

外氣空調箱循環熱回收探討

周春合^{1*}

摘要

本研究採南部科學園區108年冬季外氣溫度，核算出潔淨室外氣空調箱能源使用量。如使用熱回收冰水主機提供熱水再加上結合空氣水洗循環熱回收，忽略不計採用回收取得的能源後。外氣空調箱能源費用僅需支出原有的22.7%，電費核計為195,298元。而能源使用量可減少47.2%，僅消耗冰水負荷核計414,938 kWh。

關鍵詞：精密機械，外氣空調箱，循環熱回收

1. 緒論

我國溫室氣體減量及管理法第四條明定，溫室氣體長期減量目標為2050年之排放量降至2005年溫室氣體排放量百分之五十以下，因此各工商企業配合國家政策實行節能減碳已刻不容緩。

臺灣為一個能源有限的國家是不爭的事實，我國政府於105年10月通過推動「5+2」創新產業政策之「亞洲矽谷」、「智慧機械」、「綠能科技」、「生技醫藥」、「國防產業」，再加上「新農業」及「循環經濟」(圖1)。藉由能資源的再利用使資源生命週期延長或不斷循環，達到有效緩解廢棄物及污染問題，實現「從搖籃到搖籃」的新經濟模式(行政院國家發展委員會，2018)。

好的能源管理(Energy Management)並不是直接減少能源使用，而是明智地使用電力。因此如何於廠房規劃中導入節能概念，搭配啟用後的妥善維護。以持續減少能源使用的做法，是值得愛護地球的公民們共同努力。



圖1 「5+2」創新產業與循環經濟關係圖
資料來源：周春合(2020)。

2. 文獻回顧

一般提供潔淨室新鮮空氣之外氣空調箱(Make-up Air Unit, MAU)如圖2所示，由進氣端

¹ 漢民科技股份有限公司 廠務主任工程師
*通訊作者電話: 06-5055588, E-mail: cch89123@gmail.com

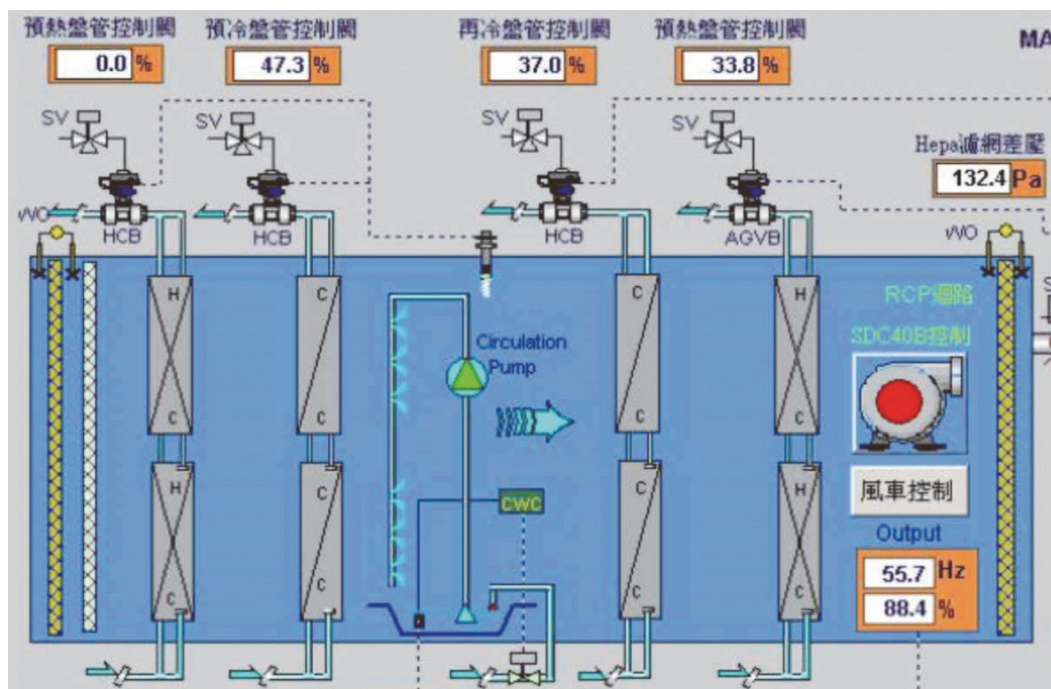


圖2 某半導體廠外氣空調箱架構圖
資料來源：莊人聿(2006)。

開始依序為預熱盤管、預冷盤管、再冷盤管、再熱盤管…等排列組成。而王文博等(2002)研究加裝一道熱交換盤管以將能源再利用，把第一道冷却除濕盤管與熱交換盤管管路作連接，以循環水泵做為冷熱能源傳送。進行熱力狀態分析並以電腦軟體輔助熱力性質計算驗證，研究模擬新竹與臺南兩地科學園區之半導體廠潔

