台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

「室內空氣品質專業治理人員技術證」訓練班

中級室內空氣品質治理人員　第2007B001期

室內空氣品質診斷與評估之方法工具

講員：王凰瑾 經理

恆康工程顧問股份有限公司

民國109年7月28日

「室內空氣品質專業治理人員技術證」訓練班

中級室內空氣品質治理人員

第2007B001期

課程綱要

壹、室內空氣污染物的類型、來源與健康效應(1hr)

貳、室內空氣品質診斷與評估之方法與工具(1hr)

參、室內空氣污染物之測定原理與方法(1hr)

肆、建築裝修應注意事項與健康綠建材之選用(1hr)

伍、室內通風換氣工程(一)：通風換氣設備、理論、法規與評估方法(1hr)

陸、室內通風換氣工程(二)：實場案例解說與演算(1hr)

柒、室內空氣品質管理法令與自主維護管理措施(1hr)

捌、室內空氣淨化工程(一)：空氣淨化技術與原理(1hr)

玖、室內空氣淨化工程(二)：空氣清淨機之性能標準與正確使用方法(1hr)

拾、術科測驗(一)：通風換氣操作實務(1hr)

拾壹、術科測驗(二)：室內空氣品質連續自動監測設施操作實務(1hr)

拾貳、學科測驗(1hr)

一 前言

二 診斷與評估方法工具

三 案例說明

◆ 如何求得或評估一個建築物的室內空氣品質狀況呢？

沒有回答問題之前，我先問大家一個問題？

◆ 評估一個建築物室內空氣品質狀況之三大常見手法

手法1: 現地檢測、監測之試驗與分析

◆ 評估一個建築物室內空氣品質狀況之三大常見手法

工具選擇

- 可移動檢測
- 可取得污染物濃度變化趨勢。
- 平時可運用直讀式儀器進行空氣品質檢測

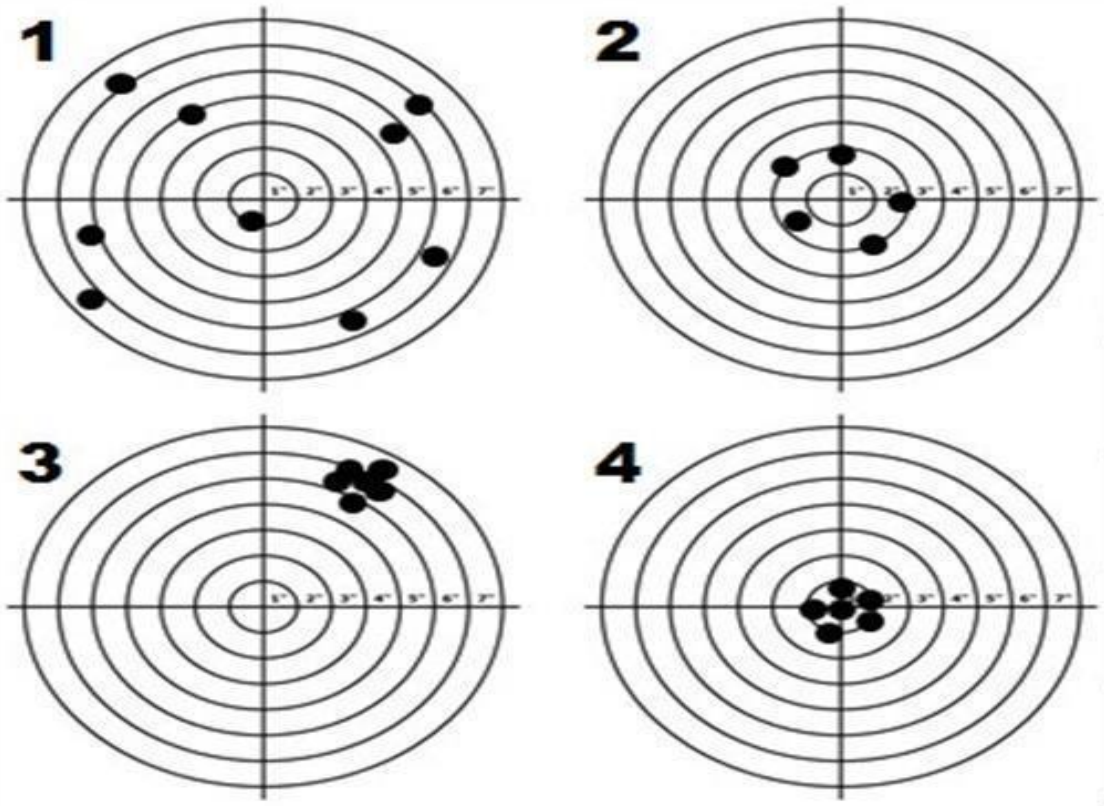
1. 巡檢式儀器的組成

- 氣體幫浦
- 檢測器(感測器)
- 小型計算機(微電腦處理機)
- 顯示器(LCD)

2. 挑選考量?

- ✓ 偵測範圍
- ✓ 干擾
- ✓ 反應時間
- ✓ 可校正性

- 準確度
- 精密度
- 解析度



製程 / No.	準確度 (Ca)	精密度 (Cp)
1	差	差
2	好	差
3	差	好
4	好	好

圖片來自https://mymkc.com/article/content/22082

圖1　巡檢式檢測儀器測定室內空氣污染物之情形(置於工作車或平台)

(a)空氣品質採樣一

(b)空氣品質採樣二

(c)空氣品質採樣三

圖2　巡檢式檢測儀器測定室內空氣污染物之情形(手持方式)

表1 室內空氣污染物之公告方法編號與名稱

檢測項目	方法編號 (NIEA)	方法名稱	測定方式	檢測時間
二氧化碳	A448.11C	空氣中二氧化碳自動檢測方法—紅外線法	連續測定	連續8小時
一氧化碳	A421.13C	空氣中一氧化碳自動檢測方法—紅外線法	連續測定	連續8小時
臭氧	A420.11C	空氣中臭氧自動檢測方法—紫外光吸收法	連續測定	連續8小時
甲醛	A705.12C	空氣中氣態之醛類化合物檢驗方法－以DNPH衍生物之高效能液相層析測定法	採集/分析	採集1小時，後續實驗室分析
總揮發性有機化合物	A715.15B	空氣中揮發性有機化合物檢測方法－不銹鋼採樣筒/氣相層析質譜儀法	採集/分析	採集1小時，後續實驗室分析
細菌	E301.15C	室內空氣中細菌濃度檢測方法	採集/分析(最高值，2-4次/天)	採集約2-5分鐘，培養2日
真菌	E401.15C	室內空氣中真菌濃度檢測方法	採集/分析(最高值，2-4次/天)	採集約2-5分鐘，培養4-5日
懸浮微粒(PM_{10})	A206.11C	空氣中粒狀污染物自動檢測方法－貝他射線衰減法	連續測定	連續24小時
懸浮微粒(PM_{10})	A208.13C	大氣中懸浮微粒(PM_{10})之檢測方法—手動法	採集/分析(24小時)	採集24小時，後續濾紙秤重
細懸浮微粒($PM_{2.5}$)	A205.11C	空氣中懸浮微粒($PM_{2.5}$)之檢測方法—衝擊式手動法	採集/分析(24小時)	採集24小時，後續濾紙秤重

資料來源: https://iaq.epa.gov.tw/indoorair/page/News_9_1.aspx行政院環保署室內空氣品質資訊網

圖3 利用檢測設備與儀器測定室內空氣品質之”相對良窳“

標準檢測方法 vs 即時測量方法

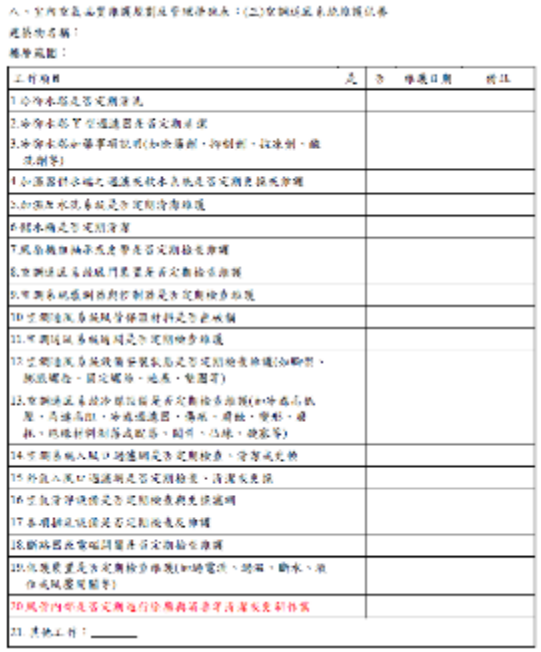
	標準方法	即時測量方法
檢測時效	慢（一週） 無時效	快（即時） 有時效
檢測數值	只有一濃度平均值	可測逐時濃度變化
污染判定	只能判定是否符合標準 無法判定污染來源	可由逐時濃度變化 分析污染來源
檢測干擾	設備大而多 干擾現場活動	儀器小而可移動 不干擾現場活動
檢測成本	>4 萬元/點次	500~2000 元/點次
儀器成本	>800 萬元	<200 萬元

圖4 室內空氣品質自動監測系統(CO_2)即時顯示與管理

圖5 室內空氣品質智能監控管理系統

◆ 評估一個建築物室內空氣品質狀況之三大常見手法

手法2:計畫評核術(PERT)、專業檢查表(Check list)、維護管理計畫文件



◆室內空氣品質計畫評核術(Program evaluation and review technique for indoor air quality)

- 利用「**層級分析法(analytic hierarchy process, AHP)**」的架構結合環境採樣規劃設計法中的「**分層(區)採樣法(stratified sampling, SS)**」，建立一套用以進行室內空氣品質的查核與評估技術，稱之為「**室內空氣品質計畫評核術(IAQ PERT)**」。
- **藉助AHP架構的概念，將場址各層樓與各空間逐一投入層級架構中進行分層比對與篩選，以決定其最後分層之歸屬（條件投入→條件檢核→指標檢核→核算與判定）。**
- 「分層條件或要因」以及「分層指標或權重」等之擬定，可進一步採用既有的研究成果（已發表的會議與期刊論文或研究報告等）、專家系統，透過問卷調查、量化分析以及綜合評估等方式加以決定其合理性。
- **從分析的精度需求與分析難易度而言，分層數量不足與過多均不可取，經驗上顯示以5～7層為佳。**

室內空氣品質維護管理計畫文件

行政院環保署於103年06月26日以環署空字第1030052992號函頒「**室內空氣品質維護管理計畫文件**」，並於105年6月修訂

公告場所名稱：_____

公告場所編號：□□□-□□-□□-□□□□

文件建立日期：_____ 年 _____ 月 _____ 日

室內空氣品質維護管理計畫文件自我檢查表

請加蓋公司（總公司或分公司）、機關（構）、學校及其負責人或代表人印鑑章

公告場所名稱：

公告場所編號：　　建立(或修正)日期：_____

檢查項目	場所檢查		備註
	是	否	
壹、室內空氣品質維護管理計畫之應備表單			
一、公告場所名稱及地址基本資料表	□	□	
二、公告場所義務人基本資料表	□	□	
三、室內空氣品質維護管理專責人員基本資料表	□	□	
四、公告場所樓地板面積基本資料表	□	□	
五、公告場所建築物特性基本資料表	□	□	
六、公告場所特定活動基本資料表	□	□	
七、公告場所換氣系統基本資料表	□	□	
八、室內空氣品質維護規劃及管理措施表：室內環境與空調設備維護管理	□	□	
室內空氣品質維護規劃及管理措施表：冷卻水塔與外氣系統維護管理	□	□	
室內空氣品質維護規劃及管理措施表：空調送風系統維護保養	□	□	
九、公告場所室內空氣品質自主量測成果表	□	□	
十、室內空氣品質不良應變措施表	□	□	
貳、室內空氣品質維護管理計畫之應備附件			
一、附件一　室內空氣品質維護管理專責人員合格證書影本	□	□	
二、附件二　公告場所置室內空氣品質維護管理專責人員核定文件	□	□	
三、附件三　公告場所管制室內空間平面圖影本	□	□	
叁、注意事項			
一、公告場所管制室內空間座落於不同棟(樓)建築物內，每棟(樓)建築物均應填寫第壹項之表五至表八。	□	□	
二、公告場所管制室內空間座落於不同棟(樓)建築物內，每棟(樓)建築物均應檢附第貳項之管制室內空間平面圖影本。	□	□	
三、管制室內空間分布於不同樓層，各樓層均應填寫第壹項之表七與表八；但不同樓層之換氣或空調設施為共同主機或系統者，表七與表八之冷卻水塔與外氣系統維護管理、空調送風維護管理，得共用填寫一份。	□	□	

