

建材塑化劑逸散量評估方法之研究

內政部建築研究所協同研究計畫資料蒐集分析報告

107
年

建材塑化劑逸散量評估方法之研究

資料蒐集分析報告

內政部建築研究所協同研究計畫

中華民國 107 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

計畫編號：10715B0011

建材塑化劑逸散量評估方法之研究

資料蒐集分析報告

研究主持人：羅時麒

協同主持人：陳振誠

研 究 員：張偉翔、林霧霆、蔡介峰、姚志廷

研究助理：郭孟涵、莊智閩

內政部建築研究所協同研究計畫

中華民國 107 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）

建材塑化劑逸散量評估方法之研究

內政部建築研究所協同研究計畫資料蒐集分析報告

107
年

建材塑化劑逸散量評估方法之研究

資料蒐集分析報告

內政部建築研究所協同研究計畫

中華民國 107 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

計畫編號：10715B0011

建材塑化劑逸散量評估方法之研究

資料蒐集分析報告

研究主持人：羅時麒

協同主持人：陳振誠

研 究 員：張偉翔、林霧霆、蔡介峰、姚志廷

研究助理：郭孟涵、莊智閩

內政部建築研究所協同研究計畫

中華民國 107 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）

目次

表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究計畫內容	5
第三節 研究流程與進度	7
第四節 預期研究成果及效益.....	9
第二章 文獻分析與研究方法	10
第一節 文獻分析	10
第二節 研究方法	27
第三章 建立健康綠建材-半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法	49
第一節 半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法-建置微型容器	49
第二節 建立健康綠建材-半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法	55
第四章 建材塑化劑測試結果	61
第一節 檢量線製作與品保品管.....	61
第二節 建材塑化劑檢測結果.....	65

第三節 建材塑化劑逸散方法與溶出方法比對研究.....	78
第四節 專家諮詢會議	81
第五節 建材塑化劑逸散量評定基準草案	89
第五章 結論與建議.....	97
第一節 結論.....	97
第二節 建議.....	98
第三節 未來研究建議	100
附錄一 期初審查意見與回應	101
附錄二 期中審查意見與回應	103
附錄三 期末審查意見與回應	107
附錄四 專家諮詢會議紀錄	112
附錄五 CNS 16000-25 與 CNS 15138 標準方法.....	119
參考書目	165

表 次

表 1-1 ISO 16814 標準之歐盟建材標章系統(列舉).....	3
表 2-1 德國建築產品健康評價委員會(AgBB)建材逸散評估基準	13
表 2-2 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統	14
表 2-3 UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級	15
表 2-4 UL/Green Guard AgBB + 認證計畫	16
表 2-5 行政院環保署對塑化劑列毒性化學物質管制	17
表 2-6 行政院衛福部公告塑化劑每人每日耐受量	17
表 2-7 塑化劑相關檢測標準方法	18
表 2-8 國內住家塑化劑於灰塵中採集濃度調查結果	19
表 2-9 室內建材逸散塑化劑與其 SVOC 溫度變化.....	22
表 2-10 不同建材逸散測試系統	23
表 2-11 塑化劑與極細懸浮微粒之關連	24
表 2-12 國內塑化劑相關論文(列舉).....	26
表 2-13 常用空調系統及污染物濃度方程式	32
表 2-14 速率遞減污染源模式次模式之數值模式方程式	37
表 3-1 新建置構建材逸散微型容器檢測系統	49
表 3-2 新建構建材逸散微型容器檢測系統(建置情形).....	52
表 3-3 新建置建材逸散微型容器檢測系統(校正報告).....	53
表 3-4 新建置建材逸散微型容器檢測系統(性能測試).....	54
表 3-5 塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法.....	55
表 3-6 塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法.....	56
表 3-7 微型容器穩定度與準確度要求	58
表 3-8 健康綠建材-半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法 SOP 流程	59
表 4-1 塑化劑檢量線製作與品保品管	61
表 4-2 建材塑化劑檢測樣本	65
表 4-3 健康綠建材標章 PVC 塑膠類建材.....	65
表 4-4 選取測試之綠建材標章建材	66
表 4-5 選取測試之非綠建材標章建材	67
表 4-6 建材塑化劑微型容器逸散量檢測照片	68
表 4-7 綠建材標章-GB1：塗料類建材-乳膠漆塑化劑結果	69
表 4-8 綠建材標章-GB2：再生類-塑木建材塑化劑結果	70
表 4-9 綠建材標章- GB3：健康類-地毯建材塑化劑結果	72
表 4-10 非綠建材標章- S1：健康類-地毯建材塑化劑結果	73
表 4-11 非綠建材標章- S2：PVC 地磚/地板塑化劑結果	75

表 4-12	非綠建材標章-S3：PVC 地毯塑化劑結果	76
表 4-13	建材塑化劑逸散方法與溶出方法比對研究	78
表 4-14	第一次專家諮詢會議	82
表 4-15	第二次專家諮詢會議	84
表 4-16	各國健康綠建材標章塑化劑逸散量評估方法與基準分析	85
表 4-17	健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準(草案).....	89

圖 次

圖 1-1 綠建材標章比例	5
圖 1-2 綠建材種類比例	5
圖 2-1 歐盟建材逸散新測試標準 (CEN/TS 16516).....	11
圖 2-2 歐盟各國綠建材標章使用 CEN/TS 16516 逸散管制.....	12
圖 2-3 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統	14
圖 2-4 UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級驗證制度標章產品	15
圖 2-5 地板建材逸散塑化劑(SVOCs-PAEs)(DINP)暴露評估	20
圖 2-6 室內環境 SVOCs-PAEs 於氣態及懸浮微粒中濃度變化	21
圖 2-7 室內環境溫度與濕度變化對 SVOCs-PAEs 濃度變化	22
圖 2-8 空氣污染物單室質量平衡模型示意	29
圖 2-9 質量平衡系統圖	30
圖 2-10 換氣系統示意圖	32
圖 2-11 建材逸散物理模式示意圖	35
圖 2-12 微型容器-尺度圖例	44
圖 2-13 微型容器-試驗圖例	44

摘 要

關鍵詞：綠建材標章、塑化劑、半揮發性有機化合物、室內空氣品質、建材逸散

一、研究緣起

鑑於建材產品之健康安全管控，歐盟委員會(European Commission)訂定「歐盟統一測試標準」，自 2011 年起針對建材產品公告規範進一步於 2013 年以「健康風險之最低人體效應濃度值」(lowest concentrations of interest, LCI)為統一基準，公告「歐盟建材毒物逸散檢測新標準」(CEN/TS 16516)，其中對於「塑化劑」(屬半揮發性有機化合物，SVOC)詳細規範其指標污染物質、測試方法及逸散標準，預定在 2020 年擴大實施至家具產品。我國自 2004 年開始受理「綠建材標章低逸散之健康綠建材標章」之申請，以甲醛及 TVOC 逸散速率(6 種物質)為優先管制基準，並逐步提升至「E1, E2, E3 逸散分級制度」，並配合行政院環保署「室內空氣品質標準」，將 TVOC 由 6 種擴大增加至 12 種物質，進一步建立健康綠建材標章「塑化劑逸散量評估方法與基準」，以健全綠建材評估制度，並可具體帶動建材產業產品符合國際最新標準。

本研究依內政部建築研究所「創新低碳綠建築環境科技計畫(二)」，檢視綠建材現行限制物質之「塑化劑」評定項目，探討目前標章管制之塑化劑與國外標章差異性，評估國內建築產品是否有逸散塑化劑之健康危害風險，另依據 CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建立健康綠建材-塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法，分析現有綠建材可能存在上述管制塑化劑納入評估項目之可行性，最後研擬健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準草案，俾防止具毒性之 SVOCs 與塑化劑影響室內空氣品質，且有效控制居住者之健康危害，獲得較佳的室內環境品質，維護國人健康。

二、研究方法及過程

本研究計畫(建材塑化劑逸散量評估方法之研究)之研究方法，以「文獻分析法」，接續前期相關研究計畫：內政部建研所委辦計畫(綠建材性能實驗研究 92~95 年)、綠建材標章制度、小尺寸建材逸散研究、全尺寸建材之標準測試方法、建材 ISO 標準之可行

性分析、全尺寸建材於本土氣候試驗條件下揮發性有機物質逸散變化等研究方法(ASTM D5116-03、ISO 16000、CNS 16000)及室內空氣品質檢測方法(NIEA-A715.14B、NIEA-A714.11C、NIEA-A705.11C)進行分析比對討論，「實驗分析法」：建構綠建材之逸散塑化劑檢測技術，選擇可能具塑化劑成分之塑膠類建築材料，綠建材標章 3 件(地板類-地毯、地板類-再生塑木、塗料類-乳膠漆)與非綠建材標章 3 件(地板類-地毯、地板類-PVC 地磚、塗料類-乳膠漆)，藉以完成小尺寸建材「逸散塑化劑微型容器測試」，並與「塑化劑溶出量測試」進行比對，瞭解兩種方法之差異與效益，藉以回饋擬定健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準草案之參考。

三、重要發現

- (一). 塑化劑之健康危害明顯易見，目前國際綠建材標章，因歐盟委員會(European Commission)訂定「歐盟統一測試標準」，公告「歐盟建材毒物逸散檢測新標準」(CEN/TS 16516)，其中對於「塑化劑」(屬半揮發型有機化合物，SVOC)詳細規範其指標污染物質、測試方法及逸散標準，逐漸帶動國際綠建材標章將「塑化劑」或「總半揮發有機化合物 TSVOC」作為檢測評定必要項目，並設定相關建材評估基準。
- (二). 本研究參考「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法」之試驗參數建構、試驗方法、評估項目及評估基準，建立建材塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法，其方法以常溫穩定逸散與高溫脫附方式累計採樣建材逸散塑化劑量，可應用於建材產品逸散塑化劑定性與定量標準化。
- (三). 新增設備系統建構「建築產品逸散測定-微型容器實驗方法」，依據標準規範確認實驗系統之性能、品保品管與不確定度等試驗規範，可增加實驗檢測能力。
- (四). 透過文獻與實驗分析，以綠建材標章資料庫，選取塑膠類之綠建材標章產品(地板類-地毯、地板類-再生塑木、塗料類-乳膠漆)與非綠建材標章產品(地板類-地毯、地板類-PVC 地磚、塗料類-乳膠漆)各 3 件，進行「逸散測試」(塑化劑之逸散檢測)與「塑化劑溶出量測試」進行差異比對，結果顯示，選取實驗之建材產品，「綠建

材標章產品」其塑化劑逸散量與溶出量僅 1 件(再生塑木)檢出塑化劑(DEHP 物質)為 0.00771 wt% (7.71 ppm)，但低於基準值 0.1 wt% (1,000 ppm);而「非綠建材標章產品」其中「PVC 地磚」檢出塑化劑(DEHP 物質)為 2.97 wt% (2,970 ppm)、「PVC 地毯」檢出塑化劑(DEHP 物質)為 11.6 wt% (11,600 ppm)，皆高於基準值 0.1 wt%。上述超過標準值非綠建材產品皆為市面常見於 DIY 賣場之建材產品。另實驗以「逸散量檢測」3 件建材(綠建材 1 件、非綠建材 2 件)，其逸散至空氣濃度換算後塑化劑(DEHP 物質)為 0.1ppm 至 0.2ppm，逸散量與溶出量接顯示出建材含塑化劑之物質。

- (五). 研究擬定之健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準(草案)，經由「專家諮詢會議」，參考研究彙整各國建材標章塑化劑評定方法與基準，在「塑化劑」部分，可優先針對鄰苯二甲酸酯類(DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP、DIBP 等 9 種塑化劑物質)進行逸散評估檢測，其評定基準可分為「總塑化劑含量」為 0.1wt%，「總塑化劑逸散量」可參考國際建材標章與健康綠建材分級方式訂定。

四、主要建議事項

建議一

提供〈內政部綠建材標章解說與評估手冊〉新增「健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法」於附錄章節參考;立即可行建議

主辦機關：內政部

協辦機關：內政部建築研究所

本研究擬定「健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法」，係參考 CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法，並與國內針對塑膠類製品之塑化劑含量差異比對，建議針對我國綠建材標章在「塑化劑」部分，可優先針對鄰苯二甲酸酯類(DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP、DIBP 等 9 種塑

化劑物質)逸散評估檢測，提供〈內政部綠建材標章解說與評估手冊〉新增「健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法」於附錄章節參考，以利我國綠建材技術與國際接軌，保障國人健康與安全。

建議二

提供〈CNS 國家標準之 CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法〉相關檢測與分析方法之應用，並訂定相關測試條件與分析方法，可作為 CNS 國家標準對建材產品塑化劑逸散檢測之應用；立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：行政院環境保護署、衛生福利部

本研究參考 CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物(SVOC)之測定-微型容器法，進行相關檢測與分析，包括訂定相關實驗條件(25°C、50%RH)、通風換氣率 2 ACH/hr、第一階段逸散時間 24 小時(每次空氣採樣時間為 12 小時)、第二階段高溫脫附 40 分鐘(採樣 40 分鐘)，第一階段與第二階段合計為塑化劑逸散總量。分析方法參考 ISO 16000-33(2017) 以 9 種類塑化劑為標準污染物，進行 Tenax-TA 補集不鏽鋼採樣管採樣與 TD 濃縮熱脫附至 GC/MS 氣相層析質譜儀分析定性與定量，分析範圍介於 0.05 ppm 至 10 ppm，相關測試方法與條件可作為 CNS 國家標準對建材產品塑化劑逸散檢測之應用。

Abstract

Keywords: Green Building Materials Label, plasticizer, SVOCs, IAQ, Emission Rate

Due to the health and safety control of building materials, the European Commission set up the standard of CEN 16516. From 2011, they had started to use the lowest concentrations of interest (LCI) to be the unitary standard. The European Commission has announced that the new testing standard of CEN/TS 16516 which includes the examining of plasticizer would be applied on furniture in 2020. This study is about examining the plasticizer and showing the difference of the testing standard of plasticizer between Taiwan and other countries. According to CNS 16000-25 (part 25), setting up the testing method for SVOC and analyzing those existing green building materials are both included in the evaluation projects. This study uses the “experimental research”, like the “examining technology for plasticizer emission” to select those building materials which might be plasticizer included. For example, green building materials like “carpet, recycled wood, and latex paint”, etc., and none green building materials like carpet, floor tiles, latex paint, we will be able to test the plasticizer emission in small size containers throughout those small size building materials above. Comparing the result we got from the test and the plasticizer dissolution amount test, in that way we could get to know the difference between those two testing methods as well as to stop the SVOCs and plasticizer from affecting the interior air quality. The study result shows that among those green building materials which were examined in the study, only the recycled wood is plasticizer included. However, the test result shows those none green building materials are all plasticizer included. Therefore, this study used the “standard method for building materials’ plasticizer emission” to be the main testing method. It could control the health hazards of people effectively; meanwhile, it also can improve the environmental quality of the interior area.

(1) The CEN/TS 16516 which was set up by the European Commission is trying to make the plasticizer and TVOC to be one of the must be tested items when we are choosing the building materials in the future.

(2) This study refers to CNS 16000-25 (part 25); the determination of interior SVOCs, and its testing parameter, methods, evaluation items and criteria. Above all, we could establish the main testing methods for SVOC, and use it to cumulative the sample of building materials' emission with homoeothermic stable dispersion and high-temperature desorption. It could be applied to standardize the plasticizer emission of building materials.

(3) Adding the system to test the building materials' emission (testing method of small containers), we could test the specifications such as system's performance, quality control, and uncertainty of the experimental system, and it can be confirmed according to standard specifications, which can increase the experimental detection capability.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

近年來全球暖化、氣候變遷與極端氣候加劇，所造成之環境變化與健康危害等問題，已積極在「永續建築」(Sustainable Building)、「室內空氣」(Indoor Air)及「健康建築」(Healthy Building)等國際重要會議與相關研究組織中廣泛討論，並開始將「整合建築健康安全議題」納入跨國性政策制定與國際標準研議，包括世界衛生組織(WHO)及國際標準組織(ISO)等著手制定「建築環境標準」，提出「室內空氣標準」(ISO 16000 系列標準)、「室內空氣品質指引」(WHO indoor guidelines)、「健康住宅」(WHO Guidelines for Healthy Housing)、「建材標章」(綠建材標章、碳足跡標章)、「LCCM 生命週期碳減量」..等，其中「室內空氣品質」(Indoor Air Quality)於「建築環境」(Building Environment)中，所牽涉「如何降低人員健康危害與風險」及「增加建築通風換氣之能源耗能」等問題，提出由「源頭污染管制」(室內污染源控制)及「通風換氣稀釋」(最佳化通風換氣)等方式進行控管。國際相關研究亦證實，室內空氣品質之良莠，會直接或間接對人體健康造成影響；一些常見的呼吸道疾病、眼睛不適甚至神經系統方面的問題等，已被證實和室內空氣品質有顯著的相關性。而近幾年國際最新研究，更針對「建築材料」中「塑化劑-屬半揮發性有機化合物」(Semi-volatile organic compounds, SVOCs)物質進行「建材逸散」、「產品含量」、「環境濃度」與「健康危害」等研究，尤其是「塑化劑」(屬 SVOCs)中之「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)其逸散至空氣環境、黏滯於固體懸浮微粒及灰塵，飄散傳遞至室內環境中，亦藉由口眼、皮膚攝入、呼吸吸入等方式進入體內，引起生殖性毒害、健康危害及誘發過敏氣喘等問題，國內相關調查亦發現(林千喬，2008 年)，調查之住家環境 48 案例中，採集住家客廳地板及家具沙發之灰塵，其中塑化劑之濃度偏高，尤其是鄰苯二甲酸酯類 (DEHP)，高於一般室內常見度，顯示調查之國內住家暴露於塑化劑濃度高之狀態。

隨著現代住宅、節能建築的高氣密性（節能減碳）與通風換氣的不足，形成室內化學污染物的累積，進而對人體健康造成危害。有效控制或去除室內化學污染物的方式為其重要。而臺灣已推動綠建材標章多年，已有達到建築產品源頭管制策略，惟建築產品多樣化，所含化學物質繁多，亦可能隨著室內裝修過程所使用建材逸散到室內環境中，現階段國內外較多研究為建材逸散化學污染物對人體危害。

台灣「新建」及「既有」建築數量比例約為 2：98，在「新建建築物」部分，目前正透過建築法令(例如，建築技術規則-綠建築專章)及綠建築標章等方式，以預防設計的概念，有效解決新建建築的節能與健康問題。而佔有 97%龐大數量的「既有建築物」，未來可以透過「都市更新與再活化」、「室內環境改善技術」及「綠建築更新診斷與改造」等方式，解決大量既有建築的問題，重新以「重建、改建或修建」的方式進行，並可成為一項新興的服務產業，應用於發展「智慧綠建築」之基礎。

然而，根據世界衛生組織(WHO, 1984)及台灣相關研究調查發現(蘇慧貞, 2004)，病態建築症候群(SBS)的發生，大多是在「新建或改建、修建、重新裝修」等階段，台灣目前為數眾多的既有建築倘若大規模的更新改建，並繼續沿用老舊傳統方式執行，勢必影響室內環境健康品質，造成更多的問題，如病態建築症候群(SBS)、病住宅症候群(SHS)、建築相關症(BRI)及多重化學過敏症(MCS)等疾病的發生，嚴重影響使用者的健康，間接增加醫療支出與能源資源消耗，因此，室內「健康綠建材」(HGBMs)應用之重要性，在國際相關建築議題已受到高度重視。

依內政部建築研究所「創新低碳綠建築環境科技計畫(二)」，檢視綠建材現行限制物質之「塑化劑」評定項目，探討目前標章管制之塑化劑與國外標章差異性，評估國內建築產品是否有逸散塑化劑之健康危害風險，另依據 CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建立健康綠建材-塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法，分析現有綠建材可能存在上述管制塑化劑納入評估項目之可行性，最後研擬健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準草案，俾防止具毒性之 SVOCs 與塑化劑影響室內空氣品質，且有效控制居住者之健康危害，獲得較佳的室內環境品質，維護國人健康。

貳、研究背景

『綠建材標章方面』—自 2004 年 7 月「綠建材標章」正式受理申請，國內之建材生產廠商及進口廠商也廣泛接受，並積極參與綠建材標章之申請，目前綠建材標章應隨國際趨勢及產業需求發展之規範下，自 2012 年「塑化劑」產生之食安風暴下，各部會積極對應塑化劑問題，因此，考量國際新規範趨勢及國內塑化劑管制，「建材塑化劑逸散量評估方法之研究」為當務之急，因此，加入本研究計畫之「建材塑化劑逸散量評估方法之研究」，更能全面管控室內之材料產品健康性能，更可建立使用綠建材之效益分析及設計決策，提供國內相關標章、制度之應用，以倍增產業發展。

『室內健康效益方面』—目前國際上建築產品之環境效益，大部分都是以環境標誌及宣告(ISO 14025) 及生命週期評估(ISO 15686)方式進行定性及定量化評估，作為製造商協商與溝通產品環境資訊的工具，而室內健康效益部分，最新建築領域所訂之 ISO 21931 及 ISO 16813、16814(表 1-1)、歐盟 EU、德國 AgBB、丹麥、芬蘭等標準，主要是強調「永續營建之建築產品環境宣告」及「建築環境設計」，包含了各種產品的環境限制及健康效益，以維持環境之永續健康，而 ISO 16000 室內空氣標準(CNS 16000 系列標準)更針對「建築材料」影響室內空氣之性能測試方法訂定相關標準方法，並進一步擴及室內健康效益，另一方面，行政院環境保護署「室內空氣品質管理法」之實行，亦相同帶動室內健康環境議題與相關產業發展，因此，本計畫參酌國際標準與規範及室內環境健康品質，擬訂出符合國際規定及台灣本土要求之建材逸散「塑化劑」檢測與評定技術。

表 1-1 ISO 16814 標準之歐盟建材標章系統(列舉)

標章系統	分類條件/說明
丹麥自主標章系統 Danish voluntary labelling scheme	以 17m ³ 的足尺單空間為推估模型，「地板類建築材料」透過環境控制箱檢測其 VOCs 逸散速率、臭氣、刺激閾值等限制值。
芬蘭 M1 逸散標章 Finnish M1 label for finishing materials	「地板類建材」於環境控制箱逸散 28 天候之結果其 TVOC (< 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)，致癌物質 (< 5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)，甲醛 (< 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)，氨氣 (< 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) 及 臭氣不滿意度 (15 %)
德國 GUT 標章 GuT, Environmental Quality	限制「地毯類建材」不得逸散 CFCs、殺蟲劑、不得含有致癌性物質(苯，丁二烯，氯乙烯，醋酸乙烯酯及甲醛)等，其他逸散基準(甲苯 (50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)，苯乙

標章系統	分類條件/說明																			
Mark for Carpets	烯 ($5\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 4-乙烯基環己烯($2\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), -苯基環己烯($20\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), TVOC ($300\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 總多環芳香烴類($150\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)、SVOC 半揮發性有機化合物 ($30\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)、限制臭氣及重金屬污染物質																			
德國 GEV EMICODE 標章系統	限制「接著劑類建材」之致癌性物質(24 hr)及 VOCs 逸散濃度(10 days), 並進行逸散分級管制, 在致癌性物質部分: C1: 丙烯醯胺, 丙烯晴, 苯, 1, 4-二氧六環; C2: 乙醛, 甲醛; C3: 醋酸乙烯酯. EMICODE 限制基準: C1 物質: $< 2\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, C2 物質: $< 10\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; C3 物質: $< 50\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. TVOC 逸散限制分級規定 <table><tr><th rowspan="2">產品</th><th colspan="3">TVOC 逸散速率 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$</th></tr><tr><th>EC1</th><th>EC2</th><th>EC3</th></tr><tr><td>底層</td><td><100</td><td>100-300</td><td>>300</td></tr><tr><td>整平複合物</td><td><200</td><td>200-600</td><td>>600</td></tr><tr><td>地板接著劑</td><td><500</td><td>500-1500</td><td>>1500</td></tr></table>	產品	TVOC 逸散速率 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$			EC1	EC2	EC3	底層	<100	100-300	>300	整平複合物	<200	200-600	>600	地板接著劑	<500	500-1500	>1500
產品	TVOC 逸散速率 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$																			
	EC1	EC2	EC3																	
底層	<100	100-300	>300																	
整平複合物	<200	200-600	>600																	
地板接著劑	<500	500-1500	>1500																	
北歐天鵝標章 Nordic Swan Ecolabelling Programme	禁止產品有致癌物質的出現, 並限制重金屬釋出量, 甲醛逸散量則需低於 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$																			
德國藍天使標章 German Blue Angel Ecolabelling Scheme RAL-UZ 38 RAL-UZ 76 RAL-UZ 430	標章系統包括「地板類建材」、「家具」、「牆板」、「塗料」、「接著劑」等, 以產品整體生命週期評估, 並控制 TVOC、甲醛、鹵化物、致癌毒性物質、至突變畸形的物質等限制。 <table><tr><th rowspan="2">化合物</th><th colspan="2">逸散標準 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$</th></tr><tr><th>1 天</th><th>28 天</th></tr><tr><td>甲醛</td><td>-</td><td>63</td></tr><tr><td>TVOC</td><td>-</td><td>300</td></tr><tr><td>SVOC</td><td>-</td><td>100</td></tr><tr><td>毒性化學物質</td><td><1</td><td>1</td></tr></table>	化合物	逸散標準 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$		1 天	28 天	甲醛	-	63	TVOC	-	300	SVOC	-	100	毒性化學物質	<1	1		
化合物	逸散標準 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$																			
	1 天	28 天																		
甲醛	-	63																		
TVOC	-	300																		
SVOC	-	100																		
毒性化學物質	<1	1																		

(資料來源：本研究整理)

本研究計畫(建材塑化劑逸散量評估方法之研究), 接續前期相關研究計畫: 內政部建研所委辦計畫(綠建材性能實驗研究 92~95 年)、綠建材標章制度、小尺寸建材逸散研究、全尺寸建材之標準測試方法、建材 ISO 標準之可行性分析、全尺寸建材於本土氣候試驗條件下揮發性有機物質逸散變化等研究方法(ASTM D5116-03、ISO 16000、CNS 16000)及室內空氣品質檢測方法(NIEA-A715.14B、NIEA-A714.11C、NIEA-A705.11C)進行分析比對討論, 建構綠建材之逸散「塑化劑」檢測技術, 藉以完成小尺寸建材「逸散塑化劑測試」, 並與「塑化劑溶出量測試」進行比對, 瞭解兩種方法之差異與效益,

藉以回饋擬定健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準草案之參考。

目前國內獲得綠建材標章之產品數量比例統計結果(截至 2018 年 06 月止)，共計有 1983 綠建材標章，以健康綠建材最高佔 75.7%(1502 件)，其次為高性能綠建材佔 15.5%(308 件)、再生綠建材佔 8.3%(165 件)及生態綠建材佔 0.4%(8 件)(圖 1-1 所示)，顯示所有綠建材標章中以獲得「健康綠建材標章」之產品範圍廣泛。另從綠建材產品之分類分析得知，目前綠建材產品主要以牆壁類數量最大佔 31.6%，其次為塗料類佔 31.2%、地板類佔 11%及透水磚類佔 7%(圖 1-2 所示)。

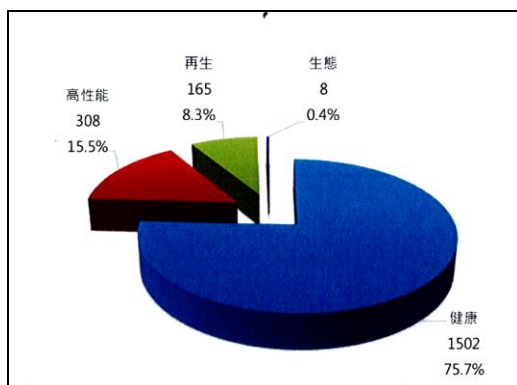


圖 1-1 綠建材標章比例

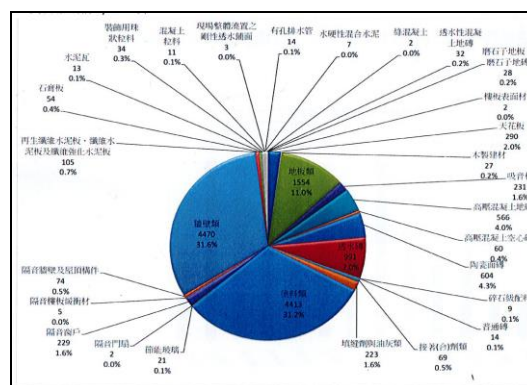


圖 1-2 綠建材種類比例

(資料來源：財團法人台灣建築中心, 2018)

第二節 研究計畫內容

本研究參考「歐盟共用標準 CEN/TS 16516」，在建材逸散管制上，特別將「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)(塑化劑)等「半揮發性有機化合物」(SVOCs)納入「強制管制」。當主要作為建材做為「增塑劑」(塑化劑)使用之「半揮發性有機化合物」(SVOCs)，因環境因子改變而逸散至空氣中，容易黏滯於室內建材表面或極細固體懸浮微粒(particulate matter, PM)，隨各種流佈途徑傳遞污染，造成長久室內空氣污染來源，其部分化合物更具生殖毒性、致癌性危害及誘發過敏氣喘等問題，長期影響居住人員健康危害，並易產生環境賀爾蒙污染等問題。目前歐盟管制之「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)(塑化劑)等「半揮發性有機化合物」(SVOCs)，在產品含量(重量)管制上，是以「DEHP(鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯)、DBP(鄰苯二

甲酸二丁酯)、DMP(鄰苯二甲酸二甲酯)、BBP(鄰苯二甲酸丁基苯甲酯)、DINP(鄰苯二甲酸二異壬酯)、DIDP(鄰苯二甲酸二異癸酯)、DEP(鄰苯二甲酸二乙酯)、DNOP(鄰苯二甲酸二辛酯)」為指標污染物,藉以降低人體攝入或吸入過量「鄰苯二甲酸酯類」物質,其總鄰苯二甲酸酯類以不超過 0.1%重量為原則。

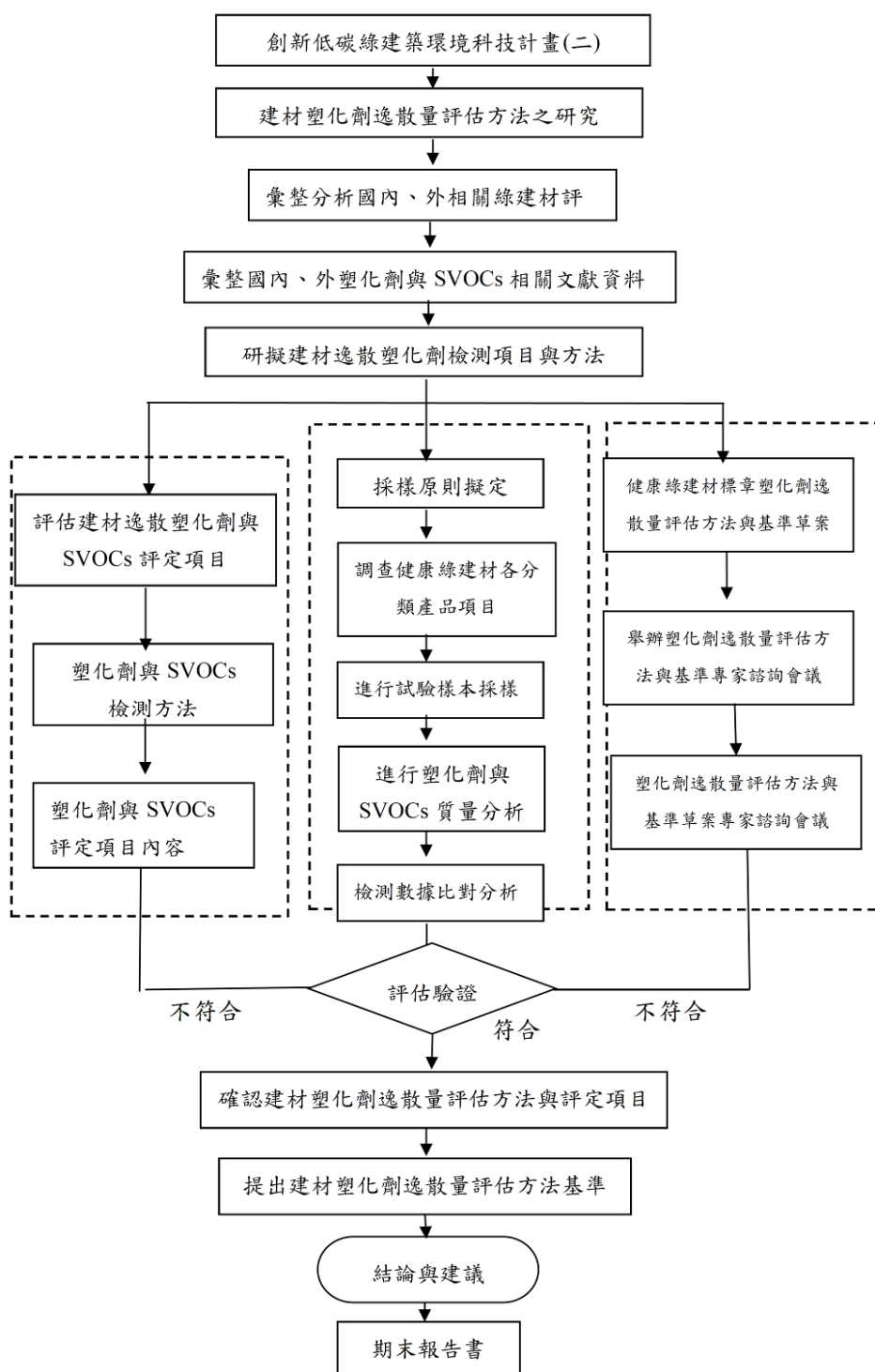
內政部於 2004 年實施「綠建材標章」制度,並配於 101 年 07 月 01 日實施之「建築技術規則」規定「綠建材室內面積使用比例需達 45%以上」,並在源頭管制上透過「綠建材標章」、「環保標章」與「CNS 國家標準」之管理,有效降低室內空氣污染物濃。而行政院環境保護署之「室內空氣品質管理法」已於民國 100 年 11 月 08 日經立法院三讀通過,並於民國 101 年 11 月 23 日正式實施,公告「室內空氣品質管理法施行細則」、「室內空氣品質標準」、「室內空氣品質維護管理專責人員設置管理辦法」、「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」及「違反室內空氣品質管理法罰鍰額度裁罰準則」等 5 項相關法規,配合「室內空氣品質管理法」同步施行。另一方面「環境荷爾蒙管理計畫」與「相關產品塑化劑限制基準」之政策推動,亦是強調「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)(塑化劑)等「半揮發性有機化合物」(SVOCs)之管制必要性,而在「CNS 國家標準 16000-25」(建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法)於 2015 年公告實施,顯示「建材產品逸散半揮發性有機化合物之研究必要性」。因此,本研究「建材塑化劑逸散量評估方法之研究」,可協助上述國內政策推動,提供國內建築室內裝修與室內空氣品質管理之設計改善使用及台灣建材產業技術提昇之應用,維護國人健康安全。

本研究計畫內容如下：

1. 蒐集分析國際最新健康綠建材標章及健康建材標準之方法與規範資料。
2. 參考 CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部,建立健康綠建材-半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法。
3. 選取綠建材標章產品與非綠建材標章產品各 3 件,進行「逸散測試」(SVOC 逸散檢測)與「塑化劑溶出量測試」。
4. 研擬健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準。

第三節 研究流程與進度

壹、研究流程



貳、研究進度

月 工作項目	第 1 個 月	第 2 個 月	第 3 個 月	第 4 個 月	第 5 個 月	第 6 個 月	第 7 個 月	第 8 個 月	第 9 個 月	第 10 個 月	備 註
彙整分析國外相關塑化劑及綠 建材標章評定項目及內容等文 獻											
比較國內、外建材逸散塑化劑性 能評定項目分析調查分析											
調查各類健康綠建材產品使用 及產品分析											
建立建材逸散塑化劑與SVOCs 檢測種類及方法											
進行小尺寸建材塑化劑逸散試 驗分析與溶出量試驗											
檢測數據比對分析											
提出建材塑化劑逸散量評估方 法與評定項目可行性分析											
舉辦塑化劑逸散量評估方法與 基準草案 2 場專家諮詢會議			◎					◎			
提出建材塑化劑逸散量評估方 法基準草案											
整理與修正報告書印製											
期中期末報告				◎				◎			
預 定 進 度 (累 積 數)	10%	20%	30%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	100 %	

第四節 預期研究成果及效益

本研究計畫目的藉由「建材塑化劑逸散量評估方法之研究」，以綠建材標章之健康性能訴求，降低室內污染物濃度，維護維護居民健康室內環境，提升帶動國內建築、建材製造產業之新趨勢，鼓勵產業界以健康、多元化設計理念作為永續健康建築為目標，達到健康及永續目的，減輕對地球環境的衝擊與資源之浪費。

透過彙整核發之健康綠建材標章，評估建材成分是否含綠建材標章管制之塑化劑與半揮發性有機物質，並考量我國室內空氣品質管理法管制之塑化劑與半揮發性有機化合物種類，研提建材塑化劑逸散量評估方法可行性。配合內政部建築研究所性能實驗中心之檢測服務，並協助建立建材塑化劑逸散量評估方法檢測技術，期透過「綠建材標章」與相關性能，俾提昇國人居家環境及健康。

本研究計畫預期成果如下：

1. 完成國際綠建材標章與建材標準規範最新趨勢比較，與我國健康綠建材標章評定方法與基準之差異。
2. 協助本所建立健康綠建材-半揮發性有機化合物 SVOC 檢測系統。
3. 完成建材塑膠類產品「逸散速率」與「溶出量」之差異性分析。
4. 完成「健康綠建材標章塑化劑逸散量評估方法與基準」草案。

本研究計畫預期貢獻：

1. 短期貢獻：未來提供台灣健康綠建材之塑化劑逸散檢測評定，透過調查建材含有其他 SVOCs 之可能性並進行建材逸散性能試驗，提高國內健康綠建材之健康性能基礎資料，進一步擬定綠建材評定基準及認定範圍，有助國內相關建材法規之增訂，提升綠建材標章制度擴大評定。
2. 中期貢獻：俾內政部建築研究所所規劃「綠建材標章」之修訂及推廣。
3. 長期貢獻：促進國內營建材料相關產業，以人本健康及邁向多元化技術，提升國際市場競爭力及產品差異化，擴大優質建材之引入。

第二章 文獻分析與研究方法

第一節 文獻分析

壹、國際綠建材逸散污染物管制新標準規範

國際針建材逸散 VOC 揮發性有機物質與 SVOC 半揮發性有機化合物有新的整合新趨勢，主要是由「室內空氣品質」及「人員健康風險」進行評估與管制，在歐盟地區(EU)早期由北歐丹麥、芬蘭提出「建材逸散管制」，而德國亦同時限制塗料類建材揮發性有機物質含量，並進行廣泛建材逸散測試與理論研究，著重在建材逸散管制與室內空氣污染物濃度降低。近年來因 ISO 16000 及 16814 之標準之頒佈，由德國 AgBB 研擬，歐盟(EU)2013 年發佈「建材逸散新測試標準」(CEN/TS 16516)，更擴大整合以「人體健康」及「人體舒適」兩面相進行管控，並逐漸建立整合作為歐洲各國逸散測試標準與基準，為一重要之標準與基準。

一、歐盟 EU-LCI 建材逸散管制標準擴大實施

2013 年歐盟執委會聯合研究中心 (Joint Research Centre) 與德國建築產品健康評價委員會(AgBB)及其他歐盟成員國，共同研究發佈「建材逸散新測試標準」(CEN/TS 16516)，主要是透過長期研究計畫「歐盟應用最低人體效應濃度值(LCI)概念於建築材料逸散健康評估架構」(Harmonisation framework for health based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept)進行整合，作為未來歐盟各國建材健康逸散法規管制基礎。

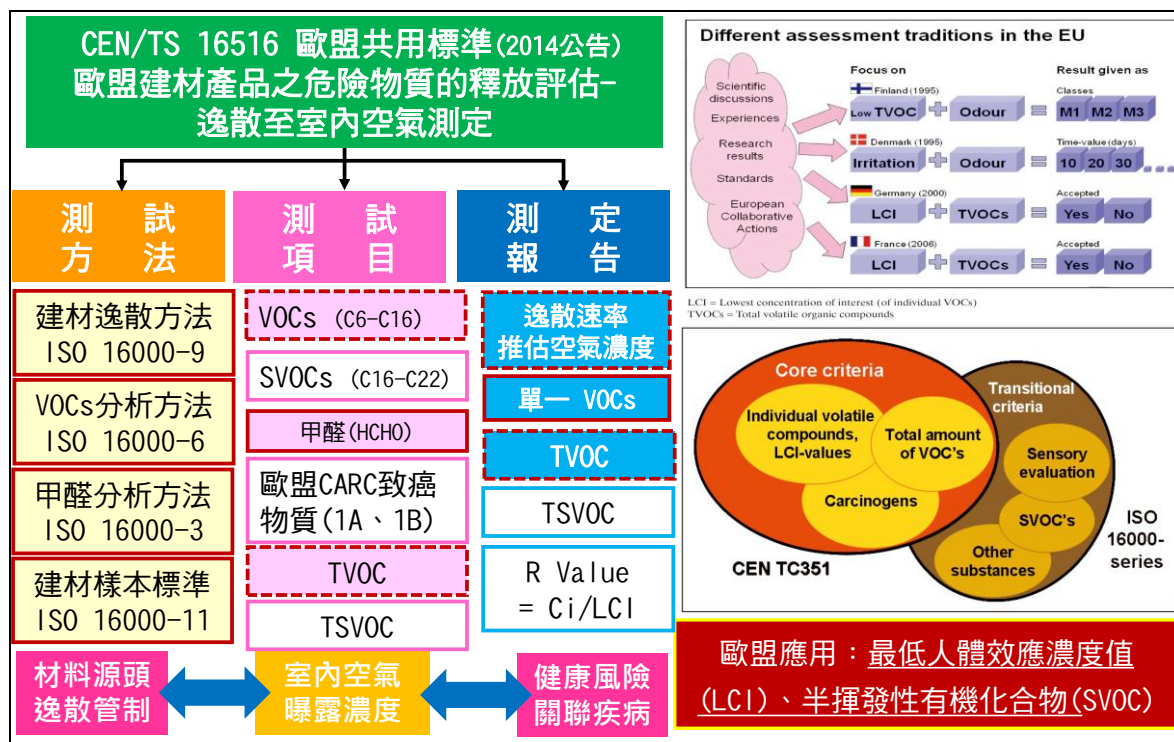


圖 2-1 歐盟建材逸散新測試標準 (CEN/TS 16516)

(資料來源：CEN/TS 16516, 2014)

VOC 與 SVOC 排放量測試標準於 2013 年發布 (CEN/ TS 16516)。該標準已通過了穩定的有效性驗證 (CEN 2012)。對於油漆和塗料的穩定有效性驗證的重要發現是：

1. 在現場濕式塗裝的產品會產生虛假的排放量增加，因為初始較高排放的部分含量可能被吸附，並保留在測試箱的壁上，然後將在測試期間重新從測試箱的壁上脫附，導致測試結果的增加。
2. 這與典型的實際內牆不同，因為實際的室內牆面不會有很強的脫附性。
3. 在實際測試開始前的幾天時間，在單獨測試箱中對新鮮待測試樣板進行預處理可以解決這個問題。
4. 由於類似的原因，試樣在測試的整個過程中均必須保持放置在測試箱中。

在測試標準以 CEN 技術規範 (CEN/TS 16516) 發行後，目前多項產品標準都

已經進行了修訂，目的是包含 VOC 排放標準，如地板覆蓋物產品的 EN 14041 標準。這些標準將不會重新定義測試方法，而是參照 CEN/TS 16516 執行，這意味着 CEN/TS 16516 會被用於各種產品的具體標準，這個過程將在 2014 年開始執行。



圖 2-2 歐盟各國綠建材標章使用 CEN/TS 16516 逸散管制

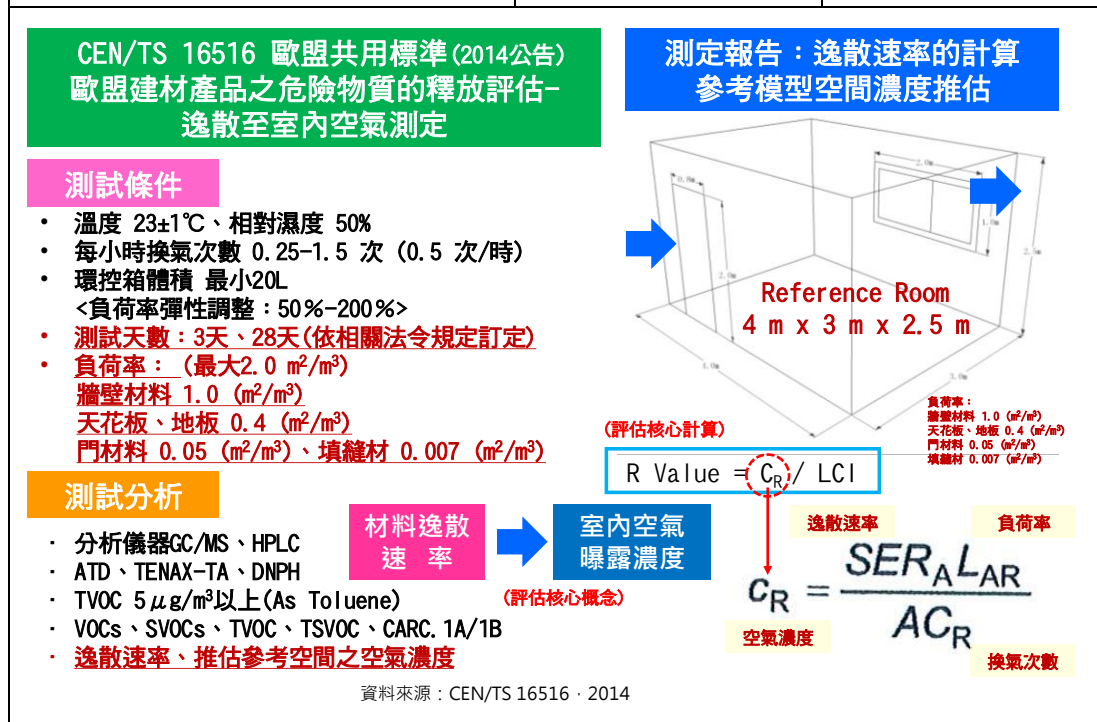
(資料來源：本研究整理)

而其中德國建築產品健康評價委員會(AgBB)2000 年開始便進行「**建材逸散 VOC 及 SVOC 之健康關連評價程序**」(Health-related Evaluation Procedure for Volatile Organic Compounds Emissions (VOC and SVOC) from Building Products)研究，並逐步落實於德國法令與相關標準中，AgBB 方法其中針對揮發性有機化合物、半揮發性有機化合物 (SVOC) 總排放量的限制，以及超過 200 種單一揮發性有機化合物的含量限制(附錄 2)。這類限制值被稱為**最低人體效應**

濃度值 (LCI)，並通過科學團隊按安全等級劃分出職業接觸限值，同時還考慮到更多的毒性資料 (ECA 2013)。針對塗料，德國法規適用於地坪塗料和地板清漆，比利時的法規也計劃涵蓋類似的監管。

表 2-1 德國建築產品健康評價委員會(AgBB)建材逸散評估基準

限制物質	Day 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Day 28 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
TVOC 總揮發性物質	10000	1000
歐盟第 1 類致癌物質及第 2 類致癌物質	10	1
SVOC 半揮發性物質	—	100
R 比值 = $\Sigma \text{VOCs}/\text{LCI}$	—	1
LCI 外尚未評估物質總和	—	100



(資料來源：CEN/TS 16516, AgBB, 2014)

二、法國建材逸散分級強制標示系統

2004–2008 法國國家食品、環境暨勞動衛生署 (the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health Safety) (AFSSET) 開始進行「建材逸

散評估計畫」，並開始落實於法國法規中，然而法國法規對於 VOC 的排放限制並未將法國市場上的高排放產品排除在外，但強制要求總揮發性有機化合物(TVOC)含量及 10 種單一揮發性有機化合物（其中包括甲醛）含量，需明顯標示 VOC 的排放量分級於產品外包裝。

表 2-2 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統

List of substances and emission classes for mandatory labelling (units: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ after 28 days).

