

# 綠建築 綠改善

打開綠建築的 18 把鑰匙

Green Building & Green Renovation  
18 Ways to be Green



內政部建築研究所

Architecture and Building Research Institute,  
Ministry of the Interior





# 綠建築 綠改善

打開綠建築的 18 把鑰匙

Green Building & Green Renovation  
18 Ways to be Green



發行人：何明錦

編撰單位：粉紅豹文化事業有限公司

執行編輯：虞葳、洪碧婉、林婉華、楊雅惠

內政部建築研究所

ECOLOGY  
ENERGYSAVING  
WASTE REDUCTION  
HEALTH





# 序

1999年政府推出「綠建築標章制度」，並陸續啟動綠建築推動方案、綠廳舍改善計畫、綠建築更新診斷與改造計畫等專案，十多年來已有卓越成效，綠建築的概念和實績也逐漸深化，並展現在臺灣的街頭巷尾，更帶動了民間建商的投入，開始採用並研發相關技術，讓無論是新、舊建築，在節能環保與追求舒適之生活品質兩方面，都有了嶄新的可能和進步。

本書從綠建築的四個主軸「生態、節能、減廢、健康」出發，所延伸出來的各種綠建築手法，不只適用於新建築的建構，也能應用在大部分既有建築之修繕改良上；只要透過適當的概念設計與設備運用，家家戶戶都有能力、也有機會在有限的成本下，盡可能達到高效益之綠建築改善成果，而無需全盤拆除重建，因此既有建築之綠改善，可以說是更符合綠建築核心概念的作法。

本書以簡明實用為原則，深入淺出地解說常見的綠改善工法概念，希望讓閱讀的人都能輕易了解，並激發大家去實踐的意願。本書第一部分，除介紹綠建築概念與標章制度，也簡單回顧了本所在這十多年來，針對既有建築的綠改善成績，同時介紹四個獲得本部鑽石級綠建築標章之優良綠建築案例。這些案例從設計規劃、建材選擇、施工工法等各階段，在許多細節上都令人讚嘆其巧思，整體的配置與創意更值得效法學習，可以說是綠建築中的模範生。其次，



圖1：臺北市立圖書館北投分館陽台。圖2：臺中文化創意產業園區風塔。圖3：臺中文化創意產業園區木棧板。

則是介紹兩組既有建築的大幅度綠改善，示範舊屋更新的成果，同樣是令人眼睛一亮。

本書的第二部分，也是本書最主要的重點，則是從綠改善的角度出發，針對有心改善自家居住空間品質的民眾，挑選18組最容易實現、相對效益較大的綠改善工法，解說其原理並提出示範案例，讓民眾可以根據各自的預算、環境、需求等條件及限制，從中得到啟發或所需的基本概念知識，更重要的是，希望大家可以藉此了解只要一個動作或一個設備，就能踏出綠改善的第一步。

本所多年來在推動綠建築與綠改善的領域著力甚深。曾出版「綠建築改善案例彙編」及「既有建築空調節能改善彙編」等書，以及各種相關技術手冊，內容解說詳細，大部分皆可透過本所網站下載閱讀，歡迎民眾多多利用，一起改善自己的居住環境，讓生活中處處綠建築，天天好幸福。

內政部建築研究所 所長

何明錦

謹誌

2012年12月

# Contents

## PART \*I 綠建築, Here We Go

- |     |                       |
|-----|-----------------------|
| 006 | <b>綠色總動員</b>          |
| 007 | 遍地開花／全球綠浪潮            |
| 010 | 專為臺灣量身訂做的EEWH         |
| 012 | 臺灣綠建築的九大指標            |
| 023 | <b>尋訪優良綠建築</b>        |
| 024 | 綠色魔法學校／成功大學孫運璿綠建築研究大樓 |
| 034 | 愜意的書香／臺北市立圖書館北投分館     |
| 044 | 科學風水，綠色工廠／台達電南科廠房     |
| 054 | 智慧型綠能大樓／富邦福安紀念館       |
| 063 | <b>舊建築變身</b>          |
| 064 | 臺中舊酒廠創意變身／臺中文化創意產業園區  |
| 074 | 傳統產業的綠化之路／宏遠紡織生態工業園   |
| 084 | 綠色改善不是夢               |
| 086 | 臺灣的綠改善現況              |

# PART \*2

## 綠改善的18把鑰匙

091

### 觀念與行動

095

改裝重生綠建築

103

### 節能篇

104

第01把鑰匙：高效率光源

108

第02把鑰匙：照明規劃設計

114

第03把鑰匙：戶外照明

118

第04把鑰匙：外殼隔熱

126

第05把鑰匙：空調節能

132

第06把鑰匙：變頻中央空調

140

第07把鑰匙：空調效能調校

144

第08把鑰匙：自然通風

148

第09把鑰匙：熱泵、太陽能熱水

160

第10把鑰匙：節能電器

169

### 生態篇

170

第11把鑰匙：屋頂及垂直綠化

182

第12把鑰匙：複層植栽

188

第13把鑰匙：生態池

194

第14把鑰匙：透水鋪面

201

### 健康與減廢篇

202

第15把鑰匙：綠建材與建材再利用

206

第16把鑰匙：雨水與生活雜排水利用

216

第17把鑰匙：省水器材

222

第18把鑰匙：明管設計

231

### 貼心小提醒

234

### 後記

236

### 附錄：圖片／版權來源



**PART 1**

**綠建築, Here We Go**

**綠色總動員**



# 遍地開花／全球綠浪潮

## 全球綠建築評估系統

自1992年在巴西的地球高峰會議之後，全球開始掀起環保熱潮，建築產業界也開始了「綠建築」運動，世界各國因應各自不同的地理、氣候、人文環境，紛紛開始建立自己的綠建築評估系統。

至2010為止，全球共發展出26套綠建築評估系統，並仍在持續修正、擴充中，有些甚至已經成為各國公共、大型建設的必要規範。短短二十年，這一股綠色浪潮，可說是席捲全球，遍地開花。

## 世界綠建築評估系統分布

Green Building Evaluation Systems around the World



## 世界主要綠建築評估系統：

<http://www.breeam.org>



### 英國：BREEAM (1990)

#### Building Research Establishment Environmental Assessment Method

由英國建築研究所（BRE）提出，全球第一部綠建築評估系統，強調因地制宜、平衡效益，包括美加荷法澳日等國，都是在這個基礎上進一步開發出自己的評估系統。目前全球已經有超過11萬棟建物完成了BREEAM認證，而在英國本土，凡是公共建設計畫都必須符合此規範，例如專為2012奧運所建造的場館，即是以創意又有效地實踐環保概念而廣受讚賞！

<http://www.usgbc.org>



### 美國：LEED (1995)

#### Leadership in Energy and Environmental Design

由美國綠建築評議會（USGBC）所制定，強調能源與環境的設計，結合市場導向讓業界可以據此設計更健康、環保且更有利潤的建築物。LEED自建立以來，經歷了多次的修訂和補充，針對各種不同的建物規模甚至各州的不同地理條件，設有獨立的不同版本。目前已成為全美國各州公認之綠建築評估準則，各地方政府也都陸續將LEED認證標章列為公共建設的必要條件，是目前公認最完善、最有影響力的評估系統，同時也是各國借鏡的範本。

<http://www.iisbe.org/iisbe/gbc2k5/gbc2k5-start.htm>



### 加拿大：GBTool (1998)

#### Green Building Assessment Tool - GBTool 1.3

「綠色建築挑戰」（Green Building Challenge, GBC）是一個由加拿大自然資源部（Natural Resources Canada）在1996年發起、並有13個國家參加的國際合作行動，GB Tool則是這個國際合作的產物。這套建立在Excel基礎上的評估軟體，可以針對資源效率、環境負荷、室內環境質量、服務質量、經濟性、使用前管理和社區交通等七個面向，對綠建築進行評價。不但能提供一個統一而國際化的評估系統，也深具靈活度，各國可以根據當地實際情況調整標準和參數，作為評估的依據。

<http://www.abri.gov.tw/utcPageBox/CHIMAINHP.aspx?ddsPageID=CHIM>



<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/>

**CASBEE**

<http://www.nabers.gov.au/public/WebPages/Home.aspx>



**greenstar**

<http://www.gbca.org.au/green-star/>

## 臺灣：EEWH (1999)

### Ecology, Energy Saving, Waste Reduction and Health

由內政部建築研究所（ABRI）制定，以「生態、節能、減廢、健康」為四大主軸，並據此發展出九大指標。由於台灣地處亞熱帶，與早期發展評估系統的歐美各國在氣候條件與環境生態上極為不同，在各種評估考量上，自然也必須從本土出發。因此，EEWH可說是獨立於歐美而發展出來、專為台灣量身訂做，也是亞洲第一個綠建築評估系統。

## 日本：CASBEE (2002\國土交通省MLIT)

### Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

CASBEE以日本的《環境基本法》為核心精神，認為在建築物的生命週期（建設、使用、廢棄、再生）中，必須盡可能降低這些行為對環境的負荷。評估條例分為Q和L，Q（Quality）指建築物的質量，包括室內環境、服務設施質量和室外環境；L（Load）指環境負荷，包括能源、資源與材料和環境。整體評估以追求消耗最小的L而獲取最大Q的建築為目標，具有很強的實用性和操作性，也因此可提供政府在制定政策限制時的明確尺度。

## 澳洲：NABERS & Green Star (2002)

### National Australian Built Environment Rating System & Green Star

目前在澳洲主要執行的綠建築評估有NABERS（National Australian Built Environment Rating System）以及Green Star兩種，彼此相輔相成。NABERS主要是針對既有建築物於過去12個月在空調、水資源、廢棄物等方面的數據表現，來評估它對環境的實際影響。而Green Star則是針對新建築案從設計到建造的各階段進行評估。目前澳洲除官方的公共建設外，針對大型辦公大樓、購物大樓等等建物，也都分別依據這兩種評估系統進行監督。

# 專為臺灣量身訂 做的 E E W H /

生態。節能。減廢。健康。

**臺**灣位處亞熱帶，高溫、潮溼、多雨的氣候型態，要想建造符合生態環保、又兼顧舒適便利的房子，勢必無法直接移植歐美國家的綠建築評量標準。對比於寒帶國家在冬天倚賴暖氣度過低溫，臺灣人則苦於如何在炙熱的夏季排熱引涼，或甚至更積極的思考，如何善用這些令人欲除之而後快的熱能？而每逢颱風豪雨就淹水、甚至土石肆虐的災情，又能如何透過對建物與環境的妥善設計，將傷害降到最低，讓人與環境都不再哭泣？

臺灣的EEWH綠建築標章，共有四大主軸，延伸出九大指標：

## 生態 / Ecology :

生物多樣性指標、綠化量指標、基地保水指標

## 節能 / Energy Saving :

日常節能指標

## 減廢 / Waste Reduction :

CO<sub>2</sub> 減量指標、廢棄物減量指標

## 健康 / Health :

室內環境指標、水資源指標及污水垃圾改善指標



臺灣的綠建築標章制度，包括了針對完工建築物頒發之「綠建築標章」、以及針對前期規劃設計評定的「候選綠建築證書」兩項。認證的標章則視通過認證的項目與規模，分為合格／銅／銀／黃金／鑽石五個等級。



綠建築的評量，則依照基地的不同性質，又可分為基本、社區、廠房、住宿、以及舊建築改善類。截至2011年為止，通過綠建築標章及候選的綠建築，已有3,203案，其中民間業者參與的比例，已達到18%，每年約可節水4,412萬噸，節電9.84億度，固定CO<sub>2</sub>約6.25億公斤，每年省下的水電費就有28億，再加上連帶啟動的生態、保水、綠化、減廢等環保效益，在省錢節能的同時，更為地球創造了會呼吸的未來！

本書以基本型九大指標來介紹，因為基本型適用於最大多數的一般建築，層面最廣。本書旨在描繪既有建築綠改善的方向，而更詳細技術仍有多本專業的書籍可以深入研究，實際施工，尤其是希望申請綠建築標章者，仍應聘請專業建築師或請專業公司為之。

# 臺灣綠建築 的九大指標

**適**合於亞熱帶氣候的評估體系。以「生態、節能、減廢、健康的建築」為「綠建築」之定義，用量化的標準來檢測建築物是否環保，並以實用、簡化、可操作為原則，作為政府施政的規範，來進行全國綠建築改造運動。

## 1 生物多樣化指標

本評估適用於1公頃以上的基地規模

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。



1  
2

各種生物都需要移動的「道路」，因此基地許多綠地連成網狀交流的綠地系統，可以形成生態綠網。各種生物都需要棲息躲避的地方，以生態水域、多孔隙生物棲地可以讓動物藏身。植物不但要多樣，且應選擇「原生植物、鄉土植物、誘鳥誘蝶植物」。最重要的土壤生態設計要注重保護表土並使用有機園藝植栽。



圖1：為什麼需要生物多樣性。圖2：誘鳥誘蝶植物綠化。

## 綠化指標

### 淨化空氣、減少噪音、調節氣候

現在我們只要從環境中的空地、陽台、屋頂及壁面栽種植物，利用植物生長，從小苗到成樹，進行光合作用來固定空氣中的CO<sub>2</sub>，產生新鮮氧氣，不但可以陶冶性情、美化環境，更能幫助淨化空氣、維護生態環境，減少氣候高溫現象。

各種植物的固碳效果不同，由大而小分別是：闊葉大喬木、闊葉小喬木、針葉木、大棕櫚、矮灌木叢、多年生藤蔓、高草花花圃。至於人工修剪的草坪無固定量效果，甚至對空氣淨化也無助益。過去綠化法令無法有效認定灌木、草地、藤蔓等非喬木植栽，以及屋頂花園、立體綠化對環保的貢獻，本指標能給予適當之評價，使綠化的評估更符合生物多樣化原則。



1

2



#### 綠的方法

- (1) 降低一至兩成的建蔽率
- (2) 建築空地上留設綠地
- (3) 大區域種植喬木，棕櫚樹，零散綠地種滿灌木
- (4) 在喬木及棕櫚樹下方的綠地密植灌木，以符合多層次綠化功能
- (5) 人工鋪面上，以植穴或花盆方式種植喬木
- (6) 減少花圃及草地
- (7) 利用多年生蔓藤植物攀爬建築立面
- (8) 屋頂、陽台設計人工花台

3



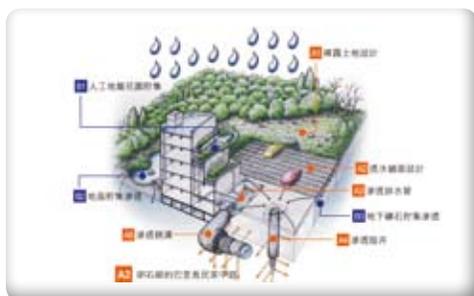
圖1：建築物二氧化碳排放與植物吸收。圖2：生態綠化引來許多野鳥及昆蟲。圖3：原始與破壞後的山林。

# 3

## 基地保水指標

緩和氣候高溫化現象，減少都市逕流

不論是在都市或鄉鎮地面有如裹上一層塑膠布，幾乎完全不透水，排水系統不佳造成大雨來就淹水，硬鋪面使氣溫升高，就像是在太陽下之車子裡一樣悶熱，如將鋪面透水化，使雨水有處可走，就能減少逕流發生。



1

### 2 A.直接滲透設計

- ◆ 綠地、被覆地或草溝設計
- ◆ 透水鋪面設計
- ◆ 滲透排水管設計
- ◆ 滲透陰井設計
- ◆ 滲透側溝設計



### B.貯集滲透設計

- ◆ 人工地盤花園貯集設計
- ◆ 地面貯集滲透設計
- ◆ 地下礫石貯集滲透設計



3 4

圖1：滲透設計。圖2：草溝可滲透排水。圖3：停車場透水鋪面。圖4：礫石鋪設裸露地可貯集滲透。

## 日常節能指標

# 4

### 高效率、高效能的空調照明

建築物的生命週期長達四、五十年之久，從建材生產、營建運輸、日常使用維修、拆除等各階段，皆消耗不少的能源，其中尤其以長期使用的空調、照明、昇降設備等日常耗能量佔最大部分。建築節能設計的目的並非只在於節約能源，它同時也是一種科學化、綜合化的建築風格設計法。由於建築外型設計與空調、照明耗能有密切關係，進行建築節能設計不但可以淘汰一些不合台灣氣候風土的建築造型，同時可塑造台灣亞熱帶氣候的建築風格。

日常節能第一步從外殼節能開始，開窗面積降至40% 以下，外遮陽，建築物的長邊盡量朝南北向，大開窗面應避免配置於東西向，屋頂要做隔熱處理。空調耗能甚鉅，要採用高效能的系統，照明燈具天天都得使用，也要選用高效率的，尤其舊式的鎢絲燈和鹵素燈一定要淘汰。



1  
2



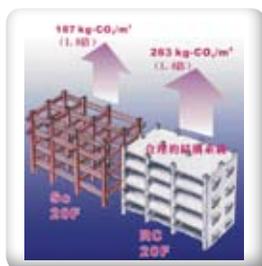
3 4

圖1：空調、照明、外殼節能。 圖2：圖書館降低燈光高度以節能並提高效率。 圖3：閱覽桌獨立局部照明。 圖4：外殼隔熱遮陽建築。

# 5

## CO<sub>2</sub>減量指標

### 減緩全球氣候溫暖化效應



CO<sub>2</sub>排放量是影響地球溫暖化最主要的溫室氣體，而台灣人建築產業的水泥消耗量為世界第二，生產各種建材，水泥、磁磚、玻璃、鋼筋，建造房子過程中不但排放大量CO<sub>2</sub>，對環境亦造成影響，因此針對構造建材生產過程中所消耗的能源換算出CO<sub>2</sub>排放量，進行節約建材，減少環境衝擊與破壞。

臺灣有九成以上是鋼筋混凝土建築（RC），建造拆除都產生大量廢棄物，CO<sub>2</sub>排放量是鋼構建築的1.47倍。另外在設計建築時結構合理化、輕量化，多使用再生建材和多採用木構造，都可以減少CO<sub>2</sub>排放。



圖1：RC建築物二氧化碳排放量是鋼構建築的1.47倍。圖2：回收性金屬建材是環保建材。圖3：建築輕量化是建材減量主因。圖4：現代化木構造建築可以展現綠建築文化。

# 6

## 廢棄物減量指標

### 更乾淨、更環保的營建施工品質

興建建築物，從水泥、鋼筋、磁磚等材料生產供應，到現場施工和日後拆除所製造的廢棄建材與空氣污染，足以危害人體健康，甚至不回收與任意傾倒造成環境的污染。只要我們在設計建築階段，選擇良好工法及可回收材料，構造使用，強化舊有建築物保存，就能減少對環境衝擊，增進生活環境品質。

實際做法可以在施工時基地土方平衡設計、採取輕量化結構、營建自動化、多使用回收再生建材、採用各種污染防制措施，如果舊建築可以再利用是最好。



1

2



3

4



圖1：廢棄物減量在於減少施工中與拆除後之環境汙染量。圖2：廢輪胎做成的護坡。圖3：南加州瓦斯公司能資中心採用80%回收建材。圖4：輕量化結構可减少施工廢棄物。

# 7

## 室內環境指標

### 創造室內居住的健康舒適因子

我們一生的時間幾乎都處在不同的室內空間，室內環境日漸氣密化及使用高污染人工化學建材，建築設計則忽略自然採光通風，使健康長期受到威脅，更造成過度依賴機械、空調及照明而浪費大量能源，應從重視室內建材裝修、音環境、光環境、通風換氣環境之改善，來保障居住的健康環境品質。

室內建材裝修是四項評估的重點，應避免過度裝修，使用現成系統家具，組合隔間，天花與牆面用具有低揮發性、低化學逸散標示之合板，以天然材料來代替化工產品之環保建材。



圖1：天然木料保護漆。 圖2：教室充份採用自然光。 圖3：牛奶漆所完成的室內裝修符合環保建材。

# 8

## 水資源指標

### 寶貴我們的水資源

臺灣水量豐沛，但因土地面積小、人口密度高、雨量分佈不均、水資源利用效率不佳，使我國成為聯合國列名之缺水國，加上水價還比成本低廉，水庫開發也達到飽和，形成在用水危機不斷的今天，只有進行日常節水政策，雨水與中水再利用，才能使水資源源源不絕。

在應用上應該採用有省水標章之節水器材，減少泡澡改用淋浴，使用節水型水栓、省水馬桶、兩段式省水馬桶、自動化沖洗感應。可能的話應該設置雨水貯集與中水再利用系統，讓一水兩用更節省。



1

2



3 4



圖1：水資源指標以節約日常用水為目標。圖2：木柵動物園舊建築物改造的雨水貯集設施。圖3：尿斗採用感應式沖水。圖4：日本某社區地下共同管溝中的中水系統。

# 9

## 污水垃圾改善指標

### 污水處理、垃圾分類減少環境二次污染

臺灣經濟競爭力在世界名列前茅，環保衛生基礎建設卻落後一般國際水準，且都市公共下水道普及率低，生活雜排水應經淨化處理，但仍有部份未經處理直接排放至河川，雖有法令規章卻無落實執行；大量人口所產生大量垃圾無處倒，將造成環境負荷急劇增加。本指標在不牽涉污水及垃圾等環工生化技術，著重於建築空間設備與使用管理相關的具體評估項目，在居住環境衛生上可以具體控制及改善。

一般集合式住宅可以設置垃圾集中場，並予以美化，垃圾除了分類以外，也可以就地製作堆肥，更減少搬運。面積夠大的學校、工廠等地，可以設計人工溼地來做污水處理，降低公共污水處理系統的負荷。



1  
2



3 4

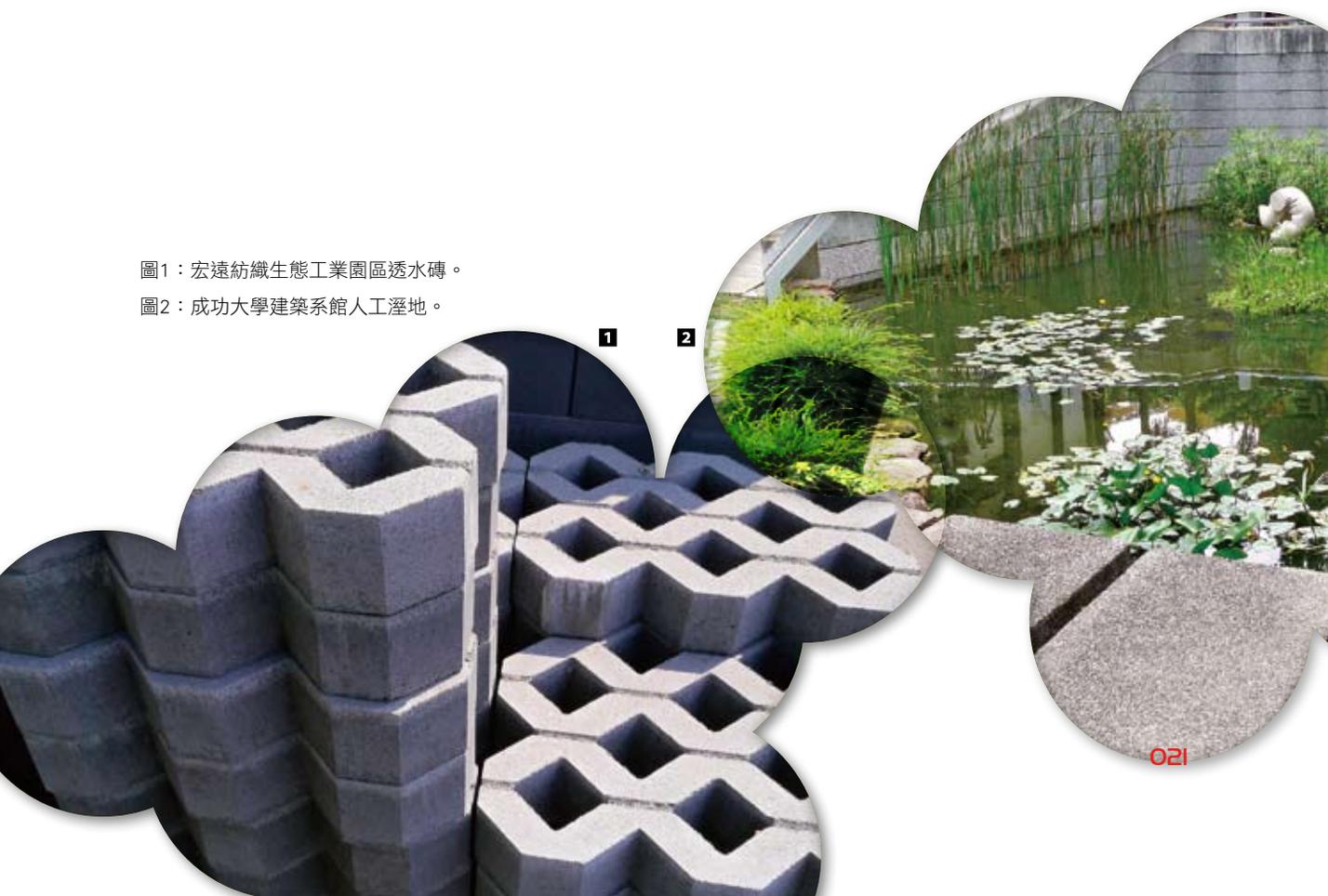
圖1：污水與垃圾改善指標概念圖。圖2：二行社區人工溼地污水處理全景。圖3：社區將垃圾分類進行資源回收。圖4：以發酵菌混合廚餘製造堆肥。

**過**去有人認為，綠建築的九大指標，只是環保人士不切實際的高標準，但事實上，當我們試著想像一個美好、自然、健康、舒適的理想生活環境時，往往才恍然大悟，其實這些指標，都是生活品質的基本低標。

從這樣的理念與願景出發，未來的新建築，都應該、也將會以綠建築為基本原則，而不是綠建築的，都會成為低價值的老舊房屋。但即使是老舊房屋，也可以透過「綠建築改善」，利用建物現有的條件，做朝向綠建築的修繕，就可以提高老舊房屋的價值，也提高生活的品質。

圖1：宏遠紡織生態工業園區透水磚。

圖2：成功大學建築系館人工溼地。





# 綠建築, Here We Go





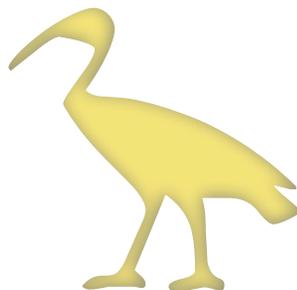
# 尋訪優良綠建築

綠色魔法學校／成功大學孫運璿綠建築研究大樓

愜意的書香／臺北市立圖書館北投分館

科學風水，綠色工廠／台達電南科廠房

智慧型綠能大樓／富邦福安紀念館





◀圖1：孫運璿綠建築研究大樓全景。

▶圖2：孫運璿綠建築研究大樓入口。

# 綠色魔法學校

## 成功大學孫運璿綠建築研究大樓

地址／臺南市北區小東路25號

啟用時間／2011年1月12日

設計者／成功大學林憲德教授、石昭永建築師

**臺**南古城裡，出現一所讓人好奇的「綠色魔法學校」。它的外觀仿若「諾亞方舟」，許多飛船的要素透過種種巧思隱藏其中。外頭到處可見瓢蟲造型裝置，屋頂上有空中花園，中庭大廳展示長毛象化石模型和一架曾參與極地研究的飛機，偌大的牆面上有幅藝術家以八八水災漂流木雕刻而成的「諾亞方舟大壁畫」。這些吸睛要素吸引了很多人前來參觀、拍照，也讓人愈來愈好奇，「綠色魔法學校」施展的是什麼樣的魔法？

原來，「綠色魔法學校」全名為「孫運璿綠建築研究大樓」，位於國立成功大學力行校區，是台達電子文教基金會董事長鄭崇華和成大研究基金會出資，並募集臺灣多家企業捐款及捐贈先進綠色科技，共同打造的綠色奇蹟，不僅獲得臺灣綠建築鑽石級標章，也榮獲美國綠建築最高的白金級標章。

做為臺灣第一座零碳建築，也是全球首座亞熱帶綠建築教育中心，綠色魔法學校徹底顛覆了綠建築等同於昂貴高科技的迷思，證明了綠建築其實是可以很平價。

MSGT 

綠色魔法學校

MAGIC SCHOOL OF GREEN TECHNOLOGY

孫運璿綠建築研究大樓



財團法人成大研究發展基金會

規劃與設計學院

能源科技與策略研究中心





彷彿拿破崙軍帽的大片弧形屋簷，可以減少許多直接日曬，屋頂上則設計成階梯狀的野生花園。



圖1：孫運璿綠建築研究大樓平地的船首造型。

圖2：孫運璿綠建築研究大樓入口。

圖3：孫運璿綠建築研究大樓的風力發電機。

圖4：孫運璿綠建築研究大樓二樓的船首造型。



圖1：綠色魔法學校的外觀融合諸多船艙要素，如船艙、船舵、輪機指揮艙等，欄杆、扶手、陽台也呈現艦艇元素，遠遠觀之，猶如一艘飛船。

圖2：孫運璿綠建築研究大樓二樓的船首造型。

圖3：孫運璿綠建築研究大樓諾亞方舟外型。



1



2



3

## 現代諾亞方舟 臺南古城的綠色魔法學校

「綠色魔法學校」透過「諾亞方舟」的外型想傳達的寓意相當明顯，建築整體融入許多「船」的意象，種種巧思讓參觀者絡繹不絕，也間接達到推廣環境教育的目的。

根據林憲德教授的說法，這個造型是呼應環保名著《世界又熱、又平、又擠》作者佛理曼所言：「我們需要一百萬個諾亞，一百萬艘方舟，才能拯救這時代的全部物種。」這艘現代的諾亞方舟，目標就是要帶動拯救地球行動的熱潮。

不僅外觀酷似飛船建築內部也像是個大船艙，屋頂葉狀活動式太陽能光電板彷彿飛船的舵，屋頂的通風塔造型則像附有煙囪的輪機指揮艙，所有欄杆、扶手、陽台也呈現出艦艇的元素。就連調節太陽能光電板角度的控制器也特別從舊船貨店買來日本商船大輪盤做成，控制輪盤的平台則以鋼架做成「神鬼奇航」海盜船的樣子。

### P.030

圖1：屋頂上大面積淺層植栽的梯田，種植低維護的多年生本土草灌木。

圖2：大樓屋頂上的「梯田」。

圖3：屋頂上「梯田」植栽槽。

### P.031

圖1：大樓洗手臺的腳踏式水龍頭。

圖2：濾水系統。

圖3：自然通風的國際會議廳。

1

2



3



## 拿破崙軍帽屋頂上的野生花園

綠色魔法學校中，一片彷彿「拿破崙軍帽」的壯觀屋面讓人眼睛一亮。這片屋面可遮擋大部分進入室內的直接日射，減少許多空調耗電。

屋頂設計成階梯狀的「野生花園」，以方便置換的植栽槽，種植多種耐脊、耐風、耐鹽、耐污染的多年生本土草灌木，達到節水、低維護、不施肥、無農藥、模仿自然演替的目的地，充分發揮屋頂綠化的功能：減緩都市熱島效應、節約空調耗能。此外，野生花園以「淤泥再生陶粒」取代土壤，陶粒的多孔隙高吸水性可保水抗旱，減少澆灌頻率。

結果證實，在屋頂上設置這樣的花園，不僅有助於室內降溫，節省空調使用，還能創造多樣化的生態環境，同時易於照顧，是忙碌的現代人可善用的節能設施。

## 善用前人智慧 輕鬆節能省碳

綠色魔法學校的設計不只充分利用自然資源，也善用回收資源。例如地下一樓的停車場利用天井引入光線，節省大量照明；與戶外梯造型搭配設計的雨水回收系統，可將水資源回收再利用；腳踏板給水式的洗手台可省水；以廢輪胎再生的環保步道更是讓人驚艷。

為了保有最大通風換氣機能，辦公室門扇設計成百葉通風門，所有窗框皆有換氣柵門；採用吊扇與空調並用設計讓辦公室全年空調時間減少九成以上，讓人享受健康的氣流變化。

可容納三百人的國際會議廳是利用古人「灶窯通風」的觀念設計，一年裡至少有四個月不用空調就能保持通風，充分結合古人智慧和現代平價科技。

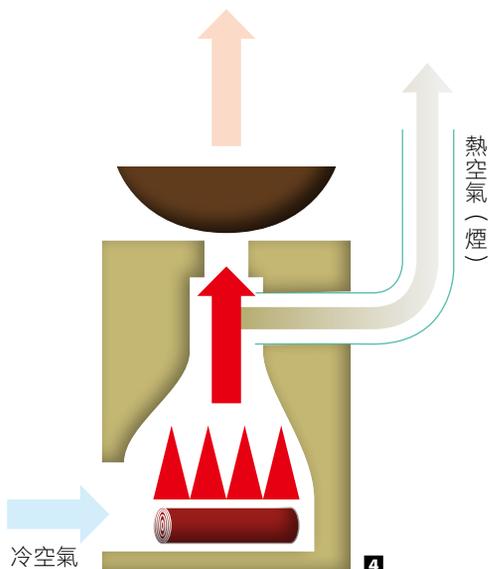


圖4：灶窯通風示意圖

傳統爐灶以木柴生火，產生大量的煙，必須從煙囪排出去，煙囪排氣是利用熱空氣密度低，會有一股上升的浮力，自動會源源不斷地流動。

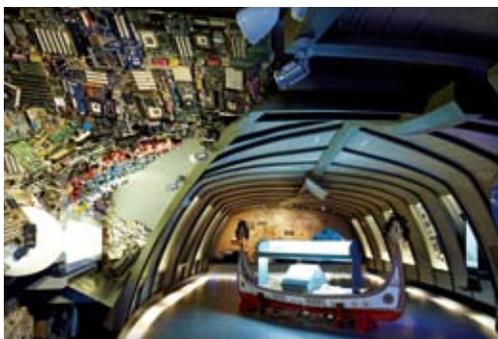
熱空氣上升的同時，引入下方的冷空氣，提供木柴充分的「氧氣」來燃燒，才能持續生火。

藉由控制冷空氣的流量，也可以控制熱空氣的排出量，就可以控制火力大小。



1  
2

◀ ◀ 圖1~2：大樓展覽。



## 平價打造的鑽石級綠建築

綠建築常被渲染為昂貴的高科技產物，但「綠色魔法學校」打破這個迷思，以「經濟實惠」、「適當技術」、「本土科技」為宗旨，強調綠建築可以因地制宜、環保又便宜。

臺灣綠色科技發展成熟，綠色魔法學校從水泥、石材、玻璃、油漆、電線、鋼板到空調設備等都是臺灣製造，連室內裝修也採用臺灣環保生態紡織品，例如回收尼龍製造的地毯，還有以回收寶特瓶抽紗製造的窗簾。

以臺灣綠建築發展協會對綠色建築的基本定義來看，綠色魔法學校正是這樣一座「花費最少資源建造，產生最少廢棄物」的環保建築工程。



圖3：屋頂上機電設備置於架高平台，可以防止震動噪音，也保護屋頂的防水層，增加建築耐久性。建築物的壽命長達百年，但管路設備通常僅15年，建築一生中需多次更換管路，因此與結構分離整體建築會更健康。

3





1

◀  
圖1：樹谷文化基金會禮聘排灣族藝術家峨格·馬帝靈、拉夫拉斯父子，率領「山地門文化工藝勞動合作社」的成員，以八八水災漂流木創作「諾亞方舟大壁畫」，捐給綠色魔法學校。



**架高機房設備平台**  
一般建築物的屋頂層，充滿抽水機、水泵、空調室外機、水箱、水電管線，不同業主與設備商，選擇各種廠牌的系統，本建築物特別所有機房設備均從林於架高平台，這可以防止震動噪音，保護屋頂防水層，也可增加建築耐火性。本建築結構壽命長達百年，對建築管線設備壽命通常為15年，建築一生可需要更換管線六次以上。機房機房管線與設備分離設計，是綠建築的「生命線」設計。機房之一。

**Elevated Equipment platform**  
Most of the top floors of the structures are filled with the cooling towers, pumps, air conditioning unit, water tower, and water pipe, not only producing vibration noise, also easy to damage the waterproof layer. In MNGT, collect all the piping equipment on an elevated platform to prevent the noise, protect the roof waterproof, can also increase durability of the building. The life of the structure of MNGT could be up to a century, however, the pipeline equipment usually needs to replace in 15 years. As the life of a building, it might replace the pipeline equipment...



