

相變化儲能材料的應用

陳長仁

潛熱能儲存由於能量儲存密度高，且可在特定溫度下儲存熱量，因此特別受到關注。具有這類儲熱型式的物質則稱為相變化儲熱材料，常見的有石蠟、脂肪酸、鹽類水合物等。

近年來為了減緩氣候的變遷，如何抑制溫室氣體的排放便成為迫切的議題。研究人員認為，提升能源的使用效率、發展再生能源與儲能、低碳的運輸工具或建構區域性智慧電網、使用節能建築材料等，都是可行的方案。其中尤以相變化材料在儲能隔熱的應用上已獲得不錯的成果，本文簡介這種相變化材料的特性與其應用。

能量儲存密度高

熱能儲存的型式大致可分為3種，分別是顯熱能儲存、潛熱能儲存與熱化學能儲存。其中潛熱能儲存由於能量儲存密度高，且可在特定溫度下儲存能量，因此特別受到關注，具有這類儲熱型式的物質則稱為相變化儲熱材料。

相變化材料基於相變化類別可以再細分成幾種型式，如固相－固相、固相－液相、液相－氣相、固相－氣相等，其中以固相－固相及固相－液相的變化較有應用的潛力。相變化材料常見的有石蠟、脂肪酸、鹽類水合物等，因適用溫度範圍不同且儲熱容量各有差異，應用時須根據溫度範圍選擇合適的材料。



太陽能等再生能源大都具有間歇不穩定的缺點，需藉由調控能量的儲存或釋放，才得以改善其穩定性並擴大其應用。

相變化材料特性

一般而言，相變化儲能材料是指運用材料的物理相變化時產生的能階差異，把能量儲存起來。最為人習知的是，材料的三態（固態、液態、氣態）間變化時會有能量（潛熱）產生或消耗，例如把水放入冰庫製成冰塊，取出後可用來冰敷降溫。冰塊融化的過程分為3階段：冰塊升溫（顯熱）、冰塊與水同時出現時（潛熱）至冰塊完全融化後、水溫上升（顯熱）。當冰塊相變化時會吸收大量能量且維持在攝氏0度，具有保存冷度的能力，一旦冰塊完全融化後，其升溫的速度就會很快，保冷能力也會失效。

壓能＋熱能相變化的應用

蒸氣動力循環與冷凍循環也是相變化在工程上的運用。熱力學告訴我們：在一大氣壓下的熱循環效率是非常低的，必須搭配加壓的方式，讓相變化的沸點提升，使吸熱與放熱相變化的溫差加大，藉此有效增加能源效率，這時所需要的加壓設備就是泵（或可稱壓縮機），當然工作流體的選擇也非常重要。

一般蒸氣動力循環選擇的工作流體大多是水，利用其在高壓時會吸收大量熱能，成為高壓的蒸氣後再以之推動渦輪機做功。在冷凍循環時則使用冷媒，利用壓縮機加壓，這高壓的冷媒在常溫下會凝結為液體，然後在蒸發器經降壓膨脹後溫度降低，並吸收大量的熱能，達到冷房的效果。

應用廣泛發展潛力大

太陽能等再生能源大都具有間歇不穩定的缺點，需藉由調控能量的儲存或釋放，才得以改善其穩定性並擴大其應用。調控方式有：可利用熔融狀態的鹽類混合物來儲存太陽熱能，再用過熱的蒸氣推動渦輪發電機以產生電力。此外，太陽能熱水器與熱泵（heat pump）也可透過相變化材料儲能，增加單位體積的儲能量。

相變化材料的應用相當廣泛，除了前述例子外，儲熱材料也可與太陽能電池結合進行熱能的管控，以改善運轉時因溫度升高造成電池效率降低的困擾。另外綠建築設計也有運用相變化材料的實例，如建築師把材料用於建築物外牆、天花板或地板中。當白天日照較強時，可有效吸收熱量避免室內溫度的上升；到晚上氣溫下降，建材會釋出白天吸收的熱能以維持或提升室內溫度，如此可大幅降低冷暖氣機的使用，以達成節能的效果。