圖6　室內空氣品質維護管理計畫文件之內容

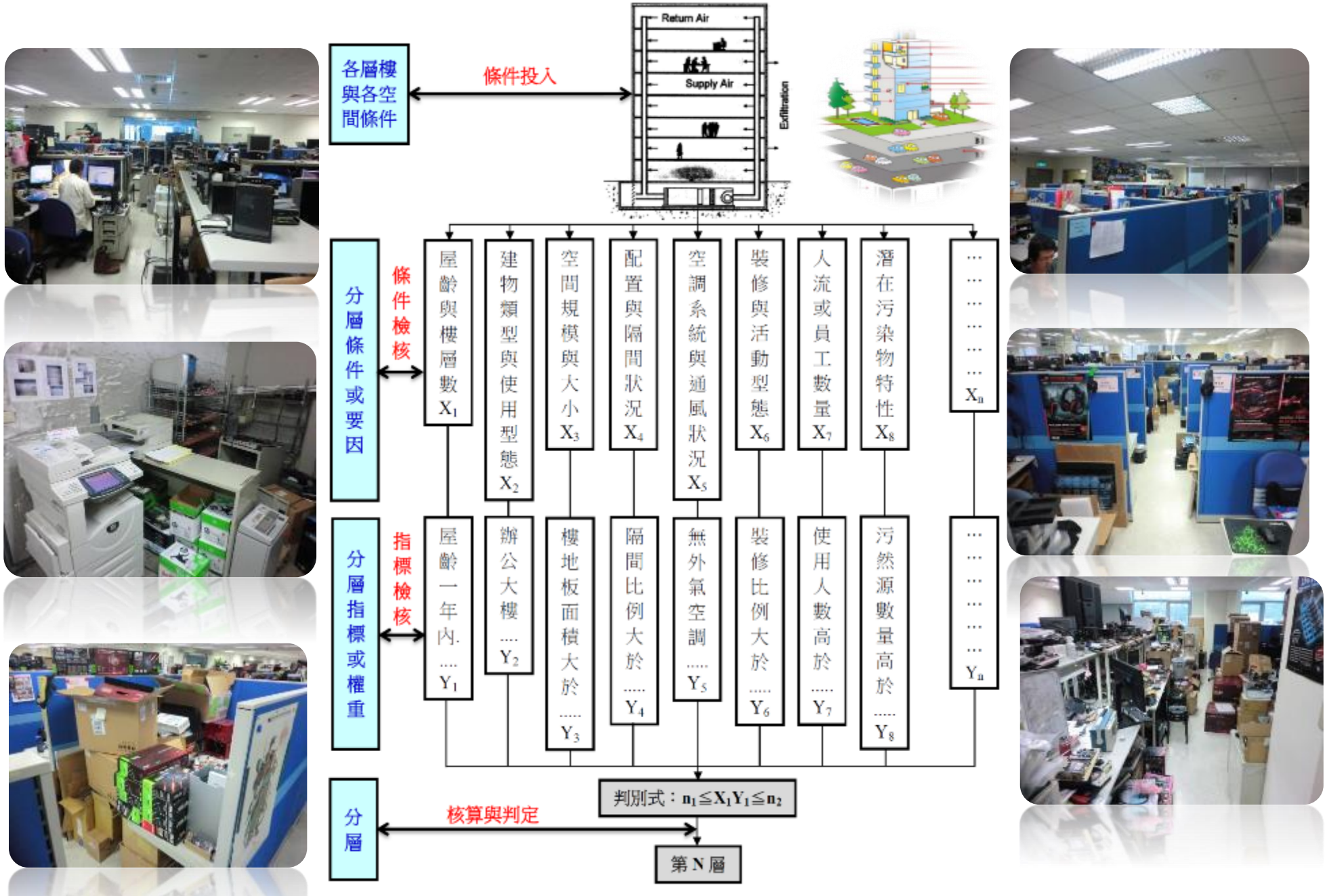


圖7　AHP建築物分層架構概念圖

- 室內污染物的主要來源大致上可分為六類：第一類為**室外空氣的污染物**，例如：汽機車的廢氣排放可能會進入到室內空氣中而造成污染；第二類為**室內人員本身的人為活動**，例如：抽菸、噴香水及噴灑清潔劑等，均有可能會造成室內污染源的散播；第三類為**空調系統**中的主機或管線可能太久沒清洗而造成黴菌的孳生，造成人體在空調系統的不良循環作用下，導致呼吸道的過敏；第四類為**室內建材裝修**可能導致揮發性有機物的意散，例如：牆壁經常所使用的油漆粉刷常會造成甲苯的嚴重污染，另外傢俱本身也會導致甲醛的揮發而導致室內的嚴重污染；第五類為**事務器具與用品**，例如：辦公室經常使用的印表機以及空氣清淨機會形成臭氧，其臭氧濃度若高於0.1ppm將會造成人體健康的影響；第六類則為**其他形式的有機物質**存在（室內空氣品質全球資訊網，2013）。

- 此外，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歸納，室內主要污染物的來源有外氣、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（李彥頤，2004）；同時，NIOSH的調查亦進一步發現，造成「病態建築症候群（sick building syndrome, SBS）」的主要原因乃為通風不良。

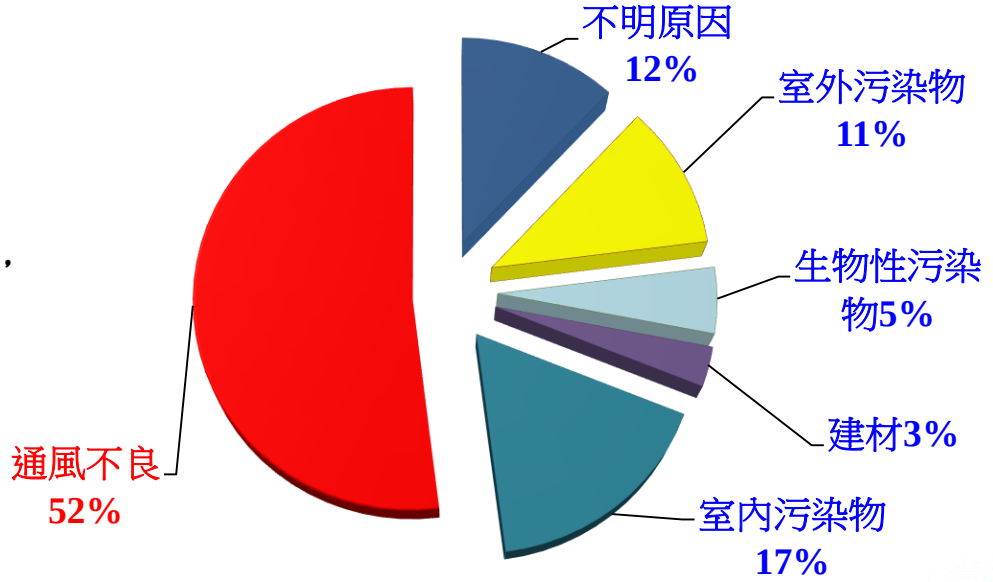


圖8　造成病態建築症候群之原因

◆ 室內空氣品質評估查核表-以辦公室為例

- 為利於場址現勘過程對於空間室內空氣品質的初步評估有所依據且能標準化作業，藉以將評估結果作為分層採樣設計的依據，參考**室內主要污染物來源的研究與調查成果**、**綠建築標章室內環境指標**以及行政院環保署「**室內空氣品質維護管理計畫文件**」等內容，據以研訂場址現勘查核表之內容。
- 場址現勘查核表**有關「內空氣品質評估查核表」之內容，評估內容包含：「空間規模與使用人數」、「通風換氣環境」、「室內建材裝修」、「室內污染源」、「室外污染源」等五個「主分項」，然後依其特性再細分為「次分項」及「細目」等三個層次。**
- 「主分項」依其影響室內空氣品質百分比給予配分，五個「主分項」之總合為100分。「次分項」根據「主分項」的配分額度，再依其影響室內空氣品質百分比給予配分，各「次分項」之總合即為該對應「主分項」的配分額度。「細目」則為實際評分判斷的基準與依據，故必須將「次分項」所配給的分數攤派至所對應的「細目」中，同時給予對應的權重，最後即可由「配分（X_i）」與「權重（Y_j）」的乘積獲得該「細目」之「得分（$\Sigma X_i Y_j$）」。
- 「細目」之配分方式除了來自於「次分項」之配分基準外，為能真正並充分反應空間之特性與實際狀況，進一步反饋自影響室內空氣品質良窳與否的實務經驗，給予加分或扣分的評斷與調整。至於，各「細目」所對應的「權重（Y_j）」，因「室內空氣品質評估查核表」之檢核內容已充分地細分，總「細目」高達130項次，故除了特殊情況外，各「權重（Y_j）」一律平等、一樣重要，因而均暫定為1.0。

◆ 最後，加總各「主分項」所包含的所有「細目」之「得分（$\Sigma X_i Y_j$）」，即可獲得該「主分項」的分數，而加總五個「主分項」之各別分數後，即可求的各樓層「室內空氣品質評估查核表」之得分情形，總分為100分。

◆ **「室內空氣品質評估查核表」之評估結果區分為五等級(級數越低室內空空品管理越佳)**

- **第一等級（81～100分／優良）**
- **第二等級（61～80分／良好）**
- **第三等級（41～60分／普通）**
- **第四等級（21～40分／不良）**
- **第五等級（0～20分／差）**

◆ 等級越低、分數越高，表示空氣品質越好，為巡查檢驗作業分層（區）採樣點規劃之依據。

◆ **「室內空氣品質評估查核表」，其檢核內容、評估方式以及最後評估等級之設計與邏輯，與「綠建築標章」之評定方式頗為類似，其目的即在於讓室內空氣品質良窳與否的現場評估可以建立標準的作業流程，滿足質化與量化的目標，同時能真正反應出公告場址的現況，呈現易於操作、易懂、簡單以及使用便利等特性。**

表2　辦公大樓室內空氣品質評估查核表

建物棟別		建物樓層		空間區別		空間名稱	
檢測日期	_年_月_日	檢測時間	_：_～_：	檢測人員		天候狀況	□陰□晴□雨

評估與查核項目、配分、權重、結果							
主分項	次分項	細目	記錄	配分(X_i)	權重(Y_j)	備註	得分($\Sigma X_i Y_j$)
空間規模與使用人數（配分10分）	樓地板面積(m^2)	—		—	—		
	天花板淨高(m)	2.5m以下		-1	1		
		2.6～3.5m		0	1		
		3.6～4.5m		+1	1		
		4.6m以上		+2	1		
	空間長度(m)	—		—	—		
	空間寬度(m)	—		—	—		
	常駐人數(人)[a] (10分)	10人以下		10	1		
		11～30人		8	1		
		31～50人		6	1		
		51～100人		4	1		
		101人以上		2	1		
	流動人數(人)[b]	10人以下		-1	1		
		11～30人		-2	1		
		31～50人		-3	1		
		51～100人		-4	1		
		101人以上		-5	1		

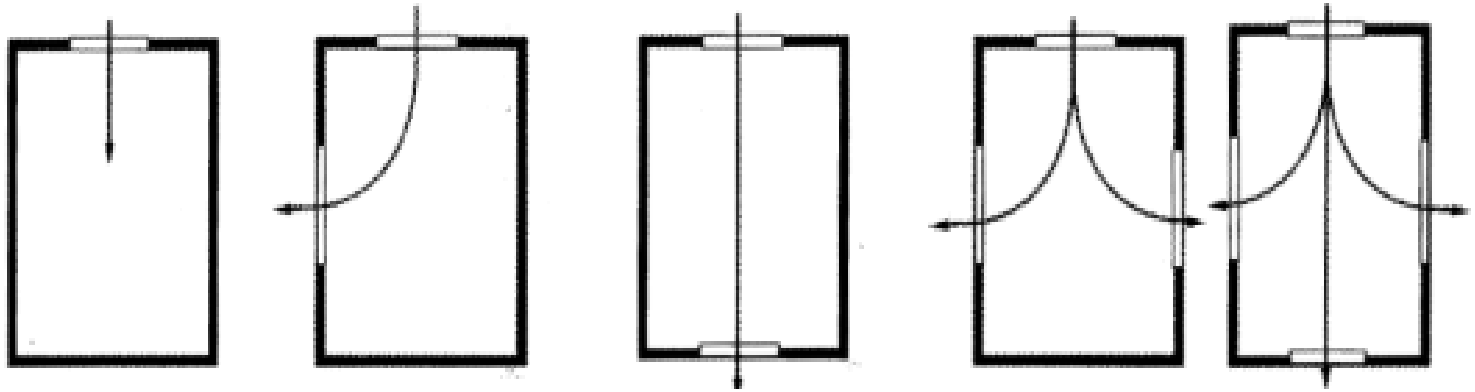
評估與查核項目、配分、權重、結果								
主分項	次分項		細目	記錄	配分(X_i)	權重(Y_j)	備註	得分($\Sigma X_i Y_j$)
通風換氣環境（配分50分）	自然通風（30分）	開窗類型	無通風		0	1		
			單側通風路徑[c]		5	1		
			相鄰通風路徑[c]		10	1		
			相對通風路徑[c]		20	1		
			多側通風路徑[c]		30	1		
		開口面積	<10%樓地板面積[d]		-1	1		
			≧50%樓地板面積		+1	1		
		深高比例	單側與相鄰之通風深度≧2.5倍淨高[e]		-1	1		
			相對與多側之通風深度≧5.0倍淨高[e]		-1	1		
	機械通風（20分）	空調類型	全氣式(AHU)		20	1		
			全水式(FCU)		10	1		
			AHU+FCU		15	1		
			箱型冷氣機		12	1		
			分離式冷氣機		14	1		
			窗型冷氣機		16	1		
		出回風口型態	出風口數量(個)		—	—		
			回風口數量(個)		—	—		
			出風口數量少於回風口		-1.5	1		
			出回風口配置凌亂		-1.5	1		
			出回風口緊鄰或過近		-2	1		
			出風口負擔面積比≦9m²		-2	1		
		壓力風量	辦公區為負壓狀態		-2	1		
			辦公區通風量≦10m³/hr[f]		-2	1		

