

建築物通風與風洞試驗 Building Ventilation and Wind Tunnel Experiment

朱佳仁
國立中央大學土木工程學系

2008, 3, 26



室內環境(Indoor Environment)

大多數的現代人大部分的時間都是在**室內場所**度過的，此處所稱的「**室內場所**」包括住宅、辦公室、學校、工廠、餐廳、戲院、音樂廳、停車場等各類建築物的內部，或是汽車、捷運車廂、火車、飛機等交通工具之內。

這些建築物大多呈密閉型態，若室內環境惡劣，會影響到建築物使用者的居住品質或工作效率。甚至會造成流行性疾病在建築物之內傳播，形成「**病態大樓症候群 (Sick Building Syndrome)**」，危害建築物使用者的健康。

室內環境(Indoor Environment)

- 通風
- 1. 溫度
 - 2. 濕度
 - 3. 氧氣濃度
 - 4. 污染物濃度
 - 5. 風速 蒲風風級
 - 6. 照明

建築物通風(Building Ventilation)

良好的建築物通風必須滿足：

- 1. 健康性：**保持新鮮、乾淨的空氣，提供人體呼吸所需之氧氣和去除空氣中過多的二氧化碳。
- 2. 舒適性：**維持適當的溫度和濕度，使得室內環境維持一個舒適的狀態。
- 3. 安全性：**建築物內產生有害氣體時，可以藉由通風將有害氣體排除，譬如火災時的濃煙。

室內污染物的來源

1. 傢俱、裝潢建材：

室內裝潢、傢俱、壁紙等建材所使用的塗料、油漆、石棉等皆可能造成室內的空氣污染。譬如建材三合板中便含有具有揮發性和刺激性的甲醛，逐漸地釋出於空氣中，這些物質會危害人體健康。

2. 燃燒：

烹飪所使用的瓦斯爐和所產生的油煙、取暖所用的壁爐、瓦斯熱水器，甚至焚香等皆會產生一氧化碳、二氧化碳及一氧化氮等空氣污染物。

室內污染物的來源

3. 室內設備：工廠的機具會產生粉塵，影印機、立可白、清潔劑、殺蟲劑、髮膠等用品會產生揮發性有機物(VOC)，譬如：酮、醛、芳香劑、苯等物質。

4. 人體代謝：呼吸所產生的二氧化碳、病人咳嗽排出的病菌、人體或寵物掉落的毛髮、體垢及皮屑等。



熱水器裝陽台 通風差奪4命

鋁窗曬衣阻隔 一氧化碳灌室內

【本報訊】家住中和區4樓，以熱水器安裝陽台，因通風不良，導致4人中毒死亡。警方調查發現，鋁窗曬衣阻隔，一氧化碳灌室內，奪去4條生命。

警方調查發現，該戶熱水器安裝在陽台，但陽台與室內之間，僅以鋁窗阻隔，且窗戶長期關閉，導致一氧化碳在室內累積。警方呼籲，熱水器應安裝在通風良好的地方，並定期檢查。



2008, 1, 30
蘋果日報

醫院停車塔 二氧化碳外洩7人昏迷

檢修防設備 未再啟動鋼瓶全折斷 150支鋼瓶二氧化碳全噴出 檢修員違規未戴呼吸器 3人重傷

【本報訊】位於台北市的某醫院停車塔，因二氧化碳外洩，導致7人昏迷。檢修員在維修過程中，因未佩戴呼吸器，造成3人重傷。事故原因為150支鋼瓶在檢修時全數折斷，導致二氧化碳氣體大量洩出。



