

製程設備元件實際檢測分析工作檢測成果報告暨工作成果報告合訂本

102
年 3 月 15 日

台灣中油股份有限公司
石化事業部

製程設備元件實際檢測分析工作
檢測成果報告暨工作成果報告合訂本

工作案號：UEB018Q003

工作地點：林園石化廠

中華民國 102 年 3 月 15 日

(第三次版)

製程設備元件實際檢測分析工作 檢測成果報告暨工作成果報告書

目 錄

	頁次
第一章 前言.....	1-1
1.1 計畫緣起.....	1-1
1.2 工作內容.....	1-1
1.3 工作組織.....	1-3
1.3.1 工作人員規定.....	1-3
1.3.2 人員組織說明.....	1-3
第二章 工作方法.....	2-1
2.1 圍封作業準備階段.....	2-1
2.1.1 前置作業.....	2-1
2.1.2 設備元件資料收集及統計分析.....	2-1
2.1.3 各類型設備元件圍封數量決定及選取規劃.....	2-8
2.1.4 設備元件相關資料收集.....	2-16
2.1.5 待測設備元件之篩選.....	2-16
2.2 圍封及樣品分析階段.....	2-19
2.2.1 圍封檢測方法規劃.....	2-19
2.2.2 樣品分析方法.....	2-26
2.3 排放係數試算階段.....	2-37
2.3.1 檢測數據彙整.....	2-37
2.3.2 排放係數建置方法規劃.....	2-42
2.3.3 檢測成果報告內容.....	2-43

第三章	工作成果	3-1
3.1	設備元件圍封檢測成果	3-1
3.1.1	各工場圍封數量及濃度區間統計	3-6
3.1.2	異常設備元件之統計分析	3-12
3.1.3	受測元件相關基本資料建置成果	3-12
3.2	品保/品管作業	3-17
3.3	圍封樣品分析成果.....	3-19
3.3.1	樣品分析項目.....	3-19
3.3.2	樣品實際分析結果.....	3-24
3.4	排放係數建置成果.....	3-26
3.4.1	丁二烯工場 VOC 排放係數(層次因子)估算結果	3-26
3.4.2	含苯類工場 VOC 排放係數建置結果.....	3-29
3.4.3	本計畫排放係數與環保署排放係數比較	3-30
3.4.4	以六種洩漏濃度區間建置之排放係數	3-35
3.4.5	排放量比較結果.....	3-37
3.5	設備元件致癌性有機物排放係數建置	3-42
3.5.1	丁二烯工場“丁二烯”排放係數建置	3-42
3.5.2	含苯類工場“苯”排放係數建置	3-43
3.5.3	致癌性有機物排放量計算	3-43
第四章	結論與建議	4-1
4.1	結論.....	4-1
4.2	建議.....	4-3
附件一	受測元件相關基本資料彙整表	
附件二	品保/品管規劃書	
附件三	揮發性有機物種洩漏率估算表	
附件四	現場檢測儀器校正暨標準氣體證明	
附錄	設備元件圍封檢測及分析結果報告	

表 目 錄

		頁次
表 2.1-1	丁二烯工場 101 年第三季設備元件檢測資料彙整表 ..	2-4
表 2.1-2	第一轉烷化工場 101 年第三季設備元件檢測資料彙整表	2-5
表 2.1-3	第六芳香烴工場 101 年第三季設備元件檢測資料彙整表	2-6
表 2.1.4	苯儲槽工場 101 年第三季設備元件檢測資料彙整表 ..	2-7
表 2.1-5	各工場及設備元件檢測數量分配結果	2-9
表 2.1-6	丁二烯工場各類設備元件圍封數量規劃	2-12
表 2.1-7	第一轉烷化工場各類設備元件圍封數量規劃	2-13
表 2.1-8	第六芳香烴工場各類設備元件圍封數量規劃	2-14
表 2.1-9	苯儲槽工場各類設備元件圍封數量規劃	2-15
表 2.1-10	各元件依工場別、元件類別及檢測值高低編碼示例	2-18
表 2.2-1	NIEA A715.14B 可分析揮發性有機物種	2-34
表 2.2-2	NIEA A722.74B 可分析揮發性有機物種	2-36
表 2.3-1	第一轉烷化、六芳及苯儲槽工場檢測數據彙整表	2-38
表 2.3-2	四輕丁二烯工場檢測數據彙整表	2-39
表 3.1-1	本計畫設備元件實際圍封數量統計表	3-6
表 3.1-2	丁二烯工場實測數量及比例	3-9
表 3.1-3	含苯類工場實測數量及比例	3-9
表 3.1-4	丁二烯工場受測元件濃度區間分布統計	3-10
表 3.1-5	含苯類工場合計受測元件濃度區間分布統計	3-10
表 3.1-6	第一轉烷化工場受測元件濃度區間分布統計	3-11
表 3.1-7	第六芳香烴工場受測元件濃度區間分布統計	3-11
表 3.1-8	苯儲槽工場受測元件濃度區間分布統計	3-11
表 3.1-9	無法施測設備元件之統計分析表	3-13
表 3.1-10	無法施測之設備元件清單	3-14

表 3.2-1	檢測數據品保目標.....	3-18
表 3.3-1	GC/FID 分析項目及分析極限表	3-20
表 3.3-2	GC/MS 分析項目及分析極限表	3-21
表 3.3-3	丁二烯工場設備元件主要 VOCs 物種之洩漏率統計	3-25
表 3.3-4	含苯類工場設備元件主要 VOCs 物種之洩漏率統計	3-25
表 3.4-1	丁二烯工場 VOCs 排放係數估算結果	3-28
表 3.4-2	含苯類工場 VOCs 排放係數估算結果	3-29
表 3.4-3	本計畫丁二烯工場設備元件排放係數與環保署係數比較 表.....	3-31
表 3.4-4	本計畫含苯類工場設備元件排放係數與環保署係數比較 表.....	3-32
表 3.4-5	丁二烯工場六種洩漏區間 VOCs 排放係數估算結果	3-36
表 3.4-6	含苯類工場六種洩漏區間 VOCs 排放係數估算結果	3-36
表 3.4-7	丁二烯工場全場設備元件 VOCs 排放量估算比較表	3-38
表 3.4-8	第一轉烷化工場全場設備元件 VOCs 排放量估算比較表	3-39
表 3.4-9	第六芳香煙工場全場設備元件 VOCs 排放量估算比較表	3-40
表 3.4-10	苯儲槽全場設備元件 VOCs 排放量估算比較表	3-41
表 3.5-1	丁二烯工場“丁二烯”排放係數估算結果	3-42
表 3.5-2	含苯類工場“苯”排放係數估算結果	3-43
表 3.5-3	丁二烯工場“丁二烯”洩漏量估算結果	3-44
表 3.5-4	第一轉烷化工場“苯”洩漏量估算結果	3-44
表 3.5-5	第六芳香煙工場“苯”洩漏量估算結果	3-45
表 3.5-6	苯儲槽“苯”洩漏量估算結果	3-45

圖 目 錄

	頁次
圖 1.3-1 工作人員組織.....	1-5
圖 2.1 本計畫工作流程規劃	2-2
圖 2.2-1 設備元件圍封法採樣方式	2-24
圖 3.1-1 圍封前置作業執行情形	3-2
圖 3.1-2 圍封作業執行情形(1).....	3-3
圖 3.1-3 圍封作業執行情形(2).....	3-4
圖 3.1-4 圍封作業執行情形(3).....	3-5
圖 3.1-1 各濃度區間受測元件數量比例	3-7
圖 3.1-2 各類型受測元件數量比例	3-7
圖 3.1-3 設備元件無法圍封之原因比例	3-13
圖 3.4-1 丁二烯工場設備元件排放係數與環保署係數比較圖	3-33
圖 3.4-2 含苯類工場設備元件排放係數與環保署係數比較圖	3-34

第一章 前言

1.1 計畫緣起

石化工業為我國重要基礎產業，對我國經濟成長有著不可磨滅的貢獻，不僅與民生工業息息相關，且與我國資訊電子產業、汽車工業、營建工程業以及農漁器材等各行業之關聯性極大，所能創造之附加價值非同小可。石化產業對台灣的製造業而言，亦深切影響各關聯產業競爭力，故石化工業在國家整體經濟發展過程中，仍為一個重要發展環節。

工業局於民國64年完成林園石化工業區之開發作業，而台灣中油股份有限公司亦於65年7月於該工業區成立林園石化廠，主要生產烯烴類及芳香烴類石化基本原料。

本計畫係台灣中油股份有限公司配合中油三輕更新擴產計畫環境影響評估審查承諾之「林園石化工業區鄰近區域居民健康風險評估計畫(先期研究)」成果報告出爐，基於執行該計畫遭受之重要限制條件，包括有害與致癌性空氣污染物排放量推估之誤差、多介質評估模式的不確定性等，以致該計畫所估算工業區鄰近區域居民增量致癌風險值，可能產生不確定性或有高估的可能性，為釐清報告內致癌物質推估排放量對健康風險之影響，本計畫將進行台灣中油股份有限公司設備元件之揮發性有機物質排放量實際檢測作業及數據分析。

1.2 工作內容

本計畫工作內容彙整如下：

- 一、於開工後5日內提送「林園石化廠致癌性物質製程設備元件實際檢測分析工作規畫書」(至少包括工作組織、施工進度及QA/QC規劃)至本廠審查通過後才能依據規劃書所列各項工作進度執行下列工作：

1. 本廠生產製程為四輕丁二烯、第一轉烷化、六芳及苯儲槽等四個工場，設備元件VOCs圍封採樣工作，檢測方法應依據環保署環境檢驗所公告之「設備元件揮發性有機物洩漏率－圍封採樣方法 (NIEA A736.70C)」，並於開工後50日曆天內完成元件圍封採樣工作，除逢不可抗拒之因素(如天災、地震、…等)不計入期程。
 2. 檢測之元件種類包括氣體閥、輕質液閥、法蘭、開口管線...等型式元件。
 3. 設備元件圍封檢測之篩選對象區分為4個洩漏濃度區間0~500、500~1,000、1,001~9,999、>10,000 ppmv(施工說明會議決議再細分為6個濃度區間，包括0~100 ppm、101~500 ppm、501~1,000 ppm、1,001~5,000 ppm、5,000~10,000 ppm及大於10,000 ppm)。
 4. 設備元件抽樣須考量具有代表性；樣品之抽樣採用簡單隨機抽樣、集束抽樣等兩步驟抽樣。
 5. 設備元件相關資料收集：

執行設備元件圍封檢測同時，需收集檢測元件之相關基本資料。項目包含：(1)檢測管線中流體化合物蒸氣壓；(2)設備元件使用年限；(3)管線流體輸送壓力；(4)設備元件種類；(5)檢測前之最近一次維修紀錄。
 6. 經篩選後需進行持續性圍封檢測之設備元件預估約750個，採實作實算計價。
 7. 上述採樣工作完成後立即進行樣品成分分析。
 8. 提送上述工作實際檢測結果報告。
 9. 提送上述工作成果報告。
- 二、設備元件實際檢測工作所採樣本皆須送至環檢所認證之實驗室分析。

- 三、出席相關主管機關環評追蹤及監督委員會議、健康風險專家會議或其他相關會議，並製作相關簡報及答覆相關之問題及彙整相關資料、報告等工作事項。

1.3 工作組織

1.3.1 工作人員規定

一、工地負責人1名

1. 工作執掌：現場施工安全及防範措施，與轄區及監造部門、會簽環境安全檢點項目、檢點確認施工安全檢點項目。
2. 取得甲種勞工安全衛生業務主管以上資格。

二、勞工安全衛生管理員至少1名，須要專責專任。

1. 工作執掌：每日駐工地執行安全衛生管理事項，實施作業環境測定及公告法令規定事項，檢點施工安全檢點項目。
2. 經政府檢定合格之勞工安全衛生管理人員。

三、其他規定

1. 於開工前檢具相關證照及所有現場工作人員及分析人員名冊，送監造部門審查存檔。
2. 工作人員，需接受本廠工安消防課安全衛生講習，經測驗合格後始可申請出入證進廠工作。

1.3.2 人員組織說明

現場工作編組設工地負責人一人，勞工安全衛生管理員一人，品管人員二名，下轄巡檢圍封小組、分析化驗小組及行政支援組等三組，各項工作編組人員如圖1.3-1所示，各組職掌工作項目概述如下：

一、巡檢圍封小組

負責工區設備元件洩漏巡檢及洩漏元件之包覆，包含設備元件揮發性有機物洩漏測定、設備元件揮發性有機物洩漏率圍封採樣及樣品運送等工作，並執行器材保養及備品維護管理等工作。

二、分析化驗小組

負責於實驗室進行樣品之成分分析作業。

三、行政組

負責場內非技術之一切行政管理及業務支援事宜如文書、總務、採購、財務、場內安全維護及公關等有關事項均屬之。

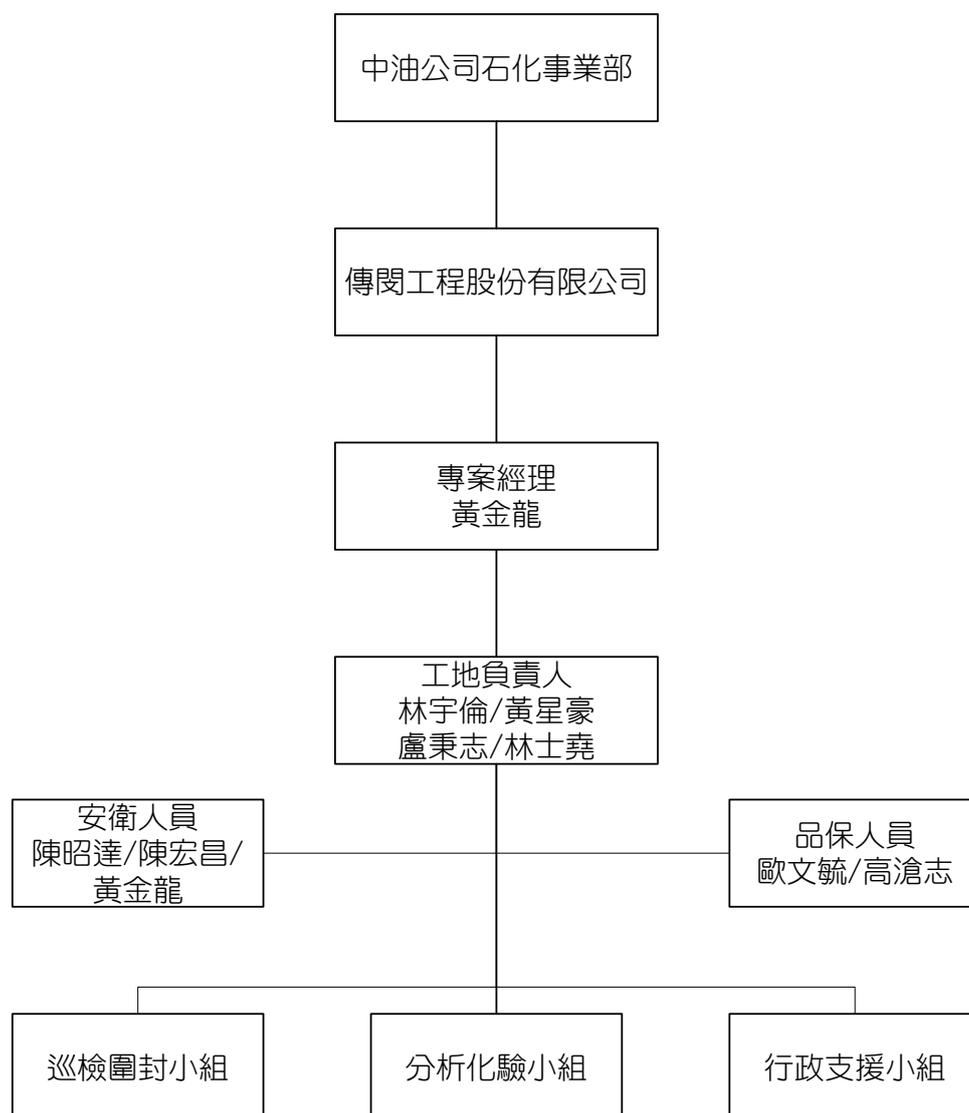


圖1.3-1 工作人員組織

第二章 工作方法

依據環保署於101年5月8日公告之「設備元件揮發性有機物洩漏率－圍封採樣方法(NIEA A736.70C)」，所訂定之設備元件圍封採樣、洩漏測定及分析方法中，包含採樣流程步驟及適用之總揮發性有機物濃度分析方法；因此，本計畫將遵循此檢測方式作為設備元件圍封採樣及分析之準則。圍封採樣之樣品，則依工作說明書將採用環保署公告之「空氣中揮發性有機化合物檢測方法－不銹鋼採樣筒/氣相層析質譜儀法(NIEA A715.14B)」及「排放管道中氣態有機化合物檢測方法－採樣袋採樣/氣相層析火焰離子化偵測法(NIEA A722.74B)」進行後續分析。而經實驗室分析得到之數據資料，本計畫則將以其為主，並以環保署公告係數為輔，建置四處工場之設備元件TVOC層次因子排放係數及主要逸散物種之濃度資料。

綜上，本計畫預定執行之工作項目包括：設備元件資料收集、資料統計、數量決定、圍封檢測作業、樣品分析作業、排放係數建置作業及成果彙整等，計畫執行流程如圖2.1所示，各項作業內容說明如后。

2.1 圍封作業準備階段

2.1.1 前置作業

本計畫前置作業階段包括整體計畫行政作業程序之安排(諸如入出廠規定、車輛通行、勞安規範及相關文書資料之申請)、檢測器材之購備(例如採樣袋、圍封包覆膜、鐵氟龍管、鐵氟龍膠袋等)、檢測計畫之規劃及工作內容之溝通協調等。

2.1.2 設備元件資料收集及統計分析

參考環保署「固定污染源揮發性有機物自廠係數(含控制效率)建置作業要點」(以下簡稱自廠係數建置辦法)附錄五之

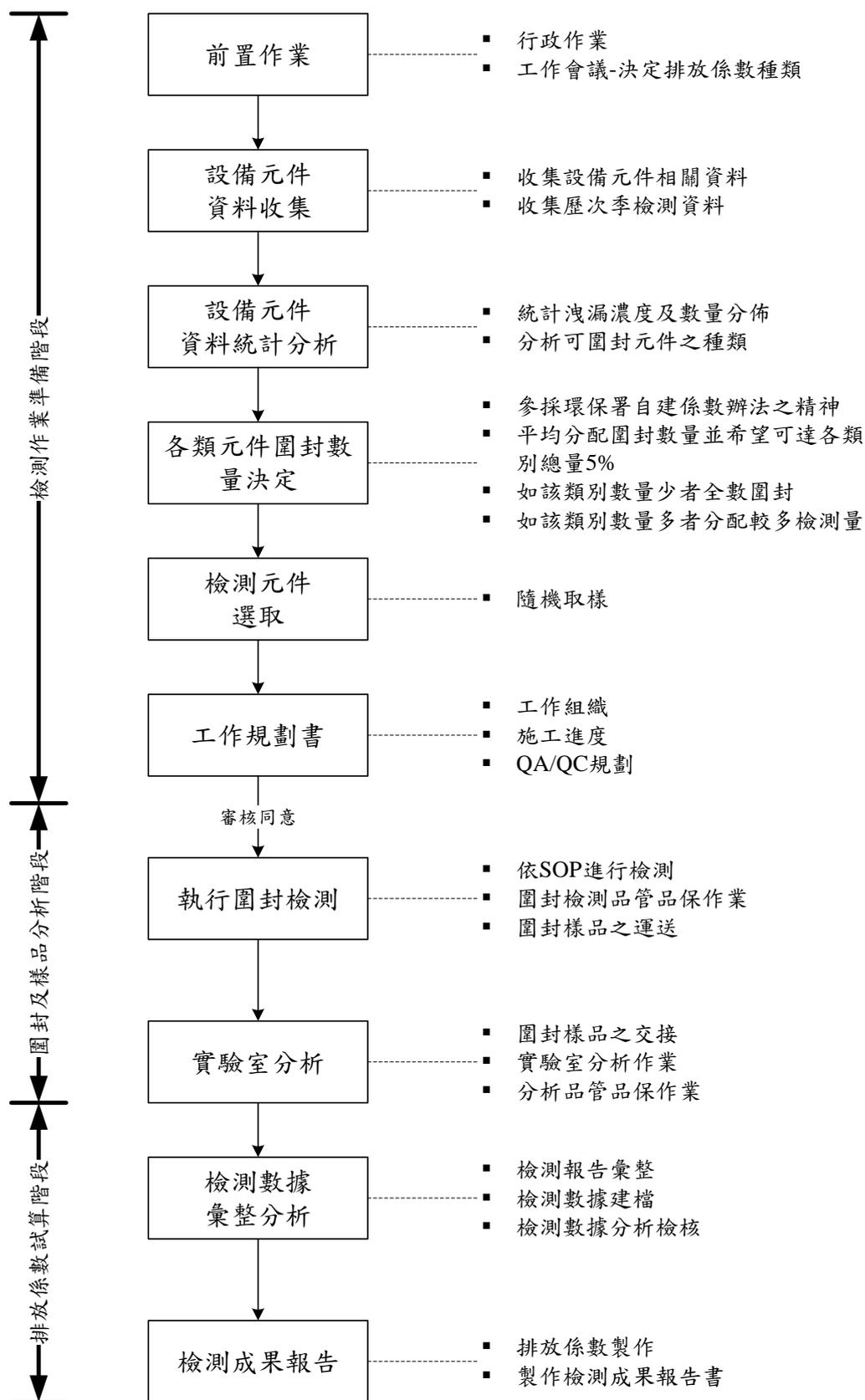


圖2.1 本計畫工作流程規劃

規定：「...建置設備元件排放係數時之檢測組數及排放量計算方式，應依最近一季之元件洩漏檢測結果，決定欲建立排放係數之設備元件型式，並統計該型式設備元件分布在各洩漏濃度(C)($100\text{ppm} < C \leq 1,000\text{ppm}$ 、 $1,000\text{ppm} < C < 10,000\text{ppm}$ 、 $C \geq 10,000\text{ppm}$)之總個數。取該型式設備元件在各濃度區間總個數之百分之五(不得低於四點次)，...」。由於本計畫之目的並非建置空氣污染防治費收費辦法用之排放係數，因此，作業內容將僅參酌該辦法之精神進行規劃。

