

全尺寸建材/家具逸散揮發性有機化 合物試驗標準精進研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 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)

全尺寸建材/家具逸散揮發性有機化 合物試驗標準精進研究

研究人員：林霧霆

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 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)

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

Excelsior research on test method of
volatile organic compounds emission from
full-schal building materials / furniture

BY
WU-TING LIN
DEC 24, 2021

目次

表次.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖次.....	5
摘要.....	7
 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.....	4
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 國內外全尺寸/家具逸散標章現況及趨勢	9
第一節 國際全尺寸/家具標章趨勢	9
第二節 我國全尺寸/家具逸散揮發性相關標準之發展歷程.....	12
第三節 國內室內空氣品質管制項目	16
第三章 美國 GREENGUARD 標準彙析	27
第一節 美國 GREENGUARD 簡介	27
第二節 GREENGUARD 全尺寸建材/家具逸散測試標準.....	32
第三節 GREENGUARD 全尺寸建材/家具逸散標準.....	34
第四章 全尺寸建材/家具試驗方法比較.....	39
第一節 現行全尺寸建材/家具和 GREENGUARD 試驗方法比較.....	39
第二節 全尺寸建材/家具標準試驗方法精進策略.....	45
第三節 全尺寸實場驗證.....	45
第五章 結論與建議.....	53
第一節 結論	53
第二節 建議.....	54
附錄一、期初審查會議紀錄及回應.....	55
附錄一、期中審查會議紀錄及回應.....	57
參考書目	61

表次

表 1-1 預期研究進度表	8
表 2-1 各國家具標章及標準總表	9
表 2-2 德國建築產品健康評價委員會(AGBB)建材逸散評估基準	14
表 2-3 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統	15
表 2-4 美國 GREEN GUARD/UL 建材/家具逸散分級驗證制度 ...	17
表 2-5 韓國 KACA 健康綠建材標章分級制度表.....	20
表 2-6 國內室內空氣品質管制項目	22
表 3-1 CALIFORNIA SPECIFICATION 01350 環控艙試驗方法條件	33
表 3-2 美國 GREENGUARD 建築產品和室內裝飾的認證標表 ...	34
表 3-3 美國 GREENGUARD 家具和床墊認證標準	35
表 3-4 GREENGUARD 個人辦公家具產品的認證標準	36
表 3-5 GREENGUARD 辦公家具座椅認證標準.....	37
表 4-1 全尺寸建材測試方法內容	39
表 4-2 各國家具標章之相關檢測內容比較表	42
表 4-3 ASTM D6670-01 主要項目內容	44
表 4-4 ASTM D6670-07 所列舉之各項參數	45
表 4-5 ASTM D6670-07 之各項參數準確度及精密度.....	46
表 4-6 測試環境條件準確度之差異比較	47

圖次

圖 1-1 研究流程圖.....	6
圖 2-1 歐盟 JRC 研究中心與德國 AGBB 委員會	34
圖 2-2 歐盟各國建材逸散管制項目圖	36
圖 2-3 德國建築產品健康評價委員會(AGBB)建材逸散評估流程	34
圖 2-4 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統	36
圖 2-5 美國 GREENGUARD/UL 建材逸散分級驗證制度.....	34
圖 2-6 美國 BIFMA 家具標章	36
圖 2-7 BIFMA 認定之辦公家具.....	34
圖 2-8 韓國健康綠建材標章	36
圖 3-1 GREENGUARD 一般認證標章及黃金及認證標章	34
圖 4-1 GREENGUARD 認證流程圖.....	36
圖 4-2 全尺寸環控艙設置	34

摘要

關鍵詞：家具、全尺寸建材逸散、GREENGUARD

一、研究緣起

隨著現代住宅、節能建築的高氣密性與通風換氣的不足，容易形成室內化學污染物的累積，進而對人體健康造成危害，因而導致病態建築（SBS）、病態住宅（SHS）及建築關聯症（BRI）。內政部建築研究所至 2004 年起推動「綠建材標章-GBML」，已建立完整管制綠建材政策，至今整體成效良好，其中健康綠建材標章數占多數。

本所「創新循環綠建築環境科技計畫」將聚焦於建築產業之創新與循環相關議題，爰本研究擬針對全尺寸建材/家具逸散甲醛及 TVOC 與美國 GREENGUARD 標章，蒐集及分析相關推動現況及評定試驗標準差異性，並據以提出試驗標準精進可行性評估發展策略。本研究計畫預期目標及預期成果如下：

- 1、完成國內建材/家具與美國 GREENGUARD 標章文獻及甲醛 TVOC 逸散試驗標準調查及分析。
- 2、進行國內建材/家具逸散甲醛及 TVOC 試驗標準方法精進。
- 3、完成2件全尺寸家具逸散試驗性能驗證，分析 GREENGUARD 標章適用性評估，供未來綠建材標章應用參考。

二、研究方法與過程

本研究之研究方法透過文獻分析法（Literature Analysis Method）、比較分析法、及專家諮詢法，針對本所前期建置之全尺寸建材逸散揮發性有機逸散物試驗標準與美國 GREENGUARD 標準進行比較分析，並藉由蒐集比對建材逸散揮發性有機化合物標準，探討標準之差異性。

並進一步探討擬針對全尺寸建材/家具逸散甲醛及 TVOC 與美國 GREENGUARD 標章，蒐集及分析相關推動現況及評定試驗標準差異性，並據以提出試驗標準精進可行性評估發展策略，可供未來本所性能實驗中心全尺寸建材逸散試驗參考應用。

三、重要發現

本研究於今年度（110年）欲完成本前期建立之全尺寸/家具逸散與美國 GREENGUARD 標章，蒐集及分析2者相關推動現況及評定試驗標準差異性，實際瞭解國際有關全尺寸/家具逸散 TVOC 及甲醛管制現況，同時針對本所訂定全尺寸/家具逸散揮發性有機化合物試驗方法進行檢討及修訂，在文獻資料收集，完整收集 GREENGUARD 相關規範，有下列結論：

1. 本年度彙整本所前期建立之全尺寸/家具逸散揮發性有機化合物及美國 GREENGUARD 標準標章資料及相關標準試驗標準之 TVOC 及甲醛文獻搜集與探討。
2. 完成 GREENGUARD 評定項目、試驗方法及評定基準之文獻收集：
3. 在 GREENGUARD 認證產品共有27種類，試驗標準主要以 ASTM D 6670為主，分為4大項目評定類別，及有一般認證及金牌認證等級。
4. 完成 ASTM D6670 標準2007版及2018版差異比較，包括：換氣率定義、艙體負荷率，及清淨氣體 PM 管制。

四、主要建議事項

本研究已完成美國 GREENGUARD 相關資料彙整分析、背景及應用調查，並完成之全尺寸/家具逸散揮發性有機化合物 GREENGUARD 標準中有關建材逸散甲醛及 TVOC 相關標準彙析及試驗標準方法等工作項目，獲得許多具體結論，因此後續研究建議有下列幾點：

□立即可行之建議-建議未來透過不同類別之全尺寸/家具實際樣本，以實際實驗分析方法比較2標準間，驗證本研究結果，持續定期審視各國有關健康綠建材檢測標準方法，建立滾動式機制審視本所測試標準方法與國際趨勢，俾該方法符現況。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

□長期性建議-建議未來進行綠建材標章與歐盟 AgBB 等重要區域之標章相互認證可行性之比較分析，提升我國健康綠建材產業發展能量查：長期性建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

本年度完成之全尺寸/家具逸散揮發性有機化合物檢測標準方法修訂彙整，提出建材逸散修訂版草案，未來建議進行試驗方法驗證及精確度準確度確認，俾供研究或業界測試需求，使建材逸散特性更臻完善。

ABSTRACT

Keywords : Phthalates, Building Material, Risk assessment

With the high airtightness of modern houses and energy-saving buildings and insufficient ventilation, it is easy to form the accumulation of indoor chemical pollutants, which will cause harm to human health, resulting in sick buildings (SBS), sick houses (SHS) and buildings. Associated disease (BRI). The Construction Research Institute of the Ministry of the Interior has promoted the "Green Building Materials Mark-GBML" since 2004, and has established a complete policy to control green building materials. So far, the overall effect has been good. Among them, the number of healthy green building materials labels accounts for the majority..

Our "Innovative Circular Green Building Environmental Technology Plan" will focus on the innovation and recycling-related issues of the construction industry. This research intends to collect and analyze related promotion for full-scale building materials/furniture fugitive formaldehyde and TVOC and the US GREENGUARD label. The current situation and the evaluation of the differences in the test standards, and the development strategies for the improvement of the feasibility assessment of the test standards based on this.

This research project expects target as follows:

1. Completion of investigation and analysis of domestic building materials/furniture and American GREENGUARD label documents and formaldehyde TVOC emission test standards
2. Carry out domestic building materials/furniture emission formaldehyde and TVOC test standard method improvement
3. Completed the performance verification of the fugitive test of 2 pieces of full-size furniture, and analyzed the applicability evaluation of the US GREENGUARD mark for future reference for the application of the green building materials mark

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

研究緣起

近年來全球暖化、氣候變遷與極端加劇，所造成之環境健康危害等問題，已積極在永續建築(Sustainable Building)、健康建築(Healthy Building)與室內空氣(Indoor Air)廣泛討論，主要是透過建築與室內之健康舒適(Health)與節能零碳(Energy Saving & Zero Carbon)方式因應，尤其在健康室內環境健康室內環境以「源頭管制」污染源控制及通風稀釋方式辦理，搭配因地時制宜之健康控制措施進行動態調控。然而近幾年尤其是「歐盟地區國家」特別針對「建材逸散具健康危害之污染物質」進行跨國研究與立法管制，在 2014 年實施「歐盟共用標準」(CEN/TS 16516)「歐盟建材產品之危險物質的釋放評估-逸散至室內空氣測定」，建議使用獲得認證「低逸散建材產品」，有效控制建材逸散污染物截至 2014 年歐盟德國與法國將「低逸散建材產品驗證」納入法規體系實施，比利時 2015 年公告實施。

美國 GREENGUARD 標章與 UL (Underwriters Laboratories) 美國保險商實驗室-產品安全認證機構合作於 2011 年，共同推出「低逸散建材分級驗證制度」，將產品之逸散進行分級，區分為黃金級(Gold)、一般認證兩級。主要應用於 LEED 標章評估系統及高性能學校 CHPS 認證使用，至今獲得 GREENGUARD 產品種類眾多，為美國境內產品流通性較高認證指標。

臺灣自 2012 年 11 月 23 日開始施行室內空氣品質管理法，其中對室內環境中揮發性有機化合物管制除甲醛外，包括苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、二氯甲烷、乙苯、苯乙烯、四氯乙烯、三氯乙烯、甲苯及二甲苯(對、間、鄰)等 12 種 VOCs。對於室內環境 VOCs 來源，建材是重要因素之一。臺灣自 2004 年推行綠建材標章，其中健康綠建材標章評定甲醛及 TVOC 逸散

性能。過去許多研究證實室內揮發性有機化合物之來源，建材是造成主因之一。

有關我國推行綠建材標章成效顯著，國內獲得標章之產品也顯著成長。而在全尺寸/家具逸散揮發性有機物化合物，也逐漸受到重視，本所前期研究參考 ASTM D6670(2007)建立相關標準方法，國際間全尺寸/家具相關試驗標準及管制以 GREENGUARD 及 BIFMA 等較為廣泛，本研究擬探討就本所前期建立之全尺寸建材/家具試驗標準與與美國 GREENGUARD 認證中有關建築材料之健康低逸散項目，試驗標準差異性之比較分析，分析 2 標準之各優缺點及適用比較，同時就目前標準 ASTM 以提出更新版本標準分析，作為精進及提升本所試驗技術能力能量參考，俾利提升我國相關標準之精進或國內檢測能力，更進一步提升國內建材相關產業技術能力。

研究目的

本研究之主要目的透過本所前期建置全尺寸建材/家具之標準與美國 GREENGUARD 標準，對於建材逸散 VOC 性能文獻及試驗標準方法蒐集與分析，瞭解我國和美國評估全建材/家具逸散揮發性有機化合物性能的趨勢與差異，針對試驗標準、評定項目及評估基準等項目進行探討，評估國與美國在建材逸散揮發性有機化合物之管制差異，分析優劣處。此外將研究結果進一步審視本所制定之全尺寸建材/家具逸散揮發性有機逸散物質檢測標準試驗方法標準，評估符合最新及現況之標準試驗方法。

- 一、 將彙整美國 GREENGUARD 完整資訊及相關內容，主要調查與全尺寸建材/家具逸散甲醛及 TVOC 之項目現況。
- 二、 進行全尺寸建材/家具與美國 GREENGUARD 標準比較，針對全尺寸建材/家具逸散項目相關標準及基準進行差異分析。

第二節 研究計畫內容

本所「創新循環綠建築環境科技計畫」將聚焦於建築產業之創新與循環相關議題，爰本研究擬針對前期本所建立全尺寸建材/家具與美國 GREEN GUARD 標章，蒐集及分析相關推動現況及評定試驗標準差異性，並據以提出精進全尺寸建材/家具標準可行性評估發展策略。

