

低碳時代下的生活、住居與城市 由綠建築發展趨勢 看未來技術動向

作者／臺灣產業科技前瞻研究計畫團隊 陳嘉茹 (IEK)



建築物是世界上最大的能源消耗者

在全球暖化的危機下，「節能減碳」已成為全球城市的共同發展目標，各國紛紛祭出節能減碳之方法以為因應。而「綠建築」的發展，更是各國節能減碳共識下亟應致力的一環。

建築物是世界上最大的能源消耗者，其消耗的能源和釋放的溫室氣體占全世界能源總消耗量的四分之一到三分之一。根據世界觀察研究所 (WorldWatch Institute) 的報告指出，美國建築物消耗超過美國 65% 的電力、帶來 30% 的全美溫室效應；英國建築物占全英國二氧化碳排放量的 30% 及 56% 的用水量；在臺灣，夏天建築物的空調用電占全國總用電量的三分之一。在「節能減碳」的洪流下，「綠色」熱潮開始延燒至建築業，各國政府紛紛將綠建築列入國家與城市的發展重點，期許藉由節能減碳的綠建築推行，以達減少二氧化碳排放及降低能源消耗之目標。

建築新商機：綠建築技術

相較於傳統建築，綠建築背後蘊藏著龐大的商機，包括許多新建材、新科技、新領域的應用。根據 Lux Research 2010 年的研究顯示，綠建築相關技術市場於 2010 年已達 1,440 億美元，預計於 2020 年將成長至 2,770 億美元，CAGR 為 6.1%。目前全球國際大廠亦已相繼投入綠建築相關技術之開發，且已應用於許多城市解決能源消耗及二氧化碳排放等問題，同時也有非常可觀的獲利。綠建築為傳統建築產業

**在節能減碳的洪流下，
綠色熱潮開始延燒至建築業，
各國政府紛紛將綠建築
列入國家與城市的發展重點！**

帶來了許多新商機，且其應用橫跨許多產業，故綠建築未來的技術發展動向也成了各界關注的焦點。

綠建築發展趨勢

探討綠建築未來的技術發展動向，最重要的就是要找出綠建築發展趨勢。唯有符合發展趨勢的技術才能在長期技術研發的路途上持續發展，置身於最新的技術應用範圍當中，也才能符合未來的市場需求，成功掌握商機。

本篇主要探討綠建築發展趨勢及這些趨勢對綠建築造成的衝擊與影響，提出未來綠建築技術發展動向，供讀者參考。

透過廣泛地蒐集各國綠建築相關政策與計畫、以及國際前瞻研究論述對未來重大趨勢相關文獻探討，並輔以綠建築相關產業、經濟、環境等客觀數據及各類報導等資料，提出以下幾項綠建築未來重要發展趨勢。在這些趨勢下，將對綠建築產業造成衝擊與影響，相對的，也產生出綠建築相關應用的機會與市場潛力，以下分別簡述這些重要趨勢：

由低碳到零碳

建築減碳概念已由「低碳」發展至「零碳」，「循環」及「全生命週期」相關議題正蓬勃興起，各國開始從建築的源頭來思考減碳。

舉例來說，英國、荷蘭、瑞典等先進國家近年已陸續出現零碳社區或零石油社區，尤其英國最新的建築法規更規定從 2016 年起，所有新建築物都必須是零碳排放；日本開始推動「循環型社會推動法案」，並成立廢物網路平臺為廢棄物「作媒」，2010 年該網站帶動包括汽車、食品、非鐵金屬、包裝容器、建築業等產業環保資源再生市場規模達 4,000 億日圓，約 1,125 億元新臺幣；中國大陸亦推出首座零碳社區 - 揚州廣陵零碳社區。可見不論是開發中國家或已開發國家，對「零碳」環境的營造均不遺餘力。

零碳趨勢之影響一覽表

一、建材在地化

未來建材將朝向「內含耗能 (Embodied Energy) 減量化」方向發展，內含耗能係指建材由原料提煉、製造到運輸至基地的過程中，必須使用的能源總量，為了減少內含耗能，未來建築業將朝向使用在地建材。

在地建材指基地周圍的地方性建材，一般以基地為中心，方圓 500 英哩以內的區域視為「在地」，其在不消耗過多運輸能源下，就近取得材料，降低建造過程中的排碳量。現各國已開始以政策鼓勵在地建材的使用，如美國率先獎勵基地 500 英哩內在地建材及無天然匱乏建材，如竹、亞麻等。