填表說明：

[a]常駐人數：指該建物/該樓層每週工作時數大於20小時之人數。

[b]流動人數：指不包含常駐人員之其他人員，填約略預估數目即可。

[c]開窗類型：



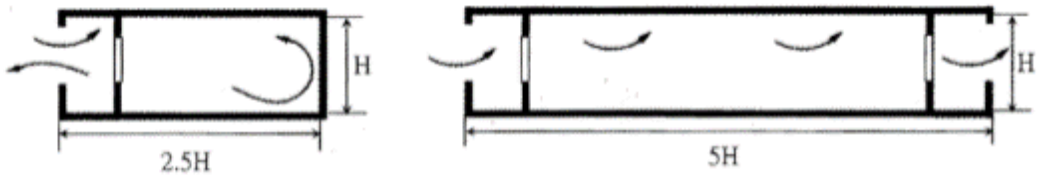
(a)單側通風路徑　(b)相鄰側通風路徑　(c)相對側通風路徑　(d)多側通風路徑

d開口面積(建築技術規則自然通風換氣之規定)：

空間用途別	自然通風	或其他通風方案	條文來源
一般居室 浴室、廁所	窗戶或開口之有效通風面積≧5%該室之FA	自然通風設備或機械通風設備	「建築技術規則」設計施工編 — 第43條
廚房	有效通風開口面積≧10%該室之 FA，且此面積需≧0.8 ㎡	機械通風設備 FA≧100 ㎡者應另設排除油煙設備	
戲院、電影院、演藝場、集會堂之觀眾席、使用爐灶等燃燒設備之鍋爐間、工作室	有效通風面積 10%該室之 FA	依設備篇規定設置機械通風設備或局部排氣裝置，而其可將所發生之廢棄物直接排至戶外	
停車空間	開窗或開口之有效通風面積≧5%該層之FA	依規定設置機械通風設備	第 62 條
一般車庫、車輛修理場所、洗車場、汽車站房、汽車商場	地板在地面以下時，應有兩面以上直通戶外之通風口	設置代替之機械通風設備	第 138 條
大型車庫（FA≧500 ㎡者）	有效通風開口面積≧10%各樓層 FA	設置能供給樓地板面積≧25m^3/hr/m^{2}換氣量之機械通風設備	第 139 條
防空避難設備	應設置良好的通風設備		第 144 條

備註：FA 為樓地板面積。

e深高比例：



說明：若有陽台，則陽台深度亦應計算在室間深度之內。

評估與查核項目、配分、權重、結果								
主分項	次分項		細目	記錄	配分(X_i)	權重(Y_j)	備註	得分($\Sigma X_i Y_j$)
室內建材裝修（配分5分）	整體裝修(5分)		基本裝修量(全面以簡易粉刷或簡單照明系統天花板裝修者)		5	1		
			少量裝修(七成以上天花板或牆面未被板材裝潢裝修者)		3	1		
			中等裝修(五成以上天花板或牆面未被板材裝潢裝修者)		1	1		
			大量裝修(七成以上天花板或牆面被板材裝潢裝修者)		0	1		
	表面裝修	天花板面	綠建材面積(GMA)≧50%		+1	1		
			50%＞GMA)≧25%		+0.5	1		
			25%＞GMA)≧10%		0	1		
			10%＞GMA)≧5%		0	1		
			GMA＜5%		0	1		
		牆面	綠建材面積(GMA)≧50%		+1	1		
			50%＞GMA≧25%		+0.5	1		
			25%＞GMA≧10%		0	1		
			10%＞GMA≧5%		0	1		
			GMA＜5%		0	1		
		地板	綠建材面積(GMA)≧50%		+1	1		
			50%＞GMA)≧25%		+0.5	1		
			25%＞GMA)≧10%		0	1		
			10%＞GMA)≧5%		0	1		
			GMA＜5%		0	1		

評估與查核項目、配分、權重、結果								
主分項	次分項	細目		記錄	配分(X_i)	權重(Y_j)	備註	得分($\Sigma X_i Y_j$)
室內污染源（配分20分）	清潔維護管理(3分)	無清潔劑、打蠟與芳香劑等之使用			3	1		
		清潔劑之逸散(液態)			-0.5	1		
		清潔或打蠟過程之逸散(氣態)			-0.75	1		
		芳香劑之逸散			-0.75	1		
		辦公空間堆積物品			-0.5	1		
		其他可能污染源			-0.5	1		
	保養維護行為(3分)	無裝修工程及有機溶劑等之使用			3	1		
		新裝修工程			-1	1		
		使用揮發性有機化合物產品(如：油漆、接著劑等)			-0.5	1		
		儲存具揮發性有機化合物的產品			-0.5	1		
		使用殺蟲劑			-0.5	1		
		其他可能污染源			-0.5	1		
	事務機之使用(4分)	無影印等事務性機具之使用			4	1		
		影印機數量(台)	1台以下		-0.5	1		
			2～3台		-1	1		
			4台以上		-2	1		
		印表機數量(台)	5台以下		-0.5	1		
			6～10台		-1	1		
			11台以上		-2	1		
		影印機集中管理並適度隔離			+1	1		
		印表機集中管理並適度隔離			+1	1		
		其他可能污染源			-1	1		

評估與查核項目、配分、權重、結果							
主分項	次分項	細目	記錄	配分(X_i)	權重(Y_j)	備註	得分($\Sigma X_i Y_j$)
室內污染源（配分20分）	建築物隔間與空間家具(3分)	無建築物隔間與空間家具之使用		3	1		
		含石棉的質料		-0.25	1		
		含岩棉的質料		-0.25	1		
		曾遭水害的建材發黴		-0.25	1		
		天花板有黴斑		-0.5	1		
		牆壁有壁癌現象		-0.5	1		
		牆壁有結露現象		-0.25	1		
		新家具揮發物質逸散		-0.5	1		
		破壞行為產生之粉塵、纖維		-0.25	1		
		其他可能污染源		-0.25	1		
	空氣清淨機使用情形(3分)	無空氣清淨機之使用		3	1		
		臭氧清淨機		-1	1		
		靜電集塵器		-0.5	1		
		負離子空氣清淨機		-0.5	1		
		光觸媒空氣清淨機		-0.25	1		
		紫外光空氣清淨機		-0.5	1		
		其他可能污染源		-0.25	1		

評估與查核項目、配分、權重、結果							
主分項	次分項	細目	記錄	配分(X_i)	權重(Y_j)	備註	得分($\Sigma X_i Y_j$)
室內污染源（配分20分）	建築物內其他來源(4分)	無室內其他污染來源		4	1		
		廚房油煙		-0.25	1		
		廁所異味		-0.5	1		
		車庫或停車場廢氣		-0.5	1		
		實驗室廢氣		-0.25	1		
		美容、美髮沙龍材料逸散		-0.25	1		
		游泳池水蒸氣		-0.25	1		
		特殊化學品作業場所		-0.25	1		
		藥物及化學品儲存逸散		-0.25	1		
		粉塵作業場所		-0.25	1		
		廢棄物回收作業場所		-0.25	1		
		乾洗店		-0.25	1		
		鍋爐房		-0.25	1		
		地板或走道積水		-0.25	1		
		其他可能污染源		-0.25	1		

評估與查核項目、配分、權重、結果							
主分項	次分項	細目	記錄	配分(X_i)	權重(Y_j)	備註	得分($\Sigma X_i Y_j$)
室外污染源（配分15分）	空調外氣引入口(7分)	外氣引入口8m範圍內無干擾源(可引入新鮮之外氣)		7	1		
		進氣口外有鳥糞便或落葉		-1	1		
		進氣口外有戶外臭味來源		-1	1		
		進氣口有積水、長黴或佈滿塵垢		-1	1		
		進氣口與冷卻水塔距離≦8m		-1	1		
		進氣口與任何排氣口距離≦8m		-1	1		
		進氣口與垃圾存放區距離≦8m		-1	1		
		進氣口距離停車場、大馬路、貨物卸載區≦8m		-1	1		
	附近排放來源(8分)	建築物外牆立面距離10m內無附近污染源		8	1		
		牆面10m內有工業廢氣		-0.5	1		
		牆面10m內有焚化爐		-0.5	1		
		牆面10m內有停車廢氣		-1	1		
		牆面10m內有建築工地		-0.5	1		
		牆面10m內有加油站		-1	1		
		牆面10m內有乾洗店		-0.5	1		
		牆面10m內有餐飲排放油煙廢氣		-0.5	1		
		牆面距離10m內有地下儲槽洩漏		-0.5	1		
		牆面距離10m內有廚餘惡臭		-0.5	1		
		牆面距離10m內有戶外吸菸區		-0.5	1		
		牆面距離10m內有廟宇		-1	1		
		牆面距離10m內有屋簷或排水溝積水		-0.5	1		
		牆面距離10m內有其他污染源		-0.5	1		

- 空間規模與使用人數(配分10分)
- 通風換氣環境(配分50分)
- 室內建材裝修(配分5分)
- 室內污染源(配分20分)
- 室外污染源(配分15分)

建築技術規則有關機械通風量需求之規定：

以空間為考量

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

(a)4～6 層標準平面

(b)7～13 層標準平面

(a)演講廳

(b)餐飲

(c)會議室

(d)文書行政

(e)測試

(f)檢修

(g)研發

(h)設計

圖9　實際應用場址平面與內部空間陳設圖

室內空氣品質評估查核表之檢核結果

◆ 由總分顯示，計畫場址：

(1)「7F辦公區」乙區為12.25分，屬**第五等級**，為空氣相對「差」的可能區域；

(2)「8F辦公區」、「6F本棟（系統事業部）」、「6F 擴充棟」、「5F本棟（主機板事業部）」、「5F擴充棟」、「4F本棟（伺服器事業部）」、「4F擴充棟」、「1F VIP 10會議室」等八區介於21～40分，屬**第四等級**，為空氣相對「不良」的可能區域；

(3)「16F董事長辦公室」、「16F副董事長辦公室」、「16F CEO 辦公室」、「16F辦公區」、「15F辦公區」、「14F辦公區」、「13F辦公區」、「11F辦公區」、「10F辦公區」、「9F辦公區」、「3F左側（HDMI 認證中心）」、「3F中央（layout）」、「3F右側（電源研發）」、「3F星巴克」、「2F餐廳」、「2F 226會議室」、「1F VIP 11會議室」、「1F 111會議室」、「1F大廳」等十九區介於41～60分，屬**第三等級**，為空氣相對「普通」的可能區域；以及

(4)「16F會議室A」、「12辦公區」等二區介於61～80分，屬**第二等級**，為空氣相對「良好」的可能區域。

◆ 整體而言，場址十六層樓共三十區的檢核結果，**空氣相對「優良」與「良好」的可能區域僅有二區，佔6.67%**；反之，**空氣相對「不良」與「差」的可能區域則有九區，佔30%，比例已有略為偏高的現象**，顯示**整個辦公大樓的室內空間**，**大約每3.33間就有一間空氣相對**「**不良**」**與**「**差**」**的情形產生**。至於，空氣相對「普通」的可能區域有十九區，具絕大多數約佔63.33%。

表3　辦公大樓室內空氣品質評估查核表最後加總結果

區別編號	樓層(空間) 別	總分	等級	空氣品質描述
1	16F 董事長辦公室	47.00	第三等級	空氣相對「普通」區域
2	16F 副董事長辦公室	46.00	第三等級	空氣相對「普通」區域
3	16F CEO辦公室	56.50	第三等級	空氣相對「普通」區域
4	16F會議室A	67.00	第二等級	空氣相對「良好」區域
5	16F辦公區	58.50	第三等級	空氣相對「普通」區域
6	15F辦公區	59.00	第三等級	空氣相對「普通」區域
7	14F辦公區	57.00	第三等級	空氣相對「普通」區域
8	13F辦公區	54.25	第三等級	空氣相對「普通」區域
9	12辦公區	62.00	第二等級	空氣相對「良好」區域
10	11F辦公區	58.25	第三等級	空氣相對「普通」區域
11	10F辦公區	58.00	第三等級	空氣相對「普通」區域
12	9F辦公區	58.00	第三等級	空氣相對「普通」區域
13	8F辦公區	33.75	第四等級	空氣相對「不良」區域
14	7F辦公區	12.25	第五等級	空氣相對「差」區域
15	6F本棟（系統事業部）	35.00	第四等級	空氣相對「不良」區域
16	6F擴充棟	39.75	第四等級	空氣相對「不良」區域
17	5F本棟（主機板事業部）	33.25	第四等級	空氣相對「不良」區域
18	5F擴充棟	38.50	第四等級	空氣相對「不良」區域
19	4F本棟（伺服器事業部）	38.50	第四等級	空氣相對「不良」區域
20	4F擴充棟	35.00	第四等級	空氣相對「不良」區域
21	3F左側（HDMI認證中心）	45.00	第三等級	空氣相對「普通」區域
22	3F中央（layout）	46.00	第三等級	空氣相對「普通」區域
23	3F右側（電源研發）	43.25	第三等級	空氣相對「普通」區域
24	3F星巴克	50.25	第三等級	空氣相對「普通」區域
25	2F餐廳	48.00	第三等級	空氣相對「普通」區域
26	2F 226 會議室	49.50	第三等級	空氣相對「普通」區域
27	1F VIP 11會議室	44.50	第三等級	空氣相對「普通」區域
28	1F VIP 10會議室	40.50	第四等級	空氣相對「不良」區域
29	1F 111會議室	50.50	第三等級	空氣相對「普通」區域
30	1F大廳	57.00	第三等級	空氣相對「普通」區域

