

室內裝修材料對辦公室建築空氣品質相關
性之研究-以甲醛及 TVOC 為例

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 96 年 12 月

096301070000G2004

室內裝修材料對辦公室建築空氣品質相關 性之研究-以甲醛及 TVOC 為例

研 究 人 員：羅時麒、姚志廷

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 96 年 12 月

目次

表次	III
圖次	IV
摘要	V
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究流程	4
第四節 預期成果	6
第二章 文獻回顧與探討.....	7
第一節 國內外相關法規標準探討	7
2.1.1 綠建材	7
2.1.2 室內空氣品質	12
第二節 建材逸散污染物之來源與特性	16
2.2.1 室內空氣污染物種類與來源	16
2.2.2 室內裝修材料逸散污染物種類	18
2.2.3 甲醛特性及危害程度	18
2.2.4 總揮發性有機化合物特性.....	20
第三節 建材逸散與室內空氣品質之關聯	22
第四節 國內外室內空氣品質模式發展概況	24
第五節 國內健康綠建材與室內環境發展現況	25
2.5.1 健康綠建材	25
2.5.2 室內空氣品質	27

第三章 室內空氣品質評估模式.....	31
第一節 室內空氣品質政策之評估架構.....	31
第二節 室內裝修材料之選擇與使用量調查.....	31
3.2.1 低 VOCs 逸散建材之選擇.....	31
3.2.2 室內裝修材料逸散率調查.....	31
第三節 建材 TVOC 逸散濃度之模擬.....	35
3.3.1 環控箱法量測.....	35
3.3.2 室內現場量測.....	40
第四節 室內空氣品質簡易模式.....	41
第四章 裝修材料使用量對室內空氣品質影響之分析... ..	47
第一節 室內甲醛及 VOCs 基準.....	47
第二節 室內環境參數之調查.....	50
第三節 容許負荷率分析.....	52
第四節 綠建材與非綠建材之差異分析.....	54
第五節 室內環境指標之裝修量最佳化分析.....	58
第五章 結論與建議.....	61
第一節 結論.....	61
第二節 建議.....	63
附錄一、期初審查及回應.....	65
附錄二、期中審查及回應.....	67
附錄三、期末審查及回應.....	71
附錄四、大陸地區室內空氣品質法制化及實施概況 ..	77
參考書目	81

表次

表 2-1 已受理申請的健康綠建材項目	7
表 2-2 健康綠建材評定範圍與基準	8
表 2-3 綠建材之認可	9
表 2-4 綠建材標章與環保標章水性塗料評定基準比較表	10
表 2-5 環保署公告「室內空氣品質標準建議值」	14
表 2-6 主要室內環境污染物之分類	17
表 2-7 室內環境可能存在的空氣污染物及來源	17
表 2-8 國內裝修建材類別	18
表 2-9 WHO 室內有機污染物的分類	21
表 2-10 綠建築九大評估指標系統與地球環境關係 ..	29
表 3-1 內政部建研所性能實驗中心建材檢測能力	39
表 4-1 各國甲醛濃度基準值	47
表 4-2 WHO 之 TVOC 建議值表	49
表 4-3 日本厚生勞動省 VOC 化學物質管制建議表	49
表 4-4 台灣辦公空間秋冬兩季換氣率實測數據	50
表 4-5 各國綠建材環控箱測試之環境變因設定比較 ..	51
表 4-6 非綠建材之 VOCs 逸散率	55
表 4-7 非綠建材之甲醛逸散率	55
表 4-8 綠建築室內環境指標裝修量與負荷率之轉換 ..	58
表 4-9 不同負荷率換氣率建材逸散率對應室內 VOCs ..	59
表 4-10 不同負荷率換氣率建材逸散率之室內甲醛濃度	60

圖次

圖 1-1 研究流程.....	5
圖 3-1 室內空氣品質政策評估架構.....	31
圖 3-2 綠建材 TVOC 檢測值.....	33
圖 3-3 綠建材 甲醛檢測值	34
圖 3-4 建材樣品置於環控艙中	36
圖 3-5 環控艙剖面圖	37
圖 3-6 環控艙內部流場圖	37
圖 3-7 空氣採集定性定量分析系統	38
圖 3-8 內政部建研所建材有機逸散物實驗室精密儀器	39
圖 3-9 單一進氣與排氣口室內環境空氣流動型態	43
圖 3-10 室內逸散物濃度推估模型示意圖.....	45
圖 4-1 以室內 VOCs 濃度上限值推估容許之負荷率 ...	53
圖 4-2 以室內 甲醛濃度上限值推估容許之負荷率	53
圖 4-3 室內 VOCs 標準濃度下負荷率及換氣率對應關係	56
圖 4-4 室內 甲醛標準濃度下負荷率及換氣率對應關係	57

摘 要

關鍵詞：綠建材、室內空氣品質、病態建築症候群、甲醛、總揮發性有機氣體

一、研究緣起

台灣既有建築約佔建築總量之 97%，隨著建築物使用年限增長性能隨之衰劣，室內環境品質問題愈趨嚴重，由於現代人約花費 90% 以上的時間生活於室內環境，室內環境品質良窳影響身體健康甚鉅，尤其都市地區建築物朝高層化、密閉化發展，使得室內通風換氣幾乎全仰賴機械空調系統，及室內裝修大量使用含化學物質之建材及傢俱等因素，可能造成病態建築。其次，根據報導，國內約有三成大樓是「病態建築」，室內空氣品質不良，不合世界衛生組織標準，在這些大樓生活或工作，很容易引發「病態建築症候群」。因此，亟需了解裝修建材使用量與室內空氣品質之關聯性，並比較評估使用不同裝修建材量室內空氣品質之變化及影響，提出健康室內空氣品質設計策略。

二、研究方法及過程

本研究首先蒐集室內空氣品質及綠建材標章之相關法規、管理機制、檢驗方法等文獻，進行國內外室內環境品質問題之比較分析，探討室內環境空氣污染物之來源、發生原因與關聯性。其次，應用修正建築室內空氣品質評估模式，評估使用不同裝修建材量室內空氣品質之影響。最後，根據裝修量、換氣率、及綠建材使用量，提出健康室內空氣品質之室內設計策略與建議，俾供參考。

三、重要發現

經對我國室內空氣品質及綠建材標章之相關法規、管理機制及檢驗方法等問題之分析檢討，及模擬分析裝修材料使用量對室內空氣品質之影響，本研究室內裝修材料對辦公室建築空氣品質之相關性，有 2 點重要發現如下：

1. 室內空氣品質與裝修材料使用量息息相關，室內裝修量越高對室內空氣品質影響越大，經模擬分析發現，室內環境之裝修量負荷率(Loading factor)須小於 0.4，室內環境之 TVOC、甲醛濃度才會在健康標準之內。
2. 影響室內有機逸散物濃度的關鍵因素，除裝修材料使用量外，換氣率及建材逸散率亦是重要因素，健康室內環境之設計可依該空間之換氣率進行裝修量的控制，或採用符合綠建材標章之建材控制。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對室內建材裝修使用量與室內空氣品質之關聯性，提出下列具體建議，以下分別從立即可行的建議、及中長期建議加以列舉。

立即可行建議—針對台灣亞熱帶高溫高濕氣候特性，建議調高綠建材標章中甲醛與 TVOC 逸散速率試驗之溫度設定。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

中長期之建議—目前綠建材標章中 TVOC 逸散速率之指標性污染物檢測，僅針對芳香族碳氫化合物類揮發性有機物(VOCs)，建議參照 WHO 標準逐步增加測定各類揮發性有機物物質，以期與國際接軌。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

ABSTRACT

Keywords: Green building materials, Indoor air quality, Sick building syndrome, Formaldehyde, TVOC

Currently, the distributions of buildings were 3% of new and 97% of old in Taiwan. According to age adding and unsuitable use of building, the potential hazards and health risk of indoor environment quality (IEQ) were occurred. People spend usually well up to 90% of their time indoor, where a number of health risks can come from the indoor air. To enhance quality of life, the Issues of sound, light, indoor air are needed to research. For indoor environment problems, more than 30% of building stock have been became sick buildings that cause poor Indoor Air Quality (IAQ) and health problems of sick building syndrome in Taiwan. Therefore, the purpose of this study is planned to understand the relationship between decorating materials and indoor air quality and analysis the effect of decorating materials on indoor air quality. Finally, the strategies of IAQ improvement can be addressed.

In this study, first we collected the references including regulations, management system, and measure method on IAQ and green building material labeling, and analyses the problem of IEQ including indoor pollutants sources, kinds, and relationship. Second, the revised IAQ model was used to assess the effect of the use of building materials on indoor air quality. Then, we proposed the interior design strategies of good IAQ based on the characteristics of decoration quantity, ventilation rate, and green building material usage.

Based on the above analyses results, the effect of the use of building materials on indoor air quality in this study were concluded as follows:

1. The indoor air quality problems are mainly related to the interior decoration quantity. So, the impact effect can be increased more obviously, if the decoration quantity enhanced. Therefore, the indoor environment will lead to better comfort, if the value of loading factor of the decoration quantity can be controlled more less

0.4.

2. The important factors associated with VOCs concentration in indoor air quality are the decoration quantity, ventilation rate and use of green building materials. In the phase of interior design, the ventilation rate can be used to control the interior decoration quantity, and the adopted green building material to control the low VOCs emissions.

The immediate and long-term suggestions of this study were proposed as follows:

1. For immediate suggestion: Planning to increase the temperature level of the TVOC emission rate measure method based on the weather characteristics of subtropical Taiwan by the Architecture and Building Research Institute (ABRI).
2. For long-term suggestion: Planning to increase the measure indicators of different VOCs categories for TVOC emission rate based on the World Health Organization (WHO) recommendation by the ABRI.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

21 世紀的台灣，不論新、舊建築都必須面對室內環境品質及健康危害的問題；台灣既有建築約佔建築總量之 97%，隨著建築物使用年限增長性能隨之衰劣，室內環境品質問題愈趨嚴重，而台灣地處亞熱帶地區，屬高溫高濕之氣候特性，使得室內環境污染問題更加嚴重。由於現代人有超過 90% 的時間生活於室內環境，室內環境品質(Indoor environment quality)良窳影響身體健康甚鉅。國內約有三成大樓是病態建築，室內空氣品質(Indoor air quality)不良，不合世界衛生組織(WHO)標準，在這些大樓生活或工作，很容易引發病態建築症候群(Sick building syndrome)。因此，國人對於引起病態建築之室內環境品質日漸重視。

室內環境品質不佳之主因，主要包括：建築設計不良、室內裝修建材逸散化學物質、及人體本身污染等。內政部建築研究所為提升室內環境品質，已於綠建築標章評估體系中新增「室內環境指標」，用以鼓勵室內裝修材料採用低逸散性之建材。另於健康「綠建材標章」，亦將建材依有機物逸散危害度及裝修材料類別加以分類，陸續納入健康類綠建材管制。其次，台灣地區常有室內裝修過度與使用有害人體健康之建材的問題，根據研究結果指出，台灣新裝修後辦公空間的甲醛與揮發性有機化合物等致癌風險值高於 WHO 標準值之 100 到 1000 倍，導致國人罹患呼吸道與皮膚疾病之比例特別高，尤其在歐美先進國家幾乎已經買不到非綠建材的產品，反觀國內製造與使用綠建材的觀念仍未全面普及，因此，建材與室內環境品質之密切關係，值得探討。

為提升室內空氣品質之主要策略，包括：新建築物設計、建材污染物「源頭控制」及舊建築物之室內環境品質改善。在污染源管制方面，綠建築標章已將室內環境指標納入評估體系，鼓勵室內裝修材料採用低逸散性之綠建材。健康綠建材標章亦陸續將裝修建材有機物逸散加以分類並納入管制。在室內環境

品質改善方面，行政院環保署於 94 年 12 月 30 日公布「室內空氣品質建議值」，包括：二氧化碳、一氧化碳、甲醛、總揮發性有機化合物、細菌、真菌、粒徑小於十微米的懸浮微粒、粒徑小於二點五微米的懸浮微粒、臭氧及溫度等 10 項空氣污染物。然而，在台灣亞熱帶氣候特性下，室內環境品質除環保署公告之項目外，尚需考量溼度、通風率等，因此，本研究期能結合污染源管制及室內空氣品質改善策略，使綠建材標章之甲醛及 TVOC 逸散率管制，能落實至室內環境品質。

台灣地區舊有建築約佔高達 97%，隨著建築物之使用年限增長、使用維護不當，可能產生許多潛在室內環境及健康危害問題，這些潛藏之危害因子，將增加居住者的健康風險。因此，本年度爰辦理「室內裝修材料對辦公室建築空氣品質相關性之研究（以下簡稱本研究）」，實為刻不容緩之課題。因此，亟需進行國內外室內環境品質問題之比較分析，探討室內環境空氣污染物之來源、發生原因與關聯性。以了解裝修建材使用量與室內空氣品質之關聯性，並比較評估使用不同裝修建材量室內空氣品質之變化及影響，提出健康室內空氣品質設計策略。

第二節 研究目的

本研究針對各國室內空氣品質管理相關政策、法規、標準及研究發展趨勢，蒐集建築室內空氣品質及綠建材標章之相關法規、管理機制及檢驗方法等資料，應用修正建築室內空氣品質評估模式，分析我國裝修建材使用量與室內空氣品質之關聯性，並比較評估使用不同裝修建材量室內空氣品質之變化及影響，提出健康室內空氣品質設計策略，相關成果可提供建築部門作為調整政策之參考。

本研究之目的，說明如下：

1. 探討裝修建材使用與室內空氣品質之關聯性及相關法規，檢討建材逸散基準及室內空氣品質標準。
2. 建立室內空氣品質政策之評估架構，及應用質量守恆理論發展室內空氣品質簡化評估模式，模擬分析裝修材料使用量對室內空氣品質影響。
3. 評估使用不同裝修材料使用量之室內空氣品質變化及影響，提出室內空氣品質改善策略（綠建材使用率、換氣率等建議）。

第三節 研究流程

在室內空氣品質之問題分析，分析國內裝修材料之逸散有機物與室內環境品質之關聯性，室內環境污染物之種類、特性、健康危害與健康風險評估等，以了解此問題之定位。本研究首先蒐集室內空氣品質及綠建材標章之相關法規、管理機制、檢驗方法等文獻，進行國內外室內環境品質問題之比較分析，探討室內環境空氣污染物之來源、發生原因與關聯性。

其次，為了解裝修材料使用與室內空氣品質之關聯性，修正質量守恆理論之建築室內空氣品質評估模式，修正建立建築室內空氣品質評估模式，並建立本土化參數：例如甲醛及 TVOC 逸散率、溫度、溼度、通風率、混合率等，應用修正建築室內空氣品質評估模式，評估使用不同裝修建材量情境下之室內空氣品質模擬分析。

最後，依台灣本土氣候環境特性及參酌國外最新發展趨勢，根據裝修量、換氣率、及綠建材使用量，提出健康室內空氣品質之室內設計策略與建議，俾供參考。

本研究之研究方法如下，研究流程與步驟，詳圖 1-1 所示：

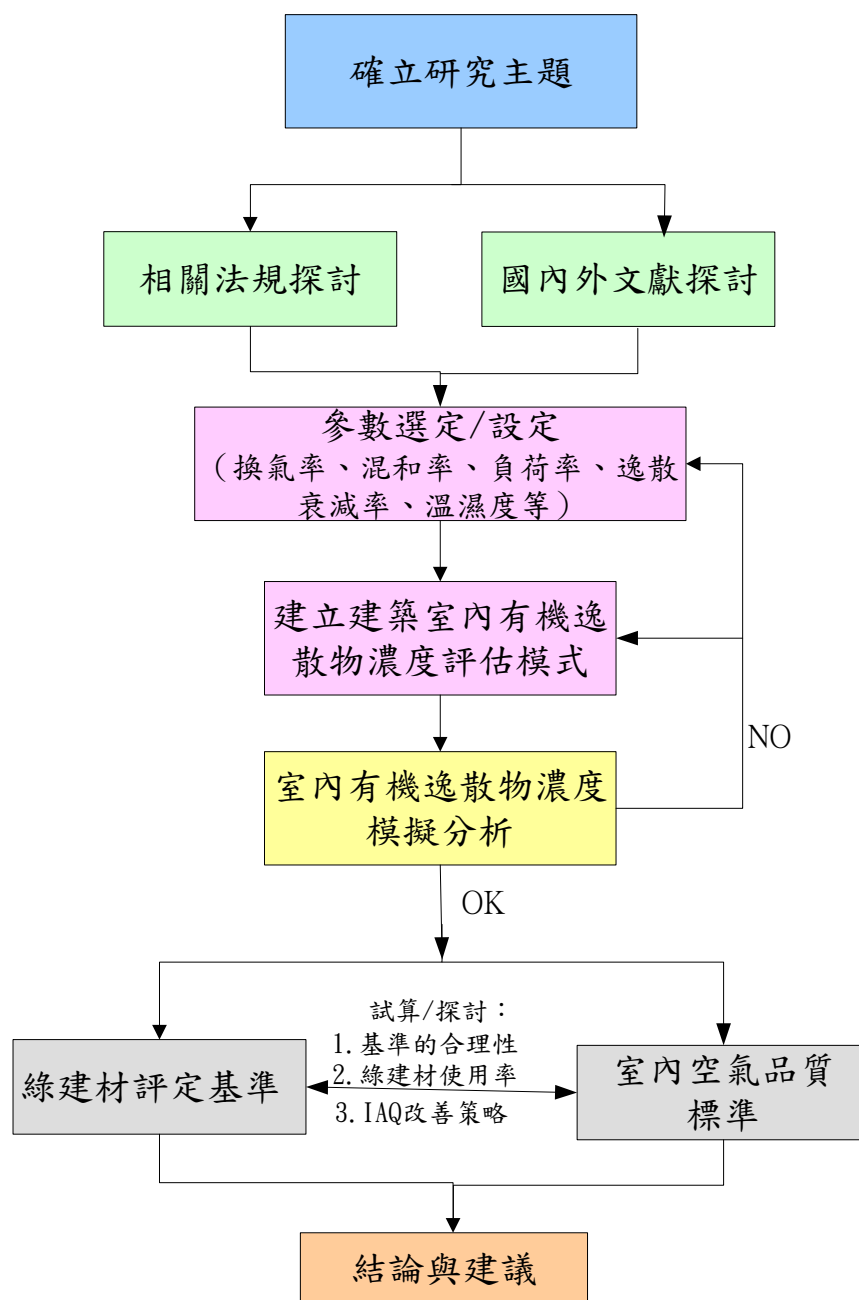


圖 1-1 研究流程

第四節 預期成果

本研究針對我國室內空氣品質及綠建材標章之相關法規、管理機制及檢驗方法等資料，及應用修正建築室內空氣品質評估模式，進行裝修建材使用量與室內空氣品質之關聯性分析，並評估使用不同裝修建材量室內空氣品質之影響，提出健康室內空氣品質設計策略與建議，本研究之預期成果，說明如下：

- 一、完成裝修材料與建築室內空氣品質之關聯性及相關法規標準探討。
- 二、完成建築室內空氣品質簡化評估模式之修正及本土化參數數據之蒐集。
- 三、完成使用不同裝修建材情境下室內空氣品質影響之評估。

第二章 文獻回顧與探討

第一節 國內外相關法規標準探討

2.1.1 綠建材

一、國內外相關法規標準

綠建材目前分為四大類，分別為「健康綠建材」、「生態綠建材」、「再生綠建材」、「高性能綠建材」，與室內空氣品質較為相關的為健康綠建材，其意義與評估基準，敘述如下：

(一)健康綠建材

健康綠建材即對人體健康不會造成危害的建材，換言之，健康綠建材為低逸散、低污染、低臭氣、低生理危害特性之建築材料。過去對建材之健康性較缺乏管制，在長期直接且暴露在高風險值之室內環境，加上空調換氣不穩定、對室內環境品質未加重視等因素，造成國人健康極大危害。健康綠建材能改善生活環境、提高室內環境品質，同時產品不得損害人體健康，並具有多功能化之使用價值。針對室內建材與裝修材料進行「人體危害程度」的評估，目前以「低甲醛」及「低揮發性有機化合物」逸散為評估指標。由於建築裝修建材種類繁多，不僅裝修過程有乾式、濕式之分，對於材質之厚度、種類之差異，均有對應的試驗方法及程序，所以健康綠建材測試過程中，對於不同種類的建築材料亦具有不同的分析條件及不同的參數。目前健康綠建材優先針對「木質板類建材」及「塗料類建材」測試（表 2-1）。

表 2-1 已受理申請的健康綠建材項目

1	木質板類	合板、木心板、夾板、纖維板、密集板、粒片板、實木
2	塗料類	油漆等各式水性、油性粉刷塗料

健康綠建材之指標性污染物測試，優先以甲醛（HCHO）及總揮發性有機化合物（TVOC：苯、甲苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯及乙苯）為試驗

