



室內空氣品質

Indoor Air Quality, IAQ

國立台北科技大學
環境規劃與管理研究所
助理教授 曾昭衡
2004/07/27



室內空氣品質

- 現代人們平均花80~90%以上的時間待在室內。
- 以往我們先注意戶外空氣污染，近年愈來愈多的注意力放在「室內空氣品質IAQ」。
- 室內空氣污染物濃度往往高於室外。

病態大樓症候群

- 病態大樓症候群Sick Building Syndrome, SBS、辦公室症候群、大樓併發症狀、密閉建物症候群Tight Building Syndrome、建物症Building Illness
- 現代辦公大廈內員工的一系列病徵，包括暈眩、頭痛、喉嚨乾涸、眼睛刺痛、咳嗽、氣喘、皮膚感敏及乾燥等。
- 通常發生在空調大廈，病徵只有當員工在辦公室時才會出現，下班離開辦公室或放假時，不適自然消失。
- 1982年WHO認定：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(含頭暈、頭痛、疲倦、無法集中注意等)，黏膜刺激症狀(含眼、鼻、喉感到刺激等)，不好的味道，類似氣喘發作等，稱為病態大樓症候群。

學校

- 日本的元加賀小學，2003/4學校改建、重新裝修後，嶄新的校舍竟變成「令人致病的教室」，教室空氣充滿裝潢與殺菌的化學物質。
- 許多孩童的不適嚴重到必須請假，迫使校方不得不全校大搬遷，移到別處上學。
- 另某校改建，禮堂的室內空氣驗出比官方標準高出30倍的甲苯(致癌的有機溶劑)
- 日本「生活與自治」月刊169號
<http://forum.yam.org.tw/women/backinfo/recreation/bulletin/pu19103.htm>
主婦聯盟會訊第191期 (2003年12月)黃月嬌,讓孩子免於污染的環境

學校辦公場所

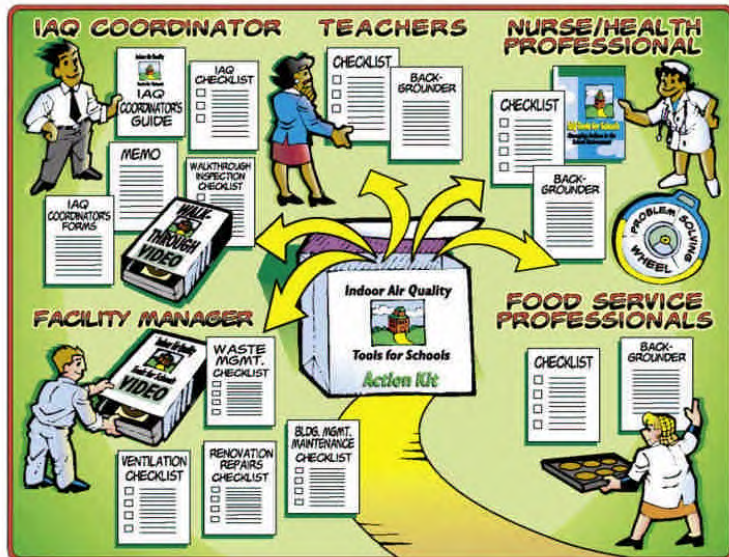
- 中國大陸室內裝飾協會環境監測中心: 大陸每年由於室內空氣污染引起死亡十一萬一千人。2002/10
- 北京市辦公場所室內空氣抽樣檢測: 氨、甲醛、臭氧的超標準比率為81%、42%和50%。
- 中國兒童衛生保健疾病防治指導中心於首屆「中國室內環境污染與兒童身體健康研討會」: 大陸每年約210萬名兒童因裝修污染引起上呼吸道感染致死, 其中一百多萬五歲以下兒童的死因和室內空氣污染有關。(五歲以下兒童病患半數以上家庭在半年內裝修過。)
- 表面上裝潢越好、越漂亮的幼稚園污染越大, 兒童斜視、弱視、近視病例激增和環境裝飾、室內空氣污染有關。
- 中國室內裝飾協會環境監測中心: 室內環境污染造成兒童傷害主要有: 誘發兒童血液性疾病、增加兒童哮喘病發病率、造成新生兒先天性異常、引發新生兒心臟病、降低兒童智力。2003/8/22

室內空氣法規

- WHO、美國、加拿大、日本、新加坡、瑞典、荷蘭、德國等均已提出相關法規或建議值。
- 中國大陸由國家質量監督檢驗檢疫局、國家環保總局、衛生部制定GB/T18883-2002室內空氣質量標準，2003/3實施。
- 香港政府另已實施「室內空氣質素管理計劃」。並推行自願參與的「辦公室及公眾場所室內空氣質素檢定計劃」。
- 國內環保署曾於1999委託成大評估室內空氣品質標準並提出建議草案，內政部建築研究所研究的綠建築指標中2003加上室內環境指標：音環境、光環境、通風換氣與室內建材裝修。

學校

美國EPA的學校 室內空氣品質計 劃



Find Information on Healthy School Environments Faster

More than 53 million children and 3 million adults spend a significant portion of their days in approximately 117,000 public and private K-12 school buildings. Many of these school buildings contain environmental conditions that may pose health risks to students and staff and inhibit learning.

EPA has launched a new "one-stop" shopping Healthy School Environments Web Portal to help schools address environmental health issues and improve their school facilities.

The Healthy School Environments Web Portal contains information for:

- Facility Managers
- School Administrators
- Architects
- Design Engineers
- School Nurses
- Parents
- Teachers
- Students

The Healthy School Environments Web Portal provides links to information resources developed by:

- EPA
- Other federal agencies
- State and local governments
- Non-governmental organizations

Visitors can browse resources by topic, by geographic area, or find specific information by key word search.



Visit: <http://www.epa.gov/school>

室內空氣訴訟

- 美國至少20個聯邦機構牽涉到室內空氣品質，最主要的單位為環保署EPA與職業安全健康部OSHA。其他尚有國家職業安全衛生組織NIOSH、能源部DOE、消費品安全委員會下的跨部會室內空氣品質委員會ICIAQ等。
- 單在美國室內空氣品質相關的官司中，累積至2002年已有超過70億美金的賠償，平均每件官司的賠償金額約在一百萬美金左右^[2]。
- 隨著訴訟案件的增加，美國大眾將會持續地向EPA、OSHA及聯邦政府要求，儘速發展一套完善的室內空氣品質法規。

2. Fabrizio Pesce, "Avoiding Lawsuits: Aerobatics Required," U.S. Engineering Press Review, National Society of Professional Engineers, pp. 15-19, May 29, 2000.



車內空氣

- 2002/8北京市民李發君之妻朱繼榮買新車上下班，9月底發現身上有大量出血點。10月醫院診斷白血病，治療5個月後宣告治療無效病逝。
- 由於苯中毒可導致白血病，朱也是買車後才出現病症，於是李在中國室內裝飾協會下屬室內環境監測中心檢測車內空氣，確認車內苯超標，認為罪魁禍首就是這輛新車。
- 李將該車的汽車銷售公司告上法庭。
- http://www4.chinesenewsnet.com/MainNews/SocDigest/Health/xhw_2004_04_07_23_06_55_681.html



空氣污染物

空氣污染物

1. 固體: 懸浮微粒(PM)
2. 氣體
 1. 無機氣體: 二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)、臭氧(O₃)等。健康危害多半影響呼吸器官(如肺)。無生物累積性。
 2. 有機氣體: 揮發性有機物(VOCs)、碳氫化合物(HCs)、苯類等。除了呼吸器官外,還可能傷害到體內器官。有些具有生物累積性。
3. 附著在懸浮微粒上的微量毒性污染物: 戴奧辛 Dioxin、重金屬、多環芳香烴碳氫化合物 polycyclic aromatic hydrocarbon, PAHs 等。
4. 放射性物質

粒狀物質 PM

- 總懸浮顆粒物 Total Suspended Particulate, TSP
所有懸浮於空氣中之微粒(小於 $100\ \mu\text{m}$ 或 $0.1\ \text{mm}$)。
- 懸浮微粒 Particulate Matter
 - PM_{10} (小於 $10\ \mu\text{m}$)、 $\text{PM}_{2.5}$ (小於 $2.5\ \mu\text{m}$)。
 - 細微粒 $\text{PM}_{2.5}$ 主要來自燃燒源及車輛廢氣。燃燒後的有毒物質(Dioxin, PAHs, 重金屬)易吸附其上。
 - 粗微粒 PM_{10} 多半來自道路揚塵、飛灰、花粉、黴菌、海鹽、營建施工、農地耕作等。
 - 來自燃燒源的細微粒比來自大自然的粗微粒對健康有更嚴重的傷害。且粒徑小飄的更高更遠，也更易通過呼吸道的攔截。
- 落塵、降塵 dust：約小於 $30\ \mu\text{m}$ ，能因重力落下者。

PM健康效應

- 美研究五十萬民眾健康狀態與居住地空氣品質的關連 (1982~1998)。當居住環境的微細空氣粒子密度增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，肺癌死亡風險增加8%。 美國醫學會期刊

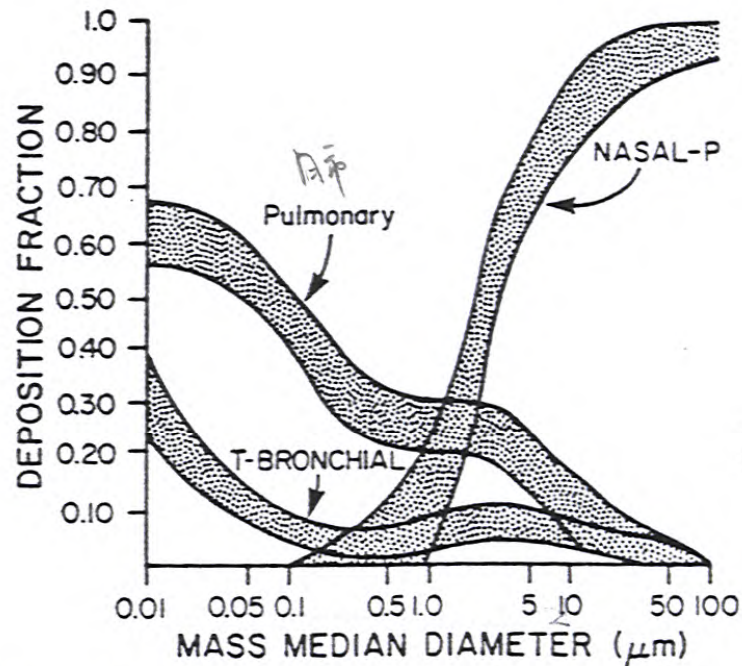


Fig. 7-2. Particle deposition as a function of particle diameter in various regions of the lung. The nasopharyngeal region consists of the nose and throat; the tracheobronchial region consists of the windpipe and large airways; and the pulmonary region consists of the small bronchi and the alveolar sacs. Source: Task Group on Lung Dynamics, *Health Phys.* 12, 173 (1966).

粒狀物質 PM

- 成人在室內的呼吸量平均為 $0.63 \text{ m}^3/\text{hr} * 24 \text{ hr}/\text{day} * 365 \text{ day}/\text{yr} * \text{較糟的室內懸浮微粒PM}_{10}\text{濃度 } 110 \mu\text{g}/\text{m}^3 * 10^{-6} \text{ g}/\mu\text{g} \div \text{懸浮物密度(空氣密度)} 0.001205 \text{ g}/\text{cm}^3 = 504 \text{ cc}$ 的灰塵



- 意思是，在糟糕的室內，一年之內，您得把一大杯(500 cc)的灰，從您**鼻子**吸進去!!!

