

知識物件上傳表

計畫名稱：高效率工業吸附節能技術開發計畫

上傳主題：吸附式除濕轉輪參數優化系統

提報機構：工研院綠能所

提報時間：112年11月 28日

與計畫相關	☒ 1.是 ☐ 2. 否
國別	☒ 1.國內 ☐ 2. 國外：(註明國家名稱)
能源業務	☐ 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) ☐ 2.石油及瓦斯 ☐ 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) ☐ 4.新及再生能源 ☒ 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) ☐ 6.其他
能源領域	☐ 1.能源總體政策與法規 ☐ 2.能源安全 ☐ 3.能源供需 ☐ 4.能源環境 ☐ 5.能源價格 ☐ 6.能源經濟 ☒ 7.能源科技 ☐ 8.能源產業 ☐ 9.能源措施 ☐ 10.能源推廣 ☐ 11.能源統計 ☐ 12.國際合作
決策知識類別	☐ 1.建言(策略、政策、措施、法規) ☒ 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) ☐ 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 ☐ 4.其他：
重點摘述	台灣屬於高溫高濕的海島型氣候，在民生與工業領域中，空調負荷佔用電比例都很重，其中用在除濕乾燥的佔比也很大，比方說恆溫恆濕的無塵室、鋰電池製程等，其中利用吸附式轉輪除濕是工業製造極低濕度的一種常見方法[1]。 本研究針對吸附式除濕轉輪建置一模擬模型，可針對吸附式除濕轉輪進行運轉參數之優化，包含吸附段、再生段風量、再生溫度、轉輪尺寸與運轉速度等參數，有利產業於應用時調整參數節省能源。
詳細說明	吸附式轉輪除濕機是工業中常用的一種除濕乾燥方法[1]，因為他們有極佳的除濕性能。一般除濕轉輪會是圓柱狀，其中軸向方向上會有許多重複形狀之空氣流道，其中最常見的形狀為波浪狀，其次亦有使用蜂巢狀的轉輪，因使用波浪狀結構較易生產，本篇研究將注重於波浪狀空氣流道轉輪之模型建模。空氣流道結構上會塗佈吸附劑如矽膠、沸石等粉末，在轉輪使用時會將轉輪面分為至少兩塊，一塊會經由通過熱風來將轉輪吸附劑中之水分再生脫附帶出，另外一塊則會通過製程用空氣進行吸附。 在本研究轉輪除濕模型建置[2]時，為求計算方便，使用以下假設條件： - 轉輪中所有風氣流道皆為同樣性質，並且吸附劑均勻散佈在其中。 - 空氣流道間各自絕熱。 - 轉輪的轉速為定值並且慢到可忽略向心力的作用。 - 在氣流與空氣流道壁上，軸向方向的热傳導與質傳導可忽略。 - 在熱量與質量邊界條件上的吸脫附量可忽略。 - 乾空氣、水蒸氣、與吸附劑之熱性質為定值。 - 氣流與空氣流道壁之間的热質傳導係數，在整個空氣流道皆為定值。

8. 不同區間沒有洩漏，如再生與吸附段。

做了以上假設條件後，即可寫出以下四式對空氣與轉輪壁吸附劑的熱量與水分質量的平衡式。

$$h_m p(\rho_{vg} - \rho_{vm}) + uA \frac{\partial \rho_{vg}}{\partial x} + A \frac{\partial \rho_{vg}}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$h_m p(\rho_{vg} - \rho_{vm}) - A_m \rho_m \frac{\partial \gamma_m}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

$$hp(t_m - t_g) - uA\rho_g C p_g \frac{\partial t_g}{\partial x} - A\rho_g C p_g \frac{\partial t_g}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

$$k_{sub} A_{sub} \frac{\partial^2 t_m}{\partial x^2} + h_m p(\rho_{vg} - \rho_{vm}) \Delta H_{ads} - hp(t_m - t_g) - (\rho_m A_m C p_m + \rho_{sub} A_{sub} C p_{sub}) \frac{\partial t_m}{\partial t} = 0 \quad (4)$$

其中 h 與 h_m 分別為熱交換與質量交換係數、 p 為轉輪風道切面邊緣周長、 ρ 則為水蒸氣或吸附材料密度、其中下標 vm 代表與吸附劑達成平衡之空氣水分密度、 u 為風速、 A 為風道面積、 Cp 則為比熱。