◀ 圖1：臺北市立圖書館北投分館遠景。

▶ 圖2：臺北市立圖書館北投分館建築物與水池。

# 愜意的書香

## 臺北市立圖書館北投分館

地址／臺北市北投區光明路251號

啟用時間／2006年11月

設計者／九典建築師事務所

**溫**泉、古蹟、美景，是北投給人的印象。曾幾何時，提到北投時，還多了個象徵：北投圖書館。走出新北投捷運站，放眼望去，草木扶疏的北投公園以清新的綠意迎接訪客。在這個擁有百年歷史的公園裡，靜靜融入大自然的臺北市立圖書館北投分館，彷彿一個巨型樹屋，室內書香與戶外鳥語花香相映成趣，讓閱讀變得更愜意。

北投圖書館以木構造為主，搭配鋼材，兩者皆為可回收再利用的環保質材。斜屋頂的空中花園、太陽能板、雨水回收系統等，充分利用天然資源，裡裡外外的設計皆採用綠建築工法，堪稱是座與自然環境相融合的生態建築。

舊北投分館在2001年被鑑定為海砂屋而拆除，新館在規劃重建時，就以綠建築為目標，希望能打造出健康、舒適又環保的閱讀環境，為維護生態環境盡一分心力。

這個獨特的綠色圖書館成為臺灣首座榮獲綠建築鑽石級標章的公立圖書館，它的魅力不僅吸引了國內外遊客參訪，還被國外文化新聞網站Flavorwire選入全球二十五個最美麗的公立圖書館，揚名國際。





圖1：臺北市立圖書館北投分館室內鋼結構。

圖2：臺北市立圖書館北投分館木棧道陽台。

圖3：臺北市立圖書館北投分館木外窗。







1

## 與自然生態融合 打造會呼吸的圖書館

北投圖書館位於自然生態豐富的「北投溫泉親水公園」內，建築體本身壓低天際線，與周遭林木融為一體，和諧共存。建築體採實木建材，會呼吸的木頭不但能保存二氧化碳，還能調節溼度，有效降低室內溫度。



2

綠蔭、原木，加上巧妙的結構設計，從不同角度欣賞，展現不同的風貌。有人說它像個充滿野趣的樹屋，有人覺得是韻味十足的木屋，也有人認為像艘大木船，還有不知情的遊客誤以為這是一家森林裡的咖啡館。

由於坐擁天然美景，北投圖書館特別以大片落地窗，巧妙地向自然借景。不管從外觀之，或由內向外欣賞，都讓人感覺舒服自在。



3

圖1：落地窗與遮陽棚。

圖2：木棧道室外迴廊設計，可以避免陽光直射兼具保有採光效果。

圖3：運用鶯歌再生磚瓦製造的牆壁磚瓦，是環保建材再再利用的實例。。





1

- 圖1：圖書館窗外就是樹木。
- 圖2：窗外遮陽棚。
- 圖3：東面大片開窗設計，引進溫和的自然光，並向自然借景。
- 圖4：再生磚瓦外牆與氣窗。



3

## 尊重座向設計 營造舒適閱讀環境

尊重「座向」是綠建築的首要考量。北投圖書館的建築量體為南北短，東西長，符合綠建築量體配置的精神，再刻意縮小西曬部分的量體，形成近似三角形的形狀，目的是減少亞熱帶強烈的西曬；東面則設置大面開窗，讓早上溫和的光線可穿透樹蔭進入；北向是視野最好的地方，設計為戶外閱讀區；南向立面稍作退縮，並配合水平遮陽版的設計，營造出開闊感。

館內藉高低窗產生對流通風，再配合氣體交換機，平均可為室內降溫攝氏二到四度，不僅節省電費，更能引入戶外清新的空氣，讓人不會昏昏欲睡。

室外閱讀迴廊上以陽台深遮陽及垂直木格柵的設計，保有採光的效果，卻能避免陽光直射，降低熱輻射進入室內，降低耗能，達到節能效果。讀者也能在戶外徐徐微風中，欣賞遠處的山景，體驗不一樣的閱讀感受。



2



4

## 兼顧環保與美感 發揮多重功能

圖書館裡，處處看得到兼具美感與環保的巧思。

書櫃高度降低在110公分以下，讓空間看起來更寬敞，也能讓陽光恣意灑落。書櫃間藏有可以窩起身子閱讀的座椅區，讀者可以靜靜窩在自己的小天地裡閱讀，取書、換書也很方便。

靠窗一長排的閱讀區，和館外的遍野綠意融合為一。書讀累了，轉頭便是一片綠意，既能保護眼睛，也能讓心沉靜下來。室外閱讀迴廊則給人悠閒的感受，在風聲、水聲、讀書聲中閱讀或休憩，別有一番滋味。



1



2

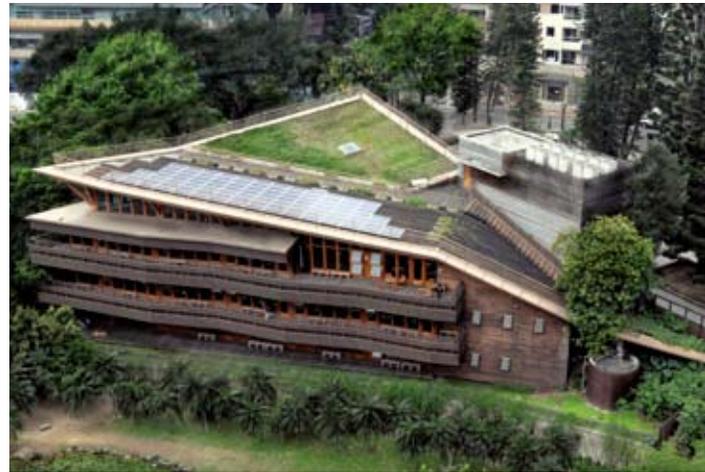


3

圖書館的屋頂採斜面設計，可以發揮節能、生態保育等多重功能。東面高，配合大面窗採光，西面低，可以降低西曬問題，屋頂上還有太陽能光電板，發電供應部分電力。

斜屋頂採用輕質覆土植栽綠化，不但可以隔絕屋頂熱源，也成為動植物的棲所，同時還可涵養水分，自然排水至雨水回收槽，回收水可做為澆灌植栽及清潔用水，達到水資源的再利用。

如果沒有特別說明，很多人不知道，這片傾斜屋頂在設計上還有貼心的生態考量，它可以供松鼠等動物攀爬、路過，成為親善動物的路徑。此外，圖書館外牆還設置多孔性的生態綠化牆，讓鳥類、蝴蝶、昆蟲等生物有棲息之地。



1

#### P.O40

圖1：閱覽室書櫃高度降低在110公分以下，讓空間看起來更寬敞。

圖2：讀者可以靜靜窩在自己的小天地裡閱讀。

圖3：臺北市立圖書館北投分館戶外的生態水池。

#### P.O41

圖1：北投圖書館斜屋頂設計。



◀ 圖1：讀者可坐在舒適的室外閱讀迴廊，欣賞美景，體驗不同的閱讀感受。

▼ 圖2：圖書館內開闊的閱讀環境。

## 綠色圖書館 締造居民幸福感

這個打破臺灣傳統圖書館印象的舒適綠建築，營造出截然不同的閱讀空間，除了吸引讀者使用，成為北投居民「幸福感」的來源之一，也成為新興的觀光景點，吸引絡繹不絕的參觀人潮。

圖書館是推廣閱讀的教育場所，當這棟建築物本身富含環境教育的意義時，更能發揮推廣的功能，吸引大家前來親身感受綠建築空間的美好，把綠建築的概念傳達給更多人。

結合閱讀、遊憩、節能三種功能的北投圖書館，彷彿大自然裡的一本好書，值得細細品味。



圖1：陽台上的裝置藝術。

圖2：陽台上的桌與椅。

圖3：圖書館內部俯瞰。



1



2



3





- ◀ 圖1：台達電南科廠房外觀。
- ▶ 圖2：台達電南科廠房摺紙造型的玄關。

# 科學風水，綠色工廠

## 台達電南科廠房

地址／臺南縣善化鎮環東路二段39號

啟用時間／2005年8月

設計者／成功大學林憲德教授、石昭永建築師

**走**進南科工業園區，一棟有別於傳統廠房的美麗建築映入眼簾。這個簡潔、明亮、充滿設計感的白色建築物，大門玄關處以摺紙造型雕塑迎接訪客，樓層交錯內凹，外圍綠意扶疏，蟲鳴鳥叫聲不絕於耳，讓人有置身於熱帶觀光飯店的錯覺。

這座臺灣第一家鑽石級的綠色廠辦，是台達電創辦人鄭崇華將個人環保、節能的信念落實於企業，積極推動興建的台達電南科廠房。

戶外大量的植草磚、生態池及大片草地綠林，大廳滿室的綠色植栽、自然採光，還有涼爽的自然風流，讓人切身體會綠建築的好處，徹底顛覆了電子廠房高耗能、高污染的印象。

台達電南科廠房落成啟用後，吸引了絡繹不絕的參觀人潮。民間企業都想實地了解，這個能省下高昂電費，力行節能省碳，又能讓員工享有健康工作環境的廠房，究竟是如何辦到的？





台達電南科廠房摺紙造型的玄關夜景





▲圖1：摺紙造型的玄關內景。

▼圖2：建築立面設置內凹的深開窗。



## 順應自然 善用科學風水

台達電南科廠房不僅外觀獨樹一格，其面向和形狀亦有別於園區內其他廠房，因此不免有人猜測是基於風水考量。其實，這是根據「科學風水」的智慧設計，從建造的方位就可以避免直接日曬造成的室溫上升。

誠如林憲德教授所言，綠建築的奧義就是順應自然，善用這種保護自然環境、追求健康室內環境的「科學風水」，綠建築其實不須花大錢。

建造前計算日照、採光、方位等，就能減少開燈；做好通風設計，就可節省空調電費。節能的巧思和隨手做環保的生活習慣，甚至比高科技的節能產品更具環保效益。

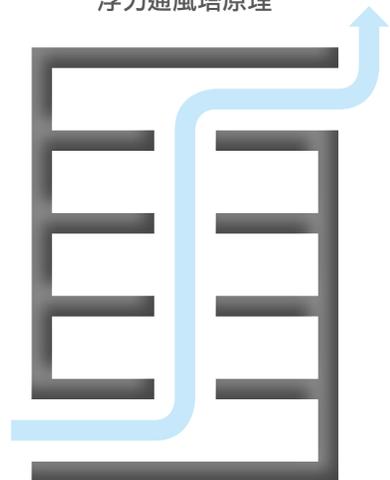
玻璃門廳以醒目的折板雕刻作品做為遮陽、遮雨的玄關，建築立面設置內凹的深開窗，並利用外遮陽的概念裝設垂直面和水平面的遮陽板，一開始就阻絕幅射線，同時也產生美麗的陰影變化，並利用低穿透性的玻璃隔熱引光。此外，還有金屬百葉導光板，導引自然光進入室內中庭，而浮力通風塔則能保持空氣流通，充分節省空調與照明的耗電量。



- ▲圖1：台達電南科廠房醒目的折板雕刻作品做為遮陽、遮雨的玄關。
- ▼圖2：中庭以浮力通風塔原理建構，除能保持空氣流通，還充分節省空調與照明的耗電量。
- ▶圖3：浮力通風塔示意圖。



浮力通風塔原理





1

#### P.050

圖1：暖色系樓梯設置於綠意盎然、高挑寬敞的生態中庭，樓梯設置在最明顯方便的位置，鼓勵員工多走樓梯，環保也健康。

圖2：台達電南科廠房戶外植栽。

#### P.051

圖1：廠房戶外設置生態池，屋頂以盆鉢式植栽打造綠屋頂。

圖2：戶外大量植栽。

圖3：停車場利用天井通風採光，比機器抽風的效果還更好。

圖4：天井採光，明亮又通風。

## 節能設計影響生活習慣

走進一般企業大樓，通常第一眼看到的就是成排的電梯，樓梯總是被藏在暗處，但這裡剛好相反。

穿越藝術造型的戶外玄關，走進綠意盎然、高挑寬敞的生態中庭，首先映入眼簾的是明亮、寬敞的暖色系樓梯，電梯反而隱身於不顯眼的角落，讓人自然而然地選擇走樓梯。透過巧思鼓勵員工多走樓梯，不只有效節能，也對員工健康有益，甚至能拉近同事間的距離。

節能的觀念透過巧妙設計影響使用者的日常習慣，產生潛移默化的效果，讓員工養成良好的節能習慣，大大提升節能成效。



2

## 以生活智慧與創意節省資源

林憲德教授認為，建築不是高科技，而是生活的智慧與創意。

以地下停車場為例，這個向來予人陰暗濕悶印象的地方，設有天井採光，明亮又通風，聞不到刺鼻的汽油味或排氣味，甚至連抽風設備都備而不用，無形中省下不少電費。

除了一般常見的省水器材外，台達電南科廠房透過雨水回收系統，每年可回收4,100噸的水量，用在澆灌、沖馬桶、生態池上，一年約可省下三個月的用水量。戶外庭園還有自動偵濕系統，一旦偵測到下雨，就會關閉自動灑水，有效避免水資源浪費。



1



2



3 4

OSI



圖1：廠房周邊設置生態密林，建構生態水池，做為生物棲地，形成良好的生態系統。

圖2：生態水池與外牆。

圖3：廠房戶外綠美化。



## 營造生物多樣性的生態系統

提到工業廠房，大多數人腦中浮現的畫面，不是灰撲撲的水泥廠房，就是冷硬的機械設施。然而，在台達電南科廠房不僅外觀美麗還多了一片綠意。

廠房周邊的空地規劃了許多生物棲地空間，上萬棵植物每年可吸收四千餘噸的二氧化碳，相當於三十一萬輛1800CC汽車的排放量。

喬木和灌木混種的生態密林可做為野鳥及昆蟲的棲地；大量種植的臺灣原生樹種與誘鳥誘蝶植物，則提供一萬多隻鳥類與一百二十萬隻昆蟲食物來源，形成良好的生態系統；而三個生態水池不僅發揮生態滯洪池的功能，也吸引了青蛙、蟋蟀、蜻蜓、水鳥等聚集，形成生物共生的環境。





圖1：生態水池。

圖2：建造方位的設計可以避免直接日曬。

圖3：台達電南科廠屋頂上的太陽能板。

圖4：生態水池吸引多種昆蟲動物前來棲息。



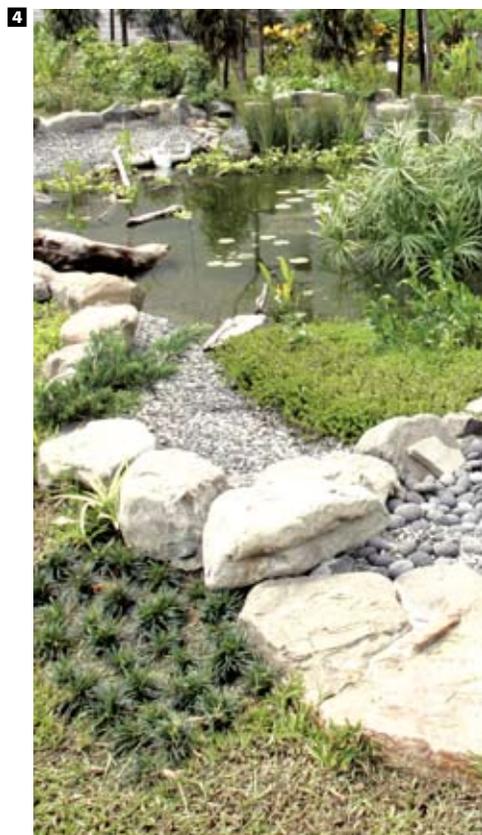
## 企業善盡環保責任 打造綠色工作環境

在石油、煤炭等能源不斷銳減的今天，節能減碳風潮日熾，興建對環境衝擊最小的綠色廠房除節省能源，對企業來說，也有很高的經濟效益。

台達電南科廠房依照綠建築工法興建，營造出一個「生態、節能、減廢、健康」的工作環境，建築成本幾乎與一般建築無異，但有形、無形的效益卻使成本很快回收，節能效果高達31%，節水效果更達50%。



在結合天然建材、陽光、空氣、水與植物的綠建築中，營造綠色工作環境，不僅有益於員工的健康，還能提升工作效率。台達電的綠色廠房不正是這樣一個讓員工安心工作的健康環境嗎？





- ◀ 圖1：富邦福安紀念館大廳。
- ▶ 圖2：富邦福安紀念館在臺北市仁愛路的外觀。

# 智慧型綠能大樓

## 富邦福安紀念館

地址／臺北市大安區仁愛路四段258號

啟用時間／2005年1月30日

設計者／翁祖模建築師

**臺**北市的特色建築物中，高聳的101大樓向來是外國人士指定參訪的建築物，然而令人好奇的是，市區裡還有一棟外觀似無特別之處的辦公大樓，不時吸引許多國外人士參訪。

這棟樓高11層的「富邦福安紀念館」辦公大樓，矗立於寸土寸金的臺北市仁愛路上，是棟符合生態、節能、減廢、健康的綠建築辦公大樓，也是臺灣第一座綠建築辦公大樓，不僅榮獲多項國內建築獎項，更獲得2008年全球辦公類卓越建設獎的肯定。

「富邦福安紀念館」辦公大樓以環保、生態、人文為設計出發點，它不只是綠建築，更與時俱進，導入最新的環保科技，結合綠能與智慧控制，展現智慧型綠能大樓的先進風貌。其節能成效不僅吸引英國BBC新聞來臺採訪報導，連NASA、美國環保署、國際綠建築協會都曾慕名前來取經。







環保節能觀念日益受到重視，綠建築儼然已成為當代建築的趨勢。相較於同等級的綠建築辦公大樓，智慧型綠能大樓節能效果更大，將環保、科技與安全的訴求發揮得淋漓盡致，也讓生活變得更便利。

圖1：立體及多層次的植栽手法，將室外生態引進室內。

圖2：富邦福安紀念館屋頂花園。

圖3：都市高樓頂的環保與美感。



1

## 善用不同方位 結合大自然元素

福安紀念館坐南朝北，充分善用不同方位的外牆，經過縝密的規畫設計，結合陽光、風及水，以不同的設計達到最大的節能效果。例如陽光較強烈的南方，採用遮光板減低熱空氣的產生，在靠近頂樓部分，則設置國內首見的太陽能光電版，將熱能轉成電能，提供大樓內部用電，也間接達到遮陽效果。

為了節省耗材，並達到建築輕量化，福安紀念館北面採光牆使用的玻璃帷幕牆，是採用具阻熱效果又能有效採光的網點低輻射玻璃，可有效降低室溫，減少空調使用。

福安紀念館基地與鄰接的仁愛路綠帶形成完整的生態系，以立體及多層次的植栽手法，將室外生態引進室內，彌補因開發而減少的綠覆面積。全區綠化以本土樹種為主，除保留基地部分原生樹種外，還計畫性地選植香花、誘蝶、誘鳥植物，提供生物、昆蟲棲息，以建構完整的生態系，讓矗立於水泥都市的辦公大樓，依然保有綠意和生氣，與自然和平共存。



2



3

圖1：入口大廳肖像畫。

圖2：紀念館大廳雕塑。

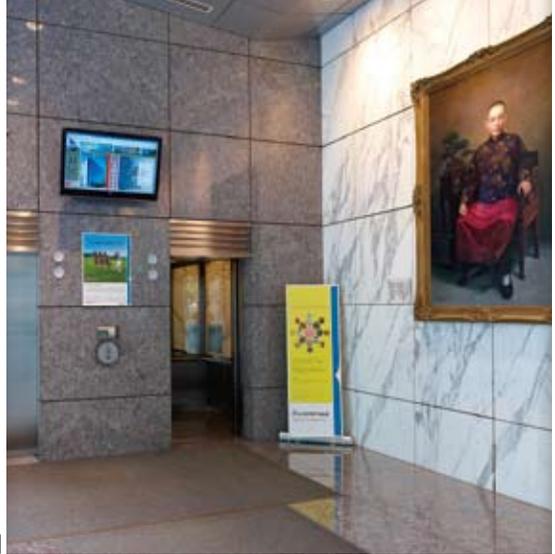
圖3：空氣品質優良的辦公環境。

## 智慧型綠能大樓 讓工作更有效率

富邦福安紀念館不只是綠建築，更是棟智慧型綠能大樓。富邦福安紀念館在2010年採行「智慧建築外層整合性解決方案」，導入智慧化感測系統，在建築內、外層加裝無線傳感器，將室外風速、濕度、室內溫度、二氧化碳濃度等資料傳送到中央控制系統進行分析，根據分析結果，調整照明設備和換氣設備，讓建築物大幅降低碳排放量。

智慧綠建築不只具有節能效果，還能透過智能化，讓生活更便利。例如智能開窗系統，可有效調節溫差，引進新鮮空氣，提高空氣質量，且讓建築物再省4~5%的用電量。根據紀錄，福安紀念館的二氧化碳濃度通常維持在580~620ppm間，屬於極佳的辦公環境，有助於提振工作效率。

綠建築辦公大樓讓長時間在裡面工作的員工享有健康、舒適的工作環境，不僅有益身心健康，也能提升工作效率。在親身體驗綠建築的美好後，很多人也將工作中的環保習慣延伸到日常生活中，具體實踐環保綠生活。



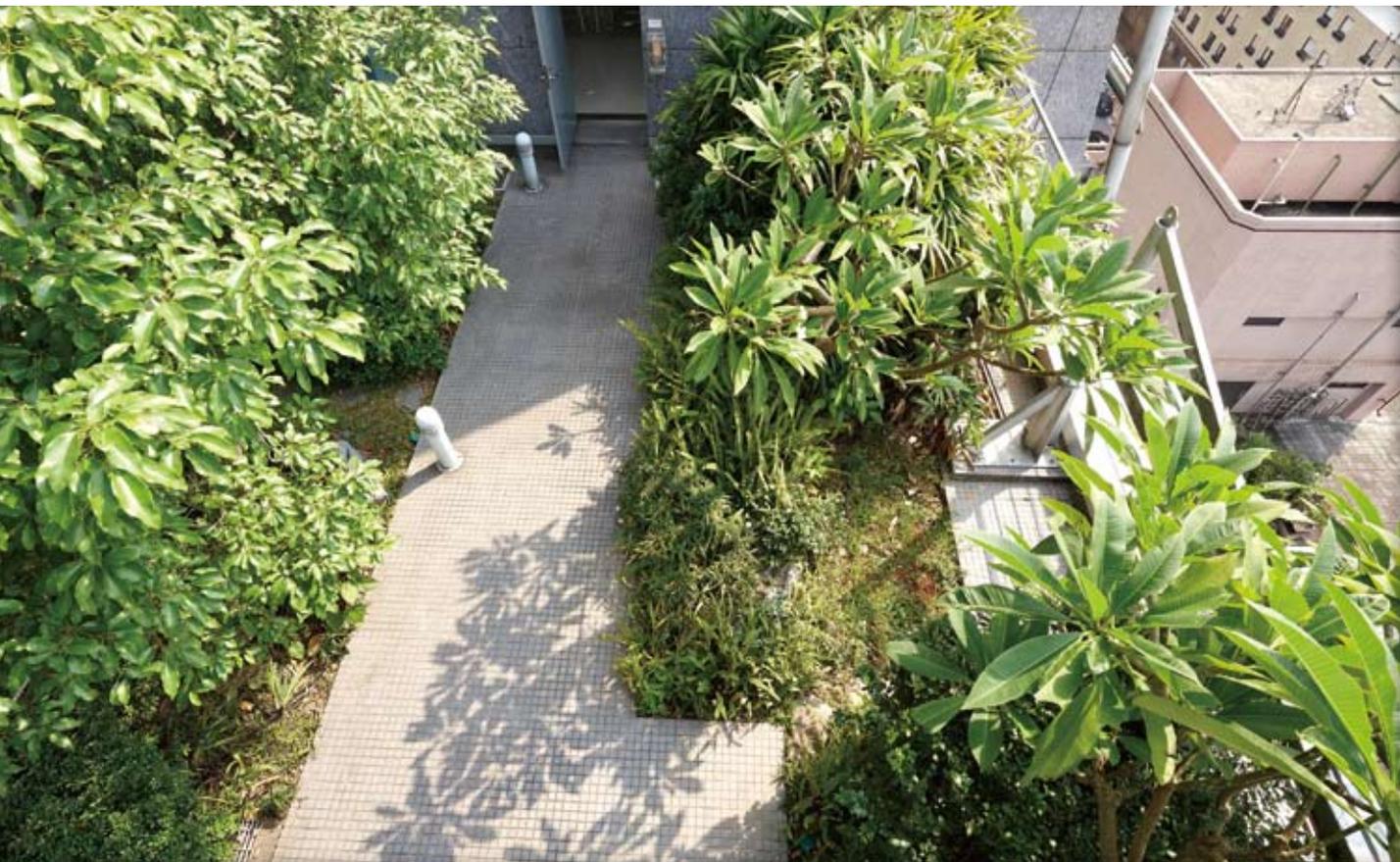
1



2



3



▲ 圖1：從工作延伸到生活，實踐環保綠生活。

## 美化樓梯間 鼓勵走樓梯

辦公大樓的電梯使用頻率很高，是節能的重點之一。為了鼓勵員工多走樓梯少搭電梯，福安紀念館設計了寬敞、明亮、舒適的樓梯通道，利用窗戶採自然光，還可透過玻璃眺望遠處。福安紀念館的梯廳每兩層樓就設置小型空中庭園，綠色生態造景不僅能淨化空氣，緩衝雨水的衝擊，也有美化效果，讓人既能欣賞美景，又能放鬆心情。種種貼心的設計果然提高樓梯使用率，既達到節能減碳的功效，又能鼓勵員工運動，維持健康生活。



2



1

圖1~3：  
中水和雨水都盡量回收利用，替代將近一半的自來水用量。

## 省水大作戰 水資源回收再利用

辦公大樓的水電用量向來可觀，富邦福安紀念館除了省電成效卓著外，在省水方面，也嘗試各種符合經濟效益且實用的節水措施，結果顯示，大樓每年雨水、中水回收量約1,500噸，自來水替代率達50%左右。

除了善用常見的水龍頭省水器、二段式沖水省水馬桶等節水器材外，雨水貯留再利用與中水回收系統等設計更是功不可沒。不只雨水能回收利用，洗手臺排水、空調冷凝水、RO逆滲透飲水機排水等生活廢水，收集處理後也能用於庭園澆灌與沖洗衛生設備，絲毫不浪費珍貴的水資源。



3



# 綠建築, Here We Go





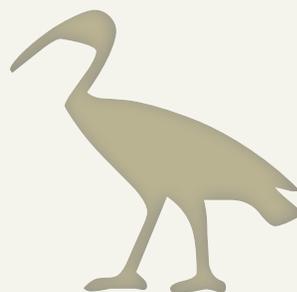
# 舊建築變身

臺中舊酒廠創意變身／臺中文化創意產業園區

傳統產業的綠化之路／宏遠紡織生態工業園

綠色改善不是夢

臺灣的綠改善現況





◀ 圖1：臺中文化創意產業園區天井。

▶ 圖2：大樓牆面排列整齊的明管。

# 臺中舊酒廠創意變身

## 臺中文化創意產業園區花雕儲酒廠

地址／臺中市南區復興路三段362號

啟用時間／2009年11月

**喜**歡文創活動的朋友，來到臺中，絕不會錯過臺中市後火車站附近的「臺中文化創意產業園區」，也就是一般慣稱的「臺中舊酒廠」。原本老舊廢棄的製酒工業遺址經過改造，陳舊的氣息一掃而空，取而代之的是引發懷舊幽情的古蹟，與蛻變為文創展區的特色建築。這裡經常舉辦各種精采的特展、創意市集和文創活動，吸引大量人潮，也讓古蹟活化，產生新生命。

臺中文化創意產業園區的前身是「臺灣省菸酒公賣局臺中酒廠」，隨著時代變遷、酒類市場型態轉變，且因應臺中市都市計畫發展之需，臺中酒廠於1998年搬遷到臺中工業區新廠，在原址留下日治時期歷史建築及機具設備，堪稱國內現存五大酒廠中保存最完整的一個。









1



2



3

## 改造舊酒廠 觀光新亮點

2002年臺中酒廠通過審查，登錄為歷史建築，並由文建會接手，逐期發展成為文建會五大文化創意產業園區之一，定位為「臺灣建築、設計與藝術展演中心」（Taiwan Art, Design, and Architecture Center，簡稱TADA Center）。從40棟的酒廠建築，挑選8棟，規畫為工作坊、展覽空間、小型實驗劇場及多功能會議展演中心，將臺中舊酒廠改造為藝術、設計與建築的跨領域交流平台，蛻變成推動文化創意產業的基地。其他舊廠房仍保有古老韻味，和風舊房舍也重新整修讓人耳目一新。臺中舊酒廠的改造，在傳統與創新之間取得完美的平衡，讓臺中增添一個亮眼的觀光新景點。

#### P.068

圖1：水平遮陽板和退縮型深遮陽的設計，有助於減少直接日照。

圖2：遮陽板與戶外綠樹。

圖3：屋頂綠化。

#### P.069

圖1：舊廠房外牆內縮做為遮陽與通風空間。

圖2：園區陽台綠化。

圖3：以廢棄磁磚做成的馬賽克拼貼。



1

## 發揮綠建築精神 打造節能辦公室

在這些活化新生的舊酒廠建築中，規畫為「文建會文化資產總管理處籌備處辦公室」的花雕酒儲酒庫，建於1979年，是舊酒廠最後興建的大型建築物。如何在整體原結構不變動的情況下進行整修，將原用於貯存物料的廢棄倉庫改造成健康、舒適、節能的現代化辦公室，大大考驗了工程團隊的智慧。

這棟建築的整修導入綠能與生態設計概念，從最初的拆除施工過程，即盡量做到廢棄物與二氧化碳減量，並採用綠色環保建材與綠色裝修建材，充分發揮綠建築的精神。

花雕酒儲酒庫原有的建築外殼構造與開窗形式，造成屋頂層接受直接日照，室溫迅速增加，開窗方式亦嚴重影響室內通風。



2



3



圖1：室內井然有序的管線。

圖2：利用全熱交換機引入新鮮外氣並先行預冷，節能健康一舉兩得。

圖3：通風管出風口。



2



3

## 善用節能設計 降低耗能

整建後的建築體以小開口的口型窗，降低室內熱負荷影響，並加設水平遮陽板和退縮型深遮陽，減少直接日照。外牆採用日射吸收率低與淺色系外牆建材裝修，減少外牆熱量入侵室內的受熱量。室內熱量則藉由屋頂通風塔與屋頂排氣裝置，減低室內環境的熱負荷，並善用浮力通風的原理，以中庭挑空的設計，促進空間內氣流流通。種種措施大幅降低空調系統運轉耗能，電費也隨之減少。

在採光照明方面，新的建築體以開窗面導光及屋頂面導光，搭配深窗退縮及導光板，引入適當的自然光線，側向採光并採北向穩定光線，補足室內周區照度。

整體建築物不僅以簡樸的造型設計，室內裝修也適量採用木構造，並善用再生建材，所有隔間採用乾式「輕隔間」輕量化設計。各種管線採用明管設計，避免設備更新維修時損傷裝潢或結構本體，可延長建築的生命周期。



▲▶圖1~2：屋頂通風塔與屋頂排氣裝置。





圖1-2：綠意盎然的半戶外空間。

## 活化舊建物 創造新生命

建築物半戶外空間種植喬木，屋頂花園種植灌木類與多年藤蔓類混種，所種的植栽於40年期間，預計約可產生5萬多公斤的CO<sub>2</sub>固定量。植栽澆灌部分，以雨水再利用的澆灌系統，充分節約水資源。原本缺乏綠化的景觀，在整建後改頭換面產生一片盎然綠意，灰撲撲的老舊庫房頓時充滿生機。

這棟在臺中舊酒廠中誕生的綠建築，發揮了舊建物活化再利用的功能，亦彰顯出舊建物朝綠建築方向改善的潛力，深具教育示範意義，所以一樓特別規畫為內政部綠建築的示範展示中心，讓遊客在參訪古蹟、參與文創活動的同時，也能走訪綠建築，親身體驗綠建築的美好。

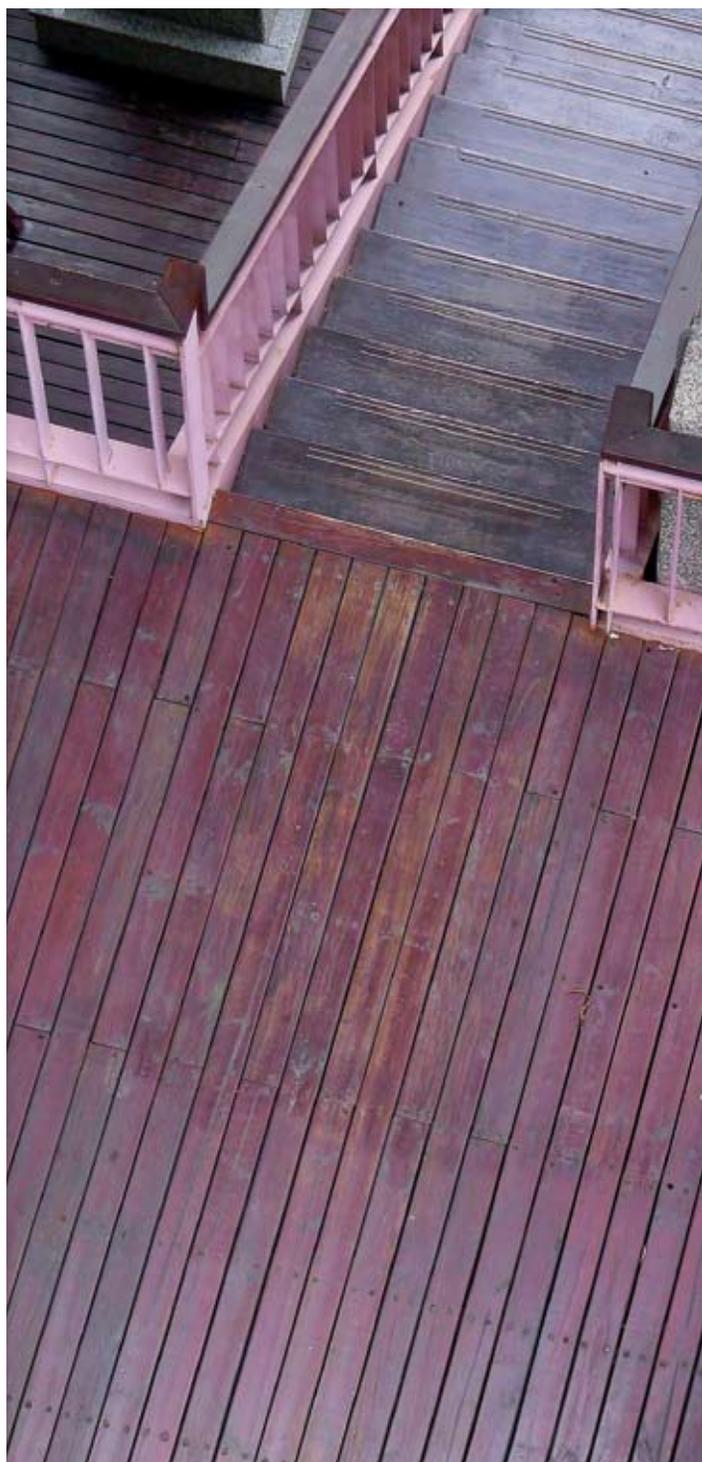


圖1~3：半戶外空間種植喬木，  
屋頂花園種植灌木類與  
多年藤蔓類混種。



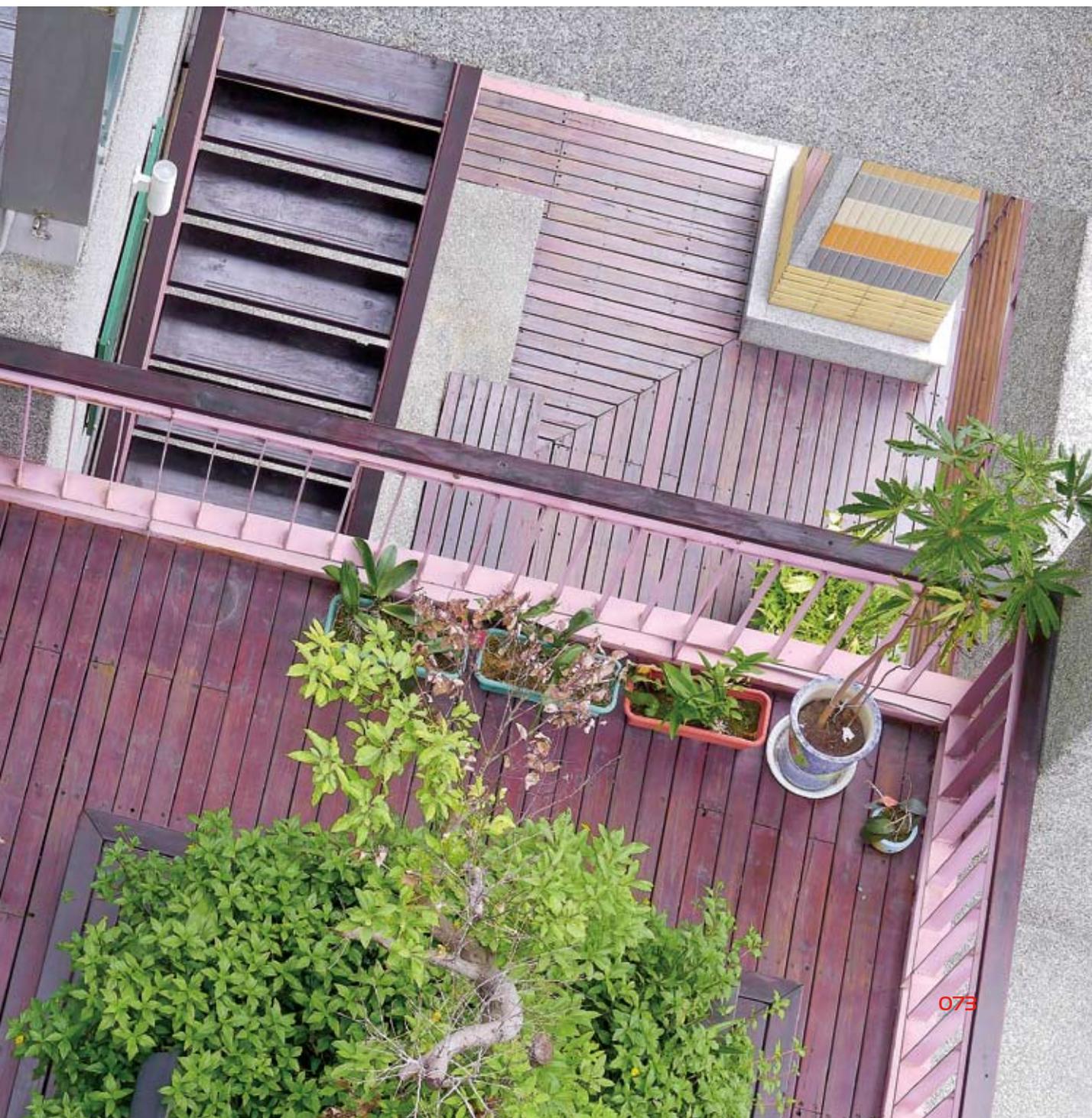
1



2



3





◀ 圖1：宏遠紡織生態工業園外觀。

▶ 圖2：綠意盎然、鳥語花香的生態公園。

# 傳統產業的綠化之路

## 宏遠紡織生態工業園

地址／臺南市山上區明和里256號

啟用時間／2008年

——本好書，開啟了宏遠興業從傳統產業轉型為永續生態型企業的契機。縱橫紡織業數十載，資歷深又愛讀書的宏遠興業總經理葉清來，常被業界尊稱為「葉老師」，他因為閱讀英特飛公司（Interface Inc.）創辦人雷·安德生（Ray C. Anderson）所寫的《綠色資本家》，深受啟發，從2007年開始推動「節能、環保、愛地球」策略，推展宏遠永續經營模式（Everest Sustainability Model）。

除了積極改善各項設備和資源使用，達到節能省碳的目的外，宏遠興業更進一步結合「生態」與「綠建築」概念，打造宏遠生態工業園（Everest Eco-Industrial Park, EEIP）。他們一方面以做中學的實驗精神，將舊廠房改造成綠建築；一方面向生態專家請益建置全廠綠化生態廊道、生態園區及生態水系。