污染物。

目前建研所建築性能實驗群中的建材揮發性有機物質實驗室，已建立標準室內建材揮發性有機逸散物質試驗標準試驗方法及程序，可針對健康綠建材試驗要項中之有機氣體項目進行試驗，再配合標章評估程序及基準值之評估，即能判斷建材對於室內健康環境之危害度及健康綠建材標章取得資格。依據我國環保署提供之室內甲醛容許濃度值為 0.1ppm；而 TVOC 濃度值方面，依據 WHO 提供之建議值 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 作為 TVOC 濃度之評估指標。現今國際規範建材有機污染物指標是以逸散速率表示，所以依 HCHO：0.1ppm、TVOC：300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 兩基準值經質量平衡模型（Mass Balance Model）換算，得知國內健康綠建材規範甲醛與總揮發性有機物質之評估基準，如表 2-2。

表 2-2 健康綠建材評定範圍與基準

一、甲醛 (HCHO)		
材料類別	性能水準(逸散效率)	說明
木質板類、塗料類	<0.08 mg / m ² • hr	建材樣本置於環控箱中試驗建材逸散量，量測甲醛濃度達穩定狀態時之逸散率。
二、總揮發性有機物質 (TVOC)		
材料類別	性能水準(逸散效率)	說明
木質板類、塗料類	<0.19 mg / m ² • hr	建材樣本置於環控箱中試驗逸散量，量測總揮發性有機物質(TVOC)濃度達穩定狀態時之逸散率。
測試機構：經綠建材審查委員會認可之實驗室		
注意事項：		
1. 測試方法依據內政部建研所標準測試法，計劃編號 MOIS901014，測試時間達 48 小時或已達到評估基準值（甲醛<0.08 mg / m ² • hr，總揮發性有機物質<0.19 mg / m ² • hr）者即可停止測試。		
2. 總揮發性有機物質化合物評估：苯、甲苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯、乙苯。		

(二)廣義綠建材

內政部於民國 95 年 4 月 26 日台內營字第 0950801035 號令修正「綠建材設計技術規範」，並自民國 95 年 7 月 1 日起生效。該規範係依「建築技術規則」建築設計施工編第三百二十三條第二項規定而訂定。其中第 8 條對「綠建材認可」為（詳表 2-3）：

1. 依我國第一類環保標章規格標準，取得環保標章之下列室內裝修材料及樓地板面材料：(1)塑橡膠類再生品、(2)建築用隔熱材料、(3)水性塗料、(4)

回收木材再生品、(5)資源化磚類建材、(6)資源回收再利用建材。

2. 取得內政部建築研究所認定綠建材標章之室內裝修材料及樓地板面材料。
3. 其他經中央主管建築機關認定具有同等性能者。

表 2-3 綠建材之認可

		使用於建築物之部位
第一類 環保標 章建材	塑橡膠類再生品	1. 天花板材料。 2. 內部牆面材料。 3. 高度超過 1.2 公尺固定於地板之隔屏或兼作櫥櫃使用之隔屏。 4. 樓地板面材料。 ※但不包括衛浴設施、家具、管線材、門窗類。
	建築用隔熱材料	
	水性塗料	
	回收木材再生品	
	資源化磚類建材	
	資源回收再利用建材	
綠建材標章建材		
其他經中央主管建築機關認定具有同等性能者		

依此一條文說明，建築技術規則所謂之綠建材包括第一類環保標章中的六大類產品及綠建材標章產品。其中環保標章產品目前有 94 類，綠建材設計技術規範納入其中六大類，但值得注意的是「卜特蘭高爐水泥」、「木製傢俱」、「油性塗料」，雖是環保標章產品，但不列入廣義綠建材中。事實上「木製傢俱」類中包括隔間高櫃、雙門高櫃等，這部分似乎合乎「高度超過 1.2 公尺固定於地板之隔屏或兼作櫥櫃使用之隔屏。」所限定適用的部位，而卜特蘭高爐水泥亦可能使用於內牆的粉光層，因此這兩部分似可考量納入廣義綠建材範圍裡。油性塗料的部分，由於其 VOC 之含量遠較水性塗料為高，這部分不納入廣義之綠建材範圍裡，甚為合理，另在塗料類的部分，健康綠建材對於逸散物質是以逸散率來管制，而環保標章是以含量比例來管制，如表 2-4 所示。

表 2-4 綠建材標章與環保標章水性塗料評定基準比較表

綠建材標章 (健康綠建材)		環保標章 水性塗料						
油漆等各式水性、油性粉刷塗料	甲醛逸散率 $<0.08 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$	1. 產品不得含有甲醛及鹵性溶劑。產品中芳香族碳氫化合物含量應符合下表之規定。 <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>類別</td> <td>芳香族碳氫化合物</td> </tr> <tr> <td>乳膠漆</td> <td>不得超過 0.1%</td> </tr> <tr> <td>其他水性塗料</td> <td>不得超過 1%</td> </tr> </table>	類別	芳香族碳氫化合物	乳膠漆	不得超過 0.1%	其他水性塗料	不得超過 1%
	類別		芳香族碳氫化合物					
乳膠漆	不得超過 0.1%							
其他水性塗料	不得超過 1%							
	TVOC 逸散率 $<0.19 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$	2. 產品不得含有汞、鉛、鎘、六價鉻、砷及銻等重金屬，且不得使用三苯基錫(TPT)與三丁基錫(TBT)。產品組成物中雜質或污染產生之上述重金屬總量不得超過 0.1%。 3. 產品之閃火點 (Flash point)須不低於 61°C。 4. 產品中揮發性有機化合物(沸點不超過 250°C) 含量應符合下表之規定。 <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>類別</td> <td>VOC</td> </tr> <tr> <td>乳膠漆</td> <td>不得超過 50g/L</td> </tr> <tr> <td>其他水性塗料</td> <td>不得超過 100g/L</td> </tr> </table>	類別	VOC	乳膠漆	不得超過 50g/L	其他水性塗料	不得超過 100g/L
類別	VOC							
乳膠漆	不得超過 50g/L							
其他水性塗料	不得超過 100g/L							

二、國外相關法規標準

自 1977 年德國率先提出藍天使標章後，25 年來世界各國的建材與環保標章評估日臻完善。除藍天使標章外，目前世界上尚有許多綠建材相關標章如：芬蘭建材逸散等級、丹麥與挪威的室內氣候標章、德國環保與建材的標章評估、北歐環保標章、歐盟生態標章、美國綠建材相關評估制度、日本環保標章與住宅性能評估標準—JIS、JAS 對建材甲醛濃度之逸散量規定、加拿大環保標章、中國大陸的中國環境標誌等。這些制度所列出之建材評估項目，都能作為建材標章等級或管制規範。

中國大陸對於室內建材釋放出的有毒物質相當重視，因此早在 2003 年 7 月 1 日首度實施「室內裝飾裝修材料十項有害物質限量」國家標準，規定市場停售不符合該 10 項國家標準的產品。該 10 項強制性國家標準為：《室內裝飾裝修材料 人造板及其製品中甲醛釋放限量》(GB 18580-2001) 《室內裝飾裝修材料 溶劑型木器塗料中有害物質限量》(GB 18581-2001) 《室內裝飾裝修材料 內牆塗料中有害物質限量》(GB 18582-2001) 《室內裝飾

裝修材料 膠粘劑中有害物質限量》(GB 18583-2001) 《室內裝飾裝修材料 木家具中有害物質限量》(GB 18584-2001) 《室內裝飾裝修材料 壁紙中有害物質限量》(GB 18585-2001) 《室內裝飾裝修材料 聚氯乙烯卷材地板中有害物質限量》(GB 18586-2001) 《室內裝飾裝修材料 地毯、地毯襯墊及地毯用粘劑中有害物質釋放限量》(GB 18587-2001) 《室內裝飾裝修材料 混凝土外加劑中釋放氫限量》(GB 18588-2001) 《室內裝飾裝修材料 建築材料放射性核素限量》(GB 6566-2001) 以上 10 項國家標準基本上規定了室內裝飾裝修材料中氫、甲醛、揮發性有機化合物(VOC)、苯、甲苯和二甲苯，以及重金屬如：鉛、鎘、鉻、汞、砷等有害元素的限量指標。由於過往市場充斥不少劣質的產品，為了更全面控制室內裝修產品的品質，減低室內污染物危害人體，中國大陸自 7 月 1 日起規定所有上述產品必須提供認可化驗所的報告，證明產品符合標準，方可在市場出售。惟達標產品不等於綠色產品，有關標準公佈後，對大陸本地市場產生引起頗大的沖擊，各生產商紛紛整改生產流程，或研改產品成份。儘管有意見認為新標準過於寬鬆，與國際標準還有差距，但整體而言消費者對新標準的頒布均表歡迎。需特別注意，這些產品只符合了國家設定的最基本要求，不能稱得上是環保產品。以內牆塗料為例，強制性標準對揮發性有機化合物 (VOC) 的要求是 1 升塗料中含量相等或小於 200 克，而中國環境標誌標準為 1 升塗料 VOC 含量相等或小於 100 克。除此之外，2003 年三月中國大陸亦已實施「室內空氣質量標準」。(參考資料來源：<http://www.greencouncil.org>)

歐盟國家現有環保標章執行單位中，已開放綠建材產品項目者計有歐盟 27 國共同推動之花卉標章、北歐五國共同推動之天鵝標章、德國藍天使標章、荷蘭生態標章等。另歐盟國家現有環境宣告執行單位中，已開放具綠建材產品項目者計有瑞典環境管理協會(SEMA)、挪威企業與工業協會(NHO)、五風國際顧問公司(Five Winds)德國分公司等(均屬全球性環境宣告網路組織(GEDNet)會員)。另其他與建材產品環境宣告相關之計畫有芬蘭建築資訊基金會(RTS)、法國標準組織(AFNOR)、荷蘭環境相關建築產品計畫(MRPI)、瑞士工程與建築師協會(SIA)、英國建築材料環境資訊計畫(BRE)等。

2.1.2 室內空氣品質

自 1970 年代初期能源危機以來，一種沒有確定病兆的「症候群」首先在歐美醫學界被發現，後來稱為「病態建築症候群 (Sick Building Syndrome, SBS)」，主要症狀包括喉嚨乾燥，眼睛、鼻子過敏，頭痛，頭昏眼花，容易疲倦，咳嗽，氣喘，黏膜及皮膚的乾燥感，皮膚的紅斑、發癢，頭痛及可聞到輕微且持續性的異味等。通常這些症狀是員工到該辦公大樓上班以後才發生，可能因此症候群而影響生產力，但員工一離開辦公大樓或下班以後，症狀就會減輕或消失。

發生病態建築症候群的建築物，通常是密閉型具有空調系統、或缺少可開啟窗戶，此類建築被稱為「病態建築(Sick Building)」。病態建築症候群與室內空氣品質有密切關係，最容易發生於新建建築物的或舊建築物的改建工程中。

根據聯合報報導，國內約有三成大樓是「病態建築」，空氣品質不良，不合世界衛生組織標準，在這些大樓生活或工作，很容易引發「病態建築症候群」。

室內環境不健康的建築物之常引發症狀，除病態建築症候群外，其他建築相關疾病尚包括：退伍軍人症(Legionnaires' disease)、化學物質過敏症 (Multiple Chemical Sensitivity, MCS) 等，說明如下：

1.退伍軍人症：「退伍軍人症」是嗜肺性退伍軍人症桿菌引致的疾病，如果條件適合（特別是攝氏 20 至 45 度含養分的微溫水中），此類桿菌便會大量繁殖，中央空調系統的冷卻塔是「退伍軍人病症」的感染來源之一，根據病例記錄，曾有病人因吸入冷卻塔散發的水滴而感染退伍軍人病症。首宗退伍軍人症病例在 1976 年美國費城一間酒店舉行的退伍軍人會議中發現。

2.化學物質過敏症：「化學物質過敏症」發病原因是，對多種化學物質產生過敏反應（或稱變態反應），產生呼吸道疾病、沮喪與焦慮等問題。其中一項便是纖維肌痛，全身肌肉痠痛僵硬的慢性疲勞疾病。社會大眾普遍認為，每年推陳出新的化學用品是導致人們患病的原兇。

一、國內相關法規標準

「室內空氣品質管理推動方案」係依行政院 吳前副院長於 94 年 8 月 25 日召開之「行政院消費者保護委員會第 126 次委員會議」決議事項辦理：「1. 指定環保署為「室內空氣品質」之目的事業主管機關；2.請各主管機關針對發生消費爭議較多之申訴案件類型檢討分析並研擬因應對策，妥為處理；3.請環

保署儘速邀集相關部會就所管各室內場所空氣品質召開會議，研商分工原則並訂定相關規範，於 95 年 2 月底前送該會審議。」

環保署經邀集各相關部會開會研商，除完成各部會之分工原則，並將擬訂具體之 3 年工作行動計畫(Action plan)，落實推動室內空氣品質之改善與管理。

(一)室內空氣品質管理法(草案)

環保署依行政院消保會於第 133 次委員會議，於第 135 次委員會議提報擬訂「室內空氣品質管制法(草案)」，以為長遠規範之依循。立法目的係為改善室內生活環境，維護國民身體健康，以提升室內空氣品質。未來完成立法後，經中央主管機關公告指定之室內公私場所應符合室內空氣品質標準、應定期委託進行室內空氣品質檢驗、應設置自動連續監測、委由中央主管機關許可之室內空氣品質查證人員查驗及簽證檢驗測定報告及改善與維護管理措施。目前室內空氣品質管理法(草案)已舉辦公聽會，尚在制訂中。

(二)室內空氣品質標準建議值

依空氣污染防制法規定，空氣品質標準係指室外空氣中空氣污染物排放標準，室內空氣品質並不在規範內，環保署民國 94 年 12 月 30 日公佈「室內空氣品質標準建議值」(參考性質)，包括二氧化碳(CO₂)、一氧化碳(CO)、甲醛(HCHO)、總揮發性有機化合物(TVOC)、細菌(Bacteria)、真菌(Fungi)、粒徑小於或等於 10 微米之懸浮微粒(PM₁₀)、粒徑小於或等於 2.5 微米之懸浮微粒(PM_{2.5})、臭氧及溫度等，如表 2-5 所示，其內容可區分為「物理性」、「化學性」及「生物性」等項目。

表 2-5 環保署公告「室內空氣品質標準建議值」

項目	建議值			單位
	8 小時值	第 1 類	600	
二氧化碳 (CO ₂)	8 小時值	第 1 類	600	ppm (體積濃度百萬分之一)
		第 2 類	1000	
一氧化碳 (CO)	8 小時值	第 1 類	2	ppm
		第 2 類	9	
甲醛 (HCHO)	1 小時值		0.1	ppm
總揮發性有機化合物 (TVOC)	1 小時值		3	ppm
細菌(Bacteria)	最高值	第 1 類	500	CFU/m ³ (菌落數/立方公尺)
		第 2 類	1000	
真菌(Fungi)	最高值		1000	CFU/m ³
粒徑小於等於 10 微米(μm) 之懸浮微粒 (PM ₁₀)	24 小時值	第 1 類	60	μg/m ³ (微克/立方公尺)
		第 2 類	150	
粒徑小於等於 2.5 微米 (μm) 之懸浮微粒 (PM _{2.5})	24 小時值		100	μg/m ³ (微克/立方公尺)
臭氧 (O ₃)	8 小時值	第 1 類	0.03	ppm (體積濃度百萬分之一)
		第 2 類	0.05	
溫度(Temperature)	1 小時值	第 1 類	15 至 28	°C (攝氏)

(資料來源：行政院環保署，民國 94 年 12 月 30 日)

根據民眾聚會特性分 2 類場所適用不同寬嚴程度數值，第 1 類係對於室內空氣品質有特別需求場所採用較嚴格數值，包括學校及教育場所、兒童遊樂場所、醫療場所、老人或殘障照護場所等；第 2 類則係指一般大眾聚集之公共場所及辦公大樓，包括營業商場、交易市場、展覽場所、辦公大樓、地下街、大眾運輸工具及車站等室內場所。

惟上開公告之室內空氣品質建議值目前僅為建議性質，只能產生建議之功能，沒有法律效力，主管機關未來如何落實檢測管制將是一大挑戰。

二、國外相關法規標準

為防治病態建築症候群問題，世界各國紛紛進行室內環境品質管理，美、日等國自 1980 年代即首先注意病態建築之問題，且建築材料之品質管理制度較完備，因此，室內環境品質及空氣品質，大部分是以「鼓勵性」規定來管制。美國環保署自 1993 年起進行名為「建築評估調查及評價(BASE)」研究，針對供公眾使用及商業辦公建築之室內空氣品質，進行特性及使用者認知調查，以利概念推廣(U.S. EPA 2003)。日本病態住宅(Sick house)問題，則由國土交通省、厚生勞動省、及經濟產業省分責管理，並結合民間團體共同推動；國土交通省已完成修訂建築基準法建材化學物質逸散及室內換氣率相關規定，以提升室內空氣品質。厚生勞動省針對揮發性有機化合物，訂定室內污染物濃度標準值，並進行室內污染物實測調查。室內污染物濃度及建材有機物質逸散測定方法之 JIS 標準 ISO 化，則由經濟產業省負責。至於病態住宅之診斷及量測，可委託通過「病態住宅診斷士協會」考試之專業人員辦理(上堀秀和 2006)。

韓國及大陸則以「強制性」的法規管制室內空氣品質。韓國由環境部修訂「室內空氣管理法」，於 2004 年 5 月實施，管制 17 類公共場所之室內空氣品質，列管 5 種「法定污染物」及 5 種「建議污染物」；並管制建材及黏著劑之甲醛及 VOCs 污染逸散標準。大陸則由質監總局、衛生部和環保總局於 2003 年公布實施適用於住宅和辦公建築物的「室內空氣品質標準」。另外，香港由 1998 年成立一個跨部門的室內空氣品質管理小組，統籌及監督具體措施的施行，並於 2000 年針對辦公室及公眾場所，推行自願性「室內空氣品質認證計畫」，鼓勵業主改善建築室內空氣品質，分二級，管制 12 項室內空氣品質項目。

第二節 建材逸散污染物之來源與特性

室內裝修材料中大多含有有害物質，尤其塗料類、膠合劑、及劣質板材類最為嚴重，其中總揮發性有機化合物（TVOC）及甲醛（HCHO）為主要有害物質。甲醛及（HCHO）等有害物質為一種無色化學氣體，為常見的有毒化學物，具有刺激性和窒息性的氣體，是國際癌症研究署（International Agency for Research on Cancer）評估的疑似致癌物之一。濃度高時有刺鼻的氣味，會引起眼睛及呼吸到極度不適。而長期暴露在高濃度環境中，可能引起呼吸道疾病、染色體異常、影響生長發育和誘發腫瘤等健康危害。

依據我國環保署提供之室內甲醛容許濃度值為 0.1ppm；而 TVOC 濃度值方面，依據 WHO 提供之建議值 300g/m³ 作為 TVOC 濃度之評估指標。根據研究結果指出，台灣新裝修後辦公空間的甲醛與揮發性有機化合物等致癌風險值高於 WHO 標準值之 100 到 1000 倍，導致國人罹患呼吸道與皮膚疾病之比例特別高，故室內材料必須慎選，裝修施工也應更加留意。過去國內建材產業在性能評估上較無一完善之審查制度，造成建材在使用上參差不齊、管控不易，為提昇國人居住生活品質，追求舒適健康室內居住環境，近年來內政部已建立綠建材標章制度，為國人健康及永續地球環境把關。

2.2.1、室內空氣污染物種類與來源

造成室內空氣品質不良的污染物很多，這些污染物經由吸入、食入、或吸收、代謝過程，對人體健康造成影響。有些污染物會單獨引發人體健康的病變，有些污染物間接可能發生拮抗（Antagonistic），或協同（Synergistic）的作用。

室內空氣污染物，依其特性可區分為「化學性」、「物理性」及「生物性」等，詳如表 2-6 所示。空氣污染物進入室內方式為：1.藉由生物程序—人或寵物所產生之 CO₂、濕氣、臭味及微生物，2.藉由燃燒程序—火爐、瓦斯爐及暖爐，3.藉由一般消費物品，如噴霧器、空氣清淨機、室內裝潢材料及傢俱，4.藉由香煙，5.藉由建築物四周或其底下之土壤，6.藉由器具，如溼潤器、冷氣機等。彙整室內環境可能存在的空氣污染物及來源，如表 2-7 所示。

表 2-6 主要室內環境污染物之分類

大類	次類別	項目
化學性	無機物	氣狀、液狀、固狀
	有機物	化合物如甲醛、VOCs、大氣污染物
物理性	變性	溫度、溼度、音環境、光環境
	不變性	電磁波
生物性	動物	蟲
	植物	花粉
	微生物	細菌、真菌、病毒
	其他	人體毛髮

