

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：研究)

永續發展營建與綠建築技術之研究

服務機關：台電公司營建處

出國人職稱：土木工程監

姓名：陳顯明

出國地區：德國、瑞士

出國日期：93.7.24~93.9.5

報告日期：93.11.1

目錄

壹、緣起	1
貳、永續發展營建與綠建築之發展緣起	3
參、台灣地區發展永續營建與綠建築之必要性	6
肆、德國瑞士永續發展技術	9
一、永續發展規劃程序	9
二、適宜性分析方法	10
三、開放空間、交通及公共設施之生態工法	12
四、河川治理生態工法	15
五、價值工程	18
六、生態最適化	19
伍、德國瑞士綠建築技術	21
一、綠建築發展趨勢	21
二、綠建築運用技術	24
1. 低輻射玻璃	25
2. 熱反射膜	27
3. 微遮陽百葉天窗	28
4. 玻璃百葉遮陽系統	29
5. Huppe 遮陽百葉系統	30
6. 菱形百頁系統	31
7. 半透明隔熱玻璃	32
8. 太陽能牆	33
9. 雙重氣流牆	35
10. 變色玻璃	36
11. 人造溼地	37
12. 氣流窗框	39
13. 氣流窗組	40
14. 太陽能板利用	41
三、綠建築新技術趨勢	42
陸、結論與建議	44
附錄：永續發展營建相關資料光碟目	46

永續發展營建與綠建築技術之研究

(The Study of Sustainable Development Engineering and Green Building Techniques)

壹、緣起

由於人口增加及社會經濟發展的影響，地球環境面臨到資源耗竭與污染負荷加劇的環境問題，於 1970 年代經國際社會持續研商後共同認為，若不抑制或減輕這種劣化趨勢，人類將面臨浩劫，1972 年聯合國在瑞典斯德哥爾摩召開人類環境會議，呼籲人類應共同致力於環境改善，1987 年聯合國環境與發展委員會發表「我們的共同未來」提出「永續發展」觀念，認為惟有全人類致力於永續發展，始可達成人類健康、安全、平等及永續的目標；即一種兼顧經濟效率、環境保育及社會公平的必要發展模式，其一方面強調維持生態系統永續性的重要性，另一方面支持在可維持永續性的前提下，繼續進行改善人類生活品質的開發行為。「永續發展營建」可稱為在兼顧自然環境保育、經濟效率與社會公平的原則下，所開發建立符合生態原理及生態保育觀念的營建方式，國內目前積極推動之生態工法即為其核心技術之一。「綠建築」屬永續發展技術中極為重要之一環，加拿大' 98 Green Building Challenge 國際會議中公認「綠建築」是唯一能夠達成永續經營，提高生活環境品質之目標的方法，亦為目前政府大力推動之政策之一。

台灣之所以特別需要永續經營的意識，是與本身的自然條件息息相關。台灣地理上位於亞洲大陸棚東緣，自然環境屬於脆弱且高度隔離性的海島生態體系，海島上的土地資源有限性尤其是能源方面相對受到限制，全島約三分之二面積是山地，適於農業生產的土地約占全島四分之一，而隨著經濟發展，各種發展已指向生態脆弱的山坡地。再加上台灣地狹人稠，土地利用競爭十分激烈，因此掌握土地資源，完善土地利用計畫及管制不當開發，確保土地健康的永續發展，才是避災之道，因此永續經營觀念也就相當重要。除地理環境的限制之外，台灣這幾年也與全球其他區域一樣，開始面臨全球性的氣候異常現象。特別是隨著地球暖化問題日趨嚴重，氣候異常已經快要成為常態了，近年的颱風動不動就帶來超大一、二千毫米的雨量，造成山崩淹水等災難，如何從氣候變遷角度建構安全的發展，也是另一個要思考的課題。例如今年七月

間國內受到敏督利颱風所引進西南強烈氣流所帶來豪雨影響，引發中部地區大規模的土石流，以及西南沿海地區海水倒灌，受創程度並不亞於九二一大震災；時隔不到兩個月，艾利颱風又在八月廿四日登台，重創北台灣，造成新竹地區多起土石流災難，以及台北縣三重地區近三分之一市區淹水，桃園地區則因石門上游集水區沖刷過分嚴重，原水濁度過高，停水超過十五天；九月十一日，一個西南氣流引進強烈氣流，一場突如其來西南氣流所帶來的超大豪雨，在北台灣形成令人難忘的「九一一大水災」。我們其實無從迴避颱風、地震、水災等天然災害，加上本島地質脆弱、地形陡峻，每有颱風豪雨往往一雨成災，水災、山崩、土石流等災害，不僅在現在，未來也會成為台灣地區頻率最高的天然災害。根據統計，每年台灣因各種突發性天然災害造成的直接經濟損失，約佔國民生產毛額的三%到五%，人民生命的損失也相當嚴重。當前世界潮流的發展莫不以永續發展為圭臬，因此如何將永續發展的觀念融入本公司電力建設以及房舍建築之中，建構永續的電力規畫也就成為迫切的課題，而在建構永續的電力建設過程中，參考國際永續發展願景，從而訂出適合台灣本土的途徑則是必須而重要的。

本研習即以永續發展為研究核心，探討「綠建築技術」並擴及等「永續發展營建技術」、生態工法 (Ecotechnology) 等等，同時了解德國、瑞士成為世界永續發展模範生之相關技術及實際發展現況，可作為本公司發展電力相關工程之借鏡；本研究計畫之時間及研習地點如下：

時 間	研習地點
7/26--8/10	德國漢堡 太陽能中心
8/11--8/18	德國 Bielefeld 大學
8/19--8/22	德國漢諾威 生態能源供應中心
8/23--9/3	瑞士 Baden Leibstadt 電廠



貳、永續發展營建與綠建築之發展緣起

生態工法的觀念，最早可追溯至六十餘年前。二十世紀初，歐洲地區拜工業發展之賜，社會經濟驟然起飛，但在提昇物質生活的豐富度之餘，卻也因各項需求接踵而至，必須大量開發自然資源以因應社會發展的步調，但是隨著森林野地的過度開發利用，大規模的災害因而接二連三發生，包括雪崩、山崩、洪氾等。尤其阿爾卑斯山區臨近數國，因此被迫必須立即提出可行的因應之道。據此，1938年德國 Seifer 首先提出「近自然河溪整治」的概念，此不違反生態原則之治山防洪工程，可謂「生態工法」之起源，爾後人類所必須面對的環境問題，已無法侷限於集水區之經營管理議題上。而經長期發展下來之結論，唯有不違反大自然的運行規則，以生態系為環境管理之基本單元的原則，方是根本解決之道，因此人類展開各種利用或遵循生態特質之技術的研究與研討。是故自 1950 年代起，生態化的工程技術逐漸開始朝不同的應用方向發展開來，以因應水質及水量等重大問題。因此，將生態的原則納入工程思維中，亦即水質淨化工程，以及土木、水利工程等自此獨立展開。1962 年 H. T. Odum 等提出將自律行為 (self-organizing activities) 之生態學概念運用於工程中，首度提及「ecological engineering」一詞，其可謂第一個定義「ecological engineering」一詞的學者。Odum 當年於一場研討會中，發表「Man in the ecosystem」一文，提出一以能量為基礎的觀點「在人類所操縱 (manipulate) 的環境中，利用一小部分額外的能量來控制一個主要能量仍源自於自然資源的系統，生態工程所應用的規則雖以自然生態系為出發點，但之後所衍生出的新系統將有別於原者」。之後，並於 1971 年所發表之「Environment, Power and Society」一書中。延伸生態工程概念「生態工程便是自然之經營管理，力圖以一獨特之觀點補傳統工程，或可謂一種與大自然的合夥關係 (partnership)」。於 1983 年 Odum 在系統生態學的研究領域中，再次為生態工程下註解「這種融合生態系的新式工程設計便是一種利用自律行為

(self-organizing) 系統的領域」，Uhlamn (1983)，Straskraba (1984、1985)，以及 Straskraba 與 Gnauck (1985) 等，亦開始重視此一新興的應用科學。上述學者認為所謂「ecotechnology」係指基於對生態的深度認知，一種用於進行生態系管理的技術，其目的在於將執行相關措施的成本及其對環境造成的損害降至最低；直至 1989 年，生態學家 Mitsch 及 Jorgensn 彙整具有共同特質與原則之各類型工程技術並賦予定義，至此首次明確地界定「生態工程」(ecological engineering，書中亦混用

ecotechnology 一字) 的觀念以及適用範疇，生態工程此一學門可謂正式誕生；然而這項由 Odum 及 Mitsch 等所領導而發展出來的應用科學，因此二者之專長分別為系統生態學以及濕地沼澤學，因此以其為首的發展方向，泰半偏重濕地除污、生態自淨等之研究與應用。這些領域也因此而成為後來國際生態工程學會 (IEES)，以及 Mitsch 所領導的美國生態工程學會 (AEES) 等之重點研討範疇。由於台灣的生活品質漸漸提高，親近大自然的需求大增，不論是遍及全台的野溪整治、道路工程，亦或是居家附近的公園綠地改善工程，都頗受保育人士詬病，但不論是工程人員或保育人士，都同意在人為施工與自然保育之間應有一最佳之平衡點，生態工法的發展便成為大家的期待。

德國氣象專家研究指出，過去 100 年裡，全球平均氣溫升高了攝氏 0.7 度，未來 50 年裡，還可能會再升高 2~5 度，這個變化速度相當於 1.8 萬年的溫度變化，而加快氣候暖化速度的重要因素即是溫室氣體排放的增加，故唯有加速開發利用淨潔之能源，減少對石化燃料的依賴，方可有效改善氣候變遷對環境的影響。有感於此，歐洲各國近年來紛紛制定相關政策鼓勵、支持新淨潔能源的研發，抑或立法限制溫室氣體的排放，例如：德國於 2000 年率先通過再生能源優先法，英國利用氣候稅來處罰污染者，且立法規定，利用石化燃料發電的電力銷售者必須提供佔總銷售量 10% 的再生能源電力，否則須支付每度三便士的罰金，並於 2002 年初投資 10 億英鎊開發綠色能源。德國太陽能業界在過去幾年中蓬勃發展，依據 DFS (Deutscher Fachverband Solarenergie) 德國太陽能協會最近的統計，由於德國政府於 1999 年起採用低利貸款方式贊助太陽能設備之裝設，2000 年德國國內太陽能電池板的需求量上升了 50%，2000 年德國太陽能公司售出了 75,000 架太陽能系統，在此之前也已經售出了 360,000 架，安裝的太陽能系統的比例，比 1999 年多了 4 倍；預計至 2010 年時再生能源所佔總能源比率將提升一倍，將達到 12.5%。在德國太陽能是個大產業，2000 年太陽能公司的收入達到 4.35 億美元。據 DFS 統計，德國在歐洲佔有 54 % 的市場，是目前歐洲太陽能最為普及的國家；太陽能如此走紅並不是因為人們擔心電力短缺，煤氣價格高漲或者電費高昂，引發德國太陽能革命的是其帶來的經濟利益。德國政府提出的「100,000 個屋頂」計畫也正在推動發展之中，消費者可以獲得低息貸款，來購買太陽能設備放在屋頂上。2003 年德國計畫向 100,000 多個家庭提供補助來購買太陽能系統；幾年前，德國所有的太陽能設備生產廠商都倒閉了，但是

