

## 知識物件上傳表

計畫名稱：節能環保高效低溫乾燥技術開發計畫(4/4)

上傳主題：再生熱能輸入的改變對於除溼輪除溼控制方法的實驗性研究

提報機構：行政院原子能委員會核能研究所

資料時間：2020.6

|        |   |
|--------|---|
| 與計畫相關  | <input checked="" type="checkbox"/> 是   |
| 國別     | <input checked="" type="checkbox"/> 國內  |
| 能源業務   | <input type="checkbox"/> 總體能源 <input type="checkbox"/> 化石能源 <input type="checkbox"/> 電力 <input type="checkbox"/> 核能 <input type="checkbox"/> 新及再生能源 <input checked="" type="checkbox"/> 節約能源  |
| 能源領域   | <input type="checkbox"/> 政策與法規 <input type="checkbox"/> 環境衝擊與調適 <input type="checkbox"/> 經濟及產業 <input checked="" type="checkbox"/> 科技 <input type="checkbox"/> 統計資訊   |
| 決策知識類別 | <input type="checkbox"/> 建言 <input checked="" type="checkbox"/> 評析 <input type="checkbox"/> 標竿及統計數據 <input type="checkbox"/> 其他   |
| 重點摘述   | <p>此研究討論了在除溼輪的除溼性能對於再生熱能輸入的改變所產生的影響以驗證有效的運行模式。輸入至再生空氣之熱能假定從 100% 改變至 42%，且進入的 26°C 再生空氣能由 2m/s 的再生風速加熱至最高再生溫度 75 °C。有鑑於此，固定再生空氣流速以及固定再生空氣溫度兩種模式已在實驗中討論，結果顯示在固定再生空氣溫度模式中，當再生熱輸入減少之後在除溼表現上會有小跌幅；此外，在兩種模式中，除溼性能的瞬時反應在熱能輸入的長時間或短時間的改變皆有分析。這些結果確信了在固定再生溫度模式中，藉由線性控制轉體旋轉速度，當熱輸入改變的時間相對較長時抑制除溼性能的下降是有效的；然而，旋轉速度的效益會因為在短時間熱輸入改變的情況下消失是因為轉體吸收容量變得較大的緩衝效果所導致。</p> |
| 詳細說明   | <p>1. 前言</p> <p>由於傳統空調系統的使用而導致 CO2 大量排放，為了挽救自然環境，需要有些許作為，近年來此議題已經引起了許多研究學者的關注，這些學者過去大多聚焦在尋找未來能實質取代空調系統的蒸氣壓縮系統研究[1-7]。其中，具有潛力的空調技術可以在固體乾燥空調系統(SDACs)中使用，SDACS 可以經由低階熱源取得的低溫熱來驅動，包含來自日光熱[8-13]、汽電共生[14-16]、微波[17]和廢熱[18-20]。以環境衝擊與能源觀點來說，這個系統具有減少氣體排放以節省能源的機會；已有文獻表示氣體排放可以減少大約 38.6%[15]，而且能</p>  |

源節省可以達到 45%[12]，因此，應用此系統的益處也可以被熟知。

在除溼輪系統中，熱源在提供需要再生過程的熱量扮演了重要的角色，熱的量將會決定特定溫度範圍(Treg)，被定義為再生熱輸入[23]。然而，此溫度範圍是非常容易被改變的因為它與些許因素有關，這些因素可以被分類為基於熱源控制參數中均包含不可控制及可控制的參數。不可控制的因素被定義為在它被使用於再生過程以前而所造成輸入熱增加或減少的量，這些因素不能被預知因為熱源的自然現象或是其他不能被預測的因素。因此，一再需要穩定熱去增加再生空氣溫度是很難達成的。

以日光熱為例子，日光熱源週期性的自然現象會導致在能源供給改變；此外，雲會遮蔽太陽照射，此將影響再生熱的輸入容量進而使再生溫度(Treg)下降且影響除溼輪系統的除溼性能[8]。以廢熱源為例的話，Jimenez 和其共事者[25]指出一些廢熱源中影響不穩定熱的因素，其因素則列入基於不同質量流率、溫度或同時結合兩種不同參數的範疇。例如，在一個鋼材再加熱的爐子中，廢熱與鋼胚產品流率有關[26]，在水泥工業中，爐渣冷卻設備產生的廢熱影響其溫度相較於質量流率甚鉅，使溫度保持相對固定[27]。雖然熱能量儲存(TES)已經作為一解決方法提出，目的在熱源提供給之下減緩溫度的改變[24,24]，因為儲存熱能的使用效率、可行性以及高成本考量，使得此技術僅能於小規模應用而有所受限。

相較起來，可控制的因素則可以被辨別和控制，包含轉體旋轉速度、吸收空氣和再生空氣的進入情形(溫度和濕度)、質量流率和再生空氣溫度[28-30]。這些因素可被用來最小化再生熱輸入的不穩定性，但就除溼系統的表現來說，如果沒有適當的控制，會變成主要缺點。Jani 等人報導了再生熱輸入對於再生溫度有直接影響，甚至影響整體除溼系統表現[31]。再生溫度會隨著在製程空氣中加入比熱和熱焓改變之後增加，進一步增加再生熱輸入需求；足夠的再生熱輸入可以提供熱容量給熱空氣升溫至特定再生溫度是為了維持除溼輪性能而所需。

相反地，如果熱源輸入不能提供所需熱能給再生過程，除溼輪的表現會降低，也伴隨著再生空氣溫度下降；類似的情形也發生在當再生空氣流量突然改變的情況，當空氣流率增加導致再生空氣的熱焓增加，也意味著除溼輪的熱容量增加[29]。此外，空氣流速突然改變也會導致熱量或質量在再生氣流和吸收氣流之間的不平衡也使得輪體的除濕效果降低[32]，因此，在再生過程的空氣流率必須適當供給以維持除溼和再生過程之間的平衡 [30,33-37]。