2008, 3, 9 聯合報

捷運台北車站 空污超標10倍

細菌CO2濃度過高 忠孝復興站同破表

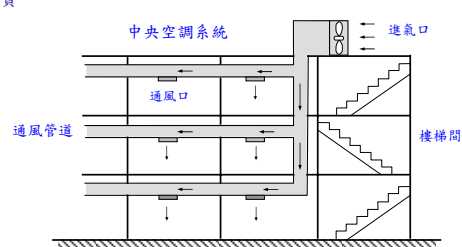
【本報訊】台北捷運台北車站，因空氣污染嚴重，細菌濃度及二氧化碳濃度均超標10倍。忠孝復興站亦出現類似情況。當局呼籲乘客佩戴口罩，並加強車站通風設施。



2008, 3, 18
蘋果日報

病態大樓(Sick Building)

採用中央空調的密閉大樓內，病菌、空氣污染物會經由通風管道擴散到各樓層和房間。因此必須加裝過濾裝置及混合外部的新鮮空氣，才能改善建築物內的空氣品質。



建築物最小換氣需求

建築物	通風需要量 (m³/hr/m²)
起居室、臥室、私人辦公室	8
大型辦公室	10
會議廳、候車室	15
百貨商場	18
營業用餐廳	25
營業用廚房	60
非營業用廚房	35
浴室、廁所	20
戲院、演講廳	75
會散發有害氣體之工廠	30

換氣率(Air exchange rate)

建築物換氣率的定義：

$$I = \frac{Q}{V}$$

式中 V 為室內體積，Q 為流入室內的空氣流量。換氣率的因次為 [1/T]，代表單位時間內換置相當室內體積空氣量之次數。

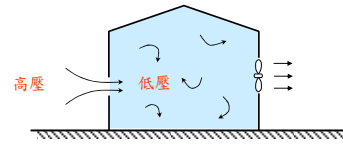
小時換氣率 (Air Change rate per Hour, ACH) 為 1 小時之內換置相當室內體積空氣量之次數，單位為 [1/hour]。ACH 愈大，表示室內空氣更新的頻率愈高，通風愈佳。

換氣率(Air exchange rate)

換氣率的倒數則可視為室內空氣更新所需的時間尺度：

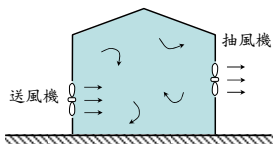
$$\tau = \frac{V}{Q}$$

此時間尺度稱為空氣齡，可作為評估室內空氣更新快慢的指標，時間尺度愈大，空氣滯留於室內的時間愈長，室內通風愈差。



1. **自然通風(Natural ventilation)**：自然通風是依靠建築物內外的**風壓差異**或**溫度差異**造成的空氣流動。自然通風的方式又可分為：**風壓通風**和**浮力通風**。
2. **機械通風(Mechanical ventilation)**：又稱為強制通風(Forced ventilation)，利用通風機械(風扇、送風機、抽風機)所產生的動力促使室內外的空氣交換和流動，但**耗費能源**。

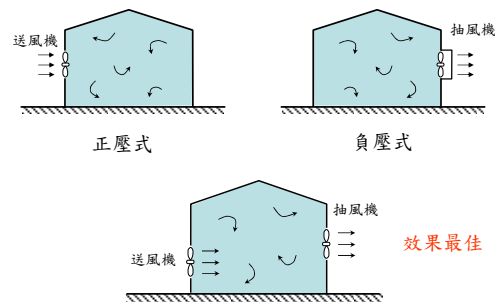
機械通風



通風機械可分為送風機和抽風機(排風機)，送風機可供應乾淨、新鮮的空氣稀釋室內有害空氣；而抽風機僅能排除室內有害空氣。

送風機的換氣效果較抽風機為佳，若兩者合併使用又優於個別單獨使用。

機械通風所造成的壓力形式



無塵室(Clean room)



