



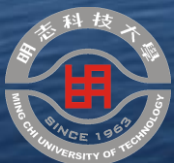
行政院環境保護署

Environmental Protection Administration
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

108年度「室內空氣品質法規暨管理 資訊平台系統操作」宣導說明會

室內空氣品質宣導講座 II

室內空氣品質改 善及實場案例



環境與安全衛生工程系
洪明瑞博士 / April 08, 2019

南部地區會議議程

時間	時程內容	講師
14:00~14:20	報到	恆康工程顧問(股)公司
14:20~15:20	<p>室內空氣品質宣導講座 I</p> <p>1.室內空氣品質管理法規(40分鐘)</p> <p>2.公告場所申報系統架構、介面及申報流程、本年度新增功能操作說明(20分鐘)</p>	<p>1.行政院環保署空保處</p> <p>2.方達科技(股)公司 系統工程師</p>
15:20~15:30	Q&A	明志科技大學/恆康工程顧問(股)公司
15:30~15:40	休息	-
15:40~16:40	<p>室內空氣品質宣導講座 II</p> <p>室內空氣品質改善及實場案例</p>	<p>04/02北部區(一)：柯明村 副教授/博士</p> <p>04/16北部區(二)：許逸群 副教授/博士</p> <p>04/24中部地區：張立德 副教授/博士</p> <p>04/12東部地區：曾昭衡 教授/博士</p> <p>04/10南部地區：洪明瑞 助理教授/博士</p>
16:40~16:50	Q&A	
16:50~	賦歸	-

報告大綱

壹、前言.....4

貳、管制室內空氣品質之源由.....22

參、室內空氣污染物的主要來源.....44

肆、室內空氣污染物整體治理方案.....62

伍、污染物之源頭減量.....66

陸、室內之通風換氣.....85


柒、空氣清淨設備的應用.....133

捌、室內空氣品質改善實務案例.....145

玖、結語.....167



壹、前言



室內空氣品質的重要性！
家真的健康嗎？

- ◆ 空氣沒有我們想像的乾淨！
- ◆ 食物、水、空氣孰輕孰重？
- ◆ 人類居住的曝露行為！
- ◆ 室內可能潛藏著諸多空氣污染物！
- ◆ 室內空氣污染物的潛在健康效應！
- ◆ 室內環境有沒有比室外來的健康？



1-1 議題一：空氣沒有我們想像的乾淨！

◆ 可用三個簡易方式判定空氣是否乾淨！

(1) 夜晚強光束照射或早晨光線進入室內

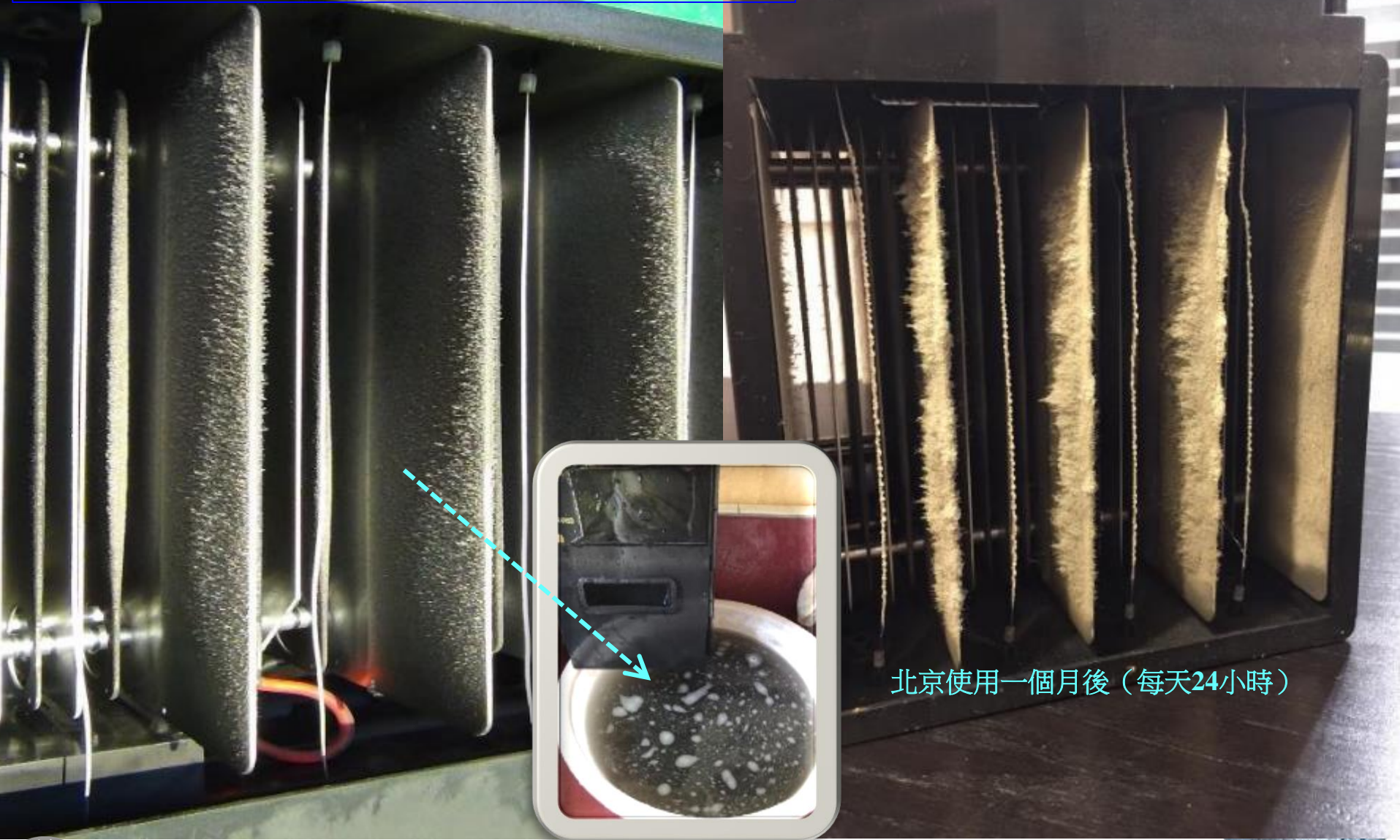
看似乾淨空氣的背後真相

看不到的不代表不存在



圖1.1 強光下的散射作用讓粒狀空氣污染物無所遁形

(2)使用空氣淨化機（靜電集塵或機械過濾）



北京使用一個月後（每天24小時）

圖1.2 靜電集塵版收及微粒的集塵效果

(3)看看賣場天花板空調箱的濾網



一個月後棉紙濾網

新更換棉紙濾網



二個月後棉紙濾網



二個月後棉紙濾網

圖1.3 留意賣場（如家樂福）天花板懸吊空調箱的濾網狀況

1-2 議題二：食物、水、空氣孰輕孰重？

沒有回答之前，我們先思考一些問題？

- ◆ 人可以7天不吃東西，可以3天不喝水，但無法1刻鐘不呼吸。
- ◆ 晚上可以不吃東西、不喝水，但卻不可以不呼吸。
- ◆ 一個成人每天吃下肚子的食物大約5公斤左右，喝的水大約3公斤，呼吸的空氣大約12~15公斤。因此，食物、水、空氣孰輕孰重，不說自明。

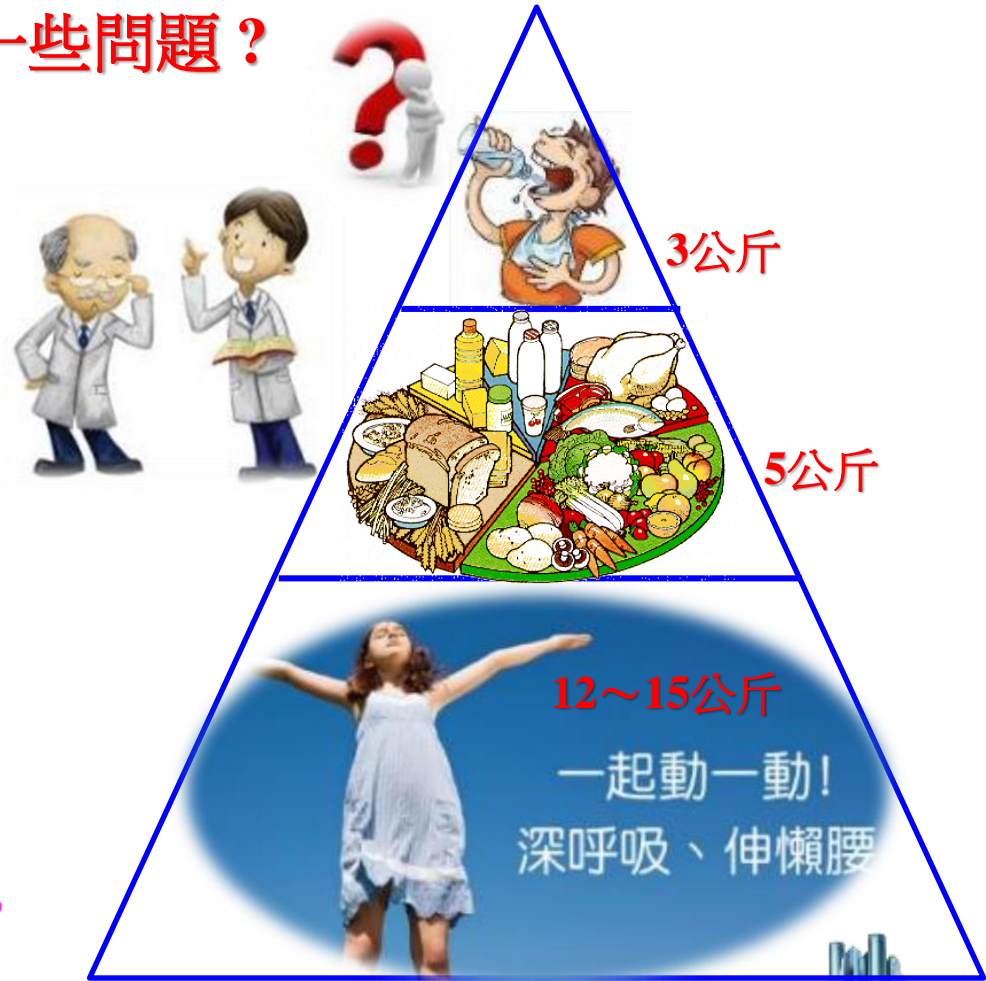
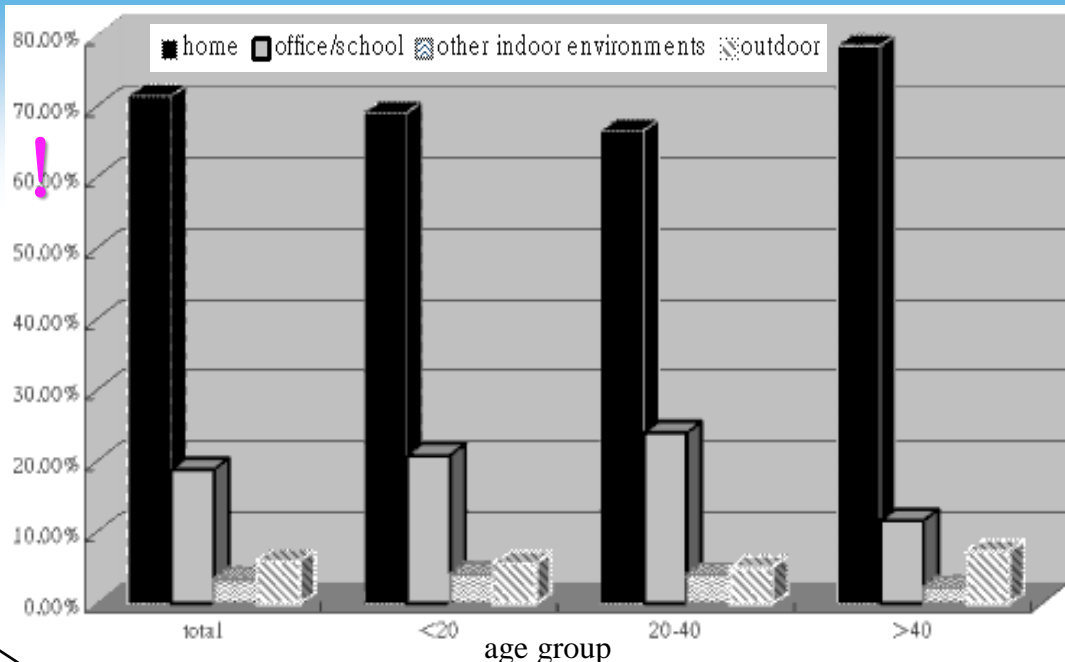


圖1.4 食物、水、空氣每天進入身體的重量比

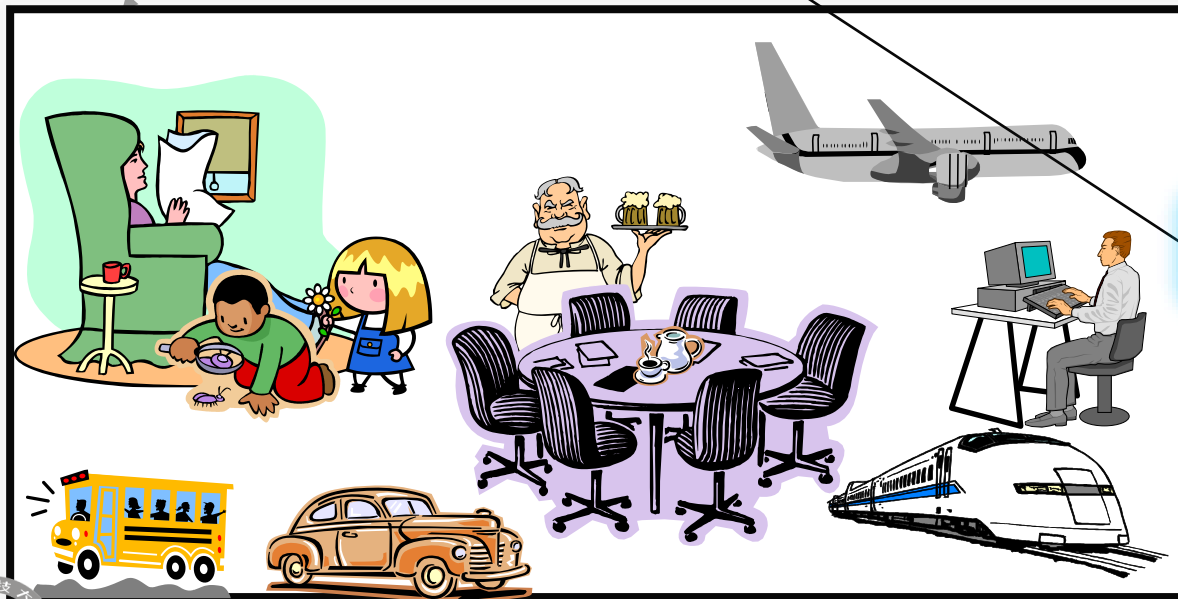
1-3 議題三： 人類居住的曝露行為！

Total exposure

People are 90% indoors



People spend most of their time indoors (>90%)(WHO,2000)



and 10% outdoors



圖1.5 都會區居民室內外曝露之時間比

1-4 議題四：室內可能潛藏著諸多空氣污染物！



圖1.6 通風換氣不良的建築物可能存在多種室內空氣污染物

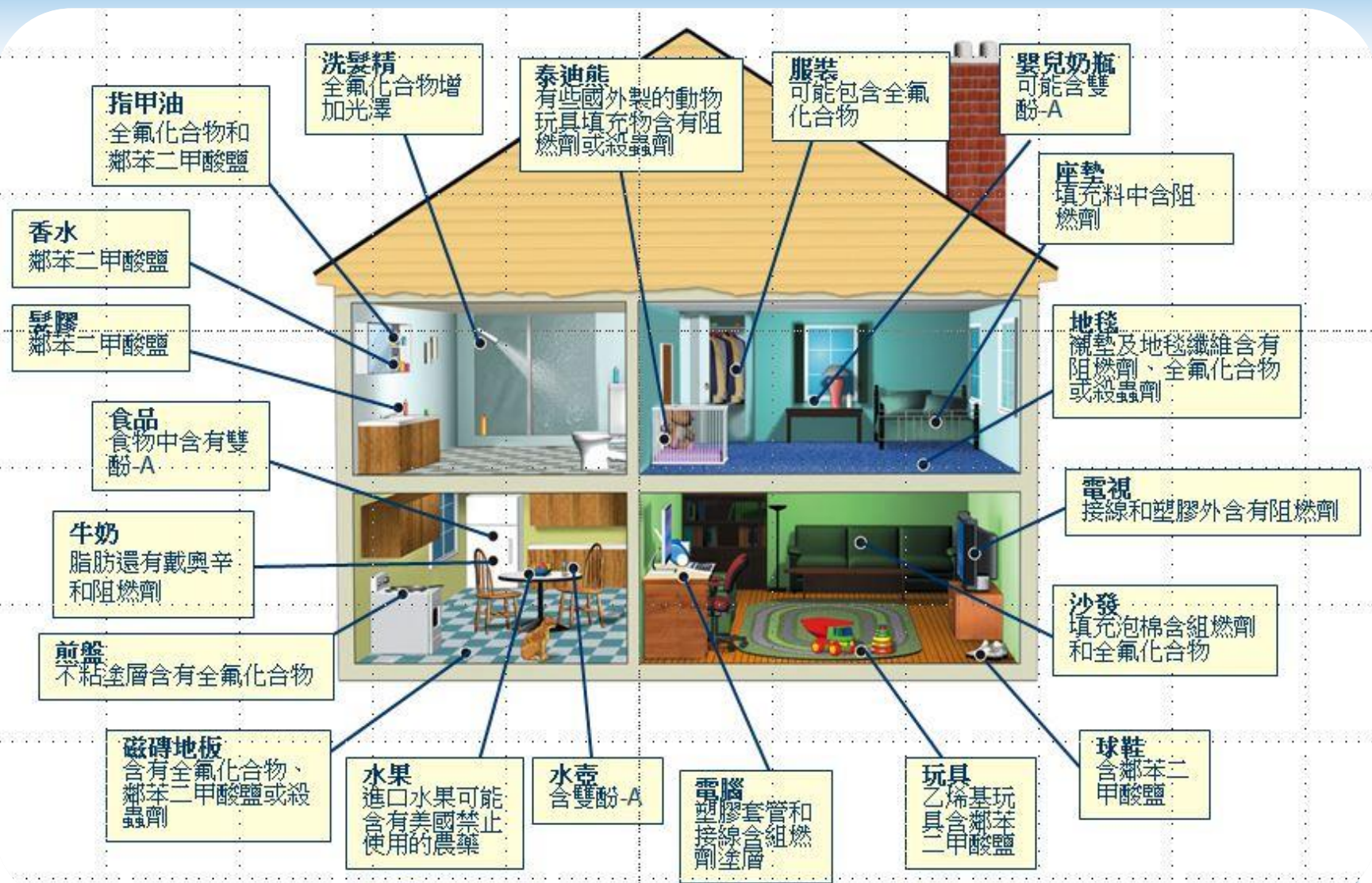


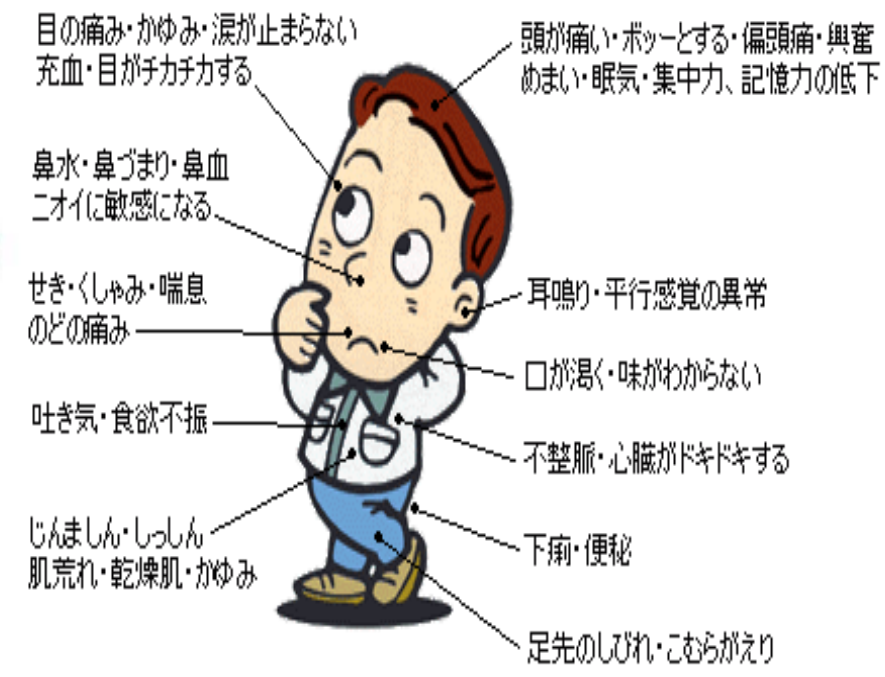
圖1.7 室內潛藏著可能的污染來源與其污染物類型



1-5 議題五：室內空氣污染物的潛在健康效應！



圖1.8 室內空氣污染物造成的病態大樓症候群



圖片資料來源：日本國際生活資源研究所

資料來源：日本 Sickhouse Consultants Association

圖1.9 空氣品質對人體健康之影響





- DEADLY BUSINESS asbestos disease victims
- <http://www.hazards.org/asbestos/>
- graphic illustrating asbestos exposure
- <http://www.ohiotoxicmold.com/asbestos.htm>

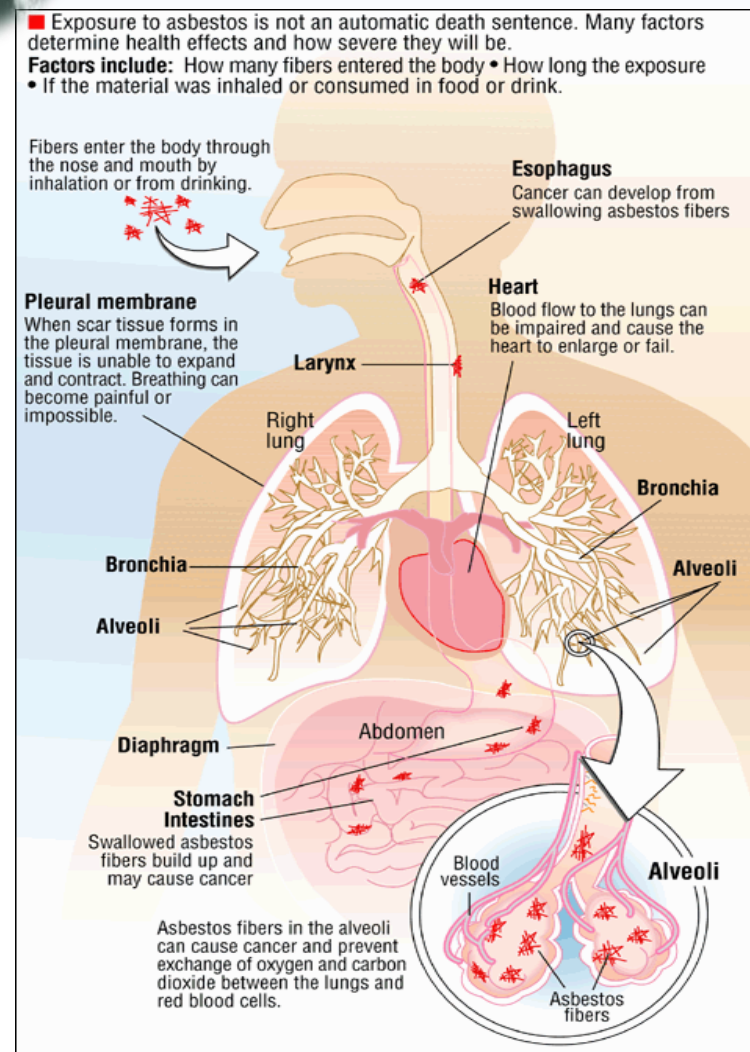


圖1.10 細懸浮微粒(PM_{2.5})與粗懸浮微粒(PM₁₀)之沉積行為

- ◆ 世界各國近年來之研究均已充分證實PM_{2.5}與PM₁₀濃度與呼吸系統、心血管系統、生殖系統、血易系統等疾病息息相關。
- ◆ 歐美國家流行病學研究顯示，PM_{2.5}每增加10μg/m³日吸入量：(1)當日死亡率增加1.5%；(2)頑固性肺病死亡率增加3.3%；(3)局部缺血性心臟病死亡率增加2.1%；(4)嬰兒早產死亡率增加1.0%；(5)罹患肺癌的危險增加8%；(6)心肺疾病死亡率增加6.0%；(7)所有死亡率增加4.0%
- ◆ 歐盟國家之統計資料，PM_{2.5}導致人們平均壽命減少8.6個月。
- ◆ 美國心臟協會估計，每年因PM_{2.5}污染導致約60,000人死亡。

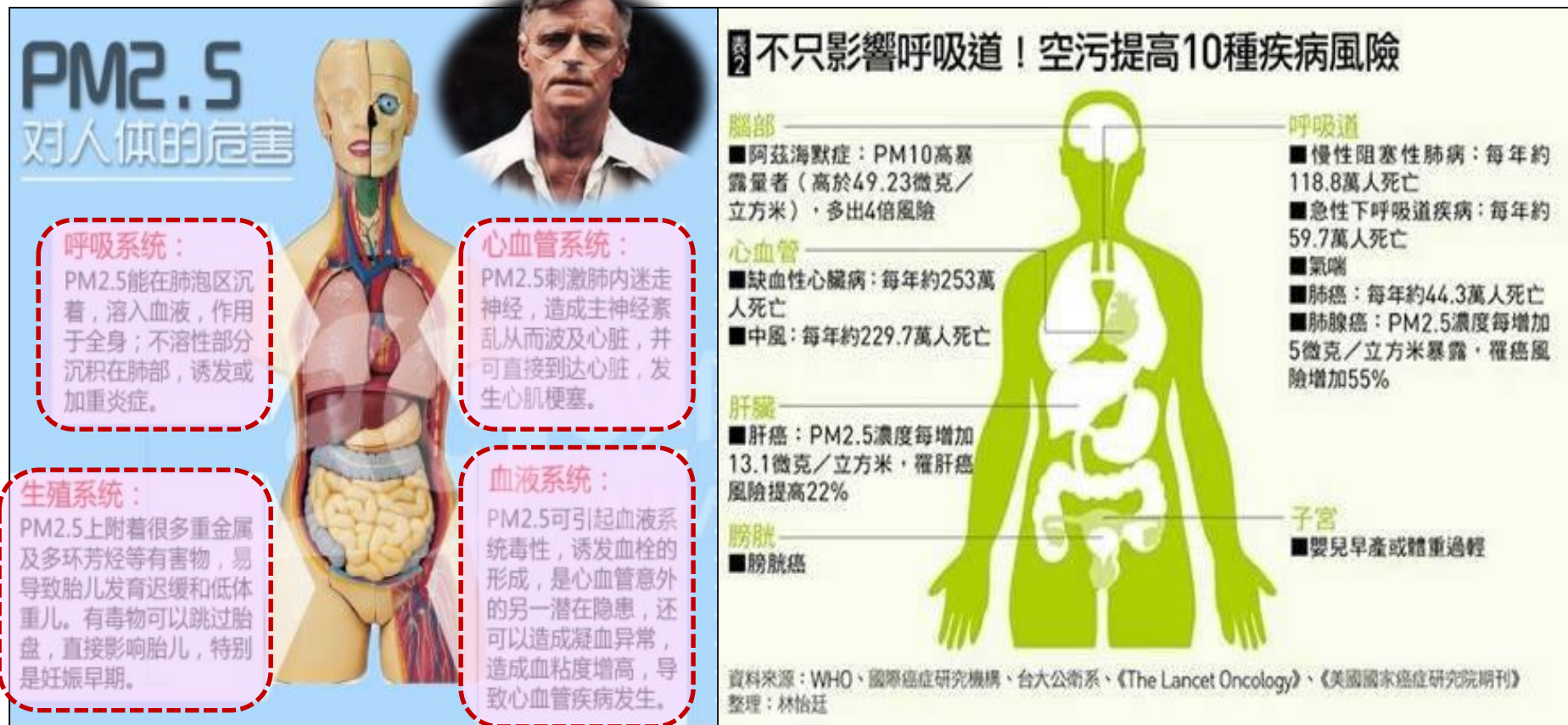
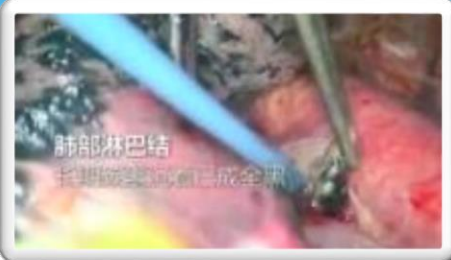


圖1.11 粒狀污染物對健康之主要危害



THE INVISIBLE KILLER

Air pollution may not always be visible, but it can be deadly.



36%
OF DEATHS FROM
LUNG CANCER



34%
OF DEATHS FROM
STROKE



27%
OF DEATHS FROM
HEART DISEASE

BREATHE LIFE.
Clean Air. Healthy Future.



World Health Organization



CLIMATE & CLEAN AIR COALITION



圖1.12 世衛組織(2017)指出空氣污染物的健康效應



我国肺癌死亡率30年来飙升465%

2015-02-04 11:42:20 来源: 半岛都市报(济南)



我国的肺癌死亡率上升了465%

1-6 議題六：室內環境有沒有比室外來的健康？

家（室內空間）是我們賴以維生且安身立命的地方
但是，您是否想過.....

家真的安全嗎？家真的健康嗎？



或許，我們應該重新來檢視或用不同的角度來看待我們的家，您將會發現.....

◆如果室內環境比室外來的健康，為何……？

Estimated annual deaths due to indoor and outdoor pollution exposure(WHO, 2000)

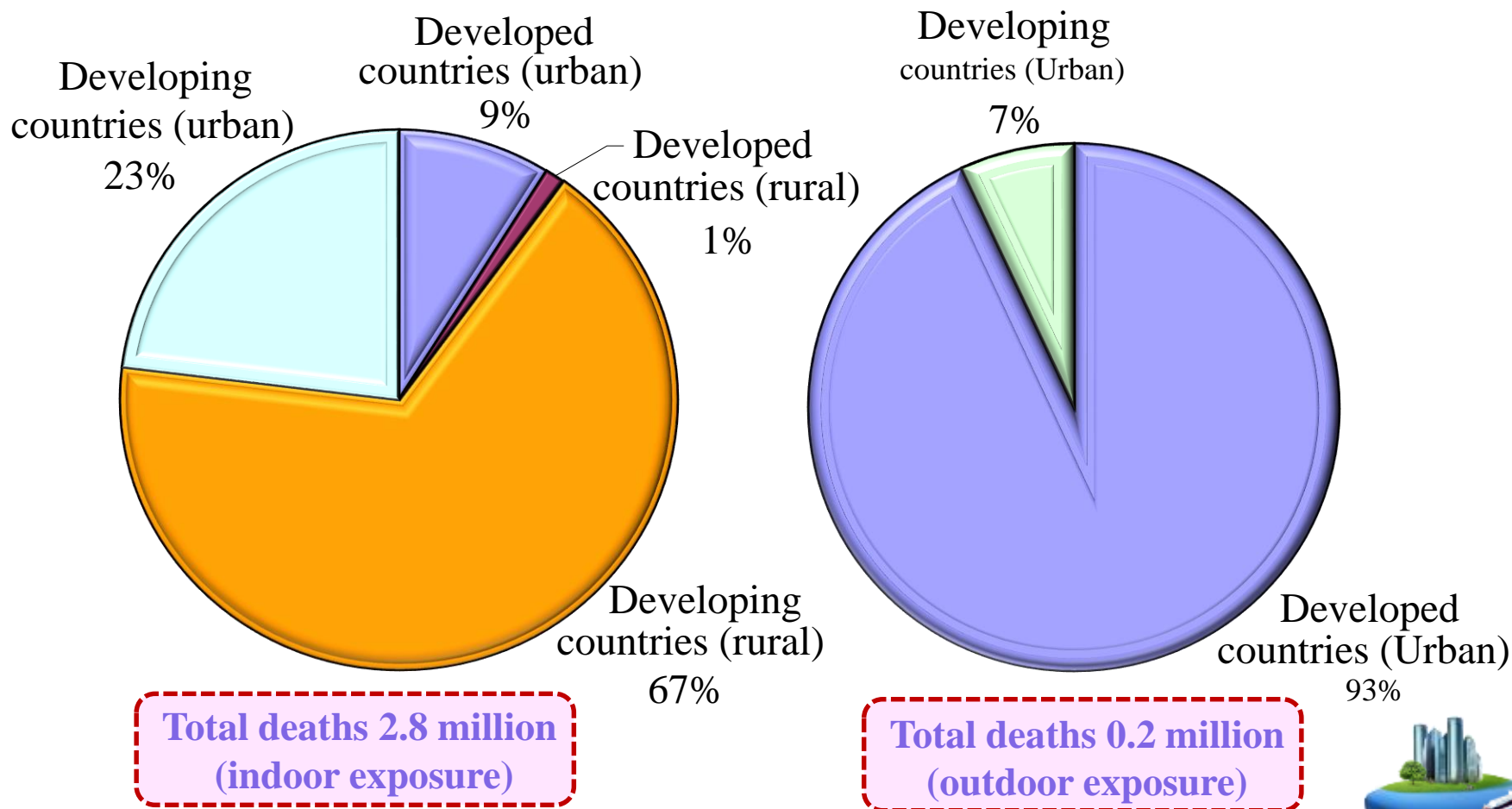


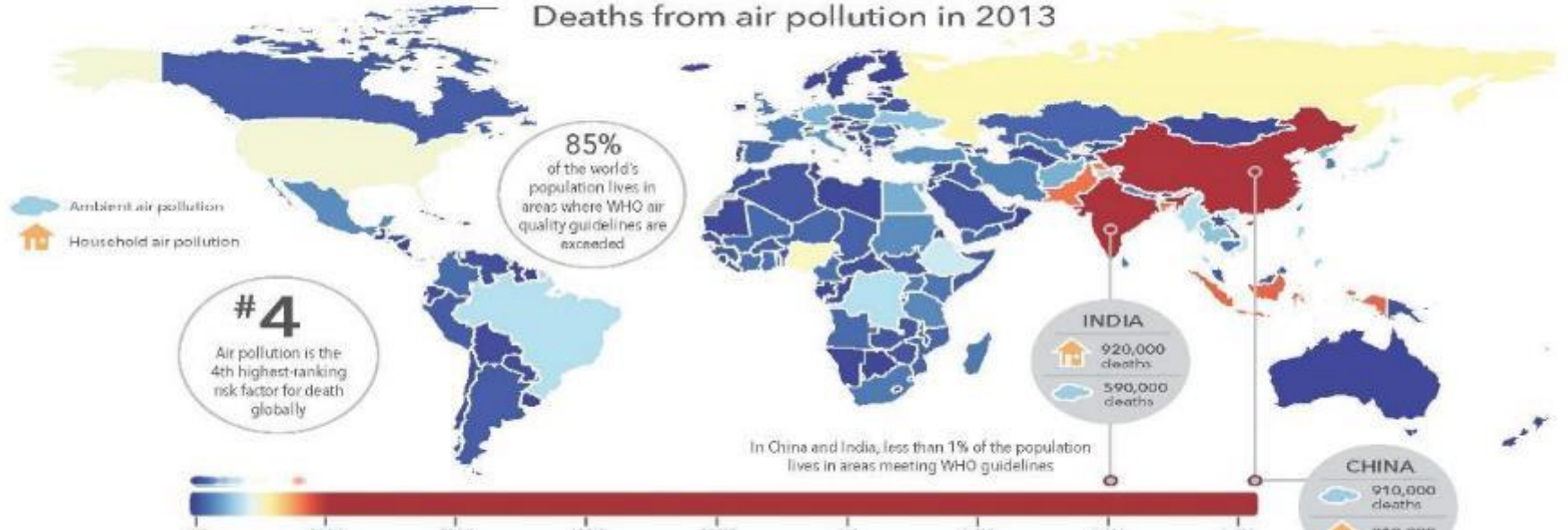
圖1.14 WHO(2000)統計導因於室內及室外污染暴露之年死亡率



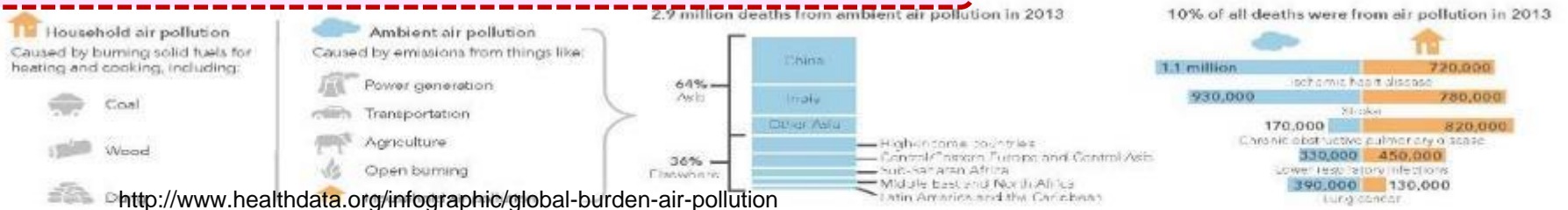
The research is an extension of the Global Burden of Disease study, an international collaboration led by the Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) at the University of Washington that systematically measured health and its risk factors, including air pollution levels, for 188 countries between 1990 and 2013. The air pollution research is led by researchers at the University of British Columbia and the Health Effects Institute.

