

## 降低室內溫度的隔熱工程及針對人體的空氣對流設計工程

湯朝景 2012.4.26~2012.5.11, 2015.9.30~2016.2.13 增

### 背景

修改原本的名稱「以簡易的隔熱方式來減少冷氣使用的方法」，本文以實際的體驗來說明如何減少冷氣機的運作時間來提高涼爽的居住空間，甚至不必使用冷氣機；2015年9月30日修。

鋼筋水泥的施工方法可以提高建築物的強度、耐震度和增加樓層，這樣的優勢使得鋼筋水泥被大量應用在道路、堤防、地標圍牆及圍牆。鋼筋水泥的基本物質是鐵及砂石，砂石是容易吸熱及散熱的物質，鐵則多了導熱快的能力。快速吸熱、快速散熱及快速導熱是鋼筋水泥的缺點，這在炎熱的夏季會提高建築物外側及內側的溫度，在酷寒的冬季會降低屋內的溫度。

### 動機

鋼筋水泥的缺點一直被刻意隱瞞，使得這樣的事實我們並不知道。因為不明白最根本的原因，所以認為只要裝了冷氣機就可以解決屋內悶熱的情形。我們愚昧地認為屋內會熱的原因是太陽的熱量使得溫度上升，所以僅會想到要開啓冷氣機，然後關閉門窗來阻止外面的熱空氣進到屋內。

我們曾經在歷史的課程中學到山頂洞人是住在山洞中，而且山洞是冬暖夏涼。請問山洞的洞口沒有封閉怎麼會達到冬暖夏涼呢？洞內的溫度足夠冷卻進來的熱空氣，讓溫度保持在涼爽的範圍內，冷空氣及熱空氣的對流現象產生了風，這風就會帶走人體散發出來的熱量，有風的流動才沒有讓令人感覺悶熱。山洞的外表有樹木、草皮、泥土，不然就是有很厚的岩石。

鋼筋水泥的牆壁在冬天受到冷風的吹襲，再加上雨水的浸濕，牆面外側會吸收內側的熱量，牆面內側則轉向吸收屋內的熱空氣，所以鋼筋水泥的建築物在冬季不會感受到溫暖。夏天的太陽會將牆面曬到發燙，牆面外側的熱量被傳導到內側散熱，所以冷氣機所吹送出來的冷風不僅要帶走人體的熱量，還要帶走牆壁的熱量。

### 施工方式

如果建築物沒有經過隔熱處理，再加上沒有引導冷空氣及熱空氣流動的通風設計，這樣就會導致屋內在冬季是寒冷又潮溼，在夏季是悶熱又潮溼。原先的外牆需要更換具有隔熱效果的瓷磚或是隔熱塗料。如果使用瓷磚就需要動用土木施工，如果使用特殊塗料就需要多次上漆。在這裡，我是使用保麗龍板直接黏貼在外牆，保麗龍板可以切割成瓷磚的尺寸，也可以塗上色彩，或是黏貼竹片。接著劑可以使用樹脂，有3公斤或5公斤的包裝；也有一種可以使用矽膠擠壓槍擠出接著劑的水性矽膠就是樹脂，沒有用完可以將開口朝下浸入水中。在保麗龍板的四周塗上接著劑即可黏貼在外牆，不必整面塗上接著劑。此處要先聲明，使用「保麗龍板」做簡易的隔熱處理，在此時是一種加速實際體驗且可輕易完成的材料，在「綠建築」的材料逐漸發展之後，期待具有環保及經濟性的材料，並且在未來逐漸風行之後，良好的通風設計及隔熱技術可以節省能源消耗，減輕使用費用；最重要的是增加植栽樹木的密集度，可以累積陰涼的冷空氣，增加冷空氣與熱空氣的對流現象，於是能夠大幅度地降低室內及室外的熱度。

### 目的

在民國70年至80年之間，夏季的夜間僅需將窗戶開啓，然後室外的冷空氣即會快速進入屋內，室外的冷空氣與屋內的熱空氣完成快速又有效率的對流風，其風速最高可達一般16吋交流電電風扇的中速等級。這段時期，臺灣的平地尚有許多野生樹木活生生地生存在居住地的周圍，臺灣的水泥建築尚未普遍到會危害「植物類的臺灣原住民」；臺灣的建築產業活像日本殖民地統治者的野蠻，紅檜木遭受大量砍伐造成高山土石流的潛藏危機，平地從林木群集換成水泥叢林，於是造成居住地區的溫