室內維持正壓，避免室外的塵埃流入室內。

負壓隔離病房



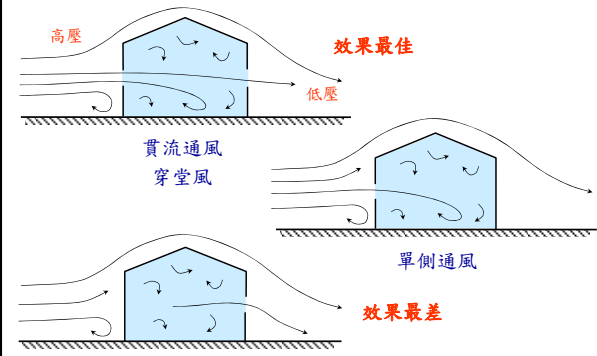
室內維持負壓，避免室內的有害氣體外洩，並將有害氣體抽出過濾、處理再排出。

自然通風(Natural ventilation)

1. 風壓通風：利用建築物室內室外的壓力差異，使得建築物內外的空氣進行交換。

2. 浮力通風：因為溫度差異促使空氣由下向上地流動。一棟建築物上下皆有開口，且室內有垂向的溫度差異時，空氣會由上方開口流出，而外界空氣會由下方開口補充。

風壓通風

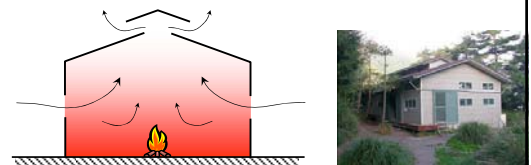


自然界的通風



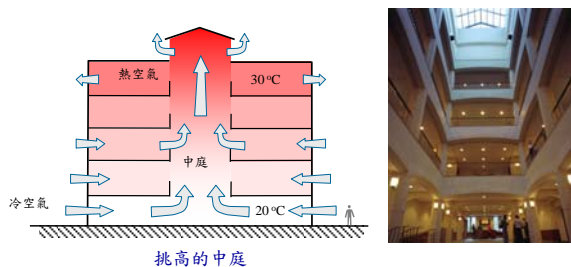
摘自 Cutnell and Johnson (2000) "Physics", 5th Ed., John Wiley & Sons

2. 浮力通風：因為溫度差異促使空氣由下向上地流動。一棟建築物上下皆有開口，且室內有垂向的溫度差異時，空氣會由上方開口流出，而外界空氣會由下方開口補充。



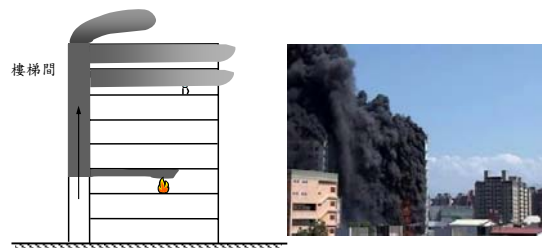
煙囪效應(Chimney effect)

若高層建築物的樓梯間、管道間和電梯豎井等垂直通道內有垂向的溫差時，亦會產生浮力通風的現象，空氣由下向上流動。

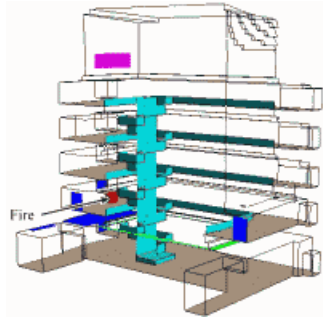


煙囪效應(Chimney effect)

