



臺中市政府 99 年度 自行研究發展報告

創新綠能與減碳環境之建構



-
- 研究單位：臺中市中興地政事務所
 - 研究人員：第四課書記 黃韻儒
 - 研究日期：99 年 4 月 1 日至 99 年 8 月 31 日

目錄

第一章 研究緣起與目的	1
壹、研究緣起	1
貳、研究目的	2
第二章 研究方法與過程	2
第一節 德國的環保軌跡	3
壹、綠建築到綠教育	3
貳、首府柏林的國會大廈	3
參、漢諾威市的「柯貝生態城」	5
肆、德國最生態化的金牌農村「歐豪村」	7
伍、德國的福斯汽車城	8
第二節 綠建築的發展與隱憂	11
第三節 綠建材產業發展之現況分析	19
壹、綠建材產業發展的 SWOT 分析	19
第三章 亞熱帶綠建築的發展	21
第四章 結論與建議	33
壹、結論	33
貳、建議	35
參考文獻	36

摘要

相繼「明天過後」、「2012」這兩部電影及「正負二度C」之紀錄片，讓地球人民感受到電影情節不再是遙不可及，它活生生的上演在真實生活裡；自 1750 年工業革命以來，各國家相繼發掘能源、開發產業，貢獻二氧化碳、甲烷等氣體，而在 1909 年至 2009 年裡，地球開始回饋給人類多樣化的天氣，格林蘭島及南極冰山崩解、歐洲的秋天下起大雪、非洲連年乾旱寸草難生、菲律賓一連四個颱風帶來水患、一個莫拉克輕易癱瘓南台灣，地球環境持續惡化，生態氣候異常，皆歸功於人類不斷地與大自然搶奪資源。

地球環境持續惡化，「減碳」成了全民基本的生活義務，而「健康」就是全民基本的生存權利，因此降低「環境成本」、提高「環境效率」且營造「環境品質」，建構一個健康、減碳、循環的生活環境，是目前營建環境積極努力的目標。

綠建材推動之主要目的在於資源永續利用，以及配合國際性節能減碳之潮流，依據對於國內綠建材產業所進行之 SWOT 分析，綠能產業將是國家未來極重要的新興產業。

台灣陽光、風力、地熱、生質能、海洋能等天然能源豐富，惜未加利用，98%能源均仰賴進口，若能加以利用，依綠建築的九大指標，從水資源再利用、基地保水措施、規劃適地適種的多樣化植栽到建築零碳量、廢棄物回收再利用及原始自然的室內建築設計等，吸取德國綠建築的經驗截長補短，運用因應環熱帶圈之「健」築策略，以「自然化、簡單化、低科技化、低成本化、庶民化、本土化、因地制宜化」的概念來執行，鼓勵優質綠建材的使用與再生建材的利用、節能減碳的生活模式，發展「可循環利用之綠色營建技術」，將台灣優質的綠建材與綠科技，推廣至相同位處亞熱帶區域國家，藉以創造台灣綠建材產業契機，並為地球永續發展盡一份心力。

第一章 研究緣起與目的

壹、研究緣起

相繼「明天過後」、「2012」這兩部電影及「正負二度C」之紀錄片，讓地球人民感受到電影情節不再是遙不可及，它活生生的上演在真實生活裡；自 1750 年工業革命以來，各國家相繼發掘能源、開發產業，貢獻二氧化碳、甲烷等氣體，而在 1909 年至 2009 年裡，地球開始回饋給人類多樣化的天氣，格林蘭島及南極冰山崩解、歐洲的秋天下起大雪、非洲連年乾旱寸草難生、菲律賓一連四個颱風帶來水患、一個莫拉克輕易癱瘓南台灣，地球環境持續惡化，生態氣候異常，皆歸功於人類不斷地與大自然搶奪資源。

台灣地狹人稠，土地資源有限，營建天然資源十分匱乏，對於進口能源之依存度高達 97% 以上。另一方面，雖然降雨量豐沛，可是受限於高低起伏落差極大的地形因素，水資源的短缺更是產業界常年以來揮之不去的夢魘。先天條件如此不足，國人對能源與天然資源卻又疏於珍惜，大量的使用水泥與興建 RC 建築，使我國每人年的平均水泥使用量高居全球第二位。一棟建築不僅興建時耗費龐大的能源、資源，使用階段更非能源不可，再加上拆除後所產生的大量建築棄物的污染。種種問題導致生態環境日益惡化，而國民的居住品質亦隨之下降。因此推動綠建築乃為二十世紀末全球永續發展風潮中最值得重視的課題。有鑑於此，行政院於 2001 年核定「綠建築推動方案」，希望藉由「綠建築」的推動，改善建築生態環境，並提供國民優質化居住空間。因此，「建立室內環境品質評估及綠建材標章制度」乃明確列入第四項之實施方針中。

為擴大綠建築之推動成效，行政院於 97 年四月頒佈「生態城市與綠建築推動方案」其次目標為：「提升室內環境控制技術，建立綠建材市場機制，創造舒適健康與優質居住空間」。因此，加強綠建材產業之市場推動，以促進人本健康並維護生態環境，乃是開創「生活、生態、生產」三生一體之永續建築科技的重要關鍵。

貳、研究目的

綠建材的使用是因應溫室氣體減量一項直接有效的利器。據統計，若

使用「再生綠建材」較開採天然素材減少二氧化碳至少八成以上；而「節能高性能綠建材」更是對於居住階段的二氧化碳減量有直接貢獻。再如「健康綠建材」可減少有機逸散物對人體的危害，更是可預防呼吸道疾病，減少健保支出。因此應將綠建築教育落實到國民生活教育中，未來可由消費者直接向建商、建築師要求設計採用綠建材產品，而不僅消極的以法令規定為限。若然將可擴大綠建材產業之國內商機，及外銷國外，並活絡國家整體經濟發展，擴大就業機會。

另外配合「京都議定書」之上路實施，加強溫室氣體減量已是各產業無法迴避的課題。建築業是火車頭產業，建築相關產業市場包括新建築、裝修等，產業的產值約佔全國總產值的17%。但是，據統計建築產業包括材料生產、運輸、施工及完工後之使用等各階段，能源消耗排放CO₂佔全國能源總消耗量之28%，十份可觀。因此，為因應京都議定書二氧化碳減量的要求，推動綠建築已為台灣未來建築業必走的一條路。

因此，讓地球溫度曲線下滑，「減碳」成了全民基本的生活義務，而「健康」就是全民基本的生存權利，因此降低「環境成本」、提高「環境效率」且營造「環境品質」，建構一個健康、減碳、循環的生活環境，以綠建材、綠建築、生態社區、生態城市逐步建構完整循環體系，打造健康有效率的永續家園，由推動生活環境改造，鼓勵綠色生活與綠色消費，進而擴大至社區、城市、國家規模，建構健康、減碳、高效率的台灣家園。

第二章 研究方法與過程

第一節 德國之環保軌跡

德國一直被推崇為詩人與思想家的王國，其實它也是建築王國。

特別在近年來，德國建築界引領「生態建築」「永續建築」風潮，走在最前端，吸引全世界專業界前仆後繼前往觀摩。在一貫理性主義的簡約、實用、功能與型式的建築風格中，再注入全新的環保、節能、共生觀念，正是德國綠建築風潮。性格理性、簡潔、精準、不拖泥帶水的德國人，反映在對地球生態的重視也不囉嗦。

為了降低對石油100%、天然氣80%的進口依賴度，德國從法規上限制耗能，要求新建築物一律符合新標準，使能源消耗進一步降低。

德國在 2002 年實施的新建築節能規範 (EnEV2002) 中就明文，將新建築物分為三級，分別為「低耗能」「被動式：每人每年用不到 5 度電；台灣平均住宅用電每月為 500 至 700 度電，依夏季及冬季不同」，以及「不釋放溫室氣體」三種。

其中，被動式不只住宅，住商大樓也需符合。「不釋放溫室氣體」也可稱為正能源屋，則是最新、難度最高，不僅能源要完全自己自足，甚至產生的能源比消耗的能源還多。

在德國，並不是裝上幾個省電裝置，或用幾片無毒建材就是所謂的「綠建築」。就有不少德國建築師認為綠色建築法規太嚴格，連大樓興建時會耗損多少能源，大樓完成後可減少多少二氧化碳的排放，或是大樓內可減低多少暖氣使用量等，都要精準計算出來，才能拿到建照與使用執照。

壹、綠建築到綠教育

德國的小學，對於課本的利用是一直重複使用、代代相傳，今年用完接著給下一學年的學生用，這樣一來，就大大降低了不可更新資源(林木)的消耗，為環保又投注一份心力。

貳、首府柏林的國會大廈

德國國會大廈的主體建築在 1895 年完成。遭遇過大火及世界大戰的摧毀，歷經多次的重建整修才呈現現在的樣貌。1990 年間的幾次重大改建工程，包括自然照明、空氣自然循環、生質柴油馬達熱電機的建置，讓德國國會大廈慢慢蛻變，成為德國生態建築的重要象徵。

德國柏林國會大廈節能設計三部曲

(1) 自然採光

重建國會大廈的過程中，大量採用玻璃與天井來取得日光，目的是在白天能不在室內開燈，以最少的能源來達到最大的效用。其設計以玻璃穹頂在建築中央做為採光、供暖與取能策略的主要元素。圓頂的核心位置懸吊圓錐狀之玻璃反光體，從圓頂上方，一直往下延伸到國會會議廳，它有如倒立的燈塔，其運用 360 片稜形鏡面反射室外明亮的晝光至議場，成為國會會議廳白天主要的照明來源。為避免陽光直射所造成的眩光及熱，除

了充分使用具抗紫外線與隔熱效果的複層玻璃外，其又設置 360 度移動式遮陽板，可自動追隨太陽行進路線而移動，在冬天時陽光角度較低，遮陽板可移至旁邊，讓柔和陽光映照在議場內，這自然採光及活動遮陽的手法勾勒出建築所欲表達的具象及抽象主題：光亮、透明、乾淨、多層次、精準、穿透及政治家與民眾互動性與政治受監督的象徵意義。