度產生逐年升高的現象，稱為現代都市的城鎮就像是超大型的石頭火鍋的岩石燒板，隨著太陽之火來煎熬自稱文明的都市人。

### 溫度感測器的擺放位置

圖 1 可以看到外牆黏貼保麗龍板來完成隔熱處理，圖中又標示出室外溫度感測器的擺放位置。它的高度距離地板大約 2 米，室外有延伸深度 1 米的屋簷，於是不會得到暴晒陽光過多的溫度值，所以得到的數據比較接近遮陽之後的空氣溫度。

圖 2 是標示出室內溫度感測器的擺放位置，以及室內溫度感測器與室外溫度感測器之間的相對位置。室內溫度感測器的高度距離地板大約 1.5 米，這是在直立行走時與身體相當的高度。

經由室外溫度感測器及室內溫度感測器，可以得知室外及室內在相同時間點的溫度差異，用來觀察進行隔熱處理之後是否可以大幅度地改善舒適性。



圖 1 室外溫度感測器的擺放位置



圖 2 室內溫度感測器的擺放位置，與室外溫度感測器之間的相對位置

### 室外及室內的溫度差異

房屋的外牆隔熱是 2010 年夏季開始施工，以漸進的施工進度來觀察施工之後與尚未施工的溫度

差異，也就是觀察內牆的表面溫度來驗證施工之後的溫度會低於尚未施工的溫度。一開始的施工面積在比例上大約是整面外牆的三分之一，此時以手臂緊貼於內牆表面來感知。2010年夏季中期，完成的施工面積在比例上大約是三分之二，此時以手臂感知內牆表面的溫度更低於往時，而且在日落黃昏時刻的室內不會有明顯的炎熱，顯示經過隔熱處理之後，內牆已經不會積蓄日曬的熱量。在2011年即將進入夏季之時，施工面積接近整面外牆，並且在門窗玻璃貼上隔熱紙，貼上隔熱紙的面積在比例上大約是三分之一，此時站在這些玻璃窗的後面會明顯感到涼爽舒適，站在沒有隔熱紙的玻璃窗的後面則會感受到陽光的熱度。

雖然室外及室內溫度計在2011年已經完全佈置妥當，但是沒有拍照，一直等待冬季的結果；室外溫度與室內溫度的差異足以用來證明經過隔熱處理之後可以達到冬暖夏涼的效果。在2012年冬季的一天早上6點鐘，我看到室外及室內溫度計所顯示的數值，突然想到要拍照，這施工的成果就顯示在圖3，室外溫度是攝氏12度，室內溫度是攝氏16度，雖然室內僅高了4度，但是請注意這是一整晚門窗沒有完全關閉的情況。

