

# 木質建材之甲醛及 VOC 逸散測試 方法 CNS 化之研究

內政部建築研究所 自行研究報告

中華民國 95 年 12 月

095301070000G2023

# 木質建材之甲醛及 VOC 逸散測試 方法 CNS 化之研究

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 95 年 12 月

## 目次

表次	II
圖次	III
摘要	IV
<b>第一章 緒論</b>	<b>1</b>
第一節 研究動機與目的	1
第二節 研究計畫內容	2
第三節 研究方法及流程	3
第四節 預期研究結果	4
<b>第二章 國內外綠建材檢測相關標準方法及發展趨勢</b>	<b>6</b>
第一節 國際建材相關標準近年來發展檢測方法	6
第二節 國內、外建材相關檢測方法	8
<b>第三章 建材 ISO、CNS 之標準試驗項目及內容</b>	<b>11</b>
第一節 建材 ISO 國際標準試驗項目	12
第二節 建材 ISO 國際標準試驗內容	15
<b>第四章 木質建材甲醛及 VOC 逸散測試 ISO 標準 CNS 化之可行性研析與建議</b>	<b>56</b>
第一節 健康綠建材檢測方法與 ISO 標準之差異探討	56
第二節 建材甲醛及 VOC 檢測 ISO 標準 CNS 化之可行性研析	62
<b>第五章 結論與建議</b>	<b>64</b>
第一節 研究結論	64
第二節 後續研究及建議	64
附錄一 ISO16000-3 草擬建材逸散 CNS 國家標準	65
附錄二 ISO16000-3 草擬建材逸散 CNS 國家標準	87
附錄三 ISO16000-3 草擬建材逸散 CNS 國家標準	110
參考文獻	122

## 表次

表 2-1. 國際建材逸散量試驗標準方法總表 .....	9
表 3-1 ISO 建材中揮發性有機化合物量測 .....	11
表 3-2 ISO 16000-3、ISO 16000-6、16000-9 標準項目之彙整 ...	14
表 3-3 適用方法之 14 種化合物名稱 .....	16
表 3-4 ISO16000 符號及名詞 .....	48
表 4-1 ASTM 與 ISO 標準之差異比較 .....	57
表 4-2 ASTM 及 ISO 標準試驗內容差異比較 .....	58
表 4-3 JIS 及 ISO 標準試驗內容比較 .....	59
表 4-4 健康綠建材檢測方法與 ISO 標準差異比對內容 .....	61

## 圖次

圖 2-1 建材逸散測試方法發展趨勢 .....	7
圖 2-2 國際建材逸散物測試方法分佈圖 .....	9
圖 3-1. 羰基化合物反應 .....	17
圖 3-2. 含/不含臭氧之氣流中甲醛的濾筒試樣層析圖 .....	18
圖 3-3. 濾筒洗滌架及乾燥支架 .....	20
圖 3-4. DNPH 甲醛衍生物層析圖 .....	26
圖 3-5. DNPH 甲醛衍生物各種濃度之 HPLC 層析例圖 .....	26
圖 3-6. DNPH 甲醛校正曲線例圖 .....	27
圖 4-1 逸散測試艙之差異 .....	57

# 摘要

關鍵字：揮發性有機化合物、健康綠建材、國際 ISO 標準、CNS 標準

## 一、研究緣起

為提昇國內室內環境品質，本所業於 90 年度研擬完成室內建材揮發性有機逸散物檢測標準試驗方法及程序之研究 (MOIS901014)，並進行多年研究應用階段以建材分類為系統，逐年建立建材甲醛及揮發性有機化合物逸散資料庫，目前此試驗方法為多數業界遵循，但因應國際化趨勢，相關之量測方法規定及條件作適當修訂或增修，本研究主要目的為針對木質建材中甲醛及 VOCs 測試相關 ISO 標準進行研究，據以提出符合國際化與本土化需求之量測與評估，並提供 CNS 相關標準修訂之參考，並據以提出建議 CNS 與 ISO 之國際化標準接軌。

## 二、研究方法及過程

本研究之研究方法透過文獻分析法、比較分析法，針對不同之標準方法進行探討標準之差異性比對。本研究主要之具體收集有關木質建材甲醛及 VOC 逸散測試標準並詳加彙整分析，其主要研析國際 ISO 標準中相關「建材揮發性有機物質試驗標準」之，包括：1.ISO-16000-3、ISO-16000-6 及 ISO-16000-9 等部分標準。並執行木質建材甲醛及 VOCs 檢測 ISO 與國內現行檢測標準之差異性探討。及其之 ISO 標準 CNS 化之可行性研析與建議。

## 三、重要發現

本研究發現：(一) ISO 16000-3 標準 甲醛主動採樣方式能夠更有效、更精確的，採集低濃度甲醛。(二) ISO 國際標準 CNS 化，提出建材揮發性有機物質試驗標準之可行性分析，協助建立能與國際接軌的 CNS 標準，其試驗數據將可獲得國際認可，有助國家實驗室加入國際性組織。

## 四、重要建議事項

根據研究結果顯示，本研究針對木質建材甲醛及 VOC 逸散測試方法 ISO 標準 CNS 化之研究，建議將建材逸散之相關國際標準轉成符合我國使用之 CNS 國家標準。並建議內政部建築研究所性能實驗中心加入國際 ISO 標準，以提升檢測品質與國際化，並與國際上之名實驗室檢測結果進行比對與資訊交流。

## ABSTRACT

**Keyword : HCHO, TVOC, Healthy Green Building Materials, ISO Standards**

To promote the indoor air quality, the standard test method's study to establish a standard of test method and procedure to the VOC emitted from interior materials' which are completed by Architecture and Building Research Institute (ABRI). The standard test method is used for many laboratory, but to international trend. This study is research on the present test methods and the ISO standards, according to the research to expedite the test methods and to conform to international. The feasibility research will be carried out in order to promote improve the capability of the test lab and get involved with the trends of the advanced countries, which will be the references to "Lab Certification" and "Judgments on Labeling" in advance.

The main subjects of this study are as follows:

- A. Sorting the ISO standards relating to the determination of the HCHO/TVOC emitted from building materials. The ISO standards relating to the determination of the emitted HCHO/TVOC in the air including:
  1. ISO-16000-3 (Indoor air - Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds - Active sampling method)
  2. ISO-16000-6 (Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID)
  3. ISO-16000-9 (Indoor air -- Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing -- Emission test chamber method)
- B. Differences between the present test methods and the ISO standards.
- C. The feasibility study on adapting to the ISO Standards for CNS.
- D. Test the Healthy Green Building Materials with ISO standards

# 第一章 緒論

## 第一節 研究動機與目的

對大多數人而言，現代生活中各項「時間-活動地點」分布顯示，每天在不同室內地點活動及居處的時間高達 90%以上，隨著社會多元化的發展，因應人類不同需求的居住建築環境更是日趨複雜，其中建築型態、建築材料、空調系統之發展，以及室內活動型態之改變，導致許多室內空氣污染物的發生。根據美國環保署(EPA)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的 2~5 倍，有時更高達 100 倍。室內環境污染輕者可引起各種不良反應，重者則可引發癌症。而室內空氣污染物主要包括微生物、揮發性有機物質 (volatile organic compounds, VOCs)、環境香煙煙霧 (二手煙) (Environmental Tobacco smoke, ETS)、石棉 (Asbestos)、臭氧等，這些皆可能透過建築材料、傢具、影印機、室內燃燒物及油煙等進入室內環境中，這些皆使室內空氣品質之調查評估研究成為現今重要議題。

在建築室內空氣環境中，由於多數的室內裝修材料及化學製品，被大量的利用於室內環境，直接造成室內環境中有害化學物質的產生，如揮發性有機物質及甲醛(Formaldehyde)，且多數持續性逸散、並沈積於室內環境中。根據研究指出，空氣中有害的揮發性有機物質極可能造成病大樓症候群(sick building syndrome ,SBS)的主因之一(Ten Brinke., 1998)<sup>1</sup>，影響居住者的生理健康。在 NIOSH 室內空氣品質問題的調查中[NIOSH, 2001]，影響室內環境空氣品質的主要因素可分為六部分：通風換氣系統、室外污染源、室內人員、建築材料、事務機具與用品及其他有機物質等，其中「建築材料」即為室內裝修建材，包含塗料、接著劑及家具等均為室內 VOCs 的主要來源，據文獻指出，現今市面上所使用之室內裝飾用的油漆、夾板、天花板、內牆塗料等材料均含有甲醛、苯等有毒物質，對長久處於室內的民眾而言，有一定程度的危害性，其會造成可能引發呼吸道、消化道、神經內科、視力、視覺、等多種疾病(Klaasen, 1996)。VOCs 中被 IARC 列為 Group 1

的 Benzene 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；而 Formaldehyde 亦被 USEPA 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。

為提昇國內室內環境品質，內政部建築研究所業於 90 年度研擬完成室內建材揮發性有機逸散物檢測標準試驗方法及程序之研究 (MOIS901014)，其主要參考 ASTM D5116-97 規範之小型環控箱測試法，並進行多年研究應用階段以建材分類為系統，逐年建立建材甲醛及揮發性有機化合物逸散資料庫，目前此試驗方法為多數業界遵循，但因應國際化趨勢，相關之量測方法規定及條件作適當修訂或增修，本研究主要目的為針對木質建材中甲醛及 VOCs 測試相關 ISO 標準進行研究，據以提出符合國際化與本土化需求之量測與評估，並提供 CNS 相關標準修訂之參考，並據以提出建議 CNS 與 ISO 之國際化標準接軌。

## 第二節 研究計畫內容

本研究為配合「綠建材標章」制度之推動及小尺寸建材逸散模擬實驗室執行「健康綠建材」之檢測作業，及前期「綠建材性能實驗研究」為基礎延續過去檢測資料及研究成果，並於現階段以研究應用及推廣為考量，選擇木質建材甲醛及揮發性有機化合物性能測試相關之 ISO 標準進行研究，據以提出符合國際化與本土化需求之量測與評估，並提供 CNS 相關標準修訂之參考。本研究內容如下：

(一)國際 ISO 標準中相關「建材揮發性有機化合物質試驗標準」之彙整分析。

國際 ISO 標準在空氣中 VOCs 及甲醛分析部分，包括：

- 1.ISO-16000-3 室內空氣-甲醛及其他羰基之偵測-主動採樣方法量測相關標準之翻譯研析。
- 2.ISO-16000-6 室內空氣-揮發性有機化合物在室內及測試環控箱空氣之偵測以 Tenax TA 吸附、熱脫附及 MS/FID 氣相層析分析法量測相關標準之翻譯研析。
3. ISO-16000-9 室內空氣-建材及家具中揮發性有機化合物量測方法-環

境控制箱法量測相關標準之翻譯研析。

(二)木質建材甲醛及 VOCs 檢測 ISO 與國內現行檢測標準之差異性探討。

(三)健康綠建材檢測之 ISO 標準 CNS 化之可行性研析與建議。

### 第三節 研究方法及流程

本研究將針對實驗室之木質建材中甲醛及 VOCs 性能測試及評估標準，進行 CNS 訂可行性評估。為因應國際趨勢並符合國際標準要求，將以國際相關規範之木質建材中甲醛及 VOCs 性能量測、評估方法為參考依據，進而彙整比較研析及專家學者諮詢，據以提出符合需求之量測規範，其研究方法如下所示：

#### (一)文獻分析法

本研究將依計畫內容之研究議題蒐集國內外木質建材中甲醛及 VOCs 之實驗室量測法、評估等文獻資料，針對國內本土化規範進行歸納整理並比較其適用性，作為 ISO 標準 CNS 化可行性之參考依據。

#### (二)比較分析法

針對文獻探討與蒐集的規範作比較分析，以彙整現有之量測與評估標準，瞭解國外標準歷時變化，並比對分析其差異性，建構出適用我國之標準。

#### (三)專家諮詢法

研究結果經過初步整理後，將邀請相關專家學者，進行意見之交流溝通，並針對本研究內容進行審議，提出應修正及增刪之意見，作為本研究內容之參考依據。

## 第四節 預期研究結果

世界各國為因應 WTO 國際化市場需求，ISO 標準普遍為各國所依循。因此本研究將針對 ISO 之相關實驗室試驗標準，進行比較、分析，預期成果能對建材揮發性有機化合物試驗技術提昇有所助益，並建立平行於國際認證標準之方法，如此不僅可提昇國內建材研發及提供健康綠建材之參考基準，更有助於有助國家實驗室加入國際性組織。

### 一、預期完成之工作項目：

1. 完成國際 ISO 標準中針對揮發性有機物質試驗及甲醛試驗標準彙整工作，並進行分析研究。
2. 木質建材甲醛及 VOCs 檢測 ISO 與實驗室既有檢測方法標準之差異性探討。
3. 透過方法比對及專家諮詢等方式，提出建材揮發性有機物質試驗 ISO 標準 CNS 化之可行性研析分析。

### 二、預期之具體成果

本研究之具體成果包括：

1. 彙整相關「建材揮發性有機物質試驗」之國際 ISO 標準。
2. 本研究研擬完成實驗室既有檢測方法與 ISO 標準之差異性比對。
3. 提出建材揮發性有機物質試驗標準之可行性分析，協助建立能與國際接軌的 CNS 標準，其試驗數據將可獲得國際認可，有助國家實驗室加入國際性組織。

預期研究成果進度表，與目前研究完成進度：

工作項目	月次											備註	
	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月	第九月	第十月	第十一月		
相關資料收集	■	■											
ISO 標準翻譯彙析		■	■	■	■	■	■	■	■				
專家諮詢						■							
期中簡報						■							
現試驗方法與 ISO 標準相對性分析			■	■	■	■	■	■					
ISO 標準 CNS 化之可行性研析與建議					■	■	■	■	■				
CNS 修訂施行策略建議						■	■	■	■	■			
專家諮詢會議										■			
期末簡報											■		
繳交報告書											■		
預定進度 (累積數)	10 %	19 %	36 %	45 %	50 %	60 %	66 %	73 %	84 %	90 %	100 %		
<p>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。</p> <p>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。</p>													

## 第二章 國內外綠建材檢測相關標準方法及發展趨勢

因應近年來室內不良空氣品質所引發之種種人體健康危害議題，及建築裝修行為所引致之建材 VOCs 逸散對室內人員之健康危害，世界各主要先進國家對有關室內建材逸散揮發性有機物質之研究，已明確針對影響人體健康之「揮發性有機物質逸散濃度」建立室內空氣品質基準值、評估 VOCs 逸散管制之規範與檢測機制。

自 90 年代開始，世界各國開始重視室內空氣品質，並開始針對室內之污染物進行相關規範及管制。美國加州法律中曾明文規定塗料之 VOCs 逸散之規範。在歐洲，歐洲基準與技術委員會(The European standard Technical committee) CEN TC 264/WG7 負責建築物 VOCs 逸散的量測與定性分析，此 CEN 基準草案提出了建材 VOCs 逸散的量測與檢定方法。在德國針對的木製產品揮發性有機化合物有明確的規範，並有德國 GUT 標章制度。芬蘭之室內空氣品質與氣候協會(Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate) 提倡更健康、舒適的建築，將建材分類標準分為三級，而日本有 ECO-Mark 標章，而在對於各種建築內裝潢用之合板類建材，JAS 亦已訂定區分三級的基準值。綜觀上述，世界多數先進國家致力於室內空氣品質之空管及相關測試。

### 第一節 國際建材相關標準近年來發展檢測方法

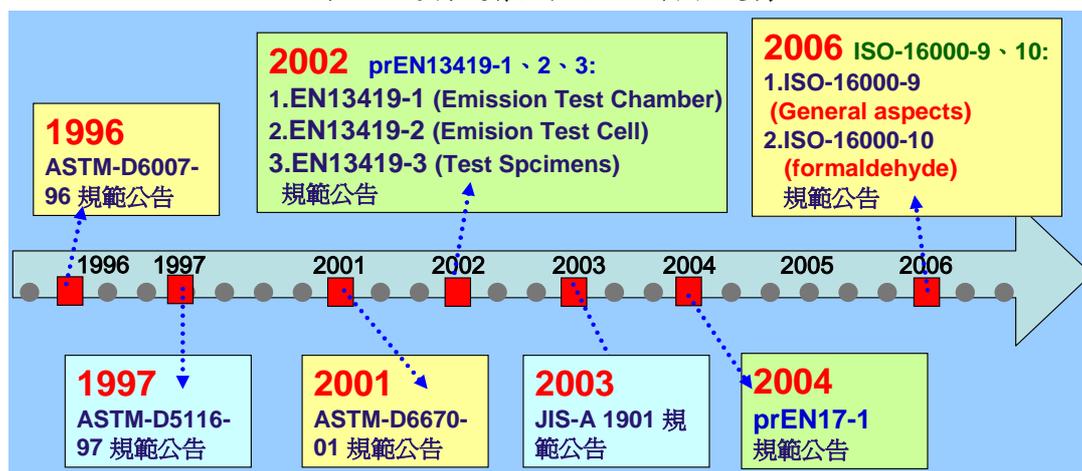
本研究綜整國際現行木質建材標準比較，發現近年來各國建材揮發性有機化合物相關標準有參考或引用 ISO 標準進行增修訂之趨勢，其目的皆為使建材揮發性有機化合物性能量測結果符合國際驗證基準，進而於國際間貨物流通無礙。

現行 ISO 國際標準為國際間通用性較高的標準，其主要會員國超過 110 國。雖各國間仍有各自慣用之標準體系，如美國材料試驗協會標準 ASTM 系統、日本工業規格 JIS 系統及我國國家標準 CNS 系統等，但各國為使貿易進出口時能有一共同評定基準，仍將會以 ISO 國際標準為主要評估方式。許多國家採用 ISO 標準，其目的是以國際同步、提昇產業競爭力，進而保障建材品質。此國際趨勢為國內增修訂 CNS 標準時之重要參考依據。

在測試標準方法發展過程上(圖 2-1 所示)，透過時間序列發展觀察，建材逸散揮發性有機化合物試驗方法，美國材料試驗協會(ASTM)自 1996 年開始針對「木質建材之甲醛逸散」進行檢測，同時公告 D 6007-96 標準，此標準和過去量測「游離甲醛釋出」的試驗方法有相當不同，其首度運用「小型環控箱系統」對木質建材逸散至空氣中之甲醛濃度檢測，在 1997 年，公告 D5116-97 標準，透過小型環控箱量測方法，檢測室內建材產品逸散之「揮發性有機化合物」，並量測其材料逸散至空間之濃度，在 2001 年，公告 D6670-01 標準，以「大型環控艙」試驗方法對室內建築材料及產品逸散之揮發性有機化合物檢測。

歐洲標準委員會(CEN)鑑於美國材料試驗協會(ASTM)對於建材逸散所公告之標準，CEN 於 2002 年公告「建材逸散揮發性有機化合物測試方法」系列標準，包括 prEN 13419-1、2、3 標準，其與 ASTM 此主要差異在環控箱形式，包括一般逸散環控箱、環控腔體測試及樣本處理等。此外，日本工業規格協會(JIS)參考美國 ASTM D6007-96 及 D5116-97 及歐盟標準 prEN 13419-1、2，於 2003 年訂定 JIS A 1901 標準「建築材料之揮發性有機化合物、甲醛及其他羰基化合物釋出量測定方法-小形容器法」，規範中小型容器的容積範圍(20~1000L)包括了 20L、500L 及 1000L 三種參考尺寸，在容器形狀包括圓柱型、方體型及物質傳達率型，並訂定基本測試條件規定。而在 2004 年，歐洲標準委員會針對「木製板類建材之甲醛逸散」(prEN 717-1)訂定測試方法，主要是依據 ASTM D6007-96 及 JIS A1901 及 prEN 13419-1 標準，以回應歐盟的標準要求。在 2006 年國際標準組織(ISO)參考 prEN 13419-1、2、3 及 717-1 標準，擬定並公告 ISO 16000-9、10 標準，主要是對室內空氣及環控箱中建材之揮發性有機化合物檢測，並隨著運用環境要求而加以微調。

圖 2-1 建材逸散測試方法發展趨勢



## 第二節 國內外建材相關檢測方法

### 一、 國外建材逸散量之環控箱測試方法

綜觀國際間「綠建材標章」中有關「低揮發性有機物質(VOCs)」及「低甲醛逸散(Formaldehyde)」測試方法，主要以產品之「含量」及「逸散量」兩種方式，若以環境面向之室內空氣品質(Indoor Air Quality)健康觀點思考，主要都是在限制建材產品於室內環境中之「逸散量」(例如,mg/m<sup>3</sup>)或「逸散速率」(例如,mg/m<sup>2</sup>\*hr)，以保障人們居住在室內環境之健康性，並有效管制建材產品之濫用。在建材產品「逸散量」的測試上，目前皆以「環境控制箱逸散測試法」(Emission Test Chamber method)為主要試驗方法，在世界各國建材有機物質逸散量測試標準上，大致可區分為全球標準體系、美洲地區標準體系、歐洲地區標準體系及亞洲地區標準體系(如圖 2-2)，主要是以國際標準組織(ISO)、美國材料試驗協會(ASTM)、歐洲標準委員會(CEN)及日本工業規格協會(JIS)等，主要之測試方法如下(如表 2-1 所示)：

#### (一)國際標準組織(ISO)相關測試標準：

- (1).ISO 16000-9: Indoor air -- Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing -- Emission test chamber method.(2006)
- (2).ISO 16000-10: Indoor air -- Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing -- Emission test cell method.(2006)

#### (二)美國材料試驗協會(ASTM)相關測試標準：

- (1).ASTM D6007-96,--Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentration in Air from Wood Products Using a Small Scale Chamber,(1996)
- (2).ASTM D5116-97.--Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions From Indoor Materials/Products. (1997).
- (3).ASTM D6670-01.--Standard Practice for Full-Scale Chamber Determination of Volatile Organic Emissions from Indoor Materials/Product.(2001)

#### (三)歐洲標準委員會(CEN)相關測試標準：

- (1).prENV 13419-1： Building products-Determination of the emission of volatile organic compounds Part 1: Emission test chamber method

(2002).

(2).prENV 13419-2 : Building products-Determination of the emission of volatile organic compounds Part 2: Emission test cell method.(2002)

(3).prENV 13419-3 : Building products-Determination of the emission of volatile organic compounds Part 3: Procedure for sampling, storage of samples and preparation of test specimens (2002)

(4).prENV 717-1 : Wood-based panels - Determination of formaldehyde release - Part 1: Formaldehyde emission by the chamber method (2004)

(四)日本工業規格協會(JIS)相關測試標準：

(1).JIS A 1901 : Determination of the emission of volatile organic compounds and formaldehydes for building products -Small chamber method (2003).

圖 2-2 國際建材逸散物測試方法分佈圖

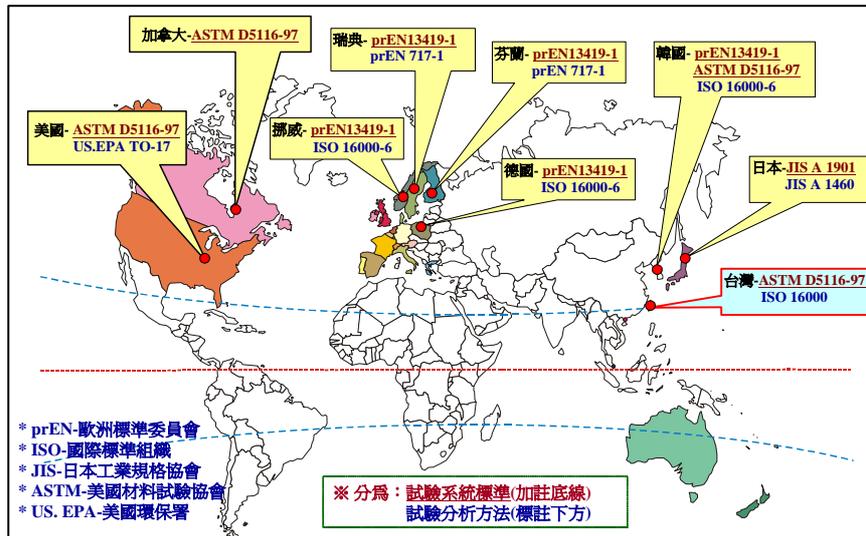


表 2-1. 國際建材逸散量試驗標準方法總表

編號	室內空氣及環控箱採樣部分	
1	<b>ISO 16000-9:</b> Indoor air -- Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing -- Emission test chamber method.	2006 Ed. 1
2	<b>ISO 16000-10:</b> Indoor air -- Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing -- Emission test cell method.	2006 Ed. 1
3	<b>ASTM D6007-96,</b> --Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentration in Air from Wood Products Using a Small Scale Chamber	1996
4	<b>ASTM D5116-97.</b> --Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions From Indoor Materials/Products	1997

5	ASTM D6670-01.--Standard Practice for Full-Scale Chamber Determination of Volatile Organic Emissions from Indoor Materials / Product	2001
6	prENV 13419-1 : Building products-Determination of the emission of volatile organic compounds Part 1: Emission test chamber method	2002
7	prENV 13419-2 : Building products-Determination of the emission of volatile organic compounds Part 2: Emission test cell method	2002
8	prENV 13419-3 : Building products-Determination of the emission of volatile organic compounds Part 3: Procedure for sampling, storage of samples and preparation of test specimens	2002
9	prENV 717-1 : Wood-based panels - Determination of formaldehyde release - Part 1: Formaldehyde emission by the chamber method	2004
10	JIS A 1901 : Determination of the emission of volatile organic compounds and formaldehydes for building products -Small chamber method	2003

## 二、 國內建材逸散量之環控箱測試方法

我國國家標準在木質國家標準項目中，主要區分為兩類，第一類為「O1」為一般項目，目前共有62相國家標準，刻正使用包括CNS1349普通合板（甲醛釋放量）、CNS2215 粒片板、CNS8058特殊合板及CNS11342複合木質地板...等40種項目，而有22項標準已廢止。第二類「O2」為檢驗項目，目前共有68項國家標準，刻正使用包括CNS452木材含水率試驗、CNS4713木材中乙醇甲苯萃取物試驗法、CNS8738耐燃合板有害氣檢驗法、CNS14729木材中五氯酚類防腐劑檢驗法、CNS14908木材中二氯甲烷萃取物試驗法...等36種項目，而有32項標準已公告廢止。綜觀所有CNS標準項目，並無針對木質建材甲醛及VOC逸散測試之標準。

內政部建築研究所建築室內空氣品質有關建材逸散揮發性有機物質之研究成果，於90年度完成「室內建材揮發性有機逸散物質檢測標準試驗方法及程序」之研究成果，其揮發性有機化合物標準試驗方法之主要係依據為ASTM（American Society for Testing and Material）D5116-97所規範之小型環控箱試驗法，其原理主要是將小尺寸建材樣品放入可控制溫、濕度與換氣率之小型環控箱中，以定流量之採樣幫浦將箱內的待測空氣樣品抽出，並經由自動熱脫附儀器（ATD）進入GC/MS與GC/FID系統，對所採集空氣進行甲醛與VOCs之定性與定量分析及歷時監測。

### 第三章 建材 ISO、CNS 之標準試驗項目及內容

研究主題為建材揮發性有機物質試驗，依據國際 ISO 標準之相關內容，及既有健康綠建材試驗方法，分析比較兩者間之差異性，並以「實驗分析」及「專家諮詢」方式，瞭解健康綠建材試驗國際 ISO 標準，協助提供制訂 CNS 標準化之可行性。

如表 3-1 在 ISO 標準中室內空氣有關甲醛及揮發性有機化合物之量測有 ISO16000-3 甲醛及其他羰基之偵測-主動採樣方法及 ISO16000-6 揮發性有機化合物在室內及測試環控箱空氣之偵測以 Tenax TA 吸附、熱脫附及 MS/FID 氣相層析分析法，而其量測建築材料及家具之測試方法於標準 ISO16000-9 有相關之方法可供量測應用。我國 CNS 在建築材料、家具之甲醛及揮發性有機化合物之實驗室量測標準，有待進一步增修訂。

表 3-1 ISO 建材中揮發性有機化合物量測

標準	量測
ISO	ISO 16000 Part.3 室內空氣-甲醛及其他羰基之偵測-主動採樣方法
	ISO 16000 Part.6 室內空氣-揮發性有機化合物在室內及測試環控箱空氣之偵測以 Tenax TA 吸附、熱脫附及 MS/FID 氣相層析分析法
	ISO 16000 Part.9 室內空氣-建築材料及家具逸散之揮發性有機化合物之偵測-逸散測試環控箱法
CNS	室內空氣甲醛及其他羰基之偵測-主動採樣方法 (缺)
	揮發性有機化合物在室內及測試環控箱空氣之偵測以 Tenax TA 吸附、熱脫附及 MS/FID 氣相層析分析法(缺)
	建築材料及家具逸散之揮發性有機化合物之偵測-逸散測試環控箱法 (缺)

## 第一節 建材 ISO 國際標準試驗項目

### 一、室內空氣 ISO 16000 標準範圍

本研究之建材標準試驗項目與室內空氣領域相關，屬於國際標準組織 (ISO)TC146 SC6 之委員會，該委員會參考歐盟標準 pr13419、ASTM D6007-96 及德國 DIN 標準，訂出符合全球性的國際標準並公告，在室內空氣部分，以 ISO 16000 系列(Indoor Air)最為完整性，在 2006 年主要有下列 ISO 16000 標準公告實行：

1. ISO 16000 Part.1-室內空氣-採樣策略之總論。
2. ISO 16000 Part.2-室內空氣-甲醛之採樣策略。
3. ISO 16000 Part.3-甲醛及其他羰基之偵測-主動採樣方法。
4. ISO 16000 Part.4-甲醛之偵測-被動採樣方法。
5. ISO 16000 Part.6-揮發性有機化合物在室內及測試環控箱空氣之偵測以 Tenax TA 吸附、熱脫附及 MS/FID 氣相層析分析法。
6. ISO 16000 Part.7-偵測空氣傳播中石棉纖維濃度之採樣策略。
7. ISO 16000 Part.8-建築物通風系統性能之局部平均空氣齡的偵測。
8. ISO 16000 Part.9-從建築材料及家具逸散之揮發性有機化合物的偵測-逸散測試環控箱法。
9. ISO 16000 Part.10-從建築材料及家具逸散之揮發性有機化合物的偵測-逸散測試腔體法。
10. ISO 16000 Part.11-從建築材料及家具逸散之揮發性有機化合物的偵測-樣本之採樣、保存及測試試體的準備。

### 二、室內空氣 ISO 16000 標準架構

在公告之 10 種國際標準中，與「建材逸散之揮發性有機化合物及甲醛」相關之標準，以 Part.3、Part.6、Part.9 為主，分述其標準架構如下：

- (一) ISO-16000-3(Indoor air - Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds - Active sampling method 室內空氣-甲醛及其他羰基之偵測-主動採樣方法)，包括：範圍、規範參考文獻、準則、限制及干擾、一般通則、臭氧干擾、安全的測定、儀器設備、

試藥、採樣管及試藥之備製、2,4-dinitrophenylhydrazine 的自淨、DNPH-formaldehyde 衍生化的準備、DNPH-formaldehyde 標準品的準備、包覆 DNPH 之矽膠採樣管的準備、步驟、採樣收集、空白分析、採樣分析、計算、績效準則及品質保證、一般通則、標準操作程序、HPLC 系統之性能、採樣失誤、精密度及不確定度、DNPH-carbonyl 衍生物之溶點、參考書目。如表 3-2

(二) ISO-16000-6(Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID-室內空氣-揮發性有機化合物在室內及測試環控箱空氣之偵測以 Tenax TA 吸附、熱脫附及 MS/FID 氣相層析分析法), 包括: 範圍、規範參考文獻、定義、準則、試藥及材料、儀器設備、吸附管之調適化及保存、調適化、採樣前調適化吸附管之保存、採樣泵之校正、採樣、室內空氣採樣、測試環控箱採樣、採樣體積、裝載樣本的保存、現場空白、分析、一般通則、熱脫附、升溫程序、樣本分析、單一 VOCs 之認定、採樣空氣之濃度分析、一般通則、VOCs、TVOC、VVOC 及 SVOC、績效特性、測試報告、品質控制、環控箱之建築產品及室內空氣偵測化合物之舉例、Tenax TA 吸附上有效的有機蒸汽採樣體積、溶劑於 Tenax TA 吸附管中之回收率、參考書目。如表 3-2。

(三) ISO-16000-9(Indoor air - Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Emission test chamber method-室內空氣-從建築材料及家具逸散之揮發性有機化合物的偵測-逸散測試環控箱法), 包括: 範圍、規範參考文獻、名詞與定義、符號與縮寫、準則、逸散測試環控箱系統、儀器、測試條件、測試條件確認、測試試體、逸散測試環控箱系統的準備、測試方法、逸散速率及實驗結果面積計算的說

明、性能特性、測試報告、系統的品質保證/品管、在模式空間中空  
氣流速的案例、逸散測試環控箱的一般說明、參考書目。如表 3-2。

表 3-2 ISO 16000-3、ISO 16000-6、16000-9 標準項目之彙整

ISO 16000-3 室內空氣- 甲醛及其他羰基之偵測 -主動採樣方法		ISO 16000-6 室內空氣-揮發 性有機化合物之偵測-Tenax TA 採樣方法		ISO 16000-9 室內空氣-環 控箱測試系統	
1.	範圍	1.	範圍	1.	範圍
2.	規範參考文獻	2.	規範參考文獻	2.	規範參考文獻
3.	準則	3.	定義	3.	名詞與定義
4.	限制及干擾	4.	準則	4.	符號與縮寫
4.1.	一般通則	5.	試藥及材料	5.	準則
4.2.	臭氧干擾	6.	儀器設備	6.	測試環控箱系統
5.	安全的測定	7.	吸附管之調適化保存	7.	儀器
6.	儀器設備	8.	採樣泵之校正	8.	測試條件
7.	試藥	9.	採樣	9.	測試條件確認
8.	採樣管及試藥 之備製	10.	分析	10.	測試試體
9.	步驟	11.	單一 VOCs 之認定	11.	逸散測試環控箱系 統的準備
10.	計算	12.	採樣空氣之濃度分析	12.	測試方法
11.	績效準則及品 質保證	13.	績效特性	13.	逸散速率及實驗結 果面積計算的說明
12.	精密度及不確 定度	14.	測試報告	14.	性能特性
附錄 1.	精密度及不確 定度	15.	品質控制	15.	測試報告
附錄 2.	DNPH-carbonyl 衍生物之溶點	附錄 1.	環控箱之建築產品及 室內空氣偵測化合物 舉例	附錄 1.	系統的品質保證/ 品管
		附錄 2.	Tenax TA 吸附上有效 的有機蒸汽採樣體積	附錄 2.	在模式空間中空氣 流速的案例
		附錄 3.	溶劑於 Tenax TA 吸附 管中之回收率	附錄 3.	逸散測試環控箱的 一般說明

## 第二節 建材 ISO 國際標準試驗內容

在 ISO 16000 系列標準中，與「健康綠建材實驗」方法最有相關性的標準為 ISO 16000-3(甲醛主動採樣)、ISO 16000-6(VOCs Tenax TA 採樣分析方法)、ISO 16000-9(建材逸散測試環控箱法)，其標準內容分述如下：

### 一、ISO 16000-3(室內空氣-甲醛及其他羰基之偵測-主動採樣方法)

#### (一)方法概要

本 ISO 16000 依 ISO 16000-2 規定之採樣策略旨在用於對室內空氣進行說明。其適用於甲醛及其他羰基化合物。本部份針對 14 種醛及酮進行試驗。甲醛為最簡單之羰基化合物，包含一個碳、一個氧及兩個氫原子。在其單分子狀態下，它為無色、刺鼻及活性之氣體。它一直應用於脲醛樹脂、粘性及絕緣泡沫之生產。由顆粒(片)板及牆壁絕緣之散發為室內空氣甲醛之主要來源。

甲醛係將空氣流經活性介質進行採集，活性介質將化合物轉化成由檢驗員採取較有效的方式保持且易於分析之較低蒸汽壓力的衍生物。本 ISO 16000 部份對甲醛及其他羰基化合物之測定，係透過與塗於吸附劑之 2,4-二硝基苯肼反應，將其轉化為可被高敏感、高精度恢復與量測之對應羰基。自溶劑、粘合劑、化妝品及其他來源散發入室內空氣之其他羰基化合物，亦可應用本 ISO 16000 部份進行測定。

- 1.本採樣方法係基於美國 EPA 方法 TO-11A。
- 2.甲醛及某些其他羰基化合物具有較高潛在毒性。

#### (二)適用範圍

本 ISO 16000 說明測定空氣中甲醛(HCHO)及羰基化合物(醛與酮)之步驟。此步驟專用於甲醛，但經修改，至少可針對其他十三種羰基化合物進行檢測及量化。它適於測定濃度範圍約為  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  與  $1\text{mg}/\text{m}^3$  之間的甲醛及其他羰基化合物。採樣方法可提供時間加權平均值(TWA)之採樣，亦可用於長期(1h 至 24h)或短期(5min 至 60min)甲醛之空氣採樣。

本 ISO 16000 說明了甲醛與其他羰基化合物之採樣與分析步驟，包括採集空氣至塗有 2,4-二硝基苯肼(DNPH)之濾筒，及後續以紫外吸收檢測之高性能液相層析儀(HPLC)之分析。

本步驟係專為應用吸附濾筒及 HPLC 對空氣中甲醛進行採樣與分析撰寫。其方法亦可用於測定採自空氣之其他醛及酮。

本 ISO 16000 適用於以下羰基化合物：(如表 3-3)

