

綠建築的屋頂綠化

■ 黃國倉

經實測，屋頂綠化的表面溫度比一般平面屋頂最大可低約攝氏**19度**。

「屋頂綠化」是綠建築「生物多樣性指標」的評估要項之一。「屋頂綠化」一詞許多人都耳熟能詳，其實並不新鮮。只是近年來台灣都市化嚴重、過度人工開發，使得原本的自然綠地變成了水泥叢林，許多都市問題，諸如熱島效應、都市洪水、空氣汙染等隨之而生，再加上全球氣候變遷、地球暖化等議題發酵，使得人們開始思考各種綠色設計的可能，「屋頂綠化」就是眾多綠色設計技術之一。

屋頂綠化不僅在視覺上帶來綠美化的環境，植栽能夠淨化二氧化碳、粉塵與空氣中的重金屬，也有減緩都市熱島效應、調節微氣候、增加保水性能、增進建築節能等功能，因此近年來備受歐、美、日等先進國家重視。其中德國與日本更訂定屋頂綠化的推廣與獎勵政策。

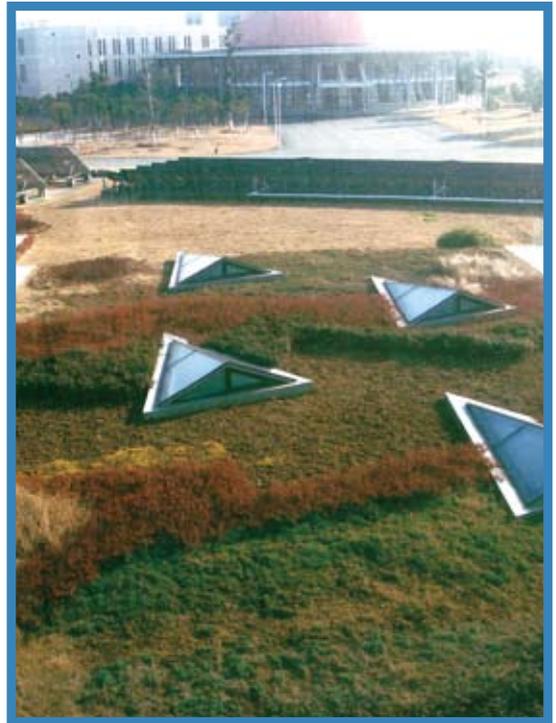
以德國為例，推廣生態屋頂的政策起自1989年，規定建商必須以屋頂綠化的方式規劃一定的綠化面積。漢諾威市更頒布「屋頂綠化建築規劃指導方針」，明確規定屋頂綠化的規畫設計、施工、維護管理等內容。

日本東京都政府更以明文規定，面積超過1千平方公尺的新建建築，五分之一的屋頂必須以綠色植物覆蓋。在美國則是以銀行低利貸款及減少稅徵的方式鼓勵建造生態屋頂，最知名的例子是芝加哥市政廳在其屋頂建造了超過3千平方公尺的綠化屋頂，種植約1萬5千種植物，對都市環境降溫、雨水貯留、創造生物棲地等都有正面的影響。

■ 屋頂綠化不僅在視覺上帶來綠美化的環境，植栽能夠淨化二氧化碳、粉塵與空氣中的重金屬，也有減緩都市熱島效應、調節微氣候、增加保水性能、增進建築節能等功能。



密集型屋頂綠化



粗放型屋頂綠化

屋頂綠化的分類

在屋頂綠化的分類上，由管理維護與土壤層厚度的角度來看，可區分為密集型、半密集型與粗放型。密集型的屋頂綠化可看成是位於屋頂的花園，其覆土較深，可種植喬木、灌木等較大型的植栽，需要大量的人工維護與管理。而粗放型屋頂綠化，覆土較淺，保水不易，以種植耐旱的草種、低矮灌木與地被植物為主，屬於低維護型，幾乎不需要密集的維護或一年一次即可。通常這類型的綠化

是不允許人們在上面活動的。

半密集型屋頂綠化則介於上述兩者之間，需要少量的人工澆灌與維護，植栽則以滴灌的方式給水，同時以輕重量的陶粒做為土壤介質，除可減輕屋頂荷重外，陶粒本身多孔隙的特徵也可幫助保水。另有一種綠化方式是根據屋頂載重，在既有的屋面利用盆栽或擺放盛土栽植容器做簡易綠化，這種方式最省工，但植栽的根系成長易受局限。

屋頂綠化的構成

屋頂綠化不若一般裸露地的綠化，由於位處建築物樓板上，需要考量對建築物的荷重負擔。若應用於既有建築的屋頂上，可覆以較淺的植草以避免大幅增加樓板的荷重。此外，在與建築的整合上，尚需確實做好對建築物屋頂層的防護，避免因施工導致屋頂防水層破壞而漏水。