2000 年後他們紛紛東山再起了，有 7 家太陽能電池板生產公司又重新開業，德國、英國汽油和 BP 太陽能公司也宣佈將另外建造一家年產量 20 兆瓦特的工廠。史戴登 (Van Staden) 對德國目前的形勢作了個總結：「太陽能目前在德國非常受歡迎，大家不是為了省錢而使用它，他們是真心地相信它能夠成為替代能源，並願意先嘗試。」

永續發展概念用用於建築工程上，即稱為生態建築 (Ecology Architecture)、永續建築 (Sustainable Architecture)、或綠建築 (Green Building)，在台灣通稱為綠建築，其係指在建築生命週期 (指由建材生產到建築物規劃設計、施工、使用、管理、及拆除之一系列過程) 中，消耗最少地球資源，使用最少能源及製造最少廢棄物之建築物。所謂生態建築 (Ecology Architecture) 係指儘可能利用建築物當地的環境特色與相關自然因子 (比如陽光、空氣、水流)，使之符合人類居住，並且降低各種不利於人類身心的任何環境因素作用，同時儘可能不破壞當地環境因子循環，並儘可能確保當地生態體系健全運作，能合乎此等生態考慮之建築設計方能合乎生態建築之理念；其概念為建築設計的基礎，所追求的都是以尋求「降低環境負荷」、「與環境相容」，且「有利於居住者健康」的建築；以「綠建築」為基礎進而擴展至「綠社區」、「綠都市」，甚至「綠國家」與「綠地球」的境界，在此等利用環境也照顧環境的均衡考慮下，同時也讓建築設計與工程建設永續發展；台灣地區在內政部建築研究所及一群專家學者的努力下，在綠建築領域中已有相當之研究成就，已成為寒帶國家外第一個立法推動的國家，目前已有綠建築九大指標在執行中，茲簡述如下：

一、生物多樣化指標：

包括社區綠網系統、表土保存技術、生態水池、生態水域、生態邊坡 / 生態圍籬設計和多孔隙環境

二、綠化指標：

包括生態綠化、牆面綠化、牆面綠化澆灌、人工地盤綠化技術、綠化防排水技術和綠化防風技術。

三、基地保水指標：

包括透水鋪面、景觀貯留滲透水池、貯留滲透空地、滲透井與滲透管、人工地盤貯留。

四、日常節能指標：

(1) 相關技術：建築配置節能、適當的開口率、外遮陽、開口部玻璃、開口部隔熱與氣密性、外殼構造及材料、屋頂構造與材料、帷幕牆

(2) 風向與氣流之運用：包括善用地形風、季風通風配置、善用中庭風、善用植栽控制氣流、開窗通風性能、大樓風的防治、風力通風的設計、浮力通風設計、通風塔在建築上的運用

(3) 空調與冷卻系統之運用：包括空調分區、風扇空調並用系統、大空間分層空調、空調回風排熱、吸收式冷凍機及熱源台數控制、儲冷槽系統、VAV 空調系統、VRV 空調系統、VWV 空調系統、全熱交換系統、CO2 濃度外氣控制系統與外氣冷房系統

(4) 能源與光源之管理運用：包括建築能源管理系統、照明光源、照明方式、間接光與均齊度照明、照明開關控制、開窗面導光、屋頂導光與善用戶外式簾幕

(5) 太陽能之運用：包括太陽能熱水系統與太陽能電池

五、二氧化碳減量指標

包括簡樸的建築造型與室內裝修、合理的結構系統、結構輕量化與木構造

六、廢棄物減量指標

再生建材利用、土方平衡、營建自動化、乾式隔間、整體衛浴、營建空氣污染防治

七、水資源指標

包括省水器材、中水利用計畫、雨水再利用與植栽澆灌節水

八、污水與垃圾改善指標

包括雨污水分流、垃圾集中場改善、生態濕地污水處理與廚餘堆肥

九、室內健康與環境指標

包括室內污染控制、室內空氣淨化設備、生態塗料與生態接著劑、生態建材、預防壁體結露 / 白華、地面與地下室防潮、調濕材料、噪音防制與振動音防制

參、台灣地區發展永續營建與綠建築之必要分析

台灣之所以特別需要永續經營的意識，是與本身的自然條件息息相關。台灣地理上位於亞洲大陸棚東緣，自然環境屬於脆弱且高度隔離性的海島生態體系，海島上的土地資源有限，尤其是能源方面相對受到限制，全島約三分之二面積是山地，適於農業生產的土地約占全島四分之一，而隨著經濟發展，各種發展已指向生態脆弱的山坡地。再加上台灣地狹人稠，土地利用競爭十分激烈，因此掌握土地資源，完善土地利用計畫及管制不當開發，確保土地健康的永續發展，才是避災之道，因此永續經營觀念也就相當重要。除地理環境的限制之外，台灣這幾年也與全球其他區域一樣，開始面臨全球性的氣候異常現象。特別是隨著地球暖化問題日趨嚴重，氣候異常已經快要

成為常態了，近年的颱風動不動就帶來超大一、二千毫米的雨量，造成山崩淹水等災難，如何從氣候變遷角度建構安全的發展，也是另一個要思考的課題。例如今年七月間國內受到敏督利颱風所引進西南強烈氣流所帶來豪雨影響，引發中部地區大規模的土石流，以及西南沿海地區海水倒灌，受創程度並不亞於九二一大震災；時隔不到兩個月，艾利颱風又在八月廿四日登台，重創北台灣，造成新竹地區多起土石流災難，以及台北縣三重地區近三分之一市區淹水，桃園地區則因石門上游集水區沖刷過分嚴重，原水濁度過高，停水超過十五天；九月十一日，一個西南氣流引進強烈氣流，一場突如其來西南氣流所帶來的超大豪雨，在北台灣形成令人難忘的「九一一大水災」。我們其實無從迴避颱風、地震、水災等天然災害，加上本島地質脆弱、地形陡峻，每有颱風豪雨往往一雨成災，水災、山崩、土石流等災害，不僅在現在，未來也會成為台灣地區頻率最高的天然災害。根據統計，每年台灣因各種突發性天然災害造成的直接經濟損失，約佔國民生產毛額的三%到五%，人民生命的損失也相當嚴重。

1998年起生態工法開始在台灣推行，2000年大規模應用在921重建區土石流及崩場地整治，後來更成為政府施政項目之一；尤其是從身為工程主管單位的公共工程委員會厲行推動，才從小規模的研究或實驗性的施工，推展到全國各地。但是由於地處（亞）熱帶的台灣，生態體系的複雜程度遠超過寒溫帶的歐美日等國，即使歷經數年，生態工法在國內的發展仍尚未成熟，因此也難以產生定型化的施工規範或技術守則可供工程人員遵循，或是發生以生態工法之名，但卻不符當地生態需求之實的工程…等問題。生態工法的推展開啟了工程界和保育界之間的對話機制，已從過去的概念或理想走向實務的運用，政府並將之列入重大研究與國家議題之中，相信未來定對台灣環境品質的提昇，定有更正向的助益；台灣地區於九二地震之後生態工法在公共工程委員會大力推動之下逐漸為工程界所重視，雖經近年來多次風雨考驗，於台灣初生的生態工法有成功有失敗，給了台灣工程界檢討的機會，同時也反映了各先進國家迄今仍持正反兩派的原委；整體而言，為維護地球的永續發展，生態工法的大方向是正確的，但是在技術層面上如何來「因地制宜」恐怕是更需要工程人員來深思，如何發展出是於台灣環境特性之施做準則及工法，才能在兼顧長程發展的永續需求下，亦能照顧到近期的安全需求；當前世界潮流的發展莫不以永續發展為圭臬，因此如何將永續發展的觀念融入本公司電力建設以及房舍建築之中，建構永續的電力規畫也就成為迫切的課題，而在建構永續的電力建設過程中，參考國際永續發展願景，從而訂出

適合台灣本土的途徑則是必須而重要的。

當前能源為地球環境最大之問題，尤其以缺乏自有能源的台灣節約能源更為綠建築發展中最重要之一環，為因應國內能源高度依賴進口，及國際管制溫室氣體的趨勢，擬定我國長期能源政策，經濟部於1998年5月召開「全國能源會議」，其結論中設定未來能源結構及電力裝置容量配比目標，期望至西元2020年台灣地區再生能源使用率可達到能源總需求量之3%為目標，為達到該目標行政院「再生能源發展方案」計畫至二〇二〇年投入總成本2,667億元，預計年能源產量約佔能源生產總量之3.4%，同時經濟部另研訂「再生能源發展條例」草案，以每度二元（比現有電力平均成本高53%）的保證價格，收購再生能源所產生的電力，每年需補貼106億元，初步評估電價將上漲2.21%至2.75%，我國整體電力需求減少達2.6%，二氧化碳排放量減少約1.0%，約相當459萬噸二氧化碳排放；考量石化燃料在地球終將殆盡的年代會出現在我們後代子孫身上，且所衍生的二氧化碳及酸性氣體所帶來的暖化及生態破壞，將對人類生存空間產生破壞性危機，自然而無公害的「再生能源」無疑是二十一世紀人類與地球和諧共生，且可永續利用的綠色能源，惟現階段再生能源仍具能源密度低、供應不穩定、成本昂貴…等問題，而無法成為主流能源；面對石化能源日漸枯竭，而尚無可靠而安全之替代性能源，運用再生能源係不得不為且不能回頭之發展方向；因此，再生能源相關技術、設備之研究發展，成為各先進國家科技發展重點項目之一，而且科技大國投注於本研究更為積極，以期領先掌握關鍵技術，以利佔有未來市場之龐大商機；因此，政府現階段宜一方面朝擬定整體能源策略及管制溫室氣體著手，以符國際社會公約之要求，但仍不宜過度發展尚缺乏經濟效益之再生能源運用，另一方面宜積極推動再生能源研究及發展相關技術；其中太陽能利用相關技術近年來發展迅速，無論主動利用太陽能以轉換為可運用能源之技術或降低建築物受太陽輻射熱影響之被動式建築技術皆有相當的成果，其中太陽能發電效率大幅提昇而設備成本逐漸降低，且台灣地區因位處太陽能源豐沛之亞熱帶地區，雖因多雲及夏秋多颱風等不利之氣候條件，但利用太陽能條件仍遠優於高緯度之德、日…等國，值得我國選擇適當之技術逐步推廣運用；本研究乃針對德國、瑞士建築物節能技術以及太陽能運用發展技術，以供本公司參考利用。

但工程人員仍需要深思的是採用永續工程或綠建築手法後，是不是增加了設施、增加了成本，這些投資在其生命週期中所發揮之功能，其生態總帳是盈餘或是負債，

能源消耗總量是盈餘或是負債，迄今國內尚無相關研究，甚至於研習期間多次詢問德國、瑞士專家亦無具體答案，亦因如此現階段永續工程或綠建築多恐仍處於「信仰」階段，相信其具益處者恆信之，不信者則敬而遠之；至於個人於近年來持續關注節能建築以及歐洲生態建築發展，發現歐洲普遍對於環境保持相當的尊重，且為了可能的長遠利益仍極力投入對於短期可能無效益之工作或研究，以太陽能發電、燃料電池等技術為例已投資研究數十年，其著眼於地球環境的惡化以及未來的石化能源耗竭，新能源將成為最重要之發展

