空調節能研討會

空調吸附除濕節能應用技術

演講教授：陳希立 博士

日　　期：2016/03/16

能源實驗室

前言

- 煤碳、石油與天然氣等化石能源的枯竭，嚴重影響著經濟的波動。
- 使用化石能源所帶來環保問題備受關注。
- 我國能源有百分之九十七仰賴進口。

前言

- 在一般大樓或是辦公廠房中，空調系統的設備耗電就占了總耗電的三分之一，某些特別建築如大型購物中心和工業廠房，其耗電量更達至總耗電量的一半。

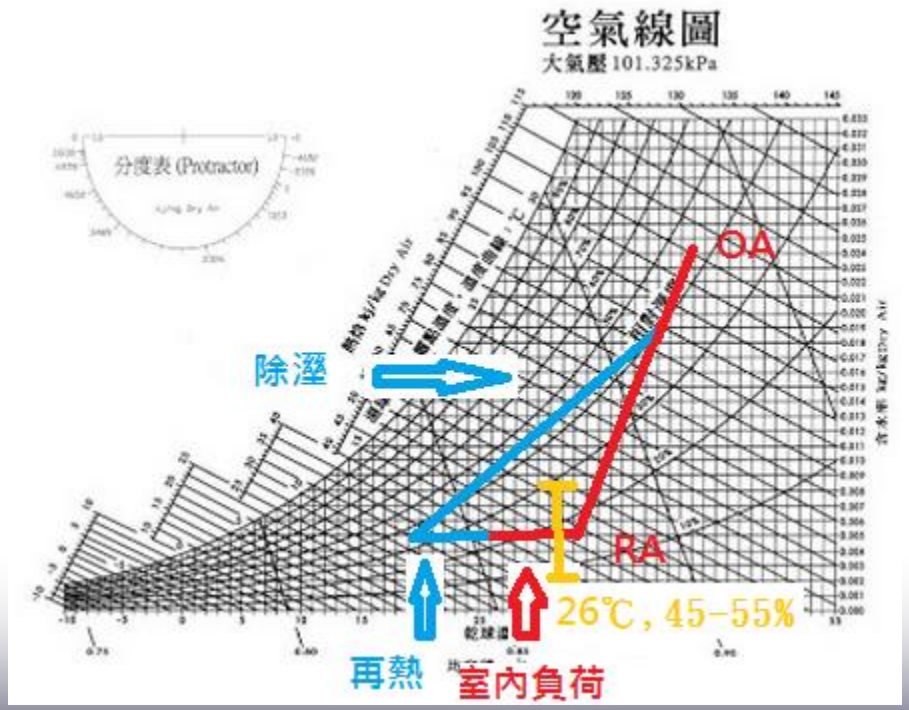
- 隨著政府提倡及實施「室內空氣品質法政策」，勢必要引進新鮮的外氣，以降低二氧化碳等污染物的濃度至1000ppm以下，但引進外氣會大大增加空調的耗能。

- 節能減碳政策的推行，使用單位皆將注意力置於空調系統的節能技術，且政府宣導將室溫設定於26℃以上，間接影響空調盤管的除濕效果，造成空間不適感。

- 單純使用冷凝除濕，通常需要再熱，造成能源的浪費。

前言

- 台灣屬海島型國家，四面環海，造成大氣中之水分含量比內陸國家高出很多，溼度過高影響人調節體溫的排汗功能，人會感到悶熱。一般人在45～55%的相對溼度下感覺最舒適。(26℃)



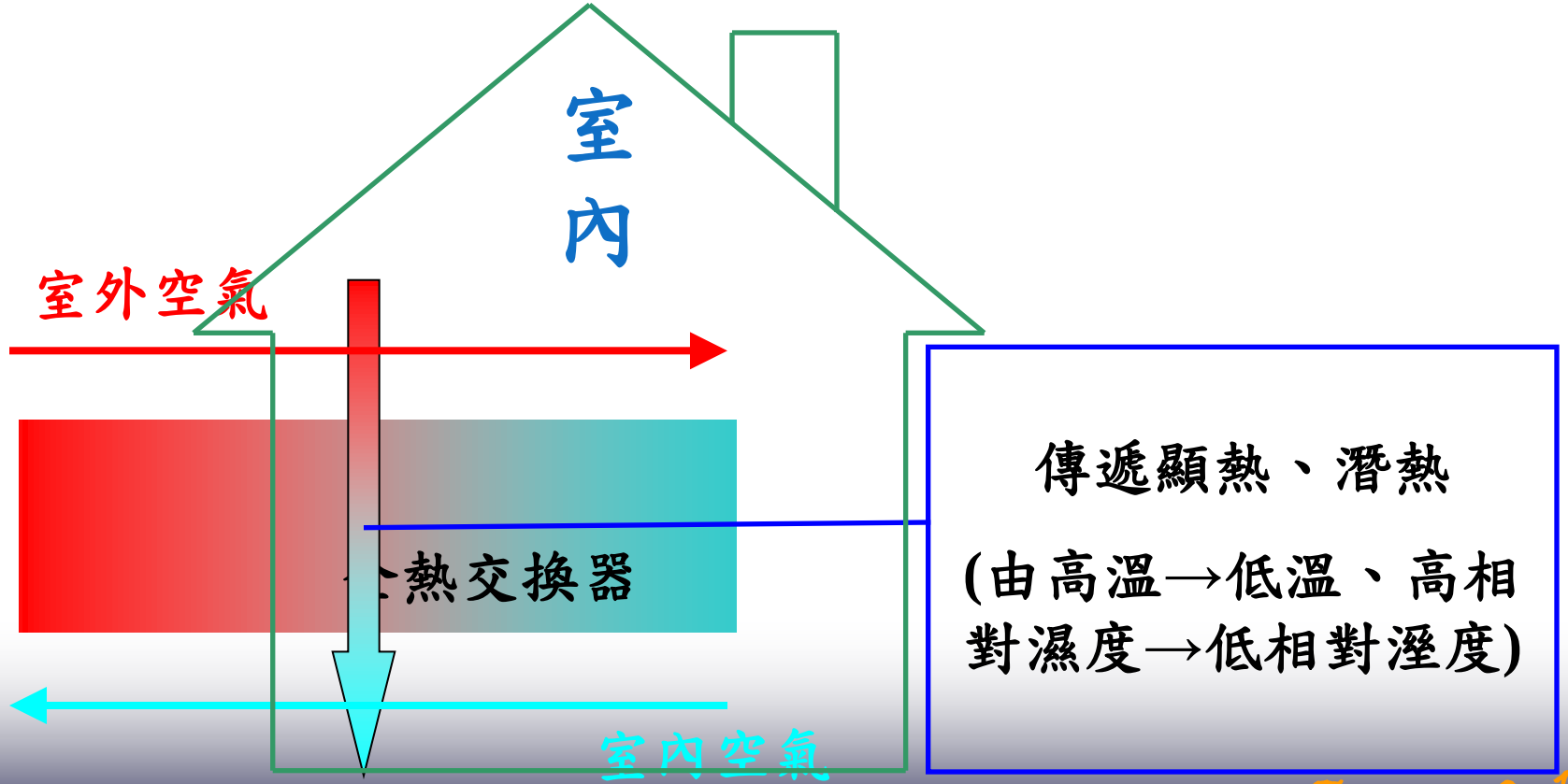
除溼方式的比較

除濕方法與優點	原理	缺點
冷凝除濕 （可順便降溫）	降低溫度使水結露排出	有時溫度會太低，需要再熱
固態除濕材料 （穩定、容易維修）	利用物理吸附或化學吸附方法除去水分 ex：活性碳、矽膠、氧化鋁、沸石、吸水高分子	吸濕量相對較低，有時會有粉塵問題
液態除濕材料 （具有高接觸面積與可撓式）	利用物理吸附或化學吸附方法除去水分 ex：氯化鈣、溴化鋰、PEG1000	具腐蝕性，維修不易

外氣空調箱節能技術

■ 能量回收之節能技術-全熱交換器

➢ 全熱交換器指氣體對氣體之熱交換器



外氣空調箱節能技術

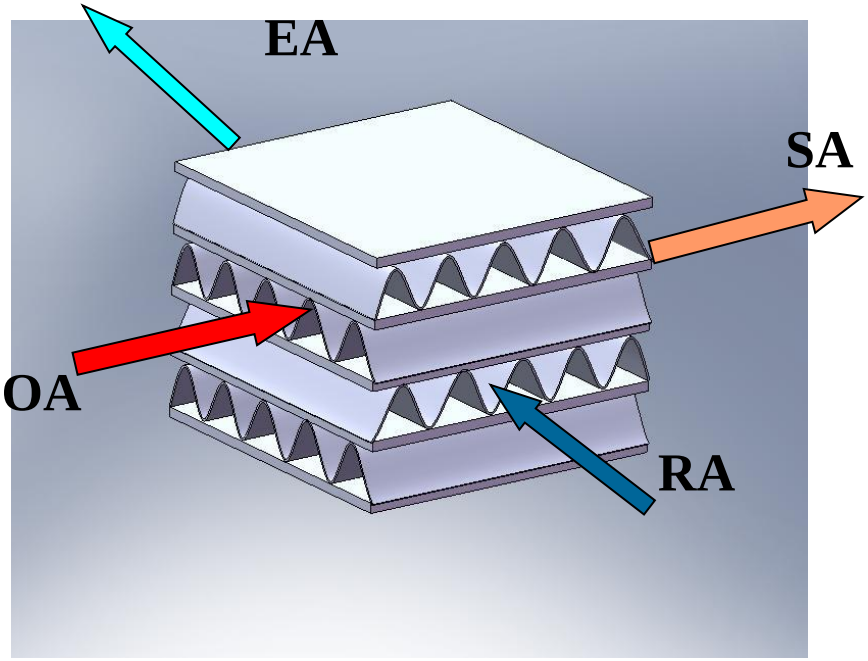
- 全熱交換器依熱傳特徵可分為：
  - 回復式：

    同時間進行熱質交換的全熱交換器
  - 再生式：

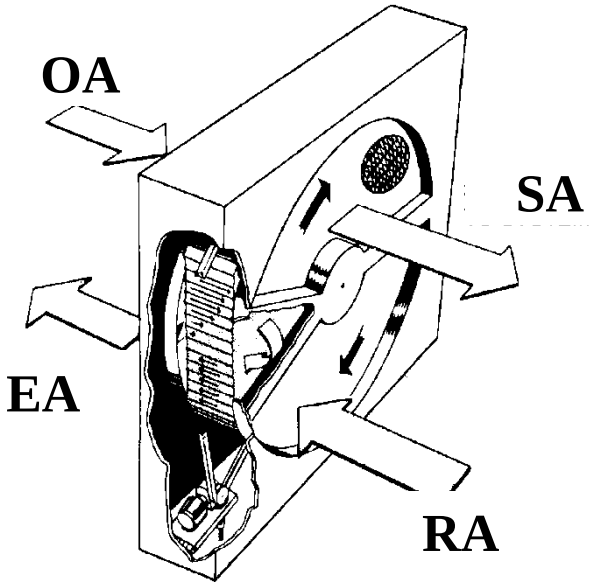
    不同時間進行熱質交換的全熱交換器

全熱交換器-能量回收技術

交叉流全熱交換器
(回復式)



