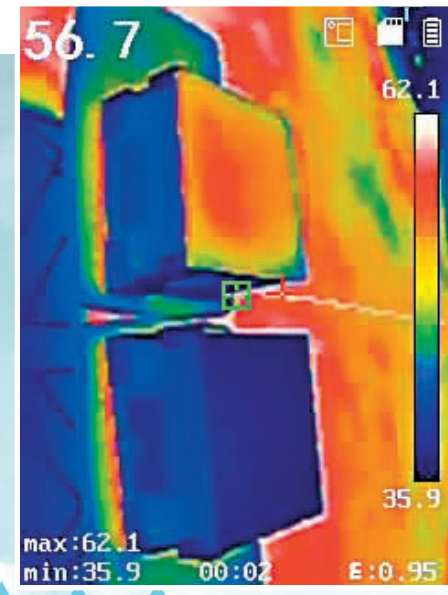




◀ 採訪當天烈日當空，氣溫超過攝氏35度，從天台實驗箱內的溫度計可見，塗上輻射製冷塗料的水泥磚「屋頂」（右）比起沒有使用塗料的（左），可以讓「室內」溫度減少約攝氏5度。香港文匯報記者北山彥攝

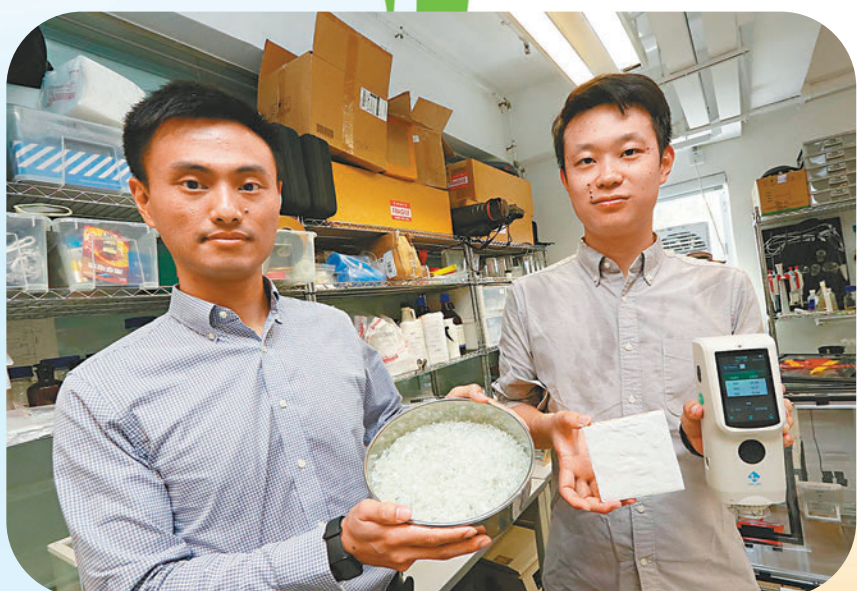


◀ 另一更直觀的差異就是，在太陽的照射下，有使用塗料的水泥磚（藍色部分）比沒有使用的（紅色部分）表面溫度相差攝氏20度以上。受訪者供圖

塗料涼浸浸

製冷慳能源

中大學者用回收玻璃製作 反射太陽熱力降室溫



◆陳淳（左）和于鑫賢（右）。
香港文匯報記者北山彥攝



熬「廢」苦心 之轉廢為用

夏季的香港酷暑難耐，不少人都會選擇留在室內「嘆冷氣」，或暢飲冰凍的玻璃樽裝飲品消暑，但此舉會增加溫室氣體排放、加劇全球暖化效應，更在不經不覺之中成為香港每年產生逾8萬噸玻璃廢物的「幫兇」之一。有見及此，香港中文大學機械與自動化工程學系副教授陳淳和博士後研究員于鑫賢近日接受香港文匯報專訪時，分享由他們研發的「基於回收玻璃製作的可規模化輻射製冷塗料」，既可以透過增加循環再造，減少玻璃廢物棄置及其對環境的影響，更可以通過製冷塗料反射太陽熱力降低室內溫度，並減少因倚賴使用空調而造成的能源消耗，從多方面為環保作出貢獻。

