



勞工安全衛生研究報告

遊艇製造業勞工健康危害評估研究 Health Hazard Evaluation for Yacht Manufacturing Workers

遊艇製造業勞工健康危害評估研究

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所



行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

ISBN:97898603-2196-8



GPN:1010100660
定價:300元

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

遊艇製造業勞工健康危害評估研究

Health Hazard Evaluation for Yacht Manufacturing Workers

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

遊艇製造業勞工健康危害評估研究

Health Hazard Evaluation for Yacht Manufacturing Workers

研究主持人：王雅玢、王玉純、潘致弘

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

研究期間： 中華民國 100 年 4 月 11 日至 100 年 12 月 31 日

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

中華民國 101 年 3 月

摘要

遊艇整體結構大多以玻璃纖維和不飽和聚酯樹脂（苯乙烯樹脂）所組成的強化玻璃纖維(Fiberglass Reinforced Plastics, FRP)為主體，而樹脂調配過程會添加促進劑、促進助劑與硬化劑，過去研究主要針對勞工苯乙烯樹脂之暴露情形加以調查，但是對於各式促進劑、促進助劑及硬化劑等，其有害物之暴露情形及混合效應可參考文獻非常有限。根據國外報告，遊艇製造所使用的 FRP 製程主要會造成的健康危害包括：急性呼吸道刺激、聽力功能下降、中樞與周邊神經功能的抑制、與皮膚炎等。本研究藉由對於當前台灣遊艇製造業勞工的化學危害暴露與健康評估，作為工程改善與勞工健康危害預防的參考依據。

研究目的：進行遊艇製造業勞工健康危害風險評估與流行病學調查，期能研擬遊艇製造業健康危害預防對策，提供事業單位作為實施衛生教育與健康危害預防的參考依據。

研究方法：（一）本研究先採用直讀式儀器量測總揮發性有機化合物 (Total Volatile Organic Compounds, TVOC)，再同時利用不鏽鋼採樣筒收集空氣中揮發性有機化合物 (Volatile Organic Compound, VOC)，以氣相層析質譜儀 (Gas Chromatography-Mass Spectrophotometer, GC/MS)測定作業環境中可能 VOC 物種之濃度，並利用模式來進行勞工暴露實態之推估。（二）嘗試以化學物質結構分析模式(Structure-activity relationship modeling)，推估各種低分子量化學物質可能造成氣喘的健康危害強度。（三）使用健康問卷來蒐集研究對象之基本資料、工作內容、職業史、與健康狀況。（四）生物指標測定：蒐集與分析遊艇製造業勞工之尿液樣本、血液樣本、肺功能檢查、誘發痰液樣本、神經行為檢查、辨色力檢查。

研究結果：（一）以直讀式儀器量測之 TVOC 濃度以注入工段最高 (4.01×10^4 ppb)，拱木包覆工段次之 (2.88×10^4 ppb)。若依個別化合物來比較，丙酮和苯乙烯其平均濃度在下列 5 個工段：表面積層、注入、拆耗材、拱木包覆及機艙艙蓋製作皆名列前二名，此結果和其原物料在腔體實驗中所得之排放係數具良好相關性。計畫利用 Near field (NF)和 Far field (FF)模式進行勞工暴露實態推估，並和實測之 NF 和利用實測推估之 FF 進行簡單線性迴歸分析，結果顯示二種方法

在統計上具顯著意義的正相關。(二)從 FRP 製程使用 118 種化學物中，扣除 12 種無法找到合適 MOL 檔案者，以及一種分子量大於 1000 的化學物質，剩餘 105 種化學物質，將其一一鍵入 J Jarvis 等的職業性氣喘推估模式評估其危害指標 (Hazard index)。其中發現 43 種化學物質的危害指標(Hazard index)大於 0.5。其中又以結合硬化劑與紫外線防老劑含有較多的可能致氣喘物質。(三)本研究採集 132 位遊艇製造業勞工於星期五上午工作前的血液樣本。其中包括 43 位手積層作業人員。血液送檢血液的檢測項目包括血球分類計數與分類，免疫功能檢測 (免疫球蛋白測試 Ig-E)，與發炎指標 (高敏感度 C 反應蛋白)。經過性別校正後，個檢測結果並無顯著差異。(四)本研究針對 45 位遊艇製造業員工進行進一步生物指標效應之量測，並為其評估當日總會發性有機化合物暴露量，與過去累積各項工作之工作時數，以了解其與健康效應之相關性。結果顯示當日總揮發性有機化合物與短期記憶力之下降有關。而累積之積層相關工作時數與短期記憶力與持續注意力之下降有關。而累積之積層相關工作時數亦與辨色力較為異常有關。積層作業有兩位肺功能檢查呈現輕度至重度的換氣功能障礙。問卷評估顯示積層相關作業員工有較多的呼吸道、過敏相關症狀與週邊神經相關症狀之趨勢。

結論：

本研究有以下重要發現：

- 一、積層相關累積暴露可能影響勞工記憶力、注意力、與辨色力；
- 二、當日總揮發性有機化合物可能影響短期記憶力；
- 三、積層工作之肺功能障礙比例相當高，值得特別留意；
- 四、化學結構分析發現 43 種致氣喘高風險物質；
- 五、遊艇船殼製造可分為表面積層、舖乾毯與排芯材、真空、注入、拆耗材、拱木包覆與補強及機艙艙蓋製作等七組工段。
- 六、不銹鋼筒現場採樣結果顯示，丙酮在所有工段的檢測濃度皆大於 1 ppm，以真空工段 9.69 ppm 最高。苯乙烯以表面積層工段 4.22 ppm 最高。舖乾毯與排芯材工段檢測結果和其他工段較不同，以 2-甲基戊烷檢測濃度最高，達 4.01 ppm，環己烷次之，1.23 ppm。直讀式儀器現場量測結果顯示，以注入工段 TVOC 讀值最高，達 40.1 ppm，拱木包覆工段次之，28.8 ppm，TVOC

讀值最低出現在真空工段，1.24 ppm。

七、利用簡易之直讀式儀器量測，在表面積層、注入、烘木包覆及機艙蓋製作等工段作業環境中可進行勞工暴露實態之推估，以了解作業中勞工暴露狀態。

八、本研究調查之廠家已提供相當高規格之呼吸防護具，但仍可以發現工作暴露對健康之影響。因此，在相關之工作場所，更有效的個人防護與環境控制均有重要性。

建議：

一、玻璃纖維強化塑膠與其他許多的聚合塑膠製程，使用大量苯乙烯與複雜的添加劑，本研究顯示許多物質有高度致敏的可能性，建議原料供應商應提供相關添加劑的詳細成分，並載明於物質安全資料表中。

二、本研究發現遊艇製造業作業環境中有 43 種致氣喘高風險物質，因此建議事業單位雇主加強作業環境中致氣喘高風險物質的工程控制與提供勞工有效的個人防護具。

三、建議將肺功能檢查納入遊艇製造業勞工之健康檢查項目中。

關鍵詞：遊艇、強化玻璃纖維塑膠、化學性有害物、揮發性有機物、濃度、排放率、近/遠場模式、流行病學、肺功能

Abstract

According to the report of the Chinese National Federation of Industries in 2008, Taiwan's annual luxury yacht orders was ranked the fifth or sixth in the world. Most of yacht body is made of FRP (Fiberglass Reinforced Plastics), containing mainly the glass fiber and unsaturated polyester resin (styrene resin). The preparation of the styrene resin requires the deployment of the accelerator, promoting additives, and curing agents. The outside-in manufacturing process, a highly manual dependent operation, is used in the industry for yacht construction, by applying a layer of glass fiber and then a layer of unsaturated polyester resin until the desired thickness of the ship body. According to the overseas report, there are several health hazards associated with FRP processing, including acute irritation on respiratory tract · hearing impairment · suppression on central and peripheral neural systems · and skin problems etc.. This study aimed to evaluate the existing and potential boat building related chemical hazardous exposures and health problems, in order to improve the health and safety of the industrial process.

Purpose: To conduct health risk assessment and epidemiologic survey on yacht workers, in order to lay the foundation of health prevention in yacht industry and to provide information on occupational health and disease prevention.

Methods: (1) The PID (Photo Ionization Detectors) was used to monitor the concentrations of total volatile organic compounds, (TVOCs) and followed by the canister sampling in the yacht manufacturing work environment. Near field and far field model were applied in this study to estimate the workers' exposure. (2) We try to apply quantitative structure-activity relationship modeling to assess the asthmatic hazard index of low molecular chemicals used in FRP process. (3) Questionnaire was

designed and applied to collected demographic data, job contents, occupational history, and health conditions. (4) Biomarker measurement: Urine and blood sampling, function measurement, sputum induction, neurobehavioral testing, and color discrimination testing were planned to collect health outcome parameters.

Results: (1) The results showed the concentration of TVOCs in the resin injection process was the highest (4.01×10^4 ppb), following the reinforcement process (2.88×10^4 ppb). Acetone and styrene have the highest concentrations during surface layering, resin injection process, disassembling, reinforcement and cabin manufacturing processes. Statistically association was found between Near field and Far field models' results and analytical results by linear regression analysis.(2) According to the information on business website and literatures, there are 118 chemicals used as additives of polyester resin processing. Among the 118 chemicals, 12 without adequate MOL files, one with molecular more than 1000, 105 were put into quantitative structure-activity relationship modeling. 43 chemicals were predicted as high risk asthmagens (hazard index greater than 0.5) and most of them are materials of cross-linking agents and light stabilizers. (3) We collected pre-shift urine and blood samples of 132 workers in the Friday morning. 43 of the 132 workers are laminators of FRP process. After adjustment of gender, there were no significant difference of hemogram, total immunoglobulin E level, and the level of high sensitivity C-reactive protein, across various working groups. (4) We conducted second wave of field studies on 45 worker, 23 of them being laminators. Besides of health outcomes, their exposure to total VOCs on the day of examination and cumulated working hours of different job contents were assessed and analyzed simultaneously with health outcomes. Averaged daily TVOCs exposure was associated negatively associated with short-term memory. Cumulative working hours of

laminating was associated with short-term memory and intension ability. Furthermore, several health effects were with borderline significance of correlation with laminating, including color vision, symptoms of respiratory, allergy, and peripheral nerve diseases.

Conclusions: The PID measurement is applicable to estimate the workers' occupational exposure in yacht industry. The 43 potential asthmagens identified by the structure-activity relationship modeling need further studies to evaluate their potential exposures and health hazards in human. Potential health effects identified in this study, including neurobehavior ability, color vision, lung function, symptoms of respiratory, allergy, and peripheral nerve diseases, needs better monitoring in yacht industry.

Suggestions:

1. Additives are widely used in plastic manufacturing, but rarely have been mentioned in material safety data sheets. Our study showed that many of them are potential hazardous, including allergenic. Therefore, we suggest that stuff supply companies should list the details of additives within material safety data sheets.
3. In this study, we found that 43 chemicals were predicted as high risk asthmagens. We strongly suggest that the employers should enforce the engineering control for asthmagens and provide efficient personal protection equipment to workers.
4. We suggest that lung function test should be listed in the health examination in workers.

Key Words: Yacht, fiber glass reinforced plastics, hazardous chemicals, volatile organic compounds, concentrations, emission rate, near/far field modela, epidemiology, lung function

目錄

摘要	i
Abstract	iv
目錄	vii
圖目錄	ix
表目錄	x
第一章 計畫概述	1
第一節 前言	1
第二節 研究目的	3
第二章 文獻回顧	4
第一節 遊艇業製造業強化玻璃纖維塑膠(FRP)製程之作業環境化學危害評估4	
第二節 遊艇業製造業強化玻璃纖維塑膠(FRP)暴露	7
第三節 遊艇業製造業勞工健康危害	11
第三章 研究方法	18
第一節 以遊艇製造業之 FRP 製程勞工作業環境化學性危害物質採樣分析與 模式推估.....	18
第二節 以化學物質結構分析模式氣喘健康危害強度	49
第三節 研究對象、研究設計、與研究問卷	52
第四節 生物指標測定	53
第五節 作業環境與健康效應相關性分析	58
第四章 研究結果	60
第一節 遊艇構件各工段使用之原物料及其危害物調查	60
第二節 鑑定遊艇製造業不同工作原物料逸散至空氣中有害物組成分析	62
第三節 現場作業勞工暴露情形	69
第四節 以 TVOC 量測值推估勞工暴露情形	76
第五節 以原物料逸散模式推估勞工暴露情形	85
第六節 FRP 作業使用化學物質	95
第七節 化學物質結構分析模式氣喘健康危害強度	95

第八節 受檢勞工之空氣中總有機溶劑暴露評估	96
第九節 勞工累積工作暴露評估	97
第十節 問卷資料分析	102
第十一節 血液與尿液分析	109
第十二節 尿液中 DNA 氧化壓力指標分析	112
第十三節 工作前與工作後肺功能分析	113
第十四節 工作前與工作後辨色力檢查分析	116
第十五節 工作前與工作後神經行為檢查分析	117
第五章 討論	119
第一節 FRP 作業使用化學物質探討	119
第二節 空氣中總揮發性有機溶劑暴露	120
第三節 問卷分析	120
第四節 血液分析	121
第五節 肺功能分析	121
第六節 辨色力分析	122
第七節 神經行為檢查分析	122
第八節 研究限制	123
第六章 結論與建議	124
第一節 結論	124
第二節 建議	127
誌謝	126
參考文獻	128
附件一、健康問卷	136
附件二、注意力功能測驗表格	139
附件三、記憶力廣度測驗表格	140
附件四、FRP 製程所使用化學物質與分類	147
附件五、FRP 製程化學物質之致氣喘危害指標推估	186

圖目錄

圖 1 台灣遊艇年平均單價.....	2
圖 2 台灣遊艇年出貨量及金額曲線圖.....	2
圖 3 台灣遊艇製造業各地區就業人數分布.....	2
圖 4 手塗積層法.....	5
圖 5 真空積層法.....	6
圖 6 遊艇製造業勞工作業環境化學性危害調查	19
圖 7 不銹鋼採樣筒清洗系統示意圖.....	26
圖 8 PROPANE、ISOBUTANE、1-BUTENE、N-BUTANE、TRANS-2-BUTENE、 CIS-2-BUTENE 之檢量線.....	35
圖 9 ISOPENTANE、1-PENTENE、N-PENTANE、TRANS-2-PENTENE、ISOPRENE、 CIS-2-PENTENE 之檢量線.....	36
圖 10 2,2-DIMETHYLBUTANE、2,3-DIMETHYLBUTANE、CYCLOPENTANE、 2-METHYLPENTANE、3-METHYLPENTANE、1-HEXENE 之檢量線.....	37
圖 11 N-HEXANE、2,4-DIMETHYLPENTANE、METHYLCYCLOPENTANE、BENZENE、 2-METHYLHEXANE、CYCLOHEXANE 之檢量線	38
圖 12 2,3-DIMETHYLPENTANE、3-METHYLHEXANE、2,2,4-TRIMETHYLPENTANE、 N-HEPTANE、METHYLCYCLOHEXANE、2,3,4-TRIMETHYLPENTANE 之檢量線	39
圖 13 2-METHYLHEPTANE、3-METHYLHEPTANE、TOLUENE、N-OCTANE、 ETHYLBENZENE、M-XYLENE 之檢量線.....	40
圖 14 P-XYLENE、N-NONANE、STYRENE、O-XYLENE、ISOPROPYLBENZENE、 N-PROPYLBENZ 之檢量線	41
圖 15 M-ETHYLTOLUENE、P-ETHYLTOLUENE、1,3,5-TRIMETHYLBENZENE、 O-ETHYLTOLUENE、N-DECANE、1,2,4-TRIMETHYLBENZENE 之檢量線.....	42
圖 16 1,2,3-TRIMETHYLBENZENE、M-DIETHYLBENZENE、P-DIETHYLBENZENE、 N-UNDECANE、N-DODECANE 之檢量線	43
圖 17 手提式 VOC 氣體偵測器 (HTTP://WWW.RAESYSTEMS.COM/PRODUCTS/PPBRAE-3000).....	49
圖 18 遊艇構件圖及完成圖	60

表目錄

表 1 直讀式採樣儀器與不銹鋼採樣筒量測天數紀錄.....	21
表 2 氣相層析儀 (GC) 升溫參數.....	28
表 3 冷凝濃縮熱脫附裝置之參數.....	28
表 4 標準氣體之來源與規格.....	29
表 5 內標準氣體與 BFB 之來源與規格.....	29
表 6 本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 之偵測極限.....	32
表 7 本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 之檢量線.....	34
表 8 VOCs 標準品之 GC/MS 圖譜積分面積.....	44
表 9 VOCs 標準品之 GC/MS 積分面積平均值、標準偏差及相對標準偏差.....	45
表 10 本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 之滯留時間 (MIN).....	47
表 11 本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 滯留時間之平均值及標準偏差.....	48
表 12 工段使用之化學性原物料.....	61
表 13 下甲板構件工段之製造流程.....	61
表 14 各工段使用之原物料型號.....	63
表 15 表面積層工段使用之樹脂及硬化劑反應後之排放係數 (EMISSION FACTOR, EF) (MG/G).....	64
表 16 注入工段使用之樹脂及硬化劑反應後之排放係數 (EMISSION FACTOR, EF) (MG/G).....	65
表 17 拱木包覆與補強工段使用之樹脂及硬化劑反應後之排放係數 (EMISSION FACTOR, EF) (MG/G).....	66
表 18 機艙蓋製作工段使用之樹脂及硬化劑反應後之排放係數 (EMISSION FACTOR, EF) (MG/G).....	67
表 19 鋪乾毯與排芯材工段使用噴膠之排放係數 (EMISSION FACTOR, EF) (MG/G).....	68
表 20 真空工段使用噴膠之排放係數 (EMISSION FACTOR, EF) (MG/G).....	69
表 21 表面積層工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (PPB) (N=3).....	70
表 22 鋪乾毯與排芯材工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (PPB) (N=3).....	70
表 23 真空工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (PPB) (N=3).....	71

表 24 注入工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (PPB) (N=3).....	72
表 25 拆耗材工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (PPB) (N=3).....	73
表 26 拱木包覆與補強工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (PPB) (N=3).....	73
表 27 機艙艙蓋製作工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (PPB) (N=3).....	74
表 28 各工段直讀式儀器測量之 NF 和 FF TVOC 濃度 (PPB)	75
表 29 直讀式儀器 TVOC 濃度及不銹鋼採樣筒採樣之各有害物濃度總和之相關性.....	76
表 30 表面積層工段勞工在不同位置之暴露濃度 (PPB)	77
表 31 舖乾毯排芯材工段勞工在不同位置之暴露濃度 (PPB).....	78
表 32 真空工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (PPB)	80
表 33 注入工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (PPB)	81
表 34 拆耗材工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (PPB)	82
表 35 拱木包覆與補強工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (PPB)	83
表 36 機艙艙蓋製作工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (PPB).....	84
表 37 表面積層工段使用使用之化學性原物料逸散率 (MG/MIN)	85
表 38 舖乾毯與排芯材工段使用使用之化學性原物料逸散率 (MG/MIN)	86
表 39 真空工段使用使用之化學性原物料逸散率 (MG/MIN)	86
表 40 注入工段使用使用之化學性原物料逸散率 (MG/MIN)	87
表 41 拱木包覆與補強工段使用使用之化學性原物料逸散率 (MG/MIN)	87
表 42 機艙艙蓋製作工段使用使用之化學性原物料逸散率 (MG/MIN)	88
表 43 表面積層工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (PPB)	89
表 44 舖乾毯與排芯材工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (PPB)	89
表 45 真空工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (PPB)	90
表 46 注入工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (PPB)	91
表 47 拱木包覆與補強工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (PPB)	92
表 48 機艙艙蓋製作工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (PPB).....	93
表 49 TVOC 實測值與模式推估各種污染物 NF, FF 濃度方法之相關性.....	94
表 50 FRP 所使用的各類化學物質中推估致氣喘危害指標大於 0.5 數目.....	96
表 51 工作環境之總有機溶劑暴露評估.....	97

表 52 各作業所佔總工作人時之比例及各項作業佔各部門人時之比例.....	98
表 53 問卷相關資料整理.....	103
表 54 各類工作人員之血液檢測.....	109
表 55 積層與非積層作業之各項血液與尿液檢驗值.....	110
表 56 過去六個月積層作業累積時數與各項血液與尿液檢驗值之相關性.....	111
表 57 工作後尿液中 8-OHDG 含量與各因子之相關係數.....	112
表 58 以 MIXED MODEL 探討各因子對於工作前後肺功能檢查之影響.....	114
表 59 以線性回歸探討各因子對於工作前後色混指數(COLOR CONFUSION INDEX, CCI)差值之影響.....	116
表 60 以邏輯斯回歸探討各因子與較差工作前色混指數(COLOR CONFUSION INDEX, CCI)之相關性.....	117
表 61 以 MIXED MODEL 探討各因子對於工作前後神經精神檢查之影響.....	118
表 62 以 MIXED MODEL 探討各因子對於工作前神經精神檢查之影響.....	118

第一章 計畫概述

第一節 前言

根據2008年中華民國全國工業總會的報導顯示，國際上船長在80呎以上的巨型遊艇之訂單總數穩定成長，由2003年482艘，上升至2008年1月的916艘，台灣遊艇製造業出口產值高達新台幣70億元以上，在不斷提升產品附加價值、及持續擴充產能並加強競爭力下，已成為國內高附加價值的新興產業之一，亦使得台灣巨型遊艇訂單每年排名躍升至全球的第五、六名。台灣也因占有地理上的優勢，在亞洲經濟迅速起飛的推波下，未來可開發的亞洲遊艇市場不容小覷。[1]。此外，台灣的緯度與氣候也適合遊艇業的製程，因為現在遊艇業使用強化玻璃纖維塑膠(Fiberglass Reinforced Plastics, 簡稱FRP)為主要材料，而過冷的冬天氣溫將會抑制其聚合反應，適合FRP樹脂聚合反應的溫度約在15~30度間，濕度需介於60~80%之間 [2]，台灣的冬天不會太冷，且海島氣候較為潮濕，相當適合遊艇製造業的發展。

依照台灣區遊艇工業同業公會之資料，2008年至2011年，由於歐美經融風暴影響，我國遊艇業外銷至歐美之訂單明顯下降，然而平均每艘遊艇的單價卻是持續上升，可見我國建造遊艇的技術仍受國際上肯定，並且朝向大型化與精緻化遊艇建造之趨勢。(圖1、圖2) 由勞工保險承保資料顯示，我國遊艇製造業主要仍分布於南台灣，其次為北台灣與中台灣，以台灣東部較少。遊艇業勞工人數於2007年達到高峰，之後於南台灣的遊艇業勞工人數有較明顯的下降。(圖3)

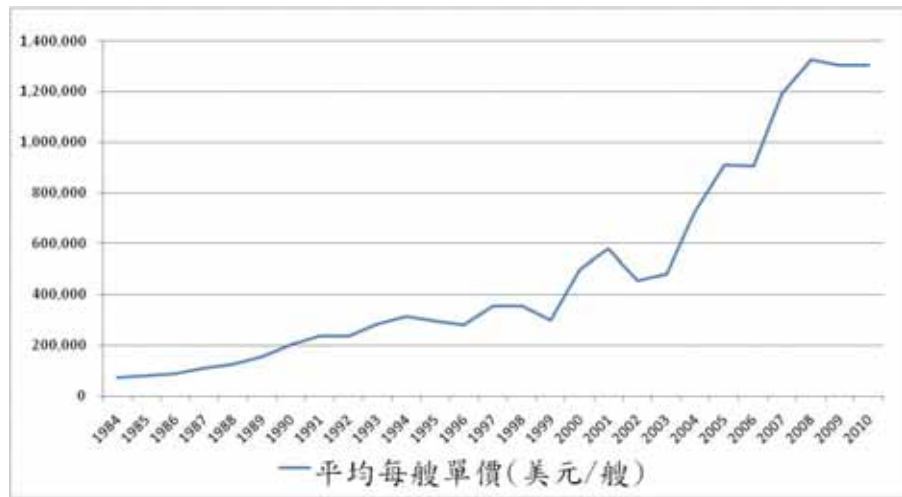


圖 1 台灣遊艇年平均單價

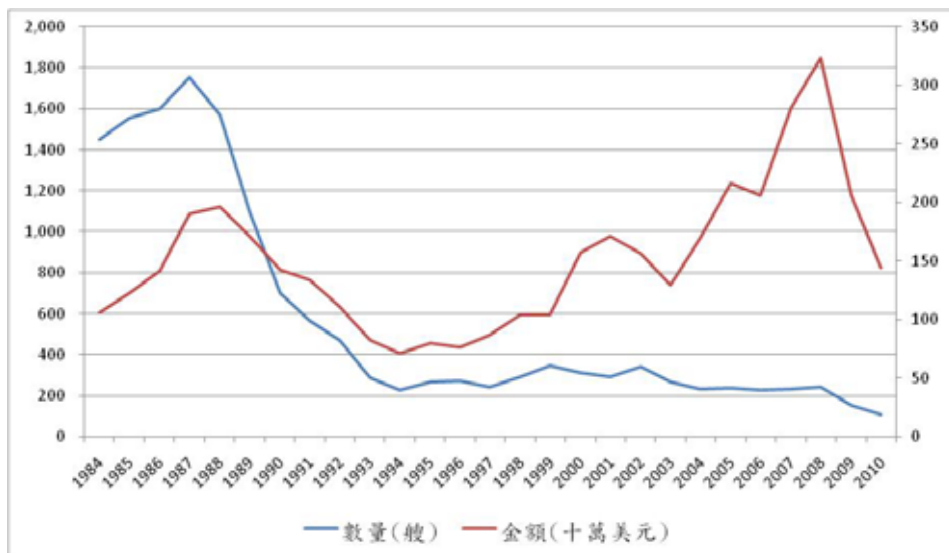


圖 2 台灣遊艇年出貨量及金額曲線圖

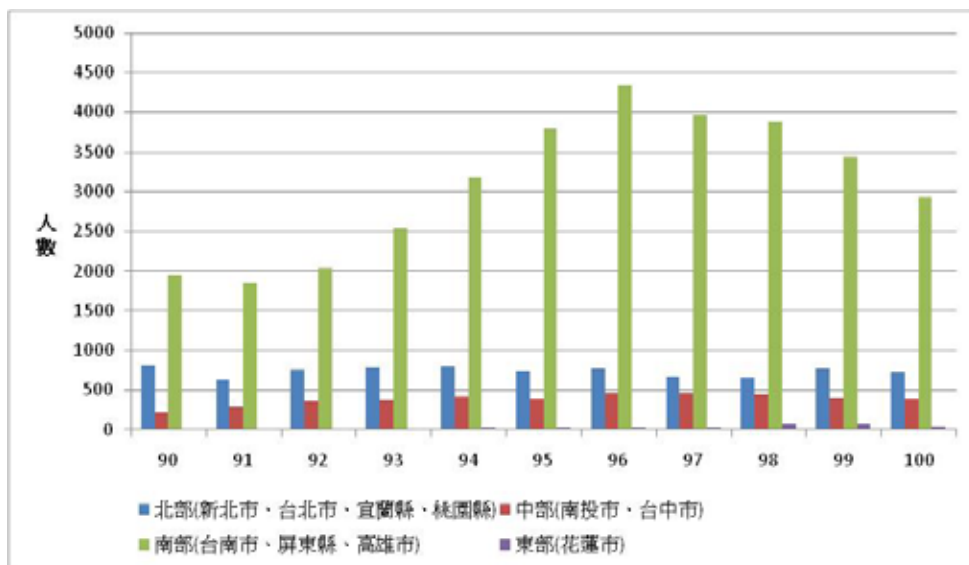


圖 3 台灣遊艇製造業各地區就業人數分布

遊艇的建造，多是由外而內的建造法(outside in)，乃是在船模製造好後，先噴塗上一層膠殼(gelcoat)，膠殼內包含有船體所需的顏色，以及防止內部的強化玻璃纖維塑膠與外界的空氣與光線接觸，爾後施以FRP積層工法，以玻璃纖維和聚脂樹脂一層一層交替而致所需船體厚度。依照行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所於民國95年對全國9家的遊艇製造業所作的調查，我國目前遊艇業所使用的FRP工法可分為手塗積層法與真空積層法；真空積層法是於船模膠殼成型後，先鋪上所需的玻璃纖維用量，並同時裝設樹脂進樣管與真空排氣管，降低於積層的過程中有機溶劑的溢散與縮短交化作用的時間，但是由與所需的技術要求較高，當時僅用於零組件積層。我國的遊艇製造業，百分之90以上的製程使用手塗積層法，乃因其技術成本較低，然而需要較長的聚合膠化時間，且因為沒有進行局部排氣，使操作勞工暴露於高濃度的揮發性化學物質中。積層作業工人(laminator)又可再細分為噴槍工(gunner)與滾筒工(roller)，噴槍工使用噴槍(chopper gun)，將玻璃纖維截碎並且混合聚脂樹脂與促進劑，噴塗上船模，之後再由滾筒工使用滾筒與相關工具將之滾平，並將內部的空氣氣泡趕出。我國勞研所於民國95年的調查顯示，針對手塗積層作業的個人苯乙烯(styrene)暴露採樣結果，其濃度範圍介於0.22~160.14 ppm，平均濃度則為28.54 ppm，約有17.98%的個人採樣樣本超過我國苯乙烯的有害物容許濃度(50 ppm)。基於促進勞工健康，建立本土資料與了解遊艇製造業對於我國勞工可能健康影響評估是有必要的[3]。

第二節 研究目的

本研究主要以遊艇製造業之 FRP 製程為對象，進行遊艇製造業勞工健康危害風險評估與流行病學調查，期能研擬遊艇製造業健康危害預防對策，提供事業單位作為實施衛生教育與健康危害預防的參考依據。

第二章 文獻回顧

第一節 遊艇業製造業強化玻璃纖維塑膠(FRP)製程之作業環境化學危害評估

遊艇製造流程包括：模具整理、船殼積層、船殼離模、船架製作、地板下層與格板製作、下甲板製作、下甲板結合、艙內住艙裝潢製作、安裝引擎與發電機、上甲板製作、上甲板結合、艙內沙龍及駕駛台裝潢製作、雷達架與遮陽棚製作、雷達架與遮陽棚結合、水池測試、海試、驗收與整修、完工及出船等步驟。如依遊艇之構件來分析，其可分為船殼、下甲板、甲板層、望台頂及違章層等。遊艇構件大多以玻璃纖維和不飽和聚酯樹脂（苯乙烯樹脂）所組成的FRP (Fiberglass Reinforced Plastics, 強化玻璃纖維)為主，採用由外而內的建造法(outside in)，以玻璃纖維和聚酯樹脂一層一層交替工法達到船體所需厚度。FRP因質輕、強度高、且耐腐蝕等優點，大量使用於遊艇製造中。樹脂調配過程會添加促進劑與促進助劑，當現場工作使用時，調配後的樹脂會再加入硬化劑。依照過去文獻資料顯示，FRP 工法常使用的促進劑係六氫化甲酸鈷(Cobalt Naphtenate)，硬化劑則為過氧化丁酮 (Methyl Ethyl Ketone Peroxide；M.E.K.P.O) [4]。

台灣目前遊艇業所使用的 FRP 工法區分為手塗積層法(圖 4)與真空積層法(圖 5)。手塗積層法係使用刷子、滾輪等器具，以手將樹脂塗佈於玻璃纖維，平舖在模具上，依序重覆積層至所需要厚度，在適當溫度下使樹脂硬化，而後將其脫模即得成品。此成型方法歷史悠久，多使用於船殼等少量多樣之大型結構，成本低廉且作業方法簡單，但因作業勞工可能造成品質上之差異，其中勞工需長期接觸樹脂而有大量暴露。真空積層法係利用真空將液態樹脂引進於已排列佈置完成之玻璃纖維中；即玻璃纖維、芯材和填充物放置完成後將真空袋置於構件上方並將此構件封閉，將真空袋中空氣抽出保持真空，準備注入樹脂，當

樹脂被引進至構件時會經由預先鋪設好之樹脂料管，逐漸擴散至纖維中，直到材料被完全含浸達飽和為止，即完成真空積層。真空積層法可增加玻璃纖維間之緊密度，適用於大型、少量之結構構件，使結構可一體成型、品質佳且可改善工作環境之勞工暴露情形，但真空積層後之構件表面不平滑，需對船模表面重新研磨因而耗時費工，且此工法所需技術層次較高，因此願意採用真空積層法之廠商所佔比例較低 [5]。

遊艇產業高度依賴 FRP (Fiberglass Reinforced Plastics,強化玻璃纖維)製程之人工作業，對勞工健康危害實不容忽視。有關遊艇製造業作業勞工健康危害之防止，過去研究主要針對勞工苯乙烯樹脂之暴露情形加以調查，但是對於各式促進劑、促進助劑及硬化劑等，其內含有害物之暴露情形可參考文獻有限，因此進行遊艇製造業作業勞工空氣中有害物全盤性暴露及健康危害風險評估有其必要性。

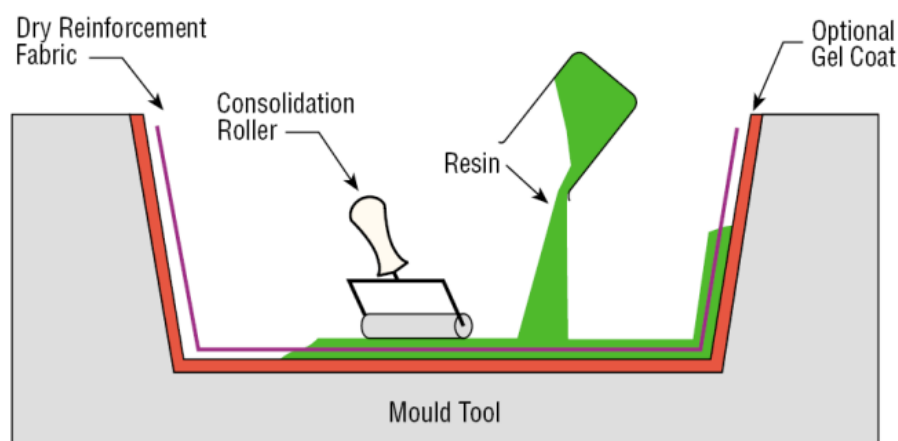


圖 4 手塗積層法

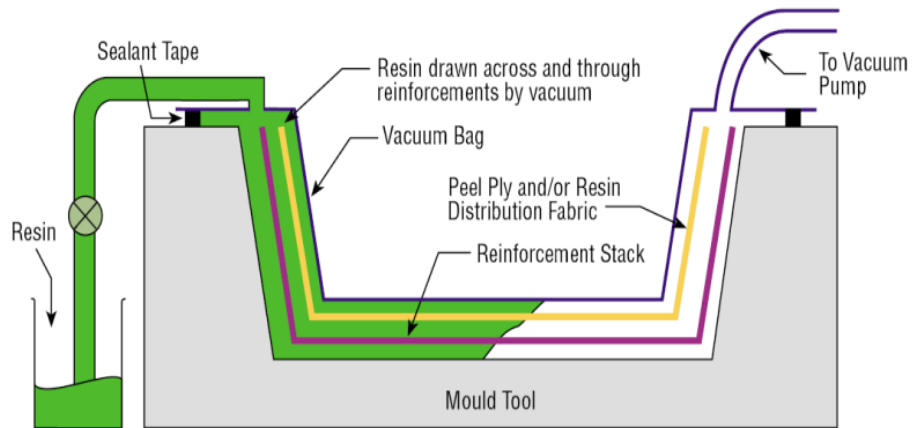


圖 5 真空積層法

一般作業環境測定在實務應用上仍是以短期(單日或單週)之測定資料來評估勞工之長期暴露實態。但在職業環境中化學物質在不同時期之暴露濃度，常存在極大的變異，故無法利用短期之測定資料來推估長期暴露之劑量及風險。然而要進行勞工暴露長期監測，通常費時又費力，因此相關之研究報告非常有限[6,7]。

直讀式儀器因操作容易且可在短時間內取得暴露濃度資料，因此可用來進行重複且連續之量測。過去有研究利用直讀式儀器測定結果結合勞工之時間-活動模式(Time-activity pattern, TAP)來推估勞工之暴露實態 [8]。利用此方式不但可以了解作業環境中不同時間點污染物質之濃度變化情形，亦可知道作業勞工不同之暴露貢獻來源，並進一步找出高暴露作業。然而值得注意的是，直讀式儀器因受限於其監測原理缺乏對未知物質的鑑定能力，且亦受環境溫、溼度及作業場所中其他混合物暴露的影響。因此在選擇使用直讀式儀器做為勞工暴露濃度長期監測之儀器設備時，仍有其限制。

近年來，有研究利用數學模式來推估空氣中污染物之暴露濃度。常見之數學推估模式如：污染源逸散速率模式(constant rate and variable rate)、Well-Mixed Room model 及 Near field and far field model 等 [9,10]。利用數學模式來推估空氣中污染物之暴露濃度，不僅可以避免傳統暴露評估方式所需耗費之大量人力、

物力，更可依據所選定之參數及模式，推估不同區域或製程之暴露濃度及不同時期或長期之暴露情形，並進一步推估其健康危害風險。

第二節 遊艇業製造業強化玻璃纖維塑膠(FRP)暴露

現今台灣遊艇客製化(semi-custom)已成台灣廠生存之道，故相當多模具僅用一次(one-off)，FRP 遊艇的製造特色生產時間可以縮短，製模（陰模）之後，再以該模積層成形，故其船殼之外形及尺寸是以船模為準。其他如甲板、上層結構及大小的整體個件等，亦可以模子翻製而成。將這些積層成形的構件加以合板，木樑等加強物後，再予以組合之後，各有關人員將機器、電器線路、管路、油水箱等等安裝再船體內，而成爲設備完善的一艘遊艇。

FRP 製程中所使用的化學物質相當的廣，包括：玻璃纖維(fiberglass)、樹脂(resin)、苯乙烯、以及添加劑(additives)：硬化劑(catalyst)、促進劑(promoter)、促進助劑(accelerator)、塑化劑(plasticizer)、防老劑(又稱紫外線穩定劑, UV stabilizer or photoinhibitor)等。因爲苯乙烯在聚脂樹脂中的含量約佔有 40~50%，於 FRP 製程中使用量相當大，過去國際上對於遊艇業的健康效應探討，主要也都針對於苯乙烯。

FRP 的主要成分爲兩種，一種爲強化物質(Reinforcement)，主要使用各種形式的玻璃纖維，用以強化主體結構的強韌性。另一種爲基質(Matrix)，使用各種樹脂(resin)黏附於強化物質之間，使其緊密結合。

強化物質(Reinforcement)的部分爲玻璃纖維，遊艇製造業所使用的玻璃纖維大多爲長而連續的纖維(continuous fiber)，這和用於 glass-reinforced cement 所使用的短纖維(約 10~50mm)不同，連續性纖維約占 FRP 體積的 20~60%不等，但是由於玻璃纖維本身對於濕度、鹽類、與鹼性環境的阻抗性並不好，所以需要樹脂外包保護[11,12]。最廣泛使用於 FRP 的玻璃纖維 E-glass(electrical glass; borosilicate glass)，有高度的電阻性(electrical resistance)，它的纖維粗細大小約在

16 μm 。其他的玻璃纖維如 C-glass (corrosion resistant or alkaline resistant glass)具有強防腐蝕與防鹼性環境的能力，可用於表面處理。另外還有一種 S-glass(high strength glass)主要使用於航空工業中。其他使用於 FRP 中的不同纖維物質由下表整理，纖維橫徑為 6.5~20 μm 不[13]。

強化物質(Reinforcement)依照其不同的用途，有不同的型態，主要是依照纖維的排列方向來區分，下圖表示 FRP 製程中的玻璃纖維強化物質的種類 [14,15]。Chopped strand Mat 為經由許多切斷的玻璃纖維，雜亂的排列編織且經由少許接合劑(binder)結合而成。Roving 為經由一定數量的玻璃纖維平行排列結合後所形成的粗玻璃纖維束。Woven roving 為將粗玻璃纖維束依規則順序編織成為玻璃纖維襯墊。Chopped strand mat 由於其排列為隨機，因此可以提供 FRP 的結構物各種方向的平均耐受力，與其他的 woven roving 交替使用可以增加 FRP 間的側向結合力。

基質(Matrix)部分，主要是依照需求所使用的各種不同的樹脂(resin) [16]，最常使用的樹脂為 polyester resin, vinylester resin, epoxy resin, 與 phenolic resin。這些樹脂會隨著溫度的不同，造成特質的變化，溫度升高超過其成型硬化溫度(thermosetting temperature)，將會自堅硬的玻璃態(glass)轉成可塑型的橡膠態(rubber)，因此，此類樹脂又稱為熱硬化樹(thermosetting resin)，其特性分述如下 [17-19]:

Polyester resin 為最被廣泛使用的樹脂，又分為 isophthalic polyester resin 與 orthophthalic polyester resin；isophthalic polyester 有較高對抗熱與化學物的強度，且與玻璃纖維的結合強度也較 orthophthalic polyester 強，因此，isophthalic polyester 多使用於最外層的膠膜(Gel coat)使用，而 orthophthalic polyester 則應用於基層作業(laminating)時。Polyester 使用 styrene 為活性稀釋劑(reactive diluents)，styrene 約佔樹脂總重量體積在 20~60%不等，惟當需要進行聚合(polymerization)時，再加入強氧化劑(Peroxide)啟動所謂的自由基鏈聚合反應

(free-radical chain polymerization)，該聚合反應可以在室溫或是較高溫度下進行，於較高溫度所聚合成型的玻璃態 polyester resin 有較高的定型溫度 (thermosetting temperature)。Polyester resin 的合成是由 dibasic or polybasic organic acid, anhydride, 與 polyhydric alcohol 進行脂化(esterification)後形成，常用的 dibasic organic acid 如 maleic acid or maleic anhydride，其分子內碳原子間的不飽和雙鍵可以和苯乙烯上的不飽和雙鍵反應，形成側支鏈結以達成聚合反應 [20]。Polyester resin 的硬化速度，和所加入的硬化劑濃度有關，硬化劑濃度越高，樹脂硬化的速度越快。

Epoxy resin 是由 bisphenol A 與 epichlorohydrin 反應而成，有強的黏性，可用於修補強化時使用。所使用的硬化劑(hardener)為胺類(amine)或酸酐類(acid anhydride)。於將要進行聚合反應時，把 epoxy resin 與硬化劑以 2~3:1 的比例加以混合，這和 polyester resin 與 vinylester resin 不同(通常硬化劑與促進劑的含量比例低於 1%)。Epoxy resin 的優點在於凝結/聚合反應(Curing reaction)後，其體積不會萎縮，且相較於其他的樹脂，有較高定型溫度 [21]。

Vinylester resin 為一種結合 polyester resin 與 epoxy resin 的樹脂，由 epoxy 和 acrylic acid 單體反應合成，和 polyester 一樣溶解於活性稀釋劑 styrene 中，於進行自由基鏈聚合反應(free-radical chain polymerization)時，再加入小於 1%的強氧化劑反應。雖然價錢較 polyester resin 稍高，但是由於 vinylester resin 有相當好的抗腐蝕性與對抗鹼性環境的能力，且擁有和 polyester resin 一樣方便的聚合反應過程，因此漸漸取代 polyester resin。但是 vinylester resin 的缺點是對於紫外線相當敏感，很容易因為紫外線的照射造成顏色的變化與強度的下降，因此並不建議使用於外牆與屋頂。

Phenolic resin 較晚才被使用於 FRP 複合材料中，其被受應用的原因是高度的耐熱性與防火性，但是由於其先天上的深棕色色底，且不容易加以使用的顏料色素與以改色，因此並非廣泛使用，常使用於欄杆扶把或是行走平台的材質。

基質內的另一大類重要物質為添加劑(additives)，此類物質的所占重量濃度雖然不多，但是種類相當複雜，且常無於物質安全資料表中詳細載明，過去的研究也較少針對這個部分探討。常見用於 FRP 的添加劑之分類如下：填充劑 (filler)、催化劑(catalyst)又稱結合劑(curing agents)或硬化劑(hardener)、促進劑 (accelerator)、著色劑(pigment)、紫外線穩定劑(ultraviolet stabilizer)、防火劑(fire retardant)、離型劑(mold releasing agent)、發泡劑(foaming agent)、與塑化劑 (plasticizer)等。催化劑用於啓始聚合反應，常溫下使用的催化劑有：Ketone peroxide (如 MEKP) + cobalt accelerator 或是 Benzoyl peroxide (BP) + amino accelerator。強氧化的催化劑常稀釋於 phthalate 類的塑化劑中。促進劑(accelerator)主要的用途在促進聚合反應，常用的物質為含有 Cobalt 的物質，也是稀釋於 phthalate 類的塑化劑中。另一類的促進劑為 Dimethylaniline，用於取代 cobalt 類促進劑，或是於天氣氣溫較低時，添加於樹脂加速聚合反應。添加紫外線穩定劑用途在於減緩樹脂老化速度，常用的紫外線穩定劑為 Benzophenone、benzoates、benzotriazole、cyanoacryate、與 hindered amine。塑化劑可分為兩種，一種為 phthalate 類：如 Diallyl phthalate，另一種為 non-phthalate 類：如 triethyl phosphate。發泡劑主要的目的在於將樹脂內的空氣氣泡趕出，常用的物質為 Silicone stabilizer 與 Azodicarbonamide。填充劑主要為一些無機的顆粒，用來改變聚合物的特性與降低成本，常用的填充劑為 kaolin clay (aluminum silicate), calcium carbonate, 與 alumina trihydrate。表(xx)整理不飽和聚酯樹脂(unsaturated polyester resin)所可能使用的添加劑分類 [22]。添加劑的種類相當複雜，每種次分類下又有許多種不同的化學物質，因此，有必要逐一了解其化學成分使用量，以了解 FRP 勞工可能暴露的風險危害。

國際船舶及海洋結構會議委員會(ISSC, International ship and offshore structures congress committee) 依照不同規模的遊艇製造業，歸納出常使用於 FRP 遊艇建造的主要物質。[23] 遊艇製造業的 FRP 製程，所使用的纖維部分主要是

玻璃纖維(glass fiber)，但也有少數使用碳纖維(Carbon fiber)或是高強韌度的克維拉纖維 (Kevlar fiber)。而樹脂部分，最常使用的是不飽和聚酯樹脂(unsaturated polyester resin)，其他會用到的為環氧樹脂(epoxy resin)、乙烯基酯樹脂(vinyl ester resin)、與酚醛樹脂(phenolic resin)。此外用於內部填充的核心物質，包括：PVC foam、PU foam、EG Balsa、Plywood、Honeycomb 等。

綜上可知，遊艇業的 FRP 作業工人，所暴露的物質相當的複雜，過去研究主要針對組成比例較高的玻璃纖維、樹脂、以及樹脂的活性在有機溶劑的環境下，會對人體造成一定的影響。

第三節 遊艇業製造業勞工健康危害

強化玻璃纖維塑膠製程之健康影響

FRP勞工暴露於粉塵、有機溶劑、多種有害化學物質、與噪音的工作環境。其中苯乙烯在聚脂樹脂中的含量約佔有40~50%，於FRP製程中使用量相當大，過去的遊艇製造業研究亦主要針對苯乙烯，苯乙烯於常溫下為無色澄清具有芳香味的液體，25°C時的蒸氣壓為6.2mmHg。苯乙烯可能會刺激眼睛，皮膚和粘膜。它可以造成耳毒性，腎毒性和肝毒性，是一種中樞神經系統抑製劑。暴露後可能產生的症狀包括噁心，疲勞，頭痛，失去協調，肌肉無力，醉酒的感覺，頭暈，神誌不清等。歐盟Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER)於2008年對於苯乙烯所作的風險評估，急性的毒害主要是造成皮膚、眼睛、與呼吸道黏膜的刺激性；反覆暴露後的中長期健康危害主要為於神經系統的影響，包括：影響辨色力、聽力、延長前庭與動眼反射的反應時間以及小腦的平衡功能 (saccade test, visual-suppression, Romberg's test, and electronystagmography)、與神經行為測驗(neurobehavioral test)；此外過去研究亦顯示暴露於苯乙烯的孕婦，發生流產的風險較高[24]。美國EPA IRIS 依照人類流病的研究將苯乙烯對於中樞神經系統的NOAEL定於22ppm[25]。

一、呼吸道危害

有關苯乙烯的呼吸道危害，Vainio & Hietanen等人於1987年[26]發表，當空氣中苯乙烯的濃度達500~800 ppm時，可以誘發咳嗽的症狀。Hayes等人於1991[27]年發表一例由苯乙烯所造成的職業性氣喘個案，一位30歲的飛機維修技術人員當混合苯乙烯時發生胸悶，氣喘，夜間呼吸困難和運動耐力下降。這位技術人員隨後被配工到其他工作單位，加上吸入性類固醇與支氣管擴張劑後，他的症狀得到緩解。次年，他回到他以前所在的區域工作後，原本的呼吸道症狀復發，且需要進一步吸入性類固醇與支氣管擴張劑治療。工作現場的吸入激發測試（用20毫升純苯乙烯刷油漆，相當暴露於12 ppm的大氣苯乙烯濃度）顯示會誘發立即與延遲的哮喘反應。Fernandez-Nieto等人於2006年[26]發表另一例由苯乙烯所造成的職業性氣喘個案，一位31歲的男性油漆工人，使用含有hexamethylene diisocyanate and polyester resins的油漆，與含有styrene的硬化劑（濃度於10~25%不等），之後產生哮喘的症狀包括打噴嚏，流鼻涕，眼癢，呼吸困難，咳嗽。經由styrene專一性支氣管激發測驗顯示肺功能於styrene暴露後11小時FEV1下降22%。

有關FRP作業對於呼吸道的影響，Chmielewski and Renke 等人於1975[29]發表追蹤21位工作中暴露於苯乙烯的工人，其中有4位(19%)於工作10年後發生有呼吸道阻塞的情形[30]。義大利Carmelo Abbate等人[31]於2006年發表對於29位FRP工人的研究，發現28%有呼吸道阻塞的情形，經由電子顯微鏡檢視經由支氣管鏡沖洗出的肺泡巨噬細胞顯示有明顯的發炎反應[32]。此外，遊艇製造業於聚尿樹脂泡棉填充所適用的異氰酸、以及聚脂樹脂中的添加劑(塑化劑：苯二甲酸二甲酯，促進助劑：cobalt naphthenate，光抑制劑：benzophenones)等，皆為可能的致氣喘物質。雖然FRP工人常出現有健康工人效應，但是對於慢性肺功能影響以及相關製程與抽菸的交互作用則須被進一步的了解。

用於FRP的樹脂於進行聚合反應的時候，大都會產熱(exothermic

reaction)，因此於其中的化學物質如硬化劑、促進劑、及其他添加劑可能因此而增加揮發於空中，進而被吸入造成健康危害。Epoxy resin於硬化的過程中可能因為產熱，使得勞工暴露於揮發於空氣中的硬化劑如胺類(amine)或是酸酐類(acid anhydride)的物質，而這些物質都是已知可以造成職業性氣喘的低分子量化學性致氣喘物質[33,34]。

二、神經認知的影響

苯乙烯的暴露可以造成中樞神經系統抑鬱[35]。暴露者會出現嗜睡、乏力、抑鬱、步態不穩的情形 [36,37]。Edling等人於1993年[38]曾報導暴露於苯乙烯(平均TWA空氣中濃度為 8.6 ppm)的工人，相較於對照組有顯著增加頭痛和疲勞的感覺。而苯乙烯作業工人也被發現增加腦電圖異常的發生率，且與暴露濃度成正相關[39-42]。此外，工人暴露於苯乙烯可能會表現心理活動表現與視覺運動精確度後到輕微干擾，以及產生自主神經症狀等 [43-45]。Moller等人於1990年[46]發表18個暴露於苯乙烯含量低於110毫克/立方米長達6至15年的工人，仍發生中樞聽覺途徑的障礙和vestibulomotor-oculomotor反射障礙。短期記憶障礙也有報導於苯乙烯暴露下的職業風險 [47]。於周邊神經部分，在職業暴露於苯乙烯的工人，發現劑量效應關係，長期暴露於低於 50 ppm濃度下的工人，有23%發生感覺神經傳導速度減緩，但於接觸到超過100 ppm的工人，則有71%的工人發生感覺神經傳導速度減緩的情形[48]。Murata等人於1991年[49]針對11位苯乙烯暴露工人，以他們尿液中的phenylglyoxylic acid排出量來推估可能的空氣暴露約為 22 ppm，並發現該勞工的V80神經傳導速度和感覺傳導速度相較於對照組均明顯下降。但是觀察體感誘發電位，運動傳導速度，或心率之間並無差異。另一個由Benignus等人於2005年[50]發表的meta-analysis，歸納出長期暴露於苯乙烯者的選擇反應時間(choice reaction time)延長，且呈現劑量效應關係。但對於簡單反應時間(simple reaction time)與顏色排列的錯誤率(error in color arrangement/discrimination)並沒有影響。