本年度將建立蒐集國內、外低逸散健康綠建材標章、全尺寸建材/家具與室內空氣品質逸散 TVOC 試驗標準及評定項目相關文獻資料分析比較，本年度預計執行之工作內容如下：

完成本所前期建立全尺寸建材/家具標準與美國 GREENGUARD 標章文獻及試驗標準調查及分析。

進行 2 者之試驗標準方法、評定項目等差異性評估，並研擬全尺寸建材/家具試驗標準方法精進。

進行 2 件全尺寸建材/家具精進標準後試驗驗證，評估精進可行性及應用。。

第三節 研究方法與步驟

研究方法

(一) 文獻分析法

收集國內外有關室內空氣品質、國際綠建材標章資料及全尺寸建材/家具標準逸散 TVOC 試驗標準之法規與文獻，其中以前期建立全尺寸建材/家具標準與美國 GREENGUARD 為主要對象，並針對文獻進行回顧及探討。

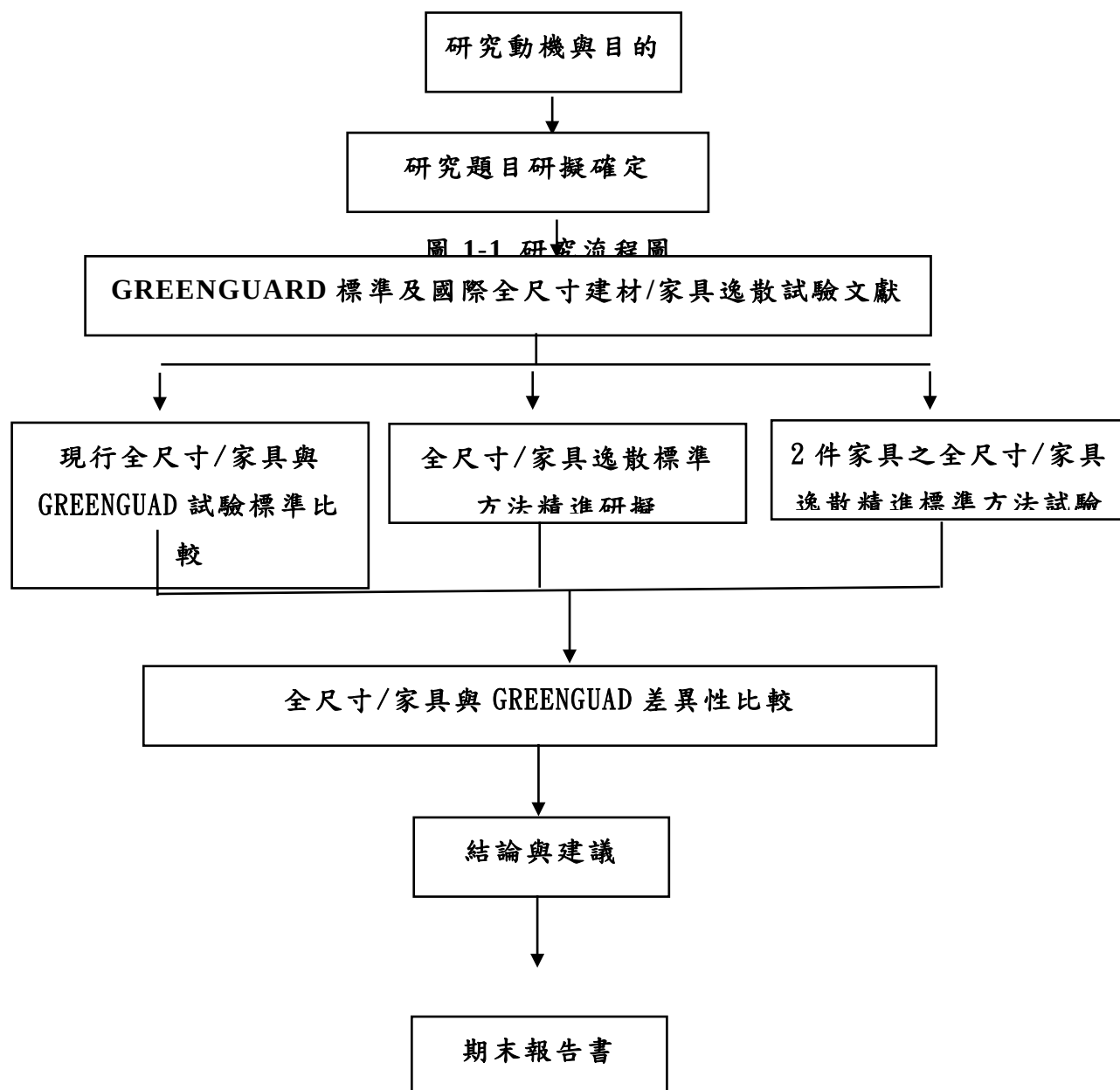
(二) 比較分析法

探討全尺寸建材/家具標準與美國 GREENGUARD 標準，探討 2 者標準對於全尺寸建材/家具標準逸散揮發性有機化合物性能評估比較。將依試驗標準、評估項目及評定基準等方向進行技術與差異性分析。

(三) 實驗分析法

探討全尺寸建材/家具標準逸散揮發性有機化合物測定標準方法，評估 2 標準之適用國內實驗分析可行性及能力。對於多項化合物進行分析比較評估。

二、研究步驟



第四節 預期研究成果與進度

研究內容之工作項目

本研究之預期研究成果包含下列：

- 一、完成國內建材/家具與美國 GREENGUARD 標章文獻及甲醛 TVOC 逸散試驗標準調查及分析。
- 二、進行國內建材/家具逸散甲醛及 TVOC 試驗試驗標準方法精進。
- 三、完成 2 件全尺寸家具逸散試驗性能驗證，分析美國 GREEN GUARD 標章標章適用性評估，供未來綠建材標章應用參考。

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											
GREENGUARD標準彙析											
探討 GREENGUARD 和 健 康綠建綠建材標準比較											
探討2者試驗標準比較											
探討2者評估基準差異											
健康綠建材標章和 GREENGUARD綜合分析					◎	◎	◎				
探討對我國健康綠建材標 章試驗方法精進分析											
國內及美國 GREENGUARD標章標章 適用性評估											
整理與修正報告書											
期中期末報告					◎				◎		
預定進度 (累積數)	15 %	20 %	33 %	45 %	55%	60 %	80 %	90 %	95 %	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 國內、外全尺寸/家具逸散現況及趨勢

第一節 國際全尺寸/家具標章趨勢

目前國際相關家具標章主要有「德國藍天使標章 BLUE ANGEL」、「美國 GREENGUARD」、「美國 BIFMA 辦公家具認證」、「歐盟花標章」、「芬蘭建材逸散分級標章」、「加拿大 ECOLOGO 認證」、「韓國 ECO-Label」、「日本 ECO-Mark」、「中國環境標誌」等。

本研究針對國際上家具各類性能測試及揮發性有機物質相關化合物含量限制作一整理，從家具檢測方式面向來看，可發現德國、美國、加拿大、韓國與台灣是以整組家具進行相關檢測，而日本、歐盟及中國是以單一家具組成材料進行相關檢測。雖然各國對家具檢測方式不盡相同，但就健康面向上國際相關家具標章大部分皆以 VOCs 與甲醛為主要測試對象，下表 2-12 彙整各國有關於 VOCs 與甲醛相關檢測與限制基準。

表 2-1 各國家具標章及標準總表

	標章		對象	限制項目	限制基準
德國	藍天使		家具	VOCs 沸點 50-250℃	600 μg/m³
				VOCs 沸點 > 250℃	100 μg/m³
				甲醛	0.05ppm
				致癌物質	< 1μg/m³
丹麥	室內氣候標章		家具	VOCs	以評價方式家具逸散衰減至人體可接受的範圍所需要之時間
				甲醛	
日本	ECO-Mark		木質材料	VOCs	< 5μg/(m²·h)
			接著劑	甲醛	<0.3mg/l 不超過 0.4mg/l
				甲醛	< 5μg/m³ h
美國	Green Guard		辦公家具	甲醛	<0.05 ppm
	BIFMA			TVOC	<500 μg/m³
				醛類化合物	<0.1 ppm
				4-phenyl cyclohexene	<0.0065 mg/m³
加拿大	EcoLogo		辦公家具	VOCs	< 0.5mg/m³
				甲醛	< 0.5mg/m³
歐盟	EU-flower		木竹材料	VOCs	<10μg/m³
			紡織材料	甲醛	< 0.1 ppm
				甲醛	< 75 mg/kg

	標章		對象	限制項目	限制基準
芬蘭	建材逸散分級		家具塗料	TVOC	<0.2 mg/m ² h
				甲醛	<0.05 mg/m ² h
				氨	<0.03 mg/m ² h
				致癌化合物	<0.005 mg/m ² h
韓國	KOREA ECO-LABEL		辦公木家具	VOCs	<0.2mg/ m ² ·h
				甲醛	0.125mg/m ³
中國	中國環境標誌		填料	甲醛	< 100 ppm
				致癌化合物	不得添加
			材料表面處理	VOC	光澤(60°)> 80,550g/L 光澤(60°)< 80,650g/L
				苯	< 2000mg/kg
				甲苯、二甲苯	< 20000mg/kg
				重金屬	< 500mg/kg
			膠黏劑	有機溶劑	不得含有

(資料來源：本研究整理)

本研究彙整各國包括美國、歐洲、法國及韓國等國家對於全尺寸/家具相關標章相關內容：

一、歐盟 EU-LCI 建材逸散管制計畫

2013 年歐盟執委會聯合研究中心 (Joint Research Centre) 與德國建築產品健康評價委員會(AgBB)及其他歐盟成員國，共同研究發佈「建材逸散測試標準」(CEN/TS 16516)，委員會如 2-1 所示，主要是透過長期研究計畫「歐盟應用最低人體效應濃度值(LCI)概念於建築材料逸散健康評估架構」(Harmonisation framework for health based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept)進行整合，作為未來歐盟各國建材健康逸散法規管制基礎。

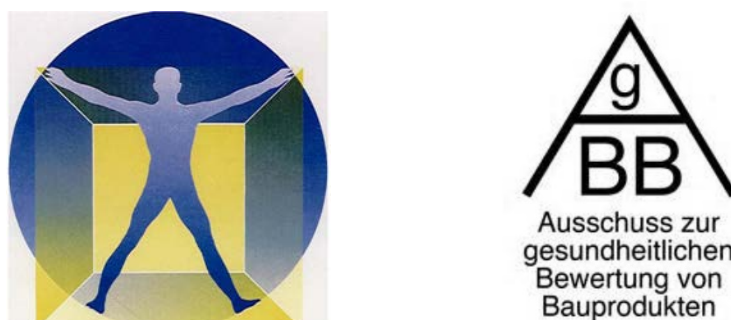


圖 2-1 歐盟 JRC 研究中心與德國 AgBB 委員會

(資料來源：AgBB, 2021)

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

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

在測試標準以 CEN 技術規範 (CEN/TS 16516) 發行後，目前多項產品標準都已經進行了修訂，目的是包含 VOC 排放標準，如地板覆蓋物產品的 EN 14041 標準。這些標準將不會重新定義測試方法，而是參照 CEN/TS 16516 執行，這意味着 CEN/TS 16516 會被用於各種產品的具體標準，這個過程於在 2014 年開始執行，如圖 2-2。