硫氧化物SO₂

- 二氧化硫Sulfur Dioxide, SO₂和三氧化硫Sulfur Trioxide, SO₃合稱為SO_x。
- SO₂是無色，有刺激性氣味的氣體，毒性不大。對眼睛和呼吸道黏膜產生刺激，呼吸短促、氣喘、支氣管炎。加重心肺病患的病狀。
- SO₂易溶於水，與水反應為亞硫酸H₂SO₃；於空氣中可氧化成SO₃與水反應為硫酸H₂SO₄，為主要的硫酸煙霧和酸雨物質。腐蝕金屬及建築物。
- SO₂主要來自燃燒源(汽柴油、煤)及車輛廢氣，家中燃燒源以瓦斯為主，含硫極微，故室內SO₂應為室外交通廢氣入侵。

氮氧化物NO_x

- NO_x主要指NO及NO₂
 - NO為無色無味氣體，光化學反應中變成NO₂。
 - NO₂為刺激味道之赤褐色氣體，與水反應為亞硝酸及硝酸，參與光化學反應，亦造成酸雨。
 - NO₂比NO較具毒性及刺激性。對眼睛、鼻和肺產生刺激。氣管炎、肺炎、減低抵抗力使呼吸道易受感染。
- 燃燒是NO_x的主要成因。空氣的氮和氧反應產生，溫度越高越易產生。室內的NO_x除交通廢氣入侵外，以瓦斯爐為主。

一氧化碳CO

- 無色、無味、無臭。
- 毒性很強，與血紅素結合後不能還原，影響血液運載氧氣。
- 燃燒時不完全產生、吸煙、瓦斯熱水器及煮食。
- 濃度低時缺氧中毒徵狀：影響知覺、思考、反射動作、暈眩、昏睡，噁心、疲倦、氣喘、胸口局促及神智不清等，甚至心血管疾病。
- 濃度高時會引致死亡。



臭氧O₃

- 臭氧Ozone, O₃、活性氧、三元氧...。
- 由NO_x、反應性碳氫化合物VOCs、照射日光後產生之二次污染物。都市最主要的空氣污染物。
- 可由人為放電產生，可用於殺菌、自來水消毒。
- 臭氧為僅次於氟之氧化劑，具強氧化力，對呼吸系統具刺激性，能引起咳嗽、氣喘、頭痛、疲倦、肺功能降低，呼吸道發炎，呼吸急促，減低肺部對傳染疾病及毒素的抵抗力。
- 特別是小孩、老人、病人、戶外運動者。
- 氧化植物，人造材料，橡膠/輪胎及油漆。
- 超過一億四千二百萬人(半數美國人)生活在空氣受到臭氧嚴重污染的地區。 美國肺臟學會2002/5

碳氫化合物 HCs, VOCs

- 碳氫化合物 Hydrocarbon, HCs
- 揮發性有機物 Volatile Organic Compounds, VOCs
- 多環芳香烴碳氫化合物 poly-cyclic aromatic hydrocarbon, PAHs
- VOCs中個別物種多具毒性，有些具有生物累積性，對健康有威脅。
- 少數VOCs個別物種具臭味，為民眾陳情主因。
- 成因：不完全燃燒、工廠製程排放、油品揮發、溶劑使用、生物作用。
- 室內VOCs以甲醛、苯、甲苯、二甲苯、三氯甲烷等為主，皆具毒性和致癌性及致突變性。



室内污染源



室內污染源

1. 室外污染空氣
2. 室內燃燒源
3. 家具及建材
4. 電子電器
5. 消費性產品
6. 生物污染物
7. 通風不良
8. 放射性物質

1. 室外污染空氣

室外空氣污染

都市的空氣污染很容易進到室內，甚至在室內累積污染濃度。



室外空氣污染

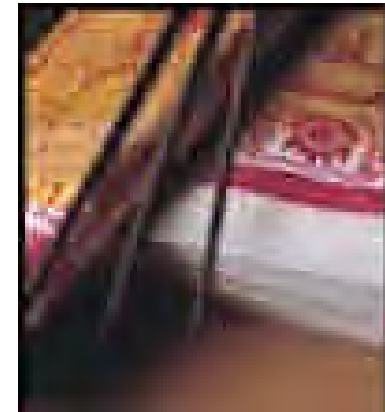


交通工具的無機空氣污染物(SO₂, NO_x)進到室內後不易分解去除。

2. 室内燃焼源

室內燃燒源

- 木炭、柴、煤、煤油、瓦斯...
- 燃燒產生 NO_x 、 SO_x 、 CO 、 HCs 、 PM ，致癌的 PAHs ，濃度往往超過工業暴露水準。
- 炒菜、油炸、熱水、暖氣、蚊香、拜香、蠟燭...
- 許多開發中國家及少數台灣鄉下仍在室內燃燒木材、煤、油等，或使用燃油式暖爐。
- 應避免室內燃燒源，瓦斯熱水器應裝在戶外。



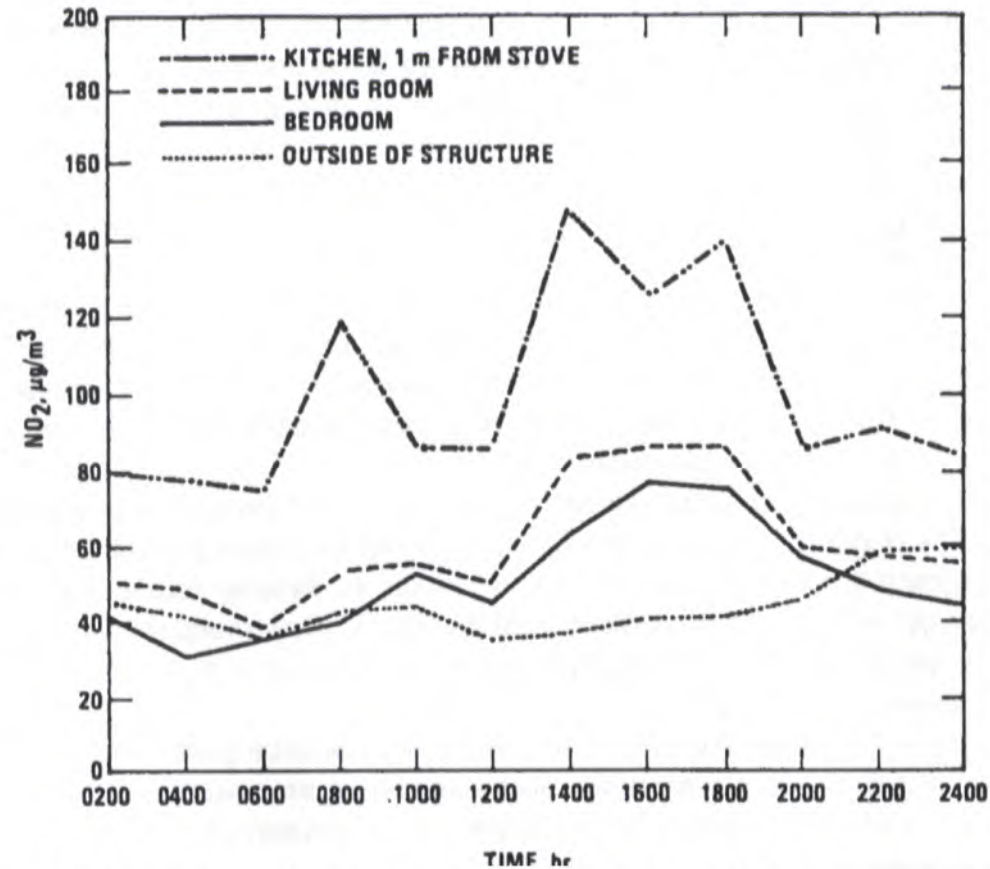


Figure 10.14. Diurnal indoor/outdoor pattern for NO₂ in a home, spring-summer, 1973 (composite day based on 6 days of data).

Table 10.2. Indoor-Outdoor Relationships—Organic Gases

Compound	Arithmetic Mean ^a	
	Ambient Air	Indoors
1,1,1-Trichloroethane	5.4	110
Benzene	8.6	30
Carbon Tetrachloride	1.2	14
Trichloroethylene	2.1	7.3
Styrene	0.9	2.7
m,p-Dichlorobenzene	1.5	56
Xylenes	15.0	71

^aµg/m³



油煙

- 一般家庭炒菜之油煙，含有多量致癌的PAHs。
- 餐飲業：中式 > 西式 > 日式 > 速食店
- 鼻咽癌、慢性肺部疾病、新生兒低體重與此密切相關。
- 美國研究：用瓦斯熱源的家庭比用電熱源的家庭，兒童罹患呼吸道疾病的比率較高，雖然影響未見於成人。
- 油煙是亞洲不吸煙婦女得肺癌的主因之一。
- 大部分餐飲業都沒有裝設有效油煙濾除設備，污染環境，危害餐飲業從業人員、附近居民和用餐客人的健康。大部分排煙高度低。



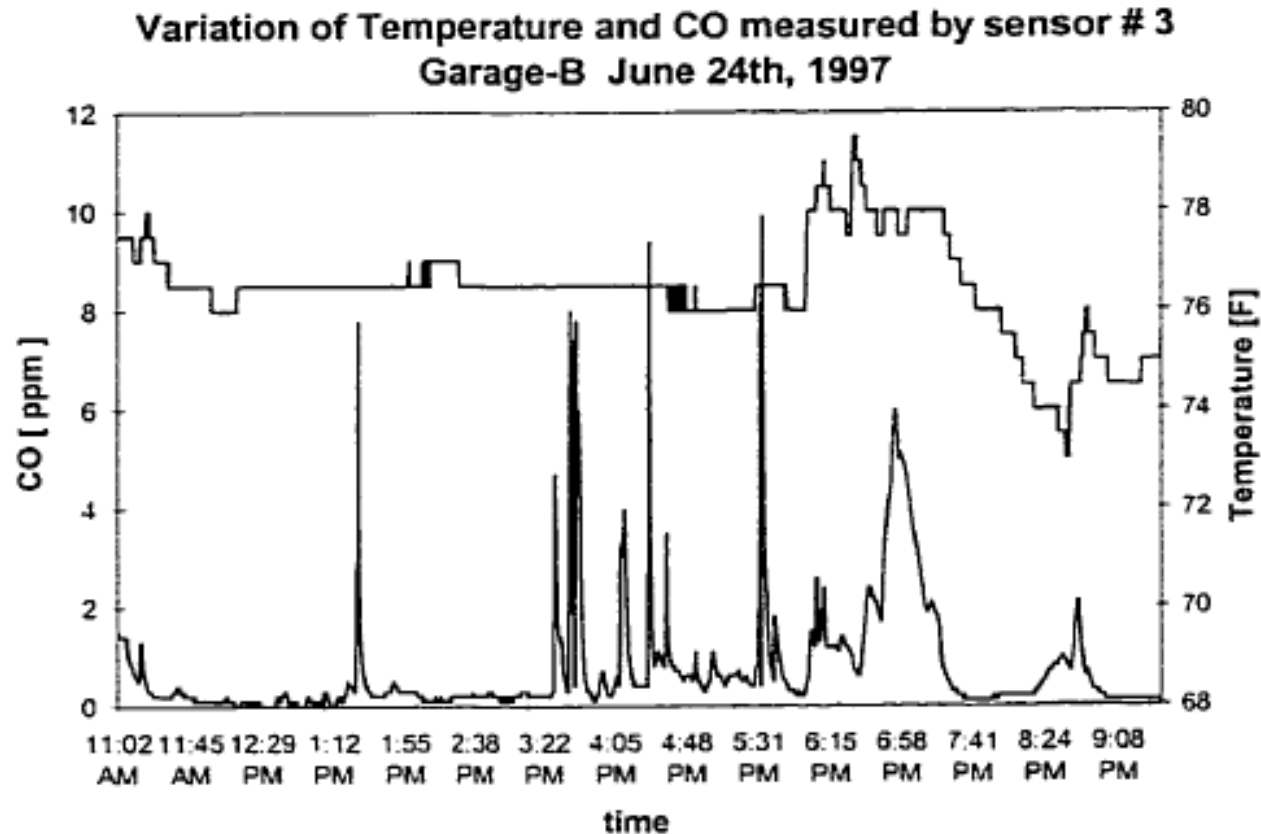
油煙

- 業者設置高效率空氣污染防制設備，處理後油煙排氣不得排入水溝，如需導入水溝，也必須加裝油水分離設施。
- 速食餐廳只裝設水洗設備，對PAHs去除效率只有32.2%，如果裝靜電集塵器，油煙去除效率可達90%以上。
- 環保局餐飲業油煙污染稽查，如果業者經輔導還不願設置空氣污染防制設備，造成油煙污染被檢舉稽查，可依空污法處10～100萬元罰款。
- 攤販？