雖然 Angrisani 和同事們指出再生溫度比再生空氣流率在除溼過程中有更大的影響[22]，但他們的結果並無闡明輸入再生熱的改變在除溼表現上的效果；另外，先前的研究在表現參數中以不考慮會發生在任何時間且影響除溼輪系統表現的變數下以穩態分析的基礎之下進行，在實際運作中，隨著時間過去，保留

固定的運作參數是困難的，再生熱和再生空氣流率會快速地同時改變，導致再生過程中的輸入熱並不一致，這些因素將會導致除溼輪性能下降。

因此，本篇文章目的為探討再生熱輸入在除溼性能效果的變化且提出最理想的運行模式，為了達到此目的，在一開始的研究中仔細比較固定再生溫度以及固定再生空氣流速的兩種運作模式。再生熱輸入被認為基於熱含量的改變而有所改變且均影響再生溫度(Treg)和再生空氣流速(Vreg)，這兩種運作模式的除溼性能也在不同的轉體旋轉速度中做評估。

至於再生熱輸入速度的改變一旦發生後，第二部分的研究則是於較長和較短的時間中找出最理想的運作模式，這個研究預期去驗證該運作模式維持除溼輪性能的效益。最後，此篇研究提出新的方法選擇最適當的控制策略並且實際應用在除溼輪系統中。

## 2. 測試設備

### 2.1 系統描述

實驗設備(圖 1)由除溼輪、控制裝置和量測儀器所組成，此系統為兩個氣流通道設計，也就是說，再生端與吸收端。每個氣流通道包含一個加熱器、一個空氣控制箱和一個鼓風機以及額外的空氣加熱器。除溼輪則是以矽膠基底的輪體(SSCR-L, Seibu Giken)做成，在這個輪體中，矽膠被用來填充玻璃纖維薄板形成蜂巢主體，除溼輪密度為  $137\text{kg/m}^3$ ，直徑 0.32 公尺，高度則為 0.2 公尺，除溼輪壁厚度 0.2 毫米，除溼輪通道定為 2.3 毫米 x 4.2 毫米有著有效截面積  $0.066\text{m}^2$ 。圖 2 表示除溼輪在  $25^\circ\text{C}$  等溫吸收，使用 BELSORP-max(MicrostracBEL 公司，日本大阪)量測儀器進行量測體積。

除溼輪被分開至兩個腔體，在每一個腔體中，於除溼輪體的入口端與出口端以每  $30^\circ$  的角度平均分布安裝六支熱電偶(Type-T，精確度為  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ )用來量測空氣溫度，冷鏡式露點儀(Optica, GE Sensing & Inspection Technologies and GE Optimization and Control 公司，美國波士頓，在露點精確度為  $\pm 0.2^\circ\text{C}$ )則使用於量測兩腔體輪體入口端和出口端的絕對溼度。

系統的空气流率則使用皮托管式的流速計(New Aero Eye, Wetmaster 公司，日本大阪，精確度為  $\pm 3\% \text{RD}$ )量測，由所量測的空氣流速可知，表面空氣速度是基於除溼輪吸收(或再生)區域的截面積計算而得。為了控制旋轉速度，安裝導入變速的馬達(M81A25GV4Y, Panasonic 公司，日本大阪)以達到目的。

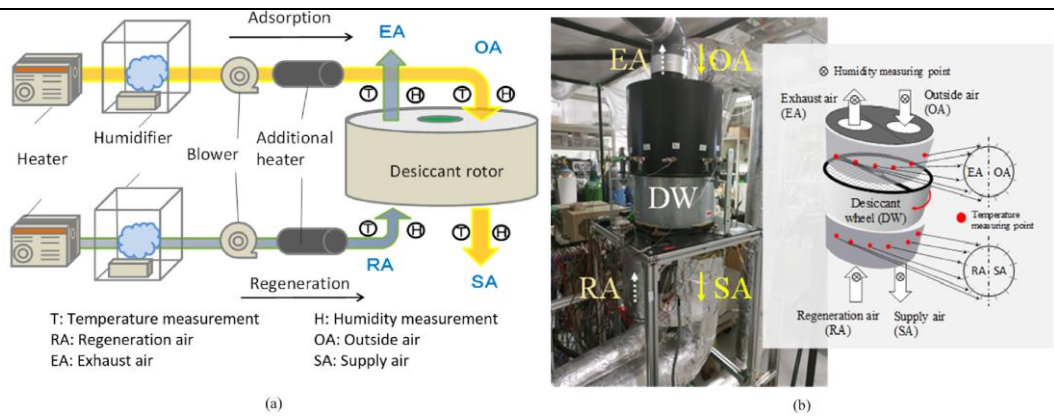


圖 1

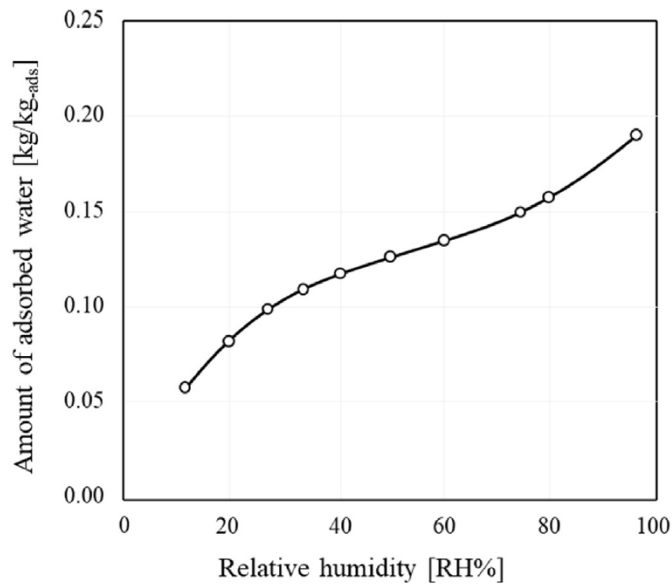


圖 2

## 2.2 實驗情形

在圖 3 中的氣流過程代表流動方向從外部空氣(OA)端到供給空氣(SA)端，對於此除溼輪而言，OA 設定的溫度條件為 30°C且絕對溼度為 15 g/kg-DA；而再生氣流端之再生空氣(RA) 則是流動至排氣(EA)端，其進入溫度與絕對溼度分別為 26°C及 10.5 g/kg-DA。內部的空氣使用電加熱器加熱至先前已決定好的溫度接著流入再生過程中，為了達到指定的溫度和濕度，在每種空氣處理單元中，空氣控制箱已裝設可分開控制的溼度計和加熱器。