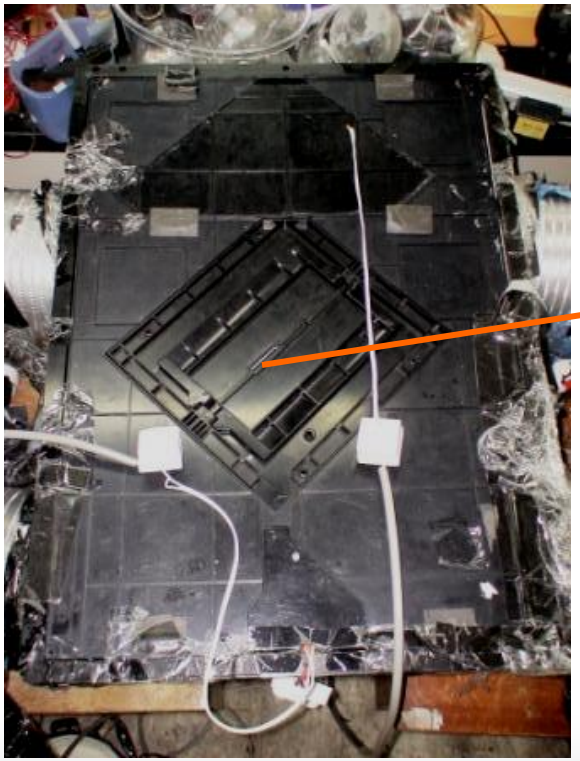
旋轉式全熱交換器
(再生式)



資料來源：ASHARE handbook 2000

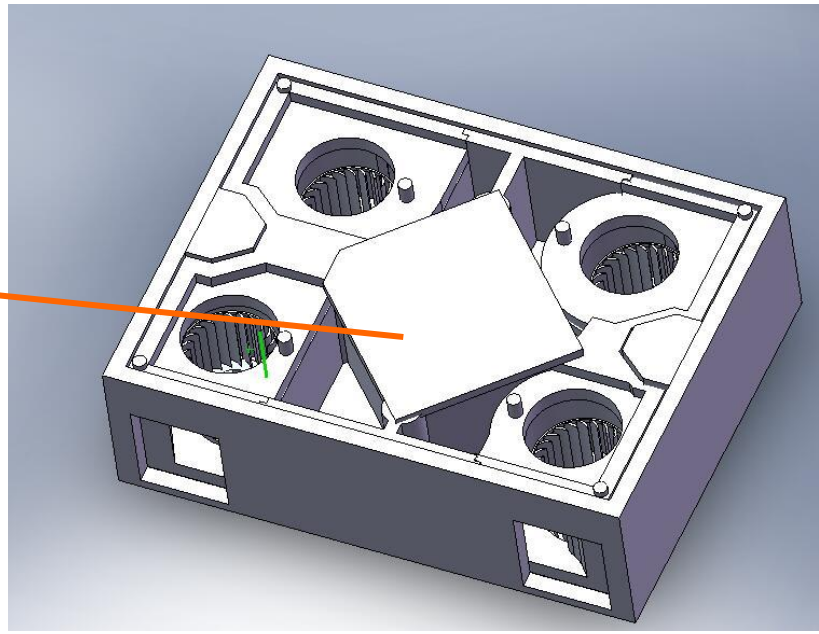
全熱交換系統構造圖(回復式)

實體圖

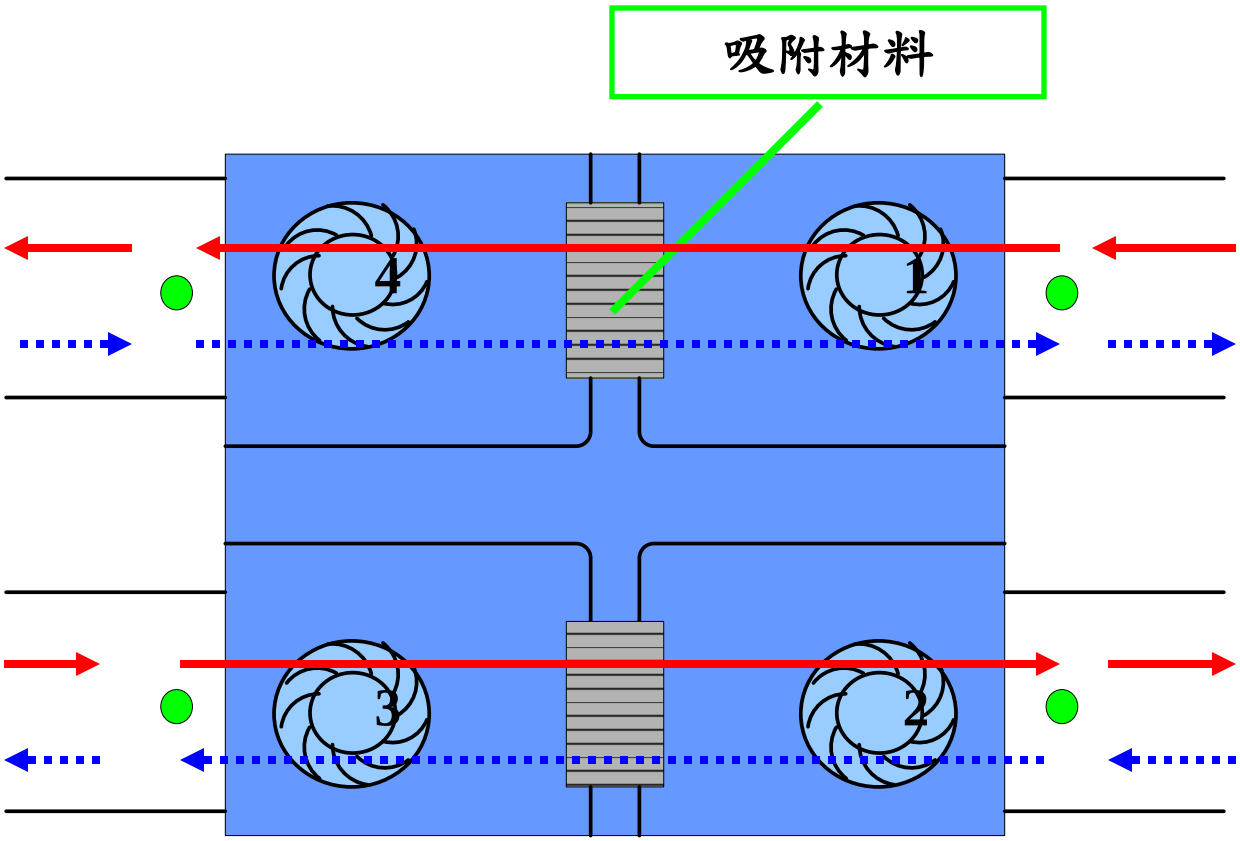


回復式全熱交換器

內部構造圖



風扇週期式運轉系統圖(再生式)



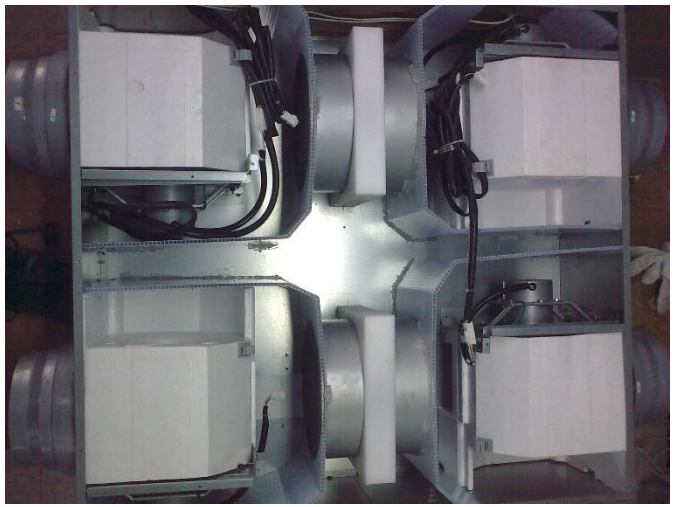
2、4號風扇運轉時氣體流動方向如紅色箭頭所示

1、3號風扇運轉時氣體流動方向如藍色箭頭所示

再生式全熱交換系統構造圖

轉輪式

風扇週期式

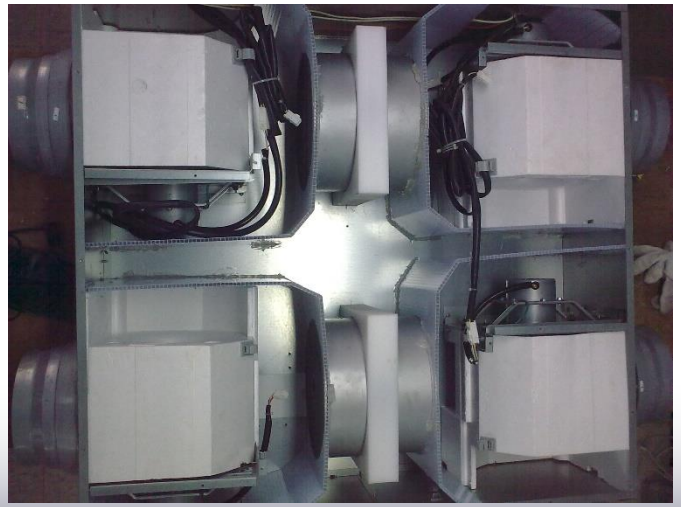


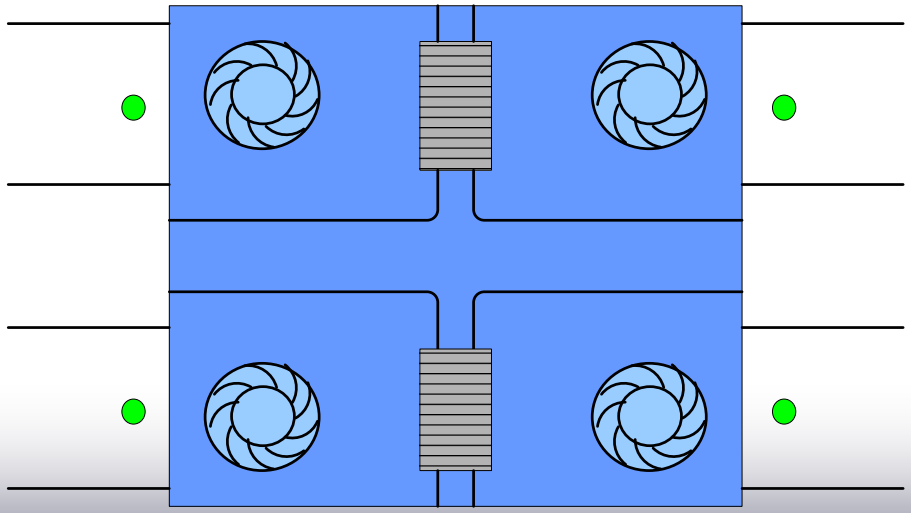
旋轉式與週期式之比較

- 兩者熱質傳模式相同
- 週期式之優點：
  - 減少耗電元件，成本較低
  - 減少噪音
  - 除了風扇以外無動件，增加產品壽命
  - 吸附材料形狀可配合管路設計，不一定要圓形
  - 受風面積增加
  - 運轉週期可隨室內外狀態自由改變
  - 設備尺寸可設計較小，安裝較方便。