紙錢

- 燒紙錢祭拜祖先或好兄弟，雖然是民間習俗，但短時間大量焚燒，空氣污染卻比烏賊車還嚴重。
- 露天燃燒紙錢，沒有辦法妥善控制燃燒，燃燒時排放的污染物，肉眼可見的就有煙塵和粒狀物，看不到的還包括CO、少量HCs和NO_x等。
- 紙錢燃燒 = 空氣污染，而且污染程度比一般取締工廠的標準，還要有過之而無不及。
- 礙於民俗觀念，環保單位認為不適合強制管理
- 北縣環保局二課
<http://news.yam.com/bcc/life/news/200404/0200404080362.html>

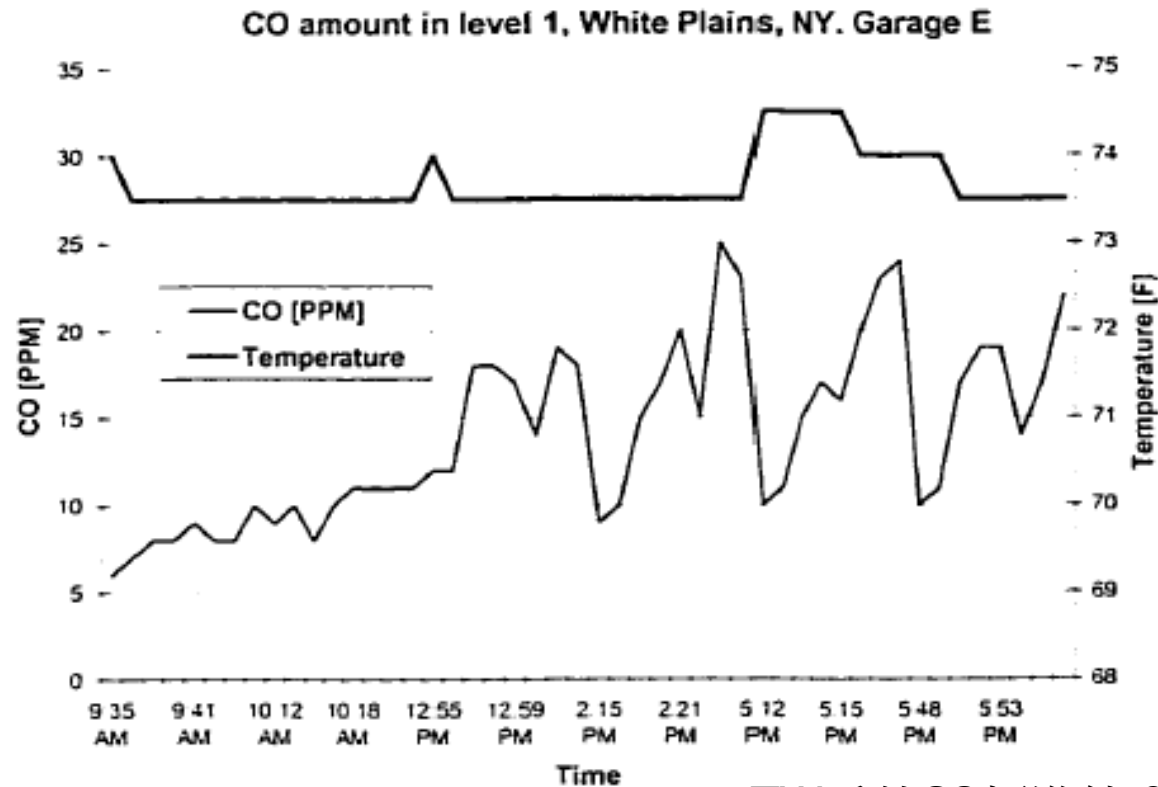
停車場廢氣



TW戶外CO標準值 9.0 ppm (8小時平均)

Figure 3.1(e): Time variation of CO level in Garage A. The minimum and maximum outdoor ambient air temperatures for the day are 65 °F and 77 °F, respectively.

停車場廢氣



TW戶外CO標準值 9.0 ppm (8小時平均)

Figure 3.6(c): Time variation of CO level in Garage E. The minimum and maximum

outdoor ambient air temperatures for the day are 66 °F and 74 °F, respectively.

Ayari, Arselene Mohamed, "Ventilation rate requirements for enclosed motor vehicle facilities," PhD Thesis, UNIVERSITY OF COLORADO AT BOULDER, 1999.



Table 4 provides a summary of existing codes and standards for ventilating enclosed

停車場CO標準

Table 2.4: Summary of all standards in the US and around the world

	Time [hrs]	ppm	Ventilation
ASHRAE	8	9	1.5 cfm/ft ²
	1	35	
ICBO	8	50	
	1	200	
NIOSH/ OSHA	8	35	
	ceiling	200	
NFPA			6 ACH
ACGIH	8	25	
Canada	8	11/13 *	
	1	25/30	
Finland	8	30	0.53 cfm/ft ²
	15 minutes	75	
France	ceiling	200	350 cfm/ car
	20 minutes	100	
Germany			0.66 cfm/ft ²
Japan/ S. Korea			1.25-1.50 cfm/ft ²
Netherlands	0.5	200	
Sweden			0.18 cfm/ft ²
U.K.	8	50	6-10 ACH
	15 minutes	300	

Ayari, Arselene Mohamed, Ventilation rate requirements for enclosed motor vehicle facilities, PhD Thesis, UNIVERSITY OF COLORADO AT BOULDER, 1999. p.34

香煙煙霧

- 香菸、二手煙、Environmental Tobacco Smoke, ETS、環境香煙煙霧
- 許多慢性病起因於環境香煙煙霧、包括肺癌、心臟病、氣喘、慢性阻塞性肺疾等。
- 吸煙者罹肺癌是一般人的3倍、肺癌死亡率高達10倍，與吸菸量成正比；喉癌6倍、子宮頸癌5.8倍、胃癌1.7倍、口腔癌2.6倍、食道癌3倍、肝硬化2倍、腎病變2.2倍、心血管疾病2倍。B型肝炎帶原者又吸煙，肝癌比例是一般人25倍。
- 香煙煙霧細小，不是一般通風設備所能清除，大樓內禁煙絕對必要。

香煙煙霧

- 在二手煙霧中至少找到 4500 種物質：
 - 其中 60 種已被證實為致癌物，如苯。
 - 部份成份如氫化氰、尼古丁及氮氧化物對人體有害，造成刺激。
- 影響
 - 對小孩尤其有害。
 - 提高呼吸道疾病、肺癌及其他心臟疾病的機會。



環境香煙煙霧

- 國內第一份本土煙害研究1982~2002調查115,000人。
台大流行病學研究所陳建仁等
 - 國內有450萬人吸煙，台灣18歲以上男性47%吸煙(410萬人)；女性抽煙人口有5%。
 - 一年吸掉6,150億支紙菸，花費120~180億。
 - 2001年因煙害喪命17000多人，每半小時就有一人死於煙害，占全國總死亡人數14%。死者中1462人歸因於二手煙危害。
 - 因吸煙相關疾病而早逝的吸煙者，平均57.4歲，比不吸煙者少22年。
 - 每年健保支出200億元治療吸煙相關疾病。(\$4500/人年)
- 不管淡煙或濃煙危害都一樣。淡煙讓人喪失警覺，吸食量變大，更肆無忌憚地深吸。

3. 家具及建材

家具及建築材料、裝潢材質、發泡樹脂逸出有機氣體VOC，尤其是甲醛

甲醛

- 甲醛, Formaldehyde, HCOH (37% 或 56% 之水溶液 俗稱福馬林)
- 甲醛是無色易溶的刺激性氣體，由於化性活潑、反應性強，在化學工業上廣泛地用在民生消費用品、樹脂之合成、黏著劑等。
- 高濃度的甲醛對神經系統、免疫系統、肝臟等都有毒害。
- 長期接觸低劑量甲醛，可引起慢性呼吸道疾病、女性月經紊亂、妊娠綜合症，引起新生兒體質降低、染色體異常。
- 甲醛還有致畸、致癌作用，長期接觸引起鼻腔、口腔、鼻咽、咽喉、皮膚和消化道的癌症。

甲醛

- 室內VOCs中以甲醛之逸散量最大。
- 甲醛主要來自民生消費用品、裝潢板材甲醛樹脂或黏著劑、辦公事務機、黏著劑及塗料之逸散。油漆、塑膠、壓縮木、夾板及醛泡沫樹脂保暖材料。拜香、蚊香、香煙等燃燒產物。
- 歐美各國室內甲醛之建議值為0.1 ppm，WHO建議不超過0.08 ppm為原則。
- 由於國人有過度裝修的習慣，各大樓的甲醛終生致癌風險為可接受致癌風險(10^{-6})之100~1000倍。
- 江哲銘、林慶元，「綠建材認定要項研究」，九十一年度建築研究計畫聯合研討會，2002

甲醛

- 本研究團隊實測，曾顯示一年內室內甲醛濃度約可降低一半，但不同之場所會因其室內裝潢、建材及通風之不同而異，故多久可達到WHO規定值之時間均不同。
- 原則上有嗅到味道時濃度皆已超過WHO的規定。
- 惟裝潢、建材會持續釋放微量甲醛達一年至數年之久，此為無法避免之事，只能在使用初期大量逸散時先儘量去除。
- 既存之室內空間，應多利用通風及空氣清淨機來改善室內空氣污染。



VOCs

- 室內VOCs逸散主要來自裝潢板材、辦公事務機、黏著劑及塗料、吸煙、及一般消費品之使用。油漆、溶劑、清潔劑、蠟、殺蟲劑、芳香劑木料、染料、辦公室器材。
- 各種有機溶劑中大量存在苯。
- 再加上台灣地處亞熱帶，溫濕度高，有利於VOCs逸散，且台灣地狹人稠，住宅區中常混雜各種產業如乾洗業、加油站，因此台灣之VOCs負荷較一般歐美國家高 (洪崇軒等，2002)。
- 室內VOCs濃度可高於室外 2~50倍。
- 會產生Indoor air Chemistry.