肆、德國瑞士永續發展營建趨勢（相關技術資料詳附件 CD 片）

本研究將以德國漢諾威市科龍堡（Kronsberg，詳下圖）規劃建設成永續發展社區以及萊茵河、美茵河等生態工程案例，來說明永續發展之規劃、設計程序及內容，並加上瑞士之山坡地及河流等生態敏感地區之生態工法，以說明其永續營建之發展趨勢。德國漢諾威市科龍堡係為配合漢諾威 2000 年世界博覽會之需要，於漢諾威市市郊山坡地上約 2 公里寬 6 公里長的用地上，建設完成 6,000 戶住宅之大型社區，區內未來容納人口 15,000 人，設有社區中心、小學、商業區…等公共設施；漢諾威市政府興建本社區之目標係成為 21 世紀先進之永續發展模範社區，其社區規劃有三大目標：其一為建設為生態最適化之社區、其二為建設成花園社區、其三為建設為社會融合社區（未來將引進歐洲各不同人種之移民）；並計畫將本社區興建經驗推展於漢諾威市其他新社區之建設，由於本社區有相當多的新觀念、新做法，建設完成後也逐一達成了原計畫之永續發展目標，引起了全德國專業者的注意，也吸引了全世界的土木、建築專家到此取經；德國萊茵河、美茵河等流域係早期著名的洪患地區，近半世紀來的生態經營管理已大幅度降低其災害，並由於其生態工法運用得當，河域優美綠意盎然已成為世界著名的旅遊聖地，其經驗亦值得台灣借鏡。



一、永續發展規劃程序

科龍堡社區規劃之程序說明如下，首先採用科學的方法「適宜性分析法」找出適

當的發展地點，以避免在不適當的地方發展，等到發生問題時再做微弱的補救，找到適當的地點之後首先找出開放空間、綠地發展區，其後發展建築計畫、交通計畫、公共設施計畫，並對於其水域（含溝渠、溪流、水池、湖泊）做適宜之治理，其規劃設計過程之中尚採用「價值工程」，以提昇規劃、設計及施工品質；科龍堡社區規劃中對於環境生態規劃方面最具特色，其目標主要有下列四大項，能源效率最適化、水資源管理最適化、垃圾管理最適化、土壤管理最適化等項目。

二、適宜性分析方法

面對環境敏感地區，與其一再以人定勝天的方式，企圖與天爭地，終而釀成天災人禍，不如還地開發時即尊重自然，土地適宜性分析之方法係考慮土地使用供給面（含地形、地質、環境、生物、水文…等因素）及需求面（各種土地利用需求，如農業用地、公園用地、各種密度建築、各種強度活動…等），利用統計分析方法以找出，所需保留之不適合開發區以及各種土地需求之最是分配地點等等，以供作為土地使用規劃的參考；其係運用統計分析方法將工程師於開發用地時所蒐集之資訊，運用統計分析、多變量分析並運用電腦科技等科學方法來分析，以找出適當之發展利用方式，避免於不適宜發展地點開發，以避免在開發後再以微弱的人造工程來對抗大自然的力量，亦即採用在適當的地點進行適當開發的科學分析方式；其基本步驟，說明如下：

1. 界定規畫範圍內預期之土地利用類別與使用型態。
2. 分析每一種土地利用類別與自然及實質環境之關係。
3. 分析研究範圍之環境潛能與環境敏感區之分布及土地退化之情形。
4. 研擬發展潛力與發展限制分析之評鑑方法與準則。
5. 根據前步驟擬定之方法與準則，本步驟就每種土地利用電腦進行 Multivariate Analysis 及疊圖分析。
6. 綜合分析規畫範圍內所界定土地利用類別適宜性分級及相容性。
7. 綜合性的整體規劃。

適宜性分析方式，有下列八種：

A、型態法（Gestalt method）內容：

1. 研究區由航照圖或現場勘查方式，劃分數個同質區。
2. 研擬一評估適宜性表。
3. 定性描述每一區域，以說明做某種使用之適宜性等級。

批評：

1. 缺乏一明確之評估架構。
2. 易流於規劃師之主觀判斷。

B、順序組合法 (Orclinal combination method)內容：

1. 由航照圖或現場勘查方式，劃分自然因素空間分佈圖。
2. 將適宜性等級依不同色調 (或數字) 繪製於透明圖上。
3. 針對各種土地使用，繪出 (或累加) 其適宜性等級圖。

批評：

1. 忽略各因素間的相對重要性。
2. 以序位度量不適做加總工作。

C、線性組合法 (Linear combination method)內容：

1. 由航照圖或現場勘查方式，劃分自然因素空間分佈圖。
2. 給每一因素相對權重值。
3. 屬性給值採間距性度量 (而非序位性度量)。
4. 累加加權後潛力得點並減去發展限制得點，以分別適宜性等級。
5. 針對各種土地使用，繪出其適宜性等級圖。

批評：

1. 無法消除各因素間的相依問題。
(因自然界之現象皆係由多種因素相互作用的結果)
2. 權數大小難以決定。

D、非線性組合法 (Non-linear combination method)內容：

1. 主要用於水文分析，以計算逕流量及土壤流失量。
2. 其分析內容同線性組合法，僅於第三及第四步驟改以非線性分析計算。
3. 針對各種土地使用，繪出其適宜性等級圖。

批評：

1. 並無法在整個土地適宜性分析上全盤操作。
2. 其非線性關係式很難確立。

E、因素組合法 (Factor combination method)內容：

1. 先組合各種屬性因素，而得到同質性的環境區域綜合圖。
2. 評定每個區域之每類土地使用得分。

3.針對各種土地使用，繪出其適宜性等級圖。

批評：

- 1.不可分類因素過多，且會有過多之分區難以評定得分。
- 2.沒有評定得分等級之架構。

F、群落分析法 (Cluster analysis method)內容：

- 1.先組合各種屬性因素，而得到同質性的環境區域綜合圖。
- 2.以多變量分析方式將相似區組合成群落，以簡化分區。
- 3.評定每個分區之每類土地使用得分。
- 4.針對各種土地使用，繪出其適宜性等級圖。

批評：沒有評定適宜性得分等級之架構。

G、規則組合法 (Rules of combination method)內容：

- 1.先組合各種屬性因素，而得到同質性的環境區域綜合圖。
- 2.以明確之衡量規則評定適合性等級。
- 3.針對各種土地使用，繪出其適宜性等級圖。

批評：

- 1.衡量規則不易訂定。
- 2.衡量規則不易克服因素相依問題。

H、階層性規則組合法 (Hierarchical rules of combination method)內容：

- 1.先組合各種屬性因素，而得到同質性的環境區域綜合圖。
- 2.以分段式之評估準則方式明確衡量規則評定適合性等級。
- 3.針對各種土地使用，繪出其適宜性等級圖。

四、開放空間、交通及公共設施之生態工法規劃

各項公共設施配合住宅及就業空間需求予以設置，設有一社區中心包含有藝廊、社區活動大樓、教堂、健身中心、購物中心、咖啡及餐廳…等建築，並設置有兒童遊戲場、托兒中心、小學、運動場…等設施。社區內設有集中與分散的開放空間 (配置詳右圖)，各空間經由綠化步道貫穿全區，並連接社區外之綠化全區，開放空間係做為人活動的空間、景觀空間、自然呼吸空間、生態發展空間、地下水補注空間、



防災空間；開放空間的規劃優於考慮於建築規劃，係優先選定社區中不適合於建築使用之區域，作為開放空間使用；優良的系統化開放空間計畫，將使開發區更易於達到永續發展之目標。

開放空間內道路，須設置路堤、路塹、護欄、緣石等構造物時，為降低原生物種被區隔，應考慮野生動物之穿越性，避免原生物種之族群因道路建設而造成永久之區隔；區內之動植物調查監測之項目包含：地面水、地下水、植生、macro-benthos (1mm—10cm 之動、植物)、魚、鳥…等；對於特殊或敏感地區，設置人工生物廊道，如綠橋或魚梯，對於未設置生物廊道之道路，則設置動物穿越警告牌面等保護設施。

綠橋「Greenbridge」係指跨越公路之生物廊道，道路的興建不再永遠區隔原來依存在一起之生物，利用綠橋再搭起原有通路，如同台灣玉山國家公園所興建之「猴橋」。德國曾有興建 60 公尺寬綠橋之案例，期使鹿通過時「覺得安全」，期能保護德國數量逐漸減少中的鹿及其他動物。魚梯「Fish Passage」係力求近自然，並攝影監測分析，野生動物之習性必須長時間的觀察，為求近乎自然並合乎魚類之習性，重建魚類活動之通道。

非點源污染 (non-point source pollution) 係指無固定來源點之污染，道路旁設置生態滯留淨化池，收集並處理道路上之「非點源污染 (non-point source pollution)」。道路經過保護區尤其水源水質保護區，為避免車輛造成之污染經由地表逕流水滲流污染水源，設置生態滯留淨化池，將污染之水經收集與處理後，達放流水之標準後再將其排放。

透水性材料之應用係利用該材料過濾水中物質，並降低地表水之逕流量，利用大地的保水功能，調節河川之流量。古老城市及緊臨河畔之地區亦有透水性道路鋪面。採用透水性鋪面的地區，包含人行道、邊坡、停車場等。

德國因都市地區的大量人工建設，將原本可透水之地表面予以鋪設人工鋪面，如道路鋪設瀝青混凝土、混凝土鋪面或各種不透水性之鋪面材料，導致都市地區之地下土層無法保存大量雨水降低地面逕流水，因而在豪大雨過後，大量的地表逕流水直接注入河域中，導致河水氾濫。

目前德國為解決都市的大量人工建設，充分利用可透水保水之措施，如：

- 1、設置較大之植穴，更具透水保水功能。
- 2、植穴覆蓋多孔面板保護植穴土壤，不但防止土壤流失，也可增加透水性。
- 3、植穴表面配合人行道採用透水性鋪面，不但增加人行空間，也兼顧植穴受水。

對於無法避免的人為開發行為，必定造成生態環境的衝擊，為維持永續的發展，人為的開發儘量保持自然的風貌。於山坡地地區開闢道路儘量依循地形修築，並降低其寬度，以維持保持邊坡原貌，減少對環境之擾動，開發後之邊坡或畸零地，予以綠化植生；為尊重自然，不屬原生自然之設施，避免使用。並設置保持自然原貌之公路休息區等。

維護人工開發區之自然生態：

- 1、利用木材、石材、清水與植栽等素材再造自然。
- 2、就地利用自然材料施工。
- 3、栽植原生品種，以維護當地生態。
- 4、有木質隔音牆再加綠化之案例。
- 5、木質橋墩，塊石擋土牆……之運用。
- 6、邊坡設置木質「禁止攀折」小告示牌。
- 7、以木質材料作為路邊栽植容器。
- 8、碎石河堤道路之中心灌漿以保護老樹。

位於地形起伏大之地區，適度的山坡地開發無可避免，故對於山坡地的保護進行審慎的規劃；邊坡的保護方式有多種，因為當地的天候、地質等等狀況所導致採行的邊坡保護工法也不同，例如在部分人行步道，以木樁來穩定道路坡面等；開挖後之邊坡予以綠化植生，透水性邊坡擋土牆再加綠化，亦很美觀，並妥善利用植生之邊坡穩定效果。對於開挖後之裸面，因裸面植生不易，為避免落石造成影響行車安全，設置防落石網，並於下方預留 1.5—2 公尺之裸面便利清理落石。外在條件允許下，仍然採用人工擋土工法以期達到邊坡之穩定，唯盡量降低光面混凝土擋土牆之使用，採用人工砌石擋土牆之工法，兼具擋土及景觀之功能，或擋土牆面再加予以綠化。