Global Burden of Air Pollution

Deaths from air pollution in 2013



Air pollution was responsible for 5.5 million deaths in 2013



Source:
 1. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), Global Burden of Disease Study 2013, <http://www.healthdata.org/gbd>
 2. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), <http://www.healthdata.org/gbd>
 3. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), <http://www.healthdata.org/gbd>



1-7 小結

- ◆ 您必須把空氣乾不乾淨、呼吸健不健康當一回事，不要再事不關己的心態或認為是危言聳聽！
- ◆ 面對空氣污染問題，無論您住豪宅或陋室，無論什麼年齡、身分、地位，誰都無法置身事外。
- ◆ 世界上或有諸多不平事！但呼吸這一件事似乎是公平的。在穹頂之下，大家同呼吸、共命運，誰也沒有比較尊貴，不是嗎？



貳、管制室內空氣品質之源由

因應台灣本土化與世界潮流的
居住環境議題



為甚麼要管制室內空氣品質？

因應台灣本土化與世界潮流 的居住環境議題

- ◆ 大氣環流運動的自然現象
- ◆ 三高的海島型氣候特性
 - ◆ 地狹人稠的高密度居住與生活型態
 - ◆ 過度與大量裝修的居家習慣
 - ◆ 面對日愈嚴峻的公共衛生與健康問題
 - ◆ 因應免疫建築與呼吸權時代的來臨



2-1 大氣環流運動的自然現象

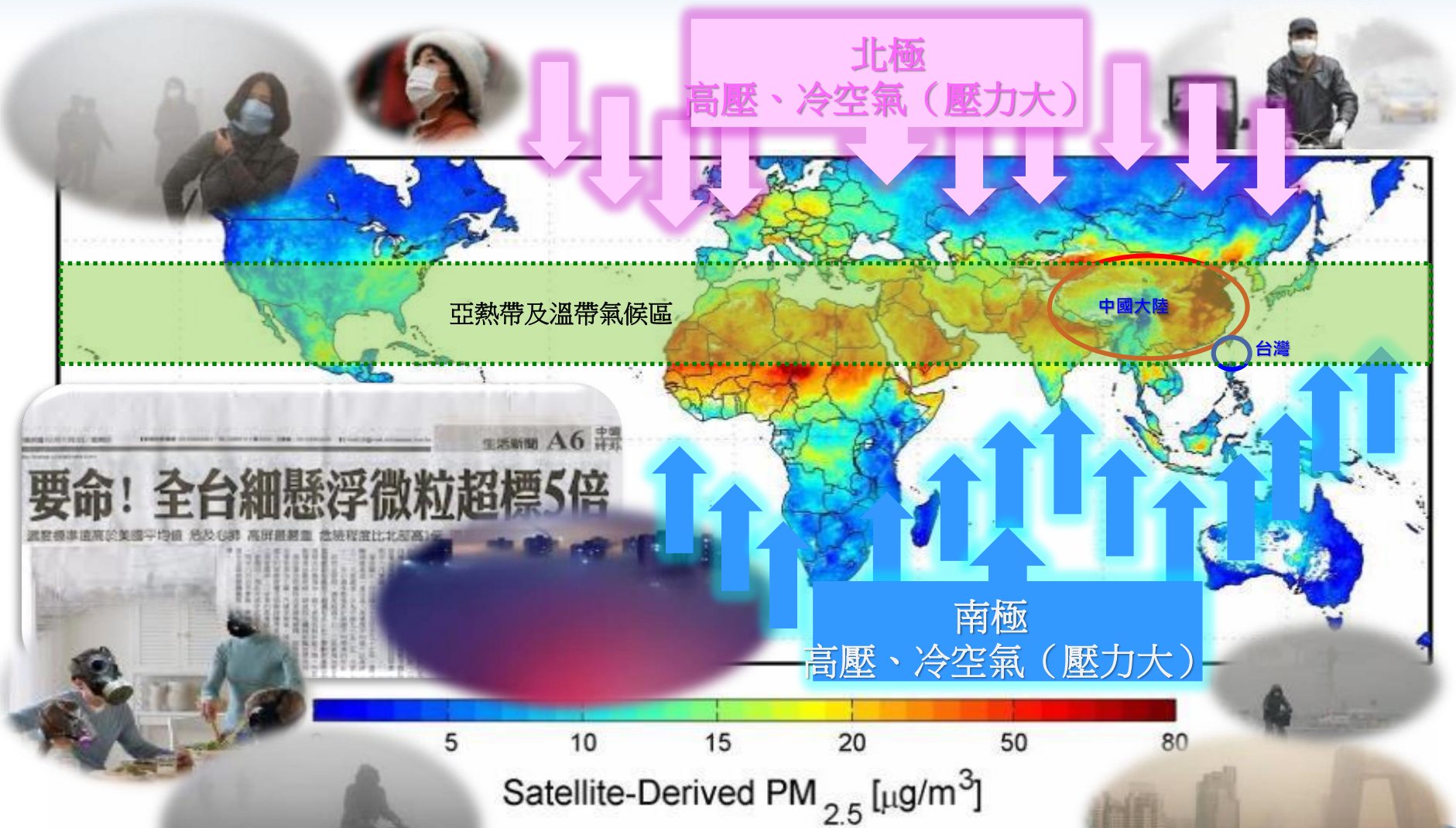
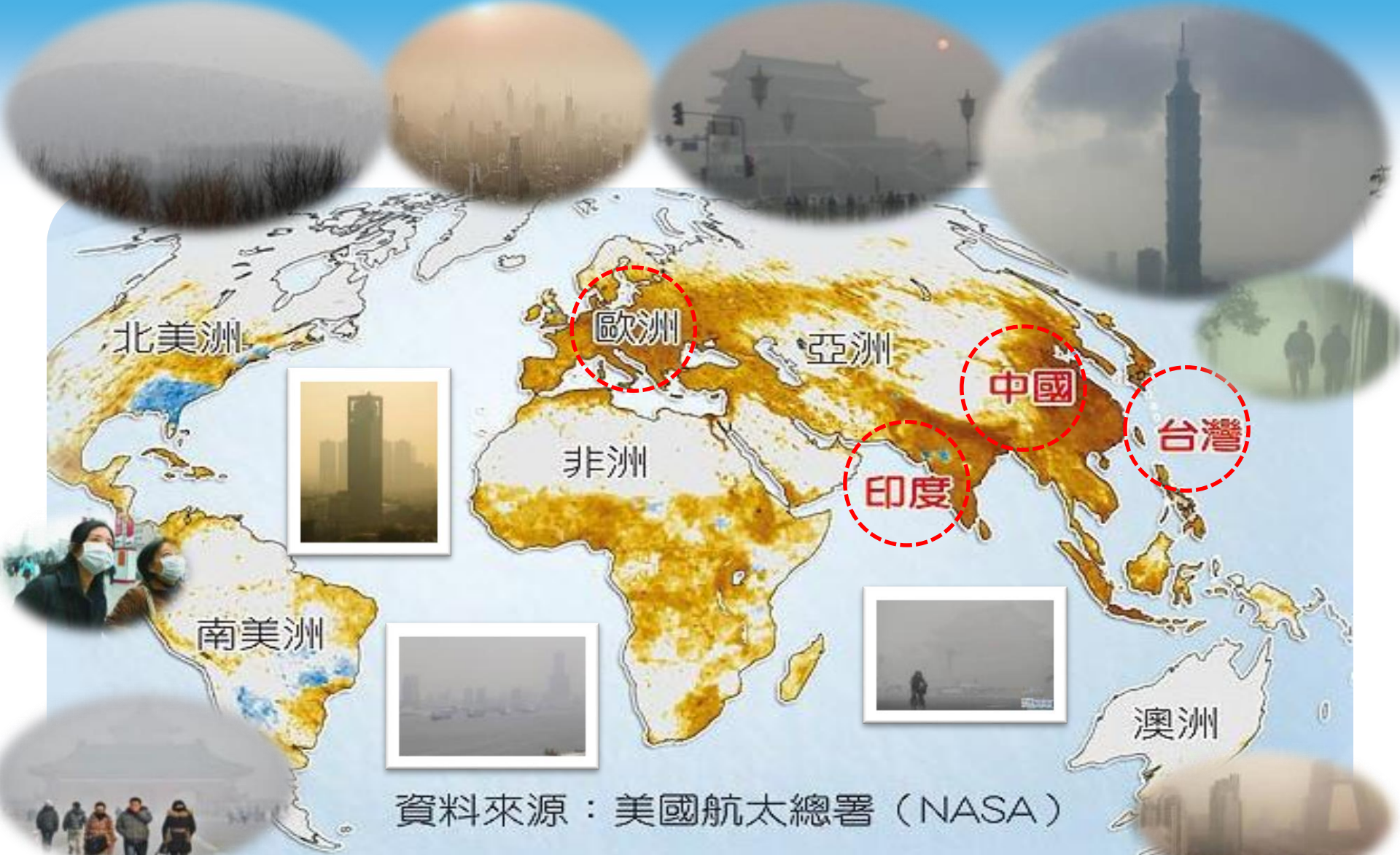


圖2.1 全球PM_{2.5}衛星分布圖



- 美國太空總署地球觀測站利用北卡羅來納大學地球科學家Jason West與其團隊採用6台模擬大氣電腦模型分析，推估每年全世界約有210萬人口的直接死因來自細懸浮微粒(PM_{2.5})的研究資料，將過去150年間(1850~2000年)全球年平均死亡率與空氣污染數據分析模型進行交叉比對後，於「環境研究通訊」(Environmental Research Letters)發表全球空氣污染地圖，文中指出**中國東北、印度北部和歐洲空氣污染最為嚴重，台灣情況也很糟，尤其是西部沿岸**。此經媒體揭露與網路傳播後，民眾慣以「空污早死地圖」稱之，紛紛引發民眾廣泛的議論與激起不小的恐慌。

圖2.2 NASA 2014年公布全球空污早死地圖(210萬人/年)

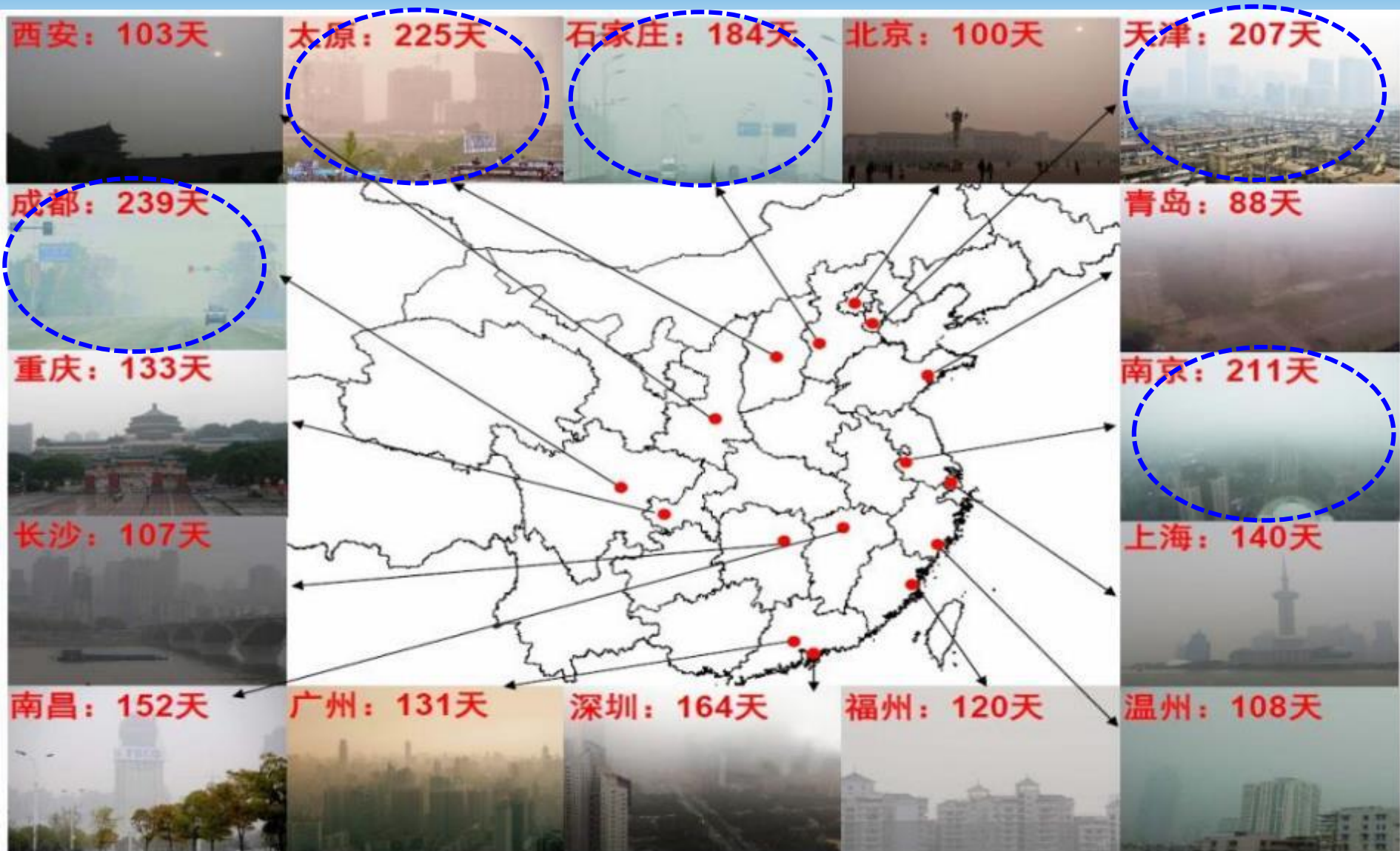


圖2.3 大陸主要城市霧霾天氣分布情形(摘自中國建築科學研究院)

通过地名或城市检索站点



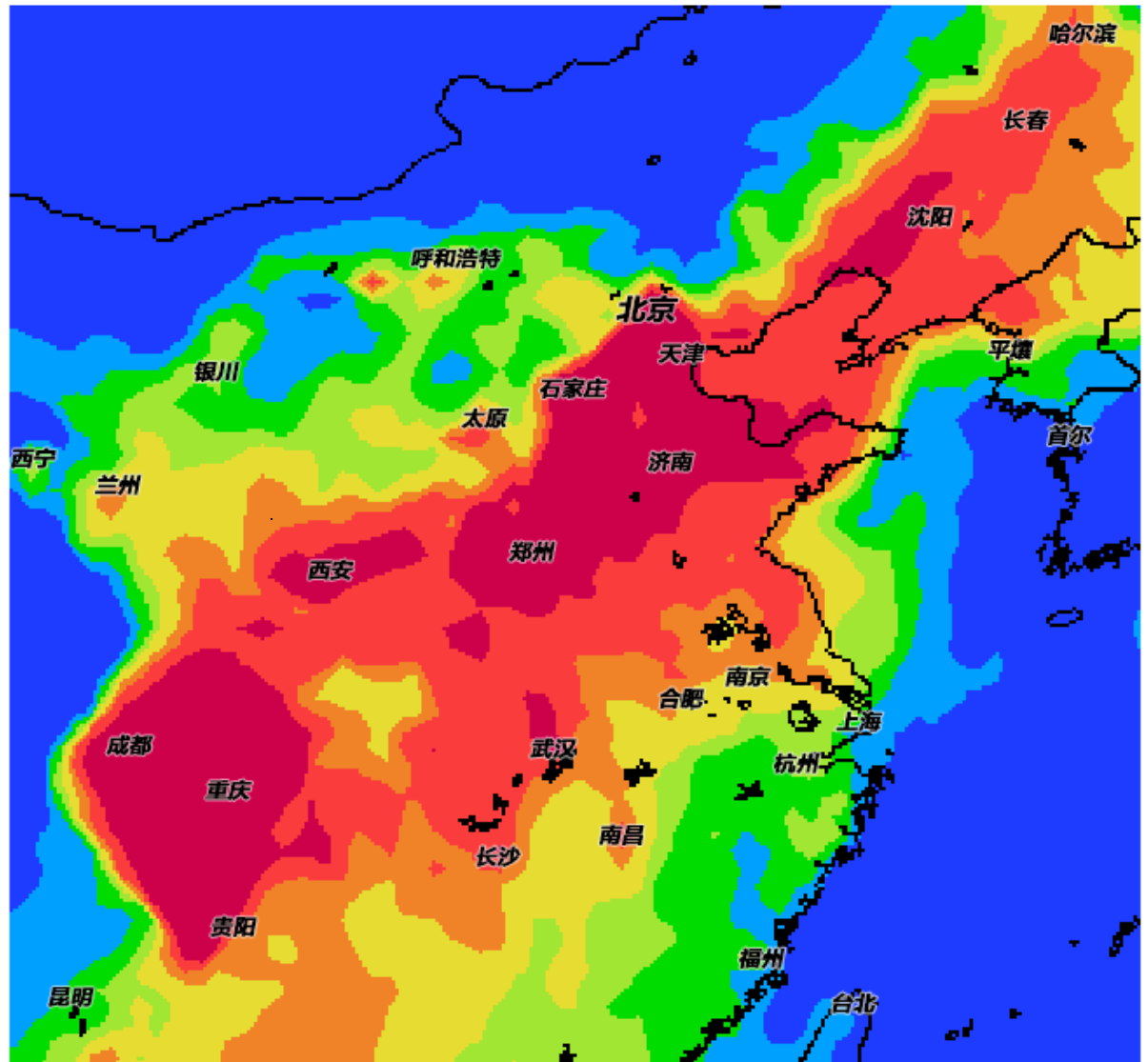
Enter a city name



河北省



2016年12月19日00时



地点：河北石家庄
日期：2016.12.21
AQI：500

看客



地点：山东济南
日期：2016.12.20
AQI：500

看客



地点：河南安阳
日期：2016.12.19
AQI：500

看客



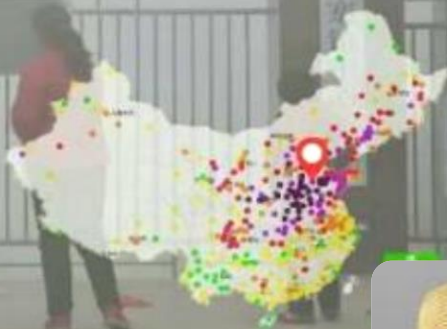
地点：山西太原
日期：2016.11.18
AQI：313

看客



地点：山东聊城
日期：2016.12.20
AQI：288

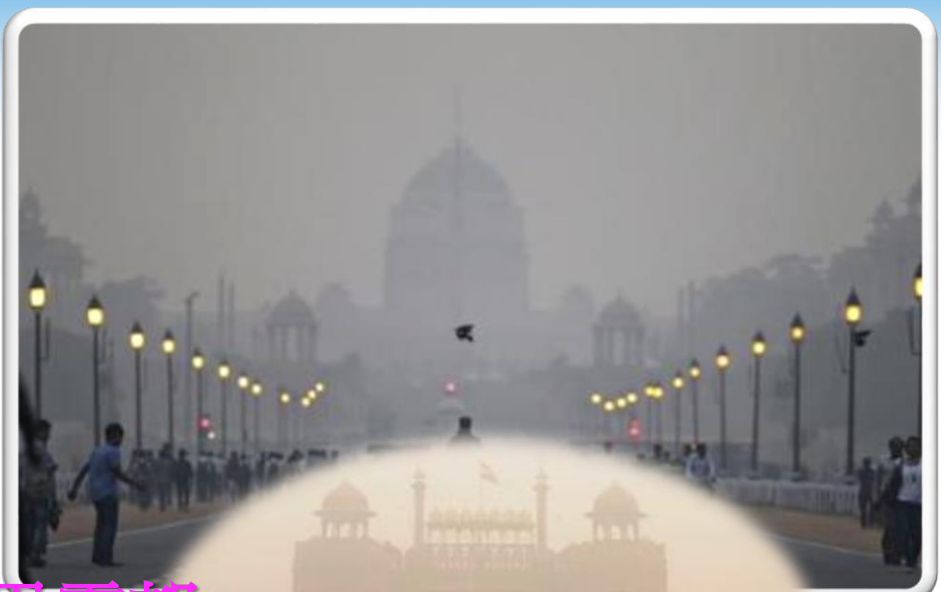
看客



地点：陕西西安
日期：2016.12.19
AQI：429

看客





新的世界霧都



圖2.4 幽暗的國度——印度新馬德里



印度



伊朗



阿富汗



巴基斯坦





高雄東帝士(85)大樓

宜蘭南方澳



台北松山機場

台北101大樓



圖2.5 誰偷走了我們的呼吸權——寶島台灣

GLOBAL AIR POLLUTION ISSUE

**92% of people
worldwide do not
breathe safe air**

Join us in breathing life back into our cities and our planet at
BreatheLife2030.org

BREATHELIFE

Clean air. Healthy future.



World Health
Organization



CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION
FOR PEOPLE AND PLANET
CLIMATE POLLUTANTS

圖2.6 世衛組織指出全球92%的人無法呼吸到安全的空氣

2-2 三高的海島型氣候特性



- ◆ 台灣四面環海且經過北回歸線，造就了三高(高濕、高溫、高熱)的特有海島型氣候條件。
- ◆ 台灣地區大氣環境常年的相對濕度均在75%~80%以上，冬季濕冷潮濕；夏季高溫悶熱。

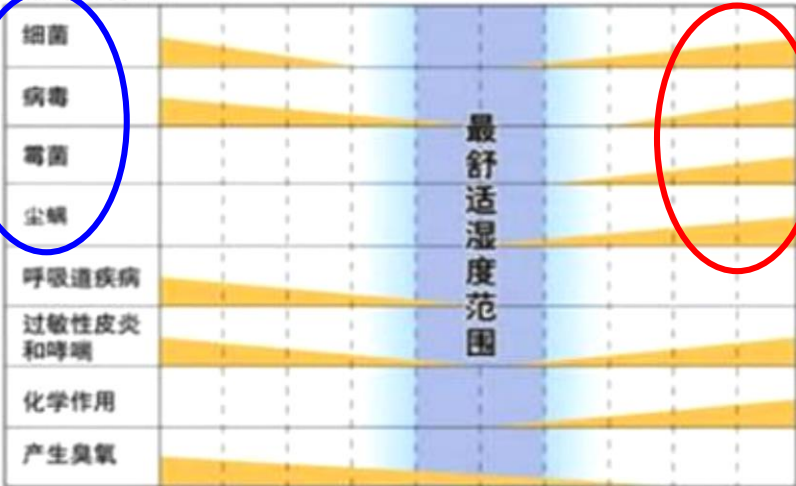
圖2.7 台灣四面環海且經過北回歸線的地理環境



相对湿度与人体健康的关系

美国暖通、制冷和空调工程师协会 (ASHRAE)

相对湿度(%) 10 20 30 40 50 60 70 80 90



(ASHRE) 1985年报告

温度范围

呼吸器室内空气湿度始终保持在人体最舒适范围内。



塵蟎引起的各種過敏症狀



紅腫不適



皮膚過敏



搔癢不止



濕疹



異位性皮膚炎



打噴嚏
流鼻水

反覆發作

痛苦不斷!



結膜炎
紅眼症



頭痛



鼻塞



過敏性鼻炎



氣喘

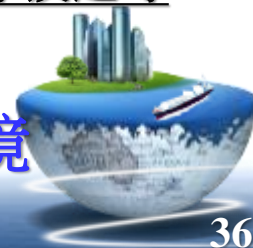


蕁麻疹



◆ **高濕、高溫、高熱**的海島氣候條件有利於**微生物**的大量生長，因而造成台灣都會區學齡前小朋友**90%~92%**均有過敏、氣喘與呼吸道等相關症狀。

圖2.8 三高氣候條件造成易過敏與氣喘等居住環境



2-3 地狹人稠的高密度居住與生活型態

- 台灣總面積36,193平方公里，山坡地約佔73.6%(3/4)，23,379,129萬人口擠在26.4%(1/4)的平地面積上，造就了人口密度每平方公里645.96人，世界排名第十。
- 高密度都會區之生活型態，平均每人每天待在室內的時間達80~90%。
- 一年四季均有不同類型的流感，在人口稠密且不通風的室內空間(地鐵、百貨公司、地下商場、醫院等)，潛在群聚感染風險高、公衛問題與防疫能力之挑戰極具難度。

常見非典型感冒

媽媽寶寶

季節	非典型感冒	症狀
春、秋	哮喘	越咳越嚴重，咳嗽聲音就像是狗吠一樣，有時會咳到快喘不過氣來。
秋、冬	流感	一開始症狀跟普通感冒類似，但之後會發高燒，有頭痛、倦怠、肌肉疼痛等症狀，寶寶會很沒有精神。
冬	輪狀病毒	1/3的寶寶在拉肚子前有感冒症狀，因此常被稱為腸胃型感冒，一開始可能會嘔吐，腹瀉則可達一個禮拜，要小心寶寶脫水。
四季	腺病毒	腺病毒會使寶寶發高燒、咳嗽、眼睛發紅、扁桃腺化膿，發燒常超過3~5天。



圖2.9 高密度人口流感群聚感染的防疫課題極為迫切

2-4 過度與大量裝修的居家習慣



圖2.10 高住房自有率(87.89%左右)以及居家普遍過度裝修

NTUT 健康環境研究室十實驗室
Health Environ. Lab

三、台灣病態大樓症候群 (SBS)

建材塗料成毒 上班打噴嚏 病態大樓症候群?

台灣無法可罰，對學規定裝修三個月後才能住。



1973年創始

大樓量，採用氣供應之空活主。

導致

VOCs積聚於室內

通風、溫度、濕度、室內設計，導致揮發性有機化合物積聚於室內，無法有效移除

台灣高熱高濕的氣候，室內過度裝潢，讓VOCs的逸散程度更嚴重。

室內空氣主要污染源對健康的影響

污染源種類	主要所處場
植物花草	花房
事務機器	真
隔熱的塑膠材	日曬
台板家具地毯	台
空調系統	
清潔用品	
噴漆劑	
吸煙空氣	

居家空氣品質 87% 不合格

又百分之七的居家空間室內空氣品質不合格

(摘自邵文政, 2007)

室內裝修現況報導
(2007年8月25日星期六 自由時報-建築百科報導例)

綠建材當紅 裝潢新寵

又可



5/32

(摘自邵文政, 2007)

一、辦公室空間實測結果

Short Communication

Risk assessment of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan

Indoor Air 2003 : 13 : 1-8

Abstract: This study conducted a series of investigations in five office buildings according to the type of construction, ventilation, and heating system. Formaldehyde was measured by passive photoluminescence (Methylene Blue Type 130) (Methyl & Blue). The 6-h average concentration in working hours were used to estimate the chronic cancer probability (CCP) and chronic respiratory hazard index (RH). The concentration of formaldehyde in these buildings was found to be above the WHO guideline of 0.10 mg/m³. A higher chronic cancer probability (CCP) was also found in these buildings.

Sampling time	Building A		Building B		Building C		Building D		Building E	
	1F	5F	1F	5F	1F	5F	1F	5F	1F	5F
Space										
Number of samples	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Air exchange rate of sampling space (ACH)	1.32	3.32	2.38	0.35	1.22	1.08	0.71	2.7	2.82	2.82
Formaldehyde (FORM)	0.13	0.76	0.27	0.78	0.75	0.88	0.98	0.58	0.16	0.16
CCP	0.04	0.06	0.04	0.03	0.02	0.10	0.10	0.05	0.03	0.03
RH _{6h}	174.17	505.05	297.75	793.68	515.93	599.23	718.66	373.46	140.28	140.28
χ ² statistic	7.26 × 10 ⁻¹⁰	7.43 × 10 ⁻¹⁷	6.14 × 10 ⁻¹¹	1.54 × 10 ⁻¹⁶	7.48 × 10 ⁻¹¹	1.53 × 10 ⁻¹⁰	1.75 × 10 ⁻¹⁰	1.14 × 10 ⁻¹⁰	2.02 × 10 ⁻¹¹	2.02 × 10 ⁻¹¹
R _{95%}	48.56	242.23	9.23	201.20	276.96	322.54	320.65	275.50	35.94	35.94

*RH (3.00 or to 5.00 mg/m³) average concentrations of formaldehyde.

Risk assessment of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan

Table 2. Average concentrations of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan.

十大死因 (2002)

癌1人罹癌

口腔癌增2成 檳榔捐明年提案




「黃麗寬／台北報導」衛生署昨公布二〇〇二年癌症登記報告，國人平均每八分十五秒就有一人罹患，比前一年縮短十七秒，其中，男性與嚼食檳榔、菸菸相關的食道癌、口腔癌的食道癌、口腔癌，衛生署擬比照「菸草防治法」健康捐法案。

衛生署新通報與統計資料(2018)：國人每5.1分鐘即有一人罹患癌症

圖2.11 不當的裝修建材對居家健康的潛在危害



表2.1 建材周圍VOCs濃度最高的10種化合物(平均濃度排序)

污染物種類	平均濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	出現頻率
Toluene, 甲苯	39.7	22
o-Xylene, 鄰-二甲苯	23.0	16
Terpene (C ₁₀ H ₁₆), 薄荷烷	20.8	6
n-Butylacetate, 乙酸丁酯-[n]	15.2	1
n-Butanol, 丁醇-[n]	9.4	5
n-Hexane, 己烷-[n]	8.8	5
p-Xylene, 對-二甲苯	7.3	8
Ethoxyethylacetate, 乙酸乙酯	5.9	1
n-Heptane, 庚烷-[n]	5.0	2
m-Xylene, 間-二甲苯	3.8	14

表2.3 住宅內常見之VOCs及其濃度

污染物種類	平均濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Toluene, 甲苯	80
Limonene, 環烯烴(檸檬油精)	30
n-Decane, 癸烷-[n]	20
Benzene, 苯	10
1,3,5-Trimethyl benzene, 1,3,5-三甲基苯	5
m,p-Xylene, 間, 對-二甲苯	2
1,2,4-Trimethyl benzene, 1,2,4-三甲基苯	1
1,1,1-Trichloroethane, 1,1,1-三氯乙烷	1
Undecane, 十一烯	1
o-Xylene, 鄰-二甲苯	1

表2.2 建材周圍最常見的10種VOCs(出現頻率排序)

污染物種類	平均濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	出現頻率
Toluene, 甲苯	39.7	22
n-Decane, 癸烷-[n]	14.9	20
1,2,4-Trimethyl benzene, 1,2,4-三甲基苯	0.56	18
n-Undecane, 十一烯-[n]	1.00	17
o-Xylene, 鄰-二甲苯	23.0	16
m-Xylene, 間-二甲苯	3.81	14
n-Propyl benzene, 丙基苯-[n]	0.20	13
Ethyl benzene, 乙基苯-[n]	1.79	12
n-Nonane, 壬烷-[n]	1.05	11
1,3,5-Trimethyl benzene, 1,3,5-三甲基苯	0.36	11

表2.4 TVOC₁₀的排序

排序	TVOC ₁₀ 的名稱
1	Toluene (甲苯)
2	Benzene (苯)
3	Nicotin (尼古丁)
4	Methoxyethoxyethanol (甲,乙基乙醇)
5	Xylene (二甲苯)
6	Methylcyclohexane (甲基環己烷)
7	Hexane (己烷)
8	Tetradecane (四癸烷)
9	Cyclobenzene (苯環)
10	Pentadecane (五癸烷)

表2.5 常見的室內TVOC 來源與種類 (Bernstein et al., 2008)

來源	主要的TVOC
黏著劑	甲醛(formaldehyde)、丁基醚(butyl ether)、乙烯基環己烷(vinyl cyclohexane)、2-丙烯酸(2-propenoic acid)、丙二醇(propylene glycol)
地毯	4-苯基環乙炔(4-Phenylcyclohexene)、醋酸乙烯酯(vinyl acetate)、苯乙烯(styrene)、十二烷醇(dodecanol)、乙醛(acetaldehyde)
清潔劑	檸檬烯(limonene)、異戊烷(isopentane)、異丙醇(isopropanol)、乙二醇丁醚(butoxyethanol)、1,4 二氯苯(1,4 dichlorobenzene)
鋪地板油布	乙酸(acetic acid)、己醛(hexanal)、己酸(hexanoic acid)、戊酸(pentanoic acid)、癸烷(decane)
辦公傢俱	甲醛(formaldehyde)、乙醛(acetaldehyde)、乙酸丁酯(butylacetate)、己醛(hexanal)、環己酮(cyclohexanone)
油漆	甲苯(toluene)、丙二醇(propylene glycol)、乙二醇(ethylene glycol)、丙酸丁酯(butyl propionate)、甲基丙醇(methyl propanol)
使用事務機	苯乙烯(styrene)、乙苯(ethylbenzene)、二甲苯(Xylene)、苯(benzene)、2-乙基-1-己醇(2-ethyl-1-hexanol)
橡膠地板	苯乙烯(styrene)、十二烷(dodecane)、苯並噻(benzothiazole)、醋酸乙烯酯(vinyl acetate)、環己烷(cyclohexane)
紡織品	甲醛(formaldehyde)、丙烯腈(acrylonitrile)、乙醛(acetaldehyde)、癸烷(decane)、十四烷(tetradecane)
壁紙	萘(naphthalene)、甲基吡咯酮(methyl pyrrolidinone)、苯乙烯(styrene)、酚類(phenol)、己酸(hexanoic acid)
窗簾	辛酸(ethyl hexanoic acid)、癸醇(decanol)、十二烯(dodecene)、異辛醇(ethyl hexanol)、萘(Naphthalene)
室內人員活動	二手煙中的苯類、檸檬烯(limonene)、由體香劑、止汗劑等個人衛生用品中所釋放之各類矽氧烷化合物(如：環戊矽氧烷、聚矽氧化合物等)、乾洗衣物中釋放的四氯乙烯(tetrachloroethylene)及從護手霜、身體乳液、化妝品及洗手液中所釋放之C12至C16的烷類

2-5 室內空氣品質管理的目的



圖2.12 室內空氣品質重要性之關聯圖



圖2.13 因應不良空氣品質的危害推動室內空氣品質管理的立法

參、室內空氣污染的主要來源

- ◆ 室內空氣污染物來源之分類
- ◆ 共通性室內空氣污染物與成因



3-1 室內空氣污染物來源之分類

- ◆ 根據行政院環境保護署「[室內空氣品質資訊網](#)」105年的更新資訊，影響室內環境空氣品質的主要污染源可分為八大類：「[室外空氣污染源](#)」、「[室內燃燒源](#)」、「[油漆及塗料](#)」、「[建築材料](#)」、「[清潔產品](#)」、「[辦公室事務機](#)」、「[生物性污染物](#)」以及「[人類活動](#)」及其他污染來源。
- ◆ 依據「[美國國家職業安全及健康協會\(National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH\)](#)」室內空氣品質問題的調查，室內主要污染物歸納為：「[外氣](#)、[室內人員](#)、[空調系統](#)、[建築材料](#)、[事務器具用品](#)以及[室內有機物質](#)」等六大主要來源



通風不良

通風不良52%



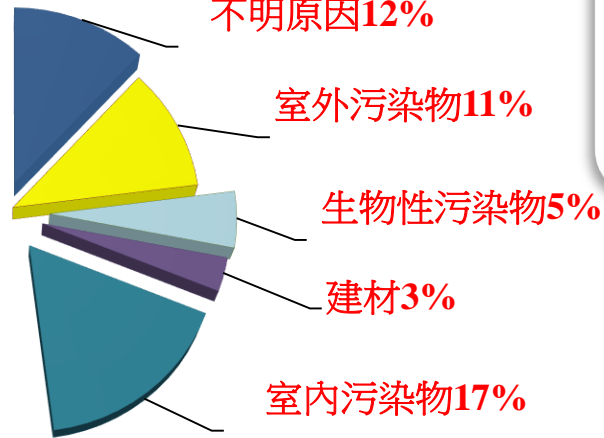
消費性產品



生物污染物



家具及裝修建材



室內燃燒源



電子電器與事務性設備

圖3.1 常見室內空氣污染物來源之類型



圖3.2 室內潛在的污染物來源與污染物型態

3-2 共通性室內空氣污染物與成因

◆室內空氣污染物的種類與成因，雖視建築物的類型與使用行為而有所差異，然常見的共通性污染物成因則大致相似。

- 室內人流過多、隔間過密、天花板淨高度不足且通風換氣不良等造成 $\text{CO}_2(\geq 1,000\text{ppm})$ 與細菌 $(\geq 1,500\text{CFU}/\text{m}^3)$ 濃度超標。
- 室內過度裝修或裝修建材與傢俱等採用不當造成 $\text{HCHO}(\geq 0.08\text{ppm})$ 與 $\text{TVOC}(\geq 0.56\text{ppm})$ 濃度超標。
- 廚房、餐廳、鍋爐等燃燒源或停車場廢氣等造成 $\text{CO}(\geq 9\text{ppm})$ 、 $\text{PM}_{2.5}(\geq 35 \mu\text{g}/\text{m}^3)$ 與 $\text{PM}_{10}(\geq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3)$ 濃度超標。
- 影印機、雷射印表機等事務性機具以及臭氧或靜電等空氣清淨機造成 $\text{O}_3(\geq 0.06\text{ppm})$ 濃度偏高或超標。
- 漏水、潮濕、盆栽或寵物等造成真菌 $(\geq 1,000\text{CFU}/\text{m}^3)$ 等微生物濃度偏高或超標。
- 廁所、室內車道、廚房等的異味問題。
- 冷卻水塔的退伍軍人菌等問題。
- 空調系統與風管內的積塵、微生物滋生與群聚感染問題。

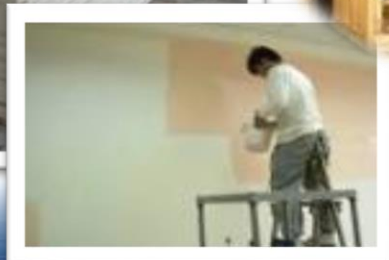
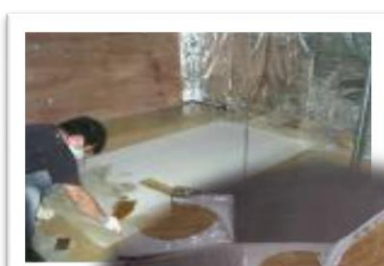