宏遠生態公園裡以回收舊枕木搭建的木棧道便橋。





1

圖1：生態園來訪的飛蛾。

圖2：園區來訪的蝴蝶。

圖3：宏遠紡織生態園自然氣氛的池塘。

圖4：員工拍攝到各種出現在廠區的鳥類。

## 兼具景觀、生態、休閒功能的 宏遠生態公園

一般人印象中的工廠，幾乎等同於煙囪林立、排放廢水、廢氣的代名詞，然而來到宏遠生態工業園，首先映入眼簾的，卻是一片綠意盎然、鳥語花香的生態公園。

做為宏遠生態工業園門面的宏遠生態公園，前身是辦公大樓前的停車場，原本造成熱輻射高溫問題的柏油路面，搖身一變，成為吸引蝴蝶、蜜蜂的生態公園，不但是辦公室天然的冷氣製造機，還形成一個舒適的戶外休憩空間。

宏遠生態公園利用生態工法建置，建材盡量採用回收建築與漁業的廢棄物，例如以回收舊枕木搭建的木棧道便橋，還有以回收竹管、蚵殼與碎石鋪成的步道。園內植物由宏遠的員工認養、照顧，就連小鳥、甲蟲等小動物棲息的家也是員工利用黏土、稻草稻穀、樹枝竹子等天然廢棄材料建造，藉由貼近大自然的機會，學習愛護生態課題，也成為宏遠宣導生態保育的起點。



3



4



2



圖1：宏遠紡織生態園池中荷花。

1



圖1~2：建築物外圍種植樹木和爬藤植物，形成綠色窗簾，搭配遮陽板和微霧系統，有效降低室內溫度。

圖3：園區以立體綠化為建築物降溫。



## 以綠建築工法改造舊廠區

宏遠邁向綠色企業的第一步，是採用短期可快速有成效的改善方案，亦即以綠建築工法改造舊廠區。

廠區大幅綠化並善用深遮陽、浮力通風等原理，降低廠內空調能源損耗，以自然風取代冷氣機；以透水鋪面替代水泥柏油路面，降低廠區熱島效應；辦公大樓外圍種植樹木和爬藤植物，形成綠色窗簾，搭配簷木格柵和微霧系統，有效降低室內溫度，營造自然通風且景色優美的辦公環境。

舊有的廠區以經濟實惠的綠建築工法改善後，產生立竿見影的成效，不僅大幅節能兼具節能減碳與成本節約的雙贏，讓產業與生態共生共榮。

圖1：園區內的草溝。

圖2：自製透水磚工廠。

圖3：煤渣混合水泥製成透水鋪面的植草磚與空心磚等綠建材。



## 廢棄物變成食物的環保精神

宏遠紡織生態工業園中，處處可見將廢棄物變食物的環保精神，尤其在水能源製程與廢棄物處理方面，更是達到驚人的節能與節費效果。

傳統紡織產業耗費能源、產生大量污水，但是宏遠運用生態設計，重新思考染整及織布用水水質，創新製程，不僅大幅降低廢水排放量，還將水資源回收處理再循環使用，每個月可回收六萬噸以上，回收率達85%；員工宿舍與廚房產生的生活廢水也經過淨化處理，加上雨水回收系統收集的雨水，成為濕地水源與灌溉用水，充分達到省水就是省錢的效果。

以往燃煤鍋爐燃燒後的煤渣是廢棄物，要花錢請人清運，現在他們把煤渣混合水泥製成透水鋪面的植草磚與空心磚等綠建材，不但省下高額清除費，綠建材的販售還為公司增加營收，兼顧經濟、環保與社會責任。

1



2



3

**1****2**

## 自然蔬果教育農莊

更讓人驚艷的，是工業園裡竟然有個自給自足的「自然蔬果教育農莊」。這裡採用最符合自然生態法則的「秀明自然農法」，強調人與大自然最原始的關係互動，以潔淨的土、乾淨的水及適度的陽光培育健康的作物，由宏遠各部門員工分區認養、栽種，並請專家入園指導，讓大家享受「自家採種」的樂趣，享用最健康的蔬果。

農莊的生產量不僅在廠區達到自給自足，甚至進一步誕生「宏遠農夫市集」，向外推廣這些無農藥、無化肥、無有機肥的天然農產品，成為永續農業的教育園區，拓展在地的幸福經濟。

從節能減排到廢棄物變食物、轉變成綠色建材，進而建構生態工業園，這個節能省碳的發展歷程正如葉清來所言，愈做愈有趣，不僅成為公司永續發展的命脈，也起了帶頭作用，影響更多企業加入友善地球的行列。

圖1~2：鳥語花香的生態公園。

圖3：自然蔬果教育農莊採用秀明自然農法培育作物，不僅可以自給自足，還進而誕生宏遠農夫市集，向外推廣健康蔬果。

**3**



圖1~4：員工自種的各式蔬菜。

圖5：園內的農場。

圖6：小花與來訪的小蟲。

圖7：農莊內的玉米園。



# 綠色改善不是夢

**綠**建築很好，但是能把現有的房舍，變成綠建築，更好。

一棟新建築的誕生，通常是坐落在老建築的舊地基之上，如果原來的老建築並非完全不堪用就被打掉重建，並不符合環保的精神。反之，如果是修繕一棟老建築，用較低的成本，就達成綠建築的目的，對於環境與對人都更友善。

在臺灣，屋齡30年以上的房屋就已經被稱作老舊公寓。這類房屋數量很多，通常只有些小毛病，例如頂樓太熱、屋頂漏水、水管漏水、牆壁有壁癌、沒有電梯等等，但是建築物結構依然完整，通風採光不錯，陽台上也有各種花草草，如果做了綠建築改善的修繕，還能繼續再用30年以上，對我們的地球與環境來說，比重新建造一棟符合綠建築標章的綠建築還更好。

在現有建築的現況上發展，綠建築的九大指標有些未必能做到，例如基地保水工程，就有實作上的難度；但有些指標可以部分做到，或甚至做到很好。一棟原本暗沉老朽的舊公寓，只要經過巧思改造，就可能擁有絕佳的隔音、採光、通風、空氣品質，省水省電、明管線路容易維修，改頭換面，變成一棟適合生活的老房子，擁有全新的生命和更高的價值。

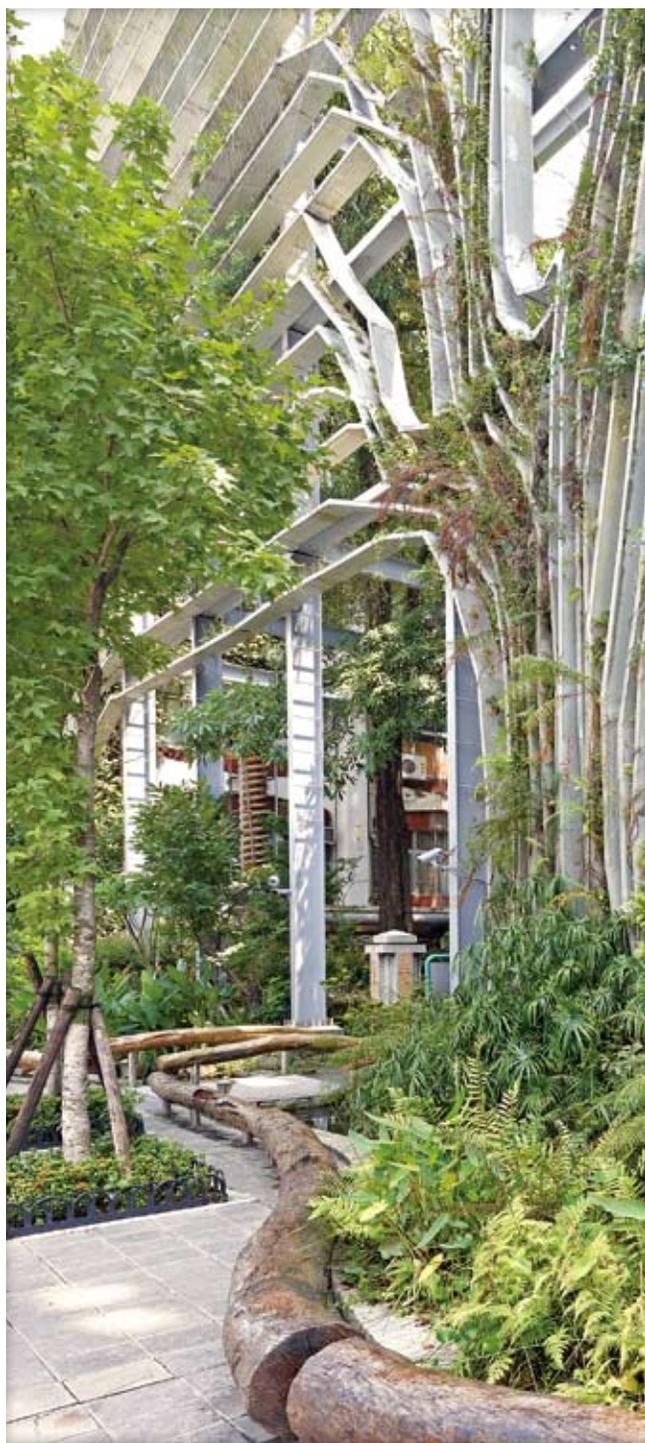


圖1：臺北科技大學外的垂直綠化設計。





圖1：南湖國小垂直綠化的校園。



圖2：營建署南區工程處可調角度的遮陽板。

## 臺灣的綠改善現況

### 「綠廳舍改善計畫」、「綠建築更新診斷與改造計畫」

政府在2001年提出「綠建築推動方案」，並從「綠廳舍改善計畫」開始，選定部分政府機關、大專院校等單位作為示範，進行符合EEWH原則的改善工程。在內政部建築研究所的督導下，由當時的財團法人中華建築中心（現為財團法人臺灣建築中心）成立「綠色廳舍改善計畫執行委員會」執行各階段的工程。第一步，就是在2002年選定了四座基地（營建署、警政署、役政署中區辦

公室、營建署南區工程處），進行綠改善，成果非常好，於是在2002年到2007年六年之間，又陸續改善了93處基地。

為了延續這份成績，行政院在97年繼續核定了「生態城市綠建築推動方案」，並有了後續的「綠建築更新診斷與改造計畫」，選定部分公有建築物，大幅改善它們原本耗電耗水、不符生態及室內品質的環境情況，從2008年到2011年，又改善了80處基地。



圖1：國立臺北藝術大學圖書館的閱覽桌。



圖2：臺中文化創意產業園區的明管設計。

## 「綠空調改善計畫」、「建築能源效率提升計畫」

在執行「綠廳舍改善計畫」的過程中，主持團隊發現，老舊的空調系統，是造成沈重不必要耗能的主要原因之一，亟需立刻改善。因此在2003年成立了「綠空調改善計畫」，針對中央空調系統的超量設計、空調主機效率老化、耗電及嚴重浪費能源等問題，進行更新處理。從2003到2007年，共改善了97個案例，也在過程中得到了不少經驗值。

目前最新的環保思維，在於以低成本或無成本的節能策略，獲得最大可能

的成果。由於改善對象是老舊建築，容易受限於既有的建物結構，然而光只是針對空調設備進行小量改善工程，就已獲得10%的顯著節能效果。對於全台灣為數眾多的公家廳舍來說，毋寧是個可行又實際的作法。

利用從「綠空調改善計畫」得到的經驗，政府又在2008年繼續辦理「建築能源效率提升計畫」，選定不符合節能減碳的中央政府機關及國立大專院校建築物，進行改造工程。針對建築物最耗能源的兩大項目：空調與熱水系統，利用低成本或無成本的設備與策略，以簡單的改善調整，達成5%~8%的節能



圖1：臺北市立圖書館北投分館陽台與凳子。

效益。從2008到2011四年之間，共完成119件中央廳舍及大專院校建築物的能源效益提昇，成果豐碩，令人驚嘆，更值得大量推廣。

### 後續追蹤

為了了解改善工程後續的長期成效，從2009年開始挑選部分過去的改善案例作為追蹤考核的對象，並將各案的使用現況與剛完工時之情形進行對照，記錄其差異之處並探究原因，作為後續計畫執行的改善參考依據。

由這些追蹤案件的滿意度調查結果發現，多數都十分正面。例如經過

幾年的植栽生長期，許多複層綠化、綠屋頂改善的案件，都呈現欣欣向榮的氣象。而耗能空調、照明設備以及雨水、中水回收設備，也都維持著預期的運轉效能，少數使用不當或故障的情況，也立刻要求廠商校正維護。

在這樣一場力求不斷進步改善的實作計畫中，當然也有部分維護不良的案件。例如改造後的木棧道及戶外遮棚，因為長時間受到豔陽曝曬，容易產生彎曲與變形；或透水鋪面因車輛行駛頻繁而有破損等。這些美中不足的地方，仍須努力尋找耐久方案和持續的工作。但總體而言，綠建築改善是正確的方向，可以被執行，可以



圖1：高雄大學屋頂的太陽能熱水器。

被大量推廣，對節能減碳與節省錢，都有非常良好的效果。

### 困境與未來

在臺灣，要推動綠建築或綠改善，甚至最基本的節能減碳生活習慣，往往都卡在一個最基本的困境：「不正常低廉的電費與水費」。因為水電費不貴，使得家庭、企業、與政府，都對投入改善工程持保守態度，寧願繼續多支付一些經常性的水電費，甚至浪費也不在乎。但是這個現況，遲早都會改變。臺灣能源仰賴進口超過99%，水源絕大部分取自山區水庫和抽地下水，竭澤求魚、食己之肉，總有一天得面對現實。

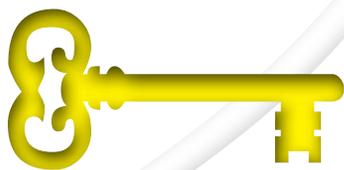
面對步步逼近的未來，綠改善是一項成本低、對環境傷害比較小、效益高的解決方案。從前述幾項政府計畫的執行結果，我們不難看出節能不只省錢，更能改善生活與工作的環境品質，同時也對自然環境友善，促成環境的永續發展。踏上綠改善之路，現在正是時候！



## PART 2 綠改善的18把鑰匙

觀念與行動  
改裝重生綠建築





## 觀念與行動

**綠**建築運用技術，讓建築體本身具備「生態、節能、減廢、健康」的功能，但是建築物只是一個殼，終究，還是得看居住期間、運用空間的人，如何使用和維護，才有意義。

說到底，綠建築乘載的，是一種生活方式、與一種價值觀。而要想由現有的建築進化到綠建築，就從觀念出發，以行動實踐。

觀念一改變，該如何行動，就昭然若揭。

# 觀念！

## ▶ 我們為什麼要把舊建築改善成綠建築？

一般建築體的結構壽命在60年以上，但是內部設備（管線、機電）的壽命通常不到15年，人們經常因為設備老化而有改建的念頭，並因此打掉佔建築成本一半以上的結構很可惜。

如果我們換一個想法呢？留下最貴的結構，只是逐步改善老舊的設備，就可節省下最主要的經費。而用綠建築的技術來改善老舊設備，更可以獲得最大的好處。

老建築做綠改善，成果未必會比全新綠建築差。

## ▶ 綠建築不只為環境好，也為自己好

臺灣綠建築的標準，對環境好一點點，對自己好很多。

綠建築採用環保、健康、無毒的建材，讓我們生活中免於接觸危險。綠建築設計出許多聰明的方法，用於通風採光、節省耗能、省錢、避免浪費；並向外經營一個穩固的地盤，建立與周圍動植物相處的自然環境、漂亮的園林、得到新鮮的空氣，在在都是對「人」好。

## ▶ 綠建築，風水與健康

風水是古代建築師的智慧，認為空氣要流通、水要走，這樣住在裡面的人才會健康，家族才會興旺，福蔭子孫。過去我們相信人定勝天，因此近代建築往往背離風水概念。但現在人們也開始明白，風水的概念，重點不在迷信，而是知道人類必須學會和環境和諧相處。

綠建築利用新科技，隱合風水觀念，從建材開始，所有的綠建材都是環保且健康的，就已讓我們趨吉避凶；通風計畫避免封閉與死角，讓我們得以呼吸新鮮的好空氣；雨水利用、滲透入地下以涵養好水；雨污水分流、污水處理和人工溼地，可以將污水排走或是變成好水再利用；乾式隔間和明管設計，讓我們可以避免驚動到房屋結構主體，讓身心都安寧。

建築物不能自外於天地之間，環境也很重要，所以周圍附近的環境要綠化，透過生態池、種植花草樹和吸引蟲魚鳥，可以淨化空氣、平衡身心；長期來看，更是避免破壞地球、竭澤求魚。細究綠建築的各種手法，可以說是新時代風水。

### ► 建築物的品質維護與提昇

綠建築並不只是高調的環保運動，而是人類面對環境壓力的對策。透過綠建築，為人類找到喘息的空間與時間，嘗試解決問題，綠建築，已是目前新建屋的主流趨勢。

當新建屋都是綠建築，非綠建築的老屋就顯得更陳舊過時，幸而只要善用綠改善的觀念和技法，做適度的「綠化」翻新，不但能品質提昇讓建物機能年輕化，也更適合生活。

### ► 綠改善可能比全新綠建築更重要

臺灣有97%的既有建築，如果都要打掉改成全新綠建築，將是無法想像的環境大災難。建築物的主體結構佔成本的五成到六成，如果主體結構都還完好，那麼以綠建築的手法，做部分的綠改善，只需要相對非常低的預算，就能有很好的成果。

建築師應該思考，與其為建商做繪圖師，或是接室內設計的案件，綠改善有更多可以揮灑的空間。營建業也應該思考，如果土地成本越來越高，都更整合又如此困難，那麼，97%的既有建築綠改善，其實更是一個不能忽視的龐大市場。

圖1：高雄科學工藝博物館屋頂綠化。



圖2：高雄大學戶外木棧道。



# 行動！

## ▶ 裝潢

在臺灣，無論是買新屋、二手屋，或承租店面，常常第一件事就是全部打掉重新裝潢。如果真的避免不了，那麼也可以選擇採用綠改善的技法，並選擇綠建材，在成本和成果上，都可以有很高的效益。

## ▶ 修繕

遇到房屋漏水、壁癌、配線老舊問題，千萬不要定論這棟房子已經不堪使用。其實只要結構都還良好，大部分的問題都是可以修繕的。

如果稍微擴大一點修繕的規模，同時為房屋減重，改採乾式隔間、明管設計，將能大幅簡化此後的修繕與維護。對於地震頻繁的臺灣來說，這樣的建物也具有較高的安全性。

## ▶ 重建與都更

如果建築物結構、樑柱都仍完整，那麼除非有極高的房地產價值，否則沒有重建的必要。而如果一整個區域的都更計畫，都能採用綠建築的觀念、技法、建材與設備，那麼也將是城市之福！

▼ 圖1：高雄大學太陽能熱水器的貯水槽。



▼ 圖2：臺中文化創意產業園區的明管設計。





▶圖1：以輔助設施製作綠牆。



# 改裝重生綠建築／

任何既有的建築，都可以做綠色的改善，獲得不同程度的好處。我們從成本最低最容易實行的開始，先做一個簡單的介紹。

## 1

### 從燈光做起／第一把鑰匙：高效率光源

燈光主宰我們的生活，即使在白天很多場合也必須要開燈，到了晚上俯瞰城市，更是一片燈海。因為到處都有燈光，節省或浪費加總起來就有很大的差別。傳統鎢絲燈泡，也被稱作白熱燈泡、白熾燈泡、愛迪生燈泡，是最耗電的一種，世界各國都在這幾年相繼禁產禁用，臺灣也不例外。但是取而代之的各種燈泡或燈管，也還有節能效率和使用品質的差異，我們可以視情況需要選擇最適合的。

## 2

### 照明與環境的關係／第二把鑰匙：照明規劃設計

採用了高效率光源之後，佈局也很重要，燈光照在不必要的地方、或是過度照明，都是浪費。例如空間環境只需要適當的光亮，只有生活工作的小區域才需要充分的照明，而不同區域若能用不同的開關迴路控制，就能節省很多。更不要忽略了免費的太陽光，在白天，只要引入適當程度的陽光，就可以減少電燈的使用，何樂而不為呢？



# 3

## 夜間戶外的小太陽／第三把鑰匙：戶外照明

古人夜間外出，面對一片漆黑只得提燈籠；現代的戶外，大部分地方都有路燈或戶外照明，雖然方便，卻也有很多錯誤和浪費，可以改善。戶外照明主要的目的是夜間安全，尤其是地面上行人的安全，因此往天空溢散的光線都是浪費，甚至影響到生態，應該要避免。另外，戶外照明使用的燈泡也和室內有些不同，若能用得好、用得巧，就可節能省電且更安全。

# 4

## 夏日炎炎，給房屋撐一把陽傘／第四把鑰匙：外殼隔熱

西曬熱，是因為除了午後原本的溫度之外，還有太陽加碼直曬牆面甚至進窗。其實建築物外牆只要有一片植物覆蓋，就可以保持室內涼爽。或是利用遮陽板、遮陽棚等等方法，把太陽光的熱，早一步隔絕在建築物之外。

# 5

## 中央空調節能基礎／第五把鑰匙：空調節能

中央空調好涼快，有時候甚至讓人冷得穿上外套，這都是不必要的浪費。開冷氣的目的是為了解暑，而不是創造一個冬天的感覺，因此設計中央空調，應該要恰恰好，既節能省電，也不會讓舒適過頭反而不適。另外，空調的環境常常是封閉的，空氣不流通品質會越來越差，對健康不好，因此適當地引入外氣，引導換氣循環，也很重要。

# 6

## 中央空調節能技術／第六把鑰匙：變頻中央空調

不只是家庭用冷氣有變頻，中央空調也有變頻，而且有好幾種不同的變頻技術，可以一省再省，讓冷房效率更高，效率高，當然就節省了。

# 7

## 中央空調更進一步節能／第七把鑰匙：空調效能調校

要知道中央空調的效率好不好，光憑人的感覺不準，得要靠硬體設備和技術。建築物能源管理系統的其中一項功能，就是針對空調設備，追蹤、控制各空間的溫度和耗電，找出最好的使用方法。測試調整平衡，則是用低成本或無成本的節約能源策略，提昇能源系統的效率，讓中央空調發揮出最好的本事。

# 8

## 空氣要流通／第八把鑰匙：自然通風

空調再好，還是不如自然通風好，如果還沒有到酷熱的程度，開窗通風不但是節能，還對健康大有幫助。大型的建物更可以利用浮力通風的原理，藉熱空氣上升之力，產生一股室內的微風，引入外氣，常保空氣新鮮。



◀ 圖1：利用遮陽層板來做外殼隔熱。



# 9

## 燒熱水的節能新選擇／第九把鑰匙：熱泵、太陽能熱水

一般人很少聽說熱泵，乍聞其名，以為是工廠專用的儀器設備，對之有好奇也有恐懼。其實熱泵的原理和冷氣機非常相似，只是反過來使用，把冷氣機運作之後排出的熱氣，拿來燒熱水，就是熱泵。熱泵不是把電能轉變成熱能，而只是把一邊的熱，搬運到另外一邊去運用，效率可比電熱水器高出三倍以上，甚至比瓦斯燒熱水還節省。過去大多用於大型的建築單位，如今也有家庭號產品，是太陽能不足的地區可以考慮的選擇。

太陽能熱水器有很多優點，技術也成熟，但是有一個重要的前提，必須有充足的太陽光，因此在臺灣北部地區比較不適合，但是中南部日照充足，用太陽能熱水器是很好的一個選擇。

# 10

## 用電處處皆可省／第十把鑰匙：節能電器

現代生活處處都要用到電，因此處處都有地方可以省電，從隨手關燈開始，到汰換耗能的電器，積少成多，就可以省下一定程度的耗電。目前新出產用電量大的電器都有節能標章可供參考，同樣的使用效果，節能等級越高（數字越低），就越省電。





# 11

## 大自然連線之一／**第十一把鑰匙：屋頂及垂直綠化**

在屋頂和外牆做綠化有很多好處，對動植物生態有幫助，夏天室內也會比較涼爽，但是必須考慮建築物的荷重和植栽維護等等問題，要慎重且有耐心地進行。

# 12

## 大自然連線之二／**第十二把鑰匙：複層植栽**

如果有較大片的地面，草皮雖然也是綠化，但是就環保的角度，固碳的效果最低，還需要經常澆灌和維護，不如規劃種植各種高低喬木、灌木、草花，複層次地植栽，固碳效果最好。複層植栽僅在初期需要經營，漸漸地就任其自行發展，我們只在必要時移除具有威脅的物種，也是最輕鬆省力的綠化方式。

# 13

## 大自然連線之三／**第十三把鑰匙：生態池**

複層植栽向上發展，生態池往下發展，兩者各自提供不同物種的生存環境，也讓各種動植物接近我們的生活。與複層植栽類似，只要初期規劃良好，漸漸達到平衡穩定之後，就不需要大量的維護，是最省力氣的優美池塘。



圖1：海岸巡防總局停車場的透水鋪面。

# 14

## 地表也要呼吸／第十四把鑰匙：透水鋪面

水泥或是柏油鋪面，不但將土地密封起來不透氣不透水，對我們人類也很不方便。不但夏天熱得要命，下雨也很難排水，經常有一塊塊的積水，車子經過濺起一片水，人走過去弄溼鞋子與褲腳很不方便。如果改以透水鋪面，則土壤得以呼吸、地面下的昆蟲蚯蚓得以存活、地面上的小草可以生長，下雨天的雨水也可以快速滲透下去，好處多多。

# 15

## 惠而不「廢」的好建材／第十五把鑰匙：綠建材與建材再利用

綠建材是惠而不廢的好建材，也是盡量減少廢棄物的好方法，符合綠建材標章的建材並不必然昂貴，但是經過考核控管，對我們健康有保障，在當今充斥危險化學物質的年代，光就這一點就值得採用。如果能進一步，將拆除下來的舊建材視情況重新回收利用，則更具綠建築精神。

# 16

## 珍惜水與利用水／第十六把鑰匙：雨水與生活雜排水利用

以北部地區為例，一年的降雨量大約有一層樓高，這麼多的水不但沒有利用，還流向公共下水道，平添下水道的負荷。雨水收集其實並不難，如今的污水大多單獨接管排出，很多公寓的地下室都有閒置的空水槽，只要把屋頂雨水的排水管接到水槽，就有自己的雨水系統，將來如果缺水停水的時候，就不愁沒水可用。



圖1：蘆洲監理站大型雨水貯水槽。



# 17

## 避免無謂的浪費水／第十七把鑰匙：省水器材

水龍頭嘩啦嘩啦地流，一個不經心，水就這樣浪費掉了。如果採用水龍頭曝氣器和低流量的蓮蓬頭，減緩出水的速度，對使用者並沒有差別，但是已能有效節省用水。廁所若能採用新式省水型馬桶，也可以減少一半以上的用水。如果有計劃改裝浴廁設備，記得先看看上面有沒有「省水標章」。

# 18

## 避免無謂的敲敲打打／第十八把鑰匙：明管設計

水管、電線、電話線、網路線、對講機線路……這些錯綜複雜的線路，過去常常都是埋藏在磚牆之內，平常看不到，但是修理維護的時候就得大費周章，如果需要打牆，不但工期長、髒亂、擾鄰、還可能傷到建築物。解決之道是改採用明管設計，讓所有管路都在建築結構之外，整齊排列，從此之後任何維修，都是簡單容易的小工程了。

**綠**改善並不是奢侈的環保夢想。如果我們認真去檢視，反而會發現，其中大部分的改善都很實際，也有很高的投資報酬率。不但可以解決舊建築的煩惱，除弊興利，更能將一棟價值低的舊建築，改造成為符合現代與未來期待的新好建築。接下來，我們會介紹既有建築綠改善的實例與效益，來看看它真正得到的好處。





# 綠改善的18把鑰匙



## 節能篇／

**第01把鑰匙**：高效率光源／**第02把鑰匙**：照明規劃設計／**第03把鑰匙**：戶外照明／**第04把鑰匙**：外殼隔熱／**第05把鑰匙**：空調節能／**第06把鑰匙**：變頻中央空調／**第07把鑰匙**：空調效能調校／**第08把鑰匙**：自然通風／**第09把鑰匙**：熱泵、太陽能熱水／**第10把鑰匙**：節能電器／



# 01



## 第一把鑰匙：高效率光源



**傳**統的鎢絲燈泡和鹵素燈泡最耗電，直接「燒」電來產生「光」，亮度卻相對較低，且產生高熱，夏天時還得多耗費許多的冷氣，來冷卻這些燈泡的熱，所幸鎢絲燈泡已經禁產，鹵素燈泡也越來越少被採用。

將鎢絲燈泡改為螺旋型燈管的省電燈泡，既亮又省電，鹵素燈泡則可換成LED燈泡，大部分的舊燈具和變壓器都還可以繼續使用。這些燈泡的壽命相對較長，可省去頻頻換燈泡的麻煩。

但是所謂「省電燈泡」，並不是省電第一名，連傳統的日光燈（粗管徑的T8）都比「省電燈泡」更亮更省，若還要想更進一步，細管徑的T5日光燈是目前各方面表現都最優秀的，下次可以考慮連燈具一起，都更換成T5日光燈。

## 照明光源種類

### ▶ T5日光燈：

就一般性的用途，T5日光燈可能是最優秀的，它在發光效率（lm/w，每1瓦特電可以產生的光亮）遙遙領先其它各種燈泡，使用壽命也在最耐用之列，光線穩定對眼睛舒服。長期使用下來，連換燈具的成本一起算，它還是省錢的第一名，就目前各種因素比較看下來，它是最合理的照明。

T5日光燈和一般傳統的日光燈（T8）看起來很像，但是仔細看，它的燈管比較細，大約是小手指粗細，傳統日光燈則是大約甘蔗粗細，因為體積小重量輕且材料成份不一樣，T5也比傳統日光燈環保一點。

如果考慮換燈具的成本，把現有的傳統日光燈連燈具一口氣都改成T5未必能省錢，也許逐步更換比較合理，新增或汰舊換新時，採用T5日光燈就一定划算了。

### ▶ T8日光燈：

一般我們常見到的傳統日光燈就是T8日光燈，雖非最優秀，但是在壽命和省電等條件上已經夠好了，如果已經採用，尤其是電子式安定器的燈具，那未來好幾年都還可以繼續使用，但是切記，燈管要回收以免污染環境。

### ▶ LED燈：

LED燈是新的技術，不是市面上每一個產品都很理想，有的很棒有的卻沒有那麼好，如果要採用得仔細挑選，尤其是亮度和演色，光看標示的數字和描述未必準確，一定要看到通電亮起來才能確定。

且就理論來說，LED發光元件可能壽命真的有35,000個小時，但是考慮其它零件的壽命卻未必如此，且散熱不良也會有影響，不能盡信數據，但是因為LED可以做成點光源，用在美術燈、檯燈、立燈上面很方便，可以少量逐步試用看看，慢慢評估。

### ▶ 省電燈泡：

所謂「省電燈泡」當然有省電，但是並非「最省電燈泡」，因為它也是日光燈的一種，日光燈的燈管越直越長，就越省電越亮，圈圈繞太多了，效率就跟著變差。

就省電來說，所謂「省電燈泡」還輸給傳統的日光燈，且考慮它燈泡與電子零件做在一起，只要其中有任何一個部分故障，整顆都得換掉，並不是很環保。

因為同樣用螺旋型燈座，省電燈泡可以直接替換掉鎢絲燈泡，就這點來說，它有階段性的貢獻，但是當我們追求更省電省錢與更環保時，還有很多更好的其它選擇。

▶ **照明光源效益比較：**



傳統高效率日光燈管

**亞軍**

效益高，廣泛被使用，放眼未來幾年還可以繼續使用下去。



T5日光燈管

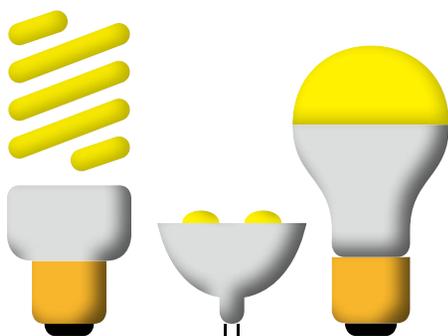
**冠軍**

效益最高，但燈具與傳統日光燈並不一樣，要更換得連燈具一起換，但是以長期來看最具有經濟效益。

新增或取代舊有燈具時，應該優先考慮。

2

1



省電燈泡與LED燈泡

### 季軍

省電燈泡已經是目前的主流，但是實際上它並不是「最」省電的燈泡，T5和傳統高效率日光燈都比它更省，因此排第三名。

LED燈泡的技術還在進步中，可以逐步試用，並繼續期待。



#### ▶ 挑選光源的小口訣：

長的比短的好

細的比粗的好

直的比彎的好

#### ▶ 鎢絲燈泡與鹵素燈泡，這兩種以燒電來產生光的老式燈泡，已經越來越難買，鎢絲燈泡則已經禁止生產，建議採用節能燈具與燈泡來取代之。

已經越來越難買，鎢絲燈泡則已經禁止生產，建議採用節能燈具與燈泡來取代之。

#### ▶ 專業用途還有其它燈具與燈泡，可以詢問專家建議。

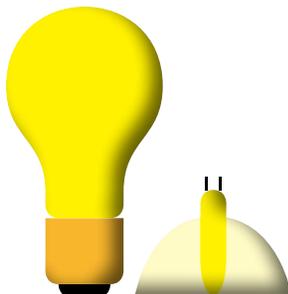
專業用途還有其它燈具與燈泡，可以詢問專家建議。

### 鎢絲燈泡與鹵素燈泡

#### 耗電

鎢絲燈泡既耗電又短命，但是最便宜，仍然有些人在使用，建議立刻全部更換。

鹵素燈泡因為亮度和演色的性能優秀，有某些特定用途還在使用，但是鹵素燈耗電實在太凶，建議盡量減少或是與LED燈泡搭配使用。



3



# 02



## 第二把鑰匙：照明規劃設計



**國**內有一種說法，認為辦公室的燈光亮冷氣強可以讓人避免打瞌睡。

國內便利商店和大賣場習慣用全面高密度的照明，天花板上密密麻麻的日光燈管，顯然已經超出需求，不但浪費電，也產生大量熱，於是得用更大規模的冷氣去降溫。

就算不考慮省電與環保，太亮都是沒有必要的，一個理想的室內照明應該是整體看起來舒適，重點部位明亮，有層次而不單調，才能讓裡面的人既舒適且專注，可長可久。

## 照明規劃設計作法

### ► 降低全般照明的強度與密度：

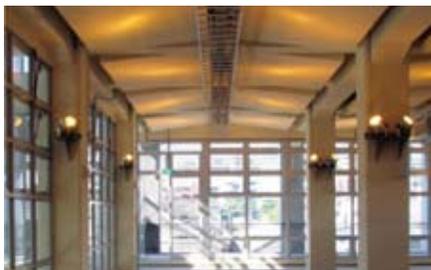
可以降低全般照明的強度與密度，多利用燈具或環境反射、漫射讓環境光線均和，於重點才加強，或是用桌燈、立燈近距離來輔助，營造一個有氣質也有效率的光環境。



1

### ► 最完美且免費的光源：

不要忘了，太陽光是最完美且免費的光源，只要以戶外遮棚或是百葉窗調整一下入射陽光的亮度，光線品質比電燈更好，不但省電省錢，也更健康。



2

### ► 晝光利用：

另一種利用陽光的方式是晝光利用，因為臺灣日照太強，天窗常常是能源和室內光環境的大災難，但是如果巧妙地運用角度（例如朝北）、適當大小、間接反射等方法後再引入室內，也可以提供良好的光線。



3

### ► 開關：

最後最有效的一招是開關，一個大空間可以分成多個迴路，由不同的開關來控制，隨手關掉不必要的燈，或是用感應來開燈關燈減少人為管理，這樣既省電、省錢。

圖1：國立臺北藝術大學圖書館期刊與閱覽桌。

圖2：臺中文化創意產業園區晝光利用與輔助照明。

圖3：臺中文化創意產業園區天井採光。



圖1：國立臺北藝術大學圖書館外觀。

## 案例／臺北藝術大學圖書館\_\_照明規劃設計

**臺**北藝術大學的圖書館，館內收藏以藝術及人文相關資料為主，是國內藝術專業典藏與研究的圖書資料重鎮。但由於館內的使用人數變動落差頗大，原本的照明設計都是開館之後便整日開啟，必須仰賴人力手動控制，容易流於不必要的浪費。另一方面，部分燈具在位置、角度上，常有照度不平均、或未善加利用大窗採光的情形，也都是改善工程的首要目標。

透過改用高效率燈具，並搭配相關自動感應、控制裝置，以及適當的燈具位置安排，全館約達到有效節能69%，每年節省九萬元電費，各閱讀空間與書庫區的照度也有大幅的提升。對於來到館內的使用者來說，不但吸收了精神食糧，也照顧了靈魂之窗。