相變化材料也逐步應用於精密加工設備、恆溫與焊接設備的儲熱式水箱、冷藏運



儲能片式泡腳桶（左）和相變化材料密封於中空層的泡腳桶（右）。

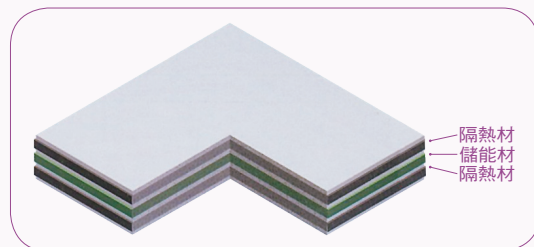
相變化材料的儲能應用可幫助我們更有效率地使用能源，
從生活中保冷保暖的應用，到工業上節能與能源效率提升等方面都有其功能。



相變化材料應用於浪板夾層可有效阻隔熱能穿透鐵皮浪板

輸櫥櫃、保溫設備、衣物、航太等領域。值得一提的是，科學家也努力地開發突破性的新儲熱材料，如日本東京大學化學系大越慎一教授與筑波大學數理物質系所裕子准教授，就正在研究相變化的儲熱陶瓷材料。

他們發現一種特殊型態的氧化鈦，在室溫至 530 K 之間有 λ 相及 β 相的固態—固態相轉變，而其相變化潛熱值達 230 kJ/L，且 λ 相可藉由施加極小壓力就轉變為 β 相，同時把儲存的大量潛熱釋出。而轉換 β 相後，也可經由加熱、照光，甚至通電流的方式，再次回到 λ 相。很明顯的，這個材料除了一般的儲熱模式外，尚能吸收多餘的電力或太陽光等能量儲存起來，並於可控制的外加條件下釋出能量，達到能量儲存或釋放的目的。這項研究成果已刊登在 2015 年《自然通訊》(Nature Communications) 中，其後續發展值得期待。



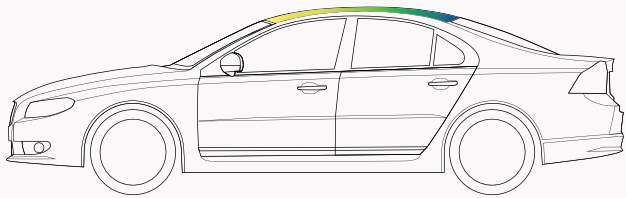
相變化材料應用於節能磚夾層可有效阻隔熱能的穿透 (圖片來源：崑崙能源科技公司)

生活上的應用

一般家庭中老年人或需長期站立的中年人，晚上常因血液循環不良造成頭痛，也影響睡眠品質。若能使用不需加熱水，也不需要插電的相變化材料泡腳桶，既安全且使用便利。

太陽的輻射熱會經由建築物的牆壁以及屋頂傳入室內，使得室內的溫度上升，需要使用空調以降低室內溫度。然而現今建築物的屋頂都大量使用質量輕的浪板，其很差的絕熱能力無法減輕空調能量的消耗。因此若要降低熱傳導率，必須提高屋頂系統的熱阻係數，解決之道就是使用熱阻係數較高的建材，因此若在浪板夾層中使用相變化材料，將可降低熱能穿透浪板。在屋頂則可使用內含儲能片的節能磚，利用材料特性把白天陽光輻射熱儲存在磚體中，晚上再經由磚體表面讓熱擴散到空氣中，維持室內恆溫。

同理，車廂或車頂夾層使用儲能片也可達到隔熱的效果；又保溫杯中間層若填充相變化材料，也可達到迅速降溫的目的。其他如暖暖包與冷敷墊也都有應用產品，在功能性的衣服方面，則有微膠囊技術可



相變化材料應用於車頂夾層可有效阻隔熱能穿透車頂裝飾層

把相變化材料包覆其中，或嵌入紡織纖維內，製成功能性的保暖衣。

相變化材料的儲能應用可幫助我們更有效率地使用能源，從生活中保冷保暖的應用，到工業上節能與能源效率提升等方面都有其功能。今後該如何擴展使用溫度範圍、增進能量密度、降低成本、提升使用壽命及穩定性，仍需進一步研究。



相變化材料應用於保溫杯夾層可有效阻隔熱能散失

陳長仁

崑山科技大學機械工程學系

深度閱讀資料

崑山科技大學潔淨能源中心太陽能熱能研究室歷年研究成果。

經濟部能源局 (2015)，節能儲能的好搭檔—相變化儲熱材料，能源月刊，8-9。