Substances	CAS	standard	emission classes			
			C	B	A	A+
formaldehyde	50-00-0	ISO 16000-3	> 120	< 120	< 60	< 10
acetaldehyde	75-07-0	ISO 16000-3	> 400	< 400	< 300	< 200
toluene	108-88-3	ISO 16000-6	> 600	< 600	< 450	< 300
tetrachlorethylene	127-18-4	ISO 16000-6	> 500	< 500	< 350	< 250
xylene	1330-20-7	ISO 16000-6	> 400	< 400	< 300	< 200
1,2,4-trimethylbenzene	95-63-6	ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000
1,4-dichlorobenzene	106-46-7	ISO 16000-6	> 120	< 120	< 90	< 60
ethylbenzene	100-41-4	ISO 16000-6	> 1500	< 1500	< 1000	< 750
2-butoxyethanol	111-76-2	ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000
styrene	100-42-5	ISO 16000-6	> 500	< 500	< 350	< 250
TVOC		ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000

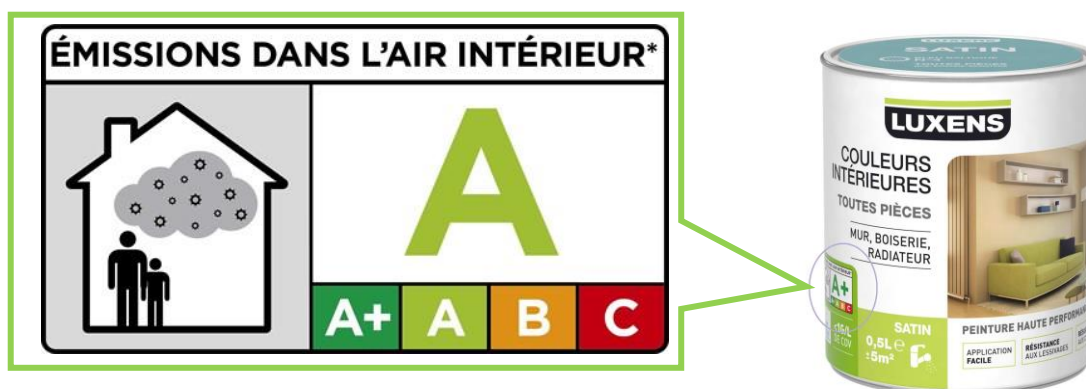


圖 2-3 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統

(資料來源：CEN/TS 16516, AFSSET, 2014)

三、UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級驗證制度

2011 年開始美國 Green Guard 標章與 UL (Underwriters Laboratories) 美國保險商實驗室-產品安全認證機構合作，共同推出「低逸散建材分級驗證制度」，將產品之逸散進行分級，區分為黃金級(Gold)、一般認證兩級。主要應用

於 LEED 標章評估系統及高性能學校 CHPS 認證使用，其評估項目分為 TVOC、TSVOC、塑化劑、甲醛、4-PC、懸浮微粒 PM10、33 種單一 VOCs 等，基準區分兩級(Gold、一般)。

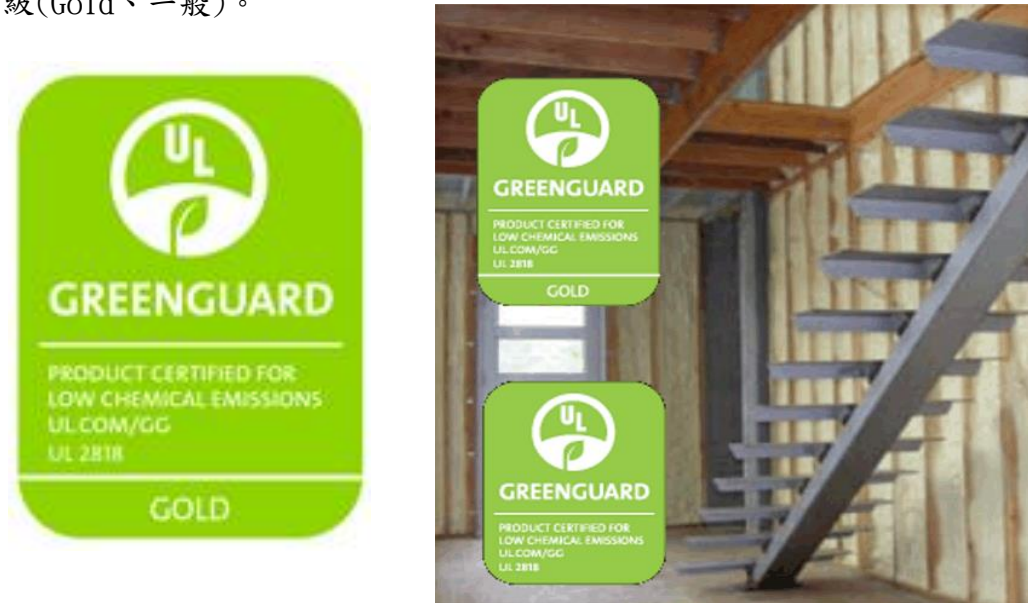


圖 2-4 UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級驗證制度標章產品

(資料來源:UL/GreenGuard, 2013)

表 2-3 UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級

Criteria	CAS Numbers	Maximum Allowable Predicted Concentrations GREENGUARD Tier Compliance Criteria		Units
		Certified	Gold	
TVOC ^a		500	220	µg/m ³
Formaldehyde	50-00-0	61.3 (50 ppb)	9 (33 ppb)	µg/m ³
Total Aldehydes ^b	-	100	43	ppb
Individual VOCs ^c	-	1/10th TLV	1/100th TLV	
4-Phenylcyclohexene	4994-16-5	6.5	6.5	µg/m ³
Particle Matter less than 10 µm ^d	-	50	20	µg/m ³
Individual VOC Criteria ^e				
Acetaldehyde	75-07-0	-	70	µg/m ³
Benzene	71-43-2	-	16 ^f	µg/m ³
Carbon disulfide	75-15-0	-	310 ^f	µg/m ³
Carbon tetrachloride	56-23-5	-	20	µg/m ³
Chlorobenzene	108-90-7	-	460 ^f	µg/m ³
Chloroform	67-66-3	-	150	µg/m ³
Dichlorobenzene (1,4-)	106-46-7	-	400	µg/m ³
Dichloroethylene (1,1)	75-35-4	-	35	µg/m ³
Dimethylformamide (N,N-)	68-12-2	-	40	µg/m ³
Dioxane (1,4-)	123-91-1	-	720 ^f	µg/m ³
Epichlorohydrin	106-89-8	-	1.5	µg/m ³
Ethylbenzene	100-41-4	-	1,000	µg/m ³
Ethylene glycol	107-21-1	-	300	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether	110-80-5	-	35	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether acetate	111-15-9	-	150	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether	109-86-4	-	30	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether acetate	110-49-6	-	45	µg/m ³
Hexane (n-)	110-54-3	-	1,760 ^f	µg/m ³
Isophosone	78-59-1	-	280 ^f	µg/m ³
Isopropanol	67-63-0	-	3,500	µg/m ³
Methyl chloroform	71-55-6	-	500	µg/m ³
Methylene chloride	75-09-2	-	300	µg/m ³
Methyl t-butyl ether	1634-04-4	-	1,800 ^f	µg/m ³
Naphthalene	91-20-3	-	4.5	µg/m ³
Phenol	108-95-2	-	100	µg/m ³
Propylene glycol monomethyl ether	107-98-2	-	3,500	µg/m ³
Styrene	100-42-5	-	450	µg/m ³
Tetrachloroethylene	127-18-4	-	175	µg/m ³
Toluene	108-88-3	-	150	µg/m ³
Trichloroethylene	79-01-6	-	300	µg/m ³
Vinyl acetate	108-05-4	-	100	µg/m ³
Xylenes (m-, o-, p- combined)	-	-	350	µg/m ³
1-Methyl-2-pyrrolidinone ^g	872-50-4	-	160	µg/m ³

(資料來源:UL/GreenGuard, 2013)

為因應歐盟共用標準「CEN/TS 16516」與德國 AgBB 規範，UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級驗證制度於 2013 年增列「GreenGuard AgBB + 認證計畫」，將「TSVOC 與塑化劑」以歐盟標準作為測試方法進行檢驗。

表 2-4 UL/Green Guard AgBB + 認證計畫

Parameter	Criteria	
	3 days	28 days ⁱ
TVOC (mg/m ³) ⁱⁱ	≤ 10	≤ 1.0
Cat 1 & 2 Carcinogenic VOCs (mg/m ³) ⁱⁱⁱ	Σ ≤ 0.01	≤ 0.001 Each
VOCs with an LCI (R-value) ^{iv}	-	≤ 1
French VOC Regulation Emission Class ^v	-	A+
French Regulation CMR VOCs ^{vi}	-	≤ 0.001 Each
VOCs unidentified or without an LCI (mg/m ³) ^{vii}	-	ΣVOC ≤ 0.1
TSVOC (mg/m ³) ^{viii}	-	≤ 0.1
Formaldehyde (mg/m ³) ^{ix,x}	-	≤ 0.01

(資料來源:UL/GreenGuard, 2013)

貳、國內塑化劑管制項目

塑化劑中「鄰苯二甲酸酯類」(DEHP)是指鄰苯二甲酸(Phthalate acid) 的酯化衍生物，為塑膠工業中最為常見的塑化劑，塑化劑在塑膠原料加工時，添加可以改變塑膠成形時的物理性質，使其物理性質變為較為柔軟，易於加工；或是添加塑化劑後，可使得塑膠成品具有柔軟、易於彎曲、摺疊的性質，常見添加塑化劑材料為「聚氯乙烯 PVC 塑膠」。鄰苯二甲酸酯(Phthalate ester)具些許芳香氣味或無氣味的無色液體，中等黏度、高穩定性、低揮發性、易於取得、成本低廉及業界使用經驗較久，在水中溶解度很小，易溶於多數有機溶劑中，塑化劑添加的產品包含了塑膠、混凝土、牆版泥灰、水泥與石膏等常見物品。

行政院環保署將「塑化劑」列毒性化學物質(例如，DEHP, DINP, DNOP, DIDP, DIBP, DBP, BBP, DEP, DMP 等物質)，衛生福利部食品藥物管理局於 2011 年公告 DEHP, DBP, DINP, BBP, DIDP 等 5 種鄰苯二甲酸酯類塑化劑之每日耐受量，以作為相關塑化劑管制項目。

表 2-5 行政院環保署對塑化劑列毒性化學物質管制

塑化劑	DEHP 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	DINP 鄰苯二甲酸二異壬酯	DNOP 鄰苯二甲酸二辛酯	DIDP 鄰苯二甲酸二異癸酯	DIBP 鄰苯二甲酸二異丁酯	DBP 鄰苯二甲酸二丁酯	BBP 鄰苯二甲酸丁基酯	DEP 鄰苯二甲酸二己酯	DMP 鄰苯二甲酸二甲酯
產品來源	食品包裝 醫療器材 建築材料 塑化劑	鞋底 建築材料 塑化劑	地板膠 聚乙烯磁磚 帆布 塑化劑	電纜線 膠鞋 地毯黏 膠襯 橡膠墊	油漆 接著劑 塑化劑 黏度調 整劑	食品包裝 乳膠黏 合劑 溶劑	建築材料(含 PVC) 人造革 汽車內 飾 塑化劑	溶劑 護理用品 油墨	溶劑 個人衛生用品 護理用品 油墨
毒性化學物質分類	1, 2	1	4	1	4	1, 2	1, 2	1	1
生殖毒性或環境賀爾蒙	○					○	○	○	

(資料來源：本研究整理)

表 2-6 行政院衛福部公告塑化劑每人每日耐受量

塑化劑種類	DEHP	DBP	DINP	BBP	DIDP
每日耐受量 (mg/kg bw/day)	0.05	0.01	0.15	0.5	0.15

(資料來源：衛生福利部，2012)

對於我國「塑化劑」管制，目前已訂定許多塑化劑檢測國家標準，對於建材、塑膠製品、空氣分析、食品..等，皆訂有許多檢測方法與標準，詳下表說明，本研究以「室內空氣 16000 系列—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定—微型容器法（逸散速率測定）」作為主要檢測標準方法。

表 2-7 塑化劑相關檢測標準方法

標準方法	名稱
CNS 16000-25 (2015)	室內空氣16000 系列—第25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法（逸散速率測定）
ISO 16000-33 (2017)	室內空氣-第33部 以GC/Mass偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法
CNS 15138 (2012)	塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法—氣相層析法
CNS 15138-1 (2012)	塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法—氣相層析質譜儀法
環檢所NIEA T801.10B (2011)	塑膠中鄰苯二甲酸酯類檢測方法—氣相層析質譜儀法
衛生福利部 (2012)	食品中鄰苯二甲酸酯類塑化劑檢驗方法（溶出量測試：液相層析串聯質譜儀 Twin HPLC-MS）

（資料來源：本研究整理）

參、建材逸散塑化劑與 SVOCs 相關文獻分析

一、塑化劑對人體「健康」之危害

塑化劑中「鄰苯二甲酸酯類」(DEHP)是指鄰苯二甲酸(Phthalate acid) 的酯化衍生物，為塑膠工業中最為常見的塑化劑，塑化劑在塑膠原料加工時，添加可以改變塑膠成形時的物理性質，使其物理性質變為較為柔軟，易於加工；或是添加塑化劑後，可使得塑膠成品具有柔軟、易於彎曲、摺疊的性質，常見添加塑化劑材料為「聚氯乙烯 PVC 塑膠」。鄰苯二甲酸酯(Phthalate ester)具些許芳香氣味或無氣味的無色液體，中等黏度、高穩定性、低揮發性、易於取得、成本低廉及業界使用經驗較久，在水中溶解度很小，易溶於多數有機溶劑中，塑化劑添加的產品包含了塑膠、混凝土、牆版泥灰、水泥與石膏等常見物品。

「建築材料」中「塑化劑-屬半揮發性有機化合物」(Semi-volatile organic compounds, SVOCs)物質進行「建材逸散」、「產品含量」、「環境濃度」與「健康危

害」等研究，尤其是「塑化劑」(屬 SVOCs)中之「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)其逸散至空氣環境、黏滯於固體懸浮微粒及灰塵，飄散傳遞至室內環境中，亦藉由口眼、皮膚攝入、呼吸吸入等方式進入體內，引起生殖性毒害、健康危害及誘發過敏氣喘等問題，國內相關調查亦發現(林千喬，2008 年)，調查之住家環境 48 案例中，採集住家客廳地板及家具沙發之灰塵，其中塑化劑之濃度偏高，尤其是鄰苯二甲酸酯類 (DEHP)，高於一般室內常見度，顯示調查之國內住家暴露於塑化劑濃度高之狀態。

表 2-8 國內住家塑化劑於灰塵中採集濃度調查結果

國家	樣本數	樣本特性	DMP	DEP	DBP	BBP	DEHP
台灣	48 個	住家客廳地板及沙發之灰塵，包含地板、踏墊及椅上之抱枕	0.12 (0.12-1)	1 (0.07-121.4)	34.4 (6.13-256.3)	4.3 (1-312.5)	1643.6 (755.6-5098.3)
	49 個	住家小孩房間地板之灰塵，包含地板及地墊	0.12 (0.12-4.3)	1 (0.075-88.2)	38.1 (4.67-984.7)	4.16 (1-185)	1366.3 (460.9-6161.1)
	49 個	住家小孩床鋪之灰塵，包含床鋪、棉被、枕頭及床上玩具	0.12 (0.12-2.12)	1 (0.075-86.6)	21.5 (5.64-86.6)	3.1 (1-82.9)	834.7 (252.8-1868.1)
	48 個	住家地板以上之灰塵，包含窗簾、櫥櫃窗檯及冷氣等	0.12 (0.12-12.6)	1 (0.075-45.4)	25.6 (5.56-834.3)	3.03 (1-14.7)	964.2 (161.7-5637.9)
挪威	38 個	表面灰塵及其各空間地板灰塵	-	-	-	110	640
丹麥	23	表面灰塵及其各空間地板灰塵	-	-	-	-	858
德國	30 個	住家各空間之灰塵	-	-	-	29.7 (5-816)	703.4 (231-1763)
美國	120 個	住家地毯、家具及窗台之灰塵	-	4.98 (ND-111)	20.1 (ND-352)	45.5 (3.87-1310)	340 (16.7-7700)
德國	65 個	住家地板及其物品表面之灰塵	-	-	-	19	600
瑞典	346 個	收集住家地板以上之灰塵	-	0 (0-2425)	150 (0-5446)	135 (0-45549)	770 (0-40459)

(資料來源：林千喬，2008)

(單位：mg/kg)

DEHP 鄰苯二甲酸酯類塑化劑被歸類為疑似環境荷爾蒙，其生物毒性主要屬雌激素與抗雄激素活性，會造成內分泌失調，阻害生物體生殖機能，包括生殖率降低、流產、天生缺陷、異常的精子數、睪丸損害，還會引發惡性腫瘤或造成畸形兒等健康危害。根據成功大學李俊璋教授長期研究(李俊璋，2007)指出，國內孕婦尿液中塑化劑相關代謝產物的含量，高達先進國家孕婦的尿中塑化劑含量高 8~20 倍，孕婦尿液中塑化劑代謝物濃度越高，其生產男嬰生殖器官先天性異常風險越高，另會影響孕婦體內的甲狀腺賀爾蒙濃度降低，影響嬰兒的腦部發育，造成智能低下。而孩童長期大量暴露塑化劑在女童會引起性早熟及乳房提早發育，性早熟的女童以後罹患乳癌、肥胖及心臟血管疾病的風險上昇，男童長期暴

露塑化劑會引起女性化的傾向，造成行為偏差，因塑化劑有生殖毒性，男童成長後生殖能力降低等問題，而塑化劑過度暴露，孩童也容易產生氣喘、過敏性疾病。

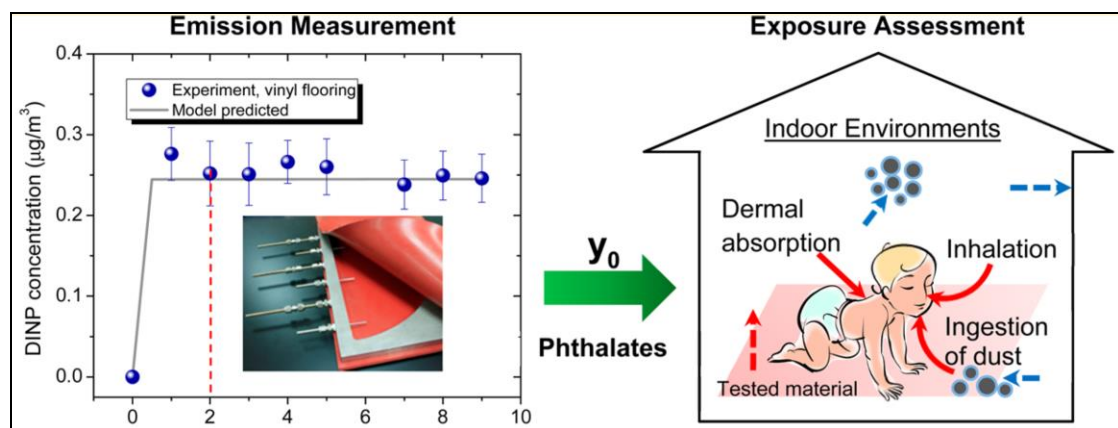


圖 2-5 地板建材逸散塑化劑(SVOCs-PAEs)(DINP)暴露評估

(資料來源：Yirui Liang, et., al, 2014)

根據相關調查資料顯示(N-Y Hsu. Et., al, 2011)(林千喬, 2008)台灣灰塵中之採集之「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)(塑化劑)濃度極高，尤其是 DEHP(鄰苯二甲酸二辛酯)、DBP(鄰苯二甲酸二丁酯)兩類物質，顯示國內室內環境具有高度 SVOCs 健康危害，例如使用塑膠木質地板或打蠟會使室內塑化劑濃度變高，過度使用塑膠容器會提高兒童氣喘機率或讓女童性早熟等問題。目前國際上最新研究皆是著重「建材塑化劑與半揮發性有機化合物(SVOCs)之逸散模式與空氣濃度關連研究」，本研究將彙整國際重要研究成果，將建材逸散 SVOC 模式與本研究實驗資料進行擬合比對，以建立塑化劑<屬半揮發性有機化合物(SVOCs)>逸散模式與基礎關連研究，並可與行政院其他部會推動之塑化劑管制項目(例如行政院環保署毒性化學物質、聚氯乙烯塑膠產品管制、食品衛生、食品容器、塑膠回收..等)共同推動管制策略。

比對國外室內環境 SVOCs-PAEs 調查量測結果，根據 X. Q. Pei 等人於 2013 年發表，針對 SVOCs-PAEs 源自於室內污染物，研究到人容易經由皮膚和呼吸吸收至體內，研究調查 10 棟「裝修」之公寓以及內部各空間，固態和氣態階段之

室內 SVOCs-PAEs 之濃度、定性、致癌風險都被探討，SVOCs-PAEs 總濃度為 12096.4 ng/m^3 ，而 DEP, BBP, DEHP 為偵測最多之化合物，分別為 2290, 3975, 2437 ng/m^3 ，占整體 72%，不同空間有不同之濃度測值，最高為 17363 ng/m^3 (客廳)，緊接著為 11389.5 ng/m^3 ，最低為 9739.1 ng/m^3 ，特別是對 1-2 歲孩童有較多之影響，致癌風險為 3.912×10^{-5} ，為 39 倍的 U.S.EPA 之限制規範。

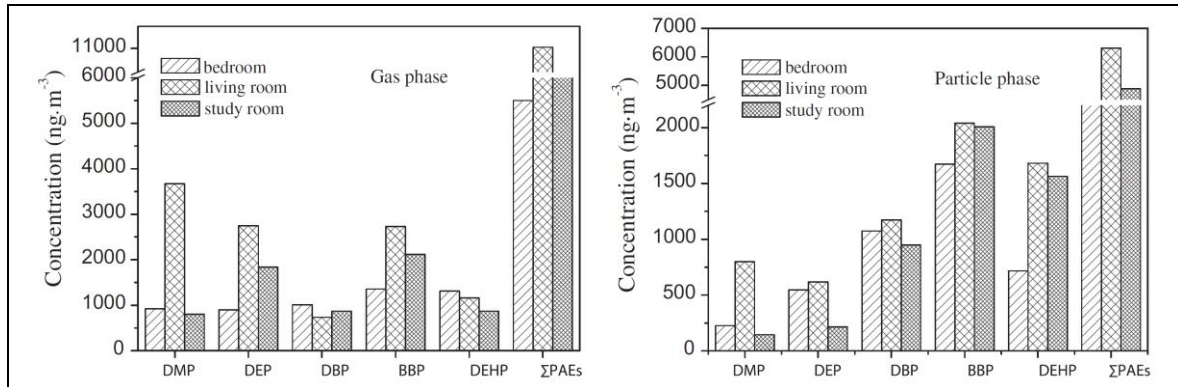


圖 2-6 室內環境 SVOCs-PAEs 於氣態及懸浮微粒中濃度變化

(資料來源：X. Q. Pei., et. al, 2013)

另外，環境變因對塑化劑逸散之影響發現，「溫度對 SVOCs-PAEs 影響結果」：M. Fujii 等人於 2003 年發表，PAEs 常被用於增速劑中，不少文獻也證明其毒性，容易導致健康風險，研究主要「溫度」獨立性對於不同鄰苯類的逸散狀態，以及評估在不同溫度的健康風險，以「被動的取樣裝置器」從塑性建材中取樣，包括合成的皮革、壁紙、乙基烯地板，觀察到的 diethyl phthalate, dibutyl phthalate, diethylhexyl phthalate (DEHP) 在 20°C 分別為 0.89, 0.77, 14 $\text{um/m}^2/\text{h}$ ，在 80°C 為 2.8, 450, 1500 $\text{um/m}^2/\text{h}$ ，結果顯示「溫度」獨立性主要影響為 PAEs 的逸散，而對材質的組成影響較小，這也顯示在高溫陽光曝曬的車體內，可能會超出日本厚生勞動省規範濃度值。

「濕度對 SVOCs-PAEs 影響結果」：丹麥學者：Per Axel Clausen 等人 2007 發表，在「潮濕」和「鄰苯二甲酸酯類」的建築物常會出現孩童氣喘的事件，研究使用「FLEC 法」去探討「濕度和鄰苯二甲酸酯類濃度」之關係，含有 17%(w/w)

的 DEHP 之乙基烯地板被置放於 6 個測試 FLEC 內於 22 度的狀況下，相對濕度在三個槽中分別為 10%, 30%, 50%(三類), 70%，其中 50%的其中二個在經過 248 天後濕度會變化為 10%和 70%，結果顯示「濕度」對於 DEHP 溢散速率影響不大，這也和新的逸散模型的推導吻合，證明「濕度」對於可確認的控制機制影響不大。

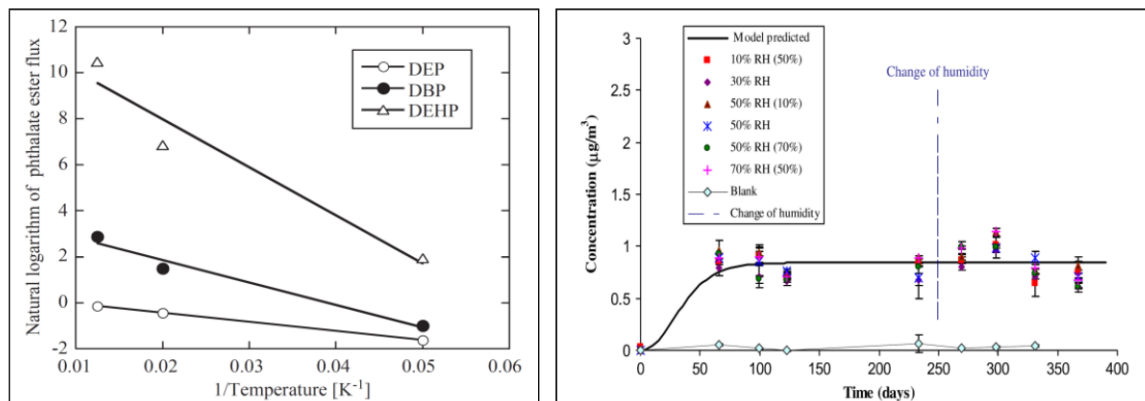


圖 2-7 室內環境溫度與濕度變化對 SVOCs-PAEs 濃度變化

(資料來源：M. Fujii, et. al, 2003) (資料來源：Per Axel Clausen, et. al, 2003)

表 2-9 室內建材逸散塑化劑與其 SVOC 溫度變化

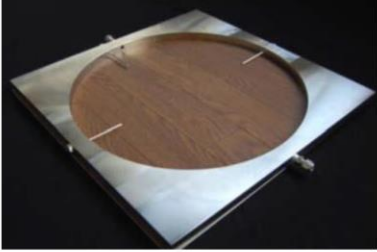
Emission rate from building materials							
	Main chemicals detected	28 °C			40 °C		
		Step 1 (gaseous matter) × 10 ⁻³ (µg/h)	Step 2 (wall adsorption) × 10 ⁻³ (µg/h)	Emission rate (µg/(m²h))	Step 1 (gaseous matter) × 10 ⁻³ (µg/h)	Step 2 (wall adsorption) × 10 ⁻³ (µg/h)	Emission rate (µg/(m²h))
(A) Insulator	2E1H	396	7	82	416	N.D.	85
	Diphenyl sulfone	N.D.	12	2	1	12	2
	DEHP	N.D.	16	3	N.D.	81	16
(B) Flooring (PVC)	Phenol	446	2	91	1634	N.D.	333
	2E1H	1020	16	211	5320	31	1092
	BHT	30	N.D.	6	330	N.D.	67
	DEHP	N.D.	129	26	N.D.	360	73
(C) Wallpaper (PVC)	Phenol	32	N.D.	6	106	N.D.	21
	2E1H	368	N.D.	75	1394	N.D.	284
(D) Carpet	Phenol	N.D.	N.D.	N.D.	704	N.D.	144
	2E1H	161	17	36	546	16	115
(E) Curtains	DBP	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	19	3
	DEHP	N.D.	20	4	N.D.	210	43

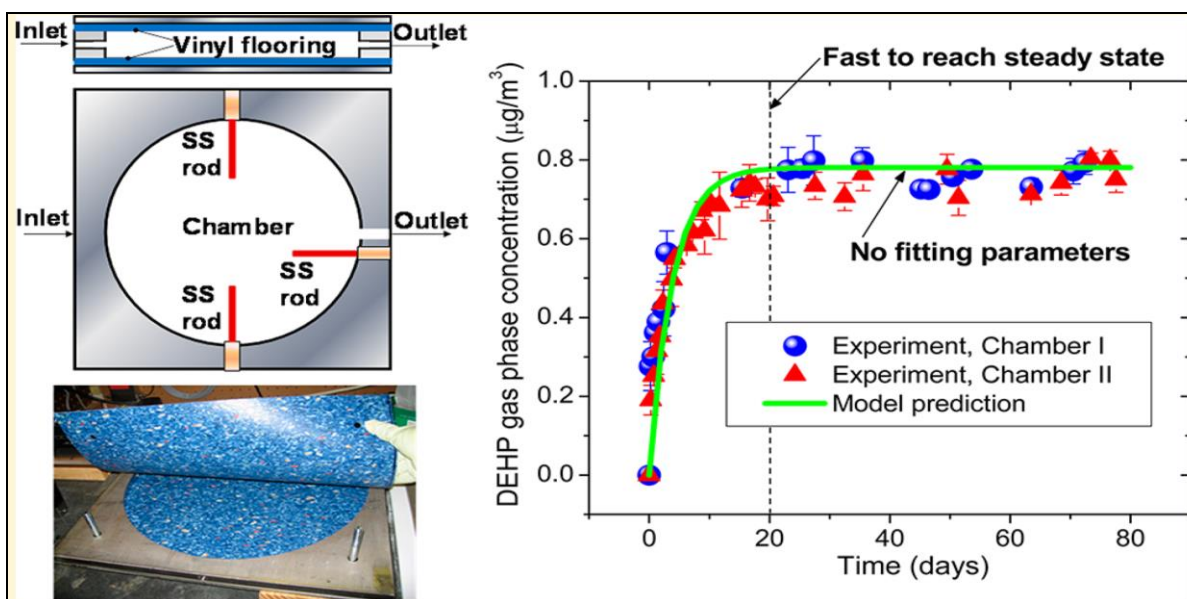
(資料來源：Per Axel Clausen, et. al, 2003)

「三明治環控艙進行建材逸散 SVOCs-PAEs 檢測」：美國學者 Ying Xu 等人於 2012 年提出「三明治環控艙」進行逸散測試，從 VF 地板逸散的 DEHP 濃度是由實驗室所設計的特有不銹鋼微艙，氣態階段的濃度值會緩慢的增加，最 20 天後

到達 $0.8\text{--}0.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的量值，藉著增加乙基烯地板的表面積和降低不銹鋼的表面，並能縮短到達穩定狀態的時間。Dehp 濃度值是由溶劑和熱脫附去進行檢測，從不銹鋼表面的離散 DEHP 被發現有現性的關係，熱脫附法比起溶劑的析出法有較高的回復率。吸附動力學顯示需要花幾個禮拜的時間才能達到內不穩定的狀態，(DEHP 佔 VF 地板 15%w/w)，所測之值和係數都被運用到 SVOCs 逸散模型中，以預測 DEHP 在艙中的濃度。

表 2-10 不同建材逸散測試系統

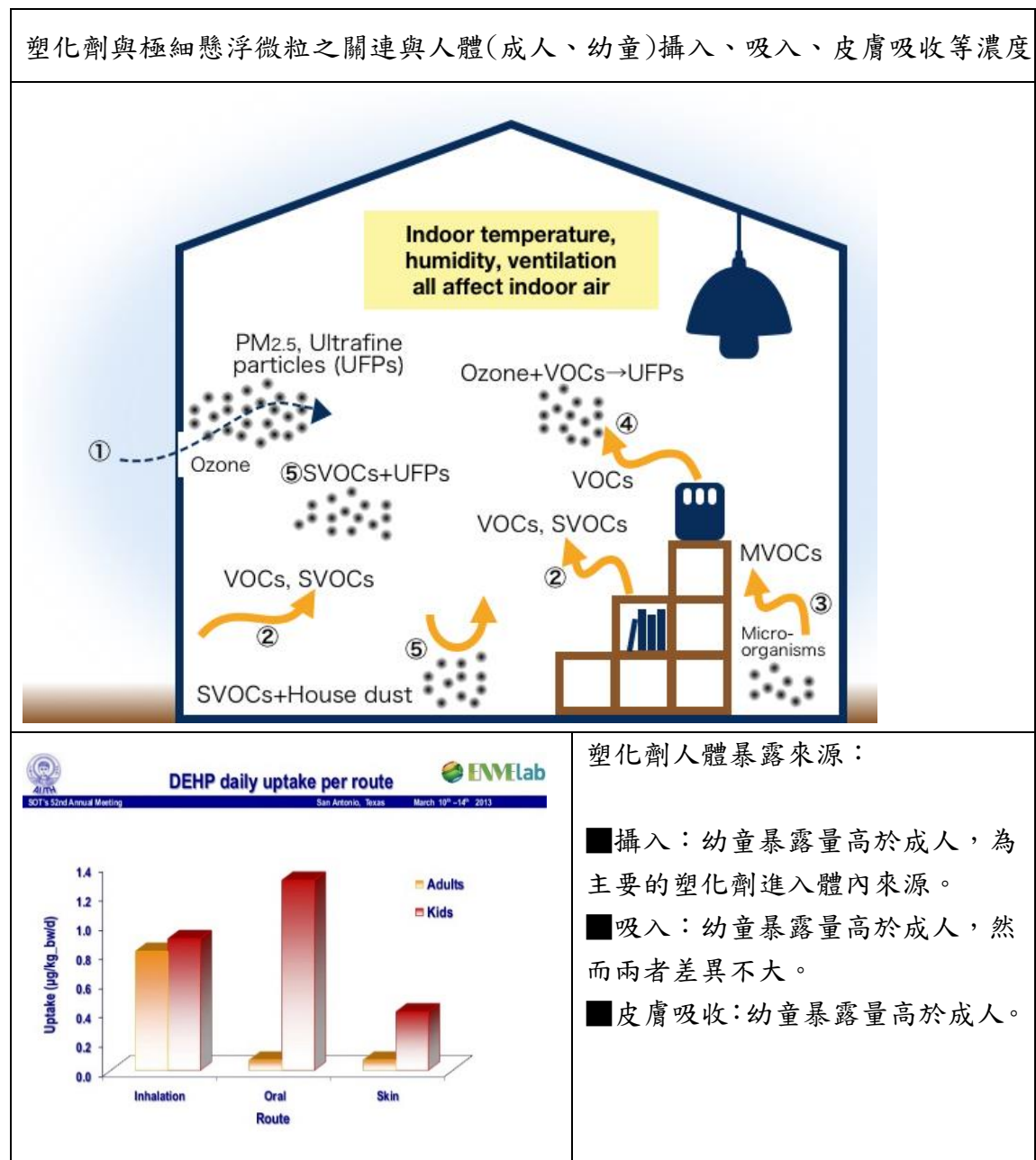
微型容器系統(ISO 16000-25)	三明治環控艙系統	FLEC 系統
		
※主要優點：適用各類建材，回收率高可精準測逸散 SVOCs 濃度 ※主要缺點：僅適合建材逸散管制試驗，無法反應真實空間狀態，需依靠相關數值理論推估。	※主要優點：適用一定厚度之板類建材，可精準量測逸散 SVOCs 濃度與相關質傳係數、擴散係數 ※主要缺點：回收率較低，逸散濃度有低估之可能	※主要優點：極適用於現場建材量測，可量測逸散 SVOCs 濃度與相關質傳係數、擴散係數 ※主要缺點：回收率較低，逸散濃度有低估之可能，誤差較大

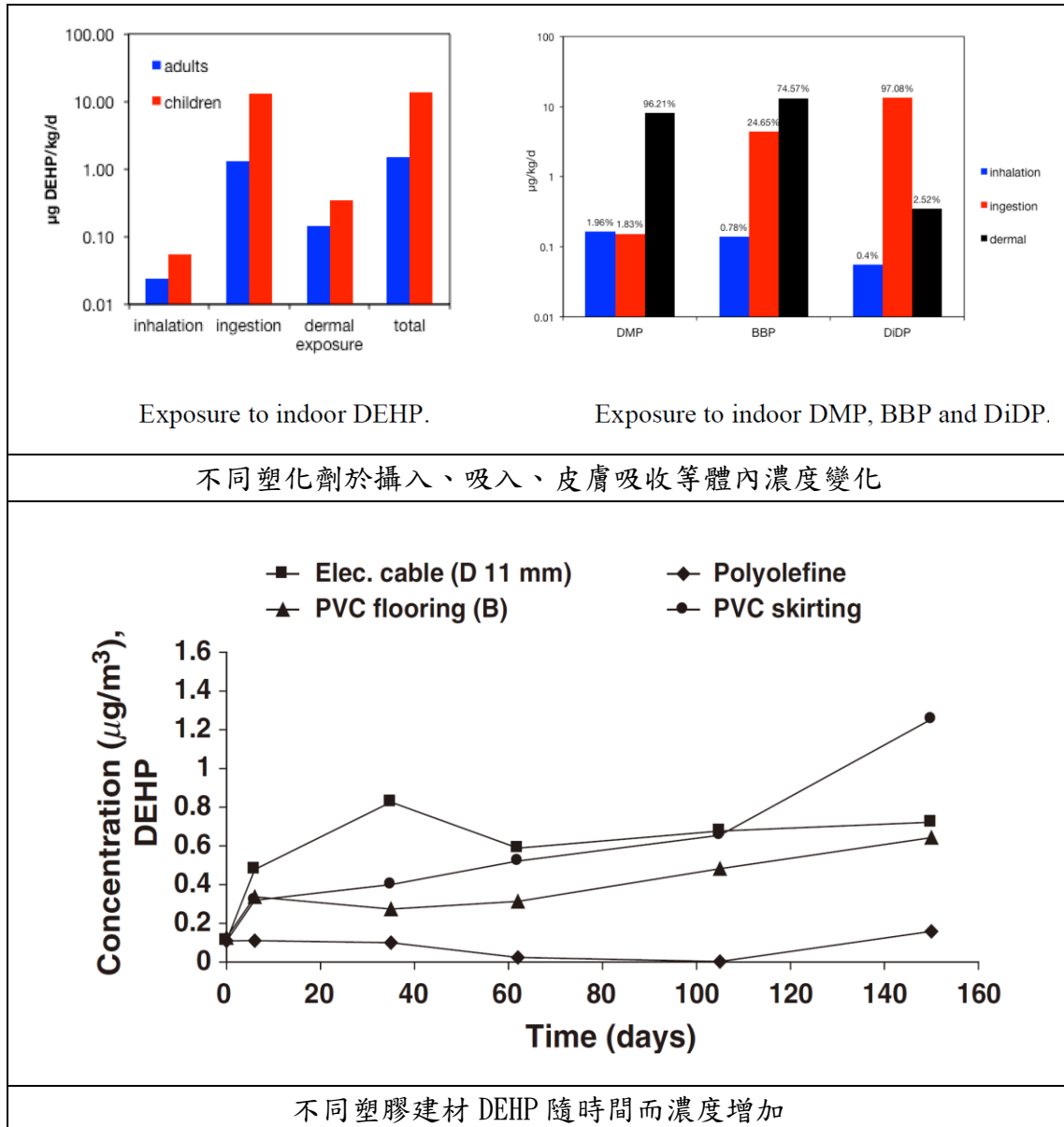


(資料來源：Ying Xu, et. al, 2012)

東京工業大學針對建材逸散「塑化劑」與「極細懸浮微粒(UFPs)」之氣膠傳遞關連，發現室內建材或家電品，在室溫較高狀態易逸散出塑化劑，並與「極細懸浮微粒」結合，成為室內空氣污染，另一方面，夏季外部臭氧(Ozone)與室內VOCs 二次氧化反應成「極細懸浮微粒」(UFPs)，進一步與室內逸散「塑化劑」結合，成為逸散污染傳遞來源。

表 2-11 塑化劑與極細懸浮微粒之關連





(資料來源：東京工業大學, 2012)

表 2-12 國內塑化劑相關論文(列舉)

鄰苯二甲酸酯類曝入與孩童體內過敏及發炎反應細胞激素之相關/張馨文	血清激素濃度與過敏對照以及鄰苯二甲酸酯類之影響，PAEs 的暴露會增加會誘發體內的發炎反應產生之外，並會同時會對孩童體內 TH1/TH2 路徑的免疫反應產生輔助效應
性早熟女童尿液中鄰苯二甲酸酯代謝物檢測與家戶灰塵暴露之相關性研究/林千喬	探討 PAEs 類濃度與性早熟兒童之家戶環境關係，發現高濃度女童由灰塵暴露鄰苯二甲酸酯之每日平均暴露劑量與尿液中鄰苯二甲酸酯代謝物進行單變項回歸分析，發現二者並無顯著相關性，但環境中 DEHP 濃度皆高於國外甚多
室內鄰苯二甲酸酯類流布研究-以公務辦公大樓為例/李佩凌	材質地板、設備、清潔率對辦公大樓 PAEs 分佈及濃度高低影響，發現地毯>塑膠貼皮>裝潢木板>磨石地>實木地板，清潔率越高，PAEs 濃度越低
鄰苯二甲酸酯於室內外降塵與空氣中氣／固相分佈特性之研究/卓弘斌	了解鄰苯二甲酸酯分佈，及建立空氣鄰苯二甲酸酯採樣方法，發現場所濃度會因降塵濃度下降而使鄰苯二甲酸酯類有明顯下降趨勢。