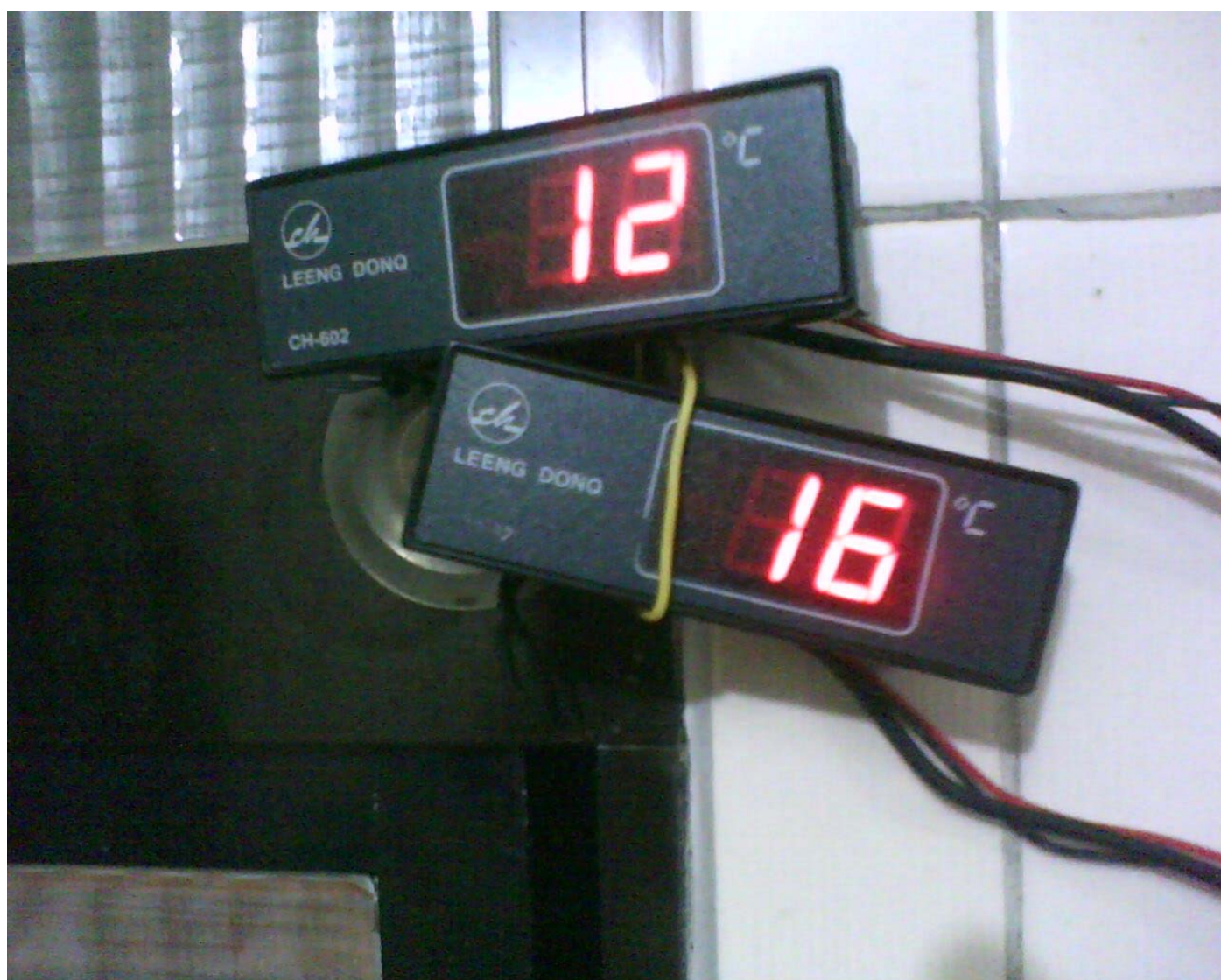


圖 3 2012 年冬季早上，室外及室內的溫度

清明節過後，天氣明顯回暖，偶爾幾天陽光普照有如夏日，然而依然屬於春季。圖4是某一天下午2點鐘拍下來溫度值，左上角有非常亮眼的陽光直射室內，這個一直被開啓的窗戶被稱爲楣窗，具有氣窗的功能。開啓氣窗可以增加室內的空氣對流，空氣對流會產生微風，藉由微風可以帶走人體散發出來的熱能，如此才會感覺涼爽。如果關閉氣窗，室內的屋頂會累積熱空氣，這些熱空氣會

提高室內的溫度，這是導致室內感覺悶熱的原因之一。圖 4 顯示室外溫度是攝氏 36 度，室內溫度是攝氏 27 度，溫差達到了 9 度，隔熱的效益是非常顯著的。雖然此時室內溫度是攝氏 27 度，但是站在這個區域內不會感到悶熱，而且有一點涼爽，主因是室內的空氣對流產生微風，如果此時打開電風扇並且調整為弱風就像是在吹冷氣。

如果不想看到耀眼的陽光從楣窗直接照射進來，並且想要再進一步地降低室內的溫度。可以在室外增加適當的遮光處理，使得楣窗可以達到通風的效果又不會讓陽光直射室內。



圖 4 2012 年春季中午，室外及室內的溫度

### 配合冷氣機的安裝位置來調整出風口

若在夏季使用冷氣機（空調機），比較節能的方法是將冷氣直接吹向人體，冷氣的溫度可以調到攝氏 26 度以上，配合電風扇增加送風的範圍，打開氣窗（最高的窗）來排出熱氣。人體會配合夏季氣候及大自然的環境溫度，保持通風來讓皮膚乾爽，並且不會悶熱。