(2) 自然通風

議場內的通風系統與遮陽設備藉由屋頂上一百組太陽能光電板運轉所獲得的 40 千瓦的電力運轉來充分使用。室內外空氣可以藉由自動控制的窗戶適時開啟來保持室內外自然對流通風的狀態。而圓錐體可將聚集上層的熱空氣在抽出室外前，透過熱交換機來回收熱源，且引入新鮮空氣，再透過議場地板散逸入室內，成為低速的自然通風。這樣設計不僅提供使用者最大的舒適度，也降低通風設備的能源需求與噪音。

(3) 自然地能

德國冬天氣溫平均 1.5 至 12 度，夏天也只有 18 到 20 度左右，建築消耗的能源，可高達 50% 以上，因此建築節能設計非常重要，特別是建築的絕緣保溫及設置低耗能的冷暖空調系統。長期以來，德國就不斷在找尋低耗能建築的可能方式，國會大廈的能源系統概念，是自己產電，自己產熱，而且使用最低環境衝擊的能源。1998 年完成的馬達熱電廠系統 (MHKW)，使用油菜花籽製造的生質柴油做為燃料。並將夏天常溫攝氏 20 度左右的溫水，以及生質柴油發電機廢熱產生的熱水，儲存在地下 300 公尺的溫水層，留到寒冬抽出來當熱水或暖房使用。而寒冬低溫的冰水，則儲存在地下 60 公尺的地下水層，到了夏天再抽出來冷房。此種利用自然地能資源循環之應用手法，不但不浪費珍貴天然資源，且對地表環境沒有造成絲毫之影響，更能在所有季節營造舒適環境與節省能源。



玻璃採光罩大量運用現代最新節能科技 大型智慧型遮陽板隨太陽角度自動變換方位

參、漢諾威市的「柯貝生態城」

「柯貝生態城」是歐洲最大的生態示範城區，2000年世界博覽會，漢諾威市決定把柯貝規劃為一座可以永續發展的未來城市。

柯貝城區裡所有建築都是低耗能的建築，因為德國的氣候寒冷，每年在暖氣空調上都要消耗許多能源。

目前德國既有的房子，每年每平方公尺的暖氣空調平均耗能是220千瓦小時，但柯貝城裡所有的建築物都低於50千瓦小時，這在全歐洲來講是獨一無二的，低耗能建築的基本概念，就是儘可能使用隔熱建材來阻絕熱量的散失，門窗也儘量做到氣密不漏風減少熱量流失。

柯貝城最大的特色，是它的節水設計，整座城幾乎就是一個大型雨水收集站，雨水被收集、儲存，甚至再利用成為社區景觀用水。從規劃到施工，柯貝城始終將「生態化」視為最重要任務，這也讓它成為未來城市的最佳參考。

該城定位為「生態城」，所需的電力、農作物與水資源都在該城作好規劃。幾項特別的做法如下：

1. 水塘可以是表演場地，也可以是純粹的蓄水地：

當停車場的草皮因雨水溢滿，就流到另一邊的公共草皮下的生態水溝，又叫草溝(延伸過去是個小土丘，用來將水流於土中)。滿了就流到另一個小池塘，裡頭有種一些草；再滿了就由旁邊的溢流口流到礫路水塘。該池塘的底部鋪滿許多灰色礫石，一個挨著一個的堆疊著。沒水時，看來就像一

幅日式禪味枯山水。旁邊有設個小石階，有消能作用-降低因水流下來的衝擊力過大，以免衝過池塘邊，淹到民宅。因此，小朋友可在灰色礫石區上演戲碼，成了表演場地。而當水滿了，就成了小水塘，又是一番景致。而這裡的水滿了就另行集中，變成小噴水池，一物可多用途。

2. 生態土溝多功能：基本的水溝功能、生態保育、綠廊、玩樂區。它像是中間凹下去、左右兩旁斜上去，但看不出有水溝，因為都植草皮。

3. 公共的中庭上方有正反兩層玻璃帷幕，可以收集熱能源：

冬天，溫暖的陽光照進來，玻璃帷幕打開，有地中海微氣候環境，讓溫度比室外高一些；夏天，玻璃帷幕就關閉，將高溫的陽光穿透過兩層玻璃，將低熱量，再傳送進該區，空氣中不至於過度悶熱。

4. 家家屋頂都有太陽能光電板，可以用此來產生熱能：像是洗熱水澡就可以用所儲存的熱能產生的熱水。它設有儲藏熱水的超大水槽，大家使用這些太陽能發電而產生的熱水，然後費用由大家平均分攤。而這個超大的地下水槽上頭用廢土覆蓋，上頭用綠草植皮以保溫，並有美化環境與遊憩功能。

5. 設有風力及天然氣發電廠：為了降低因運輸而造成的能源浪費，該區域附近設有三座風力發電廠與兩座天然氣發電廠。

6. 被動式房子的節能作用：牆有 40 公分厚，跟一般建築物 23 公分厚差距很大，有保溫的功能；座北朝南加上大片落地窗，有利於採光；三層玻璃有保溫、安靜與隔熱的功能；屋頂不是瓦片，而是有 30 公分厚的草皮，種植苔蘚植物，具有隔熱功能；另有散熱與換氣的裝置，以防室內太溫暖。

7. 施工時注意一樓地板的隔熱與防潮裝置，使得沒有挖地下室的一樓不至於較冷。所以當建築完成時，會做加壓測試，確保窗與牆都沒有縫隙，不會漏風與漏氣，讓冷風吹不進來，室內熱溫也不易散掉。

8. 社區的環保回收箱很小，但地下的腹地卻很廣大。以玻璃瓶來說，即使你用力的往回收箱一丟，聽到的破碎聲音是悶悶的，不是響亮的，這是因為地底下的回收區很大很深的緣故。

肆、德國最生態化的金牌農村「歐豪村」

紅屋瓦、半木頭的傳統房舍、群樹叢生、百花齊綻，漫步於德國農村，彷彿錯置於《格林童話》裡的某個熟悉場景。一個古老的國家，一支嚴肅的民族，卻擁有浪漫主義的田野情懷，德國人對於景觀的設計和空間的配置，有著獨到的堅持。但如台灣一般，工商業的快速發展，造成了農村人力大量外流，尤其在兩德統一後，大量人口自東德湧向西德，加速了農村衰退。為了讓人口回流，德國政府有系統地推動農村社區重建發展，讓原本凋零的農村重新找回生命力。

二次世界大戰後，德國境內斷壁殘垣，多處亟待重建。於是地方社團紛紛自願投入整治家園的工作，最初是以植栽和綠化為主要內容，在「德國園藝協會」加入後，逐漸拓展為農村社區美化運動。1961年，德國聯邦農業部更將該運動升級為全國性的農村競賽，當年的主題是「我們的農村應更美」。隨著時代變遷，2001年，增加了「我們的農村有未來」作為副標題，至2007年，則完全以「我們的農村有未來」作為競賽主題。從戰後重建的必要性，演變至今日的永續發展基調，這種「由下而上式」(bottom up)的農村競賽與時俱進，並成為德國農村更新計畫的濫觴。

一九六〇至七〇年代，一連串現代化建設的過程，將農村質樸自然的原始面貌，覆上一層厚重的都市氣息：水泥鋪面、道路拓寬、增闢安全島、金屬線圍籬、混凝土牆……等。農村環境面臨巨幅變遷，天然資源及物種流失，導致大雨過後淹水、交通安全及噪音問題也堪虞。這些驟變讓歐豪(Ottenhausen)村的居民重新思索：自己的住家環境，該如何做才能兼具生態和現代化？

位於北萊茵西伐利亞(North Rhine-Westphalia)邦的歐豪村，是個僅有五百八十位居民的小農村，占地約四百公頃。1990年起，村民終於無法忍受欠佳的生活條件，決定進行生態改造。1993年，歐豪村達成傑出的成果，贏得德國聯邦農村更新金牌獎；1996年，歐豪村被歐洲各國選為「歐洲生態示範村」；2000年在漢諾威(Hannover)舉行的世界博覽會上，它更成為德國展示其在結合生態、生活品質和經濟發展上的傲人模範。

徒步走在村裡，不難發現現代化的痕跡：停車場和道路由水泥或柏油材質鋪成，但如今已部分剷除，以植草的地面、透水磚或自然石取而代之，而且車道的縫隙擴大，主要作用是增加透水性。

1990 年以前，歐豪村使用的是地下排水系統，混合雨水和家庭廢水，一併排放至汙水處理廠。如此一來，可以循環回收的雨水，就浪費掉了。重現土壤、植物和碎石後，等於設置天然的集水和導水系統，比起混凝土排水溝，更能活化資源及涵養地下水源。道路兩旁闢綠帶，吸收的水分又回流成地下水再利用，從家家戶戶的水龍頭裡流出來。

村裡的公家花園旁有一幢房屋，頂上裝有蓄存雨水的導管。剛才下過一場大雨，捧著雙手置於導管下，收集到的雨水便嘩啦啦地墜入掌心，再流溢至下方的圓桶中，這些雨水可供灌溉那片小花園。此外，村裡的低窪處也劃為溼地或滯留池，保育水資源的同時，也復育當地動植物。

身處寧靜的歐豪村，看不見一輛輛的砂石車呼嘯而過，這是因為水泥路的邊緣已改闢成綠帶，等同於道路內縮，減了兩公尺左右。道路變窄後，自然迫使車子開得較慢，而無需升高路面，同時也除卻許多噪音。

此外，某些路段的人行道也因需求量不大，而只留一座在馬路的一側。「夠用就好」的思維，反應出德國人務實的個性。

在環保上，德國人懂得使用減法；但其境內豐富的自然文化遺產，也仰賴他們的念舊而保留。路旁的典型乾砌石牆就是其中一例，它具透水性，石縫也可作為小型生物的棲地。而原本由金屬線纏繞做成的圍籬，如今都加種灌木，綠化太過人造的環境。先前種松樹的地方，改種在地的果樹如櫻桃樹，但同時也保留象徵德國精神的老橡樹，兼容並蓄。

歐豪村有一千一百五十年的歷史，村裡的房舍或農舍，多為傳統的木造建築，但由於產業結構轉型，農業人口下滑，許多老農舍、畜廄便因而閒置。更新計畫執行後，村裡的人重新啟用老房子，譬如將畜舍改建成住家或農場咖啡館，空間重新利用，不需再蓋多餘的房子，這除了意謂著無需另鋪水泥外，同時也能節省能源。