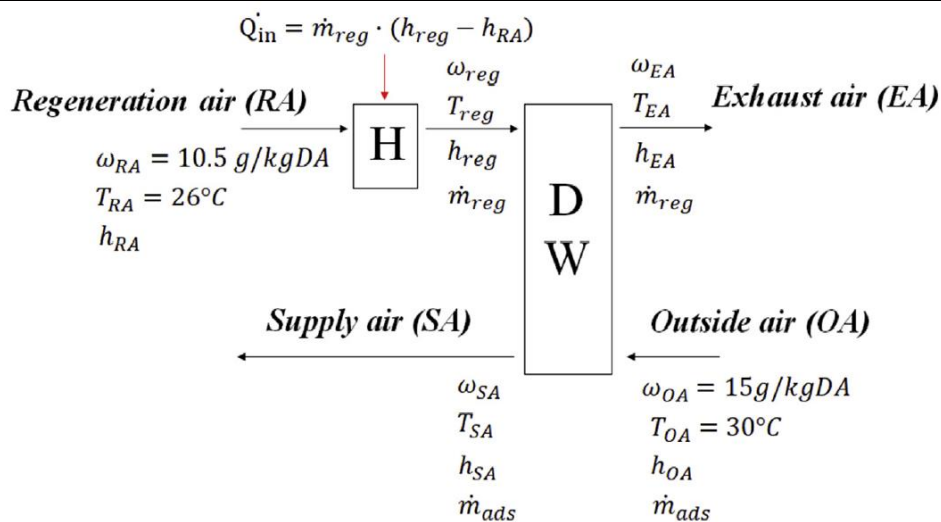


圖 3

給定熱的量從 100% 改變至 42%，當熱的量是 100% 且再生空氣流速固定在 2 m/s 作為參考條件，最高再生溫度可達到 75°C，因此，再生熱注入可以被寫為

$$Q_{in} = \dot{m} \cdot \Delta h [\text{kW}] \quad (1)$$

其中， $Q_{in}$ 、 $\dot{m}$  和  $\Delta h$  分別為輸入再生空氣(kW)、再生質量流率(kg/s)和加熱器入口端與出口端的空氣熱焓差(kJ/kg-DA)，輸入熱被認為是影響再生空氣流速 ( $V_{reg}$ ) 和再生溫度 ( $T_{reg}$ ) 原因之一，當固定再生溫度時，再生空氣流速值介於 2 m/s-0.83 m/s 之間；此外，固定再生空氣流速時，再生溫度則介於 75°C-46.4°C。

### 2.3 程序

在第一項研究中，兩種運行模式是為了決定最理想的除溼輪性能而執行，過程中，空氣控制箱分別使用加熱器和增濕器將空氣溫度和絕對溼度固定在 30°C 以及 15 g/kg-DA，接著使用鼓風機將空氣以速度 ( $V_{in}$ ) 2 m/s 吹進吸收通道，額外的加熱器安裝於吸收空氣通道以確保過程中空氣溫度維持在預先決定的溫度條件。在再生端，使用空氣控制箱將入口溫度和絕對溼度分別設定在 26°C 和 10.5 g/kg-DA，額外的加熱器則位於再生空氣通道是為了提供達到特定再生空氣溫度的熱。

在固定再生溫度的運作模式之下，再生空氣流速 ( $V_{reg}$ ) 固定於 2 m/s、1.67 m/s 和 0.83 m/s 的值；而在固定再生空氣流速的運作模式時再生氣體溫度 ( $T_{reg}$ ) 則從 75°C 改變至 46.4°C，轉體的轉速從最低速度 5 rph 遞增至最高速度 55 rph 以達到找出最理想的旋轉速度的目的，當排氣和給氣達到穩定狀態時，實驗數據即可獲得，而穩定狀態的判斷標準則是吸收和再生過程的行為維持長時間不改變，實驗的準則是基於質量守恆來評定，由以下方程式(6)來決定。

為了確定再生熱輸入後發生多快的改變，從第一項研究中所提出的理想運作模式將會在第二項研究以較長或較短的時間來做檢視，在較長時間的作業中，熱含量的改變藉由  $T_{reg}$  和  $V_{reg}$  的改變體現，熱含量在短暫的時間內(2, 5 和 10 分

鐘)開始從 100%減少至 42%且在再次加熱之前於最小熱含量 42%維持 50 分鐘作為對照；另外，在較短時間的作業中，熱含量從短暫的 2 分鐘和 10 分鐘連續變化由 100%至 42%，再以相同方式回到 100%。

$T_{reg}$  和  $V_{reg}$  的改變和短時間的變化已轉變為一道程序且輸入至數位程序控制單元(KP 3000, Chino 公司, 日本大阪和 UP35A, Yokogawa Electric 公司日本大阪)。每一次的實驗使用固定轉體轉速模式來完成，轉速持續設置為 35 rph，而再生熱輸入則不固定，相較之下，在旋轉速度控制模式中，轉速則會調整至最佳的轉體轉速值，且基於再生氣流速大小之下，轉體轉速值會線性的方式來改變。

