

## 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：離子液體液態除濕空調系統

提報機構：工研院綠能所

提報時間：112年11月 27日

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 與計畫相關  | <input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 國別     | <input checked="" type="checkbox"/> 1.國內 <input type="checkbox"/> 2. 國外：(註明國家名稱)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 能源業務   | <input type="checkbox"/> 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2.石油及瓦斯<br><input type="checkbox"/> 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) <input type="checkbox"/> 4.新及再生能源<br><input checked="" type="checkbox"/> 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6.其他                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 能源領域   | <input type="checkbox"/> 1.能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.能源安全 <input type="checkbox"/> 3.能源供需 <input type="checkbox"/> 4.能源環境<br><input type="checkbox"/> 5.能源價格 <input type="checkbox"/> 6.能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7.能源科技 <input type="checkbox"/> 8.能源產業<br><input type="checkbox"/> 9.能源措施 <input type="checkbox"/> 10.能源推廣 <input type="checkbox"/> 11.能源統計 <input type="checkbox"/> 12.國際合作                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 決策知識類別 | <input type="checkbox"/> 1.建言(策略、政策、措施、法規)<br><input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規)<br><input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析<br><input type="checkbox"/> 4.其他：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 重點摘述   | <p>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，以液態除濕系統取代傳統冷凝除濕系統，預計可達15~30%的節能量。此外，液態除濕系統具有殺菌與淨化空氣的功能，在 COVID-19後疫情時代與綠建築等議題下，將在未來佔有一席之地。</p> <p>本研究針對不會腐蝕金屬、不會結晶之新型離子液體吸收劑，製作出新一代液態除濕系統，透過改變再生溫度、噴淋溫度等方式，建立液態除濕性能資料庫，未來針對不同外氣條件，提供相關參數讓使用者可達到設定之露點值。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 詳細說明   | <p>文獻指出乾濕分離技術被視為一種節能除濕空調系統，常見的固態轉輪與液態除濕，都為此技術之一，固態轉輪或是液態除濕專門控制濕度，而冰水系統專門控制溫度，其中固態轉輪可以達到極低濕乾燥環境[1]，但是因為再生溫度偏高且容易受到空氣汙染物影響[2]，所以世界正尋找節能的替代方案，</p> <p>液態除濕系統因為液體的特性，吸附與再生之間可使用節能板換，且再生溫度可以低於 80℃，因此可以使用熱泵驅動，與電熱器驅動之轉輪系統相比，具有很高的 COP[3]，部分文獻也指出液態除濕可以達到極低濕的露點，例如 Evron et al. [4]利用雙段式液態除濕系統，使空氣出口絕對濕度可以下降達到 6 g/kg，約是露點 8℃，Guan et al. [5]利用模擬的方式顯示，液態除濕前端的預冷溫度越低，系統的整體的性能越高，液態除濕適合處理最後冰水系統無法處理的露點溫度，當空氣預冷到 15℃時，液態除濕可以在 46℃的再生溫度下，達到露點 0℃。Yamaguchi et al. [6] 利用熱泵驅動液態除濕系統，可在外氣 30℃，絕對濕度 14 g/kg 的狀態下，使供風達到 22℃，絕對濕度 8.1 g/kg，露點約 10℃，系統 COP 達到 2.7。Shan et al. [7]利用模擬的方式，初步驗證當外氣為 36℃，絕對濕度 16 g/kg 時，同樣的供風條件下，熱泵驅動液態除濕系統 COP 可以比傳統系統高約 13%。且液態除濕同時具有節能除濕、淨化空氣與殺菌三效一體的功效，因此我們選定液態除濕進行研究開發。</p> |