目前已有非常多有關苯乙炔與辨色力的相關研究，Lomax等人於2004年發表一篇回顧文獻，包含13篇有關苯乙炔與辨色力的研究，其中10篇使用colour confusion index (CCI)做為辨色力的量測，該篇認為已有足夠的證據顯示低濃度的苯乙炔暴露可以造成辨色力異常，而濃度的閾值在8小時TWA 20 ppm[51]。

Benignus等人於2005年[52]發表一篇，使用劑量效應回歸分析，統合各文獻來了解苯乙炔暴露對於辨色力(color discrimination)與選擇反應力(choice reaction time)的影響，結果顯示8年工作暴露於濃度約20ppm的苯乙炔，可以造成6.5%的反應力下降，以及2.23%的辨色力下降。

三、聽力退化的影響

Larsby等人及Pryor(1987)等人[53,54]以前庭系統及耳毒性測試，試圖找出苯乙炔對中樞神經的影響，結果發現了聽力損失及眼球震顫不正常的現象，Morata等人於2002年[55]針對職業暴露於玻璃纖維和金屬製品廠的工人進行研究，發現不管工人單獨暴露在低濃度的苯乙炔或同時暴露於苯乙炔和增加噪音環境中，均顯著惡化2，3，4和6千赫時的純音聽閾，相較於沒有暴露於苯乙炔或噪聲作業工人。Lawton等人於2006年[56]回顧七篇有關苯乙炔暴露與聽力健康的研究，其中三篇顯示有顯著正相關，其他四篇則顯示苯乙炔暴露與聽力健康無顯著相關，認為進一步針對苯乙炔暴露與聽力健康效應的評估之研究，以及更為準確的暴露評估是有需要的。Fuente and Mc Pherson等人於2006[57]年發表一篇文獻回顧，認為職場的苯乙炔暴露有充足的證據可以造成聽力的障礙，且於環境中噪音的強度低於法規值的情形下，便可以造成聽力上的顯著影響。

四、皮膚病變的影響

除了苯乙炔的相關健康風險，FRP的工作人員亦有較高的機會發生皮膚疾病，包括由玻璃纖維粉塵所造成的機械性刺激、以及由其他許多化學物質所引

起的刺激性或是過敏性接觸性皮膚炎。FRP所使用的不飽和聚脂樹脂、促進助劑(cobalt naphthenate or dimethylaniline)、聚合抑制劑(para-tertiary butyl catechol or hydroquinone)、硬化劑(methyl ethyl ketone peroxide or benzoyl peroxide)、以及工作時所使用的乳膠手套等，皆為可能誘發過敏性皮膚炎的物質。而苯乙烯與硬化劑更具有較強的皮膚刺激性。Keiko Minamoto等人於2002年發表對於148位FRP工人的皮膚疾病調查，其中高達59%的工人表示有工作相關的皮膚炎發生。除了FRP相關的化學物質，遊艇製造業亦可能使用其他的製程，如聚尿樹脂泡棉填充、以及多種極性或是非極性的清潔劑(acetone or methylene chloride)等，亦可能造成皮膚病變[58]。Keiko Minamoto等人亦於2002年發表[53]對於上述的FRP工人中的29為工人進行貼膚過敏原測定，發現數位對於硬化劑與促進劑過敏的勞工。

遊艇製造業所可能使用的epoxy resin，當有皮膚接觸時，亦可能產生過敏性皮膚炎，以及硬化性皮膚變化。過去於epoxy resin工廠的勞工產生過敏性皮膚炎的比例為4.4%~18%不等。Epoxy resin是繼chromate 與rubber 這兩種過敏原為第三常見造成過敏性皮膚炎的物質。於塑膠相關的工業製程中，epoxy resin是造成過敏性皮膚炎最常見的原因 [60]。大部分epoxy resin造成的皮膚炎是因為接觸尚未硬化的樹脂，但是有少數的案例是因為接觸研磨硬化後的粉末所造成 [61] [62]。epoxy resin 相關的胺類硬化劑如ethylenediamine也是造成過敏性皮膚炎的過敏原之一[63]。

五、生殖危害的影響

有一些研究顯示苯乙烯可能產生人類生殖的影響。Holmberg等人於1977年與Kurppa等人於1983年[64,65]於芬蘭的研究報導一個可能的群聚事件，即母親於FRP工廠工作則其小孩有較高的機會發生中樞神經系統的缺陷。另一篇由Hemminki等人於1980年[66]的研究顯示暴露於苯乙烯的芬蘭婦女有較高的自發性流產的風險。Lemasters等人於1989年[67]調查1535位婦女在FRP工作且在懷孕

期間接觸苯乙烯，該研究並未能顯示出其小孩有明顯平均出生體重下降的劑量效應關係。雖然大多數婦女暴露於30 ppm或更少的苯乙烯環境，然而，一個小分組約50名婦女被暴露的平均濃度為82 ppm的苯乙烯（以及其他溶劑），顯示出伴有4%的出生體重減少的情形。

六、遊艇業勞工的癌症危險

苯乙烯主要由呼吸系統進入人體內，經由P450系列酵素代謝成苯環氧乙烷(styrene oxide)，苯環氧乙烷具有細胞毒性與致突變性，為International Agency for Research on Cancer (IARC) 分類為2A的人類可能致癌物，於動物實驗中可以誘發胃癌、乳癌、與皮膚癌，有些流行病學顯示與血液癌症(lymphoma, leukemia)有關，但是由於相關製程也常使用其他會致癌的化學物質，因此尚未有強烈證據顯示苯乙烯對於人類的直接致癌性。[68]

七、遊艇業勞工的死因探討

Wong等人於1994年發表加拿大FRP工人死因分析的研究，研究對象為15826位分散於30家工廠的FRP製程勞工，追蹤自1948至1989年。顯示FRP勞工於許多死因上的SMR有增加，包括：總癌症死亡、食道癌死亡、肺癌死亡、子宮頸癌死亡、女性生殖系統癌症死亡、高血壓性心血管疾病死亡、非惡性之呼吸系統疾病死亡、交通意外死亡。但是大部分的死亡出現在從事該工作的時間小於一年或十年的勞工，工作時間較長勞工的上述死因反而沒有顯著的增加，作者的解釋可能是來自於低社經地位、抽菸、或是其他生活因子，但是這樣的結果也某種程度的透露FRP的製程中存在有顯著的健康工人存活效應[69]。

Kolstad等人於1995年發表丹麥FRP工人的死因資料分析，研究對象為36610位分散於386家工廠的FRP製程勞工，對照勞工為於相同工廠中沒有暴露到苯乙烯的工人，追蹤自1970至1990年。顯示FRP勞工於死因上的mortality rate ratio(MMR)有增加，但發現的只有：退化性神經病變(多發性硬化症、巴金森氏

症、運動神經元疾病)與胰臟癌死亡。上述兩種的死因，於暴露苯乙烯較高的工人與工作時間較長的工人有較高的風險[70]。

Ruder等人於2004年發表美國FRP造船工人的死因資料分析，研究對象為5204位分散於2家造船廠的FRP製程勞工，追蹤自1959至1998年。顯示FRP勞工於幾種死因SMR有增加情形，包括：食道癌死亡、前列腺癌死亡、意外事故死亡。於其中2062位勞工暴露較高濃度苯乙烯的勞工，泌尿道癌症死亡、與呼吸道疾病死亡亦均有顯著增加[71]。

第三章 研究方法

第一節 以遊艇製造業之FRP製程勞工作業環境化學性危害物質採樣分析與模式推估

本研究選取某遊艇製造業製程中下甲板模具，並選擇其FRP製程階段，進行勞工暴露實態評估。廠區作業環境係一開放空間，並採用真空樹脂注入式成形法於複雜構件施工，此廠已獲ISO認證，在同屬性作業環境中，廠方對安全衛生工作非常重視，對勞工作業之防護盡心盡力。本研究於環境化學為害評估部分分為兩階段，第一階段先調查原物料組成，為確定作業環境中勞工可能暴露之污染物質，利用空氣採樣設備針對作業環境中的有害物初步進行組成鑑定；第二階段進行勞工作業環境化學性危害調查，依勞工相似暴露群組進行空氣中暴露濃度評估，分別以定量之區域採樣結果、直讀式儀器測定結果及模式推估結果，來推估勞工之暴露實態及長期暴露之健康風險，研究流程如圖6所示。

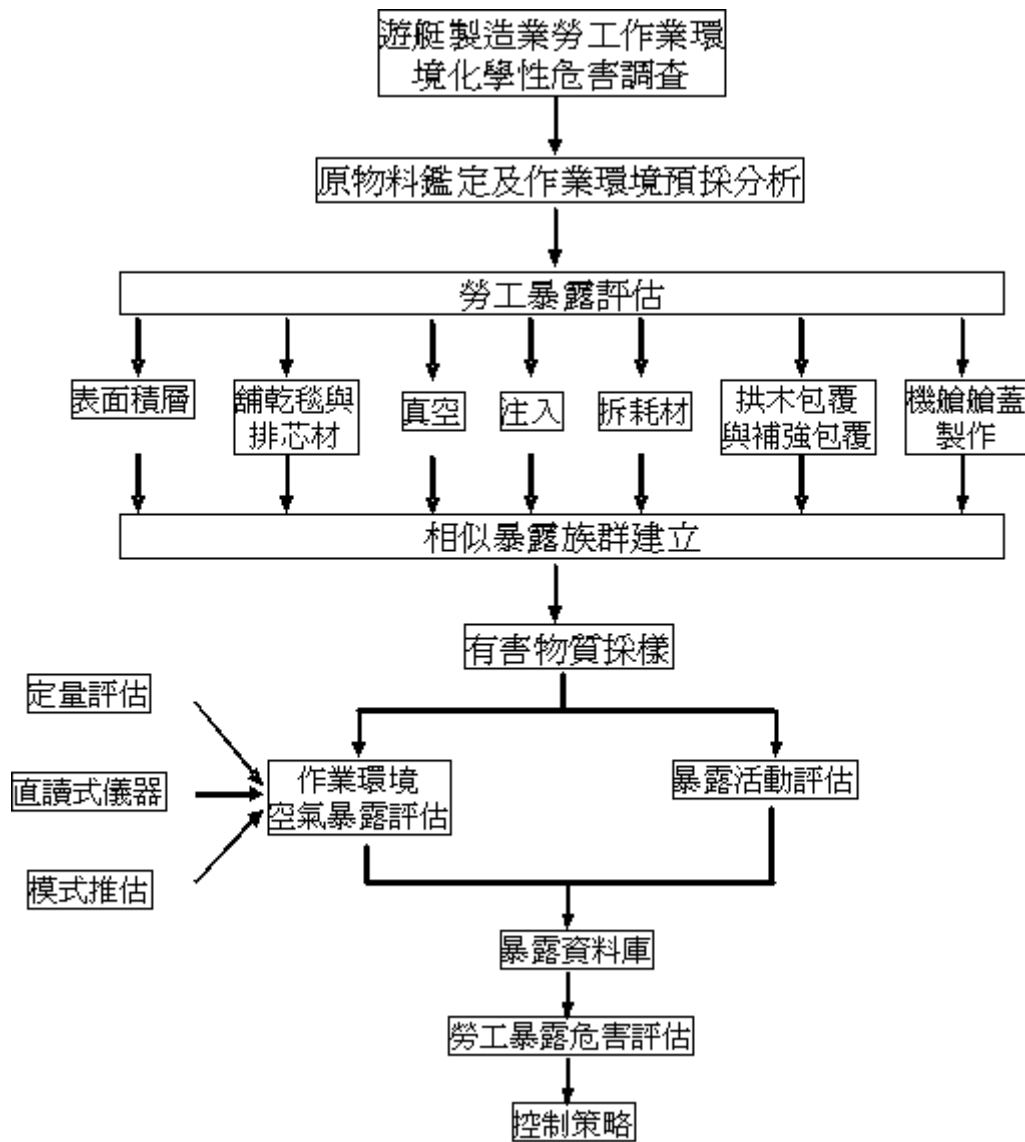


圖 6 遊艇製造業勞工作業環境化學性危害調查

一、原物料鑑定

進行一次原物料 (或反應後產物)組成鑑定。測試係模擬現場作業實際樹脂與硬化劑反應狀況，並針對反應後之逸散污染物及原物料膠塗佈後之逸散污染物進行採樣，測試以暴露腔為之，測試物質量為 100 g，反應時間 50 分鐘，反應後之污染物則以不銹鋼採樣筒採集之，再以 GC-MS 進行成分及濃度鑑定 (分析 110 種揮發性有機物)。

二、勞工作業環境化學性危害調查

勞工作業環境化學性危害調查，本研究採用有害物暴露評估整體性測定方式，依據 AIHA 建議之相似暴露群 (similar exposure groups, SEGs) 採樣策略。本研究選擇遊艇製造作業中下甲板模具其 FRP 製程階段進行有害物質現場實測，以瞭解勞工作業環境暴露濃度。

本研究對圖一之七個工段各進行三個不銹鋼採樣筒採樣 (合計 21 個樣本)，不銹鋼採樣筒擺放位置為該工段之勞工作業區域，採樣時間為 2.0 hr，所得樣本以 GC/MS 進行分析 (分析 110 種揮發性有機物)，此結果係 near field 之實測值。

三、採樣策略規劃

(一)劃分 SEG (similar exposure group, SEG)

本研究以下甲板構件作為採樣區域，並根據收集之廠區現場作業資料、工作時態及環境因子等條件，將不同工段之作業勞工於相同之作業時段劃分為表面積層、鋪乾毯與排芯材、真空、注入、拆耗材、拱木包覆與補強及機艙艙蓋製作等工段七組 SEGs，進行現場採樣並比較不同工段之作業勞工其暴露濃度，以評估其暴露情形。

1. 採樣策略

為瞭解遊艇製造作業環境中空氣中有害物質分佈情形，將針對各工段分別以直讀式採樣儀器與不銹鋼採樣筒進行作業環境中有害物質之採集(表 1)，並評估不同工段作業環境中有害物質濃度之分佈情形以進行比較。

2. 直讀式採樣儀器

本研究使用直讀式採樣儀器於勞工作業時進行現場採樣，每一時段採樣時間約為 2 小時，於勞工呼吸帶區進行量測同時紀錄勞工作業步驟，以瞭解勞工作業時之實際暴露情況。

3. 不銹鋼採樣筒

本研究使用不銹鋼採樣筒進行作業環境現場空氣中有害物質之採集，每一工段作業選擇一日同勞工作業時進行現場採集，每一時段採樣時間約為 2 小時，共 3 個樣本，於勞工呼吸帶區進行量測，以瞭解作業勞工進行作業時之實際暴露情況。

表 1 直讀式採樣儀器與不銹鋼採樣筒量測天數紀錄

各工段名稱	工作天數	直讀式採樣儀器 量測天數	不銹鋼採樣筒 量測天數
表面積層	8	8	1
鋪乾毯與排芯材	4	4	1
真空	5	5	1
注入	1	1	1
拆耗材	1	1	1
拱木包覆與補強	1	1	1
機艙蓋製作	3	3	1

(二) 直讀式儀器測定

本研究利用直讀式儀器在各工段 SEG 中，以直讀式儀器進行 TVOC (Total volatile organic compound)量測，以瞭解勞工作業場所內 (即 Near Field) VOCs 之空間與時間變異情形。另亦針對工作外圍(距勞工作業區 5M 以上)實施直讀式儀

器量測，以瞭解 Far Field 之 TVOC 濃度。

(三) 暴露活動調查

本研究採用即時記錄之方式，於每次測定進行時（包括：直讀式儀器測定及定量之區域採樣），請作業勞工記錄工作期間，於各個區域或製程之詳細時間，以了解勞工作業型態。配合直讀式儀器測定結果與區域採樣結果之推估式，以推算出各 SEG 作業勞工之暴露濃度變化情形。

(四) 模式推估勞工暴露量

本研究以原物料鑑定之結果，以推估各種逸散有害物之排放係數 (EF, emission factor)，其計算方式如下：

$$EF_i = M_i / M_o \quad (1)$$

其中，

EF_i：i 物種之排放係數 (mg/g)

M_o：測試時之使用量 (g)

M_i：i 物種之總逸散量 (g)

本研究擬依據前述結果，利用 Near Field and far field model，來推估各工段勞工暴露量 (即 Near field) 及其他勞工之暴露量 (即 Far field)。誠然逸散物之排放係數可能些微受現場作業溫度之影響，主要影響因子係樹脂與硬化劑之放熱反應溫度，因此季節變化所造成之影響應可忽略。試算公式如下：

$$C_{NF}(t) = \frac{G}{Q} + \frac{G}{\beta} + G \left(\frac{\beta * Q + \lambda_2 V_{NF} (\beta + Q)}{\beta * Q * V_{NF} (\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp \lambda_1 t - G \left(\frac{\beta * Q + \lambda_1 V_{NF} (\beta + Q)}{\beta * Q * V_{NF} (\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_2 t) \quad (2)$$

於遠場空間中，以下列方程式(3)計算：

$$C_{FF}(t) = \frac{G}{Q} + G \left(\frac{\lambda_1 \cdot V_{NN} + \beta}{\beta} \right) \left(\frac{\beta \cdot Q + \lambda_2 \cdot V_{NN} (\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_{NN} (\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_1 t) - G \left(\frac{\lambda_2 \cdot V_N + \beta}{\beta} \right) \left(\frac{\beta \cdot Q + \lambda_1 \cdot V_{NN} (\beta + Q)}{\beta \cdot Q \cdot V_{NN} (\lambda_1 - \lambda_2)} \right) \exp(\lambda_2 t) \quad (3)$$

$$\lambda_1 (\text{min}^{-1}) = 0.5 \left[- \left(\frac{\beta \cdot V_{FF} + V_{NF} (\beta + Q)}{V_{NF} \cdot V_{FF}} \right) + \sqrt{\left(\frac{\beta \cdot V_{FF} + V_{NF} (\beta + Q)}{V_{NF} \cdot V_{FF}} \right)^2 - 4 \left(\frac{\beta \cdot Q}{V_{NF} \cdot V_{FF}} \right)} \right] \quad (4)$$

$$\lambda_2 (\text{min}^{-1}) = 0.5 \left[- \left(\frac{\beta \cdot V_{FF} + V_{NF} (\beta + Q)}{V_{NF} \cdot V_{FF}} \right) - \sqrt{\left(\frac{\beta \cdot V_{FF} + V_{NF} (\beta + Q)}{V_{NF} \cdot V_{FF}} \right)^2 - 4 \left(\frac{\beta \cdot Q}{V_{NF} \cdot V_{FF}} \right)} \right] \quad (5)$$

C_{NF} : near field 污染物濃度(mg/m^3)

C_{FF} : far field 污染物濃度(mg/m^3)

G: 污染物逸散速率(mg/min)，可利用 EF，及現場原物料使用量及工作時間 (T；min)來決定之 (即 $G=EF \cdot M/T$)

Q: 換氣率 (m^3/min)

β : near field 與 far field 間空氣流速(m^3/min)

V_{NF}/V_{FF} : near field/far field 空間體積(m^3)

λ_1, λ_2 :換氣速率常數 (ventilation removal rate constants)

Far field 污染物濃度 (C_{FF})係用 Well-mixed room model 推估，如下：

$$C_{FF,ss}(\text{mg}/\text{m}^3)=G/Q \quad (6)$$

G: 污染物逸散速率(mg/min)

Q: 換氣率 (m^3/min)

$$C_{FF,ss}(\text{ppb})=C_{FF,ss}(\text{mg}/\text{m}^3) \cdot 24.45/MW \quad (7)$$

24.45: 一大氣壓下 25 °C 的氣體之莫耳氣體體積 (L/mole)

MW: 污染物分子量 (g/mole)

(五)以測定數據推估勞工暴露量

1. 暴露分布適合度檢定

以 Shapiro-Wilk Test 檢定各工段 SEGs 利用直讀式儀器量測暴露資料是否呈現對數常態分佈 (lognormal distribution)。

2. Analysis of Variance (ANOVA)

利用 ANOVA Test 檢定各工段 SEGs 利用直讀式儀器量測之暴露濃度是否有顯著差異。

3. 建立直讀式儀器測值 (X)與不銹鋼採樣筒分析結果 (Y)之相關性。

本研究針對各工段 SEGs 之不銹鋼採樣筒 GC/MS 分析結果，每相對應之直讀式儀器結果進行，簡單線性迴歸分析。本研究假設近場中 (near field)採樣筒所補集之總 VOCs 濃度與 PID 於近場中所測得之 TVOCs 具相關之濃度分布。因此以採樣筒所捕集各樣本之百分位值 (Y)，與相對 PID 之 TVOCs 之百分位值 (X) 進行迴歸分析 (即 $Y=\alpha X$)。

4. 暴露量推估

本研究利用各工作 SEGs 之直讀式儀器測值及前述 3.之迴歸分析結果，以瞭解各工段 SEGs (即 Near Field)之全部化學物種之暴露情形。另亦同時利用各工段 SEGs 外圍之直讀式儀器量測數值，以建立 Far Field 勞工之全部化學物種之暴露情形。

四、VOCs 分析及品質保證與品質控制

(一)採樣與保存

本計畫為避免於清洗、濕化、測漏及其他樣品處理過程中所用之不銹鋼採樣筒受污染，造成人為誤差或偵測基線升高，必須在設定的分析條件下，進行空白分析，證明其無干擾。本計畫分別針對現場、運送及採樣設備空白進行分析。

1. 不銹鋼筒之清洗步驟方法

下列為不銹鋼採樣筒清洗方法之操作程序，不銹鋼採樣筒清洗系統示意圖如圖 7 所示。

- (a)檢查所有開關閥是否都已關閉，並將不銹鋼採樣筒連接於烘箱內多孔閥上，打開不銹鋼採樣孔開關閥，使不銹鋼採樣筒內的殘留壓力釋放出來。
- (b)啓動真空幫浦並開啓閥門，將不銹鋼採樣筒抽真空到壓力小於 0.05 mmHg。
- (c)關閉真空幫浦與閥門，打開高純氮氣開關閥，以含水氣之氮氣加壓不銹鋼採樣筒至壓力錶上壓力約為 30 psig。
- (d)關閉高純氮氣開關閥，打開不銹鋼採樣筒的開關閥讓不銹鋼採樣筒內氣體排出，直到不銹鋼採樣筒內壓力小於 0.05 mmHg，關閉不銹鋼採樣筒開關閥，對於每個不銹鋼採樣筒重覆抽真空/加壓步驟至少 4 次。
- (e)再重新抽真空至壓力小於 0.05 mmHg，然後被抽真空後之不銹鋼採樣筒準備做洩漏測試。

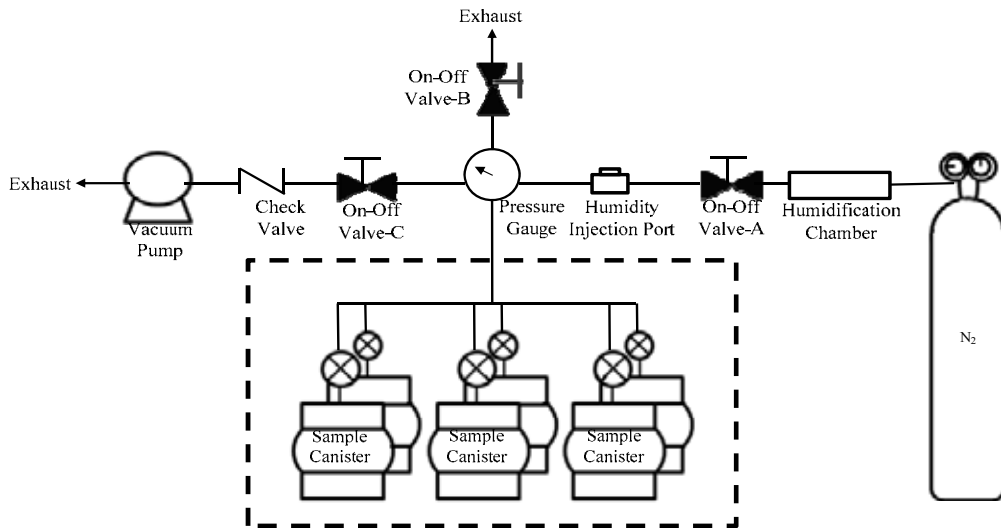


圖 7 不銹鋼採樣筒清洗系統示意圖

2. 不銹鋼筒之洩漏測步驟

不銹鋼採樣筒之洩漏測試是在每一個不銹鋼採樣筒採樣之前必須進行之測試，確認其接合口及閥門是否緊密，測漏步驟如下所示。

(a) 以零級氣體加壓每一個不銹鋼採樣筒至壓力錶上壓力約為 30 psig，測量時記錄最初壓力，然後關閉不銹鋼採樣筒閥門，24 小時後打開閥門，測試及記錄其壓力，假如沒有洩漏情形產生，則不銹鋼採樣筒內之壓力在放置 24 小時期間應不會降低超過 2 psig。

(b) 將每一個不銹鋼採樣筒抽真空至小於 0.05 mmHg，記錄其真空度讀值，關閉不銹鋼採樣筒閥門，放置 24 小時，在 24 小時後打開不銹鋼採樣筒閥門，記錄其真空度讀值，其真空度讀值應在最初真空度讀值差值的 0.02 mmHg 內。

3. 不銹鋼筒之空白測試

(a)現場空白

將不含待測物之不銹鋼採樣筒，將瓶蓋旋緊攜至採樣地點，在現場開封並模擬採樣過程，但不實際採樣，密封後再與待測樣品同時攜回實驗室。依與待測樣品相同前處理、分析步驟檢測之；由現場空白樣品之分析結果可判知樣品在採樣過程是否遭受污染。結果顯示現場空白之樣品測值均在儀器偵測極限之下。

(b) 運送空白

將不含待測物之不銹鋼採樣筒攜至採樣地點，但在現場不開封。於採樣完畢後與待測樣品同時攜回檢驗室，並以待測樣品相同之分析步驟檢測之，由運送空白樣品之分析結果可判知樣品在運送過程是否遭受污染。結果顯示運送空白之樣品測值均在儀器偵測極限之下。

(c) 採樣設備空白

不銹鋼採樣筒於採樣須先經過清洗、濕化、測漏等前處理，再將清洗完成之不銹鋼採樣筒進入系統 Entech 7100A 自動進樣裝置冷凝濃縮系統，氣體樣品經過三段式捕留裝置濃縮氣體樣品 VOCs，避免 VOCs 在傳送過程中被管線吸附，所有的管線均使用不吸附材質並加熱，以減少 VOCs 於管線中被吸附造成誤差，並使管線系統易於清潔，以減少殘餘造成互相污染，以確定採樣前採樣設備之空白值。

(二) 分析儀器設備與材料

1. 氣相層析質譜儀 (GC/MS)

本方法使用氣相層析儀為 Agilent 6980 GC，選用的分離管柱為 J&W 公司之 DB-5MS 毛細管柱(60 m × 0.25 mm × 1.0 μm)，GC Oven 使用的升溫程式，起始溫度為 30°C 定溫 8 分鐘，之後以每分鐘 8°C 的速率，升高至 200°C，維持 10 分鐘，使用的載流氣體為氮氣，載流氣體流速為 1.2 mL/min。表 2 為 GC 升溫程式執行 1 次所需花費的時間。使用的檢測器為質譜儀 (Agilent 5973 MSD)，質譜儀對於未知化合物具有定性能力。檢驗前，必須使用氟溴化苯 (4-Bromofluorobenzene, BFB) 進行功能測試，經測試後符合規定標準才能進行分析工作。

2. 樣品前處理裝置

樣品前處理裝置為 Entech 7100 冷凝濃縮熱脫附裝置，氣體樣品經過三段式 (Module 1、Module 2 及 Module 3) 前處理，以去除水分及二氧化碳，再經樣品聚焦後注入氣相層析質譜儀 (GC/MS)，操作參數如表 2。

表 2 氣相層析儀 (GC) 升溫參數

Ramp	升溫速率 (°C/min)	設定溫度 (°C)	維持時間 (min)	Run Time (min)
Initial	-	32	8	8
Ramp 1	8	200	0	2
Ramp 2	8	200	10	31

表 3 冷凝濃縮熱脫附裝置之參數

控制說明	Module1	Bulkhead Heater 1	Module2	Bulkhead Heater 2	Module3
冷凝	-160 °C	10 °C	-60 °C	30 °C	-160 °C
預熱	10 °C	-	No	-	-
脫附	10 °C	10 °C	180 °C	100 °C	100 °C
烘烤	150 °C (10 min)	150 °C	190 °C (6 min)	150 °C	-

3. 標準氣體來源

本方法使用 PAMS 及 USEPA TO-15 兩種標準氣體。PAMS (Photochemical Assessment Monitoring System) 為美國東部海岸臭氧前驅污染物調查所使用之標準氣體，是以碳氫化合物為主；USEPA Method TO-15 為美國環保署所公告之揮發性有機物，表 4 為 PAMS 與 TO-15 標準氣體說明。

4. 內標準氣體與 BFB 標準氣體來源

本方法使用內標準法測定，因內標準品與分析物同時進行分析，無論在樣品處理時的損耗，或進入質譜儀分析上所產生之誤差，待測物與內標準品進行相同損失以減少各種誤差，內標準氣體包含有一溴一氯甲烷 (Bromochloromethane)、氯苯-d5 (Chlorobenzene-d5)、及 1,4-二氟苯 (1,4-Difluorobenzene)。此外，在分析前使用氟氯化苯 (4-Bromofluorobenzene, BFB) 對儀器進行功能調校 (tuning) 測試，以確定質譜儀功能正常。表 5 為內標

準氣體與 BFB 來源與規格。

表 4 標準氣體之來源與規格

標準品名稱	PAMS	TO-15
標準品來源	Spectra Gases	Spectra Gases
標準品濃度	1.00 ppm	1.00 ppm
鋼瓶壓力	1800 psig	1800 psig
鋼瓶閥	CGA 180	CGA 180
混和類型	Certified	Certified

表 5 內標準氣體與 BFB 之來源與規格

項目	來源與規格
標準品來源	Spectra Gases
標準品濃度	1.00 ppm
鋼瓶壓力	1800 psig
鋼瓶閥	CGA 180
混和類型	Certified

(三) 檢量線製作

1. 標準氣體配置

本方法使用 Entech 4600 動態稀釋系統，標準品鋼筒以 1/8" 不銹鋼管連接至稀釋系統，鋼瓶加壓需較系統壓力高出 20 psi，以 1/4" 管將高純氮氣連接濕化器輸出，以軟體控制 100:1 的稀釋比例配製其標準品濃度 20、30、40、50、60 ppb 五種不同標準氣體。

2. 檢量線建立

依上述(1)配置好的標準氣體，分析時加入內標準氣體進行分析，由分析儀器偵測所得之尖峰面積與質量關係，可由公式 8 求出每種化合物相對感應因子 (Relative Response Factor, RRF)，及公式 9 與 10 求出相對標準偏差百分比 (Relative Standard Deviation, RSD)。所有待測化合物的 RSD% 值不可超過 30%，

若有超過 30%時，最多不能有兩個以上的待測化合物超過，且 RSD%不能超過 40%。

$$\text{RRF} = \frac{A_x/A_{is}}{C_x/C_{is}} \quad (8)$$

$$\text{SD}_{\text{RRF}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\text{RRF}_i - \overline{\text{RRF}})^2 / n - 1} \quad (9)$$

$$\% \text{RSD} = \frac{\text{SD}_{\text{RRF}}}{\text{RRF}} \times 100 \quad (10)$$

其中：

RRF：相對感應因子

A_x ：待測化合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_x ：待測化合物之濃度 (ppb)

C_{is} ：內標準品添加濃度 (ppb)

SD_{RRF} ：起始檢量線上各濃度感應因子之標準偏差 (每個待測化合物)

RRF_i ：每個濃度之相對感應因子

$\overline{\text{RRF}}$ ：起始檢量線上各濃度相對感應因子之平均值 (每個待測化合物)

3. 方法偵測極限

方法偵測極限 (Method Detection Limit, MDL)是在一含特定基質的樣品中，在 99%可信度 (Confidence)內，可偵測到待測物的最低的濃度，在一個含待測物已知基質之樣品檢驗時，此濃度必須大於零。一種分析方法之 MDL 可能隨樣品而改變，因此，檢驗方法中，所有樣品之處理步驟均包括在 MDL 之測定過程中。本計畫中之 MDL 指 VOCs 經進入系統 Entech 7100A 自動進樣裝置冷凝濃縮系統流程後可為儀器偵測到之最低濃度值。MDL 係採用環檢所 NIEA-PA107 公告之方法。

(1)以公式 11 計算 7 次測定值之標準偏差 S，如下：

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n - 1} \quad (11)$$

其中：

X_i = 待測樣品之各別測定值

\bar{X} = 待測樣品測定值之平均值

n = 測定次數 (7 次)

(2)以公式 12 計算方法偵測極限 (MDL)：

$$MDL = 3 \times S \quad (12)$$

4.分析方法之品管措施

為避免氣體樣品在採樣、保存及運送過程中產生變化，使用經過矽膠表面鈍化處理之不鏽鋼採樣筒 (Silica Coated Canister)，並確保樣品在採樣後 14 天內完成分析。本方法要求之品保品管項目如下：

- (a) 不鏽鋼採樣罐在清洗後、採樣前需做空白分析及測漏試驗。
- (b) 樣品分析前，使用對氟溴化苯 (BFB) 對質譜儀進行功能測試。
- (c) 每一批樣品分析時，製備檢量線至少 5 種濃度，得到結果對每一待測化合物與內標準品之相對感應因子要符合相對標準偏差 < 30%。
- (d) 檢驗室空白值不得大於方法偵測極限之 2 倍。

以下將對空白樣品、準確性、精密度、檢量線查核分析等品管措施進一步說明。

(i) 準確性 (Accuracy)

指一測定值或一組測定值之平均值與其確認值或配製值接近的程度，計算方法如公式 13 所示，偏差需在±30%之內。

$$\text{準確度} = \frac{\text{分析所得濃度} - \text{配置濃度}}{\text{配置濃度}} \times 100\% \quad (13)$$

(ii) 精密度 (Precision)

指一組重複分析其各測定值間接近的程度。精密度可由各測定值間之相對標準偏差 (Relative Standard Deviation, RSD) (重複次數大於 2 時) 或相對百分偏差 (Relative Percent Difference, RPD, 或稱 Relative Range, RR) (重複次數等於 2 時) 來認定。一般會重複 7 次相同標準品之分析, 求得平均值與標準差, 如公式 14 所示。

$$\text{相對標準偏差} = \frac{\text{標準差}}{\text{平均值}} \times 100\% \quad (14)$$

表 6 本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 之偵測極限

VOCs	偵測極限(ppb)
Propane	0.12
Isobutane	0.12
1-Butene	0.02
n-Butane	0.15
Trans-2-Butene	0.11
Cis-2-Butene	0.10
Isopentane	0.13
1-Pentene	0.02
n-Pentane	0.15
Trans-2-Pentene	0.15
Isoprene	0.11
Cis-2-Pentene	0.10
2,2-Dimethylbutane	0.01
2,3-Dimethylbutane	0.04
Cyclopentane	0.12
2-Methylpentane	0.13
3-Methylpentane	0.06
1-Hexene	0.17
n-Hexane	0.14
2,4-Dimethylpentane	0.17
Methylcyclopentane	0.11
Benzene	0.18
2-Methylhexane	0.11
Cyclohexane	0.11
2,3-Dimethylpentane	0.16
3-Methylhexane	0.17
2,2,4-Trimethylpentane	0.14
n-Heptane	0.10
Methylcyclohexane	0.17
2,3,4-Trimethylpentane	0.15
2-Methylheptane	0.13

3-Methylheptane	0.07
Toluene	0.07
n-Octane	0.10
Ethylbenzene	0.07
m-Xylene	0.10
p-Xylene	0.10
n-Nonane	0.05
Styrene	0.11
o-Xylene	0.06
Isopropylbenzene	0.05
n-Propylbenzene	0.09
m-Ethyltoluene	0.07
p-Ethyltoluene	0.07
1,3,5-Trimethylbenzene	0.06
o-Ethyltoluene	0.17
n-Decane	0.06
1,2,4-Trimethylbenzene	0.09
1,2,3-Trimethylbenzene	0.12
m-Diethylbenzene	0.06
p-Diethylbenzene	0.11
n-Undecane	0.10
n-Dodecane	0.02

(iii) 檢量線查核分析

指將適當濃度之標準品添加至與樣品相似的基質中所配製成的樣品，或使用濃度經確認之標準品。由檢量線查核分析之結果，可確定分析程序之可信度或分析結果之準確性，偏差需在 $\pm 30\%$ 之內。本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 之檢量線如下表所示：

表 7 本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 之檢量線

VOCs	檢量線方程式	R
Propane	$Y = 2190943x + 1893909$	0.9968
Isobutane	$Y = 2140018x - 3550621$	0.9984
1-Butene	$Y = 453801x - 779909$	0.9999
n-Butane	$Y = 997851x - 1367538$	0.9975
Trans-2-Butene	$Y = 1008158x - 1001400$	0.9985
Cis-2-Butene	$Y = 1225537x + 298909$	0.9950
Isopentane	$Y = 1151860x + 121959$	0.9950
1-Pentene	$Y = 2768153x - 12871354$	0.9988
n-Pentane	$Y = 1472260x - 88616$	0.9980
Trans-2-Pentene	$Y = 970671x - 14556$	0.9987
Isoprene	$Y = 1106658x + 64411$	0.9978
Cis-2-Pentene	$Y = 1121665x + 104360$	0.9950
2,2-Dimethylbutane	$Y = 292962x + 285355$	0.9996
2,3-Dimethylbutane	$Y = 1667176x - 152214$	0.9975
Cyclopentane	$Y = 474489x - 39302$	0.9971
2-Methylpentane	$Y = 3201329x - 1145468$	0.9950
3-Methylpentane	$Y = 1469007x - 76269$	0.9990
1-Hexene	$Y = 1548244x - 273238$	0.9996
n-Hexane	$Y = 1566632x - 44750$	0.9980
2,4-Dimethylpentane	$Y = 1587984x - 121350$	0.9985
Methylcyclopentane	$Y = 2206038x - 648841$	0.9995
Benzene	$Y = 3566445x - 1485283$	0.9996
2-Methylhexane	$Y = 2070110x - 173086$	0.9985
Cyclohexane	$Y = 1444689x - 57198$	0.9980
2,3-Dimethylpentane	$Y = 1994104x - 267385$	0.9985
3-Methylhexane	$Y = 2583684x - 676713$	0.9995
2,2,4-Trimethylpentane	$Y = 2008050x - 289312$	0.9985
n-Heptane	$Y = 1743739x + 426702$	0.9983
Methylcyclohexane	$Y = 2412920x + 285434$	0.9975
2,3,4-Trimethylpentane	$Y = 2543359x + 210699$	0.9983
2-Methylheptane	$Y = 1376639x - 321875$	0.9982
3-Methylheptane	$Y = 2490759x - 532013$	0.9975
Toluene	$Y = 2548014x - 936862$	0.9999
n-Octane	$Y = 1460046x - 190726$	0.9985
Ethylbenzene	$Y = 1471260x - 182200$	0.9990
m-Xylene	$Y = 2991205x - 1240870$	0.9976
p-Xylene	$Y = 1536021x - 761822$	0.9950
n-Nonane	$Y = 1423044x - 618573$	0.9978
Styrene	$Y = 991142x - 20559$	0.9995
o-Xylene	$Y = 1393335x - 147957$	0.9994
Isopropylbenzene	$Y = 1674564x - 838907$	0.9978
n-Propylbenzene	$Y = 1661944x - 1091407$	0.9976
m-Ethyltoluene	$Y = 1517199x - 947880$	0.9950
p-Ethyltoluene	$Y = 1549100x - 998451$	0.9950
1,3,5-Trimethylbenzene	$Y = 1485463x - 1022362$	0.9981
o-Ethyltoluene	$Y = 3590566x - 2184967$	0.9993
n-Decane	$Y = 1262000x - 975299$	0.9994
1,2,4-Trimethylbenzene	$Y = 1428708x - 925239$	0.9979
1,2,3-Trimethylbenzene	$Y = 1558458x - 1083718$	0.9950
m-Diethylbenzene	$Y = 1363102x - 564820$	0.9987
p-Diethylbenzene	$Y = 3757602x - 3404632$	0.9999
n-Undecane	$Y = 2900034x - 5079429$	0.9989
n-Dodecane	$Y = 2271118x + 10735831$	0.9990

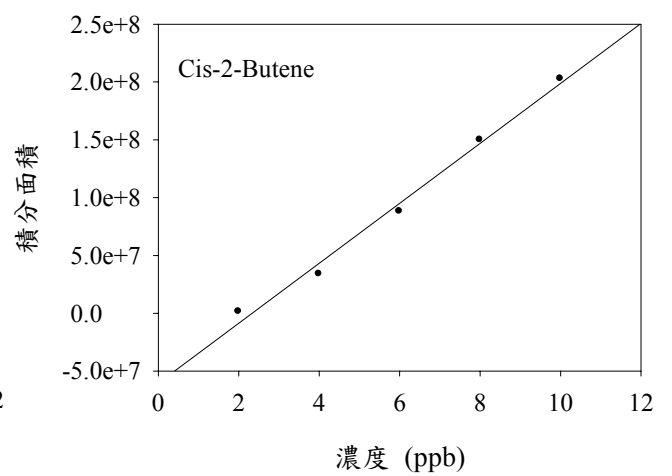
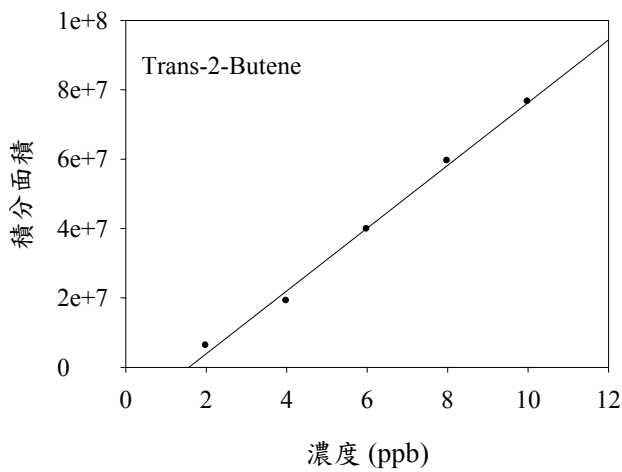
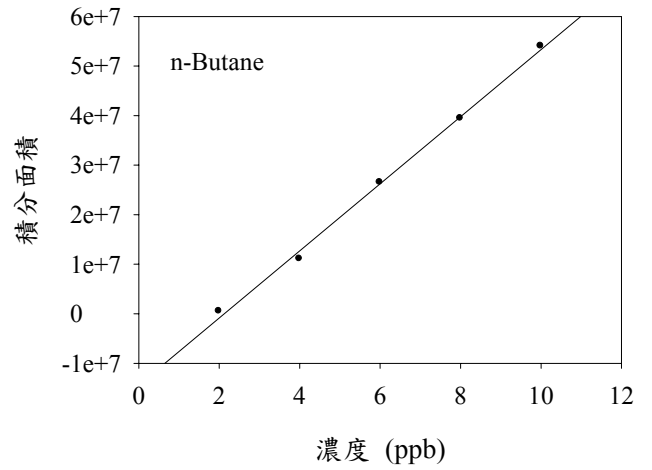
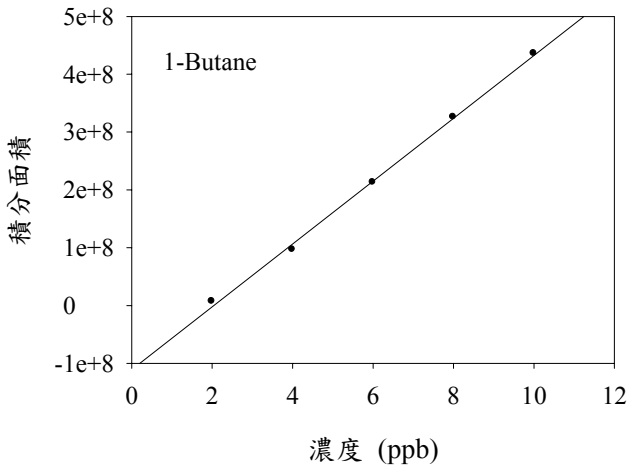
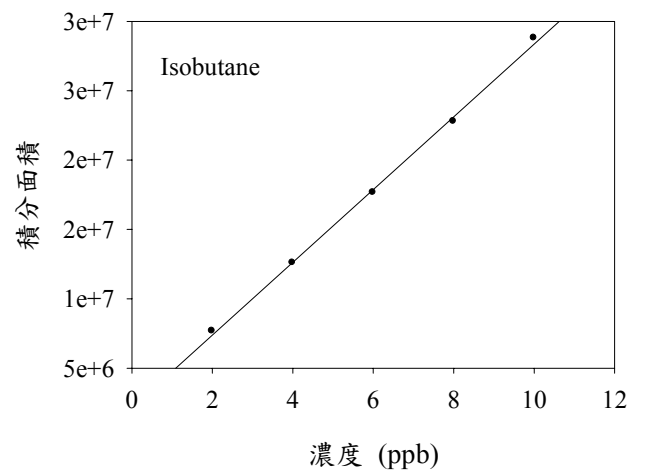
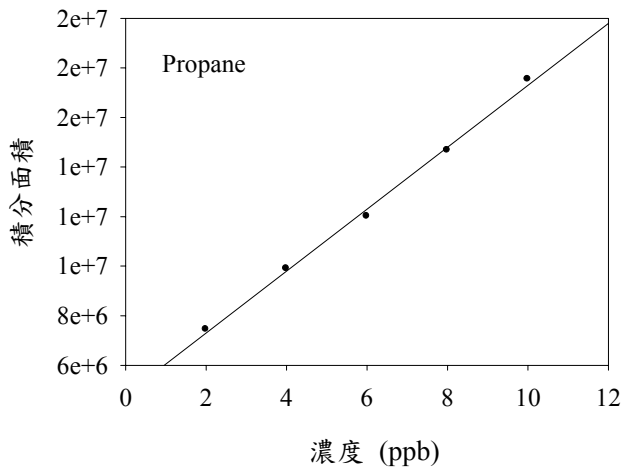


圖 8 Propane、Isobutane、1-Butene、n-Butane、Trans-2-Butene、Cis-2-Butene 之檢量線

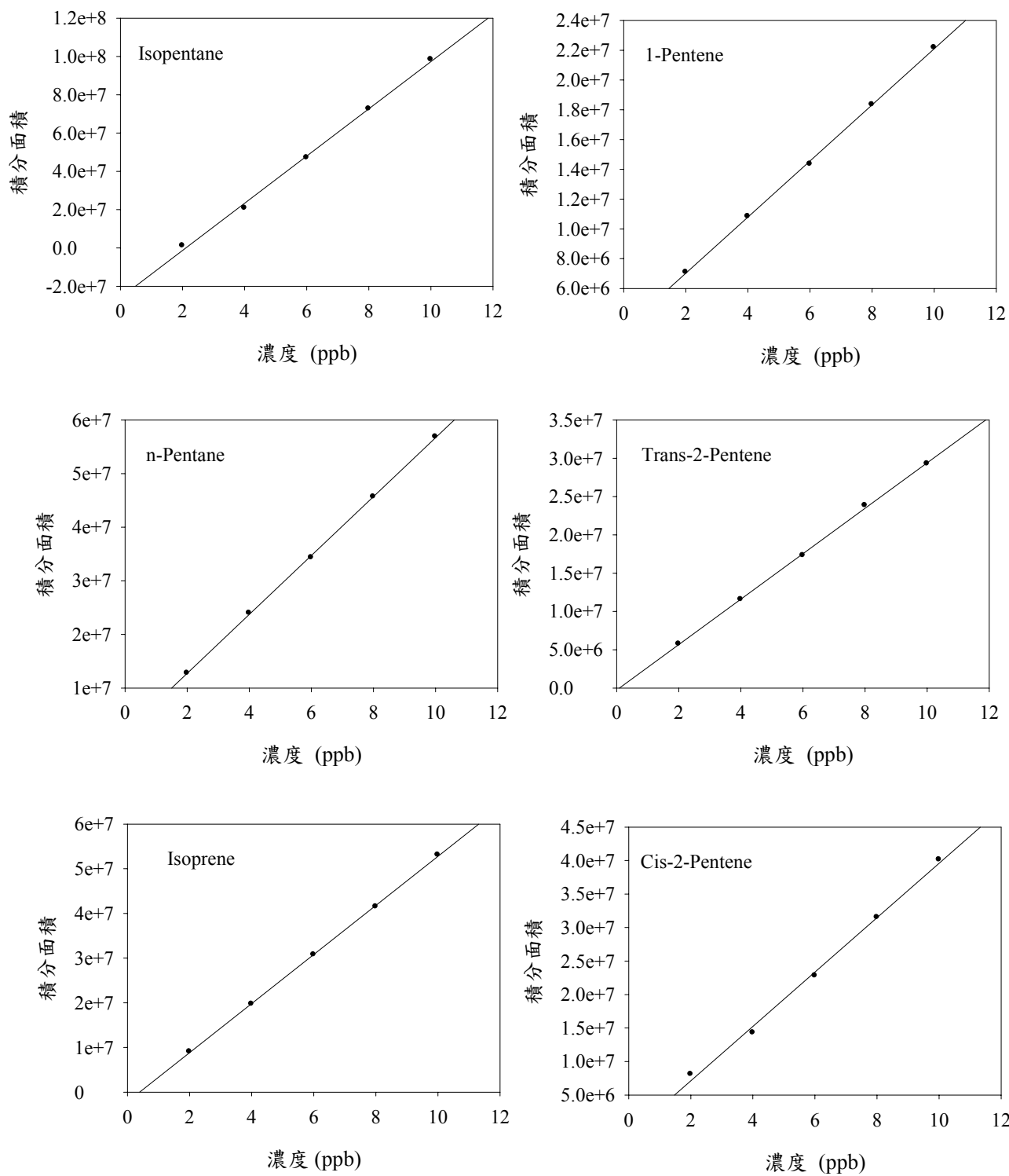


圖 9 Isopentane、1-Pentene、n-Pentane、Trans-2-Pentene、Isoprene、Cis-2-Pentene 之檢量線

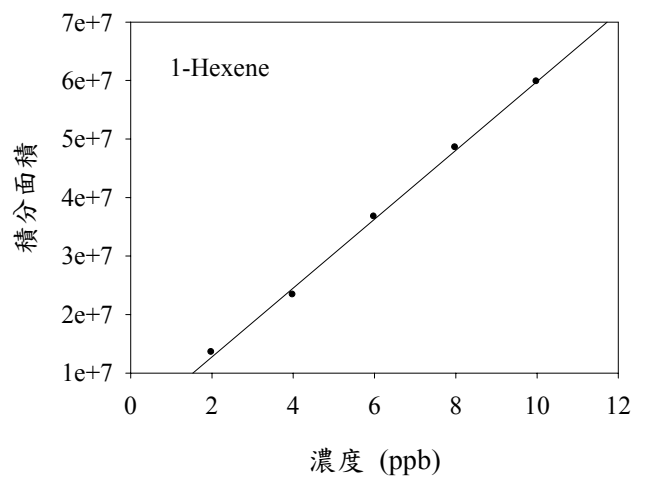
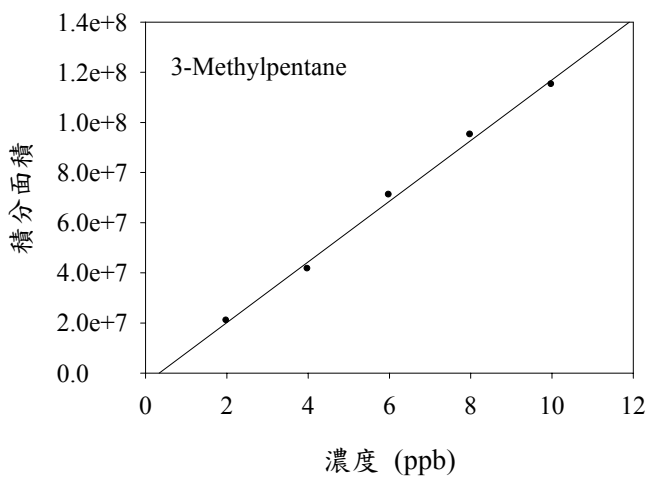
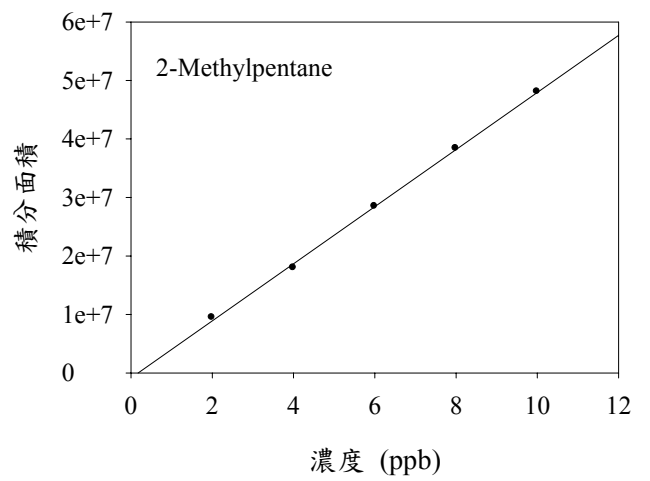
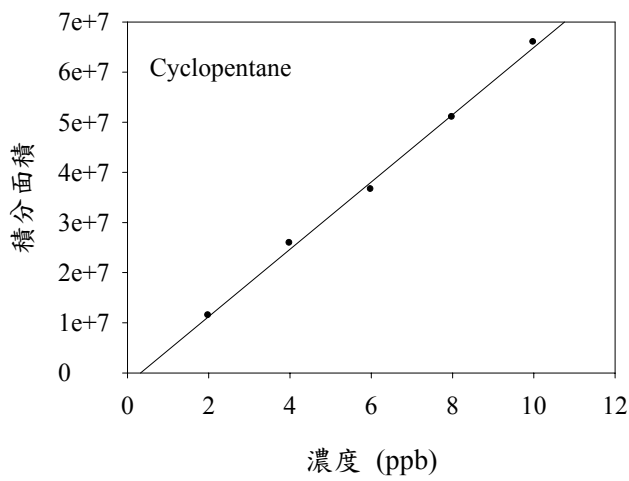
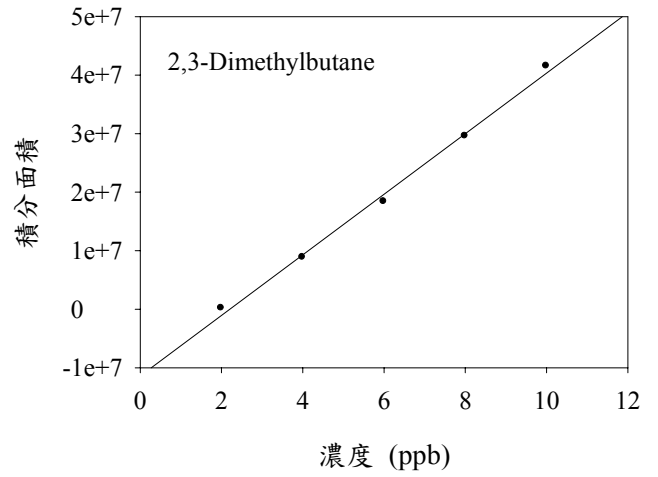
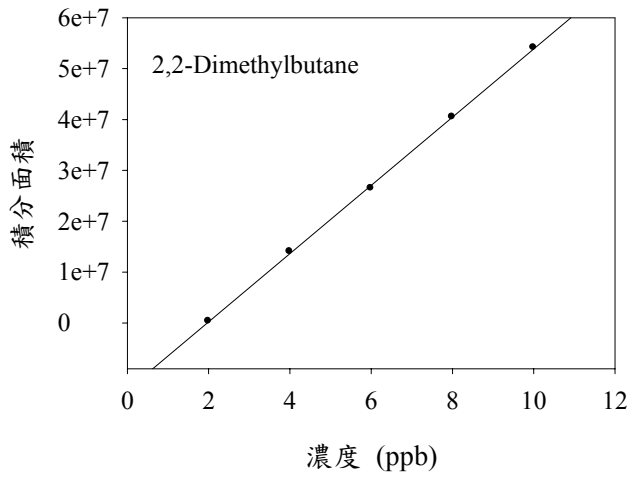