表 2-7 室內環境可能存在的空氣污染物及來源

污染物種類	污染物來源
室內	
CO ₂	人體本身(室內單位面積內人員過多造成積聚)
CO	瓦斯、鍋爐等燃燒器具不完全燃燒
甲醛	隔熱材質、家具、香煙
揮發性有機化合物	接著劑、溶劑、化粧品、塗料、殺蟲劑等
病原菌、微生物、過敏物	家內灰塵、動物頭垢、植物花草
多環碳氫化合物、砷、尼古丁	香煙
石綿、金屬、合成纖維	耐熱建材質、隔音建材、隔熱建材等
氣體粒狀物(Aerosol)	各種消費品
臭氧	事務機器(影印機)
氬氣	混凝土、建築石材等
室外	
NO _x (NO ₂)	燃料燃燒
CO、CO ₂	汽機車排放之燃料不完全燃燒
粒狀污染物	燃燒生成物等
菌類、黴菌類	孢子類

2.2.2、室內裝修材料逸散污染物種類

室內裝修材料及傢俱常會含有各種有毒氣體而污染室內空氣，室內裝修建材，如地毯、瓷磚、地板、壁飾，以及購置之傢俱，如桌椅等常含有黏著劑、油漆、染料等。從國內建築物現場實測調查中發現，造成室內健康環境的空氣污染主因是由新建材及裝修建材所揮發出之化學物質。含有人造纖維的材料可能含有重金屬。裝修建材在防火、耐然、防腐、防霉、防蟲、防蛀、防污及施工容易、表面易清潔、美觀之要求下，處理過程所添加的化學物質、有機溶劑等亦均可能破壞環境、污染空氣。室內裝修經常使用的建材如合板、木心板、夾板、噴漆、溶劑類塗料及接著劑等是揮發性有機物質及甲醛（formaldehyde）之主要來源，且不同的建材具有不同的逸散特性，例如油漆刺鼻的味道大約需要三、四天可以散去，而合板中的甲醛可能持續逸散數年之久。其他可能釋放的空氣污染的有機化合物，包括：醇（alcohols）、胺（amines）、苯（benzene）、癸烷（decane）、二甲基苯（dimethylbenzene）、松稀油（terpenes）、甲苯（toluene）、二甲苯（xylenes）、烷屬烴（alkanes）、二乙基苯（diethylbenzene）、4-甲基乙基苯（4-methylethylbenzene）、苯乙烯（styrene）、醋酸鹽（acetates）、檸檬油精（limonene）等。

表 2-8 國內裝修建材類別

1	地板類	地毯、PVC 地磚、木質地板、架高地板。
2	牆壁類	合板、夾板、纖維板、石膏板、壁紙、防音材。
3	天花板	礦纖天花板、玻纖天花板、夾板。
4	填縫劑與油灰類	矽利康、環氧樹脂。
5	塗料類	油漆等各式水性、油性粉刷塗料。
6	接著（合）劑	油氈、合成纖維、聚氣乙烯。
7	門窗類	木製門窗。

2.2.3、甲醛特性及危害程度

甲醛 (Formaldehyde)，分子式 HCHO，為無色有刺激性之有毒氣體，易溶於水及甲醇中，有消毒防腐作用。甲醛是一種刺激性毒物，對黏膜有刺激作用，當刺激眼、鼻及喉部時，會發生咳嗽、疲倦、起疹及過敏等現象，並可造成結膜炎、鼻炎、喉炎等，依據美國環保署資料顯示，甲醛是屬於很可能致癌之人類致癌物。

甲醛進入人體之途徑有吸入、皮膚吸收及食入。1.吸入造成呼吸道刺激及肺功能減弱，為弱的肺過敏源。2.會造成皮膚刺激及過敏，敏感者對非常低濃度亦會過敏，過敏包括皮膚刺痛、發紅、濕疹、紅疹、龜裂。濕疹可能產生在手肘、腳及部分或全部的臉、頸處。

甲醛廣泛使用在人造板材、塑料地板、化纖材料、塗料和黏著劑中，甲醛的主要室內排放源是壓製木產品、黏合膠、粒片板、中等密度纖維板，及其他裝修物料，如發泡絕緣物料、紡織物、地毯及地台織物等。此外，燃燒中的香煙及其他燃燒源，例如燃氣爐具、火水採暖裝置，或某類消費品如紙品及化妝品等亦會散發甲醛。室內裝修材如發泡膠、隔熱層、黏著劑、織物、地毯及樓版面材中亦含有甲醛，因此，試驗建材之甲醛逸散量為判定健康建材之重要項目之一。

甲醛廣泛地應用於生活環境中，台中榮民總醫院列出以下可能含有甲醛的物質(http://www3.vghtc.gov.tw/derm/contents/health01_17.htm)：

(1)黏膠、漿糊、橡膠接合劑。(2)防腐劑：各種用途的防腐劑，有些防腐劑可釋出甲醛。(3)各種合成樹脂及松脂。(4)感光紙、安定劑、顯影劑。(5)化粧品：牙膏、漱口水、除臭劑、洗髮精、潤絲精、泡浴用品、指甲油及硬劑。(6)農業用燻蒸消毒器、用於蔬菜、農地作物、種子及根部處理。(7)清香劑及消毒劑、如家用噴灑劑及擦拭品。(8)清潔用品：如一般家用品清潔液。(9)磨光粉和打亮品：用於汽車、地板、水泥地、鞋子、傢俱。(10)汽車用品：清潔劑、防鏽品。(11)油漆及漆器、防蝕塗料、乳狀塗料。(12)紙張處理。(13)許多對甲醛敏感者不能穿用甲醛樹脂處理的衣物：最可能含有甲醛或甲醛樹脂的紡織品、或室內裝潢用建築材料是那些物品？凡是曾有抗皺、防水、防蟲、防黴、防汗處理及防縮水的毛製品。

根據隸屬世界衛生組織(WHO)之國際癌瘤研究署(International Agency for

Research on Cancer, IARC)的分類，Group 1 為「具人類致癌性」，Group 2 為「可能是人類致癌物」，Group 3 為「無適當證據其與致癌相關」，Group 4 為「無致癌性」。

甲醛被美國環保署及國際癌瘤研究署 (IARC) 歸類為 Group 2A 「可能是人類致癌物」，其會產生眼睛及呼吸道之刺激，並會使肺部產生出血情形，並對於肝臟及腎臟產生水腫，但其是否會誘發人類癌症發生頗為引人注意，仍有待證實。

裝修建材，包括：油漆、合成樹脂接著劑、清潔劑、化纖地毯、指甲油等，都可能含有甲醛，且因這類接著劑普遍使用在生產碎料板、纖維板、合板，或黏壁紙、塗在木頭地板及木質家具表面，一、二年內都會持續揮發甲醛，造成家人呼吸困難、皮膚過敏、咳嗽不停等「病態大樓症候群」症狀。

2.2.4 總揮發性有機化合物特性

總揮發性有機化合物(Total Volatile Organic Compounds, TVOCs) 之一般來源為油漆、氣膠噴霧器、殺蟲劑、農藥、建築材料、地毯、香煙及燃燒性材料等。VOCs 之化學物質種類繁多，可引致室內環境問題之相關種類研究亦尚未有完整，目前全球對於測量室內環境 VOC 時所應包括之種類，尚未有清楚之共識，且單獨測量一種化學物質耗費成本高昂且費時費力，實際測量之時，乃多以揮發性有機物總量 (TVOC) 進行。目前內政部建築研究所性能實驗室，對總揮發性有機物質化合物認定包括：苯、甲苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯及乙苯等。施工中所使用建材、塗料及接著劑是 TVOC 之主要來源。總揮發性有機化合物為評估 TVOC 對人體之健康影響的綜合評估指標，健康綠建材已納入評估基準。

雖然一般室內常見 VOCs 並無充分資料證明其具有致癌性，但接觸 VOCs 者卻常產生昏眩、頭痛、眼、鼻及皮膚刺激等症狀。國際癌瘤研究署(International Agency for Research on Cancer, IARC)已將 VOCs 中之 Benzene 列為 Group 1「確定致癌物質」，其會對造血系統產生毒性，導致急性骨髓白血病或慢性白血病的發生，若長期處於 VOCs 氣體的環境中，會造成人體視覺、聽覺、記憶受損。

根據內政部建築研究所歷年研究之實測調查，顯示：在膠合地板之甲醛逸散率值為 202.2 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ，合板之甲醛逸散率值 686.5 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 其值比對於健康綠

建材基準值 180 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 高出許多，而銘木地板及合成地毯的甲醛量相對低許多。接著劑類研究顯示所檢測之定性及定量結果不含甲醛，但 TVOC 平均逸散速率為健康綠建材基準 190 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 的 90~110 倍，在乳液型(水性)接著劑之檢測結果，其 TVOC 逸散速率值是低於健康綠建材評估基準，該研究顯示溶劑型接著劑為高揮發性建材對室內空氣品質及人體健康之影響是不容忽視的。

目前已有 900 種以上的 VOCs 被發現於室內空氣中，台灣室內環境常見之揮發性有機化合物，包括：醇 (Alcohols)、胺 (Amines)、苯 (Benzene)、甲苯 (Toluene) 等。揮發性有機化合物之定義：為在標準狀態下 (20 $^{\circ}\text{C}$ ，1 atm)，蒸汽壓大於 0.1 mmHg 以上之有機化合物。揮發性有機化合物依世界衛生組織 (WHO) 所定義為沸點在 50-260 $^{\circ}\text{C}$ 之物質，且依其沸點的不同尚分為半揮發性有機化合物 (Semi-Volatile Organic Compounds, SVOCs) 及極易揮發性之有機化合物 (Very Volatile Organic Compounds, VVOCs) (WHO, 1989)，詳表 2-9 所示。

表 2-9 WHO 室內有機污染物的分類

分類說明(縮寫)	沸點溫度 ($^{\circ}\text{C}$)
極易揮發性(氣態)有機化合物(VVOCs)	<0~50-100
揮發性有機化合物(VOCs)	50-100~240-260
半揮發性有機化合物(SVOCs)	240-260~380-400
附著於懸浮微粒的有機物或固形有機物(POMs)	>380

(WHO, 1989)

目前，世界尚未對總揮發性有機化合物 TVOC，應包含那些化合物加以定義，根據內政部建築研究所對 TVOC 認定，包括：苯、甲苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯及乙苯等，濃度基準為 3ppm。

揮發性有機化合物之致癌性如下：

1. 苯(Benzene)

被國際癌瘤研究署列為 Group1 「具人類致癌物」，會對造血系統產生毒性，導致急性骨髓白血病發生及慢性白血病的發生。

2. 甲苯(Toluene)

被歸類在 Grop3 「無適當證據其與致癌相關」，但相關研究顯示，健康的成年人在濃度 100ppm 的甲苯中連續暴露 6 小時會造成眼睛及鼻黏膜的刺激。

3. 其它常見揮發性有機化合物

另外，雖然一般室內其它常見 VOCs 並無充分資料證明其具有致癌性，但卻常造成人體產生昏眩、頭痛、眼、鼻及皮膚刺激等統稱為病態大樓症候的症狀，影響人類的健康。

第三節 建材逸散與室內空氣品質之關聯

近幾年隨著都市密集化，各類活動頻繁造成居住環境充斥噪音干擾；密閉式高層大樓，室內通風需仰賴中央空調系統，使用具人工化學物質之建材及裝修材，致使新建建築物及新裝修室內環境充斥揮發性有機物，這些都可能是室內環境品質不佳的問題所在。其次，台灣室外環境高濕、高熱的氣候特性，使得建築室內環境污染問題更加嚴重。

所謂室內環境品質(Indoor Environment Quality)，係指影響建築物室內居住健康與舒適之各項環境因子，包括音環境、光環境、溫熱環境、空氣環境(通風換氣)及電磁環境五大類，與影響室內環境之裝修材所揮發出之化學物質等範疇。以室內空氣品質(Indoor Air Quality)而言，一般人普遍認為室內空氣應該比室外乾淨，但是根據美國環保署和世界衛生組織(WHO)的研究指出，室內空氣污染物的濃度常為室外環境之 2~5 倍，有時更高達 100 倍。

根據民生報報導：你住的房子也可能會害你生病！而且在部分家戶室內還測出揮發性有機化合物 (VOCs)，如苯、甲苯、乙基苯、二甲苯等，都比室外環境濃度還高；且台灣都會區家庭室內，普遍有來自室外的汽機車及工廠廢氣污染，再加上室內的裝潢、木板、地毯、電腦、印表機、瓦斯爐、熱水器等污染，住戶致癌風險大大增加。而國人因偏好木質家具，針對室內環境甲醛濃度之實測結果，進行致癌風險的評估，發現：一般「可接受致癌風險」為百萬分之一(10^{-6})，但高雄地區受測者因暴露在居家環境的高甲醛濃度下，致癌風險高達千分之 2.2，而花蓮地區受測的平均致癌風險更達千分之 5.58，顯示改

善室內空氣品質已刻不容緩。

每人每天約 90% 的時間處於室內環境中，隨國人逐漸注重室內居住健康，提升室內環境品質需求，有增加之趨勢。而室內環境中最直接影響人體健康的因子是室內空氣污染問題。近幾年隨著都市密集化，各類活動頻繁造成居住環境充斥噪音干擾；密閉式高層大樓，室內通風需仰賴「中央空調系統」，使用具人工化學建材及裝修材，致使新建建築物及新裝修室內環境充斥揮發性有機物，這些可能都是室內空氣品質不佳的問題所在。加上台灣室外環境高濕高熱的氣候特性，使得室內空氣污染問題更加嚴重。

為解決室內空氣污染問題，行政院環保署曾委託研究機構，檢測國內一般家戶環境、學校及各種典型辦公建築室內空氣品質，結果顯示室內空氣污染之主要問題點，包括：(1)通風換氣不良導致 CO₂ 偏高、(2)裝修建材之揮發性有機污染物(甲醛、TVOC)、(3)生物性污染物濃度普遍偏高。

綜合評估室內環境及空氣品質不佳的可能原因如下：

一、建築通風換氣設計、空調系統溫度濕度控制不良

建築物在設計階段之通風換氣、溫度濕度控制、自然採光之設計不良，往往就已埋下室內空氣污染問題。在通風換氣方面，空調系統設計不良，室內引入之新鮮外氣不足，造成室內通風不良，二氧化碳濃度偏高，無法稀釋室內污染物濃度而影響健康。因此，良好的通風設計、引進新鮮空氣及定時清洗過濾裝置，為避免 CO 及 CO₂ 污染的不二法門。其次，台灣係屬亞熱帶海島型氣候國家，年平均相對濕度多達 80% 以上，易孳生生物性污染物，其中細菌及真菌二種生物性污染物濃度偏高。

二、建材及傢俱之揮發性有機化合物含量過高

室內建材是室內 VOCs 和甲醛污染源的主因之一，這些建材包括表面塗裝材料、黏著劑、填縫劑(膠合地板、安裝地毯、壁紙、窗框、門等)以及溶劑(膠、漆、塗料等)等。

三、室內其他事務機器及用品的污染

一般常用於家具、玻璃、地板之表面清理擦拭之溶劑型清潔劑，會導致大量揮發性有機化合物 (VOCs) 逸散於室內而影響人類居家健康。其他如電腦、印

表機、瓦斯爐、熱水器等亦會排放固體、臭氧、揮發性有機化合物（VOCs）等
污染物。影印機的操作所排放之二氧化碳及臭氧。

第四節 國內外室內空氣品質模式發展概況

現代建築為了保護免受外界干擾，加強建築物的密閉性，並衍生出許多足以危害人體健康的室內環境品質之問題。凡建築本身結構、區位、及各項開口設計、空調系統設計，各種建材、裝修材的選擇，人類維持生活必備的各種物品、商業行為的貨品、辦公家具等，乃至於人類本身的各項行為活動，均可直接或間接的引起音、光、熱、氣、水、微生物、電磁波等室內環境問題，對人類健康有更近一步的危害。室內空氣品質不良所引起的健康危害問題，對身體健康的影響最大且最直接。就經濟層面的考量而言，室內空氣品質不佳所引起的不適症狀或相關疾病，會引起生產力降低，甚至影響國家競爭力。

為保護國民健康，世界各國對室內各種環境污染物，訂定空氣品質標準，並考量建築、空調之設計，舒適度及節能等，納入許多指標項目如溫度、濕度等。室內環境品質之評估指標，主要根據客觀及主觀指標，前者以物理指標為主，後者以使用者之認知調查為主(Fransson et al. 2007)。世界各國之室內環境指標及參數，一般可分成「物理性」、「化學性」及「生物性」三類，包括：建築及通風特性、化學空氣污染物、室內熱舒適特性、音環境、照明環境、懸浮微粒、生物性等。其中，建築及通風特性，又細分通風率、外氣率、回風率等。化學空氣污染物，可細分為二氧化碳(CO₂)、一氧化碳(CO)、甲醛(HCHO)、總揮發性有機化合物(TVOC)等。室內熱舒適特性，可細分為室內溫度、相對濕度、風速等。

新加坡環境部 1996 年針對熱濕氣候之空調型建築，發展室內空氣品質診斷方法，內容包括室內問題診斷、客觀評估(實地量測)、主觀評估(問卷調查)、及提出改善建議等(Cheong and Chong 2001, Cheong and Lau 2003)。澳洲學者針對新建住宅，發展低揮發性有機物質逸散住宅，藉由改善建築設計及適當選擇建材，降低 VOCs 之暴露風險，主要策略，包括：避免使用高 VOCs 逸散建材、採取提高通風率、控制污染源等(Guo et al. 2003)。內政部建築研究所性能實驗中心林霧霆(2005)「常見天花板建材之揮發性有機物逸散研究」，透過小尺寸環控箱模擬建築空間環境，利用國內之溫度、濕度、通風換氣及裝修負荷率等氣候、環境條件控制，對國內外之天花板類建材作危害物質之定性定量分析，透過資料庫的建立，對國內裝修建材作一健康品質控管的機制。

第五節 國內健康綠建材與室內環境發展現況

2.5.1 健康綠建材

一、發展現況

「綠建材標章制度」主要是依據行政院民國 90 年核定實施之「綠建築推動方案」辦理，其中實施方針第四點即明示：「建立室內環境品質評估及綠建材標章制度。」所謂綠建材係指：在原料採取、產品製造、應用過程和再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人體健康無害的建材。國內綠建材標章制度依此意涵，規劃四大範疇，包括考量建材資源採取與製造階段之「生態綠建材」、建材使用對人體無害之「健康綠建材」、廢棄物再利用之「再生綠建材」及提昇建材防音、透水等性能之「高性能綠建材」。93 年 7 月綠建材標章正式上路，受理建材申請案件，首批評定項目為健康及再生兩類綠建材標章，94 年則針對另兩類：高性能與生態綠建材標章，進行評定基準的研擬與審核制度的建立，配合檢測實驗室的建置完成，開放此兩類標章的審核與核發。為健全綠建材標章制度的完整性，今年將持續增加受理的建材種類，以符市場上建材多元化之現況，提昇國內建材產業之整體品質，並與國際營建市場接軌。

截至本(96)年 7 月 20 日止，計核發 70 標章（48 件健康、1 件生態、6 件再生與 15 件高性能），包含 38 家廠商共 526 種產品（150 種裝修塗料、44 種木質地板、60 種木質板類、50 種石膏板、18 種無機板類、1 種地毯類、2 種膠合劑類、1 種填縫劑、8 種隔音門、窗、牆系統、3 種樓板緩衝材、12 種高壓混凝土地磚、2 種吸音材料系統與 175 種透水磚）

目前國內現行評估制度係由標準檢驗局「中國國家標準」、「商品檢驗法」規範產品的一般性能；另有環保評估制度部分，包括政府「綠色採購制度」及環保署「環保標章制度」，以及「綠建築標章」採綠建築九大指標規範新建建築物的生態、節能、減廢與健康性能。在建築材料領域，「綠建材標章」於 2004 年 7 月正式公告受理申請，標章之核給須先進行材料試驗，提出檢驗報告書後由綠建材標章審查委員會審查，通過審查後報請內政部建築研究所核發標章。

二、綠建材法制化

在綠建材的法制化方面，「建築技術規則」建築設計施工編中有關綠建材之規定，已於今年 7 月 1 日施行，其規定內容為：「供公眾使用建築物及經內政部

認定有必要之非供公眾使用建築物之室內裝修材料及樓地板面材料應採用綠建材，其使用率應達室內裝修材料及樓地板面材料總面積百分之五以上」，藉由強制規定建築材料使用符合生態性、再生性、環保性、健康性及高性能之建材，可確保室內環境的舒適性及健康性，並減少建材生產過程對於資源的耗用，最終達成促進國內相關建材產業升級與轉型的目標。內政部於民國 93 年 3 月 10 日台內營字第 0930082325 號令修正「建築技術規則」建築設計施工編部份條文，增訂第十七章「綠建築」，本章共有六節，條文從 298 到 323 條，共增修訂建築基地綠化、建築基地保水、建築節能、雨水及生活雜排水回收利用、綠構造與綠建材等六大規定。為避免造成營建相關產業過大的衝擊，該專章採先發佈分階段實施方式辦理。民國 94 年 1 月 1 日先實施綠化、保水、及建築節能等三項；綠建材部分，則於民國 95 年 7 月 1 日實施。綠建材相關條文如下：

