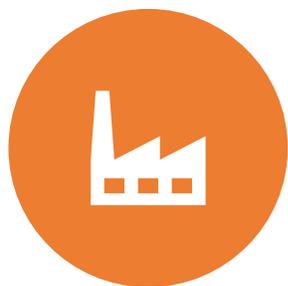


# AIR：真心為你

講師：吳飛宏 (水豚君)

# 聽完本講座，你將得到的……



認識空氣污染的來源&  
類別



了解空氣污染的處理方式&優缺點



明白市售空氣清淨機的基本結構



勾勒自製空氣清淨機的  
打造方向

# 空氣汙染的 來源&類別

來源有兩種：固定與移動

類別有多種：化學成分彼此不同

# 空氣汙染防制法定義的汙染種類 Pt.1

氣狀汙染物	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 硫氧化物(SO<sub>2</sub>及SO<sub>3</sub>合稱為SO<sub>x</sub>)</li><li>2. 一氧化碳(CO)</li><li>3. 氮氧化物(NO及NO<sub>2</sub>合稱為NO<sub>x</sub>)</li><li>4. 碳氫化合物(C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>)</li><li>5. 氯化氫(HCl)</li><li>6. 二硫化碳(CS<sub>2</sub>)</li><li>7. 鹵化烴類(C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>X<sub>x</sub>)</li><li>8. 全鹵化烷類(CFCs)</li><li>9. 揮發性有機物(VOCs)：指含有機化合物之空氣汙染物總稱。但不包括甲烷、一氧化碳、二氧化碳、碳酸、碳化物、碳酸鹽、碳酸銨等化合物。</li></ol>
粒狀汙染物	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 總懸浮微粒：指懸浮於空氣中之微粒</li><li>2. 懸浮微粒：指粒徑在十微米(μm)以下之粒子</li><li>3. 落塵：粒徑超過十微米(μm)，能因重力逐漸落下而引起公眾厭惡之物質</li><li>4. 金屬燻煙及其化合物：含金屬或其化合物之微粒</li><li>5. 黑煙：以碳粒為主要成分之暗灰色至黑色之煙</li><li>6. 酸霧：含硫酸、硝酸、磷酸、鹽酸等微滴之煙霧</li><li>7. 油煙：含碳氫化合物之煙霧</li></ol>

# 空氣汙染防制法定義的汙染種類 Pt2

衍生性汙染物	<ol style="list-style-type: none"><li>1.光化學霧：經光化學反應所產生之微粒狀物質而懸浮於空氣中能造成視程障礙者</li><li>2.光化學性高氧化物：經光化學反應所產生之強氧化性物質，如臭氧、過氧硝酸乙醯酯(PAN)等 (能將中性碘化鉀溶液游離出碘者為限，不含二氧化氮)</li></ol>
毒性汙染物	<ol style="list-style-type: none"><li>1.氟化物</li><li>2.氯氣(Cl<sub>2</sub>)</li><li>3.氨氣(NH<sub>3</sub>)</li><li>4.硫化氫(H<sub>2</sub>S)</li><li>5.甲醛(HCHO)</li><li>6.含重金屬之氣體</li><li>7.硫酸、硝酸、磷酸、鹽酸氣</li><li>8.氯乙烯單體(VCM)</li><li>9.多氯聯苯(PCBs)</li><li>10.氰化氫(HCN)</li><li>11.戴奧辛類(Dioxins及Furans)</li><li>12.致癌性多環芳香烴</li><li>13.致癌揮發性有機物</li><li>14.石棉及含石棉之物質</li></ol>
惡臭汙染物	<ol style="list-style-type: none"><li>1.硫化甲基 [(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S]</li><li>2.甲基胺類 [(CH<sub>3</sub>)<sub>x</sub>NH<sub>3-x</sub>，x=1，2，3]</li></ol>

# 常見汙染： 氣體篇

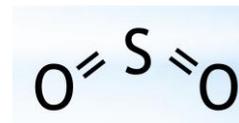
## 一氧化碳

- 主人為來源為石化燃料排放廢氣。
- 吸入將致使頭痛、噁心、嘔吐、頭暈、視力模糊、混亂、胸痛、虛弱、心臟衰竭。



## 二氧化硫

- 主來源多為火力發電廠排煙。
- 暴露100 ppm則立即性對生命及健康造成影響。會導致鼻子及喉嚨產生酸性灼傷並發生持續肺功能影響。



## 氮氧化物

- 石化燃料不完全燃燒產物(廢氣)。
- 除 $\text{NO}_2$ 外，低濃度即可造成咳嗽、呼吸急促、疲憊與噁心。長期吸入累積則會產生神經毒性，並促成變性紅血球症。

<p>NO 直線型分子 無色氣體</p>	<p><math>\text{NO}_2</math> 彎曲型分子 紅棕色氣體</p>	<p><math>\text{N}_2\text{O}</math> 直線型分子 無色氣體</p>
<p><math>\text{N}_2\text{O}_3</math> 平面型分子 藍色液體</p>	<p><math>\text{N}_2\text{O}_4</math> 平面型分子 無色氣體</p>	<p><math>\text{N}_2\text{O}_5</math> <math>\text{N}_2\text{O}_5</math>? <math>[\text{NO}_2]^+[\text{NO}_3]^-</math> 白色固體 (常溫下視為由 <math>\text{NO}_2^+</math> 與 <math>\text{NO}_3^-</math> 所組成的離子固體)</p>

# 常見汙染： 氣體篇

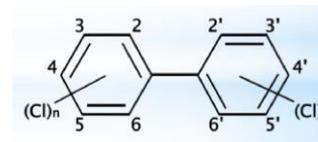
## 多環芳香烴碳氫化合物：

- 能導致眼與呼吸器官的急性刺激、神經症狀等。
- 長期暴露將大幅提高癌症風險。

			
蒽 anthracene	菲 phenanthrene	稠四苯 tetracene	芘 pyrene
			
碗烯 corannulene	蒄 coronene	苯并[a]芘 benzo[a]pyrene	六苯并蒄 hexabenzocoronene

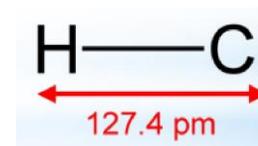
## 多氯聯苯

- 亦稱類戴奧辛，為致癌物質。
- 急性大量暴露易促成氯痤瘡和皮疹。慢性暴露會累積於脂肪中，對神經、生殖器、免疫與其他內臟造成損壞。



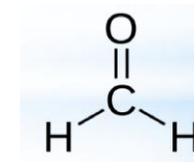
## 氯化氫 (氣體鹽酸)

- 低pH值，會造成酸性燒灼傷。
- 短而低劑量暴露會使喉嚨疼痛。高劑量會傷害食管導致收縮、呼吸急促、皮膚藍斑與肺積液。嚴重可造成死亡。



## 甲醛

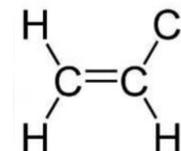
- 已知人類致癌物質之一。40%體積百分比被稱為天然福馬林。
- 少量的甲醛對眼、鼻、喉以及皮膚產生刺激，對氣喘病患不利。



# 常見汙染： 氣體篇

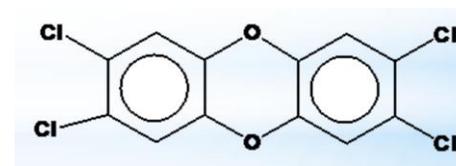
## 氯乙烯

- 已知致癌物質。
- 短時間吸入高濃度的氯乙烯會導致頭暈、嗜睡與昏迷。長期則會影響精子與睪丸，並影響人類生長與發育。



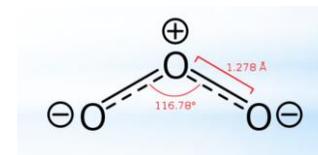
## 戴奧辛

- 是75種多氯戴奧辛 (PCDD) 及135種多氯呋喃 (PCDF) 的群稱。
- 急性暴露下1 $\mu$ g即可致命，未死亡亦會留下胸腺萎縮、骨髓抑制及肝毒性等症狀。慢性暴露毒性侵害症狀與多氯聯苯類相仿，並造成肝腫大、畸胎與腫瘤。同樣會儲存於脂肪中且難以被代謝。