伍、德國的福斯汽車城

福斯汽車城，是具有綠建築概念的經典案例，透過寓教於樂方式，讓來訪遊客學習各種節能知識與概念，可以看到德國人對於未來能源的發展遠景，體驗科技與環保是可以並行的。

德國在汽車工業領先全球，因此有「汽車王國」之稱。德國車的實用

性能，世界有目共睹。在面對油價高漲的今日，德國早已將再生能源充分利用發揮在生活之中，處處可見其科技結合環保之作。

福斯汽車城在第二次世界大戰前曾經是生產金龜車的主要工場。2000年改建後，結合交車中心、汽車展銷中心、汽車博物館、汽車實驗室甚至還有讓兒童學習開車的迷你駕訓場，成為歐洲最大的汽車主題樂園。在園區中除了可以認識汽車的設計與銷售，觀摩交通安全教育，並學習設計自己的車子，了解燃油實驗室與未來汽車工業的生物能源基礎技術，把創意空間、展示介面、環境再造，融合到一種創新的體驗經濟，成功創造品牌增值效益，也帶來龐大利潤，是值得學習的典範。

2003年福斯汽車城展示中心的地底建築，在屋頂覆土植樹，外觀與自然地勢融合，其目的是保持室內恆溫，不論夏季或冬季都能保持固定溫度。這種建築在中國大陸的福建有土樓，類似傳統的坯土建築，而這座展示中心則是德國現代的覆土建築。

1. 地底建築

綠色草坪下的地下建築展示福斯汽車城的驚人科技，在二次世界大戰時為希特勒的工廠生產線，目前展示各類名車。泥土一直是最佳的環保隔熱材。台灣的土埆厝、陝西的窯洞，均是利用泥土建屋的典範，這些建築均有冬暖夏涼的功效。福斯汽車城內的英國跑車等的展館，就是一幢建在地底的建築物，冬雪酷暑均對它產生不了太大的作用，因地下泥土的恆溫，讓室內展場藉助四周土溫能保持舒適宜人的溫度，而建築頂部因種草綠化，也就與天、地、庭園很自然的融合在一起了。

2. 遊客服務(交車)中心

遊客服務中心後方可見透明玻璃的圓形雙塔，是一座典型用「玻璃」做外牆的現代節能綠建築，這裡是自動化交車中心，車塔有20層樓可停放400輛汽車，只要在德國任何地點訂車，您可以至這裡取車，利用智慧控制達到控溫與交車的服務，他與其前的綠色植草屋頂的「土」建築形成極鮮明的對比，表現出綠建築設計手法與材料應用能力。

3. 接待中心

福斯汽車城的接待中心--巨大的玻璃牆建築，白天不用開燈也具有明亮效果。福斯汽車城主要古董車展館，利用玻璃材料做的外牆，讓室外的

陽光充分的灑入室內，濾掉紫外線的光線，既不增溫，又能不開燈。讓參觀者在天光下欣賞美一輛精緻的「古董」更重要的是這些晝光均不會讓古董變色。

4. 接待中心大廳

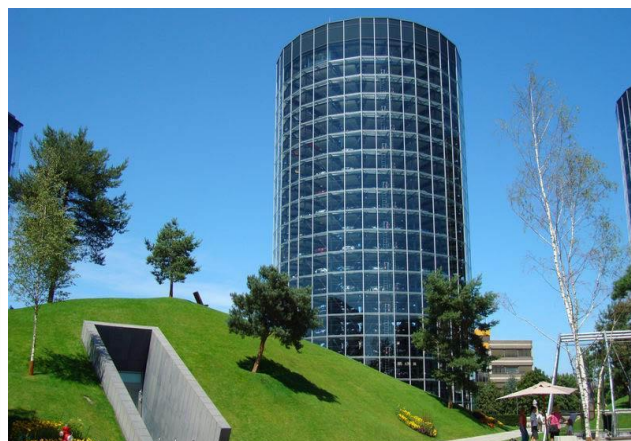
接待中心大廳設計--在室內溫度升高時，旋轉門可垂直打開，室外空氣和緩吹進室內，讓空氣產生對流，使室內外空氣連成一體，特殊的設計不但節省能源使用，同時也將連結戶外景觀，又美觀且環保。

5. 地冷入風口

地冷入風口--利用德國地表下 18 度 c 的地冷，來調節室內空氣溫度，在展場附近可見利用地冷空調替代傳統能源，可節省 80% 耗能。使用地冷、水冷已是現代節能建築中不可或缺的設備。建築物週邊裝置許多筒狀進風口，室外的新鮮空氣經由這些巨大風管導入地底，利用土壤的低溫冷卻管中的空氣，然後送入室內，這樣利用地底低溫達到室內降溫的手法，除造價略高於傳統的空調外，往後的用電費卻可大幅節省 80%。這些巨大的進風口也有許多是做成室外裝置藝術，讓此一節能符號更增添建築物的現代美感。



展示中心的地底建築



福斯汽車城的接待中心



接待中心大廳設計



地冷入風口

第二節 綠建築的發展與隱憂

由於地球環境危機意識的抬頭，所謂「永續發展」已成為全球最熱門的議題。許多政策莫不以「可持續發展」為風潮，以「生態」為時尚，好像披上「綠色建築」之大衣，就如擁有尚方寶劍般，銳不可擋。當前也有一股覬覦「綠色建築商機」的歪風，常假借「可持續發展」之名，打著「綠色建築」之招牌，促銷名不符其實的高貴設備產品，甚至不惜掩蓋其破壞環保之事實而魚目混珠。

近年來，人類對於環境的破壞規模，已擴大至地球的尺度，例如地球氣候高溫化、酸雨、森林枯絕、臭氧層破壞、異常氣候等現象已無遠弗屆，人類的生存已遭到嚴重的威脅。有鑒於此，1980年世界自然保護組織(IUCN)首次提出「永續發展(Sustainable Development)」的口號，呼籲全球重視地球環保危機。1987年世界環保與發展會議(WCED)以「我們共同的未來」報告，提出人類永續發展策略，獲得全球的共鳴。1992年的「地球高峰會議」，史無前例地聚集了170個國家的政府代表及118位的國家元首，共同商討挽救地球環境危機的對策，折起了地球環保的熱潮。會中更簽署了「氣候變化公約」，同時發展了「森林原則」、「里約宣言」、「二十一世紀議程」等重要宣示。1993年聯合國成立了「永續發展委員會(UNCED)」展開全面性的地球環保運動。

「綠色建築」在日本稱為「環境共生建築」，有些有歐美國家則稱之為「生態建築」、「可持續建築」在北美國家則稱之為「綠色建築」。由於「綠

色」的用語在國際間已成為地球環保的代名詞，許多「綠色消費」、「綠色生活」、「綠色照明」已成為民眾朗朗上口的時髦用語，因此在美洲、澳洲、東亞國家，大多遂援用「綠色建築」作為生態、環保、永續、環境共生之建築的通稱。

雖然人類對於綠色建築的期盼已久，但任何綠建築政策必須建立於科學量化的綠色建築評估系統，才能順利推展。1992年的「地球高峰會議」可說是宣告綠色建築時代來臨的歷史盛會，因為該會議所揭示的公約，已激發了建築環保的廣大需求，綠色建築評估系統的研究風潮因此而席捲全球。綠色建築評估的時代，就像人類文明的誕生一樣，於1990年代在全球同步降臨，形成一股建築界的綠色革命。

1990年英國建築研究所BRE公佈了辦大樓建築環境負荷評估法BREEAM，成為全球第一部綠色建築評估系統，此方法後來影響了1996年美國的LEED、1998年加拿大的GBTool等評估法。臺灣的綠色建築評估系統EEWH啟動於1999年，是全世界第四個上路的綠色建築綜合評估系統。此後，日本於2002年發展了「建築物綜合環境性能評估系統CASBEE」，2006年中國建設部則以節地、節能、節水、節材為目標，公佈了「綠色建築評價標準」。

2000年以後，可說是全球綠色建築評估體系發展的題峰，像德國的LNB、澳洲的NABERS、挪威的Eco Profile、法國的ESCALE、韓國的KGBC、香港的HK-BREEAM與CEPAS，都相繼成立。到了2006年全球的綠色建築評估系統已接近二十個。這些系統以試誤的方法措索前進，不斷因應國際局勢與建築產業的要球，擴大其適用範圍，並更新其評估內容。像LEED、CASBEE、BREEAM陸續發展出不同建築類型的評估版本，甚至對於舊有建築物也有評估版本。人類對於綠色建築評估系統的發展史，就像是一部人類追求建築可持續發展的奮鬥史，如今已呈現百花齊放、爭奇鬥豔之勢。

然而，在今「綠色建築」成為全球潮流之際，也出現另一種隱憂，因為許多豪華浪費的假綠色建築，也紛紛披上「永續發展」之大衣而魚目混珠，甚至橫行霸道。當前有一股覬覦「綠色商機」的歪風，常假借「可持續發展」之名，打著「綠色建築」之招牌，促銷名不符其實的高貴設備產品，結果造成更嚴重的環境破壞。

⊕ 「越簡單」是越好的綠色建築

在環境科學領域中，有所謂的「能量第二定律」，認為當能量由一種形式轉換為另一種形式時，只有部份的高級能量可完成做功的任務，其他將轉變成較低級的熱能，而低級熱能絕對無法逆轉為高級能量。在生態系中，上層生物依下層生物為食的營養層(Trophic Level)金字塔結構，最能解釋這「能量第二定律」。當低層生物所擁有營養能量，被上層生物捕食時，只有部分的能量可轉換成上層生物的能量，其他能量則變成熱能，而釋放於環境之中。據生態學家之推測，這種不同營養層生物組織之間的能量轉換效率約只有 10%，其他九成的能量則成為捕食者新陳代謝的熱能，將完全散失於環境中。

這生態的「能量第二定律」，在綠色建築方面亦為鐵的定律。基本上，人類社會的城市化現象，就是生態系複雜化、多層級化的反生態現象。城市規模越大，單位人口所消耗的資源越多，所製造的污染更多，危害地球生態越嚴重。都市規模的巨型化，相當於資源轉換層級的複雜化，其轉換損失當然也加劇擴大。