圖 10 2,2-Dimethylbutane、2,3-Dimethylbutane、Cyclopentane、2-Methylpentane、3-Methylpentane、1-Hexene 之檢量線

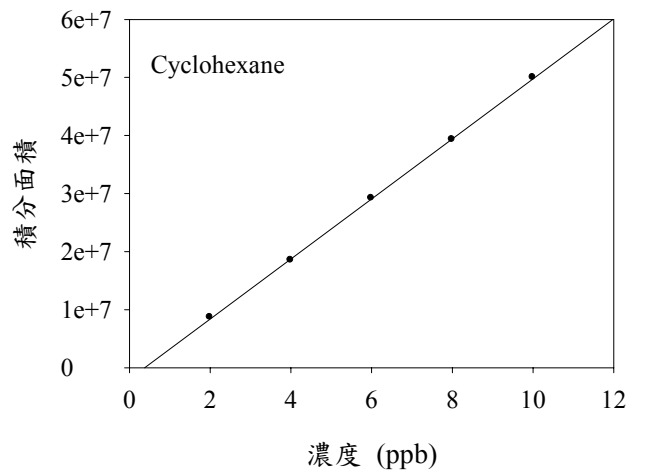
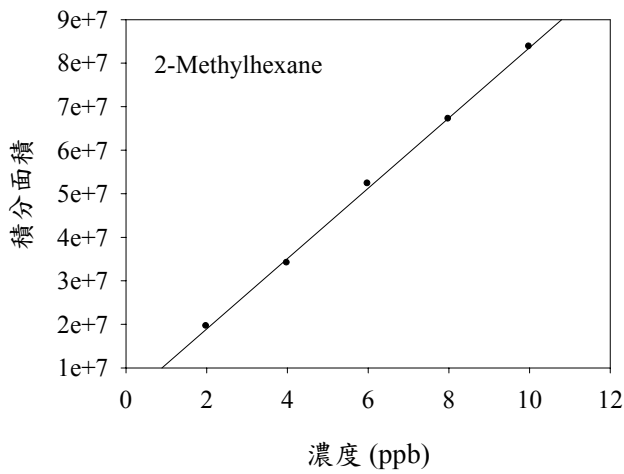
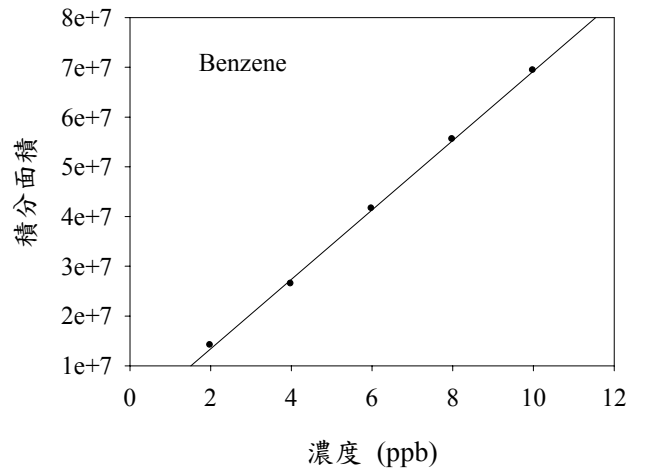
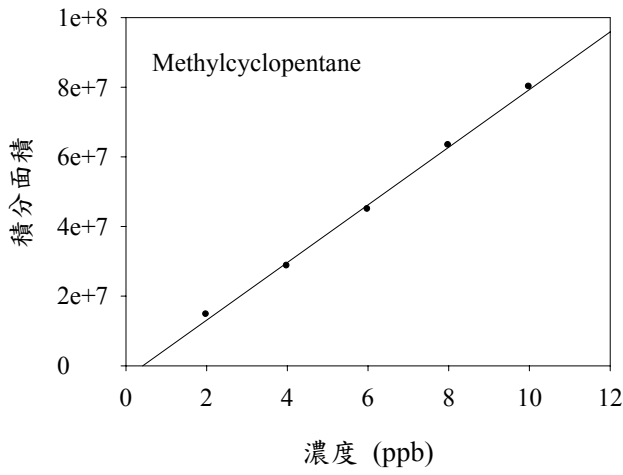
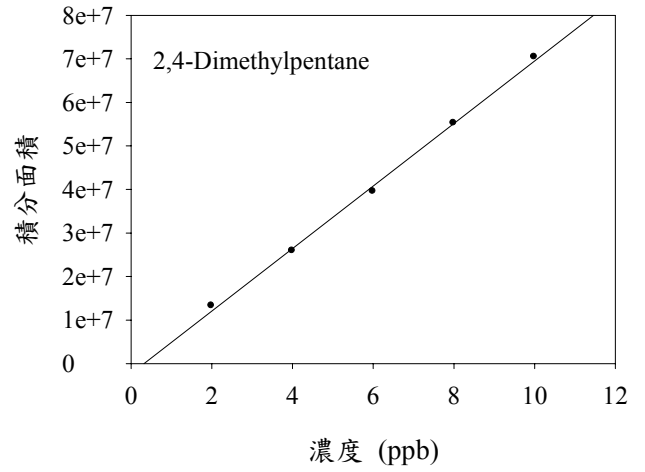
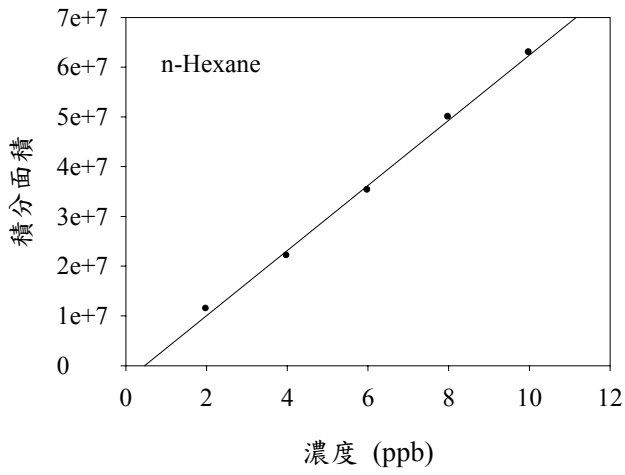


圖 11 n-Hexane、2,4-Dimethylpentane、Methylcyclopentane、Benzene、2-Methylhexane、Cyclohexane 之檢量線

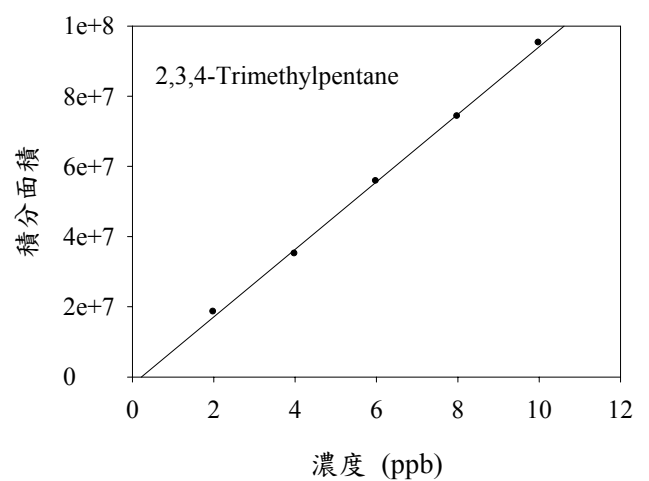
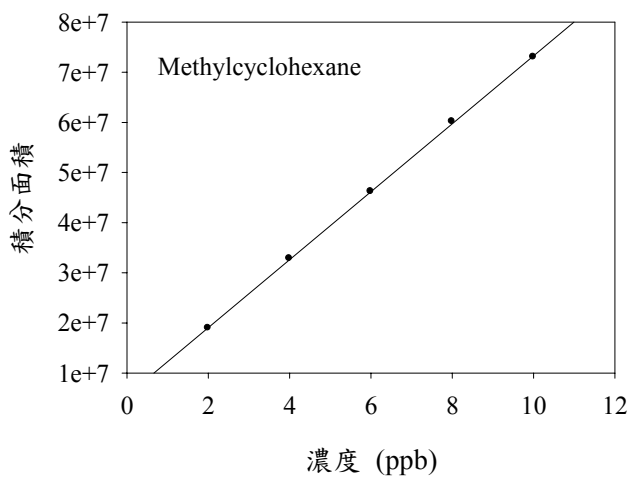
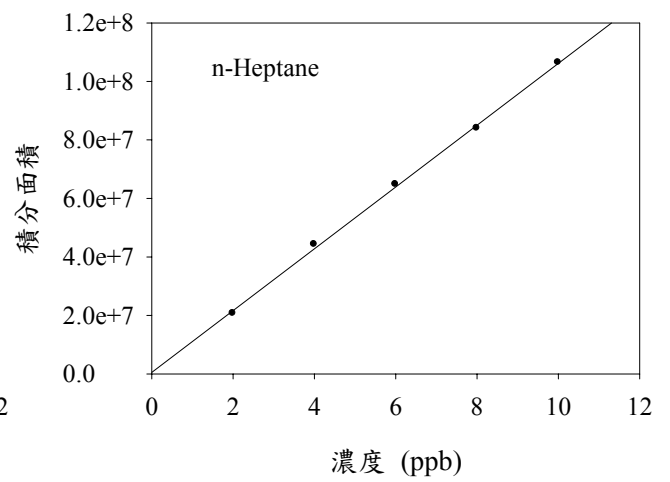
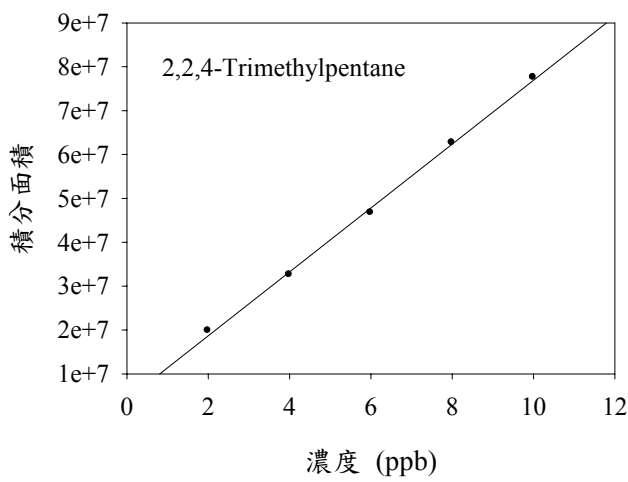
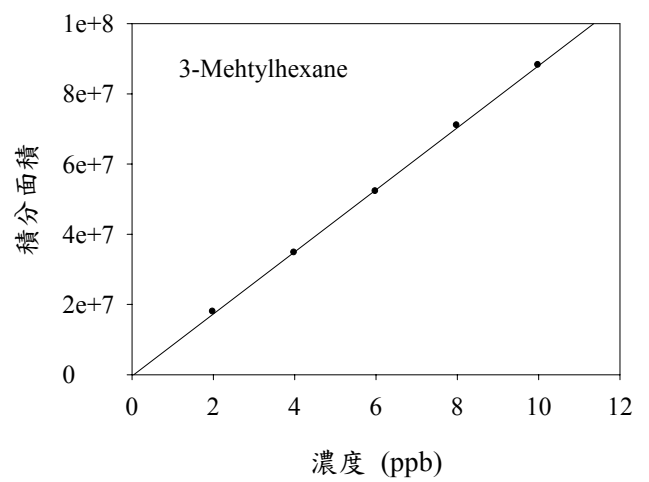
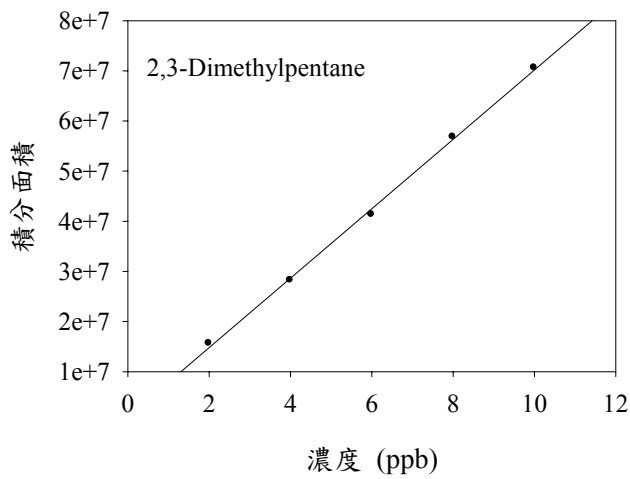


圖 12 2,3-Dimethylpentane、3-Methylhexane、2,2,4-Trimethylpentane、n-Heptane、Methylcyclohexane、2,3,4-Trimethylpentane 之檢量線

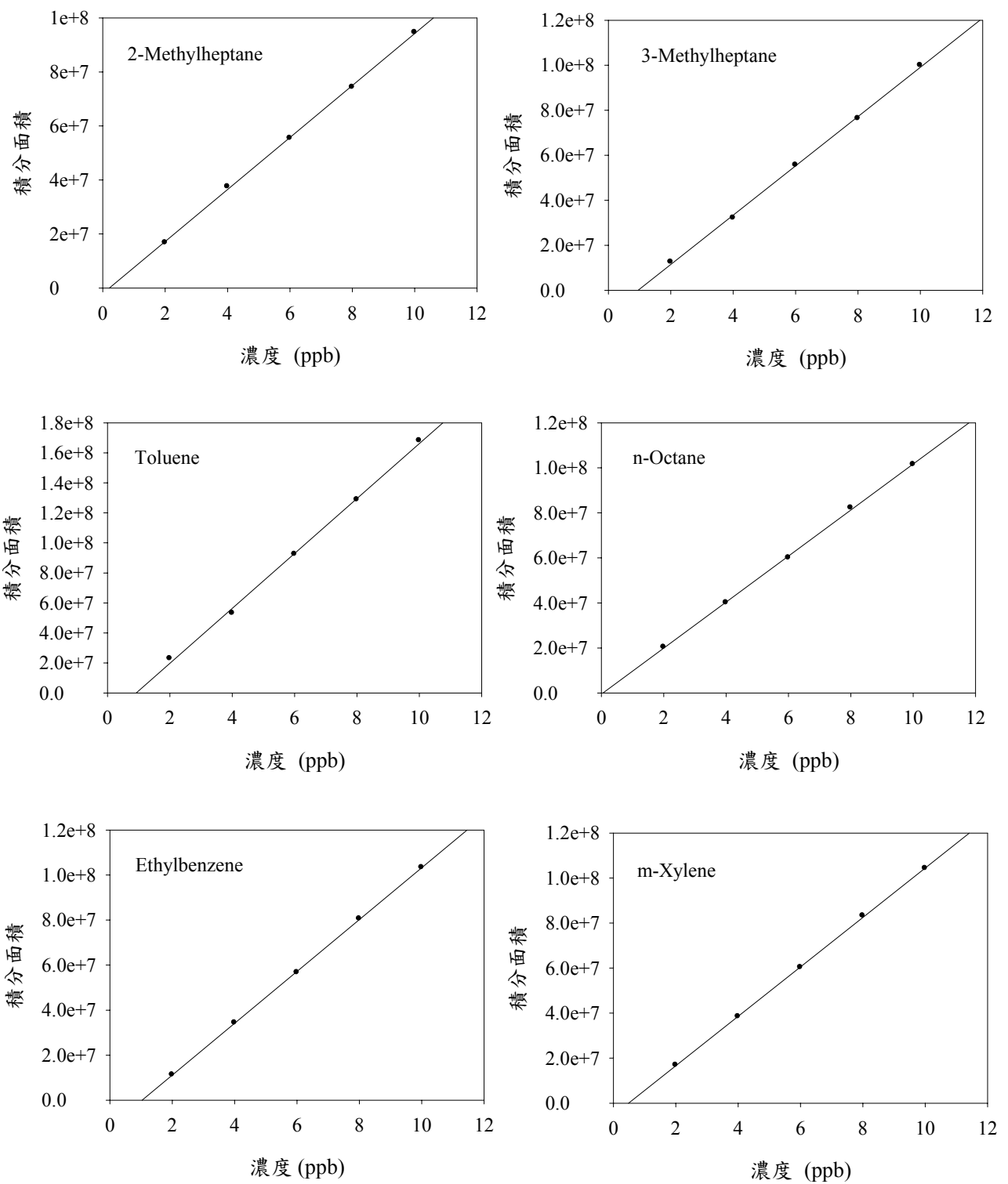


圖 13 2-Methylheptane、3-Methylheptane、Toluene、n-Octane、Ethylbenzene、m-Xylene 之檢量線

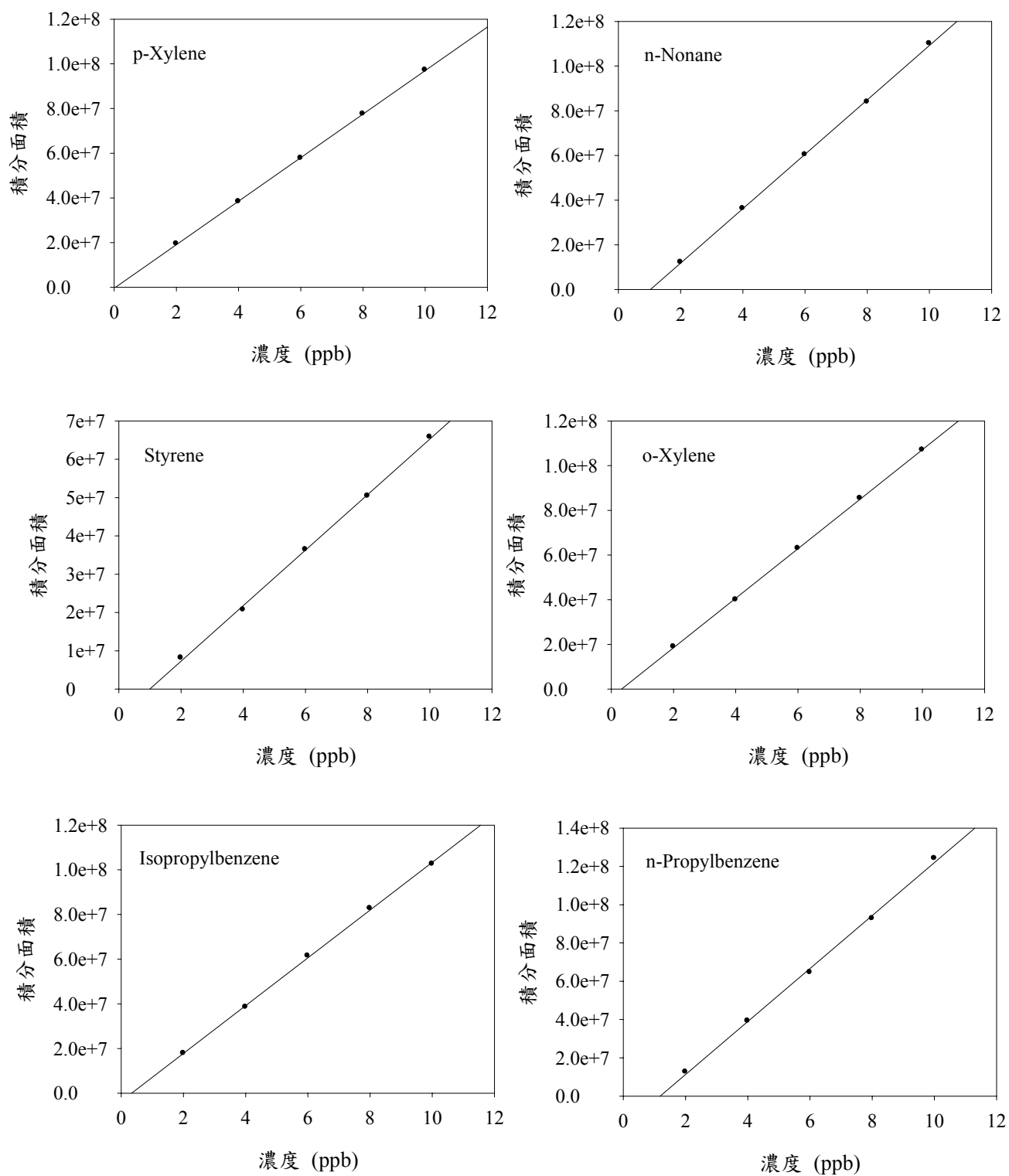


圖 14 p-Xylene、n-Nonane、Styrene、o-Xylene、Isopropylbenzene、n-Propylbenz
之檢量線

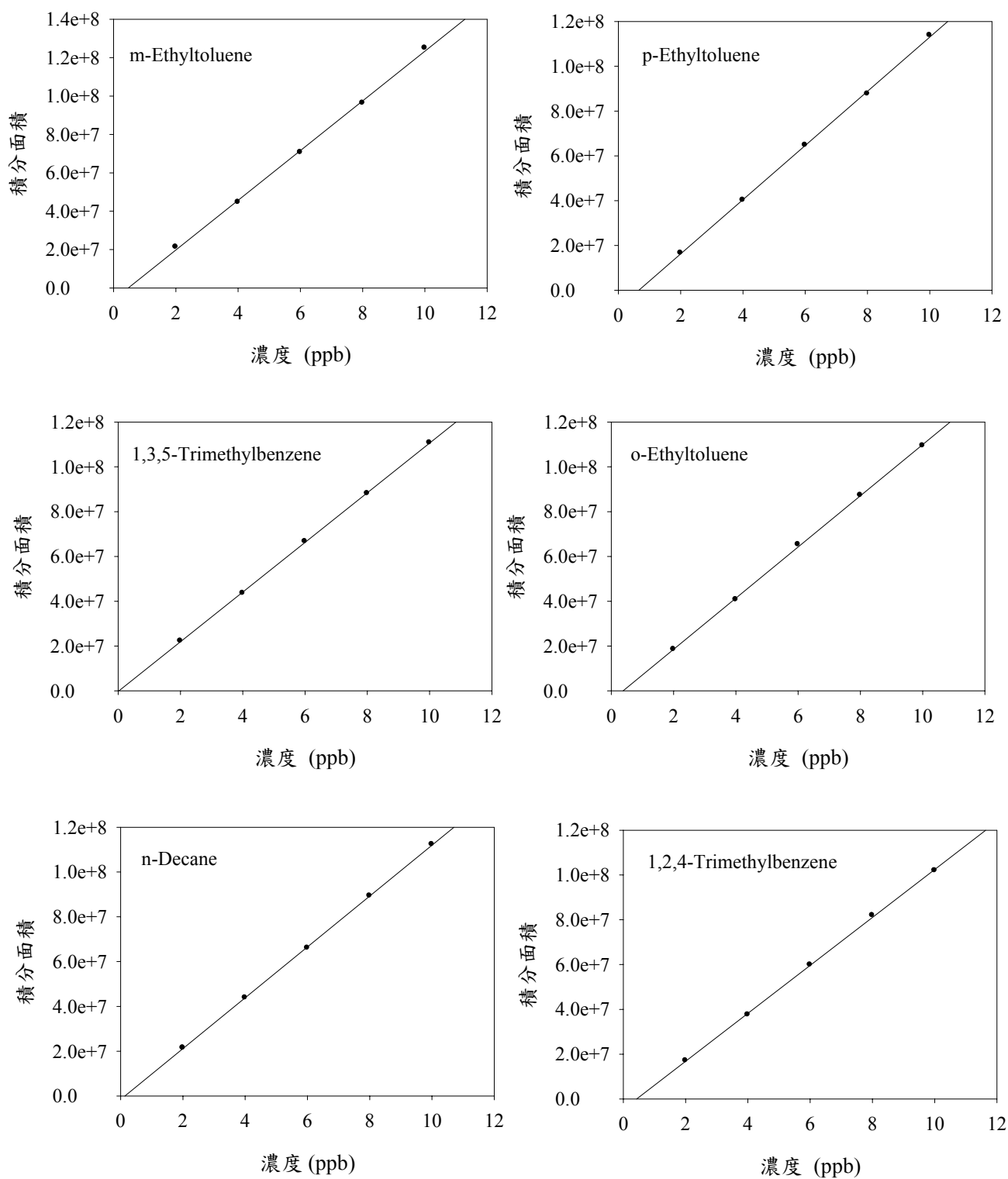


圖 15 m-Ethyltoluene、p-Ethyltoluene、1,3,5-Trimethylbenzene、o-Ethyltoluene、n-Decane、1,2,4-Trimethylbenzene 之檢量線

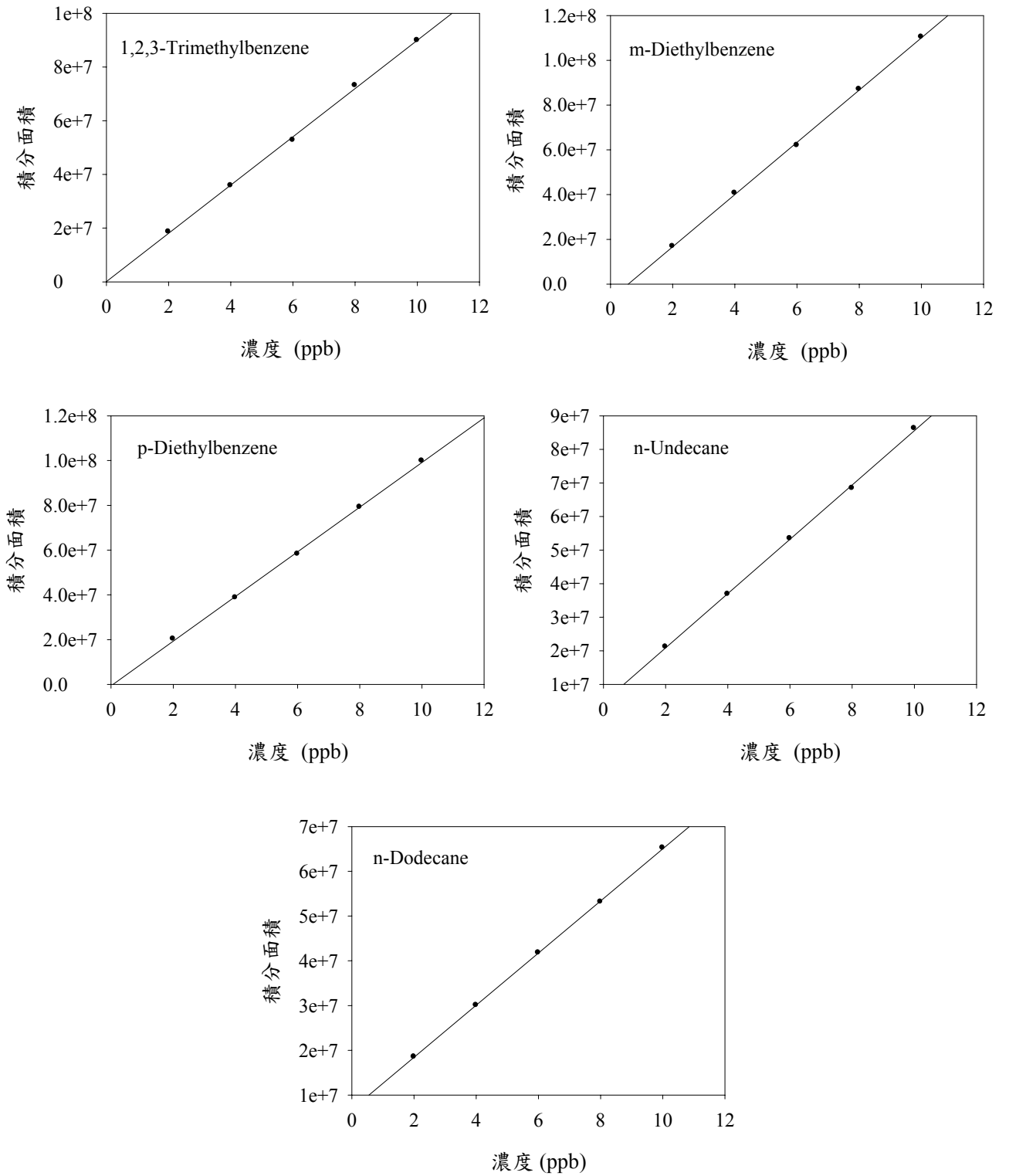


圖 16 1,2,3-Trimethylbenzene、m-Diethylbenzene、p-Diethylbenzene、n-Undecane、n-Dodecane 之檢量線

表 8 VOCs 標準品之 GC/MS 圖譜積分面積

VOCs	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次
Propane	7051723	6820684	6502637	7208654	7430089	5690139	6444760
Isobutane	5250092	5078081	4841291	5366930	5531790	4236377	4798201
1-Butene	2758656	2668273	2543852	2820048	2906674	2226000	2521210
n-Butane	5780573	5101773	5190563	5893300	5790622	5434188	5258693
Trans-2-Butene	5017604	4851084	4771385	5210962	4525178	5780580	5048240
Cis-2-Butene	6105059	5493880	6207639	5996941	5782900	5549502	5251144
Isopentane	5253929	5575306	5506915	5392458	5155326	4943504	4744788
1-Pentene	2646414	2652525	30045247	522123	707301	1413353	29990517
n-Pentane	6112028	7009397	6904383	6790686	6487578	6192469	5987652
Trans-2-Pentene	4335325	4632756	4572283	4417022	4270290	4108194	3953108
Isoprene	5042595	5385453	5265164	5176451	4956472	4728515	4583775
Cis-2-Pentene	4978833	5297072	5210151	5101553	4861637	4675051	4521967
2,2-Dimethylbutane	1483608	1396526	1429151	1458849	1408079	1427448	1467362
2,3-Dimethylbutane	8134472	8053634	7688782	7493137	7193295	6772440	6376797
Cyclopentane	1993545	1868271	1878995	1936095	2163777	1789041	1834083
2-Methylpentane	13668886	14308207	14014810	13789985	13194437	12773822	12374069
3-Methylpentane	9508670	9789753	9671727	9564311	9245964	9009048	9829204
1-Hexene	6771574	7036593	6921640	6709894	6488823	6228380	6008639
n-Hexane	6851163	7152213	7011296	6877296	6596879	6367934	6165296
2,4-Dimethylpentane	6915998	7146910	7029663	6896172	6628489	6433044	6220695
Methylcyclopentane	9458426	9723965	9532113	9363493	9002327	8727665	8398385
Benzene	14450680	14907111	14626601	14305533	13840482	13287309	12782925
2-Methylhexane	8932108	9197713	8991760	8813844	8578892	8236763	7972810
Cyclohexane	6343700	6554356	6434811	6254787	6067090	5828085	5640812
2,3-Dimethylpentane	8474234	8719344	8566405	8408874	8119727	7833807	7561021
3-Methylhexane	10873253	11105364	10778037	10621226	10285866	9834783	9526943
2,2,4-Trimethylpentane	8533243	8748026	8534190	8386169	8114936	7790955	7518794
n-Heptane	7755087	7958435	7806863	7704576	7379661	7117107	6927676
Methylcyclohexane	10523021	10667499	10506328	10246623	9926086	9572964	9274522
2,3,4-Trimethylpentane	10895062	11056752	10844984	10609186	10283240	9900367	9605464
2-Methylheptane	5468064	5643464	5571489	5476715	5205895	5030051	5008836
3-Methylheptane	10071154	10217586	10073408	9840821	9557573	9160973	8893896
Toluene	10331103	10474811	10304945	10086614	9737007	9412481	9107800
n-Octane	5935872	6098095	6030132	5891457	5656223	5342010	5265403
Ethylbenzene	5942111	6064031	6018562	5912347	5604560	5384092	5325424
m-Xylene	13439030	13687926	13530555	13120336	12983036	13404736	11111623
p-Xylene	5761191	5968288	5874819	5707191	5576996	5233706	5109469
n-Nonane	5397648	5554559	5432644	5359808	5185975	4919868	4809786
Styrene	4044319	4081277	4065365	3994507	3875675	3627098	3576522
o-Xylene	5595065	5771940	5682320	5586937	5400589	5175923	5056173
Isopropylbenzene	6240529	6452228	6283454	6211067	6507569	6713715	6547937
n-Propylbenzene	7058223	7582078	6719731	6970472	6735895	6466875	6310577
m-Ethyltoluene	6094341	6825470	6515480	6546247	6261663	5868450	5943898
p-Ethyltoluene	6587462	6858551	6709782	6735520	6547672	6224664	6025097
1,3,5-Trimethylbenzene	6231772	6454362	6329102	6257318	6119413	6799143	6663234
o-Ethyltoluene	16628061	15084068	15024251	15851232	16430021	15897582	14644984
n-Decane	6220625	6202569	5533407	5393984	5311188	5535062	5953896
1,2,4-Trimethylbenzene	6108280	6205127	6195685	6083045	5925432	6662495	6600334
1,2,3-Trimethylbenzene	5549144	6645432	6594761	6424132	6302339	5972630	6872922
m-Diethylbenzene	5129282	5165612	5127252	5036528	4877063	4610988	4507823
p-Diethylbenzene	18792701	18636338	17409463	18053108	18872551	18214495	18955935
n-Undecane	16006541	15312887	16920352	15456882	16845034	16723139	16121407
n-Dodecane	5526920	5287407	5842451	5337127	5816444	5774355	5566582

表9 VOCs 標準品之 GC/MS 積分面積平均值、標準偏差及相對標準偏差

VOCs	積分面積	標準偏差(SD)	相對標準偏差 (%)
Propane	11017967	450119	4.09
Isobutane	8203008	335119	4.09
1-Butene	2634959	228395	8.67
n-Butane	5492816	325167	5.92
Trans-2-Butene	5029290	397982	7.91
Cis-2-Butene	5769581	353443	6.13
Isopentane	5224604	301598	5.77
1-Pentene	2737603	173306	6.33
n-Pentane	6497742	411345	6.33
Isoprene	5019775	288080	5.74
Cis-2-Pentene	4949466	282416	5.71
Trans-2-Pentene	4326997	242457	5.60
2,2-Dimethylbutane	1438718	32089	2.23
2,3-Dimethylbutane	7387508	650790	8.81
Cyclopentane	1923401	125102	6.50
2-Methylpentane	13446317	695113	5.17
3-Methylpentane	9516954	297094	3.12
1-Hexene	6595078	373180	5.66
n-Hexane	6717440	355989	5.30
2,4-Dimethylpentane	6752996	336650	4.99
Methylcyclopentane	9172339	479193	5.22
Benzene	14028663	766033	5.46
2-Methylhexane	8674841	438427	5.05
Cyclohexane	6160520	332195	5.39
2,3-Dimethylpentane	8240487	420350	5.10
3-Methylhexane	10432210	577469	5.54
2,2,4-Trimethylpentane	8232330	445160	5.41
n-Heptane	7521344	386588	5.14
Methylcyclohexane	10102435	528676	5.23
2,3,4-Trimethylpentane	10456436	546266	5.22
2-Methylheptane	5343502	259617	4.86
3-Methylheptane	9687916	504072	5.20
Toluene	9922109	516956	5.21
n-Octane	5745599	332704	5.79
Ethylbenzene	5750161	308034	5.36
m-Xylene	13039606	883275	6.77
p-Xylene	5604523	322442	5.75
n-Nonane	5237184	278597	5.32
Styrene	3894966	211933	5.44
o-Xylene	5466992	267099	4.89
Isopropylbenzene	6422357	185208	2.88
n-Propylbenzene	6834836	420308	6.15
m-Ethyltoluene	6293650	351121	5.58
p-Ethyltoluene	6526964	298388	4.57
1,3,5-Trimethylbenzene	6407763	246155	3.84
o-Ethyltoluene	15651457	751522	4.80
n-Decane	5735819	382729	6.67
1,2,4-Trimethylbenzene	6254343	274172	4.38
1,2,3-Trimethylbenzene	6337337	449270	7.09
m-Diethylbenzene	4922078	267036	5.43
p-Diethylbenzene	18419227	559130	3.04
n-Undecane	16198035	657194	4.06
n-Dodecane	5593041	226923	4.06

5. VOCs 於分析儀器之滯留時間

利用檢量線中間點濃度之標準溶液分析 3 次，由 3 次的滯留時間統計得到平均滯留時間及其標準偏差 (SD)，可接受的滯留時間窗即為平均滯留時間 ± 3 SD。本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 之滯留時窗七次測試值如表 1-5 所示，而滯留時窗之平均值及標準偏差如表 1-6 所示。

表 10 本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 之滯留時間 (min)

VOCs	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次
Propane	4.97	4.97	4.91	4.97	4.91	4.97	4.97
Isobutane	5.22	5.22	5.13	5.22	5.15	5.22	5.22
1-Butene	5.30	5.30	5.26	5.29	5.26	5.29	5.29
n-Butane	5.44	5.43	5.38	5.43	5.37	5.43	5.43
Trans-2-Butene	5.63	5.62	5.55	5.62	5.56	5.62	5.62
Cis-2-Butene	6.50	6.50	6.42	6.49	6.42	6.49	6.49
Isopentane	6.89	6.89	6.82	6.89	6.79	6.89	6.89
1-Pentene	7.01	7.01	6.97	7.01	6.97	7.01	7.01
n-Pentane	7.13	7.13	7.07	7.13	7.07	7.13	7.13
Trans-2-Pentene	7.47	7.46	7.43	7.47	7.43	7.47	7.47
Isoprene	7.39	7.39	7.30	7.39	7.31	7.39	7.39
Cis-2-Pentene	7.65	7.65	7.58	7.65	7.57	7.65	7.65
2,2-Dimethylbutane	8.19	8.17	8.11	8.17	8.11	8.18	8.17
2,3-Dimethylbutane	9.56	9.56	9.47	9.56	9.47	9.56	9.56
Cyclopentane	8.39	8.38	8.31	8.38	8.32	8.38	8.38
2-Methylpentane	9.64	9.64	9.59	9.64	9.59	9.64	9.64
3-Methylpentane	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
1-Hexene	10.6	10.6	10.4	10.6	10.4	10.6	10.6
n-Hexane	10.9	10.9	10.8	10.9	10.8	10.9	10.9
2,4-Dimethylpentane	12.2	12.2	12.1	12.2	12.1	12.2	12.2
Methylcyclopentane	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Benzene	13.5	13.5	13.4	13.5	13.4	13.5	13.5
2-Methylhexane	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
Cyclohexane	13.6	13.6	13.5	13.6	13.5	13.6	13.6
2,3-Dimethylpentane	13.8	13.8	13.7	13.8	13.8	13.8	13.8
3-Methylhexane	14.3	14.3	14.2	14.3	14.2	14.3	14.3
2,2,4-Trimethylpentane	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6
n-Heptane	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7
Methylcyclohexane	16.4	16.4	16.3	16.4	16.3	16.4	16.4
2,3,4-Trimethylpentane	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7
2-Methylheptane	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
3-Methylheptane	17.7	17.7	17.6	17.7	17.6	17.7	17.7
Toluene	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	16.9
n-Octane	19.5	19.5	19.4	19.5	19.4	19.5	19.5
Ethylbenzene	19.7	19.7	19.6	19.7	19.6	19.7	19.7
m-Xylene	20.1	20.1	20.0	20.1	20.0	20.0	20.1
p-Xylene	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7
n-Nonane	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9
Styrene	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2
o-Xylene	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3
Isopropylbenzene	21.6	21.6	21.5	21.6	21.5	21.6	21.6
n-Propylbenzene	21.7	21.7	21.6	21.7	21.6	21.7	21.7
m-Ethyltoluene	21.8	21.8	21.7	21.8	21.7	21.8	21.8
p-Ethyltoluene	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
1,3,5-Trimethylbenzene	22.1	22.1	22.1	22.1	22.0	22.1	22.1
o-Ethyltoluene	22.2	22.2	22.1	22.2	22.1	22.2	22.2
n-Decane	23.0	23.0	22.9	23.0	23.0	23.0	23.0
1,2,4-Trimethylbenzene	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
1,2,3-Trimethylbenzene	23.4	23.4	23.3	23.4	23.3	23.4	23.4
m-Diethylbenzene	23.6	23.6	23.5	23.6	23.5	23.6	23.6
p-Diethylbenzene	24.0	24.0	23.9	24.0	23.9	24.0	24.0
n-Undecane	25.7	25.7	25.6	25.7	25.6	25.7	25.7
n-Dodecane	28.6	28.7	28.4	28.7	28.6	28.7	28.8

表 11 本計畫分析 VOCs 於 GC/MS 滯留時間之平均值及標準偏差

VOCs	平均值 (min)	標準偏差 (SD)	平均值 \pm 3SD (min)
Propane	4.95	0.03	0.60 \pm 0.09
Isobutane	5.20	0.04	0.76 \pm 0.12
1-Butene	5.28	0.02	0.36 \pm 0.06
n-Butane	5.42	0.03	0.51 \pm 0.09
Trans-2-Butene	5.60	0.03	0.62 \pm 0.09
Cis-2-Butene	6.47	0.04	0.56 \pm 0.12
Isopentane	6.87	0.04	0.61 \pm 0.12
1-Pentene	7.00	0.02	0.28 \pm 0.06
n-Pentane	7.11	0.03	0.41 \pm 0.09
Trans-2-Pentene	7.46	0.02	0.26 \pm 0.06
Isoprene	7.37	0.04	0.56 \pm 0.12
Cis-2-Pentene	7.63	0.04	0.47 \pm 0.12
2,2-Dimethylbutane	8.16	0.03	0.40 \pm 0.09
2,3-Dimethylbutane	9.53	0.04	0.43 \pm 0.12
Cyclopentane	8.36	0.04	0.42 \pm 0.12
2-Methylpentane	9.62	0.02	0.23 \pm 0.06
3-Methylpentane	10.2	0.04	0.38 \pm 0.12
1-Hexene	10.5	0.06	0.59 \pm 0.18
n-Hexane	10.8	0.04	0.33 \pm 0.12
2,4-Dimethylpentane	12.1	0.03	0.28 \pm 0.09
Methylcyclopentane	12.0	0.04	0.31 \pm 0.12
Benzene	13.4	0.04	0.26 \pm 0.12
2-Methylhexane	13.6	0.02	0.14 \pm 0.06
Cyclohexane	13.5	0.02	0.16 \pm 0.06
2,3-Dimethylpentane	13.7	0.04	0.26 \pm 0.12
3-Methylhexane	14.2	0.03	0.24 \pm 0.09
2,2,4-Trimethylpentane	14.6	0.03	0.20 \pm 0.09
n-Heptane	15.7	0.03	0.19 \pm 0.09
Methylcyclohexane	16.3	0.04	0.27 \pm 0.12
2,3,4-Trimethylpentane	16.6	0.03	0.15 \pm 0.09
2-Methylheptane	16.9	0.01	0.07 \pm 0.03
3-Methylheptane	17.6	0.03	0.16 \pm 0.09
Toluene	16.9	0.03	0.19 \pm 0.09
n-Octane	19.4	0.04	0.19 \pm 0.12
Ethylbenzene	19.6	0.04	0.21 \pm 0.12
m-Xylene	20.0	0.05	0.24 \pm 0.15
p-Xylene	19.7	0.01	0.04 \pm 0.03
n-Nonane	20.9	0.02	0.11 \pm 0.06
Styrene	20.2	0.03	0.14 \pm 0.09
o-Xylene	20.2	0.01	0.05 \pm 0.03
Isopropylbenzene	21.5	0.03	0.13 \pm 0.09
n-Propylbenzene	21.6	0.02	0.11 \pm 0.06
m-Ethyltoluene	21.7	0.02	0.10 \pm 0.06
p-Ethyltoluene	21.8	0.02	0.08 \pm 0.06
1,3,5-Trimethylbenzene	22.0	0.03	0.13 \pm 0.09
o-Ethyltoluene	22.1	0.01	0.06 \pm 0.03
n-Decane	22.9	0.05	0.22 \pm 0.15
1,2,4-Trimethylbenzene	22.4	0.03	0.12 \pm 0.09
1,2,3-Trimethylbenzene	23.3	0.02	0.09 \pm 0.06
m-Diethylbenzene	23.5	0.02	0.11 \pm 0.06
p-Diethylbenzene	23.9	0.04	0.17 \pm 0.12
n-Undecane	25.6	0.03	0.13 \pm 0.09
n-Dodecane	28.6	0.11	0.40 \pm 0.33

五、直讀式採樣儀器

(一)提式 VOC 氣體偵測器

本研究使用 ProRAE 公司生產之 ppbRAE 手提式 VOC 氣體偵測器 (ppbRAE 3000, RAE Systems, San Jose, USA) (圖 17)，在各工段中進行 TVOC 量測，以瞭解作業環境中 TVOC 的濃度變化，其儀器原理為光離子化法 (Photoionization)，檢測方法依據環檢所公告及建議之方法 (NIEAA 706.71C)，儀器偵測範圍係 1 ppb~10.000 ppm，在實際採樣前應進行儀器零點及全幅校正，使用氣體分別為 Air 及 isobutylene (10 ppm)標準氣體。



圖 17 手提式 VOC 氣體偵測器
[<http://www.raesystems.com/products/ppbrae-3000>]

第二節 以化學物質結構分析模式氣喘健康危害強度

本研究採用英國曼徹斯特大學 J Jarvis 等作者於 2005 年所發表的文章之方法，J Jarvis 等分析 1995 年以前的 379 種低分子量化學物質結構示，與特殊結構式的型態數量，其中 78 種低分子量化學物質可以造成氣喘，以邏輯斯回歸建立化學物質特殊鍵結數量與預測是否為致氣喘物質的模式，該作者並以 1995 年以後新發現的化學物質與致氣喘物質來進行模式的驗證，該模式所推估出的數值稱為致氣喘危害指標 (Hazard index, HI)，該指標數值介於 0~1，如將切點訂於 0.5 時，則該模式用來預測可能致氣喘物質的敏感度為 86%，而專一度為 99% [72]。 J

Jarvis等已將該預測模式製作成網路套裝軟體，提供學術研究使用。該模式是以低分子量化學物質含特殊官能機的數目，來預測該化學物質的可能效應，因此又稱為量化的結構活性關係(Quantitative structure-activity relationships)。

本研究首先於FRP相關材料公司網站與過去文獻資料檢索，瞭解FRP製程中所使用到的化學物質，查詢其分子量，將分子量小於1000的化學物質進一步評估。首先於化學網站資料庫查詢每個化學物質的結構式，並將其結構轉換成MOL檔案格式[73]。再將每個化學物質所對應的MOL檔案鍵入J Jarvis等所建立的網路模式推估軟體[74]，爾後得到每個化學物質的致氣喘危害指標。

以二異氰酸甲苯爲例，其MOL檔案的內容如下：

```
CB3880911.mol
ChemDraw02140821162D

13 13 0 0 0 0 0 0 0 0999 V2000
-1.8562 0.7145 0.0000 C 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-1.0312 0.7145 0.0000 C 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-1.0312 -0.7145 0.0000 C 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-2.2688 -0.0000 0.0000 C 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-0.6187 0.0000 0.0000 C 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-1.8562 -0.7145 0.0000 C 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0.2063 0.0000 0.0000 C 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0.6188 0.7145 0.0000 N 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1.4438 0.7145 0.0000 C 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2.2688 0.7145 0.0000 O 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0.6188 -0.7145 0.0000 N 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1.4438 -0.7145 0.0000 C 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2.2688 -0.7145 0.0000 O 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 2 2 0
1 4 1 0
2 5 1 0
3 5 2 0
3 6 1 0
4 6 2 0
5 7 1 0
8 9 2 0
9 10 2 0
7 8 1 0
11 12 2 0
12 13 2 0
7 11 1 0

M END
```

MOL檔案裡的數字與文字排列代表化學元素的數目與排列，輸入J Jarvis等的QSAR模式後所得的致氣喘危害指標為0.999，也就是確定為低分子量致氣喘化學物質。於推估後，再將氣喘危害指標大於0.5的化學物質，於毒化物資料庫搜尋，評估該化學物質是否曾經被報導為致氣喘相關物質。