淨室，同以40萬CMH外氣空調箱運作做比較。得到新竹地區全年可節省耗電量約為103萬度，換算節省費用約248萬元。而臺南地區節省費用效益更高達約300萬元，因地理條件差異可再提升20%。

莊人聿(2006)以前述架構加裝兩道熱交換盤管(圖3)，利用內部熱能回收再利用達成節能

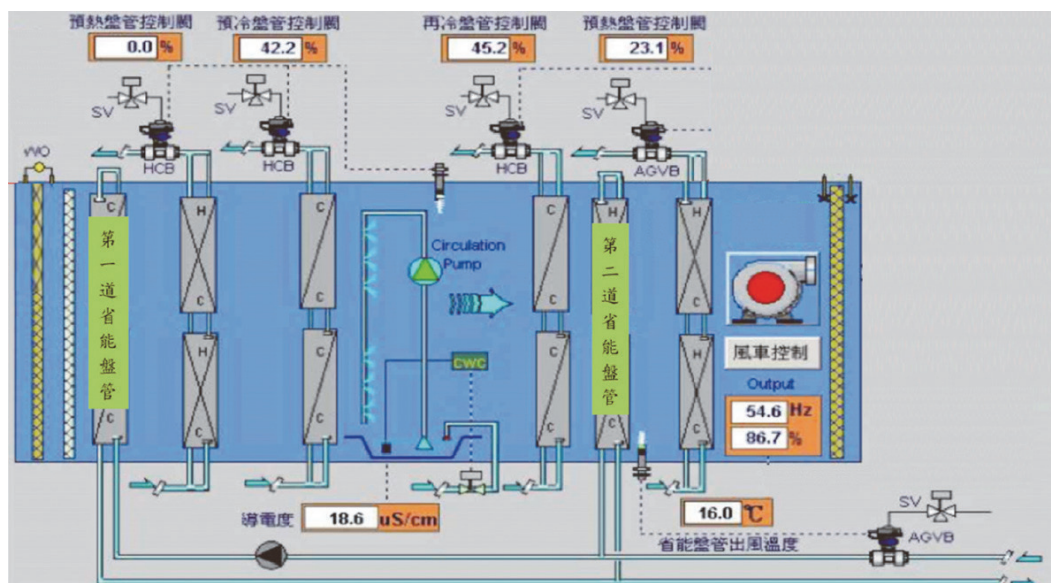


圖3 改善後有熱交換盤管外氣空調箱示意圖(本研究整理)
資料來源：莊人聿(2006)。

改善目的。一年節省冰水電費73.5萬元，天然瓦斯費用239.6萬元，兩百萬改善費用0.64年即可回收。

前述外氣空調箱串聯盤管方式，會有能源交換損耗與需消耗PUMP電力之缺點。李訓谷(2018)提出無需動力元件、結構簡單，將熱管式被動熱傳(Passive Heat Transfer)裝置應用在外氣空調箱進行能量轉移回收利用。

熱管傳熱原理為將液體(例如冷媒)填充在一根抽真空後細長、中空且兩端封閉之金屬管內，而管內壁建構一層毛細物體(wick)。當熱管一端置於高溫處，另一端於低溫處時則便會進行熱傳現象。熱管高溫處稱為蒸發端(Evaporator)，蒸發後的氣體透過中空管向低溫端流動，當氣體到達較低溫端即產生冷凝作用，故稱之為冷凝端(Condenser)。而凝結後的工作流體，因毛細現象(Capillary pumping)作用，由冷凝端回流至蒸發端，以進行高、低溫側來回循環做能量傳遞。

李訓谷(2018)以某高科技廠房空調系統為例，將外氣空調箱結合熱管熱交換器以節省預冷盤管之顯熱能量與加熱盤管之再熱熱能(圖4)。達到減少冰熱水系統能源使用，節省耗電量15.6%。

3. 系統描述與效益分析

本研究以某公司B廠區潔淨室(Clean Room)

外氣空調箱(MAU)來進行節能效益評估，潔淨室內溫度控制為 $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，濕度為 $50\pm 5\%$ 。該區域因應精密機械生產潔淨度要求，經估算後送風量採用30,000 CMH外氣空調箱(表1)。潔淨室為將一個區域範圍內之溫溼度、壓力、微塵粒子、氣流速度與氣流分布、噪音和照度等控制在某個條件範圍內，而所特別設計的空間，使產品能在一個良好的環境下完成組裝。潔淨室等級為Class100K，故採用亂流式型態設計、如圖5。亂流式型態除了可降低系統初期建置成本外，並具有潔淨等級擴充容易之優點，以保有日後不同精密機械開發製造的彈性。