▲圖1：將原本依賴頂燈照明的開放式閱讀空間，改設個別獨立的閱讀空間，並於桌燈裝設自動感應點滅裝置。

▼圖2：書庫區原有的40瓦×3的T8日光燈具，改為28W×1的電子式T5日光燈具。



◀圖3：圖書館閱覽桌。

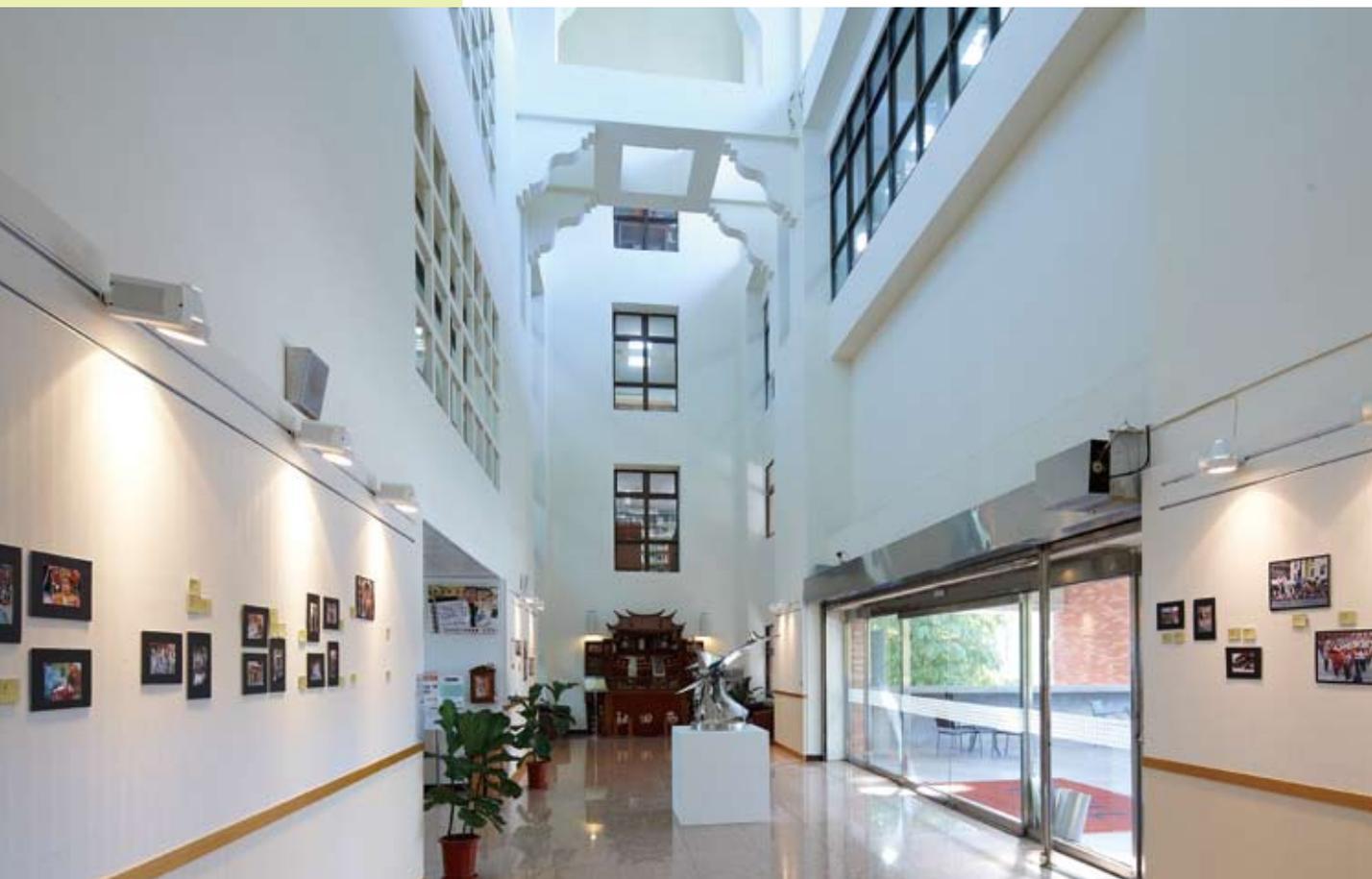


書庫區將原有的傳統日光燈具改為電子式日光燈具，鹵素燈改為省電燈泡。另一方面，原本燈的位置並未配合書櫃配置，導致照度不平均。改善後，將燈具安置在書架走廊上，讓照明的均勻度提昇了50%。

除了使用省電燈具外，在每條走道，還設有紅外線感應器、人體感應器與光阻感應器等等，可因應人員進出調整照明亮度、開關。閱讀區的書桌也同樣設有自動感應，一旦人員離開座位，幾分鐘內就會自動關燈。透過這種種的智慧科技，就能以最少的人為調整，達到最有效的照明管理。

◀ 圖1：書報閱覽區內舒適的沙發。

▼ 圖2：鎊絲燈與鹵素燈都改用省電燈泡，日光燈改用電子式日光燈，得以大幅提高照明效率。





▲圖1：視聽室採用省電燈泡。

▼圖2：書櫃間的走道，設有紅外線感應器。平時光線可維持最低照度，一旦有人經過時，就可提昇照度，以方便找書。





# 03



## 第三把鑰匙：戶外照明



以往，戶外照明都是政府的事，各家大門口自己設一盞燈已經很不錯了，但是越來越多的新社區、廠區、停車場等等，和新建物的開放公共區域，也都有自己的戶外照明，精打細算且有策略的佈局，更加重要。

因為人的眼睛會自動調整來適應環境，因此全面均一的高亮度會把層次淡化，使得重點不明顯。反之，直接照射到眼睛的燈光會讓瞳孔縮小，暗處就更看不到了，尤其在夜間更是如此，因此戶外照明應該要均勻柔和，只在重點補光。

## 戶外照明

### ▶ 建築物外牆與庭院的燈光以反射照明為宜：

且利用燈罩和架設角度，避免光線直接照射到行人的眼睛和附近的建物。

### ▶ 戶外照明的燈泡與室內不同：

路燈類有複金屬燈或高壓鈉氣燈等都比水銀燈要好，低矮處有日光燈或LED可以考慮，可以請教專業，並多加巧思，來營造一個美麗又安全的戶外夜景。

### ▶ 以停車場為例：

過度明亮對人身安全並沒有更佳保障，且裸露的日光燈產生反光、眩光，刺激駕駛的視力，反而可能因此看不清楚障礙物和行人。不如將整體的亮度降低，光線強調在柱子等設施障礙物，達到警示的效果。

高遮光角燈具設計



外牆反射照明



停車場照明





圖1：成功大學光復校區就位於臺南火車站後站出口外。



圖2：成功大學光復校區道路照明。

## 案例／國立成功大學\_戶外照明

**國**立成功大學就在臺南火車站後站，校本部的光復校區日夜都有很多學生與民眾，是重要的休閒場所，過去主要都使用水銀燈照明，水銀燈不但高耗能也是環境污染產品，且單點高亮度產生眩光，有很多缺點。

成功大學的解決方案是用省能源、低污染的高壓鈉氣燈來取代水銀燈，每盞燈的耗電大約是原來的1/4，亮度卻提昇2到3倍之多，將燈具換成高遮光角燈具，達到節能、高效率與低光害的效果。

步道矮燈與壁燈，則以相對省電的省電燈泡和PL燈來取代鎢絲燈和舊有PL燈，全區整體計算用電量，與之前相比省電43%，而且原來燈具為全面漫射，換成高遮光角燈具，也達到低光害的目標。



1

圖1-4：成功大學戶外照明設計。



2



3



4

# 04



## 第四把鑰匙：外殼隔熱

**臺**灣的夏天，炙熱的陽光和高溫令人難以招架。常常得大量使用冷氣，不但費電，更傷荷包；用冷氣降溫，只能治標，但是太陽光還是持續加熱屋頂和牆壁，甚至直接從窗戶曬進來加熱室內，不解決這個基本的問題，小房間就得用大冷氣才行。

用冰箱來舉例，房屋就像是一座大冰箱，夏天開冷氣，外殼如果都不絕緣，外面的熱就源源不絕地傳進來，怎樣也不會冷。另外，從窗外直接入射的太陽光，就像是冰箱把門打開，直接讓熱進入，我們要降低室內溫度，得先求把熱擋在外面。

因此建築物的開窗率影響至鉅，很多室內都裝了百葉窗簾，不過百葉窗簾裝在室內，雖然能調整室內亮度，但是熱已經進來就出不去了，要避免室內溫度升高，要在建築物外面就把熱擋下來。

「外殼隔熱」的概念，是在建築體的表面，先透過各種材質、設計和建築規劃，降低開窗率，或是在外面加上一層保護罩，以減少陽光熱源進入室內，自然就能節約空調降溫所需的能量。

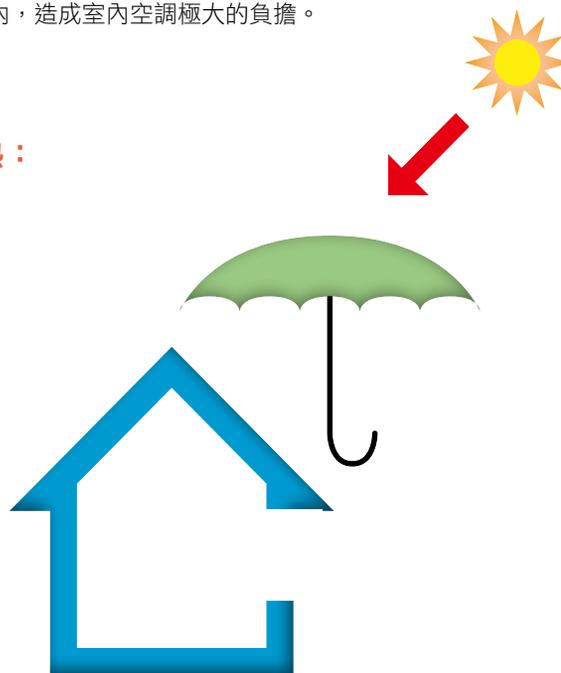
## 外殼隔熱

### ▶ 吸熱：



鋼筋混凝土的建築，不但不隔熱，反而容易吸收、儲存熱能。甚至不易散熱，將大部分的熱都傳到室內，造成室內空調極大的負擔。

### ▶ 隔熱：



如果用各種方法，將熱阻擋在建築物之外，室內就會涼爽。



## ► 屋頂隔熱

屋頂的隔熱，常見的有幾種作法：

**白漆塗料：**以白色表面反射光線，隔熱效果低，也較不耐久，需不時維護補漆。

**隔熱材料：**使用隔熱板、隔熱網，搭配適當的工法，但相對也較不耐久。

**隔熱磚：**相對比較耐久，隔效果好且不需維護。

**太陽能電熱裝置：**除了反射部分光線之外，也善用太陽能來發電、加熱，但在初期安裝的成本較高。

**屋頂綠化：**淺層種植綠色植栽，不但能隔熱，也可能兼具美觀綠化的效果，但須經常加以照顧維護。



► 依據預算、維護、和效益上的不同條件，來搭配、選用適合自己需求的材料與設備。綠建築沒有一定的標準，只要能有效達成正面效益，就是好選擇！

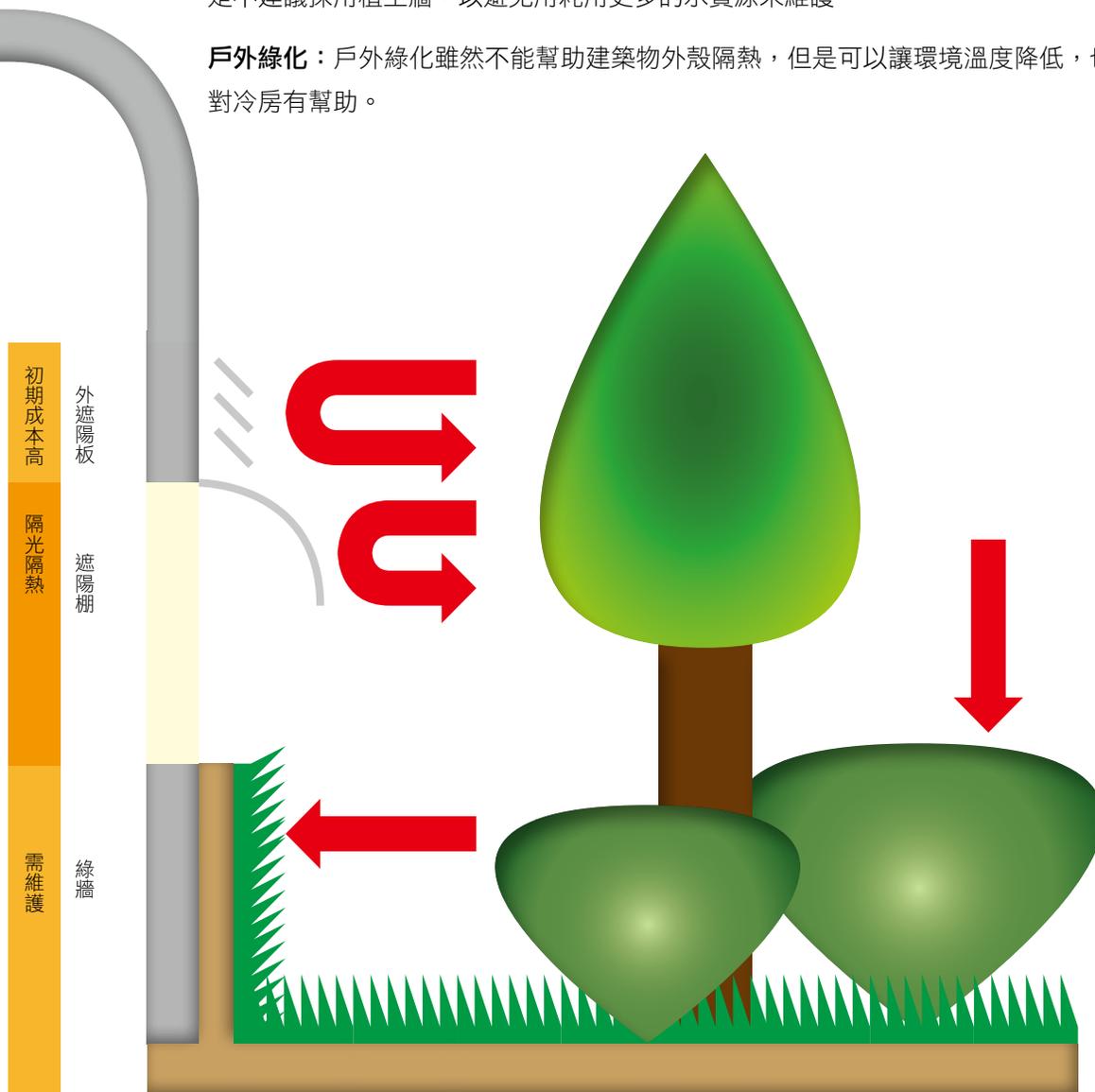
## ▶ 外牆與窗隔熱

外牆與窗隔的常見隔熱作法包括：

**外遮陽板、遮陽棚：**在外牆或窗戶外裝設隔板，降低日射透過率，阻擋太陽光，並隔熱於牆壁外，讓牆壁保持涼快，可以減少冷氣的耗電。

**綠牆：**與遮陽板有類似的功效，植物除了隔熱，還有光合作用淨化空氣的功能，但是不建議採用植生牆，以避免用耗用更多的水資源來維護。

**戶外綠化：**戶外綠化雖然不能幫助建築物外殼隔熱，但是可以讓環境溫度降低，也對冷房有幫助。



戶外綠化，環境降溫

需維護，但比較簡單



▲圖1：大坪林聯合開發大樓戶外遮陽板。

## 案例／大坪林聯合開發大樓\_外遮陽改善

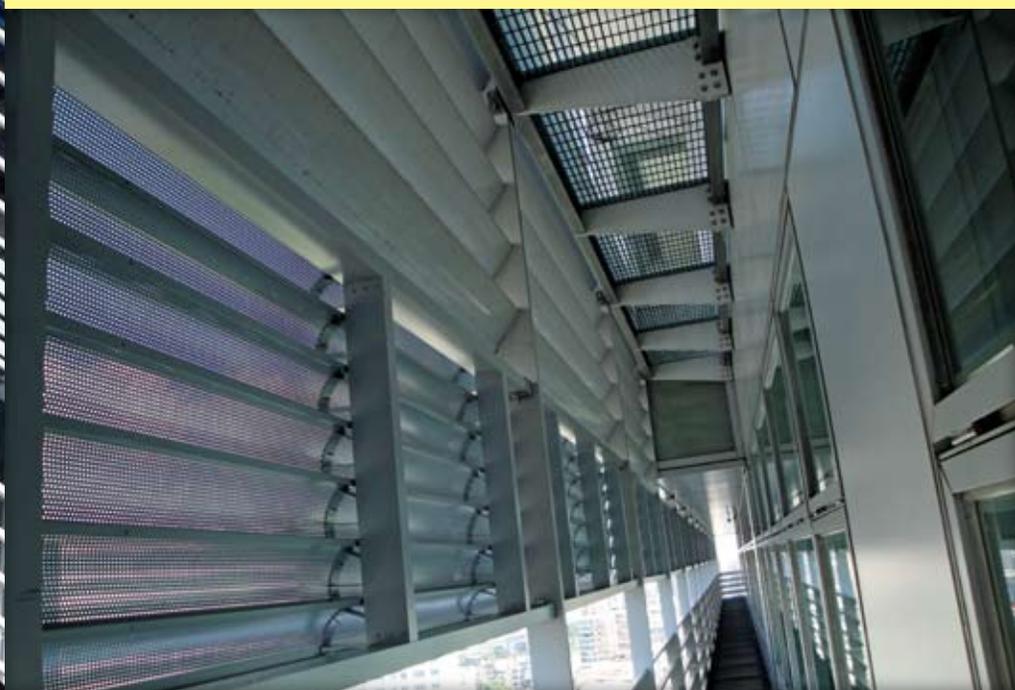
**行**經大坪林捷運站時，很難不注意到這一棟有著俐落水平線條、富含現代都市氣息的建築物。而事實上，那樣的線條，不只是一種建築語彙，更是具有實用的綠建築功能。

大坪林聯合開發大樓除了採用輕量化之金屬帷幕牆外，西向立面經過外遮陽改善後，已大幅解決西曬問題，夏季有效降低室內溫度。此外各柱間距則設置了非密閉性的可開啟窗戶，西向立面的外牆設有維修步道，方便外牆和遮陽百葉的清潔。材質上選用輕質鋁版，表面以氟碳烤漆，具備耐蝕性、耐久性、耐污染性等等。



▲ 圖1：隔熱改善裝修前。

▼ 圖2：利用遮陽層板來做外殼隔熱，將光與熱都先行阻擋在窗與牆壁之外。





▲ 圖1：聯合開發大樓大門外觀。

原本大樓的西向立面設有遮陽板，但是因為開口過大，遮陽效果有限。每到午後，室內溫度升高，空調耗能相當嚴重。為了改善這個情形，工程單位選擇了其中四個樓層，在原有遮陽設施外，新增水平式的金屬遮陽版，採鏤空設計，裝設高度也經過計算，以不影響視野、景觀為原則，又能有效阻絕陽光照射，達到節能效果。

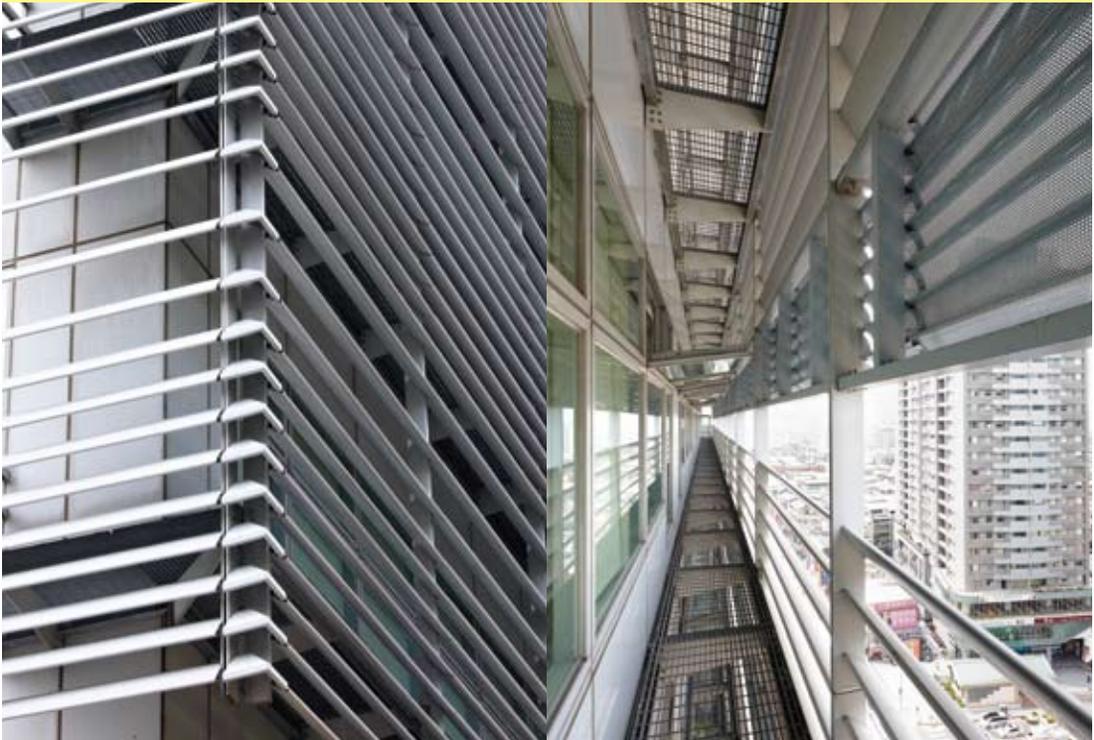
一般人慣用百葉窗、窗簾來隔熱，但其實隔熱裝備裝在室內，光熱已經進入，對於阻絕熱源的效果，遠不及裝在室外來得好，相差二到三倍以上。

綠建築非只能使用天然材料，耐久堅固的金屬設備，不但能效果好，也具有現代感，運用在既有建築改善的過程中，更令人耳目一新！



▲圖1：聯合開發大樓大門外觀。

▼圖2：改善後，外牆可以利用遮陽層板調整進入的光線，兼顧照明與隔熱。▼圖3：大樓戶外遮陽層板維修步道。





# 05



## 第五把鑰匙：空調節能

**家**裡買冷氣要先問坪數，這個大家都知道，但是辦公大樓、公共場所等較大的空間呢？中央空調就沒有那麼簡單了。

中央空調有巨大的散熱水塔、大型主機、縱橫的水管與風管，每一個關節都有可能可以進一步節能，應該要找出癥結，予以改善。

中央空調的改善，通常都需要專業的協助，我們在這裡介紹的是一些主要的方向。



## 空調節能

### ▶ 避免超量設計

如何從一個主機出發，把冷送得又遠又穩定，還能兼顧個別空間裡對溫度不同的舒適需求？早期的中央空調，只能以開關開關的方式來調節溫度，冷氣也是用平等的方式送到每個不同的房間，開開關關很耗電，況且老式的中央空調，常以最熱夏天最熱下午的需求來設計，以一個超量的大主機固然可以抵抗最苛刻的炎夏，但是平常的一般熱天，仍然全功率運轉，就是浪費效率的巨大怪獸。

要改善這個浪費電的狀況，可以把超量的大主機換成幾個比較小的主機，最熱的時候全部一起來工作，沒那麼熱的時候，就可以讓部分主機休息，而仍然在工作的主機，則讓它以最高效率輸出，這樣可以把電力浪費減到最低。

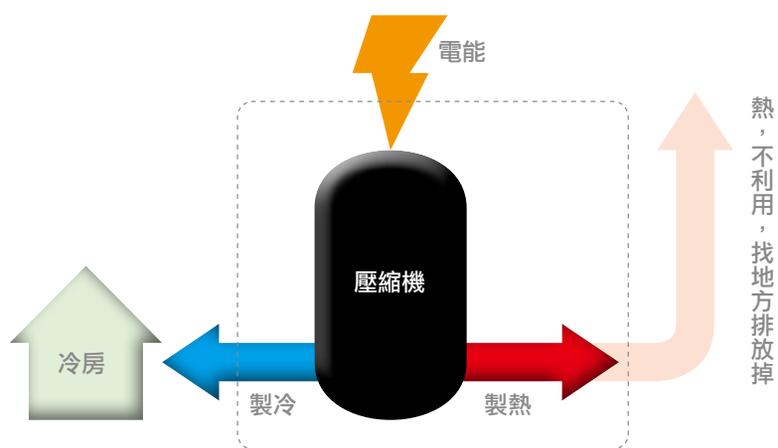
### ▶ 以全熱交換機節能換氣

既然用了冷氣，就要把冷氣留在室內，避免外溢，但是如果沒有換氣，室內的空氣品質就越來越差，尤其是二氧化碳的濃度持續升高，人在其中會不知覺地昏昏欲睡，要解決這個問題，最簡單的方法是定量引入新鮮外氣。

健康的空調系統，應該引入30%的新鮮外氣，與70%的室內循環空氣混合，或是針對每個人每小時提供20立方英尺的外氣，處理成適合室內溫濕度條件的空調供氣，不過這樣也會排出已經冷卻的室內空氣，把冷氣排放掉就是在浪費，針對此，可以考慮採用「全熱交換機」，在進氣和排氣的同時，利用排氣的低溫，先降低進氣的溫度，又可以省下一些耗電。

不要小看改善冷氣的節能效果，如果現有的中央空調是吃電的怪獸，那改善所花的成本可能幾年就可以回收，況且就算不考慮金錢，節能環保已經值得。

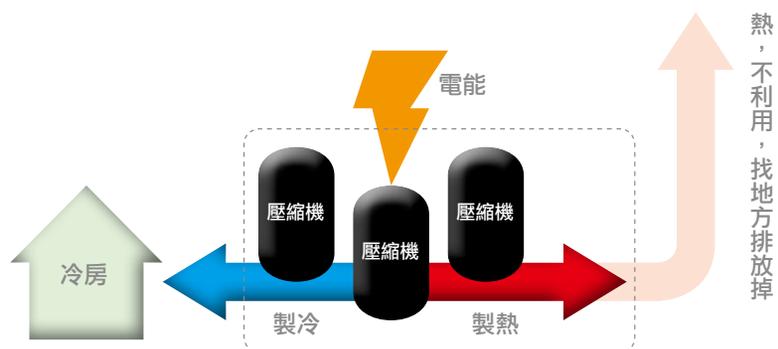
### ▶ 超量設計的空調：



#### 超量設計的空調

超量設計是不好的，它用大於需求的主機，雖然足夠應付最熱尖峰時段需要，但全功率運轉時就會浪費。

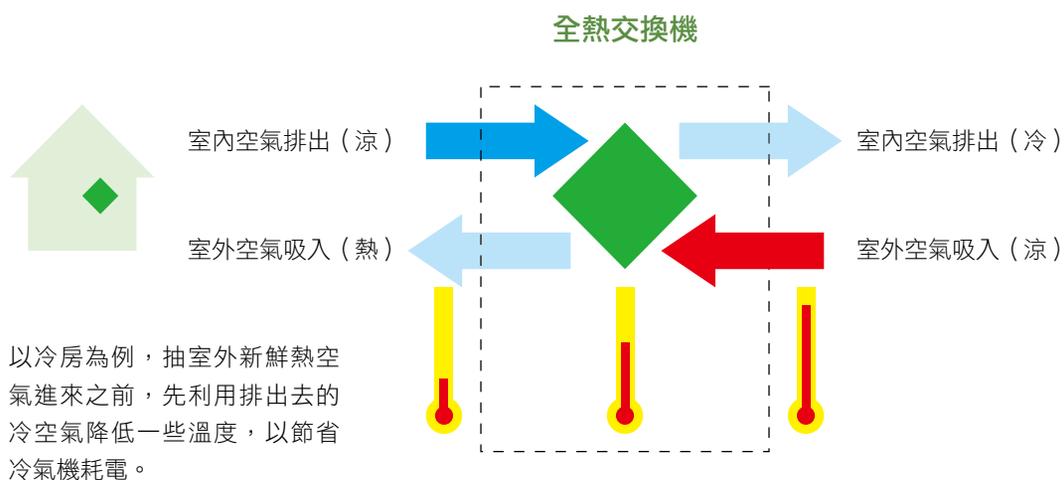
### ▶ 分散負荷的空調：



#### 分散負荷的空調

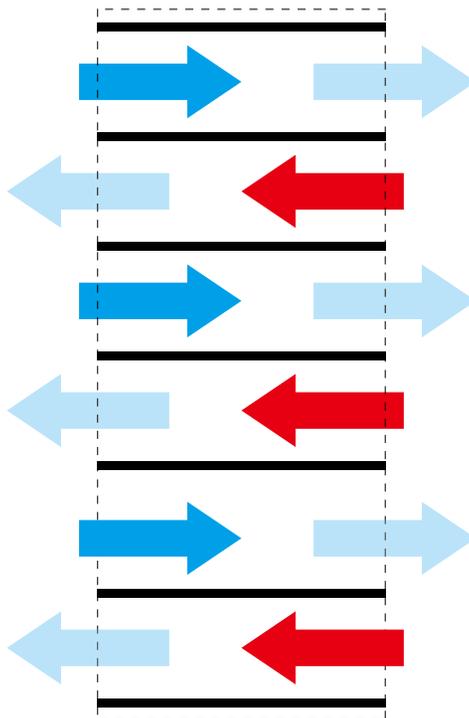
要避免超量設計，可以採多台主機分散負荷，或是各種變冷媒、變水量、變風量的設計，提高運轉的效率。

## ► 全熱交換機：



## 全熱交換機原理

以很多片層板分隔，冷熱空氣隔著層板一進一出，不直接接觸但是冷熱交換，先行降溫，以節省部分能量。





▲圖1：營建署南區工程處空調輸水管路。

## 案例／營建署南區工程處\_\_空調設計改善

**營**建署南區工程處原有兩台空調主機，其中一台150噸的已經使用超過15年以上，計算每噸耗電量為1.1千瓦，另一台因應部分樓層而設的80噸主機耗電量更高達每噸4.5千瓦，耗能嚴重。且早期並無監控系統，全以人工方式用最原始的「開／關」操縱，沒有節能的設計。

經過評估，以一台180噸的新式主機取代原有總共230噸的兩台主機，並增加冷卻水變頻器以節省泵浦用電，另設置監控系統，以獲得最佳化的冷房和節能效果，改善後每噸冷氣僅耗電0.84千瓦。

從主機上可以省下約15%，再加上增加了冷卻水變頻器，這樣改善後，就省下20%的耗電。



▲圖1：園區的空調通風管以明管設計方式製作。

## 案例／臺中文創園區花雕酒廠\_\_全熱交換機

**全**熱位於臺中文化創意產業園區內的花雕酒廠綠改善，將儲酒倉庫改建，平日都用自然通風，除了通風、浮力風塔以外，也設置大型全熱交換機和二氧化碳感應器。全熱交換機可以引入新鮮外氣並先行預冷，節能健康一舉兩得，炎熱夏季關門窗開空調的時候，也確保室內呼吸到的，都是良好空氣，維護人員的健康。

▼圖2：屋頂出風塔。



▼圖3：採光天井。





# 06



## 第六把鑰匙：變頻中央空調



**老**舊的冷氣主機只能開或關，當溫度夠低就停止運轉，溫度升高後再重新開始，一上一下之間，溫度也是忽冷忽熱，室內的使用者覺得麻煩，最後乾脆就把溫度開關調到最低然後穿上外套，於是耗電也凶。新式的冷氣都強調變頻，可以視需要彈性出力，不但省電，也更舒適。

大型的中央空調比較複雜，這些年來也有很大進步，在每一個環節都有新的節能技術，從主機有變頻開始，送水、送風都可以變頻，讓冷氣從產生、傳送、到冷房都可以精確地控制，省電就是省錢，再加上得到均勻的涼爽，生活或工作的品質也得以提昇。

## 變頻中央空調

### ▶ VRV（可變冷媒系統）：

從主機開始，有一種較小型的變頻中央空調，直接用冷媒取代水來運送到各個室內機，這樣主機的電力可以節能達三成以上，是很好的改進。但是受限制於冷媒管的長度，目前最遠大約只能送100公尺，供應最多30台室內機，對中小型單位而言，可能已經足夠。

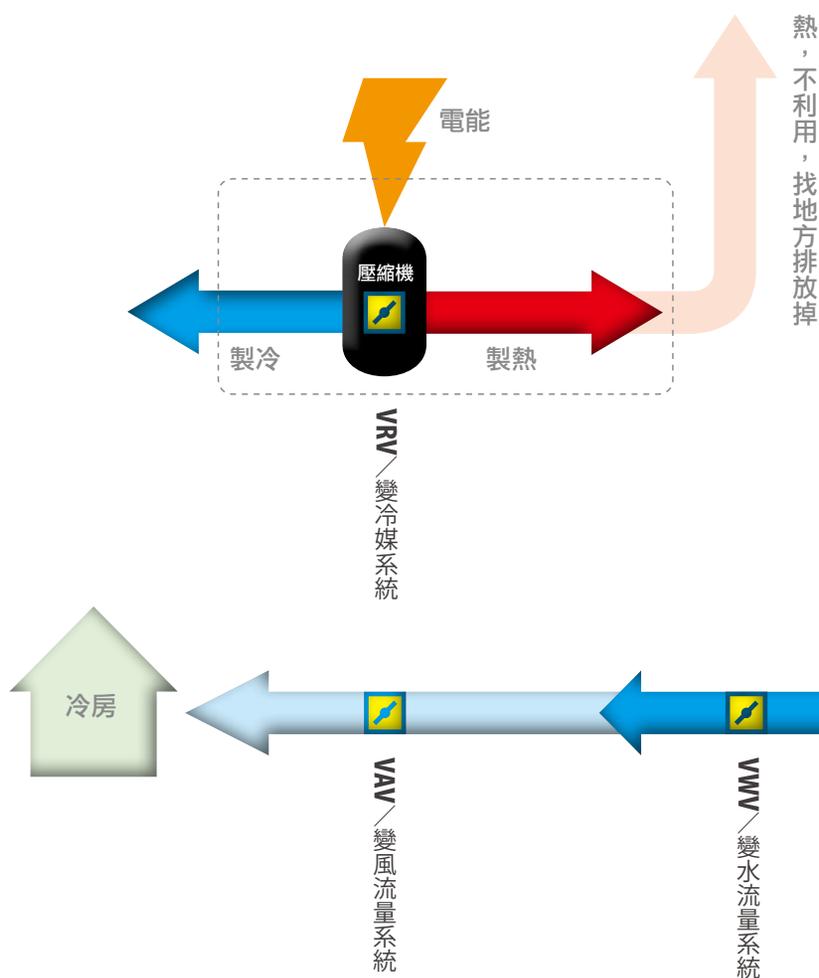
### ▶ VVW（變流量系統）：

更大更遠的中央空調系統還是得用冰水來運送，因此能調節水量的大小，也可以在無需全出力的時候，省下搬運水的耗電，目前有用多顆水泵以分別開關的方式來控制和無段變速的水泵，以無段變速水泵效率最高。

### ▶ VAV（變風量系統）：

規劃冷氣系統時，一定以最熱夏天最熱下午的苛刻條件來設計，以免挨罵，但是這種酷熱情況並不多。平常日子如果送風機還是一直以最大出力來運轉，顯然是不必要的，所以VAV就是看情況來改變送風機的運轉強弱，如此約可以節省一半以上的送風機耗電，也大約是空調系統整體算來10%耗電。

## ► 調節三法：VRV、VWV、VAV



## 調節三法／VRV、VWV、VAV

### VRV／變冷媒系統

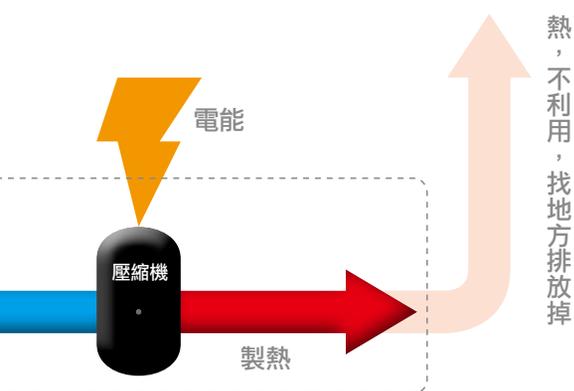
控制壓縮機的馬達頻率（變頻冷氣），改變冷媒的流量，以此調整冷氣機的冷卻能力。

### VWV／變水流量系統

中央空調系統藉由冰水把冷送往遠端，改變冷卻水的流量，就可以調整遠端的冷卻能力。

### VAV／變風流量系統

中央空調系統最終以冷空氣來冷房，改變冷風的流量，就可以改變室內的溫度。



- ▶ BEMS（能源管理系統）：其方法是全面測量冷房效果與各部分的耗電，找出癥結，設計改善系統或是操作的策略，來提高冷氣效能，降低冷氣浪費。
- ▶ 除了公共空間、辦公大樓之外，空間較大的住家、別墅，或一般商家店面也適用。
- ▶ 部分更新或全部更換，通常都可以在很短年限回收成本，也可以說，這些投入的成本，等於是免費的！是用未來幾年所浪費掉的電費，換來的，而回本之後未來的電費，則是賺的。
- ▶ 操作也很重要，系統設計良好，但是不當的使用或是濫用，也會浪費能源（例如：開冷氣又開窗、單獨區域把溫度降到太低、在冷房內使用爐具等熱源等等）。
- ▶ 維護也很重要，缺乏保養，系統的效能就會降低，例如冷氣風塔沒有好好清洗，就可能導致冷氣好幾個百分點的耗能浪費。
- ▶ 呼籲，除了在中央空調系統上節能，也應該在使用習慣上節能，冷氣，只要用到一定的程度，就很舒服，沒有必要在夏天的時候，製造出一個冬天的「微氣候」環境，讓出入冷房的人，身體的適應要改變很大。



▲圖1：控制改變冰水的流量，就可以減少無謂的耗電。

## 案例／臺灣大學圖書館\_\_變頻中央空調

**臺**灣大學的總圖書館，就位在椰林大道的盡頭，是校園的幾何中心，也是臺大校園內最重要的地標建築。落成於1998年，延續了舊圖書館的古樸味道，同時也以穩重、對稱的拱型門窗、迴廊等造型，營造出知識殿堂的氣質。內部正門大廳採挑空四層樓的設計，採光充足。

館內的藏書量高達四百多萬冊，是臺灣目前收藏資料量最多的大學圖書館，更有許多珍貴的古碑拓片、善本書籍、名家手稿等珍貴紙本材質。再加上佔地廣大的基地、密閉式的窗框設計，以及藏書區、自習區、辦公區等各自不同的使用需求，促成了後續的中央空調改善工程。

本次的改善計畫，分別包括了VRV、VWV、以及VAV三個面向。改善後，一年省下了210萬元的電費，減少520,000公斤的二氧化碳排放量，在節能省碳這門課上，可說是交出一張亮眼的成績單。



原本的固定風量系統，無法依照室內的負載，進行彈性的調節。而在風管的末端裝設壓力感測器，就能控制變頻器，調整風量。另裝設溫度感測器，則能調整風門開口角度，調節風量。

原本的冰水泵浦每天運轉二十四小時，也缺少供應量的調節系統。改善後，裝設變頻器，控制冰水流量，就能減少泵浦無謂的耗電量。



圖1：空調控制器。  
圖2：空調輸水管路。  
圖3：空調環境設計。



▲圖1：中央聯合辦公大樓外觀。



▲圖2：空調變頻器。

## 案例／中央聯合辦公大樓南棟\_變頻中央空調

**中**央聯合辦公大樓南棟位在徐州路，包括教育部、內政部、中選會、青輔會、僑委會等中央部會都在此辦公，也常有民眾前往洽公。是一棟地上十八層樓、地下二層樓，坐北朝南的建築。原空調系統的問題，包括空調箱已使用超過十六年，效能不佳，許多功能也因年久失修而故障，或因機型老舊，缺乏節能設計。因此，大樓決定進行中央空調改造計畫，希望能讓大樓的「呼吸」更加暢通！

新增16台空調箱，同時增加風量，並加裝外氣風管及風門，提昇空調箱效能。原本的壓差器故障，也沒有變頻器，導致空調箱無法發揮變風量功能。更換壓差感測器並加裝變頻器之後，搭配空調箱，可視室內溫度實際情況改變風量達到節能效果。