第二百九十八條 本章規定之適用範圍如左：

- 六、綠建材：指第二百九十九條第十二款之建材；其適用範圍為供公眾使用建築物及經內政部認定有必要之非供公眾使用建築物。

第二百九十九條 本章用詞定義如左：

- 十二、綠建材：指經中央主管建築機關認可符合生態性、再生性、環保性、健康性及高性能之建材。

第三百二十一條 建築物之室內裝修材料及樓地板面材料應採用綠建材，其使用率應達室內裝修材料及樓地板面材料總面積百分之五以上。

第三百二十二條 綠建材材料之構成，應符合左列規定之一：

- 一、塑橡膠類再生品：塑橡膠再生品的原料須全部為國內回收塑橡膠，回收塑橡膠不得含有行政院環境保護署公告之毒性化學物質。
- 二、建築用隔熱材料：建築用的隔熱材料其產品及製程中不得使用蒙特婁議定書之管制物質且不得含有環保署公告之毒性化學

物質。

- 三、水性塗料：不得含有甲醛、鹵性溶劑、汞、鉛、鎘、六價鉻、砷及銻等重金屬，且不得使用三酚基錫(TPT)與三丁基錫(TBT)。
- 四、回收木材再生品：產品須為回收木材加工再生之產物。
- 五、資源化磚類建材：資源化磚類建材包括陶、瓷、磚、瓦等需經窯燒之建材。其廢料混合攙配之總和使用比率須等於或超過單一廢料攙配比率。
- 六、資源回收再利用建材：資源回收再利用建材係指不經窯燒而回收料攙配比率超過一定比率製成之產品。
- 七、其他經中央主管建築機關認可之建材。

第三百二十三條 綠建築構造及綠建材之係數及使用率計算，應依設計技術規範辦理。

前項綠建築構造及綠建材設計技術規範，由中央主管建築機關定之。

2.5.2 室內空氣品質

為維護室內環境品質，可從「源頭控制」(source control)及「室內空氣品質改善」二方面著手，方可達到治本的效果。源頭控制方面係透過管制污染物及室內通風環境為主。

一、室內通風

依據經濟部能源局「建築物空調設計技術規範」草案內容，所謂「建築空調」係指維持人體在室內舒適健康環境而設置之空調系統。建築物空調系統在設計階段之通風換氣設計不良，常造成室內引入之新鮮外氣不足，造成室內 CO₂ 濃度蓄積，並影響室內環境污染物無法稀釋排出。建築技術規則目前主要以管制通風量設計為主，為提升建築物通風性能，內政部營建署正進行建築技術規則自然通風與機械通風相關規定之檢討(財團法人成大研究發展基金會 2007)。

95 年，計改善大安高工、中央警察大學一樓室內靶場等 14 處學校、機關及醫院等類之公有廳舍室內環境品質改善工程。

目前我國室內環境品質管理機制，已兼顧「源頭控制」及「室內環境品質改善」。惟檢討現有室內環境政策與措施，尚有不足之處，參考日本發展趨勢，及考量台灣地處亞熱帶氣候，屬高溫高溼氣候，適合黴菌的生長之環境特性，建議未來可健全室內環境品質指標、規劃建立病態建築診斷機制、研訂現場檢測方法、及辦理室內環境品質現況調查研究，並賡續推動室內環境品質改善示範計畫，加強防治病態建築之產生。

第三章 室內空氣品質評估模式

第一節 室內空氣品質之政策評估架構

本研究首先建立室內空氣品質政策評估架構，評估使用不同裝修建材量室內空氣品質之變化及影響。室內空氣品質政策之評估架構類似政策分析(Policy analysis)，為一系統分析方法，政策分析已發展超過 50 年，目的係幫助公共政策之制定者選擇可行方案。可區分為下列步驟：(1)研究範圍界定，可細分為問題確認及目標設定，(2) 選擇環境、經濟衝擊之評估規範，(3)評估方法之選擇，如生命週期評估、成本效益等方法，(4)數據收集及計算，(5)環境及經濟衝擊計算等(Walker 2000, Guinée et al. 2006)。

室內空氣品質政策研究，國內尚在起步階段，本研究採用政策分析架構，釐清室內空氣品質問題點及其環境衝擊(Lo and Yan 2007)。室內空氣品質政策評估架構，包括：室內空氣品質問題之確認、評估指標及基準之選定、替代方案之規劃、數據與資訊收集、情境分析等，評估流程詳圖 3-1 所示。

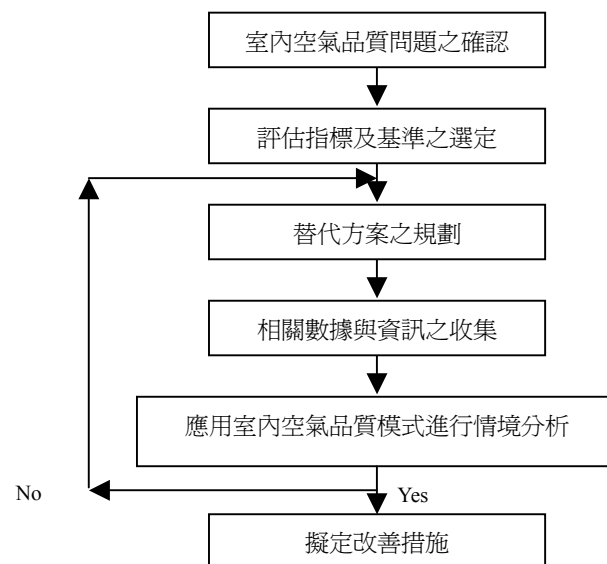


圖 3-1 室內空氣品質政策評估架構

第二節 室內裝修材料之選擇與使用量調查

3.2.1 低 VOCs 逸散建材之選擇

室內裝修建材常會含有各種有毒氣體而污染室內空氣，室內裝修建材，如地毯、瓷磚、地板、壁飾，以及購置之傢俱，如桌椅等常含有黏著劑、油漆、染料等。從國內建築物現場實測調查中發現，造成室內健康環境的空氣污染主因是由新建材及裝修建材所揮發出之化學物質。室內裝修經常使用的建材如合板、木心板、夾板、噴漆、溶劑類塗料及接著劑等是揮發性有機物質及甲醛 (formaldehyde) 之主要來源，且不同的建材具有不同的逸散特性，例如油漆刺鼻的味道大約需要三、四天可以散去，而合板中的甲醛可能持續逸散數年之久。

室內建材是室內 VOCs 和甲醛污染源的主因之一，這些建材包括表面塗裝材料、黏著劑、填縫劑(膠合地板、安裝地毯、壁紙、窗框、門等)以及溶劑(膠、漆、塗料等)等。新建築物之主要 VOCs 來源，為溼性營造產品(塗料、接著劑、填縫劑)。在建築物興建階段，選擇最小 VOCs 逸散建材。例如，將黏著劑(adhesive)之使用降至最低。或使用不會逸散 VOCs 陶瓷地板材料。在屋頂隔熱空氣層裝鋁箔，內層塗料為低 VOCs 逸散材料。

3.2.2 室內裝修材料逸散率調查

從各類綠建材的性能檢測值可以瞭解各類綠建材產品性能的優越性，以健康綠建材而言，25 件產品中甲醛逸散率均低於 $0.01 \text{ mg/m}^2\text{hr}$ (如圖 3-2 所示)，遠低於健康綠建材管制基準 $0.08 \text{ mg/m}^2\text{hr}$ 。在 TVOC 部分，所有健康綠建材的逸散率均低於 $0.11 \text{ mg/m}^2\text{hr}$ (如圖 3-3 所示)，距管制基準 $0.19 \text{ mg/m}^2\text{hr}$ 亦有段差距。此一結果可以充分證明健康綠建材其所逸散出之有害物質確實甚低，對人體健康無虞，消費者可放心選購，另外這也顯示出，國內建材業者之技術能力可生產出低甲醛與低 VOC 之建材，未來隨著業界的技術能力持續提昇，綠建材評定基準也可以提高標準。

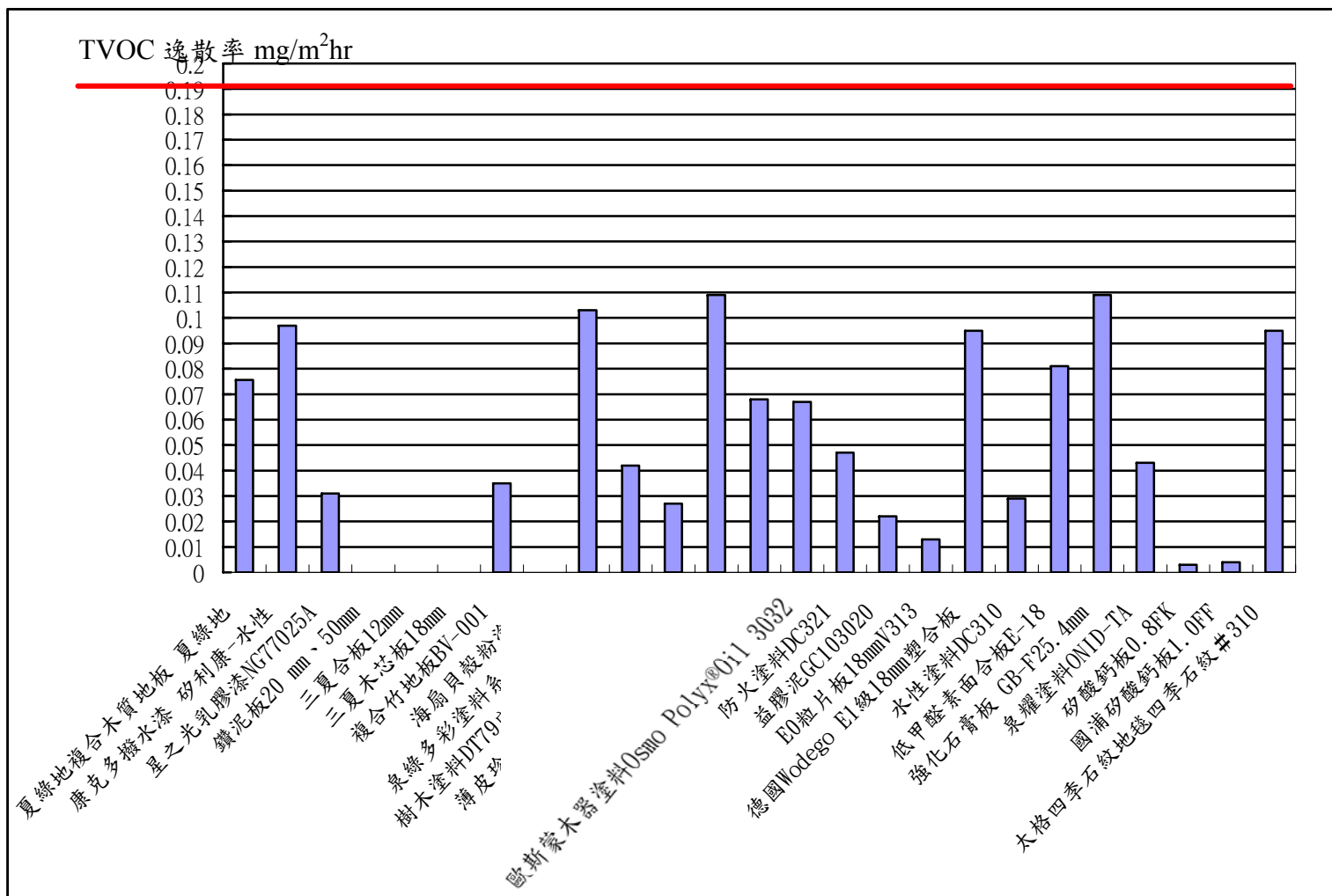


圖 3-2 綠建材 TVOC 檢測值

(資料來源：本研究整理)

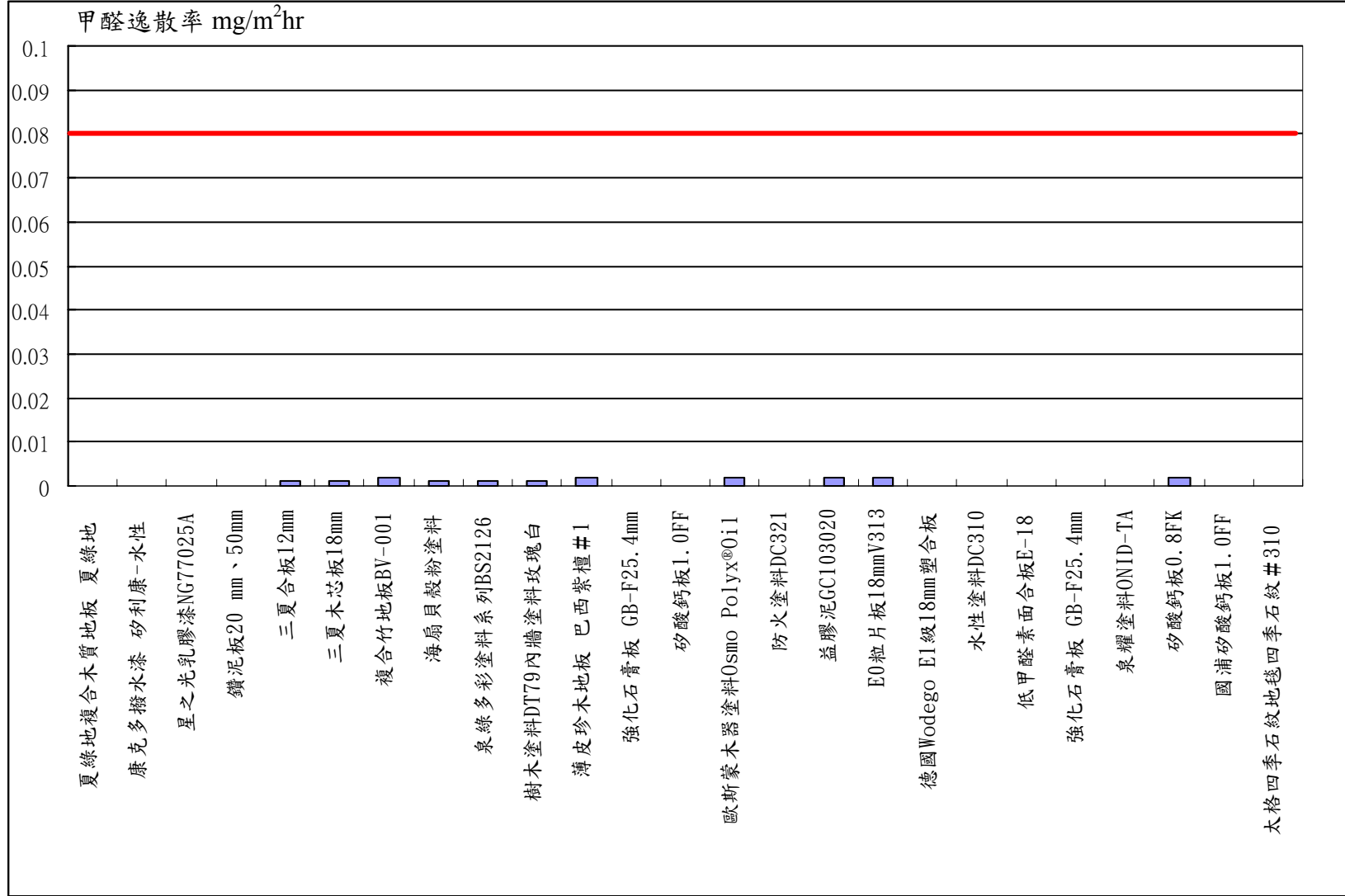


圖 3-3 綠建材甲醛檢測值

(資料來源：本研究整理)

第三節 建材 TVOC 逸散濃度之模擬

3.3.1 環控箱法量測

目前健康綠建材標章以「低甲醛」及「低揮發性有機化合物」逸散速率為評估指標，由於建築裝修建材種類繁多，裝修過程亦有乾式、濕式之分，對於材質之厚度、種類之差異，均有對應的試驗方法及程序，所以健康綠建材測試過程中，對於不同種類的建築材料亦具有不同的分析條件及不同的參數。

本研究採用之揮發性有機物質標準測試方法乃參考 ASTM (American Society for Testing and Material) D5116-97 所規範之小型環控箱測試法，其指標性污染物測試上，優先以甲醛(HCHO)及總揮發性有機化合物(TVOC：苯、甲苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯及乙苯)為試驗污染物。其原理主要是將小尺寸建材樣品放入小型環境試驗箱中(如圖 3-4)，環控箱剖面圖及內部流場圖如圖 3-5 及圖 3-6 所示，並針對溫度、濕度、換氣率及風速等因子加以控制，充分混和後再以定流量之採樣 Pump 將箱內的待測空氣樣品抽出，並經由熱脫附儀器，進入 GC/MS 與 GC/FID 系統對所採集空氣(如圖 3-7)，分別進行逸散 VOCs 之定性與定量分析，可得知其化合物之種類與逸散量。測試方法如下：

1. 設定環境控制箱之環境條件在：溫度 25°C，溼度：50%，換氣率：0.5 h⁻¹。
2. 空白實驗：在進行建材樣本分析前，須進行環境控制箱內部之空白分析，其單一揮發性有機物質濃度小於 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，總揮發性有機物質濃度小於 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
3. 空白實驗分析完成後，將測試建材放入環境控制箱內部，建材中所含的揮發性有機物質會於環控箱內部慢慢逸散，利用環控箱內部循環系統，使揮發性有機物質能於環控箱內部充分混合。
4. 定性分析：建材置入環控箱後，進行採樣，採樣時間為一小時，經熱脫附裝置捕集後，以 GC/MS 進行 TVOC 定性分析。
5. 檢量線建立：配製不同濃度之標準品，取定量於標準氣體注入口處注入至熱

脫附裝置，特定化學物質進入 GC/FID 進行定量之分析。標準品配製之絕對量介於 5-3000 ng，以層析圖之訊號值與其絕對量 (ng) 製作檢量線，檢量線相關係數須達到 0.995 以上。

6. 定量分析：建材之 TVOC 逸散率會隨時間而呈現衰減現象，因此採樣時間及頻率也須配合其逸散情形做規劃，測試時間最少為 48 小時；甲醛試驗：前 24 小時為每 2 小時採樣一次，測試 24 小時至 48 小時為每 4 小時採樣一次。TVOC 試驗：前 24 小時為每 1 小時採樣一次，測試 24 小時至 48 小時為每 2 小時採樣一次。
7. 連續監測至環控箱內部有機物質以達到基準值以下(TVOC-0.19 mg/m²·hr)，或呈現穩定逸散率(穩定時以第 48 小時逸散率或若不穩定時以第 72 小時逸散率)即可。