使用空調機吹出冷風或暖風的時候皆將出風口直接對著人體，其理由如後。

第 1 點：空氣的溫度是一種熱能輻射，熱能輻射效應如同電磁波。輻射功率會隨著傳播的距離而快速遞減，以文字來表達數學公式就是輻射功率與距離的平方成反比。所以，在排除各種干擾因素的狀況下，像是送風速度及環境溫度，冷空氣在離開出風口之後會快速提高溫度，也就是冷空氣的吸熱能力會快速下降。

第 2 點：人類有身體的溫度，其所產生的熱空氣會上升，這正好符合「熱空氣上升」的物理現象，

另外，人類使用電子產品及烹飪也會產生熱空氣。如果將冷氣機的出風口向上吹，正好使得冷空氣與人類所產生的各類熱空氣混合，混合之後就不夠冷，既然不冷就不容易達到「冷空氣下沉」的物理現象，這樣就產生了悶熱，同時增加冷氣機的工作負載，於是就會消耗更多的能源，使得能源公司的業績會更好；在住家及辦公大樓就是增加用電費用。當然，這也是全球環境溫度升高的因素之一。

第 3 點：人類要快速排除身體上過高的熱量就需要接觸大量的冷空氣，但是也不能忍受非常冷的冷空氣。將冷氣機的冷空氣直接吹向身體可以快速降低身體的溫度，並且不會將送風溫度設定到很低，於是可以降低冷氣機的工作負載，就會減少消耗能源，也就是節省電費。

第 4 點：冷空氣吸收身體的熱量之後就會成為熱空氣，這時正好符合「熱空氣上升、冷空氣下沉」的物理現象。在車輛行駛中，熱空氣上升之後經由氣流運動而排出車外，沒有被身體快速吸收的冷空氣才會下沉，這使得冷空氣接觸身體的空間變得更多，所以身體會更加涼快。在住宅內，可以將房屋最上方的氣窗加開，這使得膨脹之後的熱空氣可以排出屋外，減少冷氣機所產生的冷空氣與吸熱之後的空氣混合，這會增加屋內的換氣效率，改善密閉空間的空氣品質，節省電費又不會感覺悶熱。

### 旅遊住宿的親身體驗(1)

2015 年 7 月，夏季，在新竹市地區，簡單的單人房。圖 5 呈現在使用冷氣機的期間仍然要開啓氣窗來產生空氣對流。圖 6 呈現箱型式冷氣機及向下送風的出風口，溫度設定在攝氏 27 度，冷氣機被安裝在錯誤的位置，所以當冷風到達人體的高度時已經混合了許多熱空氣；白天使用冷氣機，在感覺涼爽又舒適的室內環境中，測量當時的室內溫度是攝氏 28.3 度，相對溼度是 77.3%，大氣壓力是 994.3HPA。



圖 5 開啓房間的氣窗



圖 6 箱型式冷風機及出風口（左），白天使用冷風機的室內溫度（右）

### 旅遊住宿的親身體驗(2)

2015 年 7 月，夏季，在苗栗縣南庄地區，寬廣的雙人房。圖 7 呈現窗簾被開啓些微的縫隙，當然也要開啓被窗簾遮住的落地窗，這樣來形成房間內的空氣對流。圖 8 呈現分離式冷氣機及向下送風的出風口，溫度設定在攝氏 28 度，冷氣機被安裝在錯誤的位置，所以當冷風到達人體的高度時已經混合了許多熱空氣；白天使用冷氣機，在感覺涼爽又舒適的室內環境中。