增設外氣溫濕度感測器與室內二氧化碳濃度感測器，藉由比例式的外器風門開度，控制引入適量的新鮮外氣，避免造成空調負擔，節省能源。

圖1：使用變頻器可以視室內溫度情況改變馬達送風量，達到節能效果。

圖2：大樓空調進氣口。

圖3：新設空氣箱。

圖4：空調控制器。

圖5：空調送風管壓力感應器。





# 07



## 第七把鑰匙：空調效能調校



**越**大規模的系統，所浪費的能源，規模也越大。常用於公共空間的中央空調系統，往往是長時間運轉、大規模放送。這種情況，我們只要能省下10%的用電量，省下的金錢就十分驚人。但是要怎樣知道從哪邊去省呢？過去只能憑感覺，但現在有新式的方法，可以隨時監控，去調校出最好的效果。包括2種方法：建築能源管理系統（BEMS）及測試調整平衡（TAB）。

## 空調效能調校

### ▶ 建築能源管理系統 (BEMS) :

可以即時監管控制建物內的配變配電、照明、空調、給排水系統，並追蹤使用狀況，管理空調只是它多項功能之一。它利用電腦觀察空調主機、送水、送風、換氣，追蹤負載狀況並加以控制，擬定最佳化的運轉模式，讓空調系統避免無謂的浪費，自然就省電省錢了。

BEMS ( 能源管理系統 ) 其方法是全面測量冷房效果與各部分的耗電，找出癥結，設計改善系統或是操作的策略，來提高冷氣效能，降低冷氣浪費。除了公共空間、辦公大樓之外，空間較大的住家、別墅，或一般商家店面也適用。

### ▶ 測試調整平衡 (TAB) :

運用低成本或無成本的節約能源策略，提昇建築物耗能系統的效率，不要小看它，它本小而利多，有可能這樣就省下5-8%的用電，對中央空調系統來說，就是很大的一筆錢。TAB怎麼做呢？簡單來說，設計不良的空調系統需要改善，但是即使設計良好的空調系統，面對不同季節、人員多少等狀況，不調整系統的運作方式去適應，也會有很多浪費，把這些浪費找出來調整到好，就省了電也省了錢。

### ▶ 善用BEMS和TAB工具努力找出能源浪費所在 :

BEMS和TAB都是努力找出能源浪費的所在，一省再省，但是仍有很多業主，還沒有察覺到自己的空調系統在燒錢，或任由無經驗的使用者隨意去操作，常常讓溫度太低得在夏天穿外套，這些都有很大的空間可以去節省。

## 案例／臺灣大學圖書館\_BEMS & TAB

- ◀ 圖1：空調輸水管路。
- ▼ 圖2：輸水管路與熱泵。



**國**立臺灣大學圖書館並非老舊建築，但是空調系統已經不是最新最有效率的，在改善系統的同時，也以新的BEMS汰換掉舊有的BEMS，有效管控空調設備的運轉，並引入TAB，更進一步調校提高效率。其它機電不算，光BEMS系統就為國立臺灣大學圖書館每年省下66萬度的耗電，相當於每一平方公尺就省下將近2度，（下圖）左側舊有監控系統邏輯控制，已經不符合現今空調節能控制，右側為新置的BEMS。

圖3：BEMS電腦控制螢幕。





▲圖1~2：BEMS電腦控制螢幕。

## 案例／中央聯合辦公大樓南棟\_BEMS & TAB

中央聯合辦公大樓的空調箱已經使用16年，感應器故障無法變風量，得以手動操作，經改善之後，改為變風量空調箱，加裝變頻器，更換感應器，並增加濕度與二氧化碳濃度。最後透過能源管理系統（BEMS）和測試調整平衡（TAB），將使用狀況和未來使用狀況完整呈現，調整最佳化，若有變更可以參照監控數據調整運轉模式，以持續達到節能的目的。

▼圖3：空調變頻器。



▼圖4：外氣窗。





## 第八把鑰匙：自然通風

面對環境的反撲，近年來我們不斷提到二氧化碳（減碳），但是因為它無色無味太抽象難以描述，很多人對它還是掉以輕心，如果二氧化碳是黑烏烏的，大家就知道恐怖了。

通風太重要了，一個人每小時需要20立方公尺的新鮮空氣，大約是2坪大室內空間每小時得換一次氣，不然二氧化碳就越來越濃，我們會不知不覺漸漸地感覺疲勞困倦。

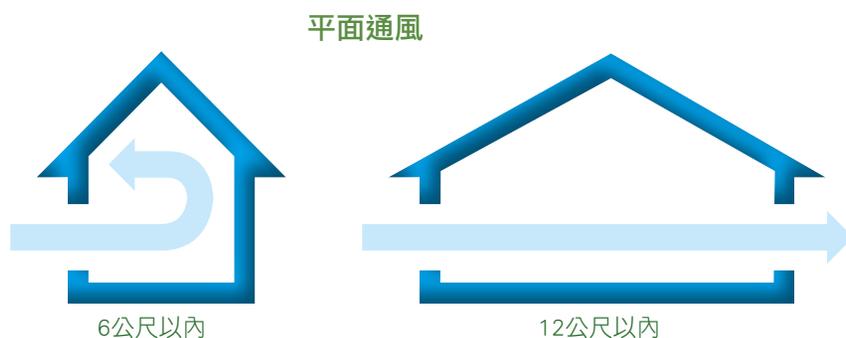
臺灣的夏天十分炎熱，人們總習慣關上門窗，仰賴冷氣空調來調節溫度，這樣的結果是，二氧化碳越來越濃，舉例來說，辦公室、教室、補習班等地方都是人很多卻缺乏通風，在裡面老想打瞌睡，有可能並不是自己的錯。

通風換氣有充分提供氧氣、稀釋室內污染物、排除機器設備的熱或廢氣、排除臭味等好處。利用平面開窗的規劃、減少不必要的隔間，或是浮力風塔的設置，就可以為風引路，為室內帶來舒爽氣息。戶外的導風板、矮牆、空心磚牆植物圍籬，都有助於引風入室，擁有舒爽而不悶熱的夏季時光。

## 自然通風

### ▶ 平面通風設計

一般來說，單面開窗透氣的通風效果在6公尺以內，雙邊開窗對流的通風效果在12公尺以內，超過12公尺就很難靠自然通風，必須長期依賴空調換氣設備。因此，在建築設計的時候，就應該考慮好通風的開窗位置，減少不必要的隔間，或採用像日本和室的紙窗拉門，可以彈性地運用自然風流動方向，維護室內人員的健康。

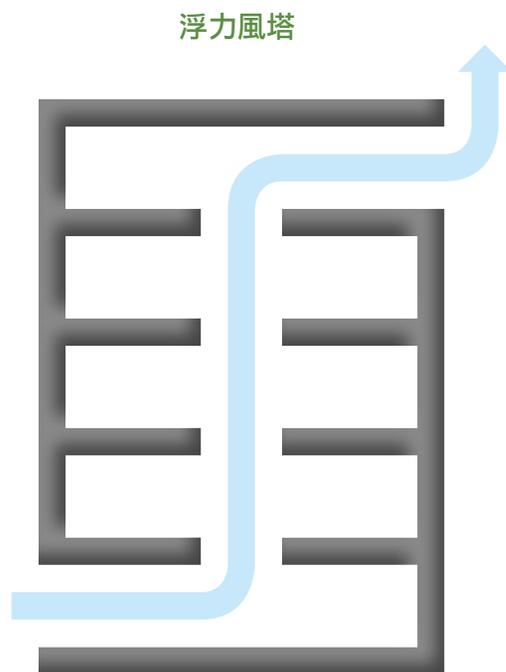


### ▶ 浮力風塔設計

當室內外有溫度差的時候，可以利用熱空氣密度比較小、比較輕的原理，造成一個垂直方向的空氣流動，寒帶地區的壁爐和煙囪，就是最容易理解的代表。

浮力風塔的通風能力，取決於溫度差和開口的高度差，溫度差越大，塔越高，浮力通風的效果就越好，所以當夏季室外都是水泥柏油，環境也非常炎熱的時候未必管用，最好周圍有大量樹蔭涼風，或利用太陽曬加熱風塔上端，溫差大才看得出效果所在。

所有垂直方向的流通空間，都可以拿來設計成浮力風塔，如中庭、天井、樓梯間、電梯間等等，於上方處利用太陽熱輻射造成熱空氣上升，吸引下方涼冷空氣進入，就可以在垂直方向通風，如果建物周圍有大量綠色植物，更可以引入高品質的新鮮涼空氣，對健康有很大好處。





▲ 圖1：臺中文化創意產業園區屋頂與風塔。

## 案例／花雕儲酒廠\_\_通風系統

**花**雕儲酒廠的建築體建於 1979 年，是一座地面三層、地下一層的加強磚造建築。在整個綠改造的過程中，通風設計也是其中很重要的一環，在思考空調節能之前，首先以自然通風為前置考量。因此，浮力通風原理，就是一個重要的核心概念。

「浮力通風」就是大家耳熟能詳的煙囪效應。有時室內風的流動速度不足，難以產生風力、帶動通風，就可運用「浮力通風」，當室內外溫度差異達 12% 以上，則可藉由熱空氣上升、冷空氣下降的熱浮力原理，來進行風道上的規劃設計，強化空氣流動，達到通風的效果。依循這個概念來設計通風的管道，預估將可減少 20 % 的空調啟用時間。

► 圖2：屋頂浮力通風塔可形成室內自然通風路徑。





▲圖1：原有封閉的老舊廠房，經過改善後採光通風都非常良好。

花雕儲酒廠由於外牆封閉性高，造成通風不良，因此在改善規劃前，就先選擇了預設的通風方向，使室內通風效率提昇。以室外低溫與室內的高溫，來塑造成兩個不同的空氣層，讓浮力通風運作。將原建築二樓至屋頂層平面樓板，作部分的水平切割拆除，形成「中庭挑空」，使通風塔突出於屋頂上之開口，創造垂直接流動空間，讓室內各空間內氣流連貫。並善用中庭風，以浮力通風原理，在建築物中庭上方設置通風控制口，使自然風環繞於室內，並利用不同季節將通風口開啟或關閉。

本案採取複式通風系統設計，平時主要以自然通風為主（2座通風口），不足時再配合機械通風（1具機械通風機）。整體上，規劃了「一般通風」、「節約能源運轉」、「強制通風」及「中庭輔助排煙」等四大運轉模式，可隨不同的氣候、溫度條件作調整，可說是一個深具指標意義的改造成果。



▲圖2：通風天井。



▲圖3：室內風管。



▲圖4：戶外遮陽板與窗遮陽棚。



## 第九把鑰匙：熱泵、太陽能熱水



每當吹著冷氣、享受清涼的時候，是否偶爾也會覺得內疚，不知道那些排放出去的熱氣，會對環境帶來多少的負擔？

其實，冷氣機壓縮機所排放出去的熱，是可以利用的，這就是熱泵的原理，熱泵能在一端收集熱（例如冷氣收集室內的熱），送到另一端去（例如用來加熱洗澡水），只要一般電熱水器1/3或更低的耗電，一舉二得。

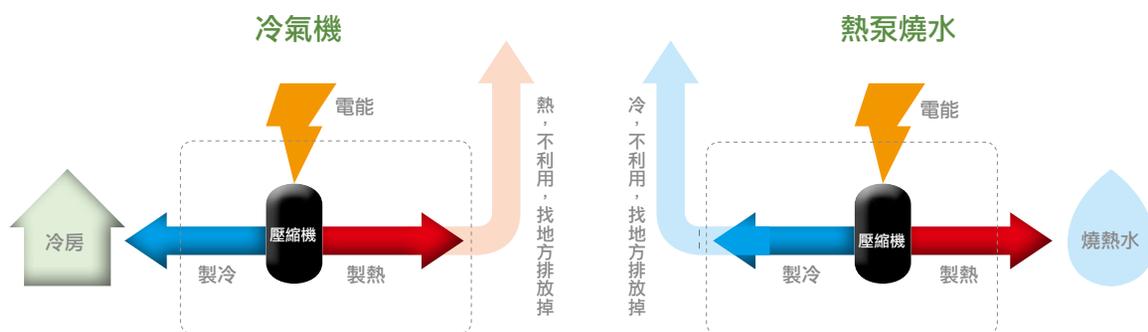
因為用熱泵燒熱水確實省很多，許多需求大量溫水的單位，例如醫院、宿舍、游泳池、美容院……等等，都紛紛投入裝設行列，節能效果立竿見影。近年來也有廠商設計一般家庭使用的小型熱泵，約是一台冰箱大小，擺在陽台上就可以收集空氣中的熱來燒洗澡水，還有一條風管可以把抽完熱的冷空氣導入室內，加減當冷氣來用。

夏日的午後或傍晚，扭開水龍頭，流出的水都是熱的，這就是太陽能熱水器的原理。商品化的太陽能熱水器，利用更高效率的方法來收集太陽光熱，例如玻璃真空管，讓太陽光熱曬在中間的水管，水管外圍因為沒有空氣傳導，熱跑不掉，只進不出，可以燒出很「燒」的熱水。

如果太陽不夠烈或用熱水的人太多，可以先用太陽能熱水器加溫再以電力或瓦斯輔助加熱，還是能省下將近一半的耗能，總歸是划算的。

## 熱泵系統

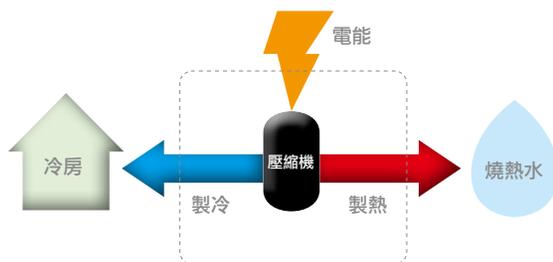
### ▶ 壓縮機的應用：



1度電可以搬走相當於好幾度電的熱，通常以EER表示，高效率的冷氣其EER有可能到達5（搬走5倍的熱）。

1度電可以燒相當於好幾度電的熱水，通常以COP表示，高效率的熱泵其COP可能到達6（燒出6倍的熱水）。

### 熱泵／冷氣



最理想的系統，雙向利用壓縮機的製冷與製熱，冷房也燒熱水。

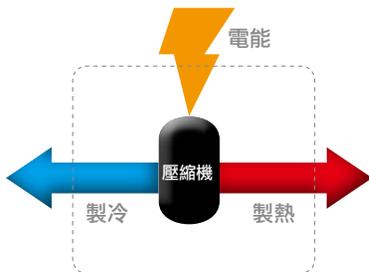
## ► 熱泵（或冷氣機）的原理：

壓縮機壓縮氣態冷媒成為液態，此過程產生高熱，要利用冷凝器排出，而液態的冷媒，則經過膨脹閥流入蒸發器，透過蒸發成為氣態，這過程會從外面吸熱，可使環境降溫。吸熱後的蒸汽再回到壓縮機，再被壓縮成液態，如此反覆循環。

### 壓縮機原理



### 壓縮機功能



通過膨脹閥之後，這一側壓力得到釋放，冷媒揮發成為氣體，會吸收熱，也就是變冷，我們得設法把冷利用，例如說冷氣機或是冰箱。

冷媒在這一側被壓縮，成為液體，會變得很熱，我們得設法把熱弄走，如果用這個熱來加熱水，就是熱泵。

我們從表面看，壓縮機好像是一邊製冷，另一邊製熱，但是從物理的角度來說，壓縮機只是從一邊抽走能量，送到另一邊，能量被抽走了的那一邊，就會變冷。

壓縮機可以拿抽水機來想像，只是它是把熱從一處抽到另一處。傳統的加熱我們用電爐，一份電能只能產生一份熱能，但是給壓縮機一份電能，可以搬運高達五份的熱能，所以是非常棒的加熱機器，再加上另外一端變冷，也可以給冷氣或冰箱利用，真是太棒了。

但是壓縮機類似抽水機，也有限制，雖然它能搬運大量的熱，可是不適合搬運出太高的溫度，越要造成高溫，它的效率就越差。

### ▶ 熱泵的優點：

- ⊕ **多功**：兼具冷氣、熱水、除濕的多重功能。
- ⊕ **省錢**：比傳統電熱水器節省2/3電費，比瓦斯熱水器減少1/2瓦斯費。
- ⊕ **方便**：熱泵的裝設不受環境限制，可安裝在屋頂、陽台、車庫、地下室等等，不用機房、也不需要冷卻水塔。熱泵「抽取」熱的來源很廣泛，包括陽光、空氣、甚至是工廠或大廚房的排熱都可以拿來再利用。
- ⊕ **安全**：雖然要用電，但是效率高，也沒有鍋爐爆炸、一氧化碳中毒等危險。



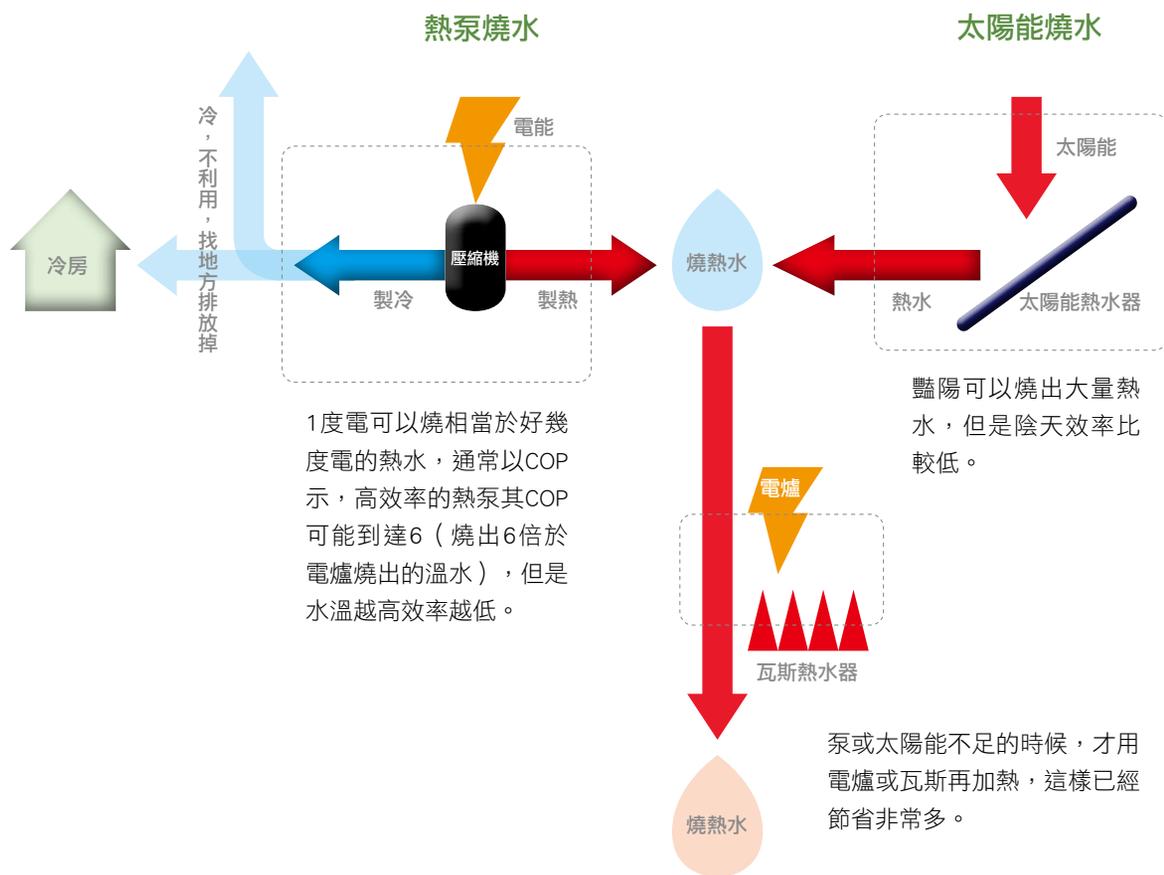
▲ 圖1：高雄大學太陽能熱泵熱水器的貯水槽。



▶ 除了大規模使用的專業熱泵，現在也有家庭使用的熱泵，目前以燒熱水為主要目的。但其實，一般冷氣機都是把熱白白地排放掉，不但可惜，也讓環境更熱，如果每一台冷氣機都同時利用所產生的冷與熱，冷房與燒熱水，就能節省大量的能源。

# 太陽能熱水器

## ▶ 燒熱水



## ▶ 燒熱水如何選擇太陽能熱水器：

依臺灣的平均日照強度估計，每一平方公尺集熱器一年約可節省3,000元的瓦斯費支出。一年中約可供應28,000公升洗澡熱水。

在臺灣，除了考量所在地區的日照情形之外，不同的場所、用途，使用的水量、水溫、裝置環境、用水習慣也都不同。要評估是否適合裝設、如何選擇，有幾個主要考量點：

### ⊕ 使用熱水量

以一個人每次沐浴大概需要 50~60 公升左右的熱水量來估計，每一個人約需要 1 平方公尺的集熱板面積。

### ⊕ 熱水使用習慣

通常淋浴比泡澡省水，若是老人安養院的沐浴使用，因為老人通常會在白天洗澡，太陽能就能及時補充，需要裝設的集熱板面積就可以相對較低。或是用在工業水預熱，也是以白天使用為主。

### ⊕ 使用熱水的設備

大型按摩浴缸、淋浴水柱等衛浴設備，需要比較大功能的熱水設備，才不會有忽冷忽熱的現象。

### ⊕ 架設方向與位置

臺灣有北迴歸線經過，集熱器主要以朝南安裝、傾斜角度25-30度為主。同時也須注意是否受到遮蔽，以及安全問題。



- ▶ 連續陰天，太陽能無法保證天天有熱水，但是只要有太陽，就可以減少使用其它能源，如果需要更溫暖的熱水，或是天天不間斷的熱水，可以與其它熱水器並聯使用。
- ▶ 以目前的低廉電費或瓦斯費，南部地區可以短期回本，北部地區較慢。
- ▶ 太陽能熱水器架設在屋頂，因為遮蔽陽光，也有一點點建築物外殼隔熱的功能，被熱水器所吸收帶走的熱能，本來都要曬在屋頂上，用了它，冷氣機就可以省一些電。
- ▶ 如果冬季會大量使用到熱水，例如宿舍、溫水游泳池、三溫暖等等，可能還是得有瓦斯、熱泵或其它加熱水的方法。



▲圖1：署立豐原醫院外觀。

## 案例／署立豐原醫院\_\_熱泵系統

**根**據醫院的能源使用調查，在不包括醫療設備用電在內的醫院日常用電中，沐浴用的熱水系統耗能，是僅次於空調系統的項目。因此，熱水系統的節能，將是一個主要重點。

署立豐原醫院，即針對熱水系統做了相關的改善。由於醫院的熱水使用高峰是在下午四點到七點間，是電力公司的尖峰時段，電價相對較高。因此，院方進行了改善工程，導入儲冰式空調系統的類似觀念，利用非尖峰用電時間燒熱水。同時也將產生的冷氣用於冷卻機房或冷卻水塔使用。整體而言，每年節約用電量約71%，省下近105萬元的電費，而這些設備成本，大約只要二～三年，即可回收。

圖1~2：熱泵已經節能效果優秀，豐原醫院更採用夜間電力來燒熱水，並將熱泵另一端產生的冷，用於冷卻冷氣水或冷卻水塔，節電約71%，兩~三年就可以回收成本。

圖3：豐原醫院熱泵熱水器的貯水槽。

原本醫院在熱水系統上採用的是密閉式設計，新進的補給水往往會拉低桶內平均水溫，使得系統為了保持預設的恆溫，而時常處於運轉狀態。改善後，將補給水導進較小的緩衝加熱水桶，而非原本的大熱水儲槽，不會影響整體水溫。

熱泵可以產生3~4倍的製熱、2倍的製冷，因此也利用放出的冷氣導至冷卻水塔，一方面增加散熱效果，也因為空調冷卻水水溫降低，而提高空調冰水機的運轉效率，可說是一舉二得。





圖1：宿舍屋頂採用太陽能熱水，可以節省大筆燒水的開支。

## 案例／高雄大學學生宿舍\_\_太陽能熱水器

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的能源，電費支出十分龐大。但其實，校區所在地全年日照時數在2200小時以上，平均每天每平方公尺的日射量達到4000千瓦以上，很適合引進太陽能熱水系統。因此，校方選擇以12加崙4KW的真空管太陽能熱水系統，先將冷水加熱到50度，再輔以電熱水器加熱，每天可省下約1300元電費，一年就可省下約48萬元。



◀ 圖2~3：太陽能熱泵系統可以更有效地從太陽能熱水中收集熱能。



▶ 圖1：學生宿舍太陽能熱水器。

▼ 圖2：雲林科技大學校區。

## 案例／雲林科技大學學生宿舍\_\_太陽能熱水器

**雲**林科技大學由於位處臺灣南部，日照時數長且日射量高，園區校舍可說是坐擁著豐富的免費太陽能資源。再加上原本即從「科技」出發的教學特色與專才，多年來一直致力於太陽能的相關的技術研發，例如由師生團隊所研發的太陽能單車，即為學校賺進一千萬的授權金；各單位也由校長帶頭採取行動，在校園內施行各種綠改善技法。

五年下來，原本一年高達六千萬的電費，省下了十二%，位居全國大學第一名。省下的幾百萬元電費則作為研究經費、補助學生出國競賽。





圖1：太陽能熱水器。

圖2：太陽能熱水器水槽與熱水出口。

圖3：水槽與熱水管路。

1



2



3



雲科大的各種綠改善中，最具特色也最具效益的，就是太陽能熱水技術的運用。在學生宿舍的屋頂架設高效率太陽能熱水系統，再以原有的鍋爐系統搭配輔助，每年可節省約53%的瓦斯費用，約47萬元。另外更出租其他校舍屋頂的閒置空間供廠商合作建置太陽能發電系統，增加租金及回饋收入等，每年約增加900多萬元收入，完全善用了天然資源的優勢讓陽光變黃金。

在學生宿舍的屋頂，架設102塊太陽能板組合的高效率太陽能熱水系統，再以原有的鍋爐系統搭配輔助。裝置這套太陽能熱水器設備的費用，大約六年內，就可從省下的燃料費中回收。

雲科大在綠色能源的研發上，可說是結合了跨科系、跨產業的合作。例如太陽能發電系統的研發，有包括環安系、材料科技系等系所師生的分工合作，也有和產界的產學交流。或許是受到雲科大的示範作用，在雲科大周邊的校外租屋中，也常可見裝設有太陽能熱水器的出租房屋。



◀ 圖1：利用太陽能預熱再以鍋爐加熱，可節省53%的瓦斯費用，另外校舍閒置屋頂出租給廠商建置太陽能發電，也有可觀的租金收入。



# 10



## 第十把鑰匙：節能電器

**綠**建築改善並非都要動到大工程，從很簡單的地方就可以開始，只要往前的每一步，都朝向目標改善就對了。

環保節能的需求越來越受到重視，市面上有許多節能電器不斷推出，這些都不需要高深的技術，只要評估採用，門檻最低，是綠建築改善中，最容易實行的項目之一。



## 節能電器



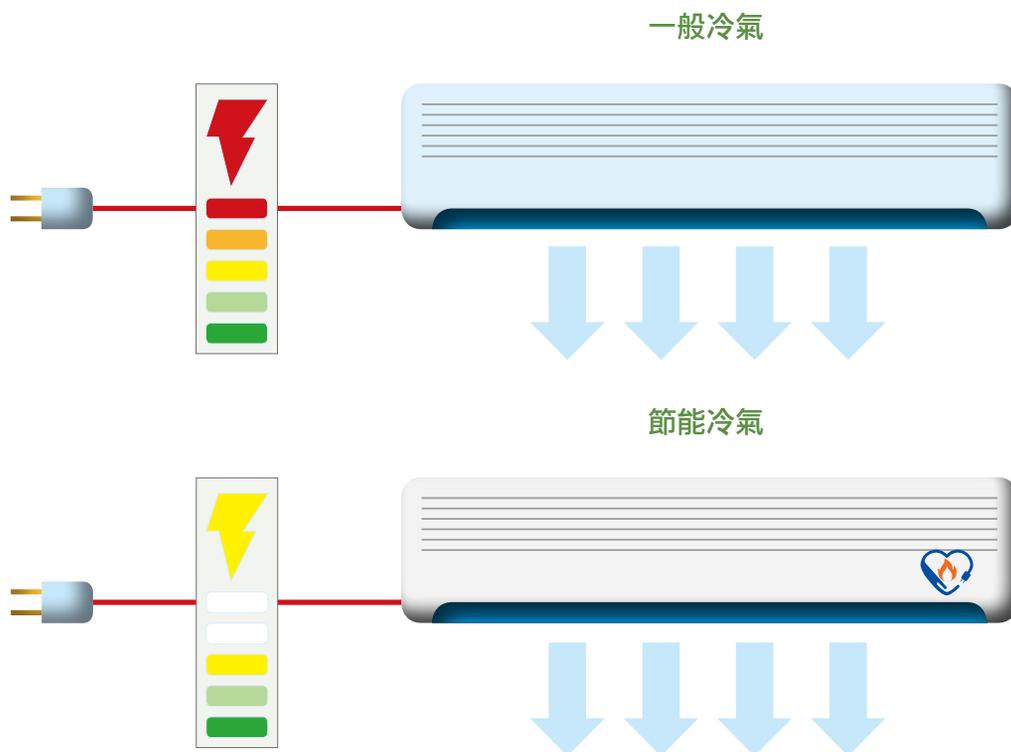
節能標章

### ▶ 冷氣（耗電1000w等級）

許多家庭、辦公室、商店、學校，都在使用窗型或分離式冷氣，有些還是非常老舊的機種，跟現在新型的節能冷氣比起來，耗電有可能多出50%以上，如果更換節能冷氣，通常三五年就可以回本，之後繼續省下的電費，就都是賺的。

冷氣節能標章有分五級，第一級產品較第五級，還可以省約37%耗電量。選冷氣要看EER值，數字越高越省電。EER每提高0.1，就可省下4%冷氣機用電。冷氣的溫度設定每調高1°C，就能節省冷氣6%的耗電量，搭配電風扇使用，相同溫度卻更舒適。

節能冷氣機也要配合正確的安裝和維護，才能真正有效節能。例如冷氣機出風口位置要通風、避免日曬，經常來清洗空氣濾網，也可以提高效率。



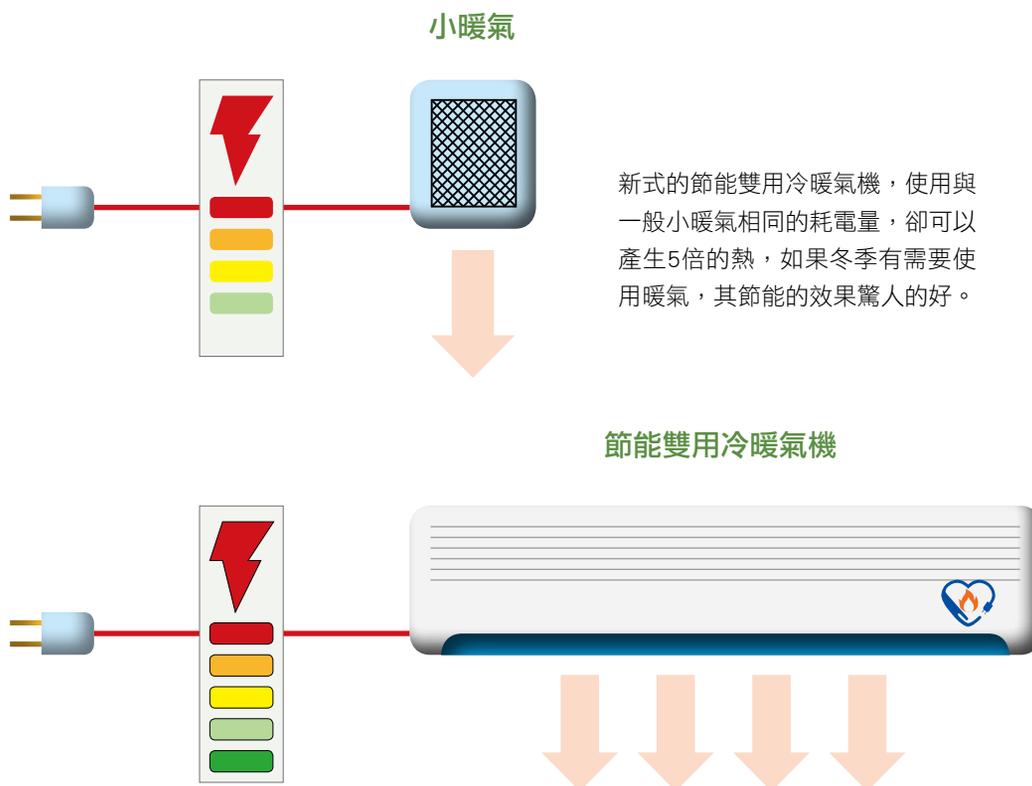
新式的節能冷氣，相較於老舊的一般冷氣，可以節省高達1/3以上的耗電，且讓室內更舒適。

## ► 暖氣（耗電1000w等級）

一般小型暖氣機都是直接燒電，原理跟做飯用的電鍋電爐一樣，耗電非常凶，因此如果冬季有必要經常開暖氣，那麼，當機立斷選擇換用冷暖氣機雙用的空調準沒錯。

冷暖氣機利用熱泵的原理，從外面「抽」熱進入室內，差不多的耗電，一台冷暖氣機，其暖房效率相當是3-5台小型的暖氣機，且通常都可以設定溫度，也更舒適。

如果所在的環境夏天得開冷氣，冬天得開暖氣，那麼，換一台節能的冷暖氣機，可說是一舉二得，且只需要一兩年就可回收成本，十分划算。



### ▶ 除濕（耗電500w等級）

除濕機的耗電比冷暖氣機少一點，但通常都是長時間使用，所以也算用電凶的電器，應該選用有節能標章的高效率除濕機。

如果是開放空間，則除濕是沒有意義的，除濕的房間必須緊閉門窗，避免空氣流通，因此最好是用於倉庫堆房地下室等不常出入的地方，且可搭配濕度計，隨時測量室內濕度，調整除濕機的設定與使用，以避免無謂的浪費。

### ▶ 燈光照明（耗電50w等級）

單個燈泡的耗電或許不算太高，但是當一個空間裡同時且長時間的使用多個燈泡，就有必要好好精算一番。

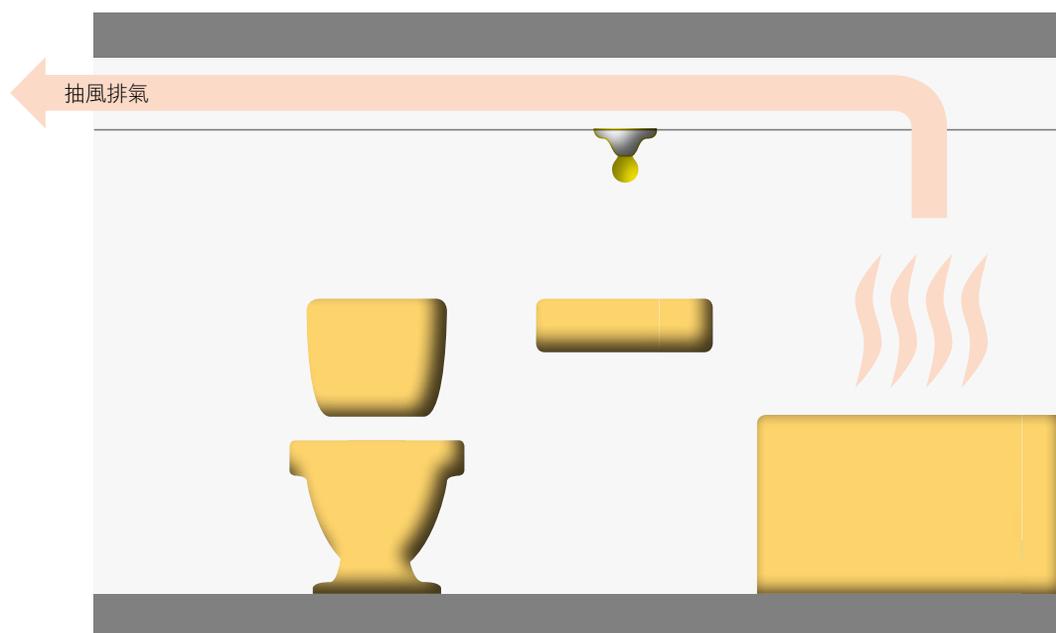
整體規模的照明改善，可透過空間規劃、採光設計、及其他相關裝備來進行。而單就燈泡而言，最耗電的燈泡，以老式鎢絲燈泡和鹵素燈泡為代表，如果還有殘餘的一定要換掉，因為這兩種燈泡，都是直接「燒」電來產生光，不但效率極低，且產生大量的熱，加重冷氣機的負擔。

## ▶浴室（耗電1000w等級）

洗澡用的電熱水器通常耗電是數千瓦之多，如果使用量又大，應該馬上採用太陽能或熱泵熱水器，就算只是預熱，再用瓦斯或電加熱，也很值得。

另外，沐浴所產生的大量濕熱空氣，應該要利用小型抽風機，配合延時開關，把濕熱空氣抽出去，以避免進入室內，造成空氣潮濕或是冷氣機的負荷。

### 浴室排濕排熱



浴室使用熱水洗澡，不但熱且潮濕，應該以延時開關控制小型抽風機，將濕熱空氣緩緩抽出去，以免耗用到冷氣的電來降溫和除濕。

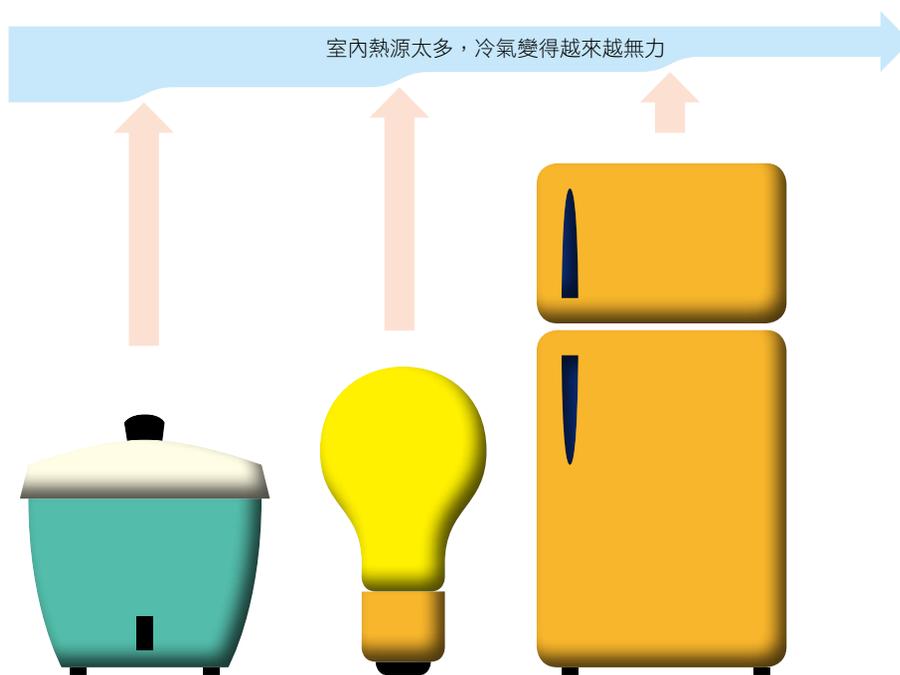
## ▶ 避免冷熱對沖（耗電1000w等級）

以到處林立的便利商店為例，便利商店24小時營業，電費成本往往佔三成以上，但是大部分的電，其實都因為冷熱對沖而浪費掉了。

便利商店在一個小空間內，大規模地製冷（冷氣、冰箱）與製熱（關東煮、熱狗、茶葉蛋、微波爐等等），再加上密集的日光燈管照明，所有電熱器與電器所產生的熱，都要靠冷氣去抵消，通常需要使用很多台冷氣才夠用。

