



內政部建築研究所



綠建築改善案例彙編

內政部建築研究所



民國一百年

綠建築改善案例彙編

GREENING EXISTING BUILDING IN TAIWAN

內政部建築研究所



目 錄

第一章 台灣綠建築政策發展與成就.....	2
第一節 台灣綠建築評估系統 EEWB.....	2
第二節 「綠建築推動方案」與「生態城市綠建築推動方案」.....	6
第三節 綠建築更新的挑戰.....	8
第二章 綠建築更新改造計畫.....	14
第一節 認識「綠廳舍改善計畫」及「綠建築更新診斷與改造計畫」.....	14
第二節 認識「綠空調改善計畫」與「建築能源效率提升計畫」.....	18
第三節 改造計畫化腐朽為神奇.....	21
第四節 綠建築更新的漫漫長路.....	24
第三章 綠建築！變！變！變！.....	26
第一節 生態療傷：生物多樣性環境改善.....	26
第二節 節能又美麗的建築外衣：綠屋頂設計.....	40

第三節	還原大地的呼吸：基地保水改善	52
第四節	亞熱帶建築風貌再現：外殼節能改善	64
第五節	建築耗能瘦身大作戰：設備效率改善及再生能源運用	84
第六節	地球暖化慢下來：舊建築再利用及推廣木構造	110
第七節	點滴不浪費：永續水資源利用	118
第八節	綠建築更新計畫總成效	126
第四章	綠建築政策的未來及展望	132
附錄一	各年度綠建築更新案例統計	134
	「綠色廳舍暨學校改善計畫」補助案例與改善項目	134
	「綠建築更新診斷與改造計畫」補助案例與改善項目	138
附錄二	各年度建築能源效率提升案例統計	141
	「綠建築更新診斷與改造計畫」補助案例與改善項目	141



生態。節能。健康。減廢

綠建築改善案例彙編



GREENING EXISTING BUILDING
IN TAIWAN

內政部建築研究所



第一章 台灣綠建築政策發展與成就

第一節 台灣綠建築評估系統 EEWB

綠建築的定義

「綠建築」在日本稱為「環境共生建築」，有些歐美國家則稱之為「生態建築 (Ecological Building)」、「永續建築 (Sustainable Building)」，在美洲、澳洲、東亞國家，北美國家則多稱為「綠建築 (Green Building)」。

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「綠建築」作為生態、環保、永續、環境共生之建築的通稱。但無論我們用什麼名稱去稱呼它，它都代表著一個建築物能自給自足生態循環系統的最高理想。如今的環境破壞已經擴大至地球性規模，氣候溫暖化、異常氣候、臭氧層破壞等問題，我們更需要去思考如何消耗地球資源，那麼這世界就能減少絕大部分的資源掠奪與社會爭端，也就不會導致今天的地球環境危機了。

1992 年在巴西的地球高峰會議以來，隨著地球環保熱潮，在建築產業界也興起一片綠建築運動。於是，全球第一部綠建築評估系統 BREEAM，在 1990 年首先由英國建築研究所 BRE 提出，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。建立於 1999 年的台灣綠建築評估系統 EEWB，是來自亞洲的一匹黑馬，也是全球第四個上路的系統。此後，日本的「建築物綜合環境性能評估系統



圖 1-1 自食尾巴長生不死，象徵生生不息的歐伯羅斯的神獸

CASBEE」、澳洲的「Green Star」，則正式啟動於2002 年。這些綠建築評估系統顯示了建築物永續經營的問題已成為超國境、超政體的國際要務，同時也顯示「永續發展(Sustainable Development)」已成為人類最重要的課題，它不再是一種責任，而是義務。



圖 1-2 目前擁有綠建築評估系統的國家

世界性綠建築發展熱潮

2000 年後可說是綠建築評估體系發展的顛峰，德國的 LNB、澳洲的 NABERS、挪威的 Eco Profile、法國的 CECALE、韓國的 KGBC、香港的 HK-BREEAM 與 CEPAS，都相繼成立。2006 年，中國建設部以節地、節能、節水、節材為主軸，公佈了「綠色建築評價標準」，成為新興工業國家建築環保的示範。

表 1-1 國際綠建築評估系統發展簡史

Country	Year	開發機構 Institution	評估法 Name of evaluation
英國 UK	1990	英國建築研究所 BRE	BREEAM BREEAM
美國 U.S.A	1995	美國綠建築委員會 USGBC	LEED
加拿大 Canada	1998	加拿大天然資源部 NRCan	GBTool
台灣 Taiwan	1999	內政部建築研究所 ABRI	EEWH
日本 Japan	2002	國土交通省 MLIT	CASBEE CASBEE
中國 China	2003	中國科學院 MOST	GOBAS



到了 2010 年，全球的綠建築評估系統已達二十六個（圖 1-2）。其中有些系統，像 LEED、CASBEE、BREEAM、EEWH，已繼續擴大其適用範圍，並發展出不同建築類型的專用版，有些甚至已變成該國公共建設必要的規範。在地球環境危機的威脅下，短短二十年中，綠建築評估工具在全世界已呈現百花齊放、爭奇鬥豔之勢。但其中大部分是仿效歐美日本的體系發展而成，唯有台灣的 EEWH 系統是目前全球唯一獨立發展於熱帶、亞熱帶氣候的綠建築系統，具有最獨特的熱濕氣候建築文化特色(表 1-1)。

五等級，有效期間為三年。尤其我行政院在 2001 年啟動「綠建築推動方案」六年計畫，強制政府經費五千萬元以上的公有建築物必須取得「綠建築候選證書」，成為全球綠建築政策的典範。2007 年 11 月在芝加哥舉辦的美國綠建築大會中，大會為台灣特別開闢一個名為「打造一個綠色國家 Greening a Country」的專題討論會，可見台灣的綠建築成就受到國際重視之處。

EEWH 綠建築評估工具

環視世界各國的綠建築系統發展，多少均習自英國的 BREEM 或美國的 LEED，但台灣的 EEWH 系統因為獨力發展甚早，並未搭上歐美系統，是全球第一個獨自以亞熱帶建築節能特色來發展的系統，也是亞洲第一個綠建築評估系統。它由 1995 年的台灣節能設計法規發展而成，以「生態、節能、減廢、健康」為主軸，因而號稱為 EEWH 系統，其中包括生物多樣性、綠化量、基地保水、日常節能、二氧化碳減量、廢棄物減量、室內環境、水資源、污水垃圾改善等九大評估指標。它在 1999 年由內政部建築研究所公佈第一部「綠建築評估手冊」與「綠建築標章」以來，已變成國家級之綠建築認證規範，奠定了我國綠建築政策深厚的基礎。

台灣政府於 1999 年開始推動綠建築案件的認證制度，在設計階段先實施「候選綠建築證書」之認證，在完工後經現場查核無誤後再頒發正式「綠建築標章」（圖 1-3），標章認證分為合格、銅、銀、黃金、鑽石等

不斷進化的 EEWB 評估家族

內政部建築研究所為了擴大綠建築評估於不同綠建築類型，決定將 1999 年以來的「綠建築解說與評估手冊」定位為最基本通用的綠建築基本版，並於 2011 年正式改編為本「綠建築評估手冊-基本型」(EEWB-BC)，以做為其他類型評估體系之發展平台，同時於 2009 年開發完成「綠建築評估手冊-社區類」(EEWB-EC)，又於 2010 年完成「綠建築評估手冊-廠房類」(EEWB-GF)以及「綠建築評估手冊-舊建築改善類」EEWB-RN，另於 2011 年完成「綠建築評估手冊-住宿類」(EEWB-RS)，一共形成五種「專用綠建築評估手冊」，建構完成我國初步的「綠建築家族評估體系」。



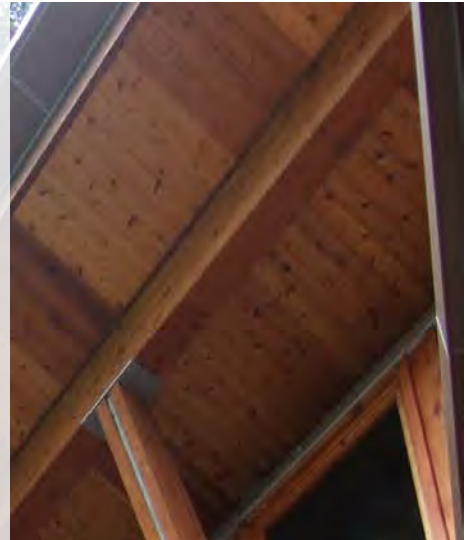
圖 1-3 台灣綠建築標章認證制度

目前五類專用綠建築評估系統之適用範圍已涵蓋大部分建築類型與新舊建築市場，若能依此落實綠建築政策，將影響我國九成以上之建築市場。環顧全球，除了美國 LEED 與日本 CASBEE 之外，台灣為南方溫熱氣候國家率先擁有如此專業分類的綠建築評估體系，其簡便、經濟實惠、本土化的特色在國際間亦屬罕見，此乃台灣永續營建政策之利器。

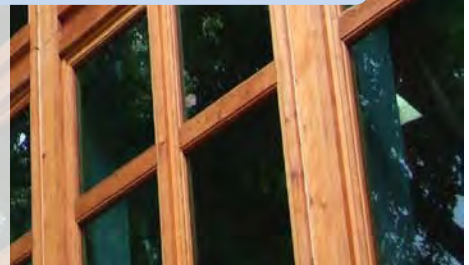
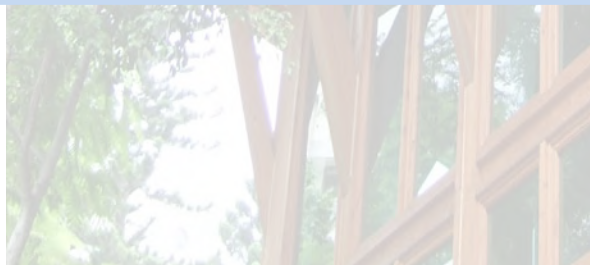


第二節 「綠建築推動方案」與「生態城市綠建築推動方案」

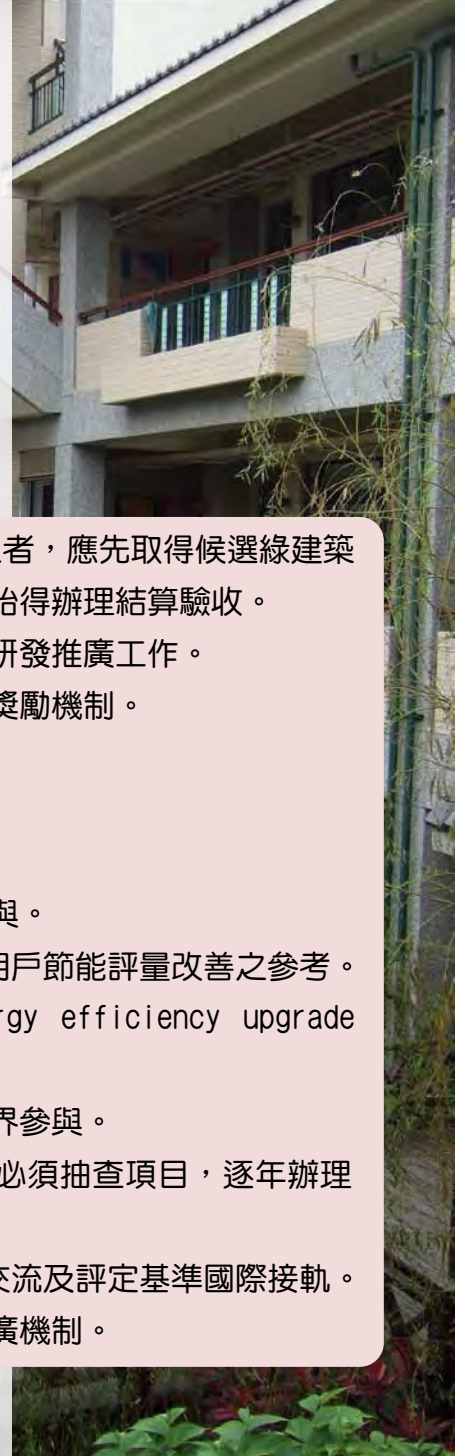
台灣的綠建築起步雖晚，但其積極的作為在國際間卻是獨步全球。1995 年我國政府第一次將「建築節約能源設計」納入「建築技術規則」；1999 年啟動綠建築評估系統；2001 年行更推出「綠建築推動方案」，全面加速公私有建築物進行綠建築設計；2002 年將綠建築政策列為「挑戰 2008 年---國家重點發展計畫」的一環；在 2003 年更將部分綠建築設計規定納入建築技術規則，逐步落實綠建築設計。在短短數年內，台灣的綠建築思潮不但在學界、媒體界蔚為風氣，甚至在政府行政部門也激起熱烈反響。台灣綠建築政策成功的關鍵，尤其在於「綠建築推動方案」，此方案的內容包括如下：



- (1) 對於政府補助經費二分之一以上，且工程造價在五千萬元以上之公有新建建築物，強制要求綠建築標章認證審查。
- (2) 建築外殼節約能源設計之規定列為建照執照必須抽查項目。
- (3) 編列預算對政府舊有廳舍進行綠建築改善工程。
- (4) 建立室內環境品質評估及綠建材標章制度。
- (5) 研訂建築廢棄物回收及再生利用相關技術規範與法規制度。
- (6) 舉辦「優良綠建築作品甄選活動」以鼓勵綠建築設計。
- (7) 舉辦綠建築設計講習、綠建築作品參觀活動以落實綠建築教育。
- (8) 建立國家實驗室檢測綠建築相關性能。
- (9) 綠建築設計法制化。



然而，第一階段 綠建築推動方案乃以管制性之公部門政策為主，尚待激發民間綠建築產業活力積極參與，故鑑於「綠建築推動方案」在過去 6 年來執行成效良好，行政院於 97 年核定「生態城市綠建築推動方案」，且擴大綠建築之層次，至生態社區或生態城市，以達成國土永續之目標。同時，更加積極辦理綠建築更新診斷與改造計畫，獎勵民間業界參與綠建築更新的意願，並推動生態社區的評估系統建立，以期民間對簡樸效率的綠建築精神更進一步深切體認。其成果對於減緩全球暖化及都市熱島效應也有莫大的貢獻，「生態城市綠建築推動方案」中有關綠建築政策之內容方針如下：



- (1) 公有新建建築物之總造價在新台幣 5 仟萬元以上者，應先取得候選綠建築證書，始得申報開工；並於取得綠建築標章後，始得辦理結算驗收。
- (2) 辦理生態城市、傳統街區及綠建築永續規劃技術研發推廣工作。
- (3) 研(修)訂生態城市及傳統街區改造及綠建築相關獎勵機制。
- (4) 規劃辦理建置符合生態城市概念之高鐵生態村。
- (5) 辦理競爭型之都會區都市熱島退燒策略計畫。
- (6) 辦理傳統街區生態改造示範計畫
- (7) 辦理室內環境品質提昇計畫，並獎勵民間業界參與。
- (8) 研訂各類建築物合理用電量參考指標，提供能源用戶節能評量改善之參考。
- (9) 辦理建築能源效率提升計畫 (Building energy efficiency upgrade program, Beeup)，並獎勵民間業界參與。
- (10) 辦理綠建築更新診斷與改造計畫，並獎勵民間業界參與。
- (11) 建築技術規則綠建築專章之規定，列為建造執照必須抽查項目，逐年辦理查核。
- (12) 廣續推動綠建材標章制度、加強綠建材標章國際交流及評定基準國際接軌。
- (13) 建立循環型社會之營建廢棄物減量及再生建材推廣機制。



第三節 綠建築更新的挑戰

舊建築更新之精神

根據國際 OECD（Organization for Economic Co-operation and Development）組織針對會員國家進行建築物現況調查，統計資料指出許多先進國家新舊建築比率幾乎皆在 2% 以下，並且致力於既有建築之改善再利用。在台灣，新建建築物樓地板面積僅佔其中建築物的比例約 3% 左右，共餘 97% 為既有建築物，這些既有建築物由於缺乏永續節能之設計觀

念，因此造成建築性能低落及大量的能源浪費。因此我國政府在過去對新建築物進行設計把關後，開始針對既有建築物進行綠建築改善政策，以提升並確保其機能效率、價值與室內環境品質，進而達成生態、節能、減廢、健康之目標，邁向更永續的綠建築政策。

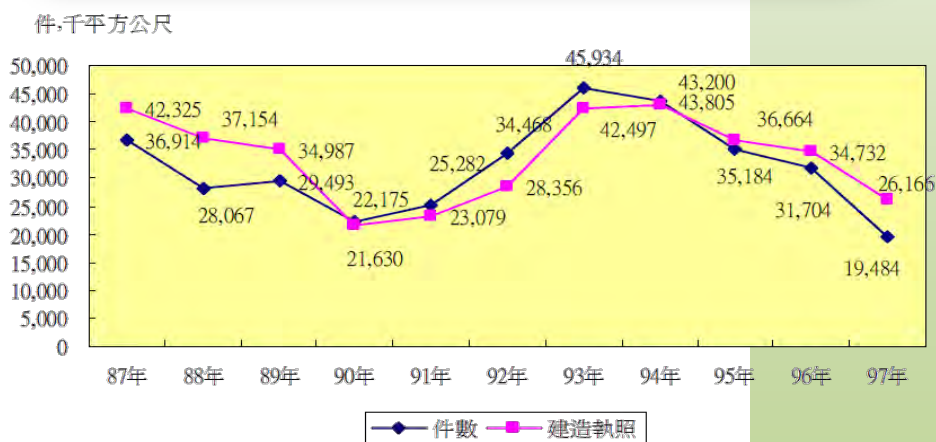


圖 1-4 台灣地區建照總樓地板面積逐年下降，充斥著外殼、綠化、保水等性能不佳的既有建築物

舊建築物使用年齡的增加，均會面臨到設備機能老化與室內環境品質惡化……等許多問題的，如何在適當的時機進行適當有效的改善手法，則是綠建築更新最大的挑戰。一般而言，建築物是由建築結構體、建築內裝修與建築設備所組成，各自的生命週期並不一致，一般而言建築結構體的生命週期較建築設備長，亦即建築設備在結構體的生命週期裡需要更新數次才能維持基本居住品質。

修或建築設備的更新，以提升部份之建築性能、延長建築物使用壽命(圖 1-5)，進而達到節約能源，減少建築廢棄物及改善周遭生態環境的目的。

在國外，大約是每隔 15 年做一次建築設備的劣化診斷，藉由診斷結果判定設備是否需進行更新。舊建築更新的精神便是，對於生命週期中建築性能逐漸走下坡的建築物，進行建築外殼構造、室內裝

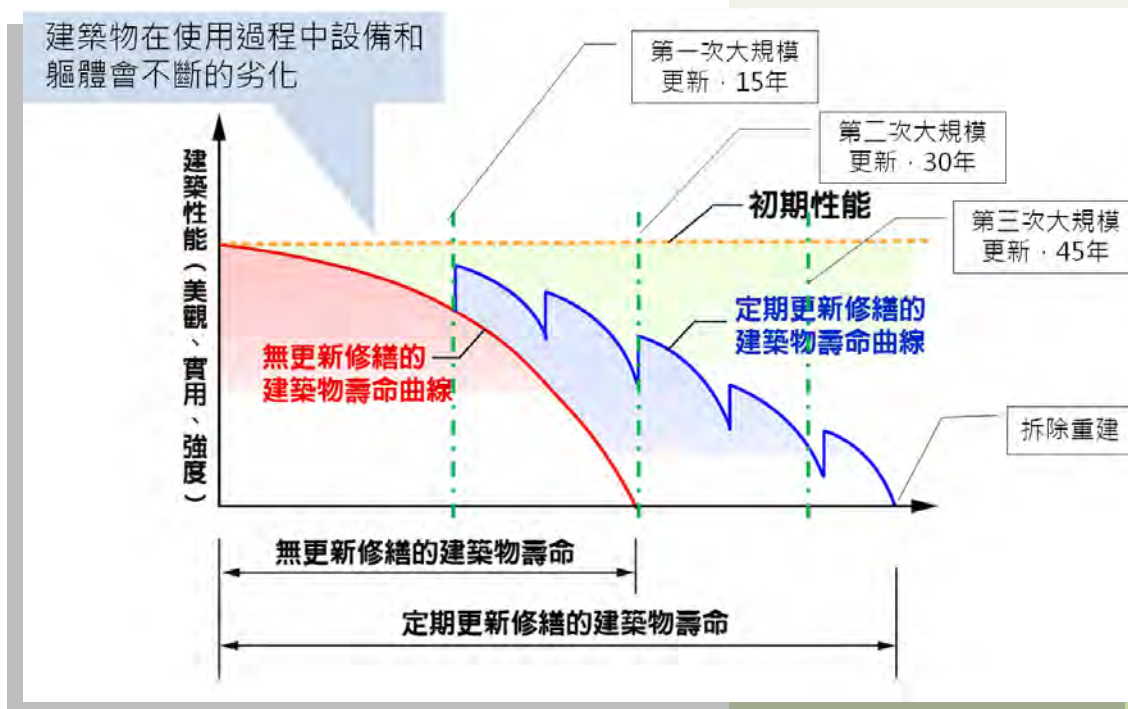


圖 1-5 建築物之性能與更新修繕的關係



然而，即有建築物的更新改善並非易事，許多已固定的建築軀體、建築內裝與建築設備，在更新改善的過程中首先就必須面臨拆除、重整等二次工程的挑戰，不僅在工程花費上較當初有良好設計來的高，同時改善工程所耗之時間亦容易影響建築物營運時的使用，最後，建築更新改善的投資成本回收則會是所有建築擁有者，決定是否進行更新改善的重要因素。在台灣，受到電力及能源價格相對低廉的影響，因此執行改善的節能經濟效益更不顯著。

以照明設備系統的改善為例，室內及室外之燈具改善工程較其他更新手法來說相對的簡單易執行，因此是非常有效的設備節能手法。常用之手法包括以高效率 T5 燈具取代原有老舊 T8 燈具及更換螢光燈管之出口指示燈為 LED 指示燈等，照明設備之改善約可達成建築物全年 10-17.5% 的節能效益，但受到台灣低電費的影響，及

改善建築物經常原先之照度設計便不足，另外還加上高反射燈具及電子式安定器之費用，其更新投資成本的回收年限略長，大約為 7.5 至 10 年。

台灣電費與其他國家電費的比較

	台灣	德國	美國	英國	新加坡	紐西蘭
平均電費 (NT2.5/kWh)	2.5	8.89	3.19	5.39	6.0	10.06

在台灣，政府要求公有建築物的中央空調主機使用超過 8 年時，應委請空調專業人員就其效率進行檢查及維護汰換，由於這些既有建築物當初設計時，缺乏永續節能之空調系統設計觀念，或營運過程中不當的使用管理，因此造成空調設備大量的能源浪費。空調節能改善時，多數建築物可達空調系統節能平均 26.1%，若以空調系統占建築耗電 45%之比例估算，約可達全棟建築節能率 11.75%左右，回收年限則約在 4.71 至 5.30 年以內。



圖 1-6 設計初期便具良好綠建築性能的案例



以上的案例說明了舊建築修繕維護時，很多情況都要比新建建築物所要面臨更多經濟、技術上的挑戰，而成效可能還不如一開始在設計源頭便好好掌控的建築物(如圖 1-7)。對舊建築來說，修繕週期決策應以短期的檢查及小規模的修繕動作，對整體的成本花費與建築性能的維持具有較高的效益。

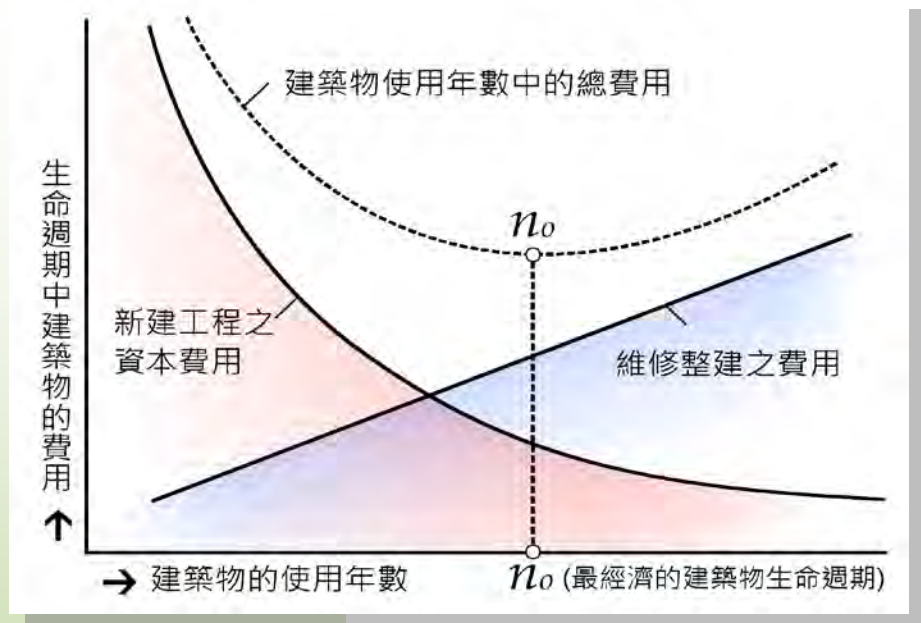


圖 1-7 建築物最經濟生命週期與成本費用

在考慮建築物建造時的費用、資本回收、維修整建費用、同時計算物價指數及利率的情況下，越老舊的建築物過了最經濟的生命週期年限後，再執行更新改造的花費不僅更高，同時也更難以回收。因此，理想的更新策略是定期更換生命週期較短的構造，當生命週期最長的構造(結構體)達到週期頂端時，與其他構造同拆除以減少物資之浪費。

另外，生態、綠化、保水、室內環境品質等改善，雖無法直接反映在經濟層面上，但對環境永續有極大的助益，這些對人類生活品質帶來無形財富的手法，不代表它們就沒有執行的必要，故在進行綠建築更新前，我們應該先反省自己，長久以來，人類的為了追求更享受的生活品質，過度的貪婪造成不必要的資源浪費與地球負荷，使得全球共同受到地球暖化、氣候劇烈變遷、環境惡化等嚴峻的挑戰，在追求地球永續的趨勢下，如何使人們不再因過去的錯誤而過度耗費不必要的能源，又能維持經濟投資上的平衡點，才是現今我們應該共同追求的目標。



第二章 綠建築更新改造計畫

第一節 認識「綠廳舍改善計畫」及「綠建築更新診斷與改造計畫」

綠廳舍改善計畫

假如上節所談的「綠建築標章審查制度」，是針對新建建築物的綠色革命，那麼本節所提的「綠廳舍改善計畫」，則是對於舊建築物的綠色改造工程。在綠建築法制化之前，許多政府廳舍並沒有綠建築的考量，因此造成很多資源與能源的浪費。根據統計，目前既有建築物佔全國建築物總量達 97%以上，其高耗能、高耗水問題往往是造成國土暖化及尖峰用電量節節上升的主因之一，因此在行政院「綠建築推動方案」與「挑戰 2008 國家重點發展計畫---水與綠計畫」之指示下，特別設立「綠廳舍改善計畫」，針對中央政府暨所屬機關與國立大專院校，進行生態、節能、減廢、健康上之改善工程。



圖 2-1 「綠廳舍改善計畫」針對公有建築物進行綠建築生態、節能、減廢、健康四大範疇相關之性能改善工程

該計畫在內政部建築研究所督導下，在「財團法人中華建築中心」成立「綠色廳舍改善計畫執行委員會」，負責全計畫之建築物選樣、初步設計、工程督導、撰寫報告等工作。本計畫首先在 2002 年牛刀小試，針對四棟中央政府所屬廳舍（營建署、警政署、役政署中區辦公室、營建署南區工程處）進行節能與室內環境改善示範工程，其成果豐碩並廣為各界支持。為了擴大其成效，2002 年起至 2007 年度六年內共完成 93 個既有中央機關、醫院及國立學校的綠色改善工程(圖 2-3)，以具體實踐「綠建築推動方案」對舊建築物的改造成效，可說是既有建築改善之先驅及典範。

綠建築更新診斷與改造計畫

鑑於「綠建築推動方案」在過去 6 年來執行成效良好，行政院於 97 年核定「生態城市綠建築推動方案」，並加強續辦既有中央機關及國立大院校的綠色改造工程，故而有後續的「綠建築更新診斷與改造計畫」。依據上述方案所推動之「綠建築更新診斷與改造計畫」於 2008 年至 2010 年間也有卓越的成績，不但完成了 80 個既有中央機關及國立院校的改善工程(圖 2-4)，其成果對於減緩全球暖化及都市熱島效應也有莫大的貢獻。



依循 2002 年至 2007 年累積之既有建築改造經驗著手，「綠建築更新診斷與改造計畫」由專業之服務團隊進行現勘及評估診斷，並提出改善對策，預期舊建築物改善後的節水、節電及保水等之效益可達 10%以上。該項改善計畫委託「財團法人台灣建築中心」協助籌組由相關專家學者組成之「綠建築更新診斷與改造服務團隊」，進行既有公有建築物改善作業之公開甄選、現勘評定、實測調查、評估診斷、改善建議及施工查核等輔導工作，並大幅改善既有公廳舍之耗電耗水、不符生態及室內品質的環境情況。