圖 3-4 建材樣品置於環控艙中

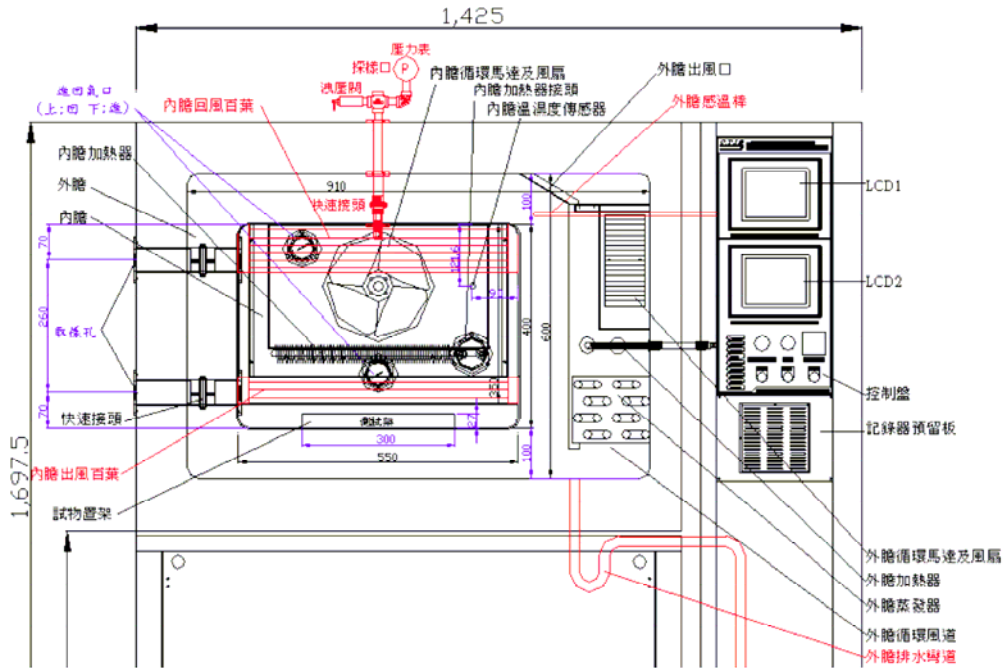


圖 3-5 環控艙剖面圖

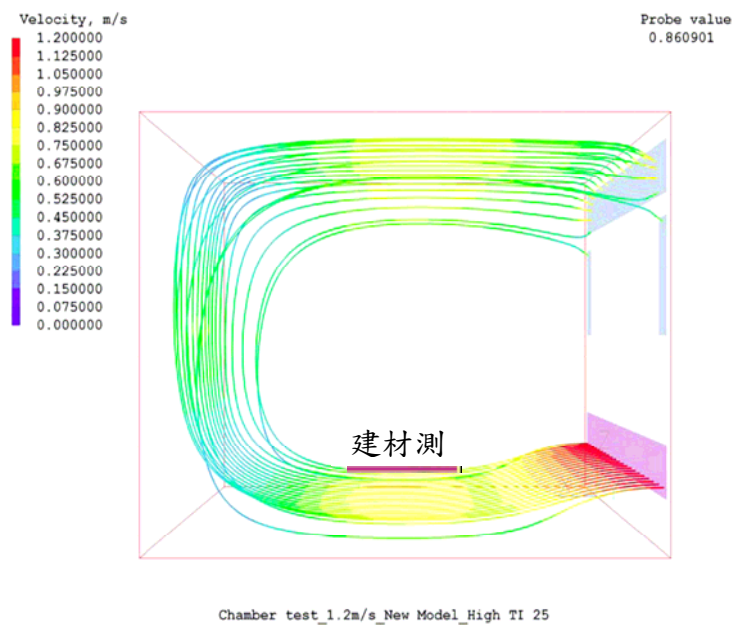


圖 3-6 環控艙內部流場圖



圖 3-7 空氣採集定性定量分析系統

過去國內建材產業在性能評估上較無一完善之審查制度，再加上國外不良建材進口傾銷，造成市面上之建材在品質上參差不齊、管控不易，為提昇國人居住生活品質，追求舒適健康的室內居住環境，有必要加強建材檢驗、評定或分級機制，為國人健康及永續環境把關，並積極促進傳統建材產業結合新的能源政策與生態觀念，運用高科技的技術，提高附加價值，以完成建材產業的升級與轉型，徹底擺脫劣質建材價格戰。

內政部建築研究所之「建材有機逸散物實驗室」，依 ASTM D5116-97 方法建立「小型環控箱」。儀器設備包括：小尺寸環境模擬試驗艙（225L）、清淨空氣產生系統（Clean Air Generation System）、採樣分析系統（Sample Collection and Analysis）1. 氣相色層分析儀（Gas Chromatography）2. 層析質譜儀（GC/MS）3. 氣體採樣系統（Purge & Trap System），詳圖 3-8 所示。



圖 3-8 內政部建築研究所建材有機逸散物實驗室之精密儀器

本所性能實驗中心建材有機逸散物實驗室之建材檢測項目、基準及方法如表 3-1 所示。

表 3-1 內政部建築研究所性能實驗中心建材檢測能力

檢測項目	檢測基準	檢測方法
甲醛(HCHO)	a. $< 0.08 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$ b. 0.1 ppm(1 小時值)	a. 建材之甲醛逸散檢測方法--小型環控箱測試法(MOIS 901014) b. NIOSH-2541 方法及 ISO 16000-3 標準(實驗室轉換中)
總揮性有機物質(TVOC)	a. $< 0.19 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$ b. 3 PPM(1 小時值)	a. 建材之揮發性有機物質逸散檢測方法--小型環控箱測試法(MOIS 901014) b. ISO 16000-6 標準

3.3.2 室內現場量測

1. 相對溼度、溫度及通風率之量測

(1)溫度、溼度及風速：台灣地處亞熱帶，屬高溫高溼氣候，將有助於黴菌的生長。其次，溫度、溼度、風速會影響室內空氣品質之舒適性、及空氣中懸浮微粒的多寡。

(2)通風率(air exchange rate)：在 TVOC 取樣時同時量測通風率。

(3)TVOC 濃度之量測：在自然對流通風條件下取樣，說明取樣數目、位置、時間。

本所「攜帶式氣體監測儀」，利用氣體吸收紅外光(infra-red light)之特性，以紅外光聲光譜法(Photoacoustic infra-red spectroscopy method)偵測，定量連續監測室內空氣中總揮發性有機化合物(TVOC)、甲醛(HCHO)等氣體濃度及水蒸氣濃度之即時變化量。

第四節 室內空氣品質簡化評估模式

利用室內空氣品質模式 (IAQ model) 將裝修材料之 TVOC 逸散速率 ($\text{mgm}^{-2}\text{h}^{-1}$) 轉換建築室內環境之 TVOC 濃度 (μgm^{-3})。

IAQ model 視污染源強度、通風速率及室內空間大小而定。污染物指標為：TVOC。簡化 IAQ model 公式 (Guo et al., 2003) 如下：

$$VdC/dt=Q(C_{\text{out}}-C)+S\times E(t)-R \quad (1)$$

其中，V：代表室內空間體積 (m^3)， C_{out} ：代表室外 TVOC 濃度 (μgm^{-3})，C：代表室內 TVOC 濃度 (μgm^{-3})，Q：室內通風速率 (m^3h^{-1})，S：室內污染源面積 (m^2)，E(t)：室內污染源之 TVOC 逸散速率 ($\mu\text{gm}^{-2}\text{h}^{-1}$)，R：TVOC 之 sink 速率 (μgh^{-1})。

公式(1)為一般簡化模式，假設在同一污染源強度及 sink 速率，及單一逸散速率函數。

公式(1)為線性、非齊性差分方程式。

已發表研究指出 dry source 乾性吸收體如地毯...具有吸收容量。假設無高容量 sinks，假設 R 為零。公式(1)再簡化如下：

$$VdC/dt=Q(C_{\text{out}}-C)+S\times E(t) \quad (2)$$

室外 TVOC 濃度，經分析發現多皆小於 $5\mu\text{gm}^{-3}$ ，因此，假設 C_{out} 為零。因此，公式(2)可再簡化如下：

$$VdC/dt=Q(-C)+S\times E(t)$$

$$dC/dt+ Q\times C/V=(S/V) \times E(t) \quad (3)$$

其中，

$$E(t)=E_{10}e^{-k_1t}+E_{20}e^{-k_2t}$$

當 $t=0$ 時 $C=0$ ，公式(3)之解為

$$C=LE_{10}(e^{-k_1t}-e^{-Nt})/(N-k_1)+LE_{20}(e^{-k_2t}-e^{-Nt})/(N-k_2) \quad (4)$$

其中， C ：代表室內 TVOC 濃度($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)， $N=Q/V$ ：室內空氣換氣率(h^{-1})， $L=S/V$ ：材料負荷($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$)， V ：室內空間體積(m^3)， S ：室內污染源面積(m^2)， E_{10} 、 E_{20} 、 k_1 、 k_2 ：污染源逸散參數。

不同污染源之總 TVOC 濃度，以一階近似估計如下：

$$\text{室內 TVOC 濃度}=\Sigma C \quad (5)$$

在穩定狀態下，Zuraimi et al(2003)簡化如下：

$$C=S\times E(t)/(NV) \quad (6)$$

其中， C ：代表室內 TVOC 濃度($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)， S ：室內污染源面積(m^2)， $E(t)$ ：室內污染源之 TVOC 逸散速率($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)。 $N=Q/V$ ：室內空氣換氣率(h^{-1})， V ：室內空間體積(m^3)。

影響室內環境之空氣流動的因素相當複雜，除通風量外，室內環境的空氣流動型態亦是影響換氣設備功能的因素之一，室內環境之隔間、設備、人員、空氣進出口位置與風速等都會影響空氣的流動。一般空氣污染物之分佈甚少成均勻分佈型態，根據勞工衛生研究相關技術資料彙編，單一進氣與排氣口室內環境之空氣流動型態如圖 3-9 所示。一般而言，進排氣口的安排應儘量避免空氣流動造成短路型，即空氣流線僅通過進氣口直接至排氣口，造成空氣污染物無法稀釋與排出。就衛生觀點而言，活塞式的空氣流動對空氣污染物無法稀釋

與排出效果最為理想，但需要相當龐大進氣口與排氣口面積，造成極大的換氣量需求(<http://www.iosh.gov.tw/netbook/te5-2.htm>)。

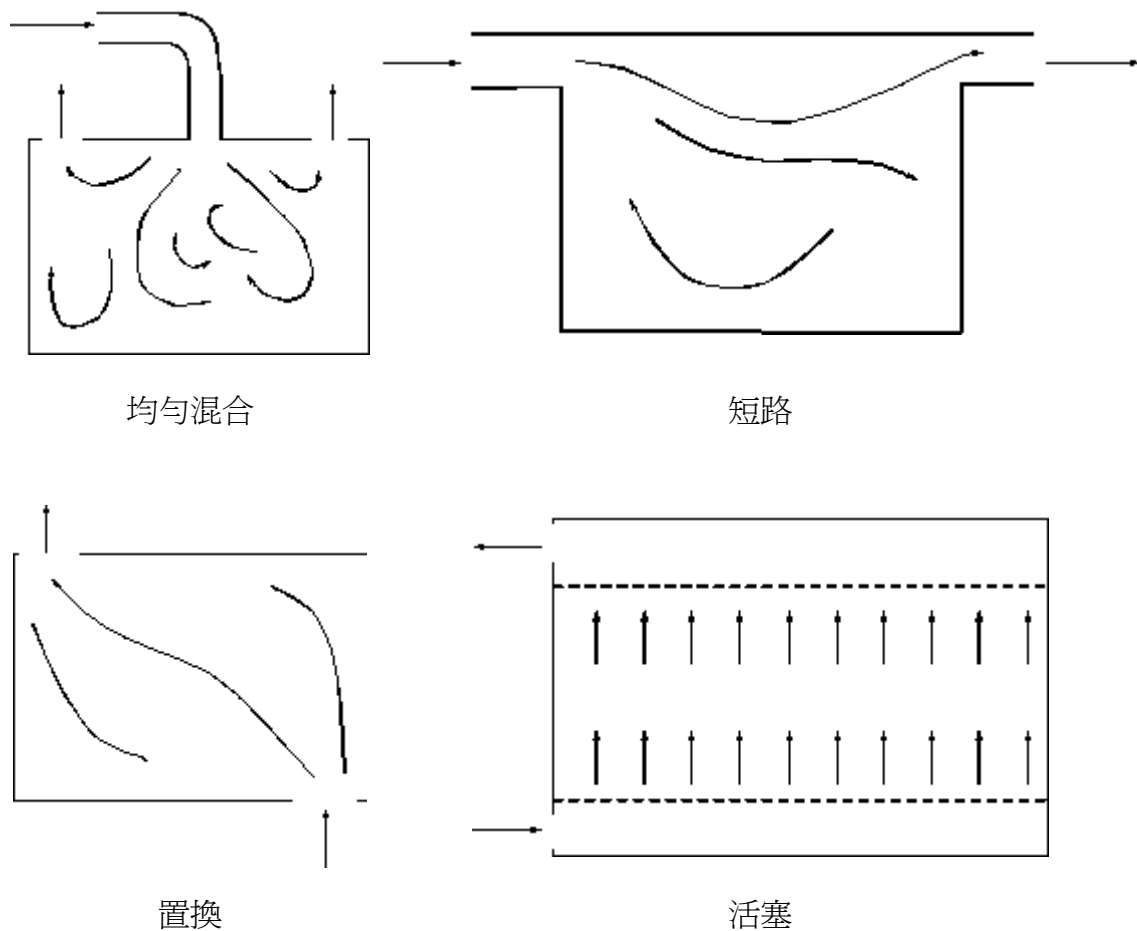


圖 3-9 單一進氣與排氣口之室內環境之空氣流動型態
 (資料來源：<http://www.iosh.gov.tw/netbook/te5-2.htm>)

換氣設備效能可藉由空氣交換效率 (air exchange efficiency) 與通風效用 (ventilation effectiveness) 參數評估。通風交換效率係指空氣在通風過程中被更新的程度，其定義為：

$$\alpha = \tau_0 / 2 \tau$$

其中 τ_0 ：假設空氣完全混合時的平均空氣停留時間（即空氣由進氣口至排氣口所經歷的時間），理論上，最有效率的通風方式為活塞氣流式，其平均空氣駐留時間為 $\tau/2$ ，故當空氣為完全混合時，其空氣交換效率為 $1/2$ 。

通風交換效率與混合因子（mixing factor） K 有下列的關係：

$$K=1/2 \alpha$$

混合因子代表偏離空氣完全混合的程度，其值愈大代表完全混合的程度愈低。 K 值的範圍通常在 1-10 之間， $K=1$ 時代表最佳的通風狀況， $K<2$ 時屬良好通風； K 值在 2 至 5 之間時屬普通； $K>5$ 時則為較差的狀況。

對照國內李俊璋(2005)以質量平衡推估公式，發展設計階段使用健康綠建材之甲醛及揮發性有機物質逸散量推估(示意圖如 3-10 所示)。

$$C_{V,T,RH} = \frac{ER_{T,RH,CV} \times (AREA)}{ACH \times VOL \times K} \dots\dots\dots .. (7)$$

其中：

$C_{V,T,RH}$ ：穩定狀態下，溫度 T 、相對溼度 RH 時，甲醛或 TVOC 之室內濃度(mg/m^3)。

$ER_{T,RH,CV}$ ：溫度 T 、相對溼度 RH 、甲醛或 TVOC 之室內濃度 $C_{V,T,RH}$ 時，甲醛或 TVOC 之建材逸散速率 ($mg/m^2 \cdot hr$)。

$AREA$ ：建材表面積(m^2)。

ACH ：換氣率(hr^{-1})。

VOL ：室內體積(m^3)。

K ：混合率(%)

假設如下：

- 1.假設一空間面積 $200m^2$ 之小型辦公空間；室內空間淨高 2.5m。
- 2.溫度 $25^\circ C$ ，相對溼度為 50%及換氣率為 0.5 ACH，空氣混合率為 50%。
- 3.使用建材資料：獲得健康綠建材標章之地毯 $119.7m^2$ ；合板輕隔間(貼壁紙) $74m^2$ ；木板材組成之木櫥櫃 $4.48m^2$ 。

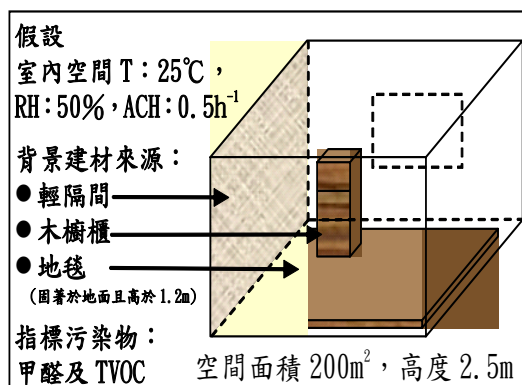


圖 3-10 室內逸散物濃度推估模型示意圖

(資料來源：李俊璋(2005))

第四章 裝修材料使用量對室內空氣品質影響之分析

第一節 室內甲醛及 VOCs 基準

一、建材有機逸散物之逸散率

國內「健康綠建材標章」，針對建材所逸散之有機化合物進行定性定量評定，而在檢測邊界條件設定上為溫度 25°C，濕度 50%，換氣率 0.5h^{-1} ， $0.4\text{m}^2/\text{m}^3$ ，並以「單位面積污染物逸散率」($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$)來評定建築材料有機逸散物之逸散效率。現今國際規範建材有機污染物指標亦是以逸散速率表示，而國內健康綠建材規範甲醛與總揮發性有機物之評定基準，分別為 $0.19\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 及 $0.08\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 。

二、室內空氣品質之甲醛濃度標準

室內空氣品質部分，以甲醛而言，各國均訂有不同之基準值，詳如表 4-1 所示，由該表顯示，各國之基準值約為 0.1ppm。在甲醛標準方面，我國環保署室內空氣品質建議值之甲醛建議值(0.1ppm)較 WHO 標準(0.08ppm)寬鬆。

表 4-1 各國甲醛濃度基準值

國家	基準
WHO	0.08ppm
美國	0.10ppm
丹麥	0.12ppm
西班牙	0.15ppm
中國大陸	0.08 mg/m^3
台灣	0.10ppm

本研究整理

三、不同濃度單位之轉換

我國環保署提供室內甲醛容許濃度值為 0.1ppm；但由於建材之逸散率並非以 ppm 作為單位，而欲將濃度單位轉換為 ppm，可透過下式：

$$\text{mg/m}^3 \text{ 和 ppm 換算關係: } \text{ppm} = \text{mg/m}^3 \times B/M$$

上式中：B：標準狀態下氣體的摩爾體積（0°C 時，B=22.4 公升；25°C 時，B=24.46 公升） M：被測物質的分子量（甲醛 HCOH M=30）即： $\text{ppm} = \text{mg/m}^3 \times 24.6/30 = \text{mg/m}^3 \times 0.82$ 。故 0.1ppm 約為 0.12 mg/m³。

環保署 TVOC 建議值(3ppm)與 WHO 標準(0.3 mg/m³)，兩者濃度表示方式(ppm 及 mg/m³)不相同，若知分子量則 ppm 及 mg/m³可轉換，但因 TVOC 中個別 VOC 種類眾多，分子量不易決定，因此不易換算。

四 室內空氣品質之 TVOC 濃度標準

在 TVOC 濃度值方面，目環保署 TVOC 建議值為 3ppm，WHO 標準依據世界衛生組織提供之建議值，包括 TVOC 標準 (0.3 mg/m³)及烷類、芳香族碳化氫(0.05 mg/m³)、烯類、氟氯化物、酯類、醛酮類（甲醛除外）、其他類等七類 VOC 物質，作為 TVOC 濃度之評定指標（如表 4-2 所示）。惟本研究認為 0.3 mg/m³係總 VOC 的值，而台灣健康綠建材之 TVOC 逸散率檢測，其評估指標性污染物僅檢測苯、甲苯、乙苯、對二甲苯、鄰二甲苯、間二甲苯，此等化合物皆屬於芳香族碳氫化合物，芳香族化合物是指苯及化學行為與苯相似之化合物，包含了苯、甲苯和二甲苯，二甲苯主要可以分為鄰、間、對三種二甲苯。

因此，與 WHO 標準相較，本研究認為目前健康綠建材標章之 TVOC 逸散速率，僅可稱芳香族碳化氫類 VOC 逸散速率，不應對照 TVOC 之 0.3 mg/m³，而應以芳香族碳化氫 0.05 mg/m³ 為基準。否則有過於寬鬆之疑慮，因為，不排除這些檢出芳香族碳氫化合物的建材，可能也含有烷類、烯類、氟氯化物、酯類、醛酮類（甲醛除外）及其他類等 VOC 物質。

表4-2 WHO 之TVOC 建議值表

VOC 的化學分類	濃度 (mg/m ³)
烷類	0.1
芳香族碳化氫	0.05
烯類	0.03
氟氯化物	0.03
酯類	0.02
醛酮類 (甲醛除外)	0.02
其他	0.05
總計 (TVOC)	0.3

(世界衛生組織(WHO)規範)

由日本厚生勞動省 VOC 化學物質管制建議表中 (表 4-3) 亦可顯示，其對各種化學物質的限量是分開進行管制的。

表 4-3 日本厚生勞動省 VOC 化學物質管制建議表

化學物質	室內濃度標準值	
	濃度標準值(μg/m ²)	空氣中之濃度
甲醛	100	0.08ppm
甲苯	260	0.07ppm
二甲苯	870	0.20ppm
對二氯苯	240	0.04ppm
乙苯	3800	0.88ppm
苯乙烯	220	0.05ppm
陶斯松	1(幼兒 0.1)	0.07ppb(0.007ppb)
肽酸二丁酯	220	0.02ppm
十四烷	330	0.04ppm
2 乙基己烷基二丁酯	120	7.6ppb
有機磷殺蟲劑	0.29	0.02ppb
乙醛	48	0.03ppm
丁基滅必蝨	33	3.8ppb

第二節 室內環境參數調查

室內環境參數，包括溫度、濕度、換氣率等，均是影響模式準確率之因素，根據研究李昭興君等的研究（2002），其以量測室內裝修一年以上之辦公空間為實測對象，測試氣候為秋冬兩季，共監測 6 棟辦公大樓及 16 個辦公空間，針對開空調與非空調兩個時段調查換氣率，發現上班時間(開啟空調狀態)之平均換氣率為 1.43ACH，資料整理如表 4.4。另外由台灣辦公大樓的通風性能與微生物濃度研究中（蘇慧貞、江哲銘，2003），針對 12 棟辦公大樓 30 個辦公空間之溫度範圍介於 18.0°C~31.0°C，濕度 40~77%之間。