**表 3-3. 適用方法之 14 種化合物名稱**

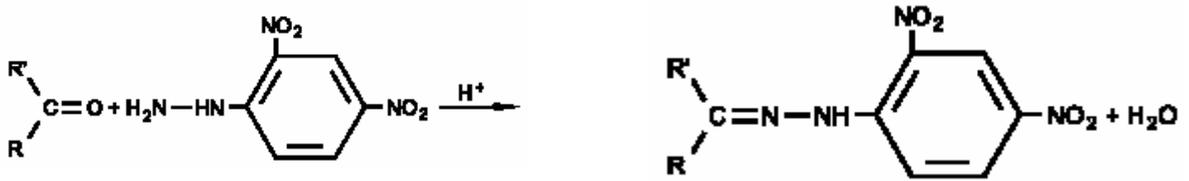
甲醛	乙醛	丙酮
苯甲醛	丁醛	戊醛
2,5 甲基苯甲醛		丁烯醛
異戊醛	丙醛	己醛
鄰甲苯甲醛	對甲苯甲醛	間甲苯甲醛

### (三)方法原理

本 ISO 16000 係經由含塗有 2,4-二硝基苯肼(DNPH)試劑之矽膠濾筒補集空氣。補集方法之原理係基於羰基組在酸的條件下與 DNPH 產生特殊反應，依圖 3-1 所示反應形成穩定的衍生物。應用 UV 檢測或二級管陣列檢測之高性能液相層析儀(HPLC)對 DNPH 衍生物之醛及酮進行分析。

本 ISO 16000 指導使用者如何應用各濾筒酸化 DNPH，以市場上購得之色譜級矽膠濾筒準備採樣濾筒。或推薦使用預塗 DNPH 之矽膠濾筒，因其製造一般較為相同，且具有較低空間水準。商用濾筒另一益處為它們具有較大顆料矽膠，可對濾筒造成較低壓力下降。此些低壓力下降之濾筒或較適於應用電池動力之個人採樣泵進行空氣採樣。

圖 3-1. 羰基化合物反應



Carbonyl compound      2,4-Dinitrophenylhydrazine(DNPH)

DNPH derivative

(aldehyde or ketone)

#### (四) 限制與干擾

##### 1. 總則

本 ISO 16000 所述採樣流率高至 1.5 l/min。此流率限制主要對使用者預備之吸附顆料尺寸為 55  $\mu$ m 至 105  $\mu$ m 之矽膠濾筒的高壓力下降時所限制 (1.0 l/min 時 >8kPa)。

固體吸附劑採樣步驟專門用於甲醛之採樣與分析。此方法可被某些同質異構醛或酮干擾，這些醛或酮於分析其他醛或酮時或未被 HPLC 溶解。在紫外線偵測頻率 360nm 時，具有與 DNPH 甲醛衍生物相同 RT 時間及明顯吸收度之有機化合物，將產生干擾。此種干擾可以藉由改變分離條件加以克服(如應用替代 HPLC 柱或移動相成份)。

DNPH 試劑之甲醛污染是一項常見的問題，DNPH 應於 UV 級乙腈內多次再結晶加以淨化，以 40°C 至 60°C 之溫度緩慢蒸發溶劑至最大晶體完成再結晶。DNPH 之羰基化合物不純級別應於使用前以 HPLC 測定，且每筒重量應少於 0.15 $\mu$ g，將塗有 DNPH 之採樣濾筒直接曝露於陽光中，應予避免。

NO<sub>2</sub> 會與 DNPH 產生反應，高濃度之 NO<sub>2</sub>(如煤氣爐)或產生問題，因 DNPH 衍生物之保持時間或與 DNPH 甲醛衍生物類似，其將取決於 HPLC 柱與係數。

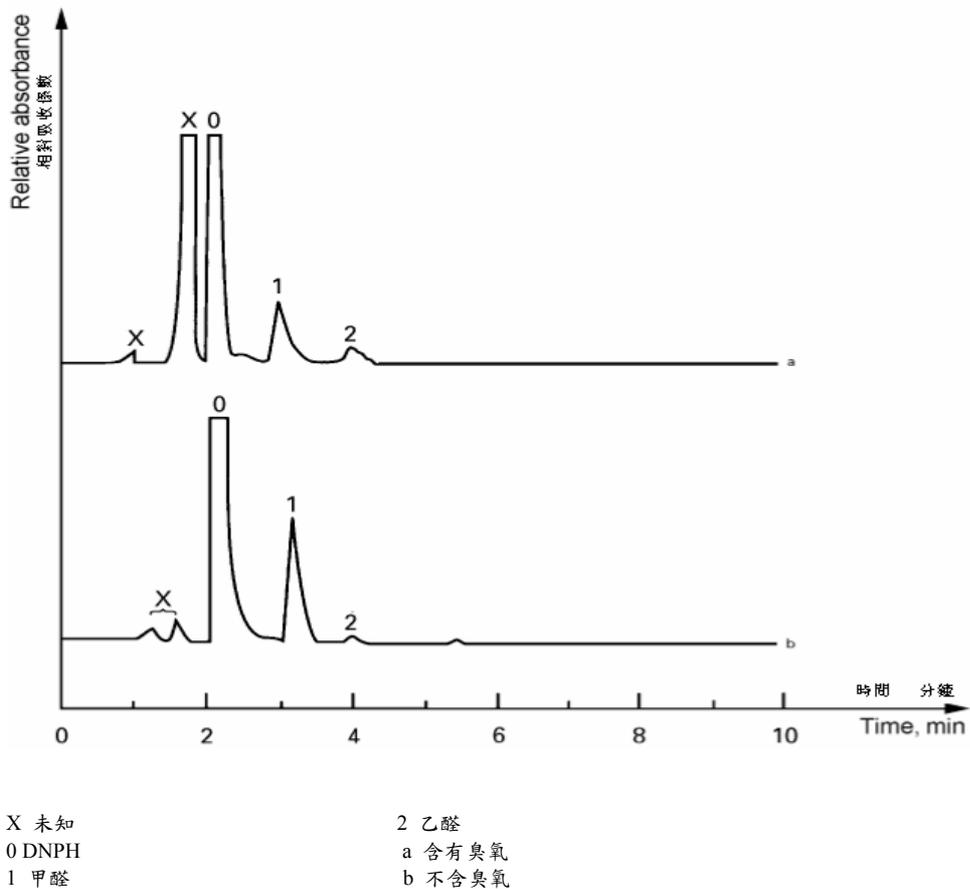
##### 2. 臭氧 O<sub>3</sub> 干擾

如懷疑有異常高之臭氧出現或於特殊採樣區域(如辦公室影印機)，應特

別留意。經證實臭氧透過與濾筒內之 DNPH 及其衍生物之反應造成負面干擾，干擾程度將取決於當時臭氧及羰基化合物之變化及採樣時間長度，臭氧造成之明顯負面干擾，甚至已在一般乾淨的周界空氣觀測到甲醛及臭氧之濃度（分別為  $2\mu\text{g}/\text{m}^3$  與  $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。圖 3-2 則顯示有臭氧及無臭氧之甲醛峰值氣流試樣之質譜。

臭氧干擾最直接之解決方案，是在採集之空氣到達濾筒前排除臭氧。如需完成此操作，其可用置於濾筒前端之臭氧溶稀器或淨氣器，溶稀器可由外徑為 0.64cm 內徑為 0.46cm 之 1m 銅管組成，銅管裝滿碘鉀滲透溶液置於水裏，保持數分鐘(如 5min)，以清潔空氣或氮氣流排乾約 1h，所述臭氧溶稀器之容量約為臭氧( $200\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ )。

圖 3-2. 含/不含臭氧之氣流中甲醛的濾筒試樣層析圖



## (五) 設備與材料

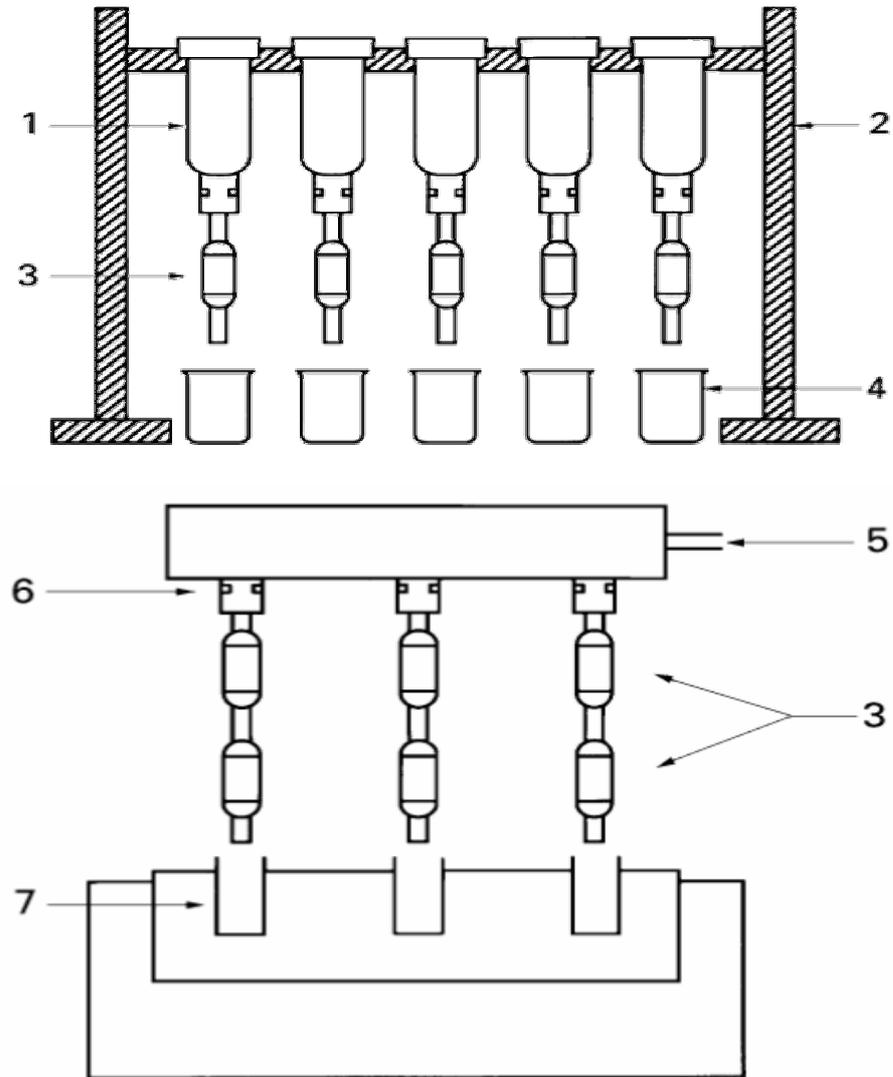
### 1. 採樣設備：

- (1) 採樣濾筒：依本方法結晶化或市場提供包有矽膠且塗上 DNPH 之採樣濾筒-濾筒應包含之矽膠容量至少 350 克，DNPH 最少裝載為 0.29% 質量比率。矽膠層直徑與層長度之比率不得超過 1：1。濾筒之甲醛容量應至少為 75  $\mu\text{g}$  且於 1.5 l/min 之採樣率的收集效率至少為 95%。
- (2) 空氣採樣泵：可用於 0.1 l/min 至 1.5 l/min 流率之精準採樣泵。
- (3) 流控制器：質量流量計與質量流量管制器，或其他經採樣濾筒量測 0.50 l/min 至 1.20 l/min 氣流速率之適當設備。
- (4) 流校正器：如轉子流量計、肥皂泡計或測濕計。

### 2. 採樣準備：

- (1) 濾筒容器，如硼矽玻璃培植管(20mm x 125mm)，以聚丙烯螺帽，或其他適當容器傳送塗層濾筒。
- (2) 聚乙烯手套：用以操作矽膠濾筒。
- (3) 洗滌架，由鋁板(0.16 cm x 36 cm x 53 cm)製成，四角有活動腳。一組直徑稍大於 10 ml 注射器之圓孔矩陣(5x9)，以均勻的方式自鋁板中心穿孔，以實現 45 個濾筒之清潔、塗層與/或試樣洗滌的批次處理(參閱圖 3-3)。

圖 3-3. 濾筒洗滌架及乾燥支架



1 10ml 玻璃注射器 5 N<sub>2</sub> 氣流 2 試管架 6 注射器裝置 3 濾筒 7 廢料瓶 4 廢料杯 6 注射器裝置

### 3. 採樣分析：

(1) HPLC 系統：包含一移動相水槽；一高壓泵；一射入閥(自動採樣器，容量為 25  $\mu$ l 或其適當容量)；一 C18 逆相(RP)柱(如 25cm $\times$ 4.6 mm 內徑，5  $\mu$ m 顆粒尺寸)；一 UV 探測器或二極體陣列探測器應用於 360nm；及一資料系統或帶表記錄儀。DNPH 甲醛衍生物用裝有分析條件為 360nm 之 UV 吸收探測儀的逆相 HPLC 測定。空白濾筒同樣被脫附並進行分析，比較試樣中甲醛及其他羰基化合物與標準溶液之保持時間、峰高或峰面，對它們進行鑒定與量化。

- (2) HPLC 進樣注射器，至少為 loop 容量四倍之能力。
- (3) 10ml 注射器。
- (4) 注射配件。
- (5) 吸液管，容量在 0ml 至 10ml 範圍之間。

#### 4. 試劑：

- (1) 2,4-二硝基苯肼，使用前至少以 UV 級乙腈再結晶兩次。
- (2) 乙腈，UV 級(各批溶劑使用前應檢測)。
- (3) 高氯酸，60%質量分率， $\rho=1.51 \text{ kg/l}$ 。
- (4) 鹽酸，36.5%至 38%質量分率， $\rho=1.19 \text{ kg/l}$ 。
- (5) 甲醛，37%溶液(質量比率)。
- (6) 醛與酮，高純度，用於準備 DNPH 衍生物標準品。
- (7) 乙醇或甲醇，HPLC 級。
- (8) 氮，高純度級(最優品)。
- (9) 活性炭，顆粒狀(最優品)。
- (10) 氦，高純度級(最優品)。

#### (六) 試劑與濾筒準備

1. 2,4-二硝基苯肼(DNPH)之淨化：DNPH 應於 UV 級乙腈中以多次再結晶進行淨化。以 40°C 至 60°C 對溶劑緩慢蒸發至最大晶體完成再結晶。DNPH 中羰基化合物之不純度於使用前以 HPLC 測定，且每濾筒且每種化合物應少於 0.15 $\mu\text{g}$ 。

於 200ml 乙腈中煮沸多量 DNPH 約一小時，用以準備過度飽和之 DNPH 溶液。1h 後，除去液面上的物質並移至熱板上有封蓋之燒杯，讓其逐漸降溫至 40°C 至 60°C。將溶液保持於此溫度(40°C)直至 95%溶劑之容積率蒸發為止。將溶液輕倒入廢氣管，以三倍乙腈表面容量對剩餘晶體進行兩次沖洗。將晶體移至另一清潔燒杯，加入 200 ml 乙腈，加熱至沸騰，且再次讓晶體於 40°C 至 60°C 逐漸變化，直至 95%溶劑之容積率蒸發為止。依前述重複沖洗過程。對第二次沖洗進行等分試樣，以乙腈稀釋十

倍，以每 100ml DNPH 溶液 1ml 高氯酸(3.8mol/l)進行酸化，且以 HPLC 分析。

2. DNPH 甲醛衍生物之準備：對於再結晶 DNPH 部份，加入足量 HCl (2mol/l) 取得近乎飽和之溶液。加至此溶液甲醛 DNPH 摩爾過量。濾去 DNPH 甲醛沈澱物，以 HCl(2mol/l)及水清洗，且讓其風乾。以測定熔點(165°C 至 166°C)或 HPLC 分析之方式檢驗 DNPH 甲醛衍生物純度。如不純度不符合要求，於乙醇中對衍生物進行再結晶。重複純度檢驗，必要時再結晶直至純度達到要求(如 99%質量比率)。DNPH 甲醛衍生物應以冷藏(4°C)保存，且避開光線。衍生物至少應保持 6 個月穩定。保存於氮氣或氬氣可進一步延長衍生物之壽命。

3. DNPH 甲醛標準液之預備：將精確之 DNPH 甲醛衍生物溶於乙腈中，以此準備其標準備用溶液。自標準備用溶液預備一作業校正標準混合液。將 10mg 固態衍生物溶於 100ml 乙腈，以此調製約 100ml 單獨備用溶液。單獨溶液用於預備校正標準濃度在 0.5 $\mu$ g/ml 至 120 $\mu$ g/ml 之相關衍生物。標準溶液皆保存於密閉容器冷藏並避開光線。使用前可讓其與室溫持平。4 週後應予替換。

4. DNPH 塗層矽膠濾筒之準備：

(1) 概要：本步驟之作業應於含乙醛極低之空氣中進行。凡玻璃塑膠器具應以脫離子水及無乙醛乙腈進行清潔沖洗。試劑與實驗室空氣之接觸應最小化。操作濾筒時需戴聚乙烯手套。吸 30ml 飽和 DNPH 備用溶液至 1000ml 量瓶，然後加 500ml 乙腈。以 1.0ml 濃縮 HCl 酸化。酸化溶液上之空氣應以 DNPH 塗層矽膠濾筒過濾為佳，以最小化實驗室空氣污染。振盪溶液，接著加入乙腈形成溶液量。塞住瓶口，倒置，振盪數次直至溶液均勻。將酸化溶液移至裝有容量範圍在 0ml 至 10ml 之吸附管的試劑瓶。注滿分送器，緩慢分送 10ml 至 20ml 至廢料管。等分試樣溶液至試樣瓶，以 HPLC 檢查酸化溶液之不純度。不純度應 < 甲醛(0.025  $\mu$ g/ml)。

(2) 矽膠濾筒之塗層: 打開濾筒包, 連接短端至 10ml 注射器並置於注射器架。用一吸附管重複吸液, 加 10ml 乙腈至各注射器。讓液體靠重力排至廢料管。以注射器裏的乙腈置換可附於注射器與矽膠濾筒之間的氣泡, 以除去任何氣泡。設置重複分送器, 裝上酸化 DNPH 塗層溶液, 分送 7ml 至濾筒。濾筒出口一停止流出, 分送 7ml 塗層試劑至各注射器。讓塗層試劑隨重力排過濾筒, 直至濾筒另一端停止流出, 以清潔紙巾擦去各濾筒出口。

(3) 組裝一套乾燥支管, 插入濾筒連接管(兩端朝外, 外徑 0.61cm X 2.5cm 之 TFE 碳氟管, 濾筒口內徑略大於連接管外徑)至洗滌器濾筒長端, 將濾筒自注射器移開, 濾筒短端連接至已附於洗滌器濾筒之連接管開口端, 以大約 300ml/min 至 400ml/min 之流率經各濾筒輸入氮氣。用 Pasteur 吸液管吸取乙腈沖洗濾筒外表面及出口端, 15min 後, 停止氮氣輸送, 拭去濾筒外部沖洗乙腈並拆下乾燥的濾筒, 以標準聚丙烯管塞塞住塗層濾筒兩端, 將塞住筒口的濾筒置入硼矽玻璃管, 蓋上聚丙烯螺帽。在每個濾筒玻璃儲存容器貼上一系列編號及一批號標籤, 並冷藏待用。採樣濾在 4°C 避光條件下儲存時, 保持穩定至少六個月。

### (七)步驟

1. 試樣採集準備: 組裝採樣系統, 確保泵在整個採樣過程可保持穩定流率, 採樣濾筒在溫度超過 10°C 時, 可正常安全的用於空氣採樣。必要時, 加一臭氧溶稀器或洗滌器。試樣收集前, 檢查系統是否滲漏。塞住濾筒入口(短端)使泵的出口端未顯示氣流。流量計不應顯示任何經由採樣儀器之氣流。

採樣前, 自糙面金屬罐或其他適當容器取下濾筒容器。連接濾筒至採樣系列, 使其濾筒升溫至玻璃管內之室溫。

用市面上購得之預塗 DNPH 濾筒, 亦連接濾筒至採樣系列, 使其濾筒升

溫至玻璃管內之室溫。戴上聚乙烯手套，除去注射器塞，以一注射器轉接器連接濾筒至採樣系統。連接濾筒至採樣系列，使短端變成採樣入口。用市面上購得之預塗層 DNPH 濾筒，依廠商指示。某些商用濾筒可為密封玻璃管。對於此類濾筒，以破管器打破濾筒兩端。連接濾筒至採樣系列，以較少量吸附劑插入末端，使較大量吸附劑處於出氣口。操作破口時需謹慎。

2. 試樣採集：啟動採樣器，調節至需求之流率。一般經由一濾筒之流率為 1.0 l/ml，一前一後兩濾筒為 0.8 l/ml。依所需時間操作採樣器，定期記錄採樣變化。如採樣期間周圍空氣溫度低於 10°C，採樣濾筒應置於溫度較高之環境。
3. 採樣結束：停止氣流。在氣流剛停止時檢查流率。如開始時之流率與結束時相差超過 15%，則試樣應被標示為可疑。採樣之後，即自採樣系統卸下濾筒(使用聚乙烯手套)，以原始筒塞蓋住，放回最初容器。以碳氟帶密封，放入糙面罐，糙面罐裝 2cm 至 5cm 深度的粒狀木碳，或放入另一裝有適當填料之合適容器，至於分析之冷藏期應不超過 30 天。如試樣將被移至中心實驗室分析，非冷藏時間應儘量縮短，以低於兩天為最適宜。

依下式計算平均試樣流率：

$$qA=[q1+q2+ \dots+qn]/n \quad \text{式(1)}$$

其中

qA 為平均流率，以毫升/秒為單位；

q1、q2、...qn 為採樣開始、結束及中間點測定的流率；

n 為平均點數。

接著總流量用下式計算：

$$Vm=[(T2-T1) \cdot qA]/1000 \quad \text{式(2)}$$

其中，

Vm 為量測溫度與壓力採樣的總體積，以升為單位；

T2 為停止時間；  
T1 為開始時間；  
T2-T1 為採樣時間，以分鐘為單位；  
qA 為平均流率，以毫升/分鐘為單位。

4. 過程空白分析：每批次試樣至少應分析一現場空白。對於大於 10 至 20 個之試樣批次數，至少 10%被分析之試樣應為現場空白。

5. 採樣分析：

(1) 試樣準備：用裝有 2cm 至 5cm 粒狀木炭之適當外用容器將試樣送回實驗室，冷藏直至分析。或，試樣亦可個別保存於各自容器。採樣與分析之間的時間不應超過 30 天。

(2) 試樣脫附：連接試樣濾筒(採樣時之入口或短端)至清潔注射器。採樣時解吸附之液流應與氣流保持相同方向，以防止不可溶解顆粒滲入洗出液。如洗出液於 HPLC 分析之前得到過濾，則可進行脫附作業。應對各批試樣之過濾空白提取物進行分析，以確定篩檢程式未導入污染。將濾筒/注射器置於注射器架。自注射器傳送 5ml 乙腈經濾筒至量管或 5ml 量瓶，以濾筒(重力進氣)脫附羰基的 DNPH 衍生物及未反應 DNPH。以乙腈稀釋至 5ml 刻度。在量瓶貼上試樣標示。以碳氟線膜吸一份等分試樣至試樣瓶。以 HPLC 分析羰基衍生物之等分試樣。可取第二份等分試樣作為備份，冷藏直至第一份分析結果完成生效。必要時，第二份等分試樣可用作證實分析。

(3) 對於包含兩吸附劑層之玻璃密封 DNPH 採樣試管，打開最靠近第二層吸附劑之試管末端(出口端)。謹慎取下彈簧及玻璃絲塞，保持吸附劑層於原位。以碳氟線膜或罩將吸附劑倒入一清潔 4ml 玻璃瓶。將其標示為備用試樣。謹慎取下另一玻璃絲瓶塞，將剩餘吸附劑倒入另一 4ml 玻璃瓶。將其標示為主試樣。謹慎吸 3ml 乙腈至每一瓶，蓋上瓶蓋，讓其保持 30ml，間或攪動。

(4) HPLC 校正：預備 DNPH 甲醛衍生物之乙腈校正標準液。於 100ml 移動相中溶化 10mg 固態衍生物，製成 100 mg/l 單獨備用溶液。對各校正標準液(至少五級)進行兩次分析，(參閱圖 3-4 及圖 3-5)，為避免

延誤影響，開始時用較低濃度。應用 UV 探測儀或二極體陣列探測儀，25  $\mu\text{g}$  射入量應達到約為 0.05  $\mu\text{g/ml}$  至 20  $\mu\text{g/ml}$  的線性響應範圍。檢測結果可用於準備校正曲線，如圖 3-6 所示。線性回應顯示於以資料線性最小平方法取得之相關係數至少為 0.999。被分析物之保持時間皆符合 2%以內。線性回應一經證實，接近預期水準的中等濃度(但至少十倍於檢測限值)應被選為日常校正。各構件之每日回收率，1  $\mu\text{g/ml}$  或較大之被分析物濃度應在 10%以內，接近 1  $\mu\text{g/ml}$  之被分析物濃度應少於 20%。如觀測到較大變化，或需重新校正，或自新標準液中執行新的校正曲線。

圖 3-4. DNPH 甲醛衍生物層析圖

管柱：C-18 逆相  
 活動相：60%乙腈 40%水  
 偵測儀：360nm 紫外線  
 流率：1 ml/min  
 相對時間：甲醛 7min。  
 試樣射入量：25  $\mu\text{l}$

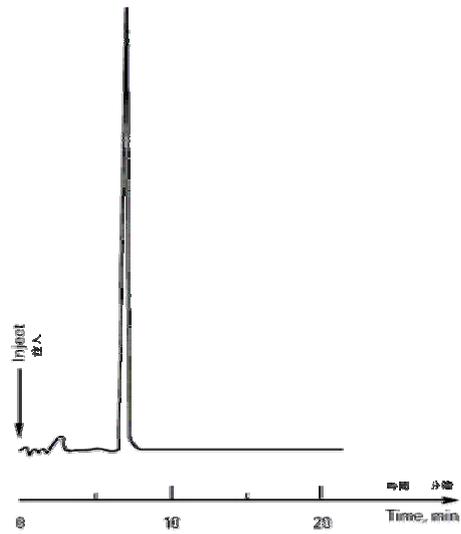


圖 3-5. DNPH 甲醛衍生物各種濃度之 HPLC 層析例圖

濃度	面積計數
0.61 $\mu\text{g/ml}$	226 541
1.23 $\mu\text{g/ml}$	452 166
6.16 $\mu\text{g/ml}$	2 257 271
12.32 $\mu\text{g/ml}$	4 711 408
18.48 $\mu\text{g/ml}$	6 953 812

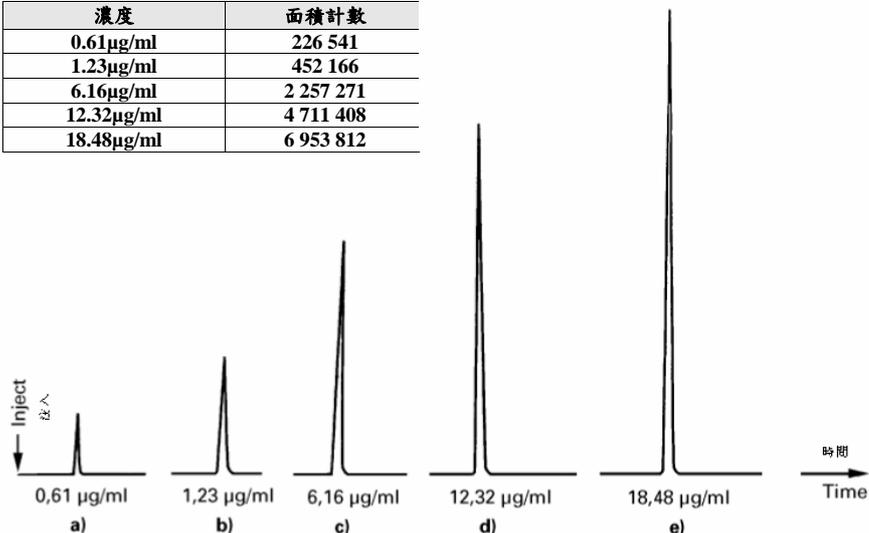
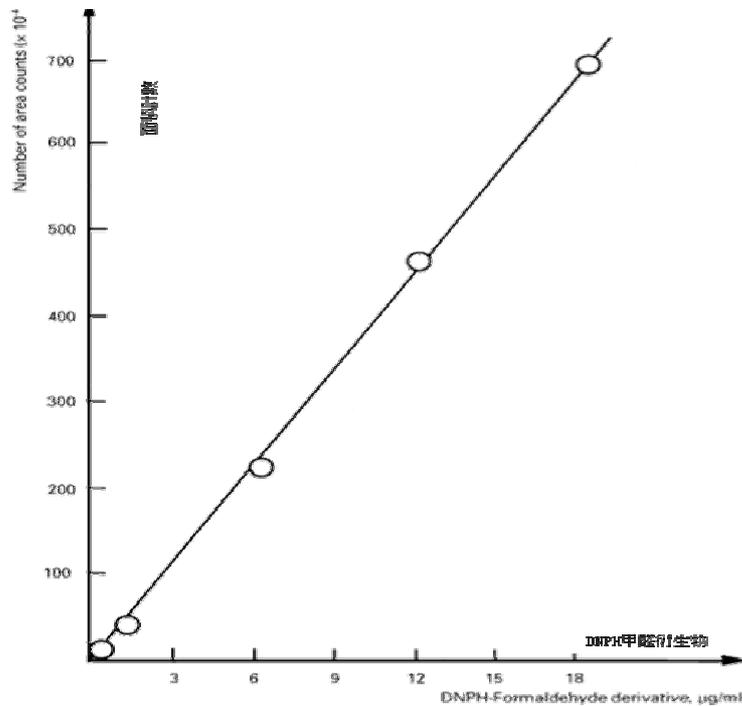


圖 3-6. DNPH 甲醛校正曲線例圖



(5) 甲醛之 HPLC 分析:

分析相關參數-

- 管柱：C-18(4.6mm 內徑×25cm，或相等品)；無需對柱進行溫度控制。
- 移動相：60%乙腈 40%水。
- 偵測器：UV-360nm。
- 流速：1.0 ml/min。
- RT 時間：單一 C18 管柱甲醛約在 7 分鐘、雙 C18 管柱甲醛約在 13 分鐘。
- 樣本注入量：25 µl。

分析前，檢查探測儀基線，確定其穩定情況。準備 HPLC 活動相，混合 600ml 乙腈及 400ml 水，或設置適當梯度係數洗滌 HPLC，以全玻璃及碳氟吸濾儀器的 0.22µm 聚酯膜篩檢過濾此混合物。用氮氣清洗 10 至 15min(100ml/min)或於蓋著觀測玻璃之 Erlenmeyer 燒瓶中加熱 5min 至 10min 至 60°C，以此除去過濾後移動相內氣體。當穩定的後壓節氣門 (350kPa)或內徑短長(15cm 至 30cm)碳氟管應置於探測儀之後，以進一步

消除移動相除氣。將移動相置入 HPLC 吸收槽，泵的流率設為 1.0 ml/min。首次分析前，允許其除氣 20 至 30min 並先啟動探測儀至少 30 min。如被分析物濃度超過設備線性範圍，試樣應以移動相，或較小量射入 HPLC 進行稀釋。如在初時的運作中發現 RT 時間相同(±10%)，可增減乙腈/水比例以獲取正確洗滌時間。如洗滌時間太長，提高比例；如時間太短，則降低比率。如需改變溶劑，試樣作業前皆要重新校正。

#### (八)計算

應用下列公式對各別試樣之被分析物(DNPH 衍生物)之總質量進行計算：

$$m_d = m_s - m_b \quad \text{式(3)}$$

其中

$m_d$  為自濾筒提取之 DNPH 衍生物的修正質量，以微克為單位，

$$\begin{aligned} m_s &\text{ 為未同一試樣濾筒之未修正質量，以微克為單位} \\ &= A_s \cdot (C_{\text{std}}/A_{\text{std}}) \cdot V_s \cdot d_s \end{aligned} \quad \text{式(4)}$$

$$\begin{aligned} m_b &\text{ 為濾筒之被分析物的質量，微克為單位} \\ &= A_b \cdot (C_{\text{std}}/A_{\text{std}}) \cdot V_b \cdot d_b \end{aligned} \quad \text{式(5)}$$

其中

$A_s$  為試樣濾筒提取液之面積數值， $(C_{\text{std}}/A_{\text{std}}) \cdot V_s \cdot d_s$

$A_b$  為空濾筒提取液之面積數值，

$A_{\text{std}}$  為標準面積數值，

$C_{\text{std}}$  為日常校正標準之分析物的濃度，以微克/毫升為單位，

$V_s$  為試樣濾筒提取液之總體積，以毫升為單位，

$V_b$  空濾筒提取液之總體積，以毫升為單位，

$d_s$  為試樣濾筒提取液之稀釋因數

= 1 如試樣未能重新稀釋

=  $V_d V_a$  如試樣重新稀釋其所引起檢測儀於直線範圍內反應，其中

$V_d$  為重新稀釋體積，以毫升為單位

$V_a$  為用於重新稀釋之試樣量，以毫升為單位，且

$d_b$  為空濾筒提取液之稀釋因數=1.0。

依以下公式計算原始試樣之羰基化合物濃度：

$$c_A = m_d \cdot (M_c/M_{\text{der}}) \times 1000/V_m$$

其中：

$c_A$  為原始試樣內之羰基化合物的濃度，以毫微克/升為單位，

$V_m$  為室內的總空氣試樣體積，以升為單位，

$M_c$  為羰基化合物分子質量(甲醛=30)，

$M_{der}$  為 DNPH 衍生物分子質量(甲醛=30)。

註：不鼓勵使用每十億部份或每百萬部份。然而，為方便某些用戶，特提供以下資訊。

將羰基化合物濃度  $c_A$  轉化成容積率每十億部份，使用以下等式：

$$c_A = c_{As}(\text{ng/l}) \times 24.4 / M_c \quad \text{式(7)}$$

其中

$c_A$  為羰基化合物之濃度，以體積每十億部份( $10^{-9}$ )為單位

$c_{As}$  為原始試樣羰基化合物之濃度，以毫微克/升為單位，使用修正之 25°C 及 101.3kPa( $V_s$ )之空氣體積計算。

24.4 為理想氣體體積，以毫微升/毫微克分子，修正至 25°C。

修正之 25°C 及 101.3kPa( $V_s$ )空氣體積依下式計算：

$$V_s = \{(V_m \cdot p_A) / 101.3\} \times \{298 / (273 + T_A)\} \quad \text{式(8)}$$

其中

$V_s$  為 25°C 及 101.3kPa( $V_s$ )條件下之試樣總體積，以升為單位，

$p_A$  為平均室內壓力，以千帕為單位，

$T_A$  為平均室內溫度，以攝氏度為單位，

如欲取得標準條件下每百萬( $10^{-6}$ )部份之濃度結果，以對比此些條款規定之標準，採樣之體積不應對溫度及壓力進行修正。

## (九) 性能評估與品質保證

1. 標準操作規程(SOP): 用戶應編制標準操作規程說明下列實驗室活動：採樣系統之組裝、校正及操作，及所用設備之廠商及型號；採樣試劑及試樣之預備、提純、存放及搬運；HPLC 系統之組裝、校正與操作，及所用設備之構造與型號；及資料記錄與處理之所有方面，含所用電腦硬體與軟體。SOP 應提供詳細及逐步之指示，且可由實驗室操作員隨時取得及理解，SOP 應符合本 ISO 16000 部份。
2. HPLC 系統性能：依下式計算 HPLC 系統能效：

$$\eta = 5.54(t_r/w_{1/2})^2 \quad \text{式(9)}$$

其中

$\eta$  為柱之能效，

$t_r$  為被分析物之保持時間，以秒為單位，

$w_{1/2}$  為半高處構件峰值之寬度，以秒為單位。

取得之柱能效應 > 5000。

對於 1 $\mu$ g/ml 或較大水準之被分析物校正標準，每日重複 HPLC 注入之反應的相對標準偏差應為  $\pm 10\%$  或更少。對於某些羰基化合物，重複分析精度於 0.5 $\mu$ g/ml 或較低水準可變化至 20%。保持時間之精度於任何日內應優於  $\pm 7\%$ 。

3. 試樣損耗：吸附劑容量被超過時，或流率超過與整個收集相容最大值時，其將出現試樣損耗。如欲預防可能出現的損耗，設置連結兩個採樣濾筒並分析各自成份，或對雙節吸附劑濾筒之兩節進行分析。如備用部份收集之分析物數量超過主採樣部份 15% 時，可假定超量已產生，且將影響試驗結果之精度。
4. 精度與不確定性：與其他化合物之情況相同，空氣中甲醛之測定精度與不確定性受到兩個參數所影響，即分析步驟之可重複性與空氣中被分析物濃度不同時間之變化。一般可合理假定後者之影響較前者大出許多，雖然難以對污染源濃度及通風條件變化之影響進行量化。

## 二、ISO 16000-6(室內空氣—以 Tenax TA® 吸附、熱脫附及利用 MS/FID 進行氣體氣相色譜分析方式，針對室內或測試艙空氣進行主動式採樣揮發性有機化合物之測定)

### (一) 適用範圍

ISO 16000 在這個部分具體說明室內空氣 VOCs 的測定及利用測試艙進行從建材逸散之 VOCs 之空氣採樣方式，此種方法是依據利用 Tenax TA<sup>®2</sup> 進行吸附及熱脫附，並利用氣相色譜分析方式進行分析。此種方式可應用於量測特定範圍內（微克/ $m^3$ ~毫克/ $m^3$ ）非極性及極性之 VOCs 物質，使用這種描述方法，極易揮發性有機化合物 VVOC 與半揮發性有機化合物 SVOC 亦可被測定與分析。

---

<sup>2</sup> Tenax TA® 是 Supelco, inc 製造商產品的商標名稱，此資訊是提供給此國際標準使用的方便且不是 ISO 指定的背書產品的名稱。假如相類似的產品顯示達至相同的結果也可以被使用。