## 臭氧

- 對呼吸系統具刺激性，會引起咳嗽、氣喘、頭痛、肺功能降低，呼吸道發炎，減低肺對傳染病及毒素的抵抗力，嚴重時引起肺水腫。



# 常見汙染： 金屬篇

## 銅

- 雖為健康必須微量金屬元素，但高濃度下仍為有害。
- 當吸入高濃度的銅會導致鼻與喉嚨的刺激反應。

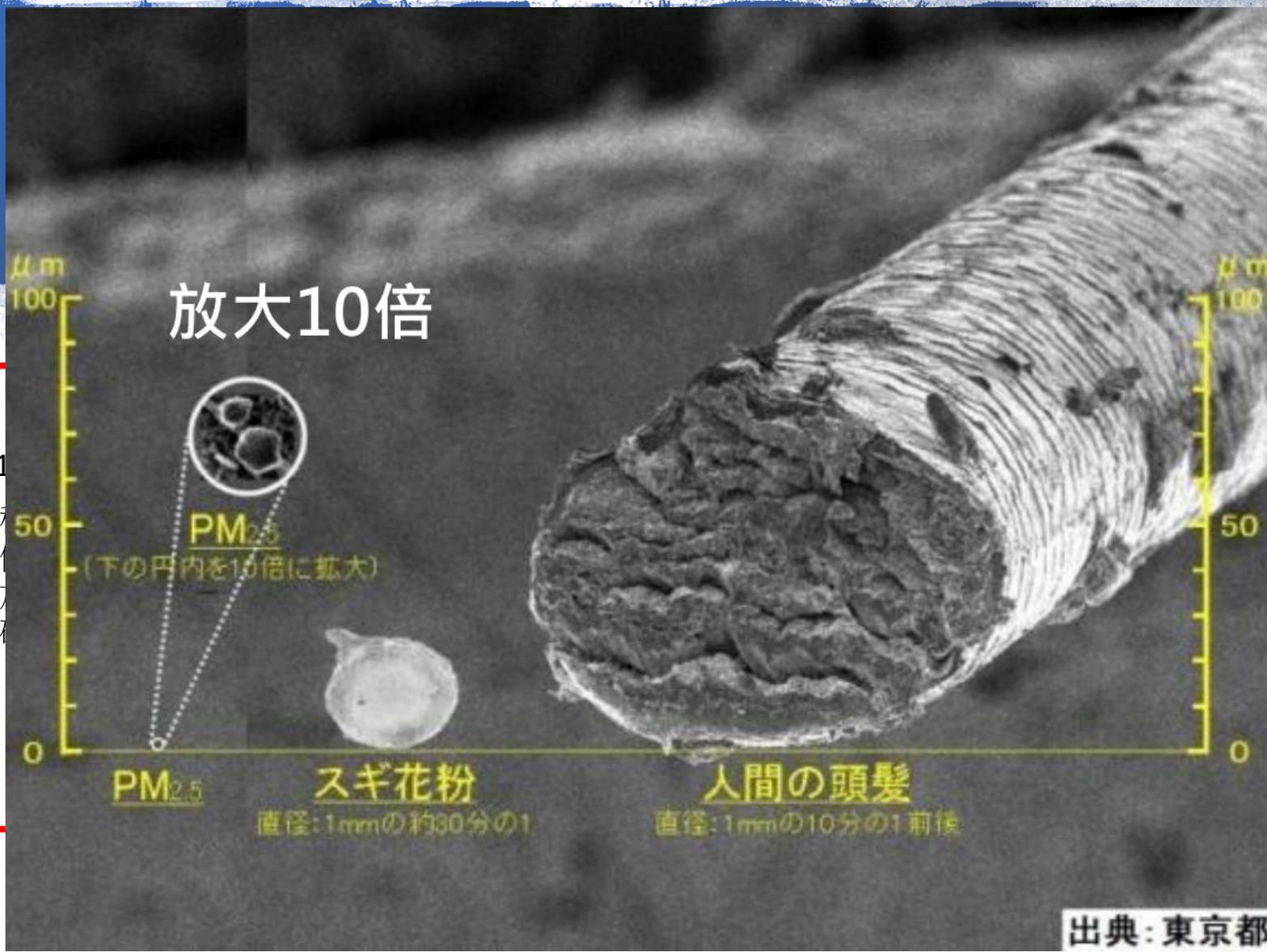
## 鋅

- 同銅，過量濃度仍有危害。吸入大量的鋅 (如：粉塵或煙煙) 會導致金屬煙熱。
- 此疾病初期會感受到喉部不適與金屬味覺；中期會有倦怠、呼吸緊迫/困難、頭痛尿液減少等現象。晚期會有發冷、肌痛、關節痛與發燒情況。

## 鉛

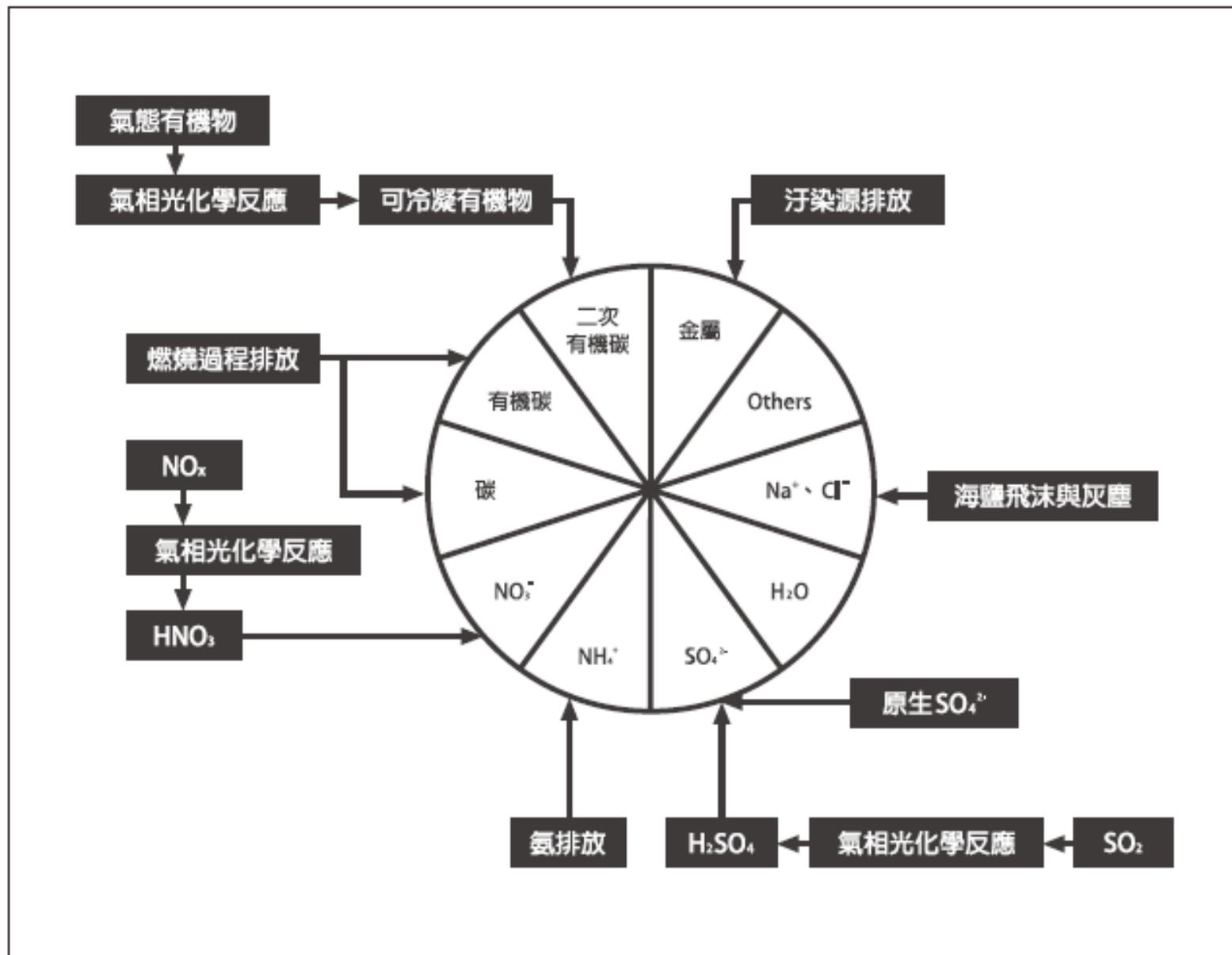
- 鉛的毒性會慢性的對神經系統產生不可逆傷害，亦會導致手指、手腕或腳踝虛弱。
- 短與少的暴露會使血壓上升與貧血。
- 高濃度暴露下會對腦、腎造成嚴重損傷，甚至死亡。