(資料來源：本研究整理)

第二節 研究方法

壹、研究採用方法

一、文獻分析法

蒐集國內、外有關建材逸散「塑化劑」與「SVOCs」試驗方法及相關技術規範之文獻資料，研究成果及實施實例等資料，主要收集 ASTM、ISO、等標準試驗方法及國內外研討會所應用之方法、程序，包括目前實驗分析所得知的 VOC 種類、性質等彙整以擬定架構加以分析。

二、比較分析法

針對文獻探討與所蒐集的實驗數值數據比較分析，並彙整現有健康綠建材標章、塑化劑整體研究及相關試驗成果，瞭解建材逸散特性之性質狀態與整體趨勢變化，比較分析其相關性，逐步建構未來提昇發展健康綠建材標章塑化劑評定方法、建議基準及管制策略。

三、專家諮詢法

有關建材逸散塑化劑之評定項目(管制物質、項目、基準..等)經過初步整理後，以 2 場專家諮詢會議邀請對建材逸散、塑化劑、室內空氣品質、SVOCs 檢測、健康風險、環境醫學、室內裝修設計..等方面學有所長之專家學者，進行研討。2 場專家會議擬邀請邀請產、官、學、研等方面之專家學者，進行應用策略之討論。並聘請專家學者針對評定項目及基準進行審查，提出內容修正及增刪之意見，加強本研究內容之參考依據，並擇期辦理期中、期末簡報說明研究案執行的成效、進度及所遭遇的問題。

四、實驗分析法

本研究透過彙整通過健康綠建材標章之產品及非健康綠建材標章之產品，進行抽樣，將產品依本研究「塑化劑」評定項目進行「小尺寸建材逸散試驗」逸散性能檢測及驗證（內政部建築研究所性能實驗中心-小尺寸建材逸散實驗室設備與方法），與環境檢測之塑化劑溶出試驗方法(HPLC/MS)(成功大學環境微量毒物檢測中心提供技術支

援)，經實驗室系統儀器進行定性定量分析，進一步差異性進行比較分析，提供作為健康綠建材「塑化劑」評定基準之建議參數值。

貳、建材逸散研究分析理論

近幾年歐盟(EU)針對「建材逸散物質之管制基準」進行跨國性整合研究，並「重新檢討建材逸散模式」，並與室內空氣品質進行關連研究，期盼由健康風險與暴露關係，降低建材逸散污染物濃度，以下為建材逸散理論：

一、室內污染物逸散模式

室內空氣污染物的逸散模式，可藉由污染源、污染物吸附、室內空氣混合率及室內外換氣量等因子加以預測。空氣污染物濃度變化可以從污染物的「發生」與「移除」兩個層面來探討。對污染物「發生」而言，其發生量變化直接受到污染物特性與其他物理環境特性之影響，而污染物特性亦受到污染物種類及來源而有所不同；對污染物「移除」的情形包括排出污染源、過濾吸附或稀釋等。

本研究是以小型環控箱模擬空間中建材污染源「發生」揮發性有機物質，以及藉由新鮮外氣引入量「移除」行為模式探討室內污染物逸散情形。

(一)質量平衡模型

在室內環境中，為了瞭解室內空氣污染物的產生、擴散與衰減，常利用室內空氣品質模型(Indoor Air Quality Models)來預測室內空氣污染物濃度，包括決定論模型(Deterministic Models)、經驗模型(Empirical models)與前兩者的結合。「決定論模型」藉由室內污染物質量平衡原理所推導出來的；而「經驗模型」是將測試資料以多變數迴歸統計的方法決定之。由於污染物「質量平衡模型」(Mass Balance Model)可提供一般性的應用，藉此模型可探討污染物濃度與其影響因子間的概略狀況。

在質量平衡模型種類上，包括(一)單室模型(One-Compartment Model)與(二)多室模型(Multi-Compartment Model)；而本研究探討系統為全尺寸環控箱(模擬空調型單室空間)，因此選擇單室模型作為主要探討之基礎，茲將模型原理及方程式推導描

述如下：

(1) 污染物質質量平衡模型

由於室內空氣與污染物的混合形式相當複雜，在建立系統方程式前應定義其室內空氣混合方式，一般可分為兩種混合模型：

(a) Plug-flow mixing model：此模型為污染物濃度隨著空氣氣流的流動路徑，以點對點的分佈方式有不同的濃度變化。

(b) Well-mixed model：此模型為描述污染物均勻地分佈於空間中。

由於污染物濃度表現方式以時間區段進行採樣，因此無法採用第一種模式描述，因此本研究選擇 Well-mixed model 建立室內空氣品質模型。

污染物質質量平衡模式是利用空間中的污染源、污染物吸附(沉降作用)、循環換風量、及不同室內外污染源(滲入及洩漏方式)以預測室內污染物的累積，系統忽略污染物集中之梯度分佈，因此實驗系統內的污染物濃度隨時均可視為均勻狀態。

以一體積為 V 的單一空間，污染物流出及流入質量平衡且包括再循環風量、污染物的發生及衰減，詳細參數設定如圖 2-7 所示。方程式推導過程如下：

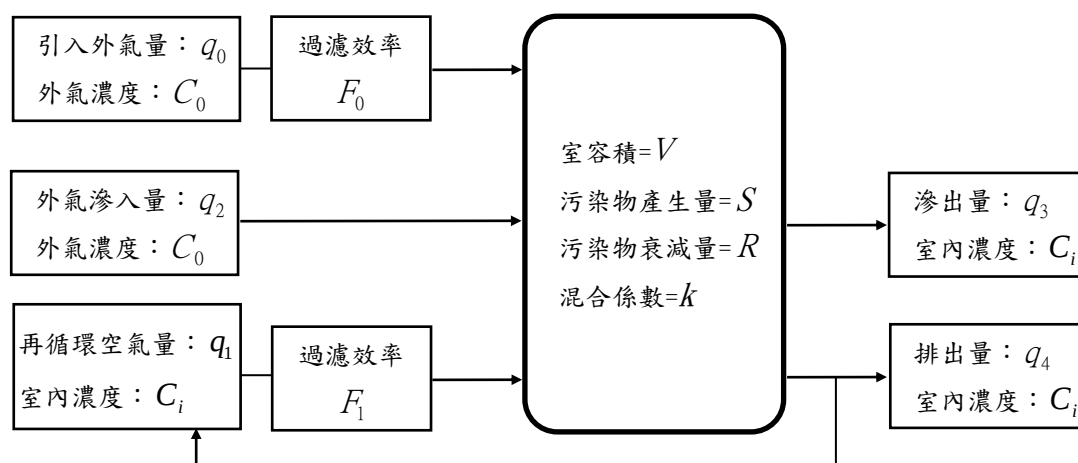


圖 2-8 空氣污染物單室質量平衡模型示意

(資料來源：ASTM, 2006)

1. 空氣質量平衡方程式 (Air Mass Balance)：

$$q_0 + q_2 = q_3 + q_4 \quad (\text{式 1})$$

其中：

q_0 =引入外氣量

q_2 =外氣滲入量

q_3 =空氣洩漏量

q_4 =排氣量

2. 污染物平衡 (Pollutant Mass Balance)：

$$V \frac{dC_i}{dt} = kq_0C_0(1-F_0) + kq_1C_i(1-F_1) + kq_2C_0 - k(q_1+q_3+q_4)C_i + S - R \quad (\text{式 2})$$

$$\rightarrow C_i = \frac{B}{A} \left[1 - \exp\left(-\frac{A}{V}t\right) \right] + C_s \exp\left(-\frac{A}{V}t\right) \quad (\text{式 3})$$

其中：

C_s =室內污染物初始濃度

C_0 =室外污染物濃度

$A = k(q_0 + q_1F_1 + q_2)$

$B = kq_0C_0(1-F_0) + kq_2C_0 + S - R$

(二) 污染物質質量平衡簡化系統(針對建材逸散源進行簡化)

污染物質質量平衡模式最早在 1986 年由 Matthews 提出為了探討溫度、相對濕度對甲醛濃度的影響，選定兩棟屋齡四年、無人居住、未裝潢的住家進行實驗，實驗住家包含三間臥室、盥洗室、客廳以及廚房，地板鋪設有粒片板、上面覆蓋地毯，面積為 114 m^2 ，探討環境因子對甲醛濃度分佈的影響，首先將實驗簡化為圖 2-8 質量平衡系統：

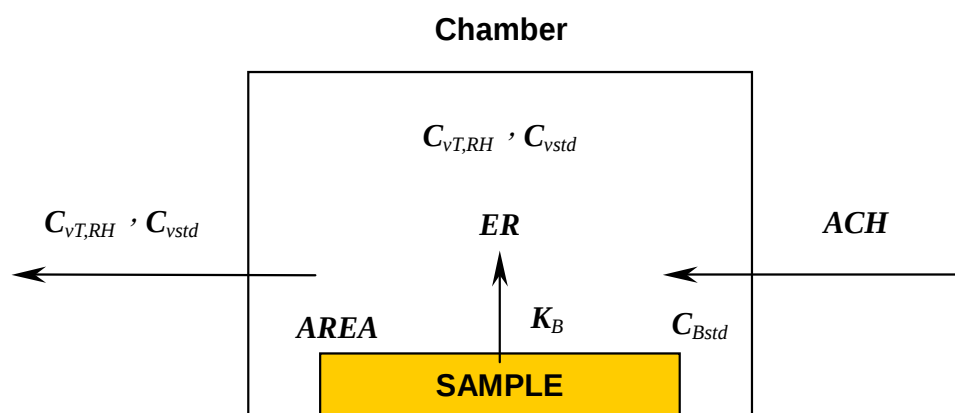


圖 2-9 質量平衡系統圖

(資料來源：ASTM, 2006)

其中：

ACH ：為氣體改變率， h^{-1} 。

$C_{vT,RH}$ ：溫度 T 、相對濕度 RH 時的甲醛穩定濃度

C_{vstd} ：標準狀態（ $T=23^{\circ}C$ ， $RH=50\%$ ）時的甲醛穩定濃度

C_{bstd} ：標準狀態（ $T=23^{\circ}C$ ， $RH=50\%$ ）下的樣本表面甲醛濃度

$AREA$ ：樣本表面積， m^2

ER ：甲醛排放速率， mg/m^2hr

K_B ：甲醛的質量傳輸係數

Matthews 將對實驗住家簡化後的質量平衡系統作以下的假設：系統內部為均勻混合系統，物種濃度並無損失，無沉降、過濾效應，單一物種濃度，根據以上假設，可以得到測試箱中，在穩定狀態下的單一物質濃度：

$$C_{vT,RH} = \frac{ER(HCHO)_{T,RH,Cv} \times AREA}{ACH \times VOL} \quad (\text{式 4})$$

其中：

$ER(HCHO)$ ：溫度 T 、相對濕度 RH 、甲醛濃度 T, C_v, RH 時，甲醛逸散因子， mg/m^2h

$AREA$ ：樣本表面積， m^2

ACH ：室內外氣體交換率， h^{-1}

VOL ：室內體積， m^3

$C_{vT,RH}$ ：穩定狀態下，溫度 T 、相對濕度 RH 時，甲醛室內濃度， mg/m^3

依據污染物質量平衡簡化系統的結構上，可將關鍵因子分成三種：

(一) 污染物相關變數（ $ER, AREA$ ）：

污染源的性質，包括負荷率、表面蒸汽壓與質傳係數等。

(二) 換氣量相關變數（ ACH ）：

考量新鮮外氣外引入的可能性，包含空調引入與建築外殼洩漏。

(三) 空間相關變數（ VOL ）：

考量建築空間因素對換氣率的影響，包括空間型態、室內家具配置與空調送回風口型態等。

二、空調系統與污染物逸散濃度模式

在空調環境中，為了確保所有時間內污染物的濃度均在可容許範圍內，系統需講求空調清淨度及污染物過濾效果，因此發展出一個提供 HVAC 系統運作之評估方法。室內空氣品質的影響因素主要為(1)室內污染源的排放；(2)稀釋作用的新鮮外氣品質；

(3)稀釋速率及(4)系統設計。其中以室內污染源為首要影響 IAQ 之決定因子。

根據 ASHRAE 標準 62.1-2007 針對外氣通風量提出 IAQ procedure，其主要提供空調系統計算清淨的(cleaned)和再循環的(recirculated)空氣，可用於定風量系統(CAV)和變風量系統(VAV)，外氣引入可設定定量或按比例進入，換氣系統如圖 2-10 所示。

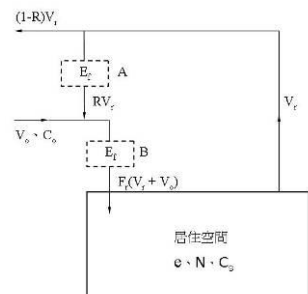


圖 2-10 換氣系統示意圖

(資料來源：ASTM, 2006)

其中：

A, B：過濾裝置安裝位置 e：換氣效率
Vo：外氣引入量；Vr：回風量；Vs：空間風量 Ef：過濾裝置之過濾效率
Co：外氣濃度；Cr：回風濃度；Cs：空間濃度 Fr：流量衰減因子
N：污染物產生率 R：回風氣流因子

HVAC 系統可包括八種不同類型的組合方式，如表 2-13 所示。

表 2-13 常用空調系統及污染物濃度方程式

所需氣流循環率			所需外氣氣流	空間污染物 濃度
過濾裝置	風量控制	外氣氣流控制		
None	VAV	100%		
A	CAV	固定		
A	VAV	固定		
A	VAV	按比例調變		
B	CAV	固定		
B	VAV	100%		
B	VAV	固定		
B	VAV	按比例調變		

(資料來源：ASHRAE, 2012)

三、建材逸散經驗模型

建材逸散經驗模型最早由 Colombo 提出，並證實可成功的應用在長時間逸散的擴散限制厚板污染源(如：合板)及逸散時間短至數小時的薄膜式產品(如：家庭常用清潔劑或表面塗料)。上述污染源的特質與實驗過程及排放的特性有關，模型的計算只是將所得數值進行回歸，不具有物理意義。此模型基本上可寫成：

$$C_i = A_{LC} [1 - e^{(-B_{RC}t)}] - C_{LC} [1 - e^{(-D_{RC}t)}] \quad (\text{式 5})$$

其中：

C_i ：測試箱內污染物濃度

t ：時間，hr

A_{LC} 、 C_{LC} ：線性參數 (Linear Coefficients)， $\text{mg}\cdot\text{m}^3$

B_{RC} 、 D_{RC} ：速率參數 (Rate Coefficients)， h^{-1}

經由不同係數的組合，此模型可應用於兩種不同的濃度變化，一種是濃度由零開始增加，直到最大值後漸減至零或是一個穩定狀態；在此種情況下， $B_{RC} > D_{RC}$ 且 $1 < (A_{LC} B_{RC} / C_{LC} D_{RC}) < \infty$ 。另一種則是濃度由零增加至穩定狀態，且 $C_{LC} < 0$ 或 $B_{RC} \leq D_{RC}$ 。不論是哪種情況，當達到穩定狀態時，濃度值皆為 $A_{LC} - C_{LC}$ 。另外，經由計算可得測試箱中達濃度最大的時間及當時的濃度：

$$t_{\max} = \frac{\ln(A_{LC} B_{RC} / C_{LC} D_{RC})}{(B_{RC} - D_{RC})} \quad (\text{式 6})$$

$$C_{i_{\max}} = A_{LC} \left[1 - \left(\frac{A_{LC} B_{RC}}{C_{LC} D_{RC}} \right)^{B_{RC} / (D_{RC} - B_{RC})} \right] - C_{LC} \left[1 - \left(\frac{A_{LC} B_{RC}}{C_{LC} D_{RC}} \right)^{D_{RC} / (D_{RC} - B_{RC})} \right] \quad (\text{式 7})$$

濃度的變化速率可由下式表示：

$$\frac{dC_i}{dt} = A_{LC} B_{RC} e^{(-B_{RC}t)} - C_{LC} D_{RC} e^{(-D_{RC}t)} \quad (\text{式 8})$$

濃度的變化經過最大值再漸趨近於零時， $A_{LC} \doteq C_{LC}$ ，而基本模式可簡化為：

$$C_i = A_{LC} [e^{(-D_{RC}t)} - e^{(-B_{RC}t)}] \quad (\text{式 9})$$

同樣的，當濃度是逐漸朝向一個穩定狀態增加，則模式也可以簡化為：

$$C_i = A_{LC} [1 - e^{(-B_{RC}t)}] \quad (\text{式 10})$$

經由統計學上的比對，簡化後的模式和基礎模式的差異，在百分之五以內為可接受的範圍。

由測試箱內的質量平衡可得：

$$V \left(\frac{dC_i}{dt} \right) = E + R_d - R_s - I - FC_i \quad (\text{式 11})$$

其中：

V ：測試箱體積， m^3

E ：逸散速率， mgh^{-1}

R_s ：球表面吸附速率 (The Global Sorption Rate)， mgh^{-1}

R_d ：球表面脫附速率 (The Global Desorption Rate)， mgh^{-1}

I ：在球表面中特殊物種不可逆之吸附速率， mgh^{-1}

F ：氣體流量， m^3h^{-1}

C_i ：測試箱內污染物濃度

當 $t=0$ 時， $C=0$ ，則 R_s 、 R_d 及 I 均為 0，則可得初始逸散速率 E_0 為：

$$E_0 = V \left(\frac{dC_i}{dt} \right) = V (A_{LC} B_{RC} - C_{LC} D_{RC}) \quad (\text{式 12})$$

當時間趨近於無限大，測試箱內達穩定狀態時， $(dC_i/dt) = 0$ ，且 $R_s = R_d$ ，則可得最後的逸散速率 E_∞ 為：

$$E_\infty = I_\infty + FC_{i_\infty} = I_\infty F (A_{LC} - C_{LC}) \quad (\text{式 13})$$

式中， I_∞ 為未知的，模式中的參數可提供 E_∞ 的最低限制 (Lower Limit)，則若捨棄 $F (A_{LC} - C_{LC})$ 的影響，可由此獲得的真實值 (Correct Value)

在任何時刻的逸散速率 E 可寫為下式：

$$E = V \left(\frac{dC_i}{dt} \right) - R_d + R_s + I + FC \quad (\text{式 14})$$

如果未知的吸附及脫附速率的底限可獲得或是其值很小可忽略，則 E 值即可獲得。對於式中的參數 B_{RC} 及 D_{RC} ，當 C_i 為第一時間 t_i 所量測到的濃度時，可以合理推測 $B_{RC} = 2C_i / (t_i C_{i_{\max}})$ ；對於一個逸散迅速的污染源，則可認定 $D_{RC} = N$ ， N 為氣體交換率；對於一個逸散緩慢的污染源，如合板類，則 D_{RC} 的值為 $0.1N$ 甚至於到 $0.01N$ 。且此模式之限制為，在 $A_{LC} - C_{LC}$ 為負級的情況下，此模式不適用 (Colombo)。

三、建材逸散物理模式

建材逸散物理模式最早為 James E. Dunn 及 Bruce A. Tichenor 於 1988 年所提出 (James et al., 1988)，模式的中心是以測試箱內四種不同作用所構成，分別為：污染源逸散 (The Source)、測試箱內的混合 (The Well-Mixed Contents of The Chamber)、測試箱排放 (An Exit) 及沈降效應 (A Sink)。以圖 2-11 說明之：

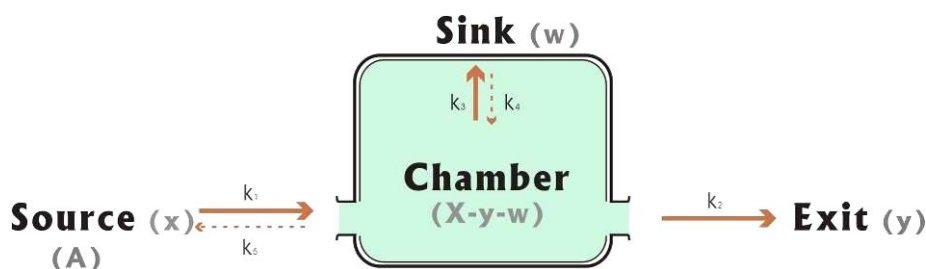


圖 2-11 建材逸散物理模式示意圖

(資料來源：ASTM, 2006)

其中： A 為污染源的初始質量， $x=x(t)$ 為污染源逸散污染物質質量對時間 t 的函數， $y=y(t)$ 為從測試箱流出之污染物質質量對時間 t 的函數， $w=w(t)$ 為測試箱內污染物質對測試箱之吸附質量對時間 t 的函數， k_1 為污染物質從污染源逸散的速率常數， k_2 為污染物流出測試箱的速率常數， k_3 為污染物質吸附於測試箱的速率常數， k_4 為實驗箱上吸附物質的在脫附速率常數， k_5 為污染物質對污染源的再吸附作用速率常數。

就測試箱內污染物質濃度而言其時間的函數為：

$$C(t) = \frac{(x - y - w)}{V} \quad (\text{式 15})$$

V 為測試箱的容積，在某一時間間隔 (t_1, t_2) 內，離開測試箱的污染物質質量對時間的函數為：

$$I(t_1, t_2) = y(t_2) - y(t_1)$$

$$\text{則 } y(t) = I(0, t), y(0) = 0$$

而在一個完全理想混和的測試箱內，整個系統可以下列三個微分方程式來描述：

$$\frac{dX}{dt} = k_1 g(x, t) - k_5 (x - y - w) \quad (\text{式 16})$$

$$\frac{dy}{dt} = k_2 (x - y - w) \quad (\text{式 17})$$

$$\frac{dw}{dt} = k_3 (x - y - w) - k_4 w \quad (\text{式 18})$$

就物理上的意義而言，(式 18) 的代表了污染源在時間 t 的逸散速率 (Emission Rate, ER)，此逸散速率和函數 $g(x, t)$ 成正比，且受到初始污染量、時間、以逸散污染量的影響，另可嚴格定義為：

$$\text{Emission Rate Factor(ERF)} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{dx}{dt} \quad (\text{式 19})$$

上式表示污染物在穩定狀態 (Steady State) 下，由污染源至測試箱中的真實速率。式 19 則表示污染物流出速率，此速率正比於測試箱中污染物的質量，且由於測試箱的體積是固定的，所以逸散速率亦正比於箱中污染物濃度。式 20 表示污染物的真實吸附速率，污染物自測試箱中吸附於物體表面的速率正比於測試箱中污染物的質量，而污染物自測試箱表面脫附的速率則正比於以吸附的污染物質。 k_3 , k_4 測試箱中的特性數值，和真實的生活環境有所不同。若測試箱中的氣體流量為一定值 F ，則 $k_2 = F/V$ ，為單位時間內氣體交換的次數，由於 F 為實驗可控制條件，所以為一可知常數。另一方面，依方程式解出速率常數的不同，可分成四個次模式：Full Model ($k_3 \neq 0$, $k_5 \neq 0$)；Sink Model ($k_3 \neq 0$, $k_5 = 0$) 表示逸散速率不受到以逸散污染物濃度增加的影響；Vapor Pressure (VP) Model ($k_3 = 0$, $k_5 \neq 0$) 表示測試箱表面對逸散之污染物無吸附作用；Dilution Model ($k_3 = 0$, $k_5 = 0$) 為最簡單的稀釋模式。在逸散的物理模式中，由逸散源性質不同可分為兩部份：定速率逸散源及速率遞減逸散源。而室內建材污染源大多屬於後者，故選擇此部分加以說明。在遞減速率污染源的條件下，假設 $A < \infty$ ，且式 16 中 $g(x, t) = (A - x)$ 。此假設物理意義為，污染源中污染物的逸散速率正比於殘留的污染量，且受到測試箱污染物濃度的抑制。式 19 及式 20 則無改變。依以上條件，式 17 到式 19 的解詳列於表 2-13；另外 t 為零時，測試箱內污染物濃度為零。

表 2-14 速率遞減污染源模式次模式之數值模式方程式

Full model ($k_3 \neq 0, k_5 \neq 0$)
$C(t) = A \sum_{i=1}^3 s_i r_i (k_1 - r_i) e^{-r_i t} / (DV)$ $W(t) = A \sum_{i=1}^3 s_i [r_i - (k_1 + k_2 + k_3) r_i + k_1 k_2] e^{-r_i t} / D$ $I(t_1, t_2) = k_2 A \sum_{i=1}^3 s_i (r_i - k_1) (e^{-r_i t_2} - e^{-r_i t_1}) / D$ $D = k_1 k_2 k_3 \{r_1(r_2^2 - r_3^2) + r_2(r_3^2 - r_1^2) + r_3(r_1^2 - r_2^2)\}$ $s_1 = (r_3 - r_2) \{r_2 r_3 (k_2 + k_3) - k_1 k_2 (r_2 + r_3 - k_1)\}$ $s_2 = (r_1 - r_3) \{r_1 r_3 (k_2 + k_3) - k_1 k_2 (r_1 + r_3 - k_1)\}$ $s_3 = (r_2 - r_1) \{r_1 r_2 (k_2 + k_3) - k_1 k_2 (r_1 + r_2 - k_1)\}$ and r_1, r_2, r_3 are roots of $r^3 - (k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5)r^2 + [k_2(k_1 + k_4) + k_1(k_3 + k_4) + k_4 k_5] - k_1 k_2 k_4 = 0$
Sink model ($k_3 \neq 0, k_5 = 0$)
$C(t) = k_1 A \{ (k_4 - k_1) e^{-k_1 t} / [(r_1 - k_1)(r_2 - k_1)] - (k_2 + k_3 - r_2) e^{-r_1 t} / [(r_1 - r_2) - (r_1 - k_1)]$ $+ (k_2 + k_3 - r_1) e^{-r_2 t} / [(r_1 - r_2)(r_2 - k_1)] \} / V$ $W(t) = A(k_2 - r_1)(k_2 + k_3 - r_2) [r_1(1 - e^{-k_1 t}) - k_1(1 - e^{-r_1 t})] / [r_1(r_2 - r_1)(r_1 - k_1)]$ $- A(k_2 - r_2)(k_2 + k_3 - r_1) [r_2(1 - e^{-k_1 t}) - k_1(1 - e^{-r_2 t})] / [r_2(r_2 - r_1)(r_2 - k_1)]$ $I(t_1, t_2) = A k_2 (k_4 - k_1) (e^{-k_1 t_1} - e^{-k_1 t_2}) / [(r_1 - k_1)(r_2 - k_1)]$ $- A k_1 k_2 (k_2 + k_3 - r_2) (e^{-r_1 t_1} - e^{-r_1 t_2}) / [r_1(r_1 - r_2)(r_1 - k_1)]$ $+ A k_1 k_2 (k_2 + k_3 - r_1) (e^{-r_2 t_1} - e^{-r_2 t_2}) / [r_2(r_1 - r_2)(r_2 - k_1)]$
Vapor Pressure (VP) Model ($k_3 = 0, k_5 \neq 0$)
$C(t) = k_1 A (e^{-r_2 t} - e^{-r_1 t}) / [(r_1 - r_2) V]$ $I(t_1, t_2) = A [r_1 (e^{-r_2 t_1} - e^{-r_2 t_2}) - r_2 (e^{-r_1 t_1} - e^{-r_1 t_2})] / (r_1 - r_2)$ $r_1, r_2 = \{k_1 + k_2 + k_5 \pm [(k_1 + k_2 + k_3)^2 - 4k_1 k_2]^{1/2}\} / 2$
Dilution Model ($k_3 = 0, k_5 = 0$)
$C(t) = k_1 A (e^{-k_2 t} - e^{-k_1 t}) / [(k_1 - k_2) V]$ $I(t_1, t_2) = A [k_1 (e^{-k_2 t_1} - e^{-k_2 t_2}) - k_2 (e^{-k_1 t_1} - e^{-k_1 t_2})] / (k_1 - k_2)$

(資料來源：ASTM, 2006)

四、環控箱物理模式

以往的建材 VOCS 試驗中，對於個別污染物逸散速率的研究，經常是利用環控箱來進行檢測分析，針對測試結果以經驗式或理論模型預測方式來進行研究。本研究的逸散衰減模式主要為「一階衰減模式」與「二階衰減模式」，其模式內容分述如下：

(一)一階衰減模式 (First Order Decay source Model)

由於一般濕式建材具有初期逸散率高之逸散特性，因此在研究當中，最被常用於描述濕式建材的逸散行為及預測濕式建材的逸散速率模型即為一階衰減模式。

(1st-Order-Decay source model)，其濃度的預測方式及理論的推導如下所示：(逸散因子呈「一階衰減」First Order Decay Model)

一階衰減逸散因子計算法：

$$EF = (EF_0)e^{-kt} \quad (\text{式 20})$$

EF：第一階段逸散速率(mg/m²h)

EF₀：初始逸散因子 (Emission Factor, mg /m² h)

k：一階衰減常數, h⁻¹

t：時間(hr)

環控箱的質量平衡方程式可表示為式 20，其意義為測試箱內的污染物質的改變量等於污染物的逸散量與排出測試箱的污染量差值。

$$dC/dt = L(EF_0)e^{-kt} - NC \quad (\text{式 21})$$

在設定邊界條件假設初始為 t₀=0，C₀=0 的情況下，上式可化簡為

$$C = L(EF_0)(e^{-kt} - e^{-Nt}) / (N - k) \quad (\text{式 22})$$

最後以環控箱中量測所得之時間-濃度數據，進行模型回歸分析，計算 EF₀。

其中 k 之初始值可以下式計算並檢驗數值迴歸之 EF₀：

$$k = (N)e^{(k-N)t_{\max}} \quad (\text{式 23})$$

t_{max}：最大濃度 (C_{max}) 的時間

(二)二階衰減模式(Double Exponent)

二階衰減模式適用於污染源逸散呈現一階衰減之長時間排放模擬，並且可以經由 k 值的變化得知機制的改變(蒸散作用或擴散作用控制)。逸散因子數據，經由二階衰減模式 $EF(t)=EF_{10}e^{-k_1t}+EF_{20}e^{-k_2t}$ 迴歸分析可得到 EF_{10} 、 K_1 、 EF_{20} 、 K_2 參數數值，再從 EF_{10}/K_1 和 EF_{20}/K_2 數值比對，即可知道第一階段及第二階段建材污染物質逸散量。這兩個參數是評估環控箱逸散衰減模式的重要數據。(逸散因子呈「二階衰減」)

最早由 J. C. S. Chang and Z. Guo 於 1992 年研究木料著色劑的逸散行為，將木料著色劑所含揮發性有機物質(Nonane、Decane、Undecane、1, 2, 4Trimethyl-benzene)的逸散行為分兩階段式的數值模式進行計算。

第一階段為逸散速率快速衰減時期，出現在實驗進行後的十小時內。其逸散速率為一階衰減模式。

$$EF_1 = (FE_{10})e^{-k_1t} \quad (\text{式 24})$$

EF_1 ：第一階段逸散速率($\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$)

EF_{10} ：第一階段初始逸散速率($\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$)

K_1 ：第一階段速率衰減係數(h^{-1})

t ：時間(hr)

因此測試箱內部的質量平衡式為

$$dC/dt = L(EF_0)e^{-kt} - NC \quad (\text{式 25})$$

代入初始條件 $C=0$ 、 $T=0$ ，可得解

$$C = L(EF_{10})(e^{-k_1t} - e^{-Nt})/(N - k_1) \quad (\text{式 26})$$

另一方面，逸散速率的一階指數衰減模式的推導是以逸散速度正比於單位面積所含污染物的重量 n 為基礎，亦即

$$EF_1 = -\left(\frac{dn}{dt}\right) = k_1n \quad (\text{式 27})$$

(式 29)將逸散速率表示單位面積污染物重 n 逸散速率衰減係數 k_1 的乘積， k_1 牽扯到複雜的物理化學反應及質量傳輸，在不同的情況下不易預測真實的數值，所以在實驗結果顯示此假設可以得到合理的結果。另外其他物質的蒸汽壓可利用下式計算：

$$\log_{10} P = \left(\frac{-0.2185A_v}{T}\right) + B \quad (\text{式 28})$$

P：壓力 (Torrs)
 A_v ：單位莫耳汽化熱 (cal/g-mole)
 T：溫度 (K)
 B：係數

同樣的，將其他物質的蒸汽壓做使用，以癸烷 Decane 為基準的相對數值來表示，並與所得衰減速率係數作比較，發現其相關性很高，亦即表示排放速率可能受制於揮發的過程。由於揮發的污染物要通過氣相邊界層 (Gas Phase Boundary Layer)，進行氣相質量傳輸，且在測試箱實驗中氣相質傳受到氣體交換率的影響，所以隨著氣體交換率的增加，逸散速率衰減係數 k_1 也會相對增加。

在第二階段的部份，排放速率的改變亦由指數衰減函數表示

$$EF_2 = EF_{20}e^{-k_2t} = k_2n \quad (\text{式 29})$$

EF_2 ：第二階段逸散速率 (mg/m²h)
 EF_{20} ：第二階段初始逸散速率 (mg/m²h)
 k_2 ：第二階段逸散速率衰減係數 (h⁻¹)
 t：時間 (hr)

為了方便判斷，所以仍採用 $C=0$ 、 $t=0$ 的初始條件。由於第二階的數學模式適用於長時間，故以此初始條件代替真實值並不會造成太大的誤差，由實驗數據顯示，長時間的逸散其濃度變化趨近於一直線，且其斜率為 $-k_2$ 。 k_2 及 EF_{20} 的計算是以 20 小時後的量測值模擬求出。比較 k_1 及 k_2 發現有明顯的差異，顯示兩階段的逸散由不同的機制所控制。

由實驗數據中發現 k_2 比 k_1 小約兩個數量級，造成原因為經歷一段時間後，污染物只能由已乾燥的油漆表面孔洞排放，所以此部份的排放速率控制於污染在多孔介質的擴散度上。則氣相物質在多孔物質中的擴散係數 (Knudsen Diffusivity, D) 可以下式表示：

$$D = \frac{a}{M_G^{0.5}} \quad (\text{式 30})$$

D ：擴散係數 (cm²/s)
 a ：與孔隙直徑及溫度相關的變數 (cm²/s)(mole/g)^{0.5}
 M_G ：氣體的莫耳數質量 (g/mole)

比較 k_2 及 Knudsen diffusivity 發現，由於與其他化合物的莫耳重量相近，所以 Knudsen diffusivity 皆接近於 1.0， k_2 也出現相同的情況，顯示第二階段逸散速率受到擴散行為控制，而受換氣率的影響程度較小。 EF_1 及 EF_2 分別代第一階段及第二階段

的逸散速率，在第一階段時，由於 EF_1 及 k_1 大於 EF_2 及 k_2 ；而在第二階段時， EF_1 快速衰減而使 EF_2 佔優勢，所以可以將兩項的排放速率式結合起來成為雙指數模式 (Double-exponential Model)

$$EF(t) = EF_1 + EF_2 = EF_{10}e^{-k_1t} + EF_{20}e^{-k_2t} \quad (\text{式 31})$$

J. C. S. Chang and Z. Guo, 1997 雙指數函數描述能力的研究上，對清漆與著色劑具有較佳的描述能力，以下就二階段的逸散特性作比較：

第一階段的逸散特性與第二階段比較是相對的近似濕式建材(wet)的逸散模式，第二階段的逸散行為是相對的近似乾式建材(dry)的逸散模式，木料著色劑通過實心的木料持續性及低逸散行為已證實逸行為是受擴散行為控制。

根據此模式的 R_{10}/K_1 和 R_{20}/K_2 分別表示在第一階段及第二階段有機物質的逸散量，這兩個參數是評估環控箱數據重要性的數據。在乳膠漆塗佈在石膏板的研究中，第二階段的數據大於第一階段，它可能是大多數乳膠漆的 VOCs 滲透到多孔隙的材料中，由於只有少部份保持未乾燥的乳膠漆停留在石膏板的表面導致材料以較快速度由濕式轉換成乾式建材。因此第一階段的逸散時間是相對得較短，還未蒸散的部份大概滲透到石膏板的內部，在進入第二階時經由擴散方式穿過基質再從表面逸散出來。

在以鋼板作為基材的測試中，大部份乳膠漆的 VOCs 在第一階段即大量且快速逸散，在第二階段只有少量的逸散，就二階衰減模式的目的而言， EF_{20} 逸散因子可忽略不計，數值可設定為 0。鋼板不具滲透性導致塗佈的乳膠漆只能停留在基材表面，因此相對的乳膠漆由濕式轉換成乾式即需要較長的時間，並且大部份 VOCs 的蒸散一樣是相當迅速，但表面也相對的較為潮溼。針對接著劑的衰減模式的適用性討論，在 J. C. S. Chang and Z. Guo (1992) 及 J. C. S. Chang and Z. Guo (1997) 的研究，二階衰減模式適合描述濕式建材結合不同底材的逸散行為，如清漆與著色劑。

因此在呈現「兩階段」逸散特性適用於逸散因子(EF)及濃度值(Conc.)計算。此逸散模式在濕式建材(Wet Materials)逸散推估上具有較佳的描述能力，如接著劑等建材，其計算方法如下：

$$EF(t) = EF_1 + EF_2 = EF_{10}e^{-k_1t} + EF_{20}e^{-k_2t} \quad (\text{式 32})$$

EF01：第一階初始逸散因子 (Emission Factor)， $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$

EF02：第二階初始逸散因子 (Emission Factor)， $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$

k1：一階衰減常數， h^{-1}

k2：二階衰減常數， h^{-1}

環控箱的質量平衡方程式表示為(式 33)，其意義為環控箱的污染物質量的改變量等於污染逸散量與排出環控箱的污染量差。

$$VdC = AE(t)dt - QCdt \quad (\text{式 33})$$

V：環控箱容積(m^3)

C：環控箱內部污染物濃度 (mg/m^3)

A：污染物表面積 (m^2)

Q：環控箱的氣體流量 (m^3/hr)

雙指數衰減環控箱模式排放濃度計算法($t=0$ ， $C=0$ 的情況下)：

$$C = L_c EF_{10}(e^{-k_1 t} - e^{-N_c t}) / (N_c - K_1) + L_c EF_{20}(e^{-k_2 t} - e^{-N_c t}) / (N_c - K_2) \quad (\text{式 34})$$

EF₁₀：第一階初始逸散因子 (Emission Factor)， $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$

EF₂₀：第二階初始逸散因子 (Emission Factor)， $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$

k₁：一階衰減常數， h^{-1}

k₂：二階衰減常數， h^{-1}

N_c：換氣率(Q/V)， h^{-1}

L_c：負荷率， m^2/m^3

參、建材逸散 SVOC 之微型容器測試方法

本研究主要依據內政部建築研究所綠建材標章公告「建材逸散甲醛及揮發性有機化合物標準作業程序」之基礎標準，以及「CNS 16000-25：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法」，以下為本研究主要參考方法說明：

1. 適用範圍

本標準規定使用微型容器，在規範氣候條件下，測定從新製建築產品或家具之半揮發性有機化合物(SVOCs)的單位面積逸散率之試驗方法，本方法原則亦可適用舊的產品。

本量測方法適用於產品與材料，如：板材，壁紙，地板材料，隔熱材料，接著劑油漆及其組合。

待測材料之採樣運送及儲存，以及試片製備說明於 CNS 16000-11，測定 SVOC 之空氣採樣與分析方法規範於 CNS 16000-6 及 ISO 16017-1。

2. 引用標準

- CNS 16000-6 Indoor air -- Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID
- CNS 16000-11 Indoor air --Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing --Sampling, storage of samples and preparation of test specimens
- ISO 554 Standard atmospheres for conditioning and/or testing -Specifications
- ISO 16017-1 Indoor, ambient and workplace air --Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography --Part 1: Pumped sampling

3. 方法原理

本試驗方法之原理係用以測定由產品試片表面逸散的 SVOC 單位面積逸散率，雖然 SVOC 在微型容器內逸散出，大部分逸散物在溫度 40 以下容器中吸附，因此在試驗中，建築材料的 SVOC 單位面積逸散率(標的化合物)係從第一階段與第二階段所收集質量測得。試驗結果在 24 小時期間從產品的 SVOC 平均逸散速率。另為特定目的，改變第一階段期間內，在不同時間期間之逸散率可以使用相同步驟予以測定。

4. 微型容器系統

用以測定從建築產品逸散 SVOC 之單位面積逸散率之微型容器系統應包含下列:微型容器，乾淨空氣產生與增濕系統及監測與控制系統，以確保試驗能依規定條件執行。

微型容器之設計可以使具有平滑表面的固態產品能置於微型容器內或上面(或下面)，使得試件本身成為微型容器外壁。此與 CNS 16000-9 及 CNS 16000-10 方法類似。在此情形中，試件表面必須對著微型容器加以密封，使試件的邊緣及背面得以排除。

為確保氣密性，其他產品應放置在特殊之試片座。

適當的體積大小與尺度比例已試驗過，容器容量為 630ml，相對許可差為 $\pm 5\%$ 。微型容器與逸散 SVOC 接觸的採樣系統部分(所有管與接頭)通常係由玻璃或惰性非脫氧材料，例：惰性塗覆之不鏽鋼與磨光不銹鋼所製成。依微型容器材料(例：部分玻璃類型)，可能需要表面處理以協助熱脫附。

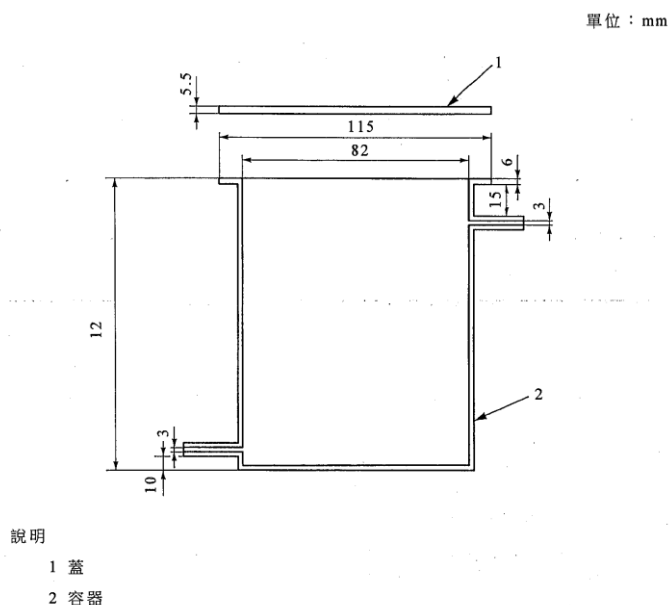


圖 2-12 微型容器-尺度圖例

(資料來源：CNS 16000-25, 2016)

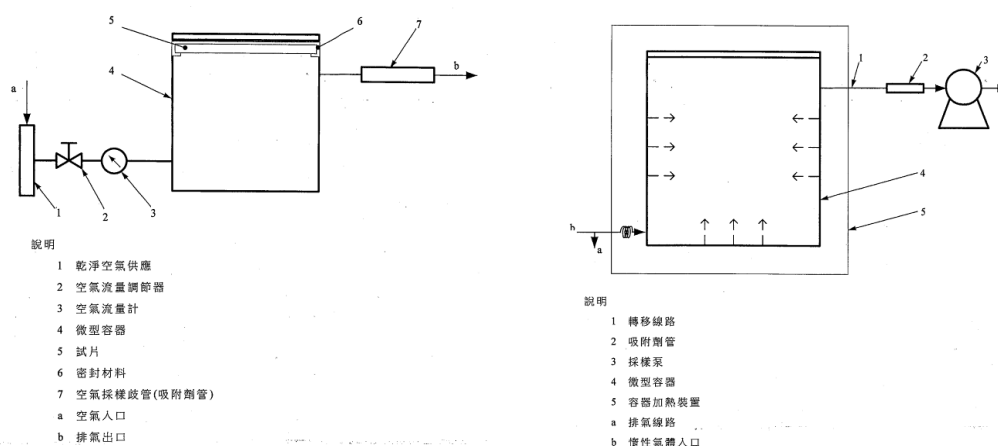


圖 2-13 微型容器-試驗圖例

(資料來源：CNS 16000-25, 2016)

5. 表面積比例

試件表面積與微型容器內表面積之比例應為 0.15 ± 0.0075 。

6. 氣密性

微型容器應有氣密條件，使其與未控制的外部空氣間換氣降至最低。逸散試驗容器在比大氣壓力稍高的壓力下操作，以避免受到實驗室大氣之影響。在試驗期間將實驗室空氣之進入降至最低之方法之一為確保微型容器的些微正壓。達此方式之一為比離開微型容器抽氣採樣率快約 50% 的速率將空氣供應至微型容器。如遵照此方法，可以在空氣正要進入微型容器時，安裝排氣線路，使得可以從緊鄰試驗場所排出適量的空氣。

7. 回收率及減弱效應(recovery and sink effect)