複雜化、巨型化、科技化的建築物，在先天上就潛伏著低效率化、浪費化的風險。試想，像香港匯豐銀行、世界貿易中心、吉隆坡雙塔一樣的高效能建築，假如沒有賴精緻龐大的保安、防災、交通、節能監控設備與人員管理組織，真不知有多少風險與浪費。然而，智慧化、自動化、管理化本身也是一種食物鏈冗化之意，儘管建築管理科技可以改善其效率，但這只是在其高度浪費的本質中減少一些揮霍而已，其違反生態的本質是不變的。

過去英國 Archigram 集團與日本「代謝依建築」，就是一種追求複雜化、巨型化的建築理論，事實上也是一種違反「能量第二定律」的想法。Archigram 集團所謂「插頭式城市 Plug-in City」與代謝派宣導的成長型插頭式住宅，看似一種合理的開放式生命週期設計，但事實上這種理論加速了地球資源的浪費。例如日本代謝主義代表作的太空艙大樓 Capsule Building，在 1971 年不惜花費更多營建費、不惜浪費更多資源，完成到現在三十年，不但未曾變動過任何插頭式空間，甚至連一片牆、一根螺栓也沒有更動過，其標榜的彈性成長之理想蕩然無存。

總之，以「能量第二定律」來看，冗長化、複雜化的建築系統，只是徒增設計、施工、維修、管理之能量轉換損失而已，絕對不符綠色建築的精神，反而「越簡單」的建築系統，才是越好的綠色建築。

⊕ 「高科技」絕非拯救地球的萬靈丹

大衛森(Davidson)在「You Can' t Eat GNP」一書中認為當前經濟學與科技理論有三大誤謬，其中有一種妄想「高科技終會拯救人類」的誤謬，亦即許多人認為當人類身陷生態災難時，高科技的大軍就像好萊塢西部片一樣，在千鈞一髮之際會趕來拯救人類。這想法在現在的地球環保局勢之下，簡直是極其荒謬之妄想。

事實上，一般所課的「高科技」，常是一些生態系越複雜、能源轉換次數越多的技術，想要這些達到節能、節水、減廢之功能，在「能量第二定律」看來簡直是緣木求魚。例如四棟高層智慧型辦公大樓，雖然耗費鉅資導入自動化建築節能管理設備，但其中三棟全年用電量卻比相似規模的一般高層大樓高出 13%，甚至有一棟在雜誌上一再宣傳的豪華智慧型辦公建築，耗電密度卻為相似規模一般大樓的 1.4 倍，亦即越複雜化、越智慧管理化、越高科技的辦公大樓，反而有越高耗電的傾向。這些昂貴的「高科技」技術，在局部看似「綠色」，但卻因複雜的多次轉換而得不償失。

以下舉一 w6.0mxd5.0mxh3.3m 辦公室之耗能解析，來證明「高科技是綠色建築救星」的誤謬。

★某辦公空間節能技術對策投資報酬率(臺北)

節能對策	空調用電量	節省電量	投資成本	回收年限
A. 8mm 單層強化玻璃，開口率 60%	3137kWh/yr			
B. 降低開口率為 40%	2475kWh/yr	669 kWh/yr	0 元	0 年
C. 細長型建築平面，秋冬季開窗自然通風並停止空調運轉	2475kWh/yr	669 kWh/yr	0 元	0 年
D. 加裝兩台慢速風扇、穿清涼短袖夏依上班、空調室溫由 24°C 提升至 28°C	2475kWh/yr	669 kWh/yr	3,000 元	1.5 年

E. 加裝兩排 1m 深金屬外遮陽	2475kWh/yr	669 kWh/yr	18,000 元	10.8 年
F. 採用複層 Low-E 玻璃	2475kWh/yr	669 kWh/yr	36,000 元	21.8 年
G. 裝太陽能光電版面積 6m ²	2475kWh/yr	669 kWh/yr	941,896 元	146.1 年
計算條件：w6.0m × d5.0m × h3.3m 辦公室空間、南向、開口率 60%、玻璃窗高 2.0m、玻璃面積 12.0m ² 、室內空調溫度 24°C，每 kWh 用電 2.5 元，F 案 Low-E 玻璃窗比單層強化玻璃窗貴 3000 元/m ² ，G 案必須設置光電版 0.6kWp，光電版單價 40 萬元/kW，未計政府補助，並聯光電發電效率 3.0kWh/kWp.d，所有案例回收年限未計利息。				

上述六種節能對策說明了一些事實：只要應用得宜的話，越簡單的技術常有越好的效益(如減少玻璃開窗、自然通風、穿短袖)；越便宜自然的設計常比高科的設計更有效益(如減少開窗面積比改用 Low-E 玻璃更便宜有效)；事前預防絕對勝於事後的治療(如遮陽設計優於太陽能光電利用)。

談到綠色建築，許多人常問說，綠色建築是否更貴？是否需要投資更多設備？事實上，綠色建築絕非是更貴的建築，「高科技」亦非拯救地球的萬靈丹。真正的綠色建築技，通常是更便宜、更自然、更有效益、更無公害的，例如降低不必要投資建設。減少虛華無實的裝潢；以自然通風採光設計減少空調照明耗能；以便宜的外遮陽設計取代昂貴的帷幕玻璃；以最少管理的自然綠地取代耗水、污染的人工花園，這些簡單的技術絕對不會造成綠色建築更貴的情形。在臺灣目前對於中央空調建築物的綠色建築標章認證審查中，平均將中央空調主機容量降低了四成以上，節省了龐大的初期投資成本，證明了更了綠色建築反而是更便宜、更環保的，絕非是更貴的建築物。

⊕ 「適當技術」的原則

綠色建築另一生態原理，乃是所謂的「適當技術(Appropriate Technology)的原則」。所謂「適當技術的原則」就是量採用符合當地產業、設備、材料、勞動水準的技術。此思想來自于生態經濟學大師 Schumacher E. F. 1973 年的大作「小即是美 Small is Beautiful」之影響。此書對於 70 年代初全球奢華經濟、浪費之風提出嚴重警訊，以人性化的經濟理

論，反對巨型化、效率化、層級化、複雜化的企業組織。他認為經濟發展、生命之複雜度、求效率化或生產力、使用非再生資源、細密分工應適可而止、以科學方法替代常識也應適可而止。

相對於最原始的茅草小屋或鄉土居民，是大多數民眾均可自立興建完成的低技術，所謂高科技、高精密度、高效能的建築技術極致，就像香港匯豐銀行、吉隆坡雙塔大樓一樣，是極數的尖端設計團隊與工業化產業才能完成的，而所謂適當技術的建築，是當地生活、設計、營建、材料、管理技術，均可以勝任完成的建築作品。

例如中國西安建築科技大學，在陝北黃土高原所發展的現代化窯洞住宅設計，利用最簡單的玻璃溫室、浮力通風、太陽能熱水、天窗採光等技術，配合當地傳統的平地窯洞營建技術，不但使窯洞居住環境獲得極大改善，甚至採暖能源節約 60% 以上。由於這簡單的技術連當地一般所師與民眾均很容易操作，使得一百姓爭相模仿學習而廣為流傳。要知道中國有四千萬人住在窯洞，這群廣大的民眾真正需要的並非複雜的高科技技術，而是這種簡易的適當技術。當然，適當技術並非容許原有地方技術的落後與下降，而是以當地的能力範圍來發展高水準的地方技術，並與當地社會經濟與生活水準取得協調。適當技術亦非排斥外來高科技，而是希望以漸進的方式使地方技術水準得以轉化提升。

「適當技術」的原則在另外一種意義上，就是追求卓越、高性能的欲望應適可而止。例如講求開放建築或房屋工業化時，只要求彈性隔間、預鑄衛浴、建材模組化、施工半自動化等適當程度即可，千萬不要妄想把建築業做到如汽車或人造衛星工業的全自動化程度。試想，當年號稱世界最貴的香港匯豐銀行，所有結構、建築材料、設備都在國外預鑄完成後，再運到香港組裝，此舉並不符合生態。Foster 在香港匯豐銀行中，採用了追蹤太陽的反射日光設備來進行晝光節能設計，有人以此認為它是棟生態建築，但它就像一位揮霍無度的小開，只捐一塊錢給慈善團體般，是一種偽裝的環保，並不符合綠色建築的精神。

「適當技術」的原則在於使綠色建築智慧化與平民化，亦即在現有材料、技術、施工、設備水準下，發揮最大的地球環保功能。高科技化、高效能化的建築系統，事實上只是把空間機能轉為高度機能化、管理化的機

器而已，不只違反「能量第二定律」，也違反「適當技術」的原則，更是對個人尊嚴、創意與生活意義的一大創傷。

⊕ 「儉樸建築美學」的原則

「綠色建築」的理念認為必需尊重自然變化，讓人們在夏天流一些汗、在冬天穿一些重的冬衣、上班爬一下樓梯，在市內走一些遠路，才是健康的綠色建築設計。事實證明，沒有綠色生活配合的綠色建築政策，常造成更破壞環境的結果。例如，近數十年以來，許多先進國家逐漸強化建築節能標準，提升設備能源效率，但建築耗能度不但沒有因此下降，反而節節上升。例如依據美國之統計，1960~1989年興建的商業辦公建築物，比1959年以前興建老商業建築物，平均耗能增加22.9%；1990以後興建的最新商業建物，更比1959年以前興建的老商業建築物，平均耗能增加36.7%。

事實上，綠色建築科技的發展，永遠無法彌補人類生活的墮落所造成的環境傷害。例如管建築外殼節能效率越來越好，但是建築物卻由局部空調變成中央空調，人類越來越放棄以衣物來調節氣候的勤儉習慣，在冬天穿單薄的衣物來享受高溫環境，在夏天卻穿長袖打領帶來吹冷氣。儘管家電設備之能源效率越來越好，但是人們卻越來越不隨手關燈、關電視、關冷氣，生活越來越日夜顛倒。有如此墮落的生活，再革新的能源科技、再先進的節能法規，也無用武之地。

亞洲許多經濟發展中國家，嚴重忽略建築產業永續經營的課題，民眾缺乏綠色居住生活習慣，競相追求大面積住宅。例如臺灣擁有世界最高的住宅自有率，國宅面積遠大於日本及歐洲，然而居住品質卻十分低落，住宅壽命平均不及35年。又如中國2003年城鎮每戶住宅平均面積已高達77.4m²，但是2005年中國財政部提以120m²之超大規模為「普通住宅」的標準，甚至讓各地方可以浮動到每戶144平方米享受營業稅、契稅優惠，與2002年日本、瑞典、德國等國新建住宅平均建築面積，分別是85、90、99m²相比，這怎麼算是永續住宅政策呢？