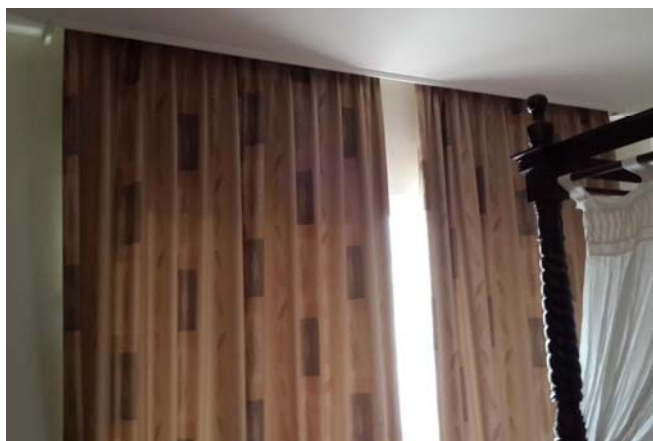


圖 7 些微開啓窗簾，開啓被遮住的落地窗

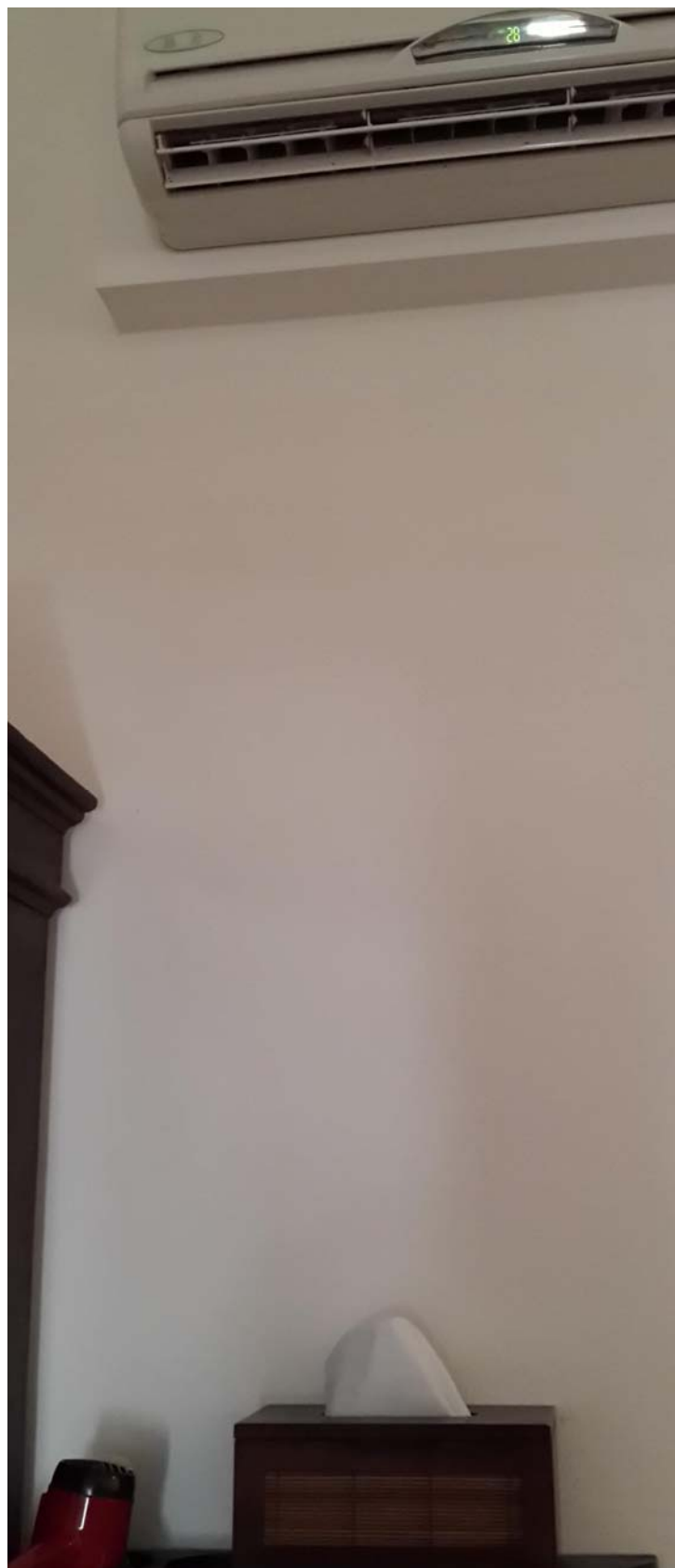


圖 8 分離式冷風機及出風口，白天使用冷風機的室內溫度

### 旅遊住宿的親身體驗(3)

2015 年 9 月，夏季，在南投縣清境農場地區，寬廣的餐廳。圖 9 呈現餐廳對於自然進氣及排氣的設計工程，沿著餐廳的周圍來安裝進氣口及排氣口，使用活頁窗來調整風量，底部的活頁窗是進氣口，頂部的活頁窗是排氣口。如果在這樣的環境中要使用吊扇來減少悶熱的感受，則要將吊扇的送風方向向屋頂上吹，加速排放熱空氣，使得冷空氣可以由底部的進氣口進入，如此形成更加旺盛的空氣



對流。如果屋簷很窄，則活頁窗可以由下而上來向外翻開，這樣的設計可以阻擋中午直射而下的陽光。如果屋簷很寬，則活頁窗可以由上而下來向外翻開，這樣的設計可以加速排放熱空氣。



圖 9 底部進氣活頁窗及頂部排氣活頁窗

## 綠建築的親身體驗

臺北市立圖書館北投分館，簡稱北投圖書館，在 2006 年 11 月啓用，出風口的設計是離地約 110 公分，所以吹送出來的冷空氣能夠直接吸收人體的熱量，經由頂部的排氣口來排放熱空氣。