## 2.4 性能指標

為了評估除溼輪的性能，分析以下指標。

### (1) 除溼性能( $\Delta\omega$ )

在兩種運行模式中，除溼輪性能藉由在不同轉體轉速下計算除溼容量( $\Delta\omega$ )來評估，除溼容量代表除溼輪吸收空氣中水氣的能力，在此， $\Delta\omega$  定義為空氣於入口端(OA)和出口端(SA)的絕對溼度差異。更精確來說，我們可以得知

$$\Delta\omega = \omega_{OA} - \omega_{SA} [\text{g/kg-DA}] \quad (2)$$

其中  $\omega$  由以下所給定

$$\omega = (0.622 \cdot P_g) / (P - P_g) [\text{g/kg-DA}] \quad (3)$$

在方程式中， $P$  和  $P_g$  分別為氣體的氣氛壓(Pa)和蒸氣壓(Pa)，氣體蒸氣壓等同於相同氣體在露點溫度  $T_d$  的飽和蒸氣壓  $P_{gs}$ ， $P_g$  則由 Sonntag 方程式得給定 [38]：

$$\ln(P_{gs}) = ((-6096.9385/T_d) + (21.2406942 - (2.711193 \times 10^{-2}) \cdot T_d) + (1.673952 \times 10^{-2} \cdot T_d^2) + (2.433502 \times \ln(T_d))) [\text{Pa}] \quad (4)$$

其中， $T$  指的是凱氏溫標(K) = ( $t^\circ\text{C} + 273.15$ )

### (2) 性能除溼係數(DCOP)

在單一的轉輪系統中，大溫差發生在進入(OA)和離開(SA)除溼輪的處理空氣之間，表示熱焓變化為負值，因此，基於輸入至再生過程熱能的量加上空氣流動用來去除水分含量的除溼能力，可以使用以下方程式計算：

$$\text{DCOP} = \Delta\omega \cdot \dot{m}_{ads} / Q_{in} [\text{g/kJ}] \quad (5)$$

其中， $\Delta\omega$ 、 $\dot{m}_{ads}$  和  $Q_{in}$  分別代表除溼容量(g/kg-DA)、吸收質量流率(kg-DA/s)和輸入熱(kW)。

這些實驗使用空氣流速估算入口端與出口端絕對溼度的差值來驗證吸收和再生端之間的質量守恆(DM)，質量守恆方程式如下 [39]：

$$\Delta M = (\dot{m}_{ads}(\omega_{OA} - \omega_{SA}) - \dot{m}_{reg}(\omega_{EA} - \omega_{RA})) / (\dot{m}_{ads}(\omega_{OA} - \omega_{SA})) \quad (6)$$

其中， $\dot{m}_{ads}$  和  $\dot{m}_{reg}$  分別為除溼端和再生端的乾空氣質量流率(kg-DA/s)，而  $\dot{m}_{ads}$  和  $\dot{m}_{reg}$  這些質量流率則由以下方程式計算：

$$m_{ads}^{\cdot} = \rho \cdot A \cdot v_{ads} \cdot (622/\omega + 622) \quad (6a)$$

$$m_{reg}^{\cdot} = \rho \cdot A \cdot v_{reg} \cdot (622/\omega + 622) \quad (6b)$$

其中， $\rho$ 、 $A$ 、 $v_{ads}$ 和 $v_{reg}$ 分別為在吸收或再生入口端該溫度的乾空氣密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、吸收或再生的除溼輪截面積( $\text{m}^2$ )、吸入口氣體速度( $\text{m}/\text{s}$ )以及再生入口氣體速度( $\text{m}/\text{s}$ )。

$\omega_{OA}$ 、 $\omega_{SA}$ 、 $\omega_{EA}$ 和 $\omega_{RA}$ 分別定義為外在空氣、供給空氣、排出空氣和再生空氣的絕對溼度值且單位均為  $\text{g}/\text{kg-DA}$ 。在所有的實驗中，可以確定的是 DM 少於 5%，當考慮到實驗的不確定值，儀器的不確定值和平均標準的不確定值可以根據參考文獻[40]計算出來，平均標準的不確定值是由一組實驗重複操作所決定出來的，這些不確定值使用總和平方開根號的數學方法，因此，所量測的值中絕對溼度最大的不確定值計算出來為 $\pm 2.5\%$ ，而溫度量測最大誤差預估低於  $1^\circ\text{C}$ 。

### 3. 結果與討論

#### 3.1 除溼輪在基本性能測試上的行為和表現

在第一項研究中，研究了除溼輪在兩種運作模式中的行為表現作為基礎的性能測試。如圖 4 所示，初始的實驗藉由實驗編號 1 設定  $T_{reg}$  於  $75^\circ\text{C}$ 、 $V_{reg}$  於  $2 \text{ m}/\text{s}$  且熱含量 100% 做為參考條件，固定再生溫度( $T_{reg}$ )的操作模式則由實驗編號 2、3 和 4 表示，目的是驗證熱含量在 84%、63% 和 42% 對於除溼性能的影響。在這個模式中，熱含量的改變經由再生空氣流速由  $1.67 \text{ m}/\text{s}$  至  $0.83 \text{ m}/\text{s}$  的變化所表明，此外固定再生空氣流速( $V_{reg}$ )的操作模式則以實驗 5、6 和 7 表示，這個操作模式包含不同再生溫度的設定，也就是  $67^\circ\text{C}$ 、 $57^\circ\text{C}$  和  $46.4^\circ\text{C}$ 。

在圖 4 中， $T_{reg}$  和  $V_{reg}$  的改變所導致除溼性能的影響呈現在不同的轉體旋轉速度，其結果顯示在兩種操作模式中就再生熱輸入的量減少方面而言除溼量減少，此外，在固定再生空氣溫度  $75^\circ\text{C}$  的運行下比在固定流率模式的情況下可得較佳的性能，此結果也確信最理想的轉體轉速在除溼的量達到最大值似乎與再生空氣流速成線性關係，這個行為在固定再生空氣溫度模式比在固定空氣流速模式中更能斷定。