二、環保建材普及率逐漸提昇

目前使用的無機建材如混凝土、玻璃與合成高分子材料等在製造過程中消耗大量能源且欠缺資源的再利用性，若長期大量使用對地球環保將是一大負擔，尤其鋼筋水泥建築 (RC 建築) 因生產、興建、廢棄處理過程中排碳量極高，且保溫隔熱效果差，因此許多先進國家已開始降低鋼筋水泥建築，並鼓勵環保建材之使用。

環保建材為一具備資源再生性、再加工性、省能源及安全性的優良建材，可達到二氧化碳減量之目的，例如可回收建材、廢棄物再生建材、低碳足跡建材與有機建材等均屬之。目前如竹建材、回收紙建材、番茄皮及薄雪草建材、再生磚與廢輪胎等均已為各先進國家所使用。

三、資源循環利用相關技術具市場潛力

未來建築物排放的廢棄物，如廚餘、廢水、垃圾與二氧化碳等開始供其他單位再利用，相關技術如廚餘回收再生堆肥、固碳技術、碳捕捉技術與垃圾循環處理等均為未來極具市場潛力之新興技術。目前英國已有許多地區應用以垃圾在地焚化，直接發電、供熱，再提供建築物使用之技術。

技術論壇 Innovation To-Be

節能改造漸受重視

既有建築占有建築數量約 97% 以上，因此既有建築之減碳改善將成為綠建築發展的重點之一。

各國政府近年來開始獎勵既有建物「綠建築化」，如英國西約克夏生態建築融資合作社（Ecology Building Society）會優先貸款給打算翻新舊有建築，減少對環境造成傷害的貸款人；臺灣於 2006 年核定加速推動都市更新方案，鼓勵既有建物綠建築化。此外，根據 Lux Research 2010 年的研究顯示，近年綠建築相關技術市場最大的類別為「節能設備」市場；成長率最高的為「節能服務」市場（成長率約 12%），均為既有建築可應用之技術。相對的，較適用於新建的「綠建材」市場則為成長最緩慢的類別（成長率約 2%）。

因此，未來配合既有建物整建需求提供高品質之專業綠建築技術或服務，協助既有建物提昇為綠建築將為新一波的發展趨勢。

節能改造趨勢之影響一覽表

一、既有建築的「綠建築化」(Retrofit) 為綠建築的主要商機來源

傳統綠建築技術多為針對新建建築所設計，既有建築受限於土木結構，無法進行結構型改善，僅能以「Add-on」之方式，以外加設備提昇能源效率。故未來適合既有建築改善用之綠建築附加技術或服務，將較受市場歡迎，如節能服務或節能設備較容易推行。

二、將衍生「減碳試算」技術之需求

舊屋再造的好處是有比較的基準，而能與改善後的成果做分析比較，未來將衍生相關評估系統之技術需求。

建築跨領域應用漸增

建築業在低碳趨勢下，許多非建築產業之領域業者挾高科技低碳技術切入建築市場。如農林業者之建築綠化應用，包括綠屋頂、綠牆面、植物工廠等；資通訊業者之能源管理應用，如利用感測器監控能源消耗並即時控管建築耗能；生技產業之生物處理系統應用，包括美國 JT 生態設計公司的「水、菇類、沼氣、肥料之整合式污水處理技術」、美國土地研究院的「草原多年生植物生質發電」、瑞典的「雨林生態模式之生物過濾系統」等；服務仲介業之建築管理，如貝南 (Benin) 利用屠宰場剩下的腐肉送到養殖場培養蛆，再供給魚類與禽類養殖場，並利用生成之沼氣發電。

建築跨領域應用趨勢之影響為各領域開始爭相投入綠建築相關技術的發展，跨足綠建築產業，尤其生態工法興起，生技產業相關技術跨領域應用於綠建築。

建築設計數位化

傳統建築產業一直以來即面臨「各階段整合不易」之議題，再加上近年建築造型越來越多樣化與低碳效能試算的需求，建築設計數位化將帶動未來建築產業的新革命。

由於工程從業人員的資訊化作業素養提高、電腦軟體演進快速，各國政府及業者均開始重新思考將建築生命週期中各階段成果資訊予以參數化並轉化為有意義的交換資訊，尤其綠建築標章不能保證節能，必須靠電腦系統進行模擬，清楚標示出綠建築減了多少碳、省了多少錢，其節能效果才較為具體。有鑑於此，近年各國政府開始輔導建築資訊系統 (BIM) 導入建築業。

對建築或一般工程界而言，BIM 不論是在減少傳統作業上的浪費、增加建築物附加價值的獲益、實踐節能減碳永續設計理念與交付竣工後建築物完整資訊的整合等方面，均為一套省時省力的系統。