表3.1 建築物常見的主要室內空氣污染物類型與成因

主要空氣污染物	主要成因
<p>二氧化碳(CO₂)</p>	<p>(1)尖峰時段民眾於短時間湧入，成人(70kg)處於日常活動狀態時，每分鐘呼出約1公升CO₂。(2)室內空間狹窄、不流通、淨高度低、室內氣積空間不足。(3)空間過度隔間以及內部櫥櫃、傢俱、設施或器材眾多等而過於擁塞。(4)自然通風不良、未引入新鮮外氣以及空調通風量與通風換氣率(一般每小時至少應有6~8次以上)設計不足。(5)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。</p>
<p>一氧化碳(CO)、汽油味</p>	<p>(1)室內車道車輛廢氣之排放以及地下室停車場之廢氣逸散。(2)室外汽、機車等交通運輸工具廢氣之引入。(3)汽油與柴油燃料之使用且燃燒不完全。(4)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。</p>
<p>粒狀污染物 (PM₁₀、PM_{2.5})</p>	<p>(1)車輛輪胎與地坪之摩擦以及煞車作用。(2)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。(3)室內裝修過程石綿、人造礦物纖維等建材之破碎、裁切等施工過程。(4)室內盆栽之植物花粉、寵物過敏原、微生物之細菌、真菌、病毒。(5)空調系統與風管內的積塵等污染源。(6)臨近營建工地施工或廟宇燃燒金紙或鞭炮等污染源。</p>
<p>細菌</p>	<p>(1)尖峰時段民眾大量湧入(正常成人的呼吸作用約產生500~1,500CFU/min，且一般成人身上、皮膚及衣物等所攜帶的菌數超過1億隻)。(2)中央空調系統與管線內部的滋生。(3)發霉之物品或建材表面(如天花板菌斑、地下室或屋頂漏水之壁癌等)。(4)水域空間(如室內游泳池等)潮濕與通風不良。(5)屋頂或地下室漏水、積水、潮濕等空間維護管理問題以及植物表面、寵物等污染源。</p>

表3.1 建築物常見的主要室內空氣污染物類型與成因(續)

主要空氣污染物	主要成因
<p>甲醛(HCHO)</p>	<p>(1)室內裝修建材(木質合板、木質傢俱、隔版、礦纖天花板)與膠結劑使用不當或裝修過度。(2)木製建材、版材與木製廚櫃等使用不當。(3)教學教具等器材使用不當。(4)民生(地墊、芳香劑等)或清潔用品(市售的強力去污劑大多數含有高濃度的甲醛)使用不當。(5)室內美勞、家政、塗裝作業不當。(6)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、拜拜、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)。(7)其它衍生物 (因臭氧與萜烯類碳氫化合物，如檸檬香等香水或香精化學作用所產生)等污染源。</p>
<p>總揮性有機化合物(TVOC)</p>	<p>(1)清潔劑、化妝品、黏著劑、天然氣、油漆、殺蟲劑、香煙以及各式各樣個人保養清潔用品如香水、髮雕等。(2)裝修建材、油漆粉刷、傢俱所溢散出的有機物質。(3)日常所使用的文具、影印機、印表機等機具。(4)室內高濃度的揮發性有機物質，多發生於重新裝修、油漆、新傢俱放置及清潔打蠟後。</p>



◆CO₂(≥1,000ppm)與細菌(≥1,500CFU/m³)濃度偏高或超標

主要原因：(1)教室學生人數過多(成人(70kg)處於日常活動狀態時，每分鐘呼出約1升二氧化碳)；(2)空間狹小、天花板淨高低(≤4m)、氣積容量不足；(3)空間過度隔間或設施、器材眾多等而過於擁塞；(4)空間通風設計不良或未引入新鮮外氣；(5)通風換氣率不足(一般每小時至少應有6~8次以上)；以及(6)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、拜拜、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。



圖3.3 人數多、空間狹小、天花板淨高低、氣積容量不足



圖3.4 短時間內湧入大量看診民眾且聚集於相對狹小的密閉空間內





圖3.5 動線複雜且隔間密集而不利於通風換氣的建築格局





圖3.6 內部OA辦公桌椅以及設施陳設過多致使空間擁塞且不利於氣流之循環



圖3.7 無對外窗、自然對流與通風效果差



圖3.8 無外氣引入之內循環空調系統



3,262ppm

圖3.9 僅採FCU內循環空調系統之民眾閱覽室

◆HCHO($\geq 0.08\text{ppm}$)與TVOC($\geq 0.56\text{ppm}$)濃度偏高或超標

主要原因：(1)室內裝修建材與膠結劑使用不當或裝修過度；(2)木製建材、版材與木製廚櫃等使用不當；(3)教學教具等器材使用不當；(4)民生(地墊、芳香劑等)或清潔用品使用不當；(5)室內美勞、家政、塗裝作業不當；(6)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、拜拜、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)；以及(7)其它衍生物等污染源。



圖3.10 室內裝修建材使用不當、裝修過量或室內美勞作業

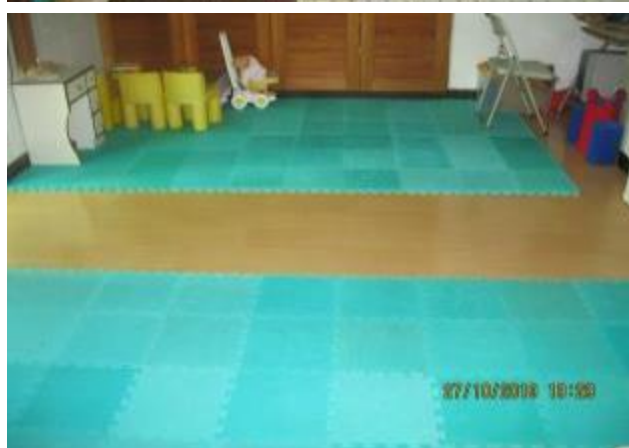


圖3.11 塗裝、教具與遊戲器材使用不當以及芳香劑等用品的使用

◆O₃(≥0.06ppm)濃度偏高或超標

主要原因：(1)影印機或雷射印表機等事務性機具的不當使用；(2)臭氧空氣清淨機的使用；(3)靜電、負離子或紫外光燈空氣清淨機的不當使用；以及(4)來自室外的干擾。



圖3.12 影印機或臭氧機等事務性機具之不當使用

◆真菌($\geq 1,000\text{CFU}/\text{m}^3$)濃度偏高或超標

主要原因：(1)牆壁、屋頂、窗台或梯腳板漏水；(2)矽酸鈣天花板內部管線或FCU漏水造成天花板鼓脹與菌斑叢生；以及(3)來自室外(如：花園等)的干擾。



圖3.13 室內潮濕與漏水現象

◆PM_{2.5}(≥35μg/m³)、PM₁₀(≥75μg/m³)、CO(≥9ppm)濃度偏高或超標

主要原因：(1)室內燃燒行為(如：烹飪、取暖、燒香、點蠟燭等)；(2)抽煙及二手煙；(3)建材破碎或裁切等裝修過程；(4)地下室停車場廢氣；以及(5)來自室外(如：大馬路、鐵路旁或營建工地等)的干擾。



圖3.14 室內燃燒或車輛廢氣

肆、室內空氣污染物整體治理方案

- ◆ 整體治理五大面向
- ◆ 室內空氣品質改善之優先順位



4-1 整體治理五大面向



圖4.1 室內空氣品質整體治理策略之完整拼圖

室內空氣品質管理法

1

菸害防制法

綠建築

2

健康綠
建材

環保
標章

3

正確理氣
通風換氣



病態建築

BRI

SBS

MCS

自主維
護管理

5

空氣淨化設備

4

植物淨化

IMMUNE BUILDING
SYSTEMS
TECHNOLOGY



健康建築

Jan Kowalski

免疫建築



圖4.2 室內空氣品質整體治理策略之五大面向

4-2 室內空氣品質改善之正確觀念

- 確保良好室內空氣品質的五大要素：源頭減量(控制源頭)→通風換氣(整體強化或改善措施)→空氣淨化設備(局部強化或改善措施)→植物淨化(局部強化或改善措施)→良好的日常自主維護管理計畫

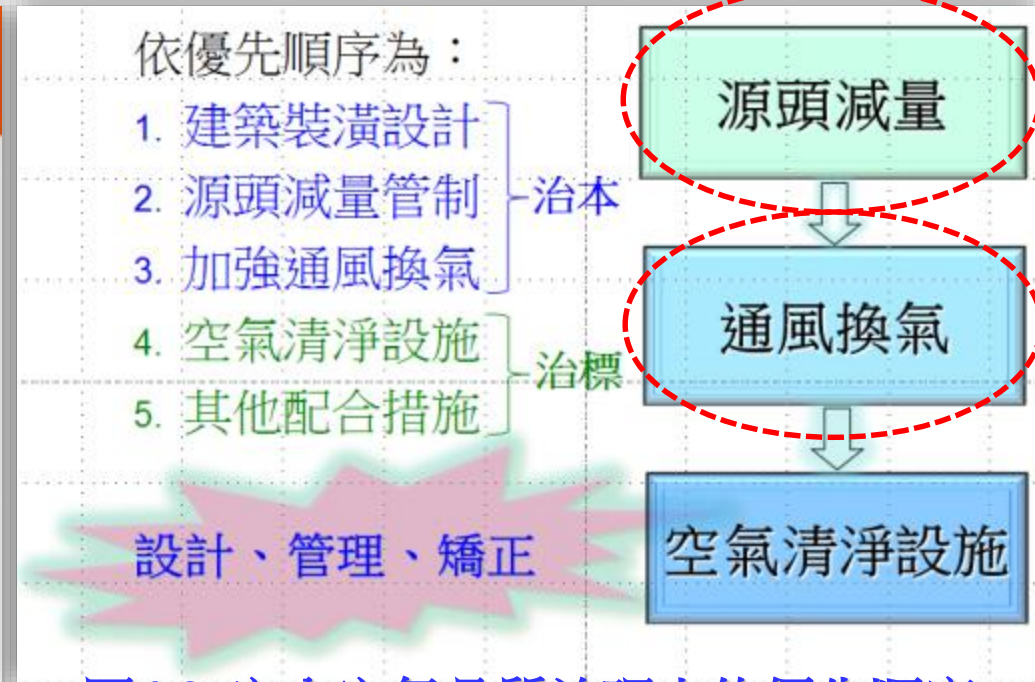



圖4.3 室內空氣品質治理上的優先順序



伍、污染物之源頭減量

- 
- ◆ 利用綠建築設計—室內環境指標
 - ◆ 採用健康綠建材標章之建材
 - ◆ 住宅性能確保(本單元省略)
 - ◆ 採用環保標章之民生用品
 - ◆ 源頭減量之建築維護管理措施



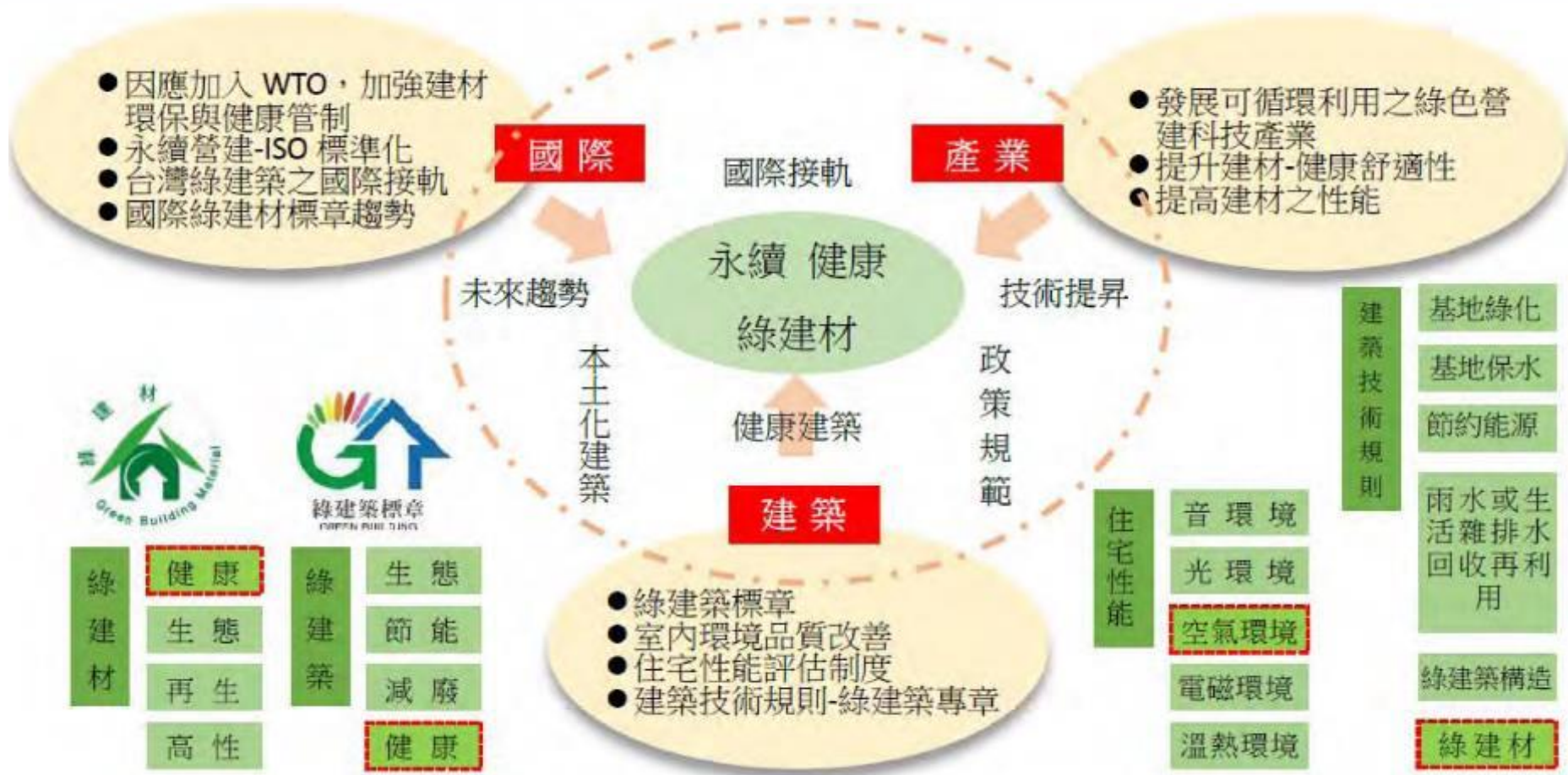


圖5.1 我國健康建築管理制度與產業之架構



5-1 利用綠建築設計—室內環境指標

- ◆ 台灣綠建築評定指標(EEWH)共有九項(兩項強制、兩向任選，至少須通過四項以上)：

表5.1 我國綠建築標章系統

四大範疇 Four aspects	九大指標 Nine indicators	與地球環境關係 Environmentally related					
		氣候 Climate	水 Water	土壤 Soil	生物 Biology	能源 Energy	資材 Resource
生態 Ecology	生物多樣性(Biodiversity)	★	★	★	★		
	綠化量(Greenery)	★	★	★	★		
	基地保水(Soil water content)	★	★	★	★		
節能 Energy saving	日常節能(Energy saving)	★				★	★
減廢 Waste reduction	二氧化碳減量(CO ₂ emission)				★	★	★
	廢棄物減量(Waste reduction)				★		★
健康 Health	室內環境(Indoor environment)						
	水資源(Water resource)	★	★				
	污水垃圾改善(Sewage & garbage improvement)		★		★		★



圖5.2 我國綠建築評估手冊(基本型、住宿類、社區類)

◆何謂室內環境指標

所謂「室內環境指標」主要在評估室內環境中，隔音、採光、通風換氣、室內裝修、室內空氣品質...等，影響居住健康與舒適之環境因素，希望藉此喚起國人重視室內環境品質，並減少室內污染傷害以增進生活健康。

◆室內環境指標的目的

本「室內環境指標」以音環境、光環境、通風換氣與室內建材裝修等四部份為主要評估對象。尤其在室內裝修方面，鼓勵儘量減少室內裝修量，並盡量採用具有綠建材標章之健康建材，以減低有害空氣污染物之逸散，同時也要求低污染、低逸散性、可循環利用之建材設計。

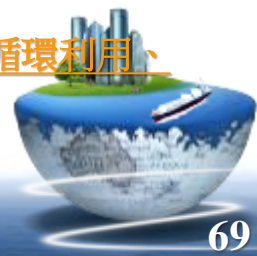
◆室內環境指標與基準

本室內環境指標以「健康性」與「環境性」的角度來評量室內居住環境，是綠建築評估最重要的原點。本指標希望透過室內環境汙染物評估來示警對人體可能造成的危機，並進而化解此威脅與恐懼，同時也評估室內環境對地球環境汙染的負荷，以及自然通風採光與音環境的舒適感。

◆如何達到及格標準

為了達成符合指標基準的要求標準，室內環境指標設計上可善加運用的手法列舉如下：

- 採用厚度15cm以上RC外牆與厚度15cm以上RC樓板結構。
- 採用氣密性二級以上玻璃窗以保良好隔音性能。
- 盡量採用輕玻璃或low-E玻璃，不要採用高反射玻璃或重顏色之色版玻璃已保良好採光。住宿類建築、非中央空調型辦公建築，建築深度維持在14公尺以內，外型盡量維持一字形、L形、U形、口形的配置，以保有通風採光潛力。
- 絕大部分居室空間進深不要太深，以保有良好自然採光。
- 大部分燈具設有防止炫光之燈罩或格柵(燈管不裸露)。
- 中央空調系統均應設置新鮮外氣系統。
- 室內裝修以簡單樸素為主，盡量不要大量裝潢，不要立體裝潢。
- 室內裝修建材盡量採用具備國內外環保標章、綠建材標章之建材(即低逸散性、低污染、可循環利用、廢棄物再利用之建材)。
- 室內裝修建材盡量採用天然生態建材。



◆ 2015年版之綠建築評估手冊－基本型 (EEWH-BC)

◆ 2015年版之綠建築評估手冊－住宿類 (EEWH-RS)

◆ 2015年版之綠建築評估手冊－社區類 (EEWH-EC)



大項	小項	對象	評分判斷	查核	小計	比重	加權分	
音環境	外牆、分界牆(*1)		下列三項，擇一計分： • 單層牆：RC牆含粉刷厚度 $dw \geq 20\text{cm}$ • 雙層牆：雙層牆板間距 $da1 \geq 5\text{cm}$ ，內填密度 24K 以上玻璃棉或岩棉厚度 $dw \geq 5\text{cm}$ ，且雙層實心面板總厚度 $db \geq 4.8\text{cm}$ • 檢附牆板隔音性能證明 $Rw \geq 55\text{dB}$ (*2)	A1=30	A=	$X1=A+B+C=$	$X1 \times Y1 =$	
			下列三項，擇一計分： • 單層牆：RC牆含粉刷厚度 $dw \geq 15\text{cm}$ 、磚牆含粉刷厚度 $\geq 24\text{cm}$ • 雙層牆：雙層牆板間距 $da1 \geq 10\text{cm}$ ，內填密度 24K 以上玻璃棉厚度 $(dw) \geq 5\text{cm}$ ，且雙層實心面板總厚度 $db \geq 2.4\text{cm}$ • 檢附牆板隔音性能證明 $Rw \geq 50\text{dB}$ (*2) • 牆板構造條件未達A1、A2標準者	A2=20				
			牆板構造條件未達A1、A2標準者	A3=10				
	窗			下列三項，擇一計分： • 符合氣密性2等級($2\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ，*3)且玻璃厚度 $\geq 10\text{mm}$ • 符合氣密性2等級($2\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ，*3)之雙層窗，窗間距 $da2 \geq 20\text{cm}$ 且玻璃厚度 $\geq 5\text{mm}$ • 檢附窗戶隔音證明 $Rw \geq 40\text{dB}$ (*2)	B1=35	B=		
				下列三項，擇一計分： • 符合氣密性2等級($2\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ，*3)且玻璃厚度 $\geq 6\text{mm}$ • 符合氣密性8等級($8\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ，*3)之雙層窗，窗間距 $da2 \geq 20\text{cm}$ 且玻璃厚度 $\geq 5\text{mm}$ • 檢附窗戶隔音證明 $Rw \geq 35\text{dB}$ (*2)	B2=25			
				下列三項，擇一計分： • 符合氣密性8等級($8\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ，*3)且玻璃厚度 $\geq 8\text{mm}$ • 符合氣密性8等級($8\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ，*3)之雙層窗，窗間距 $da2 \geq 10\text{cm}$ 且玻璃厚度 $\geq 5\text{mm}$ • 檢附窗戶隔音證明 $Rw \geq 30\text{dB}$ (*2)	B3=15			
				窗構造條件未達B1、B2、B3標準者	B4=10			
	樓板			下列四項，擇一計分： • RC樓板厚度 $(df) \geq 15\text{cm}$ ，其上加設固定式表面緩衝材 $\Delta Lw \geq 20\text{dB}$ (*4) • RC樓板厚度 $(df) \geq 18\text{cm}$ ，其上加設固定式表面緩衝材 $\Delta Lw \geq 17\text{dB}$ (*4) • 鋼承板式RC樓板厚度 $(df) \geq 19\text{cm}$ ，其上加設固定式表面緩衝材 $\Delta Lw \geq 20\text{dB}$ (*4) • 檢附樓板衝擊音之隔音等級 $L_{n,w} \leq 55\text{dB}$ (*4)	C1=35	C=		
				下列四項，擇一計分： • RC樓板厚度 $(df) \geq 15\text{cm}$ ，其上加設固定式表面緩衝材 $\Delta Lw \geq 15\text{dB}$ (*4) • RC樓板厚度 $(df) \geq 18\text{cm}$ ，其上加設固定式表面緩衝材 $\Delta Lw \geq 12\text{dB}$ (*4) • 鋼承板式RC樓板厚度 $(df) \geq 19\text{cm}$ ，其上加設固定式表面緩衝材 $\Delta Lw \geq 15\text{dB}$ (*4) • 檢附樓板衝擊音之隔音等級 $L_{n,w} \leq 60\text{dB}$ (*4)	C2=25			
				下列四項，擇一計分： • RC樓板厚度 $(df) \geq 15\text{cm}$ ，其上加設固定式表面緩衝材 $\Delta Lw \geq 10\text{dB}$ (*4) • RC樓板厚度 $(df) \geq 18\text{cm}$ ，其上加設固定式表面緩衝材 $\Delta Lw \geq 7\text{dB}$ (*4) • 鋼承板式RC樓板厚度 $(df) \geq 19\text{cm}$ ，其上加設固定式表面緩衝材 $\Delta Lw \geq 10\text{dB}$ (*4) • 檢附樓板衝擊音之隔音等級 $L_{n,w} \leq 65\text{dB}$ (*4)	C3=15			
				RC、鋼構複合樓板厚度 $(df) < 15\text{cm}$ 或木構造樓板	C4=10			

大項	小項	對象	評分判斷	查核	小計	比重	加權得分
光環境	自然採光空間	所有建築類型之玻璃透光性	• 清玻璃或淺色low-E玻璃等（可見光透光率0.6以上）	D1=20	D _I	Y2=0.2	X2×Y2=
			• 色版玻璃等（可見光透光率0.3~0.6）	D2=15			
• 低反射玻璃等（可見光透光率0.15~0.3）	D3=10						
• 高反射玻璃等（可見光透光率0.15以下）	D4=5						
		辦公、研究、實驗、臥房、病房、居室空間、自然採光NI(註1)	• 0.9 ≤ NI	E1=60	E _I		
			• 0.8 ≤ NI	E2=0			
		上述以外					
人工照明	辦公室、閱覽室、圖書室、教室等空間之照明	辦公、閱覽室、圖書室、教室等空間之照明	• 所有居室空間照明光源均有防眩光罩或類似設施	F2=15	F _I	Y3=0.3	X3×Y3=
			• 面積一半以上居室空間照明光源均有防眩光隔柵、燈罩或類似設施	F3=10			
			• 照明狀況未達F1、F2、F3之標準者	F4=0			
		上述用途以外空間之照明	• 不予評估	F5=12			

家徒四壁的建築物最健康

大項	小項	對象	評分判斷	查核	小計	比重	加權得分
室內建材裝修	整體裝修建材	一般建築主要居室空間	• 基本構造裝修量（全面以簡單粉刷裝修牆面與天花，或在有消防管線下以簡單平頂天花裝修，或簡單照明系統天花裝修者）	H1=40	H _I	Y4=0.3	X4×Y4=
			• 少量裝修量（七成以上天花或牆面未被板材裝潢裝修者）	H2=30			
			• 中等裝修量（五成以上天花或牆面未被板材裝潢裝修者）	H3=20			
			• 大量裝修量（七成以上天花及牆面被板材裝潢者）	H4=0			
		• 不予評估	H5=24				
		展示、商場、劇院、演藝廳等特殊裝修需求空間					
	綠建材	綠建材使用率（*8，附計算或說明）	• Rg (*9) ≥ Rgc +15%	I1=60	I _I	Y5=0.2	X5×Y5=
			• Rgc +15% > Rg ≥ Rgc +10%	I2=45			
			• Rgc +10% > Rg ≥ Rgc +5%	I3=30			
			• Rgc +5% > Rg ≥ Rgc	I4=20			
• 裝修毫無採用綠建材或Rg < Rgc			I5=10				
其他生態建材優惠得分（附計算或說明）	接著劑	• 50%以上接著劑數量採用綠建材	J=20	J _I	X5=J+K+L+M+N+O=	Y5=0.2	X5×Y5=
		• 不符以上條件者	J=0				
	填縫劑	• 50%以上填縫劑數量採用天然材料	K=20	K _I			
		• 不符以上條件者	K=0				
	木材表面塗料或染色劑	• 50%以上木材表面採用天然保護塗料	L=20	L _I			
		• 不符以上條件者	L=0				
	電纜線、電線、水電管、瓦斯管線等管材	• 50%以上管線以非PVC材料製品替代(如金屬管、陶管)或具有綠建材標章、或環保標章認可之管線	M=20	M _I			
• 不符以上條件者		M=0					
建築外殼及冰水、熱水管之隔熱材	• 50%以上隔熱材數量採用天然或再生材料	N=20	N _I				
	• 不符以上條件者	N=0					
其他	• 使用其他足以證明有益於地球環保之天然建材	O=認定給分	O _I				

大項	小項	對象	評分判斷	查核	小計	比重	加權得分
通風換氣環境	可自然通風型空間	全年或季節性採自然通風之空間部分（面積為Af1），以自然通風潛力VP(*7)指標評估。	• 0.8 ≤ VP	G11=100	G1=	Y3=0.3	X3×Y3=
			• 0.7 ≤ VP < 0.8	G12=80			
• 0.6 ≤ VP < 0.7			G13=60				
• 0.5 ≤ VP < 0.6			G14=40				
• VP < 0.5			G15=10				
	全年空調型空間	全年以空調為主的密閉空調型居室部分（面積為Af2）	• 所有居室空間設有新鮮外氣供應系統者（需提出外氣引入風管系統圖說）	G21=100	G2=	Y3=0.3	X3×Y3=
		• 80%以上居室空間設有新鮮外氣供應系統者（需提出外氣引入風管系統圖說）	G22=80				
		• 60%以上居室空間設有新鮮外氣供應系統者（需提出外氣引入風管系統圖說）	G23=60				
		• 40%以上居室空間設有新鮮外氣供應系統者（需提出外氣引入風管系統圖說）	G24=40				
		• 低於40% 居室空間設有新鮮外氣供應系統者	G25=20				

*1：分界牆包含公眾使用建築空間之分隔牆，如：旅館、醫院等。
 *2：依照CNS 15160-3（等同ISO 140-3）測試及依CNS 8465-1（等同ISO 717-1）評定Rw值。
 *3：依照“CNS 11527門窗氣密性試驗法”評定氣密性等級。
 *4：依照CNS 15160-8（等同ISO 140-8）進行測試及依CNS 8465-2（等同ISO 717-2）評定ΔLw值及Ln,w值。
 *5：本表所謂“居室”為符合建築技術規則定義之居室。
 *6：自然採光性能依據附錄3之「建築物自然採光通風效益與通風空調節能評估規範」計算，請附計算書。
 *7：自然通風潛力VP依據附錄3之「建築物自然採光通風效益與通風空調節能評估規範」計算。
 • 說明：以上開窗皆指戶外門或窗，若有陽台、走廊者，則陽台、走廊深度亦應計算在內，請附計算書。



5-2 採用健康綠建材標章之建材

NTUT 健康環境研究室 + 實驗室
Healthy Environ. Lab

三、台灣病態大樓症候群 (SBS)

建材塗料 8成含毒 上班打噴嚏 病態大樓症候群?

無法可醫, 對準規定裝潢三個月後才能住

新味多是甲醛 嚴重會致癌

能源危機
1973石油禁運及1979年伊朗革命發生急遽通貨膨脹

通風型態改變
大樓型建築為省能考量, 採用密閉、無外氣供應之空調系統。

VOCs積聚於室內
通風、溫度、濕度、室內設計, 導致揮發性有機化合物積聚於室內, 無法有效移除
台灣高熱高濕的氣候, 室內過度裝潢, 讓VOCs的逸散程度更嚴重。

密閉玻璃帷幕辦公大樓 室內空氣一直在封閉空間循環, 越循環越毒, 上班族不自覺產生頭痛、腰酸打呵欠等病態大樓症候群。

室內空氣主要污染源對健康的影響

污染來源	主要污染物	對人體危害
植物花草	花粉 真菌	過敏過敏反應
事務機器	臭氧 粉塵 真菌 細菌	另應考慮對環境影響
隔熱防火器材	石棉 揮發性有機物	
合板 家具 地毯	揮發性有機物	
空調系統		
清潔用品		
噴霧劑		
吸塵 焚香		

辦公室空間實測結果

Short Communication
Risk assessment of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan
Indoor Air 2003, 13: 1-5

Abstract: Our study conducts a series of investigations to five office buildings chosen according to the types of construction, ventilation, and building age. Formaldehyde was measured by continuous photoacoustic Multi Gas monitor, Type D10 (Orbit & Kari). The 8h average concentrations in working hours were used to estimate the lifetime cancer probability (LCP) and chronic non-carcinogenic hazard index (HDI). The carcinogenic effect of formaldehyde is estimated by LCP (70 years old) to about 2.06×10^{-5} to 1.71×10^{-4} . The non-carcinogenic effect of formaldehyde is estimated to be 0.0001 to 0.001. The results indicate that exposure to high levels of formaldehyde in office buildings may cause cancer and other health effects. Therefore, the building owners and occupants should be aware of the health risks of formaldehyde in office buildings.

Risk assessment of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan

	Building A	Building B	Building C	Building D	Building E
Sampling floor	1F	5F	8F	5F	13F
Space	Large space	Small space	Large space	Small space	Large space
Number of samples	6	6	6	6	6
Air exchange rate of sampling space (ACH)	1.32	0.32	2.38	0.35	1.22
Formaldehyde (HCHO), ppm	0.12	0.76	0.21	0.78	0.75
s.d.	0.04	0.06	0.04	0.03	0.10
LCP	1.74E-05	1.01E-04	2.92E-05	1.34E-04	1.09E-04
HDI	0.0001	0.0007	0.0001	0.0003	0.0003
LCP (average cancer probability) (%)	2.06×10^{-5}	1.43×10^{-4}	4.14×10^{-5}	1.34×10^{-4}	1.10×10^{-4}
HDI	0.0001	0.0007	0.0001	0.0003	0.0003

0.30 ACH in 5.30 m) average concentrations of formaldehyde.

NTUT 健康環境研究室 + 實驗室
Healthy Environ. Lab

室內裝修現況報導

(2007年8月25日星期六 自由時報-建築百科報導例)

毒家塗料夠噱

綠建材當紅 裝潢新寵

窗簾 綠加甲醛, TVOC 揮發性有機物

裝潢、壁紙等 揮發性有機物, TVOC、苯等 揮發性有機物

地毯 揮發性有機物, TVOC 揮發性有機物

地板 揮發性有機物, 揮發性有機物

家空氣品質 87% 不合格

(摘自邵文政, 2007)

灣地區十大死因 (2002)

15秒1人罹癌

風險增高

「黃靜宜/台北報導」衛生署昨公布二〇〇二年癌症登記報告, 國人平均每八分十五秒就有一人罹癌, 比前一年縮短十七秒。其中, 男性與嗜食檳榔、抽菸相關的食道癌、口腔癌均增加兩成以上, 衛生署擬比照「菸害防制法」, 於明年初提出徵收檳榔捐捐法草案。

口腔癌增2成 檳榔捐明年提案

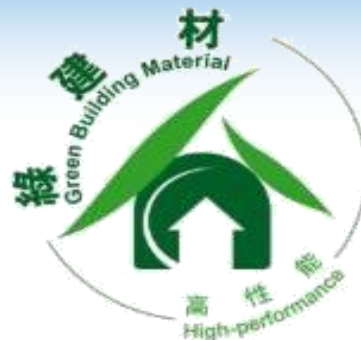
衛生署昨公布二〇〇二年癌症登記報告, 國人平均每八分十五秒就有一人罹癌, 比前一年縮短十七秒。其中, 男性與嗜食檳榔、抽菸相關的食道癌、口腔癌均增加兩成以上, 衛生署擬比照「菸害防制法」, 於明年初提出徵收檳榔捐捐法草案。

五項

衛福部最新通報與統計資料(2018): 國人每5.1分鐘即有一人罹患癌症

摘錄自: 蘋果日報04年11月04日報導

圖5.3 國內室內空氣品質不良的媒體報導



評 定 基 準

健 康 生 態 再 生 高 性 能



圖5.4 綠建材標章之評定基準

「健康綠建材」分級制度

- ◆ 新制定的「健康綠建材標章」加入分級制度，依據「TVOC (BTEX) 及甲醛逸散速率」，逸散分級分為：**E1逸散**、**E2逸散**、**E3逸散**，其中E1等級為逸散速率最低者，於**2012年1月1日**已正式實施。

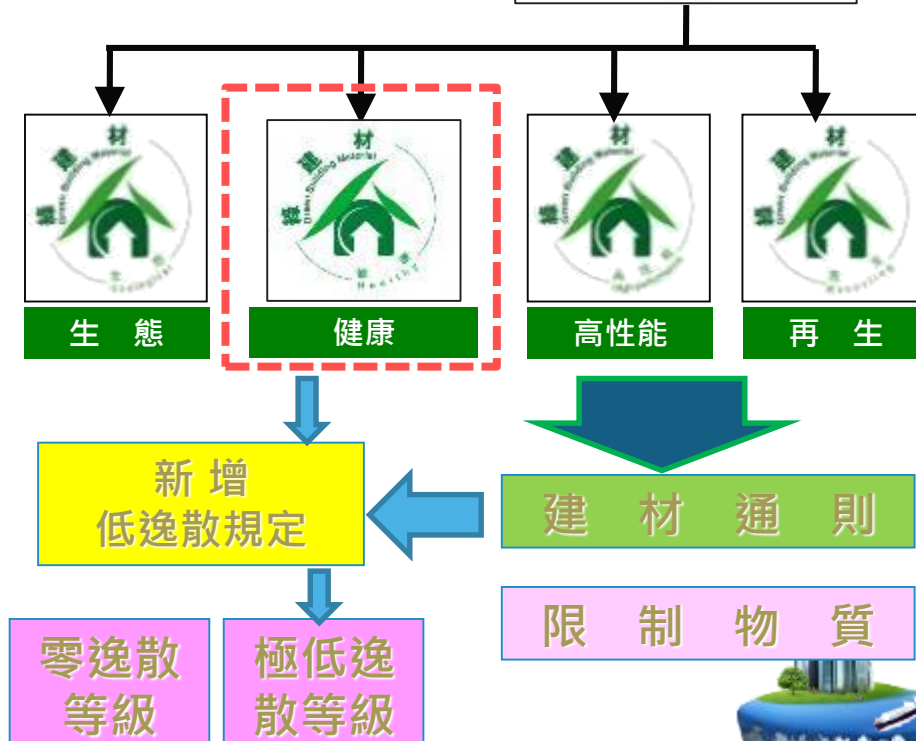
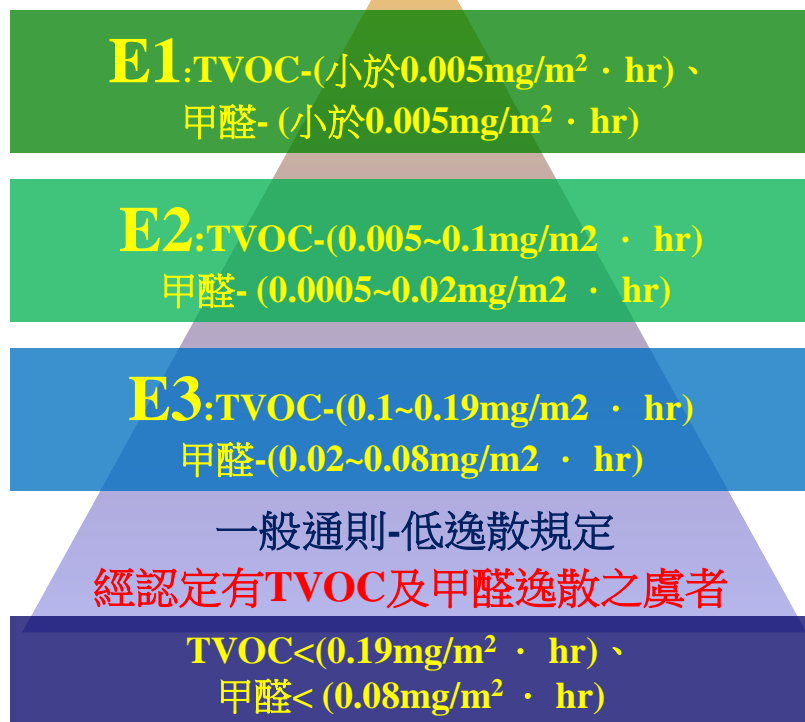


圖5.5 健康綠建材分級制度

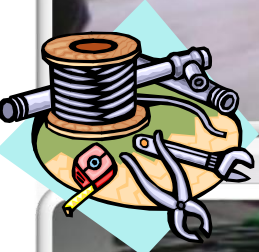




(a) 臺北科技大學教師研究室



(b) 裝修案例-臺北科技大學教師研究室(使用率100%)