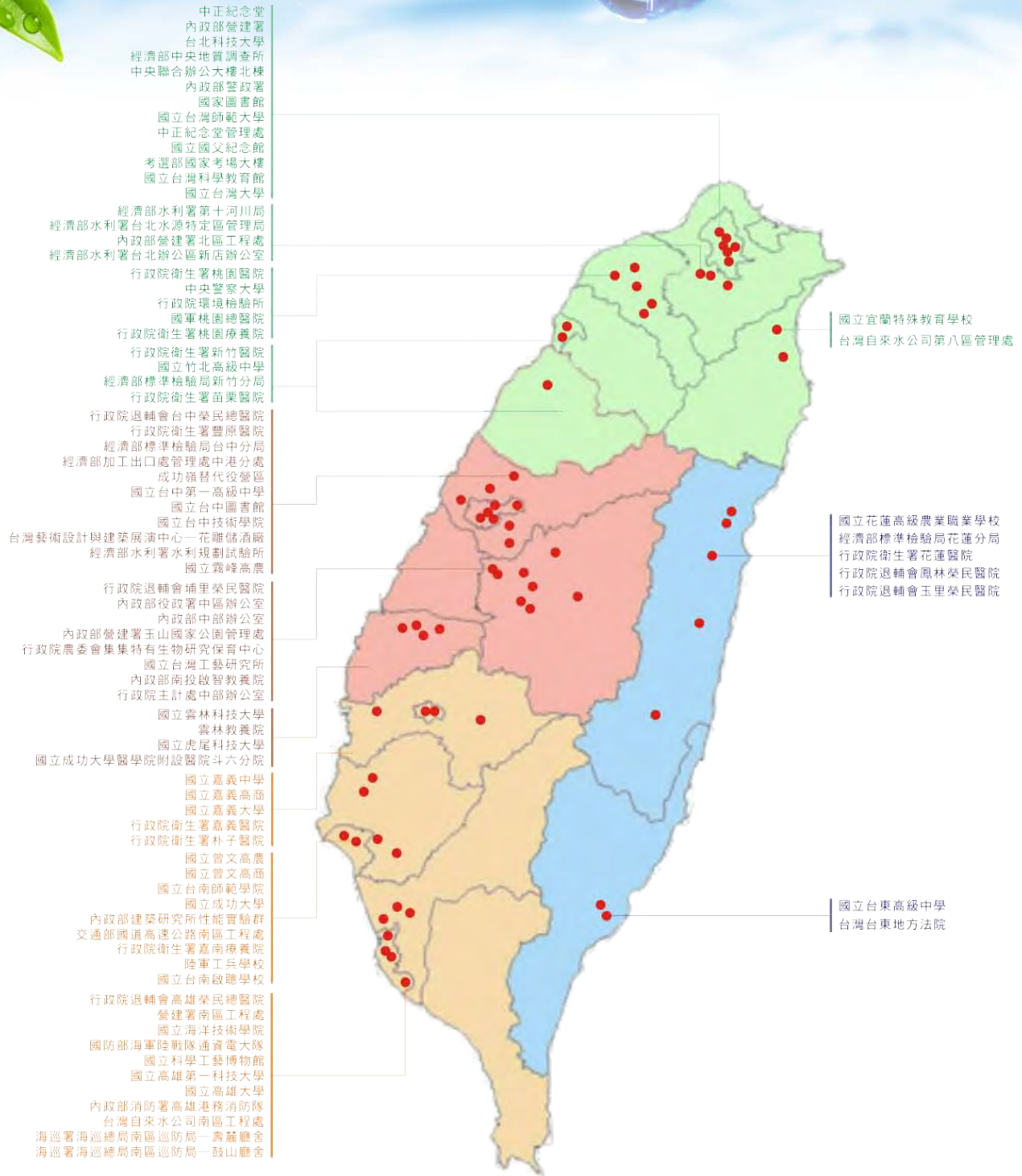


圖 2-3 2002 年起至 2007 年綠廳舍改善計畫案件分佈

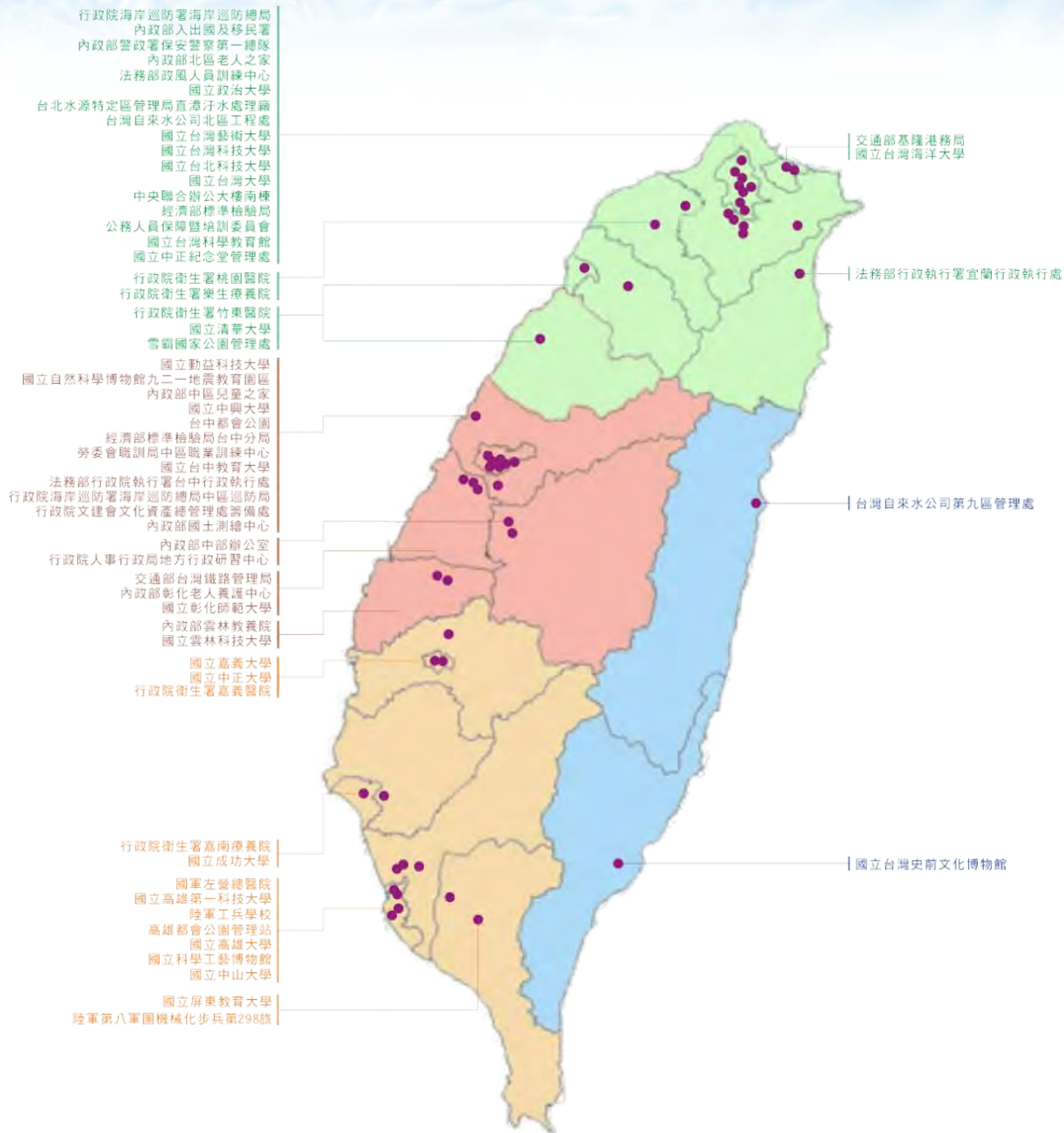


圖 2-4 2008 年起至 2011 年綠建築更新診斷與改造計畫案件分佈



第二節 認識「綠空調改善計畫」與「建築能源效率提升計畫」

綠空調改善計畫

2002 年由內政部建築研究所負責推動「綠廳舍改善計畫」，在針對舊有中央政府辦公廳舍與院校進行綠建築改善時，發現許多機構之舊空調系統，由於主機老舊或缺乏維護而導致耗電量激增，造成營運成本上極大的負擔。某些空調系統甚至超量設計，導致負載率偏低，能源效率亦隨之大幅劣化，亟須進行改善。有鑑於此，自 2003 年起遂成立「綠空調改善計畫」，針對空調主機、冰水泵浦及空氣側設備等三大部分進行實際之改善工程。「不同於上述章節所提到的「綠廳舍改善計畫」及「綠建築更新診斷與改造計畫」，「綠空調改善計畫」主要偏於中央空調系統超量設計或空調主機效率老化，耗電及嚴重浪費能源等問題，所得到之具體節能效益與國外相較毫不遜色，且獲得國際相當大的肯定。

鑑於目前先進國家正積極推動低成本及無成本之建築物節約能源策略，且已獲得極為顯著之成果，故該計畫以前期改善經驗及成果為基礎，並因應國際最新發展節能趨勢，提出低成本或無成本之節約能源策略，進行小量改善工程投資及運轉與管理策略之調整，預計可獲得 10% 之顯著節能效果，大幅度擴展節能減碳成果，深化我國推動生態城市綠建築方案之成效及具體貢獻，揚威國際。

建築能源效率提升計畫

伴隨著行政院「生態城市綠建築推動方案」總目標：「因應全球暖化及都市熱島效應，積極推動生態城市及綠建築，以達國土永續建設目標」、次目標(五)：「加強建築節約能源，落實溫室氣體減量」的要求，同時吸取了過去「綠空調改善計畫」在建築節能改善上得到的良好成效。97 年著手開始辦理「建築能源效率提升計畫(Building energy efficiency upgrade program, BeeUp)」，乃針對不符合節能、減碳之中央政府機關及國立大專院校建築物，進行建築物能源效率提升改造示範工程，該計畫針對篩選出之舊有中央廳舍進行建築耗能系統，予以診斷並確定擬改善之建築與項目，並經由現場量測空調與動力系統性能，建立建築物之實際耗能現況之比較基準 (Baseline)，如空調負荷以及實際使用型態 (Occupancy) 等，依據耗能現況，提出改善策略，利用低成本之改善策略，進行小量改善工程投資及運轉與管理策略之調整進行建築物節約能源工作。

其主要工作方向乃針對建築物兩大耗能項目，進行空調系統節能策略改善與空調熱泵熱水系統改善，以達到顯著之節能成果。除此之外，該計畫進一步辦理空調性能測試調整平衡(TAB)訓練講習會，培訓冷凍空調技師及冷凍空調甲級技術士作為實施 TAB 之種子技術人員，輔以建立我國 TAB 行業。本計畫各補助案皆須執行 TAB 發包案，藉由簡單閥件之安裝、管線之修改與運轉參數之調整，而獲得

5% ~ 8%不等之節能效益，充分利用低成本及或無成本之改善策略，來達到節約能源以及 CO₂ 排放減量之目標，除可提升本計畫之節能成效，並可帶動 TAB 產業之發展，及相關冷凍空調產業之投入與擴大內需。

另外，每年度的改善案例亦會建立歷年受補助單位之網路 BEMS 資料庫平台，藉由網際網路之強大功能，將各改善案例之 BEMS 資料上傳，以建立各案例運轉資料庫，可進行實際節能減碳效益之數量化評估，對後續落實建築節約能源與溫室氣體減量之推廣應用將有甚大之效益。在政府部門的全力推動下，自 2008~2011 的四年間，「建築能源效率提升計畫」完成了 119 件中央廳舍及大專院校之舊有建築物能源效率提升補助案，短短九年左右的時間，與「綠空調改善計畫」的 97 年改善案，合計共完成了 216 件的建築物耗能改善案例 (圖 2-5)，其節能減碳的成果可謂十分豐碩。

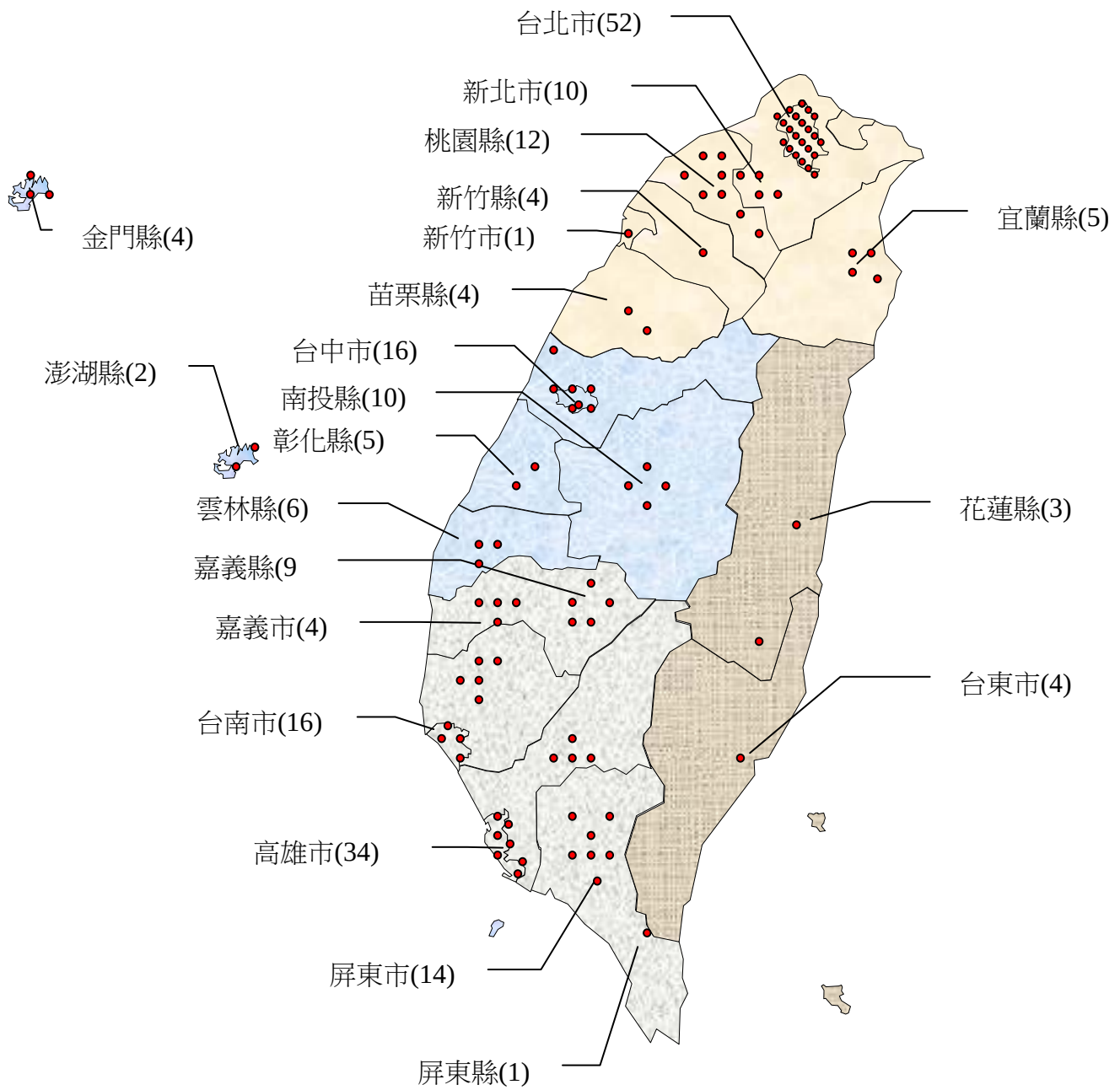
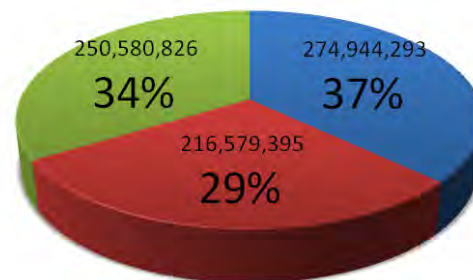


圖 2-5 2003 年起至 2011 年建築物耗能改善案例分佈

第三節 改造計畫化腐朽為神奇

結合政府「綠廳舍改善計畫」與「綠建築更新診斷與改造計畫」十多餘年的努力，自 2002 年至 2011 年間總共完成了 171 件舊有建築的綠色更新改造(圖 2-7)，投入經費超過七億四千萬元，改善實例遍佈全台灣各地，是作為綠建築教育及推廣的最佳示範，其改善案例平均節水節電率除提升至 10% 外，推估每年的可節省經費達 0.4 億元，並減少 CO₂ 排放 0.7 萬噸，進而達到節能減碳與生態環保之效益。



■ 綠更新經費 北區 ■ 綠更新經費 中區 ■ 綠更新經費 南區

圖 2-6 綠建築改造計畫各區經費分配

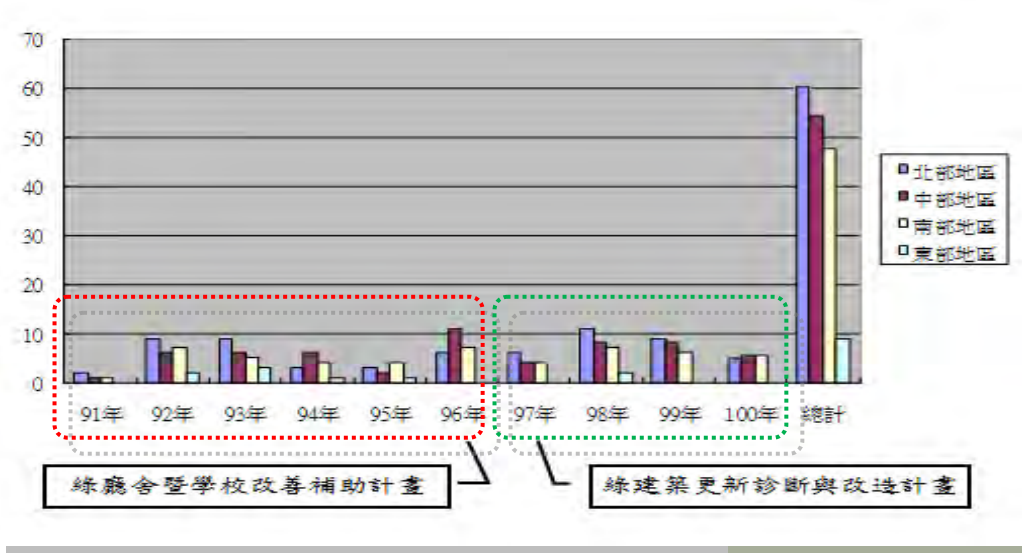


圖 2-7 綠建築改造計畫各年度案例成長

「綠廳舍改善計畫」與「綠建築更新診斷與改造計畫」實為點石成金的舊建築物綠色改造工程，除了使不良建築脫胎換骨，使舊政府廳舍及學校變得涼快、變得環保、變得省電省水、變得典雅美觀



外，同時，更新活化了舊有建築物原本設計不良的建築環境，搖身一變，成為更符合生態與環保之綠建築基地，約可提供相當於 480 萬隻昆蟲與 4 萬隻鳥類食餌與棲息之地，對生態復育貢獻良多。

2002 年以來「綠廳舍暨學校改善補助計畫」，共運用了生態、節能、減廢、健康等約 26 餘種綠建築技術(圖 2-8)，其中主要常見的改造手法包括有「基地綠化」、「基地保水」、「外殼節能」、「木構造利用」及「水資源利用」等多項建築性能的改善，「綠建築更新診斷與改造計畫」則運用「綠屋頂」、「戶外遮棚」、「基地保水」、「室內照明」、「室外照明」、「水資源」等六項技術手法進行改善，作為提供給民眾在未來選擇施作綠建築改造技術時之運用及運用。

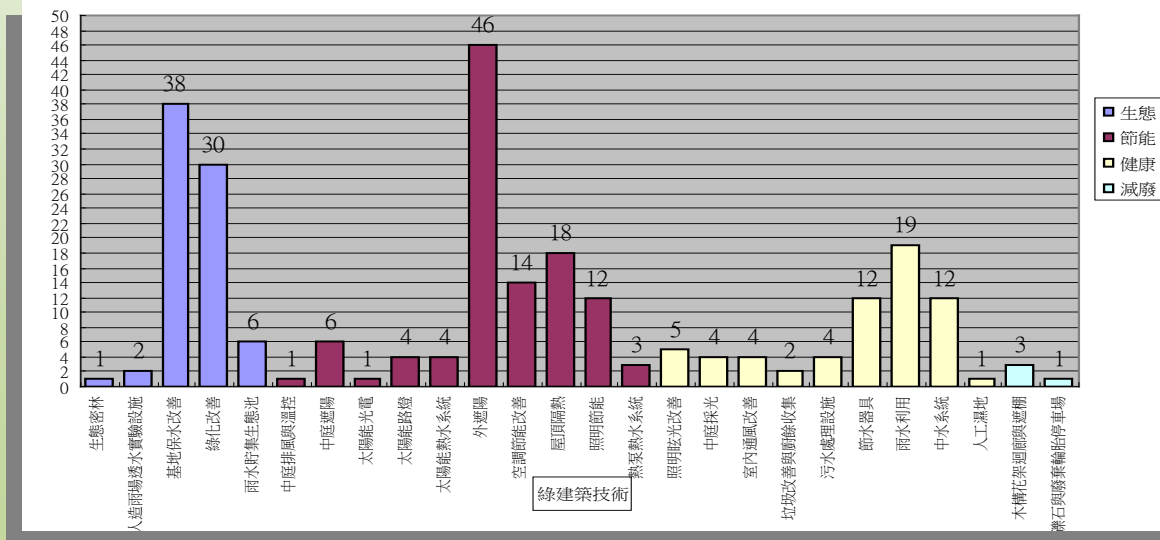


圖 2-8 綠廳舍計畫應用之綠建築改善手法統計

「綠空調改善計畫」於 2003 年至 2007 年間，組成北、中、南共 20 多位專家學者的團隊，2003 年共改善 28 個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣 22800 萬元；2004 年共改善 19 個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣 9300 萬元；2005 年共改善 15 個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣 10736 萬元，2006 年共改善 19 個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣 11425 萬元；2007 年共改善 16 個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣 9659 萬元。

而在「建築能源效率提升計畫」方面，總計 2008 年共改善 38 個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣 10285 萬元；2009 年共改善 28 個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣 8202 萬元；2010 年共改善 31 個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣 7908 萬元；2011 年共改善 22 個案例，實際改善工程之金額統計約新台幣 5676 萬元，其統計如圖 2-10、11 所示。九年來所改善的 297 件中央廳舍舊有建築之空調系統改善工程平均分配於北中南三區域，

這些受補助單位經「綠空調改善計畫」及「建築能源效率提升計畫」改善後，除了卓越的減輕空調用電費之負擔、改善室內環境的舒適性外，更進一步達到地球環保與節約能源的宗旨，其成果實在值得喝采。

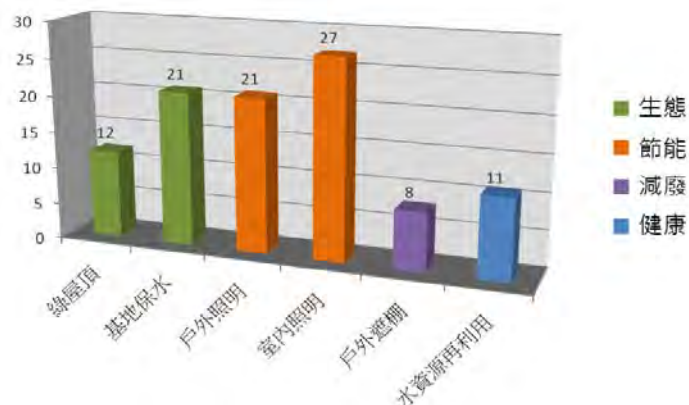


圖 2-9 綠建築更新診斷與改造計畫應用之綠建築改善手法統計

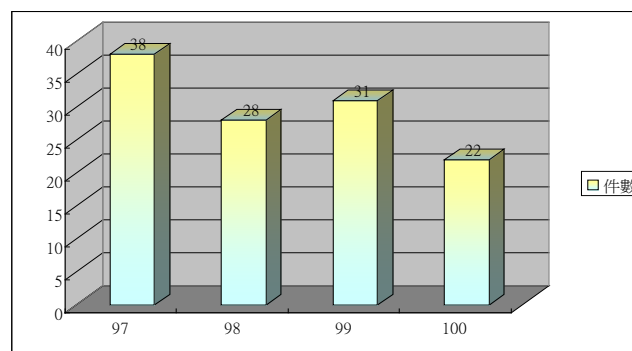


圖 2-10 建築能源效率提升計畫各年度案例成長

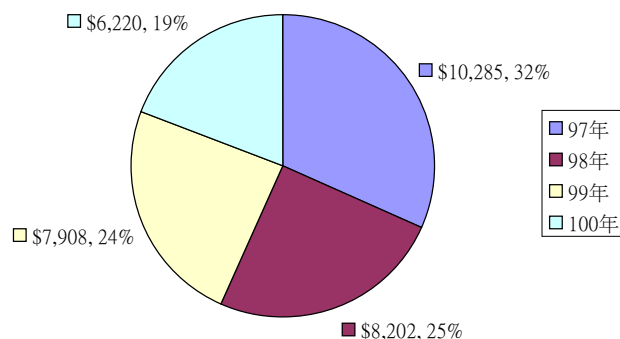


圖 2-11 建築能源效率提升計畫各年度經費分配



第四節 綠建築更新的漫漫長路

當然，並非所有的改善案件都能一直維持在良好的改造情況，特別是有些接受補助的建築物，在改善完工後欠缺持續的維護管理，任憑設備再次的老化、效能降低，如空調與照明等，或是擅自變更補助工程的後續使用，以一些天窗、綠屋頂的改善案件來說，常因使用者空間需求隨時在變，而荒廢、甚至更改這些設計美意，這其中最關鍵的步驟，便是後續的管理與維護。

因此，為了解計畫實際之後續執行成效，本計畫從 2009 年開始挑選過去的改善案例作為追蹤考核之對象，並將各案之使用現況與剛完工時之情形進行對照，記錄其差異之處及探究原因，以作為後續計畫執行之改善參考依據。除此之外，也開始進行該年度綠建築更新案件之滿意度調查，藉此發掘計畫執行之改善空間，以求計畫控管與執行品質方面之精進。

其由追蹤案件及滿意度調查的結果發現，多數獲得十分正面的反應，例如經過一二年的植栽生長期，許多複層綠化、綠屋頂改善的案件都已呈現了欣欣向榮的氣象（圖 2-13），而耗能空調、照明設備及雨、中水回收設備也依照當初改善的效率運轉中，若有使用不當或故障的情況，也立刻要求廠商校正維護。當然也會有維護不良的案件，例如改造後

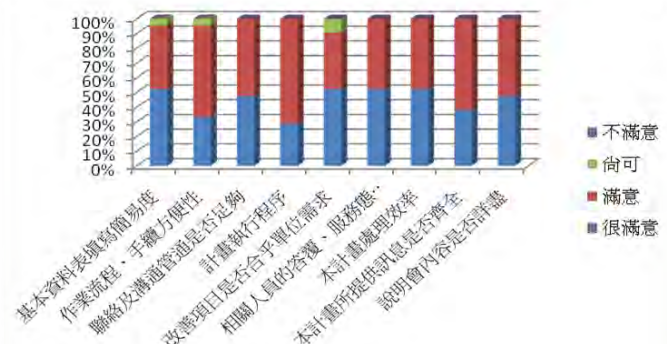


圖 2-12 綠建築更新案件之滿意度調查



圖 2-13 改善的中庭經過一二年的生長後，植栽明顯增加

的木棧道及戶外遮棚，長時間受到豔陽曝曬，會容易產生彎曲與變形的情況(圖 2-14)，或透水鋪面因車輛行駛頻繁而有破損等，但這些美中不足的地方正好說明了綠建築更新及維護是一件多麼漫長且持續的工作，任何良好的綠

建築更新，都需要改善者及建築使用者共同細心的良好合作，才能體現這些改造案的價值，否則所投入的經費、人力、時間，終將成為一場泡影。



圖 2-14 木棧道及戶外遮棚彎曲與變形的情况





第三章 綠建築！變！變！變！

第一節 生態療傷：生物多樣性環境改善

在綠建築評估系統中，「生物多樣性指標」與「綠化量指標」，是最足以展現生態環境品質的指標。自從 1992 年的世界地球高峰會議制訂了「生物多樣性公約」以來，「生物多樣性」一直是地球環保的最高指導原則。「生物多樣性設計」是以多樣化的土壤、植被、水文、氣候、空間來提供多樣化的綠地品質，以造就藏身、築巢、覓食、求偶、產卵、繁殖等功能的生物棲息環境，並藉此恢復大自然界原本豐富的生物基盤。本指標鼓勵以生態化之埤塘、

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生物棲地環境，同時以原生植物、誘鳥誘蝶植物、植栽物種多樣化、表土保護來創造豐富的生物基盤。唯有多樣化的綠地環境才能創造多一點「生物多樣性」，才能讓人類文明增添一點生生不息的可能性，以下特選出「綠廳舍改善計畫」與「綠建築更新診斷與改造計畫」中優良的改造範例進行說明介紹。

圖 3-1.1 誘鳥誘蝶植物及充足的小生物棲地是生物多樣性的基礎



為甚麼需要生物多樣性？

在人類對大自然建設開發後，生物日趨稀少，造成生態平衡的破壞，唯有提供生物藏身、築巢、覓食、求偶、產卵、繁殖、演化等功能的棲息環境，讓生物間彼此有交流的綠地，才能讓人類多一份生存的希望。



圖 3-1.2 成大的人工濕地不但有豐富的生物物種，亦有水資源再利有的功能

(1) 化腐朽為神奇—人工濕地

案例一：成功大學的人工濕地

位於成功大學的人工濕地改善案(圖 3-1.2、3-1.3)可說是「化腐朽為神奇」的最佳示範。此案將原本位於成大建築系館內一塊閑置、不起眼的空地(圖 3-1.4)，採用所謂「人工濕地污水處理系統」的設計，結合污水處理、雨水利用、雨水滲透與景觀造園，成為綜合性水循環生態設計之佳例。在這塊人工濕地上，利用了燈心草、蘆葦、香蒲等，高密度生長於濕地的挺水植物之根莖部土壤（root



zone system) 之分解活動，來達到淨化水質的功能，對於懸浮固體、有機物質、氮磷營養物、重金屬及微生物，均有高效率的淨化效能。另外這個人工濕地還結合了雨水入滲水池的設計(圖 3-1.5)，結合實驗與學生休憩、活動空間為一體；石版上方為爐石過濾層，屋頂收集之雨水以及來自人工濕地處理完之生活污水統一經過爐石層過濾後，導流至石版下方 50t 之中水櫃中貯存。



自 2003 年完工至今，已招來蜻蜒 10 種、蝴蝶及蛾 8 種、蛙類 3 種、鳥類 15 種，且生物種類數量正與日增加中，目前污水處理能力初步 BOD(生化需氧量)可由 180ppm 處理成 10ppm，大腸桿菌去除率達 100%，可說是極