雖然社區僅 6,000 戶容納人口 15,000 人，但為考量運輸之效率及節約能源等因素，興建一條有軌大眾運輸系統（詳下圖），以連接漢諾威市中心地區，對於路外停

車空間 (詳右圖) 以小規模分散設置方式辦理，路外停車設置量為總需求百分之八十為原則，容許百分之二十的車輛路邊停車，一方面符合現實需求，一方面可減少因尋找停車位耗費能源；台灣目前的公路設施多以人的安全為最優先，因而忽略自然生態需求以致常造成自然環境的破壞。例如因道路的闢建而截斷該區域的原生環境，再加上基於保護行車安全，路邊之護欄設施若採紐澤西式護欄或其他高防護性措施，經常造成分割原本同一區之生態環境。德國護欄之功能以「告知」、「預警」為主，路面邊界之標示，不再確保車輛不衝出車道，僅以警示方式告知駕駛者，故路面邊界之警示設施，採用木質欄杆，對於道路內外側無高差之路段有些僅以原木擺設區隔路緣等，以取得開發行為與自然環境之平衡關係。在極為重視生態環境的德國，為避免因人為的破壞導致生活環境與自然無法相結合，在各項的建設中，盡量考量對環境的友善；因此道路及橋樑旁頗多親水通道或階梯。河邊不見高大混凝土堤防，僅有砌石護岸或原河灘地。普遍設置自行車專用道及人行道，自行車專用道及透水性人行道極為普遍，彰顯對環保、生態與人本之重視。



德國之土石流防治方式係採取監測、預防、技術 (open dam、timber dam、dry wall、gabion dam、debris breaker 等)、控制開發、防洪及管理 residual risks 等手段；邊坡管制採「Performance standards」「績效標準」，例如：只論能否排出逕流水，不管制開發坡度等等，最重要的是開發前後自然條件不變，維持原有逕流量、微氣候溫溼度、地下水位、土石平衡…等等。

歐洲各國對自然保育之意識早在 30 年代就已經開始，對於改善水質、生態環境的復育及休憩等已經實施多年並有相當成果，例如在一座橋樑之上、下游採用不同護岸工法、同一小溪段採用不同護岸工法、路旁設置生態池等，並且於公路旁設置生態教育告示牌 (魚梯、綠橋附近動植物等)，如此，不但有實體可資對照展示外，更兼具生態教育及景觀功能。

五、河川治理生態工法

傳統土木水利工程為防止野溪、溪流泥沙堆積及亂流地區之縱向及橫向侵蝕，因而構築之堤防、護岸、跌水工、丁壩、固床工、及溪床保護工等組合而成之工程，其主要目的在於防止縱向及橫向侵蝕以穩定溪床，控制水流、穩定流心、保護兩岸土地房舍及公共設施，保護溪岸坡腳（特殊地質地區如泥岩、火山灰地區），防止崩塌以及有效控制土砂產生與移動等；在溪床坡度陡或有泥沙災害，河道縱橫向侵蝕嚴重，或河川蛇行、亂流有引起氾濫可能之地區，以及溪流兩旁有需保護之對象地區，應考慮施以整流工程，可使用內襯加以保護溪床，避免侵蝕，或利用跌水、固床工、潛壩等消除水流能量，以穩定溪床，也可利用丁壩控制水流穩定水流流心及流向等方式。國內九二一之前多採防禦式處理，如防砂壩、潛壩、丁壩、固床工及擋土設施等混凝土構築，以強調安全性及耐久性，卻較少考量生態因素，以致工程常對原棲地之河川生態造成不利之影響。



若單純以生態為考量時，復育河岸的天然植生及恢復其原有生態是最經濟及永續的方法，然而自然的復育通常需要數年甚至幾十年的時間，無法有立竿見影之功效。而其間，自然災害及人為破壞更可能延緩自然復育所需的時間。因此在安全及時效性考量上，勢必佐以傳統之治水、利水及邊坡穩定方法來治理；而如何使這些人造物在合乎人類生活之安全性需求外，尚能維護復育當地之自然生態環境，即是河川生態工法重要的課題。從生態學的角度研判，傳統的工程方法極容易把惡化中的集水區，整治成僅殘留破碎棲地的生態系，距離理想中僅鑲嵌少量「劣質」棲地的天然水域相去甚遠，而把不同生物種類、不同生活史階段、不同類群組合的需求



納入考量時，連設計上判定棲地優劣的標準的根本依據也會產生極大的差異。因此，如何更進一步將生態的理念，有效整合入水利工程的規劃、設計、施作、乃至後續監測維護過程，確實是推動生態工法的重要工作之一。

德國長久以來對於萊茵河、美茵河流域的河水泛濫，廣泛的對流域範圍內之土地使用進行了大規模的水土管理；首先對沿岸都市發展區採用了逕流管理，對於新增都市發展區採取嚴格的管制策略，必要之新增都市發展區於規劃設計時即考慮採用不增加淨流的策略（詳本研究第四章第六節說明），原都市發展區則以加強綠化來改善水土保持，流域內之農業發展採取管制措施，僅保留高經濟價值作物（以萊茵河為例其主要流域內僅餘高經濟價值之葡萄園、以及少數市民農園），於高低水線範圍內之河岸部份採砌石護坡工法，岸邊則採用植生混合方法來保護，水域範圍則採用自然方式之整流工程，降低水流對於沿岸的衝擊。

1. 岸邊則採用植生混合方法：岸邊則採用植生混合方法之優點不僅美化景觀，並兼具安全上的考量；例如，植物可吸收水份，降低坡體內的孔隙水壓；其根系且可握裹土壤，防止坡體的滑動。此外，並可降低水流的沖蝕。



2. 水域整流工程：水域整流工程之設計應對其功效及目的詳加檢討考慮，並對其安全性、經濟性以及生態影響加以評估，使水流能安全通過且不影響鄰近地區之水資源利用、地下水位、生態環境以及工程之維護管理。以往之工程設計往往忽略生態方面考量，今日之工程則應對此部分妥善加以考慮。



3. 集水區內溪流之治理：集水區內溪流之治理由於其形成之危害因子較為複雜，其工程方法之選擇，除需符合技術性目標外，尚需參酌當地之自然環境、工程環境



及社會經濟狀況，來選定適當之治理工法；由於對集水區野溪治理而言，很難以單項處理達成預期之成效，為期發揮構造物之最有效功能達成預期目標，應依其治理目的採用相互造林、植生、蝕溝治理、縱橫向排水、防砂壩、固床工、潛壩、護岸、丁壩、溜淤工程、土壩等方式綜合配合應用。



自然穩定的河岸，通常為自然植生良好的河岸，可見植物對水土保持之功能。另外，良好而豐富之植被也可提供生物一個適當之棲息環境。因此，植物是生態工法中不可或缺之重要部分。而根據工法中植物使用情況之不同，可將其分為工程方法、植生方法與植生混合方法三類。工程方法係指以符合生態需求之工程結構為主體，其上可為自然或人工植以植生，提供綠美化效果；植生方法則指主要利用植物本身對水土保持之功能，利用復育或建立良好之河岸植被，並利用工程方法（例如打活樁）使用自然材料提供額外工程性質。而植生混合方法則是使用較符合生態需求之工程結構提供主要安全需求，佐以植生以提供美觀及良好之（濱）水域生態環，並能利用植物本身具有之工程性質以提供整體結構穩定性。



六、價值工程

科龍堡社區建設係將本社區分為四區各有一家統包商辦理，一切興建事宜係由委員會（KUKA）統籌，該委員會為確保本案之建設品質，下設有一價值工程審查會機制，該審查會係由各種不同專業顧問群組成（詳右圖組織架構），針對統包商於規劃、設計及施工階段之各項文件予以審查，以確保：



1. 成本合理性：確保所採用工法及材料均符合經濟有效之目標。

2. 能源有效性：檢討設計及材料符合節約能源，如：通風設計、總耗能量、氣密性…等。
3. 二氧化碳減量：檢討工法及材料對於二氧化碳減量之效果。
4. 符合需求導向的品質：確保設計符合需求而不至於過度設計。
5. 評估工法與材料：檢討所用工法及材料之適切性。

由於價值工程的運作成功，本社區雖然維持了高品質的建設，達到 PassiveHouse 標準、節能、環境融合等建設目標，但是造價仍維持在德國一般建築水準，估計其價值工程所需費用約為每平方公尺四至八美元，約為每坪僅需 580~1000 台幣；其效用甚為佳。

七、生態最適化

科龍堡社區之生態最適化規劃設計係為達到下列五目標：



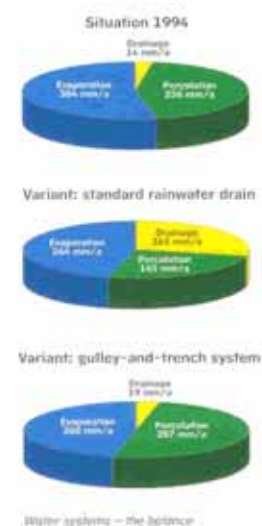
1. 能源效率最適

化：能源效率最適化之基本目標係將二氧化碳產出量比一般住宅社區建設降低百分之六十，能源消耗量較一般住宅



為低百分之三十至五十，能源供應多元化（本社區之能源來自太陽能、風力、沼氣及二座天然氣電廠，詳上圖）且達到自給自足水準，建設高效率區域溫水（含暖房）供應中心、也興建一座利用夏季剩餘太陽熱能之儲存設施以供冬季使用。

2. 水管理最適化：水管理最適化分為自來水及雨水管理兩部份，德國一般標準約為每人每日耗用 140 公升自來水，其中除 10 公升為必要之飲用水外，洗滌用水在本



社區經過採用節水器具、中水再利用等適當的設計後，約減少使用百分之三十，本社區每人每日耗用自來水約僅 100 公升；在雨水管理方面，本社區之設計使開發後逕流量不變，地下水位維持原有高度，區域水氣蒸發量維持原有水準；由於雨水管理的有效性，間接也控制了地區微氣候因開發所造成之惡化（詳上圖）。

3. 廢棄物管理最適化：廢棄物之管理首重廢棄物減量，減少製造廢棄物之方式係透過下列方式達成，第一廢棄物回收再利用，本社區透過價值工程管理，於興建期間營建工程材料已大幅降低包裝等廢棄物，施工期間之營建工程廢棄物則達到 80% 以上回收再利用，第二為嚴格執行分類回收，透過教育方式歐洲居民對於廢棄物分類已成為生活之一部份，分類回收使垃圾成為資源，第三為方便之回收設施及系統，社區規劃之初即考慮到回收設施及回收系統（詳右圖），使人們在社區活動（無論居住或遊憩活動）均有便利之回收處，不至於因不方便而隨意處理，因而更提升其回收效率，第四為鼓勵修理取代丟棄，社區中建立維修服務中心鼓勵居民將故障之家具、家電設施等送至該中心，進行維修後再利用或轉贈需用之家庭，第五為透過跳蚤市場降低舊物品成為廢棄物，由社區管理委員會定期於社區中心辦理跳蚤市場，使民眾樂於將舊物品或不用之物品轉換使用，因而也大幅降低廢棄物之產生，最後則為宣導低包裝消費習慣，鼓勵以簡單之包裝取代華麗，宣揚重視實質揚棄虛華的包裝觀念，因而大幅減少了不必要的包裝廢棄物。