第三節 研究對象、研究設計、與研究問卷

研究對象：

本研究針對一家遊艇船殼製造廠進行研究，該廠內有132位員工，其中手積層作業組佔34.8%、真空作業組佔10.6%、整修與研磨組佔20.5%、木工組佔8.3%、行政人員佔22%。第一波田野調查於132位員工年度體檢抽血時，經過員工同意後，額外為其留取10毫升的血液進行檢查。該132員工中有45位同意接受第二波田野調查，針對健康效應的量測，本研究以該 45 位遊艇製造業勞工為主要研究對象，並分為積層作業人員（手積層作業、真空積層作業）、與非積層作業人員（木工、整修研磨、與行政人員）。

研究設計：

研究對象於第一個工作天（星期一）工作前接受神經行為功能檢查、肺功能檢查、辨色力檢查、面對面問卷調查、基本身高與體重測量、與尿液蒐集。並於同一天的下班後接受神經行為功能檢查、肺功能檢查、辨色力檢查、痰液誘發檢查、與尿液蒐集。

問卷調查：

以面對面問卷方式，蒐集研究對象的基本資料（包括：年齡、身高、體重、教育程度等）、工作狀況（包括：工作年資、服務的公司類別、職務等）、生活型態（包括抽菸習慣、二手菸暴露情形、喝酒習慣、嚼檳榔習慣），與各系

統疾病史（包括心臟血管系統、神經系統、呼吸系統、內分泌、腎臟泌尿、生殖系統、皮膚、血液系統、免疫性疾病、長期服用的藥物）。本研究亦於問卷中蒐集研究對象最近三個月中各系統的自覺症狀（包括神經系統、聽覺系統、皮膚、呼吸系統、及心臟血管系統），自覺症狀問卷的目標疾病為中樞神經疾病、周邊神經疾病、自主神經疾病、噪音性聽力損失、過敏與接觸性皮膚疾病、氣喘、慢性支氣管炎、心率不整、心血管疾病等。問卷請見附件一。

第四節 生物指標測定

血液與尿液樣本一般檢驗：

蒐集研究對象第五個工作天（星期五）早上工作前血液與尿液，送檢項目包括：血球分類計數與分類，肝功能檢測（血清麩胺酸苯醋酸轉氨基酶，血清麩胺酸丙酮酸轉氨基酶，鹼性磷酸酶，麩胺轉酸酶），腎功能檢測（血中尿素氮，肌氨酸），免疫功能檢測（免疫球蛋白測試Ig-E），與發炎指標（高敏感度C反應蛋白）等。尿液一般檢查(包括蛋白、糖、尿膽元、膽紅素、尿沈渣、比重、顏色、混濁度、白血球酯酶、潛血、酸鹼度及酮體)等。

肺功能檢查：

肺功能檢測儀器使用 MicroMedical MicroLab 3500 Spirometer Mk 8型肺功能機進行檢測。本研究計畫依照美國胸腔醫學會(American Thoracic Society)2005年的肺功能標準檢查指引，進行勞工工作前與工作後肺功能的量測，肺功能的檢測項目有最大呼氣量(Force vital capacity, FVC), 用力吐氣第一秒鐘的吐氣量(Forced expiratory volume in one second, FEV1), 與第一秒用力呼氣量與用力肺活量之比FEV1/FVC，方法流程如下：

- 請勞工以坐姿進行肺功能檢測
- 使用夾鼻器避免吐氣氣流由鼻孔溢散

- 每位勞工每次肺功能檢測至少吹三口
- 肺功能檢測曲線符合ATS所規範的可接受曲線(Acceptable curve)：快速的吐氣開始曲線，且吐氣開始曲線之外插體積小於FVC的5%；足夠的吐氣期，至少需要6秒鐘的吐氣期，或是吐氣體積曲線至少有2秒鐘沒有體積的吐氣體積的增加；平滑的吐氣曲線。
- 肺功能檢測曲線符合ATS所規範的再現性(Reproducibility)：表現最好的兩次吐氣曲線之FEV1或FVC數值相差小於5%或是100毫升。

注意力功能方面：

本研究使用Levin (1983) [75]修改Gronwall (1977) [76]發展的「步調聽覺序列加成測驗」(Paced Auditory Serial Addition Test, PASAT) 修改版。該測驗請受試者聆聽錄音帶中以「序列方式」呈現的阿拉伯數字，數字範圍是1至9；爾後再請受試者將聆聽到的先後兩相鄰數字相加，並說出相加後的結果。例如，頭一個數字說1，接下來說5，那受試者則應回答6。PASAT共呈現100個數字，並分成四個段落，每一段落有25個數字；此外，數字呈現的間隔時間於每個段落亦有差異，依照施測順序分別為2.8秒、2.4秒、2.0秒、以及1.6秒。每段滿分是25分，分數越高表現的程度越好。

因為收案有時間上的限制，我們選擇施測2.8秒及1.6秒的二個段落來施測，並且使用耳機，讓受測者免於外在環境的干擾，如噪音等等，並且也能避免一些學習效應上的產生。依照過去文獻資料，此檢查的標準值切點值位於35分，小於等於35分為較差。[77] 測驗表格如附件二

記憶廣度分測驗：

本測驗為魏氏成人智量表第三版一中文版[77]中的一個分測驗。測驗內容主要請受試者依序背誦出主試者所唸1至9的阿拉伯數字，主試者念每個數字間隔1秒時間，並請受測者複誦，本測驗進一步可分為8題順序背誦題與7題逆序背誦

題，每題均具有兩個嘗試，當一次嘗試錯誤的話，則在繼續施測直到兩次嘗試都失敗時則終止施測。施測順序背誦題時，受試者要照著主試者所唸的數字系列依序複誦；施測逆序背誦題時，受試者則要逆序複誦主試者所唸數字系列，一次嘗試答對得1分，錯誤的話則是0分，滿分30分。

依照過去文獻資料，將順向與逆向的數值相加後，再經對表轉換後的標準值切點值位於5分，小於等於5分為較差。[77] 測驗表格如附件三

辨色力檢查：

本研究使用 Lanthony's Desaturated 15 Hue Test according to Farnsworth (D-15d) (Luneau Ophthalmology , Paris , France) 來評估受測者眼睛的顏色視力 (color vision) ，測定受測者星期一上班前後之眼睛辨色力，進行眼睛辨色力測試方式如下[78]：

A · 確定施測點的照明為日光標率照明體 C (daylight illuminant C) ，或接近地標單照明體D65 (illuminant D65) 。

B · 避免任何人碰觸小色帽的顏色部位。

C · 使受測者佩戴其通常使用的視力校正配件，左右眼睛分別進行施測。

D · 請受測者觀看D-15d的正確項序--16 個按照顏色深淺項序排列的小色帽 (包括第 1 個位置的參考色帽 P) 。

E · 遮蔽受測者右眼，先測定左眼之辨色力。

F · 保留參考色帽，施測者在受測者面前，把15個小色帽項序弄亂。

Q 請受測者找尋弄亂的15個小色帽中，顏色與參考色帽最接近者，將之置於參考色帽旁 (即第 2 個位置) ，接著用同樣方法排列第3個至第16個位置。

H · 受測者得於任何時間調整小色帽的相對位里，且無測試時間限制。

I · 待受測者確定完成後，記錄其所排列小色帽項序位豐於紀錄單上。

J · 進行右眼之辨色力施測（遮蔽受測者左眼），重複進行（6）至（9）步驟。

K · 從 P 點開始連線繪製受測者排列之小色帽項序於紀錄單上（此為受測者之色帽順序連線圖）。

使用 D-15d 檢測辨色力之數據處理：

A · 統計受測者顏色辨識大錯誤出現的頻率：色帽錯12個以上單位，即列入1次大錯誤。

B · 判斷受測者是否有色覺異常的問題：觀察受測者之色帽項序連線圖，其線條趨勢是否與 Protan（紅色）、deutan（綠色）、scotopic（全色）、tritan（藍色）、tetartan（黃色）軸線相仿，據以判定受測者是否有色覺異常的問題，並可進一步判定是何種顏色的感覺異常。

C · 計算受測者左右眼之顏色混亂指數（Color Confusion Index；CCI）
<Geller, 2001>：

1)--先計算受測者左右眼之總顏色距離分數（Total Color Distance Score；TCDS），TCDS 越大表示受測者辨色力越差。

TCDS=受測者排列相鄰色帽間之所有顏色距離的總和

感知距離：Bowman 用 CIE 空間和顏色差異方程式（CIELAB）所估計得來的顏色距離，可利用下表查詢得到。

表D-15d色帽顏色距離查詢表[79]

	Pilot	Cap 1	Cap 2	Cap 3	Cap 4	Cap 5	Cap 6	Cap 7	Cap 8	Cap 9	Cap 10	Cap 11	Cap 12	Cap 13	Cap 14	Cap 15
Pilot	0.00	3.33	6.74	9.88	11.93	14.37	17.73	21.00	21.57	19.69	15.19	13.24	11.97	9.98	8.60	6.71
Cap 1		0.00	3.43	6.76	9.03	11.70	15.56	19.59	20.98	19.89	16.37	14.97	13.98	12.41	11.37	9.76
Cap 2			0.00	3.62	6.14	9.05	13.40	18.21	20.46	20.21	17.77	16.91	16.20	15.02	14.29	12.90
Cap 3				0.00	2.59	5.56	10.18	15.51	18.49	19.09	17.89	17.67	17.32	16.66	16.34	15.34
Cap 4					0.00	2.98	7.69	13.29	16.73	17.92	17.63	17.87	17.78	17.52	17.49	16.78
Cap 5						0.00	4.84	10.76	14.76	16.68	17.51	18.28	18.48	18.64	18.92	18.54
Cap 6							0.00	6.20	10.94	14.00	16.62	18.19	18.85	19.69	20.46	20.61
Cap 7								0.00	5.47	9.88	14.69	17.14	18.33	19.94	21.27	22.08
Cap 8									0.00	5.09	11.26	14.22	15.74	17.90	19.61	20.94
Cap 9										0.00	6.71	9.86	11.56	14.01	15.94	17.62
Cap 10											0.00	3.18	4.94	7.55	9.61	11.57
Cap 11												0.00	1.80	4.50	6.61	8.72
Cap 12													0.00	2.72	4.83	7.00
Cap 13														0.00	2.12	4.35
Cap 14															0.00	2.33
Cap 15																0.00

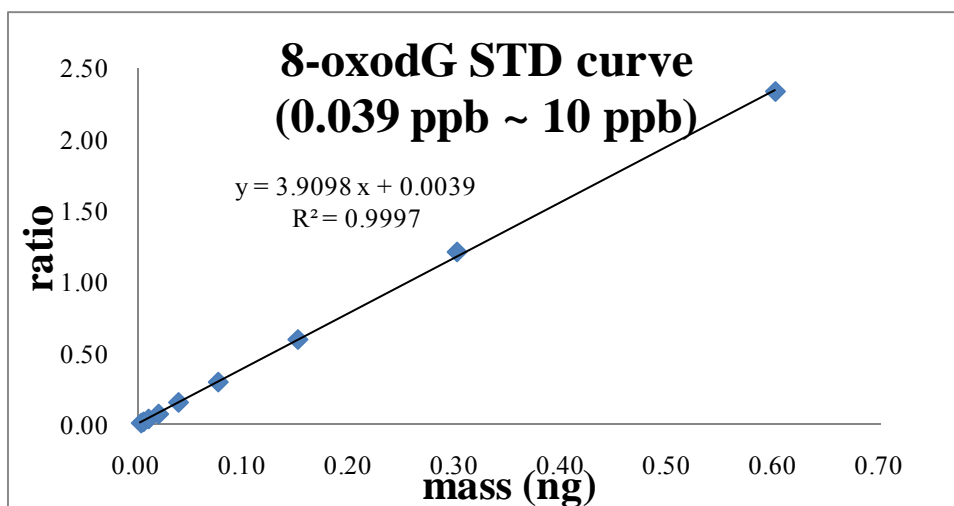
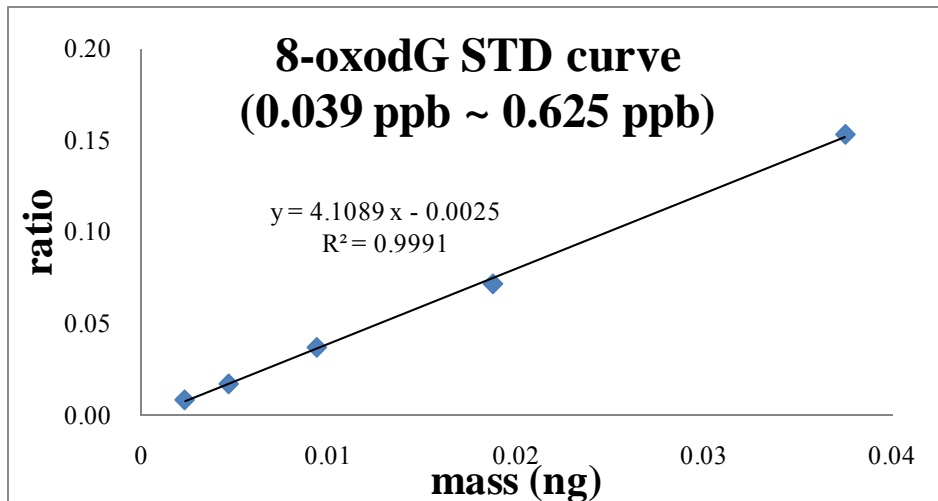
2)--再計算受測者左右眼之CCI, CCI 越大表示受測者辨色力越差。

$$CCI = TCDS / 56.4$$

56.4 : 辨色力理想分數 (D-15d 色帽項序全部排列正確時的總顏色距離分數)

尿液氧化壓力檢驗：

分析方法主要是參考Hu et al. (2006)[80]。使用連線固相萃取(On-line solid phase extraction; SPE)液相層析串聯質譜儀(LC-MS/MS)搭配同位素稀釋法定量尿液8-oxodG，其裝置如下圖所示。連線固相萃取方法(on-line SPE)的原理主要是利用在高效液相層析儀的分析管柱前加裝另一支固相萃取管柱(SPE cartridge)與一轉換閥(switching valve)，樣本注入後可自動萃取且連線直接進入LC-MS/MS進行分析。尿液樣本在同位素內標添加後直接置於自動注射系統(autosampler)上，樣本注射進入系統後，先被Eluent I帶至固相萃取管柱(SPE cartridge)進行吸附與淨化(A)。接著藉由轉換閥轉位(B)，利用Eluent II將待測物沖提而出並進入LC-MS/MS系統分析。本分析方法的偵測極限為5.7 ng/L (2.0 fmol)。 Inter- and intraday 精確度變異係數小於 < 5.0%。 平均回收率為99%–102%。尿液中的8-oxodG將再除以尿液中的肌酸酐進行較正。



第五節 作業環境與健康效應相關性分析

作業環境中空氣中總揮發性有機溶劑個人工作區域採樣測定

研究對象於第一個工作天上午接受完工作前的檢查後，研究人員以攜帶式微量溶劑測定器(Photo-Ionization Detector)以每隔兩個小時量測研究對象工作現場的空氣中總揮發性有機溶劑濃度，每次量測的時間為 5 分鐘，取其平均值，並記錄其工作內容。

為了評估累積效應對於健康效應的影響，本研究蒐集參與受試勞工的過去工時資料，該工時資料詳細記錄每位勞工過去每天從事不同遊艇製造相關之進

度製程的時間，本研究並以過去六個月、過去兩年、與過去八年，所計算的不同製程的累積工時，來作為相關作業的短期、中期、與長期累積暴露的指標。

健康問卷資料、生物量測資料、作業環境測定結果，經整理、確認無誤後，編碼與電腦鍵入建檔，及進行描述性統計分析、卡方分析、One way Anova、學生氏 t 檢定、無母數分析(Wilcoxon rank sum test 檢定，變項分析則使用)、多變項線性迴歸模式 (Multiple linear regression analysis)、多變項邏輯斯迴歸模式 (Multiple logistic regression analysis)，混合模式(Mixed regression model)，統計套裝軟體則使用 JMP 5.0 statistical package (SAS Institute Inc., USA)，與 SAS 9.1，並設定顯著水準 $\alpha=0.05$ 。

第四章 研究結果

第一節 遊艇構件各工段使用之原物料及其危害物調查

由於本研究進行遊艇廠實際訪視調查遊艇製造過程，其製造構件包含船殼、下甲板、甲板層、望台頂及違章層，如圖 18所示。由於各構件內含工段約略相同，故本研究先選取下甲板構件製造過程作為調查對象。下甲板構件工段使用之化學性原物料及其可能暴露到之危害物，如表12所示。下甲板構件工段之製造流程，包括預埋與噴膠殼、表面積層、鋪乾毯與排芯材、結構放置與鋪毯、真空注入、真空後打磨、機艙艙蓋製作、拱木包覆與補強包覆、離模及離模後打磨，共10個工段。(如表13所示)。其中在預埋與噴膠殼、鋪乾毯與排芯材、結構放置與鋪毯、真空注入等工段會使用噴膠，其可能有揮發性有機化合物危害之虞；在表面積層、鋪乾毯與排芯材、結構放置與鋪毯、機艙艙蓋製作及拱木包覆與補強等工段會使用玻璃纖維，其可能會有纖維及粉塵等危害之虞；而在表面積層、真空注入、機艙艙蓋製作及拱木包覆與補強等工段會使用樹脂與硬化劑，其可能會有揮發性有機化合物危害之虞。由於離膜、離膜後打磨無VOC暴露，而預埋與噴膠作業時間短，並不在本研究範圍內。

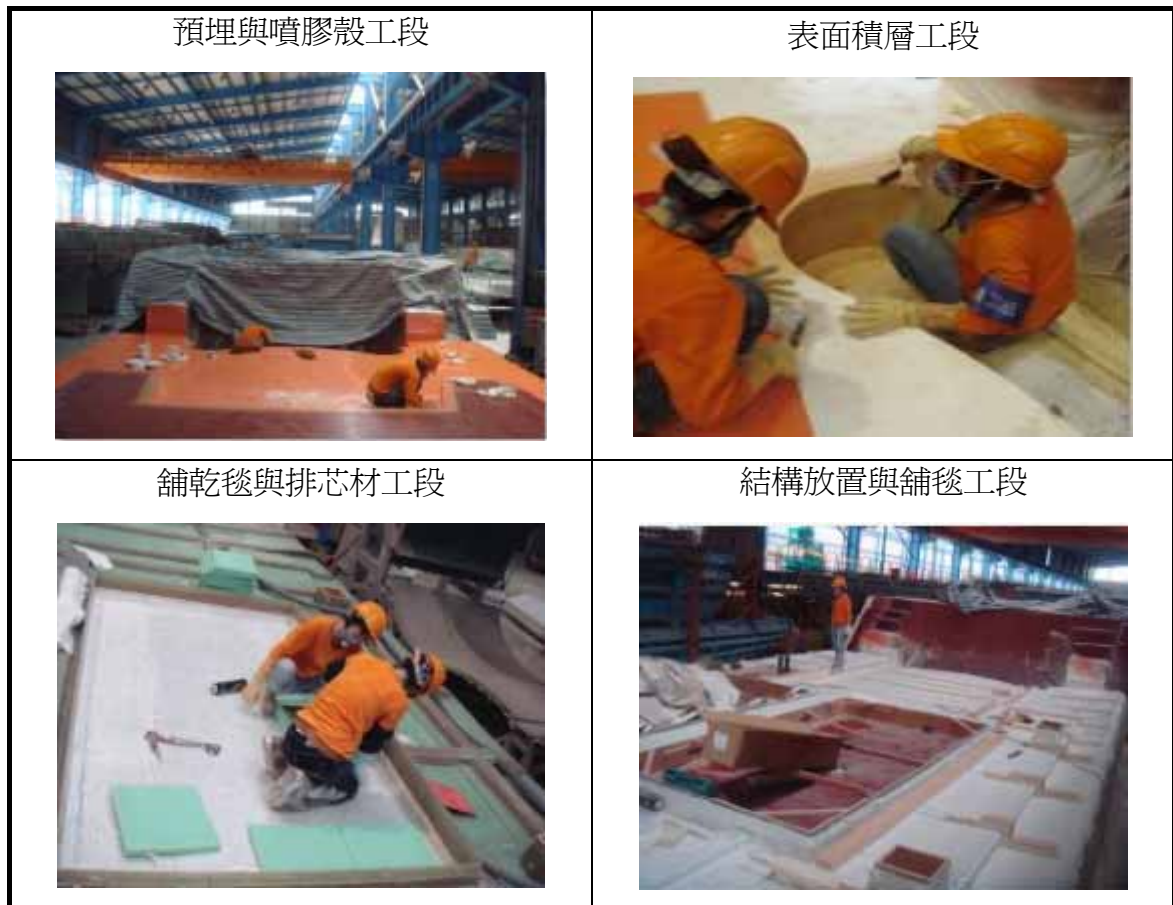


圖 18 遊艇構件圖及完成圖

表 12 工段使用之化學性原物料

工段	化學性原物料	可能之有害物
預埋與噴膠殼	噴膠	揮發性有機化合物
表面積層	玻璃纖維、樹脂、硬化劑	纖維、粉塵、揮發性有機化合物
舖乾毯與排芯材	噴膠、玻璃纖維	纖維、粉塵、揮發性有機化合物
結構放置與舖毯	噴膠、玻璃纖維	纖維、粉塵、揮發性有機化合物
真空注入	噴膠、樹脂、硬化劑	揮發性有機化合物
真空後打磨	無	纖維、粉塵
拱木包覆與補強	玻璃纖維、樹脂、硬化劑	纖維、粉塵、揮發性有機化合物
機艙艙蓋製作	玻璃纖維、樹脂、硬化劑	纖維、粉塵、揮發性有機化合物
離模	無	無
離模後打磨	無	纖維、粉塵

表 13 下甲板構件工段之製造流程





第二節 鑑定遊艇製造業不同工作原物料逸散至空氣中有害物組成分析

1. 下甲板各工段使用之原物料調查

本研究調查遊艇製造廠下甲板各工段使用之原物料廠牌及型號，如表8所示，而廠商所提供之物質安全資料表(包括上緯901-TP、長興1629-PT5與立翬KP-100)中有關危害物之種類大多僅描述苯乙炔及聚合物，事實上參考價值並不高。

表 14 各工段使用之原物料型號

工段	原物料廠牌及型號	
表面積層	樹脂	上緯 901-TP、長興 1629-PT5
	硬化劑	立鞏 MCP-75
	纖維	台玻 M300、台玻 M450
		中益 LT800、中益 DB800、中益 DBT1150
	不織布	鼎詮不織布
舖乾毯與排芯材	纖維	中益 LT-1000、中益 DBT-1150、中益 DBLT1900
	噴膠	3M Super77
真空	噴膠	3M Super77
注入	樹脂	長興 1629-PT5
	硬化劑	立鞏 KP-100
拱木包覆與補強	樹脂	上緯 901-TP、長興 1629-PT5
	硬化劑	立鞏 KP-100
	纖維	中益 LT800
機艙艙蓋製作	樹脂	上緯 901-TP、長興 1629-PT5
	硬化劑	立鞏 MCP-75
	纖維	中益 LT800、中益 LT1000

由於表面積層工段、注入工段、拱木包覆與補強工段及機艙艙蓋製作工段使用化學性原物料 (即樹脂及硬化劑)需經反應後，有害物方逸散至作業場所中。又本研究乃依前述工段實際作業使用之各成分比例 (100g 樹脂+ 1 c.c.硬化劑)，於實驗室暴露腔模擬，直接以不銹鋼採樣筒捕集後分析之。前述各工段各成份之排放係數 (mg/g) 如表 15 至表 18 所示。所逸散之結果發現化學物種類大致相同，唯表面積層工段較注入工段多了異丙基苯及苯化學物，且較拱木包覆與舖毯工段多了苯化學物。表面積層工段使用之化學性原物料反應後之排放係數中，最高者為丙酮 (3.65×10^0 mg/g)，其次為苯乙烯 (8.78×10^{-1} mg/g)，最低者為異丙基苯 (1.03×10^{-3} mg/g)。注入工段之排放係數中，最高者為苯乙烯 (8.66×10^{-1} mg/g)，其次為丁酮 (1.10×10^{-1} mg/g)，排放係數最低者為甲苯 (2.40×10^{-3} mg/g)，拱木包覆與補強工段之排放係數中，最高者為丙酮 (1.87×10^0 mg/g)，第二高者為為苯乙烯 (7.15×10^{-1} mg/g)，最低者甲苯 (1.35×10^{-3} mg/g)。機艙艙蓋製作工段之排放係數中，最高者為丙酮 (3.65×10^0 mg/g)，其次為苯乙烯 (8.78×10^{-1} mg/g)，最

低者為異丙基苯 (1.03×10^{-3} mg/g)。由此結果發現遊艇廠作業所使用之化學性原物料其排放係數以丙酮及苯乙烯較高。

所探討之工段中因舖乾毯與排芯材、及真空等工段均使用噴膠作業。因噴膠原料並不需參與樹脂原物料反應，故直接以樹脂原物料分析之。如表 19 及表 20 為各工段所逸散之化學物之排放係數。可發現舖乾毯與排芯材工段所逸散之有害物多數與真空工段相同。

舖乾毯與排芯材工段使用噴膠之排放係數中最高者為正丁烷 (2.28×10^2 mg/g)，次高者為環己烷 (1.61×10^2 mg/g)，最低者為正十二烷 (2.90×10^{-1} mg/g)。真空工段使用噴膠排放係數最高者為正丁烷 (2.28×10^2 mg/g)，次高者為環己烷 (1.61×10^2 mg/g)，最低者為正十二烷 (2.90×10^{-1} mg/g)。

本研究前述所獲得之各工段不同有害物之排放係數，將做為第五節以模式推估不同工段勞工有害物暴露情形之依據。

表 15 表面積層工段使用之樹脂及硬化劑反應後之排放係數 (Emission Factor, EF) (mg/g)

化學物名稱	中文名稱	EF (mg/g)
Acetone	丙酮	3.65×10^0
Styrene	苯乙烯	8.78×10^{-1}
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	1.59×10^{-1}
Methylene Chloride	二氯甲烷	2.65×10^{-2}
Ethylbenzene	乙苯	1.15×10^{-2}
Ethanol	乙醇	7.30×10^{-3}
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	7.10×10^{-3}
Toluene	甲苯	5.60×10^{-3}
m-Xylene	間-二甲苯	3.83×10^{-3}
Benzene	苯	3.40×10^{-3}
p-Xylene	對-二甲苯	2.34×10^{-3}
Isopropylbenzene	異丙基苯	1.03×10^{-3}

表 16 注入工段使用之樹脂及硬化劑反應後之排放係數 (Emission Factor, EF) (mg/g)

化學物名稱	中文名稱	EF (mg/g)
Styrene	苯乙烯	8.67×10^{-1}
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	1.10×10^{-1}
Acetone	丙酮	3.33×10^{-2}
Ethylbenzene	乙苯	2.95×10^{-2}
m-Xylene	間-二甲苯	2.88×10^{-2}
Methylene Chloride	二氯甲烷	2.62×10^{-2}
p-Xylene	對-二甲苯	2.32×10^{-2}
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	1.05×10^{-2}
Ethanol	乙醇	8.43×10^{-3}
Toluene	甲苯	2.40×10^{-3}

表 17 拱木包覆與補強工段使用之樹脂及硬化劑反應後之排放係數 (Emission Factor, EF)
(mg/g)

化學物名稱	中文名稱	排放係數 (mg/g)
Acetone	丙酮	1.87×10^0
Styrene	苯乙烯	7.15×10^{-1}
Isopropylbenzene	異丙基苯	2.15×10^{-2}
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	9.53×10^{-2}
Methylene Chloride	二氯甲烷	2.73×10^{-2}
Ethylbenzene	乙苯	2.27×10^{-2}
p-Xylene	對-二甲苯	1.39×10^{-2}
m-Xylene	間-二甲苯	1.20×10^{-2}
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	8.40×10^{-3}
Ethanol	乙醇	7.50×10^{-3}
Toluene	甲苯	1.35×10^{-3}

表 18 機艙艙蓋製作工段使用之樹脂及硬化劑反應後之排放係數 (Emission Factor, EF)
(mg/g)

化學物名稱	中文名稱	EF (mg/g)
Acetone	丙酮	3.65×10^0
Styrene	苯乙烯	8.78×10^{-1}
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	1.59×10^{-1}
Methylene Chloride	二氯甲烷	2.65×10^{-2}
Ethylbenzene	乙苯	1.15×10^{-2}
Ethanol	乙醇	7.30×10^{-3}
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	7.10×10^{-3}
Toluene	甲苯	5.60×10^{-3}
m-Xylene	間-二甲苯	3.83×10^{-3}
Benzene	苯	3.40×10^{-3}
p-Xylene	對-二甲苯	2.34×10^{-3}
Isopropylbenzene	異丙基苯	1.03×10^{-3}

表 19 舖乾毯與排芯材工段使用噴膠之排放係數 (Emission Factor, EF) (mg/g)

化學物名稱	中文名稱	EF (mg/g)
n-Butane	正丁烷	2.28×10^2
Cyclohexane	環己烷	1.61×10^2
2-Methylpentane	2-甲基戊 烷	1.26×10^2
Isobutane	異丁烷	7.60×10^1
3-Methylpentane	3-甲基戊 烷	5.40×10^1
2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基 丁烷	3.20×10^1
2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基 丁烷	2.60×10^1
Hexane	正己烷	1.30×10^1
n-Decane	正癸烷	8.26×10^{-1}
n-Nonane	正壬烷	4.15×10^{-1}
n-Dodecane	正十二烷	2.90×10^{-1}

表 20 真空工段使用噴膠之排放係數 (Emission Factor, EF) (mg/g)

化學物名稱	中文名稱	EF (mg/g)
n-Butane	正丁烷	2.28×10^2
Cyclohexane	環己烷	1.61×10^2
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	1.26×10^2
Isobutane	異丁烷	7.60×10^1
3-Methylpentane	3-甲基戊烷	5.40×10^1
2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	3.20×10^1
2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基丁烷	2.60×10^1
Hexane	正己烷	1.30×10^1
n-Decane	正癸烷	8.26×10^{-1}
n-Nonane	正壬烷	4.15×10^{-1}
n-Dodecane	正十二烷	2.90×10^{-1}

第三節 現場作業勞工暴露情形

一、不同工段捕集瓶 (不銹鋼採樣筒)採樣之有害物濃度

本研究於不同工段作業環境後以不銹鋼採樣筒進行2小時的空氣採樣，經分析後其結果如表21至表27所示。結果顯示所有工段皆以丙酮的平均濃度最高。除了真空工段外，其餘工段空氣中苯乙烯的濃度居次。

表21為表面積層工段所逸散有害物之濃度。由表可知丙酮及苯乙烯之濃度遠高於其它污染物，其平均濃度分別為 5.44×10^3 及 4.22×10^3 ppb。而對-二甲苯之濃度最低(3.56×10^2 ppb)。分析結果亦可發現丙酮、苯乙烯、丁酮、乙苯、甲苯、異丙基苯及對-二甲苯與實驗室中樹脂原物料逸散分析之化學物種類 (表15) 相同，顯示上述污染源自於樹脂原物料與硬化劑反應後之逸散。然而該工段空氣中亦發現其他非屬於樹脂原

物料逸散的化學物質(例如: 環己烷及萘), 顯示該工段可能受到其他不同作業之作業環境逸散之影響

表 21 表面積層工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (ppb) (n=3)

英文名稱	中文名稱	平均濃度	標準差	濃度範圍
Acetone	丙酮	5.44×10^3	1.44×10^3	$4.02 \times 10^3 \sim 6.90 \times 10^3$
Styrene	苯乙烯	4.22×10^3	1.60×10^3	$2.52 \times 10^3 \sim 5.69 \times 10^3$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	5.03×10^1	2.08×10^1	$2.79 \times 10^1 \sim 6.89 \times 10^1$
Naphthalene	萘	1.29×10^1	2.00×10^{-1}	$1.27 \times 10^1 \sim 1.31 \times 10^1$
Methyl Isobutyl Ketone	甲基異丁基酮	1.24×10^1	4.14×10^{-1}	$1.19 \times 10^1 \sim 1.27 \times 10^1$
1,4-Dichlorobenzene	1,4-二氯苯	1.20×10^1	1.07E-01	$1.19 \times 10^1 \sim 1.21 \times 10^1$
Ethanol	乙醇	1.15×10^1	1.79E-01	$1.13 \times 10^1 \sim 1.17 \times 10^1$
Ethylbenzene	乙苯	9.82×10^0	2.13×10^0	$7.57 \times 10^0 \sim 1.01 \times 10^1$
Cyclohexane	環己烷	8.30×10^0	2.35×10^0	$5.62 \times 10^0 \sim 1.00 \times 10^1$
2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	7.98×10^0	1.97×10^0	$5.77 \times 10^0 \sim 9.53 \times 10^0$
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	7.30×10^0	1.51×10^0	$5.66 \times 10^0 \sim 8.63 \times 10^0$
Toluene	甲苯	6.97×10^0	1.82×10^0	$5.00 \times 10^0 \sim 8.58 \times 10^0$
m-Xylene	間-二甲苯	5.67×10^0	1.50×10^0	$4.19 \times 10^0 \sim 7.19 \times 10^0$
Isopropylbenzene	異丙基苯	5.33×10^0	1.29×10^0	$4.09 \times 10^0 \sim 6.66 \times 10^0$
p-Xylene	對-二甲苯	3.56×10^0	5.63×10^{-1}	$3.17 \times 10^0 \sim 4.20 \times 10^0$

表 22 為舖乾毯與排芯材工段空氣中之有害物濃度。該工段平均濃度最高者為 2-甲基戊烷 (4.01×10^3 ppb), 其次為環己烷(1.23×10^3 ppb)。而 1,2,4-三甲基苯之濃度最低 (3.34×10^{-1} ppb)。由於本工段主要以噴膠作業為主, 因此將分析結果與實驗室噴膠原物料逸散分析之結果(表 12)相比, 顯示現場空氣中十一種烷類污染物 (包括:2-甲基戊烷、環己烷、3-甲基戊烷、正丁烷、異丁烷、2,3-二甲基丁烷、正己烷、2,2-二甲基丁烷、正癸烷、正壬烷及正十二烷) 應源自於噴膠原物料。其餘污染物 (例如: 丙酮、甲苯、乙苯等) 則可能源自於其他作業環境之逸散。

表 22 舖乾毯與排芯材工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (ppb) (n=3)

英文名稱	中文名稱	平均濃度	標準差	濃度範圍
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	4.01×10^3	3.41×10^3	$7.99 \times 10^2 \sim 7.58 \times 10^3$
Cyclohexane	環己烷	1.23×10^3	1.01×10^3	$2.53 \times 10^2 \sim 2.27 \times 10^3$
Acetone	丙酮	1.16×10^3	7.10×10^2	$4.73 \times 10^2 \sim 1.89 \times 10^3$
3-Methylpentane	3-甲基戊烷	5.11×10^2	4.35×10^2	$9.66 \times 10^1 \sim 9.64 \times 10^2$
n-Butane	正丁烷	4.51×10^2	3.52×10^2	$1.01 \times 10^2 \sim 8.05 \times 10^2$
Isobutane	異丁烷	2.62×10^2	1.93×10^2	$6.11 \times 10^1 \sim 4.46 \times 10^2$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	1.55×10^2	8.75×10^1	$6.36 \times 10^1 \sim 2.38 \times 10^2$
2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	1.41×10^2	1.15×10^2	$3.07 \times 10^1 \sim 2.61 \times 10^2$

n-Hexane	正己烷	1.10×10^2	9.25×10^1	$2.23 \times 10^1 \sim 2.07 \times 10^2$
Methyl Methacrylate	甲基丙烯酸甲酯	6.70×10^1	3.45×10^1	$2.73 \times 10^1 \sim 8.96 \times 10^1$
Ethanol	乙醇	4.03×10^1	1.63×10^1	$2.41 \times 10^1 \sim 5.67 \times 10^1$
Toluene	甲苯	3.77×10^1	2.19×10^1	$1.48 \times 10^1 \sim 5.84 \times 10^1$
Styrene	苯乙烯	3.42×10^1	1.11×10^1	$2.22 \times 10^1 \sim 4.42 \times 10^1$
2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基丁烷	2.92×10^1	2.11×10^1	$7.64 \times 10^0 \sim 4.99 \times 10^1$
Isopropyl Alcohol	異丙醇	1.25×10^1	4.63×10^0	$1.22 \times 10^1 \sim 1.30 \times 10^1$
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	1.23×10^1	3.01×10^0	$1.01 \times 10^1 \sim 1.57 \times 10^1$
Naphthalene	萘	1.19×10^1	2.35×10^0	$1.18 \times 10^1 \sim 1.22 \times 10^1$
Methyl Isobutyl Ketone	甲基異丁基酮	9.88×10^0	3.67×10^0	$9.66 \times 10^0 \sim 1.03 \times 10^1$
n-Decane	正癸烷	1.63×10^0	1.37×10^0	$3.30 \times 10^{-1} \sim 3.06 \times 10^0$
m-Xylene	間-二甲苯	1.39×10^0	3.38×10^{-1}	$1.14 \times 10^0 \sim 1.77 \times 10^0$
Ethylbenzene	乙苯	1.35×10^0	8.54×10^{-2}	$1.26 \times 10^0 \sim 1.43 \times 10^0$
n-Undecane	正十一烷	9.90×10^{-1}	8.29×10^{-1}	$2.00 \times 10^{-1} \sim 1.85 \times 10^0$
Methylcyclopentane	甲基環戊烷	8.85×10^{-1}	6.14×10^{-1}	$3.38 \times 10^{-1} \sim 1.55 \times 10^0$
n-Nonane	正壬烷	8.20×10^{-1}	9.02×10^{-1}	$2.00 \times 10^{-1} \sim 1.85 \times 10^0$
p-Xylene	對-二甲苯	6.45×10^{-1}	2.63×10^{-1}	$3.84 \times 10^{-1} \sim 9.10 \times 10^{-1}$
n-Dodecane	正十二烷	5.74×10^{-1}	6.31×10^{-1}	$1.40 \times 10^{-1} \sim 1.30 \times 10^0$
o-Xylene	鄰-二甲苯	1.08×10^0	4.67×10^{-2}	$1.04 \times 10^0 \sim 1.13 \times 10^0$
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	3.34×10^{-1}	1.61×10^{-2}	$3.20 \times 10^{-1} \sim 3.51 \times 10^{-1}$

表 23 為真空工段空氣中有害物之濃度。該工段平均濃度值最高之化學物為丙酮 (9.69×10^3 ppb)，其次為 2-甲基戊烷 (6.75×10^2 ppb)，而平均濃度最低值為正壬烷 (8.54×10^{-2} ppb)。本工段包含離膜紙黏貼之噴膠作業，因此空氣中烷類物質應源自於噴膠原物料之逸散。此外，本工段空氣中丙酮濃度高達 9.69×10^3 ppb，遠高於前述表面積層及舖乾毯與排芯材工段，推測其可能原因為本工段作業過程中會使用丙酮於擦拭去除玻璃纖維碎屑所致。

表 23 真空工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (ppb) (n=3)

英文名稱	中文名稱	平均濃度	標準差	濃度範圍
Acetone	丙酮	9.69×10^3	8.50×10^3	$5.70 \times 10^2 \sim 1.74 \times 10^4$
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	6.75×10^2	8.74×10^2	$2.68 \times 10^1 \sim 1.67 \times 10^3$
Cyclohexane	環己烷	2.49×10^2	3.07×10^2	$3.29 \times 10^1 \sim 6.00 \times 10^2$
n-Butane	正丁烷	1.06×10^2	1.37×10^2	$6.61 \times 10^0 \sim 2.63 \times 10^2$
3-Methylpentane	3-甲基戊烷	8.80×10^1	5.37×10^1	$1.16 \times 10^2 \sim 1.22 \times 10^2$
Isobutane	異丁烷	6.63×10^1	8.48×10^1	$4.29 \times 10^0 \sim 1.63 \times 10^2$
2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	4.86×10^1	5.23×10^1	$1.64 \times 10^1 \sim 1.09 \times 10^2$
Toluene	甲苯	3.31×10^1	2.16×10^1	$1.66 \times 10^1 \sim 5.76 \times 10^1$
2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基丁烷	3.22×10^1	3.96×10^1	$3.19 \times 10^0 \sim 7.73 \times 10^1$

Ethanol	乙醇	2.66×10^1	1.23×10^1	$1.78 \times 10^1 \sim 4.07 \times 10^1$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	1.82×10^1	8.46×10^0	$1.22 \times 10^1 \sim 2.79 \times 10^1$
Hexane	正己烷	8.21×10^0	1.19×10^1	$3.26 \times 10^{-1} \sim 2.19 \times 10^1$
Styrene	苯乙烯	1.79×10^0	1.68×10^0	$2.30 \times 10^{-1} \sim 3.57 \times 10^0$
o-Xylene	鄰-二甲苯	1.29×10^0	7.47×10^{-1}	$7.85 \times 10^{-1} \sim 2.15 \times 10^0$
n-Dodecane	正十二烷	7.73×10^{-1}	9.89×10^{-1}	$5.00 \times 10^{-2} \sim 1.90 \times 10^0$
n-Decane	正癸烷	5.65×10^{-1}	7.23×10^{-1}	$3.66 \times 10^{-2} \sim 1.39 \times 10^0$
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	4.26×10^{-1}	2.46×10^{-1}	$2.59 \times 10^{-1} \sim 7.09 \times 10^{-1}$
o-Ethyltoluene	鄰-乙基甲苯	3.85×10^{-1}	2.23×10^{-1}	$2.34 \times 10^{-1} \sim 6.40 \times 10^{-1}$
n-Nonane	正壬烷	8.54×10^{-2}	1.09×10^{-1}	$5.53 \times 10^{-3} \sim 2.10 \times 10^{-1}$

表 24 為注入工段有害物之逸散濃度。該工段平均濃度值最高者為丙酮 (2.73×10^3 ppb)，其次為苯乙烯 (1.78×10^2 ppb)，而最低者為正十二烷 (9.00×10^{-2} ppb)。其中丙酮、苯乙烯、丁酮、甲苯、乙苯、間-二甲苯及對-二甲苯源自於樹脂原物料與硬化劑反應後之逸散。所發現之各烷類物質則可能與噴膠作業之原物料有關，顯示本作業環境除受本身製程外亦受其他作業之逸散影響。

表 24 注入工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (ppb) (n=3)

英文名稱	中文名稱	平均濃度	標準差	濃度範圍
Acetone	丙酮	2.73×10^3	1.07×10^3	$1.54 \times 10^3 \sim 3.62 \times 10^3$
Styrene	苯乙烯	1.78×10^2	1.06×10^2	$6.36 \times 10^1 \sim 2.73 \times 10^2$
Isopropyl Alcohol	異丙醇	1.42×10^2	9.45×10^1	$3.72 \times 10^1 \sim 2.20 \times 10^2$
Ethanol	乙醇	2.73×10^1	4.83×10^0	$2.32 \times 10^1 \sim 3.26 \times 10^1$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	2.24×10^1	2.01×10^0	$2.10 \times 10^1 \sim 2.47 \times 10^1$
1,4-Dioxane	二氧六環	1.73×10^1	1.14×10^0	$1.65 \times 10^1 \sim 1.86 \times 10^1$
Methyl Methacrylate	甲基丙烯酸甲酯	1.13×10^1	1.25×10^0	$1.00 \times 10^1 \sim 1.25 \times 10^1$
Cyclohexane	環己烷	5.69×10^0	3.84×10^{-1}	$5.24 \times 10^0 \sim 5.92 \times 10^0$
Toluene	甲苯	5.17×10^0	8.84×10^{-1}	$4.41 \times 10^0 \sim 6.14 \times 10^0$
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	4.37×10^0	7.70×10^{-1}	$3.72 \times 10^0 \sim 5.22 \times 10^0$
Ethylbenzene	乙苯	2.88×10^0	4.10×10^{-1}	$2.47 \times 10^0 \sim 3.29 \times 10^0$
m-Xylene	間-二甲苯	2.35×10^0	1.75×10^{-1}	$2.21 \times 10^0 \sim 2.54 \times 10^0$
o-Xylene	鄰-二甲苯	2.06×10^0	3.64×10^{-1}	$1.75 \times 10^0 \sim 2.46 \times 10^0$
p-Xylene	對-二甲苯	1.76×10^0	1.03×10^{-1}	$1.67 \times 10^0 \sim 1.87 \times 10^0$
n-Propylbenzene	正丙基苯	8.70×10^{-1}	6.08×10^{-2}	$8.00 \times 10^{-1} \sim 9.10 \times 10^{-1}$

1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	5.76×10^{-1}	6.40×10^{-2}	$5.12 \times 10^{-1} \sim 6.40 \times 10^{-1}$
n-Dodecane	正十二烷	9.00×10^{-2}	1.00×10^{-2}	$8.00 \times 10^{-2} \sim 1.00 \times 10^{-1}$

表 25 為拆耗材工段以不銹鋼採樣筒採樣結果。該工段平均濃度值最高之化學物為丙酮 (1.59×10^3 ppb)，其次為苯乙烯 (5.26×10^1 ppb)，而平均濃度最低值為正十二烷 (9.85×10^{-2} ppb)。拆耗材工段主要為拆除注入工段後之耗材，並無使用樹脂亦或是噴膠原物料，但仍能分析到與樹脂原物料作業工段類似之化學物，顯示此作業現場受其他作業逸散之影響。而其高丙酮暴露濃度則可能與其擦拭有關。

表 25 拆耗材工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (ppb) (n=3)

英文名稱	中文名稱	平均濃度	標準差	濃度範圍
Acetone	丙酮	1.59×10^3	2.48×10^2	$1.31 \times 10^3 \sim 1.76 \times 10^3$
Styrene	苯乙烯	5.26×10^1	2.29×10^0	$5.03 \times 10^1 \sim 5.49 \times 10^1$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	3.10×10^1	1.99×10^0	$2.87 \times 10^1 \sim 3.24 \times 10^1$
Toluene	甲苯	2.29×10^1	6.53×10^{-1}	$2.22 \times 10^1 \sim 2.34 \times 10^1$
Ethylbenzene	乙苯	2.48×10^0	1.10×10^{-1}	$2.35 \times 10^0 \sim 2.55 \times 10^0$
m-Xylene	間-二甲苯	2.20×10^0	4.16×10^{-2}	$2.15 \times 10^0 \sim 2.23 \times 10^0$
p-Xylene	對-二甲苯	1.66×10^0	3.23×10^{-2}	$1.62 \times 10^0 \sim 1.68 \times 10^0$
n-Dodecane	正十二烷	9.85×10^{-2}	7.81×10^{-3}	$9.00 \times 10^{-2} \sim 1.05 \times 10^{-1}$

表 26 為拱木包覆與補強工段之不銹鋼採樣筒採樣結果。該工段平均濃度值最高之化學物為丙酮 (4.89×10^3 ppb)，其次為苯乙烯 (2.57×10^2 ppb)，而平均濃度最低值為正十二烷 (1.37×10^{-1} ppb)。現場採樣結果中除了丙酮、苯乙烯、丁酮、乙苯、甲苯、間-二甲苯及對-二甲苯與樹脂和硬化劑反應後原物料分析結果相同外，餘仍可發現作業環境受其他工段逸散化學物質之影響，如所發現之烷類物質則可能與噴膠作業之原物料有關。

表 26 拱木包覆與補強工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (ppb) (n=3)

英文名稱	中文名稱	平均濃度	標準差	濃度範圍
Acetone	丙酮	4.89×10^3	2.38×10^3	$2.37 \times 10^3 \sim 7.10 \times 10^3$
Styrene	苯乙烯	2.57×10^2	5.16×10^1	$2.00 \times 10^2 \sim 3.01 \times 10^2$
Ethanol	乙醇	4.40×10^1	1.07×10^1	$3.53 \times 10^1 \sim 5.60 \times 10^1$
Methyl Ethyl	丁酮	2.28×10^1	2.90×10^0	$1.99 \times 10^1 \sim 2.57 \times 10^1$

Ketone				
Hexane	正己烷	7.23×10^0	1.76×10^0	$5.80 \times 10^0 \sim 9.19 \times 10^0$
Toluene	甲苯	3.54×10^0	2.36×10^0	$1.70 \times 10^0 \sim 6.20 \times 10^0$
Ethylbenzene	乙苯	3.18×10^0	2.20×10^{-1}	$2.96 \times 10^0 \sim 3.40 \times 10^0$
m-Xylene	間-二甲苯	2.33×10^0	4.04×10^{-2}	$2.29 \times 10^0 \sim 2.37 \times 10^0$
p-Xylene	對-二甲苯	1.76×10^0	3.06×10^{-2}	$1.73 \times 10^0 \sim 1.79 \times 10^0$
n-Propylbenzene	正丙基苯	1.13×10^0	2.76×10^{-1}	$9.10 \times 10^{-1} \sim 1.44 \times 10^1$
m-Ethyltoluene	間-乙基甲苯	9.22×10^{-1}	2.25×10^{-1}	$7.40 \times 10^{-1} \sim 1.17 \times 10^1$
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	8.10×10^{-1}	1.97×10^{-1}	$6.50 \times 10^{-1} \sim 1.03 \times 10^1$
Isopropylbenzene	異丙基苯	6.82×10^{-1}	5.72×10^{-2}	$6.16 \times 10^{-1} \sim 7.20 \times 10^{-1}$
n-Dodecane	正十二烷	1.37×10^{-1}	3.34×10^{-2}	$1.10 \times 10^{-1} \sim 1.74 \times 10^{-1}$

表 27 為機艙艙蓋製作工段以不銹鋼採樣筒之採樣結果。該工段平均濃度值最高之化學物為丙酮 (3.18×10^3 ppb)，其次為苯乙烯 (2.02×10^2 ppb)，而最低為甲基環戊烷 (5.95×10^{-2} ppb)。本工段與表面積層工段使用之原物料相同，但由於該工段原物料之使用量遠少於表面積層工段 (表面積層工段樹脂原物料使用量為 290 公斤，機艙艙蓋製作工段樹脂原物料使用量為 15 公斤)，造成部分採集之化學物空氣濃度低於偵測下限而無法檢出，結果如表 21 所示。現場採樣結果中除了與樹脂和硬化劑反應後原物料分析結果相同外，餘仍可發現作業環境受其他工段逸散化學物質之影響，如所發現之烷類物質則可能與噴膠作業之原物料有關。

表 27 機艙艙蓋製作工段現場以不銹鋼採樣筒空氣採樣結果 (ppb) (n=3)

英文名稱	中文名稱	平均濃度	標準差	濃度範圍
Acetone	丙酮	3.18×10^3	1.18×10^3	$1.99 \times 10^3 \sim 4.36 \times 10^3$
Styrene	苯乙烯	2.02×10^2	7.97×10^1	$1.32 \times 10^2 \sim 2.89 \times 10^2$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	3.75×10^1	1.66×10^1	$2.58 \times 10^1 \sim 5.64 \times 10^1$
Ethylbenzene	乙苯	3.93×10^0	1.55×10^0	$2.57 \times 10^0 \sim 5.62 \times 10^0$
m-Xylene	間-二甲苯	3.79×10^0	1.50×10^0	$2.48 \times 10^0 \sim 5.42 \times 10^0$
p-Xylene	對-二甲苯	2.86×10^0	1.13×10^0	$1.87 \times 10^0 \sim 4.09 \times 10^0$
Isopropylbenzene	異丙基苯	1.09×10^0	4.29×10^{-1}	$7.10 \times 10^{-1} \sim 1.55 \times 10^0$
n-Propylbenzene	正丙基苯	7.82×10^{-1}	1.32×10^{-1}	$6.57 \times 10^{-1} \sim 9.20 \times 10^{-1}$
n-Dodecane	正十二烷	2.17×10^{-1}	2.28×10^{-1}	$7.14 \times 10^{-2} \sim 4.80 \times 10^{-1}$
Benzene	苯	2.17×10^{-1}	8.56×10^{-2}	$1.42 \times 10^{-1} \sim 3.10 \times 10^{-1}$
Methylcyclopentane	甲基環戊烷	5.95×10^{-2}	3.57×10^{-2}	$3.27 \times 10^{-2} \sim 1.00 \times 10^{-1}$