圖 1 為液態除濕系統的詳細原理圖，分為兩噴淋塔，一塔為吸附塔，一塔為再生塔，如果現場沒有冷熱源，可使用雙效熱泵驅動，雙效熱泵的冰水測對液態除濕劑與空氣進行降溫除濕，吸收劑會吸收空氣中的水氣，使出口的空气變成低溫乾燥的狀態，吸收劑會趨於飽和，此時就會利用幫浦，把吸收劑打到再生桶槽中，使用熱泵的熱水端，讓液態除濕劑可以升溫，並以另一道外氣帶走再生出來的水分，達到還原的目的，並再次利用幫浦打回吸收塔，使系統連續運轉。

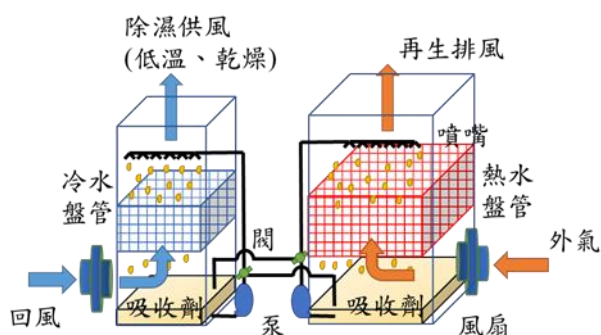


圖 1 液態除濕系統運作原理

傳統的吸收劑為鹽類水溶液，如氯化鋰(LiCl)，其特性如高濃度海水，如表 1 所示，對金屬有極大的腐蝕性，就算使用濾網想去除，也會因為其揮發性偏高，且分子量較小，濾網不易捕抓，會隨個空氣帶到室內，造成室內的金屬元件腐蝕，這對電子場而言是不可承擔的風險，另一方面，鹽類水溶液如果操作不當，會有結晶析出的風險，會造成管路的阻塞進而使系統失效，且目前氯化鋰的再生溫度也偏高，系統整體的 COP 也會較低，所以關鍵的吸收劑，須具備低金屬腐蝕性、低揮發性、無結晶、低再生溫度等特性，才能使液態除濕擴大應用於電子場。現在國際上有出售一隻離子液體，具有低金屬腐蝕性、低揮發性、無結晶、低再生溫度等特色，可望完全取代傳統鹽類溶劑，其蒸氣壓如圖 2 所示，因為其不會結晶的特性，使用濃度可達到 100%時，此時的最低露點可達到-20℃，而氯化鋰因為會結晶，最高的使用濃度約為 45%，此時的最低露點約為-10℃，且因為再生溫度較低的特性，與熱泵系統搭配，將具有較高的 COP。

表 1 傳統吸收劑特性

| 吸收劑               | LiCl   |
|-------------------|--------|
| 最低露點 (°C)         | -10~4  |
| 金屬腐蝕性             | 高      |
| 吸收劑揮發性<br>(液體帶出)  | 中      |
| 使用濃度 (%)<br>(結晶性) | 30~40  |
| 再生溫度 (°C)         | 120~60 |