針對此問題，應該採用節能電器冷熱分區，並以獨立抽風將大量的餘熱排出去，甚至可利用熱泵系統，同時運用於製冷與製熱。在小地方多著眼，將能省下為數可觀的大錢。

### 冷熱對沖

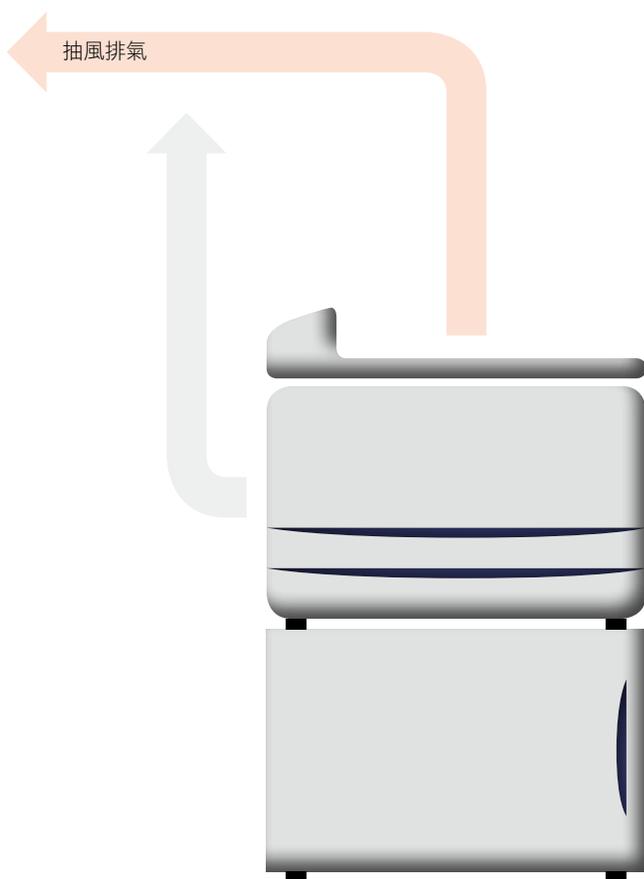


所有的電器、瓦斯爐、熱水瓶、燒熱水器都會產生熱，如果在同一個冷氣空調的空間中使用，就會和冷氣對沖，冷氣變得不冷，或是要使用更多更大的冷氣，才能涼爽。

### ▶ 影印機、雷射印表機（耗電500w等級）

辦公室如果大量使用影印機和雷射印表機，除了產生大量熱，也可能會有碳粉或化學品溢出，因此應該像吸菸區一樣，擺放在獨立房間或是獨立通風的角落，以減少冷氣的負荷，並避免長時間在辦公室工作的人，呼吸到機器排放的廢氣。

#### 影印機、雷射印表機排熱排廢



影印機、雷射印表機等使用高溫滾筒與碳粉的設備，不但產生熱，也排放廢氣，如果辦公室大量使用，應該設獨立空間，以小型抽風機將熱氣與廢氣緩緩抽出去。

### ▶ 茶水間（耗電500w等級）

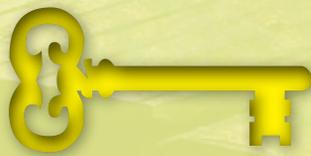
茶水間或廚房，有冰箱、微波爐、熱水瓶、電熱水器等設備，應該要遠離冷氣，並且以獨立抽風機，持續將濕熱的空氣緩緩抽出去，以避免浪費到冷氣機的功率，同時也能降低室內的濕度。

新式的抽風機，耗電在10w以下，就可以有效率的換氣，如果有必要24小時使用，一個月也僅消耗幾度電，這與冷氣機每小時約耗一度電相比，划算太多。



茶水間內有許多產生熱的電器，應該要用小型抽風機把熱氣緩緩抽出去，以避免用到空調冷氣的耗能。

# 綠改善的18把鑰匙



## 生態篇／

**第11把鑰匙**：屋頂及垂直綠化／**第12把鑰匙**：

複層植栽／**第13把鑰匙**：生態池／**第14把鑰**

**匙**：透水鋪面／



# 11



## 第十一把鑰匙：屋頂及垂直綠化



**聯**合國世界衛生組織建議，每人享有的綠地面積至少20 平方公尺（6坪），我國都市化程度較高，於都市中興起大型綠地日漸困難，若能使用屋頂及立體綠化，亦可增加都市綠地，改善都市環境及生活品質。

利用屋頂閒置空間進行淺層綠化，不但可以隔熱降溫，也能截收雨水利用、淨化空氣、舒緩城市熱島效應。更能在都市中形成「生態跳島」，提供季節性遷徙動物在擁擠都市裡的生存空間，可以說是一舉數得。

## 屋頂及垂直綠化

### ► 屋頂綠化有要注意的地方：

1. **載重**：一般鋼筋混凝土的建築屋頂，每平方公尺可以承受200公斤，而設置屋頂綠化會增加其載重，須特別小心。
2. **防漏**：屋頂漏水很麻煩，如果上面還有土有植物，查漏修補就更困難，因此在綠化之前一定要先做好防漏處理，如果土壤直接接觸地面，更要做防根處理。如果想少操一點心，可以採用模組化的植栽盆，土壤不會接觸到屋頂地面，問題就簡單多了。
3. **防颱**：施作屋頂綠化時需考慮臺灣為多颱風地區，颱風來時，輕則破壞綠化成果，重則吹落樓外傷人，因此任何綠化都要考慮能不能過得了颱風這一關。
4. **日照、植栽種類**：屋頂日照強烈，到了夏天比田裡還熱，不是什麼植物都能活，尤其還得考慮澆灌維護，因此最好選用原生種耐旱的植物，若能吸引附近生物棲息就再好不過了。
5. **土壤、保水、肥料**：任何植物都需要水份及養份，若屋頂綠化土壤太淺，水份於炎熱時容易散失，造成植物枯萎，大約至少要15公分厚，且底部要有保水層，蓄留雨水以減少澆灌才符合節約用水，至於肥料，當然是有機堆肥最好。

### ► 垂直綠化：

1. 垂直牆面的立體綠化也有建築物外殼隔熱的作用，能讓外牆溫度降低10度以上，室內溫度降低2度以上，是很健康的選擇。
2. 巷弄裡陽台上常見的花花草草，就是垂直綠化的一種，如果陽台植物往上往下發展，規模密度越來越大，綠化的效果就越好。或是可以爬滿整片牆的薜荔、爬牆虎，不但好看、淨化空氣，一樣能為室內降溫。也不要忘了社區內常有幾層樓高的大樹，對我們的生活有多大的好處。
3. 更進一步，可以用建築的方法，在陽台或牆面上設置植栽槽，為植物也蓋一個家或是在牆面外做輔助攀爬設施，讓攀爬植物有地方抓更好生長，接下來就是維護與等待了。

▶ **牆面綠化可用攀爬、垂掛、輔助設施三種方式製作：**

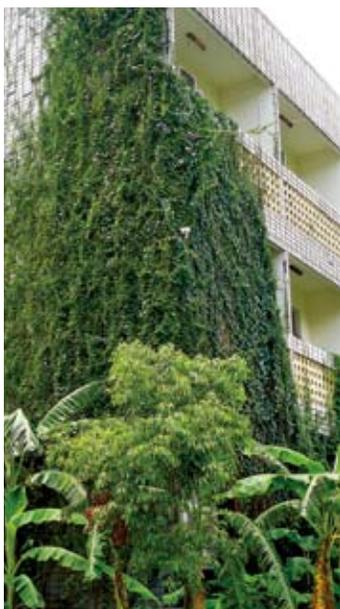
**A 攀爬：**行之有年，以常春藤、薜荔、爬牆虎等根會吸附在牆壁上的植物，幾年下來可以把一整片牆都染綠。

**B 垂掛：**受限於上方需要盆土，所以通常綠牆面積不會太大，以雅緻的植物裝飾為主，如果是整棟建築每層樓陽台都設置盆土讓植物垂掛出去，既壯觀又美麗。

**C 輔助設施：**例如架設鐵絲網，讓有捲鬚的瓜類、葡萄等抓附而上。

這幾年很流行用小型植栽槽拼出來的植生牆，這種植生牆無需等待植物生長，很快就可以靠移植來裝飾出一大面牆，並不被綠建築鼓勵。因為植生牆單個植栽槽體積小，可容納的介質少和保水能力有限，因此需要靠持續的澆灌系統來維生，對環保付出大於獲得，不鼓勵用於綠改善。

**A**



**B**



**C**



### ▶ 設計垂直綠牆須注意：

- ⊕ **日照**：不同房屋方位的日照方向、時間、強弱各不相同，同時周邊是否有建物陰影也須考慮在內，綠牆建設的位置要陽光充沛，這樣植物生長才會漂亮，才有減碳的功能。
- ⊕ **給水與施肥**：室外綠牆如果要覆蓋一整個牆面，必然需要有大量充分的水與肥，如果不夠充分，仍然需要人工澆灌和施肥。
- ⊕ **土壤**：攀爬植物依賴地下的土壤，垂掛植物可以利用陽台或上方樓層的花台，也需要足夠的土壤、水及肥料。



圖1：宏遠紡織生態園攀爬綠牆與垂直綠化。



圖1：國立科學工藝博物館外觀。

## 案例／國立科學工藝博物館\_\_屋頂綠化

**國**立科學工藝博物館是南臺灣第一個國立社教機構，館方為了減少屋頂日射吸收，在3樓的屋頂露台設置大量盆栽，但對於樓板排水、環境綠美化、及排放水的效能並沒有整體效能的考量。原本鋪設的木板步道也因為年久失修，不但有礙觀瞻，行走其上也容易發生危險，因此館方提出了改善計畫。

一般傳統覆土式設計的屋頂花園，常因為屋頂層結構體裂縫、防水老化裂開、或是排水不良等問題，造成屋頂漏水，這是屋頂綠化改造所面臨最大的挑戰。科工館的屋頂改造計畫，則選擇了模組化盆栽的設計，一方面讓涵水土壤與排水層適度隔離，一方面也讓綠意連成一體。這樣的做法，可以減少屋頂防水層的施作，對於維護管理或變更植栽配置，都更易於操作。

在不破壞原有屋頂防水隔熱層的原則下，主要動線由實木步道與平台構成，將植栽的綠意延伸到步道面，讓民眾與大自然更加親近。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，種植了包括喬木、灌木、爬藤等植物類別。另外，植栽槽採蓄水式設計，可以有效減少澆灌用水。部分的植栽介質採用水庫淤泥燒製而成的陶粒，可降低屋頂荷重，並達到保水效果。



圖1：鋪設木棧道所用的木板，是5年前校園特展所回收利用的材料，使綠屋頂的設計符合環保的概念。

▼圖2：屋頂綠化植栽槽。



▼圖3：屋頂綠化與透水磚。



科工館的植栽槽很特別高約35公分，在離地大約3公分地方開了一排小洞，讓多餘的水排出。為了維持土壤通風、避免植物根部腐爛，植栽槽底部鋪有一層陶粒，是利用水庫的淤泥燒製而成，也是廢棄物再利用的最佳示範，這種陶粒裡面有很多小孔洞，使它具有質量輕、含水性高的特色，是現在很常用的庭園小物。

綠屋頂早已成為國際建築新潮流，在美、英、德、日、荷蘭等國，綠屋頂就像雨後春筍般出現在城市中，尤其是圖書館、商業大樓等等大型建築，雖然綠屋頂成本較高，但卻可以提供許多生態、節能與其他種種效益。除了作為空中的都市綠洲，讓昆蟲及鳥類有個落腳處，也能吸收二氧化碳。另外，還能涵養雨水、隔熱降溫，節省室內空調支出。也可嘗試在自家屋頂開闢一個小農場，讓自種的有機蔬果出現在餐桌上。

▼圖1：模組化盆栽用於屋頂隔熱，不但以淺層土壤進行綠化，也保護延長屋頂防水層的壽命。



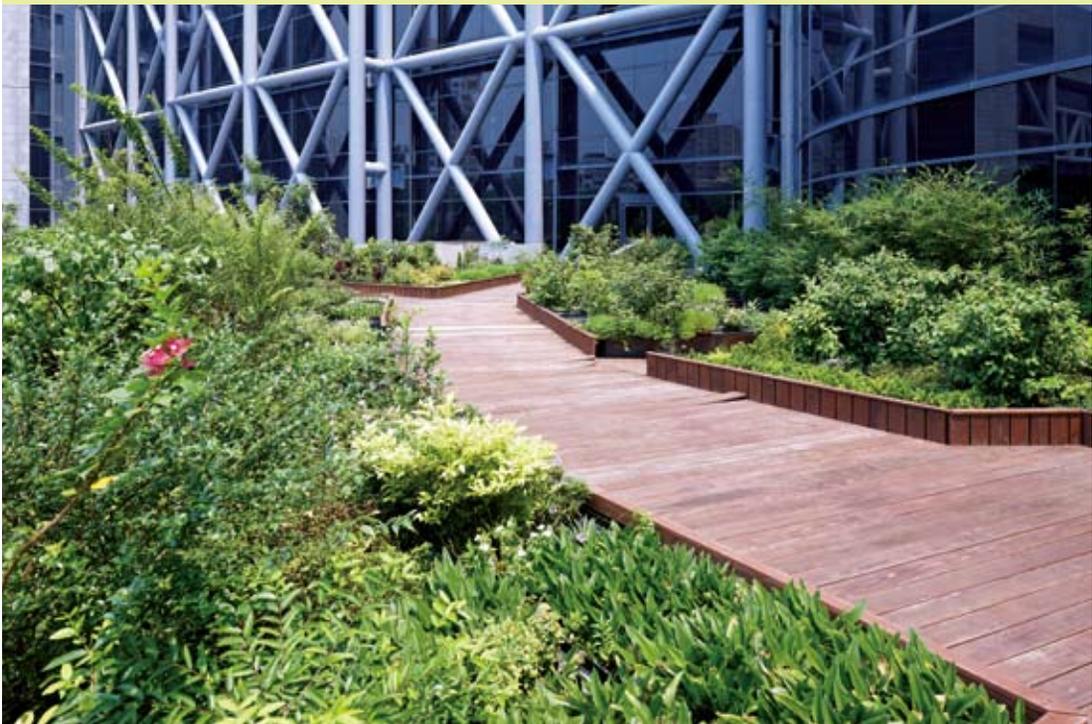


▲圖1：綠化植栽槽。



圖2：「綠屋頂」位於科工館一樓東側長廊外，隨著開館時間開放，屋頂上備有休閒雅座，可供民眾休憩。

▼圖3：科工館的屋頂改造，總改善面積共541平方公尺，以40年計算，將可固定二氧化碳近20萬公斤，相當於178平方公尺森林地的減碳效應。這個兼顧隔熱、綠化、與親近自然的屋頂空間，已成為科工館最受歡迎的戶外休憩空間。





▲圖1：攀爬綠牆。

## 案例／宏遠紡織生態工業園\_\_垂直綠化

**臺**南宏遠紡織生態工業園利用綠建築原理，改造廠區環境，在廠區種植1,800棵樹、建置生態池，讓整體環境降溫，並在辦公大樓頂樓開闢菜園，以落葉製作堆肥，以工廠廢棄的空桶當做植栽槽來種菜；在建物外牆種植多種爬籐植物當做綠色窗簾，外殼隔熱以減少太陽熱輻射，現在不必開空調，全球三大廠房年省3,600萬的電費。

▼圖2：攀爬綠牆與垂直綠化。





▲圖1：內政部警政署外觀。

## 案例／內政部警政署\_\_垂直綠化

**內**政部警政署位在忠孝東路這條忙碌的道路上，原本的外牆是土色二丁掛磁磚，沿著腹地築起的方正高牆，看來中規中矩，像一般印象中生硬拒人的官方建築。然而，透過外牆綠化工程，不但得到綠建築的效益，也有顯著的美化效果，更大幅提高了親民感。

改善的策略，是在圍牆外側增設棕櫚木材質的格柵圍籬，由於棕櫚木是自然生產作物樹種，沒有年輪特質，纖維成長是單一向性，吸水、排水均迅速，在戶外使用不易龜裂。又因為富含天然油脂及樹脂，不須另行有毒化學的防腐加工處理，可說是十分天然環保又有實用。同時，也栽種了炮仗花、山素英、軟枝黃蟬、蒜香藤、珊瑚藤等五種分別在不同時節開花的爬藤類，讓牆面一年四季都有花朵綻放，吸引鳥類及蝶類之進駐。除了綠美化環境，更增加了生物多樣性。成為這個路段上，一片令人驚艷的風景。



2

3

圖1：綠牆軟化了人行道的視覺感受。

圖2~3：牆內小花。



1



木格柵圍籬沿著牆整齊羅列，遮掉了原本單調枯燥的磁磚牆面，營造出一種優雅的氣質。帶點和式風格的壁燈，在夜裡昏黃地亮著，彷彿為過往行人，照亮一條安全回家的路。

除了外牆綠化之外，內部的廣場、停車場等大面積的區域，也改採用拼接性透水鋪面配合植栽，除了改善排水效益之外，更軟化了原本的水泥地面給人的枯燥灰澀的視覺感受。



▲圖1：內政部警政署大門。

▼圖2：垂直綠化綠牆。





# 12



## 第十二把鑰匙：複層植栽

**大**隱於市，但是如果戶外就有一片生氣勃勃的綠林，那有多好啊！其實學校、工廠等常有大塊地面，只要注意所選擇的物種，以及植物之間搭配的層次，就可以造出一片悠美的「小自然」，有效地減少二氧化碳，淨化空氣。

複層植栽指的是以不同高度、種類的喬木、灌木、籐蔓、草花，多層次地混雜種植，創造出一個不同小型動物的微棲地。層次相間的植物，可以提供各式昆蟲鳥蝶的遮蔽處與食物來源，形成高密度的微型生態系統。

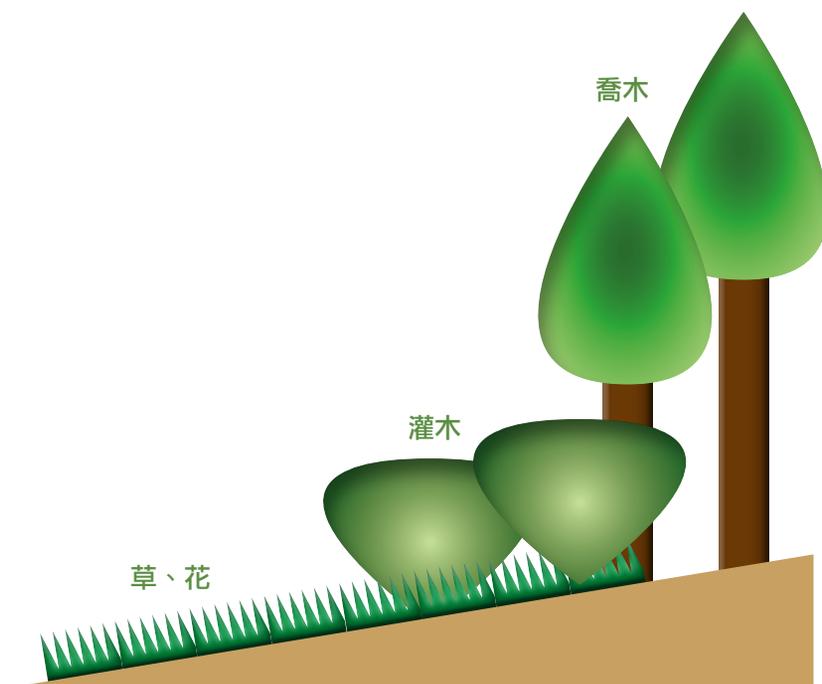
各種生命之間，彼此需要，這樣人為的高密度生態系統，不但能綠化環境，在其中生存的動植物之間，達到平衡，對於維持整個大區域的生態與景觀，有極重要的幫助。

如果就固定二氧化碳來看，多年已經成熟的生態複層還比闊葉大喬木更好，再往下依次是闊葉小喬木、針葉喬木、棕櫚、灌木、多年生籐蔓，最後是草花花圃、野草地、草坪，固碳效果就差很多。



## 複層植栽

以營造一個盡量完整多樣的植物環境，來提供盡量完整多樣的動物生存，讓從小蟲到鳥獸，都能各取所需，繁榮平衡成為一個生態系，以達到生物多樣性的目的。



### ▶ 複層植栽的園藝準則：

應選擇最適合本土氣候環境的原生物種，不但容易生長，同時對於空氣中二氧化碳的淨化能力也較為優越。並根據希望引來的生物，選種機能性植物，如引鳥、引蝶、引蜂等植物。撫育期間最好盡量減少人為的干擾，只作最低程度的修剪，讓它們自然形成小型區域的生態平衡。



▲圖1：南湖國小校門。

## 案例／臺北市南湖國小\_\_複層植栽

**位**於臺北市南港區與內湖區的交界處，鄰近大湖親水公園的南湖國小，利用校園本有的坡地地形，巧妙地將校舍不同高度的樓層空間，利用複層生物綠化，混合栽植各種高度與特色各異的植物，形成一個完整而豐富的生態區。這個綠意盎然的空間，不只讓師生在下課後有了充分的休憩，也變成了教室之外充滿創意的自然教學環境。學校師生利用空間環境發展出創意十足的教學社群，將數位科技融入教學，形成極具特色的行動研究學習。

學校的地勢原為山坡地，校舍沿著山坡綿延而建，多層次的屋頂平面空間讓植栽的設計更自由靈活地與生活在其間的莘莘學子交錯互動。



圖1：校園坡地上的複層植栽。



◀ 圖1：屋頂上大型的溜滑梯，讓學生愛不釋手。

▼ 圖2：校舍的瓷磚，花朵相互輝映，國文課本裡古人詩詞中的意境，不須言喻，學生已經了然於心。

隨著季節變化生長的果實能招徠蝴蝶、蜜蜂並提供各種小型昆蟲棲息。生物複層的彼此相互扶持的共生環境，讓孩子從自然運行的規律，明白人事相處的道理，讓環境作為孩子無聲的心靈導師。

校園邊界不使用傳統的水泥圍牆，而以綠牆以及複層綠化代替，不僅柔和美觀，學校可以與社區更親近，彼此守望相助，資源共享。

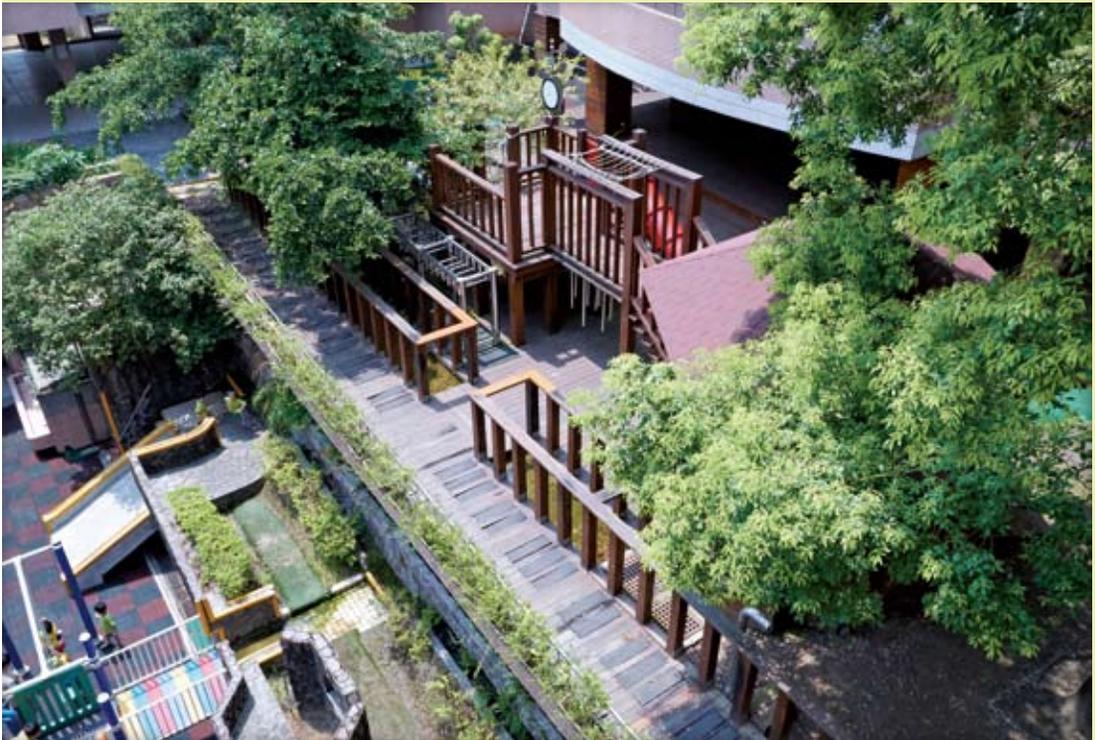
南湖國小將學校整體設計變成一個複層植栽的大型生態園，與鄰近的大湖公園形成了一個相互支持的區域生態系，是學校綠化形成都市跳島的成功案例。





▲ 圖1：南湖國小利用坡地落差製作的垂掛綠化與瀑布。

▼ 圖2：中庭的遊樂設施在綠樹芳草的交織中，更顯得親切可愛。





# 13



## 第十三把鑰匙：生態池



**坐**擁一方水塘，聽蛙鳴蟲唧，賞自然之美，總是能滌盡塵勞，撫慰心靈。

複層植栽是向上發展，生態池是向下發展，兩者都是在營造接近自然的環境，我們只在初期先安排一些植物或動物，接下來就盡量不去干涉，任其自行發展達到平衡，盡量當一個旁觀者就好，只移除有威脅的物種，去蕪存菁。

在都市中，如果能利用大樓庭院、社區、學校或機關團體的公共空間，廣造生態池，就能夠在水泥叢林中，營造出生機盎然的快樂天堂。

一般人最常擔心水池會養蚊子，事實上只有死水才會養蚊子，生態池是活的有魚來吃孑孓，蚊子不會為患；另一個擔心是水會優養化或變臭，同樣因為生態池是活水，裡面有動物植物，只要它們各司其職，水質就不會變壞，因此開始設計對了，之後多半是只有快樂而少有煩惱。

## 生態池

生態池是人工溼地的一種，主要目的在於涵養溼地動植物的棲地，豐富生物層次。基本的生態池設置相當簡單，只需要經過整地，底部鋪設不透水層與土壤礫石，放魚進去，經過一段時間的植物培植即可。

### ▶ 生態池的設置時須注意：

- ⊕ **水源與排水**：一般生態池多引用活水或雨水，雨水不足時可以利用屋頂、天溝接引雨水進來，之外也可以多利用生活雜排水，萬不得已才放自來水。生態池的底部不透水，但是側邊是可以滲水的緩坡，平常讓水滲透到周邊的土地下，只有在水太多的時候，才需要從溢流出口排出去。
- ⊕ **形狀與深淺**：生態池水深不應超過100公分，深度約在10-60公分間作變化。不規則彎曲的形狀較好，如此可以延長池岸、植物與陸地間的交界面。池側邊平緩坡作為潮間帶與透水區，以自然材質如石塊或土壤堆成多孔隙環境的透水層，勿用水泥，以利小生物棲息躲藏和排水。
- ⊕ **池底**：池底要有一個能蓄水的區域，以免萬一乾旱見底動植物死亡，一般粘土層壓實就可以蓄水，必要的話也可以用防水布、氈鋪在最底下。池底堆30公分的石礫木頭造成多孔隙空間，替小型生物也蓋一個家。
- ⊕ **植栽**：種植挺水型，沈水型，浮葉型，溼生型等水生植物，植物是動物的食物，也是生存覓食、產卵、避難的場所，水生植物可以吸收水中營養鹽，防止優養化，並在池邊栽種原生植被，灌木與喬木。
- ⊕ **日照**：池面大部分面積，每天至少須5小時的光照，以利動植物繁殖生長。
- ⊕ **管理維護**：定期檢查水源與排水、衛生、修剪冗餘植物、移除有威脅的動植物。

## 生態池

生態池是人工經營的活水池塘，雖然也有造景的功能，但是主要的目的並非造景，而是營造一個動植物生活的環境，動植物繁茂可以淨化空氣和水，貯水可以調節環境的溫度。

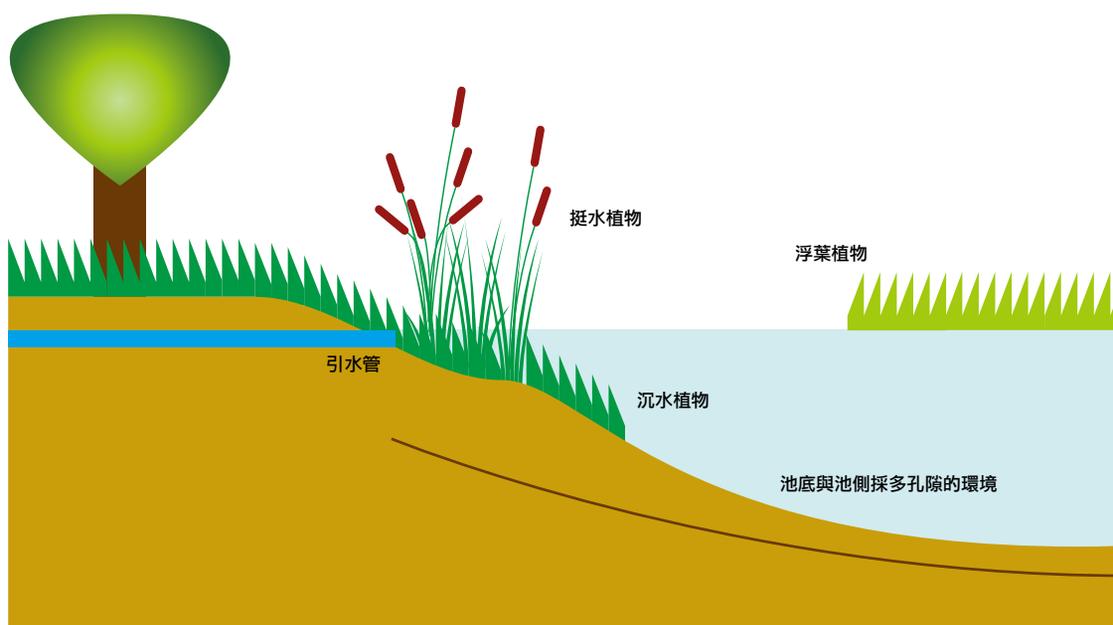
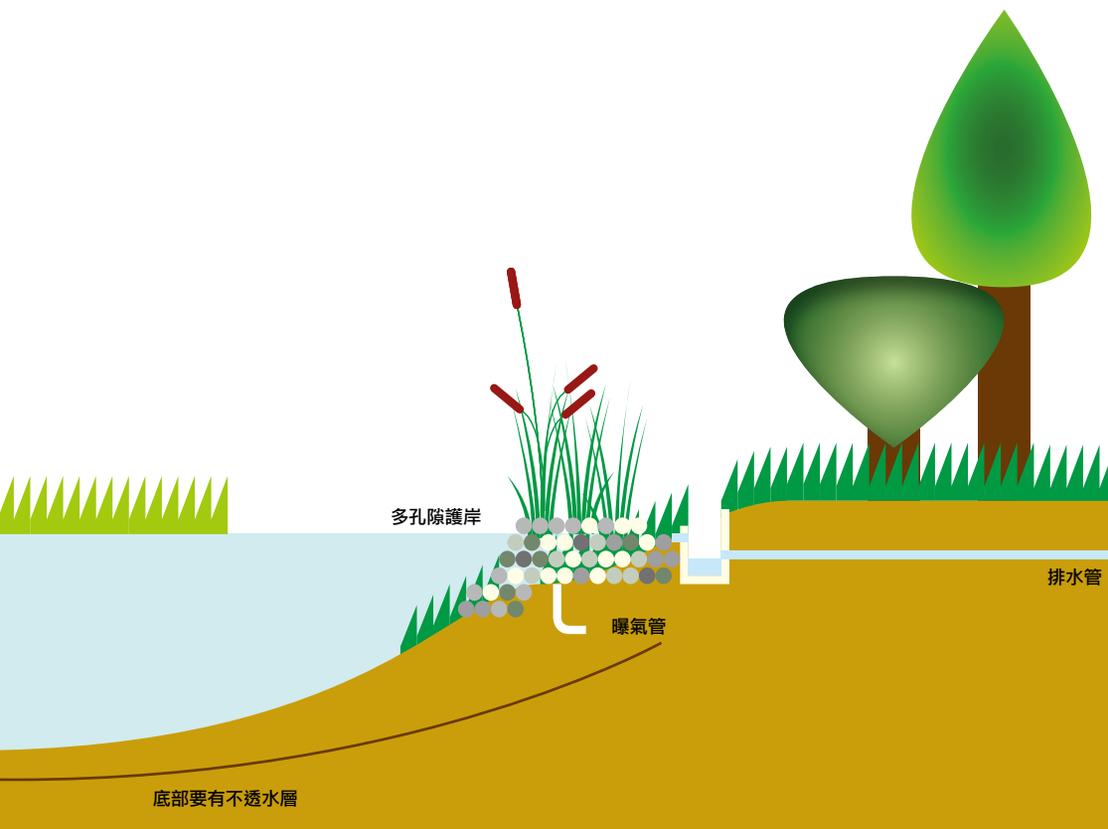




圖1：多孔隙護岸。  
 圖2：浮葉植物。  
 圖3：挺水植物。





▲圖1：宏遠紡織生態園的生態池上的浮葉植物。

## 案例／宏遠紡織生態工業園\_\_生態池

**臺**南宏遠紡織生態工業園的景觀貯集滲透水池有高低水位和自然緩坡設計，在最底層以粘土和粉土夯實作為不透水層，上面堆砂土和煤磚以營造多孔隙小生物棲地，種植多樣化的水生植物來營造優美的景觀，並於池上搭建木棧道貫穿其中，可以進入其中去親近。

水源來自廚房宿舍生活雜排水和雨水，從源頭就改用環保洗劑，經過淨水乾床系統，再進入四個生態池，目前復育多種臺灣原生種瀕危水生植物與親水型岸邊植物，成為重要的水生植物種原庫。

▶圖1：宏遠紡織大樓前的生態池。

▶圖2：生態池與木棧道。



1  
2





# 14



## 第十四把鑰匙：透水鋪面

**過**去有一段年代，水泥與柏油是代表進步的象徵，越多的柏油馬路 and 水泥廣場，就表示越進步，現在我們知道錯了。

地面是土壤呼吸的管道，然而過去的鋪設工法，往往只注重耐用、方便、承重，卻忽略了排水與透氣，不但使都市成為熱島，也常在大雨來襲時造成水患。有鑑於此，為大地換上會呼吸的新裝，已是不可忽視的趨勢。

對地面來說，最健康的表面就是動植物等生命的覆蓋，但是當我們人類有特殊需求的時候，例如說人行道、停車場，還是得蓋上一層鋪面，這一層最好是透水的。使用透水鋪面，可以讓地球重新找回自我調節的功能，讓降雨直接滲入地下，除了能涵養地下水、保養地層生態外，也能減輕都市下水道的負擔，減少路面積水，避免每逢大雨必淹水的都市窘境。同時，也能調節氣溫、吸收城市噪音和炫光。

快脫下令人窒息的水泥地，換上清新透水鋪面，讓我們腳下的土地重新享有呼吸和生機吧！

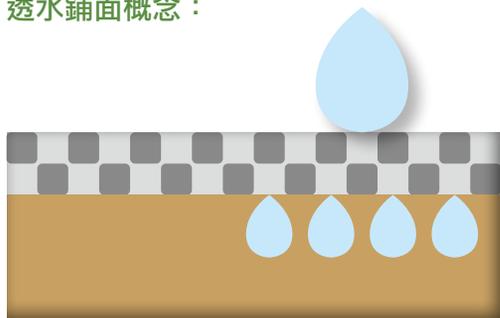
## 透水鋪面

### ► 現有的透水鋪面類型包括

- ⊕ 單元透水磚透水鋪面(如：透水磚、單元性透水混凝土等。)
- ⊕ 單元高壓磚透水鋪面(如：連鎖磚、植草磚等。)
- ⊕ 現場澆置柔性透水鋪面(如：透水性瀝青等。)
- ⊕ 現場澆置剛性透水鋪面(如：透水性混凝土、多孔性混凝土、透水性樹脂混合骨材等。)
- ⊕ 其他透水鋪面(如：透水管鋪面、草皮、人工草皮、具透水性之步道及竹鋪面等。)

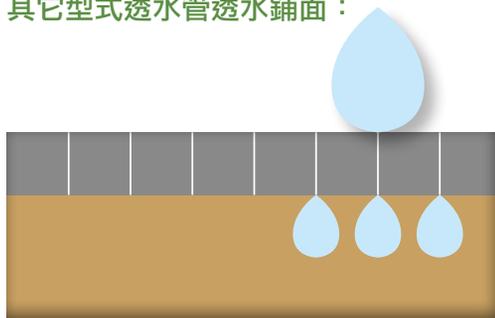
很多透水鋪面的原始精神很好，但是在施工的時候卻在透水鋪面的下層，還是用鋼筋混凝土打底，這樣的「透水」鋪面，沒有透水的功能花更多錢卻失去了最重要的意義。