● 小於0.1  
微粒會沉積  
組織內，促  
聚集與增  
腫，進而



10  
懸浮微粒  
鼻咽造成過敏  
，引發咳嗽、  
症狀。

# 常見汙染： 空氣微粒的 成份



# PM<sub>2.5</sub>的屬性與特質

是統稱，所以組成  
會依照排放源不同

各污染懸浮物間多  
不發生化學反應

大氣中的污染物無  
論排放前後都保持  
一致的物理特性

細小微粒狀的污染  
物可懸浮於大氣並  
呈均勻分佈

每一種不同的污染  
源有著獨特各立的  
追蹤元素

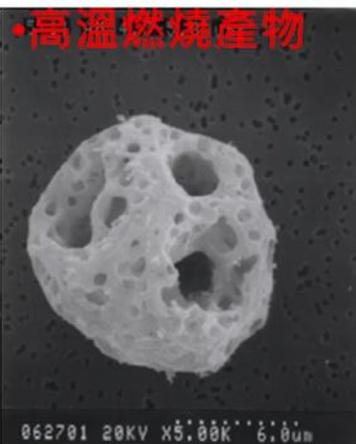
集合上述特徵，採  
樣與分析誤差將隨  
機呈現

# 電子顯微鏡下的各種PM<sub>2.5</sub>

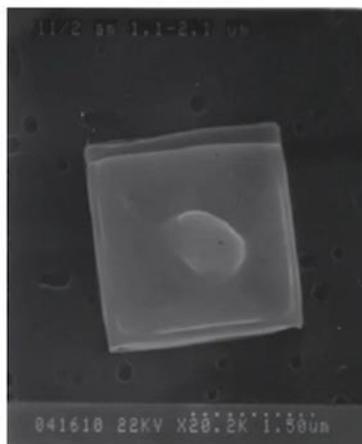
圖1出自“Characterization of PM<sub>2.5</sub> by X-ray diffraction and scanning electron microscopy-energy dispersive spectrometer: its relation with different pollution sources”。2013年發表。

圖2由中央研究院周崇光研究員提供，出自中央研究院龍世俊研究員之演講影片 ([超連結點此](#))

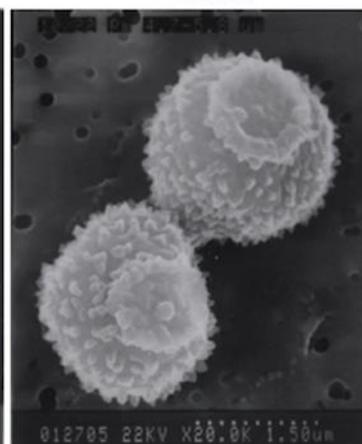
•海綿狀多孔微粒



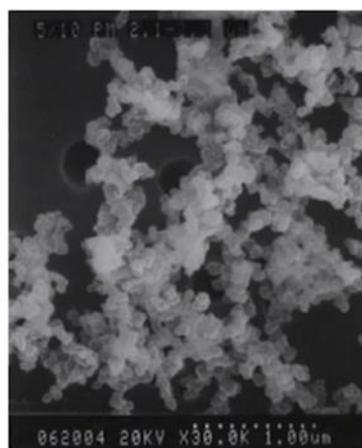
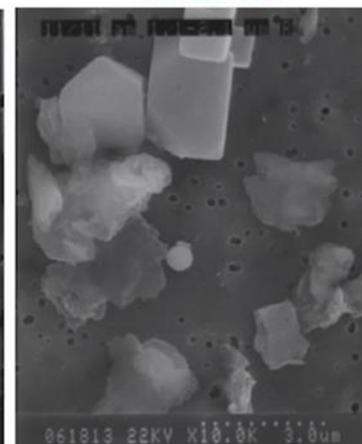
•海鹽



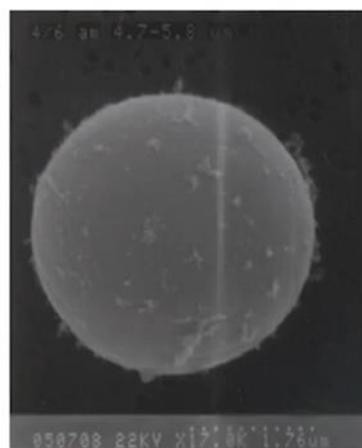
•花粉



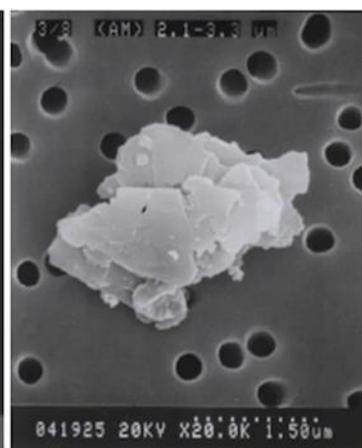
•混合物



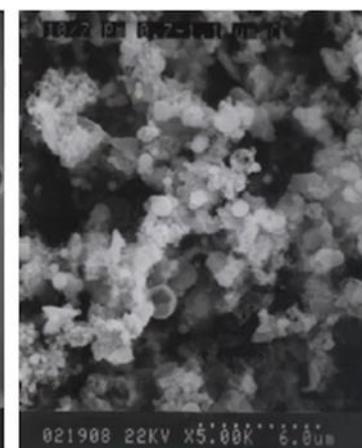
•黑碳



•圓球型  
•高溫燃燒產物



•砂  
•含矽(Si)等地殼元素



•高溫燃燒產物

# 空氣汙染的處理方式

了解原理，做最聰明的選擇

# 各色處理法的優與缺



濕式洗塵器 (花灑/水濺過濾/洗滌塔/除濕輪)



旋風集塵器 (靜電/袋式除塵器之前驅集塵)



觸媒濾網 (光觸媒/冷觸媒/過錳酸鉀)



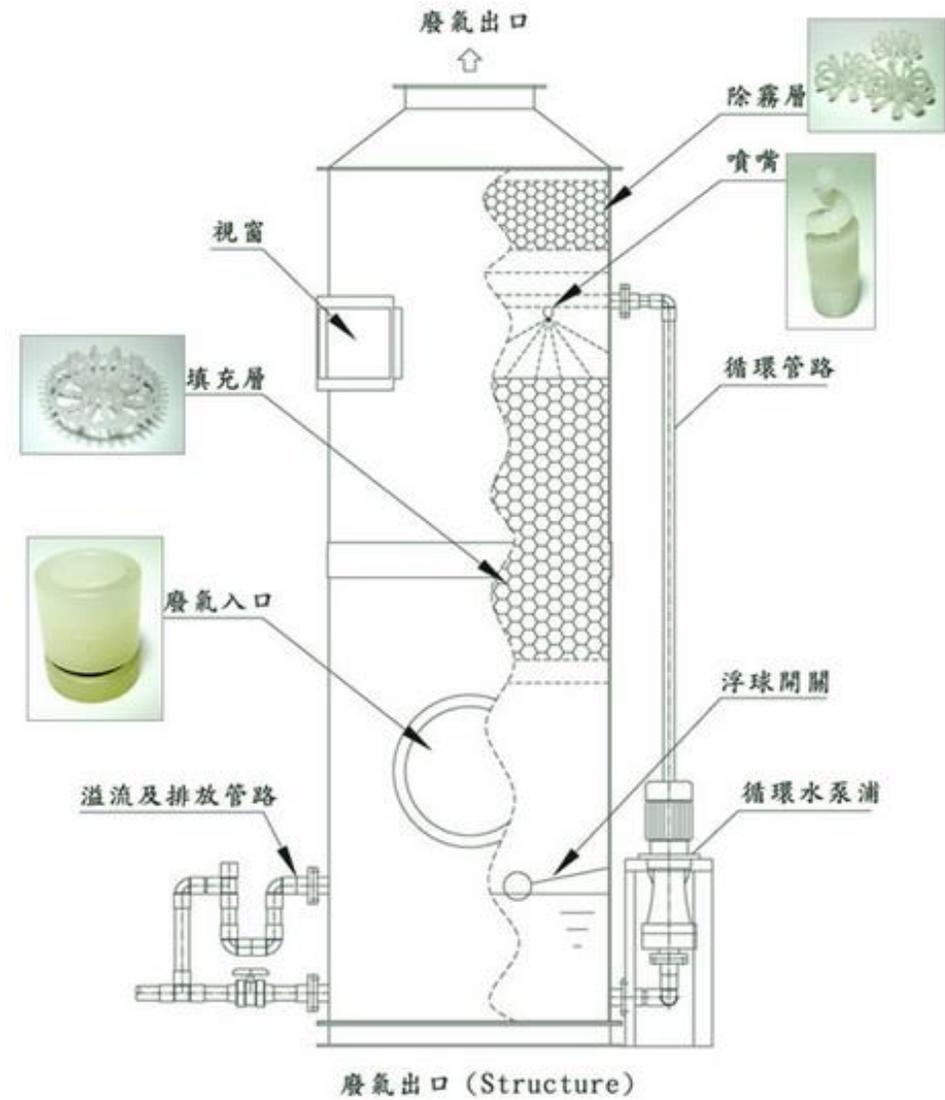
緻密空氣濾網 (HEPA/ULPA/初級濾網/中級濾網)



