濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

內政部建築研究所協同研究報告

100年度

濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 100 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）

10063B001

濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

執 行 方 式：□補助研究　■協同研究　□自行研究
執 行 單 位：內政部建築研究所（環境控制組）
研究主持人：廖慧燕
共同主持人：邵文政
研　究　員：邱士榮、林霧霆
研 究 助 理：龔鈺婷、陳玉賢

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 100 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）

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE MINISTRY OF THE INTERIOR

A Study on Database of the TVOC and Formaldehyde Emission from Wet Construction Products and Program

BY

Liao, Hui-Yen

Shao, Wen-Cheng

Qiu, Shi-Rong、Lin, Wu Ting

Gong, Yu-Ting、Chen, Yu-Hsien

目次

目次 I
表次 III
圖次 V
摘要 IX

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 3
第三節 研究方法與步驟 5
第四節 預期研究成果與進度 7
第二章 建材逸散模擬軟體相關研究 9
第一節 建材逸散資料庫相關研究 9
第二節 濕式建材相關文獻回顧 14
第三節 環境因子與建材揮發性有機化合物逸散之相關文獻 17
第四節 建材逸散模擬軟體架構 21
第三章 小尺寸建材逸散直讀量測系統 31
第一節 建立濕式建材揮發性有機化合物標準試驗程序 31
第二節 小尺寸建材逸散直讀量測系統性能測試 44
第三節 小尺寸建材逸散直讀量測系統試驗結果判定機制 49
第四章 建材試驗結果與實場驗證分析 55
第一節 試驗建材選樣原則 55
第二節 推估建材逸散模擬軟體公式 58
第三節 推估建材逸散模擬軟體公式之加權係數 63
第四節 實場驗證分析 71
第五章 逸散模擬軟體-測試版討論與對策 81
第一節 第一次工作會議 81

第二節 第二次工作會議 86
第三節 模擬軟體討論與對策 91
第六章 結論與建議 93
第一節 結論.....93
第二節 建議.....97
附錄一 建材逸散資料庫 99
附錄二 建材逸散資料庫 101
附錄三 期初審查會議評審意見與回應 103
附錄四 期中審查會議評審意見與回應 105
附錄五 期末審查會議評審意見與回應 109
附錄六 100.06.22 第一次工作會議簡報 113
附錄七 100.06.22 第一次工作會議記錄 117
附錄八 100.10.05 第二次工作會議簡報 121
附錄九 100.10.05 第二次工作會議記錄 127
附錄十 直讀式儀器原廠校正報告 131
參考書目 135

表次

表 1-1 預期研究進度表 8
表 2-1 建材 VOCs 逸散檢索總表 11
表 2-2 建材逸散檢索次表(塗料)..... 11
表 2-3 建材 VOCs 檢索表架構(以清漆為例) 12
表 2-4 室內揮發性物質來源分類表(US.EPA/600/F-95/005) 14
表 2-5 建築塗料的種類及特性 15
表 2-6 塗料逸散定量測試試驗參數組合表 15
表 3-1 小尺寸直讀量測系統與小尺寸實驗系統比較表 31
表 3-2 小尺寸建材逸散直讀量測系統 VOCs 試驗方法與程序 32
表 3-3 儀器分析性能說明 40
表 3-4 甲醛準確度測試 47
表 3-5 TVOC 準確度測試 47
表 3-6 甲醛精密度測試 48
表 3-7 TVOC 精密度測試 48
表 3-8 系統性能評估分析 49
表 3-9 測試狀況判定程序 50
表 4-1 試驗建材選樣原則 56
表 4-2 預計試驗建材項目 57
表 4-3 推估溫度 15℃、濕度 50%條件下合板之甲醛逸散濃度 59
表 4-4 推估溫度 15℃、濕度 50%條件下合板之 TVOC 逸散濃度 ... 60
表 4-5 單一建材逸散量推估實際室內空間之甲醛逸散濃 62
表 4-6 不同溫度相同濕度之合板 VOCs 逸散濃度 63
表 4-7 溫度 35℃、濕度 50%與推估值之合板 VOCs 逸散濃度比較. 64
表 4-8 不同溫度相同濕度之合板 VOCs 逸散濃度 65
表 4-9 溫度 35℃、濕度 80%與推估值之合板 VOCs 逸散濃度比較. 66
表 4-10 相同溫度不同濕度之合板 VOCs 逸散濃度 67
表 4-11 溫度 25℃、濕度 80%與推估值之合板 VOCs 逸散濃度比較68

表 4-12 相同溫度不同濕度之合板 VOCs 逸散濃度 69
表 4-13 溫度 15℃、濕度 50%與推估值之合板甲醛逸散濃度比較 .. 70
表 4-14 使用建材 72
表 4-15 實驗系統環境設定 72
表 4-16 模組一與模擬軟體量測結果比對 73
表 4-17 模組一與模擬軟體量測結果比對 75
表 4-18 模組二與模擬軟體量測結果比對 77
表 4-19 模組三與模擬軟體量測結果比對 79

圖次

圖 1-1 研究流程圖 6
圖 2-1 AFoDAS/AVODAS 資料庫示意圖 9
圖 2-2 AFoDAS/AVODAS 資料庫系統圖 10
圖 2-3 不同溫度之甲醛逸散濃度變化比較(合板) 17
圖 2-4 不同溫度之 TVOC 逸散濃度變化比較(合板) 18
圖 2-5 不同濕度之 TVOC 逸散濃度變化比較(合板) 19
圖 2-6 建材逸散模擬軟體網頁測試版首頁介面 21
圖 2-7 建材逸散模擬軟體網頁測試版教育宣導介面 22
圖 2-8 建材逸散模擬軟體網頁測試版教育宣導介面 23
圖 2-9 建材逸散模擬軟體網頁測試版教育宣導介面 23
圖 2-10 建材逸散模擬軟體網頁測試版進入系統介面 24
圖 2-11 建材逸散模擬軟體網頁測試版登入介面 25
圖 2-12 建材逸散模擬軟體網頁測試版模擬介面 26
圖 2-13 選擇裝修建材 27
圖 2-14 完成建材點選 27
圖 2-15 選擇欲模擬時間選項 28
圖 2-17 輸入完畢之畫面 29
圖 2-18 運算結果畫面 29
圖 3-1 進氣幫浦 34
圖 3-2 濾毒罐進氣過濾裝置 34
圖 3-3 除濕裝置 34
圖 3-4 浮子流量計與碳氫化合物吸附管 34
圖 3-5 溫控系統與保溫設備 35
圖 3-6 濕度控制裝置 35
圖 3-7 進排氣裝置 35
圖 3-8 流量控制閥 35
圖 3-9 20L 不鏽鋼環控箱 36

圖 3-10 艙體內部氣體混合裝置 36
圖 3-11 採樣分析系統 37
圖 3-12 Formaldemeter htV-M、COSMOS XG-100V、FORMTECTOR XP-308B 37
圖 3-13 樣本攪拌使之均勻 38
圖 3-14 取出樣本用量 38
圖 3-15 將塗料置於鍍鋅鋼板 38
圖 3-16 刮刀塗抹塗料 38
圖 3-17 石臘膜密封開口 38
圖 3-18 存放至 4℃冰箱 38
圖 3-19 清洗環控箱 38
圖 3-20 試驗樣本置入環控箱 38
圖 3-21 濕式建材揮發性有機化合物標準試驗程序 43
圖 3-22 溫度穩定度測試 44
圖 3-23 濕度穩定度測試 45
圖 3-24 換氣率穩定度測試 45
圖 3-25 甲醛標準氣體 46
圖 3-26 TVOC 標準氣體 46
圖 3-27 試驗報告範本一 51
圖 3-28 試驗報告範本二 52
圖 3-29 試驗報告範本三 53
圖 3-30 試驗報告範本三 54
圖 4-1 小尺寸建材逸散模擬試驗系統 71
圖 4-2 全尺寸建材逸散模擬實驗系統 71
圖 4-3 環控艙採樣點設置 72
圖 4-4 全尺寸甲醛逸散濃度 73
圖 4-5 建材逸散模擬軟體推估甲醛濃度 74
圖 4-6 全尺寸甲醛逸散濃度 75
圖 4-7 建材逸散模擬軟體推估甲醛濃度 76
圖 4-8 全尺寸甲醛逸散濃度 77

圖 4-9 建材逸散模擬軟體推估甲醛濃度 78
圖 4-10 全尺寸甲醛逸散濃度 79
圖 4-11 建材逸散模擬軟體推估甲醛濃度 79
圖 5-1 第一次工作會議現況（1） 83
圖 5-2 第一次工作會議現況（2） 83
圖 5-3 第一次工作會議現況（3） 83
圖 5-4 第一次工作會議-主席致詞 83
圖 5-5 第一次工作會議-曾昭衡教授發言 83
圖 5-6 第一次工作會議-王義和工程師發言 83
圖 5-7 第一次工作會議-莊國誌經理發言 83
圖 5-8 第一次工作會議-唐僑憶協理發言 83
圖 5-9 第一次工作會議-林迺祥設計師發言 84
圖 5-10 第一次工作會議-胡靜怡總經理發言 84
圖 5-11 第二次工作會議現況（1） 88
圖 5-12 第二次工作會議現況（2） 88
圖 5-13 第二次工作會議現況（3） 88
圖 5-14 第二次工作會議現況（4） 88
圖 5-15 第二次工作會議-主席致詞 88
圖 5-16 第二次工作會議-段葉芳教授發言 88
圖 5-17 第二次工作會議-曾昭衡教授發言 88
圖 5-18 第二次工作會議-曾婷婷總經理發言 88

濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

摘要

關鍵詞：室內空氣品質、逸散模擬、小尺寸環控箱、直讀式量測、濕式建材

一、研究緣起

對於國內特有之室內環境條件下，為求安全、健康舒適之室內生活環境，目前內政部建築研究所已建立優質綠建材管制策略，制定健康綠建材標章以提升室內健康性能之整體效益，維護國人健康；因此本研究藉由前期所建置之小尺寸建材逸散直讀量測系統，對我國室內裝修常用之濕式建材做甲醛、TVOC 歷時逸散之檢測，進而建立濕式建材逸散資料庫，並同時彙整前期研究建立之乾式建材逸散資料庫數據，並於後續完成建材逸散模擬軟體-測試版，進行操作與推估，可透過建材逸散資料庫及數值推估方式，預先評估完工階段之室內揮發性有機化合物濃度變化情形，提供我國作為健康風險管理與建材選擇之參考依據。

二、研究方法及過程

本方法主要用於室內建材中揮發性有機物質（Volatile Organic Compounds，VOCs）之逸散評估；利用小型環境控制箱模擬室內環境條件，置入欲測試之建材，建材中之甲醛、揮發性有機物質會於環控箱內慢慢逸散至穩定狀態，在採樣端連結直讀式儀器：Formaldemeter htV-M 或 FORMTECTOR XP-308B（甲醛檢測儀）、COSMOS XG-100V（TVOC 檢測儀），分別進行甲醛、總揮發性有機物質的定量分析。

三、重要發現

前期相關研究計畫當中（內政部建研所委辦計畫：綠建材性能實驗研究 92~95 年），已完成綠建材標章制度、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，並已於 99 年度完成「建置小尺寸建材逸散直讀量測系統」之系統建

置，今年度(100 年)研究計畫為延續前期計畫，加強實驗系統之穩定性以及建置「濕式建材逸散資料庫」，並同時彙整前期已測試之乾式建材資料庫可用數據，整合現有健康綠建材資料，使資料庫更臻完善。後續建置適用於台灣本土之建材逸散模擬軟體，讓「設計者」透過建材逸散資料庫及建材逸散模擬軟體，確實掌握室內裝修後室內使用人員健康風險及室內空氣品質狀況。

本研究重要發現如下：

1. 本研究藉由標準品量測，已完成調校「小尺寸建材逸散直讀量測系統」之準確度、精密度，確立系統之穩定性，並同時建立試驗結果判定機制，加強落實記錄與監測，已提高可用量測數據比例。
2. 透過設計師、室內裝修工程人員等業界專家訪談，挑選台灣室內裝修常用濕式建材種類，依據行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所塗料分類方式，已完成 20 件濕式建材逸散檢測。
3. 於全尺寸實驗室完成 3 組試驗，得知建材逸散模擬軟體具有推估複層建材逸散濃度之能力；於模組二及模組三部分，得知建材逸散模擬軟體無法推估乾式建材加黏著劑形式之複層建材，建議未來可建立黏著劑建材資料，以利推估其含有黏著劑之複層建材，求得相關係數進而納入建材逸散模擬軟體中，使之推估數據更貼近於實際裝修逸散濃度。
4. 經由文獻彙整，得知合板類建材之逸散濃度數據，後續與實驗量測結果，經由統計方式取得修正係數，代入建材逸散理論模式，搭配實際量測之經驗模式，以及相關環境參數，求得推估公式。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究提出下列具體建議。以下分別從立即可行建議，及中長期建議加以列舉。

立即可行建議：

（一）建議未來陸續增加「建材逸散資料」，使資料庫更臻完善。

主辦機關：

協辦機關：內政部營建署

說明：於前期研究已完成 20 件乾式建材逸散資料，並於本次研究完

成之 20 件濕式建材逸散資料，共計 40 件非健康綠建材逸散資料，未來建議納入健康綠建材逸散資料，置入建材逸散模擬軟體中，以利一般民眾查詢及模擬軟體之使用。

（二）建議未來增加「黏著劑建材逸散資料」之相關研究。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

說明：至本期研究已完成乾式建材及濕式建材甲醛、TVOC 逸散測試，共計 40 件非健康綠建材逸散資料，但於室內實際裝修中黏著劑常散發著刺鼻氣味並於裝修中被廣泛使用，故建議未來增加「黏著劑建材逸散資料」，使資料庫更臻完善，以俾更貼近真實情形。

（三）建議後續於實場量測以驗證建材逸散模擬軟體之準確度。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

說明：建議未來以實際裝修空間甲醛、TVOC 逸散量與建材逸散模擬軟體推估數值兩者相互比對，以提高建材逸散模擬軟體之實用性與準確性；並納入環境因子等不同條件選項，以俾建材逸散模擬軟體更加完整，並研擬後續推廣應用與發展方向。

中長期建議：

（一）建議辦理室內設計裝修從業人員及一般民眾之建材逸散模擬軟體操作教學、使用推廣說明會，並提供我國室內空氣品質管理法管制基準之參考。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院環境保護署

說明：根據學界、業界多方討論已獲得各界具體建議，提擬出完整之建材逸散模擬軟體架構，建議具體實現完成後，並研擬後續推廣應用與發展方向，並對室內設計裝修從業人員及一般民眾進行建材逸散模擬軟體操作教學、推廣說明會，未來可作為室內空氣品質管理法之管制依據。

Abstract

Keywords：Indoor Air Quality，Decay-predicting Model，Small scale Chamber、Direct reading instrument、Wet construction products

In Taiwan, there have the special indoor environment condition. In order to have the security, and comfortable environment, that The Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior in Taiwan had developed the control strategy about green building materials. To set up The Green Building Labeling System, this can promote whole of benefit to indoor healthy performance and protect people health. Therefore, this research establishes continue with pre- research about “Small Scale Chamber Measurement System of Direct reading instrument”. To exanimate the emissive of TVOC from wet construction products. To establish the database about wet and dry construction products, and be continued to establish “Building Materials Emission Simulation” – testing version. The program can predict with emission from building material by database and can estimate the concentration for indoor volatile organic compound in under and over construction. That can provide the choice of building materials and be a reference of health risk management.

This research project expects target and expectation result as follows:

1. Creation emission of TVOC and formaldehyde from wet construction products ‘database.
2. Using the result of testing to proof the building materials emission information simulation-testing version.
3. Completing over in building Materials simulation program beta version and set up the following application direction.
4. The research can provide a "self-management of indoor air quality", "indoor environmental improvement verification" and "indoor air quality control" of the final basis for reference.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

一、 研究背景

臺灣地區地狹人稠、潮濕多雨，都市土地集約使用與居住生活型態改變，人們一生約有近 90%的時間處於室內空間，而臺灣室內空間常有過度裝修之情形，裝修建材容易造成不良室內空氣品質之發生，而影響人體健康產生危害。近年來，隨著知識與生活水準的提高，及室內空氣品質政策大力推動與推廣下，使人們對於良好的室內空氣品質有所認識，並開始重視生活品質與健康；國際上為維護良好健康室內環境，在健康綠建材評定逐以「整體室內環境」評估方式，進行相關評定與管制工作；ISO 16814 標準在「建築材料逸散」的管制項目是透過「建立完整低逸散建築材料之標章及計畫管制策略」及「建立建材逸散資料庫及數值模擬推估軟體」等兩種方式，降低污染物濃度，維持室內空氣品質。

目前內政部建築研究所已建立優質綠建材管制策略，制定健康綠建材標章以提升室內健康性能之整體效益，維護國人健康；本研究為 99 年度「建置小尺寸建材逸散直讀量測系統與模擬架構之研究」之進階性研究，主要為延續過去檢測方法彙整及建立濕式建材資料庫，並於後續完成建材逸散模擬軟體-測試版，進行操作與推估，可快速瞭解室內空氣中之揮發性有機物質逸散情形，將有助於國人於建築室內設計規劃階段進行室內化學污染物質之管控，可透過建材逸散資料庫及數值推估方式，預先評估裝修階段與完工階段之室內揮發性有機化合物濃度變化情形，作為健康風險管理與建材選擇之參考依據。

二、 研究目的

本研究之目的乃在於維護並提升居民健康的室內環境意識，作為日後我國 TVOC 污染管制之參考依據。藉由 99 年度「建置小尺寸建材逸散直讀量測系統與模擬架構之研究」及本年度「濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究」計畫，幫助國內室內裝修，鼓勵產業界以健康、永續為訴求，促進產業升級，進而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。

(一) 強化「小尺寸建材逸散直讀量測系統」穩定、準確性能。

(二) 整合過去與現有資料，透過小尺寸建材逸散直讀量測試驗，建立「建材逸散資料庫」。

(三) 建置「建材逸散模擬軟體」測試版，提供一般民眾或設計師掌握室內空氣品質狀況之用。

(四) 透過建材逸散模擬可快速掌握室內空氣品質狀況與健康風險，提供相關政策管制與參考。

第二節 研究計畫內容

在前期相關研究計畫當中（內政部建研所委辦計畫：綠建材性能實驗研究 92~95 年），已完成綠建材標章制度、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，並已於 99 年度完成「建置小尺寸建材逸散直讀量測系統」之系統建置，今年度(100 年)研究計畫為延續前期計畫，加強實驗系統之穩定性以及建置「濕式建材逸散資料庫」，並同時彙整前期已測試之乾式建材資料庫可用數據，整合現有健康綠建材資料，使資料庫更臻完善。後續建置適用於台灣本土之建材逸散模擬軟體，讓「設計者」透過建材逸散資料庫及建材逸散模擬軟體，確實掌握室內裝修後室內使用人員健康風險及室內空氣品質狀況。

本年度預計執行之工作內容如下：

1.「小尺寸建材逸散直讀量測系統」之系統調校，強化系統性能。

(1) 經由濕式建材或標準品量測，調校「小尺寸建材逸散直讀量測系統」的準確度、精密度，確立系統之穩定性。

(2) 建立試驗結果判定機制，加強落實記錄與監測，提高可用量測數據比例。

2.建立室內裝修常用建材之「濕式建材逸散資料庫」。

(1) 蒐集相關文獻資料，並針對設計師、室內裝修工程人員等業界專家進行訪談，瞭解台灣室內裝修現況與常用濕式建材種類，作為建立建材逸散資料庫挑選樣本之參考依據。

(2) 針對 20 件濕式建材進行甲醛及總揮發性有機物質逸散量測，並將數據置入建材逸散資料庫中。

3. 利用試驗建材實場模擬試驗結果與建材逸散資料庫試驗結果進行驗證分析。

(1) 完成 3 組試驗建材全尺寸或實場裝修空間模擬比對，將其量測結果與由小尺寸建材簡易量測系統測試結果進行驗證分析，確立建材逸散狀況。

(2) 界定裝修材料中，本次研究試驗樣本加入複層材料逸散特性之討論，以俾更貼近真實情形。

4. 建立「建材逸散模擬軟體」之測試版，並訂定後續研究方向與相關政策發展。

(1) 由本研究結果提出室內裝修設計，建材選擇之具體建議。

(2) 舉辦 2 場次「濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究」工作會議，邀請產、官、學界等專家討論，檢討提出之建材量測結果與模擬軟體架構內容，並擬定後續研究方向。

(3) 整合健康綠建材之逸散資料庫，提供作為室內裝修產業逸散模擬評估及低逸散室內裝修設計使用。

第三節 研究方法與步驟

一、 研究方法

（一）文獻分析法

參考國內外室內空氣品質模擬及建材逸散模擬推估軟體等評估工具之用途與軟體設計，作為台灣本土「建材逸散模擬軟體」-測試版建置參考使用。另外蒐集國內室內裝修相關資料，瞭解國內室內裝修業現況與濕式建材使用情形，作為建置資料庫挑選試驗樣本之依據。

（二）比較分析法

針對文獻探討與所蒐集的試驗數據作比較分析，以彙整現有 TVOC 整體研究之相關試驗成果，瞭解逸散特性之性質狀態與衰減歷時變化，比對取樣建材之試驗結果，分析其差異性，並逐步建構建材逸散資料庫與模擬軟體-測試版。

（三）專家諮詢法

研究結果經初步整理後，邀請對建材、室內空氣品質、TVOC、室內裝修設計等方面學有所長之產、官、學專家，進行互動的交流溝通與諮詢，提出應修正及增刪之意見，作為充實、加強本研究內容之參考。本所並擇期辦理期中、期末簡報來說明研究案執行的成效、進度及所遭遇的問題。

（四）試驗分析法

取樣收集所需測試之目標性濕式建材產品，使用小尺寸建材逸散直讀量測系統進行甲醛與 TVOC 逸散分析、實場模擬試驗等，以驗證試驗分析之結果。

1. 採用參考 ISO 16000、JIS A1901 及 ASTM D5116-06 標準所設計之「小尺寸建材逸散模擬實驗系統」，檢測端點連接直讀式儀器，進行量測數據即時判讀，縮短採樣分析的時間，可於短時間大量累積量測資料。
2. 透過實場裝修空間模擬試驗量測結果，與由小尺寸建材逸散直讀

量測系統之試驗結果進行驗證與分析，探討實際裝修空間與複層建材逸散狀況。

二、研究步驟

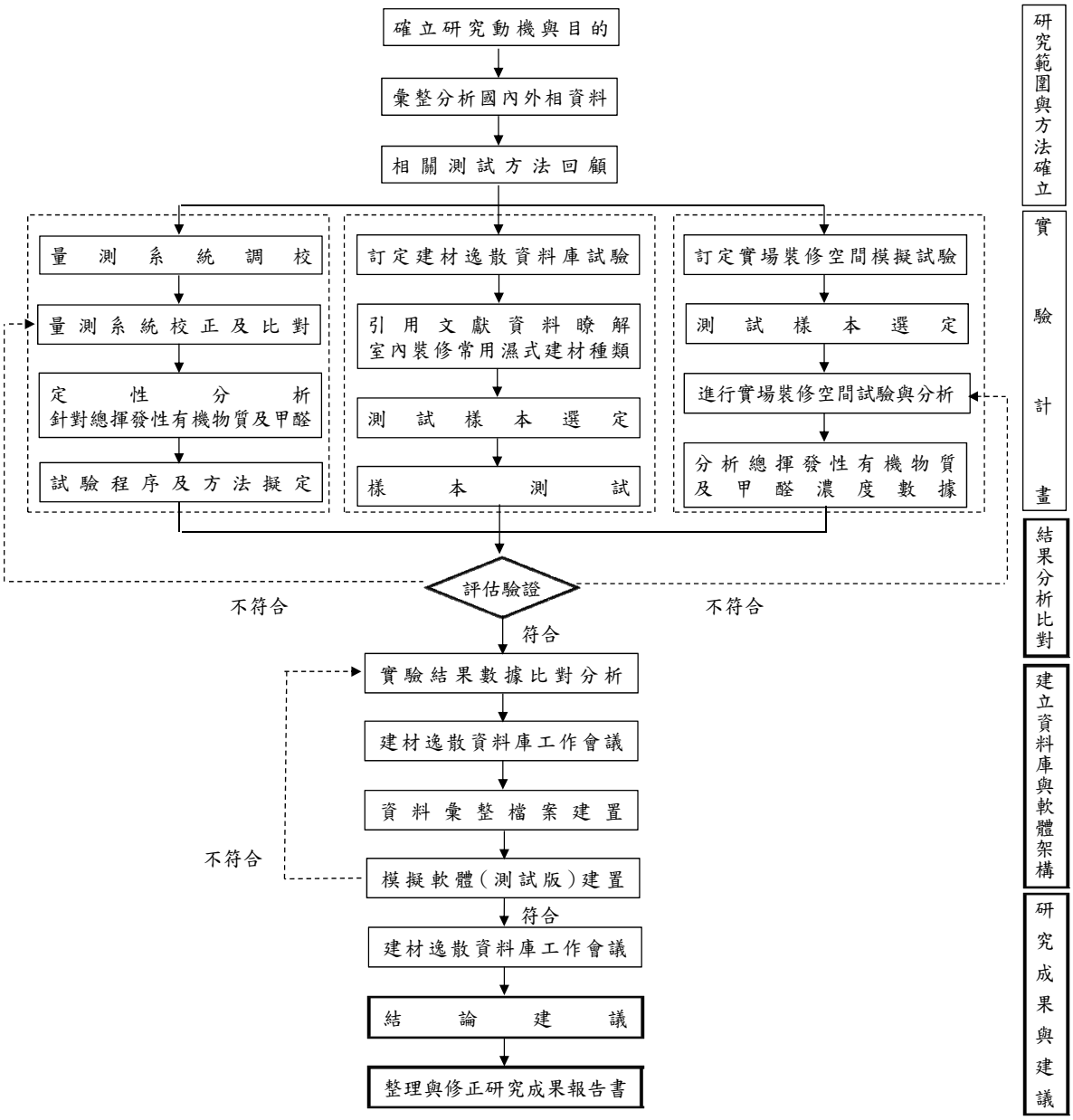


圖 1-1 研究流程圖

第四節 預期研究成果與進度

一、 研究內容之工作項目

本研究之工作項目包含下列：

1.「小尺寸建材逸散直讀量測系統」之系統調校，強化其性能。

2.建立室內裝修常用建材之「濕式建材逸散資料庫」。

3.利用試驗建材實場模擬試驗結果與建材逸散資料庫試驗結果進行驗證分析。

4.建立「建材逸散模擬軟體」之測試版，並訂定後續研究方向與相關政策發展。

二、 研究之具體成果

本研究之具體成果將有下列：

1.完成室內濕式建材總揮發性有機物質及甲醛逸散資料庫。

2.利用試驗建材實場模擬試驗結果與建材逸散資料庫試驗結果進行驗證分析。

3.完成建材逸散模擬軟體測試版及訂定後續推廣應用方向。

4.研究成果可提供「室內空氣品質自主管理」、「室內環境改善驗證」及「室內空氣品質管制」之參考。

研究進度及預期完成之工作項目

表 1-1 預期研究進度表

月次 工作項目	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	備註
彙整分析國內外相關文獻	■	■									
量測系統與試驗程序確立	■	■									
專家訪談選定測試樣本		■	■								
進行建材甲醛與總揮發性有機物質逸散試驗			■	■	■	■	■				
進行實場裝修空間模擬試驗						■	■				
召開系統與建材逸散資料庫建置工作會議				◎				◎			
檢測數據比對分析						■	■	■			
資料彙整檔案建置								■	■		
建材逸散模擬軟體（測試版）建立		■	■	■	■	■	■	■	■		
整理與修正報告書									■	■	
期中期末報告					◎				◎		
預定進度(累積數)	15%	27%	36%	45%	55%	63%	72%	80%	92%	100%	

說明：

1 工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起訖日期。

2 預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每一小格粗組線為一分，統計求得本計畫之總分，再將各月份工作項目之累積得分(與之前各月加總)除以總分，即為各月份之預定進度。

3 科技計畫請註明查核點，作為每一季所預定完成工作項目之查核依據。

第二章 建材逸散模擬軟體相關研究

本年度建置建材逸散模擬軟體，須透過建材逸散資料庫及數值推估方式，才可預先評估裝修階段與完工階段之室內揮發性有機化合物濃度變化情形。本年度預計完成濕式建材 20 件甲醛、TVOC 逸散濃度測試，建立臺灣室內裝修常用之濕式建材資料庫同時彙整前期研究成果之乾式建材逸散數據，使資料庫內容更臻完備，更貼近使用現況。

第一節 建材逸散資料庫相關研究

國際標準組織 ISO 16814 標準在「建築材料逸散」的管制項目是透過「建立建材逸散資料庫」及「建立數值模擬推估軟體」方式，設計降低室內空氣中揮發性有機化合物及毒性之污染物濃度，維持室內空氣品質。根據國內外之逸散資料庫相關研究，作為本研究建置濕式建材資料庫之比對。

一、 Database system, AFoDAS/AVODAS, on indoor air organic compounds in Japan

此資料庫包含了管理室內有機物質濃度及建築環境狀況的六個子資料庫。資料庫可允許使用者 1.輸入其監視結果；2.瀏覽、搜尋標準的單一或複合式的參數，如建築類別、通風系統及環境類別；3.評估各種建築及環境條件所影響有機化合物的濃度。