4. 土壤管理最適化：本社區之土壤管理最適化基本理念為土壤為社區之重要自然資產，因此，營建階段以土方平衡為規劃設計重點之一，對於暫棄性土壤則於社區鄰近地區設置回收運用中心，於營建工程完成後將剩餘土方則於開放綠地內設置一



假山（詳右圖），成為社區綠地景觀之一部份，且本社區於營運期間若建設需要土壤，經申請後即可於此假山取土，對於社區清理（如：道路、花園、溝渠淤泥清理）之廢棄淤泥亦回收至此假山。

伍、德國瑞士綠建築技術

德國建築技術之先進居於歐洲地區首位，由於其建築教育之嚴謹及其建築科技之高度發展加上其民族性之嚴謹所致其細膩之建築技術，觀察德國建築可以發現歐洲之先進發展趨勢及先進技術；近年來因能源供給急速吃緊問題，建築物節約能源以及再生能源運用技術已成為歐洲建築界極為重視之課題，此外，對環境惡化的醒思亦充分反映在建築設計上，生態性建築亦成為歐洲建築之另一重要發展趨勢。歐洲大陸由於其國民所得普遍較高，因此其對於環境品質的要求也較為高，由於國民普遍的環保價值觀，促使政府訂定有較高的節約能源政策，由其政策而發展出嚴格的建築管制制度，德國對於建築物耗能之管制標準一向較為高，因此建築師就必須特別嚴謹的規劃設計建築物，始能達到國家法規水準，否則即迅速被社會所淘汰，民眾也樂意投入較高的初期成本來取得耗能較低的建築物，加上政府對於低耗能建築物的補貼政策，或近期的對於運用再生能源或太陽能建築的補貼減稅措施，使得低耗能建築成為德國建築之主流，亦由於市場的需求大，使得建材商樂意去配合建築師開發出各種節約能源建材，同時使得建築師有了更多的節能建材可資運用，導致節能建材的價值價格比逐漸提昇，因而塑造了一個良性的發展環境，在此環境下的德國瑞士民眾，對於環保節、能觀念也就越趨嚴格，更塑造了一個對環保與節能高度要求的社會價值觀，如此良性發展下的建築環境，也就塑造出德國成為建築技術先技之國家。

在德國節能建築分為四類，含省能建築（Low Energy House）、被動式能源建築（Passive House）、增能建築（Plus Energy House）及 2-Litre House 等；省能建築比一般建築節省 30~50% 之能源需求即屬之，此種能源屋只要依賴使用者的行為就能達到省能的目的；被動式能源建築係依賴自體加熱與冷卻，即由陽光、電子裝置及居民所散發熱量即能提供房子足夠的熱能；增能建築係被動式能源建築的再發展形式，不浪費任何額外的能量，其能源來自太陽能光電板、太陽能構造物及地球熱能；2-Litre House 係指只需兩公升的油就能加熱一平方公尺生活空間的建築形式；其節能技術不外乎簡潔的建築形式、外牆及開口的高度絕緣性、遮陽設施之運用、高度氣密之開口、全熱交換器之運用、地中熱之運用、高效能電器設施及太陽能光電運用等；本研究蒐集分析相關技術，以供本公司發展綠建築之設計參考。

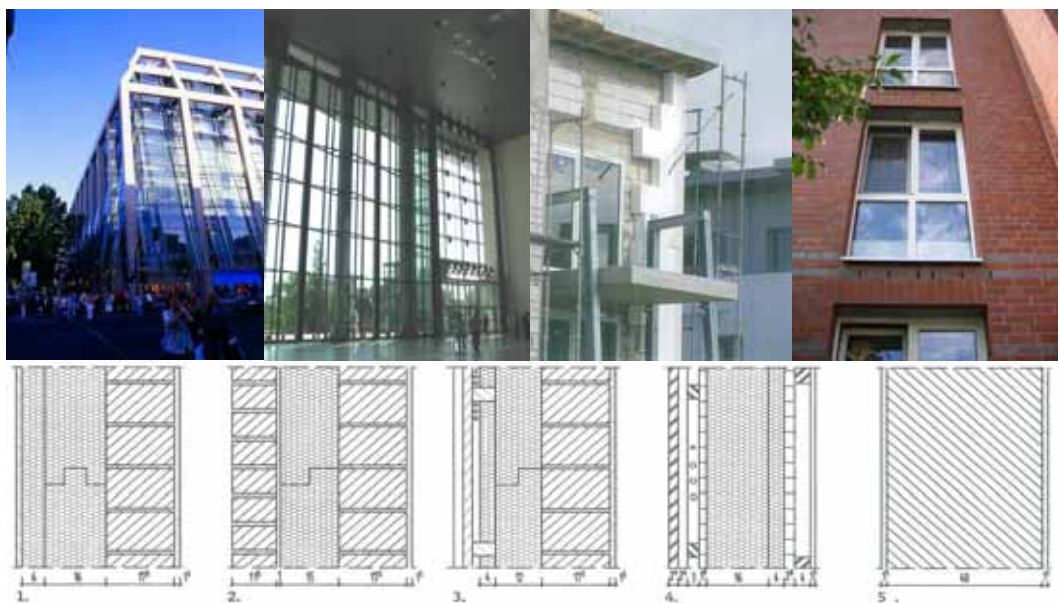
一、綠建築發展趨勢

觀察德國近年來建築發展趨勢，本人認為近十年來有下列四項的重要發展趨勢：

1. 外遮陽發展：遮陽對於建築物阻擋太陽熱量進入建築物，以減少建築物外週區耗能之相關研究結論，近年來得到全世界建築界的認同，也成為建築界共同的發展趨勢；但觀察許多國家都處於知而未行的階段，但是觀察德國境內幾乎近年所興建的建築物都充分利用遮陽設施；台灣位處亞熱帶建築物受太陽影響之耗能遠大於高緯度的德國，德國尚如此高度運用遮陽設施，我國建築亦應學習運用。



2. 複層外殼：由於德國位處寒帶因此冬季係建築物耗能最大的季節，建築物的



隔熱設計成為德國建築師的重大課題，非開口部之外牆隔熱設計一向是節能重點，因此複層外牆是其近代建築的趨勢也是主流，由於台灣為處亞熱帶建築物之設計主要是如何將建築物內熱能除去而非如何保溫，因此，考慮價值價格比複層外殼應非屬學習運用對象；但近年來德國建築物對於開口部之設計亦開始運用複層設計，由於開口部係建築物室內外能量交流最大之處，複層開口部之設計有效降低夏季熱量進入室內，以及冬季室內熱量流失的問題，因此，此種發展技術值得台灣學習運用。

3. 氣流運用：係利用夏季、冬季之白天、夜晚之氣溫及氣流變化，採用上、下開口部關閉或開啟運用，因而產生除熱或蓄能之效果，此種技術簡單運用效果亦佳，因此德國建築師已大量採用於新建之辦公大樓或一般家庭，此種設計技術單純成本亦低，但其重點在於使用管理，若管理不當可能會導致反效果，在德國運用成效良好而逐漸推廣之中，台灣若運用此技術則須運用電腦

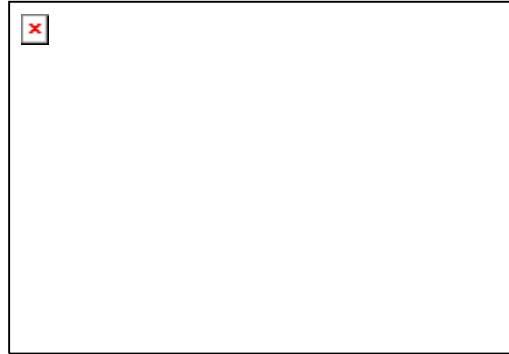


技術促使其以自動化進行管控，否則則須加強管理人員訓練，始能達到效果。

4. 結構體蓄熱設計：此設計係利用日夜間溫差以建築物結構體來蓄能，以降低建築物耗能量，目前於德國已有部份建築物推廣中，尚未十分普及；若運用於台灣地區考慮氣候條件，係於下班後將窗戶打開，運用夜間外氣較低之特性採用自然或機械通風方式，將冷空氣送入室內冷卻室內空氣及設備，建築師需將設計為需能用之部份結構體外露，使其接觸夜間冷空氣而蓄能於期

間，第二天清晨外氣氣溫升高前即需將窗戶關閉，當上班人員開始上班時室內溫度逐漸上升，則結構體內所儲存能量逐漸釋出，即可降低空調耗能量。

5. 被動式能源建築：德國於 1988 年開始發展之節約能源建築型態，近年來其成效已獲得一致肯定，也逐漸成為新興建築之標準型態；其建築成本幾乎不增加之情況下，建築物平均耗能量大幅降低（詳右圖），其設計原則有下列八點：1.



精簡的建築形式以及高度的隔離性。2. 南北向建築以及利用遮陽設施。3. 高效率的開口部（包含窗戶氣密性、絕緣窗框架、玻璃絕緣性）。4. 建築物外殼絕緣性。5. 新鮮空氣採被動預冷式處理。6. 採用全熱交換器將廢氣排出時之熱量回收。7. 採用再生能源來作為熱水能源。8. 採用高效率家電設施。

二、綠建築運用技術

德國瑞士已發展成熟且運用中之新科技節能及綠建材數量繁多，本研究僅就是於本公司設計運用或採值得其概念運用者，分別敘述如下：

低輻射玻璃原係發展運用於寒冷地帶，用於加強建築物內保溫之用，以避免建築物內暖氣外逸，並吸收陽光提高室內溫度，由於近十年來的技術一再突破，已逐漸發展推廣運用在氣候炎熱地區使用，其可具有建築物節約能源之防熱功能；以往建築設計相關書籍均建議陽光強烈照射面（如西南側）少開窗，因開窗面雖有利於採光，卻將同時大量增加建築物之熱負荷，反而不利於節約能源，為求採光良好而增加窗戶設置面積，但卻無法避免大量的熱能隨之進入建築物，因而增加空調能源的消耗，反之減少窗戶面積時，則照明的電力需求也會提高，形成設計上的兩難，建築師必須考慮各空間之使用性質以及方位等因素，以決定該空間之開窗率使空間滿足採光、景觀需求且不至於有過大之陽光熱負荷；然而，隨著低輻射玻璃的發展，卻大大的顛覆了此觀念，採用低輻射 (LOW-E) 玻璃除了能反射陽光中大部份的短波長紅外線及全部的長波長紅外線，且鄰近建物及地面等所輻射出的長波長紅外線熱能也都能反射出去，故可同時達到自然採光及空調節能雙重的效果。