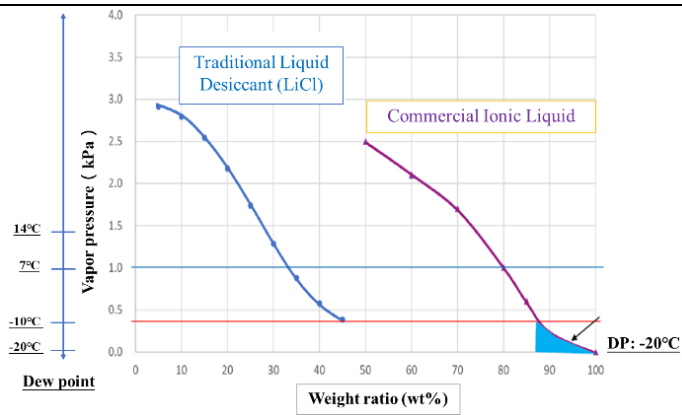


圖 2 市售離子液體蒸氣壓圖

本研究與此市售離子液體廠商進行合作，建置國產化第一套離子液體液態除濕系統，採用全不鏽鋼系統，透過長期測試，確認金屬腐蝕性，並以內冷鰭管式系統進行系統測試，減少系統體積，如圖3所示，此設備處理風量最大為3000CMH，吸附與再生之間採用殼管式回收冷熱能，通入10~18°C冷水與45~60°C熱水進行驅動。圖8顯示不同再生溫度對離子液體性能之影響，橫軸代表入口的絕對溼度，縱軸代表出口的絕對濕度，因此出口絕對濕度越低，代表性能越好，當再生溫度為60°C時，系統的除濕性能最高，但是熱泵的效率可能會下降，必須有些取捨，但如果有的廢熱源的話，廢熱溫度越高，對系統的整體效率會有顯著的幫助。



圖3、設備實體圖

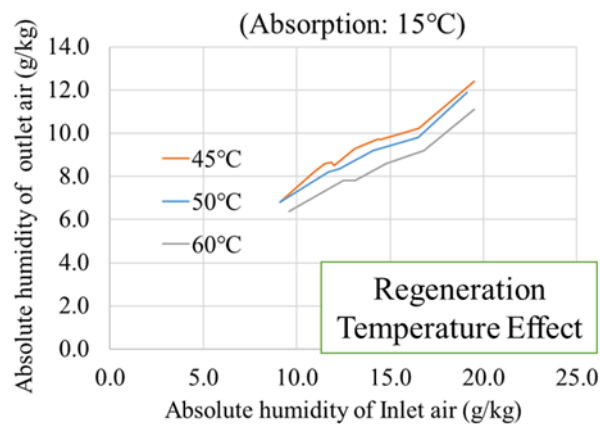


圖4、不同再生溫度對除濕能力的影響(噴淋溫度15°C)

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>本研究協助廠商完成本土化自製液態除濕設備，並使用最新離子液體吸收劑，此吸收劑具有無金屬腐蝕性、無結晶與低再生溫度等特性，實驗結果顯示除濕性能會隨再生溫度進行改變，再生溫度越高，除濕效果越好，但最低再生溫度可達到45℃，出口濕度與外氣約成線性關係，入口濕度越高，出口的濕度也會較高，未來完成系統的測試數據後，即可用此資料庫達到自動控制的目的，當設定者指定出口絕對濕度要達到多少時，系統可根據量測到的外氣條件，比對資料的數據，自動調整噴淋溫度與再生溫度，使出口的濕度達到適當值。</p> <p><b>文獻回顧</b></p> <p>[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. <i>Energy</i> 2020;205:118109</p> <p>[2] Zeng Y, Woods J, Cui S. The energy saving potential of thermo-responsive desiccants for air dehumidification. <i>Energ Conver Manage</i> 2021;244:114520.</p> <p>[3] Cui Q, Qu HS, Sun B, Gao EY, Zhang XS. Operating characteristics and performance evaluation of carbon dioxide heat pump driven liquid desiccant dehumidification systems: A comparative study. <i>Energ Conver Manage</i> 2022;254:115298.</p> <p>[4] Evron Y, Gommed K, Grossman G. Efficient deep dehumidification hybrid air conditioning system. <i>Int J Refrig</i> 2019;105:50–8.</p> <p>[5] Guan B, Zhang T, Jun L, Liu XH. Exergy analysis and performance improvement of liquid-desiccant deep-dehumidification system: An engineering case study. <i>Energy</i> 2020;196:117122.</p> <p>[6] Yamaguchi S, Jeong J, Saito K, et al. Hybrid liquid desiccant air-conditioning system: experiments and simulations. <i>Appl Therm Eng</i> 2011;31(17–18):3741–7.</p> <p>[7] Shan N, Yin Y, Zhang X. Study on performance of a novel energy-efficient heat pump system using liquid desiccant. <i>Appl Energy</i> 2018;219:325–37.</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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。