本案例熱回收水系統之冰水主機(圖6)，係採用TRANE CVHE500 500USRT離心式熱回收冰水主機。HCFC-123冷媒、效率0.662 kW/ton，雙冷凝器(Dual-bundle)系統設計。冷凝器設計條件為入水溫度 32.2°C 、出水溫度 37.7°C ，在熱回收冰水主機滿載狀況下，所回收的熱水溫度可達 35°C 。其熱能為壓縮機功率與冷凍能力之和。因此，於空調熱負荷為1美制冷凍噸(USRT)時其熱能為3,024 kcal/hr，再參照冰水主機耗能，估算出冷凝器所需之熱交換能力約為3,593 kcal/hr。

而外氣空調箱變頻風車控制方法採於空調箱出口安裝風管型靜壓感知器，以維持潔淨室之室內靜壓穩定。依其各段作用及排列順序，分為初級濾網、袋式濾網、預熱盤管、空氣水洗段、冷卻盤管、循環熱回收盤管、再熱盤

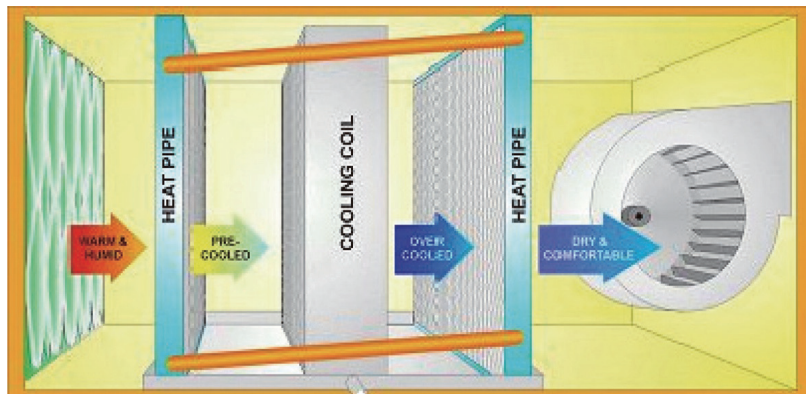


圖4 外氣空調箱結合熱管應用之系統示意圖
資料來源：李訓谷(2018)。

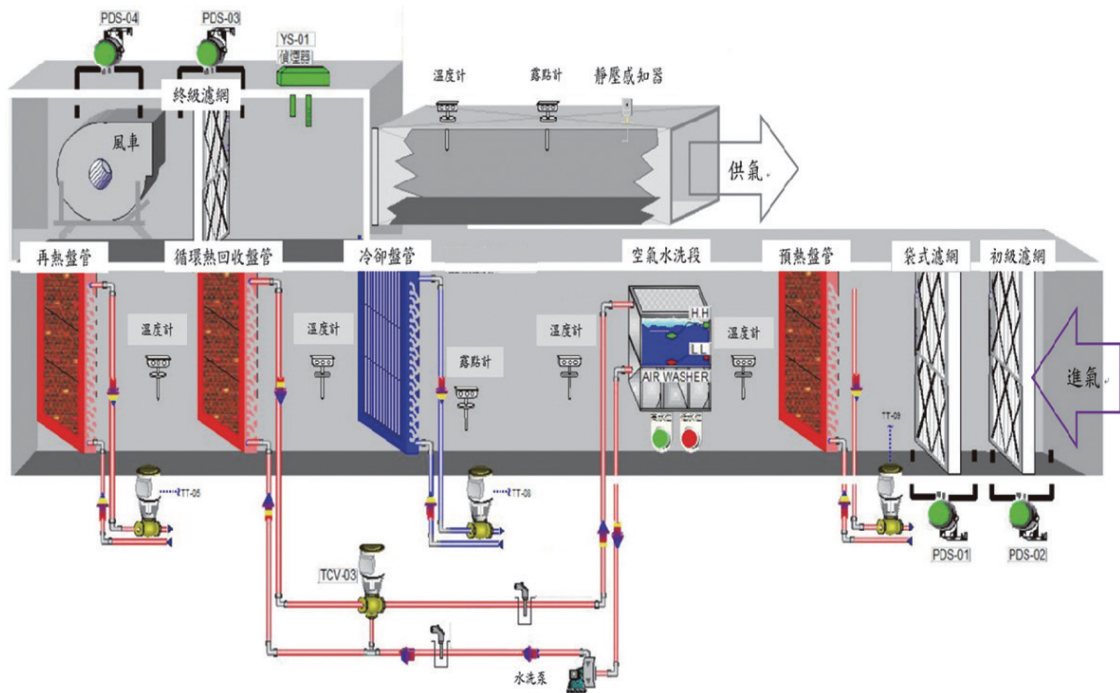


圖7 案例B廠區外氣空調箱內部配置示意圖
資料來源：周春合(2020)。

管、風車、終級濾網(圖7)。

4. 效益分析

4.1 冰水主機熱回收效益分析

因潔淨室送風設計條件為乾球溫度 22°C

DB、濕度50% RH，由空氣線圖(Psychrometric chart)查得其露點溫度為 11.1°C DP、焓值 42.263 kJ/kg 。故控制判斷條件設定為外氣露點溫度大於 11°C DP時採取夏季控制模式。外氣露點溫度小於 11°C DP時採取冬季控制模式，分別說明如下。

夏季控制模式(圖8)，當外氣進氣狀態為乾

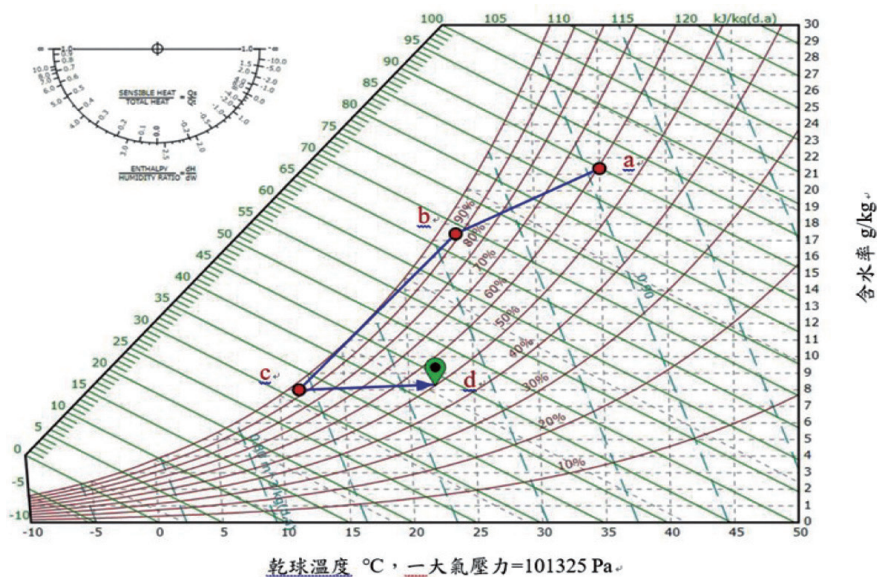


圖8 外氣空調箱夏季控制模式
資料來源：周春合(2020)。

球溫度 35°C DB、濕球溫度 28.0°C WB時，外氣露點溫度 25.8°C DP、啟動冰水盤管控制。外氣先經過空氣水洗段後，溫度降低、溼度變高。藉由控制冰水閥開度讓外氣在通過冷卻盤管後溫度下降，使外氣中水分達飽和狀態，完成降溫除濕功能。再利用循環熱回收盤管取自空氣水洗段的熱能將外氣溫度提高，達到送風設定需求。