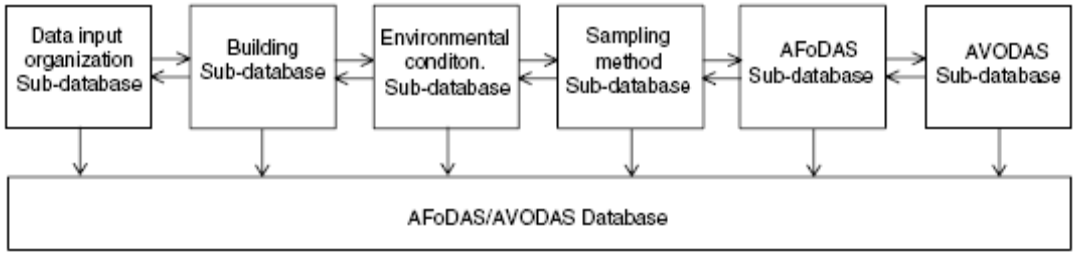


圖 2-1 AFoDAS/AVODAS 資料庫示意圖

資料來源：J. S. Park and K. Ikeda，2003

為了符合此資料庫的目的，系統須包含三項功能:1.收集國內所有的研究資料；2.自動修改和保存所收集的資料；3.提供各類使用者最新的室內有機化合物標準。

AFoDAS/ AVODAS 將依其相關的資料分為六個子資料庫，詳圖 2-1，此分類方法可收集不同類別之研究也可擴展其它種資料庫，例如:水源、逸散與健康影響的資料庫。

所有子資料庫最後均分割為兩種資訊區，詳圖 2-2；一般資訊塊包含 1.使用者所負責更新的資料庫中任一有效性數據；2.建築及環境條件的主要資料；3.採樣及分析方法的描述。有機化合物資訊區包含 1. 9 種醛類(AFoDAS)和 18 種揮發性有機化合物(AVODAS)之濃度；2.採樣天數；3.採樣地點。兩資訊區塊均設有保護非公開資料，一般資訊區只有在查詢時提供資料庫服務，使用者無法直接存取。

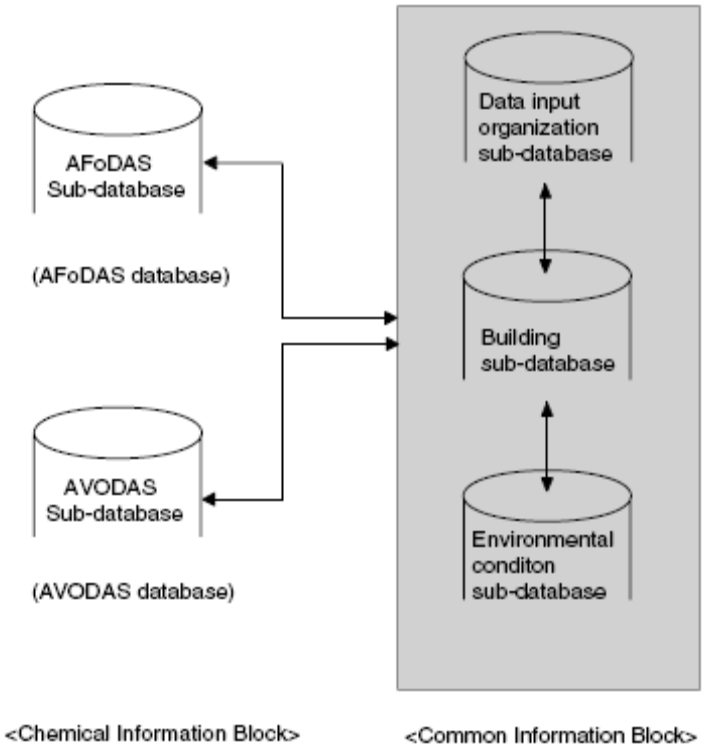


圖 2-2 AFoDAS/AVODAS 資料庫系統圖

資料來源：J. S. Park and K. Ikeda，2003

二、內政部建築研究所塗料類建材有機逸散物資料庫之建立

內政部建築研究所建立之我國建材分類資訊系統，擬定一建材 VOCs 逸散檢索總表。總表與各建材次表之分類，建立受測建材之編碼系統。編碼方式為：材料大類代碼-建材內容次碼-材料細項次碼-該廠該品代碼-受測日期。各建材分類與細項展開得依檢測範圍之延展加以擴增，詳表 2-1、2-2。

表 2-1 建材 VOCs 逸散檢索總表

項次	材料部位分類	代碼	主要建材內容/代碼
第一類	地板類	Fl	地毯(C)、蓆墊(M)、PVC 地磚(Pvc)、木質地板(W)、架高地板(E)等。
第二類	牆壁類	W	夾板合板(P)、纖維板(F)、石膏板(G)、壁紙(Pa)、防音材(S)等。
第三類	天花板類	C	礦纖天花板(M)、玻纖天花板(Gl)、夾板(P)等。
第四類	填縫劑與油灰類	S	矽利康(Si)、環氧樹脂(E)等。
第五類	塗料類	P	水溶性粉刷塗料(W)、溶劑型粉刷塗料(S)等。
第六類	接著劑	G	油氈(Af)、合成纖維(Sf)、聚氯乙烯(Pvc)等。
第七類	門窗類	DW	木製門扇(D)、木製門框(D)、木製窗框(W) 等。
第八類	傢俱類	F	櫥櫃(C)、桌(T)、椅(Ch)等。
第九類	其他材料	O	塑膠製品(Pl)等。

資料來源：內政部建築研究所，2002

表 2-2 建材逸散檢索次表(塗料)

種類	代碼
乳膠漆	L
水泥漆	M
凡立水	V
烤漆	B
噴漆	SP

資料來源：內政部建築研究所，2002

建材 VOCs 檢索架構主要可分為：1.建材基本資料、2.測試環境條件、3.VOCs 指標污染物、4.材料條件資料及 5.測試結果，共五大項，詳表 2-3。

表 2-3 建材 VOCs 檢索表架構(以清漆為例)

建材基本資料			
登錄時間	民國91年		6月15日
建材編號	P-S-V-001-01-020615		
建材名稱	溶劑型清漆		
建材品名	清漆		
廠商編號	001		
建材分類	第五類-塗料類（P）		
建材等級			
測試環境條件		**VOCs 指標污染物**	
測試空間	225公升	01	Methyl Isobutyl Ketone (甲基異丁酮)
室內畫光	0.3 lux	02	Toluene (甲苯)
溫度	25 deg C	03	Butyl Acetate (乙酸丁酯)
相對溼度	50%	04	Ethyl Benzene (乙苯)
換氣率	0.5ACH	05	o-Xylene (二甲苯)
風速	0.3~0.5 m/s	06	m-Xylene (二甲苯)
酸鹼值		07	p-Xylene (二甲苯)
		08	
材料條件資料		09	
酸鹼值		10	
相對溼度	50%	11	
基本面積	100平方公分	12	
測試時間	30小時	13	
材料特性		14	
構造方式	塗刷	15	
測試結果			
強度模擬		健康建材評估	

資料來源：內政部建築研究所，2002

本年度研究建置建材逸散資料庫資料表可分為乾式建材與濕式建材兩大項，後續乾式建材部分編列為：木質板類、牆壁類、地板類及天花板；濕式建材又可分為：塗料類、接著劑及填縫劑類。建材檢索架構可依據內政部建研所，塗料類建材有機逸散物資料庫之分類，包括建材之性能、性質，以及條件設定，如環境模擬條件設定之溫度、濕度、風速以及換氣率等，並加以列舉出所含之其指標污染物，以讓大眾瞭解其建材所含之相關人體健康危害因子。

第二節 濕式建材相關文獻回顧

室內空氣中主要污染源之一為建材中所逸散出之揮發性有機化合物。根據(Brown S.K.，1994)研究指出室內空氣中揮發性有機化合物(TVOC)主要來源為新建建築物中之濕式建材(塗料、接著劑及填縫劑)；根據台灣省塗料公會統計，塗料的製造及塗裝過程中TVOC 排放量顯然居於所有建材中的首位，對室內施工人員及使用人員的健康造成危害，故本年度研究針對常見之塗裝行為所使用之塗料類建材作為試驗對象。本研究藉此瞭解建材分類狀況，以作為後續建置濕式建材資料庫之參考依據。

一、依污染源分類

室內空氣中之污染源可分為，濕性：建築材料、表面塗裝與油漆及建材相關用品，以及乾性：原料及家具共四大類，詳表 2-4。

表 2-4 室內揮發性物質來源分類表(US.EPA/600/F-95/005)

類別		污染源名稱
濕性	建築材料	填縫劑、地板接著劑、一般接著劑
	表面塗裝與油漆	木材著色漆、表面塗裝漆
	建材相關用品	地板用蠟、除污劑
乾性	原料及家具	合板、粒片板、地毯、地磚、壁紙

資料來源：陳振誠，2004

綜觀目前市面上所使用之塗料，並非所有塗料所逸散出的VOCs 都相同，而即使含有劇毒的塗料亦不見得會施用在建築空間中而對人體健康造成影響，因此有必要對目前市面上所有建築塗料進行瞭解，以確認探討對象及範圍，其種類及用途如表 2-5 所示。

表 2-5 建築塗料的種類及特性

種　類	用途及適用部分	特　性	稀釋劑
調　合　漆	門窗、欄杆、鐵架等鐵製品或木製品	油性、不易施作、不易剝落	松香水
乳　膠　漆	一般住家之室內水泥、木製壁材等	便宜、易剝落	清水
水性水泥漆	住宅室內之水泥底材	易塗刷、可水洗	清水
油性水泥漆	室內外壁面、樑柱、浴室等	不易變色、脫落、可用水洗	二甲苯
凡　力　水	適合木製地板或其他木製品專用透明漆	塗擦使器物光亮	
木　器　漆	木製家具、衣櫥、壁櫥、桌椅、床櫃	木器著色	香蕉水
紅丹底漆	鐵製品之防鏽底漆	防鏽	松香水
烤　　漆	鐵製品、木製家具、桌椅、櫥櫃	良好物性、化性、表面性質	香蕉水
補　　土	木製家具、鐵製品	平整	清水

資料來源：張志成，1999

二、依塗料性質分類

主要將塗料依其性質分為溶劑型與水溶性兩種塗料，並依我國市場常用程度與化合物含量等選定具代表性之本土塗料，於每種選定兩像塗料樣本，詳表 2-6。

表 2-6 塗料逸散定量測試試驗參數組合表

分類	漆　種	主要應用範圍	用　途	施作方式
溶劑型	二度底漆	室內一般金屬材及木材構造物用以作為材料表面處理之底漆	用以填平金屬或木器製品表面毛細孔，並於砂磨後成一漆膜，以便利面漆施工	刷塗、噴塗、滾塗
	調和漆	室內一般金屬材及木材構造物用用以作為之面漆	顯色裝飾、防腐、防鏽	刷塗、噴塗、滾塗
水溶性	水性水泥漆	室內壁面塗裝	壁面防護、顯色裝飾用漆	塗刷、滾塗
	乳膠漆	室內壁面塗裝	壁面防護、顯色裝飾用漆	塗刷、滾塗

資料來源：陳逸青，2003

三、行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所塗料分類方式

油漆依其性質和用途有不同之特性，其中有關建築工程所用之油漆種類和性質分類如下：

1. 調和漆(ready - mixed paint)：

   使用長油性樹脂顏料、乾燥劑和溶劑調配製造而成，適用於室內外一般木料、鐵製品之面漆。

2. 乳膠漆(emulsion paint)：

   由水溶性聚乙烯醇及壓克力樹脂，配以耐候性顏料製造而成，俗稱塑膠漆或 PVC 漆。以清水為溶劑，適用於建築物之內外水泥牆、合板等表面裝飾。

3. 水泥漆(cement motar)：

   由耐候、耐水性之丙乙烯共聚合樹脂為主體，配合特殊合成樹脂及耐候耐鹼顏料製造而成，有水性及油性兩種，適用於一般建築物內外水泥牆面石膏泥灰等的維護及裝飾之用。

4. 磁漆(alkyd enamel)：

   以清漆為媒液加入各種著色粉製造而成，刷塗後於大氣中乾燥，形成一層平滑、光亮、硬質並具耐久性的薄膜。磁漆內的著色粉具強力的遮蔽力及顏色，其表面亮度不大僅具蛋殼光澤。適用於鋼鐵、木製品、車輛等面漆。

5. 凡立水(varnish)：

   又稱清漆或假漆。因無添加著色粉，故呈透明無色，乾固後形成一層平滑光亮，堅硬之薄膜，除可透視底層原材料之質紋，亦兼具保護作用。

第三節 環境因子與建材揮發性有機化合物逸散之相關文獻

本年度研究於標準狀態下(溫度 25℃、濕度 50%RH、換氣率 $0.5h^{-1}$)僅針對濕式建材中之塗料類進行建材逸散試驗，其中不同環境因子於建材甲醛、TVOC 逸散濃度之影響，本研究藉由蒐集相關文獻，期望透過加權係數進行推估，使其推估之逸散濃度更貼近於實際情形。

一、溫度影響部分：

溫度的改變對甲醛及揮發性有機物質的逸散行為有顯著的影響；甲醛及 VOCs 部分，溫度愈高造成建材之逸散濃度及逸散因子增加，(林君穎，2004)。以合板而言，當相對濕度為 50%時，溫度由 15℃上升至 25℃，TVOC 總逸散濃度增加 39.73%；由溫度 25℃上升至 35℃時，TVOC 總逸散濃度增加 43.13%，詳圖 2-3、2-4。

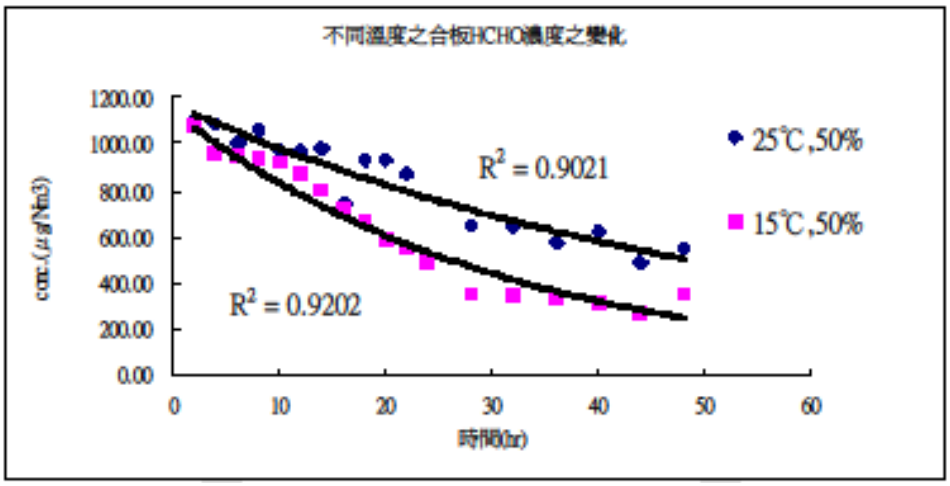


圖 2-3 不同溫度之甲醛逸散濃度變化比較(合板)

資料來源：林君穎，2004

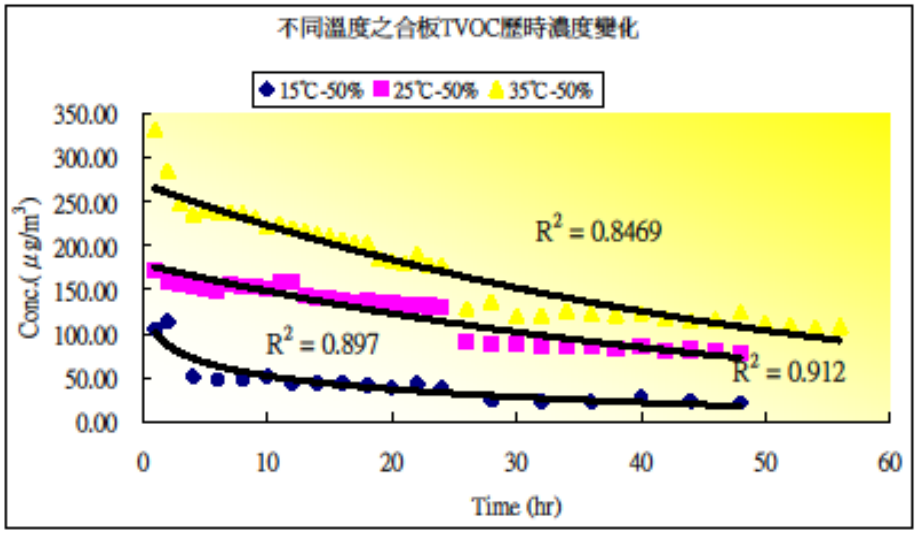


圖 2-4 不同溫度之 TVOC 逸散濃度變化比較(合板)

資料來源：林君穎，2004

Godish 及 Rouch 利用小型環控箱研究室內環境條件對於甲醛逸散速率影響，結果顯示當室內溫度增加 5-6℃，會導致甲醛逸散速率增加 100% (Godishand，Rouch，1986)。

在溫度影響方面，以 PVC 地磚逸散之 phenol 及 2-ethylhexanol 而言，當溫度分別為 23℃、35℃、60℃，RH 為 50%，換氣率為 5cm/s 時，其一個月後之 phenol 逸散濃度比例為 1：1：3，2-ethylhexanol 逸散濃度比例為 1：1：2（Peder，1998）。

二、濕度影響部分：

溼度對建材的逸散行為之影響亦有顯著的差異（Roache，1996）。濕度愈高，建材表面的蒸氣壓差愈大，相對的帶走表面的極性分子（例如：Texanol）的能力也就愈高，導致建材中有機物逸散速率上升，有機物之逸散速率與有機物在材料表面及空氣間的蒸汽壓差成正比之情形。隨著溼度上升，其 TVOC 的逸散濃度及逸散因子亦隨之越高，因此，有機物質之逸散速率會與建材表面及其周圍空氣之濃度差有正比之關係，(林君穎，2004)。以合板而言，當溫度為 25℃時，相對濕度由 50%上升至 80%時，TVOC 總逸散濃度增加 49.03%，詳圖 2-5。

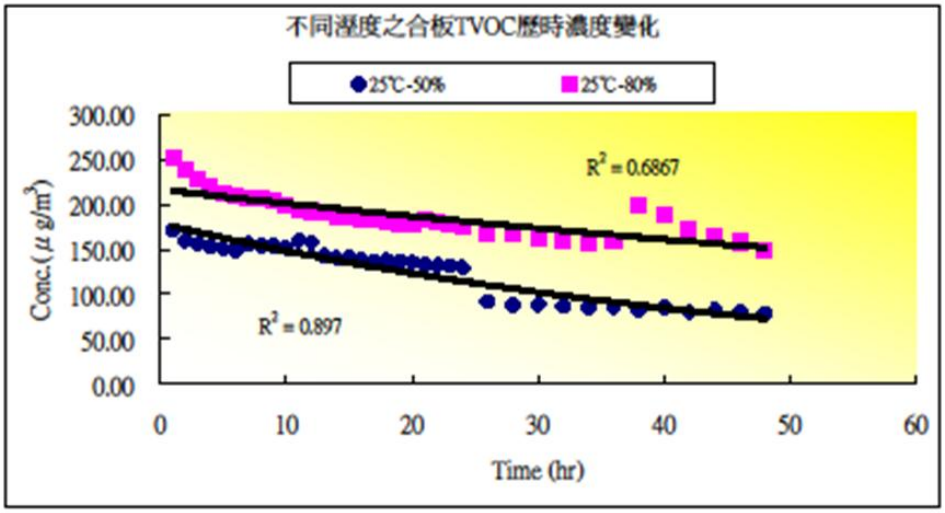


圖 2-5 不同濕度之 TVOC 逸散濃度變化比較(合板)

資料來源：林君穎，2004

溼度增加 30~70％ 則會導致甲醛逸散速率增加 40％ (Godishand， Rouch, 1986)。

當相對濕度增加時，空氣中水氣和膠合劑末端未飽和官能基反應的機會便提高，因此造成在高相對濕度下，甲醛逸散濃度及逸散因子均較低相對濕度狀況下高上 30%左右，(陳震宇，2001)。

Virgil 於 1985 年針對一棟辦公大樓偵測甲醛濃度，結果發現夏天的甲醛濃度值為冬天的 2 倍（Virgil，1985），Matthews 更在研究中發現，夏天（溫度 32℃、相對濕度 80％）之甲醛濃度值為冬天（溫度 18℃、相對濕度 20％）的 8 倍（Matthews，1986）。

在相對濕度 80%下之甲醛逸散濃度為相對濕度 30%之 1 倍 (Godish T.,et al,1986)。

三、換氣率影響部分：

由於高換氣率代表在測試箱中具有較高的流速，以致於在樣品表面不易累積過高的游離甲醛，相較之下，低換氣率時累積在樣品表面的甲醛濃度便較高，因此逸散因子便受到濃度差的影響，在高換氣率狀況下，逸散因子提高了 30-40%。而在逸散濃度方面，則由於高流量的緣故，造成游離甲醛逸散濃度的稀釋。當換氣率增加一

倍時，逸散濃度因而下降 30%，(陳震宇，2001)。

排放濃度與相對濕度大小無關，而相對濕度與排放速率呈線性反比，而在低相對濕度時，增加換氣率將會使得排放速率快速的增加，高相對濕度時，則增加換氣率，排放速率則會變得較為緩慢增加，也是就是說，高相對濕度會抵銷提高換氣率所帶來的排放速率增加的效應，(James，1988)。

在清漆建材上，提高換氣率有顯著移除有機物質效果，提升至提升至 1.0ACH 可增加 43.6%移除效率、提升至 1.5ACH 可增加 76%移除效率；在合板建材上，提升至 1.0ACH 可增加 55.1%移除效率、提升至 1.5ACH 可增加 60%移除效率，提高換氣率在高濃度逸散建材上，移除效果顯著，(陳振誠，2004)。

第四節 建材逸散模擬軟體架構

本年度研究僅針對濕式建材中之塗料類進行建材逸散試驗，並彙整前期測試之乾式建材可用數據，進行逸散資料庫之建置，預期未來加入現有健康綠建材資料，使建材逸散資料庫更臻完善。由建材逸散資料庫建立適用我國本土氣候及符合室內裝修建材使用現況之建材逸散模擬軟體，未來可由此軟體中之建材逸散資料庫查詢欲使用建材之逸散資料，估算各種設計方案的甲醛及 TVOC 濃度，讓「設計者」透過建材逸散資料庫及建材逸散模擬軟體，確實掌握室內裝修後室內使用人員健康風險及室內空氣品質狀況。

本年度所建置之建材逸散模擬軟體（網頁測試版）主架構可分為 1.教育宣導 2.一般使用者模式 3.專業者模式 4.管理者模式 5.操作說明，本年度網頁測試版已初步完成「教育宣導」、「一般使用者模式」、「管理者模式」、「操作說明」等部分。

圖 2-6 建材逸散模擬軟體網頁測試版首頁介面

資料來源：本研究整理

一、教育宣導

建材逸散模擬軟體（網頁測試版）「教育宣導」部分，於使用者進入系統前針對「室內品質對人體之重要性」、「如何維持良好室內空氣品質」及「揮發性有機化合物與甲醛對人體的危害」進行教育宣導，推廣維持良好室內空氣品質及使用低逸散健康綠使用低逸散健康綠建材之重要性。

圖 2-7 建材逸散模擬軟體網頁測試版教育宣導介面

資料來源：本研究整理

圖 2-8 建材逸散模擬軟體網頁測試版教育宣導介面

資料來源：本研究整理

圖 2-9 建材逸散模擬軟體網頁測試版教育宣導介面

資料來源：本研究整理

二、操作說明

建材逸散模擬軟體（網頁測試版）由首頁進入，可選擇流覽「教育宣導」頁面或直接點選「進入系統」按鍵，輸入使用者帳戶及密碼方可連進建材逸散模擬軟體（網頁測試版）模擬操作介面。

圖 2-10 建材逸散模擬軟體網頁測試版進入系統介面

資料來源：本研究整理

圖 2-11 建材逸散模擬軟體網頁測試版登入介面

資料來源：本研究整理

由建材逸散模擬軟體（網頁測試版）模擬操作介面進入為「一般使用者模式」，後續可選擇「專業者模式」、「管理者模式」、「操作說明」等項目進行使用。本年度已完成「一般使用者模式」、「管理者模式」、「操作說明」等功能選項。

「一般使用者模式」依操作步驟可分三階段，第一階段為裝修建材選擇，第二階段為輸入裝修空間體積，第三階段為待模擬空間環境設定。

圖 2-12 建材逸散模擬軟體網頁測試版模擬介面

資料來源：本研究整理

使用者點選「一般使用者模式」進入模擬軟體後，可分別依裝修部位的不同（天花板、牆壁、地板）分別選擇裝修使用建材，選擇完畢後輸入所選用建材之面積大小，完成各部位裝修建材種類選擇與面積輸入後，系統會自動加總各施作部位建材施作總面積。

圖 2-13 選擇裝修建材

資料來源：本研究整理

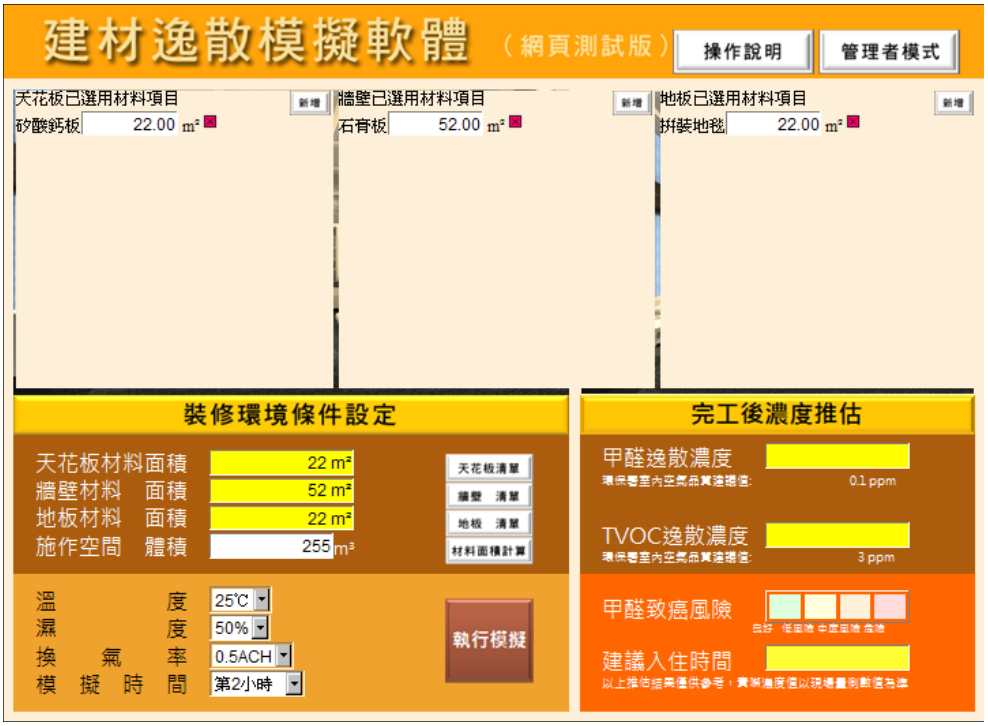


圖 2-14 完成建材點選

資料來源：本研究整理

完成裝修建材選擇後，進行第二階段輸入裝修空間體積，輸入完畢後，系統會自動換算裝修空間建材負荷率，接著進入第三階段待模擬空間環境設定；使用者可選擇待模擬知裝修空間於不同溫度條件，接著選擇欲模擬之時間（本年度軟體提供完工後第 1 小時至第 48 小時之選項供使用者選擇），點選完畢後點擊「執行模擬」按鍵，系統即可自行運算，使用者可得知甲醛逸散濃度、TVOC 逸散濃度、甲醛致癌風險及入住安全時間建議，若運算結果為具有危害性之數值，介面字體會以紅色字體作為警示標示。