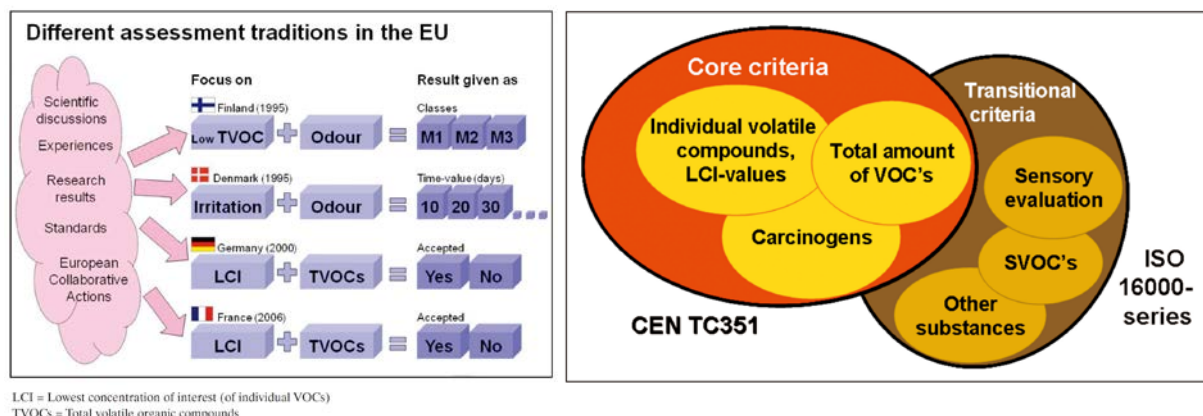
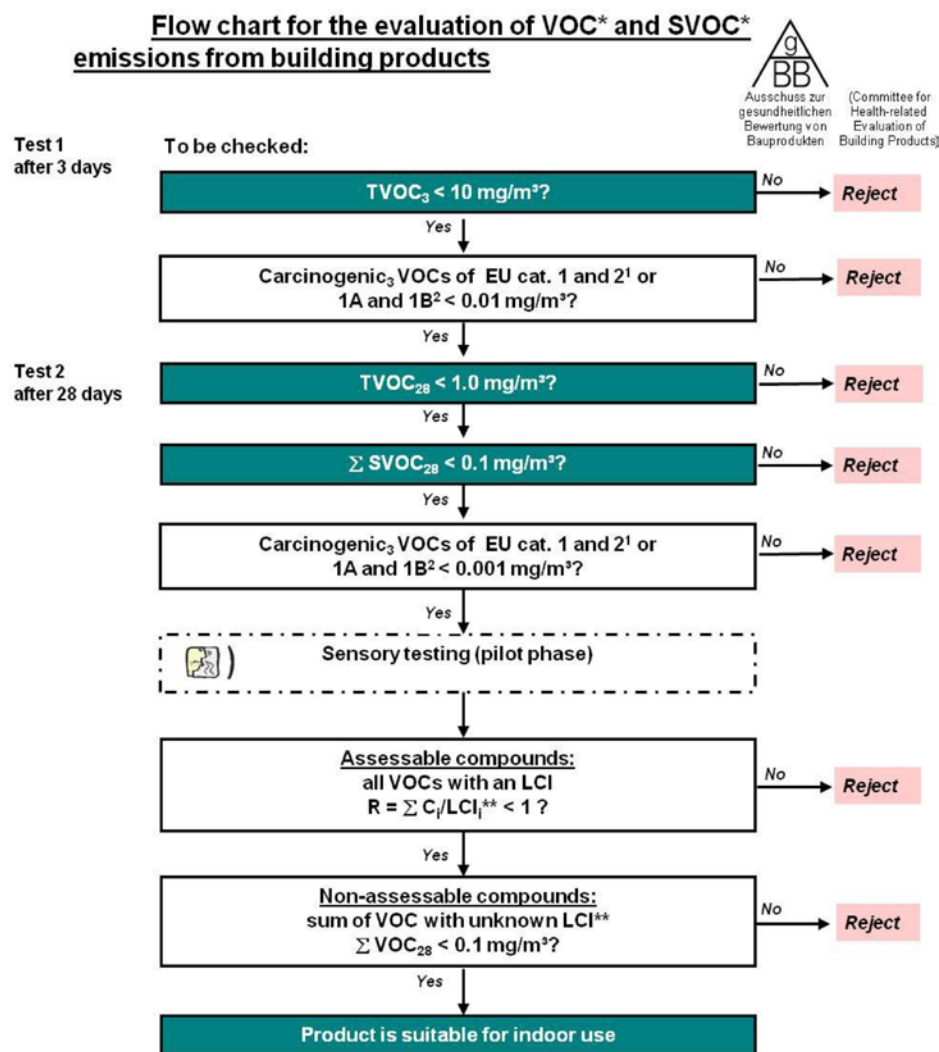


圖 2-2 歐盟各國建材逸散管制項目圖

(資料來源：CEN/TS 16516, 2021)

而其中德國建築產品健康評價委員會(AgBB)2000 年開始便進行「建材逸散 VOC 及 SVOC 之健康關連評價程序」(Health-related Evaluation Procedure for Volatile Organic Compounds Emissions (VOC and SVOC) from Building Products) 研究，並逐步落實於德國法令與相關標準中，AgBB 方法其中針對揮發性有機化合物、半揮發性有機化合物 (SVOC) 總排放量的限制，如表 2-1，以及超過 200 種單一揮發性有機化合物的含量限制，如圖 2-3。這類限制值被稱為最低人體效應濃度值(LCI)，並通過科學團隊按安全等級劃分出職業接觸限值，同時還考慮到更多的毒性資料 (ECA 2013)。針對塗料，德國法規適用於地坪塗料和地板清漆，比利時的法規也計劃涵蓋類似的監管。



 See notes in the text

* VOC, TVOC: Retention range C₆ – C₁₆, SVOC: Retention range C₁₆ – C₂₂

** LCI: Lowest Concentration of Interest (German: NIK)

European Emission Test Standard prEN ISO 16000-9 to -11

1 Classification according to Directive 67/548/EEC Appendix I respectively Regulation (EC)

No 1272/2008 Appendix VI Table 3.2

2 Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 Appendix VI Table 3.1

圖 2-3 德國建築產品健康評價委員會(AgBB)建材逸散評估流程

(資料來源：AgBB, 2014)

表 2-2 德國建築產品健康評價委員會(AgBB)建材逸散評估基準

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

(資料來源：AgBB, 2014)

二、法國

2004-2008 法國國家食品、環境暨勞動衛生署(the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health Safety)(AFSSET)開始進行「建材逸散評估計畫」，並開始落實於法國法規中，然而法國法規對於 VOC 的排放限制並未將法國市場上的高排放產品排除在外，但強制要求總揮發性有機化合物(TVOC)含量及 10 種單一揮發性有機化合物(其中包括甲醛)含量表 2-2，需明顯標示 VOC 的排放量分級於產品外包裝如圖 2-4。

表 2-3 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統

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

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

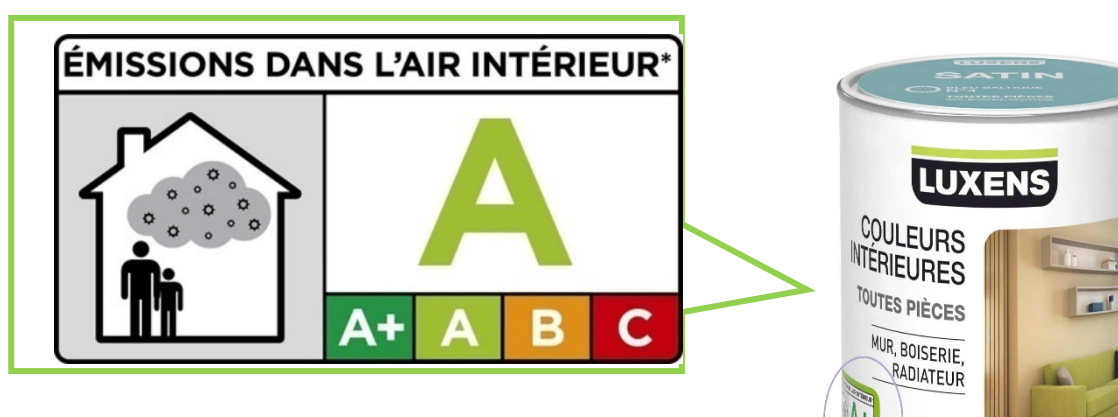


圖 2-4 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統

(資料來源：AFSSET, 2013)

三、美國 GREENGUARD/UL

2011 年美國 GREENGUARD 標章與 UL (Underwriters Laboratories) 如圖 2-5 美國保險商實驗室-產品安全認證機構合作，共同推出「低逸散建材分級驗證制度」，GREENGUARD 是產品

在室內化學揮發逸散的認證標準，含括產品項目包括建材、裝飾材料、傢俱、地面材料、表面材料、油漆和塗料、清潔劑及兒童產品等 20 多項類別。GREENGUARD 將產品逸散進行分級，區分為黃金級(Gold)、一般認證兩級。一般認證是針對商業建築產品的自願性產品排放認證，該認證表明產品的代表性樣品符合最嚴格的化學逸散標準；GREENGUARD 金牌認證則考慮到敏感個體（如兒童和老人）安全因素，以及確保產品可在學校和醫療機構等環境中使用。

主要應用於 LEED 標章評估系統及高性能學校 CHPS 認證使用，其評估項目分為 TVOC、甲醛、4-PC、懸浮微粒 PM10、33 種單一 VOCs 等，基準區分兩級(Gold、一般)，如表 2-3。



圖 2-5 美國 GREENGUARD/UL 建材逸散分級驗證制度
(資料來源：GREENGUARD/UL, 2021)

表 2-4 美國 GREEN GUARD/UL 建材/家具逸散分級驗證制度

Criteria	CAS Numbers	Maximum Allowable Predicted Concentrations GREENGUARD Tier Compliance Criteria		Units
		Certified	Gold	
TVOC ^A	-	500	220	µg/m ³
Formaldehyde	50-00-0	61.3 (50 ppb)	9 (7.3 ppb)	µg/m ³
Total Aldehydes ^B	-	100	43	ppb
Individual VOCs ^C	-	1/10th TLV	1/100th TLV	
4-Phenylcyclohexene	4994-16-5	6.5	6.5	µg/m ³
Particle Matter less than 10 µm ^D	-	50	20	µg/m ³
Individual VOC Criteria^E				
Acetaldehyde	75-07-0	-	70	µg/m ³
Benzene	71-43-2	-	16 ^F	µg/m ³
Carbon disulfide	75-15-0	-	310 ^F	µg/m ³
Carbon tetrachloride	56-23-5	-	20	µg/m ³
Chlorobenzene	108-90-7	-	460 ^F	µg/m ³
Chloroform	67-66-3	-	150	µg/m ³
Dichlorobenzene (1,4-)	106-46-7	-	400	µg/m ³
Dichloroethylene (1,1)	75-35-4	-	35	µg/m ³
Dimethylformamide (N,N-)	68-12-2	-	40	µg/m ³
Dioxane (1,4-)	123-91-1	-	720 ^F	µg/m ³
Epichlorohydrin	106-89-8	-	1.5	µg/m ³
Ethylbenzene	100-41-4	-	1,000	µg/m ³
Ethylene glycol	107-21-1	-	200	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether	110-80-5	-	35	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether acetate	111-15-9	-	150	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether	109-86-4	-	30	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether acetate	110-49-6	-	45	µg/m ³
Hexane (n-)	110-54-3	-	1,760 ^F	µg/m ³
Isophorone	78-59-1	-	280 ^F	µg/m ³
Isopropanol	67-63-0	-	3,500	µg/m ³
Methyl chloroform	71-55-6	-	500	µg/m ³
Methylene chloride	75-09-2	-	200	µg/m ³
Methyl t-butyl ether	1634-04-4	-	1,800 ^F	µg/m ³
Naphthalene	91-20-3	-	4.5	µg/m ³
Phenol	108-95-2	-	100	µg/m ³
Propylene glycol monomethyl ether	107-98-2	-	3,500	µg/m ³
Styrene	100-42-5	-	450	µg/m ³
Tetrachloroethylene	127-18-4	-	17.5	µg/m ³
Toluene	108-88-3	-	150	µg/m ³
Trichloroethylene	79-01-6	-	300	µg/m ³
Vinyl acetate	108-05-4	-	100	µg/m ³
Xylenes (m-, o-, p- combined)	-	-	350	µg/m ³
1-Methyl-2-pyrrolidinone ^G	872-50-4	-	160	µg/m ³

(資料來源：GREENGUARD/UL, 2021)

四、美國 ANSI/BIFMA 家具標準

美國商業機構家具製造協會(The Business and Institutional Furniture Manufacture's Association , BIFMA)是由全美超過80%產值的家具製造商及供應商組成，主要功能為提供「美國家具標準的制訂」及「配合其他法令制度」，以保障美國家具市場的競爭力及產品性能。

目前 BIFMA 制訂的家具標準以安全性(safe)、舒適性(Comfort)及健康性(Health)為主要功能，所制訂的標準共 16 種，其中有 9 種標準通過全美標準化委員會(ANSI)認定，主要為辦公家具類產品包括辦公椅、直立檔案櫃、休閒椅、辦公桌產品、系統板、儲藏單元、小型辦公家具/家庭辦公家具、人體工學指引、紡織品特性、顏色測定、品質系統等標準。



圖 2-6 美國 BIFMA 家具標章



圖 2-7 BIFMA 認定之辦公家具

五、 韓國-HEALTH BUILDING MATERIAL (HB)

HB健康建築的標誌，係由韓國空氣清潔協會（Korea Air Cleaning Association, KACA），如圖2-6所示，KACA根據國內外工業製造的建築材料的進行認證。KACA認證建築材料是以綠色建築評估系統為基礎自行建立，並在審議委員會之後給予符合之建築材料等級。



圖 2-8 韓國健康綠建材標章

（資料來源：KACA, 2021）

在HB綠建材標章評定項目以揮發性有機化合物TVOC及甲醛逸散性能為主，重金屬含量也在其評估內容中。和我國相同，在評定基準上韓國健康綠建材標章亦有分級制度，區分為卓越級、優秀級及佳級等三不同等級，針對不同產品類別項目其基準亦不相同，詳細如下表2-4所示