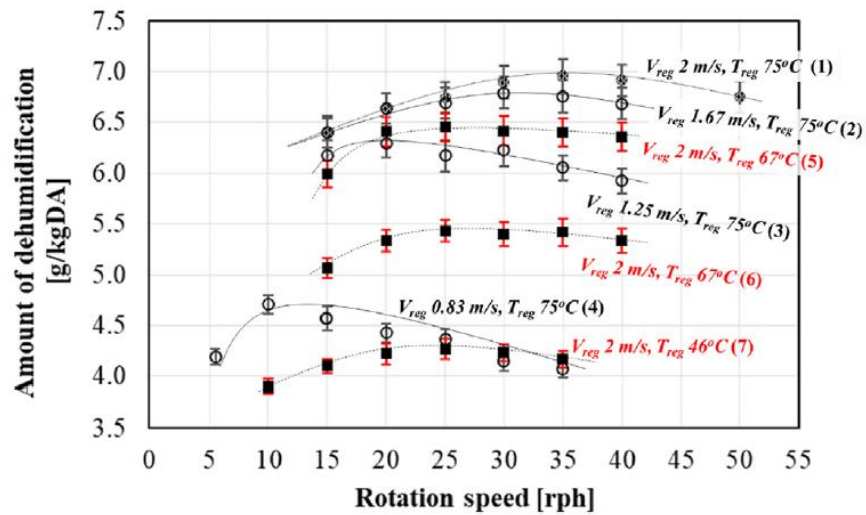


圖 4

這些結果提議結合固定再生溫度的運作模式和轉體轉速的線性控制可以預期在再生熱輸入改變時維持除溼輪性能是有效的，有鑑於此，第二項研究需要去證實這個結果，對此，對於兩種操作模式在除溼性能上的細部闡述在 3.1.1 和 3.1.2 的部分。

### 3.1.1 固定再生溫度運作模式的效益

實驗編號 2、3 和 4 顯示(圖 4)，除溼性能與再生空氣流速和轉體轉速兩者皆有關，對於再生空氣流速的改變，除溼輪的性能會隨著再生過程的質量流率減少而下降。在固定再生溫度下， $V_{reg}$  的減少導致再生熱輸入縮減，因此減緩轉體在再生端的乾燥過程。這情況導致在吸收和再生過程之間的表現不平衡，因為轉體開始達到飽和其除溼限制使得轉體在吸收端不能從空氣中抽取更多水氣。為了說明此結果，將除溼出口端空氣和再生出口端空氣指定於最佳轉體旋轉速度，並將結果繪於圖 5 濕度圖中，濕度圖顯示除溼輪從空氣中移除水分可達到的較低限制以及在再生過程之後所排出的較高限制，雖然供給空氣的濕度隨著再生空氣流速減少而增加，在氣流速度 2 m/s 和 1.25 m/s 之間的除溼性能並無太顯著降低；然而，當再生氣體流速是 0.83 m/s，在再生之後所排出的空氣狀態達到一極限值，除溼性能也因此被迫去維持材料平衡，導致性能明顯降低，此結果意味著當再生空氣流速太低，除溼性能將突然下降。



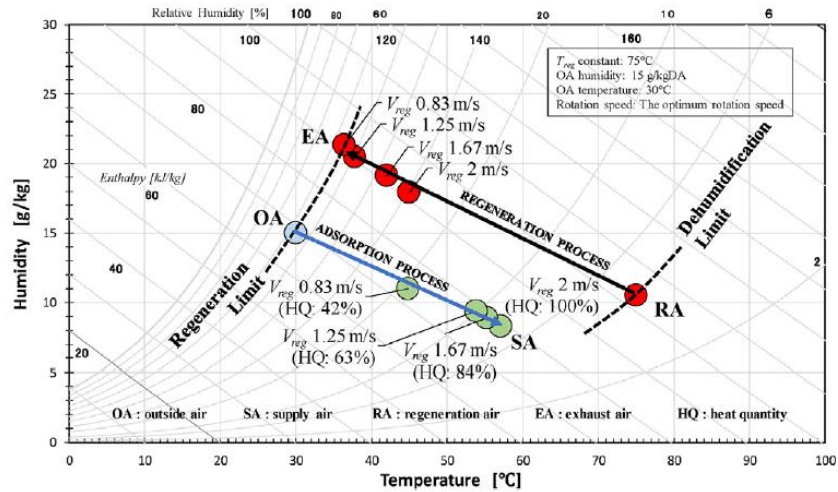


圖 5

從轉體速度的觀點而言，當轉體轉速提升到最佳速度，除溼輪的除溼表現將會提升，超過該速度，其性能開始下降，也就是說，最理想的轉體旋轉速度給定最大的除溼量也因此帶來最佳的除溼輪性能。這現象可以經由如果轉體轉速比最佳速度還慢的事實來做解釋，轉體將變呈現飽和狀態且持續很長一段時間；相對地，如果轉體速度是快的，吸收和再生過程的時間太短因為除溼材料在轉體兩側不能有足夠時間去移除水氣。

此外，最佳的輪體轉速改變至較低的值後，當再生空氣流速減少，最佳輪體轉度與再生空氣流速會成線性關係，如圖 6 所示，這意思是供給至除溼輪體每單位體積的再生氣體量在最佳旋轉速度的情況下幾乎是相同的，因此，由於在吸收和再生過程之間的熱量/質量達成平衡，除溼性能將達到最高。