## (二) 相關參考文獻

下列之參考文獻在應用此文件時是必需具備的，對於有日期的文獻，只有引用應用之版本。對於無日期的文獻，以最新文獻應用的版本。本規範主要參考下列相關文獻進行擬定：

1. ISO 16000-1，室內空氣—第一部份：採樣方式之一般通則。
2. ISO 16017-1，室內、周圍環境與工作環境之空氣—以吸附管採樣/熱脫附/氣相層析方式進行 VOCs 採樣及分析—第一部份：氣體採樣。
3. ENV 13419-1:1999，建築相關產品—VOCs 逸散之測定—第一部份：逸散測試艙測試方法。
4. ENV 13419-2:1999，建築相關產品—VOCs 逸散之測定—第二部份：逸散腔體測試方法。

## (三) 專有名詞及定義

本規範之相關名詞與定義如下：

### (1) 半揮發性有機化合物, SVOC

為沸點從(240°C - 260°C)至(380°C - 400°C)之有機化合物。

依據 WHO 相關規範進行分類，某些化合物由於在沸騰(1 大氣壓狀況下)之前已被分解，因此沸點較難或不可能加以確定，而對於有機化學物則常利用汽壓測定以進行分類，因此汽壓測定也許是另一種可將揮發性化合物進行分類之方式。SVOCs 汽壓為  $10^{-2}$  k Pa 至  $10^{-8}$  k Pa。

### (2) 揮發性有機化合物, VOC

為沸點從(50°C - 100°C)至(240°C - 260°C)之有機化合物。

依據 WHO 相關規範進行分類，某些化合物由於在沸騰(1 大氣壓狀況下)之前已被分解，因此沸點較難或不可能加以確定，而對於有機化學物則常利用汽壓測定以進行分類，因此汽壓測定也許是另一種可將揮發性化合物進行分類之方式。一般而言，VOCs 在 25°C 及  $10^2$  k Pa 狀況下及達飽和蒸汽壓。

### (3) 極易揮發性有機化合物, VVOC

為沸點從小於 0°C 至 (50°C - 100°C)之有機化合物。

依據 WHO 相關規範進行分類，某些化合物由於在沸騰(1 大氣壓狀況下)之前已被分解，因此沸點較難或不可能加以確定，而對於有機化學物則常利

用汽壓測定以進行分類，因此汽壓測定也許是另一種可將揮發性化合物進行分類之方式。VOCs 典型的蒸汽壓為 15 k Pa。

#### (4) 總揮發性有機化合物, TVOC

揮發性有機化合物之總和，以 Tenax TA<sup>®</sup> 進行採樣及利用火焰離子偵測器 (TVOC-FID) 或質譜儀 (TVOC-MS)，進行包含 n-hexane 與 n-hexadecane 之離析與測定，及利用轉換成甲苯等價物之氣相色譜分析方式，進行總面積之定量測定。於 ISO 16000 之此部分進行個別 VOCs 測定之描述，為一慣用於空氣中產生單一濃度值時計算其總 VOCs 量之說明方式，此濃度值則稱為 TVOC 濃度值 (詳見 12.2 與條款 14)，並應該強調獲得 TVOC 濃度值其依據之採樣及分析方法，並於說明完整之測試方法時，對此加以解釋。

#### (四) 原則

測試樣本氣體之體積是由室內空氣或逸散測試艙 (詳見 ENV 13419-1) 或是由逸散測試腔體 (詳見 ENV 13419-2)，以一個或多個內含 Tenax TA<sup>®</sup> 吸附物之吸附管所收集而來，而揮發性有機化合物則由吸附管所吸附，並在實驗室內進行化合物分析，而所收集之 VOCs 則藉由升溫及惰性載流氣體經由冷凍補集/ 吸附管，及利用毛細管柱導入火焰離子分析儀與 (或) 質譜儀之氣相層析分析設備，相關原則之描述詳見 ISO 16017-1。

#### (五) 試劑與材料

##### (1) 揮發性有機化合物之校正與氣相層析分析之定量

##### (2) 稀釋溶劑，液態添加校正混合溶劑之準備

此溶劑應具有層析級之品質且避免與待測的化合物產生共同沖堤 (5.1)。於多數情況下使用易揮發之稀釋溶劑，則較易進行 VOCs 之分析，在此標準下則常使用甲醇作為稀釋溶劑，相關之有機化合物之健康性與安全性數據則於 International Chemical Safety Cards (ICSCS) 中進行說明。

##### (3) Tenax TA<sup>®</sup>，粒徑為 0.18 mm 至 0.25 mm (60 mesh 至 80 mesh)。

Tenax TA<sup>®</sup> 為利用 2,6-diphenylene oxide 製成之多孔聚合物，於進行 VOC 採樣前，若 Tenax TA<sup>®</sup> 中含有不潔淨之物質則應將其移除，藉由加熱方式，利用純淨之載流氣體將 Tenax TA<sup>®</sup> 淨化，並選擇淨化條件，以避免聚合物吸

附能力產生下降之現象，例如：於 330 °C 環境下，利用 100 ml/min 氣體流速之載流氣體，持續流經採樣管至少 18 小時。並將純淨 Tenax TA<sup>®</sup> 填充入密封之採樣管儲存於一密閉、無逸散之容器內，並藉由進行已淨化吸附材料之分析，確定淨化程序是否成功。

#### (4) 標準氣體

透過已認可之程序準備已知待測化合物濃度之標準氣體，相關適用方法之敘述詳見 ISO 6141 及 ISO 6145，準備等量的 100 µg/m<sup>3</sup> 標準氣體。若此步驟無法適用於允許的完整追蹤產生的已知最初標準的質量或容積之濃度值狀況下，或產生系統之化學惰性若無法被確認，則需利用一獨立之操作步驟確認其濃度值。

#### (5) 標準吸附管，從標準氣體(4)之添加裝載

藉由標準溶液定量注入潔淨的吸附管內來完成標準吸附管之準備，例如：利用泵浦設備。樣本氣體之容積不可超過分析物吸附化合物的破出容積。且於添加後，應將吸附管分離與密封，並針對每一批次樣本準備新鮮的標準品。針對室內及測試艙內之空氣，添加所選定的 100 µg/m<sup>3</sup> 之標準氣體，例如，100ml、200ml、400ml、1L、2 L、4 L 或 10 L 於吸附管內。

#### (6) 液態添加校正溶劑之混合

所準備之校正混和溶劑的穩定與安全儲存時間在 5.6.1 至 5.6.5 中應被測定，潔淨之標準溶劑應照著準備或則證實是惡化的，例如：醇類或酮類之化學反應。

##### (6.1) 溶劑包含各種液態組成物約為 10 mg/ml

將 50 ml 稀釋溶劑先注入容積為 100 ml 之燒瓶內，其注入燒瓶之物質精確重量約為 1 g，並先行注入較不易產生揮發之物質，直至所有稀釋溶劑達到 100 ml，並藉由搖動將其混和。

##### (6.2) 溶劑包含各種液態組成物約為 1000 µg/ml

將 50 ml 稀釋溶劑注入容積為 100 ml 之燒瓶內，並加入 5.6.1 中之溶劑 10 ml，直至所有稀釋溶劑達 100 ml，並藉由搖動將其混和。

(6.3) 溶劑包含各種液體組成物約為  $100 \mu\text{g/ml}$

將 50 ml 稀釋溶劑注入容積為 100 ml 之燒瓶內，並加入 5.6.2 中之溶劑 10 ml，直至所有稀釋溶劑達 100 ml，並藉由搖動將其混和。

(6.4) 溶劑包含各種液體組成物約為  $10 \mu\text{g/ml}$

將 50 ml 稀釋溶劑注入容積為 100 ml 之燒瓶內，並加入 5.6.3 中之溶劑 10 ml，直至所有稀釋溶劑達 100 ml，並藉由搖動將其混和。

(6.5) 溶劑包含各種液體組成物約為  $1 \mu\text{g/ml}$

將 50 ml 稀釋溶劑注入容積為 100 ml 之燒瓶內，並加入 5.6.4 中之溶劑 10 ml，直至所有稀釋溶劑達 100 ml，並藉由搖動將其混和。

#### (7) 標準吸附管之添加裝載

藉由標準溶劑注入乾淨的吸附管內之標準吸附管準備過程如下所述：單一吸附管需適合氣相層析儀分析系統(GC) (6.10)的注入器單元，以純淨的惰性氣體以速率為 100 ml/min 流過，並將 1  $\mu\text{l}$  至 5  $\mu\text{l}$  適當之標準溶劑穿透隔膜注射，且於五分鐘後將吸附管分離並進行密封。而每一批次採樣必須備有新鮮之標準吸附管。利用 GC 注射器將液態標準品引入吸附管內，當化合物呈現汽化階段到達吸附基質為一較為適當之方法，或者可利用注射器直將液態標準溶劑接注入吸附基材中(6.3)。校正混合物之準備應於被控制環境溫度下進行，並依此於使用溶劑前進行調節。

#### (8) 預先裝填之商用標準吸附管

經認證及預先裝填之商用標準吸附管則可被使用於分析品質控制與建立例行性校正。

#### (9) 惰性載流氣體, 例如：氮氣、氬氣、氦氣

純淨之載流氣體容許可檢測出每次注射有 0.5 ng 之甲苯，載流氣體之品質為一重要因子，因為氣體可能會包含污染物一起進入冷凍補集器，並吸附於吸附材上被進行分析。

### (六) 設備

一般實驗室之相關儀器：

(1) 具金屬螺帽與鐵氟龍(PTFE)金屬套環，容量至少為 200 mg 裝填 Tenax-TA<sup>®</sup>

吸附材之不銹鋼或玻璃製吸附管(5.3)，吸附管其需求為外徑 6mm、內徑 5mm、長度 90mm，常用於商用熱脫附用途。使用去活性玻璃棉或其他適合裝置，例如：將吸附材保留於不銹鋼材質吸附管內。預先淨化之吸附管為商用內含 Tenax TA<sup>®</sup>之產品，或為可於實驗室內進行裝填之吸附管。

其相關規範如下列所述：

每支吸附管內含之吸附材重量總和應不少於 200 mg，以確保其吸附能力，而進行吸附管封裝時，應於吸附管後端裝填塞內含玻璃棉之栓塞或不銹鋼網狀材料，必要時可藉由吸力於管中移動吸附材，並利用置於後端之附加栓塞或網狀物將吸附材固定於管內。於 ISO 16017-1:2000 之附錄 B 中有關於破出量之說明，破出量為採樣管尺寸與吸附材數量之比值。於簡易之量測中，當管徑在兩倍之 SSV (safe sampling volume) 進行裝填時，則需維持兩倍之吸附基材長度。

#### (2) 吸附管之連結

為了採樣所需，兩個吸附管可能會被串連，並使用金屬螺帽與鐵氟龍 (PTFE) 金屬套環相連接。

(3) 注射器之精密度至少需至 0.1 µl。

#### (4) 採樣泵浦

泵浦規格應需滿足 EN 1232 或 ASTM D 3686 規範之需求。

#### (5) 管線

採用適當管徑之 PE (polyethene) 或鐵氟龍 (PTFE) 管線，以確保安裝於泵浦與採樣管之接頭不會產生滲漏現象，而採樣管應不可使用塑膠管線，避免吸附材發生逆流現象，造成污染物進入吸附管內，導致測試誤差。

#### (6) 流量校正器

以皂泡流量計或其他適合之設備進行氣流校正。

(7) 氣相層析儀分析系統 (GC)，以火焰離子偵測器或質譜儀其適合雜訊比至少為 5 比 1，以達可測定出至少 1 ng 之甲苯注射量。

#### (8) 毛細管柱

應選擇適當之氣相層析儀分析系統 (GC) 毛細管柱以進行樣本之離析，至

少需 30 m 至 60 m 之 100 % dimethylpolysiloxane 材質管柱；經驗證後，適合進行室內空氣與逸散測試艙氣體 VOC 分析之管柱所需內徑為 0.25 mm 至 0.32 mm 及厚度為 0.25  $\mu\text{m}$  至 0.33  $\mu\text{m}$ 。dimethylpolysiloxane 柱，例如：HP-1 管柱，無法利用特定之升溫設定，將 d-3-carene 從 2-ethyl-1-hexanol 中離析，且無法離析 m- and p-xylenes。HP-1 為由 Agilent, Inc 製造之產品名稱，相關國際標準規範資料之提供，可讓使用者便利使用，且 ISO 亦不針對該項產品設定使用限制，因此若可得到相同之實驗測定結果時，亦可使用同等品。

(9)熱脫附設備，包含：吸附管之兩階段熱脫附及利用惰性氣體將汽化之脫附物導至氣相層析儀分析系統(GC)之相關傳送系統。

相關設備包括：當利用加熱及同時藉由惰性載流氣體進行淨化時，可將吸附管固定之機械裝置，而所需之熱脫附溫度與時間則可依據載流氣體流動率進行調整。其設備可能包含附屬之功能，例如：採樣管之自動裝填、洩漏測試，及利用冷凍補集器或其他適合之設備進行脫附樣本氣體之收集，並利用純淨之載流氣體將脫附之樣本氣體，經熱傳輸線傳至氣相層析儀分析系統與毛細管柱。

(10)以液態注射方式進行準備標準品之注射能力（隨機的）

使用常見的氣相層析儀分析系統注射元件可用於進行校正標準品之準備，並可於原始位置或個別單獨裝設。載流氣體需維持直接導入注射器中，而末端注射應適當，必要時則應以壓力 O-環形密封墊適切的與採樣管進行連結。

(七)實驗測試條件與吸附管之儲存

(1)實驗測試條件

樣品進行測試之前，在惰性載流氣體流動率為 50 ml/min 至 100 ml/min 之條件下，吸附管應於 300 °C 環境中 10 分鐘進行預先純淨化，以移除管內可能會導致測試誤差之微量有機逸散物質，並藉由例行性分析參數，進行已設定條件之吸附管代表性物質分析，得出空白測試基準值，以確定熱脫附空白測試結果已完成。若所得之尖峰面積不超過分析物代表性尖峰面積之 10 % 時，則吸附管空白測試基準則為可被認可；若空白測試結果無法被認可，則

需針對吸附管進行於相同條件下重複步驟之測試，但若經過重複相同條件之空白測試仍無法被認可，則吸附管則應被再次填充（相關步驟詳見 6.1）

## (2) 採樣前吸附管之儲存環境

以金屬螺帽將吸附管密封固定於鐵氟龍(PTFE)之金屬套環，並於室溫狀態下儲存於自由逸散之容器內，並需於四週內使用已調校之採樣管，並於進行採樣前之超過四週儲存之採樣管重新調校。

## (八) 泵浦之校正

將吸附管裝配成一列，並使用適當形式之校正器進行泵浦之校正。

## (九) 採樣

### (1) 室內空氣採樣

裝配採樣管線，若測試時為了確定單一採樣管之破出容積及實驗無分析誤差，而使用一個以上之採樣管時，並利用接合之方式將相關採樣管進行系統性組裝成一單元(6.2)，將吸附管與泵浦相結合，或將吸附管利用 PE 管或 PTFE 管進行裝配。開啟泵浦，並注意及紀錄採樣流量或記錄相關數值，若測試時需進行計算與加壓時，則同時應注意開始測定時間、溫度，採樣氣體流速之適當範圍為 50 ml/min 至 200 ml/min 之間。當採樣實驗結束時，應注意及記錄當時之氣體流速與紀錄相關數值，而關閉泵浦時，亦應注意與記錄關閉時間點、溫度，必要時亦應記錄當時之氣體壓力。

將採樣管與採樣管線進行分離後，將採樣管兩端進行密封，並利用螺帽將其固定於鐵氟龍(PTFE)之金屬套環上。

若以氣流流量量測設備，例如：質量流量計進行採樣氣體流速之測定時，將採樣管連結至採樣管線後，啟動泵浦，同時應注意與記錄啟動時間點及氣體流速或記錄相關數值，若需進行加壓時，則需注意及記錄系統溫度變化狀況；採樣氣體流速之適當範圍為 50 ml/min 至 200 ml/min 之間。當採樣實驗結束時，應注意及記錄當時之氣體流速與紀錄相關數值，而關閉泵浦時，亦應注意與記錄關閉時間點，將採樣管與採樣管線進行分離後，將採樣管兩端進行密封，並利用螺帽將其固定於鐵氟龍(PTFE)之金屬套環上。

針對室內空氣進行採樣時，應完成之完整採樣步驟與需考量之一般性採樣方式，於 ISO 16000-1 中進行描述。當採樣氣體流速低於 50ml/min 時，操

作者可視需要將採樣時間加以延長。

## (2) 測試艙之氣體採樣

進行採樣管線之裝配；若採樣氣體流速以校正器進行測定時，啟動泵浦後，同時應注意及記錄採樣之氣體流速，而適當之採樣氣體流速範圍為 50 ml/min 至 200 ml/min 之間。當樣本是由一逸散測試艙中採樣而來時，其採樣流量應不超過測試艙氣體流量之 80 %，並將採樣管與測試艙排氣孔或逸散測試艙其他採樣口相連接，若需要進行加壓時，則需注意與記錄系統溫度之變化狀況。而於採樣實驗結束，將採樣管與測試艙採樣口進行分離時，則需注意與記錄進行分離之時間點，並重複樣本流量之測定及將泵浦關閉，而將採樣管與採樣管線進行分離及進行採樣管兩端之密封後，利用螺帽將其安裝於鐵氟龍(PTFE)之金屬套圈上。

若採樣氣體流速利用一體成型之氣流量測設備，例如：利用質量流量計進行測定時，將採樣管與採樣管線及遠端之測試艙採樣口進行連結時，應啟動泵浦，同時需注意及記錄操作時間與流速或是將相關數據進行記錄；而若需要進行加壓時，則需注意與記錄系統溫度之變化狀況，而適當之採樣氣體流速範圍為 50 ml/min 至 200 ml/min 之間。而於採樣實驗結束時，則需注意與記錄氣體流速狀況或是將相關數據進行記錄，並將泵浦關閉，同時注意或記錄泵浦關閉時間點，而將採樣管與採樣管線進行分離及進行採樣管兩端之密封後，利用螺帽將其安裝於鐵氟龍(PTFE)之金屬套圈上。

## (3) 採樣體積

安全採樣量(SSV)，例如：不需進行 VOCs 破出測定時，可進行採樣之氣體種類總和，詳列於附錄 B 中。一般而言，當針對非工業上常見之室內 VOCs 氣體進行採樣時，每 1 L 至 5L 氣體則利用含 200 mg Tenax-TA<sup>®</sup>之吸附管進行採樣，於進行建材逸散量測時，建材之形式與出廠時間、裝修方式與測試艙內氣體交換率，皆會影響最適當之採樣體積設定，一般而言，採樣容積之建議值為 $\leq 5L$ 。

採樣體積應依據實驗預期濃度進行設定，當進行採樣前無法確定濃度時，建議應針對同樣本進行至少三種不同採樣體積之採樣，若分析結果與採樣容積較無相關性，則可發現無破出現象之分析結果。

#### (4) 測試樣本之儲存

已裝填之採樣管應牢固密封，並於室溫狀況下，儲存於一無逸散之容器內，雖然已有某些實驗結果顯示已裝填之採樣管可於室溫下儲存好幾個月，但儲存時，室內及測試艙空氣中所含之 VOC 對於已裝填之採樣管之確切影響尚無法得知，為避免樣本可能發生變化，因此樣本最好儘快於四週內完成分析。

#### (5) 實驗場所空白測試

進行場所空白測試使用之內含 Tenax-TA® 採樣管須與 VOC 採樣時相同，該管材於進行場所空白測試之操作程序，除了實際測試時間與採樣時不同外，其餘步驟皆與操作採樣管之程序相同。進行場所空白測試時應予以記錄，並與實際採樣之儲存及分析程序相同。每進行一測試程序，約有 10 % 之樣本需進行空白測試，但若只完成少量之測定時，至少需進行一次空白測試及分析。

### (十) 分析

#### (1) 概論

為進行分析，因此將採樣管進行 VOCs 熱脫附，並利用於氣相層析儀分析系統之毛細管柱與火焰離子偵測器 (FID) 與質譜儀 (MS) 或單獨使用 MS 進行測定，並將個別的 VOCs 進行離析，質譜儀 (MS) 可用於化合物之測定與定量化，而火焰離子偵測器 (FID) 之訊號則可單獨用於化合物之定量。

當火焰離子偵測器與質譜儀同時用於分析時，則兩者其中之一可與相同氣體或不同氣體之層析分析結果進行比對；而於後面之案例中，相同樣本注射量與離析參數應被用於上述兩種儀器，以提出可相互比對之氣相層析數據。當利用 FID 進行定量時，不同濃度混和之校正標準品或至少一種單一之校正標準品，應於每一採樣批次分析時，作為確認系統之性能表現。

當利用 MS 進行定量時，至少應有三種不同混和濃度之校正標準品，最好為五種或七種，並於每一採樣批次進行分析時需重新校正。內部規範，例如：利用同位化合物來控制進行採樣及分析時之性能。

#### (2) 熱脫附

脫附時間之選擇與脫附氣體流速之設定應讓烷類之脫附效率達到 95 % 以

上，而脫附效率之判定則於 ISO 16017-1 中進行描述。典型之 VOC 分析則為使用一輔助之冷凍補集器與內含 200 mg 至 250 mg Tenax TA<sup>®</sup>之採樣管，其脫附條件為：

■熱脫附溫度	260 °C~280 °C
■熱脫附時間	5 分鐘~15 分鐘
■脫附時氣體流速	30 ml/min~50 ml/min
■冷凍補集器最高溫度	280 °C
■冷凍補集器最低溫度	- 30 °C
■冷凍補集器吸附材	Tenax TA <sup>®</sup>
■傳輸線溫度	220 °C

分流比用於採樣管與次要冷凍補集器之間及次要冷凍補集器與分析管柱之間（若有使用），分流比應依據預期氣體濃度進行選擇（相關規範應依據各熱脫附儀器製造商之解說）。易於揮發之 VVOCs 於此種環境下，於經過冷凍補集器時將會被裂解，且在進行分析時亦不會被測定、量化。

### (3)溫度設定

當分析之混合物具有極大差異之沸點與極性時，則需對分析之管柱進行溫度設定，於最少時間內獲得最佳測定結果。

### (4)樣本之分析

於採樣後應盡可能於四周內進行樣本之 VOC 分析，並依據樣本進行相關之測試艙空白及標準品測試，及利用 MS 進行 VOCs 測定與利用 FID 或 MS 之層析分析將其加以定量化。

### (十一)單一 VOCs 之判別

利用 MS 操作之掃瞄模式進行樣本之分析，以測定單一、非指標性 VOCs，並以質譜儀總之離子層析分析及化合物滯留時間，藉由純化合物或通用經認可之出版物（利用資料庫查詢系統）之質譜數據進行離子層析比對，以測定、辨識單一之 VOCs，而使用者所製作之資料庫亦可被加以利用，當其滯留時間與單一管柱校正之化合物滯留時間一致時，則不應將其認定為化合物之判定。

針對呈現出 10 種最高尖峰及濃度超過 2 µg/m<sup>3</sup> 之物質，應儘可能測定出化合物種類，並從室內空氣及建材逸散之常見 VOCs 製作清單（於附錄 A 中說

明)，若經測定出之 VOCs 總和面積達經層析分析所離析出，包含 C6 至 C16 之總面積的 2/3 時，則達到須判別認可之標準。關於 MS 操作時之 SIM (Selected Ion Monitoring) 模式，可視操作者針對 SIM 模式及校驗模式之差異判別而加以利用。

## (十二) 氣體樣本之採樣與分析

### (1) 概論

當參考化合物為有效之時，可利用其個別反應因子將測定出之化合物進行定量化；在其他之狀況下，其量化結果則以甲苯等價物進行描述，而無法辨識之化合物則利用甲苯反應因子進行定量。

### (2) 揮發性有機化合物(VOCs)

FID 對化合物特定反應因子與線性關係及 MS 針對化合物之影響，皆藉由標準溶劑校正分析系統進行測定(5.5、5.6.2、5.6.3、5.6.4、5.6.5 或 5.9)，並至少利用三種於線性範圍外之不同濃度，以進行校正曲線之製作（最好至少利用 5 至 7 種不同之濃度），而進行校正之最低濃度應等於或低於最低採樣濃度，單一 VOC 進行層析分析之波峰面積則與注入之化合物質量成比例關係。針對個別化合物，其注入進行分析之質量與對應之面積相關性則可被測定，校正曲線斜率超過直線範圍則是 VOC 研究之反應因子：

$$A_{St} = b_{St} m_{St} + C_{St} \dots\dots\dots (式 1)$$

相關因子說明：

$A_{St}$  為標準品的層析分析波峰面積（面積單位）

$b_{St}$  為校正曲線之斜率

$m_{St}$  為標準品分析之質量（ng）

$C_{St}$  為縱座標軸與校正曲線之交點，若校正曲線橫越過原點，則  $b_{St}$  可視為 0

分析測定出之樣本質量是利用分析反應因子經計算偵測器之尖峰面積而來：

$$m_A = A_A / b_{St} - c_A \dots\dots\dots (式 2)$$

相關因子說明：

$m_A$  為樣本分析之質量 (ng)

$A_A$  為樣本經層析分析所得之波峰面積 (面積單位)

$b_{St}$  為校正曲線之斜率

$c_A$  為縱座標軸與校正曲線之交點，若校正曲線橫越過原點，則  $c_A$  可視為 0

關於採樣氣體經判別之 VOCs 質量濃度測定是由下列方程式進行計算而來：

$$\rho_A = m_A - m_{A0} / V \dots\dots\dots (式 3)$$

相關因子說明：

$\rho_A$  為採樣氣體進行分析之質量濃度 (mg/ m<sup>3</sup>)

$m_A$  為採樣管分析測定出之質量 (ng)

$m_{A0}$  為空白吸附管測定出之質量 (ng)

$V$  為採樣容積 (公升)

必要時，採樣物應置於 20 °C 與 101.3 kPa 之環境下：

$$\rho_{A;101.3;293} = \rho_A * 101.3Kpa / p * ( t + 273K ) / 293K \dots(式 4)$$

相關因子說明：

$p$  為樣本氣體之實際氣壓 (kilopascals)

$t$  為樣本氣體之實際溫度 ( °C )

而對於樣本中無法辨識之化合物，則利用甲苯反應因子校正進行定量。

### (3)總揮發性有機化合物(TVOCs)

TVOC 濃度測定步驟如下所述：

考量進行 n-hexane 至 n-hexadecane 層析分析之整體面積，並利用甲苯反應因子及方程式(3)，將其轉換成甲苯之質量單位，以計算採樣氣體中 TVOC 之質量濃度。為實驗目的而使用 MS 時，應進行「標準譜圖調諧」參數或是相同之 MS 參數之設定，否則應優先使用 FID。

此建議乃為了改善 TVOC 之比對結果，由於混合之個別化合物之反應因子較甲苯反應因子來得多樣與廣泛，因此利用甲苯等價物之半定量來進行 TVOC

測定。

#### (4)於 TVOC 範圍外，VVOC 與 SVOC 化合物之測定

為獲得於室內空氣中或於測試艙中從樣本逸散氣體之附加有機化合物相關資訊，除了可進行 VOC 之測定外，更可以獲得與 VVOC 與 SVOC 之相關資訊，例如：於 C6 之前與於 C16 之後的有機化合物沖提。依據方程式(2)、(3)，利用甲苯反應因子將其轉變為甲苯等價物，以檢測出於 C6 至 C16 範圍外之化合物總量。個別化合物於經過 hexane 至 hexadecane 沖提後，應可藉此測定範圍並紀錄 VVOC 與 SVOC 之總濃度；然而由於採樣與分析程序並不完全適用於 VVOC 與 SVOC 之測定，因此測定結果之品質將低於對 VOC 之分析。針對於 TVOC 範圍外之 VOCs 定量測定，則可使用非慣用之吸附與分析條件（詳見 ISO 16017-1）。

#### (十三)性能特性

進行測試前，其性能特性需依據 The Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)進行測定，包括：下所述來源，進行不確定之化合物最小量之測定。

##### ■ 採樣：

氣流量

採樣時間

溫度

大氣壓力

採樣效率

##### ■ 完整之採樣步驟：

量測與穩定性

空白測試之穩定性

##### ■ 脫附效率：

##### ■ 校正：

標準品

校正函數之缺適度

##### ■ 分析：

可重複性

空白測試層級

■ 環境因子影響：

採樣時之溫度

採樣時之濕度

其他影響因素

■ 測試場所之可重複性：

■ 測試艙操作技術：

換氣

測試樣本之準備

測定方法之準確性與可重複性為一重要因素，其測定結果與實驗方法之適宜性，則需依據實驗目的進行評估。若測試時已知氣體 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) 可精確的產生，則 VOC 測定方法準確性則可加以測定；由於上述方法較為困難，因此大部分之相關研究皆從一固定的氣體中進行重複之採樣步驟，單獨針對其測試方法測定其可重複率。

在室內空氣中 chlorinated butadienes 相關之研究，針對不確定之量測結果則是依據 GUM 之原則進行評估，在 hexa-chlorobutadiene 的相對不確定度測定  $0.6 \times 10^{-9}$  的容積比率時為  $\pm 12\%$  擴充相對不確定度(在 95 %信心水準中) 是  $\pm 23\%$ 。

從包含六種 VOCs 之環狀氣體分析出之非極性之 hydrocarbons 樣本，其可重複性已被證實，針對 2 公升之樣本進行測定時，Tenax TA<sup>®</sup> 之可重複使用其不確定度則需少於 10%，而針對 0.5 公升之樣本進行測定時其不確定度則需少於 12%。於進行材料逸散測試時，已針對從室內建材與建築產品逸散之 VOCs 特性，進行有系統的實驗室內部認可評估、測試比對，而內部比對結果已陳述於相關報告書。

#### (十四) 測試報告

測試報告至少應包含下列相關內容：

- a) 量測目的。
- b) 採樣點的描述。

- c) 採樣之時間與相關數據。
- d) 採樣環境條件（溫度、相對濕度）。
- e) 相關之國際標準。
- f) 採樣程序之完整描述。
- g) 分析程序之完整描述。
- h) 分析方法之檢測限制。
- i) 依據 CAS-號碼進行化合物濃度之鑑定，包含：進行計算與校正時之原則。
- j) 報告中無法確定之檢測結果。

測試結果應完整包含下列相關內容：

- 於進行甲苯等價物判定時，TVOCFID 或 TVOCMS 之質量濃度。
- 於進行甲苯等價物判定時，總 VVOCFID 或 VVOCMS 之質量濃度及在 C6 前與 C16 後，總 SVOCFID 或 SVOCMS 之判定。

#### (十五) 品質控制

適當之品質控制標準應被使用，包含下列應被認證事項：

- 依據 9.5 進行空白測試準備。
- 空白吸附管的可接受層級是未超過分析物之 10%波峰面積。
- 依據國際標準（詳見 ISO 16017-1）進行 VOCs 脫附效率控制，並於實際樣本進行適用規範選定、代表性化合物分析時，進行相關要素之監控。
- 可利用後端吸附管或低於最小安全採樣容積，以進行採樣效率控制。
- 確定重複進行之測定方法，例如：重複樣本濃度之採樣與分析，相關規範之標準差值需  $\leq 15\%$ 。
- C6 至 C16 碳氫化合物之回收率為 95 %。

### 三、ISO 16000-9(室內空氣—建築產品及室內裝修揮發性有機化合物逸散之測定—逸散測試艙測試方法)

#### (一)適用範圍

ISO 16000 在這部分之規範具體說明一般實驗室測驗方法，在規定之氣候條件下，從新建築產品或家具，揮發性有機化合物的面積比逸散速率的測

試。此實驗方法原則上也可應用於老舊的建築產品，獲得的逸散速率數據則可運用一模式空間來計算濃度。ISO 16000 在此部分規範使用不同的逸散測試艙，為了從建築產品或家具揮發性有機化合物之逸散測定。

測試樣本的採樣、運送、儲存及測試樣本的準備於 ISO 16000-11 中說明。測定 VOCs 之氣體採樣及分析方法於 ISO 16000-6 和 ISO16017-1 中說明。逸散測試艙之一般描述規定在此 ISO 16000 部分之附註 C。對於木心板之甲醛逸散的測定可參考 EN 717-1:2004。然而 ISO 16000-9 也可以運用在木心板與其他建築產品，以測定甲醛逸散速率。在 ISO16000-3 則有針對甲醛的測量程序進行描述。

## (二)相關參考文獻

本規範之應用，下列參考文獻勢必需的：

1. ISO 554:1976, 標準測試環境條件和測試方式—說明。
2. ISO 16000-6:2004, 室內空氣—第六部份：室內空氣—以 Tenax TA® 吸附、熱脫附及利用 MS/FID 進行氣體氣相色譜分析方式，針對室內或測試艙空氣進行主動式採樣揮發性有機化合物之測定。
3. ISO 16000-11, 室內空氣—第十一部份：從建築產品和裝修逸散之揮發性有機化合物的測定—採樣、樣本儲存與試驗樣本的準備。

## (三)專門用語及定義

本規範之相關名詞與定義如下：

### (1)空氣交換速率

在相同單位的量測下，每小時帶入逸散測試艙內之乾淨空氣量與空的逸散測試艙之體積的比率。

### (2)空氣流速

每單位時間進入逸散測試艙內之空氣量。

### (3)風速

試驗樣本表面上方的空氣速度。

### (4)面積比空氣流速

供應空氣流速和試驗樣本面積之間的比率。

(5)建築產品

產品生產為了在固定方式在構造物上組合。

(6)逸散測試艙

在測定從建築產品逸散之揮發性有機化合物發時可控制操作參數之密閉艙體。

(7)逸散測試艙濃度

在逸散測試艙排氣口所量測到一種特定揮發性有機化合物, VOCx, (或一群揮發性有機化合物) 之濃度值。

(8)產品負荷率

試驗樣品表面之暴露面積和逸散測試艙體積之比率。

(9)回收率

量測在一特定的時間週期離開逸散測試艙之空氣內指標性揮發性有機化合物之質量除以在相同時間週期加入逸散測試艙之指標性揮發性有機化合物之質量, 百分比表示。

(10)樣本

具代表性之一部分或是一片建築產品

(11)特定逸散率,  $q_m$

在於說明產品特定的速率, 從測試開始, 在規定的單位時間內, 每單位時間從產品所逸散之揮發性有機化合物質量。面積比逸散速率,  $q_{m, AS}$ , 使用在此 ISO 16000 部分, 而其他類別產品之特定逸散率則可根據不同之要求來加以定義, 例如: 長度特定逸散率  $q_{m, LS}$ , 體積特定逸散率  $q_{m, VS}$ , 單位特定逸散率  $q_{m, US}$ 。「單位面積比逸散速率」此名詞有時可與「逸散因子」並列使用。

(12)指標性揮發性有機化合物

從產品逸散之特定揮發性有機化合物

(13)測試樣本

為進行逸散測試艙逸散測試實驗所準備之測試樣本, 以模擬建材或產品

之逸散模式。

#### (14)TVOC

已確定及未確定之揮發性有機化合物濃度總和，包括 n-hexane 和 n-hexadecane。依據其個別反應，將已確定之化合物加以定量，而未能確認波峰的面積以甲苯反應係數根據分子量轉換為濃度，由於實際上之原因必須考慮到測試艙，此定義與 ISO16000-6:2004 中之定義，有些微區別。在 ISO 16000- 6，TVOC 與 TVOC 被吸附的採樣媒介 Tenax TA<sup>®</sup>有關。

#### (15)VOC

是指從測試樣本逸散且全部在測試艙排氣口空氣偵測到之有機化合物。由於實際上之原因必須考慮到測試艙，此定義與 ISO16000-6:2004 所定義的有所不同；ISO16000-6 之定義是根據其沸點範圍（50°C 到 100°C）到（240°C 到 260°C）。逸散測試方法描述在此 ISO16000 部分透過 TVOC 的定義，其化合物的範圍是最大限度。

#### (四)符號及專有名詞縮寫

以下列出在此 ISO16000 部份所使用的符號及名詞：

表 3-4 ISO16000 符號及名詞

符號	意義	單位
P <sub>x</sub>	逸散測試艙中 VOC <sub>x</sub> 的質量濃度	mg/m <sup>3</sup>
L	產品負荷率	m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup>
n	換氣率	次/hr
q	單位面積空氣流速(=n/L)	m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> *hr
q <sub>A</sub>	單位面積比逸散率	mg/ m <sup>2</sup> *hr
q <sub>l</sub>	單位長度比逸散率	mg/ m*hr
q <sub>m</sub>	單位質量比逸散率	mg/ g*hr
q <sub>r</sub>	單位體積比逸散率	mg/ m <sup>3</sup> *hr
q <sub>u</sub>	單位比逸散率	mg/ unit*hr
t	測試時間	小時或天

#### (五)原理

此測試原理是為了判定從建築產品逸散之 VOCs 的單位面積比逸散速率。此測試是在固定的溫度、相對濕度和面積比空氣流速之逸散測試艙中進行。逸散測試艙中的空氣是完全混合的（詳見 9.7），而在測試艙排氣口處所

量測到之空氣中 VOC 濃度，則可代表測試艙中氣體的濃度。特定時間內單位面積比逸散速率之計算,  $t$ , 是由逸散測試艙氣體濃度和單位面積空氣流速,  $q$ , (詳見條款 13) 來計算。根據已知的氣體濃度及從流經逸散測試艙和測試樣本的表面區域之氣體，藉此實驗可測定從建築產品之 VOCs 單位面積比逸散速率。

## (六)逸散測試艙系統

### (1)概論

藉由設備之設計與操作，以測定從建築產品之 VOCs 單位面積比逸散速率，相關設備包括：逸散測試艙、清淨空氣製造設備和濕度控制系統、空氣混合系統及監控系統，以確保測試實驗是於特定狀況下進行。逸散測試艙之相關型式說明、需求及規範則於 6.2 和 6.6 中說明。