二、各工段直讀式儀器測量之結果

本研究直接以直讀式儀器量測各工段作業環境現場之 TVOC 濃度 (即 Near Field (C_{NF})濃度)，即工段外側 5 m 周圍之 TVOC 濃度 (即 Far Field (C_{FF})濃度)，結果如表 28 為各工段直讀式儀器測量之 NF 和 FF 的 TVOC 濃度。由結果所示，在注入工段污染源濃度高於其他工段，係因為注入工段使用原物料的量比其它工段多，故暴露濃度最高。其次是拱木包覆與補強工段及機艙蓋製作工段、拆耗材、舖乾毯與排芯材、表面積層和真空工段。拆耗材工段無使用原物料但濃度仍有 5.86×10^3 ppb，可能是受環境中其他作業之影響。

表 28 各工段直讀式儀器測量之 NF 和 FF TVOC 濃度 (ppb)

工段名稱	直讀式儀器測量之 TVOC 濃度 (ppb)					
	Near Field			Far Field		
	平均濃度	標準差	範圍	平均濃度	標準差	範圍
表面積層	1.61×10^4	2.25×10^3	$5.13 \times 10^3 \sim 4.22 \times 10^4$	1.03×10^4	4.83×10^3	$2.19 \times 10^3 \sim 2.41 \times 10^4$
舖乾毯與排 芯材	1.67×10^3	1.35×10^3	$5.82 \times 10^2 \sim 6.59 \times 10^3$	1.36×10^3	4.56×10^2	$8.46 \times 10^2 \sim 2.96 \times 10^3$
真空	1.24×10^3	1.40×10^3	$7.45 \times 10^1 \sim 5.95 \times 10^3$	3.73×10^2	2.59×10^2	$1.43 \times 10^1 \sim 9.54 \times 10^2$
注入	4.01×10^4	1.82×10^4	$3.64 \times 10^3 \sim 6.89 \times 10^4$	2.44×10^3	8.96×10^2	$1.31 \times 10^3 \sim 4.01 \times 10^3$
拆耗材	5.86×10^3	2.95×10^3	$2.36 \times 10^3 \sim 1.55 \times 10^4$	5.66×10^2	2.17×10^2	$3.58 \times 10^2 \sim 1.10 \times 10^3$
拱木包覆	2.88×10^4	1.49×10^4	$4.47 \times 10^3 \sim 7.56 \times 10^4$	1.45×10^4	2.42×10^3	$1.10 \times 10^4 \sim 2.04 \times 10^4$
機艙蓋製 作	2.25×10^4	1.66×10^4	$3.53 \times 10^3 \sim 7.45 \times 10^4$	9.43×10^3	3.18×10^3	$4.83 \times 10^3 \sim 1.93 \times 10^4$

第四節 以TVOC量測值推估勞工暴露情形

一、直讀式儀器及不銹鋼採樣筒採樣結果之相關性

本研究爲了了解不銹鋼採樣筒採樣結果與直讀式儀器結果間之之相關性，將各工段直讀式儀器之TVOC結果和不銹鋼採樣筒得到之各有害物濃度之總和進行相關性探討，其結果如表29所示。

表 29 直讀式儀器 TVOC 濃度及不銹鋼採樣筒採樣之各有害物濃度總和之相關性

工段名稱	方程式*
表面積層	$y = 0.4409x$
注入	$y = 0.0781x$
拱木	$y = 0.1929x$
機艙蓋製作	$y = 0.1558x$
鋪乾毯與排芯材	$y = 6.4286x$
真空	$y = 12.89x$
拆耗材	$y = 0.306x$

* y 爲不銹鋼採樣筒得到之 VOC 濃度總和，x 爲手提式 VOC 氣體偵測器測量之 TVOC 濃度

二、勞工在 NF 及 FF 之暴露濃度

由於本研究僅於各工段勞工作業區 (即 NF) 進行不銹鋼桶採樣及分析，因此並無 FF 區域各有害物之濃度實測值。唯藉由直讀式儀器測量的各工段 FF 之 TVOC 濃度及 3.4 節中所建立之相關性，本研究可以推估 NF 不同有害物濃度外，亦可進一步推估各工段 FF 區域勞工各種有害物之暴露濃度，其結果如表 30 至 36 所示。

研究結果亦發現無論 NF 或 FF，各單一有害物暴露濃度均少於容許濃度，且若考慮加成作業，其暴露情形亦符合標準。

表 30 表面積層工段勞工在不同位置之暴露濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field			Far Field		
		平均濃度	標準差	範圍	平均濃度	標準差	範圍
Acetone	丙酮	5.44×10^3	1.44×10^3	$4.02 \times 10^3 \sim 6.90 \times 10^3$	2.40×10^3	6.35×10^2	$1.77 \times 10^3 \sim 3.04 \times 10^3$
Styrene	苯乙烯	4.22×10^3	1.60×10^3	$2.52 \times 10^3 \sim 5.69 \times 10^3$	1.86×10^3	7.05×10^2	$1.11 \times 10^3 \sim 2.51 \times 10^3$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	5.03×10^1	2.08×10^1	$2.79 \times 10^1 \sim 6.89 \times 10^1$	2.22×10^1	9.16×10^0	$1.23 \times 10^1 \sim 3.04 \times 10^1$
Naphthalene	萘	1.29×10^1	2.00×10^{-1}	$1.27 \times 10^1 \sim 1.31 \times 10^1$	5.69×10^0	8.82×10^{-2}	$5.60 \times 10^0 \sim 5.78 \times 10^0$
Methyl Isobutyl Ketone	甲基異丁基酮	1.24×10^1	4.14×10^{-1}	$1.19 \times 10^1 \sim 1.27 \times 10^1$	5.45×10^0	1.82×10^{-1}	$5.25 \times 10^0 \sim 5.60 \times 10^0$
1,4-Dichlorobenzene	1,4-二氯苯	1.20×10^1	1.07×10^{-1}	$1.19 \times 10^1 \sim 1.21 \times 10^1$	5.28×10^0	4.74×10^{-2}	$5.25 \times 10^0 \sim 5.33 \times 10^0$
Ethanol	乙醇	1.15×10^1	1.79×10^{-1}	$1.13 \times 10^1 \sim 1.17 \times 10^1$	5.08×10^0	7.88×10^{-2}	$5.00 \times 10^0 \sim 5.16 \times 10^0$
Ethylbenzene	乙苯	9.82×10^0	2.13×10^0	$7.57 \times 10^0 \sim 1.01 \times 10^1$	4.33×10^0	9.38×10^{-1}	$3.34 \times 10^0 \sim 4.45 \times 10^0$
Cyclohexane	環己烷	8.30×10^0	2.35×10^0	$5.62 \times 10^0 \sim 1.00 \times 10^1$	3.66×10^0	1.04×10^0	$2.48 \times 10^0 \sim 4.41 \times 10^0$
2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	7.98×10^0	1.97×10^0	$5.77 \times 10^0 \sim 9.53 \times 10^0$	3.52×10^0	8.67×10^{-1}	$2.54 \times 10^0 \sim 4.20 \times 10^0$
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	7.30×10^0	1.51×10^0	$5.66 \times 10^0 \sim 8.63 \times 10^0$	3.22×10^0	6.66×10^{-1}	$2.50 \times 10^0 \sim 3.80 \times 10^0$
Toluene	甲苯	6.97×10^0	1.82×10^0	$5.00 \times 10^0 \sim 8.58 \times 10^0$	3.07×10^0	8.02×10^{-1}	$2.20 \times 10^0 \sim 3.78 \times 10^0$
m-Xylene	間-二甲苯	5.67×10^0	1.50×10^0	$4.19 \times 10^0 \sim 7.19 \times 10^0$	2.50×10^0	6.62×10^{-1}	$1.85 \times 10^0 \sim 3.17 \times 10^0$
Isopropylbenzene	異丙基苯	5.33×10^0	1.29×10^0	$4.09 \times 10^0 \sim 6.66 \times 10^0$	2.35×10^0	5.68×10^{-1}	$1.80 \times 10^0 \sim 2.94 \times 10^0$
p-Xylene	對-二甲苯	3.56×10^0	5.63×10^{-1}	$3.17 \times 10^0 \sim 4.20 \times 10^0$	1.57×10^0	2.48×10^{-1}	$1.40 \times 10^0 \sim 1.85 \times 10^0$

表 31 舖乾毯排芯材工段勞工在不同位置之暴露濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field			Far Field		
		平均濃度	標準差	範圍	平均濃度	標準差	範圍
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	4.01×10^3	3.41×10^3	$7.99 \times 10^2 \sim 7.58 \times 10^3$	3.13×10^2	2.66×10^2	$6.24 \times 10^1 \sim 5.92 \times 10^2$
Cyclohexane	環己烷	1.23×10^3	1.01×10^3	$2.53 \times 10^2 \sim 2.27 \times 10^3$	9.58×10^1	7.87×10^1	$1.98 \times 10^1 \sim 1.77 \times 10^2$
Acetone	丙酮	1.16×10^3	7.10×10^2	$4.73 \times 10^2 \sim 1.89 \times 10^3$	9.07×10^1	5.54×10^1	$3.70 \times 10^1 \sim 1.48 \times 10^2$
3-Methylpentane	3-甲基戊烷	5.11×10^2	4.35×10^2	$9.66 \times 10^1 \sim 9.64 \times 10^2$	3.99×10^1	3.40×10^1	$7.54 \times 10^0 \sim 7.54 \times 10^1$
n-Butane	正丁烷	4.51×10^2	3.52×10^2	$1.01 \times 10^2 \sim 8.05 \times 10^2$	3.53×10^1	2.75×10^1	$7.89 \times 10^0 \sim 6.29 \times 10^1$
Isobutane	異丁烷	2.62×10^2	1.93×10^2	$6.11 \times 10^1 \sim 4.46 \times 10^2$	2.04×10^1	1.51×10^1	$4.77 \times 10^0 \sim 3.49 \times 10^1$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	1.55×10^2	8.75×10^1	$6.36 \times 10^1 \sim 2.38 \times 10^2$	1.21×10^1	6.84×10^0	$4.97 \times 10^0 \sim 1.86 \times 10^1$
2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	1.41×10^2	1.15×10^2	$3.07 \times 10^1 \sim 2.61 \times 10^2$	1.10×10^1	9.02×10^0	$2.40 \times 10^0 \sim 2.04 \times 10^1$
Hexane	正己烷	1.10×10^2	9.25×10^1	$2.23 \times 10^1 \sim 2.07 \times 10^2$	8.62×10^0	7.22×10^0	$1.74 \times 10^0 \sim 1.61 \times 10^1$
Methyl Methacrylate	甲基丙烯酸甲酯	6.70×10^1	3.45×10^1	$2.73 \times 10^1 \sim 8.96 \times 10^1$	5.23×10^0	2.69×10^0	$2.13 \times 10^0 \sim 7.00 \times 10^0$
Ethanol	乙醇	4.03×10^1	1.63×10^1	$2.41 \times 10^1 \sim 5.67 \times 10^1$	3.15×10^0	1.27×10^0	$1.88 \times 10^0 \sim 4.43 \times 10^0$
Styrene	苯乙烯	3.42×10^1	1.11×10^1	$2.22 \times 10^1 \sim 4.42 \times 10^1$	2.67×10^0	8.69×10^{-1}	$1.73 \times 10^0 \sim 3.45 \times 10^0$
2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基丁烷	2.92×10^1	2.11×10^1	$7.64 \times 10^0 \sim 4.99 \times 10^1$	2.28×10^0	1.65×10^0	$5.97 \times 10^{-1} \sim 3.90 \times 10^0$

表 31 舖乾毯排芯材工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (ppb) (續)

化學物名稱	中文名稱	Near Field			Far Field		
		平均濃度	標準差	範圍	平均濃度	標準差	範圍
Isopropyl Alcohol	異丙醇	1.25×10^1	4.63×10^{-1}	$1.22 \times 10^1 \sim 1.30 \times 10^1$	9.73×10^{-1}	3.61×10^{-2}	$9.52 \times 10^{-1} \sim 1.01 \times 10^0$
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	1.23×10^1	3.01×10^0	$1.01 \times 10^1 \sim 1.57 \times 10^1$	9.62×10^{-1}	2.35×10^{-1}	$7.89 \times 10^{-1} \sim 1.23 \times 10^0$
Naphthalene	萘	1.19×10^1	2.35×10^{-1}	$1.18 \times 10^1 \sim 1.22 \times 10^1$	9.32×10^{-1}	1.83×10^{-2}	$9.21 \times 10^{-1} \sim 9.53 \times 10^{-1}$
Methyl Isobutyl Ketone	甲基異丁基酮	9.88×10^0	3.67×10^{-1}	$9.66 \times 10^0 \sim 1.03 \times 10^1$	7.71×10^{-1}	2.86×10^{-2}	$7.54 \times 10^{-1} \sim 8.04 \times 10^{-1}$
n-Decane	正癸烷	1.63×10^0	1.37×10^0	$3.30 \times 10^{-1} \sim 3.06 \times 10^0$	1.28×10^{-1}	1.07×10^{-1}	$2.58 \times 10^{-2} \sim 2.39 \times 10^{-1}$
m-Xylene	間-二甲苯	1.39×10^0	3.38×10^{-1}	$1.14 \times 10^0 \sim 1.77 \times 10^0$	1.08×10^{-1}	2.64×10^{-2}	$8.90 \times 10^{-2} \sim 1.38 \times 10^{-1}$
Ethylbenzene	乙苯	1.35×10^0	8.54×10^{-2}	$1.26 \times 10^0 \sim 1.43 \times 10^0$	1.05×10^{-1}	6.67×10^{-3}	$9.84 \times 10^{-2} \sim 1.12 \times 10^{-1}$
n-Undecane	正十一烷	9.90×10^{-1}	8.29×10^{-1}	$2.00 \times 10^{-1} \sim 1.85 \times 10^0$	7.73×10^{-2}	6.48×10^{-2}	$1.56 \times 10^{-2} \sim 1.45 \times 10^{-1}$
Methylcyclopentane	甲基環戊烷	8.85×10^{-1}	6.14×10^{-1}	$3.38 \times 10^{-1} \sim 1.55 \times 10^0$	6.91×10^{-2}	4.80×10^{-2}	$2.64 \times 10^{-2} \sim 1.21 \times 10^{-1}$
n-Nonane	正壬烷	8.20×10^{-1}	9.02×10^{-1}	$2.00 \times 10^{-1} \sim 1.85 \times 10^0$	6.40×10^{-2}	7.04×10^{-2}	$1.56 \times 10^{-2} \sim 1.45 \times 10^{-1}$
p-Xylene	對-二甲苯	6.45×10^{-1}	2.63×10^{-1}	$3.84 \times 10^{-1} \sim 9.10 \times 10^{-1}$	5.04×10^{-2}	2.05×10^{-2}	$3.00 \times 10^{-2} \sim 7.11 \times 10^{-2}$
n-Dodecane	正十二烷	5.74×10^{-1}	6.31×10^{-1}	$1.40 \times 10^{-1} \sim 1.30 \times 10^0$	4.48×10^{-2}	4.93×10^{-2}	$1.09 \times 10^{-2} \sim 1.01 \times 10^{-1}$
o-Xylene	鄰-二甲苯	1.08×10^0	4.67×10^{-2}	$1.04 \times 10^0 \sim 1.13 \times 10^0$	8.41×10^{-2}	3.65×10^{-3}	$8.12 \times 10^{-2} \sim 8.82 \times 10^{-2}$
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	3.34×10^{-1}	1.61×10^{-2}	$3.20 \times 10^{-1} \sim 3.51 \times 10^{-1}$	2.61×10^{-2}	1.26×10^{-3}	$2.50 \times 10^{-2} \sim 2.75 \times 10^{-2}$

表 32 真空工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field			Far Field		
		平均濃度	標準差	範圍	平均濃度	標準差	範圍
Acetone	丙酮	9.69×10^3	8.50×10^3	$5.70 \times 10^2 \sim 1.74 \times 10^4$	1.87×10^3	1.64×10^3	$1.10 \times 10^2 \sim 3.35 \times 10^3$
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	6.75×10^2	8.74×10^2	$2.68 \times 10^1 \sim 1.67 \times 10^3$	1.30×10^2	1.69×10^2	$5.17 \times 10^0 \sim 3.22 \times 10^2$
Cyclohexane	環己烷	2.49×10^2	3.07×10^2	$3.29 \times 10^1 \sim 6.00 \times 10^2$	4.80×10^1	5.92×10^1	$6.35 \times 10^0 \sim 1.16 \times 10^2$
n-Butane	正丁烷	1.06×10^2	1.37×10^2	$6.61 \times 10^0 \sim 2.63 \times 10^2$	2.05×10^1	2.65×10^1	$1.27 \times 10^0 \sim 5.07 \times 10^1$
3-Methylpentane	3-甲基戊烷	8.80×10^1	5.37×10^1	$1.16 \times 10^2 \sim 1.22 \times 10^2$	9.75×10^0	1.21×10^1	$6.82 \times 10^{-1} \sim 2.35 \times 10^1$
Isobutane	異丁烷	6.63×10^1	8.48×10^1	$4.29 \times 10^0 \sim 1.63 \times 10^2$	1.28×10^1	1.64×10^1	$8.27 \times 10^{-1} \sim 3.14 \times 10^1$
2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	4.86×10^1	5.23×10^1	$1.64 \times 10^1 \sim 1.09 \times 10^2$	9.37×10^0	1.01×10^1	$3.16 \times 10^0 \sim 2.10 \times 10^1$
Toluene	甲苯	3.31×10^1	2.16×10^1	$1.66 \times 10^1 \sim 5.76 \times 10^1$	6.21×10^0	7.64×10^0	$6.15 \times 10^{-1} \sim 1.49 \times 10^1$
2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基丁烷	3.22×10^1	3.96×10^1	$3.19 \times 10^0 \sim 7.73 \times 10^1$	6.39×10^0	4.17×10^0	$3.20 \times 10^0 \sim 1.11 \times 10^1$
Ethanol	乙醇	2.66×10^1	1.23×10^1	$1.78 \times 10^1 \sim 4.07 \times 10^1$	5.13×10^0	2.38×10^0	$3.43 \times 10^0 \sim 7.85 \times 10^0$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	1.82×10^1	8.46×10^0	$1.22 \times 10^1 \sim 2.79 \times 10^1$	3.52×10^0	1.63×10^0	$2.35 \times 10^0 \sim 5.38 \times 10^0$
Hexane	正己烷	8.21×10^0	1.19×10^1	$3.26 \times 10^{-1} \sim 2.19 \times 10^1$	1.58×10^0	2.30×10^0	$6.29 \times 10^{-2} \sim 4.22 \times 10^0$
Styrene	苯乙烯	1.79×10^0	1.68×10^0	$2.30 \times 10^{-1} \sim 3.57 \times 10^0$	3.44×10^{-1}	3.24×10^{-1}	$4.44 \times 10^{-2} \sim 6.88 \times 10^{-1}$
o-Xylene	鄰-二甲苯	1.29×10^0	7.47×10^{-1}	$7.85 \times 10^{-1} \sim 2.15 \times 10^0$	2.49×10^{-1}	1.44×10^{-1}	$1.52 \times 10^{-1} \sim 4.15 \times 10^{-1}$
n-Dodecane	正十二烷	7.73×10^{-1}	9.89×10^{-1}	$5.00 \times 10^{-2} \sim 1.90 \times 10^0$	1.49×10^{-1}	1.91×10^{-1}	$9.65 \times 10^{-3} \sim 3.67 \times 10^{-1}$
n-Decane	正癸烷	5.65×10^{-1}	7.23×10^{-1}	$3.66 \times 10^{-2} \sim 1.39 \times 10^0$	1.09×10^{-1}	1.39×10^{-1}	$7.05 \times 10^{-3} \sim 2.68 \times 10^{-1}$
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	4.26×10^{-1}	2.46×10^{-1}	$2.59 \times 10^{-1} \sim 7.09 \times 10^{-1}$	8.22×10^{-2}	4.75×10^{-2}	$5.00 \times 10^{-2} \sim 1.37 \times 10^{-1}$
o-Ethyltoluene	鄰-乙基甲苯	3.85×10^{-1}	2.23×10^{-1}	$2.34 \times 10^{-1} \sim 6.40 \times 10^{-1}$	7.42×10^{-2}	4.29×10^{-2}	$4.51 \times 10^{-2} \sim 1.24 \times 10^{-1}$

表 33 注入工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field			Far Field		
		平均濃度	標準差	範圍	平均濃度	標準差	範圍
Acetone	丙酮	2.73×10^3	1.07×10^3	$1.54 \times 10^3 \sim 3.62 \times 10^3$	4.25×10^2	1.66×10^2	$2.40 \times 10^2 \sim 5.64 \times 10^2$
Styrene	苯乙烯	1.78×10^2	1.06×10^2	$6.36 \times 10^1 \sim 2.73 \times 10^2$	2.78×10^1	1.65×10^1	$9.91 \times 10^0 \sim 4.25 \times 10^1$
Isopropyl Alcohol	異丙醇	1.42×10^2	9.45×10^1	$3.72 \times 10^1 \sim 2.20 \times 10^2$	2.22×10^1	1.47×10^1	$5.80 \times 10^0 \sim 3.43 \times 10^1$
Ethanol	乙醇	2.73×10^1	4.83×10^0	$2.32 \times 10^1 \sim 3.26 \times 10^1$	4.25×10^0	7.52×10^{-1}	$3.61 \times 10^0 \sim 5.08 \times 10^0$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	2.24×10^1	2.01×10^0	$2.10 \times 10^1 \sim 2.47 \times 10^1$	3.49×10^0	3.13×10^{-1}	$3.27 \times 10^0 \sim 3.85 \times 10^0$
1,4-Dioxane	二氧六環	1.73×10^1	1.14×10^0	$1.65 \times 10^1 \sim 1.86 \times 10^1$	2.69×10^0	1.77×10^{-1}	$2.58 \times 10^0 \sim 2.90 \times 10^0$
Methyl Methacrylate	甲基丙烯酸甲酯	1.13×10^1	1.25×10^0	$1.00 \times 10^1 \sim 1.25 \times 10^1$	1.75×10^0	1.95×10^{-1}	$1.56 \times 10^0 \sim 1.95 \times 10^0$
Cyclohexane	環己烷	5.69×10^0	3.84×10^{-1}	$5.24 \times 10^0 \sim 5.92 \times 10^0$	8.86×10^{-1}	5.99×10^{-2}	$8.17 \times 10^{-1} \sim 9.22 \times 10^{-1}$
Toluene	甲苯	5.17×10^0	8.84×10^{-1}	$4.41 \times 10^0 \sim 6.14 \times 10^0$	8.05×10^{-1}	1.38×10^{-1}	$6.87 \times 10^{-1} \sim 9.57 \times 10^{-1}$
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	4.37×10^0	7.70×10^{-1}	$3.72 \times 10^0 \sim 5.22 \times 10^0$	6.81×10^{-1}	1.20×10^{-1}	$5.79 \times 10^{-1} \sim 8.13 \times 10^{-1}$
Ethylbenzene	乙苯	2.88×10^0	4.10×10^{-1}	$2.47 \times 10^0 \sim 3.29 \times 10^0$	4.48×10^{-1}	6.39×10^{-2}	$3.85 \times 10^{-1} \sim 5.13 \times 10^{-1}$
m-Xylene	間-二甲苯	2.35×10^0	1.75×10^{-1}	$2.21 \times 10^0 \sim 2.54 \times 10^0$	3.66×10^{-1}	2.72×10^{-2}	$3.44 \times 10^{-1} \sim 3.96 \times 10^{-1}$
o-Xylene	鄰-二甲苯	2.06×10^0	3.64×10^{-1}	$1.75 \times 10^0 \sim 2.46 \times 10^0$	3.21×10^{-1}	5.68×10^{-2}	$2.73 \times 10^{-1} \sim 3.84 \times 10^{-1}$
p-Xylene	對-二甲苯	1.76×10^0	1.03×10^{-1}	$1.67 \times 10^0 \sim 1.87 \times 10^0$	2.74×10^{-1}	1.60×10^{-2}	$2.60 \times 10^{-1} \sim 2.91 \times 10^{-1}$
n-Propylbenzene	正丙基苯	8.70×10^{-1}	6.08×10^{-2}	$8.00 \times 10^{-1} \sim 9.10 \times 10^{-1}$	1.36×10^{-1}	9.48×10^{-3}	$1.25 \times 10^{-1} \sim 1.42 \times 10^{-1}$
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	5.76×10^{-1}	6.40×10^{-2}	$5.12 \times 10^{-1} \sim 6.40 \times 10^{-1}$	8.97×10^{-2}	9.97×10^{-3}	$7.98 \times 10^{-2} \sim 9.97 \times 10^{-2}$
n-Dodecane	正十二烷	9.00×10^{-2}	1.00×10^{-2}	$8.00 \times 10^{-2} \sim 1.00 \times 10^{-1}$	1.40×10^{-2}	1.56×10^{-3}	$1.25 \times 10^{-2} \sim 1.56 \times 10^{-2}$

表 34 拆耗材工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field			Far Field		
		平均濃度	標準差	範圍	平均濃度	標準差	範圍
Acetone	丙酮	1.59×10^3	2.48×10^2	$1.31 \times 10^3 \sim 1.76 \times 10^3$	4.87×10^2	7.58×10^1	$4.00 \times 10^2 \sim 5.38 \times 10^2$
Styrene	苯乙烯	5.26×10^1	2.29×10^0	$5.03 \times 10^1 \sim 5.49 \times 10^1$	1.61×10^1	7.02×10^{-1}	$1.54 \times 10^1 \sim 1.68 \times 10^1$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	3.10×10^1	1.99×10^0	$2.87 \times 10^1 \sim 3.24 \times 10^1$	9.48×10^0	6.08×10^{-1}	$8.78 \times 10^0 \sim 9.91 \times 10^0$
Toluene	甲苯	2.29×10^1	6.53×10^{-1}	$2.22 \times 10^1 \sim 2.34 \times 10^1$	7.02×10^0	2.00×10^{-1}	$6.79 \times 10^0 \sim 7.16 \times 10^0$
Ethylbenzene	乙苯	2.48×10^0	1.10×10^{-1}	$2.35 \times 10^0 \sim 2.55 \times 10^0$	7.58×10^{-1}	3.37×10^{-2}	$7.19 \times 10^{-1} \sim 7.80 \times 10^{-1}$
m-Xylene	間-二甲苯	2.20×10^0	4.16×10^{-2}	$2.15 \times 10^0 \sim 2.23 \times 10^0$	6.72×10^{-1}	1.27×10^{-2}	$6.58 \times 10^{-1} \sim 6.82 \times 10^{-1}$
p-Xylene	對-二甲苯	1.66×10^0	3.23×10^{-2}	$1.62 \times 10^0 \sim 1.68 \times 10^0$	5.07×10^{-1}	9.88×10^{-3}	$4.96 \times 10^{-1} \sim 5.14 \times 10^{-1}$
n-Dodecane	正十二烷	9.85×10^{-2}	7.81×10^{-3}	$9.00 \times 10^{-2} \sim 1.05 \times 10^{-1}$	3.01×10^{-2}	2.39×10^{-3}	$2.75 \times 10^{-2} \sim 3.23 \times 10^{-2}$

表 35 拱木包覆與補強工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field			Far Field		
		平均濃度	標準差	範圍	平均濃度	標準差	範圍
Acetone	丙酮	4.89×10^3	2.38×10^3	$2.37 \times 10^3 \sim 7.10 \times 10^3$	9.44×10^2	4.59×10^2	$4.58 \times 10^2 \sim 1.37 \times 10^3$
Styrene	苯乙烯	2.57×10^2	5.16×10^1	$2.00 \times 10^2 \sim 3.01 \times 10^2$	4.95×10^1	9.96×10^0	$3.86 \times 10^1 \sim 5.81 \times 10^1$
Ethanol	乙醇	4.40×10^1	1.07×10^1	$3.53 \times 10^1 \sim 5.60 \times 10^1$	8.48×10^0	2.07×10^0	$6.81 \times 10^0 \sim 1.08 \times 10^1$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	2.28×10^1	2.90×10^0	$1.99 \times 10^1 \sim 2.57 \times 10^1$	4.40×10^0	5.60×10^{-1}	$3.84 \times 10^0 \sim 4.96 \times 10^0$
Hexane	正己烷	7.23×10^0	1.76×10^0	$5.80 \times 10^0 \sim 9.19 \times 10^0$	1.39×10^0	3.40×10^{-1}	$1.12 \times 10^0 \sim 1.77 \times 10^0$
Toluene	甲苯	3.54×10^0	2.36×10^0	$1.70 \times 10^0 \sim 6.20 \times 10^0$	6.83×10^{-1}	4.55×10^{-1}	$3.28 \times 10^{-1} \sim 1.20 \times 10^0$
Ethylbenzene	乙苯	3.18×10^0	2.20×10^{-1}	$2.96 \times 10^0 \sim 3.40 \times 10^0$	6.14×10^{-1}	4.25×10^{-2}	$5.17 \times 10^{-1} \sim 6.56 \times 10^{-1}$
m-Xylene	間-二甲苯	2.33×10^0	4.04×10^{-2}	$2.29 \times 10^0 \sim 2.37 \times 10^0$	4.50×10^{-1}	7.80×10^{-3}	$4.42 \times 10^{-1} \sim 4.57 \times 10^{-1}$
p-Xylene	對-二甲苯	1.76×10^0	3.06×10^{-2}	$1.73 \times 10^0 \sim 1.79 \times 10^0$	3.39×10^{-1}	5.89×10^{-3}	$3.34 \times 10^{-1} \sim 3.45 \times 10^{-1}$
n-Propylbenzene	正丙基苯	1.13×10^0	2.76×10^{-1}	$9.10 \times 10^{-1} \sim 1.44 \times 10^1$	2.19×10^{-1}	5.33×10^{-2}	$1.76 \times 10^{-1} \sim 2.78 \times 10^{-1}$
m-Ethyltoluene	間-乙基甲苯	9.22×10^{-1}	2.25×10^{-1}	$7.40 \times 10^{-1} \sim 1.17 \times 10^1$	1.78×10^{-1}	4.33×10^{-2}	$1.43 \times 10^{-1} \sim 2.26 \times 10^{-1}$
1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-三甲基苯	8.10×10^{-1}	1.97×10^{-1}	$6.50 \times 10^{-1} \sim 1.03 \times 10^1$	1.56×10^{-1}	3.81×10^{-2}	$1.25 \times 10^{-1} \sim 1.99 \times 10^{-1}$
Isopropylbenzene	異丙基苯	6.82×10^{-1}	5.72×10^{-2}	$6.16 \times 10^{-1} \sim 7.20 \times 10^{-1}$	1.32×10^{-1}	1.10×10^{-2}	$1.19 \times 10^{-1} \sim 1.39 \times 10^{-1}$
n-Dodecane	正十二烷	1.37×10^{-1}	3.34×10^{-2}	$1.10 \times 10^{-1} \sim 1.74 \times 10^{-1}$	2.64×10^{-2}	6.44×10^{-3}	$2.12 \times 10^{-2} \sim 3.36 \times 10^{-2}$

表 36 機艙艙蓋製作工段 NF 和 FF 各污染物之暴露濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field			Far Field		
		平均濃度	標準差	範圍	平均濃度	標準差	範圍
Acetone	丙酮	3.18×10^3	1.18×10^3	$1.99 \times 10^3 \sim 4.36 \times 10^3$	9.74×10^2	3.62×10^2	$6.10 \times 10^2 \sim 1.33 \times 10^3$
Styrene	苯乙烯	2.02×10^2	7.97×10^1	$1.32 \times 10^2 \sim 2.89 \times 10^2$	6.18×10^1	2.44×10^1	$4.04 \times 10^1 \sim 8.83 \times 10^1$
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	3.75×10^1	1.66×10^1	$2.58 \times 10^1 \sim 5.64 \times 10^1$	1.15×10^1	5.07×10^0	$7.89 \times 10^0 \sim 1.73 \times 10^1$
Ethylbenzene	乙苯	3.93×10^0	1.55×10^0	$2.57 \times 10^0 \sim 5.62 \times 10^0$	1.20×10^0	4.75×10^{-1}	$7.86 \times 10^{-1} \sim 1.72 \times 10^0$
m-Xylene	間-二甲苯	3.79×10^0	1.50×10^0	$2.48 \times 10^0 \sim 5.42 \times 10^0$	1.16×10^0	4.58×10^{-1}	$7.59 \times 10^{-1} \sim 1.66 \times 10^0$
p-Xylene	對-二甲苯	2.86×10^0	1.13×10^0	$1.87 \times 10^0 \sim 4.09 \times 10^0$	8.75×10^{-1}	3.46×10^{-1}	$5.72 \times 10^{-1} \sim 1.25 \times 10^0$
Isopropylbenzene	異丙基苯	1.09×10^0	4.29×10^{-1}	$7.10 \times 10^{-1} \sim 1.55 \times 10^0$	3.32×10^{-1}	1.31×10^{-1}	$2.17 \times 10^{-1} \sim 4.75 \times 10^{-1}$
n-Propylbenzene	正丙基苯	7.82×10^{-1}	1.32×10^{-1}	$6.57 \times 10^{-1} \sim 9.20 \times 10^{-1}$	2.39×10^{-1}	4.04×10^{-2}	$2.01 \times 10^{-1} \sim 2.82 \times 10^{-1}$
n-Dodecane	正十二烷	2.17×10^{-1}	2.28×10^{-1}	$7.14 \times 10^{-2} \sim 4.80 \times 10^{-1}$	6.64×10^{-2}	6.98×10^{-2}	$2.19 \times 10^{-2} \sim 1.47 \times 10^{-1}$
Benzene	苯	2.17×10^{-1}	8.56×10^{-2}	$1.42 \times 10^{-1} \sim 3.10 \times 10^{-1}$	6.63×10^{-2}	2.62×10^{-2}	$4.34 \times 10^{-2} \sim 9.49 \times 10^{-2}$
Methylcyclopentane	甲基環戊烷	5.95×10^{-2}	3.57×10^{-2}	$3.27 \times 10^{-2} \sim 1.00 \times 10^{-1}$	1.82×10^{-2}	1.09×10^{-2}	$9.99 \times 10^{-3} \sim 3.06 \times 10^{-2}$

第五節 以原物料逸散模式推估勞工暴露情形

一、利用危害物鑑定之EF結果推估各污染物現場之逸散率 (Emission rate, G)

本研究利用危害物鑑定所求得之污染物EF (3-2節)，結合現場原物料使用量及時間進一步推估現場污染物之逸散率G (mg/min)。其結果如表37至表42所示。

表 37 表面積層工段使用使用之化學性原物料逸散率 (mg/min)

原物料	化學物名稱	中文名稱	逸散率
	Acetone	丙酮	2.20×10^3
	Styrene	苯乙烯	5.31×10^2
	Methyl Ethyl Ketone	丁酮	9.61×10^1
	Methylene Chloride	二氯甲烷	1.60×10^1
	Ethylbenzene	乙苯	6.95×10^0
樹脂	Ethanol	乙醇	4.41×10^0
加	Ethyl Acetate	乙酸乙酯	4.29×10^0
硬化劑	Toluene	甲苯	3.38×10^0
	m-Xylene	間-二甲苯	2.31×10^0
	Benzene	苯	2.05×10^0
	p-Xylene	對-二甲苯	1.41×10^0
	Isopropylbenzene	異丙基苯	6.24×10^{-1}

表 38 鋪乾毯與排芯材工段使用使用之化學性原物料逸散率 (mg/min)

原物料	化學物名稱	中文名稱	逸散率
噴膠	n-Butane	正丁烷	2.97×10^3
	Cyclohexane	環己烷	2.09×10^3
	2-Methylpentane	2-甲基戊烷	1.64×10^3
	Isobutane	異丁烷	9.88×10^2
	3-Methylpentane	3-甲基戊烷	7.02×10^2
	2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	4.16×10^2
	2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基丁烷	3.38×10^2
	Hexane	正己烷	1.69×10^2
	n-Decane	正癸烷	1.07×10^1
	n-Nonane	正壬烷	5.39×10^0
n-Dodecane	正十二烷	3.77×10^0	

表 39 真空工段使用使用之化學性原物料逸散率 (mg/min)

原物料	化學物名稱	中文名稱	逸散率
噴膠	n-Butane	正丁烷	1.48×10^3
	Cyclohexane	環己烷	1.05×10^3
	2-Methylpentane	2-甲基戊烷	8.18×10^2
	Isobutane	異丁烷	4.93×10^2
	3-Methylpentane	3-甲基戊烷	3.51×10^2
	2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	2.08×10^2
	2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基丁烷	1.69×10^2
	Hexane	正己烷	8.44×10^1
	n-Decane	正癸烷	5.36×10^0
	n-Nonane	正壬烷	2.69×10^0
n-Dodecane	正十二烷	1.88×10^0	

表 40 注入工段使用使用之化學性原物料逸散率 (mg/min)

原物料	化學物名稱	中文名稱	逸散率
	Styrene	苯乙烯	1.80×10^3
	Methyl Ethyl Ketone	丁酮	2.27×10^2
	Acetone	丙酮	6.90×10^1
	Ethylbenzene	乙苯	6.13×10^1
樹脂 加 硬化劑	m-Xylene	間-二甲苯	5.98×10^1
	Methylene Chloride	二氯甲烷	5.43×10^1
	p-Xylene	對-二甲苯	4.80×10^1
	Ethyl Acetate	乙酸乙酯	2.19×10^1
	Ethanol	乙醇	1.75×10^1
	Toluene	甲苯	4.98×10^0

表 41 拱木包覆與補強工段使用使用之化學性原物料逸散率 (mg/min)

原物料	化學物名稱	中文名稱	逸散率
	Acetone	丙酮	3.88×10^1
	Styrene	苯乙烯	1.49×10^1
	Isopropylbenzene	異丙基苯	4.48×10^0
	Methyl Ethyl Ketone	丁酮	1.98×10^0
樹脂 加 硬化劑	Methylene Chloride	二氯甲烷	5.68×10^{-1}
	Ethylbenzene	乙苯	4.73×10^{-1}
	p-Xylene	對-二甲苯	2.90×10^{-1}
	m-Xylene	間-二甲苯	2.50×10^{-1}
	Ethyl Acetate	乙酸乙酯	1.75×10^{-1}
	Ethanol	乙醇	1.56×10^{-1}
	Toluene	甲苯	2.80×10^{-2}

表 42 機艙艙蓋製作工段使用使用之化學性原物料逸散率 (mg/min)

原物料	化學物名稱	中文名稱	逸散率
樹脂 加 硬化劑	Acetone	丙酮	1.14×10^2
	Styrene	苯乙烯	2.73×10^1
	Methyl Ethyl Ketone	丁酮	4.98×10^0
	Methylene Chloride	二氯甲烷	8.30×10^{-1}
	Ethylbenzene	乙苯	3.60×10^{-1}
	Ethanol	乙醇	2.28×10^{-1}
	Ethyl Acetate	乙酸乙酯	2.22×10^{-1}
	Toluene	甲苯	1.75×10^{-1}
	m-Xylene	間-二甲苯	1.20×10^{-1}
	Benzene	苯	1.06×10^{-1}
	p-Xylene	對-二甲苯	7.30×10^{-2}
Isopropylbenzene	異丙基苯	3.23×10^{-2}	

二、推估各工段 NF, FF 區域各污染物濃度

本研究將 5.1 節求得之各工段不同污染物之逸散率分別代入公式 (2) 及公式 (3) (第二章第三節)，以分別推估各工段 NF 及 FF 各種污染物之濃度。結果如表 43 至表 48 所示。由於拆耗材工段未使用任何化學物質，因此在該模式推估中並未予計算。

表 43 係以模式推估表面積層工段污染源與距離污染源，勞工可能暴露之濃度值。如表所示，推估污染物之 Near Field 及 Far Field 濃度，丙酮為濃度最高之化學物 (濃度分別為 1.15×10^5 ppb、 4.18×10^4 ppb)，其次為苯乙烯 (濃度分別為 1.74×10^4 ppb、 6.35×10^3 ppb)，而異丙基苯為推估濃度中最低之化學物 (濃度分別為 2.15×10^1 ppb、 7.82×10^0 ppb)。

研究結果亦發現無論 NF 或 FF，各單一有害物暴露濃度均少於容許濃度，且若考慮加成作業，其暴露情形亦符合標準。

表 43 表面積層工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field	Far Field
Acetone	丙酮	1.15×10^5	4.18×10^4
Styrene	苯乙烯	1.74×10^4	6.35×10^3
Methyl Ethyl	丁酮	2.74×10^3	9.97×10^2
Methylene Chloride	二氯甲烷	4.58×10^2	1.67×10^2
Toluene	甲苯	2.22×10^2	8.08×10^1
Ethylbenzene	乙苯	1.98×10^2	7.22×10^1
Ethanol	乙醇	1.28×10^2	4.66×10^1
m-Xylene	間-二甲苯	1.21×10^2	4.39×10^1
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	1.08×10^2	3.95×10^1
Benzene	苯	7.32×10^1	2.67×10^1
p-Xylene	對-二甲苯	5.92×10^1	2.16×10^1
Isopropylbenzene	異丙基苯	2.15×10^1	7.82×10^0

表 44 係以模式推估鋪乾毯與排芯材工段污染源與距離污染源，勞工可能暴露之濃度值。如表所示，推估污染物之 Near Field 及 Far Field 濃度，正丁烷為濃度最高之化學物（濃度分別為 8.38×10^4 ppb、 3.05×10^4 ppb），其次為環己烷（濃度分別為 7.53×10^4 ppb、 2.74×10^4 ppb），而正十二烷為推估濃度中最低之化學物（濃度分別為 5.70×10^1 ppb、 2.07×10^1 ppb）。

表 44 鋪乾毯與排芯材工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field	Far Field
n-Butane	正丁烷	8.38×10^4	3.05×10^4
Cyclohexane	環己烷	7.53×10^4	2.74×10^4
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	6.07×10^4	2.21×10^4
Isobutane	異丁烷	5.76×10^4	2.10×10^4
3-Methylpentane	3-甲基戊烷	5.15×10^4	1.87×10^4

2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	2.61×10^4	9.49×10^3
2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基丁烷	2.47×10^4	8.98×10^3
Hexane	正己烷	1.46×10^4	5.32×10^3
n-Decane	正癸烷	1.19×10^4	4.33×10^3
n-Nonane	正壬烷	8.81×10^3	3.21×10^3
n-Dodecane	正十二烷	5.70×10^1	2.07×10^1

表 45 係以模式推估真空工段污染源與距離污染源，勞工可能暴露之濃度值。如表所示，推估污染物之 Near Field 及 Far Field 濃度，正丁烷為濃度最高之化學物（濃度分別為 7.72×10^4 ppb、 2.81×10^4 ppb），其次為環己烷（濃度分別為 3.76×10^4 ppb、 1.37×10^4 ppb），而正十二烷為推估濃度中最低之化學物（濃度分別為 3.35×10^1 ppb、 1.22×10^1 ppb）。

表 45 真空工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field	Far Field
n-Butane	正丁烷	7.72×10^4	2.81×10^4
Cyclohexane	環己烷	3.76×10^4	1.73×10^4
2-Methylpentane	2-甲基戊烷	2.88×10^4	1.05×10^4
Isobutane	異丁烷	2.57×10^4	9.63×10^3
3-Methylpentane	3-甲基戊烷	1.23×10^4	4.49×10^3
2,3-Dimethylbutane	2,3-二甲基丁烷	7.30×10^3	2.66×10^3
2,2-Dimethylbutane	2,2-二甲基丁烷	5.93×10^3	2.16×10^3
Hexane	正己烷	2.97×10^3	1.08×10^3
n-Decane	正癸烷	1.14×10^2	4.16×10^1
n-Nonane	正壬烷	6.36×10^1	2.31×10^1
n-Dodecane	正十二烷	3.35×10^1	1.22×10^1

表 46 係以注入工段污染源與距離污染源，勞工可能暴露之濃度值。如表所示，推估污染物之 Near Field 及 Far Field 濃度，苯乙烯為濃度最高之化學物（濃度分別為 5.91×10^4 ppb、 2.15×10^4 ppb），其次為丁酮（濃度分別為 6.48×10^3 ppb、 2.36×10^3 ppb），而甲苯為推估濃度中最低之化學物（濃度分別為 1.71×10^2 ppb、 6.23×10^1 ppb）。

表 46 注入工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field	Far Field
Styrene	苯乙烯	5.91×10^4	2.15×10^4
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	6.48×10^3	2.36×10^3
Methylene Chloride	二氯甲烷	3.57×10^3	1.30×10^3
p-Xylene	對-二甲苯	2.50×10^3	9.11×10^2
Acetone	丙酮	1.97×10^3	7.17×10^2
Ethylbenzene	乙苯	1.75×10^3	6.36×10^2
m-Xylene	間-二甲苯	1.74×10^3	6.33×10^2
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	7.79×10^2	2.84×10^2
Ethanol	乙醇	7.34×10^2	2.67×10^2
Toluene	甲苯	1.71×10^2	6.23×10^1

表 47 係以拱木包覆與補強工段污染源與距離污染源，勞工可能暴露之濃度值。如表所示，推估污染物之 Near Field 及 Far Field 濃度，丙酮為濃度最高之化學物（濃度分別為 1.27×10^3 ppb、 4.64×10^2 ppb），其次為苯乙烯（濃度分別為 4.25×10^2 ppb、 1.55×10^2 ppb），而甲苯為推估濃度中最低之化學物（濃度分別為 7.06×10^{-1} ppb、 2.57×10^{-1} ppb）。

表 47 拱木包覆與補強工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field	Far Field
Acetone	丙酮	1.27×10^3	4.64×10^2
Styrene	苯乙烯	4.25×10^2	1.55×10^2
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	5.67×10^1	2.06×10^1
Isopropylbenzene	異丙基苯	3.20×10^1	1.16×10^1
Ethylbenzene	乙苯	3.11×10^1	1.13×10^1
Methylene Chloride	二氯甲烷	1.65×10^1	6.01×10^0
p-Xylene	對-二甲苯	1.51×10^1	5.51×10^0
m-Xylene	間-二甲苯	8.92×10^0	3.25×10^0
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	7.35×10^0	2.68×10^0
Ethanol	乙醇	5.37×10^0	1.96×10^0
Toluene	甲苯	7.06×10^{-1}	2.57×10^{-1}

表 48 係以機艙艙蓋製作工段污染源與距離污染源，勞工可能暴露之濃度值。如表所示，推估污染物之 Near Field 及 Far Field 濃度，丙酮為濃度最高之化學物（濃度分別為 5.93×10^3 ppb、 2.16×10^3 ppb），其次為苯乙烯（濃度分別為 8.96×10^2 ppb、 3.26×10^2 ppb），而異丙基苯為推估濃度中最低之化學物（濃度分別為 1.11×10^0 ppb、 4.04×10^{-1} ppb）。

表 48 機艙艙蓋製作工段模式推估之 NF 和 FF 濃度 (ppb)

化學物名稱	中文名稱	Near Field	Far Field
Acetone	丙酮	5.93×10^3	2.16×10^3
Styrene	苯乙烯	8.96×10^2	3.26×10^2
Methyl Ethyl Ketone	丁酮	1.42×10^2	5.17×10^1
Methylene Chloride	二氯甲烷	2.37×10^1	8.62×10^0
Toluene	甲苯	1.15×10^1	4.19×10^0
Ethylbenzene	乙苯	1.03×10^1	3.74×10^0
Ethanol	乙醇	6.63×10^0	2.41×10^0
m-Xylene	間-二甲苯	6.23×10^0	2.27×10^0
Ethyl Acetate	乙酸乙酯	5.60×10^0	2.04×10^0
Benzene	苯	3.79×10^0	1.38×10^0
p-Xylene	對-二甲苯	3.07×10^0	1.12×10^0
Isopropylbenzene	異丙基苯	1.11×10^0	4.04×10^{-1}

三、比較 TVOC 量測值推估方法與模式推估方法之差異

為瞭解本研究所使用 TVOC 實際量測值（實測值）推估及模式推估各種污染物 NF, FF 濃度方法之相關性，本研究依工段將兩種方法所求得之各污染物 NF 和 FF 濃度進行簡單線性迴歸分析，結果如表 49。由表可知，不論是何種工段或是 NF, FF，兩方法之間皆呈現具統計上顯著意義的正相關，此結果將有助於後續遊艇製造業表面積層工段、鋪乾毯與排芯材工段、真空工段、注入工段、拆耗材工段、拱木包覆與補強工段及機艙艙蓋製作工段作業環境勞工暴露實態之推估。

表 49 TVOC 實測值與模式推估各種污染物 NF, FF 濃度方法之相關性

工段名稱	y Dependent	X Independent	方程式	R ²	p
表面積層	模式推估各污染物 NF 濃度	實測值各污染物 NF 濃度	4.03x+442	0.977	P < 0.01
	模式推估各污染物 FF 濃度	實測值推估各污染物 FF 濃度	3.23x+160	0.977	P < 0.01
鋪乾毯與排芯材	模式推估各污染物 NF 濃度	實測值各污染物 NF 濃度	15.3x+12873	0.394	P < 0.05
	模式推估各污染物 FF 濃度	實測值推估各污染物 FF 濃度	5.66x+4644	0.400	P < 0.05
真空	模式推估各污染物 NF 濃度	實測值各污染物 NF 濃度	42.6x+7547	0.383	P < 0.05
	模式推估各污染物 FF 濃度	實測值推估各污染物 FF 濃度	47.9x+2138	0.519	P < 0.05
注入	模式推估各污染物 NF 濃度	實測值各污染物 NF 濃度	327x+764	0.998	P < 0.01
	模式推估各污染物 FF 濃度	實測值推估各污染物 FF 濃度	2126x+105	0.995	P < 0.01
拱木包覆與補強	模式推估各污染物 NF 濃度	實測值各污染物 NF 濃度	0.248x+77.2	0.912	P < 0.01
	模式推估各污染物 FF 濃度	實測值推估各污染物 FF 濃度	0.171x+27.4	0.916	P < 0.01
機艙艙蓋製作	模式推估各污染物 NF 濃度	實測值各污染物 NF 濃度	1.85x+81.4	0.991	P < 0.01
	模式推估各污染物 FF 濃度	實測值推估各污染物 FF 濃度	1.57x+29.7	0.991	P < 0.01

第六節 FRP作業使用化學物質

FRP作業製程所使用的添加劑成分相當的複雜，本研究從相關商業網站與文獻資料蒐集目前使用於FRP作業中添加劑的分類與常用成分之化學名稱，由此調查與整理的結果，瞭解FRP作業製程中除了玻璃纖維、不飽和聚脂樹脂、以及苯乙烯以外，對於複雜添加劑成分的可能暴露。如附件四整理。

第七節 化學物質結構分析模式氣喘健康危害強度

從 FRP 製程使用 118 種化學物中，扣除 12 種無法找到合適 MOL 檔案者，以及一種分子量大於 1000 的化學物質，剩餘 105 種化學物質，將其一一鍵入 J Jarvis 等的職業性氣喘推估模式評估其危害指標(Hazard index)，附件五中列出各種物質所推估出的危害指標。其中發現 43 種化學物質的危害指標(Hazard index)大於 0.5，於下表 50 整理其分類。經由毒化物文獻資料庫的搜尋，該 43 種危害指標大於 0.5 者，有五種化學物質為已知的可能致氣喘物質，包括：Octadecyl 3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionate 、 Diisobutyl phthalate 、 3-(Diethoxymethylsilyl)propyl methacrylate 、 3-(Triethoxysilyl)propyl methacrylate、 Etocrilene、 Maleic anhydride。

表 50 FRP 所使用的各類化學物質中推估致氣喘危害指標大於 0.5 數目

Category	Subcategory	Number of H.I. ≥ 0.5
Adhesion promoters /compatibilizers /Surfactant	Adhesion promoter	1
	Coupling agent /compatibilizer	3
Antistatics and Surface modifiers	Matting /gloss agent	1
Crosslinking /curing /polymerization additives	Crosslinking catalyst /accelerator /initiator	6
	Crosslinking or curing agent /hardener	6
Fillers and Fibers	Filler (reinforcer /extender)	1
Flame retardant/Smoke suppressant	Organo phosphorous based	1
Processing /dispersion additives	Dispersing agent	1
	Release Agent	1
Resin monomer	Resin monomer	1
Stabilizers/inhibitors/scavengers	Antioxidant	3
	Light stabilizer/UV absorber	16
	Metal deactivator	1
	Polymerization inhibitor	1