為便於研究，本研究將溫度設定為 25°C，濕度設定為 50%。換氣率方面，台灣辦公大樓的通風性能與微生物濃度研究中（Pei-Chih Wu，2005），以 SF₆ 示蹤氣體濃度衰減法量測換氣率，上班期間換氣率分布範圍從 0.6(h⁻¹)至 3.97(h⁻¹)，平均換氣率為 1.68(h⁻¹)。

表 4-4 台灣辦公空間秋冬兩季換氣率實測數據

空調設定-換氣率(h ⁻¹)				
空調		非空調		全天
區間	平均值	區間	平均值	平均值
0.6-1.85	1.43	0.06-0.55	0.2	0.815

資料來源：李昭興，2002；蘇慧貞、江哲銘，2003

目前國際綠建材標章之相關檢測，包括「歐盟花標章」、「德國藍天使標章」、「芬蘭建材逸散分級標章」、「丹麥室內氣候標章」、「美國 GreenGuard 標章」、「日本環保標章」、及台灣「綠建材標章」等。標章主要以 TVOC 及甲醛逸散濃度為之評估基準。

本研究重新整理江哲銘與李俊璋（2006）之各國綠建材標章環控箱測試之環境變因設定比較，如表 4-5 所示，在健康綠建材標章中甲醛與 TVOC 逸散速率試驗之溫度、濕度因子，歐美等北溫帶國家溫度、濕度分別設定為 23°C、50%，日本之溫度、濕度則分別設定為 28°C、50%，其中日本之溫度設定較歐美高 5°C；而

台灣處於亞熱帶氣候區，溫度較日本還高，但甲醛與 TVOC 逸散速率試驗之溫濕度設定為 25°C，50%，台灣地區的溫度比日本高，但甲醛與 TVOC 試驗之溫度設定，卻與歐美等北溫帶國家相同，並比日本還低，無法反映台灣氣候特性，因此建議台灣應根據台灣亞熱帶高溫高濕氣候特性，調高甲醛與 TVOC 試驗之溫度設定條件，才能反映高溫高濕氣候對建材特性之影響。

表 4-5 各國綠建材環控箱測試之環境變因設定比較

標章種類	檢測時間	對象	環境變因設定			
			溫度(°C)	溼度(%)	換氣率(h ⁻¹)	負荷率(m ² /m ³)
德國	28 day	木製傢俱、合板、塗料	23	45	1	1
		清漆	23	50	1.25	0.4
		接著劑、密封劑	23	50	0.5	0.4
		地毯(GuT)				
地板材料(GEV)						
芬蘭	28 day	地板、清漆、地毯、接著劑	23	50	0.5	0.42
丹麥	1,3,28 day	木質地板、地毯、傢俱、室內建材	23	50	0.5	
美國	4 day	辦公傢俱、塗料、地板、天花板	23	50	1	
香港	3 day	地毯、地板	23	50	0.5	0.4
日本	1,3,7,14,28 day	木質材料、合板、集成材、單板積層材、地板	28	50	0.5	
台灣	2 day	綠建材訂定之八類	25	50	0.5	0.4

資料來源：江哲銘與李俊璋（2006），及本研究整理

第三節 容許負荷率分析

一、室內環境之假設條件

假設一辦公室空間為 450m^3 ，樓地板面積為 150m^2 (約 45 坪)，長寬各為 10m 及 15m，空間高度為 3m，則此一空間為 450m^3 ，空間內有六個裝修面，假設其中有五個裝修面採用有逸散之虞的材料，裝修總面積為 300m^2 ，負荷率為 $0.67(300/450)$ 。

二、健康綠建材標章上限值之容許負荷率分析

若上述五個面全部以綠建材進行裝修，綠建材之甲醛及 TVOC 逸散率分別為 $0.08\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ 及 $0.19\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ 。其他假設條件為：溫度為 25°C ，相對濕度為 50%，換氣率及混和率為 0.5。則經試算，此一室內空間 TVOC 濃度為 $0.51\text{mg}/\text{m}^3$ ，此值不僅超出 WHO 建議值 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，若以 WHO 對芳香族化合物的標準 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 更超出達 10 倍之多。

綠建材之甲醛逸散率分別為 $0.08\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ 。其他假設條件同為：溫度為 25°C ，相對濕度為 50%，換氣率及混和率為 0.5。則經試算，此一室內空間甲醛濃度為 $0.213\text{mg}/\text{m}^3$ ，經過換算此一空間甲醛濃度約為 0.175ppm，高於於我國環保署 0.1ppm 規定。

由分析結果發現，此一空間負荷率約為 0.67，亦即 45 坪空間僅裝修 5 個裝修面，不包括隔間、家具、櫥櫃等有逸散之虞材料之面積，即使全面採用綠建材，其 VOCs 濃度約高出 WHO 標準 10 倍，甲醛約高出我國環保署 0.1ppm 規定的 1.7 倍。此係由於即使是綠建材亦有逸散之虞，由於室內空氣品質與建材使用量息息相關，因此，本研究分析室內建材裝修量與室內空氣品質之關係，為維護健康起見，此部分分析以綠建材標章之上限值進行分析。

為瞭解健康之建材裝修量為何，本研究特進行負荷率之研究，分析結果顯示，若採用之建材 VOCs 濃度為 $0.19\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ ，則由圖 4-1 可以發現負荷率約要小於 0.4，室內的 TVOC 濃度才能在標準值之內，若以室內芳香族碳氫之 VOCs 標準，負荷率要小於 0.07，才能在標準值之內，詳圖 4.1 所示，甲醛的部分，若採用的建材甲醛濃度為 $0.08\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ ，則負荷率約要小於 0.4，室內的甲醛濃度才能在標準值之內，詳圖 4-2 所示。

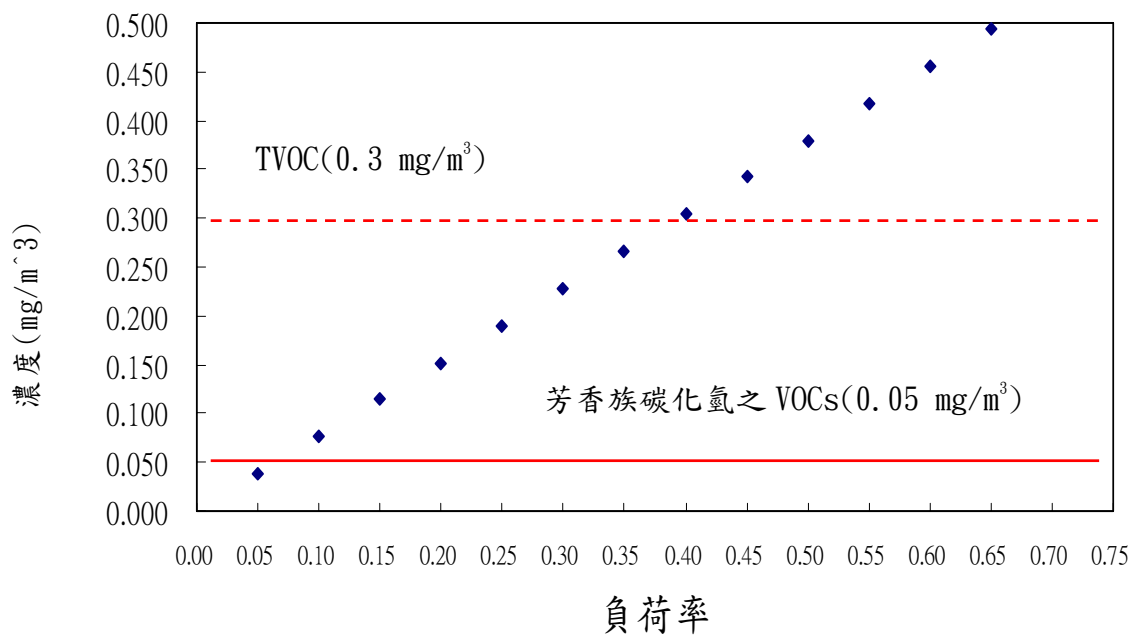


圖 4-1 以室內 VOCs 濃度上限值推估容許之負荷率

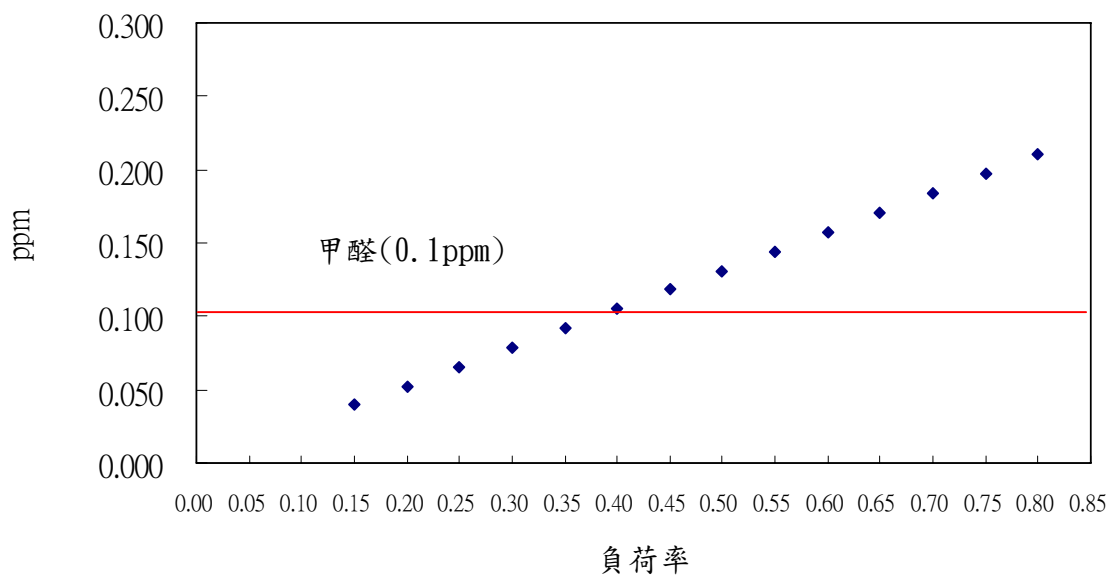


圖 4-2 以室內甲醛濃度上限值推估容許之負荷率

第四節 綠建材與非綠建材之差異分析

除了建材裝修量以外，換氣率和建材逸散率亦是影響室內有機逸散物濃度的關鍵因素，以 TVOC 而言，為了使室內芳香族碳化氫之 VOCs 符合標準($0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$)，室內的換氣率必須根據裝修量（負荷率）進行適當的調配，或者是進行室內設計時，必須依據該空間之換氣率進行裝修量的控制。然而，以實際狀況而言，所採用的建材之逸散率，可能遠比綠建材標章的基準高出很多，也可能比該基準值為低，例如獲得綠建材標章之建材，其 VOCs 值平均僅為 $0.48 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，甲醛之濃度更僅為 $0.0075 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 。另一方面，本研究為瞭解若室內裝修採用了非綠建材之材料進行裝修，室內空氣濃度變化情形，本研究將建材逸散資料庫中，逸散值高出綠建材標準之建材列出量如表 4-6、4-7 所示，TVOC 部分，由於塑膠地磚逸散率高達 $507.76 \text{ mg}/\text{m}^2\text{h}$ ，惟此類高逸散建材應非常態，因此將此筆資料剔除，再將其他資料取平均，其值為 34.6，高出標準值 182 倍。至於甲醛部分，平均值為 0.348，亦高出標準值 4.35 倍。

為瞭解綠建材標章逸散率基準值、綠建材平均逸散率、非綠建材逸散率對於容許換氣率及負荷率之影響，VOCs 部分，本研究以基準值 $0.19 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 及現有綠建材平均值 $0.048 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，分別進行分析，分析結果如圖 4.3 所示，以換氣率 1 為例，若使用的建材逸散率是 $0.19 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，則容許負荷率僅為 0.132，若使用逸散率為 $0.048 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 之建材，容許負荷率為 0.52。至於，非綠建材部分，由於其 VOCs 逸散率比標準值高達 182 倍，因此只要微量的使用，均會使室內 VOCs 濃度無法控制在標準值以下。

表 4-6 非綠建材之 VOCs 逸散率

測試建材	逸散率 (mg/m ² h)	資料來源
清漆	86.71	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」，成大建研所碩論，2004
合板(1)	73.94	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」，成大建研所碩論，2004
氯丁二烯溶劑型接著劑	5.705	江哲銘、李俊璋，「建材有機逸散物資料庫之建立—接著劑類建材」，內政部建築研究所，2004
聚氯乙稀溶劑型接著劑	36.919	江哲銘、李俊璋，「建材有機逸散物資料庫之建立—接著劑類建材」，內政部建築研究所，2004
銘木地板(含氯丁二烯接著劑)	30.016	江哲銘、李俊璋，「建材有機逸散物資料庫之建立—接著劑類建材」，內政部建築研究所，2004
地毯(含氯丁二烯接著劑)	3.918	江哲銘、李俊璋，「建材有機逸散物資料庫之建立—接著劑類建材」，內政部建築研究所，2004
塑膠地磚	0.285	陳家鋒，「複層建材揮發性有機物質逸散特性之研究-以塑膠地磚/溶劑型接著劑為例」，成大建研所碩論，2005
接著劑類	39.23	陳家鋒，「複層建材揮發性有機物質逸散特性之研究-以塑膠地磚/溶劑型接著劑為例」，成大建研所碩論，2005
塑膠地磚(含氯丁二烯溶劑型接著劑)	507.76	陳家鋒，「複層建材揮發性有機物質逸散特性之研究-以塑膠地磚/溶劑型接著劑為例」，成大建研所碩論，2005

表 4-7 非綠建材之甲醛逸散率

測試建材	逸散率 (mg/m ² h)	資料來源
木心夾板	0.1579	江哲銘、李俊璋，「建材有機逸散物資料庫之建立—地板類建材」，內政部建築研究所，2003
膠合地板(1)	0.1631	江哲銘、李俊璋，「建材有機逸散物資料庫之建立—地板類建材」，內政部建築研究所，2003
合板(1)	0.5294	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」，成大建研所碩論，2004
膠合地板(2)	0.1994	林君穎，「環境因子對室內建材 VOCs 及 Formaldehyde 逸散率之影響研究」成大環境醫學研究所碩論，2004
合板(2)	0.6902	林君穎，「環境因子對室內建材 VOCs 及 Formaldehyde 逸散率之影響研究」成大環境醫學研究所碩論，2004

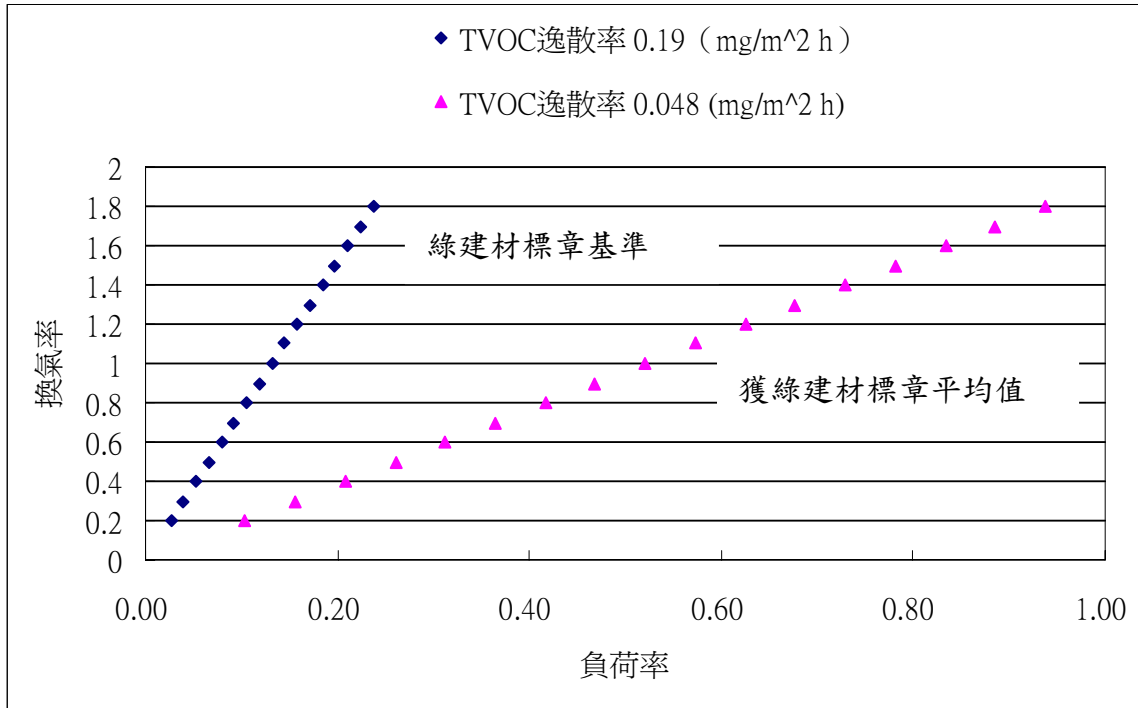


圖 4-3 室內 VOCs 標準濃度下負荷率及換氣率對應關係

甲醛部分，本研究以基準值 $0.08 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 及 現有綠建材平均值 $0.002 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，非綠建材之平均逸散率 $0.348 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，分別進行分析，分析結果如圖 4.4 所示，若換氣率可提高至 1，建材的逸散率為 $0.08 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，則容許的負荷率高達 0.75，而以目前取得綠建材標章之產品而言，實際檢出之甲醛濃度均遠低於 0.08 之標準，最大為 0.002，則即使在換氣率很低的环境內，仍有很高的容許負荷率，如果採用非綠建材（平均逸散率 $0.348 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ），則容許的負荷率僅為 0.17。

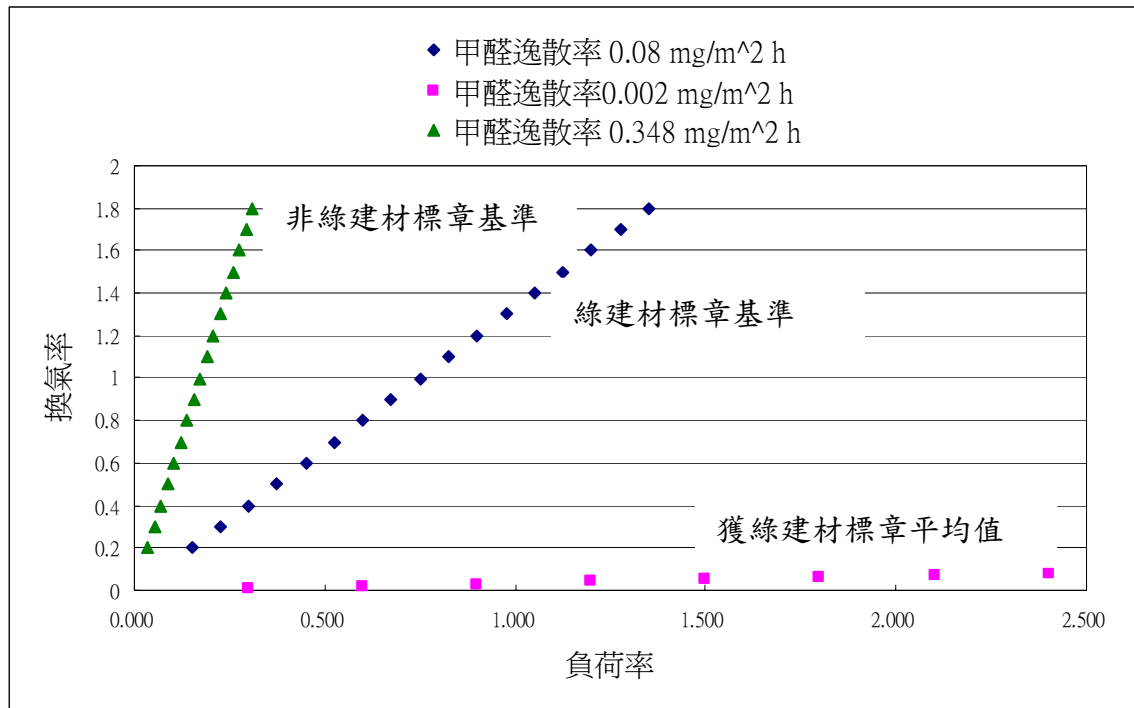


圖 4-4 室內甲醛標準濃度下負荷率及換氣率對應關係

簡言之，由於非綠建材之裝修材料，其逸散率可能高出基準值數百倍之譜，如果裝修量仍比假設的負荷率為高，則室內空氣品質將遠高於標準值數百倍之上，此一結果與相關檢測結果吻合。相反的，現有的綠建材，其逸散率均明顯較基準值為低，因此，實際之容許裝修量（負荷率）將相對提高。

