

國立交通大學

土木工程學系

碩士論文

應用綠建築評估指標於大專院校既有建築
節能評估之研究—以交通大學工程二館為例
A Study on Energy Saving of College Existing Buildings By
Green Building Indicators—A Case Study of
National Chiao Tung University Engineering Building II

研究生：林恩

指導教授：黃世昌 博士

中華民國一〇〇年七月

應用綠建築評估指標於大專院校既有建築節能評估之研究

—以交通大學工程二館為例

研究生：林恩

Student：An-Lin

指導教授：黃世昌

Advisor：Shyh-Chang Huang

國立交通大學

土木工程學系

碩士論文



Submitted to Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

In

Civil Engineering

July 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇〇年七月

應用綠建築評估指標於大專院校既有建築節能評估之研究

—以交通大學工程二館為例

研究生:林恩

指導教授:黃世昌 博士

國立交通大學土木工程學系(研究所)碩士班

摘要

本研究應用國內綠建築評估系統，以既有教學館舍作為研究對象，評估結果案例並不符合綠建築之照明系統節能標準，其主要因為綠建築照明用電密度基準較原設計基準 $20(\text{W}/\text{m}^2)$ 低。本研究研擬之「T8 型螢光燈管減量」及「T8 型螢光燈管汰換」兩種燈具改善模式，都可使原先不合格之照明系統節能評估達到合格的標準。其中，「T8 型螢光燈管減量」可讓案例減少約 13% 的照明年用電量，「T8 型螢光燈管汰換」可減少約 26% 照明年用電量。

其次，本研究建立研究模型並以此既有新竹地區教學館舍作分析，探討太陽能設置成本與建築物建造成本間之比例關係，在 EUI(Energy Use Index) 值 100 (kWh/m^2)、太陽能光電板設置成本每 1kWp 容量 200,000 元、主計處一百年度教室類單位造價編列標準之基準下，顯示設置 n% 的替代能源所需設置的太陽能成本約為建築物建造成本之 n%。

關鍵詞:既有建築、綠建築、太陽能、照明系統

A Study on Energy Saving of College Existing Buildings By
Green Building Indicators—A Case Study of
National Chiao Tung University Engineering Building II

Student : An-Lin

Advisor : Shyh-Chang Huang

Department of Civil Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

According to the formula of green building evaluation system, the case of existing building does not meet the lighting system index of energy saving. The main reason is that the standard of lighting power density in lighting system index is lower than that of the original design 20 (W/m²). This study evaluates two cases, the reduction and replacement of existing T8 type tube, which will meet the standard value of lighting system index. The results show that the reduction of existing T8 type case will reduce about 13% annual lighting electricity, and the replacement of existing T8 type tube case will reduce about 26%.

Furthermore, this study also evaluates the cost ratio between solar set-up and building. In the case of existing building at Hsin-Chu area. The cost ratio is about n% for setting n% alternative energy, basing on the 100 (kWh/m²•year) EUI value, solar cost \$200,000/1kWp and the standard price of classroom issued by DGBAS in 2010.

Keywords : Existing Building 、 Green Building Assessment 、 Solar 、
Lighting System

謝誌

滿心期待撰寫這一頁的到來，時光匆匆飛逝，六百九十三個日子過去了，求學歷程也在此劃下動容的句點，意味著我的人生，即將面臨下一階段嶄新的挑戰；回首這二十幾年的歲月，一路走來的背後都是需要家人及朋友們的扶持與提攜，若不是你們的陪伴，孰不知現在的我還身陷何處打轉，謝謝你們參與我的人生，使我更努力活出生命的色彩。

首先，要感謝養育我至今的父母親，你們的支持與鼓勵是我踏出每一步的動力，無怨無悔的犧牲奉獻孩子永遠銘記在心，我願將你們對我的疼愛，化作成長卓越的自己，竭盡所能地拼湊一幅屬於我們的幸福拼圖。其次，承蒙恩師黃世昌教授於每次研究討論中的傾囊相授，都更加深了我對您的崇拜，因為您總是能一語道破我的盲點，拯救我脫離論文的窘境，有您的耐心與督導，為這篇論文灌注了無限的創意及感動，謝謝老師您真的辛苦了！再來就是一同在研究所奮鬥打拼的每一位朋友們，咏麟、偉松、又安、柏濤、賜豪、正宜、志瑜、岑縉、田耘、坤峰、筱卉及靜好，謝謝你們容忍我在研究室所做的一切，雖然我不是最吵也不是最宅的，但希望會是你們永遠難忘的那一個，別忘了說好要一起手牽手加油，打遍天下無敵手以及同仇敵愾的那群狗，交大有朝一日會以我們為榮。

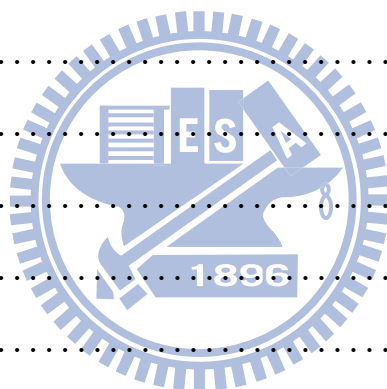
由衷感謝一路愛相隨的欣婷，在我論文完成前的這段煎熬日子裡，依然付出妳的包容及體諒，多年來默默的關心使我更倍感溫馨；獻給所有的親朋摯友，你們是我心裡最大的依靠與後盾，少了你們我的幸福就不完整。最後，還要感謝那些肯定我或是不看好我的人，有你們的存在如今的我才能更加茁壯，無論如何，我都會一直堅持走下去，展開人生另一趟新的旅程。

林 恩 謹誌

2011/7/25 於國立交通大學

目錄

摘要.....	I
Abstract.....	II
謝誌.....	III
圖目錄.....	VII
表目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究範圍.....	1
1.4 研究方法.....	2
1.5 研究流程.....	2
第二章 文獻回顧.....	3
2.1 相關研究論文.....	3
2.1.1 節能相關.....	3
2.1.2 綠建築相關.....	4
2.2 我國能源政策與相關法規探討.....	6
2.2.1 我國能源政策.....	6
2.2.2 我國能源發展概述.....	7
2.2.3 國內能源相關法規.....	9
2.3 再生能源種類及其內容.....	10
2.3.1 再生能源特性與種類.....	10
2.3.2 綠色能源設備.....	10
2.3.3 太陽能種類與設置.....	13
2.4 綠建築相關文獻.....	16

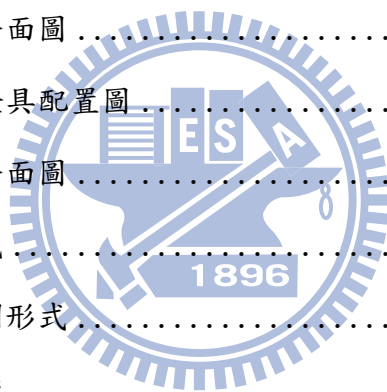


2.4.1 綠建築定義	16
2.4.2 綠建築相關法規	16
2.4.3 國內綠建築發展概述	18
2.4.4 綠建築評估方式	19
2.4.5 綠建築指標內容	22
2.4.6 綠建築的分級評估方式	22
2.4.7 智慧綠建築	25
2.5 既有建築物之改善內容	26
2.5.1 既有建築改善計畫	26
2.5.2 既有建築物改善項目	28
2.5.3 既有建築常用改善技術	29
第三章 綠建築評估	31
3.1 綠建築指標內容	31
3.1.1 綠化量指標	31
3.1.2 基地保水指標	32
3.1.3 水資源指標	33
3.1.4 其它指標群	34
3.2 案例實際評估內容	37
3.2.1 綠化量指標評估	37
3.2.2 基地保水指標評估	39
3.2.3 水資源指標評估	40
第四章 日常節能評估與探討	41
4.1 日常節能指標評估	41
4.2 日常節能指標評估	44
4.2.1 建築外殼節能評估	44
4.2.2 照明系統節能評估	47

4.3 照明系統節能改善評估	56
4.3.1 T8 型螢光燈管減量	56
4.3.2 T8 型螢光燈管汰換	59
4.4 照明用電分析	59
4.4.1 照明用電現況分析	60
4.4.2 T8 型螢光燈管分析	60
4.4.3 T5 型螢光燈管分析	61
4.4.4 案例用電指標 EUI 檢討	61
4.5 改善後之照明節能評估	62
4.5.1 T8 型螢光燈管減量	62
4.5.2 T8 型螢光燈管汰換	65
4.6 太陽能設置成本比例研擬	68
4.6.1 建築基本模型建構	68
4.6.2 研究模型分析	70
4.6.3 實際案例評估	73
4.6.4 小結	74
4.7 綠建築分級評估等級	75
4.7.1 案例現況評估	75
4.7.2 改善後評估	76
第五章 結論與建議	77
5.1 結論	77
5.2 建議	78
參考文獻	79