電過濾/負離子/正負離子/低壓靜電與高壓靜電法

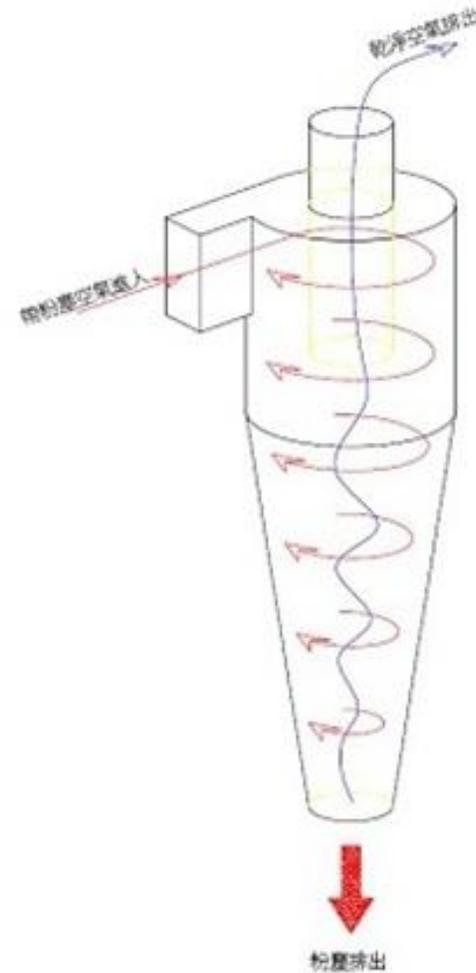
# 濕式洗塵器原理： 濕式洗滌塔

- 多在工業上使用
  - 塔中帶噴嘴，將洗滌液均勻噴灑在塔身的填充層之材料表面，使之能與廢氣接觸時藉由物理性溶解或化學反應吸收污染物
  - 通過之氣體經除霧器移除多餘水份，排入大氣；水分可二次利用
  - 可用於攔阻酸性與爆炸粉塵
- 缺點
  - 部分狀況氣體需要冷卻輔助
  - 需要污水處理系統支援
  - 對  $1\ \mu\text{m}$  下微粒效果不佳



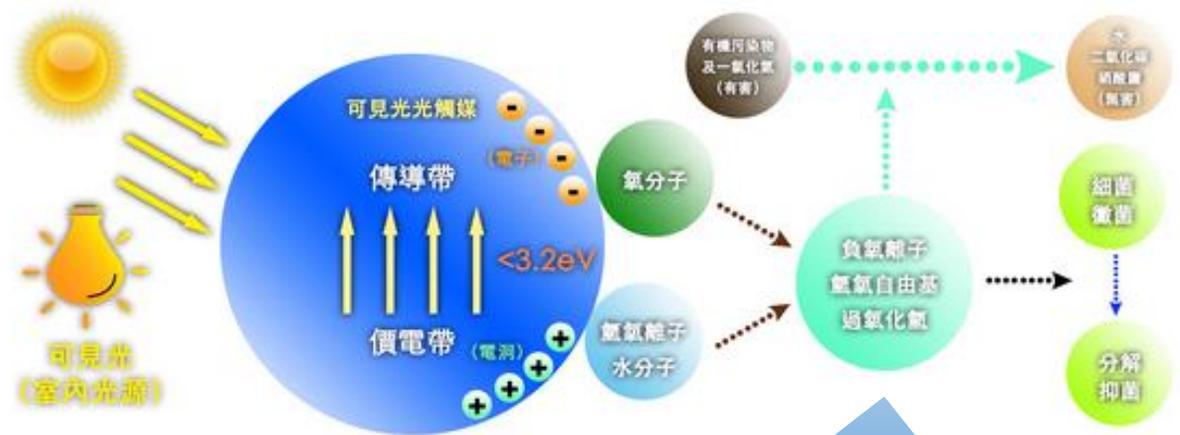
# 旋風集塵器原理

- 泛用的除塵手段
  - 在粗粒粉塵、高濃度粉塵或除塵效率要求不高時可用
  - 以設計的管道強迫進入的氣體旋轉，以離心力促使微粒偏離流線併撞擊集塵器外壁並落下
  - 可併用濕式除塵法，併用後稱「文氏洗滌器」
- 缺點
  - $5\mu\text{m}$  以下微粒去除效果不佳
  - 不適合單獨濾淨燃燒製程廢氣
    - 常在袋式/靜電集塵器的預淨器出現



# 觸媒型原理： 光觸媒

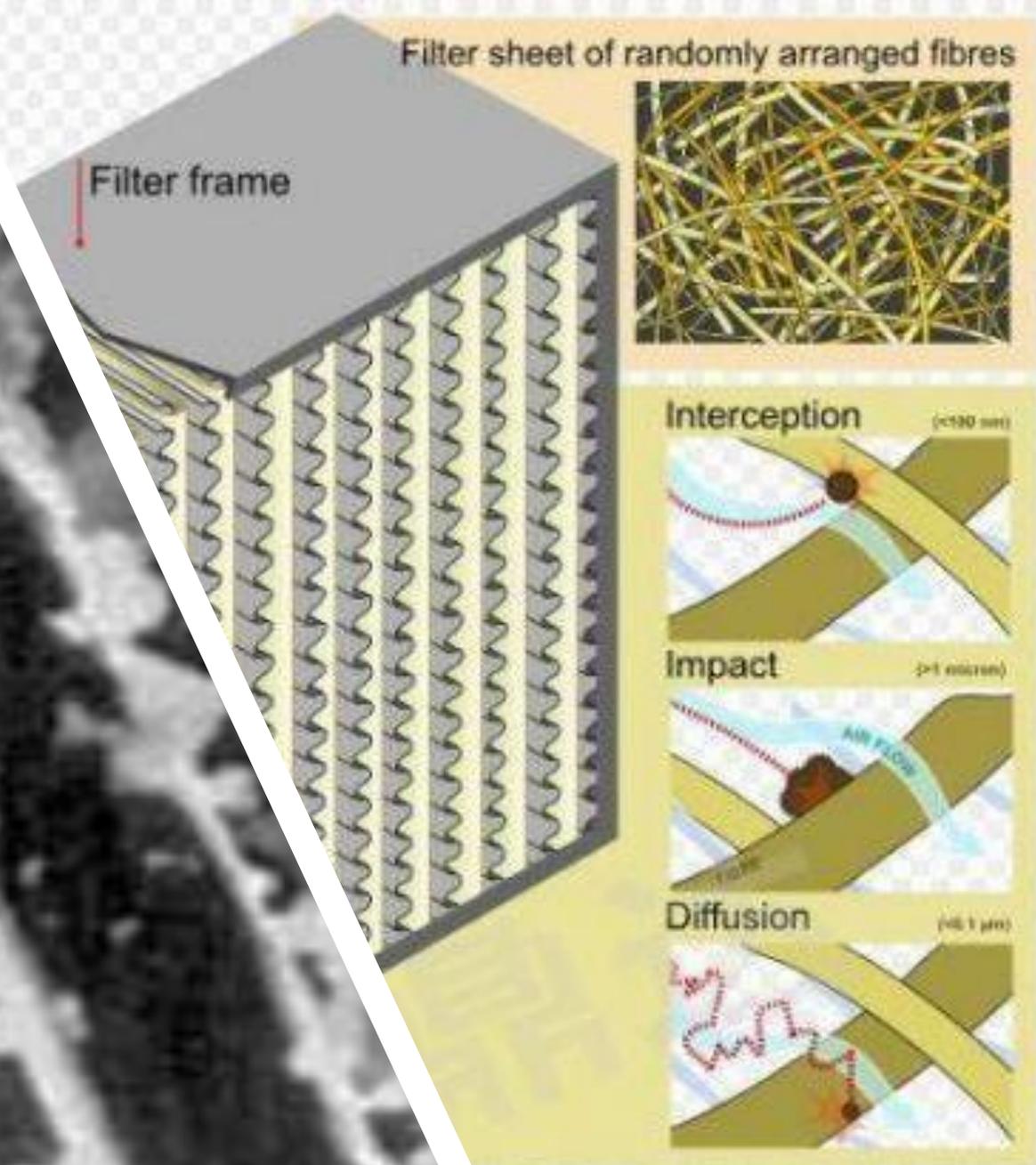
- 光觸媒為半導體結晶材料
  - 材料受光照後會激發電子躍遷，留下帶正電的孔洞；合稱「電子洞對」
  - 電子躍遷後，電子與大氣的氧分子形成負離子/臭氧(O3)
    - 具備強氧化性
  - 材料上留下的電洞帶有極性，會極化水氣捕獲其電子，釋放氫氣並留下羥基(-OH)
    - 羥基亦帶有極性且具備強氧化能力
- 碰上有機物時會氧化被搶奪電子者，形成水和二氧化碳
- 通常於濾網上與物理性過濾併用