由自廠係數建置辦法之規定可知，欲建立排放係數必須先取得最新一季之設備元件洩漏檢測結果資料。而工作團隊已取得丁二烯、第一轉烷化、六芳及苯儲槽之101年第3季設備元件洩漏檢測結果資料，並彙整如表2.1-1~4所示。分析表2.1-1~4之內容，可發現丁二烯、第一轉烷化、六芳及苯儲槽等四個工場之設備元件種類共有13種，包括(1)氣體閥、(2)輕質液閥、(3)輕質液泵浦軸封、(4)氣體壓縮機軸封、(5)氣體釋壓閥、(6)氣體法蘭、(7)輕質液法蘭、(8)氣體開口閥、(9)輕質液開口閥、(10)氣體管牙、(11)輕質液管牙、(12)其他氣體連接頭及(13)其他輕質液連接頭等。而設備元件洩漏率多集中於0 ppm ~ 500 ppm之間，洩漏濃度大於500 ppm之設備元件數量約佔總量之 1.5 %，顯見設備元件之洩漏濃度多集中於低濃度。

表2.1-1 丁二烯工場101年第三季設備元件檢測資料彙整表

設備元件	流體種類	淨檢測濃度(ppm)及元件數量統計								元件總數
		5 以下	5 ~ 100	101~ 500	501~ 1000	1,001~ 2000	2001~ 5000	5001~ 10000	≥10,000	
閥	氣體	154	69	0	1	2	2	3	2	233
	輕質液	1,582	745	18	3	12	1	0	0	2,361
泵浦軸封	輕質液	12	18	2	1	1	1	0	3	38
壓縮機軸封	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	0
釋壓閥	氣體	6	0	0	0	0	0	0	0	6
法蘭	氣體	117	32	0	0	1	0	0	1	151
	輕質液	1,225	567	13	5	10	3	0	1	1,824
開口閥	氣體	43	21	1	0	0	0	0	0	65
	輕質液	537	234	4	2	1	2	0	1	781
其他連接頭	氣體	14	1	0	0	0	0	0	2	17
	輕質液	200	72	0	0	5	3	1	3	284
其他(其他連接頭以外)	氣體	10	1	0	0	0	0	0	0	11
	輕質液	55	33	1	0	0	0	0	1	90

註：不含汽油氫化製程之設備元件數量。

資料來源：工作團隊彙整自「台灣中油林園石化廠101年第三季VOC設備元件檢測記錄表」。

表2.1-2 第一轉烷化工場101年第三季設備元件檢測資料彙整表

設備元件	流體種類	淨檢測濃度(ppm)及元件數量統計								元件總數
		5 以下	5 ~ 100	101~ 500	501~ 1000	1,001~ 2000	2001~ 5000	5001~ 10000	≥10,000	
閥	氣體	191	147	8	2	1	0	0	0	349
	輕質液	202	578	48	8	11	4	1	3	855
泵浦軸封	輕質液	3	10	3	1	0	1	0	0	18
壓縮機軸封	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	0
釋壓閥	氣體	1	3	0	0	0	0	0	0	4
法蘭	氣體	134	128	4	1	1	1	0	4	273
	輕質液	155	494	44	4	10	3	3	5	718
開口閥	氣體	76	59	2	1	0	2	1	0	141
	輕質液	44	144	9	3	3	0	4	1	208
其他連接頭	氣體	71	53	3	0	2	0	0	1	130
	輕質液	53	102	5	0	1	1	0	2	164
其他(其他連接頭以外)	氣體	5	7	0	0	1	0	0	0	13
	輕質液	7	7	1	0	2	0	0	0	17

資料來源：工作團隊彙整自「台灣中油林園石化廠101年第三季VOC設備元件檢測記錄表」。

表2.1-3 第六芳香烴工場101年第三季設備元件檢測資料彙整表

設備元件	流體種類	淨檢測濃度(ppm)及元件數量統計								元件總數
		5 以下	5 ~ 100	101~ 500	501~ 1000	1,001~ 2000	2001~ 5000	5001~ 10000	≥10,000	
閥	氣體	30	29	1	0	0	0	0	0	60
	輕質液	734	713	37	1	3	1	0	2	1,491
泵浦軸封	輕質液	9	11	0	0	0	0	0	1	21
壓縮機軸封	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	0
釋壓閥	氣體	3	2	0	0	0	0	0	0	5
法蘭	氣體	27	36	1	0	0	0	0	0	64
	輕質液	954	731	26	3	10	7	2	3	1,736
開口閥	氣體	10	11	2	0	0	0	0	0	23
	輕質液	400	294	12	1	1	5	1	3	717
其他連接頭	氣體	0	6	0	0	0	0	0	0	6
	輕質液	78	83	1	0	2	0	0	0	164
其他(其他連接頭以外)	氣體	2	1	0	0	0	0	0	0	3
	輕質液	10	19	2	0	0	2	0	0	33

資料來源：工作團隊彙整自「台灣中油林園石化廠101年第三季VOC設備元件檢測記錄表」。

表2.1.4 苯儲槽工場101年第三季設備元件檢測資料彙整表

設備元件	流體種類	淨檢測濃度(ppm)及元件數量統計								元件總數
		5 以下	5 ~ 100	101~ 500	501~ 1000	1,001~ 2000	2001~ 5000	5001~ 10000	≥10,000	
閥	氣體	12	6	1	2	0	0	0	0	21
	輕質液	530	640	62	5	4	0	0	1	1,242
泵浦軸封	輕質液	8	8	2	0	2	1	0	0	21
壓縮機軸封	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	0
釋壓閥	氣體	5	4	0	0	0	0	0	0	9
法蘭	氣體	11	7	2	0	0	0	0	0	20
	輕質液	657	908	69	16	21	6	3	2	1,682
開口閥	氣體	1	2	0	0	0	0	0	0	3
	輕質液	199	207	28	1	3	5	1	1	445
其他連接頭	氣體	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	輕質液	52	71	5	0	0	0	0	0	128
其他(其他連接頭以外)	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	輕質液	0	1	0	0	0	0	0	0	1

資料來源：工作團隊彙整自「台灣中油林園石化廠101年第三季VOC設備元件檢測記錄表」。

2.1.3 各類型設備元件圍封數量決定及選取規劃

根據本計畫標單規定，須進行450個設備元件之GC/FID定性定量分析及300個GC/MS定性定量分析。其中，GC/FID定性定量分析係應用於第一轉烷化、六芳及苯儲槽等三個工場採樣後之分析；而GC/MS則是應用於四輕丁二烯工場採樣後之分析。彙整前述內容可知，本計畫將於丁二烯工場(不含汽油氫化製程)進行300個設備元件之圍封檢測及分析作業，惟經施工說明會議後，決議由本項數量視需要撥出部分檢測數供其他工場圍封分析使用(暫估約20個)；另於第一轉烷化、六芳及苯儲槽等三個工場進行450個設備元件之圍封檢測及分析作業。本計畫經以工場特性、元件分佈比例及代表性等進行檢測數量分配結果如表2.1-5所示(實際圍封數量將依現場狀況進行調整)，詳細說明如下：

一、各工場圍封數量分配規劃

由於圍封後之樣品須以GC/MS分析者僅丁二烯工場，因此並無分配之需要；而以GC/FID進行樣品分析者，有三個工場，考量須將圍封數量適當進行分配，因此將以各工場實際設備元件數量之比例進行圍封數量之分配，經分配後，本計畫預計將分別於第一轉烷化、六芳及苯儲槽等三工場進行121個、180個及149個(實際圍封數量將依現場狀況進行調整)設備元件之圍封採樣。

二、丁二烯工場各類設備元件圍封數量規劃

丁二烯工場設備元件種類共分為11類，包括(1)氣體閥、(2)輕質液閥、(3)輕質液泵浦軸封、(4)氣體壓縮機軸封、(5)氣體釋壓閥、(6)氣體法蘭、(7)輕質液法蘭、(8)氣體開口閥、(9)輕質液開口閥、(10)氣體連接頭及(11)輕質液連接頭等。由於各類型元件數量不等，且以閥及法蘭為佔多數，且部分元件具種類數量稀少(如釋壓閥僅10個)

及安全原因無法圍封(泵浦及壓縮機)等因素，因此如欲平均分配檢測數量於各類元件，將有其困難性。

本計畫將參考自廠係數建置辦法之選點精神，以各類元件101年第3季檢測資料並依施工說明會議決議之6個濃度區間(0~100 ppm、101~500 ppm、501~1,000 ppm、1,001~5,000 ppm、5,000~10,000 ppm、大於10,000 ppm)範圍數量5%，以及至少4個為目標，並以數量少者全選施做，數量多者依比例選取的原則，進行檢測數量之分配；分配優先順序之步驟如下：

表2.1-5 各工場及設備元件檢測數量分配結果

工場	101年第3季 元件總量	元件數量 比例(%)	分配數量 (個)	
丁二烯	5,861	100	300	
第一轉烷化	2,892	27	121	450
第六芳香烴	4,326	40	180	
苯儲槽	3,578	33	149	

註1：丁二烯工場元件總量不包括汽油氫化工場。

註2：各工場分配之檢測數量可依現況需要進行調整。

1. 將本工場執行數量300個平均分配予可執行圍封之元件(扣除泵浦及壓縮機)後，丁二烯工場每類元件檢測平均數量為33個。
2. 檢視各類元件數量，若該元件種類總數量小於或等於33個時，全數進行圍封。
3. 若該元件種類總數量之5%小於或等於33個時，分配該元件種類檢測數量為33個。
4. 將執行數量300個扣除符合步驟2.及3.之元件種類數量後得到一剩餘數，將剩餘數依尚未分配檢測數量之元件種類依元件數量比例進行分配。分配完各類元件應測數量後，接下來分配各類元件濃度區間數量。
5. 檢視每類元件各濃度區間數量，若有濃度區間元件數量小於或等於4個時，取全部作檢測；若數量為0時，則不進行分配。
6. 每類元件中若有濃度區間元件數量之5%小於或等於4個時，原則上取4個。
7. 每類元件中依步驟1~4所得之數量扣除步驟5.及6.之數量後得到一保留數，將保留數依尚未分配檢測數量之濃度區間元件數量依比例分配，但該區間分配之個數須等於大於4個。經上述分配後，如該類元件須檢測數量大於步驟4.所需數量時，將由丁二烯工場撥出的圍封檢測數量補足。
8. 丁二烯工場依前述步驟規劃所得之檢測數量分配結果，彙整如表2.1-6所示。

三、第一轉烷化工場各類設備元件圍封數量規劃

第一轉烷化工場設備元件種類共分為12類，包括(1)氣體閥、(2)輕質液閥、(3)輕質液泵浦軸封、(4)氣體釋壓閥、(5)氣體法蘭、(6)輕質液法蘭、(7)氣體開口閥、(8)輕質液開口閥、(9)氣體連接頭及(10)輕質液連接頭等。

本工場執行數量為121個，平均分配予可執行圍封之元件(扣除泵浦)後，第一轉烷化工場每類元件檢測平均數量為13個。本工場檢測數量分配步驟同前述丁二烯工場，經分配後因所須數量增為133個，因此將由第一轉烷化工場之預留檢測數提撥，第一轉烷化工場經分配後之結果如表2.1-7所示。

四、第六芳香烴工場各類設備元件圍封數量規劃

第六芳香烴工場設備元件種類共分為10類，包括(1)氣體閥、(2)輕質液閥、(3)輕質液泵浦軸封、(4)氣體釋壓閥、(5)氣體法蘭、(6)輕質液法蘭、(7)氣體開口閥、(8)輕質液開口閥、(9)氣體連接頭及(10)輕質液管牙等。

本工場執行數量為180個，平均分配予可執行圍封之元件(扣除壓縮機)後，第一轉烷化工場每類元件檢測平均數量為20個。本工場檢測數量分配步驟同前述丁二烯工場，經分配後之結果如表2.1-8所示。

五、苯儲槽工場各類設備元件圍封數量規劃

苯儲槽工場設備元件種類共分為10類，包括(1)氣體閥、(2)輕質液閥、(3)輕質液泵浦軸封、(4)氣體釋壓閥、(5)氣體法蘭、(6)輕質液法蘭、(7)氣體開口閥、(8)輕質液開口閥、(9)氣體連接頭及(10)輕質液連接頭等。

本工場執行數量為149個，平均分配予可執行圍封之元件(扣除泵浦軸封)後，第一轉烷化工場每類元件檢測平均數量為17個。本工場檢測數量分配步驟同前述丁二烯工場，經分配後之結果如表2.1-9所示。

表2.1-6 丁二烯工場各類設備元件圍封數量規劃

元件種類	流體種類	最近一季檢測結果(個)								圍封數量分配	各濃度區間規劃檢測數					
		(1) 0~100 ppm	(2) 101 ~500 ppm	(3) 501 ~1000 ppm	(4) 1001 ~5000 ppm	(5) 5001 ~10000 ppm	(6) >10,000 ppm	合計	5% 數量 合計		(1) 0~100 ppm	(2) 101~500 ppm	(3) 501 ~1000 ppm	(4) 1001 ~5000 ppm	(5) 5001 ~10000 ppm	(6) >10,000 ppm
閥	氣體	223	0	1	4	3	2	233	12	31	21	0	1	4	3	2
	輕質液	2327	18	3	13	0	0	2,361	118	44	33	4	3	4	0	0
泵浦軸封	輕質液	30	2	1	2	0	3	38	2	-	-	-	-	-	-	-
壓縮機軸封	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
釋壓閥	氣體	6	0	0	0	0	0	6	0	6	6	0	0	0	0	0
法蘭	氣體	149	0	0	1	0	1	151	8	31	29	0	0	1	0	1
	輕質液	1792	13	5	13	0	1	1,824	91	42	29	4	4	4	0	1
開口閥	氣體	64	1	0	0	0	0	65	3	31	30	1	0	0	0	0
	輕質液	771	4	2	3	0	1	781	39	36	26	4	2	3	0	1
其他連接頭	氣體	26	0	0	0	0	2	28	1	28	26	0	0	0	0	2
	輕質液	360	1	0	8	1	4	374	19	31	21	1	0	4	1	4
其他*註 (其他連接頭以外)	氣體	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	輕質液	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
合計		5,748	39	12	44	4	14	5,861	293	280	221	14	10	20	4	11

註1："泵浦軸封"及"壓縮機軸封"尚無適當方法可圍封，因此不執行。

註2："其他連接頭以外"項目之數值併入"其他連接頭"計算。

註3：不含汽油氫化製程之設備元件數量。

表2.1-7 第一轉烷化工場各類設備元件圍封數量規劃

元件種類	流體種類	最近一季檢測結果(個)								圍封數量分配	各濃度區間規劃檢測數					
		(1) 0 ~100 ppm	(2) 101 ~ 500 ppm	(3) 501 ~ 1000 ppm	(4) 1001 ~ 5000 ppm	(5) 5001 ~ 10000 ppm	(6) > 10,000 ppm	合計	5% 數量 合計		(1) 0 ~ 100 ppm	(2) 101 ~ 500 ppm	(3) 501 ~ 1000 ppm	(4) 1001 ~ 5000 ppm	(5) 5001 ~ 10000 ppm	(6) > 10,000 ppm
閥	氣體	338	8	2	1	0	0	349	17	16	9	4	2	1	0	0
	輕質液	780	48	8	15	1	3	855	43	20	4	4	4	4	1	3
泵浦軸封	輕質液	12	3	1	1	0	0	17	1	-	-	-	-	-	-	-
壓縮機軸封	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
釋壓閥	氣體	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
法蘭	氣體	262	4	1	2	0	4	273	14	15	4	4	1	2	0	4
	輕質液	649	44	4	13	3	5	718	36	23	4	4	4	4	3	4
開口閥	氣體	135	2	1	2	1	0	141	7	13	7	2	1	2	1	0
	輕質液	188	9	3	3	4	1	208	10	19	4	4	3	3	4	1
其他連接頭	氣體	137	4	0	3	0	1	145	7	13	5	4	0	3	0	1
	輕質液	173	6	0	4	0	2	185	9	13	3	4	0	4	0	2
其他*註 (其他連接頭以外)	氣體	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	輕質液	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
合計		2,675	128	20	44	9	16	2,892	145	133	41	30	15	23	9	15

註1："泵浦軸封"及"壓縮機軸封"尚無適當方法可圍封，因此不執行。

註2："其他連接頭以外"項目之數值併入"其他連接頭"計算。

註3：由丁二烯工場撥補 12 個圍封檢測數量。

表2.1-8 第六芳香烴工場各類設備元件圍封數量規劃

元件種類	流體種類	最近一季檢測結果(個)								圍封數量分配	各濃度區間規劃檢測數					
		(1) 0 ~ 100 ppm	(2) 101 ~ 500 ppm	(3) 501 ~ 1000 ppm	(4) 1001 ~ 5000 ppm	(5) 5001 ~ 10000 ppm	(6) > 10,000 ppm	合計	5% 數量 合計		(1) 0 ~ 100 ppm	(2) 101 ~ 500 ppm	(3) 501 ~ 1000 ppm	(4) 1001 ~ 5000 ppm	(5) 5001 ~ 10000 ppm	(6) > 10,000 ppm
閥	氣體	59	1	0	0	0	0	60	3	20	19	1	0	0	0	0
	輕質液	1,447	37	1	4	0	2	1,491	75	31	20	4	1	4	0	2
泵浦軸封	輕質液	20	0	0	0	0	1	21	1	-	-	-	-	-	-	-
壓縮機軸封	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
釋壓閥	氣體	2	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0
法蘭	氣體	63	1	0	0	0	0	64	3	20	19	1	0	0	0	0
	輕質液	1,685	26	3	17	2	3	1,736	87	33	17	4	3	4	2	3
開口閥	氣體	21	2	0	0	0	0	23	1	20	18	2	0	0	0	0
	輕質液	694	12	1	6	1	3	717	36	25	12	4	1	4	1	3
其他連接頭	氣體	9	0	0	0	0	0	9	0	9	9	0	0	0	0	0
	輕質液	196	3	0	4	0	0	203	10	20	13	3	0	4	0	0
其他*註 (其他連接頭以外)	氣體	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	輕質液	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
合計		4,196	82	5	31	3	9	4,326	216	180	129	19	5	16	3	8

註1："泵浦軸封"及"壓縮機軸封"尚無適當方法可圍封，因此不執行。

註2："其他連接頭以外"項目之數值併入"其他連接頭"計算。

表2.1-9 苯儲槽工場各類設備元件圍封數量規劃

元件種類	流體種類	最近一季檢測結果(個)								圍封數量分配	各濃度區間規劃檢測數					
		(1) 0 ~ 100 ppm	(2) 101 ~ 500 ppm	(3) 501 ~ 1000 ppm	(4) 1001 ~ 5000 ppm	(5) 5001 ~ 10000 ppm	(6) > 10,000 ppm	合計	5% 數量 合計		(1) 0 ~ 100 ppm	(2) 101 ~ 500 ppm	(3) 501 ~ 1000 ppm	(4) 1001 ~ 5000 ppm	(5) 5001 ~ 10000 ppm	(6) > 10,000 ppm
閥	氣體	18	1	2	0	0	0	21	1	17	14	1	2	0	0	0
	輕質液	1,170	62	5	4	0	1	1,242	62	33	20	4	4	4	0	1
泵浦軸封	輕質液	16	2	0	3	0	0	21	1	-	-	-	-	-	-	-
壓縮機軸封	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-
釋壓閥	氣體	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
法蘭	氣體	18	2	0	0	0	0	20	1	17	15	2	0	0	0	0
	輕質液	1,565	69	16	27	3	2	1,682	84	38	21	4	4	4	3	2
開口閥	氣體	3	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0	0	0	0
	輕質液	406	28	1	8	1	1	445	22	22	11	4	1	4	1	1
其他連接頭	氣體	2	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0
	輕質液	137	5	0	0	0	0	142	7	17	13	4	0	0	0	0
其他*註 (其他連接頭以外)	氣體	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	輕質液	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
合計		3,335	169	24	42	4	4	3,578	179	149	99	19	11	12	4	4

註1："泵浦軸封"及"壓縮機軸封"尚無適當方法可圍封，因此不執行。

註2："其他連接頭以外"項目之數值併入"其他連接頭"計算。

2.1.4 設備元件相關資料收集

依據本計畫工作說明書要求，於執行設備元件圍封檢測同時，需收集檢測元件之相關基本資料。項目包含如下五項：

- 一、檢測管線中流體化合物蒸氣壓。
- 二、設備元件使用年限。
- 三、管線流體輸送壓力。
- 四、設備元件種類。
- 五、檢測前之最近一次維修紀錄。

由於待測元件之流體、蒸氣壓、使用年限.....等基本資料皆須由中油公司取得，因此，本計畫工作團隊於執行設備元件圍封檢測前，將待測元件進行列表，並委請中油公司相關工場或有關部門提供前述基本資料，俾利進行資料之彙整。