表 2-5 韓國 KACA 健康綠建材標章分級制度表

項目		一般材料、塗料	接著劑	填封劑
Outstanding	TVOC	< 0.10	< 0.10	< 0.25
	5VOC	< 0.03	< 0.03	< 0.075
	HCHO	< 0.015	< 0.015	< 0.015
	CH ₃ CHO	< 0.015	< 0.015	< 0.015
Excellent	TVOC	0.1~0.2	0.1~0.3	0.25~0.75
	5VOC	< 0.06	< 0.09	< 0.22
	HCHO	0.015~0.05	0.015~0.05	0.015~0.05
	CH ₃ CHO	0.015~0.05	0.015~0.05	0.015~0.05
Very Good	TVOC	0.02~0.40	0.30~0.60	0.75~2.5
	5VOC	< 0.12	< 0.18	< 0.75
	HCHO	0.05~0.12	0.05~0.12	0.05~0.12
	CH ₃ CHO	0.05~0.12	0.05~0.12	0.05~0.12

註：單位 mg/m²hr

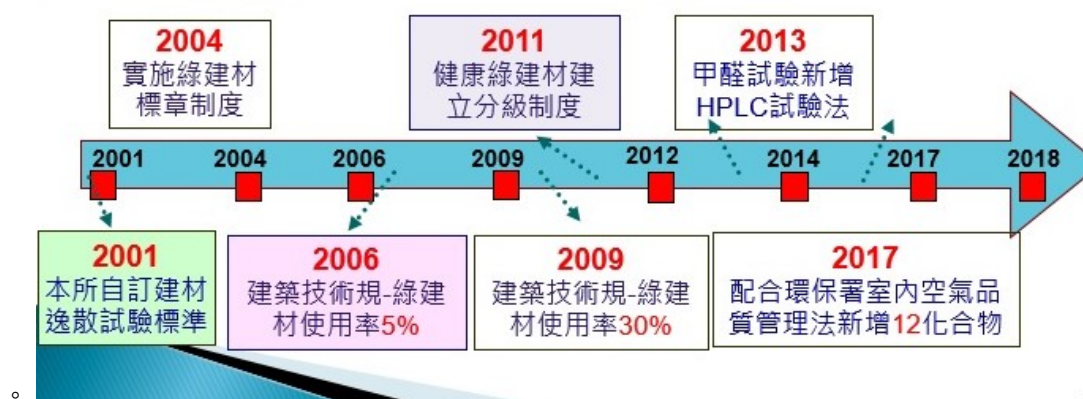
5VOC 包含 toluene, benzene, ethylbenzene, xylene, styrene

(資料來源：KACA,2016)

第二節 我國全尺寸建材/家具健康綠建材發展歷程

內政部建築研究所推動「綠建材標章制度」，自民國 88 年起即進行相關建材逸散分析研究及相關建材檢測試驗設備建置，歷經周密之規劃研究與研擬，於民國 92 年開始籌畫台灣綠建材標章制度，歷經草創時期的努力，綠建材標章制度於民國 93 年 7 月正式上路，率先針對「健康」綠建材、「再生」綠建材兩類進行審查與標章核發，而技術部份則有綠建材「通則」以及「健康」、「生態」、「再生」、「高性能」等四類綠建材評定基準，民國 94 年起台灣綠建材標章全面開放受理申請，陸續推行多項鼓勵綠建材標章申請的措施與多方進行綠建材觀念之推廣宣導。

我國健康綠建材標章歷程檢如下圖所示，自 2004 年開始實施，無論在建築技術規則之綠建材使用率提升，或者分級制度建立及提升，進一步提升檢測技術與新增健康綠建材評定化合物至 12 項



第三節 國內室內空氣品質管制項目

我國行政院環境保護署「室內空氣品質管理法」於100年11月23日總統公布，並於101年11月23日正式實施，同時訂定發布「室內空氣品質管理法施行細則」、「室內空氣品質標準」、「室內空氣品質維護管理專責人員設置管理辦法」、「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」及「違反室內空氣品質管理法罰鍰額度裁罰準則」等5項相關法規。

行政院環境保護署於103年01月23日公告「應符合室內空氣品質管理法之第一批公告場所」，規定公告場所所有人、管理人或使用人應於104年12月31日前訂定「室內空氣品質維護管理計畫」，於105年6月30日前實施「定期室內空氣品質檢驗測定」及「公布檢驗測定結果、作成紀錄」。其中「室內空氣品質標準」之總揮發性有機化合物TVOC共管制12種VOCs(苯、四氯化碳、氯仿、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、二氯甲烷、乙苯、苯乙烯、四氯乙烯、三氯乙烯、甲苯及二甲苯)。

表 2-6 國內室內空氣品質管制項目

項目	標準值		單位
二氧化碳 (CO ₂)	八小時值	1000	ppm (體積濃度百萬分之一)
一氧化碳 (CO)	八小時值	9	ppm (體積濃度百萬分之一)
甲醛 (HCHO)	一小時值	0.08	ppm (體積濃度百萬分之一)
總揮發性有機化合物 (TVOC, 包含：十二種)	一小時值	0.56	ppm (體積濃度百萬分之一)

項目	標準值		單位
揮發性有機物之總和)			
細菌(Bacteria)	最高值	一五〇〇	CFU/m ³ (菌落數/立方公尺)
真菌(Fungi)	最高值	一〇〇〇。 但真菌濃度室內外比值小於等於一・三者，不在此限。	CFU/m ³ (菌落數/立方公尺)
粒徑小於等於十微米 (μm) 之懸浮微粒 (PM ₁₀)	二十四小時值	七五	μg/m ³ (微克/立方公尺)
粒徑小於等於二・五微米 (μm) 之懸浮微粒 (PM _{2.5})	二十四小時值	三五	μg/m ³ (微克/立方公尺)
臭氧 (O ₃)	八小時值	0・0六	ppm (體積濃度百萬分之一)

註

- 一、一小時值：指一小時內各測值之算術平均值或一小時累計採樣之測值。
- 二、八小時值：指連續八小時各測值之算術平均值或八小時累計採樣之測值。
- 三、二十四小時值：指連續二十四小時各測值之算術平均值或二十四小時累計採樣之測值。
- 四、最高值：指依中央主管機關公告之檢測方法所規範採樣方法之採樣分析值。
- 五、總揮發性有機化合物 (TVOC，包含：十二種揮發性有機物之總和)：指總揮發性有機化合物之標準值係採計苯(Benzene)、四氯化碳(Carbon tetrachloride)、氯仿(三氯甲烷)(Chloroform)、1,2-二氯苯(1,2-Dichlorobenzene)、1,4-二氯苯(1,4-Dichlorobenzene)、二氯甲烷(Dichloromethane)、乙苯(Ethyl Benzene)、苯乙烯(Styrene)、四氯乙烯(Tetrachloroethylene)、三氯乙烯(Trichloroethylene)、甲苯(Toluene)及二甲苯(對、間、鄰)(Xylenes)等十二種化合物之濃度測值總和者。

六、真菌濃度室內外比值：指室內真菌濃度除以室外真菌濃度之比值，其室內及室外之採樣相對位置應依室內空氣品質檢驗測定管理辦法規定辦理。

(資料來源：行政院環境保護署,2012)

其他重要管制議題及項目：

然而居家環境，除TVOC及甲醛對室內空氣品質受到重視，近年來由於室內建築材料多樣性，強調各種性能材料產品眾多，如防火建材等，由於添加其他化學物質，其他重要管制議題及項目，國際間極為重視包括：室內半揮發性有機化合物（Semi-volatile organic compounds，簡稱SVOC）污染嚴重影響人們身體健康。SVOC包括多環芳烴、鄰苯二甲酸酯類增塑劑（Phthalate Esters，簡稱PAE）和多溴聯苯醚類阻燃劑等，易黏附在包括細微粒子PM_{2.5}在內的多種介質，研究指出可誘發癌症、引發呼吸系統疾病、損害生殖系統和導致內分泌系統紊亂等。

持久性有機污染物（Persistent Organic Pollutants，簡稱POPs）係具難分解性或蓄積性之化學物質，其長期累積於環境中，會經由食物鏈造成對人體之危害。聯合國環境規劃署已將其中26種POPs列為管控重點，並推動國際公約(即斯德哥爾摩公約)，要求各國必須採取行動，減少環境中該等物質之殘留量確保安全。此26種POPs包括阿特靈(Aldrin)、可氯丹(Chlordane)、滴滴涕(DDT)、地特靈(Dieldrin)、安特靈(Endrin)、飛佈達(Heptachlor)、六氯苯(Hexachlorobenzene)、滅蟻樂(Mirex)、毒殺芬(Toxaphene)、 α -六氯環己烷(α -HCH)、 β -六氯環己烷(β -HCH)、十氯酮(Chlordecone)、靈丹(Lindane)、五氯苯(Pentachlorobenzene)、安殺番(Endosulfan)、戴奧辛(Dioxin)、呋喃(Furans)、多氯聯苯(PCBs)、六溴二苯醚和七溴

二苯醚(HexaBDE & HeptaBDE)、四溴二苯醚和五溴二苯醚(TetraBDE & PentaBDE)、六溴聯苯(Hexabromobiphenyl)、全氟辛烷磺酸(PFOS)及其鹽類和全氟辛烷磺醯氟(PFOSF)，及2015年5月召開第7次締約方大會新增列管之3種物質，六氯丁二烯(Hexachlorobutadiene)、氯化萘(Chlorinated naphthalenes)及五氯酚(Pentachlorophenol)及其鹽、酯類。

國際標準組織(ISO)16814-室內空氣品質標準

國際標準組織(ISO)16814 建築環境設計-室內空氣品質-居住者室內空氣品質表示方法(2008 年)標準，為健康室內環境之室內空氣品質管理重要標準，其目標是同時滿足居住者之「健康」(Health)、「舒適」(Comfort)及「生產效率」(Productivity)，以設計及管理的方式控制，主要分為室內空氣品質表示方法、設計程序、設計參數及假設等項目，內容包括：

- (1).室內空氣污染的來源與控制(Sources and control of indoor air pollution)
- (2).室內空氣品質之表示(Methods of expressing IAQ)
- (3).空氣品質健康基準指引(Air quality guidelines)
- (4).建材逸散(Emissions from building materials)
- (5).空氣清淨裝置(Air cleaning devices)
- (6).污染物來源-HVAC 系統(HVAC equipment as a source of pollution)
- (7).通風效率(Ventilation effectiveness)

室內空氣品質透過設計方法的管控，能夠有效降低室內空氣污染物濃度，建立健康指標的目標，增進健康舒適及生產效率，其設計流程可分為下列幾個步驟：

- 〈Step 1〉—定義使用者的限制設計，包括當地所在區域、當地法令及規章，以及當地大氣空氣品質質素，作為設計限制條件。
- 〈Step 2〉—建築類型的定義，包括空調系統的細部設計、更易清潔，維修和服務操作的使用方法、人員密度的估計、自然通風量等，作為設計參考。
- 〈Step 3〉—選擇室內空氣品質標準，進行設計目標的訂定。
- 〈Step 4〉—污染物來源逸散的控制，建築材料及設備逸散。
- 〈Step 5〉—污染物移除方法，污染物傳播控制及過濾裝置。
- 〈Step 6〉—訂定特別需求，當地的特別需求規定。
- 〈Step 7〉—選擇室內空氣品質的表示方法，包括通風換氣率、污染物質量平衡計算、可感知室內空氣品質等。

而在「建築材料逸散」的管制項目，ISO 16814 標準也依照室內空氣品質設計程序，透過「設計」的方式管制「建材逸散」污染物的濃度，在建材設計部分，主要透過「建立建材逸散資料庫及數值模擬推估軟體」及「建立完整低逸散建築材料之標章及計畫管制策略」等兩種方式，有效降低污染物濃度，維持室內空氣品質。

第三章 美國 GREENGUARD 標準分析

第一節 美國 GREENGUARD 簡介

GREENGUARD 認證是 UL 環境的一部分，UL 環境是 UL (Underwriters Laboratories) 的業務部門。UL 一個超過 120 年全球性企業，UL 與客戶和相關者合作，幫助應對日益複雜的市場變化。UL 確保資訊透明並賦予信任，為目前和未來的商品、解決方案和創新技術的發展、生產、行銷與購買提供專業支援。為人們帶來了更安全、更可持續的產品、服務、體驗和環境，藉此讓他們做出更好的選擇並擁有更好的生活。GREENGUARD 認證可幫助製造商創造-並幫助買家識別-具有低化學排放的內部產品和材料，從而改善產品使用的空氣質量。所有 GREENGUARD 認證產品均列在 UL SPOT 永續產品數據庫。

GREENGUARD 是產品在室內化學揮發情況的認證標準，含括產品項目包括建材、裝飾材料、傢俱、地面材料、表面材料、油漆和塗料、清潔劑及兒童產品等 20 多項類別。GREENGUARD 可提供兩級認證：GREENGUARD 認證和 GREENGUARD 金牌認證；GREENGUARD 認證是第一個針對商業建築產品的自願性產品排放認證，該認證表明產品的代表性樣品符合最嚴格的化學排放標準；GREENGUARD 金牌認證則考慮到敏感個體（如兒童和老人）的安全因素，以及確保產品可以在學校和醫療機構等環境中使用。GREENGUARD 認證計畫為多個產品類別包括：建築材料和傢俱電子設備清潔和維護產品用於呼吸氣道的醫療器械制訂測試方法和逸散限值。