◆香港文匯報記者 鍾健文



由陳淳和于鑫賢合作研發的「基於回收玻璃製作的可規模化輻射製冷塗料」，不但可以應用在建築物維護結構上為室內製冷，還具備為不同器物降溫從而提升安全性的潛力。陳淳舉例說，一些戶外的大型油罐若一直在陽光下曝曬，可能會導致燃油的燃燒而引起爆炸。為這些大型儲油容器塗上塗料，可降低其內部溫度，從而減低潛在風險。

電動車頂裝電池 塗料助增安全性

新能汽車發展迅速，陳淳表示，中大已有電動校巴為師生服務，但他留意到其電池安裝在車頂，一旦在戶外曝曬的話會有一定危險性，倘用上該款塗料，既可增加其安全性，也可以減少車廂空調的電耗，從而提升其續航力；駕駛者白天把車停泊在戶外時，陽光猛烈照射使車內溫度急升，連方向盤也燙手，如果把塗料應用在車身表面，也可能使溫度不至升得太高。

印度行家讚潛力大

說到這裏，于鑫賢回想起今年與兩名研究團隊成員帶同研究項目到瑞士參加日內瓦國際發明展的深刻經歷。他分享道，展覽期間，有不同的人到他們的展位了解項目，有不少人對此感興趣，其中有一位來自印度的業內人士就大讚這個項目，因為印度在夏天的平均氣溫達攝氏30度以上，部分地區更高達攝氏40度至50度，但很多民眾無能力買空調，導致酷熱天氣下死亡的人數非常多，故相信輻射製冷塗料在當地會有很大的發展潛力。于鑫賢說：「這是很很有成就感的一件事情。」

根據香港特區政府環境保護署《香港固體廢物監察報告——2021年的統計數字》，香港每天棄置於堆填區的玻璃廢物數量有220噸，佔整體廢物棄置量的1.9%，合計全年棄置高達80,300噸，其中約81%的玻璃廢物為玻璃瓶，然而由於其商業價值低且回收成本高，整體玻璃廢物的回收量僅有20,400噸，只佔棄置玻璃廢物總量的25.4%。

玻璃廢物不但體積較大，更屬於惰性物料，不會被自然降解，長期大量棄置將會對堆填區造成巨大負荷。特區政府於2021年公布的《香港資源循環藍圖2035》以「全民減廢、資源循環、零廢堆填」為願景，目標是在2035年實現「零廢堆填」，擺脫依賴堆填區處理都市固體廢物，並大幅減少由堆填區釋出的溫室氣體，以達至《香港氣候行動藍圖2050》中所訂立在2050年前達至碳中和的目標。

獲日內瓦國際發明展銀獎

陳淳介紹，自己的研究領域與能源、環境相關，除了關注要達成以上目標的時間緊迫，也注意到香港因開冷氣而造成的能源消耗日益增加，「夏天佔整個城市用電的30%。」當時仍是博士生的于鑫賢，其研究課題恰好與輻射製冷相關，於是兩人一起合作，歷經6年終研發出以回收玻璃製作的輻射製冷塗料。今年，兩人憑該項目獲得日內瓦國際發明展的銀獎。

把熱量發到外太空

他介紹，該技術實際上是做兩件事情，一是把很多的太陽輻射反射開去，避免建築物表面吸收太多陽光；二是更進一步，主動把屬於「大氣窗口」波段（8微米至13微米之間的輻射波段）的熱量穿越大氣層發到外太空；「如果同時做到這兩點，就可能有一定的製冷效果。」