2.1.5 待測設備元件之篩選

依據本計畫工作說明書規劃，設備元件抽樣須考量具有代表性；因此，本計畫的樣品之抽樣採用簡單隨機抽樣。

第2.1.3節中已依工場別、設備元件種類及能否圍封進行選取規劃，並已將各工場及各類元件所需圍封檢測之數量進行分配，本節則就待測元件如何選出進行說明：

- 一、將元件依工場別進行歸類，(1)丁二烯工場給予代碼A、(2)第一轉烷化工場給予代碼B、(3)第六芳香烴工場給予代碼C及(4)苯儲槽工場給予代碼D。
- 二、將各工場所有元件依元件類別進行歸類，並給予代碼，(1)氣體閥-GV、(2)輕質液閥-LV、(3)氣體釋壓閥-GR、(4)氣體法蘭-GF、(5)輕質液法蘭-LF、(6)氣體開口閥-GO、

(7)輕質液開口閥-LO、(8)氣體連接頭-GN及(9)輕質液連接頭-LN。

- 三、建立EXCEL檔案，將各元件依工場別、元件類別及檢測值低至高檔依前述步驟編號，編碼規則為工場別+元件類別+5碼流水號，例如A-GV-00001；將RAND()函數帶入(取小數5碼)後，依RAND()值由小到大重新排列，給予隨機選取後順序，編碼格式示例如表2.1-10。
- 四、將各工場應編碼之所有元件依步驟三進行編號，並依工場別及元件類別以隨機方式重新排列順序，將完成隨機排列之元件編號依工場別及元件類別作表，並將全部表格依工場別彙整成待選資料冊。
- 五、檢測時依2.1.3節決定之各工場各類元件分配之待測數量，由待選資料冊中依序進行挑選，如遇不可檢測之元件時，則需說明不能檢測之原因，並跳過該元件編號作下一序號元件之檢測，而不能檢測之原因於事後則需向中油公司說明。
- 六、丁二烯工場混有汽油氫化製程，因此，如待測元件屬汽油氫化製程之設備元件時，應跳過該元件編號作下一序號元件之檢測。
- 七、如遇該類元件實際可檢測數量低於規劃值時，則將該類元件多出之應檢測數量併入指定之元件種類或數量最多之元件種類中。
- 八、依施工說明會議記錄，若中油公司執行洩漏檢測時現場發現高濃度洩漏元件，則應先請通知本計畫工作團隊進行圍封檢測再維修。
- 九、依施工說明會議記錄，GC/MS檢測點數將提撥部分點次採樣分析第一轉烷化、六芳及苯槽，以佐證苯相關製程無丁二烯成分。

表2.1-10 各元件依工場別、元件類別及檢測值高低編碼示例

代碼	設備元件代號	最近一次檢測日期	檢測值	隨機選取後順序	RAND()
A-GV-00228	Z30-50-02110-11-V-G	101/08/22	2	1	0.00172
A-GV-00576	Z30-50-07930-18-V-G	101/08/27	34	2	0.00335
A-GV-00316	Z30-40-02500-01-V-G	101/08/13	4	3	0.01183
A-GV-00118	Z30-40-02800-07-V-G	101/08/13	2	4	0.01366
A-GV-00414	Z30-40-01620-07-V-G	101/08/13	6	5	0.01431
A-GV-00223	Z30-50-00220-06-V-G	101/08/17	2	6	0.01672
A-GV-00103	Z30-50-07920-07-V-G	101/08/27	2	7	0.01987
A-GV-00151	Z30-40-02490-07-V-G	101/08/13	2	8	0.02066
A-GV-00600	Z30-40-02550-02-V-G	101/08/13	75	9	0.02573
A-GV-00366	Z30-40-01700-04-V-G	101/08/13	4	10	0.02738
A-GV-00489	Z30-40-02200-02-V-G	101/08/13	10	11	0.02772
A-GV-00023	Z30-40-01920-04-V-G	101/08/13	0	12	0.02779
A-GV-00511	Z30-50-07790-06-V-G	101/08/27	14	13	0.02842

2.2 圍封及樣品分析階段

2.2.1 圍封檢測方法規劃

一、圍封採樣作業流程

本計畫設備元件圍封採樣作業流程說明如下：

1. 依規劃之受測對象執行圍封採樣作業。
2. 找尋選定之受測對象。
3. 現場檢測人員進行受測對象VOCs逸散檢測並記錄。
4. 依本計畫規劃設備元件圍封採樣及分析標準作業執行，並詳實記錄各項表單。

二、圍封採樣方法

公告設備元件圍封採樣方法(NIEA A736.70C)是以「揮發性有機物洩漏測定方法－火焰離子化偵測法」(NIEA A706.73C)進行洩漏測試，再將洩漏元件以圍封袋(惰性材質)密閉包覆後，通入固定流量空氣於圍封袋內。待袋內VOCs濃度達穩定後再以採氣袋(或採氣鋼瓶)採集樣品。所採樣品依規劃檢測項目以NIEA A715.14B或NIEA A722.74B分析後得到個別污染物種之洩漏率。

1. 適用範圍

適用於設備元件之VOCs洩漏率的測定，包括閥、法蘭、泵浦、壓縮機、釋壓裝置、取樣連接系統、製程排洩口、開口閥、泵浦及壓縮機軸封系統之抽氣排氣口、緩衝排氣口、攪拌器軸封、通路門軸封或與製程設備銜接之其他連接管件(線)及管牙等洩漏源。

2. 干擾

- (1) 採集VOCs樣品濃度超過200 ppm之採樣袋，若重複使用可能因殘留影響檢測結果。(採樣袋以60至80°C下加熱30 min，可提高清洗效率)

- (2) 採樣時圍封袋內氣體壓力若未略高於現場大氣壓力時，樣品可能因環境空氣之滲入造成檢測誤差。
- (3) 採樣時元件上沾附液體應先清除，否則造成檢測誤差。
- (4) 攜帶型有機氣體分析儀之熱機程度會影響偵測結果。
- (5) 測槍槍頭清潔不實，會造成測試正偏差。

三、設備、耗材

1. 攜帶式揮發性有機氣體分析儀：具火焰離子化偵測器，儀器可每秒顯示讀值，最小計量刻度應能讀到1 ppm，且須確認儀器的感度符合儀器原廠建議值內，儀器反應時間須小於或等於30秒，校正精密度須介於10 %範圍內，儀器反應時間及校正精密度之測試程序參考NIEA A706.73C方法。
2. 圍封袋：為不具吸附碳氫化合物之貼膜或聚酯薄膜，材質為Mylar、Tedlar、Teflon、Aluminum foil、Aluminized Mylar或其他同級品，厚度介於1.5(或更薄)~15 mm。
3. 採樣袋：容積為5 L或更大體積之Tedlar或同等級採樣袋，用於採集樣品。
4. 不銹鋼採樣筒(採氣鋼瓶)：其內壁經塗砂去活化處理，或相同等級處理者，容積有1、6或15 L或其他容積等規格。
5. 抽氣泵：為無洩漏型內襯鐵氟龍材質之真空泵、隔膜型泵或具相同功能者，抽氣流率至少為1 L/min。
6. 超黏性膠帶。
7. 浮子流量計：經校正且具可控制空氣流率，流率須小於60 L/min。
8. 熱電偶式溫度計：最小刻度0.1°C以下。

9. 數字型壓力計：最小刻度0.1 mmHg以下。

10. 鐵氟龍管：內徑1/4”。

四、試劑

1. VOCs標準氣體：濃度經確認且可追溯至國家標準或國際標準者。

2. 零值空氣鋼瓶：以二階段調壓，內含總碳氫化合物濃度小於1 ppm之高純度空氣。

3. 總揮發性有機物(THC)標準氣體：濃度或稀釋後濃度相當於1,000 ppm甲烷濃度的THC標準氣體，濃度經確認且可追溯至國家標準或國際標準者。

五、安全注意事項

1. 個人防護裝備

(1) 安全帽

(2) 防護口罩

(3) 耳塞

(4) 安全鞋

(5) 反光背心

2. 受測地點若為石化製程，其部份原料可能有毒性、致癌性、惡臭、厭惡性氣味，對人體健康有害，應確實做好必備之防護措施並小心操作。

3. 在任何因可燃性氣體而被歸納為有害區域之地點，禁止連接或拆接任何電子設備(如充電器、資料傳輸線接頭或個人電腦等)。

4. 儀器須具防爆。

六、採樣前準備工作

1. 資料蒐集

針對採樣工作進行前訂有周詳之規則，對分析所得數據之研判有莫大助益，採樣前工作規劃與準備包括：

- (1) 瞭解計畫目的
- (2) 現場資料蒐集
- (3) 現場初勘，正常狀況下不進行初勘，對有初勘需要者，由單位派人進行下列工作：
 - ① 聯絡承辦人員，共同會勘現地確定採樣位置，並對附近環境作一描述。
 - ② 採樣地點周圍環境對人員、設備安全之影響。
 - ③ 風雨遮蔽情形。
 - ④ 採樣日期、時間、頻率之決定。以上工作成果，採樣人員將整理為初勘記錄。

2. 儀器清點

由採樣人員會同儀器設備管理員逐項核對攜出之採樣儀器及設備時，應確實填寫採樣設備攜出攜入記錄，並簽名負責。

七、採樣與保存

1. 現場元件洩漏測定

- (1) 背景濃度監測：在欲檢測之設備元件上風位置1~2公尺處，隨機所量得之揮發性有機物儀器讀值，若該量測位置有遭受其他鄰近設備元件干擾時，其距離不得少於25公分；基本上以區塊為背景濃度量測單位，但如果在檢測過程中發現濃度明顯有變化時，則應立即重測背景濃度。
- (2) 採樣管口放在距可能發生洩漏元件交界面1公分以內，沿著交界面周圍移動採樣管，此時可得到儀器即時讀出值；若採樣管口無法於洩漏元件交界面1公分以內檢測時，應於最接近洩漏元件交界面處檢測。

- (3) 將採樣管口以垂直於交界面之方式，採樣管移動速度 $< 2.54 \text{ cm/s}$ 。讀值增加，就在洩漏發生的交界面慢慢地採樣，直到找出測值最大處讀取。
- (4) 將採樣槍上LOG鍵按下，儀器會讀取10秒內(儀器反應時間約為4秒，停留2倍儀器反應時間以10秒計)最大值並顯示，記錄讀值後將採樣管自測得最大讀值的地方移出。

2. 設備元件圍封方式

圍封袋材質的選擇與元件設備環境溫度有關，以 200°C 作為區分，選擇合適耐溫材質。各類元件圍封方式：

- (1) 閥類：僅包覆閥件主體，避免包覆到鄰近之法蘭或連接頭。
 - (2) 泵浦類：考量泵浦有工安安全之疑慮(圍封包覆時恐蓄積濃度並達爆炸下限)，故本計畫不進行元件圍封。
 - (3) 壓縮機類：考量壓縮機除體積太大不利圍封作業外，也同時有工安安全之疑慮(圍封包覆時恐蓄積濃度並達爆炸下限)，故本計畫不進行本類元件圍封。
 - (4) 釋壓閥類：釋壓閥有一端為與大氣接觸之管線，包覆時須考量其安全性。
 - (5) 其他連接裝置類：以連接器主體進行包覆，盡量避免包覆到鄰近之其他設備元件。
- ## 3. 採樣步驟(流程說明對照表及使用表單如附錄五)
- (1) 採樣前應先瞭解待測設備元件內液體組成與操作條件等資料，並注意檢測安全(詳見五、安全注意事項)。

- (2) 在攜帶型有機氣體分析儀經零值空氣及THC標準氣體作零點與全幅校正後，檢測欲圍封設備元件洩漏之THC濃度變化區間並記錄。
- (3) 裁減適當大小之圍封袋圍封待測設備元件，並以束帶及墊片使圍封袋和設備元件更密封。
- (4) 以鐵氟龍管連接鋼瓶零值空氣源及浮子流量計至圍封袋(如圖2.2-1所示)，連接圍封袋之鐵氟龍管採Y或T字形方式進行連接，讓空氣以2管分流方式導入圍封袋內。
- (5) 在圍封袋上2個零值空氣進氣口之對面設立一採樣口。
- (6) 打開零值空氣鋼瓶(當鋼瓶錶壓小於80 psig時，空氣流量可能控制不穩)並調整空氣流率須小於60 L/min，為求浮子流量計讀值穩定加增穩壓裝置，再紀錄空氣之穩定流率(Q，L/min)。

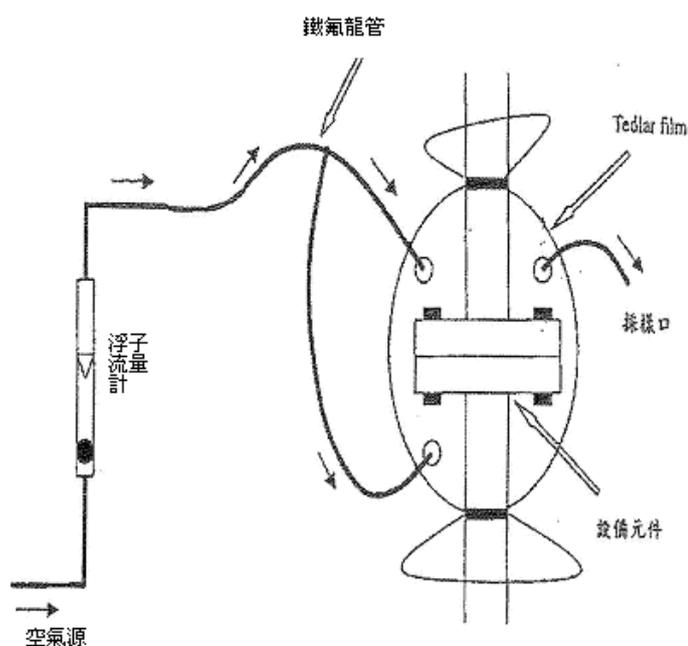


圖2.2-1 設備元件圍封法採樣方式

- (7) 零值空氣流入之後，用超黏性膠帶密封圍封袋其餘部分，保持袋內微正壓(袋內壓力不高於1 psig)以防止外界空氣進入，紀錄圍封袋充滿所需時間，以估算圍封袋充滿約略體積。
- (8) 持續通零值空氣，在通氣體積超過5倍圍封袋充滿約略體積後，以攜帶型有機氣體分析儀監測圍封袋內THC濃度。
- (9) 圍封袋內THC監測濃度應不大於校正時之全幅濃度，否則應增加空氣流率重複步驟(8)。
- (10) 在確保圍封袋內THC濃度達到動態平衡(3分鐘內讀值之變動在10 %範圍內；若濃度低於50 ppm時，其讀值之變動應在 ± 5 ppm範圍內)後，以採樣袋(或採氣鋼瓶)間接採樣，採樣流量應低於零值空氣供給流量，並注意圍封袋面變化，避免外界空氣補入致VOCs濃度稀釋。
- (11) 每一洩漏設備元件採集2個樣品，並記錄採樣時間、圍封袋內氣體之絕對壓力(P, mmHg)及溫度(T, °C)。
- (12) 背景濃度採樣應於待測元件上風無其他元件干擾位置，以採樣袋(或採氣鋼瓶)間接採樣；圍封元件若於同一範圍內可採集一個樣品。
- (13) 去除圍封袋後，再以攜帶型有機氣體分析儀檢測設備元件洩漏之THC濃度變化區間並記錄之。

4. 樣品保存

採氣袋樣品應室溫保存於陰暗處並在24小時內完成分析；採氣鋼瓶必需在常溫下完成採樣並於14天內完成分析。

2.2.2 樣品分析方法

本計畫洩漏設備元件圍封採樣之採集樣品分析作業，應符合設備元件圍封採樣標準作業流程，並為具代表性之樣品，採用公告「空氣中揮發性有機化合物檢測方法－不銹鋼採樣筒/氣相層析質譜儀法(NIEA A715.14B)」及「排放管道中氣態有機化合物檢測方法－採樣袋採樣/氣相層析火焰離子化偵測法(NIEA A722.74B)」進行定性及定量檢測分析，以作為計算排放率的相關數據資料。

一、干擾

1. NIEA A715.14B

- (1) 不銹鋼採樣筒污染的干擾，可能來自不正確操作、清洗不完全或分析系統的污染；因此，在組裝使用前後，需做實驗室空白試驗以測試系統是否有污染。
- (2) 若使用加壓採樣設備，使用前利用氮氣經採樣設備後，至不銹鋼採樣筒內，再依分析步驟進行分析，需確認該系統未受污染。
- (3) 樣品中過量的水氣將會對分析造成干擾，所以分析系統必需裝有適當之除水裝置或減少樣品體積量以避免水氣干擾。
- (4) 空氣中二氧化碳。
- (5) 所有樣品經過之管路及接頭，皆需保溫，以減少吸附干擾。
- (6) 分析設備在分析含有高濃度樣品時，會產生嚴重污染，而造成後面樣品分析時之污染。因此當有一個特別高濃度樣品被分析後，應伴隨著分析一空白樣品以確認系統是否受污染。

2. NIEA A722.74B

- (1) 樣本系統可用於例行分析不含碳氫化合物之零級氣體(空氣或氮氣)樣品以檢測可能存在之干擾物。
- (2) 高濃度和低濃度樣品或標準品交互分析時，會發生樣品交互污染，分析二個樣品過程之間應以載流氣體充分吹洗氣相層析儀之樣品迴路。
- (3) 為確保偵測器感應性之一致，所有標準氣體應可用乾燥零級氣體配製，對於氣態有機化合物濃度之檢測，若發現氣體中含有水蒸氣，應測定其含量，並用修正係數加以校正。
- (4) 單一實驗方法驗證結果顯示，水分存在對採樣袋內氣態有機化合物之衰減效應具有影響，為避免此一效應，樣品採集後應在24小時內完成分析工作，以確保揮發性有機物濃度衰減幅度低於10 %。採樣時需留意排放管道水蒸氣含量測值於室溫下是否飽和，若為飽和，採樣後應儘量於12小時內完成樣品分析。
- (5) 採樣袋以60至80°C下加熱30 min，可提高清洗效率，惟曾使用採集濃度超過200 ppm樣品之採樣袋，可能因殘留影響檢測結果，故不宜再清洗與重複使用。
- (6) 對於成分複雜樣品，為避免檢測干擾，應使用GC/MS定性確認。

二、分析設備(建議規格)

1. NIEA A715.14B

- (1) 氣密式注射針筒：如1.0ml至1,000 ml。
- (2) Nafion除水裝置(選擇性配備，不適用於極性化合物)或具相同功能之除水裝置(須注意極性化合物之干擾)。

- (3) 熱脫附冷凍裝置：需具有可調控溫度功能，可內置或外接型。
- (4) 分離管柱：毛細管柱內徑0.25~0.32 mm,長50~60 m，膜厚約為1.8 μ m之熔融矽膠毛細管柱，如DB-1、DB-5、DB-624 或其他具相同分離效果者。
- (5) 氣相層析儀：氣相層析儀系統必需有可供溫度昇溫程式設定功能，需有流量控制器(例如電子壓力控制器EPC或電子流量控制器EFC)可維持穿過熱脫附器維持限定流量，在昇溫條件操作時可控制分離管柱固定流量；此外，系統必需包括有內置或外接之濃縮裝置及所有其它必需之輔助設備，例如：分離管柱及氣體或低溫控制閥件。
- (6) 質譜儀：為四極式、離子阱或其他相同功能之質譜儀，具每秒至少可掃描29至300 amu一次。
- (7) 氣相層析質譜儀分析條件：管柱溫度初始40°C、第一段升溫96°C、第二段升溫210°C、載流氣體(氮氣)流率：1.3 ml/min、電子能量：70電子伏特、質譜範圍：29至265 amu、離子源溫度：250°C。

2. NIEA A722.74B

- (1) 氣相層析儀：氣相層析儀應配備火焰離子化偵測器、分離管柱、溫度控制之樣品迴路及閥等裝置。氣相層析儀之靈敏度應符合本方法所分析化合物之要求。
- (2) 分離管柱：DB-1，30 m×0.32 mm ID，1 μ m毛細管柱、DB-1，60 m×0.53 mm ID，1.5 μ m毛細管柱或其他同具分離效果之層析管柱。
- (3) 氣體壓力調整器：用於氣相層析儀氣體鋼瓶及標準氣體鋼瓶。
- (4) 紀錄器：積分儀或具相同功能者。

- (5) 注射器：體積為0.5 mL，1.0 μ L及10 μ L，經校正且具氣密性之注射器，主要用於檢量線標準品之配製。
- (6) 配管裝置：連接氣相層析儀及其氣體鋼瓶。

三、試劑

1. NIEA A715.14B

- (1) 查核標準氣體：購置市售之標準混合氣體(可配成一瓶或多瓶)；內含本方法適用之空氣中揮發性有機化合物，但必需經濃度確認並可追溯至國家或國際標準者，用來確認檢量線之查核樣品。
- (2) 檢量線標準氣體：購置另一與查核標準氣體不同來源或批次之標準混合氣體或分析試藥級，純度99.5%以上之標準溶液配製成標準氣體。
- (3) 內標準氣體：內含一溴一氯甲烷、氯苯-d5及1,4-二氯苯之混合標準氣體可自行配製或購置。
- (4) 冷凍捕集劑：使用液態氮或液態氫或其他可降溫至-160°C以下功能之冷凍裝置。
- (5) 儀器用氣體：純度99.999%以上之氦氣及氮氣。
- (6) 試劑水：去離子水，HPLC 級，供作溼化用之水蒸氣。