圖目錄

圖 1.5-1 研究流程圖	2
圖 2.5-1 各單位補助計畫項目統計	28
圖 3.2-1 工程二館各類植栽分佈圖	38
圖 4.2-1 工程二館 4 樓燈具配置圖	48
圖 4.2-2 工程二館 4 樓平面圖	48
圖 4.2-3 工程二館 3 樓燈具配置圖	49
圖 4.2-4 工程二館 3 樓平面圖	49
圖 4.2-5 工程二館 2 樓燈具配置圖	50
圖 4.2-6 工程二館 2 樓平面圖	50
圖 4.2-7 工程二館 1 樓燈具配置圖	51
圖 4.2-8 工程二館 1 樓平面圖	51
圖 4.3-1 原燈具控制形式	58
圖 4.3-2 改善後燈具控制形式	58
圖 4.6-1 成本比綜合比較	72



表目錄

表 2.2-1 國內能源發展大事紀.....	8
表 2.3-1 LED 優點分析.....	11
表 2.3-2 熱泵之特性及效益.....	13
表 2.3-3 太陽電池種類與用途.....	14
表 2.4-1 綠建築各單位定義.....	16
表 2.4-2 綠建築技術規範訂定目的及範圍.....	17
表 2.4-3 國內綠建築發展沿革大事紀.....	18
表 2.4-3 國內綠建築發展沿革大事紀(續).....	19
表 2.4-4 綠建築標章審查收費說明表.....	21
表 2.4-5 候選綠建築證書審查收費說明表.....	21
表 2.4-6 分級評估制度九大指標得分權重表.....	23
表 2.4-7 各指標綜合計分計算式.....	24
表 2.4-8 綠建築評估最終等級評量表.....	25
表 3.1-1 各種植栽單位面積二氧化碳固定量.....	31
表 3.1-2 綠化量指標相關變數.....	32
表 3.1-3 基地保水指標相關變數.....	33
表 3.1-4 水資源指標相關變數.....	33
表 3.1-5 汗水指標查核表.....	35
表 3.1-6 垃圾處理相關措施.....	36
表 3.2-1 植栽評估調查內容.....	38
表 3.2-2 保水設計之保水量計算表.....	39
表 3.2-3 各樓層廁所省水器材統計.....	40
表 4.1-1 Uar 指標相關變數.....	42
表 4.1-2 AWSG 相關變數.....	42

表 4.1-3 照明系統節能評估相關變數.....	43
表 4.2-1 透光窗面平均日射取得量 AWSG(北)評估計算表.....	45
表 4.2-2 透光窗面平均日射取得量 AWSG(南)評估計算表.....	46
表 4.2-3 屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 評估計算表.....	47
表 4.2-4 各類燈具圖示對照表.....	47
表 4.2-5 燈具效率係數 IER 計算表.....	52
表 4.2-6 安定器係數 B_i	53
表 4.2-7 照明控制係數 C_i	53
表 4.2-8 燈具效率係數 D_i	53
表 4.2-9 主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表.....	54
表 4.2-9 主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表(續).....	55
表 4.3-1 超標空間之照度.....	57
表 4.3-2 超標空間燈具減量.....	59
表 4.4-1 工程二館照明用電分析.....	60
表 4.4-2 T8 型燈管照明用電分析.....	60
表 4.4-3 T5 型燈管照明用電分析.....	61
表 4.4-4 工程二館用電結構分析.....	61
表 4.5-1 T8 型燈管減量後燈具效率係數 IER 計算表.....	62
表 4.5-2 T8 型燈管減量後主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表.....	63
表 4.5-2 T8 型燈管減量後主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表(續)...	64
表 4.5-3 T8 型燈管汰換後燈具效率係數 IER 計算表.....	65
表 4.5-4 T8 型燈管汰換後主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表.....	66
表 4.5-4 T8 型燈管汰換後主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表(續)...	67
表 4.5-5 工程二館燈具研擬結果.....	67
表 4.6-1 名詞解釋.....	68
表 4.6-2 總樓地板面積 5,000(m^2)之模型基本資訊.....	69

表 4.6-3 總樓地板面積 30,000(m ²)之模型基本資訊	69
表 4.6-4 太陽能設置資訊	70
表 4.6-5 各地區太陽能年發電量	70
表 4.6-6 總樓地板面積 5,000(m ²)之 1%太陽能設置容量需求	71
表 4.6-7 總樓地板面積 30,000(m ²)之 1%太陽能設置容量需求	71
表 4.6-8 總樓地板面積 5,000(m ²)之 1%太陽能設置成本比(北)	71
表 4.6-9 總樓地板面積 5,000(m ²)之 1%太陽能設置成本比(南)	71
表 4.6-10 總樓地板面積 30,000(m ²)之 1%太陽能設置成本比(北)	72
表 4.6-11 總樓地板面積 30,000(m ²)之 1%太陽能設置成本比(南)	72
表 4.6-12 案例基本資料	73
表 4.6-13 各能源替代率之成本比	73
表 4.7-1 工程二館於綠建築分級評估表	75
表 4.7-2 工程二館改善後評估表	76



第一章 緒論

1.1 研究動機

近幾年來國際間非常關注二氧化碳排放之議題，我國政府也在近十年內積極提出許多節能減碳政策，因此為了達到更好的居住環境，對於新建建築物的品質要求也不斷提升，然而既有建築佔所有建築物的比例極高，因此做為改善研究對象會更具有高度的節能減碳效益。

我國從內政部建築研究所公布的「綠建築解說與評估手冊」至今已長達十二年之久，政府也持續推廣綠建築技術，一股綠建築思潮已蔚為風氣，雖然尚未有一套特別針對既有建築所提出的評估方式，但本研究仍希望藉由此評估系統，作為既有建築改善與探討的依據，而選定大學校園之既有建築物，更是生態教育推廣與學習的最佳場所。

1.2 研究目的

本研究主要目的如下所述：

- 一、以國立交通大學工程二館為研究對象，應用 2009 年綠建築解說與評估手冊，評估案例之現況是否符合綠建築標準。
- 二、利用綠建築指標的評估內容，衍伸探討不及格指標問題點所在，並且加以實證分析。
- 三、探討太陽能設置成本與建築物建造成本之比例關係，目的是為了讓評估者在初步規劃時能概算其建置成本。
- 四、建立實際調查的案例資料，供日後相關研究較完整的參考依據。

1.3 研究範圍

本研究範圍選擇國立交通大學工程二館，屬於一般之教學館舍，以自行劃設合理的基地邊界作為研究範圍，根據文獻資料顯示，綠建築九大指標之「綠化量指標」、「基地保水指標」、「日常節能指標」及「水資源指標」，這四項是最廣泛作為既有建築改善的指標，因此本研究選定這四項指標做為評估範圍。另外，若是基地面積不足一公頃，則免予評估「生物多樣性指標」；「CO₂減量指標」與「廢棄物減量指標」則不適合用在已完工使用的既有建築物。

1.4 研究方法

藉由綠建築相關文獻資料蒐集，瞭解國內現階段既有建築改善情形，篩選適用於既有建築之改善方式，並以「綠建築解說與評估手冊」為工具計算，除了以設計圖作為指標計算的依據外，相關案例資料是以實際勘查的方法輔佐計算所需的數據，進而歸納統整出案例基本資訊，最後再以專家訪談方式檢討案例評估內容之準確性。

1.5 研究流程

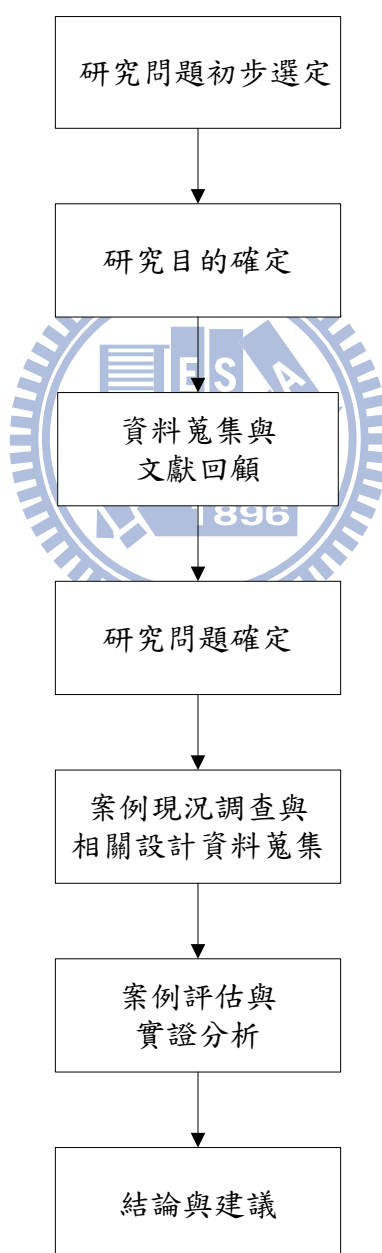


圖 1.5-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

2.1 相關研究論文

藉由蒐集節能與綠建築相關研究之論文，從中瞭解過去研究領域的主題與內容，進而建構出本研究思考方向，並根據不同案例之綠建築計算內容輔佐本案綠建築評估，本節將逐一概述各相關研究論文研究內容與結果。