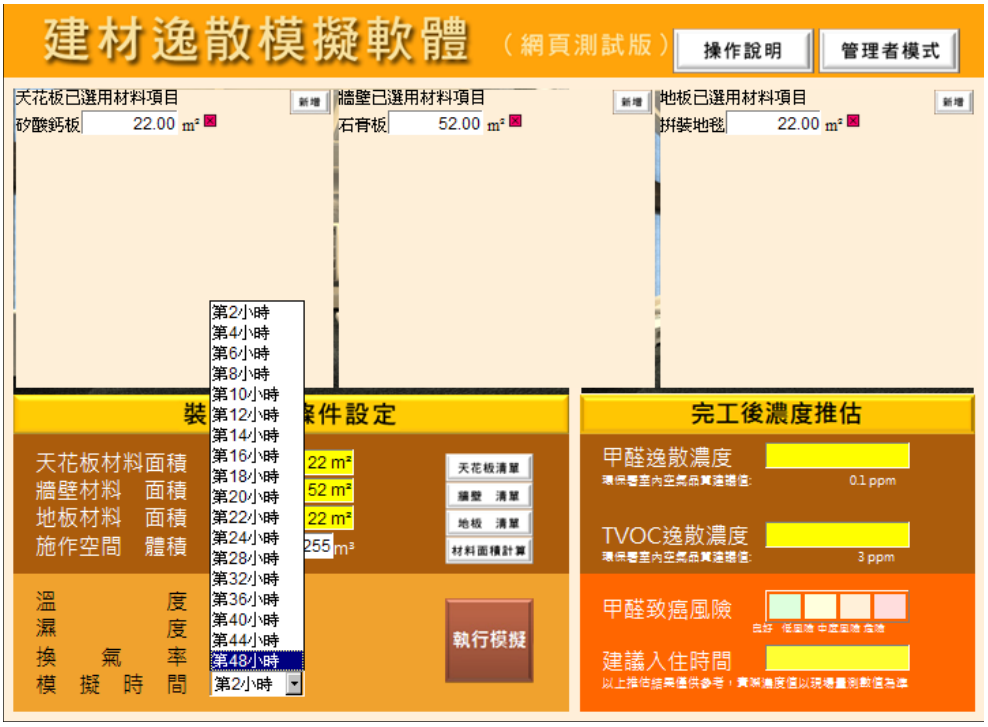


圖 2-15 選擇欲模擬時間選項

資料來源：本研究整理

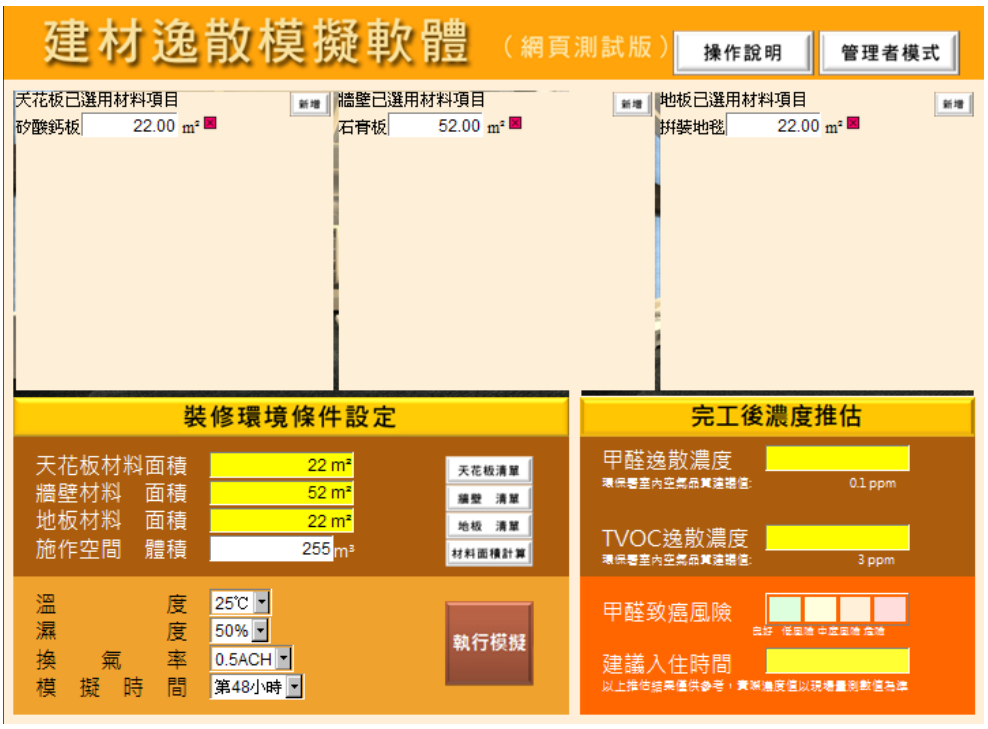


圖 2-17 輸入完畢之畫面

資料來源：本研究整理

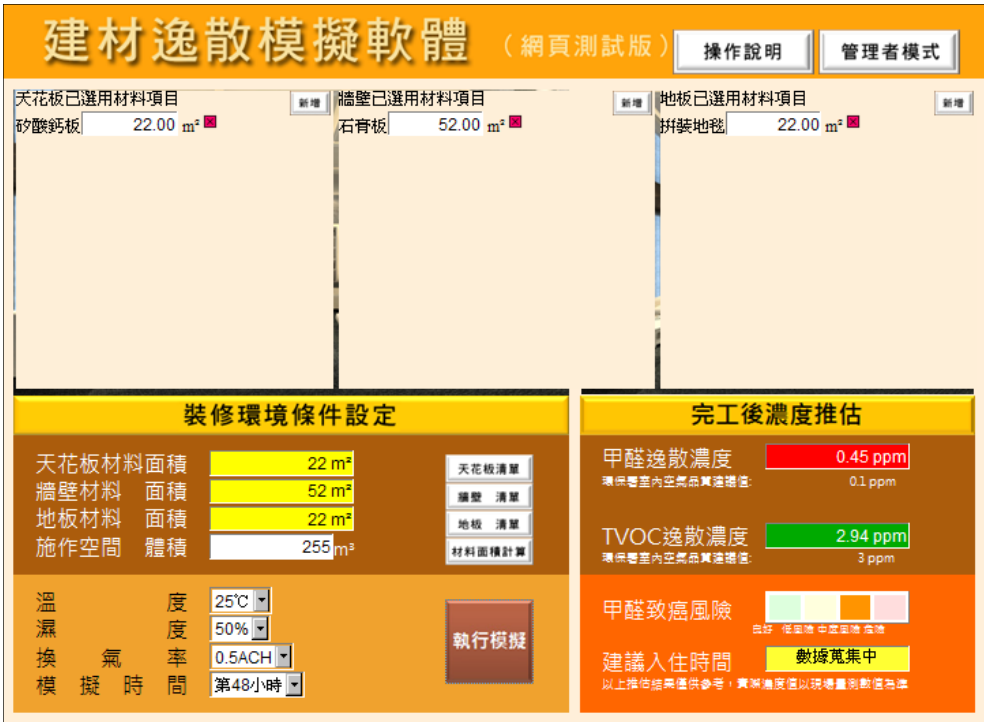


圖 2-18 運算結果畫面

資料來源：本研究整理

第三章 小尺寸建材逸散直讀量測系統

第一節 建立濕式建材揮發性有機化合物標準試驗程序

本研究之小尺寸建材逸散直讀量測系統，主要依據國際標準組織（ISO）、日本工業規格協會（JIS）、美國材料試驗協會（ASTM）及內政部建研所健康綠建材試驗方法所規範之「環境控制箱逸散測試法」，其精神主要是將小尺寸建材樣品藉由小型環境試驗室（Small-Scale Chamber）對室內產品與材料之有機物逸散情形進行檢測評估。經由「小尺寸建材逸散直讀量測系統」(以下簡稱小尺寸直讀量測系統)與內政部建築研究所建立之「小尺寸建材逸散模擬實驗系統」(以下簡稱 ABRI 小尺寸實驗系統)比較，發現小尺寸建材逸散直讀量測系統可即時判讀量測數據，省去後端採樣分析之流程，減少耗材消耗量，符合節能減碳政策，並可快速累積大量建材逸散數據等優勢，詳表 3-1。

表 3-1 小尺寸直讀量測系統與小尺寸實驗系統比較表

差異項目		小尺寸直讀量測系統	ABRI 小尺寸實驗系統
試驗艙材質	試驗艙材質	低逸散、低吸附之磨光不鏽鋼或玻璃	有與化合物接觸之部分需以不鏽鋼或玻璃
	試驗艙體積	20L	225L
	試驗採樣方法	頂空採樣法	頂空採樣法
試驗方法流程之差異	測試樣本放置	中央部位	中央部位
試驗分析方法之差異	甲醛	直讀式量測法	實驗室分析法
	TVOC		

資料來源：本研究整理

本研究為延續前期研究計畫，藉由小尺寸建材逸散直讀量測系統，建置濕式建材中之塗料類建材逸散資料庫，適用於本年度濕式建材之小尺寸逸散直讀糧測系統標準試驗方法如下：

表 3-2 小尺寸建材逸散直讀量測系統 VOCS 試驗方法與程序

建材中 TVOC、甲醛逸散試驗方法	
內容涵蓋項目	01. 試驗方法
	02. 適用範圍
	03. 干擾
	04. 設備
	05. 採樣與保存
	06. 步驟
	07. 品質管制
	08. 儀器分析
	09. 精密度與準確度
	10. 試驗報告

資料來源：內政部建築研究所，2010

一、試驗方法

本方法主要用於室內建材中揮發性有機物質（Volatile Organic Compounds，VOCs）之逸散評估；利用小型環境控制箱模擬室內環境條件，置入欲測試之建材，建材中之甲醛、揮發性有機物質會於環控箱內慢慢逸散至穩定狀態，在採樣端連結直讀式儀器：Formaldemeter htV-M 或 FORMTECTOR XP-308B（甲醛檢測儀）、COSMOS XG-100V（TVOC 檢測儀），分別進行甲醛、總揮發性有機物質的定量分析。

二、適用範圍

本方法適用於常見室內建材中揮發性有機物質之逸散濃度量測，以計算其逸散量與衰減情形。適用範圍受限於建材環控試驗箱體積為 20 公升，受測樣本之大小不得超出 20×20 cm^2，本研究針對濕式建材樣本測試之大小範圍將在後續試驗中訂定。

三、干擾

(一) 建材所含揮發性有機物質於建材製造完成後慢慢逸散於空氣中，為精準的評估 TVOC 逸散量，須為製造完成或進口至台灣一週內之建材樣本，並於兩天內進行採樣，以避免儲放過程中因有機物質逸散或受其他污染源污染而產生誤差。

(二) 建材樣品於採樣及運送過程中，須避免接觸其他有機物質污染源，而使建材對特定有機物質產生吸附或脫附之現象，對於分析結果產生干擾，因此建材在未開啟狀態下，使用石蠟膜密封，並置入 4 ℃密閉空間下保存及運送至實驗室。

(三) 分析進行前須使用脫脂棉花、丙酮、高溫去離子水清洗環控箱內部並使用脫脂棉花擦式乾燥，以避免環控箱內部殘留之有機物質對樣品分析結果產生干擾。

(四) 實驗分析過程中，每次試驗完成一件建材樣本後，須利用潔淨空氣以三倍環控箱內部體積進行置換，並於試驗前須將鍍鋅鋼板基座置入環控箱做空白試驗，以避免上次分析過程中之有機物質殘留於環控箱內或殘留於不銹鋼板上；分析系統管線應避免使用橡膠等材質成份的元件，以避免對於欲分析之有機物質產生吸附而致干擾。

(五) 零級空氣所含之有機物質濃度，甲醛濃度不可超過 12 $\mu g/m^3$ 總揮發性有機物質(TVOC)濃度則不可超過 10 $\mu g/m^3$。

(六) 直讀式儀器干擾：Formaldemeter htV-M（甲醛檢測儀）檢測時易受酚干擾，因此每次量測前需置換酚過濾器。

四、設備

(一) 外氣清淨系統

1. 系統說明：主要提供實驗系統外氣之引入及潔淨作用，透過進氣泵浦、空調系統及過濾系統處理，供給環控箱穩定及潔淨之外氣來源。以進氣泵浦抽取經過除濕器與活性碳過濾的環境空氣，製造零級氣體送進環控箱。潔淨空氣所含之有機物質濃度，總揮發性有機物質(TVOC)濃度不可超過 10 μg/m^3，而甲醛濃度則不可超過 12 μg/m^3。
2. 設備儀器：包括空調潔淨系統、濾毒罐進氣過濾裝置、碳氫化合物吸附管等設備。
3. 控制項目：外氣潔淨度。

圖 3-1 進氣幫浦

圖3-2 濾毒罐進氣過濾裝置

圖 3-3 除濕裝置

圖 3-4 浮子流量計與碳氫化合物吸附管

資料來源：本研究整理

(二) 溫濕度控制系統

1. 系統說明：主要為系統控溫、控濕之作用，並過濾外氣，以維持恆溫恆濕。

2. 設備儀器：包括空調冷卻除濕、除濕裝置、加濕器、加熱帶、保溫毯等。
3. 控制項目：控制系統氣流之溫度（本試驗設定 25℃）、相對溼度（本試驗設定 RH 50%）。

圖 3-5 溫控系統與保溫設備

圖 3-6 濕度控制裝置

資料來源：本研究整理

(三) 流量控制裝置

1. 系統說明：主要提供外氣之流量控制，透過流量控制閥控制進氣量，並傳送至環空箱底部，以供給艙內穩定之進氣路徑，控制試驗所需之換氣率。
2. 設備儀器：進氣泵浦、浮子流量計、流量控制閥、SKC 抽氣泵浦等。
3. 控制項目：控制系統之氣流風量，控制進風量及排風量等。

圖 3-7 進排氣裝置

圖 3-8 流量控制閥

資料來源：本研究整理

(四) 環控箱試驗系統

1. 系統說明：環控箱構造符合 JIS A1901 規定，並能夠控制溫度、濕度、風速及換氣率等環境變因，內部為氣密之 20 公升

不鏽鋼環控箱模擬建築單室空間，具有非吸附性、化學惰性和拋光的內部表面之條件，為避免使用接著劑，接縫部分採用壓合的方式，並具有氣密性佳且非吸附性之艙蓋；以及具有溫濕度之監測器，溫濕度控制準確度分別達到±0.5℃、±5%RH，以作為建材揮發性物質逸散模擬用途，監測揮發性物質之逸散變化。

2. 設備儀器：溫濕度量測器、不鏽鋼環控箱、加熱保溫帶。
3. 控制項目：透過恆溫恆濕與流量控制系統，控制環控箱內部溫度、濕度及風速，以達成環控箱內穩定溫度、濕度及均勻混合氣體之作用。

圖 3-9 20L 不鏽鋼環控箱

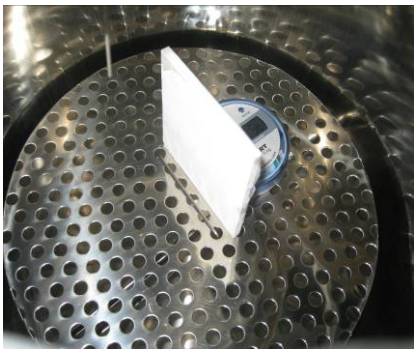


圖3-10 艙體內部氣體混合裝置

資料來源：本研究整理

(五) 採樣分析系統

1. 系統說明：透過箱頂採樣點，連接鐵氟龍管線對箱內氣體作採集動作，送至氣體混合瓶後連接針對 TVOC 與甲醛之直讀式儀器進行末端濃度分析。
2. 設備儀器：不鏽鋼採樣孔、石蠟膜(Parafilm)、鐵氟龍管線、氣體混合瓶、COSMOS XG-100V（VOC 檢測儀）、Formaldemeter htV-M 或 FORMTECTOR XP-308B（甲醛檢測儀）等。
3. 控制項目：於採樣控制上，包括採樣點選擇、採樣流速及採集時間設定。

圖 3-11 採樣分析系統

圖 3-12 Formaldemeter htV-M、COSMOS XG-100V、FORMTECTOR XP-308B

資料來源：本研究整理

五、採樣與保存

(一) 採樣前準備：採樣所使用之石蠟膜(Parafilm)、採樣箱等。

(二) 建材樣品收集：取得試驗用塗料建材樣本需為製造完成或進口至台灣一週內，進行採樣，建材在未開啟狀態置入 4℃下予以保存，並於兩日內進行分析。

(三) 建材樣品保存及運送：建材樣品於採樣箱中保存，溫度控制於 4℃下進行運送，過程不得開啟避免碰撞，送至實驗室後存入 4℃冰箱保存，並於試驗前 4 小時取出退冰，於建材正式試驗前，如有沈澱之現象，須均勻攪拌後再進行建材逸散試驗。

(四) 清洗環控箱：建材試驗前須使用脫脂棉花、丙酮、高溫去離子水清洗環控箱內部並使用脫脂棉花擦式乾燥，以避免環控箱內部殘留之有機物質對於樣品分析結果產生干擾。

(五) 試驗分析過程中，每次試驗完成一件建材樣本後，須利用潔淨空氣以三倍環控箱內部體積進行置換，並於試驗前須將鍍鋅鋼板基座置入環控箱做空白試驗，以避免上次分析過程中之有機物質殘留於環控箱內或殘留於不銹鋼板上；分析系統管線應避免使用橡膠等材質成份的元件，以避免對於欲分析之有機物質產生吸附而致干擾。

(六) 潔淨空氣所含之有機物質濃度，總揮發性有機物質濃度不可超過 10 $\mu g/m^3$，而甲醛濃度則不可超過 12 $\mu g/m^3$。

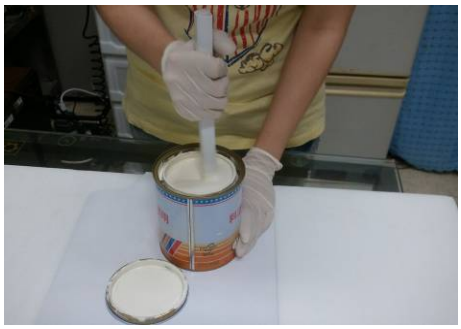


圖 3-13 樣本攪拌使之均勻

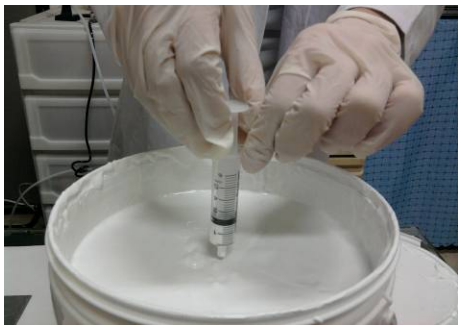


圖 3-14 取出樣本用量

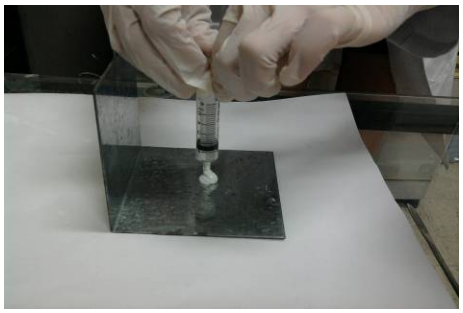


圖 3-15 將塗料置於鍍鋅鋼板

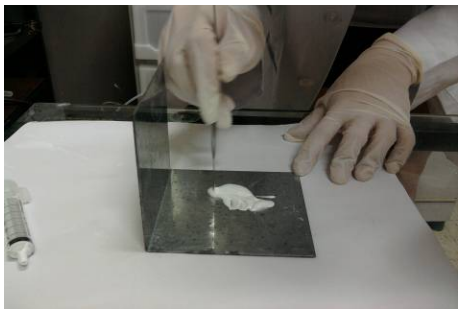


圖 3-16 刮刀塗抹塗料

圖 3-17 石臘膜密封開口

圖 3-18 存放至 4℃冰箱

圖 3-19 清洗環控箱

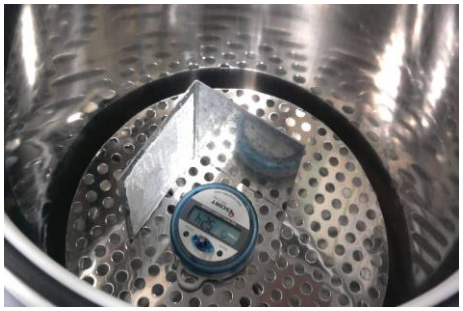


圖3-20 試驗樣本置入環控箱

資料來源：本研究整理

六、步驟

將待測之建材放置於環境控制箱內，並將環控箱密閉避免氣體洩漏。而依據試驗條件及參數不同，設計 0.5、1.0、1.5、2.0 ACH 等不同之進氣量及出氣量，引入氣體至環控箱內，與環控箱內之氣體均勻混合後，由環控箱內排出。氣體由環控箱排出後，直讀式儀器對環控箱排出之氣體進行濃度分析，紀錄污染物之濃度及試驗結果。而排出之多於之氣體由 SKC 泵浦進行排放。

七、品質管制

(一) 使用本試驗方法的環控箱須於分析前進行空白試驗。

(二) 直讀式檢測儀器，必須進行原廠校正，才能進行量測分析。

(三) 每次分析完成後，須用潔淨空氣以三倍環控箱內部體積進行置換，並於試驗前須將鍍鋅鋼板基座置入環控箱做空白試驗，以避免上次分析過程中之有機物質殘留於環控箱內或殘留於管線中。

(四) 實驗室須保持執行記錄來確認數據品質，隨後查核工作必須與已建立之執行標準配合，以決定試驗結果是否在方法所要求的精密度及準確度範圍之內。

八、儀器分析

(一) Formaldemeter htV-M（甲醛檢測儀）：使用電化學感測原理之儀器，感測原理是將兩個反應電極-工作電極和對電極以及一個參比電極放置在特定電解液中，然後在反應電極之間加上足夠的電壓，使透過塗有重金屬催化劑薄膜的待測氣體進行氧化還原反應，再通過儀器中的電路系統測量氣體電解時產生的電流，然後由其中的微處理器計算出氣體的濃度。

(二)FORMTECTOR XP-308B（甲醛檢測儀）：使用定電位電解式之偵測原理，為自動吸引式之採樣方式，偵測範圍

0.01ppm-0.30ppm，最大範圍 0.31ppm-3.00ppm。

(三) COSMOS XG-100V（VOC 檢測儀）：使用超高感度半導體式感知器，非燃燒式偵測器、UV 偵測器，BTEX 偵測極限達 1ppb、甲烷 100ppb。

(四) ESCORT ilog（溫濕度計）：測定範圍-40℃~+70℃；解析度 0.1℃、誤差±0.3°C。

表 3-3 儀器分析性能說明

量測儀器	COSMOS XG-100V VOC 檢測儀		FORMTECTOR XP-308B 甲醛檢測儀		Formaldemeter htV-M 甲醛檢測儀	
檢測項目	甲苯、乙苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯、苯乙烯		甲醛		甲醛	
測定範圍	檢測範圍	解析度	檢測範圍	解析度	檢測範圍	解析度
	0μg/m³-4μg/m³	1ppb	0.01mg/m³-0.38mg/m³	0.01 mg/m³	0-10 pm	0.01ppm
	0μg/m³-3700μg/m³	1000ppb			0-20ppm	0.01p
					0-30 ppm	0.01ppm
解析度	4μg/m³		0.01ppm		0.01ppm	
採樣流速	10c.c/m n		30c.c/min		65c.c/min	

資料來源：本研究整理

九、精密度與準確度

(一) 準確度：分別針對 7 件標準品，進行甲醛逸散之量測，比對其測試結果，平均相對誤差需小於 15%。

(二) 精密度：針對單一標準品，進行 7 次甲醛逸散量測，比對其測試結果求其變異係數，其值不可超過 15% 。

(三) 變異係數 C.V = X / S.D　X：量測七次所得之平均濃度值。

十、試驗報告

試驗報告包含下列資料：

(一) 試驗實驗室

1. 實驗室的名稱

2. 負責人姓名

3. 操作方法及相關設備的描述（試驗環控箱、清靜空氣系統、環境控制、採樣及分析之儀器設備、相關規範及校正報告）

(二) 樣本之描述

1. 樣式名稱（品牌名稱）

2. 樣本採樣依據

3. 樣本其他相關資料（製造日期、送抵實驗室之時間）

(三) 試驗樣本前置作業

1. 打開封裝之時間、日期

2. 準備方法

(四) 試驗條件和過程

1. 試驗艙環境條件（溫度、相對濕度、換氣率）

2. 試驗樣本面積和負荷率（於環控箱內持續之採樣時間）

(五) 數據分析

1. 以敘述之方式描述從試驗環控箱中量測到之濃度。

(六) 試驗結果

1. 每個試驗樣本之特定逸散濃度。

(七) 品質保證和品質控制

1. 指標性化合物的環控箱內背景濃度值

試驗環境各項因子之定量（溫度、相對濕度、換氣率）

本年度研究之濕式建材揮發性有機化合物標準試驗步驟如下：

一、建材採樣保存

試驗樣本的塗佈量及塗佈面積依據塗料包裝上之建議使用量而定，取得試驗用塗料建材樣本需為製造完成或進口至台灣一週內，進行採樣，建材在未開啟狀態置入4℃下予以保存，並於兩日內進行分析。

二、試驗條件設定

詳表3-1小尺寸建材逸散直讀量測系統試驗內容設定。

三、試驗系統品質控制

於試驗前針對直讀式儀器、進排氣流量、溫濕度性能進行調校。

四、環控箱性能測試

設定環控箱溫度25℃、濕度50%、換氣率0.5ACH，進行48小時測試，平均相對誤差需小於15%。

五、環控箱空白測試

環控箱需使用脫脂棉花、丙酮、高溫去離子水清洗環控箱內部並使用脫脂棉花擦式乾燥，以避免環控箱內部殘留之有機物質對於樣品分析結果產生干擾；每次試驗完成後，須利用潔淨空氣以三倍環控箱內部體積進行置換，並於試驗前須將鍍鋅鋼板基座置入環控箱做空白試驗，以避免上次分析過程中之有機物質殘留於環控箱內或殘留於不銹鋼板上。環控箱背景濃度，甲醛濃度須低於12 $\mu g/m^3$、總揮發性有機物質(TVOC)濃度須低於10 $\mu g/m^3$。

六、建材置入環控箱

建材於試驗前4小時取出退冰，於環控箱空白試驗完成後，均勻攪拌其容器內容物後，取出待測樣本之用量，置於不鏽鋼樣本座上，使用不鏽鋼刮刀，於不銹鋼樣本座上進行表面均勻刮塗，並同時記錄樣本座及塗料重量，放入環控箱進行試驗。此過程必須於2分鐘內完成。

七、建材揮發性有機物質量測

系統連結直讀式儀器進行甲醛、總揮發性有機物質(TVOC)進行48小時試驗分析。

八、數據輸出分析

量測數據由COSMOS XG-100V(TVOC檢測儀)、Formaldemeter htV-M或FORMTECTOR XP-308B (甲醛檢測儀)直讀式儀器傳送輸出，進行數據計算定量分析與試驗報告製作。

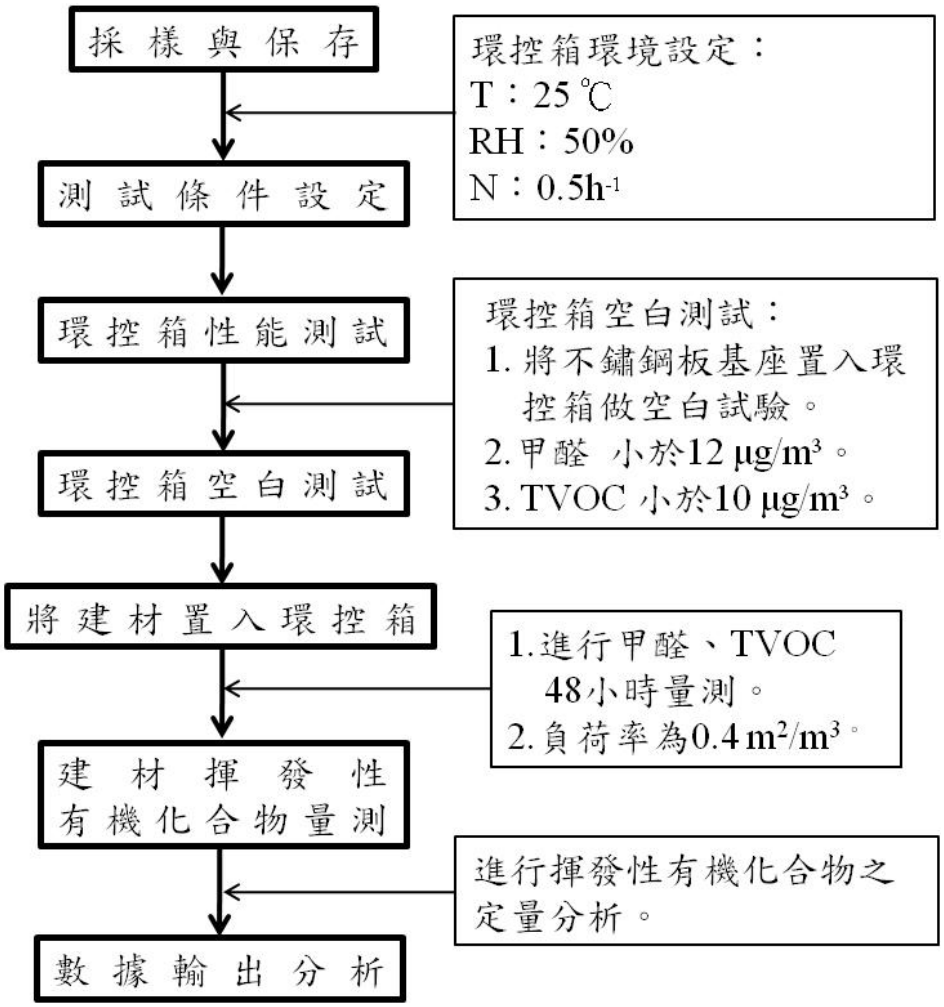


圖3-21 濕式建材揮發性有機化合物標準試驗程序

資料來源：本研究整理

第二節 小尺寸建材逸散直讀量測系統性能測試

一、環控箱溫、濕度及換氣率控制

小尺寸環控箱為模擬室內裝修行為與建材逸散環境之設備，因此於其物理環境需要求控制穩定度，以確保建材在設定之穩態環境條件下逸散狀況。本研究於試驗進行前先設定環控箱之環境參數，進行連續 24 小時測試，其設定標準狀態為 25℃、RH 50%及 $0.5h^{-1}$（166 mL），記錄其運轉期間之溫濕度及換氣率穩定度；確定其穩定度可控制於標準偏差值於 15%以內，方可進行建材之甲醛及 TVOC 逸散試驗。