準確度 $\pm 10\%$ 以內之標的 SVOC 的標準溶液予以製備，且應注入已知質量的此液於微型容器中。微型容器應加熱至 200°C 至 220°C ，且應以類似於試驗的第二階段之步驟將已脫附化合物捕集於吸附管內。應將相同質量的標準溶液直接注入另一吸附管中。吸附於吸附管之標的化合物應以熱脫附與氣相層析-質譜儀(TD-GC/MS)加以測定。從標準品加入微型容器與直接注入所得結果之比例應作為回收率，回收率應大於 80%。回收率試驗的結果應於試驗報告中應敘明預期濃度對量測濃度。

8. 恆溫烘箱

溫度範圍 23°C 至 250°C 之間。恆溫烘箱的度需控制於 0.5°C 準確度之內，且溫度分布之準確為 2°C 。

9. 採樣幫浦

幫浦控制於 10% 準確度之內，如使用轉移線路，長度應盡可能短，以維持與微型容器相同之溫度，出口線路應使用低吸附性材料。

10. 微型容器加熱用烘箱

為防止 SVOC 之氧化，需使用惰性氣體。加熱裝置應能維持微型容器之溫度於約 250°C 。空氣供應線路也應維持於規定溫度。

11. 測試條件

(1) 第一階段之溫度及相對溼度條件

使用於歐洲及北美區域產品逸散測試則須採溫度 (23 ± 2) °C 和相對溼度 (50 ± 5) %RH。

(2) 第二階段之溫度及相對溼度

室溫條件下以惰性氣體完全置換微型艙中之空氣，微型艙則從室溫增加至 200°C 至 220°C 間，並維持在 200°C 至 220°C 溫度 40 分鐘。在這測試步驟之前應將試樣從微室中取出。而考量特定 SVOC 的物化特性及回收率故第二階段試驗中最高加熱溫度則為必要。

(3) 供應氣體品質及背景濃度

供應空氣的 SVOC 不應高於微艙體背景要求。背景濃度需夠低，避免干擾影響逸散測試之品質保證限制。背景濃度中任何標的 SVOC 濃度需低於 50 ng/m³。用於加濕的水中不應含有可能干擾分析或損害背景 SVOC

(4) 表面積空氣流量

在不同類型微型艙體的測試顯示，表面積空氣流速並非關鍵。然而為與真實環境情形保持相關性，該參數設置不應低於 0.15 m/h。

12. 測試條件驗證

微型容器中測試條件，溫度、相對濕度和氣流速率之精密度應符合下述：

溫度 ± 0.5 °C

相對溼度 $\pm 5\%$

空氣流速 $\pm 5\%$

第一階段微型容器中空氣流速：空氣流量變化不應超過設定值的 $\pm 3\%$ 。微型艙體中空氣速度應為恆定。

微型容器氣密性：於逸散試驗開始時比較入口處和出口處的空氣流速，來查驗微

型容器之氣密性，兩個位置的量差異不應超過 5%。

13. 測試方法

(1) 對照質量收集（空白試驗）

在乾淨的微型艙體中對照試驗（現場空白）的質量應小於目標 SVOC 的總質量的 10%，並驗證回收率，回收比例應大於 80%。

(2) 第一階段微型容器中測試試件的位置

測試試件與微型艙體內壁間不宜直接接觸。

(3) 逸散試驗（第一階段試驗）

濃度測量來自所定義採樣時間進行，通常為 24 小時。其根據測試目的，可適當的在附加時間進行空氣採樣。空氣採樣期間之濃度測量取決於所使用的分析方法並應詳加記錄。在逸散試驗空氣採樣階段，需供應乾淨濕度空氣(50 % RH)

(4) 脫附試驗（第二階段試驗）

完成逸散測試的第一階段試驗，自微型容器取出測試樣品，並加熱微型容器。在這部分試驗應使用另一隻吸附管，提供惰性氣體並加熱至 200°C 以上。微型容器之採樣與通風需同時啟動，採樣時間為 40 分鐘直至完成脫附。

14. 單位面積逸散率之計算及結果表示

$$q_{mA} = \left[\frac{m_1}{q_{V,c}t} q_{VA} \right] + \frac{m_2}{At} = \frac{m_1 + m_2}{At} \quad (\text{式 35})$$

q_{mA} 單位面積逸散率 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$

t 第一階段之持續時間

m_1 第一步收集之質量 μg

q_{VA} 單位面積換氣率 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$

m_2 第二步收集之質量 μg

A 試片表面積 m^2

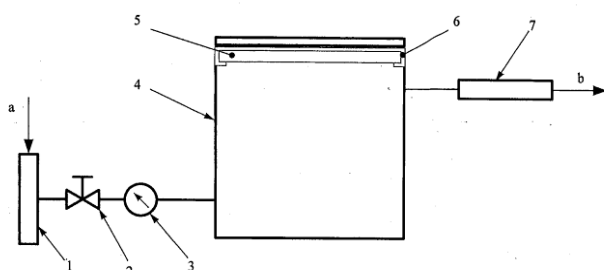
$q_{V,c}$ 微型容器空氣流率 m^3/h

第三章 建立健康綠建材-半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法

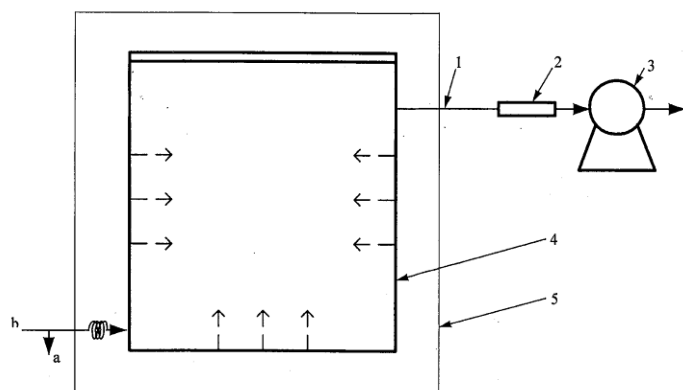
第一節 半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法-建置微型容器

本研究參考「CNS 16000-25：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法」，建構「全新-建材逸散微型容器檢測系統」，目前已完成設備系統之新購與整合，至2018年09月已完成設備性能驗收。相關系統與設備依據「CNS 16000-25」規定設置，並增加許多進氣與採樣系統，以下為建構之「建材逸散微型容器檢測系統」：

表 3-1 新建置構建材逸散微型容器檢測系統

CNS 16000-25：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法	
原始標準：	
 說明 1 乾淨空氣供應 2 空氣流量調節器 3 空氣流量計 4 微型容器 5 試片 6 密封材料 7 空氣採樣歧管(吸附劑管) - a 空氣入口 - b 排氣出口	
微型容器-試驗第一步圖例	

CNS 16000-25：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法



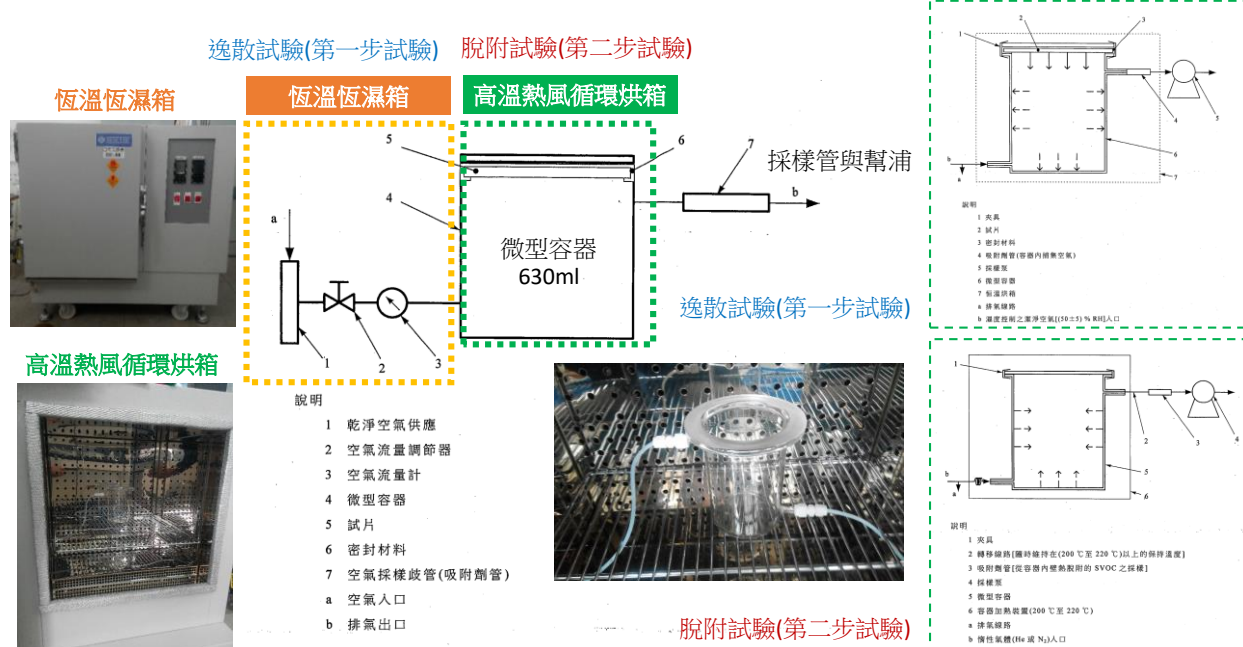
說明

- 1 轉移線路
- 2 吸附劑管
- 3 採樣泵
- 4 微型容器
- 5 容器加熱裝置
- a 排氣線路
- b 惰性氣體入口

微型容器-試驗第二步圖例

全新建置-建材逸散微型容器檢測系統(2018. 09 月完成性能驗收)

CNS 16000-25 室內空氣-第25部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法



以微型容器-試驗第一步(逸散試驗)之條件設計：

溫度 25℃± 0.5℃

溫度分布±2℃

相對濕度 50% ±5%

CNS 16000-25：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法

微型容器空氣流速 1.2L/h (20 mL/min) $\pm 3\%$

空氣幫浦流速 0.9L/h (15 mL/min) $\pm 3\%$

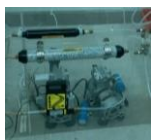
背景濃度 SVOC 低於 50ng/m³

CNS 16000-25 室內空氣-第25部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法
逸散試驗(第一步試驗)-24小時逸散測試

恆溫恆濕箱



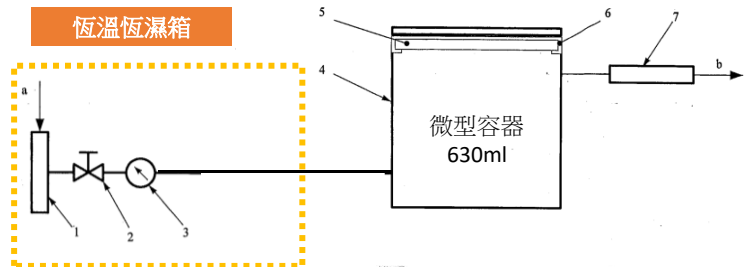
空氣過濾器



空氣幫浦



流量計與調節器

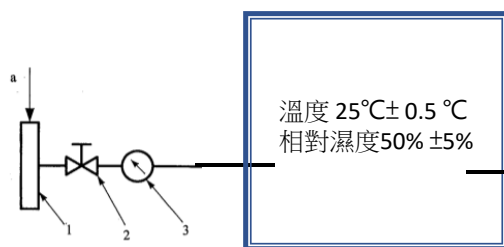


說明

- 溫度 25°C $\pm 0.5^\circ\text{C}$
 - 溫度分布 $\pm 2^\circ\text{C}$
 - 相對濕度 50% $\pm 5\%$
 - 微型容器空氣流速 1.2L/h (20 mL/min) $\pm 3\%$
 - 空氣幫浦流速 0.9L/h (15 mL/min) $\pm 3\%$
 - 背景濃度 SVOC 低於 50ng/m³
- 1 乾淨空氣供應
 - 2 空氣流量調節器
 - 3 空氣流量計
 - 4 微型容器
 - 5 試片
 - 6 密封材料
 - 7 空氣採樣歧管(吸附劑管)
 - a 空氣入口
 - b 排氣出口

CNS 16000-25 室內空氣-第25部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法
逸散試驗(第一步試驗)-24小時逸散測試

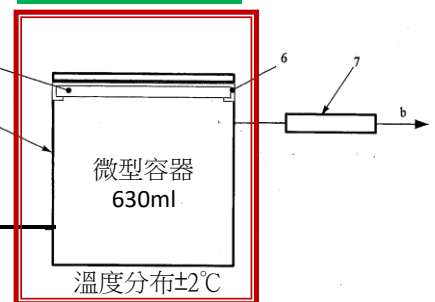
恆溫恆濕箱



溫度 25°C $\pm 0.5^\circ\text{C}$
相對濕度 50% $\pm 5\%$

空氣幫浦流速
0.9L/h (15 mL/min) $\pm 3\%$

高溫熱風循環烘箱



溫度分布 $\pm 2^\circ\text{C}$



微型容器空氣流速
1.2L/h (20 mL/min) $\pm 3\%$

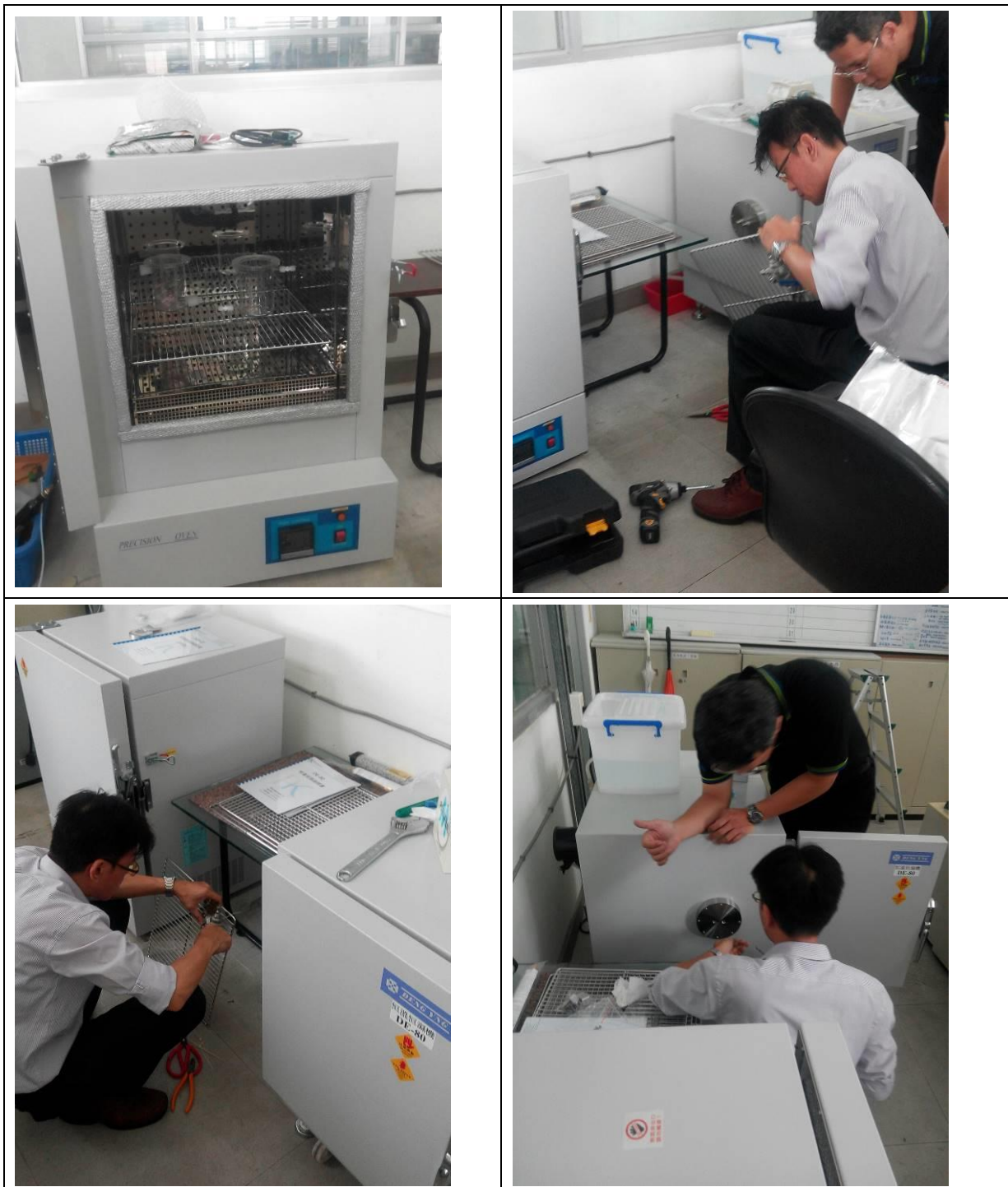
- 溫度 25°C $\pm 0.5^\circ\text{C}$
- 溫度分布 $\pm 2^\circ\text{C}$
- 相對濕度 50% $\pm 5\%$
- 背景濃度 SVOC 低於 50ng/m³



(資料來源：本研究整理)

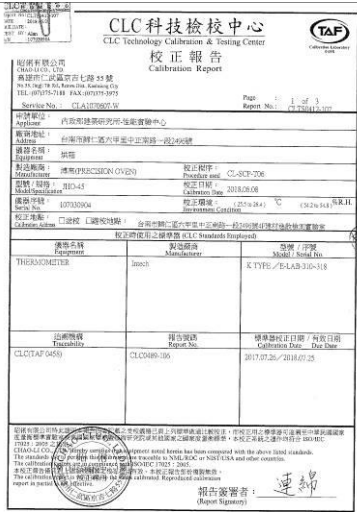
經果 1 個月的建構與校正，完成驗收與準確度、回收率、不確定度等量測。

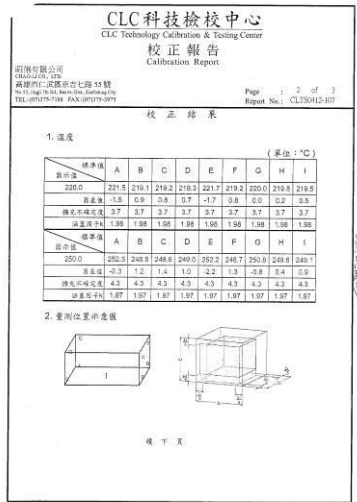
表 3-2 新建構建材逸散微型容器檢測系統(建置情形)



(資料來源：本研究整理)

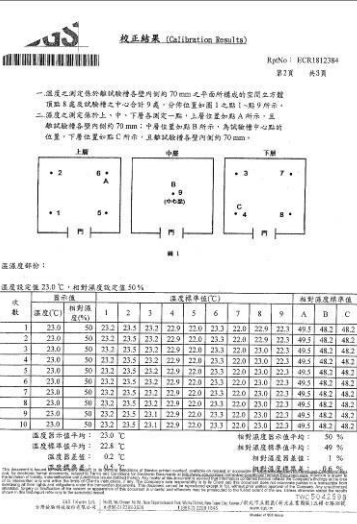
表 3-3 新建置建材逸散微型容器檢測系統(校正報告)













(資料來源：本研究整理)

本研究新建置之「建材逸散微型容器檢測系統」，在性能測試與驗收上，測試符合 CNS 16000-25 之要求，經過 24 小時相對濕度變化與環控箱之溫度穩定度確認，其溫度變化可以控制在設定溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相對濕度 $50\% \pm 5\%$ ，性能測試詳如下表。

表 3-4 新建置建材逸散微型容器檢測系統(性能測試)

恆溫恆濕箱之相對濕度穩定度測試

恆溫恆濕箱

恆溫恆濕箱

- 溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- 溫度分布 $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- 相對濕度 $50\% \pm 5\%$
- 微型容器空氣流速 1.2L/h (20 mL/min) $\pm 3\%$
- 空氣幫浦流速 0.9L/h (15 mL/min) $\pm 3\%$
- 背景濃度SVOC低於 50ng/m^3

恆溫恆濕箱-24小時相對濕度變化, %

相對濕度 $50\% \pm 5\%$
實測平均 49.06%

烘箱之溫度升溫與穩定度測試

高溫熱風循環烘箱

1. 溫度

- 溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- 溫度分布 $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- 相對濕度 $50\% \pm 5\%$
- 背景濃度SVOC低於 50ng/m^3

(單位: $^{\circ}\text{C}$)

標準值	A	B	C	D	E	F	G	H	I
器示值	221.5	219.1	219.2	219.3	221.7	219.2	220.0	219.8	219.5
器差值	-1.5	0.9	0.8	0.7	-1.7	0.8	0.0	0.2	0.5
擴充不確定度	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
涵蓋因子k	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
標準值	A	B	C	D	E	F	G	H	I
器示值	252.3	248.8	248.6	249.0	252.2	248.7	250.8	249.6	249.1
器差值	-2.3	1.2	1.4	1.0	-2.2	1.3	-0.8	0.4	0.9
擴充不確定度	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
涵蓋因子k	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97

2. 量測位置示意圖

(資料來源：本研究整理)

第二節 建立健康綠建材-半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法

本計畫「建材塑化劑逸散量評估方法之研究」以「建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法」(ISO 16000-25 標準)(CNS 16000-25)，進行不同「室內建材」(例如, PVC 地板、板材.. 等)及「環境因子變化」(溫度 25°C、相對濕度 50%.. 等)實驗，透過「逸散試驗」及「脫附試驗」等二階段歷時測定，瞭解台灣室內常見建材逸散「塑化劑-半揮發有機化合物」(SVOCs)之污染物質種類及逸散量，可作為建材逸散污染物質定性及定量之「本土建材物質資料庫」。

本研究透過不同環境變因之改變，測試建材種類之變化，研究成果可具體建立符合台灣氣候環境之「室內建材逸散塑化劑測定標準方法」，並從不同環境變因中分析影響建材逸散半揮發性有機化合物之「環境關鍵因子」，實驗結果並可比對相關理論之建材逸散模式，提出「環境關鍵因子」對「塑化劑之半揮發性有機物質逸散模式」之影響分析，成果可應用於室內建材逸散「塑化劑」與「室內空氣污染物濃度」之關連建立，以及健康危害及風險管理之暴露評估。

表 3-5 塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法

塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法	
第一階段：建材逸散試驗-「25°C」為測試溫度、「50%」為測試濕度，進行 24 小時	第二階段：SVOC 脫附試驗-以 10°C/min-20°C/min 間之速率加熱至 200°C-220°C，進行 40 分鐘

(資料來源：CNS 16000-25, 2016)

表 3-6 塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法

ISO 16000-33 (2017)	以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法 (使用 DB-5MS, length 30 m, internal diameter 0,25 mm, film thickness 0,25 μm or another suitable capillary column of limited polarity, e.g. DB 5, HP5 MS, DB 170 3)																																																										
環檢所 NIEA T801.10B (2011) CNS 15138-1(2012)	塑膠中鄰苯二甲酸酯類檢測方法－氣相層析質譜 儀法(GC-MS) (使用 HP-5MS UI (5%-phenylmethylpolysiloxane, 30m × 0.25 mm, film thickness 0.25 μm, Agilent J&W GC column, USA)石英玻璃毛細管。)																																																										
GC/MS 升溫設定	Gas chromatograph (GC)	High resolution gas chromatographic system																																																									
	Capillary column	DB-5MS, length 30 m, internal diameter 0,25 mm, film thick- ness 0,25 μm or another suitable capillary column of limited polarity, e.g. DB 5, HP5 MS, DB 170 3																																																									
	Carrier gas	Helium 5.0																																																									
	Temperature programme (GC)	35 °C (1 min) – 20 °C/min – 200 °C – 5 °C/min – 260 °C –20 °C/ min – 340 °C (4 min), total time: 29 min																																																									
	Mass spectrometer (MS)	quadrupole mass spectrometer																																																									
	Transferline (MS)	320 °C																																																									
塑化劑各種分 析有效範圍 (ISO 16000-33)	<table><tr><th>Compound</th><th>Air sample</th><th>House dust</th><th>Wipe sample</th></tr><tr><td>DMP</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DEP</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DPP</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DiBP</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DBP</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>BBP</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DCHP</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DEHP</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DOP</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DPhP</td><td></td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DiNP</td><td></td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DiDP</td><td></td><td>x</td><td>x</td></tr><tr><td>DiUP</td><td></td><td>x</td><td>x</td></tr></table>			Compound	Air sample	House dust	Wipe sample	DMP	x	x	x	DEP	x	x	x	DPP	x	x	x	DiBP	x	x	x	DBP	x	x	x	BBP	x	x	x	DCHP	x	x	x	DEHP	x	x	x	DOP	x	x	x	DPhP		x	x	DiNP		x	x	DiDP		x	x	DiUP		x	x
Compound	Air sample	House dust	Wipe sample																																																								
DMP	x	x	x																																																								
DEP	x	x	x																																																								
DPP	x	x	x																																																								
DiBP	x	x	x																																																								
DBP	x	x	x																																																								
BBP	x	x	x																																																								
DCHP	x	x	x																																																								
DEHP	x	x	x																																																								
DOP	x	x	x																																																								
DPhP		x	x																																																								
DiNP		x	x																																																								
DiDP		x	x																																																								
DiUP		x	x																																																								

塑化劑檢量線 範圍 (ISO 16000-33)	Concentration of the reduced sampling solution mg/l	Corresponds to a concentration in the air $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	0,05	0,05
	0,1	0,1
	0,5	0,5
	1,0	1,0
	2,5	2,5
	5,0	5,0
	10,0	10,0

(資料來源：本研究整理)

一、實驗進行步驟

本研究建材測試方法與實驗步驟主要分為兩部分：(一)依據 CNS 16000-25 之小尺寸環控箱測試法進行模擬試驗；(二)參考 ISO 16000-33 之塑化劑檢測方法與程序。測試依據及方法整理如表所示。

(一)測試原理：

以微型容器(630ml)，在設定之環境溫度、相對濕度與通風量條件下，進行 24 小時建材逸散 SVOC 與塑化劑採樣，在 24 小時後將建材取出，升溫至 220°C，將吸附壁體表面之 SVOC 與塑化劑脫附採樣。

(二)適用範圍

本方法適用於室內常見小尺寸建材半揮發性有機物質之逸散濃度測試。包括，建材產品，檢測半揮發性有機化合物(SVOC)：C16-C22 碳 16-碳 22 之有機物質。檢測塑化劑 9 種：鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁基苯甲脂<BBP>、鄰苯二甲酸二異葵酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>、鄰苯二甲酸二異丁酯<DIBP>。

(三)建材樣本測試分析

1. 設定環控箱之環境條件：標準條件溫度 25°C、相對濕度 50%、換氣量(2.0h⁻¹)。

■台灣氣候條件：30°C±0.5°C、相對濕度 70%、換氣量(2.0h⁻¹)

2. 微型容器性能測試：微型容器穩定度測試須符合 CNS 16000-25 之性能規範。

表 3-7 微型容器穩定度與準確度要求

參 數	準 確 度	精 密 度
溫 度，°C	±0.5	±0.5
相對濕度，%	±5.0	±5.0
空氣流速，%	±5.0	±5.0
樣品的測試面積，%	±1.0	±1.0
時間，%	...	±1.0
有機物濃度，% RSD	...	±15.0
逸散因子，%	...	±20.0
回收率，%	>80	

(資料來源：CNS 16000-25, 2016)

3. 採樣選擇：依據相關小尺寸環控箱研究，選擇微型容器之排氣口進行採樣。

4. 空白實驗：在進行建材樣本測試前，須進行環控箱內部之空白分析。環控箱背景濃度應達到單一揮發性有機物質(SVOCs)濃度不超過 10 µg/m³。

5. 採樣規劃：建材之塑化劑逸散率會隨時間而呈現衰減現象，因此採樣時間及頻率亦須配合受測樣本逸散特性作為參考依據。本研究設定二階段進行採樣，以確保半揮發性有機物質能於微型容器內部充分混合。

6. 檢量線建立：以微量氣密針 10 µL 抽取注入 Tenax-TA 不鏽鋼採樣管，經自動熱脫附儀(ATD)熱脫附注入 GC/MS 分析，由層析圖之尖波峰面積(Peak-Area)與其相對重量(ng)比值作成檢量線，檢量線相關係數(R²)須達 0.995 以上，回收率需控制在±15% 範圍以內。檢量線範圍依據 ISO 16000-33 介於 0.05-10ppm。

7. 定性/定量分析：Tenax-TA 不鏽鋼採樣管經自動熱脫附裝置脫附後，以 GC/MS 進行塑化劑定性/定量分析。

8. 儀器分析建議設定條件：

(1)自動熱脫附儀(ATD)：參考 ISO16000-33 標準，熱脫附時間之選擇與載流氣體

流速之設定應讓烷類的脫附效率達到 95% 以上，對於塑化劑分析之脫附條件如下所示：

(2) 氣相層析質譜儀(GC/MS)：

a. 分離管柱：0.25mmID×60m，膜厚 1.4 μm。

b. 載流氣體：氮氣。

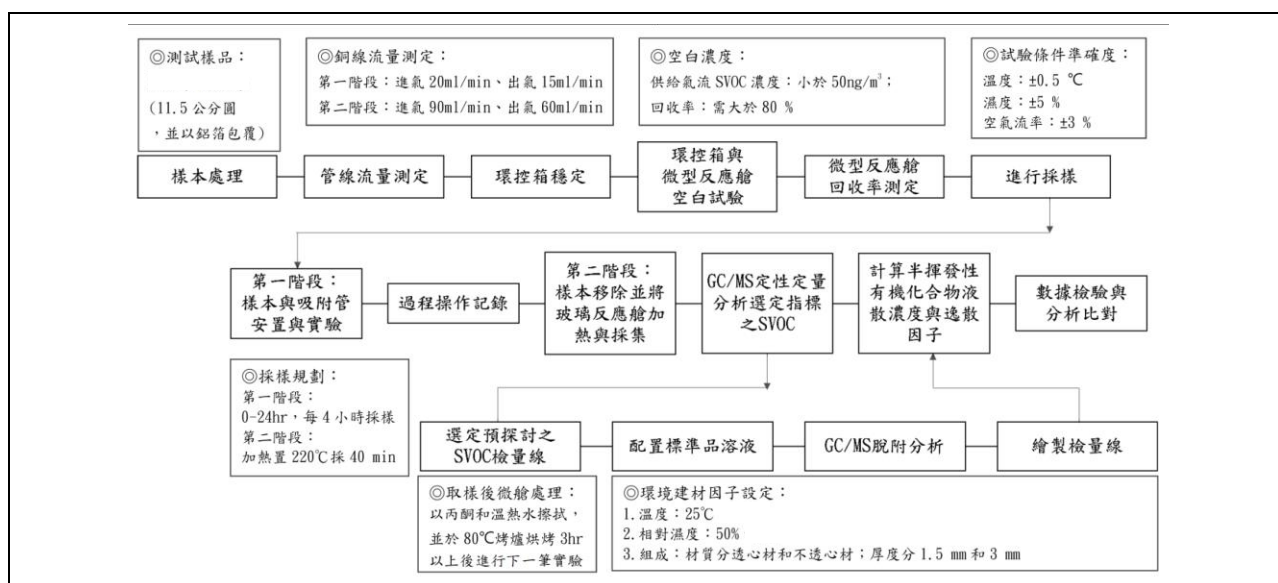
c. 升溫條件：GC/MS 管柱分離分析溫度，起始溫度：35℃保持 1min，升溫過程：以 20℃/min 升溫至 200℃，再以 5℃/min 從 200℃升溫至 260℃，再以 20℃/min 從 200℃升溫至 340℃-4 分鐘。

(四) 結果處理：

1. 定性分析：建材中待測揮發性有機物質的認定，可經由比較標準品分析的滯留時間和質譜，而後確認或經由質譜儀內建資料庫進行比對得之。本研究以辨識度達 80% 以上為主要選取原則，再者以該受測樣本逸散量比例及危害度作為化合物探討之判斷依據。

2. 定量分析：經 GC/MS 所分析出特定揮發性有機物質後，再利用已建置之檢量線可求得特定時間點化合物質量，並配合採樣體積即可求出建材中塑化劑逸散濃度變化。

表 3-8 健康綠建材-半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法 SOP 流程



(資料來源：本研究整理)

第四章 建材塑化劑測試結果

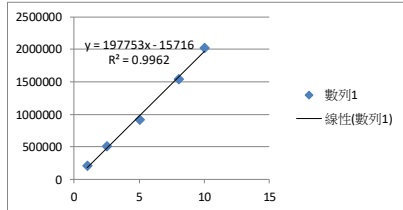
第一節 檢量線製作與品保品管

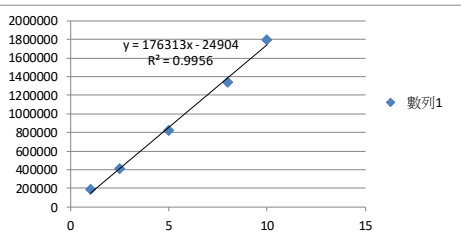
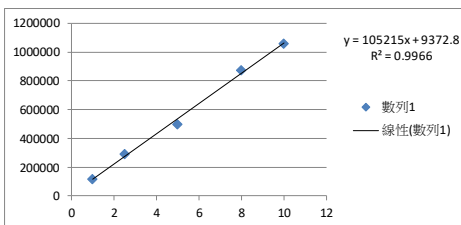
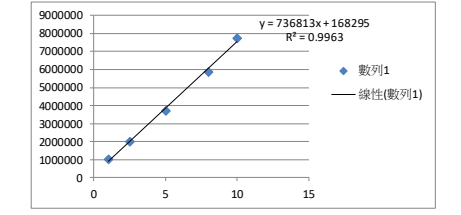
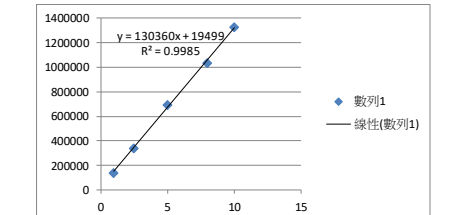
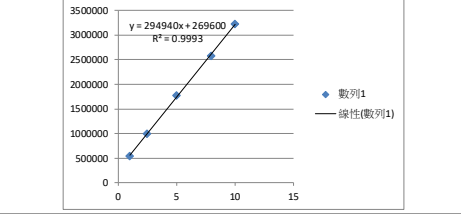
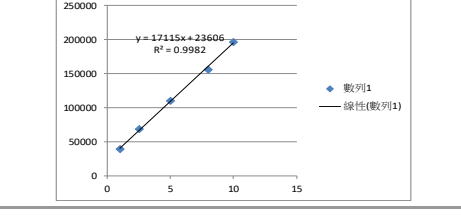
本研究半揮發性有機化合物(SVOCs)之「塑化劑」檢量線是參考「ISO 16000-33」與「環境檢驗檢量線製備及查核指引」(NIEA-PA103)而建立各化合物之品質管制，本研究「塑化劑」依據我國認定之毒性化合物作為指標污染物探討，本研究目前以鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯<BBP>、鄰苯二甲酸二異葵酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>、鄰苯二甲酸二異丁酯<DIBP>等 9 種塑化劑作為指標污染物。

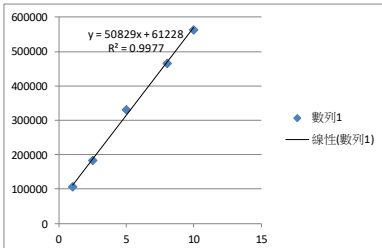
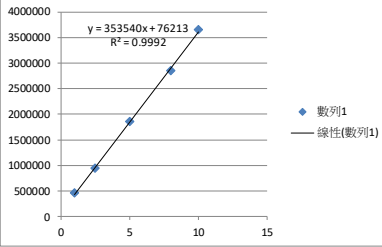
本研究測試之塑化劑，由於 GC/MS 與採樣介質 Teanx-TA 之採集效率無法採集與分析 ppb 等級之濃度，因此依照 ISO 16000-33 建立一組塑化劑之檢量線，其濃度介於 0.05ppm-10ppm。

本研究所建立之各化合物檢量線判定係數，鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯<BBP>、鄰苯二甲酸二異葵酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>、鄰苯二甲酸二異丁酯<DIBP>等 9 種塑化劑，均需合於規範 85~115%，如下表所示。

表 4-1 塑化劑檢量線製作與品保品管

	塑化劑檢量線-高濃度值與波峰面積值				
	絕對量 (ppm)	PA-BK	測值絕對量 (ppm)	回收率 (%)	塑化劑檢量線
DMP	1	202765	0.94587187	94.59%	
	2.5	502531	2.46173257	98.47%	
	5	914854	4.54677299	90.94%	
	8	1529027	7.65253119	95.66%	
	10	2012698	10.0983651	100.98%	
					$y = 197753x - 15716$

DEP	1	188600	0.92844	92.84%	 $y = 176313x - 24904$
	2.5	406343	2.16342	86.54%	
	5	822750	4.525168	90.50%	
	8	1338780	7.451952	93.15%	
	10	1791306	10.01856	100.19%	
DIBP	1	113767	0.912325	91.23%	 $y = 105215x + 9372.8$
	2.5	292231	2.560223	102.41%	
	5	499267	4.471948	89.44%	
	8	870923	7.903738	98.80%	
	10	1058883	9.639319	96.39%	
DBP	1	1034430	1.104494	110.45%	 $y = 736813x + 168295$
	2.5	2002968	2.432885	97.32%	
	5	3700347	4.760913	95.22%	
	8	5888458	7.762	97.03%	
	10	7740801	10.30257	103.03%	
BBP	1	141959	0.93939859	93.94%	 $y = 130360x + 19499$
	2.5	343824	2.48791807	99.52%	
	5	697926	5.20425744	104.09%	
	8	1037256	7.80727984	97.59%	
	10	1331060	10.0610693	100.61%	
DEHP	1	552541	0.955493	95.55%	 $y = 294940x + 269600$
	2.5	1004792	2.632982	105.32%	
	5	1785066	5.527174	110.54%	
	8	2589296	8.510223	106.38%	
	10	3232216	10.89494	108.95%	
DNOP	1	39130	0.907041	90.70%	 $y = 17115x + 23606$
	2.5	68739	2.637044	105.48%	
	5	110090	5.053111	101.06%	
	8	156602	7.770727	97.13%	
	10	197005	10.13141	101.31%	

DINP	1	106575	0.892148	89.21%	
	2.5	184537	2.425958	97.04%	
	5	331338	5.314092	106.28%	
	8	466727	7.97771	99.72%	
	10	563928	9.890023	98.90%	
					$y = 50829x + 61228$
DIDP	1	449693	1.05640097	105.64%	
	2.5	940922	2.44585903	97.83%	
	5	1858358	5.04085818	100.82%	
	8	2850465	7.84706681	98.09%	
	10	3650434	10.1098065	101.10%	
					$y = 353540x + 76213$

(資料來源：本研究整理)

(一) 塑化劑準確度

準確度為一測值(C_i)與真值(C_o)接近的程度，以檢量線中間濃度之標準溶液測量值與實際配製值之比值，用回收率(%)方式表示，需介於 85~115%，相對偏差值(Relative Error)需小於 15%。

(二) 塑化劑精密度

精密度為一組重複分析測值間相符的程度，主要是以標準溶液重複測定測量值之間差異情形，以相對標準偏差(RSD)表示，其差異值需小於 10%。

(三) 塑化劑精密度分析

測試時以檢量線之中間濃度值為基準，以 GC/MS 進行 3 次重複性分析，計算其精密度(RSD)，測試結果皆符合精密度測試小於 10%以內。

(四) 方法偵測極限之製作：

方法偵測極限(method detection limit, MDL)定義為：一包含待測物的樣品基質中，99% 的信賴度極限(confidence limit)內，可偵測到待測物的最低且大於零的濃度。方法偵測極限(MDL)主要是參考環檢所公告之規範(NIEA-PA107)，配製檢量線最

低點之濃度，進行重複 7 次測定，計算重覆測試的變異數(S^2)和標準偏差(S)如下：

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}{n} \right] \quad (\text{式 1})$$

$$S = (S^2)^{1/2} \quad (\text{式 2})$$

其中， X_i ： $i=1$ 到 n ，第 i 個樣品經過完整的分析步驟後，最後的量測結果。

Σ 表示 $i = 1$ 到 n ，所有 X 值的和。MDL 的計算如下：

$$\text{MDL} = 3S \quad (\text{式 3})$$

(五)方法偵測極限之確認

以計算得到的 MDL 濃度添加至樣品基質內，重覆進行 7 次測試，利用最近一次 MDL 重覆測試之變異數 (S^2) 值及前次 MDL 重覆測試之 S^2 值，計算 F 比例。F 比例之計算是將較大之 S^2 值作為分子，稱為 S_A^2 ；另一個 S^2 作為分母，稱為 S_B^2 ，先計算 F 比例再與 3.05 做比較，若 $S_A^2/S_B^2 < 3.05$ ，利用下述公式計算共同的標準偏差 (Spooled standard deviation, S_{pooled})：

$$S_{\text{pooled}} = \left[\frac{6S_A^2 + 6S_B^2}{12} \right]^{1/2} \quad (\text{式 4})$$

若 $S_A^2/S_B^2 > 3.05$ ，重新添加最近計算得到之待測物 MDL 濃度。若樣品在添加最近之 MDL 濃度後仍不能夠定量，則出具報告。MDL 之濃度應介於此次與前次計算得到的 MDL 濃度之間，且此濃度可用於定量。利用 S_{pooled} 公式計算得到之 S_{pooled} 值，依下述公式計算最後的 MDL 值：

$$\text{MDL} = 2.681 \times (S_{\text{pooled}}) \quad (\text{式 5})$$

第二節 建材塑化劑檢測結果

壹、檢測建材選樣說明

本研究以「實驗分析法」(CNS 16000-25、CNS 15138-1)，建構綠建材之逸散塑化劑檢測技術，選擇可能具塑化劑成分之塑膠類建築材料，綠建材標章 3 件(地板類-地毯、地板類-再生塑木、塗料類-乳膠漆)與非綠建材標章 3 件(地板類-地毯、地板類-PVC 地磚、塗料類-乳膠漆)，藉以完成小尺寸建材「逸散塑化劑微型容器測試」，並與「塑化劑溶出量測試」進行比對，瞭解兩種方法之差異與效益，藉以回饋擬定健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準草案之參考。

表 4-2 建材塑化劑檢測樣本

檢測樣本代號編碼	檢測建材分類
GB1-GB3	已取得健康綠建材標章之建材
S1-S3	非健康綠建材標章之建材

(資料來源：本研究整理)

樣本選擇測試之抽驗 3 件已取得綠建材標章之塑膠類建材產品，依據綠建材標章資料庫，主要優先抽樣選取「健康綠建材標章產品」：「塗料類產品」(比例最高)及「塑膠類產品」(可能含有塑化劑)進行產品抽驗(地板類-地毯、地板類-再生塑木、塗料類-乳膠漆)。在非綠建材標章之塑膠類建材產品部分，選擇相對應之建材產品(地板類-地毯、地板類-PVC 地磚、塗料類-乳膠漆)。

表 4-3 健康綠建材標章 PVC 塑膠類建材

證書編號	標章種類	產品名稱
GBM0100041	健康	太格彩韻石紋地毯
GBM0100037	健康	鋁合金架高地板
GBM0100050	健康	硬質膠合劑
GBM0100072	健康	南亞華麗地磚
GBM0100145	健康	T.F.R.B. 裝飾石膏天花板 PVC 貼面 GB-D
GBM0100166	健康	Tarkett 聚氯乙烯塑膠地毯(Standard Plus 系列)

證書編號	標章種類	產品名稱
GBM0100165	健康	Tarkett 聚氯乙烯塑膠地毯(iQ Optima 系列)
GBM0100222	健康	Tarkett 聚氯乙烯塑膠地毯(Primo Premium 系列)
GBM0100232	健康	Polyflor(XLpu)聚氯乙烯塑膠地毯
GBM0100234	健康	聚氯乙烯塑木地板
GBM0100245	健康	BOLON 聚氯乙烯塑膠編織地毯
GBM0100256(續)	健康	森普拉斯地板
GBM0100317(續)	健康	聚氯乙烯地磚 V.C. TILE
GBM0100353	健康	裝飾石膏板 GB-D
GBM0100380	健康	太格大理石紋聚氯乙烯塑膠地毯 Mipolam 系列
GBM0100551(續)	健康	鋁合金架高地板
GBM0100585(續)	健康	硬質膠合劑
GBM0100606(續)	健康	南亞華麗地磚
GBM0100788(續)	健康	聚氯乙烯塑木地板
GBM0100803(續)	健康	Polyflor(XLpu)聚氯乙烯塑膠地毯
GBM0100908(續)	健康	裝飾石膏板 GB-D
GBM0100956(續)	健康	太格大理石紋聚氯乙烯塑膠地毯 Mipolam 系列

(資料來源：本研究整理)

1. 樣本選擇測試之抽驗 3 件已取得綠建材標章之塑膠類建材產品 (健康地板類-地毯、再生地板類-塑木、健康塗料類-乳膠漆)。

2. 非綠建材標章之塑膠類建材產品部分，選擇相對應之建材產品(地板類-PVC 地毯、地板類-PVC 地磚、塗料類-乳膠漆)。

表 4-4 選取測試之綠建材標章建材

綠建材標章-GB1	綠建材標章-GB2	綠建材標章-GB3
塗料類建材-乳膠漆	再生類-塑木建材	健康類-地毯建材
		

(資料來源：本研究整理)

表 4-5 選取測試之非綠建材標章建材

非綠建材標章-S1	非綠建材標章-S2	非綠建材標章-S3
塗料類建材-乳膠漆	PVC 地磚/地板	PVC 地毯建材
		

(資料來源：本研究整理)

貳、建材塑化劑檢測結果

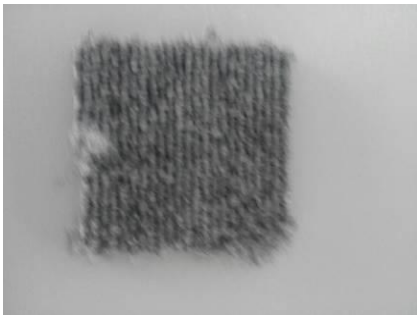
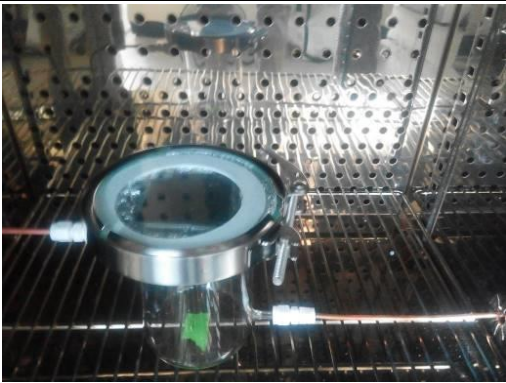
本研究今年依據「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建立健康綠建材-塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法」，期中之前完成採購、建置「建立健康綠建材-半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法」。期中之後進行「新建置設備之性能測試與驗收」，至 2018 年 09 月完成「新設備驗收」後進行建材塑化劑逸散實驗。

本研究優先將選取樣本之「綠建材標章產品」(共 3 件)與「非綠建材標章產品」(共 3 件)進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第 1 部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，從選樣之 8 件樣本中，從塑化劑溶出量檢測，挑選 6 件建材產品(綠建材與非綠建材)進行「CNS 16000-25：室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法」檢測。

以綠建材標章資料庫，選取塑膠類之綠建材標章產品(地板類-地毯、地板類-再生塑木、塗料類-乳膠漆)與非綠建材標章產品(地板類-地毯、地板類-PVC 地磚、塗料類-乳膠漆)各 3 件，進行「逸散測試」(塑化劑之逸散檢測)與「塑化劑溶出量測試」進行差異比對，結果顯示，選取實驗之建材產品，「綠建材標章產品」其塑化劑逸散量與溶出量僅 1 件(再生塑木)檢出塑化劑(DEHP 物質)為 0.00771 wt% (7.71 ppm)，但低於基準值 0.1 wt% (1,000 ppm);而「非綠建材標章產品」其中「PVC 地磚」檢出塑化劑

(DEHP 物質)為 2.97 wt% (2,970 ppm)、「PVC 地毯」檢出塑化劑(DEHP 物質)為 11.6 wt% (11,600 ppm)，皆高於基準值 0.1 wt%。上述超過標準值非綠建材產品皆為市面常見於 DIY 賣場之建材產品。

表 4-6 建材塑化劑微型容器逸散量檢測照片

微型容器測試照片-裁切 0.0053m ²	微型容器測試照片
	
微型容器測試照片	微型容器測試照片
	
微型容器測試-第二階段升溫	微型容器測試-第二階段升溫至 220°C
	

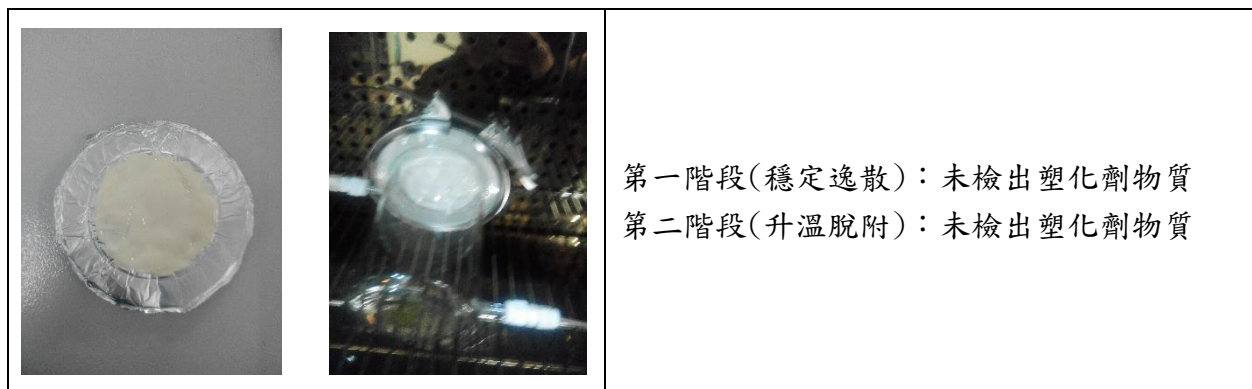
(資料來源：本研究整理)

一、綠建材 GB1 實驗測試結果

抽驗選擇一「綠建材標章-GB1：塗料類建材-乳膠漆」，作為「綠建材標章產品」測試代表樣本，首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第1部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，綠建材標章產品 GB-1 無塑化劑物質。實驗接著健康綠建材標準測試條件下(25℃, 50% RH, 2.0ACH)進行長時間 24 小時測試與 40 分鐘高溫脫附測試，微型容器逸散法亦無檢測出塑化劑物質。

表 4-7 綠建材標章-GB1：塗料類建材-乳膠漆塑化劑結果

綠建材標章-GB1：塗料類建材-乳膠漆測試樣本照片				
				
測試項目	單位	測試方法	方法偵測 極限值	結果 No. 1
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No.: 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年)，以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。	0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No.: 84-74-2)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No.: 85-68-7)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No.: 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No.: 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No.: 131-11-3)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No.: 117-84-0)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No.: 84-66-2)	%		0.003	n. d.