2.1.1 節能相關

一、大專院校舊有建築物耗能之研究—以綠建築日常節能指標評估改善照明系統節能效率(葉武宗，2006)

以學校建築為例，統計分析兩棟既有建築之用電結構及使用情形，提出評估改善照明系統節能之方法與對策，使其符合現行綠建築日常節能指標照明系統節能效率為目的。最後依「公共工程經費電腦估價系統 PCCES 軟體」估算改善成本，並以建築物五十年之生命週期來分析既有建築物。

有關既有建築物日常節能效率改善，總體而言以改善照明系統最簡易，因無改善外殼節能影響建築外觀及改善空調節能影響教學使用之困擾，由研究案例可知既有建築照明系統節能改善約有 30~50% 的省能效益。學校建築用電結構與一般住商辦公大樓略有不同，除照明、空調外，尚有動力用電等三大結構。研究案例科二館用電量比例照明佔 19.4%、動力佔 37.2%、空調佔 40.6%、電梯 2.8%，電資大樓用電量比例照明佔 28.0%、動力佔 30.6%、空調佔 40.7%、電梯 0.7%。

二、大專院校教學館舍耗能改善之研究—以交通大學工程二館為例(郭烜碩，2010)

研究由兩種估算模式得到案例整修前後之用電量比例，分析用電量下降之原因，並經由案例各空間 EUI 值評估與分析，找出學校建築節能改善空間。工程二館主要用電結構為照明類、電腦類、空調類與其他動力類及電梯這五大項目，其所占比例，估算模式一計算結果為照明佔 30.10%、電腦類佔 25.07%、空調類佔 36.46%、其它動力類佔 7.60%，電梯佔 0.78%，估算模式二計算結果為照明佔 27.95%、電腦類佔 27.97%、空調類佔 33.85%、其它動力類佔 9.51%，電梯佔 0.72%。

工程二館照明設備改善評估結果，根據電錶實際測量顯示，T5 燈具省電效益為 20.78%；工程二館 EUI 值經各空間 EUI 值加總後介於 45.266~67.139 之間，而教室平均照度有略高之情形，因此後續研究可考慮在符合 CNS 學校照度標準下，作燈具數量適量之評估研究。

2.1.2 綠建築相關

一、綠建築評估指標應用於大學校園環境之研究—以逢甲、靜宜大學為例 (徐任鋒，2003)

主要在評估大學校園內生態、綠建築現況，並且以實際調查、比較分析方式進行研究，藉由綠建築九大指標中的七項指標探討在不同年代、不同區位大學校園間及校園內各使用分區間的差異性。最後結論分別針對逢甲與靜宜兩所大學做各別分析探討，指出兩校不及格指標問題點所在並提出改善建議。最後，提供兩個完整案例，以供日後若需要更深入研究時，可成為一個較完整的參考資料。

二、台灣、美國綠建築評估技術應用於舊建築改善之研究—以花雕儲酒廠為例 (許元璋，2006)

就台灣與美國綠建築評估技術進行基礎理論比較與分析，並且套用至實際案例評估其該舊建築通過綠建築八項指標，評估後符合「鑽石級綠建築」，證明既有建築不僅可藉由綠建築設計手法與效益評估得到適切的技術改善，更能有效提升實質環境。

研究結論除了提出兩套評估技術內容差異比較外，台灣綠建築評估系統的生態指標群部分，顯示案例與基地劃設面積範圍有顯著且直接關係；節能指標群部分，案例與建築外殼拆除比例、善用地型微氣候及自然採光有顯著且直接關係；減廢指標群部分，持續針對案例進行後續追蹤以確實符合指標要求；健康指標群部分，顯示案例具備高效率節水措施、再生建材市場短缺難尋。

三、應用綠建築評估指標於建成社區永續環境發展評估之研究—以台南縣觀雲社區、多摩市為例(楊明得，2009)

以「綠建築解說與評估手冊」作為研究基礎，檢視並詳加歸納實證案例與理論基礎間之綠建築評估技術內容與評估效益結果。利用綠建築評估的五大指標，探討該社區生態環境及綠建築實施現況，以實際調查、比較分析方式進行研究，以說明目前建成社區內的生態環境，並提出改善原則與策略。結論表示「綠地面積」是提升永續環境的重要指標，因直接影響生物多樣性指標、綠化量指標及基地保水指標，且減少地下室開挖是永續生態的基礎，但最重要的還是需要社區居民對於環境保護能達成共識。

四、既有建築之改善以符合綠建築指標—以清水服務區為例(林麗鳳，2010)

蒐集與彙整國道高速公路清水服務區既有建築物基本資料，以內政部頒訂之綠建築解說與評估手冊 2009 年版與美國綠建築評估系統分析。該研究以高速公路清水服務區為案例，評估既有建築物與基地現況是否符合 2009 年版綠建築解說與評估手冊，並提出服務區既有建築物符合綠建築標準之改善建議，另以美國綠建築評估系統觀點給予我國綠建築評估系統適切建議。

案例評估結果可改善並達到合格的指標為「生物多樣性」、「基地保水」、「日常節能」及「室內環境」，概估總改善經費約新台幣 339 萬元，約為原始契約金額之千分之六，最後從既有建築的角度來探討，提出免除綠化量指標之植栽覆土深度規定，並且免除 CO2 減量指標與廢棄物減量指標之評估，將其分數分配至其它項目或調整及格分數。



2.2 我國能源政策與相關法規探討

台灣由於自產能源不足，能源進口依存度高達 98 % 以上，而近年來由於世界能源資源短缺及國際油價上揚，不僅形成嚴重的財政負擔，也造成國家能源安全的不穩定。為達能源自主與安全的目標，並兼顧環境、經濟與永續經營的目的，提高再生能源於能源供應的佔比，已成為目前重要的能源政策。【經濟部能源局-再生能源之發展趨勢與前瞻，2008】

我國能源政策以追求永續發展為施政方針，兼顧國際發展趨勢及國內社會經濟條件，將「永續」、「安全」、「效率」及「潔淨」作為核心目標，整合當前國內外能源環境，再經由「調合三E發展」、「推動無悔策略」、「提高自主能源」、「加強區域合作」、「強化價格機能」、「提升能源效率」、「擴張科技能量」、「協助潔淨產業」等方式，以達成能源安全、環境保護及產業競爭力之三贏和二氧化碳減量之目的。

2.2.1 我國能源政策

我國自 1980 年「能源管理法」開始，透過政策投入再生能源技術之研發，經濟部能源局依據 1998 年 5 月召開的第一次「全國能源會議」結論，於 2002 年提出「再生能源發展方案」，具體訂定建立較高層級協調機制、建立相關法規制度、研訂優惠購電辦法、提供財稅獎勵、充裕獎勵經費來源、加強示範推廣、建立再生能源資料庫及加強技術與產品研發等八大實施方針，並據以擬訂「再生能源發展條例(草案)」送請立法院審議，以加速推動再生能源發展，積極規劃風能、太陽能等再生能源之利用，達成非核家園之共識。為了配合非核家園政策及政府設定之目標，行政院在 2003 年 6 月之「全國非核家園大會」上研議，提前於 2010 年將再生能源發電之占比達到 10%。

我國於 2005 年設定再生能源推動目標，2010 年再生能源發電之占比將達到 10% (513 萬瓩)，經過多年來的開發推動，累積了相當成果，也實際地逐步解決所遭遇的問題，在 2008 年底召開的行政院產業科技策略會議(SRB)指出，經建會訂的目標是台灣開發包括太陽能、風能、水力發電、生質能發電等再生能源，應於 2025 年達到全國發電量的 8%，占發電裝置容量為 20%。

攸關我國未來再生能源發展的重要法案「再生能源發展條例」，於 2009 年 6 月 12 日由立法院三讀通過，為台灣再生能源奠定了長遠發展的根基。在能源面上，達成了提高自產能源、促進能源多元化目的，在環境面上，對溫室氣體減量成效自是不可言喻，另外亦可帶動新興再生能源產業發展，可說一舉三得。「再生能源發展條例」主要規範包括擘劃未來 20 年內，我國再生能源發電設備獎勵

總量為總裝置容量 650 萬瓩至 1,000 萬瓩，以大幅提升我國再生能源使用；運用再生能源電能收購機制、獎勵示範及法令鬆綁等方式加強民眾設置再生能源的誘因，另外屬於再生能源熱利用的部分，亦將訂定推廣目標，以提高台灣自產能源比例，充分運用台灣再生能源開發潛力。

在獎勵示範上，對於具發展潛力之再生能源發電設備，於技術發展初期階段，基於示範目的，於一定期間內給予獎勵；屬於再生能源熱利用部分，除運用石油基金提供獎勵補助外，在農業端亦提供利用休耕地栽種能源作物以產製生質燃料者，由農業發展基金給予獎勵。在法令鬆綁部分，解除「電業法」對於再生能源屬於自用發電的設置資格、躉售餘電等限制，同時對於再生能源土地使用、進口關稅減免及雜照取得等行政程序亦予以簡化。