GREENGUARD 標章

用於建造和裝飾室內環境的產品可能會對室內空氣污染程度產生嚴重影響。GREENGUARD 認證的產品協助降低室內空氣污染及化學物質暴露的風險，同時協助創造更健康的室內環境。建築產品和傢俱。

可提供兩級認證：GREENGUARD 認證和 GREENGUARD 金牌認證。所有經過認證的產品均須對製造程序和例行測試審查，確保將對室內環境的影響降至最低。GREENGUARD 認證標準建立性能標準，用於定義室內產品和材料，其所包含化學品和微粒子逸散量低。該標準主要用於建築材料，飾面，室內裝飾，家具，清潔產品和電子設備。該標準建立認證程序，包括測試方法，允許的逸散濃度，產品樣品採集和處理，測試類型和頻率以及程序應用過程，毒性限制和驗收等。

GREENGUARD 應用

GREENGUARD 認證逸散限值採用，最初為 US EPA 以及華盛頓州的傢俱和商業建築產品的採購規範。自 2002 年起，低排放傢俱在 LEED 認證其主要依據亦為 GREENGUARD 認證標準。同時經過 GREENGUARD 認證的辦公傢俱產品也符合 BIFMA X7.1 標準和 BIFMA e3 第 7.6.1 條的規定。

GREENGUARD 認證

在 GREENGUARD 認證系統包括：一般認證及金牌認證，如圖所示，GREENGUARD 金牌認證則提供更嚴格的認證標準（前期稱為 GREENGUARD 兒童和學校認證），考慮安全因素以考慮敏感個人（如兒童和老人），並確保產品可用於學校和衛生保健設施。它被高性能學校協作（CHPS）和能源與環境設計領導力（LEED）建築評級系統所引用。GREENGUARD 金牌認證標準

包括適用於其它化學物質的基於健康的標準，同時要求更低的總 VOC 排放濃度，以確保產品可用於學校和醫療保健設施等環境。除限制 360 多種 VOC 的排放以及總化學物質逸散外，獲得 GREENGUARD 金牌認證的產品還必須符合加州公共衛生部 (CDPH) 的「使用環境艙測試和評估室內來源的揮發性有機化學物質排放的標準方法，1.2 版 (2017)」中的要求（亦稱為「加州 01350 環境要求」）。另外經過 GREENGUARD 金牌認證的辦公家具，同時也符合 BIFMA X7.1 標準和 BIFMA e3 第 7.6.1、7.6.2 和 7.6.3



條的規定。

圖 3-1 GREENGUARD 一般認證標章及黃金及認證標章

(資料來源:GREENGUARD, 2021)

第二節 GREENGUARD 建材逸散測試標準

適用產品

室內相關產品，涵蓋如下：

粘合劑和密封劑 Adhesives and Sealants、空氣過濾器 Air Filters、建築材料 Building Materials、櫥櫃 Cabinetry、天花板系統 Ceiling Systems、兒童用品 Children's Products、清潔和維護產品和系統 Cleaning and Maintenance Products and Systems、商業辦公家具 Commercial Office Furniture、檯面 Countertops、門和木工 Doors and Millwork、教育家具 Educational Furniture、教育用品 Educational Supplies、電子列印裝置 Electronics-Print device、電子消費者和辦公室 Electronics - Consumer and Office、電子-醫療器械 Electronics - Medical Devices、地板 Flooring、地板裝修 Floor Finish、絕緣或隔熱材料 Insulation、燈光 Lighting、床墊和床上用品 Mattresses and Bedding、油漆和塗料 Paints and Coatings、板材-獨立式和牆面 Panels- Free Standing and Wall、住宅家具 Residential Furniture、紡織品 Textiles、視覺顯示產品 Visual Display Products、壁紙和表面處理 Wallcoverings and Finish、窗戶用品(窗簾) Window Treatments

允許的逸散濃度水平

建材及相關產品須依 UL 公告的測試方法在動態環境艙中進行測試。大多數建築材料，家具和飾面的主要測試方法是“使用動態環境室測量和評估建築材料，飾面和家具的化學排放的標準方法。”電子設備和清潔產品可用適用其他特定的 GREENGUARD 測試方法。GREENGUARD 認證計劃使用方法及其他方法，主要依循 ASTM D-5116 和 D-6670 標準、美國環境保護署（USEPA）家具測試協議、華盛頓州室內裝飾和建築材料協議的指導、德國藍色天使計劃，加州公共衛生服務部（CDPH）規範部分標準實施部分 01350 和 ISO 16000 環境測試系列。產品測量化學和微粒排放，因

為它們經過測試以模擬實際產品使用。材料和家具必須滿足安裝後 7 至 14 天內允許的排放水平。其他產品和工藝，包括操作電子產品和清潔系統，在實際使用或應用過程中必須達到允許的程度。

化學排放測試方法

UL 使用動態環境室測試，以及暴露模式和分析測量，來測試總揮發性有機化合物（TVOC），單個 VOC，甲醛，臭氧和鄰苯二甲酸酯類和建築材料產品。對於已知或可疑刺激性或更嚴重的健康影響的關鍵污染物，有明確的允許逸散濃度。多數化學分析使用高效液相層析質譜儀（HPLC）和氣相/質譜儀（GC / MS）進行分析。部分污染物用即時監測儀器測量。認證產品必須定期重新測試和驗證才能保持認證持續有效性。

試驗方法主要依據加州 01350：Standard method for the testing and evaluation of volatile organic chemical emission from indoor source using environmental chamber

第三節 GREENGUARD 建材逸散標準

在 GREENGUARD 逸散標準係透過暴露模式之 Model，測量之逸散濃度透過計算轉換來估算代表一個人實際呼吸的空氣濃度。這些濃度是根據產品的預期用途，產品數量，施工過程和室內建築條件確認包括；建築體積和新鮮空氣交換率。由於是評估單人房使用的產品基礎，該房間具有 ANSI / ASHRAE 標準 62.1-2007 的室外空氣通風基本量，可接受的室內空氣品質通風或 USEPA 建議的住宅應用暴露因子。空氣濃度的最大允許逸散濃度是華盛頓州新建築的室內空氣品質計劃，美國環保局的採購規範，世界衛生組織的建議，德國的藍色天使計劃，新建築的 LEED(LEED-NC) 所要求的最大允許排放水平和 LEED 商業室內設計(LEED-CI)。符合這些允許排放水平的辦公家具產品自動滿足 LEED 2009-CI-credit 4.5 和 BIFMA X7.1 一致性標準之要求。當產品推薦多個排放水平時，較小或更嚴格的排放水平用作 GREENGUARD 認證的可接受排放值。該計劃的具體房間模式顯示為“單人房暴露模式”。

GOLD 標章認證定義為

GREENGUARD 較高之 GOLD 等級期評估係以；慢性參考暴露水平 (CREL) 概念，在 C6 - C16 質譜分析圖譜中檢測到的個別揮發性有機化合物 (VOC) 的暴露量，已經調整為允許不超過當前公佈的 ACGIH 閾值限值 (TLV) 的 1/100 且不大於加州慢性參考暴露水平 (CRELs) 的一半。在許多情況下，TLV 的 1/100 安全係

數降低導致對各種 VOC 的最嚴格要求。總 VOC 或 TVOC 最大允許限量評估考量從建材產品內逸散所有複雜 VOC 混合物，包括具有和不具有 TLV 或 CREL 的那些 VOC。

表 3-1 California Specification 01350 之 96hr 環控艙試驗方法條件

參數	縮寫	單位	數值
Chamber volume	V	m ³	0.05-1.0
Loading factor ¹	L	m ² m ⁻³	0.3-1.0
Air change rate	A	h ⁻¹	1.0 $\pm$ 0.05
Area specific flow rate	qa	mh ⁻¹	1.0-3.3
Temperature	T		23 $\pm$ 1 ²
Relative humidity	RH	%	50 $\pm$ 2

1、試樣尺寸應根據艙體體積進行調整，以達到規定的負荷率範圍。

2、在96小時測試過程，該數值均須在至少90%範圍內，並且在採樣前需有三次換氣潔淨。

而在 GREENGUARD 系統中分為 4 項目包括；建築產品和室內裝飾的認證標準、家具和床墊認證標準、GREENGUARD 個人辦公家具產品的認證標準及辦公家具座椅認證標準等類別。每個類別中分別含有標準等級及黃金等級之區分，如下表 3-1 至 3-4 所示。

表 3-2 美國 GREENGUARD 建築產品和室內裝飾的認證標準

Criteria	CAS Numbers	Maximum Allowable Predicted Concentrations GREENGUARD Tier Compliance Criteria		Units
		Certified	Gold	
TVOC ^A	-	500	220	µg/m ³
Formaldehyde	50-00-0	61.3 (50 ppb)	9 (7.3 ppb)	µg/m ³
Total Aldehydes ^B	-	100	41	ppb
Individual VOCs ^C	-	1/10th TLV	1/100th TLV	
4-Phenylcyclohexene	4994-16-5	6.5	-	µg/m ³
Particle Matter less than 10 µm ^D	-	50	20	µg/m ³
Individual VOC Criteria^E				
Acetaldehyde	75-07-0	-	70	µg/m ³
Benzene	71-43-2	-	15	µg/m ³
Carbon disulfide	75-15-0	-	310 ^F	µg/m ³
Carbon tetrachloride	56-23-5	-	20	µg/m ³
Chlorobenzene	108-90-7	-	460 ^F	µg/m ³
Chloroform	67-66-3	-	150	µg/m ³
Dichlorobenzene (1,4-)	106-46-7	-	400	µg/m ³
Dichloroethylene (1,1)	75-35-4	-	35	µg/m ³
Dimethylformamide (DMF)	68-12-2	-	40	µg/m ³
Dioxane (1,4-)	123-91-1	-	720 ^F	µg/m ³
Epichlorohydrin	106-89-8	-	15	µg/m ³
Ethylbenzene	100-41-4	-	1,000	µg/m ³
Ethylene glycol	107-21-1	-	200	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether	110-80-5	-	35	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether acetate	111-15-9	-	150	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether	109-86-4	-	30	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether acetate	110-49-6	-	45	µg/m ³
Hexane (n-)	110-54-3	-	1,760 ^F	µg/m ³
Isophorone	78-59-1	-	280 ^F	µg/m ³
Isopropanol	67-63-0	-	3,500	µg/m ³
Methyl chloroform	71-55-6	-	500	µg/m ³
Methylene chloride	75-09-2	-	200	µg/m ³
Methyl t-butyl ether	1634-04-4	-	1,800 ^F	µg/m ³
Naphthalene	91-20-3	-	4.5	µg/m ³
Phenol	108-95-2	-	100	µg/m ³
Propylene glycol monomethyl ether	107-98-2	-	3,500	µg/m ³
Styrene	100-42-5	-	450	µg/m ³
Tetrachloroethylene	127-18-4	-	17.5	µg/m ³
Toluene	108-88-3	-	150	µg/m ³
Trichloroethylene	79-01-6	-	300	µg/m ³
Vinyl acetate	108-05-4	-	100	µg/m ³
Xylenes (m-, o-, p- combined)	-	-	350	µg/m ³
1-Methyl-2-pyrrolidinone ^G	872-50-4	-	160	µg/m ³

A. Defined to be the total response of measured VOCs falling within the C6 – C16 range, with responses calibrated to a toluene surrogate.

B. The sum of all measured normal aldehydes from formaldehyde through nonanal, plus benzaldehyde, individually calibrated to a compound specific standard. Heptanal through nonanal are measured via TD/GC/MS analysis and the remaining aldehydes are measured using HPLC/UV analysis.

C. Any VOC not listed must produce an air concentration level no greater than the acceptable fraction of the Threshold Limit Value (TLV) industrial work place standard (Reference: American Conference of Government Industrial Hygienists, 6500 Glenway, Building D-7, and Cincinnati, OH 45211-4438).

D. Particle emission requirement only applicable to HVAC Duct Products with exposed surface area in air streams (a forced air test with specific test method) and for wood finishing (sanding) systems.

E. Individual VOC levels derived from the lower of 1/2 the California Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) Chronic Reference Exposure Level (CREL) as required per the CDPH/EHLB/Standard Method v1.2.

F. Individual VOC levels for these chemicals are derived from the 1/100th TLV criteria which results in a lower threshold than the CREL.

G. Based on the CA Prop 65 Maximum Allowable Dose Level for inhalation of 3,200 µg/day and an inhalation rate of 20 m³/day.