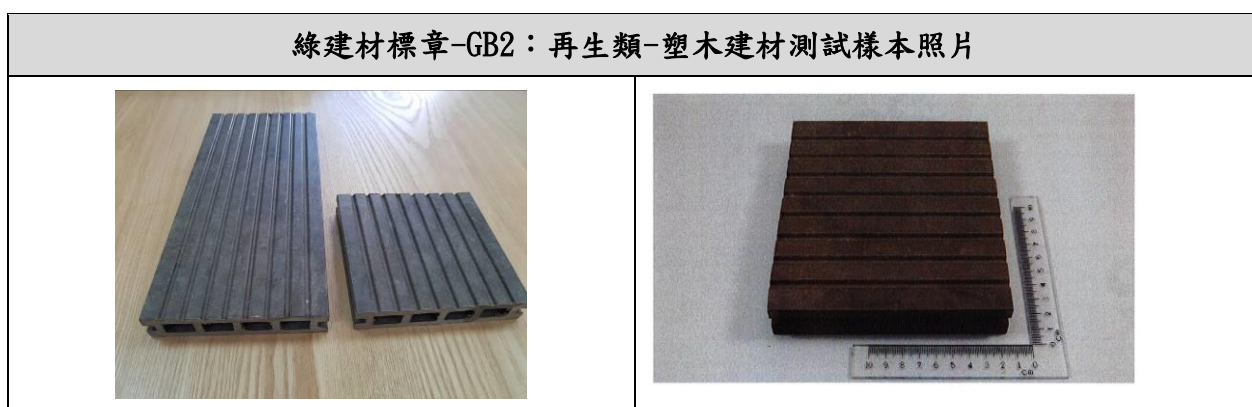


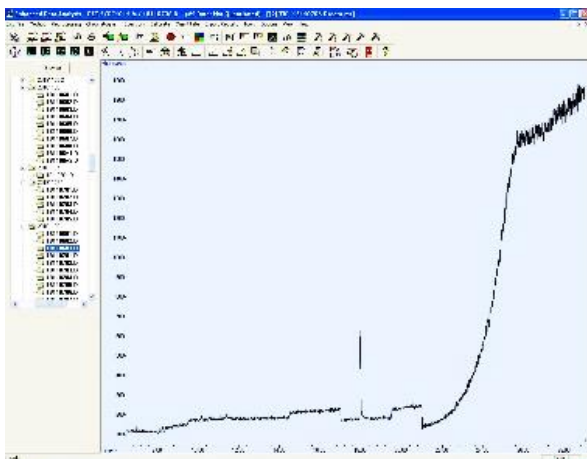
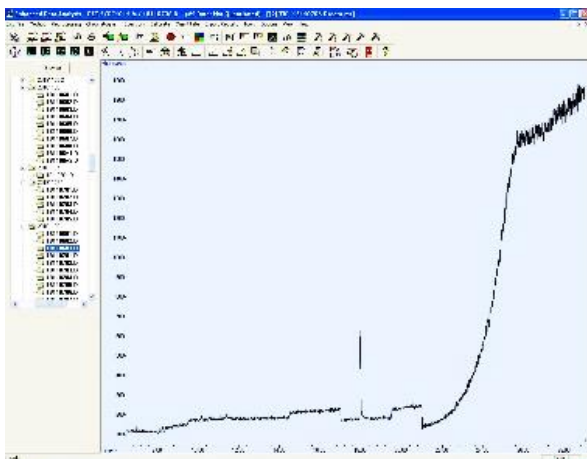
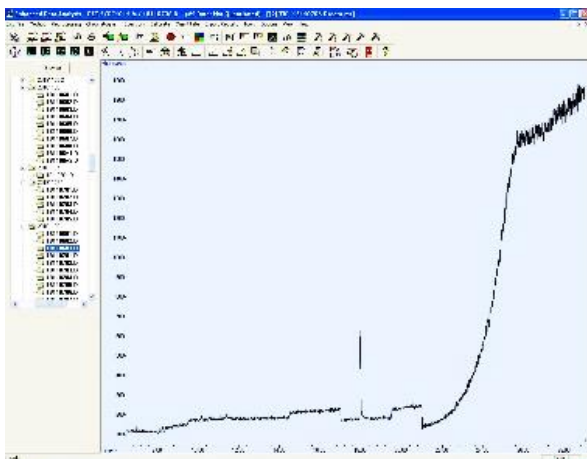
(資料來源：本研究整理)

二、綠建材 GB2 實驗測試結果

抽驗選擇一「綠建材標章-GB2：再生類-塑木建材」，作為「綠建材標章產品」測試代表樣本，首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第1部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，綠建材標章產品 GB-2 塑化劑物質 DEHP 為 0.00771 % (7.71ppm)，雖符合綠建材一般通則限制性物質規定(0.1%)，卻仍有逸散之虞。實驗接著健康綠建材標準測試條件下(25°C, 50% RH, 2.0ACH)進行長時間 24 小時測試與 40 分鐘高溫脫附測試，微型容器逸散法檢測出塑化劑物質 DEHP 為 0.1ppm。

表 4-8 綠建材標章-GB2：再生類-塑木建材塑化劑結果



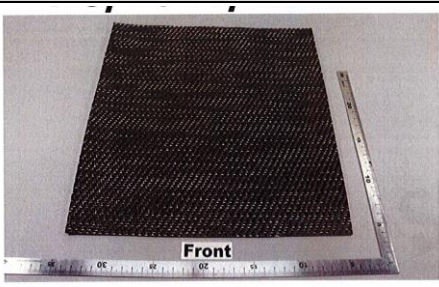
																																							
<table><tr><th>測試項目</th><th>單位</th><th>測試方法</th><th>方法偵測 極限值</th><th>結果 No. 1</th></tr><tr><td>鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)</td><td>%</td><td rowspan="8">參考CNS 15138-1 (民國101年), 以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測.</td><td>0.003</td><td>0.00771</td></tr><tr><td>鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)</td><td>%</td><td>0.003</td><td>n. d.</td></tr><tr><td>鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)</td><td>%</td><td>0.003</td><td>n. d.</td></tr><tr><td>鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)</td><td>%</td><td>0.01</td><td>n. d.</td></tr><tr><td>鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)</td><td>%</td><td>0.01</td><td>n. d.</td></tr><tr><td>鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)</td><td>%</td><td>0.003</td><td>n. d.</td></tr><tr><td>鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)</td><td>%</td><td>0.003</td><td>n. d.</td></tr><tr><td>鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)</td><td>%</td><td>0.003</td><td>n. d.</td></tr></table>		測試項目	單位	測試方法	方法偵測 極限值	結果 No. 1	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年), 以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測.	0.003	0.00771	鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%	0.01	n. d.	鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%	0.01	n. d.	鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%	0.003	n. d.
測試項目	單位	測試方法	方法偵測 極限值	結果 No. 1																																			
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年), 以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測.	0.003	0.00771																																			
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%		0.003	n. d.																																			
<table><tr><td></td><td>第一階段(穩定逸散): 未檢出塑化劑物質 第二階段(升溫脫附): 檢出塑化劑 DEHP 物質 0.1ppm</td></tr></table>			第一階段(穩定逸散): 未檢出塑化劑物質 第二階段(升溫脫附): 檢出塑化劑 DEHP 物質 0.1ppm																																				
	第一階段(穩定逸散): 未檢出塑化劑物質 第二階段(升溫脫附): 檢出塑化劑 DEHP 物質 0.1ppm																																						

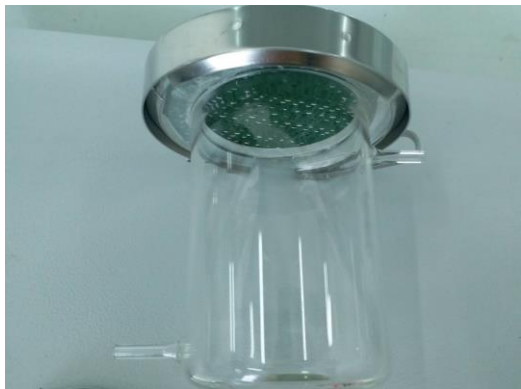
(資料來源：本研究整理)

三、綠建材 GB3 實驗測試結果

抽驗選擇一「綠建材標章-GB3：健康類-地毯建材」，作為「綠建材標章產品」測試代表樣本，首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第1部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，綠建材標章產品 GB-3 塑化劑物質未檢出。實驗接著健康綠建材標準測試條件下(25°C, 50% RH, 2.0ACH)進行長時間24 小時測試與 40 分鐘高溫脫附測試，微型容器逸散法亦無檢測出塑化劑物質。

表 4-9 綠建材標章- GB3：健康類-地毯建材塑化劑結果

綠建材標章-GB3：健康類-地毯建材測試樣本照片				
				
測試項目	單位	測試方法	方法偵測 極限值	結果 No. 1
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年)，以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。	0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%		0.003	n. d.

	第一階段(穩定逸散)：未檢出塑化劑物質 第二階段(升溫脫附)：未檢出塑化劑物質
---	--

(資料來源：本研究整理)

四、非綠建材 S1 實驗測試結果

抽驗選擇一「非綠建材標章-S1：塗料類建材-乳膠漆」，作為「非綠建材標章產品」測試代表樣本，首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第1部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，非綠建材標章產品 S1 塗料類建材-乳膠漆之塑化劑物質未檢出。實驗接著健康綠建材標準測試條件下(25℃, 50% RH, 2.0ACH)進行長時間 24 小時測試與 40 分鐘高溫脫附測試，微型容器逸散法亦無檢測出塑化劑物質。

表 4-10 非綠建材標章- S1：健康類-地毯建材塑化劑結果

非綠建材標章-S1：塗料類建材-乳膠漆測試樣本照片	
	

測試項目	單位	測試方法	方法偵測 極限值	結果 No. 1
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年), 以 氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測.	0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%		0.003	n. d.



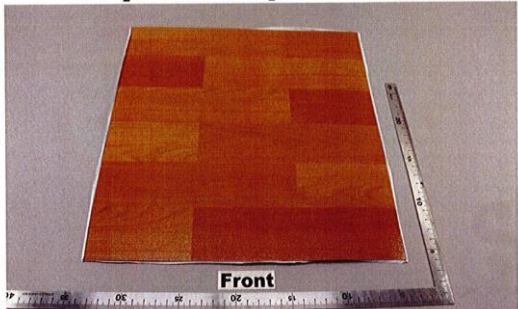
第一階段(穩定逸散): 未檢出塑化劑物質
第二階段(升溫脫附): 未檢出塑化劑物質

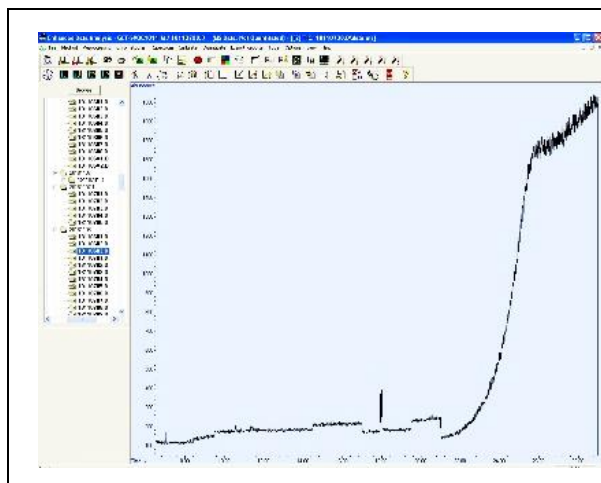
(資料來源: 本研究整理)

五、非綠建材 S2 實驗測試結果

抽驗選擇一「非綠建材標章-S2: PVC 地磚/地板」, 作為「非綠建材標章產品」測試代表樣本, 首先進行「CNS 15138-1: 塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第 1 部: 氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試, 結果顯示, 非綠建材標章產品 S2: PVC 地磚/地板之塑化劑物質 DEHP 為 2.97 % (2,970 ppm), 超過綠建材一般通則限制性物質規定(0.1%)約 30 倍, 具有高度逸散之虞。實驗接著健康綠建材標準測試條件下(25 °C, 50% RH, 2.0ACH)進行長時間 24 小時測試與 40 分鐘高溫脫附測試。

表 4-11 非綠建材標章- S2：PVC 地磚/地板塑化劑結果

非綠建材標章- S2：PVC 地磚/地板測試樣本照片				
				
				
測試項目	單位	測試方法	方法偵測 極限值	結果 No. 1
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年), 以 氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測.	0.003	2.97
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	3.00
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%		0.003	n. d.



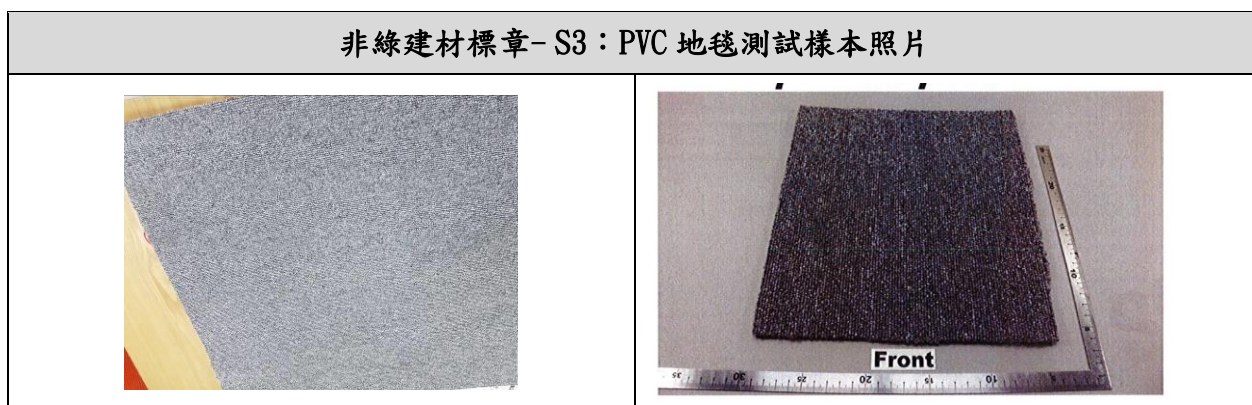
第一階段(穩定逸散)：未檢出塑化劑物質
第二階段(升溫脫附)：檢出塑化劑 DEHP 物質 0.1ppm

(資料來源：本研究整理)

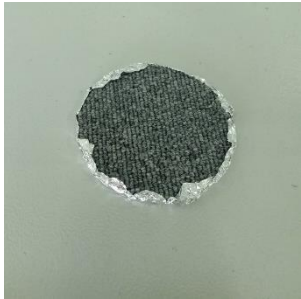
六、非綠建材 S3 實驗測試結果

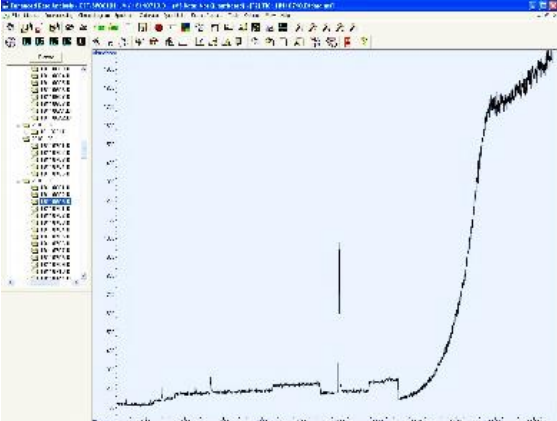
抽驗選擇一「非綠建材標章-S3：PVC 地毯」，作為「非綠建材標章產品」測試代表樣本，首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第 1 部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，非綠建材標章產品 S2：PVC 地磚/地板之塑化劑物質 DEHP 為 11.6 % (11,600 ppm)，超過綠建材一般通則限制性物質規定(0.1%)約 116 倍，具有高度逸散之虞。實驗接著健康綠建材標準測試條件下(25℃, 50% RH, 2.0ACH)進行長時間 24 小時測試與 40 分鐘高溫脫附測試，微型容器逸散法檢測出塑化劑物質 DEHP 濃度為 0.2ppm。

表 4-12 非綠建材標章- S3：PVC 地毯塑化劑結果



測試項目	單位	測試方法	方法偵測 極限值	結果 No. 1
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年), 以 氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測.	0.003	11.6
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%		0.003	n. d.



第一階段(穩定逸散): 未檢出塑化劑物質
第二階段(升溫脫附): 檢出塑化劑 DEHP 物質 0.2ppm

(資料來源：本研究整理)

第三節 建材塑化劑逸散方法與溶出方法比對研究

本研究參考「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法」之試驗參數建構、試驗方法、評估項目及評估基準，建立建材塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法，其方法以常溫穩定逸散與高溫脫附方式累計採樣建材逸散塑化劑量，可應用於建材產品逸散塑化劑定性與定量標準化。

表 4-13 建材塑化劑逸散方法與溶出方法比對研究

項目	CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法	CNS 15138-1 塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法—第 1 部：氣相層析質譜法
適用範圍	■ 建材產品 ■ 檢測半揮發性有機化合物(SVOC)：C16-C22 碳 16-碳 22 之有機物質。 ■ 檢測塑化劑 9 種：鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁基苯甲脂<BBP>、鄰苯二甲酸二異葵酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>、鄰苯二甲酸二異丁酯<DIBP>	■ 塑膠製品 ■ 檢測塑化劑 8 種：鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁基苯甲脂<BBP>、鄰苯二甲酸二異葵酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>
原理	以微型容器(630ml)，在設定之環境溫度、相對濕度與通風量條件下，進行 24 小時建材逸散 SVOC 與塑化劑採樣，在 24 小時後將建材取出，升溫至 220℃，將吸附壁體表面之 SVOC 與塑化劑脫附採樣。	以四氫呋喃(THF)經超音波震盪萃取後，加入正己烷萃取塑膠品中的塑化劑，再以氣相層析質譜法分離定量分析

樣本	0.0053m ² 之小型樣本，以表面逸散塑化劑進行分析	塑膠製品 10g，破碎至直徑 2mm 以下
採樣介質	■ Tenax-TA 吸附補集劑：以 Tenax-TA 補集微型容器中氣相之塑化劑，在經由 TD 冷凍濃縮後高溫脫附方式，送至 GC/MS 分析。 <氣相--氣相分析>	■ 塑膠製品破碎至直徑 2mm 以下，秤取 0.5g 置入 40ml 玻璃瓶中加入 5ml 四氫呋喃(THF)震盪溶解<2 小時內>，再加入正己烷 10ml 震盪過濾萃取，送至 GC/MS 分析。 <固相--液相--氣相分析>
氣相質譜分析	GC/MS 管柱分離分析溫度 起始溫度：35℃保持 1min 升溫過程：以 20℃/min 升溫至 200℃，再以 5℃/min 從 200℃升溫至 260℃，再以 20℃/min 從 200℃升溫至 340℃-4 分鐘	GC/MS 管柱分離分析溫度 起始溫度：50℃保持 1min 升溫過程：以 30℃/min 升溫至 280℃，再以 15℃/min 從 280℃升溫至 300℃
環境參數	■ 溫度 23℃±2℃、相對濕度 50%通風換氣率 2 ACH ■ 標準實驗條件：25℃±0.5℃、相對濕度 50% ■ 台灣氣候條件：30℃±0.5℃、相對濕度 70%	無環境條件參數控制 <以實驗室室溫為主>
定量評估	■ 第一階段(環境恆溫逸散階段)：吸附之重量(mg)/採樣空氣體積(ml) ■ 第二階段(升溫脫附階段)：吸附之重量(mg)/採樣空氣體積(ml)	樣品取樣量(g)與塑化劑重量(ug)之百分比(w/w)

QA/QC

■相對標準偏差 RSD(<10%)

■注入微型容器 700ng 液態塑化劑氣化後平均回收率>80%

■相對標準偏差 RSD(<10%)

■平均回收率 60%-140%

化合物	添加濃度(%)	回收率(%)	平均回收率(%)	相對標準差 RSD(%)	分析次數
B.B	---	---	---	---	4
DMP	NA	NA	NA	NA	NA
DEP	NA	NA	NA	NA	NA
DBP	1.00	63~67	65.4	2.72	4
BBP	1.00	54~64	60.8	7.34	4
DEHP	1.00	64~76	72.1	7.55	4
DNOP	1.00	65~77	73.7	8.38	4
DINP	1.00	80~94	89.5	7.70	4
DIDP	1.00	127~143	134.8	5.23	4

(資料來源：本研究整理)

第四節 專家諮詢會議

本研究藉由文獻分析彙整相關資料後，進一步以專家諮詢方法，於 107 年 05 月 04 日召開第一次專家諮詢會議，針對研究提出討論。

- 一、會議名稱：內政部建築研究所 107 年度創新低碳綠建築環境科技計畫(二) 協同研究計畫-「建材塑化劑逸散量評估方法之研究」第一次專家諮詢會議
- 二、107 年 05 月 04 日(星期五) 下午 2 點整
- 三、開會地點：內政部建築研究所
(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓討論室一)
- 四、專家委員：內政部建築研究所環境控制組 羅組長時麒、姚研究員志廷、林助理研究員霧霆、國立成功大學能源科技與策略研究中心 江研究教授哲銘、國立成功大學食品安全衛生暨風險管理研究所 陳教授秀玲、國立成功大學建築學系 蔡教授耀賢、國立臺北科技大學建築系 邵教授文政、長榮大學職業安全與衛生學系 陳教授重羽、台灣綠建材產業發展協會 饒理事長允政

議題一、國際與國內標準於建材塑化劑逸散量評估方法之引用參考

說明：國際標準 ISO 16000 系列對於建材塑化劑逸散量評估方法已分別制訂，包括 ISO 16000-25 (轉換為 CNS 16000-25) 室內空氣-第 25 部建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法(2016 年)、ISO 16000-33 室內空氣-第 33 部以 GC/Mass 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法(2017 年)，歐盟 CEN/TS 16516 標準 歐盟建材產品之危險物質的釋放評估-逸散至室內空氣測定(2014 年)等國際標準，以及國內經濟部 CNS 國家標準、環保署環檢所相關檢測方法、衛生福利部相關檢測方法..等塑化劑採集與分析標準方法，討論建材塑化劑逸散量評估方法可行之引用參考。

議題二、建材逸散塑化劑物質測定項目與選定測試建材

說明：國內行政院環保署將「塑化劑」列毒性化學物質(例如，DEHP, DINP, DNOP, DIDP, DIBP, DBP, BBP, DEP, DMP 等物質)，衛生福利部食品藥物管理局於 2011 年公告 DEHP, DBP, DINP, BBP, DIDP 等 5 種鄰苯二甲酸酯類塑化劑之每日耐受量，本研究參考國內外建材塑化劑相關檢測項目與基準，擬定建材逸散塑化劑之指標性污染物質，並從獲得健康綠建材標章產品之資料庫分類選樣，選定本年度建材塑化劑逸散量評估測試代表樣本。

表 4-14 第一次專家諮詢會議



(資料來源：本研究整理)

本研究藉由文獻分析彙整相關資料後，進一步以專家諮詢方法，於 107 年 10 月 29 日召開第二次專家諮詢會議，針對研究提出討論。

一、會議名稱：內政部建築研究所 107 年度創新低碳綠建築環境科技計畫(二) 協同研究計畫-「建材塑化劑逸散量評估方法之研究」第二次專家諮詢會議

二、107 年 10 月 29 日(星期一) 下午 2 點整

三、開會地點：內政部建築研究所

(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓討論室一)

四、專家委員：內政部建築研究所環境控制組 羅組長時麒、姚研究員志廷、林助理研究員霧霆、國立臺北科技大學建築系 邵教授文政、國立成功大學建築學系 蔡教授耀賢、長榮大學職業安全與衛生學系 陳教授重羽、國家衛生研究院國家環境醫學研究所 黃柏菁助理研究員、財團法人台灣電子檢驗中心(綠色產品測試實驗室)溫俊清博士、台灣綠建材產業發展協會 饒理事長允政、國立成功大學環境微量毒物研究中心 張偉翔研究員、台灣建築中心綠建材發展部

議題一、建材塑化劑逸散量評估方法與溶出量評估方法

說明：本研究參考「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建立健康綠建材-塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法」與「CNS 15138-1 塑膠中鄰苯二甲酸酯類檢測方法—氣相層析質譜儀法(GC-MS)」，分別研究建材塑化劑「逸散量」與「溶出含量」之方法，並進行實驗分析，兩種方法在國際重要綠建材標章皆有引用作為塑化劑之檢測方式，本議題討論建材塑化劑逸散量評估方法與溶出含量評估方法於我國綠建材標章之適用性。

議題二、研擬健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準(草案)

說明：本研究參考國際重要綠建材標章中對塑化劑之逸散量與溶出量基準，參考綠建材標章包括：UL/GreenGuard 北美認證標章、美國 Green Seal 標章、德國 GuT 標章、德國藍天使標章、法國建材逸散標示、Gev Emicode 標章、EU Ecolabel、北歐環保標章、Cradle to Cradle 等，皆有以塑化劑逸散量方法與訂定評定基準，如總鄰苯二甲酸酯類 $\leq 0.01 \text{ mg/m}^3$ 或總半揮發性有機化合物(TSVOC) $\leq 0.1 \text{ mg/m}^3$ 等基準，研究討論研擬健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準(草案)，作為推動綠建材塑化劑逸散檢測與評定之參考。

表 4-15 第二次專家諮詢會議



(資料來源：本研究整理)

本研究彙整國內、外室內空氣品質、國際綠建材標章資料（歐盟、美國等綠建材標章），進一步分析現行綠建材標章之「塑化劑」與「SVOC」評定項目及基準之參考。

參考「歐盟共用標準 CEN/TS 16516」，在建材逸散管制上，特別將「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)(塑化劑)等「半揮發性有機化合物」(SVOCs)納入「強制管制」。當主要作為建材做為「增塑劑」(塑化劑)使用之「半揮發性有機化合物」(SVOCs)，因環境因子改變而逸散至空氣中，容易黏滯於室內建材表面或極細固體懸浮微粒(particulate matter, PM)，隨各種流佈途徑傳遞污染，造成長久室內空氣污染來源，其部分化合物更具生殖毒性、致癌性危害及誘發過敏氣喘等問題，長期影響居住人員健康危害，並易產生環境賀爾蒙污染等問題。目前歐盟管制之「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)(塑化劑)等「半揮發性有機化合物」(SVOCs)，在產品含量(重量)管制上，是以「DEHP(鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯)、DBP(鄰苯二甲酸二丁酯)、DMP(鄰苯二甲酸二甲酯)、BBP(鄰苯二甲酸丁基苯甲酯)、DINP(鄰苯二甲酸二異壬酯)、DIDP(鄰苯二甲酸二異癸酯)、DEP(鄰苯二甲酸二乙酯)、DNOP(鄰苯二甲酸二辛酯)」為指標污染物，藉以降低人體攝入或吸入過量「鄰苯二甲酸酯類」物質，其總鄰苯二甲酸酯類以不超過 0.1%重量為原則。

表 4-16 各國健康綠建材標章塑化劑逸散量評估方法與基準分析

綠建材標章	評定對象	塑化劑/SVOC	評定基準	參考標準
台灣綠建材標章 (2011) 	◎高性能綠建材-產品內含PVC物質建材 ◎再生綠建材-塑膠地磚之回收材料(含氯高分子材料)	◎塑化劑 鄰苯二甲酸酯類(DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP等8種塑化劑物質)	所含鄰苯二甲酸酯類之總量不得超過0.1%以上(重量比)	CNS 15138 塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法一氣相層析法(GC/MS)
UL/GreenGuard 北美認證標章 (2015)	◎接著劑類 ◎塗料類 ◎地板類 ◎家具類 ◎辦公家具類 ◎其他	依據加州California Section 01350規定 ◎塑化劑 Limits on emissions of total	總鄰苯二甲酸酯類 $\leq 0.01 \text{ mg/m}^3$ TSVOC $\leq 0.1 \text{ mg/m}^3$	Standard Method for the Testing and Evaluation of Volatile Organic Chemical Emissions from

綠建材標章	評定對象	塑化劑/SVOC	評定基準	參考標準
		phthalates : DBP、DEHP、DEP、 DMP、BBP、DOP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物質		Indoor Sources Using Environmental Chambers OSHA 104 GC/FID METHOD
美國 Green Seal 標章(2015) 	◎塗料與漆類 ◎再生乳膠漆 ◎抗腐蝕塗料	◎塑化劑 DEHP、BBP、DBP、 DNOP、DEP、DMP	不得含有規範之 塑化劑成分	Green Seal Standard GS-11 GS-43 GC-3
德國 GuT 標章 (2014) 	◎地毯	◎塑化劑 DEHP BBP DBP DIBP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物 質	不得含有規範之 塑化劑成分 逸散 鄰苯二甲 酸酯類 ≤ 0.001 mg/m^3 TSVOC $\leq 0.03 \text{ mg}/\text{m}^3$	CEN/TS 16516 (prEN 16516)
德國藍天使標章 (2011) 	◎彈性地板覆蓋 物 ◎地板襯墊	◎塑化劑 DBP、DEHP、 DINP、DIDP、 BBP、DNOP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物 質	規範之塑化劑總 合0.1%(重量比) TSVOC $\leq 0.03 \text{ mg}/\text{m}^3$	DE-UZ 156 : Low-Emission Flooring Underlays DE-UZ 120 : Resilient Floor Coverings

綠建材標章	評定對象	塑化劑/SVOC	評定基準	參考標準
法國建材逸散標示 A+ (2014) 	◎地板材 ◎牆板材 ◎塗料 ◎地毯 ◎接著劑	◎塑化劑 DBP、DEHP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物 質	逸散 鄰苯二甲 酸酯類 ≤ 0.001 mg/m^3 TSVOC $\leq 0.1 \text{ mg}/\text{m}^3$	CEN/TS 16516 (prEN 16516)
Gev Emicode 標章 (2014) 	◎地板材 ◎接著劑 ◎填充材 ◎表面材	◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物 質	EC1 PLUS TSVOC $\leq 0.04 \text{ mg}/\text{m}^3$ EC2 TSVOC ≤ 0.05 EC3 TSVOC ≤ 0.1	CEN/TS 16516 (prEN 16516)
EU Ecolabel (2014) 	◎塗料類 ◎地板材 ◎家具	◎塑化劑 DMP、DEP、DBP、 BBP、DEHP、 DNOP、DINP、DIDP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物 質	鄰苯二甲酸酯類 $0.010 \text{ \%w/w}$ TSVOC $\leq 30 \text{ g/L}$	ISO 11890-2
Nordic ECO Label 北歐環保標章 (2014) 	◎室內塗料 ◎表面處理木板 材 ◎牆板材	◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物 質	TSVOC $\leq 0.1 \text{ mg}/\text{m}^3$	CEN/TS 16516 (prEN 16516)
Cradle to Cradle (2010)	◎塗料類 ◎地板材 ◎家具	◎塑化劑 Phthalates: DEHP, BBP, DBP	GC/MS; Phthalates detection limit $<0.1\%$	CPSC-CH-C1001- 09.3 Standard

綠建材標章	評定對象	塑化劑/SVOC	評定基準	參考標準
			(1000ppm)	

(資料來源：本研究整理)

第五節 建材塑化劑逸散量評定基準草案

本研究藉由文獻分析彙整相關資料後，進一步以專家諮詢方法，研擬健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準(草案)，以前述(第四節)彙整國際綠建材標章之評定基準資料做為參考，並提出「塑化劑逸散量檢測方法與評定基準」(草案)供國內綠建材標章制度參考。

表 4-17 健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準(草案)

健康綠建材標章塑化劑逸散量評定基準(草案)，遂參考國際重要綠建材標章與制度，對建材塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)限制其逸散量與含量(詳表 1)，參考綠建材標章包括：包括：UL/GreenGuard 北美認證標章、美國 Green Seal 標章、德國 GuT 標章、德國藍天使標章、法國建材逸散標示、Gev Emicode 標章、EU Ecolabel、北歐環保標章、Cradle to Cradle 等，皆有以塑化劑與 SVOC 逸散量方法與訂定評定基準，如總鄰苯二甲酸酯類 $\leq 0.01 \text{ mg/m}^3$ 或總半揮發性有機化合物(TSVOC) $\leq 0.1 \text{ mg/m}^3$ 等基準。健康綠建材標章塑化劑逸散量評定基準，與國際綠建材標章相同皆參考「歐盟共用標準 CEN/TS 16516 建材產品之危險物質的釋放評估-逸散至室內空氣測定」(2014 年公告)，以及召開專家諮詢會議的具體結論建議訂定，配合「健康綠建材標章」之「逸散分級」(E1/E2/E3)訂定，以 0.001 mg/m^3 、 0.01 mg/m^3 、 0.03 mg/m^3 為基準範圍，將空氣濃度轉換為材料單位逸散量作為評定基準，在負荷率 $0.4(\text{m}^2/\text{m}^3)$ 條件轉換為材料逸散基準 SERa，分別依分級訂定 $E3 \leq 0.075 \text{ mg/m}^2\text{hr}$ 、 $E2 \leq 0.025 \text{ mg/m}^2\text{hr}$ 、 $E1 \leq 0.0025 \text{ mg/m}^2\text{hr}$ 。

逸散分級	塑化劑逸散量	塑化劑逸散速率 SERa
	mg/m^3	$\text{mg/m}^2 \times \text{hr}$
E1	≤ 0.001	≤ 0.0025
E2	$0.001 < \text{塑化劑} \leq 0.01$	$0.0025 < \text{塑化劑} \leq 0.025$
E3	$0.01 < \text{塑化劑} \leq 0.03$	$0.025 < \text{塑化劑} \leq 0.075$
塑化劑物質(9種)：鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁苯甲酯<BBP>、鄰苯二甲酸二異葵酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>、鄰苯二甲酸二異丁酯<DIBP>		

健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準

(草案)

一、健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法

綠建材標章自 2011 年版「綠建材解說與評估手冊」規定，將塑化劑檢測方法與基準納入一般通則限制性物質中，明訂綠建材標章產品：1. 不得含有行政院環境保護署公告之毒性化學物質。2. 申請再生或高性能綠建材標章者，產品內含 PVC 物質之建材，應比照 CNS 15138 進行鄰苯二甲酸酯類可塑劑(塑化劑)檢測，總量不得超過 0.1%(重量比)。

有鑑於國際綠建材標章對建材產品中「塑化劑」(如，鄰苯二甲酸酯類, Phthalates)與其所屬「半揮發性有機化合物」(Semi-Volatile Organic Compounds, SVOCs)檢測與訂定基準予以管制。建材塑化劑檢測方法也由最初「溶出量評估方法」配合「歐盟共用標準 CEN/TS 16516 建材產品之危險物質的釋放評估-逸散至室內空氣測定」(2014 年公告)，進一步發展成「國際標準 ISO 16000-25，室內空氣-第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器」(逸散量測定)(2015 年轉換為 CNS 16000-25)，逐漸改以「建材逸散量評估方式」檢測建材逸散塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)，逐步成為建材逸散之共用標準方法。

健康綠建材標章不受理內含聚氯乙烯(PVC)物質之建材產品，根據國際綠建材標章與研究文獻，塑(橡)膠類建材、複層版材(地板材)、塗料、地毯、地墊、接著劑..等，可能有逸散塑化劑與半揮發性有機化合物之可能，爰此，參考國際綠建材標章、國際標準檢測方法與評定基準，訂定「健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準(草案)」，以供國內建材產業參考使用。

健康綠建材標章塑化劑與半揮發性有機化合物逸散檢測方法，遂參考「CNS 16000-25，室內空氣-第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法」(逸散量測定)制訂，可檢測不同類型建材對塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)之逸散檢測。

二、適用範圍

本方法使用微型容器，在規範氣候條件下(例如，健康綠建材測試條件：25℃、相對濕度 50%)，測定從新製建築產品或家具之塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)的單位面積逸散率之試驗方法，本方法原則亦可適用舊的產品。量測方法適用於產品與材料(申請綠建材標章產品，內含塑(橡)膠材料產品或有逸散塑化劑與揮發性有機物質之虞的建材產品)，如：板材，壁紙，地板材料，隔熱材料，接著劑油漆及其組合等產品。待測材料之採樣運送及儲存，以及試片製備說明於 CNS 16000-11，測定 SVOC 之空氣採樣與分析方法規

範於 CNS 16000-6 及 ISO 16017-1。

三、方法原理

以微型容器(630ml)，在設定之環境溫度、相對濕度與通風量條件下，分兩階段實驗採集累加塑化劑與半揮發性有機化合物逸散量，第一階段進行 24 小時建材逸散 SVOC 與塑化劑採樣，在 24 小時後將建材取出，第二階段升溫至 220℃，將吸附壁體表面之塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)脫附採樣，最後將第一階段(24 小時)與第二階段(40 分鐘升溫脫附)所採集之物質加總，並予以樣本表面積及逸散時間轉換為單位逸散量。

試驗方法之原理係用以測定由產品試片表面逸散的塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)單位面積逸散率，雖然塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)在微型容器內逸散出，大部分逸散物在溫度 40℃ 以下容器中迅速吸附於壁體表面，因此在試驗中，建築材料的塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)單位面積逸散率(標的化合物)係從第一階段與第二階段所收集質量測得。試驗結果在 24 小時期間從產品的 SVOC 平均逸散速率。另為特定目的，可改變第一階段期間內，在不同時間期間之逸散率可以使用相同步驟予以測定。

四、檢測方法說明

1. 檢測物質範圍：檢測塑化劑(Phthalates)共 9 種：鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁苯甲酯<BBP>、鄰苯二甲酸二異葵酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>、鄰苯二甲酸二異丁酯<DIBP>，與其所屬之半揮發性有機化合物(SVOCs)，從 C16-C22 碳 16 至碳 22 之有機物質。

2. 微型容器：用以測定從建築產品逸散塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)單位面積逸散率之微型容器系統應包含下列：微型容器，乾淨空氣產生與增濕系統及監測與控制系統，以確保試驗能依規定條件執行。微型容器之設計可以使具有平滑表面的固態產品能至於微型容器內或上面(或下面)，使得試件本身成為微型容器外壁。此與 CNS 16000-9 及 CNS 16000-10 方法類似。在此情形中，試件表面必須對著微型容器加以密封，使試件的邊緣及背面得以排除。為確保氣密性，其他產品應放置在特殊之試片座。適當的體積大小與尺度比例已試驗過。微型容器與逸散 SVOC 接觸的採樣系統部分(所有管與接頭)通常係由玻璃或惰性非脫氧材料，例：惰性塗覆之不鏽鋼與磨光不銹鋼所製成。依微型容器材料(例：部分玻璃類型)，可能需要表面處理以協助熱脫附。