第五節 室內環境指標之裝修量最佳化分析

在第三節中，本研究進行了容許負荷量的分析，但是實際之負荷量係會因使用的裝修建材、室內通風條件、建材逸散速率等因素進行調配。為了解前述三者間之最佳化調配模式，本研究結合綠建築室內環境指標中不同裝修量之門檻分類進行分析。

在綠建築評估系統九大指標中，室內環境指標是與室內空氣品質及綠建材最為相關之指標，在此一指標中又細分音環境（總分 100 分，比重為 0.2）、光環境（總分 100 分，比重為 0.2）、通風換氣環境（總分 100 分，比重為 0.2）、室內建材裝修（總分 100 分，比重為 0.4）、其他生態建材（總分 100 分，比重為 0.2）等五項評分判斷。其中室內建材裝修之評分判斷項目中，總分 100 分，其中天花板面、牆壁面、地板面若各使用綠建材至少占建材總量 50% 以上，可各得 20 分。

整體裝修建材中若僅有基本構造裝修量，可得 40 分，此部分評分判斷是全面以簡單粉刷裝修，或簡單照明系統天花裝修者，惟粉刷亦是可能之逸散來源，建議將粉刷也納入裝修定義中，亦即基本裝修量應不包括板材及塗料，則此部分之負荷率可以設定為 0；而採用少量裝修（70% 以上天花板或牆面未裝潢裝修者）可得 30 分，經試算此部分的負荷率為 0.2；中等裝修量可得 20 分，（50% 以上天花板或牆面未裝潢裝修者）可得 20 分，經試算此部分的負荷率為 0.33；大量裝修量（30% 以上天花板或牆面未裝潢裝修者）可得 5 分，經試算此部分的負荷率為 0.6，彙整如表 4-8。

表 4-8 綠建築室內環境指標建材裝修量與負荷率之轉換關係

	現行室內環境指標之評分判斷	裝修量與負荷率之轉換
基本構造裝修	基本構造裝修量（全面以簡單粉刷裝修，或簡單照明系統天花裝修者）	0
少量裝修	70% 以上天花板或牆面未被板材裝潢裝修者	0.2
中等裝修	50% 以上天花板或牆面未被板材裝潢裝修者	0.33
大量裝修	30% 以上天花板或牆面未被板材裝潢裝修者	0.6

由於影響室內有機逸散物濃度的因素包括建材的逸散率、裝修量、換氣率，

將綠建築室內空氣品質指標中不同裝修量，換算成負荷率，並設定 0.5、1.0、1.5 三種換氣率，假設使用的建材其 VOCs、甲醛分別是綠建材標章指標值的上限(0.19 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 、0.08 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$)和目前綠建材的平均值(0.048 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 、0.002 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$) 進行分析，將不同負荷率及換氣率進行試算，分析結果如表 4-9 所示，當建材 VOCs 逸散率為 0.19 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，在三組換氣率下，即使用少量裝修（少量裝修，負荷率 0.2），室內芳香族濃度均高於 WHO 建議值 0.05 mg/m^3 ，但是當使用的建材，其逸散率僅為 0.048 時，在三組換氣率下，用少量裝修（少量裝修，負荷率 0.2），室內芳香族濃度均低於 WHO 建議值 0.05 mg/m^3 ，當提高換氣率至 1.5 時，即使大量裝修，室內芳香族濃度均亦可低於 WHO 建議值。甲醛部分，模擬分析中，僅大量裝修、且換氣率為 0.5、建材逸散率為 0.08 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，室內甲醛濃度將超於 0.12 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ (0.1ppm)，分析結果詳如表 4-10 所示。

表 4-9 不同負荷率、換氣率、建材逸散率對應之室內 VOCs 濃度
(單位： mg/m^3)

負荷率 \ 換氣率 \ 逸散率	0.19 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 綠建材基準值			0.048 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 標章平均值		
	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.200	0.152	0.076	0.051	0.038	0.019	0.013
0.333	0.253	0.127	0.084	0.064	0.032	0.021
0.600	0.456	0.228	0.152	0.115	0.058	0.038

表 4-10 不同負荷率、換氣率、建材逸散率對應之室內甲醛濃度
(單位：mg / m²)

負荷率 \ 換氣率 \ 逸散率	0.08 mg / m ² · hr 綠建材基準值			0.002 mg / m ² · hr 標章平均值		
	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5
0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000
0.200	0.064	0.032	0.021	0.0016	0.0008	0.0005
0.333	0.107	0.053	0.036	0.0027	0.0013	0.0009
0.600	0.192	0.096	0.064	0.0048	0.0024	0.0016

從上述分析可知，室內 TVOC 濃度超標之可能性遠較甲醛為高，造成此一原因的主要理由係因建材中 TVOC 逸散率明顯較甲醛為高，雖然綠建材評定基準中，TVOC 之逸散率為 0.19，約比甲醛逸散率 0.08 高出 2.37 倍，但實際量測結果，綠建材的部分，TVOC 逸散率約高出甲醛 64 倍，非綠建材部分，TVOC 逸散率約高出甲醛 99.4 倍。另外，室內濃度基準也是原因之一，甲醛的濃度標準為 0.1ppm，換算為濃度單位約為 0.12 mg/m³，而對照 WHO 的標準，芳香族的苯類允許之濃度為 0.05 mg/m³，反而比甲醛濃度為低。

第五章 結論與建議

第一節 結論

經對我國室內空氣品質及綠建材標章之相關法規、管理機制、管制項目及檢驗方法等問題之分析檢討，及模擬分析裝修材料之使用量對室內空氣品質之影響，本研究歸納室內裝修材料對辦公室建築空氣品質影響之相關性，有 2 點重要結論如下：

一、室內空氣品質與裝修材料使用量息息相關，室內裝修量越高對室內空氣品質影響越大，經模擬分析發現，室內環境之裝修量負荷率(Loading factor)須小於 0.4，室內環境之 TVOC、甲醛濃度才會在健康標準之內。

以健康綠建材標章中甲醛逸散速率之上限值($0.08 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$)，在 25°C 、相對濕度 50%，換氣率及混和率為 0.5 等條件下，僅裝修 5 個裝修面之室內空間之裝修量負荷率約為 0.67，以 45 坪之室內空間為例，不包括隔間、家具、櫥櫃等有逸散甲醛之虞材料之面積。本研究模擬發現即使各裝修面皆採用綠建材，其 VOCs 濃度約高出 WHO 標準 10 倍，甲醛約高出我國環保署 0.1ppm 規定的 1.7 倍。因此，即使全面使用綠建材，亦會因裝修量過大而超過標準。健康室內環境之建材裝修量為何？由本研究分析結果顯示，若採用之建材 TVOCs 逸散速率之上限值($0.19 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$)及甲醛逸散速率之上限值($0.08 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$)條件下，裝修量負荷率約須小於 0.4，室內的 TVOCs、甲醛濃度才能在標準值之內，若以芳香族碳氫類 VOCs，負荷率要小於 0.07，室內芳香族碳氫類之 VOCs 濃度才能在標準值之內。

二、影響室內有機逸散物濃度的關鍵因素，除裝修材料使用量外，換氣率及建材逸散率亦是重要因素，健康室內環境之設計可依該空間之換氣率進行裝修量的控制，或採用符合綠建材標章之建材控制。

實務上，所採用的建材之逸散速率，可能遠比綠建材標章之逸散速率基準高出很多，或比該基準值為低，例如獲得綠建材標章之建材，其 TVOC 之逸散速率之

平均值僅為 $0.48 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ，甲醛之逸散速率之平均值更僅為 $0.0075 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 。其次，室內裝修採用非綠建材之材料進行裝修，室內空氣濃度變化情形，如表 4-6、4-7 所示，其值為 34.6，高出標準值 182 倍；甲醛部分，平均值為 0.348，亦高出標準值 4.35 倍。相反的，現有綠建材標章之建材，其逸散速率均明顯較基準值為低。因此，為了符合室內空氣品質之 TVOC 濃度 ($0.3 \text{ mg} / \text{m}^3$) 標準，室內環境的換氣率必須根據裝修材料之使用量（負荷率）進行適當的調配，在進行室內設計時，即須依據該空間之換氣率進行裝修量的控制，或採用符合綠建材標章之建材控制室內有機逸散物濃度。

第二節 建議

根據研究發現，本研究針對室內建材裝修使用量與室內空氣品質之關聯性，提出下列具體建議，以下分別從立即可行的建議、及中長期建議加以列舉：

建議一

針對台灣亞熱帶高溫高濕氣候特性，建議調高綠建材標章中甲醛與 TVOC 逸散速率試驗之溫度設定：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

在健康綠建材標章中甲醛與 TVOC 逸散速率試驗之溫度、濕度因子，歐美等北溫帶國家溫度、濕度分別設定為 23°C、50%，日本之溫度、濕度則分別設定為 28°C、50%，其中日本之溫度設定較歐美高 5°C；而台灣處於亞熱帶氣候區，溫度較日本還高，但甲醛與 TVOC 逸散速率試驗之溫濕度設定為 25°C，50%，台灣地區的溫度比日本高，但甲醛與 TVOC 試驗之溫度設定，卻與歐美等北溫帶國家相同，並比日本還低，無法反映台灣氣候特性，因此建議台灣應根據台灣亞熱帶高溫高濕氣候特性，調高甲醛與 TVOC 試驗之溫度設定條件，才能反映高溫高濕氣候對建材特性之影響。

建議二

目前綠建材標章中 TVOC 逸散速率之指標性污染物檢測，僅針對芳香族碳氫化合物類揮發性有機物(VOCs)，建議參照 WHO 標準逐步增加測定各類揮發性有機物物質，以期與國際接軌：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、行政院環境保護署

我國健康綠建材標章中 TVOC 逸散速率之性能評估基準，其指標性污染物檢測，包括苯、甲苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯及乙苯等揮發性有機物(VOCs)，根據 WHO 標準，皆屬芳香族碳氫類之揮發性有機物。目前 WHO 之室內空氣品

質評估標準，TVOC 逸散速率之指標性污染物檢測，除芳香族碳氫類 VOCs 外，尚包括烷類、烯類、氟氯化物、酯類、醛酮類（甲醛除外）及其他類等 6 類揮發性有機物，且 TVOC 逸散速率之標準(0.3 mg/m^3)與芳香族碳氫類 VOCs 逸散速率之標準(0.05 mg/m^3)相差 6 倍，為避免低估 TVOC 逸散速率之量，因此，建議健康綠建材標章之 TVOC 逸散速率之性能評估基準，其指標性污染物測試，除現有芳香族碳氫類揮發性有機物外，應逐步增加測定其他 6 類揮發性有機物。

附錄一、期初審查及回應

內政部建築研究所 96 年度第七次研究業務協調會議紀錄

- 一、開會時間：96 年 4 月 16 日上午 9 時整
- 二、開會地點：本所簡報室
- 三、主持人：葉副所長世文 記錄：呂文弘、郭建源、李鎮宏、姚志廷、吳秉宸
- 四、宣讀上次會議紀錄，決定：
第 6 次研究業務協調會議紀錄確定。
- 五、自行研究計畫簡報：(略)
- 六、綜合討論：(略)
- 七、會議結論：

...

(四)「裝修建材有機逸散物對室內空氣品質影響之研究」案：

- 1.簡報內容中有些用語及名詞易引起混淆，例如「室內空氣品質標準」是否為環保署訂定之「室內空氣品質建議值」之誤繕，請釐清修正。
- 2.本案之研究內容具有研究價值，惟題目應重新調整，以期具體反應研究內容。
- 3.本研究涉及建材逸散率之衰減變化、研究空間環境及大小，具有一定之研究難度，建議未來可考量以建立實驗屋之方式進行研究。
- 4.研究題目及內容所指「裝修建材」，建議參考建築技術規則用語；另有機逸散物之定義建議明確說明。
- 5.題目修正為「室內裝修材料對辦公室建築空氣品質相關性之研究～以甲醛及 TVOC 為例」。

八、主席指示事項：

- (一) 本次報告研究案之題目未盡妥適部分，請研究同仁依討論意見審慎考量後酌予修正；若經考量後不作修正者，應於研究範圍或內容上加強說明界定。
- (二) 兩位以上同仁合作一個研究案，其排名應依工作量大小作為排序先後；工作量相當者，則以尊重資深同仁優先為原則。
- (三) 對於各位同仁所提供之意見，請研究人員審慎考量，以作為後續研究參考。

九、散會：11 時 10 分

審查意見回應

	審 查 意 見	回 應 情 形
一	簡報內容中有些用語及名詞易引起混淆，例如「室內空氣品質標準」是否為環保署訂定之「室內空氣品質建議值」之誤繕，請釐清修正。	遵示辦理
二	本案之研究內容具有研究價值，惟題目應重新調整，以期具體反應研究內容。	遵示辦理。
三	本研究涉及建材逸散率之衰減變化、研究空間環境及大小，具有一定之研究難度，建議未來可考量以建立實驗屋之方式進行研究。	參考辦理。
四	研究題目及內容所指「裝修建材」，建議參考建築技術規則用語；另有機逸散物之定義建議明確說明。	遵示辦理。
五	題目修正為「室內裝修材料對辦公室建築空氣品質相關性之研究～以甲醛及TVOC為例」	遵示辦理。

附錄二、期中審查及回應

內政部建築研究所 95 年度「艙中艙環控箱建材 VOC 試驗法之比較研究」、「室內裝修材料對辦公室建築空氣品質相關性之研究(以甲醛及 TVOC 為例)」及「營建材料石綿鑑定檢測技術之研究等 3 案自行研究計畫期中審查會議紀錄

一、時間：96 年 8 月 13 日(星期一)上午 9 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、出席人員：詳簽到單

四、主席：陳組長瑞鈴 記錄：林霧霆

五、主席致詞：(略)

六、業務單位報告：(略)

七、自行研究案主持人簡報：(略)

八、綜合討論與建議：

...

(二)「室內裝修材料對辦公室建築空氣品質相關性之研究(以甲醛及 TVOC 為例)」案

李教授俊璋

1. 第 9 頁倒數第六行末，關於卜特蘭高爐水泥建議納入綠建材部分，因其無 VOCs 及 HCHO 逸散之虞，是否納入應審慎考量。
2. 表 2.4 之 TPT 應譯為三苯基錫。
3. 關於室內空氣品質模式之文獻收集較少，建議加強蒐集。
4. 建議採用不同室內物理、化學因子對建材 HCHO、TVOC 逸散之影響模式。
5. 建議蒐集 HCHO、TVOC 之沈降機制影響因子及推估模式。
6. P42. 引用本人之公式(7)時應一併說明此公式之假設條件及其適用範圍。
7. 建議本階段先以發展簡化模式為主，許多環境條件及物理、化學因子並須嚴謹假設。

鄒教授哲宗

1. 歐盟目前已有 27 國，請更正第 11 頁的文字。
2. 日本對於不同逸散等級之建材，有對應的使用條件限制，建議可以蒐集這方面的資料。
3. 報告書中部分文字請改正，如「孢子類」應為「孢類」、「乙稀苯」應為「苯乙稀」、「粒子板」及「碎料板」應為「粒片板」。另報告書格式及文獻格式亦請一併修正。

中華民國室內設計裝修同業公會全聯會（陳建築師泰昌）

建議政府部門加強對進口角材及層積材的後市場管理。

財團法人中華建築中心（李副理明賢）

- 1.目前健康綠建材之甲醛標準僅達日本 JIS 標準 2~3 顆星之標準，未來仍有提高標準之空間。
- 2.未來進行模式驗證時，建議可採單一實驗室測試的樣品，減少變因。

陳組長文卿(書面意見)

建材逸散 HCHO、TVOC 係因其原料組成或製程、加工時使用有機溶劑類物質，但不同類建材使用程度差異極大，對於無機類建材，如石膏板、矽酸鈣板等，可能使用量極微，而塗料、接著劑卻是其主成分之一，因此前者往往很容易就可達到「健康」綠建材的管制限值以下，後者顯然困難度較高，建議於 2.2.2 節中針對此問題加以探討，以期未來提出對不同類建材 TVOC、HCHO 之管制限值建議。

本所陳組長瑞鈴

- 1.本研究欲發展之模式影響變因過多，包括溫度、濕度、換氣率、混和率、裝修量等，建議提出簡化而可行之模式。
- 2.建材裝修量和室內換氣率是影響室內 HCHO、TVOC 濃度之兩大主因，在考量裝修量時，可比照綠建築評估系統，將裝修量區分為高、中、低三等級；換氣率的部分，應考量自然通風及封閉型建築兩種型態。

...

九、結論：

- (一) 報告書格式及相關內容撰述，請依內政部相關規定撰寫。
- (二) 各案計畫期中報告原則審查通過，各出（列）席人員提供之意見請詳實記錄，請研究團隊參採並配合修正，同時應於期末報告中提出回應說明。
- (三) 後續經費支用與核銷相關行政作業應依既定進度確實執行，並如期完成既定目標與預期成果。

十、散會(中午 12 時正)。

審查意見回應

	審 查 意 見	回 應 情 形
一	<p>1. 第 9 頁倒數第六行末，關於卜特蘭高爐水泥建議納入綠建材部分，因其無 VOCs 及 HCHO 逸散之虞，是否納入應審慎考量。</p> <p>2. 表 2.4 之 TPT 應譯為三苯基錫。</p> <p>3. 關於室內空氣品質模式之文獻收集較少，建議加強蒐集。</p> <p>4. 建議採用不同室內物理、化學因子對建材 HCHO、TVOC 逸散之影響模式。</p> <p>5. 建議蒐集 HCHO、TVOC 之沈降機制影響因子及推估模式。</p> <p>6. P42. 引用本人之公式(7)時應一併說明此公式之假設條件及其適用範圍。</p> <p>7. 建議本階段先以發展簡化模式為主，許多環境條件及物理、化學因子並須嚴謹假設。</p>	<p>1. 參考辦理</p> <p>2. 遵示修正</p> <p>3. 參考辦理</p> <p>4. 參考辦理</p> <p>5. 參考辦理</p> <p>6. 遵示辦理</p> <p>7. 遵示辦理，本研究之簡化模式，將考量換氣率、混和率、裝修量等。</p>
二	<p>1. 歐盟目前已有 27 國，請更正第 11 頁的文字。</p> <p>2. 日本對於不同逸散等級之建材，有對應的使用條件限制，建議可以蒐集這方面的資料。</p> <p>3. 報告書中部分文字請改正，如「孢子類」應為「孢子類」、「乙稀苯」應為「苯乙稀」、「粒子板」及「碎料板」應為「粒片板」。另報告書格式及文獻格式亦請一併修正。</p>	<p>1. 遵示修正。</p> <p>2. 參考辦理。</p> <p>3. 遵示修正，報告書格式及文獻格式，依內政部規定統一修正。</p>
三	建議政府部門加強對進口角材及層積材的後市場管理。	參考辦理。
四	<p>1. 目前健康綠建材之甲醛標準僅達日本 JIS 標準 2~3 顆星之標準，未來仍有提高標準之空間。</p> <p>2. 未來進行模式驗證時，建議可採單一實驗室測試的樣品，減少變因。</p>	參考辦理。
五	建材逸散 HCHO、TVOC 係因其原料組成或製程、加工時使用有機溶劑類物質，但不同類建材使用程度差異極大，對於無機類建材，如石膏板、矽酸鈣板等，可能	納入考量。

	<p>使用量極微，而塗料、接著劑卻是其主成分之一，因此前者往往很容易就可達到「健康」綠建材的管制限值以下，後者顯然困難度較高，建議於 2.2.2 節中針對此問題加以探討，以期未來提出對不同類建材 TVOC、HCHO 之管制限值建議。</p>	
六	<p>1. 本研究欲發展之模式影響變因過多，包括溫度、濕度、換氣率、混和率、裝修量等，建議提出簡化而可行之模式。</p> <p>2. 建材裝修量和室內換氣率是影響室內 HCHO、TVOC 濃度之兩大主因，在考量裝修量時，可比照綠建築評估系統，將裝修量區分為高、中、低三等級；換氣率的部分，應考量自然通風及封閉型建築兩種型態。</p>	<p>1. 本研究之室內空氣品質簡化模式，已將換氣率、混和率、裝修量納入考量等。</p> <p>2. 遵示辦理，並一併檢討綠建築評估系統之室內環境指標。</p>

附錄三、期末審查及回應

內政部建築研究所 95 年度「艙中艙環控箱建材 VOC 試驗法之比較研究」、「室內裝修材料對辦公室建築空氣品質相關性之研究(以甲醛及 TVOC 為例)」及「營建材料石綿鑑定檢測技術之研究等 3 案自行研究計畫期末審查會議紀錄

一、時間：96 年 12 月 18 日(星期二)上午 9 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、出席人員：詳簽到單

四、主席：陳組長瑞鈴 記錄：林霧霆

五、主席致詞：(略)

六、業務單位報告：(略)

七、自行研究案主持人簡報：(略)

八、綜合討論與建議：

...

