

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：液態除濕系統及其發展

提報機構：工研院綠能所

提報時間：113年8月 30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	國家發展委員會在 2022年3月公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，正式宣示我國的 2050 淨零排放路徑可分為四個部分，「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」，其中能源轉型部分便與空調除濕領域息息相關，因為空調除濕系統之耗能約占民生與商業建築總耗能的 40~50%。其中液態除濕系統便深具發展的潛力，首先簡介液態除濕系統的運作機制，接著則介紹薄膜式液態除濕系統、太陽能液態除濕系統，分別都有其優勢與適用的領域，最後則介紹液態除濕真空再生系統，其在再生側運用真空再生的技術，希冀降低系統運作時所需之再生溫度，已達成降低能耗之目標。
詳細說明	台灣地處亞熱帶區與熱帶區的交界處，加上近年來由於全球暖化，夏季最炎熱時的均溫愈來愈高，同時由於四面環海所擁有的海島型氣候，因此擁有豐沛的水氣。為了擁有舒適的生活環境，因此對於空調除濕系統的需求量便日益上升。而國家發展委員會在 2022年3月公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，正式宣示我國的 2050 淨零排放路徑可分為四個部分，「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」，其中能源轉型部分便與空調除濕領域息息相關，因為空調除濕系統之耗能約占民生與商業建築總耗能的 40~50%。其中運用吸收作用的液態除濕系統便深具發展潛力。 首先簡介液態除濕與一般冷凝除濕的差異，液態除濕是使用具有吸濕特性的離子液體，利用其所具有的吸收能力，將水分直接吸收進入溶液中，因此其不像一般冷凝除濕系統的運作會受到露點溫度的限制，亦不會有水凝結所導致的發霉問題。 此技術的商業化使用起自於上個世紀末的美國，原先大多運用在醫院、藥廠以及食品加工業上，後來無菌室、軍事設施以及倉儲設施亦導入液態除濕系統，其優勢及使用場所彙整如下表 1所示。

表 1、液態除濕使用場所與優勢[1]

使用場所	優勢
醫院	在大型場所裡有效且快速的去除濕氣、超標的CO ₂ ，同時過濾以及殺菌循環室內空氣，例如使用在開刀房或外氣空調箱 MAU
藥廠	環境濕度的控制對良率有重大的影響，吸收式空調不論四季皆可正常運作
食品加工業	不需除霜循環，用空調系統即可達成殺菌的作用。環境濕度的控制對良率有重大的影響，吸收式空調不論四季皆可正常運作
無菌室	除了使用較低的能量進行空氣乾燥外，也可以同步抑制室內黴菌、細菌的增長。
軍事設施	儲放空間(彈藥儲藏庫、山洞)多處於高濕的環境，液態除濕即可派上用場，同時此系統沒有爆炸方面的隱患
倉儲設施	環境濕度的控制對保存品有重要的影響，可用較低廉的成本提供客製化的保存環境

接著以最基礎的液態除濕系統簡介其運作模式，如圖1所示，圖1的左半部分(Absorber)為吸收區，其吸收劑會以噴頭進行噴灑，如藍色的倒 v 噴灑圖示，以將吸收劑均勻的噴灑在桶槽裡，而在進行噴灑前會透過冷卻盤管先將吸收劑降溫，而在外氣的一部分，則是會透過風機與吸收劑進行直接的接觸，經過物理除濕後，出口的空气便會變成低溫且低濕的狀態；圖1的右半部分(Regenerator)則為再生區，此時吸附飽和的吸收劑液體會透過再生區的幫浦，將飽和液體噴灑在再生桶槽中，進行噴灑前會透過加熱盤管使液體升溫，接著會使用另一道外氣，跟被加熱的吸收劑進行熱質傳上的交換，因此出口的空气便是高溫且高濕的狀態，又因為吸收劑已將水分脫附，因此又還原至初始狀態。以圖1為例，此運作機制下，吸收劑在降溫與升溫過程中，並未接觸到空氣，所以此種運作方式稱為外冷型，亦可稱為絕熱型(adiabatic)。

