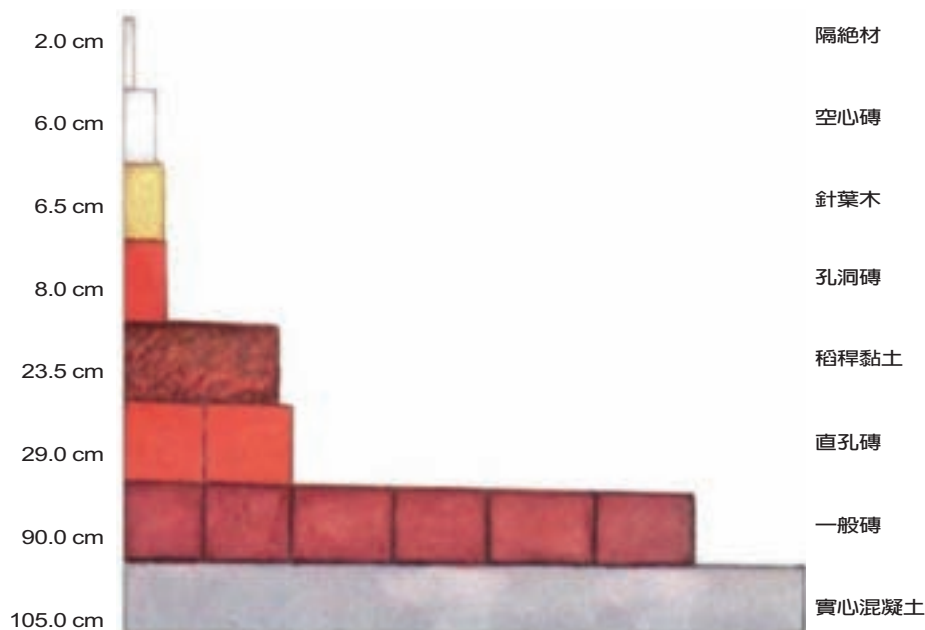


文圖／江益璋 德國波昂台德社會經濟協會研究員

節能屋裡的農業 (下)

台灣建築應「穿衣」節能，一件有農業「內裡」的外衣。



在同樣的防熱效果下，建築使用隔絕材（圖最上層），相較於使用混凝土與磚牆等作隔絕，更能增加室內使用面積。

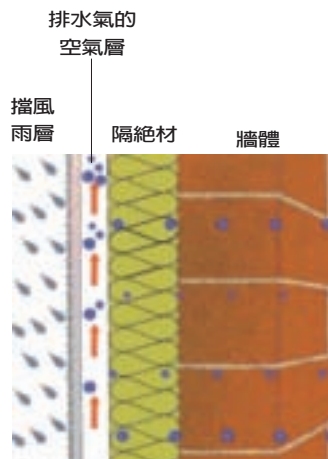
的導熱度約是一般隔絕材的50倍，亦即要達到同樣的隔熱效果，前者所需的厚度約是後者的50倍。儘管如此，這類厚重的外牆，卻擁有相當的蓄熱性，可以吸收部分外熱，延緩外熱蔓延至室內的時間；例如中午的炙熱，可緩至清涼的傍晚再散入室內，或外放於稍涼的室外。整體來說，混凝土或磚造建築，要能

