND(MDL=0.00055)	ND(MDL=0.00055)

註 1：依 ASTM-D3286-96 方法，採用 Bomb Calorimeter 所測得之值。

表 4.3-4 95 年度計畫廢溶劑檢測結果 (二)

芳香族氯化化合物	MDL (mg/L)	台灣水泥公司-蘇澳廠		幸福水泥公司-東澳廠	
		樣本 1 (4 月 25 日)	樣本 2 (9 月 07 日)	樣本 3 (4 月 27 日)	樣本 4 (9 月 05-06 日)
2-Chlorophenol	0.00398	ND	ND	ND	ND
1,3-Dichlorobenzene	0.00608	ND	ND	ND	ND
1,4-Dichlorobenzene	0.00784	ND	ND	ND	ND
1,2-Dichlorobenzene	0.00830	ND	ND	ND	ND
2,4-Dichlorophenol	0.00302	ND	ND	ND	ND
1,2,4-Trichlorobenzene	0.00544	ND	ND	ND	ND
4-Chloroaniline	0.00394	ND	ND	ND	ND
4-Chloro-3-methylphenol	0.00313	ND	ND	ND	ND
2,4,6-Trichlorophenol	0.00444	ND	ND	ND	ND
2,4,5-Trichlorophenol	0.00316	ND	ND	ND	ND
2-Chloronaphthalene	0.00538	ND	ND	ND	ND
Hexachlorobenzene	0.00988	ND	ND	ND	ND
Pentachlorobenzene	0.00370	ND	ND	ND	ND

93 年度檢測結果列於表 4.3-5 及表 4.3-6、93 年度廢溶劑產生源廠商抽測結果列於表 4.3-7 及表 4.3-8、94 年度檢測結果列於表 4.3-9 及表 4.3-10、94 年度廢溶劑產生源廠商抽測結果列於表 4.3-11 及表 4.3-12，以下綜合 93 至 95 年度所做之各檢測項目結果進行分析討論。

1. 熱值

發熱值為廢棄物是否適於以焚化進行處理之重要指標。近年來一般都市廢棄物焚化爐之爐體設計熱值約為 2,000~2,500 kcal/kg (如八里、新竹市、岡山焚化爐等)。93 年度廢溶劑熱值檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之低位發熱值約為 $6,485 \pm 745$ kcal/kg，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之低位發熱值約為 $3,567 \pm 1,862$ kcal/kg，廢溶劑之低位發熱值範圍在 1,710~7,105 kcal/kg 之間。94 年度檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之低位發熱值約為 $2,527 \pm 701$ kcal/kg，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之低位發熱值約為 $2,878 \pm 1,024$ kcal/kg，廢溶劑之低位發熱值範圍在 1,815~4,022 kcal/kg 之間。95 年度對於二家水泥廠所使用之廢溶劑分別各採樣 2 個樣品，檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之低位發熱值分別為 2,653 kcal/kg 及 3,834 kcal/kg，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之低位發熱值分別為 3,051 kcal/kg 及 3,612 kcal/kg，廢溶劑之低位發熱值範圍在 2,653~3,834 kcal/kg 之間。本(95)年度所採樣品之低位發熱值均低於「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定應大於 3,000 kcal/kg 之標準。將廢溶劑視為廢棄物以焚化爐進行處理亦為可行，但若其熱值可達到標準以上，以一般焚化方式處理實為可惜，倘以廢溶劑作為水泥窯之輔助燃料不但可解決廢棄物處理之問題，同時亦可達成能源再生之資源化效益，惟必須謹慎控制進入水泥窯作為燃料之廢溶劑之熱值，避免對煙道排除氣體之有害成分產生不利影響。

2. 灰分

廢溶劑為液體廢棄物，且多含有機之可燃分，93 年度檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之灰分約為 0.31 ± 0.27 wt.%，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣

品之灰分約為 $0.07 \pm 0.057 \text{ wt.}\%$ 。範圍在 $0.01 \sim 0.56 \text{ wt.}\%$ 之間。94 年度檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之灰分約為 $0.19 \pm 0.075 \text{ wt.}\%$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之灰分約為 $0.14 \pm 0.056 \text{ wt.}\%$ 。範圍在 $0.08 \sim 0.26 \text{ wt.}\%$ 之間。結果均遠低於標準所規定應低於 $3 \text{ wt.}\%$ 之要求。95 年度檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之灰分分別為 0.21 、 $0.19 \text{ wt.}\%$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之灰分分別為 0.20 、 $0.19 \text{ wt.}\%$ 。範圍在 $0.19 \sim 0.21 \text{ wt.}\%$ 之間。結果均遠低於標準所規定應低於 $3 \text{ wt.}\%$ 之要求。「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」所規定廢溶劑之灰分應低於 3% ，檢測結果顯示均可符合規範要求。

3. 含氯量

燃燒物質中含有氯成分，即使是無機氯亦被認為可能是生成戴奧辛之主要原因之一，因此必須充分掌控廢溶劑中之含氯量。93 年度之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含氯量約為 $58.17 \pm 5.32 \text{ ppmw}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含氯量約為 $61.87 \pm 11.72 \text{ ppmw}$ ，檢測結果範圍在 $54.9 \sim 75.4 \text{ ppmw}$ 之間。94 年度檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含氯量約為 $35.07 \pm 3.71 \text{ ppmw}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含氯量約為 $29.23 \pm 3.6 \text{ ppmw}$ ，檢測結果範圍在 $25.7 \sim 38.6 \text{ ppmw}$ 之間。95 年度檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含氯量分別為 33.7 、 31.1 ppmw ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含氯量分別為 26.3 、 25.9 ppmw ，檢測結果範圍在 $25.9 \sim 33.7 \text{ ppmw}$ 之間，此結果均低於標準所規定應低於 100 ppmw 之要求。

4. 含硫量

物質中含硫成分會造成燃燒後排放 SO_x 污染物。93 年度檢測結果廢溶劑含硫量在 $\text{MDL} = 0.01 \text{ wt.}\%$ 下均無法檢出。94 年度檢測結果亦顯示無論台灣水泥蘇澳廠或幸福水泥東澳廠，在 MDL 值為 $0.01 \text{ wt.}\%$ 下無法檢出。95 年度檢測結果亦同樣顯示無論台灣水泥蘇澳廠或幸福水泥東澳廠，在 MDL 值為 $0.01 \text{ wt.}\%$ 下無法檢出。此結果判斷係因為半導體與 TFT-LCD 製程中使用溶劑之主要成分並不含有硫的成分(表 4.3-1 與表 4.3-2)所致。檢測結果符合「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」所規定含硫量須

小於 1 wt.% 之標準。

5. 重金屬(鉛、鎘、鉻、鋅、砷、汞等 6 類)

93 年度鉛之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鉛量約為 $3.60 \pm 1.31 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鉛量約為 $3.70 \pm 1.61 \text{ mg/L}$ ，範圍在 2.00~5.20 mg/L 之間。94 年度鉛之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鉛量約為 $0.91 \pm 0.42 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鉛量約為 $0.88 \pm 0.25 \text{ mg/L}$ ，範圍在 0.44~1.25 mg/L 之間。95 年度鉛之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鉛量分別為 1.31、1.25mg/L，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鉛量分別為 0.73、0.69mg/L，範圍在 0.69~1.31 mg/L 之間。

93 年度鎘之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鎘量約為 $0.00011 \pm 0.000095 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鎘量約為 $0.028 \pm 0.020 \text{ mg/L}$ ，範圍在 0.00002~0.0516 mg/L 之間。94 年度鎘之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鎘量約為 $0.0041 \pm 0.0019 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鎘量約為 $0.0075 \pm 0.0035 \text{ mg/L}$ ，範圍在 0.0027~0.0102 mg/L 之間。95 年度鎘之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鎘量分別為 0.0045、0.0039mg/L，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鎘量分別為 0.0116、0.0112mg/L，範圍在 0.0039~0.0116 mg/L 之間。

93 年度鉻之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鉻量約為 $0.022 \pm 0.015 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鉻量約為 $0.011 \pm 0.00034 \text{ mg/L}$ ，範圍在 0.0087~0.0394 mg/L 之間。94 年度鉻之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鉻量約為 $0.016 \pm 0.0045 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鉻量約為 $0.016 \pm 0.0063 \text{ mg/L}$ ，範圍在 0.0114~0.0231 mg/L 之間。95 年度鉻之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鉻量分別為 0.0163 及 0.0158mg/L，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鉻量分別為 0.0126 及 0.0125mg/L，範圍在 0.0125~0.0163 mg/L 之間。

93 年度鋅之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鋅量約為 $5.67 \pm 1.46 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鋅量約為 $2.57 \pm 1.29 \text{ mg/L}$ ，範圍在 $1.50 \sim 7.21 \text{ mg/L}$ 之間。94 年度鋅之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鋅量約為 $1.28 \pm 0.36 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鋅量約為 $0.85 \pm 0.27 \text{ mg/L}$ ，範圍在 $0.64 \sim 1.69 \text{ mg/L}$ 之間。95 年度鋅之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含鋅量分別為 1.17 及 1.09 mg/L ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含鋅量分別為 0.86 及 0.83 mg/L ，範圍在 $0.83 \sim 1.17 \text{ mg/L}$ 之間。

93 年度砷之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含砷量約為 $0.024 \pm 0.019 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含砷量約為 $0.00012 \pm 0.00019 \text{ mg/L}$ ，範圍在 $\text{ND}(\text{MDL}=0.000012) \sim 0.00034 \text{ mg/L}$ 之間。94 年度砷之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含砷量約為 $0.0096 \pm 0.0054 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含砷量約為 $0.0031 \pm 0.0019 \text{ mg/L}$ ，範圍在 $0.0017 \sim 0.0154 \text{ mg/L}$ 之間。95 年度砷之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含砷量分別為 0.0127 及 0.0091 mg/L ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含砷量分別為 0.0058 及 0.0055 mg/L ，範圍在 $0.0055 \sim 0.0127 \text{ mg/L}$ 之間。

93 年度汞之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含汞量約為 $0.00083 \pm 0.00011 \text{ mg/L}$ ，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含汞量在 $\text{MDL}=0.00028 \text{ mg/L}$ 下無法檢出，範圍在 $\text{ND}(\text{MDL}=0.00028) \sim 0.00094 \text{ mg/L}$ 之間。94 年度汞之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠廢溶劑樣品之含汞量在 MDL 值為 0.00067 mg/L 下無法檢出，幸福水泥東澳廠廢溶劑樣品之含汞量範圍在 $\text{ND}(\text{MDL}=0.00067) \sim 0.00079 \text{ mg/L}$ 之間。95 年度汞之檢測結果顯示台灣水泥蘇澳廠及幸福水泥東澳廠之廢溶劑樣品之含汞量在 MDL 值為 0.00055 mg/L 下均無法檢出。

以上 6 種重金屬於廢溶劑中之含量均遠低於「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」標準所規定應低於 25 ppm 之要求。

8. 芳香族氯化化合物

芳香族氯化化合物被認為與燃燒過程中戴奧辛之生成有極大之相關性，因此廢溶劑中含有此類物質時極可能造成工業爐煙氣排放戴奧辛而造成環境上污染風險，93、94 及 95 年度均進行 13 種含氯芳香族化合物之檢測，結果顯示在各種化合物之 MDL 下，各樣品之含氯芳香族化合物均未檢出，此結果判斷仍可能係因為半導體與 TFT-LCD 製程中所使用溶劑之主要成分中並不含有氯芳香族化合物的成分(表 4.3-1 與表 4.3-2)。該項目檢測結果仍符合「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定廢溶劑中含氯芳香化合物濃度不可檢出之要求。

綜合本計畫歷年(93-95 年度)檢測結果及產生源廠商自行檢測之數據資料，其中廢溶劑之低位發熱值(圖 4.3-13)此三年之總平均為 4,647kcal/kg，高於「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定之 3,000kcal/kg，屬於高熱值之液體廢棄物，除適用於焚化處理外，亦可考量作為輔助燃料使用。雖然相較於燃料煤 6,400 kcal/kg、燃料油 9,200 kcal/L、天然氣 9 Mcal/m³、液化石油氣 11.9 Mcal/kg、液化天然氣 9.9 Mcal/m³等一般燃料物質，廢溶劑之熱值仍屬偏低，但尚可充分控管廢溶劑成分中所含之有害成分，並利用水泥窯提供之良好的燃燒條件(溫度高且停留時間長)，作為輔助燃料使用不啻為一可行之能源再生方式。

灰分(圖 4.3-14)平均值小於 0.134wt.%，遠低於「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」小於 3wt.%之規定。符合廢溶劑液態廢棄物之特性，亦可確保其燃燒後不會造成飛灰或底灰之增加。

含氯量(圖 4.3-15)平均值小於 52.3ppmw，遠低於「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」小於 100ppmw 之規定。此項目之檢測值在各成分分析中較高，判斷係由於原始溶劑主要組成中多含有氯成分所致，惟檢測結果仍遠低於現行之管制標準。

含硫量(圖 4.3-16)平均值小於 0.054wt.%，遠低於「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」小於 1wt.%之規定。判斷係由於原始溶劑主要組成即少有硫成分存在，此檢測結果符合廢溶劑之特性，亦符合管制標準之要求。

鉛(圖 4.3-17)平均值小於 1.05mg/L、鎘(圖 4.3-18)平均值小於 0.02mg/L、鉻(圖 4.3-19)平均值小於 0.016mg/L、鋅(圖 4.3-20)平均值小於 1.66mg/L、砷(圖 4.3-21)平均值小於 0.058mg/L、汞(圖 4.3-22)平均值小於 0.00056mg/L，上述 6 項重金屬檢測結果均遠低於「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」小於 25ppm (mg/L)之規定。其中鉛、鋅等二項之檢測值較其他四項重金屬含量高，因原始溶劑之主要成分中應無該等重金屬，研判與製程中所接觸之物質有關，惟結果仍遠低於現行之管制標準。

含氯芳香族化合物之檢測結果顯示，在各種化合物之 MDL 下，各樣品之含氯芳香族化合物均無法檢出，研判可能係因為半導體與 TFT-LCD 製程中所使用原始溶劑之主要成分中並無含氯芳香族化合物的成分(表 4.3-1 與表 4.3-2)所致，由於該等化合物被認為是燃燒過程中形成戴奧辛之前驅物質，故在相當低之 MDL 下仍無法檢測出，可確保廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之可行性。檢測結果符合「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定廢溶劑中含氯芳香化合物濃度不可檢出之要求。

為確保廢溶劑作為水泥窯輔助燃料使用不會對環境及人體健康造成危害，應嚴格掌控進料中含氯量、含硫量、含氯芳香族化合物及重金屬等重點成分之比例。若以近三年的各項均值來看，從本(93-95 年度)計畫進行之檢測結果可知，目前使用廢溶劑作為輔助燃料之水泥廠均符合現行規範標準。另從檢測結果發現「灰分」、「含氯量」、「含硫量」、「鉛」、「鎘」、「鉻」、「鋅」、「砷」、「汞」等項目之測值均遠低於現行標準，建議可檢討修訂管制標準，俾能更適切地管理廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之能源再利用目的。

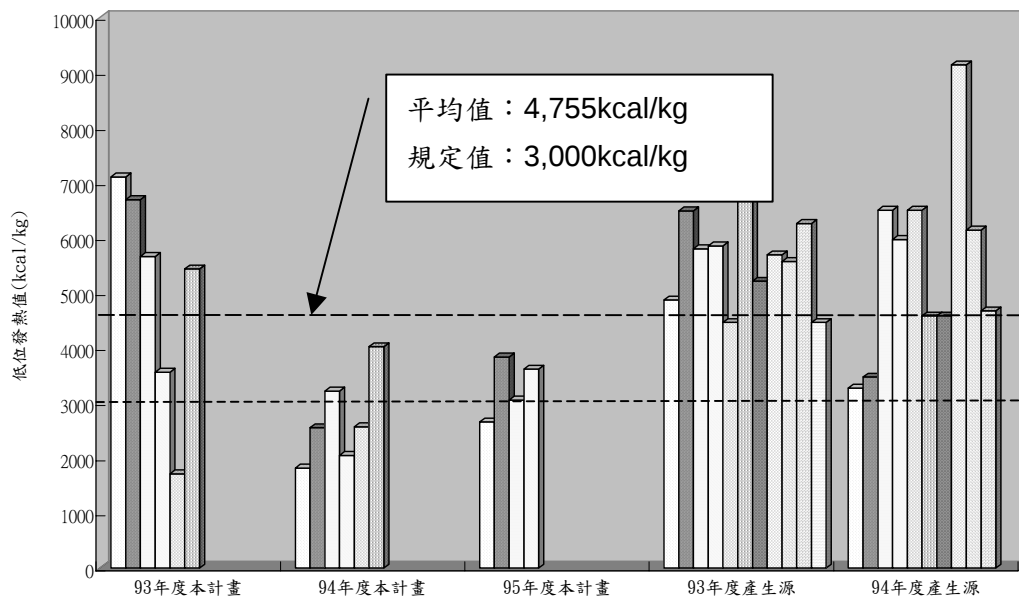


圖 4.3-13 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「低位發熱值」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑低位發熱值

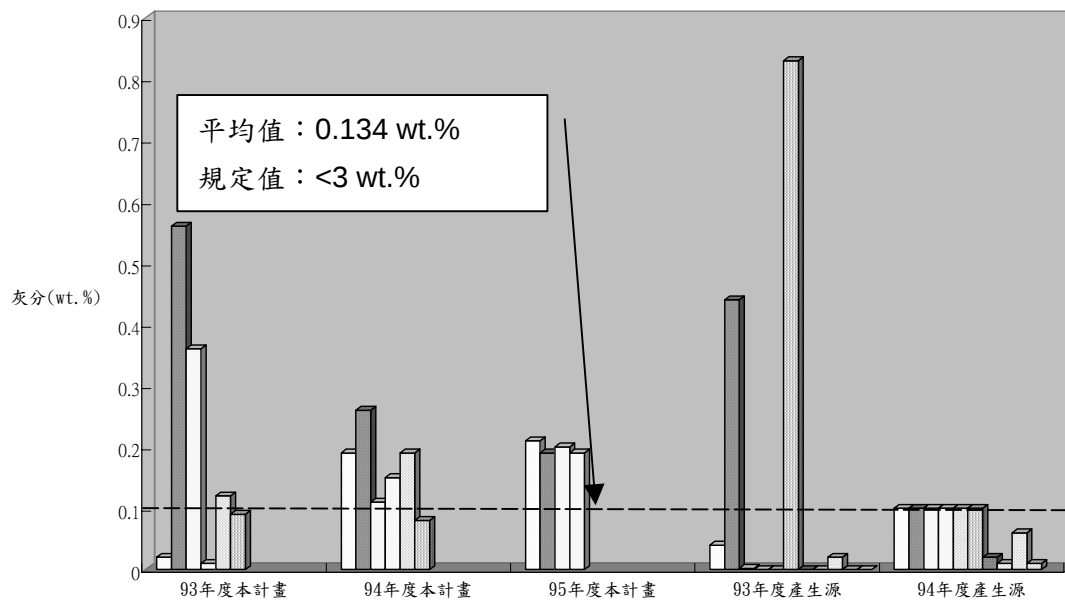


圖 4.3-14 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「灰分」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑灰份值