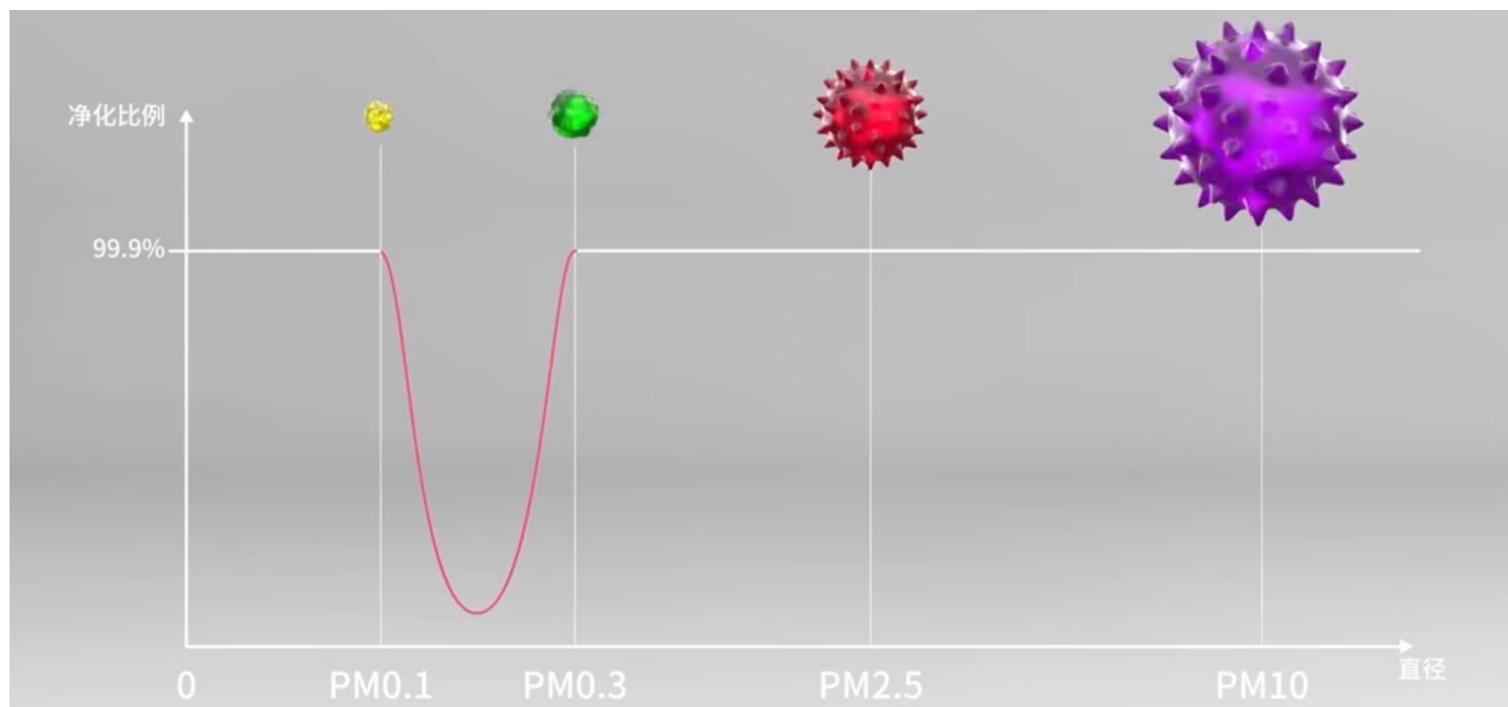
小知識：  
時常存在於油漆/木材夾板中的極性溶劑甲醛只能透過光觸媒副產物的臭氧氧化降解！

# 密緻型空氣濾網原理： HEPA空氣濾網

- 是一種標準而非稱呼
  - 台灣多沿用歐盟標準，如：HEPA E10/11/12、H13/14、U15/16/17
  - 而坊間標示HEPA-type、HEPA-like、HEPA-style或99% HEPA都不/未通過相關檢驗標準取得核可
  - 美國系統有 IEST Type A/C/D/F，注意沒有B
- 懸浮顆粒經濾網表面的玻璃纖維以撞擊、擴散、攔截與篩選來去除
  - 通常材料不得二次利用，抗損壞性也差
  - 可利用鐵氟龍處理纖維表面獲得強化



# 百密總有一「疏」：HEPA濾網的過濾尺寸缺陷



雖然隨著粒子濃度和濾網濾材等變數而導致過濾效果的差別，但HEPA濾網普遍對0.1~0.3 $\mu\text{m}$ 的粒徑大小分子有著最差的移除效率。因為此處剛好落於複合材質的性能交界處，僅只能使用擴散方式(布朗運動)進行捕獲。  
這個移除效率的低點被稱為「最易穿透尺寸」。