(一) 溫度穩定度測試：在溫度變化上皆符合於 25℃ ±0.5℃之限制範圍，平均溫度為 25.1℃，變異係數為 0.4%，未超出 15%，於容許誤差範圍內，如圖 2-26。

(二) 相對濕度穩定度測試：相對濕度符合 RH 50% ±5%之限制範圍，平均濕度為 51.2%，，變異係數為 1.41%，未超出 15%，於容許誤差範圍內，如圖 2-27。

(三) 換氣率穩定度測試：換氣率變化皆合於 $0.5h^{-1}$±5%之限制範圍，平均換氣率為 161.6 mL，變異係數為 1%，未超出 15%，於容許誤差範圍內，如圖 2-28。

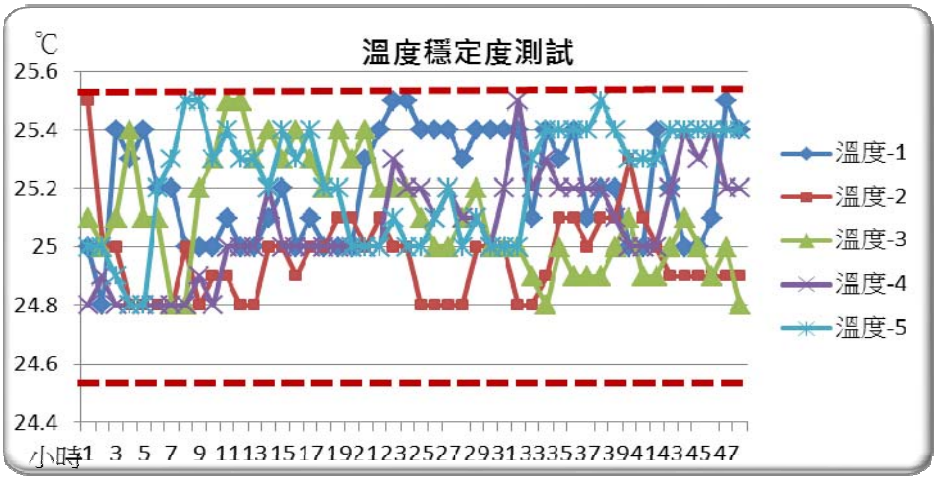


圖 3-22 溫度穩定度測試

資料來源：本研究整理

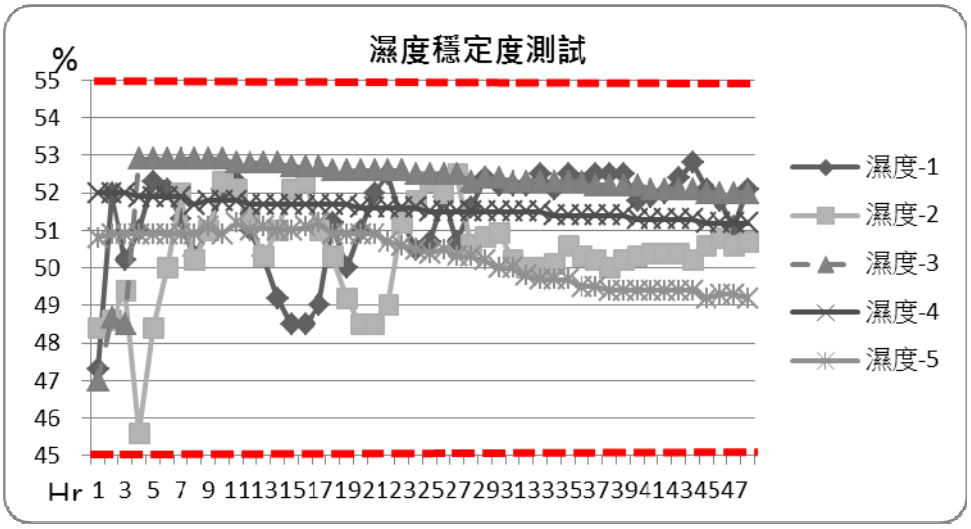


圖 3-23 濕度穩定度測試

資料來源：本研究整理

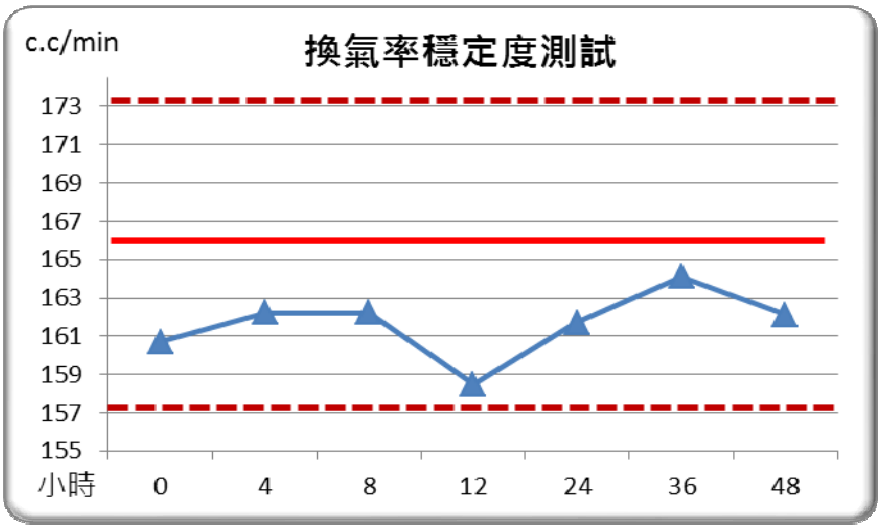


圖 3-24 換氣率穩定度測試

資料來源：本研究整理

二、系統準確度測試

執行試驗分析時，注入校正標準品用以評估分析系統之準確度，確認系統是否正常運作。本研究主要針對甲醛與 TVOC 進行定性定量分析，在甲醛準確度測試部分，於系統設定溫度之 25℃狀態下注入甲醛標準氣體，其濃度為 2.91ppm，進行七次重複量測，觀察其相對誤差，不得超過 15%；TVOC 部分注入 738ppb 之標準氣體，進行七次重複量測，觀察其相對誤差，不得超過 15%。

圖 3-25 甲醛標準氣體

圖 3-26 TVOC 標準氣體

資料來源：本研究整理

本研究針對甲醛與 TVOC 進行準確度測試，於系統設定溫度之 25℃狀態下注入甲醛標準氣體，其濃度為 2.91ppm，進行七次重複量測，其相對誤差為 8%、2%、6%、7%、3%、13%、5%，相對誤差均未超出 15%，均於容許誤差範圍內；TVOC 部分注入 738ppb 之標準氣體，進行七次重複量測，其相對誤差為 5.95%、7.75%、8.7%、5.34%、4.54%、2.67%、2.98%，相對誤差均未超出 15%，均於容許誤差範圍內，詳表 3-4、3-5。

表 3-4 甲醛準確度測試

項次	甲醛標準氣體濃度（ppm）	測得濃度（ppm）	相對誤差（%）	判定結果（不得超過 15%）
1	2.91	2.65	8	合於標準
2		2.98	2	合於標準
3		3.11	6	合於標準
4		3.12	7	合於標準
5		2.82	3	合於標準
6		2.51	13	合於標準
7		2.75	5	合於標準

資料來源：本研究整理

表 3-5 TVOC 準確度測試

項次	TVOC 標準氣體濃度（ppb）	測得濃度（ppm）	相對誤差（%）	判定結果（不得超過 15%）
1	738	694.1	5.95	合於標準
2		680.8	7.75	合於標準
3		673.8	8.7	合於標準
4		698.6	5.34	合於標準
5		704.5	4.54	合於標準
6		718.3	2.67	合於標準
7		716	2.98	合於標準

資料來源：本研究整理

三、系統精密度測試

執行試驗分析時，注入校正標準品用以評估分析系統之精密度，確認系統是否正常運作。本研究主要針對甲醛與 TVOC 進行定性定量分析，在甲醛精密度測試部分，於系統設定溫度之 25℃狀態下注入甲醛標準氣體，其濃度為 2.91ppm，進行七次重複量測，求其變異係數其值不得超過 15%；TVOC 部分注入 738ppb 之標準氣

體，進行七次重複量測，求其變異係數其值不得超過 15%。

本研究針對甲醛與 TVOC 進行精密度測試，於系統設定溫度之 25℃狀態下注入甲醛標準氣體，其濃度為 2.91ppm，進行七次重複量測，其變異係數為 7.55%，未超出 15%於容許誤差範圍內；TVOC 部分注入 738ppb 之標準氣體，進行七次重複量測，其變異係數為 2.22%，未超出 15%於容許誤差範圍內，詳表 3-6、3-7。

表 3-6 甲醛精密度測試

項次	甲醛標準氣體濃度（ppm）	測得濃度（ppm）	變異係數（%）	判定結果（不得超過 15%）
1	2.91	2.65	7.55	合於標準
2		2.98		合於標準
3		3.11		合於標準
4		3.12		合於標準
5		2.82		合於標準
6		2.51		合於標準
7		2.75		合於標準

資料來源：本研究整理

表 3-7 TVOC 精密度測試

項次	TVOC 標準氣體濃度（ppm）	測得濃度（ppm）	變異係數（%）	判定結果（不得超過 15%）
1	738	694.1	2.22	合於標準
2		680.8		合於標準
3		673.8		合於標準
4		698.6		合於標準
5		704.5		合於標準
6		718.3		合於標準
7		716		合於標準

資料來源：本研究整理

第三節 小尺寸建材逸散直讀量測系統試驗結果判定機制

本年度計畫為（99）建置小尺寸建材逸散直讀量測系統與模擬架構之研究計畫之延續研究，由前期研究發現使用小尺寸建材逸散直讀量測系統進行建材甲醛、TVOC 之逸散量測，雖可大量且快速累積試驗數據，且成本低廉，但因系統須仰賴人力即時監控，人為操作影響數據準確性，詳表 3-8，因此為提高數據量測準確度及可用數據使用率，期能透過建立「試驗結果判定機制」，加強落實記錄與監測，提高可用量測數據比例。

表 3-8 系統性能評估分析

優勢	劣勢
低耗能、耗材量	儀器需定期至原廠校正檢查
分析時間快速	人為操作影響量測準確性
成本低	系統須仰賴人力監控
操作簡易	直讀儀器測值偏高

資料來源：本研究整理

依據 ISO 16000-9、JIS A1901 及 ASTM D5116-06 標準，對於試驗方法進行規範，其中包含試驗報告製作，本研究期望藉由人員的定時監控與詳實之試驗報告紀錄，使量測過程透明化，以作為量測結果之判定依據，未來擬將試驗報告書資訊加入建材逸散資料庫中，供軟體使用者瀏覽參考。試驗報告包含下列資料：

(一) 試驗實驗室

1. 實驗室的名稱
2. 操作方法及相關設備的描述（試驗環控箱、清靜空氣系統、環境控制、採樣及分析之儀器設備、相關規範及校正報告）

(二) 樣本之描述

1. 產品樣式（品牌名稱）
2. 樣本照片

3. 規格
4. 產地
5. 用途分類
6. 樣本其他相關資料（製造日期、送抵實驗室之時間、產品成分等）

(三) 試驗樣本前置作業

1. 打開封裝之時間、日期
2. 準備方法

(四) 試驗條件和過程

1. 試驗艙環境條件（溫度、相對濕度、換氣率）
2. 試驗樣本面積和負荷率（於環控箱內持續之採樣時間）

(五) 數據分析

1. 以敘述之方式描述從試驗環控箱中量測到之濃度。

(六) 試驗結果

1. 每個試驗樣本之特定逸散濃度。

(七) 品質保證和品質控制

1. 指標性化合物的環控箱內背景濃度值
2. 試驗環境各項因子之定量（溫度、相對濕度、換氣率）

參考量測階段採樣記錄、系統測試、儀器校正報告與試驗記錄報告結果，與試驗數據量測結果一併進行確認，無異常事項則登記為「已確認數據」，此為可收錄於建材逸散資料庫之數據。

表 3-9 測試狀況判定程序

測試狀況	判定作業內容	判定說明
量測中	完成採樣與樣本紀錄報告系統測試	量測進行中
已測試	完成量測 完成試驗紀錄報告	量測數據準確性尚未確認，數據供參
已確認	根據試驗紀錄報告、數據量測結果、儀器校正紀錄確認量測數據準確性	可收錄於建材逸散資料庫中

資料來源：本研究整理

-健康環境實驗室試驗報告書-

測試樣本資訊：

測試樣本名稱	C-2 水泥漆(全光)	測試樣本照片
規格	全光/白	
取得日期	2011/06/15	
實驗日期	2011/06/17	
用途分類	塗料類	
產地	台灣	
附註	特殊顏料樹脂、顏料、溶劑(甲苯、二甲苯、礦油精)	

試驗方法：本試驗方法係參考內政部建築研究所建立之「室內建材有機逸散物質標準試驗方法及程序」(MOIS-901014)，試驗負荷率為 $0.4cm^2/cm^3$，甲醛分析部分使用 Formaldemeter Htv-m、TVOC 分析使用 COSMOS XG-100V。

測試結果：

測試項目	測試結果	性能水準（逸散效率）	判定結果
TVOC	92.39	＜0.19 mg/m^2・hr	不符合
甲醛	0.02	＜0.08 mg/m^2・hr	PASS

環控箱空白實驗：

項目	測試濃度	規範濃度	測試結果
TVOC	2.21 $\mu g/m^3$	10 $\mu g/m^3$	PASS
甲醛	9.82 $\mu g/m^3$	12 $\mu g/m^3$	PASS

樣本實驗過程紀錄：

項目		條件	紀錄	確認狀況
實驗前	空白試驗	TVOC< 10 $\mu g/m^3$、甲醛<12 $\mu g/m^3$。(含不鏽鋼板基座)	TVOC 2.21 甲醛 9.82	v
	準確度	儀器校正值 甲醛機（25℃狀態下標準值為 2.91ppm）	甲醛 2.81	v
	流量	166 cc/min ±5%	168.2	v
實驗後	溫度	25℃ ±0.5℃	已確認	v
	濕度	50% ±5% RH	已確認	v
	逸散模式	參考 TAF 認證實驗室之健康綠建材檢驗報告，比對建材之逸散特性。	已確認	v
	流量	166 cc/min ±5%	163.2	v

圖 3-27 試驗報告範本一

資料來源：本研究整理

-健康環境實驗室試驗報告書-

TVOC 數據表：

採樣時間	TVOC（mg/m^3）	逸散率（$mg/m^2 \cdot hr$）
第 0-1 小時	59.61	0.00
第 1-2 小時	99.67	74.51
第 2-3 小時	75.05	124.59
第 3-4 小時	79.29	93.81
第 4-5 小時	78.94	99.11
第 5-6 小時	78.23	98.68
第 6-7 小時	78.13	97.79
第 7-8 小時	78.33	97.66
第 8-9 小時	77.48	97.91
第 9-10 小時	76.50	96.84
第 10-11 小時	74.56	95.63
第 11-12 小時	74.15	93.20
第 12-13 小時	71.85	92.69
第 13-14 小時	70.79	89.82
第 14-15 小時	71.19	88.49
第 15-16 小時	71.26	88.98
第 16-17 小時	69.07	89.07
第 17-18 小時	68.31	86.34
第 18-19 小時	44.65	85.38
第 19-20 小時	43.93	55.81
第 20-21 小時	63.77	54.92
第 21-22 小時	62.50	79.71
第 22-23 小時	60.13	78.13
第 23-24 小時	59.56	75.16
第 24-26 小時	87.58	74.45
第 26-28 小時	85.75	109.47
第 28-30 小時	82.80	107.19
第 30-32 小時	81.65	103.50
第 32-34 小時	80.67	102.06
第 34-36 小時	79.44	100.84
第 36-38 小時	78.54	99.30
第 38-40 小時	76.90	98.17
第 40-42 小時	75.12	96.13
第 42-44 小時	75.12	93.90
第 44-46 小時	73.91	93.90
第 46-48 小時	73.42	92.39

圖 3-28 試驗報告範本二

資料來源：本研究整理

-健康環境實驗室試驗報告書-

甲醛數據表：

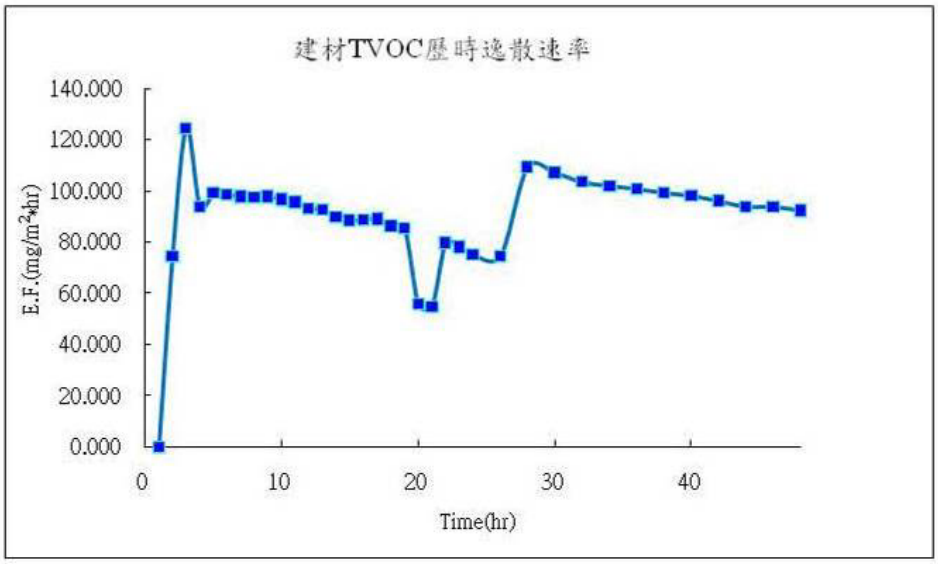
採樣時間	甲醛（mg/m^3）	逸散率（$mg/m^2 \cdot hr$）
第 0-2 小時	0.13	0.16
第 2-4 小時	0.11	0.14
第 4-6 小時	0.08	0.10
第 6-8 小時	0.06	0.07
第 8-10 小時	0.04	0.05
第 10-12 小時	0.03	0.04
第 12-14 小時	0.04	0.05
第 14-16 小時	0.04	0.05
第 16-18 小時	0.04	0.04
第 18-20 小時	0.03	0.04
第 20-22 小時	0.03	0.04
第 22-24 小時	0.03	0.03
第 24-28 小時	0.03	0.03
第 28-32 小時	0.02	0.03
第 32-36 小時	0.02	0.03
第 36-40 小時	0.02	0.03
第 40-44 小時	0.02	0.02
第 44-48 小時	0.02	0.02

圖 3-29 試驗報告範本三

資料來源：本研究整理

-健康環境實驗室試驗報告書-

建材中總揮發性有機物逸散率



建材中甲醛逸散率

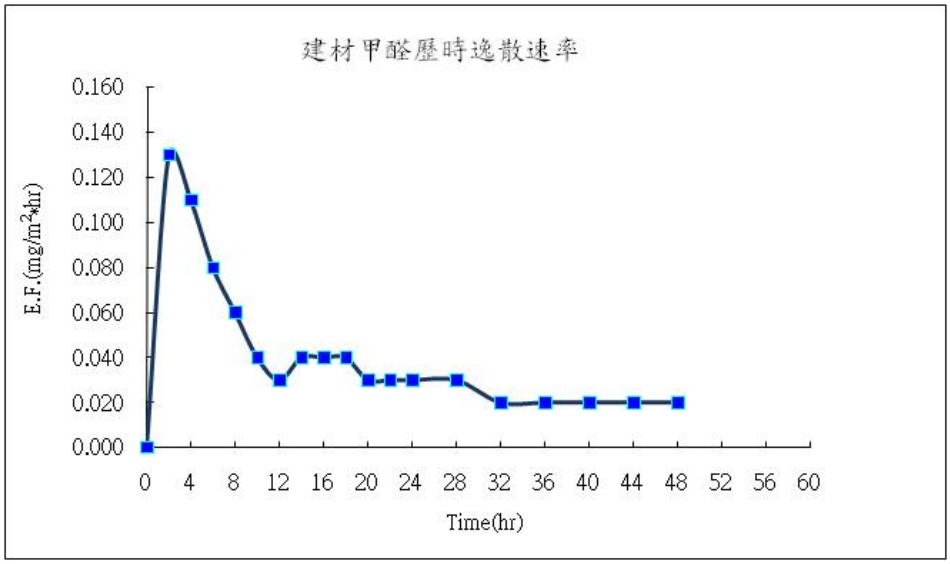


圖 3-30 試驗報告範本三

資料來源：本研究整理

第四章 建材試驗結果與實場驗證分析

第一節 試驗建材選樣原則

本年度研究主要針對濕式建材作為研究對象，根據(Brown S.K.，1994)研究指出室內空氣中揮發性有機化合物(TVOC)主要來源為新建建築物中之濕式建材(塗料、接著劑及填縫劑)；由國內統計揮發性有機化合物排放行業狀況可知，塗料的製造及塗裝過程中TVOC 排放量顯然居於所有建材中的首位，對室內施工人員及使用人員的健康危害甚深，故本年度研究針對常見之塗裝行為所使用之塗料類建材作為試驗樣本。

室內裝修建材中由塗料粉刷所帶來的便利性及廣泛性，成為主要之室內裝修形式；而其中塗料於乾燥後將於表面形成塗膜，使塗料中揮發性有機化合物會被包覆於塗膜內，而形成緩慢且長期的逸散，造成室內空氣品質污染，並進而影響到居住人員的健康。

因此本研究之建材試驗選樣原則依據行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所塗料分類方式，主要可分為調合漆、乳膠漆(乳化塑膠漆)、水泥漆、磁漆及凡立水五大類，詳表 4-1。

表 4-1 試驗建材選樣原則

種類	性質	用途
調合(和)漆 (ready - mixed paint)	使用長油性樹脂顏料、乾燥劑和溶劑調配製造而成。	適用於室內外一般木料、鐵製品之面漆。
乳膠漆 (emulsion paint)	乳膠漆為乳化塑膠漆之簡稱。由水溶性聚乙烯醇及壓克力樹脂，配以耐候性顏料製造而成，以清水為溶劑，俗稱塑膠漆或 PVC 漆。	適用於建築物之內外水泥牆、合板等表面裝飾。
水泥漆 (cement motar)	由耐候、耐水性之丙乙烯共聚合樹脂為主體，配合特殊合成樹脂及耐候耐鹼顏料製造而成，有水性及油性兩種。	適用一般建築物內外水泥牆面石膏泥灰等物表面的維護及裝飾之用。
磁漆 (alkyd enamel)	以清漆為媒液加入各種著色粉製造而成，乾燥後形成一層平滑、光亮、硬質並具耐久性的薄膜。	適用於鋼鐵、木製品、車輛等面漆。
凡立水 (varnish)	呈透明無色，乾固後形成一層平滑光亮，堅硬之薄膜。又稱清漆或假漆。	可透視底層原材料之質紋， 亦具保護作用。

資料來源：本研究整理

依過去相關建材測試研究及業界專家諮詢結果，挑選室內裝修常用之建材，進行建材逸散試驗並建置常用建材逸散資料庫，本年度濕式建材預計測試項目，依塗料種類分為五大類，其測試建材明細詳表 4-2。

表 4-2 預計試驗建材項目

序號	種類	編號	建材名稱
1	調合(和)漆	R-1	油性調和漆
2		R-2	調合漆(平光)
3		R-3	特級調合漆
4		R-4	調合漆(全光)
5	乳膠漆	E-1	防霉抗菌乳膠漆
6		E-2	淨味全效乳膠漆
7		E-3	三合一超強抗污乳膠漆
8		E-4	全效抗裂乳膠漆
9	水泥漆	C-1	水泥漆(平光)
10		C-2	水泥漆(全光)
11		C-3	水性水泥漆
12		C-4	油性水泥漆
13	磁漆	A-1	無鉛防銹磁漆
14		A-2	水凝水性磁漆
15		A-3	噴磁漆
16		A-4	醇酸樹脂磁漆
17	凡立水	V-1	平光水性清漆
18		V-2	全光水性清漆
19		V-3	平光油性清漆
20		V-4	全光油性清漆

資料來源：本研究整理

第二節 推估建材逸散模擬軟體公式

本研究彙整相關文獻理論模式之公式，再由經驗模式之統計修正公式，進行實測值與推估值之校正，使實測值與推估值兩者標準偏差值於15%以內，方可置入建材逸散模擬軟體中，推估模擬實際室內裝修空間於不同環境因子條件下建材甲醛、TVOC逸散濃度之影響。

一、文獻理論模式

美國住宅及城市發展部門(the U.S. Department of Housing and Urban Development)對大型環境測試箱制訂一標準(Godish, 1985)，Berge Equation 由於使用廣泛，故符合其需要，Berge Equation的形式如下：

$$C_x = \frac{C_1}{[1+A_1(RH-RH_0)]e^{-r\left(\frac{1}{T+273}-\frac{1}{T_0+273}\right)}} \qquad \text{(式 4-1)}$$

其中 C_x ＝溫度 T、相對濕度 RH%時，甲醛濃度 mg/m³

C_1 ＝標準化甲醛濃度，mg/m³

r ＝溫度係數，9799

T ＝測試溫度，℃

T_0 ＝標準化溫度，25 ℃

A_1 ＝濕度係數，0.0175

RH ＝測試相對濕度，%

RH_0 ＝標準化相對濕度，50%

將代入(式 4-1)結果再代入(式 4-2)合板類建材統計修正公式：

$$y = 92.818e^{0.0008x} \qquad \text{(式 4-2)}$$

在小尺寸建材直讀量測系統中，可得知溫度25℃、相對濕度50%時的甲醛濃度C_1，將濃度C_1代入(式4-1)，即可預測出在不同溫度、相對濕度下甲醛濃度。其代入由文獻所得(林君穎，2004)，標準狀態下(溫度25℃、相對濕度50%)之甲醛濃度，推估溫度15℃、相對濕度50%條件下合板之甲醛濃度結果如表4-3。代入(式4-1)之推估數值與小尺寸實際量測值其比較差距甚大，故本研究再經由統計修正代入(式4-2)得其結果，實際值與推估值比較僅在第20小時大於標準偏差值15%，其餘皆低於標準偏差值，於誤差範圍內。

表4-3 推估溫度15℃、濕度50%條件下合板之甲醛逸散濃度

Time(hr)	代入(4-1)	小尺寸系統實際量測值	代入(4-1)及(4-2)統計修正	標準偏差
2	3240.52	1076.67	1239.80	**7.04**
4	3204.52	964.96	1204.60	**11.05**
6	2952.48	942.92	984.65	**2.16**
8	3096.50	936.52	1104.89	**8.25**
10	2844.46	919.41	903.15	**0.89**
12	2844.46	867.28	903.15	**2.03**
14	2880.47	794.16	929.54	**7.85**
16	2196.35	712.32	537.78	**13.96**
18	2700.44	666.47	804.87	**9.41**
20	2736.44	586.38	828.39	**17.11**
22	2556.41	550.58	717.28	**13.15**
28	1908.31	350.07	427.11	**9.91**
32	1872.30	349.18	414.98	**8.61**
36	1692.27	332.56	359.33	**3.87**
40	1836.30	315.18	403.20	**12.25**
44	1440.23	274.06	293.72	**3.46**
48	1620.26	353.87	339.21	**2.12**
單位	mg/m³	mg/m³	mg/m³	%

資料來源：本研究整理

本研究試以(式4-1)及(式4-3)將其標準狀態下(溫度25℃、相對濕度50%)小尺寸系統所量測之合板建材TVOC逸散濃度代入，其結果詳表4-4。代入(式4-1)之推估數值與小尺寸實際量測值其比較差距依然甚大，再經由統計修正代入(式4-3)得其結果，實際值與推估值比較僅在第1、2小時及第12小時大於標準偏差值15%，其餘皆低於標準偏差值，於誤差範圍內。

將代入(式 4-1)結果再代入(式 4-3)合板類建材統計修正公式：

$$y = 7.5999e^{0.0045x} \qquad \text{(式 4-3)}$$

表 4-4 推估溫度 15℃、濕度 50%條件下合板之 TVOC 逸散濃度

Time(hr)	代入(4-1)	小尺寸系統實際量測值	代入(4-1)及(4-3)統計修正	標準偏差
1	503.88	105.57	73.36	18.00
2	470.92	113.76	63.25	28.54
4	449.78	51.06	57.51	5.94
6	439.25	47.8	54.85	6.87
8	454.48	48.22	58.74	9.84
10	447.75	51.35	56.98	5.20
12	464.15	43.71	61.35	16.79
14	412.87	44.94	48.71	4.03
16	407.34	44.27	47.51	3.53
18	405.08	41.96	47.03	5.70
20	400.14	38.89	46.00	8.38
22	387.50	43.28	43.45	0.20
24	380.32	38.87	42.07	3.95
28	258.73	24.33	24.34	0.02
32	255.23	23.14	23.96	1.74
單位	mg/m³	mg/m³	mg/m³	%