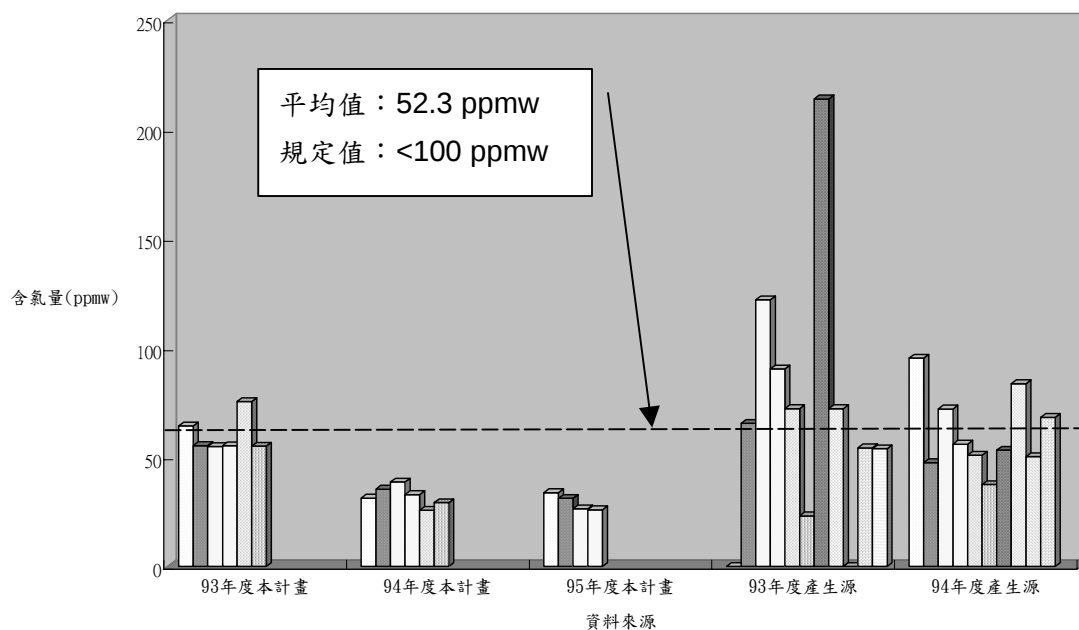


圖 4.3-15 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「含氯量」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑含氯量

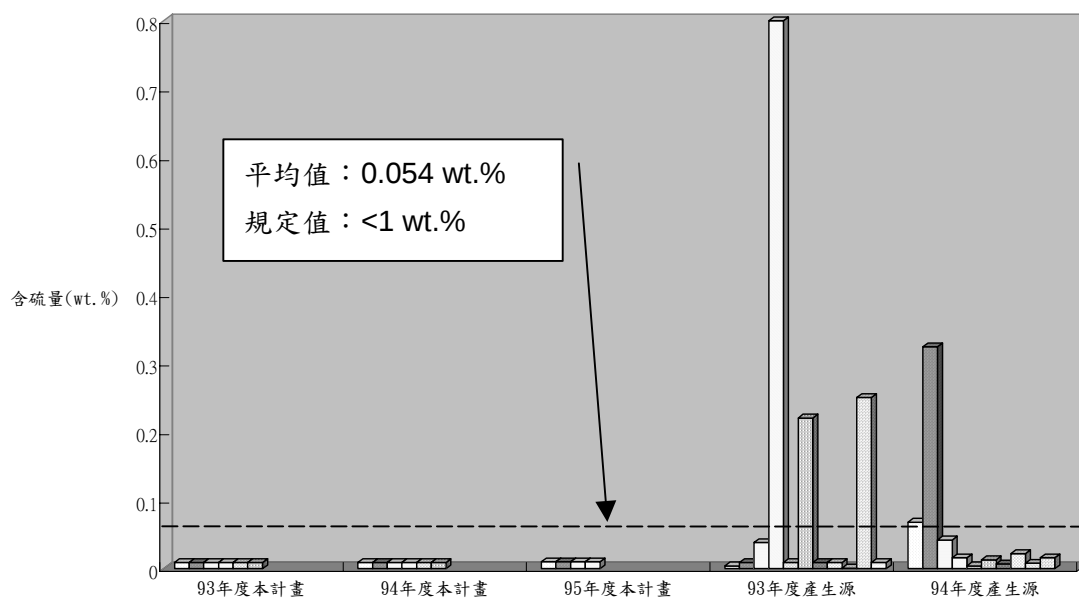


圖 4.3-16 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「含硫量」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑含硫量

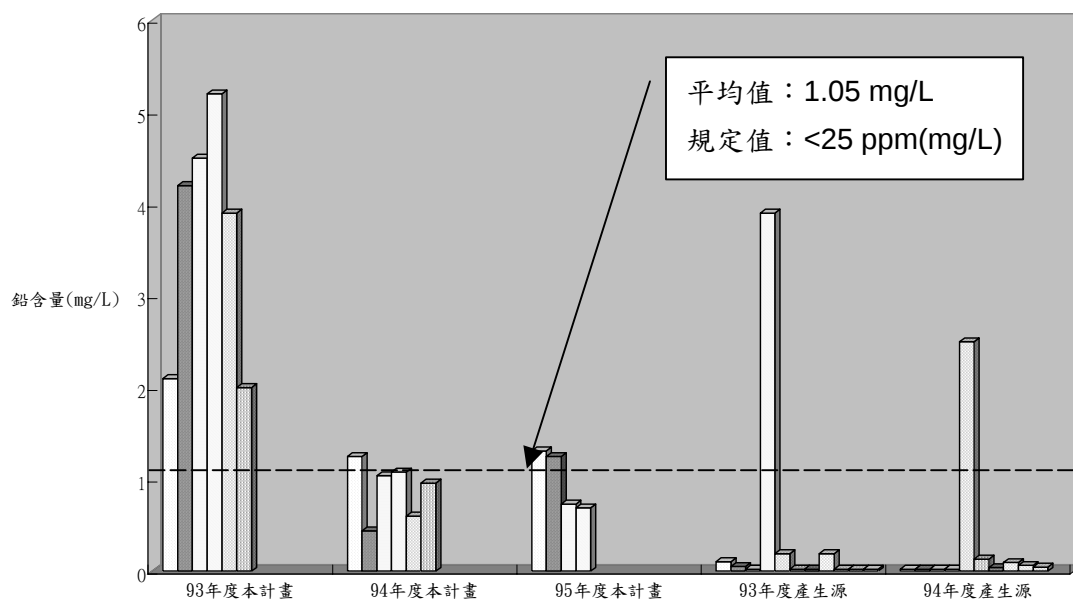


圖 4.3-17 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「鉛含量」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑鉛含量

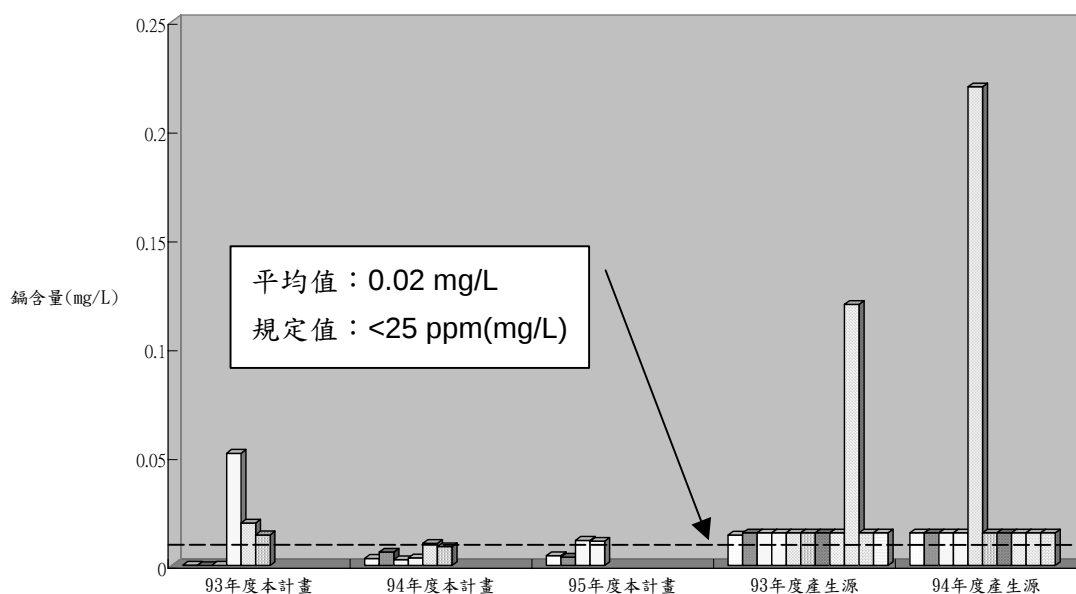


圖 4.3-18 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「鎘含量」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑鎘含量

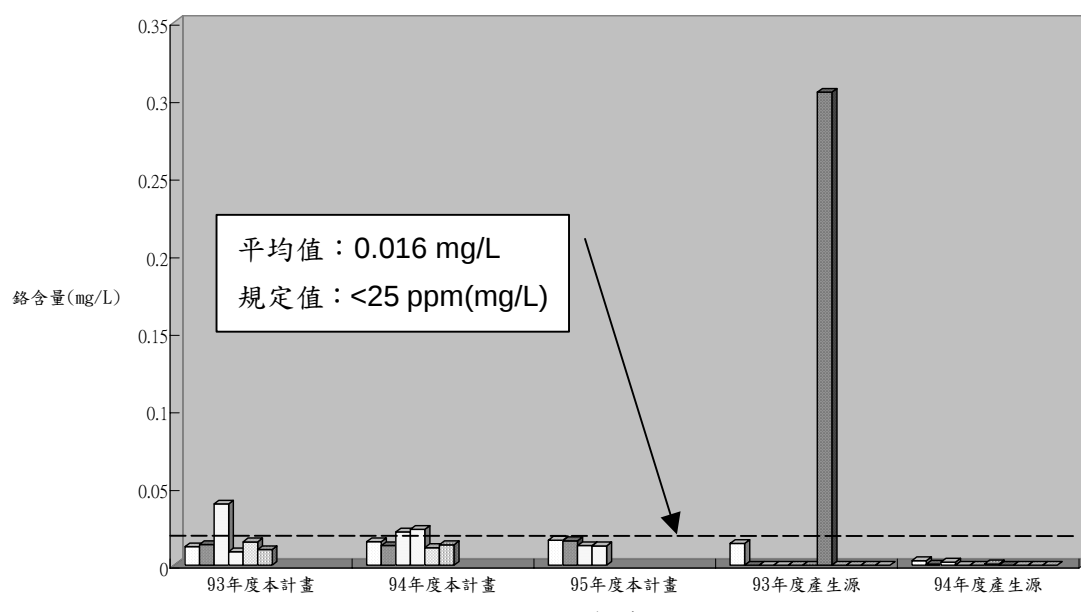


圖 4.3-19 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「鉻含量」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑鉻含量

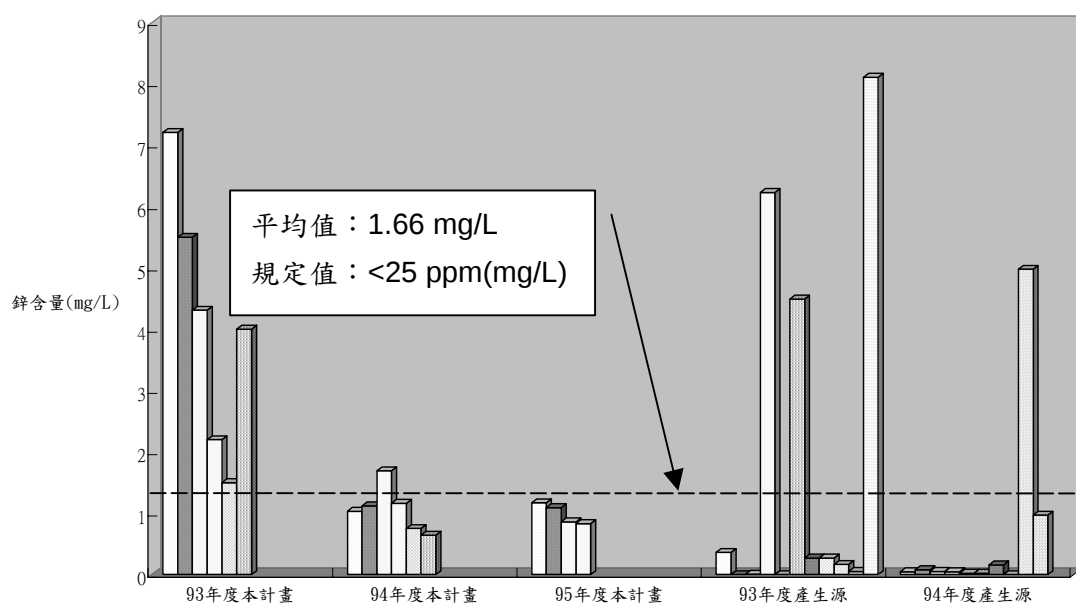


圖 4.3-20 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「鋅含量」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑鋅含量

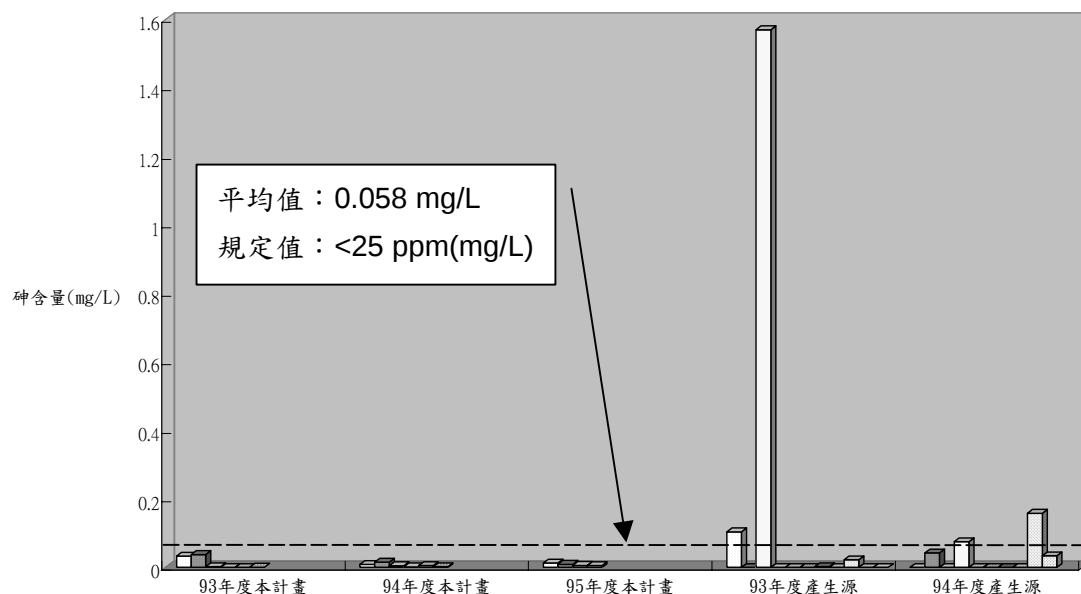


圖 4.3-21 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「砷含量」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑砷含量

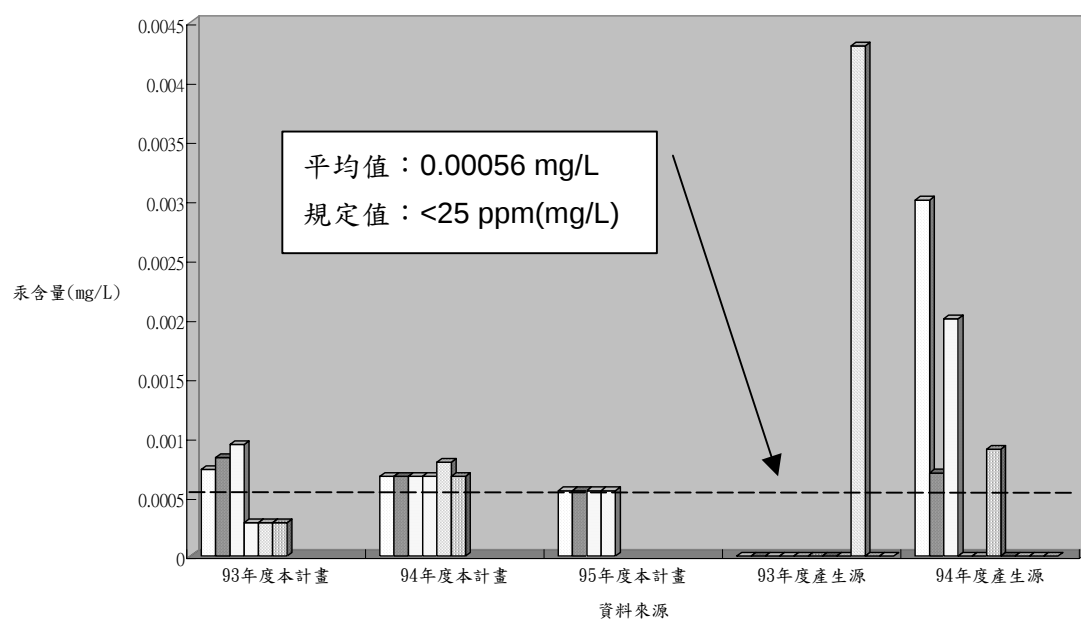


圖 4.3-22 本計畫執行檢測及產生源自行檢測之「汞含量」彙整圖

註：各柱狀數據代表來自不同產源之廢溶劑汞含量

表 4.3-5 93 年度廢溶劑檢測結果 (一)