(二)「室內裝修材料對辦公室建築空氣品質相關性之研究(以甲醛及 TVOC 為例)」案

江教授哲銘 (邵教授文政代)

1. 本研究十分深入，並提出重要建議，貢獻卓著。
2. 理論推估部分，建議可參考本年度實測住宅案例之結果，進行推估及討論。
3. 建議未來可參考日本建築基本法之規範內容，再詳加探討以了解推估之內容是否恰當。
4. 建議結論可增加 TVOC 化合物種類之必要性之陳述。

段教授葉芳

1. ppm 係指 mg/L，其本身即為濃度單位。
2. 逸散率為物質在某條件下的逸散行為，濃度為空間中物質存在的量，建議加以釐清。
3. 負荷率之定義需合乎邏輯，或有所參考依據，建議加以補充。

黃教授榮堯

1. 研究用心，目標明確，資料回顧完整，並提出具體成果與建議，值得肯定。

2. 本研究使用之簡化評估模式，若係修改他人之模式，宜增加模式正當性之探討。
3. 室內整體裝修若依本研究建議修正，將形成大多數建物屬「大量裝修」；情境分析建議將通風換氣條件納入考量。

曾教授昭衡

1. 環保署係以 CH_4 之分子量作為 TVOC 之分子量。
2. 建議將時間因素納入模式探討。
3. 建議可探討苯類佔 TVOC 之比例，若苯類以外物質比例甚少，未必要加測其他 VOCs，僅需註明清楚即可。

台灣省建築材料商業同業公會聯合會(王總幹事榮吉)

健康綠建材對人體健康有深遠影響，未來可考慮逐步提升其評定基準，進一步確保國人居住健康。

經濟部標準檢驗局(黃小姐夏苓)

建議設計簡明表格，供一般民眾檢核住家的空氣品質是否合於標準值，或作為室內裝修設計之參考。

張教授靜文(書面意見)

1. 本研究收集相當多的資訊，對於未來擬定 IAQ 政策、管理、以及建立基準值與評估模式，均具有相當的貢獻，值得肯定。
2. 全文有許多相當寶貴的資訊，然多處均無適當文獻出處的註解，建議可予以加強，俾利幫助讀者瞭解資料的出處，也能與本研究產出的數據有所區隔。
3. P12 退伍軍人症英文為 Legionnaires' disease，請修正。另「退伍軍人症病」中「症」或「病」擇一即可。
4. P12 與 P23 引用聯合報與民生報資訊部分，是否可使用其他容易求證的文獻資料取代之？建請參考。
5. P32 之 3.2.2 節內容與圖 3.2 為本研究測量結果抑或是引用他人數據？建請能於文中說明或註解之。
6. P35 之 3.3.1 節第一段 1-11 行與 P7 中 (一) 健康綠建材內容相同，是

否誤植？

7. P35—39 有關環控箱量測部分，建請補充（一）被測建材的來源、尺寸等資訊（二）各項建材測定之樣本數。
8. P40 室內現場量測部分，建請補充（一）量測地點（例如：XX 辦公室）（二）與量測項目相關之建築物特性（三）室內量測點說明（例如：訪客接待區）（四）樣本數，俾能強化本研究未來的應用性。
9. 是否可補充說明 P42 第二行 $E(t)$ 公式來源以及各污染源逸散參數之意義？
10. 本研究若有進行 3.3.1 環控箱量測以及 3.3.2 室內現場量測，建議可將其結果與 IAQ 評估模式互相比較，以強化模式的說服性。
11. P54 第一段內容若係依據 P44 公式(7)計算所得，在相同基準值下 ($0.3\text{mg}/\text{m}^3$)，當換氣率為 1 時，其 VOC 容許負荷應較 P51 換氣率為 0.5 時高，然 P54 中說明換氣率為 1 時，其 VOC 容許負荷為 0.132，低於 P51 中圖 4.1，顯示 P54 的說明以及圖 4.3 可能有誤，建請再查證或是適當補充不一的原因。

本所陳組長瑞鈴

1. 台灣地區的溫度比日本高，甲醛與 TVOC 試驗之溫度設定，卻比日本低，建議進行探討並納入結論與建議。
2. 目前 TVOC 檢測僅針對芳香族碳氫化合物類 VOCs，建議未來應逐步增加測定物質的種類，以期與國際接軌。
3. 本所招標室剛完成室內裝修，可考量將此案例納入本研究，進行相關比對與驗證。

計畫主持人羅研究員時麒回應

1. 本研究將加強對濃度單位、溫度因子、時間因子的探討與分析，以使研究更為完整。
2. 本年度之研究成果已針對各種情境進行模擬分析，惟未來尚須進行實證研究加以驗證後再考量製作簡易查核表。

...

九、結論：

各案期末報告審查原則通過，與會專家學者及出席代表意見請各計畫主持人參採，並依限完成成果報告。

十、散會(中午 12 時正)

審查意見回應

	審 查 意 見	回 應 情 形
一	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究十分深入，並提出重要建議，貢獻卓著。 2. 理論推估部分，建議可參考本年度實測住宅案例之結果，進行推估及討論。 3. 建議未來可參考日本建築基本法之規範內容，再詳加探討以了解推估之內容是否恰當。 4. 建議結論可增加 TVOC 化合物種類之必要性之陳述。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 略。 2. 參考辦理。 3. 參考辦理。 4. 遵示修正。
二	<ol style="list-style-type: none"> 1. ppm 係指 mg/L，其本身即為濃度單位。 2. 逸散率為物質在某條件下的逸散行為，濃度為空間中物質存在的量，建議加以釐清。 3. 負荷率之定義需合乎邏輯，或有所參考依據，建議加以補充。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參考辦理。 2. 遵示修正。 3. 補充修正。
三	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究用心，目標明確，資料回顧完整，並提出具體成果與建議，值得肯定。 2. 本研究使用之簡化評估模式，若係修改他人之模式，宜增加模式正當性之探討。 3. 室內整體裝修若依本研究建議修正，將形成大多數建物屬「大量裝修」；情境分析建議將通風換氣條件納入考量。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 略。 2. 補充修正。 3. 再與討論。
四	<ol style="list-style-type: none"> 1. 環保署係以 CH₄ 之分子量作為 TVOC 之分子量。 2. 建議將時間因素納入模式探討。 3. 建議可探討苯類佔 TVOC 之比例，若苯類以外物質比例 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參考辦理。 2. 補充修正。 3. 參考辦理。

	甚少，未必要加測其他 VOCs，僅需註明清楚即可。	
五	健康綠建材對人體健康有深遠影響，未來可考慮逐步提升其評定基準，進一步確保國人居住健康。	參考辦理。
六	建議設計簡明表格，供一般民眾檢核住家的空氣品質是否合於標準值，或作為室內裝修設計之參考。	參考辦理。
七	<p>1. 本研究收集相當多的資訊，對於未來擬定 IAQ 政策、管理、以及建立基準值與評估模式，均具有相當的貢獻，值得肯定。</p> <p>2. 全文有許多相當寶貴的資訊，然多處均無適當文獻出處的註解，建議可予以加強，俾利幫助讀者瞭解資料的出處，也能與本研究產出的數據有所區隔。</p> <p>3. P12 退伍軍人症英文為 Legionnaires' disease，請修正。另「退伍軍人症病」中「症」或「病」擇一即可。</p> <p>4. P12 與 P23 引用聯合報與民生報資訊部分，是否可使用其他容易求證的文獻資料取代之？建請參考。</p> <p>5. P32 之 3.2.2 節內容與圖 3.2 為本研究測量結果抑或是引用他人數據？建請能於文中說明或註解之。</p> <p>6. P35 之 3.3.1 節第一段 1-11 行與 P7 中（一）健康綠建材內容相同，是否誤植？</p> <p>7. P35—39 有關環控箱量測部分，建請補充（一）被測建材的來源、尺寸等資訊（二）各項建材測定之樣本數。</p> <p>8. P40 室內現場量測部分，建請補充（一）量測地點（例如：XX 辦公室）（二）與量測項目相關之建築物特性（三）室內量測點說明（例如：訪客接待區）（四）樣本數，俾能強化本研究未來的應用性。</p> <p>9. 是否可補充說明 P42 第二行 $E(t)$ 公式來源以及各污染源逸散參數之意義？</p> <p>10. 本研究若有進行 3.3.1 環控箱量測以及 3.3.2 室內現</p>	<p>1. 略。</p> <p>2. 遵示辦理，並已補正。</p> <p>3. 遵示辦理，並已修正。</p> <p>4. 參考辦理。</p> <p>5. 資料來源為本研究整理，已加註。</p> <p>6. 重複處已修正。</p> <p>7. 參考辦理。</p> <p>8. 參考辦理。</p> <p>9. 參考辦理。</p> <p>10. 參考辦理。</p>

	<p>場量測，建議可將其結果與 IAQ 評估模式互相比較，以強化模式的說服性。</p> <p>11.P54 第一段內容若係依據 P44 公式(7)計算所得，在相同基準值下 (0.3mg/m³)，當換氣率為 1 時，其 VOC 容許負荷應較 P51 換氣率為 0.5 時高，然 P54 中說明換氣率為 1 時，其 VOC 容許負荷為 0.132，低於 P51 中圖 4.1，顯示 P54 的說明以及圖 4.3 可能有誤，建請再查證或是適當補充不一的原因。</p>	<p>11. 遵示辦理，並已修正。</p>
<p>八</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣地區的溫度比日本高，甲醛與 TVOC 試驗之溫度設定，卻比日本低，建議進行探討並納入結論與建議。 2. 目前 TVOC 檢測僅針對芳香族碳氫化合物類 VOCs，建議未來應逐步增加測定物質的種類，以期與國際接軌。 3. 本所招標室剛完成室內裝修，可考量將此案例納入本研究，進行相關比對與驗證。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵示辦理，已納入第五章。 2. 遵示辦理，已納入第五章。 3. 因檢測儀器送原場校正，故本意見年度暫不考量。

附錄四、大陸地區室內空氣品質法制化及實施概況

(摘錄：羅時麒、徐虎嘯，大陸地區室內空氣品質法制化及實施概況考察報告，內政部建築研究所，2007)

(一)大陸地區室內空氣品質之法制化

大陸地區室內空氣品質法制化之發展歷程，可區分成三階段，第一階段自1980年代後期起，因全球面臨能源危機，開始關注冷暖空調議題，此階段強調建築節約能源，惟社會民眾之認知普遍不高。第二階段1990年代中期，隨經濟快速發展，室內過度裝修及使用不合格建材，建材、裝修、及家具污染成為室內環境污染新問題，政府、企業、民眾、及媒體開始關注室內空氣污染議題，強調室內污染控制，於是制定「民用建築工程室內環境污染控制規範」及「室內空氣質量標準」等規範。第三階段為2003年春SARS後，社會開始關注公共場所空調通風系統傳播疾病，引起微生物之污染問題，並引起社會高度重視。

在體制上，大陸中央並無營建法規，而是以國家標準(GB)之「強制性條文」及「推薦性條文」進行管理，地方則可制定更嚴格之標準。

大陸室內空氣品質相關規範，依性質可區分維三類：

1. 衛生標準：現行國家標準「公共場所衛生標準」、「工業企業設計衛生標準」對室內空氣品質的參數都有規定，例如，旅店業衛生標準(GB 9663-1996)，屬強制性國家標準。2002年發布「室內空氣質量標準(GB/T 18883-2002)」，屬推薦性國家標準。
2. 空氣質量監測標準：(1)建材標準：例如，2002年7月1日起強制執行「室內裝飾裝修材料有害物質限量標準」，包括人造板(GB 18580-2001)、木器漆(GB 18581-2001)、內牆塗料(GB 18582-2001)、膠黏劑(GB 18583-2001)、木家具(GB 18584-2001)、壁紙(GB 18585-2001)、聚氯乙稀卷材地板(GB 18586-2001)、地毯(GB 18587-2001)及等10項材料，屬強制性國家標準。

(2)運行管理標準：民用建築工程室內環境污染控制規範(GB 50325-2001)，屬強制性國家標準。

3. 法律文件：例如，國務院「公共場所衛生管理條例」，1987年4月1日公布，2007年修正，罰款最高100萬。

至於各種質量檢測之規範，則需依附於各行業研究單位，並經國家質量總局認可，例如，國家空調設備質量監督檢驗中心，全國有2個國家級監督檢驗中心，其任務為監督許可、計量認證、實驗室認證。

(二)大陸地區室內空氣品質之實施概況

大陸地區室內空氣品質之發展，尚處於起步階段，其定位與先進國家不同，1980年末至1998年，曾發展室內空氣品質議題，惟因大陸建築規模太大，每年約有20億新建工程，首要問題是解決人居環境之室內空氣污染控制問題，而非室內空氣品質之問題。目前大陸地區室內空氣品質法規實施情況，由於法規公布實施、政府管理及監督、媒體報導、企業配合，已使問題有較大提升；建設部公布實施之民用建築工程室內環境污染控制規範(GB 50325-2001)，將氫、甲醛、苯、氨及TVOC等列為建築工程驗收之強制檢測內容，其強制性條文6.0.4規定：民用建築工程驗收時，必須進行室內環境污染物濃度檢驗。近期，針對室內環境污染物質量超標之求償問題，大陸地區已出現訴諸法律之案例。

至於室內空氣品質之檢測，有能力進行室內空氣品質檢測之廠商，以上海為例，目前約有50家。檢測業務，包括：室內環境現場檢測、空氣淨化器檢測、及其他空調產品等檢測，說明如下：

1. 現場檢測：室內空氣質量標準(GB/T 18883-2002)為推薦性規定，無強制性，大陸不強制實施之主要原因，為經濟條件不足，因為提高室內空氣品質需提高通風量，投資增加、能耗增加，大陸目前經濟條件做不到。其次，民用建築工程室內環境污染控制規範(GB 50325-2001)為強制性條文，竣工後強制

檢測，但竣工時並無室內裝修，故影響室內空氣品質最大之裝修材料並未納入竣工檢測範圍。

2. 空氣淨化器檢測：大陸地區受沙漠化之影響，室外空氣品質不佳，懸浮粒子濃度高，因此大陸地區民眾使用空氣淨化器之比率相當普遍，生產廠商約有 200 餘家，產品檢測需求高。
3. 其他空調產品化學污染物逸散檢測：包括非金屬風管、薄膜加濕器、空氣過濾率料等之檢測。

(三)未來展望

大陸地區新建量特別大，並有過度裝修、建材 VOC 及甲醛釋放量高等問題，大陸冷暖空調界議致力改善室內空氣品質之理論、技術、產品系統、檢測、評價及管理。目前室內空氣品質檢測之前景看好，但市場規範不足，亟需整合其他部門投入。有關大陸室內空氣品質問題，主要存在問題，包括：(1)社會認知尚停留在表面現象，(2)政府各部門間協調不足，(3)法規合理性、可操作性及及配套措施不足，(4)尚須強化法規的有效監督實施、(5)尚須提升檢測機構的權威與公正性，(6)尚須提升治理技術與產品的有效性與可靠性。

參考書目

壹、中文部分

- 上堀秀和，日本 Sick-House 之診斷與改善制度，《國際綠建材及室內環境品質管理制度研討會論文集》，內政部建築研究所報告，(2006)。
- 內政部建築研究所，3-7 室內環境指標，《綠建築解說與評估手冊》，pp.109-119，(2007a)。
- 內政部建築研究所，第四章健康綠建材，《綠建材解說與評估手冊》，pp.33-38，2007b。
- 內政部營建署，第 17 章綠建築，《建築技術規則》，2007。
<http://www.cpami.gov.tw/lawdata/>
- 江哲銘、邵文政、陳逸青、陳振誠，建材揮發性有機逸散物質行為預測模式之研究，《建築學報》，第 58 期，pp.41-61，中華民國建築學會，2006。
- 江哲銘，《建築室內環境保健控制綜合指標之研究》，內政部建築研究所研究報告，1999。
- 江哲銘，《辦公建築室內空氣品質與空調設備之診斷研究》，內政部建築研究所研究報告，2000。
- 行政院消費者保護委員會，室內空氣品質 必要時將研訂專法，《消費新生活運動電子報》，第 39 期，2006a。
<https://back.cpc.gov.tw/backend/epaper/epaper/0039第三十九期電子報.htm>
- 行政院消費者保護委員會，室內空氣品質 3 年工作行動計畫 Action，《消費新生活運動電子報》，第 45 期，2006b。
<https://back.cpc.gov.tw/backend/epaper/epaper/0045第四十五期電子報.htm>
- 行政院環境保護署，考察韓國及日本室內空氣品質管制策略及執行現況出國報告書，2005。
- 池田耕一，日本室內空氣品質管理制度與未來發展之趨勢，《國際綠建材及室內環境品質管理制度研討會論文集》，內政部建築研究所報告，2006。
- 李順誠，香港 IAQ 管理政策及認證制度，《室內空氣品質國際研討會》，行政院環境保護署，2006。
- 財團法人成大研究發展基金會，《建築物通風性能與室內空氣品質管制法令增修訂研究案期中報告》，內政部營建署研究報告，2007。
- 財團法人中華建築中心，《室內環境品質改善補助計畫》，內政部建築研究所研究報告，2006。
- 陳瑞鈴，推動室內環境品質研究發展及管制雜議，內政部建築研究所，2005。
- 姚志廷，綠建材市場調查與產業分析研究，內政部建築研究所，2006。
- 姚志廷，室內建材健康性能評估及管理系統之研究，《第二屆國際健康資訊管理研討會》，國立台北護理學院，2007。
- 江哲銘，綠建材解說與評估手冊～2007 年更新版，內政部建築研究所，2007。
- 江哲銘、李俊璋，健康綠建材性能實驗研究，內政部建築研究所，2006

羅時麒，因應病態建築之各國施行室內空氣品質管制機制簡介，《建築研究簡訊》，第 55 期，2007。 <http://www.abri.gov.tw>

羅時麒，建築室內空氣品質管理之現況與展望，《建築研究簡訊》，第 57 期 2007。 <http://www.abri.gov.tw>

羅時麒、陳伯勳，我國與日本室內環境品質管理制度之比較研究，《中華民國建築學會第十九屆第一次建築研究成果發表會論文集》，中華民國建築學會，2007。

羅時麒、徐虎嘯，室內空氣品質法制化及實施概況考察報告，內政部建築研究所，2007。

陳友剛，第五章第二節 整體換氣技術，《勞工衛生研究相關技術資料彙編》，勞工安全衛生研究所。

貳、英文部分

Cheong, K.W. and K.Y. Chong (2001) Development and Application of an indoor air quality audit to an air-conditioned building in Singapore, *Building and Environment*, Vol.36, 181-188.

Cheong, K.W.D. and H.Y.T. Lau (2003) Development and application of an indoor air quality audit to an air-conditioned tertiary institutional building in Singapore, *Building and Environment*, Vol.38, 605-616.

Citherlet S. and J. Hand (2002) Assessing energy, lighting, room acoustics, occupant comfort and environmental impacts performance of building with a single simulation program, *Building and Environment*, Vol.37, 845-856.

Fransson, N., D. Vastfjall, and J. Skoog (2007), In search of the comfortable indoor environment: a comparison of the utility of objective and subjective indicators of indoor comfort, *Building and Environment*, Vol.42, 1886-1890.

Guo, H., F. Murray and S.C. Lee (2003) The development of low volatile organic compound emission house-a case study, *Building and Environment*, Vol.38:1413-1422.

Lo, S.C. and J. T. Yau (2007) Developing an integrated assessment framework between green building materials and indoor air quality for office buildings, 2007 Subtropical Green Building International Conference, October3-4.

Ministry of Environment Republic of Korea, Indoor air quality management. http://eng.me.go.kr/docs/common/common_view.html

U.S. Environmental Protection Agency (2003) A standardized epa protocol for characterizing indoor air quality in large office building. http://www.epa.gov/iaq/base/pdfs/2003_base_protocol.pdf

The Government of the Hong Kong Special Administrative Region (2003) A guide on indoor air quality certification scheme for offices and public places. <http://www.iaq.gov.hk/cert/doc/CertGuide-eng.pdf>

Walker, W. E. (2000) Policy analysis: a systematic approach to supporting policymaking in the public sector, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Vol.9, 11-27.

WHO European Centre for Environment and Health (1999), Strategic approaches to indoor air policy-making, EUR/ICP/EHBI040202.

参、日文部份

厚生労働省，室内空气中化学物質についての相談マニュアル作成の手引き。

<http://www.mhlw.go.jp/houdou/0107/h0724-1d.html>

厚生労働省，建築物衛生管理検討会報告書について。

<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2002/07/s0708-1.html>

厚生労働省，シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会
中間報告書－第8回～第9回のまとめについて。

日本株式会社トークス設計事務所，環境問題とシックハウス

<http://www.toakes.co.jp/news-1.html>