再生能源發展除了整體設置容量推動目標的落實外，藉由市場需求扶植國內相關產業亦是關鍵重點，政府將積極投入研究發展經費，鼓勵財團法人研究機構及民間業者申請，執行各項再生能源技術開發工作，期與國際技術同步進而提高技術競爭力。【經濟部能源局-能源產業技術白皮書，2010】

2.2.2 我國能源發展概述

台灣地區能源政策於 1973 年經行政院核定公布，其後歷經 1979 及 1984 年兩次能源危機之衝擊，1990 年波斯灣戰爭爆發，國際油價大幅波動與因應 1996 年能源產業自由化及國際環保趨勢，共修正 4 次後，由行政院核定「臺灣地區能源政策及執行措施」，建立一個自由、秩序、效率與潔淨的永續能源供需體系，同時明確揭示 6 大政策方針：「穩定能源供應」、「提高能源效率」、「開放能源事業」、「重視環保安全」、「加強研究發展」及「推動教育宣導」。

於 1998 年第一次「全國能源會議」討論因應全球溫暖化，咸認須全力推動節約能源，以降低 CO₂ 之排放。據此，規劃「全面節約能源及提升能源效率推動計畫」，並納入「全國能源會議結論具體行動方案」，經 1999 年行政院 2,640 次會議核定通過實施迄今，各部門節能效益亦逐漸顯現。

2005 年政府為因應溫室氣體減量京都議定書之生效，經濟部於 6 月再度召開「全國能源會議」，研議各部門更具挑戰性目標及採行更積極之措施，規劃節能目標為至 2025 年再降低能源密集度 22~27%。因此除需強化能源效率管理、擴大節能技術服務、擴張技術研發，以及加強教育宣導，擴大全民參與，另需配合逐步調整產業結構及強化能源價格市場機制，才能達成。

表 2.2-1 國內能源發展大事紀

執行年度	重要事件與發展內容概述
2002 年	<ul style="list-style-type: none"> 總統府太陽能發電示範系統啟用，具實質教育宣導意義。
2003 年	<ul style="list-style-type: none"> 政府積極推動節約能源及潔淨能源工作，雖已初具成效，但規模仍小，尚屬萌芽階段，需政府政策性扶植，以有效帶動相關產業發展。
2004 年	<ul style="list-style-type: none"> 國內第一座兼具太陽能發電與外遮陽功能的整合型光電系統，於國立台北科技大學正式啟用，是首度應用在既有建築物上。
2005 年	<ul style="list-style-type: none"> 行政院審查通過「再生能源發展條例」草案。 我國於 2005 年 6 月召開第 2 次「全國能源會議」，針對最新的國際發展做出因應，並提出能力建構為國家優先推動的策略方針。
2006 年	<ul style="list-style-type: none"> 經濟部能源局擴大節能標章產品認證項目，預估每年可節省 4,000 萬度電。 推動風力發電產業發展—「台灣風能協會」成立。
2007 年	<ul style="list-style-type: none"> 臺灣太陽光電產業協會成立，提升我國新能源產業在國際上之競爭力為成立宗旨。 立法院初審通過天然氣事業法草案，明訂公用天然氣事業售價及基本收費應報請核定。
2008 年	<ul style="list-style-type: none"> 政府節能九大措施，規劃從「推動節能的生活設施」、「建構低碳的產業經濟」與「鋪設綠色的運輸系統」等三方面做起，型塑節能社會，邁向低碳經濟。 行政院會通過「永續能源政策綱領」，其揭示的政策目標為「能源、環保與經濟」三贏。
2009 年	<ul style="list-style-type: none"> 「再生能源發展條例」完成立法，該條例的通過，為台灣再生能源奠定了長遠發展的根基。 政府推出五大節能減碳新政，包括擴大電費折扣獎勵節能措施、LED 交通號誌燈全面汰換、電光螢火蟲路燈改造、公共建築引進太陽光電、打造台灣最大太陽光電發電廠。 政府將全面推動綠能計畫，行政院今年已推動綠能產業旭升方案，擬明年投入 94 億元預算，大力發展綠能產業。
2010 年	<ul style="list-style-type: none"> 經濟部推動設置再生能源發電設備，發展潔淨之再生能源已成為我國因應溫室氣體減量之主要策略之一，其中太陽光電發電設備計 322 件，總裝置容量達 5 萬 2,227 瓩，風力發電計 12 件，總裝置容量達 21 萬 1,305 瓩。 「海洋能科技研究中心」正式揭牌，該中心成立目的旨在運用學界能量，擴大能源科技團隊，提升整體研發績效，進行能源科技相關之規劃、研究、發展、展示與推廣等工作，藉以培育能源科技人才。

資料來源：本研究整理

2.2.3 國內能源相關法規

「再生能源發展條例」為我國政府推廣再生能源設置利用最重要的法源，經濟部能源局於 2002 年提出初版草案，並於同年 8 月送交立法院審議，歷經 3 屆立法委員任期，終於在 2009 年 6 月 12 日完成三讀程序，並於同年 7 月 8 日公布施行，為我國再生能源的發展立下重要的里程碑。

基於再生能源之經濟成本仍高於傳統能源，世界各國多制訂獎勵措施以確保再生能源的發展，以發電而言，目前最普遍採取的制度有固定電價機制（Fixed Feed-in Tariffs）與再生能源配比義務機制（Renewable Portfolio Standard），我國所採用的係以德國為首的固定電價機制，並佐以其他的配套措施，以鼓勵各界投入再生能源之設置利用。整體而言，「再生能源發展條例」有兩大立法精神：

一、突破再生能源市場競爭及排除設置障礙

- (一)經營電力網的電業負有併聯及收購再生能源電力之義務。
- (二)以固定費率收購再生能源電能，並提供設置補助以增加經濟誘因。
- (三)放寬土地使用、自用發電設置資格及條件等限制。

二、傳統能源外部成本內部化

- (一)電業及一定容量以上自用發電設備設置者，非屬再生能源之發電部分應繳交基金，做為獎勵再生能源之財源。
- (二)業者繳交基金之費用可反映至電價，以符合使用及污染者付費原則。

在世界各國齊心對抗全球暖化之際，透過完成「再生能源發展條例」之立法，彰顯我國因應全球氣候變遷、善盡世界公民責任之決心。藉由「再生能源發展條例」及其授權訂定之相關子法，可為我國再生能源奠定長遠永續發展之利基，期藉由獎勵再生能源之設置，不僅能促進國內再生能源之廣泛使用，提高我國自產能源比例與促進能源多元化，並能鼓勵民眾參與投資再生能源發電事業，擴大再生能源內需市場，同時帶動相關產業發展，創造就業機會，為我國之經濟發展注入新的生命力。【陳崇憲、蘇桓嫻-淺談「再生能源發展條例」立法內容，2010】

2.3 再生能源種類及其內容

2.3.1 再生能源特性與種類

地球上有些能源因具備可由自然界的力予以不斷填補之特性，如太陽光與太陽的關係；另有部份能源可藉由適巧的經營管理而得以一再栽植收割，讓其保持永續生長，如植物的栽種；而地熱則是取自地殼內部為數龐大的熱能。由於上述特性而予人有「失而復得」或「取之不盡，用之不竭」之印象，故而被賦予「再生」的稱謂。基本上，雖然「再生能源」取自自然界，為自產能源及具低環境污染性，而且理論上取之不盡、用之不竭，但在使用特性上，再生能源普遍具有能源密度低、供應不穩定及成本較高等問題。

「再生能源」係受太陽之直、間接影響而得以永續反覆供應之資源。惟在定義上，目前仍存在部分模糊空間，一般泛指太陽能、風力、地熱、生質能、海洋能、非抽蓄式水力或其他可永續利用之能源。其中，生質能係指農林植物、沼氣、一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源。而地熱則指源自地表以下蘊含於土壤、岩石、蒸汽或溫泉之能源。使用再生能源不會產生溫室氣體，在環境污染上亦較化石燃料輕微，是潔淨而安全之資源。度低、供應不穩定及成本較高等問題。【鄭雅堂-再生能源發電，2007】

2.3.2 綠色能源設備

一、LED (Light Emitting Diode) 照明

高效率 LED 照明將隨著高油價時代來臨顯現出迫切性的需求，它是綠色能源產業的一環，若 LED 照明配合太陽光電系統，預期將是明日之星的重要產業，不僅是替代能源結合高效率 LED 照明的最佳運用方式，並提供未來產業高度發展及運用的機會，也是兼具潔淨、環保、永續性的光電能源。