### (2)逸散測試艙的製造材料

會與揮發物 VOCs 接觸之逸散測試艙及採樣系統部分，其大部分表面皆是以處理過的磨光不鏽鋼或玻璃所製成。其他被用來作為逸散測試艙混合設備之材料，例如：風扇和密封材料，皆須為低逸散率與低吸附率，並測試其不為會造成逸散測試艙內之背景濃度。

### (3)空氣供給和混合裝置

逸散測試艙需包含相關設備，例如：電子流量控制裝置，並能以 $\pm 5\%$ 之準確度固定值進行換氣率之連續控制。逸散測試艙之設計應能確保測試艙中空氣適當的混合狀況，在 9.6 有詳述相關之必要條件。附註：利用風扇、多風門進氣口及擴散排氣、沖孔地板、金屬擋板以達到艙內氣體之混合。

### (4)氣密性

逸散測試艙應保持一定之氣密性，以避免未受控制的外氣影響艙內氣體交換。逸散測試艙之運作應該維持在稍微大於一般大氣壓力下，並避免受實驗室氣壓影響。逸散測試艙若符合以下其中一項條件，則可認為氣密：

- 在超過 1000pa 之大氣壓力下，每分鐘之空氣洩漏量少於 0.5%的測試艙容積。
- 空氣洩漏率少於供氣氣體流速的 5%。

#### (5) 空氣採樣裝置

假如採樣的空氣相同於排氣空氣，雖然在逸散測試艙有不同的採樣口是可以被使用，排氣空氣(位在測試艙的出氣口)應被作為採樣處。採樣歧管應直接進入排氣口氣流中進行採樣，若使用導管時，要盡可能縮短導管長度，並應維持與逸散測試艙相同之的溫度。採樣氣流量總和應小於逸散測試艙進氣口氣流量的 80%，並避免壓力不足。重複複製採樣氣體樣本時，使用多孔採樣歧管則可提供更多彈性。逸散測試艙與歧管或氣體進氣口之間有一個空氣混合艙，包括允許增加、內標氣體與逸散測試艙內氣流之混合。從逸散測試艙所排出的氣體應輸送至排氣櫃，以確保任何從實驗室測試材料所逸散之的化學物皆被隔離。

#### (6) 回收率和沈降效應

指標性 VOC 的回收率可於逸散測試艙中藉由已知 VOC 逸散來源之特定逸散率加以測定，而其產生之逸散濃度應類似於經測試之建築產品的預期逸散濃度。回收率測試應於逸散測試艙中執行，利用甲苯(Toluene)和十二烷(n-dodecane)進行回收率測試，並於實驗開始進行 72 小時後測定艙內氣體濃度(初步預備測試詳見 12.3)，甲苯和十二烷濃度值回收率平均值應大於 80%，而回收率測試結果並應加以紀錄(預期濃度值 vs. 測量濃度)。在潮濕空氣中可能會因吸濕的 VOCs 造成低回收率。沈降效應、氣體洩漏或不良之校正皆會造成達到最小要求的困難度。此類化合物之逸散常具有沈降效應與吸附特性，而針對特定 VOCs 利用不同分子量與極性之測試，則可有助於了解其影響性。

#### (七) 設備

進行逸散測試所需設備如下：

- (1) 清淨空氣供給設備，例如：在氣體鋼瓶內之加壓淨化的氣體或合成氣體。
- (2) 逸散測試艙系統。
- (3) 加濕系統。
- (4) 空氣濕度、溫度和風速監測系統。
- (5) 空氣流量計

(6) 對測試艙內壁或是熱脫附設備之清潔藥劑

(7) 空氣混合量測設備

(8) 回收率測試設施

(八) 測試環境

(1) 溫度和空氣相對濕度

在歐洲，相關產品需在溫度 23°C 和相對濕度 50% 下進行逸散測試 (ISO 554)，容許誤差為 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 和 $\pm 5\%$  RH。對於在其他氣候狀況下亦適用之產品，可能選擇的溫度和空氣濕度條件，於 ISO 554 中有具體說明。在開啟逸散測試艙並置放測試樣本後，於測試艙內可觀察到逸散濃度之最初變化狀況，並應將濃度變化狀況加以記錄。

(2) 供給的空氣品質及背景濃度值

供給的空氣應不包含任何 VOCs 及大於逸散測試艙所需之背景濃度標準。背景濃度值應低於足以影響逸散測試之程度，以求達到品保要求。TVOC 背景濃度應低於  $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而任何單一特定 VOC 背景濃度應低於  $2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。若測試艙容積大於  $20\text{m}^3$ ，實際之個別背景濃度範圍介於  $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  至  $5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。進行加濕時所使用的水不可含有干擾的 VOCs。

(3) 風速

接近測試樣本表面之風速應介於 0.1m/s 到 0.3m/s。風速之量測值為一分鐘內風速之平均值，風速為蒸發控制逸散時之重要因子，例如：從某些液態產品之逸散（視該產品之基質）。

(4) 單位面積比空氣流速和換氣率

逸散測試艙之濃度依靠著單位面積比空氣流速，其為在設定逸散測試條件時選擇的一個參數。

(九) 測試條件確認

(1) 概論

全部之可控制量測都是根據認證標準的品質保證和品質控制計畫。

(2) 溫度和相對空氣濕度控制系統

設置於逸散測試艙中之溫度控制系統，可視實驗需求進行艙內溫度控制或是維持一恆定溫度。在以下案例中，逸散測試艙之內壁體，應具有良好之絕緣能力，以避免水氣冷凝於艙內壁體。相對濕度可由外部之清靜空氣供給設備或逸散測試艙內部之空氣濕度控制設備等不同系統來進行控制。在後續案例中，則應採取防護措施以避免逸散測試艙發生冷凝或潮濕現象。控制溫度和空氣濕度的系統應分別獨立量測其溫度及相對空氣濕度。

### (3) 逸散測試艙之測試條件

溫度、空氣相對濕度及空氣流速應以儀器進行持續監控和紀錄，準確度並應符合下列規範：

- 溫度  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$
- 相對空氣濕度  $\pm 3\% \text{ RH}$
- 空氣流速  $\pm 3\%$

— 空氣風速應於逸散測試開始和結束間進行量測，且準確度需達 $\pm 0.1\text{m/s}$ 。

### (4) 逸散測試艙換氣率

至少每 12 個月需使用校正氣體量測或使用示蹤者氣體量測進行換氣效率之定期檢查，而換氣率之變化不可超過設定值之 $\pm 3\%$ 。假如於排氣口以非長期裝置之氣體流量計/流速計進行測試實驗，透過儀器應可察覺背壓應低於經過測試艙之空氣流速。

### (5) 逸散測試艙之氣密性

逸散測試艙之氣密性應以量測壓力洩漏量、比較於進氣口與排氣口部份之氣體流速或量測示蹤氣體濃度變化等方式進行定期檢查（詳見 6.4）。

### (6) 逸散測試艙風速

逸散測試艙內之風速量測點最少應有一點，並應於測試樣本中心之上方，距離測試樣品表面 10mm 的距離。若測試樣品的尺寸和構造會影響氣流，則應選擇另外之量測點。熱導線與薄膜式風速計為適當之風速量測設備，其校正範圍應在 0.1m/s 到 0.5m/s。

### (7) 逸散測試艙內部空氣混合效率

測定艙內空氣混合效率應被執行藉由測試樣本或樣本之惰性基質於逸散

測試艙內進行測試。藉由將固定濃度和流量之示蹤氣體與進氣口之空氣相互混和，並超時量測排氣口之濃度變化，並將濃度變化/時間圖表與艙內氣體完全混合的理論曲線進行比對，則可確定逸散測試艙內之空氣是否已適當混合。透過最小平方擬合比對理論曲線及量測數據時，測試艙之容積將會是一個影響變因，而我們比對測試艙實際容積與根據擬合曲線之容積時，測試艙內之空氣應適當混合，且應符合或不超過理論完全混合模式的 10%。

#### (十) 測試樣本

在逸散測試艙中從建築產品 VOCs 之逸散進行的研究，應於測試前需對產品進行適當之處理。

#### (十一) 逸散測試艙之準備

逸散測試艙應需保持乾淨以符合 8.2 的要求，清潔時可先用鹼性洗滌劑清洗艙內壁體表面，之後再用乾淨蒸餾水清洗壁面兩次，並將測試艙進行乾燥與淨化，以符合測試條件。逸散測試艙亦可用熱脫附方式來清潔。

#### (十二) 測試方法

##### (1) 背景濃度

在新逸散測試開始進行前，背景空氣樣本應被量取，在空的逸散測試艙內之任何可能貢獻揮發性有機化合物之背景物質濃度進行定量。背景濃度值應符合 8.2 之規定。

##### (2) 逸散測試艙中測試樣品之位置

測試樣本應放置於逸散測試艙之中央，確保氣流平均分佈於測試樣本之逸散表面。

##### (3) 逸散測試艙氣體濃度之量測時間

濃度之量測應於規定之採樣時間內進行。而根據實驗目的，亦可適當延長氣體採樣時間，並依據使用之分析方法持續量測和記錄空氣樣品濃度。複製空氣樣本應於開始進行測試之  $(72 \pm 2)$  小時和  $(28 \pm 2)$  天後。於結束逸散測試後，應依據條款 11 之規定清潔逸散測試艙。

依據測試目的決定逸散測試時間。當測試樣品不在測試艙中時，其應儲存於平均溫度  $23^{\circ}\text{C}$ 、相對濕度 50% 之環境，在儲存期間，樣本之老化過程應

類似於測試艙內，並應避免其他樣品對其造成污染。將採樣樣本置入測試艙後，應於 72 小時內進行氣體採樣，而每一測試樣本之移動皆須記錄於測試報告中。假如濃度衰減測試是必要的，則可於測試開始後之 1, 3, 7, 14, 28 和 56 天（甚至更長之時間）後進行空氣樣品之量取。為避免測試樣本之氣體逸散濃度受影響，因此 VOCs 之背景濃度應充分加以控制。可使用通風良好之置物架或儲存櫃，以將污染影響減至最小。

### (十三) 單位面積比逸散率的計算和結果的表示

在一已設定之測試條件下， $P_x$  與測試樣本單位面積逸散率及通過逸散測試艙之氣體流速有關。針對單一之 VOCs，從測試建材與背景物質中測定到之化合物，則可能會產生不同化合物相互抑制逸散之現象，因此進行 TVOC 測定時，測試艙內之背景物質應被除去。因此  $P_x$  與單位面積比逸散率 ( $q_A$ ) 及逸散測試艙內的單位面積比氣體流速 ( $q$ ) 之關係，如下列方程式所示：

$$P_x = q_A * (L/n) = q_A / q \quad \text{在 } t \text{ 時間} \dots\dots\dots \text{(式 1)}$$

方程式 (1) 表示單位面積比空氣流速  $q$  等於  $n/L$  之比值，而於已設定測試條件之逸散測試艙內進行樣品測試時， $VOC_x$  的濃度則與單位面積比空氣流速有關。

從逸散測試艙排氣口所量測到之 VOC 濃度值 ( $P_x$ )，應會因單位面積比逸散率 ( $q_A$ ) 之不同而改變， $P_x$  為  $VOC_x$  計算之平均濃度值（詳述見 12.3）。

$$q_A = P_x * q \quad \text{在 } t \text{ 時間} \dots\dots\dots \text{(式 2)}$$

測試結果應與將樣本置入逸散測試艙後，持續之逸散測試量測時間有關，並依據測試目的，針對個別 VOCs 或 TVOC 之單位面積比逸散率進行敘述報告。

應將逸散化合物之總量 (TVOC) 視為樣品測試之具體因子，而且針對類似指標性 VOC 逸散數據進行樣本比對。

附註：可依據測試目的，藉由時間濃度計算或透過各種各樣的數學模式，例如：first-order decay from concentration time data，得到單位面積比逸散率。

### (十四) 性能特性

此與 ISO16000- 6 相關之測試方法性能特性，於 ISO 16000- 6 和 ISO 16017- 1 中皆有敘述。

#### (十五) 測試報告

測試報告應包含下列資料：

- a) 測試實驗室
  - 1) 實驗室的名稱及地址
  - 2) 負責人姓名
  - 3) 操作方法及相關設備的描述(測試艙、清靜空氣系統、環境控制、採樣及分析之測試設備、相關規範標及校正)
- b) 樣本之描述
  - 1) 產品樣式(品牌名稱)
  - 2) 樣本選擇程序(例如：隨機抽樣)
  - 3) 產品其他相關資料(製造日期、送抵實驗室之時間)
- c) 測試樣本前置作業
  - 1) 打開封裝之時間、日期和測試樣本之準備(小時、天、月和年)
  - 2) 準備方法，包含：厚度、底層及液態產品之基質與單位面積的數量、厚度
- d) 實驗條件和過程
  - 1) 測試艙環境條件(溫度、相對濕度、換氣率、風速)
  - 2) 測試樣本面積和負荷率
  - 3) VOCs 逸散之採樣(吸附劑之使用、採樣容積、於測試艙內持續之採樣時間)
- e) 數據分析

以敘述之方式描述從量測測試艙中濃度獲得之逸散率(以數學模式或方程式說明)。
- f) 測試結果

每一測試樣本之特定逸散率，如：個別 VOCs 或 TVOC 之歷時空氣採樣樣本，都應加以紀錄報告。
- g) 品質保證和品質控制
  - 1) 指標性化合物的艙內背景濃度值
  - 2) 甲苯與十二烷的回收率數據(沉降效應之評估)
  - 3) 複製樣品/分析的結果
  - 4) 測試環境各項因子之定量(溫度、相對濕度、換氣率、風速)

## 第四章 木質建材甲醛及 VOC 逸散測試 ISO 標準 CNS 化 之可行性研析與建議

本研究進行建材之甲醛及 VOCs 量測標準比較分析，並進一步探討 ISO 標準 CNS 化之可行性，結果如下。

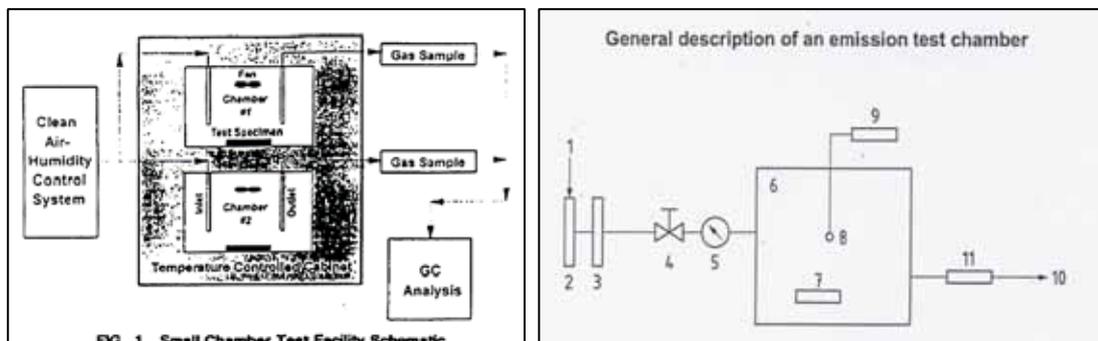
### 第一節 健康綠建材檢測方法與 ISO 標準之差異探討

#### 一、ASTM D5116-97 標準與 ISO 16000-9 之差異

木質建材中甲醛及 VOC 逸散測試方法，在 ISO 16000 標準系列中，「ISO16000-9, 建築產品及室內裝修揮發性有機化合物逸散之測定—逸散測試艙測試方法」與建材逸散測試最有相關的標準為，與 ASTM D5116-97 標準-「室內建材/產品有機物質逸散的小尺寸環控箱測定標準指引」最為雷同。而相關 ASTM D5116-97 標準，及在 2006 年公告之 ISO 16000-9 標準內容上之差異，如表 4-1 所示：

- (1) 增加符號及專有名詞縮寫：與 ASTM 標準不同處是「簡化」許多繁雜建材逸散數學模式，並指只定義建材逸散面積與逸散速率之比例關係，主要透過逸散公式，將觀測濃度轉換成逸散速率。
- (2) 逸散測試艙系統：ISO 標準主要包括逸散測試艙、清淨空氣製造設備、濕度控制系統、空氣混合系統、監控系統等，其測試艙系統主要之差異為「體積限定」、「採樣位置」等，主要相同處為測試系統之設備項目、測試艙之材質規定等，其系統如圖 4-1 所示

圖 4-1 逸散測試艙之差異



ISO 16000-9,2006

ASTM D5116-1997

表 4-1 ASTM 與 ISO 標準之差異比較

ASTM D5116-97			ISO 16000-9		
室內建材/產品有機物質逸散的小尺寸環控箱測定標準指引			室內空氣—建築產品及室內裝修揮發性有機化合逸散之測定—逸散測試艙測試測定方法		
編號	項目	內容	編號	項目	內容
1	範圍	適用室內建材之揮發性物質測試，但不能評估施做過程及明顯判定甲醛之逸散。	1	適用範圍	適用新舊建築產品之 VOCs 及甲醛逸散測試(實驗室測試方法)
2	參考文獻	ASTM 為主	2	相關參考文獻	ISO 為主
3	專有名詞	僅換氣率與產品負荷率	3	專門用語與定義	包括 VOCs 等 15 項專用術語
4	意義與使用	主要解釋環境因子變數及質量轉換等逸散行為	4	符號及專有名詞縮寫	特殊名詞與符號定義
5	設備與裝置	主要分為：試驗室、清淨空氣產生系統、監控系統、樣品收集分析、標準產生校正系統之設定條件。	5	原理	建材面積與逸散速率之關係
6	採樣與分析裝置	採樣分析方法，包括 GC/MS、ECD、HPLC 等	6	逸散測試艙系統	主要分為：逸散測試艙、清淨空氣製造設備、濕度控制系統、空氣混合系統、監控系統。
7	實驗設計	包括溫度、濕度、換氣率、負荷率、空氣流速	7	設備	實驗所需相關設備
8	實驗程序	包括前置作業、條件設定、採樣、分析步驟	8	測試環境	溫度、相對濕度、背景值
9	資料分析	可記錄資料及計算方法	9	測試條件確認	測試條件準確度
10	品質保證/品質控制	品質保證計畫	10	測試樣本	參考 ISO 16000-11 處理
11	測試結果報告	測試目的、設備、實驗設計、樣品描述、實驗過程、數據分析、結果與討論、QA/QC	11	逸散測試艙之準備	測試艙之清潔
12	關鍵字	相關專用關鍵字	12	測試方法	包括測試樣本位置、測試時間、儲存條件
			13	計算結果	計算結果表示
			14	性能特性	參考 ISO 16000-6 或 16017-1
			15	測試報告	包括測試實驗室、樣本描述、前置作業、實驗條件、數據分析、測試結果、QA/QC

在測試艙之差異探討，在測試艙材質上，ISO 標準直接建議以磨光不鏽鋼或玻璃為艙體材料，而 ASTM 則建議非吸附性具化學惰性及拋光性之內部材料。在測試體積上，兩者對於小型環控艙之體積大小定義有所差異，ISO 標準之體積為 ASTM 之 4 倍左右。在測試採樣方法上，ASTM 標準建議在艙體頂空處(HeadSpace)進行空氣採樣分析，而 ISO 標準則建議在測試艙排氣口處進行空氣樣本採集。其測試艙之差異如表 4-2 所示

(3) 測試環境條件：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，則採「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」之規定。

(4) 測試條件確認：在測試條件確認上，ISO 標準主要針對「艙體」之「背景濃度」及「氣密性」規定，主要是避免「干擾」造成測試結果的誤差，在背景濃度規定上，以單一 VOCs 濃度及全部 TVOC 濃度為限定基準，在氣密性上則規定其「洩漏量」之大小。而在 ASTM 標準上，規定清淨空氣產生系統之清淨度，主要包括單一 VOCs 濃度及全部 TVOC 濃度為清淨基準。兩者之間最大差異為限定背景濃度干擾之位置不同

(5) 測試方法流程：在 ISO 標準之測試流程，主要分為：測試樣本處理、逸散測試艙之準備、測試條件確認、測試樣本放置、量測氣體濃度、計算逸散結果、測試報告等項目。而在 ASTM 標準，其測試流程分為：測試樣本的選擇、樣本逸散成分確認、測試艙的前置作業、樣本的前置作業、空氣採樣、資料分析、測試結果報告。兩者之間的步驟流程，大致雷同，但細部的規定確有所差異，茲列舉如下

表 4-2 ASTM 及 ISO 標準試驗內容差異比較

	差異項目	ASTM D5116-97	ISO 16000-9
測試艙之差異	測試艙材質	非吸附性具化學惰性及拋光性之內部材料，例如，磨亮之不鏽鋼、玻璃	低逸散、低吸附之磨光不鏽鋼或玻璃
	測試艙體積	小於 5m <sup>3</sup>	小於 20m <sup>3</sup>
	測試採樣方法	HeadSpace 採樣方式	排氣口採樣方式
測試環境條件準確度之差異	溫度	23°C±0.5°C(建議)	23°C±1.0°C
	相對濕度	50%±10% RH(建議)	50%±3% RH
	空氣流速	±2%	±3%
	表面風速	0.2~0.5 m/s(建議)	0.1~0.3 m/s±0.1m/s

	換氣率	0.5 ACH (建議)	±3%
測試條件確認之差異	單一 VOCs	2µg/m <sup>3</sup> (清淨空氣背景濃度)	2µg/m <sup>3</sup> (測試艙背景濃度)
	TVOC	10µg/m <sup>3</sup> (清淨空氣背景濃度)	20µg/m <sup>3</sup> (測試艙背景濃度)
	氣密性	--	1000pa 下小於 0.5%艙體容積/min
測試方法流程之差異	測試樣本放置	規定 10 分鐘內置入樣本	規定放置位置
	量測時間	測試艙濃度達平衡, 至少採樣三次 平衡時間概估 $t = 6.9/N, N$ -換氣率	72±2 hr, 28±2 天, 濃度衰減測試: 1,3,7,14,28,56 天

## 二、JIS A1901,2003 標準與 ISO 16000-9 之差異

木質建材中甲醛及 VOC 逸散測試方法，日本工業規格協會 JIS A1901, 2003 「建築材料之揮發性有機化合物、甲醛及其他含基化合物逸散量測-小型容器法」標準，其與 ISO 16000 標準系列中，「ISO16000-9, 建築產品及室內裝修揮發性有機化合物逸散之測定—逸散測試艙測試方法」最為雷同。而相關 JIS A1901 標準，及在 2006 年公告之 ISO 16000-9 標準內容上之差異，如表所示 4.3

表 4-3 JIS 及 ISO 標準試驗內容比較

	差異項目	JIS A1901	ISO 16000-9
測試艙之差異	測試艙材質	有與化合物接觸之部分需以不鏽鋼或玻璃	低逸散、低吸附之磨光不鏽鋼或玻璃
	測試艙體積	20L±5%	小於 20m <sup>3</sup>
	測試採樣方法	排氣口採樣方式	排氣口採樣方式
測試環境條件準確度之差異	溫度	28°C±0.5°C	23°C±1.0°C
	相對濕度	50%±5% RH	50%±3% RH
	空氣流速	未規範	±3%
	表面風速	0.1~0.3 m/s	0.1~0.3 m/s±0.1m/s
	換氣率	0.5±0.05 ACH	±3%
測試條件確認之差異	單一 VOCs	未建議(測試艙背景濃度)	2µg/m <sup>3</sup> (清淨空氣背景濃度)
	TVOC	未建議(測試艙背景濃度)	20µg/m <sup>3</sup> (清淨空氣背景濃度)
	氣密性	--	1000pa 下小於 0.5%艙體容積/min

測試方法 流程之差異	測試樣本放置	中央部位	規定放置位置
	量測時間	1天, 3天, 7天, 14±1天, 28±2天	72±2hr, 28±2天, 濃度衰減測試: 56天
採樣方法	甲醛	使用 DNPH 吸附劑及 HPLC 分析	使用 DNPH 吸附劑及 HPLC 分析
	VOC	使用吸附劑 Tenax TA 吸附 GC/FID 定量及 GC/MS 定性	使用吸附劑 Tenax TA 吸附及 ATD 冷凍捕集、熱脫附至 GC/FID 或 MS

### 三、健康綠建材檢測方法與 ISO 標準之差異

#### (一) 健康綠建材測試方法概述

內政部建築研究所行能實驗中心建材逸散檢測實驗室，依據「ASTM D5116-97」(1997)小型環控箱測試法規範建構，及其所建立之「室內建材有機逸散物質標準試驗方法及程序」。其原理主要是將小尺寸建材樣品放入小型環境試驗艙中，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 將艙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，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。測試系統包括下列五大部分，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、即時採樣與分析系統及其相關設備等。

「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。室內建材中揮發性有機物質之逸散評估；利用小型環境控制箱模擬室內環境條件，將欲測試的建材放入，建材中之揮發性有機物質會於環控箱內持續逸散，再以含 Carbotrap 及 Carboxen1000/1003 三種不同吸附劑之吸附管予以定流量捕集濃縮，經熱脫附 (Thermal Desorption) 裝置熱脫附後注入氣相層析質譜儀 (GC/MS) 或氣相層析儀 (GC/FID)，進行揮發性有機物質的定性與定量分析。室內建材中甲醛(Formaldehyde)之逸散評估；利用小型環境控制箱模擬室內環境條件，將欲測試的建材放入，其所含之甲醛會於環控箱內慢慢逸散至穩定狀態，再以 XAD-2(coated with 2-HMP (2(Hydroxymethyl) piperidine))，連接採樣幫浦以流量 100 mL 進行採樣，採樣完成後經 1mL 甲苯脫附後，以 GC/FID 進行分析。

## (二) 健康綠建材檢測方法與 ISO 標準之差異

健康綠建材檢測方法主要依據 ASTM 標準加上國內外相關空氣「揮發性有機化合物」及「甲醛」之採樣分析方法，在檢測方法上與 ISO 16000-3、ISO 16000-6、ISO 16000-9 相關性最高，綜觀目前國際上之建材逸散揮發性有機化合物之測試標準，分為「建材逸散測試」及「採樣氣體分析」兩大部分。

在健康綠建材測試過程，包含了「建材測試」與「氣體分析」，與「ISO 16000-9」標準相關之程序，包括了測試建材保存、測試系統 QC 控制、環控相測試條件控制、建材置入環控箱測試及測試報告書製作。有關建材逸散 VOCs 之定性及定量與「ISO 16000-6」標準相關，建材逸散甲醛測試與「ISO 16000-3」標準相關，其整體試驗之差異性探討如表 4-4 所示：

表 4-4 健康綠建材檢測方法與 ISO 標準差異比對內容如下：

項次	健康建材標準測試方法項目	ISO 16000 標準項目	差異性評估	CNS 化可行性評估
01	測試建材保存-避免干擾樣本需置放於 4°C 密閉空間保存	測試建材需保存在類似測試條件下：23°C、50%RH、相同換氣率	差異高	未避免測試樣本測試前受污染或干擾，建議保存維持 4°C 密閉空間，須注意建材之溫度影響。
02	測試系統 QC 控制-準確度規定溫度：±0.5°C、相對濕度：±5%	準確度規定溫度：±1°C、相對濕度：±3%、空氣流速：±3%、換氣率：±3%	部分差異	建議溫度及相對濕度準確度依 ISO 標準建議，另增加空氣流速：±3%、換氣率：±3%
03	環控箱測試條件控制-溫度條件：25°C、相對濕度：50%、0.5 ACH	條件控制溫度條件：23°C、相對濕度：50%、風速：0.1~0.3m/s	溫度有差異	建議檢測基準及台灣氣候，溫度為：25°C、相對濕度：50%、增加風速限制 0.1~0.3m/s
04	限定環控箱背景濃度 VOCs 小於 2µg/m <sup>3</sup> ，TVOC 小於 10µg/m <sup>3</sup>	限定環控箱背景濃度 VOCs 小於 2µg/m <sup>3</sup> ，TVOC 小於 20µg/m <sup>3</sup>	TVOC 濃度有差異	依 ISO 標準建議
05	建材環控箱測試-以 48hr 為主、VOCs 每 1hr 採樣一次，24 小時後 VOCs 每 2hr 採樣一次，甲醛每 2hr 採樣一次，24 小時後甲醛每 4hr 採樣一次	一般測試：72±2 hr, 28±2 天，濃度衰減測試 1,3,7,14,28,56 天	部分差異	兩者依試驗需求採式當調整，若為一般測試則以 72 小時參考，若需測試濃度衰減試驗則需依 ISO 規範。
06	VOCs 檢量線製作-檢量線範圍在 5-3000ng	配置 1µg/ml、10µg/ml、100µg/ml、1000µg/ml、10mg/ml 濃度之標準溶液，範圍 10ng ~1000ng 之檢量線	濃度範圍差異	依 ISO 標準建議

07	甲醛檢量線測定範圍在 0.24 ppm~16 ppm	甲醛測定濃度範圍 $1\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 1\text{mg}/\text{m}^3$	奴度範圍差異	建議為 DNPH 採樣、HPLC 分析之方法
08	建材逸散 VOCs 採樣分析-健康綠建材檢測標準方法以含 Carbotrap 及 Carboxen 1000/1003 三種不同吸附劑進行採樣	使用吸附劑 Tenax TA 吸附及 ATD 冷凍補集、熱脫附至 GC/FID 或 MS	無差異	無差異，目前已變更使用 Tenax TA 吸附管及 ATD 冷凍補集、熱脫附至 GC/FID 或 MS 分析
09	建材逸散甲醛採樣-健康綠建材檢測標準方法以 XAD-2 吸附、GC/FID 分析	使用 DNPH 吸附劑及 HPLC 分析	差異性高	建議依 ISO 標準，新增 HPLC 儀器測試方法
10	測試結果計算-以觀測艙體內之濃度，計算建材之逸散速率	建材逸散速率計算 ( $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ )		依 ISO 標準建議
11	測試報告書-包括測試實驗室、樣本描述、實驗條件和過程、數據分析、測試結果、品質保證與品質控制	測試實驗室、樣本描述、測試樣本前置作業、實驗條件和過程、數據分析、測試結果、品質保證與品質控制	部分差異	差異處建議依 ISO 標準需增加品質保證與品質控制項目：例行之系統維護和校正、GC 每日之準確度與精密度記錄，例如：控制圖表紀錄、加入所有樣品的內標的精密度回收率之定期監測、複製樣品的收集及分析、針對吸附有機物質之吸附管進行 QC 查驗、針對單一來源之氣體供給系統進行定期分析與查核

在差異比對上，以環控箱測試溫度條件控制之  $23\pm 2^\circ\text{C}$  部分，有些許差異，但考量本土性環境條件亦建議採  $25\pm 2^\circ\text{C}$ 。而建材環控箱測試之濃度衰減測試 1,3,7,14,28,56 天適用於濃度衰減測試，一般測試 ISO 以 72 小時為主，與目前健康綠建材檢測方法些微差異，一般而言測試 48 小時若達穩態，則可停止試驗，若未達穩態得極致 72 小時或達穩態為止，故建議可依 ISO 標準一般試驗以 72 小時為主。甲醛檢量線製作之濃度範圍  $1\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 1\text{mg}/\text{m}^3$ 、建材逸散甲醛採樣方法之 DNPH 吸附劑及 HPLC 分析以及測試報告書之表示內容，與目前健康綠建材檢測方法差異較多，建議參考 ISO 標準較佳。

## 第二節 建材甲醛及 VOC 檢測 ISO 標準 CNS 化之可行性研析

在國際化潮流下各國建材中甲醛及 VOC 檢測標準均有增修或研擬之趨勢，日本於 2003 年修訂 JIS1901 建材中甲醛及 VOC 逸散測試-小型環境控制箱法。而 ISO 標

準於 2006 新增小型環境控制箱測試方法。我國 CNS 標準中並無相關試驗標準，故於修訂過程可參考國外經驗並結合國內多年研究結果，進行適當修訂。

### 一、木質建材甲醛及 VOC 逸散測試 ISO 標準之適用

依據前述比較分析結果顯示，ISO 標準為國際上通用性較高之標準，對於建材中甲醛及 VOC 逸散測試方法之規範均較 ASTM 完備，在測試環境條件上，ISO 標準對於「溫度」、「相對濕度」、「空氣流速」因子均有明確之環境條件規定，可提供參考。

### 二、全文引用 ISO 標準之可行性

經由前章節比較分析結果顯示，我國 CNS 標準中建材甲醛及 VOC 逸散測試標準，並無相關規範，除了內政部建築研究所自行研發相關檢測標準外，有明顯不足。相對的 ISO 相關標準已較完備，因此考量 CNS 標準之整體性、國際性，故針對木質建材之甲醛及 VOC 逸散量測方法，以 ISO 國際標準為主軸進行翻譯及彙整引用。

### 三、全文引用 ISO 標準但保留部分綠建材試驗標準之可行性

參考國外修訂相關標準經驗，將適用之 ISO 標準全文翻譯引用外能保留現行相關標準，內政部建築研究所於 90 年度依據小型環控箱測試法「ASTM D5116-97」(1997)規範建構，完成建立「室內建材有機逸散物質標準試驗方法及程序」之測試標準程序，故於研擬 CNS 標準時考量本土性，於研擬過程保留部分綠建材試驗標準。

健康綠建材 ISO 標準之可行性探討，透過上述研究之「標準差異比對」、「試驗差異比對」等方式，瞭解目前之「檢測方式」與「ISO 16000 系列」之差異，並評估其可行性，並以研究結果分析，目前之差異項目主要有測試建材保存、測試系統 QC 控制、環控箱測試條件控制、建材環控箱測試、甲醛檢量線、建材甲醛採樣、測試報告書等。

## 第五章 結論與建議

### 第一節 研究結論

本研究完成國內外建材中甲醛及 VOC 逸散測試方法比較，並參考國外對相關標準修訂之經驗，及我國對建材逸散研究多年成果，進行 ISO 標準 CNS 化之可行性分析，提出具體建議供標準檢驗局參考，結論如下：

1. 彙整相關「建材揮發性有機物質試驗」之國際 ISO 16000 標準，將其中與建材逸散測試直接相關之三項標準 ISO 16000-3、6、9 進行彙整分析，並草擬中華民國國家標準 CNS 之建材逸散測試標準於附錄。
2. 完成 ASTM 及實驗室既有檢測方法與 ISO 標準之差異性比對，包括建材測試標準、VOCs 分析標準、甲醛分析標準之差異比對。
3. 提出木質建材甲醛及揮發性有機物質試驗-ISO 標準 CNS 化之可行性分析，藉由「標準方法差異比對」、「建材試驗差異比對」等方式，瞭解目前之「建材檢測方式」與「ISO 16000 系列」之差異，本研究案建議 CNS 建材中甲醛及 VOC 逸散測試方法，採用 ISO 標準修訂，並保留我國綠建材測試方法部分程序。
4. ISO 國際標準 CNS 化可針對室內空氣品質及建材逸散之有機化合物進行有效分析，有助於提升我國實驗室分析能力及分析範圍，包括可以進行「室內空氣品質檢測」、「建材逸散檢測」、「實驗室比對能力」等。

### 第二節 後續研究及建議

完成本年度 ISO 標準 CNS 化後，可據以接受建材揮發性有機化合物逸散之測試，以本年度之研究成果為基礎提出以下後續研究及相關改善建議：

1. 建議將建材逸散之相關國際標準轉成符合我國使用之 CNS 國家標準。
2. 建議內政部建築研究所性能實驗中心加入國際 ISO 標準，以提升檢測品質與國際化，並與國際上之名實驗室檢測結果進行比對與資訊交流。

**附錄一 ISO16000-3 草擬建材逸散 CNS 國家標準**

中華民國 國家標準	<b>室內空氣—甲醛及其他羰基化合物之 測定—主動採樣方法</b>	總號	(草案)
<b>CNS</b>		類號	

**Indoor Air—Determination of Formaldehyde and other  
carbonyl compounds—Active sampling method**

**0.前言**

本標準係依據 2001 年第一版發行之 ISO 16000-3，不予變更技術內容及其標準程式，譯成中文為中華民國國家標準。

**1.適用範圍**

此 ISO 16000 部份說明了測定空氣中甲醛(HCHO)<sup>1)</sup>及羰基化合物(醛與酮)<sup>1)</sup>之步驟。此步驟專用於甲醛，但經修改，至少可針對其他十三種羰基化合物進行檢測及量化。它適於測定濃度範圍約為 1 μg/m<sup>3</sup> 與 1 mg/m<sup>3</sup> 之間的甲醛及其他羰基化合物。採樣方法提供時間加權平均(TWA)試樣。它可用於長期(1h 至 24h)或短期(5min 至 60min)甲醛之空氣採樣。此 ISO 16000 說明甲醛與其他羰基化合物之採樣與分析步驟，包括採集空氣至塗有 2,4-二硝基苯肼(2,4-dinitrophenylhydrazine, DNPH)之濾筒，及後續以紫外吸收檢測之高性能液相層析儀(HPLC)之分析[1、3]。本步驟係專為使用吸附濾筒及高性能液相層析儀(HPLC)對空氣中甲醛進行採樣與分析撰寫。其方法亦可用於測定採自空氣中之其他醛及酮類。

此 ISO 16000 部份適用下列羰基化合物：

<b>Formaldehyde</b> (甲醛)	<b>Acetaldehyde</b> (乙醛)	<b>Acetone</b> (丙酮)
<b>Benzaldehyde</b> (苯甲醛)	<b>Butyraldehyde</b> (丁醛)	<b>Valeraldehyde</b> (戊醛)
<b>2,5-Dimethylbenzaldehyde</b> (2,5 甲基苯甲醛)		<b>Crotonaldehyde</b> (丁烯醛)
<b>Isovaleraldehyde</b> (異戊醛)	<b>Propionaldehyde</b> (丙醛)	<b>Hexanal</b> (己醛)
<b>o-Tolualdehyde</b> (鄰-甲苯甲醛)	<b>p-Tolualdehyde</b> (對-甲苯甲醛)	<b>m-Tolualdehyde</b> (間-甲苯 甲醛)