第八節 受檢勞工之空氣中總有機溶劑暴露評估

本研究針對45位遊艇製造業研究對象進行進一步健康效應之檢驗與量測，並於量測健康效應的當天，進行該員工之工作內容紀錄與員工所在工作環境之總有機溶劑暴露評估。每位受檢員工於受檢當日會接受四次工作環境評估(早上兩次，下午兩次，每次間隔兩小時)。將當日有機溶劑暴露平均值與其健康效應進行相關性評估。並將暴露以不同工序進行平均分析，如表51。積層相關作業中，以手積層作業的有機溶劑暴露量最高，其中又以大面積積層時的暴露明顯較高(平均55.3 ppm)；而於鋪玻璃纖維毯、備料、與模具整理時的有機溶劑是用量較低，但是即使沒有從事積層作業，廠區內的總有機溶劑揮發量還是高於一般的行政辦公室。真空注入組的部分，因為真空注入的工法是用時間相對較少，有時該組人員需要支援其他廠內業務，但是即便是沒有從事積層作業，如果當日廠內有

大量從事積層作業時，仍會暴露到溢散過來的有機溶劑。整修與木工組織工作區域離積層作業區較遠，因此暴露較低的積層相關之有機溶劑，但是其工作中使用較多為丙酮，進行表面清理。本研究所進行研究的遊艇製造業之行政區域分兩處，一處獨立於廠房之外，另一區則與廠房緊鄰，經量測顯示，當場內高度從事積層作業時，緊鄰廠房的辦公室內會累積總有機溶劑，而廠區辦公室屬於密閉空間使用室內空調。

表 51 工作環境之總有機溶劑暴露評估

部門	工作內容描述	Average TVOC(ppb)	Range(ppb)
積層	手積層作業(大面積、環境封閉)	55300.00	30100~114000
	手積層作業(小面積、環境開放)	15268.63	2756~38600
	貼泡棉(使用含苯乙烯之樹脂)	17482.00	8740~37700
	鋪毯，貼泡棉塊	1453.43	355~4959
	備料(準備外場工人所需物料)	2202.75	836~5280
	處理廢棄模具、清潔模具、進行水蠟打蠟	1115.00	179~1867
	於封閉船身的船頭部位，使用環氧樹脂將泡棉塊貼上船殼身	6402.33	3659~9434
真空注入	真空注入前的鋪毯、備料	3954.61	113~8999
	真空注入後的拆模	940.80	344~1872
	於工廠內進行外牆內面敲打維修，但仍有有機溶劑味道	6288.14	777~19100
整修(研磨)	修補、模具(有丙酮)	33600.00	23300~50500
	修補、模具(無丙酮)	3132.09	113~8489
木工	黏著、切割發泡材、上水蠟	4870.25	391~11000
	製模量測	1393.33	44~3365
行政	辦公室文書處理(行政大樓)	136.48	65~223
	暴公式文書處理(廠區)	704.82	179~1318

第九節 勞工累積工作暴露評估

本研究針對45位遊艇製造業研究對象進行過去有關遊艇製造各類工作之累積時數評估。將45位員工之過去工作內容與相關時數予以累積相加，結果呈現於表三-1。本研究為探討短期或是長期之累積健康效應，將各類工作之工作時數依照短期(最近六個月)、中期(最近兩年)與長期(過去八年)來進行統整。表52中整理45位員工之過去累積工時之各工作內容所佔總工作累積人時之比例。顯示積層相關作業因為所耗的工作人時最高(32.58%)，而研磨相關作業(打磨切割、補土披覆研磨、與底漆研磨)則佔6.03%。但如以各作業人員細分則顯示，手積層作業、真空作業、整修研磨作業、與木工組，其累積工作項目的時間比例分部各有不同，也代表遊艇製造的過程相當繁複，使用許多不同的工法與作業製程，因此勞工的為害暴露差異性也相當大。

表 52 各作業所佔總工作人時之比例及各項作業佔各部門人時之比例

	各作業佔總人時之比例(%)		各作業佔各部門人時之比例(%)		
	總人數 (N=45)	木工 (N=8)	整修研磨 (N=5)	真空注入 (N=9)	積層 (N=14)
模具修改合膜	10.76	25.43	18.99	6.40	4.65
積層後拆架	0.00	0.002	0.01	0.00	0.00
噴膠殼	4.01	0.45	6.06	3.10	5.13
積層作業	32.58	2.23	12.68	5.42	65.77
鋪毯作業	9.97	0.63	1.14	16.27	13.24
真空注入	12.41	0.95	6.18	42.14	2.93
真空備料	0.54	0.03	0.06	2.18	0.02
真空拆耗材	4.23	0.40	2.00	15.95	0.15
打磨切割	3.16	0.30	11.19	5.05	0.38
結構安放補強	12.01	66.34	0.54	0.59	1.59
油水箱製造	1.71	0.18	0.44	0.46	3.40
離模作業	0.85	0.26	3.48	0.84	0.15
表面清潔	0.55	0.18	2.43	0.26	0.18
瑕疵處理	1.28	0.57	4.65	0.17	0.95
補土披覆研磨	2.69	0.76	14.71	0.52	0.34
水磨	1.44	0.15	8.40	0.20	0.14
打臘	0.39	0.02	2.13	0.09	0.08
其他整修	0.28	0.06	1.67	0.01	0.00
底漆噴佈	0.04	0.01	0.18	0.05	0.01
底漆研磨	0.18	0.24	0.33	0.11	0.15
品管客戶檢查	0.57	0.34	2.45	0.15	0.23
後處理					
真空組裝	0.24	0.05	0.09	0.00	0.49
結構組裝	0.08	0.42	0.04	0.00	0.00
出貨運送	0.03	0.00	0.16	0.02	0.00

長期(近 8 年 2003~2011.10) 工作類別時數和(小時)

	模具修改合模	積層後折架	噴膠設	積層作業	鋪毯作業	真空注入	真空備料	真空拆耗材	打磨切割	結構安放補強	水箱製造	離模作業	表面清潔	瑕疵處理	補土披覆研磨	水磨	打臘	其他整修	底漆噴佈	底漆研磨	品管客戶檢查後處理	真空組裝	閒置	品保檢查	真空製程	Prepreg製程	結構組裝	出貨運送	總合	
B-044	832.0		220.5	4405.0	4404.0	907.0	281.0	1475.5	19.5	327.0	18.0		28.0	21.0	6.0	20.0		4.0	16.0	32.0									13024.5	
B-085	412.5		234.0	11611.5	583.5	170.0		36.0	6.5	63.0	1361.0		8.0	83.0			12.0			48.0									14645.5	
B-086	618.0		403.5	11125.0	862.0	219.5		34.5	10.5	75.5	524.5		44.0	216.0	148.0	44.5	32.0			19.0									14390.0	
A-089	1295.0		1032.0	3722.5	8754.5	1820.0	7.5	16.5	201.0	773.0	534.0	66.5	6.0	63.0		22.0		8.0										5.0	18402.0	
A-064	2853.0	2.0	1303.0	94.0	18.5	9.5		4.0	98.5				91.0	712.5	2078.0	6357.5	4248.0	986.5	979.0		46.0								4.0	21379.0
A-045	501.0		68.0	75.5	355.0	3265.5	413.5	2578.0	356.0	22.5	13.0		28.0			177.0	50.0			4.0	19.0								7964.5	
A-066	690.0		532.5	11.0				25.0	55.5				125.5	540.0	716.0	3091.0	1542.5	427.5	179.0	135.5	130.5								8564.0	
A-041	6738.0	4.0	1058.5	605.5	453.0	3929.5		720.5	4340.0	170.0	8.5	2351.5	74.5	39.0	108.5	8.0	4.0	128.5									24.0	119.0	20891.5	
B-094	471.0		316.5	7192.0	1226.0	47.0				188.5	36.5	28.5		147.0			5.5												9685.5	
B-098	466.0		609.0	9846.5	1264.5	151.0		32.0	124.5	53.0	525.0	1.0	58.0	119.0	24.0	12.0	12.0			40.0									13353.0	
B-099	743.5		452.5	9324.5	1067.5	106.5	14.5	12.5	82.0	77.0	1071.0	2.0	16.0	70.0						56.0									13100.5	
A-048	962.0		652.5	172.0	302.5	2489.5	172.5	1478.5	3400.5	59.5		811.5	74.0	80.0	167.5	76.0	24.0												10947.5	
A-002	1804.0		51.0	1466.5	345.5	450.0	24.0	62.0	48.0	5087.5	143.0	11.0	4.0	44.0	14.0	10.5	8.0			16.0									9616.5	
A-003	2467.5		50.0		10.0	8.0		52.0	16.0	4273.0				50.5	24.0			16.0		48.0									7032.5	
B-103	745.0		2804.0	15021.5	1279.5	312.5		24.0	4.5	39.0	757.0	9.5	8.0	28.5			12.0			56.0									21128.0	
B-049	724.0		91.5	346.0	842.5	12334.5	276.5	2205.0	182.0	23.0	170.0	22.0	19.5	22.5	9.5	26.5	28.0												17340.5	
A-004	3226.5	2.0	170.5	31.0	41.0	113.5		44.0	90.0	7487.0			88.0	181.0	511.0	113.0	12.0	28.0											12235.5	
B-104	896.0		300.0	12341.5	887.5	39.5			2.0	282.0	10.0	24.0	75.0	262.5	132.0	47.0	8.0		8.0	8.0									15475.0	
B-005	1476.5		22.0	76.0	2.0	8.0		26.0	17.0	10694.5					8.0												2.0		12338.0	
A-007	1361.0				4.0			9.0	16.0	1251.0				12.0	4.0			6.0											2673.0	
A-043	1829.5		1100.5	8983.0	405.5	818.5	46.5	781.0	4097.5	227.5	327.0	109.5	114.0	223.5	650.0	88.0	16.0	2.0		74.0								5.0	19967.0	
B-109	450.0		391.5	11759.0	699.0	169.5		46.0	35.0	130.5	552.0	11.0	20.0	204.0	155.5	36.5	24.0		8.0	3.0							2.0		14700.5	
A-008	5087.0		10.0	4.0	8.0			110.0	40.0	10996.0		14.0	50.0	138.0	64.0				6.0	132.0									16734.0	
B-114	1078.0		555.5	7733.5	1865.0	2468.5	6.0		219.5	1537.0	24.5	162.5	4.0	510.0	26.0	21.0	3.5												17350.0	
B-115	538.5		477.0	11753.0	878.5	82.0		21.0	23.0	62.0	344.5		42.0	69.0	124.0	70.5	16.0		8.0										14513.0	
A-052	380.5		63.0	40.0	123.0	579.5	145.0	992.5	228.5	10.5	21.0		38.0		40.0	4.0			16.0	8.0									2689.5	
B-054	755.0		276.0	248.0	1084.0	8247.0	456.5	2578.5	286.0	14.0	54.0	10.0	20.0	8.0	12.0	16.0	32.0		8.0	52.0									14157.0	
B-120	433.0		263.0	4633.5	7401.0	555.0	18.5	42.5	92.5	36.0	420.0		36.0			12.0	12.0	2.0		56.0									14040.0	
B-122	524.5		407.5	12098.5	484.5	18.0		39.5	9.5	112.5	649.0	13.0	62.0	279.0	127.0	46.0	32.0												14957.5	
B-123	1458.5		2938.5	15186.0	1598.5	227.5	3.0	14.0	16.5	45.5	607.0	5.0	4.0	20.0			12.0			41.0									22204.0	
A-079	2500.0		669.0	62.0				8.0	21.0	20.0			431.0	522.0	1028.0	574.0	205.0												6138.5	
A-055	1502.5		107.0	253.0	1214.5	13535.0	237.5	2165.5	520.5	54.0	129.0	48.5	19.0	29.5	4.0	8.0	18.0	5.0									2.5	8.0	19881.5	
A-056	1170.5		2084.5	731.5	10553.5	2858.0	313.0	2691.0	289.0	136.0	99.0	60.5	45.0	8.0	56.0	2.0	2.0	2.0	8.0									4.0	21163.0	
A-010	4388.5		49.5	257.0	115.0	192.5		16.0	16.5	13713.0		5.5	191.5	3.0	34.5	1.0											343.0		19420.0	
A-057	688.0		85.0	96.5	239.0	5298.5	269.5	2579.5	652.0	50.0	38.0	40.0	30.0	27.0	143.0	34.0		6.0	4.0	16.0								10.0	10322.0	

第十節 問卷資料分析

本研究針對45位遊艇製造業研究對象進行問卷評估，並依照其工作內容將其分為積層相關作業與非積層相關作業，積層相關作業包括手積層作業組與真空積層作業組，而非積層作業包括整修研磨作業組、木工組、與行政人員。其人數、年齡與性別分布整理於表53。積層相關作業之女性員工比例較高，教育程度與年齡並無顯著差異，BMI則較為正常。疾病史部分，積層作業員工有較高比例的呼吸系統疾病與過敏相關疾病，但並未達統計顯著差異。抽菸比例因為積層作業女性較多，所以抽菸比例較低。積層相關作業似乎有較高之週邊神經系統症狀之員工(如穿拖鞋容易掉、走路不穩如採於棉花地、手部有麻的感覺等)，但並未達統計顯著差異。聽力系統之耳鳴於非積層作業人員較多，主要因為非積層作業之木工與整修，時常接觸因為使用到研磨與切割機械所產生的噪音。皮膚相關症狀部分，非積層作業以接觸研磨所產生的玻璃纖維粉塵為主成因，而積層作業則是由於接觸化學物質與手套使用所造成為主。呼吸系統部分，積層作業員工有較高比例於沒有感冒的情形下卻有慢性咳嗽，且該呼吸道症狀於假日有較為改善的比例以積層相關作業勞工較多。(未達統計顯著差異)於積層相關作業的員工中有一位疑似氣喘的員工，且該位員工的呼吸道症狀會於工作後較為嚴重。

表 53 問卷相關資料整理

基本資料 n-45	非積層(n=22)		積層相關(n=23)		p-value
	n	% of 非積層	n	% of 積層	
性別					
男	19	86.36	7	30.43	<0.01
女	3	13.64	16	69.57	
教育程度					
國小、國中	5	25.00	10	43.48	0.20
高中職以上	15	75.00	13	56.52	
年齡(mean,sd)	39	11.01	38	8.68	0.76
BMI(mean,sd)	25	5.46	21	3.46	0.01

基本資料 n-45	非積層(n=22)		積層相關(n=23)		p-value
	n	% of 非積層	n	% of 積層	
抽煙習慣	9	40.91	5	21.74	0.17
每日平均抽煙數 (根)					
無	15	68.18	18	78.26	0.16
半包(1~10)	4	18.18	3	13.04	
半包~一包(11~20)	3	13.64	0	0.00	
一包~二包(21~40)	0	0.00	2	8.70	
嚼食檳榔習慣	4	18.18	4	17.39	0.94
飲酒習慣	10	45.45	8	34.78	0.47

基本資料 N=45	非積層 (n=22)		積層相關(n=23)		p value
	n	% of 非積層	n	% of 積層	
心臟血管系統	2	9.09	2	8.70	0.96
神經系統	1	4.55	2	8.70	0.58
呼吸系統	3	13.64	7	30.43	0.18
內分泌系統	1	4.55	0	0.00	0.30
腎臟泌尿系統	4	18.18	2	8.70	0.35
皮膚系統	5	22.73	5	21.74	0.94
血液系統	1	4.55	3	13.04	0.32
過敏相關疾病	3	13.64	9	39.13	0.10
生殖系統					
男	1	4.55	0	0.00	0.09
女	0	0.00	5	21.74	
長期服用藥物	1	4.55	3	13.04	0.32
其他健康問題	0	0.00	0	0.00	

分類/n=45	病名	個數	(%)
心臟血管系統	心律不整	2	4.44
	高血壓	3	6.67
	缺血性心臟病	1	2.22
神經系統	記憶困難	2	4.44
	周邊神經病變	1	2.22
呼吸系統	過敏性鼻炎	3	6.67
	慢性氣管炎、肺氣腫	1	2.22
	漏斗胸	1	2.22
內分泌系統	糖尿病	1	2.22
腎臟泌尿系統	腎結石	3	6.67
	輸尿管結石	1	2.22
	尿道結石	1	2.22
皮膚系統	皮膚炎	4	8.89
	紅疹	4	8.89
	黑斑	1	2.22
血液系統	貧血	3	6.67
	低血壓	1	2.22
免疫性疾病	過敏	12	26.67
生殖系統	性功能障礙	1	2.22
長期服用藥物	降血糖	1	2.22
	皮膚藥	1	2.22
	頭痛止痛藥	1	2.22
	過敏藥	1	2.22
其他健康問題		0	0.00

神經系統	N=45	非積層 (n=22)		積層相關 (n=23)		p-value
		n	% of 非積層	n	% of 積層	
1. 平時上下樓梯、走路會不會容易絆倒?		0	0.00	0	0.00	
2. 可不可以抬高大腿，或雙手交叉於胸前而站起來?		16	72.73	16	69.57	0.52
3. 穿拖鞋會不會穿不住、容易掉?		0	0.00	1	4.35	0.32
4. 走路會不會不穩、會搖晃，使不上力，如踩在棉花地、軟的爛泥巴上的感覺?		0	0.00	2	8.70	0.16
5. 全身任何地方會出現”麻”、”目”、”無知覺感”?		5	22.73	7	30.43	0.56
6. 全身有任何地方出先”燒灼感”、”深部肌肉痛”、”壓痛”等?		2	9.09	5	21.74	0.29
7. 從坐、臥、躺而站起來後，會持續發暈或昏倒或眼前一片黑 3~5 分鐘?		2	9.09	5	21.74	0.32
8. 您是否於工作後有頭暈、噁心的症狀?		0	0.00	0	0.00	

聽力系統	N=45	非積層 (n=22)		積層相關 (n=23)		p-value
		n	% of 非積層	n	% of 積層	
您自己覺得您的聽力狀況如何?		18	81.82	20	86.96	0.89
正常		4	18.18	3	13.04	
有輕微困難						
過去 12 個月您是否有被耳鳴(耳內產生鈴聲或是像蟬叫聲)所困擾?		7	31.82	1	4.35	0.02
您的工作有多少時間接觸到噪音(很吵雜且大聲的聲音)?						
少於一半工作時間		18	81.82	21	91.30	0.35
一半工作時間以上		4	18.18	2	8.70	
您在噪音情況下工作時是否有戴聽力保護設備?		13	59.09	12	52.17	0.64

心血管系統	N=45	非積層 (n=22)		積層相關 (n=23)		p-value
		n	% of 非積層	n	% of 積層	
最近六個月您是否有感覺到胸口“翻攪跳動”？		3	13.64	3	13.04	0.95
最近六個月您是否曾經於爬坡、爬樓梯、或是出力時發生到胸口悶痛的現象？		2	9.09	2	8.70	0.96
最近六個月您是否曾經於爬坡、爬樓梯、或是出力時容易很喘的現象？		4	18.18	8	34.78	0.24

皮膚系統	N=45	非積層 (n=22)		積層相關 (n=23)		p-value
		n	% of 非積層	n	% of 積層	
您是否有過皮膚產生很癢的紅疹？		9	40.91	11	47.83	0.54
最近六個月有沒有發生上述的發癢紅疹？		6	27.27	10	43.48	0.21
您皮膚的發癢紅疹有沒有在休假沒有工作的時候較為改善(週末或是放長假)？		7	31.82	3	13.04	0.15
工作中是否有因為接觸某些化學物質造成您的發癢紅疹產生？		5	22.73	9	39.13	0.20
工作以外的時間是否因為接觸某些化學物質造成您的發癢紅疹產生？		1	4.55	2	8.70	0.55

該很癢的紅疹發生在哪些地方?(可複選)	N=45	非積層 (n=22)		積層相關(n=23)	
		n	% of 非積層	n	% of 積層
臉部		4	18.18	2	8.70
脖子		5	22.73	5	21.74
身體軀幹		5	22.73	5	21.74
手指、手背與手掌		5	22.73	6	26.09
手腕與前臂		5	22.73	7	30.43
腳		5	22.73	7	30.43

呼吸系統	N=45	非積層 (n=22)		積層相關 (n=23)		p-value
		n	% of 非積層	n	% of 積層	
您是否於沒有感冒的情形下卻還是長期有咳嗽的問題?		2	9.09	7	30.43	0.07
您的咳嗽頻率是否超過每天大於 4 小時，每週大於 4 天?		1	4.55	2	8.70	0.25
您是否有超過 5 個月有上述的咳嗽頻率?且已經幾年了?		0	0.00	4	17.39	0.10
您是否有長期有咳痰的問題?		5	22.73	5	21.74	0.94
您的咳嗽頻率是否有超過每天大於 2 次，每週大於 4 天?		3	13.64	3	13.04	0.99
您每年是否有超過 3 個月有上述的咳嗽頻率?且已經幾年了?		2	9.09	4	17.39	0.71
您是否曾經發生過呼吸困難伴有咻咻聲的情況?		1	4.55	2	8.70	0.55
在過去一年，平均每週您曾經在睡眠中因為” 呼吸困難伴有咻咻聲” 而醒過來多少次?						
沒有		22	100.00	22	95.65	0.07
一週一次以下		0	0.00	0	0.00	
一週大於一次		0	0.00	1	4.35	
執行現在這份工作之後，發生過” 呼吸困難伴有咻咻聲” 次數是否增加?		0	0.00	1	4.35	0.32
您以前有沒有醫師診斷而知道患有” 氣喘病” ?		1	4.55	0	0.00	0.29
您的氣喘、胸悶或咳嗽的症狀是否在休假的時候較為改善?		3	13.64	5	21.74	0.48
在沒有感冒發燒的情況下，您會常打噴嚏、流鼻水或鼻塞嗎?		11	50.00	10	43.48	0.66
您工作時候是否有戴呼吸防護具?		19	86.36	31	91.30	0.59

第十一節 血液與尿液分析

本研究針對132位遊艇製造業研究對象進行血液採集，其中126位亦取得其工作內容分類，採血時間為第五個工作天(星期五)早上工作前。進行血液的檢測項目包括血球分類計數與分類，免疫功能檢測（免疫球蛋白測試Ig-E），與發炎指標（高敏感度C反應蛋白）。該126位研究對象的工作內容可分為木工、行政、研磨、真空注入、勤務、整修、與積層。下表54，分析不同工作內容研究對象的性別、血球分類計數與分類，免疫功能檢測（免疫球蛋白測試Ig-E），與發炎指標（高敏感度C反應蛋白）之差異。

表54各類工作人員之血液檢測

人數	木工 11	行政 27	研磨 3	真空注入 14	勤務 3	整修 23	積層 45	p
性別(男)%	90.91	77.78	100	50	66.67	91.3	22.22	<0.0001 ^a
白血球數(μ l), mean(SD)	6745.45(1030.89)	6770.37(1971.69)	8866.67(4957.15)	6857.14(1606.1)	6766.67(2538.37)	6943.48(2374.07)	6075.56(1392.37)	0.59 ^b
血紅素(g/dl), mean(SD)	15.24(1.04)	14.46(1.49)	14.37(0.85)	14.09(1.24)	15.47(1.74)	15.24(1.39)	13.69(1.69)	<0.001 ^b
紅血球容積比(%), mean(SD)	44.82(2.8)	43.04(3.5)	41.83(1.9)	41.35(3.23)	44.77(5.68)	44.93(3.54)	40.44(4.15)	<0.0001 ^b
平均血球容積(fl), mean(SD)	87.51(3.01)	83.44(8.22)	91.07(2.94)	86.91(3.68)	85.4(2.66)	86.69(7.26)	85.39(8.17)	0.38 ^b
血小板數($10^3/\mu$ l), mean(SD)	237.55(46.95)	270.52(49.14)	297.67(54.5)	273.43(43.96)	254(101.21)	247.52(48.39)	270.31(52.34)	0.19 ^b
嗜中性白血球(%), mean(SD)	52.23(7.63)	55.19(8.55)	63.73(13.68)	55.34(5.67)	62.07(2.14)	58.38(8.1)	55.27(7.39)	0.21 ^b
淋巴球(%), mean(SD)	37.95(7.25)	36.41(8.47)	28.47(11.76)	34.64(5.33)	27.27(2.99)	31.86(6.76)	36.01(7.45)	0.07 ^b
單核球(%), mean(SD)	5.74(1.34)	5.67(1.08)	4.9(0.52)	5.64(1.34)	6.9(1.51)	6.63(2.07)	5.59(1.14)	0.14 ^b
嗜伊紅性白血球(%), mean(SD)	3.51(1.58)	2.19(1.93)	2.47(1.45)	3.96(4.44)	3.37(1.65)	2.64(1.9)	2.64(2.2)	0.18 ^b
嗜鹼性白血球(%), mean(SD)	0.57(0.49)	0.54(0.34)	0.43(0.21)	0.41(0.23)	0.4(0.17)	0.49(0.25)	0.48(0.31)	0.92 ^b
E型球蛋白(IU/ml), mean(SD)	93.84(102.87)	130.36(304.12)	70.9(75.47)	176.11(320.02)	219.63(140)	92.68(205.34)	128.91(172.97)	0.44 ^b
C反應蛋白, mean(SD)	0.07(0.03)	0.13(0.29)	0.18(0.19)	0.07(0.03)	0.13(0.07)	0.17(0.16)	0.14(0.16)	0.18 ^b

*a: p value is tested by chi-square; b: p values are tested by Kruskal-Wallis tests.

以Tukey-Kramer HSD進行事後檢定，顯示積層作業與整修與木工兩組的血紅素與紅血球容積比皆有顯著較低的情形。然而考量血紅素與性別差異影響甚大，因此以多變項線性迴歸模式校正性別後，結果顯示積層作業與其他非積層作業並無顯著減少血紅素與紅血球容積的現象。

本研究另外針對上述132員工中的45位員工之血液與尿液作進一步生化檢驗，並將員工依目前工作內容分為積層相關作業與非積層相關作業兩組。各項檢

驗指數分析如表55，結果顯示大部分檢驗，如肝功能、尿液檢查、發炎指數、過敏免疫球蛋白、白血球與其分類、與血小板並無顯著差異。腎功能之肌酸酐與血球檢查之血紅素於積層作業人員較低，主要是因為於積層作業員工中女性員工顯著較多的原因所造成。

表 55 積層與非積層作業之各項血液與尿液檢驗值

	非積層	積層相關	p	
人數	22	23		a
性別(男)%	86.4	30.4	<0.0001	a
白血球數(K/ μ l), mean(SD)	7.13(2.27)	5.96(1.67)	0.07	b
血紅素(g/dl), mean(SD)	14.9(1.0)	13.9(1.1)	0.003	b
紅血球容積比(%), mean(SD)	43.5(2.6)	40.8(2.9)	0.002	b
平均血球容積(fl), mean(SD)	87.3(5.3)	87.5(5.1)	0.95	b
血小板數(10 ³ / μ l), mean(SD)	256.7(56.7)	276.7(48.3)	0.18	b
嗜中性白血球(%), mean(SD)	56.5(8.8)	54.2(6.4)	0.29	b
淋巴球(%), mean(SD)	34.5(8.3)	37.1(5.9)	0.22	b
單核球(%), mean(SD)	5.9(1.4)	5.6(1.3)	0.67	b
嗜伊紅性白血球(%), mean(SD)	2.6(1.6)	2.6(1.6)	0.89	b
嗜鹼性白血球(%), mean(SD)	0.6(0.4)	0.5(0.3)	0.38	b
E型球蛋白(IU/ml), mean(SD)	100.5(102.1)	116.6(159.7)	0.97	b
C反應蛋白, mean(SD)	0.18(0.32)	0.09(0.10)	0.18	b
血清麩胺酸苯醋酸轉氨基酶, mean(SD)	27.7(13.6)	24.9(12.5)	0.32	b
血清麩胺酸丙酮酸轉氨基酶, mean(SD)	39.7(39.3)	29.1(29.8)	0.11	b
鹼性磷酸酶, mean(SD)	66.6(11.9)	65.5(23.1)	0.29	b
麩胺轉酸酶, mean(SD)	64.5(89.9)	23.1(19.9)	0.003	b
血中尿素氮, mean(SD)	1.0(0.2)	0.8(0.1)	<0.0001	b
血中肌氨酸, mean(SD)	14.9(4.3)	13.9(4.2)	0.32	b
腎絲球過濾率, mean(SD)	83.6(11.6)	91.2(15.4)	0.24	b
尿液比重, mean(SD)	1.02(0.006)	1.02(0.008)	0.98	b
尿液酸鹼度, mean(SD)	6.31(0.56)	6.61(0.88)	0.17	b
尿蛋白陽性%	0	4.4	1	c
尿糖陽性%	4.6	0	0.49	c
尿酮體陽性%	4.6	0	0.49	c
尿潛血陽性%	18.2	30.4	0.34	a
尿液白血球酯酶陽性%	0	17.9	0.11	c

*a: p value is tested by chi-square; b: p values are tested by Kruskal-Wallis tests.c: p values are tested by Fisher's exact test

本研究蒐集上述45位員工過去工作內容之工作時數，並將其血液與尿液檢查結果與最近六個月累積積層作業時數進行相關性分析，並以複回歸校正年齡與性別，相關結果呈現於表56。其中於白血球分類部分，最近六個月累積積層作業時數與嗜中性白血球比例呈現負相關，與淋巴球比例呈現正相關；然如果進一步將血球比例乘以白血球總數，取得嗜中性白血球與淋巴球的血液中數目，則最近六個月累積積層作業時數與嗜中性白血球與淋巴球的血液中數目無顯著相關。

表 56 過去六個月積層作業累積時數與各項血液與尿液檢驗值之相關性

	過去六個月基層工作時數 (小時)	
	β	p value
白血球數(K/ μ l)	-0.002	0.21
血紅素(g/dl)	0.0007	0.22
紅血球容積比(%)	0.002	0.22
平均血球容積(fl)	0.0002	0.96
血小板數(10 ³ / μ l)	-0.02	0.64
嗜中性白血球(%)	-0.01	0.02
淋巴球(%)	0.01	0.04
單核球(%)	0.00002	0.99
嗜伊紅性白血球(%)	0.002	0.16
嗜鹼性白血球(%)	0.00001	0.96
嗜中性白血球數(per μ l)	-2.02	0.1
淋巴球數(per μ l)	0.11	0.79
E型球蛋白(IU/ml)	0.06	0.55
C反應蛋白	0.00007	0.71
血清麩胺酸苯醋酸轉氨基酶	0.002	0.84
血清麩胺酸丙酮酸轉氨基酶	0.004	0.89
鹼性磷酸酶	0.007	0.62
麩胺轉酸酶	0.0004	0.99
血中尿素氮	0.003	0.31
血中肌氨酸	-0.00004	0.66
腎絲球過濾率	0.002	0.83
尿液比重	0.000008	0.13
尿液酸鹼度	0.0005	0.31

*p value adjusted with Age and gender by using multiple linear regression

第十二節 尿液中DNA氧化壓力指標分析

本研究針對45位遊艇製造業研究對象進行工作後尿液採集，並將其送檢尿液DNA氧化壓力指標8-OHdG (8-hydroxy-2-deoxyguanosine)檢驗，並以尿中肌酸酐進行校正。表57呈現各項個人因子、當日總有機溶劑暴露量、與近半年積層作業與研磨相關作業累積時數等與工作後尿液中8-OHdG之相關性。結果並無發現顯著相關因子。

表 57 工作後尿液中 8-OHDG 含量與各因子之相關係數

	8-OHdG(ng/g cre)	<i>p</i> -value
女性性別	0.14	0.35
體重指數,BMI	-0.122	0.42
教育程度,≥13 年	-0.06	0.68
目前抽煙	-0.14	0.35
累積抽煙量, pack-year	0.008	0.96
規則喝酒	-0.06	0.72
當日總揮發性有機化合物暴露平均, pp	-0.07	0.64
近半年累積積層工作時數,hr	0.0003	0.99
近半年累積研磨工作時數,hr	-0.014	0.93

第十三節 工作前與工作後肺功能分析

本研究針對45位遊艇製造業研究對象進行工作前後肺功能檢查，並探討當日肺功能變化與當日總有機溶劑暴露之相關性。45位員工中，有3位(6.7%)肺功能程腺阻塞型換氣功能障礙($FEV_1/FVC\% < 75\%$)，當中有一位之肺功能呈現嚴重阻塞型換氣功能障礙($FVC=38.24\%$ of prediction, $FEV_1=31.68\%$ of prediction, $FEV_1/FVC=68.45\%$)。另外有5位員工(11.1%)之肺功能屬於輕微侷限型肺功能障礙。暴露對於肺功能的影響，區分為當天暴露的立即效應，與累積效應，本研究主要探討的累積效應著重在積層相關作業的累積暴露與研磨相關作業的累積暴露。表58使用Mixed model進行工作前後肺功能的分析。於立即效應上，抽菸與當日平均總揮發性有機化合物暴露量與肺功能呈現負相關，但無統計上顯著差異。而如果將時間的因素加以考量，下午的肺功能會比上午來的好，可能是由於學習效應、或是肺功能本身就具有的早晚差異。但當日的有機溶劑暴露會顯著與當日 FEV_1 , MMF, FEF75的下降有關。就累積暴露而言，長期研磨相關的暴露與累積抽菸量有顯著交互作用，而主要影響的肺功能參數為MMF, FEF50, FEF75

表 58 以 Mixed model 探討各因子對於工作前後肺功能檢查之影響

	FVC		FEV1		FEV1/FVC		MMF		FEF25		FEF50		FEF75	
	% of prediction		% of prediction		%		% of prediction		% of prediction		% of prediction		% of prediction	
	β	p value	β	p value	β	p value	β	p value	β	p value	β	p value	β	p value
Model 1														
教育程度, <13年	-3.21	0.57	-3.94	0.53	-1.53	0.47	0.51	0.96	-11.78	0.22	3.03	0.8	-2.63	0.83
目前抽菸	-4.49	0.43	-5.31	0.38	-2.24	0.28	-7.78	0.46	-7.09	0.46	-5.28	0.65	-7.79	0.52
Log(當日平均總揮發性有機化合物暴露量), log ppm	0.41	0.81	-0.74	0.67	-0.75	0.21	-4.75	0.13	-3.17	0.26	-5.15	0.13	-4.53	0.21
Model 2: 立即效應														
教育程度, <13年	-3.21	0.57	-3.94	0.53	-1.53	0.47	0.51	0.96	-11.78	0.22	3.03	0.8	-2.63	0.83
目前抽菸	-4.49	0.43	-5.31	0.38	-2.24	0.28	-7.78	0.46	-7.09	0.46	-5.28	0.65	-7.79	0.52
Log(當日平均總揮發性有機化合物暴露量), log ppm	0.83	0.62	0.03	0.98	-0.47	0.46	-3.27	0.31	-2.45	0.4	-4.94	0.16	-2.42	0.51
下午時間點(相較於上午時間點)	3.62	0.009	2.96	0.03	-0.72	0.41	2.53	0.37	6.06	0.07	0.05	0.98	0.48	0.89
Log(當日平均總揮發性有機化合物暴露量)*下午時間點	-0.83	0.25	-1.54	0.04	-0.55	0.25	-2.96	0.057	-1.41	0.43	-0.42	0.77	-4.21	0.03
Model 3: 短期累積效應														
教育程度, <13年	-0.17	0.98	2.13	0.86	2.19	0.36	18.03	0.34	0.01	0.99	23.6	0.27	11.25	0.55
累積抽菸量														
沒有抽菸	0		0		0		0		0		0		0	
<15 pack-year	11.85	0.65	14.12	0.61	2.71	0.61	16.01	0.71	41.55	0.35	16.87	0.72	3.53	0.93
>=15 pack-year	4.01	0.84	8.37	0.69	3.68	0.37	22.57	0.49	25.58	0.45	33.04	0.37	12.3	0.71
Log(過去半年積層作業累積時數), log hour	2.72	0.53	4.37	0.36	2.02	0.04	7.52	0.31	6.35	0.39	7.17	0.37	8.56	0.24
Log(過去半年研磨作業累積時數), log hour	-0.68	0.93	-2.84	0.73	-1.99	0.23	-16.6	0.21	-5.12	0.69	-18.79	0.21	-20.28	0.13
Model 4: 短期累積效應														
教育程度, <13年	-0.58	0.96	1.69	0.89	2.22	0.38	17.17	0.38	-0.97	0.96	22.02	0.31	11.57	0.55
累積抽菸量														
沒有抽菸	0		0		0		0		0		0		0	
<15 pack-year	11.78	0.66	14.06	0.62	2.72	0.62	15.88	0.71	41.41	0.36	16.65	0.72	3.57	0.93
>=15 pack-year	27.29	0.63	33.21	0.58	2.08	0.85	71.2	0.44	82.5	0.38	123.31	0.23	-5.86	0.94
Log(過去半年積層作業累積時數), log hour	2.28	0.62	3.91	0.44	2.05	0.05	6.61	0.39	5.29	0.49	5.49	0.51	8.9	0.25
Log(過去半年研磨作業累積時數), log hour	3.42	0.77	1.54	0.91	-2.27	0.38	-8.02	0.68	4.91	0.81	-2.87	0.89	-23.49	0.25
抽菸與研磨交互作用														
Log(過去半年研磨作業累積時數)*沒有抽菸	0		0		0		0		0		0		0	
Log(過去半年研磨作業累積時數)*<15 pack-year	0		0		0		0		0		0		0	
Log(過去半年研磨作業累積時數)*>=15 pack-year	-6.41	0.65	-6.84	0.65	0.44	0.88	-13.39	0.57	-15.67	0.51	-24.86	0.34	5.01	0.83
Model 5: 中期累積效應														
教育程度, <13年	0.45	0.94	-0.34	0.96	-1.39	0.49	4.61	0.71	-8.93	0.43	8.82	0.53	-2.73	0.85
累積抽菸量														
沒有抽菸	0		0		0		0		0		0		0	
<15 pack-year	0.05	0.99	1.93	0.85	0.6	0.82	10.38	0.53	4.22	0.77	13.85	0.45	4.61	0.81
>=15 pack-year	-7.07	0.51	-11.99	0.33	-6.23	0.05	-17.02	0.39	-8.46	0.63	-8.87	0.68	-30.02	0.21
Log(過去兩年積層作業累積時數), log hour	0.67	0.69	0.41	0.83	115-0.002	0.99	-0.87	0.78	0.12	0.96	-0.83	0.81	-3.06	0.41
Log(過去兩年研磨作業累積時數), log hour	2.31	0.29	1.32	0.59	-1.02	0.12	-6.53	0.11	-3.32	0.35	-7.89	0.08	-6.99	0.14

Model 6：中期累積效應														
教育程度, <13年	-0.63	0.93	-2.11	0.78	-1.93	0.34	-0.04	0.99	-10.84	0.36	2.74	0.83	-6.45	0.65
累積抽菸量														
沒有抽菸	0		0		0		0		0		0		0	
<15 pack-year	-27.13	0.32	-35.85	0.22	-8.67	0.26	-49.75	0.27	-15.96	0.71	-35.38	0.46	-112.45	0.04
>=15 pack-year	0.38	0.99	3.99	0.9	-0.09	0.99	47.61	0.36	20.74	0.68	92.52	0.11	-17.75	0.76
Log(過去兩年積層作業累積時數), log hour	1.77	0.36	2.03	0.34	0.42	0.44	2.22	0.5	1.26	0.69	2.36	0.51	1.41	0.71
Log(過去兩年研磨作業累積時數), log hour	0.11	0.97	-1.38	0.76	-1.55	0.19	-8.39	0.23	-3.48	0.61	-6.41	0.39	-17.68	0.03
抽菸與研磨交互作用														
Log(過去兩年研磨作業累積時數)*沒有抽菸	0		0		0		0		0		0		0	
Log(過去兩年研磨作業累積時數)*<15 pack-year	6.24	0.29	8.65	0.18	2.11	0.21	13.56	0.18	4.51	0.64	10.85	0.31	26.99	0.02
Log(過去兩年研磨作業累積時數)*>=15 pack-year	-0.11	0.98	-1.16	0.84	-0.69	0.66	-8.98	0.35	-4.38	0.64	-16.16	0.12	3.14	0.77
Model 7：長期累積效應														
教育程度, <13年	-0.13	0.98	-0.52	0.94	-0.79	0.72	4.01	0.75	-8.98	0.43	7.51	0.6	-1.07	0.94
累積抽菸量														
沒有抽菸	0		0		0		0		0		0		0	
<15 pack-year	-1.68	0.84	1.05	0.91	1.57	0.58	12.24	0.46	7.22	0.62	16.19	0.38	7.37	0.71
>=15 pack-year	-11.51	0.25	-16.22	0.14	-6.37	0.06	-19.82	0.31	-9.13	0.6	-10.31	0.63	-31.81	0.17
Log(過去八年積層作業累積時數), log hour	1.61	0.22	1.45	0.32	0.08	0.85	0.79	0.76	1.71	0.46	0.68	0.81	-0.51	0.86
Log(過去八年研磨作業累積時數), log hour	3.25	0.15	3.24	0.19	-0.08	0.91	-0.28	0.94	-0.51	0.89	-2.06	0.67	1.51	0.76
Model 8：長期累積效應														
教育程度, <13年	-1.51	0.83	-2.97	0.67	-1.62	0.44	-3.84	0.73	-13.15	0.26	-1.96	0.87	-7.76	0.57
累積抽菸量														
沒有抽菸	0		0		0		0		0		0		0	
<15 pack-year	-25.69	0.52	-43.88	0.31	-17.52	0.16	-52.81	0.43	42.81	0.54	-42.76	0.55	-128.48	0.11
>=15 pack-year	16.11	0.62	33.17	0.34	10.32	0.31	63.7	0.19	72.77	0.21	78.38	0.15	103.24	0.12
Log(過去八年積層作業累積時數), log hour	2.02	0.15	2.22	0.14	0.37	0.38	2.6	0.27	2.08	0.38	2.69	0.28	1.68	0.54
Log(過去八年研磨作業累積時數), log hour	4.31	0.19	5.06	0.15	0.42	0.67	7.59	0.17	5.5	0.38	7.96	0.18	6.14	0.35
抽菸與研磨交互作用														
Log(過去八年研磨作業累積時數)*沒有抽菸	0		0		0		0		0		0		0	
Log(過去八年研磨作業累積時數)*<15 pack-year	3.87	0.57	7.28	0.31	3.13	0.14	9.69	0.41	-6.96	0.55	8.32	0.51	22.15	0.11
Log(過去八年研磨作業累積時數)*>=15 pack-year	-4.12	0.41	-7.35	0.17	-2.44	0.12	-24.01	0.007	-13.22	0.13	-29.12	0.003	-19.97	0.055

第十四節 工作前與工作後辨色力檢查分析

本研究針對 45 位遊艇製造業研究對象進行工作前後辨色力檢查，其中有一位為色盲，其檢查結果不列入分析。由於辨色力之色混指數(Color confusion index, CCI)之檢驗結果屬於左截斷(Left truncation)分布之資料型態，本研究將 CCI 以中位數進行分群，CCI 大於中位數者，屬於較為不好的辨色力。表 59 呈現工作前後色混指數差值與當日總有機溶劑暴露之相關性，經複回歸校正年齡、教育程度、飲酒、與上午之色混指數，然結果顯示當日的有機溶劑暴露與色混指數的變差，並無顯著相關。表 60 呈現早上工作前色混指數是否較差與短中長期積層相關作業累積時數之相關性。結果顯示兩年與八年的累積積層作業時數越高，有較高風險得到較差之色混指數(OR=4.79, p=0.03; OR=6.45, p=0.01)。此外，無規則飲酒者有較好的色混指數(未達統計意義)。年紀較大者有較差之色混指數(未達統計意義)。

表 59 以線性回歸探討各因子對於工作前後色混指數(Color confusion index, CCI)差值之影響

	左眼色混指數差		右眼色混指數差		平均色混指數差	
	β	p value	β	p value	β	p value
教育程度, <13年	0.008	0.84	-0.04	0.41	-0.03	0.51
年齡, 年	-0.003	0.52	0.001	0.77	-0.002	0.66
無規則飲酒	0.009	0.88	-0.09	0.2	-0.05	0.44
工作前色混指數大於中位數	-0.03	0.41	-0.09	0.03	-0.04	0.31
Log(當日平均總揮發性有機化合物暴露量), log pp	-0.01	0.67	-0.004	0.89	-0.005	0.811

註：色混指數差=工作後色混指數-工作前色混指數

註：工作前：左眼色混指數中位數=1.1802；右眼色混指數中位數=1.1610；雙眼平均色混指數中位數=1.13

表 60 以邏輯斯回歸探討各因子與較差工作前色混指數(Color confusion index, CCI)之相關性

	左眼色混指數		右眼色混指數		平均色混指數	
	OR	p value	OR	p value	OR	p value
短期累積效應						
教育程度, <13年	1.01	0.98	1.01	0.98	1.16	0.84
年齡, 年	6.38	0.14	6.38	0.14	7.57	0.11
無規則飲酒	0.23	0.25	0.23	0.25	0.27	0.32
半年積層作業時數大於中位數	3.32	0.09	3.32	0.09	3.12	0.1
中期累積效應						
教育程度, <13年	1.29	0.71	1.29	0.71	1.46	0.59
年齡, 年	7.23	0.13	7.23	0.13	8.24	0.11
無規則飲酒	0.09	0.07	0.09	0.07	0.11	0.11
兩年積層作業時數大於中位數	5.41	0.03	5.41	0.03	4.79	0.03
長期累積效應						
教育程度, <13年	1.06	0.94	1.06	0.94	1.22	0.79
年齡, 年	3.12	0.39	3.12	0.39	3.84	0.31
無規則飲酒	0.16	0.18	0.16	0.18	0.2	0.24
八年積層作業時數大於中位數	7.13	0.008	7.13	0.008	6.45	0.01

註：1.較差色混指數為色混指數於群體的中位數以上者。左眼色混指數中位數

=1.1802；右眼色混指數中位數=1.1610；雙眼平均色混指數中位數

=1.1339。

2.累積積層作業大於中位數。半年積層作業時數中位數=0 小時；兩年積層作業時數中位數=48.5 小時；八年積層作業時數中位數=248 小時

第十五節 工作前與工作後神經行為檢查分析

本研究針對 45 位遊艇製造業研究對象進行工作前與工作後神經行為檢查，順向記憶力的滿分為 16 分，逆向記憶力的滿分為 14 分，注意力的滿分為 50 分，分數越高代表相關功能越好。以記憶力部分來說，20%的參與者在上午受測時表現低於一般水準，有 16%在下午受測時表現較差。另一方面，有 29%的人在下午受測時有較上午退步的現象。以持續注意力部分來說，58%的參與者在上午受測時表現低於一般水準，有 42%在下午受測時表現較差。另一方面，有 22%的人在下午受測時有較上午退步的現象。表 61 呈現以 Mixed model 迴歸分析當日總有機溶劑暴露量與工作前後記憶力與持續注意力的影響，有機溶劑的暴露對於

記憶力與注意力均有負向相關，而又以順向記憶力之影響最為顯著($\beta=-0.67$, $p=0.002$)。且下午順向記憶力的變差與當日有機溶劑暴露有顯著相關($\beta=-0.34$, $p=0.04$)。而教育程度較低與順向記憶力有顯著負相關。而當日有揮發性有機化合物的平均暴露濃度與當日上下午的持續注意力無顯著變化之影響。年紀增加與記憶力與注意力有負相關(但未達統計意義)。表 62 呈現以 Mixed model 迴歸分析過去短中長期積層作業累積時數與神經行為影響。結果顯示，中期與長期的積層作業累積時數與順向記憶力與持續注意力有顯著負相關。

表 61 以 Mixed model 探討各因子對於工作前後神經精神檢查之影響

	順向記憶力		逆向記憶力		記憶力總分		持續注意力	
	β	p value	β	p value	β	p value	β	p value
Model 1								
教育程度, <13年	-1.66	0.03	-1.13	0.11	-2.79	0.03	-4.03	0.16
年齡, 年	-0.02	0.47	-0.02	0.61	-0.04	0.48	-0.04	0.78
Log(當日平均總揮發性有機化合物暴露量), log ppm	-0.67	0.002	-0.27	0.18	-0.94	0.01	-2.18	0.01
Model 2								
教育程度, <13年	-1.66	0.03	-1.13	0.11	-2.79	0.03	-4.03	0.16
年齡, 年	-0.02	0.47	-0.02	0.61	-0.04	0.48	-0.04	0.78
Log(當日平均總揮發性有機化合物暴露量), log ppm	-0.5	0.03	-0.17	0.43	-0.67	0.08	-2.59	0.005
下午時間點(相較於上午時間點)	0.77	0.01	0.58	0.1	1.36	0.01	3	0.04
Log(當日平均總揮發性有機化合物暴露量)*下午時間點	-0.34	0.04	-0.19	0.31	-0.54	0.06	0.81	0.29

表 62 以 Mixed model 探討各因子對於工作前神經精神檢查之影響

	順向記憶力		逆向記憶力		記憶力總分		持續注意力	
	β	p value	β	p value	β	p value	β	p value
短期累積效應								
教育程度, <13年	-2.13	0.03	-1.81	0.01	-3.94	0.01	-7.75	0.06
年齡, 年	0.04	0.44	0.04	0.26	0.08	0.29	0.19	0.39
Log(過去半年積層作業累積時數), log hrs	-0.5	0.08	0.01	0.95	-0.49	0.22	-0.99	0.38
中期累積效應								
教育程度, <13年	-1.62	0.04	-0.97	0.09	-2.58	0.03	-4.14	0.18
年齡, 年	0.01	0.76	0.04	0.18	0.05	0.39	0.12	0.48
Log(過去兩年積層作業累積時數), log hrs	-0.43	0.01	-0.09	0.43	-0.53	0.03	-1.66	0.01
長期累積效應								
教育程度, <13年	-1.49	0.06	-0.93	0.11	-2.41	0.04	-3.44	0.28
年齡, 年	0.04	0.35	0.04	0.16	0.08	0.21	0.16	0.36
Log(過去八年積層作業累積時數), log hrs	-0.37	0.02	-0.06	0.62	-0.43	0.07	-1.18	0.07

第五章 討論

第一節 FRP 作業使用化學物質探討

過去有關FRP相關的研究，大都針對玻璃纖維、苯乙烯、以及少數硬化劑的健康效應。鮮少針對其他添加於樹脂中的其他添加劑進行評估。本研究以地毯式的清查FRP所可能使用到的物質種類與其化學名稱，進而推估其對於呼吸道致敏感性的強度。本研究於118種FRP常用化學物質中，預測出可能有43種化學物質存在較高呼吸道致敏感性，且其中有許多化學物質尚未被認為是職業性氣喘的致氣喘物質，其中又以Cross linking agents與Stabilizer中的Light stabilizer，此兩類的物質中有較多的可能致氣喘物質。

Cross linking agents為FRP樹脂聚合的過程中所必需物質，Cross linking agents通常具有兩個活性的官能基，用來將兩側的物質單體加以結合，過去曾經有人提出假說認為有Cross linking能力的化學物質，可能於進入人體之後，鍵結體內大分子的物質，進而促進免疫的活化，引發過敏[81],[82]。本研究中這類的物質有：2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol Diisobutyrate、2,4-Pentanedione Peroxid、2,5-Dimethyl-2,5-di(2-ethylhexanoylperoxy)hexane、Benzoyl peroxide、Bis(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonat、Di-(2-ethylhexyl)peroxydicarbonate、Diisobutyl phthalate、Dimethyl 1,2-benzenedicarboxylate、N-(2-Hydroxyethyl)-N-Methyl-4-Toludine、tert-Butyl peroxybenzoate。Light stabilizer也是聚合樹脂塑膠中的必須物質，因為大部分的聚脂樹脂結構皆容易因為紫外線的照射造成破壞。

本研究中 Light stabilizer 有較高致氣喘可能性的物質有：
2,4-Di-tert-butylphenyl 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzoate、
2-(2'-Hydroxy-3',5'-di-tert-butylphenyl)-5-chlorobenzotriazole、
2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(1-methyl-1-phenylethyl)phenol、

2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertpentylphenol、2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-p-cresol、
 Bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl)
 [[3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl]methyl]butylmalonate、
 Bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl) sebacate、
 Bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl)sebacate、Etocrilene、Hindered amine、Methyl
 1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl sebacate、
 N-(2-Ethoxyphenyl)-N'-(4-ethylphenyl)-ethylene diamide、Octocrilene、Octrizole。
 雖然有這些可能具有致敏風險的物質被發現，但是仍需要有後續更多的研究於探
 討這些物質的真實暴露情形，以及對於人體產生氣喘的真實風險。

