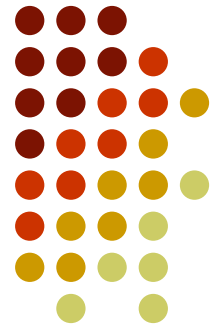


# 環境工程與科學概論

Lecture 9  
Indoor Air Pollution and Control

**National University of Tainan**  
February 2008

李政憲 Ph.D., P.Eng., LEED® AP.



## 環境工程與科學概論



### ● 專題期末報告

專題報告題目依每自選題目完成，每一組共同交書面報告(或簡報)一份，報告(簡報)內容至少需包括下列重點：

1. 背景簡介
2. 對環境造成之衝擊與影響
3. 可行之防治或減緩作為
4. 結論與建議
5. 參考文獻或資料

另簡報組(共5組)得選擇交書面報告或簡報PPT

## 室內空氣品質(1)

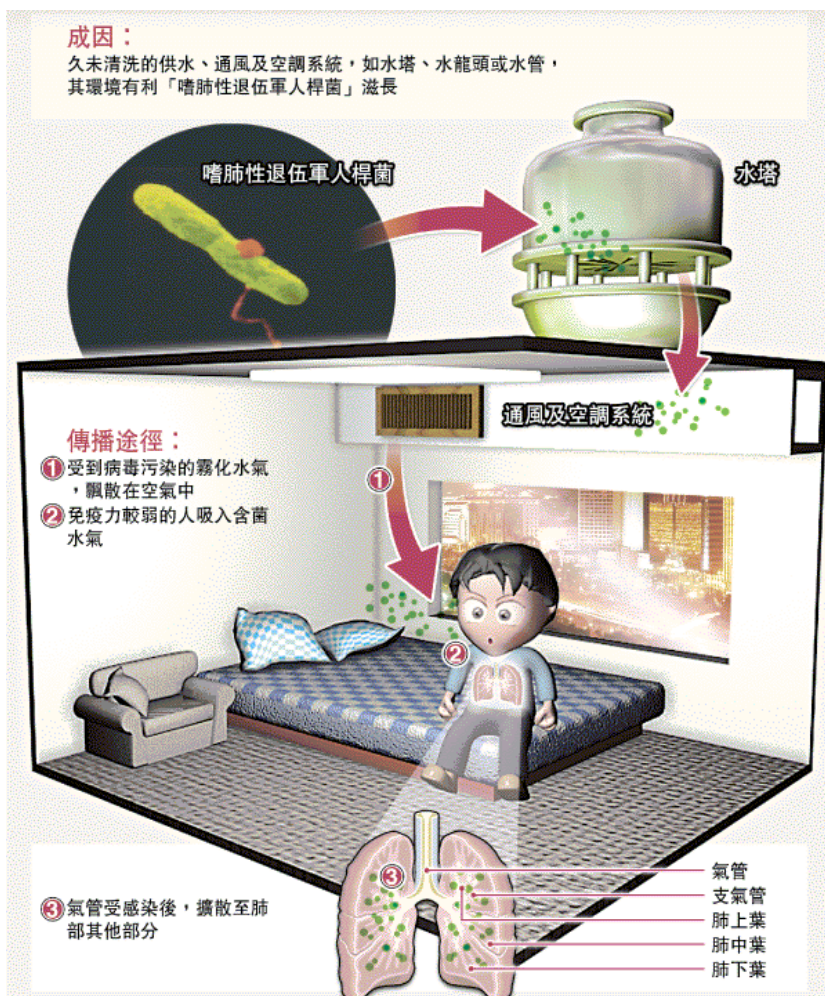


每人每天約90%以上的時間處於室內的環境中，室內空氣品質之良窳，直接影響人體健康

- 退伍軍人症 (Veteran's Disease) 1976 急性肺炎死亡 (*Legionella pneumophila*)

美國賓州退伍軍人聚會後，221位退伍軍人有34人死於不明病原之肺炎

- 病態大樓症候群 (Sick building syndrome, SBS) 1982 WHO



退伍軍人症



# 室內空氣品質 7.12之4



- **暴露評估** (Exposure Assessment)
  - 由空氣污染的觀點來看，**總體環境評估**之起點就是測定停留在室內、交通工具內及室外的時間
  - 低度發展國家中人民停留在室內時間之估測隨著國家發展，人口中居住在都市的比例越來越多，而停留在室內的時間也比較多
  - **A級人類致癌物：苯**
  - TEAM研究在美國，人類暴露於33種VOCs和農藥的結果均告訴我們，由這些化學物質而造成的室內暴露約佔了總癌症風險的85%