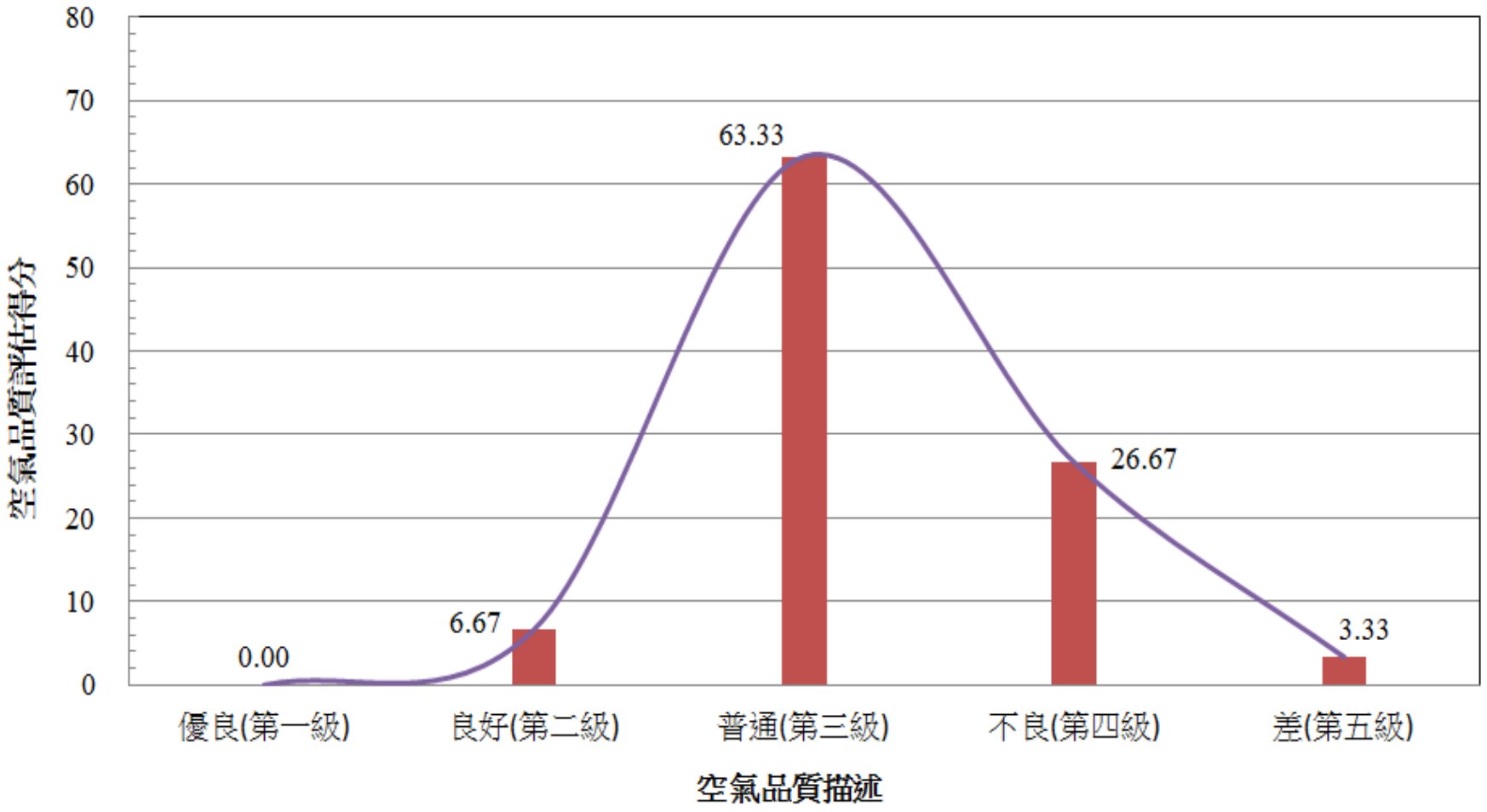
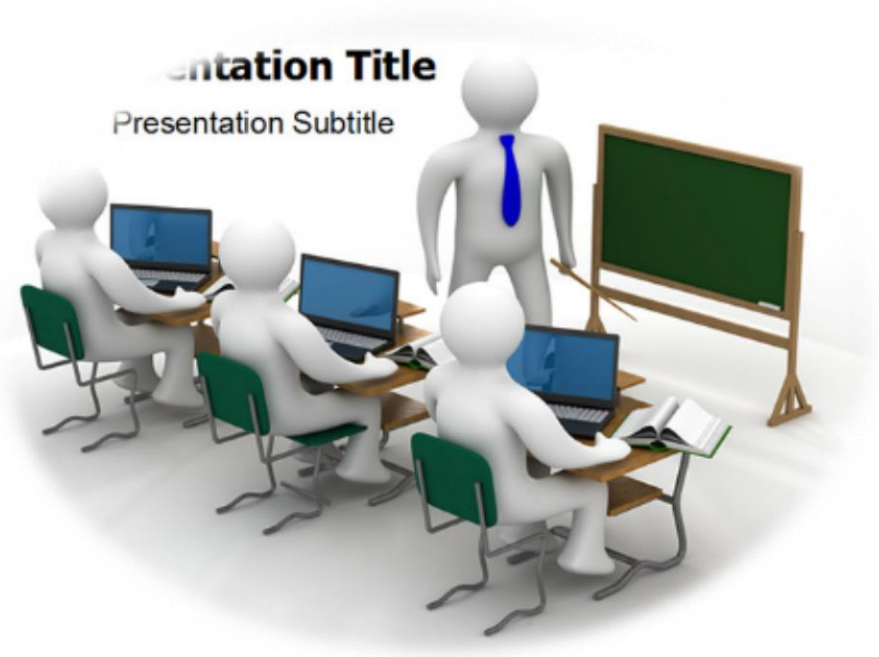