第二節 空氣中總揮發性有機溶劑暴露

本研究中的積層作業人員，有明顯高的有機溶劑暴露，又以大面積積層時的
 有機溶劑揮發量最高。而沒有從事積層作業時，也有可能因為同廠區內的其他員
 工正在從事積層作業而暴露到溢散而來的有機溶劑。此外，鄰近廠區的辦公室作
 業人員，處於密閉空調之辦公室環境，接觸由廠區積層作業所溢散累積的有機溶
 劑，且於辦公室內一般不會攜帶呼吸防護具，因此造成長期中低劑量的有機溶劑
 暴露。

第三節 問卷分析

本研究中的積層作業相關人員，有較高比例出現過敏症狀，以及過敏相關的
 呼吸道症狀，例如慢性咳嗽、胸悶等。這與本研究於化學物質評估中所查詢可能
 的致氣喘物質相呼應。代表積層相關作業可能存在有增加呼吸道過敏的可能性。
 然因為本研究的樣本數不足，尚無法對於過敏性呼吸道的發生率有統計上顯著的
 差異，但值得後續擴大研究，了解過敏性呼吸道疾病於遊艇積層作業員工的風
 險。此外，皮膚的症狀比例也相當高，但於研磨的員工似乎與積層作業員工造成

皮膚症狀的原因不同，整修研磨組的員工主要是因為研磨時玻璃纖維對於皮膚的刺激所造成，而積層作業人員則是和接觸不飽和聚脂樹脂與相關化學物質有關。非積層作業人員，有較高比例的耳鳴問題，可能的原因為其中大部分的人為木工與整修研磨組，工作中所使用的切割與研磨機械可能造成聽力的影響，且相較於其他行業的研磨人員，船殼製造廠的木工與整修研磨人員還會暴露到對於聽神經有害的苯乙烯，可能對聽力下降有加成影響。

第四節 血液分析

本研究中的積層作業人員，大部分的組成為女性，造成於初步群體分析時顯示積層作業組有較低的血紅素，但於校正性別之後，便沒有顯示出差異。雖然積層作業可能暴露於較多的職業性致敏物質，但是其血液中的IgE並沒有明顯差異，即便如此，許多化學性致敏物質並不會增加血液中的IgE，因此需要進一步蒐集問卷檢查、與肺功能檢查，了解呼吸道與皮膚等標的器官的健康情形。近六個月的累積積層積作業暴露，與血中白血球的嗜中性白血球比例下降，與淋巴球比例增加有關，但是相關血球的絕對值則顯著相關，因此對於臨床上的影響可能不會太大，但仍須進一步的研究以評估可能的成因與影響。

第五節 肺功能分析

本研究中由於個案數仍不足，使得統計效力不夠，然而本研究於肺功能部分使用上午下午的重複量測，增加統計效力，結果顯示當日總揮發有機化合物的平均濃度會造成肺功能的下降，且下降的肺功能參數為阻塞相關的參數；此立即的影響，可能發生的原因為過敏性或是刺激性。但是於長期累積效應來看，積層相關作業的工作時數，並沒有與肺功能變差有顯著的負相關。但是，於研究過程中也發現廠區內有一位年輕人肺功能呈現嚴重阻塞的現象，該員工的肺功能下降無法以一般的抽菸所致之慢性阻塞性肺病來解釋，有可能須要懷疑某些特異體質與暴露交互作用而產生的阻塞性細支氣管炎(Bronchiolitis obliterans)，因此，該員工

需要接受進一步檢查。此外，研磨相關作業暴露於玻璃纖維與樹脂之粉塵，雖然研磨作業累積量本身並沒有顯著造成肺功能下降，然而長期研磨作業與抽菸的累積量對於肺功能的變差存在顯著的交互作用，因此，船殼製造廠的員工除了需要攜帶粉塵的防護用具外，亦應該戒菸。

第六節 辨色力分析

辨色力的變化與當天的有機溶劑暴露並無顯著相關，卻與過去兩年與八年間的累積積層部露有關，顯示辨色力的影響可能需要一段時間的累積暴露才會造成。過去的研究顯示辨色力的下降於長期暴露於苯乙烯20ppm濃度的作業環境下較有可能發生，因此，工作場所通風與攜帶防護具乃相當重要。

第七節 神經行為檢查分析

本研究顯示當日有機溶劑的暴露對於神經行為有立即性的影響，而又以順向記憶力的影響最大。同時，累積積層相關暴露也會對於神經行為有影響，以順向記憶力與持續注意力之影響為主。因此，有機溶劑可能存在立即與永久性的中樞神經健康效應。順向記憶力本身也會因為注意力集中程度而有影響，代表有機溶劑與積層相關作業，可能會影響員工的注意力集中情形，而注意力集中情形可能進一步與意外災害事件的發生有關，有待後續研究評估積層作業人員是否有較高的交通意外事件。本研究之遊艇業，使用濾毒罐給予員工進行呼吸防護，但從立即性神經行為之影響顯示，員工攜帶防護具的緊密度可能不足，然而，從另一方面考慮，工作中長時間攜帶半罩式濾毒罐呼吸防護具可能會相當不適，可能下降緊密攜帶的順從性，因此，即使有濾毒罐使用，增加工作現場的換氣量仍是相當重要。此外，亦可考慮於明顯高暴露的作業情形下，使用頭盔式寬鬆面體的動力淨氣式呼吸防護具，以攜帶增加舒適度與防護效力。

第八節 研究限制

本研究存在諸多限制。第一、本研究針對的研究廠家為專門以FRP製程從事船殼製造的工廠，其工作比例積層作業最多，這樣的現象不一定能推估到所有的遊艇製造業，因為遊艇業於船殼積層作業以外的工作上許多，包括裝修、上漆與研磨等。因此，本研究緊較為適用於了解以FRP製程為主的遊艇製造業勞工。第二、本研究的樣本數仍太小，本年度的研究主要定位於先驅研究(Pilot study)，用以建立評估健康危害的檢查方法，以及了解FRP船殼製造廠的可能健康危害。本研究並無進行抽樣，以該廠的全部員工進行受檢同意調查，簽署同意書者才會進行進一步健康效應與暴露評估的研究。唯於研究開始並沒有向該廠員工說明對於可能哪些暴露會有哪些健康疑慮，因此，員工於是否同意進一步檢查前，並沒有了解到本研究的假說，因此，認為參與研究的員工並沒有明顯的選擇偏差。第三、因為先驅研究之樣本數較小，因此有些健康效應無法達到統計顯著，但是本研究結果並無法就此歸納該項健康效應就沒有可能存在問題，乃需要進一步的擴大研究才能有更進一步的了解。

第六章 結論與建議

第一節 結論

本研究根據廠區現場的作業資料、工作時態及環境因子等條件，將不同工段之作業勞工於相同之作業時段劃分為表面積層、舖乾毯與排芯材、真空、注入、拆耗材、拱木包覆與補強及機艙艙蓋製作等工段七組 SEGs。對照原物料使用資料，表面積層、注入、拱木包覆與補強及機艙艙蓋製作等工段使用到樹脂和硬化劑，而舖乾毯與排芯材及真空工段則使用噴膠。利用暴露腔體進行原物料逸散測試，結果顯示，使用樹脂和硬化劑之工段，以表面積層的丙酮排放係數在所有工段中最高，達 3.65 mg/g。表面積層及機艙艙蓋製作等工段皆以丙酮之排放係數為最高，但注入工段則以苯乙烯的排放係數最高。而使用噴膠之工段，以舖乾毯與排芯材及真空工段皆以正丁烷排放係數最高，達 228 mg/g。不銹鋼筒現場採樣結果分析顯示，丙酮在所有工段的檢測濃度皆大於 1 ppm，以真空工段 9.69 ppm 最高。苯乙烯在表面積層、注入、拆耗材、拱木包覆與補強及機艙艙蓋製作等工段檢測濃度排名第 2，以表面積層工段 4.22 ppm 最高。舖乾毯與排芯材工段檢測結果和其他工段較不同，以 2-甲基戊烷檢測濃度最高，達 4.01 ppm，環己烷次之，1.23 ppm。直讀式儀器現場量測結果顯示，以注入工段 TVOC 讀值最高，達 40.1 ppm，拱木包覆工段次之，28.8 ppm，TVOC 讀值最低出現在真空工段，1.24 ppm。以模式推估各工段 NF 及 FF 之濃度，結果顯示丙酮在表面積層、拱木包覆與補強及機艙艙蓋製作等工段其 NF 推估濃度皆最高，濃度範圍介於 1.27~115 ppm，在注入工段，則以苯乙烯推估之 NF 濃度最高，達 59.1 ppm。而舖乾毯與排芯材及真空工段，NF 推估濃度皆以正丁烷最高(分別是 83.8 ppm 及 1.48 ppm)，環己烷次之(75.3 ppm 及 1.05 ppm)。利用簡單線性迴歸分析，比較 TVOC 實際量測值及利用模式推估之各種污染物 NF, FF 濃度之相關性，結果顯示不論是何種工段或是 NF, FF，兩方法結果在統計上具顯著意義的正相關。

本研究藉由商業資訊蒐集、文獻蒐集了解 FRP 製程所能使用的物質，再加以結合化學物質結構分析模式來找尋可能的危害物質。所發現的 43 種高風險物質，可應用於日後研究有關 FRP 暴露探討與過敏與氣喘發生相關性的評估。相關物質的真實使用情形、人體暴露情形、以及致病強度，仍需要有更進一步的研究來探討。積層作業過程中仍有高量的空氣中有機溶劑暴露，尤其以大面積積層作業時，然而，非積層作業人員仍有可能接觸廠內積層作業所溢散過來的有機溶劑，此外，鄰近廠區的辦公室人員之有機溶劑暴露需要被注意。本研究問卷調查顯示積層人員有較高比例的呼吸道與過敏相關疾病與症狀。問卷中的顯示於積層相關人員的過敏性呼吸道問題較多的情形，可以呼應本研究對於積層所暴露化學物質探討的結果，亦即，積層作業使用化學物質可能存在呼吸道致敏的問題。肺功能檢查，顯示當天的總有機揮發性化合物暴露與阻塞性相關的肺功能指標下降有關。而抽菸與研磨作業所暴露為害的交互作用，對於肺功能的變差有顯著的效應。且研究調查中發現不尋常之年輕人卻罹患嚴重之阻塞性換氣功能障礙，可能帶表積層作業對於肺部健康效應存在個體易感受性與工作暴露的交互作用，因此，積層作業對於呼吸道的健康仍不容忽視，有待進一步的研究增加樣本數，來評估可能的相關性。而積層人員也有多位提及週邊神經症狀，尤其如手部會麻，是否單純因為積層之手部重複動作所致，還是加上有機溶劑的交互作用，需要進一步研究來探討。本研究中亦發現積層相關作業之有機溶劑對於辨色力並無立即之影響，但是累積暴露卻可能造成辨色力的下降，後續研究可以探討造成辨色力下降的積層相關有機溶劑的暴露閾值，以及可能的劑量效應關係。於神經行為方面，本研究發現積層相關有機溶劑可以造成記憶力的立即影響，而累積的積層暴露則可造成記憶力與持續注意力的下降之影響。

第二節 建議

- 一、 玻璃纖維強化塑膠與其他許多的聚合塑膠製程，使用大量苯乙烯與複雜的添加劑，本研究顯示許多物質有高度致敏的可能性，建議原料供應商應提供相關添加劑的詳細成分，並載明於物質安全資料表中。
- 二、 本研究發現遊艇製造業作業環境中有 43 種致氣喘高風險物質，因此建議事業單位雇主加強作業環境中致氣喘高風險物質的工程控制與提供勞工有效的個人防護具。
- 三、 建議將肺功能檢查納入遊艇製造業勞工之健康檢查項目中。

誌 謝

本研究計畫參與人員包括中原大學王教授雅玢、王教授玉純，國立台灣大學郭教授育良、陳醫師啓信、許惟凱先生，長庚醫學大學楊教授啓正，中國醫藥大學蔡教授朋枝，以及本所醫學組潘副研究員致弘、何組長俊傑、蔡助理研究員志豪，謹此敬表謝忱。

參考文獻

- [1] 莊正儀等：遊艇產業發展現況與展望。中華民國全國工業總會 2008。
- [2] ClassNK. 2010. Rules for Survey and Construction of Ship of Fiberglass. Tokyo. Japan
- [3] 林威龍等：遊艇製造業勞工苯乙稀暴露調查研究。行政院勞工安全衛生研究所 2006。
- [4] 林威龍、汪禧年、王守堅，2007，遊艇製造業勞工苯乙稀暴露調查研究，行政院勞委會勞工安全衛生研究所研究報告，IOSH95-A317。
- [5] 李雅榮, 賴佩岑, 鍾承憲, 曾祥達, & 詹育提. (2011). FRP遊艇於船架支撐下之變形分析. [The Investigation on the Deformation Analysis of the FRP Yacht Supported by the Cradles]. 中國造船暨輪機工程學刊, 30(1), 53-63.
- [6] Katsouyanni, K. 1995. Health effects of air pollution in southern Europe: are there interacting factors? *Environmental Health Perspectives*. 103(Suppl 2):23-27.
- [7] Leech, J.A., Wilby, K. and McMullen, E. 1999. Environmental tobacco smoke exposure patterns: a subanalysis of the Canadian Human Time-Activity Pattern Survey. *Canadian Journal of Public Health. Revue Canadienne de Sante Publique*. 90:244-249.
- [8] Wang, S.M., Chu, Y.M., Lung, S.C.C., Shih, T.S., Lin, Y.C. and Chang H.Y. 2007. Combining novel strategy with kinetic approach in the determination of respective respiration and skin exposure to N,N-demethylformamide vapor, *Science of the Total Environment*. 388: 398–404.
- [9] Keil, C.B. 2000. A Tiered Approach to Deterministic Models for Indoor Air Exposure. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 15:145-151.
- [10] Nicas, M. 2001. OSHA Technical Manual on Physical-Chemical

Mathematical Exposure Model. Purchase Order No.BEF10421. Washington, DC: US Department of Labor.

- [11] . Bank, Lawrence Colin (1956). Materials and Manufacturing, Composites for construction : structural design with FRP materials(chap. 1, pp. 41) Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons, c2006.
- [12] Sailing yacht design (ISSC committee v8 2009)
- [13] Daniel Gray, Suong V. Hoa and Stephen W. Tsai. 2003. Composite
- [14] Lars Larsson; Rolf E Eliasson(2000).MATERIALS, Principles of yacht design(chap. 13, pp.250) Camden, Me. : International Marine, 2000
- [15] Rules for materials and welding aluminum and fiber reinforced plastics (ABS 2006)
- [16] Daniel Gray, Suong V. Hoa and Stephen W. Tsai. 2003. Composite Materials – Design and Application. CRC Press LLC. USA
- [17] Bank, Lawrence Colin (1956). Materials and Manufacturing, Composites for construction : structural design with FRP materials(chap. 1, pp. 51) Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons, c2006.
- [18] Lars Larsson; Rolf E Eliasson(2000).MATERIALS, Principles of yacht design(chap. 13, pp.250-67) Camden, Me. : International Marine, 2000
- [19] Guide for Building and Classing Motor Pleasure Yachts (February 2000), (section 20/2)
- [20] Bourne L B, Milner F J M. Polyester resin hazards. Br J Ind Med 1963: 20: 100–109.
- [21] Geraut C, Tripodi D, Brunet-Courtois B, Leray F, Geraut L. Occupational
- [22] SpecialChem. Materials & Solutions, Additives Selector, Thermosets. (http://www.specialchem4polymers.com/product-directory/thermosets_3_101012/index.aspx?did=0) Accessed 27 JULY 2011

- [23] Sailing yacht design (pp.483,ISSC committe v8 2009)
- [24] SCHER, scientific opinion on the risk assessment report on styrene human health part, CAS 100-42-6, 6 May 2008.
- [25] US EPA, integrated risk information system Styrene (CASRN 100-42-5), 1 July 1993
- [26] Vainio H & Hietanen E: Styrene, in Snyder R (ed): Ethel Browning's Toxicity and Metabolism of Industrial Solvents, 2nd ed, Elsevier, New York, NY, 1987.
- [27] Hayes JP, Lambourn L, & Hopkirk JAC: Occupational asthma due to styrene. Thorax 1991; 46:396-397.
- [28] Fernandez-Nieto M, Quirce S, Fraj J, et al: Airway inflammation in occupational asthma caused by styrene. J Allergy Clin Immunol 2006; 117(4):948-950.
- [29] Chmielewski J & Renke W: Bull Inst Marit Trop Med Gdynia 1976; 27:63-68
- [30] Rihs HP, Triebig G, Werner P, Rabstein S, Heinze E, Pesch B, et al. Association between genetic polymorphisms in styrene-metabolizing enzymes and biomarkers in styrene-exposed workers. J Toxicol Environ Health A. 2008;71(13-14):866-73
- [31] Abbate C, Giorgianni C, Brecciaroli R, Giacobbe G, Costa C, Cavallari V, et al. Changes Induced by Exposure of the Human Lung to Glass Fiber; VReinforced Plastic. Environmental health perspectives. 2006;114(11):1725
- [32] SCHER, scientific opinion on the risk assessment report on styrene human health part, CAS 100-42-6, 6 May 2008.
- [33] Aleva RM, Aalbers R, & Koeter GH: Occupational asthma caused by a

- hardener containing an aliphatic and a cycloaliphatic diamine. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145:1217-1218.
- [34] Bernstein DI, Patterson R, & Zeiss CR: Clinical and immunologic evaluation of trimellitic anhydride- and phthalic anhydride-exposed workers using a questionnaire with comparative analysis of enzyme-linked immunosorbent and radioimmunoassay studies. *J Allergy Clin Immunol* 1982; 69:311
- [35] Bakinson MA & Jones RD: Gassings due to methylene chloride, xylene, toluene, and styrene reported to Her Majesty's Factory Inspectorate 1961-80. *Br J Ind Med* 1985; 42:184-190
- [36] 30. Vainio H & Hietanen E: Styrene, in Snyder R (ed): *Ethel Browning's Toxicity and Metabolism of Industrial Solvents*, 2nd ed, Elsevier, New York, NY, 1987
- [37] Lewis RA: *Lewis' Dictionary of Toxicology*, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 1998.
- [38] Edling C, Anundi H, & Johanson G: Increase in neuropsychiatric symptoms after occupational exposure to low levels of styrene. *Br J Ind Med* 1993; 50:843-850.
- [39] Vainio H & Hietanen E: Styrene, in Snyder R (ed): *Ethel Browning's Toxicity and Metabolism of Industrial Solvents*, 2nd ed, Elsevier, New York, NY, 1987.
- [40] Seppalainen AM & Harkonen H: Neurophysiological findings among workers occupationally exposed to styrene. *Scand J Work Environ Health* 1976; 2:140-146.
- [41] Harkonen H, Lindstrom K, & Seppalainen AM: Exposure-response relationship between styrene exposure and central nervous functions. *Scand J Work Environ Health* 1978; 4:53-59.

- [42] Seppalainen AM: Neurotoxicity of styrene in occupational and experimental exposure. *Scand J Work Environ Health* 1978; 4(Suppl 2):181-183.
- [43] Vainio H & Hietanen E: Styrene, in Snyder R (ed): *Ethel Browning's Toxicity and Metabolism of Industrial Solvents*, 2nd ed, Elsevier, New York, NY, 1987
- [44] Flodin U, Ekberg K, & Andersson L: Neuropsychiatric effects of low exposure to styrene. *Br J Ind Med* 1989; 46:805-808.
- [45] Letz R, Mahoney FC, & Hershman DL: Neurobehavioral effects of acute styrene exposure in fiberglass boatbuilders. *Neurotoxicol Teratol* 1990; 12:665-668
- [46] Moller C, Odkvist L, & Larsby B: Otoneurological findings in workers exposed to styrene. *Scand J Work Environ Health* 1990; 16:189-194.
- [47] Schoenhuber R & Gentilini M: Influence of occupational styrene exposure on memory and attention. *Neurotoxicol Teratol* 1989; 11:585-586.
- [48] Cherry N & Gautrin D: Neurotoxic effects of styrene: further evidence. *Br J Ind Med* 1990; 47:29-37.
- [49] Murata K, Shunichi A, & Yokoyama K: Assessment of the peripheral, central, and autonomic nervous system function in styrene workers. *Am J Ind Med* 1991; 20:775-784
- [50] Benignus VA, Geller AM, Boyes WK, et al: Human neurobehavioral effects of long-term exposure to styrene: A meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2005; 113:532-538.
- [51] Lomax RB, Ridgway P, Medrum M (2004) Does occupational exposure to organic solvents affect colour discrimination? *Toxicol Rev* 23(2):91–121.
- [52] Benignus VA, Geller AM, Boyes WK, et al: Human neurobehavioral effects of long-term exposure to styrene: A meta-analysis. *Environ Health Perspect*

2005; 113:532-538.

- [53] Tham R, Larsby B, & Eriksson B: Electronystagmographic findings in rats exposed to styrene or toluene. *Acta Otolaryngol* 1982; 93:107-112.
- 372) Thiess AM & Friedheim M: Morbidity among persons employed in styrene production, polymerization and processing plants. *Scand J Work Environ Health* 1978; 4(Suppl 2):203-214.
- [54] Pryor GT, Rebert CS, Howd RA. Hearing loss in rats caused by inhalation of mixed xylenes and styrene. *J Appl Toxicol.* 1987 Feb;7(1):55-61.
- [55] Morata TC, Johnson AC, Nylen P, et al: Audiometric findings in workers exposed to low levels of styrene and noise. *J Occup Environ Med* 2002; 44:806-814.
- [56] Lawton BW, Hoffmann J, & Triebig G: The ototoxicity of styrene: a review of occupational investigations. *Int Arch Occup Environ Health* 2006; 79(2):93-102.
- [57] Fuente A, McPherson B (2006) Organic solvents and hearing loss: the challenge for audiology. *Int J Audiol* 45:367–381.
- [58] US EPA, integrated risk information system Styrene (CASRN 100-42-5), 1 July 1993
- [59] Minamoto K, Nagano M, Inaoka T, Futatsuka M. Occupational dermatoses among fibreglass-reinforced plastics factory workers. *Contact Dermatitis.* 2002 Jun;46(6):339-47.
- [60] Geraut C, Tripodi D, Brunet-Courtois B, Leray F, Geraut L. Occupational dermatitis to epoxydic and phenolic resins. *Eur J Dermatol.* 2009 May-Jun;19(3):205-13.
- [61] Suhonen R: Epoxy-dermatitis in a ski-stick factory. *Contact Dermatitis* 1983; 9:131-133.

- [62] Ward MJ & Davies D: Asthma due to grinding epoxy resin cured with phthallic anhydride. *Clin Allergy* 1982; 12:165-168.
- [63] Chierigato C, Vincenzi C, & Guerra L: Occupational allergic contact dermatitis due to ethylenediamine dihydrochloride and cresyl glycidyl ether in epoxy resin systems. *Contact Derm* 1994; 30:120.
- [64] Holmberg PC: *Scand J Work Environ Health* 1977; 3:212-214.
- [65] Kurppa K: *Scand J Work Environ Health* 1983; 9:89-93.
- [66] Hemminki K: *Internat Arch Occup Environ Health* 1980; 45:123-126.
- [67] Lemasters GK, Samuels SJ, & Morrison JA: Reproductive outcomes of pregnant workers employed at 36 reinforced plastics companies. II. Lowered birth weight. *J Occup Med* 1989; 31:115-120.
- [68] Rihs HP, Triebig G, Werner P, Rabstein S, Heinze E, Pesch B, Bruning T. Association between genetic polymorphisms in styrene-metabolizing enzymes and biomarkers in styrene-exposed workers. *J Toxicol Environ Health A*. 2008;71(13-14):866-73.
- [69] Wong O, Trent LS, Whorton MD. An updated cohort mortality study of workers exposed to styrene in the reinforced plastics and composites industry. *Occup Environ Med*. 1994 Jun;51(6):386-96.
- [70] Kolstad HA, Juel K, Olsen J, Lynge E. Exposure to styrene and chronic health effects: mortality and incidence of solid cancers in the Danish reinforced plastics industry. *Occup Environ Med*. 1995 May;52(5):320-7.
- [71] Ruder AM, Ward EM, Dong M, Okun AH, Davis-King K. Mortality patterns among workers exposed to styrene in the reinforced plastic boatbuilding industry: an update. *Am J Ind Med*. 2004 Feb;45(2):165-76.
- [72] Jarvis, J., et al., Relationship between chemical structure and the occupational asthma hazard of low molecular weight organic compounds.

- Occupational and environmental medicine, 2005. 62(4): p. 243.
- [73] Chemical Book. <http://www.chemicalbook.com/>
- [74] Occupational asthma hazard resource. Centre for Occupational and Environmental Health <http://www.coeh.man.ac.uk/asthma/login.php>
- [75] Levin, H.S. (1983). The Paced Auditory Serial Addition Test – Revised. Unpublished manuscript.
- [76] Gronwall, D. (1977). Paced auditory serial addition task: a measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 367-374
- [77] <陳榮華、陳心怡 (2002)。「魏氏成人智力量表第三版(中文版)指導手冊」。台北市：中國行為科學社。>
- [78] Schreiber JS, Hudnell HK, Geller AM, House DE, Aldous KM, Force MS, Langguth K, Prohonic EJ, Parker JC. Apartment residents' and day care workers' exposures to tetrachloroethylene and deficits in visual contrast sensitivity. *Environ Health Perspect*. 2002 Jul;110(7):655-64.
- [79] A M Geller. A table of color distance scores for quantitative scoring of the Lanthony Desaturate color vision test. *Neurotoxicol Teratol*. ;23 (3):265-7.
- [80] Hu, C. W.; Wang, C. J.; Chang, L. W.; Chao, M. R. Clinical-scale high-throughput analysis of urinary 8-oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine by isotope-dilution liquid chromatography–tandem mass spectrometry with on-line solid-phase extraction. *Clin. Chem* 52:1381–1388; 2006.
- [81] Agius RM, Nee J, McGovern G, et al. Structure activity hypotheses in occupational asthma caused by low molecular weight substances. *Ann Occup Hyg* 1991;35:129–37.
- [82] Agius RM, Elton RA, Sawyer L, et al. Occupational asthma and the chemical properties of low molecular weight organic substances. *Occup Med* 1994;44:34–6

附件一、健康問卷

一、基本資料

1. 性別:	2. 生日:
3. 身高:	4. 體重:
5. 教育程度 <input type="checkbox"/> (1)國小含以下 <input type="checkbox"/> (2)國中 <input type="checkbox"/> (3)高中(職) <input type="checkbox"/> (4)專科 <input type="checkbox"/> (5)大學 <input type="checkbox"/> (6)研究所以上	
6. 民族團體	
父親	
<input type="checkbox"/> (1)閩南 <input type="checkbox"/> (2)客家 <input type="checkbox"/> (3)外省 <input type="checkbox"/> (4)原住民族(請註明) <input type="checkbox"/> (5)外籍人士, _____ <input type="checkbox"/> (6)其他(請註明)	
母親	
<input type="checkbox"/> (1)閩南 <input type="checkbox"/> (2)客家 <input type="checkbox"/> (3)外省 <input type="checkbox"/> (4)原住民族(請註明) <input type="checkbox"/> (5)外籍人士, _____ <input type="checkbox"/> (6)其他(請註明)	
7. 經濟狀況	
①. 家境狀況: <input type="checkbox"/> (1)清寒 <input type="checkbox"/> (2)普通 <input type="checkbox"/> (3)中等以上 <input type="checkbox"/> (4)富裕	
②. 每月全家總收入:	
<input type="checkbox"/> (1)39,999 以下 <input type="checkbox"/> (2)40,000-59,999 <input type="checkbox"/> (3)60,000-79,999 <input type="checkbox"/> (4)80,000-99,999 <input type="checkbox"/> (5)100,000-149,999 <input type="checkbox"/> (6)150,000 以上 <input type="checkbox"/> (7)不知道	
8. 現在這個工作的開始時間: 年 月	
9. 過去於這家公司所做過的每個工作內容與時間:	
自 年 月至 年 月	
<input type="checkbox"/> 整修、 <input type="checkbox"/> 勤務、 <input type="checkbox"/> 積層、 <input type="checkbox"/> 木工、 <input type="checkbox"/> 真空注入、 <input type="checkbox"/> 研磨、 <input type="checkbox"/> 行政、 <input type="checkbox"/> 其他: _____	
自 年 月至 年 月	
<input type="checkbox"/> 整修、 <input type="checkbox"/> 勤務、 <input type="checkbox"/> 積層、 <input type="checkbox"/> 木工、 <input type="checkbox"/> 真空注入、 <input type="checkbox"/> 研磨、 <input type="checkbox"/> 行政、 <input type="checkbox"/> 其他: _____	
自 年 月至 年 月	
<input type="checkbox"/> 整修、 <input type="checkbox"/> 勤務、 <input type="checkbox"/> 積層、 <input type="checkbox"/> 木工、 <input type="checkbox"/> 真空注入、 <input type="checkbox"/> 研磨、 <input type="checkbox"/> 行政、 <input type="checkbox"/> 其他: _____	
10. 過去於這家公司以外其他的工作:	
工作內容	公司名稱
自 年 月至 年 月	
自 年 月至 年 月	
自 年 月至 年 月	
自 年 月至 年 月	

二、健康紀錄

1. 疾病史:
您是否曾被醫師診斷患有下列疾病:(請在適當項目前打勾)
<u>心臟血管:</u>
<input type="checkbox"/> 心率不整 <input type="checkbox"/> 高血壓 <input type="checkbox"/> 缺血性心臟病 <input type="checkbox"/> 心絞痛 <input type="checkbox"/> 心肌梗塞 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 無
<u>神經系統:</u>
<input type="checkbox"/> 記憶困難 <input type="checkbox"/> 中風 <input type="checkbox"/> 癲癇 <input type="checkbox"/> 周邊神經病變 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 無
<u>呼吸系統:</u>
<input type="checkbox"/> 氣喘 <input type="checkbox"/> 過敏性鼻炎 <input type="checkbox"/> 慢性氣管炎、肺氣腫 <input type="checkbox"/> 肺結核 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 無
<u>內分泌:</u>
<input type="checkbox"/> 糖尿病 <input type="checkbox"/> 甲狀腺疾病 <input type="checkbox"/> 甲狀腺結節、腫瘤 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 無
<u>腎臟泌尿:</u>
<input type="checkbox"/> 腎功能異常 <input type="checkbox"/> 腎結石 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 無
<u>生殖系統:</u>
男:
<input type="checkbox"/> 無
<input type="checkbox"/> 不孕, 請問您知道自己有這個問題已經幾年了()
<input type="checkbox"/> 性功能障礙, 請問您知道自己有這個問題已經幾年()
<input type="checkbox"/> 沒有性慾, 請問您知道自己有這個問題已經幾年了()
<input type="checkbox"/> 其他 _____, 請問您知道自己有這個問題已經幾()
女:
<input type="checkbox"/> 無
<input type="checkbox"/> 不孕, 請問您知道自己有這個問題已經幾年了()
<input type="checkbox"/> 流產, 請問您幾年前發生這個問題()
<input type="checkbox"/> 早產, 請問您幾年前發生這個問題()
<input type="checkbox"/> 胎兒發育問題, 請問您該位小孩是幾年前出生的()
<input type="checkbox"/> 其他 _____, 請問您知道自己有這個問題已經幾年了()
<u>皮膚系統:</u>
<input type="checkbox"/> 皮膚炎 <input type="checkbox"/> 紅疹 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 無
<u>血液系統:</u>
<input type="checkbox"/> 貧血 <input type="checkbox"/> 白血球減少 <input type="checkbox"/> 血小板減少 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 無
<u>免疫性疾病:</u>
<input type="checkbox"/> 過敏 <input type="checkbox"/> 自體免疫疾病 _____ <input type="checkbox"/> 無

長期服用藥物：

利尿劑 降血壓藥物 鎮定安眠藥 抗氣喘藥物 降血糖 其他_____ 無

其他健康問題：

癌症(哪一種癌症)_____ 其他_____ 無

2. 生活習慣：

抽菸習慣

(0) 否

(1) 戒菸(停抽超過半年以上)，從_____歲開始抽菸，目前戒菸_____年

(2) 是，有抽菸，從_____歲開始抽菸

***平均每天抽菸數

	無	半包(1-10支)	半包-1包 (11-20支)	1包-2包 (21-40支)	2包以上(>40支)
a. 抽菸以來	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. 目前	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

二手菸暴露(可複選)

(0) 無 (1) 配偶 (2) 同事 (3) 父母親 (5) 其他人(請註明)

平均一天接觸菸味的時間_____ (小時/天) 持續_____年

嚼食檳榔習慣

(0) 否

(1) 戒檳榔(停嚼檳榔超過半年以上)，從_____歲開始吃檳榔，目前戒檳榔_____年

(2) 是，從_____歲開始吃檳榔，平均一天嚼食_____顆

1-a 最常嚼食檳榔的種類： (1) 菁仔 (2) 包葉 (3) 其他(請註明)

1-b 是否常夾荖花： (1) 是 (0) 否

1-c 最常抹食的內含物： (1) 白灰 (2) 紅灰 (3) 都有

飲酒習慣

(0) 從未飲酒

(1) 戒酒(停酒超過半年以上)，從_____歲開始飲酒，目前戒酒_____年

(2) 日常小酌(每週不到一天飲酒)

(3) 有規則飲酒習慣，有飲酒，從_____歲開始飲酒，目前已經飲酒_____年

***最常飲酒的酒名(請註明) _____

平均每週飲酒_____天，一天喝_____杯(1杯以一瓶小瓶養樂多的容量計)

3. 自覺症狀：

您最近三個月是否常有下列症狀：(請在適當項目前打勾)

神經系統：

大腿及臀部

您是否平時上下樓梯、走路會容易絆倒?

是 否

您是否可以抬高大腿，或雙手交叉於胸前而站起來?

是 否

腳

您是否穿拖鞋會穿不住，容易掉?

是 否

走路不穩

您是否走路會不穩，會搖晃，使不上力，如踩在棉花地、軟的爛泥巴上的感覺? 是 否

會麻

您是否全身任何地方會出現“麻”、“木”、“無知覺感”?

是 否

會痛

您是否全身任何地方出現“燒灼感”、“深部肌肉痛”、“壓痛”等?

是 否

自主神經症狀

您是否從坐、臥、躺而站起來後，會持續發暈或昏倒或眼前一片黑3-5分鐘? 是 否

中樞神經症狀

您是否於工作後有常有頭暈、噁心的症狀?

是 否

聽力系統：

1. 您自己覺得您的聽力狀況如何?

非常好 正常 有輕微聽力困難 有中度聽力困難 有嚴重聽力困難

2. 過去12個月您是否有被耳鳴(耳內產生鈴聲或是像蟬叫聲)?(答 否 請跳答5)

是 否

3. 您的耳鳴是發生在甚麼情況下?(可複選)

聽到大聲的噪音後 晚上睡覺前 工作後 整天持續耳鳴

4. 耳鳴是否會造成您的困擾?

是 否

5. 您的工作有多少時間接觸到噪音(很吵雜且大聲的聲音)?

所有的工作時間 一半的工作時間 偶爾 沒有

6. 您在噪音情形下工作時是否有戴聽力保護設備?(答 否 請跳答9)

是 否

7. 您所戴的聽力保護設備為?

耳塞 耳罩

8. 您戴聽力保護設備的時間?

全時間佩戴 一半時間佩戴 都不戴

9. 您的耳朵是否曾經發生感染發炎?

否 是，發生過幾次()

10. 您的耳朵有沒有過下列的問題?(可以複選)

耳朵受傷 動過耳朵手術 鼓膜穿孔 因爆破引起耳痛 其他 無

11. 您日常生活中有沒有下列的休閒嗜好?(可複選)

常聽重金屬音樂 常去 KTV 唱歌 常聽 MP3 或戴耳機 射擊訓練

工作以外常使用產生噪音工具(如電鋸、電鑽等) 無

皮膚:

1. 您是否有過皮膚產生很癢的紅疹? 是 否(答 否 請跳答 呼吸系統:部分)

2. 該很癢的紅疹發生在哪些地方?(可複選)

臉部 脖子 身體軀幹 手指、手背與手掌 手腕與前臂 腳

3. 最近六個月有沒有發生上述的發癢紅疹? 是 否

4. 您皮膚的發癢紅疹有沒有在休假沒有工作的時候較為改善(週末或是放長假)?

是 否

5. 工作中是否有因為接觸某些化學物質造成您的發癢紅疹產生?

是 否

6. 工作以外的時間是否會因為接觸某些化學物質造成您的發癢紅疹產生?

是 否

呼吸系統:

1. 您是否於沒有感冒的情形下卻還是長期有咳嗽的問題?(答 否 請跳答 5)

是 否

2. 您的咳嗽通常發生在甚麼時候?(可複選)

早上剛起床時 白天工作時 傍晚下班後 晚上睡覺前 躺下睡覺後兩小時內

下半夜與接近起床時

3. 您的咳嗽頻率是否有超過每天大於 4 小時,每週大於 4 天?

是 否

4. 您每年是否有超過 5 個月有上述的咳嗽頻率?且已經幾年了?

是, 幾年() 否

5. 您是否有長期有咳痰的問題?(答 否 請跳答 9)

是 否

6. 您的痰通常在甚麼時候產生?(可複選)

早上剛起床時 白天工作時 傍晚下班後 晚上睡覺前 躺下睡覺後兩小時內

下半夜與接近起床時

7. 您的咳痰頻率是否有超過每天大於 2 次,每週大於 4 天?

是 否

8. 您每年是否有超過 3 個月有上述的咳痰頻率?且已經幾年了?

是, 幾年() 否

9. 請問您是否曾經發生過呼吸困難伴有咻咻聲的情況?(答 否 請跳答 15)

(0)沒有 (1)1-3 次 (2)4-6 次 (3)7-9 次 (4)10 次以上

11. 在過去一年內發生過"呼吸困難伴有咻咻聲"的季節?

(0)沒有 (1)春 (2)夏 (3)秋 (4)冬 (5)整年都發生

12. 在過去一年,平均每週您曾經在睡眠中因為"呼吸困難伴有咻咻聲"而醒過來多少次?

沒有 有,平均每週一次以下 有,平均每週一次以上

13. 執行現在這份工作之後,發生過"呼吸困難伴有咻咻聲"次數是否增加?

否 是 無工作經驗

14. 您的"呼吸困難伴有咻咻聲"較常在一天中的什麼時候發生?

早上剛起床時 白天工作時 傍晚下班後 晚上睡覺前 躺下睡覺後兩小時內
近起床時

15. 您以前有沒有醫師診斷而知道患有"氣喘病"?

從來沒有

有,距第一次診斷超過一年

有,在這一年內才第一次被診斷

** 第一次診斷年齡約為_____歲

16. 您的氣喘、胸悶、或咳嗽的症狀是否有在休假的時候較為改善?

是 否

17. 在沒有感冒發燒的情況下,您常會打噴嚏、流鼻水或鼻塞嗎?

是 否

18. 請問您知道自己有無過敏的問題? 沒有過敏的情形 有過敏的情形

19. 您的父母親有沒有過敏的情形(包括食物過敏、鼻子過敏、氣喘、或是皮膚過敏等)?

是 否

20. 您的兄弟姐妹有沒有過敏的情形(包括食物過敏、鼻子過敏、氣喘、或是皮膚過敏等)?

是 否

21. 您工作的時候是否有戴呼吸防護具?(答 否 請跳答 心血管系統:部分)

是 否

22. 您工作的時候戴何種呼吸防護具?

一般平面式口罩 活性碳平面式口罩 杯罩式口罩(N95 口罩)

杯罩式活性碳口罩 防毒面罩

23. 您於工作現場時戴呼吸防護具的頻率如何?

全程配戴 總是(大於一半的時間) 偶爾(小於一半的時間) 不常

139

心血管系統:

1. 最近六個月您是否有感覺到胸口"翻攪跳動"或"心悸"?

是 否

2. 最近六個月您是否曾經於爬坡、爬樓梯、或是出力時發生到胸口悶痛的現象?

是 否

附件二、注意力功能測驗表格

編號:

Pasta-Revised :Record Form

2.8 sec ISI			
<i># item</i>	<i>series 1</i>	<i>Correct Response</i>	<i>Patient's Response</i>
1	2	-	
2	2	4	
3	5	7	
4	1	6	
5	1	2	
6	1	2	
7	3	4	
8	1	4	
9	2	3	
10	3	5	
11	4	7	
12	6	10	
13	4	10	
14	9	13	
15	1	10	
16	9	10	
17	5	14	
18	2	7	
19	6	8	
20	2	8	
21	2	4	
22	2	4	
23	8	10	
24	8	16	
25	1	9	
26	1	2	
			Score _____ /25

1.6 sec ISI			
<i># item</i>	<i>series 4</i>	<i>Correct Response</i>	<i>Patient's Response</i>
1	4	-	
2	8	12	
3	6	14	
4	2	8	
5	2	4	
6	9	11	
7	3	12	
8	4	7	
9	5	9	
10	8	13	
11	1	9	
12	6	7	
13	3	9	
14	8	11	
15	6	14	
16	2	8	
17	4	6	
18	1	5	
19	9	10	
20	5	14	
21	1	6	
22	9	10	
23	8	17	
24	2	10	
25	5	7	
26	4	9	
			Score _____ /25

附件三、記憶力廣度測驗表格

編號:

八、記憶廣度測驗



中止施測規則

順序背誦與逆序背誦

任一題的兩個嘗試皆得0分即中止。

不論是順序背誦或逆序背誦，即使通過嘗試一仍要施測嘗試二。即使在順序背誦題得0分，仍要施測逆序背誦題。



計分規則

每個嘗試分為0或1分。

每題得分是合計2個嘗試的分數。

順序背誦		嘗試 計分	計分 (0、1或2)
題號	嘗試 題目 反應		
1.	一 1-7		
	二 6-3		
2.	一 5-8-2		
	二 6-9-4		
3.	一 6-4-3-9		
	二 7-2-8-6		
4.	一 4-2-7-3-1		
	二 7-5-8-3-6		
5.	一 6-1-9-4-7-3		
	二 3-9-2-4-8-7		
6.	一 5-9-1-7-4-2-8		
	二 4-1-7-9-3-8-6		
7.	一 5-8-1-9-2-6-4-7		
	二 3-8-2-9-5-1-7-4		
8.	一 2-7-5-8-6-2-5-8-4		
	二 7-1-3-9-4-2-5-6-8		
順序背誦 原始總分 (最高分=16分)			

逆序背誦		嘗試 計分	計分 (0、1或2)
題號	嘗試 題目 反應		
1.	一 2-4		
	二 5-7		
2.	一 6-2-9		
	二 4-1-5		
3.	一 3-2-7-9		
	二 4-9-6-8		
4.	一 1-5-2-8-6		
	二 6-1-8-4-3		
5.	一 5-3-9-4-1-8		
	二 7-2-4-8-5-6		
6.	一 8-1-2-9-3-6-5		
	二 4-7-3-9-1-2-8		
7.	一 9-4-3-7-6-2-5-8		
	二 7-2-8-1-9-6-5-3		
逆序背誦 原始總分 (最高分=14分)			

順序	+	逆序	=	最高分=30
----	---	----	---	--------

附件四、FRP 製程所使用化學物質與分類

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
Adhesion promotors /compatibilizers /Surfactant	Adhesion promoter	EFKA® 8300	Polyacrylate	
		Dow Corning® Z-6030 Silane	3-Methacryloxypropyltrimethoxysilane	2530-85-0
		Dow Corning® Z-6032 Silane	N-2-(Vinylbenzylamino)-ethyl-3-aminopropyl-trimethoxysilane • monohydrogen chloride	34937-00-3
		Dow Corning® Z-6040 Silane	3-Glycidoxypropyltrimethoxysilane	2530-83-8
		Silquest® Y-5997 Silane		
	coupling agent /compatibilizer	Dow Corning® Z-6030 Silane	3-Methacryloxypropyltrimethoxysilane	2530-85-0
		Dow Corning® Z-6032 Silane	N-2-(Vinylbenzylamino)-ethyl-3-aminopropyl-trimethoxysilane • monohydrogen chloride	34937-00-3
		Dow Corning® Z-6040 Silane	3-Glycidoxypropyltrimethoxysilane	2530-83-8
		KBE 1003	Vinyltriethoxysilane	78-08-0
		KBE 402	3-Glycidoxypropylmethyldiethoxysilane	2897-60-1
		KBE 403	3-Glycidoxypropyltriethoxysilane	2602-34-8
		KBE 502	3-Methacryloxypropylmethyldiethoxysilane	65100-04-1

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		KBE 503	3-Methacryloxypropyltriethoxysilane	21142-29-0
		KBM 1003	Vinyltrimethoxysilane	2768-02-7
		KBM 303	2-(3,4-Epoxy cyclohexyl)-ethyltrimethoxysilane	3388-04-3
		KBM 403	3-Glycidoxypropyltrimethoxysilane	2530-83-8
		KBM 502	3-Methacryloxypropylmethyl dimethoxysilane	14513-34-9
		KBM 503	3-Methacryloxypropyltrimethoxysilane	2530-85-0
		KBM 5103	3-Acryloxypropyltrimethoxysilane	4369-14-6
		KBM 575	N-(Vinylbenzyl)-2-aminoethyl-3-aminopropyltrimethoxysilane hydrochloride	34937-00-3
Antistatics and Surface modifiers	Leveling agent	Byk® S 706	Solution of polyacrylate	
		Byk® W 909	Solution of a boric acid ester	
		EFKA® 8350	Organically modified polysiloxane	
		EFKA® 8380	Fluorcarbon modified polyacrylate	
	Matting /gloss agent	Socal® 312	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® 322V	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® U1S2	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® S	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® SPM	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
Crosslinking /curing /polymerization additives	Crosslinking catalyst /accelerator /initiator	Dabco® NE 400	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Accelerator 383	Cobalt(II) acetate	112-34-5; 71-48-7
		Accelerator 55028	Cobalt 2-ethylhexanoate	2457-01-4; 136-52-7
		Accelerator 553	Metal complex, 1.9%Co, solution in diethylene glycol	111-46-6
		Accelerator NL-23	Cobalt 2-ethylhexanoate	136-52-7;121-69-7
		Accelerator NL-48P	Cobalt(II) 2-ethylhexanoate	136-52-7
		Accelerator NL-49P	Cobalt(II) 3-ethylhexanoate	136-52-7
		Accelerator NL-51P	Cobalt(II) 4-ethylhexanoate	136-52-7
		Accelerator NL-53	Cobalt(II) 2-ethylhexanoate, 10% Co, solution in isoparaffinic	136-52-7
		Accelerator NL-63-100	N,N-Dimethylaniline	121-69-7
		Accelerator NL-63-10P	N,N-Dimethylaniline	121-69-7; 6846-50-0
		Accelerator NL-64-100	N,N-Diethyl aniline	91-66-7
		Accelerator NL-64-10P	N,N-Diethyl aniline	91-66-7
		Accelerator NL-65-100	N,N-Dimethyl p-toluidine	99-97-8
		Accelerator NL-65-10P	N,N-Dimethyl p-toluidine	99-97-8
		Accelerator VN-2	Vanadium monobutyl dihydrophosphite	1314-62-1
		Cadox® D-30	Methyl ethyl ketone peroxide solution	1338-23-4
Cadox® L-30A	Methyl ethyl ketone peroxide solution in 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutanoate	1338-23-4		

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Cadox® L-30A VR	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® M-50A	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® M-50A DVR	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® M-50A VR	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Perkadox® 16	Di-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonate	15520-11-3
		Perkadox® 20S	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® 33	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® L-W75	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		TrigonoX® 117	tert-Butylperoxy 2-ethylhexyl carbonate	34443-12-4
		TrigonoX® 122-C80	1,1-Di(tert-amylperoxy)cyclohexane	15667-10-4
		TrigonoX® 127	tert-Amyl peroxybenzoate	4511-39-1
		TrigonoX® 131	tert-Amylperoxy 2-ethylhexyl carbonate	70833-40-8
		TrigonoX® 141	2,5-Dimethyl-2,5-di(2-ethylhexanoylperoxy)hexane	13052-09-0
		TrigonoX® 21-C50	tert-Butyl peroxy-2-ethylhexanoate	3006-82-4
		TrigonoX® 22-C50	1,1-Di(tert-butylperoxy)cyclohexane	3006-86-8; 31807-55-3
		TrigonoX® 23	tert-Butyl peroxyneodecanoate	26748-41-4
		TrigonoX® 23-C75	tert-butyl peroxyneodecanoate	26748-41-4
		TrigonoX® 29-B50	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Trigonox® 29-B75	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,6-trimethylcyclohexane	6731-36-8
		Trigonox® 29-C50	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,7-trimethylcyclohexane	6731-36-8
		Trigonox® 42S	Tert-butyl peroxy-3,5,5-trimethylhexanoate	13122-18-4
		Trigonox® A-W70	Tert-butyl hydroperoxide	75-91-2
		Trigonox® BPIC-C75	Tert-butylperoxy isopropyl carbonate	2372-21-6
		Trigonox® C	Tert-butyl peroxybenzoate	614-45-9
		Trigonox® D-C50	2,2-Di(tert-butylperoxy)butane	2167-23-9
		Trigonox® EHP-C75	Di(2-ethylhexyl) peroxydicarbonate	16111-62-9
		Trigonox® K-80	Cumylhydroperoxide	80-15-9
		Trigonox® K-90	Cumylhydroperoxide	80-15-9
		Firstcure® DMPT	N,N-Dimethyl-para-toluidine	99-97-8
		Firstcure® MHPT	N-(2-Hydroxyethyl)-N-methyl-para-toluidine	2842-44-6
		Esperal® 115RG	Dicumyl peroxide	80-43-3
		DMPT	N,N-Dimethyl-Para-Toluidine	99-97-8
		Eastman TEP (Triethyl Phosphate)	Triethyl Phosphate	78-40-0
		Pergaquick A 1	N,N-Dimethyl-p-toluidine	99-97-8
		Pergaquick A 1 S	N,N-Dimethyl-p-toluidine	99-97-8

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Pergaquick A 100	N,N-Dimethyl-p-toluidine	99-97-8
		Pergaquick A 15	N,N-Di-(2-hydroxy-ethyl)-p-toluidine	3077-12-1
		Pergaquick A 150	N,N-Di-(3-hydroxy-ethyl)-p-toluidine	3077-12-1
		Pergaquick A 2	N,N-Dimethylaniline	121-69-7
		Pergaquick A 2 S	N,N-Dimethylaniline	121-69-7
		Pergaquick A 200	N,N-Dimethylaniline	121-69-7
		Pergaquick A 3	N,N-Diethylaniline	91-66-7
		Pergaquick A 3 S	N,N-Diethylaniline	91-66-7
		Pergaquick A 300	N,N-Diethylaniline	91-66-7
		Pergaquick C 100	Cobaltoctoate	98409-81-4
		Pergaquick C 11	Cobaltoctoate	98409-81-4
		Pergaquick C 12	Cobaltoctoate	98409-81-4
		Pergaquick C 24 A	Mixture of Cobaltoctoate and N,N-Dimethylaniline	121-69-7; 98409-81-4
		Pergaquick C 24 AP	Mixture of Cobaltoctoate and N,N-Dimethylaniline	
		Pergaquick C 60	Cobaltoctoate	98409-81-4
	Crosslinking or curing agent /hardener	Butanox® 28	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Butanox® HBO-50	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Butanox® LA	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Butanox® LPT	Methyl ethyl ketone peroxide in diisobutyl phthalate	1338-23-4
		Butanox® LPT-IB-94	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Butanox® M-30	Methyl Ethyl Ketone Peroxide	1338-23-4
Butanox® M-50		Methyl Ethyl Ketone Peroxide	1338-23-4	