檢測分析項目	台灣水泥公司-蘇澳廠			幸福水泥公司-東澳廠		
	P101 進料端	北貯存槽	南貯存槽	P002 進料端	貯存槽 1	貯存槽 2
水分 (wt.%) ^{註 1}	-	-	-	-	-	-
熱值 (kcal/kg) ^{註 2}	7,105	6,692	5,659	3,557	1,710	5,435
灰分 (wt.%)	0.02	0.56	0.36	0.01	0.12	0.09
pH 值	8.52	8.48	8.03	10.95	9.45	9.26
含氮量 (ppmw)	64.3	55.3	54.9	55.2	75.4	55.0
含硫量 (wt.%)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)
鉛 (mg/L)全含量	2.10	4.20	4.50	5.20	3.90	2.00
鎘 (mg/L)全含量	0.00021	0.00002	0.00011	0.0516	0.0195	0.0141
汞 (mg/L)全含量	0.00073	0.00083	0.00094	ND (MDL=0.00028)	ND (MDL=0.00028)	ND (MDL=0.00028)
鎳 (mg/L)全含量	2.501	1.214	1.193	1.100	1.060	ND (MDL=0.0034)
鋅 (mg/L)全含量	7.21	5.50	4.31	2.20	1.50	4.00
砷 (mg/L)全含量	0.03285	0.03734	0.00213	ND (MDL=0.000012)	ND (MDL=0.000012)	0.00034
硒 (mg/L)全含量	0.01250	0.00147	0.00021	0.00091	0.00310	0.00321
鉻 (mg/L)全含量	0.0120	0.0133	0.0394	0.0087	0.0151	0.0101

註 1：樣品依 NIEA R203.01T 標準方法(間接測法)無法量測。

註 2：依 ASTM-D3286-96 方法，採用 Bomb Calorimeter 所測得之值。

表 4.3-6 93 年度廢溶劑檢測結果 (二)

芳香族氯化化合物	MDL (mg/L)	台灣水泥公司-蘇澳廠			幸福水泥公司-東澳廠		
		P101 進料端	北貯存槽	南貯存槽	P002 進料端	貯存槽 1	貯存槽 2
2-Chlorophenol	0.00398	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-Dichlorobenzene	0.00608	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,4-Dichlorobenzene	0.00784	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-Dichlorobenzene	0.00830	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,4-Dichlorophenol	0.00302	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2,4-Trichlorobenzene	0.00544	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4-Chloroaniline	0.00394	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4-Chloro-3-methylphenol	0.00313	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,4,6-Trichlorophenol	0.00444	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,4,5-Trichlorophenol	0.00316	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Chloronaphthalene	0.00538	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexachlorobenzene	0.00988	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pentachlorobenzene	0.00370	ND	ND	ND	ND	ND	ND

表 4.3-7 93 年度廢溶劑產生源之自行檢測結果

產生源 檢測分析項目	聯華電子	台灣積體電路	矽統科技	友達光電 L1 廠	旺宏電子一廠 1	華邦電子 力行廠
水分 (wt.%)	28.7	---	15.7	---	---	---
熱值 (kcal/kg)	4,870	6,490	5,800	5,850	4,460	6,950
灰分 (wt.%)	0.04	0.44	0.002	ND(MDL=0.01)	ND(MDL=0.01)	0.83
pH 值	12	5.2	11.5	11.8	9.4	4.7
含氮量 (ppmw)	ND(MDL=0.002)	65.5	122	90.3	72.2	23.1
含硫量 (wt.%)	ND(MDL=0.004)	ND(MDL=0.01)	0.038	0.8	ND(MDL=0.01)	0.22
鉛 (mg/L)全含量	0.104	0.05	ND	3.9	0.19	ND(MDL=3.00)
鎘 (mg/L)全含量	ND(MDL=0.014)	ND(MDL=0.015)	ND	ND(MDL=1.00)	ND(MDL=0.015)	ND(MDL=1.00)
汞 (mg/L)全含量	ND (MDL=0.0007)	ND (MDL=0.0005)	ND	ND(MDL=1.00)	ND (MDL=0.0005)	ND(MDL=0.20)
鎳 (mg/L)全含量	---	---	---	1.35	---	ND(MDL=1.00)
鋅 (mg/L)全含量	0.359	ND(MDL=0.10)	0.0045	6.23	ND(MDL=0.10)	4.49
砷 (mg/L)全含量	0.104	ND(MDL=0.001)	1.57	ND(MDL=0.100)	ND(MDL=0.001)	ND(MDL=0.100)
硒 (mg/L)全含量	---	---	---	ND(MDL=0.100)	---	ND(MDL=0.100)
鉻 (mg/L)全含量	0.014	ND(MDL=0.014)	ND	ND(MDL=1.00)	ND(MDL=0.012)	ND(MDL=1.00)

資料來源：台灣水泥公司、幸福水泥公司提供(當 ND 時，廠方並未能提供 MDL 值)

表 4.3-8 93 年度廢溶劑產生源之自行檢測結果(續)

產生源 檢測分析項目	茂德科技	旺宏電子一廠 2	泰谷光電	世界先進	力晶半導體
水分 (wt.%)	28.7	---	---	---	---
熱值 (kcal/kg)	5,210	5,690	5,568	6,260	4,460
灰分 (wt.%)	ND(MDL=0.01)	ND(MDL=0.01)	0.02	ND(MDL=0.01)	ND(MDL=0.01)
pH 值	9.9	9.1	5.8	4.8	9.4
含氮量 (ppmw)	214	72.2	0.01	54.3	53.9
含硫量 (wt.%)	ND(MDL=0.01)	ND(MDL=0.01)	ND(MDL=0.001)	0.25	ND(MDL=0.01)
鉛 (mg/L)全含量	ND	0.19	ND(MDL=0.022)	ND(MDL=3.00)	ND(MDL=3.00)
鎘 (mg/L)全含量	ND	ND(MDL=0.015)	ND(MDL=0.120)	ND(MDL=1.00)	ND(MDL=1.00)
汞 (mg/L)全含量	ND	ND(MDL=0.0005)	0.0043	ND(MDL=0.20)	ND(MDL=0.20)
鎳 (mg/L)全含量	---	---	---	0.39	0.39
鋅 (mg/L)全含量	0.269	0.269	0.164	0.05	8.11
砷 (mg/L)全含量	0.002	ND(MDL=0.01)	0.022	ND(MDL=0.100)	ND(MDL=0.100)
硒 (mg/L)全含量	---	---	---	ND(MDL=0.100)	ND(MDL=0.100)
鉻 (mg/L)全含量	0.305	ND(MDL=0.012)	ND(MDL=0.013)	ND(MDL=1.00)	ND(MDL=1.00)

資料來源：台灣水泥公司、幸福水泥公司提供(當 ND 時，廠方並未能提供 MDL 值)

表 4.3-9 94 年度計畫廢溶劑檢測結果 (一)

檢測分析項目	台灣水泥公司-蘇澳廠			幸福水泥公司-東澳廠		
	樣本 1 (槽車出口)	樣本 2 (北貯存槽)	樣本 3 (燃燒窯頭)	樣本 4 (槽車出口)	樣本 5 (貯存槽)	樣本 6 (燃燒窯頭)
低位發熱值 (kcal/kg) ^{註 1}	1,815	2,550	3,216	2,046	2,567	4,022
灰分 (wt.%)	0.19	0.26	0.11	0.15	0.19	0.08
含氯量 (ppmw)	31.2	35.4	38.6	32.9	25.7	29.1
含硫量 (wt.%)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)	ND (MDL=0.01)
鉛 (mg/L)全含量	1.25	0.44	1.04	1.08	0.60	0.96
鎘 (mg/L)全含量	0.0033	0.0062	0.0027	0.0035	0.0102	0.0087
鉻 (mg/L)全含量	0.0152	0.0127	0.0215	0.0231	0.0114	0.0132
鋅 (mg/L)全含量	1.03	1.12	1.69	1.16	0.75	0.64
砷 (mg/L)全含量	0.0086	0.0154	0.0048	0.0017	0.0052	0.0023
汞 (mg/L)全含量	ND (MDL=0.00067)	ND (MDL=0.00067)	ND (MDL=0.00067)	ND (MDL=0.00067)	0.00079	ND (MDL=0.00067)

註 1：依 ASTM-D3286-96 方法，採用 Bomb Calorimeter 所測得之值。

表 4.3-10 94 年度計畫廢溶劑檢測結果 (二)

芳香族氯化化合物	MDL (mg/L)	台灣水泥公司-蘇澳廠			幸福水泥公司-東澳廠		
		樣本 1 (槽車出口)	樣本 2 (北貯存槽)	樣本 3 (燃燒窯頭)	樣本 4 (槽車出口)	樣本 5 (貯存槽)	樣本 6 (燃燒窯頭)
2-Chlorophenol	0.00398	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3-Dichlorobenzene	0.00608	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,4-Dichlorobenzene	0.00784	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2-Dichlorobenzene	0.00830	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,4-Dichlorophenol	0.00302	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2,4-Trichlorobenzene	0.00544	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4-Chloroaniline	0.00394	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4-Chloro-3-methylphenol	0.00313	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,4,6-Trichlorophenol	0.00444	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,4,5-Trichlorophenol	0.00316	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Chloronaphthalene	0.00538	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexachlorobenzene	0.00988	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pentachlorobenzene	0.00370	ND	ND	ND	ND	ND	ND

表 4.3-11 94 年度廢溶劑產生源之自行檢測結果(一)

產生源 檢測分析項目	統寶	台積電	廣輝	友達	群創
熱值 (kcal/kg)	3,720	3,470	6,500	5,970	6,500
灰分 (wt.%)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
pH 值	10.8	10.5	6.8	7.2	5.6
含氯量 (ppmw)	95.3	47.5	72	55.9	50.9
含硫量 (wt.%)	0.068	0.324	0.042	0.016	0.004
鉛 (mg/L)全含量	ND	ND	ND	ND	2.5
鎘 (mg/L)全含量	ND	ND	ND	ND	0.22
汞 (mg/L)全含量	0.003	0.0007	0.002	ND	ND
鋅 (mg/L)全含量	0.045	0.079	0.051	0.045	0.02
砷 (mg/L)全含量	ND	0.042	ND	0.075	ND
鉻 (mg/L)全含量	ND	ND	ND	ND	11.1
含氯芳香族化合物	ND	ND	ND	ND	ND

資料來源：台灣水泥公司、幸福水泥公司提供(當 ND 時，廠方並未能提供 MDL 值)

表 4.3-12 94 年度廢溶劑產生源之自行檢測結果(二)

產生源 檢測分析項目	銖寶	旺宏	研能	元隆	茂德
熱值 (kcal/kg)	4,580	4,580	9140	6140	4670
灰分 (wt.%)	<0.1	0.02	0.01	0.06	0.01
pH 值	7.7	9.5	4.8	4.9	9.7
含氯量 (ppmw)	37.4	53.2	83.6	50.2	68.2
含硫量 (wt.%)	0.013	0.007	0.022	0.008	0.016
鉛 (mg/L)全含量	0.132	0.04	0.094	0.062	0.045
鎘 (mg/L)全含量	0.015	ND	ND	ND	ND
汞 (mg/L)全含量	0.0009	ND	ND	ND	ND
鋅 (mg/L)全含量	0.02	0.156	ND	4.98	0.969
砷 (mg/L)全含量	ND	ND	ND	0.158	0.034
鉻 (mg/L)全含量	ND	0.052	ND	ND	0.028
含氯芳香族化合物	ND	ND	ND	ND	ND

資料來源：台灣水泥公司、幸福水泥公司提供(當 ND 時，廠方並未能提供 MDL 值)

4.3.3 煙道檢測結果

依據行政院環境保護署公佈之「中小型廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準」(94年3月16日修正)第11條之1規定：「以一般或事業廢棄物作為輔助燃料之固定污染源其排放之戴奧辛，自93年1月1日起應依當地主管機關許可之輔助燃料合計最大使用量，準用第5條及第10條之規定」。即許可最大使用量未達4公噸/小時者之戴奧辛排放限值為0.5 ng-TEQ/Nm³，且每年應定期檢測1次。

另依據「事業廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準」規定，處理量達400 kg/hr(含)以上之既存焚化爐，鉛、鎘、汞等重金屬(包括其化合物)之排放標準分別為3 mg/Nm³、0.5 mg/Nm³、0.5 mg/Nm³。

調查資料顯示台灣水泥公司蘇澳廠92、93、94及95年度利用廢溶劑作為輔助燃料之總使用量分別約為15,745公噸、12,506公噸、20,068公噸及10,932公噸(1至8月)，每小時處理量分別約1.82公噸、1.45公噸、2.32公噸及1.90公噸，觀察其使用比例，除92年3月份超過規定之8%外(與燃煤量比佔16.5%，與總燃料比佔14.1%)，其餘均在規定的8.0wt.%範圍之內(表4.3-13至表4.3-16及圖4.3-23至圖4.3-26)。幸福水泥公司東澳廠92、93、94年度利用廢溶劑作為輔助燃料之總使用量分別約為9,997公噸、10,224公噸，及7,555公噸(1至10月)，每小時處理量分別約1.16公噸、1.18公噸，及1.05公噸，其廢溶劑使用比例除92年2月份略超過規定之8%外(與燃煤量比佔8.4%、總燃料比佔7.7%)，其餘均在限制範圍之內(表4.3-17至表4.3-20及圖4.3-27至圖4.3-30)。由於該二水泥廠廢溶劑使用量(處理量)均未超過4公噸/小時，故比照參考0.5 ng-TEQ/Nm³作為戴奧辛排放限值。另因處理量均大於400 kg/hr，故其鉛、鎘、汞等重金屬及其化合物排放濃度標準分別為3 mg/Nm³、0.5 mg/Nm³、0.5 mg/Nm³。

表 4.3-21 紀錄該二家水泥廠 92、93 年度進行煙道之戴奧辛排放濃度檢測結果。結果顯示在符合「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定之廢溶劑成分條件下，以廢溶劑作為輔助燃料所產生之戴奧辛排放濃度皆符合現行法令要求之排放標準($< 0.5 \text{ ng-TEQ/Nm}^3$)。初步結論認為，在充分控管進入水泥窯混燃之廢溶劑成分於一定標準範圍時，可控制其戴奧辛排放濃度符合規定標準。94 年度分別針對二家水泥廠之煙道排放口(台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號P101 及幸福水泥東澳廠煙道編號P002)進行戴奧辛及重金屬(鉛、鎘、汞)之採樣，相關分析結果列於表 4.3-22。

95 年度亦分別針對二家水泥廠之煙道排放口(台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號P101 及幸福水泥東澳廠煙道編號P002)進行戴奧辛及重金屬(鉛、鎘、汞)之採樣，相關分析結果列於表 4.3-23，其中台灣水泥廠之戴奧辛值為 $0.307 \text{ ng-TEQ/Nm}^3$ 、鉛為 0.0039 mg/Nm^3 、鎘為 0.0016 mg/Nm^3 、汞為 0.0027 mg/Nm^3 ；幸福水泥廠之戴奧辛值為 $0.214 \text{ ng-TEQ/Nm}^3$ 、鉛為 0.0051 mg/Nm^3 、鎘為 0.0022 mg/Nm^3 、汞為 0.0038 mg/Nm^3 ，另表 4.3-24 綜合彙整本計畫選定之台灣水泥公司蘇澳廠及幸福水泥公司東澳廠歷年(93-95 年)煙道中戴奧辛檢測分析結果，其中分別由廠方自行於 92 年度及 93 年上半年各進行一次檢測，另由本計畫自 93 年下半年及 94 年上半年各進行一次檢測，檢測期間維持一般之操作條件(噴加廢溶劑作為輔助燃料)，另為瞭解有無廢溶劑當輔助燃料對戴奧辛濃度排放之可能影響，本計畫於 94 年 10 月針對台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號P101 及幸福水泥東澳廠煙道編號P002，在無添加廢溶劑當輔助燃料狀況下，進行該兩根次之煙道戴奧辛濃度檢測。

表 4.3-13 92 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例

月份	加入廢溶劑量 (公噸)	使用煤炭量 (公噸)	(廢溶劑量)/(煤炭量) %	(廢溶劑量)/(燃料總量) %
1	1,405	21,828	6.4	6.0
2	1,226	18,804	6.5	6.1
3	1,608	9,767	16.5	14.1
4	1,382	16,502	8.4	7.7
5	1,466	24,282	6.0	5.7
6	1,295	23,279	5.6	5.3
7	1,256	22,906	5.5	5.2
8	1,393	22,420	6.2	5.9
9	1,266	23,425	5.4	5.1
10	1,160	20,993	5.5	5.2
11	1,212	14,828	8.2	7.6
12	1,075	24,706	4.3	4.2
總使用量	15,745	243,738	---	---
每月平均使用量	1,312	20,312	7.0	6.5
每小時處理量 (ton/hr)	1.82	---	---	---

資料來源：台灣水泥股份有限公司蘇澳廠

表 4.3-14 93 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例

月份	加入廢溶劑量 (公噸)	使用煤炭量 (公噸)	(廢溶劑量)/(煤炭量) %	(廢溶劑量)/(燃料總量) %
1	911	25,710	3.5	3.4
2	1,387	23,016	6.0	5.7
3	1,179	19,491	6.0	5.7
4	634	22,307	2.8	2.8
5	737	23,837	3.1	3.0
6	718	15,109	4.8	4.5
7	1,380	24,776	5.6	5.3
8	993	24,917	4.0	3.8
9	1,187	23,830	5.0	4.7
10	1,265	21,794	5.8	5.5
11	1,134	22,908	5.0	4.7
12	981	14,646	6.7	6.3
總使用量	12,506	262,341	---	---
每月平均使用量	1,042	21,862	4.9	4.6
每小時處理量 (ton/hr)	1.45	---	---	---

資料來源：台灣水泥股份有限公司蘇澳廠

表 4.3-15 94 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例

月份	加入廢溶劑量 (公噸)	使用煤炭量 (公噸)	(廢溶劑量)/(煤炭量) %	(廢溶劑量)/(燃料總量) %
1	1,607	24,073	6.7	6.3
2	1,587	23,222	6.8	6.4
3	1,385	25,397	5.5	5.2
4	1,449	20,287	7.1	6.7
5	1,627	21,283	7.6	7.1
6	1,587	21,090	7.5	7.0
7	1,793	25,181	7.1	6.6
8	1,899	27,254	7.0	6.5
9	1,785	24,830	7.2	6.7
10	1,931	27,093	7.1	6.7
11	1,709	23,737	7.2	6.7
12	1,709	24,775	6.9	6.5
總使用量	20,068	288,222	---	---
每月平均使用量	1,672	24,018	7.0	6.5
每小時處理量 (ton/hr)	2.32	---	---	---