為成功之生態人工濕地。過去許多人認為人工濕地污水處理是見不得人的東西，因而常被設置於隱密的後院，但本設計卻將之展示於眾人出入頻繁的景觀門面，顯然是一座最富生態教育的人工濕地設計。



圖 3-1.4 原建築系館死角空間閒置的情況



圖 3-1.5 原建築系館廣場改造後成為雨水入滲池

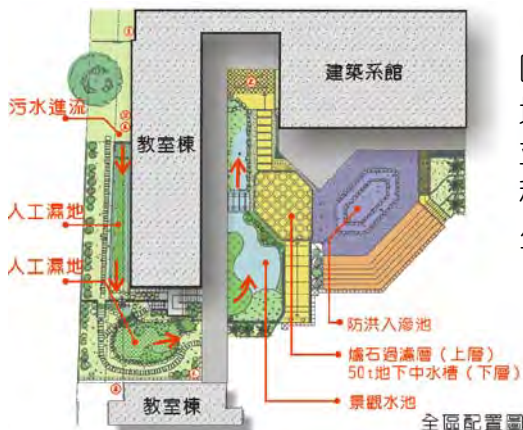


圖 3-1.6 人工濕地全區配置圖，並於景觀水池中種植高密度之水生植物



案例二：師範大學的人工濕地

本案基地位於師大分部，環境教育研究所北側之閑置空地。在執行師範大學人工濕地的改造時，與一般機能化之人工濕地專門處理污水不同，本案特別強調融合景觀設計同時營造生物多樣化之環境。

因此在執行人工濕地的改造工程時，特別保留庭院中先前栽種之數株老樹(圖 3-7)，避免移植而減低老樹的存活率。除了保留原先庭院內老樹之外，生態水池內栽種 16 種以原生種為主的水生植物，包括印度苔菜、台灣萍蓬草、風車草、菖蒲等共約 130 盆。庭園景觀方面，更栽植了棕櫚類植物計蒲葵 4 株、旅人蕉 4 棵；喬木類植物筆筒樹 15 棵、沒骨消 10 盆等；灌木類植物台灣姑婆芋、月桃、鵝掌藤等



一共 30m²，以創造美觀、生態的校園環境，為人來人往的師生提供一處綠意盎然的休息場所(圖 3-1.8)。

另外開挖水池所產生之廢土亦在基地內的西北角以土坵造景的方式達到基地內的土方平衡，無棄土運出本基地以減少對地球環境的衝擊。



圖 3-1.7 師大人工濕地開挖時特意配合原有庭院老樹之配置

圖 3-1.8 師大改造後生意盎然的人工濕地末段



圖 3-1.9 景觀水池邊以亂石堆砌塑造堆石湧泉意象

完成改造後的景觀化人工濕地面積約 150m^2 ，每日可收集環境教育所產生 2 公噸之生活污水做淨化處理，BOD(生化需氧量)去除率可達 85%以上，此外，本案針對環境教育研究所大樓屋頂的降雨排水進行雨水回收再利用，所有淨化後的生活污水及降雨排水至人工濕地旁的 10 噸雨水儲存槽中貯存，將來一方面可拿來當作生態水池的補充水來源，另一方面平日亦可拿來作為庭院草花澆灌的水源，在水資源取得不易的台灣更是一舉數得改造技術。



圖 3-1.10 完工後綠意盎然的師大人工濕地一景

(2) 小生物的天堂－生物多樣性棲地

案例一：高雄大學生物多樣性棲地

本案基地位於國立高雄大學校園西側，一塊面積約 2 公頃，週邊環境自臨接森林山丘、田徑場、棒球場、文學院建築群預訂地、親水開放空間等，原本開發前是一片魚塭、苗圃、菜園，景觀及植生均十分的貧乏(圖 3-1.12)。

此案特別著眼面積足夠基地的生物基盤改善潛力，生物多樣性設計貴在提供「小生物棲地」。所謂「小生物棲地」也許只是一個可以讓青蛙、鯽魚、水草、浮萍、岸邊灌木共生的池塘及水岸環境，也可以是甲蟲、蜈蚣、青



圖 3-1.11 高雄大學生物多樣性棲地植栽配置概念圖



圖 3-1.12 改造前一片荒涼的基地景觀及地貌



蛙、蜥蜴、蝴蝶、蜂、鼠兔、小鳥、蝙蝠等動物的藏身、覓食、築巢之濕地、茅草屋頂、亂石牆、雜生密林。高雄大學的「生態多樣性棲地計畫」，在原有自然水塘岸邊，圍繞出密閉金屬圍籬以保護鳥類生物不受人為干擾或野貓野狗之攻擊，在水池中增設一些浮木、木椿、樹根以讓鳥類駐足(圖 3-1.13)。

此計畫改造了「水鳥棲地及水域植物區」、「引蝶植物密林區」、「誘鳥植物密林區」、「清涼樹種植栽區」四種不同主題的區域(圖

3-1.13)，創造了 200 m^2 的小混合密林，以提供原本基地生態中鷺科 7 種，燕科 4 種，行鳥科、秧雞科、鶯科各有 3 種的鳥類及各類動物築巢、睡眠、繁殖的隱蔽屏障，對野鳥生態環境有莫大助益(圖 3-1.13)。混合密林應仿照天然林之生態，以多層次、多種類、高密度之喬木、灌木、地被植物混種之形式來設立。在密林中並堆置一些枯木、薪材、亂石的生態小丘，以營造小生物藏身、覓食、築巢、繁殖的小生物世界，積極營造友善的生態環境，促使原地生物能逐漸回流。



複層的混種密林生物棲地



栽種能夠引誘昆蟲來棲息的物種



水鳥棲地及水域植物區環境改造



穿越車道之地下動物涵洞

圖 3-1.13 改造後密林區及水生棲地創造了多處多孔隙環境，以提供生物繁衍的隱密空間

(3) 生態工法與生物多樣性的結合－生態水池

案例一：花蓮高農生態水池

花蓮高農的生態水池改造案例則是水岸生態工法與生物多樣化設計的結合，森林科學教學苗圃旁因校方無維護經費，導致長年雜草叢生，造成環境維護困難，而且周邊居民常會在此堆置垃圾嚴重破壞環境衛生，而農經科水池週邊的 R.C 邊坡，並無法提供天然的溼地生態，喪失原本做為教育環境的美意，所以藉由本計畫改善為生態教學的示範場所。

圖 3-1.14 改造前森林科苗圃旁閒置空地雜草叢生及農經科水池護岸為 R.C 造的現況



圖 3-1.14 生態水池改造後成為對生物更友善的多孔隙植生護岸

水域環境是萬物匯集交流最豐富，魚蝦類、兩棲類、爬蟲類、甲蟲類、昆蟲類動物聚居，水生植物與灌木喬木叢生之處。但是原有水池是一個水泥化邊坡之護岸，岸邊缺乏生態



圖 3-1.15 改善前雜亂無整理的環境，及無法涵養小生物的 R.C 邊坡



綠地，阻礙了生物棲息與基因交流的通路，使得原水域環境的生態潛能大打折扣。本計畫除了運用砌石護岸工法將水池還原成適合生物棲息移動的多孔隙植生護岸外(圖 3-1.14)，更

在周圍環境中廣水岸、水生植物，以提供生物躲藏、棲息、覓食與繁殖的機會(圖 3-1.16)，本案例是東部生物多樣性改善的精彩案例之一，堪為「綠廳舍改善計畫」的表帥



圖 3-1.16 改造後的生態水池兼具景觀與生態功能

圖 3-1.17 改善前雖有水域區域但周遭景觀單調，欠缺多孔隙環境及多樣性的物種



案例二：雲林科技大學體育館生態水池

國立雲林科技大學體育館旁原本為一片無步道、設施的大草皮，也無任何可以讓師生與民眾暫留的景點設施，而水域區域有雖有荷花栽植，但植生物種不足導致生物多樣性的豐富度不高(圖 3-1.17)，因此藉由本計畫補助，

以整地的創意手法塑造存水灣，讓草皮、土地有一定程度的水分涵養，並增添生物多樣性與多孔隙的元素，以塑造小生物更優質的生存境。



圖 3-1.18 改造後的存水灣讓景觀充滿變化

本案經改善後的存水灣除了具有增加貯水量約 15m^3 的功能外，另在護岸周邊配置了多樣的水生植物如銅錢草、菖蒲等 60 餘種，

使陸地環境與水岸環境更加共生融合，造就可提供生物藏身、築巢的棲息環境，藉此恢復大自然界原本豐富的生物基盤。另外，所增設木棧人行步道也可讓人類得以欣賞美麗多元的生態水池美景，但又不至於侵擾到小生物的居住環境，發揮保護基地綠地生態品質的目的。



圖 3-1.19 改造後生態水池兼具景觀與生態功能



圖 3-1.20 木棧人行步道也可讓人類得以欣賞美麗多元的生態水池美景

案例三：台灣自來水股份有限公司第八區管理處生態水池

第八區管理處淨水廠位於風光明媚的宜蘭縣，場區內各種水池、水道與湧泉為最大特點，本改造的區域原為一濕地，地下湧泉可常年補水，但現況為一片芒草叢，雜亂且為單一物種的乏味景觀(圖 3-1.21)，使得水池「藍」及草地植生的「綠」無法充份的結合。本生態池之設計目標以中小學戶外教學為主要功能，故設置了較多解說教學及體驗空間，使結合歷史性的淨水設施與保存良好的生態環境發展成為具水文與生態展示及教育功能的園區。

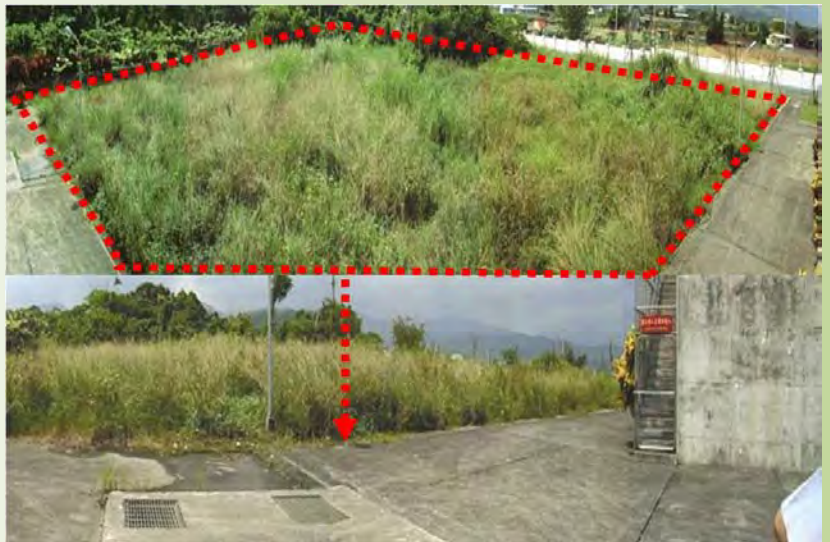


圖 3-1.21 改造前的水池的景觀情況

為了讓學童在日常的生活與學習過程中，體驗植栽及生物多樣化的呈現，脫離人造景觀單一植相的缺點，因此本案以回復豐富的生態、增加綠化量為主要目標，於生態水池週邊種植茄苳、台灣赤楊、風箱樹、野牡丹等喬木及花草；水生植物的部份則種植蓮花、茭白

筍、蘆葦等。另利用木棧道將沼澤區、水生植物區及原有混合密林三者串連起來，並藉由廣場、平台與涼亭，作為自然觀察與體驗的學習場所，形成一戶外多樣性的自然教室，以營造和原先完全不同的水池風貌(圖 3-1.22)。



圖 3-1.22 第八區管理處淨水廠改造後生態水池的全景

(4) 蝴蝶翩翩起舞－生態複層綠化改善

案例一：內政部役政署生態綠地

本計畫對於綠地景觀的改善，著重於「生態綠化」的規劃，矯正過去整齊化一、幾何圖騰種植的偏頗美學，而改以不同樹種、高低錯落的多層次植栽概念，運用喬木、灌木、草花

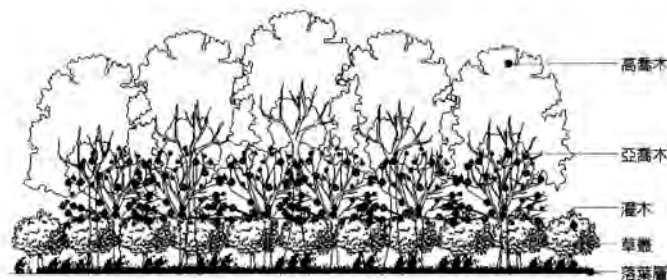


圖 3-1.23 生態複層的概念



圖 3-1.24 改造前綠化不足且單調的前庭花圃綠地

與藤蔓混種方式，任由植物枝條型態自由雜生成長，以建立穩定的植群，塑造自我適性的生態系統。本計畫創造了多處生態綠地，例如內政部役政署第二辦公室前的花圃綠地，將整體綠化環境品質從原本單調的草花花圃提升成複層綠化的生態綠地(圖 3-1.24、25)；第一辦公室停車場的單調綠化植栽改造計畫。這些案例都是以誘鳥誘蝶植物與原生種植物混種來綠化，可引來翩翩飛舞的蝴蝶與採食花果的鳥群，對生物多樣化環境有莫大的助益。



圖 3-1.25 改造後的成為較具生態理念的複層綠化綠地

案例二：曾文高商自然護綠地

曾文高商學校入口大門內兩旁為二個面積相當大的水池，但周遭卻是生硬方正的水泥岸和不透水化、生態貧乏的人行步道(圖 3-1.26)。因此，本案所進行之綠化改善將原有危險陡峭、常常淹死兒童的埤塘護岸，改為平緩的大綠地自然護岸(圖 3-1.27)，創造出一個高低水面的生態緩衝區，並廣植喬木植栽 182 棵，灌木 1615 株，水柳 15 棵，攀爬蔓藤 684m²，草地 4000m²，綠化成果非常豐碩。另外，在護岸的周遭以景觀木構廊道配合綠化植栽，夏日時木構廊道上佈滿的爬藤植生，可提供人們一處陰涼休憩的空間，並創造出更加生態友善的校園綠化環境。



圖 3-1.26 人工化、僵硬的護岸，且因水深危險以護欄作為安全圍籬無親水空間



圖 3-1.27 改造後水岸、木構廊道與綠地之構成的喬木、灌木複層綠化



第二節 節能又美麗的建築外衣：綠屋頂設計

因由都市環境中綠地的不足、地表不透水化、人工發散熱大、地表高蓄熱化等因素，使都市有如一座發熱的島嶼，其發熱量在都心區域產生上升氣流，再於四周郊區流入冷流成循環氣流，使都心呈現日漸高溫化，此一現象稱為「都市熱島效應」(圖 3-2.1)。

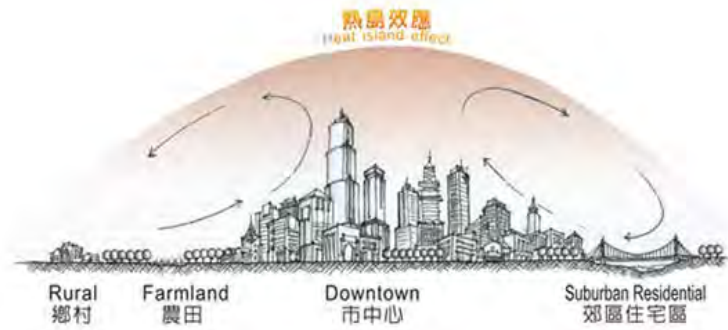


圖 3-2.1 都市熱島效應及在其上空形成的塵罩

而都市高溫化不但造成人類居住環境的惡化，也導致生態環境的混亂，在寸土寸金的台灣都市中，綠屋頂更是兼顧生態與降低都市熱島效應的重要對策(圖 3-2.2)。所謂綠屋頂的改造，便是有效的利用改造建築物的屋頂空間，發揮生物多樣性原則中立體綠化的概念，營造出一片五彩繽紛的低維護屋頂花園。除了設計上選用原生、耐旱、耐風的植物，減低澆灌及無農藥施肥等人工化等的景觀陋習外，這

件美麗的建築綠色外衣，還有著改善屋頂隔熱性能，節約空調耗能的作用，同時亦在綠屋頂上設置對環境友善的木構造棚架或步道設施，是一個有多向改造意義的複合型設計。在披上了這層綠色大衣後，屋頂不再只是一塊水泥平台，而是一個可提供使用者駐足停留，放鬆心靈的綠色空間，同時也可調節都市微氣候，是台灣從都市熱島邁向都市綠島的重要指標性改造工程。



圖 3-2.2 綠屋頂可以藉由增加雨遮蔭及地表輻射減量，可達成降低都市熱島效應



圖 3-2.3 改造前閒置無作用的國家考場大樓屋頂

案例一：考選部國家考場大樓

國家考場大樓的屋頂，一年四季常舉辦國家考試，夏季屋頂受太陽輻射熱的影響，在沒有使用空調的狀況下，室內溫度高升，考生們炙熱難耐，故藉由本計畫之補助，將現階段屋頂為閒置無作用的情況(圖 3-2.3)，除增加本身的隔熱效果外，另能增加大量的綠化面積及豐富的植栽，使其成為一具友善親近的場所。

在不破壞原有屋頂面防水隔熱層原則下，本計畫鋪設不同材質隔熱層，使熱傳導係數 U 值從 $0.99 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ 降低為 $0.73 \text{ W}/$



圖 3-2.4 改造後屋頂隔熱性能改善、綠化量增加



($\text{m}^2 \cdot \text{k}$)。屋頂及立面窗臺增設活動式植栽槽，內植本土種或誘鳥誘蝶的耐旱植栽，結合回收雨水自動澆灌系統，減低澆灌的用水需量。最終改善增加於屋頂的植栽計灌木 360 株，爬藤植物 100 株，草花及草皮 250 m^2 ，於建築物生命週期的 40 年間，約可固定二氧化碳量高達 12 萬 kg；另外屋頂沃土覆土深度達 50cm，可涵養水量的花園土壤體積共達 72 m^3 ，而屋頂的木構造棚架更增添了建築物生動活潑的立面表情(圖 3-2.4)。



圖 3-2.5 改造後的屋頂成為可親近的空間

案例二：台中都會公園

台中都會公園位於台中縣市交界大肚山台地，面積八十八公頃，是具有休閒遊憩、環境、保育及環境教育等多功能的大型都市森林公園。除了提供大台中都會區民眾休閒遊憩的空間，同時也兼具有都市綠地緩衝帶以及防災避難的功能，園區內的植被及水池濕地等環境

也提供了動物棲息的場所。

台中都會公園管理服務中心因屋頂隔熱效果不彰，屋頂大面積蓄熱導致室內熱環境品質低落，對於行政人員的確造成莫大之影響，也增加空調耗能的負荷，且管理中心地處都會公園生態豐富的地域內，若能將屋頂加以綠化



圖 3-2.6 台中都會公園平面及改造位置

既可以達成我們綠屋頂的目標，可以達到屋頂成為生態跳島的可能性(圖 3-2.6)，並兼具人為使用與生態效益提升的改善。

因此經現勘評估後，於管理服務中心之屋頂層改善為覆土植栽槽並種植多元的蜜源植栽，藉以有效阻絕屋頂熱傳透、改善室內熱環境舒適度、節約空調能源費用並提供動植物棲息、遷移等生活空間。本案於綠屋頂隔熱完工後有效阻隔日射熱源傳至室內，有效提昇室內熱環境品質；而在生態效益上，在改善過後因增植蜜源植物，使得小昆蟲與鳥類已能在屋頂上處處可見，對於節能外之生態效益也有很大的助益(圖 3-2.9)。



圖 3-2.7 台中都會公園管理中心屋頂改善前日曬嚴重



圖 3-2.8 台中都會公園管理中心屋頂植栽槽覆土及木藤架施工過程



圖 3-2.9 台中都會公園管理
中心綠屋頂完工現況



案例三：國立科學工藝博物館

國立科學工藝博物館是國內第一座應用科學博物館，亦為南台灣第一個國立社教機構，以蒐藏及研究科技文物、展示與科技相關主題、推動科技教育暨提供民眾休閒與終身學習為其主要功能。經過實地踏勘調查後，發現館方為了減少屋頂日射吸收，於三樓屋頂露台設置大量盆栽。屋頂種有苗栽花盆作為庭園補

植及室內美化之用(圖 3-2.12)，但目前該工作是以人力施作澆灌及養護工作，且無整體規劃，對於樓板排水、環境綠美化、人力支援及空調排放水的效能皆無整合，導致無法發揮其整體效能。由於參訪科學工藝博物館的人潮眾多，使得本案的綠屋頂改善極具有示範宣導功能。

過去覆土式設計的屋頂花園，常因為屋頂層結構體裂縫、防水老化開裂或是排水不良等問題，在施作完屋頂花園之後，發生屋頂漏水的現象，這是屋頂花園改造所面臨最大的挑戰。為了避免上訴情形之發生，本計畫多採取模矩化盆栽的設計，一方面讓涵水土壤與屋頂

排水面適度隔離，另一方面方便維護管屋頂排水系統。而模矩化的盆栽系統(圖 2-2.13)，只要設計得當，亦可以讓綠意連成一體，看不出盆栽間的接縫。在施工上，模擬化盆栽系統可以減少屋頂防水層的施作，而在日後維護管理及變更植栽配置時，都能有效減少工作量。

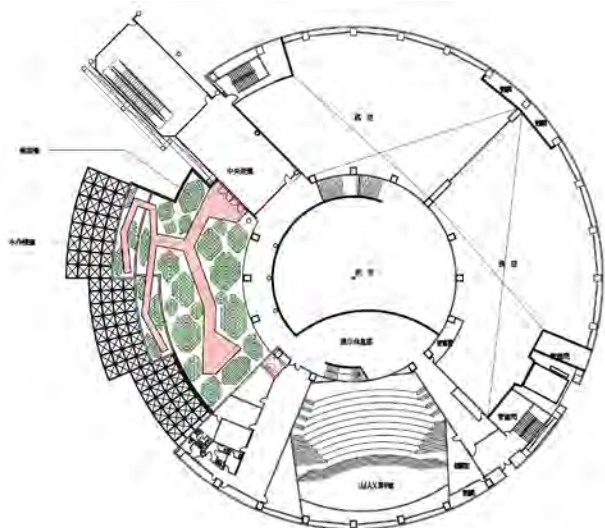


圖 3-2.10 綠屋頂模矩化盆栽與步道配置圖

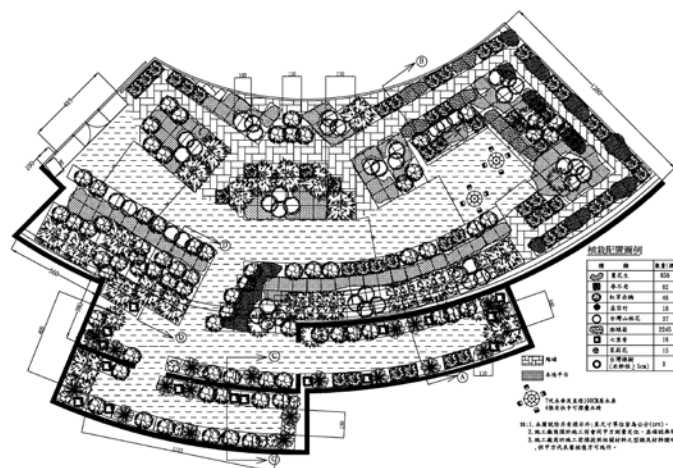


圖 3-2.11 綠屋頂改善後植栽配置圖



圖 3-2.12 科學工藝博物館改善前屋頂露台鋪設木板露台堆置盆栽之情況



本案在不破壞原有屋頂面防水隔熱層原則下，主要動線由實木步道與平台構成，以模矩化活動式植栽槽創造植栽綠化後，綠意延伸至步道面的機會，使民眾與大自然更加親近(圖 3-2.10、11)。在植栽的選擇上，以多層次綠化、多樣性綠化與本土誘鳥誘蝶綠化為原則，喬木有台灣梓樹 9 株；灌木類有春不老 62 株、紅芽赤楠 46 株、孟宗竹 18 株、台灣山桂花 37 株、七里香 16 株、茉莉花 15 株；爬藤植物有澎蜞菊 2901 株、蔓花生 656 株。

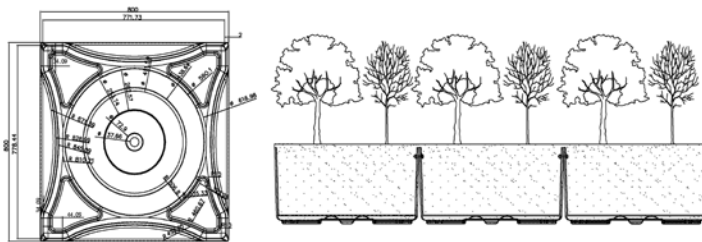


圖 3-2.13 模矩化盆栽實例及構造示意圖



除此以外，植栽槽體採蓄水式設計，以有效減少澆灌用水；部分植栽介質採用水庫淤泥燒製而成的陶粒，以降低屋頂荷重，同時達到保水的效果。改善後植栽槽與木構造步道現況如圖 3-2.14 所示，待綠屋頂草木扶疏、綠意盎然之後，即將成為國立科學工藝博物館另外一個斬新的戶外休憩空間



圖 3-2.14 改善後於
綠屋頂上步道隔熱
磚與植栽槽之現況



案例四：國軍桃園總醫院



圖 3-2.15 國軍總醫院改造前的人工屋頂

國軍總醫院是國防部軍醫局所屬北部戰區責任中心醫院，同時提供桃、竹、苗地區一般民眾健保的醫療照顧，更是緊急支援重大災變的快速醫療救援團隊。由於院區建築物量體龐大，屋頂層均無隔熱措施，僅護理之家外側規劃有景觀水池、兒童遊戲區及局部綠化等休憩空間(圖 3-2.15)，但由於水池的水源為自來水，水池淺且面積大，蒸散快速而相當耗水。故藉由本計畫之補助，除增加屋頂隔熱的性能外，亦將其改善為較易親近的場所。

經由綠廳舍服務團隊之改善，將原有自來水源之水池廢除，以架高木構平臺為主要隔熱工法，為考慮坐護理之家輪椅者行動之方便，貼心規劃一殘障坡道，並擴展平臺範圍，將突出之通風口美化為座椅區，同時設置美觀又有

木構花架之立柱



設置植栽槽



於植栽槽內填
沃土



圖 3-2.16 綠屋頂施作的過程

減廢意義的木構花架，使患者於夏日休憩時有所遮蔭，為考量防水層不被破壞，在木構平臺周邊設置預鑄式植栽槽及填沃土，以複層植栽手法種植原生種的植栽，使原本半廢棄的屋頂平臺煥然一新(圖 3-2.17)。

綠化方面，在北棟 5 樓原有一屋頂花園，因此於原址增設架高約 45cm 之木構平臺，利用空氣層對流之原理改善屋頂隔熱效能，改善面積約 480m²。並於部份女兒牆旁地面設植栽槽，覆蓋高約 30cm 之輕質壤土



圖 3-2.17 木構平臺及植被複土改善了屋頂隔熱性能



圖 3-2.18 改造後的綠屋頂木構花架及休憩區

(比重低於 0.6kg/m³)，亦可增強隔熱效能。木構花架方面，因屋頂遮蔭不良，特利用原有屋頂預留矮柱為基礎，設遮蔭木構花架，面積約 100m²。除此之外，女兒牆上另加裝直立式木格柵花架，供爬藤植物生長攀升(圖 3-2.18)。此項改善工程使用之木料共約 38m³，可固定大氣中二氧化碳 6 萬 8,000kg。綠化量方面，前述植栽槽中，新植灌木 30 株、爬籐植物 400 株、草花綠地 100m²，綠化效果如以 40 年期計算可固定二氧化碳 8 萬公斤以上，在減緩都市熱島效應上有十分的助益。



案例四：行政院衛生署樂生療養院



圖 3-2.19 屋頂改善前，單調破舊的現況

「行政院衛生署樂生療養院」是台灣第一處、也是現今僅存唯一公立收容、治療癲病(俗稱痲瘋病)患者的專門機構，因為樂生性質為療養院，病患經常需要散步活動，除了中庭廣場外部分會到屋頂休息，然目前屋頂層除了管線外，即為灰濛濛的混凝土色(圖 3-2.19)，景色單調無生趣，影響病患於醫院的生活品質。

因此本計畫將原本的隔熱磚上增設木平台，改變原本生硬難以接近的感覺，配合戶外花架設置，利用花架減少太陽直射的熱量，並提供遮蔭的功能；與圍牆之間的空間，以種類豐富的植栽圍塑，除了可以增加二氯化碳固定量外，亦可提高綠化量，並提供生物棲息之空間，使建築物屋頂有如水泥叢林中的「綠島」；在木造平台上設置座椅區，使病患於夏日休憩時有遮蔽的頂蓋，增加使用的舒適性。



圖 3-2.20 木造平台與圍牆間以綠帶軟化

由於平台與花架均使用再生林實木，更加提升二氯化碳固定量之功能，而且綠屋頂提供一個寧靜祥和的空間，有助於人們能舒減壓力緩和情緒，更能成為久住的病患，良好的休憩及復健空間(圖 3-2.22)。



圖 3-2.21 交錯的屋頂形式形成豐富的光影變化



圖 3-2.22 綠屋頂施作完成現況

在綠屋頂的改善項目中，本案採用木料約 40.9m^3 ，可減少 CO_2 排放量約 $35,000\text{kg}$ ，另屋頂上所種植栽計灌木 80m^2 、草花及草皮 40m^2 及爬藤類植物 164m^2 ，其 40 年期間可增加 CO_2 固定量約 $41,200(\text{kg})$ 。另原有屋頂熱傳透率約為 $1.99(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ，經覆土植栽施作後屋頂熱傳透率約降為 $1.02(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ，熱傳透率減少 50%，不但能有效降低夏季耗電量，同時可加強政策宣示，達到綠建築政策目標。