2. NIEA A722.74B

- (1) 試劑水：不含有機物之試劑水。
- (2) 甲醇：殘量級。
- (3) 二氯甲烷：殘量級。
- (4) 標準氣體：含待測化合物之標準氣體，濃度經確認並可追溯至我國國家標準或國際標準者，如Scott Specialty Gases或同級品。
- (5) 有機化合物試劑：純度為99%以上，有機化合物試劑係用於製備檢量線標準品。

- (6) 載送氣體：純度99.999 %以上之氮氣或氬氣。
- (7) 零級氣體(Zero gas)：碳氫化合物濃度小於1 ppm之空氣或氮氣，用於稀釋、製備空白樣品及標準品。

四、分析步驟

1. NIEA A715.14B

(1) 標準氣體配製

以靜態稀釋準備標準氣體或以高壓氣體鋼瓶製備標準氣體。

(2) 檢量線建立

(3) 進行儀器及檢量線查核

(4) 分析前準備

- ① 若為瞬間採樣樣品，且將利用正壓進樣分析方式，必需將欲分析之不銹鋼採樣筒利用零值氣體加壓，計算定量濃度時乘以稀釋倍數。
- ② 在進行樣品分析時，必需先確認所有分析系統，包括進樣系統、熱脫附冷凍濃縮裝置及GC/MS系統等未受污染，方可進行樣品分析。
- ③ 若樣品保存時間超過7天，則建議先將欲分析之不銹鋼採樣筒置於烘箱內或電熱包上，以80°C加熱30分鐘後，再進行分析。

(5) 熱脫附冷凍濃縮

① 負壓進樣分析

將氣相層析質譜儀及熱脫附冷凍裝置連線組裝完成後，將不銹鋼採樣筒連接於系統上，再利用真空泵抽取約100至500 cm³空氣樣品(用壓力計時，可由壓力計所改變之壓力， ΔP_1 ；及採樣筒體積， V_1 ；利用計算式 $\Delta P_1 V_1 = P_2 V_2$ ， P_2 為一大氣壓，即可求得樣品取出之體積，

V₂)。同時利用氣體注射針或自動注射閥注入一定量之內標準品後，再進行 GC/MS 分析。

② 正壓進樣分析

利用不銹鋼採樣筒之壓力由流量控制器及乾式流量計控制空氣樣品體積100至500 cm³，同時由氣體注射針或自動注射閥注入一定量之內標準品，經由熱脫附冷凝裝置所設定之操作條件操作，再進行GC/MS分析。

(6) 儀器測定

依設定之熱脫附冷凝器及氣相層析儀分析，利用質譜儀中全幅掃描(Scan)方式進行偵測，各待測物之離子質量數。

2. NIEA A722.74B

(1) 預先測試，其內容包含設定操作條件及進行預先測試樣品分析。

(2) 檢量線標準品

檢量線濃度之訂定須考量檢量線之線性相關係數。樣品濃度變動範圍若太大，造成高、低濃度間線性關係之差異，則須建立高濃度及低濃度二種檢量線。高濃度及低濃度二種檢量線之標準品皆須至少配製5種不同濃度，其中一個濃度需接近但稍高於方法偵測極限，其餘可涵蓋工作濃度範圍內之濃度，但各濃度間之間隔必須呈平均分布。同一個檢量線標準品可以包含一種以上有機化合物成分。鋼瓶標準氣體也可被採用，但其中有機化合物濃度必須為已確認者。

(3) 建立檢量線

建立適當之氣相層析儀操作條件，如使用樣品迴路方式進樣則應以50 mL/min速率沖洗樣品迴

路至少30 sec。重複注射標準品，直至二次連續注射所得每一待測物的尖峰面積值差異在平均值5 %範圍內。對每一標準品重複進行此步驟。畫出至少5種不同濃度標準品濃度(C_s)與其尖峰面積值關係圖，執行線性迴歸分析，求出線性關係值。

(4) 樣品分析步驟

執行採樣袋樣品分析步驟，依建立檢量線時所建立之氣相層析儀分析條件，記錄所有資料，若某些資料無法提供則註明“NA”。氣體樣品必須導入樣品閥，用樣品氣體沖洗採樣管線，並開啟活動閥。對此氣體樣品至少需取得2個層析圖，若2次連續注射之每一待測物的尖峰面積差值在其平均值5 %內，則結果可被接受；若沒有達到此標準則須重新分析，或改正分析技術，直到符合要求。

在每次樣品分析前，須當天配製並分析一檢量線查核標準品，以確認滯留時間及檢量線之穩定性，以求樣品分析後定性定量結果之可信度。

五、結果處理

1. NIEA A715.14B

(1) 定性分析

本方法適用表2.2-1所列之揮發性有機化合物的鑑定分析，可從各待測物在管柱中不同的滯留時間及從質譜圖搜尋與離子比對鑑定之。

(2) 定量分析

由化合物測得之尖峰面積，利用下式求得各待測物在空氣中之濃度。

$$C = \frac{A_x \times C_{is} \times DF}{A_{is} \times RRF}$$

其中 C ：待測物濃度，ppbv

A_x ：待測物主要定量離子積分面積

A_{is} ：內標準品主要定量離子積分面積

C_{is} ：內標準品添加濃度，ppbv

\overline{RRF} ：各待測物與內標準品之相對平均感應因子

DF ：稀釋倍數，如果沒有稀釋則 $DF=1$

2. NIEA A722.74B

本方法適用表2.2-2所列之揮發性有機化合物的鑑定分析，可從各待測物在管柱中不同的滯留時間比對鑑定之。

由檢量線獲得尖峰面積計算 C_S 值，再由下式計算樣品中，以乾燥氣體體積為基準之每一待測物的濃度 C_C (ppm)：

$$C_C = \frac{C_S P_r T_i}{P_i T_r (1 - B_{ws})}$$

C_S = 從檢量線得到的有機化合物濃度，(ppm)。

P_r = 參考壓力，在校正期間記錄的大氣壓力或樣品迴路絕對壓力，(mmHg)。

T_i = 樣品分析時的樣品迴路溫度，(K)。

P_i = 樣品分析時大氣壓力或樣品迴路絕對壓力，(mmHg)。

T_r = 參考溫度，在校正時記錄的樣品迴路溫度(K)。

B_{ws} = 採樣袋樣品或排放管道排氣的水蒸氣含量，以體積百分比表示。

表2.2-1 NIEA A715.14B可分析揮發性有機物種

序號	化合物名稱	序號	化合物名稱
1	Propane(丙烷)	26	3-Methylpentane(3-甲基戊烷)
2	Dichlorodifluoromethane(二氯二氟甲烷)	27	cis-1,2-Dichloroethene(順-1,2-二氯乙烯)
3	Difluorochloromethane(一氯二氟甲烷)	28	Acrylonitrile(丙烯腈)
4	Dichlorotetrafluoroethane(二氯四氟乙烷)	29	1-Hexene(1-己烯)
5	Chloromethane(氯甲烷)	30	Hexane(己烷)
6	Vinyl chloride(氯乙烯)	31	1,1-Dichloroethane(1,1-二氯乙烷)
7	1,3-Butadiene(1,3-丁二烯)	32	Vinyl acetate(乙酸乙烯酯)
8	trans-2-Butene(反-2-丁烯)	33	2,4-Dimethylpentane(2,4-二甲基戊烷)
9	cis-2-Butene(順-2-丁烯)	34	Methylcyclopentane(甲基環戊烷)
10	Methanol(甲醇)	35	trans-1,2-Dichloroethene(反-1,2-二氯乙烯)
11	Bromomethane(溴甲烷)	36	2-Butanone(2-丁酮)
12	Chloroethane(氯乙烷)	37	Chloroform(氯仿)
13	Isopentane(異戊烷)	38	2-Methylhexane(2-甲基己烷)
14	Trichlorofluoromethane(三氯一氟甲烷)	39	1,1,1-Trichloroethane(1,1,1-三氯乙烷)
15	Pentane(戊烷)	40	Cyclohexane(環己烷)
16	trans-2-Pentene(反-2-戊烯)	41	2,3-Dimethylpentane(2,3-二甲基戊烷)
17	cis-2-Pentene(順-2-戊烯)	42	Carbon tetrachloride(四氯化碳)
18	Acrolein(丙烯醛)	43	Benzene(苯)
19	1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane(1,1,2-三氯-1,2,2-三氟乙烷)	44	2,2,4-Trimethylpentane(2,2,4-三甲基戊烷)
20	1,1-Dichloroethene(1,1-二氯乙烯)	45	1,2-Dichloroethane(1,2-二氯乙烷)
21	Acetone(丙酮)	46	Heptane(庚烷)
22	3-Chloro-1-propene(3-氯-1-丙烯)	47	Trichloroethene(三氯乙烯)
23	Acetonitrile(乙腈)	48	Methylcyclohexane(甲基環己烷)
24	2-Methylpentane(2-甲基戊烷)	49	1,2-Dichloropropane(1,2-二氯丙烷)
25	Methylene chloride(二氯甲烷)	50	Methyl methacrylate(甲基丙烯酸甲酯)

表2.2-1 NIEA A715.14B可分析揮發性有機物種(續)

序號	化合物名稱	序號	化合物名稱
51	Bromodichloromethane(一溴二氯甲烷)	71	m-Ethyltoluene(間-乙基甲苯)
52	2-Methylheptane(2-甲基庚烷)	72	p-Ethyltoluene(對-乙基甲苯)
53	3-Methylheptane(3-甲基庚烷)	73	1,3,5-Trimethylbenzene(1,3,5-三甲基苯)
54	cis-1,3-Dichloro-1-propene(順-1,3-二氯-1-丙烯)	74	o-Ethyltoluene(鄰-乙基甲苯)
55	Methyl Isobutyl Ketone(甲基異丁基酮)	75	alpha-Methylstyrene(甲基丙烯酸甲酯)
56	Toluene(甲苯)	76	1,2,4-Trimethylbenzene(1,2,4-三甲基苯)
57	Octane(辛烷)	77	1,3-Dichlorobenzene(1,3-二氯苯)
58	trans-1,3-Dichloro-1-propene(反-1,3-二氯-1-丙烯)	78	1,4-Dichlorobenzene(1,4-二氯苯)
59	1,1,2-Trichloroethane(1,1,2-三氯乙烷)	79	1,2,3-Trimethylbenzene(1,2,3-三甲基苯)
60	Tetrachloroethylene(四氯乙烯)	80	Benzyl chloride(氯甲苯)
61	Dibromochloromethane(二溴氯甲烷)	81	m-Diethylbenzene(間-二乙基苯)
62	1,2-Dibromoethane(1,2-二溴甲烷)	82	p-Diethylbenzene(對-二乙基苯)
63	Chlorobenzene(氯苯)	83	1,2-Dichlorobenzene(1,2-二氯苯)
64	Ethylbenzene(乙苯)	84	n-Undecane(正十一烷)
65	m/p-Xylene(間/對-二甲苯)	85	n-Dodecane(正十二烷)
66	o-Xylene(鄰-二甲苯)	86	1,2,4-Trichlorobenzene(1,2,4-三氯苯)
67	Styrene(苯乙烯)	87	Hexachlorobutadiene(六氯丁二烯)
68	Isopropylbenzene(異丙苯)		
69	1,1,1,2-Tetrachloroethane(1,1,1,2-四氯乙烷)		
70	n-Propylbenzene(正丙苯)		

表2.2-2 NIEA A722.74B可分析揮發性有機物種

序號	化合物名稱
1	Benzene (苯)
2	Toluene (甲苯)
3	Carbon tetrachloride (四氯化碳)
4	Chloroform (三氯甲烷)
5	m/p-Xylene (間,對-二甲苯)
6	1,2-Dichloroethane (1,2-二氯乙烷)
7	Ethylbenzene (乙苯)
8	1,1-Dichloroethane (1,1-二氯乙烷)
9	o-Xylene (鄰-二甲苯)
10	Acetone (丙酮)
11	Acrylonitrile (丙烯腈)
12	cis-1,2-Dichloroethene (順-1,2-二氯乙烯)
13	1,1,1-Trichloroethane (1,1,1-三氯乙烷)
14	Trichloroethene (三氯乙烯)
15	2-Butanone (丁酮(2-丁酮))
16	Tetrachloroethylene (四氯乙烯)
17	Methylene chloride (二氯甲烷)
18	Chlorobenzene (氯苯)
19	trans-1,2-Dichloroethene (反-1,2-二氯乙烯)
20	Methyl acetate (乙酸甲酯)
21	Styrene (苯乙烯)

2.3 排放係數試算階段

2.3.1 檢測數據彙整

本計畫圍封氣體之分析方法均採行政院環境保護署環境檢驗所公告之標準方法，另依不同圍封工場採不同檢測方法，四輕丁二烯工場採公告之「空氣中揮發性有機化合物檢測方法-不銹鋼採樣桶/氣相層析質譜儀法(NIEA A715.14B)」分析，第一轉烷化工場、六芳及苯儲槽等三處工場採公告之「排放管道中氣態有機化合物檢測方法-採氣袋採樣/氣相層析火焰離子化偵測法(NIEA A722.74B)」分析，各方法所分析之VOCs物種已於2.2.2節所述，設備元件圍封氣體檢測數據彙整範例如表2.3-1～表2.3-2所示，其中表2.3-1適用於第一轉烷化、六芳及苯儲槽工廠，表2.3-2適用於四輕丁二烯工廠，由本數據彙整表可清楚瞭解各元件洩漏氣體之揮發性有機物之組成，後續再彙整揮發性有機物實測之總量提供至風險評估計算。

表2.3-1 第一轉烷化、六芳及苯儲槽工場檢測數據彙整表

製程設備元件實際檢測分析報告												
工場別：第一轉烷化工場			檢測方法：NIEA A722.74B								分析日期：	
序號	元件編號 檢驗項目	單位	Z30-40-00010-01-V-L	Z30-40-00010-02-V-L	Z30-40-00010-03-F-L	Z30-40-00010-04-O-L	Z30-40-00010-05-P-L	Z30-40-00010-06-F-L	Z30-40-00010-07-F-L	Z30-40-00010-08-V-L	Z30-40-00010-09-F-L	Z30-40-00010-10-F-L
1	Acrylonitrile	ppm										
2	Methylene chloride	ppm										
3	trans-1,2-Dichloroethene	ppm										
4	1,1-Dichloroethane	ppm										
5	cis-1,2-Dichloroethene	ppm										
6	1,2-Dichloroethane	ppm										
7	1,1,1-Trichloroethane	ppm										
8	Benzene	ppm										
9	Tetrachloromethane	ppm										
10	Trichloroethene	ppm										
11	Toluene	ppm										
12	Tetrachloroethylene	ppm										
13	Chlorobenzene	ppm										
14	Ethylbenzene	ppm										
15	m-Xylene	ppm										
16	Styrene	ppm										
17	o-Xylene	ppm										
18	Acetone	ppm										
19	Methyl acetate	ppm										
20	2-Butanone	ppm										
21	Chloroform	ppm										

表2.3-2 四輕丁二烯工場檢測數據彙整表(1/3)

製程設備元件實際檢測分析報告(1/3)												
工場別：四輕丁二烯			檢測方法：NIEA A714.15B							分析日期：		
序號	元件編號 檢驗項目	單位	Z30-40-00010-01-V-L	Z30-40-00010-02-V-L	Z30-40-00010-03-F-L	Z30-40-00010-04-O-L	Z30-40-00010-05-P-L	Z30-40-00010-06-F-L	Z30-40-00010-07-F-L	Z30-40-00010-08-V-L	Z30-40-00010-09-F-L	Z30-40-00010-10-F-L
1	Propane	ppm										
2	Dichlorodifluoromethane	ppm										
3	Difluorochloromethane	ppm										
4	Dichlorotetrafluoroethane	ppm										
5	Chloromethane	ppm										
6	Vinyl chloride	ppm										
7	1,3-Butadiene	ppm										
8	trans-2-Butene	ppm										
9	cis-2-Butene	ppm										
10	Methanol	ppm										
11	Bromomethane	ppm										
12	Chloroethane	ppm										
13	Isopentane	ppm										
14	Trichlorofluoromethane	ppm										
15	Pentane	ppm										
16	trans-2-Pentene	ppm										
17	cis-2-Pentene	ppm										
18	Acrolein	ppm										
19	1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	ppm										
20	1,1-Dichloroethene	ppm										
21	Acetone	ppm										
22	3-Chloro-1-propene	ppm										
23	Acetonitrile	ppm										
24	2-Methylpentane	ppm										
25	Methylene chloride	ppm										
26	3-Methylpentane	ppm										
27	cis-1,2-Dichloroethene	ppm										
28	Acrylonitrile	ppm										
29	1-Hexene	ppm										
30	Hexane	ppm										

表2.3-2 四輕丁二烯工場檢測數據彙整表(2/3)

製程設備元件實際檢測分析報告(2/3)												
工場別：四輕丁二烯			檢測方法：NIEA A714.15B									
序號	元件編號	單位	Z30-40-00010-01-V-L	Z30-40-00010-02-V-L	Z30-40-00010-03-F-L	Z30-40-00010-04-O-L	Z30-40-00010-05-P-L	Z30-40-00010-06-F-L	Z30-40-00010-07-F-L	Z30-40-00010-08-V-L	Z30-40-00010-09-F-L	Z30-40-00010-10-F-L
	檢驗項目											
31	1,1-Dichloroethane	ppm										
32	Vinyl acetate	ppm										
33	2,4-Dimethylpentane	ppm										
34	Methylcyclopentane	ppm										
35	trans-1,2-Dichloroethene	ppm										
36	2-Butanone	ppm										
37	Chloroform	ppm										
38	2-Methylhexane	ppm										
39	1,1,1-Trichloroethane	ppm										
40	Cyclohexane	ppm										
41	2,3-Dimethylpentane	ppm										
42	Carbon tetrachloride	ppm										
43	Benzene	ppm										
44	2,2,4-Trimethylpentane	ppm										
45	1,2-Dichloroethane	ppm										
46	Heptane	ppm										
47	Trichloroethene	ppm										
48	Methylcyclohexane	ppm										
49	1,2-Dichloropropane	ppm										
50	Methyl methacrylate	ppm										
51	Bromodichloromethane	ppm										
52	2-Methylheptane	ppm										
53	3-Methylheptane	ppm										
54	cis-1,3-Dichloro-1-propene	ppm										
55	Methyl Isobutyl Ketone	ppm										
56	Toluene	ppm										
57	Octane	ppm										
58	trans-1,3-Dichloro-1-propene	ppm										
59	1,1,2-Trichloroethane	ppm										
60	Tetrachloroethylene	ppm										

表2.3-2 四輕丁二烯工場檢測數據彙整表(3/3)

製程設備元件實際檢測分析報告(3/3)												
工場別：四輕丁二烯		檢測方法：NIEA A714.15B										分析日期：
序號	元件編號 檢驗項目	單位	Z30-40-00010-01-V-L	Z30-40-00010-02-V-L	Z30-40-00010-03-F-L	Z30-40-00010-04-O-L	Z30-40-00010-05-P-L	Z30-40-00010-06-F-L	Z30-40-00010-07-F-L	Z30-40-00010-08-V-L	Z30-40-00010-09-F-L	Z30-40-00010-10-F-L
61	Dibromochloromethane	ppm										
62	1,2-Dibromoethane	ppm										
63	Chlorobenzene	ppm										
64	Ethylbenzene	ppm										
65	m/p-Xylene	ppm										
66	o-Xylene	ppm										
67	Styrene	ppm										
68	Isopropylbenzene	ppm										
69	1,1,2,2-Tetrachloroethane	ppm										
70	n-Propylbenzene	ppm										
71	m-Ethyltoluene	ppm										
72	p-Ethyltoluene	ppm										
73	1,3,5-Trimethylbenzene	ppm										
74	o-Ethyltoluene	ppm										
75	alpha-Methylstyrene	ppm										
76	1,2,4-Trimethylbenzene	ppm										
77	1,3-Dichlorobenzene	ppm										
78	1,4-Dichlorobenzene	ppm										
79	1,2,3-Trimethylbenzene	ppm										
80	Benzyl chloride	ppm										
81	m-Diethylbenzene	ppm										
82	p-Diethylbenzene	ppm										
83	1,2-Dichlorobenzene	ppm										
84	n-Undecane	ppm										
85	n-Dodecane	ppm										
86	1,2,4-Trichlorobenzene	ppm										
87	Hexachlorobutadiene	ppm										

2.3.2 排放係數建置方法規劃

一、圍封檢測之洩漏率(排放係數)估算方式

本計畫以圍封檢測所得之濃度及氣體流率進行質量洩漏率之計算，計算過程有下列兩項假設：

1. 假設管線內容之有機物實際成分即為廠方現場人員所提供之組成，以獲得求取質量洩漏率所需之有機物分子量。
2. 若管線內之有機物為混合物，則逸散量中各成分之比例與管線中各成分體積濃度比例相同，因此會採用體積濃度比例來計算其平均分子量。

圍封試驗採集之樣品分析結果將以下列公式計算揮發性有機物洩漏率(m ，kg/hr)：

$$m = 9.63 \times 10^{-10} \times \frac{C \times P \times Q \times M_w}{(T + 273)}$$

C：設備元件樣品中 VOCs 或 TVOC 之濃度值(ppm)。

P：圍封袋內氣體之絕對壓力(P，mmHg)。

Q：通入圍封袋之空氣穩定流率(Q，L/min)