旋轉式與週期式之比較

- 週期式之缺點：
  - 無法解決髒空氣回流的問題。
- 轉輪旋轉式之缺點：
  - 成本較高，多使用馬達



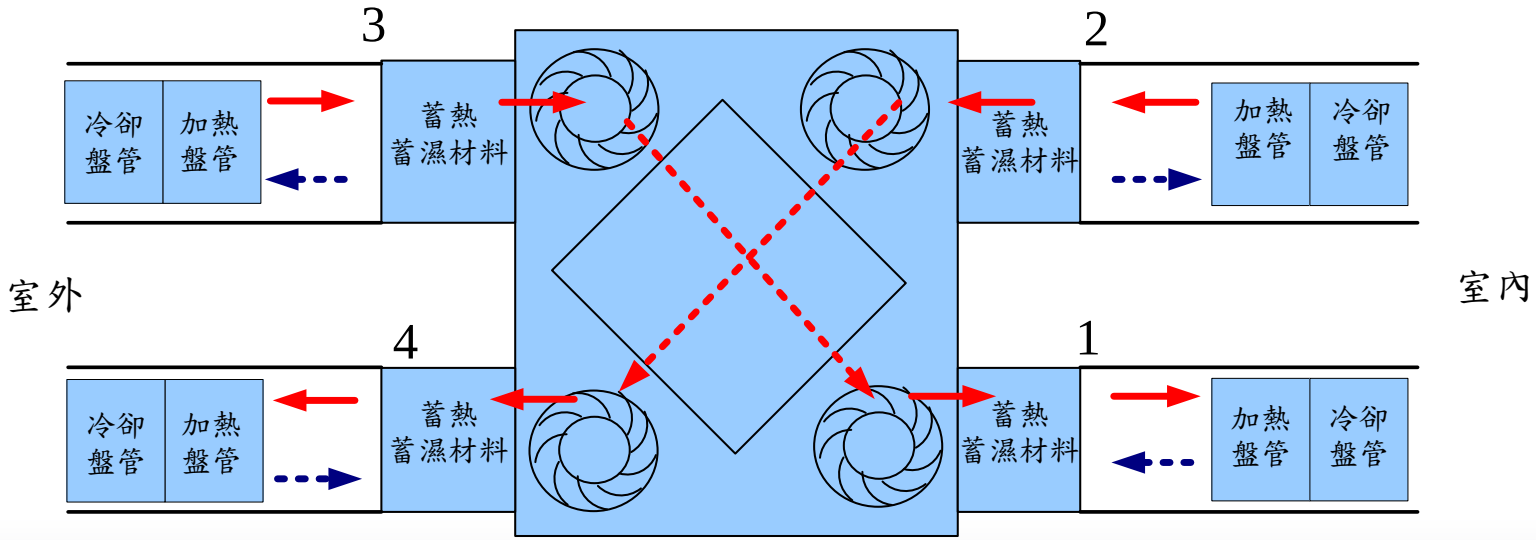


外氣空調系統節能方法

1. 結合回復式與再生式-蓄能材料
2. 氣對氣全熱交換器
3. 氣對氣全熱交換器結合輻射冷管排
4. 除濕轉輪結合熱泵
5. 流體化床與連續性運轉
6. 氯化鈣溶液之外氣空調箱除濕系統
7. 淺層溫能外氣空調箱系統