資料來源：台灣水泥股份有限公司蘇澳廠

表 4.3-16 95 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例

月份	加入廢溶劑量 (公噸)	使用煤炭量 (公噸)	(廢溶劑量)/(煤炭量) %	(廢溶劑量)/(燃料總量) %
1	1,859	26,487	7.0	6.6
2	1,264	23,794	5.3	5.0
3	1,120	22,068	5.1	4.8
4	1,151	21,157	5.4	5.2
5	965	14,021	6.9	6.4
6	1,623	24,472	6.6	6.2
7	1,314	24,972	5.3	5.0
8	1,636	24,662	6.6	6.2
總使用量	10,932	181,633	---	---
每月平均使用量	1,366	22,704	6.0	5.7
每小時處理量 (ton/hr)	1.90	---	---	---

資料來源：台灣水泥股份有限公司蘇澳

表 4.3-17 92 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例

月份	加入廢溶劑量 (公噸)	使用煤炭量 (公噸)	(廢溶劑量)/(煤炭量) %	(廢溶劑量)/(燃料總量) %
1	1,082	16,203	6.7	6.3
2	906	10,846	8.4	7.7
3	919	23,599	3.9	3.7
4	1,081	22,109	4.9	4.7
5	1,315	21,877	6.0	5.7
6	588	17,104	3.4	3.3
7	762	19,390	3.9	3.8
8	536	21,824	2.5	2.4
9	610	23,754	2.6	2.5
10	739	24,607	3.0	2.9
11	626	22,197	2.8	2.7
12	833	24,552	3.4	3.3
總使用量	9,997	248,062	---	---
每月平均使用量	833	20,672	4.3	4.1
每小時處理量 (ton/hr)	1.16	---	---	---

資料來源：幸福水泥股份有限公司東澳廠

表 4.3-18 93 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例

月份	加入廢溶劑量 (公噸)	使用煤炭量 (公噸)	(廢溶劑量)/(煤炭量) %	(廢溶劑量)/(燃料總量) %
1	792	21,404	3.7	3.6
2	810	19,138	4.2	4.1
3	972	24,961	3.9	3.7
4	747	23,749	3.1	3.0
5	673	24,859	2.7	2.6
6	900	21,390	4.2	4.0
7	696	24,449	2.8	2.8
8	761	21,797	3.5	3.4
9	966	18,883	5.1	4.9
10	929	16,010	5.8	5.5
11	1,018	25,076	4.1	3.9
12	960	23,464	4.1	3.9
總使用量	10,224	265,180	---	---
每月平均使用量	852	22,098	4.0	3.8
每小時處理量 (ton/hr)	1.18	---	---	---

資料來源：幸福水泥股份有限公司東澳廠

表 4.3-19 94 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例

月份	加入廢溶劑量 (公噸)	使用煤炭量 (公噸)	(廢溶劑量)/(煤炭量) %	(廢溶劑量)/(燃料總量) %
1	766	21,904	3.5	3.4
2	670	15,068	4.5	4.3
3	884	18,385	4.8	4.6
4	622	21,746	2.9	2.8
5	699	22,941	3.1	3.0
6	752	16,716	4.5	4.3
7	811	21,771	3.7	3.6
8	945	21,397	4.4	4.2
9	771	17,373	4.4	4.2
10	635	21,012	3.0	2.9
11	No data	No data	No data	No data
12	No data	No data	No data	No data
總使用量	7,555	198,313	---	---
每月平均使用量	755	19,831	3.9	3.7
每小時處理量 (ton/hr)	1.05	---	---	---

資料來源：幸福水泥股份有限公司東澳廠

表 4.3-20 95 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑混燒量及燃料總使用量之比例

月份	加入廢溶劑量 (公噸)	使用煤炭量 (公噸)	(廢溶劑量)/(煤炭量) %	(廢溶劑量)/(燃料總量) %
1	383	9,978	3.8	3.7
2	458	9,579	4.8	4.6
3	302	10,343	2.9	2.8
4	316	10,249	3.1	3.0
5	319	10,966	2.9	2.8
6	101	9,546	1.1	1.0
7	90	7,653	1.2	1.2
8	82	8,478	1.0	1.0
9	118	9,802	1.2	1.2
總使用量	2,169	86,594	---	---
每月平均使用量	241	9,622	2.4	2.4
每小時處理量 (ton/hr)	0.33	---	---	---

資料來源：幸福水泥股份有限公司東澳廠

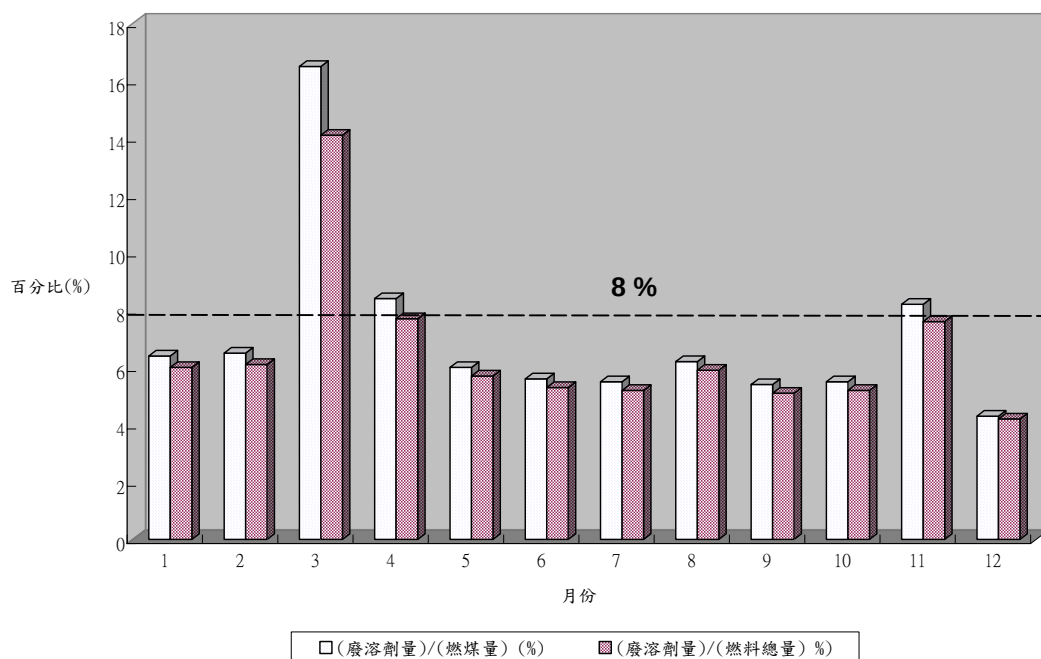


圖 4.3-23 92 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例

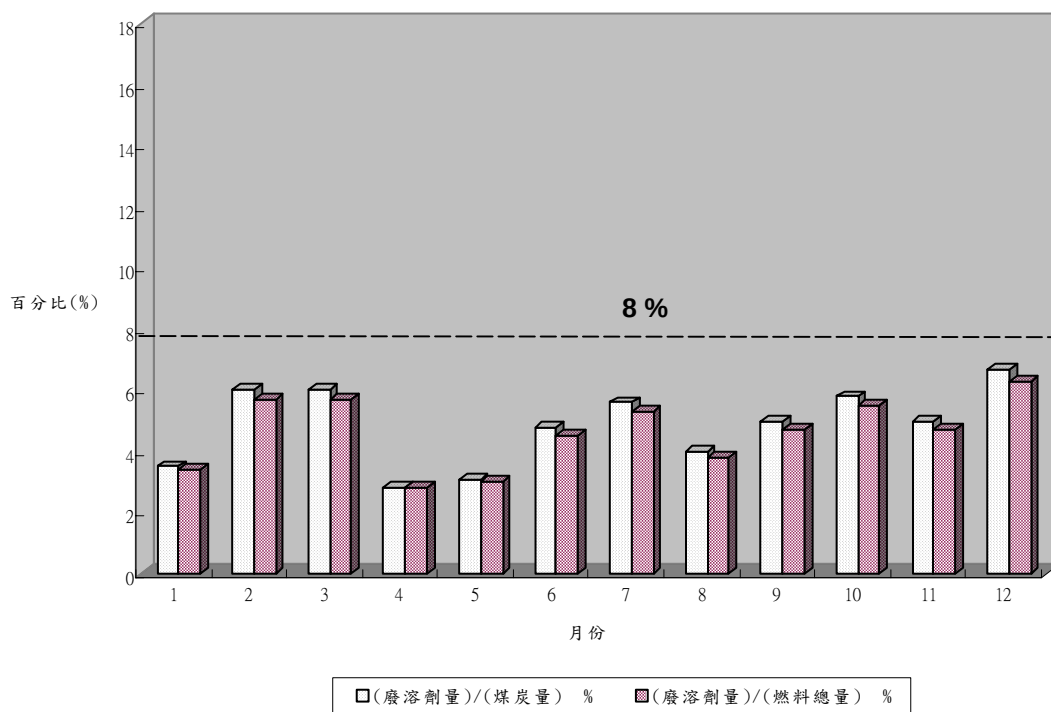


圖 4.3-24 93 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例

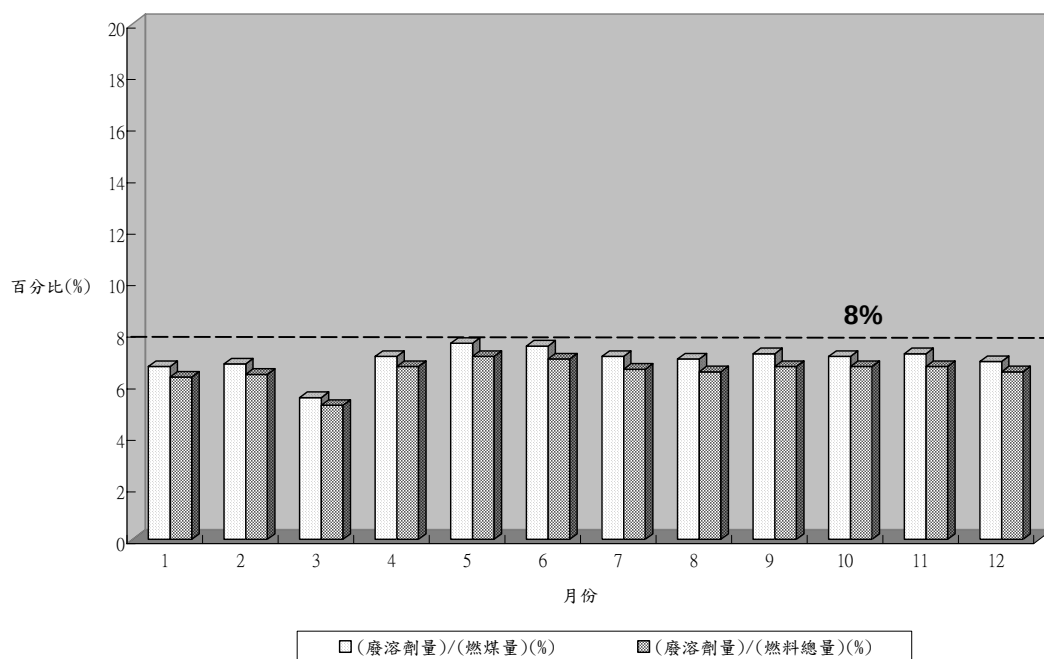


圖 4.3-25 94 年度台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例

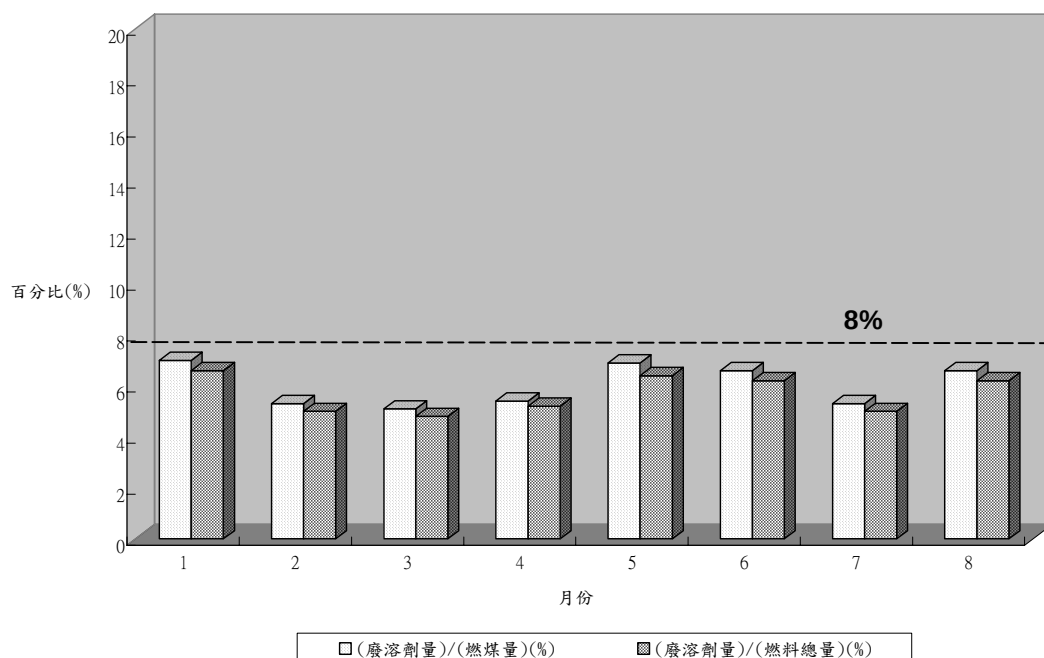


圖 4.3-26 95 年度(1 至 10 月)台灣水泥公司蘇澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例

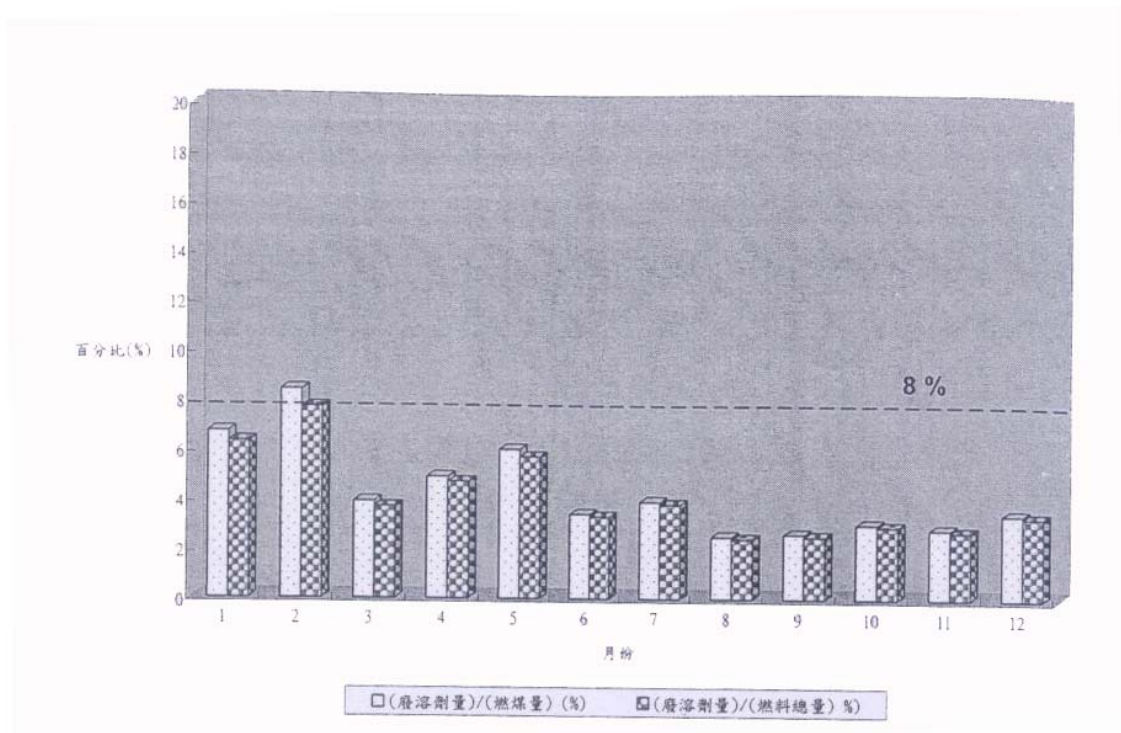


圖 4.3-27 92 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例

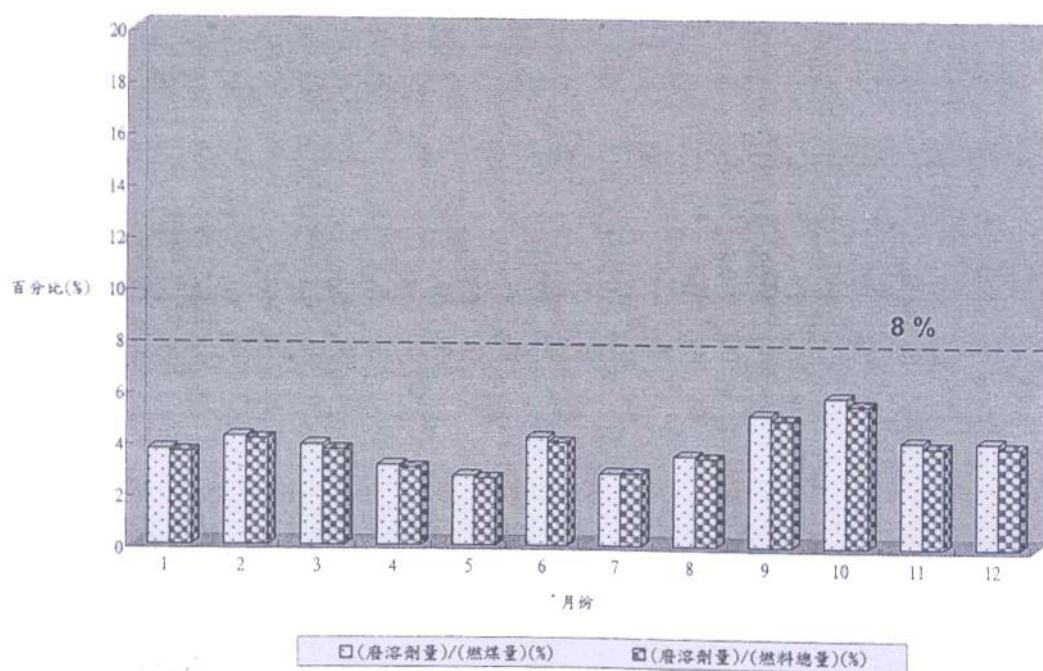


圖 4.3-28 93 年度幸福水泥公司東澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例

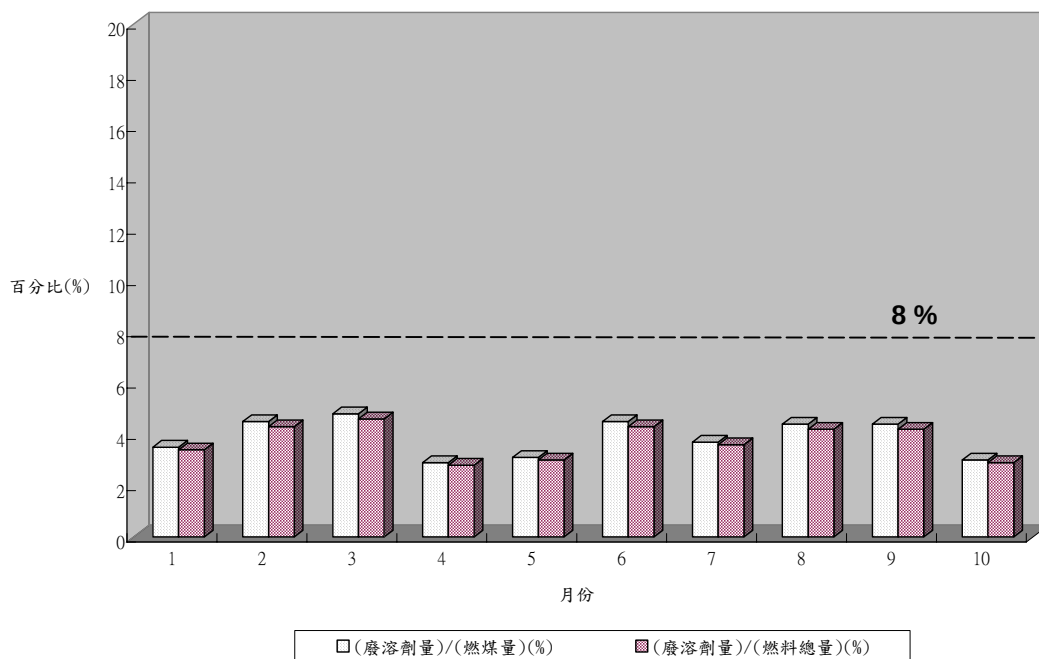


圖 4.3-29 94 年度(1 至 10 月)幸福水泥公司東澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例