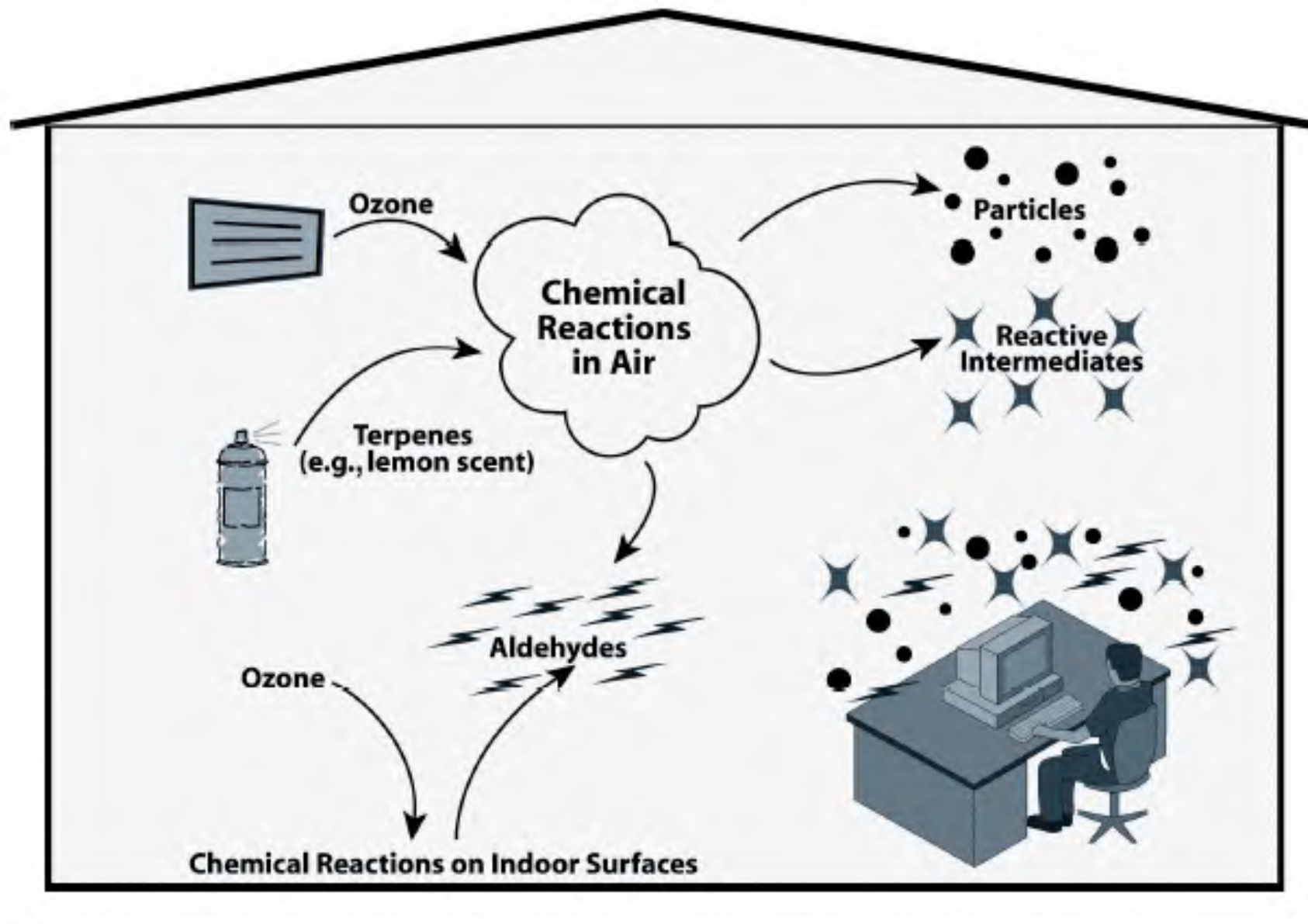


Figure 2. Chemistry in indoor environments. Ozone reacts with terpenes and with surfaces (e.g., walls and carpets) resulting in airborne particles and gaseous products that may substantially reduce indoor air quality.

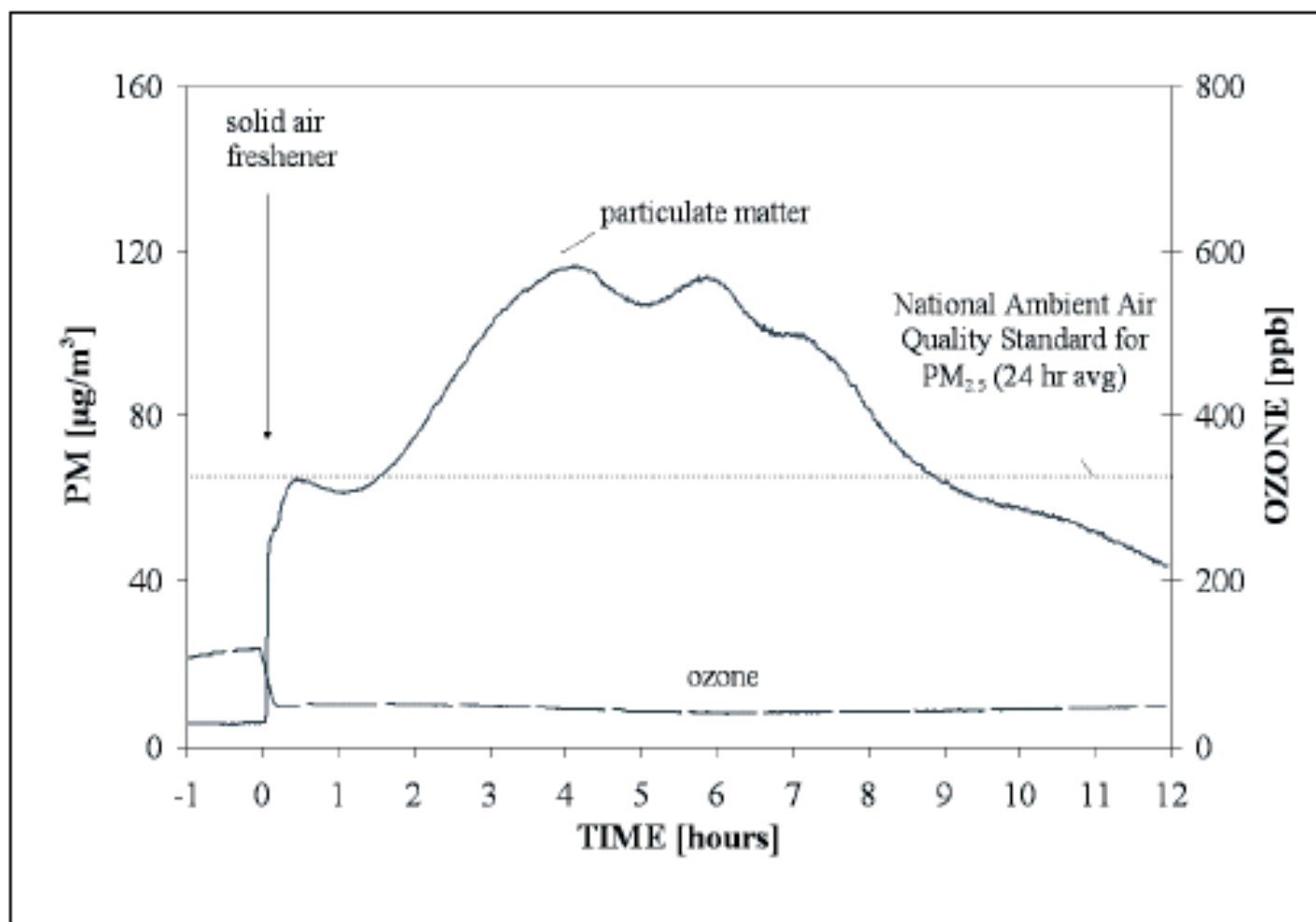


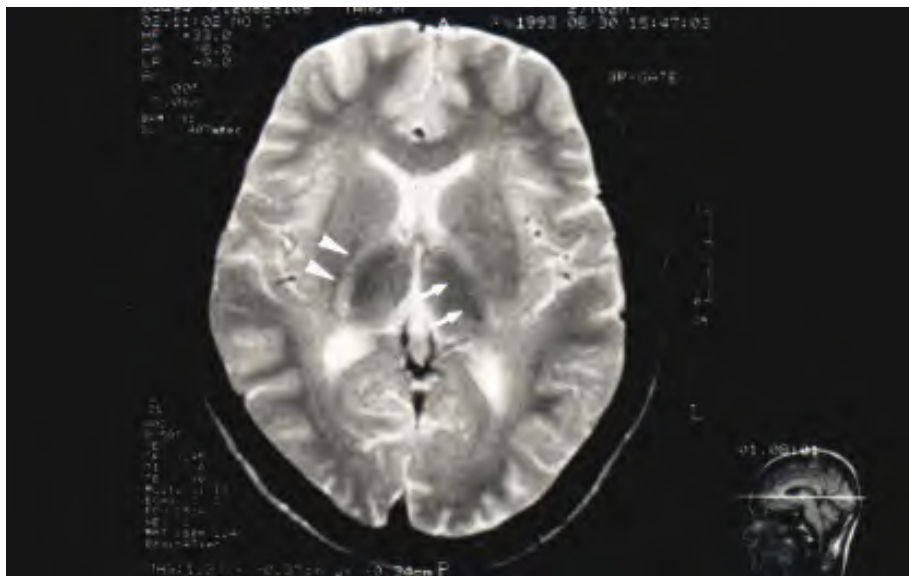
Figure 1. Mass concentration of particulate matter and ozone after addition of a solid air freshener (at time zero) into an experimental chamber. The solid air freshener emitted several terpenes and was approximately the size of a 3.5-in. computer floppy disk.



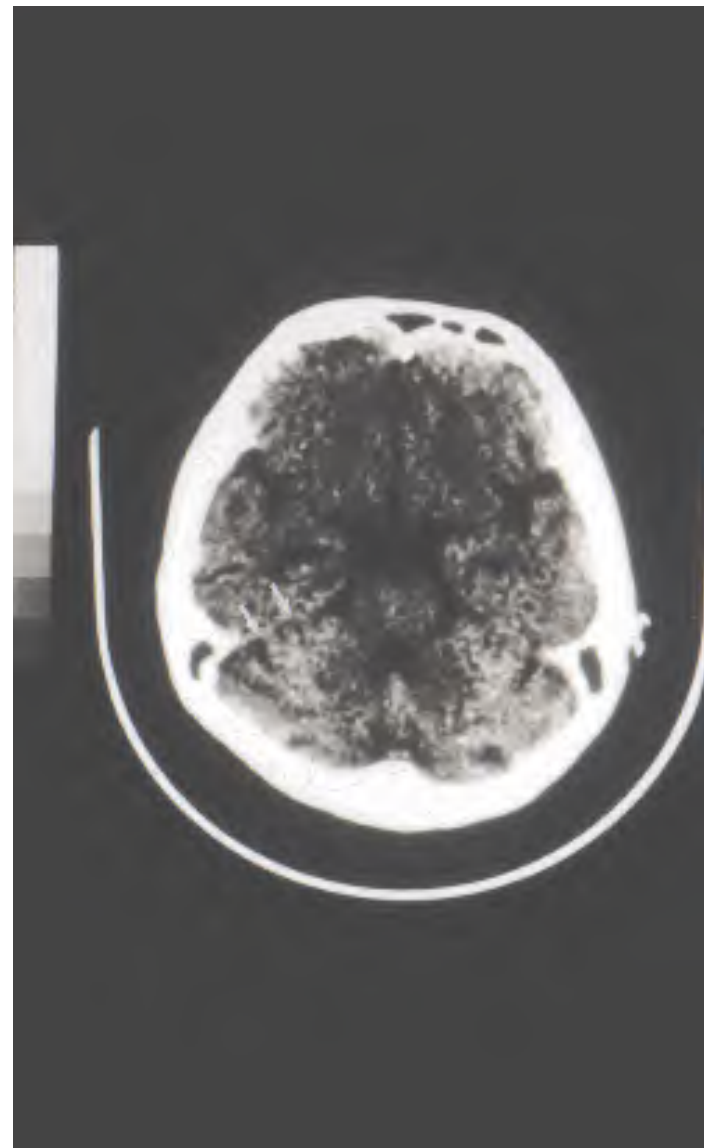
VOCs

- 刺激眼鼻喉及呼吸道、頭痛、精神不集中、暈眩及疲倦。損壞中央神經系統、肝臟及腎臟。
- 欲短時間內加速甲醛及VOC之逸散，可利用建材在高溫高濕環境下較容易逸散之特性，於夏季或中午、下午逸散加速時，利用通風換氣來降低污染物濃度，以抽風扇將污染氣體抽出戶外，同時要避免抽氣迴流。
- 裝潢完畢後應加強通風至少一個月。室內有人在時勿緊閉窗戶，並且多開窗配合電風扇/抽風扇來降低污染物濃度。

