

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：熱泵驅動液態除濕空調系統

提報機構：工研院綠能所

提報時間：111年6月01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 <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 <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 <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 <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) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <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 <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，空調負荷佔建築用電比例約50%，在政府規定室內二氧化碳濃度需小於1000ppm的法規下，勢必須引進室外空氣，但引進高溫高濕的外氣將增加空調系統的負荷，因此引進外氣時先以液態除濕系統預除濕可達15~30%的節能量。此外，傳統液態除濕系統使用的鹽類水溶液，具有殺菌的功能，在 COVID-19後疫情時代將有機會慢慢擴展到所有住商空調系統中。</p> <p>本研究針對液態除濕系統進行性能分析，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，需要穩定提供使用者設定之露點值。</p>
詳細說明	<p>因應氣候變遷，全球已有 135 個國家宣示淨零碳排，歐盟和美國也規劃對進口產品採取碳關稅，減碳已經不只是環保議題，亦是經濟議題。其中，根據國外的調查報告，建築耗能佔總耗能 40%[1]，並產生大量的溫室氣體排放，其中空調系統又占建築總耗能約 50%，在工業部門，空調耗電也占約 10%，台灣為海島型國家，在空調系統除了基本的溫度(顯熱負荷)控制外，濕度(潛熱負荷)也比其他大陸型氣候的國家占比重，約占空調負荷的 70%，因此潛熱處理變成台灣一個重要的議題。</p> <p>除濕系統約可分為三大類[2]，分別為冷凝除濕、固態除濕與液態除濕，其優缺點如表 1 所示，傳統冷凝除濕是利用冰水，使空氣降低到設定之露點溫度，接著在使用電熱器再熱，回到設定的供風溫度，因此運轉能耗較高，且先冷再熱的過程是一種能源的浪費，另一方面，冷凝除濕會產生大量的冷凝水，在熱交換器上會產生黴菌，對空氣品質與健康造成危害，其優點是初期建置費用便宜，體積較小。固態除濕系統是利用沸石等吸附轉輪，對空氣進行吸附除濕，使空氣露點直接降低到設定的濕度，就不會有再熱的過程，但是轉輪連續運作的過程中需要使用熱源對轉輪進行再生，使之保持吸附能力，其再生溫度約在</p>

80~140°C，因此也需要較高的運轉能源，且因為轉輪的造價高，初期建置成本也較高。而液態除濕系統則是利用液態除濕劑對空氣進行吸收除濕，同樣可以不需要再熱使空氣達到設定的露點，且其再生溫度可降低到 50~60°C，另一方面，因為液態的流動性質，吸附與再生端可以分開安裝，相對於固態除濕系統，液態除濕系統可採用分離式設計，使室內安裝體積可以縮小，而再生端則放到室外或是屋頂。因此近年來液態除濕的相關研究也有成長的趨勢。

表 1: 除濕系統優缺點比較[2]

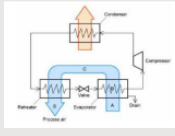
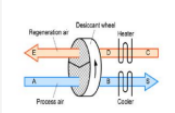
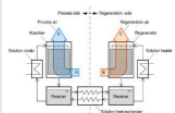
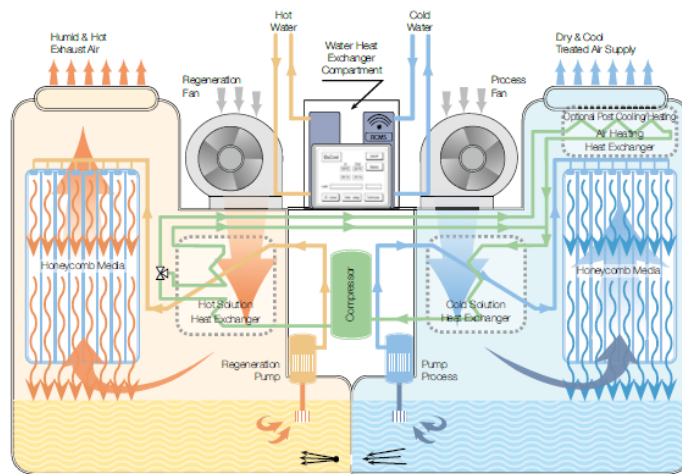
Technology	Schematic image	Approach	Pros	Cons
Electrical air-conditioner		Condensation by over cooling	<ul style="list-style-type: none"> • Compact design • Low initial cost (machine) 	<ul style="list-style-type: none"> • Very high energy costs, less efficient • Not hygienic due to mold formation & bacteria
Solid Desiccant		Solid adsorbents on a wheel, e.g. silica gel or zeolite	<ul style="list-style-type: none"> • Lower energy costs • Easy maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> • Large machine size • High desiccant costs • Still high overall running cost (high temperature recovery)
Liquid Desiccant (LiCl)		Liquid absorbent circulation, e.g. LiCl solution	<ul style="list-style-type: none"> • Lowest energy costs • Bacteria elimination 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosion to metals, thus very high initial machine costs • Crystallization of LiCl • High desiccant costs