發揮良好的調節室內氣候能力，必須要相當厚重，一如我們很容易在傳統合院建築可得到的經驗，但卻不是一般外牆嫌薄的水泥版層中所能期待的。

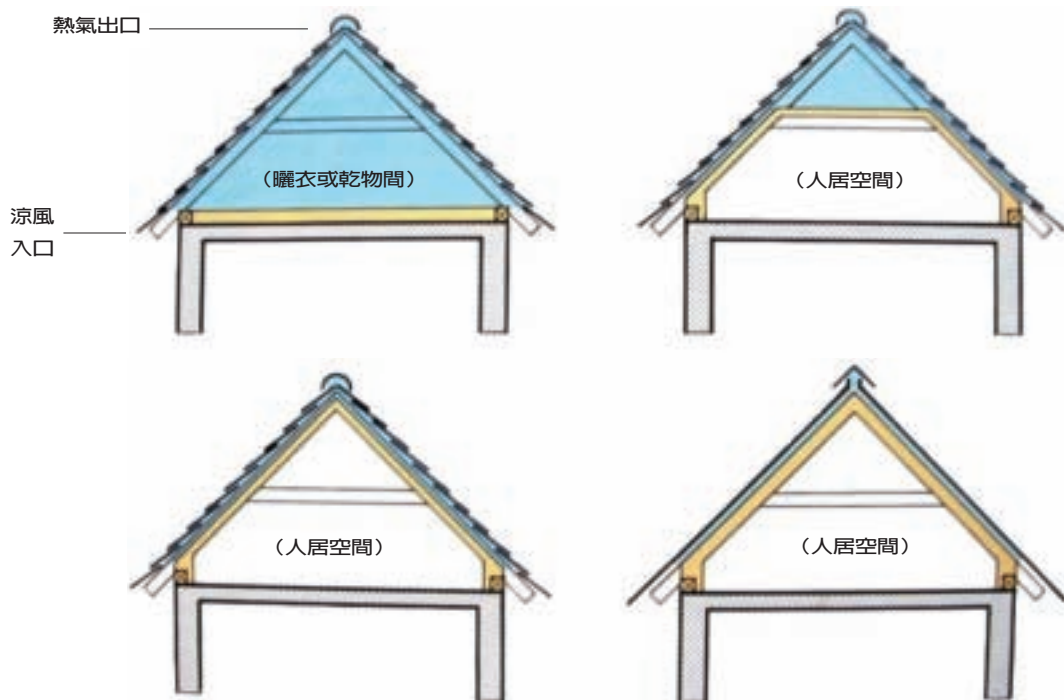
而這時可以做的，就是讓既有卻嫌薄的混

穿衣戴帽的德國節能屋

在建築防熱上，熱對室內環境的影響，不僅可透過建築外殼的隔熱性來表現，亦會反映在蓄熱性上。在隔熱性上，實心混凝土或磚塊



穿衣的建築，有透氣的複層牆，防熱外，也讓建築有了擋風雨層，降低牆體受損的機會。



不同的屋頂防熱構成方式，取決於屋頂層的現狀與使用需求：空氣層（藍色）讓涼風進熱氣出；隔絕層（黃色）有不同的厚度與配置。

凝土外牆，披上適當厚度的隔絕材，以減少太陽輻射進入室內（低導熱），或是提升牆體的吸熱能力（高蓄熱），讓熱於稍涼的傍晚再慢慢釋出，以避免室內過涼。

而在屋頂方面，斜屋頂層，就好比是一幢房子的帽子，是處理日曬熱的重要過渡空間。而其處理的方式基本上可從屋頂層的使用性來區分為兩類：當屋頂層不作為人居空間使用時，將隔絕材鋪於屋頂層地板，猶如其下樓層的外隔絕：屋瓦成了擋風雨層，與隔絕層間夾著足夠的空氣層；這樣一來，變可發揮最佳的屋頂防熱效果，而屋頂層則可作為曬衣或該物空間使用；而當屋頂層作為人居空間使用時，應將隔熱材依附於屋瓦下，延緩熱進入屋頂層內，但這裡要注意的是，這種「內隔絕」的效果，並不及外牆的「外隔絕」式防熱，將多數熱源先擋在屋外的效果好，因

此一定要搭配足夠空氣層的通風，透過涼風將聚積的熱氣送出室內，例如透過屋瓦間隙。

修屋、造屋，對於許多德國人來說，是件「家事」，或許是因為高工資之故，但卻也因此讓德國的建材商場，相當普及且應有盡有，例如在報紙夾帶的廣告目錄中，便經常可以看到如下的版面，告訴人如何選購及施作隔絕材，以及一年可省下多少燒暖氣的錢；而2008年7

建材商場廣告：1977年的房子，其120米平方的屋頂平面若做好隔絕，一年約可省590歐元燒暖氣的油錢。

月起能源證書制度的實施，更熱絡了這個市場，加深了民眾的建築保暖的概念，讓民眾有更多機會，去貼近自己期待的家，而這還不包括經常可在電視媒體看到的造屋、修屋示範案例呢！