#### 透水鋪面概念：



以透水磚、透空磚、地磚上的隙縫、或是直接以植物覆蓋地面，讓雨水滲透到地下，可以讓土壤健康，涵養微生物、蚯蚓，或供給植物的根系等等。

#### 其它型式透水管透水鋪面：



以水泥灌漿來鋪設一片堅固的地面，但是在灌漿之前先放置有透水管道的模具，等水泥固結之後，地面上會有大量的下水孔，還是可以讓水透到水泥層下面的土壤。

### ► 透水鋪面效益：包括防洪、空調降溫、抗旱、入滲及減污等效益。

- ⊕ **防洪**：基地保水減少逕流體積與洪峰
- ⊕ **空調降溫**：降低熱島效應（透水面積每增加10%，室外溫度降低約0.25度）
- ⊕ **抗旱**：雨水可收集予以利用
- ⊕ **入滲**：回補地下水
- ⊕ **減污**：減少地表污染源流入下游河川，可減少河川污染



▲圖1：海岸巡防總局外觀。

## 案例／海岸巡防總局\_透水鋪面

**海**岸巡防總局的營區位置，背倚著一片蒼翠小丘，在周遭車來人往的擁擠環境中，可說是坐擁著一片難得的綠色視野。然而，營區內將近700坪的停車場、集會廣場，原本採用不透水的鋪面，導致排水功能不良，不但雨天容易積水，夏季在炙熱陽光的照射下，大片面積所吸聚的熱度和反光，造成整體環境炎熱。

為了改善這個狀況，工程單位決定改用透水鋪面。在廣場部分所採用的其它型透水管透水鋪面工法，強度極高，甚至可承受坦克車的重量，是軍方基地的絕佳選擇。而在停車區塊採用透水磚搭配植栽，也同時兼收美化效果。最後，在廣場周邊也種植了複層綠地，種植樟樹、臺灣欒樹、茄冬、朱棉等樹木，讓營區內充滿盎然綠意。



▲▼  
圖1~2：停車場地面本來是柏油表面（上圖），改善成為透水鋪面（下圖）。





▲圖1：廣場採用透水管透水鋪面，可以負荷重車。

原本的停車場地面是一般柏油地，改用透水磚、並於拼接空隙之間種植植栽，兼收透水與美化功能。

大面積的廣場，採用透水管透水鋪面，仔細觀察，會發現在整齊劃一的方塊交會之處，都有一個通往地下層的小洞。透過這些導管，不僅能讓地下土壤得以暢通的呼吸換氣，讓地下的微生物得以生存。下雨時，也可以讓雨水自然地流到鋪面下，直接「灌溉」土地，這一片看似簡單不起眼的鋪面，就像是地面的毛細孔，對環境與土壤的健康，有很大的幫助！



▲圖1：透水鋪面施工工程。

▼圖2：透水管透水鋪面其表面是混凝土灌漿，但是有大量下水孔，可以排水入地。



# 綠改善的18把鑰匙



## 健康與減廢篇／

**第15把鑰匙**：綠建材與建材再利用／**第16把鑰匙**：  
**匙**：雨水與生活雜排水利用／**第17把鑰匙**：省水器  
材／**第18把鑰匙**：明管設計



## 第十五把鑰匙：綠建材與建材再利用

**現**代建材加入很多化學黏膠或藥劑，對人體健康有害，綠建材的基本標準是：對人體健康無害、對地球環境的負荷最小。它們或許高級，但未必昂貴；選用綠建材，對建築的成本影響並不大，對建築的品質卻能有很大的提昇。

綠建材可分為健康、生態、再生、高性能四類，在臺灣，有綠建材標章為我們把關。綠建材多採用天然無毒的塗料、取用無匱乏的植物、動物、礦物材料，例如籐、竹、草、羊毛、粘土、寒帶再生林木等等，且盡可能採用適應自然生態的工法。

採用綠建材很好，但是直接利用舊建築，綠色翻新更好，但是第一要考慮結構耐久與安全，沒有顧慮才能放手去做。歐洲和日本的建築修繕市場規模都大於新建，可見老建築經過改善，也足以滿足現代生活的舒適需要。

修繕時拆下的舊建材可以用於別處、或是經過加工後再利用，例如磚瓦碎片可以用於生態池，製作多孔隙環境，木板木條可以去釘後修裁再使用，模組化標準化的材料更好用，像是輕鋼架天花板、門扇、鎖具、燈具、面板、甚至線材，都可以再利用，現今常見打碎了就丟掉十分可惜。舊有的電力設備若非太耗能，也應該盡量再利用，這都是當今綠改善的最新趨勢。



## 綠建材與建材再利用

### ► 健康性建材：

主要針對「低甲醛」及「低揮發性有機化合物」為控制目標，國內建築經常使用大量化學處理過的木材和油漆，但臺灣夏天經常好幾個月都得關在密閉室內使用空調，空氣只在室內循環，有害的化學氣體仍在緩緩釋出，最後都被人呼吸進入身體。

如果我們盡量採用自然生態的塗料（油漆）和生態接著劑（膠），不但對人身體健康就已經值得，還可以保養木材，調節室內濕度，讓建築物也更健康。

### 案例／

圖1：漂流木的藝術作品。 圖2：天然木料保護顏料。  
圖3：天然建材纖維板。



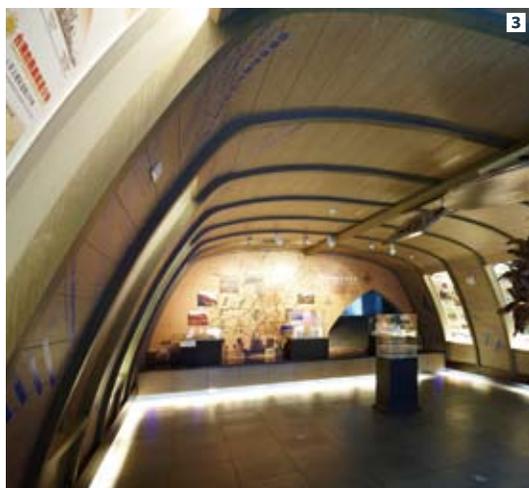
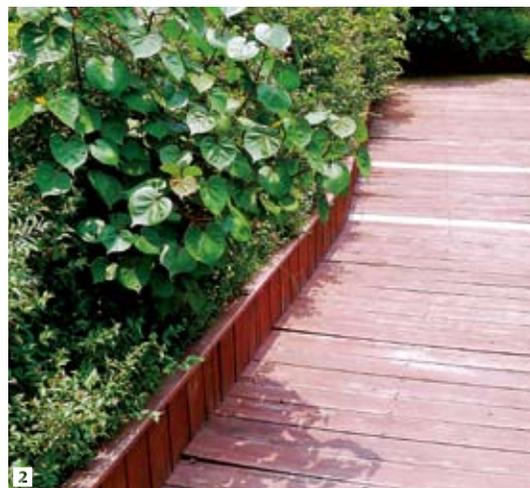
## ▶ 生態性建材：

生態綠建材在建材從生產到消滅的生命週期中，除了滿足基本性能要求外，對於地球環境而言最自然、消耗最少能源、資源加工最少。以此原則，來自無匱乏來源的植物、動物、礦物材料最適合，例如：籐、竹、草、羊毛、粘土、寒帶再生林木都很好，但是高貴的熱帶林木，砍伐會加速生物滅絕，並不鼓勵。

以現今技術，植物性防蟲、防腐劑品質與耐用性能都已經很好，可以取代化學產品，如果盡量採用自然生態的建材和工法，對生活在其中的人也最為健康。

## 案例／

圖1：透水性透水鋪面示範。圖2：屋頂綠化木棧道。  
圖3：木構展覽室。圖4：綠化水池旁的漂流木椅。



## ▶ 再生性建材：

綠建材以本土原料、加工次數少、耗能低、易回收、堅固耐用、可重複組裝重新使用為最佳。

如果既有舊建材能夠再一次利用則更好，例如舊木材、舊家具、舊輪胎、舊設備可以再製成為地板、天花板、踢腳板等等，或混合廢棄土石、廢棄塑膠、玻璃等製成仿木、輕質骨材、透水磚。

## 案例／



▲圖1：回收透水磚。



▲圖2：回收鐵門也可以是很美觀的展示牆面。

## ▶ 高性能建材：

高性能的防音、透水等建材，可以有效防止噪音影響到生活品質，或讓水滲透入地下，對環境友善。

## 案例／



▲圖3：高性能防音綠建材應用。



▲圖4：透水磚搭配植栽兼收美化效果。



# 16

## 第十六把鑰匙：雨水與生活雜排水利用



**生**活用水中，有許多用途對水的品質要求並不高，例如沖廁、洗地、洗車、消防、景觀噴水池、冷卻水塔等，這些也用到飲水等級的自來水真是太可惜了，如果收集雨水或是生活中用過的水（生活雜排水）再利用，已經夠好了。

雨水其實很容易收集，只要利用屋簷天溝或是屋頂地面排水管，把雨水引到儲存槽就可以了。而且自從污水接管之後，有些公寓的地下室就有閒置的水槽可用，採用很小的工程和成本，就可以建立一個簡單的雨水回收系統。工廠學校屋頂的面積大，甚至地面的雨水也可以從水溝收集，除了設水箱水塔、地下水池之外，也許還可以考慮做一個生態池。

## 雨水與生活雜排水利用

### ▶ 生活雜排水收集：

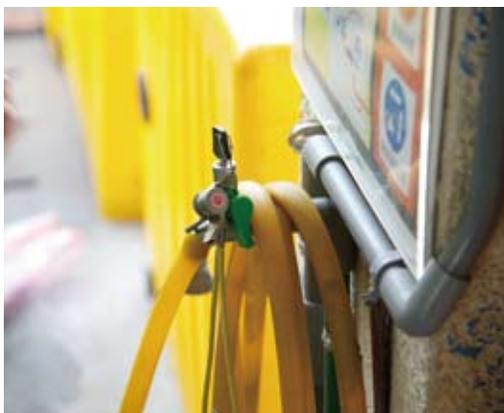
生活雜排水的收集也不難，未必要複雜的裝備，只要簡單的小工程接管，就能讓用過的水，有許多其它的用途。例如餐廳的洗米洗菜水，只要把排水管接到一個水槽，就可以拿來給花園澆灌之用，家庭如果貯留洗澡水和臉盆水，通常足夠沖馬桶之用。運用一些想像力設計幾個小系統，就可以不必用到乾淨的自來水。

### ▶ 用途：

視不同的用途，這些收集到的水有些可以直接使用，有些要經過簡單的過濾。如果水是儲存在地面上或許可以直接利用水壓往低處送水，地下水槽就一定得用抽水機來送水。

雨水和生活雜排水最常見是用於沖廁和澆灌，如果還有餘，也會用來洗地，這些用途都不會直接與身體接觸，沒有衛生的顧慮，但是因為沒有經過消毒殺菌，最好是優先把它用掉，不要囤積太久，以免水質變差。

▼ 圖1：戶外用於植物澆灌或洗地。



▼ 圖2：室內可用於沖廁。





▲圖1：雨水收集利用貯水池。

## 案例／中正紀念堂\_\_雨水利用

**中**正紀念堂有大面積的花草，需要大量的水來澆灌，過去都使用地下水和自來水，反而雨水都直接排放到公共下水道。經過改善後，收集紀念堂東北側屋頂和廣場大約2,300坪的水泥鋪面排水，流入草坪下面的大水槽，以900噸的雨水庫存，運用於花木澆灌、景觀池補水與都市防災，也可以減少都市下水道的負荷。

▼圖2：雨水收集利用貯水池。



▼圖3：雨水收集利用來澆灌草皮。





紀念堂東北側屋頂和地面雨水流入草坪下面的大貯水池。



▲圖1：翠湖利用屋頂收集雨水補充。

## 案例／國父紀念館\_\_雨水利用

**國**父紀念館的翠湖面積約2,400坪，過去為了維持水位，每個月約需補充4,000噸自來水，經過改善，收集紀念館右側屋頂的雨水排水，接引到翠湖邊的雨水處理系統，過濾後補充湖水水位，全年約可補充6,400噸，除了減少都市下水道的負荷，也減輕自來水供應的負擔。

▼圖2：進水管。



圖1：紀念館旁草地上的地下貯水槽。





▲圖1：蘆洲監理站A棟入口。

## 案例／新北市蘆洲監理站\_\_雨水利用

**蘆**洲監理站辦公大樓屋頂面積約200坪，全區皆是建築物與水泥硬鋪面，夏季炎熱。且每日洽公民眾在數百人甚至千人，公廁的用水量相當高，過去都是以自來水沖廁，站內的綠化植栽澆灌也是用自來水。監理站的辦公大樓和機車路考場皆為鐵皮斜屋頂，收集雨水的效率高，且主建築體已經安裝雨水天溝，以前都沒有利用，就用明管排放到周遭水溝裡，為此做了一些修改工程，收集引導雨水儲存下來，替代自來水的用量。

辦公大樓屋頂以天溝接引收集的雨水，匯流到5個3噸的水槽做初步沈澱後，再經過濾、消毒、殺菌後儲存於另一個3噸的水槽。處理過的水用於兩個地方，一是打水到三樓頂獨立水塔，供一樓和二樓沖廁和刷洗地板之用，另一是給洽公之廁所沖廁和周遭環境澆灌之用。



▲ 圖1：監理站屋頂面積大，正好適合收集雨水。

▼ 圖3：雨水澆灌的植物綠意盎然。 ▶ 圖2：收集雨水後接管送至貯水槽。





天溝接引收集的雨水，匯流到水槽做初步沈澱。

蘆洲監理站機車路考場屋頂面積約135坪，新建天溝接雨水，初步沈澱後存於5個3噸的水槽，直接供應周邊植物澆灌之用，只有當雨水存量不足時，才以自來水補充。

這兩個系統收集雨水的面積約為335坪，以這些本來直接排放掉的雨水，替代部分自來水使用，全年約節省1,200噸，將近是半個奧運標準游泳池的水量。



圖1~2：於水槽初步沈澱後，再經過濾、消毒、殺菌後儲存於另一個3噸的水槽。

圖3~5：蘆洲監理站大型雨水貯水槽用於澆灌與沖廁。



# 17



## 第十七把鑰匙：省水器材

**臺**灣雖然多雨，但是河川短且陡峻、湖泊少，水很快就流走了，且臺灣人口多，水費又便宜，每個人用水量都很大，只能靠興建水庫來取水，水庫必然會破壞山林，能避免要盡量避免。

臺灣平均每人每日用水約270公升，其中有很大比例都是浪費掉的。只要能調整習慣，就可以節省不少用水。例如沐浴則要150公升，淋浴只要約70公升；洗澡水可以用來沖廁，洗衣服的水可以用來洗車；洗米的水可用來洗碗，洗菜水或冷氣機、除濕機的冷凝水可以拿來澆花。只要多準備幾個水桶，一水兩用，光這樣，就可以省出一座水庫的容量。

省水設備可以更有效率節省水。新式的省水馬桶、加裝曝氣器的水龍頭、低流量蓮蓬頭，都能小兵立大功。選用有省水標章的洗衣機，每洗1公斤衣服可以省10公升的水，用各種省水設備林林總總累積起來就能省下另一座水庫的容量。



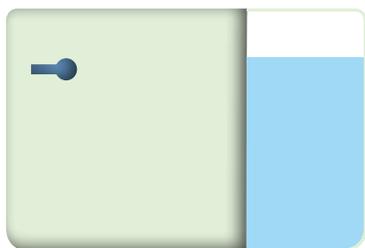
## 省水器材

三步驟輕鬆節省家庭用水：省水設備、動手回收、查漏

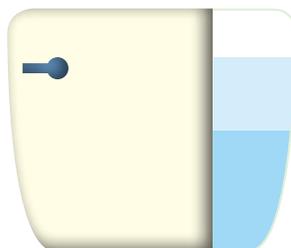
### ▶ 省水設備：採用省水標章產品達成節水

⊕ **省水型馬桶**：10年以上的舊式馬桶，每次沖水量普遍大於12公升，可更換為新式省水標章馬桶，每次沖水量在6公升以內，兩段式小號沖水量更在3公升以內，將能節省大量的水。

#### 老式馬桶與新式兩段馬桶



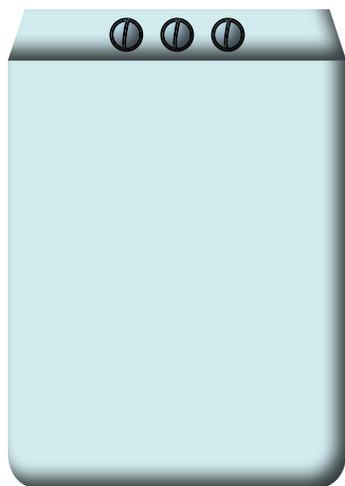
老式馬桶水箱大，沖水一次就要12公升水。



新式馬桶水箱小，沖水一次只要6公升水，兩段式沖小便只要3公升水。

**省水型洗衣機：**舊式洗衣機沒有考慮省水，所以大量的用水是白白浪費掉的，新式具省水標章之洗衣機利用水量控制與行程設計，可以節省35%-50%的用水，滾筒式洗衣機更省水，而且要盡量避免使用烘乾的程序，以免省了水卻耗了更多電。

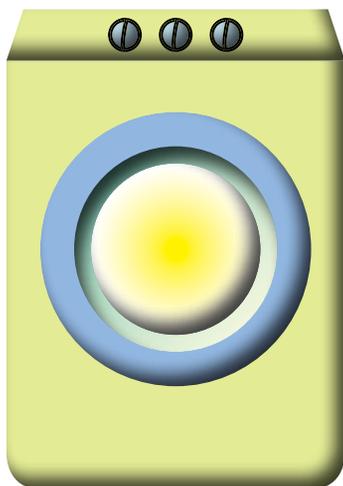
### 洗衣機省水



舊式洗衣機洗淨每公斤衣物耗水量約為30公升至40公升，洗一次衣服可用150-200公升水。



新式省水標章洗衣機，洗淨每公斤衣物耗水量小於20公升，一次僅消耗約100公升用水，省下將近一半的水。



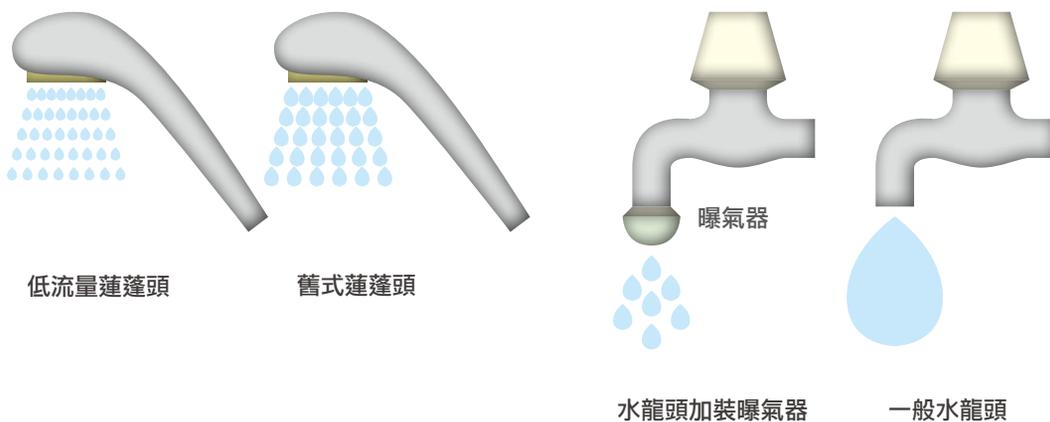
滾筒式洗衣機更省水，但要盡量避免使用烘乾行程，避免省了水卻耗了更多電。

## 省水標章



**省水型蓮蓬頭：**省水標章或低流量之蓮蓬頭，可節省蓮蓬頭出水，也能節省燒熱水的用電或瓦斯。另外水龍頭加裝曝氣器，流速相當卻可以降低約一半的水流量。

## 蓮蓬頭與水龍頭省水



## ▶ 動手回收：

洗澡時回收較乾淨的水、收集冷氣機除濕機的冷凝水、洗米洗菜洗碗盤的清洗水、及洗衣機的水等等，可以用於沖廁與澆灌，另外可利用屋簷裝設天溝，收集雨水供植物澆灌使用。

## ▶ 查漏：

定期檢查家中水管及器材是否漏水，並立刻找出漏水地點修復。檢查漏水可以先關閉家中所有水龍頭等等，觀察水錶指針一段時間後是否有變動，如果有動表示在漏水，應該趕緊找出漏水的地方進行修復。



▲圖1：內政部營建署南區工程處大門。



▲圖2：工程處戶外綠化。

## 案例／內政部營建署南區工程處\_\_省水設備

**位**於高雄市五福路的內政部營建署南區工程處，舊式的衛生用水設備，每年浪費許多水資源。主管嘉義以南建築改善與都市更新的國家一級機關，節省機關用水自然是刻不容緩的事情。

近年來，工程處主管使用一些小技巧就可以有效地節約用水。比方說加裝2段式節水馬桶，以節省小號時的沖水量，就可以有效的節約用水。說到另一個節約的改善方式是在水龍頭出水口處加裝水龍頭氣化器就可以使流量減少、流速增快。使平均每分鐘用水量20公升降為9公升，是相當有效的節水方法。

近年來，在有預算支援下，營建署全面改裝低水量的省水馬桶，蹲式馬桶也全面改裝低水箱2段式沖水器。據估計，馬桶大號用水可以由先前的20公升降為大號9公升，小號4.5公升。經年累月，就可以省下可觀的水費。



◀ 圖1：感應式尿斗。

▼ 圖2~3：低水箱二段式沖水器。

將自來水節水設備結合洗手台做整體設計，讓洗手的水可以回收再利用於沖馬桶，或是利用屋頂收集雨水，以及再利用的中水來沖洗馬桶，是更為經濟有效的水循環設計。據估計，加入以上的節水改善措施之後，機關每年約可省下30%以上的水費。

許多老舊的自來水管有滲漏的現象。經年累月下來，不但會造成房屋潮濕，減短建物的使用年限，更重要的是每年會浪費可觀的水資源。因此，節約自來水的當務之急，首先要防漏。汰換老舊管線，在剛開始時可能需要一些修繕的經費，但是從長期看來，經年累月省下的水費還是值得的。

臺灣雖然每年降雨量豐富，但是仍屬於缺水地區。珍惜水資源，節約用水，既環保又經濟，何樂而不為呢？



# 18



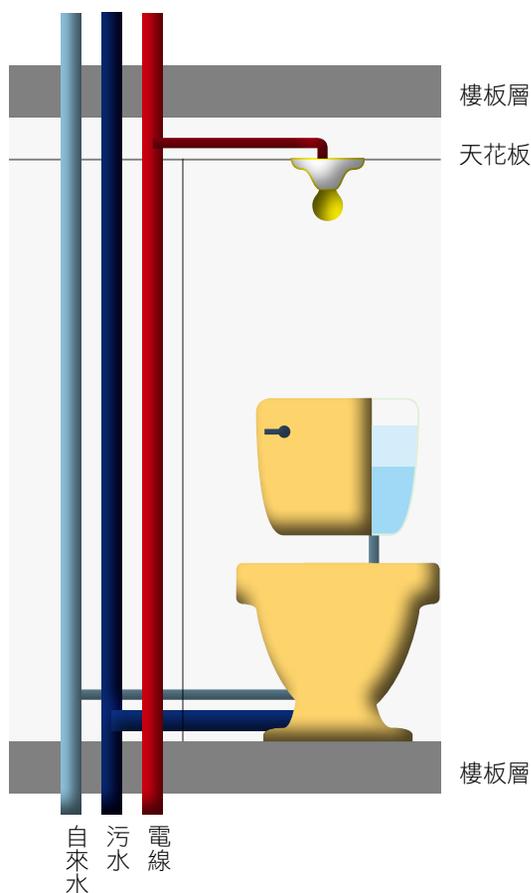
## 第十八把鑰匙：明管設計

**鋼**筋混凝土（RC）建築的結構壽命超過60年，但是內部其它水電瓦斯的管線壽命通常只有15年。一旦埋在牆內的管線老化需要維修時，得把牆壁鑿開才能處理，施工起來既耗時又髒亂，常常可能為了一個小問題，卻得大費周章弄得人仰馬翻，且可能傷害到結構，造成建築物的弱點，若遇上大地震時可能因此造成巨大傷亡。

新式的建築大多已採用明管設計，並在公共空間設有專用的管道間以利維修。遇到漏水等問題，責任也很清楚簡單，免去鄰居之間大部分的糾紛。老公寓也很多都廢棄掉原有的暗管改裝明管，但是多半沒有統一施工，各家的包工自行找地方插空隙，有可能蠻紊亂的。

既有建築綠改善的時候，如果不是全部使用者都要一起修繕，可以先規劃出所有明管的位置，並先施做主要管線幹道，將來其他使用者修繕時再接管進來。室內裝修要動到的是自己的房屋，為了安全，應該要盡量避免打牆壁，還是化暗為明，比較好。明管設計首重保護結構，雖然不似藏在牆內那般隱而不見，但其實只要架設整齊，沿邊走直角，並不會影響美觀，甚至可以透過美感與巧思，成為室內設計的一部分

## 明管設計

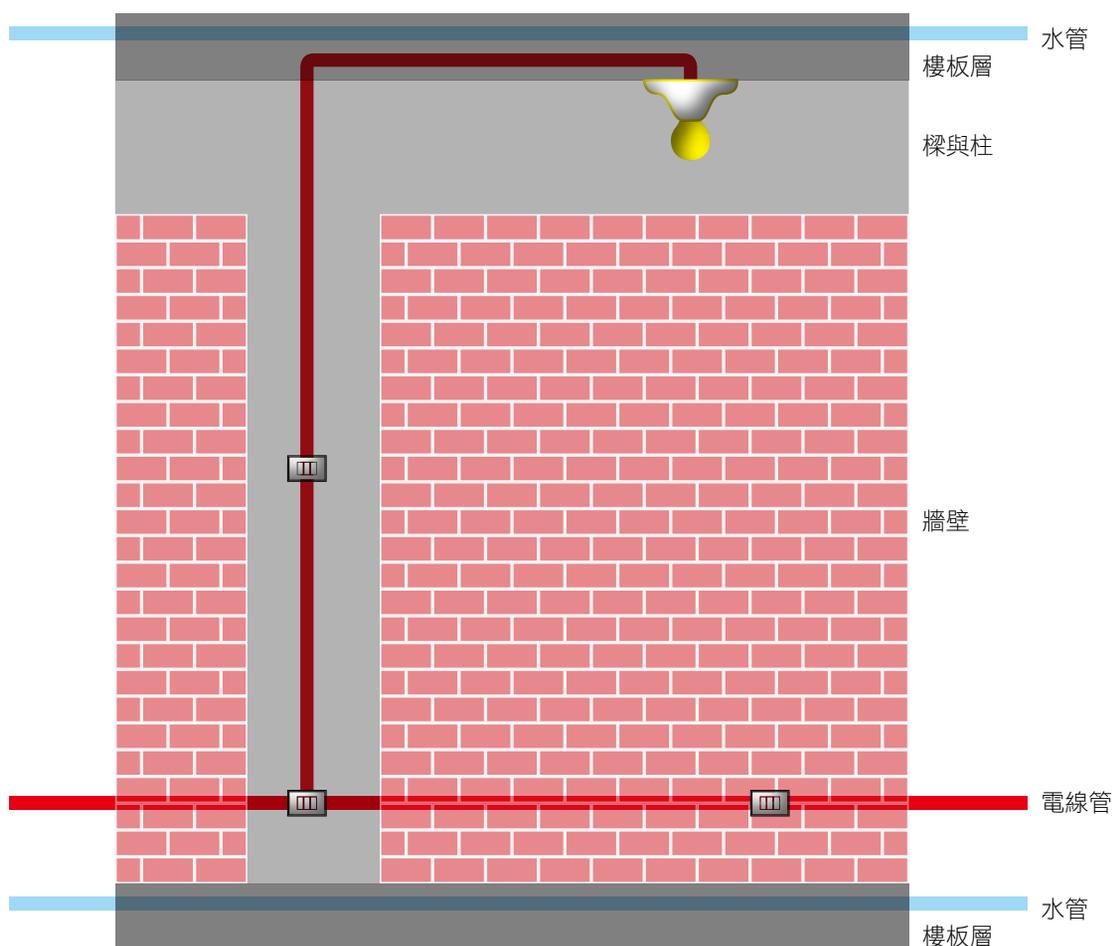


### 【明管設計小訣竅】

- ▶ 舊房舍若需更新管路時，僅需將埋設於柱、樑、樓板之內的管路，改為明管，就能夠延長建築物的壽命，提高房屋的價值。
- ▶ 部分明管可以架在天花板上，或利用線槽把電線類集中管理。
- ▶ 垂直方向可以設置管道間或是管道櫃，集中大部分的明管。
- ▶ 不同管路用不同的顏色分類，以利日後維護。
- ▶ 改用明管的目的是為了建築物的安全和維修容易，保護結構是首要重點，如果裝設明管要經過樑的時候，應盡量從樑的下面繞過去，宜避免穿孔通過，否則需經土木或結構技師簽證核算，確認安全性方可穿樑。

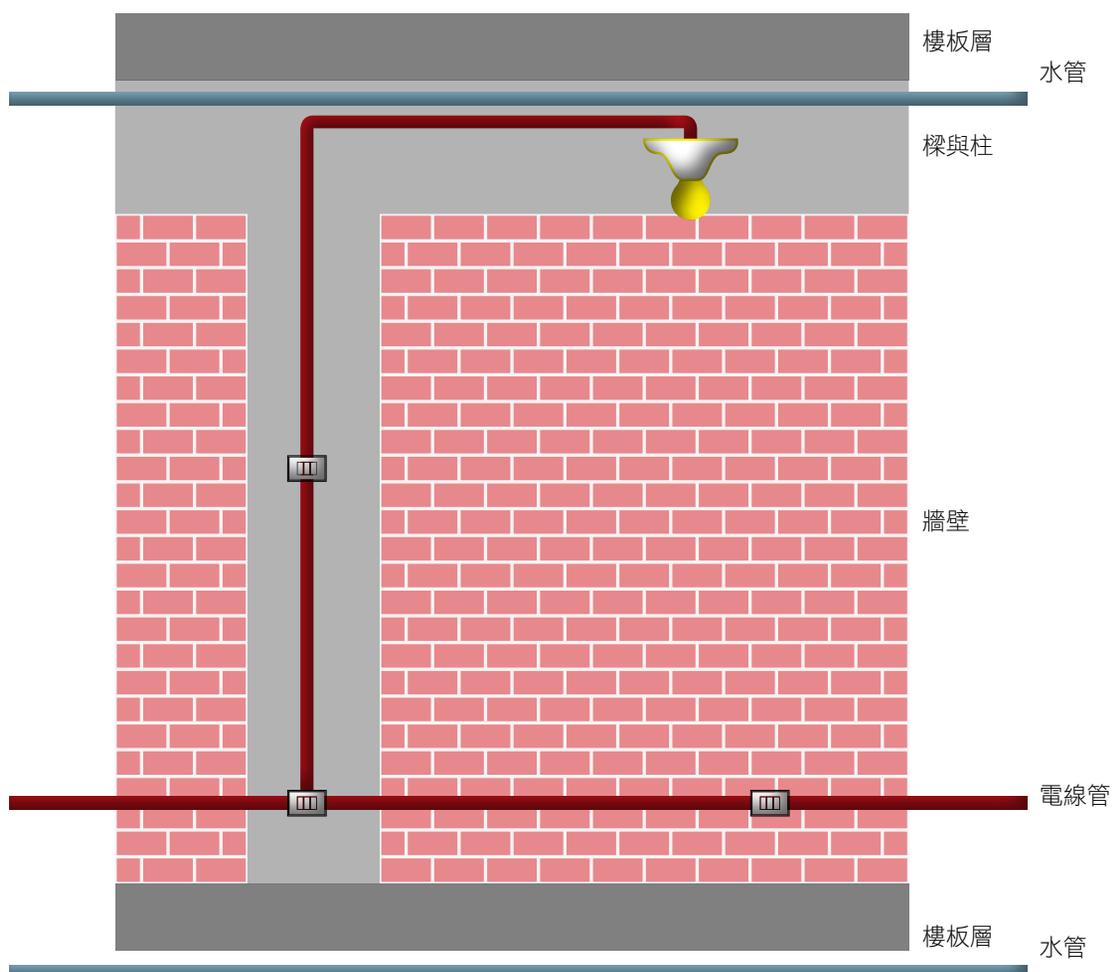
## 暗管

所謂暗管，指在蓋房子的時候，把水、電、瓦斯等管路，都埋藏在牆壁與樑柱裡面，只露出開關、插座、水龍頭等等，這樣雖然美觀，但是維修困難，需要敲打牆壁甚至樑柱，會弱化結構強度。



## 明管

所謂明管，主要管線皆在開放區域整齊排列，利於維修，進入室內後，可以外露，或是藏於天花板上面、乾式隔間板之內。





▲▼圖1~3：臺中文化創意產業園區室內各式明管設計應用。

## 案例／臺中花雕儲酒廠\_\_明管設計

**花**雕儲酒廠建於1979年，到今天已經超過50年了，為了將來更延長壽命，最好盡量避免日後敲打牆壁施工，因此大量採用明管設計，將來維修都只需修理管路即可。且明管經過規劃整齊施工，不但無損於外觀，還有一種秩序韻律，為建築設計增色。

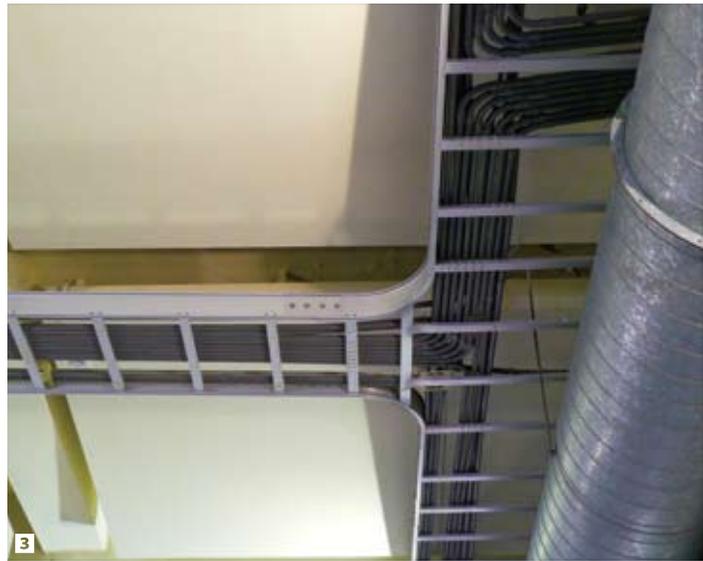




▲▼►圖1~5：各式明管設計應用。

室內管路走在頭頂上方，以配線槽排列整齊，將來因應不同的空間需求，人員變更或是系統變更，都無需經歷一次天翻地覆來找線，或是修好一個問題卻又搞出另一個問題，不但維修人員方便，也讓使用的業主減少很多麻煩。

原有的燈光、開關也無需再沿用牆內的暗管，改以整齊的明管排列，將來有調整或是需要修理，不必去牆裡面找線、抽線、勾線，更不必去打牆再糊水泥重新粉刷，對於老建築的壽命，有很大的好處。



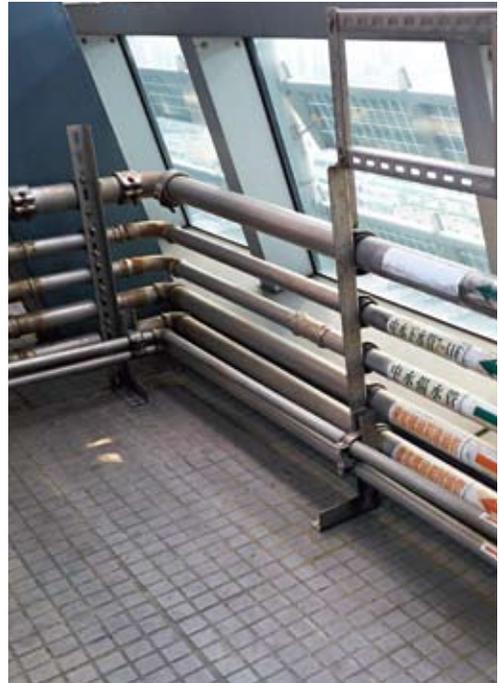


▲ 圖1：富邦福安紀念館雨水收集過濾器。

## 案例／福安紀念館\_\_明管設計

**福**安紀念館內經常可以看到，管路都在方便維修的位置整齊排列，並且在每道管路上都清楚標示性質用途，將來維修要抓問題都很容易，既有建築綠改善應該改採用這樣的明管設計。

◀ 圖2-3：明管管路上有標示清楚的說明牌。





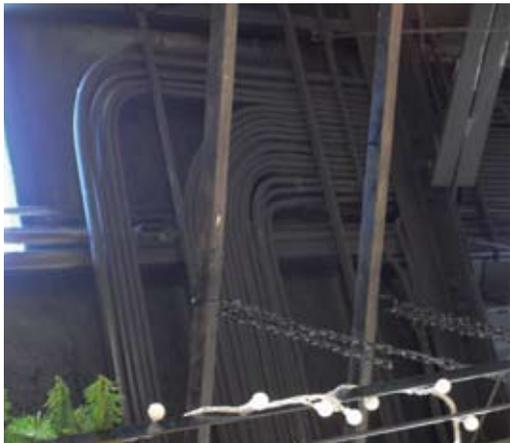
▲圖1：大量採用收集得來的老舊木傢俱與窗來營造氣氛。

## 案例／四四南村好丘餐廳\_明管設計

**臺**北信義區101大樓周邊，有一片公園般的區域，這裡是「信義公民會館」，也就是昔日的眷村「四四南村」，當年是臺灣的第一座眷村，主要以木材、竹籬、石灰及瓦片所建築而成，是一連棟式的平房，採「魚骨狀」的架構排列，直到1999年拆除時，多半仍維持舊日的模樣。

由於具有古蹟的紀念價值，所以，當好丘進駐這個空間時，在裝潢整修上，都以不傷害屋體結構為前提，在水電管線的配置上，採取明管設計，不但不傷結構、維修方便，同時也營造出一種璞質、簡單生活的氣息。屋內保存原來的魚骨架構樑柱，塗黑的木造的結構，配上各式燈罩、投射燈，讓古蹟裡也油然而生一種現代感。