火災所產生的煙氣具有熱浮力，經由建築物的樓梯間、管道間向上擴散、竄燒，蔓延到各個樓層。



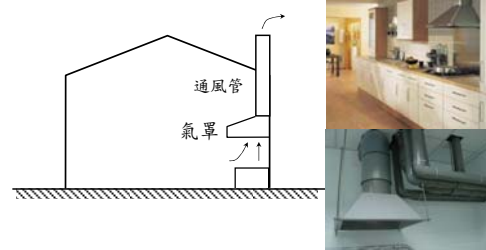
大樓中庭煙流擴散之模擬



依據通風的範圍，可分為：

(1)局部通風：

當室內所產生有害物質集中於一小區域時，可採用局部通風，譬如廚房的抽油煙機、實驗室的排氣罩(Air Hood)。

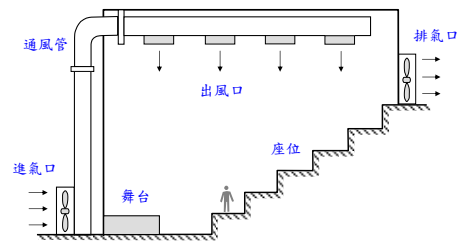


實驗室排氣櫃



(2)全面通風：

當室內的活動有可能會產生有害物質時，便需要對整個房間進行通風換氣。全面通風適用於停車場、賣場、戲院、音樂廳、會議廳等大型集會場所。



全面通風



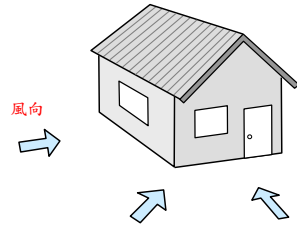
建築物通風(Building Ventilation)

因為通風會影響建築物使用者的居住品質和健康，故建築師或室內設計師往往希望在建築物興建之前預先知道其通風的狀況。

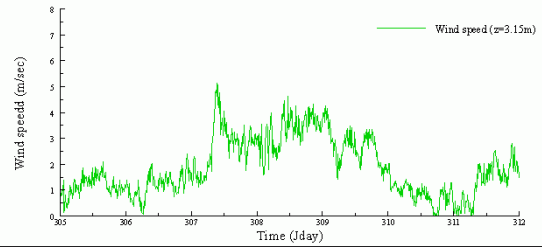
但會影響流場的因素太多、太複雜，且現場流況具有很大的時變性，往往不易深入瞭解實際發生的流場機制，故定量地預測建築物的通風量有其困難度。

影響自然通風的參數

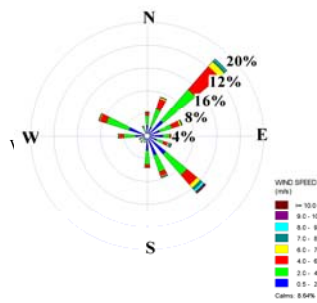
1. 室外的風速、風向
2. 門窗開口的大小、位置、形式
3. 建築物的幾何外型
4. 周遭建物的配置
5. 室內隔間
6. 室內傢俱擺設



室外風場



風花圖(Wind rose)



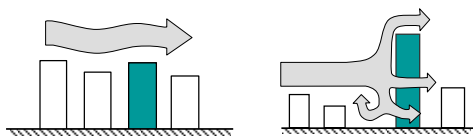
風速在各方向發生機率圖

窗戶



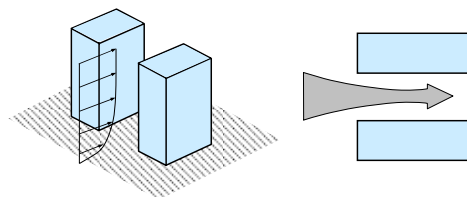
遮蔽效應 (Shelter effect)

近似高度的建築群比鄰而立時，對於迎面而來的氣流產生類似阻牆的遮蔽作用，迫使氣流由建築群上方越過。反之，若高層建築物的前方為低矮建築物，則高層建築物所受到的風速、風力皆會較大。

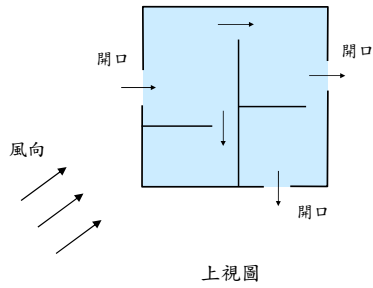


縮減效應 (Venturi effect)