資料來源：本研究整理

二、經驗模式

由小尺寸建材逸散量測系統結果推估實際室內裝修空間之建材甲醛、TVOC逸散濃度，故本研究將小尺寸建材逸散量測系統所測得之三種單一建材逸散濃度數值代入其公式(式4-4)，推估之數值與全尺寸建材量測系統實際量測結果比較。

$$C_{V,T,RH} = \frac{C_0 \times N \times VOL}{N_0 \times VOL_0} \qquad \text{(式 4-4)}$$

其中$C_{V,T,RH}$ ＝溫度T、相對濕度RH時，甲醛濃度，mg/m^3

C_0 ＝標準化甲醛濃度，mg/m^3

N_0 ＝負荷率，m^2/m^3

VOL_0 ＝環控艙體積，m^3

N ＝實際空間負荷率，m^2/m^3

VOL ＝實際空間體積，m^3

將代入(式 4-4)結果再代入(式 4-5)統計修正公式：

$$y = 23.816e^{0.0154x} \qquad \text{(式 4-5)}$$

#

本試驗選用室內天花板、地板、牆壁之常用裝修建材，分別為矽酸鈣板、PVC地磚及合板，藉由小尺寸系統量測單一建材，推估此三種裝修建材於實際裝修空間中之甲醛逸散濃度，詳表4-5。代入(式4-4)由推估值與全尺寸系統量測結果比對，高濃度較為準確低濃度則低估約5倍，故經由代入(式4-5)統計修正結果，實際值與推估值比較僅於第36小時大於標準偏差值15%，其餘皆低於標準偏差值，於誤差範圍內。

表 4-5 單一建材逸散量推估實際室內空間之甲醛逸散濃

Time(hr)	代入(4-4)	全尺寸系統實際量測值	代入(4-4)及(4-5)統計修正	標準偏差
2	-	-	-	-
4	35.40	59.33	49.58	**8.95**
6	32.98	37.46	48.02	**12.35**
8	33.79	38.02	46.51	**10.04**
20	11.26	37.60	38.39	**1.04**
22	8.04	36.04	37.18	**1.56**
24	8.04	30.15	36.01	**8.86**
28	4.83	29.97	33.77	**5.96**
32	4.83	26.11	31.68	**9.64**
36	4.83	21.28	29.72	**16.55**
40	4.83	21.75	27.88	**12.35**
44	4.83	23.71	26.15	**4.89**
48	4.83	21.89	24.53	**5.69**
單位	mg/m³	mg/m³	mg/m³	%

資料來源：本研究整理

第三節 推估建材逸散模擬軟體公式之加權係數

本研究藉由相關文獻內容瞭解不同溫濕度條件下建材甲醛、TVOC逸散濃度之關係。透過文獻彙整結果得知溫濕度條件影響建材甲醛、TVOC逸散濃度之相關係數，將其納入逸散模擬推估公式，期更貼近室內裝修實際情形。

1. 不同溫度相同相對濕度(50%)條件下之合板 VOCs 逸散濃度

相同相對濕度 50%、溫度分別為 25℃與 35℃條件下合板 VOCs 逸散濃度平均值之差為 61.14 $\mu g/m^3$，得知溫度每上升 1℃逸散濃度增加 6.1 $\mu g/m^3$，詳表 4-6。

表 4-6 不同溫度相同濕度之合板 VOCs 逸散濃度

Time(hr)	25℃、50%	35℃、50%
2	160.15	284.6
4	152.94	235.36
6	149.38	237.99
8	154.56	236.29
10	152.27	220.56
12	157.86	220.1
14	140.41	213.01
16	138.53	207.23
18	137.76	201.92
20	136.09	183.66
22	131.78	189.46
24	129.34	177.59
28	87.99	136.24
32	86.79	120.58
36	85.38	122.52
40	85.69	122.54
44	81.91	114.4
48	78.38	123.91
平均值	**124.85**	**185.99**
單位	**μg/m³**	

資料來源：林君穎，2004

由溫度每上升1℃逸散濃度增加6.1μg/m³此結果，於溫度25℃、相對濕度50%標準狀態下，歷時濃度均加以61.14μg/m³，將35℃、相對濕度50%條件下於小尺寸所量測之建材逸散濃度相比，發現標準偏差值均低於15%，均於誤差範圍內，詳表4-7。

表4-7 溫度35℃、濕度50%與推估值之合板VOCs逸散濃度比較

Time(hr)	實際值(35℃、50%)	推估值	標準偏差
2	284.6	**221.2**	12.53
4	235.36	**213.9**	4.78
6	237.99	**210.4**	6.15
8	236.29	**215.6**	4.58
10	220.56	**213.3**	1.67
12	220.1	**218.9**	0.27
14	213.01	**201.4**	2.8
16	207.23	**199.5**	1.9
18	201.92	**198.8**	0.78
20	183.66	**197.1**	3.53
22	189.46	**192.8**	0.87
24	177.59	**190.3**	3.45
28	136.24	**149.0**	6.1
32	120.58	**147.8**	10.14
36	122.52	**146.4**	8.88
40	122.54	**146.7**	8.97
44	114.4	**142.9**	11.08
48	123.91	**139.4**	5.88
單位	**μg/m³**		**%**

資料來源：本研究整理

2. 不同溫度相同相對濕度(80%)條件下之合板 VOCs 逸散濃度

相同相對濕度 80%、溫度分別為 25℃與 35℃條件下合板 VOCs 逸散濃度平均值之差為 125.98 $\mu g/m^3$，得知溫度每上升 1℃逸散濃度增加 12.6 $\mu g/m^3$，詳表 4-8。

表 4-8 不同溫度相同濕度之合板 VOCs 逸散濃度

Time(hr)	25℃、80%	35℃、80%
2	237.33	472.51
4	219.05	424.68
6	209.33	392.4
8	205.7	377.09
10	199.41	326.31
12	192.31	354.48
14	187.07	350.79
16	182.89	345.07
18	180.07	333.17
20	177.07	330.73
22	181.24	320.16
24	174.61	267.24
28	166.32	201.88
32	159.88	225.11
36	159.46	233.09
40	187.93	221.66
44	165.4	215.68
48	149.61	210.21
平均值	**185.26**	**311.24**
單位	**$\mu g/m^3$**	

資料來源：林君穎，2004

由溫度每上升1℃逸散濃度增加12.6μg/m³此結果，於溫度25℃、相對濕度80%狀態下，歷時濃度均增加125.98μg/m³，將35℃、相對濕度80%條件下於小尺寸所量測之建材逸散濃度相比，發現除第28小時及第40小時大於誤差範圍15%，其餘標準偏差皆於誤差範圍內，詳表4-9。

表4-9 溫度35℃、濕度80%與推估值之合板VOCs逸散濃度比較

Time(hr)	實際值(35℃、80%)	推估值	標準偏差
2	472.51	**363.3**	13.07
4	424.68	**345.1**	10.34
6	392.4	**335.3**	7.85
8	377.09	**331.7**	6.4
10	326.31	**325.4**	0.14
12	354.48	**318.3**	5.38
14	350.79	**313.1**	5.68
16	345.07	**308.9**	5.53
18	333.17	**306.1**	4.23
20	330.73	**303.1**	4.36
22	320.16	**307.2**	2.07
24	267.24	**300.6**	5.87
28	201.88	**292.3**	18.3
32	225.11	**285.9**	11.9
36	233.09	**285.5**	10.11
40	221.66	**313.9**	17.22
44	215.68	**291.4**	14.93
48	210.21	**275.6**	13.46
單位	**μg/m³**		**%**

資料來源：本研究整理

3. 相同溫度(25℃)不同相對濕度條件下之合板 VOCs 逸散濃度

相同溫度 25℃、濕度分別為 50%與 80%條件下合板 VOCs 逸散濃度平均值之差為 60.41 μg/m³，得知濕度每上升 1%逸散濃度增加 6.04 μg/m³，詳表 4-10。

表 4-10 相同溫度不同濕度之合板 VOCs 逸散濃度

Time(hr)	25℃、50%	25℃、80%
2	160.15	237.33
4	152.94	219.05
6	149.38	209.33
8	154.56	205.7
10	152.27	199.41
12	157.86	192.31
14	140.41	187.07
16	138.53	182.89
18	137.76	180.07
20	136.09	177.07
22	131.78	181.24
24	129.34	174.61
28	87.99	166.32
32	86.79	159.88
36	85.38	159.46
40	85.69	187.93
44	81.91	165.4
48	78.38	149.61
平均值	**124.85**	**185.26**
單位	μg/m³	

資料來源：林君穎，2004

由溫度每上升1%逸散濃度增加6.04μg/m³此結果，於溫度25℃、相對濕度50%標準狀態下，歷時濃度均增加60.41μg/m³，將25℃、相對濕度80%條件下於小尺寸所量測之建材逸散濃度相比，發現標準偏差值均低於15%，均於誤差範圍內，詳表4-11。

表4-11 溫度25℃、濕度80%與推估值之合板VOCs逸散濃度比較

Time(hr)	實際值(25℃、80%)	推估值	標準偏差
2	237.33	**220.15**	3.76
4	219.05	**212.94**	1.41
6	209.33	**209.38**	0.01
8	205.7	**214.56**	2.11
10	199.41	**212.27**	3.12
12	192.31	**217.86**	6.23
14	187.07	**200.41**	3.44
16	182.89	**198.53**	4.1
18	180.07	**197.76**	4.68
20	177.07	**196.09**	5.1
22	181.24	**191.78**	2.83
24	174.61	**189.34**	4.05
28	166.32	**147.99**	5.83
32	159.88	**146.79**	4.27
36	159.46	**145.38**	4.62
40	187.93	**145.69**	12.66
44	165.4	**141.91**	7.64
48	149.61	**138.38**	3.9
單位	**μg/m³**		**%**

資料來源：本研究整理

4. 不同溫度相同相對濕度(50%)之合板甲醛逸散濃度

相同相對濕度 50%、溫度分別為 15℃與 25℃條件下合板甲醛逸散濃度平均值之差為 197.01μg/m³，得知溫度每下降 1℃逸散濃度降低 19.7μg/m³，詳表 4-12。

表 4-12 相同溫度不同濕度之合板 VOCs 逸散濃度

Time(hr)	15℃、50%	25℃、50%
2	1076.67	1104.927
4	964.96	1092.65
6	942.92	1006.711
8	936.52	1055.819
10	919.41	969.881
12	867.28	969.881
14	794.16	982.157
16	712.32	748.895
18	666.47	920.773
20	586.38	933.05
22	550.58	871.665
24	488.11	-
28	350.07	650.679
32	349.18	638.402
36	332.56	577.018
40	315.18	626.125
44	274.06	491.079
48	353.87	552.464
平均值	**637.82**	**834.83**
單位	μg/m³	

資料來源：林君穎，2004

由溫度每下降1℃逸散濃度降低19. 7μg/m³此結果，於溫度25℃、相對濕度50%標準狀態下，歷時濃度均減少197.01μg/m³，將15℃、相對濕度50%條件下於小尺寸所量測之建材逸散濃度相比，發現僅第40小時大於誤差範圍15%，其餘標準偏差皆於誤差範圍內，詳表4-13。

表4-13 溫度15℃、濕度50%與推估值之合板甲醛逸散濃度比較

Time(hr)	實際值(15℃、50%)	推估值	標準偏差
2	1076.67	**916.927**	8.01
4	964.96	**904.65**	3.23
6	942.92	**818.711**	7.05
8	936.52	**867.819**	3.81
10	919.41	**781.881**	8.08
12	867.28	**781.881**	5.18
14	794.16	**794.157**	0.78
16	712.32	**560.895**	11.89
18	666.47	**732.773**	4.74
20	586.38	**745.05**	11.92
22	550.58	**683.665**	10.78
24	-	-	-
28	350.07	**462.679**	13.83
32	349.18	**450.402**	12.66
36	332.56	**389.018**	7.82
40	315.18	**438.125**	16.32
44	274.06	**303.079**	5.04
48	353.87	**364.464**	1.47
單位	**μg/m³**		**%**

資料來源：本研究整理

第四節 實場驗證分析

使用內政部建築研究所性能實驗中心「全尺寸建材逸散模擬實驗室」(以下簡稱全尺寸系統)，進行3組試驗建材實場裝修空間模擬，將其量測結果與建材逸散模擬軟體運算結果進行比對分析，探討兩者關係；並藉由「小尺寸建材逸散直讀量測系統」(以下簡稱小尺寸系統)，進行建材逸散模擬軟體之驗證比對。

一、 試驗目的

(一) 比對複層建材於全尺寸系統量測結果與模擬軟體運算建材逸散濃度結果。

(二) 透過小尺寸直讀量測系統數據與建材逸散模擬軟體推估值比對其第 48 小時逸散濃度。

(三) 透過乾式建材加黏著劑形式之複層建材，於建材逸散模擬軟體推估數值與全尺寸實際量測值比對。

圖 4-1 小尺寸建材逸散模擬試驗系統

圖 4-2 全尺寸建材逸散模擬實驗系統

資料來源：本研究整理

二、 試驗方法

選擇一般室內裝修常用建材，先於小尺寸直讀量測系進行複層建材(合板+乳膠漆)逸散試驗，後續與逸散模擬軟體進行實測值與推估值之濃度比較；依據我國健康綠建材檢測條件設定，於標準狀態下溫度25℃、濕度50%、換氣率0.5h^{-1}，於全尺寸之頂艙回風口(S97點)設置採樣點進行甲醛48小時歷時量測，如圖4-3所示。在採樣高度上，針

對艙體頂部空間採樣。依據文獻指出，室內裝修大多以集層方式處理，依組成部位可分底材、基材、表面材，(伊藤喜三郎，1983)。故本研究針對三組不同組合之底材、基材、表面材之複層建材，於全尺寸系統進行量測，詳表4-14，比對各組量測數據，進行準確度判定，判定依據為小尺寸系統量測值和全尺寸系統量測值的平均相對誤差，需小於15%。

表 4-14 使用建材

塗料及壁紙鋪貼工程	
組數	施做建材
模組一	矽酸鈣板+乳膠漆
	合板+清漆
	合板+乳膠漆
模組二	合板+乳膠漆
	合板+黏著劑+壁紙
模組三	合板+黏著劑+壁紙

表 4-15 實驗系統環境設定

項目	小尺寸	全尺寸
環控艙體積	0.02 m^3	55 m^3
內循環	無	3 ACH
採樣點	HeadSpace 採樣 (儀器周邊溫控 23℃)	HeadSpace 採樣 (儀器周邊無溫控)
換氣率	0.5 h^{-1}	0.5 h^{-1}
溫度	25℃	25℃
濕度	50%RH	50%RH

資料來源：本研究整理

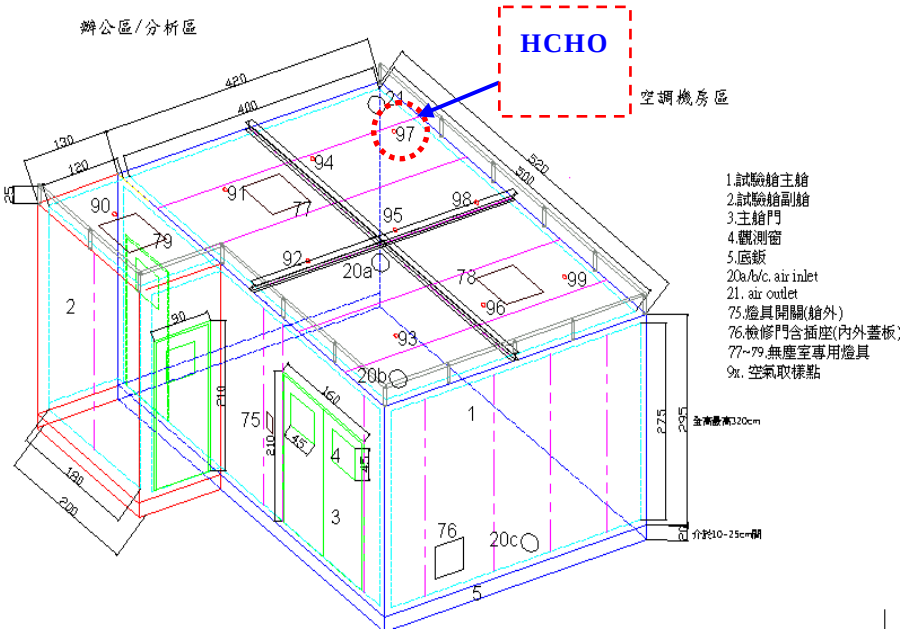


圖 4-3 環控艙採樣點設置

資料來源：內政部建研所，2009

三、試驗結果

（一）*複層建材(合板+乳膠漆)*

選擇室內裝修常用合板作為基材以及乳膠漆作為表面材之組合，透過小尺寸直讀量測系統數據與建材逸散模擬軟體推估值比對甲醛第 48 小時逸散濃度。其小尺寸直讀量測系統之實測值為 0.1ppm，而建材逸散模擬軟體之推估值為 0.1ppm，其標準偏差為 0%，誤差範圍小於 15%，於誤差範圍內。由驗證得知建材逸散模擬軟體具有推估複層建材逸散濃度之能力。

表 4-16 模組一與模擬軟體量測結果比對

施做建材	甲醛 ppm	
	小尺寸	模擬軟體
合板+乳膠漆	實測值	推估值
第 48 小時濃度	0.1	.01
標準偏差	0%	
	誤差小於 15%，符合	
備註	單面逸散測試	-

資料來源：本研究整理

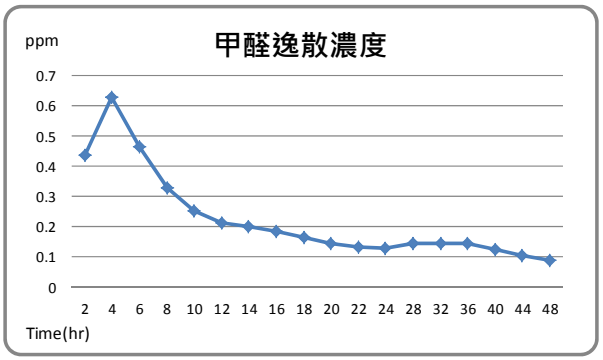


圖 4-4 全尺寸甲醛逸散濃度

資料來源：本研究整理

圖 4-5 建材逸散模擬軟體推估甲醛濃度

資料來源：本研究整理

(二) *模組一-複層建材測試(全尺寸系統)*

選擇室內裝修常用之矽酸鈣板、合板作為基材及清漆、乳膠漆作為表面材，模擬常見之室內裝修型態，量測時於艙內模擬實際施工過程，完工後針對甲醛進行 48 小時連續量測，將其量測結果與模擬軟體推估值進行比較。

由全尺寸系統量測模組一之實測值，以及推估此三種複層建材於實際裝修空間中之甲醛逸散濃度，詳表 4-17。建材逸散模擬軟體推估值與全尺寸系統量測結果比對，於全尺寸系統量測結果為低於偵測極限值，推估值為 0.01ppm，故實測值與推估值比較均低於標準偏差值 15%，均於誤差範圍內。

表 4-17 模組一與模擬軟體量測結果比對

施做建材	甲醛 ppm	
	全尺寸	模擬軟體
矽酸鈣板+乳膠漆	實測值	推估值
合板+清漆		
合板+乳膠漆		
第 48 小時濃度	N.D.	0.01
標準偏差	0%	
	誤差小於 15%，符合	
備註	雙面逸散測試	-

資料來源：本研究整理

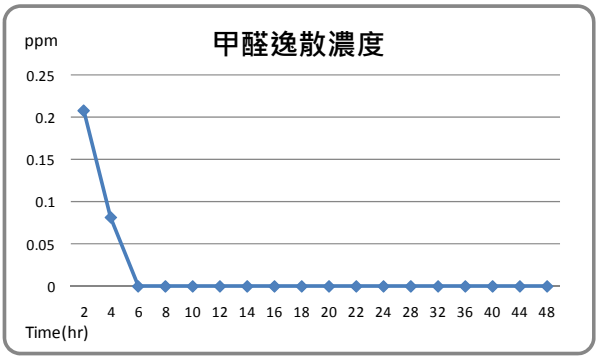


圖 4-6 全尺寸甲醛逸散濃度

資料來源：本研究整理

圖 4-7 建材逸散模擬軟體推估甲醛濃度

資料來源：本研究整理

(三) ***模組二-複層建材測試***

選擇室內裝修常用之複層建材組合(合板+乳膠漆、合板+黏著劑+壁紙)，量測時於艙內模擬實際施工過程，完工後針對甲醛進行 48 小時連續量測，後續將其量測結果與模擬軟體推估值進行比較。

模組二之複層材料裝修組合，由全尺寸系統量測之實測值，及建材逸散模擬軟體推估，於三種複層建材之甲醛逸散濃度，詳表 4-18。全尺寸系統量測結果與建材逸散模擬軟體推估值比對實測值為 0.01ppm；推估值為 0.21ppm，故，實測值與推估值比較標準偏差為 90.91%，超出標準偏差 15%，其超出誤差範圍。

表 4-18 模組二與模擬軟體量測結果比對

施做建材	甲醛 ppm	
	全尺寸	模擬軟體
矽酸鈣板+乳膠漆	實測值	推估值
合板+清漆		
合板+乳膠漆		
第 48 小時濃度	0.01	0.21
標準偏差	90.91%	
	誤差超出 15%，不符合	
備註	雙面逸散測試	-

資料來源：本研究整理

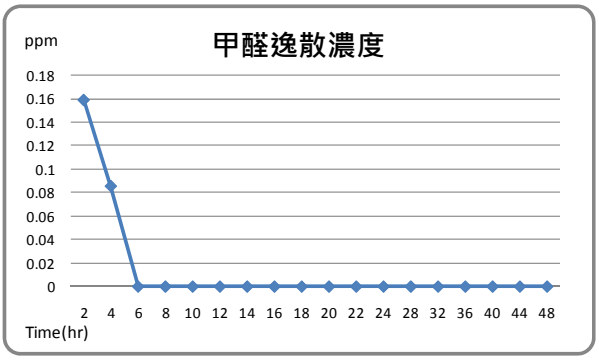


圖 4-8 全尺寸甲醛逸散濃度

資料來源：本研究整理

圖 4-9 建材逸散模擬軟體推估甲醛濃度

資料來源：本研究整理

（四）***模組三-複層建材測試***

選擇室內裝修常用之複層建材組合(合板+黏著劑+壁紙)，量測時於艙內模擬實際施工過程，完工後針對甲醛進行 48 小時連續量測，後續將其量測結果與模擬軟體推估值進行比較。

由全尺寸系統量測模組三之複層建材組合，再由模擬軟體推估此複層建材於實際裝修空間中之甲醛逸散濃度，實際測量結果為 0.01ppm 而推估值為 0.09ppm，詳表 4-18。其推估值與全尺寸系統量測結果比對，其標準偏差為 80%，故實測值與推估值比較超出標準偏差值 15%，已超出誤差範圍。

表 4-19 模組三與模擬軟體量測結果比對

施做建材	甲醛 ppm	
	全尺寸	模擬軟體
合板+黏著劑+壁紙	實測值	推估值
第 48 小時濃度	0.01	0.09
標準偏差	80%	
	誤差超出 15%，不符合	
備註	雙面逸散測試	-

資料來源：本研究整理

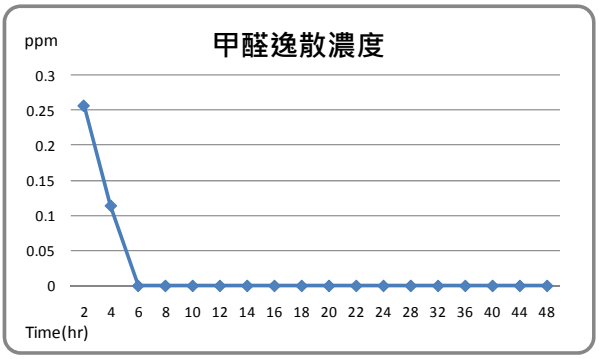


圖 4-10 全尺寸甲醛逸散濃度

圖 4-11 建材逸散模擬軟體推估甲醛濃度

資料來源：本研究整理

第五章　逸散模擬軟體-測試版討論與對策

第一節 第一次工作會議

三、緣由

台灣地處亞熱帶地區，根據 NIOSH（美國國家職業安全部門）調查，影響室內環境空氣品質條件有六大主要因素，其中包含建築材料的使用。因氣候悶熱、潮濕的影響，使得不良之室內空氣環境所引致造成人體危害。今年度（100 年）研究計畫賡續前期計畫「建置小尺寸建材逸散直讀量測系統」,彙整前期已測試之乾式建材資料庫可用數據，整合現有健康綠建材資料，使資料庫更臻完善；後續建置適用於台灣本土之建材逸散模擬軟體-測試版，讓「設計者」透過建材逸散模擬軟體，確實掌握室內裝修後室內使用人員健康風險及室內空氣品質狀況。

本研究計畫預期目標如下：

(一) 尺寸建材逸散直讀量測系統」之系統調校，強化系統性能。

(二) 整合過去與現有資料，透過小尺寸建材逸散直讀量測試驗，建立「建材逸散資料庫」。

(三) 建置「建材逸散模擬軟體」測試版，提供一般民眾或設計師掌握室內空氣品質狀況之用。

(四) 透過建材逸散模擬可快速掌握室內空氣品質狀況與健康風險，提供相關政策管制與參考。

四、時間

100 年 6 月 22 日（星期三）-下午 2 點 30 分

五、地點

國立臺北科技大學設計館 556 討論室

（台北市忠孝東路三段 1 號-忠孝新生站四號出口）

六、計畫主持人

主持人：內政部建築研究所環境控制組 廖組長慧燕

協同主持人：國立臺北科技大學建築系 邵副教授文政

七、主旨

(一) 濕式建材選樣原則討論

內政部建築研究所於 2004 年 7 月正式受理申請，其中「健康綠建材」目前接受評定項目可分為，地板類、牆壁類、天花板、填縫劑與油灰類、塗料類、接著(合)劑、門窗類共七大類，其中前期研究已針對地板類、牆壁類、天花板進行測試，本次研究主要擬加入室內裝修常用之塗料類建材進行檢測。 並就選樣原則之可行性，進行廣泛討論。

(二) 試驗數據之判定機制討論

本研究為提高可用量測數據比例，研擬試驗結果判定機制，針對其判定項目內容進行廣泛討論。

(三) 建材逸散模擬軟體-測試版討論

ISO 16814 標準在「建築材料逸散」的管制項目是透過「建立完整低逸散建築材料之標章及計畫管制策略」及「建立建材逸散資料庫及數值模擬推估軟體」等兩種方式，降低污染物濃度，維持室內空氣品質。本研究為進階性研究，後續完成建材逸散模擬軟體-測試版之架構，進行操作與推估，可快速瞭解室內空氣中之揮發性有機物質逸散情形，提擬軟體架構進行廣泛討論。

八、議題討論

(一) 濕式建材選樣原則討論

(二) 試驗數據之判定機制討論

(三) 建材逸散模擬軟體-測試版討論

九、會議現況

圖5-1 第一次工作會議現況（1）

圖5-2 第一次工作會議現況（2）

圖5-3 第一次工作會議現況（3）

圖5-4 第一次工作會議-主席致詞

圖5-5 第一次工作會議-曾昭衡教授發言

圖5-6 第一次工作會議-王義和工程師發言

圖5-7 第一次工作會議-莊國誌經理發言

圖5-8 第一次工作會議-唐僑憶協理發言

圖5-9 第一次工作會議-林廼祥設計師發言

圖5-10 第一次工作會議-胡靜怡總經理發言

十、會議意見內容與建議

(一) 會議意見內容與說明

1. 請寫明”測試樣本資料表”中，測試結果數值是第 48 小時還是 48 小時平均值。
2. “樣本試驗過程紀錄”空白試驗甲醛 2.91ppm 建議加上正負誤差值，至於流量校正失敗，放棄數值太過可惜，建議可每小時平均來做調整。
3. 建議 TVOC 儀器應如同甲醛儀器做校正。
4. 在模擬軟體部分，本試驗量測 48 小時逸散量，要考慮如何模擬具有晚期逸散特性的複層建材。
5. 建議把 48 小時的數值都放進逸散模擬軟體中，而且如果要改換氣率條件也應含有質量平衡模式裡的 K VALUE。請確定直讀式儀器解析度並列出偵測極限值。
6. 木器漆於木材防腐上於目前室內裝修使用非常多，建議納入測試。
7. 台灣環境濕度高於 70%，本研究設定於濕度 50%是否合理？
8. 模擬軟體部分，使用者為一般民眾時，建材種類名稱資料很難得知，建議濕式建材資料庫以施作方式(噴塗或刷塗)之塗料種類來區分。
9. 模擬軟體部分，在未來逸散模擬公式研究時應考慮複層建材施工方式如：使用 F1 板材加上面漆塗料等。

10. 建議可將目前市面上常用之塗料如：防火漆、環氧樹脂漆列入測試項目。
11. 木器漆也為目前室內裝修常中常用之建材之一。
12. 本年度研究僅針對甲醛及 TVOC 逸散進行量測，建議未來可考慮納入放射性物質為測試對象。
13. 木器漆多用於移動式家具上，本試驗目前限定於室內空間的塗裝，可暫不考慮納入這項。
14. 如果一般民眾欲使用逸散模擬軟體，可請施工者告知建材名稱。
15. 建議民眾入住時間的地方，如有使用健康綠建材標章，是否縮短等待期。
16. 本研究逸散模擬軟體只能提供單一建材逸散濃度模擬，目前室內裝修大部分常用逸散濃度高之黏著劑類，建議考慮納入白膠、黃膠等常用之黏著劑。
17. TVOC 和甲醛逸散濃度於使用量越多濃度越高，建議依照國外管制方法以每一克的濃度標準來計算總面積的濃度。
18. CNS 有限定 TVOC 逸散量，可考慮藉由 CNS 來取得逸散模式。

