

吸附劑(adsorbent)一般為多孔性材料,材料本質具有高比表面積、高孔隙度等特性,而吸附現象發生於吸附劑表面。按照吸附現象可分為物理吸附及化學吸附。所謂的物理吸附是指被吸附物(adsorbate)與吸附劑之間是以凡德瓦爾力(Van der waals force)作為吸引力,將兩者結合在一起,並利用升溫加熱吸附劑,給予吸附劑能量使得被吸附物脫離吸附劑表面,完成吸附劑脫附再生。化學吸附則是指被吸附物與吸附劑之間產生了化學鍵結,當給予吸附劑能量,使被吸附物脫離吸附劑時,因為已經發生化學反應,故被吸附物本質上已改變。

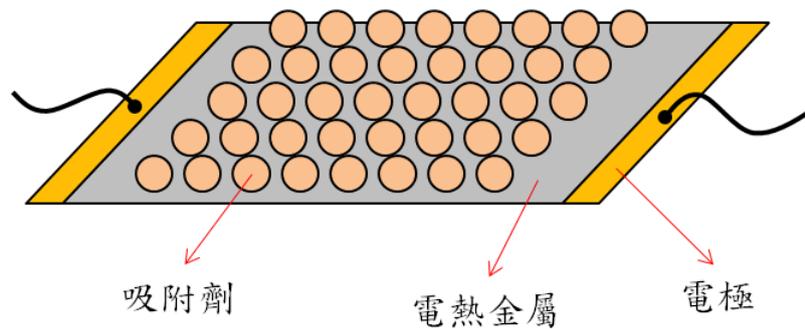
吸附劑在傳統工業上經常使用於分離、過濾、純化、空氣及水質清淨、催化等方面的應用,而一般常見的吸附劑有活性氧化鋁、矽膠、分子篩、活性碳等。吸附劑的吸脫附能力會影響其在工業方面的應用。

由於能源危機是近年來全球所重視的問題之一,傳統能源在人類頻繁的經濟活動下大量開採且即將用罄,這使得能源節約更顯重要。因此本文特別介紹吸附劑在除濕乾燥及製冷方面的應用,並由應用層面觀察及探討省能、低耗能吸附劑的發展趨勢:

傳統壓縮空氣吸附式乾燥機再生吸附劑的方式,主要是藉由將其所生產的部分乾燥壓縮空氣,經過降壓與加熱後,再送入填有待再生吸附劑的吸附塔中。此方式不但會造成壓縮乾燥空氣的額外耗損,亦