當氣流由一寬廣之區域吹進狹窄的街道時，由於通風斷面積的減小，氣流會有加速的現象，形成高風速的現象。



建築物的室內隔間

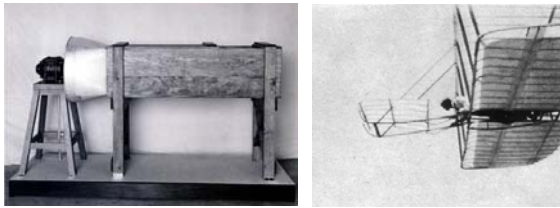


通風設計

會影響通風的外在因素太多、太複雜，且現場流況具有很大的時變性，往往不易深入瞭解實際發生的流場機制，故定量預測建築物的通風量有其困難度。

可藉由風洞試驗來定量、準確地量測建築物的通風量，利用量測結果來建構一個通風量的預測模式，供建築師或室內設計師來計算室內通風量。

風洞的歷史



Wright Brothers, 1904

航空用風洞



NASA Wind Tunnel



循環式風洞

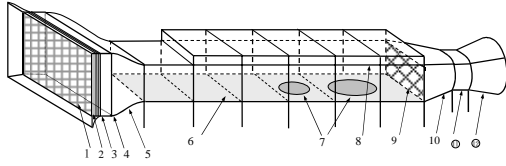


開放式風洞



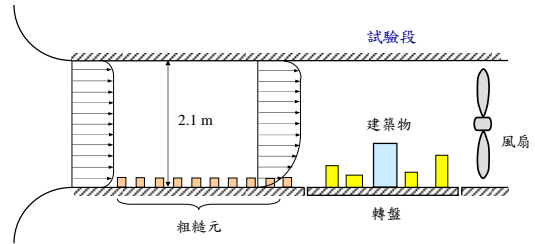
中央大學環境風洞

開放式風洞構造圖

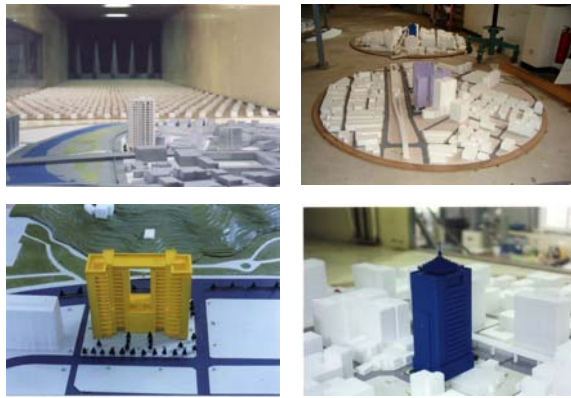


No.	說明	No.	說明
1.	保護網	7.	試驗轉盤
2.	靜葉管	8.	可調式屋頂
3.	整流網	9.	安全網
4.	整流收縮段	10.	收縮段
5.	收縮段	11.	軸流風扇
6.	試驗段	12.	擴散管

風洞試驗配置圖



將建築物縮尺模型放置於風洞試驗段內，研究風場與建築物之間的關係。



建築物的風力負載



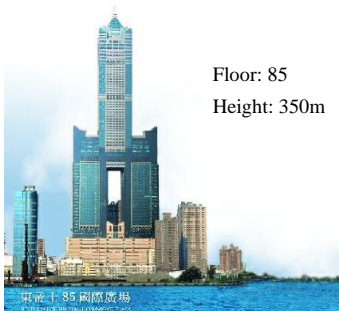
台北101大樓

Height: 508 m



模型(Model)

高雄東帝士大樓



Floor: 85
Height: 350m



實體(Prototype)

模型(Model)