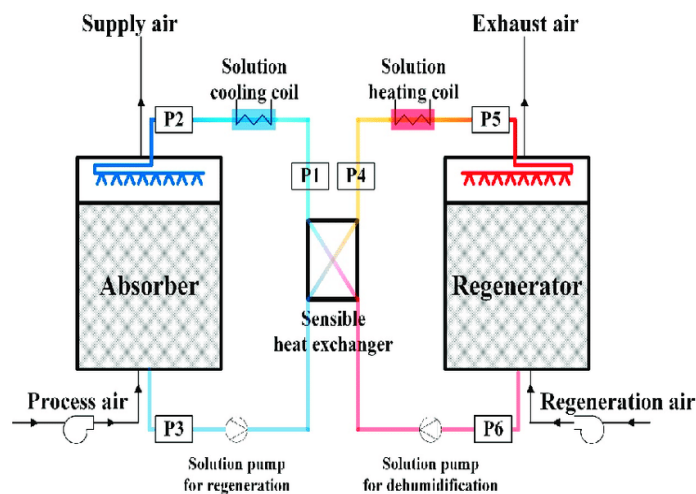


圖 1、液態除濕系統運作模式[2]

另外，薄膜式液態除濕系統也深具發展潛力，在薄膜式液態除濕系統的架構裡，其在吸收區與再生區的運作模式與前述相似，只是此薄膜僅允許水氣通過，不允許吸收劑通過，因此便會將空氣的流道與吸收劑的溶液流道分開。故

薄膜式液態除濕系統具有一獨立的吸收劑循環管道，因此吸收劑便不會進入 HVAC 的管道裡，造成 HVAC 的金屬管路被鹽類吸收劑腐蝕，甚至影響到排出空氣的品質，不過吸收劑循環管道內受到腐蝕的狀況仍需被考慮。薄膜材料可分成有機、無機、有機混合無機以及液態。其中有機薄膜以聚丙烯(PP)與聚乙烯(PE)為代表，在分離氣液態物質的領域中受到廣泛的利用，同時具有價格低廉以及製造容易的優勢。無機薄膜則以沸石為主。混合薄膜則具有可重複製造的優勢以及較佳的熱傳性質。液態薄膜則可以增進薄膜的滲透及選擇能力。目前薄膜式液態除濕系統的發展上仍會遇到一些挑戰，首先是薄膜積垢(Membrane Fouling)的問題，薄膜積垢大致可分成由空氣汙染質所導致的氣膠積垢以及由吸收劑溶液所導致的結晶積垢，由實驗可發現積垢的產生可導致水氣傳輸效率下降至約60%。另一個則是薄膜的變形，經實驗可發現薄膜的形變對流道的影響甚鉅，為了解決此問題需在薄膜外添加額外的支撐物或是使用彈性模量較高的材質進行薄膜的製作[3]。

而在日照充足的地方，例如熱帶地區或沙漠，便擁有十分充足的太陽能可供使用。此時便可將液態除濕系統與太陽能板結合，將收集到的太陽能用在再生器上，利用太陽能再生器去除吸收劑中所含的水分，使吸收劑恢復除濕的能力。除此之外，此系統亦可放入綠建築中進行使用，如圖二所示，加入冰水主機後，便能同步擁有製冷的功用，經實驗證實，在熱帶地區可有效降低綠建築內的溫度達5.5-7.5℃。同時可以發現此系統在日照充足的地區有較省能源的功效[4]。