第三節 還原大地的呼吸：基地保水改善

最近台灣社會每逢颱風季節，即提心吊膽於土石流災難，尤其近年許多颱風引起都市大淹水，令人怵目驚心。許多人都把災難的矛頭指向河川整治不力或山坡地的社區濫建。事實上，這些災難部分起因於城鄉環境喪失了原有的保水功能，使土壤缺乏水涵養能力，斷絕了大地水循環機能，因而使得地表逕流量暴增，而導致水災頻傳(圖 3-3.1)。

然而這些災難並非不可避免，山坡地社區也並非完全不可開發，我們只要加強建築基地的保水、透水設計就大可減緩其弊害。本計畫之「基地保水改善」是一種新穎的「分散風險」概念，讓每一塊土地擁有蓄洪的能力，讓基地恢復涵養水分、貯集雨水的功能，以達到生態防洪的目的。

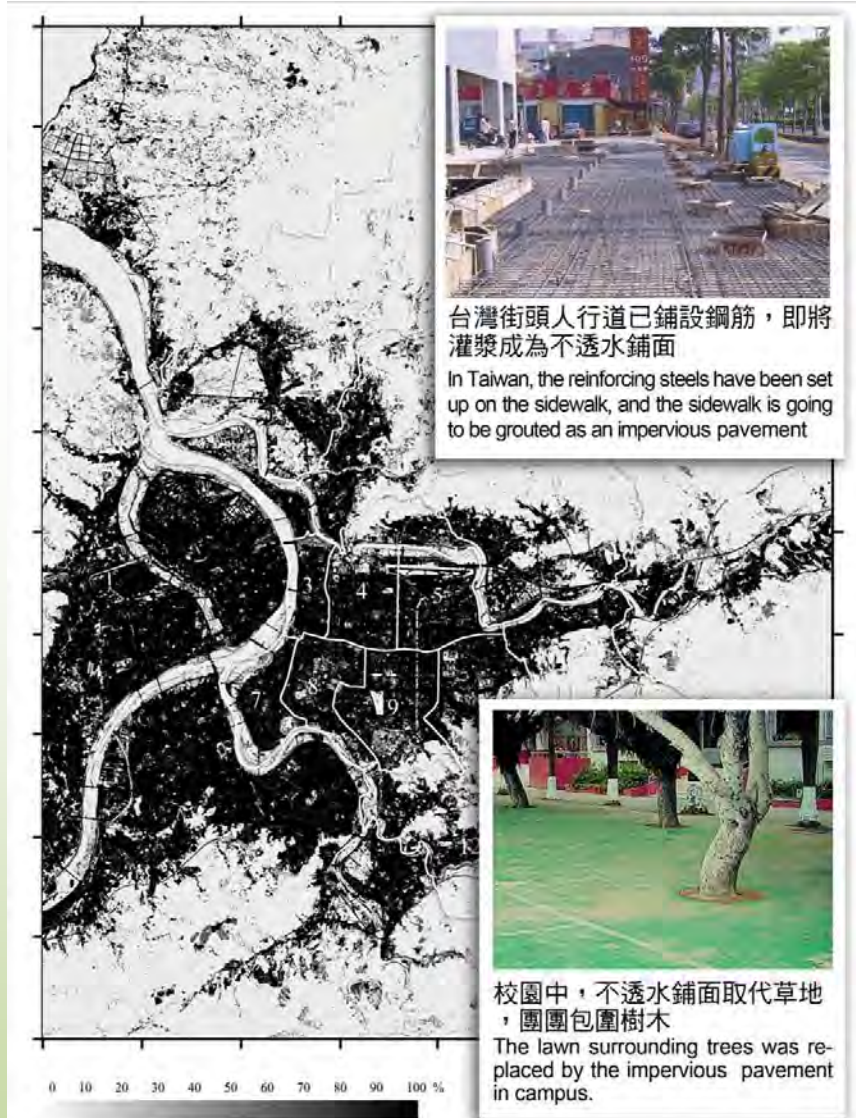


圖 3-3.1 衛星遙測台北市地表不透水面積數值(2007 年)

(1) 草溝排水—利用地形增加透水面積

案例一：集集特有生態保育中心

本計畫於集集特有生態保育中心的生態園區內進行改善，將原有不具透水性能之混凝土排水溝(圖 3-3.2)，改建成一段具滲透效果之「草溝」，不但巧妙的運用地形洩水坡度達到排水效果，更提供雨水自然滲透的機會(圖 3-3.3)，同時亦為小生物及人類行走間的干擾

提供了一個緩衝地帶，是最佳的生態排水工法。假如民眾可以改變迷信水泥化建設之陋習，在許多社區推行這種生態排水工法，則政府可省下許多冤枉錢，對於生態、防洪均有莫大好處。



圖 3-3.2 改造前人工化、單調鋪面的原有排水溝

圖 3-3.3 改造後成為最具滲透機能之草溝





(2) 透水鋪面—打開大地的毛細孔



圖 3-3.4 役政署原停車場不透水柏油鋪面(左圖)，經本計畫改善為具滲透機能之植草磚(右圖)

案例一：內政部役政署辦公廳舍

內政部役政署辦公廳舍廣場之停車空間，經本計畫規劃而全區改善為透水鋪面或綠地(圖 3-3.4、5)，並部分利用 921 大地震倒塌建築物回收之再生礫石與廢輪胎作為鋪面改造材料，深具環保與教育意義(圖 3-49)。另外，本計畫警政署、苗栗醫院、新竹醫院、虎尾科技大學...等單位之停車格進行透水鋪面改善，甚至對於役政署、中央警察大學、豐原醫院、集集特有生物保育中心...等單位進行大規模的地表透水化改善，可說是施行「基地保水改善」上最重要的一環。另外，台東高中利用竹管與透水磚，還原出大地應有的透水性能，是一種生態透水鋪面的典範。



圖 3-3.5 停車場滲透植草磚細部

內政部役政署第一辦公室東側變更為停車格設計改善後，採用碎石鋪設停車格(圖 3-3.6)，使其雖具有自然透水功效，且在輪胎處增加硬的透水性鋪面，才不會使車子於下雨天時，輪胎陷在碎石裡，而碎石亦可由九二一震災後的營建廢棄物篩選而來，更具有運用再生建材之意義。並在中央留設綠化面積，供植栽之栽種，始能達到覆層植栽之觀念



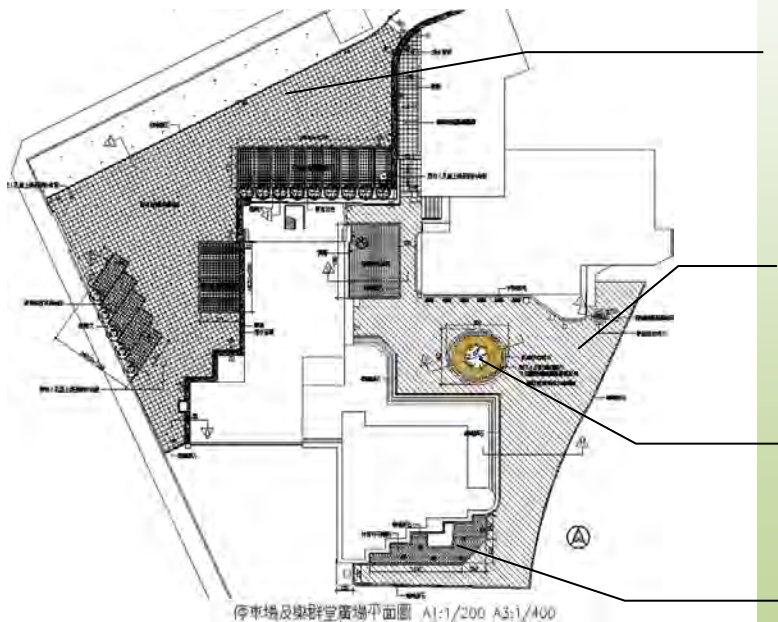
圖 3-3.6 役政署部分利用 921 大地震倒塌建築物回收之再生礫石與廢輪胎來作為鋪面改造材料



案例二：台東高中

台東高中校園停車場以及連接校外之車道原全為水泥鋪面，完全不透水化，造成夏天炙熱影響周邊教室上課的舒適環境。不透水化的表面下大雨時，造成大量地表雨水逕流，增加都市洪峰負荷。另外於體育館前之廣場亦全為地磚不透水鋪面，下雨天地表面濕滑容易造成安全之疑慮(圖 3-3.7)。因此在本計畫的協助下，將原本的不透水停車場與廣場，改造成透水化鋪面，同時原本生硬的水泥排水溝，也在這次工程中一併處理成透水盲溝，以內埋設的排水帶排水。

圖 3-3.7 不透水化的停車場及廣場，水泥化的花台扼殺老樹生機



停車場透水鋪面
改造

廣場透水鋪面改
造

老樹花台改造
位置

以竹管排列組
成之透水鋪面

圖 3-3.8 不透水停車場與體育館前廣場改造位置圖



圖 3-3.9 原本老樹花台敲除以乾砌砂岩石塊收邊處理



圖 3-3.10 停車場改造成透水鋪面，兩側排水並以盲溝處理

不僅如此，原本於體育館前廣場及車道所敲除的廢棄混凝土塊統一回填至停車場底下作為透水鋪面的級配層，將原本要運棄的營建拆除廢棄物在校園內回填處理，不但可降低運費減少廢棄物之產生，同時更符合綠建築中廢棄物減量的精神。而原本體育館廣場中之老樹

因原本的水泥花台而造成樹根生長不易，扼殺老樹生機，也一併列入改善項目之一，將水泥花台改造成裸露透水緩坡，拆除原本水泥花台之束縛，並以乾砌砂岩石塊收邊處理以與廣場透水鋪面廣場相接，增加多孔隙環境，增添原本生硬人工鋪面中生生不息的可能性。



圖 3-3.11 體育館前廣場現全面改成透水磚與竹管透水鋪



案例三：左營醫院

國軍左營總醫院位於高雄市左營區，平時提供社區軍民優質之醫療照護，戰時則肩負動員及整合責任區各類醫療資源。經綠更新團隊現場勘察，本案停車場為在體檢中心及員工宿舍之間，鋪設了大面積的不透水之柏油鋪面(圖 3-3.12)，不僅在雨後常造成積水與提高下水道之負荷，同時在都市熱島及環境景觀上都非常的不利。

本案的改造手法主要以透水磚鋪面取代原有停車格、透水柏油取代道路之柏油鋪面，使其提高整體基地透水效果與保水能力。此外規劃中央分隔島(圖 3-3.13)，上植複層植栽，藉此美化整體停車場環境，使其不再是生硬的柏油路面。並規劃種植各式植物如台灣欒樹、馬纓丹、樹蘭等，實現複層綠化精神並增加物種歧異度，為一舉數得的基地保水改善案例。



圖 3-3.12 原有停車場的柏油不透水路面

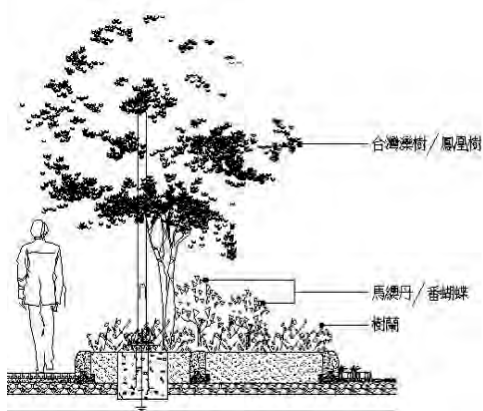


圖 3-3.13 停車場複層植栽種植示意圖及改善後現況照片





圖 3-3.14 透水柏油施工時的過程及現況照



案例四：內政部雲林教養院

內政部雲林教養院主要為不幸少女多元模式的中途學校，亦辦理十八歲以下不幸少女與十八歲以上智障婦女委託安置收容，推展志願服務、社工系實習等活動。經過綠建築更新團隊實地現勘後，發現其行政大樓前方停車場主要供應行政人員及來訪家屬停車使用，該停車場為不透水柏油地的區域，不具吸水、滲透、保水能力，剝奪土壤內微生物的活動空間，減弱大地滋養植物的能力。土地失去了蒸發水分潛熱的能力而無法調節氣候，導致院內環境高溫化的現象產生，亦導致夏季時節無法迅速散熱，雨季時無法發揮基地保水之功效。

因此本計畫重新規劃設計停車場，車道部分保留原有柏油材質，停車位則改為植草磚，拆除既有停車場混凝土不透水鋪面，改以碎石級配為基層，搭配表面鋪設植草磚及高壓結晶磚，以提高整體基地透水效果與保水能力(圖 3-3.15)。改善之面積含 14 個汽車停車格約 572m^2 ，所增加之基地保水量約為 $496.86 (\text{m}^3)$ ，除可減緩都市熱島效應，鋪面改善後基地保水性能提升，基地涵養雨水能力增加，有益土壤內微生物活動，進而改善土壤之活性，維護建築基地內之自然生態環境平衡。



圖 3-3.15 原有停車場的柏油不透水路面改善後成為可透水之植草磚及高壓結晶磚

(3) JW 生態工法—可開坦克車的透水鋪面

案例一：行政院海岸巡防總局

行政院海岸巡防總局負責掌理海岸與非通商口岸查緝走私、偷渡、犯罪偵防及海岸管制區之檢查管制，並協助通商口岸之安全檢查等事項。本案經過實地踏勘調查及評估後，發現營區內中正堂廣場、情報組停車場、後勤組停車場共三處，扣除主要車道後共 2,600m² 的基地表面均為不透水化之鋪面，導致排水能力

喪失，雨天容易產生積水問題(圖 3-3.16、17)，且地表輻射熱增加，周圍環境亦因此而溫度升高。因此，藉由本計畫之補助，將整個中正廣場範圍及二側停車場改為透水鋪面(圖 3-3.18)，改善大地的滲透功能，破除水泥地過度生的印象。



圖 3-3.16 原有的不透水鋪面停車場及中正堂前廣場



圖 3-3.17 柏油不透水停車場下雨過後雨水累積無法自然滲入地表下



圖 3-3.18 透水停車場防沉陷圍束格框鋪設過程



圖 3-3.19 防止泥漿灌入的紙模施工現況

但中正堂前廣場部分，因偶有重車停放或駛過，為了克服道路承載及沈陷量的挑戰，規劃團隊特別採用了 JW 工法，其原理是在道路級配層上鋪以 15 公分左右的夯實礫石層，再

鋪上一層約 20 公分高，以的收塑膠所做的加勁格框(圖 3-3.20)，最後打上混凝土成為堅固的 PC 版式結構，因此可承受如坦克車般重的車輛在其上行駛。



圖 3-3.20 鋪設環保透水透氣導管現況

此外，這些加勁格框具有透氣導管，導管開孔在施工時以孔蓋紙模黏住，以防止泥漿灌入，待 PC 層凝固後再撕開，露出一排排均勻分佈的透氣孔(圖 3-3.19)，並兼具美觀的效果這些導管可以與地下礫石保持一暢通的管路，下雨時可讓雨水源源不絕進入，平時也可以讓整個地下土壤產生暢通的呼吸換氣作用，使地下的微生物與無脊椎動物可以維持良好的新陳代謝活動。

JW 工法除可保水外，原地之不透水材質可現地打除攪拌再利用，達到減廢效益；而底層以結構性空調導水框架格網狀配置 1/3 面積。人行道則改為車道型透水磚。最後在停車場週邊設計為複層綠地，種植樟樹、台灣欒樹、茄苳、朱棉等植栽進行綠化，最終本案達到基地保水量 169.9m^3 ，以及 40 年期間可增加 CO_2 固定量達 $30,400\text{kg}$ 的綜合成效，對行政院海岸巡防總局整體的環境舒適與基地排水問題有顯著的改進(圖 3-3.21、22)。



圖 3-3.21 情報組停車場經透水植草磚及人行道鋪設改善後



圖 3-3.22 中正堂前廣場經 JW 工法改善後全景



第四節 亞熱帶建築風貌再現：外殼節能改善

假過去許多南方熱帶國家常不顧自己的氣候風土，一味抄襲寒帶氣候閃閃發亮的玻璃帷幕建築，造成建築紋理混淆與都市風格錯亂，也造成嚴重的能源浪費與環境破壞。事實上，都市風格就是建築氣候的綠色設計風格，只要符合風土氣候的節約能源設計，自然會呈現其美麗的本土建築特色。

亞熱帶建築文化風格，最具體的建築特徵無非就是「適中的開口」、「豐富的陰影」等表情。「適中的開口」就是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。「豐富的陰影」就是在開口部上裝設遮陽版、雨庇、陽台，以遮蔽日射輻射、減少熱負荷。在台灣全面玻璃帷幕大樓之全年空調耗電量，可能是一般中型開口之RC 外牆大樓的四倍。綠建築的節能設計乃是

一種科學化的風土設計方法，符合節能原理的設計就像一個「建築風格的雕刻師」，以「一雙看不到的手」把建築外貌塑造成本土的建築風貌(圖 3-4.1)。

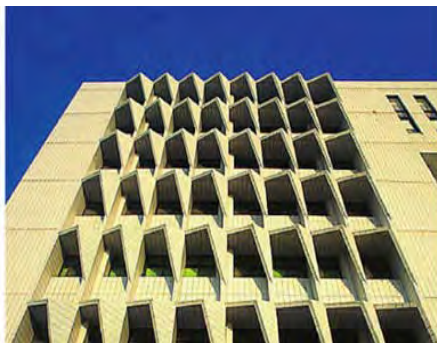
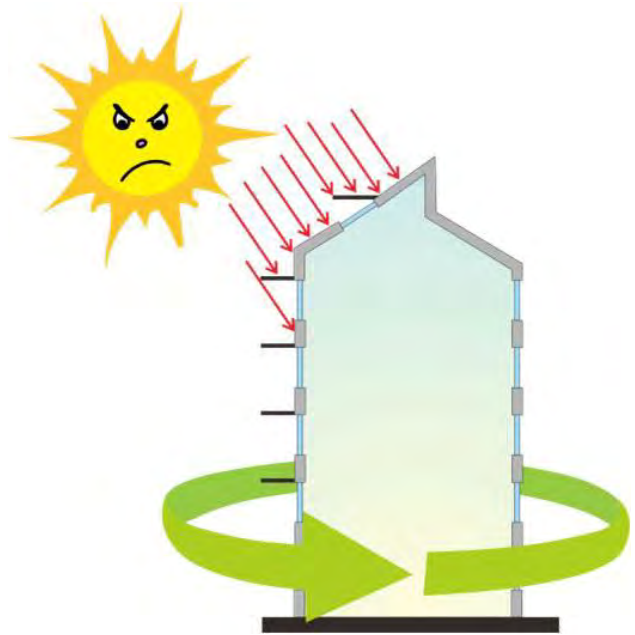


圖 3-4.1 藝術化的外遮陽設計是亞熱帶氣候的建築美學

(1) 隔熱才是根本—屋頂隔熱性能改善

案例一：苗栗醫院

建築物屋頂的節能對策對於頂層空間的居住環境與節能是十分重要的，尤其在醫院、學校、文化中心、禮堂、體育館、購物中心、量販店等低層大空間的屋頂隔熱，更是左右環境舒適與空調耗能的關鍵。在台灣高溫期之水平日射量約為北向垂直面日射量的四倍以上，此巨幅之日射熱當然使得頂層空間的空調負荷量遽增，因此水平天窗設計是節能設計的致命傷。根據成功大學建築系模擬結果顯示，開口率 40%玻璃天窗設計之頂層空間，大約會增加 70-80%的空調耗電量，可見水平天窗設計對於熱濕氣候的臺灣而言，無非是能源消耗的殺手。

因此，本計畫特別為替這些耗電又炎熱的建築物力挽狂瀾，針對幾處改善單位進行玻璃天窗的整型機制。例如苗栗醫院內原有三座大型天窗採光罩，大量的日射熱得致使室內溫度上升，不但影響使用舒適性，更使得空調電費居高不下。本計畫針對此提出於採光罩外部加裝活動遮陽版的改善計畫，共計裝設輕巧美觀的活動遮陽百葉設施 550m² 面積(圖 3-4.2、3-4.3)，結果不但大大地減少日射量、降低空調耗能，同時又減少炫光、增加了室內舒適性。此活動百葉遮陽版可視天候條件調整開啟，以達到天窗採光的原始設計功能。



圖 3-4.2 將苗栗醫院內原大型天窗採光罩，進行採光罩外部加裝活動遮陽版的改善



圖 3-4.3 活動百葉遮陽版可以視天候條件調整開啟，增加了室內舒適性與降低空調耗能，並達到天窗採光的原始設計功能

案例二：台南師範學院

同樣的活動遮陽百葉設施改善手法，也在日曬更嚴重的台南師範學院(今台南大學)圖書行政大樓的中庭實踐。大樓中庭頂部也是採透明玻璃天窗之設計，無遮陽百葉遮陽，陽光直接入射至室內，所創造出來的溫室效應使得中庭空間在夏季宛若烤箱，對於空調耗電與使用舒適性極為不利。本計畫於中庭天窗上 $\frac{3}{5}$ 的面積，裝設金屬百葉遮陽版施做，並保留 $\frac{2}{5}$ 部分天窗作為自然採光，使天窗兼具採光效果與節能效益(圖 3-4.4、5)。



圖 3-4.4 中庭上方改善後的活動遮陽百葉



圖 3-4.5 台南師範學院(今台南大學)圖書行政大樓的中庭天窗(左圖)，進行 $\frac{3}{5}$ 的面積比例之遮陽版施做(右圖)，並保留 $\frac{2}{5}$ 部分面積以應原天窗設計的採光本意

案例三：國立台中技術學院

國立台中技術學院地處台中市北區人潮匯集之地區，學校學生眾多但校地面積不大且拓展性較為困難，也因此急需要綠化的戶外活動空間。本次所改造的昌明樓主要以教學空間為主，但因頂樓的屋頂隔熱不良導致室內條件欠佳(圖 3-4.6)，師生上課時因酷熱而無法專心，因特別針對此學校提出有大量的廢桌椅可以提供木材再利用，希望可充份發揮材料永續利用之精神。

在經過考慮後，本案決定屋頂既有 PU 防水層上部，增設陶製空心隔熱磚及防腐木格柵地板進行屋頂隔熱，同時又符合學生活潑多元



圖 3-4.6 改善前昌明樓屋頂日曬嚴重，且使用維護不良的狀況



的環境需求；另外，休憩空間的坐椅也運用了廢木料的再利用處理，符合綠建築節物惜物的精神(圖 3-4.7)。

本案原有屋頂熱傳透率為 2.27，經鋪改善後屋頂熱傳透率降為 1.06~1.1，熱傳透率減少 50%以上，能有效降低夏季耗電量，不僅可達建築物省能、環境綠美化、廢棄物減量之具體成效外，對於綠建築的示範亦具指標作用。



圖 3-4.7 國立台中技術學院廢桌椅木料再利用成果



圖 3-4.8 以陶製空心隔熱磚及防腐木格柵地板改善屋頂隔熱

(2) 塑造韻律變化的外遮陽景觀

在熱濕氣候的台灣，建築的外遮陽設計是建築節能最重要的因子之一。只要在一般辦公建築開口上，設計 1.0 米深之水平金屬外遮陽裝置，各方位平均約可節省 12% 的空調用電，約 10 年即可回收其投資成本。由於外遮陽設計之節能效果良好，又能展現亞熱帶建築風格，因此本計畫尤其重視外遮陽風格與原有造型的協調，尤其盡量以輕巧美麗的穿孔金屬外遮陽來增添建築美觀，例如內政部警政署、成

功大學建築系、海洋技術學院、衛生署台南療養院、台南師範學院、高雄第一科技大學、台南啟聰學校、高雄海巡署南部巡防局等遮陽改善之外遮陽設計，真是充滿美麗陰影、富韻律變化的造型，不但增加室內眺望之柔和舒適的開放感，也充分展現熱濕氣候風土的建築特色，實乃綠建築本土化行動最具體的表現。

案例一：高雄海洋技術學院旗津校區教學大樓

高雄海洋技術學院旗津校區教學大樓正向南面，原幾乎無遮陽的狀態下，盛夏教室溫度可達 46 度，師生上課飽受煎熬。外遮陽的改善不但可改善其日曬、酷熱、眩光與耗能的問題，更使其外觀更具亞熱帶建築風格。本案在建築物開窗部位以美觀、輕巧、有效的金屬外遮陽設施降低窗面直接日射量，並在周邊廣植喬木植栽 30 株，一方面除了有遮檔陽光之功能外，更兼具綠化之效果。經外遮陽之增設後，經評估約可減少直接日射量 51% 以上，每年節省空調用電約 80000 度（若以每度電 2.5 元計算，相當於 20 萬元），除了節能減碳外對提升學生上課舒適度亦有莫大貢獻。

圖 3-4.9 高雄海洋技術學院旗津校區教學大樓外遮陽及改善後





圖 3-4.10 高雄海洋技術學院旗津校區教學大樓外遮陽細部

案例二：台南師範學院

國立台南師範學院誠正樓與文薈樓之南向立面因大面積開窗而造成嚴重日曬，使得空調耗能過大浪費不少電能，因此在經過本計畫的重新規劃下，將遮陽型態分為各種不同形式，配合整體的立面進行改造，外遮陽設施可以降低直接日射量 80%以上，進而節省空調用電、增加開窗通風機會，有效降低室內空氣溫度。這些外遮陽除造型美觀之外，亦能提供遮風蔽雨擋日射之機能，同時大型白色棚架配合位於其旁的白色包覆式外遮陽，亦為整棟大樓的連續的南向立面增加不少變化與趣味性。



圖 3-4.11 配合立面造型的不同遮陽型態



圖 3-4.12 台南師範學院充滿藝術感造型的中央穿堂
大型遮棚



案例三：國立虎尾科技大學

國立虎尾科技大學位於雲林縣，本計畫所補助改善的建築物是行政大樓。本大樓長軸呈南北向配置，導致位於東南側辦公室大面積受到東西日曬，日射情形嚴重，夏日白天上班酷熱難耐，空調耗能相當嚴重；冬天又受到太陽低角度日射進入教室內，造成眩光對比強烈，影響上課效果。所有增設的水平遮陽版將可有效減低辦公室的日射取得，如換算成空調耗能量相當於全年可節省 5940 度的空調用電，若以每度電的平均電費 2.5 元計算的話，約等於每年可省下 14850 元的用電費用。



圖 3-4.13 虎尾科技大學改善前後增設水平遮陽版前的情形

案例四：國立霧峰高級農工職業學校

國立霧峰高級農工職業學校，位於台中縣，本計畫所補助改善的地點是位教學校區中的三棟大樓，分別是教學大樓、行政大樓及實習大樓。其中教學大樓及行政大樓東側辦公室大面積受到西曬，日射情形嚴重，夏日白天上班酷熱難耐，空調耗能相當嚴重，故以增設活動遮陽百葉做為改善手法



圖 3-4.14 行政大樓開口部增設活動百葉遮陽版

(圖 3-4.14)；而實習大樓為新建完成之建築物，但該大樓北側一樓外牆設計為密閉式玻璃帷幕牆(圖 3-4.15)，因此通風效能無法達到一定之成效，所以本計畫將部分密閉式玻璃帷幕牆改善為推開窗，增加通風路徑(圖 3-4.16)。

所有增設的活動遮陽百葉將可有效減低教室的日射取得，外遮陽設施可減少直接日射量 51% 以上，全年節省空調用電 12,538 度，若以每度電的平均電費 2.5 元計算的話，相當於一年可省下 3 萬元左右之空調用電費用，同時對提升辦公效率及學生學習效益有莫大的貢獻。



圖 3-4.15 原實習大樓密閉式玻璃帷幕外牆違反節能設計



圖 3-4.16 實習大樓二樓南向立面設置推開窗以改善通風效果



案例五：台東高中

台東高中校門口正面行政大樓以及其旁的一般教室為南北向配置，南曬情況嚴重，教室北面雖設有走廊，但亦難遮擋冬天低角度的日射進入室內。為改善此情形，本計畫補助於建築物以及教室棟的南北面立面增設有效的遮陽設施，藉以降低入射之日射量。因此，為改善行政教學大樓以及社會科學教育館嚴重日曬、酷熱、眩光、耗能等環境問題。



圖 3-4.17 台東高中遮陽改善前(上圖)與改善後(下圖)的比較



本計畫將建築物開窗部位外掛美觀輕巧、富陰影韻律變化的金屬外遮陽設施，遮陽版平均深度達 1.05m 遮陽版沖孔率 10%，一共施做 203.82 公尺，能有效降低窗面直接日射量。外遮陽設施可以降低直接日射量 80% 以上，同時增加開窗通風機會，能有效降低室內空氣溫度。若換算成空調節能則全年可省下空調用電 10,089 度，相當於每年 2.5 萬元之空調用電費用。

案例六：國立台南啟聰學校

國立台南啟聰學校位於台灣南部日射量大的地區，其教學大樓由於主要建築立面朝向東西面，嚴重受到日曬問題(圖 3-4.18)。因此，為了解決此一西曬問題，於原本垂直的水泥構件上每口開窗部增設三層的水平遮陽版，遮陽版為求美觀一致與正立面的形式相同，形成統一又具韻律感的遮陽美學。