(c) 內政部建築研究所辦公室



(d) 裝修案例-內政部建築研究所辦公室(使用率100%)

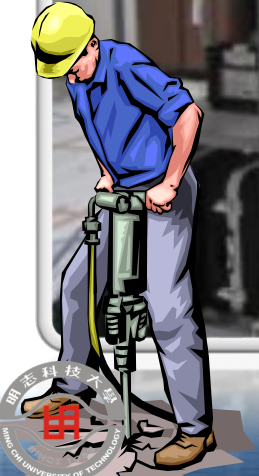


圖5.6 健康綠建材使用案例



表5.2 健康綠建材施作實例檢測結果



種類	使用率	TVOC (ppm)	甲醛 (ppm)
個案測值			
臺北科技大學教師研究室 (新裝修)	95%	0.18	0.03
集合住宅案例 (新裝修)	60%	0.49	0.34
內政部建築研究所辦公室 (新裝修)	100% (無標章時期)	2.85	0.07
辦公室案例1 (裝潢使用3年)	0%	2.92	0.253
辦公室案例2 (裝潢使用3年)	0%	1.16	0.329
辦公室案例3 (裝潢使用11年)	0%	1.52	0.22
辦公室案例4 (裝潢使用11年)	0%	1.48	0.2
行政院環境保護署環署室內空氣品質標準建議值	-	3	0.1



臺北科大教師研究室



內湖某集合住宅



資料來源：臺北科技大學健康環境研究室，2011)

表5.3 不同比例之健康綠建材施作實例檢測結果



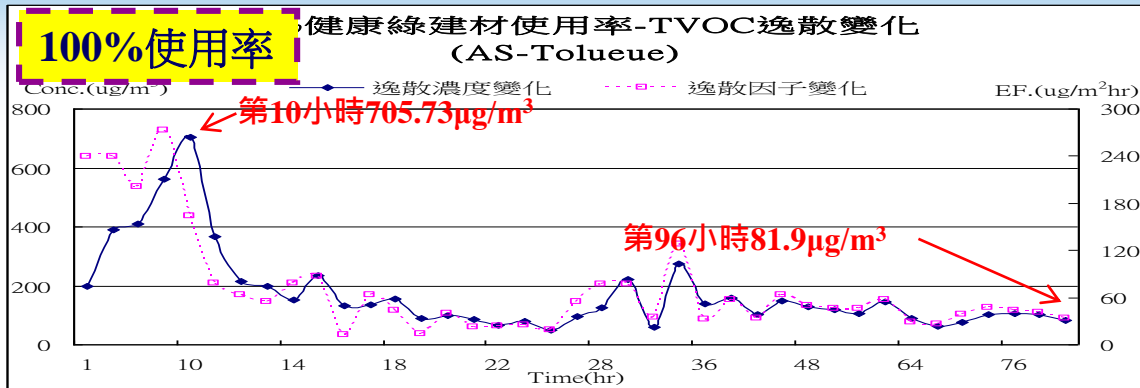
100%健康綠建材使用率	天花板施工	地面施工	壁面施工
使用建材	石膏板	高架木地板、塑膠地磚	矽酸鈣板、乳膠漆
健康綠建材使用率	25.47%	11.8%×2	50.94%
80%健康綠建材使用率	天花板施工	地面施工	壁面施工
使用建材	石膏板、礦纖板	高架木地板、塑膠地磚	矽酸鈣板、水性水泥漆
健康綠建材使用率	17.26%	11.8%	50.94%
50%健康綠建材使用率	天花板施工	地面施工	壁面施工
使用建材	石膏板	高架木地板、塑膠地磚	矽酸鈣板、水性水泥漆
健康綠建材使用率	0%	0%	50.94%
30%健康綠建材使用率	天花板施工	地面施工	壁面施工
使用建材	石膏板	高架木地板、塑膠地磚	矽酸鈣板、水性水泥漆
健康綠建材使用率	18.2%	11.8%	0%
0%健康綠建材使用率	天花板施工	地面施工	壁面施工
使用建材	石膏板	高架木地板、塑膠地磚	矽酸鈣板、乳膠漆
健康綠建材使用率	0%	0%	0%



苯(benzene)、甲苯(toluene)、乙苯(ethylbenzene)及二甲苯(xylenes)(合稱BTEX)是典型的揮發性有機物(Volatile Organic Compounds, VOCs)

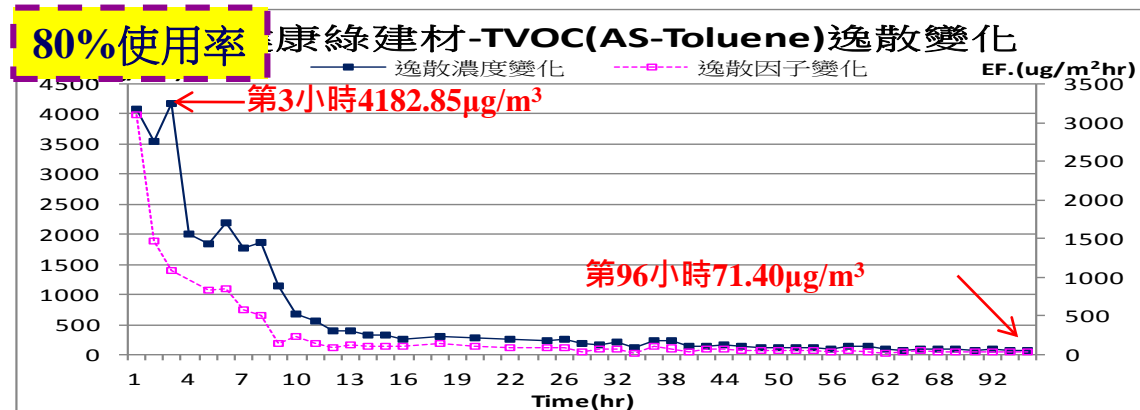
100%
健康綠建材使用率

逸散特性	BTEX	AS-Toluene
最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	197.53	705.73
72hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41.63	101.25
96hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	37.63	81.9
最大逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	86.29	272.36
72hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	22.16	46.8
96hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	16.66	34.28



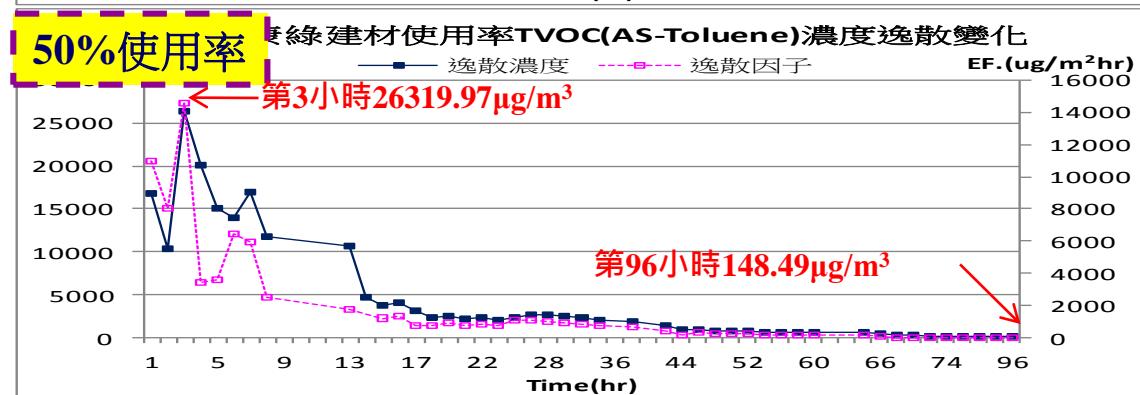
80%
健康綠建材使用率

逸散特性	BTEX	AS-Toluene
最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	66.06	4182.85
72hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20.93	77.73
96hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23.76	71.40
最大逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	40.54	3095.63
72hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	7.39	26.74
96hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	8.94	27.80



50%
健康綠建材使用率

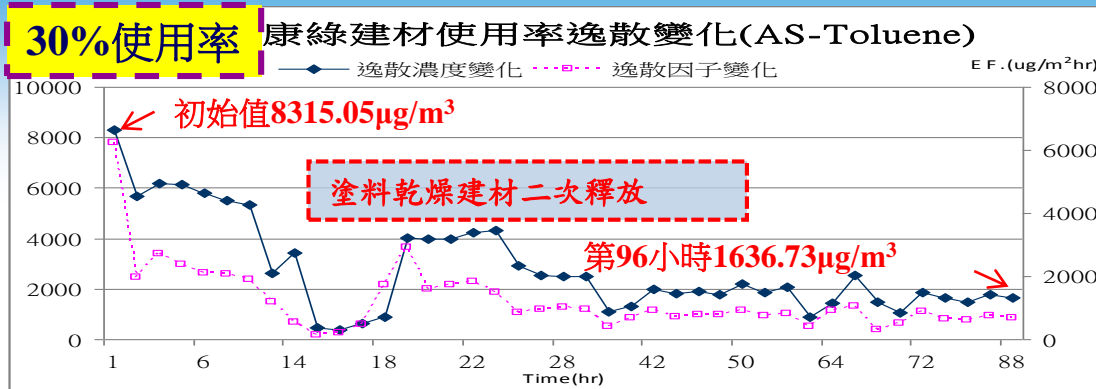
逸散特性	BTEX	AS-Toluene
最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	532.52	26319.97
72hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	55.74	234.10
96hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	70.19	148.49
最大逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	281.53	14582.88
72hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	23.16	89.98
96hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	30.74	63.35



資料來源：成大永續健康建築研究室 / 內政部建研所 / 臺北科技大學健康環境研究室

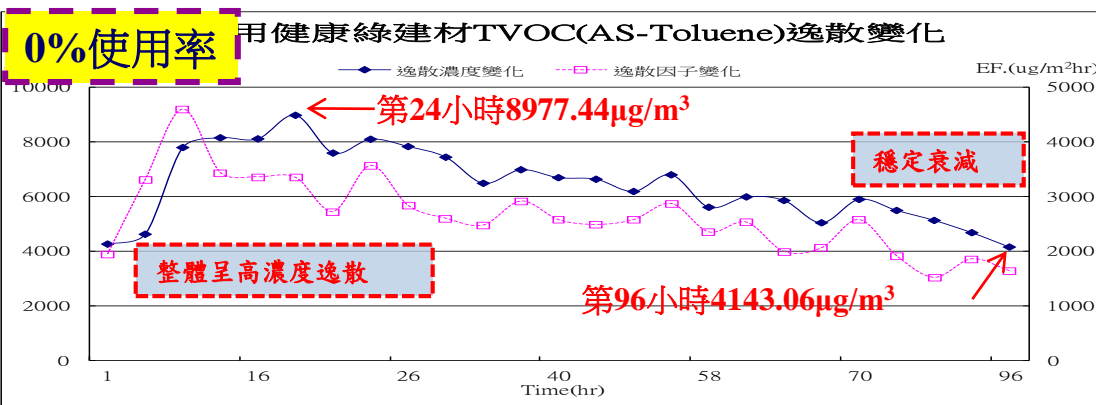
30% 健康綠建材使用率

逸散特性	BTEX	AS-Toluene
最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6292.51	8315.05
72hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	968.52	1038.98
96hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1510.3	1636.73
最大逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	4583.12	6240.09
72hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	446.3	498.59
96hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	454.12	666.62

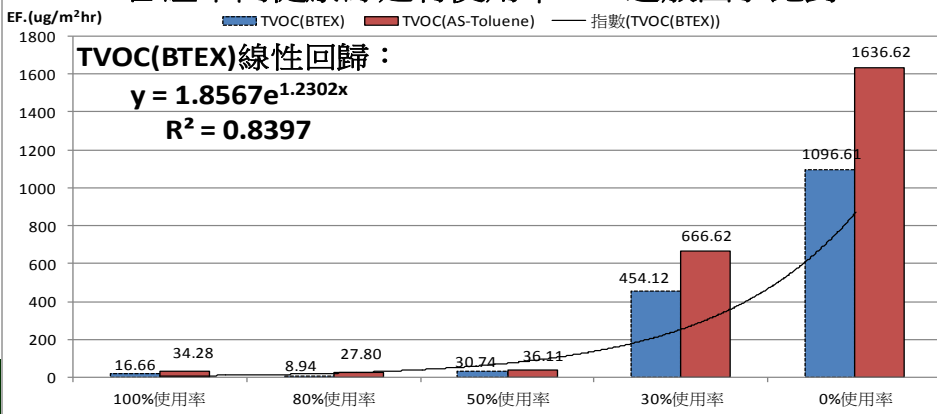


0% 未使用健康綠建材

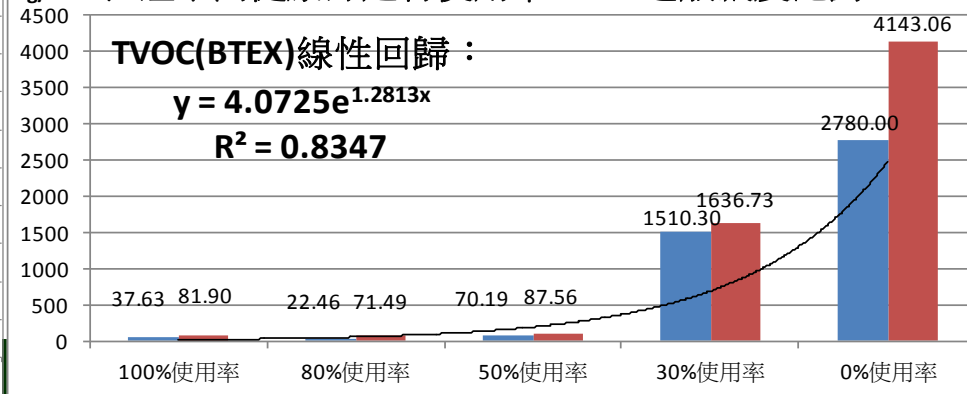
逸散特性	BTEX	AS-Toluene
最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4828.69	8977.44
72hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3008.58	5485.06
96hr濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2780.00	4143.06
最大逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	2700.78	4594.00
72hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	1194.76	1910.11
96hr逸散因子 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$	1096.61	1636.62



各組不同健康綠建材使用率96hr逸散因子比對



各組不同健康綠建材使用率96HR逸散濃度比對



5-3 採用環保標章之民生用品

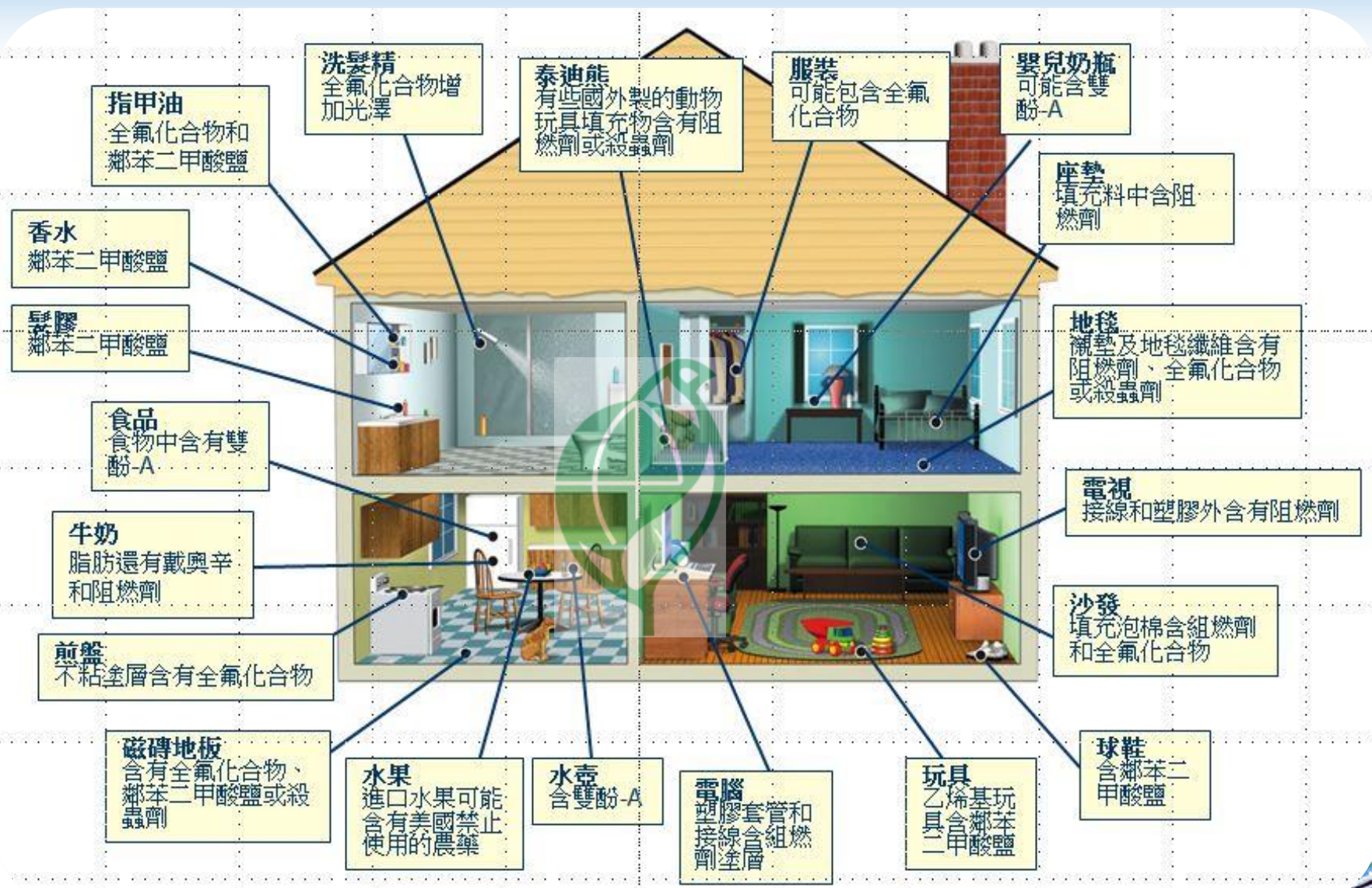


圖5.6 室內潛藏著可能的污染來源與其污染物類型

表5.4 室內空氣常見的VOCs污染物及其污染源

污染物	室內來源
甲醛	殺菌劑、壓版製成品、尿素甲醛泡沫絕緣材料、硬木夾板、黏合劑、粒子版、層壓製品、油漆、塑料、乙烯基PVC地磚、鑲木地板、木製壁版、酸固化木塗層、天花瓦及壁板、地毯、軟塑傢俱漆、石膏板、接合化合物、塑料/三聚氰醯酰胺壁板
苯	室內燃燒菸草的煙霧、溶劑、油漆、染色劑、清漆、圖文傳真機、電腦終端機及打印機、接合化合物、水基黏合劑、木製壁版、地氈、地磚黏合劑、汙點/紡織品清洗劑、聚苯乙烯泡沫塑料、塑料、合成纖維
四氯化碳	溶劑、致冷劑、噴霧劑、油脂溶劑
三氯乙烯	溶劑、經乾洗布料、軟塑傢俱套、油墨、油漆、亮漆、清漆、黏合劑、圖文傳真機、電腦終端機及打印機、打字機改錯液、油漆清除劑、汙點清除劑
四氯乙烯	經乾洗布料、軟塑傢俱套、汙點/紡織品清洗劑、圖文傳真機、電腦終端機及打印機
氯仿 (三氯甲烷)	溶劑、染料、除害劑、圖文傳真機、電腦終端機及打印機、軟塑傢俱墊子、氯化水
1,2-二氯苯	乾洗附加劑、去油污劑、殺蟲劑、地氈
1,3-二氯苯	殺蟲劑
1,4-二氯苯	除臭劑、防黴劑、空氣清新劑/除臭劑、抽水馬桶及廢物箱除臭劑、除蟲丸及除蟲片
乙苯	苯乙烯相關製成品、合成聚合物、溶劑、圖文傳真機、電腦終端機及打印機、傢俱拋光劑、接合化合物、地磚黏合劑、地氈黏合劑、亮漆硬木鑲木地板

◆自民國82年2月15日公告第一批產品環保標章規格標準起，迄今已有14大類產品類別，超過1百多種產品項目。

表5.5 我國環保標章產品類別與產品項目之彙整

產品類別	產品項目(相關產品)
(OA)辦公室用具產品類	使用回收紙之辦公室自動化(OA)用紙(報表紙、影印紙)、墨水筆(標記筆、油性球鋒筆、鋼筆、膠狀墨水鋼珠筆、水性鋼珠筆、螢光筆、白板筆)、印刷品(期刊、雜誌、書籍、廣告紙)、水性油墨(水性油墨、原子印油)、植物油油墨(張頁式平版印刷、輪轉式平版及新聞紙印刷油墨)、數位複印機(數位複印機、快速印刷機)、數位複印機油墨(數位複印機油墨)、紙製膠帶(紙膠帶)、辦公室用桌、辦公室用椅
工業類	乾式變壓器(模鑄式變壓器、非晶質樹脂型乾式變壓器)、電線電纜(電線、電纜)、變壓器(油浸式變壓器、非晶質變壓器、亭置式變壓器、密封型桿上變壓器)
日常用品類	無汞電池(錳乾電池、鹼錳電池)、布尿片(尿布)、重填物之包裝或容器(補充包)、可重複使用之購物袋(手提式、背包式各式環保購物袋)、電動機車、屋外即熱式燃氣熱水器(瓦斯熱水器)、木製傢俱(藥櫃、實驗櫃、病歷櫃、書桌、床組)、木製玩具、小汽車(小客車、客貨車)、床墊(乳膠床墊、記憶筒床墊、彈簧床墊)、瓦斯台爐、機車(機車、摩托車)、重複使用飲料容器(飲料杯、飲料壺、隨手杯、環保杯、保溫杯、燜燒杯、保溫壺、保溫罐)、家庭用紙(面紙、餐巾紙、廚房紙巾)、轎車用輪胎、抽油煙機、滅火器、地毯
可分解產品類	使用農業資源之產品(可分解環保餐具、玉米澱粉食品容器、玉米澱粉包裝材)、生物可分解塑膠(生鮮托盤、食品盒、餐具、育苗穴盤、購物袋、垃圾袋、堆肥袋、背心袋、塑膠袋、廚餘袋、環保袋、冷飲杯蓋)
有機資材類	堆肥(肥料)、塑膠類藥用輸液容器(點滴袋、點滴瓶)
利用太陽能資源	使用太陽能電池之產品(太陽能燈具、太陽能手錶)
服務類	旅館業(觀光旅館、一般旅館、民宿、商務旅館、山莊、會館、汽車旅館)、洗衣業(提供客戶衣物等紡織品水洗及乾洗服務之洗衣廠)、平版印刷業(提供平版印刷設備及服務之印刷廠)、旅行業(提供旅行服務之旅行社)、餐館業(提供餐飲服務之餐館)、清潔服務業(提供建築物內清潔服務之業者)、汽車租賃業(提供小客車或小貨車租賃服務之業者)、洗車服務業(提供汽車美容洗車服務之業者)
建材類	卜特蘭高爐水泥(卜特蘭高爐水泥、高爐水泥地質改良材)、建築用隔熱材料(玻璃隔熱棉、發泡塑膠隔熱材、岩棉複層鋼板)、水性塗料(乳膠漆、水泥漆、防水膠、壓克力面材)、窯燒類資源化建材(磁磚、地磚、紅磚、壁磚、面磚、排水磚、隔熱磚、透水磚)、自然循環式太陽能熱水器(太陽能熱水器)、非窯燒類資源化建材(透水磚、植草磚、磨石子地磚、級配料、高壓混凝土磚、矽酸鈣板、水泥磚)、油性塗料(油漆、防水材、運動場所鋪設材)、塑膠類管材(自來水管、污水管、瓦斯管)、活動隔牆(活動隔牆、隔板)、空氣源式熱泵熱水器、黏著劑
省水產品類	二段式省水馬桶、省水龍頭及其器材配件(水龍頭、省水閘、節流器、起泡器)、馬桶水箱用二段式省水器(沖水凡而、沖水器)
省電產品類	省電燈泡及燈管(PL燈管、省電燈泡)、螢光燈啟動器、螢光燈管(日光燈管、T5燈管、紫外線濾除燈)、空調系統冰水主機(冰水空調機組)、開飲機、飲水供應機(飲水機)、貯備型電熱水器、出口標示燈及避難方向指示燈、貯備型電開水器、烘手機(烘手機、乾手機)、發光二極體(LED)燈泡
家電產品類	洗衣機、電冰箱、冷氣機(分離式冷氣機、窗型冷氣機)、除濕機、家用微波爐、電視機、充電電池(鋰電池、鎳氫電池)、手持式頭髮吹風機(吹風機)、電熱式衣物烘乾機(烘乾機)、電磁爐、電風扇(電扇、吊電扇、通風電扇、立地電扇、自動旋轉吊電扇、箱型電扇、室用通風電扇)、電鍋(電鍋、電子鍋)、用戶電話機(室內電話機)、電熱水瓶、空氣清淨機、電熱水壺
清潔產品類	家用清潔劑(洗衣粉、冷洗精、洗衣精、洗碗精、洗潔精、衛浴清潔劑、玻璃清潔劑、廚房清潔劑、地板清潔劑、洗衣皂、洗碗皂、洗衣槽去污劑)、肌膚毛髮清潔劑(洗髮精、洗髮乳、沐浴乳、洗手乳、洗面乳、潤髮乳、寵物洗毛乳、香皂、化妝皂)、工商業用清潔劑
資訊產品類	電腦主機、顯示器(顯示器、液晶螢幕)、列印機(列印機、印表機)、電腦滑鼠、電腦鍵盤、筆記型電腦(筆記型電腦、平板電腦)、桌上型個人電腦(桌上型個人電腦、All-in-one電腦)、原生碳粉匣、影像輸出裝置(傳真機、黑白影印機、多功能事務機)、可攜式投影機、視訊媒體播放機(錄放影機、DVD錄放機、VCD/DVD播放機、VCR-DVD兩用機、音響-DVD兩用機)、掃描器、數位攝影機、墨水匣(噴墨墨水匣)、外接式硬碟、不斷電系統
回收產品類	回收塑膠膠再生品(橡膠粉、橡膠墊、塑膠製品、再生棉、水溝蓋、一體成形桌椅、流動廁所、安全地墊、瑜珈墊、警示三角錐及各式塑膠膠製品)、使用回收紙之衛生用紙(衛生紙、擦手紙)、使用再生紙之紙製文具及書寫用紙(檔案夾、信封、信紙、記事本、便條紙)、使用回收紙之包裝用品(瓦楞紙箱、紙棧板、美粧紙箱、灰紙板、紙管紙)、回收木材再生品(粒片板、密集板)、回收玻璃再生品(玻璃罐、玻璃瓶、玻璃磚、玻璃杯、玻璃珠)、回收再生紡織品(寶特瓶再生聚酯纖維、毛巾、床單、袋子、服飾、圍裙)、回收再利用碳粉匣(單純碳粉匣、感光鼓匣或包含感光鼓之碳粉匣)、食品包裝用塑膠薄膜(保鮮PE膜、PE袋耐熱袋)、重複使用之飲料與食品容器(飲用水瓶)、塑膠發泡包裝材(發泡填充材料)、生質柴油、再生塑膠薄膜製品(背心袋、垃圾袋、塑膠袋)、生質燃料油

5-4 源頭減量之建築維護管理措施

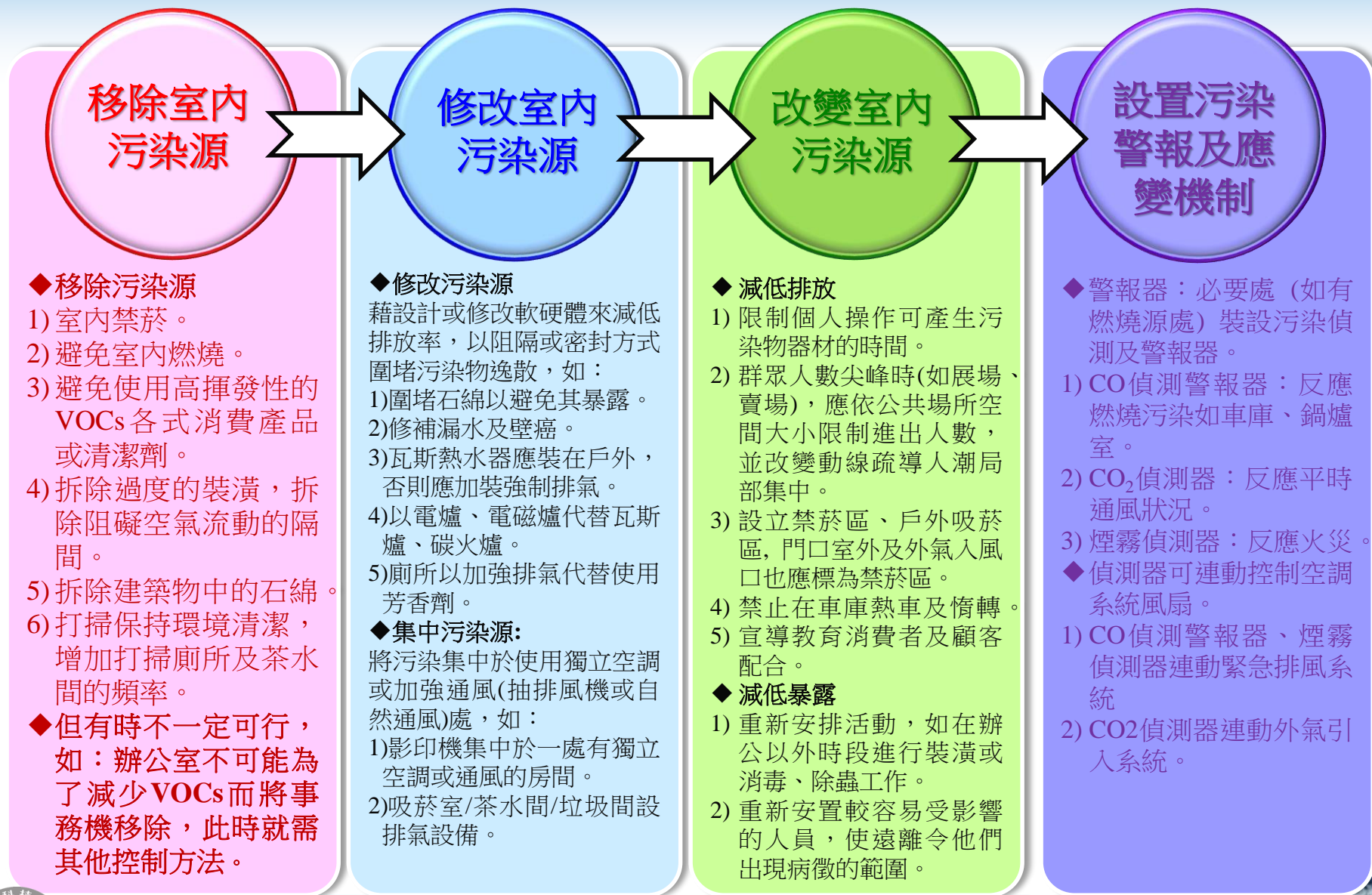


圖5.7 源頭減量之建築維護管理措施



減少影印量、影印頻率並推動無紙化(O)



減少烹飪次數、時間與頻率並以水煮取代油炸(O)



減少使用量、時間與頻率(O)

移除室內污染源(×)

修改室內污染源(V)

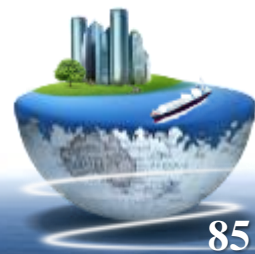
改變室內污染源(O)

圖5.8 源頭減量建築維護管理措施舉例



陸、室內之通風換氣

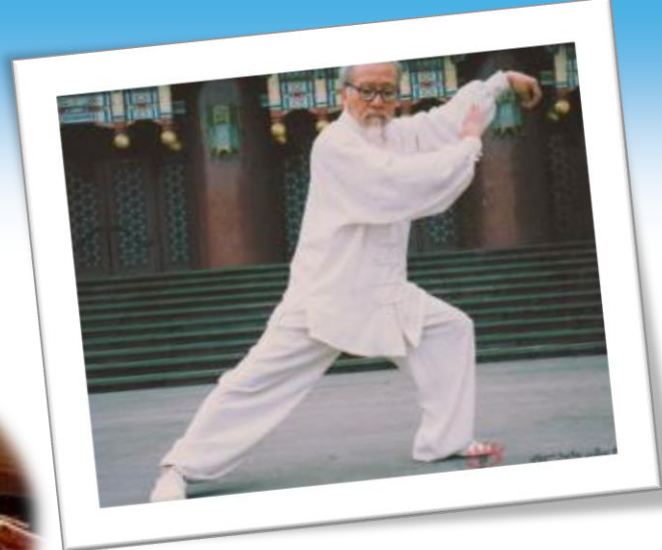
- ◆ 整體治理、畢其功於一役、對症下藥
- ◆ 理氣十二大法則(心法)



6-1 通風換氣的重要性

◆ 人的氣順了，身體自然就健康了

◆ 家的氣通了，空間自然就潔淨了



「氣」生成的過程

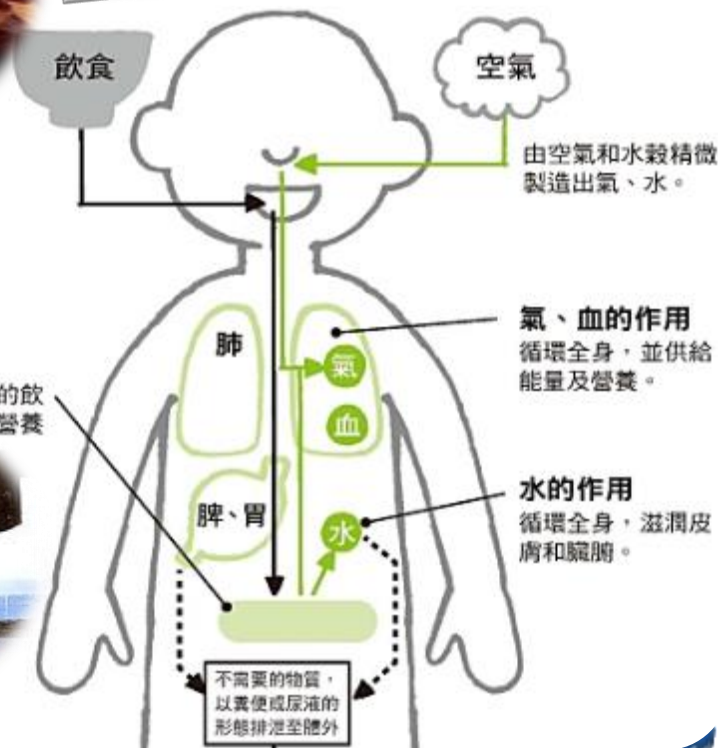
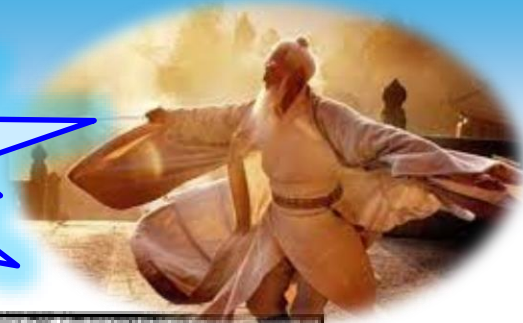


圖6.1 人與建築物通風換氣對健康的重要性

6-2 理氣十二大法則（心法）

1. 氣不通(未確實或根本未真正引入外氣)
2. 氣不良(內部循環，以冷度麻痺我們而已)
3. 氣不足(外氣引入量不夠或漏失)
4. 氣不順(風管過多轉折或急轉彎的損耗與縮流)
5. 氣不暢(風管內部髒污或堵塞)
6. 氣不均(出回口位置設計與配置不當)
7. 廢氣乘虛而入(外氣引入口已受到污染)
8. 毒氣入侵(人為生化恐怖攻擊事件)
9. 正廢氣不分(空間的正壓或負壓不正確)
10. 調理與養氣(利用空氣淨化設備改善髒污之空氣)
11. 搶氣(外氣停滯時的主動與積極引入設計或手法)
12. 增氣(額外提供呼吸帶乾淨的空氣)





通風換氣

◆理氣十二大法則

- 須有新鮮外氣的引入(自然或機械通風)
- 不受污染的新鮮外氣
- 安全且不受攻擊的外氣引入口(降低生化恐怖攻擊的風險)
- 中央空調系統空調箱淨化設備
- 中央空調系統風管內部清潔維護作業
- 強化呼吸帶的新鮮空氣
- 其它(如空間的正負壓等)

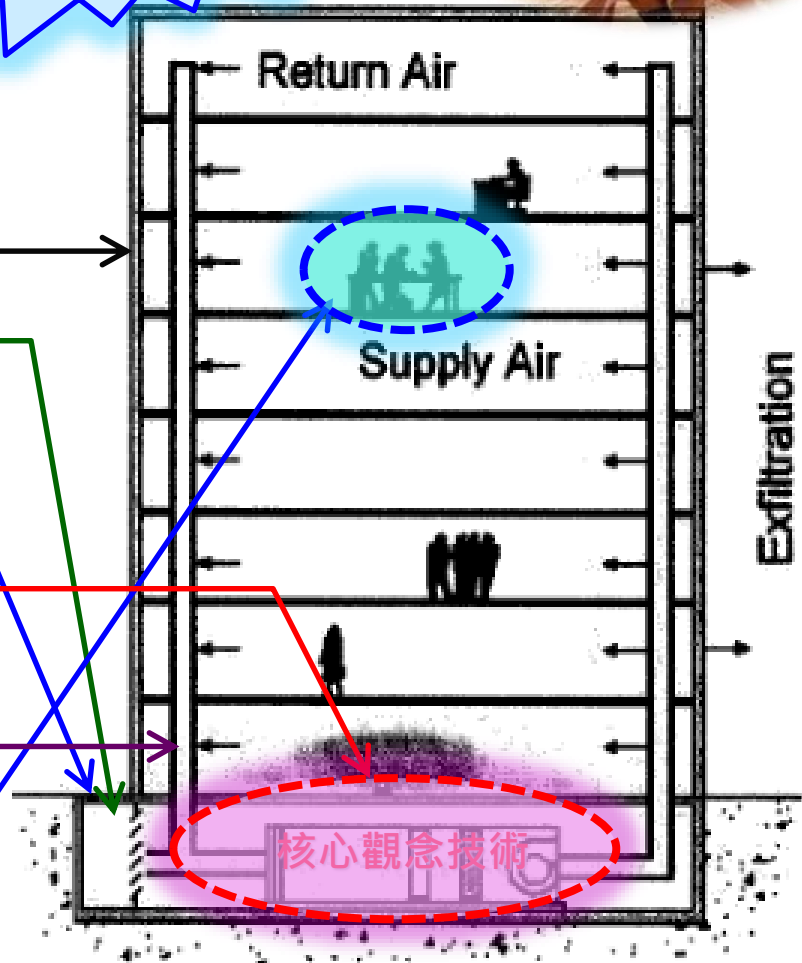


圖6.2 免疫建築在通風換氣上的具體與關鍵措施

一、氣不通(未確實或根本未真正引入外氣)