Mw：VOCs 之分子量(g/mol)，TVOC 之分子量以 16 (g/mol)計。

T：圍封袋內氣體之溫度(°C)。

二、層次因子係數建置

排放係數之建置主要為參考環保署「固定污染源揮發性有機物自廠係數(含控制效率)建置作業要點」，首先統計調查最近一季該型式設備元件分布在各洩漏濃度(C)(100 ppm < C ≤ 1,000 ppm、1,000 ppm < C < 10,000 ppm、C ≥ 10,000 ppm)之總個數，再進行各洩漏濃度區間之圍封檢測，各圍封組數所得之洩漏率進行平均後所得之平均值即為該濃度區間之係數。

另統計101年第三季(最近一季)設備元件檢測資料，其洩漏率多集中於0 ppm ~ 500 ppm之間，洩漏濃度大於500 ppm之設備元件數量約佔總量之 1.5 %，顯見設備元件之洩漏濃度多集中於低濃度。為使設備元件排放係數可完整建置，未來若在高濃度區間(>500 ppm)無數量時，規劃以低濃度區間排放係數進行回推，並以環保署公告係數之各濃度區間排放係數比值作為回推比例。

2.3.3 檢測成果報告內容

本計畫係由中油三輕更新擴產計畫環境影響評估審查承諾所衍生，而本計畫工作內容係將台灣中油林園石化事業部內之四輕丁二烯、第一轉烷化、第六芳香烴及苯儲槽四處工場設備元件採圍封檢測方式，實際量測揮發性有機物洩漏濃度，再彙整其個別揮發性有機化合物之洩漏排放總量，並進行設備元件係數之初步建置。本計畫於完成檢測工作後，以時間作為批次單位提出檢測成果報告書，其報告書內容包含：(1)工作組織表、檢測工作施工進度。(2)品保品管規劃書。(3)VOCs檢測方法、分析結果。

針對上述四處工場進行各類設備元件之圍封檢測，其元件圍封數量約750個，設備元件檢測報告內容包括現場採樣記錄及實驗室分析報告兩部份，現場採樣記錄包含：元件型式種類、圍封管中流體蒸汽壓、管中流體輸送壓力、圍封前後火焰離子偵測初篩濃度、圍封載流氣體流量、採樣照片及圍封管最近一次維修記錄...等，實驗室分析報告內容包括：檢驗報告及品保品管報告(空白分析、添加分析、查核分析)。

在全數設備元件完成現場檢測及實驗室分析後，由實際洩漏量建置各種類型式設備元件及不同洩漏濃度區間之排放係數，最終彙整各工作項目之成果為結果報告遞交中油公司。

第三章 工作成果

3.1 設備元件圍封檢測成果

本計畫圍封檢測作業期間為101年10月30日至101年12月8日止，共計完成750點次之設備元件圍封檢測工作，檢測對象包括以GC/FID進行樣品分析之第一轉烷化工場(芳二組)、第六芳香煙工場(芳三組)及苯儲槽(芳三組)共456點次，以及以GC/MS進行樣品分析之丁二烯工場294點次。圍封採樣、樣品運送及實驗室分析等各階段執行狀況概述如下：

一、圍封前整備階段

本階段包括作業前教育訓練及儀器整備、工作會議及工安會議的召開、現勘作業等，作業情形如圖3.1-1所示。

二、圍封作業階段

本階段包括執行空白測試、系統誤差測試、現場圍封作業、外部查核作業，作業情形如圖3.1-2~3.1-4所示。

三、樣品運送及實驗室分析階段

本階段包括樣品點交、樣品運送、實驗室分析、鋼瓶採樣袋清洗作業等。

照片	說明
	<p>圍封作業前教育訓練及儀器整備情形</p>
	<p>工安會議辦理情形</p>
	<p>施工會議辦理情形</p>
	<p>現勘作業</p>

圖3.1-1 圍封前置作業執行情形

照片	說明
	<p>TVA1000暖機後進行儀器校正</p>
	<p>依選定資料尋找待測元並件確認編號</p>
	<p>以TVA1000進行設備元件洩漏偵測</p>
	<p>以鐵氟龍膜製作設備元件圍封袋</p>

圖3.1-2 圍封作業執行情形(1)

照片	說明
	<p>以圍封袋包覆待測設備元件並載入零值空氣</p>
	<p>量測圍封袋內壓力及溫度</p>
	<p>以採氣袋採集圍封袋內氣體</p>
	<p>樣品置入不透光黑色袋內並置於陰涼處</p>

圖3.1-3 圍封作業執行情形(2)

照片	說明
	<p>工研院現場查核情形</p>
	<p>系統誤差測試作業情形</p>
	<p>GC/FID分析儀</p>
	<p>GC/MS分析儀</p>

圖3.1-4 圍封作業執行情形(3)

3.1.1 各工場圍封數量及濃度區間統計

統計本次執行之受測元件種類共有9種，包括氣體閥、輕質液閥、氣體釋壓閥、氣體法蘭、輕質液法蘭、氣體開口閥、輕質液開口閥、氣體連接頭及輕質液連接頭等。以圍封數量統計(表3.1-1、圖3.1-1~2)，其中以輕質液法蘭160個為最多，其次為輕質液閥156個，再依序為輕質液開口閥、輕質液連接頭、氣體閥、氣體法蘭、氣體開口閥、氣體連接頭及氣體釋壓閥。

表3.1-1 本計畫設備元件實際圍封數量統計表

類別	受測元件初測濃度區間						總計
	0~100 ppm	101~500 ppm	501~1000 ppm	1,001~5000 ppm	5001~10000 ppm	≥10,000 ppm	
GV	66	4	3	3	0	0	76
LV	124	11	4	14	1	2	156
GF	62	0	1	1	0	2	66
LF	120	12	6	15	4	3	160
GR	6	0	0	0	0	0	6
GO	54	1	2	1	2	1	61
LO	97	5	2	3	2	3	112
GN	30	1	0	2	0	1	34
LN	63	2	3	4	2	5	79
總計	622	36	21	43	11	17	750

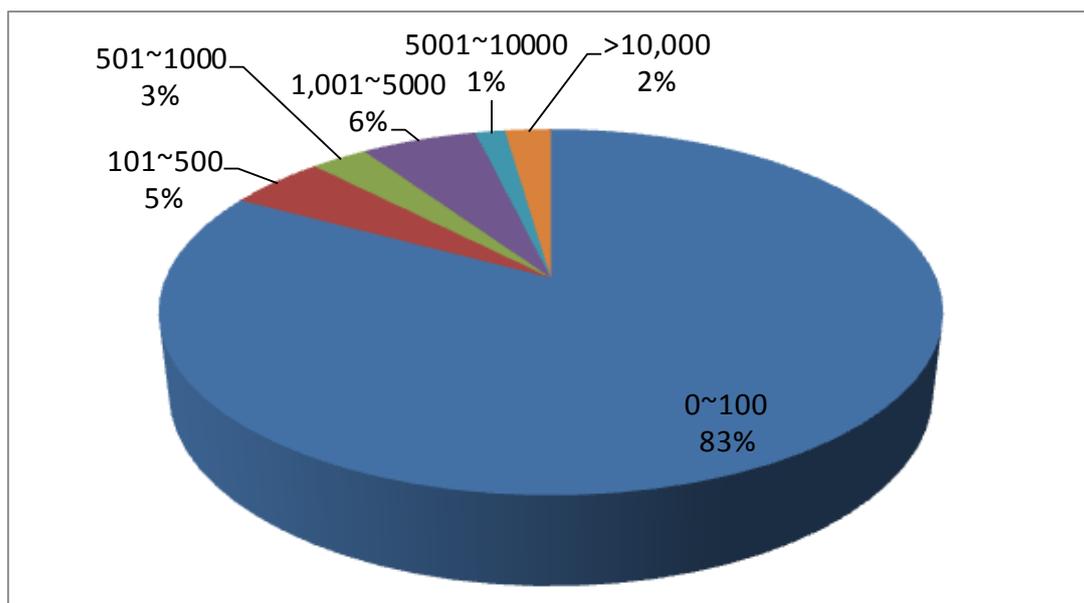


圖3.1-1 各濃度區間受測元件數量比例

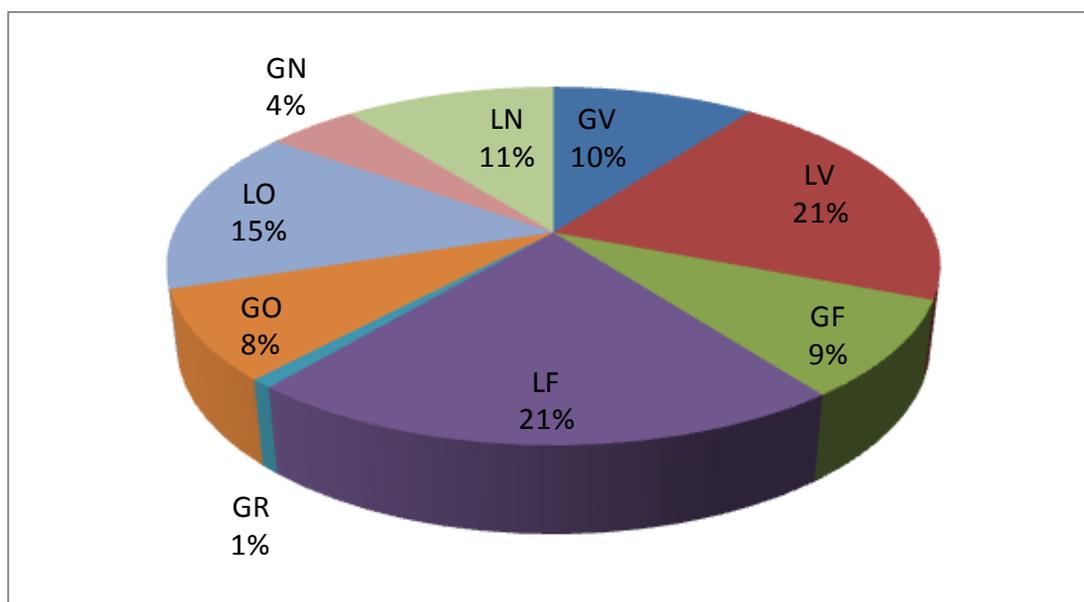


圖3.1-2 各類型受測元件數量比例

一、各工場各類元件圍封比例

以101年第3季元件數量作為基準進行比較，分析各工場各類元件圍封比例，結果如下：

1. 丁二烯工場

丁二烯工場共進行294個設備元件實測工作，所有採樣樣品後續皆採GC/MS進行分析。以丁二烯工場分析，本場實測數量約佔總數量之5%，其中以元件數量較少的釋壓閥 83.3%為最高，而元件數量較多之輕質液閥則達到 3%的比例。丁二烯工場實測數量及比例如表3.1-2所示。

2. 第一轉烷化、第六芳香烴、儲槽(合稱含苯類工場)

含苯類工場共進行456個設備元件實測工作，其中450個採樣樣品採GC/FID進行分析，而另外6個則為確認含苯類工場是否有丁二烯成份，因此採GC/MS進行分析。以含苯類工場分析，其實測數量約佔總數量之4.2%，其中以元件數量較少的釋壓閥 33.3%為最高，而元件數量較多之輕質液閥則達到 2.3%的比例。含苯類工場實測數量及比例如表3.1-3所示。

二、濃度區間分布

統計受測元件之初測值資料(如表3.1-4~8)，可發現輕質液設備元件取得較多的濃度區間，而氣體類元件則因數量原就不多，因此濃度區間數量取得情形較不佳。

表3.1-2 丁二烯工場實測數量及比例

設備元件	流體種類	總數量(個)	實測數量(個)	比例(%)
閥	氣體	233	24	10.3
	輕質液	2,361	70	3.0
釋壓閥	氣體	6	5	83.3
法蘭	氣體	151	24	15.9
	輕質液	1,824	63	3.5
開口閥	氣體	65	28	43.1
	輕質液	781	35	4.5
連接頭	氣體	28	11	39.3
	輕質液	374	34	9.1
合計		5,823	294	5.0

註：總數量彙整自101年第3季VOCs申報資料，不包含泵浦軸封及壓縮機，並排除汽油氫化製程之設備元件數量。

表3.1-3 含苯類工場實測數量及比例

設備元件	流體種類	總數量(個)	實測數量(個)	比例(%)
閥	氣體	430	52	12.1
	輕質液	3,588	86	2.4
釋壓閥	氣體	3	1	33.3
法蘭	氣體	357	42	11.8
	輕質液	4,136	97	2.3
開口閥	氣體	167	33	19.8
	輕質液	1,370	77	5.6
連接頭	氣體	156	23	14.7
	輕質液	530	45	8.5
總計		10,737	456	4.2

註：總數量彙整自101年第3季VOCs申報資料，不包含泵浦軸封及壓縮機。

表3.1-4 丁二烯工場受測元件濃度區間分布統計

元件類別	0~100 ppm	101~500 ppm	501~1000 ppm	1,001~5000 ppm	5001~10000 ppm	≥10,000 ppm
GV	17	3	2	2	0	0
LV	52	4	2	10	1	1
GR	5	0	0	0	0	0
GF	22	0	0	1	0	1
LF	43	7	4	7	1	1
GO	26	0	1	0	1	0
LO	30	1	1	1	1	1
GN	11	0	0	0	0	0
LN	26	1	2	2	1	2
總計	232	16	12	23	5	6

註：總數量彙整自101年第3季VOCs申報資料，不包含泵浦軸封及壓縮機。

表3.1-5 含苯類工場合計受測元件濃度區間分布統計

元件類別	0~100 ppm	101~500 ppm	501~1000 ppm	1,001~5000 ppm	5001~10000 ppm	≥10,000 ppm
GV	49	1	1	1	0	0
LV	72	7	2	4	0	1
GR	1	0	0	0	0	0
GF	40	0	1	0	0	1
LF	77	5	2	8	3	2
GO	28	1	1	1	1	1
LO	67	4	1	2	1	2
GN	19	1	0	2	0	1
LN	37	1	1	2	1	3
總計	390	20	9	20	6	11

註：總數量彙整自101年第3季VOCs申報資料，不包含泵浦軸封及壓縮機。

表3.1-6 第一轉烷化工場受測元件濃度區間分布統計

元件類別	0~100 ppm	101~500 ppm	501~1000 ppm	1,001~5000 ppm	5001~10000 ppm	≥10,000 ppm
GV	14	0	1	1	0	0
LV	19	3	1	3	0	1
GR	1	0	0	0	0	0
GF	7	0	1	0	0	1
LF	22	1	1	6	1	1
GO	10	0	1	1	1	0
LO	15	1	1	2	0	0
GN	11	1	0	2	0	1
LN	7	0	1	1	1	2
總計	106	6	7	16	3	6

註：總數量彙整自101年第3季VOCs申報資料，不包含泵浦軸封及壓縮機。

表3.1-7 第六芳香烴工場受測元件濃度區間分布統計

元件類別	0~100 ppm	101~500 ppm	501~1000 ppm	1,001~5000 ppm	5001~10000 ppm	≥10,000 ppm
GV	19	0	0	0	0	0
LV	28	1	0	0	0	0
GF	19	0	0	0	0	0
LF	28	3	0	1	2	0
GO	16	0	0	0	0	1
LO	41	2	0	0	1	2
GN	6	0	0	0	0	0
LN	14	1	0	1	0	1
總計	171	7	0	2	3	4

註：總數量彙整自101年第3季VOCs申報資料，不包含泵浦軸封及壓縮機。

表3.1-8 苯儲槽工場受測元件濃度區間分布統計

元件類別	0~100 ppm	101~500 ppm	501~1000 ppm	1,001~5000 ppm	5001~10000 ppm	≥10,000 ppm
GV	16	1	0	0	0	0
LV	25	3	1	1	0	0
GF	14	0	0	0	0	0
LF	27	1	1	1	0	1
GO	2	1	0	0	0	0
LO	11	1	0	0	0	0
GN	2	0	0	0	0	0
LN	16	0	0	0	0	0
總計	113	7	2	2	0	1

註：總數量彙整自101年第3季VOCs申報資料，不包含泵浦軸封及壓縮機。

3.1.2 異常設備元件之統計分析

由於設備元件之圍封檢測作業須考量安全性與可執行性，因此實際進行圍封檢測時，難免會有部分設備元件會因高度、空間、溫度等因素而有不能執行包覆的情事發生。統計本計畫執行期間因故不能如期進行包覆的元件共有95個(如表3.1-9~10、圖3.1-3)，而不能包覆的主要原因大致上有7種，包括保溫材包覆、位置過高、元件溫度過高、控制閥無法包覆、無此元件、包覆空間不足及有安全疑慮等。

3.1.3 受測元件相關基本資料建置成果

本計畫於執行設備元件圍封檢測同時，依工作說明書要求收集受測元件相關基本資料。相關基本資料包含如下五項：

- 一、檢測管線中流體化合物蒸氣壓。
- 二、設備元件使用年限。
- 三、管線流體輸送壓力。
- 四、設備元件種類。
- 五、檢測前之最近一次維修紀錄。

上述基本資料經中油公司個受測工場提供後，彙整如附件一。

表3.1-9 無法施測設備元件之統計分析表

無法圍封原因	法蘭		連接頭		開口閥		氣體 釋壓閥	閥		合計
	氣體	輕質液	氣體	輕質液	氣體	輕質液		氣體	輕質液	
元件溫度過高	4	5	0	1	0	1	0	0	1	12
包覆空間不足	0	5	0	0	0	1	0	1	0	7
有安全疑慮	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
位置過高	3	6	2	1	0	0	1	3	5	21
保溫材包覆	4	4	2	0	1	2	0	7	10	30
控制閥無法包覆	0	0	11	1	0	0	0	0	0	12
無此元件	0	1	4	0	2	1	0	0	2	10
合計	13	22	19	3	3	5	1	11	18	95

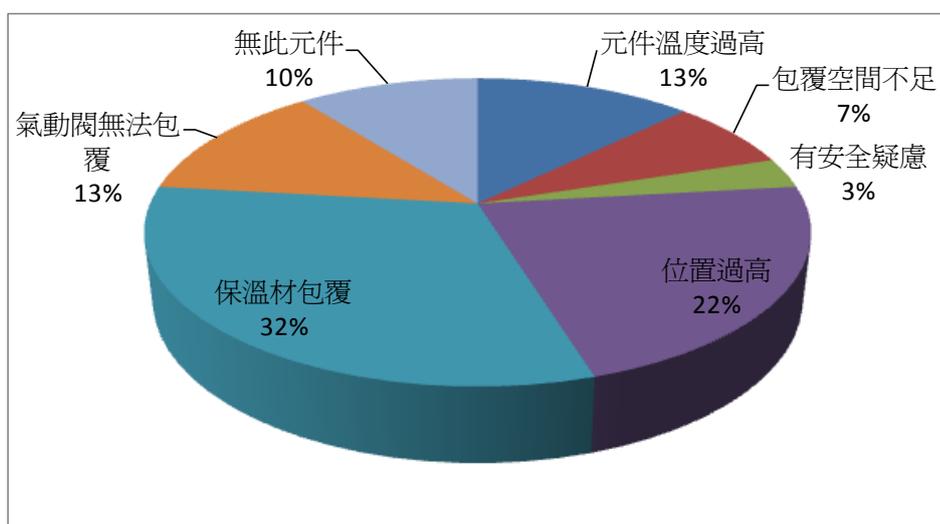


圖3.1-3 設備元件無法圍封之原因比例

表3.1-10 無法施測之設備元件清單(1/3)

設備元件代號	元件型式	流體種類	異常紀錄
W30-44-10220-01-V-L	V	L	保溫材包覆
W30-44-10220-02-V-L	V	L	保溫材包覆
W30-44-10471-07-V-L	V	L	無此元件
W30-44-10480-09-O-L	O	L	包覆空間不足
W30-44-10620-01-V-L	V	L	保溫材包覆
W30-44-10620-02-V-L	V	L	保溫材包覆
W30-44-10740-01-F-G	F	G	保溫材包覆
W30-44-10930-03-F-G	F	G	保溫材包覆
W30-44-10970-07-F-G	F	G	保溫材包覆
W30-44-11110-01-F-G	F	G	保溫材包覆
W30-44-11390-01-B-G	B	G	位置過高
W30-44-11460-05-F-G	F	G	元件溫度過高
W30-44-11460-06-F-G	F	G	元件溫度過高
W30-44-11531-05-F-G	F	G	元件溫度過高
W30-44-11531-07-F-G	F	G	元件溫度過高
W30-44-11560-01-N-G	N	G	位置過高
W30-44-11590-02-V-G	V	G	位置過高
W30-44-11590-04-V-G	V	G	位置過高
W30-44-11900-02-F-L	F	L	保溫材包覆
W30-44-12280-03-F-L	F	L	包覆空間不足
W30-44-12630-01-V-L	V	L	位置過高
W30-44-12670-03-O-G	O	G	無此元件
W30-44-12690-03-V-L	V	L	保溫材包覆
W30-44-12830-04-F-G	F	G	位置過高
W30-44-12870-03-F-L	F	L	包覆空間不足
W30-44-12900-02-V-L	V	L	保溫材包覆
W30-44-13370-03-F-L	F	L	包覆空間不足
W30-44-13410-01-V-L	V	L	保溫材包覆
W30-44-13690-04-F-L	F	L	保溫材包覆
W30-44-13740-02-V-G	V	G	包覆空間不足
X10-61-00010-01-V-L	V	L	元件溫度過高
X10-61-00010-06-F-L	F	L	元件溫度過高
X10-61-00020-19-F-L	F	L	元件溫度過高
X10-61-00150-16-O-L	O	L	無此元件
X10-61-00360-01-F-L	F	L	元件溫度過高
X10-61-00390-09-V-L	V	L	保溫材包覆
X10-61-00927-06-F-L	F	L	元件溫度過高
X10-61-01060-03-V-L	V	L	無此元件
X10-61-01330-01-V-L	V	L	位置過高