一般而言，歐美國家的住宅平均壽大概在80年以上，但是亞洲一些追求高經濟發展國家的城鎮住宅壽命只有三十多年，其間的差距令人十分訝異。這現象說明了：成熟穩健的西歐社會並不一昧的追求高度經濟成長，而是做住宅需求量之變動穩定，故其平均住宅壽命接近其物理耐用年數，

可說是較為永續發展的房屋政策。反之，許多以外銷經濟為導向的新興工業國家，因人口大量移動、不動產更動頻繁，造成大部分的建物未達物理耐用年數即被拆除重建，甚至因為不動產炒作造成建築泡沫經濟，有時甚至未完工即被拆除，造成建築物壽命嚴重偏低的現象。東方人尤其喜歡囤積房地產、不喜歡住中古屋、不喜修繕房屋，似乎把建築物當成衛生筷或免洗餐具一樣吃了即丟，嚴重糟蹋地球資源。

2003年聯合國開發計畫署在「人類發展報告」裏，曾對20世紀人類消費提出警告說：「20世紀人類消費急劇增長，其中存在一些錯誤，就是出現了炫耀型、競爭型、擺闊型的消費。」在一本暢銷全球的環保大作「生活簡單就是享受 Simplify Your Life」告知我們：「住小房子吧！否則你會疲於打掃房子；衣櫥不要太大，大了就想多買衣服；關掉電視機吧！因為它占掉我們太多時間；在家渡假吧！不要出去人擠人；檢討你的購物習慣，不要為買而買；散步要比去健身院好---」（Elaine S. J. 1994）

我們的都市環境，常因一些故作姿態、張牙舞爪、不必要的裝飾、爭奇鬥豔的建造形，變得更加醜陋、更糟蹋地球資源。二十世紀初，近代建築曾興起一陣簡單的機能主義風潮，標榜要拋棄不必要的裝飾、甚至是當時的名建築師魯斯(Andof Loos)說：「裝飾即是犯罪」。二十一世紀的今天，一股新儉樸機能主義的風潮，以更磅礴的氣勢捲土重來，那就是今天的綠色建築。「少一份建設就是一份功德、少一份裝潢就是一份環保；簡樸的居家最享受、環保的建築最美」，才是綠色建築所強調的「儉樸建築美學」。

⊕ 四倍數綠色建築革命

1996年Weizacker的「四倍數」巨作，主張以資源效率革命來挽救地球危機，但大多數人只沈迷於它所談的軼事性成功傳奇，很少人真正認識「四倍數」的嚴肅挑戰。「四倍數」宣導提高人類資源生產力四倍之策略，以創造更高的人類福祉，亦即以資源四倍效率之策略才可能達成「資源使用減半，人民福祉加倍」的理想。但「資源四倍效率」並非易事，現行光電科技、風力發電、奈米光觸媒、智慧設備、綠色建材等「開源」的技術根本不符「四倍數」的要求，唯有釜底抽薪、徹底把奢華浪費、偷懶享受的本質改頭換面，採用節水、節能、節地、節材的「節流」設計，才

能與「四倍數」的要求接近。

綠色建築本質，乃在強調「自然化、簡單化、低科技化、低成本化、庶民化、本土化、因地制宜化」的綠色設計原則，但許多官員甚至專業者，到現在還一直把綠色建築「短路」地聯想成：「不沾灰塵的奈米磁磚、閃閃發亮的太陽能光電版、嗡嗡作響的風力發電、追蹤太陽的光纖照明、晶瑩剔透的玻璃外殼、核子潛艇般的儲冰槽、自動化的智慧控制、太空艙式的水迴圈技術」，這種一知半解、一廂情願、毫無科學根據、毫無成本觀念的「高科技幻想症」或「綠色商機幻想症」，常造成以「更無效率的新科技來替代更高效的傳統技術」而已。

這些「四倍數綠色建築設計法」通常只是「儉樸的建築外型、無華的室內設計、有效率的材料力學、重複使用的傢俱建材、小巧的遮陽板、韻律變化陰影、最少管理的自然庭園景觀」而已。唯有落實於「綠色生活」的綠色建築革命，才是真正的綠色建築精神。

第三節 綠建材產業發展之現況分析

壹、綠建材產業發展的 SWOT 分析

一、產業本身之優勢(Strengths)

1. 產業技術能力進步，國產建材之品質與性能具競爭力。
2. 綠建材標章由政府主導推動，已經建立公信力。
3. 綠建材價格具競爭優勢
4. 國民生活水準提高，對健康、環保概念注重。
5. 推廣教育積極，業者、民眾對綠建材認識程度增加，使用綠建材之意願提高。

二、產業之劣勢(Weaknesses)

1. 建商、建築師誤認使用綠建材會增加成本。
2. 建築師、土木包商、室內裝修業者訓練不足，不願意使用綠建材。
3. 綠建材使用比例雖已由 5%提高至 30%，但仍有 70%非使用綠建材。
4. 建築技術規則對於綠材之使用，僅限於室內裝修及樓地板面材料，戶外空間未納入。
5. 「建築技術規則」綠建材比例計算複雜，室內裝修業者認為不易計算

6. 綠建材與綠築之關連性待強化
7. 四類綠建材訴求差異性大
8. 綠建材標章與環保標章之競爭性

三、競爭市場上的機會(Opportunities)

京都議定書已於 2005 年 2 月 16 日正式生效，針對全球工業化國家之原料開發、生產製造及能源消耗時所排放的二氧化碳，提出抑制方法，以管制全球溫室氣體排放量。而綠建材正呼應了這樣趨勢與概念，尤其營建業是火車頭產業，營建相關產業市場產值約佔全國總產值的 17%。但是，相對的建築產業所排放的 CO₂ 卻十分可觀，據統計約佔總產業 28%。因此，為因應 CO₂ 減量的要求，推動「綠建築」與「綠建材」已成為台灣未來營建業必走的一條路，相關的商機值得期待。馬總統在環境政策白皮書中亦提出以下相關主張：

- 節能減碳：積極因應全球暖化議題，建構台灣的永續能源策略。
- 資源循環：推動資源妥善利用，打造資源循環的永續生態社區。

而在做法上，更有以下相關策略：

- 獎勵「低碳節能綠築」，公部門特定區域及重大開發案建築，須符合綠建築規定。
- 推動「室內空氣品質管理法」立法，輔導相關產業發展，並與減碳節能的需求整合。

就客觀因素而言，綠建材之推動有以下之良好機會：

1. 節能減碳之國際潮流，提供推動綠建材發展之機會。
2. 全國能源會議結論：「推動使用節能減碳綠建材」。
3. 環保署研訂「室內空氣品質管理法」，已提送立法院審議進行立法程序。
4. 建築技術規則綠建材比例提高至 30%。
5. 綠建築教育成功，綠建築已成為綠色產業重要一環。

雖然有以上所提的良好機會，但是針對其中最重要的關鍵是，綠建材對節能減碳之效益應有合理客觀之評估數據。此有賴業者結合學術研究機構共同努力探討，提出有利之說帖。

四、競爭市場上之威脅(Threats)

綠建材為兼顧使用者健康舒適，以及保護環境生態的優質建材。但是

品質低劣之建材，若缺乏適當之把關，難免對綠建材造成市場威脅。

1. 國外劣質建材進口，因成本低，將擠壓國內建材之市場。
2. 上、中、下游整合不足，劣質建材將抵消綠建材之功能。
3. 政府機關綠色採購誘因不足，民間機構綠色採購觀念尚未落實。
4. 部份業者缺乏自律。

第三章 亞熱帶綠建築的發展

台灣的綠建築指標，因具有獨特的亞熱帶特色而獨步全球，成為國際綠建築潮流中的一匹黑馬，綠建築並不是一座遙不可及的桃花源，而是學習如何與自然共處的創意哲學。依據綠建築九大評估指標，建立位於亞熱帶環境的綠色建築，以最節省的經費、最少的設備、最平凡的技術，來達到綠建築所提倡的目標。

壹、生物多樣性指標—創造多樣化的生物共生環境

過去我們所謂的「綠化」，常常忽略了生物多樣性的重要，而以人類的偏頗美學與喜惡禁忌，來挑選一些易於整理、成長迅速、不長刺、不結果、樹形整齊的時髦樹種，或種植一些黑板樹、南洋夏、龍柏、小葉欖仁等少數外來明星樹種，或種植大面積的觀賞用草花花園與韓國草坪，因而扼殺了生物多樣性環境。另外，都市建設時砍樹開馬路、把都市河川加蓋、把水岸做成親水公園、把公園綠地做成最耗水、最污染、最不符合生態的大草坪或草花花園設計，其實都嚴重危及最基層的生物棲息環境。

「生物多樣性指標」要求在土壤、水體、綠地、道路、圍籬等建築外部環境上，創造多樣化的生物生存條件，使「生態金字塔」最基層的生物能有合理的生存空間，高級的生物有豐富的食物基礎，而產生符合大自然循環、生生不息的生物多樣性環境。例如，大型基地的開發，必須要有相當程度的綠地面積，所有綠地必須串連成連貫性良好的系統，以提供生物遷移交流的生態網路。「生態多樣性指標」並鼓勵以生態化的埤塘、水池、河岸來創造高密度的水域生態，以多孔隙環境以及不受人為干擾的多層次生態綠化，來創造多樣化的小生物棲地，同時以原生植物、誘鳥誘蝶植物、植栽物種多樣化、有機園藝來創造豐富的生物基盤。如此一來，不但可以營造較多樣化的綠地環境，還可以創造生物共生的環境。

生物多樣性對於地球的永續發展是十分重要的，保存了生物的多樣性，亦保存了地球生物基因的多樣性，這是地球生物能在歷經多次氣候環境重大變化之後，依然能保持持續發展的重要因素。自 1992 年第一次地球高峰會議制定了「生物多樣性公約」以來，生物多樣性的概念開始在各個領域裡廣為人知。人類在建築房屋、建造城市，拓展生存空間的同時，就消滅了許多其他生物賴以生存的棲地，而生物的棲地一旦被消滅，可能就會導致數量減少或弄至滅絕的後果。