(二) 會議意見回應說明

1. ACH=0.5 為依照綠建材的標準，現階段之逸散模擬軟體暫時僅以單一建材為主，複層建材逸散模式暫以參考文獻之方式進行瞭解，未來可列入研究項目中。
2. 本研究相對濕度設定於 50%，係參考標準試驗方法所訂定，未來研究可參考濕度影響建材逸散之相關文獻，推估不同濕度條件下之建材逸散量。
3. 軟體介面設計會以淺顯易懂為主，讓一般民眾之使用者容易使用。
4. 對於折減綠建材之材料，本研究係以種類區分，並非以何種油漆細分，未來可由測試的綠建材來統合。

5. 本研究須聚焦於室內裝修空間塗料，木漆器使用於移動式家具等其他塗料，可於後續在逐漸納入測試。
6. 健康綠建材的檢測通則目前已管制放射性物質。

第二節 第二次工作會議

一、緣由

台灣地處亞熱帶地區，根據 NIOSH（美國國家職業安全部門）調查，影響室內環境空氣品質條件有六大主要因素，其中包含建築材料的使用。因氣候悶熱、潮濕的影響，使得不良之室內空氣環境所引致造成人體危害。今年度（100 年）研究計畫賡續前期計畫「建置小尺寸建材逸散直讀量測系統」,彙整前期已測試之乾式建材資料庫可用數據，整合現有健康綠建材資料，使資料庫更臻完善；後續建置適用於台灣本土之建材逸散模擬軟體-測試版，讓「設計者」透過建材逸散模擬軟體，確實掌握室內裝修後室內使用人員健康風險及室內空氣品質狀況。

本研究計畫預期目標如下：

(一) 尺寸建材逸散直讀量測系統」之系統調校，強化系統性能。
(二) 整合過去與現有資料，透過小尺寸建材逸散直讀量測試驗，建立「建材逸散資料庫」。
(三) 建置「建材逸散模擬軟體」測試版，提供一般民眾或設計師掌握室內空氣品質狀況之用。
(四) 透過建材逸散模擬可快速掌握室內空氣品質狀況與健康風險，提供相關政策管制與參考。

二、時間

100 年 10 月 05 日（星期三）-下午 2 點 30 分

三、地點

國立臺北科技大學設計館 555 討論室

（台北市忠孝東路三段 1 號-忠孝新生站四號出口）

四、計畫主持人

主持人：內政部建築研究所環境控制組 廖組長慧燕

協同主持人：國立臺北科技大學建築系 邵副教授文政

五、主旨

(一) 環境因子影響建材甲醛、TVOC 逸散濃度之加權係數討論

藉由相關文獻內容瞭解不同溫濕度條件下建材甲醛、TVOC 逸散濃度之關係。透過文獻彙整結果得知溫濕度條件影響建材甲醛、TVOC 逸散濃度之相關係數，將其納入逸散模擬推估公式，期更貼近室內裝修實際情形，針對溫濕度加權係數進行廣泛討論。

(二) 室內裝修建材甲醛、TVOC 逸散濃度推估公式討論

為預測環境因子對室內裝修建材甲醛、TVOC 逸散濃度的影響，透過相關文獻的理論式或經驗模式來推估瞭解溫度、濕度及換氣率對建材甲醛、TVOC 逸散濃度的影響。提出下列公式進行廣泛討論。

(三) 逸散資料庫及建材逸散模擬軟體-測試版討論

ISO 16814 標準於建材污染管制設計中，建議透過「建立建材逸散資料庫」及「數值模擬推估軟體」等兩種方式，降低污染物濃度，維持室內空氣品質。本研究將研擬適用於我國之建材逸散模擬軟體-測試版之架構，進行操作與推估，可快速瞭解室內空氣中之揮發性有機物質逸散情形，提擬軟體架構進行廣泛討論。

六、議題討論

(一) 環境因子影響建材甲醛、TVOC 逸散濃度之加權係數討論

(二) 室內裝修建材甲醛、TVOC 逸散濃度推估公式討論

(三) 逸散資料庫及建材逸散模擬軟體-測試版討論

十一、 會議現況

圖5-11 第二次工作會議現況（1）

圖5-12 第二次工作會議現況（2）

圖5-13 第二次工作會議現況（3）

圖5-14 第二次工作會議現況（4）

圖5-15 第二次工作會議-主席致詞

圖5-16 第二次工作會議-段葉芳教授發言

圖5-17 第二次工作會議-曾昭衡教授發言

圖5-18 第二次工作會議-曾婷婷總經理發言

十二、　會議意見內容與建議

(一) 會議意見內容與說明

1. 針對室內裝修建材逸散推估濃度及逸散因子部分，本研究透過試驗數據及理論分析後推導其逸散推估公式，可有效預估建材裝修後之逸散濃度值，協助設計者及使用者維護健康室內空氣品質，深具良好應用效益，對於推估計算部分，未來可運用「健康風險」概念進行轉換，例如以單一甲醛之每人每日暴露量進行風險評估管理，更可擴大推估其風險值，並以降低健康風險危害作為本推估公式之目的。
2. 逸散資料庫及建材逸散模擬軟體已建立基本軟體推估濃度，未來建議結果以濃度衰減及時間之連續變化圖示方式表達，可透過時間歷時變化圖示方式，讓設計者及消費者判易讀易懂，判斷其逸散衰減時間，作為入住時間之參考。
3. 建議建材逸散模擬推估公式以理論模式最為主要推估依據，以經驗模式作為修正偏差之參考依據。
4. 建材逸散濃度推估建議參考化學物質蒸氣壓原理，根據建材所使用之化學物質種類，以文獻回顧方式查得其化學物值蒸氣壓逸散模式，藉此輔助判斷建材甲醛與 TVOC 逸散方式。
5. 驗證之標準偏差數值應定義清楚為何為 15%，並其依據來源加註於報告書中。
6. 建材逸散資料庫目前已分別檢測乾式與濕式建材，建議將接著劑項目納入資料庫中，因接著劑影響 TVOC 濃度甚大。
7. 建議於建材逸散模擬軟體中之甲醛致癌風險，加入甲醛危險等級以利民眾區分其危害嚴重性。
8. 建材逸散模擬軟體之通風換氣率選項，建議暫以 0.5ACH 為單一選項，因一般民眾對通風換氣量較無量化概念。
9. 建議建材逸散推估公式修正階段，以修正理論模式中溫濕度係數之方式，使其推估公式更貼近實際濃度數值。
10. 建議建材逸散模擬軟體推估結果於畫面中可顯示危險或安全等簡顯易懂之標示。

(二) 會議意見回應說明

1. 本研究已於前期完成 20 件乾式建材逸散資料庫，目前本研究針對濕式建材塗料類建置 20 件濕式建材逸散資料庫，可於後續納入接著劑之測試。
2. 將於報告書詳細說明驗證之標準偏差數值 15%之依據。
3. 本研究於建材逸散模擬軟體建議之操作介面加入軟體操作教學選項。
4. 本研究於建材逸散模擬軟體之首頁加入使用低逸散健康綠建材之重要性與甲醛、TVOC 對人體危害之宣導說明。
5. 於建材逸散模擬軟體推估結果介面，將顯示危險或安全等淺顯易懂之標示，以利使用者瞭解其危害嚴重性。

第三節 模擬軟體討論與對策

根據上述二次「濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究工作會議」具體討論結果，提出「模擬軟體討論與對策」，其說明如下：

【議題一】濕式建材選樣原則討論

說明：內政部建築研究所於 2004 年 7 月正式受理申請，其中「健康綠建材」目前接受評定項目可分為，地板類、牆壁類、天花板、填縫劑與油灰類、塗料類、接著(合)劑、門窗類共七大類，其中前期研究已針對地板類、牆壁類、天花板進行測試，本次研究主要擬加入室內裝修常用之塗料類建材進行檢測。 並就選樣原則之可行性，進行廣泛討論。

因應對策：建材選樣原則以行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所塗料分類方式進行分類，分為調和漆、乳膠漆(乳化塑膠漆)、水泥漆、磁漆及凡立水五大類，詳表 4-1。

【議題二】試驗數據之判定機制討論

說明：本研究為提高可用量測數據比例，研擬試驗結果判定機制，針對其判定項目內容進行廣泛討論。

因應對策：量測階段採樣記錄、系統測試、儀器校正報告與試驗記錄報告結果，與試驗數據量測結果一併進行確認，無異常事項則登記為「已確認數據」，此程序為判定機制可提高收錄於建材逸散資料庫之數據比例，詳表 3-8。

【議題三】建材逸散模擬軟體-測試版討論

說明：ISO 16814 標準在「建築材料逸散」的管制項目是透過「建立完整低逸散建築材料之標章及計畫管制策略」及「建立建材逸散資料庫及數值模擬推估軟體」等兩種方式，降低污染物濃度，維持室內空氣品質。本研究為進階性研究，後續完成建材逸散模擬軟體-

測試版之架構，進行操作與推估，可快速瞭解室內空氣中之揮發性有機物質逸散情形，提擬軟體架構進行廣泛討論。

因應對策：針對建材逸散模擬軟體部分，建立濕式建材資料庫並同時彙整前其研究建立之乾式建材資料庫數據，後續計畫聯結既有健康綠建材資料庫，將兩者整合成台灣室內裝修常用建材逸散資料庫，加強資料庫完整性；進而完成建材逸散模擬軟體-測試版，進行操作與推估。

【議題四】環境因子影響建材甲醛、TVOC 逸散濃度之加權係數討論

說明：藉由相關文獻內容瞭解不同溫濕度條件下建材甲醛、TVOC 逸散濃度之關係。透過文獻彙整結果得知溫濕度條件影響建材甲醛、TVOC 逸散濃度之相關係數，將其納入逸散模擬推估公式，期更貼近室內裝修實際情形，針對溫濕度加權係數進行廣泛討論。

因應對策：環境參數為實測值與推估值比較修正得知，並與不同建材類型套入加權校正式進行校正，以利於建材逸散模擬軟體進行於各種不同建材類型裝修空間建材逸散濃度模擬推估。

【議題五】室內裝修建材甲醛、TVOC 逸散濃度推估公式討論

說明：欲知環境因子對室內裝修建材甲醛、TVOC 逸散濃度的影響，透過相關文獻的理論式或經驗模式來推估瞭解溫度、濕度及換氣率對建材甲醛、TVOC 逸散濃度的影響。提出下列公式進行廣泛討論。

因應對策：本研究於第 2 次工作會議邀請產、官、學界等專家討論，建議以理輪模式之公式為主要依據，再以理論模式公式中之環境參數用經驗值做修正，以貼近實場裝修空間建材逸散濃度。

第六章 結論與建議

第一節 結論

本年度(100 年)已完成「濕式建材逸散資料庫」，並建立「試驗數據之判定機制」、「建材逸散模擬軟體-測試版」，進行小尺寸直讀量測系統之調校、試驗建材實場裝修模擬驗證，研擬建材逸散模擬軟體後續推廣應用方向等研究內容，獲得下列結論：

一、小尺寸建材逸散直讀量測系統之系統調校，強化系統性能。

本研究藉由標準品量測，已完成調校「小尺寸建材逸散直讀量測系統」之準確度、精密度，確立系統之穩定性，並同時建立試驗結果判定機制，加強落實記錄與監測，已提高可用量測數據比例。在試驗前進行系統之準確度與精密度測試，分別注入甲醛及 TVOC 之標準氣體於系統中進行七次重複分析量測，觀察其相對誤差及變異係數，其量測結果均未超出 15%誤差範圍，合於標準。

二、建立室內裝修常用建材之「濕式建材逸散資料庫」。

透過設計師、室內裝修工程人員等業界專家訪談，挑選台灣室內裝修常用濕式建材種類，依據行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所塗料分類方式，將其分為調和漆、乳膠漆(乳化塑膠漆)、水泥漆、磁漆及凡立水五大類，並完成 20 件濕式建材在溫濕度 25℃、50%RH、換氣率 0.5 h^{-1} 狀況下 TVOC、甲醛 48 小時逸散量測。

三、利用試驗建材實場模擬試驗結果與建材逸散資料庫試驗結果進行驗證分析。

已於全尺寸實驗室完成 3 組試驗，由建材逸散模擬軟體推估此三種裝修建材逸散濃度與全尺寸實驗室測得之甲醛逸散濃度進行比對，並由小尺寸系統量測之複層建材(合板+乳膠漆)逸散散濃度，進行建材逸散模擬軟體推估值之比對驗證，得知

建材逸散模擬軟體具有推估複層建材逸散濃度之能力；模組一部分，得知建材逸散模擬軟體具有推估複層建材之乾式加濕式形式組合逸散濃度之能力；於模組二及模組三部分，得知建材逸散模擬軟體無法推估乾式建材加黏著劑形式之複層建材，建議未來可建立黏著劑建材資料，以利推估其含有黏著劑之複層建材，求得相關係數進而納入建材逸散模擬軟體中，使之推估數據更貼近於實際裝修逸散濃度。

四、建立建材逸散模擬軟體推估公式。

(一) 溫度係數

依據文獻彙整，合板類建材於相對濕度 50%，溫度 25℃欲推估至 35℃，得知溫度每上升 1℃逸散濃度增加 6.1 $\mu g/m^3$；相對濕度 80%，溫度為 25℃欲推估至 35℃，得知溫度每上升 1℃逸散濃度增加 12.6 $\mu g/m^3$；相同溫度 25℃，濕度為 50%欲推估至 80%，得知濕度每上升 1%逸散濃度增加 6.04 $\mu g/m^3$；相對濕度 50%，溫度為 25℃欲推估至 15℃，得知溫度每下降 1℃逸散濃度降低 19. 7 $\mu g/m^3$。

(二) 逸散濃度推估公式

經由文獻彙整建材逸散理論模式搭配實際量測之經驗模式之公式以及相關環境參數，其推估公式如下：

$$C_x = \frac{C_1}{[1 + A_1(RH - RH_0)]e^{-r\left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{T_0+273}\right)}}$$

(三) 統計修正係數

本研究藉由文獻會整，合板類建材之逸散濃度數據，與實驗量測數據，經由統計修正結果獲得下列修正係數。

合板類建材 TVOC 逸散濃度統計修正公式：

y = 7.5999e0.0045x

合板類建材甲醛逸散濃度統計修正公式：

y = 92.818e0.0008x

五、建立「建材逸散模擬軟體」之測試版，並訂定後續研究方向與相關政策發展。

本研究已舉辦 2 場次「濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究」工作會議，邀請產、官、學界等專家進行討論，檢討並提出模擬軟體-測試版之內容，以及擬定後續研究方向。

第二節 建議

本研究已完成「蒐集國內外建材資料庫及建材逸散模擬軟體相關資料」、「室內裝修常用之濕式建材逸散資料庫」、建立「試驗數據之判定機制」、「建材逸散模擬軟體-測試版」、「進行小尺寸直讀量測系統之調校」、「建材實場裝修模擬驗證分析」等工作項目，獲得許多具體結論，因此後續研究建議有下列幾點：

一、立即可行建議：

（一）建議未來陸續增加「建材逸散資料」，使資料庫更臻完善。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

說明：於前期研究已完成 20 件乾式建材逸散資料，並於本次研究完成之 20 件濕式建材逸散資料，共計 40 件非健康綠建材逸散資料，未來建議納入健康綠建材逸散資料，置入建材逸散模擬軟體中，以利一般民眾查詢及模擬軟體之使用。

（二）建議未來增加「黏著劑建材逸散資料」之相關研究。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

說明：至本期研究已完成乾式建材及濕式建材甲醛、TVOC 逸散測試，共計 40 件非健康綠建材逸散資料，但於室內實際裝修中黏著劑常散發著刺鼻氣味並於裝修中被廣泛使用，故建議未來增加「黏著劑建材逸散資料」，使資料庫更臻完善，以俾更貼近真實情形。

（三）建議後續於實場量測以驗證建材逸散模擬軟體之準確度。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

說明：建議未來以實際裝修空間甲醛、TVOC 逸散量與建材逸散模擬軟體推估數值兩者相互比對，以提高建材逸散模擬軟體之實

用性與準確性；並納入環境因子等不同條件選項，以俾建材逸散模擬軟體更加完整，並研擬後續推廣應用與發展方向。

二、中長期建議：

（一）建議辦理室內設計裝修從業人員及一般民眾之建材逸散模擬軟體操作教學、使用推廣說明會，並提供我國室內空氣品質管理法管制基準之參考。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院環境保護署

說明：根據學界、業界多方討論已獲得各界具體建議，提擬出完整之建材逸散模擬軟體架構，建議具體實現完成後，並研擬後續推廣應用與發展方向，並對室內設計裝修從業人員及一般民眾進行建材逸散模擬軟體操作教學、推廣說明會，未來可作為室內空氣品質管理法之管制依據。

附錄一 建材逸散資料庫

-20 件濕式建材甲醛逸散數據-

件數	試驗產品名稱	甲醛（HCHO）逸散速率（mg/m²·hr）																	
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32	36	40	44	48
1	油性調和漆	0.28	1.47	0.77	0.55	0.40	0.43	0.49	0.40	0.34	0.37	0.37	0.37	0.52	0.49	0.37	0.25	0.21	0.25
2	調合漆(平光)	1.04	1.69	1.75	1.87	1.96	2.21	2.24	2.33	2.36	2.21	2.06	1.93	1.84	1.75	1.72	1.69	1.69	1.63
3	特級調合漆	0.09	0.05	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
4	調合漆(全光)	0.18	0.40	0.52	0.52	0.58	0.61	0.58	0.52	0.52	0.49	0.49	0.52	0.55	0.55	0.58	0.61	0.58	0.52
5	防霉抗菌乳膠漆	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	淨味全效乳膠漆	0.38	0.21	0.11	0.08	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
7	三合一超強抗污乳膠漆	0.23	0.17	0.16	0.18	0.21	0.22	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.23	0.21	0.18	0.16	0.13	0.11	0.10
8	全效抗裂乳膠漆	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
9	水泥漆(平光)	0.09	0.13	0.10	0.09	0.06	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10	水泥漆(全光)	0.30	0.09	0.03	0.02	0.02	0.04	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
11	水性水泥漆	0.26	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
12	油性水泥漆	0.34	0.13	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
13	無鉛防銹磁漆	0.01	0.09	0.33	0.49	0.53	0.53	0.51	0.46	0.44	0.44	0.45	0.46	0.49	0.56	0.57	0.52	0.51	0.50
14	水凝水性磁漆	0.29	0.31	0.29	0.23	0.19	0.21	0.16	0.16	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.10
15	噴磁漆	0.21	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
16	醇酸樹脂磁漆	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
17	水性清漆	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
18	水性清漆	0.28	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
19	油性清漆	0.32	0.48	0.39	0.28	0.23	0.16	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
20	油性清漆	0.37	0.44	0.43	0.38	0.26	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

資料庫更新日期：100/12/08

附錄二 建材逸散資料庫

-20 件濕式建材 TVOC 逸散數據-

件數	試驗產品名稱	總揮發性有機物質（TVOC）逸散速率（mg/m²·hr）																																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
1	油性調和漆	23.53	774.87	530.30	424.86	356.49	305.42	259.82	219.50	183.22	146.51	114.98	91.36	73.62	59.58	49.32	41.71	35.94	30.29	27.21	25.02	21.95	19.95	18.00	16.33	14.67	12.47	9.72	8.80	8.28	7.72	6.35	5.92	5.87	5.66	5.63	5.34
2	調合漆(平光)	4.71	726.93	482.91	194.89	122.79	66.64	43.11	32.28	25.41	19.36	14.69	11.04	8.35	6.72	4.63	4.11	4.19	3.22	3.73	2.51	3.65	4.02	3.07	2.39	1.99	2.13	1.85	1.28	1.48	1.90	1.53	1.67	3.54	2.90	3.00	2.79
3	特級調合漆	32.51	954.52	513.57	371.36	314.82	279.98	251.87	228.60	212.97	200.94	187.56	176.36	161.69	146.93	134.04	120.56	107.89	92.28	83.09	73.60	65.26	58.66	49.48	42.55	35.18	28.85	24.70	21.21	18.38	17.14	14.45	13.07	11.55	11.08	10.92	10.75
4	調合漆(金光)	210.26	1071.26	353.88	348.06	337.36	291.81	269.01	247.58	231.11	211.59	195.70	179.14	162.94	149.68	132.12	122.28	112.14	101.56	92.99	82.76	76.91	69.47	66.45	61.30	57.41	51.81	46.94	41.28	37.51	35.92	32.05	28.59	26.32	25.58	24.57	23.21
5	防霉抗菌乳膠漆	0.09	0.00	112.20	68.89	60.67	55.97	54.90	56.38	0.00	55.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.61	47.82	47.26	46.02	45.20	48.65	45.17	42.71	34.39	29.80	27.59	25.75	25.90	23.30	12.70	0.00	0.00	10.11	19.69	17.69
6	淨味金效乳膠漆	1.67	26.92	20.40	15.36	14.08	12.56	10.40	10.06	10.12	10.16	7.74	7.31	7.17	5.68	4.87	4.24	4.13	4.17	4.29	3.98	1.63	1.49	2.26	3.41	5.13	5.32	3.38	0.58	0.05	0.44	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00
7	三合一超強抗污乳膠漆	6.02	4.39	3.63	3.61	4.20	4.66	4.57	3.96	3.60	5.42	5.76	7.64	9.29	9.16	3.72	0.66	1.66	30.68	101.59	4.12	3.74	4.61	4.42	4.86	4.97	2.88	4.92	5.28	4.85	4.47	5.35	4.37	4.45	5.19	3.91	3.77
8	金效抗裂乳膠漆	4.15	4.14	3.13	1.99	0.56	0.55	0.56	0.11	0.10	0.18	0.02	0.44	0.24	0.08	0.38	0.36	0.02	0.19	0.21	0.32	0.03	0.25	0.04	0.03	0.39	0.02	0.01	0.01	0.24	0.22	0.04	0.51	1.82	0.03	0.01	0.03
9	水泥漆(平光)	0.46	0.55	1.12	1.28	1.67	1.98	1.77	1.57	1.15	0.96	0.66	0.59	0.55	0.47	0.37	0.33	0.16	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11	0.23	0.16	0.41	0.19	0.04	0.11	0.05	0.09	0.01	0.02	0.08	0.12	0.05	0.05
10	水泥漆(金光)	59.61	99.67	75.05	79.29	78.94	78.23	78.13	78.33	77.48	76.50	74.56	74.15	71.85	70.79	71.19	71.26	69.07	68.31	44.65	43.93	63.77	62.50	60.13	59.56	87.58	85.75	82.80	81.65	80.67	79.44	78.54	76.90	75.12	75.12	73.91	73.42
11	水性水泥漆	0.60	3.63	4.06	4.85	4.08	0.10	5.76	5.71	4.98	5.46	5.03	5.25	4.03	3.79	3.98	0.01	5.03	6.49	8.76	7.24	0.59	0.83	0.14	0.01	0.06	0.11	0.59	1.05	0.03	0.03	0.06	0.03	0.06	0.13	0.32	0.05
12	油性水泥漆	119.03	698.79	402.51	310.70	276.48	246.05	223.73	201.68	176.44	153.49	138.53	126.59	112.76	122.92	127.79	116.01	91.71	83.72	82.54	87.04	70.99	61.31	52.98	48.05	38.29	31.29	26.03	21.42	19.68	18.38	14.81	13.43	12.23	10.85	10.40	8.98
13	無鉛防銹磁漆	42.29	521.87	344.96	212.15	144.32	100.03	78.27	62.43	52.04	47.68	44.64	45.04	46.71	48.39	48.84	45.28	41.78	36.51	32.04	28.04	24.64	22.55	20.98	18.66	16.43	12.90	10.52	8.92	7.15	6.76	5.64	5.15	4.62	4.37	4.11	4.10
14	水凝水性磁漆	0.00	0.08	0.06	0.06	0.09	7.45	0.87	24.03	0.31	0.05	0.00	0.23	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	2.12	0.06	0.08	0.07	2.69	3.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15	噴磁漆	20.62	780.50	601.52	520.56	474.35	438.74	402.40	368.89	339.40	307.67	270.66	234.25	199.18	165.82	136.71	110.63	88.48	70.36	56.90	47.48	38.54	32.63	30.41	28.01	41.04	30.74	17.09	14.72	13.71	13.09	10.94	10.05	9.38	8.25	7.68	7.04
16	酚醛樹脂磁漆	57.29	683.37	399.04	298.54	247.73	221.09	202.83	193.98	185.95	174.52	161.50	139.83	125.85	106.23	83.25	62.73	50.05	24.03	18.56	16.04	18.04	16.26	24.16	10.34	22.01	26.76	21.11	16.95	10.28	9.58	12.45	6.78	6.66	3.46	3.02	2.85
17	水性清漆	0.00	0.06	1.43	0.67	0.69	0.80	0.84	0.41	0.69	0.67	0.65	0.88	0.57	0.93	1.18	1.31	1.11	1.19	0.62	1.00	0.83	0.67	0.76	0.71	0.69	2.98	2.08	0.90	0.75	0.85	0.87	0.54	0.64	0.78	0.64	0.58
18	水性清漆	0.09	1.10	54.96	68.31	61.12	47.30	38.11	32.95	27.91	24.27	21.68	19.59	16.87	16.41	17.78	17.82	38.57	47.14	22.80	14.30	10.24	10.84	7.25	4.97	2.07	0.49	0.99	0.25	0.44	0.16	0.15	0.02	0.21	0.01	0.10	0.25
19	油性清漆	12.67	653.46	390.77	198.03	129.40	104.19	84.98	72.39	63.28	53.33	47.67	41.18	35.01	29.87	26.69	23.52	21.65	21.72	20.26	20.14	18.21	17.20	15.69	13.57	10.25	7.98	5.30	4.37	4.22	4.68	4.21	4.01	3.87	3.77	3.72	3.65
20	油性清漆	526.60	455.18	286.75	163.65	125.62	100.87	78.97	67.15	58.71	52.39	47.04	44.60	41.40	38.24	41.54	43.21	44.05	40.38	41.66	36.80	29.73	27.17	24.28	20.80	17.13	13.54	13.53	11.76	10.71	9.14	8.33	8.22	8.64	8.18	9.76	7.17

資料庫更新日期：100/12/08

附錄三 期初審查會議評審意見與回應

甄審小組意見	廠商回應
林志棟甄審成員： 1. ISO16814 標準係規範小尺寸建材逸散，建議除說明尺寸效應之範圍及限制外，並請說明如何擴及大尺寸及全尺寸建材逸散之適用性。 2. 模擬軟體已有前期初步成果，請說明本研究之延續性，並與加拿大 IA-Quest 設定之氣候條件差異進行比較。	1. 遵照辦理，將依 ISO 標準補充說明相關尺寸效應之變化課題。 2. 遵照辦理，將於本年度計劃內容中，更加詳細補充有關加拿大之 IA-Quest 軟體不適用於台灣本土氣候與建材之關聯性。
梁漢溪甄審成員： 1. 建材逸散之抽測建材請再予釐清，建議探討乾、濕式建材檢測標準之差異性。 2. 本研究規劃取樣之 20 件試樣，建議以近期取得綠建材標章建材為原則，並評估試驗資料。 3. 小尺寸量測試驗至模擬軟體之建置，請說明誤差之界定標準。	1. 遵照辦理，內容詳述乾濕建材之逸散行為，並針對本年度濕式材料探討逸散行為。 2. 感謝指導，將考慮以取得綠建材標章之建材進行評估。 3. 遵照辦理，小尺寸直讀系統之誤差與模擬軟體之適用範圍及條件均會加以詳述與界定。
廖朝軒甄審成員： 1. 請補充說明濕式建材之定義。 2. 本研究規劃取樣 20 件濕式建材進行試驗，請說明取樣標準與原則。 3. 請說明模擬軟體驗證方式，以及小尺寸、全尺寸試驗結果之容許誤差範圍訂定方式。	1. 同意遵照辦理，針對濕式建材補充定義說明。 2. 濕式建材之取樣原則，擬依前期研究之取樣原則，以常用建材為依據，透過室內設計裝修材料之分析選定之。 3. 依推估公式與實場量測進行交叉比對，以驗證模擬軟體之可行

甄審小組意見	廠商回應
	性，容許誤差範圍乃依標準試驗方法之內容參考訂定。
邱玉茹甄審成員： 1. 本年度建置之濕式建材資料庫，請說明複層材料是否納入模擬軟體建置。 2. 本研究擬選取之 20 件濕式建材，請補充說明濕式建材之範圍、內容及定義。 3. 請考量國內潮濕高溫之氣候特性，對於建材揮發性有機物質之逸散變化影響，並妥適參考國外相關文獻及研究方法之氣候條件設定。	1. 濕式建材之取樣原則，擬依前期研究之取樣原則，以常用單一建材為主要測試對象，複層材料僅作為尺度關係驗證比對之用。 2. 同意遵照辦理，針對濕式建材補充定義說明。 3. 國內高溫高濕氣候條件確為建材逸散影響因素，本年度係採用 25℃、50%及 0.5ACH 之試驗條件，係依據綠建材標章評定之 SOP 進行試驗，為因應本土氣候條件，需調變環境因子方式進行試驗，本年度僅以建置本土濕式建材逸散資料庫為主。
廖慧燕主持人： 建議以國內常用之建材優先取樣。若以全尺寸建材進行比對驗證，亦可考慮已送測並且取得綠建材標章之建材優先辦理。	感謝委員指導，建材選定部份依去年操作方式，承如主席指導是以綠建材標章取得之材料優先作為比對用，以確認系統性能，另以常用建材作為濕式資料庫之主要測試對象。