1) 本國際標準使用較通用之名稱，而非依照 IUPAC 規則之命名法：

formaldehyde (甲醛): methanal  
 acetaldehyde (乙醛): ethanal  
 acetone (丙酮): 2-propanone  
 butyraldehyde (丁醛): butanal  
 crotonaldehyde (丁烯醛): 2-butenal  
 isovaleraldehyde (異戊醛): 3-methylbutanal  
 propionaldehyde (丙醛): propanal  
 m-tolualdehyde (間甲苯甲醛): 3-methylbenzaldehyde  
 o-tolualdehyde (對甲苯甲醛): 2-methylbenzaldehyde  
 p-tolualdehyde (鄰甲苯甲醛): 4-methylbenzaldehyde  
 valeraldehyde (戊醛): pentanal

公 布 日 期 年 月 日	<b>經 濟 部 標 準 檢 驗 局 印 行</b>	修 訂 公 布 日 期 年 月 日
------------------	----------------------------	----------------------

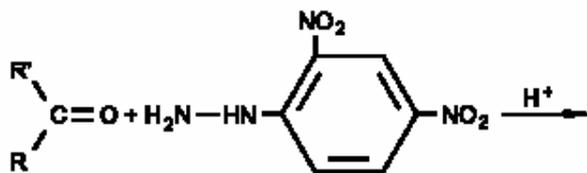
## 2. 參考標準

- ISO 9000-1 (1994)：品質管理及品質保證標準—第一部份：選用指南。  
ISO 9000-2 (1997)：品質管理與品質保證標準—第二部份：ISO 9001、ISO 9002 及 ISO 9003 通用指南。  
ISO 16000-1 (2003)：室內空氣—第一部份：採樣策略之基本總論。  
ISO 16000-2 (2003)：室內空氣—第二部份：甲醛採樣策略。  
ISO 16000-3 (2001)：室內空氣—第三部分：甲醛及其他羰基化合物之測定—主動採樣方法。  
ISO 16000-4 (2003)：室內空氣—第四部份：甲醛測定—被動採樣方法。  
ISO 17025 (1999)：測試與校正實驗室資格基本要求。  
EN 45001 (1989)：測試實驗室操作基本標準。

## 3. 原理

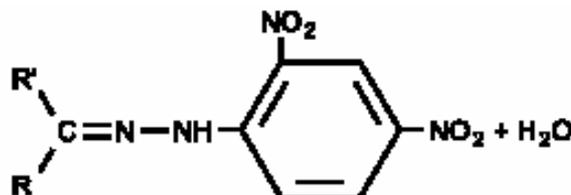
此 ISO 16000 部份係經由含塗有 2,4-二硝基苯肼 (2,4-dinitrophenylhydrazine, DNPH) 試劑之矽膠濾筒採集空氣。採集方法之原理係基於羰基組在酸的條件下與 DNPH 產生特殊反應，依圖 1 所示，反應形成穩定的衍生物。使用 UV 偵測或二極矩陣偵測之高性能液相層析儀 (HPLC) 對 DNPH 衍生物之醛及酮進行分析。檢測已延伸至其他羰基化合物可依 9.3.5 款測定之。

此 ISO 16000 部份指引使用者，如何從市面上購得之色譜級矽膠濾筒應用酸化 DNPH 物質至每一濾筒上，用來準備採樣濾筒。兩者擇一的，使用預塗 DNPH 之矽膠濾筒是可行的而且是被推薦的，因其在製造上是普遍一致的，且具有較低的空白水準。無論如何，假如商用濾筒被使用，他們應該顯示符合此 ISO 16000 部分之性能標準，另一優點是它們可以較大粒徑之矽膠，其結果是在更低壓力差下來通過濾筒。這些低壓力差之濾筒較適用於電池動力之個人採樣泵進行空氣採樣。



羰基化合物(醛或酮)

2,4-Dinitrophenylhydrazine(DNPH)



DNPH 衍生物

關鍵字：

R 烷基或芳香族之酮類，或醛類之氫

R' 烷基或芳香族之酮類

## 4. 限制與干擾

### 4.1 通則

採樣流量在此 ISO 16000 部分之描述已被驗證可提高至 1.5 L/min。此流量限制主要係因使用者準備之吸附粒徑尺寸為 55 μm 至 105 μm 讓矽膠濾筒為高壓力差 (1.0 L/min 時 >8kPa)。這些濾筒一般無法和個人採樣儀器之電池動力泵所相容 (如工業衛生應用)。

此固體吸附劑採樣步驟專門用於甲醛之採樣與分析。此方法可被某些同質異構醛或酮干擾，這些同質異構醛或酮是於分析其他醛或酮時未被 HPLC 溶解產生。在 360nm 波長時具有與 DNPH 甲醛衍生物相同之滯留時間及明顯吸收強度之有機化合物將產生干擾。此種干擾經常可改變分離條件加以克服(如改變 HPLC 管柱或移動相成份)。

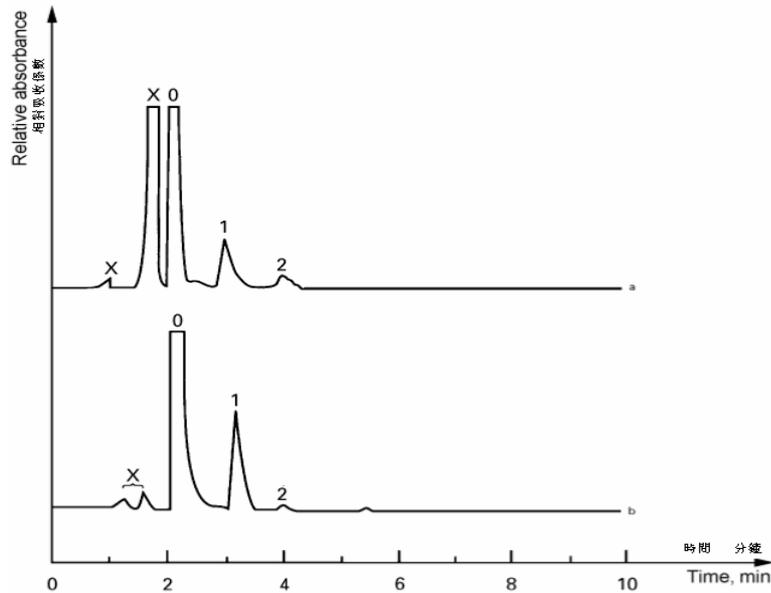
DNPH 試劑之甲醛污染是一項常見的問題。DNPH 應於 UV 級氘甲烷內多次再結晶加以純化。於 40°C 至 60°C 下使溶劑緩慢蒸發長成最大晶體。DNPH 之羰基化合物不純級別於使用前應以 HPLC 測定，且每一濾筒應少於 0.15  $\mu\text{g}$ 。應避免將塗有 DNPH 之採樣濾筒直接曝露於陽光中或產生假影[4]。

此方法不可用於對空氣中丙烯醛之精確量化。無法精確量化的丙烯醛結果也許是因多種衍生物尖峰形成及尖峰定量的不穩定[9]。 $\text{NO}_2$  與 DNPH 產生反應。高濃度之  $\text{NO}_2$ (如煤氣爐)可能會引起 DNPH 衍生物滯留時間與甲醛 DNPH 衍生物滯留時間產生重疊干擾之問題，視 HPLC 管柱與設定參數[14、15、16]。

#### 4.2 臭氧干擾

假如懷疑有異常高量之臭氧或出現於採樣區域(如辦公室影印機)，應特別留意。已證實臭氧透過與濾筒內 DNPH 及其衍生物之反應造成負面干擾[5]。干擾程度將取決於當時臭氧及羰基化合物之比例及採樣時間長度。臭氧造成之明顯負面干擾，甚至已在一般乾淨的周界空氣中觀測到甲醛及臭氧濃度(分別為  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  與  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )[6]。臭氧於試樣中的出現，能夠很快的推斷分析出，即在滯留時間最接近與甲醛反應的腺物質附近出現之一新化合物。圖 2 則顯示空氣流試樣有臭氧及無臭氧之甲醛峰值之色譜圖。

臭氧干擾最直接之解決方案，是在採集之空氣到達濾筒前排除臭氧。如需完成此操作，可用置於濾筒前端之臭氧吸收器或淨氣器。濾筒臭氧吸收器或淨氣器可在市場上購得。吸收器可由外徑為 0.64cm 內徑為 0.46cm 之 1m 銅管組成，銅管裝滿碘鉀滲透溶液並置於水裏，保持數分鐘(如 5min)，以清潔空氣或氮氣流排乾約 1h。所述臭氧吸收器之容量約為臭氧  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ 。檢測周圍採樣氣流經由臭氧吸收器動態進入之醛(甲醛、乙醛、丙醛、苯甲醛及對甲基苯甲醛)有無損耗[7]。由一裝有 300mg 至 500mg 顆粒狀碘化鉀之濾筒構成的商用臭氧淨氣器，亦同時發現其可有效除去臭氧[8]。



關鍵字：

X 未知

0 DNPH

1 甲醛

2 乙醛

a 含有臭氧

b 不含臭氧

圖 2 空氣中含或不含臭氧之甲醛濾筒試樣

## 5. 安全措施

5.1 此 ISO 16000 部份並未涵蓋與應用有關之所有的安全措施。使用前建立適當安全與衛生操作規範及確定有關限制之適用性係本 ISO 16000 部份使用者之職責。

5.2 2,4-二硝基苯肼 (2,4-dinitrophenylhydrazine, DNPH) 在乾燥狀態下具有爆炸性，應謹慎處理。它具有毒性 ( $LD_{50, rat}=654 \text{ mg/kg}$ )，已被證明在某些試驗中具有突變性，且會刺激眼睛及皮膚。

5.3 濃度少於 68% (W/W) 之過氧酸在室溫下穩定且不產生氧化。然而，超過  $160^{\circ}\text{C}$  會使其脫水，且在與酒精、木材、纖維素及其他氧化材料接觸時將會產生爆炸。它應保存於陰涼乾燥位置，且謹慎於化學排煙櫃使用。

## 6. 設備

普通實驗室設備及下列設備：

### 6.1 採樣設備

6.1.1 採樣濾筒，依第 8 款或市場提供，矽膠包覆且塗上 DNPH 物質。

濾筒應包含之矽膠量至少 350 克，DNPH 最少裝載為 0.29% (W/W)。矽膠層直徑與長度之比率不得超過 1:1。濾筒之甲醛吸收含量應至少為  $75 \mu\text{g}$  且於  $1.5 \text{ L/min}$  之採樣的補集效率至少為 95%。高性能、較低空白水準之採樣濾筒可在市面上購得。

註：在檢測中透過用戶準備之試樣濾筒於  $1.5 \text{ L/min}$  之採樣流量觀測到壓力差約為  $19 \text{ kPa}$ 。一些自市場上購得之預塗濾筒或顯示較低壓力差，它們將允許使用電池式個人採樣泵。

6.1.2 空氣採樣泵，可於  $0.1 \text{ L/min}$  至  $1.5 \text{ L/min}$  流量精準採樣。

6.1.3 流量控制器，質量流量計與質量流量控制器，或其他經採樣濾筒量測/設置 0.50 L/min 至 1.20 L/min 氣流量之適當設備。

6.1.4 流量校正器，如浮子流量計、皂泡流量計或濕式流量計。

## 6.2 試樣預備

6.2.1 濾筒容器，如硼矽玻璃培養試管(20mm X 125mm)，以聚丙烯螺帽，或其他適當容器運送塗覆之濾筒。

6.2.2 聚乙烯手套，用以操作矽膠濾筒。

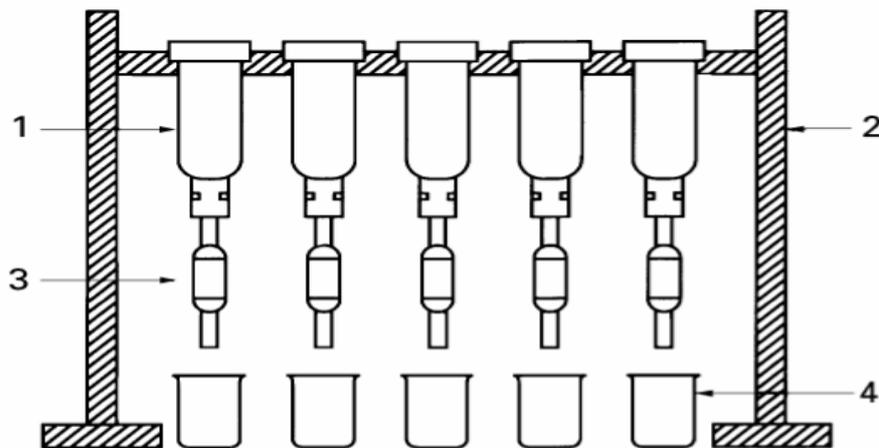
6.2.3 運送容器，糙面金屬罐(如容積為 4 L)或其他適當容器，以聚乙烯發泡包裝或其他填料支撐密封之濾筒容器。

註：如合適，於採樣後可用熱封箔線塑膠袋保存塗有 DNPH 之濾筒(包括一些商用之預塗 DNPH 濾筒的類型)。

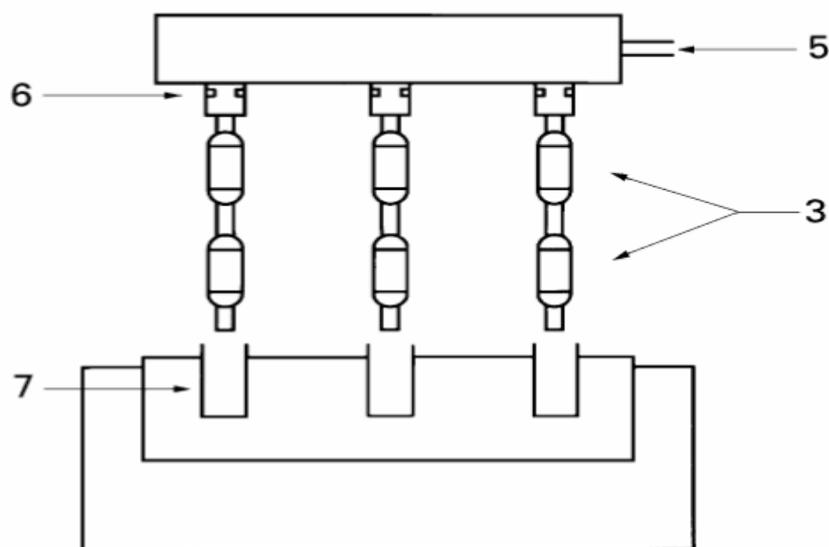
### 6.2.4 塗層濾筒的支撐架

一個洗滌架，由鋁板(0.16 cm x 36 cm x 53 cm)製成，四角有可調整之腳架。一組圓孔矩陣(5x9)之直徑稍大於 10 ml 注射器，均勻的方式自鋁板中心穿孔，以容許 45 個濾筒之清潔、塗層與試樣洗滌的批次處理(參閱圖 3)。

6.2.5 濾筒乾燥裝置，如裝有氣體連接器及多個標準陽注射連接器之支架(參閱圖 3)。



a) 塗層濾筒支架



b) 乾燥 DNP-H 濾筒支架

關鍵字：

- 1 10ml 玻璃注射器
- 5 N<sub>2</sub> 氣流
- 2 試管架
- 6 注射器裝置
- 3 濾筒
- 7 廢液瓶
- 4 廢料杯

圖 3：試樣濾筒塗層與乾燥之注射器支架

註：6.2.4 及 6.2.5 款規定之設備僅在用戶選擇自行製作 DNP-H 塗層濾筒時才需具備。

### 6.3 試樣分析

6.3.1 HPLC 系統，包含一移動相儲存容器；一高壓泵；一注入閥(自動採樣器，迴路容量為 25  $\mu$ l 或其他適當容量)；一 C<sub>18</sub> 逆相(RP)管柱(如 25cm $\times$ 4.6 mm 內徑，5  $\mu$ m 粒徑尺寸)；一 UV 偵測器或二極體陣列偵測器設定於 360nm 波長；及一資料系統或紙帶式記錄器。

DNP-H 甲醛衍生物偵測是用裝有分析條件為 360nm 之 UV 吸收偵測器的等位逆相 HPLC 測定。一空白濾筒同樣被脫附並分析過，比較試樣中甲醛及其他羰基化合物與標準溶液之滯留時間、峰高或峰面，對它們進行判定與量化。

註：多數商用 HPLC 分析系統適於本標準應用。

#### 6.3.2 注射器與吸附管

6.3.2.1 HPLC 注射器，至少具有迴路容量四倍之能力(參閱 6.3.1)

6.3.2.2 注射器，容量為 10 ml，用於準備 DNP-H 塗層之濾筒(可用聚丙烯注射器)。

6.3.2.3 注射器裝置與管塞，聯接濾筒至採樣系統及蓋住準備之濾筒。

6.3.2.4 微量吸管，容積式、重複配送，容量在 0ml 至 10ml 範圍之間。

## 7. 試劑

- 7.1 2,4-二硝基苯肼，使用前至少以 UV 級乙腈再結晶兩次。
- 7.2 乙腈，UV 級(各批溶劑使用前應檢測)。
- 7.3 過氯酸，60%(W/W)， $\rho = 1.51 \text{ kg/l}$ 。
- 7.4 鹽酸，36.5%至 38%(W/W)， $\rho = 1.19 \text{ kg/l}$ 。
- 7.5 甲醛，37%溶液((W/W))。
- 7.6 醛與酮，高純度，用於準備 DNPH 衍生物標準(可選用)。
- 7.7 乙醇或甲醇，HPLC 級。
- 7.8 氮，高純度級(最優品)。
- 7.9 木炭，顆粒狀(最優品)。
- 7.10 氮，高純度級(最優品)。

## 8. 試劑與濾筒之準備

### 8.1 2,4-二硝基苯肼(DNPH)之純化

DNPH 試劑之甲醛污染為一常見問題。DNPH 應於 UV 級乙腈中以多次再結晶進行純化。以 40°C 至 60°C 對溶劑緩慢蒸發至最大晶體完成再結晶。DNPH 中羰基化合物之不純度於使用前以 HPLC 測定，且每濾筒且每種化合物應少於 0.15  $\mu\text{g}$ 。

於 200ml 乙腈中煮沸過量之 DNPH 約一小時，用以準備過度飽和之 DNPH 溶劑。1h 後，除去液面上的物質並移至加熱板上封蓋之燒杯，讓其逐漸降溫至 40°C 至 60°C。將溶液保持於此溫度(40°C)直至 95%溶劑之容積率蒸發為止。將溶劑倒入廢液內，以三倍乙腈容量對剩餘晶體進行兩次沖洗。將晶體移至另一清潔燒杯，加入 200 ml 乙腈，加熱至沸騰，且再次讓晶體於 40°C 至 60°C 逐漸變化，直至 95%溶劑之容積率蒸發為止。依前述重複沖洗過程。對第二次沖洗進行等分試樣，以乙腈稀釋十倍，以每 100ml DNPH 溶液及 1ml 高氯酸(3.8 mol/l)進行酸化，且依 9.3.4 款以 HPLC 分析。

警告—此步驟應於適當之排氣櫃下及防爆罩後施作。

註：需用酸加速羰基化合物與 DNPH 之間的反應。多數高濃度無機酸，如鹽酸、硫酸或高氯酸可充分使用。在一些罕見情況中，鹽酸及硫酸可能引起問題。

再結晶 DNPH 試劑或 DNPH 0.02%(W/W)中甲醛醇之可接受不純度為 <0.025  $\mu\text{g/ml}$ 。

如不純度不符合採樣準備，可重新進行再結晶。將淨化之晶體移入一純玻璃瓶，加入 200ml 乙腈並塞住瓶口，輕搖，放置過夜。依 9.3.4 款以 HPLC 分析表層浮質。如不純度未符合要求，將溶劑吸入廢液內，然後再次加入 25ml 乙腈至純化的晶體。以 20ml 乙腈重複沖洗直至表面浮質之不純度經 HPLC 分析確認達至最低符合要求的水準。

如不純度符合要求，另加 25ml 乙腈並塞住瓶口，搖動試劑瓶，置於一旁。純化晶體上方之飽和溶液為備用 DNPH 試劑。僅維持足以供每日作業之極少量飽和溶液。此將純化試劑作最少的廢液，如需重新沖洗晶體以降低作業之不純度，需定較嚴格之純度條件。在任何分析作業除去飽和 DNPH 備用溶液時，應使用清潔吸附管。切勿自試劑瓶倒入備用溶液內。

## 8.2 DNPH 甲醛衍生物之準備

對於再結晶 DNPH 部份，加入足量 HCl(2mol/l)取得近乎飽和之溶液。加至此甲醛溶液至 DNPH 莫耳過剩狀態。濾去 DNPH 甲醛沈澱物，以 HCl(2mol/l)及水清洗，且讓其風乾。

以測定熔點(165°C 至 166°C)或 HPLC 分析之方式檢驗 DNPH 甲醛衍生物純度。如不純度不符合要求，於乙醇中對衍生物進行再結晶。重複純度檢驗，必要時再結晶直至純度達到要求(如 99%(W/W))。

DNPH 甲醛衍生物應以冷藏(4°C)保存，且避開光線。衍生物至少可保持 6 個月穩定。保存於氮氣或氬氣可進一步延長衍生物之壽命。

數種羰基化合物之 DNPH 衍生物熔點如附件 B 所示。

適於作為標準試劑之甲醛及其他羰基的 DNPH 衍生物，兩者皆可以純淨晶體形式及單獨或混合，備用乙腈溶液可在市面上購得。

## 8.3 DNPH 甲醛標準液之準備

將 DNPH 甲醛衍生物精確數量之重量溶於乙腈中，以此準備其標準備用溶液。自標準備用溶液準備一作業校正混合標準品。標準混合液中 DNPH 甲醛衍生物之濃度需調整，以回應實際採樣中預期濃度範圍。將 10mg 固態衍生物溶於 100ml 乙腈，以此調製約 100mg/l 備用溶液。用於準備校正標準品包含了濃度在 0.5  $\mu$ g/ml 至 20  $\mu$ g/ml 之衍生物。

標準溶液皆保存於密閉容器冷藏並避開光線。使用前可讓其與室溫一致。四週後應予替換。

## 8.4 DNPH 塗層矽膠濾筒之準備

### 8.4.1 概要

本步驟之作業應在含乙醛極低之空氣中進行。凡玻璃塑膠器具應以去離子水及無乙醛乙腈進行清潔沖洗。試劑與實驗室空氣之接觸應最小。操作濾筒時需戴聚乙烯手套。

### 8.4.2 吸取 30ml 飽和 DNPH 備用溶液至 1000 ml 定量瓶，然後加 500ml 乙腈。以 1.0ml 濃縮之高氯酸酸化。

酸化溶液上之空氣應透過 DNPH 塗層矽膠濾筒過濾為佳，以降低實驗室空氣污染至最小化。振盪溶液，接著加入乙腈。塞住瓶口，倒置，振盪數次直至溶液均勻。將酸化溶液以容積式分注器移至裝有容量範圍在 0ml 至 10ml 之試劑瓶。

緩慢分送 10ml 至 20ml 至廢液內。等分溶液至一試樣瓶內，依 9.3.4 款以 HPLC 檢查酸化溶液之不純度。甲醛不純度應 <0.025  $\mu$ g/ml。

### 8.4.3 矽膠濾筒之塗層

打開濾筒包裝，連接短端至 10ml 注射器並置於注射器架，如圖 3 a)及 b)所示。用一容積式重複微量吸管，加 10ml 乙腈至各注射器。讓液體靠重力排至廢液內。

以注射器內的乙腈置換附於注射器與矽膠濾筒之間的氣泡，以除去任何氣泡。

設定重複分注器，內裝酸化之 DNPH 塗層溶液，分注 7ml 至濾筒。濾筒出口流出後停止分注，並分送 7ml 塗層試劑至各注射器內。讓塗層試劑隨重力排入濾筒，直至濾筒另一端流出後停止。以清潔紙巾擦去各濾筒出口。

組裝一套乾燥支管，如圖 3 b)所示。包括事先於各 DNPH 塗層濾筒出口端之準備(如洗滌器或“濾筒防護裝置”這些“濾筒防護裝置”可消除出現於氮氣供應上之甲醛痕跡作用。它們的製作，可依下列說明對一些新塗層濾筒進行乾燥，並“犧牲”此部份以確保其餘濾筒之純度。  
插入濾筒連接管(兩端外展，外徑 0.61cm x 2.5cm 之 TFE 碳氟管，筒口內徑略大於外徑)至洗滌器濾筒長端。

將濾筒自注射器移開，濾筒短端連接至已附於洗滌器濾筒之連接管開口端。

以大約 300ml/min 至 400ml/min 之流量氮氣輸入各濾筒。用 Pasteur 吸管以乙腈沖洗濾筒外表面及出口端。15min 後，停止氮氣輸送，拭去濾筒外部沖洗乙腈並拆下乾燥的濾筒。以標準聚丙烯塞塞住塗層濾筒兩端，將塞住筒口的濾筒置入硼矽玻璃試管，蓋上聚丙烯螺帽。在每個濾筒玻璃儲存容器貼上一系列編號及一批號標籤，並冷藏待用。

採樣濾筒在 4°C 避光條件下儲存時，保持穩定至少六個月。

## 9 步驟

### 9.1 試樣採集

組裝採樣系統，確保泵在整個採樣過程可保持穩定流量。採樣濾筒在溫度超過 10°C 時，可安全用於空氣採樣。必要時，加一臭氣吸收器或洗滌器(參閱 4.2)。

試樣採集前，檢查系統是否滲漏。塞住濾筒入口(短端)使泵的出口端無氣流。流量計不應顯示任何經由採樣儀器之氣流。

對於無人看管或延長之採樣時期，極力推薦使用流量控制器或適當、補償之個人採樣泵，以保持穩定的流量。流量控制器應至少低 20%流經濾筒之固定最大氣流量。

註 1：矽膠保持於濾筒內兩個良好多孔隙之過濾玻璃棉之間。採樣時之氣流因微粒沈澱於前玻璃棉將可能產生變化。對充滿微粒之空氣進行採樣時，流量變化出現會非常明顯。

安裝整個系統(含一“假樣”採樣濾筒)，檢查流量是否於所需值附近。一般情況而言，應採用 0.5 l/min 至 1.2 l/min 之流量。空氣試樣中羰基總摩爾數應不超過 DNPH(2mg 或 0.01mol/濾筒；市場上購得之預塗層的濾筒為 1mg 至 2mg/濾筒)。一般情況而論，對試樣大小之安全評估應低於濾筒 DNPH 質量負載的 75%[如 HCHO 100  $\mu$ g 至 200  $\mu$ g；應顧及干擾之量(參閱第 4 條)]。一般情況而論，可用皂泡流量計或連接至氣流出口之濕式流量計完成校正操作，假設系統氣密。

註 2：EN1232:1997 [13]規定一項適當的校正方案，此方案無需氣密氣流系統的泵。

量測及記錄採樣速率於採樣開始及停止時，以確定採樣體積。如採樣超過 2h，流量應於採樣期中間點量測。包含一浮子流量計讓流量的觀測不受採樣過程干擾。或使用直接量測及持續記錄流量之採樣泵。

採樣前，自糙面金屬罐或其他適當容器取下濾筒容器。在連接濾筒至採樣組件之前，使其濾筒於玻璃試管內升溫至室溫。

使用市面上購得之預塗 DNPH 濾筒，亦連接濾筒至採樣組件前，使濾筒於玻璃試管內升溫至室溫。戴上聚乙烯手套，除去注射器封塞，以合適之注射器轉接器連接濾筒至採樣系統。連接濾筒至採樣組件，使短端變成採樣入口。

用市面上購得之預塗 DNP 濾筒，依廠商指示。某些商用濾筒可為密封玻璃管。對於此類濾筒，以破管器打破濾筒兩端。連接濾筒至採樣組裝，以較少量吸附劑插入末端，讓較大量吸附劑處於出氣口。操作破口時需謹慎。

啓動採樣器，調節至需求之流量。一般經由一濾筒之流量為 1.0 l/min，一前一後兩濾筒為 0.8 l/min。依所需時間操作採樣器，定期記錄採樣變化。

如採樣期間周圍空氣溫度低於 10°C，採樣濾筒應置於溫度較高之環境。對於在各種天氣(寒冷、潮濕及乾燥的冬季及濕熱的夏季)條件下的採樣，並未觀測到相對溫度的明顯影響。

採樣結束時，停止氣流。在氣流剛停止時檢查流量。如開始時之流量與結束時相差超過 15%，則試樣應被標示為不可信。

採樣之後，應立即自採樣組裝卸下濾筒(使用聚乙烯手套)，以原始濾筒封塞蓋住，放回最初標示容器。以碳氟帶密封，放入糙面罐，糙面罐裝 2cm 至 5cm 深度的粒狀木碳，或放入另一裝有適當填料之合適容器。假如適當，可用熱封箔線塑膠袋保存暴露的濾筒。冷藏暴露的採樣濾筒直至分析。至於分析之冷藏期應不超過 30 天。如試樣將被移至中心實驗室分析，非冷藏時間應儘量縮短，以低於兩天為最適宜。

依下式計算平均採樣流量：

$$qA = [q_1 + q_2 + \dots + q_n] / n \quad (1)$$

其中

qA 為平均流量，以毫升/秒為單位；

q<sub>1</sub>、q<sub>2</sub>、… q<sub>n</sub> 為採樣開始、結束及中間點測定的流量；

n 為平均點數。

接著總流量用下式計算：

$$V_m = [(T_2 - T_1) \cdot qA] / 1000$$

其中，

V<sub>m</sub> 為量測溫度與壓力採樣的總體積，以升為單位；

T<sub>2</sub> 為停止時間；

T<sub>1</sub> 為開始時間；

T<sub>2</sub>-T<sub>1</sub> 為採樣時間，以分鐘為單位；

qA 為平均流量，以毫升/分鐘為單位。

## 9.2 過程空白

每批次試樣至少應分析一現場空白。對於大於 10 至 20 個之試樣批次，至少 10% 分析之試樣應為現場空白。每一批次試樣或時限內之試樣數，或兩者應需記錄，以取得空氣試樣編號明確特定的空白試樣百分比。

現場空白與試樣同等處理，除非無空氣自濾筒抽出。過程空白應符合 9.1 款規定之性能標準。同樣需對保存於實驗室(實驗室空白)之空濾筒進行分析，對可能出現之現場及實驗室污染進行區隔。

## 9.3 試樣分析

### 9.3.1 試樣準備

用裝有 2cm 至 5cm 粒狀木炭之適當外用容器將試樣送回實驗室，冷藏直至分析。或試樣亦可個別保存於各自容器。採樣與分析之間的時間不應超過 30 天。

### 9.3.2 試樣之脫附

連接試樣濾筒(採樣時之入口或短端)至乾淨的注射器。脫附之液流方向應與採樣之氣流方向相同，以防止不可溶解顆粒滲入洗出液。如洗出液於 HPLC 分析之前過濾，則可進行逆脫附作業。應對各批次試樣之過濾空白物進行分析，以確定過濾未受污染。將濾筒/注射器置於注射器架。自注射器傳送 5ml 乙腈經濾筒至量管或 5ml 量瓶，以使濾筒(重力進氣)對羰基的 DNPH 衍生物及未反應 DNPH 脫附。乙腈體積量之適當，取決於所用之採樣濾筒。

註：乾濾筒有略大於 1ml 之乙腈停頓量。在注射器內之乙腈完全排入濾筒前，因濾筒過濾膜與注射器轉接頭之間有空氣滯留，洗出液流動可能會停止。如發生此情況，用拋棄式細長 Pasteur 吸管吸取乙腈去置換滯留的空氣。

以乙腈稀釋至 5ml 刻度。在量瓶貼上試樣標示。以分注器及碳氟薄膜吸一份等分試樣至試樣瓶。以 HPLC 分析一份等分試樣之羰基衍生物。可取第二份等分試樣作為備份，冷藏直至第一份分析結果完成且有效。必要時，第二份等分試樣可用作驗證分析。

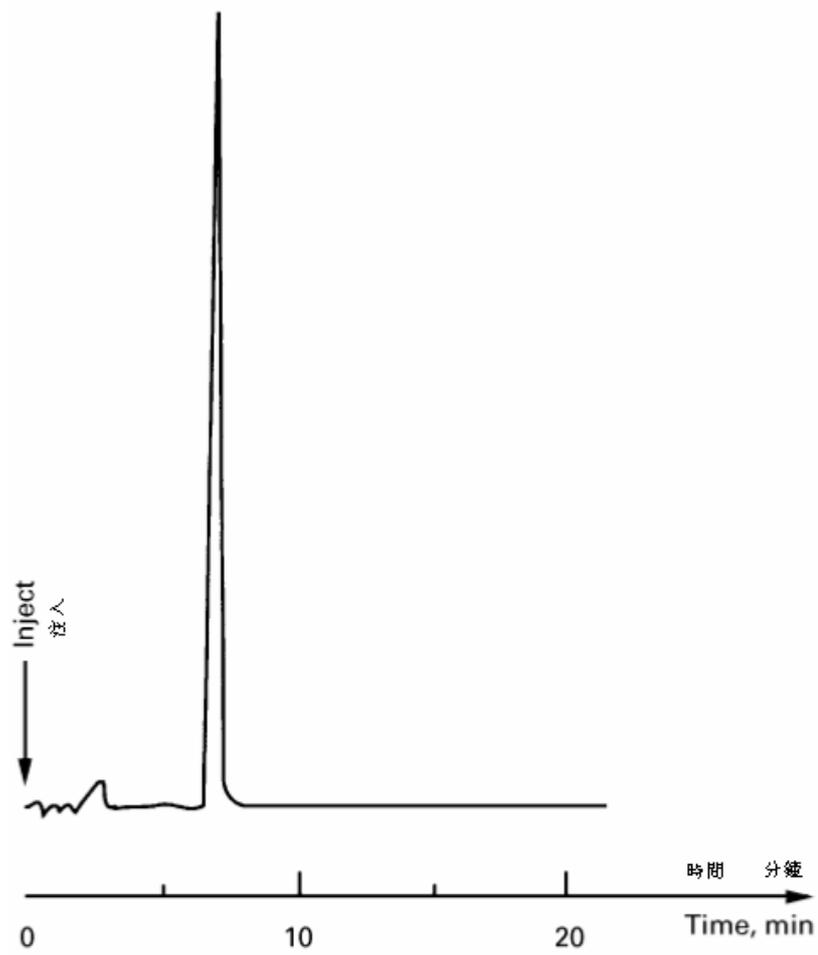
對於包含了兩層吸附劑之玻璃密封 DNPH 採樣試管，打開最靠近第二層吸附劑之試管末端(出口端)。謹慎取下絲及玻璃棉塞，保持吸附劑層於原位。利用碳氟薄膜或蓋將吸附劑倒入一乾淨 4ml 玻璃瓶。將其標示為儲放階段。謹慎取下另一玻璃棉塞，將剩餘吸附劑倒入另一 4ml 玻璃瓶。將其標示為首要的試樣。謹慎吸 3ml 乙腈至每一瓶，蓋上瓶蓋，讓其保持 30min，間斷的晃動。

### 9.3.3 HPLC 校正

從 DNPH 甲醛衍生物中準備校正標準品於乙腈(參閱 8.3)。在 100ml 移動相中溶解 10mg 固態衍生物，並單獨製成 100 mg/l 備用溶液。

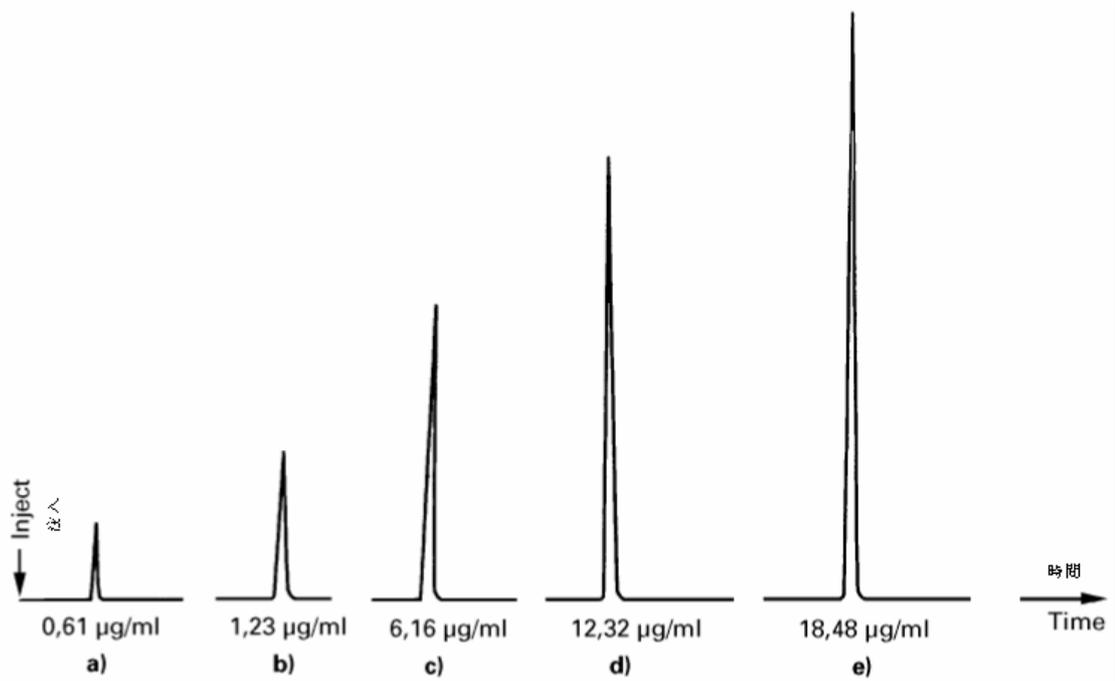
對各個校正標準品(至少五等級)進行兩次分析，以列表方式顯示面積回應及對應之注入質量(或較為簡便方式，對應的 DNPH 甲醛之注入量，固定迴路量，參閱圖 4 及圖 5)。依 9.3.4 款試驗分析之規定執行所有的校正。為避免殘留影響，開始時用較低濃度。使用 UV 偵測器或二極體陣列偵測器，以 25  $\mu$  L 射入量其應達到的線性範圍約為 0.05  $\mu$  g/ml 至 20  $\mu$  g/ml。檢測結果可用於準備校正曲線，如圖 6 所示。線性感應範圍應顯示線性資料之最小平方法取得之相關參數至少為 0.999。被分析物之滯留時間差皆符合 2% 以內。