a→b、空氣水洗段： 35.0°C DB， 28.0°C WB → 24.0°C DB， 23.0°C WB

b→c、冷卻盤管： 24.0°C DB， 23.0°C WB → 11.5°C DB， 11.0°C WB

c→d、循環熱回收盤管： 11.5°C DB， 11.0°C WB → 22.0°C DB， 15.4°C WB

冬季控制模式(圖9)，當外氣進氣狀態為乾球溫度 6°C DB、濕球溫度 3.8°C WB時，外氣露點溫度 1.04°C DP、啟動熱盤管控制。外氣先進入預熱盤管，藉由控制熱水閥開度讓外氣在通過預熱盤管加熱達到所需離風溫度。再進入空氣水洗段作降溫加濕，最後以再熱盤管將外氣溫度加熱至送風設定。

a→b、預熱盤管： 6.0°C DB， 3.8°C WB → 21.3°C DB， 11.0°C WB

b→c、空氣水洗段： 21.3°C DB， 11.0°C WB →

11.5°C DB， 11.0°C WB

c→d、再熱盤管： 11.5°C DB， 11.0°C WB → 22.0°C DB， 15.4°C WB

以外氣進氣量固定、標準空氣條件下，分析案例於108年11月至109年2月不同外氣溫度與空調箱所需冷、熱負荷量對應的狀況。計算方式如下：

$$\text{空氣總熱量}(Q_t) : Q_t = C * \rho * V * \Delta h \dots\dots (1)$$

$$\text{空氣顯熱量}(Q_s) : Q_s = C * \rho * V * \Delta T \dots\dots (2)$$

$$\text{空氣潛熱量}(Q_L) : Q_L = H_{fg} * \rho * V * \Delta w \dots\dots (3)$$

C = 空氣比熱 0.24 (kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)