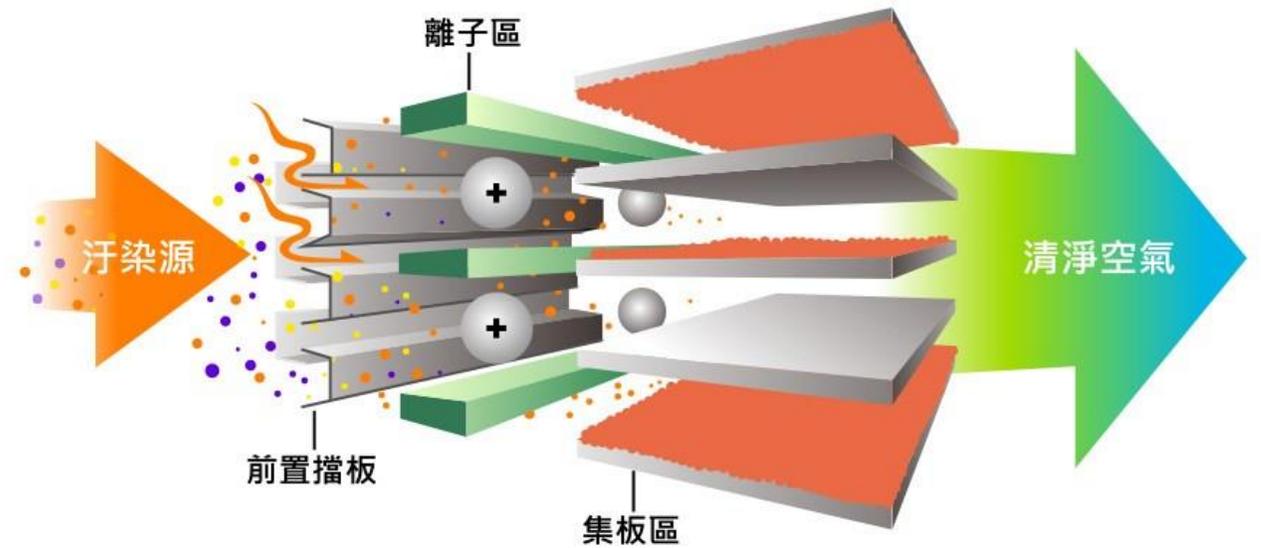
# HEPA濾網： 無可避免的壓力損失

歐盟規範		尺寸 Dimension W × D × H (mm)	風量 Air Volume				初期壓損 Initial P.D (Pa)	最終壓損 Final P.D (Pa)
HEPA class	retention (total)		H13		H14			
			CMM	CFM	CMM	CFM		
E10	> 85%	305×610×50	9	321	8	287	249 (25.4 mmH <sub>2</sub> O)  500 (50.8 mmH <sub>2</sub> O)	
E11	> 95%	610×610×50	19	677	17	606		
E12	> 99.5%	760×610×50	24	852	22	762		
H13	> 99.95%	915×610×50	29	1033	26	924		
H14	> 99.995%	1220×610×50	39	1389	35	1243		
		570×570×50	7	247	6	216	98 (10 mmH <sub>2</sub> O)  200 (20 mmH <sub>2</sub> O)	
U15	> 99.9995%	1170×570×50	15	522	13	456		
U16	> 99.99995%	1170×870×50	23	811	20	710		
		1470×720×50	24	842	21	737		
U17	> 99.999995 %	1170×1170×50	31	1101	27	963		

為了降低壓力損失並提高過濾性能維持風量，半導體與BSL/ABSL-4實驗室除了使用高規的HEPA濾網，亦配合混用其強化型「ULPA (超高效率空氣)」濾網。

## 電過濾法原理： 靜電集塵器

- 靜電集塵器是利用電場讓粒子感極化/游離產生靜電/離子，並使用電荷異性相吸原理進行粒子捕獲。
- 音量小、氣體流速快、耗材消耗量低
- 缺點：
  - 受限於天然粒子不帶/低帶電/游離化需要高超高電壓，且帶電電量太低，實際上的捕獲性能有限
    - 氣體流速越快捕獲性能越差，但可以使用多重循環改善
    - 時常和其他的過濾法混用
  - 游離產生離子的代價會生成臭氧
    - 依照規模與使用差異，市售機種的臭氧的妨害目前仍控制在安全的範圍

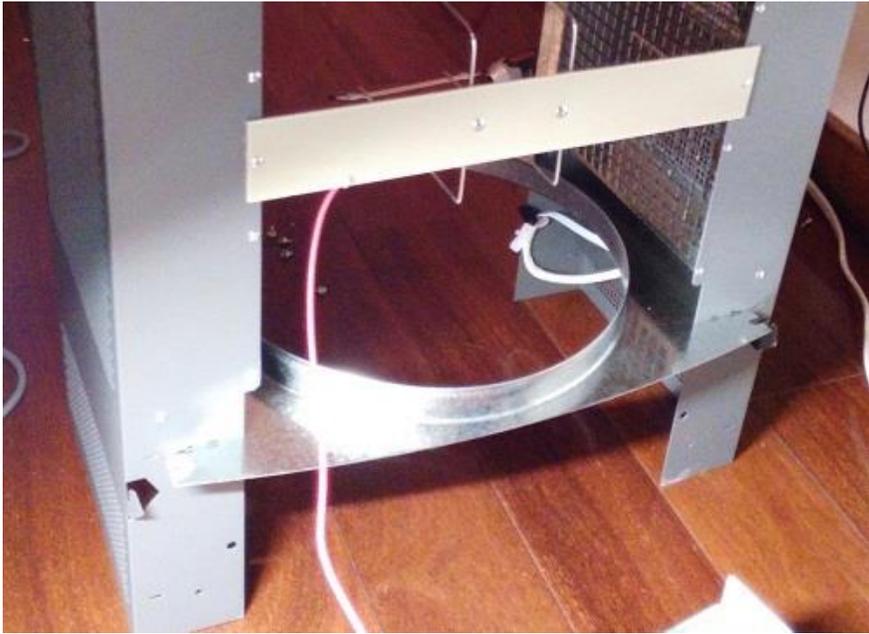


優缺好壞一次瞭解

# 拆解市售空氣清淨機



BLUEAIR 650E |



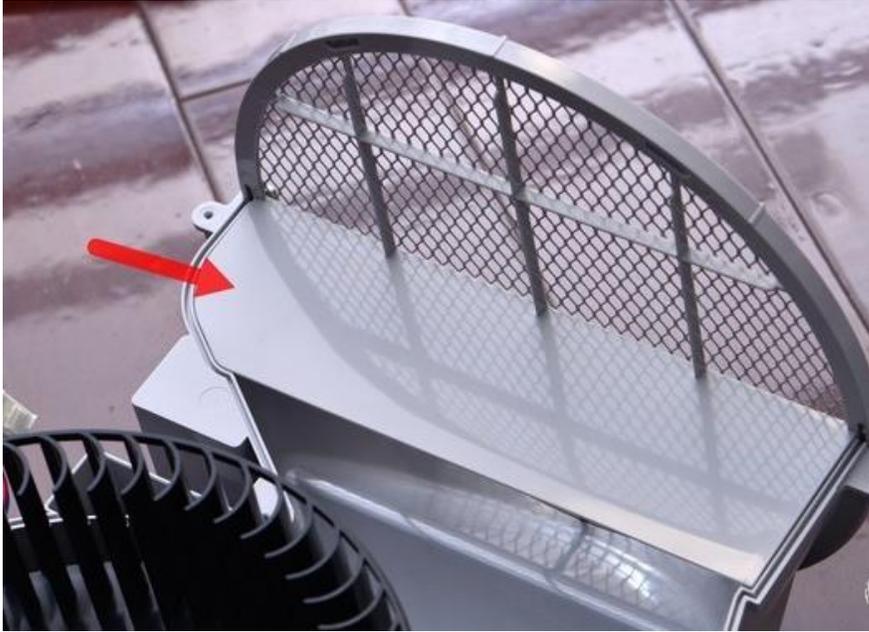
完全拆解：  
解構機體結構



小米  
空氣清淨機 MAX

CADR值高達 $1000\text{m}^3/\text{h}$   
顆粒物CADR值為 $800\text{--}1000\text{m}^3/\text{h}$   
甲醛CADR值為 $100\text{--}1000\text{m}^3/\text{h}$   
適用空間達 $120$ 平方米。