每一線性感應需作文件記錄，中間濃度標準需接近各組成物之預定層級，但至少大於偵測極限值之十倍，應被選為日常校正。各組成物之每日感應應在被分析物濃度 1  $\mu$  g/ml 或更大之 10% 以內，接近 0.5  $\mu$  g/ml 之被分析物濃度應在於 20% 以內。如觀測到較大變化，或需重新校正，或自新標準溶液中作新的校正曲線。



HPLC 控制參數  
管柱：C-18 逆相  
移動相：60%乙腈、40%水  
偵測器：360nm 紫外線  
流量：1ml/min  
滯留時間：ca. 甲醛 7min。  
試樣射入量：25  $\mu$  l

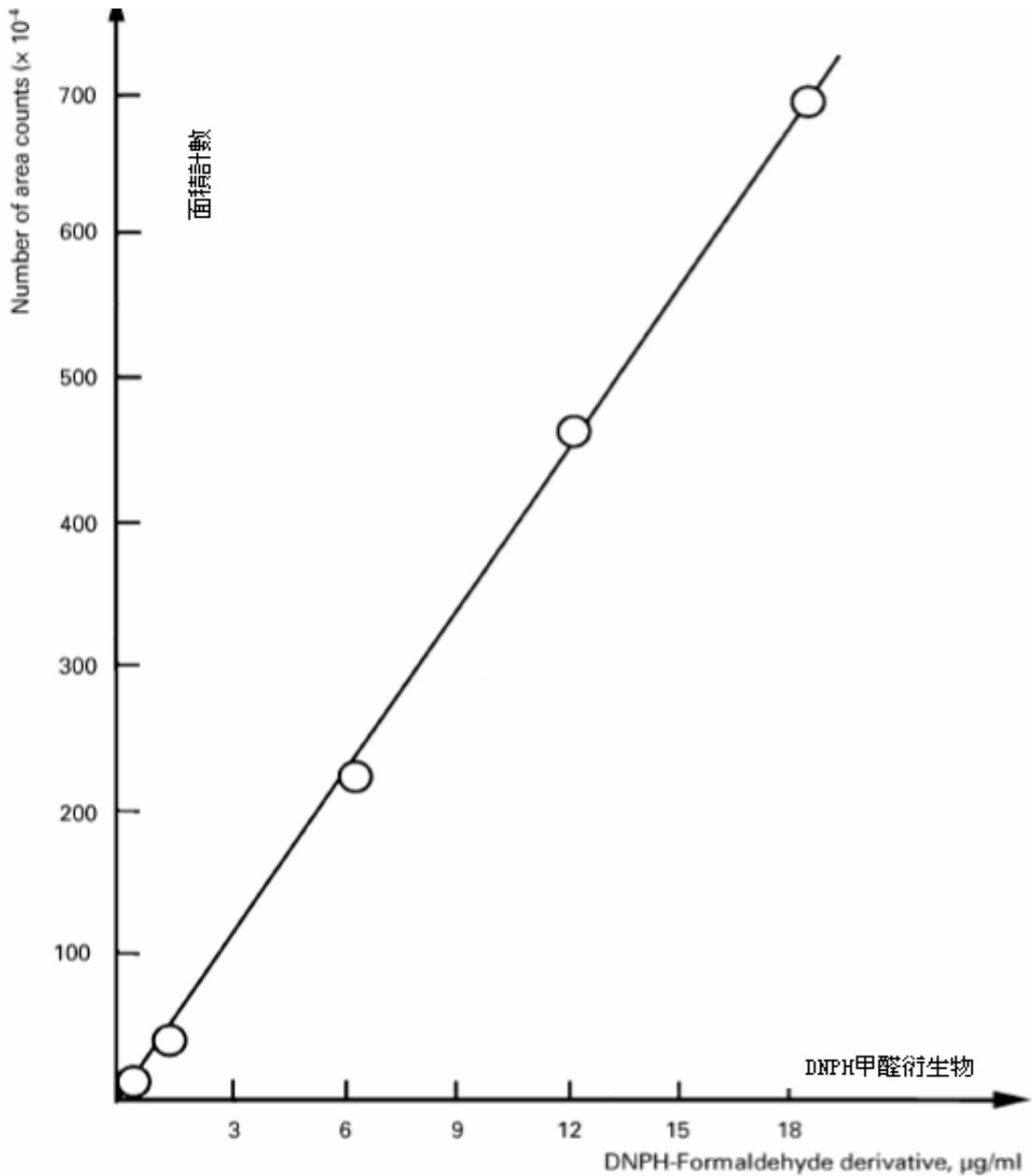
圖 4：DNPH 甲醛衍生物層析圖譜圖例



HPLC 控制參數  
 管柱：C-18 逆相  
 移動相：60%乙腈、40%水  
 偵測器：360nm 紫外線  
 流量：1ml/min  
 滯留時間：ca. 甲醛 7min。  
 試樣射入量：25  $\mu$ l

濃度	面積計數
0.61 $\mu$ g/ml	226 541
1.23 $\mu$ g/ml	452 166
6.16 $\mu$ g/ml	2 257 271
12.32 $\mu$ g/ml	4 711 408
18.48 $\mu$ g/ml	6 953 812

圖 5：DNPH 甲醛衍生物各種濃度之 HPLC 層析圖  
 譜圖例



HPLC 控制參數  
 相關參數：0.999 9  
 管柱：C-18 逆相  
 移動相：60%乙腈、40%水  
 偵測器：360nm 紫外線  
 流量：1ml/min-1  
 滯留時間：ca. 甲醛 7min。  
 試樣射入量：25 µ l

圖 6：甲醛校正曲線圖例

#### 9.3.4 甲醛 HPLC 分析

依 9.3.3 規定組裝 HPLC 系統並校正。一般的控制參數如

下：

管柱： C-18(4.6mm 內徑×25cm，或相等)；無  
需對柱進行溫度控制  
移動相： 60%乙腈 40%水(體積分率)，均等  
偵測器： 紫外線，在 360nm 條件下作業  
流量： 1.0 ml/min  
滯留時間： 一組 C18 管柱時甲醛為 7min，二組  
C18 管柱時甲醛為 13min。  
試樣射入量： 25  $\mu$  l

分析前，檢查偵測器基線，確定其穩定情況。

準備 HPLC 移動相，混合 600ml 乙腈及 400ml 水，或設置適當梯度沖提 HPLC 的參數。以 0.22  $\mu$  m 聚酯過濾薄膜在全玻璃及碳氟抽氣過濾裝置下過濾此混合動相。過濾後移動相之脫氣是利用氮氣 10 至 15min(100ml/min) 的淨化或於蓋著觀測玻璃之三角燒瓶中加熱至 60 $^{\circ}$ C 約 5min 至 10min，以此除去過濾後移動相的氣體。將穩定的背壓閥(350kPa)或內徑 0.25mm、長短(15cm 至 30cm)之 Teflon 管置於偵測器之後，以進一步消除移動相之排氣。

將移動相置入 HPLC 移動相儲存容器，泵的流量設為 1.0 ml/min。首次分析前，允許其抽氣 20 至 30min。首次分析前，應啟動偵測器暖機至少 30 min。在紙帶式記錄器或類似輸出設備顯示偵測器的輸出。

對於人工注入系統，至少注入 100  $\mu$  L 試樣至一乾淨之 HPLC 注射器內。當注射器加入過量試樣於 HPLC 回路中(關於裝載狀態)。將閥轉至“注入”狀態使其開始運作。注入時同時啟動資料系統，在紙帶式記錄器上標示。約 1min 後，將注入閥轉回負載狀態，以乙腈/水混合液沖洗注射器及閥，以備下一項試樣分析。

在閥處於“注入”狀態時，切勿注射溶劑於 HPLC 回路。

DNPH 甲醛衍生物沖提之後(參閱圖 4)，停止資料之取得，依第 10 節規定計算組成物之濃度。當達到穩定基線之後，系統可用於如上述之後續試樣分析。

註 1：濾筒數次分析之後，管柱上的阻塞(如有顯示，諸如在規定的流量及溶劑成份時，逐次運作時壓力的增加)可用數個管柱容積的 100%乙腈沖洗來去除。如使用前置管柱，可相當保護。

如被分析物濃度超過檢量線性範圍，試樣應以移動相進行稀釋或注入較小量於 HPLC 內。如在初時的運作中發現滯留時間並不相同( $\pm 10\%$ )。可增減乙腈/水比例以得到正確的洗滌時間。如沖提時間太長，提高比例；如時間太短，則降低比率。如需改變溶劑，試樣作業前皆要重新校正(參閱 9.3.3)。

註 2：此處說明之層析條件已最優化用於甲醛檢測。建議分析員為其特殊分析需求，試驗其 HPLC 系統之最有效層析狀態。亦可使用自動注入器及資料擷取啟動之 HPLC 系統。

依 4.2 款及圖 2 檢查層析圖是否有臭氧干擾之證據。

### 9.3.5 其他的醛及酮之 HPLC 分析

#### 9.3.5.1 概要

最優條件化之層析狀態，用兩串聯之 C18 管柱及透過梯度程式改變移動項組成，以完成採集空氣中其他的醛及酮之分析。於特定情況下，以最有效之層析狀態在分析時間約 1h 內，可以有效分離丙酮、丙醛、及其他高分子醛類。

線性梯度程式定期變化移動相成份，以達成 C3、C4 及苯甲醛層析範圍之最大解析度。下列的梯度程式可以適用於達成此目標：試樣注入後立即，將線性梯度之體積比率在 36min 之內從 60%乙腈(ACN)/40%水提升至 75%ACN/25%水；20min 內到達 100%ACN；100% ACN 持續 5min；反向線性梯度在 1min 內自 100%ACN 達至 60%ACN/40%水；在 60%ACN/40%水維持 15min。

#### 9.3.5.2 其他羰基化合物之試樣分析

依 9.3.3 規定組裝及校正 HPLC 系統。控制參數如下：

管柱：C-18，兩柱串聯。

移動相：乙腈/水，線性梯度。

偵測器：紫外線，在 360nm 條件下操作。

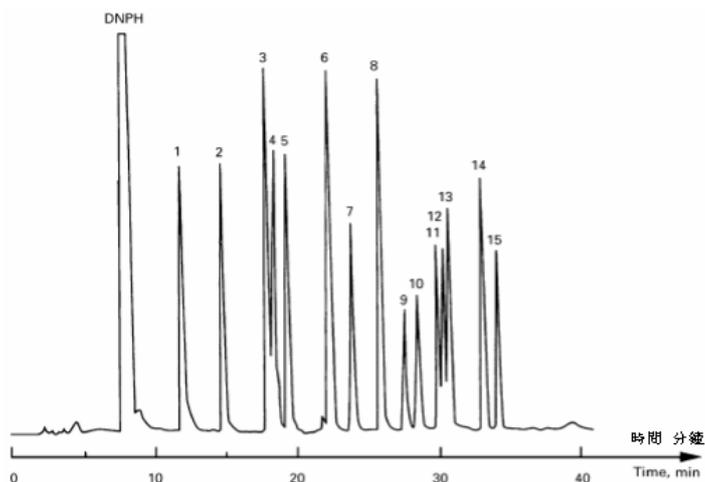
流量：1 ml/min

梯度程式：參閱 9.3.4

層析條件描述於此對梯度 HPLC 系統已最優條件化，HPLC 系統裝有 UV 偵測器或二極體陣列偵測器、自動注射器包括 25  $\mu$ l 回路注射器及兩 C18 管柱(4.6mm $\times$ 250mm)，及一個記錄儀或電子積分儀。建議分析員試驗其 HPLC 系統，於特定分析需求下，以最有效之層析狀態分析。分離丙烯醛、丙酮及丙醛應為最小最優條件化的目標。

註：管柱之廠商一般建議作為 DNPH 衍生物分離較佳狀態的逆相管柱。此建議可減少對雙管柱的需求，卻不會影響羰基化合物的解析度。

試樣中羰基化合物之鑑定與量化，可比對其與標準 DNPH 衍生物的滯留時間及面積計數。對甲醛、乙醛、丙醛、丁烯醛、苯甲醛、鄰甲苯甲醛、對甲苯甲醛及間甲苯甲醛的鑑定具有較高的可信。對丁醛的鑑定則較不確定，因它在規定的層析條件下與異丁醛及甲乙酮一起沖提。圖 7 則顯示以梯度 HPLC 系統取得之一般層析圖。各羰基化合物之濃度依 9.3.4 測定。



峰值鑑定		
編號	化合物	濃度 $\mu\text{g/ml}$
1	甲醛	1.140
2	乙醛	1.000
3	丙烯醛	1.000
4	丙酮	1.000
5	丁烯醛	1.000
6	苯甲醛	1.000
7	丁醛	1.000
8	苯甲醛	1.000
9	異丁醛	0.450
10	戊醛	0.450
11	鄰甲苯甲醛	0.515
12	間甲苯甲醛	0.505
13	對甲苯甲醛	0.510
14	己醛	1.000
15	2,5-二甲基苯甲醛	0.510

圖 7：15 種標準 DNP-H 衍生物分離層析圖例

### 10. 計算

應用下列公式對各別試樣之被分析物(DNP-H 衍生物)之總質量進行計算：

$$m_d = m_s - m_b$$

(3)

其中

$m_d$  為自濾筒提取之 DNP-H 衍生物的修正質量，以微克為單位

$m_s$  為未修正質量，在採樣濾筒上，以微克為單位

$$= A_s \cdot (C_{std}/A_{std}) \cdot V_s \cdot d_s$$

(4)

$m_b$  為空白濾筒之分析的質量，以微克為單位

$$= A_b \cdot (C_{std}/A_{std}) \cdot V_b \cdot d_b$$

(5)

其中

$A_s$  為採樣濾筒提取液之面積數值，

$A_b$  為空白濾筒提取液之面積數值，

$A_{std}$  為標準品面積數值，  
 $C_{std}$  為日常校正標準之分析物的濃度，以微克/毫升為單位，  
 $V_s$  為採樣濾筒提取液之總體積，以毫升為單位，  
 $V_b$  為空白濾筒提取液之總體積，以毫升為單位，  
 $d_s$  為試樣濾筒提取液之稀釋因數  
 = 1 如試樣未重新稀釋  
 =  $V_d/V_a$  如試樣重新稀釋其所引起偵測器於線性範圍內感應，其中

$V_d$  為重新稀釋體積，以毫升為單位  
 $V_a$  為用於重新稀釋之整數量，以毫升為單位，且  
 $d_b$  為空白濾筒提取液之稀釋因數=1.0。

依以下公式計算原始試樣之羰基化合物濃度：

$$cA = m_d \cdot (M_c/M_{der}) \times 1000/V_m \quad (6)$$

其中：

$cA$  為原始試樣內之羰基化合物的濃度，以毫微克/升為單位，  
 $V_m$  為 9.1 款之室內條件的總空氣試樣體積，以升為單位，  
 $M_c$  為羰基化合物分子質量(甲醛=30)，  
 $M_{der}$  為 DNPH 衍生物分子質量(甲醛=210)。

註：不鼓勵使用每十億分之一(ppb)或每百萬分之一(ppm)單位。然而，為方便某些用戶，特提供以下資訊。

將羰基化合物濃度  $cA$  轉化成每十億分之一( $10^{-9}$ )，如體積率，使用以下公式：

$$cA = cAs(\text{ng/l}) \times 24.4/M_c \quad (7)$$

其中

$cA$  為羰基化合物之濃度，以體積之十億分之一( $10^{-9}$ )為單位。  
 $cAs$  為原始試樣羰基化合物之濃度，以毫微克/升為單位，使用修正之 25°C 及 101.3kPa( $V_s$ )之空氣體積計算。  
 24.4 為理想氣體體積，以毫微升/毫微克分子，修正至 25°C。

修正之 25°C 及 101.3kPa( $V_s$ )空氣體積依下式計算：

$$VS = \{(V_m \cdot pA)/101.3\} \times \{298/(273+TA)\} \quad (8)$$

其中

$VS$  為 25°C 及 101.3kPa( $V_s$ )條件下之試樣總體積，以升為單位，  
 $pA$  為平均室內壓力，以千帕為單位，  
 $TA$  為平均室內溫度，以攝氏度為單位，

如要求取得之濃度結果以在標準條件下(25°C 及 101.3kPa)每百萬分之一( $10^{-6}$ )的條件表示，比對此些標準狀態之條款規定，採樣體積不應對溫度及壓力進行修正。

## 11 性能標準與品質保證

### 11.1 概要

本條款概括必要的品質保證措施，及由各實驗室提供保證且應達成之性能標準。

使用者應遵守 ISO 9001-1：1994、ISO 9000-2：1997、ISO 17025 及 EN 45001：1989 之規定。

### 11.2 標準操作規程(SOP)

使用者應編制標準操作規程說明下列實驗室活動：採樣系統之組裝、校正及操作，及所用設備之廠商及型號；採樣試劑及試樣之預備、純化、存放及搬運；HPLC 系統之組裝、校正與操作，及所用設備之構造與型號；及資料記錄與處理之所有方面，含所用電腦硬體與軟體。

SOP 應提供詳細且逐步之指示，並應透過實驗室個人處理工作來讀閱及瞭解。SOP 應符合本 ISO 16000 部份。

### 11.3 HPLC 系統之性能

依下式計算 HPLC 系統效能：

$$N = 5.54(tr/W_{1/2})^2$$

(9)

其中

N 為管柱之效能(理論板數)，

tr 為被分析物之滯留時間，以秒為單位，

$W_{1/2}$  為組成物一半高度峰值之寬度，以秒為單位。

取得之管柱效能應 >5000，理論版應達成。

對於每日重複 HPLC 注入  $1 \mu\text{g/ml}$  或較大層級之被分析物的校正標準，其感應的相對標準偏差應為  $\pm 10\%$  或更少。對於某些羰基化合物，重複分析精密度於  $0.5 \mu\text{g/ml}$  或較低層級，其可調變至  $\pm 20\%$ 。滯留時間之精密度於任一日內應低於  $\pm 7\%$ 。

### 11.4 採樣損失

當吸附劑容量被破出時，或採養體積超過整個適合採集的最大值時，採樣損失可能會發生。如欲預防可能出現的損失，設置兩個連結採樣濾筒並分析各自之含量，或對雙層吸附劑濾筒進行同時分析。如後端部份採集之分析物數量超過主要採樣部份之 15% 時，可假定破出已產生，且將影響試驗結果之精密度。

## 12 精密度與不確定性

與其他化合物之情況相同，空氣中甲醛之測定精密度與不確定性受到兩個參數所影響，即分析步驟之可重複性與空氣中被分析物濃度不同時間之變化。一般可合理假定，後者之影響較前者大出許多，然而以氣體來源濃度變化及通風條件的角度觀看，仍難以對影響進行量化。

附件 A 提供一些與分析步驟相關之誤差值的資訊。

**附件 A**  
**(資訊)**  
**精密度與不確定性**

一些類似於本 ISO 16000 部份說明之步驟進行評估。在  $1 \mu\text{g/ml}$  或較大之被分析物濃度的分析精密度應為  $\pm 10\%$  或更少。對於某些羰基化合物，重複分析精密度於  $0.5 \mu\text{g/ml}$  或較低層級可調變至  $25\%$ 。

一些類似於本 ISO 16000 部份說明之方法使用包含  $55 \mu\text{m}$  至  $105 \mu\text{m}$  塗有 DNPH 矽膠之濾筒進行循環測試 [10 至 12]，評估結果 (參閱下文) 可用以評估用於室內空氣中此方法之性能。

這些濾筒由兩個不同實驗室在全美國 14 個城市進行研究，對周界空氣中甲醛及其他羰基化合物進行 1500 次量測 [11、12]。甲醛 DNPH 衍生物之備用溶液在超過兩個月期校作 45 次重複性 HPLC 注入精密度量測，已顯示具有  $0.85\%$  相對標準偏差 (Rsd)。對暴露之 12 種相同試樣的 DNPH 濾筒進行三次重複分析其量測值有  $10.9\%$  一致的相對標準偏差。

共有 16 家美國、加拿大、歐洲的實驗室參與一項循環測試，測試包含 250 個空白 DNPH 濾筒、三組共 30 個之三層級 DNPH 衍生物之濾筒、及 13 組暴露於稀釋之汽車排放氣之濾筒 [10 至 12]。這些濾筒由單一參考文獻之實驗室塗上如 4.2 所述相同類型的塗層。循環試樣皆以隨機方式分配至參與的實驗室。循環測試結果摘要如表 A.1 所示。

註：並未試圖對本循環測試的 HPLC 分析進行標準化。參與者應用其實驗室慣用的 HPLC 步驟。

1988 美國專案研究比較一組兩相同試樣之間的差異性其絕對百分比差，甲醛為  $11.8\%$  ( $n=405$ )，乙醛為  $14.5\%$  ( $n=386$ )，丙酮為  $16.7\%$  ( $n=346$ )。本一對相同試樣之採集及分析由不同實驗室進行顯示甲醛之平均標準偏差為  $0.07$ ，相關參數為  $0.98$ ，不確定性為  $-0.05$  [11]。乙醛對應值為  $0.12$ 、 $0.95$  及  $-0.50$ ，丙酮對應值則為  $0.15$ 、 $0.95$  及  $-0.54$  [12]。添加超過一年時間之 DNPH 濾筒由單一實驗室的分析顯示甲醛的平均不確定性為  $+6.2\%$  ( $n=14$ )，乙醛為  $+13.8\%$  ( $n=13$ )。本專案研究過程中 30 個添加之 DNPH 濾筒由單一實驗室分析顯示甲醛的平均不確定性為  $+1.0\%$  (範圍  $-49\%$  至  $+28\%$ )，乙醛為  $+5.1\%$  (範圍  $-38\%$  至  $-39\%$ )。

表 A.1 循環測試結果

試樣類型	甲醛	乙醛	對甲基甲醛	苯甲醛
空白之濾筒				
$\mu\text{g}$ , 醛	0.13	0.18	0.12	0.06
$\%$ , rsd	46	70	47	44
$n$	33	33	23	8
添加之濾筒 a:				
$\%$ , 回收率( $\%$ rsd)	89.2(6.02)	92.6(13.8)	106.7(32.6)	114.7(36.1)
低	97.2(3.56)	97.8(7.98)	100.9(13.2)	123.5(10.4)
中	97.5(2.15)	102.2(6.93)	100.1(6.77)	120.0(8.21)
高	12	13	12	14
$n$				
排氣試樣				
$\text{mg}$ , 醛	5.93	7.99	0.52	0.29
$\%$ , rsd	12.6	16.5	26.4	19.4
$n$	31	32	32	17
註：16 個參與實驗室。統計資料顯示在偏離值去除之後；Rsd=相對標準偏差； $n$ =量測數				
a 各濾筒醛之低、中、高添加層級約為 $0.5 \mu\text{g}$ 、 $5 \mu\text{g}$ 及 $10 \mu\text{g}$ 。				

**附件 B**  
**(資訊)**  
**DNPH 羰基衍生物之熔點**

衍生物	熔點°C[17]
乙醛	152 至 153 (168.5[18],168[19])
丙酮	125 至 127 (128[18],128[19])
苯甲醛	240 至 242 (235[19])
丁醛	119 至 120(122[19])
丁烯醛	191 至 192(190[19])
2,5 甲基苯甲醛	216.5 至 219.5
甲醛	166(167[18],166[19])
己醛	106 至 107
異丁醛	121.5 至 123.5
丙醛	144 至 145(155[19])
鄰甲苯甲醛	193 至 194(193 至 194[19])
間甲苯甲醛	212(212[19])
對甲苯甲醛	234 至 236(234[19])
戊醛	108 至 108.5(98[19])

### 參考文獻

- [1] Method TO-11A, EPA-625/R-96-010b, Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, 1996.
- [2] Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. WHO Regional Publications. European series No. 23/1987. Revised values see webpages: [www.who.int.peh](http://www.who.int.peh), [www.who.dk/envhlth/pdf/airqual.pdf](http://www.who.dk/envhlth/pdf/airqual.pdf)
- [3] Tejada, S. B., Evaluation of silica gel cartridges coated in situ with acidified 2,4-dinitrophenylhydrazine for sampling aldehydes and ketones in air, *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 26, 1986, pp. 167-185.
- [4] Grosjean, D., Ambient levels of formaldehyde, acetaldehyde, and formic acid in southern California: Results of a one-year baseline study, *Environ. Sci. Technol.*, 25, 1991, pp. 710-715.
- [5] Arnts, R. R., and Tejada, S. B., 2,4-Dinitrophenylhydrazine-coated silica gel cartridge method for determination of formaldehyde in air: Identification of an ozone interference, *Environ. Sci. Technol.*, 23, 1989, pp. 1428-1430.
- [6] Sirju, A., and Shepson, P.B. Laboratory and field evaluation of the DNPH cartridge technique for the measurement of atmospheric carbonyl compounds, *Environ. Sci. Technol.*, 29, 1995, pp. 384-392.
- [7] R. G. Merrill, Jr., D-P. Dayton, P. L. O'Hara, and R. F. Jongleux, Effects of ozone removal on the measurement of carbonyl compounds in ambient air: Field experience using Method TO-11, in *Measurement of Toxic and Related Air Pollutants*, Vol. 1, Air & Waste Management Association Publication VIP-21, Pittsburgh, PA, U.S.A., 1991, pp. 51-60.
- [8] T. E. Kleindienst, E. W. Corse, F. T. Blanchard, and W. A. Lonneman, Evaluation of the performance of DNPH-coated silica gel and C18 cartridges in the measurement of formaldehyde in the presence and absence of ozone, *Environ. Sci. Technol.*, 32, 1998, pp. 124-130.
- [9] J.-O. Levin and R. Lindahl, Aldehyde measuring methods using DNPH-coated filters — Summary and conclusions, *Proc. Workshop 'Sampling Project'*, 27-28 June, 1996, Mol, Belgium.
- [10] ASTM D5197-97 Standard Test Method for Determination of Formaldehyde and Other Carbonyl Compounds in Air (Active Sampler Methodology), *Annual Book of ASTM Standards*, 11.03, American Society for Testing and Materials, West Conshohoken, PA, U.S.A., pp. 472-482..
- [11] USEPA, 1989 Urban air toxics monitoring program: Formaldehyde results, Report No. 450/4-91/006, U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, U.S.A., January 1991.
- [12] USEPA, 1990 Urban Air Toxics Monitoring Program: Carbonyl Results, Report No. 450/4-91/025, U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, U.S.A., July 1991.
- [13] EN 1232:1997, Workplace atmospheres — Pumps for personal sampling of chemical agents — Requirements and test methods.
- [14] VDI 3862 Part 2, Gaseous Emission Measurement — Measurement of Aliphatic and Aromatic Aldehydes and Ketones — DNPH Method — Impinger Method.
- [15] VDI 3862 Part 3, Gaseous Emission Measurement — Measurement of Aliphatic and Aromatic Aldehydes and Ketones — DNPH Method — Cartridges Method.
- [16] A. Sirju and P. B. Shepson, Laboratory and field investigation of the DNPH cartridge technique for the measurement of atmospheric carbonyl compounds, *Environ. Sci. Technol.*, 29, 1995, pp. 384-3

**附錄二 ISO16000-6 草擬建材逸散 CNS 國家標準**

中華民國 國家標準	室內空氣—以 Tenax TA® 吸附、熱脫附 及利用 MS/FID 進行氣相色譜分析方 式，針對室內或測試艙空氣進行主動式 採樣揮發性有機化合物之測定	總號	(草案)
CNS		類號	
<p align="center"><b>Indoor Air— Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA® sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID</b></p> <p><b>1.前言</b> 本標準係依據 2004 年第一版發行之 ISO 16000-6，不予變更技術內容及其標準程式，譯成中文為中華民國國家標準。</p> <p><b>1.適用範圍</b> ISO 16000 在這個部分具體說明室內空氣 VOCs 的測定及利用測試艙進行從建材逸散之 VOCs 之空氣採樣方式，此種方法是依據利用 Tenax TA®<sup>1)</sup>進行吸附及熱脫附，並利用氣相色譜分析方式進行分析〔1〕。 此種方式可應用於量測特定範圍內(微克/m<sup>3</sup>~毫克/m<sup>3</sup>)非極性及極性之 VOCs 物質，使用這種描述方法，極易揮發性有機化合物 VVOC 與半揮發性有機化合物 SVOC 亦可被測定與分析。</p> <p><b>2.相關參考文獻</b> 下列之參考文獻在應用此文件時是必需具備的，對於有日期的文獻，只有引用應用之版本。對於無日期的文獻，以最新文獻應用的版本。 本規範主要參考下列相關文獻進行擬定： ISO 16000-1<sup>2)</sup>，室內空氣—第一部份：採樣方式之一般通則。 ISO 16017-1，室內、周圍環境與工作環境之空氣—以吸附管採樣/熱脫附/氣相層析方式進行 VOCs 採樣及分析—第一部份：氣體採樣。 ENV 13419-1:1999，建築相關產品—VOCs 逸散之測定—第一部份：逸散測試艙測試方法。 ENV 13419-2:1999，建築相關產品—VOCs 逸散之測定—第二部份：逸散腔體測試方法。</p> <p>1) Tenax TA®是 Supelco, inc 製造商產品的商標名稱，此資訊是提供給此國際標準使用的方便且不是 ISO 指定的背書產品的名稱。假如相類似的產品顯示達至相同的結果也可以被使用。 2) 已被出版</p>			
公 布 日 期 年 月 日	<b>經 濟 部 標 準 檢 驗 局 印 行</b>	修 訂 公 布 日 期 年 月 日	

### 3. 專有名詞及定義

本規範之相關名詞與定義如下：

#### 3.1

半揮發性有機化合物

SVOC

為沸點從(240°C - 260°C)至(380°C - 400°C)之有機化合物。

註解 1：依據 WHO 相關規範進行分類

註解 2：某些化合物由於在沸騰（1 大氣壓狀況下）之前已被分解，因此沸點較難或不可能加以確定，而對於有機化學物則常利用汽壓測定以進行分類，因此汽壓測定也許是另一種可將揮發性化合物進行分類之方式〔3〕。SVOCs 蒸汽壓為  $10^{-2}$  k Pa 至  $10^{-8}$  k Pa。

#### 3.2

揮發性有機化合物

VOC

為沸點從(50°C - 100°C)至(240°C - 260°C)之有機化合物。

註解 1：依據 WHO 相關規範進行分類。

註解 2：某些化合物由於在沸騰（1 大氣壓狀況下）之前已被分解，因此沸點較難或不可能加以確定，而對於有機化學物則常利用汽壓測定以進行分類，因此汽壓測定也許是另一種可將揮發性化合物進行分類之方式〔3〕。一般而言，VOCs 在 25°C 及 102 k Pa 狀況下及達飽和蒸汽壓。

#### 3.3

極易揮發性有機化合物

VVOC

為沸點從小於 0°C 至 (50°C - 100°C)之有機化合物。

註解 1：依據 WHO 相關規範進行分類

註解 2：某些化合物由於在沸騰（1 大氣壓狀況下）之前已被分解，因此沸點較難或不可能加以確定，而對於有機化學物則常利用汽壓測定以進行分類，因此汽壓測定也許是另一種可將揮發性化合物進行分類之方式〔3〕。VVOCs 典型的蒸汽壓為 15 k Pa〔3〕。

#### 3.4

總揮發性有機化合物

TVOC

揮發性有機化合物之總和，以 Tenax TA® 進行採樣及利用火焰離子偵測器 (TVOC-FID) 或質譜儀 (TVOC-MS)，進行包含 n-hexane 與 n-hexadecane 之離析與測定，及利用轉換成甲苯等價物之氣相色譜分析方式，進行總面積之定量測定。

註解：於 ISO 16000 之此部分進行個別 VOCs 測定之描述，為一慣用於空氣中產生單一濃度值時計算其總 VOCs 量之說明方式，此濃度值則稱為 TVOC 濃度值（詳見 12.2 與條款 14），並應該強調獲得 TVOC 濃度值其依據之採樣及分析方法，並於說明完整之測試方法時，對此加以解釋。

### 4. 原則

測試樣本氣體之體積是由室內空氣或逸散測試艙（詳見 ENV 13419-1）或是由逸散測試腔體（詳見 ENV 13419-2），以一個或多個內含 Tenax TA® 吸附物之吸附管所收集而來，而揮發性有機化合物則由吸附管所吸附，並在實驗室內進行化合物分析，而所收集之 VOCs 則藉由升溫及惰性載流氣體經由冷凍捕集 / 吸附管，及利用毛細管柱導入火焰離子分析儀與（或）質譜儀之氣相層析分析設備，相關原則之描述詳見 ISO 16017-1。

## 5. 試劑與材料

### 5.1

揮發性有機化合物之校正與氣相層析分析之定量

### 5.2

稀釋溶劑，液態添加校正混合溶劑之準備

此溶劑應具有層析級之品質且避免與待測的化合物產生共同沖堤(5.1)。

註解 1：於多數情況下使用易揮發之稀釋溶劑，則較易進行 VOCs 之分析，在此標準下則常使用甲醇作為稀釋溶劑，相關之有機化合物之健康性與安全性數據則於 International Chemical Safety Cards (ICSCS)中進行說明。

### 5.3

Tenax TA<sup>®</sup>,粒徑為 0.18 mm 至 0.25 mm (60 mesh 至 80 mesh).