我國現今的綠建築評估體系「EEWH 系統」，是一個包含了「生態、節能、減廢、健康」等指通票，全面性的綠建築評估體系，它不僅注重建築物本身硬體的改善，也重視維護自然界原有的生態環境。透過生態指標群的規定，在人類因為生存所需而不得不進行的建築活動裡，營造出與萬物和諧共生，且提升人類生活品質的生存環境。

貳、綠化量指標－鼓勵多樣化植栽

由於植物可以提供大量氧氣、吸收二氧化碳，對環保有莫大幫助。因此，我們的綠建築評估法特別以二氧化碳固定量作為「綠化量指標」的評估尺度，對於一草一木的二氧化碳固定效果提供了量化的計算標準。

台灣各種植栽 CO₂ 固定量(kg/m². 40 年)

植栽種類	CO ₂ 固定量
闊葉大喬木	808
闊葉小喬木、針葉木或疏葉形喬木	536
大棕櫚類	410
灌木	217
多年生蔓藤	82
草花花圃或高莖野草地	46
一年生蔓藤或低莖野草地	16
人工修剪草坪	0

過去我們的建築都市相關法規為了鼓勵綠化，也有綠覆率、喬木植栽

的規定，但它們通常只規定覆土深度、樹徑、喬木樹量，除了對喬木有所獎勵之外，對於灌木、蔓藤、草地以及建築立體綠化並無具體評價，同時對於各植栽物種之間也沒有合理的換算評估。但「綠化量指標」不同，由於它採用客觀的換算單位來評估屋頂、陽台及建築立面等任何綠化量的貢獻，不但對複層綠化與路體綠化設計有實質的鼓勵效果，對於多樣化的植栽群落也有合理的評估功能，因此它不但是一項動態而立體的綠化評估工具，也是能真正鼓勵植物多樣化的生態指標。

現今建築週邊基地綠美化的設計工作，雖也有部分由專業景觀設計師擔任，但是因為業主普遍視景觀為附屬工作，不十分重視，大多是由設計建築物之建築師一併設計。台灣建築師的養成教育裡缺乏植栽與生態方面的訓練，因此在採用景觀綠化植物時，常有力不從心的現象。建築師們或是只重想像中的美學觀賞效果，或是只能在常見的幾種景觀植物裡選取，由於對植物特性與生長環境缺乏瞭解，遑論能考慮「因地而異、適地適木」的植栽使用。再加上台灣不十分完善的工程發包招標制度，以及苗圃的市場生態，導致建築設計時採用的植栽數量十分有限，以及南樹北種、高海拔樹低海拔種植等錯誤，不符合綠建築生態指標群中對植栽使用的要求。國內的建築與景觀專業人員需要一份更完善的景觀植物資料，特別是著重在原生植物和誘鳥誘蝶植物的部分，以協助其完成符合綠建築指標群要求的設計。

歐洲對於在建築與景觀設計當中應當盡量使用原生植物，早有覺醒且行之有年，以德國為例，營造生物多樣性環境與使用適合當地氣候的植物早已是政府及社會大眾的共識，政府直接透過現有都市計畫體系當中細部計畫的規定，要求在建築個案設定時應盡量採用適應歐洲中部地形氣候的原生植物，而德國景觀綱要計畫體系的出發點，因為是以自然保護法為法源基礎，更是鼓勵採用原生植物來作為城鄉景觀營造時的植栽材料。早在八〇年代，德國已經開始有使用建築或公園綠地基地原有林相的植物，來作為將來景觀綠化植物的趨勢，此項趨勢近年來更是蓬勃發展。

以 2000 年在德國舉辦的世界博覽會 Expo 為例，該年的世博會是以永續發展為主題，同時在漢諾威展出一個大型的「科隆斯堡新社區」(Kronsberg Siedlung)住宅項目，該社區在開發建設之前，就先對基地現

有植被與林相進行詳細調查與紀錄，待全部社區建設完畢，就在公共綠地，依據之前的調查記錄結果，採用原來的樹種進行原有植被生態的復育，對將人住宅的前庭後院造景，社區也鼓勵其配合採用原先生長於當地的灌木及草類做為庭園景觀植物。當然，都市裡重新復育的「人工自然」不可能回復原先未開發前一樣的生態環境，但其努力是十分值得稱許的。

2000年德國世界博覽會 Expo 的另外一個案例，則是阿德勤科學園區 (Wissenschaftspark Adlershof)，該科學園區位於首都柏林南部，基地因為原先是東德的軍事管制區，少有人跡，所以保留不少中歐大平原上常見的荒原草澤景觀地貌，在進行科學園區的開發時，就預先規劃大片的公共綠地，並調查原有植物被復育為主的景觀生態工程。目前在園區廠房之間，處處可見宛如荒煙蔓草的原生植被，彷彿未經「設計」的景觀其實是經過精心設計的自然復育景觀，與一般台灣習見的景觀綠美化工程完全大異其趣，而德國民眾們在明白原因之後也多能理解欣賞這樣的「荒原景觀」。

由於台灣各界對於城鄉景觀風貌改造的議題持續關心，對於常用於景觀綠美化的植栽也引起社會大眾的興趣，目前坊間已出版不少諸如「賞樹情報」、「行道樹圖鑑」等等科學普及的讀物，政府也持續修訂「綠建築評估手冊」、「綠建築設計之台灣原生植物圖鑑」，甚而建置「原生植物圖鑑數位資料庫」，以供建築業者方便取得資訊，運用於建築之上。

參、基地保水指標－促進都市生態水循環

在地球的生態環境中，大地的保水功能是維繫土壤生態很重要的因素，因此綠建築特別提出「基地保水指標」，作為環境生態評估的一環。所謂基地保水設計，就是讓地面盡量保持裸露土壤般的透水功能，在車道、步道、廣場等人工地盤上，盡量採連鎖磚鋪面的透水設計，或採用貯留滲透水池、貯留滲透空地或人工花園的方法來促進基地的透水功能，以促進都市環境的生態水循環。

由於現代的人行道、柏油路、水泥路、停車場乃至於遊戲場、都市廣場，常採用不透水鋪面來設計，使得大地喪失良好的吸水、滲透、保水功能，更剝奪了土壤內微生物的活動空間，減弱了滋養植物的能力。同時，

都市環境嚴重不透水化的現象，也使大地失去蒸發水分的功能，引發都市的高溫化效應。綠建築的基地保水設計不但可緩和都市高溫化現象、降低公共排水設施容量，並可減少都市洪水的發生，同時由於土地增加了保水能力，使土壤環境濕潤，因而能增加生物、微生物的存活空間，可使都市的生態環境更加豐富，促進生物多樣性環境。

肆、日常節能指標－建築節能設計

日常節能指標包括建築配置節能、適當的開口率、外遮陽、屋頂構造與材料、風向與氣流之運用、空調與冷卻系統之運用、能源與光源之管理運用、太陽能之運用

太陽能利用在歐美的綠建築界，是一再被稱許的再生能源技術，然而目前因為設備昂貴，並且在熱濕氣候效率也較差，所以亞熱帶國家並不普遍。許多人誤認為台灣的太陽能很豐富，事實上，台灣雖然氣溫炎熱，但是因為高濕度、高雲量的氣候特色，使日射量容易擴散消失，所以，必須與建築外遮陽結合，發揮發電與空調節能的雙重效益，才能產生真正的經濟效益。

台灣的太陽能利用計畫

⊕ 台北科技大學

台北科技大學建築館的太陽能光電外遮陽系統作法，是在該館南向立面開窗部份，設置4片上下兩層、面積46×145公分的烤漆鋁擠型遮陽板，並在遮陽板的上方放置光電板。該館原來南向窗面大部分缺乏外遮陽版設計，造成室內溫度上升、工作人員不舒適、空調耗電遽增的現象。改善的方法，是以光電遮陽板64片、傳統型遮陽板36片，為館提供部分用電來源，並提升外遮陽的節能效果，可說是一箭雙雕的設計。

這種以太陽能光電結合建築外遮陽的作法，一方面可創造再生能源，一可減少太陽熱負荷而節約空調用電，其效率約為單純太陽能光電設備的4倍，投資回收年限可縮短到9年。

⊕ 高雄大學

台灣的太陽能熱水系統，對於沒有都市瓦斯的地區是一大福音，尤其是採用電力來供應熱水的學生宿舍，更有很大的節能效果。高雄大學學生

宿舍的太陽能熱水系統，就是最成功的實例。

高雄大學因為位於都市瓦斯無法供應的地區，因此過去只能以電能取代瓦斯，電費支出相當龐大驚人。由於此地全年日照時數在 2,200 小時以上，平均每日每平方公尺的日射量水到 4,000 卡以上，很適合引進太陽能熱水系統，因此，便以 12 加侖 4 瓩的太陽能熱水系統先將熱水加熱至 50°C，再輔以電熱水器加熱。如此一來，每日可節省 1,307 元電費，相當於每年節省約 48 萬。

伍、二氧化碳減量指標—由設計源頭減少建材使用量

結構合理化：每個人都希望住在一棟既堅固又安全的屋子裡，但是並不是鋼筋水泥用得多、牆壁柱子做得厚，就可以把房子蓋得堅固又安全。有許多結構系統不良的建築設計，常常成為抗震上的弱點而成為危險的建築物。為了在安全上彌補這些不良的結構系統，就得花費更多的結構材料來補強，因此也導致地球資源的浪費。例如在台灣的中震區，一般合理結構設計的 20 層辦公大樓，每平方米的鋼筋用量約在 160 公斤左右，但有一些結構系統設計不良的大樓卻高達 250 公斤。由此可見，「結構合理化」是節約建材的第一步，當然也是綠建築「減廢」要求的第一步。

建築輕量化：以輕巧的純鋼骨結構來替代笨重的鋼筋混凝土結構的作法。鋼筋混凝土建築物主要由高耗能、高污染、高二氧化碳排放的水泥所鑄成，其二氧化碳排放量密度，約為純鋼骨結構建築的 1.47 倍。一般而言，搭配金屬帷幕外牆與輕量隔間的純鋼骨結構設計，可減少 2/3 以上的混凝土用量以成三成以上的二氧化碳排放量，因此，純鋼骨結構的「建築輕量化」設計，不但可以節省建材，也是有利地球環保的對策。