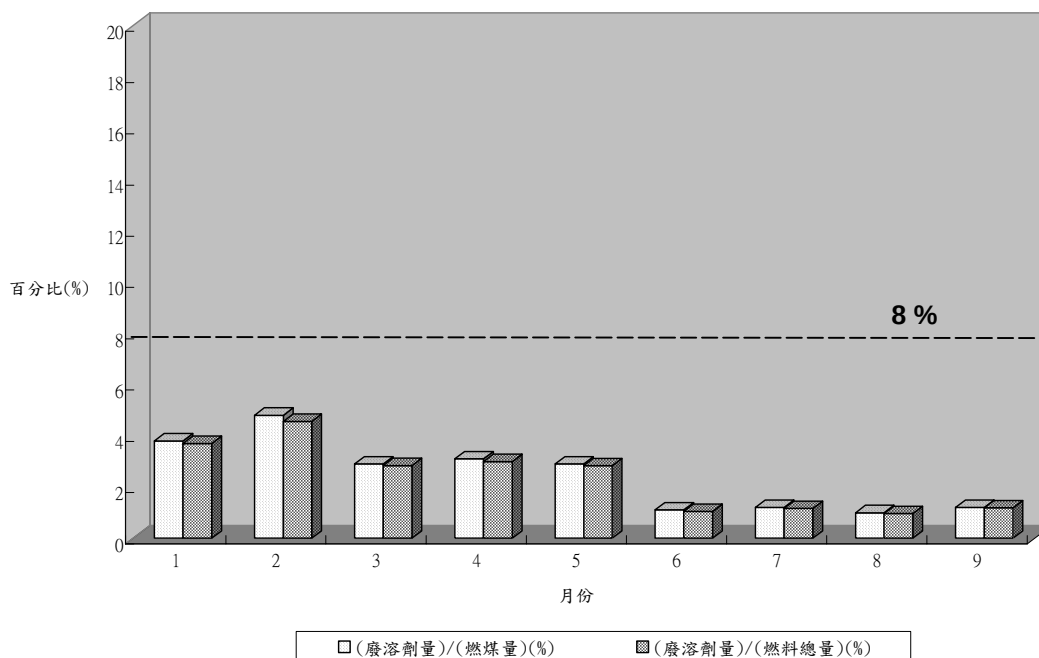


圖 4.3-30 95 年度(1 至 9 月)幸福水泥公司東澳廠廢溶劑與燃煤及總燃料使用量之比例

表 4.3-21 各水泥廠歷年(92-93 年度)煙道檢測結果(戴奧辛)

煙道廢氣中 dioxins 成分檢測		台灣水泥公司蘇澳廠						幸福水泥公司東澳廠					
		P101			P301			P001			P002		
92 年度 (廠方自行檢測)	濃度 (ng-TEQ/Nm ³)	0.013			0.264			0.044			0.006		
93 年度 3-4 月 (廠方自行檢測)	濃度 (ng-TEQ/Nm ³)	0.0623			0.0387			0.192			0.346		
93 年度 9-10 月 (本計畫檢測)	平均濃度 (ng-TEQ/Nm ³)	0.359			0.031			0.285			0.249		
	濃度 (ng-TEQ/Nm ³)	0.551	0.252	0.273	0.034	0.046	0.013	0.298	0.227	0.329	0.552	0.077	0.117
	鉛(mg/Nm ³)	0.0072		0.0099	0.0072		0.0099	0.0133		0.0095	0.0133		0.0095
	鎘(mg/Nm ³)	0.0026		0.0032	0.0026		0.0032	0.0047		0.0036	0.0047		0.0036
	汞(mg/Nm ³)	0.0030		0.0034	0.0030		0.0034	0.0041		0.0040	0.0041		0.0040

表 4.3-22 本計畫執行各水泥廠 94 年度煙道檢測結果

檢測項目		台灣水泥公司蘇澳廠(P101)		幸福水泥公司東澳廠(P002)	
		使用廢溶劑 (94 年 6 月 29-30 日)	未使用廢溶劑 (94 年 10 月 6-7 日)	使用廢溶劑 (94 年 6 月 27-28 日)	未使用廢溶劑 (94 年 10 月 4-5 日)
1	鉛(mg/Nm ³)	0.0041	0.0035	0.0064	0.0048
2	鎘(mg/Nm ³)	0.0014	0.0011	0.0021	0.0016
3	汞(mg/Nm ³)	0.0023	0.0017	0.0035	0.0023
4	戴奧辛(ng-TEQ/Nm ³) (平均濃度)	0.006	0.04	0.008	0.103

表 4.3-23 本計畫執行各水泥廠 95 年度煙道檢測結果

檢測項目		台灣水泥公司蘇澳廠(P101) (95 年 9 月 07 日)	幸福水泥公司東澳廠(P002) (95 年 9 月 05-06 日)
1	鉛(mg/Nm ³)	0.0039	0.0051
2	鎘(mg/Nm ³)	0.0016	0.0022
3	汞(mg/Nm ³)	0.0027	0.0038
4	戴奧辛(ng-TEQ/Nm ³)	0.214	0.307

註：本(95)年度只進行二家水泥公司各一廠、一煙道進行檢測。

表 4.3-24 本計畫研究標的歷年煙道戴奧辛檢測結果

煙道廢氣中戴奧辛濃度 (ng-TEQ/Nm ³)	台灣水泥公司蘇澳廠			幸福水泥公司東澳廠		
	P101	P301	P001	P002		
92 年度（廠方自行檢測）	0.013	0.264	0.044	0.006		
93 年度 3-4 月（廠方自行檢測）	0.0623	0.0387	0.192	0.346		
93 年度 9-10 月（本計畫檢測）	0.359	0.031	0.285	0.249		
94 年度 6 月（本計畫檢測）	0.006	—	—	0.008		
94 年度 9 月（本計畫檢測）	0.04 （平均濃度）		—	—	0.103 （平均濃度）	
	第一樣品	第二樣品			第一樣品	第二樣品
	0.062	0.033	—	—	0.169	0.087
	考慮記憶效應不計第一樣品之平均濃度	0.029			考慮記憶效應不計第一樣品之平均濃度	0.071
95 年度 9 月（本計畫檢測）	0.214				0.307	

註：

- 1.本(94)年度計畫檢測僅針對台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號 P101 及幸福水泥公司東澳廠煙道編號 P002 進行採樣分析。
- 2.標註網底之測值為不添加廢溶劑當輔助燃料狀況下之檢測結果。

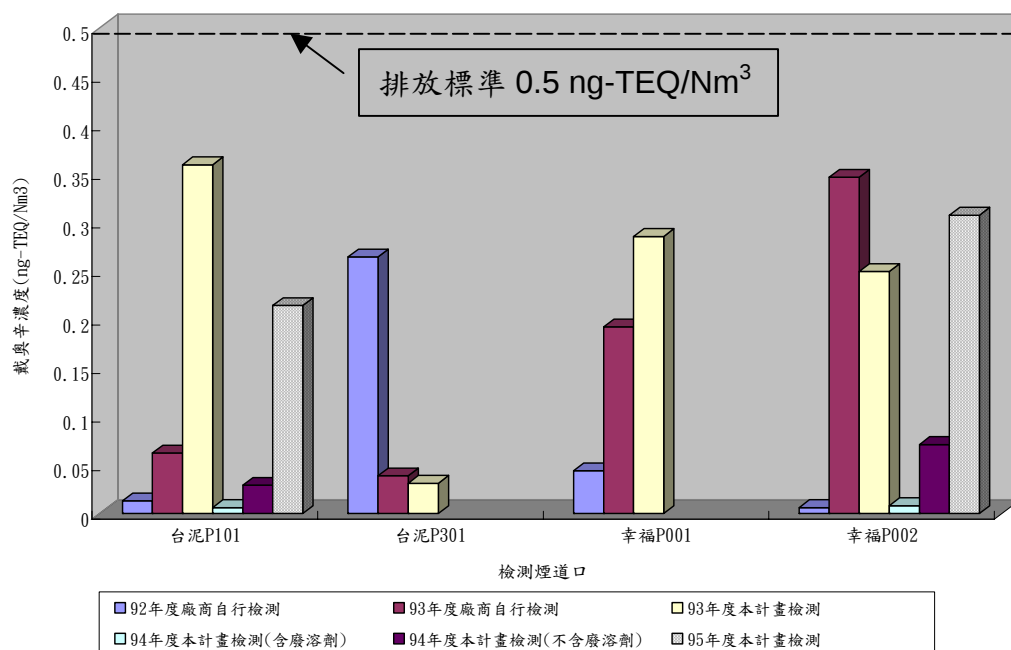


圖 4.3-31 各水泥廠歷年煙道檢測結果(戴奧辛)

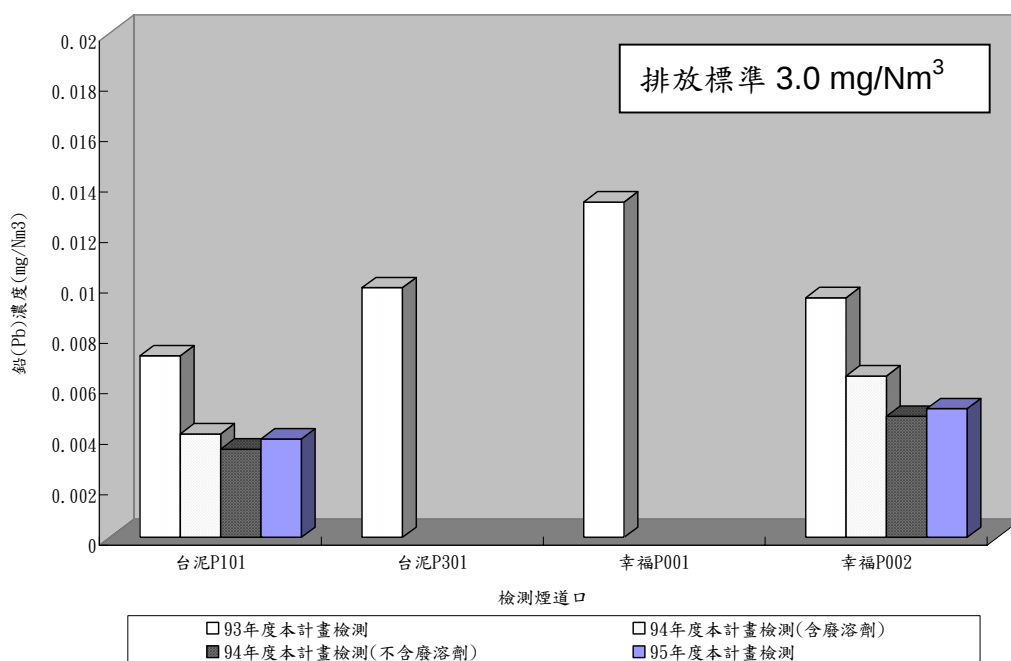


圖 4.3-32 各水泥廠本計畫歷年煙道檢測結果(鉛 Pb)

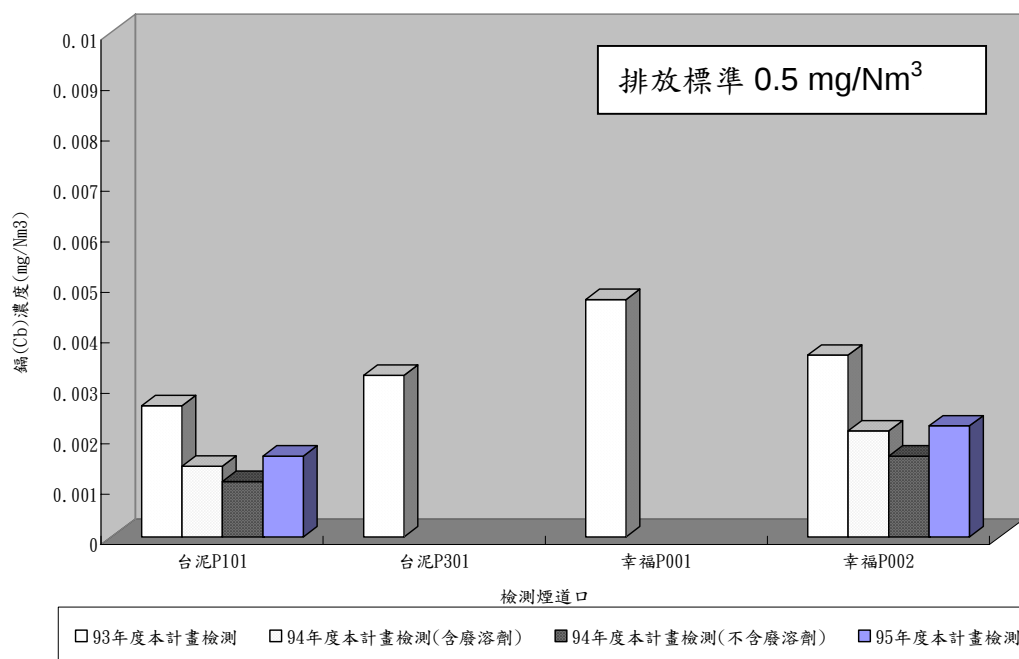


圖 4.3-33 各水泥廠本計畫歷年煙道檢測結果(鎘 Cd)

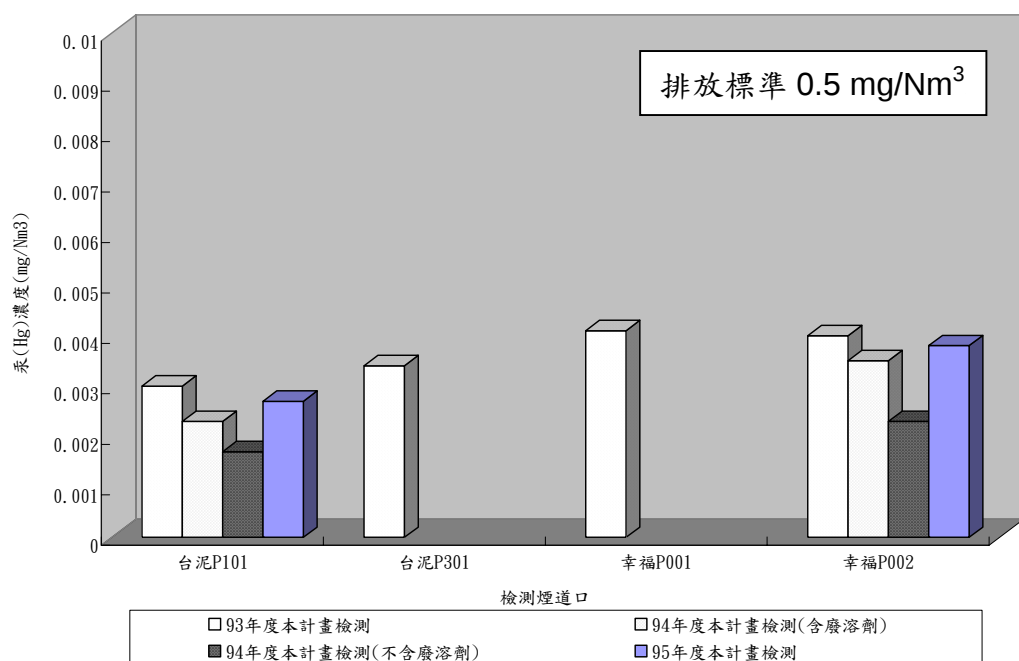


圖 4.3-34 各水泥廠本計畫歷年煙道檢測結果(汞 Hg)

4.3.4 污染風險綜合評估

首先，必須說明的是本節所涉內容為綜合就本年度各工作執行結果，提出一般性環境風險簡要評估（無涉於學術性之暴露風險與健康風險評估）。因此就水泥窯混燃廢溶劑作為輔助燃料後，是否會增加煙道排放氣體中之有害成分(重金屬、戴奧辛等)為目前民眾對於將廢溶劑作為輔助燃料於水泥窯中混燃，進行能源再利用之方式最為關切之議題。國內外目前倘無完整的相關數據資料來說明有否添加廢溶劑混燃這一因素，對於水泥窯煙道排放氣體之成分比例存在有正面有利影響，亦或是負面不利影響，即難以得到客觀之結論。從 93 年度計畫執行之煙道檢測結果得知，控制廢溶劑熱值等基本焚化條件及含氯量、重金屬含量濃度等項目在一限制標準下，水泥窯混燃廢溶劑後，煙道排放氣體中之戴奧辛及鉛、鎘、汞等重金屬皆可符合現行空氣污染物排放標準之要求。惟為了解水泥窯未混燃廢溶劑時之煙道排放情形，俾能更客觀的評估將廢溶劑作為輔助燃料之可行性，上 94 年度計畫除針對二家水泥廠進行混燃廢溶劑時進行一根次之煙道檢測外，另外亦進行一根次未混燃廢溶劑時之煙道排放情形，以了解之間的差異性。而本年 95 年度因受經費限制僅就二家水泥廠各進行一根次的煙道檢測，茲綜合簡評如下：