## 歷年增加的隔熱工程

圖 10 呈現在保麗龍板黏貼竹片之後的外牆，這些竹片的原料是已經損毀的竹席，所以是回收再利用；竹片能夠保護保麗龍板，也增加外牆的視覺美感。圖 11 是 2014 年 7 月時，我在房屋的南面增加遮陽簾及隔熱紙，減少夏季過於刺眼的陽光，遮陽簾會透氣，加裝在氣窗的內側，可以減少陽光及排放熱空氣；遮陽簾是屬於汽車用品，剛好也可以安裝在窗戶上。圖 12 是 2014 年 7 月時，我在房屋的北面增加遮陽簾及隔熱紙，減少進光量之後就可以增加冷房效果。圖 13 是在房間門的底部增加活頁窗，增加小房間的空氣對流，減少悶熱；在冬季時關閉活頁窗，使得小房間會變得比較溫暖。圖 14 是增加遮陽簾及隔熱紙之後所得到的熱效益，在 2014 年 8 月 2 日 11 點 45 分拍攝室外及室內的溫度，室外溫度計顯示當時的溫度是攝氏 40 度，室內溫度計顯示當時的溫度是攝氏 33 度，這時的溫差是 7 度；遮陽簾及隔熱紙會減少太陽的光線及熱輻射，所以除了溫差之外還有感較陰暗的涼意。

花費一些購買隔熱材料的錢，減少使用冷氣機的電費，甚至節省購買冷氣機的錢。消耗一些體力來完成隔熱工程，得到更加舒適的居住環境，減少會令人滿身大汗的悶熱空間。夏季將會是涼爽又節省能源的居住生活。