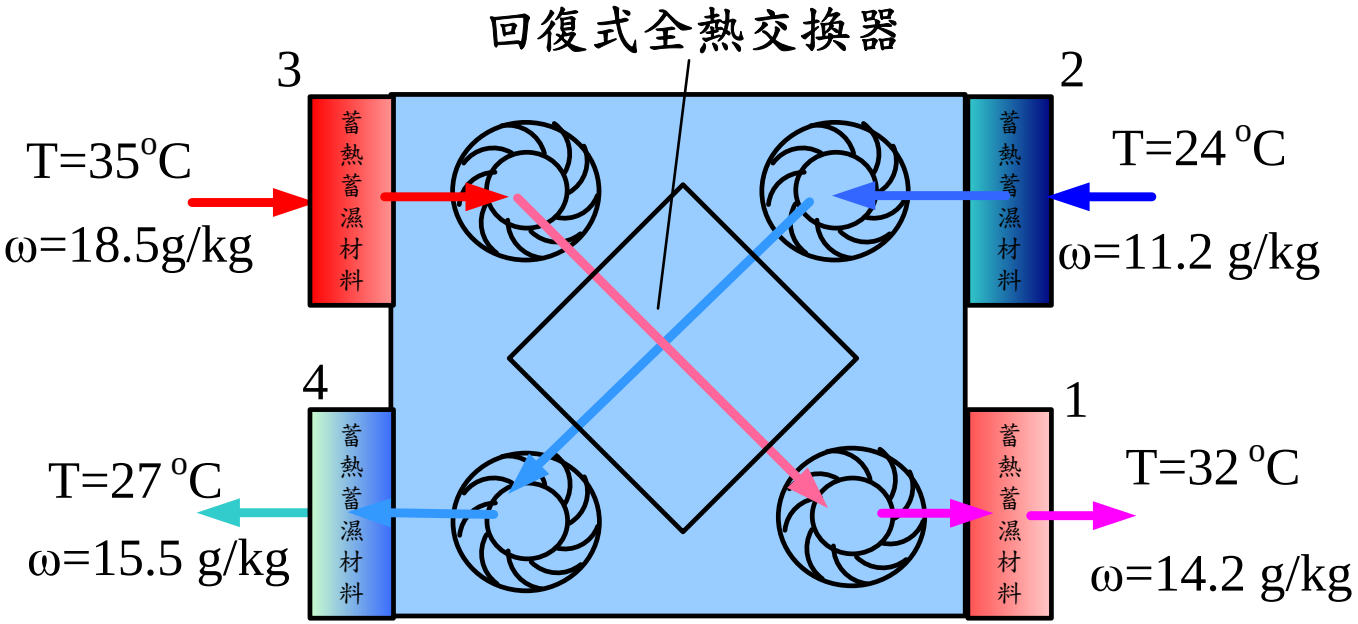
結合回復式與再生式之蓄能節能系統

- 於回復式全熱交換器四個風口加裝蓄熱蓄濕材料，並以再生式全熱交換器的週期式運轉，求出最佳運轉週期與蓄熱蓄濕材料，以提高全熱交換器能源回收效率。



蓄能全熱交換器系統運轉方式

週期式運轉（正轉）

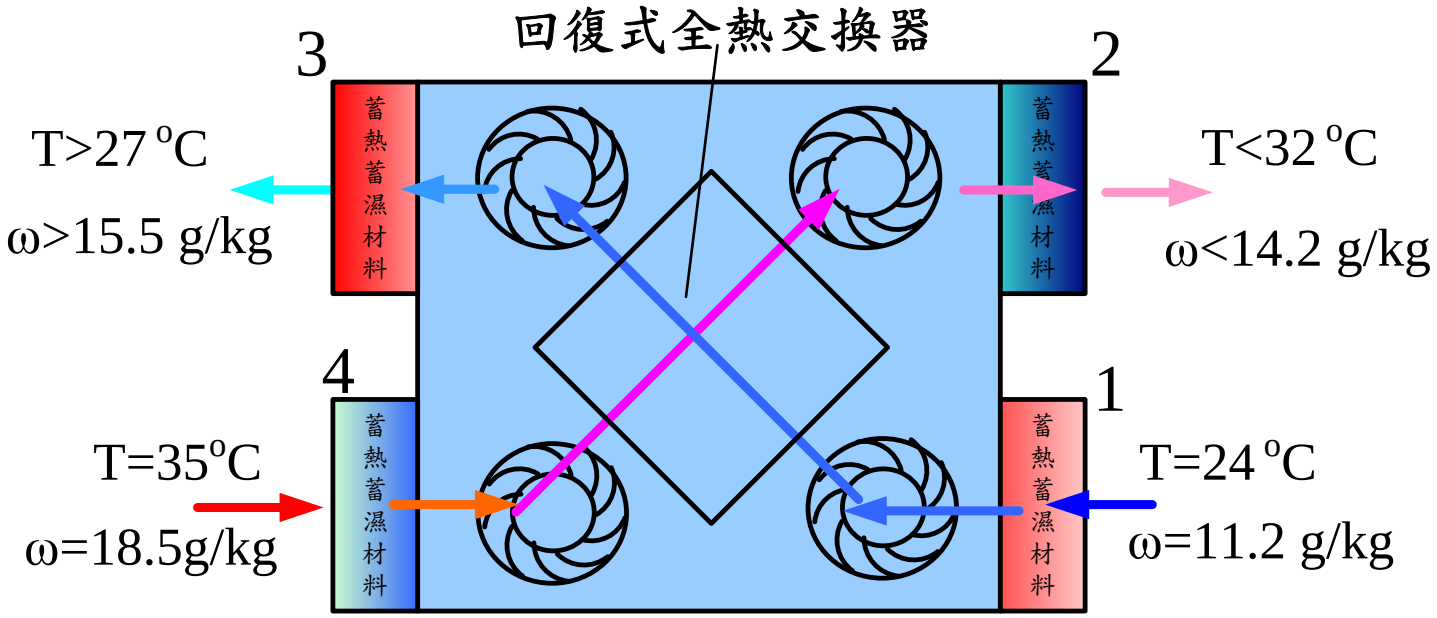


T:溫度　ω :濕度比

	室內側		室外側	
風扇	1	2	3	4
開/關	ON	OFF	OFF	ON

蓄能全熱交換器系統運轉方式

週期式運轉（反轉）

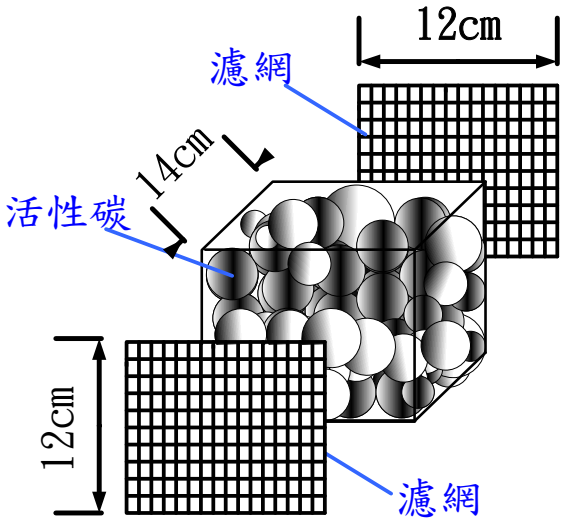


T:溫度　ω :濕度比

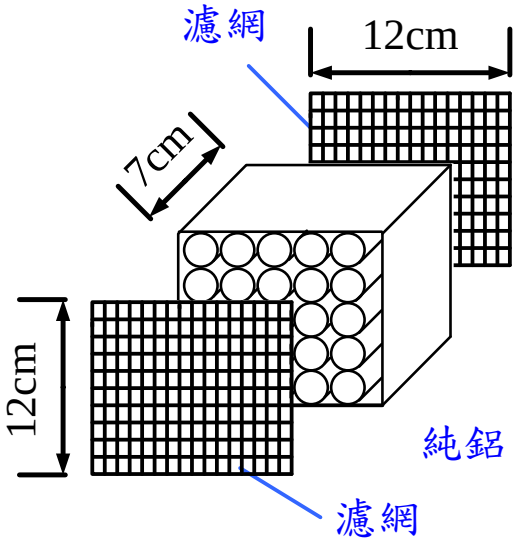
	室內側		室外側	
風扇	1	2	3	4
開/關	OFF	ON	ON	OFF

蓄熱蓄濕材料比較

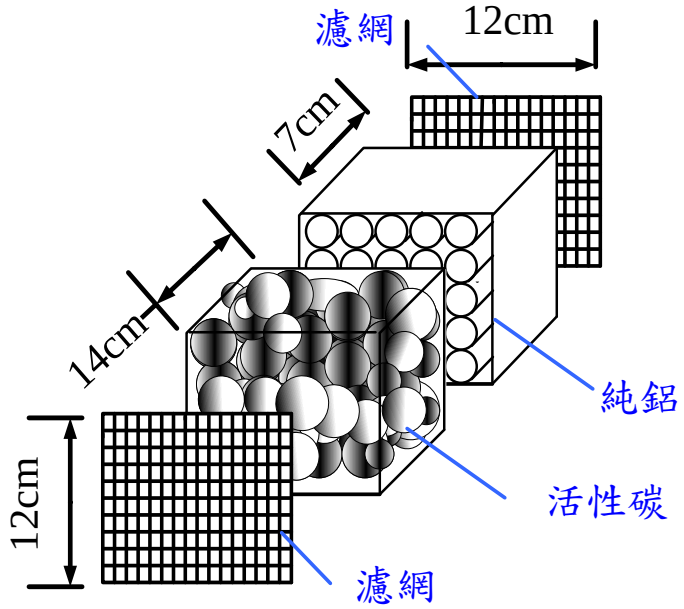
- 蓄熱蓄濕材料



活性碳重705g



純鋁重1558g

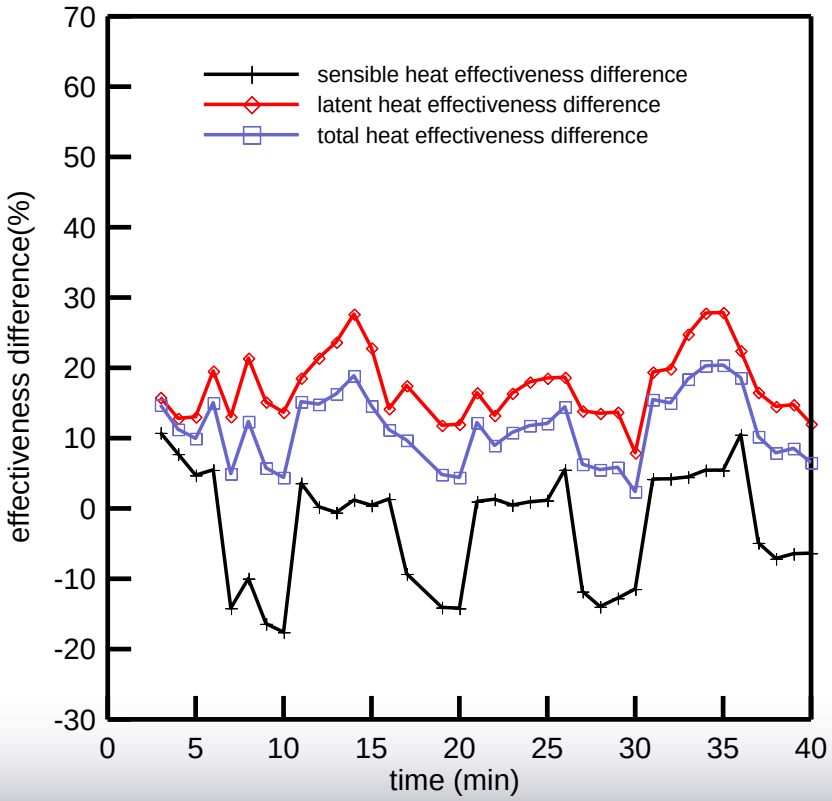


鋁混活性碳重1890g

蓄熱蓄濕材料測試結果

加活性碳之五分鐘週期

有效度增加量



平均顯熱有效度增加量：-2.45%

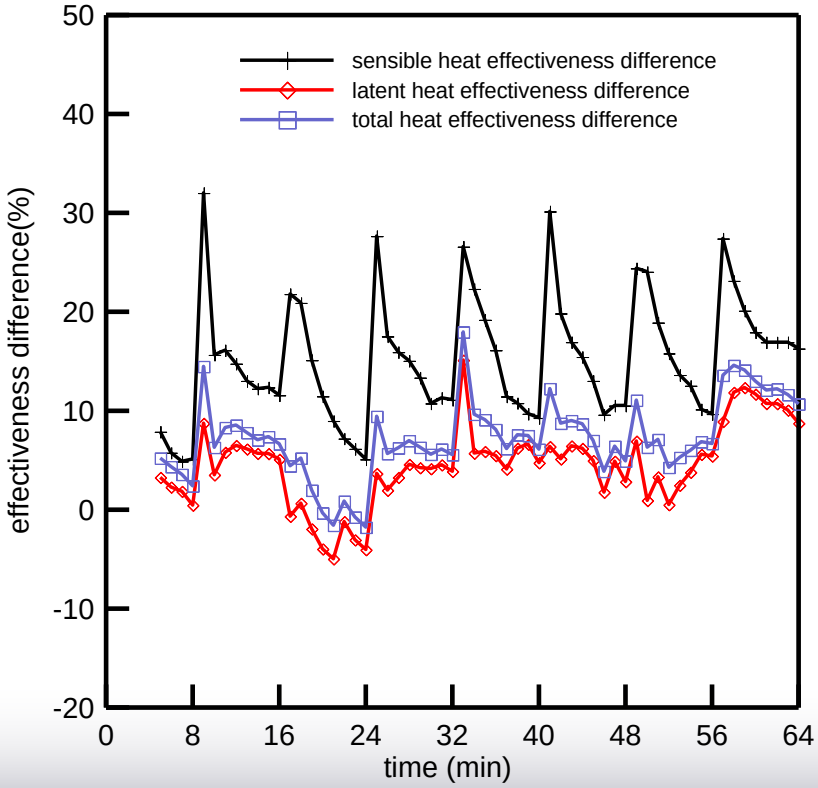
平均潛熱有效度增加量：17.3%

平均全熱有效度增加量：11.7%

蓄熱蓄濕材料測試結果

加純鋁之八分鐘週期

有效度增加量



平均顯熱有效度增加量：**15.1%**

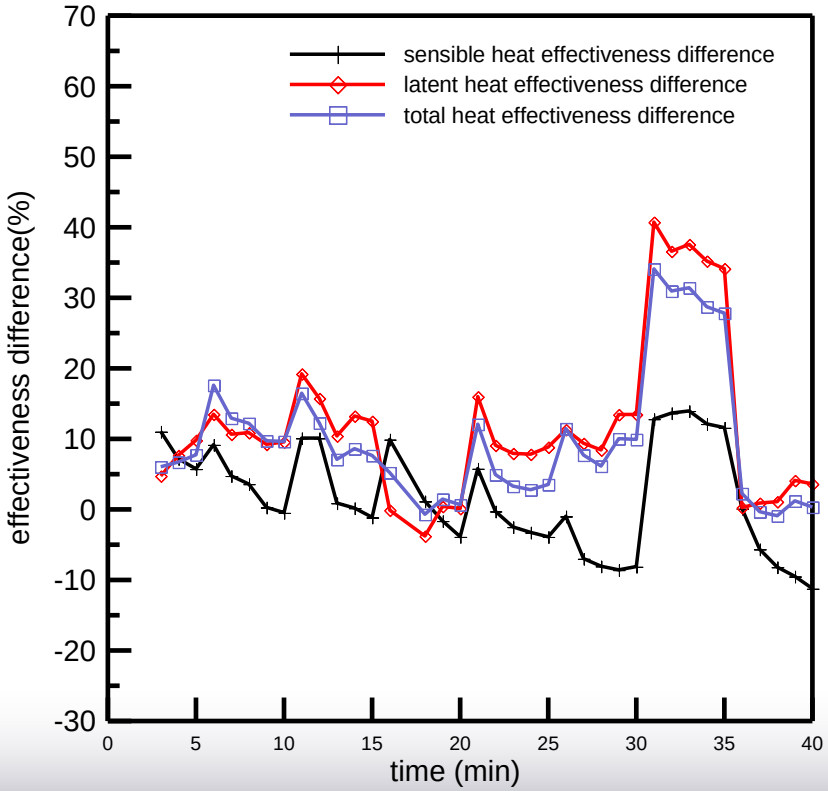
平均潛熱有效度增加量：**4.55%**

平均全熱有效度增加量：**7.19%**

蓄熱蓄濕材料測試結果

加鋁混活性碳之五分鐘週期

有效度增加量



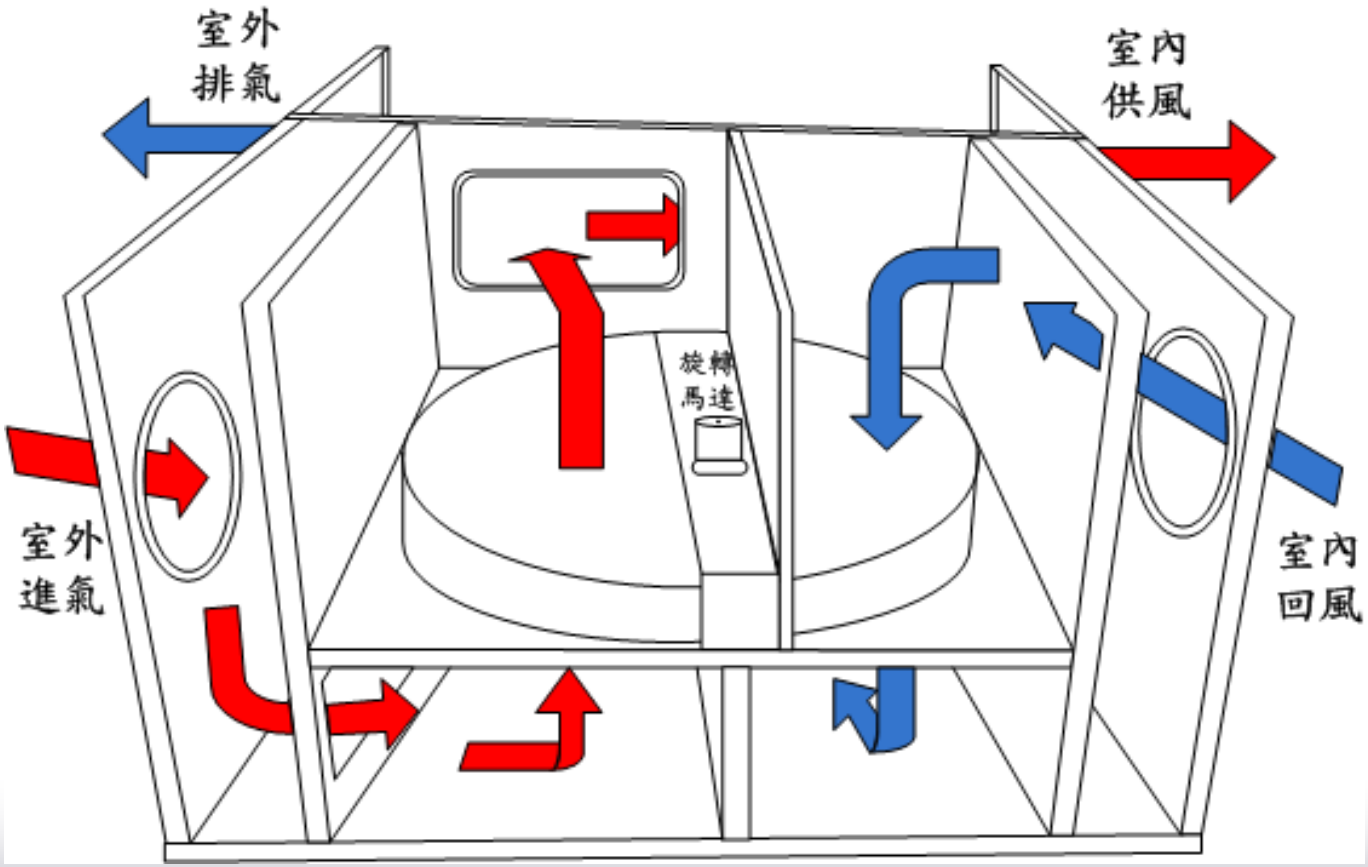
平均顯熱有效度增加量：1.96%

平均潛熱有效度增加量：12.0%

平均全熱有效度增加量：9.98%

氣對氣全熱交換器-實際應用

- 系統空氣流動示意圖



氣對氣全熱交換器

- 氧化鋁填充床
  - 水平型式吸附填充床，轉輪轉速為 20 rph， 利用3~5 mm及6~8 mm之氧化鋁顆粒進行填充。

實際測試		夏	春、秋	冬
外氣條件	T(℃)	33.4	25	15.8
	RH(%)	58	80	47
	w(g/kg)	18.9	16	5.2
供風條件	T(℃)	28.8	26.5	22.6
	RH(%)	53	59	36
	w(g/kg)	13.2	12.8	6.1
回風條件	T(℃)	25	24.5	23
	RH(%)	58	62	36