而塗布於轉輪上之吸附劑矽膠會有其獨特的等溫吸附曲線，意即其處於不同相對濕度下之吸水量，可透過多項式方式進行回歸，如下圖所示：

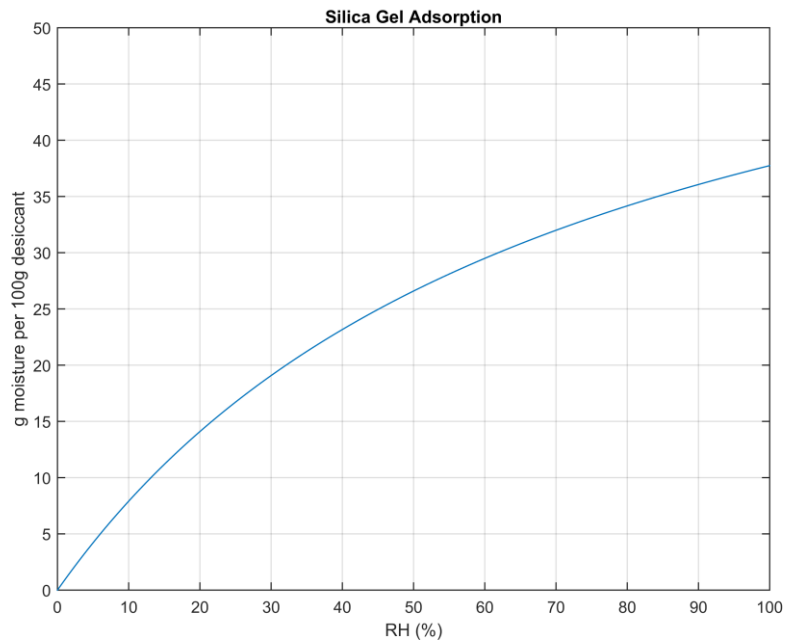


圖1、矽膠之等溫吸附曲線

最後透過有限差分法可將此四式與等溫吸附曲線函式求解，成為一暫態一維之模擬模型，邊界條件可用吸附與再生的空氣條件設定，當此暫態模型達成平衡後即可獲得運轉時之出風空氣溫溼度。

重複使用此模型計算不同轉輪厚度、轉速設定條件之出風條件結果如下圖所示：

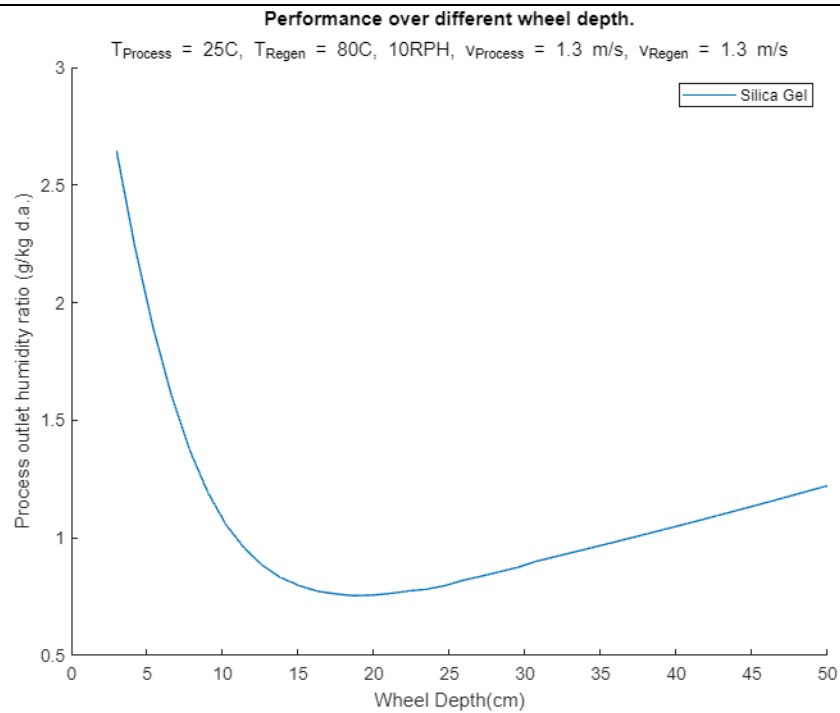


圖2、矽膠轉輪於不同厚度之出口濕度

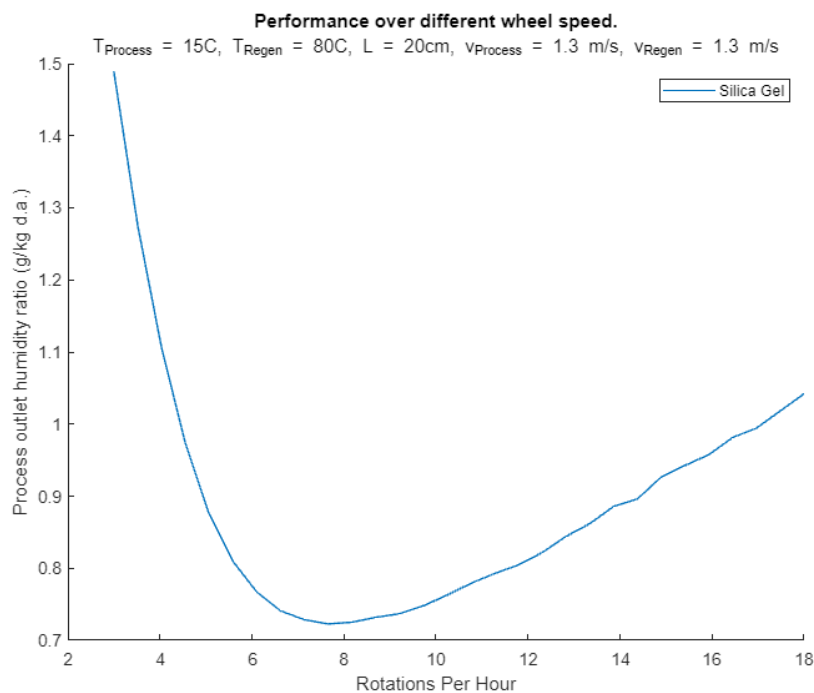


圖3、矽膠轉輪於不同轉速之出口濕度

使用此模擬模型有利於工業界有乾燥需求時調整轉輪參數，以達轉輪除濕之最高效益有助於產業節能。

文獻回顧

- [1] Saputra DA, Osaka Y, Tsujiguchi T, Haruki M, Kumita M, Kodama A. Experimental investigation of desiccant wheel dehumidification control method for changes in regeneration heat input. Energy 2020;205:118109
- [2] Chaoqin Zhai, David H. Archer, John C. Fischer. PERFORMANCE MODELING OF DESICCANT WHEELS (1): MODEL DEVELOPMENT, Energy Sustainability 2008.

- 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。