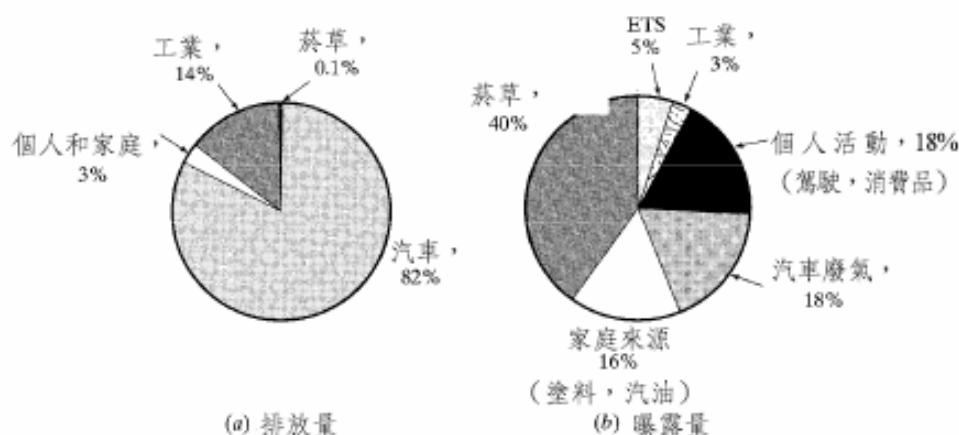


圖 7-59 (a)苯排放量主要來自汽車廢氣及工業，而全美所有的菸煙只佔 0.1%。(b)苯暴露量絕大多數來自菸草，大部分來自主動吸菸。ETS在暴露量中所佔的比例大於所有工業污染源之總和（來源：Wallace，1995）。





### ● 入滲、通風和空氣品質

(Infiltration, Ventilation, and Air Quality)

- 室內外空氣可以由以下幾項機制之任何組合來交換：入滲、自然通風和強制通風
  - 入滲 (infiltration) 是指當門窗閉合時建築物與其外在環境間自然產生的空氣交換
  - 自然通風 (natural ventilation) 是有意打開門窗增加空氣循環所產生的空氣交換
  - 強制通風 (forced ventilation) 指使用風扇或風箱等機械式的空氣處理系統引導空氣交換

### 室內空氣品質(2)



病態大樓症候群 (Sick building syndrome, SBS) 1982  
WHO

在密閉的建築物內，如果室內通氣量不足時，污染物就容易蓄積而導致室內空氣品質惡化。世界衛生組織(WHO)於1982年將「病態建築物症候群」定義為：「凡因建築物內空氣污染導致人體異常症狀，如神經毒性症狀(含眼，鼻，喉頭感到刺激等)，不好的味道，氣喘發作等。」

室內通風不良造成二氧化碳濃度偏高、室內傢俱裝潢塗料含有機溶劑過多造成揮發性有機污染物濃度偏高，另因台灣係屬亞熱帶海島型氣候國家，年平均相對濕度多達80%以上，易孳生生物性污染物，其中細菌及真菌二種生物性污染物濃度偏高。



## 室內空氣污染物的主要來源(1)

### 1. 室外空氣污染源：

室外的空氣可藉由自然通風或機械通風而進入室內，使室內空氣品質受到不同程度的影響。室外的空氣污染源主要是交通運輸與工商活動所產生的空氣污染物。

### 2. 室內燃燒源：

烹飪與取暖是室內最普遍的燃燒行為。來自瓦斯爐、電爐、暖爐、壁爐等設備燃燒木材、煤、油、瓦斯等產生的空氣污染物主要為一氧化碳、一氧化氮及二氧化氮。



## 室內空氣污染物的主要來源(2)

### 3. 建材：

主要產生甲醛等揮發性有機物及石棉。室內裝潢時所用的合板與隔板，因使用含有甲醛樹脂的接合劑，會刺激皮膚及黏膜。過去廣為使用的石棉瓦也是一種致癌的污染物。

### 4. 油漆及塗料：

主要產生甲醛等揮發性有機物。

### 5. 辦公室事務機：

主要產生臭氧。

### 6. 清潔產品：

主要產生甲醛等揮發性有機物。使用殺蟲劑、特殊清潔劑、髮膠、油漆、立可白等用品，皆是室內揮發性有機污染物的來源。



## 室內空氣污染物的主要來源(3)

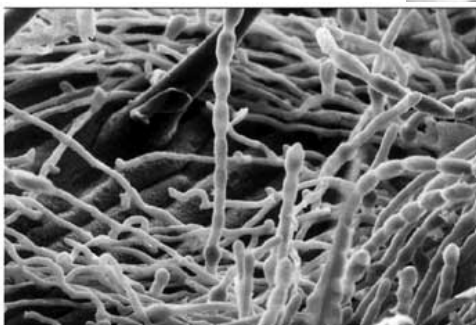
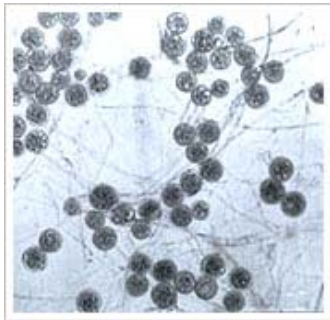