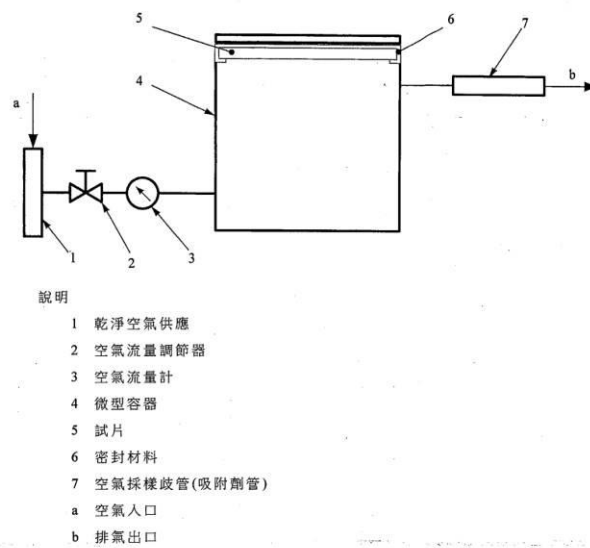


圖 1. 微型容器法檢測建材逸散塑化劑與半揮發性有機化合物(第一階段)

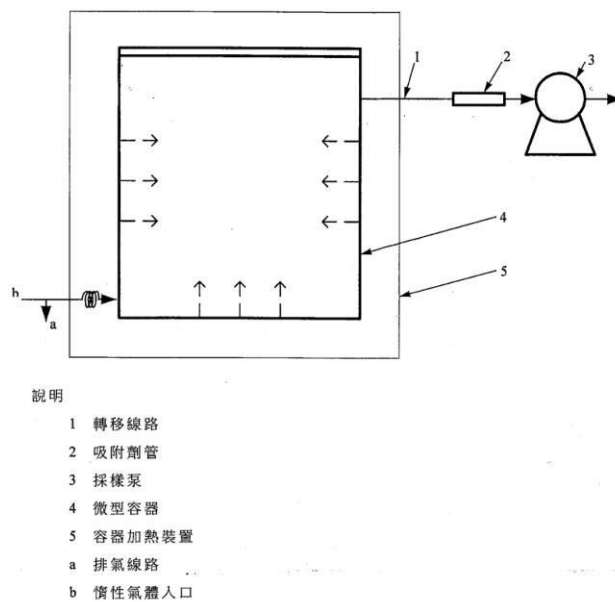


圖 2. 微型容器法檢測建材逸散塑化劑與半揮發性有機化合物(第二階段)

3. 測試回收率及弱減效應(recovery and sink effect)：準確度 $\pm 10\%$ 以內之標的 SVOC 的標準溶液予以製備，且應注入已知質量的溶液於微型容器中。微型容器應加熱至 200 至 220，且應以類似於試驗的第二階段之步驟將已脫附化合物捕集於吸附管內。應將相同質量的標準溶液直接注入另一吸附管中。吸附於吸附管之標的化合物應以熱脫附與氣相層析-質譜儀(TD-GC/MS)加以測定。從標準品加入微型容器與直接注入所得結果之比例應作為回收率，回收率應大於 80%。回收率試驗的結果應於試驗報告中應敘明預期濃度對量測濃度。

4. 測試分析：檢測分為兩階段採樣，將樣本(表面積為 0.0053m^2)置於微型容器內(630ml)內逸散檢測，在第一階段(恆溫恆濕換氣條件下：可設定為 25°C 、相對濕度 50%、換氣率 2 次/小時，24 小時逸散檢測)與第二階段(升溫脫附壁體吸附物質進行採集，升溫至 200°C - 220°C ，40 分鐘熱脫附檢測)，分別以「Tenax® TA」吸附捕集空氣中之塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)，並送至熱脫附與氣相層析-質譜儀(TD-GC/MS)加以測定。

5. 測試條件：

(1) 第一階段之溫度及相對溼度條件

使用於歐洲及北美區域產品逸散測試則須採溫度 (23 ± 2) $^\circ\text{C}$ 和相對溼度 (50 ± 5) %RH。臺灣健康綠建材標章產品為溫度 (25 ± 0.5) $^\circ\text{C}$ 和相對溼度 (50 ± 5) %RH。

(2) 第二階段之溫度及相對溼度

室溫條件下以惰性氣體完全置換微型容器中之空氣，微型容器則從室溫增加至 200°C 至 220°C 間，並維持在 200°C 至 220°C 溫度 40 分鐘。在這測試步驟之前應將試樣從微型容器中取出。而考量特定塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)的物化特性及回收率，故第二階段試驗中最高加熱溫度則為必要。

(3) 供應氣體品質及背景濃度

供應空氣的 SVOC 不應高於微艙體背景要求。背景濃度需夠低，避免干擾影響逸散測試之品質保證限制。背景濃度中任何標的 SVOC 濃度需低於 50 ng/m^3 。用於加濕的水中不應含有可能干擾分析或損害背景之 SVOC。

(4) 表面積空氣流量

在不同類型微型容器體的測試顯示，表面積空氣流速並非關鍵。然而為與真實環境情形保持相關性，該參數設置不應低於 0.15 m/h 。

(5) 測試條件驗證

微型容器中測試條件，溫度、相對濕度和氣流速率之精密度應符合下述：

- 溫度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$
- 相對溼度 $\pm 5\%$
- 空氣流速 $\pm 5\%$

第一階段微型容器中空氣流速：空氣流量變化不應超過設定值的 $\pm 3\%$ 。微型容器體中空氣速度應為恆定。

微型容器氣密性：於逸散試驗開始時比較入口處和出口處的空氣流速，來查驗微型容器之氣密性，兩個位置的量差異不應超過 5% 。

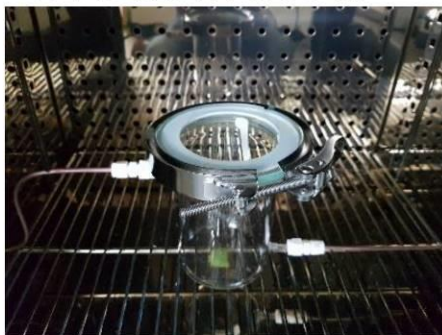


圖 3. 檢測建材逸散塑化劑與半揮發性有機化合物之微型容器

(6) 對照質量收集（空白試驗）

在乾淨的微型容器體中對照試驗（現場空白）的質量應小於目標 SVOC 的總質量的 10% ，並驗證回收率，回收比例應大於 80% 。

(7) 第一階段微型容器中測試樣本試件的位置

測試樣本試件與微型容器體內壁間不宜直接接觸。

(8) 逸散試驗（第一階段試驗）

濃度測量來自所定義採樣時間進行，通常為 24 小時。其根據測試目的，可適當的在附加時間進行空氣採樣。空氣採樣期間之濃度測量取決於所使用的分析方法並應詳加記錄。在逸散試驗空氣採樣階段，需供應乾淨濕度空氣($50\% \text{ RH}$)

(9) 脫附試驗（第二階段試驗）

完成逸散測試的第一階段試驗，自微型容器取出測試樣品，並加熱微型容器。在這部分試驗應使用另一隻吸附管，提供惰性氣體並加熱至 200°C 以上。微型容器之採樣與通風需同時啟動，採樣時間為 40 分鐘直至完成脫附。

(10) 單位面積逸散率之計算及結果表示

$$q_{mA} = \left[\frac{m_1}{q_{V,c}t} q_{VA} \right] + \frac{m_2}{At} = \frac{m_1 + m_2}{At} \quad \dots\dots\dots \text{式 1}$$

q_{mA} 單位面積逸散率 $\text{ug}/\text{m}^2\text{hxht}$	第一階段之持續時間
m_1 第一步收集之質量 ug	q_{VA} 單位面積換氣率 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{hx}$
m_2 第二步收集之質量 ug	A 試片表面積 m^2
$q_{V,c}$ 微型容器空氣流率 m^3/h	

五、逸散評定基準說明

健康綠建材標章塑化劑逸散量評定基準(草案)，遂參考國際重要綠建材標章與制度，對建材塑化劑(Phthalates)與半揮發性有機化合物(SVOCs)限制其逸散量與含量(詳表 1)，參考綠建材標章包括：包括：UL/GreenGuard 北美認證標章、美國 Green Seal 標章、德國 GuT 標章、德國藍天使標章、法國建材逸散標示、Gev Emission 標章、EU Ecolabel、北歐環保標章、Cradle to Cradle 等，皆有以塑化劑與 SVOC 逸散量方法與訂定評定基準，如總鄰苯二甲酸酯類 $\leq 0.01 \text{ mg/m}^3$ 或總半揮發性有機化合物(TSVOC) $\leq 0.1 \text{ mg/m}^3$ 等基準。健康綠建材標章塑化劑逸散量評定基準，與國際綠建材標章相同皆參考「歐盟共用標準 CEN/TS 16516 建材產品之危險物質的釋放評估-逸散至室內空氣測定」(2014 年公告)，以及召開專家諮詢會議的具體結論建議訂定，配合「健康綠建材標章」之「逸散分級」(E1/E2/E3)訂定，以 0.001 mg/m^3 、 0.01 mg/m^3 、 0.03 mg/m^3 為基準範圍，將空氣濃度轉換為材料單位逸散量作為評定基準，在負荷率 $0.4(\text{m}^2/\text{m}^3)$ 條件轉換為材料逸散基準 SERa，分別依分級訂定 $E3 \leq 0.075 \text{ mg/m}^2\text{xhr}$ 、 $E2 \leq 0.025 \text{ mg/m}^2\text{xhr}$ 、 $E1 \leq 0.0025 \text{ mg/m}^2\text{xhr}$ ，詳表 2。

表 1. 各國綠建材標章塑化劑與 TSVOC 物質評定基準



表 2. 健康綠建材標章塑化劑逸散量評定基準(草案)

逸散分級	塑化劑逸散量	塑化劑逸散速率 SERa
	mg/m ³	mg/m ² x hr
E1	≤0.001	≤0.0025
E2	0.001<塑化劑≤0.01	0.0025<塑化劑≤0.025
E3	0.01<塑化劑≤0.03	0.025<塑化劑≤0.075
塑化劑物質(9種): 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁苯甲酯<BBP>、鄰苯二甲酸二異葵酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>、鄰苯二甲酸二異丁酯<DIBP>		

(資料來源：本研究整理)

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究計畫(建材塑化劑逸散量評估方法之研究)之研究方法，以「文獻分析法」，接續前期相關研究計畫：內政部建研所委辦計畫(綠建材性能實驗研究 92-95 年)、綠建材標章制度、小尺寸建材逸散研究、全尺寸建材之標準測試方法、建材 ISO 標準之可行性分析、全尺寸建材於本土氣候試驗條件下揮發性有機物質逸散變化等研究方法 (ASTM D5116-03、ISO 16000、CNS 16000)及室內空氣品質檢測方法(NIEA-A715.14B、NIEA-A714.11C、NIEA-A705.11C)進行分析比對討論，「實驗分析法」：建構綠建材之逸散塑化劑檢測技術，選擇可能具塑化劑成分之塑膠類建築材料，綠建材標章 3 件(地板類-地毯、地板類-再生塑木、塗料類-乳膠漆)與非綠建材標章 3 件(地板類-地毯、地板類-PVC 地磚、塗料類-乳膠漆)，藉以完成小尺寸建材「逸散塑化劑微型容器測試」，並與「塑化劑溶出量測試」進行比對，瞭解兩種方法之差異與效益，藉以回饋擬定健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準草案之參考。

結論如下：

(一). 塑化劑之健康危害明顯易見，目前國際綠建材標章，因歐盟委員會(European Commission)訂定「歐盟統一測試標準」，公告「歐盟建材毒物逸散檢測新標準」(CEN/TS 16516)，其中對於「塑化劑」(屬半揮發型有機化合物，SVOC)詳細規範其指標污染物質、測試方法及逸散標準，逐漸帶動國際綠建材標章將「塑化劑」或「總半揮發有機化合物 TSVOC」作為檢測評定必要項目，並設定相關建材評估基準。

(二). 本研究參考「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法」之試驗參數建構、試驗方法、評估項目及評估基準，建立建材塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法，其方法以常溫穩定逸散與高溫脫附方式累計採樣建材逸散塑化劑量，可應用於建材產品逸散塑化劑定性與定量標準化。

(三). 新增設備系統建構「建築產品逸散測定-微型容器實驗方法」，依據標準規範確認實驗系統之性能、品保品管與不確定度等試驗規範，可增加實驗檢測能力。

(四). 透過文獻與實驗分析，以綠建材標章資料庫，選取塑膠類之綠建材標章產品(地板類-地毯、地板類-再生塑木、塗料類-乳膠漆)與非綠建材標章產品(地板類-地毯、地板類-PVC 地磚、塗料類-乳膠漆)各 3 件，進行「逸散測試」(塑化劑之逸散檢測)與「塑化劑溶出量測試」進行差異比對，結果顯示，選取實驗之建材產品，「綠建材標章產品」其塑化劑逸散量與溶出量僅 1 件(再生塑木)檢出塑化劑(DEHP 物質)為 0.00771 wt% (7.71 ppm)，但低於基準值 0.1 wt% (1,000 ppm);而「非綠建材標章產品」其中「PVC 地磚」檢出塑化劑(DEHP 物質)為 2.97 wt% (2,970 ppm)、「PVC 地毯」檢出塑化劑(DEHP 物質)為 11.6 wt% (11,600 ppm)，皆高於基準值 0.1 wt%。上述超過標準值非綠建材產品皆為市面常見於 DIY 賣場之建材產品。另實驗以「逸散量檢測」3 件建材(綠建材 1 件、非綠建材 2 件)，其逸散至空氣濃度換算後塑化劑(DEHP 物質)為 0.1ppm 至 0.2ppm，逸散量與溶出量接顯示出建材含塑化劑之物質。

(五). 研究擬定之健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準(草案)，經由「專家諮詢會議」，參考研究彙整各國建材標章塑化劑評定方法與基準，在「塑化劑」部分，可優先針對鄰苯二甲酸酯類(DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP、DIBP 等 9 種塑化劑物質)進行逸散評估檢測，其評定基準可分為「總塑化劑含量」為 0.1wt%，「總塑化劑逸散量」。

第二節 建議

本研究計畫建議如下：

建議一

提供〈內政部綠建材標章解說與評估手冊〉新增「健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法」於附錄章節參考;立即可行建議

主辦機關：內政部

協辦機關：內政部建築研究所

本研究擬定「健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法」，係參考 CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法，並與國內針對塑膠類製品之塑化劑含量差異比對，建議針對我國綠建材標章在「塑化劑」部分，可優先針對鄰苯二甲酸酯類(DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP、DIBP 等 9 種塑化劑物質)逸散評估檢測，提供〈內政部綠建材標章解說與評估手冊〉新增「健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法」於附錄章節參考，以利我國綠建材技術與國際接軌，保障國人健康與安全。

建議二

提供〈CNS 國家標準之 CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法〉相關檢測與分析方法之應用，並訂定相關測試條件與分析方法，可作為 CNS 國家標準對建材產品塑化劑逸散檢測之應用；立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：行政院環境保護署、衛生福利部

本研究參考 CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物(SVOC)之測定-微型容器法，進行相關檢測與分析，包括訂定相關實驗條件(25℃、50%RH)、通風換氣率 2 ACH/hr、第一階段逸散時間 24 小時(每次空氣採樣時間為 6 小時)、第二階段高溫脫附 40 分鐘(採樣 40 分鐘)，第一階段與第二階段合計為塑化劑逸散總量。分析方法參考 ISO 16000-33(2017) 以 9 種類塑化劑為標準物染物，進行 Tenax-TA 補集不鏽鋼採樣管採樣與 TD 濃縮熱脫附至 GC/MS 氣相層析質譜儀分析定性與定量，分析範圍介於 0.05 ppm 至 10 ppm，相關測試方法與條件可作為 CNS 國家標準對建材產品塑化劑逸散檢測之應用。

第三節 未來研究建議

台灣位處亞熱帶與熱帶氣候條件，室內常處於高溫高濕環境或空調密閉環境中，加上台灣室內裝修材料常使用「含塑化劑之塑膠類製品」於牆板、天花板等構造使用，室內易受到物理環境變化與添加塑化劑物質而逸散管制之毒性化學物質，造成室內健康危害等問題，我國自 2004 年開始「綠建材標章」受理「健康綠建材標章」，以「甲醛」與「TVOC」(6 種物質)，為優先管制項目，並逐步提升至「E1, E2, E3 逸散分級制度」，並配合行政院環保署「室內空氣品質標準」，將 TVOC 由 6 種擴大增加至 12 種物質，目前隨著「國際綠建材標章」與「國際標準」之趨勢，建材添加塑化劑等物質種類繁多，皆屬「半揮發性有機化合物」(Semi-Volatile Organic Compounds, SVOC)，亦為國際間廣泛關注之長期影響有機污染物，國際間逐步管制與禁用，例如美國 GreenGuard、德國藍天使等建材標章，亦將塑化劑與 SVOC(碳十六 C16-碳二十二 C22 等物質)納入管理，未來研究可參考國際標準(ISO 標準)如 ISO 16000-33(2017 年公告)等，採用既有 Tenax-TA 吸附方法與 ISO 標準新式 Florisil 採樣分析方法比對，進行建材逸散塑化劑與 SVOC 指標污染物檢測標準流程 SOP 建置，「增列台灣氣候條件之環境因子」，透過檢測建材逸散添加塑化劑物質與 SVOC 物質方式，建立 ISO 16000-33 標準於建材塑化劑污染物檢測方法，提供未來建材標準、產品管制、標章評定，建構基礎資料作為未來 Ai 智慧感測數據參考資料庫，並帶動低碳綠建築循環健康產業發展。

附錄一 期初審查意見與回應

項次	審查意見	意見回應
1	請補說明創意或自由回饋項目。	本研究創意部分，結合國際建材檢測最新項目內容，並融入台灣本土因素與建材(綠建材標章)系統，可增加台灣建材(建築)產業技術力提升；相關成果可發表國際研究學術論文，提高我國研究國際能量外，亦回饋帶動建材產業及檢測能量(市場)之提升。
2	抽驗綠建材，一般建材各 3 件數量是否不足，可否增加件數。	抽樣以綠建材標章產品做為母群體，分類後以隨機抽樣方式抽取代表樣本 3 件，一般建材亦以此方式相對抽樣比較，必要時得增加檢測樣本數量。
3	塑化劑逸散量檢測評定方式與國際評定方式接軌?以利建材業之出口。	本研究參考 ISO16000-25(CNS16000-25)及 CEN/TS16516 歐盟共用標準，其國際標準評定方式可有效與國際接軌，提升我國建材產業技術能力與出口效益。
4	驗證方式是否於國際規範?	驗證方式以歐盟共用標準、IOS 國際標準及國際相關綠建材標章及標準做為驗證方法，合於國際相關規範。
5	專家會議之成員為何?是否納入標檢局、環衛服部相關業界單位專家與成員?時間能否提早?	專家會議將提前至第 3 個月辦理，並邀請標檢局、衛福部、專業領域學者、產業代表等與會討論，提出具體結論與建議。
6	若有得標，請把畫面文件的 p4 表 1，表示得更清楚 ex. 未見單位。	感謝委員意見，服務建議書第 4 頁，表 1 之單位為 mg/kg，將修正漏繕單位於表 1。

7	P6 svocs 8 種，有重複?DEHP 與 DNOP 兩項中文一樣?	第 6 頁 SVOCS 之 DNOP 中文為鄰苯二甲辛酯，而 DEHP 中文為鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯，將修正誤繕之處。
8	本計畫須於 10 月 15 日前提出期末報告，研究流程所列提出時間點似有誤植；另建議有關試驗及分析工作提前，利後續逸散評估方法及基準(草案)之研議與諮詢。	將依 10 月 15 日前提出期末報告修正進度時程表，另將檢測及分析工作提前 1 個月，以利計畫進度執行。
9	有關建材塑化劑與食品、容器等塑化劑之管制，在國際上的作法是否有差異，請予釐清，並建議蒐集如歐盟等國家建材管制措施，以供本所參考。	本研究以國際建材管制標準、方法、評定基準等，為主要參考依據，其建材標章管制措施亦參考歐美等國納入本研究評估資料，並且體彙整分析提出措施方案。
10	有關建材塑化劑之評定範圍及基準，建議完成草案後，邀請產官學研座談，以凝聚共識。	建材逸散塑化劑之評定項目及基準(草案)，將具體內容提至產官學研代表之專家會議進行討論，凝聚共識後提出具體結論與建議。

附錄二 期中審查意見與回應

委員	審查意見	意見回應
江哲銘教授	1. 本研究之階段性成果值得肯定。 2. 本研究宜以持續性之序列配置人力及經費，俾利帶動國內建材塑化劑及 SVOC 之檢測能量及示範。 3. 報告書 P. 51，建議補列各國塑化劑及 SVOC 之年份。 4. 報告書 P. 60，建議針對塑化劑之健康危害理由加以說明，補列歐盟公告年度。 5. 報告書 P. 55，測試系統溫度相對濕度定 $25^{\circ}\text{C}\pm 0.5$、$50\%\pm 5\%$，是否加以說明在地（國內）之適用性。	1. 感謝委員意見。 2. 本研究以建材逸散塑化劑與 SVOC 物質為國內健康安全重視項目並與國際建材標準同步，有利提升我國檢測能力與建材產品技術提升。 3. P. 51 已補列各國塑化劑及 SVOC 之年份。 4. P. 60 研究初步發現，已將塑化劑之健康危害理由加以說明，補列歐盟公告年度於第二章與第三章研究報告。 5. P. 55，測試系統溫度相對濕度定 $25^{\circ}\text{C}\pm 0.5$、$50\%\pm 5\%$，實驗先以國內健康綠建材標章之測試條件（溫度 25°C、相對濕度 50%）進行實驗，適用國內建材一般標準檢測與國際化一致，後續將研究是否針對臺灣室內高溫高濕條件訂定較高之測試溫度與濕度。
李俊璋教授	1. 本研究在文獻蒐集整理分析尚稱完整，然應進行各國規範比較分析並擷取適合我國國情之重點加以借鏡。 2. 本研究擬進行塑化劑逸散評估方法，逸散量評估與含量評估不同，建請說明就原理上之優缺點。 3. 關於建材逸散塑化劑之研究過去顯示隨著溫度濕度上升其逸散量亦上升，本研究考量與國際接軌，將測試環境訂為 25°C、	1. 感謝委員意見，透過各國綠建材塑化劑標準與規範及國內文獻對塑化劑檢測現況調查分析，擷取重點作為我國發展之借鏡。 2. 目前國際以建材 SVOC 逸散總量、塑化劑含量等方式進行管制，國內 CNS 標準與綠建材標章等以塑化劑含量進行管制，考量源頭建材管制與室內健康環境，逸散量考量環境氣候與通風條件，含量考量材料

	50%似不符臺灣之環境狀況，請參考文獻進行轉換評估。 4. 本研究尚未進行建材測試，請加強進度執行。	之總體量，兩者併同可進行不同檢測與評估目的。 3. 本實驗擬先以國內健康綠建材標章之測試條件(溫度 25℃、相對濕度 50%)進行實驗，依相關文獻成果，確實溫度與濕度之提升同時亦增加塑化劑之逸散，研究將提出評定條件建議。 4. 受限本實驗使用之微型容器系統為新採購與建構之設備，待採購與驗收完備後(09月設備性能驗收完成)進行逸散實驗，將優先進行塑化劑溶出實驗進行建材之篩選與比對分析。
張矩墉建築師	1. 本研究對確保國民健康的生活環境有很大的助益。 2. 報告書 P. 46，建議第一次專家諮詢會議紀錄放置於附錄即可，內容只做結論與建議描述。	1. 感謝委員意見，綠建材標章已對 PVC 建材之塑化劑含量進行管制，本研究進一步以逸散量新方法與擴大至其他非 PVC 建材進行檢測與研究。 2. 已將專家諮詢會議完整紀錄放置附錄。
張小道教授	1. 半揮發性係定義為 240℃-260℃~300℃-400℃沸點之有機物質：此範圍與 CNS 15138 溶出去的氣相層析操作溫度接近，約為 220℃-280℃/300℃；如 P. 10 之物種可分析。但 ISO 16000-25 微型容器的操作溫度為 200℃-220℃逸散行為雖與溫度有很大之關係但經過固相萃取：回收率 80%相較索氏萃取法應有其他參數，如時間、狀態相關，建議應於期末報告呈現。 2. 兩者方法均有濃縮作用，索氏萃取法屬於大體機溶劑萃取再經	1. 本研究方法參考 CNS 16000-25 與 ISO 16000-33 以「固相吸附與熱脫附」之「氣相層析分析」方式，針對建材逸散塑化劑，GC/MS 進行定量與定性分析，分析溫度與 CNS 15138 之 GC/MS 操作溫度接近約 220℃-280℃，相關採樣時間、吸附狀態、回收條件等已詳述於第三章檢測分析方法。 2. 本研究針對建材之塑化劑其「含量」與「逸散量」之相同與差異分析，確實微型容器所收集之質量脫附程度可能受

	蒸餾，濃縮倍數計算誤差大：微型容器所收集之質量脫附程度可能受氣膠吸附氧化等影響，比較綠建材標章與其他試樣有助於釐清不同機制對檢驗分析之結果。 3. 建議加入 SVOC 相關文獻。	氣膠吸附氧化等影響，其 QA/QC 有嚴格控制，檢測方法較為複雜且需嚴謹控制，研究成果可有助於釐清不同檢測方法之目的與差異。 3. 已加入 SVOC 相關文獻於第二章。
張家瑞教授	塑化劑僅 Target 健康，是否有可能訴求其他類型建材？請補充說明。	本研究之建材塑化劑為一般通則中毒性化學物質，涵蓋健康綠建材(如地板材、地毯材與塗料建材等)與再生綠建材(如再生木塑材等)。
游必瑜委員	1. 逸散與溫度有正相關，逸散測試之微型容器，環控箱在 CNS 16000-25：2016，Sec.8.1，其實未限制溫濕度一定要比照歐美 $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 與 $50\pm 5\%\text{RH}$，臺灣可考慮定 30°C 與 70%。 2. 考量塑化劑對健康影響所依據衛福部公告的塑化劑每人每日耐受數據(ADI)為口攝入為暴露考量，建議未來的 ADI 值應考慮經吸入與皮膚吸收的暴露途徑為前提，請補充說明。	1. 本實驗擬先以國內健康綠建材標章之測試條件(溫度 25°C、相對濕度 50%)進行實驗，依照臺灣環境現況，確實可進一步考慮實驗條件設定 30°C 與相對濕度 70%，受限本研究執行時間與實驗設備限制，若時間允許將納入實驗考量。 2. 衛福部公告的塑化劑每人每日耐受數據(ADI)為口攝入為暴露考量，為人體主要塑化劑之來源，將補充說明塑化劑經吸入與皮膚吸收的暴露途徑的內容。
李易軒建築師	選取塑膠類綠建材標章產品與非綠建材標章產品各 3 件(塑膠地板材 x2、塗料類 x1)進行塑化劑逸散測試，研擬評定基準，其採樣樣品數種類範圍是否足夠。	本研究優先以建材潛在具塑化劑之塑膠類建材為測試樣本，包括地板材、地毯材、塗料材、再生木塑材等，其他類非塑膠類建材產品待後續進一步研究。
王總幹事榮吉	1. 本研究就國際綠建材標章與建材標準規範之比較，及國內健康綠建材標章認定差異有完整陳述比較，具參考價值與目的。 2. 健康綠建材標章塑化劑逸散量擬定之方法與基準，建議邀請產	1. 感謝委員意見。 2. 健康綠建材標章塑化劑逸散量擬定之方法與基準，將邀請產官學研專家座談會擬彙具體可行方法基準。

	官學研專家座談會擬彙具體可行方法基準。	
饒理事長允政	- 近年來消費大眾的確對塑化劑危害有一定程度擔心，尤其建材屬大面積產品，限制塑化劑值得肯定。 - 是否可評估檢測費用。 - 能否排除判定不會有塑化劑的材料就不需要進行檢測，以節省成本。 - 能有有機會以溫度 27°C、濕度 70%±5%進行測試(比較符合臺灣之實際溫濕度)	- 自 2012 年塑化劑食安問題管制以來，民眾對塑化劑提升許多知識與重視，綠建材標章已於 2012 年前管制 PVC 建材之塑化劑含量，進一步針對大面積建材產品，以新標準方法「微型容器逸散檢測」釐清建材塑化劑逸散問題。 - 塑化劑逸散檢測費用其分析與檢測設備皆為新標準方式，研究將以初估方式評估優缺點。 - 目前無機類建材或非塑膠類或非添加塑膠成分製品之建材較不易有塑化劑之物質，可排除檢測塑化劑。 - 本實驗擬先以國內健康綠建材標章之測試條件(溫度 25°C、相對濕度 50%)進行實驗，依照臺灣環境現況，確實可進一步考慮實驗條件設定 27°C-30°C與相對濕度 70%，受限本研究執行時間與實驗設備限制，若時間允許將納入實驗考量。
羅組長時麒	考量塑化劑議題涉及試驗機構之能量，未來塑化劑逸散速率如將納入手冊進行評估，需有妥善配套措施，並完整評估可行性；建議可參考過去高性能節能玻璃作法，先將評估基準置於評估手冊附錄，待試行可行後在納入手冊，俾利公告周知。	本研究將建材逸散塑化劑(CNS 16000-25)與塑化劑含量(CNS 15138-1)標準與國際建材塑化劑評估基準納入手冊附錄，待後續研究與執行進一步試行操作。

附錄三 期末審查意見與回應

委員	審查意見	意見回應
段教授葉芳	1.塑化劑的沸點均很高 205℃ (DINP) ~385℃ (DEHP)，而環控艙溫控 25℃，其氣態逸散速率可能會弱於使用接觸之"溶出量"或灰塵"釋出量"。 2.可考慮此類塑化劑逸散，重新以接觸釋出量為檢測方向。 3.考慮塑化劑逸散與各類釋出途徑與量進行相關性探討。 4.SVOC 以 CNS 16000-25 為採樣方式，可能溫度過高與一般室溫環境有差異。	1.塑化劑屬半揮發性有機化合物(SVOCs)，於室內常溫中不易揮發，但會隨著溫度上升而逸散釋出，其氣態逸散量少於接觸建材之溶出量或黏滯灰塵之釋出量。 2. 不同塑化劑物質於建材逸散與釋放程度不一，本研究使用塑化劑檢測方法：含量溶出法與建置之微型容器逸散方法，皆可針對建材不同塑化劑物質檢測，對於人體暴露建材塑化劑經由皮膚吸收、攝入或吸入之危害，提供新的檢測評估分析，塑化劑檢測本年度依 CNS 16000-25 與 ISO 16000-33 分析方法，以 GC/MS 方式分析，未來建議可增加其他分析方式，如 LC-MS/MS 等方式進行實驗分析比對。 3.本研究成果分別以兩種不同檢測方式分析，包括「溶出量」(攝入、表面皮膚吸收途徑)、「逸散量」(吸入途徑)，結果顯示部分建材塑化劑溶出量之含量高於逸散量甚多，顯示建材塑化劑由攝入或表面皮膚吸收方式可能為主要健康危害途徑。 4. 建材逸散塑化劑以兩階段方式採樣，第一階段為室內常溫(25℃)建材逸散塑化劑至空氣進行採樣，第二階段為升溫至 200℃-220℃，將黏滯於微型容器表面之塑化劑升溫脫附至空氣加以採樣，兩階段加總即為建材塑化劑逸散量，本研究以「室內常溫」(25℃)採樣 24 小時作為逸散評定條件。
張教授家瑞	1.塑化劑之必要及對人體危害確實需予以考慮，本研究成果豐碩，國內外文獻彙整極有參考價值。 2.檢測費用及所需時間需考量市場的可接受性，以提高未來廠商申請意願。	1.感謝委員意見，研究成果提供最新 ISO 16000-25 建材逸散塑化劑之微型容器法供國內建材評估塑化劑檢測應用。 2.檢測費用涉及分析物質數量、檢測時間、採樣分析技術、QA/QC 與檢測報告書等項目，研究成果可提供檢測產業擬定費用參考。

陳教授清江	1.建議將 CNS 16000-25：2016 附錄 B 之表 B.1 兩類微型容器之規格放入報告 P.43 參-4 微型系統容器中說明，有助對此方法之理解。 2.報告書第 XII 頁 L10…標準"物"染物→「污染物」,P.45 L7…供應"製"→「至」,P.45 L12, …200 至 220→200°C 至 220°C。 3.依目前微型系統容器之通風率估算，其換氣率為 1.43 次/小時，這與現有臺灣建築物室內平均換氣率是否一致？建議應該一致，其測量結果才有代表性。	1.已將 CNS 16000-25：2016 附錄 B 之表 B.1 兩類微型容器之規格放入報告 P.43 參-4 微型系統容器中說明。 2.修正報告書誤繕之處。 3.依 CNS 16000-25 微型容器之流量設定，換算成實驗之通風率為 1.4 次/小時至 2.0 次/小時，為基本測試設定，未來可考慮台灣本土條件調整測試。
張建築師矩壩	塑化劑影響人體健康已被證實，但對於這類檢測方法卻未建立，本研究補足這部分，值得肯定。	感謝委員意見，本研究提供建材逸散塑化劑檢測方法，其逸散對人體健康危害可進一步瞭解與控制。
游委員碧堉	1.塑化劑之健康危害劑量可容許量引用衛福部之 ADI 值，而衛福部係針對經口攝入的管制量，綠建材之可能暴露則屬吸入與皮膚接觸，在毒理評估方面，前者佔 80%，後者佔 20%，若引用為評估基準參考，則最終允許之 ADI 應為衛福部之 1/4。 2.塑化劑為半揮發性物質，逸散檢測結果大多偏低，未來研究是否考慮分析"逸散"與"溶出"之間的相關性，則未來若納入檢驗，可由溶出檢測結果直接推估逸散，則可省業界負擔。	1.感謝委員建議，建材塑化劑進入人體途徑主要為吸入與皮膚接觸，若以衛福部之塑化劑健康危害劑量可容許量，作為吸入或皮膚吸收之評估基準參考，最終允許 ADI 應為衛福部之 1/4。 2.本研究成果以 3 種綠建材標章產品與 3 種非綠建材標章產品進行「逸散量」與「溶出量」比對分析，建材塑化劑溶出量之濃度較高，而其逸散量較低，似有相關性，後續建議可增加檢測數量以比對是否有關連度，作為溶出檢測結果直接推估逸散之分析評估。

江教授哲銘	1.本研究係接續貴所綠建材性能實驗研究(92~95年),綠建材標章制度、小尺寸建材逸散、全尺寸建材之標準測試方法等,嚴謹之研究方法與測試方法,其研究成果可以肯定。 2.本研究亦已完成國際綠建材評定測試之趨勢分析比較,並引以為本研究之參考。 3.本研究提出建材塑化劑與半揮發有機化合物 SVOC 檢測方法,本方法應可用於建材產品逸散塑化劑定性及定量標準化。 4.本研究亦有效提出建築產品逸散測定-微型容器實驗方法,應可增加實驗檢測能力。 5.本研究已執行完成綠建材標章案例與非綠建材標章案例各3件,針對「塑化劑之逸散」與「塑化劑溶出量」,顯示已取得綠建材標章之材料在上述兩項表現顯然比較優異。也相對帶動性能實驗中心之新動能。 6.最後並已擬定「檢測法」與「評定基準」,其成果可肯定。	1.感謝委員意見,本研究延續前期分析技術,今年度新增國際最新標準:建材塑化劑逸散檢測方法,供實驗室技術提昇與國際水準一致。 2.國際綠建材標章近年多增列塑化劑檢測標準,國內綠建材標章自2012年已落實建材塑化劑溶出量管制,本研究新增建材塑化劑逸散量之標準方法,可進一步完備建材塑化劑檢測與國際綠建材標章同步。 3.本研究新增建材逸散塑化劑檢測分析方法,亦可擴大增加對半揮發性有機化合物(SVCOs)之檢測,對建材逸散此類毒性物質可定性與定量分析。 4.本研究新增「微型容器法」檢測建材逸散塑化劑方法,可擴大應用至國內其他綠建材檢測實驗室應用。 5.本研究抽樣檢測綠建材標章產品與非綠建材標章產品,結果顯示綠建材標章產品其塑化劑皆符合塑化劑溶出量檢測,標章之帶動管制可增加產業技術能力。 6.研究成果提供之建材塑化劑逸散量標準方法與提供之評定基準(草案),可供國內標準擬定、檢測方法、產業技術提昇與國人健康維護助益。
張教授小道	1.以微型容器測試出 DEHP 超樣檢知(報告書 P.43~P.45),遠低於國外參考標準-1000ppm。所有設計規範已說明與驗收樣品檢測回收率均大於80%,與已知濃度測	1.本研究參考 CNS 16000-25 微型容器方法,其品保與品管規範檢測回收率需達80%以上。 2.研究檢測之檢量線、回收率、重複再現性 3.本次檢測建材(塗料、塑膠類建材)塑化劑,結果顯示以 DEHP 為主要物質,其他塑化劑未檢出於上述建材中,後續建議可針對相關文獻指

	知接近（報告書 P.45）。 2.以 CNS 16000-33 方法進行標準刻劃檢量，若以微型容器作檢量，具相關係數預期？重複出現性？預期回收率有 80%以上，以程序適用性說明？請補充說明。 3.若與 CNS 15138-1(報告書 P.75) 溶出法比較，回收率較穩定，主要以 DEHP 來看，其他化合物之表現可同證？請補充說明。 4.未來建立 ISO 16000 標準方法予塑化劑檢驗，實施的程序規劃？請補充說明。	出之地板類建材檢測其他類塑化劑物質。 4.本研究參考 CNS 16000-25 建立建材逸散塑化劑之微型容器法檢測標準，其他最新如 ISO 16000-33(2017)分析塑化劑方法，將建議後續翻譯、實驗驗證與專家諮詢討論後轉成 CNS 國家標準制訂草案使用。
台灣綠建材產業發展協會(饒理事長允政)	若未來塑化劑納入評定，代表廠商需要進行塑化劑檢測，建議未來整體考量綠建材檢測成本，規劃合適收費標準，俾利降低廠商負擔。	綠建材標章目前針對建材含高氯分子材料進行限制性物質(塑化劑溶出量)管制，本研究參考國際綠建材新標準與評定基準，建立建材塑化劑逸散量檢測方法與評定基準，兩者方式皆可提供國內建材產業檢測塑化劑使用並與國際建材標章接軌。
中華民國全國建築師公會(江建築師星仁)	1.有關報告書內容文字，如「室內空氣品質基準」修正為「室內空氣品質標準」，另草案 CNS 鄰苯二甲酸丁基甲脂修正為鄰苯二甲酸丁基苯甲脂，建議予以修正。 2.報告書提及臺灣「新建」及「既有」建築數量比例為 3：97，建議修正為 2：98。 3.報告書 P.5 的圖不清楚，另 P.38、P.39 公式 C?交代不清，建議予以修正。	1.感謝委員意見，已修正誤繕之處。 2.已參考內政部營建署統計資料修正為臺灣「新建」及「既有」建築數量比例為 2：98。 3.已更新圖說與公式說明。
台灣省建築材料商業同業公會聯合會(王總幹事)	1.本研究對國際綠建材與目前國內健康綠建材標章之基準、規範、趨勢及差異進行分析比較，具參考意義。	1.感謝委員意見，提供研究成果供國內產業參考。 2.研究參考國際綠建材標章之塑化劑評定基準，可做為國內建材產業以維護國人健康與符

榮吉)	2.所提出健康綠建材標章塑化劑逸散量評估基準及方法，可作為未來評估之參考。	合國際標準要求為目標，提供建材塑化劑新檢測方法。
羅組長時麒	1.本研究彙整各國綠建材標章管制塑化劑現況，有關各國管制塑化劑基準是否適宜，亦請研究團隊評估並提出相關建議供本所參考。 2.國內建材逸散塑化劑以何種類建材為主？請補充說明。另本研究進行之建材塑化劑逸散測試結果，建議與國際基準比較分析。 3.有關塑化劑測試方法中採高溫脫附試驗，是否與在室內環境中實際逸散之行為模式相同，請納入考量。 4.本研究案執行 6 件建材逸散塑化劑試驗，測試結果對現況影響程度為何，請研究團隊一併評估並提出相關建議。	1.研究彙整國際綠建材標章與標準，發現近幾年國際綠建材標章已將塑化劑納入管制項目與基準，我國綠建材標章於 2011 年制訂塑化劑溶出量並以 8 種塑化劑物質總量管制，與國際標準相同，研究更進一步增加建材逸散塑化劑逸散量評估方法，提出評定基準(草案)，可供國內建材產業參考。 2.國內建材逸散塑化劑多為塑膠類建材，分別常見於地板材、牆板材、塗料、接著劑、阻燃建材等，本研究測試結果增加說明與國際基準比較結果於報告內。 3. 建材逸散塑化劑以兩階段方式採樣，第一階段為室內常溫(25℃)建材逸散塑化劑至空氣進行採樣，第二階段為升溫至 200℃-220℃，將黏滯於微型容器表面之塑化劑升溫脫附至空氣加以採樣，兩階段加總即為建材塑化劑逸散量，環境其第二階段加溫之方式僅作為分析逸散總量使用，檢測建材逸散行為，與實際環境逸散量不同。 4.研究檢測 6 種建材其塑化劑之逸散量與溶出量，其中部分建材塑化劑溶出量偏高，顯示此類建材可能於實際環境釋出塑化劑物質，研究可作為建材污染源管制塑化劑之參考。

附錄四 專家諮詢會議紀錄

第一次專家諮詢會議紀錄(107 年 05 月 04 日)

會議紀錄：(依發言順序排列)

(一)、江哲銘教授：

1. 要清楚界定建材塑化劑之範圍，除了 SVOC 之外，是否還需討論 SVOC 種類當中先決定管制哪幾種類型。
2. 要盤點國內可檢測建材塑化劑試驗是之單位，檢測系統之比較分析，以掌握其管制之可行性及不足部分，分階段執行。
3. 分析國內外評估系統、項目、方法做比較歸納應用。
4. 針對建材塑化劑逸散評估之過去、現在、未來三階段之分析擬議，以作政策施政及產業升級之參考。

(二)、邵文政教授：

1. 評估方法建議引用 ISO 16000-25，但需確認實驗之 In House method, 同時請確認 ISO 16000-33 等是否已有 CNS 之版本。
2. 建材之選定建議非以數量(材料之標章數)作為篩選條件，而以添加材料之成分作為條件進行挑選。
3. 請定位 SVOC 之具體內容方能訂定標準。
4. 請修正簡報中之試驗條件，含溫度、濕度之對應關係。
5. 標準訂定建議比照日本 TVOC 之作法，可有總量 TSVOC 與單一污染物限量。

(三)、陳秀玲教授：

1. 德國 CEN/TS 16516, AgBB 之 SVOC 評估物種共 12 類，191 種單一 VOCs，最後應是 TSVOC，其分析價格為何。
2. 應考慮使用 GC-MS(氣相層析質譜儀)對於塑化劑之分析 DL(偵測極限)，低濃度可

能做不到。

3. 德國和美國之 TVOC 規範相差 310 倍(美國較嚴苛)

4. SVOC 會分析出單一塑化劑(鄰苯二甲酸脂類)或只有 TSVOC (Total Semi-VOCs)

5. CNS 16000-25 和 33 之差別，前者是給予建材之 SVOC，後者是針對以 GC 進行塑化劑分析之方法，目前應以 16000-25 之分析項目為主，今年度先篩選(Screening)主要化學物質，明年可針對主要化學物質擴大分析範圍。

(四)、饒允政理事長：

1. 建議下次請業界相關認證公司與會。

2. 建議「地板類」(PVC 地板、PVC 地毯、塑木)

而「塗料類」(塗料)與「牆壁類」(木皮板)可能不會有塑化劑。

3. 業界關心檢測費用。

4. 逸散速率比釋出量(溶出法)較切實際。

(五)、蔡耀賢教授：

1. 測試法嚴謹且國際接軌，可進入實驗穩定性之確認，後續實驗試材的多樣性及指定實驗機構之可行性，請協助探討。

2. 建議塑化劑與 SVOC 分別規範，塑化劑於通則中已列管，而 SVOC 可作為未來增列之考量。

3. 建議未來可討論 AgBB 之測試法對於 TSVCO 管制之適用性。

(六)、陳重羽教授：

1. 建議中低分子量的塑化劑。

2. BBP 在木質亮光劑中較高，灰塵在臺灣 DEHP 很高，可以納入考量。

3. 需不需要考慮灰塵的遷移量，設立整合性試驗，空氣和灰塵要不要同時實驗。

4. 溫度和濕度需不需有不同的排列組合，25°C 和濕度 50%，要不要增列高溫和高濕

度。

5. SVOC 還有其他項目，會不會塑化劑不是 SVOCs 裡面的重點。

6. 建議 DBP 也列入，臺灣族群尿液中的 DBP 較高，可理解是不是從建材來。

7. 建議可收集建材或灰塵文獻來決定要做的塑化劑。

會議具體建議與結論如下：

議題一、國際與國內標準於建材塑化劑逸散量評估方法之引用參考：

建議：以「建材」與「逸散塑化物」為主要對象及方法，可直接參考 CNS 16000-25 室內空氣－第 25 部建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定－微型容器法，進行系統與方法之建構。