甲苯



- ↑甲苯大量吸食後，引起之大腦基底核病變
- →甲苯大量吸食後，引起之大小腦萎縮
- http://ww2.epa.gov.tw/justice/picture/h_pict.htm





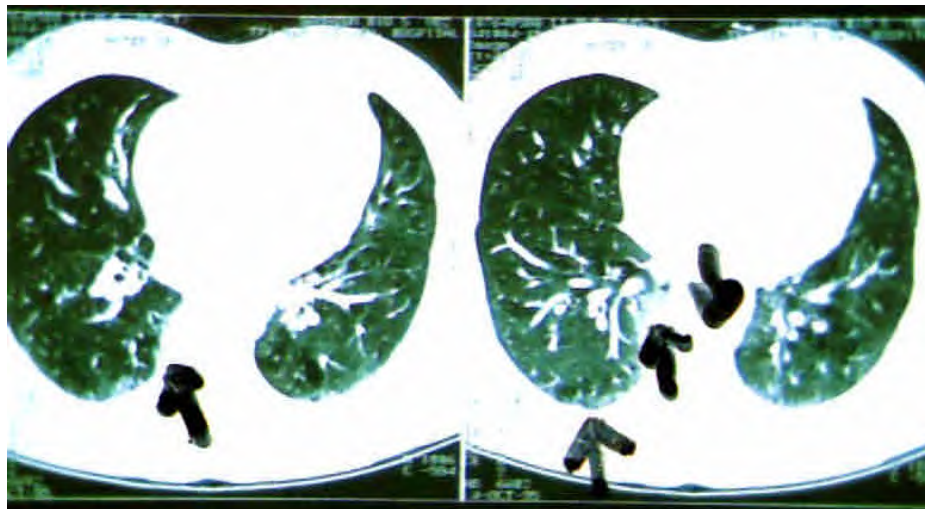
石綿

- 石綿是自然產物，脫水礦物性矽酸鹽的總稱，以纖維狀(針狀)存在。
- 存在於地磚、水泥、吸音、隔熱材、煞車片...。
- 石綿纖維是已知的致肺膜癌物質。會引起矽肺症、癌症、胸膜及腹膜之間皮瘤等，其癌症潛伏期長達15~20年。
- 石綿建材破損，可能使石綿纖維飄浮在空氣中。
- 早期曾在英、美的辦公室、住家及公共建築中發現空氣中的石綿濃度高達80,000根石綿纖維/m³。
- 在台灣石綿瓦、石綿建材卻仍然被廣泛使用且毫無管制。

石綿

- 矽酸鈣板材因防火需求而大量使用，但部份材料中含有石綿。經濟部抽查市售防火建材，1/4產品含石綿。
2003/6
- 切鋸時會石綿外露，產生破碎纖維而釋出。以電動機械裁切會造成更多粉塵，電動工具本身產生氣流而使粉塵飛揚更加嚴重，勿使用電動工具裁切。
- 經濟部標準檢驗局已著手修正國家標準，將要求含石綿之矽酸鈣板材應標明含有石綿，如施行後建議營造業者應使用不含石綿製品。
- 禁用含石綿之建築材料為根本解決方法。
- 九十二年度研究計畫 IOSH92-A512, 建築用矽酸鈣板材石綿釋出問題探討, 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
<http://www.iosh.gov.tw/data/f3/92paper/92a512/92a512.htm>

石綿



- ↑人體遭石棉污染：肺部高解析度電腦斷層攝影HRCT
- →肺部X光顯示下雙側肺紋增加。
- http://ww2.epa.gov.tw/justice/picture/h_pict.htm



建議

1. 正確的裝修觀念: 裝修應簡潔大方，避免在室內打造過多傢具，尤其是面積小的家庭。
2. 選擇有環保標識的綠建材、傢具、塗料，如歐美等級較佳之傢俱、銘木地板、水性漆、植物漆等。不能只圖好看或便宜，應選擇知名度較高的廠家。可向商家索取建材中甲醛釋放量的測試報告。
3. 新房子可在裝修前1~2個月事先購買好裝修材料。先放在戶外或陽台將污染物逸散。
4. 新裝修住宅最好在有效通風換氣一~三個月後入住。
5. 老舊房子建議採用通風換氣(開窗、空調)及污染物控制法(如空氣清淨機)來降低室內污染物濃度。
6. 簽訂環保合同。包工包料的裝修合同，應將環保要求在合同中明確規定，以免糾紛出現後空口無憑。

4. 電子電器

家用電器

- 使用雷射印表機及影印機會排出VOCs，如二甲苯(xylene)及乙苯(ethylbenzene)。
- 台灣住家的VOCs中，苯、乙苯、對二甲苯、鄰二甲苯之濃度與英美比較，顯著偏高。
- 袁中新;陳俊銘, 台灣地區住家室內空氣品質特性研究,第十屆空氣污染控制技術研討會,1993



一些家居用品如個人電腦等可釋放揮發性有機物。

電器耐燃劑

- 電腦、電視等電器為防過熱，會添加防止過熱燒壞的保護劑PBDEs，會散發溴化二苯醚氣體。
- 溴化止燃劑/溴化耐燃劑: polybrominated biphenyls (PBB) and polybrominated diphenyl ether (PBDE)。
PBDEs，是多氯聯苯的兄弟。是環境荷爾蒙。
- 每年全球八大化工公司共製造超過1億360萬公斤的溴化止燃劑，其中27%為PBDEs。
- 塑膠容器、電視與電腦外殼、家具充填泡棉、低燃性地毯與窗簾、硬質保力龍(PS)及海綿充填墊中含5~30%w的PBDE。

電器耐燃劑

- PBDEs具有揮發性，可以由物品中逸散到空氣中。不易溶於水，容易溶入油脂類。在環境中不易分解，隨著食物鏈而累積。
- 2001年瑞典調查，從1972年以來，母乳中所含的PBDEs快速增加，以每五年增加一倍的速度累積在人體內。
- 英國曾有一名兒童整天在密閉室內打電腦，出現肝腫大、掉髮等溴化二苯醚中毒現象。
- 歐盟 2006/7將禁用PBB, PBDE。
- <http://forum.yam.org.tw/women/backinfo/recreation/bulletin/pu16904.htm>
<http://gdn.ema.org.tw/newsletter/gdnEpaper2003010B02.htm>
http://www.ul.com.tw/techinfo/tips_200312.htm

臭氧

- 低濃度的臭氧 O_3 無色無味。
- 具強氧化力，化學性質非常活躍。
- 搭配有臭氧、活性氧、三元氧、負離子等所謂的空氣清淨機，其產生的臭氧，濃度低卻會傷害呼吸系統及黏膜、刺激眼部及呼吸道。





臭氧

- 臭氧排放係數：
 - 空氣清淨機84~1212 $\mu\text{g}/\text{min}$
 - 影印機15~45(2~158) $\mu\text{g}/\text{copy}$
- 戶外空氣品質標準值 0.12 ppm(小時平均值), 0.06 ppm(8小時平均值)。影印間曾測到 0.30 ppm。
- 在密閉空間開啟這類臭氧機10分鐘後，可能會有 1~5 ppm以上(視空間大小)。
- 不建議於有人在的時候使用臭氧機。

5.消費性產品

芳香劑

- 香香的除蟲劑，芳香療法，房間、廁所或車廂的芳香劑含甲醇、甲醛等揮發物，或添加苯、氯等毒物。
- 芳香劑聞久精神不濟，頭昏腦脹，不是密閉空間內燃燒、薰燒，消耗室內氧氣，就是芳香劑成分有問題。
- 以汽車芳香劑自殺，血中甲醇濃度高達12 mg/100cc。
- 苯有骨髓毒性，含氯會造成肝腎傷害，燃燒後釋出的HCs，讓人神智昏沈，有礙腦細胞發育。
- 管理在灰色地帶，沒有標示成份，不管哪裡製造，大都用日文標示，沒有中文。
- 使用芳香劑最好保持環境通風。

- 林口長庚醫院臨床毒物科主任林杰樑
<http://tw.news.yahoo.com/040316/43/ipa9.html>



精油

- 精油Essential Oil: 植物精萃後的高劑量產品，成份全為芳香分子(即VOCs)。
- 化學分子屬性為異戊二烯isoprene聚合物或苯環分子benzene ring氧化物，這些碳氫分子構成各種萜、醇、酮、酚、醛、酯。
- 薰香以水蒸法加水間接加熱薰香較直接燃燒精油混合物安全。

精油療效

- 芳香療法業用的精油大都用蒸餾法來製造萃取，所以成份幾乎已無維他命、單寧酸、黏質物、配醣體等植物成份，唯有芳香分子。
- 許多精油供應商標示混淆不清，如：忽略標示精油萃取品種的學名，誇大精油不實的效用，宣稱精油功能即等於萃取精油的原形植物藥性等。
- 有的精油成分中具有療效，家中如有孕婦要特別避免。
- 衛生署規定精油若宣稱療效，則已違反藥事法。

精油抑菌

- 肉桂、檀香、迷迭香等植物精油分別以水、酒精為介質，研究對空氣雜菌之抑菌活性。
- 薰蒸時間增加，抑菌效果亦增加。增加間隔停止薰蒸時間，空氣雜菌回復滋長速率亦增加。
- 間隔停止薰蒸二小時後，雜菌回復滋長速率與無精油薰蒸者近似而失去抑菌作用。
- 林潔怡；洪淑嫻；張耀南, 植物精油對空氣雜菌之抑菌活性作用的探討, 第八屆生化工程研討會, 2003/06/27~28
- 張耀南；顏裕鴻；曹志安, 檜木精油抗菌活性之研究, 第六屆生化工程研討會, 2001/06/29~30
- 張上鎮；陳品方；張上淳, 台灣杉精油及抽出成分之抗細菌活性, 中華林學季刊, 33:1, P119-125

精油溶劑

- 汽化精油以異丙醇為溶劑(含量達90%)。
- 燃燒精油 + 溶劑：1.氣爆。 2.密閉空間內使用，燃燒不完全，導致CO中毒。
- 三年內12起精油異丙醇等引發氣爆。 2003/08/12
- 點燃精油時，應注意瓶身及放置處是否滲漏。
- 異丙醇濃度50%以上薰香油應警示勿點燃。



文具

- 滑石粉粘著的功用，用在黏土、蠟筆、粉筆中。滑石粉為天然礦物，常夾雜石綿。
- 油性顏料需加入有機溶劑來溶解，香料也要藉有機溶劑的揮發帶出香味。有機溶劑包括酒精、丙酮、甲苯、二甲苯等。
- 修正液、原子筆、簽字筆、白板筆、印台、膠帶。黏著劑、快乾膠、樹脂、油漆、溶劑、香蕉水、去指甲油等都含VOC。
- 國內偶然發現，已被禁的五氯酚，竟添加在兒童的紙黏土中，環保署才開始限用或禁用文具中的有毒物質。一例為禁止四氯乙烯用在修正液和簽字筆中。
- 美國曾因進口的書包拉鍊、蠟筆含過量鉛；蠟筆含石綿、苯胺類顏料，強制廠商收回市面商品。加拿大、日本、歐盟亦同。