### 7. 生物性污染物：

潮濕且不常清潔打掃的地方容易孳生黴菌、真菌、細菌、病毒、塵蹣等生物。

### 8. 人類活動及其他：

人類呼吸便會產生二氧化碳，而抽煙除了會釋放尼古丁、一氧化碳、二氧化碳、乙醛、丙酮、焦油等污染物質外，也是室內懸浮微粒的主要來源。此外，室內盆栽植物產生的花粉、人體或寵物掉落的毛髮、體垢及皮屑也是室內空氣污染的來源。





## 室內空氣品質(3)

台灣 EPA 94年12月30日公告「室內空氣品質建議值」

第1類：指對室內空氣品質有特別需求場所，包括學校及教育場所、兒童遊樂場所、醫療場所、老人或殘障照護場所等。

第2類：指一般大眾聚集的公共場所及辦公大樓，包括營業商場、交易市場、展覽場所、辦公大樓、地下街、大眾運輸工具及車站等室內場所。

「多重致病原」，包括大樓的建築設計參數（通風、溫度、濕度、照明等），室內的污染源（地毯、影印機、二手煙、揮發性有機物等），個人的特徵（性別、對化學物質的敏感度等），社會心理因素（員工對工作的壓力、滿足感）等



## 室內空氣品質 (4)

- 二氧化碳（CO<sub>2</sub>）:第1類 600 ppm, 第2類 1000ppm
- 一氧化碳（CO）:第1類 2 ppm, 第2類 9ppm
- 甲醛（HCHO）:1小時值 0.1 ppm
- 總揮發性有機化合物(TVOC): 1小時值 3 ppm
- 細菌(Bacteria) : 最高值 第1類 500 CFU/m<sup>3</sup>(菌落數/立方公尺), 第2類 1000
- 真菌(Fungi): 最高值 1000 CFU/m<sup>3</sup>(菌落數/立方公尺)



## 室內空氣品質(5)

- 粒徑小於等於10微米 ( $\mu\text{m}$ ) 之懸浮微粒 (PM10) :24小時值 第1類  $60\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺), 第2類 150
- 粒徑小於等於2.5微米 ( $\mu\text{m}$ ) 之懸浮微粒 (PM2.5) :24小時值  $100\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)
- 臭氧 ( $\text{O}_3$ ) : 8小時值 第1類 0.03 ppm
- 溫度(Temperature): 1小時值 第1類 15至18 °C(攝氏)
  - 空調衛生
  - 上吹式空調
  - 換氣率
  - 裝潢建材
  - 使用人習性



## 室內二氧化碳

辦公室內二氧化碳的來源主要來自於人類呼吸、吸煙、及其他燃燒行為。當室內人員密度過高或是換氣效率不佳時，容易造成二氧化碳濃度累積，同時其他的污染物濃度也相對地提高。

二氧化碳被視為室內空氣品質良窳最重要的化學性指標。同時也是用來評量室內人員密度是否過高以及換氣效率是否良好之重要指標。

一般而言，辦公室內二氧化碳濃度會隨著上班時間而逐漸累加。研究顯示，當二氧化碳濃度過高時，除了會刺激呼吸中樞造成呼吸費力或困難等感覺，亦會產生頭痛、嗜睡、反射減退、倦怠等症狀，因此若辦公室二氧化碳濃度過高，會使員工工作效率明顯降低，故而影響產業競爭力。





## 室內一氧化碳

因此空氣中一氧化碳主要來自於吸煙、停車場廢氣引入或是室外交通廢氣引入。

一氧化碳對人體的毒性是由於一氧化碳在肺部與血液中的血紅素結合，因而阻礙血紅素與氧氣結合，使得體內組織細胞氧氣供應不足，而呈現中毒現象。

長期暴露於一定程度的一氧化碳濃度中，會呈現頭暈、頭痛、呼吸困難、頻尿、口渴、體重減輕、失眠、易怒等慢性中毒症狀。流行病學研究亦顯示環境中一氧化碳濃度可能使死亡率、心臟血管疾病及氣喘發作機率顯著增高。



## 甲醛（HCHO）(福馬林)

甲醛為一無色、具刺激性之水溶性物質。由於尿素-甲醛大量且廣泛的使用在製作木質合板、木質傢俱、隔版、天花板、黏著劑、清潔劑等材料中，而這些材料更是廣泛應用於建築裝潢裝修之中，甲醛是室內揮發性有機物質中最常見的逸散污染物。