LED 照明是新一代固態照明光源，具有節能、高效率、壽命長、綠色環保、安全性高、無熱輻射等特點。由於太陽電池與 LED 為直流元件，不需使用變頻器做頻率轉換，可以避免效率轉換損失，因此高效率 LED 照明的推廣與應用，意味著第三次照明革命的來臨。目前 LED 應用雖然廣泛，但對高功率、高亮度 LED 的封裝散熱與隔熱技術仍需繼續發展與克服，因為熱源對 LED 的壽命有很大影響，並造成光衰減而影響光效，同時也要克服 LED 晶粒製程專利問題，以免受制於他國而喪失國際競爭力。

表 2.3-1 LED 優點分析

LED (Light Emitting Diode)	
發光效率高	LED 燈經歷數十年的發展，發光效率有很大進展與突破，目前傳統的白熾燈發光效率為 12~24Lm/W，螢光燈為 50~90Lm/W，鈉燈為 90~140Lm/W，LED 燈則為 50~90Lm/W。
低耗電量	LED 電力消耗低，在同樣照明效果下，LED 僅為傳統光源如白熾燈的十分之一。
使用壽命長	LED 體積小、重量輕、耐震動、耐衝擊，比傳統的白熾燈、螢光燈等較不易破碎，且使用壽命長。
安全性高	LED 使用電壓低（直流約 3.3 伏特），傳統白熾燈使用電壓高（交流 110 伏特），相形之下 LED 的安全性就比白熾燈要高很多。
發光響應時間	LED 發光響應時間短，屬奈秒級（10 ⁻⁹ 秒），然而傳統白熾燈的響應時間長，數毫秒級（10 ⁻³ 秒），螢光燈甚至更長，因此 LED 對立即需求照明的地方可顯現其便利性。
適用性	由於 LED 單晶面積小，容易製作並組合成各種形狀的器件，適合設計於易變化的環境。
發光顏色	傳統白熾燈或螢光燈發光顏色變化少，LED 方便使用化學修飾方法及調整材料的材質、能帶結構與能帶間隙即可呈現紅、黃、綠、藍、橙、白等多種顏色。
環保	傳統螢光燈含汞（水銀）屬有害毒物，LED 無此顧慮且可回收，不會造成環境污染。

資料來源：經濟部能源局能源報導

二、太陽能熱水系統

太陽能熱水系統是利用太陽能之集熱器，收集太陽輻射能把水加熱的一種裝置，是目前太陽熱能應用發展中最具經濟價值、技術最成熟且已商業化的一項應用產品，其應用範圍廣泛，包括：工業製程用水預熱和家庭、宿舍、旅館、醫院、餐廳、游泳池等的熱水使用。太陽能熱水系統的分類以加熱循環方式可分為：自然循環式、強制式、儲置式等三種。【再生能源網】

（一）自然循環式太陽能熱水器

集熱器內的工作流體，吸收太陽輻射熱，溫度升高密度變小往上升至儲水桶，儲水桶內較冷的水往下流至集熱器，產生自然對流循環而將儲水桶內的水加熱的裝置，自然循環式絕大部份用在小型家用熱水自然循環中，如果集熱器與儲水桶內循環的工作流體即為盥洗用水則屬於直接加熱型（單循環）；如果工作流體本

身負責吸收太陽能，再間接加熱儲水桶內的用水則屬間接加熱型（雙循環），熱管集熱器即屬此型。

（二）強制循環式太陽能熱水系統

利用集熱迴路泵浦，藉溫差控制器使儲水槽內的水，強制流經太陽能集熱器，將集熱器所吸收的太陽輻射熱帶回儲熱槽。強制式主要是用在大型太陽能熱水系統。

（三）儲置式太陽能熱水器

其定義是一種把集熱器和儲水桶合而為一的太陽能熱水器，儲水桶本身不只有儲水功能，同時又具有收集太陽熱能功用之裝置。此種裝置構造簡單，價格低廉但集熱效率較低，在日射量充足的地方，適於使用此系統。

三、熱泵熱水系統

地球外表的大氣層會吸收太陽能，加上溫室效應使得大氣層形同一個巨大的太陽能儲存庫，而我國位處亞熱帶地區，終年暖和，大氣熱能資源極為豐富，是間接擷取太陽能之最佳地點。熱泵的應用可以節省鉅量能源，使用上不受日夜與天候的影響，並採多功能設計，可以做為熱水、冷氣、除濕功能，節省的能源更為可觀，是值得大力推廣的綠色產品。

熱泵實質上是一種熱量提升裝置，熱泵能從周圍環境中吸取熱量並把它傳遞給被加熱的對象（水或其它物質）。太陽照射地球所產生的熱能，以逆卡諾原理，利用壓縮機形成內部循環，將大氣中的熱能收集起來再與水做熱交換，並將冷水逐漸加溫成為熱水。熱泵熱水系統僅需極少的電能便可達到日常生活所需的水溫要求，是目前最環保也最省能之製熱設備。【台灣熱泵能源科技】

熱泵熱水器原理與冷氣機相同，只是將冷氣機製造冷氣過程中，往外面排出的熱氣能量，排入一個水槽中，製成熱水，可回收原本要排放的熱氣，變成有用的資源。而在製造冷氣過程中，也會產生除濕作用，因此熱泵熱水器具一機三用（熱水、冷氣、除濕）功能。冷氣機如設計成放置在室外，從大氣中吸取熱能，排出的熱量，仍然導入水槽中製成熱水，這就是「大氣取熱式熱泵熱水器」。而大氣熱能來自地球上的大氣層，時時在吸收太陽能，取之不盡用之不竭，所以「大氣取熱式熱泵熱水器」也是太陽能應用的一種。

表 2.3-2 熱泵之特性及效益

熱泵熱水系統	
安全	無燃燒。不產生一氧化碳。無瓦斯中毒，免除鍋爐爆炸之危險性。
節能	耗電量小，節省 3/4 電熱費，節省 1/2 瓦斯費，節省 1/2 鍋爐柴油費用。
環保	利用大氣中之熱能(熱空氣)無燃燒，不產生二氧化碳污染空氣，不排放熱氣。 減少溫室效應，防止地球老化，是目前最潔淨及環保方式產生熱水。
多重功能	製造熱水之外，如安裝於室內可選擇加裝提供冷氣，除濕、空氣濾清之功能。
操作方便	安裝方便，全自動控制。
先進能源科技	採用先進熱泵系統，能源之轉換氣溫只要高於 5°C 就能製造熱水，製造效率比柴油系統高 2 倍以上，比瓦斯加熱系統高 3 倍以上，比電熱加熱系統高 4 倍以上。

資料來源：台灣熱泵能源科技

2.3.3 太陽能種類與設置

再生能源中最具發展潛力與產業機會的是太陽光電，其具有永續、潔淨、低汙染、安全性高等優點，為 21 世紀最具發展潛力的重要能源。太陽光電技術面臨最嚴苛的挑戰即價格下降的壓力，如何透過技術的提升與效率的提升，達到系統成本下降的目標，是現階段發展的重點。【國家新能源科技發展規劃現況】

太陽光電經過五十年的發展，除了設置成本仍然偏高，市場應用多元而廣泛，且已經是相當便利的發電技術。隨著石化能源的耗竭，各國也積極尋找替代能源，而先進國家也認為太陽能應該是未來最有機會解決能源的技術選項。

一、太陽能發電系統種類

太陽光電發電系統的設計，主要可以分為「併聯型」、「獨立型」和「混合型」三類。【熊谷秀-太陽光電知多少，2004】

(一)市電併聯型(Grid- Connected)太陽光電系統

「併聯型」太陽光電系統比較適合一般住宅使用，它是把系統的線路和直、交流轉換器設計成可以和電力公司的供電線路併接的方式，系統裝設在建築物的屋頂、庭院等處。在平日太陽光強烈時，可以吸收太陽光轉換成電能，供給住屋

白日的用電，以自家發電的方式減少對電力公司的需求，節省家用電費。在某些有買賣電制度的國家，太陽光所生產的電力也可以回售給電力公司。

(二)獨立型(Stand-Alone)太陽光電系統

「獨立型」系統則是與電力公司的供電線路完全獨立的設計，獨立型系統會另外加裝蓄電池及充、放電控制器，使其在停電或黑暗時也能順利發揮作用。一般而言，獨立型系統因為要加裝蓄電池，成本會比併聯型系統昂貴，同時因蓄電池壽命有限，平均每五年便須汰舊換新，所以需要進行後續維護，不過，它獨特的蓄電、夜間供電功能也是不可否認的優點。

(三)緊急防災型(獨立/併聯混合型)太陽光電系統

有鑑於前述兩種系統設置的優缺點考量，太陽光電系統發展出第三種形式，即「防災混合型」系統。防災混合型系統，不僅是電路和直、交流轉換器設計成和電力公司相互併接的形式，同時也配備了蓄電池和充、放電控制器。防災混合型系統在把蓄電池充飽電力之後，直、交流轉換器會切換成與市電併聯，便可以發揮與併聯型相同的功能；一旦發生災難或任何事故，而日照又不夠的時候，可以自動切換使用蓄電池中的電力。