圖 3-4.18 台南啟聰學校教學大樓面臨東西曬日射情形嚴重

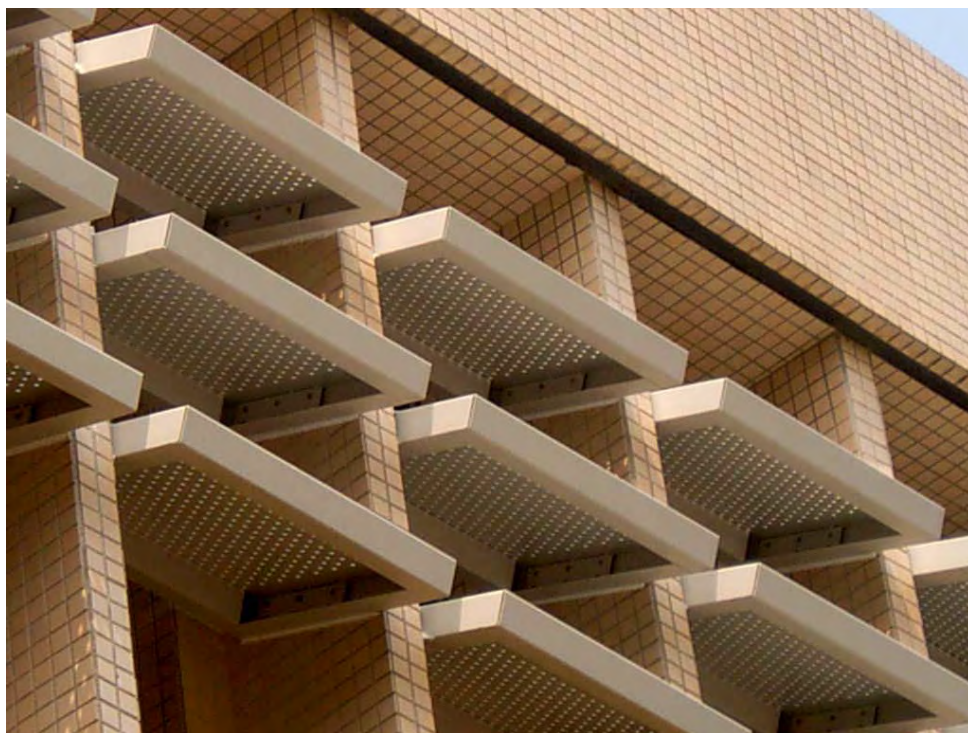


圖 3-4.19 增設水平遮陽版後的現況

所有增設的水平遮陽版將可有效減低教室的日射取得，如換算成空調耗能量相當於全年可節省 11,771 度的空調用電，若以每度電的平均電費 2.5 元計算的話，約等於每年可省下 2.9 萬元的用電費用(圖 3-4.19)。

以本次遮陽版工程



總經費約 170 萬元計算，回收年限約 58.6 年，在很多的遮陽改善案例中，以經濟的角度而言，因為現今電價過低，回收年限固然乍看之下遙遙無期，但因遮陽版的設置可增加教室內

上課的舒適度，改善室內熱環境，所得到的效益自然不可全以金錢衡量，但同時也讓我們體認到，若是在設計初期便做好遮陽隔熱設計的重要性。

案例七：內政部建築研究所性能實驗群



圖 3-4.21 內政部建築研究所性能實驗群設備館大廳天窗引入大量之日射熱

內政部建築研究所性能實驗群位處台南縣歸仁鄉，主入口朝北的設備館因其東、西向立面大片落地開口為無遮陽的大面開窗(圖 3-4.20)，導致日曬嚴重，進而影響空調耗能與使用上之熱舒適性問題，此外，設備館入口大廳之天窗(圖 3-4.21)及入口雨遮頂部透光部位，嚴重的日射直接造成造成的室內熱負荷更是不容小覷。



圖 3-4.20 內政部建築研究所性能實驗群設備館北向及西向之無遮陽落地開窗

為改善此情形，本計畫補助於建築物北向正立面及東、西兩向側立面增設有效的遮陽設施，藉以降低入射之日射量(圖 3-4.22)。所用之木材百葉遮陽版運用具有永續森林經營證書之木材，以彰顯對於增加 CO₂ 固定量降低溫室效應的決心，電動百葉遮陽版的設計則是要滿足因使用性質不同時所衍生出之採光彈性。

此外，在入口雨遮透空部位，則加設垂掛式百葉以改善直接日曬問題。為徹底解決設備館大廳天窗所引進之日射熱問題，將天窗全面予以遮蔽(圖 3-4.23)，以杜絕日射熱帶來之熱



圖 3-4.23 大廳天窗改善後降低了日射熱



圖 3-4.22 百葉遮陽版與活動捲簾遮陽組合成完整遮陽系統



舒適性與空調耗能問題。雕畫木門與木構造平台(圖 3-4.24)的使用則可以彰顯出本計畫對於木構造吸收CO₂降低溫室效應的推廣決心與舊建材利用的示範意義。

這些富陰影韻律變化的木百葉外遮陽設施，遮陽版平

均深度達 1.0m，除了能有效降低窗面直接日射量外，也同時增加開窗通風機會，能有效降低室內空氣溫度。若換算成空調節能則全年可省下空調用電 4,667 度相當於每年 1 萬 1,700 元之空調用電費用。

不僅如此，為改善東西側景觀庭院原單調乏味、缺乏活動容納性的設計，本計畫還設計木棧道、步道與設備館大廳連接以增加使用性



圖 3-4.24 改善後之東側庭院配合平台與步道可容納更多的使用型態



圖 3-4.25 改善後之東側庭院的生態複層景觀綠意盎然

能外，於庭院空地處增植了許多原生種、多層次綠化植栽，以達到綠建築生態綠化的目標(圖 3-4.25)。最終，本案所節省的電費、設置的木構造及生態複層植栽總計約可達二氧化碳固定量 825 萬 9,500 公斤，成果十分足以作為綠建築更新案例的表率(圖 3-4.26)。



圖 3-4 .26 改善後之性能實驗群設備館儼然成為綠建築的示範重鎮



案例八：國立臺灣工藝研究所

國立臺灣工藝研究所主要為臺灣手工業轉型之研究創造及推廣產銷地，並將文化創意視野融入工藝產業以覓新機。本案經過實地踏勘調查及評估後，發現技術組工坊玻璃屋南向與西向日曬嚴重，整個建築體猶如個密不透氣



圖 3-4.28 南向與西向立面的蜂巢狀金屬外遮陽



圖 3-4.27 技術組工藝坊改善前如玻璃屋炎熱

的玻璃屋，在中午過後嚴重的南向入射光線與嚴重的西曬問題，雖然室內已加設窗簾遮蔽光線，但在夏季時強烈陽光直接照射玻璃屋的結果，使得內部空調耗能十分嚴重(圖 3-4.27)，原本想形塑工藝所的形象塑造出的玻璃屋，卻成了本區最亟需進行改善的地點。

本案針對技術組工藝坊進行外遮陽設計改善，於正面的南向與西向立面加設遮陽板(圖 3-4.28)，藉以降低室內的日射熱負荷。採用的遮陽板為鍍鋅鋼氟碳烤漆處理，並加裝

柚木飾條強化柔和的感覺，主要設計強調獲得實質的遮陽效果外，並突顯工藝研究所特有工藝氣息的設計感搭配。而室內通風不良也將導致室內環境品質的不佳，為使得外部遮陽改善計畫能發揮更佳的效果，特別將玻璃屋以百葉

窗與推拉窗的方式，增加其可開窗面積，讓室內外的空氣得以流通。這些充滿了亞熱帶遮陽造型美學的改善手法，不僅美觀，全年還可省下空調用電約 685.6 度。

案例九：國立科學工藝博物館

國立科學工藝博物館南館朝向為坐南朝北方向，採光效果良好，但因缺乏外遮陽設計，又室內為全棟空調使用，上午演藝廳東向日曬嚴重，在中午過後演藝廳及圖書中心有嚴重西曬問題（圖 3-4.29），使的內部空調耗能十分嚴重且效果不佳，在夏季的時候，強烈陽光直接照射，往往使在室內的工作人員感覺悶熱難熬，而建築物西向直接受陽光照射，圖書中心閱覽室也因日照強烈導致閱覽者不舒適。



圖 3-4.29 演藝廳西側立面改善前日曬嚴重



圖 3-4.30 演藝廳西側立面改善後之沖孔鋁板外遮陽設施



為改善上述情形，本計畫南館演藝廳東西兩側立面及圖書中心西側立面增設沖孔鋁板外遮陽設施（圖 3-4.30），降低遮陽板的厚重感，創造輕巧的印象，並降低入射之日射量、

改善室內熱環境舒適度並增加建築物立面的美觀，更可有效降低全年空調運轉耗電約 3,705 度。



圖 3-4.30 圖書中心外遮陽改善前室內日曬及眩光嚴重(左)，改善後日曬及眩光明顯降低(右)

案例十：大坪林聯合開發大樓管理委員會

聯合開發大樓上位於景美與新店市交會處，內有國家災害防救科技中心、行政院災害防救委員會、中央災害應變中心等政府單位進駐。該大樓為「綠建築」，不採用厚重之 PC 帷幕牆，而採用輕量化之金屬帷幕牆，為避免單調，於 3 至 4 層及 15 至 16 層局部採用玻璃帷幕牆。雖大樓本身西側已設有外遮陽，但因開口過大，太陽高度角較低時，室內仍有陽光直曬導致遮陽效果有限(圖 3-4.32)，東側未設遮陽板，僅有鍍鋅格網之維修棧道，並無遮陽效



圖 3-4.31 大樓西側改善前遮陽板開口過大

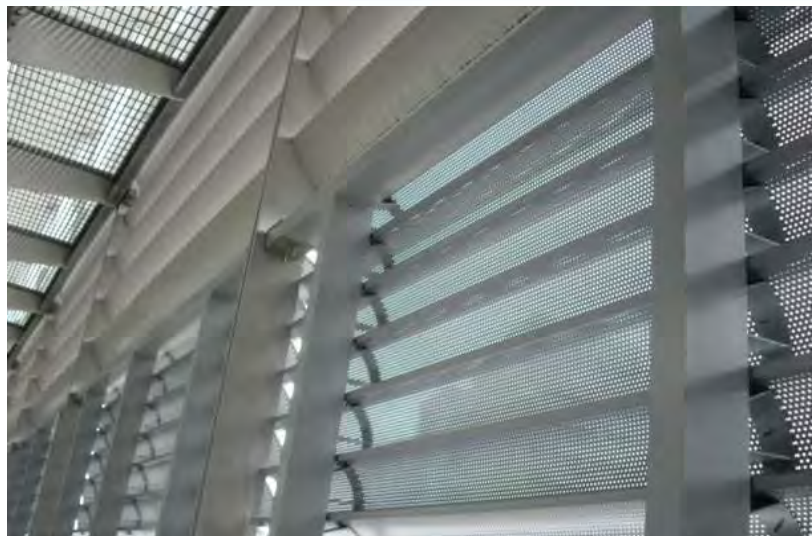
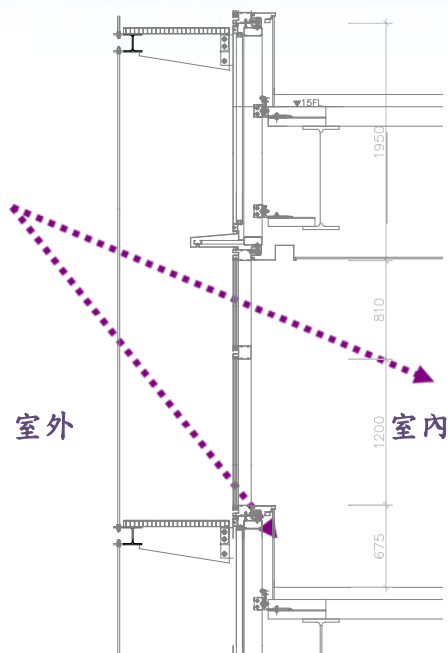


圖 3-4.32 太陽高度角低時室內陽光直曬(左)

圖 3-4.33 輕巧鏤空設計之金屬遮陽板(右)

果。於由缺乏良好的遮陽設計，使得室內空間溫度過高，為求舒適的辦公環境，使用者紛紛調降空調主機的溫度，使得大樓空調用電居高不下。

本案外遮陽改善工程以西向立面作為主要的示範位置，為了有效將熱源阻擋於窗外，選擇以 11 至 14 樓作為改善範圍，於原有遮陽設施新增水平式金屬遮陽板補強。新增之金屬遮陽板採鏤空設計，沖孔直徑約 3mm 以內，沖孔率在 10% 以下(圖 3-4.33)，裝設高度在不影響大樓內使用者視野、景觀為原則(圖 3-4.34)。最終本案達到減少約 33% 以上的直接日射量，並減少空調冷房負荷約 10%，同時也展現了帷幕大樓遮陽美學的新面貌。



圖 3-4.34 外遮陽改善後不影響大樓內使用者室內視野、景觀

第五節 建築耗能瘦身大作戰：設備效率改善及再生能源運用

熱濕氣候是地球上最需要空調的地方，同時熱濕氣候也是地球上空調耗能密度最高的地方。隨著工業與科技的進步，空調系統的整體效能迅速的成長，絕大部分新穎的空調系統性能突飛猛進，但是就有空調設備則相對十分耗電。根據實測分析，中央空調行醫院建築物之冰水主機效率值 COP 每上升 1.0，則約可使總用電量下降 5.8%，可見若能適度的進行汰舊，並且改用高效率的冰水主機，將對於節約能源有直接的效果。

在推動「綠廳舍改善計畫」過程中，發現許多舊有中央政府辦公廳舍與院校之舊空調系統，由於主機老舊或缺乏維護而導致耗電量激增，造成營運成本上極大的負擔。某些空調系統甚至超量設計，導致負載率偏低，能源效率亦隨之大幅劣化，極須進行改善，同時這些空調設備的改善經驗也催生了之後的「綠空調改善計畫」及「建築能源效率提升計畫」，除了空調設備效率的改善以外，還再納入了室內戶外照明、熱水熱泵及再生能源等設備改善。

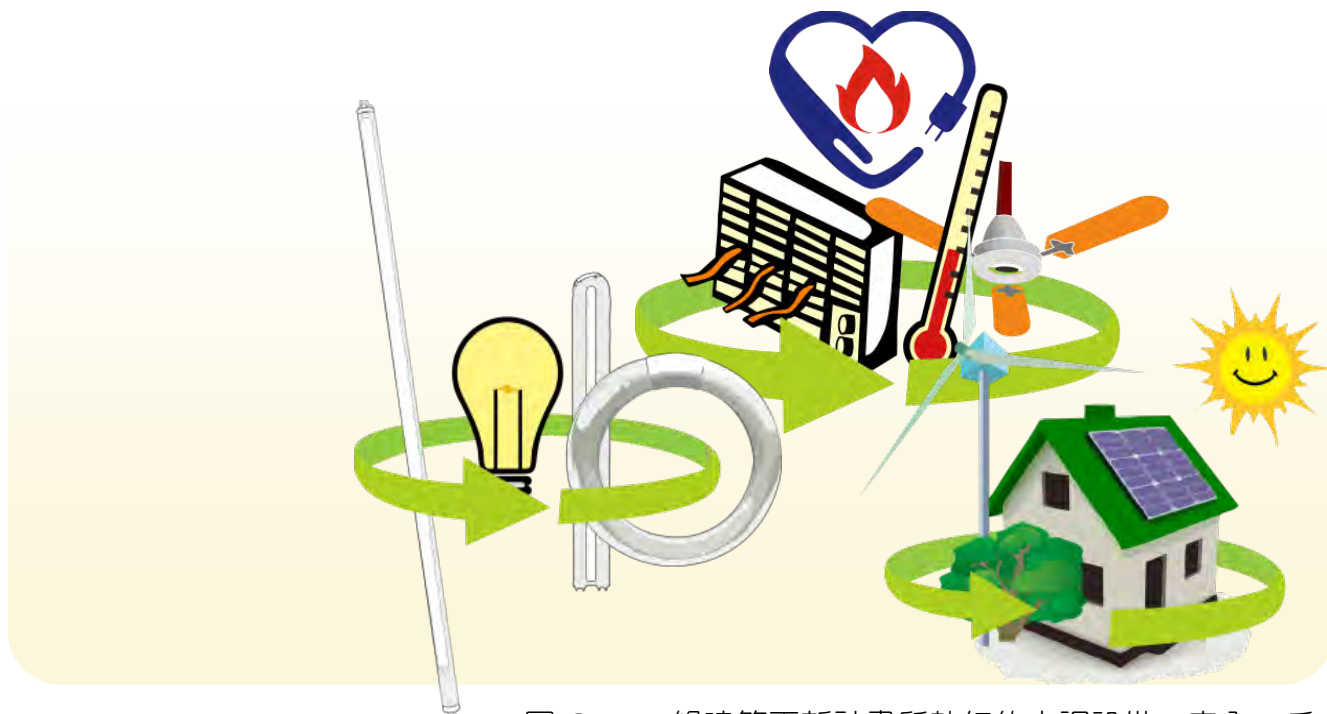


圖 3-5.1 綠建築更新計畫所執行的空調設備、室內、戶外照明設備、熱水熱泵及再生能源等改善手法

(1-1) 空調主機減肥-向超量設計 Say NO!

案例一：屏東師範學院行政大樓



圖 3-5.2 屏東師範學院行政大樓外貌

正常的冰水主機設備必須經過嚴謹的最大空調熱負荷計算、設備效率與熱負荷參差因素來決定，但早期的空調系統設計者常以簡單的空調樓地板面積來進行設備容量估算，因此冰水主機經常超量設計。過量設計的系統負載率較低、效率也跟著降低，同時在超低負載時會出現湧浪(surge)的現象，容易造成系統損壞。因此本計畫特別注重適量的空調系統容量設計改善，以便兼顧節約能源，並達到系統穩定運轉、降低故障機率之目的。

對於空調系統過量設計的案例，最佳的改善方式便是在空調主機更新時，改用較小噸數的主機，以提高能源效率與負載率的目標。例如，國立屏東師範學院「行政大樓」(圖 3-5.2)，地上十四層、地下二層建築物，總樓地板面積 44129 m²，當初主機容量明顯超量設計，嚴重

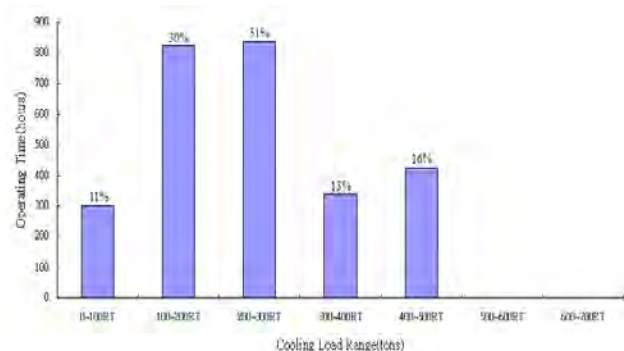


圖 3-5.3 空調系統年間運轉頻度分佈圖

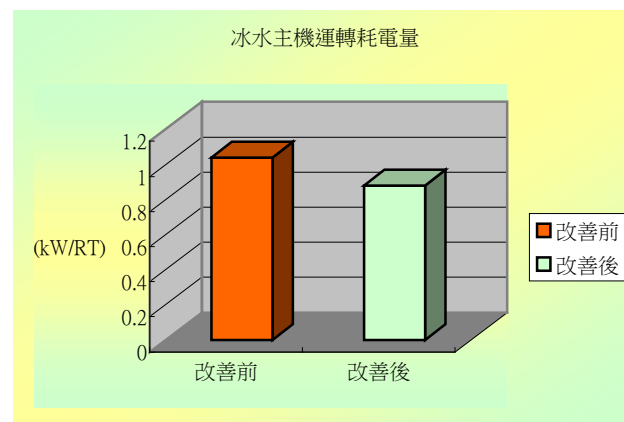


圖 3-5.4 冰水主機改善前後運轉耗電量



耗能而屢遭電力公司罰款。依據歷年實際運轉資料顯示，本大樓冬季時以 1 台 300 RT(冷凍噸)主機供冷業已足夠，春秋季時僅需 1 台 400 RT 主機，而最炎熱的夏季則需要 400 RT 與 300 RT 之主機各一台即足以應付，但是原設計總主機容量 1100 RT 對於實際約 500 RT 之尖峰負載而言(圖 3-5.3)，是嚴重超量設計的實例。本改善計畫以 1 台 180 RT 之新冰水主機替換

原閒置未用之 400 RT 舊主機，同時調整運轉策略，便可達到 18%之主機節能效益(3-5.4)。

屏東師範學院行政大樓空調系統新運轉策略表

	空調需求 (RT)	運轉策略 (RT)
冬季	150	180×1
春秋季	白天 500	180×1+300×1
	晚上 300	300×1
夏季	一般	180×1+400×1
	極炎熱	300×1+400×1

案例二：營建署南區工程處

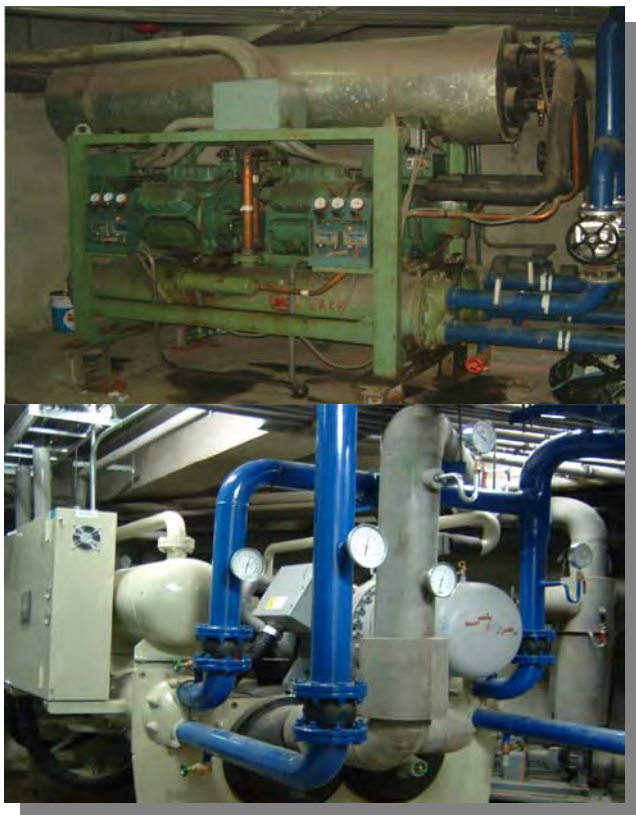


圖 3-5.5 汰換營建署南區工程處老舊空調主機為高效率主機

營建署南區工程處之空調主機一共為 230RT 之國產往復式冷凍主機，機齡已逾 15 年以上，其中 80RT 為因應部分樓層空調而設置，但由於年間空調負載率 PLF 低達 15%至 20%間，顯然有超量設計與主機老舊之問題，其單位冷凍噸之耗電量高達 4.5kW/RT，耗能嚴重。經由本計畫之補助後，汰換老舊之主機(圖 3-5.5)，並添增容量 180RT 之高效率螺旋式主機，並於原冷卻水區域泵上新增變頻器(圖 3-5.6)，以節省泵浦用電。改善前單位樓地板面積用電量(EUI)為 7.32 kWh/m²；改善後之

營建署南工處空調主機改善前後用電比例與 EUI 比較表

建築類別 用電種類	營建署南區工程處 (改善前)	營建署南區工程處 (改善後)
空調用電比重(%)	52	43
動力用電比重(%)	38	55
照明用電比重(%)	10	2
EUI (kWh/m ² /月)	7.32	4.84

EUI 為 4.84 kWh/m²。相較之下，改善後每月每平方米可節省 34% 之用電量，約為 15864.56

kWh，相當於每月節省之運轉電價高達 38,800 元。



圖 3-5.6 營建署南區工程處 VVVF 系統於原冷卻水區域泵上新增變頻器，以節省泵浦用電

案例三：衛生署花蓮醫院

該院的空調系統是採用全水式的中央空調系統，同樣面臨既設冰水主機已使用 20 年，效率低，運轉及維護成本高，且無自動調解功能，無法調解運轉狀況，常常跳機(圖 3-5.7)。另外，這二台既設冰水主機使用 CFC 冷媒，不僅對環境衝擊大，且 CFC 已停產，可獲性



圖 3-5.7 花蓮醫院暨有空調冰水主機及冰水泵老舊情況



低，冷媒不足將使冰水主機無法正常運轉。在經過本計畫更換高效率冰水主機、空調系統冰水泵及冷卻水塔的改善後，新主機的與舊有系統相較效率提升了一倍，同時裝設中央監控系

統，可長期監視系統之效率，同時可以控制醫院用電契約在契約容量之內，避免超約用電罰款。共計其空調系統的改善一年可以節省 195 萬元(圖 3-5.8)。



圖 3-5.8 花蓮醫院更新後空調冰水主機及冰水泵

(1-2) 扭轉效率-冰水主機、冰水泵與冷卻水塔改善

案例一：國立中山大學圖書資訊大樓

以空調系統而言，冰水側的「冰水主機」、「冰水泵」與「冷卻水塔」可以說是耗能的重要部位，本計畫針對於一些冰水側設備的節能改善，有良好成效。例如，位於高雄的「國立中山大學圖書資訊大樓」，其原空調系統使用大型 650RT 離心式冰水主機，且採用 R11 冷

媒。由於 CFC 冷媒自 1996 年 1 月 1 日起已為全世界性禁產、廣泛禁用，以因應蒙特羅議定書對於地球臭氧層破壞之管制，因此造成本案系統維修保養上之重大問題。爾後校方於數年前將 1 台 650RT 主機汰換成 4 台 150RT 之中型螺旋式主機，然而相對之冰水泵卻仍只有單

台，而形成「1 對 4」的不均衡情況。因此本計畫針對此點，除了汰換另一台 650RT 主機改採用 300RT 外(圖 3-5.9)，並將 4 台 150RT 冰水主機系統改為一對一之個別冰水泵與冷卻水泵。另外，為達到預期效果，本計畫特別設

置了可獨立運作之三相三線或三相四線式電力監測系統，以進行節能效益之監測、追蹤、印證。加上空調主機智慧型運轉策略的建立，使系統依據季節變動進行主機台數控制，促使主機之負載率增高、能源效率提高。



圖 3-5.9 本計畫將中山大學圖書資訊大樓冰水主機原 650RT(左圖)主機汰換成 300RT(右圖)

案例二：國立中山大學圖書資訊大樓

「屏東醫院」則是本計畫對於冷卻水塔部分改善的案例。位居南臺灣的屏東醫院，夏季最大外氣溫度高達 38℃ 以上，相對溼度並經常維持於 85%RH 左右，此時若對於冷卻水塔之選取未加以注意，將導致冰水主機運轉於過高的冷凝溫度下，而耗電量激增，加上主機長期運轉性能逐步劣化，使其每冷凍噸之耗電量可高達 1.6kW/RT 以上，超出現行耗能效率標準一倍。因此本計畫針對此案進行了以下改善：



圖 3-5.10 屏東醫院空調系統增設之需量控制系統



- 一、汰換主機同時改善過量設計，將原 $360\text{RT} \times 1 + 220\text{RT} \times 2$ 之 R11 冷媒之離心式主機，汰換為 $350\text{RT} \times 1 + 250\text{RT} \times 1$ 使用 R134a 環保冷媒之高效率螺旋式主機。改善後耗電量可節約 51% 以上，且提高負載率至 90% 以上。
- 二、增大冷卻水塔容量，配合選取較高之設計濕球溫度，並設置變頻省能裝置，以改善原冷卻水塔容量不足、主機系統冷凝溫度長期偏高、耗電量激增的情況。
- 三、原區域冰水泵增設變頻器，使成為 VVVF 系統。
- 四、本案經大幅度更換主機，汰換不合宜的冷卻水塔與增設 VVVF 冰水泵送系統後，估計可節約 20% 以上之運轉電費。為進一步確保此成果，本案增設了需量控制系統(圖 3-5.10)，以便於夏季尖峰負載時段有超約之虞時自動警報並對次要系統逐步進行卸載。

屏東醫院空調系統改善項目及成效一覽表

	改善前	改善後	備註
冰水主機	1.6kW/RT (輸入電力 237kW)	0.72kW/RT (輸入電力 180kW)	滿載下，節能率約 51%
區域泵	22.4kW	$22.4 \times 0.67 = 15\text{kW}$	增設變頻控制，節能率約 33% 以上
冷卻水泵	22.4kW	22.4kW	
冷卻水塔	11.2kW	$16.8\text{kW} \times 0.6 = 10.1\text{ kW}$	增設變頻控制，節能率約 35% 以上
合計	307.9kW	242.4kW 總節能率： $(307.9 - 242.4) / 307.9 = 21\%$	主機為雙壓縮機設計於部份負載下之 COP 較既有主機高。節能率為 20% 以上

(1-3) 分量儲冰式空調系統運用-省錢看的到

案例一：國立海洋生物博物館

儲冰空調系統，是利用夜間離峰電力時刻運轉主機來製造冰或冰水，於白天用電尖峰時段，將儲存的冰或冰水融解出冷能，具以提供空調系統使用。如此空調主機於白天只需部分運轉(分量儲冰系統)或完全不運轉(全量儲冰

系統)，以達到降低電力尖峰負載之效益。

位於南臺灣墾丁的「國立海洋生物博物館」是極具盛名的觀光景點，龐大的建築量體與遊客人數，使得空調系統負荷極大。當初為了轉移部份之電力尖峰負載，將其中央空調系

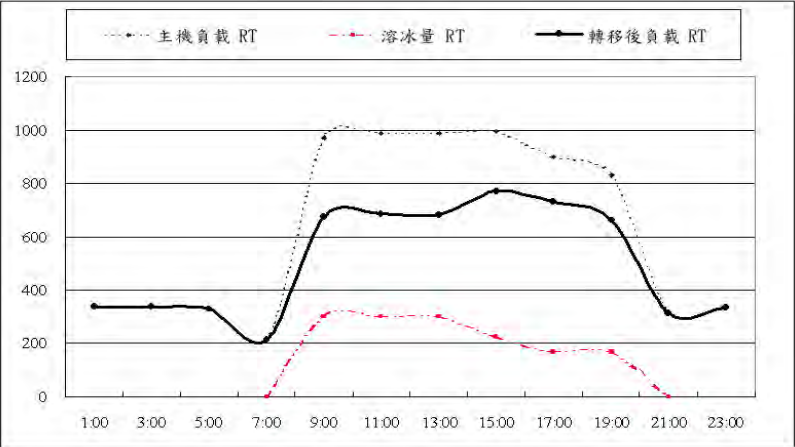


圖 3-5.11 儲冰空調系統移轉空調負荷效果圖

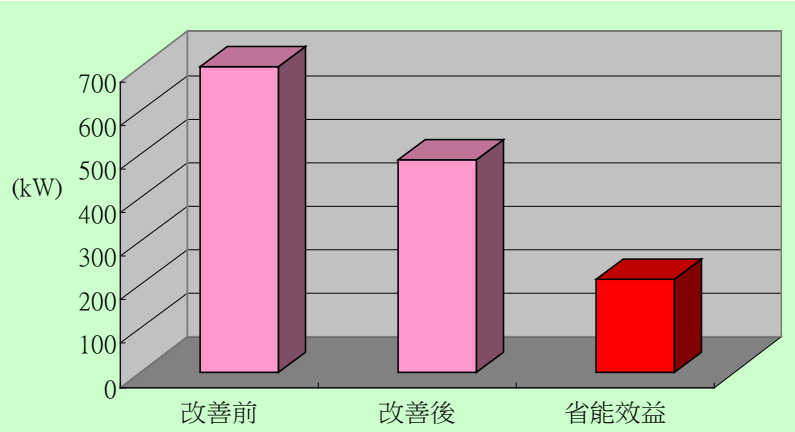


圖 3-5.12 國立海洋生物博物館空調系統改善效果圖

統設置為儲冰系統，然而年久失修，已無法使用。本次空調改善工程將原先昂貴之製冰主機，置換其蒸發器而改裝成為滷水機(Brine Chiller)，同時，將位於地下室廣大的冰泥儲冰槽改換成完全凍結式(Total Freeze-up)之儲冰系統，使其達到儲冰系統應有的效能，其改善項目詳如下表。