陸、廢棄物減量指標—減少使用、重複使用、回收再利用

環保上有所謂 3R 原則，就是 Reduce、Reuse、Recycle，這是保護地球資源與減少環境污染的最高境界。在過去的傳統社會，利用舊建材來蓋房子是十分普遍的情形，而最新的綠建築設計思潮，也呼籲重拾過去建材循環利用的優點，例如以廢混凝土板做成景觀鋪面、廢輪胎砌成護坡；再生塑膠做成圍籬等設計，漸漸成為永續環境設計的元素。

歐美日等先進國家，對於混凝土塊、瀝青混凝土塊的再利用率已高達70%、80%，整體營建廢棄物的回收再循環使用率也以八成回收率為目標。反觀台灣，目前除了高價的鋁、鋼筋、鋼骨的回收率高達七成以上之外，約有一半的混凝土、磚瓦、石塊沒有被回收再利用，木材、塑膠回收率也不高，因此造成台灣山河充滿營建廢棄物污染；另外，新建建築物不用回收的舊建材，又得浪費能源與資材，造成環境更加污染。有鑑於此，我國的綠建築政策，積極鼓勵「使用再生建材」之設計，以減少新建材使用量，並達到廢棄物減量的目的。

我國的綠建築政策，也藉由「營建自動化」的獎勵，以倡導更乾淨、更環保的營建施工，減緩建築開發對環境的衝擊。所謂「營建自動化」就是以工業生產的方式來興建建築物，也就是將建築物的部品工業化、預鑄化、規格化，以及採用自動化機具來施工。「營建自動化」可將許多建築外牆、樓梯、衛浴單元都改由工廠生產，再運到現場組裝，如此一來，大約可減少工地營建廢棄物三成，減少營建空氣污染一成，減少5%的建材使用量，對地球環保有莫大助益。

為了減少營建污染，綠築積極鼓勵土方的「零排放」與「零需求」，也是要求建築設計應慎重考慮地形地貌變化與挖方填方的平衡，不要大規模開挖地下室而產生多餘土方，也不要自外地運土方來改造地形。為了符合綠築的要求，地下室的開挖最好止於地下一樓，即使為了爭取一些停車空間，也不要採地下二層設計，寧願以單層地下室與雙層機械停車的方式來減少土方的產生。尤其對於坡地的設計，鼓勵透過地形變化設計將挖土地回填於基地造景之用，以達「土方零排放」的要求。

柒、杜絕浪費的「耗水文化」

台灣面積狹小且山多平地少，以及長期以來養成的「耗水文化」，使多雨的台灣變成一個「雨量豐沛的缺水國」

為了減緩水資源危機，以「水資源指標」強制所有建築物必須全面採用有省水標章的省水器材，可以在生活機能不受影響下，讓每一個人省下20%的生活用水量。以台灣2,300萬人口來計算的話，每年可省下一座翡

翠水庫的總蓄水量。

水資源指標同時要求避免採用耗水型的人工草皮、草花花圃等綠地設計，而改成喬木灌木混種的生態綠化，這樣每公頃綠地每年約可節省 2,800 噸的澆灌水量。此外，對於設置按摩浴池、SPA、三溫暖、戲水池、游泳池等耗水設施，要求設置雨貯集利用或中水系統，以提升建築物的用水效率。

水資源有效利用的永續概念，除了建置雨水回收利用系統及中水系統之外，還要思考用水管理、用水減量，將用水行為管理與技術運用結合，達到節約用水目標。用水管理必須做到：建立節水評估指標、用水分項統計資料、節約用水的計畫，並要防制漏水。用水減量則要做到：節水宣導、用控水器材調整、並汰換省水器材，規劃灌溉之時間及用水量，做好用水系統每日檢查、每月統計用水量，運用水平衡的觀念督促節約用水來管制與維護。

⊕ 雨水再利用系統的作法：

一個完整的雨水回收利用系統包括：集水區域、導管系統、初級雨水處理系統、儲水設備四個部分。

雨水自斜屋頂等集水區域流下由天溝截流，順流而下的樹葉及附著於上的蟲卵、雜質盡量不要進入儲水池中，第一道防線可於天溝上放置沖洞板或煤渣（質輕又有孔隙可透水）等攔截樹葉垃圾，第二道防線可於排水管上加設處理水質的過濾器（目前市面上已有大小型的過濾器，若回收水只用於一般雜用水（沖廁、澆灌植栽等），建議只用物理性之過濾器，比較好維護也比較安全），經過這兩道防線後大部分的雜質已被攔截，水體較清潔可有效延長整套雨水回收系統的壽命（延長設備的生命週期）及用水安全。為了這兩道防線的長期效果，必須於入水口及過濾器設置清除攔截下來的雜質的維護工作點，或於天溝附近開設人孔，或於排水管開設清潔口，並定期清除雜質。

雨水進入儲水池，水由高處落下，必會將水池中的水沖動翻攪，原沉在水底的雜質又被翻攪得整池的水都渾濁了，所以可加設減低位能的柔水設計，保持水體的清潔；而水中的雜質大部分沉於水底，少部分較輕的雜質

則浮於水面，所以可以將第二次過濾器掛在浮球上，使之常保持在水面下十公分處，永遠都抽到水體中最乾淨的水，延長抽水機的壽命。

若要利用重力將儲存的雨水送到各處去使用，可以將較小的儲水池設立在各樓層，再平行分送出去使用；或者利用抽水機將設立在地下大型的儲水池（可用筏基代替）的水，抽到屋頂的雨水儲槽，再利用重力分送出去使用。通常，我們都會想到利用雨水來沖廁，此時，就必須考慮到雨水用完時的補充水源，免得因為久沒下雨廁所無水可沖。

因為必須不斷的使用抽水馬達來抽水使用，有的人會使用太陽能電池來驅動抽水馬達，從錢的角度來看，太陽能電池是造價比較高，但是從環境資源及節能省碳的角度來看，卻是比較有永續的價值。如果是使用太陽能電池驅動抽水馬達，則需要注意水的動向，因為太陽能電池是只要有陽光，就會不斷的驅動抽水馬達，當屋頂雨水槽滿了，要有水路溢流到下一個用水處，或回到筏基，如此不斷的循環；若雨量大，屋頂雨水槽和筏基都滿了多餘的雨水，再設計感應水筏，別讓水繼續流入筏基。

利用天然地形或人工方法截取雨水再加以貯存，經過簡單淨化處理後，再利用為生活雜用水。台北市木柵動物園、台北縣平溪國小、苗栗南潮國中、花蓮慈濟醫院等都是成功的案例。

⊕ 中水系統：

將廚房、洗澡、洗水台的生活雜排水匯集起來，經過簡易淨化處理並控制於安全水質標準後，再拿來作為園藝噴灌、洗車、沖廁之用水。一般家庭日常生活使用的總水量中，沖洗廁所的用水量約佔 24%，再加上園藝、清潔用水、一共有 32% 的用水量，改用中水可省下一大筆可觀的費用。以高雄海洋技術學院為例，每年可節省自來水 73,000 噸，節省水費 70 萬元，以水庫成本 24.5 元/噸計算，一年為政府省下 179 萬元支出。

設置中水系統要注意的事項：

1. 中水系統必須有大量生活雜排水源才行，因此常結合住宅大樓、飯店、宿舍等高用水量區域集中設置。
2. 設置中心系統時一定要嚴格要求水質，同時要謹慎處理與自來水分離的二元接管系統，同時需要有警告標示，以免被人體接觸或誤飲而造成污

染或疾病傳染。

3. 由於中水利用系統使用了較高污染的水源，其淨化設備比雨水利用系統昂貴，經濟效益也較低，因此目前不宜輕易在建築上強制設置中水系統，以免形成嚴重的投資浪費。
4. 社區、學校、工業區等大型建築開發案，原來已設有集中型污水處理設備時，可利用其淨化處理設備的排放水來作為中水回收的水源，則是較為合理經濟的中水利用方式。

捌、污水垃圾改善指標－提升公共衛生與環境品質

台灣的經濟競爭力雖然在世界上名列前茅，但現代都市基盤建設，尤其是環保衛生基層設施，卻遠落後於國際先進水準。由於都市污水下水道系統的經費過於龐大，因此許多都市偏遠地區在中短期內仍無法享受污水下水道系統之便，導致大多數的民眾都必須自行設置污水處理設施。但台灣最常使用的家庭化糞池的 BOD 處理能力只有 35% 以下，其他 65% 以上的污染都直接排入河川，造成嚴重的河川污染。有鑑於此，我們必須發展一些更分散、更生態、更多用途的輔助污水處理設施，以彌補都市污水處理系統之不足，其中「人工濕地污水處理系統」很值得綠建築規劃參考。

人工濕地污水處理，就是利用人工濕地中水生植物高度吸收污染的能力，來替代污水的二、三級污水處理功能的生態處理法。它利用燈芯草、蘆葦、香蒲等高密度生長於濕地的挺水植物，來達到淨化水質的功能。通常設計良好的人工濕地污水處理系統，是低成本、低維護、低技術的污水處理方法，比起機械式污水處理系統，只需要很少資金、能源、運轉費、維護費，同時產生更少的臭味，使用壽命也更長。但是，人工濕地一定要有嚴格的維護管理制度，以免發生感染。

例如，日本橫須賀市追濱淨水中心利用「人工濕地污水處理」，作為社區污水處理設施的二級處理，另外美國加州 Davis 市的 Aspen 社區，則是將社區的污水處理結合人工濕地湖泊，作為野鳥保護綠地。在台灣則是台南縣二行社區以及成功大學建築系的人工濕地污水處理系統。這些人工濕地不但結合綠地設計與地景建築設計，成為優美的景觀庭園，甚至成為蜻蜓復育的棲地及學校生態教學的活教材。

玖、室內環境指標—綠建築設計的原點

在人類還沒發明混凝土與塑膠之前，我們的建築材料都是木頭、石塊、磚瓦等天然素材，室內材料也是木材、竹蓆、籐器、棉布、羊毛、皮革、油紙等自然材料，家具表面則是以桐油、亞麻仁油、蜂蠟、生漆、牛奶、礦物質來保護，甚至連衣服的染料、食物的添加物也無一不是取自自然植物。這些取之大地、還之大地的可循環物質，不但一樣能達到舒適性與功能享受的目的，而且對人體很少會產生傷害。