	w(g/kg)	11.5	11.9	6.3
有效度	顯熱有效度(%)	54.8	0	94.4
	潛熱有效度(%)	77.4	78.4	85.5
	全熱有效度(%)	70.4	60.4	92.0
除濕率(-)或加濕率(+) (kg/hr)		-4.8	-2.6	+0.75

月份	外氣條件			用電量		節能效益	節省電費(元)	CO2減少排放量(kg)
	T (℃)	RH (%)	H (kJ/kg)	改善前 (kWh)	改善後 (kWh)			
1	16.6	72.6	36.7	3,691	3,382	7.6%	1,361	146
2	17.0	77.4	40.7	3,442	3,180	7.5%	1,245	134
3	21.6	68.4	48	2,150	1,933	11.5%	1,223	131
4	22.1	73.6	53.4	2,230	1,960	13.5%	1,532	164
5	27.0	71.5	67.9	2,633	2,381	13.7%	1,841	197
6	27.8	75.3	70.3	2,586	2,401	13.8%	1,690	181
7	32.4	65.2	82.5	2,868	2,434	20.9%	3,234	347
8	30.8	66.8	83.2	2,860	2,434	21.4%	3,332	357
9	30.8	67.1	76.2	2,722	2,461	15.2%	2,217	238
10	25.3	74.4	62.8	2,434	2,209	12.6%	1,602	172
11	22.1	71.5	52	2,191	1,927	13.4%	1,499	161
12	17.1	65.5	36.9	3,565	3,213	9.2%	1,631	175
總計				33,372	29,915	13.2%	22,406	2,402

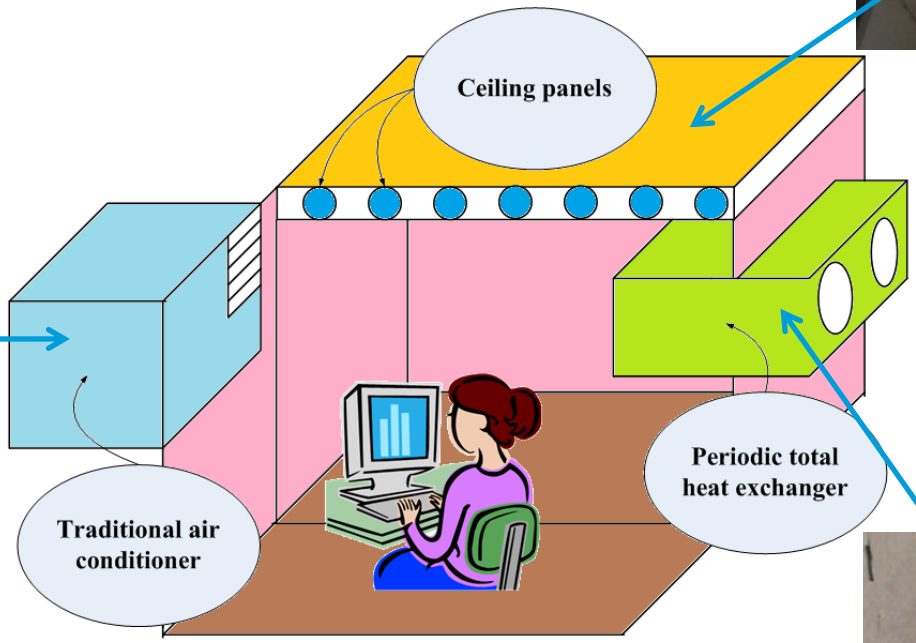
回收年限：約3年

氣對氣全熱交換器之性能與價格比較

氣對氣全熱交換器				
熱交換介面		氧化鋁填充床	蜂巢式轉輪	高機能薄膜紙
風量(CMH)		600		
有效度(%)	顯熱	71	73	77
	潛熱	77	85	61
	全熱	73	80	67
耗功(kW)		0.6	0.45	0.41
售價(NT)		預估5萬	15萬	6萬

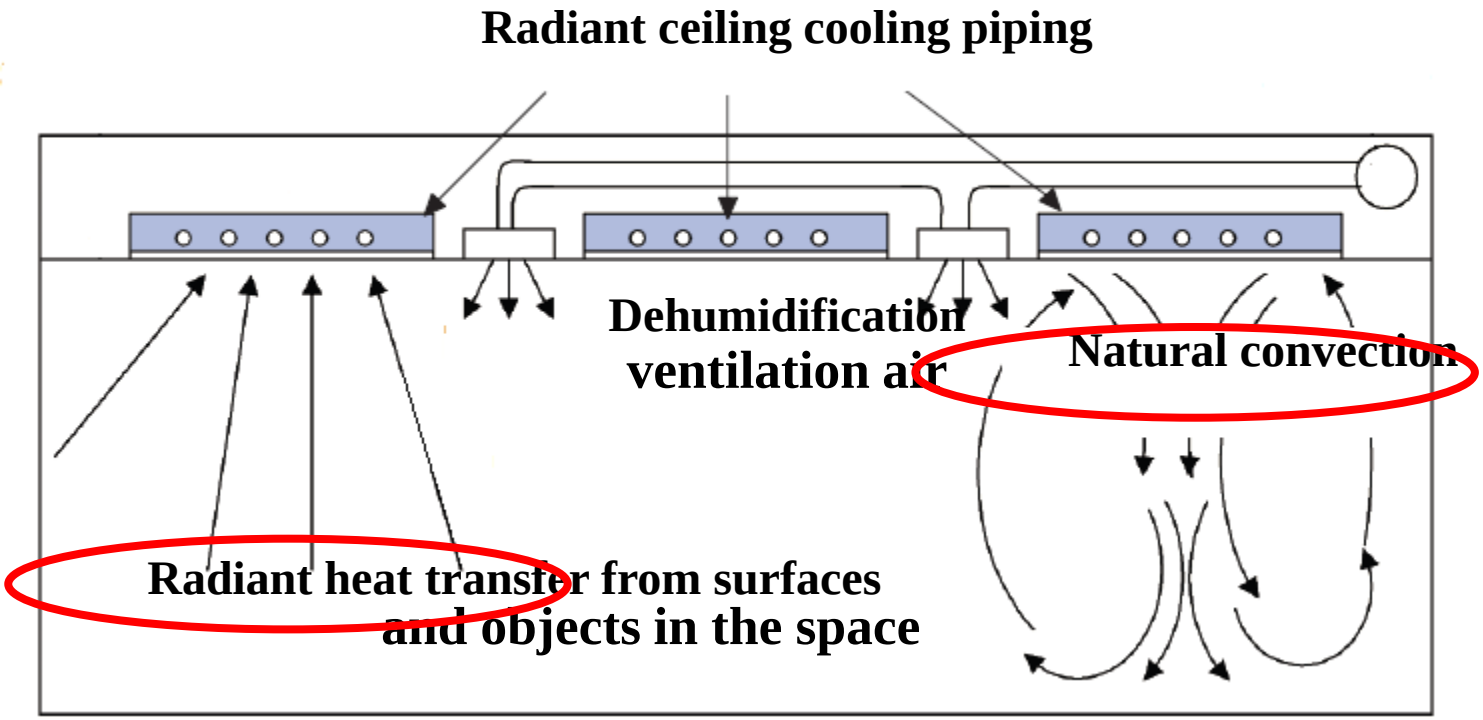
全熱交換器結合自來水盤管微電系統

- Low-carbon desiccant cooling system



微電系統節能基礎原理

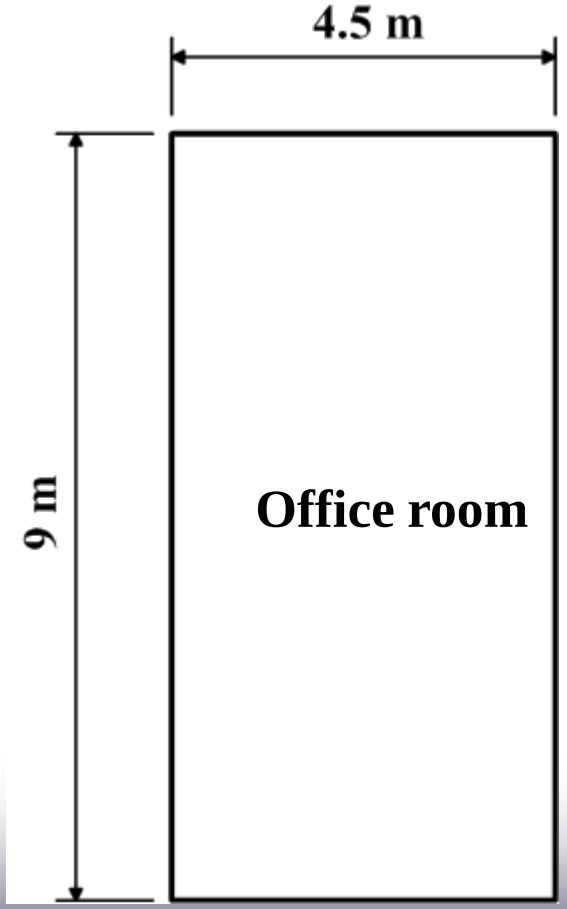
- **Radiant ceiling cooling system**



(ASHARE journal June 2004)