在這樣的風氣之下，要做到建築節能減碳，德國人看的，當然就不止於省電燈泡或是太陽能板，還包括最重要的建築外殼，也就是屋頂、外牆與窗戶這部分：好的建築外殼，不僅要節能減碳，也必須對人健康、對環境友善；而追求現代建築，一樣可以擁有好的建築物，貫徹節能減碳。

天然有機的建築外殼

我們都知道，房子主要是由屋頂及外牆兩個「實體」構成，局部的開窗是為了適當地採光與通風。當屋外氣候不佳，窗戶必須緊閉時，這兩個實體就得發揮一定程度的功能，讓室內氣候在短時間內不致快速變差，導致人體的不舒適。因此，房子不僅是遮風避雨的「容器」，更是供讓人長時間生活居住的「生活容器」！建築節能固然重要，但建築對於人的健康影響，更不容忽略。

坊間標榜高科技的隔熱材很多，但是否其從生產、使用、一直到最後的廢棄處理，對環境及人體皆健康，就不得而知了。例如常見的，在水泥或磚牆外層刷上隔熱塗料：一來，水泥生產過程相當耗能，且建築物若拆除，水泥外牆是難以處理的廢棄物，並不環保；二來，水泥或磚造外牆本身是蓄熱的媒介，在熱空氣帶較多水氣的物理特性下，一旦外界溫度明顯降低時，便會很容易產生表面結露現象，經粉刷過或貼瓷磚處理過的外牆，因排露受阻，便很容易產生所謂的外牆白華現象 - 俗稱壁癌，長時間下來，很容易讓人產生呼吸道方面的疾病。

因此，在了解節能建築正確的穿衣戴帽方式後，接下來要注意的，就是如何選用對環境與人體傷害最低的衣帽原料：天然有機，是一般人對於吃，這個「內服」的高標要求，那如

果穿，這個「外用」也天然有機，不就更不容置疑了嗎？

或許你會懷疑，但這在德國卻是事實（可不是三隻小豬的稻草屋童話喔）：一位名為 Dirk Scharmer 的建築師，自 2000 年起，便開始著手蓋麥稈屋，他也因此成了全歐第一位讓麥稈隔絕材合法化的人。他指出：在這氣候變遷與全球暖化的時代，固然要想到節能的建築，但更要想到「節能的建材」，尤其是一些生產過程相當耗能的石化建材。以具相仿隔絕能力以及價格的石棉板（石化）與麥稈板（非石化）為例，前者製程所耗能源，幾乎是後者的 100 倍，換句話說，大概可供麥稈屋燒約 15 年的暖氣；而過去被視為農業廢棄物的麥稈，也因此成了一種農業的「副產品」，是一種能儲存二氧化碳、且能透過大自然循環再生對於環境友善的再生建材！

當然，也會有許多人對於麥稈有「易燃、粗俗、潮濕」等先入為主的負面看法，而排斥使用這種對於人與環境都相當友善的天然再生材。針對這點，他以「缺乏理由的恐懼」駁斥了這個觀點，並以正持續在推動的個案經驗告訴大家：搭配適當的結構體，如木結構框架，麥稈捆或麥稈板，只要經過適當的壓製（切斷氧氣導入）、無孔隙的置入牆體並妥當地進行表層披覆（防蟲防雨），麥稈屋將如一般房子一樣耐久，甚至可因此在冬天不用開暖氣；而如果麥稈僅是用來作為隔絕材，更是沒問題。

這個位建築師以他的實作經驗告訴我們：麥稈等天然再生材，不僅是健康環保的節能減碳材，其作為建材，更可透過如複層牆體與屋頂施工，達到建築應有的物理與結構安全性。而農業更可因此找到它的做為材料的應用性，以及在地性，讓建築的就地取材，再度成為可能。這將促進農作物（農業廢棄物）的利用與再生，更能夠為當地產業帶來新的發展契機。