附錄四 期中審查會議評審意見與回應

審查委員意見	執行單位回應
中華民國全國建築師公會 (謝建築師斌森)： 1. 建議將該軟體提供相關業者試用，並將試用結果納入提供後續研究參考。	執行單位回應： 1. 未來將給予業者預先試用，濃度值與健康標準將以簡單化呈現。感謝委員意見。
中華民國室內設計裝修同業公會全國聯合會(林代表仁德)： 1. 一般民眾於軟體模擬數值結果不甚瞭解，建議本軟體強化甲醛及TVOC數值結果外增加其相關危害說明，俾利後續推廣及教育宣導。	執行單位回應： 1. 感謝委員提相關寶貴意見，將納入參考並於後續研究審慎調整。
台灣省建築材料商業同業公會聯合會(書面意見)： 1. 國內環境濕度普遍高於 70%以上，本研究建置之「濕式建材逸散資料庫」，建議環境溫、濕度等相關設定應參酌國內氣候條件。 2. 國內現行「健康」綠建材及室內空氣品質之關聯，建議本研究納入建材逸散模擬軟體開發項目之一。	執行單位回應： 1. 感謝委員指教，溫度條件可透過加權係數推估，即可呈現其實際情形。 2. 感謝委員意見，將納入參考並於後續研究審慎調整。
江教授哲銘： 1. 本研究有助於綠建材之研發檢測，且有利於建築設計與室內裝修之產品性能提升，符合預期成	執行單位回應： 1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員指教，未來研究期能與智慧化整合及建築生命週期等

審查委員意見	執行單位回應
果。 2. 軟體建構完成後，建議考量與BIM系統適度連結，使應用層面擴及建築生命週期室內空氣品質之長期調控。	皆可使用此軟體為目標。
陳副總經理文卿： 1. 本研究此模擬軟體適用對象係大眾使用，如提供一般民眾應用，操作介面儘量趨於簡單，不宜複雜，並應顯示危害物之「標準值」。	執行單位回應： 1. 感謝委員提相關寶貴意見，將納入參考並於後續研究審慎調整。
廖教授朝軒： 1. 資料庫建立尚需大量數據累積，如現階段國內濕式建材逸散數據較少，建議參酌納入國外相關資料。 2. 應注意未來資料庫與模擬軟體之結合平台與介面，以及軟體模擬成果精確度與適用範圍之驗證機制。 3. 建議本研究模擬軟體多置入圖形說明，以避免數據過多導致複雜度增加。 4. 請說明模擬軟體後續維護管理機制，並建議出版簡易操作手冊提供使用者參考。	執行單位回應： 1. 感謝委員指教，國外相關數據皆於後續納入。 2. 於管理方面，期望建置於建研所網站，為後端操作。 3. 感謝委員指教，軟體圖形化於之前皆有規劃。 4. 感謝委員提醒，建置簡易操作手冊將納入研究範圍。

審查委員意見	執行單位回應
本所一 主席： 1. 建議該軟體朝向簡易操作以利一般民眾應用，另模擬結果顯示及安全範圍等說明亦請強化，俾利後續推廣應用。 2. 本研究模擬條件溫、濕度及換氣率設定係數為定值，建議研究團隊就影響程度進行評估，並針對各因子影響程度進行適當調整。 3. 有關資料庫建立，除規劃濕式建材外，請考量增列我國綠建材項目，俾供民眾模擬一般居住之室內空氣品質。	執行單位回應： 1. 有關本研究開發之模擬軟體將朝向簡易操作、模擬圖表說明、結果顯示與危害說明及使用者操作手冊等，將予修正並納入後續研究辦理。 2. 本研究模擬條件、換氣率等設定，將廣泛收集國外文獻，適當評估納入模擬軟體。 3. 感謝主席意見，遵照辦理。

附錄五 期末審查會議評審意見與回應

審查委員意見	執行單位
中華民國全國建築師公會 (曹建築師昌勝)： 1. 資料庫內容是否涵蓋國外(美、加、日、歐)及常見建材？ 2. 有關軟體及資料庫使用，未來是否需支付費用？請說明。 3. 實際裝修面積大小，是否影響軟體推估結果，另該軟體是否有最適合之裝修面積？請說明。	執行單位回應： 1. 目前資料庫建材主要為臺灣製造之常用建材，僅有少數來自東南亞與中國進口之材料。 2. 本軟體宗旨在於推廣普及室內空氣品質及使用健康綠建材之重要性，不作任何法令管制依據，未來是否須支付費用仍待所內指示。 3. 裝修面積確實會影響推估數值結果，因此在軟體內加入裝修空間體積輸入欄位，使用者自行輸入後，軟體可自行運算裝修面積與空間體積之比值(即負荷率)，以進行逸散濃度之運算推估。
中華民國室內設計裝修同業公會全國聯合會(洪代表晉鈺)： 1. 報告書 P.93，本案使用調和漆、乳膠漆、水泥漆、磁漆及凡立水等塗料，分別使用松香水、清水、二甲苯等溶劑調和後施工，建議以實際調和現況進行分析，俾利量測實際裝修行為之甲醛及 TVOC 濃度。	執行單位回應： 1. 本年度於小尺寸建材逸散試驗，測試方法依據低逸散健康綠建材測試方法，未使用調和劑，量測濃度均源自材料；於全尺寸系統進行實場試驗，為模擬實際裝修狀況，故塗料中加入調和劑，兩者之量測差值即為建材逸散模擬軟體中運算公式之加權係數。
台灣綠建材產業發展協會(陳理事長東慶)：	執行單位回應： 1. 感謝委員意見，透過本軟體的使

審查委員意見	執行單位
1. 本案研究成果可與我國最近立法通過之「室內空氣品質管理法」結合，另本研究案除非以綠建材測試件之試驗外，建議可採綠建材測試件進行小尺寸及全尺寸之甲醛及 TVOC 含量差異分析。	用民眾可自行掌握室內空氣品質狀況，對於剛立法通過之「室內空氣品質管理法」具有相當之參考價值。本案未來將與所內正在執行之健康綠建材相關研究案，進行建材逸散濃度數據資料之整合，未來於軟體中民眾也可選取具健康綠建材標章之產品。
台灣省建築材料商業同業公會聯合會(王總幹事榮吉)： 1. 國內室內空間常有過度裝修造成室內空氣不良之問題，如能透過建材逸散模擬軟體而推估室內空氣品質狀況，俾利一般民眾瞭解室內空間之空氣品質狀況，具有參考意義。 2. 建議本研究將濕式建材做明確定義，亦應參酌國內建築相關法規是否有相關規定。	執行單位回應： 1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員意見，目前國內尚無濕式建材相關法規規定，本研究蒐集國內外相關文獻資料，對濕式建材進行初步定義，未來將蒐集彙整更多國內外文獻，於後續研究審慎調整。
沈副研究員秀雀： 1. 本研究環境條件之設定其濕度以 50%進行相關試驗，惟台灣濕度普遍偏高，建議可依台灣各地氣候條件進行設計與試驗。	執行單位回應： 1. 建材逸散模擬軟體於溫濕度設定，係依國內綠建材測試方法所設定之溫度 25、濕度 50%，本年度研究目前蒐集溫度與濕度影響建材逸散濃度值之相關文獻，並初步歸納計算式，待未來實場試驗驗證無誤即納入建材逸散模擬軟體操作選項中。

審查委員意見	執行單位
段教授葉芳： 1. 本案研究已達預期成果，本研究之軟體除結果預估外，建議加入如何快速移除 TVOC 方法，俾供大眾參考。	執行單位回應： 1. 感謝委員提相關寶貴意見，將納入參考並於後續研究審慎調整。
陳副總經理文卿： 1. 配合「室內空氣品質管理法」之立法通過，本計畫成果應具相當重要性，建議提出與法規之對應措施。 2. 透過試驗結果與模擬軟體推估之結果，在高濃度與低濃度分別有符合與不符合之情形，但若僅測試少數樣品，則下此結論是否合理，建議增加測試數，以提升模擬軟體之可信度。	執行單位回應： 1. 感謝委員指教，本軟體於模擬結果資料顯示時同步呈現「室內空氣品質管理法」甲醛與 TVOC 之管制基準，以利使用者對照參考之用。 2. 感謝委員指教，未來將於後續研究案中規劃實場驗證試驗，以校正軟體運算之參數，提升模擬軟體之準確度。
本所一 主席： 1. 本研究所用即時監測系統之設備及試驗條件與本所性能實驗中心 TVOC 試驗之差異及優缺點為何？請於成果報告詳細說明比較。 2. 本研究開發之模擬軟體是否已達開放一般民眾使用，及未來軟體版權歸屬，請說明。	執行單位回應： 1. 使用小尺寸建材逸散直讀量測系統進行甲醛、TVOC 之逸散量測，其可即時監控，省去後續分析工作，可快速累積試驗數據，且成本低廉，省電、省耗材，有關直讀量測方法與性能實驗中心檢測方法之優劣比較將於成果報告詳細說明。 2. 未來軟體版權歸屬於所內，是否開放予一般民眾使用依所內指示而定。

附錄六 100.06.22 第一次工作會議簡報

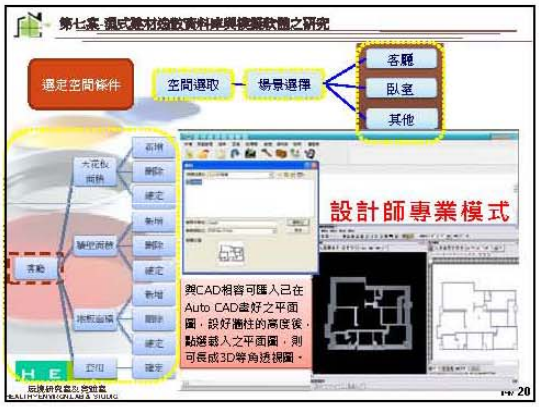
項次	議程	時間	內容
一	主席致詞	14：30–14：35	
二	執行單位報告	14：35–14：50	1. 濕式建材選樣原則討論
三	討論議題	14：50–16：20	2. 實驗數據之判定機制討論 3. 建材逸散模擬軟體-測試版 討論
四	會議結論	16：20–16：30	

種類	性質	用途
調和漆 (ready - mixed paint)	使用長油性樹脂顏料、乾燥劑和溶劑調配製造而成。	適用於室內外一般木料、纖製品之面漆。
乳膠漆 (emulsion paint)	由水溶性聚乙烯醇及壓克力樹脂，配以耐候性顏料製造而成，以清水為溶劑，俗稱膠膠漆或PVC漆。	適用於建築物之內外水泥牆、合板等表面裝飾。
水泥漆 (cement motar)	由耐候、耐水性之丙乙烯共聚合樹脂為主體，配合特殊合成樹脂及耐候耐鹼顏料製造而成，有水性及油性兩種。	適用於一般建築物內外水泥牆面石膏泥灰等物表面的維護及裝飾之用。
磁漆 (alkyd enamel)	以清漆為媒液加入各種著色粉製造而成，乾燥後形成一層平滑、光亮、硬質並具耐久性的薄膜。	適用於鋼鐵、木製品、車輛等面漆。
凡立水 (varnish)	呈透明無色，乾固後形成一層平滑光亮、堅硬之薄膜，又稱清漆或罩漆。	可透視底層原材料之質紋，亦具保護作用。

分類	材料名稱	原廠日期	試驗日期	種類	產地	備註	甲醛第48小時濃度ppm	TVOC第48小時濃度ppm	測試狀況
水泥塗	C-1水泥塗(平光)	06/15	06/15	平光/白色白	台灣	黑底力、添加劑、顏料水	0.01	0.005	進行中
水泥塗	C-2水泥塗(全光)	06/15	06/17	全光/白	台灣	特殊顏料樹脂、顏料、添劑(甲苯、二甲苯、礦油精)	0.013	24.03	進行中
水泥塗	C-3水泥塗(有光)	06/21	06/21	有光/白色白	台灣	合成樹脂、添加劑、顏料、水	0.015	0.19	進行中
乳膠塗	E-1抗菌抗霉乳膠塗	-	-	白色白	台灣	-	-	-	待測
乳膠塗	E-2環境安全乳膠塗	-	-	白色白	台灣	-	-	-	待測
乳膠塗	E-3 三合一高強抗污內牆乳膠塗	-	-	白色白	台灣	-	-	-	待測
噴劑塗	R-1油性噴劑塗	-	-	白色	台灣	-	-	-	待測
噴劑塗	R-2噴劑塗	-	-	有光/特白	台灣	-	-	-	待測

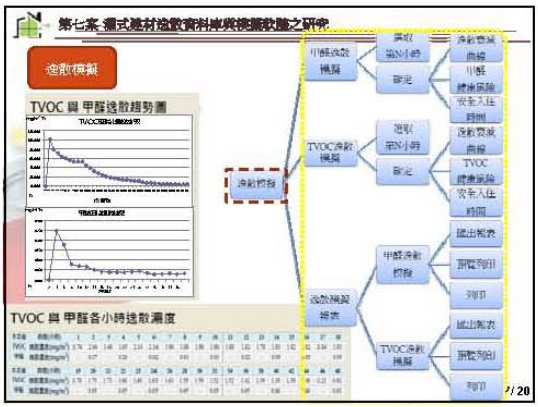
	項目	條件	紀錄	確認狀況
實驗前	空白試驗	TVOC< 10 μg/m³、甲醛<12 μg/m³。(包含不鏽鋼板基座)	-	V
	準確度	直讀儀器標準氣體校正	-	V
	流量	166 cc/min ±5%	-	V
實驗後	溫度	25℃ ±0.5℃	-	V
	濕度	50% ±5% RH	-	V
	逸散模式	參考TAF認證實驗室之健康綠建材檢驗報告，比對建材之逸散特性。	-	V
	流量	166 cc/min ±5%	-	V

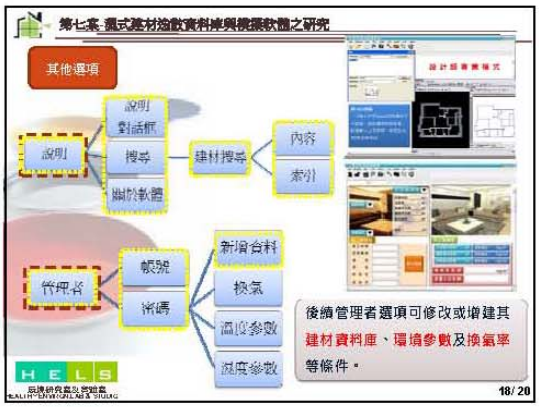
第七案 預式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
選定空間條件
空間選取
場景選擇
客廳
臥室
其他
一般民眾模式
13/ 20


第七案 預式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
選定空間條件
空間選取
場景選擇
客廳
臥室
其他
設計師專業模式
與CAD相容可匯入已在Auto CAD畫好之平面圖，設好牆柱的高度後，點選載入之平面圖，則可長成3D等角透視圖。

第七案 預式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
環境設定
建材資料庫
建材資料庫
資料庫目錄

第七案 預式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
建材資料庫
建材資料庫
資料庫目錄
材料資訊
套用
確定
搜尋
加入
刪除
確定


第七案 預式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
逸散模擬
TVOC 與 甲醛逸散趨勢圖
TVOC 與 甲醛各小時逸散濃度


第七案 預式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
其他選項
說明
搜尋
關於軟體
建材搜尋
內容
索引
管理者
帳號
密碼
新增資料
換氣
溫度參數
濕度參數
後續管理者選項可修改或增建其建材資料庫、環境參數及換氣率等條件。
18/ 20

第七場-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
議題綜合討論
一. 濕式建材選樣原則討論
建材選樣原則以行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所塗料分類方式及室內裝修常用之建材作為選樣依據，分為調和漆、乳膠漆、水泥漆、瓷漆及凡立水 這五類建材是否合宜，
二.實驗數據之判定機制討論
判定項目條件作為實驗數據之判定機制是否合宜？
三.建材逸散模擬軟體-測試版 討論
訂定適用於國內建材逸散模擬軟體-測試版 架構，本年度研究針對環境條件 T=25℃、RH=50%、換氣率0.5 ACH下濕式類建材之甲醛與TVOC之逸散量測數據進行資料庫建置，並訂定後續研究範圍？
19/20

HELS
簡報結束　敬請指教
計畫主持人：廖慧燕
協同主持人：邵文政
研究員：林鶴隆
研究員：邱士榮
研究助理：鍾紘牌
研究助理：陳玉賢
中華民國100年6月13日

附錄七 100.06.22 第一次工作會議記錄

內政部建築研究所 100 年度永續綠建築與節能減碳科技計畫

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

第一次工作會議 簽到表

開會時間：100 年 6 月 22 日（星期三）下午 2 點 30 分

開會地點：國立臺北科技大學設計館 556 討論室

主 持 人 ：國立臺北科技大學建築系邵文政副教授

出 席 人 員 ：

出 席 者	單位	簽名處
廖慧燕 組長	內政部建築研究所環境控制組	
邵文政 副教授	國立臺北科技大學建築與都市設計研究所	邵文政
曾昭衡 教授	國立臺北科技大學環境工程與管理研究所	曾昭衡
王義和 工程師	財團法人台灣建築中心環境控制部	王義和
莊國誌 經理	潤泰創新國際股份有限公司規劃部	莊國誌
唐僑憶 協理	潤泰創新國際股份有限公司設計部	唐僑憶
林廼祥 設計師	林廼祥設計工作室	林廼祥
胡靜怡 總經理	交泰興有限公司	胡靜怡
林霧霆 研究員	內政部建築研究所環境控制組	林霧霆
邱士榮 研究員		
龔鈺婷 研究助理		龔鈺婷
陳玉賢 研究助理		陳玉賢
陳晏琦		陳晏琦
黃建隆		黃建隆
林弘修		
	內政部建築研究所環境控制組	歐俊顯

記錄：陳玉賢、陳晏琦

濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

第一次工作會議記錄

主席致辭：(略)

說明會簡報：(略)

出(列)席人員發言要點：

國立臺北科技大學環境工程與管理研究所 曾教授昭衡

1. 請寫明”測試樣本資料表”中，測試結果數值是第 48 小時還是 48 小時平均值。
2. “樣本試驗過程紀錄”空白試驗甲醛 2.91 建議加上正負誤差值，至於流量校正失敗，放棄數值太過可惜，建議可每小時平均來做調整。
3. 建議 TVOC 儀器應如同甲醛儀器做校正。
4. 在模擬軟體部分，本試驗量測 48 小時逸散量，要如何模擬具有晚期逸散特性的複層建材？
5. 建議把 48 小時的數值都放進逸散模擬軟體中，而且如果要改換氣率條件也應含有質量平衡模式裡的 K VALUE。

財團法人台灣建築中心環境控制部 王工程師義和

1. 木器漆於木材防腐上於目前室內裝修使用非常多，建議納入測試。

潤泰創新國際股份有限公司規劃部 莊經理國誌

1. 台灣環境濕度於 70%以上，本研究設定於濕度 50%是否合理？
2. 模擬軟體部分，使用者為一般民眾時，建材種類名稱資料很難得知，建議濕式建材資料庫以施作方式(噴塗或刷塗)之塗料種類來區分。
3. 模擬軟體部分，在未來逸散模擬公式研究時應考慮複層建材施工方式如：使用 F1 板材加上面漆塗料等。
4. 建議可將目前市面上常用之塗料如：防火漆、環氧樹脂漆列入測試項目中。

潤德設計工程股份有限公司設計部 唐協理僑憶

1. 本年度研究僅針對甲醛及 TVOC 逸散進行量測，建議未來可考慮納入放射性物質為測試對象。
2. 木器漆多用於移動式家具上，如要探討本次試驗範圍太廣，本試驗目前限定於室內空間的塗裝，可暫不考慮納入這項。

林廼祥設計工作室 林設計師廼祥

1. 如果一般民眾欲使用逸散模擬軟體，可請施工者告知建材名稱。
2. 建議民眾入住時間的地方，如有使用健康綠建材標章，是否可縮短等待期？

交泰興有限公司 胡總經理靜怡

1. 本研究逸散模擬軟體只能提供單一建材逸散濃度模擬，目前室內裝修大部分常用逸散濃度高之黏著劑類，建議考慮納入白膠、黃膠等常用之黏著劑。
2. TVOC 和甲醛逸散濃度於使用量越多濃度越高，建議依照國外管制方法以每一克的濃度標準來計算總面積的濃度。
3. CNS 有限定 TVOC 逸散量，可考慮藉由 CNS 來取得逸散模式。

國立臺北科技大學建築系 邵副教授文政回應說明

1. ACH=0.5 為依照綠建材的標準，現階段之逸散模擬軟體暫時僅以單一建材為主，複層建材逸散模式暫以參考文獻之方式進行瞭解，未來可列入研究項目中。
2. 本研究相對濕度設定於 50%，係參考標準試驗方法所訂定，未來研究可參考濕度影響建材逸散之相關文獻，推估不同濕度條件下之建材逸散量。
3. 軟體介面設計會以淺顯易懂為主，讓一般民眾之使用者容易使用。
4. 對於折減綠建材之材料，本研究係以種類區分，並非以何種油漆細分，未來可由測試的綠建材來統合。

5. 本研究須聚焦於室內裝修空間塗料，木漆器使用於移動式家具等其他塗料，可於後續在逐漸納入測試。
6. 健康綠建材的檢測通則目前已管制放射性物質。

附錄八 100.10.05 第二次工作會議簡報

內政部建築研究所100年度協同研究計畫

－ 永續綠建築與節能減碳科技計畫 －

第七案

濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

計畫主持人：廖慧燕
協同主持人：邱文政
研　究　員：林霞霞
研　究　員：邱士榮
研究助理：龔鈺婷
研究助理：陳玉賢

中華民國100年10月05日

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

第二次工作會議

議程表

項次	議程	時間	內容
一	主席致詞	14：30~14：35	
二	執行單位報告	14：35~14：50	1. 環境因子影響建材甲醛、VOC逸散濃度之加權係數討論 2. 室內裝修建材甲醛、VOC逸散濃度推估公式討論 3. 逸散資料庫及建材逸散模擬軟體-測試版討論
三	討論議題	14：50~16：20	
四	會議結論	16：20~16：30	

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

計畫緣起 > 研究動機

■ 研究動機

◆ 近年來於室內裝修中已開始重視建材的挑選，以避免因使用不良建材污染了室內空氣品質，危害人體的健康。

◆ ISO 16814標準在「建築材料逸散」的管制項目，透過「建立完整低逸散建築材料之標章及計畫管制策略」及「建立建材逸散資料庫及數值模擬推估軟體」等兩種方式，有效降低污染物濃度，維持室內空氣品質。

◆ 目前在建材逸散資料庫與模擬推估軟體部分，已於前期研究初步完成小尺寸建材逸散直讀量測系統建置與逸散模擬軟體架構訂定，並建立乾式建材逸散資料庫，本年度再加入濕式建材逸散資料，資料庫將更臻完備，以便建材逸散模擬軟體建置，未來可由建築規劃設計初期開始管控室內空氣品質，維護國人室內居住健康品質。

資料來源：臺北科技大學健康環境研究室　3/ 29

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

計畫緣起 > 研究動機 > 研究目的 > 研究內容

■ 研究目的

1. 本研究之目的乃在於維護並提升居民健康的室內環境意識，協助民眾確實掌握室內空氣品質狀況，並作為國內檢測認證體系與各種政策研訂、相關法規體系建構之重要參考依據。

2. 藉由前期「建置小尺寸建材逸散直讀量測系統與模擬架構之研究」及本年度「濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究」計畫，幫助國內室內裝修，鼓勵產業界以健康、永續為訴求，全面性、多元化的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。

■ 研究內容

◆ 本年度之研究使用前期所建置之「小尺寸建材逸散直讀量測系統」，並針對國內濕式建材所逸散之甲醛、TVOC 濃度進行檢測，進一步探討對國人之健康危害風險，從而建立建材逸散濃度資料庫與建材逸散模擬軟體-測試版，作為日後我國VOC 污染管制之參考依據，進而提供國人安全健康之室內環境。

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

一、環境因子影響建材甲醛、VOC 逸散濃度之加權係數 討論

【說明】：

藉由相關文獻內容瞭解不同溫濕度條件下建材甲醛、VOC逸散濃度之關係。

透過文獻彙整結果得知溫濕度條件影響建材甲醛、VOC逸散濃度之相關係數，將其納入逸散模擬推估公式，期更貼近室內裝修實際情形，計對溫濕度加權係數進行廣泛討論。

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

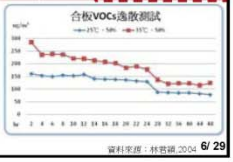
不同溫度相同濕度之合板VOCs逸散濃度

Time(hr)	25℃，50%	35℃，50%
2	160.15	284.6
4	152.94	235.36
6	149.38	237.99
8	154.56	236.29
10	152.27	220.56
12	157.86	220.1
14	140.41	213.01
16	138.53	207.23
18	137.76	201.92
20	136.09	183.66
22	131.78	189.46
24	129.34	177.59
28	87.99	136.24
32	86.79	120.58
36	85.38	122.52
40	85.69	122.54
44	81.91	114.4
48	78.38	123.91
平均值	124.85	185.99
單位	μg/m³	

相同濕度(50%)、溫度分別為25℃與35℃條件下合板VOCs逸散濃度之差為61.14 μg/m³，可得知溫度每上升1℃逸散濃度增加6.1μg/m³。

185.99－124.85=61.14
61.14/10=6.1

濕度	溫度℃	溫度每上升1℃逸散濃度增加量
50%	25→35	6.1 μg/m³



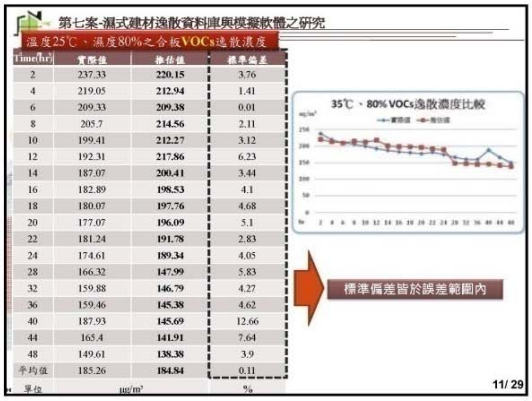
資料來源：林雪霞_2004　6/ 29

Time(hr)	實際值	推估值	標準偏差
2	284.6	221.2	12.53
4	235.36	213.9	4.78
6	237.99	210.4	6.15
8	236.29	215.6	4.58
10	220.56	213.3	1.67
12	220.1	218.9	0.27
14	213.01	201.4	2.8
16	207.23	199.5	1.9
18	201.92	198.8	0.78
20	183.66	197.1	3.53
22	189.46	192.8	0.87
24	177.59	190.3	3.45
28	136.24	149.0	6.1
32	120.58	147.8	10.14
36	122.52	146.4	8.88
40	122.54	146.7	8.97
44	114.4	142.9	11.08
48	123.91	139.4	5.88
平均值	185.99	185.85	0.04
單位	μg/m³		%

Time(hr)	25℃、80%	35℃、80%
2	237.33	472.51
4	219.05	424.68
6	209.33	392.4
8	205.7	377.09
10	199.41	326.31
12	192.31	354.48
14	187.07	350.79
16	182.89	345.07
18	180.07	333.17
20	177.07	330.73
22	181.24	320.16
24	174.61	267.24
28	166.32	201.88
32	159.88	225.11
36	159.46	233.09
40	187.93	221.66
44	165.4	215.68
48	149.61	210.21
平均值	185.26	311.24
單位	μg/m³	

Time(hr)	實際值	推估值	標準偏差
2	472.51	363.3	13.07
4	424.68	345.1	10.34
6	392.4	335.3	7.85
8	377.09	331.7	6.4
10	326.31	325.4	0.14
12	354.48	318.3	5.38
14	350.79	313.1	5.68
16	345.07	308.9	5.53
18	333.17	306.1	4.23
20	330.73	303.1	4.36
22	320.16	307.2	2.07
24	267.24	300.6	5.87
28	201.88	292.3	18.3
32	225.11	285.9	11.9
36	233.09	285.5	10.11
40	221.66	313.9	17.22
44	215.68	291.4	14.93
48	210.21	275.6	13.46
平均值	311.24	311.26	0.00
單位	μg/m³		%

Time(hr)	25℃、50%	25℃、80%
2	160.15	237.33
4	152.94	219.05
6	149.38	209.33
8	154.56	205.7
10	152.27	199.41
12	157.86	192.31
14	140.41	187.07
16	138.53	182.89
18	137.76	180.07
20	136.09	177.07
22	131.78	181.24
24	129.34	174.61
28	87.99	166.32
32	86.79	159.88
36	85.38	159.46
40	85.69	187.93
44	81.91	165.4
48	78.38	149.61
平均值	124.85	185.26
單位	μg/m³	