一、逸散污染之風險

欲評估廢溶劑之逸散風險可就以下可能產源思考：

1. 產源工廠收集貯存送出之過程。
2. 運輸過程。
3. 水泥廠收集貯存進料之過程。

而污染物風險可概以揮發性有機之總碳氫化合物量（如以甲烷計或苯計，本計畫採用後者），基此原則本團隊從產源區及水泥廠處理區的各項實場查核結果可知：

1. 因本計畫執行時並未隨者跟車，除了運輸過程無法確切得知逸散情形外，各主要廢溶劑大產源（以本年度清查的七大電子廠）並無明顯的逸散污染，這

- 主要是目前電子廠各項廢溶劑之傳輸都是在密閉管件中送排。
2. 從運輸車（機具）送至水泥廠時，從其輸料方式約略可推知逸散風險亦不大，除非是人為疏忽造成接頭（運輸車與水泥廠承接槽處）未密合而產生廢溶劑逸散。
 3. 查本縣內的兩家水泥廠之廢溶劑暫存區四周仍有殘留廢溶劑餘漬，從現勘可知部分貯存槽之管件過於老舊已有微量潛在逸散問題，唯可能四周通風良好，並未造成太大環境風險問題。
 4. 為提供管制機構與業者參考，僅就一些假設下推估水泥廠廢溶劑貯存區之盛行風下風處之指標污染物（苯）之參考濃度（純就逸散方式推估），如圖 4.3-35 所示：

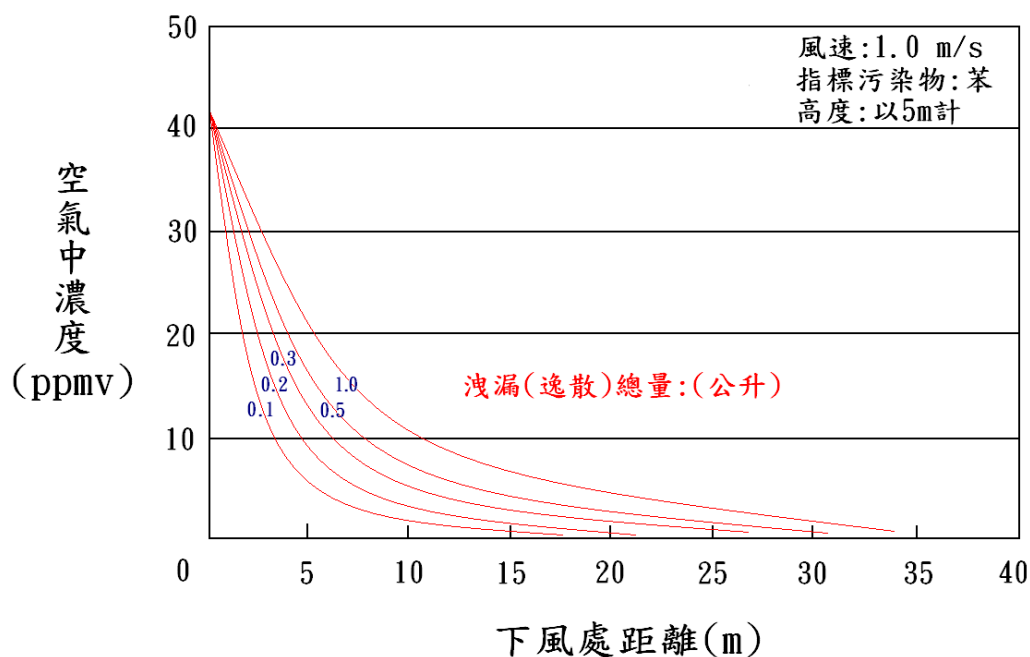


圖 4.3-35 廢溶劑儲存槽區逸散風險之參考模擬濃度(空氣中)，本計畫整理
註：上圖無任何檔體干擾風場

二、煙道污染物風險

1. 戴奧辛(Dioxins)

94 年度計畫於 6 月針對台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號P101 及幸福水泥東澳廠煙道編號P002 進行第一次檢測。檢測期間維持一般之操作條件（噴加廢溶劑作為輔助燃料）。另於 10 月再分別針對該二水泥公司同編號之煙道，在無添加廢溶劑當輔助燃料狀況下，進行煙道戴奧辛濃度檢測。在一般操作條件狀況下（噴加廢溶劑當輔助燃料之狀況），台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號P101 之歷次煙道戴奧辛排放濃度檢測結果介於 0.006~0.359 ng-TEQ/Nm³，煙道編號P301 之歷次煙道戴奧辛排放濃度檢測結果介於 0.031~0.264 ng-TEQ/Nm³；幸福水泥公司東澳廠煙道編號P001 之歷次煙道戴奧辛排放濃度檢測結果介於 0.044~0.285 ng-TEQ/Nm³，煙道編號P002 之歷次煙道戴奧辛排放濃度檢測結果介於 0.006~0.346 ng-TEQ/Nm³。另在無添加廢溶劑當輔助燃料狀況下，針對台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號P101 之煙道戴奧辛濃度檢測結果，平均濃度為 0.04 ng-TEQ/Nm³；幸福水泥公司東澳廠煙道編號P002 之煙道戴奧辛濃度檢測結果，平均濃度為 0.103 ng-TEQ/Nm³。

由檢測結果顯示，在無添加廢溶劑當輔助燃料狀況下，兩根次煙道戴奧辛檢測分析結果，各檢測值皆在該煙道歷次檢測結果之中低位準濃度（台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號P101 之歷次煙道戴奧辛濃度檢測結果介於 0.006~0.359 ng-TEQ/Nm³，無添加廢溶劑當輔助燃料狀況下之檢測結果，平均濃度為 0.04 ng-TEQ/Nm³；幸福水泥公司蘇澳廠煙道編號P002 之歷次煙道戴奧辛濃度檢測結果介於 0.006~0.346 ng-TEQ/Nm³，無添加廢溶劑當輔助燃料狀況下之檢測結果，平均濃度為 0.103 ng-TEQ/Nm³）。值得注意的是，在無添加廢溶劑當輔助燃料狀況下之檢測結果，兩廠之煙道戴奧辛檢測結果，第一採集樣品皆出現顯著高值（相較於第二及第三採集樣品），此等原因可能為記憶效應所造成，再深入探討考慮可能之記憶效應，本研究排除兩根次之第一樣品後，分別得到台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號P101 之煙道戴奧辛濃度檢測結果，平均濃度為 0.029 ng-TEQ/Nm³

【 $(0.033+0.025) \div 2 = 0.029$ 】；幸福水泥公司東澳廠煙道編號P002之煙道戴奧辛濃度檢測結果，平均濃度為 $0.0705 \text{ ng-TEQ/Nm}^3$ 【 $(0.054+0.087) \div 2 = 0.0705$ 】，相較於添加廢溶劑當輔助燃料狀況下之歷次檢測結果(台灣水泥公司蘇澳廠煙道編號P101之歷次煙道戴奧辛濃度檢測結果介於 $0.006 \sim 0.359 \text{ ng-TEQ/Nm}^3$ ；幸福水泥公司蘇澳廠煙道編號P002之歷次煙道戴奧辛濃度檢測結果介於 $0.006 \sim 0.346 \text{ ng-TEQ/Nm}^3$)，無添加廢溶劑當輔助燃料狀況下之檢測結果皆位在歷次檢測結果之低濃度位準範圍，據此推測，添加廢溶劑當輔助燃料對煙道戴奧辛排放濃度應為有增量效應。

95 年度僅進行各一根次之煙道檢測，從檢測結果看來戴奧辛之檢測結果分別為 0.214 、 $0.307 \text{ ng-TEQ/Nm}^3$ ，雖仍低於現行標準(0.5 ng-TEQ/Nm^3)，但相較 94 年度之檢測結果為高，判斷可能因本(95)年度之煙道檢測僅進行一根次，而受記憶效應影響所造成(註：據廠方稱檢測之前曾更新濾材)，或因原進料的燃煤中含有較高的氯成份(由此論點建議往後計畫可增加檢測燃煤中的含氯量)，或於檢測日之窯爐煅燒條件略有變更(如促成 *de novo* 再合成之誘因)等，此皆值得環保管制單位及廠方參考。

從上述結果評析廢溶劑之含氯濃度與水泥窯煙道檢測結果之戴奧辛濃度之相關性，從表 4.3-25 及圖 4.3-36)來看，由於 94 年度之廢溶劑含氯量較本(95)年度之檢測結果高，但煙道氣中之戴奧辛檢測濃度反而較本(95)年度之結果低，似無法明顯看出廢溶劑中含氯量較高時會造成煙道廢氣中戴奧辛濃度增高。惟從戴奧辛之生成機制中判斷，氯係高溫燃燒程序中戴奧辛生成之關鍵物質，故進料中之氯成份含量應與煙道氣中戴奧辛濃度具一定程度之關聯性。因相關數據仍相當有限，尚不易用來判斷廢溶劑含氯量與煙道戴奧辛濃度之關係，但勉強取其趨勢線，仍可發現含氯量與戴奧辛濃度具有正相關性。另由該等趨勢線延伸後粗略推估當含氯量控制在約 160 ppmw 以內，可使煙道氣戴奧辛濃度低於現行規範所要求之 0.5 ng-TEQ/Nm^3 以內，而現行宜蘭縣所定之管制標準為 100 ppmw ，遠低於該推估值，且實際使用之廢溶劑含氯量檢測值亦遠低於管制標準，故以目前

實際作為輔助燃料之廢溶劑含氯量及宜蘭縣所訂之管制標準，應足以控制煙道氣之戴奧辛濃度於標準以內。

表 4.3-25 本計畫歷年廢溶劑濃度與煙道戴奧辛檢測之平均濃度

	93 年度		94 年度		95 年度	
	含氯量 (ppmw)	Dioxin (ng-TEQ/Nm ³)	含氯量 (ppmw)	Dioxin (ng-TEQ/Nm ³)	含氯量 (ppmw)	Dioxin (ng-TEQ/Nm ³)
台灣水泥	35.07	0.006	58.17	0.195	33.40	0.214
幸福水泥	29.23	0.008	61.87	0.267	26.10	0.307

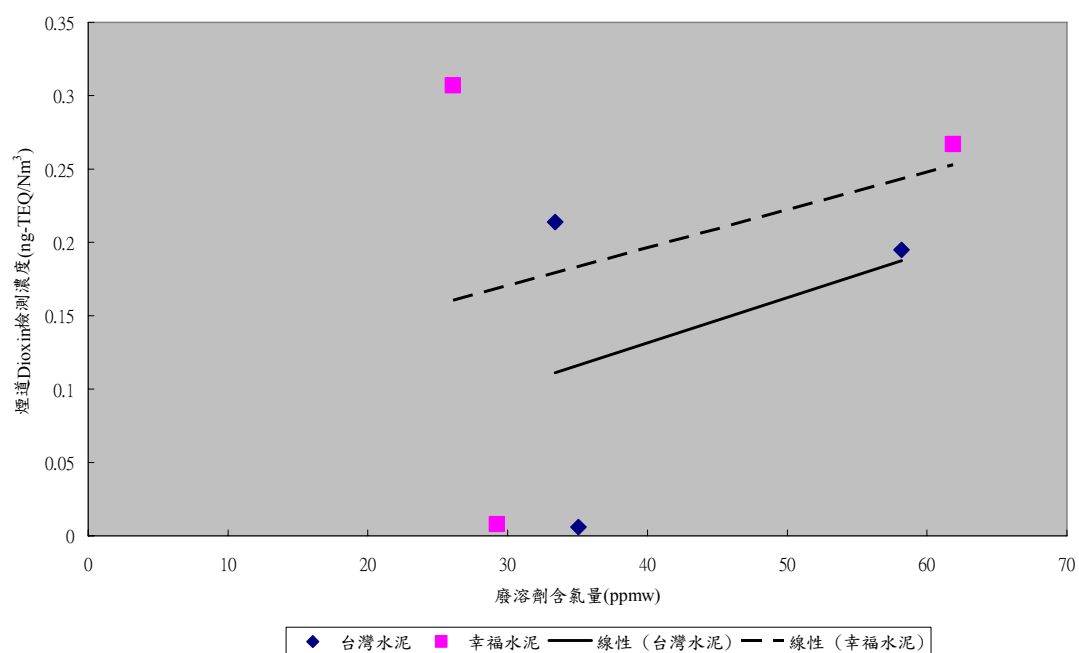


圖 4.3-36 本計畫歷年廢溶劑濃度與煙道戴奧辛檢測之平均濃度關係圖

2. 重金屬(Heavy Metal)

由本年度對鉛、鎘、汞等三項重金屬之檢測濃度均與過去幾年之檢測結果相似，顯示於水泥廠製程中使用廢溶劑作為輔助燃料對於煙道排放廢氣中之重金屬成分之影響並不大，其餘煙道中濃度均遠低於現行標準。基本上水泥窯鍛燒過程中，窯體內的物料皆屬於鹼性物，依化學原理此有利於重金屬的沉置(或補集)，唯因高溫反而易促成重金屬揮發，此兩互為反向的誘因對煙氣中鉛鎘汞的排放確實可能潛在環境風險，依近三年的檢測結果均能符合我國法規標準，然此方面風險仍值得管理者持續留意。

3. 其他污染物

雖然本計畫受制經費並未被實質從事一般污染物(NO_x 、 SO_x 等)檢測工作，唯不論從學理或廠方既有的監測資料皆可判斷該兩家水泥廠混燃額定量的廢溶劑並不會額外造成其他污染物之增量。

三、清運貯存方面

從歷年的產源與水泥廠廠內清運工作（參見前 4.1 與 4.2 節內容）可知，不含廠方自行監控的資料外，由本計畫所得知者，無論是主要產源廠商（因廢溶劑提供的小廠不易掌控資料），或是水泥廠皆無重大事故發生，亦無明顯的環境危害事件。然從風險管理觀念，為防範未然，茲就廢溶劑清運貯存之洩漏事件可能的風險說明如下（簡要評估）：

（一）事件狀況

廢溶劑清運貯存洩漏風險評估所需監測資料眾多(包括污染物種類、濃度、數量與洩露地點之地形、風速、風向、溫度等等)，在本計畫經費有限之下無法進行全盤性的量測與檢測，此所能提供的相關數據數恐不足，因此將根據

風險評估之四大步驟就廢溶劑清運貯存洩漏風險評估作一概念性描述，未來貴局如有意更深入了解時，即可編列相關經費進行，而此部份之內容即可作為未來獲致完整性廢溶劑清運貯存洩漏風險評估之參考。

假設某一廢溶劑槽車在運送途中翻覆，導致廢溶劑發生洩漏事件污染附近農田，經檢測得知地下水中之指標污染物為苯（有可能含多種污染物），少數廢溶劑進入土壤並入滲至地下水層，而附近之居民飲用水來源為地下水，依據美國環保署風險資料整合系統的潛在因子為 $2.9 \times 10^{-2}(\text{mg/kg/day})^{-1}$ ，假設平均依個人體重是 70 公斤，則其致癌風險值為何(如圖 4.3-18 所示)？

計畫以上述事件為例來說明廢溶劑清運貯存過程洩漏之風險評估執行方式與結果：



資料來源：中國報導 <http://big5.chinabroadcast.cn/gate/big5/>

圖 4.3-37 槽車翻覆事件

（二）危害辨識

假設廢溶劑洩漏地點，附近之居民飲用水來源為地下水（事實上曝露途徑亦包括空氣、食物、土壤等），在此步驟須先進行採樣分析確認可能造成人體

健康與生態環境風險的危害物質，假設經檢測得知地下水中只含苯（有可能含多種污染物），因此風險評估人員必須收集有關廢溶劑指標污染物（建議以甲苯或苯為指標物）之物理及化學特性，並根據該資料進一步探討其可能對人體健康的影響程度，換言之，即需探討經由地下水（環境介質）與曝露途徑所造成的汙染傳輸，是否會導致急性中毒、慢性致病甚或癌症等病變。

（三）劑量效應

因為苯是致癌物，不良反應(或效應)與劑量假設線性關係，且直線起於原點如圖 4.3-38 的A圖，根據美國環保署風險資料整合系統的潛在因子(ingestion potency factor,IPF)為 $2.9 \times 10^{-2}(\text{mg/kg/day})^{-1}$ 。

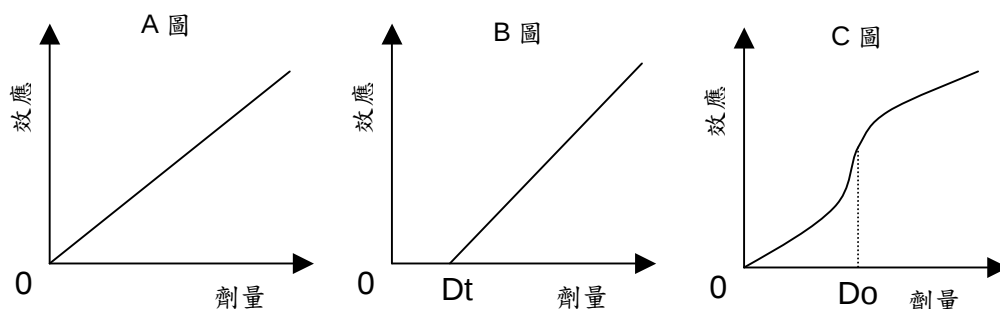


圖 4.3-38 常見三種劑量效應函數圖

（四）曝露評估

曝露評估乃是要評估廢溶劑從洩露地點，經由地下水傳輸至民眾居所時，居民飲用劑量為何？利用宿命與傳輸(fate and transport)的數學模式來推估其移動與傳輸的情況與不同地點的濃度，有關宿命與傳輸之模擬則需了解苯與健康效應的關聯性。若要進行苯的曝露評估，則需知道一天一個人會飲用多少地下水，以及會有多久時間飲用已污染的地下水；以下茲就其曝入評估說明之：