屋頂綠化的成敗與否與以下幾個要素相關：植栽選種、生長介質、防水與防根措施、排水與過濾層。

植栽選種 植物種類是屋頂綠化最為關鍵的因子，會影響屋頂所欲呈現的景觀。在選擇上以多肉型植物如馬齒牡丹、馬櫻丹、佛甲草等為主，因為它們肥厚的根、莖、葉可有效保有水分，又具植株低矮、生長快速與繁殖容易的優點，且對氣候的適應性強。除了多肉植物外，一些匍匐生長的地被植物，如翠玲瓏、蔓花生等，也常用於屋頂綠化。

生長介質 介質除提供生長的基層外，還有提供養分與保存水分的功能。常用的介質有泥炭土、珍珠石、椰纖塊、粗河砂等。此外，陶土粒因有優良的保水性且重量輕，也常添加在土壤中或單獨做為屋頂綠化的介質層。

防水與防根措施 防水層位於最底層，直接鋪設在屋面上，以防止水分滲透至屋頂樓板內而破壞結構，其材質包括PVC、瀝青、合成橡膠、PU等。防根層則位於防水層上方，主要防止植物根系穿透防水層導致屋頂漏水，使用的材料有合成橡膠、PVC、厚瀝青等。

排水與過濾層 排水層位於過濾層下方或防水層上方，當土壤介質中的水分達飽和時，多餘的水分便藉由排水層緩慢排出，避免植栽因積水而浸泡其中造成根系腐爛。目前市場上更有兼具蓄水、阻根與導水功能的模組化排水板可供應用，優點是重量輕且施工容易。此



成功大學綠色魔法學校的屋頂綠化

外，為了防止介質、碎屑滲入排水層內造成排水管堵塞，常在排水層與介質間鋪設一層過濾層，其材質通常是防水的不織布。

屋頂綠化的好處

屋頂綠化的優點可分幾方面來談：

提供都市生態跳島與多樣生物棲地 都市環境的人工化、均質化造成生物的食物來源、棲息地、交配區等減少，無法維持適當的棲息環境，造成都市裡生物種類減少。據統計，近年來台灣各都市每人平均擁有的公園綠地面積，台北市是4.95平方公尺、高雄市4.88平方公尺、台中市8.72平方公尺，比起歐美都市每人可達約30平方公尺的綠化面積，台灣的都市綠地顯然嚴重不足。

都市裡預留均質分布的綠地是維繫都市叢林生態的要件，在密集的都市環境中，倘若建築物的屋頂能夠綠化，成為都市平面綠地的



成功大學綠色魔法學校的屋頂綠化以輕量化的陶粒為介質，同時有助於保水。

延伸，不但使得都市綠地面積增加，其分布也較都市公園廣泛，可成為都市裡的生態跳島，小動物得以自由遷徙於都市水泥叢林內，而有助於都市裡物種的交流與小棲地的形成。

降低都市熱島效應 都市過度人工化、水泥化會導致都市高溫化，這就是所謂的都市熱島效應。根據成功大學建築研究所的實測結果，台灣大都會區中心和郊區的夜間空氣溫度差竟可高達攝氏3至4度，導致夏季時都市空調耗能的增加。

都市熱島現象的起因，包括大量人工構造物的吸熱放熱、不透水鋪面的增加阻礙了水循環、都市綠地減少與大量的人工排熱等。屋頂綠化的植栽層可以減少人工鋪面曝曬於烈日下，減低水泥屋面的吸熱，植栽葉面的蒸散作用又可調節周遭空氣的溫溼度。

經實測，在綠化屋頂上方約30公分處的夜間空氣溫度，比裸露的水泥屋頂上方平均低約攝氏2度。然而在白天時反而高約攝氏1.5度，但是就表面溫度而言，綠化屋頂的表面溫度比一般平板屋頂最大可低約攝氏19度，顯示確可大幅降低都市熱島效應。

減少都市洪水發生 都市不透水面與人工構造物的增加使得都市裡裸露地減少，當暴雨來時不利於雨水的自然入滲，因而造成都市排水系統的額外負荷，如排水不及則易導致都市洪水現象。綠化屋頂由於有土壤層，可以吸收降雨並延遲暴雨進入都市排水系統的時間，能減輕都市下水道的負擔，其作用有如位於自家屋頂上的小型滯洪池。