消費性產品

- 吸食猝死症: 美國1996年調查, 美國青少年中, 有五分之一染上吸食有機溶劑 (包括文具、汽油和其他家用品) 的癮, 他們因吸入這類物質而有短暫興奮的效果, 但之後呈現頭昏、噁心、嘔吐、紅眼、言語遲鈍、嘴唇破裂的症狀, 嚴重時會影響腦部、肝、腎、血液的功能, 甚至猝死。
- 多重化學物質過敏症: 相反的, 有人則是對有機溶劑非常敏感, 會引發關節炎、大腸炎。

消費性產品

1. 正確的購買和使用文具，買環保標章的商品。
2. 提醒孩子常洗手，不要養成咬筆桿、咬指甲、咬各種東西的習慣，以免吃下過量的鉛，影響智力。
3. 不要為了某種香味而過度使用或吸入有機溶劑，影響身體健康。



清潔劑是室內揮發性有機物的來源之一。

6. 生物污染物



生物氣膠bioaerosols

- 氣膠aerosols: 以固態或液態懸浮於大氣中的物質，微小固體、結晶、液體粒子、氣體介質所形成之混合系統。
- 生物氣膠bioaerosols: 人及動物之毛髮、皮屑、花粉、微生物、真菌(黴菌Mold/Mildew)、細菌(退伍軍人菌)、塵蟎、及塵灰等。都是致病原及致過敏原。

塵蹣

塵蹣大小約
0.17~0.50 mm，以
人或動物脫落的皮
屑、指甲、毛髮為
主食，喜好生長於
床褥、枕頭、地
毯、傢俱裝飾、衣
服、有毛的玩具



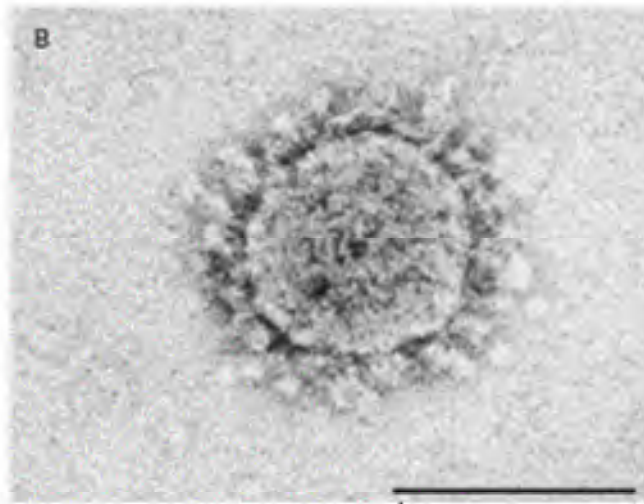
圖三：電子顯微鏡下的蟎。

塵蹣

- 在25°C，溼度~80%時生長最好，因此很適合在台灣的環境中生長，在夏末秋初時繁殖最多。
- 塵蹣及其排泄物是常見的過敏原，屋外灰塵只是非特定性的刺激物質，因此居家環境應儘量清除塵蹣，
- 臥室及客廳是居家生活時間最多的地方，也是塵蹣主要生長場所。
- 最好同時用除濕機、冷暖氣機及空氣濾淨裝置，以保持空氣潔淨及溫濕度穩定。溫度最好<24°C，濕度最好50~65%，濾網常清洗，如此可減少塵蹣、黴菌。
- wash bedding in hot 55°C water for 1 hour.
- <http://lancaster.unl.edu/enviro/pest/factsheets/013-97.htm>

細菌、真菌

- 細菌、真菌及病毒(須有載體)。
- 透過通風系統散播，存在於空氣中，在潮濕及通風差的地方滋生。黴菌易生長於70-80%，24~27°C的環境
- 影響因其種類而異。



根據新英格蘭醫學期刊 (The New England Journal of Medicine) 的一篇論文 [1] 指出：電子顯微鏡照相下，SARS 病毒的直徑是 80~140 奈米 (即 0.08~0.14 微米)，厚度 (類似皇冠周緣的突觸高度) 是 20~40 奈米 (0.02~0.04 微米)。左圖所示即 SARS 冠狀病毒的顯微照片，左圖右下方的黑色橫線長是 100 奈米 (100nm)。

退伍軍人症

- 在1976年美國退伍軍人大會在美國賓州費城一家旅館中舉辦年度大會，會後不久陸續有二百多名參與大會的人員發生肺炎及呼吸道感染現象，其中三十多人死亡，
- 當時造成恐慌，起初不明原因，故稱「退伍軍人症」。數月後，研究人員分離出致病菌*Legionella pneumophila*。
- 這種細菌在自然界中廣泛存在，尤其是在停滯的溫水中生長更佳，常經由被細菌污染的大樓空調冷卻水塔，經水蒸氣進入空調系統，造成流行，主要由空氣傳染，好發於夏秋交替之際，潛伏期二至十天。

退伍軍人症

- 人工的冷熱水處理系統是Legionella pneumophila很好的繁殖環境，而冷暖空調噴霧系統更使它散播。
- 被吸入肺臟後會寄生在肺泡內的吞噬細胞中而繁殖，免疫機能好的人可經由淋巴球來抑制其增殖，也可經氣管纖毛的顫動而排出肺臟。
- 肺炎、發燒、發冷、頭痛和肌肉疼痛及降低免疫力。通常2~5天便會自癒。抵抗力較差的人可能致命。
- 發病型態分為肺炎型、輕度自癒型、無症狀型及肺外感染型等。

退伍軍人症

- 肺炎型: 常發生在抽菸、酗酒、老人、慢性病人及免疫機能不全者，臨床症狀為疲勞、頭痛、無力、全身酸痛、發燒、咳嗽、胸痛、喘氣等，嚴重可能引起呼吸窘迫症候群、休克、腎衰竭、肌肉壞死溶解等，以致死亡。
- 非肺炎型: 臨床症狀為疲勞、頭痛、無力、全身酸痛、發燒、流鼻水、輕咳、喉痛、下痢、噁心、頭暈、怕光等
- 衛生署1997年調查，車站、飯店、美容美髮院、游泳池、電影院、K T V及醫院等八大場所，水塔空調超過三成檢出退伍軍人菌，醫院的檢出率更高達47%。

室內環境氣膠

- 冬天室內微粒的濃度略高於夏天，而室內與室外環境 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 的比值約為0.76和0.66，
- 說明室內的懸浮微粒較屬於細微粒的範圍，且含有多環芳香烴碳氫化合物，值得注意。
- 室內生物氣膠方面，辦公室之真菌濃度低於家戶，真菌應可被空調系統清除而濃度降低。
- 人們為細菌之重要產生源，因此辦公室及居家環境之細菌濃度相似。

- 李芝珊，國內室內環境氣膠評估(1999)

7.通風不良



二氧化碳

- 無色、無味、無臭。
- 累積在通風不良的地方。
- 無毒但高濃度時會使人不適，令人睏倦，反應強烈的更可能覺暈眩。
- 來源：生物呼吸中呼出，燃燒。
- 二氧化碳是空氣污染的簡易指標。二氧化碳濃度高代表通風不良，代表若有空氣污染時，污染可能會累積。



能源效率大樓

- 為了節約能源，現代所謂的能源效率大樓，避免室外冷熱空氣影響室內溫度，儘量減少可以開啟的窗戶，空氣流通主要靠大廈中央通風系統。
- 中央通風系統循環，令室內空氣污染物，包括微塵、細菌、化學物質等不能排出而累積於室內，導致健康受影響。
- 只要把空調轉到氣體交換，就能避免這些污染，雖然電費增加，但健康可被改善。
- 8 liters per second per person of fresh air must be brought into buildings to replace stale indoor air and maintain air quality (ASHRAE, 1989).

Tight Building







8.放射性物質

氡氣

- 氡、氡氣Randon是地球放射性物質衰退時的自然產物，由土壤、岩石、水泥、砂中，緩慢釋出，無色、無味，比重是空氣七倍半，是自然界惟一天然放射性氣體。衰變成固體微粒。
- 室內氡約20%來自建材。80%室外滲入。
- 氡對人的輻射傷害占一生全部輻射傷害>55%，
- 氡誘發肺癌的潛伏期在15年以上，世界上1/5肺癌與氡有關。氡是除吸煙外肺癌的第二大因素，WHO列為致癌的19種物質之一。美國每年5000~20000人因氡產生肺癌，佔肺癌總數10~14%。



氡氣

- 氡氣混合二手煙對健康危害至巨大。在同一氡氣量的環境下，吸煙者患上肺癌的機會要比非吸煙者為高
- 氡對人體脂肪有高親和力，影響神經系統，使人精神不振，昏昏欲睡。暴露氡氣的工人，除上呼吸道疾病及肺癌外，也有慢性腎炎，與氡蛻變為腎毒性的放射性鈾有關。增加孕婦自然流產及畸形兒機率。

鈾238的衰變

- 氡會衰變成其他放射性金屬粒子: 釷、鉛210及鈾，稱為子核種Radon daughters，氡衰變後產生的系列子元素。
- 從放射性氡衰變到穩定的鉛的時間約為25年。
- 常溫下氡及子體在空氣中能形成放射性氣膠。
- 容易被呼吸系統截留，滯留體內，一年肺部每四百個細胞就有一個細胞會因 α 粒子穿過而突變，易造成細胞基因傷害，形成癌細胞。

核種	半衰期	輻射線
鈾 238	45 億年	$\alpha\gamma$
↓	↓	↓
釷 234	24.1 天	$\beta\gamma$
鏷 234	1.2 分	$\beta\gamma$
鈾 234	247,000 年	$\alpha\gamma$
釷 230	80,000 年	$\alpha\gamma$
鐳 226	1,622 年	$\alpha\gamma$
氡 222	3.8 天	α
釷 218	3 分	$\alpha\beta$
鉛 214	26.8 分	$\beta\gamma$
鈾 214	19.7 分	$\alpha\beta\gamma$
釷 214	0.00016 秒	α
鉛 210	22 年	$\beta\gamma$
鈾 210	5.02 天	$\alpha\beta$
釷 210	138.3 天	$\alpha\gamma$
鉛 206	安定	穩定

氡氣

- 天然石材由于產地、地質結構和生成年代不同，其放射性也不同。
- 在衰變中產生的放射性物質，如可衰變物質的含量過大，即放射性物質的“比活度”過高，則對人體有害。
- 火成岩類建材(尤其是花崗岩石材)含有放射性元素，特別易釋放出氡。
- 台灣的北投溫泉區、光崗岩建材建築物、金門的花崗岩地形區，都可能存在有放射性氡元素存在。
- 釋出氡的建材有磚沙、水泥、石子、瓷磚及石膏，建材中典型之氡~40Bq/kg。

輻射劑量單位

放射性廢料輻射強度 (activity):

- 居禮: (Ci) 為放射活度的單位。定義為一克重量的鐳所釋放的放射活度。紀念居禮夫婦。1 Ci = 3.7×10^{10} dps (蛻變/秒)，為一克重量的鐳釋放的放射活度。因其數值太大，現多已被Bq取代。
- 貝克:(Bq)活度的國際專用單位，1 Bq = 1 dps(蛻變/秒)，並取代居禮(Ci)。在1975年國際輻射單與度量委員會ICRU函送許多期刊提到度量衡會議已採用ICRU的建議：活度的國際專用單位為貝克。
- 貝克勒爾(Antonine Henri Becquerel, 1852-1908)於1896年發現放射性而與居禮夫婦共同獲得1903年諾貝爾物理獎:從事放射性物質研究的第一個諾貝爾獎。