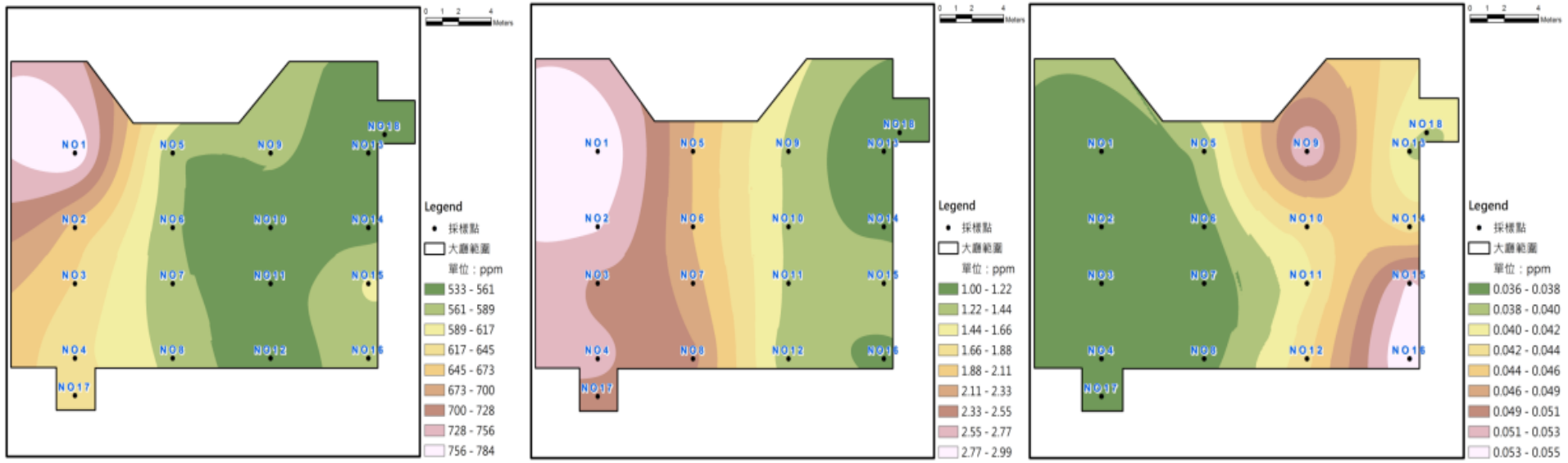
圖10　辦公大樓室內空氣品質評估查核表分級情形

圖11　7F辦公區現況評估照片

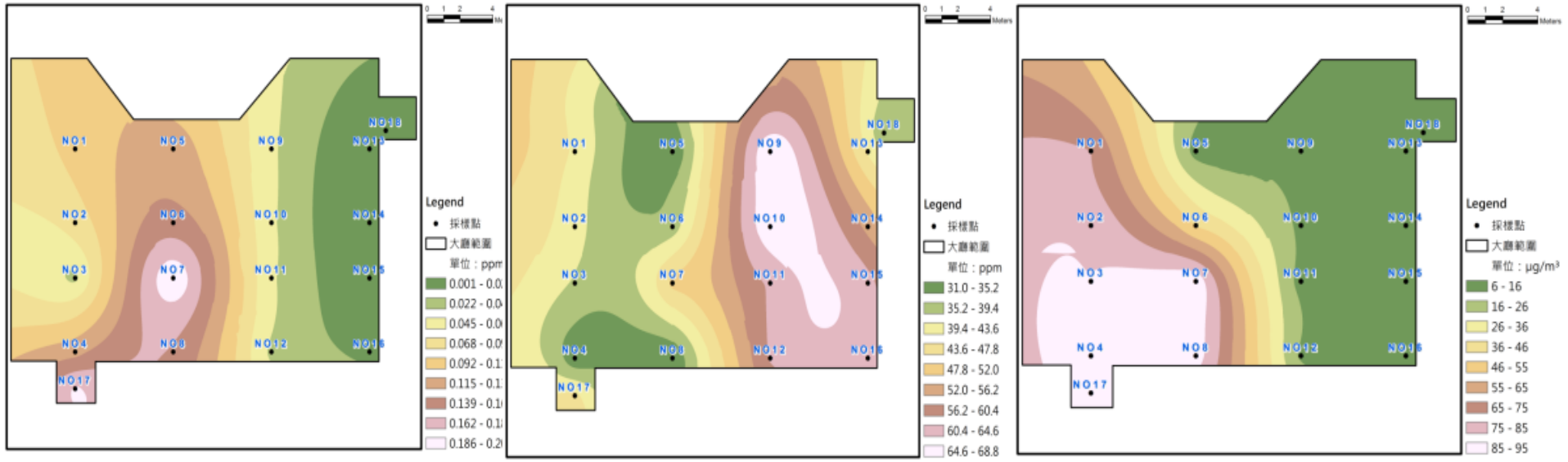
◆ 評估一個建築物室內空氣品質狀況之三大常見手法

手法3:數值模擬與計算流體動力學(CFD) 室內流場分析



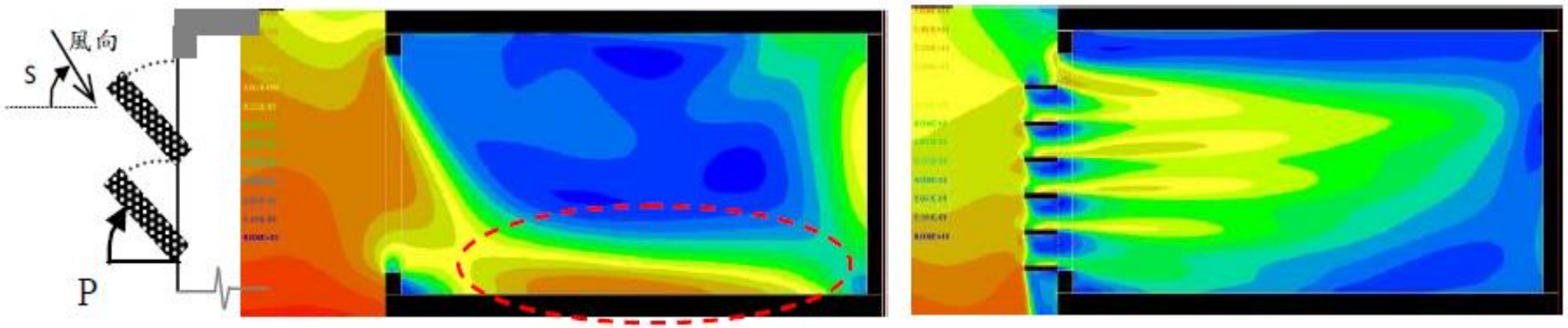


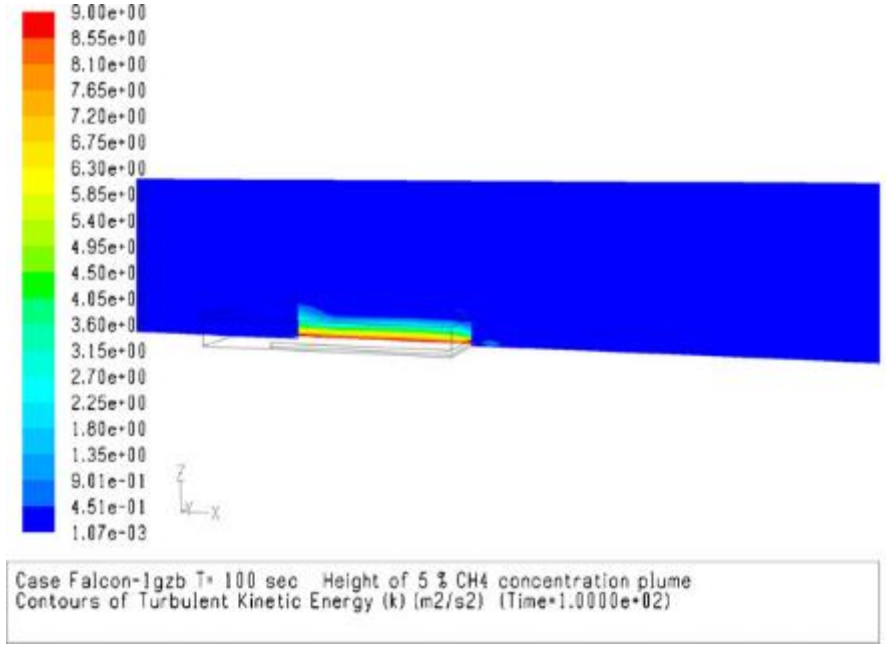
(a)CO_2 (b)CO (c)TVOC



(d)HCHO (e)O_3 (f)$PM_{2.5}$

圖12　CFD應用軟體FLUENT分析室內空氣品質等濃度分布圖(2D橫切面)





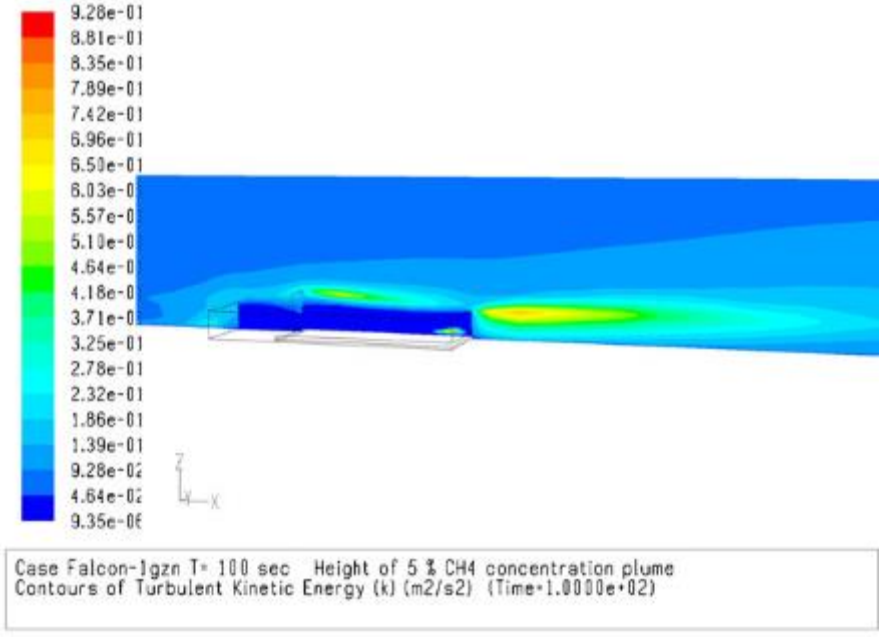


圖13　利用Fluent模擬室內通風換氣之狀況(2D縱切面)

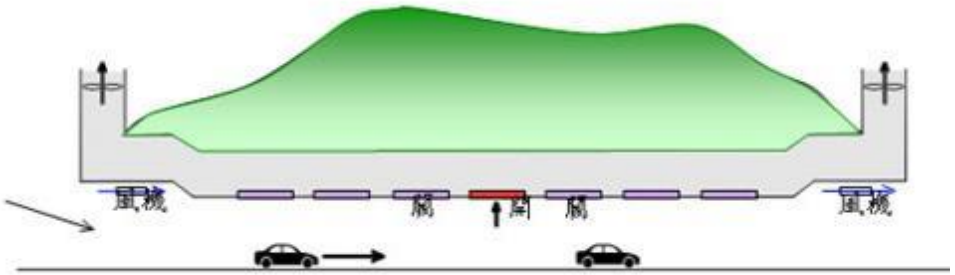
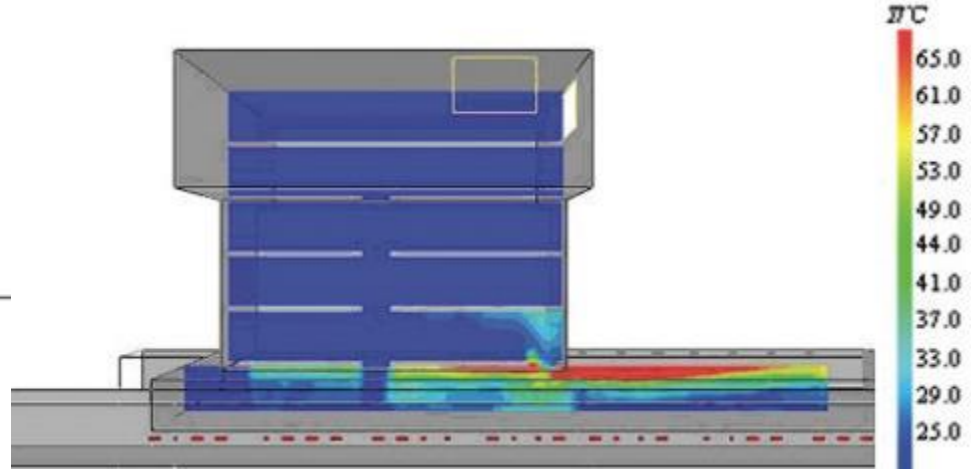
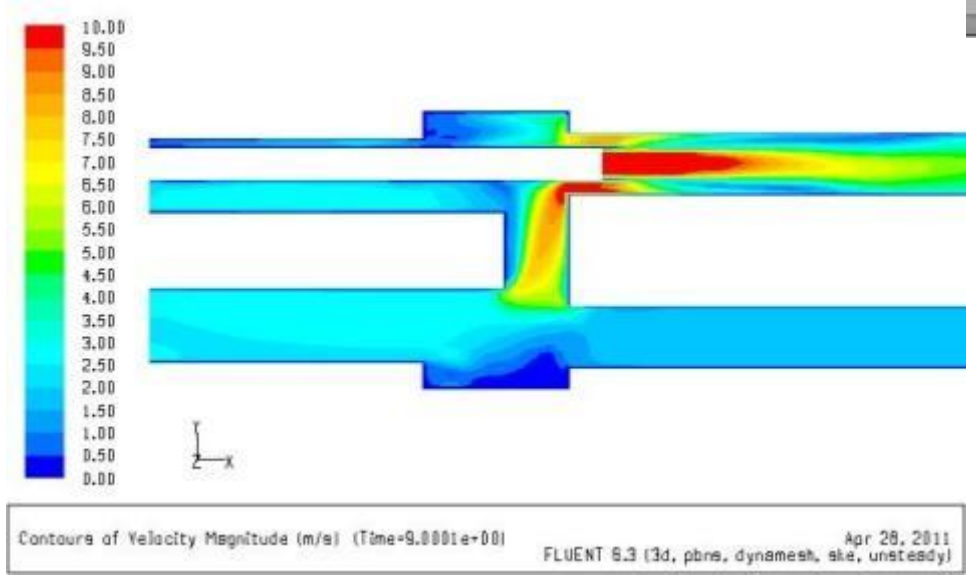


圖 14 點排式通風系統 - 塞車排氣模式





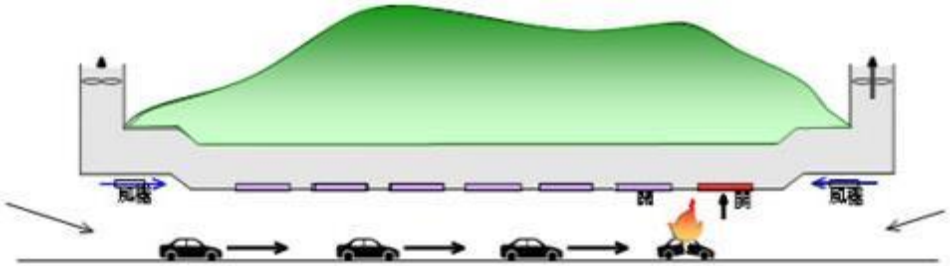


圖15 點排式通風系統 - 火災排煙模式

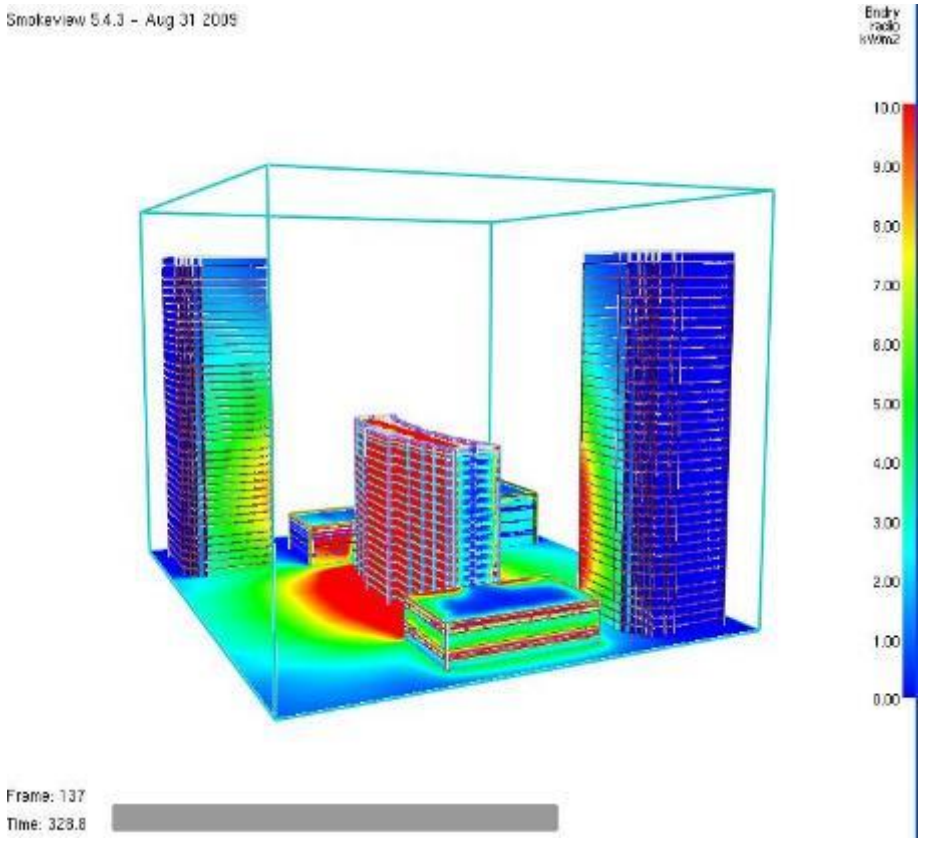
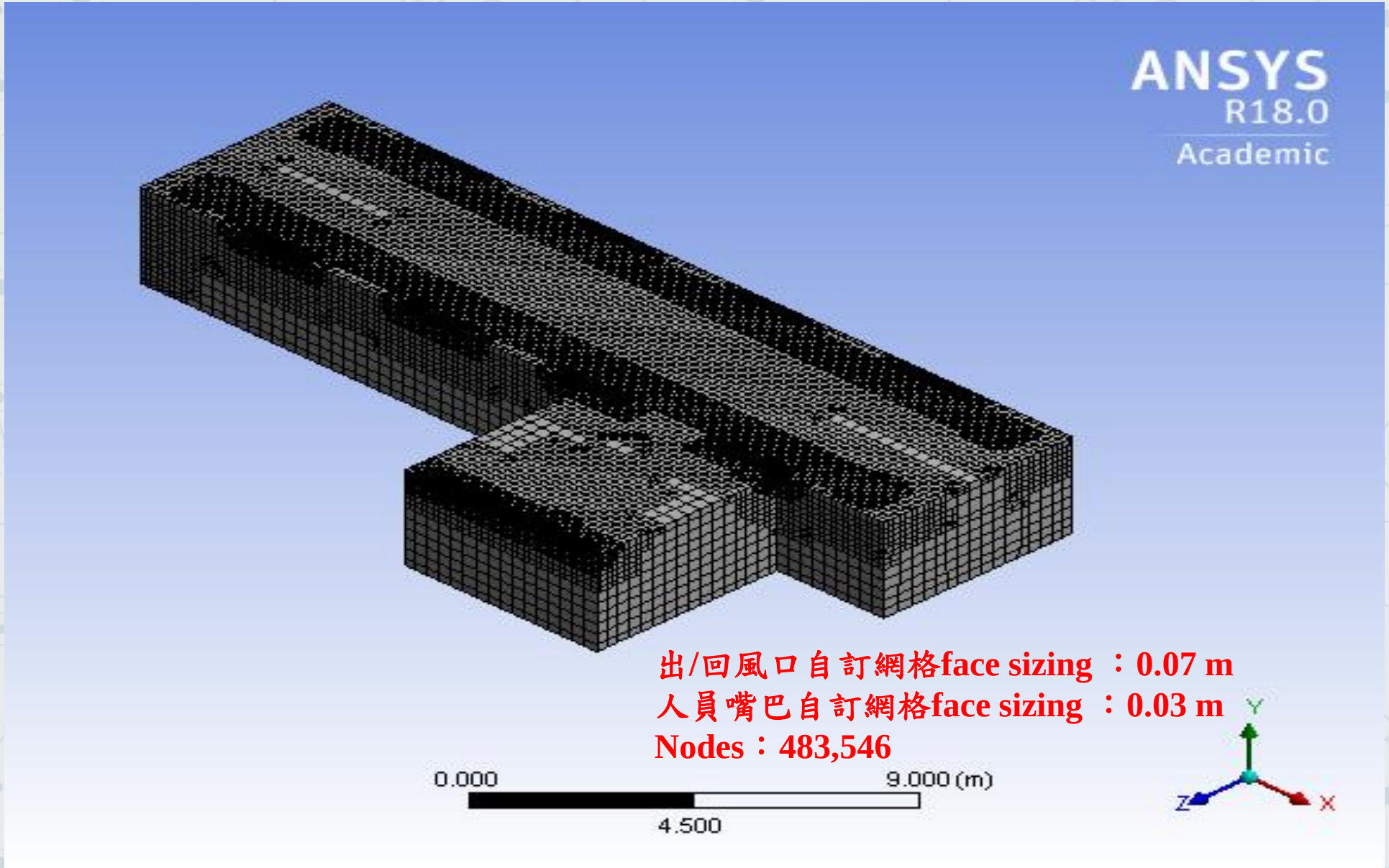