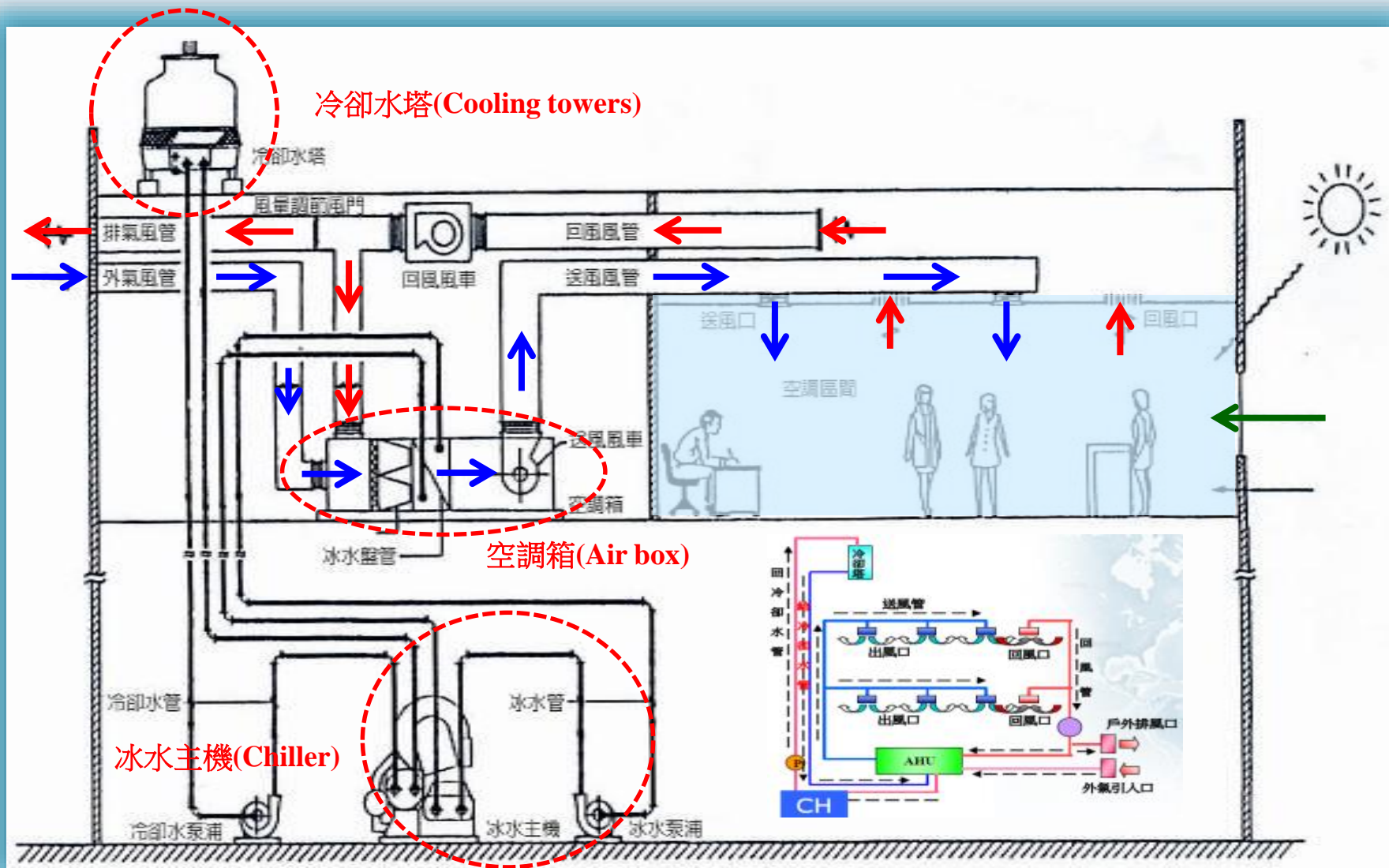
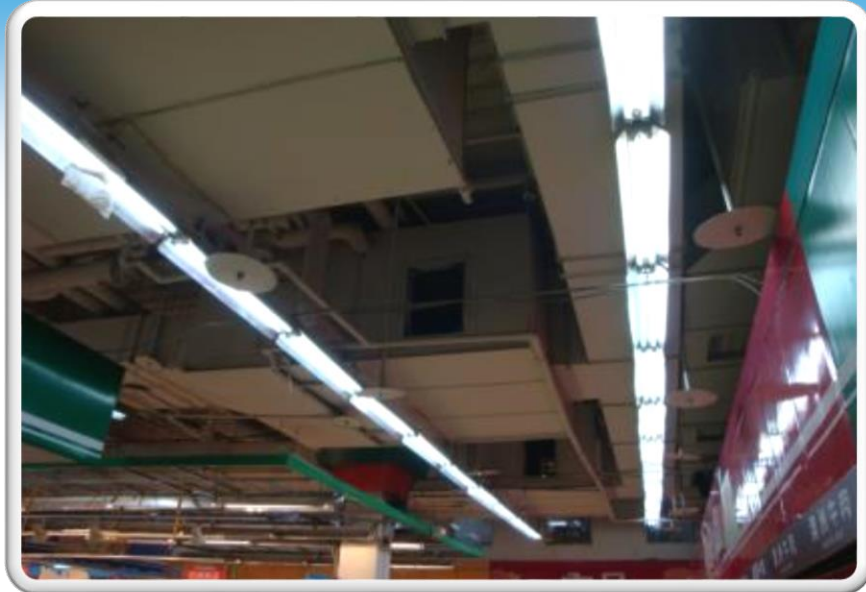


圖6.3 AHU空調系統內部氣流與組成單元示意圖



(a)吊掛式空調箱

(c)落地臥式空調箱

圖6.4 國內空調箱在空調機房之設置方式



二、氣不良(內部循環，以冷度麻痺我們而已)

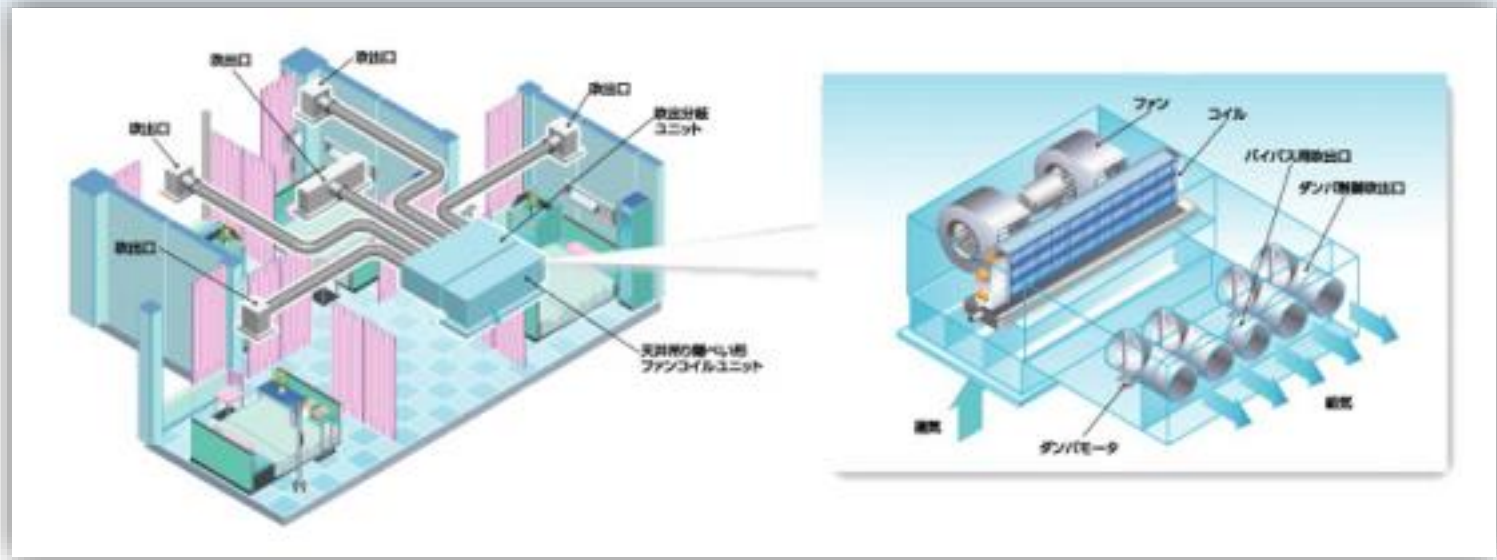


圖6.6 FCU空調系統風管機位於天板之構造樣式

三、氣不足(外氣引入量不夠或漏失)

- ◆ 內政部營建署「建築技術規則」中，「建築設計施工篇」與「建築設備篇」均針對通風部分訂定相關規定，建築技術規則設計施工篇一般設計通則-日照、採光、通風、節約能源(第2章第8節)，規定(通風)居室應設置能與戶外空氣直接流通之窗戶或開口，或有效之自然通風設備或機械通風設備，應依其相關規定(參考第43條內容)。
- ◆ 建築技術規則地下建築物-空氣調節及通風設備(第11章第5節)規定：(一)(空氣調節設備)地下建築物之空氣調節設備應按地下使用單元部份與地下通道部份，分別設置空氣調節系統(第218條)。(二)(機械通風系統)地下建築物，其樓地板面積在 $1,000\text{m}^2$ 以上之樓層，應設置機械送風及機械排風；其樓地板面積在 $1,000\text{m}^2$ 以下之樓層，得視其地下使用單元之配置狀況，擇一設置機械送風及機械排風系統、機械送風及自然排風系統、或自然送風及機械排風系統(第219條)。(三)(通風量)依第219條設置之通風系統，其通風量應依下列規定(第220條)：(1)按樓地板面積每平方公尺應有 $30\text{m}^3/\text{hr}$ 以上之新鮮外氣供給能力。但使用空調設備者供給量得減為 $15\text{m}^3/\text{hr}$ 。(2)設置機械送風及機械排風者，平時之給氣量，應經常保持在排氣量之上。(3)各地下使用單元應設置進風口或排風口，平時之給氣量並應大於排氣量。
- ◆ 建築技術規則建築設備篇空氣調節及通風設備-機械通風系統及通風量(第5章第2節)，其中第102條明確針對各類型，如辦公室、百貨商場、電影院、會議室等場所，規定其樓地板面積每平方公尺所須通風量(m^3/hr)。

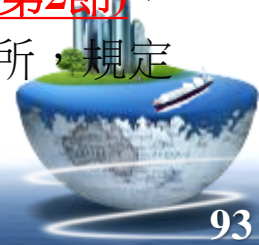



表6.1 建築技術規則有關機械通風量需求之規定

房間用途		樓地板面積每平方公尺所需通風量(立方公尺/小時)	
臥室、起居室、私人辦公室等容納人數不多者。		8	8
辦公室、會客室。		10	10
工友室、警衛室、收發室、詢問室。		12	12
會議室、候車室、候診室等容納人數較多者。		15	15
展覽陳列室、理髮美容院。		12	12
百貨商場、舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室、灰塵較少之工作室、印刷工場、打包工場。		15	15
吸煙室、學校及其他指定人數使用之餐廳。		20	20
營業用餐廳、酒吧、咖啡館。		25	25
戲院、電影院、演藝場、集會堂之觀眾席。		75	75
廚房	營業用	60	60
	非營業用	35	35
配膳室	營業用	25	25
	非營業用	15	15
衣帽間、更衣室、盥洗室、樓地板面積大於15平方公尺之發電或配電室		—	10
茶水間		—	15
住宅內浴室或廁所、照相暗室、電影放映機室		—	20
公共浴室或廁所，可能散發毒氣或可燃氣體之作業工場		—	30
蓄電池間		—	35
汽車庫		—	25

- ◆ 至於，對於工作場所換氣量之要求，則採與工作場所之大小一併考量的觀點，依「**職業安全衛生設施規則**」第三百一十二條的規定，雇主對於勞工工作場所應使空氣充分流通，其換氣標準，如下表6.2所示。

表6.2 不同作業場所應供給之新鮮空氣量基準

工作場所每一勞工所佔立方公尺數(m ³ /人)	每分鐘每一勞工所需之新鮮空氣之立方公尺數(m ³ /人·分)
未滿五·七(<5.7)	0.6以上
五·七以上未滿十四·二(5.7~14.2)	0.4以上
十四·二以上未滿二八·三(14.2~28.3)	0.3以上
二八·三以上(≥28.3)	0.14以上



- ◆ **美國採暖-製冷空調工程師學會(American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers, ASHRAE)Standard 62.1-2007** 訂定「**可接受室內空氣品質之通風標準**」(Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)。該標準的目的為：(1)**最小通風率及其他室內空氣品質量測**，**可提供人們可接受的最小可逆健康影響之參考**；(2)**可以供未來新建築物、既有建築物的管理及應用**；以及(3)**提供既有建築物室內空氣品質改善指引**。考量外氣引入口及排氣口最小距離、呼吸區域之外氣需求量、最小外氣引入量等等，並以室內面積、使用人數、單位面積外氣量、每人外氣量等參數考量下，評估各類型場所於不同狀況下，求得每人最小外氣需求量得以滿足室內空間使用人員供室內空調設計者參考。

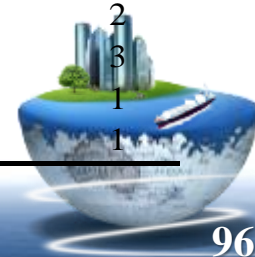
- ◆ 換氣量影響室內空氣品質甚鉅，**ASHRAE Standard 62.1-2007**中直接**針對人員呼吸帶之新鮮外氣量加以規範**，其量值之計算包含**人員數**與**空間規模**所需新鮮空氣之要求，如下：

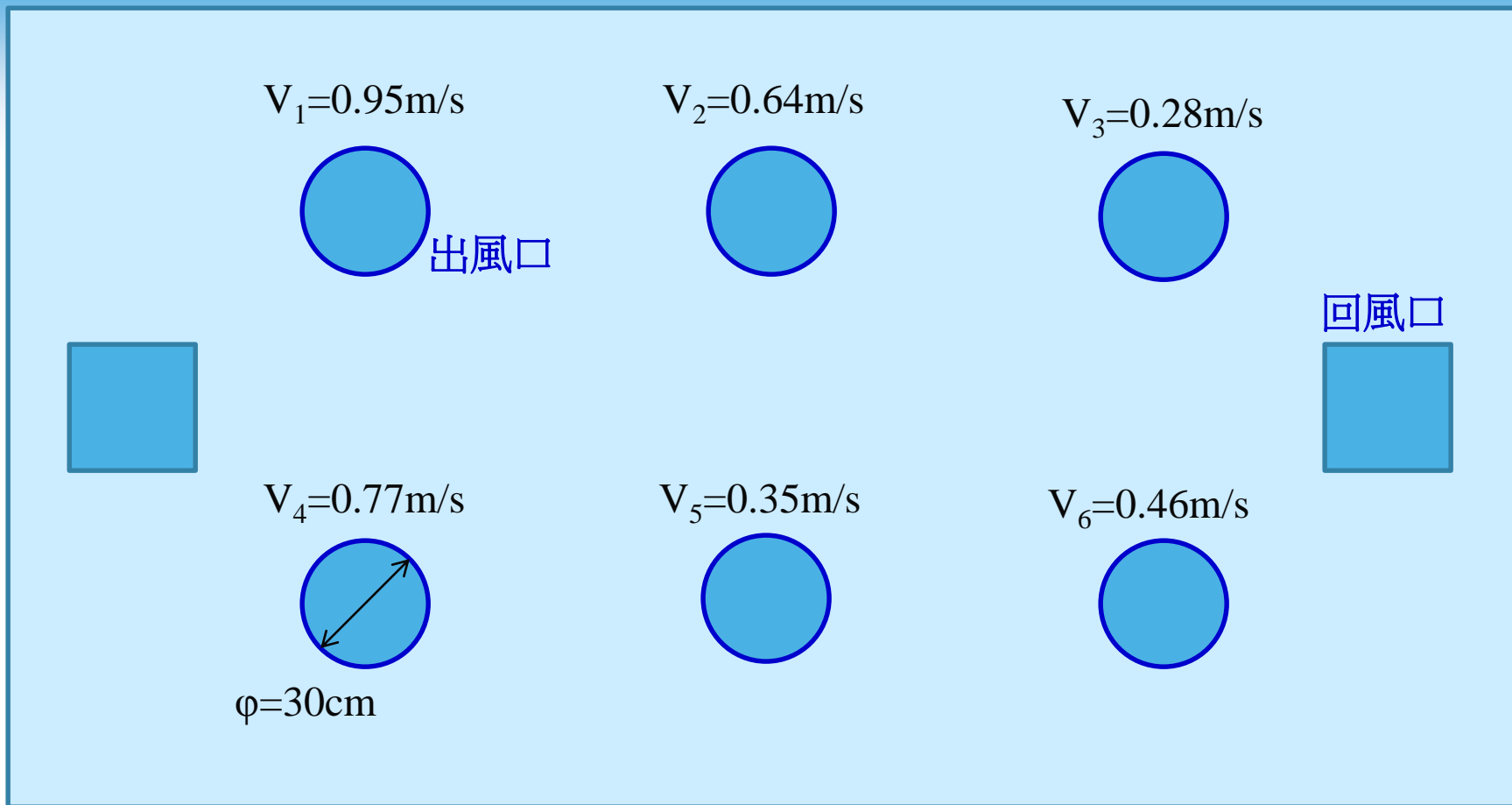
$$V_{bz} = R_p \cdot P_z + R_a \cdot A_z \quad (6.1)$$

其中， V_{bz} ：外氣供應量(L/s)； R_p ：人員所需外氣率(L/s·person)； P_z ：空間活動人數； R_a ：空間所需外氣率 (L/s·m²)； A_z ：空間樓地板面積。茲列舉ASHRAE Standard 62.1(2010)呼吸帶最小通風率規定，如下表6.3所示。

表6.3 ASHRAE Standard 62.1(2007)呼吸帶最小通風率規定

場所分類	人員外氣需求量 (R_p)		區域外氣需求量 (R_a)		規範數值			空氣等級
	cfm/人	L/s·人	cfm/ft ²	L/s·m ²	人員密度	混合外氣流量		
					#/100 m ²	cfm/人	L/s·人	
辦公類建築								
辦公空間	5	2.5	0.06	0.3	5	17	8.5	1
接待區	5	2.5	0.06	0.3	30	7	3.5	1
總機區	5	2.5	0.06	0.3	60	6	3.0	1
入口門廳	5	2.5	0.06	0.3	10	11	5.5	1
教育設施								
托兒所 (小於 4 歲)	10	5	0.18	0.9	25	17	8.6	2
幼兒病房	10	5	0.18	0.9	25	17	8.6	3
教室 (5-8 歲)	10	5	0.12	0.6	25	15	7.4	1
教室 (大於 9 歲)	10	5	0.12	0.6	35	13	6.7	1





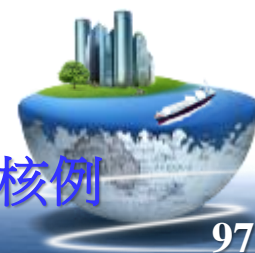
送風量： $Q=\Sigma AV=0.07065(0.95+0.64+0.28+0.77+0.35+0.46)=0.244\text{m}^3/\text{s}=878.4\text{m}^3/\text{hr}$

室內樓地板面積： $FA=20\times 15=300\text{m}^2$

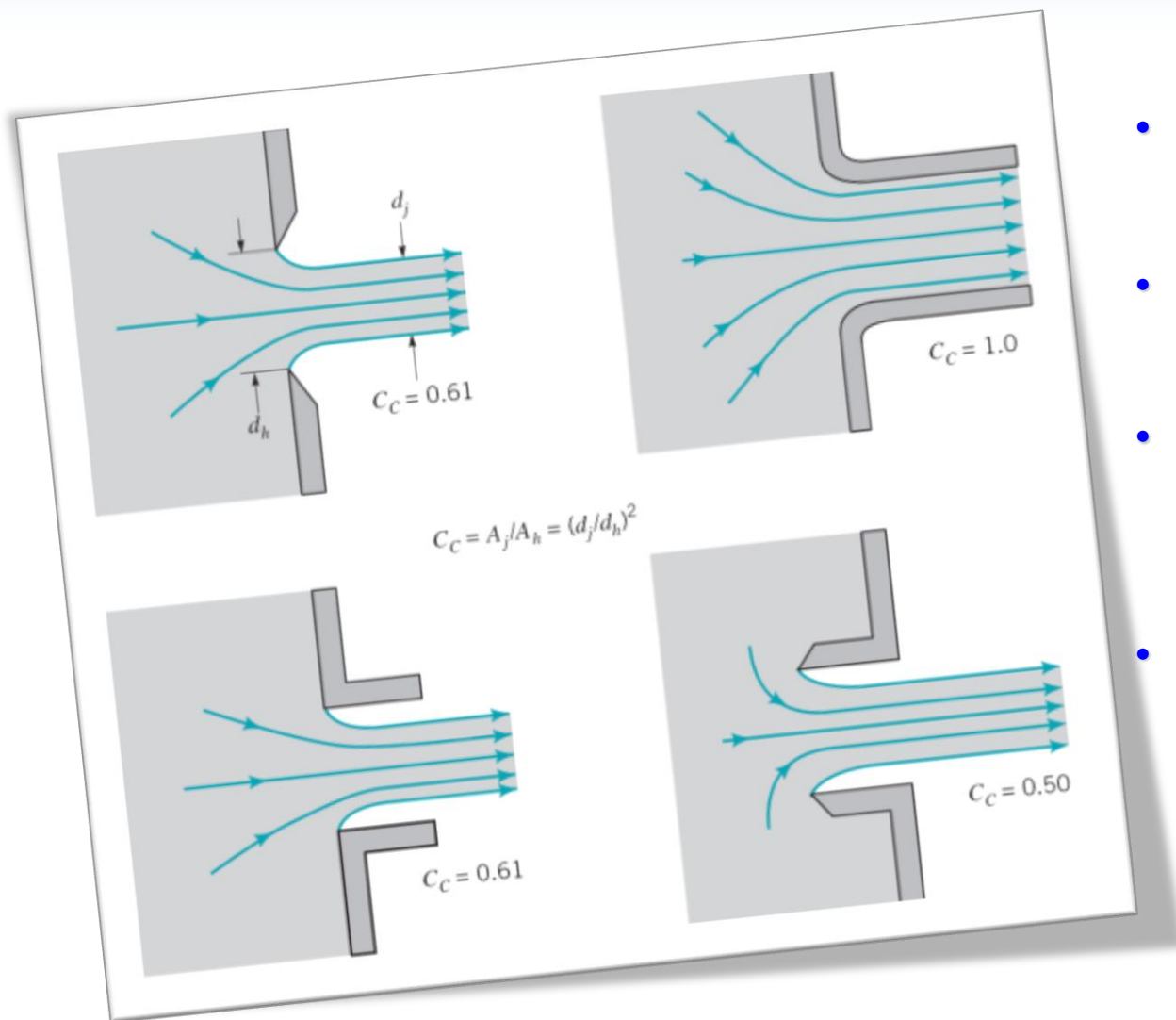
所以，樓地板面積每平方公尺所需通風量(m^3/hr)為：

$$878.4/300=2.928\text{m}^3/\text{hr} \cdot \text{m}^2 < 15\text{m}^3/\text{hr} \cdot \text{m}^2$$

圖6.7 樓地板面積每平方公尺所需通風量(立方公尺/小時)之檢核例



四、氣不順(風管過多轉折或急轉彎的損耗與縮流)

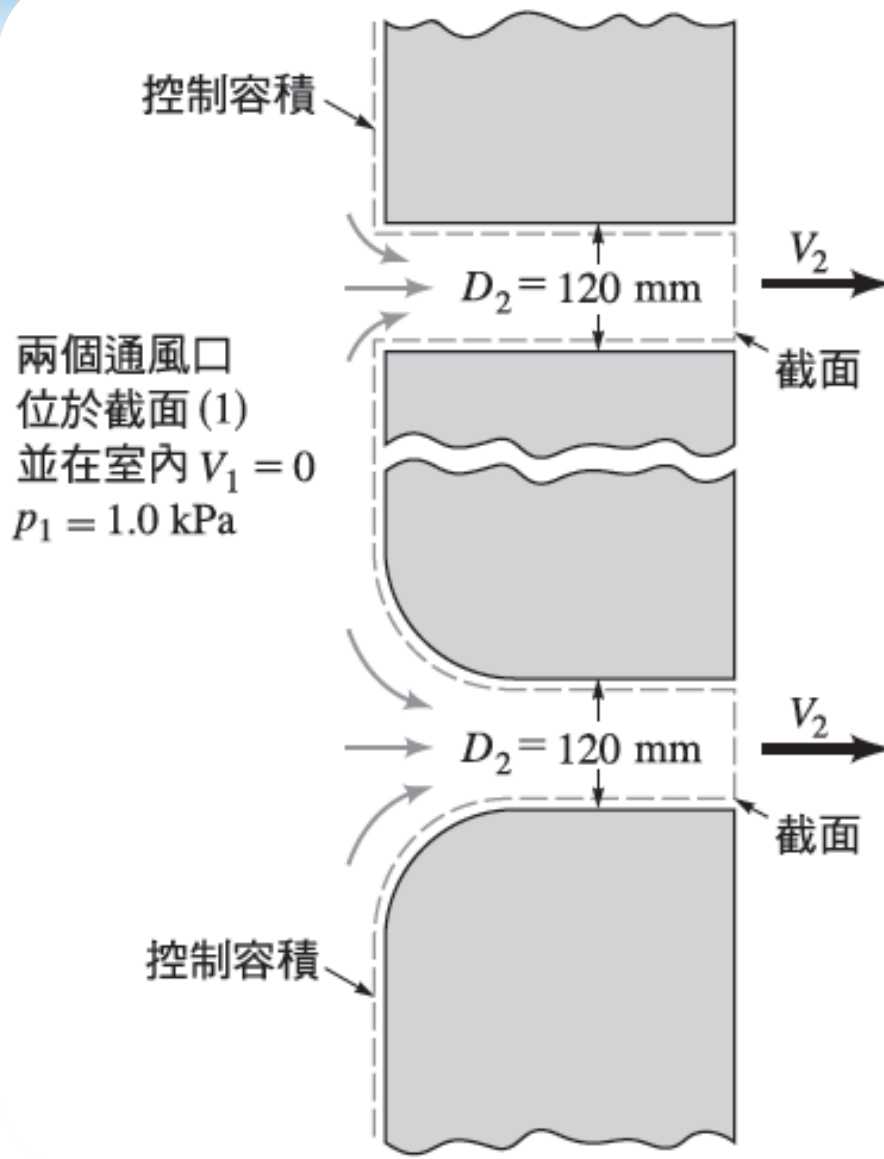


- For a sharp-edged orifice, *a vena contracta effect* occurs.
- The effect is the result of the inability of the fluid to turn the sharp 90° corner.
- Typical *flow patterns and contraction coefficients* for various round exit configuration.
- *The diameter of a fluid jet is often smaller than that of the hole from which it flows.*

圖6.8 流體在管路中的縮流效應



$$Q = A_2 V_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{\rho[(1 + K_L)/2]}}$$



$$Q = 0.372 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.445 \text{ m}^3/\text{s}$$

圖6.9 不同通風口型式的流率損失





圖6.10 空調風管配置不當(90度急轉彎與扁平風管)

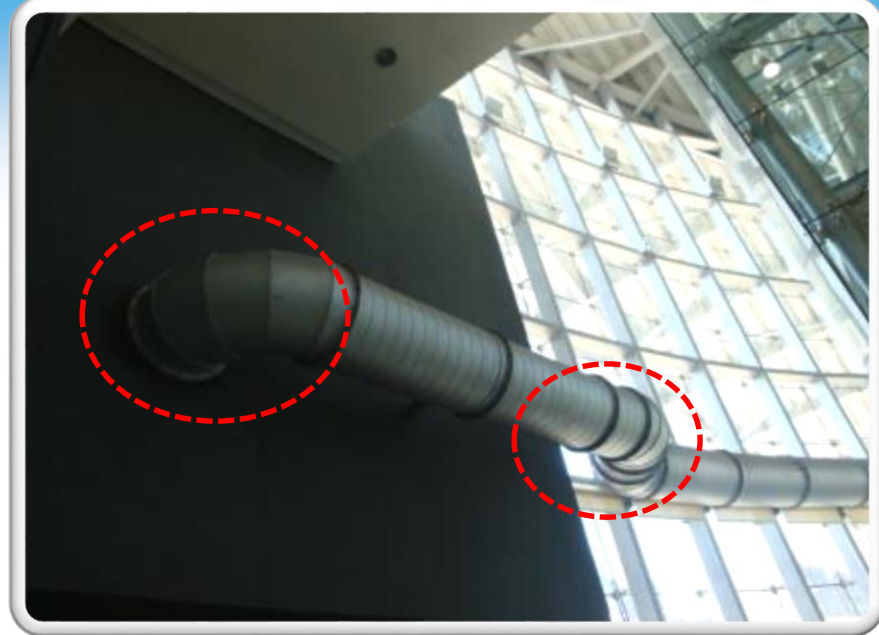


圖6.11 較佳(圓滑)的管線配置型態

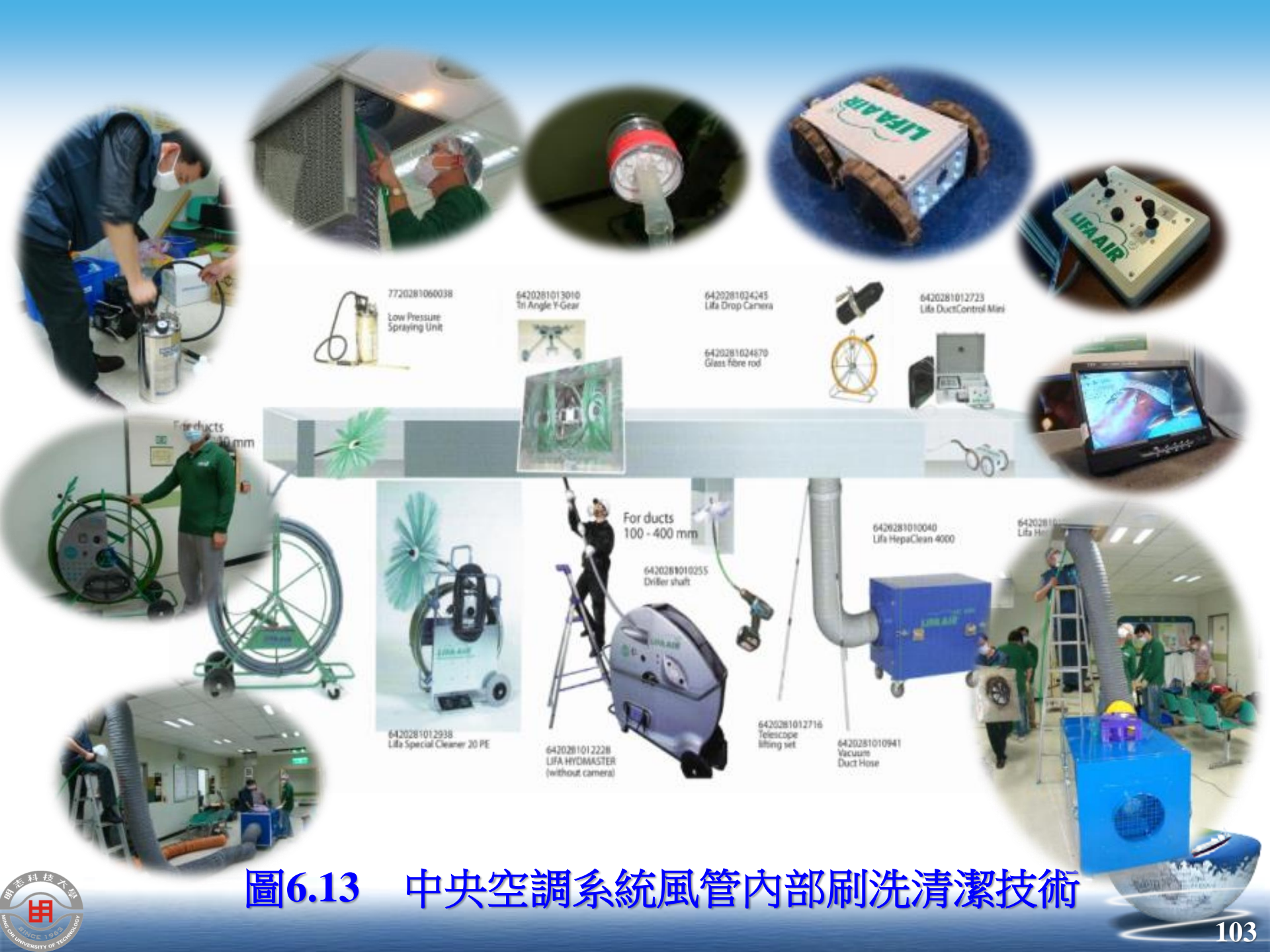
五、氣不暢(風管內部髒污或堵塞)

- ◆ 風管內部潮濕、陰暗且有大量的粉塵沉積(微生物的養份來源)，成為微生物或生物性氣膠(Microorganisms or biological aerosol)最容易滋長的溫床，可謂一棟建築物中最容易藏污納垢的地方(如圖6.12所示)，故應定期進行清潔維護作業(常見的有：刷洗過濾除污技術、風刀除污技術、乾冰除污技術等方式，如圖6.13～圖6.15所示)，方能確保中央空調系統空調箱送出的新鮮或乾淨空氣免於空調風管的直接污染，方能落實免疫建築(IB)或建康建築(HB)的水準。



- 風管內部表面的落菌數(Colony forming unit, CFU)經常為太多無法計數(Too numerous to count, TNTC)的情形。
- 風管內部表面的積塵量(the amount of debris)以美國國家風管清潔協會(National Air Duct Cleaners Association, NADCA)真空測試結果，經常有超過美國國家職業安全與健康研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH 0500) 0.75mg/100cm²的標準。

圖6.12 空調風管內容易藏污納垢之情形



7720281060038
Low Pressure
Spraying Unit

6420281013010
Tri Angle Y-Gear

6420281024245
Lifa Drop Camera

6420281012723
Lifa DuctControl Mini

6420281024870
Glass fibre rod

6420281012938
Lifa Special Cleaner 20 PE

For ducts
100 - 400 mm

6420281010255
Driller shaft

6420281012228
LIFA HYDMASTER
(without camera)

6420281010040
Lifa HepaClean 4000

6420281012716
Telescope
lifting set

6420281010941
Vacuum
Duct Hose

圖6.13 中央空調系統風管內部刷洗清潔技術

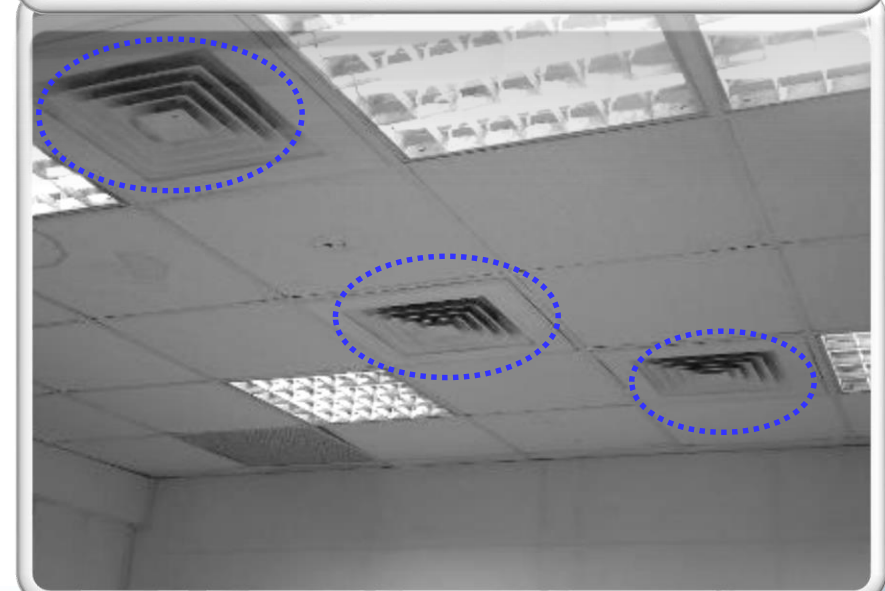
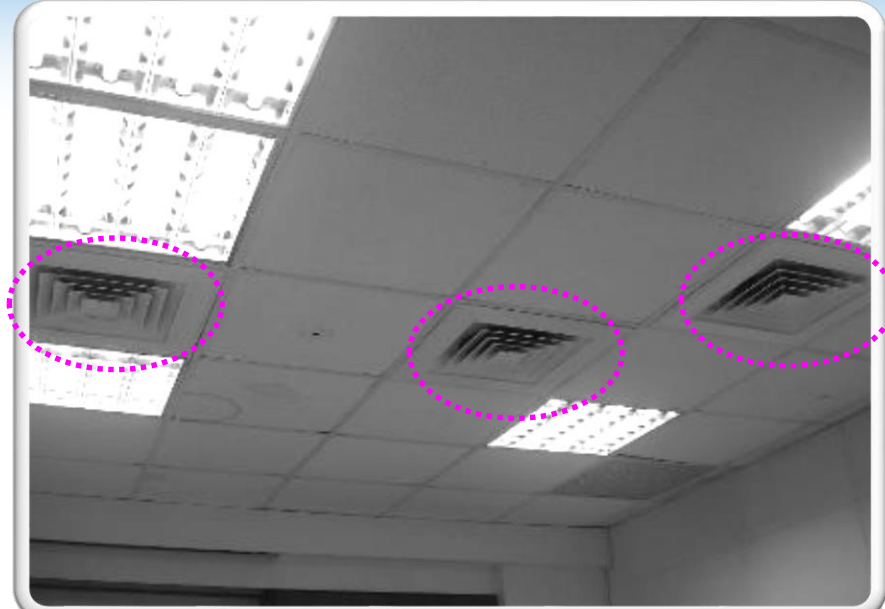
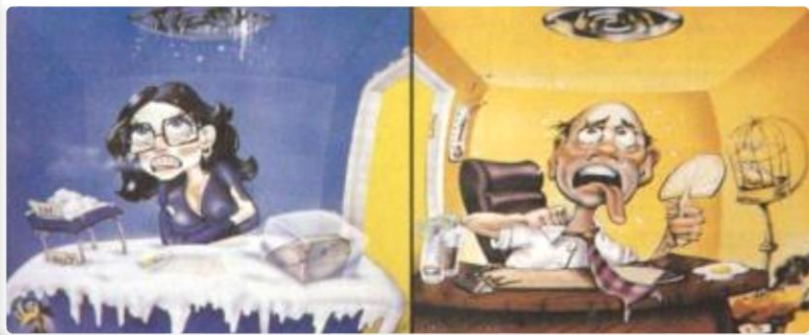