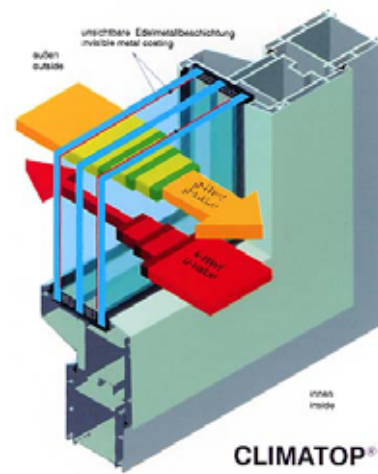
採用低輻射 (LOW-E) 玻璃可達到現代建築對開口處所注重的高透光率、低反光率、高熱阻絕、環保節能的要求；德國 FLACHFLAS AG. 公司發展金屬鍍膜 K-PLUS 複層玻璃，經試驗其具有良好的 U 值 ($1.6\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)，已通過嚴苛的德國建築節能法規，可大量的運用於南側開窗處，設置 K-PLUS 複層玻璃可獲得良好的採光並減少熱流失(詳圖九)；德國 VEGLA 公司運用金屬鍍膜發展，並發展「三層隔熱玻璃」，將熱損失降至極低之標準，如 CLIMAPLUS® ($U=1.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)、CLIMAPLUS®V ($U=1.1\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) 及 CLIMATOP® ($U=0.7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) (詳下圖)，其優異的隔絕效果以致於於南側牆運用時依德國法規尚可達到 70% 之開窗率，該公司並配合顧客需求發展隔音玻璃

CLIMASONOR®、隔熱玻璃 CLIMASOL®、安全玻璃 CONTRACRIME®等，因其優異之效能被誇為「人類看不見的第三層皮膚」，台灣玻璃業界引進德國先進技術，迅速發展金屬鍍膜技術，採用鍍銀層對紅外線光具高反射率功能(即高熱阻絕)，鍍二氧化錫 (SnO_2) 抗反射鍍膜，用以增加透光率，鍍鎳鉻合金 (NiCr) 金屬隔離鍍膜，用以保護銀鍍層功能，各種 LOW-E 產品之光學數據，顯示對波長 (380nm 至 780nm) 的可見光波段有著高透視率，不致因玻璃對可視光的高反射率 而產生嚴重的反眩光公害，太陽光中可見光可透入室內使建築物內採光佳，可減少室內燈具使用數量而降低能源需求，但對紅外線有較高之反射率(波長 780~ 3000nm)，尤其是對長波長之紅外線(波

長 3000nm 以上)，幾乎是全反射，阻斷大量熱源進入，使室內覺得涼爽，達到冬暖夏涼的效果。



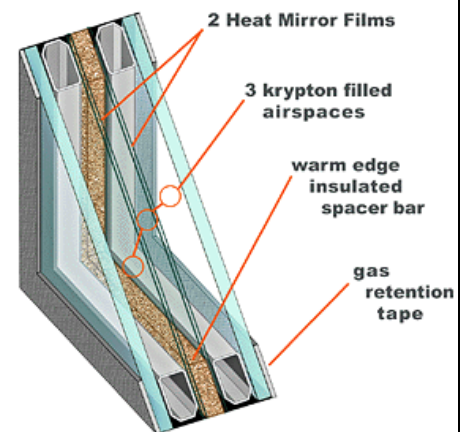
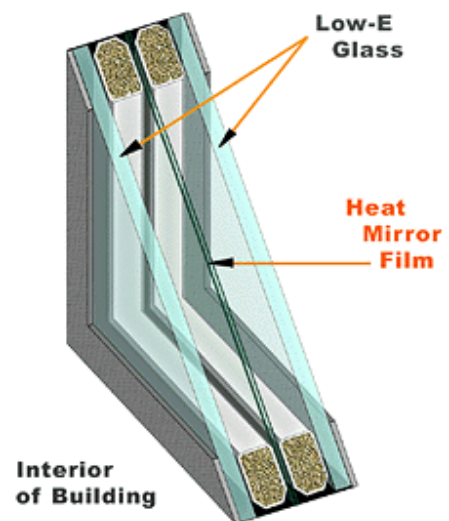
K-PLUS 複層玻璃



CLIMATOP®玻璃

附註：所謂的 U 值，就是在一度絕對溫度差（溫度單位：Kelvin）的情況下，通過每平方公尺的建築元件（牆、門、窗、天花板等）所流通的熱量。其單位是：瓦每平方公尺每度 k，寫成： $W/m^2 K$ 。U 值越小，代表對外散熱的損失越少，建築的整體規劃會直接牽涉到 U 值的大小。

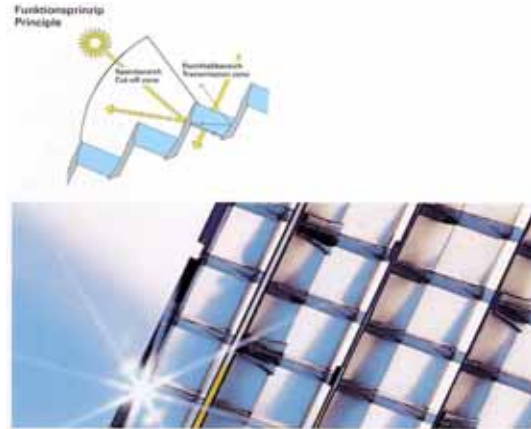
既有建築物南側受大量太陽輻射熱之開窗，亦可無須更換現有玻璃，僅需採用美國 SOUTHWALL 公司之 Solis® Solar Control Film ($U=0.93\sim 0.97\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) 透明膠片貼於舊玻璃內側，即可達到大幅降低太陽輻射熱源；SOUTHWALL 公司亦結合此透明膠片設置複層玻璃，其產品之一 HEAT MIRROR™ PLUS INSULATING GLASS (詳右上圖) 係以雙層 LOW-E 玻璃中間夾 Solis® Solar Control Film 其 U 值可低於 $0.12\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ，SUPERGLASS SYSTEM™ (詳右下圖) 係以雙層 LOW-E 玻璃中間夾雙層 Solis® Solar Control Film 其 U 值可低於 $0.11\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ；由於其係利用 LOW-E 玻璃、透明膠膜及其真空間隙構成其隔熱特性，由於它有全方位優越的高度透明度、高隔熱性、抗紫外線、隔音、省能源及高環保且冬暖夏涼，因此被稱為超級玻璃 (Super Glass)；以台電大樓南側窗戶為例，目前係採用之茶色玻璃，由於其略帶深色似乎讓室內辦公的人在視覺上降低了陽光的刺眼感，實際上陽光直射之處並無法利用為照明之用，反而因其深色而吸收更多的熱量，使得室內熱負荷更為大，窗邊辦公人員於夏季可強烈感受到一天當中受太陽輻射熱之強烈變化，上午無陽光照射時因冷氣效果感到偏涼，午後隨陽光逐漸直射而溫度升高，且直射光線過於耀眼而須窗簾遮擋，辦公人員於十四時起即逐漸感到燥熱，依分析其耗能量每平方公尺樓地板面積每小時約需 0.4 度能源，若將現有玻璃改採 SUPERGLASS SYSTEM™ 則將更為舒適，且將降低 1/3 的能源需求，約可降至每平方公尺樓地板面積每小時約需 0.25 度，約需 8 年即可回收換裝成本。



微遮陽百葉天窗 (詳下圖) 可以增加室內亮度但可以控制太陽輻射熱度不進入至室內，縱然在高溫之夏季亦可保持室內在宜人的涼爽溫度；此種特殊構造係由



圖十四 微遮陽百葉天窗



圖十五 微遮陽百葉天窗細部詳圖

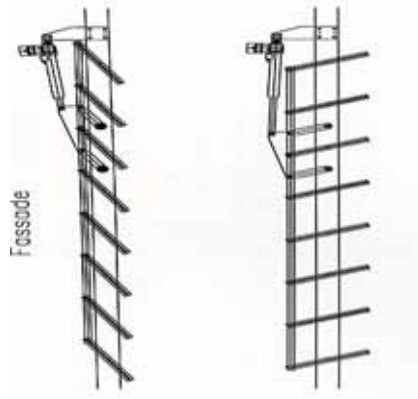
Siemens 公司研發製造，其係由雙層玻璃單元及其間設有微遮陽百葉 (詳上右圖)，其具有控制可透光及不透光比例之功能，並能將具輻射熱的直射陽光阻擋在外，而允許不具輻射熱的漫射光線進入室內，雙層玻璃中控制不透光部分係由微遮陽百葉所控制，微遮陽百葉係由霧狀半透明玻璃構成，其上層有阻擋直射陽光的熱能並允許部分可視光線進入的功能，而其下層則具有反射漫射光線的功能，透光部分則設計來讓漫射及反射的非直射光線進入，微遮陽百葉天窗的設置角度需配合建築物的方位來規劃，而其內部的微遮陽百葉則由電腦系統來控制其角度，本微遮陽百葉天窗系統的 U 值可達 $1.6\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 。

玻璃百葉遮陽系統 (詳右圖) 是設置於建築物外牆之遮陽系統，其造型可增加建築物外部造型的設計，並可減低建築空調的冷房負荷，較著名的有德國 Glastec 450 及 Gartner 兩系統。玻璃百葉可以為霧狀玻璃甚至可以採用 Low-E 玻璃，因其遮蔽效果可減少因太陽輻



玻璃百葉遮陽系統細部詳圖

射所造成的冷房負載，亦可將刺眼的直射陽光轉換為可以利用的柔和、散射光線，而且照射深度也大幅增加，可降低照明用電。相對於傳統的金屬百葉來說，玻璃仍提供了清晰的窗外視景，即使完全關閉這些百葉，也不會使視覺受到完全的阻礙。當光的強度較低，如天氣多雲陰暗時，百葉可設定於反射太陽光進入建築物室內的角度，提供較房間更佳的照明，百葉之各玻璃片角度可自收納時的 15 度時至完全張開時的 110 度 (詳右圖)，完全配合陽光的角度以及通風的需求來調整，而且此系統設計有手動



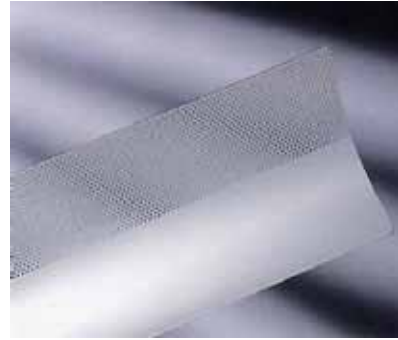
玻璃百葉遮陽系統

系統及電腦控制系統，電腦控制系統可依配合環境條件來調整百葉角度。

Huppe 遮陽百葉系統 (下左圖) 係改良現有建築物窗內的百葉遮陽簾，Huppe 遮陽百葉系統係由 Huppe 與 Bartenbach 照明實驗室合作發展而成，可提供室內理



Huppe 遮陽百葉系統



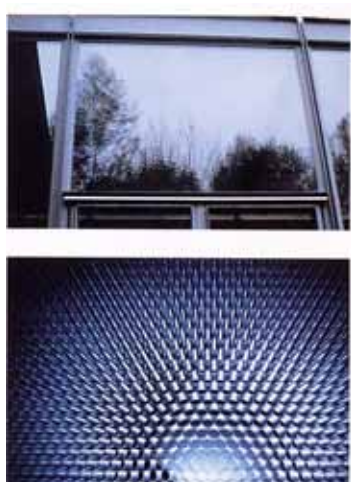
Huppe 遮陽細部圖

想的光及熱環境，可對抗太陽直射光線帶來的熱及眩光，而將直射日光反射擴散至室內並達到不使人頭暈目眩之柔和光線。 Huppe 遮陽百葉系統包括有兩層的內部遮簾，第一層為遮陽層，第二層為反眩光層；外層的遮陽板係由特殊構造的透明菱鏡遮陽百葉所構成，被設定成永遠與太陽光呈 90 度的固定角度，可將眩光日照從建築物反射而允許漫射日光進入；內層的反眩光遮簾係由拋物線狀金屬板所製造，上半部係半穿孔透光材質及下半部則為無穿孔霧狀塗層所製造 (詳上右圖)，反眩光遮簾可將透過遮陽層的光線，折射進入到房間較深處，上半部的穿孔使建築物內仍可以看到外界環境不至過於封閉。