二、太陽能電池種類

太陽能電池可分為單晶矽、多晶矽與非晶矽等，一般來說，單晶矽太陽能電池的光電轉換效率最高，使用年限也比較長，而多晶矽太陽能電池，在切割和再加工的手續上，比單晶和非晶矽更困難，效率方面也比單晶矽太陽能電池低，不過簡單的製程和低廉的成本是它的最重要特色，至於非晶矽的太陽能電池來說，由於價格最便宜，生產速度也最快，所以非晶矽太陽能電池也比較常應用在消費性電子產品上。

表 2.3-3 太陽電池種類與用途

種類		成本	耐用性	用途
單晶矽太陽電池		低	佳	發電廠
砷化鎵太陽電池		高	佳	太空用
多晶矽太陽電池		低	佳	獨立電源用
薄膜	非晶矽太陽電池	低	普通	建築外殼
太陽電池	硫化鎘-碲化鎘太陽電池 多元化合物太陽電池	低	佳	民生消費性產品

資料來源：再生能源網

二、太陽能設置面積及費用

設置太陽光電系統時應考慮設置地點與面積，1 峰瓩(kWp)太陽光電系統所需使用設置面積約為 10 平方公尺。(峰瓩：大約是正中午時的陽光照射量下的太陽電池輸出功率。即在攝氏 25 度時，以 $1,000\text{W}/\text{m}^2$ 強度的陽光，光譜為 AM1.5 的照射，可輸出 1 瓩電力之太陽電池容量，稱為 1 峰瓩。)若與市電併聯維持穩定供電，4 峰瓩可供一戶住家所需之電力。併聯型系統 1 峰瓩(kWp)設置成本約新台幣 20~25 萬元，平均一天發 3 度電以上，系統耐用年限 20 年以上。

政府為推廣再生能源技術於民間社會，於 2000 年開始實施太陽光發電示範系統獎勵補助措施，除給予申請設置者每峰瓩 15 萬元的補助之外，另針對政府行政機關、公私立大學及公立醫院，透過公開評選，選出具特殊良好示範效果之申請案，提供最高 10 峰瓩之全額經費補助。國內太陽能光電系統之應用，各別安裝峰瓩數以 3~5 峰瓩居多，使用的矽晶類別，以單晶矽最多，其次是多晶矽，最後是非晶矽，而電力使用的方式，併聯型與獨立型皆有，多數的示範系統皆配置監控系統，一方面監視系統是否正常運作，另一方面記錄運轉狀況，以為政府追蹤考核之用。



2.4 綠建築相關文獻

2.4.1 綠建築定義

目前不論國內外，對於「綠建築」的定義尚屬眾說紛云之階段。即使在先進國家中，各國所提出的綠色建築技術亦五花八門，也很難取得一致的定義。綠建築由過去「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」的消極定義，現今擴大為「生態、節能、減廢、健康的建築物」的積極定義。

表 2.4-1 綠建築各單位定義

定義者	內涵
內政部建築研究所	消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物。
波特蘭市能源辦公室 (City of Portland Energy Office)	綠建築為其結構與周遭地景的設計、建造與運作，可將短期與長期對環境的負面衝擊降至最低的建築。
馬里蘭綠建築方案 (Maryland Green Building Program)	以能使原料與天然資源有效利用、保護環境以及促進永續社區的方式，進行建築物的設計與建造以及基地的開發。
美國匹茲堡綠建築聯盟	綠建築的設計是要將其材料、建造、營運與拆除對環境的整體傷害降至最低。
美國舊金山 Thoreau 永續中心	綠建築是以將自身對環境的衝擊降至最低為目標的方式來進行設計與運作，同時又能確保使用者的健康。
美國環境保護機構 (United States Environmental Protection Agency ; EPA)	綠建築是一種與環境友好(environmentally friendly)的建築。它被設計以減少與其建造、使用、運作、維護以及最終的拆除直接與間接相關的環境影響。

資料來源：綠建築政策與法規沿革

2.4.2 綠建築相關法規

台灣是全球第四個正式執行綠建築評估認證的國家，第一個對公有建築管制進行綠建築設計，亦是第一個由政府執行舊有廳舍之綠建築改造，更是第一個在建築法規中訂定綠建築專章的國家。根據內政部營建署「建築技術規則」中第十七章「綠建築基準」的第二百九十八條明文規定綠建築的適用範圍與內容整理如表 2.4-2。

表 2.4-2 綠建築技術規範訂定目的及範圍

綠建築指標	目的及內容	適用範圍
建築基地綠化	明訂建築基地之綠化總二氧化碳固定量應達規定值。以綠化植物之二氧化碳固定量基準值作為計量之標準。	建築技術規則第五章第四節規定之學校、第十二章高層建築物、第十三章山坡地建築及第十五章實施都市計畫地區建築基地綜合設計之新建建築物。
建築基地保水	明訂建築基地應確保其涵養或滲透雨水能力，降低熱島效應及降雨時之地表逕流。	建築技術規則第五章第四節規定之學校、第十二章高層建築物及第十五章實施都市計畫地區建築基地綜合設計之新建建築物。
建築物節約能源	增列大型空間建築物節約能源設計相關規定。	同一幢或連棟建築物之新建或增建部分最低地面以上樓層之總樓地板面積合計，在住宿類或學校類及大型空間類建築物超過五百平方公尺者，在其他各類建築物超過一千平方公尺者。但溫室、園藝等用途或構造特殊者，經中央主管建築機關認可之建築物，不在此限。
建築物雨水或生活雜排水回收再利用	為提昇水資源之有效利用，明定一定規模以上之建築物應設置雨水貯留利用系統或生活雜排水回收再利用系統。	樓地板面積達三萬平方公尺以上之新建建築物。但工業、倉儲類(C類)、衛生醫療類(F-1類)、危險物品類(I類)等或經中央主管建築機關認可之建築物，不在此限。
綠建築構造	為促使資源回收再利用與對環境友善環保之立意，明訂建築物應採用一定比例之綠構造與綠建材。	建築物樓層高度在十一層以上之新建建築物。
綠建材		供公眾使用建築物及經內政部認定有必要之非供公眾使用建築物。

資料來源：建築技術規則

2.4.3 國內綠建築發展概述

表 2.4-3 國內綠建築發展沿革大事紀

執行年度	重要事件與發展內容概述
1995 年	<ul style="list-style-type: none"> 內政部建築研究所正式成立。 內政部營建署於「建築技術規則」中增訂「節約能源」條文，規範各類建築物實施「建築外殼節約能源設計(ENVLOAD)」指標節能管制。
1996 年	<ul style="list-style-type: none"> 行政院成立國家永續發展委員會。
1998 年	<ul style="list-style-type: none"> 依據亞熱帶氣候特色，提出七大評估指標的本土化綠建築標章評估系統，此七項指標包含綠化、保水、日常節能、水資源、二氧化碳及廢棄物減量、汙水垃圾改善七大指標。 內政部建築研究所依據上述評估系統著手制定「綠建築標章制度」籌畫階段。
1999 年	<ul style="list-style-type: none"> 內政部建築研究所建立「綠建築標章制度」，並制定「綠建築解說與評估手冊」，提出七大評估指標作為綠建築評量工具，搭配綠建築標章作為獎勵綠建築設計之具體標誌，此階段之制度屬於鼓勵性質，而申請與否亦是自願不具強迫性，故成效不彰。 內政部建築研究所委託「財團法人中華建築中心」成立「綠建築委員會」，作評選綠建築的認證工作。
2000 年	<ul style="list-style-type: none"> 2000 年 3 月，環保署的「國家環境檢驗大樓」，成為國內第一棟取得「綠建築」標章的大樓。 內政部建研所函送綠建築解說與評估手冊、綠建築宣傳手冊與綠建築標章申請作業手冊，提供各級政府機關從事綠建築設計之參考。
2001 年	<ul style="list-style-type: none"> 行政院核定「綠建築推動方案」，規定公有建築物經費在五千萬以上者，必須申請綠建築標章候選證書始得領取建造執照。
2002 年	<ul style="list-style-type: none"> 行政院內政部建研所推出「綠色廳舍暨學校改善計畫」，進一步將範圍推廣至中央政府部門及公立大專院校之舊有建築領域，並遵循我國綠建築中生態、節能、減廢、健康等綠建築技術著手且持續改善中。
2003 年	<ul style="list-style-type: none"> 2003 年版綠建築標章評估系統新增「生物多樣性」與「室內環境」指標，形成九項評估指標系統，並修正部分評估指標評估內容。 行政院「綠建築推動方案」第一次修正，將綠建築政策納入「挑戰 2008 年-國家重點發展計畫」中「水與綠建設」執行重點之一環。

表 2.4-3 國內綠建築發展沿革大事紀(續)