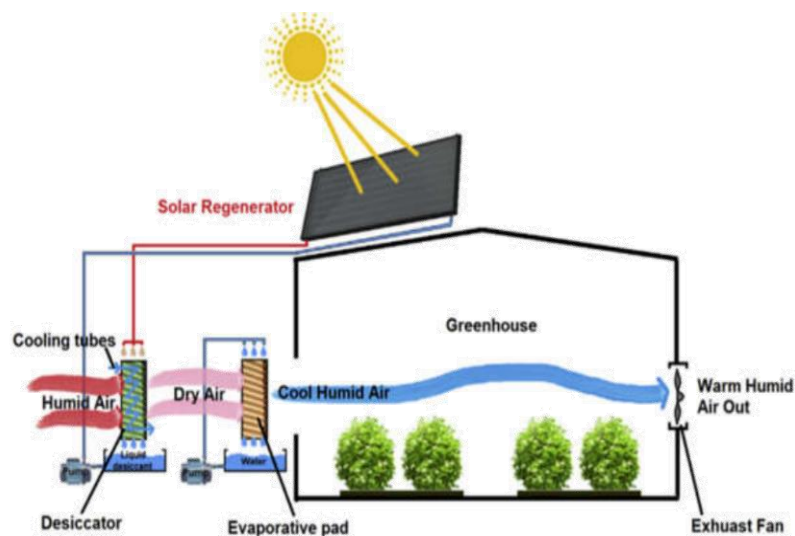


圖 2、太陽能再生器結合液態除濕系統[4]

最後則介紹液態除濕真空再生系統，此方向亦深具發展潛力，如圖3所示。由於一般液態除濕系統之再生端需要較大的熱能使吸收劑溶液進行再生，因此發展應用上仍受到一些限制。不過液態除濕具有液體的特性，因此便可嘗試在再生側運用真空再生的技術，希冀降低系統運作時所需之再生溫度，已達成降低能耗之目標。另外，再生溫度降低後便可使用工業廢熱或太陽能做為再生端之熱能。同時，為了分析離子液體在真空環境下的再生性能，因此引入了水分去除率 (Moisture removal rate) 和溶液濃度增加量 (Desiccant concentration increase) 兩個數據來評估系統的再生性能。

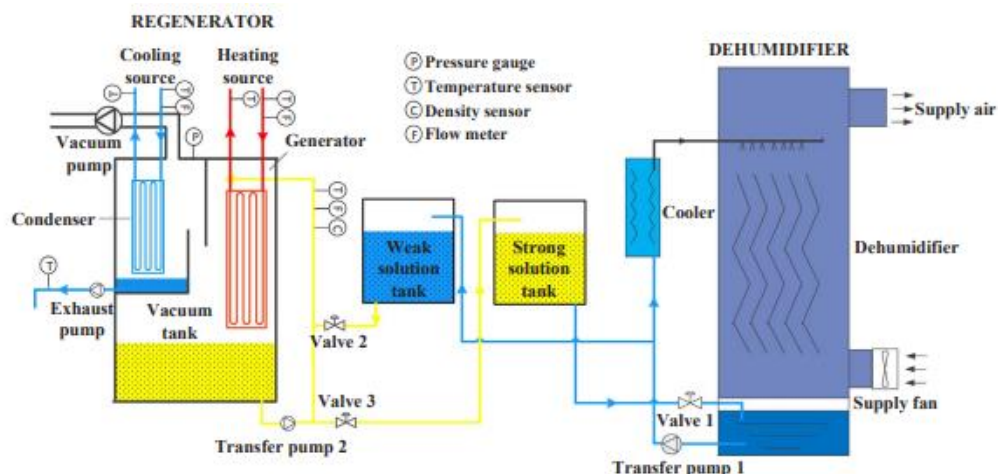


圖 3、液態除濕真空再生系統[5]

其中水分移除率(moisture removal rate, MRR)的定義為在再生過程中每秒有多少水分從離子液體被去除至空氣中，而溶液濃度增加量(desiccant concentration increase, DCI)則定義為再生作用後的離子液體濃度。

文獻回顧

[1] LDAC Q&A, QiandeHaike

[2] Impact of Heat Pump-Driven Liquid Desiccant Dehumidification on the Energy Performance of an Evaporative Cooling-Assisted Air Conditioning System

[3] Xiaoli Liua, Ming Qua,*, Xiaobing Liub, Lingshi Wangb, Membrane-based liquid desiccant air dehumidification, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 110, August 2019, Pages 444-466

[4]Ghoulem, M.; El Moueddeb, K.; Nehdi, E.; Boukhanouf, R.; Calautit, J.K. Greenhouse design and cooling technologies for sustainable food cultivation in hot climates: Review of current practice and future status. *Biosyst. Eng.* 2019, 183, 121–150

[5] Hao Ren Yon, Wenjian Cai*, Youyi Wang, Suping Shen ,Performance investigation on a novel liquid desiccant regeneration system operating in vacuum condition, *Applied Energy* 211 (2018) 249–25

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。