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Butanox® M-50 RED YM-500	Methyl ethyl ketone peroxide in dimethyl phthalate	1338-23-4
		Butanox® M-50 VR	Methyl Ethyl Ketone Peroxide	1338-23-4
		Butanox® M-60	Methyl ethyl ketone peroxide in dimethyl phthalate	1338-23-4; 131-11-3
		Butanox® M-60 VRD	Methyl Ethyl Ketone Peroxide	1338-23-4
		Butanox® P-50	Methyl isopropyl ketone peroxide	33372-83-7; 13921-99-8
		Cadox® D-45	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® D-50	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® D-50 VR	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® L-50A	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® L-50A VR	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® LPT	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® M-30A	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cadox® M-30A VR	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Cyclonox® 11	Cyclohexanone peroxide	12262-58-7
		Cyclonox® LE-50	Cyclohexanone peroxide	12262-58-7
		Cyclonox® LR	Cyclohexanone peroxide	12262-58-7
		Perkadox® 20S	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® 33	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® 40E	Dibenzoyl peroxide	94-36-0; 84-69-5
		Perkadox® 40ES	Dibenzoyl peroxide	94-36-0; 84-69-5
		Perkadox® BL-50	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® BT-25	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® BT-50	Dibenzoyl peroxide	94-36-0

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Perkadox® BTW-50	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® BTW-55	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® CH-34RP	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® CH-50	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® CH-50 L	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® CH-50 X	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Perkadox® L-W78	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Trigonox® 113	Cyclohexanone peroxide	12262-58-7
		Trigonox® 121-BB75	tert-Amyl peroxy-2-ethylhexanoate	686-31-7
		Trigonox® 141	2,5-Dimethyl-2,5-di(2-ethylhexanoylperoxy)hexane	13052-09-0
		Trigonox® 161	Mixture of 1,1-Di(tert-butylperoxy)cyclohexane and tert-butyl peroxy-2-ethylhexanoate	3006-86-8; 3006-82-4
		Trigonox® 178	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4; 80-15-9
		Trigonox® 178 VR	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4; 80-15-9
		Trigonox® 21-C50	tert-Butyl peroxy-2-ethylhexanoate	3006-82-4
		Trigonox® 21LS	tert-Butyl peroxy-2-ethylhexanoate	3006-82-4
		Trigonox® 21-OP50	tert-Butyl peroxy-2-ethylhexanoate	3006-82-4
		Trigonox® 22-BB80	1,1-Di(tert-butylperoxy)cyclohexane	3006-86-8
		Trigonox® 22-C50	1,1-Di(tert-butylperoxy)cyclo	3006-86-8;

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			hexane	31807-55-3
		Trigonox® 239	Cumylhydroperoxide	80-15-9
		Trigonox® 23-C75	tert-butyl peroxyneodecanoate	26748-41-4
		Trigonox® 249A	Methyl ethyl ketone peroxide and cumyl hydroperoxide solution in dimethyl phthalate	80-15-9 ; 1338-23-4
		Trigonox® 249A VR	Methyl ethyl ketone peroxide and cumylhydroperoxide solution solution in 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutanoate	80-15-9 ; 1338-23-4
		Trigonox® 263	Cumene hydroperoxide	1338-23-4; 80-15-9
		Trigonox® 263 Red	Mixture of methyl ethyl ketone and cumyl hydroperoxide	1338-23-4; 80-15-9
		Trigonox® 263 VR	Cumyl hydroperoxide	1338-23-4; 80-15-9
		Trigonox® 269	2,4-Pentanedione peroxide	614-45-9; 37187-22-7; 123-42-2
		Trigonox® 279	2,4-Pentanedione peroxide	614-45-9; 37187-22-7
		Trigonox® 29-B50	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8
		Trigonox® 29-B75	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8
		Trigonox® 29-C50	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Trigonox® 42PR	Tert-butyl peroxy-3,5,5-trimethylhexanoate	13122-18-4
		Trigonox® 42S	Tert-butyl peroxy-3,5,5-trimethylhexanoate	13122-18-4
		Trigonox® 44B	Acetylacetone peroxide	37187-22-7
		Trigonox® 44K	2,4-Pentanedione peroxide	37187-22-7; 614-45-9; 7722-84-1
		Trigonox® 51	2,4-Pentanedione peroxide	37187-22-7; 75-91-2
		Trigonox® 524	2,4-Pentanedione peroxide	37187-22-7; 614-45-9; 123-54-6; 123-42-2
		Trigonox® 61	2,4-Pentanedione peroxide	1338-23-4; 37187-22-7
		Trigonox® 61A	2,4-Pentanedione peroxide	1338-23-4; 37187-22-7
		Trigonox® 63	2,4-Pentanedione peroxide	1338-23-4; 37187-22-7
		Trigonox® 63A	2,4-Pentanedione peroxide	1338-23-4; 37187-22-7
		Trigonox® 75	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Trigonox® 77C	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	3457-61-2; 6731-36-8
		Trigonox® 82	Tert-butyl hydroperoxide	1338-23-4; 75-91-2
		Trigonox® 93	Tert-butyl peroxybenzoate	614-45-9
		Trigonox® A-W70	Tert-butyl hydroperoxide	75-91-2
		Trigonox® BPIC-C75	Tert-butylperoxy isopropyl	2372-21-6

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			carbonate	
		Trigonox® C	Tert-butyl peroxybenzoate	614-45-9
		Trigonox® D-C50	2,2-Di(tert-butylperoxy)butane	2167-23-9
		Trigonox® EHP-C75	Di(2-ethylhexyl) peroxydicarbonate	16111-62-9
		Trigonox® ESP	Cyclohexanone peroxide	37206-20-5; 12262-58-7
		Trigonox® HM	Methyl isobutyl ketone peroxide	37206-20-5
		Trigonox® K-80	Cumylhydroperoxide	80-15-9
		Trigonox® K-90	Cumylhydroperoxide	80-15-9
		Trigonox® KSM	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8; 3006-82-4
		Trigonox® Super 828	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Trigonox® V328	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Trigonox® V388	Methyl ethyl ketone peroxide	1338-23-4
		Firstcure® DMPT	N,N-Dimethyl-para-toluidine	99-97-8
		Firstcure® MHPT	N-(2-Hydroxyethyl)-N-methyl-para-toluidine	2842-44-6
		Firstcure® ST-1	Tris(N-Nitroso-N-Phenylhydroxylamine) Aluminum Salt ; 2-Phenoxy Ethoxy Acrylate	15305-07-4; 48145-04-6
		Firstcure® ST-2	Tris(N-Nitroso-N-Phenylhydroxylamine) Aluminum Salt ; Acrylate Ester of Propoxylated Glycerin	15305-07-4 ; 052408-84-1
		Firstcure® ST-3		

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Firstcure® ST-6		
		Benox B-50	Dibenzoyl peroxide	
		DCP	Dicumyl peroxide	80-43-3
		Silquest® Y-5997 Silane		
		Peroxan A-40L	Acetylacetoneperoxide	37187-22-7
		Peroxan A-50M	Mixture of Acetylacetone peroxide and tert-Butyl hydroperoxide	37187-22-7; 75-91-2
		Peroxan BEC	Tert-Butyl peroxy 2-ethylhexyl carbonate	34443-12-4
		Peroxan BEC 50 P	Tert.-Butylperoxy-2-ethylhexylcarbonate	34443-12-4
		Peroxan BHP-70	tert.-Butyl hydroperoxide	75-91-2
		Peroxan BIB	Di-(2-tert.-butyl-peroxyisopropyl)-benzene	25155-25-3
		Peroxan BIB-40 P	Di-(2-tert.-butyl-peroxyisopropyl)-benzene	25155-25-3
		Peroxan BIC	Tert.-Butylperoxy-isopropylcarbonate	2372-21-6
		Peroxan BP 40 LS	Dibenzoylperoxide	94-36-0
		Peroxan BP 50 LA	Dibenzoylperoxide	94-36-0
		Peroxan BP-Paste 50 P	Dibenzoylperoxide	
		Peroxan BP-Paste 50 PF	Dibenzoylperoxide	94-36-0
		Peroxan BP-Pulver 20	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Peroxan BP-Pulver 50 SE	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Peroxan BP-Pulver 50 W	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Peroxan BP-Pulver 50 W+	Dibenzoyl peroxide	94-36-0

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Peroxan BU	Tert.-Butylcumylperoxide	3457-61-2
		Peroxan BU 50 P	tert-Butylcumylperoxide	3457-61-2
		Peroxan BU M1	Mixture of tert-Butylcumylperoxide and t-Butyl peroxy 2-ethylhexanoate	3457-61-2; 3006-82-4
		Peroxan C 50 L	Cyclohexanoneperoxide	12262-58-7
		Peroxan C 50 L1	Cyclohexanoneperoxide	12262-58-7
		Peroxan C 90 W	Cyclohexanoneperoxide	12262-58-7
		Peroxan CU-25 M	Cumyl hydroperoxide	80-15-9
		Peroxan CU-80L	Cumol-hydroperoxide	80-15-9
		Peroxan DA	Di-tert-amyl peroxide	10508-09-5
		Peroxan DB	Di-tert.-butylperoxide	110-05-4
		Peroxan DC-40 P	Dicumylperoxide	80-43-3
		Peroxan DC-80 P	Dicumylperoxide	80-43-3
		Peroxan DC-LV	Mixture of tert-Butylcumylperoxide, 1,1-Di-(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane and Di-tert-butyl peroxide	3457-61-2; 6731-36-8;110-05-4
		Peroxan DC-P+	Dicumyl peroxide	80-43-3
		Peroxan HX	2,5-Dimethyl-2,5-di-(tert.-butylperoxy)-hexane	78-63-7
		Peroxan HX-45P	2,5-Dimethyl-2,5-di-(tert.-butylperoxy)-hexane	78-63-7
		Peroxan HXP	2,5-Dimethyl-2,5-di-(2-ethylhexanoylperoxy)-hexane	13052-09-0

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Peroxan M64 A	Methyl ethyl ketone peroxide and Acetyl acetone peroxide solution	1338-23-4; 37187-22-7
		Peroxan M64 A1	Methyl ethyl ketone peroxide and Acetyl acetone peroxide solution	1338-23-4; 37187-22-7
		Peroxan ME-30L	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan ME-50 L	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan ME-50 LA	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan ME-50 LA3	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan ME-50 LK-X	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan ME-50 LS	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan ME-50 LS-D	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan ME-50 LS-K	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan ME-50LS-P	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan ME-60 L	Methylethylketoneperoxide	1338-23-4
		Peroxan MI-60 K	Methylisobutylketoneperoxide	37206-20-5
		Peroxan MI-60 KP plus	Mixture of Methyl isobutyl ketone peroxide and tert-Butyl peroxy benzoate	37206-20-5; 614-45-9
		Peroxan PB	Tert.-Butylperoxybenzoate	614-45-9
		Peroxan PB M-20	Tert.-Butylperoxybenzoate	614-45-9
		Peroxan PB-50	Tert.-Butylperoxybenzoate	614-45-9
		Peroxan PB-50 A	Mixture of tert-Butyl peroxybenzoate and Acetylacetone peroxide	614-45-9; 37187-22-7
		Peroxan PB-50 P	Tert.-Butylperoxybenzoate	614-45-9

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Peroxan PIN	Tert.-Butylperoxy-3,5,5-trimethylhexanoate	13122-18-4
		Peroxan PIN 50 P	Tert.-Butylperoxy-3,5,5-trimethylhexanoate	13122-18-4
		Peroxan PIN M+	tert-Butyl peroxy-3,5,5-trimethylhexanoate	13122-18-4
		Peroxan PIN S1	tert-Butyl peroxy-3,5,5-trimethylhexanoate	13122-18-4
		Peroxan PK 122V	1,1-Di-(tert.-butylperoxy)-cyclohexane	3006-86-8
		Peroxan PK 295 P	1,1-Di-(tert.-butylperoxy)-3,5,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8
		Peroxan PK 295 S1-V	Mixture of 1,1-Di-(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane and tert-Butyl peroxy-2-ethylhexanoate	6731-36-8; 3006-82-4
		Peroxan PK 295 V	1,1-Di-(tert.-butylperoxy)-3,5,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8
		Peroxan PM M-1	tert-Butyl peroxybenzoate	614-45-9
		Peroxan PO	Tert.-Butylperoxy-2-ethylhexanoate	3006-82-4
		Peroxan PO M+	Tert.-Butylperoxy-2-ethylhexanoate	3006-82-4
		Peroxan PO-50 P	Tert.-Butylperoxy-2-ethylhexanoate	3006-82-4

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			anoate	
		Promox DEAA	N, N-diethylacetoacetamide	
		Promox P100		
		Promox P101		
		Promox P102		
		Promox P110		
		Promox P200		
		Promox P200S		
		Promox P201		
		Promox P202		
		Promox P210		
		Promox P215		
		Promox P300		
		Promox P420		
		Benox® L 40 LV	Dibenzoyl peroxide	
		Norox® TAPB	Peroxyester	
	Polymerization initiator	Perkadox® 16	Di-(4-tert-butylcyclohexyl)peroxydicarbonate	15520-11-3
		Perkadox® L-W75	Dibenzoyl peroxide	94-36-0
		Trigonox® 117	tert-Butylperoxy 2-ethylhexyl carbonate	34443-12-4
		Trigonox® 122-C80	1,1-Di(tert-amylperoxy)cyclohexane	15667-10-4
		Trigonox® 127	tert-Amyl peroxybenzoate	4511-39-1
		Trigonox® 131	tert-Amylperoxy 2-ethylhexyl carbonate	70833-40-8
		Trigonox® 141	2,5-Dimethyl-2,5-di(2-ethylhe	13052-09-0

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			xanoylperoxy)hexane	
		Trigonox® 21-C50	tert-Butyl peroxy-2-ethylhexanoate	3006-82-4
		Trigonox® 22-C50	1,1-Di(tert-butylperoxy)cyclohexane	3006-86-8; 31807-55-3
		Trigonox® 23	tert-Butyl peroxyneodecanoate	26748-41-4
		Trigonox® 23-C75	tert-butyl peroxyneodecanoate	26748-41-4
		Trigonox® 29-B50	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8
		Trigonox® 29-B75	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8
		Trigonox® 29-C50	1,1-Di(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	6731-36-8
		Trigonox® 42S	Tert-butyl peroxy-3,5,5-trimethylhexanoate	13122-18-4
		Trigonox® A-W70	Tert-butyl hydroperoxide	75-91-2
		Trigonox® BPIC-C75	Tert-butylperoxy isopropyl carbonate	2372-21-6
		Trigonox® C	Tert-butyl peroxybenzoate	614-45-9
		Trigonox® D-C50	2,2-Di(tert-butylperoxy)butane	2167-23-9
		Trigonox® EHP-C75	Di(2-ethylhexyl) peroxydicarbonate	16111-62-9
		Trigonox® K-80	Cumylhydroperoxide	80-15-9
		Trigonox® K-90	Cumylhydroperoxide	80-15-9

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Andonox PD-40S	Acetylacetone peroxide	
		Andonox Pulcat Super	Methyl isobutyl ketone peroxide	
		Benox B-50	Dibenzoyl peroxide	
		Norox® MCP-75	Methyl ethyl ketone peroxides solution	
		Norox® TBPB	t-Butyl peroxybenzoates	
		DCP	Dicumyl peroxide	80-43-3
		Metox -50R	Methyl ethyl ketone peroxides in dimethyl phthalate	
		Permixon MC-96	Methyl ethyl ketone peroxides and cyclohexanone peroxide in dimethyl phthalate	
		Peroxan A28S	Mixture of Acetylacetone peroxide and Methyl ethyl ketone peroxide	37187-22-7; 1338-23-4
		Peroxan DA	Di-tert-amyl peroxide	10508-09-5
		Peroxan DB	Di-tert.-butylperoxide	110-05-4
		Andonox 70:30	Mixture of ketone peroxides with dimethyl phthalate	
		Andonox ENP-80	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Andonox ENP-90	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Andonox KP-100	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Andonox KP-100S	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Andonox KP-9	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Andonox KP-9DT	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Andonox KP-9S	Methyl ethyl ketone peroxide	

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Andonox KPM	Mixture of ketone peroxides with dimethyl phthalate	
		Andonox KPM-50	Mixture of ketone peroxides with dimethyl phthalate	
		Andonox MCP-99	Methyl ethyl ketone peroxide solution	
		Andonox MEC	Solution of methyl ethyl ketone peroxide and cyclohexanone peroxide	
		Andonox P-20	Ter-butyl peroxybenzoate	
		Andonox PD-40	Acetylacetone peroxide solution	
		Andonox PDM-28		
		Andonox RTM-12	Solution of acetylacetone peroxide and a peroxyester	
		Andonox SG-10	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Andonox SHP-40	Solution of acetylacetone peroxide and a peroxyester	
		Andonox SHP-90		
		Andonox TLC-88		
		Benox® L 40 LV	Dibenzoyl peroxide	
		Norox® 750	Organic peroxide	
		Norox® 771	Solution of methyl ethyl ketone peroxides and cumyl hydroperoxide	
		Norox® Azox	Acetylacetone peroxide	
		Norox® CHP	Cumyl hydroperoxide solution	

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Norox® MCP-21	Methyl ethyl ketone peroxides and cumyl hydroperoxide solution	
		Norox® MEC	Solution of methyl ethyl ketone peroxide and cyclohexanone peroxide	
		Norox® MEKP-30		
		Norox® MEKP-9		
		Norox® MEKP-900		1338-23-4
		Norox® MEKP-925	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Norox® MEKP-9H	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Norox® TAPB	Peroxyester	
		Superox® 46-727		
		Superox® 46-730		
		Superox® 46-731	Solution of acetyl acetone peroxide	
		Superox® 46-747	Methyl ethyl ketone peroxide	
		Superox® 46-750		
		Superox® 46-753	Solution of methyl ethyl ketone peroxides and cumyl hydroperoxide	
		Superox® 46-763	Solution of cumyl hydroperoxide	
		Superox® 46-770	Solution of methyl ethyl ketone peroxides and cumyl hydroperoxide	
		Superox® 46-771	Solution of methyl ethyl	

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			ketone peroxides and cumyl hydroperoxide	
	Styrene suppressant	Byk® LP W 6236	Solution of a block copolymer with functional groups	
		Byk® S 740	Hydroxypolyesters with paraffin wax solution	
		BYK® -S 750		
Vulcanizing agent	Esperal® 115RG	Dicumyl peroxide	80-43-3	
Fillers and Fibers	Fibers (extender reinforcer)	Cratec® 163D		
		Chopped Strand Mat 79		
		Chopped Strand Mat 92		
		Filament Winding® 2022		
		Hybon 6428 Roving		
		Hybon® 2022 Roving		
		Hybon® 2026 Roving		
		Hybon® 6000 Roving		
		Hybon® 6313 Roving		
		MatVantage® II		
		MPM Chopped Strand Mat		
		Pultrusion 1712		
		Pultrusion 2026		
		Roving 1084		
		Roving 6428		
		SMC 5509		
		SMC 5545		
	Filler/Fiber Conductive	Nerox® 1000	Furnace Black	1333-86-4

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Nerox® 2500	Furnace Black	1333-86-4
	Filler (reinforcer /extender)	Martinal® OL-107/LFF	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON/V-801	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON/V-803	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON-904	Aluminium hydroxide	21645-51-2
		Martinal® ON-906	Aluminium hydroxide	21645-51-2
		Martinal® ON-908	Aluminium hydroxide	21645-51-2
		Martinal® ON-914	Aluminium hydroxide	21645-51-2
		Martinal® ON-920/V	Aluminium hydroxide	21645-51-2
		Martinal® ON-921	Aluminium hydroxide	21645-51-2
		Martinal® ON-935	Aluminium hydroxide	21645-51-2
		CAB-O-SIL® HP-60	Untreated fumed silica	
		Mica Flakes TUG		
		Mica MU-247		
		Mica MU-280		
		Mica MU-454		
		Mica MU-85		
		Mica MU-900		
		Mica Soft-15		
		Micronised Mica 325 Mesh		
		Durcal 10	Calcium carbonate	
		Durcal 130	Calcium carbonate	
		Durcal 5	Calcium carbonate	
		Granicalcium	Calcium carbonate	
	Hydrocarb	Calcium carbonate		
	Omya BL	Calcium carbonate		

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Omya BLR 3	Calcium carbonate	
		Gun Roving 299		
		Blanc fixe N	Synthetic barium sulfate	
		Socal® 312	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® 322V	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® U1S2	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® S	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® SPM	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Wacker HDK® T40	Silica	
Flame retardant/Smoke suppressant	Alumina trihydrate	Martinal® OL-107/LFF	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON/V-801	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON/V-803	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON-904	Aluminium hydroxide	21645-51-2
		Martinal® ON-906	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON-908	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON-914	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON-920/V	Aluminium hydroxide	
		Martinal® ON-921	Aluminium hydroxide	21645-51-2
		Martinal® ON-935	Aluminium hydroxide	
		Apyral 11	Aluminium hydroxide	
		Apyral 2	Aluminium hydroxide	
		Apyral 3	Aluminium hydroxide	
		Apyral 4	Aluminium hydroxide	
		Apyral 40 D	Aluminium hydroxide	
		Apyral 60 D	Aluminium hydroxide	
Apyral® 1 E	Aluminium hydroxide			

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Apyral® 15	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 16	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 2 E	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 20X	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 22	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 24	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 3	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 30X	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 32	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 33	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 4	Aluminium hydroxide	
		Apyral® 8	Aluminium hydroxide	
		Apyral® AOH 20	Aluminium hydroxide	
		Apyral® AOH 30	Aluminium hydroxide	
		Apyral® AOH 60	Aluminium hydroxide	
	Antimony oxides	Ultrafine® II	Antimony Trioxide	1309-64-4
		Huantai HT-218	Antimony trioxide	
		Nyacol® AB 40	Antimony pentoxide	
		Nyacol® APE 1540	Antimony pentoxide	
	Brominated compounds	Saytex® 102E	Decabromodiphenyl Oxide	1163-19-5
		Saytex® RB-49	Tetrabromophthalic Anhydride	632-79-1
		CD-75P™	Hexabromocyclododecane	3194-55-6
		Chemtura (Great Lakes) DBS	Dibromostyrene	125904-11-2
		Chemtura (Great Lakes)	Decabromodiphenyl oxide	1163-19-5

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		DE-83R		
		Chemtura (Great Lakes) FF-680	Bis (tribromophenoxy) ethane	37853-59-1
		Chemtura (Great Lakes) PHT4	Tetrabromophthalic anhydride	632-79-1
		DE-83R™	Decabromodiphenyl Oxide	1163-19-5
		FF-680™	Bis (Tribromophenoxy) ethane	37853-59-1
		Firemaster® 2100		84852-53-9
		Firemaster® 520	Tetrabromophthalic anhydride based diol	3296-90-0
		FR 522(DBNPG)	Dibromoneopentyl glycol	
		TBBA	Tetrabromobisphenol A	79-94-7
	Melamine compounds	Budit 311MPP	Di-melamine-pyro-phosphate	
		Budit 3141	Melamine Polyphosphate	
		Budit 3141CA	Melamine Polyphosphate	
		Melapur® MP	Melamine-phosphate	41583-09-9
	Organo phosphorous based	Antiblaze® DMMP	Dimethyl methylphosphonate.	
		Exolit AP 422	Ammonium polyphosphate	
		Exolit AP 740	Ammonium polyphosphate	
		Exolit AP 742	Ammonium polyphosphate	
		Exolit RP 614		
		TEP	Triethyl phosphate	
		TMP	Trimethyl phosphate	
		Sipax® TCPP	Tri(2-Chloropropyl)Phosphate (TCPP)	6145-73-9
		Fyrol® 38	Tris (1,3-dichloroisopropyl)	13674-87-8

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			phosphate	
		Fyrol® 99	Oligomeric chloroalkyl phosphate ester	109640-81-5
		Fyrol® FR-2	Tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate	13674-87-8
		Fyrol® PCF	Tris (2-chloroisopropyl) phosphate	13674-84-5
		Fyrol® TEP	Triethyl Phosphate	78-40-0
		Preniphor™ EPFR-APP222	Ammonium Polyphosphate	
		Preniphor™ EPFR-APP241	Ammonium Polyphosphate	
Impact modifier	Precipitated calcium carbonate	Socal® 312	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® 322V	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® U1S2	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® S	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® SPM	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
Lubricants & Waxes	Fluoropolymer-based	Dyneon™ PA 5954	Perfluorocarbon resin	
		Dyneon™ PA 5952	Perfluorocarbon resin	
		Dyneon™ PA 5951	Perfluorocarbon resin	
		Dyneon™ PA 5953	Perfluorocarbon resin	
		Dyneon™ PA 5955	Perfluorocarbon resin	
		Dyneon™ PA 5956	Perfluorocarbon resin	
	Metallic stearates	Licocene PE MA 4221 Granules TP		9006-26-2
		Synpro® Zinc Stearate S-1058	Zinc stearate	
	Polyethylene Wax	Synpro® Zinc Stearate XF-100	Zinc stearate	

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
Plasticizer /flexibilizers	Plasticizer	Eastman TEP (Triethyl Phosphate)	Triethyl Phosphate	78-40-0
		Suprmix® Plasthall DAP	Diallyl phthalate	
Processing /dispersion additives	Antifoaming agent (foam suppressant)	BYK® A 501		
		BYK® A 515		
		BYK® A 550		
		BYK® A 555		
	Antitack (antiblock) agent	Byk® S 780	Wax dispersion	
		Byk® S 781	Combination of waxes with polar components	
		Vibatan PET Antiblocking 00674/AT	10% Dispersion of Synthetic Silica in Polyester	
	Blowing /foaming agent	Dabco® DC4020	Silicone	
		Unifoam AZ BS-1000	Azodicarbonamide	
		Unifoam AZ BS-2000	Azodicarbonamide	
		Unifoam AZ BS-3000	Azodicarbonamide	
		Unifoam AZ BS-500	Azodicarbonamide	
	Dispersing agent	Byk® 9076	Alkylammonium salt of a high molecular weight copolymer	
		Byk® 9077	High molecular weight copolymer with pigment affinic groups	
		Byk® 935	Solution of an unsaturated polycarboxylic acid polymer	
		BYK® W 9010	Copolymer with acidic groups	
BYK® -W 9011		Copolymer with acidic groups		
Byk® W 909		Solution of a boric acid ester		

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		BYK® W 920	Solution of a salt of unsaturated polyamine amides and acidic polyesters	
		BYK® W 935	Solution of unsaturated polycarboxylic acid polymer	
		BYK® -W 940	Unsaturated polycarboxylic acid polymer with a polysiloxane copolymer	
		BYK® -W 965	Solution of polyamine amides and a polar acidic ester	
		BYK® -W 966	Solution of a salt of unsaturated polyamine amides and acidic polyesters	
		BYK® -W 968	Alkylolammonium salt of an acidic polyester	
		BYK® -W 969	Hydroxyl functional alkylol ammonium salt of an acidic copolymer	
		BYK® -W 972		
		Byk® W 980	Solution of a salt of unsaturated polyamine amides and acidic polyester	
		BYK® -W 985	Acidic polyester	
		BYK® -W 990	Solution of a partial salt of acidic polyesters	
		BYK® -W 995		
		BYK® -W 996		

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		BYK® W 997	Solution of a copolymer with acidic groups	
		BYK® -W 997	Solution of a copolymer with acidic groups	
		BYK® W-961	Solution of an alkylammonium salt of a polycarboxylic acid	
		Licocene PE MA 4221 Granules TP		9006-26-2
		Dow Corning® Z-6032 Silane	N-2-(Vinylbenzylamino)-ethyl-3-aminopropyl-trimethoxysilane • monohydrogen chloride	34937-00-3
		Lib Dispersant - 1011	Copolymer with oleochemical derivative	
		Lib Dispersant - 1012	Copolymer with oleochemical derivative	
		SOLPLUS® AX5		
		SOLPLUS® D520		
	Nucleating agent	Mica Flakes TUG		
		Mica MU-247		
		Mica MU-280		
		Mica MU-454		
		Mica MU-85		
		Mica MU-900		
		Mica Soft-15		
		Micronised Mica 325 Mesh		
		Socal® 312	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Socal® 322V	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® U1S2	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® S	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® SPM	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
	Processing aid	EFKA® 8300	Polyacrylate	
		MB 50-010 Masterbatch		
		Socal® 312	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® 322V	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® U1S2	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® S	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® SPM	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
	Release Agent	Moulex® 154 NS		
		Moulex® 250		
		Release Agent NL-1		64742-82-1
		Release Agent NL-2	Polyvinyl alcohol	9002-89-5
		Release Agent NL-30	Sodium bis(2-ethylhexyl)sulfosuccinate	577-11-7
		Formula Ten		
		Moldwiz® 249		
		Moldwiz® 249-B41		
		Moldwiz® 250 SL/55NC		
		Moldwiz® 250SL/NC		
		Moldwiz® EM-303SF2		
		Xtend™ 19CMS		
Xtend™ 19RBU				

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Xtend™ 19SAM		
		Xtend™ 19W		
		Xtend™ 19ZAM		
		Xtend™ 802		
		Xtend™ 804		
		Xtend™ 818		
		Byk® A 500	Solution of foam destroying polymers, silicone free	
		Byk® A 560	Silicone-free solution of foam destroying polyacrylates and polymers	
		Byk® S 706	Solution of polyacrylate	
		MB 50-010 Masterbatch		
		Zelec® LA-2	Solution of polyacrylate	
	Slip agent	MB 50-010 Masterbatch		
	Wetting agent	Byk® 9076	Alkylammonium salt of a high molecular weight copolymer	
		Byk® 9077	High molecular weight copolymer with pigment affinic groups	
		Byk® 935	Solution of an unsaturated polycarboxylic acid polymer	
		Byk® A 560	Silicone-free solution of foam destroying polyacrylates and polymers	
		BYK® W 9010	Copolymer with acidic groups	
		BYK® -W 9011	Copolymer with acidic groups	

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Byk® W 909	Solution of a boric acid ester	
		BYK® W 920	Solution of a salt of unsaturated polyamine amides and acidic polyesters	
		BYK® W 935	Solution of unsaturated polycarboxylic acid polymer	
		BYK® -W 940	Unsaturated polycarboxylic acid polymer with a polysiloxane copolymer	
		BYK® -W 965	Solution of polyamine amides and a polar acidic ester	
		BYK® -W 966	Solution of a salt of unsaturated polyamine amides and acidic polyesters	
		BYK® -W 968	Solution of a salt of unsaturated polyamine amides and acidic polyesters	
		BYK® -W 969	Hydroxyl functional alkylol ammonium salt of an acidic copolymer	
		BYK® -W 972		
		Byk® W 980	Solution of a salt of unsaturated polyamine amides and acidic polyester	
		BYK® -W 985	Acidic polyester	
		BYK® -W 990	Solution of a partial salt of acidic polyesters	

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		BYK® -W 995		
		BYK® -W 996		
		BYK® W 997	Solution of a copolymer with acidic groups	
		BYK® -W 997	Solution of a copolymer with acidic groups	
		BYK® W-961	Solution of an alkylammonium salt of a polycarboxylic acid	
		EFKA® 8300	Polyacrylate	
Rheology/viscosity modifier	Thickening agent	CAB-O-SIL® PTG	Untreated fumed silica	
		Socal® 312	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® 322V	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® U1S2	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® S	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® SPM	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
	Thixotropic agent	Byk® R 605	Solution of polyhydroxy carboxylic acid amides	
		Byk® R 606	Solution of polyhydroxy carboxylic acid amides	
		CAB-O-SIL® HP-60	Untreated fumed silica	
	Viscosity modifier	Byk® 9077	High molecular weight copolymer with pigment affinic groups	
		Byk® LP R 20320	Solution of urea	
		CAB-O-SIL® HP-60	Untreated fumed silica	
		Eastman TEP (Triethyl	Triethyl Phosphate	78-40-0

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Phosphate)		
		Zelec® LA-2	Low Acid Alcohol phosphate	
Stabilizers /inhibitors /scavengers	Acid scavenger	Socal® 312	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® 322V	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Socal® U1S2	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® S	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
		Winnofil® SPM	Calcium carbonate	471-34-1;1592-23-0
	Antioxidant	Deox MD-1060	2,2'-Oxamido bis[ethyl-3-(3,5-di-tert-butyl-4 -hydroxyphenyl) -propionate]	70331-94-1
		Irgastab® PUR 67		
		Irgastab® PUR 68		
		Thanox 168	Tris(2,4-di-t-butylphenyl)phos phite	31570-04-4
		Songnox™ 117B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite phosphorous acid tris(2,4-ditert-butylphenyl) ester	31570-04-4 ; 2082-79-3
		Songnox™ 11B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-4-hydroxyp henyl)propanoate	31570-04-4 ; 6683-19-8
		Songnox™ 147B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-5-hydroxyp	31570-04-4 ; 2082-79-3

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			henyl)propanoate	
		Songnox™ 217B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-6-hydroxyp henyl)propanoate	31570-04-4 ; 2082-79-3
		Songnox™ 21B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-7-hydroxyp henyl)propanoate	31570-04-4 ; 6683-19-8
		Songnox™ 317B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-8-hydroxyp henyl)propanoate	31570-04-4 ; 2082-79-3
		Songnox™ 31B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-9-hydroxyp henyl)propanoate	31570-04-4 ; 6683-19-8
		Songnox™ 35B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-10-hydroxy phenyl)propanoate	31570-04-4 ; 6683-19-8
		Songnox™ 417B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl	31570-04-4 ; 2082-79-3

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			3-(3,5-ditert-butyl-11-hydroxy phenyl)propanoate	
		Songnox™ 41B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-12-hydroxy phenyl)propanoate	31570-04-4 ; 6683-19-8
		Songnox™ 43B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-13-hydroxy phenyl)propanoate	31570-04-4 ; 6683-19-8
		Songnox™ 56B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-14-hydroxy phenyl)propanoate	31570-04-4 ; 6683-19-8
		Songnox™ 811B	tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite ; octadecyl 3-(3,5-ditert-butyl-15-hydroxy phenyl)propanoate	31570-04-4 ; 23128-74-7
	Heat stabilizer	Saytex® 102E	Decabromodiphenyl Oxide	1163-19-5
		Weston® DPP	Diphenyl Phosphite	4712-55-4
		Irgastab® PUR 67		
		Irgastab® PUR 68		
		Mica Flakes TUG		

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Mica MU-247		
		Mica MU-280		
		Mica MU-454		
		Mica MU-85		
		Mica MU-900		
		Mica Soft-15		
		Micronised Mica 325 Mesh		
	Inhibitor	Inhibitor NLC	4-tert-Butyl-1,2-dihydroxy benzene	98-29-3
		Inhibitor NLC	4-tert-Butyl-1,2-dihydroxy benzene 10% solution in 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutanoate	98-29-3
		Inhibitor NLD	2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol	100-42-5
		Pergaslow BK-1	4-tert.-Butylcatechol	98-29-3
		Pergaslow BK-10	4-tert.-Butylcatechol	98-29-3
		Pergaslow BK-100	4-tert.-Butylcatechol	98-29-3
		Pergaslow PK-100	2,6-Di-tert.butyl-p-cresol	128-37-0
		Pergaslow PK-3	2,6-Di-tert.butyl-p-cresol	128-37-0
		Pergaslow PK-40	2,6-Di-tert.butyl-p-cresol	128-37-0
		Light stabilizer /UV absorber	Palmarole LS.NO.01	
	Trigonal® 15		Benzoin butyl ether	22499--11-2
	MarkScreen™ HA-7123		Hindered amine	129757-67-1
	MarkScreen™ UV-7320		Hydroxyphenyl Benzotriazole	3846-71-7
	Uvinul® 3000		2,4-Dihydroxybenzophenone	131-56-6
Uvinul® 3035	Ethyl-2-cyano-3,3-diphenyl		5232-99-5	

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			acrylate	
		Uvinul® 3039	2-Ethylhexyl-2-cyano-3,3-diphenylacrylate	6197-30-4
		Uvinul® 3040	2-Hydroxy-4-methoxybenzophenone	131-57-7
		Tiangang™ HS-508(292)	Mixture of bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidiny) sebacate and methyl(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidiny) sebacate and methyl(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidiny) sebacate	41556-26-7; 82919-37-7
		Tiangang™ HS-765	Bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidiny) sebacate and methyl(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidiny) sebacate	41556-26-7; 82919-37-7
		Lowilite® 24	2,4-dihydroxybenzophenone	131-56-6
		Lowilite® 26	2-(2'-hydroxy-3'-t-butyl-5'-methylphenyl)-5-chlorobenzotriazole	3896-11-5
		Lowilite® 27	2-(2'-hydroxy-3',5'-di-t-butylphenyl)-5-chlorobenzotriazole	3864-99-1
		Lowilite® 28	2-(2'-hydroxy-3',5'-di-t-amyl-phenyl)benzotriazole	25973-55-1
		Lowilite® 29	2-(2'-Hydroxy-5'-t-octylphenyl)benzotriazole	3147-75-9

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
		Lowilite® 62	Polymer of dimethyl succinate and 4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidine ethanol	65447-77-0
		Lowilite® 92	Mixture of bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidinyl)sebacate and methyl(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidinyl)sebacate	41556-26-7; 82919-37-7
		Weston® DPP	Diphenyl Phosphite	4712-55-4
		Tinuvin® 328	2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertphenylphenol	25973-55-1
		EFKA® 8300	Polyacrylate	
		EFKA® 8350	Organically modified polysiloxane	
		EFKA® 8380	Fluorcarbon modified polyacrylate	
		Tinuvin® 144	Bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidinyl)-2-butyl-2-(4-hydroxy-3,5-di-tert.-butylbenzyl)propanedioate	63843-89-0
		Tinuvin® 312	Ethanediamide, N-(2-ethoxyphenyl)-N'-(2-ethylphenyl)-	23949-66-8
		Cyasorb® UV-1164 L	2,4-Bis(2,4-dimethylphenyl)-6-(2-hydroxy-4-isooctyloxyphenoxy)phenyl	

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			nyl)-1,3,5-triazine	
		Eustab LS-292		41556-26-7; 82919-37-7
		Eversorb 11	2-hydroxy-4-methoxy-benzop henone	131-57-7
		Eversorb 71	2-(2'-hydroxy-5'-methyl phenyl) benzotriazole	2440-22-4
		Eversorb 72	2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1, 1',3,3'-tetramethylbutyl)Pheno ne	3147-75-9
		Eversorb 765	Bis-(N-methyl,2,2,6,6-tetrame thyl-4-piperidinyl) sebacate + Methyl-(N-methyl,2,2,6,6-tetr amethyl-4- piperidinyl) sebacate	41556-26-7/82919-3 7-7
		Eversorb 77	2-[3,5-Di-tert-butyl-2-hydrox yphenyl]-2H-benzotriazole	3846-71-7
		Nerox® 1000	Furnace Black	1333-86-4
		Nerox® 2500	Furnace Black	1333-86-4
		Sipax® 5327	2-(2'-Hydroxy-3', 5'-di-t-butylphenyl)-5-chlorob enzotriazole	3864-99-1
		Sipax® 5328	2-(2-Hydroxy-3,5-di-t-amylph enyl)-benzotriazole	25973-55-1
		Sipax® 5329	2-(2-Hydroxy-5-t-Octylphenyl)benzotriazole	3147-75-9
		Sipax® 5622	Polymer of dimethyl succinate	65447-77-0

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			and 4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethyl -1-piperidine ethanol	
		BLS® 1326	2-(3'-tert-butyl-2'-hydroxy-5' -methylphenyl)-5-chlorobenzo triazole	3896-11-5
		BLS® 1328	2-(2'-Hydroxy-3', 5'-di-tert-amylphenyl) benzotriazole	25973-55-1
		BLS® 1622	Dimethyl succinate polymer with 4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethyl -1-piperidine ethanol	65447-77-0
		BLS® 234	2-[2-hydroxy-3,5-di-(1,1-dime thylbenzyl)]-2H-benzotriazole	70321-86-7
		BLS® 292	Blend of bis (1,2,2,6,6-pentamethyl-4-pipe ridinyl) sebacate and methyl(1,2,2,6,6-pentamethyl- 4-piperidinyl)sebacate	41556-26-7; 82919-37-7
		BLS® 292 HP	Blend of bis (1,2,2,6,6-pentamethyl-4-pipe ridinyl) sebacate and methyl(1,2,2,6,6-pentamethyl- 4-piperidinyl)sebacate	41556-26-7; 82919-37-7
		Quent® 292	Bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-p iperidinyl) sebacate	41556-26-7
		Quent® 622	Polymer of dimethyl succinate	65447-77-0

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			and 4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidine	
		Sabo® stab UV 62	Polymer of dimethylsuccinate and 4-hydroxy-2,2,6,6,-tetramethyl-1-piperidine ethanol	65447-77-0
		Ultrasorb 626	Benzotriazole	
		Songlight® 2920	Bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidinyl) sebacate	41556-26-7
		Songlight® 6220	Polymer of dimethyl succinate and 4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidine ethanol	65447-77-0
		Songlight® 7700	Bis (2, 2, 6, 6-tetramethyl-4-piperidinyl) sebacate	52829-07-9
		Songsorb® 3280	2-(2'-Hydroxy-3',5'-di-tert-amylphenyl)benzotriazole	25973-55-1
		Songsorb® 3290	2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol	3147-75-9
		Songsorb® 7120	2,4-Di-tert-butylphenyl-4'-hydroxy-3',5'-di-tert-butyl benzoate	4221-80-1
		GW-292	Blend of bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidinyl)sebacate and methyl(1,2,2,6,6-pentamethyl-	41556-26-7; 82919-37-7

Category	Subcategory	品名	Agent	CAS Number
			4-piperidinyl)sebacate	
		GW-622	Dimethyl succinate polymer with 4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidine ethanol	65447-77-0
		UV-327	2,4-di-tert-butyl-6-(5-chlorobenzotriazol-2-yl)phenol	3864-99-1
		Zhiyi-UV-328	2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertpentylphenol	25973-55-1
		Zhiyi-UV-329	2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol	3147-75-9
	Metal deactivator	Deox MD-1060	2,2'-Oxamido bis[ethyl-3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl) -propionate]	70331-94-1
	Polymerization inhibitor	Firstcure® ST-1	Tris(N-Nitroso-N-Phenylhydroxylamine) Aluminum Salt ; 2-Phenoxy Ethoxy Acrylate	15305-07-4; 48145-04-6
		Firstcure® ST-2	Tris(N-Nitroso-N-Phenylhydroxylamine) Aluminum Salt ; Acrylate Ester of Propoxylated Glycerin	15305-07-4 ; 052408-84-1
		Firstcure® ST-3		
		Firstcure® ST-6		

附件五、FRP 製程化學物質之致氣喘危害指標推估

CAS Number	NAME	Hazard Index	Molecular weight
70331-94-1	(1,2-Dioxoethylene)bis(iminoethylene) bis(3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionate)	1.00	696.92
15667-10-4	1 1-BIS(TERT-AMYLPEROXY)CYCLOHEXANE	0.28	288.43
6731-36-8	1,1-Di-(tert.-butylperoxy)-3,5,5-trimethylcyclohexane	0.34	
6731-36-8	1,1-Di-(tert-butylperoxy)-3,3,5-trimethylcyclohexane	0.34	302.45
3006-86-8	1,1-Di(tert-butylperoxy)cyclohexane	0.17	260.37
1163-19-5	1,2,3,4,5-pentabromo-6-(2,3,4,5,6-pentabromophenoxy)benzene	0.00	959.17
3194-55-6	1,2,5,6,9,10-Hexabromocyclododecane	0.00	641.70
37853-59-1	1,2-Bis(2,4,6-tribromophenoxy)ethane	0.00	687.64
84852-53-9	1,2-Bis(pentabromophenyl) ethane	0.00	971.23
31807-55-3	2 2 4 6 6-PENTAMETHYLHEPTANE	0.39	170.34
70321-86-7	2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(1-methyl-1-phenylethyl)phenol	0.94	447.58
25973-55-1	2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertpentylphenol	1.00	351.49
2440-22-4	2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-p-cresol	0.98	225.25
3864-99-1	2-(2'-Hydroxy-3',5'-di-tert-butylphenyl)-5-chlorobenzotriazole	1.00	357.88
3077-12-1	2,2'-(P-TOLYLIMINO)DIETHANOL	0.99	195.26
6846-50-0	2,2,4-TRIMETHYL-1,3-PENTANEDIOL DIISOBUTYRATE	0.76	286.41
3296-90-0	2,2-Bis(bromomethyl)propane-1,3-diol	0.00	261.94
2167-23-9	2,2-Di(tert-butylperoxy)butane	0.12	234.34
131-56-6	2,4-Dihydroxybenzophenone	0.04	214.22
4221-80-1	2,4-Di-tert-butylphenyl 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzoate	0.98	438.65
123-54-6	2,4-Pentanedione	0.21	100.11
37187-22-7	2,4-PENTANEDIONE PEROXIDE, 34 WT % SOLN IN DIME PHTHALATE &	0.63	230.22

CAS Number	NAME	Hazard Index	Molecular weight
	PROPRIETARY ALCOHOLS		
13052-09-0	2,5-Dimethyl-2,5-di(2-ethylhexanoylperoxy)hexane	0.94	430.62
128-37-0	2,6-Di-tert.butyl-p-cresol	0.20	220.35
22499-11-2	2-butoxy-2-phenylacetophenone	0.07	268.36
131-57-7	2-Hydroxy-4-methoxybenzophenone	0.02	228.25
48145-04-6	2-PHENOXYETHYL ACRYLATE	0.02	192.21
4369-14-6	3-(ACRYLOYLOXY)PROPYLTRIMETHOXYSILANE	0.49	234.32
65100-04-1	3-(Diethoxymethylsilyl)propyl methacrylate	0.98	260.41
34937-00-3	3-(N-Styrylmethyl-2-aminoethylamino)-propyltrimethoxysilane hydrochloride	0.96	374.98
21142-29-0	3-(Triethoxysilyl)propyl methacrylate	0.97	290.43
23128-74-7	3,3'-Bis(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)-N,N'-hexamethylenedipropionamide	1.00	636.95
2897-60-1	3-Glycidoxypropyl)methyl)diethoxysilane	0.08	248.39
2530-83-8	3-Glycidoxypropyltrimethoxysilane	0.03	236.34
2602-34-8	3-Glycidyloxypropyl)triethoxysilane	0.08	278.42
14513-34-9	3-Methacryloxypropylmethyl)dimethoxysilane	0.96	232.35
2530-85-0	3-Methacryloxypropyltrimethoxysilane	0.94	248.35
123-42-2	4-Hydroxy-4-methyl-2-pentanone	0.12	116.16
98-29-3	4-tert-Butylcatechol	0.04	166.22
21645-51-2	Aluminium hydroxide	0.05	78.00
125904-11-2	Benzene, ethenyl-, ar-bromo derivs.	0.00	183.04
94-36-0	Benzoyl peroxide	0.92	242.23
10508-09-5	Bis(1,1-dimethylpropyl) peroxide	0.14	174.29
63843-89-0	Bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl) [[3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl]methyl]butylmalonate	1.00	685.04
41556-26-7	Bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl) sebacate	1.00	508.79

CAS Number	NAME	Hazard Index	Molecular weight
52829-07-9	Bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl)sebacate	1.00	480.73
111-46-6	Bis(2-hydroxyethyl)ether	0.01	106.12
15520-11-3	Bis(4-tert-butylcyclohexyl) peroxydicarbonate	0.86	345.35
25155-25-3	Bis(tert-butyldioxyisopropyl)benzene	0.25	338.49
3896-11-5	Bumetrizole	0.84	315.80
112-34-5	Butyl digol	0.01	162.23
471-34-1	Calcium carbonate	0.72	100.09
1592-23-0	Calcium stearate	1.00	607.03
80-15-9	Cumyl hydroperoxide	0.03	152.19
12262-58-7	Cyclohexanone peroxide	0.06	246.30
16111-62-9	Di-(2-ethylhexyl)peroxydicarbonate	0.73	346.46
80-43-3	Dicumyl peroxide	0.09	270.37
84-69-5	Diisobutyl phthalate	0.99	278.35
131-11-3	Dimethyl 1,2-benzenedicarboxylate	0.94	194.18
4712-55-4	DIPHENYL PHOSPHITE	0.00	234.19
110-05-4	Di-tert-butyl peroxide	0.08	146.23
577-11-7	Docusate sodium	0.96	444.56
5232-99-5	Etocrilene	0.85	277.32
052408-84-1	Glycerine propoxylate triacrylate	0.09	428.48
129757-67-1	Hindered amine	1.00	685.09
7722-84-1	Hydrogen peroxide	0.01	34.01
108-31-6	Maleic anhydride	0.85	98.06
41583-09-9	Melamine-phosphate	0.70	224.11
1333-86-4	Methane	0.02	16.04
82919-37-7	Methyl 1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl sebacate	0.98	369.54

CAS Number	NAME	Hazard Index	Molecular weight
1338-23-4	Methyl Ethyl Ketone Peroxide	0.02	210.23
37206-20-5	Methyl isobutyl ketone peroxide(in solution,content ≤ 62%,with type A thinner	0.09	234.33
23949-66-8	N-(2-Ethoxyphenyl)-N'-(4-ethylphenyl)-ethlyene diamide	0.97	312.39
2842-44-6	N-(2-HYDROXYETHYL)-N-METHYL-4-TOLUIDINE	0.82	165.24
91-66-7	N,N-Diethylaniline	0.21	149.23
121-69-7	N,N-Dimethylaniline	0.13	121.18
99-97-8	N,N-DIMETHYL-P-TOLUIDINE	0.17	135.21
15305-07-4	N-Nitroso-N-phenylhydroxylamine aluminum salt	0.99	444.39
2082-79-3	Octadecyl 3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionate	0.99	530.88
6197-30-4	Octocrilene	0.97	361.48
3147-75-9	Octrizole	1.00	323.44
109640-81-5	Oligomeric chloroalkyl phosphate ester	0.00	471.50
100-42-5	Styrene	0.04	104.15
686-31-7	tert-Amyl peroxy-2-ethylhexanoate	0.42	230.34
4511-39-1	TERT-AMYL PEROXYBENZOATE 90	0.58	208.25
70833-40-8	TERT-AMYLPEROXY 2-ETHYLHEXYL CARBONATE	0.40	260.37
3457-61-2	TERT-BUTYL CUMYL PEROXIDE	0.08	208.30
75-91-2	tert-Butyl hydroperoxide	0.03	90.12
3006-82-4	tert-Butyl peroxy-2-ethylhexanoate	0.35	216.32
13122-18-4	tert-Butyl peroxy-3,5,5-trimethylhexanoate	0.42	230.34
614-45-9	tert-Butyl peroxybenzoate	0.50	194.23
26748-41-4	tert-Butyl peroxyneodecanoate	0.36	244.37
34443-12-4	tert-Butylperoxy 2-ethylhexyl carbonate	0.33	246.35
2372-21-6	TERT-BUTYLPEROXY ISOPROPYL CARBONATE	0.10	176.21
79-94-7	Tetrabromobisphenol A	0.00	543.88

CAS Number	NAME	Hazard Index	Molecular weight
632-79-1	Tetrabromophthalic anhydride	0.00	463.70
78-08-0	Triethoxyvinylsilane	0.37	190.31
78-40-0	Triethyl phosphate	0.01	182.16
3388-04-3	Trimethoxy[2-(7-oxabicyclo[4.1.0]hept-3-yl)ethyl]silane	0.20	246.38
13674-87-8	tris(1,3-dichloropropan-2-yl) phosphate	0.01	430.91
31570-04-4	Tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite	0.86	646.93
13674-84-5	Tris(2-chloro-1-methylethyl) phosphate	0.01	327.57
6145-73-9	Tris(2-chloropropyl) phosphate	0.01	327.57
3846-71-7	UV-320	0.94	323.44
2768-02-7	Vinyltrimethoxysilane	0.19	148.23

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

遊艇製造業勞工健康危害評估研究 / 王雅玢, 王玉純, 潘致弘研究主持. -- 1版. -- 新北市 : 勞委會勞安所, 民101.03
面 ; 公分
ISBN 978-986-03-2196-8(平裝)

1. 勞工衛生 2. 職業衛生

412.53

101005538

遊艇製造業勞工健康危害評估研究

著者：王雅玢、王玉純、潘致弘

出版機關：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話：02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月：中華民國 101 年 3 月

版（刷）次：1 版 1 刷

定價：300 元

展售處：

五南文化廣場

台中市中區中山路 6 號

電話：04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話：02-25180207

本書同時登載於本所網站之「出版中心」，網址為

http://www.iosh.gov.tw/Book/Report_Publish.aspx

- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有，翻印必究】

ISBN：978-986-03-2196-8

GPN：1010100660