輻射劑量單位

等效劑量: 為人體組織的吸收劑量和射質因數的乘積，已含有輻射對組織器官傷害的意義

- 1 Sievert西弗=100 rem倫目。台灣每人每年所受到的天然輻射劑量約為2毫西弗，政府規定職業人員年劑量限度為每年50毫西弗。

物質吸收的輻射劑量:

- 1 Gray葛雷(焦耳/公斤) = 100 Rad雷得。

氡氣

- 由土壤和岩石產生的土壤氣Soil Gas滲透到室內(土壤氣中氡 $\sim 37 \text{ kBq/m}^3$)，由地底隨著井、泉水流出，或是室外之空氣滲透到室內(美國平均之大氣氡 $\sim 10 \text{ Bq/m}^3$)。
- 如果居住或工作在一樓、地下室、隧道及礦坑等，加上通風不良，氡會較地面大氣來得高，特別是密閉的儲藏室和儲藏櫃。室內的汽車尾氣。
- USEPA建議氡的濃度要維持在 4 pCi/L 以下才安全，尤其是地下室，更要留心通風不良的問題。ICRP建議在 4 pCi/L 以上須矯正。(Fig 10.16, 10.17)
- $4 \text{ pCi/L} = \text{每公升空氣中 } 4 \times 10^{-12} \text{ 居禮單位} = 142 \text{ Bq/m}^3$



國家氡行動月

- WASHINGTON, DC, January 15, 2003 (ENS) - About one home in 15 across the U.S. contains too much radon, making the invisible gas one of the nation's leading causes of lung cancer.
- In some areas of the country, as many as one out of two homes has high levels of indoor radon. U.S. EPA Administrator urged Americans to test their homes for radon gas in January, which has been designated as National Radon Action Month.
- "As many as 22,000 people die from lung cancer each year in the United States from exposure to indoor radon," Whitman said. "Americans could help prevent these deaths and protect their families by testing their homes for radon as soon as possible. Not only is radon testing a sound investment in the long term health of your family, but it could also be a good investment in terms of the resale value of your home. In many areas, radon testing is a required part of real estate transactions."

室內空氣污染源

主要源自室外	
硫氧化物(氣體及微粒)	燃料燃燒、鍊礦爐
臭氧	光化學反應
花粉	樹木、草、植物
鉛、錳	汽、機車排氣
鈣、鎘、矽、氯	塵土再懸浮、工廠排放
有機物質	石化溶劑、燃料蒸發、生物性來源
室內外來源都有	
NO _x	燃料燃燒
CO	燃料燃燒
CO ₂	燃燒、代謝產物
微粒	燃燒產物、蒸氣冷凝、微粒再懸浮
水蒸氣	生物活動、燃燒蒸發
有機物質	燃燒、油漆、代謝產物、有機液體蒸發、農藥
孢子	真菌、黴菌

主要源自室內	
氬氣	土壤、建築物質(混凝土、石材)、給水
甲醛	絕緣物質、傢俱、香菸、Particle board
石綿、礦物纖維、合成纖維	絕緣物質、抗火物質
有機物質	黏合劑、溶劑、烹飪化妝品
氨	代謝產物、清潔劑
多環芳香族烴、砷、尼古丁、丙烯醛	香菸
水銀	殺菌劑、油漆、水銀溫度計斷裂、牙醫診所水銀漏出
使用噴霧方式之商品	消費商品
微生物	動物(含人體)、植物
過敏原	室塵、動物垢屑、昆蟲節肢



健康影響

NO₂:

- Pulmonary edema
bronchoconstriction
increased infection rates

Formaldehyde:

- lower respiratory irritation
pulmonary edema 肺水腫
increased anxiety
Changes in short-term
memory

Tobacco smoke:

- lung cancer, 3000 lung
cancer deaths in US.

Asbestos fibers:

- Lung cancer
pleural and peritoneal
mesotheliomas
胸膜、腹膜間皮瘤
gastrointestinal tract
cancers

Radon and its airborne decay products:

- lung cancer caused by solid
decay products,
7000~30000 lung cancer
deaths in US.



IAQ Modelling

The mathematical model is based on the following mass-balance equation:

$$dC = PaC_o dt + S / V dt - (a + k)C dt$$

C: spatial average indoor pollutant concentration, (ppm);

C_o : outdoor pollutant concentration, (ppm);

P: fraction of the outdoor pollutant level that penetrates the building shell, (-);

a: air exchange rate, (1/ hr);

S: indoor pollutant source strength, (g/hr);

V: building volume, (m^3);

k: net rate of removal processes other than air exchange, (-).

- Dhaliwal, Baljit Singh; “Alternative fuel effects on vehicle emissions and indoor air quality,” MSc Thesis, UNIVERSITY OF ALBERTA (CANADA), 2000

IAQ Modelling

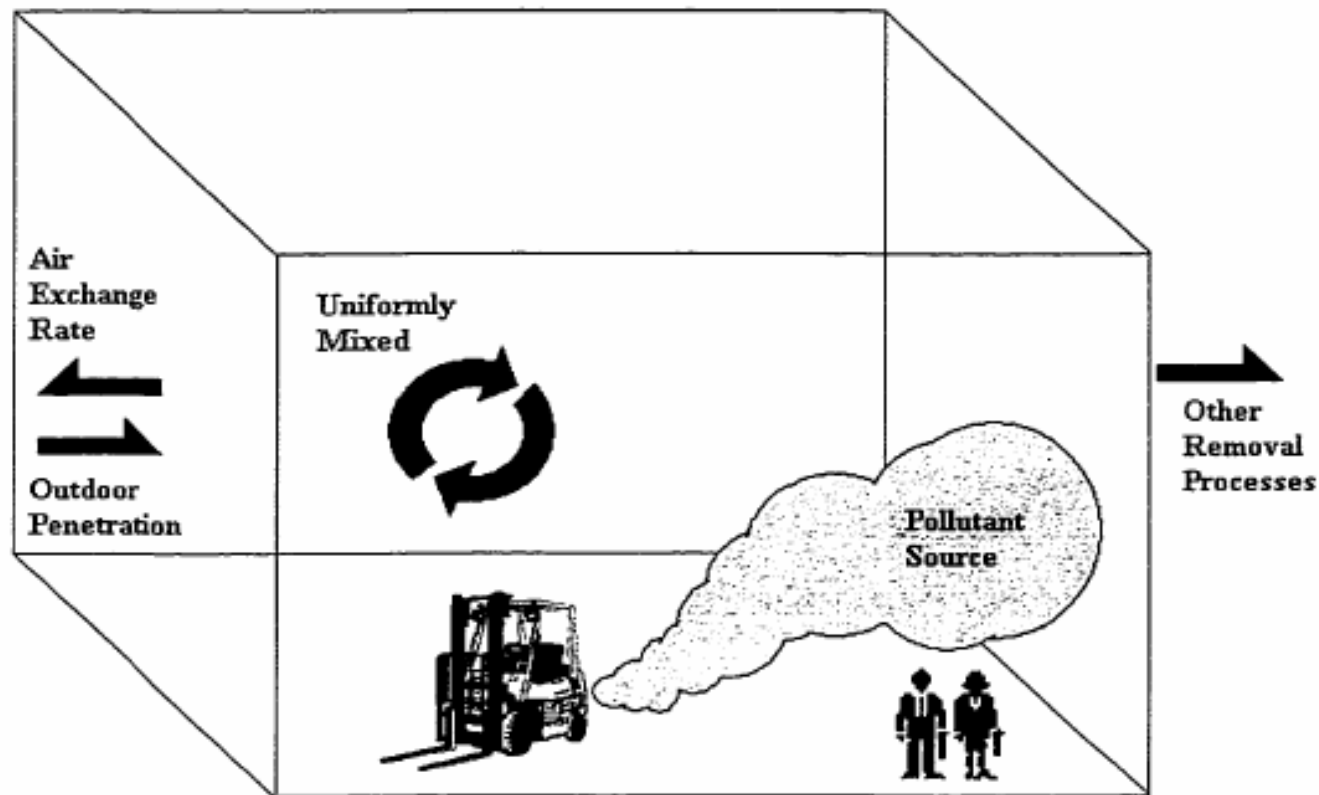


Figure 4.1: Schematic of a Well Mixed Volume with an Emission Source and Key Parameters.



IAQ Modelling

The spatial average concentration as a function of time is shown below for $t < t_{\text{shutoff}}$ and $t \geq t_{\text{shutoff}}$ where the variable t_{shutoff} represents the time the forklift unit is shut off i.e. the source term becomes zero: $S = 0$ g/h.

$$C(t) = \frac{PaC_o + S/V}{(a + k)} [1 - e^{-(a+k)t}] \quad \text{for } t < t_{\text{shutoff}} \quad (4.2)$$

and for $t \geq t_{\text{shutoff}}$

$$C(t) = \frac{S/V}{(a + k)} [1 - e^{-(a+k)t_{\text{shutoff}}}] e^{-(a+k)(t-t_{\text{shutoff}})} + \frac{PaC_o}{(a + k)} [1 - e^{-(a+k)t}] \quad (4.3)$$




室內空氣污染控制



室內空氣污染控制

■ 考慮因素：

- 污染物特性（濃度、反應、物理狀態、微粒直徑）
- 污染源特性（連續或間歇的排放、單一或多污染源、室內或室外）
- 暴露量與健康效應間的量化關係
（長期、低濃度暴露；短期、高濃度暴露）
- 建築物特性（住屋、辦公大樓、營業場所、維修情況）



室內空氣污染控制方法

1. 源頭管制
2. 調整行為
3. 通風換氣
4. 空氣清淨設備
 - 1) 機械集塵型
 - 2) 複合濾網型
 - 3) 光觸媒型
 - 4) 臭氧型
 - 5) 負離子型
5. 其他專業整治方法

1. 源頭管制

■ 移除污染源

- 以較無危害性的物質替代
- Ex. 公共場所禁菸、清除建築物中石棉。

■ 修改污染源

- 藉設計或程序修改來減低排放率，以阻隔或密封方式圍堵污染物的逸散。
- Ex. 圍堵石棉以避免其在建築物暴露，在無排氣設備之煤油燈使用觸媒將CO氧化為CO₂，用甲醛抑制劑減少逸散，用牆紙防止牆壁混凝土釋放氬氣。

- 但有時不一定可行，如辦公室不可能為了減少VOCs而將事務機移除，此時就需其他控制方法。



2.調整行為

- 藉由行為改變來減低暴露、消費者教育、商品內容標示、警告器。
- 適用:有機物質,燃燒副產物,香菸。Ex. 設立非吸菸區。
- 房屋設計、法律責任。Ex. 建築物內部設計,房屋交易時要求提出房屋內甲醛及氬氣濃度量測證明。

3.通風換氣

- 通風換氣法。將室內髒空氣抽出而將乾淨空氣抽進室內，稀釋室內空氣污染。並保持通風系統清潔。
 1. 自然換氣/自然通風法:
 - 用窗戶、門及其他通氣孔來換氣。最經濟環保。
 - 但若室內空氣太差仍需強制換氣來改善。
 2. 強制換氣/機械通風法:
 - 藉空調設備將污染物抽出而換氣，抽入新鮮空氣稀釋室內污染。
 - 但若換氣次數太高，電費也相對提高。
 - Ex: 抽風機，瓦斯爐上的排氣設備。
- 負壓換氣法。Ex: 負壓病房。

4. 空氣清淨設備

- 由空調設備、吸附器、空氣過濾器、離子產生器、靜電集塵器來循環過濾清除空氣中的污染物。
- 適用：粒狀污染物，燃燒副產物，生物氣膠，氫的衰變產物，VOC。
- Ex. 以空氣過濾器控制香菸和柴火燃燒產生的煙霧，使用能吸附VOC的過濾器
- 個人防護。 Ex. 口罩、活性炭口罩、光觸媒口罩。