近年歐美先進國家已迅速建構起 BIM 技術的知識體系，並積極推動營建產業大改革，企圖透過 BIM 技術的導入，逐步徹底改造工程運作的過程，大幅減少不必要的資訊複製與資料交換，以提昇效能及降低耗能；如美國 2007 年起總務管理局 (GSA)、IAI、NISB 等機構大力推動 BIM，國家亦有 BIM 資訊標準；國內臺北市政府委外進行建管自動審圖之可行性研究，嘗試率先以 BIM 技術導入建管請照之自動審圖，以提昇建管行政效率；臺北市捷運局正規劃逐步將 BIM 技術導入工程運作的要求，納入新建工程的招標需求條件等；其他如香港房屋委員會、新加坡、SMART 國際性組織均開始投入 BIM 技術的研究並協助業者導入；臺灣營建業龍頭臺灣世曦及中興工程亦開始著手導入此技術。

該趨勢產生之影響包括營建業導入 BIM 將成為一套新的運作模式，未來 BIM 的導入將成為最基本的競爭力。

預鑄工法廣為所用

預鑄工法又稱建築工業化，係指透過模組化、標準化及自動化的設計生產流程，減少現地施工項目，在工地組裝過程中，可同步進行其他工程，大幅縮短施工日程，並減少受到天氣及工班不易控管等變數影響施工品質，比傳統工法在工期上約可節省 33%，人力上節省 50%，成本上約可節省 14%，品質亦較傳統工法為佳。如此近似於高科技電子產業機械化、模組化生產概念的新工法，突破了傳統，也大幅縮短了工期、精簡現場人力，更將工程品質的變數做了最大化的控管。

以往預鑄工法較被應用於高科技廠房的建造，以符合高科技業快速建廠的需求。然隨綠建築概念的興起，各國政府或業者為了要減少二氧化碳及廢棄物的排放，近年開始努力推動建築工業化，將建築材料預先在工廠端標準化大量生產，再運至工地組裝。

綠建築背後蘊藏著龐大的商機，包括新建材、新科技、新領域的應用。目前全球國際大廠亦相繼投入綠建築相關技術開發，且已應用於許多城市解決能源消耗及二氧化碳排放等問題，同時也有非常可觀的獲利，為傳統建築產業帶來了許多新商機。

預鑄工法趨勢之影響一覽表

一、相關應用研發將為未來市場一大需求

在預鑄工法的大概念下，相關的應用研發將成為未來各界投入的重點。如預鑄工法原是日本與荷蘭開發出之技術，在臺灣由潤泰引進後，將其工法開發至百樣專利，如將傳統方形箍筋改良為螺旋狀，不僅節省粗鋼用料至少 30%，亦可加強建築抗震能力。

二、相關的教育訓練將成為新興服務業

業主的工程經驗、發包方式、整體預鑄化的程度、營造施工廠商之素質、鋼構廠商之施工技術及精準度等皆會影響預鑄工法的效能。故未來相關的教育訓練及工程經驗將成為新興之服務業。

技術論壇 Innovation To-Be

被動式節能設計

被動式節能設計的關鍵在於最大限度的利用自然環境。經被動式節能設計的建築物又稱被動式房屋，是指一棟在冬季不需使用暖氣系統、夏季不需使用空調系統即可達到高度舒適的建築物，其藉由通風設計及良好的保溫與隔熱建築外殼代替空調的使用。被動式房屋初期被運用於住宅建築，後來開始應用到辦公大樓和公共建築上，近年更進一步擴展為能源屋，促進能源平衡，如丹麥 2010 年於斯坦洛埃斯區建造的首座被動式能源屋，不僅「節能」亦可「開源」，以坐北朝南的設計攝取陽光並將其轉換為能源供建築物使用。此外，其他如德國、美國等先進國家亦已透過法律規章，將建築趨勢帶往高能源效率建築和能源屋之方向。

被動式節能設計趨勢產生之影響包括：建築外殼為達到被動式節能設計標準之關鍵，尤其保溫裝置為一個重要的設計元素，可減少從牆體、屋頂以及地板的熱能流失，改善建築外牆能效，故未來將衍生相關技術之需求。

未來綠建築技術動向

當綠建築轉型的契機被開啟，在上述趨勢的影響下，未來的技術發展動向漸趨明朗，以往難以想像的技術與概念紛紛被運用到綠建築。就在各個產業開始敲開這個傳統上進入門檻很高的行業大門時，也預料了未來綠建築將如同有了生命一樣，到處生根、蓬勃發展；建築也開始從「比高」、「比貴」轉向「比綠」、「比節能」。



綠建築相關技術市場成長率最高為「節能服務」市場，成長最緩慢則為「綠建材」市場。