圖6.14 中央空調系統風管內部乾冰清潔技術



圖6.15 中央空調系統風管內部風刀清潔技術

六、氣不均(出回口位置設計與配置不當)



出風口配置凌亂

圖6.16 空調出、回風口配置位置與數量凌亂之情形

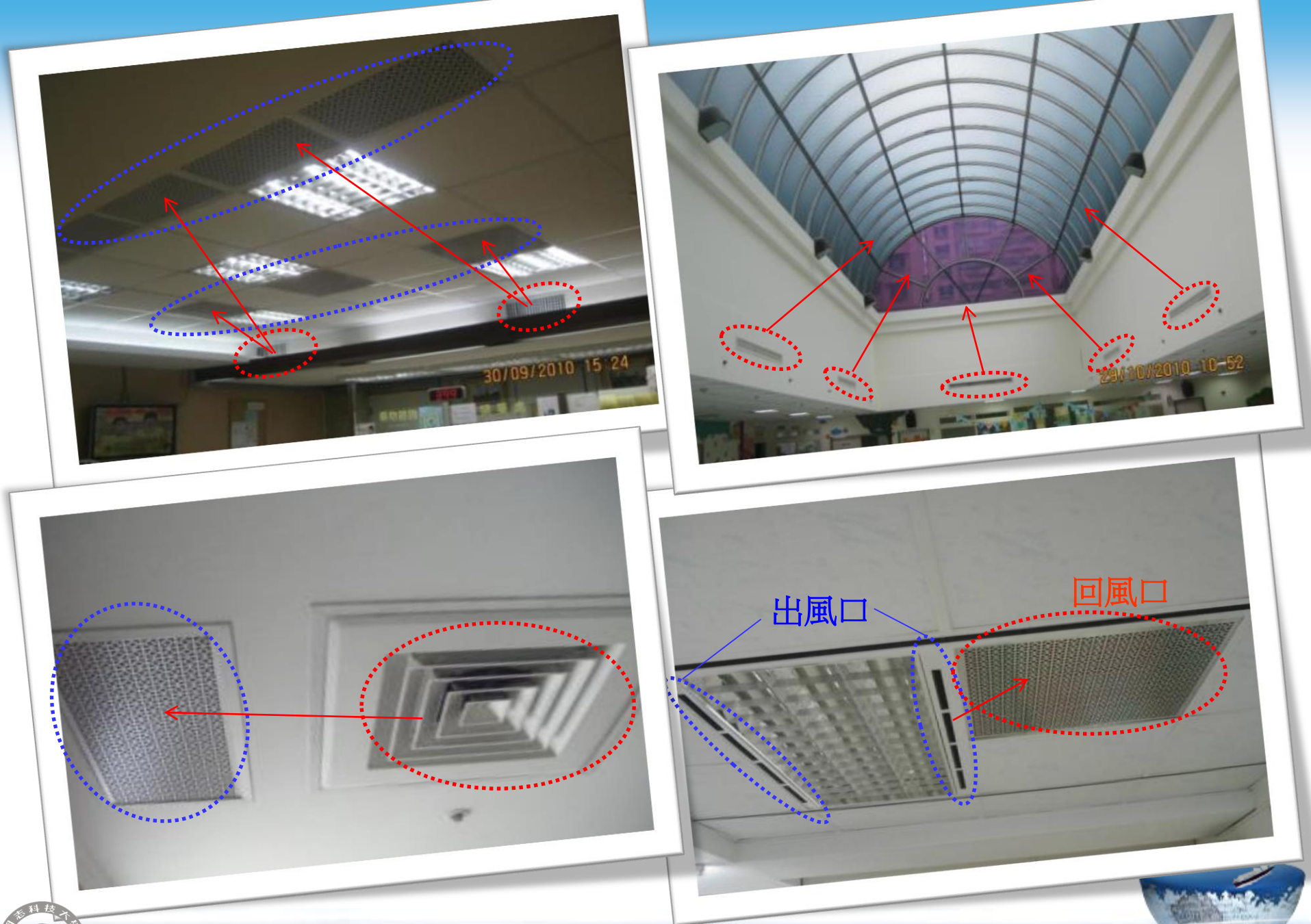


圖6.17 空調出、回風口過於靠近形成空氣短流浪費與空氣齡不足等問題

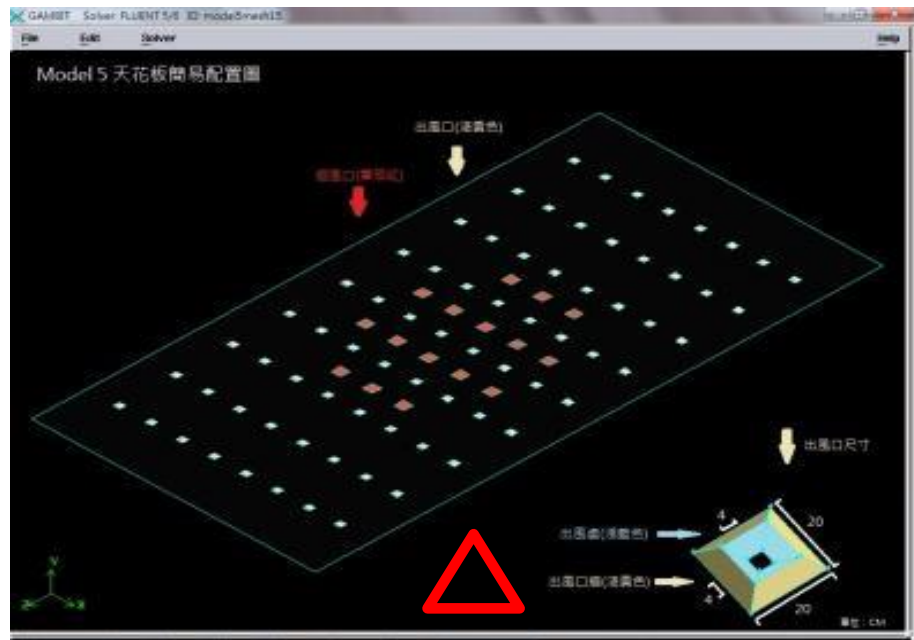
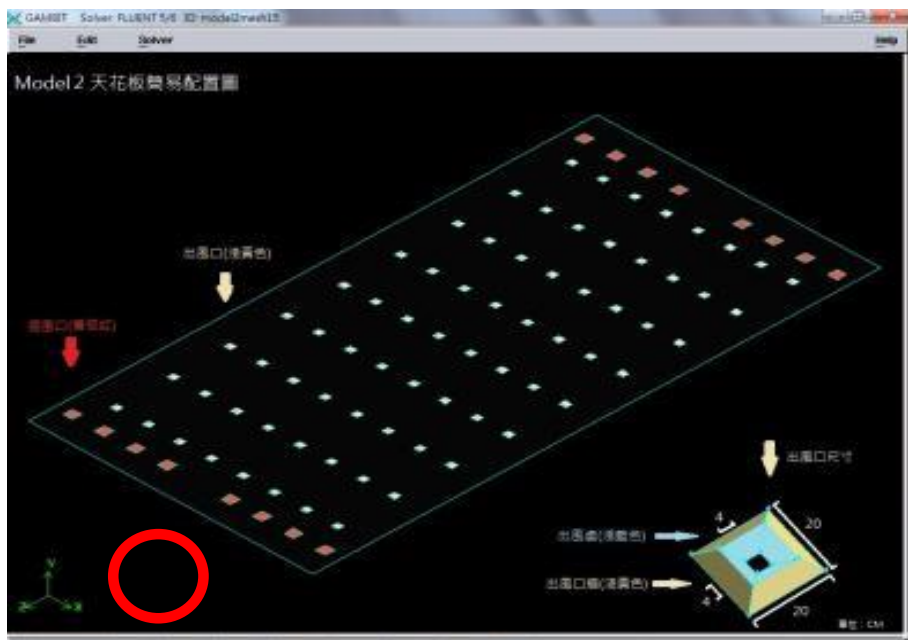
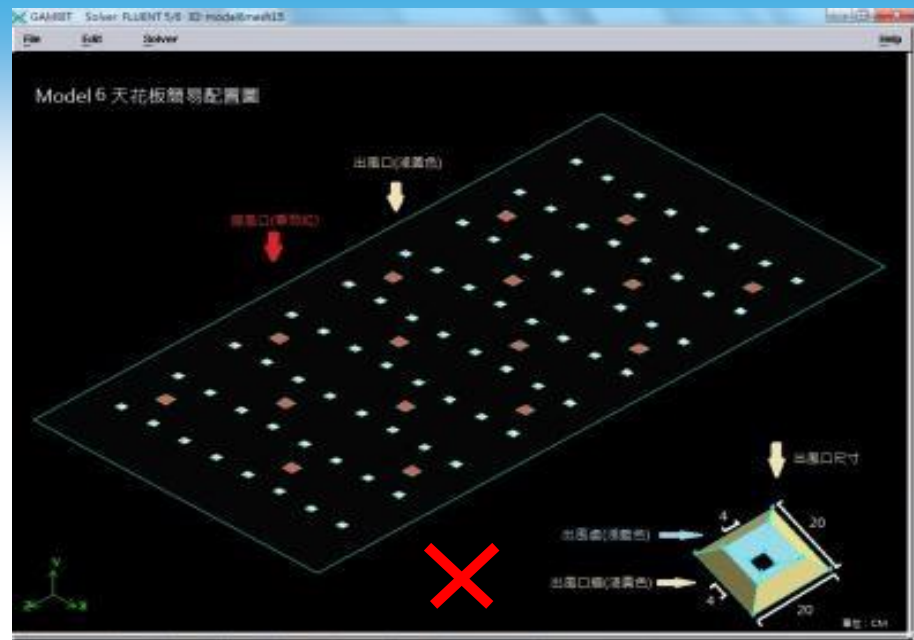
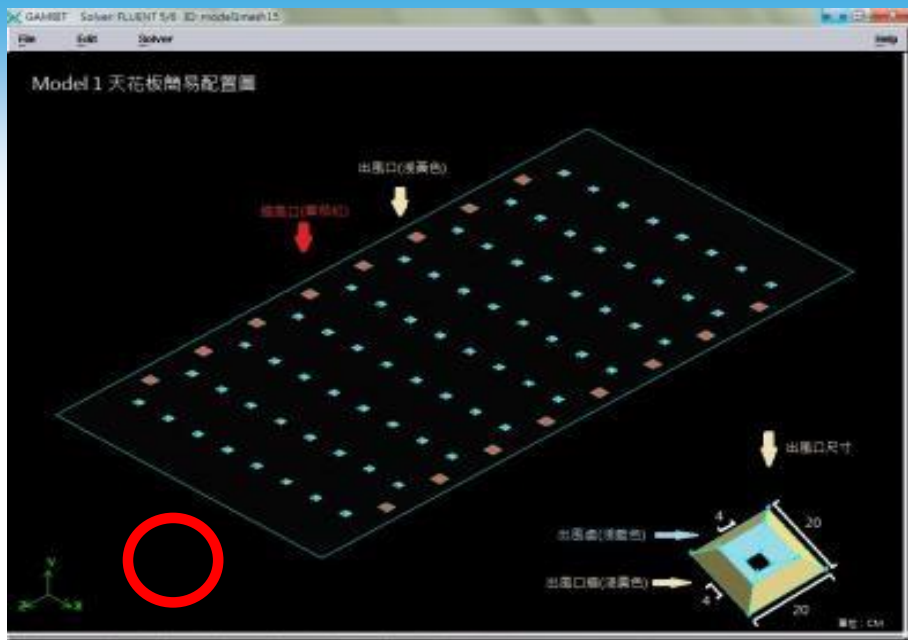
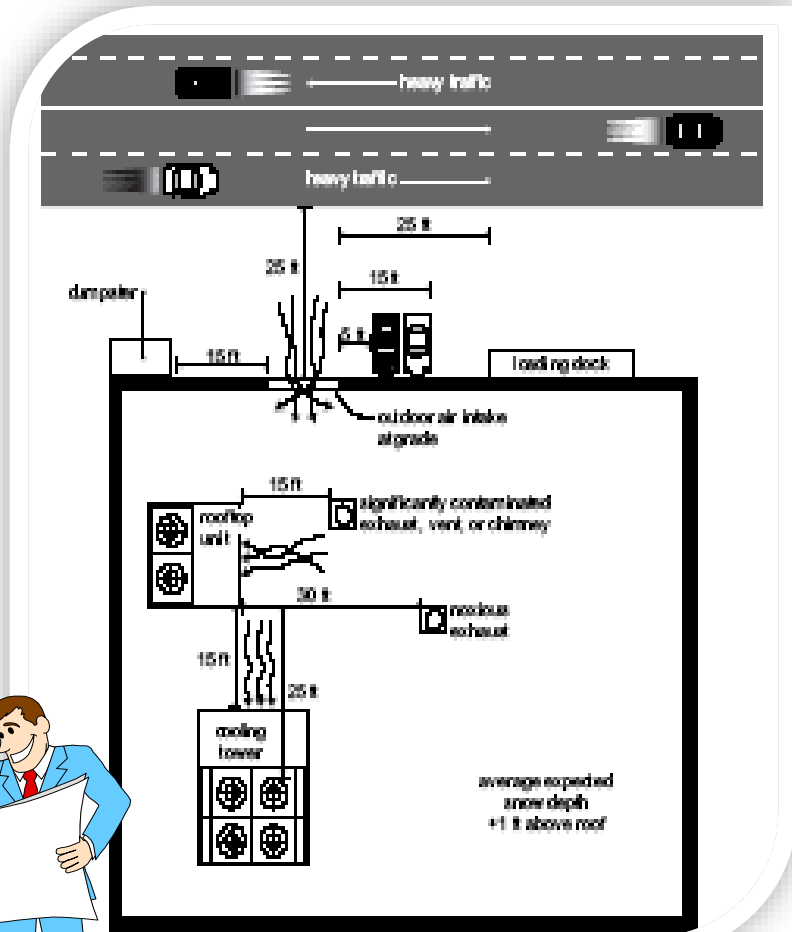


圖6.18 較佳的空調出、回風口配置型態方能獲得足量且乾淨的空氣

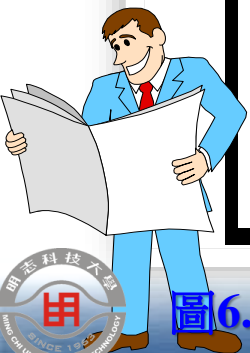
七、廢氣乘虛而入(外氣引入口已受到污染)

- ◆ 根據美國冷凍空調協會(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE)的建議，不受污染的新鮮外氣引入口最小距離，如圖6.19所示。



項目	最小距離,ft(m)
需注意的污染排氣	15(5)
有毒的或危險排氣	30(10)
排氣口，煙囪，燃燒及設備的煙道	15(5)
車庫進口，汽車裝貨區，免下車排隊區	15(5)
卡車裝貨區或平台，巴士停車/閒置區	25(7.5)
馬路，街道或停車場	5(1.5)
高流量幹線道路	25(7.5)
屋頂，基地層或其他比進氣低之區域	1(0.3)
垃圾儲存/回收區，垃圾裝卸車	15(5)
冷卻水塔進氣或水池	15(5)
冷卻水塔排氣	25(7.5)

圖6.19 空調外氣引入口位置之規定





(a) 外氣入口靠近冷卻水塔



(b) 外氣入口與排氣口近且同一方向

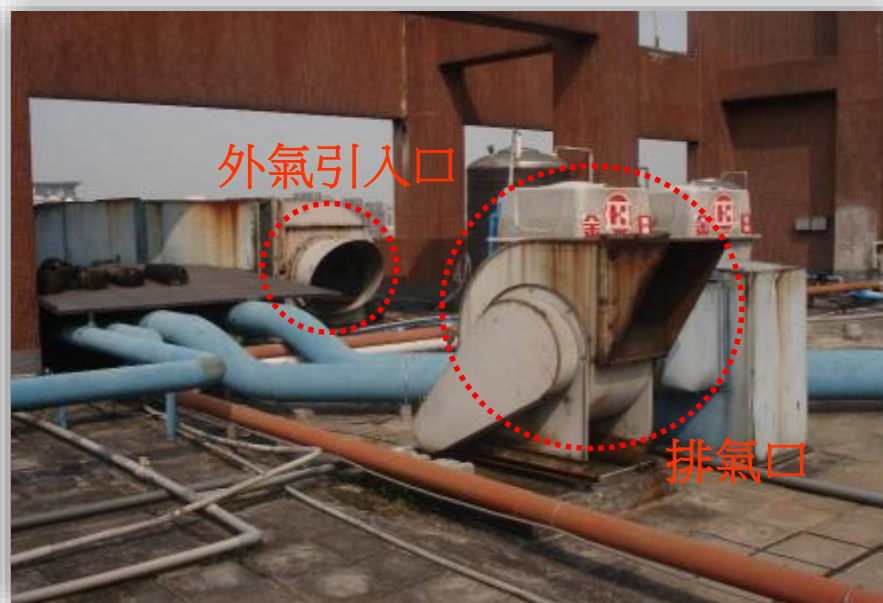


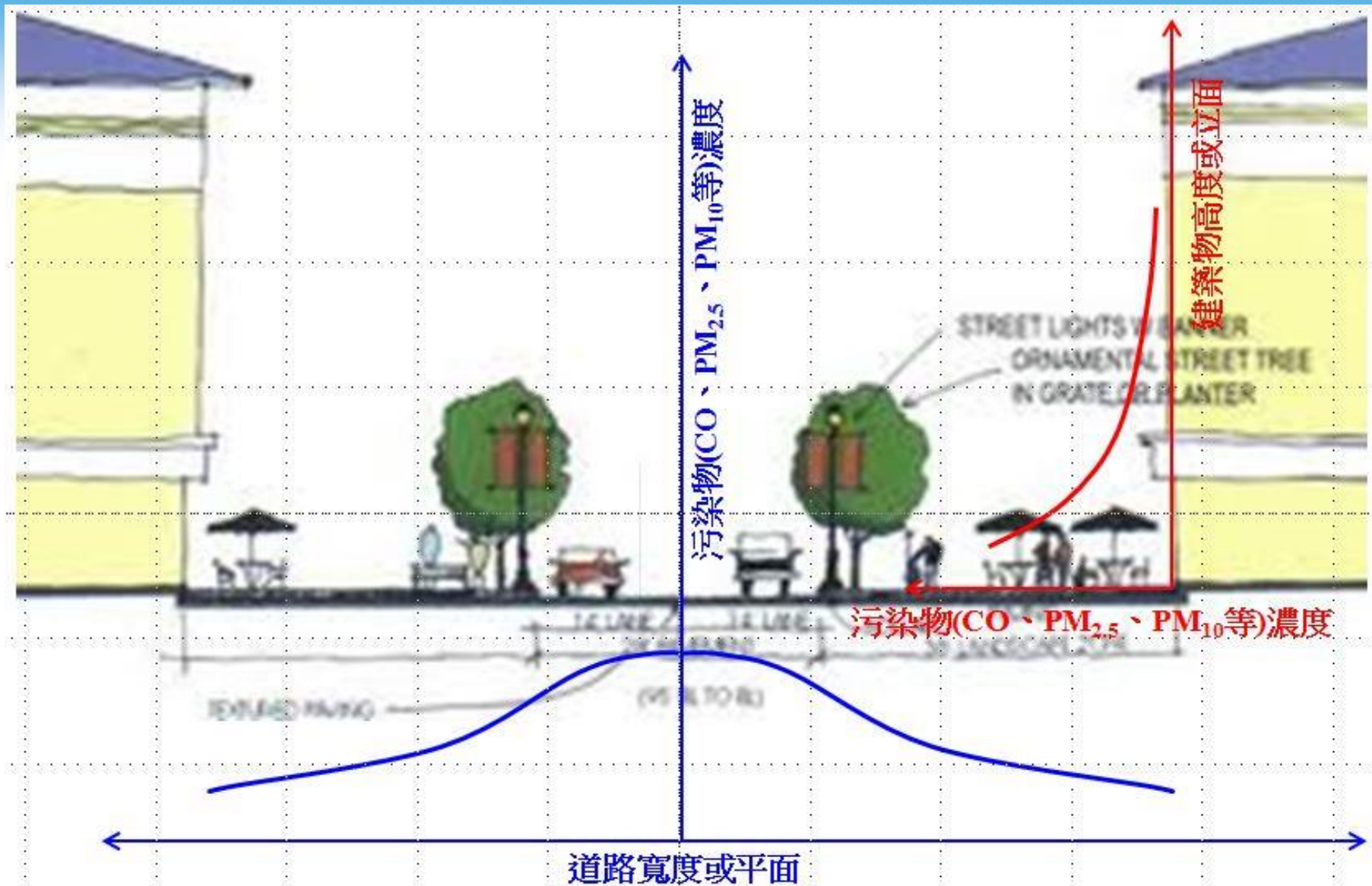
圖6.20 有潛在周圍污染源的外氣入口



圖6.21 公告場所周邊(10m以內)是否具有潛在室外污染源



圖6.21 公告場所周邊(10m以內)是否具有潛在室外污染源(續)



街道粒狀與氣狀污染物分佈示意圖

圖6.22 道路污染物空間分布是示意圖



上環林氏大廈

樓層	微細懸浮粒子PM2.5 (每立方米微克)	噪音 (分貝)
12樓	9	68-69
10樓	11	68-71
8樓	11	68-72
6樓	11	70-75
5樓**	13	72-75

** 5樓以下走火通道窗戶不能開啟



註：PM2.5 本港未有標準；世衛標準為全年平均每立方米 10 微克、24 小時平均 25 微克；香港噪音標準為 70 分貝
資料來源：《蘋果》記者

8樓以下住戶死亡風險高

死因	死亡風險
呼吸系統疾病	↑40%
中風	↑36%
心血管疾病	↑35%
胃癌	↑23%
肺癌	↑22%
心肌梗塞	↑15%
總計	↑22%



荔景邨仰景樓

樓層	微細懸浮粒子PM2.5 (每立方米微克)	噪音 (分貝)
14樓	8	71-76
10樓	12	71-77
8樓	12	70-75
5樓	14	68-71*
2樓	9*	64-68*

* 2樓外有樹木群阻隔污染物；又因山坡及公園阻隔公路噪音，噪音直達中高層

註：包括地面層及 1-7 樓

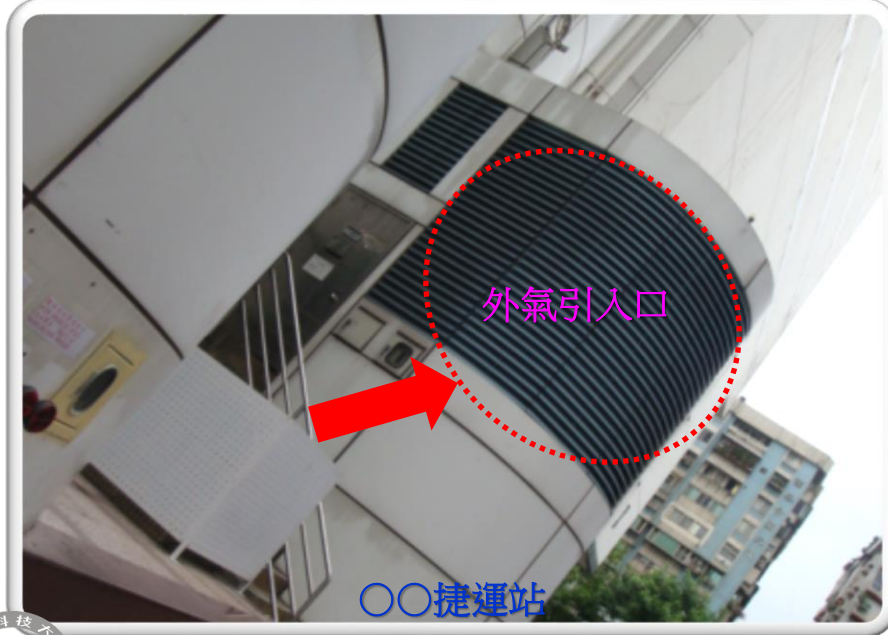
資料來源：瑞士伯恩大學研究

圖6.23 香港居家樓層潛在風險調查報導

八、毒氣入侵(人為生化恐怖攻擊事件)



圖6.24 外氣入口位於易遭受生化攻擊的一樓



九、正廢氣不分(空間的正壓或負壓不正確)

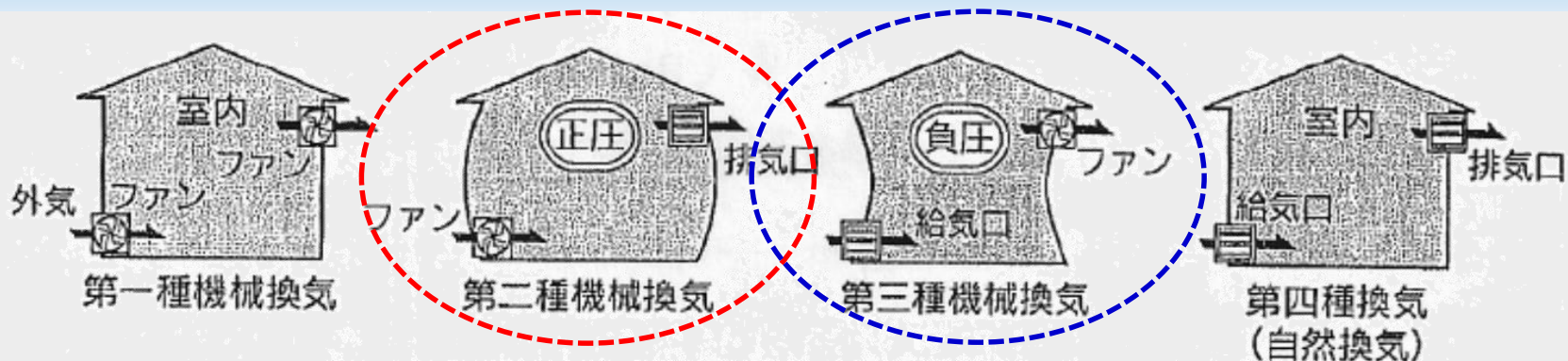
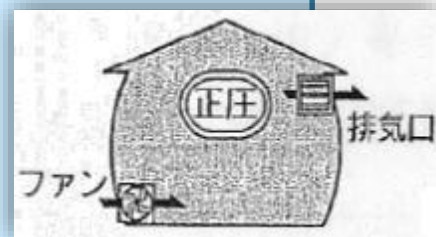


圖6.26 機械通風與自然通風室內壓力狀況示意圖

供氣法

- 利用送風機將新鮮空氣導入，稀釋有害物質後，藉著作業場所之正壓(Positive pressure)將含有害物質空氣經由門窗等開口或間隙排除。
- 缺點為室內污染空氣無法有效排除，故不適用於有害物之排除，而較適用於補充新鮮或低溫空氣。
- 作業場所內部處於正壓之狀態，如：避難室、車站候車室、餐廳用餐區、醫院候診間等室內空間應採正壓設計的概念。



排氣法

- 利用排氣機將有害物質吸引排除，進氣則藉室內之負壓(Negative pressure)，經由門窗等開口部分或作業場所之間隙導入。
- 適用於排出污染物。
- 作業場所內部處於負壓之狀態，如：廁所、吸煙室、廚房、醫院隔離病房、交通運輸車道等室內空間應採負壓設計的概念。

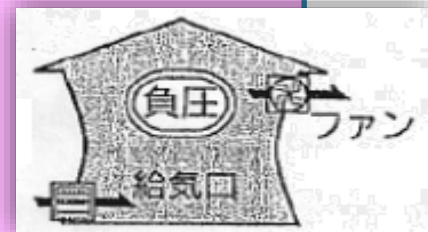




圖6.27 廁所空間應處於負壓狀態



旅客候車室



廁所、吸煙室、廚房、醫院隔離病房、
交通運輸車道等室內空間應採負壓設
計的概念

避難室、車站候車室、餐廳用餐區、醫院
候診間等室內空間應採正壓設計的概念

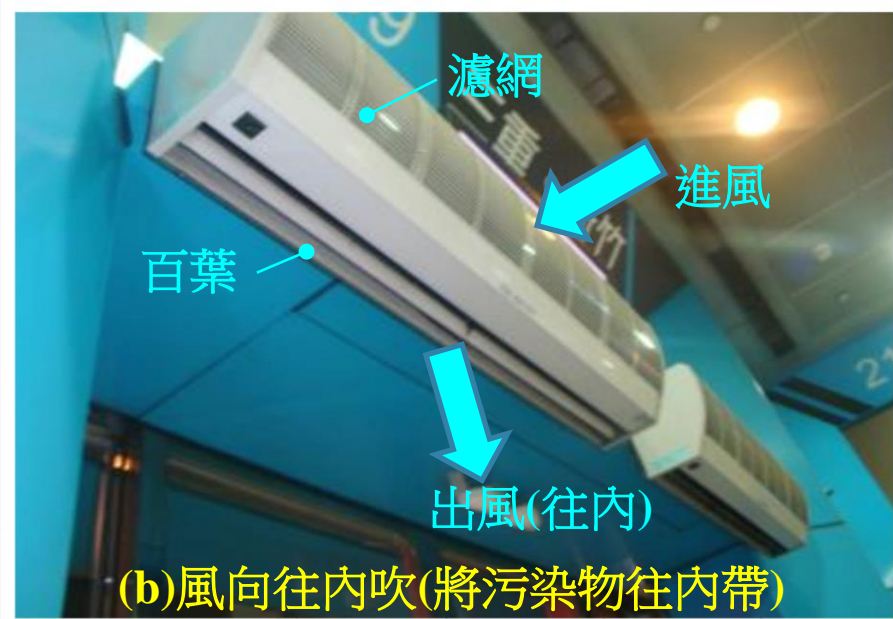


室內車道

圖6.28 旅客轉運站候車室與車道之正負壓關係



(a)空氣簾(門)設於室內



(b)風向往內吹(將污染物往內帶)

圖6.29 不當的空氣簾(門)設置方式



(a)空氣簾(門)設於室外



(b)風向往外吹(阻擋污染物往內滲入)

圖6.30 較佳的空氣簾(門)設置方式



圖6.31 空氣緩衝室之設置以降低外氣之干擾

十、調理與養氣(利用空氣淨化設備改善髒污之空氣)

◆ 具有中央空調系統(Central air conditioning system)之建築物，免疫建築(IB)或健康建築(HB)的達成，其主要的關鍵即在於是否設置有效的中央空調系統空調箱淨化設備，並使其正常且定期的運轉，如圖6.32～圖6.39所示。

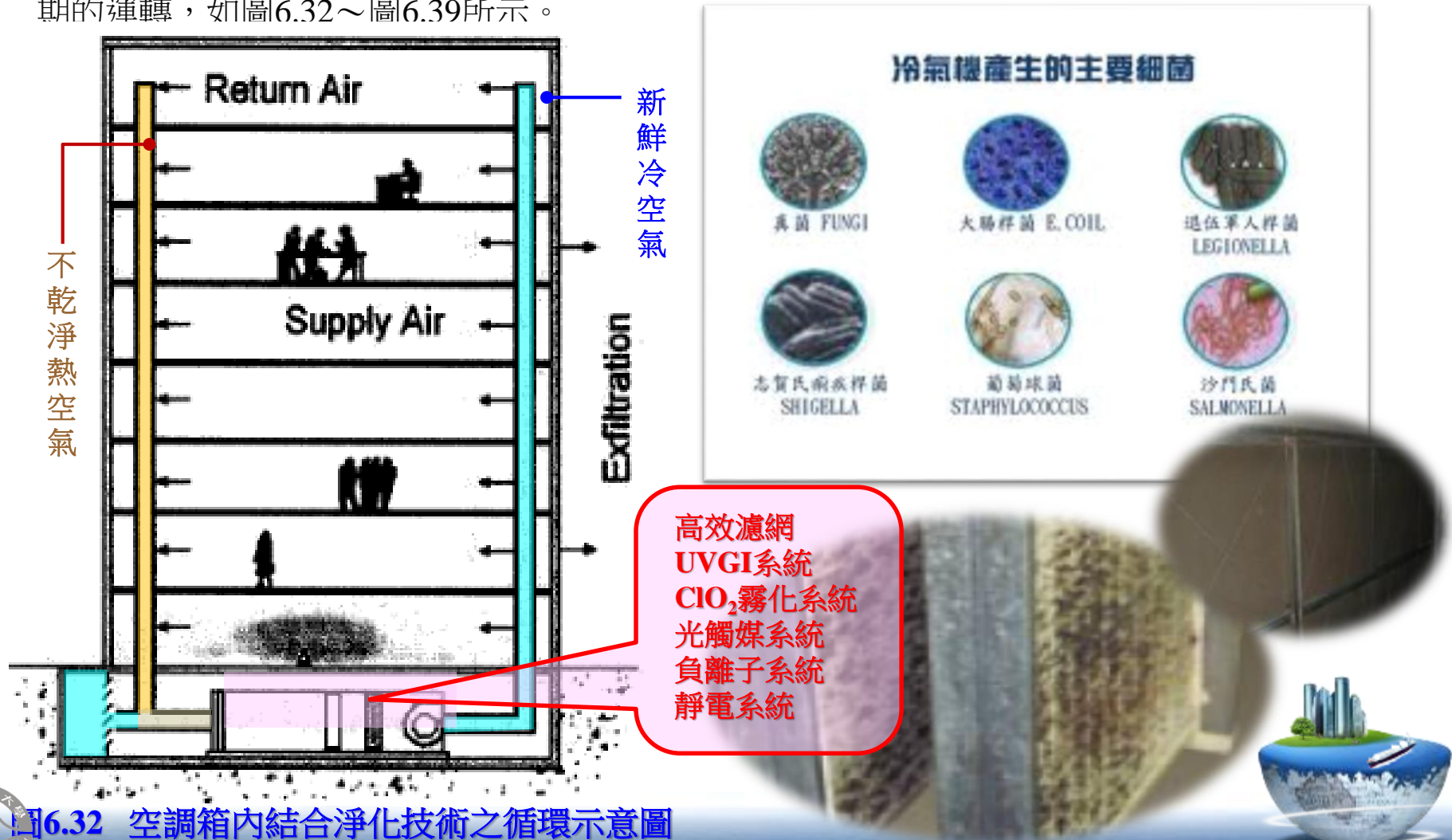


圖6.32 空調箱內結合淨化技術之循環示意圖

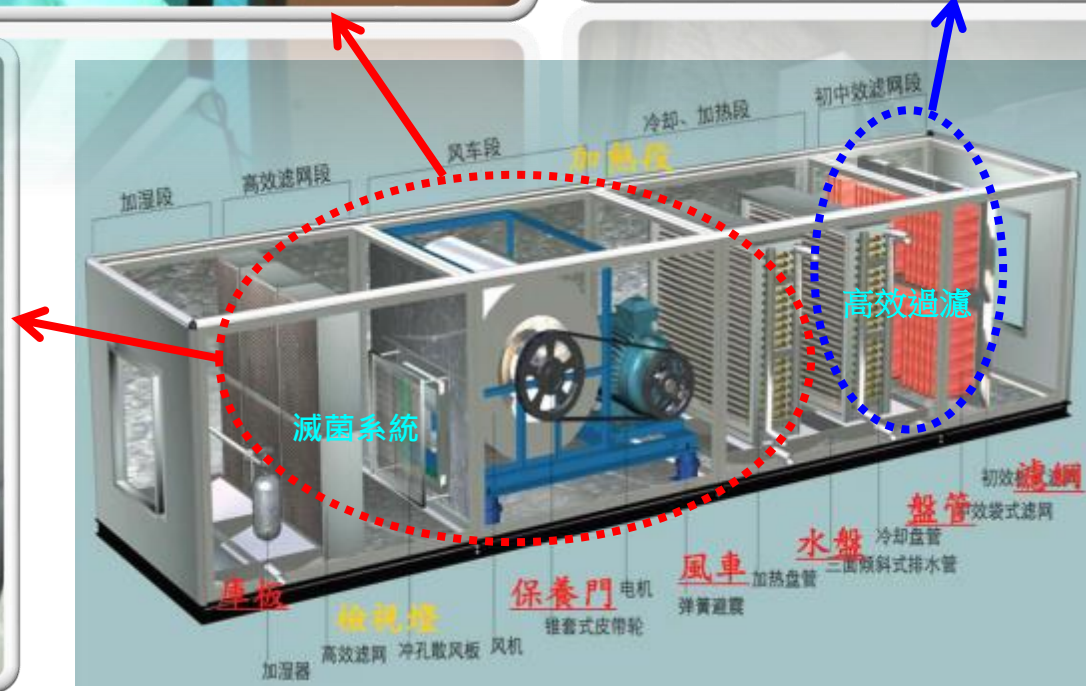
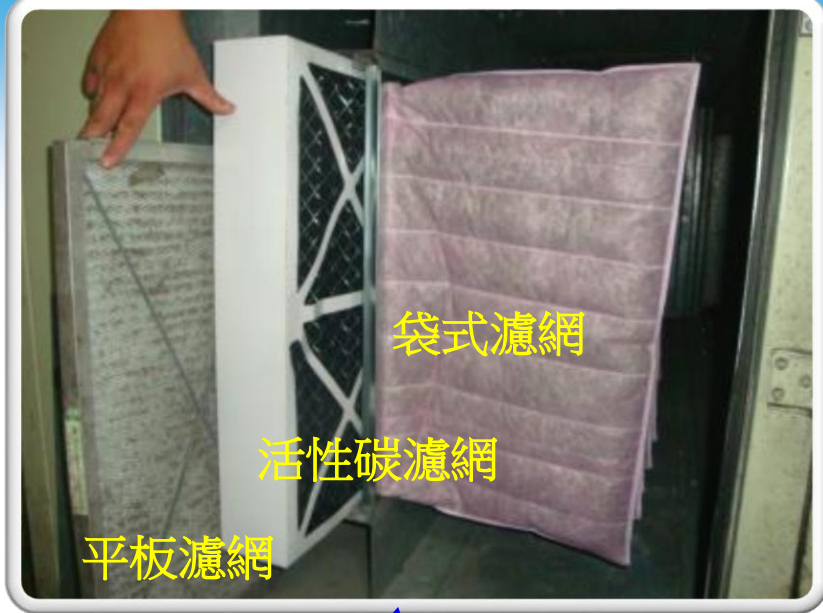