圖 10 保麗龍板黏貼竹片

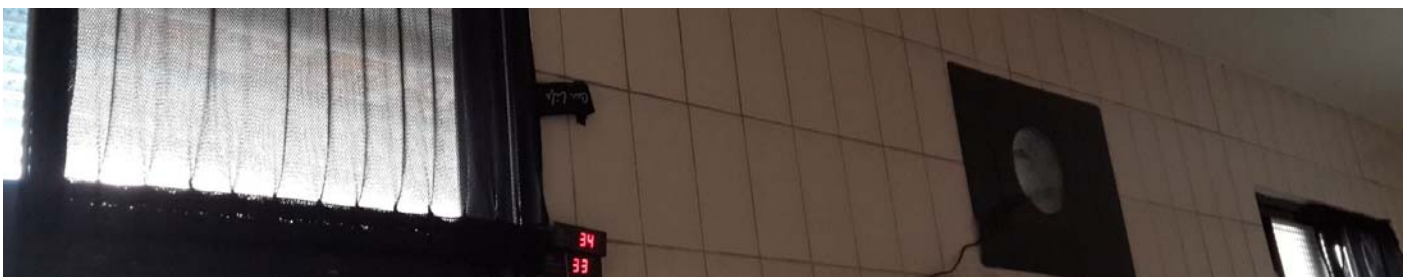


圖 11 南面增加遮陽簾及隔熱紙



圖 12 北面增加遮陽簾及隔熱紙



圖 13 房間門的底部增加活頁窗

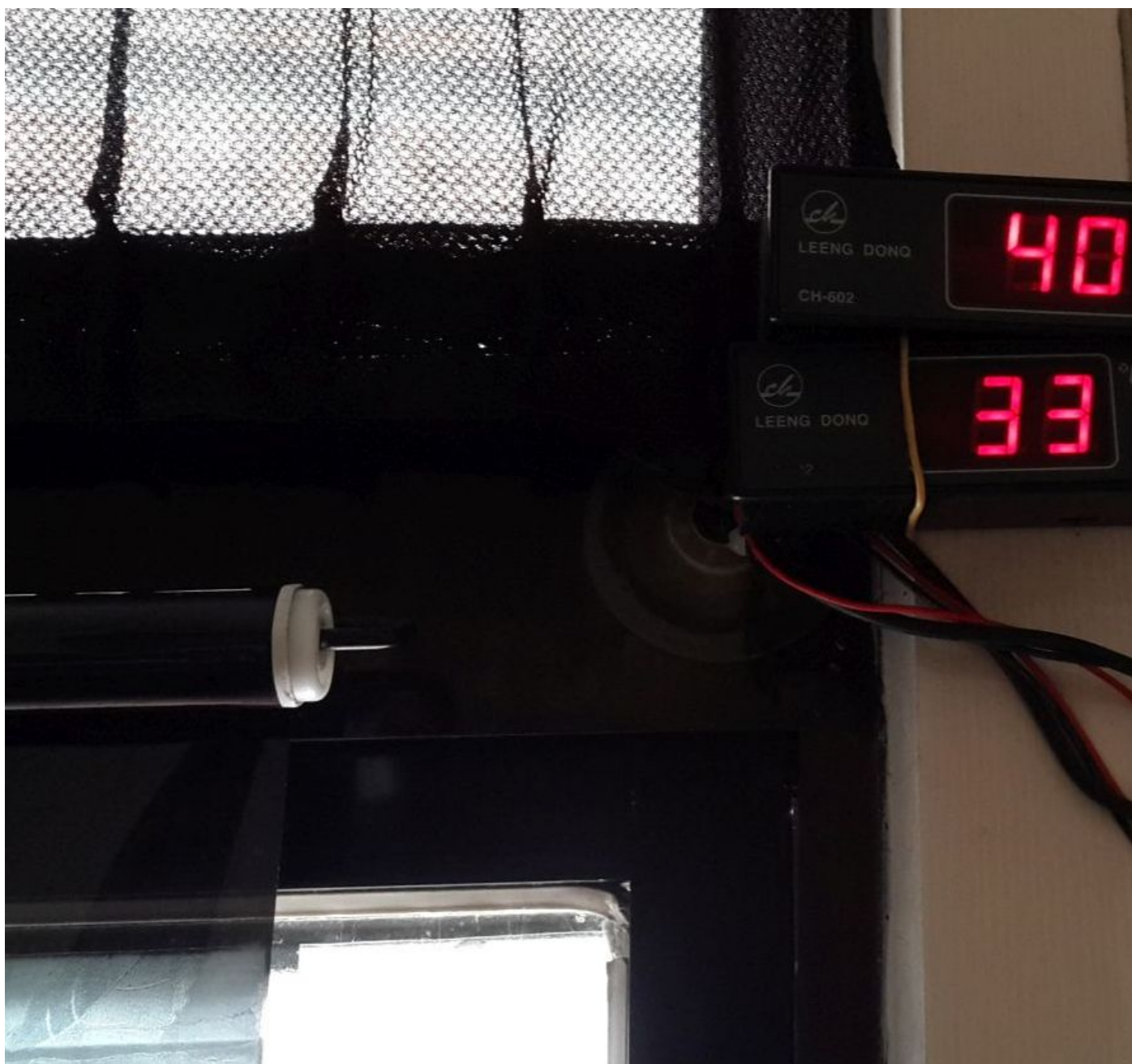


圖 14 2014 年夏季中午，增加遮陽簾及隔熱紙之後的熱效益

### 結語

原先想把這篇寫成是可以投稿的文章，只是看到國內非電子相關的雜誌還不是很成熟，尤其要找到一家可以接受投稿的雜誌社相較之下不容易。就算是接受投稿，我可能要為了一些「科學性」的數據要傷腦筋，否則雜誌社比較不會接受如上的文章內容。找了幾天，我就是沒找著相關的雜誌社；即便有看到兩家，一個像是過於學術性，另一家沒有回覆我詢問的投稿事項。所以我放棄投稿的撰寫方式，這樣反而可以寫得輕鬆，而且自由發言的文字可以隨性而發。

只是這篇一路寫下來歷經好幾個情緒起伏變化，再加上為了呈現讓人易讀易懂的文字風格，但是不可以令人覺得不夠科學又不合理論；我在圖片的描述和引言的安排是好幾天寫不出來。更重要的是我要讓人明白為何要這麼大費周章地完成隔熱處理，就是為了居家生活的「最佳空氣流通的舒適性」，而且這個舒適性不是冷氣機可以取代的。

寫下這篇不讓讀者花錢的文章，目的就是要更多人重視建築物會悶熱的主要原因就是我們沒有讓建築物的內部達到最佳化的空氣流通，以及建築物的外部完全沒有隔熱處理。這對於爾後要買新房子

的時候，必須觀看建築師的設計藍圖是否有妥善考慮到通風和隔熱，實際察看建築商是否有切實做到。對於舊房子仍然有改善的方法。