2004 年	<ul style="list-style-type: none"> · 「綠建材標章制度」正式上軌，以回應「綠建築專章」中採用綠建材之規定。 · 內政部營建署於建築技術規則中，新增第 17 章「綠建築專章」相關條文，正式將綠建築的設計理念落實於建築設計規範中。
2005 年	<ul style="list-style-type: none"> · 營建署於「建築技術規則」中所增訂之「綠建築專章」，正式發佈實施，針對初期階段強制規定「民間」新建案至少需符合基地綠化、保水及日常節能等指標。 · 內政部建研所成立「台灣綠建築發展協會 TGBC」，同年受「世界綠建築協會 WGBC」邀請成為會員國之一，宣示我國正式加入世界綠建築行列並朝國際接軌方向邁進。
2006 年	<ul style="list-style-type: none"> · 正式實施「綠建築分級評估制度」，含合格級、銅級、銀級、黃金級、鑽石級五等分級，藉此以明確區分合格綠建築優劣品質與綠建築政策獎勵之認定標準機制。
2008 年	<ul style="list-style-type: none"> · 內政部第 20 次部務會議討論通過營建署所提「都市更新建築容積獎勵辦法」修正案。為鼓勵更新案建築基地及建築物採綠建築規劃設計，本次修法業特別明定經採內政部綠建築評估系統取得綠建築分級評估「銀級」以上者，得予以獎勵，另為加強後續施工及管理維護，並明定實施者應於更新後 2 年內取得綠建築標章，否則保證金不予退還。
2010 年	<ul style="list-style-type: none"> · 台灣智慧建築協會正式成立。為配合政府「智慧綠建築」政策之推展，該協會刻正積極推動智慧綠色住宅認證、綜合布線應用的共通標準與法規化建議、智慧建材的研發與產業創新、以及智慧建築的人才培訓與教材編定。

資料來源：本研究整理

2.4.4 綠建築評估方式

為符合永續發展趨勢，行政院於 1995 年成立「永續發展委員會」，並在建築研究發展最高指導機關內政部建築研究所推動下，以台灣亞熱帶氣候的研究為基礎，充分掌握國內建築物的能源消耗、給水、排水、環保之特性，於 1999 年制訂綠建築評估指標系統。為了顯示政府往綠建築發展之決心，故將「綠建築政策」列為營建政策的施政執行重點，並於 2001 年 3 月行政院核定施行的「綠建築推動方案」，明訂由政府部門公有建築率先做起，並規定「中央機關或受其補助達二分之一以上之公有新建建築物，總造價在新台幣伍仟萬元以上者，均應先行取得候選綠建築證書，始得申請核發建造執照發包施工。」，而在 2003 年 7 月核定修正方案中加入「各直轄市、縣（市）政府各該管公有建築物亦比照辦理。」，其用意要求在要求政府部門應率先將綠建築理念落實至公有建築中，促使建築物達到

節能、節水之效益，減少廢棄物對環境之衝擊，提升傳統產業競爭力，創造健康室內環境，使國內的建築與居住環境邁向環保、健康、人性的新時代。

一、綠建築評估對象與基準

建築標章制度之評定對象，包括「已完工之建築物」及「設計完成未完工之建築物」二者，已完工之建築物評定通過後，可取得「綠建築標章」，是實際的綠建築實體；未完工之建築物係以規劃設計書圖送審評定通過，因建築物還未存在，所以先頒給「候選綠建築證書」，等於預告其「準」綠建築的資格。而候選綠建築證書的評定，因可事先評估修正不當的設計，避免在建築物生命週期中，產生耗能、耗水及不生態之問題，或可減少建築物完成後須拆除改造之大成本耗費，是整個制度很重要之設計，每年約有 300 件的申請案件，透過這候選綠建築證書之申請、諮詢及修正，完成其綠建築規劃設計並取得評定，有效提昇我國建築物節能、節水之效益。【98 年度綠建築標章推廣及成果】

綠建築標章或候選綠建築證書之評定基準，皆依據內政部建築研究所出版之綠建築解說與評估手冊，申請認可之建築物應至少通過四項指標，且必須包括「日常節能」及「水資源」二項門檻指標在內。

二、綠建築標章認證機構

綠建築標章評定審查案件涉及建築、土木、景觀、機械、空調及環工等專業領域，其行政作業及專業人力需求量大，非內政部建築研究所有限編制人力所能因應，故原以勞務委託方式委外辦理，先前辦理之「綠建築標章暨候選綠建築證書審查」作業，為建築研究所以契約方式委託交由財團法人台灣建築中心執行，且僅委託一家機構來執行業務，但從 2010 年開始「綠建築標章」之辦理方式，參照營建署「建築物防火避難性能設計計畫書」、「建築物防火避難綜合檢討評定書」、「建築新技術新工法新設備及新材料性能規格」、「建築新技術新工法新設備及新材料性能試驗機構」之作業方式，以指定評定專業機構來辦理標章的評定作業，將技術許可與核發標章之行政作業分階段處理，以擴大評定審查服務成效。【綠建築標章暨候選綠建築證書之評定審查作業】

三、綠建築認證流程

候選綠建築證書與綠建築標章申請作業流程大致相同，候選綠建築證書於取得建築執照開工前辦理，申請者備妥相關文件至執行單位，書面預審通過後招開委員會審議，而綠建築標章在委員會審議後需經現場查核，核定通過後寄發核准通知並發證，若資格不符遭駁回，申請單位須補齊資料經重新審查至符合規定。

四、綠建築審查收費標準

國內綠建築收費區分為「綠建築標章」與「候選綠建築證書」兩種，為鼓勵申請，執行單位所需人力及相關行政管理費用等，由內政部循年度預算程序編列補助。惟申請時仍需繳交審查費新台幣三萬元，現場查核費一萬五千元，標章、證書使用費一萬五千元，計算方式如表 2.4-4 與表 2.4-5。

表 2.4-4 綠建築標章審查收費說明表

	時間	人力	費用說明	備註
審查費	每案作業流程約需六十日，按每月召開一次審查會議估計。	執行單位工作人員 2 名，預審委員 7 名審查委員出席。	預審費用約 15,000 元。審查費(含委員出席及交通費)約 15,000 元。	總計每件新台幣 30,000 元整。
現場查核費	現場查核視申請個案而定，所需時間不計入審查時間內。	3 名(審查委員、預審人員、執行單位工作人員)。	現場查核費(含旅運費、現勘費、膳雜費及執行單位相關費用) 15,000 元。	總計每件新台幣 15,000 元整。
標章證書使用費	標章、證書使用期限為三年。	執行單位工作人員得不定期現場追蹤查核。	標章、證書製作費，追蹤查核管理及執行單位相關費用 15,000 元。	總計每件新台幣 15,000 元整。

資料來源：內政部建築研究所

表 2.4-5 候選綠建築證書審查收費說明表

	時間	人力	費用說明	備註
審查費	每案作業流程需時四十五日，每月召開一次審查會議。	執行單位工作人員 2 名預審專門人員 7 名審查委員出席。	預審費(含執行單位相關費用)約 15,000 元。審查費(含委員出席及交通費)約 15,000 元。	總計每件新台幣 30,000 元整。

資料來源：內政部建築研究所

2.4.5 綠建築指標內容

內政部建築研究所為鼓勵興建省能源、省資源、低污染之綠建築建立舒適、健康、環保之居住環境，發展以「舒適性」、「自然調和健康」、「環保」等三大設計理念，特別委託財團法人中華建築中心(現為財團法人台灣建築中心)於1999年9月1日正式公告受理「綠建築標章」申請，隨著綠建築解說與評估手冊的檢討更新，標章之核給從原先綠建築七大指標評估系統，包括「基地綠化指標」、「基地保水指標」、「水資源指標」、「日常節能指標」、「二氧化碳減量指標」、「廢棄物減量指標」、「污水垃圾改善指標」，再增加「生物多樣性指標」與「室內環境指標」兩指標，成為現今的綠建築九大指標；目前標章內容涵蓋生態(Ecology)、節能(Energy Saving)、減廢(Waste Reduction)、健康(Health)四大範疇，其中「生態」指標群，包含生物多樣性、綠化量、基地保水等三指標，「節能」包含日常節能指標，「減廢」指標群包含二氧化碳減量與廢棄物減量，「健康」指標群則包含室內環境、水資源、污水及垃圾改善等三指標。【綠建築標章】

目前我國的「綠建築標章」制度，在政府政策大力支持下，順利地推展開來，而綠建築推動方案由公有建築率先做起，乃是期望由公有建築物的引導示範自然形成市場機制，做為私有建築物的表率，並且鼓勵民間參與，使綠建築標章制度推動更行順利。

2.4.6 綠建築的分級評估方式

分級評估目的在於提供合格綠建築優劣品質認定的評估工具，以協助政府推動綠建築獎勵政策，本分級評估法為一套寬嚴適中、精益求精的分級獎勵系統，以此作為我國綠建築獎勵政策的依據，當能發揮提升綠建築設計水準最大的功效。