議題二、建材逸散塑化劑物質測定項目與選定測試建材：

建議：以 DEHP, DBP, DINP, BBP, DIDP 等 5 種鄰苯二甲酸酯類塑化劑做指標污染物，另選樣部分，受限分析儀器 GC/MS 之偵測極限無法達及低濃度，以塑膠類建材或 PVC 類建材為對象。

第二次專家諮詢會議紀錄(107 年 10 月 29 日)

會議紀錄：(依發言順序排列)

(一)、邵文政教授：

1. 研究所提健康綠建材標章塑化劑逸散量評定基準(草案)，參考國際綠建材標章制度之塑化劑基準，並參考歐盟共用標準 CEN/TS 16516 將空間空氣濃度值轉換為材料單位逸散量，目前所提出 $0.25\text{mg}/\text{m}^2\text{hr}$ ，相對於德國建材標準似過於寬鬆，宜再斟酌。
2. 資料所提及塑化劑逸散量與含量基準，已廣泛於國際綠建材標章評定管制，本研究為臺灣第一個以建材逸散塑化劑方式進行評估，可有效作為建材管制、國際接軌與確保人員健康等檢測方法。
3. 檢測方法分兩階段，以逸散與熱脫附方式檢測分析建材塑化劑逸散量，其兩階段測試溫度不同，亦代表不同逸散暴露行為，例如，第一階段，一般逸散至空氣中為吸入暴露，第二階段高溫脫附壁面塑化劑物質，如同建材逸散黏滯於物體表面，可屬皮膚吸收暴露，以此總量管制塑化劑於建材逸散量，可供研究參考。
4. 換氣率以 2.0ACH 次數/小時、溫度精準度建議以 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 為標準，而非 CNS 標準所列 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。
5. 檢測所選 PVC 建材為具有塑化劑之材料，主要是作為逸散檢測方法之代表建材，而非可申請健康綠建材之建材產品。

(二)、溫俊清博士：

1. 檢測費用依據檢測項目、採樣頻率、檢測人力等進行計算，方能有效訂定出未來檢測費用。
2. 方法偵測極限 MDL 宜納入評定基準訂定，檢測環境條件亦需考量。

(三)、饒允政理事長：

1. 塑化劑逸散基準以國人健康維護原則，支持從嚴方式訂定總逸散量評定基準，考量產業發展，可分級方式訂定。
2. 臺灣環境條件宜納入檢測氣候條件，另不含有塑化劑之建材產品，應以聲明書申報即可，無須檢測。

(四)、張偉翔研究員：

1. 檢測塑化劑國際上一般以 6 種塑化劑物質管制<鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)、鄰苯二甲酸二異壬酯(DINP)、鄰苯二甲酸二辛酯(DNOP)、鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)、鄰苯二甲酸二異癸酯(DIDP)、鄰苯二甲酸丁酯苯甲酯(BBP)>管制，其影響檢測費用之評估。
2. 所列國際綠建材標章中，對TSVOC之逸散基準訂為 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 、Phthalates 訂為 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ 似不同，可分級訂定評定基準。
3. 研究所使用之Tenax-TA吸附管補集塑化劑效率較差，可考慮使用florisil進行吸附分析，會獲得較佳之採集效率。

(五)、陳重羽教授：

1. 分析方式影響檢測費用，目前使用GC/MS氣相分析對DEHP物質分析效果較佳，若進一步分析DINP、DIDP等高分子物質，則建議增加以HPLC/MS-MS進行分析。
2. 第二階段升溫檢測非常重要，文獻顯示如隔熱建材、黏著劑(主要為DEHP)、漆類定色劑(主要為DBP)、耐磨地板亮光表面漆(主要為BBP)，皆可作為未來建材逸散塑化劑測試對象。
3. 以GC/MS氣相分析搭配Tenax-TA吸附管其偵測極限較高，相關文獻顯示最低偵測極限約100ppb(以DEHP換算約 $1.6\text{mg}/\text{m}^3$)，可作為訂定評定基準參考。

(六)、黃柏菁研究員：

1. 一般塑化劑由吸入途徑至體內為10%、皮膚吸收為10%~20%，其他則為攝入至體內。
2. 建議評定基準可從嚴一步到位訂定基準值，並以分級制度方式訂出，例如E3:1ppm至E1:0.1ppm等分級基準。
3. 中國進口之建材眾多，是否需瞭解進口國家亦有相同之建材塑化劑標準基準可供參考。
4. 臺灣亮光面木質地板、複層建材、塗料定相定色劑、黏著劑等皆有可能出現塑化劑物質，上述建材非PVC建材，另一方面，家具逸散之塑化劑亦有可能為污染來源。
5. 評定基準與方法與國際接軌，可列管制目標進行訂定，如負面表列可能具塑化劑之建材，

進行逸散管制。

(七)、王義和組長：

1. 塑化劑檢測項目為 9 種，歐盟近期討論將 9 種檢測縮減為原 6 種塑化劑物質，可供參考。
2. 本研究為臺灣首件建材逸散塑化劑之評定研究，建研所率先將建材逸散塑化劑納入管制，極具前瞻性，如同，建材總氯離子檢測訂定後成為經濟部標檢局之檢測參考，值得推動塑化劑逸散管制。
3. 國際綠建材 TSVOC 逸散評定以 28 天為主，本研究亦參考 ISO 16000-25 標準，以 24 小時逸散時間檢測，看似以升溫方式縮短檢測時間，以達檢測效益，此部分宜採用逸散升溫方法進行建材檢測實驗。

(八)、羅時麒組長：

本研究極為重要，建立新的建材塑化劑檢測方法可供未來推動建材管制與實驗室分析使用，其研究提出 $0.25\text{mg}/\text{m}^2\text{hr}$ ，似過於寬鬆，另第二階段之升溫脫附，已成為氣狀污染物質，與現況不同，僅為實驗檢測目的使用，宜思考討論評定基準與方法。

會議具體建議與結論如下：

議題一、建材塑化劑逸散量評估方法與溶出量評估方法：

建議：以建材逸散塑化劑方式評定，以符合國際接軌與維護健康室內環境，檢測方法參考 CNS 標準以逸散量，以 GC/MS 分析，其偵測極限較高無法偵測極低濃度之塑化劑，其分析方法可在研究採集吸附方式與其他分析方法。

議題二、研擬健康綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與評定基準(草案)：

建議：以分級方式訂定建材塑化劑逸散量評定基準，不僅可有效管制且符合產業現況條件，可優先針對塑化劑訂定評定基準，後續再參考國際綠建材標章對半揮發性物質 SVOC 進行分析研究。

附錄五 CNS 16000-25 與 CNS 15138 標準方法

ICS 13.040.20

中華民國國家標準

C N S

**室內空氣－第 25 部：建築產品逸散半
揮發性有機化合物之測定－微型容器法**

**Indoor air – Part 25: Determination of
the emission of semi-volatile organic
compounds by building products –
Micro-chamber method**

**CNS 16000-25:2016
Q1007-25**

**中華民國 105 年 4 月 14 日制定公布
Date of Promulgation:2016-04-14**

本標準非經經濟部標準檢驗局同意不得翻印

CNS 16000-25:2016

目錄

節次	頁次
前言	3
簡介	3
1. 適用範圍	4
2. 引用標準	4
3. 用語及定義	4
4. 符號	6
5. 原理	6
6. 微型容器系統	7
6.1 一般	7
6.2 微型容器	7
6.3 表面積比例	9
6.4 氣密性	9
6.5 空氣供應裝置	9
6.6 試片之密封	10
6.7 回收率及減弱效應(recovery and sink effect)	10
6.8 空氣純化裝置	10
6.9 溫度及濕度控制裝置	10
6.10 流量計	10
6.11 恆溫烘箱	10
6.12 採樣泵	10
6.13 微型容器加熱用烘箱	10
7. 裝置與材料	11
8. 試驗條件	11
8.1 第一步試驗之溫度及濕度	11
8.2 第二步試驗之溫度條件	11
8.3 供應空氣品質及背景濃度	11
8.4 單位面積空氣流率	11
9. 試驗條件之查證	11
9.1 一般	11
9.2 溫度及相對空氣濕度控制系統	11
9.3 微型容器之試驗條件	12
9.4 第一步試驗之微型容器內空氣流率	12
9.5 微型容器之氣密性	12

(共 26 頁)

CNS 16000-25:2016

10. 試片	12
11. 微型容器之準備	12
12. 試驗法	12
12.1 對照試驗中收集之質量(現場空白試驗).....	12
12.2 第一步中微型容器內試片之位置	13
12.3 逸散試驗(第一步試驗)	13
12.4 脫附試驗(第二步試驗)	13
13. 單位面積逸散率之計算及結果表示.....	13
14. 績效特性	13
15. 試驗報告	13
附錄 A (規定)品質保證/品質管制系統	15
附錄 B (參考)微型容器範例及步驟	16
附錄 C (參考)微型容器回收率量測方法範例	20
附錄 D (參考)試片之選擇	23
參考資料	25

CNS 16000-25:2016

前言

本標準係依據 2011 年發行之 ISO 16000-25 Indoor air – Part 25: Determination of the emission of semi-volatile organic compounds by building products – Micro-chamber method，不予變更技術內容及其標準程式，制定成為中華民國國家標準者。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、著作權與著作權之鑑別。

簡介

使用微型容器連同標準化採樣、試樣儲存及試片製備，如下列所述之測定目的，以施行建築產品所逸散之半揮發性有機化合物(SVOCs)。

- － 提供給製造廠商、建築業者及終端使用者逸散數據，以評估建築材料對室內空氣品質之影響。
- － 促進改進產品之發展。

本標準所規定的量測方法適用於使用在建築之產品，例：板材、壁紙、地板材料、隔熱材料、接著劑、油漆以及其組合。

鄰苯二甲酸酯等 SVOCs 常用於許多建築材料中。如果逸散至室內環境中，其會黏著至許多表面上，而可能變成持久性的室內空氣污染物。

本標準規定從建築產品與材料的 SVOC 逸散物之量測步驟。原則上，本方法可以用在室內使用的大部分建築產品。

ISO 16017^{[6][7]}系列標準及 ISO 12219^{[4][5]}系列標準也聚焦於揮發性有機化合物(VOC)之量測。

CNS 16000-25:2016

1. 適用範圍

本標準規定使用微型容器，在規定的氣候條件下，測定從新製建築產品或家飾之半揮發性有機化合物(SVOCs)的單位面積逸散率之試驗方法。本方法原則上也可以適用於舊的產品。

本量測方法適用於產品與材料，例：板材、壁紙、地板材料、隔熱材料、接著劑、油漆及其組合。

待測材料之採樣、運送及儲存，以及試片的製備說明於 CNS 16000-11。為測定 SVOCs 之空氣採樣與分析方法規定於 CNS 16000-6 及 ISO 16017-1。

微型容器之範例說明於附錄 B。

2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。下列引用標準適用最新版(包括補充增修)。

CNS 16000-6 室內空氣－第 6 部：室內空氣與試驗箱空氣中揮發性有機化合物之 Tenax TA[®] 吸附劑主動採樣、熱脫附及氣相層析－MS/FID 測定法

CNS 16000-11 室內空氣－第 11 部：建築產品與家飾逸散揮發性有機化合物之測定－採樣、試樣儲存及試片製備

ISO 554 Standard atmospheres for conditioning and/or testing – Specifications

ISO 16017-1 Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 1: Pumped sampling

3. 用語及定義

下列用語及定義適用於本標準。

3.1 微型容器之換氣率(air change rate for micro-chamber)(n)

每小時引進微型容器之乾淨空氣體積與以相同單位量測之自由微型容器容積之比例。

3.2 微型容器空氣流率(air flow rate for micro-chamber)(q_{vc})

單位時間進入微型容器之空氣體積。

3.3 空氣流速(air velocity)

流過試片表面之空氣速度。

[CNS 16000-9:2006, 3.3]

3.4 單位面積空氣流率(avea specific air flow rate)(q_{va})

供應空氣與試片面積之比例。

[CNS 16000-9:2006, 3.4]

3.5 SVOC 之單位面積逸散率(area specific emission for SVOC)(q_{mA})

從試驗開始經某一段時間，每單位面積從暴露區逸散物質之質量。

備考 1. 本標準中，逸散物係由 SVOC 所組成。

備考 2. “單位面積逸散率”一詞有時與“逸散因子”併用。

CNS 16000-25:2016

3.6 建築產品(building product)

在建築工程中長久構建之產品。

[CNS 16000-9:2006, 3.5]

3.7 現場空白試樣(field blank)(m_{t0})

當執行除空氣採樣外之所有操作時，吸附劑管中之 SVOC 質量(從建築產品之 SVOC 逸散)。

備考：為考量源自吸附劑本身之污染與來自打開、關閉及運送之污染而使用之。

3.8 惰性氣體(inert gas)

不含活性化學品或其他性質之氣體。

備考：一般，氦氣(He)或氮氣(N_2)係為吸附於微型容器^[8]的 SVOC 之熱脫附用的氣體。

3.9 對照試驗中收集之質量(mass collected in control test)(m_o)

無試片時試驗之第一步與第二步的質量總和。

3.10 第一階段收集之質量(mass collected in first step)(m_1)

逸散但不吸附於微型容器內，在微型容器出口所捕集並量測之 SVOC 質量。

3.11 第二階段收集之質量(mass collected in second step)(m_2)

當執行熱脫附時，於微型容器出口所捕集並量測之 SVOC 質量。

3.12 微型容器(micro-chamber)

能控制從建築材料的 SVOC 逸散物之量測條件的容器。

備考：微型容器的一般體積範圍說明於 B.1。

3.13 回收率(recovery)

在熱脫附期間離開微型容器之標的半揮發性有機化合物之量測質量，除以加至微型容器之標的半揮發性有機化合物質量。

備考 1. 回收率係以百分率(%)表示。

備考 2. 回收率提供有關整個方法之績效資訊。

3.14 試樣(sample)

可以代表製造的建築產品之一部分或一片。

3.15 採樣期間(sampling period)

試樣被採取之持續時間。

備考：採樣期間為使用吸附劑管或其他裝置從微型容器的出口捕集空氣之時間。

3.16 半揮發性有機化合物(semi-volatile organic compound, SVOC)

沸點範圍為(240 °C 至 260 °C)至(380 °C 至 400 °C)之有機化合物。

備考 1. 本分類為世界衛生組織所定義^[9]。

備考 2. 因為某些有機化合物在大氣壓下於沸騰前就分解，因此不易或無法測定其沸點。蒸氣壓為化合物揮發性分類之另一準則，而可用於有機化學品的分類。SVOCs 之蒸氣壓在 10^{-2} mPa 與 10 Pa 之間。

CNS 16000-25:2016

3.17 吸附劑管空白(sorbent tube blank)

空氣採樣前吸附劑管本身內之 SVOC 值。

3.18 標的半揮發性有機化合物(target semi-volatile organic compound)

產品特定的半揮發性有機化合物。

3.19 試片(test specimen)

為模擬待測材料或產品的逸散行為而特別製備，以供於微型容器中逸散試驗之試樣的一部分(從建築產品之 SVOC 逸散)。

3.20 試驗開始(test start)

將試片置入微型容器內之時間。

3.21 第一步與第二步總收集質量(total mass collected in first and second step)

試驗之第一步與第二步期間所收集質量之總和。

4. 符號

符號	意義	單位
A	試片表面積	m^2
A_c	微型容器之內表面積	m^2
S_L	表面積比例(等於 A_c/A)	m^2/m^2
m_0	對照試驗所收集之質量	μg
m_1	第一步收集之質量	μg
m_2	第二步收集之質量	μg
m_{1+2}	第一步與第二步收集之質量	μg
m_{t0}	現場空白試樣	μg
n	微型容器之換氣率	換氣數/h
q_{mA}	單位面積逸散率	$\mu g/m^2 \cdot h$
q_{vA}	單位面積換氣率(等於 $q_{v,c}/A$)	$m^3/m^2 \cdot h$
$q_{v,c}$	微型容器空氣流率	m^3/h
t	第一階段之持續時間	h
V	微型容器之空氣容積	m^3

5. 原理

本試驗方法之原理係用以測定由產品試片表面逸散的 SVOCs 的單位面積逸散率。雖然 SVOCs 係在微型容器內逸散出，大部分這些逸散物係在溫度 40 °C 以下的容器中吸附。因此在試驗中，建築材料的 SVOC 單位面積逸散率(試驗的目標)係從第一步與第二步中所收集質量測得。試驗的結果為在 24 h 期間從產品的 SVOCs 平均逸散率。為特定目的，在不同時間期間之逸散率可以使用相同的步驟予以測定，但改

CNS 16000-25:2016

變第一步的期間。

6. 微型容器系統

6.1 一般

用以測定從建築產品逸散 SVOCs 之單位面積逸散率的微型容器系統應包含下列：微型容器、乾淨空氣產生與增濕系統及監測與控制系統，以確保試驗能依規定的條件執行。

微型容器之設計可以使具有平滑表面的固態產品能置於微型容器內或上面(或下面)，使得試樣本身成為微型容器的外壁。此與 CNS 16000-9 及 CNS 16000-10 的方法類似。在此情形中，試樣表面必須對著微型容器加以密封，使試片的邊緣及背面得以排除。為確保氣密性，其他產品應放置在特殊建構的試片座。

本標準中所有類型的微型容器之一般規範與要求，參照 6.2 至 6.7。

品質保證與品質管制應依附錄 A 之規定執行。

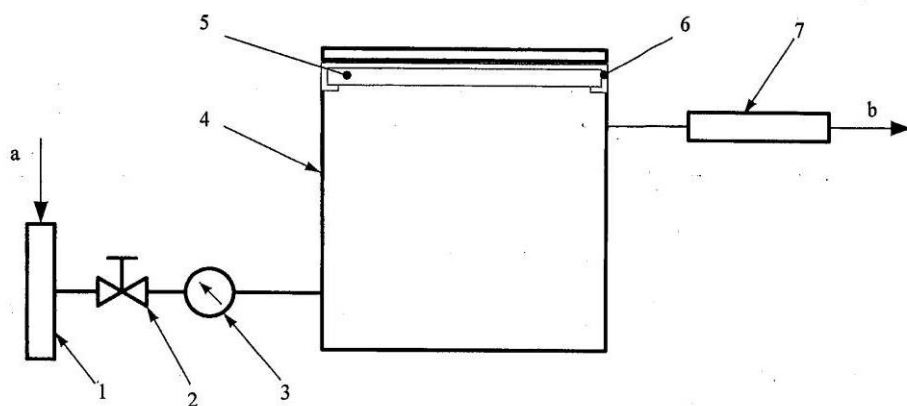
6.2 微型容器

適當的體積大小與尺度之適當大小比例已試驗過，如表 B.1 所示。微型容器與逸散 SVOCs 接觸的採樣系統部分(所有管與接頭)通常係由玻璃或惰性非脫氧材料，例：惰性塗覆之不銹鋼與磨光不銹鋼所製成。惟在所有情形中，應滿足 6.3 與 6.7 所規定的要求。依微型容器構造的材料(例：某些玻璃類型)，可能需要表面處理以協助熱脫附。

備考：磨光不銹鋼會催化某些 SVOCs 之裂解。

放置試片的密封材料應具低逸散性及低吸附性，且應不會增加微型容器之背景濃度。微型容器裝置之簡圖如圖 1 與圖 2 所示。

CNS 16000-25:2016

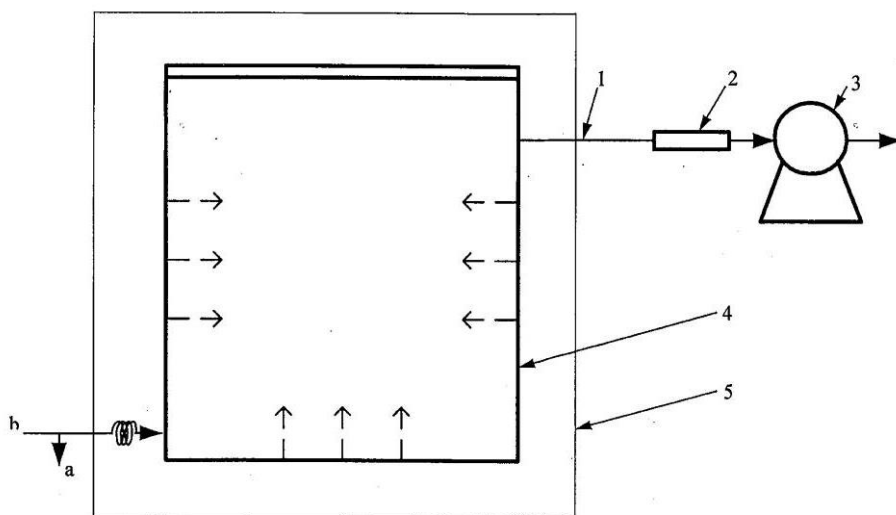


說明

- 1 乾淨空氣供應
- 2 空氣流量調節器
- 3 空氣流量計
- 4 微型容器
- 5 試片
- 6 密封材料
- 7 空氣採樣歧管(吸附劑管)
- a 空氣入口
- b 排氣出口

圖 1 試驗第一步之微型容器裝置類型圖例

CNS 16000-25:2016



說明

- 1 轉移線路
- 2 吸附劑管
- 3 採樣泵
- 4 微型容器
- 5 容器加熱裝置
- a 排氣線路
- b 惰性氣體入口

圖 2 試驗第二步之微型容器裝置類型圖例

6.3 表面積比例

試片表面積與微型容器內表面積之比例應為 0.15 ± 0.0075 。

備考：此範圍外之表面積比例可能會產生不同的量測結果。

6.4 氣密性

微型容器應有氣密條件，使其與未控制的外部空氣間的換氣降至最低。

逸散試驗容器在比大氣壓力稍高的壓力下操作，以避免受到實驗室大氣之影響。

備考：在試驗期間將實驗室空氣之進入降至最低的方法之一為確保微型容器內的些微正壓。達成此方式之一為以比離開微型容器抽氣採樣率快約 50 % 的速率將空氣供應至微型容器。如遵照此方法，可以在空氣正要進入微型容器時，安裝排氣線路，使得可以從緊臨試驗場所排出過量的空氣。

6.5 空氣供應裝置

微型容器應配備流率控制裝置等，使得可以連續控制通風率至設定的數值。

CNS 16000-25:2016

6.6 試片之密封

試片之邊緣及背面應加以密封。應使用低逸散、低吸附的材料作密封物。

6.7 回收率及減弱效應(recovery and sink effect)

準確度 $\pm 10\%$ 以內之標的 SVOC 的標準溶液應予以製備，且應注入已知質量的此液於微型容器中。微型容器應加熱至 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，且應以類似於試驗的第二步之步驟將已脫附化合物捕集於吸附劑管內。應將相同質量的標準溶液直接注入另一吸附劑管中。吸附於吸附劑管之標的化合物應以熱脫附與氣相層析－質譜(TD-GC/MS)加以測定。從標準品加入微型容器與直接注入所得結果之比例應作為回收率。回收比例應大於 80% 。回收率試驗的結果應在試驗報告中敘明為預期濃度對量測濃度。

備考：減弱效應、洩漏或差的校正會使最低要求難以達成。減弱效應與吸附特性相當容易受到逸散化合物類型的影響。使用具不同分子量及極性之標的 SVOCs 之額外回收率試驗可以用來增加對此等效應的瞭解。

6.8 空氣純化裝置

應使用空氣純化裝置或從乾淨空氣鋼瓶，以提供乾淨空氣，使得供應至微型容器之空氣為儘可能純淨。8.3 規定其污染程度。

6.9 溫度及濕度控制裝置

為了控制溫度，應將微型容器置於試驗場所中，如恆溫烘箱，其可將微型容器維持於所需溫度。

在試驗的第一步應藉著混合乾燥空氣與在所要求濕度的空氣來控制相對濕度。溫度與濕度應以溫度與濕度控制系統加以獨立監測，且微型容器內應防止露水之凝結。增濕用的水須為純淨，無 SVOCs。8.3 規定其污染程度。

6.10 流量計

應於微型容器出口安裝流量計，以量測微型容器內的正確通風率。

6.11 恆溫烘箱

溫度範圍須在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 與 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之間

恆溫烘箱的溫度須控制於 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 準確度內，且溫度分布之準確度為 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.12 採樣泵

泵須控制於 $\pm 10\%$ 準確度以內。如使用轉移線路，長度應儘可能短，以維持與微型容器相同的溫度。轉移線路(出口線路)應使用低吸附性材料。

6.13 微型容器加熱用烘箱

為防止 SVOC 之氧化，須使用惰性氣體。加熱裝置應能維持微型容器之溫度於約 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

空氣供應線路也應維持於規定溫度。

備考：如能證明關注的 SVOC 化合物在熱脫附期間不會於空氣中氧化，則可以使用純的乾燥空氣，而非惰性氣體。

CNS 16000-25:2016

7. 裝置與材料

為執行逸散試驗所需設備如下列所示。

- (a) 微型容器，依 6.2 規定。
- (b) 空氣供應裝置，依 6.5 規定。
- (c) 密封試片之背面及邊緣之材料，依 6.6 規定。
- (d) 空氣純化裝置，依 6.8 規定。
- (e) 流量計，依 6.10 規定。
- (f) 溫度及濕度控制裝置，依 6.9 規定。
- (g) 加熱微型容器之裝置，依 6.13 規定。
- (h) 吸附劑及試樣管。
- (i) 分析儀器，滯留在吸附劑管之 SVOC 應使用 CNS 16000-6 與 ISO 16017-1 所規定的熱脫附裝置(TD)與氣相層析儀(GC)(火焰離子化或質譜偵檢)予以分析。

8. 試驗條件

8.1 第一步試驗之溫度及濕度

用於歐洲與北美洲之產品在逸散試驗期間，應於溫度(23 ± 2) °C，相對空氣濕度(50 ± 5) % RH 進行試驗。

在其他氣候條件使用的產品，可以使用其他溫度與空氣濕度條件，宜依 ISO 554 之規定。

8.2 第二步試驗之溫度條件

在以室內條件下的惰性氣體完全取代微型容器內之空氣後，微型容器溫度應從室溫提高至 200 °C 與 220 °C 間，然後維持於 200 °C 至 220 °C 約 40 min。

在本部分試驗前，須從微型容器取出試片。必須依據標的 SVOC 之物理化學性質與回收率，將第二步試驗的加熱溫度納入考量。

8.3 供應空氣品質及背景濃度

供應空氣所含任何 SVOCs 濃度應不高於微型容器之背景濃度要求。

背景濃度應足夠低，而不會干擾到品質保證限度以外的逸散測定。

任何單一標的 SVOC 之背景濃度應低於 50 ng/m³。

增濕所用的水應不含有會干擾分析或損及背景濃度之 SVOCs 濃度。

8.4 單位面積空氣流率

對不同類型的微型容器(參照附錄 B 及附錄 C)之試驗已證明單位面積空氣流率並非絕對重要。惟此參數須不設定低於 0.15 m/h，以維持與實際情況之關聯性。

9. 試驗條件之查證

9.1 一般

所有管制措施應可依據品質保證與品質管制計畫追溯至驗證的標準(參照附錄 A)。

9.2 溫度及相對空氣濕度控制系統

可將微型容器放置於已控制在規定溫度的場所來控制溫度。

CNS 16000-25:2016

可藉具有如內建供應空氣之濕度控制的各種系統來控制相對空氣濕度與溫度。

9.3 微型容器之試驗條件

應使用符合下列準確度之儀器來量測溫度、相對濕度及空氣流率。

- 溫度： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。
- 相對空氣濕度： $\pm 5\%$ 。
- 空氣流率： $\pm 3\%$ 。

9.4 第一步試驗之微型容器內空氣流率

在空氣採樣前，應使用經校正的氣體流量計對空氣流率加以檢查並重新調整。空氣流率的變化不得超過設定值之 $\pm 3\%$ 。微型容器內的空氣流速應保持恆定。

備考：如果試驗係以非永久安裝的氣體流量計來施行時，應注意流量計所引進的背壓可能會降低流經微型容器之流率。

9.5 微型容器之氣密性

逸散試驗開始前，應藉比較在入口埠與出口埠之空氣流率，以檢查微型容器之氣密性。在兩個場所之流率差異須不超過 5% 。

10. 試片

由放置於微型容器的建築產品之 SVOC 逸散研究，證明產品在試驗前需要適當的處理。

在完成逸散試驗的準備後，試樣須由運送的包裝取出，且試片須加以製備並安裝於微型容器內，試片安裝於微型容器內。

試片安裝於微型容器內的時間即為試驗的開始時間(時間， $t=0$)。

試片之邊緣及背面須以鋁箔或類似材料加以密封(參照 6.6)^{[8][11]}。

對待測產品加以採樣，在試驗前儲存試樣，並依 CNS 16000-11 所規定之步驟製備試片。

試片表面之處理，例：擦拭，可能會影響 SVOC 逸散性質。SVOC 之初始逸散可能易受已吸附在表面上的污染物之影響。

因此，適當的包裝與試樣之儲存為特別重要的考量。表面吸附污染物之初始影響可藉由擴延期間後的重複逸散試驗加以調查。

11. 微型容器之準備

微型容器應加以清洗，以滿足 8.3 之要求。在實驗開始前，須拆開微型容器並以蒸餾水及丙酮加以清洗。為揮發任何殘留的化學物質，將微型容器加熱至 250°C 以上。加熱後，使微型容器放冷至室內空氣溫度。

12. 試驗法

12.1 對照試驗中收集之質量(現場空白試驗)

使用乾淨微型容器的對照試驗(現場空白試樣)中收集之質量，與標的 SVOC 總質量相比，應低於 10% 。回收率應加以確認。從微型容器之分析物回收率，應依 6.7 加以量測。

CNS 16000-25:2016

12.2 第一步中微型容器內試片之位置

試片與微型容器內壁之間應無直接接觸，如圖 1 與圖 2 所示。

12.3 逸散試驗(第一步試驗)

應以事先界定的採樣時間，通常為 24 h，執行濃度量測。依試驗的目標，在額外時間捕集空氣可能為適當。用於濃度量測之採樣期間，應供應增濕的乾淨空氣(50 %RH)。

備考：對特定目的，在不同期間之逸散率可以使用相同步驟加以測定。

12.4 脫附試驗(第二步試驗)

在完成第一步逸散試驗後，由微型容器取出試片，並加熱微型容器。應使用另一經調節的吸附劑管於本部分試驗。供應惰性氣體，再加熱至 200 °C 以上。微型容器之採樣與通風須同時啟動。採樣時間須為 40 min 直至完成脫附。

13. 單位面積逸散率之計算及結果表示

使用公式(1)計算試片之單位面積逸散率。

$$q_{mA} = \left[\frac{m_1}{q_{V,c,t}} q_{VA} \right] + \frac{m_2}{At} = \frac{m_1 + m_2}{At} \dots\dots\dots(1)$$

式中之變數如第 4 節之定義。

14. 績效特性

本試驗方法，連同 CNS 16000-6 一起使用時，其空氣採樣與分析諸面向之績效特性，討論於 CNS 16000-6 與 ISO 16017-1 中。

15. 試驗報告

試驗報告應包含下列事項。

(a) 試驗實驗室

- (1) 實驗室名稱與地址。
- (2) 負責人姓名。

(b) 產品類型

- (1) 商標(如合適)。
- (2) 試樣選擇過程(採樣方法等)。
- (3) 產品履歷(製造日期、批次、送達實驗室日期、由包裝取出之日期與時間、試片製備日期與時間等)。

(c) 標的 SVOC 單位面積逸散率之測定結果，以 $\text{mg/m}^2 \cdot \text{h}$ 表示。

(d) 數據分析、指出由測得之總收集質量計算指定的比逸散率時所用的方法(數學模型與公式)。

(e) 試驗條件

- (1) 微型容器之條件(溫度、相對濕度、空氣流速)。
- (2) 試片面積、表面積比例及空氣流率。

CNS 16000-25:2016

- (3) 是否使用密封過程。
- (4) 對標的 SVOC 之採樣方法(所用吸附劑管、採樣質量、從放進微型容器之採樣期間及採樣的循環數等)。
- (f) 量測設備、包括所用裝置與方法之資訊(微型容器、密封材料、空氣純化裝置、溫度與濕度控制裝置、流量計、容器加熱裝置、取樣泵、分析儀器)
- (g) 品質保證與品質管制。
 - (1) 對照試驗中收集之質量與對標的 SVOC 之現場空白試驗。
 - (2) 標的 SVOC 之回收率數據。
 - (3) 所執行的量測次數。
 - (4) 如執行多重採樣，對每一情形之個別分析值。
 - (5) 對品質保證之溫度準確度、相對濕度及空氣流率報告。
- (h) 本標準總號。
- (i) 本標準未規定，或視為選擇性之所有操作細節，連同可能會影響試驗結果之任何意外的細節。

CNS 16000-25:2016

附錄 A
(規定)
品質保證/品質管制系統

A.1 一般

室內材料/產品有機逸散物之微型容器應在品質保證專案計畫(Quality Assurance Project Plan, QAPP)之架構內執行, QAPP 應包括計畫說明、數據品質目標/允收準則、QA/QC 方法/活動, 以及 QA/QC 稽核。

A.2 計畫說明

簡要說明應包括待測材料、試驗之執行方法以及各種計畫活動之負責人。計畫實驗設計應包含 QAPP 本部分之必要資訊。

A.3 數據品質目標/允收準則

QAPP 之本節界定每一量測參數之期望精密度、準確度及完整性。

A.4 QA/QC 方法/活動^[10]

可在 QAPP 中規定之 QA/QC 活動的類型包括記錄/筆記系統之建立以確保設備之適當操作及數據之紀錄^[14]。

- (a) 用以記錄材料的接收、儲存以及處置之試樣日誌。
- (b) GC 標準品製備日誌以記錄所有有機化合物質之製備。
- (c) 校正日誌以包括環境系統校正數據。
- (d) 儀器保養日誌以記錄所有設備之保養與修護。
- (e) 材料試驗日誌以記錄每一試驗之所有相關資訊, 包括試樣細節、試樣識別編號以及 GC 之識別編號。
- (f) 吸附劑管之清理與脫附日誌, 詳細記錄吸附劑匣之熱清理以及 QC 確認。
- (g) 單獨的電子日誌以記錄電子儲存數據之場所與內容。
- (h) 計畫所使用的所有設備之操作手冊。

QC 活動係由計畫人員以例行且一致的方式執行, 以使所有量測系統得以正常操作。這些活動可包括下列事項。

- 系統的例行保養與校正。
- GC 校正準確度與精密度之每日紀錄(即管制圖)。
- 加至所有試樣的內標準物回收百分率之適時監測。
- 重複試樣之收集與分析。
- 有機化合物收集的吸附劑管之 QC 檢查。
- 其他獨立來源所供應稽核氣體之定期分析。

A.5 QA/QC 稽核

最後, QA/QC 計畫應包括 QA 人員定期稽核以評估是否依照 QAPP 之制式紀錄表。

CNS 16000-25:2016

附錄 B

(參考)

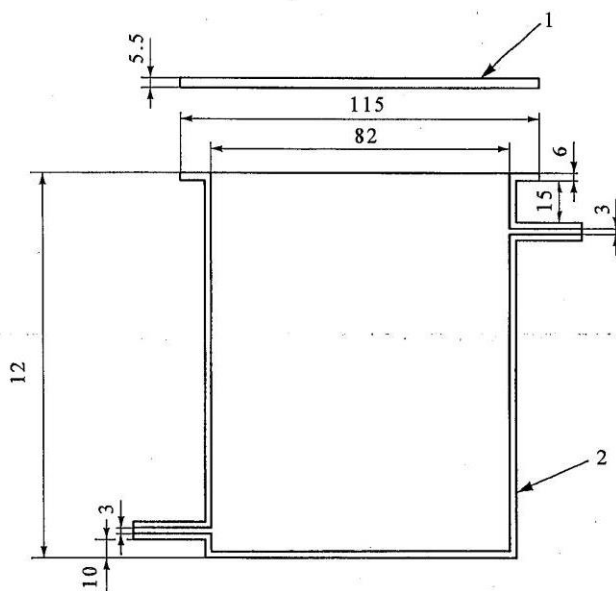
微型容器範例及步驟

B.1 容器構造及尺度

包含容器與蓋之微型容器範例如圖 B.1 所示。在此情形中，與 SVOC 接觸的部分係由玻璃製成，並行表面處理以方便脫附。此容器之容量為 630 mL，相對許可差為 $\pm 5\%$ 。其尺度如圖 B.1 所示。

微型容器之內部尺度與高度的比例，可依 B.4 提供的數據加以改變。具此尺度之微型容器已在比較研究獲得確證。其他尺度的微型容器與其他體積可能會導致不同的量測結果。

單位：mm



說明

- 1 蓋
- 2 容器

圖 B.1 微型容器之尺度圖例

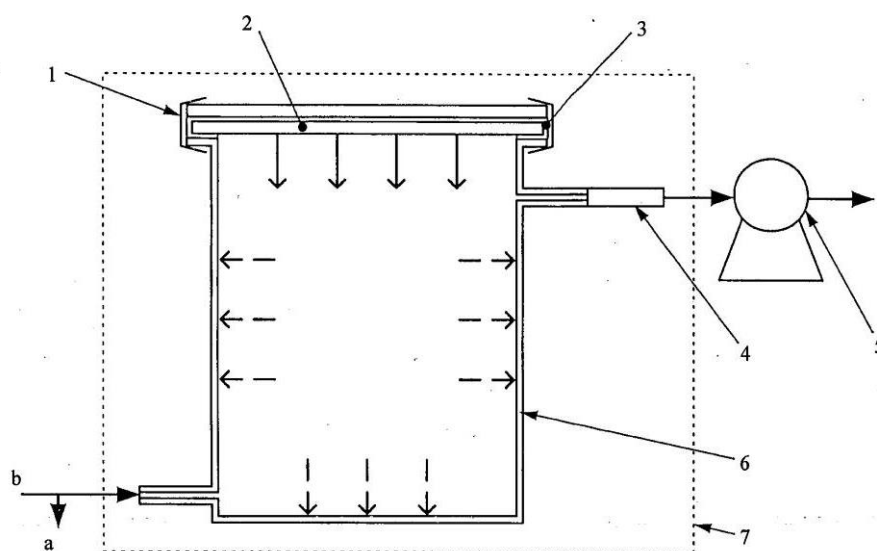
CNS 16000-25:2016

B.2 逸散試驗(第一步試驗)

典型的操作條件如下。

- 第一部之持續時間為 24 h。
- 空氣流率為 1.2 L/h (20 mL/min)。
- 泵流率為 0.9 L/h (15 mL/min)。

典型的試驗配置如圖 B.2 所示。



說明

- 1 夾具
- 2 試片
- 3 密封材料
- 4 吸附劑管(容器內捕集空氣)
- 5 採樣泵
- 6 微型容器
- 7 恆溫烘箱
- a 排氣線路
- b 濕度控制之潔淨空氣[(50±5) % RH]入口

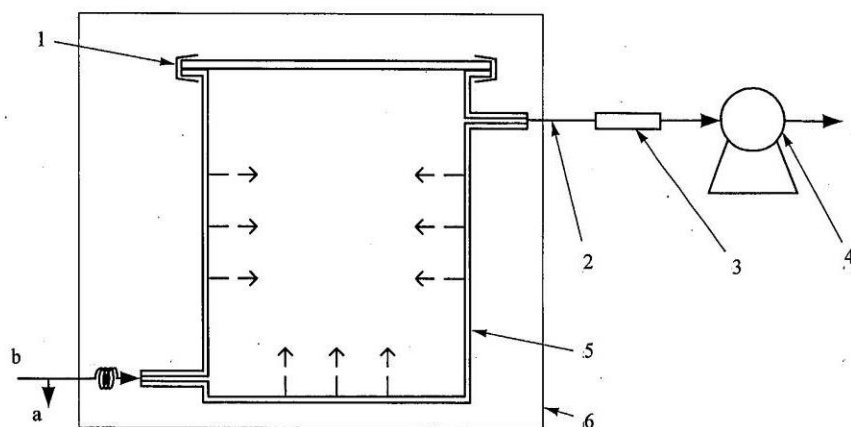
圖 B.2 逸散試驗(第一步試驗)圖例

CNS 16000-25:2016

B.3 脫附試驗(第二步試驗)

試驗前，由微型容器取出試片。在此範例中，於熱脫附步驟中，將微型容器在烘箱內加熱。其係從周遭溫度以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 至 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 速率間加熱至 $(200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $220\text{ }^{\circ}\text{C})$ ，並維持在此溫度 40 min 。

典型的入口氣體流為 5.4 L/h (90 mL/min)，且典型的泵流率為 3.6 L/h (60 mL/min)。吸附在容器內壁上的 SVOC 之熱脫附過程如圖 B.3 所示。



說明

- 1 夾具
- 2 轉移線路[隨時維持在 $(200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $220\text{ }^{\circ}\text{C})$ 以上的保持溫度]
- 3 吸附劑管[從容器內壁熱脫附的 SVOC 之採樣]
- 4 採樣泵
- 5 微型容器
- 6 容器加熱裝置 $(200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $220\text{ }^{\circ}\text{C})$
- a 排氣線路
- b 惰性氣體(He 或 N_2)入口

圖 B.3 脫附試驗(第二步試驗)圖例

B.4 藉檢查微型容器中的差異查證單位面積逸散率

本節之目的係在以不同形狀的微型容器展現對試樣之單位面積逸散率之測定。

查證試驗所用的兩種微型容器之規格如表 B.1 所示。PVC 壁紙為 SVOC 之逸散源。

每一微型容器所測得之單位面積逸散率如表 B.2 所示。

CNS 16000-25:2016

表 B.1 兩類微型/容器之規格

調查條件	微型容器 A 類	微型容器 B 類
微型容器之內部尺度(mm)	φ82×120	φ123×53
微型容器之有效容量(mL)	630 (633)	630 (629)
微型容器內玻璃之面積(側面)(m ²)	0.0309	0.0205
微型容器內玻璃之面積(底部)(m ²)	0.0053	0.0119
微型容器內玻璃之總面積(m ²)	0.0415	0.0443
試片表面積(A)(m ²)	0.0053	0.0059
微型容器內之有效吸收玻璃面積($A_{g,eff}$)(m ²)	0.0362	0.0384
微型容器之空氣流($q_{v,c}$)(m ³ /h)	0.0009	0.0009
表面積比例： $A/A_{g,eff}$	0.15	0.15
單位面積空氣流率： $q_{v,c}/A$	0.17	0.15

表 B.2 兩類微型容器所測得之單位面積逸散率

結果	微型容器 A 類	微型容器 B 類
第一步採樣		
DEHP 之質量(μg)	<0.01	<0.01
DEHP 之單位面積逸散率(μg/m ² ·h)	<0.1	<0.1
第二步採樣		
DEHP 之質量(μg)	0.64	0.57
DEHP 之單位面積逸散率(μg/m ² ·h)	5.0	4.0

CNS 16000-25:2016

附錄 C

(參考)

微型容器回收率量測方法範例

C.1 標準溶液之注入

本附錄提供微型容器回收率量測方法之範例^{[8][11][12][13]}。在將微型容器放置於烘箱內前，取出容器之出口線路。注入體積 1 μL 至 5 μL 的 SVOC 標準溶液，其為含有 100 ng 至 500 ng 下列物質之丙酮溶液：

D6 (十二甲基環己矽氧烷)。

BHT (丁基化羥基甲苯)。

TCEP (磷酸三-2-乙基己酯)。

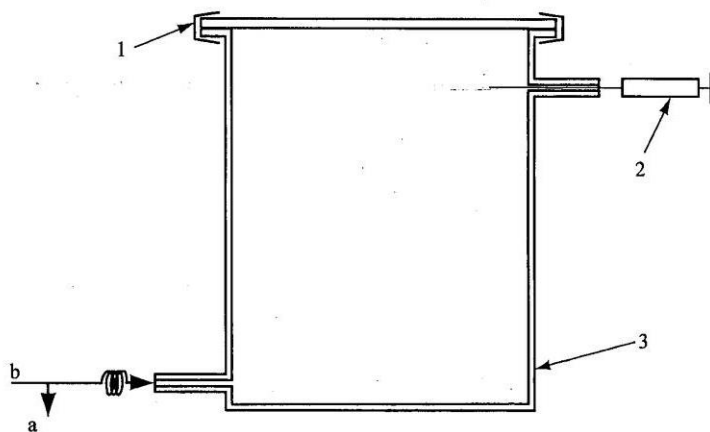
DBP (鄰苯二甲酸丁二酯)。

DOA (己二酸二-2-乙基己酯)。

DEHP (鄰苯二甲酸二-2-乙基己酯)。

DINP (鄰苯二甲酸二異壬酯)。

使用微量注射器將其注入微型容器中。為防止在此步驟期間，空氣之洩漏於容器中，引進稍高於周遭壓力的 He 或 N_2 於微型容器內(圖 C.1)。



說明

1 夾具

2 微量注射器

3 微型容器

a 排氣線路

b 惰性氣體(He 或 N_2)入口

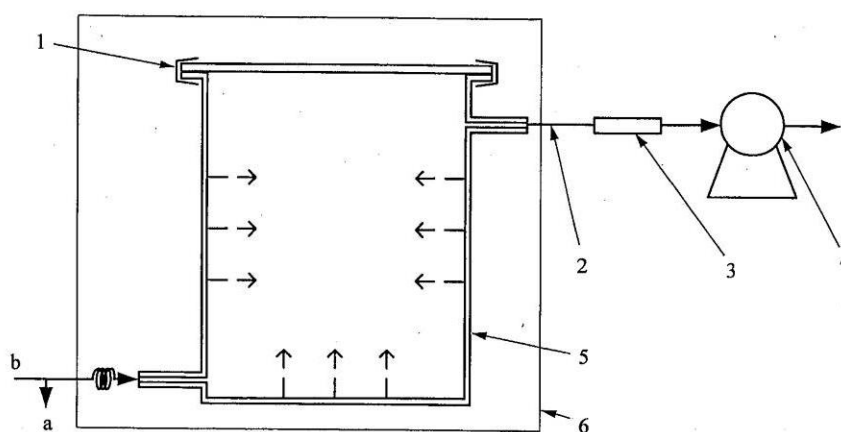
圖 C.1 微型容器內回收率量測第一步圖例

CNS 16000-25:2016

C.2 加熱及採樣

同時啟動加熱與採樣。以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 至 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 之速率，將微型容器(圖 C.2)加熱裝置的溫度由室溫增加至 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，並維持在該溫度 40 min 。採樣後，以 TD-GC/MS 測定吸附於裝填在吸附劑管內的 Tenax TA⁽¹⁾之化合物。