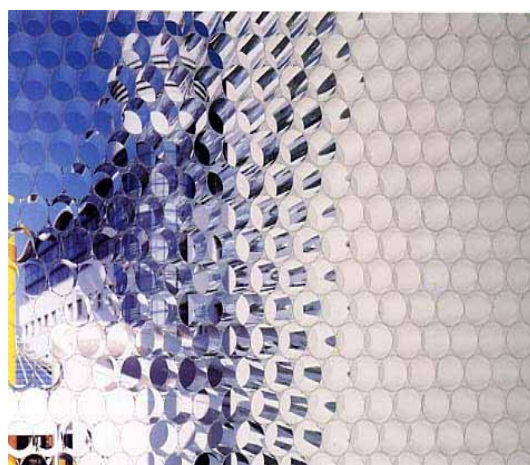
菱形百葉系統係運用 Huppe 遮陽百葉系統之外層的遮陽板，透過其特殊構造的透明菱鏡遮陽百葉可提供室內理想的光及熱環境，可運用來對抗太陽直射光線帶來的熱及眩光，而將直射日光反射擴散至室內並達到不使人頭暈目眩之柔和光線。此特殊構造的透明菱鏡遮陽百葉可經由控制其角度，以設定成將眩光日照從建築物反射而允許漫射日光進入，且直射過量之陽光均無法直接進入室內，以避免製造不可利用之炫光。



Schott 公司發展出使用玻璃管組成為一種新的半透明隔熱系統稱作 HELIORAN (詳下圖)，它可以用在改善日間照明效果及減少冷暖氣的空調負荷，透過 HELIORAN 的導光效果，房間內的較陰暗處也能被日光照亮；HELIORAN 不僅可以設計於建築物開口部，若將 HELIORAN 使用於建築外牆，其將具有太陽能牆之效果，可將太陽熱能導引至室內或隔絕室內溫度流失，具有高效率的傳輸和及高隔熱性，依 Schott 公司研究於德國地區設於外牆之 HELIORAN 每平方公尺每年可節省熱能超過 200 度。



Schott 半透明隔熱玻璃



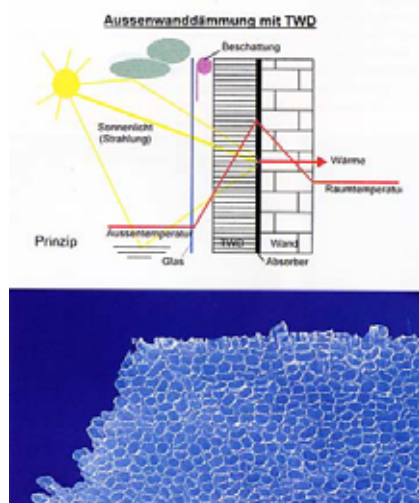
Schott 半透明隔熱玻璃詳圖

太陽能牆係由奧地利 Linz 的 ESA-Energiesystem Aschauer GmbH 公司發展，並於 1995 年獲得歐洲太陽能獎 (EUROSOLAR)，其後已有數家公司發展相似的產品，如 Okalux Kapillarglas GmbH 公司及 Ernst Schweizer AG 公司，其構造原理非常簡單施工執行也很容易，它結合了傳統牆壁隔熱技術以及將太陽能儲存在牆壁裏的創新技術，用來做為隔熱材料的是以紙漿纖維蜂巢板，或狀如吸管直徑約 3.5mm 的回收石化原料製品所組成，在其外加裝玻璃後，就成為太陽熱能的收集板。(詳右圖)



太陽能牆詳圖

冬季太陽高度角較低，斜射的陽光穿過牆面的玻璃，照射進太陽能牆轉換成熱能，熱能儲存在太陽能牆中，熱能被塗黑的外牆所吸收，外牆面的溫度就明顯地升高，外牆體就成為儲存熱量的介質；這種方式和傳統的隔熱方法差別在於，傳統的隔熱牆面在冬天會對室外散失熱量，而所散失的熱量就要由暖氣系統來補充，而這種新式的太陽能牆面反過來由陽光取得熱能。在德奧地區極為寒冷的冬夜，太陽能牆的內部溫度可以到達攝氏 18 度左右，為了要使室內溫度達到適合生活的 20 度，只要用暖氣補足兩度的溫度差就夠了；如此，太陽能牆等於就是給整個建築物加上一個溫暖的保溫罩一樣，可以大大減輕冬季暖氣的負擔；夏天太陽高度角大，不會直接照射到太陽能牆內側，因此熱量只會停留在表面而不會到達深處，蜂巢板（或塑膠管）外側溫度逐漸升高，蜂巢板（或塑膠管）與玻璃之間的空氣層就會產生對流現象，熱空氣將由上層逸出而冷空氣就會由下層補充，產生自動散熱的效果無需另設遮陽的設備；這樣的太陽能牆甚至也可以裝在朝北的牆上，北側散射或折射後的陽光，仍然對整個建築物的 U 值有改善的效果。太陽能牆不只對節能的控制有貢



獻，對於噪音的隔絕也有很大的作用，車輛噪音可以被阻擋在外，屋子裏的吵鬧聲也不會傳出去，妨害鄰居安寧。

由紙漿纖維做成的太陽能蜂窩板其導熱值是 $0.08 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ 。以這個值來看隔熱效果的話，5 公分厚的蜂窩板相當於 2.5 公分厚的傳統隔熱材料。可是蜂窩板不只隔熱，它也會集熱，如果把這也算進去，那麼朝南的太陽能牆面可以達到 $0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ，朝北則 $0.1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ 。太陽能牆面的製造廠商可以透過模擬程式預先算出整個建築準確的值。以塑膠細圓管所製造之太陽能牆，還可以裝設於建築物開口部，當太陽光光線經由管子中的折射後，將比直射陽光擴散得更遠而且也較為柔和可利用，對房間照明有相當大的幫助。

所謂氣流雙重牆係將建築物外牆之外側另設置板材，其間留有空氣流通之空間，內側係採用一般材質牆，外側則可採用玻璃、塑膠或鋁鐵等輕質材料牆，其設計重點係於雙重牆間留出 2 公分以上之空間(建議約為 2 至 20 公分)，且於上下側留有開口，以利用冷熱空氣對流原理來隔絕太陽輻射熱對建築物之作用，其構成類似於寒冷地區木構造建築物所採用 Air Berry 之設計方式；當太陽照射外側牆，外牆吸收熱後輻射熱與傳導熱作用將使雙重牆



間空氣溫度上升，熱氣會順著空氣層往上方的開口排出，溫度較低的空氣則可從下方開口進入，達到降溫及換氣的效果，因此可以把太陽熱能有效隔離在內側牆之外，冬季室內溫度高於大氣溫度時，亦有減少透過外牆散失室內熱能之功效；由於空氣層的作用亦可降低建築物室內溼度



受室外溼度之影響，以維持在較平穩的溫溼度水準；外牆亦可降低因溫度差所造成結露現象，而減少含水之可能，因而提高結構保護及裝修材之持久性；因此設置雙重氣流牆將使建築物具有冬暖夏涼及提高室內環



境品質的功能。工研院材料所建材實驗室已建有一棟兩層共 36 坪之節能建築，其外牆及採用鋁製雙重氣流牆設計，該實驗室主任陳文祈指出不論是外牆或嵌在外牆的鋁合金，採用空氣層的隔熱設計是對抗日照輻射熱最有效的方法之一，尤其當外牆屬於快速吸熱且高反射性材料時，代謝熱能的速率更佳；而入夜之後比較鋼筋混凝土與鋁合金外牆的散熱速率，後者大幅領先，因此在夏季室內使用空調的負荷上自然較為有利。

變色玻璃之結構係利用兩片玻璃中加入高分子材料，該材料於不同溫度時有不同之分子排列結構，以致於低溫時其成為透明狀，陽光及熱量可輕易穿過玻璃，而當溫度升高時，分子排列結構產生變化，則能阻絕光線與熱量進入，因此成為及優良之節能窗戶；在早晚溫度較低時，光線及熱能進入室內，當溫度逐漸升高後，玻璃及變成霧狀則阻絕光與熱進入。此外，德國亦發展有電能變色玻璃，在雙片玻璃中夾有懸浮粒子與液態晶體，當低電壓穿過含有電極層及變射層時，電離子郵電及移轉到變色層，致使該玻璃產生變色，因此透過電流控制，即可隨時選擇玻璃為透明或不透明；依據德國實際案裝的數據顯示，採用變色玻璃之建築物，其空調耗能量約可減少耗能 50%。



在歐洲科學家運用大自然中溼地淨化自然功能，而製造小型具有高度效率性之人造溼地來處理污水；而在美國已經發展出較成熟的技術，稱為「生活機器」係由生活技術有限公司 (Living Technologies, Inc) 發展的新型廢水處理系統，此系統係利用太陽能及一般生物來處理污水，無需一般廢水處理廠使用的氯氣、聚合物、鋁鹽和其他化學製品，也不會像傳統廢水廠會排出有毒化學物質，反而可以生產出有價值的肥料和改良土壤的物質，其外觀看起來像一座自然生態花園 (詳下圖)，不發出異味且能處理成

為安全的高品質用水，比起一般二級污水處理系統處理的水毫不遜色，興建生物處理



生活機器實景

場成本與傳統污水處理設施相當，尤其是小容量系統其成本甚至更低；生活機器係由生物學家 Dr. John Todd



生活機器流程圖

及 Nancy Jack Todd 所發明，其將污水收集後經各主動式厭氧處理槽，以過濾固體及有機物，再經由碳濾網除去臭味，之後水流經過一串位於被動式太陽能溫室中的水槽時，生活機開始對廢水進行處理加工，蓄水槽中生活著日複雜的多種生物體，先是細菌和真菌然後是植群落，最後是魚類和貝殼動物在內的小生物和工營建的生態系統，當水流過時控制中的生態系統視污染物質為食物，進行大規模的分解，此生態系統包含有高度的生物多樣性，因此能更穩定、更有活力的處理各式各樣的污染物質，有些植物能分離重金屬並分泌殺死病原體的抗生



先連器益物人系生

Living Machine™ System at El Monte Resort - Taos, NM - USA

素，最後經過濾層即可達到放流水標準，此外還可以選用臭氧或紫外線來淨化水質，以回收再利用。目前該系統已於多個國家運用，系統的設計規模小到供一個家庭使用，大到可供一萬個家庭使用，如著名的巧克力食品 M&M's 及 the SNICKERS bar 之生產公司 Ethel M Chocolates 內華達廠即採用此系統，該系統每日處理污水量高達 32000 加崙，這種系統沒有異味還具有自然美感，而且具有清淨空氣、調整溫溼度等功能。

此外，生活機器的設置也可以融為建築物吸引人的景觀設計，在美國俄亥俄州 Oberlin College 環境研究中心大樓、新墨西哥州 El Monte 休閒中心、加拿大多倫多市車體製造廠大樓，參觀者在進入該建築物大廳之前先所穿過的流水、充滿花草植物、魚類、水生植物之自然生態花園，實際上就是該大樓的廢水處理設施。