據內政部建築研究所的報告，屋頂綠化可使保水量提高約17%，能降低洪峰流量，並延緩約20

■ 屋頂綠化由於具有土壤層，可以吸收降雨並延遲暴雨進入都市排水系統的時間，在都市防洪上有重要貢獻。



台北市立圖書館北投分館以粗放型的屋頂綠化做為提升屋頂隔熱的手段



台北市立圖書館北投分館屋頂以綠化披覆



家庭式小型屋頂綠化的案例

分鐘的雨水排放，在都市防洪上有重要貢獻。

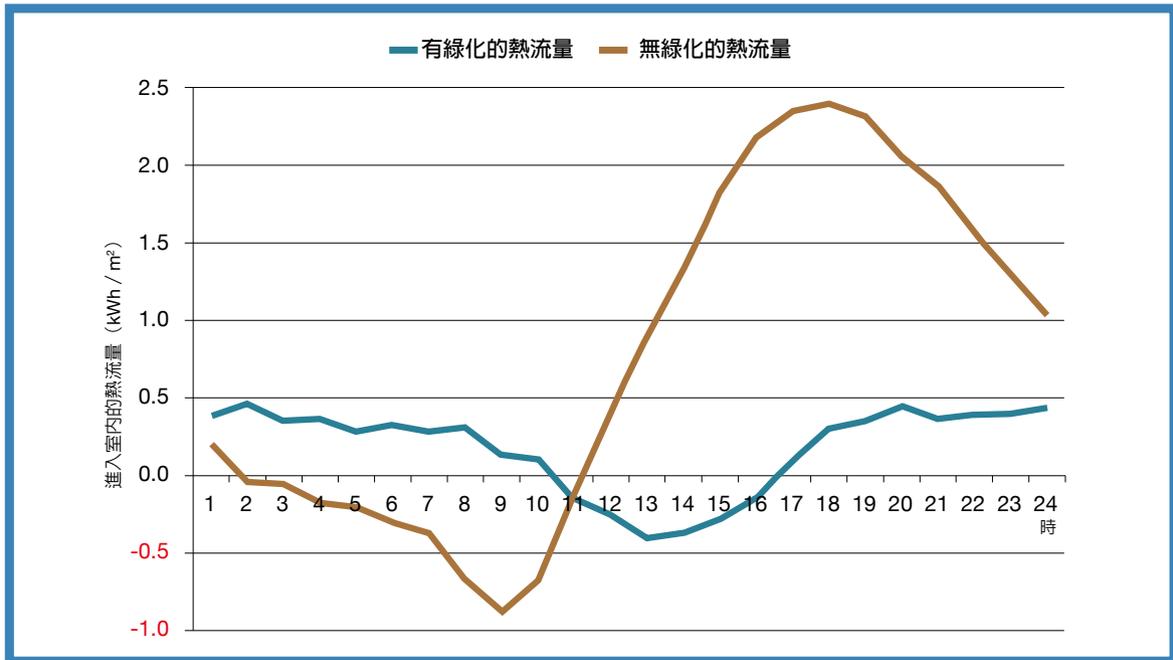
建築節能效益 屋頂綠化由於有厚厚的土壤層覆蓋在屋頂表面上，可以增加熱阻成為建築屋頂隔熱的一部分，留滯在土壤內的水分更可提高土壤的平均熱容量，延緩熱量進入室內的時間。此外，植物葉面提供的日射反射與遮蔽效果，也使得土壤層的表面溫度遠低於裸露的一般屋頂，這效果在葉面密度高、種植間距密的情形下更為顯著。因此可以大幅減低室內日間的空調耗電量，有助於空調節能。

除了上述對都市與建築上的生態與節能效益之外，屋頂綠化對都市生活品質、延伸生活綠地與休憩空間也有正面的功效。更有醫院、安養院利用屋頂露台建構花園的方式應用於園藝治療、復健上，因為綠化的環境可以紓解現代都市人的壓力與焦慮，可見其影響與各種應用上的可能性。

台灣都市的景觀通常缺乏特色，比比皆是的水泥建築搭上五顏六色的鐵皮屋頂，構成了一幅醜陋、難登大雅的都市景觀。倘若屋頂綠化能夠推廣，匡正國人對屋頂的利用僅止於加蓋鐵皮屋的觀念，將有助於都市景觀的改善與永續都市的實踐。

屋頂綠化可以成為建築屋頂隔熱的一部分，
能大幅減低室內日間的空調耗電量，有助於空調節能。

倘若屋頂綠化能夠推廣，匡正國人對屋頂的利用僅止於加蓋鐵皮屋的觀念，將有助於都市景觀的改善與永續都市的實踐。



有無屋頂綠化下進入室內的熱流量變化。圖中所示是夏季經由屋頂層進入室內的熱流量的實測值，可以發現在有屋頂綠化的情況下，實際流入室內的熱流量大為減少，變化較為穩定，不若一般屋頂的變動大。屋頂綠化甚至可延緩日射熱進入室內的時間，由圖中可知在日間11時至16時最熱的時段，室內熱流甚至是向外流出的。有綠化下的單日總熱流量是4.13瓦 / 平方公尺，無綠化的則是18.19瓦 / 平方公尺，相差近驚人的4.4倍，這效果在日間更為明顯。

台灣的屋頂綠化風氣仍處於起步階段，雖已有許多民間公司開始綠化屋頂的志業，周邊支援的產品、施工的廠商更是不在少數，然而真正讓大眾卻步的仍是擔心屋頂漏水、管理維護與成本問題。惟就永續都市的角度來看，屋頂綠化不啻是增加都市生態、改善都市熱島、減低都市洪水、增進建築節能與提升生活品質的方法之一。

黃國倉

嘉義大學景觀學系

深度閱讀資料

Osmundson, T. (1999) *Roof Gardens: History, Design, and Construction*, W. W. Norton & Company, Inc. New York, NY.

Wong, N. H., P. Y. Tan, et al. (2007) Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate. *Building and Environment* 42(1), 25-54.

廖朝軒、蔡耀隆 (2009)，屋頂綠化建構技術之研究，內政部建築研究所，台北。