註⁽¹⁾ Tenax TA[®]為 supelco 公司所製造產品之商標。本資訊係為本標準使用者之方便，而並非本標準對該產品之背書。可獲致相同結果之同等產品也可以使用。



說明

- 1 夾具
- 2 轉移線路
- 3 吸附劑管
- 4 採樣泵
- 5 微型容器
- 6 容器加熱裝置($200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- a 排氣線路
- b 惰性氣體(He 或 N_2)入口

圖 C.2 微型容器內回收率量測第二步圖例

CNS 16000-25:2016

C.3 回收率之確認

直接注入與加至微型容器(C.1)的相似體積之 SVOC 標準溶液於裝填有 Tenax TA[®] 之吸附劑管內。以 TD-GC/MS 測定吸附至裝填物上之成分。將每一化合物測得之值作為 100 %。從加標準液於微型容器所得結果(C.1 與 C.2)對從直接注入所得結果之比例作為回收率。

CNS 16000-25:2016

附錄 D
(參考)
試片之選擇

D.1 從片、鑲板及板狀產品之試片選擇

選擇片、鑲板及板狀產品的中央部位作為試片之切割位置。

D.2 從捲狀產品選擇試片

從捲狀產品移除包裝，並選擇試樣中央的適當部分。

選擇試片，使其包含構成樣式之大的顏色質體。

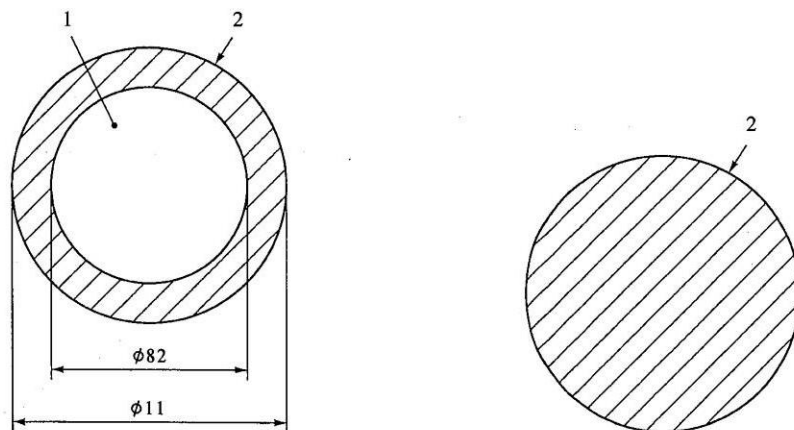
D.3 從接著型及油漆型產品選擇試片

對在使用中會蒸發的建築產品(液態接著劑與油漆)，藉由在玻璃板、鋁板或類似者塗覆產品，以製備試片。

D.4 試片之密封

以鋁箔或類似物品密封試片之邊緣與背面。試片密封的範例如圖 D.1 與圖 D.2 所示。

單位：mm



說明

- 1 量測之表面
- 2 鋁箔

圖 D.1 密封試片之原則圖例

CNS 16000-25:2016

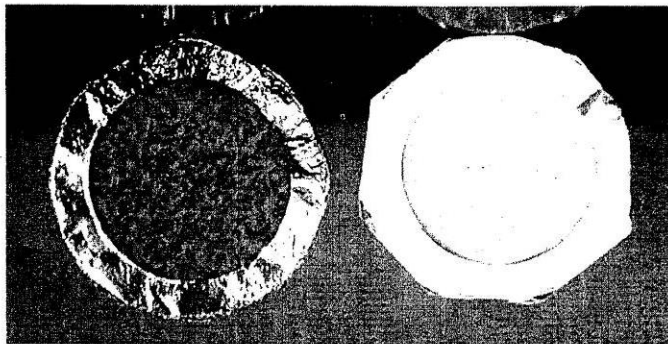


圖 D.2 經密封試片之範例

CNS 16000-25:2016

參考資料

- [1] CNS 15676-1 道路車輛內部空氣－第 1 部：整車試驗室－車廂內部揮發性有機化合物測定法
- [2] CNS 15676-2 道路車輛內部空氣－第 2 部：車輛內部零件與材料之揮發性有機化合物逸散量篩檢測定法－採樣袋法
- [3] CNS 15676-3 道路車輛內部空氣－第 3 部：車輛內部零件與材料之揮發性有機化合物逸散量篩檢測定法－微型試驗箱法
- [4] ISO 12219-4 Indoor air of road vehicles – Part 4: Determination of the emissions of volatile organic compounds from car trim components – Small chamber method
- [5] ISO 12219-5 Indoor air of road vehicles – Part 5: Screening method for the determination of emissions of volatile organic compounds (VOC) from car trim components – Static chamber method
- [6] ISO 16017-1 Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 1: Pumped sampling
- [7] ISO 16017-2 Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 2: Diffusive sampling
- [8] HOSHINO, K., KATO, S., ATAKA, Y. Confirming the changes of an emission rate of DEHP from the PVC wallpaper when changing the environmental factors – Study on measurement of di-2-ethylhexyl phthalate emissions from building products by micro chamber method (part 2). J. Environ. Eng. (Trans. AIJ) 2007,(618), pp. 69-75
- [9] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Indoor air quality: Organic pollutants. Copenhagen: WHO, Regional Office for Europe. 70 p. (EURO Reports and Studies No. 111)
- [10] HOSHINO, K., IMANAKA, T., IWASAKI, T., KATO, S. Study on measurement of semi-volatile organic compounds (SVOCs) emitted from indoor materials and products using glass test chamber. In: Levin, H., editor. Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate – Indoor Air 2002, Vol. 2, pp. 950-954. 2002. Available (viewed 2011-06-08)
at:http://venus.iis.u-tokyo.ac.jp/doc_happyo/database_pdf/2002/0207k03.pdf
- [11] HOSHINO, K., KATO, S., ATAKA, Y. Study on measurement of di-2-ethylhexyl phthalate emissions from building products by the micro chamber method. J. Environ. Eng. (Trans. AIJ) 2006, (604), pp.51-55
- [12] HOSHINO, K., TATSU, K., MORIMOTO, M., TANABE, S. Measurement of semi-volatile organic compounds (SVOCs) in vehicle cabin – The second report. In: Book of Abstracts FISITA 2006 World Automotive Congress (Yokohama), 2006-10, p. 438

CNS 16000-25:2016

- [13] HOSHINO, K., KATO, S., ZHU, Q., ATAKA, Y. Performance evaluation of SVOC emitted from materials and products using thermal desorption test chamber method J. Environ. Eng. (Trans. AIJ)2005, (596), pp. 53-59
- [14] TICHENOR, B.A. Indoor air sources; Using small environmental emission test chambers to characterize organic emissions from indoor materials and products, Section 7. Air and Energy Engineering Research Laboratory, US Environmental Protection Agency, 1989. (EPA-600 8-89-074.)

相對應國際標準

ISO 16000-25:2011 Indoor air – Part 25: Determination of the emission of semi-volatile organic compounds by building products – Micro-chamber method

ICS 97.200.50

- 1 -

中華民國國家標準	塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類 塑化劑試驗法－氣相層析法	總號	1 5 1 3 8
CNS		類號	Z 8 1 3 9
Method of test for determination of plasticizers in plastic products – Gas chromatography			
目 錄			
節次			頁次
前言			2
1. 適用範圍			3
2. 引用標準			3
3. 原理			3
4. 儀器			3
5. 試藥			3
6. 試驗法			3
6.1 採樣			3
6.2 試驗液調製			3
6.3 檢量線製備			4
6.4 試驗			4
6.5 計算			4
7. 試驗報告			4

印行年月 101 年 12 月

本標準非經本局同意不得翻印

CNS 15138, Z 8139

-2-

前言

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。CNS 15138:2007 已經修訂並由本標準取代。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

1. 適用範圍

本標準規定塑膠製品中含有鄰苯二甲酸二甲酯(DMP)、鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)、鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯(BBP)、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)、鄰苯二甲酸二辛酯(DNOP)、鄰苯二甲酸二異壬酯(DINP)、鄰苯二甲酸二異癸酯(DIDP)等 8 種鄰苯二甲酸酯類塑化劑(亦稱可塑劑)及其混合物含量之試驗法, 以協助 CNS 15138-1 之 GC/MS 方法做樣品篩選及樣品前處理方式之決定。

備考: 鄰苯二甲酸之學名為酞酸; 鄰苯二甲酸丁基苯甲酯之學名為鄰苯二甲酸苳丁酯。

2. 引用標準

下列標準因本標準所引用, 成為本標準之一部分。下列引用標準適用最新版(包括補充增修)。

CNS 15138-1 塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法—第 1 部: 氣相層析質譜法

3. 原理

以二乙醚溶劑萃取塑膠製品中的塑化劑, 再以氣相層析法或氣相層析質譜法分離定量分析。

4. 儀器

儀器依下列規定。

- (a) 左司勒玻璃萃取裝置(Soxhlet extractors)。
- (b) 氣相層析儀: 附火焰離子偵檢器(FID); 具備管端注射及分流—非分流式注射器之完整配備的氣相層析儀分析系統, 及所有附件配備, 包括偵測器、分析管柱、記錄器、氣體、及注射針。具備數據處理系統, 可量測波峰高度及/或波峰面積者。
- (c) 分析天平: 可精秤至 0.1 mg。

備考: 鄰苯二甲酸酯類是實驗室內常見的污染物, 試藥、溶劑或玻璃器皿等均可能為鄰苯二甲酸酯類污染, 而造成干擾, 因此分析過程中, 避免使用塑膠器皿, 以防止鄰苯二甲酸酯類的污染。此外, 玻璃器皿必須徹底清潔, 玻璃器皿於使用前, 必須放在高溫爐中以 400℃ 烘烤 2 至 4 小時, 或以層析級溶劑淋洗。

5. 試藥

試藥依下列規定。

- (a) 二乙醚: 試藥級。
- (b) 正庚烷: 試藥級。
- (c) DMP、DEP、DEHP、DBP、BBP、DINP、DIDP、DNOP: 試藥級, 純度 96% 以上。

6. 試驗法

6.1 採樣

採取塑膠製品試體約 10 g, 粉碎製成 1 mm×1 mm×1 mm 以下之小顆粒, 作為試樣。

6.2 試驗液調製

秤取約 5.0 g 試樣, 精確至 0.1 mg, 放入圓筒濾紙, 裝入左司勒玻璃萃取裝置, 加入約 250 mL 二乙醚, 調整加熱溫度, 使溶劑由冷凝管滴下之速率為每秒 2-3 滴, 迴流萃取至少 6 小時, 收集萃取液, 再加入約 250 mL 新鮮二乙醚, 調整加熱溫度, 使溶劑由冷凝管滴下之速率為每秒 2-3 滴, 迴流萃取至少 6 小時, 合併收集 2 次

CNS 15138, Z 8139

-4-

迴流萃取液，蒸去二乙醚，秤量殘留之萃取物，計算殘留萃取物含量百分率(%)。
以分析天平精確秤取約 0.0200 g 萃取物，置於 10 mL 量瓶中，以正庚烷稀釋定容至標線，加蓋密封後，充分混合均勻，作為試驗液。

6.3 檢量線製備

分別秤取約 2.0 g 鄰苯二甲酸酯類試藥，精確至 0.1 mg，各置於 100 mL 定量燒瓶中，以正庚烷溶解並稀釋至 100 mL，作為標準溶液，分別量取標準溶液 0.5 mL、1.25 mL、2.5 mL、5.0 mL、10.0 mL，各置於 100 mL 定量燒瓶內，再以正庚烷稀釋至總容積 100 mL，使濃度分別為 100 mg/L、250 mg/L、500 mg/L、1,000 mg/L、2,000 mg/L，製作成檢量線。

6.4 試驗

精確量取 2 μ L 試驗液，注入氣相層析儀，依表 1 氣相層析試驗基本操作條件進行氣相層析，表中參數得視使用之儀器型式不同而修正，但須以檢量線、標準品、標準添加法等各種品管方法校正，檢量線之線性相關係數須在 0.995 以上。記錄層析圖譜之波峰面積。從試驗液所得之氣相層析圖顯示各波峰之滯留時間、波峰面積等數據，與已知濃度標準溶液之氣相層析圖數據比較之。

6.5 計算

依檢量線求出試驗液中塑化劑之濃度(μ g/mL)，並依下列公式計算製品中塑化劑含量百分比(%)。

$$\text{塑化劑含量百分比(\%)} = C \times V \times 10^{-6} \times \frac{P}{M}$$

式中，C：由檢量線求得塑化劑濃度(μ g/mL)

V：試驗液體積(mL)

P：萃取物含量百分率(%)

M：萃取物之取樣量(g)

7. 試驗報告

試驗報告應包含下列各項目。

- (a) 樣品名稱。
- (b) 儀器類型。
- (c) 管柱特性(材料、溫度)。
- (d) 注入系統特性(分流率及溫度)。
- (e) 偵檢器特性(類型及溫度)。
- (f) 載氣、補充氣體及流速。
- (g) 塑化劑含量百分比(%)。

表 1 氣相層析試驗分析條件

項目	分析條件
偵檢器	火焰離子偵檢器
層析管	30 m×0.53 mm 內徑之熔融矽石毛細管柱，內含 5 苯基(phenyl)/95 %矽甲烷(methyl silicone)，(DB-5，J & W Scientific 或同級品)，1.5 μm 膜厚。
管柱溫度	起始溫度：150℃，保持 0.5 min 升溫設定：150℃，以 5℃/min 升溫至 220℃， 自 220℃以 3℃/min 升溫至 275℃ 最終溫度：275℃，保持 13 min
流速	載氣：氮氣，6 mL/min 補充氣體：氮氣，19 mL/min
注入器溫度	250℃
注入體積	2 μL
偵檢器溫度	300℃
空氣流速	300 mL/min
氫氣(H ₂)流速	30 mL/min

ICS 97.200.50

— 1 —

中華民國國家標準		塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類塑化劑 試驗法－第 1 部：氣相層析質譜法	總號	15138-1
CNS			類號	Z8139-1
Method of test for determination of phthalates plasticizers in plastic products － Part 1: Gas chromatography/mass spectrometry				
目 錄				
節 次		頁 次		
前言		2		
1. 適用範圍		3		
2. 原理		3		
3. 儀器		4		
4. 試藥		4		
5. 步驟		5		
5.1 採樣		5		
5.2 樣品處理		5		
5.3 上機分析		5		
5.4 結果分析		9		
5.5 品質管制		10		
5.6 精密度與準確度		11		
6. 試驗報告		12		

CNS 15138-1, Z 8139-1

-2-

前言

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

1. 適用範圍

本標準規定塑膠製品中含有鄰苯二甲酸二甲酯(DMP)、鄰苯二甲酸二乙酯(DEP)、鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯(BBP)、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)、鄰苯二甲酸二辛酯(DNOP)、鄰苯二甲酸二異壬酯(DINP)、鄰苯二甲酸二異癸酯(DIDP)等 8 種(如表 1)鄰苯二甲酸酯類塑化劑(亦稱可塑劑)及其混合物含量之試驗法。

本方法適用於檢測塑膠原物料、含塑膠之成品、玩具及塑膠廢棄物等鄰苯二甲酸酯類毒性化學物質之檢測，其他鄰苯二甲酸酯類化合物，經驗證且符合本方法之品管要求，亦適用之。

備考：鄰苯二甲酸之學名為酞酸；鄰苯二甲酸丁基苯甲酯之學名為鄰苯二甲酸苄丁酯。

表 1 鄰苯二甲酸酯類一覽表

化合物名稱	CAS No.
鄰苯二甲酸二甲酯 (dimethyl phthalate, DMP)	131-11-3
鄰苯二甲酸二乙酯 (diethyl phthalate, DEP)	84-66-2
鄰苯二甲酸二丁酯 (dibutyl phthalate, DBP)	84-74-2
鄰苯二甲酸丁基苯甲酯 (benzyl butyl phthalate, BBP)	85-68-7
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (di (2-ethylhexyl)phthalate, DEHP)	117-81-7
鄰苯二甲酸二辛酯 (di-n-octyl phthalate, DNOP)	117-84-0
鄰苯二甲酸二異壬酯 (di-isononyl phthalate, DINP)	28553-12-0 68515-48-0
鄰苯二甲酸二異癸酯 (di-isodecyl phthalate, DIDP)	26761-40-0 68515-49-1
備考：其他鄰苯二甲酸酯類請參考最新公告毒性化學物質一覽表，亦可使用本方法檢測，但須自行驗證。	

2. 原理

以四氫呋喃(tetrahydrofuran, THF)經超音波震盪萃取後，再加入正己烷萃取塑膠製品中的塑化劑，再以氣相層析質譜法(gas chromatography/mass spectrometry, GC/MS)分離定量分析。

3. 儀器

儀器應依下列規定。

- (a) 分析天平：可精秤至 0.1 mg。
- (b) 微量注射針：10 μ L、25 μ L、100 μ L、500 μ L 或管端為玻璃材質之微量移液管。
- (c) 破碎設施：例如銼刀低溫冷凍研磨器(cryogenic-mill)，如 SPEX sampleprep 6750 freezer mill 冷凍磁石研磨器或其他具類似功能者。
- (d) 液態氮。
- (e) 上機用樣品瓶：1.8 mL 或其他適當大小，瓶蓋附鐵氟龍墊片玻璃瓶。
- (f) 玻璃樣品瓶：40 mL 或其他適當大小，瓶蓋附鐵氟龍墊片。
- (g) 玻璃棉：使用前依序以二氯甲烷及正己烷浸泡淋洗，以氮氣吹乾後置於褐色瓶內備用，亦可使用市售清洗過之玻璃棉。
- (h) 聚四氟乙烯(PTFE)濾膜：0.45 μ m，25 mm 或同級品。
- (i) 氮氣及氬氣：純度為 99.999 % 以上，可使用去水、去有機物及去氧裝置淨化之。
- (j) 氮氣吹乾裝置。
- (k) 超音波洗淨器或震盪器：功率大於 300 Watt 之超音波洗淨器或震盪器。
- (l) 氣相層析/質譜儀(GC/MS)系統。
 - (1) 氣相層析儀：具升溫程式系統及進樣分流裝置。
 - (2) 層析管柱：DB-5MS 或 ZB-5MS，30 m(長) $\times$ 0.25 mm(內徑)，膜厚 0.25 μ m 的毛細管柱或同級品。
 - (3) 質譜儀：具每秒掃描 45 至 450 amu 及使用 70 電子伏特能量撞擊，且注射 5 至 50 ng DFTPP，並具有掃描模式(Scan)及選擇離子監測模式(SIM)之功能。
 - (4) 數據處理：應有檢測數據處理及定量的軟體，並附有 NIST 的圖譜資料庫或類似資料庫以為比對。

備考：鄰苯二甲酸酯類是實驗室內常見的污染物，試藥、溶劑或玻璃器皿等均可能為鄰苯二甲酸酯類污染，而造成干擾，因此分析過程中，避免使用塑膠器皿，以防止鄰苯二甲酸酯類的污染。此外，玻璃器皿必須徹底清潔，玻璃器皿於使用前，必須放在高溫爐中以 400 $^{\circ}$ C 烘烤 2 至 4 小時，或以層析級溶劑淋洗。

4. 試藥

試藥應依下列規定。

- (a) 四氫呋喃(tetrahydrofuran, THF)：殘量級或同級品。
- (b) 正己烷(n-hexane)：殘量級或同級品。
- (c) 環己烷(cyclohexane)：殘量級或同級品。
- (d) 質譜儀校正標準溶液：以正己烷或適當溶劑，配製 5 mg/L 至 50 mg/L 的 DFTPP(decafluorotriphenyl phosphine)溶液，使用較靈敏儀器則可降低濃度。
- (e) 檢量線標準品。
- (f) 儲備標準溶液：標準溶液可用高純度標準品配製或市售經認可之溶液。
 - (1) 精秤約 0.0100 g 之高純度標準品，以正己烷或適當溶劑溶解此標準品於 10 mL 的定量瓶中，並定容至刻度；亦可使用市售已製備好之工作標準溶液。

(2) 將儲備標準溶液移至襯有鐵氟龍墊片之螺旋蓋樣品瓶中，貯存在 -10°C 以下，並避免光線照射；分析員應經常檢查儲備標準溶液有無衰退或溶劑蒸發的跡象，尤其是每次在使用此標準溶液建立檢量線前應格外注意。

(g) 中間標準溶液之配製：將儲備標準溶液以正己烷或適當溶劑稀釋，配製成所需之單一或混合化合物之中間標準溶液。

(h) 內標準品：如 benzyl Benzoate(BB)，上機時在每個樣品中添加適量的內標準品，使每個內標準品的注入量約為 $20\text{ ng} \sim 40\text{ ng}$ ，使用較靈敏儀器則可降低注入量。

(i) 檢量線標準溶液：取中間標準溶液，配製至少 5 種不同濃度之標準溶液，並添加適量內標準品；本方法建議檢量線濃度可用掃描模式或離子監測模式為之，其注入量為 $10\text{ ng} \sim 250\text{ ng}$ 之間，但若欲分析鄰苯二甲酸二異壬酯(DINP)及鄰苯二甲酸二異癸酯(DIDP)之混合物時，該等濃度可視需要適度提高，此兩項在同一點檢量線之配製濃度建議為其他化合物 10 倍為宜⁽¹⁾。

(j) 第二來源標準品：可自行配製或市售含鄰苯二甲酸酯類之 CRMs 樣品。

註⁽¹⁾ 鄰苯二甲酸二異壬酯(di-isnonyl phthalate, DINP)及鄰苯二甲酸二異癸酯(di-isodecyl phthalate, DIDP)之標準品有單支波峰及多波峰之別，購置時宜多注意。

5. 步驟

5.1 採樣

採取塑膠製品試樣約 10 g ，直接剪碎或破碎至直徑約 2 mm 以下，收集於試樣瓶中備用。

5.2 樣品處理

秤取約 0.5 g (或適量樣品 W)，置入具 PTFE 襯墊旋蓋之 40 mL 玻璃瓶中，加入 5 mL THF，置於超音波震盪器震盪 30 min ，觀察是否完全溶解，若尚未完全溶解，重複前述程序一次，最多以 2 小時為限。加入正己烷 10 mL (添加量依每 5 mL THF 加入正己烷 10 mL 比例添加)，至少震盪混合 5 min 。取適量萃取液以 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ PTFE 濾膜過濾萃取液。

5.3 上機分析

在 1.8 mL 上機樣品瓶置入內填充瓶(insert vial)，分別注入取經過濾之濾液 0.2 mL 與適量內標準品，使樣品與檢量線標準溶液中內標準品濃度相同，以 GC/MS 上機分析。若樣品中含干擾物，致使化合物無法以原設定之定量離子定量時，應以其他較強且不受干擾之次要離子重新計算其感應因子，再加以定量；若樣品所含物質嚴重干擾分析，造成待測物無法定性與定量時，則樣品需經適當淨化步驟以去除干擾物，再重新分析。

5.3.1 氣相層析質譜儀條件

氣相層析質譜儀條件依下列所示。

(a) 氣相層析儀

起始溫度： 50°C 保持 1 min 。

升溫過程：以 $30^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 從 50°C 升溫至 280°C 。

CNS 15138-1, Z 8139-1

-6-

再以 15°C/min 從 280°C 升溫至 300°C，維持 10 min。

注入口溫度：290°C。

傳輸管溫度：280°C。

載送氣體及流速：高純度氮氣，1 mL/min。

分流比率：1:1。

分流時間：0.6 min 後開始分流。

進樣量：1 µL。

(b) 質譜儀

離子化方式：70 eV 能量撞擊。

掃描速率：>1 次/秒。

可以掃描模式或選擇離子監測模式進行分析，選擇離子監測模式時，其監測離子條件如表 3。

5.3.2 績效測試及建立檢量線

績效測試及建立檢量線依下列所示。

(a) DFTPP 績效測試：以氣相層析質譜儀進行分析前，應先分析 50 ng 或更小量之 DFTPP，所得質譜必需符合表 2 的要求。

(b) 配製至少 5 種不同濃度之檢量線標準溶液，注入氣相層析質譜儀，分析完成後，依照表 3 所列之化合物之定量離子，對應其對應內標準品，以下列公式計算各化合物在五種不同濃度中的感應因子(response factor, RF)。

$$RF = \frac{A_x \times C_{is}}{A_{is} \times C_x}$$

式中， A_x ：化合物定量離子尖峰面積

A_{is} ：對應之內標準品定量離子尖峰面積

C_x ：化合物在測定樣品溶液中的濃度(µg/mL)

C_{is} ：內標準品在測定樣品溶液中的濃度(µg/mL)

由上述求得之 RF 再算出每一化合物的平均感應因子($\overline{RF}$)、標準差(SD)及相對標準差百分比 RSD(%), 其計算如下：

$$\overline{RF} = \frac{\sum_{i=1}^n RF_i}{n}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RF_i - \overline{RF})^2}{n-1}}$$

$$RSD(\%) = \frac{SD}{\overline{RF}} \times 100$$

若每一化合物之 RSD (%) 小於 25 % 則其相對感應因子在其校正濃度範圍內

可視為常數，如此可用平均感應因子進行定量。若某一化合物之 RSD (%) 大於或 25 % 以上，則以標的物及內標準品之訊號比 (A_X/A_{IS}) 對濃度之一次迴歸方式，繪製至少 5 點的校正濃度圖，其相關係數需大於或等於 0.99 以上，使其定量時誤差最小。一般使用不通過原點的線性校正曲線，只要將儀器訊號與對應之校正標準品的濃度間作線性迴歸即可，其中儀器訊號值為非獨立之變數 y ，而校正標準品的濃度為獨立變數 x 。依下列線性方程式迴歸後，會得到一斜率和截距：

$$y = ax + b$$

式中， y ：儀器訊號(標的物及內標準品之訊號定量離子尖峰面積比)

a ：直線的斜率(亦稱 x 的係數)

x ：校正標準品的濃度

b ：截距

將迴歸方程式移項，用以計算樣品的濃度，公式如下：

$$x = \frac{(y-b)}{a}$$

此校正公式可使用電腦儀器直接將濃度數據讀出，同時以校正之最適公式作為定量之量測。

檢量線製備完成，即應以第二來源標準品配製接近檢量線中點濃度之標準溶液或獨立配製之標準溶液，進行分析確認，其分析結果相對差異百分比應在 ± 20 % 以內。

表 2 DFTPP 質量強度要求標準

質量	強度標準
51	質量 198 的 30 % ~ 60 %
68	小於質量 69 的 2
70	小於質量 69 的 2 %
127	質量 198 的 40 % ~ 60 %
197	小於質量 198 的 1 %
198	最大尖峰，100%相對強度
199	質量 198 的 5 % ~ 9 %
275	質量 198 的 10 % ~ 30 %
365	大於質量 198 的 1 %
441	存在但小於質量 443
442	大於質量 198 的 40 %
443	質量 442 的 17 % ~ 23 %

CNS 15138-1, Z 8139-1

-8-

表 3 鄰苯二甲酸酯類待測物滯留時間及監測離子群

化合物	滯留時間 (min) ^(a)	主要離子 (m/z)	次要離子(m/z)			
			1	2	3	定量離子(相對於主要 離子 149 之比值)
SIM Group 1	5 - 9.5					
DMP	6.6	163	194			163(100 %)
DEP	7.2	149	177	222.1		149(100 %)
B. B.(內標準品)	7.9	91.1	105 ^(b)	194	212	105
DBP	8.5	149	167	205	223	223(4 %)
SIM Group 2	9.5 - 10.4					
BBP	9.8	149	91.1	206		206(27 %)
DEHP	10.4	149	167	279		279(10 %)
SIM Group 3	10.4-結束					
DNOP	11.2	149	167	261	279	279(12 %)
DINP	11.6	149	149	293		293(26 %)
DIDP	12.1	149	167	307		307(27 %)

註^(a)滯留時間視層析條件而定。

註^(b)以粗體表示之次要離子即為定量離子。

表 4 相對離子強度之最大容許誤差

相對強度 (% Base Peak m/z=149, 或 163)	兩離子相對強度之 允許誤差
>50 %	±20 %
>20 % ~ 50 %	±35 %
>10 % ~ 20 %	±50 %
≤10 %	±80 %

備考：例如在參考質譜資料中某一離子相對強度為 20 %，則樣品分析中同一離子之相對強度須在 10 % ~ 30 % 之間。

5.3.3 檢量線之續用性

將檢量線中間濃度標準品注入氣相層析質譜儀，以上述方法計算待測化合物的感應因子(RF)，再以下列公式計算其相對差異百分比 D(%)。

$$D(\%) = \frac{RF - \overline{RF}}{\overline{RF}} \times 100$$

式中， $\overline{RF}$ ：為化合物在檢量線建立時的平均感應因子

RF ：為化合物在查核分析時的感應因子

將待測物視為檢量線查核化合物，其相對差異百分比均小於 20%，則認為分析系統良好且檢量線仍然適用。在分析過程中，至少每隔 12 小時須重複此查核步驟。

5.4 結果分析

5.4.1 定性分析

樣品中待測物的判定可經由比較其相對滯留時間和質譜後確認。標準質譜可從 NIST 質譜資料庫或是從檢量線標準品的分析取得，以作為樣品定性的依據。樣品中待測物確認的判定如下：

- (a) 樣品中待測物的相對滯留時間(relative retention time, RRT)必須在標準品 RRT 的 $\pm 6\%$ 單位之內，滯留時間則應以 12 小時內和樣品分析同一批次的檢量線查核分析為基準來比較。若樣品中有干擾物質存在，以致無法由總層析離子圖中得到待測物正確的滯留時間時，必須以待測物質中較為特殊的質量數，作一層析離子圖譜，並由其中得出該待測物的滯留時間。相對滯留時間的計算方式如下：

$$RRT = \frac{RT_x}{RT_{is}}$$

式中， RT_x ：待測物滯留時間

RT_{is} ：相對應內標準品滯留時間

- (b) 表 3 中各離子的相對強度必須符合表 4 標準質譜的規範，參考質譜可取自此氣相層析質譜所分析之標準品或參考資料庫。

5.4.2 定量分析

當待測物經定性確認後，可參照表 3 化合物之定量離子以內標準品校正法進行定量，8 種鄰苯二甲酸酯類及內標準品之定量層析離子圖如圖 1。

CNS 15138-1, Z 8139-1

- 10 -

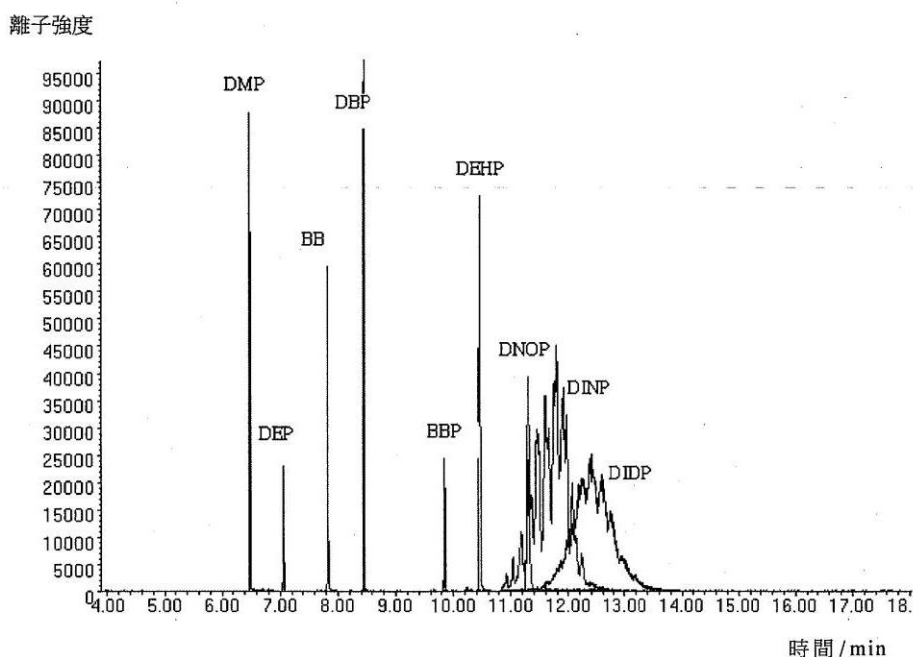


圖 1 8 種鄰苯二甲酸酯類及內標準品之定量層析離子圖(Extracted Ion Current Profile, EICP)

(a) $RSD(\%)$ 小於 25 % 時，使用內標準法定量鄰苯二甲酸酯類塑化劑之濃度：

$$C\%(w/w) = \frac{A_s \times C_{is} \times V \times D_f}{A_{is} \times \overline{RF} \times W \times 10^6} \times 100$$

式中， A_s ：待測物之定量離子尖峰面積(或高度)

C_{is} ：注入內標準品濃度($\mu\text{g/mL}$)

V ：樣品定容體積(mL)

D_f ：稀釋倍數

A_{is} ：內標準品的定量離子尖峰面積(或高度)

$\overline{RF}$ ：待測物的平均感應因子

W ：樣品取樣量(g)

(b) $RSD(\%)$ 大於 25 % 時，使用一次迴歸之曲線定量鄰苯二甲酸酯類塑化劑之濃度(其相關係數需為 0.99 以上)：

$$C\%(w/w) = \frac{C_{ex} \times V_{ex} \times D_f}{W \times 10^6} \times 100$$

式中， C_{ex} ：一次或高次迴歸曲線計算出之萃取液濃度($\mu\text{g/mL}$)

D_f ：稀釋倍數

W ：樣品取樣量(g)

V_{ex} : 樣品定容體積(mL)

5.5 品質管制

品質管制依下列所示。

- (a) DFTPP 性能測試後，所有標準品溶液均應在 DFTPP 注射後 12 個小時內分析完成。在分析樣品過程中，至少每隔 12 小時須重複 DFTPP 績效測試。
- (b) 檢量線至少包含 5 個不同濃度標準液。若每一化合物之 $RSD(\%)$ 小於 25 % 則其相對感應因子在其校正濃度範圍內可視為常數，如此可用平均感應因子進行定量。若某一化合物之 $RSD(\%)$ 大於 25 %，則以訊號比(A_x/A_{is})對濃度之一次迴歸方式，繪製至少 5 點的校正濃度圖，其相關係數需為 0.99 以上，使其定量時誤差最小。
- (c) 檢量線製備完成應即以第二來源標準品配製接近檢量線中點濃度之標準品(若無第二來源標準品時，至少應使用另一獨立配製之標準品)進行檢量線確認分析，其相對差異百分比應在 $\pm 20\%$ 以內。
- (d) 每 12 小時，必須以中間濃度標準溶液查核檢量線，若其相對差異百分比在 $\pm 20\%$ 以內，則可使用原檢量線分析，若超過 $\pm 20\%$ ，則應重新製備檢量線。
- (e) 每批樣品(最多 20 個樣品)分析時，必須執行一個空白樣品分析，一個重複樣品分析。
- (f) 空白樣品分析值，分析高濃度樣品(%級)應小於檢量線最低點濃度之 1/10；低濃度樣品(ppm 級)應小於檢量線最低點濃度之 1/5。

5.6 精密度與準確度

單一實驗室測定結果之精密度及準確度如表 5。

表 5 單一實驗室分析鄰苯二甲酸酯類塑膠盲樣之精密度與準確度

化合物	添加濃度(%)	回收率(%)	平均回收率(%)	相對標準差 $RSD(\%)$	分析 次數
B.B	---	---	---	---	4
DMP	NA	NA	NA	NA	NA
DEP	NA	NA	NA	NA	NA
DBP	1.00	63~67	65.4	2.72	4
BBP	1.00	54~64	60.8	7.34	4
DEHP	1.00	64~76	72.1	7.55	4
DNOP	1.00	65~77	73.7	8.38	4
DINP	1.00	80~94	89.5	7.70	4
DIDP	1.00	127~143	134.8	5.23	4
備考 1.NA 表示不適用(not available)。					
備考 2.本方法偵測極限之實際值，依各實驗室儀器靈敏度及樣品量而定。					

6. 試驗報告

試驗報告應包含下列各項目。

- (a) 樣品名稱。
- (b) 儀器類型。
- (c) 管柱特性(材料、溫度)。
- (d) 注入系統特性(分流率及溫度)。
- (e) 偵檢器特性(類型及溫度)。
- (f) 載送氣體、補充氣體及流速。
- (g) 塑化劑含量百分比(%)。
- (h) 品質管制結果。

參考書目

中文部分

1. 廖慧燕、邵文政“建材逸散模擬資訊系統驗證與擴充更新計畫”，內政部建築研究所，(2013)
2. 何明錦、邵文政“建材逸散模擬資訊系統與裝修應用之研究”，內政部建築研究所，(2012)
3. 廖慧燕、邵文政“濕式建材逸散資料庫與模擬軟體”，內政部建築研究所，(2011)
4. 許銘文、江哲銘“綠建材推廣講習與國際接軌計畫”，內政部建築研究所，(2008)
5. 邵文政、江哲銘“全尺寸家具有機逸散物質檢測方法與評定基準之研究”，內政部建築研究所，(2007)
6. 江哲銘、李俊璋，“健康綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材揮發性有機物質試驗-ISO 標準之可行性研究”，內政部建築研究所，(2006)
7. 江哲銘，“綠建材性能實驗研究子計畫(二) 全尺寸建材於本土氣候試驗條件下揮發性有機物質逸散變化之研究”，內政部建築研究所，(2006)
8. 江哲銘、李俊璋，“綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材有機化合物預測衰減模式探討及推動策略研擬”，內政部建築研究所，(2005)
9. 江哲銘，“綠建材性能實驗研究子計畫(二) 全尺寸建材逸散模擬實驗室—標準檢測作業程序之研究”，內政部建築研究所，(2005)
10. 江哲銘、李俊璋，“綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材有機逸散物資料庫之建立—接著劑類建材”，內政部建築研究所，(2004)
11. 江哲銘，“綠建材性能實驗研究子計畫(二)總揮發性有機化合物實驗室性能評估及CNLA 認證作業系統之建立”，內政部建築研究所，(2004)
12. 蘇慧貞，“室內/室外空氣污染物之國民健康風險評估及管制成本效益分析” 行政院環保署，(2004)
13. 江哲銘、李俊璋，“綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材有機逸散物資料庫之建立—地板類建材”，內政部建築研究所，(2003)
14. 江哲銘，“綠建材性能實驗研究子計畫(二)總揮發性有機化合物實驗室建置及實驗架構之研究”，內政部建築研究所，(2003)
15. 蕭江碧、江哲銘，“小尺寸建材揮發性有機物實驗室 CNLA 認證取得之研究”，內政部建築研究所，(2003)
16. 江哲銘、李俊璋，“室內建材揮發性有機逸散物質檢測標準試驗方法及程序之研究”，內政部建築研究所，(2001)

17. 何明錦、江哲銘，“建築室內建材揮發性有機化合物衰減總表之研究”，內政部建築研究所，(2000)
18. 張志成，“建築室內逸散物質檢測分析研究（一）建築室內環境揮發性有機物檢測實驗室建置”，內政部建築研究所，(1999)

外文部分

1. Dimosthenis A. S., Spyros P. K., Alberto G., Ioannis L. L., and Athanasios K et al. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk, *Environment International*, (37)743-765, (2011)
2. Lim S., Lee K. Seo S, Jang S., Impact of regulation on indoor volatile organic compounds in new unoccupied apartment in Korea, *Atmospheric Environment*, (45)1994-2000, (2011)
3. Salthammer T., Critical evaluation of approaches in setting indoor air quality guidelines and reference values, *Chemosphere*, (82)1507-1517, (2011)
4. Wei W., Zhang Y., Xiong J, Li M., A standard reference for chamber testing of material VOC emissions: Design principle and performance, *Atmospheric Environment*. (47)381-388, 2012
5. H Jarnstrom, K Saarela, P Kalliokoski, A-L. Pasanen, Reference values for indoor air pollutant concentrations in new , residential building in Finland, *Atmospheric Environment*, (40) 7178-7191, (2006)
6. ISO-16000-1 Indoor air - Part 1: General aspects of sampling strategy , (2004).
7. ISO-16000-2 Indoor air - Part 2: Sampling strategy for formaldehyde, (2004).
8. ISO-16000-3 Indoor air - Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds - Active sampling method , (2001).
9. ISO-16000-4 Indoor air - Part 4: Determination of formaldehyde - Diffusive sampling method , (2004).
10. ISO-16000-6 Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent , thermal desorption and gas chromatography using MS/FID ,(2011).
11. Molhave L., Organic compounds as indicators of air pollution., *Indoor Air* 13 (6),12-19,(2003)
12. ASTM D6670-01. Standard Practice for Full-Scale Chamber Determination of Volatile Organic Emissions from Indoor Materials/Product. (2001).
13. Berglund, B. et al, Effect of Indoor Pollution on Human Health, *Indoor Air* (1992)

14. C C Lee. Cancer Risk, Assessment of Occupational Exposure to Benzene in Taiwan, American Industrial Hygiene Conference & Exposition , Dallas, Texas. (1997).
15. C. M. Chiang, P. C. Chou, and W. A. Wang, et al. A study of the impacts of outdoor air and living behavior patterns on indoor air quality - case studies of apartments in Taiwan, INDOOR AIR '96, Vol. 3, pp. 735-740. (1996).
16. Chuck Yu, Derrick Crump. A Review of the Emission of VOCs from Polymeric Materials used in buildings. Building Environment, Vol. 33, No.6, pp. 357-374. (1998).
17. C. M. Chiang, and W.A. Wang, Empirical study on post-occupancy evaluation of housing indoor air environment in Taiwan, J. Housing Studies, No. 2, Jan, Research, pp. 107-132,. (1994)
18. Chuck Yu, Derrick Crump,. A Review of the Emission of VOCs from Polymeric Materials used in buildings, Building Environment, VOL.33, No.6,pp.357-374.(1998)
19. De Bortoli, M., Knoppel, H., Colombo A., and Kefalopoulos, S. Attempting to Characterize the Sink Effect in a Small Stainless Steel Test Chamber, American Society for Testing and Materials, pp. 307-320. (1996).
20. Dr.Dagmar Schmidt Etkin.. Volatile Organic Compounds in Indoor Environments. (1996)
21. Fariborz Haghighat, Lisa De Bellis,. Material Emission Rates : Literature Review, and the Impact of Indoor Air Temperature and Relative Humidity " Building Environment,VOL.33,No.5,pp.261-277. (1998)
22. Fariborz Haghighat, Ying Zhang,. Modelling of Emission of Volatile Organic Compounds from Building Materials –Estimation of Gas –phase Mass Transfer Coefficient, Building and Environment,34, pp. 377-389. (1999)
23. O. jann ,O. Wilke, D. Brodner,. Procedure For The Determination And Limitation Of VOC-Emissions From Furnitures And Coated Wood Based Products , IAQ. (1998)
24. Peder Wolkoff. Impact Of Air Velocity, Temperature, Humidity, And Air On Long-Term VOC Emission From Building Products, Atmospheric Environment, Vol. 32, No. 14/15, pp. 2659-2668. (1998).
25. Guo Z., Tichenor, B. A., Krebs, K. A., and Roache, N. F. Considerations on revisions of emissions testing protocols, ASTM Special Technical Publication 1287, (May) 44905: 225-235. (1996).
26. J. S. Zhang, and C.Y. Shaw, Material emission and indoor air quality modeling. Proceedings of Indoor Air '96, Nagoya: Japan Vol. 1, pp. 913-918. (1996).

建材塑化劑逸散量評估方法之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：羅時麒、陳振誠、林霧霆、蔡介峰、姚志廷、
張偉翔、郭孟涵、莊智閔

出版年月：107 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN：978-986-05-7665-8 （平裝）