表 3-3 美國 GREENGUARD 家具和床墊認證標準

Criteria	CAS Numbers	Maximum Allowable Predicted Concentrations GREENGUARD Tier Compliance Criteria		Units
		Certified	Gold	
TVOC ^A	-	500	220	µg/m ³
Formaldehyde	50-00-0	61.3 (50 ppb)	9 (7.3 ppb)	µg/m ³
Total Aldehydes ^B	-	100	43	ppb
Individual VOCs ^C	-	1/10th TLV	1/100th TLV	
<i>p</i> -Phenyldichlorobenzene	4994-16-5	6.5	-	µg/m ³
Individual VOC Criteria^D				
Acetaldehyde	75-07-0	-	70	µg/m ³
Benzene	71-43-2	-	1.5	µg/m ³
Carbon disulfide	75-15-0	-	390 ^E	µg/m ³
Carbon tetrachloride	56-23-5	-	20	µg/m ³
Chlorobenzene	108-90-7	-	460 ^E	µg/m ³
Chloroform	67-66-3	-	150	µg/m ³
Dichlorobenzene (1,4-)	106-86-7	-	400	µg/m ³
Dichloroethylene (1,1)	75-35-4	-	35	µg/m ³
Dimethylformamide (N,N-)	68-12-2	-	40	µg/m ³
Dioxane (1,4-)	123-91-1	-	720 ^E	µg/m ³
Epichlorohydrin	106-89-8	-	1.5	µg/m ³
Ethylbenzene	100-41-4	-	1,000	µg/m ³
Ethylene glycol	107-21-1	-	200	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether	110-80-5	-	35	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether acetate	111-15-9	-	150	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether	109-86-4	-	30	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether acetate	110-49-6	-	45	µg/m ³
Hexane (n-)	110-54-3	-	1,760 ^E	µg/m ³
Isophorone	78-59-1	-	280 ^E	µg/m ³
Isopropanol	67-63-0	-	3,500	µg/m ³
Methyl chloroform	71-55-6	-	500	µg/m ³
Methylene chloride	75-09-2	-	200	µg/m ³
Methyl t-butyl ether	1634-04-4	-	1,800 ^E	µg/m ³
Naphthalene	91-20-3	-	4.5	µg/m ³
Phenol	108-95-2	-	100	µg/m ³
Propylene glycol monomethyl ether	107-98-2	-	3,500	µg/m ³
Styrene	100-42-5	-	450	µg/m ³
Tetrachloroethylene	127-18-4	-	17.5	µg/m ³
Toluene	108-88-3	-	150	µg/m ³
Trichloroethylene	79-01-6	-	300	µg/m ³
Vinyl acetate	108-05-4	-	100	µg/m ³
Xylenes (m-, o-, p- combined)	-	-	350	µg/m ³
1-Methyl-2-pyrrolidinone ^F	872-50-4	-	160	µg/m ³

A. Defined to be the total response of measured VOCs falling within the C6 – C16 range, with responses calibrated to a toluene surrogate.

B. The sum of all measured normal aldehydes from formaldehyde through nonanal, plus benzaldehyde, individually calibrated to a compound specific standard. Heptanal through nonanal are measured via TD/GC/MS analysis and the remaining aldehydes are measured using HPLC/UV analysis.

C. Any VOC not listed must produce an air concentration level no greater than the acceptable fraction of the Threshold Limit Value (TLV) industrial work place standard (Reference: American Conference of Government Industrial Hygienists, 6500 Glenway, Building D-7, and Cincinnati, OH 45211-4438).

D. Individual VOC levels derived from the lower of 1/2 the California Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) Chronic Reference Exposure Level (CREL) as required per the CDPH/EHLB/Standard Method v1.2 and BIFMA level credit 7.6.2.

E. Individual VOC levels for these chemicals are derived from the 1/100th TLV criteria which results in a lower threshold than the CREL.

F. Based on the CA Prop 65 Maximum Allowable Dose Level for inhalation of 3,200 µg/day and an inhalation rate of 20 m³/day.

表 3-4 GREENGUARD 個人辦公家具產品的認證標準

Criteria	CAS Numbers	Maximum Allowable Predicted Concentrations				Units
		GREENGUARD Tier Compliance Criteria				
		Certified		Gold		
		Open Plan	Private Office	Open Plan	Private Office	
TVOC ^a	-	345	604	152	306	µg/m ³ /hr
Formaldehyde	50-00-0	42.3	85.3	6.2	12.5	µg/m ³ /hr
Total Aldehydes ^b	-	2.8	5.7	1.2	2.4	µmol/m ³ /hr
Individual VOCs ^c	-	1/10th TLV	1/10th TLV	1/100th TLV	1/100th TLV	
a Phenylcyclohexene	4994-16-5	4.5	9.0	—	—	µg/m ³ /hr
Individual VOC Criteria^d						
Acetaldehyde	75-07-0	-	-	48	97	µg/m ³ /hr
Benzene	71-43-2	-	-	1	2.1	µg/m ³ /hr
Carbon disulfide	75-15-0	-	-	214 ^e	432 ^e	µg/m ³ /hr
Carbon tetrachloride	56-23-5	-	-	14	28	µg/m ³ /hr
Chlorobenzene	108-90-7	-	-	318 ^e	640 ^e	µg/m ³ /hr
Chloroform	67-66-3	-	-	103	209	µg/m ³ /hr
Dichlorobenzene (i.s.)	106-46-7	-	-	276	557	µg/m ³ /hr
Dichloroethylene (i.s.)	75-35-4	-	-	24	49	µg/m ³ /hr
Dimethylformamide (DMF)	68-12-2	-	-	28	56	µg/m ³ /hr
Dioxane (i.s.)	123-91-1	-	-	497 ^e	1,002 ^e	µg/m ³ /hr
Epichlorohydrin	106-89-8	-	-	1	2.1	µg/m ³ /hr
Ethylbenzene	100-41-4	-	-	689	1,392	µg/m ³ /hr
Ethylene glycol	107-21-1	-	-	138	278	µg/m ³ /hr
Ethylene glycol monoethyl ether	110-80-5	-	-	24	49	µg/m ³ /hr
Ethylene glycol monoethyl ether acetate	111-15-9	-	-	103	209	µg/m ³ /hr
Ethylene glycol monomethyl ether	109-86-4	-	-	21	42	µg/m ³ /hr
Ethylene glycol monomethyl ether acetate	110-49-6	-	-	31	63	µg/m ³ /hr
Hexane (n-)	110-54-3	-	-	1,215 ^e	2,450 ^e	µg/m ³ /hr
Isophorone	78-59-1	-	-	192 ^e	390 ^e	µg/m ³ /hr
Isopropanol	67-63-0	-	-	2,413	4,824	µg/m ³ /hr
Methyl chloroform	71-55-6	-	-	345	696	µg/m ³ /hr
Methylene chloride	75-09-2	-	-	138	278	µg/m ³ /hr
Methyl t-butyl ether	1634-04-4	-	-	1,243 ^e	2,506 ^e	µg/m ³ /hr
Naphthalene	91-20-3	-	-	3	6	µg/m ³ /hr
Phenol	108-95-2	-	-	68.9	139	µg/m ³ /hr
Propylene glycol monomethyl ether	107-98-2	-	-	2,413	4,824	µg/m ³ /hr
Styrene	100-42-5	-	-	180	627	µg/m ³ /hr
Tetrachloroethylene	127-18-4	-	-	12.1	24.4	µg/m ³ /hr
Toluene	108-88-3	-	-	103	209	µg/m ³ /hr
Trichloroethylene	79-01-6	-	-	207	418	µg/m ³ /hr
Vinyl acetate	108-05-4	-	-	68.9	139	µg/m ³ /hr
Xylenes (m-, o-, p- combined)	-	-	-	241	487	µg/m ³ /hr
± Methyl 2-pyrrolidinone ^f	872-50-4	-	-	110	223	µg/m ³ /hr

A. Defined to be the total response of measured VOCs falling within the C6 – C16 range, with responses calibrated to a toluene surrogate.

B. The sum of all measured normal aldehydes from formaldehyde through nonanal, plus benzaldehyde, individually calibrated to a compound specific standard. Heptanal through nonanal are measured via TD/GC/MS analysis and the remaining aldehydes are measured using HPLC/UV analysis.

C. Any VOC not listed must produce an air concentration level no greater than the acceptable fraction of the Threshold Limit Value (TLV) industrial work place standard (Reference: American Conference of Government Industrial Hygienists, 6500 Glenway, Building D-7, and Cincinnati, OH 45211-4438).

D. Individual VOC levels derived from the lower of 1/4 the California Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) Chronic Reference Exposure Level (CREL) as required per the CDPH/EHLB/Standard Method v1.2 and BIFMA level credit 7.6.2.

E. Individual VOC levels for these chemicals are derived from the 1/100th TLV criteria which results in a lower threshold than the CREL.

F. Based on the CA Prop 65 Maximum Allowable Dose Level for inhalation of 3,200 µg/day and an inhalation rate of 20 m³/day

表 3-5 GREENGUARD 辦公家具座椅認證標準

Criteria	CAS Numbers	Maximum Allowable Predicted Concentrations GREENGUARD Tier Compliance Criteria		Units
		Certified	Gold	
TVOC ^A	-	250	220	µg/m ³
Formaldehyde	50-00-0	30.7 (25 ppb)	8.5 (3.67 ppb)	µg/m ³
Total Aldehydes ^B	-	50	43	ppb
Individual VOCs ^C	-	1/10th TLV	1/100th TLV	
1-Phenylcyclohexene	499A-16-5	3.25	-	µg/m ³
Individual VOC Criteria^D				
Acetaldehyde	75-07-0	-	35	µg/m ³
Benzene	71-43-2	-	0.75	µg/m ³
Carbon disulfide	75-15-0	-	200	µg/m ³
Carbon tetrachloride	56-23-5	-	10	µg/m ³
Chlorobenzene	108-90-7	-	250	µg/m ³
Chloroform	67-66-3	-	75	µg/m ³
Dichlorobenzene (1,4-)	106-46-7	-	200	µg/m ³
Dichloroethylene (1,1)	75-35-4	-	175	µg/m ³
Dimethylformamide (N,N-)	68-12-2	-	20	µg/m ³
Dioxane (1,4-)	123-91-1	-	720 ^E	µg/m ³
Epichlorohydrin	106-89-8	-	0.75	µg/m ³
Ethylbenzene	100-41-4	-	500	µg/m ³
Ethylene glycol	107-21-1	-	100	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether	110-80-5	-	175	µg/m ³
Ethylene glycol monoethyl ether acetate	111-15-9	-	75	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether	109-86-4	-	15	µg/m ³
Ethylene glycol monomethyl ether acetate	110-49-6	-	22.5	µg/m ³
Hexane (n-)	110-54-3	-	1,750	µg/m ³
Isophorone	78-59-1	-	280 ^F	µg/m ³
Isopropanol	67-63-0	-	1,750	µg/m ³
Methyl chloroform	71-55-6	-	250	µg/m ³
Methylene chloride	75-09-2	-	100	µg/m ³
Methyl t-butyl ether	1634-04-4	-	1,800 ^F	µg/m ³
Naphthalene	91-20-3	-	2.25	µg/m ³
Phenol	108-95-2	-	50	µg/m ³
Propylene glycol monomethyl ether	107-98-2	-	1,750	µg/m ³
Styrene	100-42-5	-	225	µg/m ³
Tetrachloroethylene	127-18-4	-	8.75	µg/m ³
Toluene	108-88-3	-	75	µg/m ³
Trichloroethylene	79-01-6	-	150	µg/m ³
Vinyl acetate	108-05-4	-	50	µg/m ³
Xylenes (m-, o-, p- combined)	-	-	175	µg/m ³
1-Methyl-2-pyrrolidinone ^G	872-50-4	-	80	µg/m ³

A. Defined to be the total response of measured VOCs falling within the C6 – C16 range, with responses calibrated to a toluene surrogate.

B. The sum of all measured normal aldehydes from formaldehyde through nonanal, plus benzaldehyde, individually calibrated to a compound specific standard. Heptanal through nonanal are measured via TD/GC/MS analysis and the remaining aldehydes are measured using HPLC/UV analysis.

C. Any VOC not listed must produce an air concentration level no greater than the acceptable fraction of the Threshold Limit Value (TLV) industrial work place standard (Reference: American Conference of Government Industrial Hygienists, 6500 Glenway, Building D-7, and Cincinnati, OH 45211-4438).

D. Individual VOC levels derived from the lower of 1/4 the California Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) Chronic Reference Exposure Level (CREL) as required per the CDPH/EHLB/Standard Method v1.2 and BIFMA level credit 7.6.2.

E. Individual VOC levels for these chemicals are derived from the 1/100th TLV criteria which results in a lower threshold than the CREL.

F. Based on the CA Prop 65 Maximum Allowable Dose Level for inhalation of 3,200 µg/day and an inhalation rate of 20 m³/day.