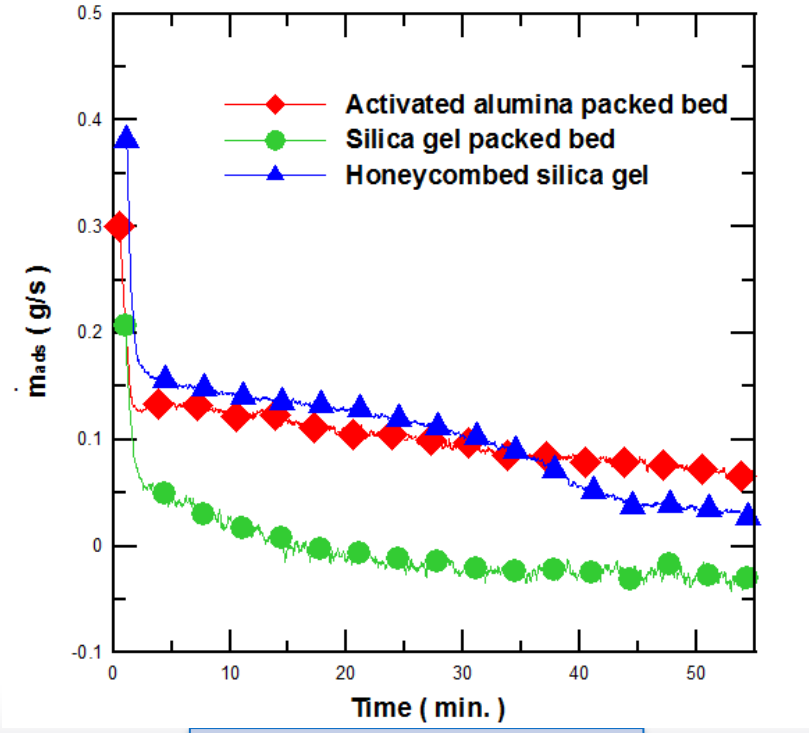
實際裝設案例

- The experiments were conducted in an office room (9m×4.5m×3m) located at Taipei Water Department.

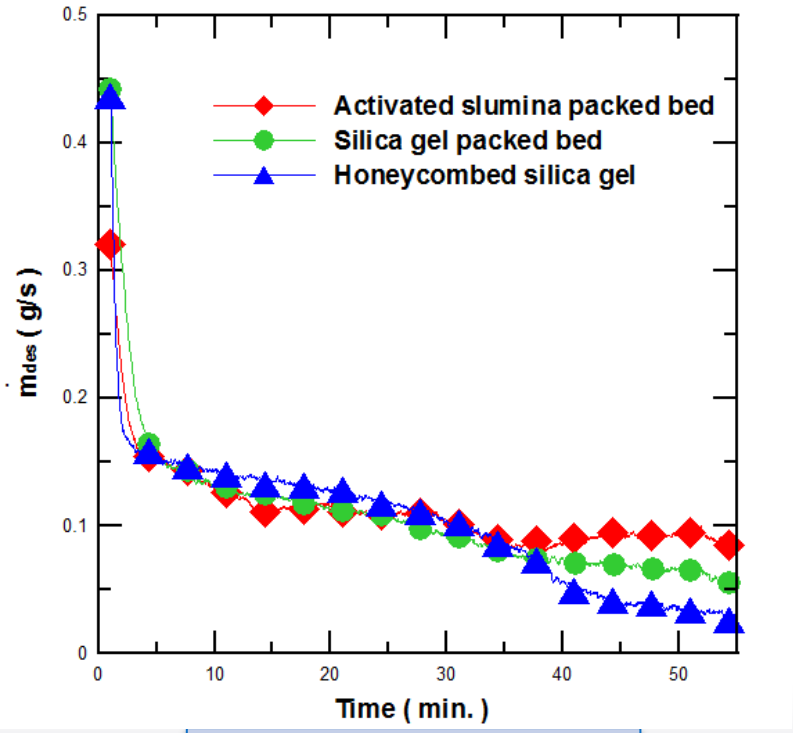


低溫再生狀態材料測試結果

- 比較3種材料在25°C 再生條件下，吸附與脫附的比較 (T_d=25.6°C T_{dew}=16.1°C)



Adsorption rate



Desorption rate

低溫再生狀態材料測試結果

- 再生溫度越高，吸附與再生速率都會提升。
- 25^{O}C再生溫度下(設定之室內回風)，活性氧化鋁的吸附與再生速率都最高。
- 在低溫再生條件下，活性氧化鋁填充床較適合應用於此系統

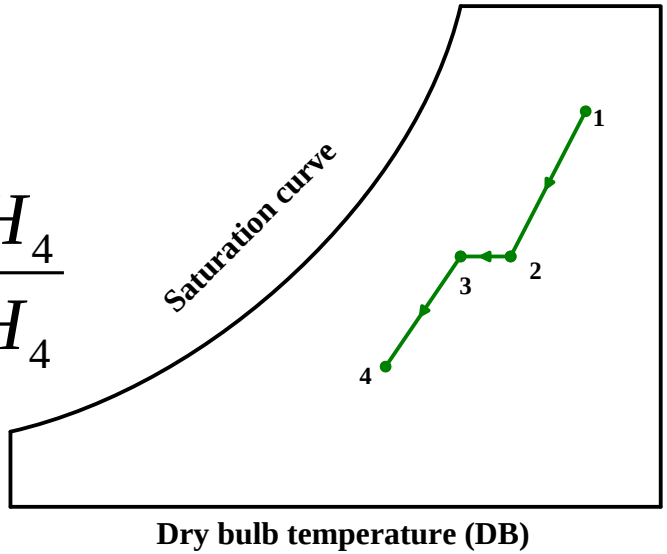
Radiant Cooling Piping (Results)

	with radiant ceiling cooling piping			without radiant ceiling cooling piping		
	T_d(°C)	ϕ(%)	T_{dew}(°C)	T_d(°C)	ϕ(%)	T_{dew}(°C)
outdoor condition	33.9	59.8	25.0	33.8	56.0	23.8
initial indoor condition	29.4	76.0	24.7	31.3	60.1	22.6
final indoor condition	26.5	68.6	20.3	26.5	56.4	17.1
operating time of the air conditioner	18.0 min.			54.5 min.		

Energy Conservation Analysis

- **the energy saving ratio**

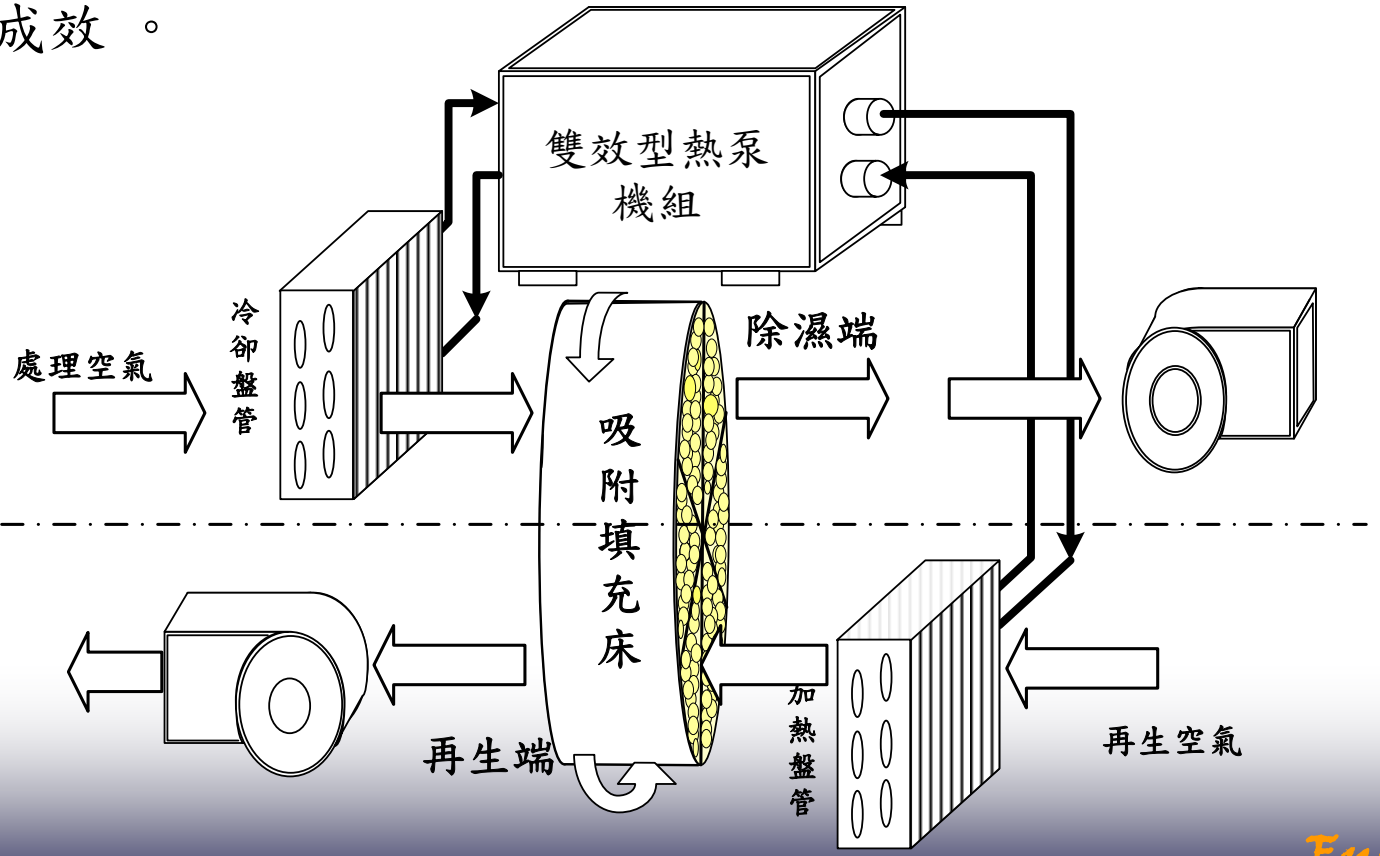
$$E = \frac{\dot{Q}_{ven} - \dot{Q}_{sys}}{\dot{Q}_{ven}} \times 100\% = 1 - \frac{H_3 - H_4}{H_1 - H_4}$$



- **the energy saving ratio of the low-carbon desiccant cooling system is 67.4%**

結合熱泵外氣空調箱節能技術

- 針對**建築物空調節能**與**維持室內空氣品質**兩大需求，開發結合一熱泵吸附除濕空調系統，在引進室外新鮮空氣條件下，以較**低成本**之方式增進除濕效果，使空調系統於營造舒適環境下兼具節能之成效 。



材料基礎測試結果比較

- 吸附填充床平均吸附率與脫附率比較

吸附材	處理空氣條件	再生空氣條件	風速 (m/s)	50分鐘平均吸附率 (g/min)	50分鐘平均脫附率 (g/min)
蜂巢式矽膠	30℃、70%RH	50℃、24%RH	1.8	5.3	6.9
			2.8	8.2	10.9
矽膠填充床			1.8	6.6	9.4
			2.8	10.1	17.4
氧化鋁填充床			1.8	11.7	6.3
			2.8	17.2	7.4
分子篩填充床			1.8	0.59	-3.76
			2.8	1.07	-6.40