而諸多研究也同時指出，像麥稈這類的天然材，幾乎隨手可得，製作與運輸成本低，又能循環再利用，因此對於環境的污染也就相當有限，甚至能避面諸多高科技建材「顧此失彼」

¹「外用」也天然有機：意指再生原料的「物料應用」；根據德國再生原料專責機構 (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) 的定義，再生原料是一種不作為糧食或飼料使用的農林產品，不僅可用來產熱、產電、產油，亦可直接當作物料來使用。換句話說，再生原料不僅侷限於「生質能源」開發，更可做多樣的「再生物料」應用。



的侷限性，例如德國再生原料專責機構2008年的「來自再生原料的天然隔絕材」報告指出：天然隔絕材有一特點，相較傳統隔絕材，它同時擁有高蓄熱性以及低導熱性，也因此能發揮最大的建築節能效益。

另外，針對一般質疑再生建材的含濕性，奧地利政府2001年的一份研究報告「再生材牆體系統」也指出：像麥稈一類具有天然孔隙的天然材，其孔

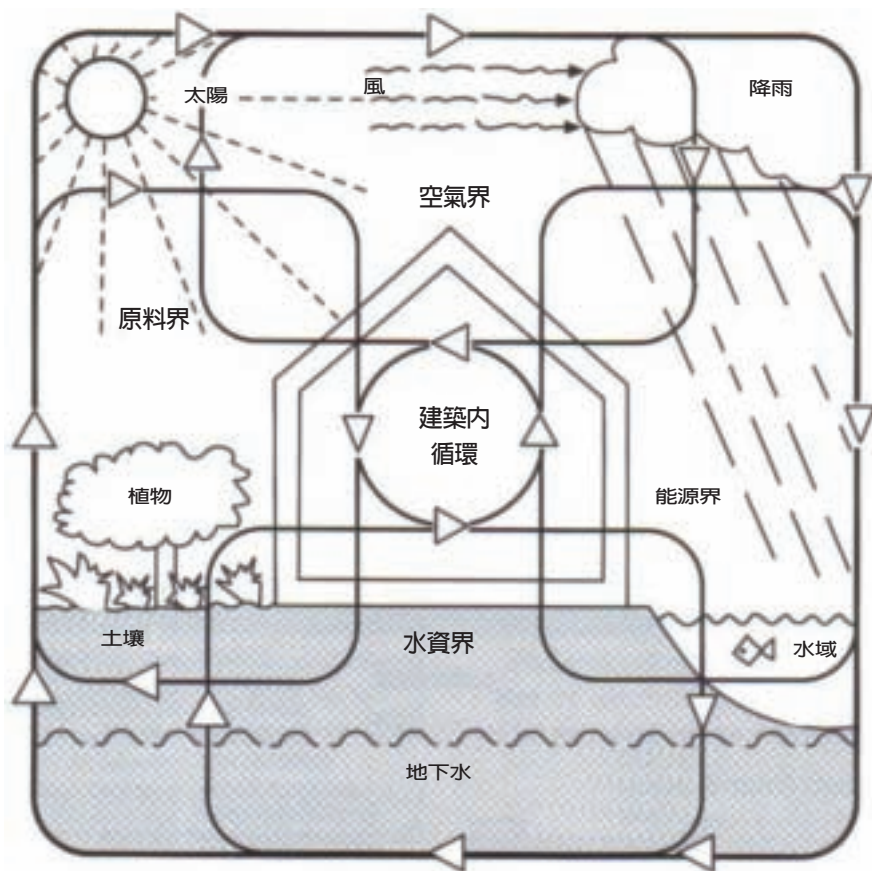
隙除有助於排濕外，還有助於延緩熱傳導的作用，也因此儘管相較於一般建材擁有多約20%的含濕性，卻仍能擁有0.04 W/mK左右的低熱導係數（一般來說，熱導係數小於0.1 W/mK的材料，便可作為隔絕材），適合用來彌補例如鍍鋅鋼板（45 W/mK）或普通混凝土（約1.4W/mK）外牆的高導熱性。除防熱外，天然



健康環保、節能減碳的麥稈屋。

再生材亦可達到絕佳的隔音效果，同時減少壁癌產生的機會。

整體來看，讓隔絕材外貼於外牆，且選用同時具有隔熱保暖的天然建材，除了能顧及建築物理性，更不易對人體產生健康上的負面影響；也因其能透過大自然循環再生，對環境的負荷也較小（次頁圖）。為了避免這類問題的發