表3.1-10 無法施測之設備元件清單(2/3)

設備元件代號	元件型式	流體種類	異常紀錄
X10-61-01680-02-F-L	F	L	無此元件
X10-61-01750-17--V-L	V	L	保溫材包覆
X10-61-01920-02-B-L	B	L	氣動閥無法包覆
X10-61-02540-02-V-G	V	G	保溫材包覆
X10-61-04460-10-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
X10-61-06160-07-F-L	F	L	保溫材包覆
X10-61-07171-14-F-L	F	L	元件溫度過高
X10-61-07200-01-V-L	V	L	位置過高
X50-65-00540-02-F-L	F	L	位置過高
Z30-50-00240-01-F-G	F	G	位置過高
Z30-50-00240-03-F-G	F	G	位置過高
Z30-50-00390-06-F-L	F	L	包覆空間不足
Z30-50-02110-03-F-G	F	G	有安全疑慮
Z30-50-02110-04-F-G	F	G	有安全疑慮
Z30-50-02270-05-F-L	F	L	位置過高
Z30-50-02430-03-O-L	O	L	保溫材包覆
Z30-50-02830-02-V-L	V	L	位置過高
Z30-50-02950-01-F-L	F	L	有安全疑慮
Z30-50-04440-01-V-L	V	L	位置過高
Z30-50-05010-02-F-L	F	L	位置過高
Z30-50-05590-02-V-L	V	L	保溫材包覆
Z30-50-05600-08-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-05630-07-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-05780-07-F-L	F	L	位置過高
Z30-50-05850-05-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-05870-06-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-05900-13-F-L	F	L	保溫材包覆
Z30-50-06120-06-N-L	N	L	位置過高
Z30-50-06300-13-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-06310-06-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-06320-07-V-G	V	G	位置過高
Z30-50-06770-09-O-L	O	L	元件溫度過高
Z30-50-06770-10-N-L	N	L	元件溫度過高
Z30-50-07030-07-F-L	F	L	包覆空間不足
Z30-50-07240-08-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-07250-05-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-07360-05-F-L	F	L	位置過高
Z30-50-07380-01-F-L	F	L	位置過高
Z30-50-07500-15-R-G	R	G	位置過高

表3.1-10 無法施測之設備元件清單(3/3)

設備元件代號	元件型式	流體種類	異常紀錄
Z30-50-07840-03-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-07850-07-N-G	N	G	無此元件
Z30-50-07850-08-N-G	N	G	無此元件
Z30-50-07850-09-N-G	N	G	無此元件
Z30-50-07850-10-N-G	N	G	無此元件
Z30-50-07851-05-B-G	B	G	氣動閥無法包覆
Z30-50-07880-05-N-G	N	G	保溫材包覆
Z30-50-07880-06-V-G	V	G	保溫材包覆
Z30-50-07880-08-V-G	V	G	保溫材包覆
Z30-50-07880-09-V-G	V	G	保溫材包覆
Z30-50-07900-01-V-G	V	G	保溫材包覆
Z30-50-07900-02-V-G	V	G	保溫材包覆
Z30-50-07920-03-O-G	O	G	無此元件
Z30-50-07930-09-O-G	O	G	保溫材包覆
Z30-50-07930-10-N-G	N	G	保溫材包覆
Z30-50-07940-03-V-G	V	G	保溫材包覆
Z30-50-07940-07-O-L	O	L	保溫材包覆

3.2 品保/品管作業

本計畫為確保所執行之數據具可靠性，特訂定相關品保作業規定，其品保規劃書係依據行政院環境保護署環境檢驗所公佈之環保署委託計畫品保規劃書(QA Project Plan)撰寫指引(87.04.28)、九十四年度環保署委託計畫檢測數據品保分類(94.02.25)及九十四年度環保署委託計畫品保規劃書撰寫要項(94.02.25)之規定撰寫，以作為計畫執行時現場採樣與實驗室分析的品質保證與品管要求。

本計畫品保規劃書於計畫執行前已分發予工作人員，計畫執行期間均確實依據規劃書之規範執行，以求符合計畫之品保目標與品管要求。本計畫檢測項目特性，檢測數據之品保目標(包含方法偵測極限)如表3.2-1，計畫執行期間之品保品管資料彙整如附件二。

表3.2-1 檢測數據品保目標

檢測方法	儀器	項目	品保目標	備註
「揮發性有機物洩漏測定方法」 (NIEA A706.73C)	攜帶式有機氣體分析儀 (TVA)	儀器偵測極限	1 ppmv	
		儀器反應時間	≤30 秒	
		儀器校正精密度	≤10 %	註 1
		儀器準確度(X)	濃度讀值±25 %	
		儀器準確度校正	100 ± 10 %	註 2
「空氣中揮發性有機化合物檢測方法—不銹鋼採樣筒/氣相層析質譜儀法」 (NIEA A715.14B)	氣相層析質譜儀 (GC/MS)	方法偵測極限	0.1 ppbv	註 3
		檢量線	線性迴歸，相關係數 $R^2 \geq 0.995$	註 4
		精密度(RSD)	≤10 %	
		準確度(X)	100 ± 10 %	
「排放管道中氣態有機化合物檢測方法—採樣袋採樣/氣相層析火焰離子化偵測法」 (NIEA A722.74B)	火焰離子化層析儀 (GC/FID)	方法偵測極限	1 ppmv	註 5
		檢量線	線性迴歸，相關係數 $R^2 \geq 0.995$	註 6
		精密度(RSD)	≤10 %	註 7
		準確度(X)	100 ± 10 %	註 8

註 1：校正精密度測試須在分析儀器使用前完成，在隨後 3 個月期間內或下次使用時候，何者後到才進行測試，校正精密度須介於 10 % 範圍內，其作法為交替使用零值氣體和特定校正氣體共 3 次測試，記錄儀器讀值，計算儀器讀值和已知校正值間差異之算術平均，將此平均差異除以已知校正值並乘上 100，以百分比來表示校正精密度。

註 2：每次採樣前藉由標準氣體進行校正查核，確保儀器之準確度在整個計畫執行年度中都符合品保訂定之目標，若查核結果超出訂定之品保準確度查核目標，則以儀器準確度校正標準程序進行儀器準確度之校正。

註 3：方法偵測極限：範圍 0.087~3.01 ppbv，依環境檢驗品質管制圖建立指引(NIEA-PA105) 建立方法偵測極限，各檢項之 MDL 會因有所差異。

註 4：檢量線、精密度(RSD)、準確度(X)：

- A. 依公告方法執行，七、步驟、(二)檢量線建立、11.技術上可接受之規定，起始檢量線上所有待測物的 %RSD 不可超過 30% 建立檢量線。
- B. 依公告方法執行，九、(五)，樣品分析時，每批次或每 10 個樣品需同時進行一個實驗室空白分析，重複分析，查核樣品分析，其重複分析之相對差異百分比必須小於 25%，查核樣品之回收率應介於 70 - 130% 間，以確保數據之品質。
- C. 準確度(X)，依環境檢驗檢量線製備及查核指引(NIEA-PA103)，四、(四)、5，氣相層析/質譜法之相對誤差值宜在 ±20% 以內。

註 5：方法偵測極限：範圍 0.062~0.305 ppm，依環境檢驗品質管制圖建立指引(NIEA-PA105) 建立方法偵測極限，各檢項之 MDL 會因有所差異。

註 6：檢量線：依公告方法執行，九、(一)，待測有機化合物檢量線之線性係數應大於或等於 0.995。

註 7：精密度(RSD)：各檢項均 ≤10 %。

註 8：準確度(X)：依環境檢驗檢量線製備及查核指引(NIEA-PA103)，四、(四)、4，氣相層析法之相對誤差值宜在 ±15% 以內。

3.3 圓封樣品分析成果

3.3.1 樣品分析項目

一、GC/FID分析項目及分析極限

本計畫於第一轉烷化工場、第六芳香煙工場及苯儲槽區所採集之樣品氣體均委託具環檢所許可認證之檢測公司(清華科技檢驗股份有限公司)執行分析作業，分析方法為NIEA A722.74B，該方法可分析之揮發性有機物種共有21項，其個別物種名稱及方法偵測極限(MDL)如表3.3-1所示。

二、GC/MS分析項目及分析極限

本計畫於丁二烯工場所採集之樣品氣體均委託具環檢所許可認證之檢測公司(清華科技檢驗股份有限公司)執行分析作業，分析方法為NIEA A715.14B，該方法可分析之揮發性有機物種共有87項，其個別物種名稱及方法偵測極限(MDL)如表3.3-2所示。

表3.3-1 GC/FID分析項目及分析極限表

分析項目		偵測極限 (ppm)
丙酮	Acetone	0.112
丙烯腈	Acrylonitrile	0.089
乙酸甲酯	Methyl acetate	0.111
二氯甲烷	Methylene chloride	0.078
反-1,2-二氯乙烯	trans-1,2-Dichloroethene	0.096
1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	0.075
丁酮(2-丁酮)	2-Butanone	0.094
順-1,2-二氯乙烯	cis-1,2-Dichloroethene	0.076
三氯甲烷(氯仿)	Chloroform	0.279
1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	0.108
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	0.062
苯	Benzene	0.069
四氯化碳(四氯甲烷)	Carbon tetrachloride	0.305
三氯乙烯	Trichloroethene	0.073
甲苯	Toluene	0.064
四氯乙烯	Tetrachloroethylene	0.070
氯苯	Chlorobenzene	0.062
乙苯	Ethylbenzene	0.068
間,對-二甲苯	m/p-Xylene	0.064
苯乙烯	Styrene	0.068
鄰-二甲苯	o-Xylene	0.066

表3.3-2 GC/MS分析項目及分析極限表(1/3)

分析項目		偵測極限 (ppb)
丙烷	Propane	0.8
二氯二氟甲烷	Dichlorodifluoromethane	0.183
一氯二氟甲烷	Difluorochloromethane	0.182
1,2-二氯-1,1,2,2-四氟乙烷	Dichlorotetrafluoroethane	0.202
一氯甲烷	Chloromethane	0.18
一氯乙烯	Vinyl chloride	0.18
1,3-丁二烯	1,3-Butadiene	0.741
反-2-丁烯	trans-2-Butene	9.38×10^{-2}
順-2-丁烯	cis-2-Butene	0.187
甲醇	Methanol	3.02
一溴甲烷	Bromomethane	0.532
一氯乙烷	Chloroethane	0.174
異戊烷	Isopentane	0.186
三氯一氟甲烷	Trichlorofluoromethane	9.84×10^{-2}
正戊烷	Pentane	0.175
反-2-戊烯	trans-2-Pentene	0.201
順-2-戊烯	cis-2-Pentene	0.186
丙烯醛	Acrolein	0.894
1,1-二氯乙烯	1,1-Dichloroethene	9.60×10^{-2}
1,1,2-三氯-1,2,2-三氟乙烷	1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane	9.28×10^{-2}
丙酮	Acetone	0.179
乙腈	Acetonitrile	1.88
3-氯丙烯	3-Chloro-1-propene	0.818
二氯甲烷	Methylene chloride	0.193
2-甲基戊烷	2-Methylpentane	0.179
丙烯腈	Acrylonitrile	0.802
順-1,2-二氯乙烯	cis-1,2-Dichloroethene	9.60×10^{-2}
3-甲基戊烷	3-Methylpentane	0.19
1-己烯	1-Hexene	0.109
己烷	Hexane	0.192
1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	9.17×10^{-2}
乙烯醋酸酯	Vinyl acetate	0.776

表3.3-2 GC/MS分析項目及分析極限表(2/3)

分析項目		偵測極限 (ppb)
2,4-二甲基戊烷	2,4-Dimethylpentane	0.182
甲基環戊烷	Methylcyclopentane	0.189
反-1,2-二氯乙烯	trans-1,2-Dichloroethene	0.182
2-丁酮	2-Butanone	0.4
氯仿	Chloroform	9.12×10^{-2}
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	9.33×10^{-2}
2-甲基己烷	2-Methylhexane	0.197
環己烷	Cyclohexane	0.193
2,3-二甲基戊烷	2,3-Dimethylpentane	0.195
四氯化碳	Carbon tetrachloride	9.84×10^{-2}
苯	Benzene	9.81×10^{-2}
1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	9.09×10^{-2}
2,2,4-三甲基戊烷	2,2,4-Trimethylpentane	0.198
庚烷	Heptane	0.201
三氯乙烯	Trichloroethene	9.41×10^{-2}
甲基環己烷	Methylcyclohexane	0.191
1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	0.204
甲基丙烯酸酯	Methyl methacrylate	0.748
一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	8.82×10^{-2}
2-甲基庚烷	2-Methylheptane	0.183
順-1,3-二氯丙烯	cis-1,3-Dichloro-1-propene	9.76×10^{-2}
3-甲基庚烷	3-Methylheptane	0.209
甲基異丁基酮	Methyl Isobutyl Ketone	0.202
甲苯	Toluene	9.46×10^{-2}
辛烷	Octane	8.77×10^{-2}
反-1,3-二氯丙烯	trans-1,3-Dichloro-1-propene	0.187
1,1,2-三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	9.41×10^{-2}
四氯乙烯	Tetrachloroethylene	8.79×10^{-2}
二溴一氯甲烷	Dibromochloromethane	8.71×10^{-2}
1,2-二溴乙烷	1,2-Dibromoethane	9.12×10^{-2}
氯苯	Chlorobenzene	0.197
乙苯	Ethylbenzene	0.101
間+對-二甲苯	m/p-Xylene	0.197

表3.3-2 GC/MS分析項目及分析極限表(3/3)

	分析項目	偵測極限(ppb)
鄰-二甲苯	o-Xylene	9.97×10^{-2}
苯乙烯	Styrene	9.79×10^{-2}
異丙苯	Isopropylbenzene	0.197
1,1,2,2-四氯乙烷	1,1,2,2-Tetrachloroethane	9.68×10^{-2}
正丙苯	n-Propylbenzene	0.179
間-乙基甲苯	m-Ethyltoluene	0.416
對-乙基甲苯	p-Ethyltoluene	0.342
1,3,5-三甲基苯	1,3,5-Trimethylbenzene	0.101
鄰-乙基甲苯	o-Ethyltoluene	0.179
α -甲基苯乙烯	alpha-Methylstyrene	9.46×10^{-2}
1,2,4-三甲基苯	1,2,4-Trimethylbenzene	0.108
1,3-二氯苯	1,3-Dichlorobenzene	0.101
1,4-二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	0.107
1,2,3-三甲基苯	1,2,3-Trimethylbenzene	0.191
氯甲苯	Benzyl chloride	9.38×10^{-2}
對-二乙基苯	p-Diethylbenzene	0.172
間-二乙基苯	m-Diethylbenzene	0.168
1,2-二氯苯	1,2-Dichlorobenzen	9.79×10^{-2}
正十一烷	n-Undecane	0.175
正十二烷	n-Dodecane	0.155
1,2,4-三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	9.60×10^{-2}
六氯丁二烯	Hexachlorobutadiene	9.76×10^{-2}

3.3.2 樣品實際分析結果

一、丁二烯工場分析結果

本計畫於丁二烯工場共執行294顆設備元件圍封，在使用兩種不同流量之載流氣體共採集588組樣品，所採集之樣品經GC/MS分析後，統計全數樣品之揮發性有機物洩漏量，其揮發性有機物種以1,3-丁二烯為主。另將圍封設備元件之個別物種洩漏率進行統計，丁二烯工場以“丁二烯”為主，294顆設備元件之洩漏率介於 2.5×10^{-10} ~ 0.0005 kg/hr之間，其餘主要物種之平均洩漏率及最大洩漏率彙整於表3.3-3，個別洩漏物種濃度轉換為洩漏率後之數據彙整於附件三。

二、含苯類工場分析結果

本計畫於第一轉烷化工場、第六芳香烴工場及苯儲槽共執行456顆設備元件圍封，在使用兩種不同流量之載流氣體共採集912組樣品，所採集之樣品經GC/FID分析後，統計全數樣品之揮發性有機物洩漏量，其揮發性有機物種以苯為主。另將所圍封設備元件之個別物種洩漏率進行統計，含苯類工場以“苯”為主，450顆設備元件之洩漏率介於 3.2×10^{-8} ~ 0.006 kg/hr之間，其餘主要物種之平均洩漏率及最大洩漏率彙整於表3.3-4，個別洩漏物種濃度轉換為洩漏率後之數據彙整於附件三。

表3.3-3 丁二烯工場設備元件主要VOCs物種之洩漏率統計

VOCs 物種	洩漏率範圍(kg/hr)
丙烷	$2.2 \times 10^{-10} \sim 0.0002$
1,3 丁二烯	$2.5 \times 10^{-10} \sim 0.0005$
反-2-丁烯	$3.2 \times 10^{-11} \sim 0.0002$
順-2-丁烯	$6.5 \times 10^{-11} \sim 0.0002$
丙酮	$6.3 \times 10^{-11} \sim 0.0001$
甲醇	$5.9 \times 10^{-10} \sim 0.0001$
甲苯	$5.3 \times 10^{-11} \sim 0.0003$
二氯甲烷	$1 \times 10^{-10} \sim 0.0002$
2-丁酮	$1.8 \times 10^{-10} \sim 0.0001$

註 1：樣本數為 294 顆設備元件。

註 2：最低洩漏率為為取 1/2 偵測極限計算所得。

表3.3-4 含苯類工場設備元件主要VOCs物種之洩漏率統計

VOCs 物種	洩漏率範圍(kg/hr)
苯	$3.2 \times 10^{-8} \sim 0.0060$
甲苯	$3.5 \times 10^{-8} \sim 0.0015$
乙苯	$4.3 \times 10^{-8} \sim 0.0009$
間,對二甲苯	$4.1 \times 10^{-8} \sim 0.0016$
鄰-二甲苯	$4.2 \times 10^{-8} \sim 0.0005$
丙酮	$3.9 \times 10^{-8} \sim 0.0004$
四氯化碳	$2.8 \times 10^{-7} \sim 0.0033$

註 1：樣本數為 456 顆設備元件。

註 2：最低洩漏率為為取 1/2 偵測極限計算所得。

3.4 排放係數建置成果

本計畫針對中油林園廠之設備元件逸散量推估方法主要依據美國環保署於1995年提出之「Protocol for Equipment Leak Emission Estimate」報告內容所認可之設備元件逸散量計算方式進行廠內排放係數之建置，而設備元件逸散量估算方法主要有平均因子法(Average Emission Factor Approach)、層次因子法(Screening Ranges Approach)、相關係數法(EPA Correlation Approach)、特定相關係數法(Unit-Specific Correlation Approach)等四種計算方法。而本計畫主要以層次因子法進行中油林園廠設備元件逸散量計算。

考量本計畫所採用之分析方法係針對個別揮發性有機物進行檢測，然設備元件係數係以非甲烷碳氫化合物(NMHC)進行建置，因此本計畫先將所檢測出之個別揮發性有機物濃度轉換為甲烷濃度，再個別進行洩漏率計算，所得之洩漏率再加總後即為該元件之NMHC洩漏率。

依不同洩漏濃度區間之設備元件洩漏率分別計算其算術平均值，所得之數值即為「層次因子排放係數」。

3.4.1 丁二烯工場VOC排放係數(層次因子)估算結果

本計畫共計建立氣體閥、輕質液閥、氣體法蘭、輕質液法蘭、氣體開口管線、輕質液開口管線、氣體牙口、輕質液牙口及氣體釋壓閥等9類型之設備元件排放係數，其洩漏濃度區間之分配主要以環保署公告係數之三個區間(0~1,000 ppm、1,001~9,999 ppm、>10,000 ppm)為主，並納入開工會議所決議之六個區間(0~100 ppm、101~500 pm、501~1,000 ppm、1,001~5,000 ppm、5,001~9,999 ppm、>10,000 ppm)建立該區間之排放係數。

在中油公司落實設備元件LDAR策略且在有限工作期程下，各類型設備元件大多屬於低濃度洩漏，屬高濃度洩漏

(>1,000 ppm)之情形甚少，以致設備元件高濃度之排放係數未能完整建立，或因高濃度之洩漏元件取得之數量較少，使建置之排放係數較不完整，因此本計畫提出以下替代方案：

一、排放係數建置不完整之改善作法

由USEPA文獻資料「Protocol for Equipment Leak Emission Estimates,1995」顯示，建置設備元件揮發性有機物排放係數，執行圍封試驗之元件數量至少應有6個；而「固定污染源揮發性有機物自廠係數（含控制效率）建置作業要點」則提到須各個濃度區間數量至少4個，並須作5批次檢測。而本計畫因部分類型元件在高濃度區間取得之數量較少，因此，部分濃度區間之排放係數無法完整建置或有數量較不足之虞慮，本部份將以說明二之替代方案進行修正。

二、替代方案

由USEPA文獻資料顯示，建置設備元件揮發性有機物排放係數，執行圍封試驗之元件數量至少應有6個；而「固定污染源揮發性有機物自廠係數（含控制效率）建置作業要點」則提到須各個濃度區間數量至少4個。然本計畫實際圍封時，由於高濃度區間之設備元件可行圍封試驗數量甚少。為彌補所缺漏之中高濃度區間排放係數，本計畫以低濃度區間之排放係數進行回推，並假設以下前提：

1. 設低濃度區間因執行數量較多，因此在洩漏率的呈現上最具代表性。
2. 設低濃度區間之污染物排放量，與中高濃度區間之污染物排放量成正比。
3. 公告係數於各個濃度區間之排放係數比值與本計畫各個濃度區間比值一致。