論及房屋的風水觀念，有一本書命名為《八宅明鏡》，它的著者稱為胥江釣叟顧吾盧，我買了一本（初版一刷：2005年10月），在這本書的開頭處有個章節命名為『凡例』，在此章的末處有如下的文字：『積善之家·雖居惡向·拱對煞星·然·天道斷不令伊受禍·不善之家·雖居合命宅之屋·拱對吉星·然·天道斷不賜之以福·所以·吉凶之不應者·皆由善惡所生也』。這段文字已經說明了即便風水有其重要性，然而，人的善惡更顯重要。再者《八宅明鏡》對於風水的卦位排列也需要配合當時屋主的八字，親子的八字不同則在傳承之後也要隨之變更房間、爐灶及浴室的座落，如果要修正風水就要適應新的坐向，或是力於成為積善之家。在命理上更須知道二十四節氣的交換時間不定、二十八星宿的移轉亦有漂動，此其算命不準之一，人的善惡是不準之二。

建築物要配合環境來設計通風和隔熱，這在綠建築的學術理論中已經是顯學，但是這種要觀察實際自然環境來考慮通風和隔熱的設計並不是通過考試合格就一定能做得到，學術理論只能指引出設計方向，理論上的考試也只能測驗出了解的程度，說不定就只是背下理論的程度。冷空氣和熱空氣的相互轉換，以及風的變化，追根究底出於《易》『一陰一陽之謂道』；這從半導體製造出來的「致冷晶片」就看明白了，就連最小的半導體技術也離不開陰與陽的相互關係。當電源接上致冷晶片的時候，一面會是冷的，另一面則是熱的。

如果論及積體電路的電晶體技術，更是因為陰電極與陽電極的相吸效應才產生了「金屬氧化物電晶體(MOSFET)」。如今我們的電子產品都是出於陰與陽，電腦程式也是陰與陽(0 & 1)的集合體。因為我這個電子科系畢業的無用武之地的學生看到了連最微小的電晶體都不能脫離陰與陽的交互作用，我才更加不敢輕視中國的古代聖文經典。

原先我是想要採用攀藤植物來完成，然而在炎熱的夏季高溫導致屋內像個烤箱的現況，必須使用快速有效的方式，爾後可以緩慢變更。利用竹子也是中國人最常用的自然植物，現在不僅俱有文學與藝術的創作材料，也是日用品的生產原料。