陳淳表示，輻射製冷塗料就是利用玻璃中反射太陽輻射的特性，把回收得來的玻璃碎片，經過一定的加工使其達到既定的技術標準，能夠做到非常高的熱力反射率，再把它與傳統一般塗料所需要的其他材料進行混合成為塗料。塗料可以應用在包括屋頂等建築的圍護結構上，可在一定程度上減少空調的能耗，或是為沒有空調的室內環境稍微降溫，讓人感覺不那麼熱，更重要的是善用玻璃廢物，加強它們的循環再造，減少它們要被運到堆填區棄置的數量。

被問到為什麼說「可能」有一定的製冷效果，陳淳解釋，製冷效果很難判定的原因在於，不同建築物之間的差別可以十分巨大。他舉例說，一棟樓高30層的大廈由於其內部有太多如人員、機



器等熱源持續散發出大量熱量，塗料「基本上幫助不會太大，不太可能降到溫」；相反，如果是像倉庫、工地的臨時貨櫃屋及鐵皮屋等單層、簡單的建築物，裏面的熱源相對少很多，所產生的熱量也相應少很多，塗料的降溫效果表現就會較為明顯。

「不可能說塗完之後就不用開冷氣或風扇了。」陳淳強調，輻射製冷塗料不可能完全解決室內炎熱的問題，而該技術更多關注的並不在於製冷的部分，而是致力幫忙解決環境和廢物議題，「它其實是一個ESG（Environmental, Social, Governance，環境、社會、公司治理）項目，製冷只是額外的效果。」

回收商處取玻璃 成本不貴製作快

關於輻射製冷塗料研發的源起，陳淳說要追溯到6年前，現在已成為博士後研究員的于鑫賢當年剛以博士生身份入學。他們剛開始接觸輻射製冷塗料時，會比較理論性地對其進行研究，及後再漸漸把相關技術弄明白，再到近一兩年把技術掌握累積到一定程度之後，再想到是否可以利用回收的物料來進行製作，最終鎖定了以玻璃來製造高反射率的塗料。

陳淳表示，除了有較高的熱力發射率，回收玻璃可以直接從回收商處獲取，加上其他需要的材料都很普遍易得，因此製冷塗料的成本也不是很貴，大約一星期就能把玻璃製成塗料，其使用也像其他塗料一樣，運用普通的轉刷將塗料在目標表面刷上幾百微米即可。

被問及在研發輻射製冷塗料過程中遇到的最大挑戰，是如何把玻璃加進塗料後使其反射效果更好，團隊着手研究玻璃中哪些因素對於反射的影響比較重要，然後不斷反覆通過實驗去控制變數，最終製作出現時這款綜合效果比較好的塗料成品。

研究遇失敗非壞事 累積技能總用得着

科研人都習慣失敗，于鑫賢坦言，團隊在開發輻射製冷塗料的過程中，大部分時間都是失敗的，「既達不到想要的效果，又遇到各種的問題。」他們嘗試過很多的配方，運用不同的材料，最後才能得到一個可用、效果比較好的塗料。

儘管遇上重重困難，于鑫賢和團隊還是堅持下去，更在日內瓦國際發明展取得佳績，「我希望可以對行業和自身的領域作出貢獻，這樣就會讓自己一直堅持下去，繼續去做出別的更加有貢獻的研究。」

身為指導教授，陳淳也表達了相同的感受。他強

調失敗並不是一件壞事，在嘗試的過程中，會累積各種各樣的技能，在以後的事情上總會用得着，「這使你永遠不會輸！」以這種心態去挑戰困難的事情，就不會有太大的心理壓力。

兩人都一致寄語希望投身科研的青年人，要清楚自己是否真的對研究感興趣和有好奇心。陳淳曾看到一些讀博士的同學鑽研着自身沒有興趣的課題，感到非常痛苦，「興趣太重要了！」于鑫賢鼓勵青年人在中學階段就要打好數理基礎、學好基礎科目，包括數學和物理等，「這對於未來攻讀博士、從事科研工作都是非常重要的。」

助大型儲油容器降溫防爆