第四章 全尺寸建材/家具試驗方法比較

第一節 現行全尺寸建材/家具和GREENGUARD試驗方法比較

現行全尺寸建材/家具逸散揮發性測試方法概述

內政部建築研究所性能實驗中心之建材逸散實驗室，依據小型環控箱測試法「ASTM D6670」(2007)規範建構，於2007年建立「全尺寸建材/家具逸散揮發性測試方法」。其原理主要是將待測建材樣品放入一容量固定之環境控制箱中，並針對溫度、濕度、換氣率及風速等因子加以控制，然後再以一定流量之採樣幫浦將艙體內的待測污染物樣本抽出，經熱脫附儀器之吸附與熱脫附程序後，再以特定分析儀器對該污染物樣本進行定性及定量的分析研究。測試系統包括下列四大部分，分別是小型環境控制箱、清淨空氣產生系統、環境監測及控制系統以及即時採樣與分析系統等。

「健康綠建材檢測方法」主要分為「建材揮發性有機物質逸散檢測方法」及「建材甲醛逸散檢測方法」兩類，其測試方法內容如下表 4-1 所示：

GREENGUARD 試驗標準測試方法概述

UL 使用動態環境室測試，以及暴露模式和分析測量，來測試總揮發性有機化合物（TVOC），單個 VOC，甲醛，臭氧和鄰苯二甲酸酯類和建築材料產品。對於已知或可疑刺激性或更嚴重的健康影響的關鍵污染物，有明確的允許逸散濃度。多數化學分析使用高效液相層析質譜儀（HPLC）和氣相/質譜儀（GC/MS）進行分析。部分污染物用即時監測儀器測量。認證產品必須定期重新測試和驗證才能保持認證持續有效性。

而 UL 所依據主要加州 01350：Standard method for the testing and evaluation of volatile organic chemical emission from indoor source using environmental chamber，其測試方法內容如下表 4-1 所示：

表 4-2。

編號	內容	標準封面
1	背景資料	
2	產品樣品的收集，包裝，裝運和文件記錄	
3	實驗室樣品製備，測試，化學分析和計算	
4	標的化學品，最大允許濃度和 IAQ 濃度模式	
5	品質保證與品質管理	
6	實驗室測試報告要求的要素	
7	家具測試	
8	作為建築產品標準基礎之使用標準方法指導原則	

認證流程比較

圖1為美國Green Guard認證之流程圖



圖4-1Green Guard認證流程圖

(資料來源:Green Guard, 2021)

本研究針對德國藍天使、美國 GreenGuard 與美國 BIFMA 等標章之各項檢測內容進行交叉比對，藉以詳細瞭解各國家具檢測之環境控制箱尺寸、檢測對象、實驗設定、檢測標準、污染物選定及收件標準等項目，彙整如表 2-5 所示。

表 4-2 各國家具標章之相關檢測內容比較表

試驗內容	德國藍天使	美國 GreenGuard	美國 BIFMA	本所標準方法
環控箱尺寸	12m ³	20~35m ³	20~55m ³	55m ³
實驗條件	● 23°C、45% ● 1ACH ● 1m²/m³ ● 3 天、28 天	● 23°C、50% ● 1ACH ● 1m²/m³ ● 4 天、7 天	● 23°C、50% ● 1ACH ● 0.3~0.7m²/m³ ● 3 天、7 天、14 天	● 25°C、50% ● 0.5ACH ● 建議至少 3 天
評估物質	148 種 VOCs 甲醛	355 種 VOCs 甲醛	62 種 VOCs 甲醛	62 種 VOCs 甲醛

評估標準	VOCs： 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HCHO： 0.05ppm	VOCs：500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HCHO：0.05ppm	VOCs：500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ HCHO：0.05ppm	—
收件標準	● 家具完成至送入艙體進行實驗不得超過 10 天	● 家具完成後 1 天內需送出 ● 7 天內送至實驗室 ● 14 天內進行測試 ● 5 分鐘內置入艙體	● 家具完成後 10 天內送至實驗室 ● 4 天內進行測試	● 本研究建議家具完成後 7 天內送至實驗室進行實驗

(資料來源：本研究整理)

第二節 全尺寸建材/家具標準試驗方法精進策略

本研究今年度以本所前期研究包括:2000 年「推動建立健康家具評定系統計畫」等所建立之「全尺寸/家具逸散揮發性有機化合物標準方法」為主，而本所也建置完成相關實驗設備，如圖 4-1 所示，該標準係參考 ASTM D6670-07 及 ISO 16000-3、ISO 16000-6、ISO 16000-9 等標準。其中 ASTM D6670-07 主要依據，惟 ASTM D6670 標準至今更新至最新版 2018 年版本，共修訂 2 次版本，固本研究探討 ASTM D6670 之 2007 年版本及 2018 年版本之差異處，做為修訂精進參考依據。

美國 ASTM D6670-01 規範：其精神主要是藉由全尺寸環控艙（Full-Scale Chamber）對室內產品（家具）與材料（建材）之有機化合物逸散情形進行檢測評估，主要內容分十三大項，如表 2-2 所示。

表 4-3 ASTM D6670-07 和 ASTM D6670-18 主要項目內容

ASTM D6670-07 和 ASTM D6670 18 主要項目			
ASTM D6670-07		ASTM D6670 18	
一	範圍	一	範圍
二	參考文獻	二	參考文獻
三	專有名詞	三	專有名詞
四	操作結論	四	操作結論
五	重要性與操作	五	重要性與操作
六	準則	六	準則
七	設施與設備	七	設施與設備
八	性能評估	八	性能評估

九	採集及測試樣本準備	九	採集及測試樣本準備
十	測試程序	十	測試程序
十一	資料分析及詮釋	十一	資料分析及詮釋
十二	測試結果報告	十二	測試結果報告
十三	品質保證／品質管制	十三	品質保證／品質管制

(資料來源：本研究整理)

本研究依據 ASTM D6670-07 內容，在「測試性能評估」上，對於試驗各項設定參數皆有明確定義及規範，如表 2-3 所示。

表 4-4 ASTM D6670-07 所列舉之各項參數值

ASTM D6670-01 列舉項目	定義值	建議值	案例值	備註
環控箱背景濃度	平均值為最低濃度之 15 %以內			
總揮發性有機化合物濃度	TVOC 濃度須小於 10.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TVOC<10.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
單一揮發性有機化合物濃度	VOCs<2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
空氣懸浮粒子數量	粒子粒徑 0.5 μm 之數量需小於 100 $\text{PM}_{0.5}/\text{m}^3$			ASHRAE 1997c
臭氧 O_3 及其他化合物濃度限制	O_3 及 NO_x 、 SO_x 等具化學反應物質之濃度值		各化合物濃度需 <10.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
環控穩定狀態控制	環控箱需以 3 倍清淨空氣體積置換-3ACH (0.5ACH for 6hr)		在 23°C、50% RH、0.5ACH 清淨空氣及 5ACH 總置換空氣下控制	環控穩定狀態控制
背景濃度採樣數量限定	最少應採樣 5 天，每天至少兩筆採樣			
環控箱洩漏率限定	環控箱洩漏率在內外艙壓 10pa 以下，並少於 0.03~0.05 換氣率 ACH	0.03~0.05 ACH for 10pa		
表面風速測定	測定表面風速量測點距	表面風速測		

	離 0.01~0.5m 及表面風速限定值 0~0.25m/s，渦流動能須在 0~0.01 (m/s) ²	點位置 0.01~0.5m，風速介於 0~0.25 m/s		
--	---	-------------------------------	--	--

(資料來源：本研究整理)

在表 2-4 中的每一個參數的精密度和準確度的極限至少應在運轉 24 小時後才得以做確認。準確性的保證由 National Institute of Standards and Technology (NIST)來當作校準來源。

表 4-5 ASTM D6670-07 18 之各項參數準確度及精密度

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

(資料來源：本研究整理)

，如圖 3-8 所示。在採樣高度上，針對艙體頂部空間(Head Space)採樣。

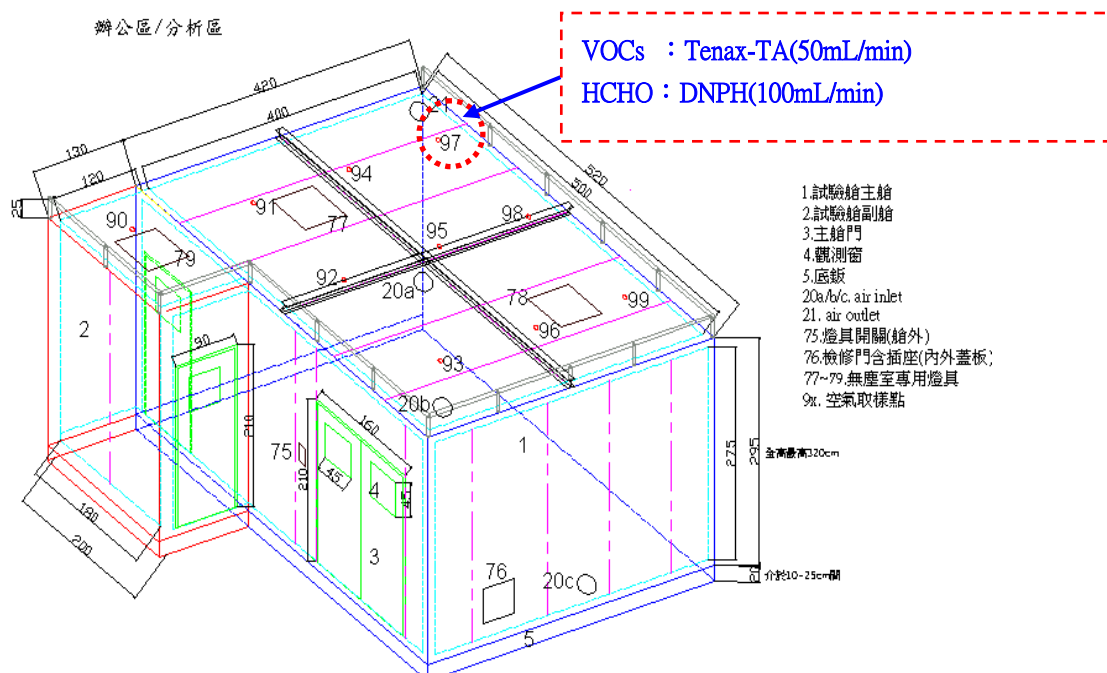


圖42 環控艙設置

(資料來源：本研究整理)

在測試環境條件上，GREENGUARD 標準對於「溫度」、「相對濕度」、「空氣流速」因子有明確之環境條件規定，包括精密度及準確度規定，而在 ASTM 標準上，「建議」測試之溫度、相對濕度、空氣流速、樣本面積、換氣率等，兩者間最大差異在「準確度」的規定上有些許落差。比較各國測試條件差異，可以發現溫度之差異最大，以日本 JIS 規範設定最高 28°C、其次亞洲國家以 25°C 為主，在歐洲及美國部分則以 23°C，相對溼度部分大多以 50% 為條件，在台灣 CNS166000-9 則濕度設定 65%，不同試驗標準在測試環境條件及準確度之差異比較，如下表 43 所示在測試環境條件上，ISO 標準對於「溫度」、「相對濕度」、「空氣流速」因子有明確之環境條件規定，包括精密度及準確度規定，而在 ASTM 標準上，「建議」測試之溫度、相對濕度、空氣流速、樣本面積、換氣率等，兩者間最大差異在「準確度」的規定上有些許落差。比較各國測試條件差異，可以發現溫度之差異最大，以日本 JIS 規範設定最高 28°C、

其次亞洲國家以 25°C 為主，在歐洲及美國部分則以 23°C，相對溼度部分大多以 50% 為條件，在台灣 CNS166000-9 則濕度設定 65%，不同試驗標準在測試環境條件及準確度之差異比較，如下表 43 所示

表 4-6 測試環境條件準確度之差異比較

項目		本所建立之標準方法	GREENGUARD
測試條件	溫度	25±2.0°C	23±0.5°C
	RH	50±5%	50±10%
表面風速 m/s		--	0.2~0.5
流速		--	±2%
ACH(h ⁻¹)		0.5	1.0

(資料來源：本研究整理)