圖16 商業辦公大樓建築物火災模擬

FLUENT-網格化

- 使用ANSYS Workbench **Meshing**劃分網格。
- 選用的網格方式為**CutCell**方法，其方法為六面體為基準劃分網格而生成。



污染源分布V.S流場→污染濃度分布

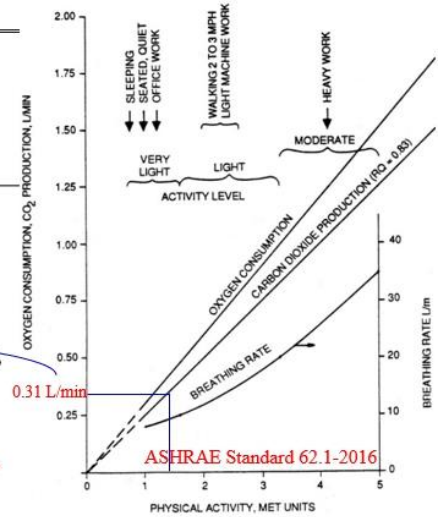
ASHRAE Standard 55-2010 代謝率(Metabolic Rate)

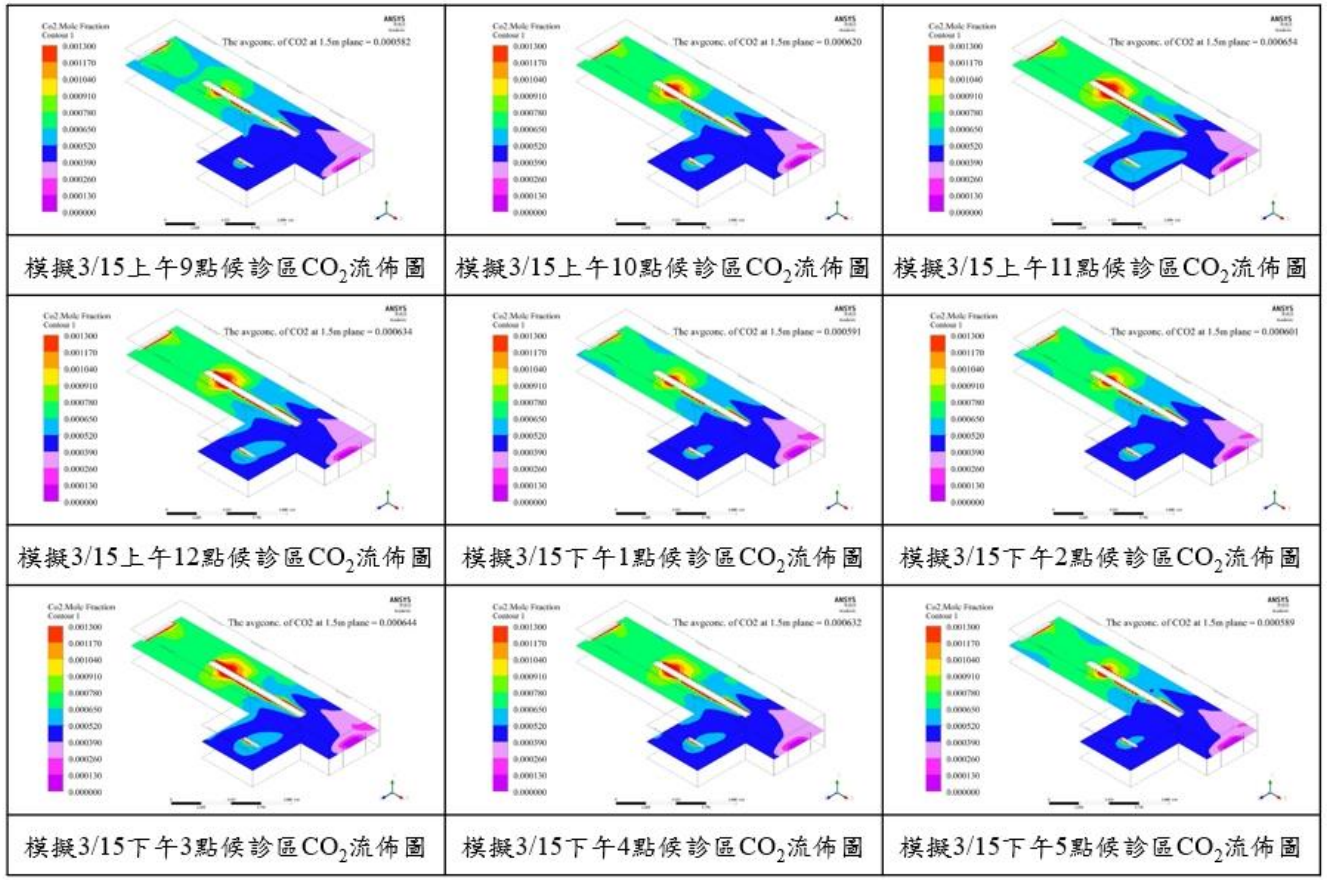
活動行為		Met Units
休息	睡覺	0.7
	斜倚坐著	0.8
	安靜坐著	1.0
	輕鬆站立	1.2

$$CO_2\ Conc.(ppm) = \frac{二氧化碳生成量(m^3/s)}{V(m/s) \times A(m^2)} \times 10^6$$

$$40{,}552(ppm) = \frac{5 \times 10^{-6}(m^3/s)}{0.137(m/s) \times 0.03(m) \times 0.03(m)} \times 10^6$$

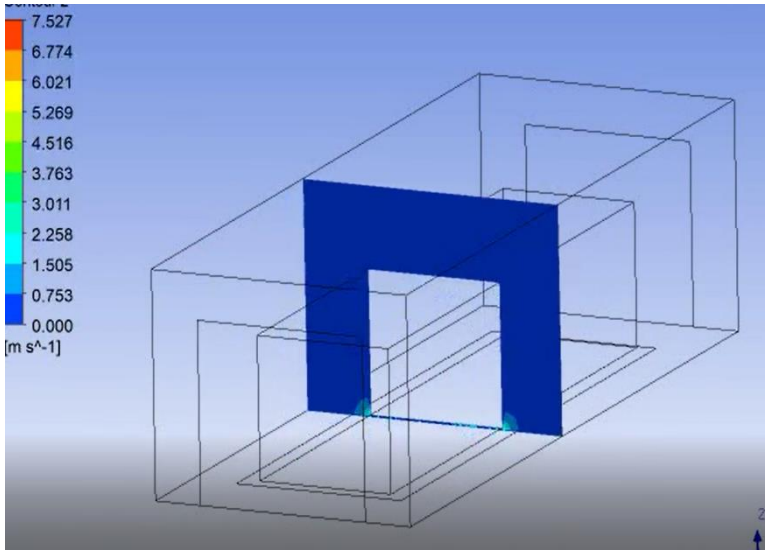
平均一個人呼出CO_2濃度為40,552 ppm。

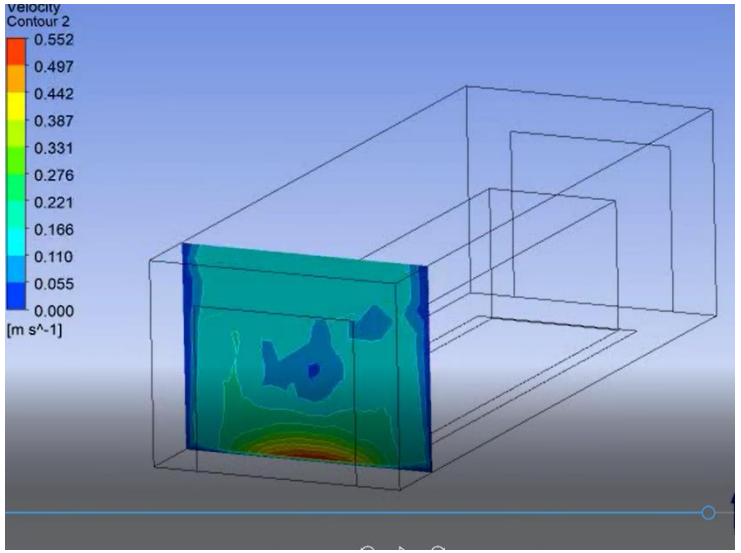


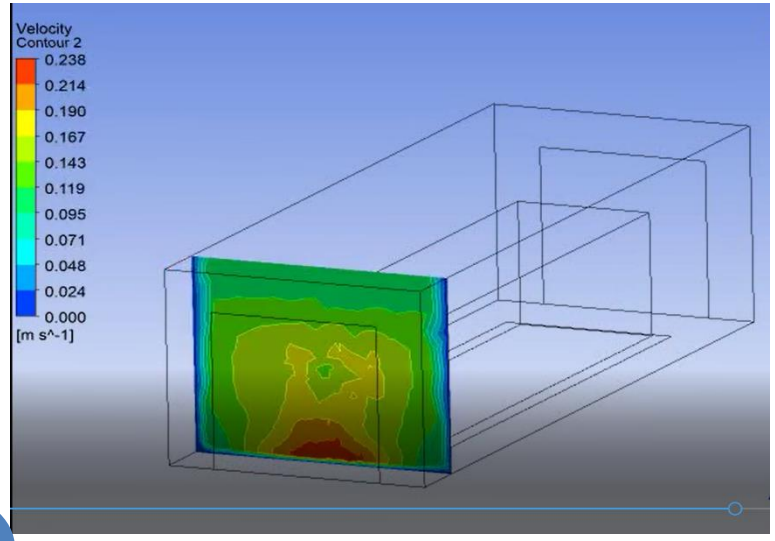


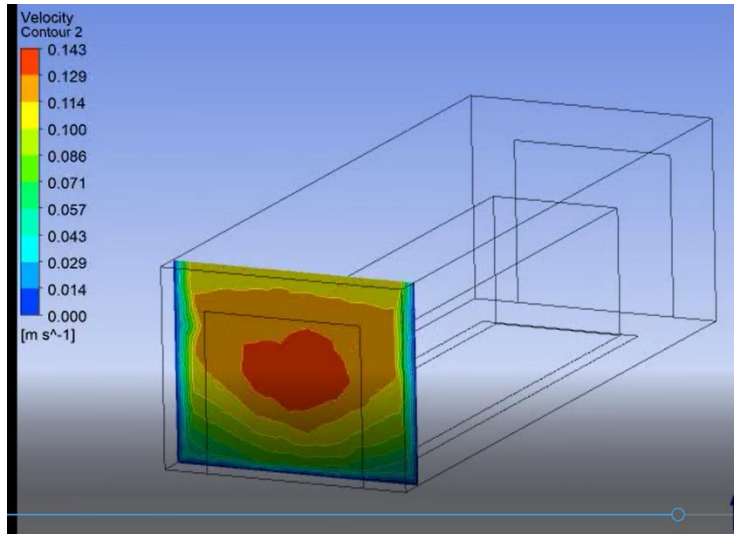
資料來源:室內空氣品質監測及空氣污染地圖，曾昭衡教授，108年台灣室內空氣品質淨化博覽會