會有大量的熱能耗費於加熱機械設備與管路，以及熱能傳遞過程中的散失。

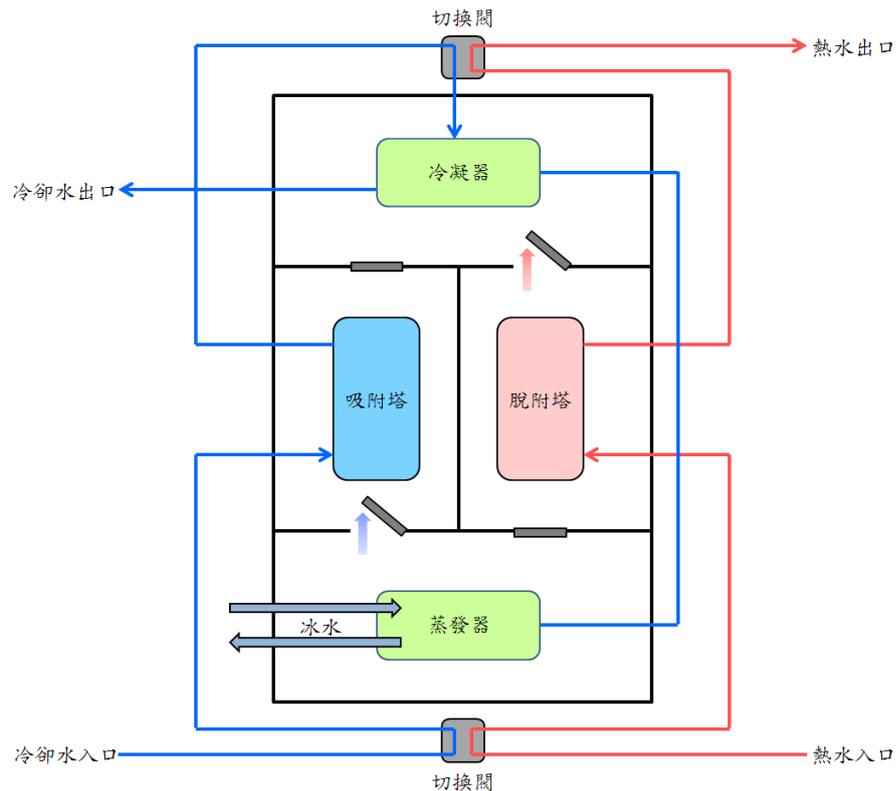
工研院研發中的通電直熱再生技術，如圖一所示，是採用將吸附劑顆粒覆載於電熱金屬基材上，當吸附劑達到水氣吸附飽和時，即將電流通入電熱金屬，電能會快速轉換為熱能，大多數的熱能會直接傳遞給覆載於電熱金屬上的吸附劑。在此模式下，若能提高吸附劑的熱傳導性能，不僅能使整顆吸附劑更快達到設定之再生溫度，也能因再生時間降低而減少額外的熱能散失。



圖一 通電直熱吸附元件

吸附式製冷系統是利用低溫熱源來驅動系統，使得工業廢熱或太陽能得以被利用。吸附式製冷系統的構造如圖二所示，主要包含蒸發器、冷凝器及吸附床等元件。吸附式製冷的主要工作原理為在蒸發器中利用冷媒吸收熱量，達到製冷的效果，而一般利用水作為冷媒，因

此無環境污染的問題。冷媒吸熱後會蒸發成氣態分子，再利用吸附劑來吸附氣態冷媒，直到吸附劑達到吸附飽和時，藉由低溫廢熱加熱使吸附劑進行脫附再生，如此可循環使用。而吸附劑之熱傳導係數，是影響吸附劑能否快速吸附或脫附大量冷媒氣體分子的因素。



圖二 吸附式製冷系統

綜合上述吸附劑在除濕乾燥及製冷方面的應用，可以歸納出省能吸附劑未來可朝以下三個方向來開發：

1. **高吸附量吸附劑**：若能提高吸附劑的吸附量，亦即提高其吸附性能，則可減少設備體積，因此成本得以減少。此外，也可減少再生頻率，如此便能減少熱能的損耗。

2. **高熱傳導吸附劑**: 提高吸附劑的熱傳導性質是最直接的能源節約方式。由於吸附劑到達吸附飽和後，往往需要給予熱能以供吸附劑脫附再生。因此，當吸附劑的熱傳導性能提升，則可有效利用熱能，避免熱能損耗。
3. **低溫再生吸附劑**: 若能讓吸附劑在較低溫時完成再生脫附，則可降低再生熱源溫度，低階熱源得以被利用。

相較於傳統常見的吸附劑如活性氧化鋁、矽膠、分子篩、活性碳等，近十年來，金屬有機骨架(Metal-Organic frameworks, MOFs)，此種多孔性材料引起研究學者極大的興趣。MOFs 多孔性材料是一種新型的高結晶性有機無機複合錯合物，是藉由金屬離子與配位基自組裝而成。由於此種材料可依應用的需求，藉由官能基及孔洞大小的調控來達成目的，比起傳統的無機吸附劑，在材料設計上更具彈性。故在未來，MOFs 的研究突破預期將可使省能吸附劑的發展往前邁進一大步。