系統實體圖

- 整個空調系統的外箱尺寸，長170 cm、寬80 cm、高120 cm，填充床轉輪具有可 抽換之功能設計。
- 處理風量為600cfm
- 再生風量為700cfm

系統性能效益比較

除濕空調系統		熱泵結合矽膠填充床轉輪除濕空調系統			熱泵結合蜂巢式矽膠轉輪除濕空調系統		
		600 cfm			600 cfm		
除濕能力(kg/hr)	冷凝除濕	3.4			3.4		
	吸附除濕	3.6			3.9		
	總除濕	7.0			7.3		
再生能力(kg/hr)		3.8			4.5		
能源因數值(kg/kWh)		壓縮機: 2.0 kW	風機: 1.1 kW	馬達: 0.2 kW	壓縮機: 2.0 kW	風機: 0.7 kW	馬達: 0.2 kW
		3.3			2.5		
應用場合		一般民生大樓、大型商場、辦公大樓			大型半導體製廠、大型製藥廠		
售價(NT)		預估20萬			90萬		
單位金額除濕能力(L/萬元)		0.35			0.07		

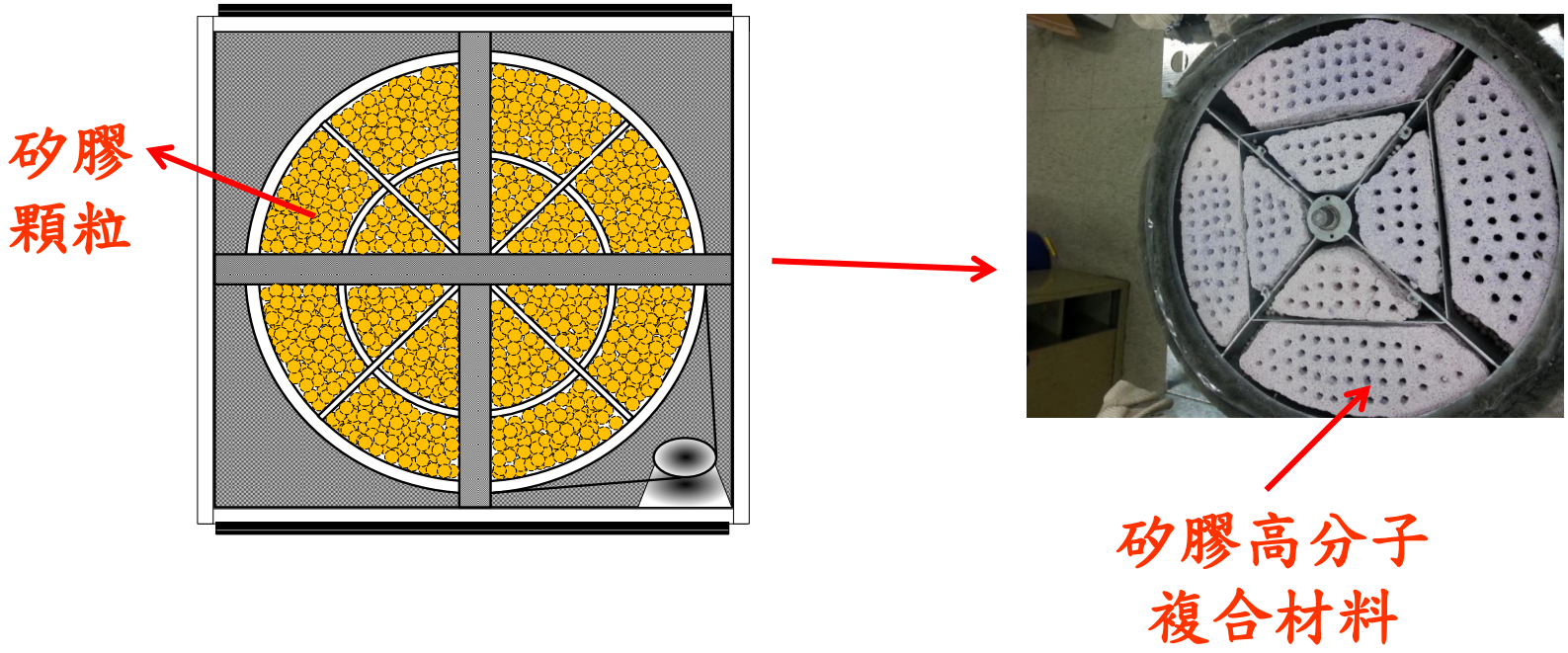
月份	外氣條件			用電量		節能效益	節省電費(元)	CO_2減少排放量(kg)
	T (℃)	RH (%)	H (kJ/kg)	改善前 (kW)	改善後 (kW)			
1	16.6	72.6	36.7	8,806	7,915	10%	5,186	555
2	17	77.4	40.7	8,482	7,602	10%	5,125	549
3	21.6	68.4	48	6,552	5,817	11%	3,676	394
4	22.1	73.6	53.4	7,061	6,309	10%	3,758	402
5	27	71.5	67.9	8,427	7,358	12%	4,891	524
6	27.8	75.3	70.3	8,654	7,486	13%	5,383	577
7	32.4	65.2	82.5	9,803	8,416	14%	6,937	743
8	32.3	66.8	83.2	9,869	8,389	15%	6,947	744
9	30.8	67.1	76.2	9,210	7,933	13%	6,385	684
10	25.3	74.4	62.8	7,947	6,984	12%	4,813	516
11	22.12	71.5	52	6,929	6,182	10%	3,737	400
12	17.1	65.5	36.9	8,789	7,899	10%	5,183	555
總計				100,529	88,288	12.0%	63,394	6,795

- **設備與建置成本25萬元估算，於系統安裝後第四年可回收**

經濟部能源局公佈每度電產生CO_2量為0.536 kg/kWh

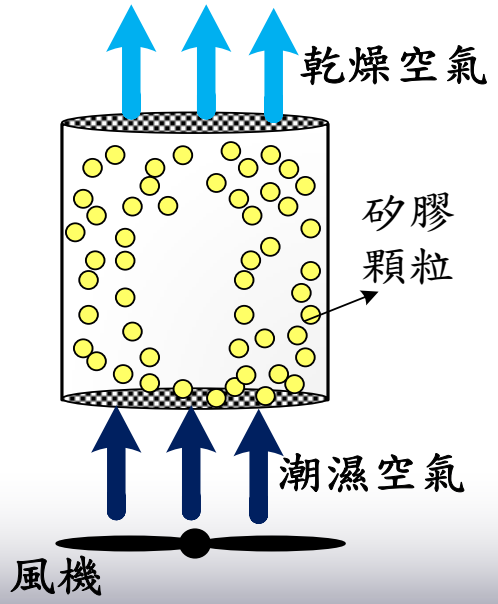
降低壓降並提升吸濕能力

- 矽膠高分子複合材料可以進一步改善此系統的除濕轉輪



流體化床應用於除溼系統

- 利用風機提供動力，使潮濕的空氣從下往上通過填充吸附材料的床體，利用空氣流經吸附材料時造成的拖曳力，使吸附材料隨著空氣而流動，達到流體化床的狀態。
- 透過量測吸附床的溫度，床體進出口的空氣溫濕度及壓力，空氣流速等參數，以計算吸附床的吸附與再生能力，壓力損失等性能。



流體化床的優勢

- 流體化床有有著床體溫度與濕度等性質均勻一致，流體與固體的高接觸表面積、高熱傳係數和高質傳係數等優點，而被廣泛應用在化學提煉等需要對反應溫度與時間嚴格控制的工程上。
- 若使用除濕粒子作為流體化床的床質，以此對空調系統的外氣進行除濕的工作，利用其高質傳係數的特點，可望有效的降低外氣的潛熱與降低壓降，減少空調系統的耗能。
- 探討以矽膠顆料作為吸附材料時，流體化床的吸附與再生能力，還有壓力損失等性質，並與固定床作比較。

固定床與流體化床之比較

- 實驗參數

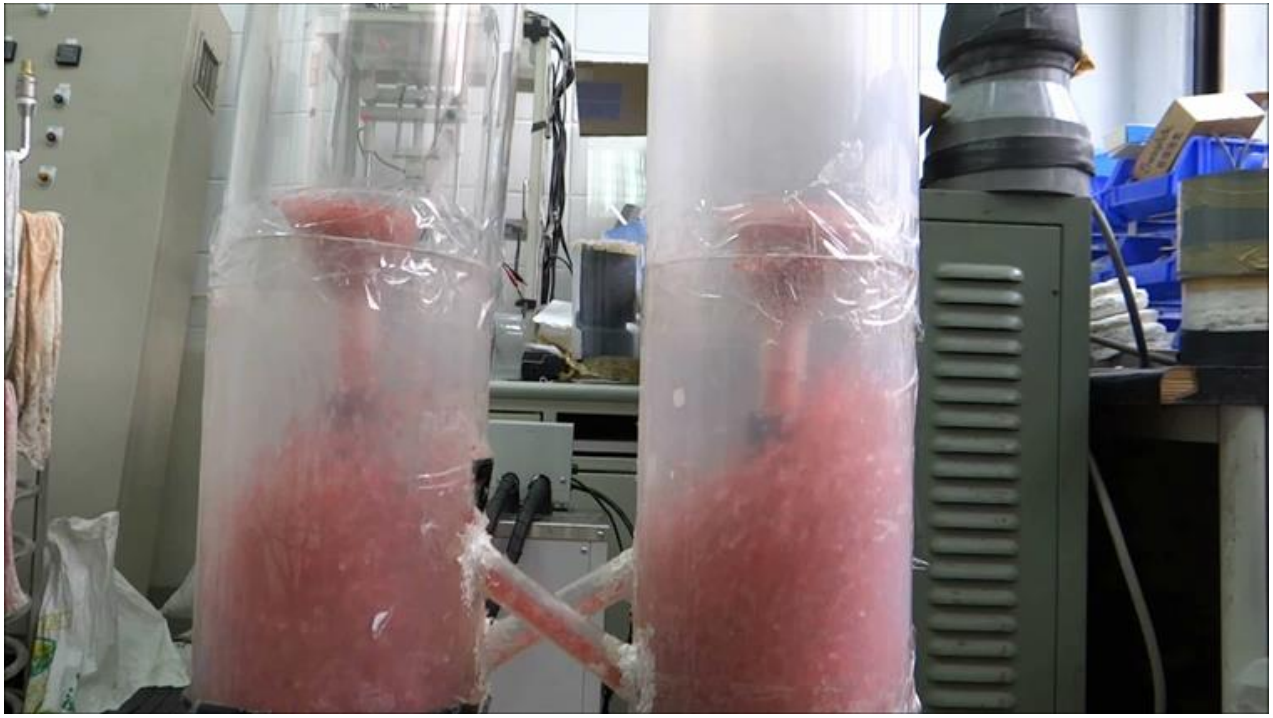
	Weight of desiccant (g)	Total adsorption (g)	Total desorption (g)	Increased temperature of outlet air (°C)	Pressure drop (mmAq/m)
Packed bed	540	61.6	67.1	1.4	1192.1
Fluidized bed	540	75.6	80.3	0.8	834.5
Improved (%)		22.7	19.6	42.8	29.9