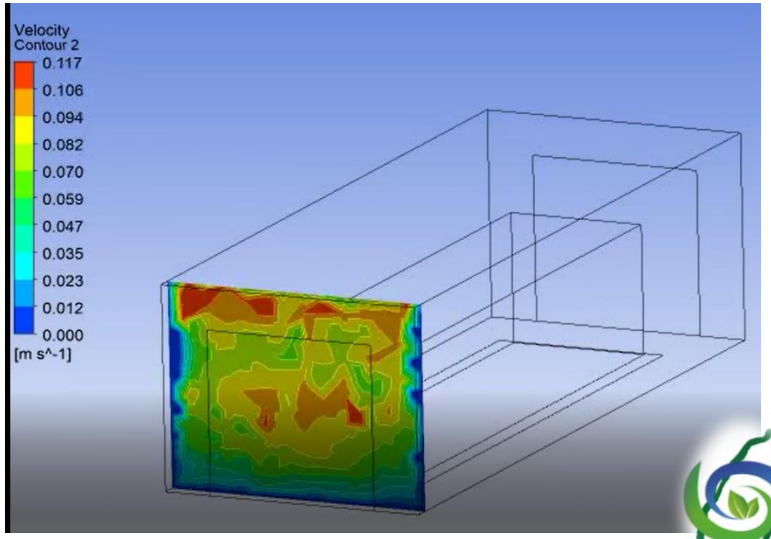
FLUENT-3D動畫(縱切面)



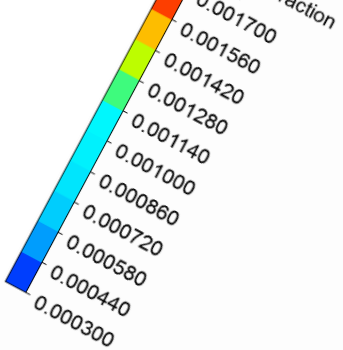


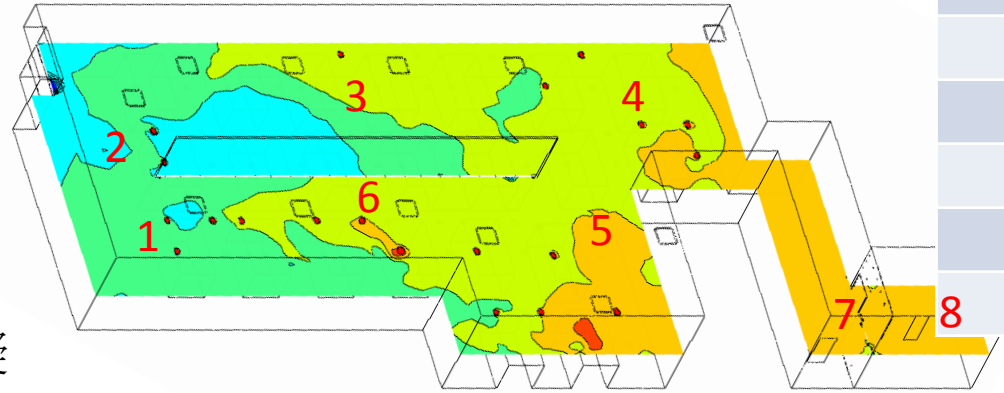






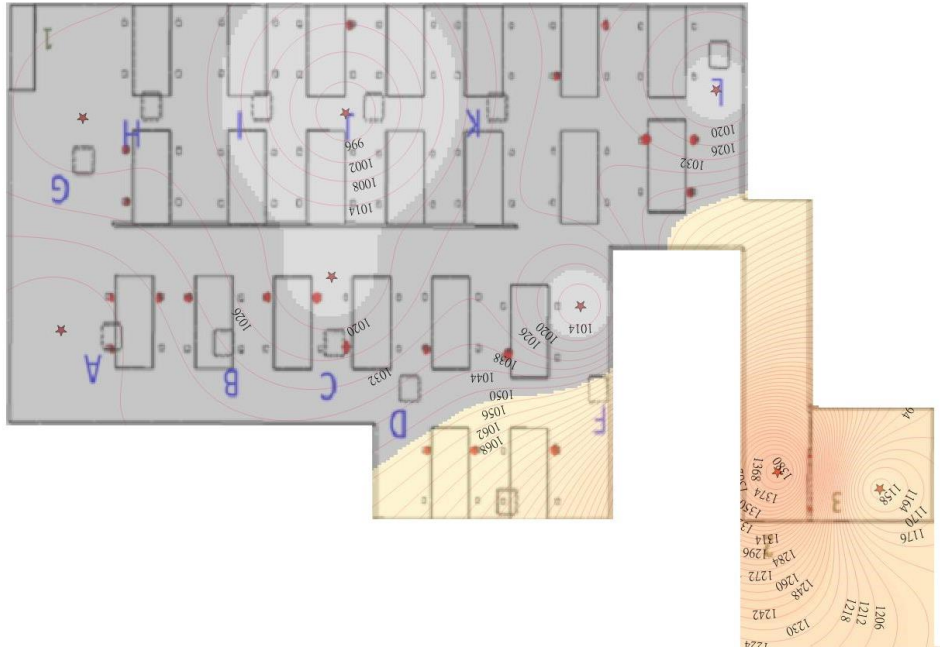
場所類別: 圖書館(高1.3公尺)





CFD模擬

點位	污染地圖模擬值 (ppm)	實際值 (ppm)	誤差範圍(%)
1	1144-1280	1047	9.26~22.25
2	1000-1144	1023	2.25~11.83
3	1280-1420	993	28.90~43.00
4	1280-1420	1015	26.11~39.90
5	1420-1560	1011	40.45~54.3
6	1280-1420	1015	26.11~39.90
7	1420-1560	1390	2.16~12.23
8	1420-1560	1156	22.84~34.95



污染地圖模擬

表4 流場分析與污染地圖技術比較

項目	流場分析	污染地圖
所須參數	出風口、回風口風速、出風口、回風口污染物濃度、各實體空間(如桌、椅)、污染源位置	室內污染物濃度
時間	每個場所至少1週(視場所規模而定)	1小時內(不含巡檢時間)
污染源	可呈現污染源	無法呈現
隔間	可呈現隔間或固體表面遭周的污染物濃度分布	無法呈現，視為無隔間
熱點區域	可呈現熱點區域及範圍	大致呈現熱點區域
優點	1. 考量參數多，與實際情況較貼近 2. 可模擬預測改善後	1. 考量參數單純，易上手 2. 可即時 3. 不須經驗
缺點	1. 若模擬參數假設錯誤，則與實際值差異甚大，需要足夠經驗判斷 2. 非即時	1. 需要足夠巡檢點數目，達到較佳的解析度 2. 不可模擬預測改善後
費用(不含檢測)	高	低

案例一 ：

- 巡檢範圍:服務民眾之各層樓入場大廳及展示商品櫃區
- 檢測因子:

  1.二氧化碳 2.一氧化碳 3.總揮發性有機化合物

  4.甲醛 5.臭氧 6.懸浮微粒PM_{10} 7.懸浮微粒$PM_{2.5}$

異常結果：

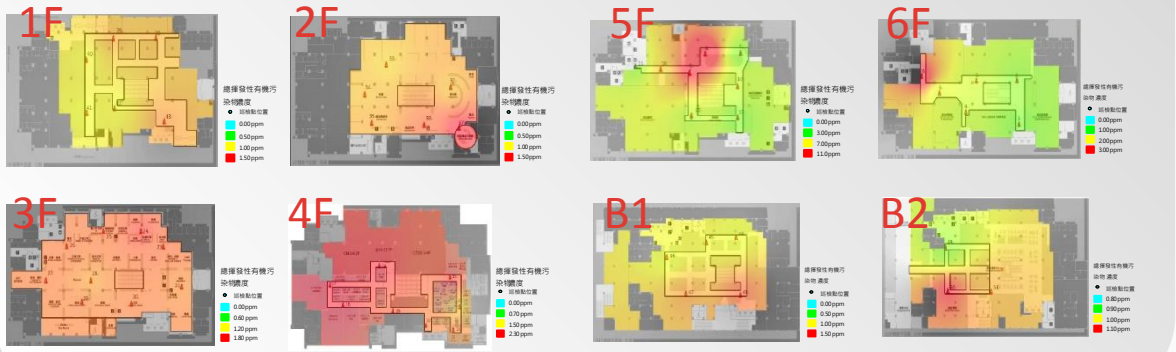
- 甲醛超標

超標因素：

- 室內兒童手工勞作區、展櫃化妝品、芳香產品、美容產品等使用。

檢測中

污染熱點分析



案例二：

- 巡檢範圍:校內師生觀賞陳列展示區、入出口服務大廳、及圖書館閱覽區
- 檢測因子:

  1.二氧化碳 2.一氧化碳 3.總揮發性有機化合物

  4.甲醛 5.臭氧 6.懸浮微粒PM_{10} 7.懸浮微粒$PM_{2.5}$

異常結果：

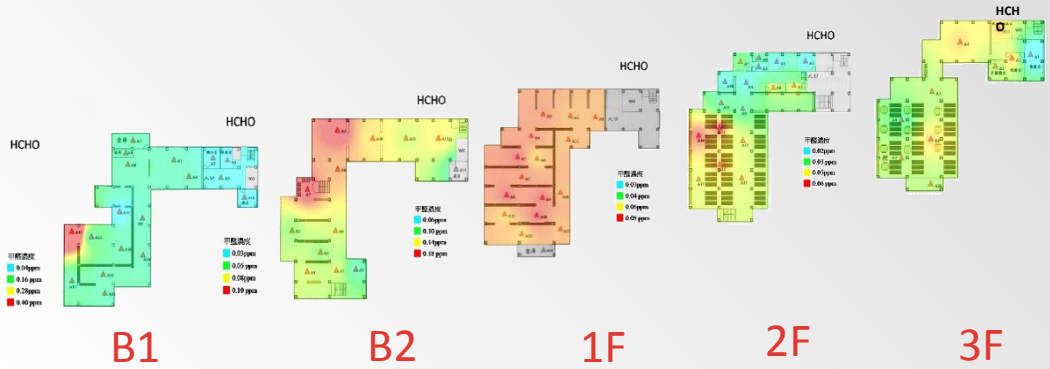
- 甲醛超標

超標因素：

- 館內使用臨時性裝潢板材，內部區域空氣流動不佳及長時間空調未開啟致通風換氣不佳所致

檢測中

污染熱點分析



三大常見室內空氣品質評估手法之比較

哪一種方法比較好？

pixta.jp - 15555901

◻ 當您面對的是一個較為簡單的建築物與單純的室內空間時

目視 + 經驗

圖17　簡單居家建築物之狀況

◻ 當您面對的是一個多樓層及數量眾多的室內空間時

圖18　高聳建築物之狀況

□ 當您面對的是一個更為複雜的地下建築物時

檢測、監測 + PERT、Check list + 數值模擬

圖19　複雜地下建築物之狀況

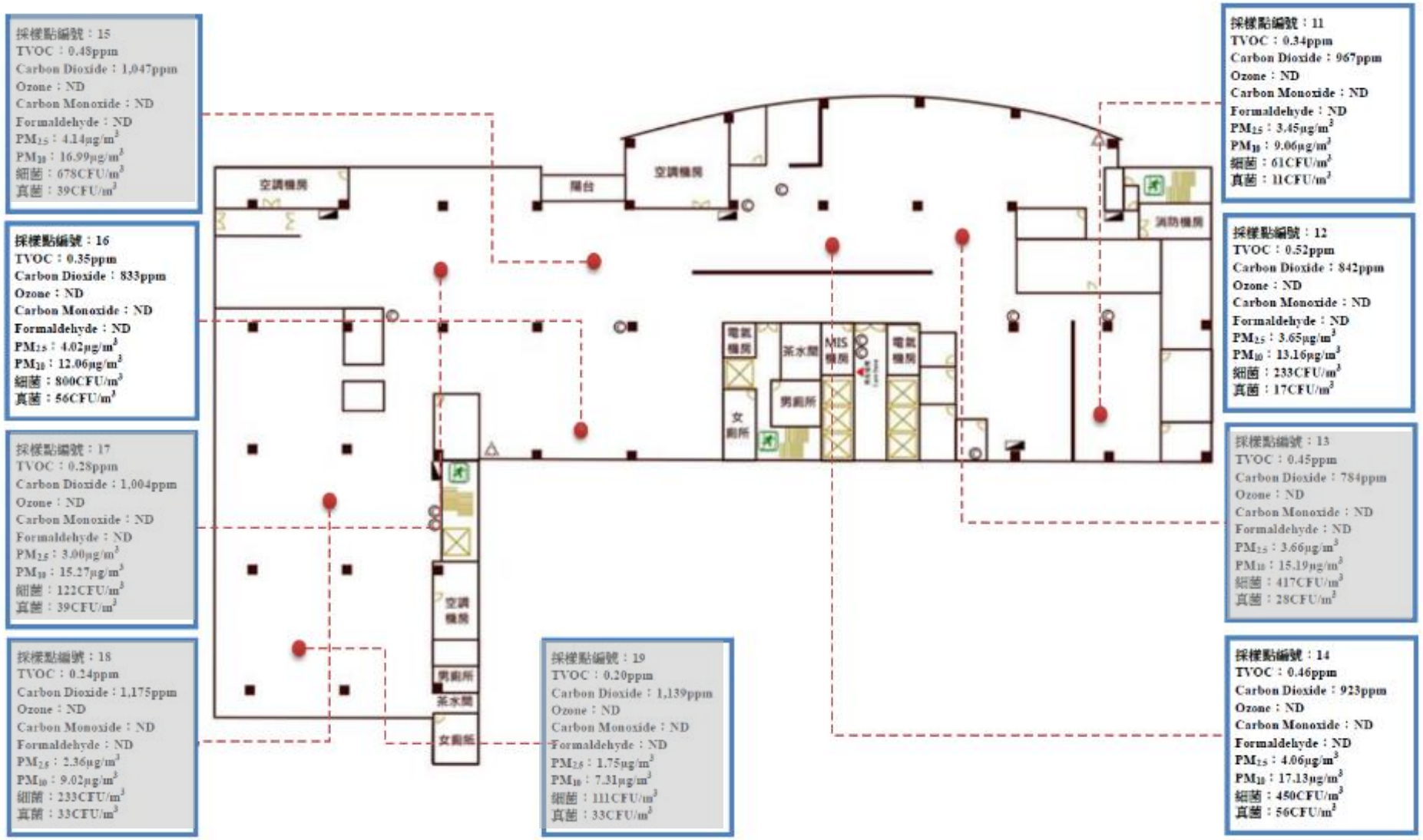


圖19　大規模場址檢測數量耗費大量人力、物力與時間

- 對於多樓層及數量眾多的室內空間(如：醫學中心等)，利用「利用現地檢測、監測或採樣並配合實驗室設備進行試驗與分析」的方式往往須耗費大量的人力、物力、時間與成本。
- 計畫評核術(PERT)、專業檢查表(Check list)等進行逐一的檢查、記錄、評估與分析」的方式，除會有分區(層)的困難外，往往又只能定性地描述而無法滿足法令的規定並判斷場址是否符合空氣品質的標準。
- 利用「利用數值模擬與計算流體動力學(CFD)應用軟體進行室內流場的分析」的方式，主要參數能合理並精準的設定，則可快速並清楚地獲取複雜空間的流場分布(溫度、速度、壓力、流線、污染物質量等)、通風狀況、污染物傳輸、等污染物濃度曲線分布等前兩者所無法達成之能力。

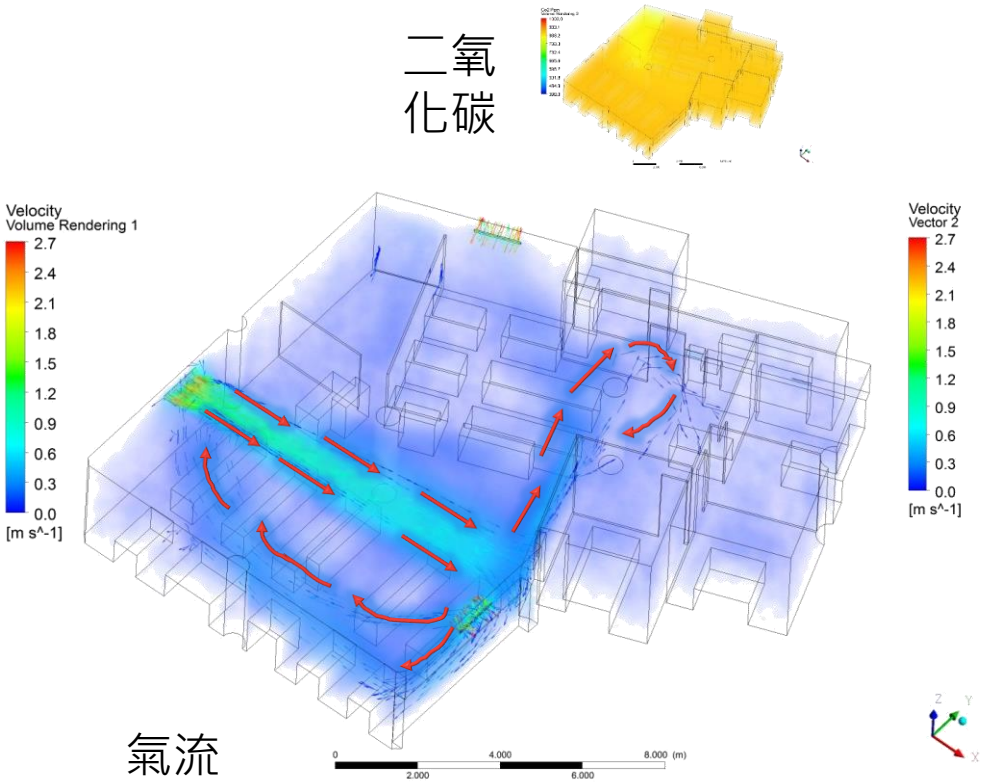
- 計算流體動力學(CFD)應用軟體FLUENT的目的?

- CFD-FLUENT的效益在哪裡?

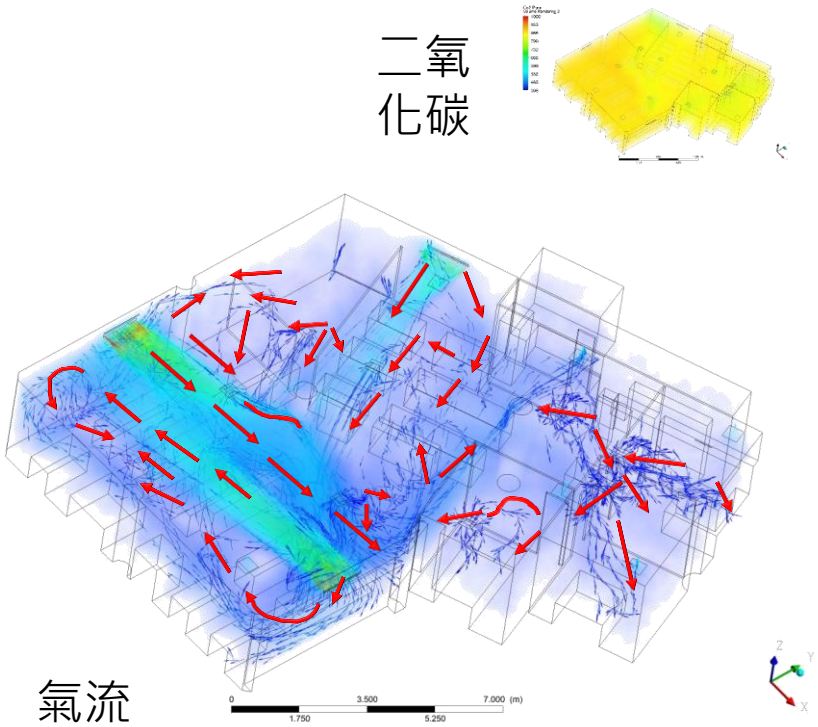
- CFD-FLUENT在室內空氣品質(IAQ)領域上可以幫我們做甚麼事呢?

◆FLUENT數值模擬的主要流程(以FLUENT 6.3版的操作界面為例)，主要包含：

1. 根據具體問題選擇2D或3D Fluent求解器從而進行數值模擬。
2. 導入網格（File→Read→Case，然後選擇由Gambit導出的.msh文件）。
3. 檢查網格（Grid→Check）。最小體積若為負值，就要重新進行網格劃分。
4. 選擇計算模型。
5. 確定流體物理性質（Define→Materials）。
6. 定義操作環境（Define→Operating Conditions）。
7. 指定邊界條件（Define→Boundary Conditions）。
8. 求解方法的設置及其控制。
9. 流場初始化（Solve→Initialize）。
10. 迭代求解（(Solve→Iterate）。
11. 檢查結果。
12. 保存結果，後處理等。

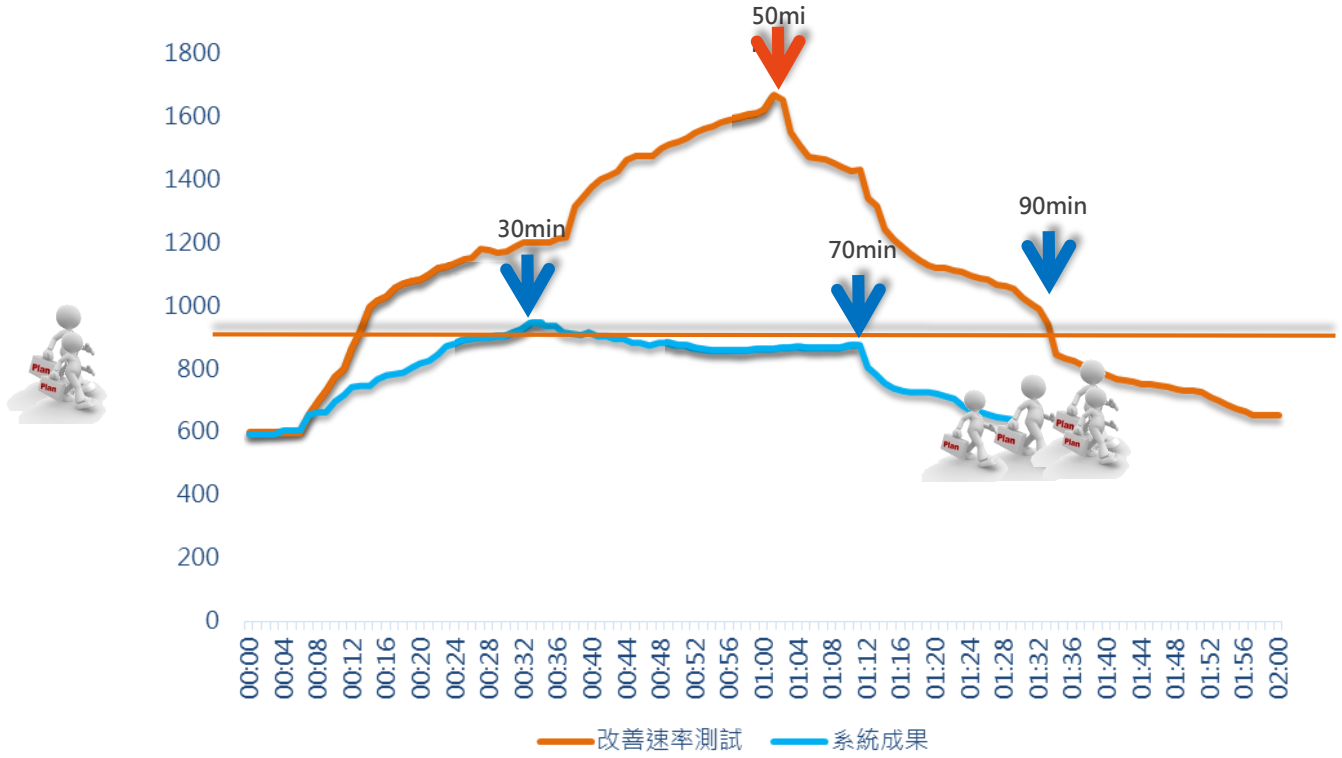


Before



After

監控設備與新風設備運作成果



- 人員進入會議室
- CO_2濃度高達1600ppm，新風設備開啟
- CO_2濃度降低至1000ppm以下
- 新風設備上班時即以低速運作中
- 達到預警值900ppm新風設備加強運作
- 700ppm新風系統低速運作

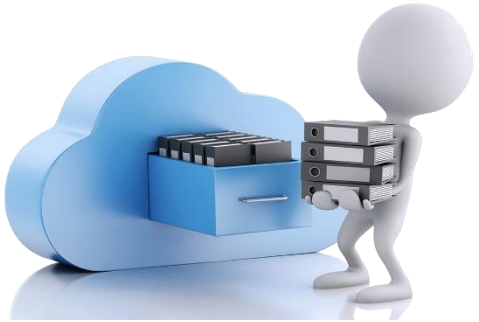


表5　各種評估室內空氣品質手段之特性匯整表

評估手段	人力	物力	成本	場址干擾	定性能力	定量能力	通風狀況研判	廠商間的異質性
手法1: 現地檢測、監測	高	高	中	高	中	勝 高	中 (易隨室內環境變化)	低
手法2: 查核表單方式	中	勝 低	勝 低	中	中	低	低～中	低
手法3: 數值模擬與流體動力學(CFD)流場分析	中	勝 低	高	勝 低	勝 高	勝 中～高	勝 高	勝 高

謝謝

Thank You !

講員：恆康工程顧問股份有限公司 水環部王凰瑾經理

通訊地址：台北市信義區基隆路一段143號2樓之1

聯絡電話：(02)2762-1808#502

電子信箱：huangchinupga@gmail.com