圖 1 為液態除濕系統的詳細原理圖[10]，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，將會自配一台雙效熱泵使系統可以運作，雙效熱泵的冰水測先透過液對液熱交換器與液態除濕劑(例如氯化鋰)進行熱交換，使液態除濕劑降溫進而增強吸收水氣的能力，接著低溫的液態除濕劑噴淋在吸附塔中，外氣通過吸附塔，與液態除濕劑在吸附噴淋塔中直接進行熱質傳的交換，空氣中的水氣會被液態除濕劑吸收，達到除濕的效果，空氣出口再次透過冰水盤管降溫，即可達到控溫控濕的目的。再生塔方面，通常容積與風量是吸附塔的1/3，使用熱泵的熱水端，同樣透過液對液熱交換器，讓液態除濕劑可以升溫，接著噴灑在脫附塔中，與外氣進行接觸，因為被加熱的液態除濕劑蒸氣壓大於外氣水氣分壓，所以接觸的過程會把水氣傳給大氣，達到再生的目的，液態除濕劑會於兩塔間進行循環，使系統連續運轉。



Schematic Process Diagram

圖 1 液態除濕系統運作原理[3]

由詳細系統圖即可了解液態除濕系統可透過冰水溫度、熱水溫度與噴淋量的調整，有效的控制出口的濕度與溫度，再生溫度約在50~80°C，可搭配熱泵、太陽能熱源或是廢熱，具有綠色與環保的優勢，因為液體的流動性，吸附與再生噴淋塔可各別分開安裝，與分離式冷氣原理類似，並可達到多對一吸附與再生配置，在大型系統上具有很大的適應性，搭配廢熱的使用時，也可以解決廢熱源離使用場域距離過遠的問題，再生塔可放在廢熱源附近，吸附塔可放在使用端，以液態水路運送，體積小且不需要保溫，加上噴淋塔的空氣淨化效果，具有除臭、去除 VOC、過濾粉塵與殺菌的作用，在後疫情時代與室內空氣品質法規下，不管是工業或是民生系統，都將會是未來主流產品之一。

圖2為液態除濕系統在不同再生溫度下的測試結果，使用的吸收劑為氯化鋰，噴淋溫度為13°C，橫座標為外氣入口的絕對濕度，縱座標為外氣通過液態除濕系統後出口的絕對濕度，可以發現再生溫度越高，出口的絕對濕度越低，代表除濕效果更好，在噴淋溫度13°C與再生溫度60°C的狀態下，外氣會從入口13.8 g/kg下降到出口 3.8 g/kg，除濕效果顯著，再生溫度越高，除濕效果越好，當再生溫度下降到50°C，除濕效果下降較多，因為氯化鋰在低溫再生下，水溶液的重量百分比無法回到35%之高濃度狀態，僅能達到約30%的重量百分比，因此除濕能力也下降。但因為使用13°C低溫的噴灑溫度，可以提高吸附能力，且可大幅降低空氣的溫度，進而提高相對濕度，使液態除濕更容易吸附水氣而達到除濕的功用。圖3顯示噴灑溫度10°C時，再生溫度對除濕性能的影響，實驗結果同樣展現出再生溫度越高，除濕能力越好的趨勢，噴淋溫度10°C與13°C相比，同樣50°C再生，吸附能力約可提升9%，但耗能會因此提高，此種低溫噴淋的方式僅適合應用於需要極濕度乾燥的場域，出口露點可達到0°C以下。