風洞試驗



風洞試驗

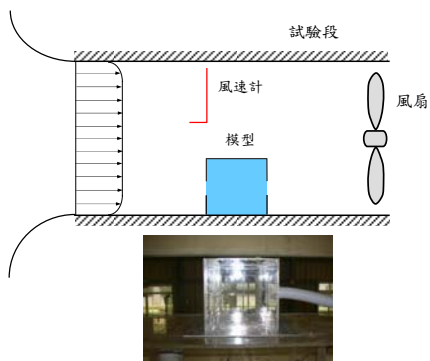


風力發電



風洞可以在穩定的風速下，量測風力發電機的發電量。

建築物通風之風洞試驗

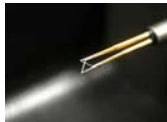


風洞模型



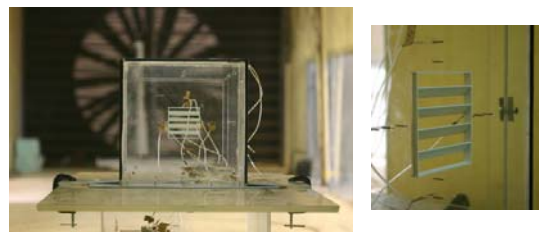
可研究的問題

- 室外風速、風向
- 開口大小
- 開口形狀
- 開口形式
- 室內隔間



風洞試驗可以在穩定的風場中，準確地量測風速、風壓、溫度等參數，找出各種狀況的通風量。

百葉窗(Louver)

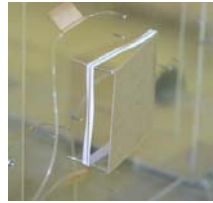


模型

外推窗

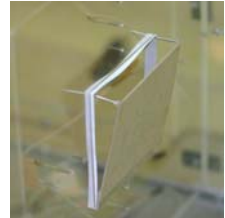


實體



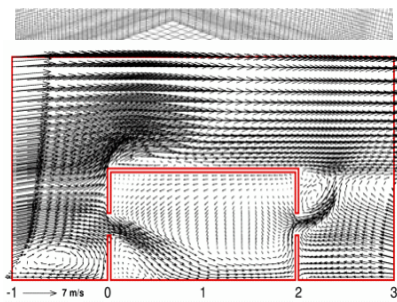
模型

斜開窗



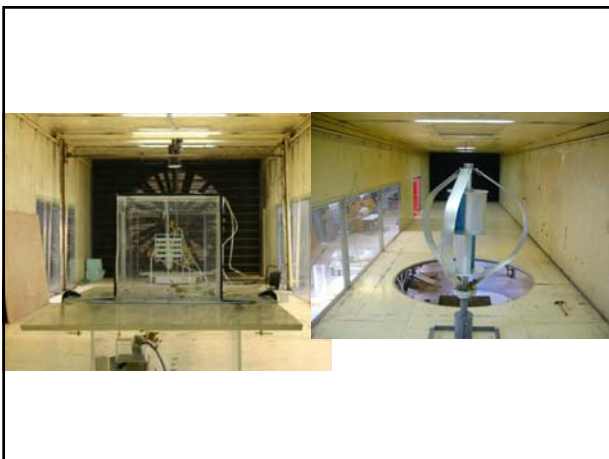
模型

計算流體力學(CFD)



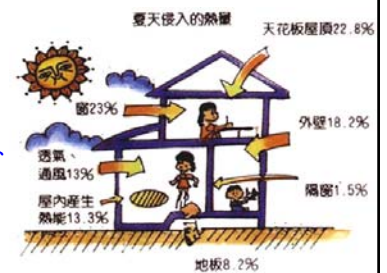
結 論

風洞試驗可以在穩定的風場中，利用模型試驗的方式量測建築物的通風量，量測結果可用來建構一個通風量的預測模式，供建築師或室內設計師計算室內通風量之用，風洞試驗結果亦可作為驗證計算流體力學(CFD)模式或制訂建築物通風法規之參考，期望能改善台灣本土室內空氣品質與通風環境。



台灣夏季建築物之熱源

1. 太陽輻射熱
2. 外牆熱傳導
3. 室外熱空氣入侵
4. 室內熱源 (電器、照明、烹飪)



建築物的室內隔間