然而，自 1915 年人類開始生產化學合成物質之後，我們的住家環境便全面被化學物質取代。天花板、牆面、隔間、地板、桌面、沙發、窗簾等，幾乎被塑膠、有機溶劑、重金屬塗料、揮發性有機化合物所覆蓋；衣櫥、抽屜、門縫、管道、隔熱材，全面被有害健康的甲醛、黏著劑、填縫劑、發泡劑等化學物質所填塞。

這些現代室內環境的污染物，有許多為致癌物質、突變誘導物質；畸形誘發物質，或有損於神經與肝肺機能的有毒物質，很容易造成人體病變和環境荷爾蒙錯亂。

為了維護健康無害的室內環境，除了盡量減少裝修之外，必須更進一步防止有毒害的室內裝修。2004 年我國內政部建築研究所也在「綠建築推動方案」中，正式導入「綠建材標章」制度，並建立起綠建材審查認證制度，以「健康綠建材」、「生態綠建材」、「再生綠建材」、「高性能綠建材」等 4 部分的認證來推動綠建築，希望能將有毒害、有污染的室內裝修逐出國門，以確保國人健康。

⊕ 健康綠建材：

低有機揮發性合板、低化學氣體逸散性建材、水性環保油漆、天然生態漆等建材。在台灣一般的住宅室內裝修量中，以油漆所佔的面積最大，若能設法降低油漆的污染，對室內環境最有助益。目前台灣環保署「環保標章」所通過的水溶性塗料，就是最容易採用的「健康建材」。

⊕ 生態綠建材：

籐、竹草、羊毛、黏土等生生不絕的自然材，或是永續林業經營的木材。

⊕ 再生綠建材：

舊木材、舊輪胎、舊家具、舊設備、回收再利用的建材，或是由廢棄物再生製造的金屬、玻璃、塑膠、橡膠、紙製品、紡織品、陶瓷磚、骨材等再生建材。

⊕ 高性能綠建材：

在噪音、基地保水上有良好表現的建材，例如隔音窗、防音門、透水磚等建材。

現代人一生中有九成以上的時間處於各種室內空間，假如沒有健康的室內環境，再高級的綠建築也沒有用，因此室內環境指標提倡採光通風設計，並防止室內污染物對人體的毒害。

在亞熱帶氣候的建築應採取的建築方式：

1. 適中的開口：開大窗就是漏大財！在台灣的建築物每增加 1% 的玻璃開窗，約會增加 1% 的空調耗電量，因此全面玻璃設計的大樓，會比一般開窗 30% 的大樓高出六成以上的空調耗電量。開窗只要滿足基本的採光、通風、眺望需求即可，不必要開太大窗而引進太多的熱流。通常辦公建築在 40%、住宅在 20% 的平均開窗率，就具備十分良好的採光眺望功能。
2. 豐富豐的陰影：在開口部上裝設遮陽板、雨庇、陽台來遮蔽日射以減少熱負荷。玻璃大樓雖是能源殺手，但只要縮小玻璃開口率、加強外牆隔熱與外遮陽設計，有時反而有特優的節能功效。現在有許多外遮陽以穿孔鋼板、格柵金屬板、密金屬網做成，不但輕巧而且還兼具散射道光功能。這些規格化、輕量化的外遮陽，已成為許多熱帶國家金屬帷外牆的風格設計。
3. 充份的通風：在住宅、學校等非空調型建築中，居室空間深度不應大於 10 米，要留有中庭、迴廊作為雙面通風。尤其斜屋頂、高樓層、挑空、通風塔的設計，更有促進浮力通風的作用，是非空調型建築所應發揮的優點。

第四章 結論與建議

壹、結論

從德國西部歐豪村、柯貝生態城、福斯汽車城到首都柏林大廈，見證了到德國如何利用生態工法、綠建築手法、保水觀念的規劃、風力與太陽能的利用，以及環保建材的使用等等，向零二氧化碳與減少廢棄物的生活型態邁進。

台灣陽光、風力、地熱、生質能、海洋能等天然能源豐富，惜未加利用，98%能源均仰賴進口，若能加以利用，依綠建築的九大指標，從水資源再利用、基地保水措施、規劃適地適種的多樣化植栽到建築零碳量、廢棄物回收再利用及原始自然的室內建築設計等，吸取德國綠建築的經驗截長補短，運用因應環熱帶圈之「健」築策略，以「自然化、簡單化、低科技化、低成本化、庶民化、本土化、因地制宜化」的概念來執行，鼓勵優質綠建材的使用與再生建材的利用、節能減碳的生活模式，發展「可循環利用之綠色營建技術」，將台灣優質的綠建材與綠科技，推廣至相同位處亞熱帶區域國家，藉以創造台灣綠建材產業契機，並為地球永續發展盡一份心力。

綠建材的使用是因應溫室氣體減量一項直接有效的利器。若做用「再生綠建材」較之於開採天然素材將可大量減少二氧化碳之排放。以利用煉鋼廠之水淬爐石轉製高爐水泥為例，每年約使用 300 萬噸之爐石，二氧化碳減少量高達 230 萬噸，十分可觀。這樣的高爐水泥就是良好的再生綠建材。而「節能高性能綠材」更是對於居住階段的二氧化碳減量有直接貢獻。

建材產業為基礎工業，而我國過去數十年間所奠定的土木、化工、材料等工業基礎十分堅實，因此獲得綠建材標章的產品其品質較先進國家毫不遜色。更重要的是，由於台灣地處亞熱帶，日本、美國等國家，對建材的耐候性要求，無法適用於台灣。譬如台灣對吸水率、吸水膨脹系數等之要求將較美、日等嚴格。而建材之抗菌防霉，也是國內建材業者努力的目標，因此可以發展出品質優良之綠建材。

綠建材標章制度是提供國內建材確保品質安全，兼顧環境生態考量之重要佐證。因此綠建材標章之公信力與權威性為主管機關與業者應共同維護者。

目前國內已獲證且在有效期之綠建材標章數為 155 件，其中四分之三

皆為健康綠建材，而其他三類總計僅約四分之一。尤其是生態綠建材標章僅曾經有一件申請獲證。顯見從建商及民眾角度思考，健康綠建材為最受熱列歡迎者，至於以保護環境生態為主要訴求之其他類綠建材，則民眾較不易感受其重要性。然而，綠建材推動之主要目的在於資源永續利用，以及配合國際性節能減碳之潮流，僅以減少化學性有害物質逸散為主之建材，顯然並未能充分滿足此目標。因此，四大類綠建材標章在評估基準以及評估程序之整合，並落實推動綠建材之減碳成效將是未來極待努力的方向。未來若能將低逸散之「減少負面影響」納入「通則」中作為各類綠建材之必要指標，則所有通過綠建材標章審查的建材，皆為對環境無害、對健康無害之建材，必且更具有其他優異之性能。依此訴求當能更能吸引民眾及業者的青睞。

依據對於國內綠建材產業所進行之 SWOT 分析，發現當前是國內推動綠建材之大好時機。政府在全國能源會議中宣誓，綠能產業將是國家未來極重要的新興產業，而綠建材正是其中重要的一環。業者更應積極投入研發，生產性能更優良，更降低成本及減少環境負荷之綠建材。一方面除滿足國內市場需求外，另一方面也可以進軍國際市場。

在國內市場需求方面，公共工程及公有建築物使用綠建材應納入強制性之要求，並訂出逐年提高使用量之比例。而綠建材若能在不提高價格之前提下，提供更優良之品質，民間亦能樂於採用。但對於建商、建築師與土木包工業者應再加強教育，鼓勵其行設計到施工階段，皆能以使用綠建材為最優先考量。因此，在綠建材產業推動策略方面，建議包括四大部分：強化產業競爭力、健全法規制度、開拓市場行銷、加強部會協調合作等，而部會協調合作更為其中之關鍵。

貳、建議

根據研究發現，分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

1. 立即可行之建議：

進行綠建築標章整合，並將綠建材之使用納入為綠建築評估基準中。

目前四大類之綠建材標章，評定對象互異，評定程序亦有差異，取得某類綠建材標章之建材，有時甚至於與另一類建材之評估基準差距甚大，

易造成使用者之混淆，建議應加以整合。將四類綠材標評定基準中部分提為共通項目，獲任何一項綠建材標章之建材皆具基本門檻。甚至於將四類綠建材標章整合成一個，依材料類別提出應具備之評定基準。

綠建材之使用應回歸到綠建築之推動上。在目前綠建築九大指標中，納入使用綠建材為必要條件，並列為評估要項。

2. 長期性建議：

- 請公務部門於工程採購時要求使用綠建材，並設定最低使用比例。

為加強綠建材之使用，宜要求各公務機關之建築物興建或裝修時，使用一定比例以上獲綠建材標章之建材，各公共工程亦應以使用綠建材或再生材料為優先。做用比例可以發包金額計算，亦可以指定工程部位之材料使用之比例計算。

- 請修正建築技術規則綠建材使用範圍，擴大為戶外建材亦應納入最低使用比例規定。

98年7月1日建築技術規則第321條已修訂為：「建築物之室內裝修材料及樓地板面材料應採用綠建材，其使用率應達室內裝修材料及樓地板面材料總面積百分之三十以上」。對於戶外建材並未能適用。但考量綠建材中的「再生綠建材」如再生混泥土磚、再生陶瓷面磚等對節能減碳之顯著貢獻，其使用場所大多是在戶外，因此建築技術規則之強制使用規定實有欠週延之處。建議補充將戶外必須使用綠建材之規定，而將總做用比例提高，以利產業市場之開拓。

參考文獻

1. 張祖恩、陳文卿。再生綠建材開發與推廣應用計畫(二)，98年12月。
2. 陳瑞鈴、陳文卿。綠建材產業市場推動機制規劃研究，98年12月。
3. 李鐸翰、薛聰賢。台灣原生植物應用於綠建築生態指標群設計之研究，97年12月。
4. 李鐸翰、何明錦。原生植物圖鑑數位資料庫建置之研究，98年12月。
5. 何錦明、林憲德。綠建築在台灣優良綠建築獎作品專輯，96年12月。
6. 張豐藤、高雄市環保局、新自然主義公司。我愛綠建築，93年11月。
7. 黃孝信。資源化再生建材利用，再生綠建材研討會講義，內政部建築研究所/工研環安中心，95年10月。
8. 周玉珍。永續校園的生活實踐，北縣教育第六十五期，97年12月。
9. <http://www.ecohouse.org.tw/> 台大綠房子
10. <http://www.pts.org.tw> 公共電視