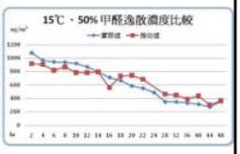
Time(hr)	實際值	推估值	標準偏差
2	237.33	220.15	3.76
4	219.05	212.94	1.41
6	209.33	209.38	0.01
8	205.7	214.56	2.11
10	199.41	212.27	3.12
12	192.31	217.86	6.23
14	187.07	200.41	3.44
16	182.89	198.53	4.1
18	180.07	197.76	4.68
20	177.07	196.09	5.1
22	181.24	191.78	2.83
24	174.61	189.34	4.05
28	166.32	147.99	5.83
32	159.88	146.79	4.27
36	159.46	145.38	4.62
40	187.93	145.69	12.66
44	165.4	141.91	7.64
48	149.61	138.38	3.9
平均值	185.26	184.84	0.11
單位	μg/m³		%

Time(hr)	15℃、50%	25℃、50%
2	1076.67	1104.927
4	964.96	1092.65
6	942.92	1006.711
8	936.52	1055.819
10	919.41	969.881
12	867.28	969.881
14	794.16	982.157
16	712.32	748.895
18	666.47	920.773
20	586.38	933.05
22	550.58	871.665
24	488.11	-
28	350.07	650.679
32	349.18	638.402
36	332.56	577.018
40	315.18	626.125
44	274.06	491.079
48	353.87	552.464
平均值	637.82	834.83
單位	μg/m³	

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

溫度15℃、濕度50%之合板甲醛逸散濃度

Time(hr)	實際值	推估值	標準偏差
2	1076.67	916.927	8.01
4	964.96	904.65	3.23
6	942.92	818.711	7.05
8	936.52	867.819	3.81
10	919.41	781.881	8.08
12	867.28	781.881	5.18
14	794.16	794.157	0.78
16	712.32	560.895	11.89
18	666.47	732.773	4.74
20	586.38	745.05	11.92
22	550.58	683.665	10.78
24	-	-	-
28	350.07	462.679	13.83
32	349.18	450.402	12.66
36	332.56	389.018	7.82
40	315.18	438.125	16.32
44	274.06	303.079	5.04
48	353.87	364.464	1.47
總量	637.82	646.83	0.7
單位	μg/m³		%



除第40小時大於誤差範圍(15%)其餘標準偏差皆於誤差範圍內

13/ 29

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

由以上整理可得出幾項結果：

於VOCs部分：

一、於相同濕度(50%)條件下，得知25℃至35℃之VOCs逸散濃度溫度每上升1℃逸散濃度增加6.1 μg/m³，實際值與推估值比較均於誤差範圍內(15%)。

二、於相同濕度(80%)條件下，得知25℃至35℃之VOCs逸散濃度溫度每上升1℃逸散濃度增加12.6 μg/m³，而實際值與推估值比較，除第28小時及第40小時大於誤差範圍(15%)，其餘標準偏差皆於誤差範圍內。

三、於相同溫度(25 ℃)條件下，得知濕度50%至80%之VOCs逸散濃度濕度每上升1%逸散濃度增加6.04 μg/m³，實際值與推估值比較均於誤差範圍內(15%)。

於甲醛部份：

一、於相同濕度(50%)條件下，得知25℃至15℃之甲醛逸散濃度溫度每下降1℃逸散濃度降低19. 7 μg/m³，而實際值與推估值比較，除第40小時大於誤差範圍(15%)，其餘標準偏差皆於誤差範圍內。

環境研究室改實驗室 HEALTHY ENVIRON.LAB & STUDIO

14/ 29

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

二、室內裝修建材甲醛、VOC逸散濃度推估公式 討論

【說明】：

為預測環境因子對室內裝修建材甲醛、VOC逸散濃度的影響，透過相關文獻的理論式或經驗模式來推估瞭解溫度、濕度及換氣率對建材甲醛、VOC逸散濃度的影響。提出下列公式進行廣泛討論。

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

推估 溫度15℃、濕度50%條件下之甲醛逸散濃度 (文獻理論模式)

Time(hr)	公式一	實際值	公式一+二	標準偏差
2	1624.51	353.87	387.78	4.58
4	1444.00	274.06	323.75	8.31
6	1841.11	315.18	481.56	20.88
8	1696.71	332.56	416.82	11.24
20	1877.21	349.18	499.26	17.69
22	1913.31	437.58	517.61	8.38
24	2563.11	688.22	991.24	18.04
28	2743.61	732.98	1187.30	23.66
32	2707.51	833.09	1145.21	15.78
36	2202.11	890.4	690.90	12.62
40	2888.01	992.7	1371.72	16.03
44	2851.91	1084.1	1323.09	9.93
48	2851.91	1149.26	1323.09	7.03
單位	ppm			%

公式一： Berge Equation 模式

$$C_x = \frac{C_1}{[1 + A_1(RH - RH_0)]e^{-r(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{T_0+273})}}$$

Cx ＝溫度T、相對濕度RH%時，甲醛濃度 ppm

C_1 ＝標準化甲醛濃度，ppm

r ＝溫度係數，9799

T ＝測試溫度，℃

T_0 ＝標準化溫度，25 ℃

A_1 ＝濕度係數，0.0175

RH ＝測試相對濕度，%

RH_0 ＝標準化相對濕度，50%

Godish,1985

公式二：

$y = 76.41e^{0.001x}$

環境研究室改實驗室 HEALTHY ENVIRON.LAB & STUDIO

16/ 29

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

推估 溫度15℃、濕度50%條件下之VOCs逸散濃度 (文獻理論模式)

Time(hr)	公式一	實際值	公式一+二	標準偏差
1	206.51	43.78	25.74	25.95
2	192.47	46.22	22.36	34.79
4	183.23	21.06	20.39	1.62
6	178.68	19.67	19.48	0.49
8	184.44	19.76	20.64	2.18
10	181.42	20.98	20.02	2.34
12	187.34	17.93	21.25	8.47
14	167.01	18.38	17.34	2.91
16	164.47	18.09	16.90	3.4
18	163.36	17.11	16.72	1.15
20	161.12	15.95	16.35	1.24
22	156.06	17.66	15.54	6.39
24	153.16	15.92	15.10	2.64
28	102.10	9.90	9.06	4.43
32	100.57	9.43	8.92	2.78
單位	ppm			%

公式一： Berge Equation 模式

$$C_x = \frac{C_1}{[1 + A_1(RH - RH_0)]e^{-r(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{T_0+273})}}$$

Cx ＝溫度T、相對濕度RH%時，甲醛濃度 ppm

C_1 ＝標準化甲醛濃度，ppm

r ＝溫度係數，9799

T ＝測試溫度，℃

T_0 ＝標準化溫度，25 ℃

A_1 ＝濕度係數，0.0175

RH ＝測試相對濕度，%

RH_0 ＝標準化相對濕度，50%

Godish,1985

公式二：

$y = 3.264e^{0.010x}$

17/ 29

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

於環控艙測試建材甲醛逸散濃度值－模組一 (經驗模式)

由小尺寸系統量測之單一建材(矽酸鈣板、PVC地磚、合板)，推估此三種裝修建材於實際裝修空間中之甲醛逸散濃度。

Time(hr)	公式一	實際濃度	公式一+二	標準偏差
2	-	-	-	-
4	35.40	59.33	49.58	8.95
6	32.98	37.46	48.02	12.35
8	33.79	38.02	46.51	10.04
20	11.26	37.60	38.39	1.04
22	8.04	36.04	37.18	1.56
24	8.04	30.15	36.01	8.86
28	4.83	29.97	33.77	5.96
32	4.83	26.11	31.68	9.64
36	4.83	21.28	29.72	16.55
40	4.83	21.75	27.88	12.35
44	4.83	23.71	26.15	4.89
48	4.83	21.89	24.53	5.69
單位	mg/m³			%

公式一：

$$C_{V,T,RH} = \frac{C_0 \times N \times VOL}{N_0 \times VOL_0}$$

$C_{V,T,RH}$ = 溫度T、相對濕度RH時，甲醛濃度，mg/m³

C_0 = 標準化甲醛濃度，mg/m³

N_0 = 負荷率，m²/m³

VOL_0 = 環控艙體積，m³

N = 實際空間負荷率，25 ℃

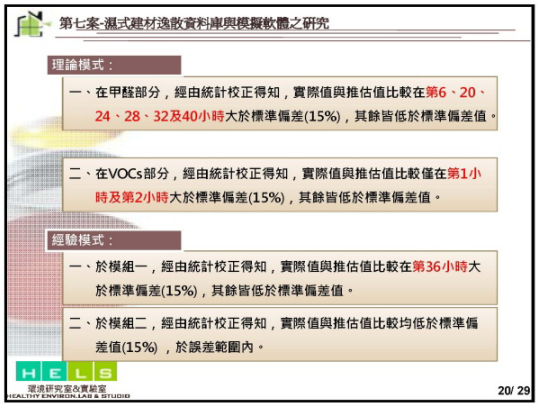
VOL = 實際空間體積，m³

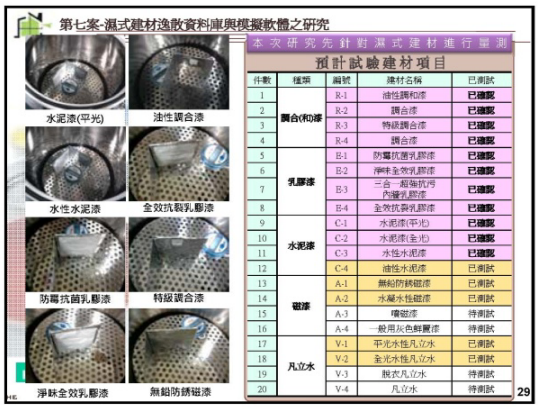
公式二：

$y = 23.816e^{0.0154x}$

18/ 29

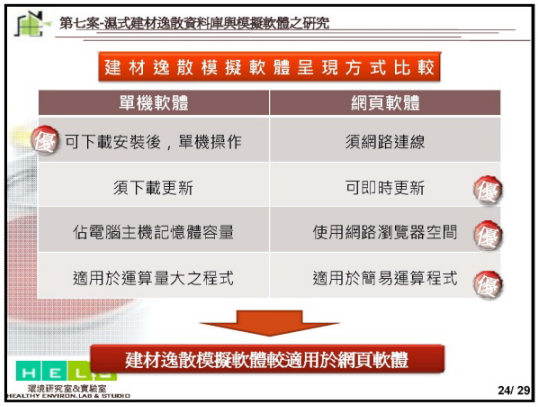
Time(hr)	公式一	實際濃度	公式一+二	標準偏差
2	-	-	-	-
4	61.14	63.13	49.58	12.02
6	56.31	44.73	48.02	3.55
8	57.92	45.81	46.51	0.76
20	12.87	39.95	38.39	1.99
22	6.44	31.48	37.18	8.3
24	6.44	32.34	36.01	5.37
28	4.83	33.80	33.77	0.04
32	4.83	30.47	31.68	1.95
36	4.83	29.85	29.72	0.22
40	4.83	27.48	27.88	0.72
44	4.83	28.20	26.15	3.77
48	4.83	27.46	24.53	5.64
單位		mg/m³		%





件數	種類	編號	建材名稱	已測試
1	調合(和)漆	R-1	油性調和漆	已確認
2		R-2	調合漆	已確認
3		R-3	特級調合漆	已確認
4		R-4	調合漆	已確認
5	乳膠漆	E-1	防霉抗菌乳膠漆	已確認
6		E-2	淨味全效乳膠漆	已確認
7		E-3	三合一-超強抗污內牆乳膠漆	已確認
8		E-4	全效抗裂乳膠漆	已確認
9	水泥漆	C-1	水泥漆(平光)	已確認
10		C-2	水泥漆(全光)	已確認
11		C-3	水性水泥漆	已確認
12		C-4	油性水泥漆	已測試
13	磁漆	A-1	無鉛防銹磁漆	已測試
14		A-2	水凝水性磁漆	已測試
15		A-3	環磁漆	待測試
16		A-4	一般用灰色鮮麗漆	待測試
17	凡立水	V-1	平光水性凡立水	已測試
18		V-2	全光水性凡立水	已測試
19		V-3	脫臭凡立水	待測試
20		V-4	凡立水	待測試

分類	材料名稱	試驗產品編號	規格	產地	附註	TVOC第48小時逸散速率 mg/m²hr	甲醛第48小時逸散速率 mg/m²hr	測試狀況
調合(和)漆	油性調和漆	濕式建材R001	白	台灣	合成樹脂、顏料、溶劑	5.34	0.25	已確認
調合(和)漆	調合漆(平光)	濕式建材R002	平光/白	台灣	樹脂、顏料、溶劑	2.79	1.63	已確認
調合(和)漆	特級調合漆	濕式建材R003	特白	台灣	樹脂、顏料、溶劑	10.75	0.02	已確認
調合(和)漆	調合漆(全光)	濕式建材R004	全光/白	台灣	樹脂、顏料、溶劑	23.21	0.52	已確認
乳膠漆	防霉抗菌乳膠漆	濕式建材E001	白	台灣	二氧化鈦、合成樹脂、有機顏料、無機顏料、防霉抗菌保健因子、功能添加劑、水	17.69	0.01	已確認
乳膠漆	淨味全效乳膠漆	濕式建材E002	平光/百合白	台灣	合成樹脂、顏料、添加劑、水	0.00	0.01	已確認
乳膠漆	三合一超強抗污乳膠漆	濕式建材E003	平光/百合白	台灣	合成樹脂、顏料、添加劑、水	3.77	0.10	已確認
乳膠漆	全效抗裂乳膠漆	濕式建材E004	平光/百合白	台灣	合成樹脂、鈦白粉、顏料、添加劑、水	0.03	0.01	已確認
水泥漆	水泥漆(平光)	濕式建材C001	平光/百合白	台灣	壓克力樹脂、添加劑、顏料、水	0.05	0.00	已確認
水泥漆	水泥漆(全光)	濕式建材C002	全光/白	台灣	顏料樹脂、顏料、溶劑(甲苯二甲苯、礦油精)	73.42	0.02	已確認
水泥漆	水性水泥漆	濕式建材C003	有光/百合白	台灣	合成樹脂、鈦白粉、顏料、添加劑、水	0.05	0.01	已確認
磁漆	無鉛防銹磁漆	濕式建材A001	白	台灣	合成樹脂、特殊防銹劑、顏料、有機溶劑	4.10	0.50	已確認
磁漆	水凝水性磁漆	濕式建材A002	高光/白	台灣	純丙烯酸乳液、金紅石型鈦白粉、成膜助劑、丙二醇、防腐劑	0.00	0.10	已確認



第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
一般使用者模式
專業者模式
管理者模式
天花材料
牆壁材料
地板材料
施工前推估
完工後濃度
執行模擬
0.5ACH
環境研究室&實驗室
HEALTHY ENVIRON.LAB & STUDIO
25/ 29

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
一般使用者模式
專業者模式
管理者模式
天花材料
牆壁材料
地板材料
柳安木角材
天花板已選用材料項目
柳安木角材
矽酸鈣板
水性水泥漆
施工前推估
完工後濃度
環境研究室&實驗室
HEALTHY ENVIRON.LAB & STUDIO
26/ 29

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
天花材料
牆壁材料
地板材料
天花板已選用材料項目
牆壁已選用材料項目
地板已選用材料項目
施工前推估
完工後濃度
17.28
34.56
17.28
55
25℃
50%
0.5ACH
執行模擬
19.48
16.66
環境研究室&實驗室
HEALTHY ENVIRON.LAB & STUDIO
27/ 29

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究
議題綜合討論
一. 環境因子影響建材甲醛、VOC逸散濃度之加權係數 討論
依照文獻數據，推估不同環境因子影響建材甲醛、VOC逸散因子之加權係數，此方法是否合宜？
二. 室內裝修建材甲醛、VOC逸散濃度推估公式 討論
蒐集文獻所得公式，修改並調整至適合實際情況之建材甲醛、VOC逸散因子之推估公式是否合宜？
三. 逸散資料庫及建材逸散模擬軟體-測試版 討論
訂定適用於國內建材逸散模擬軟體-測試版，本年度研究針對環境條件T=25℃、RH=50%、換氣率0.5 ACH下，濕式類建材之甲醛與TVOC之逸散量測數據進行資料庫建置進行討論。
環境研究室&實驗室
HEALTHY ENVIRON.LAB & STUDIO
28/ 29

HELS
簡報結束　敬請指教
計畫主持人：廖慧燕
協同主持人：邵文政
研　究　員：林雅雯
研　究　員：邱士榮
研究助理：賴鈺婷
研究助理：陳玉賢
中華民國100年6月18日

附錄九 100.10.05 第二次工作會議記錄

內政部建築研究所 100 年度永續綠建築與節能減碳科技計畫

第七案-濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

第二次工作會議 簽到表

開會時間：100 年 10 月 5 日（星期三）下午 2 點 30 分

開會地點：國立臺北科技大學設計館 555 討論室

主 持 人 ：國立臺北科技大學建築系邵文政副教授

出 席 人 員 ：

出 席 者	單位	簽名處
廖慧燕 組長	內政部建築研究所環境控制組	
邵文政 教授	國立臺北科技大學建築與都市設計研究所	邵文政
段葉芳 教授	國立臺北科技大學化學工程研究所	段葉芳
曾昭衡 教授	國立臺北科技大學環境工程與管理研究所	曾昭衡
陳振誠博士候選人	國立成功大學建築研究所	陳振誠
曾婷婷 總經理	太陽生物科技股份有限公司	曾婷婷
林霧霆 研究員	內政部建築研究所環境控制組	
邱士榮 研究員		
龔鈺婷 研究助理		
陳玉賢 研究助理		陳玉賢
陳晏琦		陳晏琦
陳珮熏		陳珮熏
方彥智		方彥智

記錄：陳晏琦、陳珮熏

濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

第二次工作會議記錄

主席致辭：(略)

說明會簡報：(略)

出(列)席人員發言要點：

國立臺北科技大學化學工程研究所 段教授葉芳

1. 建議建材逸散模擬推估公式以理論模式最為主要推估依據，經驗模式作為修正偏差之參考依據。
2. 建材逸散濃度推估值部分，建議參考化學物質蒸氣壓原理，根據建材所使用之化學物質種類，以文獻回顧方式查得其化學物值蒸氣壓逸散模式，藉此輔助判斷建材之甲醛與 TVOC 逸散方式。
3. 驗證之標準偏差數值為 15%應補充其定義，並加註於報告書中。

國立臺北科技大學環境工程與管理研究所 曾教授昭衡

1. 建議建材逸散推估公式修正階段，試以修正理論模式中溫濕度係數之方式，使其推估公式更貼近實際濃度數值。
2. 建議建材逸散模擬軟體推估結果於畫面中可顯示危險或安全等簡顯易懂之標示。

國立成功大學建築研究所 陳博士候選人振誠

1. 針對室內裝修建材逸散推估濃度及逸散因子部分，本研究透過試驗數據及理論分析後推導其逸散推估公式，可有效預估建材裝修後之逸散濃度值，協助設計者及使用者維護健康室內空氣品質，深具良好應用效益，對於推估計算部分，未來可運用「健康風險」概念進行轉換，例如以單一甲醛之每人每日暴露量進行風險評估管理，更可擴大推估其風險值，並以降低健康風險危害作為本推估公式之目的。
2. 逸散資料庫及建材逸散模擬軟體已建立基本軟體推估濃度，未來建議

結果以濃度衰減及時間之連續變化圖示方式表達，可透過時間歷時變化圖示方式，讓設計者及消費者判易讀易懂，判斷其逸散衰減時間，作為入住時間之參考。

太陽生物科技股份有限公司 曾總經理婷婷

1. 建材逸散資料庫目前已分別檢測乾式與濕式建材，建議把接著劑項目加資料庫中，因膠影響 TVOC 較大。
2. 建材逸散模擬軟體中之甲醛致癌風險，建議加入甲醛危險等級以利民眾區分其危害嚴重性。
3. 建材逸散模擬軟體之通風換氣率選項，建議暫以 0.5ACH 為單一選項，因一般民眾對通風換氣量較無量化概念。

國立臺北科技大學建築系 邵副教授文政回應說明

1. 本研究已於前期完成 20 件乾式建材逸散資料庫，目前本研究針對濕式建材塗料類建置 20 件濕式建材逸散資料庫，可於後續納入接著劑之測試。
2. 將於報告書詳細說明驗證之標準偏差數值 15%之依據。
3. 本研究於建材逸散模擬軟體建議之操作介面加入軟體操作教學選項。
4. 本研究於建材逸散模擬軟體之首頁加入使用低逸散健康綠建材之重要性與甲醛、TVOC 對人體危害之宣導說明。
5. 於建材逸散模擬軟體推估結果介面，將顯示危險或安全等淺顯易懂之標示，以利使用者瞭解其危害嚴重性。

附錄十 直讀式儀器原廠校正報告

昇儀股份有限公司

地址：台北縣中和市建八路 2 號 7 樓之 3
電話：(02)8226-2680 傳真：(02)8226-2740
統一編號：16626000

甲醛氣體偵測器校正報告

客　　戶：台北科技大學

儀器型號：Formaldemeter HTV-m

儀器序號：F 6637

校正日期：100、02、24

校正氣體：Zero：儀器自動歸零
Span：原廠校正棒－Batch No.：738，Tube No.：104
23℃→2.49 ppm

Sensor	ZERO		SPAN	
	初值	校正值	初值	校正值
Formaldehyde	0.00 ppm	0.00 ppm	2.32 ppm	2.49 ppm

註：1.此偵測器請定期執行校正。
2.在執行校正前，請確認偵測器之讀值已歸零。

昇儀股份有限公司 校正報告專用章 台北縣中和市建八路7樓之3

部門主管：蔡明達　　校正人員：蔡明達

圖 1 Formaldemeter htV-M 原廠校正報告

番号 19-VA-0068 改訂 6

G)報告書

ガス検知器点検報告書

新コスモス電機株式会社

整理番号

ユーザー

ご担当者 様

代理店

Auto Art

ご担当者 様

□本 社／TEL(06)6308-8592㈹
□東京支社／TEL(03)5403-2700㈹
□中部支社／TEL(052)933-1680㈹
□札幌営業所／TEL(011)898-1611㈹
□仙台営業所／TEL(022)295-6061㈹
□新潟営業所／TEL(025)287-3030㈹
□静岡営業所／TEL(054)288-7051㈹
□北陸営業所／TEL(076)234-5611㈹
□広島営業所／TEL(082)294-3711㈹
□九州営業所／TEL(092)431-1881㈹
□岡山出張所／TEL(086)244-4881㈹
□徳山メンテ／TEL(0834)22-6352㈹

平素は弊社の製品を御愛用戴き、厚く御礼申し上げます。

ご依頼の点検結果を、下記のとおりご報告させていただきます。

機種	XP-308B	製造番号	0703011	対象ガス	HCHO

合格印

NEW COSMOS ELECTRIC CO.,LTD. 合格 '11.7.11 メンテナンス部

交換部品	数量	原因
O_2 センサ		
可燃センサ		
H_2S センサ		
COセンサ		
(HCHO)センサ	1	OT
フィルター( )		
フィルター( )		
フィルター(Fヒ-2)	1	DS
導入管(m)		
ポンプユニット( )		
本体ケース( )		
電池( )	1set	WS
DUPHフィルタセット	1	WS

交換、補充原因の記号	
自然劣化	NF
期限切れ	OT
腐食	WC
衝撃変形	ST
衝撃破損	SC
偶発不良	AF
水浸し	UW
補充	WS
塵埃目詰	DS
特記事項欄へ	ET

点検完了日

2011年 7月 11日

[受入時記入]
目盛 OT ppm % 流量 12 ml/min

検査成績

項目	規格	測定値	判定
0.17 ppm %	±0.02ppm	0.15	ok
ppm %			
ppm %			
ppm %			
%VOL			
%VOL			
流量	10~30	16	ok

[特記事項]

	検印	点検者

圖 2 FORMTECTOR XP-308B 原廠校正報告

Performance Verification Report

Date:2010.June.15

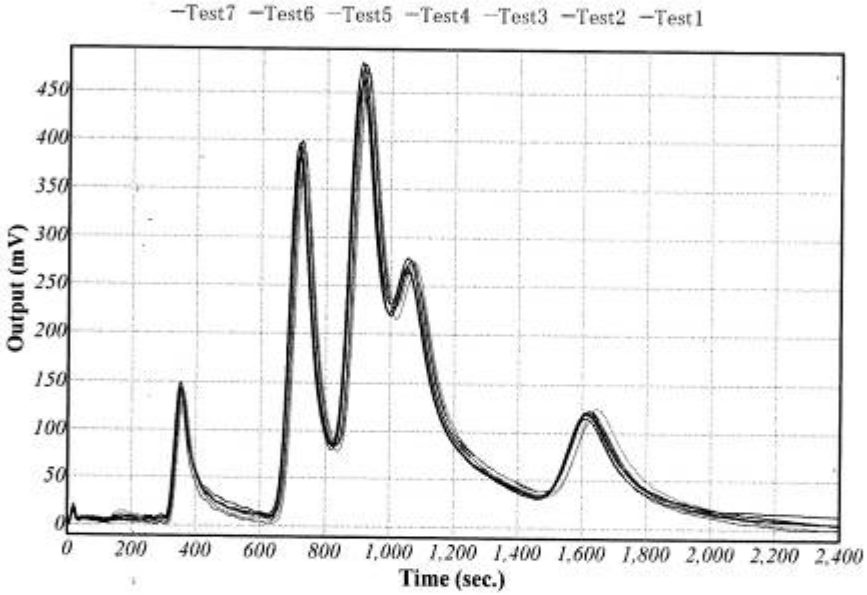
Model: XG-100V Gas Analyzer

Series number:00381004

Compounds:

Toluene 75ppb, ethylbenzene 250ppb, m-xylene 250ppb, o-xylene 100ppb, styrene 65ppb

Test Result:



	toluene	ethylbenzene	m-xylene	o-xylene	styrene
Test1	72.6	240.2	239.7	78.7	62.9
Test2	68.9	234.7	233.5	77.4	66.3
Test3	67.7	234.2	232.7	76.3	62.9
Test4	68.4	242.5	242.3	79.7	65.7
Test5	68.6	242.1	241.9	82.1	69.8
Test6	70.3	248.1	248.6	83.6	67.7
Test7	71.0	247.4	247.7	82.2	68.0
RSD	2.3%	2.1%	2.4%	3.1%	3.6%

Operate by: 蔡川 黃代　　Confirm by: 朱也 朱

NEW COSMOS ELECTRIC CO.,LTD.

圖 3 COSMOS XG-100V 原廠校正報告

參考書目

中文部分

1. 鄭元良、邵文政，〝建置小尺寸建材逸散直讀量測系統與模擬架構之研究〞，內政部建築研究所，2010 年。
2. 江哲銘、邵文政，〝擴大健康綠建材性能與效益評估計畫〞，內政部建築研究所，2009 年。
3. CNS15200-1-1，「塗料一般試驗方法－第１－１部：通則－一般試驗（條件與方法）」，經濟部中央標準局，2007 年。
4. 邵文政，建材揮發性有機化合物管制策略之研究，國立成功大學建築研究所博士論文，2006 年。
5. 陳振誠，台灣本土氣候下換氣率影響建材有機物質逸散特性之研究-以合板及清漆為例，國立成功大學建築研究所碩士論文，2004 年。
6. 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 年。
7. 陳逸青，建材揮發性有機化合物逸散特性研究與逸散預測式建立-以塗料類建材為例，國立成功大學建築學系研究所碩士論文，2003 年。
8. 江哲銘、李俊璋，〝室內環境品質及性能研究 計畫 4-塗料類建材有機逸散物質資料庫之建立〞，內政部建築研究所，2002 年。
9. 陳丁于，台灣地區室內環境因子對建材揮發性有機物質逸散行為影響之研究-以清漆為例，國立成功大學建築研究所碩士論文，2002 年。
10. 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 年。
11. 林君穎，環境因子對室內建材 VOCs 及 Formaldehyde 逸散率之影響研究，國立成功大學建築研究所碩士論文，2004 年。
12. 陳震宇，室內木質建材甲醛逸散之研究，國立台灣大學環

境工程學研究所碩士論文，2001 年。

外文部分

1. ASTM D5116-97. 1997. Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions from Indoor Materials/Products.
2. Department of the Environment, Sport and Territories, Canberra，1994
3. Documentation," National Institute of Standards and Technology：NISTIR 7251，2008.
4. National Risk Management Research Laboratory, "SIMULATION TOOL KIT
5. FOR INDOOR AIR QUALITY AND INHALATION EXPOSURE (IAQX)
6. D. Sander、D. Won、R.J. Magee, "IA-QUEST Version 1.0 Users' Guide,"National Research Council Canada CMEIAQ Final Report 4.2，2005.
7. Brown SK. Indoor air quality. Australia:state of the Environmental Technical Paper Series (atmosphere).
8. Database system, AFoDAS/AVODAS, on indoor air organic compounds in Japan，2003

濕式建材逸散資料庫與模擬軟體之研究

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三段 200 號 13 樓

網址：http://www.abri.gov.tw

編者：廖慧燕、邵文政、邱士榮、龔鈺婷、陳玉賢

出版年月：100 年 12 月

版次：第一版

ISBN：978-986-03-0603-3 (平裝)