由圖 3-5.11 可知國立海洋生物博物館於冬季時，所有空調主機可全部停止運轉，而只端視儲冰槽來反應，形成「分量設計，全量運轉」之最高境界，節省了大量的運轉電費，冰水主機節能效益約為 44%(圖 3-5.12)，如此不但更降低了電力尖峰負載，更使電力供應吃緊狀況稍做喘息。

國立海洋生物博物館空調系統改善項目及成效一覽表

項次	改善內容	改善對策	節能成效
1	原冰泥式儲冰系統汰換並重新設計施工	原製冷主機之冰泥式蒸發器改為鹵水（乙二醇水溶液）用蒸發器，原有冰泥儲冰槽內埋設全凍式儲冰管排及不銹鋼配管及泵浦	有效轉移尖峰用電，以儲冰系統供應空調需求，節能成效 30%以上
2	設置能源監測系統，進行節約能源運轉模式	修改既有中央監控系統在儲冰系統層級之運轉監控設定並測試運轉，設置可獨立運作之三相三線或三相四線式電力監測系統，以進行節能效益之監測、追蹤、印證	有效管理及節約空調耗能成效 30%以上



(1-4)要多麼冷才給多少冰水-VWV 變流量系統

通常空調系統之送冰水方式都採用泵浦控制固定水量，並以調整水溫的方式來應付冷房負荷的需求，稱為定流量系統。所謂變流量 VWV 系統則以一定的水溫供應空調機以提高熱源機器的效率，而以幫浦台數控制或變頻器來改變送水量，以達成節約幫浦用電的功效。簡言之，以一定溫度來送水，視室內熱負荷變動來改變送水量大小的空調方式與定風量相比，可減低輸送之動力，達到節約能源的效果。

案例一：中央健保局

本計畫針對於「中央健保局」的空調系統改善即是 VWV 系統的運用示範。本案原空調系統之冰水系統為單循環二段式，系統於負載低時，其冰水循環量未隨著降低，其管路之溫度損耗亦造成無形之能源浪費。另外，既設之空調箱水量控制閥採三通(3-WAY)型，於空調箱低負載且水量需求較少時，其泵浦馬達之耗電因固定水量而不會改變，因此造成運轉用電上的浪費。

本計畫將原本低效能冰水主機汰換成省電型、加大冰水機組容量，並且採用變流量冰水系統，搭配分區管路規劃，並於系統上設置區域變頻式二次側冰水泵，搭配電動二通閥控制分區供應空調冰。另外，本系統除了以變頻

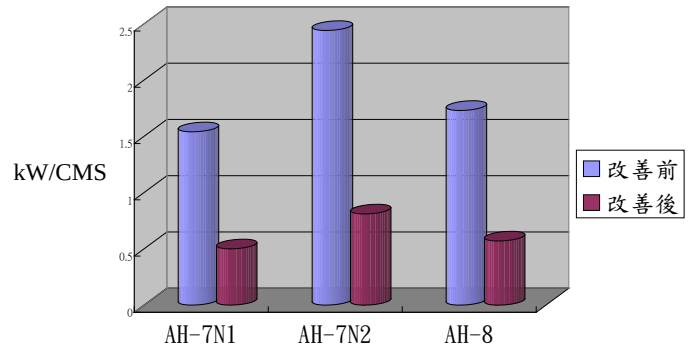


圖 3-5.13 中央健保局 VWV 系統改善對於 AHU 側之 53%節能成效

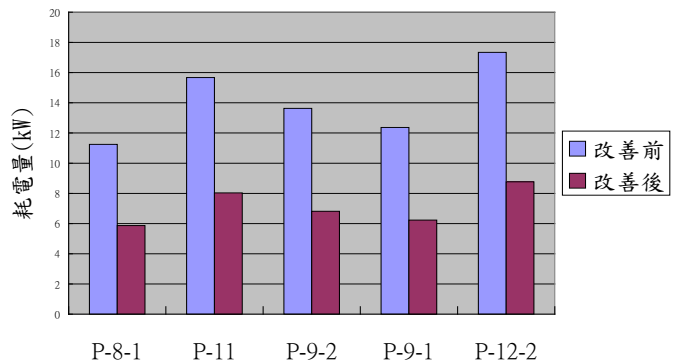


圖 3-5.14 中央健保局 VWV 系統改善對於泵浦側之 49%節能成效

節能控制外，亦搭配冰水分區供應，有效縮短送水距離以降低泵浦的馬力、達到節能效果，以符合本計畫節約能源之需求。圖 3-5.13 與圖 3-5.14 即顯示出，本 VWV 系統改善方式對於 AHU(air handing unit)側及泵浦側分別達到 53%與 49%之節能功效。

(1-5) 天才風舵手-變風量 VAV 系統控制

一般的空調系統多以一定風量來供應室內空調空氣，對於室內負荷的變動，則以送風溫度之變化來控制之，此稱之為定風量 CAV 系統。而所謂變風量 VAV 系統則是將送風溫度固定，而以調節送風量的方式來應付室內空調負荷之變動。簡言之，以一定溫度來送風，視室內熱負荷變動來改變送風量大小的空調方式，這種方式一方面透過風量的調整來減少送風機的耗電量，另一方面可增加熱源機器的運轉效率而節約能源。

案例一：中央健保局

本計畫在「營建署中區工程處」，利用上述 VAV 的節約能源優勢，分別於「營建署中區工程處」與「中央聯合辦公大樓」的空調系統改善案例中進行運用。首先本計畫於「營建署中區工程處」的室內送風機上採用變風量系統(VAV SYSTEM)(圖 3-5.15、16)，利用室內溫度感測器的溫度感應值來調節變風量控制系統或冰水閥開度，耗能可由 60%-100%無段調變，預估可節省高達 18-25%的能源消耗，對減輕建築物空調整體耗能負荷，降低地球溫室效應的均有良好的示範作用。



圖 3-5.15 營建署中區工程處的室內送風機上所採用之變風量系統與溫度感測器



圖 3-5.16 營建署中區工程處的室內送風機上所採用之變風量系統



(1-6) 戶外冷空氣來幫忙-外氣空調箱送風量控制

中央空調系統為了確保空調環境的空氣品質，必須引入新鮮外氣，但是外氣的冷房負荷約佔總負荷的三分之一，是非常龐大的能源負擔。因此在夏季為了避免引入太多的戶外高溫空氣，通常外氣量多維持在 30%，但是於涼爽的秋冬季節，反而應該把空調回風全面關閉而改全面引入清涼而乾爽的外氣，以減少空調機的回風處理能源才是上策。

但是一般的空調系統多維持固定的外氣引入量，因此無法利用清涼的外氣達到節能效果。本計畫提倡利用「外氣冷房系統」，在涼爽的冬季將涼爽的外氣引入空調系統，以降低空調機對回風空氣處理能量的系統，本計畫的「中央聯合辦公大樓南棟」空調改善案例上，即運用了此項技術。

案例一：中央聯合辦公大樓南棟

「中央聯合辦公大樓」平日為辦公人員、一般民眾洽公使用，經過本計畫團隊現場查勘後，發現以下幾個問題：(1). 空調箱老舊，已使用超過 16 年，導致熱交換效能不佳(圖 3-5.17)。(2). 原本的送風變風量系統末端壓差感測器已故障，無法反應風管內壓力變化及溫度控制。(3). 空調箱無外氣引入口，直接引入機房外氣，機房內有許多分離式室外機，導致引入高溫外氣增加空調負荷。



圖 3-5.17 空調箱風機已老舊損壞，導致空調箱無法發揮原有的變風量功能

因此，本案在改善手法上，除了汰換 16 台老舊耗能的空調箱外，亦更換並調整壓差感測器、增設變頻器，使空調箱發揮變風量功能。另外又加裝了外氣風管(圖 3-5.18)、外氣溫溼度感測器與室內二氧化碳濃度感測器(圖 3-5.19)，藉由比例式外氣風門開度控制引入最少之新鮮溼熱外氣，避免造空調負荷節省能源。冬天時，這些外氣引入送風機及風管，可直接引入外氣溫度較低的室外空氣替代空調

使用，以達到節約能源的效果，如此雙管齊下的改善手法，預期可達到空調箱 57% 的節能效果，全年節省約 114,380 度電，換算後約 28 萬的電費，不僅節能又經濟。



圖 3-5.18 新設空氣箱加裝外氣風管及風門，提升空調箱效能



圖 3-5.19 以外氣溫溼度及 CO₂ 濃度感測器聯結至監控系統，控制引入外氣風門開度比例

(1-7) 智慧化監控-建築能源管理系統 (BEMS)

所謂建築能源管理系統就是將建築物內或建築群內的變配電、照明、空調、供熱、給排水、能源使用狀況及節能管理實行集中監視、管理和控制的系統，稱為 BEMS (Building and Energy Management System)。但許多業者只注重節能設備初期設計，而對事後的節能管

理沒有盡心，因而使節能效果大打折扣，光有一流的節能設備硬體，卻不肯花費些許經費做好能源技術管理，反而易招致更大的設備浪費與節能效果不彰。運用智慧化的中央電腦監控，其設備的運轉狀況不但能即時掌握，更能準確控制其設定以達到節省能源的目標。有些



建築能源管理系統亦將原本獨立的防災及保全系統作統合化的管理，不但在管理上更加的方便，對於居住者也帶來不少的便利及舒適性，效果就好像一個智慧聰明的節能管家！

案例一：行政院衛生署朴子醫院

「行政院衛生署朴子醫院」為醫療暨行政大樓，主要作為門診、行政區域與住院醫療空間，平日用電需求量非常大，現場查勘後，發現目前使用的滿液式冰水主機運轉效率甚高，但美中不足的是採用人工主觀操控起停機，且缺乏電力需用電趨勢控制系統(圖 3-5.20)。若導入建築能源管理系統 BEMS，可協助擬定空調主機、送水、送風、換氣系統適當的運轉計畫（如需求量限制、固定啟閉技術、最佳運轉技術、最佳化進氣、週期控制技術設計最佳化之運轉模式。



圖 3-5.20 原有冰水主機運轉效率雖高，但主機電力控制盤卻必需以人工操控



圖 3-5.21 透過 BEMS 系統遠端操控管理建築耗能設備

因此，行政院衛生署朴子醫院除了執行冷卻水塔散熱片更新及室內照明系統改善外，另增設 BEMS 系統與電力趨勢偵測系統(圖 3-5.21)，並實施空調設備測試、平衡、調整(TAB)工程之後，對於醫院營運模式下的約有 15%的節能效益。

案例二：總統府

「總統府」作為總統、副總統、辦公人員、洽公人員及駐衛人員及民眾參訪使用，是象徵我國門面的重要代表性建築物，但原室內空調溫度控制器為類比式，風速僅有 3 段調控，且未連結至監控系統，造成營繕人員無法有效監控管理各室內設定溫度，同時缺乏自動紀錄及遠端控制之功能，營繕人員必需至空調設備現場手動抄錶，不易設備管理及用電追蹤(圖 3-5.22)。

有鑑於總統府對於建築能源改善示範作用，因此本案特別針對原有的建築能源管理系統，進行 BEMS 更新升級的改善。如將數位化五樓空調送風機(FCU)之控制器(圖 3-5.23)，並整合連線至監控系統，可遠端控制室內溫度及送風機啟停，及更新升級監控系統，建立空調系統、電力負載監控、耗能資料庫及遠端控制等功能(圖 3-5.24)。

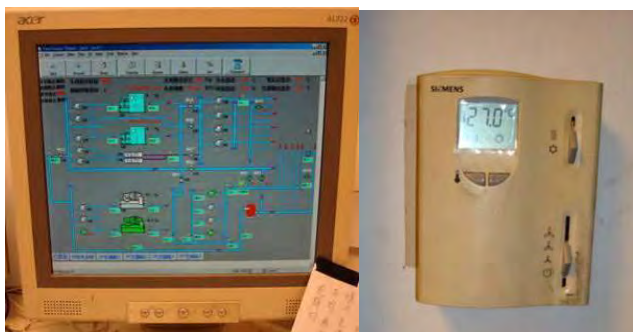


圖 3-5.22 既有三速開關功能未連結至監控系統



圖 3-5.23 空調送風機(FCU)數位式控制器

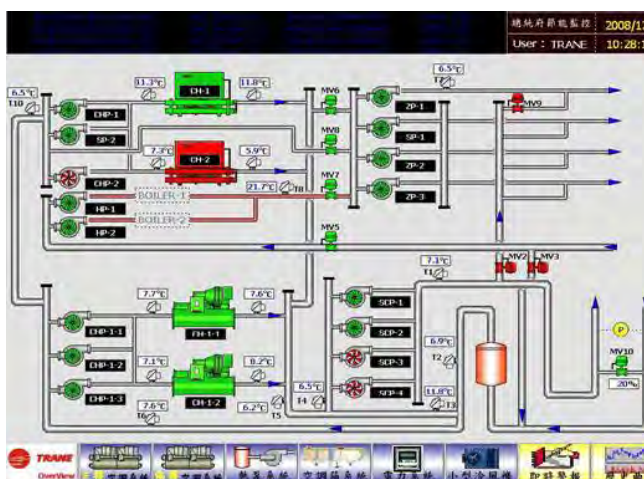


圖 3-5.24 更新升級 BEMS 監控系統



圖 3-5.25 升級後可記錄歷史運轉曲線



改善後可對整體建築耗能進行完整即時線上(Real time online)監控,大幅提昇系統之自動化與智慧化功能,並可實施自動排程運轉等節能策略,節省大量人力同時建立完整之耗能資料庫,有效管理或分析歷史運轉資料(圖 3-5.25),進一步調整最佳化節能管理。本案配

合照明系統晝光利用、熱水系統節能改善後,總計每年約可節省 58 萬度之用電量,相當每年減少約 145 萬元電費。總投入金額約 500 萬元,預計回收年限約為 3.5 年,足以作為建築設備節能改善案例的表率。

(2) 室內、戶外照明系統節能改善

據辦公建築能源使用統計資料,建築日常使用中以空調及照明用電為最大的耗能流向。既有建築物的室內、室外照明系統及設備的改善是最普遍及便利的綠建築更新手法。在油電價高漲的現代,高效率燈具不但可以有效節約照明用電量,同時達到節能減碳的目的;

而防眩光燈具則可以提升室內照明之舒適度,同時增加室內工作的效率,而在戶外照明的部份,使用過量燈具或採用不當的景觀照明設計,不僅不能提升夜間戶外的照明品質與美感,反而會帶來諸多負面的影響,不但浪費能源,也影響動人類和植物的生活規律。



圖 3-5.26 不當的夜間照明設計影響居住品質

案例一：經濟部標準檢驗局新竹分局桃園辦事處

經濟部標準檢驗局新竹分局桃園辦事處經過實地踏勘調查及評估後,原使用傳統電感式燈具,且因燈具設有壓克力罩,使用 15 年後泛黃且妨礙效能,實測照度只有

200~350Lux,明顯未達辦公室及實驗室照度標準。經由本計畫建議將原有傳統型 T8 螢光燈具,更換為高效率電子式 T5 螢光燈具,裝設高效率主動功因電子式安定器(圖 3-5.27)。

另外，在走廊則增設熱感式自動開關，以減少不必要的照明用電浪費，並於窗邊設置高效率調光型電子式安定器燈具，在室外光線充足的情況下，讓使用者能依需求調整照度，以達到省能之目的。依照實測結果顯示：改善前後實測平均照度值由 309Lux 提升至

659Lux，用電量則減少約 50%，總計每年預估可節省照明用電費用約 24 萬元。改善後不僅提高平均照度到達 CNS 辦公室照度標準 500Lux 以上，有效提升室內照明環境之健康及舒適性，更大幅減少照明耗電量。



圖 3-5.27 一樓大廳改善前後照明品質提高

案例二：國立高雄第一科技大學校內圖書資訊館

高雄第一科技大學校內圖書資訊館一般開放時間為週一至週五 8:30-22:00；週六 9:00-22:00；週日 9:00-18:00，平均每日開放時間 13 小時。根據校方統計每年進館人次約有 50 萬人，經過實地踏勘調查及評估後，發現館藏空間照明使用 T8 日光燈管，照明效率不佳，浪費能源；此外，照度亦不足，照明改善之效益極具潛力。

本案具體改善成果共將 532 盞計 1596 支 40W 之 T8 燈管更換為 28W 之 T5 燈管(圖 3-5.28)，耗電總功率由改善前 63,840W，降為改善 44,688W，有效節能比率約 30%。若每日開燈時數設定為 13 小時，電費以每度 2.45 元，則計算改善後預估每年可節省電費約 20 萬元，節能效益非常顯著，並達到提升照明效率及降低眩光之目的。



圖 3-5.28 改善前使用 T8 燈管燈具未有良好防眩光設計，書架上反射眩光嚴重(左)，改善後使用 T5 燈管燈具有良好防眩光設計，反射眩光情形降低(右)

案例三：國立成功大學



圖 3-5.29 改善前成功校園所使用的老舊戶外照明燈具

國立成功大學幅員廣大，經過實地評估後，發現大學校園活動最頻繁的校區為校本部的光復校區，日間及夜間活動的師生與校外民眾人數眾多，為成大師生及台南市民最重要的休閒場所之一，但改善前園區內步道高燈、路

燈中，水銀燈是園區內數量最多的燈具，水銀燈不但高耗能(160~400W)，而且對於環境污染性較大。此外，這些老舊的夜間照明燈具效率不佳，有礙夜間活動者的安全；也容易造成眩光、環境光害及浪費能源等問題(圖 3-5.29)。

本案針對水銀燈的部分，換成省能、污染性低且有適當遮光角的高壓鈉氣燈，燈具型式為全面漫射型燈；以同時達到節能、高效率與低光害的目標。在步道矮燈及壁燈的部分，原有光源為白熾燈及 PL 省電燈泡，亦將光源統一換成更省電的省電燈泡，以達到節能的目標。本案在改善前後均實地測量戶外燈具之平均照度值，300W 水銀燈步道高燈改善前平均照度為 29.4 lux、160W*2 水銀燈步道高燈改善前平均照度為 57.5 lux；改善後統一改善成 70W 高壓鈉氣燈步道高燈(圖 3-5.30)，平均照

度提升為 97.3 lux，同時有效降低用電量、眩光及環境光害等問題，一舉數得。

節電方面，本案改善前總計水銀燈 79 盞、鈉燈 22 盞、白熾燈 7 盞與 PL 燈 55 盞，總功率 30,085 W；改善後全面淘汰高污染性之水銀燈，改用高壓鈉氣燈 101 盞、3U 省電燈 14 盞與 PL 省電燈 55 盞，總功率降為 17,237 W，有效節能約 43%。若每日開燈時數設定為 10 小時，電費以夜間每度 4 元計算，則每年約可節省電費 187,581 元，改善成效十分顯著。



圖 3-5.30 改善後成功校園戶外照明燈具使用之現況



案例四：國立雲林科技大學

經過綠建築更新團隊實地評估後，發現學校原有路燈配置乃使用水銀燈源，水銀燈發光效率並不優秀，加上燈具老舊與水銀燈演色性低落等問題，因此本案以低能耗之高效率燈具取代現有舊型之水銀燈，將老舊無防眩設計之燈具汰換為低眩光之燈具形式，除維持基本道路照明，達到節約用電的效果外，亦可有效降低眩光和減少夜間對生物活動之干擾。

本案共將戶外 41 盞 250W 水銀燈具更換為 150W 複金屬燈，有效節能 40%，若每日點燈以 12 小時計算，每月耗電量將由 3,690 度降為 2,214 度，約減少 7 萬元電費。



圖 3-5.31 改善後的燈具有防眩設計，路燈背側無多餘燈光

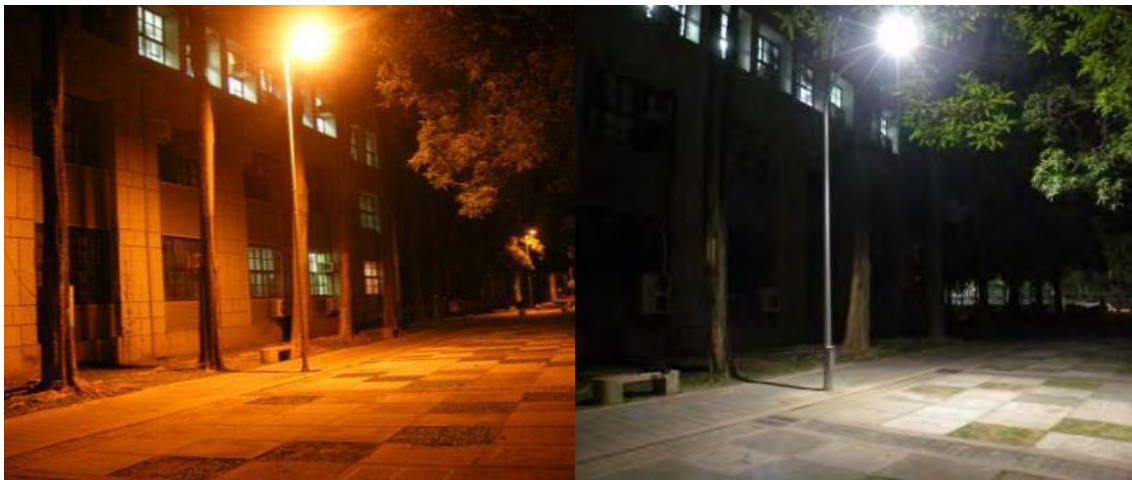
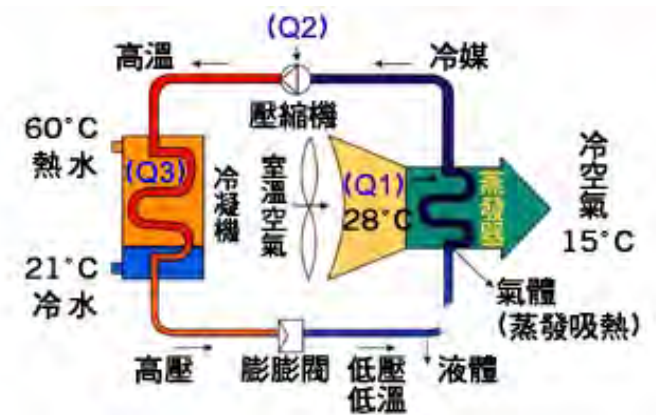


圖 3-5.32 改善前為 250W 的傳統路燈眩光問題嚴重(左)，改善為複金屬燈(150W)，演色性及眩光均得到改善(右)

(3) 熱水熱泵系統節能改善

在醫院的能源使用調查中，以 400~500 床的署立醫院為例，每月的電費約在 100~150 萬之間。在不包括醫療設備用電在內的醫院日常用電中，淋浴用熱水供應系統的耗能是僅次於醫院空調系統耗電的項目，尤其是在採用電熱式熱水系統的醫院中，淋浴用熱水系統的耗電量更是驚人。

一般醫院的熱水供應系統的種類，主要有燃油或燃氣鍋爐式、電熱式、太陽能式以及新興的熱泵熱水系統。新興的熱泵熱水系統由於沒有鍋爐式熱水系統的需列入工業安全中的壓力容器定期檢查的困擾外，且由於其使用類似空調系統的能源轉移觀念(如圖 3-5.33)，可以以一倍的耗電量產生 3~4 倍的製熱能量、2 倍的製冷能量，可較其他方式的熱水系統節省更多的耗能，其回收年限大約為 2~3 年。由此可以明顯看出熱泵熱水系統的節能改善優勢。



熱泵·能量轉換情形

電力消耗：5.1 kw (單位能量)

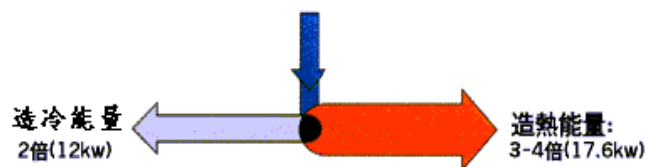


圖 3-5.33 熱泵系統效益說明示意圖

案例一：行政院衛生署豐原醫院

本案原本的熱泵熱水系統採密閉式設計，儲熱水槽必須維持固定的水位高，所以補給水必須隨時進水，當水溫低於 50° C 時，熱泵系統就必須啟動，將水溫提高至 55° C 或 60° C。這樣的控制方式有兩個缺點：第一系統的製熱運轉溫度都在 50° C 以上，而熱泵的

製熱運轉溫度愈高，系統的效率愈差。其次，根據醫院的熱水使用習性，一般主要的用熱水高峰期是在下午四點到下午七點間，仍屬電力公司的尖峰時段，而在高電價的時段運轉會增加運轉電費。同時，為了應付醫院尖峰淋浴時間的熱水供應品質，熱泵設備的容量會較大。



因此，本案主要針對密閉式系統的缺點加以改善，導入類似空調儲冰系統觀念的改成開放式全量儲熱水系統，如此系統可利用非尖峰用電時間進行製熱水，轉移尖峰用電，降低用電契約容量及較低的離峰電價；另外由於製熱時間變長，可降低熱泵設備容量；再者補給水係進入較小的緩衝加熱水桶，並非直接注入大熱水儲槽，不會降低熱水供應溫度。



圖 3-5.34 醫療大樓改善前後熱泵系統



圖 3-5.35 復健大樓改善前後熱泵系統

同時改善後熱泵的製熱溫度是從常溫的 25°C 開始，逐漸升高至 55°C 或 60°C ，系統有較長的時間是在低製熱溫度下運轉，整體系統效率較密閉式系統更好。由於開放式熱水槽皆設於屋頂，所以將熱泵的於冷導致鄰近的冷卻水塔，一方面增加散熱效果，一方面可因冷卻水塔散熱效果增加，冷卻水水溫降低，進而提高空調冰水機的運轉效率。

復健大樓、醫療大樓、急症大樓原來均以電熱水氣供應熱水。預估每年耗電量共計 1,274,850 餘元。經增設熱泵系統於離峰時間運轉，並將產生之冷氣用於冷卻機房或冷卻水塔使用。改善後

用電之預期效益如下表所示，每年節約用電 364140 度電，節電量約為 71.4%，電費共 1,048,894 元，改善所需之經費為 2,092,800 元約 1.99 年可回收

熱水熱泵系統改善前後用電效益比較

改善前	建築名稱	使用設備	預估每年用電量	預估每年電費
	復健大樓	50kw電熱水爐二台	91675	220019
	醫療大樓	50kw電熱水爐一台	123188	295650
	急症大樓	100kw電熱水爐二台	295077	708185
	合計		509940	1274850
改善後	復健大樓	25073KCa/H熱泵一台	27540	33048
	醫療大樓	25073KCa/H熱泵一台	36720	44064
	急症大樓	45359KCaI/H熱泵一台	81540	97848
	合計(離峰電費)		145800	364500

(4) 再生能源好潔淨

來自大自然的能源，例如太陽能、風力、潮汐能、地熱等，是取之不盡，用之不竭的能源，相對於會窮盡的石化能源，再生能源不僅有無的潛力可開發，同樣也是相對潔淨的一種能源，但目前再生能源的廣泛運用，還需要許多技術、科技上的突破，為了讓我國民眾更進一步認識再生能源，本計畫也特別其納入為改善手法之一。

太陽能電池係一種利用太陽光直接發電的光電半導體薄片，它祇要一照到光，瞬間就可輸出電壓及電流，而此種太陽光能電池 (Solar cell)簡稱為太陽能電池。假如太陽能光電能夠結合建築外遮陽，一方面可創造再生能源，一方面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四倍，其投資回收年限可縮短至 9 年(含政府補助)。



案例一：台北科技大學設計館

以台北科技大學設計館改善案為例，以光電版結合外遮陽版之整合型太陽光電系統，本案例在該館南向立面開窗部，設置四片上下兩層、面積 $46 \times 145\text{cm}$ 的烤漆鋁擠型遮陽板，遮陽板的上方再預留凹槽放置光電板(圖 3-5.37)。該館原來南向窗面大部分缺乏外遮陽設計，造成室內溫度上升、工作人員不舒適、空調耗電遽增的現象，光電板之產電將併入室內供電系統，同時能為設計館提供部分的用電來源，更加提升節能的效果。



圖 3-5.36 設計館改善前立面



圖 3-5.37 北科大設計館改善後以光電板結合外遮陽之整合型太陽能光電系統

太陽能雖然是取之不盡用之不竭的資源，目前太陽能的經濟效益尚不高，因為其昂貴的設備與低效率的轉換效率，再加上台灣便宜的電費，較難有推廣效益，唯有透過優美的綠建築造型設計，結合遮陽節能或美學造型，或是替代電力加熱等多重功能，才能發揮應有的經濟效益，同時也是進行綠建築更新時應慎重考慮的地方。

案例二：雲林科技大學

太陽能熱水技術主要是利用集熱器將太陽輻射能量收集，以轉換成有用的熱源形式，供日常生活熱水使用。水的比熱高，因此加熱水所消耗的能源成本相當可觀，若能以太陽能加熱供應熱水，可省下不少用電量。

雲林科技大學學生宿舍位於台灣中部因日照時數多且日射量高，將學校宿舍原有回收



圖 3-5.38 雲科大學生宿舍改用太陽能熱水



圖 3-5.39 高雄大學學生宿舍的真空管太陽能熱水系統

循環式瓦斯燃煤熱泵供水系統(瓦斯鍋爐熱水器)進行改善，在學生宿舍屋頂架設 102 塊由太陽能板組合之高效率太陽能熱水系統與現有鍋爐系統串並聯使用(圖 3-5.38)。每年可節省約 53% 之瓦斯費用(相當於 47.1 萬元)。對學校整體能源節約有莫大之貢獻。