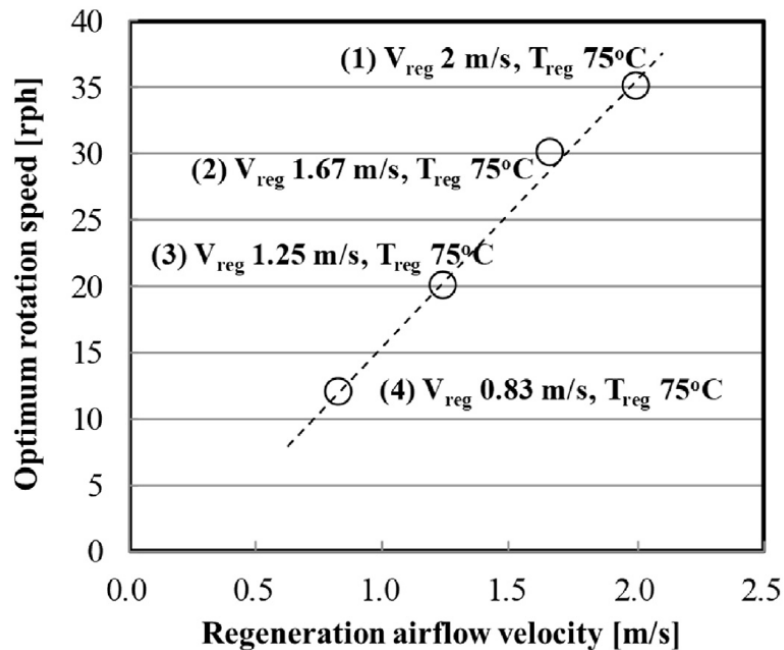


圖 6

### 3.1.2 在固定再生空氣流速運作模式的效益

圖 4 也顯示在固定再生空氣流速 2 m/s 下，當再生空氣溫度在 75°C 和 46.4°C 之

間變化(如實驗編號 5、6 和 7)，在不同的轉速下除溼輪可達到的除溼量，除溼的量當再生溫度下降而趨於減少，除溼行為表現被發現相似於第一個運行模式，在該模式下，當達到最佳轉速，可使除溼性能增加，但是超過該速度後開始平緩下降；然而，在此模式下，當  $T_{reg}$  降低，最佳的輪體旋速僅有些許變化，因此由此可知  $T_{reg}$  的改變對最佳轉體轉速並無顯著影響，換句話說，輪體轉速與任何  $T_{reg}$  變化無關。

在最佳轉速的除溼出口端空氣和再生出口端空氣的情形繪於濕度圖並表示於圖 7，除溼極限的提升伴隨著再生溫度的下降，這意味著吸收推力的減少導致除溼表現下降，此外，再生氣體從  $75^{\circ}\text{C}$  下降至  $46.4^{\circ}\text{C}$  使得供給氣體熱焓的減少，代表除溼輪系統對於冷卻步驟需要較少能量；然而，當單一的輪體使用時，除溼過程變成主要的優先順序，再生溫度下降還需考慮到避免除溼表現顯著減少，因此，再生溫度如何可以被控制去提供除溼性的上升且在冷卻過程中熱焓和能量的需求均無大量增加下是必須被考慮到的。

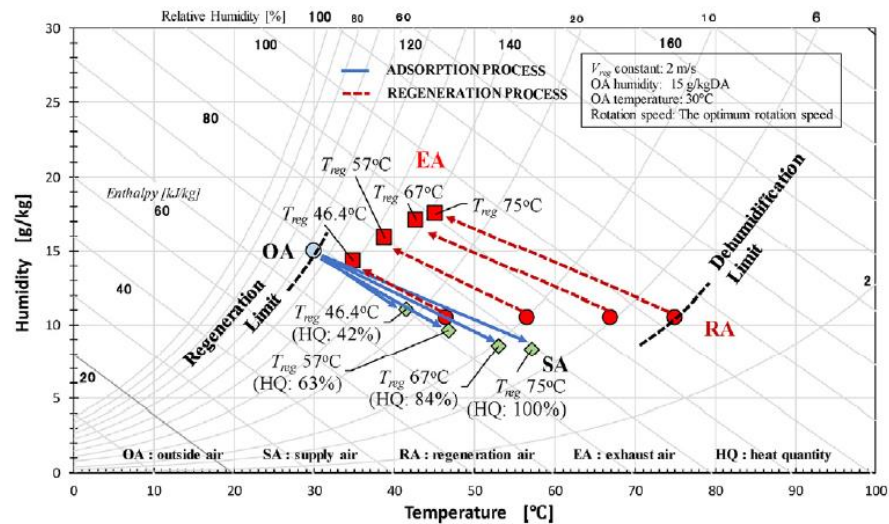


圖 7

### 3.1.3 建議的最佳運行模式

兩種運行模式的熱焓變化( $\Delta h$ )已描述於圖 8(a)中，此外，除溼表現( $\Delta w$ )和性能除溼係數(DCOP)則表示於圖 8(b)和(c)以驗證熱焓改變行為作為參考運行模式的推論。對於兩種運行模式而言，在每一次熱含量的改變，轉體轉速被設定為最佳轉體旋轉速度(ORS)，為了檢視在熱焓變化下最佳轉體轉速的影響，加入固定轉體旋轉速度 35 rph 之下以固定再生溫度模式運行的條件作為比較。