例：

假設一天一個人會飲用 2 公升之地下水，`平均一個人平均壽命為 70 歲，其出生至死亡所飲用之污染地下水總劑量為多少？

解：

假設苯濃度為 10^{-2} mg/l

每人每日經曝入之劑量為即 10^{-2} mg/l $\times$ 2 l/day= 2×10^{-2} mg/day

若每人平均年齡為 70 歲，即 2×10^{-2} mg/day $\times$ 365 day/year $\times$ 70 year=511 mg

若體重為 70 公斤之成人

日平均曝入量為 2×10^{-2} mg/day $\div$ 70kg = 2.9×10^{-4} mg/kg.day

（五）風險判定

根據上述三項步驟所得資訊及數據，致癌風險是 8.41×10^{-6} LCP (lifetime cancer probability) 【即 2.9×10^{-2} (mg/kg/day) $^{-1}$ $\times$ 2.9×10^{-4} (mg/kgday)】，換言之，在 70 年的期間內，飲用該含苯的地下水時，約每一百萬人中會有 8 人左右得到癌症。

上述只是一個簡單案例說明，圖 4.3-20 為不同體重與苯濃度下相對應之致癌風險值，就如同前面說明的風險評估方法與步驟，正確且較具代表的風險值須使用許多測量值、參數、數學模式，計畫在缺乏以上資料的情況下，便無法繼續進行風險評估的四大步驟，因此僅就自行假設的條件下作一簡單的風險評估案例供參考。

基於上述假設與概估污染物(以廢溶劑主要代表成分之丙酮與苯為指標物)之致癌風險值，若廢溶劑於運輸貯存作業中發生洩露意外，洩漏至地面上(混凝

土面或裸露土面)，因空氣散逸的濃度在環境風場快速的釋放下，污染值遠小於滲漏至地表面下之地下水，故僅就洩露殘液量每公升的廢溶劑可能造成的致癌風險進行推估，滲透至地下水丙酮及苯污染濃度可以下式表示：

地下水丙酮或苯污染濃度(mg/L)=

(廢溶劑洩漏量) x (X,丙酮或苯含量,重量比率) x (α ,滲漏係數)

透過上述公式所求得之地下水苯污染濃度，再帶入致癌風險評估公式中，即可逐一換算出，廢溶劑洩露至地表面量與致癌風險值之相關性，如圖 4.3-21 所示。由圖 4.3-21 可看出廢溶劑洩露至地表面量越多，致癌風險值越高；如丙酮或苯含量（重量）比率越大，致癌風險值越高的二種趨勢。

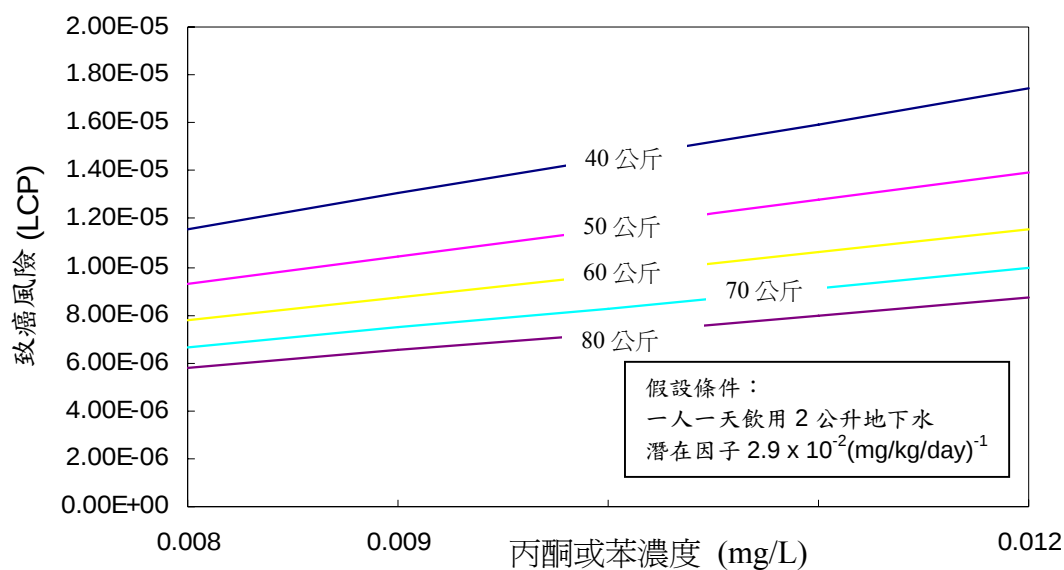


圖 4.3-39 不同體重與丙酮或苯濃度下相對應之致癌風險值

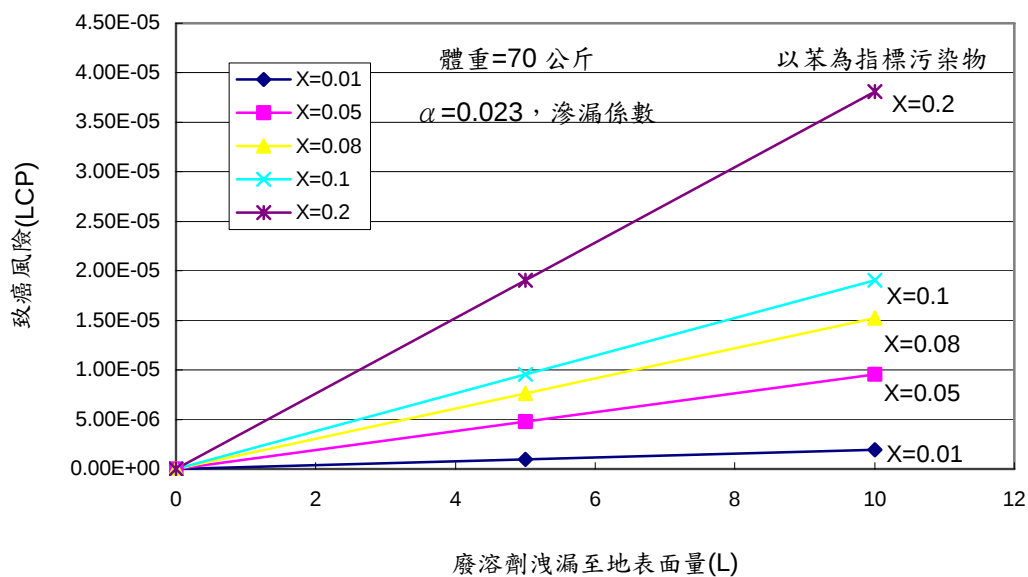


圖 4.3-40 廢溶劑洩漏之致癌風險值

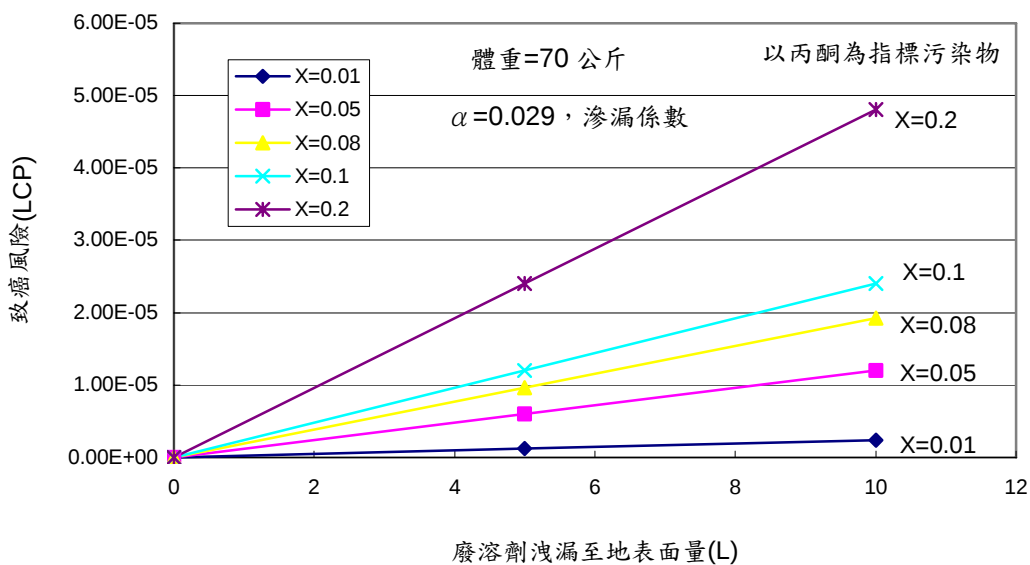


圖 4.3-41 廢溶劑洩漏之致癌風險值

4.4 研修廢溶劑輔助燃料管制方案

藉由前述所完成的各項查核與檢驗結果以評估修正原『廢溶劑輔助燃料管制方案』之執行上的合宜性，此工作係以本計畫工作項目執行之煙道廢氣、廢溶劑檢測以及污染物之風險概估結果為依據（註：鑒於計畫經費人力及時間所限，僅以環境管理之風險略估為前提）。本計畫於執行工作期間前往本縣兩水泥廠進行煙道廢氣及廢溶劑檢測，所獲得之檢測結果（詳如本計畫前節所述廢溶劑抽測及煙道檢測結果）與原管制方案進行比對檢討，並以原「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案九十三年版」為修正依據，修正廢溶劑輔助燃料之新管制方案。此研修之新管制方案係依以下原則進行檢討：

1. 「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案九十三年版」為參考版本，及上(93)年度執行成果及建議案，研修後之的新版本建議作為九十六年新版本，或可依地方執行要求提早執行。
2. 廢溶劑熱質應達到作為輔助燃料之最低要求，如在 1,400 °C 下噴入後，可達自燃之最小發熱量。
3. 廢溶劑之各種管制重金屬含量，應為其排放至管道時（製程中可能為生料或窯爐爐材吸收），法規所允許的最低限值為最低要求。
4. 廢溶劑之添加量應考量其與燃料、混燃後，爐材負荷與產生空氣污染物之最低要求。
5. 廢溶劑含硫量之管制，應視其混燃後產生硫氧化物排放至大氣中，法規所允許之最低限值為要求。
6. 廢溶劑含氯量之管制，應視其戴奧辛排放至大氣中，法規所允許之最低限值為要求。
7. 灰份：避免過多廢溶劑影響水泥之品質，以達水泥品質之最低限值為要求。

茲就本年度執行的各項工作，綜合其結果依上述原則，對九十三年版「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」（見表 4.5-1），逐條提出

以下檢討：

一、原第一條：「水泥窯使用廢溶劑應以廢溶劑產生廠（公司）對使用廠（公司）為原則，以利管制及確保廢溶劑成分之穩定」。

本條文之管制精神在於確保產源及使用廠（水泥廠）之間的從屬關係，以避免廢溶劑因轉包或來路不明的廢溶劑夾混而影響其處理過程的穩定性(成份過於複雜)。唯「廢溶劑」一詞非官方或法規用語，水泥窯可接受的來源除了查核其兩廠間的合約外，年度間改變收受對象（廢溶劑產源），本縣環保局並無法限制，建議未來應再進一步探討是否必要釐清或界定（限制）水泥廠所能接受的廢溶劑產源類別（或行業別）。

二、原第二條「廢溶劑任何時刻使用總重量不得超過燃料使用重量之8%」。

從這二年來清查的紀錄中，本縣該兩水泥廠混加廢溶劑的使用量（重量比），僅台灣水泥廠於92年3、4、11月之廢溶劑重量比，及92年9月幸福水泥廠外，其餘大多未超過此規定，年平均約4~5%，唯查原條文用詞「燃料使用量」是指不含混加後的廢溶劑，建議可明確化更寫為「不含廢溶劑之燃料原使用量」。

至於此8%是否有增減空間呢？這可從下列三個層面客觀思考：

1. 就環境污染潛在的風險管理考量，除非增加煙氣中戴奧辛及重金屬的管制（如本計畫所提修改的第10條），並配合定期的環境影響追蹤管制，則可考量權重提高（唯提高至多少應有詳實的污染排放推估，及環保危險風險評估數據）。
2. 就能源成本考量，從水泥廠角度當然以不影響其水泥品質前提下能增加愈多的廢溶劑混燃比重愈能降低其成本，從目前調查的廢溶劑熱值及煙氣污染排放情形來看，其確實仍有增量空間。
3. 就附近居民的接受程度考量，由於附近居民就目前水泥窯廢溶劑之使用量，終究是以用量越少越好為考量，因此未來廢溶劑之增量與否，需與居民建立良好溝通，否則難以施行。

綜合上述評析，本研究建議短期間仍宜維持目前的管制規定 8%。

三、原條文第三條「廢溶劑之低位發熱值應高於 3,000 Kcal/Kg」。

基本上，熱值愈高愈有利於燃燒，即愈符合廢溶劑當燃料的目的，就熱值本身的「3,000 kcal/kg」而言，是略高於一般垃圾焚化廠的進料熱值，就燃燒學理而言，在預設的 1,400°C 燃燒環境下，略估進料的熱值可在 1,800 kcal/kg 即可達能量平衡符合（即不需再額外補充能源），所以本項規定應可符合管制目的。

四、原條文第四條「廢溶劑之灰分應低於 3 %」。

基本上灰分為一種安定的無機物，而且水泥主體成分亦為安定的無機物（氧化物），故從前述的修正原則可知，除非影響水泥產品品質（屬於業者自身問題），否則廢溶劑的灰分是可排除管制規定。查台灣水泥與幸福水泥兩水泥廠之廢溶劑的灰分含量皆甚低且不會超出此規定值，故本條可仍維持原條文。

五、原條文第五條「廢溶劑之含氯量應低於 100 ppm，含氯芳香族化合物不得檢出」。

廢溶劑含氯量（應是總氯量）與含氯芳香族化合物量，關係著煙氣排放戴奧辛的可能性，從目前兩廠的資料顯示其的確會排放戴奧辛（94 年度台灣水泥廠之戴奧辛測值為 0.006 ng-TEQ/Nm³、幸福水泥廠為 0.008 ng-TEQ/Nm³，95 年度台灣水泥廠之戴奧辛測值為 0.307ng-TEQ/Nm³、幸福水泥廠為 0.304 ng-TEQ/Nm³），雖然檢視水泥鍛燒時的進料源，煤亦可能是氯的供應來源，故煙氣中戴奧辛產生並不能完全歸因於廢溶劑中的含氯物，但規定其下限仍是必要的。

查本縣該兩水泥廠所處理的廢溶劑之含氯量皆低於 100 ppm，然若基於戴奧辛的環境風險管理，似仍有調降空間（如降至 80 ppm），目前縣環保局可掌握的戴奧辛有效數據仍過少，若有足夠數據且其值有偏高趨勢時（與焚化爐 0.1 或 0.5 ng-TEQ/Nm³為基準）即應調降此規定值。

另條文中應明確說明含氯量是指總氯量，以免現行檢測方法中有些只適用

於有機氯或無機氯的檢測，因而短露了測值。

至於含氯芳香族化合物，建議仍宜維持不得檢出，且要求檢測單位（或公司）應明確標示所原檢測的各成分（Component）之方法偵測極限值（MDL），因含氯芳香族化合物涵蓋甚多的成分，分析方法是應該各成分分別標定分析值（GC/Mass 儀）才能求出其總量。

六、原條文第六條「廢溶劑之含硫量應低於 1 %」

查歷年及今年抽測之台灣水泥廠與幸福水泥廠含硫量測值均為 ND（測值低於儀器偵測極限），顯示皆符合認定標準；而廢溶劑生產源之含硫量分析部份，大多數廠商其含硫量測值亦為 ND，僅少部分廠商稍高（約 0.8%），唯全部符合標準。

依學理而言，元素硫在高溫下易氧化成硫氧化物造成酸雨等危害，然檢視水泥鍛燒時的進料源，煤亦可能是硫的供應來源，因此規定水泥窯廠商使用乾淨燃料（低硫燃料）亦是降低硫氧化物之主要原因之一。

查台灣水泥與幸福水泥兩水泥廠之廢溶劑的含硫量皆不會超出此規定值，故本條可仍維持原條文。

七、原條文第七條「廢溶劑中之 Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg、Ni、Se 等重金屬含量各應低於 25 ppm」。

查歷年或今年抽測之台灣水泥廠與幸福水泥廠，兩廠之資料皆可符合此八項重金屬之規定，依學理而言，重金屬在高溫下易氧化成安定的無機氧化物（屬於鹼性物質），而水泥窯內的生料又提供了極大的鹼性源（sink），故本質上吾人實不用擔心廢溶劑中含 ppm 級的重金屬。唯煙氣中所排放出的重金屬對環境及人民健康危害極大，且基於廢溶劑噴入窯爐的流體特性，重金屬分子極有可能是以氣相型態直接穿流在窯爐上部空間（以橫段面視之），而無法與下半部的生料接觸，如此便容易逕行排至煙氣中而至大氣，因此管制廢溶劑中的重金屬含量仍是必要的，建議依目前的各項數據（包含廢溶劑所含的量與煙氣排放的重金屬濃度）宜維持或降低現行管制標準或小於 25 ppm。

唯條文中宜規定是「全含量」，以避免與 TCLP 溶出量混淆，因後者管制值在廢溶劑混入水泥窯高溫的氧化環境下並無太大的意義（按：市場上全含量的分析費用會高於 TCLP 分析費用）

八、原條文第八條「廢溶劑之 pH 值應介於 4~12.5 之間」

查歷年與今年抽測之台灣水泥廠與幸福水泥廠，兩廠之資料皆可符合此 pH 值之規定。依學理而言，在酸性環境之下，重金屬在高溫下易氧化經煙道排至大氣，而水泥窯內的生料提供了極大的鹼性源（sink），故本質上吾人實不用擔心廢溶劑 pH 值過低的危害。查台灣水泥與幸福水泥兩水泥廠之廢溶劑的 pH 值皆不會超出此規定值，故本條可仍維持原條文。

九、原條文第九條「廢溶劑由宜蘭縣環保局至少每季隨機採樣一次（每次至少抽檢三個樣品）委託檢驗，檢驗項目應涵蓋上述廢溶劑管理方案項目，並得視廠方申報資料調整之，採樣檢測費用由水泥窯業者負擔」

查本條文主要目的為抽測廢溶劑進料品質是否符合規定，此案按季累積的資料可供爾後查核，從近二年來執行的狀況尚無太大問題，故建議可暫不用修正。

十、原條文第十條「使用廢溶劑水泥業者依據空氣污染防制法之規定，申請相關許可證變更試運轉期間之空氣污染物檢測項目，正式運作期間應至少每半年檢測一次，戴奧辛每年至少檢測一次」。

鑒於環境危害風險之必要，雖然水泥窯業者已受現有固定污染源（工廠）空、水、廢 相關法令規範（如許可、變更或煙道定期檢測申報等），且目前國內管制環境賀爾蒙之一的戴奧辛亦未將水泥窯等之工業窯爐納入管制對象（現行只有廢棄物焚化爐及鋼鐵電弧爐業），但從民眾角度思之，廢溶劑混入水泥窯當作輔助燃料亦相似與「焚化爐」之「破壞燒毀作用」，故本條文可參酌附近民眾的想法，文中增列重金屬（鉛、鎘、汞）及戴奧辛排放標準，故條文中用詞可斟酌加入採用相同「事業廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準」。