本研究就 ASTM D6670 2007 年版及 2018 年版內容新增或差異處列表顯示，如下表所示：

表4- ASTM D 6670 2007年版及2018年版差異比較表

章節	ASTM D6670-18 新版修正內容	2007 及 2018 版差異說明
1 Scope	1.5 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.	新增採以以 SI 單位表示的值被視為標準值
	1.6 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.	標準適用說明：本標準的使用者有責任建立適當的安全、健康和環境實踐，並在使用前確定監管限制的適用性。
	1.7 This international standard was developed	本國際標準是根據世界貿易

	in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.	組織貿易技術壁壘 (TBT) 委員會發布的《關於製定國際標準、指南和建議的原則的決定》中確立的國際公認的標準化原則制定的。
2.Referenced Documents	D7706 Practice for Rapid Screening of VOC Emissions from Products Using Micro-Scale Chambers E741 Test Method for Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution	新增參考標準及刪除部分參考標準。
3.Terminology	3.2.1 air change rate (1/h)—the flow rate of air into the chamber divided by the net chamber volume usually expressed in unites of 1/h. The clean air flow rate may be measured directly at the clean air supply duct. The clean air change rate can also be determined by conducting a tracer gas test (for example, a tracer gas decay test) in the chamber. Note that the air exchange rate (in units of 1/h) is abbreviated as ACH.	修訂說明換氣率
	3.2.2 chamber loading ratio—the total amount of test specimen exposed in the chamber divided by the net or corrected internal air volume of the chamber.	艙體負荷率—暴露在艙體中的試樣總量除以操體的淨或校正的內部空氣體積。
	3.2.3 clean air—defined in this practice as air that satisfies all of the following criteria: (3) particle concentrations $\leq 35\ 200$ particles/ m^3 of $0.5\ \mu m$ diameter or larger (that	(3) $0.5\ \mu m$ 或更大粒徑地的 200 個微粒/ m^3 ，其微粒濃度 ≤ 35 (根據 ISO 14644-1:1999 之 ISO 6 級)

	is, the ISO Class 6 according to ISO 14644-1:1999	
	3.2.4 dry materials—materials such as carpets, wood-based products, and polyvinyl chloride (PVC) floorings, whose emission is generally controlled by diffusion processes within the bulk of the material.	乾式建材—地毯、木製品和聚氯乙烯 (PVC) 地板等建材，其逸散通常由材料體內的擴散過程控制。
	3.2.6 emission rate—see definition of emission rate in Terminology D1356 – 17.	逸散率—參見術語 D1356 – 17 中逸散率的定義。
	3.2.7 full-scale chamber—a room-size chamber that can house the material/product to be tested in its real dimensions, and provide the required environmental conditions (<i>temperature, relative humidity, air exchange, and air velocity</i>) that are similar to the material/product use in full-scale room conditions.	新增-換氣
	3.2.9 total volatile organic compound (TVOC)— the sum of the concentrations of all the individual VOCs captured from air by a given sorbent, or a given combination of several sorbents, thermally desorbed into and eluted from a given gas chromatographic system, and measured by a given detector. For VOC definition, see Terminology D1356 (formaldehyde and other very volatile organic compounds are included in this definition)	新增-甲醛和其他極易揮發的有機化合物也包括在此定義中)
	3.2.9.1 Discussion—The measured value of TVOC will depend on the collection and desorption efficiency of the sorbent trap; the efficiency of transfer to the GC column; the	討論—TVOC 的測量值將取決於吸附劑的採集和託付率；轉移至 GC 管柱的效率；GC 管柱的類型和尺寸；

	type and size of the GC column; the GC temperature program and other chromatographic parameters; the type of GC detector, as well as the calibration method and peak integration process. Compounds such as formaldehyde, which are typically monitored using analytical systems other than GC, are not included in the TVOC value.	GC 升溫程序和其他參數；GC 檢測器的類型以及校準方法和峰積分過程。甲醛等化合物通常使用 GC 以外的分析系統進行監測，不包括在 TVOC 值中。
	3.2.11 wet materials—materials such as paints, stains, and varnishes, whose initial emission period is primarily controlled by evaporative mass transfer and therefore dependent on surface air velocity.	濕式建材—油漆、著色劑和清漆等材料，其初期逸散主要由蒸發傳質控制，因此取決於表面空氣速度。
5. Significance and Use	5.2 (5) evaluating the performance of air cleaning devices intended to remove contaminants from indoor air.	新增 評估旨在去除室內空氣污染物的空氣淨化設備的性能。
	TABLE 1 Recommended Control Accuracy A and Precision A in a 24-Hour Assessment Test	表格移至第 5 節
7. Facilities and Equipment	7.4.2 For materials that can be sampled and tested in small scale, micro-scale chambers as described in Practice D7706 can be used to rapidly generate qualitative and semi-quantitative VOC emission data.	對於可以小規模取樣和測試的材料，可以使用實踐 D7706 中描述的微型艙室快速生成定性和半定量的 VOC 逸散數據。
	7.5.4.1 Guidance for identification and quantification of VOCs by GC/MS with thermal desorption of solid sorbents is provided in U.S. EPA Method TO-17. If the number of VOCs is not too large (for example, the air contamination is not	美國 EPA 方法 TO-17 提供了通過固體吸附劑熱脫附的 GC/MS 鑑定和定量 VOC 的指南。 如果 VOCs 的數量不是太多（例如空氣污染不是太複雜），非色譜實時方法如傅里

	excessively complex), non-chromatographic real-time methods such as Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) or chemical ionization mass spectroscopy (CI-MS) can be used for identification of compounds.	葉變換紅外光譜 (FTIR) 或化學電離質譜 (CI-MS) 可以用於化合物的鑑定。
8. Performance Evaluation	8.1.1.3 Particulate $\leq 35\ 200$ particles/m ³ of 0.5 μm diameter or larger, which is the ISO 14644 clean room requirement for $\geq 0.5\ \mu\text{m}$ diameter particles; and	粒徑 0.5 μm 或更大的顆粒 $\leq 35\ 200$ 個微粒/立方米，這是 ISO 14644 潔淨室對直徑 $\geq 0.5\ \mu\text{m}$ 顆粒的要求；和
	8.1.3 and establishing required maintenance intervals for air cleaning systems such as activated carbon filters.	並為空氣淨化系統（例如活性炭過濾器）建立所需的維護間隔
	8.2.2.2 Detailed procedures for the tracer gas method can be found in Test Method E741.	追蹤氣體方法的詳細程序可以在測試方法 E741 中找到。
	8.6.1 Damp surfaces, for example, on coiling coils, may lead to increased losses of polar compounds.	例如，捲取線圈上的潮濕表面可能會導致極性化合物的損失增加。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究於今年度（110 年）欲完成本前期建立之全尺寸/家具逸散與美國 GREENGUARD 標章，蒐集及分析 2 者相關推動現況及評定試驗標準差異性，實際瞭解國際有關全尺寸/家具逸散 TVOC 及甲醛管制現況，同時針對本所訂定全尺寸/家具逸散揮發性有機化合物試驗方法進行檢討及修訂，在文獻資料收集，完整收集 GREENGUARD 相關規範，有下列結論：

1. 本年度彙整本所前期建立之全尺寸/家具逸散揮發性有機化合物及美國 GREENGUARD 標準標章資料及相關標準試驗標準之 TVOC 及甲醛文獻搜集與探討。
2. 完成 GREENGUARD 評定項目、試驗方法及評定基準之文獻收集：
3. 在 GREENGUARD 認證產品共有 27 種類，試驗標準主要以 ASTM D 6670 為主，分為 4 大項目評定類別，及有一般認證及金牌認證等級。
4. 完成 ASTM D6670 標準 2007 版及 2018 版差異比較，包括：換氣率定義、艙體負荷率，及清淨氣體 PM 管制。
- 5.

第二節 建議

本研究期中進度已完成美國 GREENGUARD 相關資料彙整，並完成 GREENGUARD 標準中有關全尺寸建材/家具逸散甲醛及 TVOC 相關標準彙析及試驗標準方法等工作項目，並考量 ASTM D6670 標準修訂研擬符合現況之全尺寸建材/家具逸散標準方法精進，獲得許多具體結論，因此後續研究建議有下列幾點：

建議一

建議建議未來透過不同類別全尺寸家具實際樣本，以實際實驗分析方法比較 2 標準間，驗證本研究結果，持續定期審視各國有關全尺寸建材/家具逸散標準方法檢測標準方法，建立滾動式機制審視本所測試標準方法與國際趨勢，俾該方法符現況。

-立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

建議二

本年度完成之全尺寸/家具逸散揮發性有機化合物檢測標準方法修訂彙整，提出建材逸散修訂版草案，未來建議進行試驗方法驗證及精確度準確度確認，俾供研究或業界測試需求，使建材逸散特性更臻完善。：-長期性建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

附錄一、期初審查會議紀錄及回應

項目	審查意見	意見回覆
1	有關全尺寸建材/家具逸散試驗方法精進目的，建議比較參考試驗標準 ASTM D6670 之 2007 年版及 2018 年版之差異，並進一步評估檢視未來設備提升需求及經費規劃。	感謝委員意見，本案將分析 ASTM D6670 之 2007 年版及 2018 年版之差異。
2	針對全尺寸建材或家具測試，評估選取大型建材如窗及門等複合材料，其受限小尺寸試驗須裁切惟有代表性疑慮。建議盤點綠建材標章中複合材料之項目總類，作為全尺寸建材逸散試驗測試選擇參考；另請進行全尺寸建材逸散試驗之成本分析。	感謝委員意見，將納入研究報告內容。

附錄二、期中審查會議紀錄及回應

項目	審查意見	意見回覆
江教授哲銘：	1. 本案已完成國內全尺寸建材/家具與美國 GREENGUARD 標章之甲醛及 TVOC 逸散試驗標準之分析。 2. 本案亦已進行國內與國際建材家具逸散甲醛 TVOC 試驗之測試條件比較，最大差異在溫度設定，我國 25°C、日本 28°C及歐美 25°C，請說明對於測試的影響 3. 建議後續儘速完成 2 件全尺寸家具逸散試驗性能之驗證	感謝委員意見，本案將分析 ASTM D6670 之 2007 年版及 2018 年版之差異。
林教授芳銘	1. 本研究主題對國內綠建材家具標章國際接軌極重要，已完成相關文獻蒐集分析及 GREENGUARD 標章之比較，成果值得肯定。 2. 後續全尺寸家具逸散試驗案例建議考量其代表性，以利標章適用性評估及基準建立之參考依據。 3. 試驗結果建議與國外相關實驗數據或基準進行比較探討。	感謝委員意見，將納入研究報告內容。
溫經理俊清	1. 在臺灣全尺寸建材/家具逸散揮發性有機化合物試驗，應只有建研所能夠執行，研究值得肯定。 2. 依報告 P.29 中 GREENGUARD 認證，除限制 360 多種 VOC 的排放以及總化	感謝委員意見，將納入研究報告內容。

	學物質逸散外，獲得金牌認證的產品還必須符合加州公共衛生部 CDPH ver 1.2:2017 的要求，請一併納入比較探討。 3. 預期成果三進行分析美國 GREENGUARD 標章適用性之評估方式(Ex.檢測過程以標準品做分析?還是以儀器的資料庫比對再以甲苯相對量化達成定性定量分析?)，建議補充說明。另報告書 P.42 中以 55 m³ 評估 62 種物質，是以何種方式進行?(標準品?還是以儀器的資料庫?)，請補充說明。 4. 預期成果三完成 2 件全尺寸家具逸散試驗性能驗證，並指出其操作條件與臺灣綠建材標章揮發性有機物質逸散(小尺寸 chamber)略有差異(如換氣率及測試時間)，且其中最大差異在檢測項目不同，建議請補充本研究之評估檢測項目為何?以利讀者理解。	
陳副教授振誠	1. 本研究以國內極重要之「全尺寸環境控制艙」(內政部建築研究所性能實驗中心)進行全尺寸家具逸散，其設備與檢測標準符合國際相關標準規範，例如 ISO 16000、美國 ASTM D6670、CDPH 01350 與 ANSI/BIFMA X7.1、歐盟 CEN/TS 16516 等標準與規範，可完整管制全尺寸建材與室內家具室內逸散揮發性有機化合物，與國際接軌，值得肯定。	感謝委員意見，將納入研究報告內容。

	- 研究參考前期所內檢測標準與研究成果，在標準方法之精進上，亦參考最新國際標準或標章基準，其中各國標準與標章在檢測物質上與我國皆有差異(如報告表 4-2)，建議考量是否可以有機碳檢測範圍來進行說明與比對，以利檢測項目之訂定參考。 - 有關後續檢測項目精進上，是否亦同時參考國際標準與標章規範，將半揮發性有機化合物(SVOC)及所包含之「塑化劑」與「阻燃劑」等物質納入。 - 研究進度與內容符合期中工作項目，另可儘早決定實測 2 件家具之測試對象，以持續進行完成研究預定工作。	
陳委員瑞鈴	- 文中英文簡稱首次出現時，請按寫作規則註明其全稱，如 SBS、SHS、CHPS 等。 - GREENGUARD 試驗標準針對試件種類、地區、版本等，各有測試條件及準確度規定，請先進行差異性比較，再歸納分析我國原有的全尺寸家具逸散試驗方法，提出是否參採納入修訂及擬定新的試驗方法。 - 依 ASTM D6670 2007 年版與 2018 年版之差異，實驗室設備是否有同步提升之需求，宜納入後續研究進行規劃。	感謝委員意見，本案將分析 ASTM D6670 之 2007 年版及 2018 年版之差異
主席	本研究已完成 GREENGUARD 有關全尺寸	感謝委員意見，將納入研究報

	逸散甲醛及 TVOC 標準彙析，建議後續參照新版規範內容，完成盤點本所現有設備及進行相關試驗，以供未來應用參考。	告內容。
--	--	------

參考書目

中文部分

1. 羅時麒，「綠建材標章產品含環境荷爾蒙物質調查之研究(3/3)」，內政部建築研究所研究成果報告，2012。
2. 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。
3. 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。
4. 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
5. 林霧霆，濕式建材中總揮發性有機化合物法定毒性總類之調查研究，內政部建築研究所研究成果報告，2014。。
6. 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
7. 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。

外文部分

1. ISO-16000-25 I Indoor air – Part 25: Determination of the emission of semi-volatile organic compounds by building products --Micro-chamber method (2011)).
2. JIS A 1904 建築材料の準揮發性有機化合物 (SVOC) の放散測定方法—マイクロチャンバー法(2015)

3. Improved Method for Measuring and Characterizing Phthalate Emissions from Building Materials and Its Application to Exposure Assessment. Environmental Science & Technology. (48), (2014) .
4. Detection of 34 plasticizers and 25 flame retardants in indoor air from houses in Sapporo, Japan. Science of the Total Environment. (37) 2014

參考書目