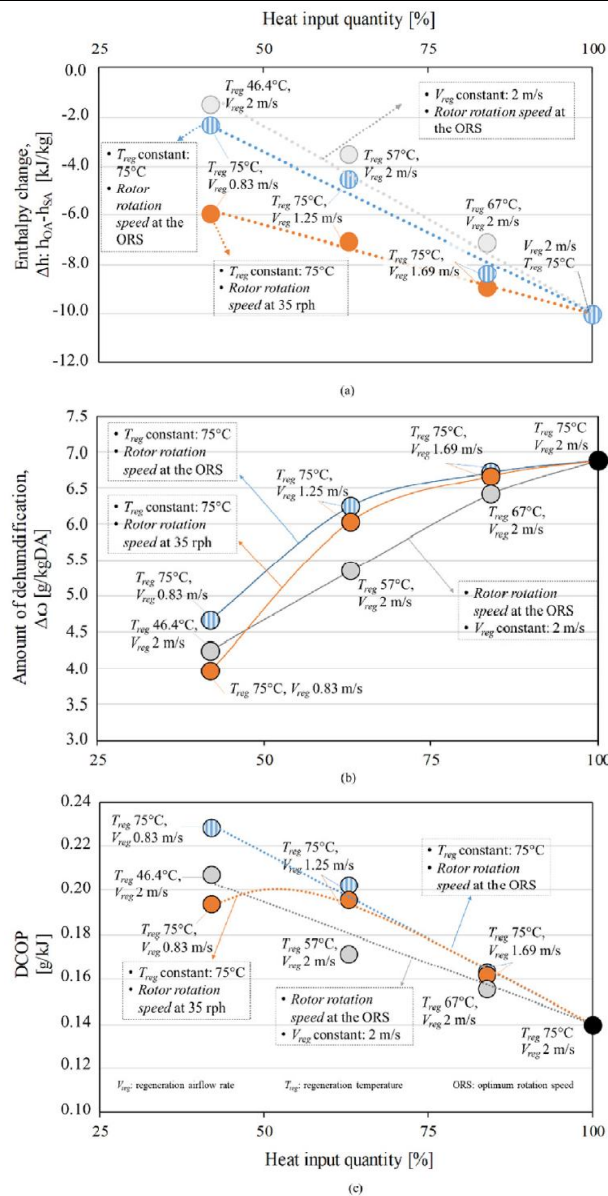


圖 8

如圖 8 所示，熱含量從 42% 增加至 100% 導致所有的運作模式下  $\Delta h$  和  $\Delta \omega$  均增加，關於熱焓改變，當再生熱輸入增加時，從轉體到吸出口端的釋放熱量增加。固定再生空氣流速模式相較於固定再生溫度模式有較低的熱焓改變；然而，在固定再生溫度運作模式下最佳的轉體轉速的出現允許系統抵擋熱焓的急遽增加，這特別發生在當熱含量設定在 42% 和 62% 的時候，這意味著藉由控制轉體轉速，提供至轉體的熱在使用於脫附已吸附的水蒸氣而言更加有效，而接續增進除溼輪的除溼容量和降低出口空氣溫度(SA)。

換言之，最佳的轉體轉速給定除溼的最大量也因此呈現出最佳可能的除溼輪表現，這個現象可以藉由如果轉體旋轉比最佳速度慢使轉體變成較長時間飽和狀態的事實來解釋，相對地，如果轉體轉速快，吸收和再生過程的期間太短因為除溼材料在轉體兩端並無足夠時間去移除水氣，此結果在圖 8(a) 顯示更多聲稱的方法來表示在固定再生溫度的運作模式下固定轉體轉速和最佳轉體轉速在熱

焓上的改變的影響。

此因為轉體旋轉較最佳旋轉速度快而發生，吸收熱使用於加熱輪體本身而不是再生空氣，因此，有剩餘的熱存在導致在吸收出口端的熱焓增加。在兩種運作模式下從熱焓改變的觀點(圖 8(a))和除溼性能(圖 8(b))來說，有著最佳轉體轉速在固定再生溫度模式之下有最佳的表現，而不是固定再生空氣流速模式。

圖 8(c)顯示 DCOP 的行為趨勢跟三種運作情形下熱輸入量改變去做比較，在所有的運作模式中，當熱輸入量增加，DCOP 則會減少，此結果由能量消耗需要去加熱再生空氣的增加量比除溼容量還大導致，當在固定再生空氣流速的運行模式下，再生溫度從 46.4°C 改變至 75°C，最低的 DCOP 趨勢可被觀察到。

因此，DCOP 顯示不同在固定再生溫度運行模式下的行為，當轉體已線性控制於最佳轉速，當與固定轉體轉速組態比較之下，DCOP 可以增加 15% 的效果，特別是當熱輸入改變至 42% 時。此 DCOP 的降低是由轉體的熱含量所導致，因此，旋轉速度的控制是一種有效的方法去避免 DCOP 的減少。總結，在固定再生溫度模式下，轉體轉速做線性控制已經證實是最佳的運作模式。

在此，DCOP 的最大值大略估計是 0.43 g/kJ，當假定熱已被使用於蒸發水且吸收的熱等於 75°C 水的蒸氣熱，如圖 8(c)所示，在理想值 (0.43 g/kJ) 和實際的 DCOP 最大值 (在最佳運作模式時 0.224 g/kJ) 之間有所差異，此差異來自不只是因為輪體本身的熱含量也因為熱隨著排氣離開，因此使用合理的熱交換器來恢復排出的熱是可能更有效的，當然，從熱的除溼氣體中來恢復熱是比較好的。

### 3.2 在最佳運作模式中除溼表現的瞬間反應

在實際的情況中，從日光能和廢熱中取得熱其明確的時間區間皆不相同，在日光熱的情況中，白天太陽照射通常維持穩定而在早上和下午減少，而熱從小規模的廢熱源取得會傾向於轉變至短時間區間，至於這些情況來說，除溼輪基於最佳運作模式的行為表現在以上提出已被檢視去考慮不同的較長和較短的短暫時間輸入再生熱所造成的變化。

#### 3.2.1 在長時間輸入再生熱之下對於除溼性能改變的影響

在長時間的研究中，再生空氣流速的大小在不同短暫時間中(2, 5 和 10 分鐘)從 2 m/s 到 0.83 m/s 減少，且在開始加速至 2 m/s 之前維持 50 分鐘，轉體轉速固定在最佳值 35 rpm，且熱的量是 100%，如圖 9 所示，再生空氣流速的改變從 2 m/s 至 0.83 m/s 導致除溼性能減少；然而，在此運作模式線性控制轉速可知在抑制除溼性能下降的方法是有效的。

在除溼性能中，大約下降 1 g/kg-DA 可以被恢復，這些結果建議如果在再生空氣流速發生長時間改變，線性控制轉體轉速可以做為去防止除溼性能的降低；然而，輪體速度控制的效果要大約 1000 秒後才會出現，延遲上升的主因為除溼輪體的緩衝容量隨著除溼輪的冷卻和除溼過程的開始。