圖6.33 中央空調系統空調箱內部高效過濾結合滅菌淨化系統



表6.4 ASHRAE Standard 52.2(1999)的濾網分級

MERV	相近於52.1標準測試結果		應用指引		
	污化法效率	重量法效率	典型空制污染物	應用與限制	典型過濾網/空氣過濾型式
1	<20%	<65%	<ul style="list-style-type: none"> >10.0μm粒徑 花粉、鐵屑、灰塵、沙鹿、噴漆微粒、紡織纖維、地毯織物纖維 	居住環境最低過濾需求，窗戶空氣過濾器	<ul style="list-style-type: none"> 平板式過濾網：一次使用型玻纖/合纖平板式過濾網。 可洗式：鋁網、塗佈動物毛乳膠、橡膠發泡材之平板式過濾網。 靜電：自我帶電之聚碳酸酯織布之平板式過濾網。
2	<20%	65~70%			
3	<20%	70~75%			
4	<20%	75~80%			
5	<20%	80~85%	<ul style="list-style-type: none"> 3.0~10.0μm粒徑 黴菌、孢子、噴霧髮膠、織布防護、機具噴灑、水泥塵、混合性軟質物、鼻煙、奶粉 	商業的大樓、較好居住環境、工業工作場所、油漆場所進風口	<ul style="list-style-type: none"> 摺式過濾網：使用厚度為25~125mm之棉材/聚酯纖維過濾材，以紙框封邊固定，可增加過濾材使用面積，為一次使用性。 桶式過濾網：使用合纖，依序將濾材膠合與固定成立體結構型態或袋型。 平板式過濾網：一次使用型合纖平板式過濾網。
6	<20%	85~90%			
7	25~30%	>90%			
8	30~35%	>90%			
9	40~45%	>90%	<ul style="list-style-type: none"> 1.0~3.0μm粒徑 退伍軍人症、加濕器灰塵、鉛塵、麵粉、煤塵、汽車排氣微粒、噴霧器氣膠、焊接煙霧 	優質居住環境、高級商業的大樓、醫院實驗室	<ul style="list-style-type: none"> 袋式過濾網：微米細度之玻纖或合纖材料，以無支撐方式(濾材部分為可彎曲)之袋式過濾網。可為6~12袋，袋深為300~900mm。 盒式過濾網：為硬外殼筒型過濾器，深度為150~300mm，可使用紙質或lofted聚酯材料作為濾材。
10	50~55%	>95%			
11	60~65%	>95%			
12	70~75%	>95%			
13	80~90%	>98%	<ul style="list-style-type: none"> 0.3~1.0μm粒徑 所有細菌、大部分香煙燃燒煙霧、小飛沫(噴嚏)、烹煮油煙、大多數煙霧、殺蟲劑氣膠、影印機調色劑、化妝品粉 	醫院住院病患保護、一般手術、頂級商業大樓、吸煙室	<ul style="list-style-type: none"> 袋式過濾網：微米細度之玻纖或合纖材料，以無支撐方式(濾材部分為可彎曲)之袋式過濾網。可為6~12袋，袋深為300~900mm。 盒式過濾網：為硬外殼筒型過濾器，深度為150~300mm，可使用紙質或lofted聚酯材料作為濾材。
14	90~95%	>98%			
15	>95%	n/a			
16	n/a	n/a			
17	n/a	n/a	<ul style="list-style-type: none"> <0.3μm粒徑 病毒(單獨)、碳塵、海鹽、所有燃燒之煙霧、氣象衍生物 	無塵室、放射性物質、醫藥製品生產、致癌物質、外科手術	HEPA/ULPA過濾網： <ul style="list-style-type: none"> • IEST type F：於0.1~0.2 μ m粒徑之粉塵效率 ≥ 99.999%。 • IEST type D：於0.3 μ m粒徑之粉塵效率 ≥ 99.999%。 • IEST type C：於0.3μm粒徑之粉塵效率 ≥ 99.99%。 • IEST type A：於0.3μm粒徑之粉塵效率 ≥ 99.97%
18	n/a	n/a			
19	n/a	n/a			
20	n/a	n/a			

◆ UVGI系統結合袋式濾網之技術

- UVGI系統結合高效袋式濾網淨化技術在歐美等先進國家，經常被應用於作為免疫建築的主要組成單元。2001年911事件後，美國各地陸續遭到「炭疽信件(anthrax mailing)」攻擊。因此，為了保護建築物免於生物性的恐怖襲擊，免疫建築技術(immune building technology)的應用受到更為普遍的關注，稀釋通風、過濾以及UVGI的綜合使用，即為目前最為可行且具成本效益的主要方案(USACE, 2001)。
- UVGI系統結合高效袋式濾網淨化技術在免疫建築上的應用，在設置標準與經驗上，已有諸多機構與研究單位提出建議，包括：美國採暖、製冷和空調工程師學會(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE)所編訂的「2011 ASHRAE HANDBOOK- HVAC Application (SI)-Chapter 60 Ultraviolet Air and Surface Treatment (TC 2.9, Ultraviolet Air and Surface Treatment)」(ASHRAE Technical Committees, 2011)；國際紫外線協會(International Ultraviolet Association, IUVA)所編訂的「Guideline for Design and Installation of UVGI In-Duct Air Disinfection Systems (IUVA Draft Guideline IUVA-G03A-2005)」(IUVA, 2005)；美國陸軍工程兵部隊(United States Army Corps of Engineers, USACE)所編訂的「Protecting buildings and their occupants from airborne hazards (TI 853-01)」(USACE, 2001)；美國國防部國防高等研究計劃署(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)所提出的「DARPA's Immune Building Program (021029_AA_ColPro 2002)」(DARPA, 2002)；以及美國Air & Water公司所編訂的「UVGI for Cooling Coil Disinfection, Air Treatment, and Hospital Infection Control」(Kowalski, 2011)等。
- 圖6.35～圖6.38即為UVGI系統建議之佈設方式。



- **中央空調系統空調箱淨化設備**採用濾網+UVGI系統的主要目的，在於發揮協同促進作用 (Synergistic)，藉以獲得較為穩定與可靠的控制成果，如圖6.34所示。

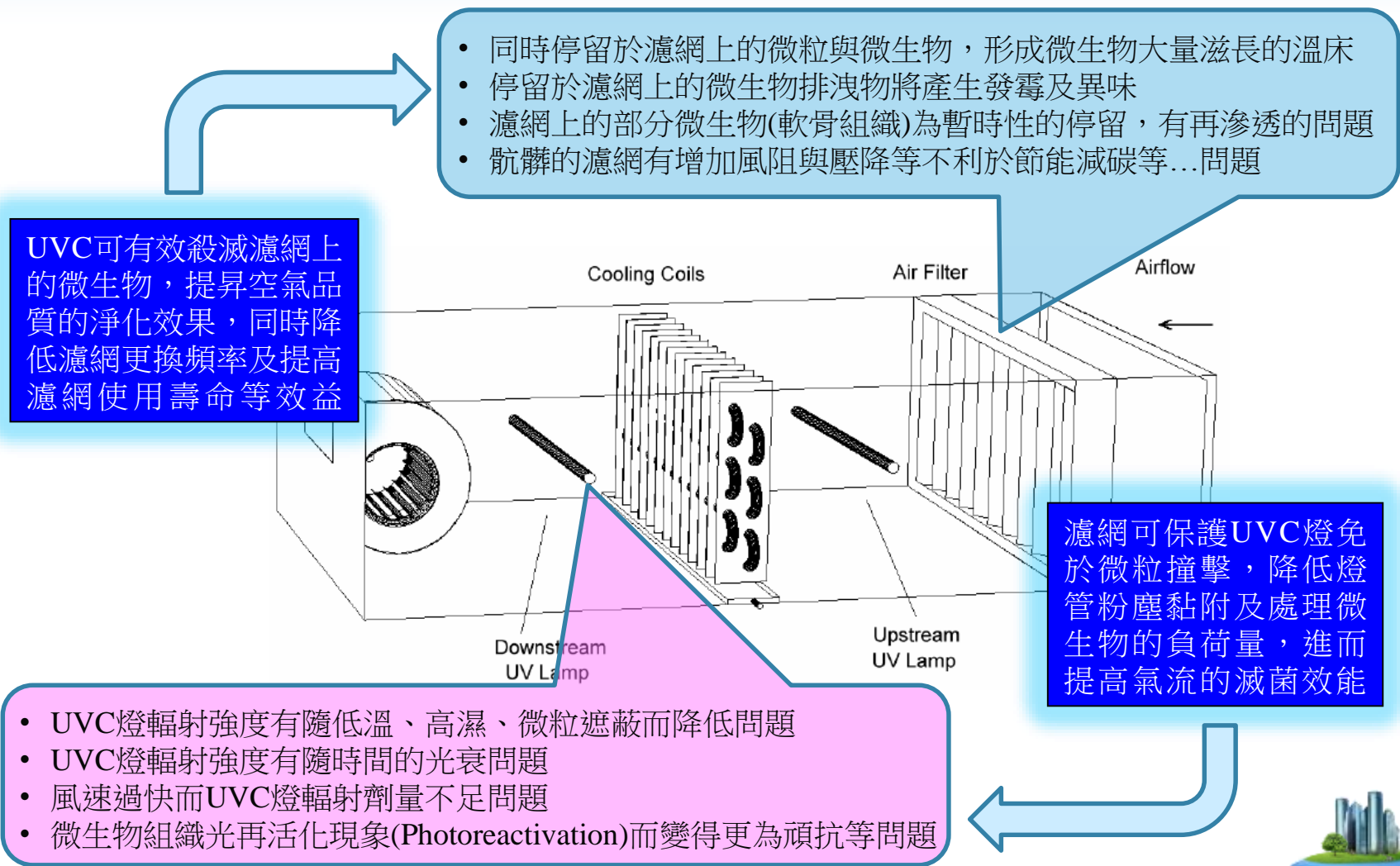


圖6.34 中央空調系統空調箱結合濾網與UVGI系統之機制

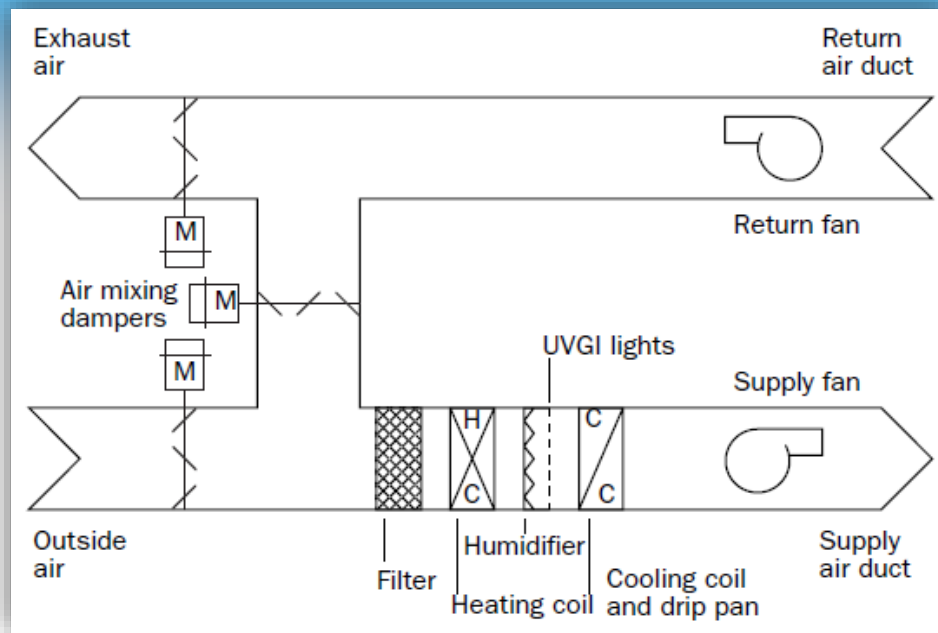


圖6.35 UVGI應用於HVAC示意圖

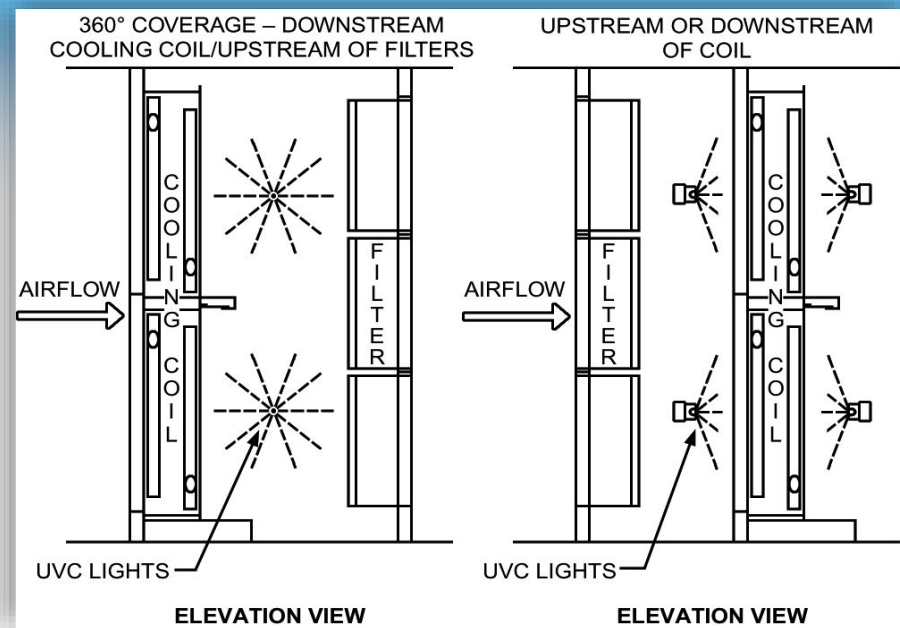


圖6.36 UVGI空調箱內淨化佈設之方式

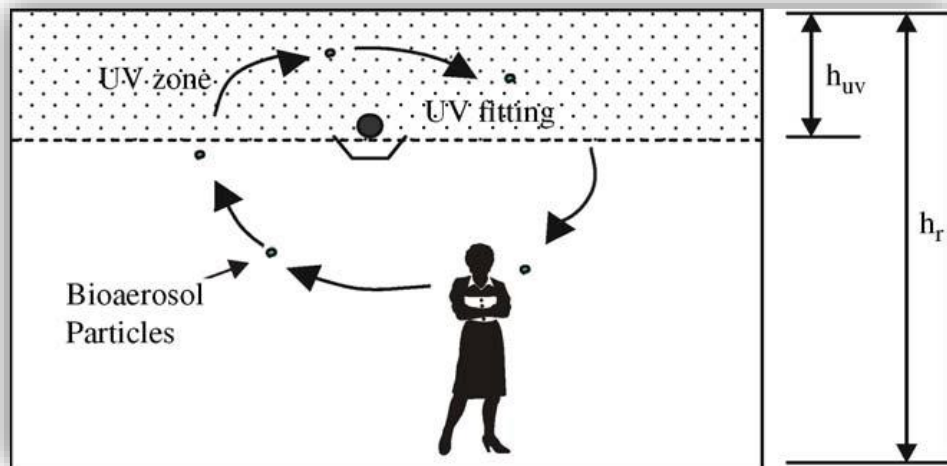


圖6.37 上層空間UVGI系統示意圖

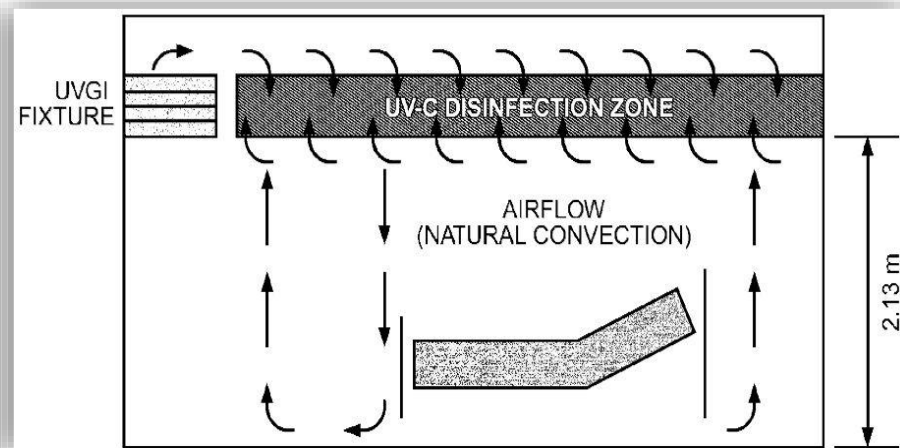


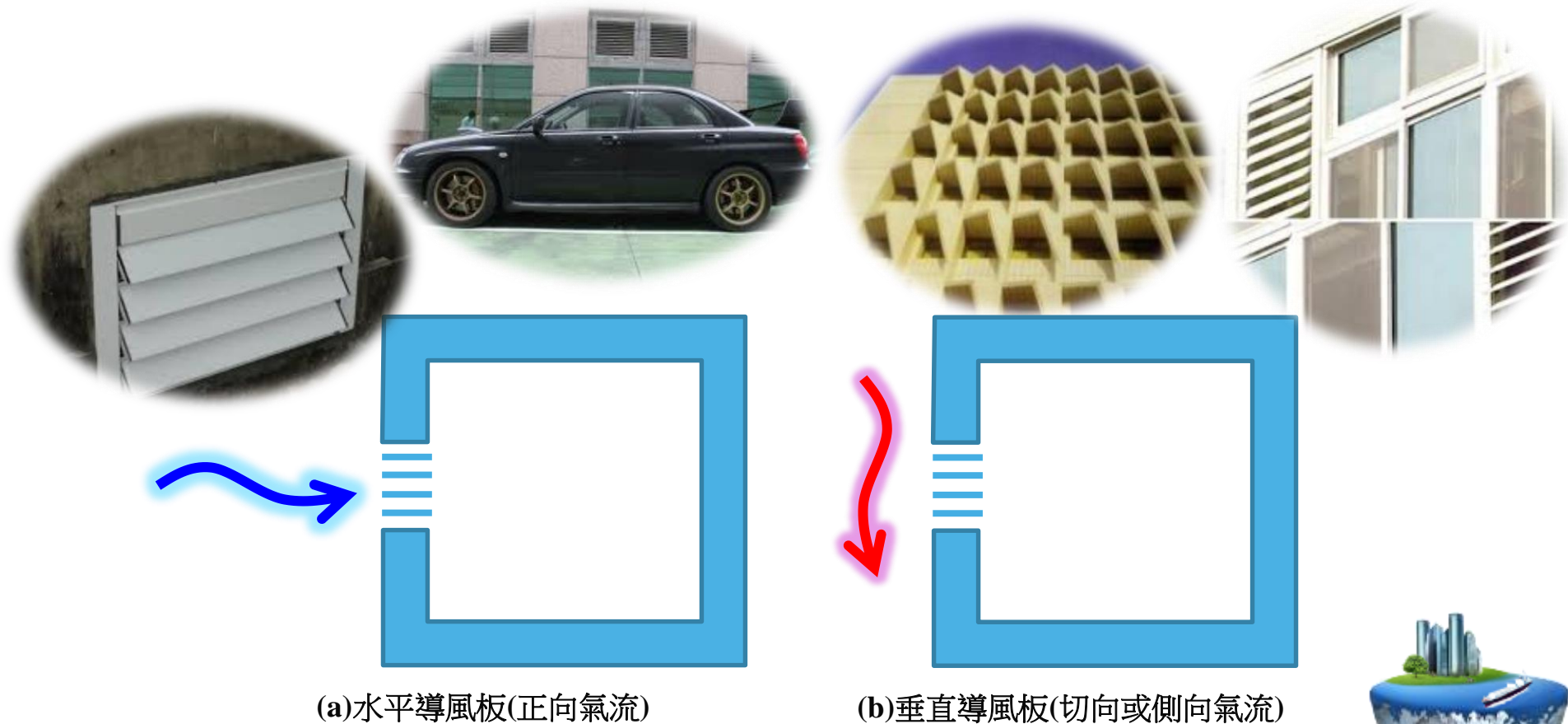
圖6.38 醫院病房應用上層空間UVGI系統



圖6.39 中央空調系統空調箱內UVGI淨化應用之實務案例

十一、搶氣(外氣停滯時的主動與積極引入設計或手法)

- ◆ 有關導風板(Baffle)的設計與應用已經相當普遍，相關研究指出(江哲銘，2008；Parka, 2004)，在開口部面對正向氣流(Normal flow)的條件下所加設的導風板稱為水平導風板(Horizontal wind deflector)，而開口部與氣流相切(Tangential flow)的條件下(或稱側向氣流)所加設的導風板稱為垂直導風板(Vertical wind deflector)，分別如圖6.40(a)、(b)所示。



(a)水平導風板(正向氣流)

(b)垂直導風板(切向或側向氣流)

圖6.40 水平與垂直導風板開口部與氣流作用示意圖

- ◆ 單一空間「**開口部加裝水平導風板**」後，比較「**無加裝水平導風板之開口部**」，隨著導風板深度(4~144cm)的改變(如圖6.41)，可以提昇室內空氣換氣率(Air change rate, ACH)增加4~230%(如圖6.42)。不僅完全不使用能源消耗外，又可兼顧建築造型以及遮陽隔熱的效果。


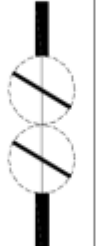
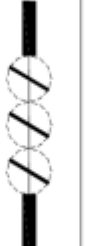
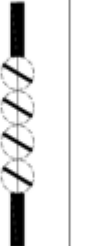




片數 (片)	1	2	3	4	8	16	36	0
導風板深度 D (cm)	144	72	48	36	18	9	4	0 (無導風板)
圖例								
備註	中央橫軸旋轉窗	不同水平導風板深度實驗組						對照組

圖6.41 不同水平導風板深度模組

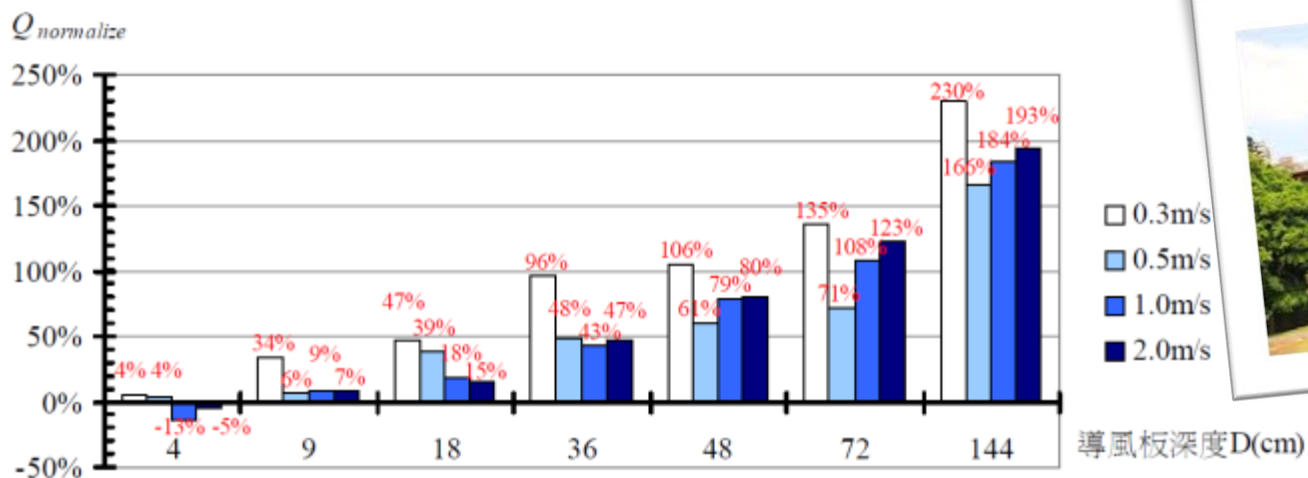
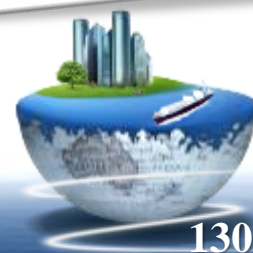


圖6.42 各風速下不同水平導風板深度之換氣率增加情形



- ◆ 相關研究顯示，當室內裝設垂直導風板時，其空氣換氣率平均較無裝設者增加2.6倍；其中，以導風板呈45度最佳(平均增加2.9倍)，移除室內污染物濃度具有相當程度的功效，如圖6.43與圖6.44所示(Yilmaz, 2003; 陳念祖, 2007)。

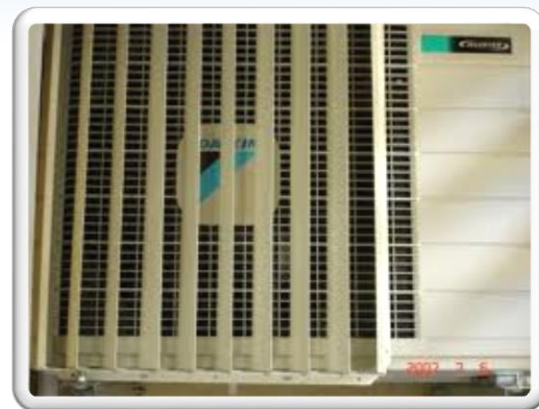
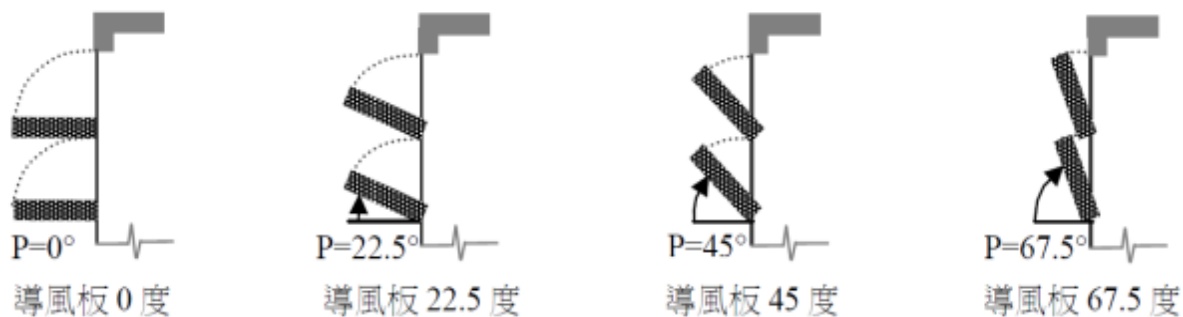


圖6.43 垂直導風板不同之角度

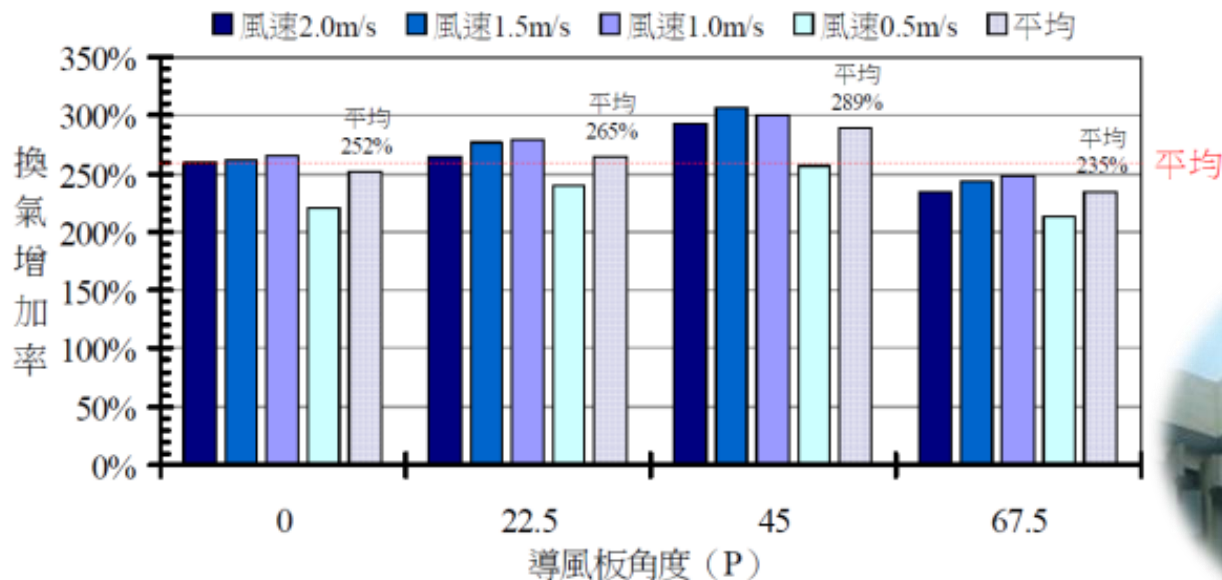


圖6.44 各種角度之垂直導風板對於換氣率增加之情形



十二、增氣(額外提供呼吸帶乾淨的空氣)

- ◆ 對於每天工作8小時的辦公室作業員工而言，為降低不良室內空氣品質的長期曝露風險，強化或直接提供作業員工呼吸帶(Breathing zone)新鮮的空氣。

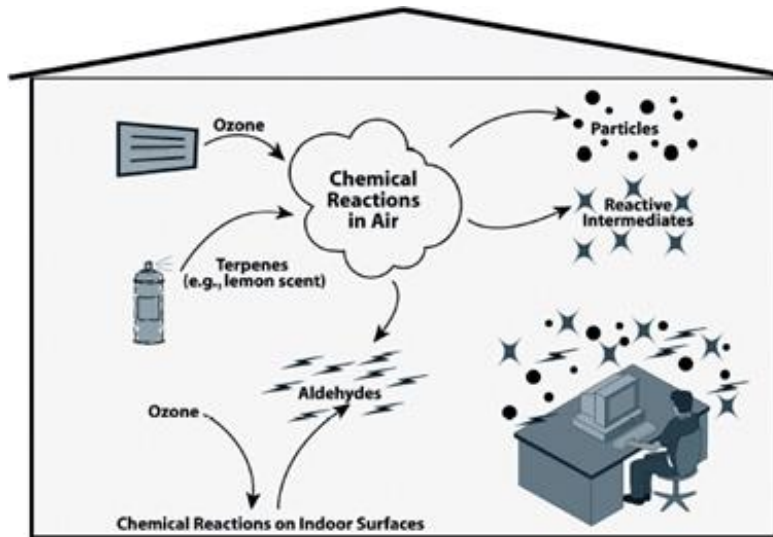


圖6.45 氣流吹送方向對辦公室員工之影響

柒、空氣清淨設備的應用

- ◆ 空氣淨化設備
- ◆ 植物淨化



7-1 空氣淨化設備

◆ **中央空調系統空調箱淨化設備**的設置屬於系統性的工程，必須根據場址現況及污染物特性進行詳細調查、規劃設計並採用不同的技術，方能對症下藥，如表7.1所示(摘自美國Steril-Aire公司, 2008)。

表7.1 空氣淨化設備對塵粒、生菌、異臭味的效果表現

產品類型	灰塵	油霧	菌類病毒	菸煙	VOC類	廚房食腐味	廢氣	污水臭味	應用及場所
ISO,ASHRAE等級各種空氣過濾器	很好	很好	尚可	0	0	0	0	0	空調箱及其他
HEPA,ULPA濾網特殊濾網加料	非常好	非常好	很好	一般	0~好	0	0	0	潔淨室等
靜電機	好	好	一般	一般	0	0	一般	0	廚房、工業類
水洗機	尚可	很好	0	0	0	0	好	一般	廚房、工業類
光觸媒(TiO ₂ 類+UV)	0	一般	好~很好	一般	好	一般	尚可	尚可	表面性處理
UVC+O ₃ 一般紫外線及臭氧機	0	很好	很好	很好	很好	好	很好	很好	適室外、傷害
小型空氣淨化機	很好	很好	很好	尚可	一般	一般	一般	一般	室內場所
正負離子系統	0	很好	很好	很好	很好	很好	很好	很好	空調箱、管路或其他
UVC低溫型強力紫外線燈	0		非常好 ES	一般	很好	一般	一般	一般	ES空調箱及風管等
活性炭系列(化學碳)	0	0	0	非常好	很好	很好	很好	很好	淨化箱設備

備註：效果參考表（許多特殊應用組合不在此範圍內）

無	一般	尚可	好	很好	非常好	二次污染	綠建築節能		
0%	10~20%	30~50%	60~70%	80~90%	95~100%	對人體傷害	ES		

表7.2 空氣清淨技術室內污染物去除功能

空氣清淨技術室內污染物去除功能【劉、江, 2000a】

清淨	懸浮微粒				污染氣體				微生物			備註
	花粉	塵蟎	粉塵	香煙	煙臭	尿臭	有機氣體	燃燒產物	真菌	細菌	病毒	
初級濾網	○	○	▽						▽			僅能過濾可以目視大小之微粒
中級濾網	◎	○	○	▽					○			懸浮微粒過濾效率80%
HEPA濾網	◎	◎	◎	○					◎	▽		可過濾0.3μm懸浮微粒效率達99.97%
ULPA濾網	◎	◎	◎	◎					◎	▽		可過濾0.1μm懸浮微粒效率達99.99997%

說明：◎非常有效 ○有效 ▽可能有效

• **HEPA**是High Efficiency Particulate Air Filters的簡寫，直譯為『高效率排放空氣』濾網，是為濾網所設定的一個空氣過濾效率的標準。

• **ULPA**是Ultra Low Penetration Air Filters的簡寫，ULPA是專門為精密藥物實驗室，或是半導體精密工廠，所設定的無塵室空氣過濾清靜系統用的濾紙，所用的衡量標準。

表7.2 空氣清淨技術室內污染物去除功能(續)

空氣清淨技術室內污染物去除功能【劉、江, 2000a】

清淨技術	懸浮微粒				污染氣體				微生物			備註
	花粉	塵蟎	粉塵	香煙	煙臭	尿臭	有機氣體	燃燒產物	真菌	細菌	病毒	
靜電濾網	○	○	○	○					○	▽		壓損小，對細微粒初期清淨效果佳，但濾網壽命短
靜電集塵	○	○	○	○					○	▽		對細微粒特別有效，效果隨集塵板積塵而降低
負離子	○	○	○	○	▽	▽	▽			▽	▽	作用範圍有限制，有污損機體和表面之可能
臭氧					▽	○	○	○		○	○	作用範圍有限制，濃度太高時對身體有害
活性炭					◎	◎	◎	▽				可吸附臭味，但要定期更換已飽和之濾網
光觸媒濾網					◎	◎	◎	○	▽	◎	○	具同時除臭和滅菌功能，更換期限較長
化學濾網					▽	○	○	▽	▽	▽	▽	具特定功能（如醫院消毒藥水）而製造的濾網



說明：◎非常有效 ○有效 ▽可能有效

Enjoy clean fresh air after installing EA-001 VENTILATOR

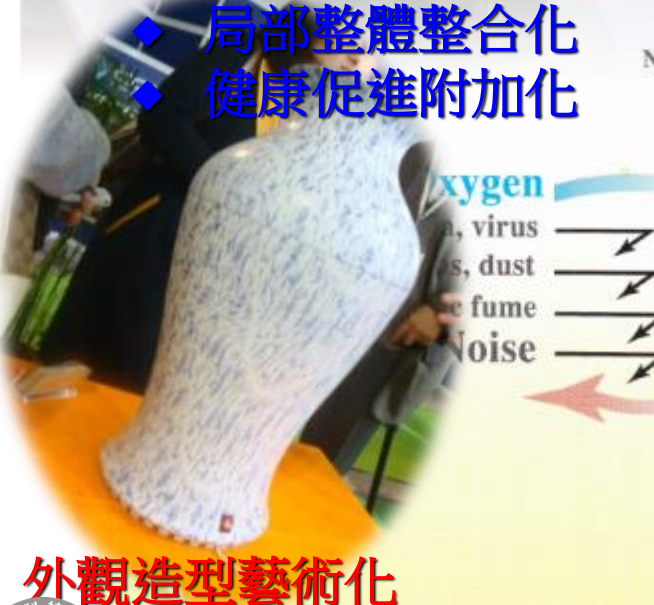
High-Tech *soundproof* air cleaning device