ρ = 空氣密度 1.2 (kg/m³)

Hfg = 空氣潛熱 587 (kcal/kg、 18.0°C)

V = 空氣流量(CMH)

Δh = 空氣焓差(kJ/kg)

ΔT = 空氣乾球溫度差($^{\circ}\text{C}$)

Δw = 空氣水份含量差(kg/kg)

熱量單位換算值：

$$1 \text{ kcal} = 4.1868 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kW} = 3,600 \text{ kJ/h} = 860 \text{ kcal}$$

茲以108年11月至109年2月案例所在地四個月期間，每85分鐘的外氣溫度變化紀錄整理如表2。

當外氣進氣狀態為乾球溫度 35°C DB、濕

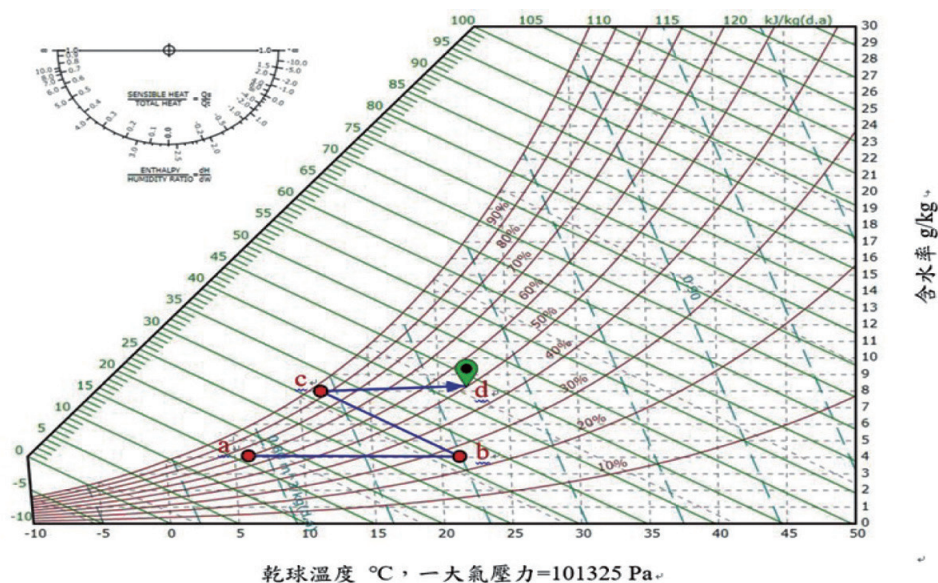


圖9 外氣空調箱冬季控制模式
資料來源：周春合(2020)。

表2 冬季外氣溫度與發生時數

外氣溫度	108年 11月 時數	108年 12月 時數	109年 1月 時數	109年 2月 時數	時數 小計
°C	hr.	hr.	hr.	hr.	hr.
35	0	0	0	0	0
34	0.0	0.0	0.0	0.0	0
33	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5
32	2.9	0.0	0.0	0.0	2.9
31	22.9	1.4	3.1	4.6	32.0
30	38.7	7.2	1.5	15.3	62.7
29	37.3	10.0	4.6	21.5	73.4
28	50.2	20.1	9.2	24.5	104.0
27	47.3	18.6	16.9	23.0	105.8
26	41.6	28.7	27.6	36.8	134.6
25	60.2	33.0	42.9	42.9	179.0
24	77.4	25.8	35.3	50.6	189.1
23	80.3	40.1	41.4	58.3	220.1
22	127.6	43.0	55.2	67.5	293.2
21	70.2	70.2	62.9	50.6	253.9
20	47.3	119.0	67.5	44.5	278.2
19	10.0	131.9	92.0	56.7	290.6
18	4.3	41.6	92.0	53.7	191.5
17	0.0	63.1	76.7	44.5	184.2
16	0.0	48.7	50.6	49.1	148.4
15	0.0	25.8	24.5	15.3	65.7
14	0.0	12.9	21.5	21.5	55.8
13	0.0	0.0	3.1	12.3	15.3
12	0.0	0.0	6.1	1.5	7.7
11	0.0	0.0	3.1	0.0	3.1
10	0.0	0.0	6.1	0.0	6.1
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0

資料來源：周春合(2020)。

球溫度28.0°C WB時，由空氣線圖可求出此狀態點之外氣狀態其焓值為89.617 kJ/kg。而經過空調箱空氣水洗段後離風狀況為24.0°C DB、23.0°C WB，焓值為68.393 kJ/kg。再進入冷卻盤管後離風狀況為11.5°C DB、11°C WB，焓值為31.717 kJ/kg。再利用循環熱回收盤管將外氣