Tenax TA<sup>®</sup>為利用 2,6-diphenylene oxide 製成之多孔聚合物，於進行 VOC 採樣前，若 Tenax TA<sup>®</sup>中含有不潔淨之物質則應將其移除，藉由加熱方式，利用純淨之載流氣體將 Tenax TA<sup>®</sup>淨化，並選擇淨化條件，以避免聚合物吸附能力產生下降之現象，例如：於 330 °C 環境下，利用 100 ml/min 氣體流率之載流氣體，持續流經採樣管至少 18 小時。並將純淨 Tenax TA<sup>®</sup>填充入密封之採樣管儲存於一密閉、無逸散之容器內，並藉由進行已淨化吸附材料之分析，確定淨化程序是否成功。

### 5.4

標準氣體

透過已認可之程序準備已知待測化合物濃度之標準氣體，相關適用方法之敘述詳見 ISO 6141 及 ISO 6145，準備等量的 100 µg/m<sup>3</sup> 標準氣體。

若此步驟無法適用於允許的完整追蹤產生的已知最初標準的質量或容積之濃度值狀況下，或產生系統之化學惰性若無法被確認，則需利用一獨立之操作步驟確認其濃度值。

### 5.5

標準吸附管，從標準氣體(5.4)之添加裝載

藉由標準溶液定量注入潔淨的吸附管內來完成標準吸附管之準備，例如：利用泵浦設備。樣本氣體之容積不可超過分析物吸附化合物的破出容積。且於添加後，應將吸附管分離與密封，並針對每一批次樣本準備新鮮的標準品。針對室內及測試艙內之空氣，添加所選定的 100 µg/m<sup>3</sup> 之標準氣體，例如，100ml、200ml、400ml、1L、2 L、4 L 或 10 L 於吸附管內。

### 5.6

液態添加校正溶劑之混合

所準備之校正混和溶劑的穩定與安全儲存時間在 5.6.1 至 5.6.5 中應被測定，潔淨之標準溶劑應照著準備或則證實是惡化的，例如：醇類或酮類之化學反應。

#### 5.6.1

溶劑包含各種液態組成物約為 10 mg/ml

將 50 ml 稀釋溶劑先注入容積為 100 ml 之定量瓶內，其注入定量瓶之物質精確重量約為 1 g，並先行注入較不易產生揮發之物質，直至所有稀釋溶劑達到 100 ml，並藉由搖動將其混和。

#### 5.6.2

溶劑包含各種液態組成物約為  $1000 \mu\text{g/ml}$

將 50 ml 稀釋溶劑注入容積為 100 ml 之定量瓶內，並加入 5.6.1 中之溶劑 10 ml，直至所有稀釋溶劑達 100 ml，並藉由搖動將其混和。

#### 5.6.3

溶劑包含各種液體組成物約為  $100 \mu\text{g/ml}$

將 50 ml 稀釋溶劑注入容積為 100 ml 之定量瓶內，並加入 5.6.2 中之溶劑 10 ml，直至所有稀釋溶劑達 100 ml，並藉由搖動將其混和。

#### 5.6.4

溶劑包含各種液體組成物約為  $10 \mu\text{g/ml}$

將 50 ml 稀釋溶劑注入容積為 100 ml 之定量瓶內，並加入 5.6.3 中之溶劑 10 ml，直至所有稀釋溶劑達 100 ml，並藉由搖動將其混和。

#### 5.6.5

溶劑包含各種液體組成物約為  $1 \mu\text{g/ml}$

將 50 ml 稀釋溶劑注入容積為 100 ml 之定量瓶內，並加入 5.6.4 中之溶劑 10 ml，直至所有稀釋溶劑達 100 ml，並藉由搖動將其混和。

#### 5.7

標準吸附管之添加裝載

藉由標準溶劑注入乾淨的吸附管內之標準吸附管準備過程如下所述：單一吸附管需適合氣相層析儀分析系統(GC) (6.10)的注入器單元，以純淨的惰性氣體以速率為 100 ml/min 流過，並將  $1 \mu\text{l}$  至  $5 \mu\text{l}$  適當之標準溶劑穿透隔膜注射，且於五分鐘後將吸附管分離並進行密封。而每一批次採樣必須備有新鮮之標準吸附管。

利用 GC 注射器將液態標準品引入吸附管內，當化合物呈現汽化階段到達吸附基質為一較為適當之方法，或者可利用注射器直將液態標準溶劑接注入吸附基材中(6.3)。

附註：校正混合物之準備應於被控制環境溫度下進行，並依此於使用溶劑前進行調節。

#### 5.8

預先裝填之商用標準吸附管

經認證及預先裝填之商用標準吸附管則可被使用於分析品質控制與建立例行性校正。

#### 5.9

惰性載流氣體,例如：氦氣、氬氣、氮氣

純淨之載流氣體容許可檢測出每次注射有 0.5 ng 之甲苯

附註：載流氣體之品質為一重要因子，因為氣體可能會包含污染物一起進入冷凍補集器，並吸附於吸附材上被進行分析。

### 6. 設備

一般實驗室之相關儀器

#### 6.1

具金屬螺帽與鐵氟龍(PTFE)金屬套環，容量至少為 200 mg 裝填 Tenax-TA<sup>®</sup> 吸附材之不銹鋼或玻璃製吸附管(5.3)

吸附管其需求為外徑 6mm、內徑 5mm、長度 90mm，常用於商用熱脫附用途。使用去活性玻璃棉或其他適合裝置，例如：將

吸附材保留於不銹鋼材質吸附管內。

預先淨化之吸附管為商用內含 Tenax TA<sup>®</sup>之產品，或為可於實驗室內進行裝填之吸附管，其相關規範如下列所述：

每支吸附管內含之吸附材重量總和應不少於 200 mg，以確保其吸附能力，而進行吸附管封裝時，應於吸附管後端裝填塞內含玻璃棉之栓塞或不銹鋼網狀材料，必要時可藉由吸力於管中移動吸附材，並利用置於後端之附加栓塞或網狀物將吸附材固定於管內。

附註：於 ISO 16017-1:2000 之附錄 B 中有關於破出量之說明，破出量為採樣管尺寸與吸附材數量之比值。於簡易之量測中，當管徑在兩倍之 SSV (safe sampling volume) 進行裝填時，則需維持兩倍之吸附基材長度。

## 6.2

吸附管之連結

為了採樣所需，兩個吸附管可能會被串連，並使用金屬螺帽與鐵氟龍 (PTFE) 金屬套環相連接。

## 6.3

注射器之精密度至少需至 0.1 µl。

## 6.4

採樣泵浦

泵浦規格應需滿足 EN 1232 或 ASTM D 3686 規範之需求。

## 6.5

管線

採用適當管徑之 PE (polyethene) 或鐵氟龍 (PTFE) 管線，以確保安裝於泵浦與採樣管之接頭不會產生滲漏現象，而採樣管應不可使用塑膠管線，避免吸附材發生逆流現象，造成污染物進入吸附管內，導致測試誤差。

## 6.6

流量校正器

以皂泡流量計或其他適合之設備進行氣流校正。

## 6.7

氣相層析儀分析系統 (GC)，以火焰離子偵測器或質譜儀其適合雜訊比至少為 5 比 1，以達可測定出至少 1 ng 之甲苯注射量。

## 6.8

毛細管柱

應選擇適當之氣相層析儀分析系統 (GC) 毛細管柱以進行樣本之離析，至少需 30 m 至 60 m 之 100 % dimethylpolysiloxane 材質管柱；經驗證後，適合進行室內空氣與逸散測試艙氣體 VOC 分析之管柱所需內徑為 0.25 mm 至 0.32 mm 及厚度為 0.25 µm 至 0.33 µm。

附註：dimethylpolysiloxane 靜相管柱，例如：HP-1<sup>3)</sup> 管柱，無法利用特定之升溫設定，將 d-3-carene 從 2-ethyl-1-hexanol 中離析，且無法離析 m- and p-xylenes。

註 3) HP-1 為 Agilent, Inc 製造之產品名稱，相關國際標準規範資料之提供，可讓使用者便利使用，且 ISO 亦不針對該項產品設定使用限制，因此若可得到相同之實驗測定結果時，亦可使用同等品。

## 6.9

熱脫附設備，包含：吸附管之兩階段熱脫附及利用惰性氣體將汽化之脫附物導至氣相層析儀分析系統(GC)之相關傳送系統。相關設備包括：當利用加熱及同時藉由惰性載流氣體進行淨化時，可將吸附管固定之機械裝置，而所需之熱脫附溫度與時間則可依據載流氣體流動率進行調整。其設備可能包含附屬之功能，例如：採樣管之自動裝填、洩漏測試，及利用冷凍補集器或其他適合之設備進行脫附樣本氣體之收集，並利用純淨之載流氣體將脫附之樣本氣體，經熱傳輸線傳至氣相層析儀分析系統與毛細管柱。

## 6.10

以液態注射方式進行準備標準品之注射能力（隨機的）使用常見的氣相層析儀分析系統注射元件可用於進行校正標準品之準備，並可於原始位置或個別單獨裝設。載流氣體需維持直接導入注射器中，而末端注射應適當，必要時則應以壓力環形(O-Ring)密封墊適切的與採樣管進行連結。

## 7. 實驗測試條件與吸附管之儲存

### 7.1

#### 實驗測試條件

樣品進行測試之前，在惰性載流氣體流動率為 50 ml/min 至 100 ml/min 之條件下，吸附管應於 300 °C 環境中 10 分鐘進行預先純淨化，以移除管內可能會導致測試誤差之微量有機逸散物質，並藉由例行性分析參數，進行已設定條件之吸附管代表性物質分析，得出空白測試基準值，以確定熱脫附空白測試結果已完成。若所得之尖峰面積不超過分析物代表性尖峰面積之 10 % 時，則吸附管空白測試基準則為可被認可；若空白測試結果無法被認可，則需針對吸附管進行於相同條件下重複步驟之測試，但若經過重複相同條件之空白測試仍無法被認可，則吸附管應被更新（相關步驟詳見 6.1）

### 7.2

#### 採樣前吸附管之儲存環境

以金屬螺帽將吸附管密封固定於鐵氟龍(PTFE)之金屬套環，並於室溫狀態下儲存於自由逸散之容器內，並需於四週內使用已調校之採樣管，並於進行採樣前之超過四週儲存之採樣管重新調校。

## 8. 泵浦之校正

將吸附管裝配成一列，並使用適當形式之校正器進行泵浦之校正。

## 9. 採樣

### 9.1

#### 室內空氣採樣

裝配採樣管線，若測試時為了確定單一採樣管之破出容積及實驗無分析誤差，而使用一個以上之採樣管時，並利用接合之方式將相關採樣管進行系統性組裝成一單元(6.2)，將吸附管與泵浦相結合，或將吸附管利用 PE 管或 PTFE 管進行裝配。開啓泵浦，並注意及紀錄採樣流量或記錄相關數值，若測試時需進行計算與加壓時，則同時應注意開始測定時間、溫度，採樣氣體流速之適當範圍為 50 ml/min 至 200 ml/min 之間。當採樣實驗結束時，應注意及記錄當時之氣體流速與紀錄相關數值，而關閉泵浦時，亦應注意與記錄關閉時間點、溫度，必要時亦應記錄當時之氣體壓力。

將採樣管與採樣管線進行分離後，將採樣管兩端進行密封，並利用螺帽將其固定於鐵氟龍 (PTFE) 之金屬套環上。

若以氣流流量測設備，例如：質量流量計進行採樣氣體流速之測定時，將採樣管連結至採樣管線後，啟動泵浦，同時應注意與記錄啟動時間點及氣體流速或記錄相關數值，若需進行加壓時，則需注意及記錄系統溫度變化狀況；採樣氣體流速之適當範圍為 50 ml/min 至 200 ml/min 之間。當採樣實驗結束時，應注意及記錄當時之氣體流速與紀錄相關數值，而關閉泵浦時，亦應注意與記錄關閉時間點，將採樣管與採樣管線進行分離後，將採樣管兩端進行密封，並利用螺帽將其固定於鐵氟龍 (PTFE) 之金屬套環上。

針對室內空氣進行採樣時，應完成之完整採樣步驟與需考量之一般性採樣方式，於 ISO 16000-1 中進行描述。

當採樣氣體流速低於 50 ml/min 時，操作者可視需要將採樣時間加以延長。

## 9.2

### 測試艙之氣體採樣

進行採樣管線之裝配；若採樣氣體流速以校正器進行測定時，啟動泵浦後，同時應注意及記錄採樣之氣體流速，而適當之採樣氣體流速範圍為 50 ml/min 至 200 ml/min 之間。當樣本是由一逸散測試艙中採樣而來時，其採樣流量應不超過測試艙氣體流量之 80%，並將採樣管與測試艙排氣孔或逸散測試艙其他採樣口相連接，若需要進行加壓時，則需注意與記錄系統溫度之變化狀況。而於採樣實驗結束，將採樣管與測試艙採樣口進行分離時，則需注意與記錄進行分離之時間點，並重複樣本流量之測定及將泵浦關閉，而將採樣管與採樣管線進行分離及進行採樣管兩端之密封後，利用螺帽將其安裝於鐵氟龍 (PTFE) 之金屬套圈上。

若採樣氣體流速利用一體成型之氣流量測設備，例如：利用質量流量計進行測定時，將採樣管與採樣管線及遠端之測試艙採樣口進行連結時，應啟動泵浦，同時需注意及記錄操作時間與流速或是將相關數據進行記錄；而若需要進行加壓時，則需注意與記錄系統溫度之變化狀況，而適當之採樣氣體流速範圍為 50 ml/min 至 200 ml/min 之間。而於採樣實驗結束時，則需注意與記錄氣體流速狀況或是將相關數據進行記錄，並將泵浦關閉，同時注意或記錄泵浦關閉時間點，而將採樣管與採樣管線進行分離及進行採樣管兩端之密封後，利用螺帽將其安裝於鐵氟龍 (PTFE) 之金屬套圈上。

## 9.3

### 採樣體積

安全採樣量 (SSV)，例如：不需進行 VOCs 破出測定時，可進行採樣之氣體種類總和，詳列於附錄 B 中。一般而言，當針對非工業上常見之室內 VOCs 氣體進行採樣時，每 1 L 至 5 L 氣體則利用含 200 mg Tenax-TA<sup>®</sup> 之吸附管進行採樣，於進行建材逸散量測時，建材之形式與出廠時間、裝修方式與測試艙內氣體交換率，皆會影響最適當之採樣體積設定，一般而言，採樣容積之建議值為  $\leq 5L$ 。

採樣體積應依據實驗預期濃度進行設定，當進行採樣前無法確定濃度時，建議應針對同樣本進行至少三種不同採樣體積之採樣，若分析結果與採樣容積較無相關性，則可發現無破出現象之分析結果。

#### 9.4

##### 測試樣本之儲存

已裝填之採樣管應牢固密封，並於室溫狀況下，儲存於一無逸散之容器內，雖然已有某些實驗結果顯示已裝填之採樣管可於室溫下儲存好幾個月（詳見附錄 C），但儲存時，室內及測試艙空氣中所含之 VOC 對於已裝填之採樣管之確切影響尚無法得知，為避免樣本可能發生變化，因此樣本最好儘快於四週內完成分析。

#### 9.5

##### 實驗場所空白測試

進行場所空白測試使用之內含 Tenax-TA<sup>®</sup>採樣管須與 VOC 採樣時相同，該管材於進行場所空白測試之操作程序，除了實際測試時間與採樣時不同外，其餘步驟皆與操作採樣管之程序相同。進行場所空白測試時應予以記錄，並與實際採樣之儲存及分析程序相同。每進行一測試程序，約有 10 % 之樣本需進行空白測試，但若只完成少量之測定時，至少需進行一次空白測試及分析。

### 10. 分析

#### 10.1

##### 概論

為進行分析，因此將採樣管進行 VOCs 熱脫附，並利用於氣相層析儀分析系統之毛細管柱與火焰離子偵測器 (FID) 與質譜儀 (MS) 或單獨使用 MS 進行測定，並將個別的 VOCs 進行離析，質譜儀 (MS) 可用於化合物之測定與定量化，而火焰離子偵測器 (FID) 之訊號則可單獨用於化合物之定量。

當火焰離子偵測器與質譜儀同時用於分析時，則兩者其中之一可與相同氣體或不同氣體之層析分析結果進行比對；而於後面之案例中，相同樣本注射量與離析參數應被用於上述兩種儀器，以提出可相互比對之氣相層析數據。

當利用 FID 進行定量時，不同濃度混和之校正標準品或至少一種單一之校正標準品，應於每一採樣批次分析時，作為確認系統之性能表現。

當利用 MS 進行定量時，至少應有三種不同混和濃度之校正標準品，最好為五種或七種，並於每一採樣批次進行分析時需重新校正。

內部規範，例如：利用同位化合物來控制進行採樣及分析時之性能。

#### 10.2

##### 熱脫附

脫附時間之選擇與脫附氣體流速之設定應讓烷類之脫附效率達到 95 % 以上，而脫附效率之判定則於 ISO 16017-1 中進行描述。

典型之 VOC 分析則為使用一輔助之冷凍補集器與內含 200 mg 至 250 mg Tenax TA<sup>®</sup> 之採樣管，其脫附條件為：

熱脫附溫度	260 °C ~ 280 °C
熱脫附時間	5 分鐘 ~ 15 分鐘
脫附時氣體流速	30 ml/min ~ 50 ml/min
冷凍補集器最高溫度	280 °C
冷凍補集器最低溫度	-30 °C
冷凍補集器吸附材	Tenax TA <sup>®</sup>
傳輸線溫度	220 °C

分流比用於採樣管與次要冷凍補集器之間及次要冷凍補集器與分析管柱之間（若有使用），分流比應依據預期氣體濃度進行選擇（相關規範應依據各熱脫附儀器製造商之解說）。

附註：易於揮發之 VVOCs 於此種環境下，於經過冷凍補集器時將會被分解，且在進行分析時亦不會被測定、量化。

### 10.3

#### 溫度設定

當分析之混合物具有極大差異之沸點與極性時，則需對分析之管柱進行溫度設定，於最少時間內獲得最佳測定結果。

### 10.4

#### 樣本之分析

於採樣後應盡可能於四周內進行樣本之 VOC 分析，並依據樣本進行相關之測試艙空白及標準品測試，及利用 MS 進行 VOCs 測定與利用 FID 或 MS 之層析分析將其加以定量化。

## 11. 單一 VOCs 之判別

利用 MS 操作之掃描模式進行樣本之分析，以測定單一、非指標性 VOCs，並以質譜儀總之離子層析分析及化合物滯留時間，藉由純化合物或通用經認可之出版物（利用資料庫查詢系統）之質譜數據進行離子層析比對，以測定、辨識單一之 VOCs，而使用者所製作之資料庫亦可被加以利用，當其滯留時間與單一管柱校正之化合物滯留時間一致時，則不應將其認定為化合物之判定。

針對呈現出 10 種最高尖峰及濃度超過  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  之物質，應儘可能測定出化合物種類，並從室內空氣及建材逸散之常見 VOCs 製作清單（於附錄 A 中說明），若經測定出之 VOCs 總和面積達經層析分析所離析出，包含 C6 至 C16 之總面積的 2/3 時，則達到須判別認可之標準。

關於 MS 操作時之 SIM (Selected Ion Monitoring) 模式，可視操作者針對 SIM 模式及校驗模式之差異判別而加以利用。

## 12. 氣體樣本之採樣與分析

### 12.1

#### 概論

當參考化合物為有效之時，可利用其個別反應因子將測定出之化合物進行定量化；在其他之狀況下，其量化結果則以甲苯等價物進行描述，而無法辨識之化合物則利用甲苯反應因子進行定量。

### 12.2

#### 揮發性有機化合物 (VOCs)

FID 對化合物特定反應因子與線性關係及 MS 針對化合物之影響，皆藉由標準溶劑校正分析系統進行測定 (5.5、5.6.2、5.6.3、5.6.4、5.6.5 或 5.9)，並至少利用三種於線性範圍外之不同濃度，以進行校正曲線之製作（最好至少利用 5 至 7 種不同之濃度），而進行校正之最低濃度應等於或低於最低採樣濃度，單一 VOC 進行層析分析之波峰面積則與注入之化合物質量成比例關係。針對個別化合物，其注入進行分析之質量與對應之面積相關性則可被測定，校正曲線斜率超過直線範圍則是 VOC 研究之反應因子：

$$A_{St} = b_{St} m_{St} +$$

$$C_{St} \dots\dots\dots$$

$$\dots\dots (1)$$

相關因子說明

$A_{St}$  為標準品的層析分析波峰面積 (面積單位)

$b_{St}$  為校正曲線之斜率

$m_{St}$  為標準品分析之質量 (ng)

$C_{St}$  為縱座標軸與校正曲線之交點，若校正曲線橫越過原點，則  $b_{St}$  可視為 0

分析測定出之樣本質量是利用分析反應因子經計算偵測器之尖峰面積而來：

$$m_A = A_A / b_{St} -$$

$$c_A \dots\dots\dots$$

... (2)

相關因子說明

$m_A$  為樣本分析之質量 (ng)

$A_A$  為樣本經層析分析所得之波峰面積 (面積單位)

$b_{St}$  為校正曲線之斜率

$c_A$  為縱座標軸與校正曲線之交點，若校正曲線橫越過原點，則  $c_A$  可視為 0

關於採樣氣體經判別之 VOCs 質量濃度測定是由下列方程式進行計算而來：

$$\rho_A = m_A - m_{A0} /$$

$$V \dots\dots\dots$$

... (3)

相關因子說明

$\rho_A$  為採樣氣體進行分析之質量濃度 (mg/ m<sup>3</sup>)

$m_A$  為採樣管分析測定出之質量 (ng)

$m_{A0}$  為空白吸附管測定出之質量 (ng)

$V$  為採樣容積 (公升)

必要時，採樣物應置於 20 °C 與 101.3 kPa 之環境下：

$$\rho_{A;101.3;293} = \rho_A * 101.3Kpa / p * (t + 273K) /$$

$$293K \dots\dots\dots (4)$$

相關因子說明

$p$  為樣本氣體之實際氣壓 (kilopascals)

$t$  為樣本氣體之實際溫度 ( °C )

而對於樣本中無法辨識之化合物，則利用甲苯反應因子校正進行定量。

### 12.3

#### 總揮發性有機化合物(TVOCs)

TVOC 濃度測定步驟如下所述：

考量進行 n-hexane 至 n-hexadecane 層析分析之整體面積，並利用甲苯反應因子及方程式(3)，將其轉換成甲苯之質量單位，以計算採樣氣體中 TVOC 之質量濃度。

為實驗目的而使用 MS 時，應進行「標準譜圖調諧」參數或是相同之 MS 參數之設定，否則應優先使用 FID。

附註 1：此建議乃為了改善 TVOC 之比對結果。

附註 2：由於混合之個別化合物之反應因子較甲苯反應因子來得多樣與廣泛，因此利用甲苯等價物之半定量來進行 TVOC 測定。

#### 12.4

於 TVOC 範圍外，VVOC 與 SVOC 化合物之測定為獲得於室內空氣中或於測試艙中從樣本逸散氣體之附加有機化合物相關資訊，除了可進行 VOC 之測定外，更可以獲得與 VVOC 與 SVOC 之相關資訊，例如：於 C6 之前與於 C16 之後的有機化合物沖提。依據方程式(2)、(3)，利用甲苯反應因子將其轉變為甲苯等價物，以檢測出於 C6 至 C16 範圍外之化合物總量。個別化合物於經過 hexane 至 hexadecane 沖提後，應可藉此測定範圍並紀錄 VVOC 與 SVOC 之總濃度；然而由於採樣與分析程序並不完全適用於 VVOC 與 SVOC 之測定，因此測定結果之品質將低於對 VOC 之分析。

附註：針對於 TVOC 範圍外之 VOCs 定量測定，則可使用非慣用之吸附與分析條件（詳見 ISO 16017-1）。

#### 13.性能特性

進行測試前，其性能特性需依據 The Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) [ 14 ] 進行測定，包括：下所述來源，進行不確定之化合物最小量之測定

採樣：

- 氣流量
- 採樣時間
- 溫度
- 大氣壓力
- 採樣效率

完整之採樣步驟：

- 量測與穩定性
- 空白測試之穩定性

脫附效率：

校正：

- 標準品
- 校正函數之缺適度

分析：

- 可重複性
- 空白測試層級

環境因子影響：

- 採樣時之溫度
- 採樣時之濕度
- 其他影響因素

測試場所之可重複性

測試艙操作技術

- 換氣
- 測試樣本之準備

測定方法之準確性與可重複性為一重要因素，其測定結果與實驗方法之適宜性，則需依據實驗目的進行評估。若測試時已知氣體 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) 可精確的產生，則 VOC 測定方法準確性則可加以測定；由於上述方法較為困難，因此大部分之相關研究皆從一固定的氣體中進行重複之採樣步驟，單獨針對其測試方法測定其可重複率。

在室內空氣中 chlorinated butadienes 相關之研究，針對不確定之量測結果則是依據 GUM 之原則進行評估，在 hexa-chlorobutadiene 的相對不確定度測定  $0.6 \times 10^{-9}$  的容積比率時為  $\pm 12\%$  擴充相對不確定度(在 95 %信心水準中) 是  $\pm 23\%$  [4]

從包含六種 VOCs 之環狀氣體分析出之非極性之 hydrocarbons 樣本，其可重複性已被證實 [5]，針對 2 公升之樣本進行測定時，Tenax TA<sup>®</sup> 之可重複使用其不確定度則需少於 10 %，而針對

0.5 公升之樣本進行測定時其不確定度則需少於 12 %。

附註：於進行材料逸散測試時，已針對從室內建材與建築產品逸散之 VOCs 特性，進行有系統的實驗室內部認可評估、測試比對，而內部比對結果已陳述於相關報告書〔6〕、〔7〕。

#### 14. 測試報告

測試報告至少應包含下列相關內容：

- a) 量測目的
- b) 採樣點的描述
- c) 採樣之時間與相關數據
- d) 採樣環境條件（溫度、相對濕度）
- e) 相關之國際標準
- f) 採樣程序之完整描述
- g) 分析程序之完整描述
- h) 分析方法之檢測限制
- i) 依據 CAS-號碼進行化合物濃度之鑑定，包含：進行計算與校正時之原則
- j) 報告中無法確定之檢測結果

測試結果應完整包含下列相關內容：

- 於進行甲苯等價物判定時，TVOC<sub>FID</sub> 或 TVOC<sub>MS</sub> 之質量濃度
- 於進行甲苯等價物判定時，總 VVOC<sub>FID</sub> 或 VVOC<sub>MS</sub> 之質量濃度及在 C6 前與 C16 後，總 SVOC<sub>FID</sub> 或 SVOC<sub>MS</sub> 之判定

#### 15. 品質控制

適當之品質控制標準應被使用，包含下列應被認證事項：

- 依據 9.5 進行空白測試準備
- 空白吸附管的可接受層級是未超過分析物之 10% 波峰面積。
- 依據國際標準（詳見 ISO 16017-1）進行 VOCs 脫附效率控制，並於實際樣本進行適用規範選定、代表性化合物分析時，進行相關要素之監控
- 可利用後端吸附管或低於最小安全採樣容積，以進行採樣效率控制
- 確定重複進行之測定方法，例如：重複樣本濃度之採樣與分析，相關規範之標準差值需  $\leq 15\%$
- C6 至 C16 碳氫化合物之回收率為 95 %

## 附註 A

於測試艙中進行室內空氣或從建築產品逸散之化合物測定案例

表A.1 室內空氣或於測試艙中從建築產品逸散之化合物測定案例<sup>(8)(9)</sup>

化學化合物	CAS No.	沸點°C
<b>Aromatic hydrocarbons</b>		
1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	176
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	95-93-2	197
1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	169
1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	165
1,3-Diisopropyl benzene	99-62-7	203
1,4-Diisopropyl benzene	100-18-5	203
1-Methyl-2-propylbenzene	1074-17-5	
1-Methyl-3-propylbenzene	1074-43-7	175
1-Propenylbenzene	637-50-3	175
2-Ethyltoluene	611-14-3	165
3-Ethyltoluene/4-Ethyltoluene	620-14-4/622-96-8	162
2-Phenyloctane	777-22-0	123
4-Phenylcyclohexene	4994-16-5	251 <sup>a</sup>
5-Phenyldecane	4537-11-5	
5-Phenylundecane	4537-15-9	
$\alpha$ -Methylstyrene	98-83-9	165
Benzene	71-43-2	80
Ethylbenzene	100-41-4	136
Ethylbenzene/Ethynylbenzene	536-74-3	144
Isopropylbenzene	98-82-8	152
<i>m/p</i> -Methylstyrene	100-80-1/622-97-9	168/169
<i>m/p</i> -Xylene	108-38-3/106-42-3	139/138
Naphthalene	91-20-3	218
<i>n</i> -Butylbenzene	104-51-8	183
<i>n</i> -Propylbenzene	103-65-1	159
<i>o</i> -Methylstyrene	611-15-4	171
<i>o</i> -Xylene	95-47-6	144
Styrene	100-42-5	145
Toluene	108-88-3	111

表A.2 室內空氣或於測試艙中從建築產品逸散之化合物測定案例（續）

化學化合物	CAS No.	沸點°C
<b>Aliphatic hydrocarbons n-C<sub>6</sub> to n-C<sub>16</sub></b>		
1-Decene	872-05-9	171
1-Octene	111-66-0	121
2,2,4,6,6-Pentamethylheptane	13475-82-6	178
2,4,6-Trimethyloctane	62016-37-9	
2-Methylhexane	591-76-4	90
2-Methylnonane	871-83-0	167
2-Methyloctane	3221-61-2	143
2-Methylpentane	107-83-5	60b
3,5-Dimethyloctane	15869-93-9	159
3-Methylhexane	589-34-4	92
3-Methyloctane	2216-33-3	143
3-Methylpentane	96-14-0	63b
4-Methyldecane	2847-72-5	189
Isododecane	31807-55-3	216
n-Decane	124-18-5	174
n-Dodecane	112-40-3	216
n-Heptane	142-82-5	98
n-Hexadecane	544-76-3	287
n-Hexane	110-54-3	69
n-Nonane	111-84-2	151
n-Octane	111-65-9	125
n-Pentadecane	629-62-9	271
n-Tetradecane	629-59-4	254
n-Tridecane	629-50-5	235
n-Undecane	1120-21-4	196
<b>Cycloalkanes</b>		
1,4-Dimethylcyclohexane	589-90-2	124
1-Methyl-4-methylethylcyclohexane ( <i>cis/trans</i> )	6069-98-3 / 1678-82-6	167
Cyclohexane	110-82-7	81
Methylcyclohexane	108-87-2	101
Methylcyclopentane	96-37-7	72

表A.3 室內空氣或於測試艙中從建築產品逸散之化合物測定案例（續）

化學化合物	CAS No.	沸點°C
<b>Terpenes</b>		
$\beta$ -Caryophyllene	87-44-5	129
$\alpha$ -Pinene	80-56-8	156
$\beta$ -Pinene	18172-67-3	164
3-Carene	13466-78-9	167
$\alpha$ -Cedrene	469-61-4	262
Camphene	79-92-5	158
Limonene	138-86-3	176
Longifolene	475-20-7	254
Turpentine	8006-64-2	150 to 180
<b>Alcohols</b>		
1-Butanol	71-36-3	118
1-Hexanol	111-27-3	158
1-Octanol	111-87-5	194
1-Pentanol	71-41-0	137
1-Propanol	71-23-8	97
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	182
2-Methyl-1-propanol (isobutanol)	78-83-1	108
2-Methyl-2-propanol	75-65-0	82
2-Propanol	67-63-0	82
BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol)	128-37-0	265
Cyclohexanol	108-93-0	161
Phenol	108-95-2	182
2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol isobutyrate	25265-77-4	244
<b>Glycols/Glycol ethers</b>		
1-Methoxy-2-propanol	107-98-2	118
2-Butoxyethanol	111-76-2	171
2-Butoxyethoxyethanol	112-34-5	231
2-Ethoxyethanol	110-80-5	136
2-Methoxyethanol	109-86-4	125
2-Phenoxyethanol	122-99-6	245
3-Phenyl-1-propanol	6180-61-6	235
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	112-34-5	230
Dimethoxyethane	110-71-4	85
Dimethoxymethane	109-87-5	42b
Propylene glycol	57-55-6	189

表A.4 室內空氣或於測試艙中從建築產品逸散之化合物測定案例 (續)

化學化合物	CAS No.	沸點°C
<b>Aldehydes</b>		
2-Butenal	123-73-9	104
2-Decenal	2497-25-8	
2-Ethylhexanal	123-05-7	163
2-Furancarboxaldehyde	98-01-1	162
2-Heptenal (cis/trans)	57266-86-1/18829-55-5	90 to 91 at 50 mmHg
2-Nonenal	2463-53-8	100 to 102 at 16 mmHg
2-Pentenal	1576-87-0	115 to 125
2-Undecenal	1337-83-3	
Acetaldehyde	75-07-0	21b
Benzaldehyde	100-52-7	179
Butanal	123-72-8	76
Decanal	112-31-2	208
Heptanal	111-71-7	153
Hexanal	66-25-1	129
Nonanal	124-19-6	190
Octanal	124-13-0	171
Pentanal	110-62-3	103
Propanal	123-38-6	49 b
<b>Ketones</b>		
2-Butanone	78-93-3	80
2-Methylcyclohexanone	583-60-8	163
2-Methylcyclopentanone	1120-72-5	139
3-Methyl-2-butanone	563-80-4	95
4-methyl-2-pentanone	108-10-1	117
3,5,5-Trimethylcyclohex-2-enone	78-59-1	214
Acetone	67-64-1	56b
Acetophenone	98-86-2	202
Cyclohexanone	108-94-1	155
Cyclopentanone	120-92-3	130
Methyl ethyl ketone	78-93-3	80
Methyl isobutyl ketone	108-10-1	118
<b>Halocarbons</b>		
1,1,1,2-Tetrachloroethane	630-20-6	130
1,1,2,2-Tetrachloroethane	79-34-5	146
1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	74
1,1,2-Trichloroethane	79-00-5	114
1,2-Dichloroethane	107-06-2	84

表A.5 室內空氣或於測試艙中從建築產品逸散之化合物測定案例（續）

化學化合物	CAS No.	沸點°C
1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	173
Carbon tetrachloride	56-23-5	76
Chlorobenzene	108-90-7	131
Dichloromethane	75-09-2	40 <sup>b</sup>
Tetrachloroethene	127-18-4	121
Trichloroethene	79-01-6	87
<b>Acids</b>		
2,2-Dimethylpropanoic acid	75-98-9	164
Acetic acid	64-19-7	118
Butyric acid	107-92-6	163
Heptanoic acid	111-14-8	223
Hexadecanoic acid	57-10-3	350
Hexanoic acid	142-62-1	202
Isobutyric acid	79-31-2	153
Octanoic acid	124-07-2	240
Pentanoic acid	109-52-4	186
Propanoic acid	79-09-4	141
<b>Esters</b>		
2-Ethoxyethyl acetate	111-15-9	156
2-Ethylhexyl acetate	103-09-3	198
2-Methoxyethyl acetate	110-49-6	145
Butoxyethyl acetate	112-07-2	192
Butyl acetate	123-86-4	126
Butyl formate	592-84-7	107
Ethyl acetate	141-78-6	77
Ethyl acrylate	140-88-5	100
Isobutyl acetate	110-19-0	118
Isopropyl acetate	108-21-4	90
Linalool acetate	115-95-7	220
Methyl acrylate	96-33-3	81
Methyl methacrylate	80-62-6	100
Propyl acetate	109-60-4	102
2,2,4-Trimethylpentanediol diisobutyrate	6846-50-0	424
Vinyl acetate	108-05-4	72 <sup>b</sup>

表A.6 室內空氣或於測試艙中從建築產品逸散之化合物測定案例（續）

化學化合物	CAS No.	沸點°C
<b>Phthalates</b>		
Alkyl phthalates		
Dibutyl phthalate	84-74-2	340
Dimethyl phthalate	131-11-3	284
<b>Other</b>		
1,4-Dioxane	123-91-1	101
1-Methyl-2-pyrrolidinone	872-50-4	202
2-Pentylfuran	3777-69-3	>120
Aniline	62-53-3	184
Caprolactam	105-60-2	267
Indene	95-13-6	182
Nitrobenzene	98-95-3	211
Pyridine	110-86-1	116
Tetrahydrofuran	109-99-9	67 <sup>b</sup>
附註1：針對汽化有機物質之安全採樣容積於附錄B中描述。		
附註2：於n-hexane前進行VOCs 離析時，可使用之適用吸附材種類於ISO 16017-1 中說明。		
a. 1-phenylcyclohexene之容積		
b. 在hexane沸點之下的化合物在Tenax TA <sup>®</sup> 並不是等量，所使用之採樣管尺寸與採樣容積於ISO 16000 中之此部分進行說明。		

## 附註 B

以Tenax TA<sup>®</sup> 進行有機物汽化物之採樣安全採樣容積 (SSV)

表B.1 提供於利用200mg Tenax TA<sup>®</sup> 吸附材於20 °C<sup>[3, 10, 11, 12]</sup> 環境下，進行有機物質汽化物採樣時，殘存容積與安全採樣容積之推估數據，而化合物之CAS 編號則列於表A.1。

Table B.1 利用Tenax TA<sup>®</sup> 進行有機物質汽化物採樣之SSVs

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume	SSV	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C
<b>Hydrocarbons</b>						
Hexane	69	16	6,4	3,2	16	110
Heptane	98	4,7	34	17	85	130
Octane	125	1,4	160	80	390	140
Nonane	151	0,5	1400	700	3500	150
Decane	174	0,13	4200	2100	1,0 ×10 <sup>4</sup>	160
Undecane	196	0,14	2,5 ×10 <sup>4</sup>	1,2 ×10 <sup>4</sup>	6,0 ×10 <sup>4</sup>	170
Dodecane	216	0,04	1,26 ×10 <sup>5</sup>	6,3 ×10 <sup>4</sup>	3,0 ×10 <sup>5</sup>	180
Benzene	80	10,1	13	6,2	31	120
Toluene	111	2,9	76	38	190	140
Xylene	138 to 144	0,67 to 0,87	600	300	1500	140
Ethylbenzene	136	0,93	360	180	900	145
Propylbenzene	159	0,3	1700	850	4000	160
Isopropylbenzene	152	0,4	960	480	2400	160
Ethyltoluene	162	—	2000	1000	5000	160
Trimethylbenzene	165 to 176	0,15 to 0,2	3600	1800	8900	170
Styrene	145	0,88	600	300	1500	160
Methylstyrene	167	0,3	2400	1200	6000	170
<b>Chlorinated hydrocarbons</b>						
Carbon tetrachloride	76	12	12	6,2	31	120
1,2-Dichloroethane	84	8,4	11	5,4	27	120
1,1,1-Trichloroethane	74	2,7	Not recommended on Tenax TA <sup>®</sup>			
1,1,2-Trichloroethane	114	2,5	68	34	170	120
1,1,1,2-Tetrachloroethane	130	0,6 to 0,7	160	78	390	150
1,1,2,2-Tetrachloroethane	146	0,67	340	170	850	150

Table B.2 利用Tenax TA<sup>®</sup> 進行有機物質汽化物採樣之SSVs (續)

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume	SSV	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C
Trichloroethylene	87	2,7	11,2	5,6	28	120
Tetrachloroethylene	121	1,87	96	48	240	150
Chlorobenzene	131	1,2	52	26	130	140
<b>Esters and glycol ethers</b>						
Ethyl acetate	71	9,7	7,2	3,6	18	120
Propyl acetate	102	3,3	36	18	92	140
Isopropyl acetate	90	6,3	12	6	31	120
Butyl acetate	126	1,9	170	85	420	150
Isobutyl acetate	115	2,7	265	130	650	130
t-Butyl acetate	98	—	Not recommended on Tenax TA <sup>®</sup>			
Methyl acrylate	81	9 to 11	13	6,5	32	120
Ethyl acrylate	100	3,9	48	24	120	120
Methyl methacrylate	100	3,7	55	27	130	120
Methoxyethanol	125	0,8	6	3	15	120
Ethoxyethanol	136	0,51	10	5	25	130
Butoxyethanol	170	0,1	70	35	170	140
Methoxypropanol	118	1,2 (20 °C)	27	13	65	115
Methoxyethyl acetate	145	0,27	16	8	40	120
Ethoxyethyl acetate	156	0,16	30	15	75	140
Butoxyethyl acetate	192	0,04	300	150	750	160
<b>Aldehydes and ketones</b>						
Methyl ethyl ketone	80	10,3	6,4	3,2	16	120
Methyl isobutyl ketone	118	0,8	52	26	130	140
Cyclohexanone	155	0,45	340	170	850	150
3,5,5-Trimethylcyclohex-2-enone	214	0,05	11000	5600	28000	90
Furfural	162	0,5	600	300	1500	200
<b>Alcohols</b>						
n-Butanol	118	0,67	10	5	25	120
Isobutanol	108	1,6	5,6	2,8	14	120
t-Butanol	83	1,17	Not recommended on Tenax TA <sup>®</sup>			
Octanol	180	<0,1	2800	1400	7000	160
Phenol	182	0,03	480	240	1200	190
<b>Others</b>						
Pyridine	116	16	8	40	150	—
Aniline	184	0,09	440	220	1100	190
Nitrobenzene	211	0,02	28000	14000	70000	200

### 附註 C

利用Tenax TA<sup>®</sup> 吸附管進行溶劑之儲存回收率

表C.1 提供利用Tenax TA<sup>®</sup> 吸附管進行溶劑之儲存與回收之數據[ISO 16017-1]，而化合物之CAS 編號則列於表A.1。

Table C.1 以Tenax TA<sup>®</sup> 吸附管儲存後之溶劑回收率

Organic compound	Loading µg	Storage time 5 months		Storage time 11 months	
		Mean recovery <sup>a</sup> %	Precision % CV	Mean recovery %	Precision % CV
<b>Hydrocarbons</b>					
Hexane	7,8	93,6	17,9	100,8	26,1
Heptane	8,4	99,5	2,1	100,0	1,3
Octane	8,6	100,1	1,8	100,0	0,5
Nonane	12,0	Nd	Nd	101,0	0,4
Decane	9,2	100,4	1,5	100,2	0,5
Undecane	9,1	100,7	1,5	100,2	0,2
Dodecane	9,9	101,8	1,5	101,5	0,4
Benzene	11,0	98,7	2,0	98,6	0,8
Toluene	10,9	(100,0)	1,8	(100,0)	0,6
<i>p</i> -Xylene	5,3	99,9	1,7	99,8	0,7
<i>o</i> -Xylene	11,0	100,0	1,7	98,8	0,7
Ethylbenzene	10,0	99,6	0,4	97,9	1,3
Propylbenzene	10,5	99,7	1,5	98,5	0,7
Isopropylbenzene	10,9	98,9	1,8	97,2	1,3
<i>m+p</i> -Ethyltoluene	10,5	98,8	1,7	96,9	1,2
<i>o</i> -Ethyltoluene	5,4	100,1	1,6	98,9	0,7
1,2,4-Trimethylbenzene	10,8	100,1	1,3	99,1	0,5
1,3,5-Trimethylbenzene	10,7	100,0	1,5	99,1	0,5
Trimethylbenzene	10,2	101,6	0,5	101,3	0,8
<b>Esters and glycol ethers</b>					
Ethyl acetate	10,3	97,6	1,0	100,0	2,5
Propyl acetate	10,9	100,5	1,7	99,1	0,8
Isopropyl acetate	9,4	97,0	0,4	100,0	1,4
Butyl acetate	10,8	100,3	1,6	99,9	0,6
Isobutyl acetate	10,7	100,2	1,4	99,8	0,7

Table C.2 以Tenax TA<sup>®</sup> 吸附管儲存後之溶劑回收率 (續)

Organic compound	Loading µg	Storage time 5 months		Storage time 11 months	
		Mean recovery <sup>a</sup> %	Precision % CV	Mean recovery %	Precision % CV
Methoxyethanol	8,9	87,3	5,7	93,1	1,6
Ethoxyethanol	10,4	97,6	2,5	97,2	3,3
Butoxyethanol	10,0	100,6	4,1	100,1	3,0
Methoxypropanol	10,4	95,3	3,6	99,0	1,2
Methoxyethyl acetate	12,5	100,6	1,4	98,9	1,4
Ethoxyethyl acetate	11,4	99,8	2,2	98,7	2,6
Butoxyethyl acetate	11,5	101,3	1,3	99,9	1,1
<b>Aldehydes and ketones</b>					
Methyl ethyl ketone	9,2	97,4	0,8	99,1	0,6
Methyl isobutyl ketone	9,3	100,7	0,6	100,7	0,5
Cyclohexanone	10,9	102,4	1,2	100,7	0,6
2-Methylcyclohexanone	10,7	101,1	0,5	101,1	1,3
3-Methylcyclohexanone	10,5	103,6	1,0	103,0	0,7
4-Methylcyclohexanone	10,6	103,6	1,4	102,7	0,6
3,5,5-Trimethylcyclohex-2-enone	10,6	101,4	0,9	97,7	1,2
<b>Alcohols</b>					
Butanol	9,0	94,8	3,0	96,9	1,2
Isobutanol	8,9	93,6	3,5	96,4	1,0
a. Normalized to toluene = 100.					