功能多元合一化

- ◆ 功能多元合一化
- ◆ 操作控制智能化
- ◆ 外觀造型藝術化
- ◆ 數據系統雲端化
- ◆ 局部整體整合化
- ◆ 健康促進附加化



操作控制智能化



外觀造型藝術化



健康促進附加化

圖7.1 空氣淨化機(器)朝多元功能發展之趨勢

7-2 植物淨化

<http://ivy1.epa.gov.tw/air/object/淨化室內空氣之植物應用及管理手冊.pdf>

淨化室內空氣之植物應用及管理手冊 - 居家生活版



淨化室內空氣之植物

應用及管理手冊 - 居家生活版

行政院環境保護署 編印



ISBN 978-996-02-3024-6



9 789860 230246





圖7.2 辦公室利用植物淨化空氣之情形

表7.3 台灣市售50種常見室內植物淨化室內空氣能力總表

臺灣市售 50 種常見室內植物淨化室內空氣能力總表

植物種類	單位葉面積 滯塵能力	二氧化碳 移除速率	移除 VOC					
			甲醛	三 氯 乙 烯	氫 氣	二 甲 苯	甲 苯	苯
鐵線蕨	★★★★★★	★★	V	不詳				
黑葉觀音蓮	★★★★★	★★★★★★★★	不詳					
粗肋草	★★★★	★★★★★	V	不詳			V	V
火鶴花	★★★	★★★	V	V	V	V	V	V
單葉花	★★★★★★	★★★★★★★★	V	不詳				
臺灣山蘇花	★★	★★★★★★	V	不詳				
麗格秋海棠	★★★★★★	★★★	V	不詳				
鐵十字秋海棠	★★★★★★★★★★	★★	不詳					
蝦蟆秋海棠	★★★★★★	★★★★★★	不詳					
孔雀竹子	★★★★	★★★★★	V	V	V	不詳	V	V
袖珍椰子	★★	★★★★★★★★	V	V	V	V	V	不詳
吊蘭	★★	★★★★★★	V	V	不詳	V	V	V
朱蕉	★★★	★★★★★	不詳					V
變葉木	★★	★★★★★★	V	V	不詳		V	V
仙客來	★★★	★★★★	V	不詳		V	不詳	
秋石斛	★★★	★★	V	不詳		V	不詳	
盆菊	★★★★★★	★★★★★★★★	V	V	V	V	V	V
黛粉葉	★★	★★★★★★	V	V	不詳	V	V	V
檸檬千年木	★★★★	★★★★★	V	V	不詳	V	V	V
香龍血樹	★	★★★	V	V	V	V	V	V
彩虹竹蕨	★★★★★★	★★	V	V	不詳	V	V	V
萬年竹	★★	★	不詳					
黃金葛	★★★	★★★★★★	V	V	V	不詳	V	V
聖誕紅	★★★	★★★★★★★★	V	不詳				
白斑重榕	★★★★	★★	V	V	V	V	V	V

植物種類	單位葉面積 滯塵能力	二氧化碳 移除速率	移除 VOC					
			甲 醛	三 氯 乙 烯	氫 氣	二 甲 苯	甲 苯	苯
印度橡膠樹	★★★★★	★★★★★★★★★★	V	V	V	不詳	V	V
琴葉榕	★★★	★★★★★	V	不詳				
蘇葛	★★★★★★★★	★★★★★★★★	不詳					
白網紋草	★★★★★★	★★★★	不詳	V	不詳		V	V
非洲菊	★★★★	★★★★★★★★★★	V	V	不詳		V	V
擎天鳳梨	★★	★★★★★	不詳	V	不詳	V	V	V
常春藤	★★★★	★★★★★★	V	V	不詳	V	V	V
繡球花	★★★★	★★★★★★★★	不詳					
嫣紅蔓	★★★★★★★★	★★★★★★★★★★	不詳					
長壽花	★★★★★★	★★★★	V	不詳		V	不詳	V
龜背芋	★★	★★★★★★★★★★	不詳					
波士頓腎蕨	★★★★★★	★★★★★★★★★★	V	V	不詳	V	不詳	V
馬拉巴栗	★★★★★★	★★★★★★★★	V	不詳		V	V	V
西瓜皮椒草	★★★★	★★★	不詳					
嫩葉椒草	★★★★★★★★	★★★★★★	不詳					
心葉蔓綠絨	★★★	★★★★★★★★★★	V	V	不詳		V	V
冷水花	★★★★	★★★★★	不詳					
鹿角蕨	★★★★	★★★★	不詳					
福祿桐	★	★★★★	V	V	不詳		V	V
西洋杜鵑	★★★★	★★★★★★★★	V	不詳	V	V	不詳	
非洲薑	★★★★★★★★	★★★★★★★★★★	不詳					
澳洲鴨腳木	★	★★★★★★	V	不詳				
大岩桐	★★★★★★★★	★★★	不詳					
白鶴芋	★★	★★★★★★★★	V	V	V	V	V	V
合果芋	★★★	★★★★★	V	V	不詳	V	V	V

★ 愈多表示滯塵能力或二氧化碳移除速率愈高 V 表示已有文獻證實具有淨化能力
“不詳”表示尚未具實驗證據



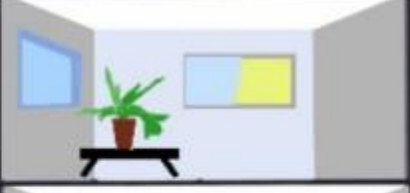
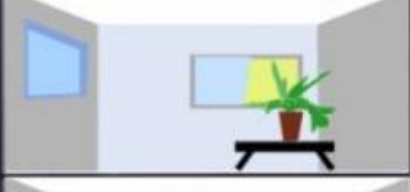

	光度	N ←	適合植物
Shade	遠離窗戶 or 無自然光線		粗肋草, 山蘇, 蜘蛛抱蛋, 網紋草, 常春藤, 蔓綠絨, 虎尾蘭
Semi-shade	近北方窗戶 or 與窗戶有段距離		粗肋草, 蜘蛛抱蛋, 香龍血樹, 紅邊竹蕉, 八角金盤, 蕨類, 薜荔, 常春藤
Bright but sunless	緊鄰北方窗戶 or 接近明亮的窗戶		火鶴, 文竹, 蝦蟆秋海棠, 觀賞鳳梨, 吊蘭, 仙客來, 黛粉葉, 吊鐘花
Some direct sunlight	緊鄰東西向窗戶		吊蘭, 盆菊, 變葉木, 紅竹, 絨蘭, 非洲鳳仙花, 雪茄花, 垂榕
Sunny window	緊鄰南向窗戶		花壇植物, 百子蓮, 九重葛, 雞冠花, 仙人掌, 迷你玫瑰, 馬櫻丹

圖7.3 配合室內光度應選擇適合之植物



表7.4 可在室內濾除甲醛植栽

排名	植物種類	移除速率 (µg/hr)
1	波斯頓腎蕨	1,863
2	菊花	1,454
3	羅比親王海棗	1,385
4	竹蕉	1,361
5	雪佛里椰子	1,350
6	常春藤	1,120
7	垂榕	940
8	白鶴芋	939
9	黃椰子	938
10	中斑香龍血樹	938

表7.5 可在室內濾除苯植栽

排名	植物種類	移除速率 (µg/hr)
1	非洲菊	4,485
2	菊花	3,205
3	白鶴芋	1,725
4	銀線竹蕉	1,629
5	雪佛里椰子	1,420
6	紅邊竹蕉	1,264
7	虎尾蘭	1,196
8	竹蕉	1,082
9	銀后粗肋草	604
10	常春藤	579

資料來源：Wolverton, B. C. and J. Wolverton. 1993. *Interiorscape* 11(4):17.



表7.6 可在室內濾除三氯乙烯植栽

排名	植物種類	移除速率 (µg/hr)
1	非洲菊	1,622
2	紅邊竹蕉	1,137
3	白鶴芋	1,127
4	竹蕉	764
5	雪佛里椰子	688
6	銀線竹蕉	573
7	中斑香龍血樹	421
8	虎尾蘭	405
9	常春藤	298
1	非洲菊	1,622

資料來源：Wolverton, B. C. A. Johnson and K. Bounds. 1989. NASA/ALCA Final report.

表7.7 可在室內濾除二甲苯植栽

排名	植物種類	移除速率(µg/hr)
1	黃椰子	654
2	羅比親王海棗	610
3	白玉黛粉葉	341
4	紅邊竹蕉	333
5	黛粉葉	325
6	春雪芋	325
7	皺葉腎蕨	323
8	銀線竹蕉	295
9	火鶴花	276
10	中斑香龍血樹	274

資料來源：Wolverton, B. C. and J. Wolverton. 1993. Interiorscape 11(4):18.



捌、室內空氣品質改善實務案例

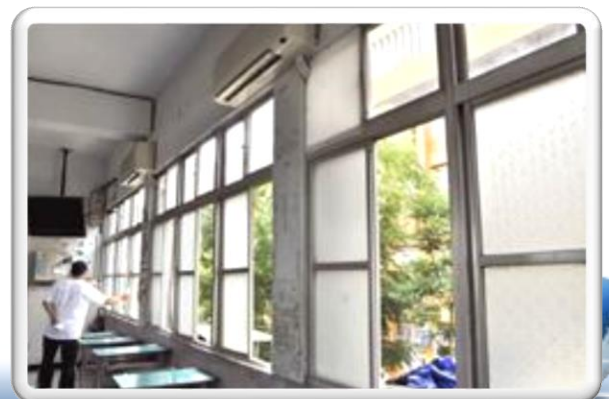
◆ 主要污染物之改善方式



8-1 CO₂濃度偏高或超標之改善措施

◆ 日常自主維護管理措施

- 長期改善措施往往需逐年編列預算方能逐步進行改善，時程上較為冗長且所費不貲；換言之，在進行長期改善之前，場址仍應有短期的日常維護管理措施或機制以持續地進行改善。
- 室內可透過一天一到兩個時段，如：早上上班(課)前半小時、中午休息時段的半小時或下課(班)後的晚上時段等，適時地短暫開窗以進行外氣之引入並透過自然對流等作用將積蓄在室內的CO₂有機會加以排除。此即不要讓前一天所累積的污染物，成為您今日上班上身體負擔的觀念。
- 考量透過上班型態或活動的安排，讓一天的活動有在戶外的時段，此時室內空間則可利用此空檔開窗以引入外氣等作法。



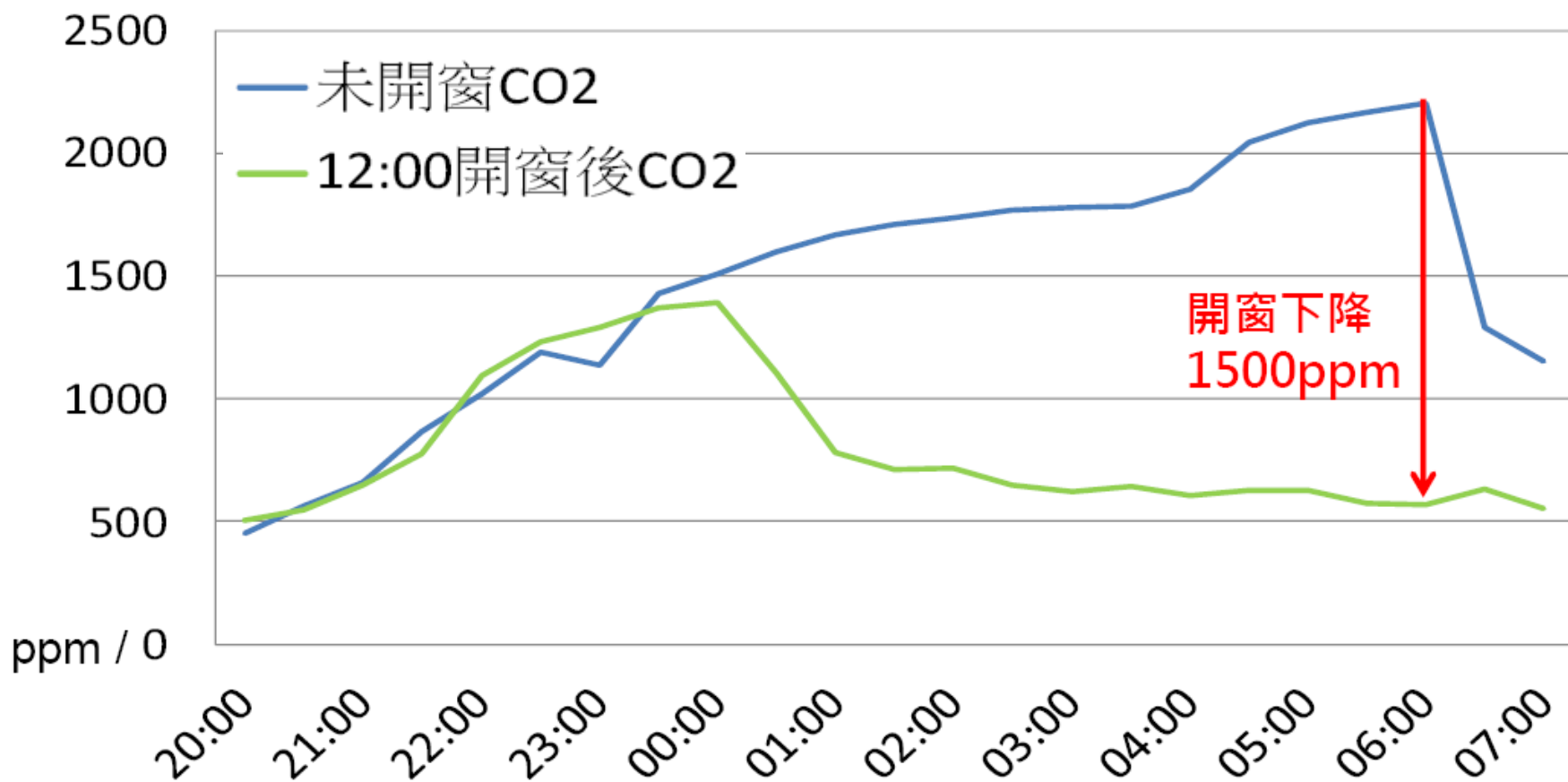


圖8.1 睡眠時房間內的空氣品質CO₂變化(摘自楊峻銘, 2017)

◆工程技術改善措施

- 簡易且節省經費的改善方式：於牆面開口或窗戶上裝設靜音型的風扇設施以適量引入外氣，或引入外氣進入落地型空調箱等作法。
- 節能減碳之改善方式：在既有空調系統前端加設「預冷空調箱(PAH)」、「全熱交換系統(HRV)」或「HRV+PAH系統」等方式以引入新鮮外氣來進行改善。
- 正統之改善方式：若預算與經費允許時，重新改設置全氣式中央空調系統(AHU)的方式，方是解決無外氣的最好與最可行途徑。





圖8.2 利用抽排風扇的簡易通風改善方式

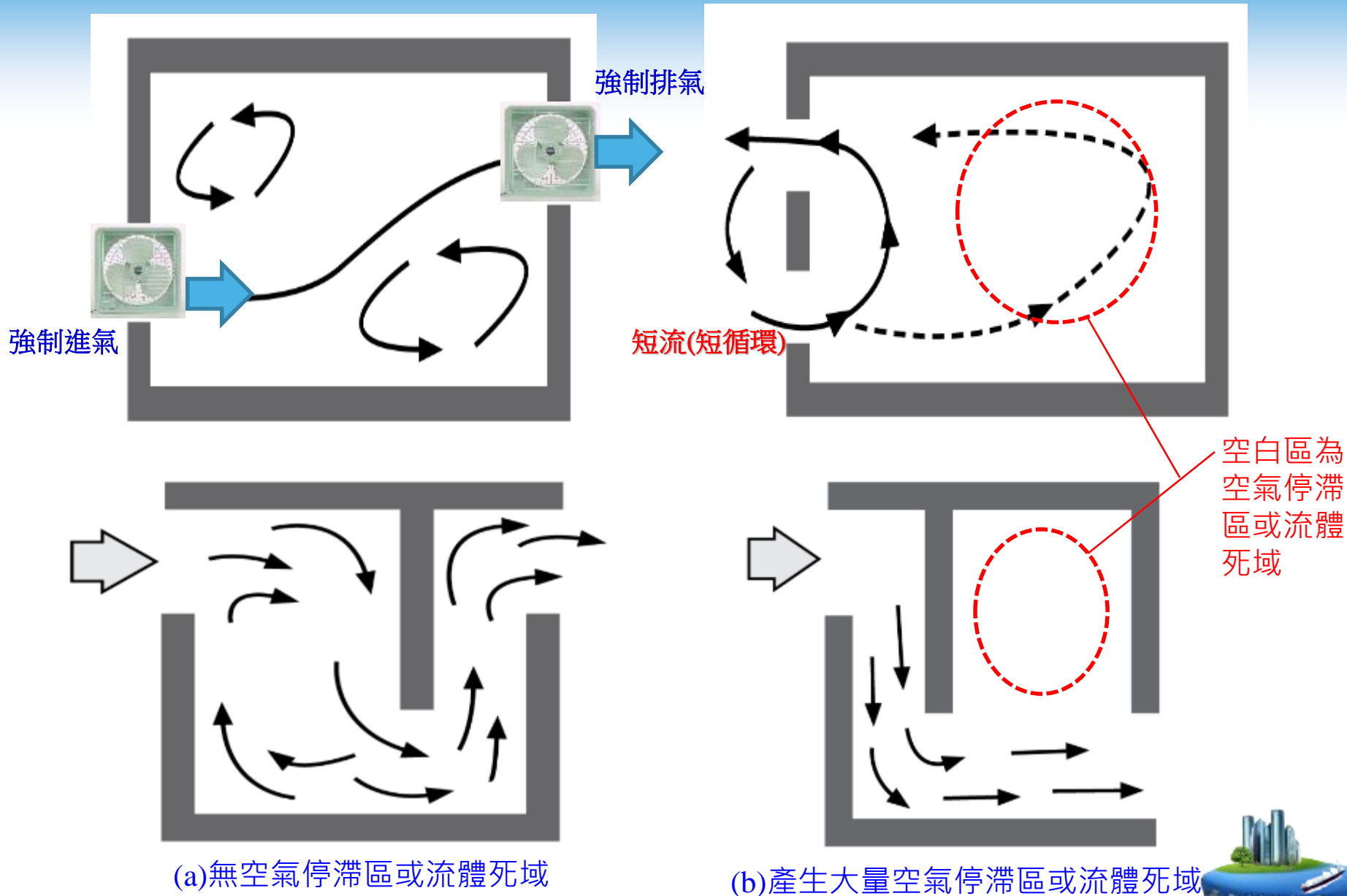


圖8.3 良好與不良的通風路徑示意圖



圖8.4 引入外氣直接進入落地型空調箱之改善案例



2,336ppm

某醫院大樓一樓心臟內科門診民眾等候區採FCU空調系統，未改善前之CO₂濃度高達2336ppm(約125人)。

於該醫院大樓一樓外牆直接增設外氣入口並經預冷空調箱後送進天花板內之FCU空調系統進行改善，改善後之CO₂濃度已降至650ppm高~880ppm左右(約100~120人)。

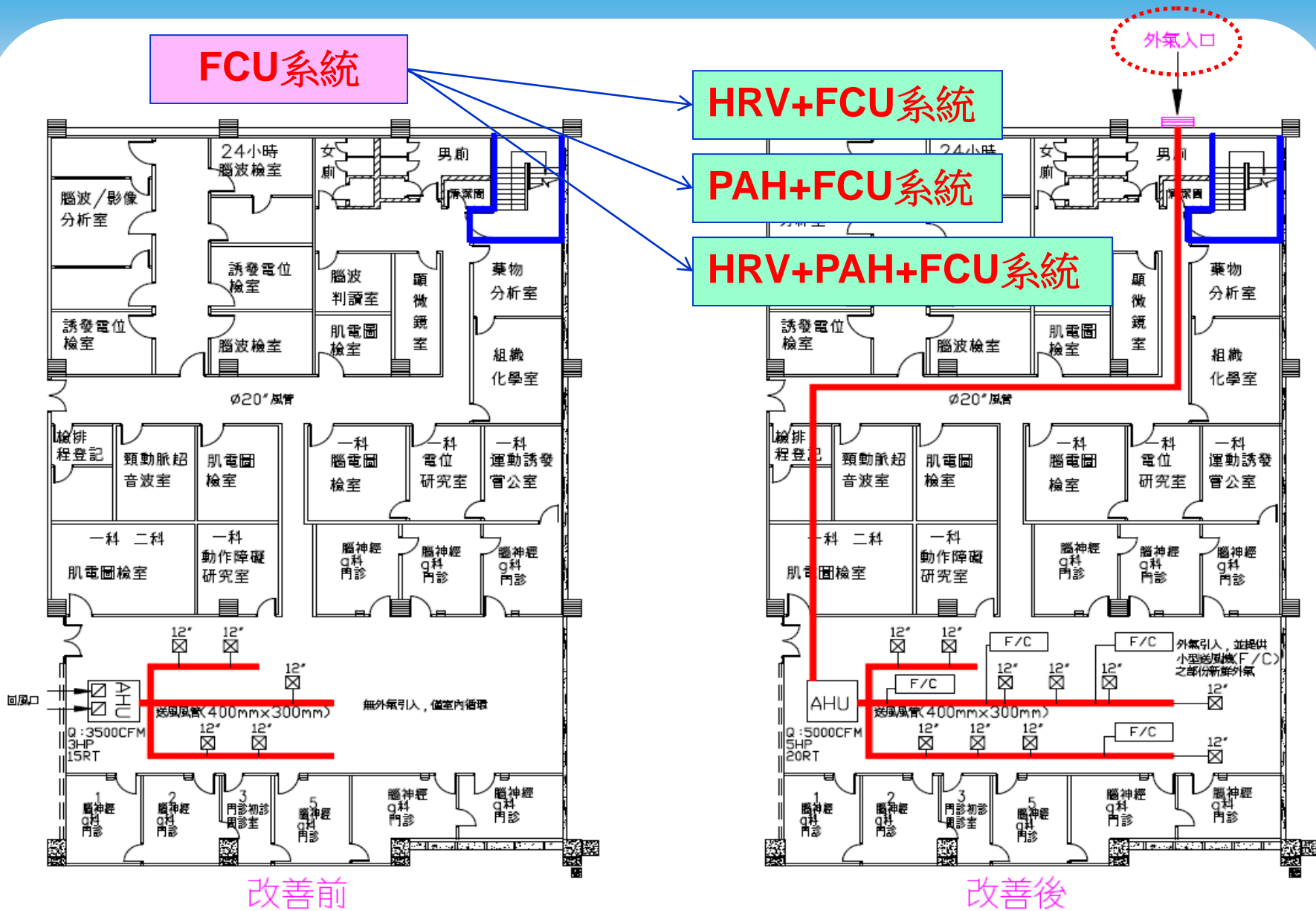


增設外氣入口



880ppm

圖8.5 某醫院大樓引入新鮮外氣結合預冷空調箱及FCU系統之案例



FCU系統

HRV+FCU系統

PAH+FCU系統

HRV+PAH+FCU系統

外氣入口

改善前

改善後

醫學大樓1F 神經內科門診後診區

圖8.5 某醫院大樓引入新鮮外氣結合預冷空調箱及FCU系統之案例(續)



圖8.6 某市政府辦公大樓以預冷空調箱(PAH)引入外氣結合原空調系統之改善案例

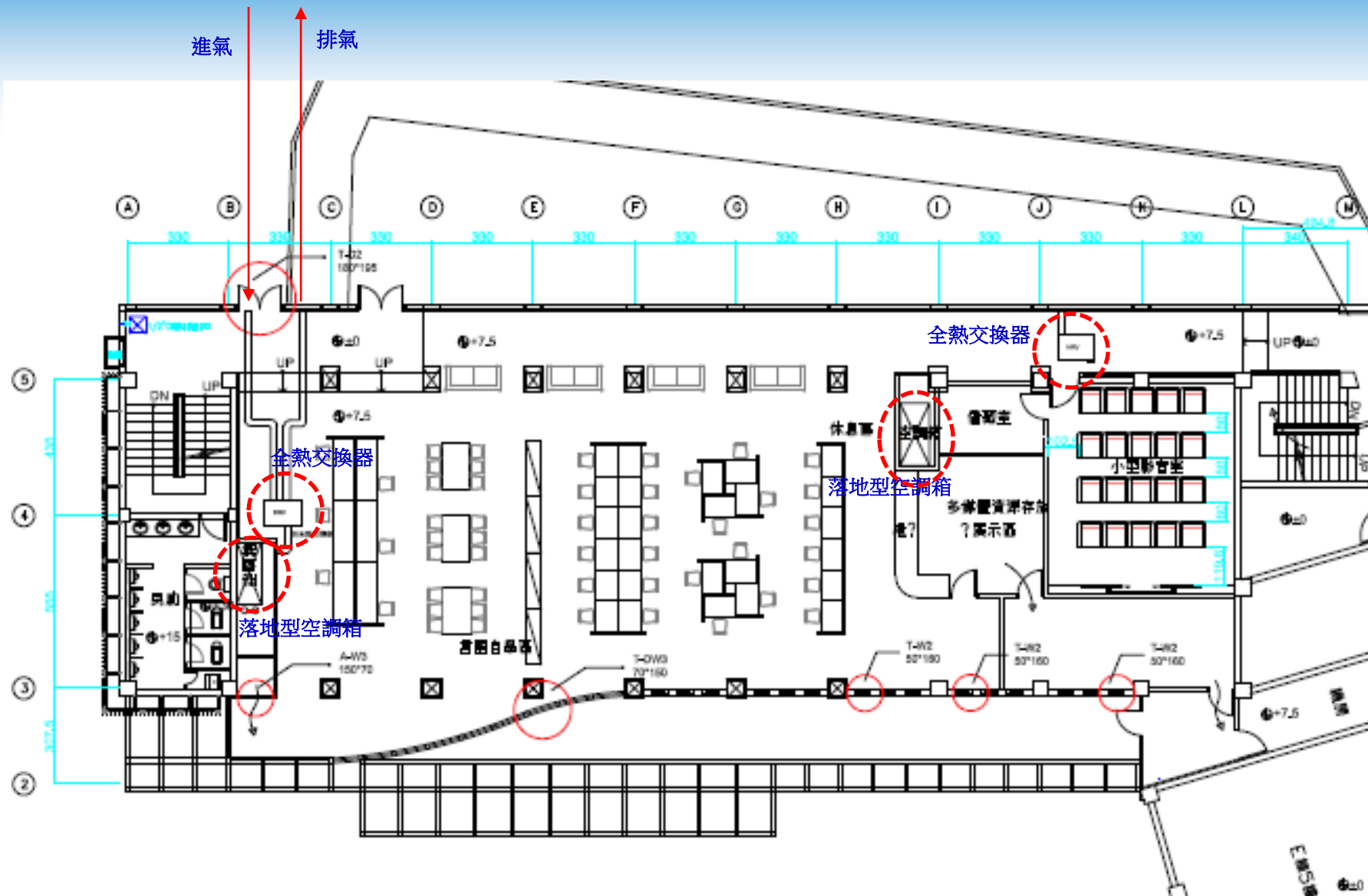


圖8.7 某大學圖書館以全熱交換器(HRV)引入外氣結合落地型空調箱之改善案例

8-2 HCHO濃度偏高或超標之改善措施

◆簡易治標不治本的措施

• 通風換氣法

因甲醛是會由建材釋放到空氣中，所以經常通風是效果最顯著、也是成本最低的方法，但需要較長時間。須長期緊閉門窗的空間，則可以考慮加裝新風，增加換氣效率。

在裝修完畢後，一定要長時間的通風，並且將傢俱的抽屜、櫃門等打開，最好度過一個夏季後再入住，因為甲醛隨溫度升高釋放量會變大，所以第一年的夏季是甲醛釋放量較大的時間段，應避開。入住後也應保持長時間通風。



• 植物淨化法

一般植物都有可以吸收並分解微量甲醛的能力，但效果可能存在極大的差異或不穩定等問題。

表8.1 具有室內濾除甲醛之植栽

排名	植物種類	移除速率 ($\mu\text{g/hr}$)
1	波斯頓腎蕨	1,863
2	菊花	1,454
3	羅比親王海棗	1,385
4	竹蕉	1,361
5	雪佛里椰子	1,350
6	常春藤	1,120
7	垂榕	940
8	白鶴芋	939
9	黃椰子	938
10	中斑香龍血樹	938

資料來源：Wolverton, B. C. and J. Wolverton. 1993. *Interiorscape* 11(4):17.



• 吸附法

利用炭包吸附也是有一定的效果，但是炭包只是對甲醛進行吸附，不是分解，而且吸附量非常有限，隨著環境溫度升高，被吸附的甲醛還會再次釋放回空氣中。

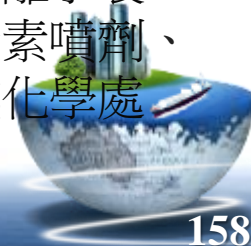
• 空氣淨化器

買到好的產品可以有效去除空氣甲醛，但甲醛釋放是一個長時間的過程，如果單純用空氣淨化器除甲醛需要長時間開啟。要嚴格按照提示更好過濾網。成本較高。值得注意的是，加濕會促使甲醛揮發烈度增大。



• 其他方式

光等離子、臭氧裝置、負離子裝置、天然素材噴劑、甲殼素噴劑、光觸媒噴劑等各種物理或化學處理方法



8-3 事務性機具O₃污染之改善

- 臭氧排放參考係數：
 - (1)空氣清淨機 84~1,212 $\mu\text{g}/\text{min}$
 - (2)影印機 15~45(2~158) $\mu\text{g}/\text{copy}$
- 戶外空氣品質標準值0.12ppm(小時平均值)、0.06ppm(8小時平均值)。影印間曾測到 0.30ppm。
- 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。



雷射印表機



圖8.8 影印機緊臨員工座位區



圖8.9 影印機獨立設置或採負壓排氣措施



圖8.10 影印機獨立設置或採負壓排氣措施(續)

8-4 廁所異味之改善



回風口



天花板上部回風(遠離污染源)負壓效益低

回風口



下部回風(近污染源)負壓效益高



送風口



送風口



送風形成正壓

圖8.11 廁所空間應處於負壓狀態

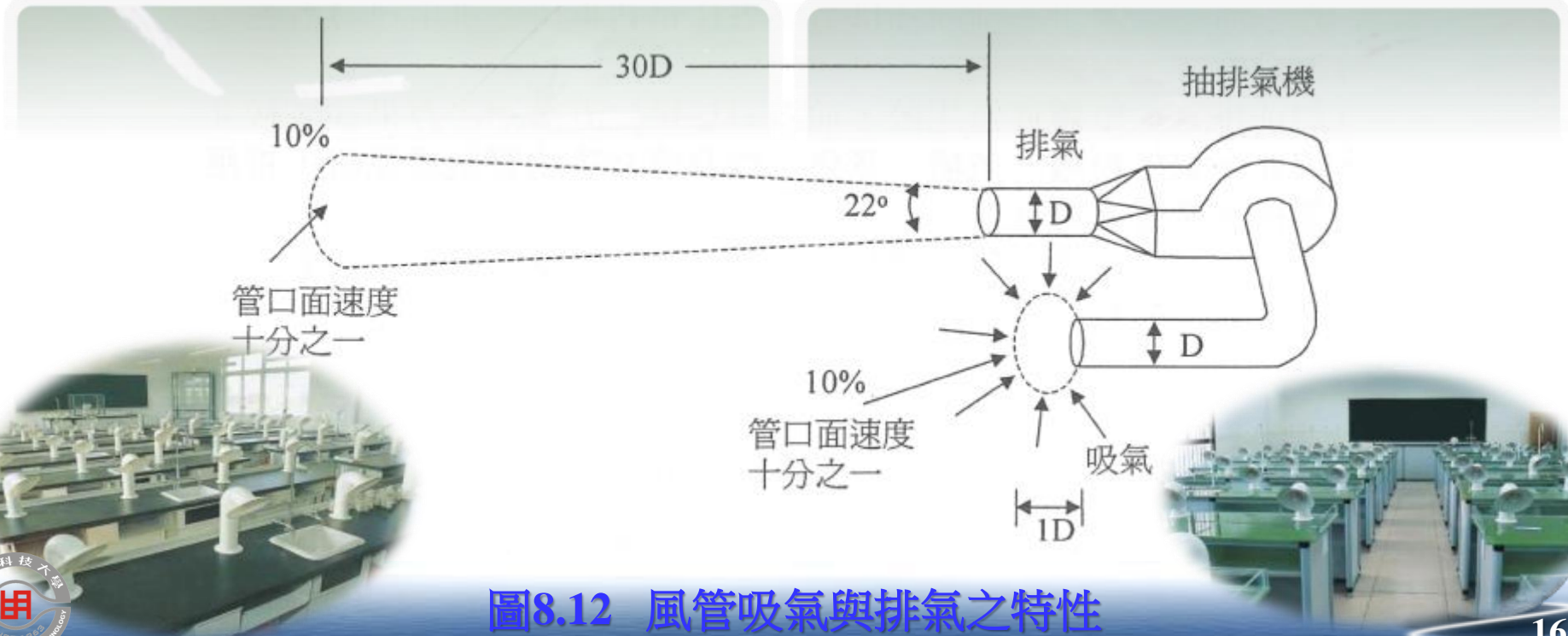


圖8.12 風管吸氣與排氣之特性



圖8.13 廁所回(排)風口之改善情形



圖8.14 廁所回(排)風口之改善情形(續)

玖、結語

◆ 呼吸權的來臨



- ◆ 繼韓國(1996年)之後成為全世界第二個強制立法管理的地區(台灣「室內空氣品質管理法」已於2011年11月23日以總統華總一義字第10000259721號令公布，並於2012年11月23日正式上路實施)。
- ◆ 空氣品質的管理由室外延伸至室內，在空氣污染防制史上具有里程碑的劃時代意義。
- ◆ 所有公共與公眾場所全面強制性列管並應符合室內空氣品質標準(除了私人的居家建築物與空間外，幾乎所有的建築物均納管)。
- ◆ 管制的空間除各類型的建築物外更擴及交通運輸空間(車廂及車站)。
- ◆ 係台灣環境資源部近五年來唯一新制定並通過的環保法令，其重要性與對社會各界的衝擊不言可喻。建築醫生(building doctors)、病態建築診斷技術(sick building diagnostics)、各種室內空氣品質淨化產品與技術等將成為未來炙手可熱的新興環保行業。
- ◆ 符合WHO以及歐美日等先進國家追求「呼吸權(The Right to Healthy Indoor Air)」以及「免疫建築(immune building)」與「健康建築(healthy building)」的發展趨勢。



- ◆ 目前全世界唯一有兩部強制性的單一法令管制室內空氣品質的國家，就是我們的寶島台灣。其一為民國86年3月的「菸害防制法」，另一則為民國100年11月的「室內空氣品質管理法」，此兩部法令尤如為民眾室內環境健康把關的雙道保險或兩把利刃，只要是公共或公眾使用的密閉或半密閉空間，包含各類交通運輸工具等，未來將逐一被公告列管並應符合我國的「室內空氣品質標準」的要求。
- ◆ 顯示我國對於人權的重視與發展，已經由免於迫害以及言論、結社、遷徙等自由的實質人權，進一步昇華至保障健康的環境人權層級。為「進步臺灣、美哉家園、建康呼吸」奠定永續發展的基礎，值得我們慶幸與按個讚。



室內空氣品質

Indoor Air Quality

2010 (WHO) 歐洲辦公室發表宣言

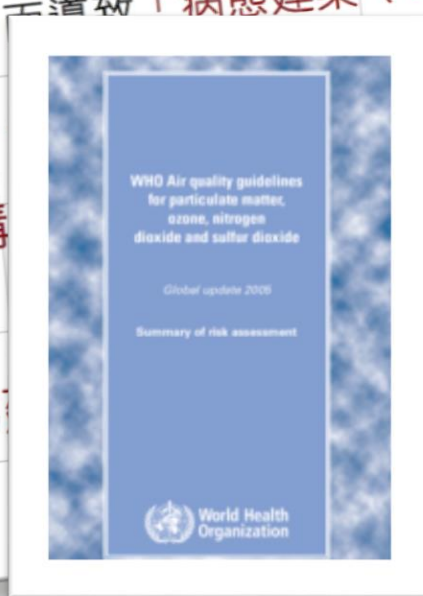
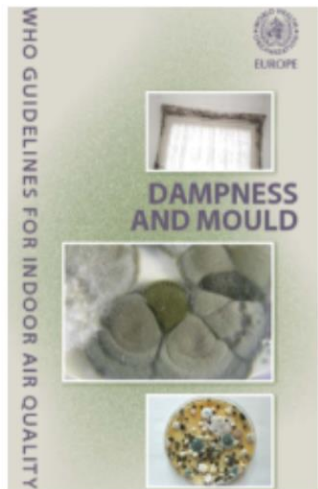
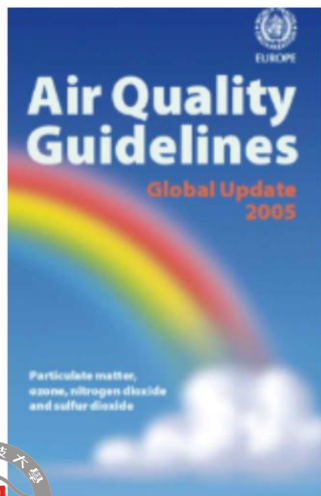
『全人類都應該擁有呼吸乾淨室內空氣的權利』

讓台灣成為華人社會「呼吸權」的領航者

追求健康，從良好的室內空氣品質作起

人們對於健康室內空氣品質
清楚
因為室內空氣品質的惡化

導致「病態建築」



IN A PERFECT WORLD...



Thank You !

室內空氣品質改善及實場案例



講員：洪明瑞博士／明志科技大學環安衛系
通訊地址：243新北市泰山區貴子里工專路84號
聯絡電話：(02)2908-9899 # 4657 或 0960-613-309
電子信箱：mingjui@mail.mcut.edu.tw