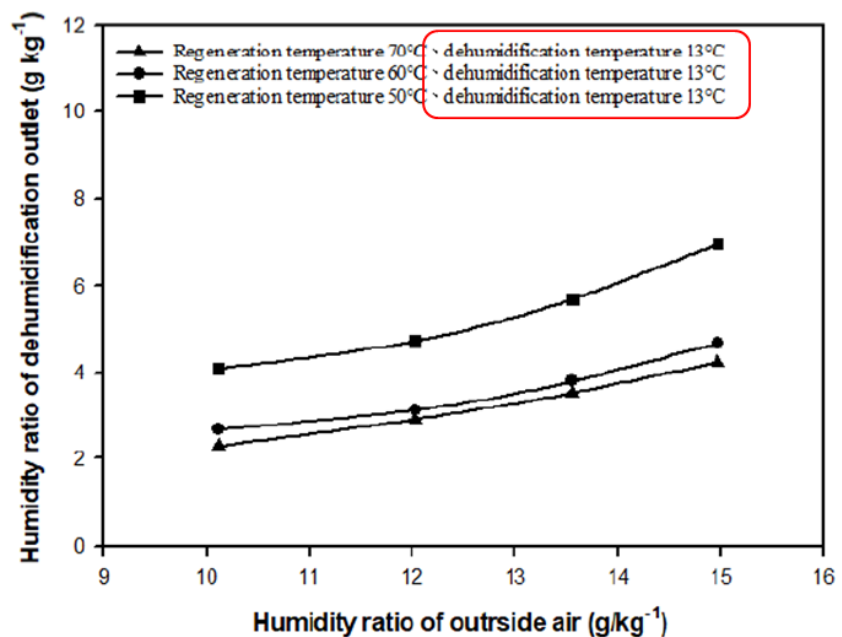


圖2、不同再生溫度對除濕能力的影響(噴淋溫度13°C)

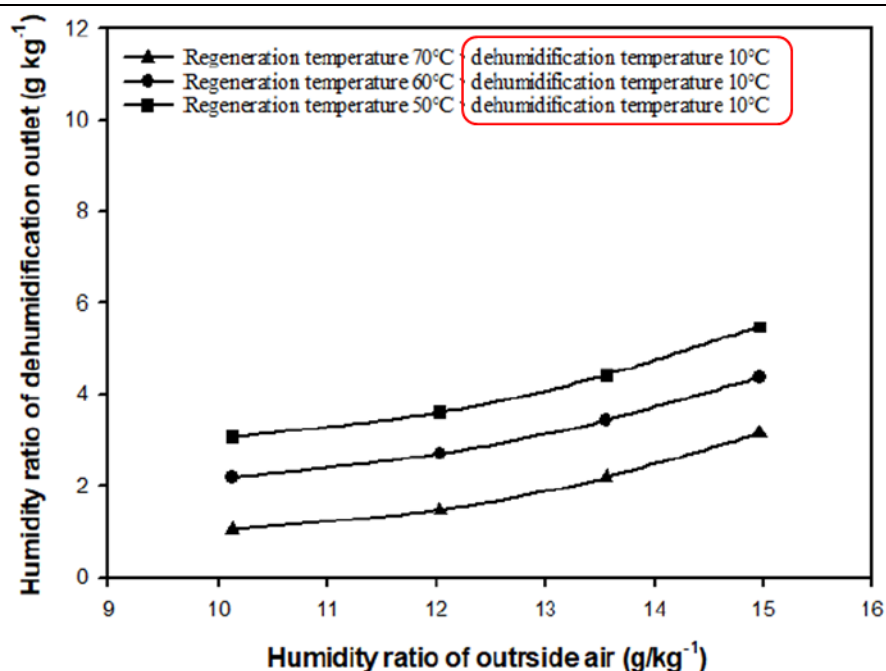


圖3、不同噴淋溫度對除濕能力的影響(噴淋溫度10°C)

本研究協助廠商完成本土化自製液態除濕設備，並對其性能進行驗證，實驗結果顯示除濕性能會隨再生溫度與噴淋溫度進行改變，再生溫度越高與噴淋溫度越低，除濕效果越好，同樣的噴淋與再生溫度時，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，但低濕時趨近於平緩，代表液態除濕達到除濕的極限，唯有下降噴淋溫度，或是提高再生溫度，才能突破限制，使出口的絕對濕度進一步下降，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。

文獻回顧

1. Ronghui Qi , Chuanshuai Dong, Li-Zhi Zhang. A review of liquid desiccant air dehumidification: From system to material manipulations. Energy & Buildings 215 (2020) 109897.
2. Evonik Company. Evonik ionic liquid based absorbents for dehumidification. November, 2019.
3. Adcantix systems. Makers of Ducool Dehumidification and cooling.

- 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。