# 結構拆解 吸音處理



值得一提的拆解重點：  
風切對策

---



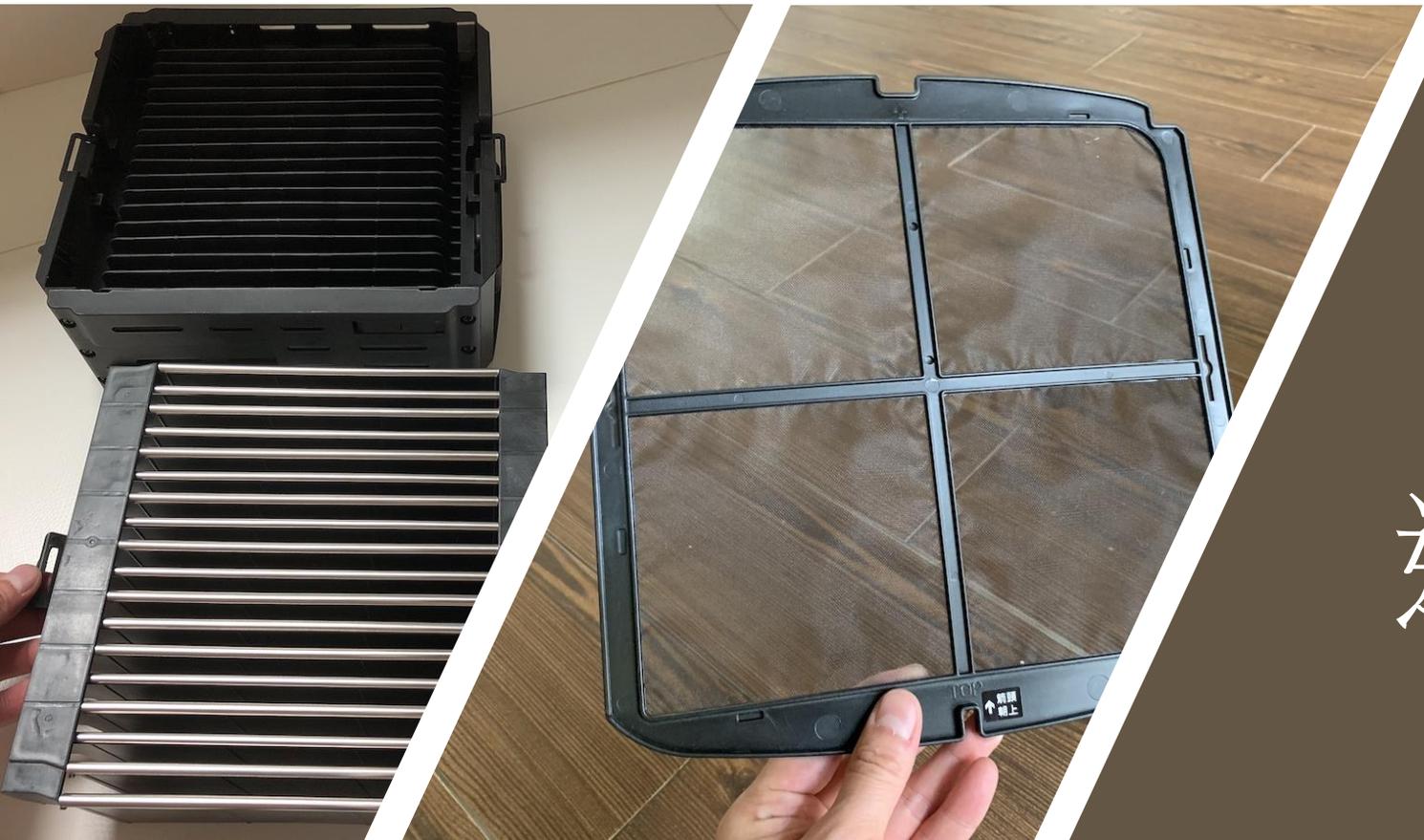
## POIEMA 空氣淨化器

| 淨與靜的最高標準 |

大口呼吸 安心入睡



# POIEMA ZERO



# 結構拆解： 過濾機制設計

# 美好的廣告 與 事實的觀點

廣宣、隨堂與課程複習



3 層淨化、終生 0 耗材  
每 2 個月清洗一次即可



\*可搭配甲醛催化網達到最佳效果



## TPA 淨化技術核心 4 元件

- 初效濾網 過濾毛髮、皮屑等大型物質
- 發生極 產生電場，消除細菌病毒、甲醛、TVOC
- 收集極 吸附微小髒污，小至PM0.01
- 奈米催化網 降低臭氧濃度至0.001ppm

初效濾網、收集極只需 2 個月清洗一次，終生免耗材

使用了那些過濾方式？  
這些過濾方式有哪些特色？

# 貓，躲在哪裡？

結合知識與動手：

# 自製空氣清淨機！

# 動手前的規畫

---



使用對象的限制：  
給哪裡/誰來使用？

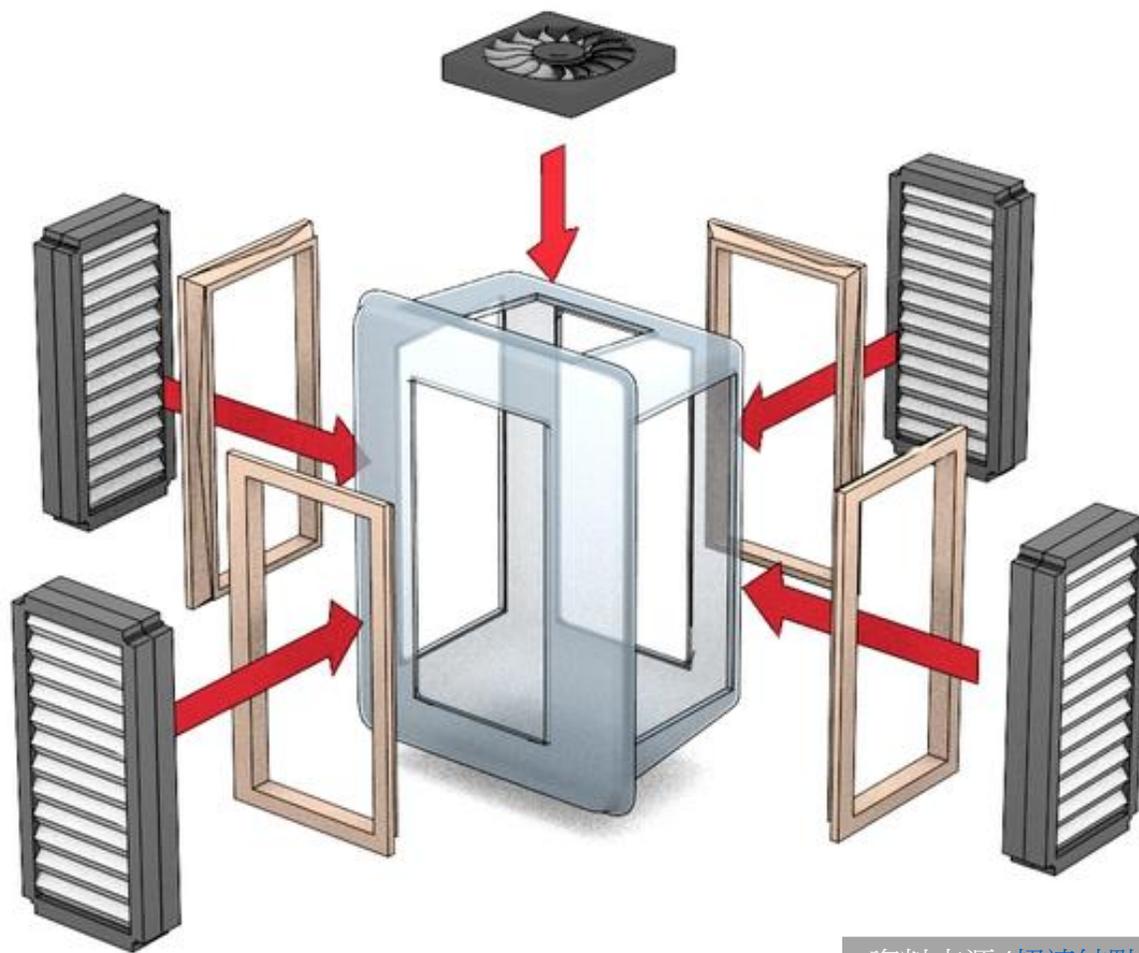


使用技術的限制：  
預設價格上下界線在哪？



額外考量的加權要素？  
聲音、維護便利性如何平衡？

初期構想：  
清淨機基礎  
構造



資料來源 ([超連結點此](#))

# 自製清淨機：機構構思



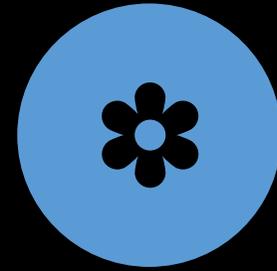
前驅處理：  
前製均風+前粗濾網去除初  
級大型污染物



電過濾法：  
靜電片二次處理



安全性考量設施：  
臭氧處理



氣體流動控制：  
風扇

# 實驗機型靜電片選用規格

型號	5095	外形尺寸(mm)	505×315×115
安裝型式	靜電式	處理風量	0-1700m <sup>3</sup> /h
重量	20kg	電路控制	線控
電源	240~110V	功率	17 ( W )
靜壓損失	25Pa以下	集塵器規格(mm)	505×315×115
工作環境	0°C-52°C	濾網尺寸(mm)	505×315mm