在大自然新陳代謝的循環過程中，並不存在所謂的廢棄物；生物原料可再生利用，因此擁有極高的生態價值。建材如果也在這循環中，將因此具備絕佳的生態性，對於人與環境皆有利（來源：Umweltbundesamt）。

像麥稈與稻草這類農業資材所製成的天然建材，對於地球環境而言，它是最自然的，消耗資源少，且加工最少的建材，且由於具可循環、永續經營等特性，因此為台灣內政部建築研究所列為極具推廣價值的生態綠建材，用在隔絕上，便是所謂的「天然隔熱建材」，包括了礦纖隔熱材、木質纖維隔熱材、廢紙隔熱材、動物毛髮隔熱材、及其他等天然隔熱建材等。但或許是台灣「建築穿衣」的觀念尚未形成，因此侷限了天然隔絕建材的開發與應用。但從先進國家的經驗中，我們不難看出它的發展前景與多樣性。

節能屋裡的農業

地球，猶如漫行於太陽系的太空船，在其內存（石化原料）殆盡之際，生活在其上

的人類，就應儘早學會如何經營太陽這個資源，直接或間接地開與發運用它在地表形成的各種原物料，做最大效益的使用。而房子，在這樣的觀念下，也是誠如祖先的經驗所揭示的：運用地表資源，不開採石化原料，一樣可以蓋出冬暖夏涼，且對人對環境都健康的房子。或許，這有助於我們積極面對現代建築普遍存在的「汙染問題」。而當人類還未完全學會經營太陽資源時，就該做好「節流」，讓開發有限且成本高貴的太陽資源，發揮最大功效。

而在這波節能減碳運動中，「節能建築」似乎也逐漸成為國內綠建築的最佳代言人。用水泥、開冷氣，也因此成了建築節能中，最待檢討的耗能行為。或許我們也真該試試「不喜新厭舊」的生活：減少不必要的造屋，同時也讓存在的房子，能透過修繕改善體質；提升建築節能減碳之餘，更可有張新面孔。在這方面，德國實施的建築能源政施制度，或許可供台灣落實建築節能減碳參考，讓台灣處處可見

生，在許多先進國家如德國，便有越來越多的人在興修房子時，會選用天然再生材。相較於合成建材，天然再生材對於人體往往擁有較高的健康性；例如一旦其用於建築防熱上，透過其本身具備的擴散物理性，加上一定的量體，往往有助於均衡空氣濕度，減少氣喘及過敏等現象的產生。另外，德國著名建築物理研究所（Fraunhofer-Institut fuer Bauphysik）研究員 Daniel Zirkelbach 更針對台灣的高濕氣指出：天然再生隔絕材與一般隔絕材，等量相比，前者擁有更多蓄濕蓄熱的能力，相當有利於緩和室內氣候變化。

相較於上述對於麥稈在建材上的應用，台灣農委會農糧署其實也曾於2006年，委託財團法人工業技術研究院進行「以稻草取代原木纖維」的研發計畫，共同開創稻草板材的市場與商機。這不僅可解決台灣大量稻草處理的問題，也能減少森林原木的砍伐。而若能將廢棄的稻草資材應用，延伸到建築隔絕材，相信更能擴及其對人健康、對環境好的應用性。



1



2



3



4



5

德國常見的天然隔熱建材：1 麥稈捆；2 木纖維板；3 亞麻板；4 蘆葦稈；5 大麻板。

的既醜又耗能的水泥販屠，來點「增值」的可能。另外，該制度的經驗也告訴我們：節能固然是目標，但同時也是一種政府擴大內需的方式，可活絡建築市場，因為它需要新技術，也需要修很多耗能的老房子。

修這樣的房子，一個不造成地球額外負擔的房子，其時也就是在讓植物，這個太陽光合作用下的再生原料，透過農業，有更多在建築

上的應用可能；運用在建築外殼的節能減碳上，我們說，這是一種節能屋「裡」的農業。修個節能屋，不僅擴大了營建業的內需，創造在地就業機會，其實也為傳統農業，提出了其他應用的可能性！

（相關議題請參考農委會「主要國家農業政策法規與經濟動態」

網站 <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=59>