在前述假設下，以低濃度區間之排放係數與公告低濃度區間係數兩者比例進行回推，其中牙口類元件於環保署目前並無公告係數，因此將牙口類比照法蘭類進行回推計算，回推之計算範例如下：

$$X = (B \div A) \times Y$$

A：該類設備元件(0~1,000 ppm)公告係數

B：該類設備元件(1,001~9,999 ppm 或 >10,000 ppm)公告係數

X：該類設備元件回推係數

Y：該類設備元件(0~1,000 ppm)本計畫已建立係數

本計畫依上述方法推估之VOCs排放係數(因牙口類元件無環保署係數，其比例參考法蘭)如表3.4-1。

表3.4-1 丁二烯工場VOCs排放係數估算結果

元件型式	流體種類	排放因子(kg/hr/Source)		
		0-1,000 ppm	1,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	3.28×10^{-6}	1.21×10^{-5}	$1.06 \times 10^{-3**}$
	輕質液	5.30×10^{-6}	1.13×10^{-4}	$1.61 \times 10^{-3**}$
法蘭(F)	氣體	1.44×10^{-7}	$6.32 \times 10^{-5**}$	5.68×10^{-4}
	輕質液	1.34×10^{-5}	2.40×10^{-4}	$2.51 \times 10^{-2**}$
開口管線(O)	氣體	2.11×10^{-5}	$1.42 \times 10^{-3**}$	$1.94 \times 10^{-3**}$
	輕質液	1.48×10^{-6}	9.50×10^{-5}	4.62×10^{-4}
牙口(N)	氣體	3.15×10^{-7}	$1.38 \times 10^{-4**}$	$5.90 \times 10^{-4**}$
	輕質液	6.19×10^{-6}	$2.71 \times 10^{-3**}$	$1.16 \times 10^{-2**}$
釋壓閥(R)	氣體	4.70×10^{-8}	$1.15 \times 10^{-6**}$	$6.97 \times 10^{-6**}$

註1：**表以替代方案估算之排放係數，計算方式如註4所示。

註2：本場釋壓閥之排氣全部回收，本計畫係圍封釋壓閥之法蘭及開口管線部分。

註3：本專案於不同的工場採用不同的檢測分析方法，受限於分析儀器，所估算出之排放量將有所的不同。

註4： $X = (B \div A) \times Y$

A：該類設備元件(0~1,000 ppm)公告係數

B：該類設備元件(1,001~9,999 ppm 或 >10,000 ppm)公告係數

X：該類設備元件回推係數

Y：該類設備元件(0~1,000 ppm)本計畫已建立係數

3.4.2 含苯類工場VOC排放係數建置結果

本計畫於含苯類工場共計建立氣體閥、輕質液閥、氣體法蘭、輕質液法蘭、氣體開口管線、輕質液開口管線、氣體牙口及輕質液牙口等8類型之設備元件排放係數，其洩漏濃度區間之分配如3.4-1節所述。

本計畫依3.4.1節方法推估之含苯類工場VOCs排放係數如表3.4-2。

表3.4-2 含苯類工場VOCs排放係數估算結果

元件型式	流體種類	排放因子(kg/hr/Source)		
		0-1,000 ppm	1,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	5.29×10^{-6}	1.06×10^{-5}	$1.7 \times 10^{-3**}$
	輕質液	1.27×10^{-5}	2.49×10^{-4}	1.33×10^{-3}
法蘭(F)	氣體	4.89×10^{-6}	$2.14 \times 10^{-3**}$	$9.16 \times 10^{-3**}$
	輕質液	7.25×10^{-6}	1.11×10^{-3}	3.43×10^{-3}
開口管線(O)	氣體	5.71×10^{-6}	6.91×10^{-4}	1.95×10^{-3}
	輕質液	8.21×10^{-6}	2.38×10^{-4}	3.08×10^{-3}
牙口(N)	氣體	4.42×10^{-6}	2.98×10^{-5}	7.15×10^{-4}
	輕質液	4.56×10^{-6}	1.00×10^{-3}	1.20×10^{-3}

註1：**表以替代方案估算之排放係數，計算方式如註4所示。

註2：本場釋壓閥之排氣全部回收，本計畫係圍封釋壓閥之法蘭及開口管線部分。

註3：本專案於不同的工場採用不同的檢測分析方法，受限於分析儀器，所估算出之排放量將有所的不同。

註4： $X = (B \div A) \times Y$

A：該類設備元件(0~1,000 ppm)公告係數

B：該類設備元件(1,001~9,999 ppm 或 >10,000 ppm)公告係數

X：該類設備元件回推係數

Y：該類設備元件(0~1,000 ppm)本計畫已建立係數

3.4.3 本計畫排放係數與環保署排放係數比較

依上述章節所建立設備元件VOCs排放係數結果，將本計畫於丁二烯工場及含苯類工場(第一轉烷化工場、第六芳香烴工場及苯儲槽)所建立之排放係數與我國環保署公告排放係數進行比較分析(如表3.4-3、3.4-4，圖3.4-1、3.4-2)。在丁二烯工場分析三種洩漏濃度區間(0~1,000 ppm、1,000~10,000 ppm、>10,000 ppm)之各類元件排放係數均略低於環保署公告排放係數。而含苯類工場之排放係數除輕質液法蘭略高於環保署公告排放係數外，其餘元件排放係數比較結果與丁二烯工場相似。

比較環保署及本計畫排放係數兩者間之差異，其一為建立時間點不同，環保署之排放係數主要彙整2002年及2004~2006年間之數據，而本廠則是在2012年實際檢測(現況是本廠已落實設備元件洩漏偵測維修計畫)。其次，由於近年來環保署逐漸加嚴設備元件等逸散性污染源的管制標準，因此廠方在力求符合法規標準下，努力進行設備元件剋漏技術提升及維護管理工作的落實，因此，設備元件洩漏情形略低於環保署公告值應屬可預見之結果。

表3.4-3 本計畫丁二烯工場設備元件排放係數與環保署係數比較表

元件型式	流體種類	排放因子(kg/hr/Source)					
		0-1,000 ppm		1,001-9,999 ppm		>10,000 ppm	
		本計畫	環保署	本計畫	環保署	本計畫	環保署
閥(V)	氣體	3.28×10^{-6}	1.40×10^{-4}	1.21×10^{-5}	1.65×10^{-3}	1.06×10^{-3}	4.51×10^{-2}
	輕質液	5.30×10^{-6}	2.80×10^{-4}	1.13×10^{-4}	9.63×10^{-3}	1.61×10^{-3}	8.52×10^{-2}
法蘭(F)	氣體	1.44×10^{-7}	2.00×10^{-5}	6.32×10^{-5}	8.75×10^{-3}	5.68×10^{-4}	3.75×10^{-2}
	輕質液	1.34×10^{-5}	2.00×10^{-5}	2.4×10^{-4}	8.75×10^{-3}	2.51×10^{-2}	3.75×10^{-2}
開口管線(O)	氣體	2.11×10^{-5}	1.30×10^{-4}	1.42×10^{-3}	8.76×10^{-3}	1.94×10^{-3}	1.20×10^{-2}
	輕質液	1.48×10^{-6}	1.30×10^{-4}	9.5×10^{-5}	8.76×10^{-3}	4.62×10^{-4}	1.20×10^{-2}
牙口(N)	氣體	3.15×10^{-7}	-	1.38×10^{-4}	-	5.90×10^{-4}	-
	輕質液	6.19×10^{-6}	-	2.71×10^{-3}	-	1.16×10^{-2}	-
釋壓閥(R)	氣體	4.7×10^{-8}	1.14×10^{-2}	1.15×10^{-6}	2.79×10^{-1}	6.97×10^{-6}	1.691

註1：環保署排放係數係引用“固定污染源排放量申報作業指引暨排放量計算手冊，中華民國92年3月”

註2：本場釋壓閥之排氣全部回收，本計畫係圍封釋壓閥之法蘭及開口管線部分。

表3.4-4 本計畫含苯類工場設備元件排放係數與環保署係數比較表

元件型式	流體種類	排放因子(kg/hr/Source)					
		0-1,000 ppm		1,001-9,999 ppm		>10,000 ppm	
		本計畫	環保署	本計畫	環保署	本計畫	環保署
閥(V)	氣體	5.29×10^{-6}	1.40×10^{-4}	1.06×10^{-5}	1.65×10^{-3}	1.7×10^{-3}	4.51×10^{-2}
	輕質液	1.27×10^{-5}	2.80×10^{-4}	2.49×10^{-4}	9.63×10^{-3}	1.33×10^{-3}	8.52×10^{-2}
法蘭(F)	氣體	4.89×10^{-6}	2.00×10^{-5}	2.14×10^{-3}	8.75×10^{-3}	9.16×10^{-3}	3.75×10^{-2}
	輕質液	7.25×10^{-6}	2.00×10^{-5}	1.11×10^{-3}	8.75×10^{-3}	3.43×10^{-3}	3.75×10^{-2}
開口管線(O)	氣體	5.71×10^{-6}	1.30×10^{-4}	6.91×10^{-4}	8.76×10^{-3}	1.95×10^{-3}	1.20×10^{-2}
	輕質液	8.21×10^{-6}	1.30×10^{-4}	2.38×10^{-4}	8.76×10^{-3}	3.08×10^{-3}	1.20×10^{-2}
牙口(N)	氣體	4.42×10^{-6}	-	2.98×10^{-5}	-	7.15×10^{-4}	-
	輕質液	4.56×10^{-6}	-	1.00×10^{-3}	-	1.2×10^{-3}	-

註1：環保署排放係數係引用“固定污染源排放量申報作業指引暨排放量計算手冊，中華民國92年3月”

註2：本場釋壓閥之排氣全部回收，本計畫係圍封釋壓閥之法蘭及開口管線部分。

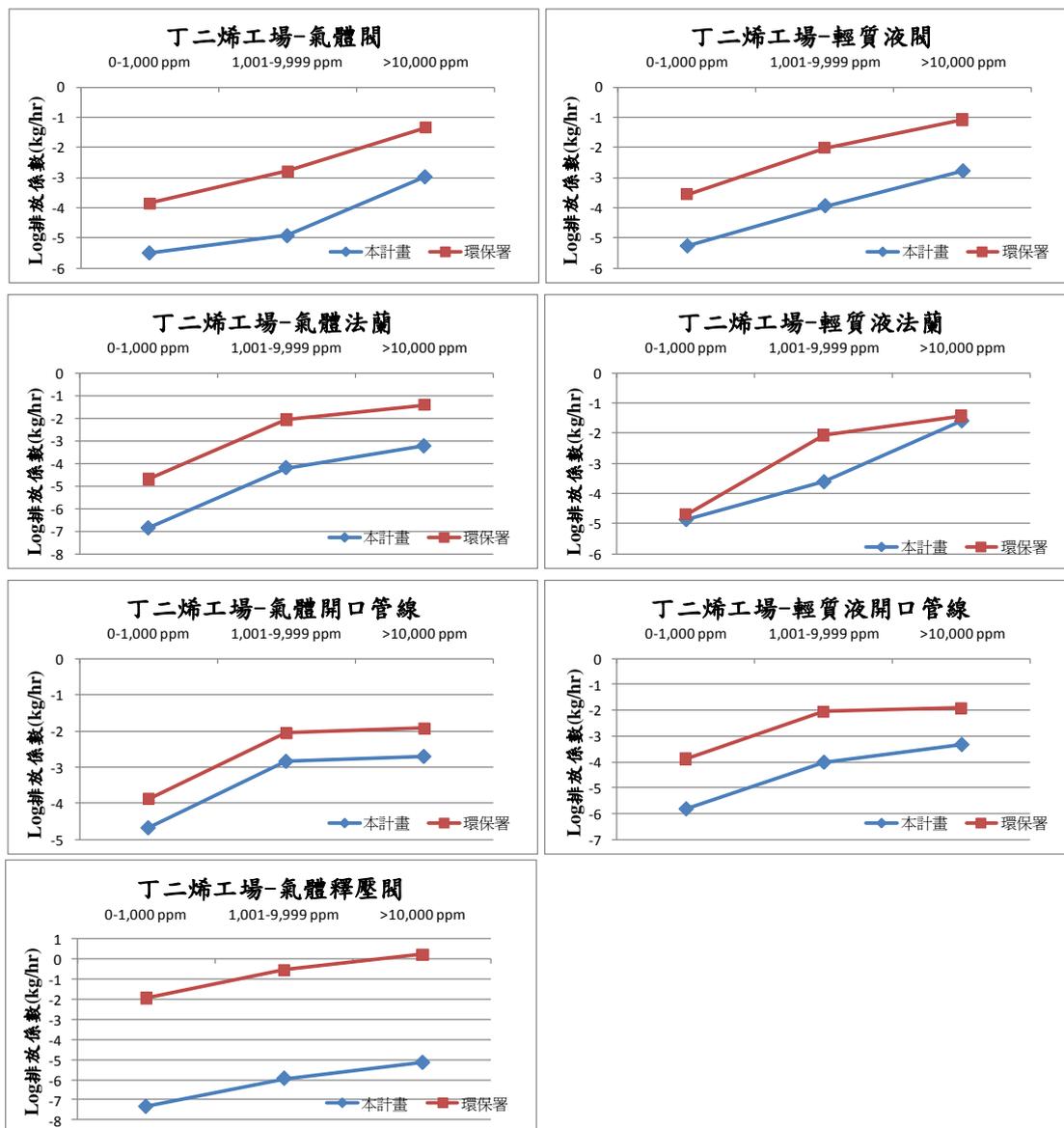


圖3.4-1 丁二烯工場設備元件排放係數與環保署係數比較圖

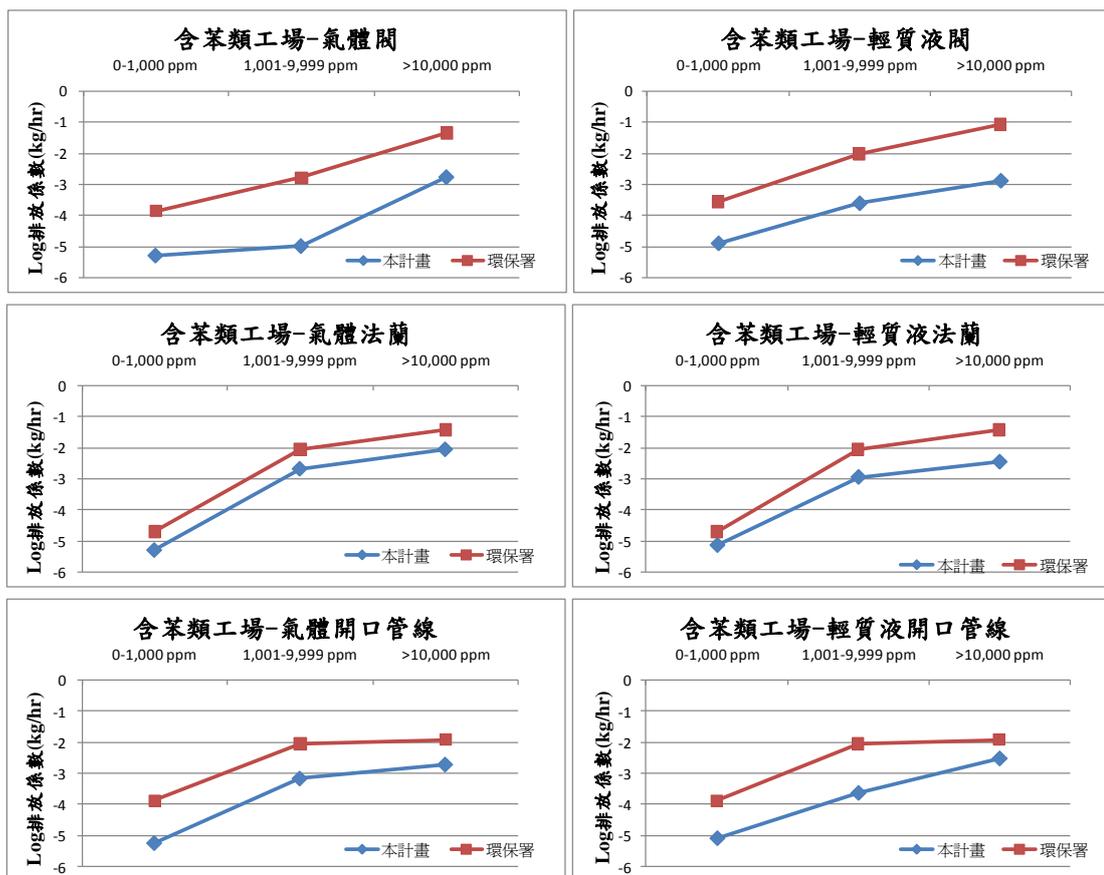


圖3.4-2 含苯類工場設備元件排放係數與環保署係數比較圖

3.4.4 以六種洩漏濃度區間建置之排放係數

設備元件洩漏之揮發性有機物量推估，主要係由實際檢測所得之濃度，對照環保署公告之”固定污染源排放量申報作業指引暨排放量計算手冊”中各濃度區間之係數所得，而該手冊之設備元件洩漏之區間共有三種，分別為0~1,000 ppm、1,001~9,999 ppm及>10,000 ppm，然本計畫之目的係透過圍封檢測瞭解設備元件之揮發性有機物實際洩漏量。本計畫以上述三種洩漏濃度區所建置之排放係數已於3.4.1及3.4.2說明，而為避免檢測數據在各洩漏濃度區間中過於偏高或偏低之集中，進而影響排放量有低估或高估之情形，因此本計畫於開工會議中，即與中油公司及與會專家討論洩漏濃度區間之再分割，討論結果為分割為六種濃度區間，分別為：0~100 ppm、101~500 ppm、501~1,000 ppm、1,001~5,000 ppm、5,001~9,999 ppm及>10,000 ppm。

本計畫於丁二烯工場及含苯類工場以上述六種設備元件洩漏濃度區間建置之排放係數如表3.4-5及表3.4-6所示。於正常操作且設備維護妥善之石化工廠，其高濃度洩漏設備元件即屬少數可見，因此致本排放係數於部份設備元件高濃度區間，因無法取而有無法建置之情形。另部份類型之設備元件於高濃度區間取得數量較少，在樣本數不足之情況下出現高濃度區間係數小於低濃度區間係數之不合理現象。然而以六種洩漏濃度區間建置之係數，因無相關官方公告之相似係數可引用進行替代方案之校正，因此部份高濃度區間係數予以空置。

表3.4-5 丁二烯工場六種洩漏區間VOCs排放係數估算結果

元件型式	流體種類	排放因子(kg/hr/Source)					
		0-100 ppm	101-500 ppm	501-1,000 ppm	1,001-5,000 ppm	5,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	9.99×10^{-8}	2.13×10^{-5}	3.36×10^{-6}	1.21×10^{-5}	-	-
	輕質液	5.43×10^{-7}	3.70×10^{-5}	4.54×10^{-5}	1.21×10^{-4}	3.58×10^{-5}	6.70×10^{-5}
法蘭(F)	氣體	1.44×10^{-7}	-	-	5.81×10^{-8}	-	5.68×10^{-4}
	輕質液	6.47×10^{-7}	4.92×10^{-5}	8.77×10^{-5}	2.64×10^{-4}	7.41×10^{-5}	1.66×10^{-5}
開口管線(O)	氣體	1.34×10^{-7}	-	5.65×10^{-4}	-	4.69×10^{-8}	-
	輕質液	9.59×10^{-7}	3.11×10^{-6}	1.55×10^{-5}	8.42×10^{-5}	1.06×10^{-4}	4.62×10^{-4}
牙口(N)	氣體	3.15×10^{-7}	-	-	-	-	-
	輕質液	1.04×10^{-7}	1.42×10^{-6}	8.77×10^{-5}	6.17×10^{-5}	1.41×10^{-4}	2.18×10^{-5}
釋壓閥(R)	氣體	4.70×10^{-8}	-	-	-	-	-

表3.4-6 含苯類工場六種洩漏區間VOCs排放係數估算結果

元件型式	流體種類	排放因子(kg/hr/Source)					
		0-100 ppm	101-500 ppm	501-1,000 ppm	1,001-5,000 ppm	5,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	5.19×10^{-6}	4.27×10^{-6}	1.10×10^{-5}	1.06×10^{-5}	-	-
	輕質液	6.84×10^{-6}	4.70×10^{-5}	9.48×10^{-5}	2.49×10^{-4}	-	1.33×10^{-3}
法蘭(F)	氣體	4.62×10^{-6}	-	1.54×10^{-5}	-	-	5.57×10^{-5}
	輕質液	5.36×10^{-6}	2.32×10^{-5}	3.64×10^{-5}	3.22×10^{-4}	3.22×10^{-3}	3.43×10^{-3}
開口管線(O)	氣體	4.27×10^{-6}	4.26×10^{-6}	5.04×10^{-5}	3.99×10^{-4}	9.84×10^{-4}	1.95×10^{-3}
	輕質液	5.17×10^{-6}	2.42×10^{-5}	1.47×10^{-4}	4.57×10^{-5}	6.21×10^{-4}	3.08×10^{-3}
牙口(N)	氣體	4.44×10^{-6}	3.97×10^{-6}	-	2.98×10^{-5}	-	7.15×10^{-4}
	輕質液	4.37×10^{-6}	4.26×10^{-6}	1.15×10^{-5}	7.67×10^{-4}	1.48×10^{-3}	1.20×10^{-3}