壓損換算  
≐ 0.100366 inH<sub>2</sub>O  
([點此查看換算表](#))

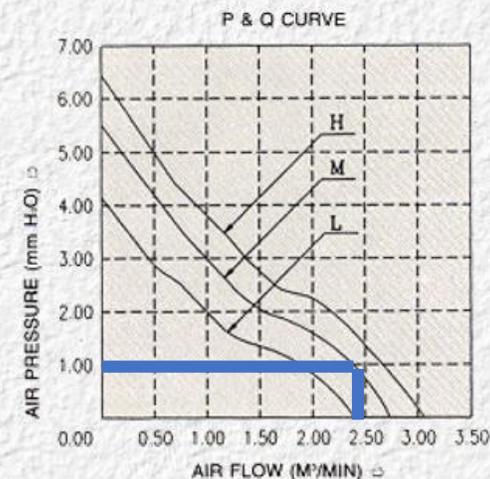
## 120MM Series (Thicknesss 38MM)

DELTA PART NO	WFB1212LE	WFB1212ME	WFB1212HE	WFB1224LE	WFB1224ME	WFB1224HE	WFB1248LE	WFB1248ME	WFB1248HE
Rate Voltage (V)	12VDC			24VDC			48VDC		
Operating Voltage Range (V)	7.0 ~ 13.2 VDC			14.0 ~ 26.4 VDC			38.0 ~ 56.0 VDC		
Rate Current (A)	0.23	0.32	0.60	0.18	0.24	0.32	0.06	0.09	0.13
Rate Input Power (W)	2.76	3.84	7.20	4.32	5.76	7.68	2.88	4.32	6.24
Max. Air flow M3/min. (CFM)	2.40 (84.7)	2.73 (96.4)	3.05 (107.7)	2.40 (84.7)	2.73 (96.4)	3.05 (107.7)	2.40 (84.7)	2.73 (96.4)	3.05 (107.7)
Max. Air Pressure mmH2O (inH2O)	4.00 (0.157)	5.20 (0.205)	6.30 (0.248)	4.00 (0.157)	5.20 (0.205)	6.30 (0.248)	4.00 (0.157)	5.20 (0.205)	6.30 (0.248)
Rotational Speed (r.p.m.)	1950	2240	2520	1950	2240	2520	1950	2240	2520
Acoustical Noise dB (A)	34.5	38	41.3	34.5	38	41.3	34.5	38.0	41.3
Weight	250g (13.6oz)								

All readings are typical values PATENT NO. 64822

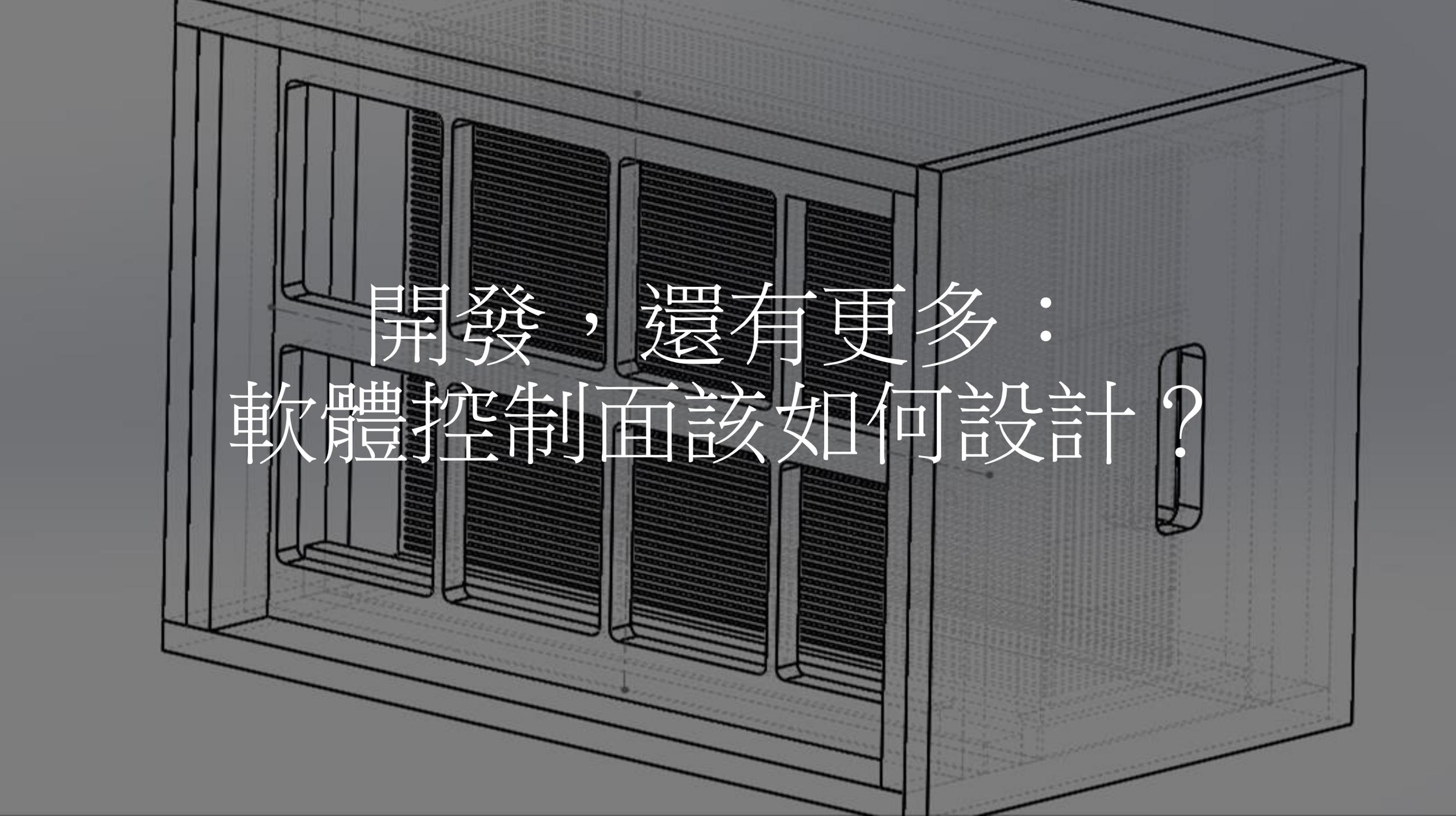


Air Flow Curves

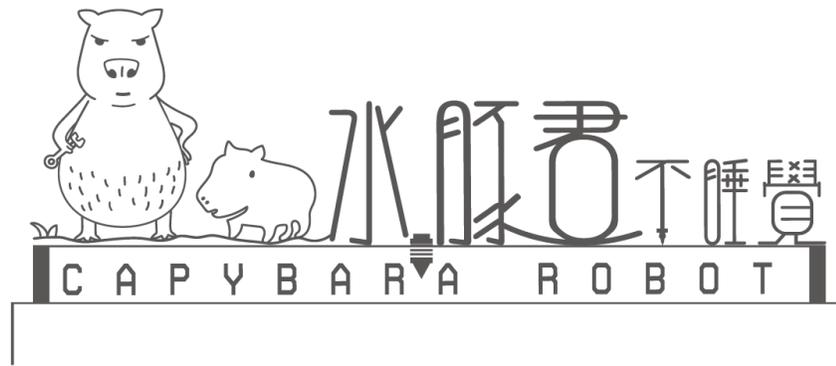


評估款式時，取最低值風量查表得知 -25Pa之排風量 $\approx 1152\text{m}^3$ ，以 $2.4\text{m}^3/\text{min} \times 60\text{min} \times 8$ 個為計。

# 尋找馬達風扇



開發，還有更多：  
軟體控制面該如何設計？



謝謝您

# 資料來源：

- 行政院環境保護署 空氣品質改善維護資訊網
- 空氣污染種類及來源<http://air.epa.gov.tw/Stationary/RB-index-1.aspx>
- 固定源小百科[http://air.epa.gov.tw/Stationary/Encyc\\_main.aspx](http://air.epa.gov.tw/Stationary/Encyc_main.aspx)