溫度提高，達到外氣空調箱送風條件乾球溫度22°C DB、濕度50% RH。

利用公式(1)、(2)各別求出冷房與熱負荷之值：

空氣水洗段

$$Q_{s1} = 0.24 * 1.2 * 30,000 * (35 - 24) / 860 = 111 \text{ kW}$$

冷卻盤管

$$Q_t = (0.24 * 4.1868) * 1.2 * 30,000 * (68.393 - 31.717) / 3,600 = 369 \text{ kW}$$

循環熱回收盤管

$$Q_{s2} = 0.24 * 1.2 * 30,000 * (22 - 11.5) / 860 = 105 \text{ kW}$$

因此在外氣進氣狀態為乾球溫度35°C DB、濕球溫度28.0°C WB時，冰水與熱水負荷為。

冰水負荷

$$Q_t = 369 \text{ kW}$$

熱水負荷

$$Q_{s1} + Q_{s2} = 216 \text{ kW}$$

由此可得知，108年11月至109年2月外氣空調箱冰水與熱水負荷變化與外氣條件關係如表3。

將各溫度發生時數套入，得出外氣空調箱能源使用量表4。可知該潔淨室於冬季不同的外氣溫度下累計四個月共需耗用能源786,384 kWh，以處理外氣供應需求。其中熱水負荷191,333 kWh，冰水負荷414,938 kWh，空氣水洗降溫負荷158,156 kWh，循環熱回收(Run-around Heating Recovery)升溫負荷21,957 kWh。

現以108年冬季潔淨室外氣空調箱耗用熱水負荷，轉換效率0.9、每度電費2.5元，估算得出如採電能加熱費用合計為531,481元。

計算式：

$$191,333 \text{ kWh} * 860 / 774 * 2.5 = 531,481 \text{ 元}$$

4.2 空氣水洗循環熱回收分析

經前述文獻探討，發現以空氣水洗循環熱回收研究者甚少。

而前述雙道熱交換盤管方式(圖3)屬於密閉式水路系統，而本研究的空氣水洗循環熱回收方式(圖7)則為非密閉式水路系統。只需增設一道循環熱回收盤管與過濾水雜質的過濾器即

表3 空調箱能力與外氣條件關係

外氣溫度	°C	35	34	33	32	30	31	29	28	27	26
預熱盤管 熱水負荷	kW										
	kcal/hr										
水洗段 降溫負荷	kW	110.5	100.5	90.4	80.4	70.3	60.3	50.2	40.2	30.1	20.1
	kcal/hr	95,040	86,400	77,760	69,120	60,480	51,840	43,200	34,560	25,920	17,280
冰水盤管 冰水負荷	kW	368.5	368.5	368.5	368.5	368.5	368.5	368.5	368.5	368.5	368.5
	USRT	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
循環熱 回收盤管 升溫負荷	kW	105.5	100.5	90.4	80.4	70.3	60.3	50.2	40.2	30.1	20.1
	kcal/hr	90,720	86,400	77,760	69,120	60,480	51,840	43,200	34,560	25,920	17,280
再熱盤管 熱負荷	kW										
	kcal/hr										
外氣溫度	°C	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
預熱盤管 熱水負荷	kW					3.0	13.1	23.1	33.2	43.2	53.2
	kcal/hr					2,592	11,232	19,872	28,512	37,152	45,792
水洗段 降溫負荷	kW	10.0	-			98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	60.3
	kcal/hr	8,640	-			84,672	84,672	84,672	84,672	84,672	51,840
冰水盤管 冰水負荷	kW	368.5	260.1	229.7	200.4						
	USRT	105	74	65	57						
循環熱 回收盤管 升溫負荷	kW	10.0	-								
	kcal/hr	8,640	-								
再熱盤管 熱負荷	kW					105.5	105.5	105.5	105.5	105.5	67.3
	kcal/hr					90,720	90,720	90,720	90,720	90,720	57,888
外氣溫度	°C	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
預熱盤管 熱水負荷	kW	63.3	73.3	83.4	93.4	103.5	113.5	123.6	133.6	143.7	153.7
	kcal/hr	54,432	63,072	71,712	80,352	88,992	97,632	106,272	114,912	123,552	132,192
水洗段 降溫負荷	kW	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3
	kcal/hr	51,840	51,840	51,840	51,840	51,840	51,840	51,840	51,840	51,840	51,840
冰水盤管 冰水負荷	kW										
	USRT										
循環熱 回收盤管 升溫負荷	kW										
	kcal/hr										
再熱盤管 熱負荷	kW	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3
	kcal/hr	57,888	57,888	57,888	57,888	57,888	57,888	57,888	57,888	57,888	57,888