為了降低建築物開口成為耗費能源之熱橋效應之處，德國於窗戶之玻璃、遮陽部份均處理有相當先進之設計，德國建築師對於微細之窗框處仍考慮如何去節省能源；一般窗戶之框架在太陽直射之後溫度必然上升，因此窗框就成為熱橋致使室內需耗費部份能量來解決，由於為減少量體以增加美感，窗框多係金屬製造，其導熱效應良好，若將窗框改為低導熱性物質其氣密性將降低，反而得不償失，故建築師即將窗框上下開孔，利用熱氣流上升後由上部開孔排出，而窗框中之負壓再由下方之開口吸收低溫空氣進入，因而降低窗框溫度上升，間接減少窗框熱橋效應。



前述提及德國近年來發展複層窗戶，以氣流方式來排除雙層窗中廢熱方式之節能窗組稱為氣流窗，其通常係由建築師依建築物開口予以設計，近年來建材製造廠商發現其成長趨勢頗為迅速，因此以發展出工廠製造之氣流窗 (Air Flow Window) 組，其既可協助建築師之設計，也因專業廠商之介入，由流體力學專家協助下發展出效率更高之氣流窗組，亦已逐漸受到建築師歡迎採用；廠商於建築師設計之初即協助建築師配合設計，完成設計之後即於工廠製造成模組化組件，建築物結構體完成後即直接運至工地以外掛方式組裝。



在政府政策補貼下，德國近年來新建建築物設有太陽能板者比例急速上升，其有運用於建築物屋頂、外牆、遮陽上，甚至運用於公共交通工具上或成為公共藝術品。依本公司綜合研究所於樹林鎮設置之實驗，平均每天每 KW 太陽能板能生產約 3 度電力，而 2002 年台灣地區住宅用電總量平均每戶每月 305 度，即平均日用電量約為 10 度，台灣地區一般住戶在不改變生活習慣下設置 3~4KW 太陽熱能發電設備即可達到電力自給自足（美國能源局建議標準家庭設置量為 2KW 太陽熱能發電設備）。



熱電共生太陽能發電系統

一般太陽電池的發電效率在 8% 至 18% 之間，因此所接收的太陽輻射能中，有 82% 至 92% 無法利用，必須再排放至大氣。如果能將入射的太陽能先經太陽電池發電，剩餘的熱能則用來加熱熱水，將可大大提高系統經濟效益，這就是「熱電共生太陽能發電系統」的概念。德國科學家預計材料技術進步之後，未來太陽電池的發電效率約可達到 33% 的尖峰效率。



三、綠建築新技術趨勢

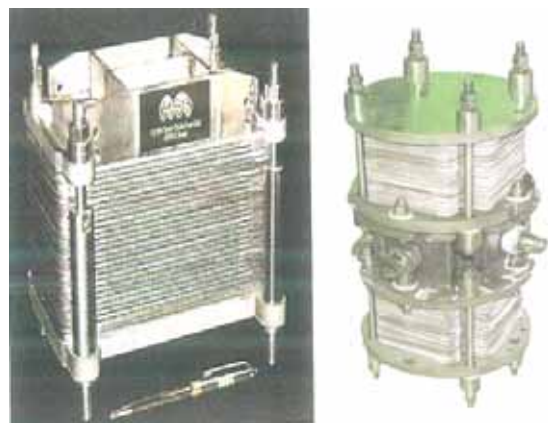
觀察德國、瑞士新進之節能研究方向，均朝向再生能源利用技術，顯示能源耗竭問題將急速影響未來之建築技術發展方向，茲說明其新技術研究方向如下：

1. 氫氧裂解：德國太陽能研究中心為了能源儲存技術，已花費多年時間於蓄電池之發展，但由於材料科技一直無法突破，因此蓄電池技術仍處於過於昂貴、體積過大、效率過低及使用年限過低等缺點，因此近年來已朝向氫氧裂解方面發展；及利用太陽能光電板所蒐集電能大過電力需求時，將電能用來電解水以分解出氫氣與氧氣，



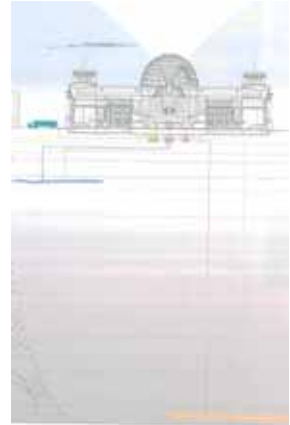
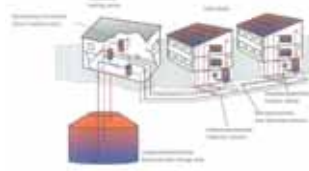
將其分別儲存，待電力需求大於太陽能光電板所蒐集電能時，則予以燃燒發電，而且其無污染燃燒之後指產生熱量及水，對環境極為友善，其電能轉換以目前技術約可達到 40~60%，比起一般火力發電效率仍低於 50% 之渦輪，顯然其具潛力，德國科學家預計近年可以突破至 60~80% 之效率，則其將迅速進入商業化程度。

2. 燃料電池：是一種發電設施，但不向一般充電電池用完需充電，只需添加氫氣燃料即可維持其電力，燃料電池係以電化方式直接將燃料之化學能轉換為電能，其效率、乾淨及安靜之特性，成為各國科學家研發競爭之項目，目前日本已有將燃料電池運用於飯店空調系統之實驗案例，德國初步

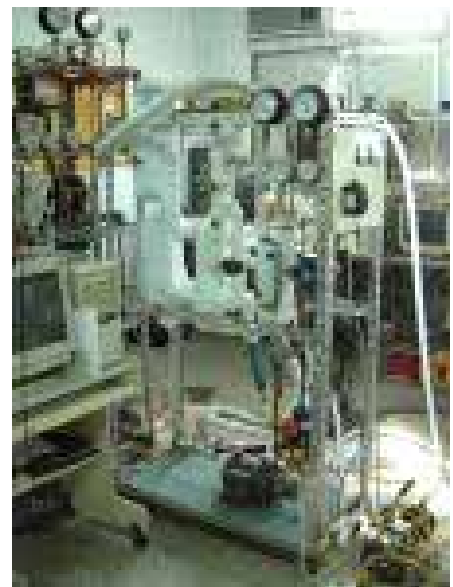


研發成過亦將運用於其車科技，據德國專家說明於 2007 年德國賓士汽車及 BMW 汽車均將推出運用燃料電池之電動車。

3. 能量儲存：於科龍堡社區內建築師設計了一個埋在地下七公尺深的 RC 構造儲存槽，用來儲存夏季太陽能熱板過多的熱水，而留於無太陽時使用，此種構造已逐漸在德國普及化；以聞名世界的德國帝國議會大廈為例，其運用地下溫度變化而將夏季多餘熱能儲存於約一百多公尺深的溫暖地層中，待冬天道時再取出來使用，而將冬季時之低溫冰雪水儲存於約 20 公尺深之低溫地層中，待夏天時再取出利用，如此將節省能源之耗用量。



4. 太陽能冷氣：利用太陽熱能來製成冷氣空調系統，一直是人類夢想之一，其與冷氣機的使用負載同步，利用太陽能冷氣除可節省電能消耗外，尚可舒緩電力尖峰負載問題；利用太陽熱能來驅動冷氣機的技術已有數十年歷史，技術上可分成集熱器與冷氣系統兩大部分。冷氣系統需採用熱驅動式冷氣機，以熱能來驅動冷氣機，迥異於傳統壓縮機式冷氣機。目前以溴化鋰-水吸收式冷氣機為主，多用於汽電共生系統。日本的大型建築物有七成以上均採用吸收式冷氣機。然而其加熱溫度需高於攝氏 90 度，因此太陽能集熱器必須提升操作溫度，致使吸熱效率容易降低。為克服這個問題，負責收集太陽熱能的集熱器，需採用真空管集熱器，利用真空來隔絕對流熱散失。



陸、結論與建議

因德國、瑞士經濟發展較迅速，國民對環境保護有相當之共識，也願意為環境品質付出較高之代價，加上其民族性較為嚴謹，因此逐漸發展出完整之永續營建體系及綠建築技術，也由於國民習慣接受良好的環境，其價值觀亦趨向於維護高水準之良好環境，如此良性循環下其國內環境品質益趨優良，成為永續營建之成功典範ⁿ⁴；僅將研習後之建議如下：

1. 建設「電力節能教育館」：建議本公司於適當地點建設「電力節能教育館」，本教育館以綠建築概念設計並以本公司廢棄材料（如：飛灰、石膏、電桿）來建築，館內以節約能源展示為主，並設有節能教育課程，以教育業界及民眾有關節約能源用電及節約能源建築等；一方面宣導本公司之節約能源政策，另一方面以專業節約能源技術教導民眾及專業人員，使大眾了解如何節約能源，進而降低尖峰用電需求，改善電力負載。
2. 提高綠建築之工程經費標準：建議行政院修改現行建築經費標準之規定，因綠建築初期建設成本可能提高，但對於未來營運之成本有下降之功效，為避免建築師為達成經費標準而下降其設計品質；故建議其建築經費標準配合取得綠建築標章項目之多寡，而予以調整其建築經費標準。
3. 大型建築基地設置蓄流池：台灣地區近年來都市發展迅速，使得雨水逕流量大為提高，加上近年來都市熱島效應，主要下雨區已由山區轉成都市地區，造成都市地區水災頻傳；建議本公司大型建築基地比照德國建設成開發後淨流不增加方式，以蓄流池、下滲井方式設計，可成為景觀池以增加地表水下滲機會、增加水分蒸發機會，並降低下雨時對都市雨水下水道之負荷。
4. 增加太陽能利用：台灣地區電力需求尖峰與冷氣需求尖峰時間相符，即太陽越強冷氣需求越大，電力需求尖峰越高；此時，太陽能電板效率亦越高，因此設立太陽能電板將有效降低尖峰負載，雖然目前太陽能電板發電成本仍高，但在政府補貼政策下其成本已低於尖峰發電之燃氣成本，應已具經濟效益可逐漸推廣運用。
5. 建立冰水供應中心：運用本公司夜間離峰電力及大型冰水主機效率約為一般冷氣機之 2.5 倍等優勢，建議可嘗試於新都市發展區興建服務所時於地下興建冰水儲能設備，提供其鄰近社區住戶冷氣用冰水；既可利用本公司離峰電力又可降低尖峰電力需求，且提供鄰居經濟之冷氣用冰水，

6. 節能玻璃運用：建議將總處大樓之茶色玻璃改為低輻射玻璃，因大樓之茶色玻璃係二十餘年前之產品，深色外表之玻璃有吸熱效應，白天太陽直射（夏季尤其嚴重）造成室內冷氣更為耗能，使得夏季冷氣用電量大增，建議改採近年發展迅速之低輻射玻璃，將可有效降低夏季冷氣用電，而且其透光性良好若經適當處理尚可降低照明用電，且低輻射玻璃可過濾紫外線將對文件之保存或員工之健康均有益處，經初步估計換裝費用於七年內即可由節省之冷氣費用回收。

附錄：永續發展相關資料光碟目錄

1. General
2. Urban Design
3. Ecology General
4. Energy
5. Water
6. Waste
7. Soil
8. KUKA
9. City as Garden
10. City as Social Habitat