3.4.5 排放量比較結果

為實際量化本計畫所建立之排放係數與環保署排放係數之差異，本計畫以執行圍封檢測之受測工場101年度第三季設備元件VOCs申報數量為計算基準(設備元件數量明細如表3.1-4~表3.1-8)，推估各工場整年度設備元件VOCs排放量。其中，牙口類設備元件目前因環保署尚無公告之係數因此該類元件無法進行計算。各工場依不同排放係數估算排放量之結果如表3.4-7~表3.4-10所示，各工場估算結果分述如下：

一、丁二烯工場

由本計畫排放係數估算丁二烯工場設備元件VOCs年排放量為2.237而依環保署之排放係數估算之年排放量為18.607公噸，兩者差異約8.3倍。

二、第一轉烷化工場

依本計畫排放係數估算第一轉烷化工場設備元件VOCs年排放量為0.927，而環保署排放係數估算結果為7.916公噸/年，兩種排放量差異約為8.5倍。

三、第六芳香烴工場

依本計畫排放係數估算第六芳香烴化工場設備元件VOCs年排放量為0.778公噸，而環保署排放係數估算結果為9.98公噸/年，兩者排放量差異約為12.8倍。

四、苯儲槽

依本計畫排放係數估算苯儲槽設備元件VOCs年排放量為0.692公噸，而環保署排放係數估算結果為8.686公噸/年，兩者排放量差異約為12.5倍。

表3.4-7 丁二烯工場全場設備元件VOCs排放量估算比較表

元件 型式	流體 種類	本工場所有該類設備元件排放量(kg/hr)					
		0-1,000 ppm		1,001-9,999 ppm		>10,000 ppm	
		本計畫	環保署	本計畫	環保署	本計畫	環保署
閥 (V)	氣體	2.02×10^{-3}	8.62×10^{-2}	8.46×10^{-5}	1.16×10^{-2}	1.06×10^{-3}	4.51×10^{-2}
	輕質液	2.13×10^{-2}	1.12	1.13×10^{-3}	9.63×10^{-2}	-	-
法蘭 (F)	氣體	5.18×10^{-5}	7.18×10^{-3}	1.26×10^{-4}	1.75×10^{-2}	5.68×10^{-4}	3.75×10^{-2}
	輕質液	4.41×10^{-2}	6.58×10^{-2}	4.32×10^{-3}	1.58×10^{-1}	7.53×10^{-2}	1.13×10^{-1}
開口管線 (O)	氣體	4.00×10^{-3}	2.47×10^{-2}	-	-	-	-
	輕質液	1.95×10^{-3}	1.71×10^{-1}	1.90×10^{-4}	1.75×10^{-2}	9.23×10^{-4}	2.39×10^{-2}
牙口 (N)	氣體	3.78×10^{-5}	-	1.38×10^{-4}	-	5.90×10^{-4}	-
	輕質液	4.24×10^{-3}	-	3.52×10^{-2}	-	5.80×10^{-2}	-
釋壓閥 (R)	氣體	5.17×10^{-7}	1.25×10^{-1}	-	-	-	-
本計畫係數換算年排放量 (ton/yr)		2.237					
環保署係數換算年排放量 (ton/yr)		18.607					

註1：設備元件以101年第三季申報數量為計算基準，年排放量為該季排放量乘以4倍所得。

註2：本場釋壓閥之排氣全部回收，本計畫係圍封釋壓閥之法蘭及開口管線部分。

註3：年排放量=Σ各類元件小時量*24*365/1000

表3.4-8 第一轉烷化工場全場設備元件VOCs排放量估算比較表

元件型式	流體種類	本工場所有該類設備元件排放量(kg/hr)					
		0-1,000 ppm		1,001-9,999 ppm		>10,000 ppm	
		本計畫	環保署	本計畫	環保署	本計畫	環保署
閥(V)	氣體	1.84×10^{-3}	4.87×10^{-2}	1.06×10^{-5}	1.65×10^{-3}	-	-
	輕質液	1.07×10^{-2}	2.36×10^{-1}	2.99×10^{-3}	1.16×10^{-1}	-	-
法蘭(F)	氣體	1.30×10^{-3}	5.34×10^{-3}	4.28×10^{-3}	1.75×10^{-2}	4.58×10^{-2}	1.88×10^{-1}
	輕質液	5.09×10^{-3}	1.40×10^{-2}	1.45×10^{-2}	1.14×10^{-1}	6.86×10^{-3}	7.50×10^{-2}
開口管線(O)	氣體	7.89×10^{-4}	1.79×10^{-2}	2.07×10^{-3}	2.63×10^{-2}	-	-
	輕質液	1.69×10^{-3}	2.68×10^{-2}	4.75×10^{-4}	1.75×10^{-2}	-	-
牙口(N)	氣體	6.18×10^{-4}	-	8.94×10^{-5}	-	7.15×10^{-4}	-
	輕質液	8.25×10^{-4}	-	4.02×10^{-3}	-	1.20×10^{-3}	-
本計畫係數換算年排放量 (ton/yr)		0.927					
環保署係數換算年排放量 (ton/yr)		7.916					

註1：設備元件以101年第三季申報數量為計算基準，年排放量為該季排放量乘以4倍所得。

註2：年排放量=Σ各類元件小時量*24*365/1000

表3.4-9 第六芳香烴工場全場設備元件VOCs排放量估算比較表

元件型式	流體種類	本工場所有該類設備元件排放量(kg/hr)					
		0-1,000 ppm		1,001-9,999 ppm		>10,000 ppm	
		本計畫	環保署	本計畫	環保署	本計畫	環保署
閥(V)	氣體	3.17×10^{-4}	8.40×10^{-3}	-	-	-	-
	輕質液	1.88×10^{-2}	4.16×10^{-1}	9.98×10^{-4}	3.85×10^{-2}	2.66×10^{-3}	1.70×10^{-1}
法蘭(F)	氣體	3.13×10^{-4}	1.28×10^{-3}	-	-	-	-
	輕質液	1.24×10^{-2}	3.43×10^{-2}	2.11×10^{-2}	1.66×10^{-1}	1.03×10^{-2}	1.13×10^{-1}
開口管線(O)	氣體	1.31×10^{-4}	2.99×10^{-3}	-	-	-	-
	輕質液	5.80×10^{-3}	9.19×10^{-2}	1.66×10^{-3}	6.13×10^{-2}	9.25×10^{-3}	3.59×10^{-2}
牙口(N)	氣體	3.97×10^{-5}	-	-	-	-	-
	輕質液	9.07×10^{-4}	-	4.02×10^{-3}	-	-	-
本計畫係數換算年排放量 (ton/yr)		0.778					
環保署係數換算年排放量 (ton/yr)		9.98					

註1：設備元件以101年第三季申報數量為計算基準，年排放量為該季排放量乘以4倍所得。

註2：年排放量=Σ各類元件小時量*24*365/1000

表3.4-10 苯儲槽工場全場設備元件VOCs排放量估算比較表

元件型式	流體種類	本工場所有該類設備元件排放量(kg/hr)					
		0-1,000 ppm		1,001-9,999 ppm		>10,000 ppm	
		本計畫	環保署	本計畫	環保署	本計畫	環保署
閥(V)	氣體	1.11×10^{-4}	2.94×10^{-3}	-	-	-	-
	輕質液	1.57×10^{-2}	3.46×10^{-1}	9.98×10^{-4}	3.85×10^{-2}	1.33×10^{-3}	8.52×10^{-2}
法蘭(F)	氣體	9.77×10^{-5}	4.00×10^{-4}	-	-	-	-
	輕質液	1.20×10^{-2}	3.30×10^{-2}	3.22×10^{-2}	2.54×10^{-1}	6.86×10^{-3}	7.50×10^{-2}
開口管線(O)	氣體	1.71×10^{-5}	3.90×10^{-4}	-	-	-	-
	輕質液	3.56×10^{-3}	5.64×10^{-2}	2.38×10^{-3}	8.76×10^{-2}	3.08×10^{-3}	1.20×10^{-2}
牙口(N)	氣體	8.83×10^{-6}	-	-	-	-	-
	輕質液	6.47×10^{-4}	-	-	-	-	-
本計畫係數換算年排放量 (ton/yr)		0.692					
環保署係數換算年排放量 (ton/yr)		8.686					

註1：設備元件以101年第三季申報數量為計算基準，年排放量為該季排放量乘以4倍所得。

註2：年排放量=Σ各類元件小時量*24*365/1000

3.5 設備元件致癌性有機物排放係數建置

3.5.1 丁二烯工場“丁二烯”排放係數建置

本計畫圍封後之檢測係採揮發性有機物種之檢測，因此將丁二烯之檢測濃度帶入NIEA A736.70C洩漏率計算公式後，可得到丁二烯之洩漏率，洩漏率計算公式如2.3.2節所示。依本計畫執行之結果共建立氣體閥、輕質液閥、氣體法蘭、輕質液法蘭、氣體釋壓閥、氣體開口管線、輕質液開口管線、氣體牙口及輕質液牙口之丁二烯排放係數，各元件係數彙整表3.5-，當中部份高濃度區間之設備元件因無法取的樣品，故無法建置該區間之係數。

表3.5-1 丁二烯工場“丁二烯”排放係數估算結果

元件型式	流體種類	排放因子(kg/hr/Source)		
		0-1,000 ppm	1,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	1.11×10^{-6}	1.12×10^{-9}	-
	輕質液	1.04×10^{-6}	2.43×10^{-5}	6.35×10^{-5}
法蘭(F)	氣體	4.51×10^{-8}	1.23×10^{-9}	9.99×10^{-10}
	輕質液	5.14×10^{-6}	1.21×10^{-4}	9.83×10^{-10}
開口管線(O)	氣體	3.46×10^{-6}	9.96×10^{-10}	-
	輕質液	4.43×10^{-7}	8.81×10^{-10}	1.02×10^{-9}
牙口(N)	氣體	3.43×10^{-8}	-	-
	輕質液	5.48×10^{-6}	6.57×10^{-6}	-
釋壓閥(R)	氣體	2.24×10^{-9}	-	-

3.5.2 含苯類工場“苯”排放係數建置

將含苯類工場圍封檢測所得之苯濃度帶入洩漏率公式取得苯之洩漏率，再依各濃度區間元件苯洩漏率取平均值後得到排放係數，依計算結果共建立氣體閥、輕質液閥、氣體法蘭、輕質液法蘭、氣體開口管線、輕質液開口管線、氣體牙口及輕質液牙口之苯排放係數，各元件係數如表3.5-2所示，部份高濃度區間之設備元件因無法取的樣品，故無法建置該區間之係數。

表3.5-2 含苯類工場“苯”排放係數估算結果

元件型式	流體種類	排放因子(kg/hr/Source)		
		0-1,000 ppm	1,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	2.18×10^{-7}	2.44×10^{-6}	-
	輕質液	3.97×10^{-6}	2.05×10^{-4}	1.33×10^{-3}
法蘭(F)	氣體	2.19×10^{-7}	-	2.78×10^{-5}
	輕質液	1.06×10^{-6}	3.05×10^{-4}	3.42×10^{-3}
開口管線(O)	氣體	1.58×10^{-6}	2.04×10^{-4}	8.95×10^{-4}
	輕質液	1.04×10^{-6}	1.23×10^{-5}	7.27×10^{-4}
牙口(N)	氣體	1.88×10^{-7}	1.62×10^{-5}	6.57×10^{-4}
	輕質液	2.93×10^{-7}	3.67×10^{-4}	8.67×10^{-4}

3.5.3 致癌性有機物排放量計算

為量化3.5.1節及3.5.2節揮發性有機物種(丁二烯、苯)排放係數於實場呈現之排放量，因此以本計畫所執行圍封之四個工場之設備元件數量為計算基準，乘上3.5.1節及3.5.2節之係數所得，四個工場之設備元件數量如2.1.2節所示，丁二烯工場丁二烯洩漏量如表3.5-3所示，第一轉烷化苯洩漏量如表3.5-4所示，第六芳香烴工場洩漏量如表3.5-5所示，苯儲槽工場洩漏量如表3.5-6所示。

表3.5-3 丁二烯工場“丁二烯”洩漏量估算結果

元件型式	流體種類	本工場所有該類設備元件排放量(kg/hr)		
		0-1,000 ppm	1,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	6.82×10^{-4}	7.81×10^{-9}	-
	輕質液	4.19×10^{-3}	2.43×10^{-4}	-
法蘭(F)	氣體	1.62×10^{-5}	2.47×10^{-9}	9.99×10^{-10}
	輕質液	1.69×10^{-2}	2.18×10^{-3}	2.95×10^{-9}
開口管線(O)	氣體	6.57×10^{-4}	-	-
	輕質液	5.84×10^{-4}	1.76×10^{-9}	2.05×10^{-9}
牙口(N)	氣體	4.12×10^{-6}	-	-
	輕質液	3.75×10^{-3}	8.54×10^{-5}	-
釋壓閥(R)	氣體	2.46×10^{-8}	-	-
年排放量(ton/yr)		0.2568		

註1：設備元件以101年第三季申報數量為計算基準，年排放量為該季排放量乘以4倍所得。

註2：本場釋壓閥之排氣全部回收，本計畫係圍封釋壓閥之法蘭及開口管線部分。

註3：年排放量=Σ各類元件小時量*24*365/1000

表3.5-4 第一轉烷化工場“苯”洩漏量估算結果

元件型式	流體種類	本工場所有該類設備元件排放量(kg/hr)		
		0-1,000 ppm	1,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	7.58×10^{-5}	2.44×10^{-6}	-
	輕質液	3.34×10^{-3}	2.46×10^{-3}	-
法蘭(F)	氣體	5.85×10^{-5}	-	1.39×10^{-4}
	輕質液	7.46×10^{-4}	3.97×10^{-3}	6.85×10^{-3}
開口管線(O)	氣體	2.18×10^{-4}	6.11×10^{-4}	-
	輕質液	2.14×10^{-4}	2.46×10^{-5}	-
牙口(N)	氣體	2.64×10^{-5}	4.87×10^{-5}	6.57×10^{-4}
	輕質液	5.31×10^{-5}	1.47×10^{-3}	8.67×10^{-4}
年排放量(ton/yr)		0.1912		

註1：設備元件以101年第三季申報數量為計算基準，年排放量為該季排放量乘以4倍所得。

註2：年排放量=Σ各類元件小時量*24*365/1000

表3.5-5 第六芳香烴工場“苯”洩漏量估算結果

元件型式	流體種類	本工場所有該類設備元件排放量(kg/hr)		
		0-1,000 ppm	1,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	1.31×10^{-5}	-	-
	輕質液	5.89×10^{-3}	8.19×10^{-4}	2.66×10^{-3}
法蘭(F)	氣體	1.40×10^{-5}	-	-
	輕質液	1.82×10^{-3}	5.80×10^{-3}	1.03×10^{-2}
開口管線(O)	氣體	3.64×10^{-5}	-	-
	輕質液	7.33×10^{-4}	8.60×10^{-5}	2.18×10^{-3}
牙口(N)	氣體	1.70×10^{-6}	-	-
	輕質液	5.84×10^{-5}	1.47×10^{-3}	-
年排放量(ton/yr)		0.279		

註1：設備元件以101年第三季申報數量為計算基準，年排放量為該季排放量乘以4倍所得。

註2：年排放量=Σ各類元件小時量*24*365/1000

表3.5-6 苯儲槽工場“苯”洩漏量估算結果

元件型式	流體種類	本工場所有該類設備元件排放量(kg/hr)		
		0-1,000 ppm	1,001-9,999 ppm	>10,000 ppm
閥(V)	氣體	4.58×10^{-6}	-	-
	輕質液	4.91×10^{-3}	8.19×10^{-4}	1.33×10^{-3}
法蘭(F)	氣體	4.39×10^{-6}	-	-
	輕質液	1.75×10^{-3}	8.85×10^{-3}	6.85×10^{-3}
開口管線(O)	氣體	4.74×10^{-6}	-	-
	輕質液	4.50×10^{-4}	1.23×10^{-4}	7.27×10^{-4}
牙口(N)	氣體	3.77×10^{-7}	-	-
	輕質液	4.16×10^{-5}	-	-
年排放量(ton/yr)		0.2266		

註1：設備元件以101年第三季申報數量為計算基準，年排放量為該季排放量乘以4倍所得。

註2：年排放量=Σ各類元件小時量*24*365/1000

第四章 結論與建議

4.1 結論

- 一、本計畫設備元件實際圍封檢測作業時間為101年10月30日至101年12月8日共40個日曆天，期間共計完成750個製程設備元件實際圍封檢測及分析，受測工場包括四輕組丁二烯工場、芳二組第一轉烷化工場、芳三組第六芳香烴工場及芳三組苯儲槽。
- 二、受測之每個製程設備元件各採集2個樣品，總樣品數量為1,500個，樣品採集後經清華檢測公司以GC/FID及GC/MS進行樣品分析。以GC/FID分析之樣品包括第一轉烷化工場(芳二組)、第六芳香烴工場(芳三組)及苯儲槽(芳三組)共912個樣品；以GC/MS分析之樣品則為丁二烯工場(四輕組)之588個樣品。
- 三、統計本次執行之受測元件種類共有9種，包括氣體閥、輕質液閥、氣體釋壓閥、氣體法蘭、輕質液法蘭、氣體開口閥、輕質液開口閥、氣體連接頭及輕質液連接頭等。以圍封數量統計，其中以輕質液法蘭160個為最多，其次為輕質液閥156個，再依序為輕質液開口閥、輕質液連接頭、氣體閥、氣體法蘭、氣體開口閥、氣體連接頭及氣體釋壓閥。
- 四、統計受測元件之初測值資料，可發現輕質液設備元件取得較多的濃度區間，而氣體類元件則因數量原就不多，因此濃度區間數量取得情形較不佳。
- 五、考量安全性與可執行性，實際進行圍封檢測時，有部分設備元件有不能執行包覆的情形，而不能包覆的主要原因大致上有7種，包括保溫材包覆、位置過高、元件溫度

過高、控制閥無法包覆、無此元件、包覆空間不足及有安全疑慮等。

- 六、為要求計畫之品保目標與品管要求，本計畫設有檢測數據之品保目標，計畫執行期間均確實依據規劃書之規範執行，本次檢測作業之實驗室品保品管資料已檢附於附件二，現場表單則檢附於附錄中。
- 七、計畫執行期間，由工研院進行現場查核作業，查核地點包括圍封現場及實驗室。實驗室部份經查核後，並無樣品因檢驗過程有瑕疵而遭剔除；而現場查核部份，則經查核再現性、包覆情形、表單填寫情形、儀器校正狀況後，其中如為儀器校正結果不佳者則逕行剔除，如屬記錄表單缺失者，則進行修正，其餘皆可通過查核。另本計畫亦有進行空白試驗及系統誤差試驗。
- 八、丁二烯工場樣品以GC/MS分析結果顯示，丁二烯工場之揮發性有機物共有39種，其中洩漏率佔總洩漏之比例最高者為1,3-丁二烯(29.44%)，其次為甲苯(12.89%)。
- 九、含苯類工場(第一轉烷化工場、第六芳香烴工場及苯儲槽)樣品以GC/FID分析結果顯示，含苯類工場之揮發性有機物共有20種，其中洩漏率之比例最高者為苯(49.9%)，其次為甲苯(15.87%)。
- 十、本計畫以層次因子法進行設備元件逸散量計算，然考量本計畫所採用之分析方法係針對個別揮發性有機物進行檢測，而環保署公告之設備元件排放係數係則是以非甲烷碳氫化合物(NMHC)進行建置，這兩者會因推估基準之代表物種分子量不同而有差異。為此，本計畫為統一計算比較基準，將以本次樣品分析所檢測出的揮發性有機物濃度乘回其分子量後，再經換算為洩漏率及加總各組成化合物來代表該元件之NMHC洩漏率。

- 十一、由於無法取得所有類型元件的排放係數，因此本計畫以環保署係數為基準進行修正，使受測工場各類型元件各個濃度區間均有係數可用。
- 十二、比較環保署及本計畫排放係數兩者間之差異，其一為建立時間點不同，環保署之排放係數主要彙整2002年及2004～2006年間之數據，而本廠則是在2012年實際檢測。其次，由於近年來環保署逐漸加嚴設備元件等逸散性污染源的管制標準，因此廠商在力求符合法規標準下，努力進行設備元件克漏技術提升及維護管理工作的落實，因此，設備元件洩漏情形低於環保署公告值應屬可預見之結果。

4.2 建議

- 一、由於本計畫以GC/MS及GC/FID兩種分析方法進行丁二烯工場、含苯類工場(第一轉烷化工場、第六芳香烴工場及苯儲槽)之洩漏物種定性定量分析，分析數據經計算即可獲得受測工場之有機物種類及平均洩漏率等資料。建議本廠如欲換算受測工場之有機物洩漏量，可用本計畫獲得之資料進行推估。
- 二、由近幾季設備元件洩漏檢測結果觀察，受測工場設備元件的管理在落實「洩漏檢測與修復管理(LDAR)」之情況下，洩漏情形已較之前大幅改善，為顯現本廠近年來對設備元件污染減量之努力，建議本廠計算健康風險時之設備元件排放量，可用101年第3季以後之洩漏檢測資料進行排放量估算，以符合實際情形。
- 三、本計畫以不同工場之設備元件檢測結果換算總揮發性有機物(TVOC)後方式計算排放量，故建議用於流體組成相似之製程，如：檢測M20製程丁二烯工場；檢測M23製

程芳香烴工場(適用於M06、M07製程)；檢測M08製程轉
烷化工場(適用M09製程)。

- 四、本計畫所得之係數，係針對丁二烯工場及含苯類工場設
備元件之洩漏濃度分佈現況進行洩漏率之圍封檢驗所得
，不建議直接套用於林園廠全廠設備元件揮發性有機物
排放量之推估。