資料來源：周春合(2020)。

可，並能節省一道盤管費用與風車克服空氣壓損的耗電量。

依能源循環架構來看，其原理與在冷卻盤管前後設置熱交換盤管做法類似。將水洗段取

用到的外氣熱能，經由原水洗加壓PUMP輸送至冷卻盤管後端作為空氣再熱之用，以減少再熱盤管負荷。然後再將失去熱能後的低溫水送回水洗段，如此重複循環達到雙重節能效益；

表4 冬季外氣空調箱能源使用量表

外氣溫度	°C	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26
時數	hrs	0	0	1.5	2.9	32.0	62.7	73.4	104.0	105.8	134.6
空調箱 熱水負荷	kW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	kWh	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
水洗段 降溫負荷	kW	110.5	100.5	90.4	80.4	70.3	60.3	50.2	40.2	30.1	20.1
	kWh	—	—	136	233	2,250	3,779	3,687	4,179	3,189	2,705
空調箱 冰水負荷	kW	366.8	366.8	366.8	366.8	366.8	366.8	366.8	366.8	366.8	366.8
	kWh	—	—	550	1,064	11,736	22,996	26,920	38,143	38,803	49,366
循環熱 回收盤管 升溫負荷	kW	105.5	100.5	90.4	80.4	70.3	60.3	50.2	40.2	30.1	20.1
	kWh	—	—	136	233	2,250	3,779	3,687	4,179	3,189	2,705
外氣溫度	°C	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
時數	hrs	179.0	189.1	220.1	293.2	253.9	278.2	290.6	191.5	184.2	148.4
空調箱 熱水負荷	kW	—	—	—	—	108.5	118.5	128.6	138.6	148.7	120.6
	kWh	—	—	—	—	27,549	32,980	37,370	26,550	27,388	17,891
水洗段 降溫負荷	kW	10.0	—	—	—	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	60.3
	kWh	1,798	—	—	—	24,998	27,390	28,611	18,854	18,136	8,945
空調箱 冰水負荷	kW	366.8	258.8	228.6	199.4	—	—	—	—	—	—
	kWh	65,650	48,941	50,306	58,467	—	—	—	—	—	—
循環熱 回收盤管 升溫負荷	kW	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	kWh	1,798.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
外氣溫度	°C	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
時數	hrs	65.7	55.8	15.3	7.7	3.1	6.1	0	0	0	0
空調箱 熱水負荷	kW	130.6	140.7	150.7	160.7	170.8	180.8	190.9	200.9	211.0	221.0
	kWh	8,581	7,848	2,306	1,238	529	1,103	—	—	—	—
水洗段 降溫負荷	kW	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3
	kWh	3,960	3,364	922	464	187	368	—	—	—	—
空調箱 冰水負荷	kW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	kWh	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
循環熱 回收盤管 升溫負荷	kW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	kWh	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

資料來源：周春合(2020)。

茲整理各種外氣空調箱循環熱回收方式比較表如表5。

當夏季外氣進氣狀態為乾球溫度35°C DB、濕球溫度28.0°C WB時。空氣水洗後流落水盤溫度等於進氣濕球溫度28.0°C，故可提供27°C之入水溫度供循環熱回收盤管作為加熱條件。

當冬季外氣進氣狀態在乾球溫度17°C DB以下時，因濕球溫度已接近冷卻盤管出風溫度、無節熱效益，關閉Run-around 控制閥。依本研究結果(表6)，因空氣水洗段降溫負荷可視為減少空調冰水用量，而循環熱回收升溫負荷則視為減少熱水用量。故採用空氣水洗循環熱回收設計時，共可節省運轉電費合計為135,430

表5 外氣空調箱循環熱回收方式比較

組成元件 \ 文獻別	王文博	莊人聿	李訓谷	本研究
冷能交換盤管	有(利用原預冷盤管)	有	有	無
熱能交換盤管	有	有	有	有
循環水泵	有	有	無	有(水洗泵兼用)
水過濾器	無	無	無	有
循環系統	密閉式	密閉式	密閉式	非密閉式

資料來源：周春合(2020)。

表6 冬季外氣空調箱能源使用比例

項目 \ 類別	kWh	製能費用	耗能占比	費用百分比
熱水負荷	191,333	531,481	24.3%	61.6%
冰水負荷	414,938	195,298	52.8%	22.7%
水洗降溫負荷	158,156	74,439	20.1%	8.6%
循環熱回收負荷	21,957	60,991	2.8%	7.1%
合 計	786,384	862,208	100%	100%