▼圖2：裝潢整修上大量使用明管設計。



▼圖3：管路皆採用明管整齊排列在開放的屋頂上。





# 貼心小提醒 ( Q&A )

**Q：** 我的房屋要裝修，如果採用綠建築改善是不是要花很多錢？

**A：** 綠建築不鼓勵豪奢，反而是設計很多方法來節儉，如果採用綠改善裝修，也許不會是最低價，但是也不至於比正常更貴，尤其是在房屋已經需要除舊佈新之際，更是值得。例如把暗管改為明管，不但省去打牆的工程，日後維修也更容易，長遠看是節省的。

**Q：** 我平常生活自在慣了，如果綠建築改善，會不會影響到我的自由與方便？

**A：** 綠建築並不規範人的生活，而是藉著各種方法來改良建築，裡面使用的人儘量配合當然越好，但是就算不去管它，只要不去破壞它，綠建築也會善盡節能、減廢、生態、健康的功能。例如採用了感應式開關，一方面當然省電，另一方面也省了我們動手去開開關關。

**Q：** 我很想把我家改成綠建築，但是同一棟樓的其它他鄰居並沒有興趣，我可以怎麼辦？

**A：** 綠建築普遍的工法就有幾十種，即使鑽石級的綠建築，也不會每一項都做，而是視個案條件採取最佳的組合。如果一棟樓裡只有一家有興趣綠建築，也可以從自己家中做起，例如採用高效率光源、節能電器、明管設計等都可以自己來，之後再以自己綠改善的成果去影響鄰居，整棟一起來改善。

# 貼心小提醒 (Q&A)

**Q：**我是一家小公司的老闆，我們公司每個月的電費都要好幾萬，夏天甚至超過十萬，綠建築改善可以幫助我節省電費嗎？

**A：**臺灣的電費太便宜，因此有太多地方在隨便浪費，加總起來就很多。好消息是省電的方法有很多，從換用更省電的燈管和燈具、感應式開關、有效率的照明設計就有幫助，空調如果太耗能應該更換，但即使節能的空調也要要求良好的使用習慣，員工看到老闆處處在省電，一起配合，就會省下很多錢。

**Q：**我是一所學校的校長，我們學校每個月的電費都很高，有可能改善嗎？

**A：**越大的單位可以節能的空間就越大，可以請專家來診斷，從最有利的方向開始，逐步改善。例如可採用BEMS系統就是不錯的選擇。

**Q：**熱泵似乎較適合大量用水的用戶，對三人以下的小家庭來說，裝設熱泵划算嗎？

**A：**現在已經有小型的熱泵，適合小家庭的洗澡水用量，至於水溫和水量，仍需看廠商的規格與保證。熱泵只要發揮出合理的效能，就比電熱或瓦斯省錢。

**Q：**若想在自家庭院設置生態複層的環境，該如何在考慮生物多樣性的同時，避免因為人為因素或不當引入物種，而破壞自然的生物鏈？

**A**：這個問題很好，顯然你很有心環保，不過在自家庭園設置生態複層可能有困難，生態複層需要有從喬木到草花各種不同植物，面積要得夠大才行。但是就算在自家庭園，也可以用生態的精神來綠化，首先要避免舶來品的奇花異草，儘量只種本土的原生物種，耐活又省事，另外要避免太多人為干預，讓動植物自行發展，殺蟲劑也是能免則免，多留些蟲，給鳥吃。

**Q**：生態池會不會長蚊子，綠化環境之後，會不會有很多蟲？

**A**：生態池中的魚會吃孑孓，就不會長蚊子，至於各種蟲子，那是自然界中最尋常的食物鍊，大蟲吃小蟲，小鳥吃大蟲，每一個物種都沒有機會太囂張。至於家中室內，只要打掃乾淨不留食物與水在外，蟲也沒有興趣進來。

**Q**：我住在頂樓加蓋鐵皮屋，且是租賃的房子，冬冷夏熱溫差極大，請問除了使用空調之外，還有什麼節能環保、又能增進舒適的作法？

**A**：屋頂鐵皮屋有安全的顧慮，不適合在外層附加物件，頂多只能在表面漆白漆，在內層做重量輕的隔熱層，或是在夏天維持充分的通風，空氣流通最好，至少就不會比外面熱。



# 後記

建築物的風格，反映著一個時代的技術、思想與內涵。而我們這個時代對當下與未來的思索主流，就是綠建築。

綠建築是一種態度。全新的綠建築當然很好，但已經存在的房屋，只要綠改善，就能有很好的效果，讓絕大多數的老舊房屋，都能從綠改善找到新生命。為此，我們懷著極大的熱情來編輯這本書，過程中歷經重重討論與篩選，從現有已完成的綠改善案例中，初步選出60組可茲代表的案例，再從中精選整理出對一般民眾最切身相關者，彙整為18把鑰匙。鑰匙的功能是用來開門，握著這18把鑰匙，讓綠建築開門，不只是打開「蓋房子」的門，也打開了新一代生活方式的門。

要讓一般非專業的民眾了解建築專業的知識，並非易事；為了鼓勵讀者坐而讀、起而行，我們在力求淺白易懂的同時，也不忘專業正確性，透過各種專業的合作，終於促成了這本書的完成。



圖1：國立科學工藝博物館屋頂綠化植栽槽。圖2；成功大學光復校區戶外照明。圖3：臺北科技大學外牆綠化水池旁漂流木椅。

我們希望讀者能夠透過本書的情報與材料，展開自己的綠改善計畫，做出適合自己的判斷與決策。書中有些「鑰匙」很容易，也許DIY就能達成，有些可經由包商代為施工，有些則需要由專業技術的公司來協助規劃設計。

本書是一本入門書，我們提供了打開綠改善大門的鑰匙，屋內有更多的細節與空間，邀請你踏進來，和我們一起探索綠建築的絕妙與美好。

本書編輯過程，感謝各單位協助攝影，並提供資料與圖片，其中台達電南科廠房因為正在施工無法攝影，本書中相關的照片是由原單位提供，宏遠紡織生態工業園中許多可愛的小鳥與小蟲，則是宏遠員工耐心拍攝所得，皆為本書增色不少，在此致上深深感謝。



# 附錄：圖片／版權來源

## 第003頁

- 圖1：臺北市立圖書館北投分館陽台／編輯部
- 圖2：臺中文化創意產業園區風塔／編輯部
- 圖3：臺中文化創意產業園區木棧板／編輯部

## 第007頁

- 圖：國際間綠建築評估系統／內政部建築研究所

## 第010頁

- 圖1：宏遠紡織生態工業園／編輯部

## 第012頁

- 圖1：為什麼需要生物多樣性／內政部建築研究所
- 圖2：誘鳥誘蝶植物綠化／內政部建築研究所

## 第013頁

- 圖1：建築物二氧化碳排放與植物吸收／內政部建築研究所
- 圖2：生態綠化引來許多野鳥及昆蟲／內政部建築研究所
- 圖3：原始與破壞後的山林／內政部建築研究所

## 第014頁

- 圖1：滲透設計／內政部建築研究所
- 圖2：宏遠紡織生態工業園區草溝／編輯部
- 圖3：停車場透水撲面／內政部建築研究所

- 圖4：礫石鋪設裸露地可貯集滲透／內政部建築研究所

## 第015頁

- 圖1：空調、照明、外殼節能／內政部建築研究所
- 圖2：國立臺北藝術大學圖書館降低燈光高度以節能並提高效率／編輯部
- 圖3：國立臺北藝術大學圖書館閱覽桌獨立局部照明／編輯部
- 圖4：臺灣電力公司新營營業處外殼隔熱遮陽建築／內政部建築研究所

## 第016頁

- 圖1：RC建築物二氧化碳排放量是鋼構建築的1.47倍／內政部建築研究所
- 圖2：回收性金屬建材是環保建材／內政部建築研究所
- 圖3：建築輕量化是建材減量主因／內政部建築研究所
- 圖4：現代化木構造建築可以展現綠建築文化／內政部建築研究所

## 第017頁

- 圖1：廢棄物減量在於減少施工中與拆除後之環境汙染量／內政部建築研究所
- 圖2：廢輪胎做成的護坡／內政部建築研究所
- 圖3：南加州瓦斯公司能資中心採用80%回收建材／內政部建築研究所
- 圖4：輕量化結構可減少施工廢棄物／內政部建築研究所

# 圖片／版權來源

## 第018頁

- 圖1：天然木料保護漆／內政部建築研究所
- 圖2：教室充份採用自然光／內政部建築研究所
- 圖3：牛奶漆所完成的室內裝修符合環保建材／內政部建築研究所

## 第019頁

- 圖1：水資源指標以節約日常用水為目標／內政部建築研究所
- 圖2：木柵動物園舊建築物改造的雨水貯集設施／內政部建築研究所
- 圖3：尿斗採用感應式沖水／編輯部
- 圖4：日本某社區地下共同管溝中的中水系統／內政部建築研究所

## 第020頁

- 圖1：污水與垃圾改善指標概念圖／內政部建築研究所
- 圖2：二行社區人工溼地污水處理全景／內政部建築研究所
- 圖3：社區將垃圾分類進行資源回收／內政部建築研究所
- 圖4：以發酵菌混合廚餘製造堆肥／內政部建築研究所

## 第021頁

- 圖1：宏遠紡織生態工業園區透水磚／編輯部
- 圖2：成功大學建築系館人工溼地／編輯部

## 第024頁

- 圖1：孫運璿綠建築研究大樓全景／編輯部
- 圖2：孫運璿綠建築研究大樓入口／編輯部

## 第027頁

- 圖1：孫運璿綠建築研究大樓彷彿拿破崙軍帽的大片弧形屋簷，可以減少許多直接日曬，屋頂上則設計成階梯狀的野生花園。／編輯部

## 第028頁

- 圖1：孫運璿綠建築研究大樓平地的船首造型／編輯部
- 圖2：孫運璿綠建築研究大樓入口／編輯部
- 圖3：孫運璿綠建築研究大樓的風力發電機／編輯部
- 圖4：孫運璿綠建築研究大樓二樓的船首造型／編輯部

## 第029頁

- 圖1：孫運璿綠建築研究大樓洗手間的通風外牆／編輯部
- 圖2：孫運璿綠建築研究大樓二樓的船首造型／編輯部
- 圖3：孫運璿綠建築研究大樓平地的船首造型／編輯部

## 第030頁

- 圖1：孫運璿綠建築研究大樓室外與屋

# 圖片／版權來源

頂上都是綠色植物／編輯部

圖2：孫運璿綠建築研究大樓屋頂上的「梯田」／編輯部

圖3：孫運璿綠建築研究大樓屋頂上「梯田」植栽槽／編輯部

## 第031頁

圖1：孫運璿綠建築研究大樓洗手臺的腳踏式水龍頭／編輯部

圖2：孫運璿綠建築研究大樓的濾水系統／編輯部

圖3：孫運璿綠建築研究大樓以自然通風的國際會議廳／編輯部

圖4：灶竈通風示意圖／編輯部

## 第032頁

圖1：孫運璿綠建築研究大樓展覽1／編輯部

圖2：孫運璿綠建築研究大樓展覽2／編輯部

圖3：孫運璿綠建築研究大樓屋頂上架高的機電設備／編輯部

## 第033頁

圖1：孫運璿綠建築研究大樓的漂流木藝術作品／編輯部

## 第034頁

圖1：臺北市立圖書館北投分館遠景／編輯部

圖2：臺北市立圖書館北投分館建築物與水池／編輯部

## 第036頁

圖1：臺北市立圖書館北投分館室內鋼結構／編輯部

圖2：臺北市立圖書館北投分館木棧道陽台／編輯部

圖3：臺北市立圖書館北投分館木外窗／編輯部

## 第038頁

圖1：臺北市立圖書館北投分館室內落地窗與遮陽棚／編輯部

圖2：臺北市立圖書館北投分館木棧道室外迴廊設計／編輯部

圖3：臺北市立圖書館北投分館再生磚瓦外牆／編輯部

## 第039頁

圖1：臺北市立圖書館北投分館窗外就是樹木／編輯部

圖2：臺北市立圖書館北投分館窗外遮陽棚／編輯部

圖3：臺北市立圖書館北投分館大片落地窗反映對面的傳統高樓大廈／編輯部

圖4：臺北市立圖書館北投分館再生磚瓦外牆與氣窗／編輯部

## 第040頁

圖1：臺北市立圖書館北投分館閱覽室1／編輯部

圖2：臺北市立圖書館北投分館閱覽室2／編輯部

# 圖片／版權來源

圖3：臺北市立圖書館北投分館戶外的生態水池／編輯部

## 第041頁

圖1：臺北市立圖書館北投分館斜屋頂設計／呂文弘

## 第042頁

圖1：臺北市立圖書館北投分館陽台與戶外讀書的人／編輯部

圖2：臺北市立圖書館北投分館開闊的室內／編輯部

## 第043頁

圖1：臺北市立圖書館北投分館陽台上的裝置藝術／編輯部

圖2：臺北市立圖書館北投分館陽台上的桌與椅／編輯部

圖3：臺北市立圖書館北投分館內部俯瞰／編輯部

## 第044頁

圖1：台達電南科廠房外觀／台達電子工業股份有限公司

圖2：台達電南科廠房摺紙造型的玄關／台達電子工業股份有限公司

## 第046頁

圖1：台達電南科廠房摺紙造型的玄關夜景／台達電子工業股份有限公司

## 第048頁

圖1：台達電南科廠房摺紙造型的玄關內景／台達電子工業股份有限公司

圖2：台達電南科廠房內凹的深開窗／台達電子工業股份有限公司

## 第049頁

圖1：台達電南科廠房摺紙造型的玄關側面／台達電子工業股份有限公司

圖2：台達電南科廠房內部空間／台達電子工業股份有限公司

圖3：浮力通風塔示意圖／編輯部

## 第050頁

圖1：台達電南科廠房中庭綠化與吸引目光的樓梯／台達電子工業股份有限公司

圖2：台達電南科廠房戶外植栽／台達電子工業股份有限公司

## 第051頁

圖1：台達電南科廠房生態水池／台達電子工業股份有限公司

圖2：台達電南科廠房植樹／台達電子工業股份有限公司

圖3：台達電南科廠房自然通風採光良好的停車場／台達電子工業股份有限公司

圖4：天井採光，明亮又通風／台達電子工業股份有限公司

## 第052頁

圖1：台達電南科廠房生態水池／台達電子工業股份有限公司

圖2：台達電南科廠房生態水池與外牆

# 圖片／版權來源

／台達電子工業股份有限公司

圖3：台達電南科廠房戶外綠美化／台達電子工業股份有限公司

## 第053頁

圖1：台達電南科廠房的生態水池／台達電子工業股份有限公司

圖2：台達電南科廠房建造方位設計可以避免直接日曬／台達電子工業股份有限公司

圖3：台達電南科廠屋頂上的太陽能板／台達電子工業股份有限公司

圖4：台達電南科廠房生態水池吸引多種昆蟲動物前來棲息／台達電子工業股份有限公司

## 第054頁

圖1：富邦福安紀念館大廳／編輯部

圖1：富邦福安紀念館在臺北市仁愛路的外觀／富邦福安紀念館

## 第057頁

圖1：富邦福安紀念館的空中花園／編輯部

## 第058頁

圖1：富邦福安紀念館窗外多層次的植栽手法／編輯部

圖2：富邦福安紀念館屋頂花園／編輯部

圖3：富邦福安紀念館在都市高樓頂的環保與美感／編輯部

## 第059頁

圖1：富邦福安紀念館大廳肖像畫／編輯部

圖2：富邦福安紀念館大廳雕塑／編輯部

圖3：富邦福安紀念館空氣品質優良的辦公室／編輯部

## 第060頁

圖1：富邦福安紀念館樓頂上的花園／編輯部

## 第061頁

圖1：富邦福安紀念館中水水管管路／編輯部

圖2：富邦福安紀念館雨水回收過濾桶／編輯部

圖3：富邦福安紀念館機電與明管／編輯部

## 第064頁

圖1：臺中文化創意產業園區天井／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區排列整齊的明管／編輯部

## 第066頁

圖1：臺中文化創意產業園區中庭挑空／編輯部

## 第068頁

圖1：臺中文化創意產業園區落地窗遮陽棚／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區遮陽板與戶外綠樹／編輯部

圖3：臺中文化創意產業園區屋頂綠化／編輯部

## 第069頁

# 圖片／版權來源

圖1：臺中文化創意產業園區以舊廠房外牆內縮做為遮陽與通風空間／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區陽台綠化／編輯部

圖3：臺中文化創意產業園區以廢棄磁磚做成的馬賽克拼貼／編輯部

## 第070頁

圖1：臺中文化創意產業園區室內井然有序的管線／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區通風明管／編輯部

圖3：臺中文化創意產業園區通風管出風口／編輯部

## 第071頁

圖1：臺中文化創意產業園區通風塔／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區屋頂排氣裝置／編輯部

## 第072頁

圖1：臺中文化創意產業園區陽台與綠化1／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區陽台與綠化2／編輯部

## 第073頁

圖1：臺中文化創意產業園區綠化1／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區綠化2／編輯部

圖3：臺中文化創意產業園區綠化3／編輯部

## 第074頁

圖1：宏遠紡織生態工業園外觀／編輯部

圖2：宏遠紡織生態工業園區內綠意盎然、鳥語花香的生態公園／編輯部

## 第076頁

圖1：宏遠紡織生態工業園永續創新大樓外觀／編輯部

## 第078頁

圖1：宏遠紡織生態工業園來訪的飛蛾／宏遠紡織生態工業園區影像館

圖2：宏遠紡織生態工業園來訪的蝴蝶／宏遠紡織生態工業園區影像館

圖3：宏遠紡織生態工業園自然氣氛的池塘／編輯部

圖4：宏遠紡織生態工業園來訪的鳥／宏遠紡織生態工業園區影像館

## 第079頁

圖1：宏遠紡織生態工業園水上的荷花／宏遠紡織生態工業園區影像館

## 第080頁

圖1：宏遠紡織生態工業園的遮陽棚／編輯部

圖2：宏遠紡織生態工業園遮陽板和微霧系統／編輯部

圖3：宏遠紡織生態工業園以立體綠化為建築物降溫／編輯部

# 圖片／版權來源

## 第081頁

- 圖1：宏遠紡織生態工業園的草溝／編輯部
- 圖2：宏遠紡織生態工業園自製透水磚工廠／編輯部
- 圖3：宏遠紡織生態工業園的透水磚鋪面／編輯部

## 第082頁

- 圖1：宏遠紡織生態園來訪的小鳥／宏遠紡織生態工業園區生態館
- 圖2：宏遠紡織生態工業園的小花／宏遠紡織生態工業園區生態館
- 圖3：宏遠紡織生態工業園的農場／編輯部

## 第083頁

- 圖1：宏遠紡織生態工業園員工自種的菜1／宏遠紡織生態工業園區生態館
- 圖2：宏遠紡織生態工業園員工自種的菜2／宏遠紡織生態工業園區生態館
- 圖3：宏遠紡織生態工業園員工自種的菜3／編輯部
- 圖4：宏遠紡織生態工業園員工自種的菜4／宏遠紡織生態工業園區生態館
- 圖5：宏遠紡織生態工業園內的農場／宏遠紡織生態工業園區生態館
- 圖6：宏遠紡織生態工業園的小花與來訪的小蟲／宏遠紡織生態工業園區生態館
- 圖7：宏遠紡織生態工業園內的農場／編輯部

## 第084頁

- 圖1：臺北科技大學外的垂直綠化設計／編輯部

## 第086頁

- 圖1：南湖國小垂直綠化的校園／編輯部
- 圖2：營建署南區工程處可調角度的遮陽板／編輯部

## 第087頁

- 圖1：國立臺北藝術大學圖書館的閱覽桌／編輯部
- 圖2：臺中文化創意產業園區的明管設計／編輯部

## 第088頁

- 圖1：臺北市立圖書館北投分館陽台與凳子／編輯部

## 第089頁

- 圖1：高雄大學屋頂的太陽能熱水器／編輯部

## 第090頁

- 圖1：高雄科學工藝博物館屋頂綠化的植栽槽／編輯部

## 第093頁

- 圖1：高雄科學工藝博物館屋頂綠化／編輯部
- 圖2：高雄大學戶外木棧道／編輯部

## 第094頁

# 圖片／版權來源

圖1：高雄大學太陽能熱水器的貯水槽  
／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區的明管設計  
／編輯部

## 第095頁

圖1：臺北科技大學以輔助設施製作綠牆  
／編輯部

## 第097頁

圖1：大坪林聯合開發大樓外殼隔熱設計  
／編輯部

## 第100頁

圖1：海岸巡防總局停車場的透水鋪面  
／編輯部

## 第101頁

圖1：蘆洲監理站雨水貯水槽  
／編輯部

## 第104頁

圖1：國立臺北藝術大學圖書館閱覽桌  
／編輯部

## 第106頁

圖1：燈泡效益比較示意圖  
／編輯部

## 第108頁

圖1：國立臺北藝術大學圖書館書架區照明  
／編輯部

## 第109頁

圖1：國立臺北藝術大學圖書館期刊與閱覽桌  
／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區晝光利用

與輔助照明  
／編輯部

圖3：臺中文化創意產業園區天井採光  
／編輯部

## 第110頁

圖1：國立臺北藝術大學圖書館外觀  
／編輯部

## 第111頁

圖1：國立臺北藝術大學圖書館閱覽桌1  
／編輯部

圖2：國立臺北藝術大學圖書館書庫照明  
／編輯部

圖3：國立臺北藝術大學圖書館閱覽桌2  
／編輯部

## 第112頁

圖1：國立臺北藝術大學圖書館舒適的沙發  
／編輯部

圖2：國立臺北藝術大學圖書館大廳  
／編輯部

## 第113頁

圖1：國立臺北藝術大學圖書館視聽室採用省電燈泡  
／編輯部

圖2：國立臺北藝術大學圖書館書架照明  
／編輯部

## 第114頁

圖1：國立成功大學光復校區戶外照明  
／編輯部

## 第115頁

圖1：國立成功大學光復校區高遮光角

# 圖片／版權來源

燈具設計／編輯部

圖2：國立成功大學光復校區外牆反射  
照明／編輯部

圖3：國立成功大學光復校區停車場照  
明／編輯部

## 第116頁

圖1：國立成功大學光復校區就位於台  
南火車站後站出口外／編輯部

圖1：國立成功大學光復校區道路照明  
／編輯部

## 第117頁

圖1：國立成功大學光復校區戶外照明  
1／編輯部

圖2：國立成功大學光復校區戶外照明  
2／編輯部

圖3：國立成功大學光復校區戶外照明  
3／編輯部

圖4：國立成功大學光復校區戶外照明  
4／編輯部

## 第118頁

圖1：大坪林聯合開發大樓戶外遮陽板  
／編輯部

## 第119頁

圖1：外殼隔熱示意圖／編輯部

## 第120頁

圖1：屋頂、外牆與窗隔熱示意圖／編  
輯部

## 第122頁

圖1：大坪林聯合開發大樓戶外遮陽板  
／編輯部

## 第123頁

圖1：大坪林聯合開發大樓戶外遮陽板  
設置前／大坪林聯合開發大樓管  
委會

圖2：大坪林聯合開發大樓戶外遮陽板  
設置後／大坪林聯合開發大樓管  
委會

## 第124頁

圖1：大坪林聯合開發大樓大門／編輯部

## 第125頁

圖1：大坪林聯合開發大樓外觀／編輯部

圖2：大坪林聯合開發大樓戶外遮陽板  
／編輯部

圖3：大坪林聯合開發大樓戶外維修步  
道／編輯部

## 第126頁

圖1：臺灣大學圖書館空調輸水管路／  
編輯部

## 第128頁

圖1：超量設計空調示意圖／編輯部

圖2：分散設計空調示意圖／編輯部

## 第129頁

圖1：全熱交換機示意圖／編輯部

## 第130頁

圖1：營建署南區工程處空調輸水管路

# 圖片／版權來源

／編輯部

## 第131頁

圖1：臺中文化創意產業園區的明管設計／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區屋頂出風塔／編輯部

圖3：臺中文化創意產業園區的天井／編輯部

## 第132頁

圖1：臺灣大學圖書館空調輸水管路／編輯部

## 第134頁

圖1：調節三法：VRV, VWV, VAV示意圖／編輯部

## 第136頁

圖1：臺灣大學圖書館空調輸水管路與泵／編輯部

## 第137頁

圖1：臺灣大學圖書館空調控制器／編輯部

圖2：臺灣大學圖書館空調輸水管路／編輯部

圖3：臺灣大學圖書館空調／編輯部

## 第138頁

圖1：中央聯合辦公大樓外觀／編輯部

圖2：中央聯合辦公大樓外觀空調變頻器／編輯部

## 第139頁

圖1：中央聯合辦公大樓空調變頻器／編輯部

圖2：中央聯合辦公大樓空調進氣口／編輯部

圖3：中央聯合辦公大樓空調新設空氣箱／編輯部

圖4：中央聯合辦公大樓空調控制器／編輯部

圖5：中央聯合辦公大樓空調送風管壓力感應器／編輯部

## 第140頁

圖1：高雄科學工藝博物館戶外窗遮陽棚／編輯部

## 第142頁

圖1：臺灣大學圖書館空調輸水管路／編輯部

圖2：臺灣大學圖書館空調輸水管路與泵／編輯部

圖3：臺灣大學圖書館空調BEMS電腦控制螢幕／編輯部

## 第143頁

圖1：中央聯合辦公大樓空調BEMS電腦控制螢幕1／編輯部

圖2：中央聯合辦公大樓空調BEMS電腦控制螢幕2／編輯部

圖3：中央聯合辦公大樓空調變頻器／編輯部

圖4：中央聯合辦公大樓空調外氣窗／編輯部

# 圖片／版權來源

## 第144頁

圖1：臺中文化創意產業園區的天井／編輯部

## 第145頁

圖1：平面通風示意圖／編輯部  
圖2：浮力風塔示意圖／編輯部

## 第146頁

圖1：臺中文化創意產業園區屋頂與風塔／編輯部  
圖2：臺中文化創意產業園區風塔出風口／編輯部

## 第147頁

圖1：臺中文化創意產業園區室內風管1／編輯部  
圖2：臺中文化創意產業園區通風天井／編輯部  
圖3：臺中文化創意產業園區室內風管2／編輯部  
圖4：臺中文化創意產業園區戶外遮陽板與窗遮陽棚／編輯部

## 第148頁

圖1：署立豐原醫院熱泵貯水槽／編輯部

## 第149頁

圖1：熱泵系統示意圖／編輯部

## 第150頁

圖1：熱泵／或冷氣機原理示意圖／編輯部

## 第151頁

圖1：高雄大學太陽能熱泵熱水器的貯水槽／編輯部

## 第152頁

圖1：太陽能熱水器原理示意圖／編輯部

## 第154頁

圖1：署立豐原醫院外觀／編輯部

## 第155頁

圖1：署立豐原醫院熱泵機電設備1／編輯部  
圖2：署立豐原醫院熱泵機電設備2／編輯部  
圖3：署立豐原醫院熱泵熱水器的貯水槽／編輯部

## 第156頁

圖1：高雄大學太陽能熱水器1／編輯部  
圖2：高雄大學太陽能熱水器2／編輯部  
圖3：高雄大學太陽能熱水器3／編輯部

## 第157頁

圖1：雲林科技大學學生宿舍太陽能熱水器／編輯部  
圖2：雲林科技大學校區／編輯部

## 第158頁

圖1：雲林科技大學學生宿舍太陽能熱水器／編輯部  
圖2：雲林科技大學學生宿舍太陽能熱水器水槽與熱水出口／編輯部  
圖3：雲林科技大學學生宿舍太陽能熱水器水槽與熱水管路／編輯部

# 圖片／版權來源

## 第159頁

圖1：利用太陽能預熱再以鍋爐加熱，  
可節省大量的瓦斯費用／編輯部

## 第160頁

圖1：國立臺北藝術大學圖書館書架區  
照明／編輯部

## 第161頁

圖1：節能冷氣示意圖／編輯部

## 第162頁

圖1：節能暖氣示意圖／編輯部

## 第164頁

圖1：浴室排熱排濕示意圖／編輯部

## 第165頁

圖1：冷熱對沖示意圖／編輯部

## 第166頁

圖1：影印機、雷射印表機排熱排廢示  
意圖／編輯部

## 第167頁

圖1：茶水間抽風排熱示意圖／編輯部

## 第170頁

圖1：孫運璿綠建築研究大樓室外與屋  
頂綠色植栽／編輯部

## 第172頁

圖A：宏遠紡織生態工業園攀爬綠牆／  
編輯部

圖B：臺中文化創意產業園區垂掛綠牆  
／編輯部

圖C：臺北科技大學輔助設施綠牆／編  
輯部

## 第173頁

圖1：宏遠紡織生態工業園攀爬綠牆與  
垂直綠化／編輯部

## 第174頁

圖1：國立科學工藝博物館外觀／編輯部

## 第175頁

圖1：國立科學工藝博物館屋頂木棧道  
與屋頂綠化／編輯部

圖2：國立科學工藝博物館屋頂綠化植  
栽槽／編輯部

圖3：國立科學工藝博物館屋頂綠化與  
透水磚／編輯部

## 第176頁

圖1：國立科學工藝博物館屋頂綠化植  
栽槽／編輯部

## 第177頁

圖1：國立科學工藝博物館綠化植栽槽  
／編輯部

圖2：國立科學工藝博物館綠地與窗遮  
陽罩／編輯部

圖3：國立科學工藝博物館屋頂綠化與  
木棧道／編輯部

## 第178頁

# 圖片／版權來源

圖1：宏遠紡織生態工業園攀爬綠牆與垂直綠化1／編輯部

圖2：宏遠紡織生態工業園攀爬綠牆與垂直綠化2／編輯部

## 第179頁

圖1：內政部警政署外觀／編輯部

## 第180頁

圖1：內政部警政署垂直綠化綠牆／編輯部

圖2：內政部警政署牆內小花1／編輯部

圖3：內政部警政署牆內小花2／編輯部

## 第181頁

圖1：內政部警政署大門／編輯部

圖2：內政部警政署垂直綠化綠牆／編輯部

## 第182頁

圖1：宏遠紡織生態工業園生態池與垂直綠化／編輯部

圖2：宏遠紡織生態工業園來訪的小蟲／編輯部

## 第183頁

圖1：複層植栽示意圖／編輯部

## 第184頁

圖1：南湖國小校門／編輯部

## 第185頁

圖1：南湖國小校園坡地上的複層植栽／編輯部

## 第186頁

圖1：南湖國小屋頂上的溜滑梯／編輯部

圖2：南湖國小校園內的大樹與涼亭／編輯部

## 第187頁

圖1：南湖國小利用坡地落差製作的垂掛綠化與瀑布／編輯部

圖2：南湖國小校園內處處綠蔭／編輯部

## 第188頁

圖1：國立成功大學建築系館人工溼地／編輯部

## 第190頁

圖1：生態池示意圖／編輯部

## 第191頁

圖1：國立成功大學人工溼地多孔隙護岸。／編輯部

圖2：國立成功大學人工溼地浮葉植物。／編輯部

圖3：國立成功大學人工溼地挺水植物。／編輯部

## 第192頁

圖1：宏遠紡織生態工業園的生態池與浮葉植物／編輯部

## 第193頁

圖1：宏遠紡織生態池與大樓的外觀／編輯部

圖2：宏遠紡織生態工業園的生態池與木棧道／編輯部

# 圖片／版權來源

## 第194頁

圖1：海岸巡防總局的透水管透水鋪面／編輯部

## 第195頁

圖1：透水鋪面示意圖／編輯部

## 第196頁

圖1：海岸巡防總局外觀／編輯部

## 第197頁

圖1：海岸巡防總局停車場改善前的水泥鋪面／內政部建築研究所

圖2：海岸巡防總局停車場改善後的透水鋪面／編輯部

## 第198頁

圖1：海岸巡防總局透水管透水鋪面廣場／編輯部

## 第199頁

圖1：海岸巡防總局廣場改善施工過程／內政部建築研究所

圖2：海岸巡防總局廣場改善後的透水管透水鋪面／編輯部

## 第202頁

圖1：孫運璿綠建築研究大樓洗手間的通風透氣磚／編輯部

## 第203頁

圖1：孫運璿綠建築研究大樓漂流木的藝術作品／編輯部

圖2：天然木料保護顏料／內政部建築

研究所

圖3：天然建材纖維板／編輯部

## 第204頁

圖1：孫運璿綠建築科技大樓透水性透水鋪面示範／編輯部

圖2：國立科學工藝博物館屋頂綠化木棧道／編輯部

圖3：孫運璿綠建築科技大樓展覽室／編輯部

圖4：臺北科技大學外牆綠化水池旁漂流木椅／編輯部

## 第205頁

圖1：國立科學工藝博物館屋頂透水磚／編輯部

圖2：回收鐵門也可以是很美觀的展示牆面／編輯部

圖3：高性能防音綠建材應用／編輯部

圖4：透水磚搭配植栽兼收美化效果／編輯部

## 第206頁

圖1：國立成功大學建築系館人工溼地／編輯部

## 第207頁

圖1：雨水貯水槽戶外用於植物澆灌或洗地。／編輯部

圖2：雨水貯水槽室內可用於沖廁。／編輯部

## 第208頁

# 圖片／版權來源

圖1：中正紀念堂雨水收集利用貯水池  
1／編輯部

圖2：中正紀念堂雨水收集利用貯水池  
2／編輯部

圖3：中正紀念堂雨水收集利用澆灌草  
皮／編輯部

## 第209頁

圖1：中正紀念堂東北側屋頂和地面雨  
水流入草坪下面的大貯水池／編  
輯部

## 第210頁

圖1：國父紀念館翠湖利用屋頂收集雨  
水補充／編輯部

圖2：國父紀念館翠湖進水管／編輯部

## 第211頁

圖1：國父紀念館旁草地上的地下貯水  
槽／編輯部

## 第212頁

圖1：蘆洲監理站A棟入口／編輯部

## 第213頁

圖1：蘆洲監理站屋頂面積大正好適合  
收集雨水／編輯部

圖2：蘆洲監理站收集雨水後接管送至  
貯水槽／編輯部

圖3：蘆洲監理站以雨水澆灌的植物綠  
意盎然／編輯部

## 第214頁

圖1：蘆洲監理站雨水集水槽／編輯部

## 第215頁

圖1~2：殺菌後儲存於另一個3噸的水槽  
／編輯部

圖3~5：蘆洲監理站大型雨水貯水槽用  
於澆灌與沖廁／編輯部

## 第216頁

圖1：孫運璿綠建築研究大樓的洗手台  
採用腳踏式水龍頭／編輯部

## 第217頁

圖1：省水型馬桶示意圖／編輯部

## 第218頁

圖1：省水型洗衣機示意圖／編輯部

## 第219頁

圖1：省水標章圖／編輯部

圖2：蓮蓬頭與水龍頭省水示意圖／編  
輯部

## 第220頁

圖1：內政部營建署南區工程處大門／  
編輯部

圖2：內政部營建署南區工程處戶外綠  
化／編輯部

## 第221頁

圖1：內政部營建署南區工程處感應式  
尿斗／編輯部

圖2：內政部營建署南區工程處省水馬  
桶1／編輯部

圖3：內政部營建署南區工程處省水馬  
桶2／編輯部

# 圖片／版權來源

## 第222頁

圖1：臺中文化創意產業園區明管設計  
／編輯部

## 第223頁

圖1：明管設計示意圖／編輯部

## 第224頁

圖1：暗管示意圖／編輯部

## 第225頁

圖1：明管示意圖／編輯部

## 第226頁

圖1：臺中文化創意產業園區明管設計  
1／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區明管設計  
2／編輯部

圖3：臺中文化創意產業園區明管設計  
3／編輯部

## 第227頁

圖1：臺中文化創意產業園區明管設計  
1／編輯部

圖2：臺中文化創意產業園區室內明管  
設計2／編輯部

圖3：臺中文化創意產業園區室內明管  
設計3／編輯部

圖4：臺中文化創意產業園區室內明管  
設計4／編輯部

圖5：臺中文化創意產業園區室內明管  
設計5／編輯部

## 第228頁

圖1：富邦福安紀念館雨水收集過濾器  
／編輯部

圖2：富邦福安紀念館明管設計管路1/  
編輯部

圖3：富邦福安紀念館明管設計管路2/  
編輯部

## 第229頁

圖1：好丘餐廳大量採用收集得來的老舊  
木傢俱與窗來營造氣氛／編輯部

圖2：好丘餐廳裝潢整修上大量使用明  
管設計／編輯部

圖3：好丘餐廳管路皆採用明管整齊排  
列在開放的屋頂上／編輯部

## 第230頁

圖1：臺中文化創意產業園區木棧板/  
編輯部

## 第235頁

圖1：國立科學工藝博物館屋頂綠化植  
栽槽／編輯部

圖2：成功大學光復校區戶外照明／編  
輯部

圖3：臺北科技大學外牆綠化水池旁漂  
流木椅／編輯部

國家圖書館出版品預行編目資料

綠建築 綠改善—打開綠建築的18把鑰匙 / 粉紅豹文化事業有限公司編撰. -- 第1版. -- 新北市 : 內政部建研所, 民101.12

251面 ; 19X26.5公分

ISBN 978-986-03-5314-3(平裝)

1.綠建築 2.建築節能

441.577

101025967

## 綠建築 綠改善—打開綠建築的18把鑰匙

**出版機關：**內政部建築研究所

**地址：**新北市新店區北新路3段200號13樓

**電話：**02-8912-7890

**網址：**<http://www.abri.gov.tw>

**發行人：**何明錦

**監 修：**陳瑞鈴

**編修人員：**廖慧燕、陳伯勳、羅時麒、呂文弘、徐虎嘯、陳麒任

**諮詢顧問：**吳德賢、林載爵、林憲德、周鼎金、陳秀鸞、張楊乾、須文蔚、楊冠雄、  
廖朝軒、謝顯丞（依姓氏筆劃順序）

**編撰單位：**粉紅豹文化事業有限公司

**執行編輯：**虞葳、洪碧婉、林婉華、楊雅惠

**美術編輯：**陳思辰

**攝影：**劉信佑

**出版年月：**101年12月

**版次：**第1版第1刷

**定價：**300元

**展售處：**

政府出版品展售門市-五南文化廣場:台中市中山路6號

04-2226-0330 <http://www.wunanbooks.com.tw>

政府出版品展售門市-國家書店松江門市:台北市松江路209號1樓

02-2518-0207 <http://www.govbooks.com.tw>

**GPN：**1010103499

**ISBN：**978-986-03-5314-3 (平裝)

內政部建築研究所保留本書所有著作權利，欲利用本書全部或部分內容者，需徵求書面同意或授權。

**ECOLOGY 生態**

**ENERGY SAVING 節能**

**WASTE REDUCTION 減廢**

**HEALTH 健康**



ISBN 978-986-03-5314-3



G P N : 1 0 1 0 1 0 3 4 9 9