十一、原條文第十一條「廢溶劑貯槽應有妥當之揮發性有機物之收集處理設

施」。

參照本計畫委請的專家委員及執行人員，前往幸福水泥廠及台灣水泥廠調查「水泥窯業者現行廢溶劑貯存管理措施」，發現兩水泥廠皆依規定設置揮發性有機物之收集處理設施。兩廠為避免 VOCs 逸散，均備有冷凝設備及 VOCs 活性碳吸附系統，貯槽內蒸發之 VOCs 經冷凝與活性碳吸附系統過濾後其排氣直接送入窯內燃燒處理。

從現場調查結果可知，本縣兩家水泥廠之廢溶劑貯存設施尚稱良好，唯考量清運時意外之緊急應變，及業者應明確遵循的規定，建議本條文更修為：「使用廢溶劑水泥窯業者」。

十二、增修條文：「本縣採用廢溶劑作為輔助燃料之水泥窯業，必要時得依環保局要求，提供外縣市廢溶劑來源之主要廠商名單以供備查」。

本條文之管制精神與原管制方案第一條條文精神類似，當環保局查核發現有品質不良或夾混其他物質之廢溶劑進入本縣時，即可透過水泥窯業提供之廠商名單進行追查監督與改善，嚴重時亦可拒絕該廠之廢溶劑進入本縣處理，以杜絕因焚化品質不良的廢溶劑而危害本縣環境。

表 4.4-1 宜蘭縣水泥窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案之考量因素與研修依據原則

項序	九十三年版原條文	建議修正條文	修正說明
一	水泥窯使用廢溶劑應以廢溶劑產生廠（公司）對使用廠（公司）為原則，以利管制及確保廢溶劑成分之穩定。	水泥窯使用廢溶劑應以廢溶劑產生廠（公司）對使用廠（公司）為原則，以利管制及確保廢溶劑成分之穩定。	維持原條文。
二	廢溶劑任何時刻使用總重量不得超過 <u>燃料使用重量</u> 之 8 %。	廢溶劑任何時刻使用總重量不得超過 <u>不含廢溶劑之燃料原使用量</u> 之 8 %。	查原條文用詞「燃料使用量」是指不含混加後的廢溶劑，建議可明確化更寫為「不含廢溶劑之燃料原使用量」。
三	廢溶劑之低位發熱值應高於 3,000 Kcal/Kg。	—	維持原條文。
四	廢溶劑之灰分應低於 3 %。	廢溶劑之灰分應低於 3 %。	維持原條文。
五	廢溶劑之含氯量應低於 <u>100 ppm</u> ，含氯芳香族化合物不得檢出。	廢溶劑之含氯量應低於 <u>80 ppm</u> ，含氯芳香族化合物不得檢出。	1.本縣該兩水泥廠所處理的廢溶劑之含氯量皆低於 100 ppm，然若基於戴奧辛的環境風險管理，似仍有調降空間（如降至 80 ppm）。 2 應明確說明含氯量是指總氯量，以免現行檢測方法中有些只適用於有機氯或無機氯的檢測，因而短露了測值。
六	廢溶劑之含硫量應低於 1 %。	廢溶劑之含硫量應低於 1 %。	維持原條文。

項序	九十三年版原條文	建議修正條文	修正說明
七	廢溶劑中之 Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg、Ni、Se 等重金屬 <u>含量</u> 各應低於 25 ppm。	廢溶劑中之 Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg、Ni、Se 等重金屬 <u>全含量</u> 宜維持或低於 25 ppm。	唯條文中宜規定是「全含量」，以避免與 TCLP 溶出量混淆，因後者管制值在廢溶劑混入水泥窯高溫的氧化環境下並無太大的意義。
八	廢溶劑中之 pH 值應介於 4~12.5 之間。	(維持原條文)	—
九	廢溶劑由宜蘭縣環保局至少每季隨機採樣一次（每次至少抽檢三個樣品）委託檢驗，檢驗項目應涵蓋上述廢溶劑管理方案項目，並得視廠方申報資料調整之，採樣檢測費用由水泥窯業者負擔。	廢溶劑由宜蘭縣環保局至少每季隨機採樣一次（每次至少抽檢三個樣品）委託檢驗，檢驗項目應涵蓋上述廢溶劑管理方案項目，並得視廠方申報資料調整之，採樣檢測費用由水泥窯業者負擔。	維持原條文。
十	使用廢溶劑水泥業者依據空氣污染防治法之規定，申請相關許可證變更試運轉期間之空氣污染物檢測項目，正式運作期間應至少每半年檢測一次，戴奧辛每年至少檢測一次。	使用廢溶劑水泥業者依據空氣污染防治法之規定，申請相關許可證變更試運轉期間之空氣污染物檢測項目，正式運作期間應至少每半年檢測一次，戴奧辛每年至少檢測一次。	維持原條文。
十一	廢溶劑貯槽應有妥當之揮發性有機物之收集處理設施。	使用廢溶劑水泥窯業者之 廢溶劑貯槽應有妥當之揮發性有機物之收集處理設施。	從現場調查結果可知，本縣兩家水泥廠之廢溶劑貯存設施尚稱良好，唯考量清運時意外之緊急應變，及業者應明確遵循的規定，建議本條文更修為：「使用廢溶劑水泥窯業者」。
十二	—	本縣採用廢溶劑作為輔助燃料之水泥窯業，必要時得依環保局要求，提供外縣市廢溶劑來源之主要廠商名單以供備查。	建議新增條文。

註：本項部分建議仍延用上(94)年度之建議方案

4.5 其他行政作業

本計畫配合宜蘭縣環保局「空氣品質經營維護管理綜合計畫」委辦公司，與昱山環境技術服務顧問有限公司(承辦時間：95/03～迄今)，辦理相關工作進度表格之填寫，及參與環保署考評會議，協助其掌握環保局各計畫之工作進度，本計畫協助辦理之事項包括：

- 一、每月填寫「空氣品質維護或改善工作執行報告彙整表」及「工作進度表」。
- 二、參加環保署考評會議。
- 三、水泥廠廠方之處理意見諮詢
- 四、配合支援固定污染源及 SIP 計畫相關工作

由於行政院環境保護署對於本計畫並無相關之考評標準，因此亦無相關之環保署現勘活動，本項工作於期末報告內容中不贅述。

第五章 結論與建議

本計畫為去年度(94)「廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之環境管理計畫」之延續計畫，主要目的為持續對宜蘭縣境內兩家水泥廠(台灣水泥、幸福水泥)進行相關的監控與管理工作，所執行的工作項目包括：落實查核宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案內容、落實廢溶劑清運貯存管理 SOP 與查核制度，與使用廢溶劑作為水泥窯輔助燃料之排放廢氣風險，以下就至期末階段上述各工作進行總結：

5.1 結論

1. 本計畫在落實查核管制方案內容工作上分為清查處理廠現行之清運貯存管理措施，及邀請專家學者進行廢溶劑成分檢測報告與現場查核兩方向進行。由執行結果可知台灣水泥廠和幸福水泥廠兩間廢溶劑成分及煙道檢測污染情形，大體上可符合規範要求，只有台灣水泥廠的廢溶劑兩次採樣中有一次的樣品之平均熱值小於 3,000 kcal/kg(2,653 kcal/kg)，雖然廢溶劑熱值在高溫旋轉窯(約 1400⁰C)下，依其混燃量並不足以影響爐溫及廢溶劑破壞率，但因低於縣環保局之『宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案』規定，值得業者及管理者注意。
2. 本計畫邀請化學環工領域之專家學者 5 位，針對七家廠商之廢溶劑成份檢測報告、收集與貯存方式、廢溶劑產生機制等項目進行現場查核，廢溶劑產源廠商之廢溶劑清除貯存管理措施尚稱完善，且部分廠已執行廢溶劑減量工作。
3. 針對廠內及業者現行廢溶劑清運洩漏進行調查及查核，以預防廢溶劑在裝料/清運/洩料等過程中洩露，目前尚未發現有重大的洩漏事故發生。唯經本工作團隊人員依查核表之注意事項進行查核，在假設災害狀況發生時，被查核對象了解如何處置之對答情形可發現約有 85%以上的能掌控或了解因應狀況。

4. 綜合本計畫歷年(93-95 年度)檢測結果含產生源廠商自行檢測之數據資料，其中廢溶劑之發熱值之總平均為 4,647kcal/kg，高於「宜蘭縣水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料管制方案」規定之 3,000kcal/kg，屬於高熱值之液體廢棄物，除適用於焚化處理外，亦可考量作為輔助燃料使用。雖然相較於燃料煤 6,400 kcal/kg、燃料油 9,200 kcal/L、天然氣 9 Mcal/m³、液化石油氣 11.9 Mcal/kg、液化天然氣 9.9 Mcal/m³等一般燃料物質，廢溶劑之熱值仍屬偏低，但尚可充分控管廢溶劑成分中所含之有害成分，並利用水泥窯提供之良好的燃燒條件(溫度高且停留時間長)，作為輔助燃料使用不啻為一可行之能源再生方式。

5. 根據本 95 年度二家水泥廠之煙道戴奧辛採樣分析結果可知，分別為 0.214 與 0.307 ng-TEQ/Nm³，此值高於往年均值，雖仍符合焚化爐管制標準(小於 0.5 ng-TEQ/Nm³)，唯基於環境風險管理，值得業者與管理者注意。

6. 本 95 年度二家水泥廠煙氣中鉛鎘汞分別為：台灣水泥廠之汞 0.0027 mg/Nm³、鎘 0.0016 mg/Nm³、鉛 0.0039 mg/Nm³，幸福水泥廠之汞 0.0051 mg/Nm³、鎘 0.0022 mg/Nm³、鉛 0.0038 mg/Nm³，此與往年均值相差不遠，其符合煙道管制標準，亦甚符合學理上的推估。

7. 無論是過去兩年，或今年的檢驗結果可知，宜蘭縣轄區內兩家水泥廠使用廢溶劑作為水泥窯輔助燃料，其成分包括：灰份、pH 值、含氯芳香族化合物、含氯量、含硫量.....等項目皆低於現行管制標準。

5.2 建議

1. 根據台灣及幸福二大水泥廠之廢溶劑運輸作業，從產源製水泥廠之各項例行性工作，包括載運車輛車體之內外部保養、運輸路線及運送至水泥廠內貯存設備之日常檢查，皆能有效的落實，有助於在運輸過程中，降低逸散洩漏的問題發生。廢溶劑對於環境及人體健康最重大的危害，莫過於廢溶劑發生洩露事件，其危害範圍擴及空氣、廢水以及土壤污染等問題，其後續之處理程序亦是相當的繁複，因此對於使用廢溶劑為輔助燃料之水泥窯，水泥廠商除仍應尋求降低戴奧辛的排放外，亦應建立「廢溶劑清運貯存管理標準作業程序」，以預防廢溶劑在裝料/清運/洩料等過程中洩露，建議相關主管機關加強檢測報告之查核。

2. 本計畫邀請化學環工領域之專家學者，整合其對七家主要廢溶劑產源廠商之建議如下：

1. 建議統一廢溶劑各成分之檢測方法及條件，如 pH、重金屬及其他含量檢測等。
2. 建議增加含氟量及含氮量之檢測，此二項與「固定污染源空氣污染物排放標準」亦有關聯。
3. 對廢溶劑產源廠商提供之廢溶劑成分檢測報告品保品管加強查核，以確保其檢測數據之合理性。

3. 95 年度僅進行各一根次之煙道檢測，從檢測結果看來戴奧辛之檢測結果，雖仍低於現行標準(0.5 ng-TEQ/Nm³)，但相較 94 年度之檢測結果為高，判斷可能因本(95)年度之煙道檢測僅進行一根次，而受記憶效應影響所造成(註：據廠方稱檢測之前曾更新濾材)，或因原進料的燃煤中含有較高的氯成份(由此論點建議往後計畫可增加檢測燃煤中的含氯量)，或於檢測日之前窯爐煅燒條件略有變更(如促成 *de novo* 再合成之誘因)等，此皆值得環保管制單位及廠方參卓。

4. 由本(95)年度對使用廢溶劑作為輔助燃料之水泥窯煙道氣體中之鉛、鎘、汞等三項重金屬之檢測濃度均與過去(93-94 年度)之檢測結果相似，且遠低於現行環保法規所定之排放標準。無論從學理或實際檢測結果，均顯示於水泥製程中使用廢溶劑作為輔助燃料對於煙道排放廢氣中之重金屬含量應不至產生不利之影響。惟重金屬受水泥熟料或水泥窯塵灰等固體捕集攔阻後，將包含在該類固體物中，建議後續亦可針對水泥熟料及廢棄之水泥窯塵灰中之重金屬成分進行分析，以更進一步瞭解燃燒廢溶劑作為輔助燃料之水泥窯所排放重金屬物質之全貌。

5. 另本(95)年度汞(Hg)成分在廢溶劑成分分析結果顯示，在MDL=0.00055 mg/L下無法檢出，但由煙道排放檢測結果，卻分別有 0.0027 及 0.0038 mg/Nm³，從質量平衡的關點判斷，可能係水泥窯進料及主要燃料成分中亦含有汞(Hg)成分所導致，惟本計畫並未就廢溶劑以外之其他進料進行成分分析，建議後續可進一步就原料及燃料等各項水泥窯進料進行重金屬含量分析，俾能完整地瞭解使用廢溶劑作為輔助燃料，對水泥窯煙道排放廢氣中重金屬成分之影響。

參考文獻

1. 中華民國工業安全衛生協會，1987，有機溶劑作業管理員訓練教材，內政部勞工司。
2. 『工業污染防治技術手冊』-第34期，經濟部工業局工業污染防治技術服務團、財團法人中國技術服務社，1991。
3. 陳康興、樓基中，「事業廢棄物焚化系統處理可行性評估技術」，工業污染防治第四十二期，pp.129-154，高雄，1992。
4. 江康鈺、張木彬、王鯤生，「都市垃圾資源回收(焚化)廠戴奧辛檢測技術及設置規範之探討」，工業污染防治第五十一期，pp.151-180，台中，1994。
5. 魏銘彥等人，「焚化過程中不同大小微粒之金屬分布」，第十二屆空氣污染控制技術研討會論文輯，中華民國環境工程學會，pp.562-569，1995。
6. 簡慧貞、阮國棟，「重新評估戴奧辛健康危害及管制策略」，工業污染防治第五十四期，pp.42-56，台北，1995。
7. 李松宏、阮國棟，「焚化爐排氣中戴奧辛及口呋喃類化合物之控制」，工業污染防治第五十八期，pp.68-87，新竹，1996。
8. 孫世勤，「都市垃圾焚化廠廢氣中 PCDD/PCDF 之控制方式」，中興工程第四十三期，pp.19-35，台北，1996。
9. 翁文爐，廢溶劑資源化技術之探討，明新科技大學化工系，1997。
10. 章裕民，「焚化處理技術」，文京圖書公司，1998。
11. 經濟部工業局「工業廢棄物處理(含資料化)技術研討講習會」資料
<http://proj.moeaidb.gov.tw/廢棄物回收使用與水泥窯之關係>，2000。
12. 環保署，「事業廢棄物併同一般廢棄物焚化處理之研究」，EPA-89-U1H1-03-001，2001。

13. 行政院環境保護署，特定行業揮發性有機物污染檢測及污染物特性分析計畫，Nov.28, 2003。
14. 行政院環境保護署，醫療廢棄物焚化爐附近環境及居民健康風險評估計畫-以雲林縣元長鄉日友環保科技股份有限公司為例，EPA-93-H102-02-243，2004。
15. 行政院環境保護署，台灣地區環境風險地圖建置規劃計畫，EPA-93-02-113，2004。
16. 柳萬霞，銅二次熔煉業之戴奧辛最佳控制技術及其風險評估之研究，2004。
17. 顧洋、李婉惠，巴塞爾公約有害廢棄物處理技術準則與國內相關現況-有機溶劑製造和使用過程產生的有害廢棄物 <http://www.epa.gov.tw/H/waste/basel/Activity>
18. 環境敏感區位及特定目的區位查詢系統 <http://kitty.epa.gov.tw/epa90-1/sys/menu/sys/frame.cfm>
19. Chang, Y.M. et al., "Feeding Rate of Active Carbon to Control Dioxins Emitted from MSW Incinerators", Taiwan NSC final report, No: NSC-91-2622-E027-026-CC3, 2003.
20. Chang Y-M, Hung C.Y, Liu C.C, and Su K.T, "Recent Management Strategies for Municipal Solid Waste to Control Dioxin Emission and Recover Energy from Incineration in Taiwan," Proceeding of The AWMA 99th. Annual Conference, 75-76, New Orleans, Louisiana, USA, June, 20-23, 2006.
21. Constans, D. "Sources of PCDDs/PCDF in cement kiln emissions." A&WMA Conference, Nashville, TN, 1996.
22. David G., "A review of potential solutions to control Dioxin (PCDD/PCDF) emissions from cement kilns." A&WMA Hazardous Waste Combustors Specialty Conference, 2003.
23. Etsuro S., Satoru Y., Eiki K., Takashi N., "Formation behavior of PCDD/Fs in PVC pyrolysis with copper oxide." Chemosphere, Vol.50, pp. 1235-1242, 2003.

24. Gossman D., "Quality control review of mercury and PSDD/PCDF emissions data from cement kilns used for MACT evaluations." A&WMA Conference, TN., 1996.
25. Gossman, D. "Factors influencing emission levels of PCDD/PCDFs from cement kilns." A&WMA Conference, Kansas city, MO., 2001.
26. Kilgore, J. D., "Control of dioxin, furan and mercury emissions from municipal waste combustors", Journal of Hazardous Material, Vol.47, pp. 163-194,1996.
27. Ogawa, H., Orita. N., Horaguchi, M., and Suzuki, Takumi., Okada, M., Yasuda, S., "Dioxin Reduction by Sulfur Component Addition," Chemosphere, Vol 32, No1,pp.151-157,1996.
28. Oile, K., Vermeulen, P. L., and Hutzinger, O., "Chlorodibenzo-p-dioxins and chlorodibenzo-furans are trace components of fly ash and flue gas of some municipal incinerators in the Netherlands," Chemosphere, No.8, pp.455-459, 1977.
29. Sato, S. et al., "Solvent Effect on Thermal Degradation of Polystyrene," J. Appl. Polym. Sci., 40, 2065-2071, 1990.
30. Wikstrom. E., and Marklund. S., "The influence of level and chlorine source on the formation of mono-ro octa-chlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and coplanar polychlorinated biphenyls firing combustion of an artificial municipal waste." Chemosphere, Vol.43, pp. 227-234, 2001.