案例三：高雄大學

由於高雄大學位於都市瓦斯無法供應的地區，過去皆以電能作為學生宿舍熱水之能源，使校方不堪昂貴的電費支出。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達到 4,000kcal 以上，很適合引進太陽能熱水系統。本案以 12 加侖 4kw 的太陽能熱水系統先將熱水加熱至 50℃，再輔以電熱水器加熱，每日節省 1307 元電費，每年節省約 48 萬元(圖 3-5.39)。



案例四：國立臺灣科學教育館

國立臺灣科學教育館腹地，多留設做為大型遊覽車之停車場用，但由於鋪設大量的大理石鋪面，導致夏季環境溫度居高不下，因此本計畫在其周邊設置戶外花架，利用花架以減少太陽直射的熱量，提供遮蔭的功能，使參觀者於夏日休憩時有遮蔽的頂蓋，增加使用的舒適性。除了配合攀藤植栽的種植，另外於花架上增加太陽能獨立式照明，可提高夜間的使用性又不浪費能源。



圖 3-5.40 太陽能獨立式涼亭照明及景觀燈



圖 3-5.41 涼亭照明燈之太陽能板

不僅將太陽能運於於花架照明，本案還另於花架空間上增設太陽能集熱系統，這些太陽能集熱真空管將太陽能轉為熱能，提供廚房所需熱水，減少瓦斯用量。增設之集熱真空管，預計每年約可收集太陽能 2,606 萬 kcal，相當於 3 萬度瓦斯；並設置監控及科學教育解說設備，以達擴大宣導之教育意義。



圖 3-5.42 太陽能熱水系統運轉紀錄系統(右)，熱水可供廚房使用(左)



圖 3-5.42 真空管太陽能集熱器與其支撐架



第六節 地球暖化慢下來：舊建築再利用及推廣木構造

全球溫暖化的現象被視為當前地球環保最迫切的課題，從 1992 年「地球高峰會議」各與會國家所制訂的「全球氣候變遷公約」到 1998 年的「京都議定書」，都是在積極為各國二氧化碳排放減量進行努力。由於木材能夠儲存大量的二氧化碳，有益於緩和全球溫暖化的功效，因此我國綠建築政策將「木構造」列為

二氧化碳減量的重要對策。例如，日本的住宅八成以上為木造建築，其對於二氧化碳的固定效果，相當日本全國 18% 森林面積的效益。由此顯示，有計畫的倡導具永續森林經營的木材運用，以及推動木構造來部分取代 RC 構造建築物，或是將原有的閒置建築物進行改造再利用，無疑是綠建築應該努力的方向。

(1) 舊建築再利用

案例一：嘉義中學

本計畫於嘉義中學所進行的「日治時代木構禮堂」的改善再利用，更為木構造推廣邁向前一步。本計畫為這棟臺灣紅檜木造雙斜屋頂建築更換不堪使用的部材，並保留原有構架方式與恢復使用機能，此計畫不但是木構造推廣示範案例，更是「綠色廳舍改善計畫」對於「閒置空間再利用」之首例(圖 3-6.1、2)。



圖 3-6.1 嘉義中學的「日治時代木構禮堂」改造再利用



圖 3-6.2 嘉義中學的「日治時代木構禮堂」改善再利用

案例二：行政院文化建設委員會文化資產總管理籌備處

位於台中市舊酒廠內的舊建築再利用為例，該案例位於台中舊酒廠內，建築主體興建於民國 60 年，原為儲酒倉庫，立面為高窗及小通氣口（圖 3-6.3）。現做為行政院文化建設委員會文化資產總管理籌備處使用，需要大面積的展覽空間使用，但原本建築的開窗方式無法因應未來需求，若不改善則會導致室內通風不佳、採光條件不良。因此，憑藉內政部建築研究所補助經費，由陳柏年建築師事務所設計，使本案作為綠建築改造計畫的指標工程，並讓綠建築政策更具教育示範意義。



圖 3-6.3 台中舊儲酒廠原貌



本案的特色在於保留必要的結構及牆面，開窗則改以高窗及長條窗為主，利用天花板均佈晝光使室內照度擁有較佳的均齊度（圖 3-6.4）。拆除部分樓板成為挑空中庭，除了可



圖 3-6.4 天花板完工後室內照度擁有較佳的均齊度

因此補充中央採光外，也可配合屋頂所增設的通風塔形成自然通風路徑（圖 3-6.5）。所使用材料以可回收、再生及環保之材料為主。空調系統採用高效率的主機，並設全熱交換器及 CO₂ 感應裝置，使本案成為省能、健康、環保再利用的綠建築。為了使改善更全面，本案也針對原有花雕儲酒廠周圍環境缺乏環境綠美化，植栽綠化不足的問題，原生植栽採用、誘蝶誘鳥植物綠化、複層植栽混種等手法進行生態環境的改善（圖 3-6.6），讓原本廢棄的舊建築煥然一新，重獲新生。



圖 3-6.5 屋頂複式（浮力）通風塔可形成室內自然通風路徑

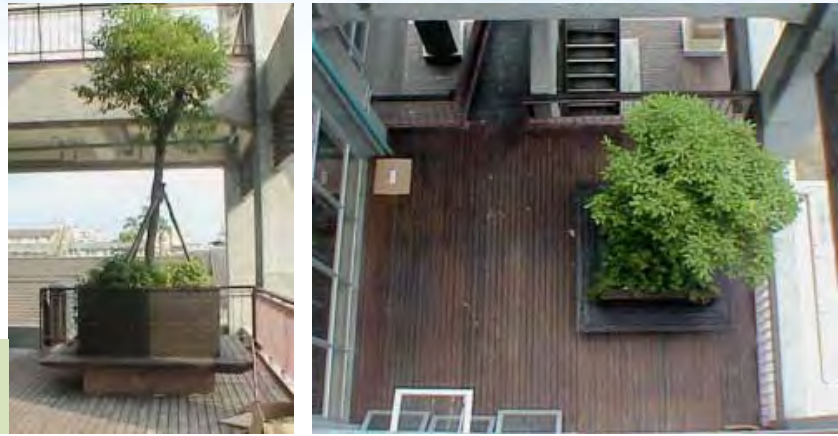


圖 3-6.6 採用、誘蝶誘鳥植物進行陽台空間的複層植栽





(2) 推廣木構造

案例一：集集特有生物保育中心與台南啟聰學校

本計畫為推廣木構造運用，於集集特有生物保育中心與台南啟聰學校，分別規劃一處木構花架與廊道，其除了滿足遮蔭避雨的功能，更可以具體成為木構造的推廣示範（圖 3-6.7、8）。又如曾文農工校內的百年荊桐老樹保存計畫，除了以更換木架支撐老樹的橫枝之外，也增設木棧道、木涼亭作為生態解說教學之用。



圖 3-6.7 台南啟聰學校的木構花架廊道



圖 3-6.8 集集特有生物保育中心的木構花架廊道

案例二：曾文農工

曾文農工校園內的刺桐老樹為校園之精神象徵，本計畫因此結合周遭庭院景觀，納入整體規劃，於老樹旁設置木構集會所與木棧道，讓師生在活動、教學、聚會之間能與老樹融為一體，活化庭院與老樹之機能（圖 3-6.9）。

在此同時為求庭院空間上之完整利用，經取得校方之同意將閒置並位於其旁的軍械庫拆除，地面改造成透水鋪面。如此一來，庭院原本為裸露的泥土地，也在以喬木或灌木植栽配合部分草地之種植後，形成美觀之綠化庭院。本計畫使用木料約 212m^3 。另種植喬木 30 棵，灌木 687m^2 ，草花 1484m^2 綠化環境。這些木料的使用可固定大氣中二氧化碳 $381,600$ 公斤。植栽綠化之效果以綠建築綠化量指標之內容計算於 40 年內可固定二氧化碳量 $376,394$ 公斤，其成效為凸顯老樹之意義，並提供一個可供師生或民眾駐足的自然空間。



圖 3-5.9 曾文農工的老樹保存與木構造涼亭



案例三：高雄大學



圖 3-5.10 改善前人行道常需忍受日晒之苦

高雄大學校園內圖書資訊大樓與其他系館間的行道樹遮蔭效果不足，每到夏季時，在校園內學習、研究與辦公的師生與教職員，於校區內樓間穿梭時(圖 3-6.10)，常需忍受酷熱日晒之苦，是一個亟需改善的環境。藉由本計畫，將校區主要建築群間的步道遮陽系統建立起來，於周遭人行道上構築木造戶外遮棚，並提供爬藤類攀附的棚架，一方面可以提供戶外遮蔭的步道空間，另一方面可以增加校園綠意，這對全校師生及教職員而言，將是一大福音。目前爬藤植物已覆蓋滿戶外遮棚(圖 3-6.11)，對於周遭環境之微氣候，將有明顯的



圖 3-5.11 戶外遮棚爬藤類植栽的生長狀況良好

改善，而校園景觀也將更加美化與舒適。校方僅需例行性施、澆水及修剪外，並無需其他繁雜或大量之維護管理工作，即可維持綠廊道之功能與美意。本案戶外遮棚總長度 165 公尺

長，採用木料約 25.73 m^3 ，可固定二氧化碳量達 22,208 kg，相當於 20 m^2 的森林地累積 40 年之二氧化碳量固定量，十分符合二氧化碳減量之精神。

案例四：行政院衛生署竹東醫院

本案因基地四周無大型喬木栽種，僅有直立型龍柏，造成停放於此之車輛，接收大量的日射量，車內溫度居高不下，且原鋪面屬不透水之瀝青鋪面，缺乏保水功能(圖 3-6.12)，因此本計畫將原本停車空間導排水不良之連鎖磚鋪面剷除，改善為車道專用連鎖磚，使降水可直接滲入地表下，增進土壤涵養水分能力，並增設防沈陷格框，防止不均勻沈陷。此外，又架設再生林實木棚架作遮蔭使用，以降低車內日射量，並藉由種植爬藤類植物，使棚架綠化同時增加遮蔭效果，同時改善了基地保水及周遭環境的微氣候(圖 3-6.13)。



圖 3-5.12 停車場改善前無大樹遮蔭



圖 3-5.13 停車場改善後實木棚架及爬藤類植物攀附的現況





第七節 點滴不浪費：永續水資源利用

台灣的年平均雨量高達 2510mm，為世界平均雨量之 3.5 倍，但因人口密度高，使每人平均分配降水量不及全世界平均值之六分之一，再加上雨量分佈不均、用水浪費、水資源利用效率不佳等因素，致使台灣成為一個嚴重的缺水國（圖 4）。此外，台灣長期以來的低水價政策，不但造成供水品質低落，，也造成民

眾浪費水資源的習慣，例如目前台灣人日常用水量為 235 公升/（人、日），遠高於德國的 145 公升/（人、日）、西班牙的 126 公升/（人、日）、丹麥的 190 公升/（人、日）與英國的 108 公升/（人、日）。在先天缺水與民眾浪費水資源的習慣下，使得永續水資源利用設計在台灣的綠建築評估中更顯重要。



圖 3-7.1 公共洗手台水栓加裝起泡器可減少用水量，避免無謂浪費



圖 3-7.2 馬桶加裝二段式沖水裝置，可有效節約建築物用水

案例一：中正紀念堂

中正紀念堂為常保終年四季花開不輟，需要大量的水份來灌溉，保持生長良好，改善前採用地下水及自來水進行混合澆灌，水量需求相對較大。因此，本計畫運用現有面積廣大的水泥鋪面排水系統，其單側收集口位於正面環堂大道側大草坪(圖 3-7.3)，每側收集口涵蓋集水面積估計約為 3,800 平方公尺，收集雨水直

接納入左側草坪 900 噸雨水貯槽。中正紀念堂以總容量超過 1,500 噸之雨水利用設施進行供水，且貯水槽設計水質監控、觀景窗與上側景觀水池作為民眾休閒與雨水教育之場所(圖 3-7.4)，為兼具花木澆灌、景觀池補水與都市防災功能之國家級綠建築水資源指標示範案例。



圖 3-7.3 正面環堂大道二側澆灌面積，增設自動澆灌設備取代人工澆灌



圖 3-7.4 貯水槽設計水質監控、觀景窗與上側景觀水池作為民眾休閒與雨水教育之用



案例二：玉里榮民醫院

為改善院內大量使用地下水當沖廁用水及澆灌用水，廢水放流水水資源無法有效利用，及院內原先配置之中水系統不完整之缺失，因此本計畫將既存的廢水處理放流水回收再利用，運用原 100 噸之中水配水槽設置中水利用再生處理設施，節省建設成本。此再生系統設計處理量為 200CMD，放流水經自動過濾

處理後，再經活性碳去除原 SBR 廢水處理系統中，生物無法分解之有機物，並去除水中界面活性劑及異味，最後加入次氯酸鈉消毒，進入 100 噸中水配水槽，連接各病房之沖廁系統再利用。改善後利用遠端監控進行供水的玉里榮民醫院，中水每日供水量達 200 噸以上，為偏遠地區綠建築水資源指標的典範案例。



圖 3-7.5 利用遠端監控進行中水供水的玉里榮民醫院

案例三：宜蘭特殊教育學校與嘉義高商

位於宜蘭縣五結鄉的宜蘭特殊教育學校，是一所多雨且位處偏遠地區的學校，校內以自來水為主要水源，生活用水主要以沖廁、澆灌、水療池及洗滌為大宗，而嘉義高商除以

自來水當澆灌用水之外，還有游泳池、景觀用水、冷卻水塔之補充水需求，二案均急需水資源的改善及回收利用。因此，本計畫除了設置雨中水回收利用系統外，也利用小型雨撲滿教

育設施，讓學生及洽公民眾有更佳的雨水利用 環境教育機會(圖 3-7.6)。



圖 3-7.6 宜蘭特殊教育學校與嘉義高商配合雨中水回收利用系統設置的小型雨撲滿

案例四：金門技術學院

金門技術學院位於離島易缺水區域，校園內生態池的水資源需求利用改善空間以及教育宣導效益潛力大，因此本計畫除了改善原有已失去生態功能且不具景觀效益的生態池外(圖 3-7.9)，還於單側增設 100 噸雨水處理兼貯存槽 1 座，並收集既有建築物排放之屋頂雨水，經篩網、沈砂及傾斜管沈澱後作為生態池補充水。估計年替代自來水供水潛能量在 4,565 噸左右。以每噸水的平均水費 10.5 元計算的話，等於每年可省下約 4 萬 7,930 元左右



圖 3-7.7 原有設計之景觀生態池因底部滲漏無法維持生態水位



的水費。本案若以替代離島地區海水淡化開發平均成本 40 元/噸以上計算，每年為政府節省下來之無形支出則即達 18 萬元左右。除達成

易離島缺水區域建築節水之綠建築精神外，對校內學生及離島居民亦有環境教育之雙重功效。



圖 3-7.8 經沈澱處理後的雨水已相當潔淨



圖 3-7.9 生態池旁以雨水進行造景之渠道



圖 3-7.10 經改善後的生態池已經開始進行提供充足再生水源以及雨水蓄水來營造生態環境

案例五：法務部行政執行署宜蘭行政執行處

宜蘭行政執行處地理位於台灣東北角之一隅，為全國雨水最多之地方，雨水回收再利用的潛力極大，因此，本計畫利用斜屋頂面積約 700 m²收集雨水（如圖 3-7.11），因雨水集水天溝之設置礙及收集雨水洩水坡度等問題，將原擬設置於屋頂平台之雨水回收貯水槽等設施，改設置於 1F 右側庭園綠地（如圖 3-7.12）。



圖 3-7.11 截接既有屋頂雨水排放管，進行雨水收集

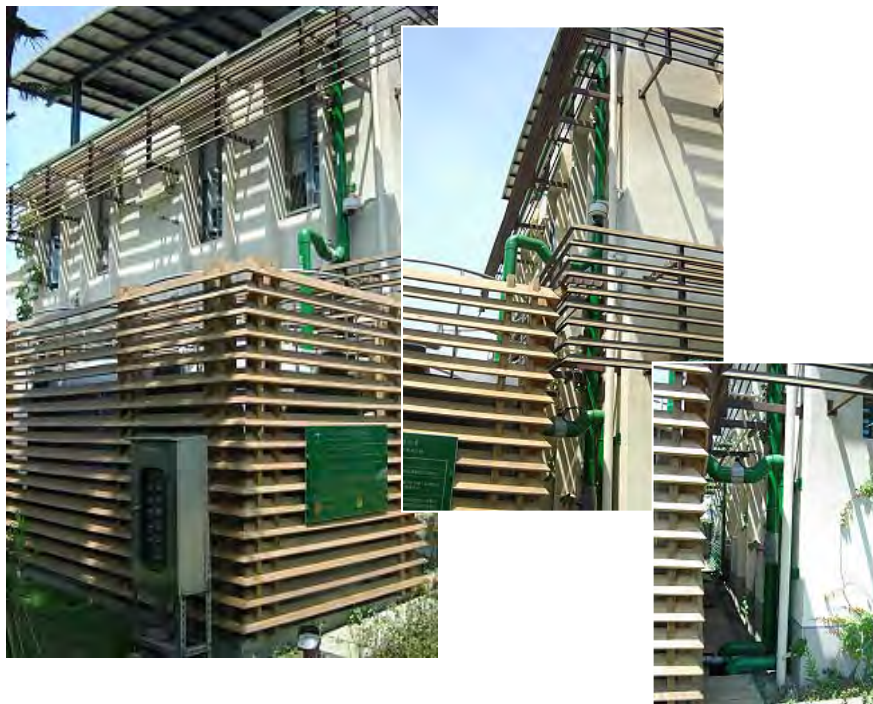


圖 3-7.12 雨水回收再利用系統貯水設施現況改善後現況

雨水經沉澱、攔污後利用中繼槽過濾泵浦將回收雨水抽至設備機房過濾消毒後貯存於配水槽，此回收之雨水可提供沖廁、刷洗地板及澆灌用水，取代原先使用自來水水量，每年可回收雨水量約 1,321 噸，節省下來的水費十分可觀。



案例六：法務部行政執行署宜蘭行政執行處

本案利用文教大樓下東西側天井集水陰井收集雨水，集中泵送至西側天井，經過新設之雨水物理處理設施處理後，蓄存於 8F 新設貯水槽作為大樓沖廁、刷洗地板及澆灌用水，同時，設有用水監測設備進行水質（酸鹼值）及用水量的監測（如圖 3-7.13、14），統計每年可回收雨水量約 678 噸。



圖 3-7.11 雨水回收再利用系統中之監測設備及加藥桶設施

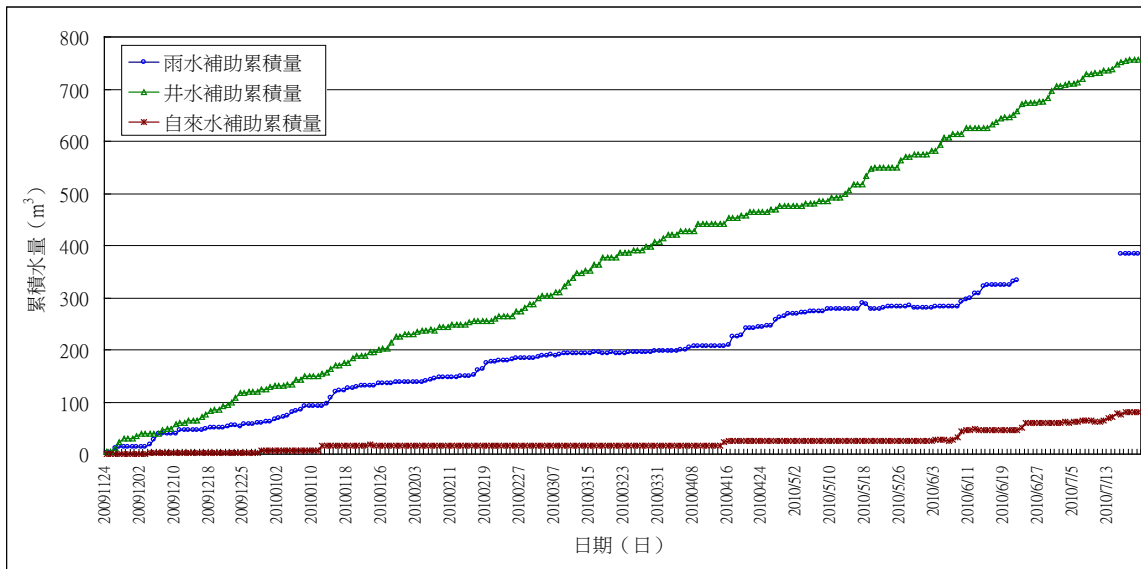


圖 3-7.14 改善後各月份用水監測累計量

案例七：如高雄海洋科技大學

高雄海洋科技大學在集中污水處理設施末端設置 200(噸/天)的中水三級處理設施（圖 3-7.15），以作為校園大量植栽之澆灌水源，每年可節省自來水 73,000 噸，扣除年操作費用每年節省之自來水費在 70 萬元左右。若以水庫平均開發成本 24.5 元/噸計算，全年為政府節省之無形支出則高達 179 萬元。



圖 3-7.15 海洋科大結合全校污水處理設施的中水系統

案例八：經濟部水利署水利規劃試驗所

為全國重要水利設施設計或施做前重要的水工模型實驗場所，由於進行水工實驗需要大量的水資源進行水利結構物的模擬工作，因此，本案於原來的供水系統中已設置了既有蓄水池貯存應用地下水，因此本計畫利用現有建物建立雨水貯集系統收集雨水（圖 3-7.16），將蒐集之雨水取代現有以地下水供應實驗需求，全年可節水量約在 4,745 噸左右，充份地減少自來水使用之負擔。



圖 3-7.16 新增實驗區雨水管路系統，以收集廣大屋頂之降雨逕流



第八節 綠建築更新計畫總成效

「綠建築更新計畫」自從 2002 年「綠廳舍改善計畫」初聲試啼，及 2008 年「綠建築更新診斷與改造計畫」迄今 2011 年，截至本書完稿之際，仍有多處計畫正在進行，十年來之具體貢獻，可概述如下表所示：

「綠色廳舍暨學校改善計畫」實際績效							
項目	績效評估單位	92 年	93 年	94 年	95 年	96 年	總計
生態	可提供鳥類食物源(隻)	11,660	5,190	3,640	540	27,100	48,130
	可提供昆蟲食物源(隻)	11,660,000	5,190,000	3,640,000	540,000	27,100,000	48,130,000
基地綠化	固定二氧化碳量(kg)	10,949,096	8,011,203	8,909,580	170,000	2,816,000	30,855,879
基地保水	保水蓄洪(m ³)	36,896	1,483	969	3,072	34,056	76,476
廢棄物減量 舊建築利用	採用木構造固定二氧化碳量(kg)	--	651,600	8,100,294,766	1,138	300,455	8,101,247,959
外殼節能	節省用電(度/年)	2,970,984	93,638	484,697	85,411	47,841	3,682,571
	節省金額(元)	7,427,460	234,095	1,211,743	213,528	119,603	9,206,428
熱泵熱水	節省用電(度/年)	954,710				--	954,710
	節省金額(元)	2,386,775				--	2,386,775
太陽能熱水	節省用電(度/年)	380,400			2,606	--	383,006
	節省金額(元)	951,000			6,515	--	957,515
空調、照明 節能	節省用電(度/年)	1,095,510				9,600	1,105,110
	節省金額(元)	2,738,775				24,000	2,762,775
雨中水 節水量	節省水量(噸)	174,400	98,388	94,890	49,675	35,100	452,453
	節省金額(元)	1,831,200	1,033,074	996,345	521,588	368,550	4,750,757

註：每度電以平均電價 2.5 元，每噸水的平均水費 10.5 元計。

「綠建築更新診斷與改造計畫」實際績效						
項目	績效評估單位	97 年	98 年	99 年	100 年	總計
保水蓄洪	保水蓄洪(m ³)	18,000	912	910	829	20,651
綠屋頂	固定二氧化碳量(kg)	285,000	157,000	187,700	58,073	687,773
戶外遮棚						
戶外及室內 照明節能	節省用電(度/年)	175,000	1,187,600	1,118,850	423,480	2,904,930
	節省金額(元)	437,500	2,969,000	2,797,125	1,058,700	7,262,325
水資源回收 節水量	節省水量(噸)	64,000	3,600	5,011	3,100	75,711
	節省金額(元)	672,000	37,800	52,616	32,550	794,966

(一) 在生物多樣性及綠化方面：創造了生態水池 6 處、人工濕地 2 處、生態密林二公頃、多處生物走廊及複層綠化，提供了豐富多樣化生物棲地，所種植的喬木、灌木綠地，在四十年間可吸收 CO₂ 達 3,086 萬公斤。這些綠化相當於可提供五百萬隻昆蟲與五萬隻鳥類食餌與棲息之地，對生態環境貢獻良多。

(二) 在基地保水指改善方面：藉由減少柏油水泥地面增加大地透水面積、設置蓄洪景觀滲透池提昇土壤生態環境與氣候環境等手法，增加了基地保水蓄洪量 97,127m³。

(三) 在外殼節能方面：增加建築外遮陽、百葉遮陽、改善屋頂隔熱及天窗等手法，這些改造過的建築物累計的節電量高達 368 萬度電，換算的經濟效益約為 920 萬元，相當於 225 萬 kg 之 CO₂ 減量排放(每節省 1 度電約可產生 0.612kg 之 CO₂ 減量排放)。





(四) 在 CO₂ 減量方面：採用木構造迴廊、戶外遮棚及綠屋頂所使用的永續木構材約可吸收 CO₂ 約 81 億 kg；在廢棄物減量上，有「行政院文化建設委員會文化資產總管理籌備處」、「嘉義高中木造禮堂」二處舊建築再利用，深具教育意義。

(五) 在室內環境改善方面：改善嚴重日曬中庭 6 座超過 1,200m²，93 年度並針對音環境改善增加 17 棵吸音圓桶、干擾型吸音桶 102 m 及吸音牆 82 m，改善室內舒適度面積高達 60,000m² 以上。

(六) 在設備效率改善上：除了設置太陽能光電版暨太陽能熱水器、太陽能路燈外，也進行高效率照明燈具、節能熱泵系統、高效率冰水主機、VRV、VAV、VWV 空調系統，建築能源管理系統 BEMS 等耗能系統改善，這些設備提昇效率後每年節約耗電量高達 535 萬度電，約為 1337 萬元，相當於 327 萬 kg 之 CO₂ 減量排放。

(七) 在水資源指標：以省水器材配合設置雨水、中水系統來降低建築物耗水。在水資源方面每年總節水量超過 528,164m³，約為 555 萬元，相當於 44 萬 kg 之 CO₂ 減量排放(每節省 1 噸水約可產生 0.831kg 之 CO₂ 減量效益)。

(八) 在污水垃圾改善指標：污水處理設施共更新 5 處，設立人工濕地一處作為污水二級處理，污水處理設施每年可淨化污水達 2,900 m³。93 年度於國立台灣師範大學及國立高雄第一科技大學新增污水處理設施 2 處，每年中水及污水處理量可達 36,000 噸。



另外，自 2003 年起至 2011 年進行建築物耗能設備改善的「綠空調改善計畫」及「建築能源效率提升計畫」也取得了非常顯著的減碳成效及產業商機貢獻，概述如下表所示：

「綠空調改善計畫」、「建築能源效率提升計畫」實際績效					
年度	投入改善工程金額 (元)	節能效益(kWh)	減少 CO2 排放量 (kg)	節省總金額	預計回收年限
2003	228,000,000	14,022,262	8,581,624	46,273,465	5 年
2004	93,000,000	4,477,981	2,740,524	14,777,338	6.3 年
2005	107,350,000	6,320,932	3,868,410	20,859,075	5.2 年
2006	114,250,000	6,294,545	3,852,262	20,772,000	5.5 年
2007	96,590,000	6,320,932	3,868,410	20,859,075	5.2 年
2008	102,851,307	5,486,579	3,357,786	17,008,395	6 年
2009	82,021,992	6,986,427	4,275,693	31,842,555	2.6 年
2010	79,082,488	7,645,548	4,679,075	19,574,427	4 年
2011	56,759,144	4,073,712	2,493,112	12,576,378	4.5 年
合計	959,904,931	61,628,918	37,716,898	204,542,708	4.7 年

註：總節省金額包含燃油節省金額與節能及離峰之電費。

1、直接工程效益

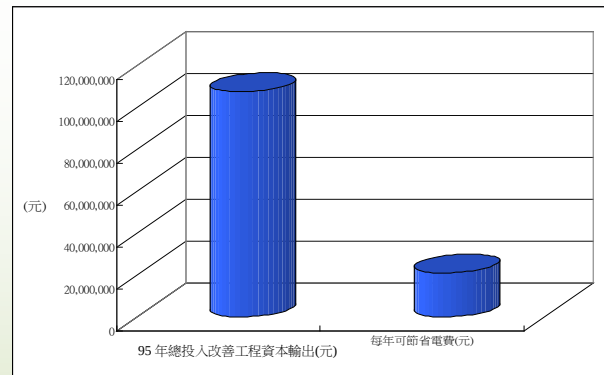
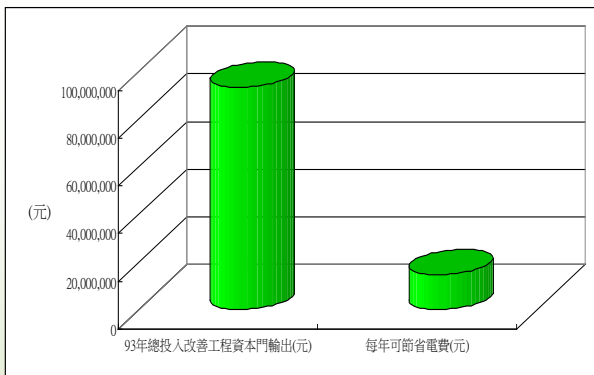
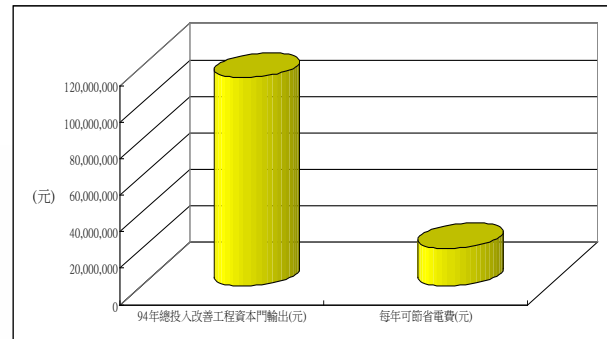
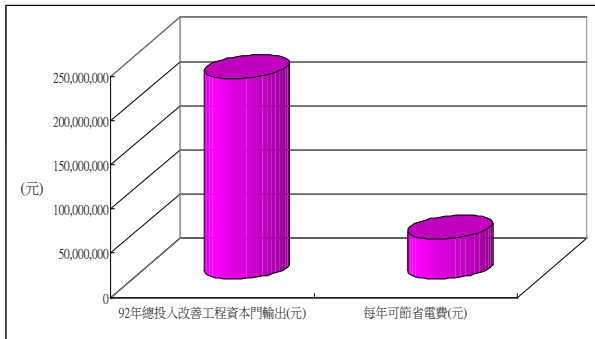
- (a) 2003 年~2011 年總投資金額，共計 959,904,931 元
- (b) 2003 年~2011 年總改善節省電量，共計 61,628,918kWh (度) /year
- (c) 2003 年~2011 年總改善節省電費，共計 204,542,708 元/year
- (d) 整體改善工程投資回收年限為 4.7 年