機械集塵型

- 只針對懸浮微粒。
- 二種主要集塵方式:
 1. 利用濾材(濾網)將空氣中之懸浮微粒去除。
 2. 利用靜電放電，在空氣中產生自由電子，使懸浮微粒帶電，而吸引去除之。
- 主要收集機制包括慣性衝擊、直接截留、篩除及擴散。
- 常見的濾網有HEPA濾網、人造纖維濾網等。



複合濾網型

1. 結合濾網與靜電放電
2. 結合濾網與活性碳吸附VOC
 - 活性碳具有無數的孔隙及高活性之特性，易與空氣中之異味分子(VOC)結合，吸附各種污染氣體，去除氣狀物。
3. 濾網結合化學物質以吸收VOC
4. 濾網結合光觸媒



光觸媒型

- 針對VOCs，CO，微生物。
- 二氧化鈦是一種半導體能階3.2 eV的光觸媒
- 當它被波長小於385 nm的光子照射時，會產生具有高活性的氫氧自由基及氧自由基
- 可殺死和分解致病的微生物及氧化吸附在觸媒表面之VOCs。
- 甲醛之去除率以光觸媒及臭氧型空氣清淨機最佳。



臭氧型

- 針對VOCs，CO，微生物。
- 可利用其強氧化力來破壞污染物及使細菌、病毒生長鈍化或和污染源結合成安定之污染物。
- 不建議於有人在的同時使用臭氧



負離子型

- 針對VOCs，懸浮微粒。
- 利用放電產生負離子將負離子釋放於空氣中，大量的負離子使空氣中之微粒帶負電，
- 這些帶電顆粒將附著在地面及牆上達到去除效果。
- 同時具有去除粒狀物及氣狀物的功能



5.其他專業整治方法

- 負壓換氣法
- 氬氣整治技術



口罩

- 病毒的大小只有0.08微米，但口罩的縫隙至少有0.3微米，
- SARS口罩要防範的主要是藏在口鼻飛沫（遠比病毒大上百倍）裡的病毒，而不是一隻一隻完全沒沾染到口鼻飛沫的「乾淨」病毒。
- N95之類型口罩是美國指定防範肺結核病菌防疫的口罩，可以有效濾除結核桿菌（直徑約為0.3~0.6微米，長1~4微米）

口罩


- N100、P100、R100三型口罩都是用0.3微米（另一說為1微米顆粒，詳見註解[2]）微粒進行測試時，阻隔效率須達99.7%以上；N99、P99、R99都是過濾率在99%以上，而N95、P95、R95都是過濾率在95%以上。N95口罩是用0.3微米氯化鈉微粒進行測試，阻隔效率須達95%以
- 標準的外科醫用口罩是分三層的：外層有阻塵阻水作用，可防止飛沫進入口罩裡面，中層則有過濾作用，可隔住90%以上的五微米顆粒，近口鼻的一層用以吸濕。基本上，外科醫用口罩應該已經足夠隔絕口鼻分泌物（外科手術用具的必要條件）。



Seven do's

Designing A Sustainable Future (IC#35) Spring 1993, P. 21

1. Do build in a clean location * Selecting a site away from sources of air pollution is the first consideration in healthy house construction.
2. Do build an airtight structure * This not only improves energy efficiency, but, when coupled with a mechanical ventilation system, it gives the occupants maximum control over the indoor air. An airtight structure also minimizes occupant exposure to insulating materials.
3. Do install a ventilation system * Mechanical ventilation can supply fresh air as needed. Relying on infiltration for an air supply is unreliable and frequently insufficient.
4. Do install a radon removal system * It is difficult to predict if a particular house will have a radon problem, but it's easier to take precautions during construction than to mitigate radon in a completed house.



5. Do use metal or solid wood cabinetry 細工傢俱 * Kitchen and bathroom cabinets are generally made of manufactured wood products that contain glues and use finishes high in formaldehyde. Use solid wood cabinetry with a low-tox finish or metal cabinetry with a baked-on finish.


6. Do use water-based adhesives, caulks, paints, etc. *
Water-based products are more benign than solvent-based products because they have lower levels of volatile organic compounds (VOCs). Nonetheless, water-based products aren't perfect, as they contain other ingredients that can cause negative health effects. Several specialty manufacturers now offer more benign alternatives.

7. Do test materials with sensitive occupants * This is necessary when a home is to be occupied by someone with chemical sensitivities because different people have varying reactions to the same material. Testing should be done under the supervision of a physician.



SEVEN DON'TS

1. Don't use carpeting * When it comes to poor indoor air quality, carpeting is one of the worst offenders. New synthetic carpeting outgasses more than 100 different VOCs. Old carpeting is a haven for microbes, some of which are highly allergenic. A conventional portable vacuum cleaner blows a great deal of dust into the air. Shampooing is not totally effective, and it may contribute to an increase in microbes.
2. Don't use products high in formaldehyde * Of the two primary types of resins used in manufactured wood products - U-F (urea-formaldehyde) resins are perhaps 10 times more potent (藥等)有效力的 than P-F (phenol-formaldehyde) resins. P-F resins are used in all construction grade products (interior and exterior plywood; oriented strand board; laminated beams; fiberglass insulation; etc.). U-F resins are used in hardwood plywood for wall paneling and cabinetry, medium-density fiberboard for shelving, and particle board. No products containing U-F resins should be used within occupied spaces. P-F resins can be used in the structure, but with sensitive occupants, they should be well separated from the living space.
3. Don't asphyxiate 窒息 the occupants * If a conventionally aspirated 吐氣 combustion appliance is used, make sure that backdrafting and spillage 溢出 will not occur. Sealed combustion, solar heating, electric or heat-pump furnaces and water heaters are highly recommended alternatives. Gas ranges are probably not a good idea. Even if backdrafting and spillage are not serious enough to kill the occupants, they can result in enough low-level carbon monoxide to result in flu-like symptoms.



4. Don't create a depressurized house * Depressurization can result not only in backdrafting and spillage, but also infiltration of pesticides, mold spores, particles of insulation, radon, and other soil gases. Depressurization occurs because of the HVAC system's blower, powerful natural drafts in chimneys, clothes dryers, central vacuums, etc. Occupants should open a window slightly when using such exhaust equipment.

5. Don't ignore physics * Moisture migration, wind, mechanically induced depressurization, and outgassing, all follow well-defined physical laws. If those laws are properly understood, healthy, durable houses can be built.

6. Don't believe everything you hear * There is an increasing amount of information available on healthy construction; some is better than others. When dealing with sensitive individuals, don't believe anyone who tells you that a product is universally tolerable.

7. Don't panic * If you're apprehensive 憂慮 about healthy construction, relax. There are many books and periodicals dealing with the subject.



車內空氣

- 中科國環環境技術研究中心廣州分中心: 2003年持續7個月抽檢2000輛新出廠汽車車內空氣。
- 結果有92.5%的車輛車廂內存在大量細菌及苯、胺、煙鹼等有害物質。
- 檢測費700~1000元/輛(檢測最常見4氣體: 甲醛、苯、甲苯、二甲苯)、550元起/一種氣體。每次需2小時
- 目前無車廂內相關標準, 借室內空氣質量標準。
- 室內空氣質量標準規定, 甲醛為0.1毫克/立方米, 苯0.11毫克/立方米, 甲苯0.2毫克/立方米, 二甲苯0.2毫克/立方米, 氨0.2毫克/立方米。
- 標準的實施最終還需汽車行業牽頭。



降低車內污染

1. 除非有市中心或尖峰時間，否則少開空調，多通風，尤其在新車使用的頭半年更需如此，每次剛上車開窗10到20分鐘即可。
2. 空調和通風管要經常清潔，保持空氣的良好。
3. 車內不吸煙，因為煙霧會吸附於內裝。
4. 用香水瓶遮掩車內氣味根本對健康無效，反而更難受，應考慮用專業技術方法改善。
5. 用清水加醋放車內，水與醋對甲醛有吸附和穩定作用。
6. 開長途要多通風，以免CO₂過高使人昏睡或降低反應力。



IAQ法規



IAQ法規

- 不像其他空污議題，室內空氣品質尚未被任何單一法律完整地規範，而是分屬於數個法規中，
- 相關法律繁多：毒性物質管理法 (Toxic Substances Control Act)、聯邦殺虫劑、殺菌劑及殺鼠劑條例 (The Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act) 等。
- 法律中最完整的室內空氣品質標準乃由OSHA所規範，但只應用在工業工作環境上，1994年OSHA曾提出適用在非工業工作環境上的規定，但仍未被執行^[1]。



IAQ訴訟

- 美國至少20個聯邦機構牽涉到室內空氣品質，最主要的單位為EPA與職業安全健康部OSHA。其他尚有國家職業安全衛生組織 (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)、能源部DOE、消費品安全委員會下的跨部會室內空氣品質委員會 (Interagency Committee on Indoor Air Quality, ICIAQ)等。
- 法院訴訟案的判例也能成為參考的依據。單在美國室內空氣品質相關的官司中，累積至今已有超過70億美金的賠償，平均每件官司的賠償金額約在一百萬美金左右^[2]。



IAQ訴訟

- 室內空氣品質官司可能牽涉到的對象: 建築物的設計者、擁有者、製造者、使用者、承包商和保險業者。
- 原告通常是個人，但若是商業租用或擁有者的雇員或使用者有IAQ的困擾時，他們也可提出告訴。
- 訴訟中常爭論的主題是：專家堪驗結果的考慮。
- 1993年室內空氣品質專家的証詞第一次在法庭上被採用 (Daubert v. Merrell Dow Pharmaceutical Inc., 509 U.S. 579, 1993)，該案例中室內空氣品質造成了個人的健康傷害，聯邦最高法院允許相關且可靠的科學証據被採用^[1]。
- 至今專家的証詞被廣泛的應用及擴張。



IAQ訴訟

- 專家的資格該如何被認定，及其証詞中之因果關係所產生的爭議，成為未來室內空氣品質訴訟中的焦點。
- 在訴訟案中，工程師應該負的責任為何？
- 通常室內空氣品質的問題肇因於為了要降低成本而造成錯誤的設計，因為這些降低成本的壓力常會和設計規範相衝突。
- 為了減低法律責任，雇主、工程師、承包商必須一起確保設計品質及施工品質。
- 建議：設計、規範、預算、法律責任，四者之間必須妥協。有時只須增加一點預算，就可達成符合規範、品質要求的設計。



IAQ訴訟

- 隨著訴訟案件的增加，美國大眾將會持續地向EPA、OSHA及聯邦政府要求，儘速發展一套完善的室內空氣品質法規。
- 除了商業辦公大樓外，最近包括美國冷凍空調協會(ASHRAE)在內的組織，已經陸續提出許多關於一般住宅，甚至是航空客運艙中空氣品質標準的建議。[3]

1. William J. Moltz, "The Course Ahead," Environmental Protection, p.22, Jan. 2001.
2. Fabrizio Pesce, "Avoiding Lawsuits: Aerobatics Required," U.S. Engineering Press Review, National Society of Professional Engineers, pp. 15-19, May 29, 2000.
3. ASHRAE Journal, Vol. 42, No. 3 and No. 9, 2000.



結論

我們可以:

- 室內禁煙，避免室內燃燒
- 保持通風，加強局部排氣
- 選擇環保標章、綠建材、低污染、無毒性的商品
- 省電，少開車，多回收(減少大氣污染)

我們須要:

- 室內(及交通工具內)空氣品質法規及指標
- 空氣清淨機設施規範
- 傢俱、建材及建築設計規範(綠建築及綠建材)
- 具公信力之室內空氣品質專業檢測
- 限用(或禁用)高污染的室內消費物品，且加註成分、使用方式、警語、緊急處理方法、有效期限