我國地處亞熱帶氣候區，高溫、高濕會加速甲醛之逸散速率。

短時間高濃度之甲醛暴露與清潔行為有關，一般市售的強力去污劑大多數含有高濃度的甲醛，若在較密閉的辦公空間中使用，短時間內會使室內員工暴露於相當高濃度的甲醛。

甲醛在毒理學研究上已被證實為人類致癌物質，且具有刺激皮膚、呼吸道、中樞神經系統等效應，



## 細菌、真菌

微生物以細菌、真菌、病毒、寄生蟲等各種不同的型態普遍存

一般室內環境中存在的微生物多與潮濕的材質、水源、與人為活動有關。以國內近幾年來案例暴增且傳出致死案例的退伍軍人症為例，便是由生長於冷卻水塔及冷凝設備中的退伍軍人菌所引起。

其他微生物亦會在室內各種較為潮濕的區域及材質中生長，如廁所、洗手台等容易積水的區域常因清潔打掃不善，提供給黴菌最佳的生長環境。空調系統及單機冷氣的濾網若未加以定期更換清洗，也會成為細菌及黴菌等微生物的溫床。



## 臭氧

辦公室臭氧( $O_3$ )的生成主要來自於紫外光的使用及空氣離子化的結果，因此辦公室中影印機及雷射印表機是主要的臭氧發生源。

臭氧為一刺激性氣體，可刺激眼睛及呼吸道，造成咳嗽、胸部不舒服等症狀，對於本身患有氣喘及呼吸道疾病等敏感族群，則可能因臭氧的刺激而加重其症狀。

由於臭氧屬於高反應性氣體，因此通常不會在室內造成累積現象。但在一般辦公空間中，應將印表機及影印機等發生源與工作人員相互區隔，減少人員暴露於其中之時間。

## 懸浮微粒



懸浮微粒依其粒徑大小而對呼吸道的影響有所差異，一般將徑小於或等於10  $\mu$ m的微粒稱之為呼吸性微粒，因為這些微粒可隨著呼吸作用進入呼吸系統，並依其粒徑由大至小分別沉降於鼻腔、呼吸道及肺泡細胞，而對於呼吸道有所危害。

室內環境中呼吸性懸浮微粒的來源有吸煙、烹煮、建材中之石棉、人造礦物纖維、植物花粉、動物性過敏原、微生物之細菌、真菌、病毒等，依其性質不同而對人體有不同形式之危害。

例如燃燒香煙所產生之微粒因富含各種刺激性化學物質而會刺激呼吸道，引起呼吸道相關疾病及心臟血管疾病。微生物則依其不同生物活性會造成感染、過敏等症狀。

## 改善室內空氣品質



- 外氣來源
- 空調衛生
- 上吹式空調
- 換氣率
- 裝潢建材
- 使用人習性

區域性排氣問題(15~20 cfm)、氣流混合擴散不佳、溫度調節問題、供氣量不足、風管受污染、可變風量箱故障、過濾器受污染、維修不良、缺乏外氣



## 室內空氣品質 7.12之1

- 以人類暴露於可吸入的微粒物質言，減少環境菸煙（environmental tobacco smoke, ETS）2%就相當於消除了全美所有的燃煤發電廠（Smith, 1993b）
- 環境菸害（Environmental Tobacco Smoke）
  - 吸菸者所吸入的叫做主煙（mainstream smoke）
  - 點燃的菸散發出來的側煙（sidestream smoke）
  - 吸菸者吐出來的煙混在一起就是環境菸煙（environmental tobacco smoke, ETS），或二手菸（secondhand smoke）
  - 吸入ETS稱為強迫或被動吸煙（involuntary or passive smoking）



## 室內空氣品質 7.12之2

- 石綿（Asbestos）
  - 當某些含石綿材料老舊後，或在使用時遭受物理性的損壞時，微細的纖維就可能散播到室內的空氣環境中。吸入這些纖維會導致一些威脅終身的疾病，包括了石綿沉滯症、肺癌和間皮瘤
- 氡（Radon）
  - 氡是一種放射性氣體，是由始於鈾而終於鉛的自然衰變連鎖過程的一部分
  - 氡氣衰變時隨阿爾法放射形成的針對肺部的傷害最大



- 氡 (Radon)

- 有助於減少室內氡濃度的可用技術多少取決於地板之建造型態
- 減少氡之初步工作，可以是填塞所有位於地板與其下土壤間之隙縫與孔洞
- 氡排氣管通過地板而到達下方氡的聚積處，風扇將聚積的氡吸出並排放到房子上方的空氣中