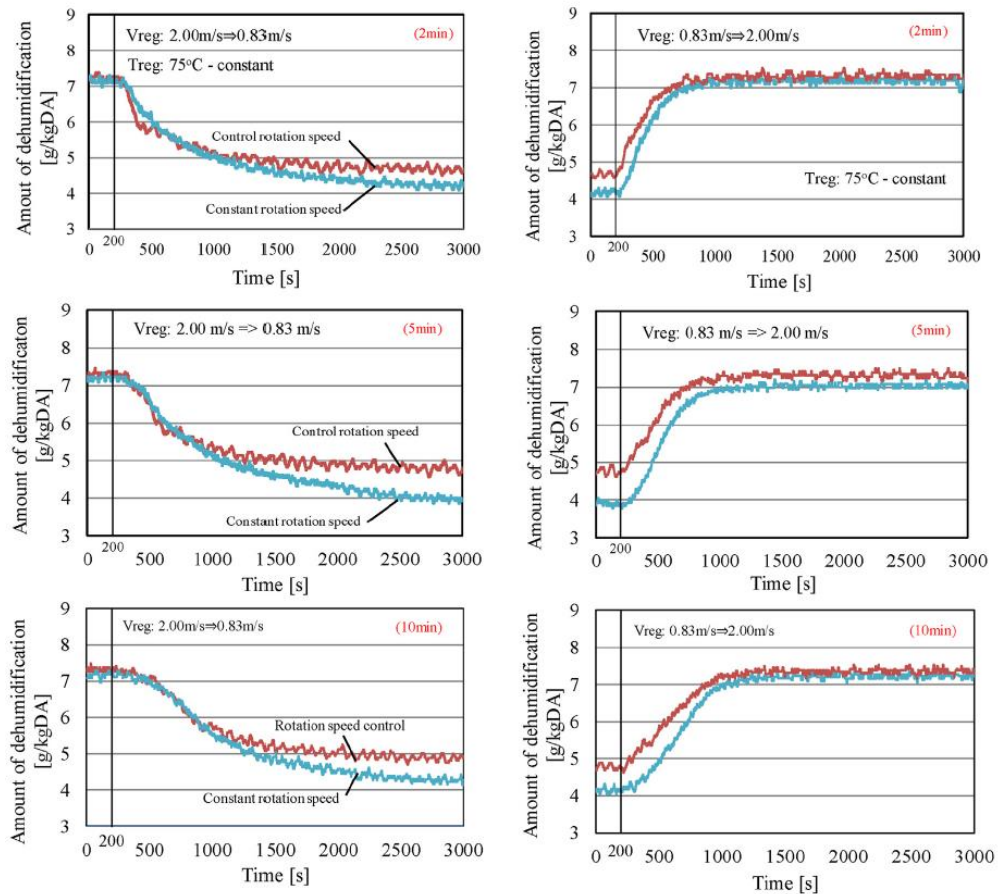


圖 9

### 3.2.2 在短時間輸入再生熱之下對於除溼性能改變的影響

在此章節，熱源的熱量假定會在短時間連續從 100% 改變至 42%，再生熱輸入會每 2 分鐘和每 10 分鐘改變，如圖 10 所示，除溼性能在再生熱輸入的改變之中趨於減少，此外，在使用固定轉體轉速和線性控制轉體轉速之間的運作並沒有觀察到除溼性能有顯著變化這表示轉體轉速控制的影響消失因為在轉體的吸收容量中有著很大的緩衝效果，換句話說，轉體的緩衝效果在轉體轉速的控制中發揮首要效果。

此結果也清楚表示在固定再生溫度的運作比在固定再生空氣流速的運作下產生較佳的表現；然而，當時間被設定太長，除溼性能則有下降的趨勢，這可以在 10 分鐘的時間中被明顯察覺，這也指出在較長的時間會導致在除溼表現上有較大波動，此結果因此也建議使用有吸收容量的除溼輪可以抵擋較長的時間而此解決方法也能夠使性能波動最小化。

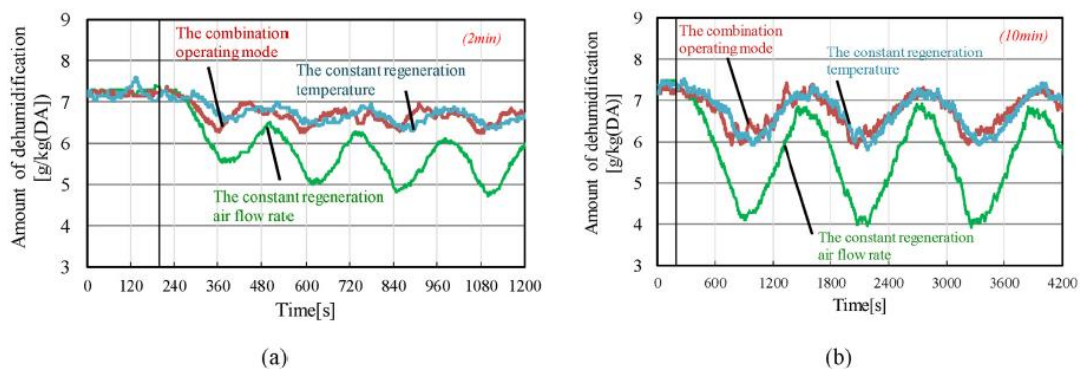


圖 10

#### 4. 結論

在本篇研究中，評估除溼輪固定再生空氣溫度和固定再生空氣流速模式兩種運行模式的效益，也檢視關於再生熱輸入改變的影響。根據實驗結果，在兩種運作模式中再生熱輸入的改變使除溼輪表現下降，當兩種模式比較後，固定再生空氣溫度運作模式顯示，當熱輸入至再生氣體減少時在除溼表現上有較小的跌幅，另外，最佳轉體轉速與再生空氣流速成線性關係，因此，運作時再生空氣流速有著適當的控制伴隨著最佳轉體轉速已經證實經過較長的時間可有效抑制除溼性能的下降。然而，旋轉速度的控制效益在較短時間的情形消失因為轉體的熱和吸收容量的緩衝效果的关系，因此，轉體旋轉速度的控制在較長時間的條件下是有效的或是當除溼輪的吸收容量小的時候。

關鍵字

除溼輪、除溼性能、瞬時反應、再生熱輸入、運行模式

註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。

2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。

3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。