資料來源：周春合(2020)。

元。

空氣水洗降溫負荷

$$158,156 \times (860/3024) \times 0.662 \times 2.5 = 74,439 \text{ 元}$$

循環熱回收升溫負荷

$$21,957 \times 860/774 \times 2.5 = 60,991 \text{ 元}$$

然因外氣空調箱所使用之熱水為熱回收冰水主機於製冷同時所產生的；而空氣水洗段降溫所減少的冰水能量與循環熱回收升溫減少之熱水能量係來自外氣與冷卻盤管，並無使用其他外部製冷製熱能源供應故加權耗電量為零。因此冬季期間的潔淨室外氣空調箱，實際僅需支付冷卻盤管冰水總負荷414,938 kWh的運轉電費195,298元。

冰水負荷

$$414,938 \times (860/3024) \times 0.662 \times 2.5 = 195,298 \text{ 元}$$

準。使用熱回收冰水主機提供熱水結合空氣水洗循環熱回收方式，忽略不計採用回收取得的能源後。外氣空調箱運轉費用僅需支出原有的22.7%，而能源使用量可減少47.2%。

因此，本案例之外氣空調箱運轉共減少用電量371,446 kWh，足以供應1,272戶家庭一個月的用電(表7)。以107年度電力排放係數為0.533公斤CO₂e/度換算(經濟部能源局，2019)，合計可減少198公噸的二氧化碳排放，相當於一座大安森林公園半年的固碳量(南科管理局企業社會責任網站，2018)。

上述探討之之空氣水洗循環熱回收主要目的在降低原有冰水以及熱水系統之供應量，並整理其他外氣空調箱循環熱回收設計差異比較供讀者依各廠環境進行新廠規劃或既有設備節能改建時評估參考。

5. 結 論

研究結果，如以電力作為能源轉換比較基

表7 每戶家庭每月平均用電量

項目	107	106	105	104	103	平均
家庭用每度電平均售價值(元)	2.52	2.48	2.6	2.84	2.85	2.65
消費者物價指數(105年=100)	102	100.6	100	98.6	98.9	100.03
平均每戶家庭每月用電量(度)	292	300	303	291	298	297
平均每戶家庭每月電費支出(元)	736	743	777	827	850	787

資料來源：台灣電力股份有限公司(2018)。

參考文獻

- 王文博、陳良銅與游花雲，2002。外氣空調箱冷卻盤前後熱交換的節能分析，冷凍與空調雜誌第15期，P114-120。華藝線上圖書館 <http://dx.doi.org/10.7087/JRACT.200206.0114>。
- 台灣電力股份有限公司，2018。電價與電費支出。 <https://www.taipower.com.tw/>。
- 行政院國家發展委員會，2018。 <https://www.ey.gov.tw/>。
- 李訓谷，2018。高科技廠房節能-熱管熱交換器應用在外氣空調箱的節能效益，能源教育資源總中心，臺南市。 <https://learnenergy.tw/index.php?inter=knowledge&id=296>。
- 周春合，2020。精密機械製造廠節能規劃探討，國立臺南大學綠色能源科技學系碩士論文，臺南市。 <https://hdl.handle.net/11296/w45fmj>。
- 南科管理局企業社會責任網站，2018。永續報告書/園區事業能資源使用概況。 http://www.stspcsr.com.tw/article/?article_item_id=145。
- 莊人聿，2006。無塵室節能式全外氣空調箱，力晶半導體廠務部，新竹市。 <https://www.slideserve.com/damian-house/6731533>。
- 經濟部能源局，2019。107年度能源統計手冊。 <https://www.mocaboe.gov.tw>。
- TRANE，2005。CVHF離心機教育訓練資料，臺北市。 <http://weip.sipa.gov.tw/download/>。

Discussion on Run-around Heating Recovery of Make-up Air Unit

Chun-Ho Chou^{1*}

ABSTRACT

In this study, the energy use of clean room Make-up Air Unit is calculated based on the 108-year winter temperature of the Southern Taiwan Science Park. To obtain, as the use of electricity as a baseline for energy conversion, the use of heat recovery chiller to provide hot water combined with the air wash Run-around Heating method, ignoring the use of recycled energy after the use of energy. The energy cost of the clean room Make-up Air Unit only needs to be spent at the original 22.7%, and the electricity bill is 195,298 yuan. Energy usage can be reduced by 47.2%, consuming only 414,938 kWh of the ice water load.

Keywords: Precision Machinery, Make-up Air Unit, Run-around Heating Recovery.

¹Facility Principal Engineer, Hermes-Epitek Corp.

* Corresponding Author, Phone: +886-6-5055588, E-mail: cch89123@gmail.com

Received Date: August 11, 2020

Revised Date: January 13, 2021

Accepted Date: February 3, 2021