## 參考文獻

- [ 1 ] TIRKKONEN, T., MROUEH, U-M., ORKO, I., Tenax as a Collection Medium for Volatile Organic Compounds. NKB Committee and Work Reports 1995:06 E, Helsinki, 1995, 53 p
- [ 2 ] World Health Organization (WHO): Indoor air quality: Organic pollutants. EURO Reports and Studies No. 111. Copenhagen
- [ 3 ] LEWIS, R. G. & GORDON, S. M., Sampling of organic Chemicals in Air. In: Keith, L. H. (ed.) Principles of Environmental Sampling, 2nd Ed. ACS Professional Reference Book, American Chemical Society, Washington DC, 1996, pp. 401 – 470
- [ 4 ] HAFKENSCHIED, T. & WILKINSON, G. Assessment of the uncertainty of measurement results of hexachlorobutadiene in indoor air. In: Proceedings of Indoor Air 2002, June 30 – July 5, 2002, Monterey, California
- [ 5 ] DE BORTOLI, M., KNÖPPEL, H., PECCHIO, E., SCHAUBENBURG, H. & VISSERS, H. 1992. Comparison of Tenax and Carbotrap for VOC sampling in indoor air. Indoor Air, Vol. 2, pp. 216 – 224
- [ 6 ] ECA Report No 13 1993. Determination of VOCs emitted from indoor materials and products. Interlaboratory comparison of small chamber measurements. Commission of the European Communities, Luxemburg, 1993, 90 p
- [ 7 ] ECA Report No 16 1995. Determination of VOCs emitted from indoor materials and products. Second interlaboratory comparison of small chamber measurements. Commission of the European Communities, Luxemburg, 1995, 76 p
- [ 8 ] ECA Report No 18 1997. Evaluation of VOC Emissions from Building Materials. Commission of the European Communities, Luxemburg, 1997, 108 p
- [ 9 ] ECA Report No 19 1997. Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations. Commission of the European Communities, Luxemburg, 1997, 56 p
- [ 10 ] UK Health and Safety Executive. Methods for the Determination of Hazardous Substances. Volatile organic compounds in air – Laboratory Method using pumped solid sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography. MDHS 72. HSE, London, 1992
- [ 11 ] VERSCHUEREN, K. 2001. Handbook of environmental data on organic chemicals. John Wiley- Interscience, New York
- [ 12 ] JOHNSON, P.C., KEMBLOWSKI, M.W. and COLTHART, R.L. 1988. Practical screening models for soil venting applications. In: Proc. NWWA/API, Conference on petroleum hydrocarbons and organic chemicals in groundwater. Houston, TX
- [ 13 ] ISO 16017-2, Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 2: Diffusive sampling
- [ 14 ] Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1995
- [ 15 ] ISO 6141, Gas analysis — Requirements for certificates for calibration gases and gas mixtures
- [ 16 ] ISO 6145 (all parts), Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric method

**附錄三 ISO16000-9 草擬建材逸散 CNS 國家標準**

中華民國 國家標準	室內空氣－建築產品及室內家具揮發性 有機化合物逸散之測定－逸散測試艙測試 方法	總號	(草案)
<b>CNS</b>		類號	

**Indoor Air— Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing— Emission test chamber method.**

**2. 前言**

本標準係依據 2006 年第一版發行之 ISO 16000-9，不予變更技術內容及其標準程式，譯成中文為中華民國國家標準。

**1. 適用範圍**

ISO 16000 在這部分之規範具體說明一般實驗室測驗方法，在規定之氣候條件下，從新建築產品或家具，揮發性有機化合物的面積比逸散速率的測試。此實驗方法原則上也可應用於老舊的建築產品，獲得的逸散速率數據則可運用一模式空間來計算濃度。

ISO 16000 在此部分規範使用不同的逸散測試艙，為了從建築產品或家具揮發性有機化合物之逸散測定。

測試樣本的採樣、運送、儲存及測試樣本的準備於 ISO 16000-11 中說明。測定 VOCs 之氣體採樣及分析方法於 ISO 16000-6 和 ISO16017-1「11」中說明。

逸散測試艙之一般描述規定在此 ISO 16000 部分之附註 C。

對於木心板之甲醛逸散的測定可參考 EN 717-1:2004「12」。然而 ISO 16000-9 也可以運用在木心板與其他建築產品，以測定甲醛逸散速率。在 ISO16000-3「1」則有針對甲醛的測量程序進行描述。

**2. 相關參考文獻**

本規範之應用，下列參考文獻勢必需的：  
 ISO 554:1976, 標準測試環境條件和測試方式－說明。  
 ISO 16000-6:2004, 室內空氣－第六部份：室內空氣－以 Tenax TA<sup>®</sup> 吸附、熱脫附及利用 MS/FID 進行氣體氣相色譜分析方式，針對室內或測試艙空氣進行主動式採樣揮發性有機化合物之測定。  
 ISO 16000-11, 室內空氣－第十一部份：從建築產品和裝修逸散之揮發性有機化合物的測定－採樣、樣本儲存與試驗樣本的準備。

**3. 專門用語及定義**

本規範之相關名詞與定義如下：

3.1

空氣交換速率

在相同單位的量測下，每小時帶入逸散測試艙內之乾淨空氣量與空的逸散測試艙之體積的比率。

3.2

空氣流速

每單位時間進入逸散測試艙內之空氣量

3.3

風速

試驗樣本表面上方的空氣速度

公 布 日 期 年 月 日	<b>經濟部標準檢驗局印行</b>	修 訂 公 布 日 期 年 月 日
------------------	-------------------	----------------------

### 3.4

面積比空氣流速

供應空氣流速和試驗樣本面積之間的比率

### 3.5

建築產品

產品生產爲了在固定方式在構造物上組合

### 3.6

逸散測試艙

在測定從建築產品逸散之揮發性有機化合物發時可控制操作參數之密閉艙體

### 3.7

逸散測試艙濃度

在逸散測試艙排氣口所量測到一種特定揮發性有機化合物, VOC<sub>x</sub>, (或一群組揮發性有機化合物) 之濃度值

### 3.8

產品負荷率

試驗樣品表面之暴露面積和逸散測試艙體積之比率

### 3.9

回收率

量測在一特定的時間週期離開逸散測試艙之空氣內指標性揮發性有機化合物之質量除以在相同時間週期加入逸散測試艙之指標性揮發性有機化合物之質量,百分比表示

### 3.10

樣本

具代表性之一部分或是一片建築產品

### 3.11

特定逸散率

$q_m$

在於說明產品特定的速率, 從測試開始, 在規定的單位時間內, 每單位時間從產品所逸散之揮發性有機化合物質量。

注解 1: 面積比逸散速率,  $q_{m,AS}$ , 使用在此 ISO 16000 部分, 而其他類別產品之特定逸散率則可根據不同之要求來加以定義, 例如: 長度特定逸散率  $q_{m,LS}$ , 體積特定逸散率  $q_{m,VS}$ , 單位特定逸散率  $q_{m,US}$ 。

注解 2: 「單位面積比逸散速率」此名詞有時可與「逸散因子」並列使用。

### 3.12

指標性揮發性有機化合物

從產品逸散之特定揮發性有機化合物

### 3.13

測試樣本

爲進行逸散測試艙逸散測試實驗所準備之測試樣本, 以模擬建材或產品之逸散模式。

### 3.14

#### TVOC

已確定及未確定之揮發性有機化合物濃度總和，包括 n-hexane 和 n-hexadecane。

注解 1：依據其個別反應，將已確定之化合物加以定量，而未能確認波峰的面積以甲苯反應係數根據分子量轉換為濃度，〔2〕。

注解 2：由於實際上之原因必須考慮到測試艙，此定義與 ISO16000-6:2004 中之定義，有些微區別。在 ISO 16000-6，TVOC 與 TVOC 被吸附的採樣媒介 Tenax TA<sup>®</sup>有關。

### 3.15

#### VOC

是指從測試樣本逸散且全部在測試艙排氣口空氣偵測到之有機化合物。

注解 1：由於實際上之原因必須考慮到測試艙，此定義與 ISO16000-6:2004 所定義的有所不同；ISO16000-6 之定義是根據其沸點範圍（50°C 到 100°C）到（240°C 到 260°C）。

注解 2：逸散測試方法描述在此 ISO16000 部分透過 TVOC 的定義，其化合物的範圍是最大限度。

### 4. 符號及專有名詞縮寫

以下列出在此 ISO16000 部份所使用的符號及名詞

符號	意義	單位
P <sub>x</sub>	逸散測試艙中VOC <sub>x</sub> 的質量濃度	mg/m <sup>3</sup>
L	產品負荷率	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
n	換氣率	次/hr
q	單位面積空氣流速(=n/L)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *hr
q <sub>A</sub>	單位面積比逸散率	mg/m <sup>2</sup> *hr
q <sub>l</sub>	單位長度比逸散率	mg/m*hr
q <sub>m</sub>	單位質量比逸散率	mg/g*hr
q <sub>v</sub>	單位體積比逸散率	mg/m <sup>3</sup> *hr
q <sub>u</sub>	單位比逸散率	mg/unit*hr
t	測試時間	小時或天

### 5. 原理

此測試原理是爲了判定從建築產品逸散之 VOCs 的單位面積比逸散速率。此測試是在固定的溫度、相對濕度和面積比空氣流速之逸散測試艙中進行。逸散測試艙中的空氣是完全混合的（詳見 9.7），而在測試艙排氣口處所量測到之空氣中 VOC 濃度，則可代表測試艙中氣體的濃度。

特定時間內單位面積比逸散速率之計算,t,是由逸散測試艙氣體濃度和單位面積空氣流速,q,（詳見條款 13）來計算。根據已知的氣體濃度及從流經逸散測試艙和測試樣本的表面區域之氣體，藉此實驗可測定從建築產品之 VOCs 單位面積比逸散速率。

## 6. 逸散測試艙系統

### 6.1 概論

藉由設備之設計與操作，以測定從建築產品之 VOCs 單位面積比逸散速率，相關設備包括：逸散測試艙、清淨空氣製造設備和濕度控制系統、空氣混合系統及監控系統，以確保測試實驗是於特定狀況下進行。

逸散測試艙之相關型式說明、需求及規範則於 6.2 和 6.6 中說明。

於附註 A 中說明品保及品管

於附註 C 中有針對逸散測試艙之一般描述。

### 6.2 逸散測試艙的製造材料

會與揮發物 VOCs 接觸之逸散測試艙及採樣系統部分，其大部分表面皆是以處理過的磨光不鏽鋼或玻璃所製成。

其他被用來作為逸散測試艙混合設備之材料，例如：風扇和密封材料，皆須為低逸散率與低吸附率，並測試其不為會造成逸散測試艙內之背景濃度。

### 6.3 空氣供給和混合裝置

逸散測試艙需包含相關設備，例如：電子流量控制裝置，並能以 $\pm 5\%$ 之準確度固定值進行換氣率之連續控制。

逸散測試艙之設計應能確保測試艙中空氣適當的混合狀況，在 9.6 有詳述相關之必要條件。

附註：利用風扇、多風門進氣口及擴散排氣、沖孔地板、金屬擋板以達到艙內氣體之混合。

### 6.4 氣密性

逸散測試艙應保持一定之氣密性，以避免未受控制的外氣影響艙內氣體交換。

逸散測試艙之運作應該維持在稍微大於一般大氣壓力下，並避免受實驗室氣壓影響。

逸散測試艙若符合以下其中一項條件，則可認定為氣密：

— 在超過 1000pa 之大氣壓力下，每分鐘之空氣洩漏量少於 0.5% 的測試艙容積

— 空氣洩漏率少於供氣氣體流速的 5%

### 6.5 空氣採樣裝置

假如採樣的空氣相同於排氣空氣，雖然在逸散測試艙有不同的採樣口是可以被使用，排氣空氣(位在測試艙的出氣口)應被作為採樣處。

採樣歧管應直接進入排氣口氣流中進行採樣，若使用導管時，要盡可能縮短導管長度，並應維持與逸散測試艙相同之的溫度。

採樣氣流量總和應小於逸散測試艙進氣口氣流量的 80%，並避免壓力不足。

重複複製採樣氣體樣本時，使用多孔採樣歧管則可提供更多彈性。逸散測試艙與歧管或氣體進氣口之間有一個空氣混合艙，包括允許增加、內標氣體與逸散測試艙內氣流之混合。

從逸散測試艙所排出的氣體應輸送至排氣櫃，以確保任何從實驗室測試材料所逸散之的化學物皆被隔離。

## 6.6 回收率和沈降效應

指標性 VOC 的回收率可於逸散測試艙中藉由已知 VOC 逸散來源之特定逸散率加以測定，而其產生之逸散濃度應類似於經測試之建築產品的預期逸散濃度。

回收率測試應於逸散測試艙中執行，利用甲苯(Toluene)和十二烷(n-dodecane)進行回收率測試，並於實驗開始進行 72 小時後測定艙內氣體濃度（初步預備測試詳見 12.3），甲苯和十二烷濃度值回收率平均值應大於 80%，而回收率測試結果並應加以紀錄（預期濃度值 vs. 測量濃度）。

註解 1：在潮濕空氣中可能會因吸濕的 VOCs 造成低回收率。

註解 2：沈降效應、氣體洩漏或不良之校正皆會造成達到最小要求的困難度。此類化合物之逸散常具有沈降效應與吸附特性，而針對特定 VOCs 利用不同分子量與極性之測試，則可有助於了解其影響性。

## 7. 設備

進行逸散測試所需設備如下：

- 7.1 清淨空氣供給設備，例如：在氣體鋼瓶內之加壓淨化的氣體或合成氣體
- 7.2 逸散測試艙系統
- 7.3 加濕系統
- 7.4 空氣濕度、溫度和風速監測系統
- 7.5 空氣流量計
- 7.6 對測試艙內壁或是熱脫附設備之清潔藥劑
- 7.7 空氣混合量測設備
- 7.8 回收率測試設施

## 8. 測試環境

### 8.1 溫度和空氣相對濕度

在歐洲，相關產品需在溫度 23°C 和相對濕度 50% 下進行逸散測試（ISO 554），容許誤差為 ±2°C 和 ±5% RH。

對於在其他氣候狀況下亦適用之產品，可能選擇的溫度和空氣濕度條件，於 ISO 554 中有具體說明。

在開啓逸散測試艙並置放測試樣本後，於測試艙內可觀察到逸散濃度之最初變化狀況，並應將濃度變化狀況加以記錄。

### 8.2 供給的空氣品質及背景濃度值

供給的空氣應不包含任何 VOCs 及大於逸散測試艙所需之背景濃度標準。

背景濃度值應低於足以影響逸散測試之程度，以求達到品保要求。

TVOC 背景濃度應低於  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而任何單一特定 VOC 背景濃度應低於  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

附註：若測試艙容積大於  $20\text{m}^3$ ，實際之個別背景濃度範圍介於  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  至  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

進行加濕時所使用的水不可含有干擾的 VOCs。

### 8.3 風速

接近測試樣本表面之風速應介於 0.1m/s 到 0.3m/s。

附註 1：風速之量測值為一分鐘內風速之平均值

附註 2：風速為蒸發控制逸散時之重要因子，例如：從某些液態產品之逸散（視該產品之基質）。

### 8.4 單位面積比空氣流速和換氣率

逸散測試艙之濃度依靠著單位面積比空氣流速，其為在設定逸散測試條件時選擇的一個參數。

例子：在附註 B 中說明單位面積比空氣流速之案例。

## 9. 測試條件確認

### 9.1 概論

全部之可控制量測都是根據認證標準的品質保證和品質控制計畫（在 ISO 16000 此部份的附註 A 中說明）。

### 9.2 溫度和相對空氣濕度控制系統

設置於逸散測試艙中之溫度控制系統，可視實驗需求進行艙內溫度控制或是維持一恆定溫度。在以下案例中，逸散測試艙之內壁體，應具有良好之絕緣能力，以避免水氣冷凝於艙內壁體。相對濕度可由外部之清靜空氣供給設備或逸散測試艙內部之空氣濕度控制設備等不同系統來進行控制。在後續案例中，則應採取防護措施以避免逸散測試艙發生冷凝或潮濕現象。控制溫度和空氣濕度的系統應分別獨立量測其溫度及相對空氣濕度。

### 9.3 逸散測試艙之測試條件

溫度、空氣相對濕度及空氣流速應以儀器進行持續監控和紀錄，準確度並應符合下列規範：

- 溫度  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$
- 相對空氣濕度  $\pm 3\% \text{ RH}$
- 空氣流速  $\pm 3\%$

空氣風速應於逸散測試開始和結束間進行量測，且準確度需達  $\pm 0.1 \text{ m/s}$ 。

### 9.4 逸散測試艙換氣率

至少每 12 個月需使用校正氣體量測或使用示蹤者氣體量測進行換氣效率之定期檢查（參考附註 D），而換氣率之變化不可超過設定值之  $\pm 3\%$ 。

假如於排氣口以非長期裝置之氣體流量計/流速計進行測試實驗，透過儀器應可察覺背壓應低於經過測試艙之空氣流速。

### 9.5 逸散測試艙之氣密性

逸散測試艙之氣密性應以量測壓力洩漏量、比較於進氣口與排氣口部份之氣體流速或量測示蹤氣體濃度變化等方式進行定期檢查（詳見 6.4）。

### 9.6 逸散測試艙風速

逸散測試艙內之風速量測點最少應有一點，並應於測試樣本中心之上方，距離測試樣品表面 10mm 的距離。若測試樣品的尺寸和構造會影響氣流，則應選擇另外之量測點。

註解：熱導線與薄膜式風速計為適當之風速量測設備，其校正範圍應在 0.1m/s 到 0.5m/s。

### 9.7 逸散測試艙內部空氣混合效率

測定艙內空氣混合效率應被執行藉由測試樣本或樣本之惰性基質於逸散測試艙內進行測試。

藉由將固定濃度和流量之示蹤氣體與進氣口之空氣相互混合，並超時量測排氣口之濃度變化，並將濃度變化/時間圖表與艙內氣體完全混合的理論曲線進行比對，則可確定逸散測試艙內之空氣是否已適當混合。透過最小平方擬合比對理論曲線及量測數據時，測試艙之容積將會是一個影響變因，而我們比對測試艙實際容積與根據擬合曲線之容積時〔5〕，測試艙內之空氣應適當混合，且應符合或不超過理論完全混合模式的 10%。

## 10. 測試樣本

在逸散測試艙中從建築產品 VOCs 之逸散進行的研究，應於測試前需對產品進行適當之處理。

在 ISO 16000-11:2005 附註 A(對固體產品)與附註 B (對液體產品)中，有針對測試樣品之準備流程進行詳細描述。

## 11. 逸散測試艙之準備

逸散測試艙應需保持乾淨以符合 8.2 的要求，清潔時可先用鹼性洗滌劑清洗艙內壁體表面，之後再用乾淨蒸餾水清洗壁面兩次，並將測試艙進行乾燥與淨化，以符合測試條件。逸散測試艙亦可用熱脫附方式來清潔。

## 12. 測試方法

### 12.1 背景濃度

在新逸散測試開始進行前，背景空氣樣本應被量取，在空的逸散測試艙內之任何可能貢獻揮發性有機化合物之背景物質濃度進行定量。

背景濃度值應符合 8.2 之規定。

### 12.2 逸散測試艙中測試樣品之位置

測試樣本應放置於逸散測試艙之中央，確保氣流平均分佈於測試樣本之逸散表面。

### 12.3 逸散測試艙氣體濃度之量測時間

濃度之量測應於規定之採樣時間內進行。而根據實驗目的，亦可適當延長氣體採樣時間，並依據使用之分析方法持續量測和記錄空氣樣品濃度。

複製空氣樣本應於開始進行測試之 (72±2) 小時和 (28±2) 天後。

於結束逸散測試後，應依據條款 11 之規定清潔逸散測試艙。

依據測試目的決定逸散測試時間。當測試樣品不在測試艙中時，其應儲存於平均溫度 23°C、相對濕度 50% 之環境，在儲存期間，樣本之老化過程應類似於測試艙內，並應避免其他樣品對其造成污染。將採樣樣本置入測試艙後，應於 72 小時內進行氣體採樣，而每一測試樣本之移動皆須記錄於測試報告中。

附註 1: 假如濃度衰減測試是必要的，則可於測試開始後之 1,3,7,14,28 和 56 天 (甚至更長之時間) 後進行空氣樣品之量取。

為避免測試樣本之氣體逸散濃度受影響，因此 VOCs 之背景濃度應充分加以控制。

附註 2: 可使用通風良好之置物架或儲存櫃，以將污染影響減至最小。

## 13. 單位面積比逸散率的計算和結果的表示

在一已設定之測試條件下， $P_x$  與測試樣本單位面積逸散率及通過逸散測試艙之氣體流速有關。針對單一之 VOCs，從測試建材與背景物質中測定到之化合物，則可能會產生不同化合物相互抑制逸散之現象，因此進行 TVOC 測定時，測試艙內之背景物質應被除去。因此  $P_x$  與單位面積比逸散率 ( $q_A$ ) 及逸散測試艙內的單位面積比氣體流速 ( $q$ ) 之關係，如下列方程式所示：

$$P_x = q_A * (L/n) = q_A / q \quad \text{在 } t \text{ 時間} \dots\dots\dots (1)$$

方程式 (1) 表示單位面積比空氣流速  $q$  等於  $n/L$  之比值，而於已設定測試條件之逸散測試艙內進行樣品測試時，VOCx 的濃度則與單位面積比空氣流速有關。

從逸散測試艙排氣口所量測到之 VOC 濃度值 ( $P_x$ )，應會因單位面積比逸散率 ( $q_A$ ) 之不同而改變， $P_x$  為 VOCx 計算之平均濃度值 (詳述見 12.3)。

$$q_A = P_x * q \quad \text{在 } t \text{ 時間} \dots\dots\dots(2)$$

測試結果應與將樣本置入逸散測試艙後，持續之逸散測試量測時間有關，並依據測試目的，針對個別 VOCs 或 TVOC 之單位面積比逸散率進行敘述報告。

應將逸散化合物之總量 (TVOC) 視為樣品測試之具體因子，而且針對類似指標性 VOC 逸散數據進行樣本比對。

附註：可依據測試目的，藉由時間濃度計算或透過各種各樣的數學模式，例如：**first-order decay from concentration time data**，得到單位面積比逸散率（詳見參考文獻〔7〕和〔8〕）。

#### 14. 性能特性

此與 ISO16000- 6 相關之測試方法性能特性，於 ISO 16000- 6 和 ISO 16017- 1 中皆有敘述。

#### 15. 測試報告

測試報告應包含下列資料：

##### a) 測試實驗室

- 1) 實驗室的名稱及地址
- 2) 負責人姓名
- 3) 操作方法及相關設備的描述（測試艙、清靜空氣系統、環境控制、採樣及分析之測試設備、相關規範標及校正）

##### b) 樣本之描述

- 1) 產品樣式（品牌名稱）
- 2) 樣本選擇程序（例如：隨機抽樣）
- 3) 產品其他相關資料（製造日期、送抵實驗室之時間）

##### c) 測試樣本前置作業

- 1) 打開封裝之時間、日期和測試樣本之準備（小時、天、月和年）
- 2) 準備方法，包含：厚度、底層及液態產品之基質與單位面積的數量、厚度

##### d) 實驗條件和過程

- 1) 測試艙環境條件（溫度、相對濕度、換氣率、風速）
- 2) 測試樣本面積和負荷率
- 3) VOCs 逸散之採樣（吸附劑之使用、採樣容積、於測試艙內持續之採樣時間）

##### e) 數據分析

以敘述之方式描述從量測測試艙中濃度獲得之逸散率（以數學模式或方程式說明）。

##### f) 測試結果

每一測試樣本之特定逸散率，如：個別 VOCs 或 TVOC 之歷時空氣採樣樣本，都應加以紀錄報告。

##### g) 品質保證和品質控制

- 1) 指標性化合物的艙內背景濃度值
- 2) 甲苯與十二烷的回收率數據(沉降效應之評估)
- 3) 複製樣品/分析的結果
- 4) 測試環境各項因子之定量（溫度、相對濕度、換氣率、風速）

## 附註 A (規範) 系統的品質保證與品質控制

### A.1 概論

從室內建材或產品之有機化合物逸散的小尺寸測試艙測試，應受品質保證目標計畫(QAPP)的架構所控制，此品質計畫應包含：計畫內容之敘述、客觀及具可信之測試數據品質標準、QA/QC 控管程序及 QA/QC 之審核。

### A.2 計畫內容之敘述

對於計畫內容之簡短敘述，應包含：測試材料種類、測試程序、各檢測步驟之控管，而測試計畫並應包含 QAPP 中之相關必要資訊。

### A.3 測試數據客觀品質/可信之標準

QAPP 於此部分針對測試實驗之精密度、準確度及相關實驗量測參數之完整性進行定義。

### A.4 QA/QC 控管程序

QA/QC 之控管方式可於 QAPP 中進行說明，包括：藉由建立定期記錄系統，確保相關設備之正確操作與測試數據之記錄記錄數據，例如：

- a) 樣品記錄了建材受理、儲存與處理方式
- b) GC 標準品記錄了所有有機化合物的準備文件
- c) 擴散管記錄了所有擴散管之重量減少數據
- d) 校正記錄了包含：測試環境系統之校正數據
- e) 設備維護記錄了所有設備維護及維修的文件
- f) 建築材料測試記錄了每一測試資訊包括：樣本相關細節、樣本編號、GC 操作辨識號碼
- g) 吸附管之清潔/熱脫附記錄了吸附管之清潔熱脫附及吸附管的 QC 認證
- h) 電子離析記錄了電子儲存數據的內容及位置
- i) 應依據規範管制關於計畫中相關儀器使用或操作

由計畫執行人員依慣例執行 QC 相關程序，並對所有檢測系統之操作，以一貫之模式提供必要之資料回饋，包括：

- 例行之系統維護和校正
- GC 每日之準確度與精密度記錄，例如：控制圖表紀錄
- 加入所有樣品的內標的精密度回收率之定期監測
- 複製樣品的收集及分析
- 針對吸附有機物質之吸附管進行 QC 查驗
- 針對單一來源之氣體供給系統進行定期分析與查核

### A.5 QA/QC 查核

QA/QC 計畫包括：對照 QAPP 規範，進行 QA 個別項目定期查核之評估。

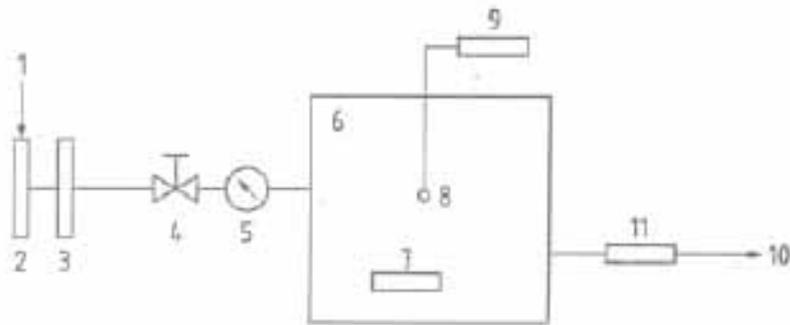
**附註 B**  
**(相關資訊)**  
**在模式空間內面積比空氣速率之案例**

表 B.1 在模式空間內面積比空氣速率之案例

<b>Model room<sup>a</sup></b>	<b>面積比空氣流速</b> $m^3 / (m^2 \cdot h)$ or $n/L$
17.4m <sup>3</sup> , n=0.5h <sup>-1</sup>	
樓板 面積=7m <sup>2</sup>	1.2
壁體 面積=24m <sup>2</sup>	0.4
密封劑面積=0.2m <sup>2</sup>	44
<b>a</b> 詳見參考文獻〔10〕	

附註：因為逸散率是以 1 小時之平均值進行計算，但於 24 小時之候，樣本之逸散狀況可能會產生多種變化，因此逸散濃度之計算也許會與現實狀況有所差異。

附註 C  
(相關資訊)  
逸散測試艙之一般性敘述



項 目

1. 氣體進氣口
2. 氣體排氣口
3. 空調系統單元
4. 氣流調節閥
5. 氣體流量計
6. 逸散測試艙
7. 氣流循環及風速控制設備
8. 溫度、相對濕度及風速感應器
9. 溫度及濕度監測系統
10. 排氣管
11. 氣體採樣的歧管

圖 C.1 逸散測試艙之一般性敘述

## 参考書目

- 1) ISO 16000-3:2001, Indoor air — Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds — Active sampling method
- [ 2 ] ECA ( European Collaborative Action ” Indoor Air Quality and its Impact on Man “ ). Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations. Report No. 19, EUR 17675 EN. Luxembourg: Official Publications of the European Communities, 1997
- [ 3 ] ECA ( European Collaborative Action ” Indoor Air Quality and its Impact on Man “ ). Guideline for the characterization of Volatile Organic Compounds emitted from indoor materials and products using small emission test chamber, Report No. 8, EUR 13593 EN. Luxembourg: Official Publications of the European Communities,
- [ 4 ] ECA ( European Collaborative Action ” Indoor Air Quality and its Impact on Man “ ). Evaluation of VOC Emissions from Building Products: Solid Flooring Materials. Report No. 18, EUR 17334 EN. Luxembourg: Official Publications of the European Communities, 1997
- [ 5 ] TICHENOR, B. A. Indoor Air Sources; using small environmental emission test chambers to characterize organic emissions from indoor materials and products, EPA-600 8-89-074. Air and Energy Engineering Research Laboratory, U. S. Environmental Protection Agency, 1989, Section 2A
- [ 6 ] TICHENOR, B. A. Indoor Air Sources; using small environmental emission test chambers to characterize organic emissions from indoor materials and products, EPA-600 8-89-074. Air and Energy Engineering Research Laboratory, U. S. Environmental Protection Agency, 1989, Section 5C
- [ 7 ] TICHENOR, B. A. Indoor Air Sources; using small environmental emission test chambers to characterize organic emissions from indoor materials and products, EPA-600 8-89-074. Air and Energy Engineering Research Laboratory, U. S. Environmental Protection Agency, 1989, Section 6C
- [ 8 ] ECA ( European Collaborative Action ” Indoor Air Quality and its Impact on Man “ ). Formaldehyde emissions from wood based panels: guideline for the establishment of steady state concentrations in emission test chambers. Report No. 2, EUR 12196 EN. Luxembourg: Official Publications of the European Communities, 1989
- [ 9 ] TICHENOR, B. A. Indoor Air Sources; using small environmental emission test chambers to characterize organic emissions from indoor materials and products, EPA-600 8-89-074. Air and Energy Engineering Research Laboratory, U. S. Environmental Protection Agency, 1989, Section 7
- [ 10 ] Danish Standard/ INF 90 “ Directions for the determination and evaluation of the emission from building products” ( Anvisning for bestemelse og vurdering af afgasning fra byggevarer ). Dansk Standard, Kobenhavn, 1994
- [ 11 ] ISO 16017-1:2000, Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/ thermal desorption/ capillary gas chromatography — Part 1: Pumped sampling
- [ 12 ] EN 717-1:2004, Wood-based panels — Determination of formaldehyde release — Part 1: Formaldehyde emission by the chamber method

## 參考資料

### 中文部分

5. 江哲銘、李俊璋，「綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材有機化合物預測衰減模式探討及推動策略研擬」，內政部建築研究所，(2005)
6. 江哲銘，「綠建材評定審查及推廣講習補助計畫」，內政部建築研究所，(2005)
7. 江哲銘、李俊璋，「綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材有機逸散物資料庫之建立-接著劑類建材」，內政部建築研究所，(2004)
8. 江哲銘，「綠建材性能實驗研究子計畫(二)總揮發性有機化合物實驗室性能評估及CNLA 認證作業系統之建立」，內政部建築研究所，(2004)
9. 江哲銘，「綠建材標章制度推廣與應用補助計畫」，內政部建築研究所，(2004)
10. 江哲銘、李俊璋，「綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材有機逸散物資料庫之建立-地板類建材」，內政部建築研究所，(2003)
11. 江哲銘，「綠建材性能實驗研究子計畫(二)總揮發性有機化合物實驗室建置及實驗架構之研究」，內政部建築研究所，(2003)
12. 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)
13. 何明錦、江哲銘，「建築室內建材揮發性有機化合物衰減總表之研究」，內政部建築研究所，(2000)
14. 張志成，「建築室內逸散物質檢測分析研究(一) 建築室內環境揮發性有機物檢測實驗室建置」，內政部建築研究所，(1999)

### 英文部分

1. ISO-16000-1(Indoor air - Part 1: General aspects of sampling strategy), 2004.
2. ISO-16000-2(Indoor air - Part 2: Sampling strategy for formaldehyde), 2004.
3. ISO-16000-3(Indoor air - Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds - Active sampling method), 2001.
4. ISO-16000-4(Indoor air - Part 4: Determination of formaldehyde - Diffusive

- sampling method), 2004.
5. ISO-16000-6(Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent , thermal desorption and gas chromatography using MS/FID) ,2004.
  6. ASTM D5116-97. 1997. Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions From Indoor Materials/Products
  7. ASTM D6670-01. 2001. Standard Practice for Full-Scale Chamber Determination of Volatile Organic Emissions from Indoor Materials/Product
  8. Ten Brinke, J., Selvin, S., Hodgson, A.T., Fisk, W.J., Mendell,M.J., Koshland, C.P., Daisey, J.M., (1998). Development of new volatile organic compound (VOC) exposure metrics and their relationship to “sick building syndrome” symptoms. *Indoor Air* 8, 140–152
  9. Brooks, B.O., G.M. Utter, J.A. Debory and R.D. Schimke, (1991), “Indoor air pollution: an edifice complex”, *Clinical Toxicology*.Nielsen, (1988), “The importance of building materials and building construction to SBS
  - 10.C C Lee. 1997. Cancer Risk, Assessment of Occupational Exposure to Benzene in Taiwan, American Industrial Hygiene Conference & Exposition , Dallas, Tex
  - 11.Chuck Yu, Derrick Crump. 1998. A Review of the Emission of VOCs from Polymeric Materials used in buildings. *Building Environment*, Vol. 33, No.6, pp. 357-374