連續性流體化床應用於除溼系統

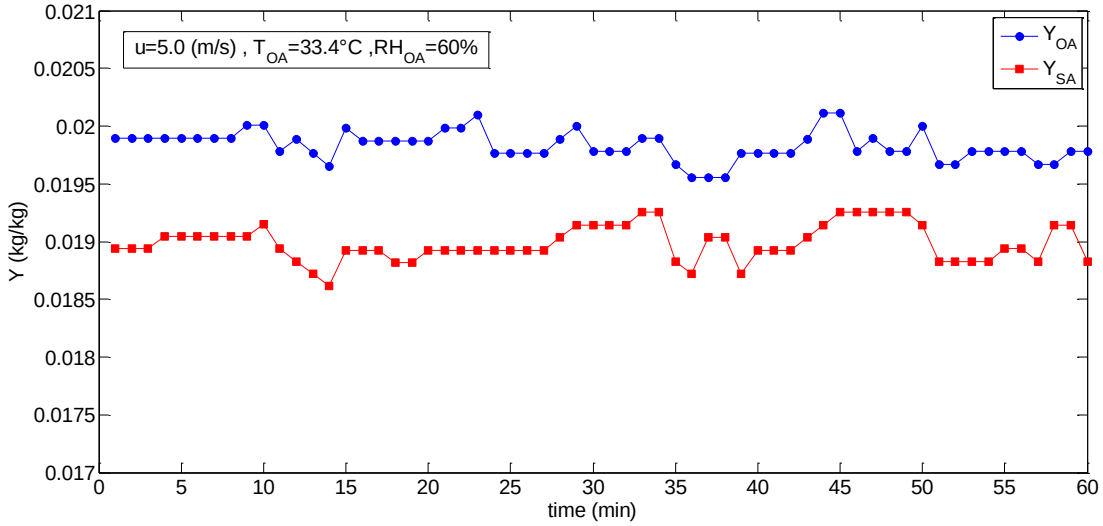
- 傳統再生式全熱交換器連續吸附與脫附水分的方式：
- 傳統再生式分吸附側與再生側
  1. 透過管路閥件切換空氣流向
  2. 透過轉輪移動床體
  3. 移動吸附材料

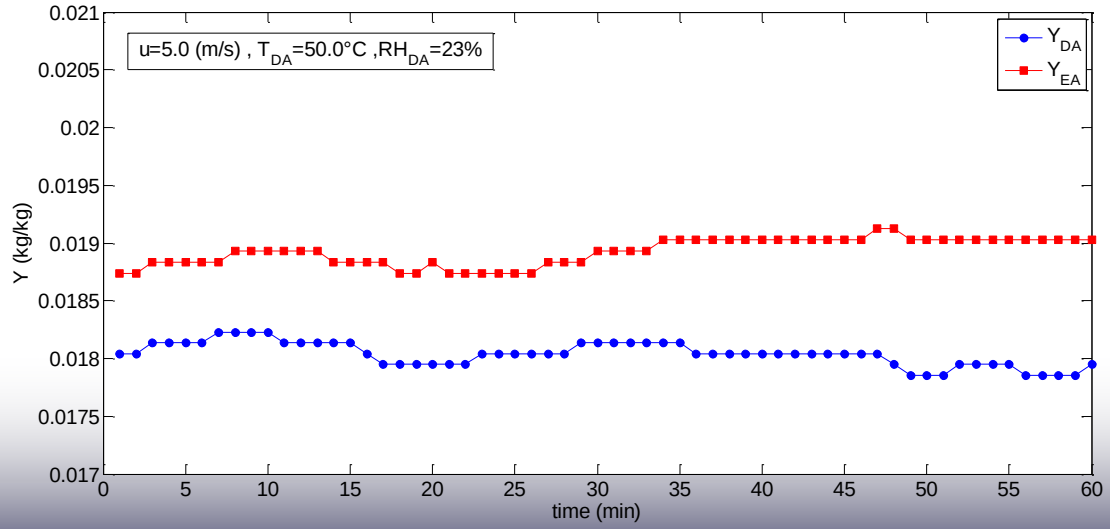
- 連續吸附與脫附水分
  1. 流體化床顆粒本身受空氣帶動向上運動
  2. 設計系統與流道，使得顆粒循環運動於吸附側與再生側之間
  3. 減少系統設備數

連續性流體化床實體圖

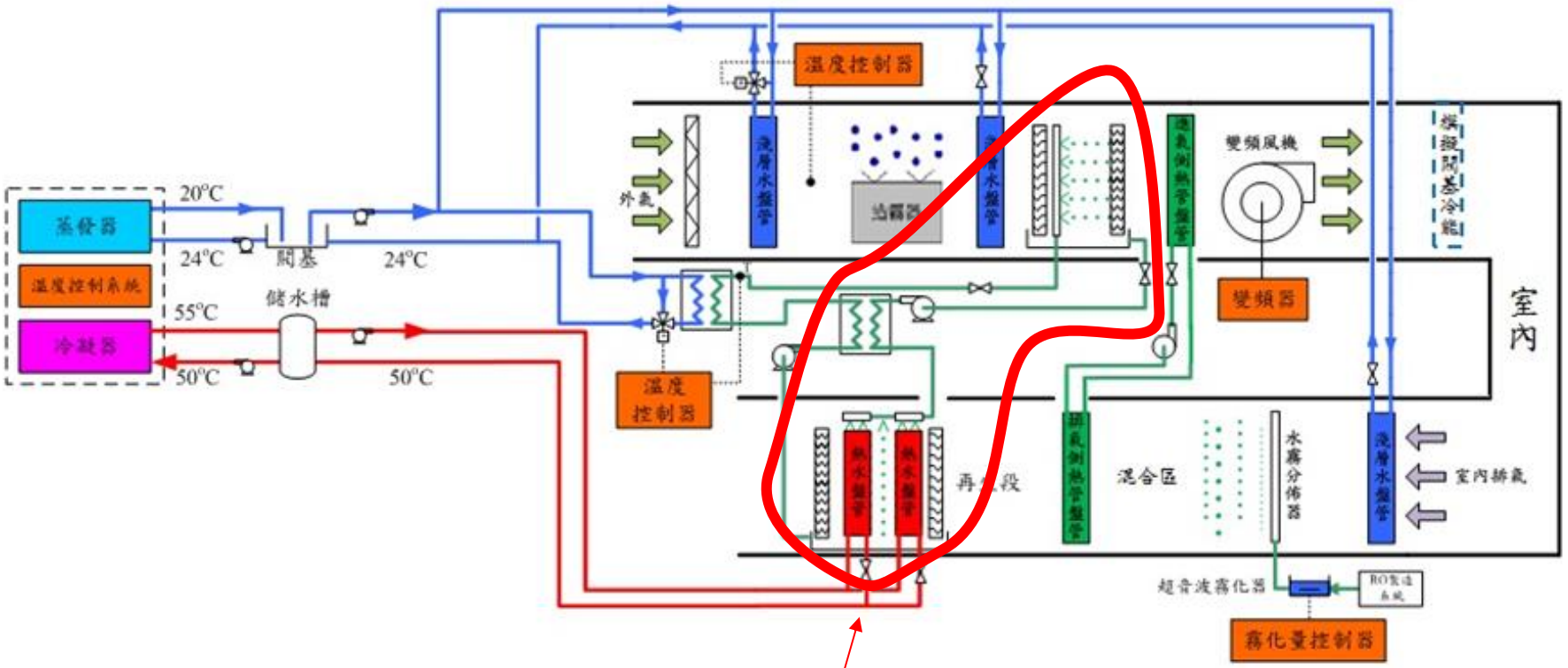


系統入出口溼度比隨時間變化圖



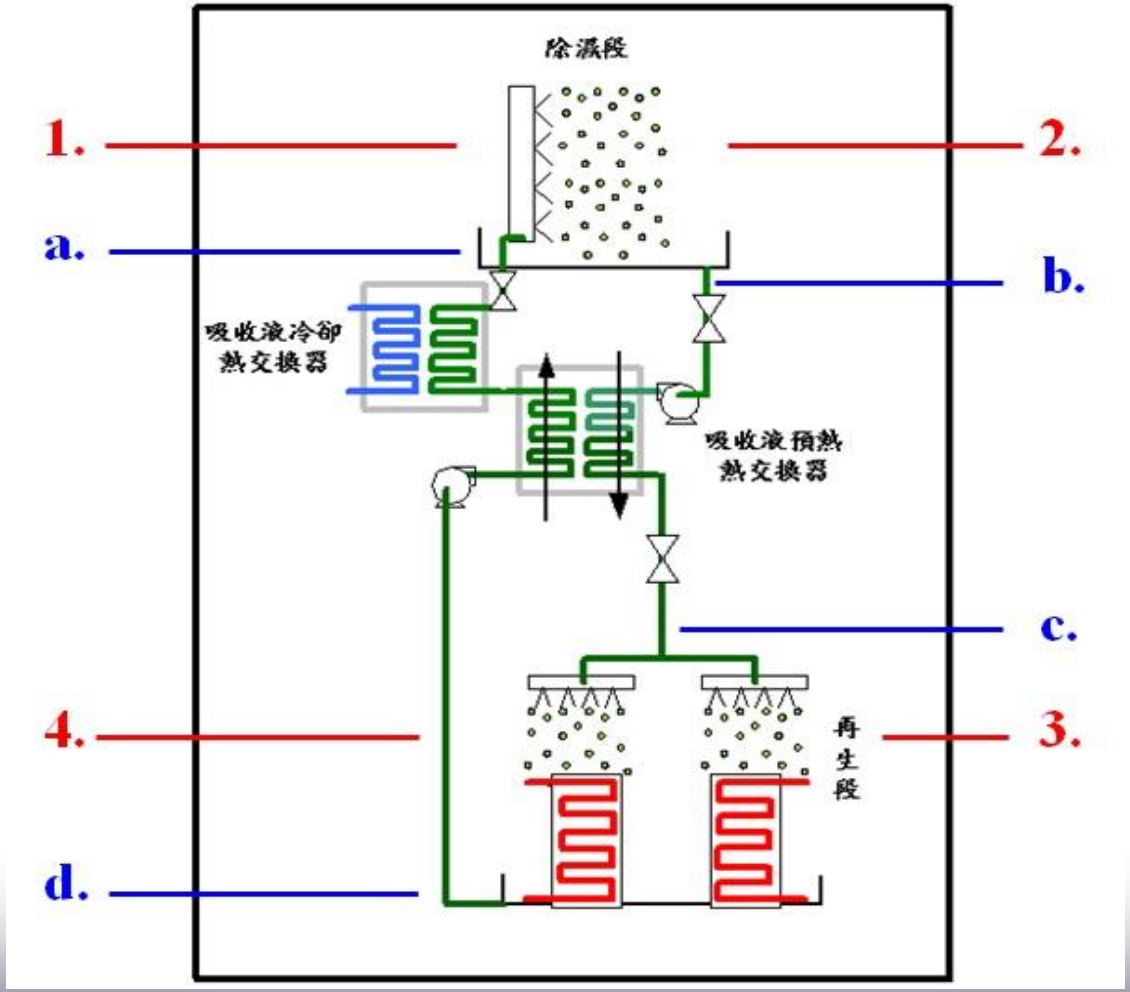


氯化鈣改良式外氣空調示意圖



氯化鈣除溼段

氯化鈣溶液除溼端放大圖



THANKS FOR YOUR ATTENTION !!