2、間接工程效益

- (a) 節約 1 度用電量可換算為 CO₂ 排放量減量 0.612kg，即減少 3,772 萬 kg 的 CO₂ 排放量。
- (b) 本計畫所帶動之冷凍空調產業商機，以提振國內冰水主機製造廠商為主。迄今共計改善及置換冰水主機冷凍噸數達 15,945RT，所帶動冰水主機銷貨量約 135,532,500 元。

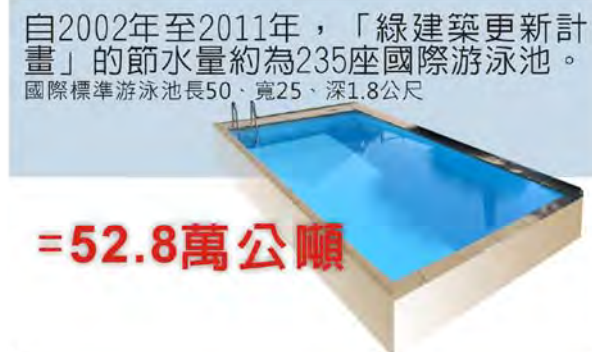


「建築能源效率提升計畫」歷年投入資金及節省之電費



藉由前述來統計來看，本計畫若單就執行金額的付出與回收效益來討論，則會認為本計畫之效益比不是很高，但若從環境品質與生態永續的角度出發來看，本計畫十年來所節約的電量約為 7,066 萬度電，水量約為 528,164 噸，加上戶外遮棚木造、基地綠化、綠屋頂中使用之植栽所固定之二氧化碳量，其直接或其間接影響所減少之二氧化碳排放量每年可達 817,647 公噸，相當於 54,876 公頃人造林每年之固碳量(人造林地每年[每公頃]吸收約 14.9 公噸 CO₂)，也就是增加了 2.02 個臺北市面積的人造林及省下 235 座的國際標準游泳池的水量(台北市面積 27180 公頃、國際標準游泳池長 50、寬 25、深 1.8 公尺)，實為可觀，另外，尚有無法量化統計的生態環境、室內舒適品質等，其對於地球環保也有相當之助益。

總而言之，「綠建築更新計畫」使一些環境不良的舊建築「變！變！變！」，變得涼快、變得環保、變得省電省水、變得典雅美觀，蝴蝶來了、小鳥青蛙都來了，我們子孫的為來也變得更有希望。這些具體成果，顯然已對我國永續環保政策做出明確的貢獻，也充分展現行政院「綠建築推動方案」、「水與綠計畫」、「生態城市綠建築推動方案」的實績，值為綠色矽島建設的見證。





第四章 綠建築政策的未來及展望

蔚為風潮的綠建築更新運動

我國的綠建築發展，由 1955 年草創建築節能設計法令，到如今全面躍升為國家級重點發展計畫之一，充分展現出台灣推行綠建築政策的積極與效率。實施建築節能設計管制十年以來，一些模仿寒帶國家造型的玻璃大樓，因節能指標的管制而開始考慮更合宜的開窗設計，或使用性能更好的玻璃；許多住宅及學校因屋頂隔熱不良而悶熱不堪的情形，也著手進行屋頂隔熱或屋頂花園的改善；而更多的學校、辦公大樓，受到強化外遮陽設計規定的影響，更漸漸形塑出亞熱帶氣候應有的遮陽建築美學風貌，另外，在過去往往被忽略的耗能耗水設備，也漸漸的受到重視，高效率的空調設備取代了老舊又超量設計的設備，省水器材取代了耗水型的衛生器具，地面不再是僵硬的瀝表柏油鋪面，而是充滿綠意的透水植草磚與綠地，室內環境也不再充斥著對人體有害的溢散物。

如今，台灣的建築生態正導向一個可以讓破壞的環境，獲得療傷的機會，綠建築的專業在許多大專院校及業界正式端上台面，對於此方面人才的需求更是迫不及待，而政府在進行公共建設時更強制的加入綠建築的設計要求，其訴求甚至延伸到民間的建築銷售案。目前十年有餘，我們初嘗綠建築政策下成功的果實，這股席捲台灣的綠色革命亦代表著在地球環境危機下，人們對於具體環保政策的渴望與支持。

綠建築改造大家一起來

環視世界各國的綠建築政策，很少能像台灣一樣，能以「綠建築標章制度」、「綠廳舍改善計畫」、「綠建築更新診斷與改造計畫」、「綠空調改善計畫」及「建築能源效率提升計畫」等具體政策，來落實綠建築政策，尤其像綠建築更新計畫般，動用國家預算進行舊有建築物的綠色改造工程，更是全球綠建築行政的典範，如今綠建築的風潮，顯然已形成了一股不可遏止的綠建築改造運動，但若要真正向下紮根綠建築意識，還需要民間建築業主動、自發的參與改造，或是由政府加強宣導，給予誘因等獎勵，才能完完全全的深植於國家環保永續政策下，並為全世界綠建築推動成就的一顆明星。



附錄一 各年度綠建築更新案例統計

「綠色廳舍暨學校改善計畫」補助案例與改善項目

改善年度	編號	單位名稱	改善項目
九十一年	1	內政部營建署	空調改善、照明改善、雨水貯集利用、污水處理改善
	2	內政部役政署	外遮陽改善、空調改善、綠化及透水改善、省水器具改善
	3	中央警察大學	外遮陽改善、空調改善、照明改善、透水鋪面改善、省水器具改善、中水再利用
	4	內政部營建署南區工程處	外遮陽改善、空調改善、省水器具改善、綠化改善
九十二年	1	國立中正紀念堂管理處	雨水利用改善
	2	國立台北科技大學	基地綠化改善、光電外遮陽節能改善、空調設備改善
	3	經濟部中央地質調查所	基地綠化改善、照明設備改善、省水器具改善、雨水利用改善
	4	行政院衛生署桃園醫院	外殼耗能改善、空調設備改善、中水回收利用改善
	5	中央聯合辦公大樓北棟管理委員會(外交部領事事務局)	空調設備改善、雨水利用改善
	6	內政部營建署北區工程處	基地綠化改善、基地保水改善、空調設備改善、省水器材改善、污水及垃圾改善
	7	經濟部水利署(保育事業組)	基地保水改善
	8	內政部警政署	基地保水改善、外殼耗能改善、空調設備改善、雨水利用改善
	9	內政部營建署	基地保水改善、外殼耗能改善、空調設備改善、照明設備改善、省水器材改善、污水及垃圾改善
	10	行政院衛生署苗栗醫院	基地綠化改善、基地保水改善、外殼耗能改善
	11	行政院衛生署豐原醫院	基地綠化改善、基地保水改善、外殼耗能改善、熱泵熱水改善
	12	行政院國軍退除役官兵輔導委員會埔里榮民醫院	基地綠化改善、基地保水改善、空調設備改善
	13	行政院農業委員會特種生物研究保育中心	基地綠化改善、基地保水改善
	14	國立雲林科技大學	增設太陽能熱水系統
	15	行政院衛生署花蓮醫院	空調設備改善、熱泵熱水改善

	16	行政院國軍退除役官兵輔導委員會花蓮鳳林榮民醫院	基地綠化改善、基地保水改善、熱泵熱水改善
	17	內政部中部辦公室	外殼耗能改善
	18	行政院衛生署嘉南療養院	外殼耗能改善、空調設備改善
	19	國立嘉義大學	省水器材改善
	20	國立高雄海洋技術學院	外殼耗能改善、中水利用改善
	21	國立高雄大學	生物多樣性改善、增設太陽能熱水系統
	22	國立台南師範學院	外殼耗能改善、空調設備改善、照明設備改善、省水器材改善
	23	國立高雄第一科技大學	外殼耗能改善、中水回收利用改善、雨水利用改善
	24	國立成功大學	人工溼地、雨中水滲透暨再利用
九十三年	1	國家圖書館	照明設備改善
	2	內政部警政署	圍牆綠化改善、基地保水改善、木構造推廣
	3	行政院環保署環境檢驗所	外殼耗能改善、基地綠化改善、設備隔音改善
	4	行政院衛生署新竹醫院	基地綠化改善、基地保水改善
	5	中正紀念堂管理處	基地保水改善、雨水利用改善
	6	國立國父紀念館	雨水利用改善
	7	國立宜蘭特殊教育學校	雨水利用改善
	8	國立竹北高級中學	外殼耗能改善
	9	國立台中第一高級中學	基地保水改善、外殼耗能改善
	10	國立台中圖書館	外殼耗能改善
	11	花蓮玉里榮民醫院	中水回收利用改善
	12	國立花蓮高級農業職業校	生物多樣性改善
	13	國立虎尾科技大學	基地綠化改善、基地保水改善、外殼耗能改善
	14	埔里榮民醫院	基地綠化改善、基地保水改善、木構造推廣
	15	國立霧峰高級農工職業學校	基地保水改善、外殼耗能改善
	16	國立台東高中	基地綠化改善、基地保水改善、外殼耗能改善
	17	國立台灣師範大學	人工溼地、生物多樣性改善
	18	國立高雄第一科技大學	雨、中水回收利用改善
	19	國立麻豆曾文高商	基地綠化改善、基地保水改善
	20	國立麻豆曾文高農	基地綠化改善、外殼耗能改善、木構造推廣
	21	國立嘉義高中	舊建築再利用、木構造推廣
	22	國立台南啟聰學校	基地綠化改善、外殼耗能改善



九十四年	23	國立嘉義高商	基地綠化改善、雨水利用改善
	1	國立中央警察大學	生態水池改善、基地保水改善、污水處理改善
	2	經濟部標準檢驗局花蓮分局	基地保水改善、外殼耗能改善、照明設備改善、太陽能路燈改善
	3	國軍桃園總醫院	生態水池改善、基地綠化改善、基地保水改善、綠屋頂改善、照明設備改善、木構造推廣
	4	經濟部加工出口區-管理處中港分處	外殼耗能改善
	5	行政院衛生署桃園療養院	中水回收利用改善
	6	經濟部標準檢驗局台中分局	基地綠化改善、基地保水改善、外殼耗能改善、木構造推廣
	7	內政部營建署-玉山國家公園管理處	外殼耗能改善、雨水回收利用改善
	8	台中創意文化園區-花雕儲酒場	舊建築再利用、外殼耗能改善、空調、照明設備改善、室內環境改善、省水器材改善、污水垃圾改善等
	9	內政部役政署替代役訓練班	中水回收利用改善
	10	內政部雲林教養院	中水回收利用改善
	11	內政部建築研究所性能實驗群	基地綠化改善、外殼耗能改善、木構造推廣
	12	高雄榮民總醫院	外殼耗能改善
	13	海岸巡防署海岸巡防總局-南部地區巡防局壽麓廳舍	外殼耗能改善
	14	海岸巡防署海岸巡防總局-南部地區巡防局鼓山廳舍	外殼耗能改善
九十五年	1	考選部國家考場大樓	綠屋頂改善、雨水回收利用改善
	2	國立臺灣科學教育館	綠屋頂改善、太陽能集熱及照明再利用
	3	經濟部水利署第十河川局	外殼耗能改善
	4	國立臺灣工藝研究所	外殼耗能改善
	5	行政院衛生署嘉義醫院	外殼耗能改善
	6	行政院衛生署朴子醫院	基地綠化改善、基地保水改善、外殼耗能改善
	7	臺灣臺東地方法院	基地綠化改善、基地保水改善、外殼耗能改善、木構造推廣
	8	交通部臺灣區國道高速公路南區工程處	中水回收利用改善
	9	國防部海軍陸戰隊通資電大隊	雨、中水回收利用改善

	10	聯勤傘具配置所	外殼耗能改善(僅辦理設計部分)
九十六年	1	台灣自來水股份有限公司第八區管理處	生物多樣性改善、生態水池改善、木構造推廣
	2	國立金門技術學院	生態水池改善、基地保水改善、雨水回收利用改善、木構造推廣
	3	國立台灣大學	綠屋頂改善、污水垃圾改善
	4	經濟部標準檢驗局新竹分局桃園辦事處大樓	照明設備改善
	5	經濟部水利署台北水源特定區管理局坪林污水處理廠	基地保水改善、外殼耗能改善
	6	國立成功大學醫學院附設醫院斗六分院	基地保水改善、外殼耗能改善
	7	內政部南投啟智教養院	外殼耗能改善
	8	國立雲林科技大學	生態水池改善、基地保水改善、中水回收利用改善、木構造推廣
	9	經濟部水利署水利規劃試驗所	基地保水改善、外殼耗能改善、雨水回收利用改善
	10	國立台中技術學院	外殼耗能改善、木構造推廣
	11	行政院國軍退除役官兵輔導委員會台中榮民總醫院	基地保水改善、外殼耗能改善
	12	行政院主計處中部辦公室	基地保水改善、外殼耗能改善
	13	陸軍工兵學校	外殼耗能改善、木構造推廣、雨水回收利用改善
	14	國立科學工藝博物館	外殼耗能改善、雨、中水回收利用改善
	15	內政部澎湖老人之家	外殼耗能改善、基地保水改善
	16	台灣自來水股份有限公司南區工程處	外殼耗能改善
	17	內政部消防署高雄港務消防隊	外殼耗能改善
	18	行政院	(僅辦理設計部分)



「綠建築更新診斷與改造計畫」補助案例與改善項目

改善年度	編號	單位名稱	改善項目
九十七年	1	雪霸國家公園管理處	戶外遮棚
	2	台中都會公園	戶外照明改善、綠屋頂改善
	3	高雄都會公園	戶外照明設備改善
	4	國立台灣海洋大學	水資源改善
	5	內政部營建署	基地保水改善、戶外照明改善
	6	行政院衛生署嘉義醫院	綠屋頂改善
	7	國立成功大學	戶外照明設備改善
	8	國立台灣大學	水資源改善
	9	內政部彰化老人養護中心	基地保水改善、戶外照明改善、水資源改善
	10	中央聯合辦公大樓南棟	基地保水改善
	11	國立高雄大學	戶外遮棚
	12	國立台北科技大學	戶外照明改善
	13	國立科學工藝博物館	綠屋頂改善
	14	法務部行政執行署台中行政執行處	基地保水改善、外遮陽改善
九十八年	1	行政院衛生署桃園醫院	室內照明改善
	2	行政院衛生署樂生療養院	基地保水改善、戶外照明改善、戶外遮棚、綠屋頂改善
	3	行政院衛生署竹東醫院	基地保水改善、戶外遮棚
	4	交通部基隆港務局	水資源改善
	5	經濟部水利署台北水源特定區管理局直潭污水處理廠	戶外、室內照明改善
	6	台灣自來水公司北區工程處	戶外、室內照明改善
	7	國立台灣科技大學	戶外、室內照明改善
	8	國立台灣藝術大學	室內照明改善
	9	清華大學物理系	室內照明改善
	10	法務部行政執行署宜蘭行政執行處	戶外照明改善、水資源改善
	11	國立政治大學	水資源改善
	12	行政院人事行政局地方行政研習中心	基地保水改善、綠屋頂改善、水資源改善

	13	內政部中部辦公室	室內照明改善
	14	內政部中區兒童之家	戶外、室內照明改善
	15	交通部台灣鐵路管理局	室內照明改善、綠屋頂改善
	16	台灣自來水公司第九區管理處	水資源改善
	17	國立彰化師範大學	基地保水改善
	18	國立中興大學	基地保水改善、室內照明改善
	19	行政院勞工委員會職業訓練局-中區職業訓練中心	基地保水改善
	20	經濟部標準檢驗局台中分局	室內照明改善
	21	行政院衛生署嘉南療養院	室內照明改善
	22	國軍左營總醫院	基地保水改善、戶外照明改善
	23	國立台灣史前文化博物館	室內照明改善
	24	國立中正大學	室內照明改善
	25	國立高雄第一科技大學	室內照明改善
	26	國立嘉義大學	基地保水改善、戶外照明改善
	27	國立澎湖科技大學	室內照明改善
	28	國立雲林科技大學	戶外照明改善
九十九年	1	行政院海岸巡防署海岸巡防總局	基地保水改善
	2	內政部入出國及移民署	室內照明改善
	3	內政部警政署保安警察第一總隊	綠屋頂改善、水資源改善
	4	內政部北區老人之家	戶外、室內照明改善
	5	法務部政風人員訓練中心	基地保水改善、綠屋頂改善、戶外遮棚、戶外照明改善
	6	經濟部標準檢驗局	室內照明改善
	7	行政院海岸巡防署海岸巡防總局中部地區巡防局	基地保水改善
	8	行政院文化建設委員會-文化資產總管理處籌備處	基地保水改善、綠屋頂改善、戶外遮棚
	9	內政部國土測繪中心	室內照明改善
	10	內政部雲林教養院	基地保水改善、室內照明改善
	11	國立勤益科技大學	基地保水改善、水資源改善



	12	國立自然科學博物館-九二一地震教育園區	基地保水改善、綠屋頂改善
	13	國防部陸軍工兵學校	室內照明改善
	14	國防部陸軍第八軍團-機械化步兵第 298 旅	戶外照明改善
	15	國防部海軍一四六艦隊	水資源改善
	16	國立成功大學	室內照明改善
	17	國立屏東教育大學	基地保水改善、戶外遮棚、戶外照明改善
	18	國立中山大學	戶外照明改善
	19	內政部中部辦公室	室內照明改善
	20	國立台中教育大學	基地保水改善
	21	公務人員保障暨培訓委員會	室內照明改善
	22	國立台灣科學教育館	室內照明改善
	23	國立中正紀念堂管理處	室內照明改善
一 百 年	1	大坪林聯合開發大樓管理委員會	外遮陽改善
	2	總統府	室內照明改善
	3	國家文官學院	外遮陽改善
	4	國立台北藝術大學	室內照明改善
	5	國立台灣交響樂團	綠屋頂改善
	6	行政院環境保護署環境督察總隊	室內照明改善
	7	臺灣雲林地方法院	外遮陽改善
	8	行政院衛生署南投醫院	基地保水改善、基地綠化改善
	9	交通部觀光局大鵬灣國家風景區管理處	戶外遮棚
	10	法務部矯正署澎湖監獄	外遮陽改善、戶外照明改善
	11	國立台東專科學校	外遮陽改善
	12	陸軍砲兵訓練指揮部暨飛彈砲兵學校	室內照明改善
	13	國立陽明大學	水資源改善
	14	行政院海巡署第九海岸巡防總隊	水資源改善
	15	交通部公路總局台北區監理所蘆洲監理站	水資源改善

附錄二 各年度建築能源效率提升案例統計

「綠空調改善計畫」補助案例

92 年	
1 經濟部標準檢驗局	15 國立花蓮師範學院
2 國立台北護理學院	16 國立雲林科技大學
3 國立中正紀念堂管理處	17 行政院國軍退除役官兵輔導委員會台中榮民總醫院
4 國家圖書館	18 內政部役政署
5 行政院經濟建設委員會	19 國立科學工藝博物館
6 國軍桃園總醫院	20 國立海洋生物博物館
7 行政院衛生署竹東醫院	12 國立屏東師範學院
8 國立台灣藝術大學	22 行政院退除役官兵輔導委員會高雄榮民總醫院
9 行政院	23 國立高雄海洋技術學院
10 內政部警政署警察廣播電台	24 國立中山大學
11 中央健康保險局	25 財政部高雄關稅局
12 行政院農委會台中區農業改良場	26 行政院退除役官兵輔導委員會嘉義榮民醫院
13 內政部營建署中區工程處	27 行政院衛生署新營醫院
14 行政院衛生署豐原醫院	28 國立屏東科技大學

93 年	
1 財政部財稅資料中心	11 交通部民用航空局台東航空站
2 中央聯合辦公大樓北棟管理委員會	12 國立中正大學
3 行政院衛生署藥物食品檢驗局	13 國立彰化師範大學
4 行政院環境保護署環境檢驗所	14 行政院衛生署屏東醫院
5 國立台北科技大學	15 陸軍軍官學校
6 台灣警察專科學校	16 內政部警政署警察廣播電台高雄台
7 行政院衛生署新竹醫院	17 退輔會龍泉榮民醫院
8 國立台中圖書館	18 內政部警政署保安警察第五總隊
9 國軍台中總醫院	19 國立成功大學醫學院附設醫院
10 國立中興大學	



94 年	
1 內政部警政署入出境管理局	9 行政院衛生署台東醫院
2 交通部公路總局第一區養護工程處	10 交通部觀光局東部海岸國家風景區管理處
3 行政院退除役官兵輔導委員會台北市榮民服務處	11 內政部建築研究所歸仁性能實驗群
4 交通部公路總局新竹區監理所	12 行政院退除役官兵輔導委員會龍泉榮民醫院
5 行政院退除役官兵輔導委員會員山榮民醫院	13 陸軍步兵學校暨訓練指揮部
6 經濟部標準檢驗局台中分局	14 經濟部標準檢驗局高雄分局
7 內政部營建署玉山國家公園管理處	15 行政院衛生署台南醫院
8 行政院衛生署草屯療養院	

95 年	
1 行政院環境保護署	11 退輔會灣橋榮民醫院
2 考選部	12 內政部南區兒童之家
3 法務部	13 政治作戰學校
4 中央聯合辦公大樓南棟管理委員會	14 行政院勞工委員會職業訓練局中區職業訓練中心
5 行政院衛生署金門醫院	15 行政院衛生署新營醫院
6 行政院衛生署苗栗醫院	16 行政院退除役官兵輔導委員會高雄榮民總醫院
7 台灣南投地方法院檢察署	17 國立科學工藝博物館
8 國軍岡山醫院	18 國立海洋生物博物館
9 行政院衛生署旗山醫院	19 經濟部自來水公司南區工程處
10 經濟部標準檢驗局台南分局	

96 年	
1 行政院環境保護署	9 國立成功大學醫學院附設醫院斗六分院
2 行政院衛生署桃園醫院	10 國立成功大學（行政大樓）
3 行政院主計處	11 內政部消防署高雄港務消防隊隊本部
4 台灣省自來水股份有限公司北區工程處	12 陸軍第八軍團指揮部
5 國立台灣師範大學（博愛大樓）	13 海巡署南部地區巡防局高雄縣機動查緝隊
6 國立台灣大學附設醫院雲林分院	14 國立高雄應用科技大學（中正堂）
7 行政院衛生署台中醫院	15 國立高雄第一科技大學（工學院）
8 行政院衛生署彰化醫院	16 國立中山大學（行政大樓與圖資大樓）

「建築能源效率提升計畫」補助案例與改善項目

97 年	節能效益(kWh)	減少 CO2 排放量(kg)	節省燃料費	節省總金額
1 中央聯合辦公大樓南棟	101829	64865		315670
2 國立金門技術學院	59290	37767		183799
3 行政院衛生署藥物食品檢驗局	7869	5012		24394
4 中央聯合辦公大樓北棟	74040	47163		229524
5 行政院經濟建設委員會	53870	34315		166997
6 國立中央大學	237257	151135		735497
7 中央健康保險局北區分局	226256	144125		701394
8 行政院退輔會蘇澳榮民醫院	197834	126020		613285
9 行政院體育委員會	128944	82137		399726
10 國立台灣藝術大學	152836	97356		473792
11 國立台灣師範大學	177805	113262		551196
12 行政院退輔會台北榮民總醫院	51502	32806		159656
13 內政部營建署	18792	11970		58255
14 經濟部標準檢驗局	155058	98771		480680
15 國立台灣海洋大學	42318	26956		131186
16 行政院衛生署竹東醫院	58537	37288		181465
17 總統府第三局	580000	369460		1798000
18 嘉義縣選舉委員會	105188	67005		326083
19 台灣屏東地方法院	19750	12581		61225
20 國立屏東教育大學	38344	24425		118866
21 行政院退輔會永康榮民醫院	126511	80588		392184
22 國立高雄海洋科技大學	245184	156182		760070
23 行政院衛生署旗山醫院	30423	19379		94311
24 行政院衛生署新營醫院	196015	124862		607647
25 國立屏東科技大學	202857	129220		628857
26 國立台南大學	85350	54368		264585
27 內政部警政署保安警察第五總隊	40326	25688		125011
28 行政院衛生署朴子醫院	284040	180933		880524
29 國立暨南國際大學	58870	37500		182497
30 經濟部水利署中區水資源局	57300	36500		177630



31 中央健康保險局南區分局	186363	118713		577725
32 行政院衛生署南投醫院	29079	18523		90145
33 行政院退輔會埔里榮民醫院	336780	214528		1044018
34 行政院衛生署彰化醫院	179172	114132		555433
35 行政院衛生署台南醫院	33784	21520		104730
36 國立中山大學	52400	33379		162440
37 國立屏東商業技術學院	664014	422977		2058443
38 經濟部漢翔航空工業有限公司	190792	121535		591455
合計	5486579	3494946		17008395

98 年	節能效益(kWh)	減少 CO2 排放量(kg)	節省燃料費	節省總金額
1 行政院衛生署桃園醫院	92321	58717		230803
2 行政院	93799	59656		290778
3 行政院衛生署樂生療養院	179821	157572	921340	1478783
4 國立台北科技大學	21890	13927		67878
5 國立陽明大學附設醫院	278023	176822		695055
6 中央聯合辦公大樓北棟	147033	93513		455803
7 中央聯合辦公大樓南棟	128424	81678		398114
8 財政部財稅資料中心	57874	36808		179409
9 經濟部標準檢驗局第六組	59981	38148		185940
10 內政部警政署民防防情指揮管制所	42369	26946		131345
11 中央研究院物理研究所	108880	69248		335133
12 國家圖書館	89762	57089		278260
13 行政院退輔會蘇澳榮民醫院	9466	43771	526217	555562
14 行政院環境保護署環境檢驗所	132795	84457		411664
15 臺灣臺北地方法院檢察署	90079	57290		279245
16 行政院退輔會台中榮民總醫院	456162	290120	2230719	3371125
17 國立高雄第一科技大學	298031	189548		923897
18 行政院衛生署台中醫院	225537	143441		563842
19 國立成功大學附設醫院	2158121	1372566		5395304
20 國立科學工藝博物館	1315476	836643		4077976
21 國立彰化師範大學	15619	18931	431857	453724

22 行政院退輔會嘉義榮民醫院	155031	141264	167028	555281
23 國立虎尾科技大學	8067	20501	553681	564974
24 行政院人事行政局地方行政研習中心	214962	136716		666383
25 內政部中區兒童之家	1620	2367	52520	54788
26 南部科學工業園區管理局	457776	291145		1419105
27 內政部警政署警察廣播電臺高雄台	69073	43930	20593	214126
28 行政院衛生署屏東醫院	78435	132180	3409791	7608258
合計	6986427	4674994	8313746	31842555

99 年	節能效益(kWh)	減少 CO2 排放量(kg)	節省燃料費	節省總金額
1 內政部警政署警察廣播電臺	117137	72976		288488
2 臺灣臺北地方法院	185753	115724		575836
3 國立臺灣大學	621109	386951		1561488
4 陸軍專科學校	31907	2349	42744	46048
5 陸軍機械化步兵第二六九旅	255455	55558	563164	580109
6 行政院退輔會員山榮民醫院	201223	40504	447630	461121
7 國立清華大學	306283	190815		889931
8 內政部入出國及移民署宜蘭收容所	57591	35880	167567	178532
9 行政院海岸巡防署	237542	147989		642644
10 國軍桃園總醫院	13763	8574	44879	46787
11 檔案管理局	79045	49245		245040
12 國立臺北藝術大學	165240	102944		362555
13 內政部老人之家	116881	72816	225869	280767
14 國立臺灣史前文化博物館	274000	174264		849400
15 國立臺中技術學院	258179	164202		764357
16 台灣糖業公司精緻農業事業部	132649	84390		411336
17 內政部國土測繪中心	273060	173666		817303
18 國立中正大學	124302	79056		385336
19 行政院衛生署嘉南療養院	405837	258112	1177663	1255333
20 行政院衛生署朴子醫院	95444	60702	322084	333814



21 臺灣嘉義地方法院	130336	82893		404041
22 國立雲林科技大學	109624	11855	185198	198978
23 行政院退輔會高雄榮民總醫院	927787	590072	2190060	2350485
24 行政院衛生署嘉義醫院	1255090	227001	2290208	2484289
25 內政部警政署保安警察第五總隊	214555	24185	289438	320493
26 內政部雲林教養院	208082	132338		572778
27 國軍高雄總醫院	72148	45885	161208	180370
28 國立中山大學	410867	115630	1103524	1176889
29 國立嘉義大學	219204	176236	119634	458970
30 雪霸國家公園管理處	133201	82985		412922
31 行政院農委會嘉義農業試驗分所	12254	7794		37987
合計	7645548	3773591	9330870	19574427