一、評估指標之得分與權重

我國之綠建築九大指標評估系統，其各指標之重要程度與相互權重關係，擬參酌美、日評估系統之權重關係及我國國情，並經以專家問卷方式來訂定各指標之綜合計分值及權重比例。其中最重要的權重比例，乃以當年綠建築評審委員會委員25人、綠建築委員會的評審作業助理5人以及內政部建研所主辦綠建築業務的專家4人，共34人為問卷對象，進行加權評分之問卷統計結果。其加權評估採取效法國際系統以節能與室內環境兩指標為最重要主軸、以建築設計影響權重、以營建成本影響權重、免評估項目排除於權重計算之外、所有建築類型採單一權重分配等五原則，建立我國的綠建築分級評估之加權得分。【綠建築綜合分級評估法之研究】

表 2.4-6 分級評估制度九大指標得分權重表

四大領域	九大指標	基準分	最高分	小計
生態	一. 生物多樣性指標	1.5 分	9 分	27 分
	二. 綠化量指標	1.5 分	9 分	
	三. 基地保水指標	1.5 分	9 分	
節能	四. 建築外殼節能 EEV	1.5 分	12 分	28 分
	空調節能 EAC	1.5 分	10 分	
	照明節能 EL	1.5 分	6 分	
減廢	五. CO ₂ 減量指標	1.5 分	9 分	18 分
	六. 廢棄物減量指標	1.5 分	9 分	
健康	七. 室內環境指標	1.5 分	12 分	27 分
	八. 水資源指標	1.5 分	9 分	
	九. 污水垃圾改善指標	1.5 分	6 分	
最低總得分：22 分 最高總得分：100 分				

資料來源：綠建築標章

二、各指標綜合計分

各指標的計分法乃建立於各指標得分為常態分佈之假設，亦即以基準合格值為平均值，以 2003 年 162 案例之各指標最高得分為四倍標準差 4σ 之常態分佈，所有得分均可依原有計算值與基準值之變距 R_i ，以高於平均值的常態分佈概率，來換算分級評估之得分。依此理論求得各指標得分 RS_i 計算式，分級評估系統總得分 RS 與分項得分 RS_i 依下列諸式計算，其中日常節能指標得分 RS_4 ，必須如下列三式所示，由建築外殼、空調、照明三項得分 RS_{4_1} 、 RS_{4_2} 、 RS_{4_3} 合計而得。

◎分級評估計算式與變數說明

$$RS = \sum RS_i ; RS_i = a \times R_i + 1.5 ; RS_4 = RS_{4_1} + RS_{4_2} + RS_{4_3}$$

變數代號	變數說明
i	九大指標參數
RS	分級評估總得分
RS _i	各指標分項得分，但該指標不合格或免予評估時，RS _i =0.0
R _i	各指標合格變距，無單位。為各指標的設計值與基準值的絕對值差與基準值之比，即依「 $ $ 設計值－基準值 $ $ ÷基準值」之公式計算。
a	合格變距 R _i 得分權重

表 2.4-7 各指標綜合計分計算式

九大指標		設計值	基準值	分級評估得分 RS _i	得分上限	
一. 生物多樣性指標		BD	BD _c	$RS1=18.75 \times R1+1.5$	$RS1 \leq 9.0$	
二. 綠化量指標		TCO ₂	TCO _{2c}	$RS2=6.81 \times R2+1.5$	$RS2 \leq 9.0$	
三. 基地保水指標		λ	λ_c	$RS3=4.68 \times R3+1.5$	$RS3 \leq 9.0$	
四. 日常節能指標	外殼節能	辦公類	EEV	0.80	$RS4_1=22.20 \times R4_1+1.5$	$RS4_1 \leq 12.0$
		百貨類	EEV	0.80	$RS4_1=22.20 \times R4_1+1.5$	
		醫院類	EEV	0.80	$RS4_1=11.11 \times R4_1+1.5$	
		旅館類	EEV	0.80	$RS4_1=11.11 \times R4_1+1.5$	
		住宿類	EEV	0.80	$RS4_1=6.52 \times R4_1+1.5$	
		學校及大型空間類	EEV	0.80	$RS4_1=16.67 \times R4_1+1.5$	
		其他類	EEV	0.80	$RS4_1=6.90 \times R4_1+1.5$	
	空調節能	EAC	0.80	$RS4_2=14.69 \times R4_2+1.5$	$RS4_2 \leq 10.0$	
	照明節能	EL	0.70	$RS4_3=7.00 \times R4_3+1.5$	$RS4_3 \leq 6.0$	
五. CO ₂ 減量指標		CCO ₂	0.82	$RS5=19.40 \times R5+1.5$	$RS5 \leq 9.0$	
六. 廢棄物減量指標		PI	3.30	$RS6=13.13 \times R6+1.5$	$RS6 \leq 9.0$	
七. 室內環境指標		IE	60.0	$RS7=17.50 \times R7+1.5$	$RS7 \leq 12.0$	
八. 水資源指標		WI	2.0	$RS8=1.50 \times R8+1.5$	$RS8 \leq 9.0$	
九. 污水垃圾指標		GI	10.0	$RS9=4.29 \times R9+1.5$	$RS9 \leq 6.0$	

資料來源：綠建築標章

三、分級評估基準

本分級評估法以「對數常態分佈」來制訂分級獎勵之界線，亦即以自然對數常態分佈圖之概率比例，劃定五個概率區間為分級獎勵之標準，以得分概率 95% 以上為鑽石級、80%~95% 為黃金級、60%~80% 為銀級、30%~60% 為銅級、30% 以下則為合格級之五等級評估系統。然而，使用者必須留意某些建築類型中有一些免評估的項目，例如小基地是免除生物多樣化指標評估的；如住宅是免除空調與照明評估的；如非居室建築物是免除室內環境指標評估的。有免評估項目之案件時，必須調降其五級基準來評定其等級，其基準調降法並非等距調低分數，而是以原五級基準扣除表 2.4-8 所示的「基準減分」而得。若有多項免評估項目時，其基準值得同時扣除多項之基準減分。依此來調整免評估項目之分級得分基準，可得到較公平的評價。

表 2.4-8 綠建築評估最終等級評量表

綠建築評量等級 (得分概率分佈)	合格級 0~30%	銅級 30~60%	銀級 60~80%	黃金級 80~95%	鑽石級 95%以上	
九大指標全評估時 總得分 RS 範圍	$12 \leq RS < 26$	$26 \leq RS < 34$	$34 \leq RS < 42$	$42 \leq RS < 53$	$53 \leq RS$	
基準 減 分	免評估生物多樣性指標者基準減分	-1.5	-3.2	-4.0	-4.7	-6.0
	免評估空調節能者基準減分	-1.5	-3.0	-4.2	-5.1	-6.5
	免評估照明節能者基準減分	-1.5	-2.6	-3.2	-3.6	-4.4
	免評估室內環境指標者基準減分	-1.5	-3.5	-4.6	-5.7	-7.5
	免評估省水器具者基準減分	-1.5	-3.2	-4.0	-4.7	-6.0

資料來源：綠建築標章

2.4.7 智慧綠建築

鑑於我國推動綠建築政策行之有年，除完成綠建築法制化，累積節能節水、生態環保績效顯著外，如今更進一步邁入生態城市政策的階段。而政府積極推動之智慧化居住空間、智慧台灣等計畫，藉由導入智慧化 ICT 系統及設備於建築物中，使建築物具備主動感知之智慧化功能。因此，為使我國推動之綠建築優勢能更上一層樓，並考量結合綠建築與智慧化居住空間兩者間之交集部分，進一步提升綠建築效益及 ICT 產業優勢，實有賴推動綠建築與 ICT 產業結合之新興建築產業—「智慧綠建築」方能達成此一目的。因此，「智慧綠建築」當是結合 ICT 產業之綠建築。亦即「以綠建築為基礎，導入智慧型高科技技術、材料及產品之應用，使建築物更安全健康、便利舒適、節能減碳又環保」。

目前世界各國均積極發展智慧生活應用相關產業科技，針對能源管理、自動化控制、系統整合、安全監控、居家照護、數位生活等各項需求，進行一連串電子化、資訊化及建築技術的整合創新服務。而推動智慧綠建築發展，正是期望促使建築物本體進行智慧綠建築設計，結合各類先進智慧化產品與服務，進而帶動關聯產業，包括建築部分之創新規劃設計、施工營造、綠建材等、及相關智慧化產品與服務之導入，達到綠建築效能升級之目的。

2.5 既有建築物之改善內容

配合綠色矽島建設目標，積極推動維護生態環境，促進建築與環境共生共利，永續經營居住環境，落實建築物節約能源，持續降低能源消耗及減少二氧化碳排放，以健康為前提，創造舒適健康之居住環境及發展室內環境品質技術，以促進建築廢棄物減量，減少環境污染與衝擊，提昇健康室內環境品質、資源有效利用技術，維護生態環境，以發展臺灣本土亞熱帶建築新風貌。【江哲銘-既有建築物綠建築改善手冊之研究】

2.5.1 既有建築改善計畫

台灣現階段對佔總建築量比例極高的既有建築而言，過去部份不當的設計常造成建築耗能、廢水等嚴重問題。政府推動綠建築政策上亦開始著手針對這些極具耗能之建築進行節能改善工程，近期內最為實質之計畫成果即為「綠廳舍暨學校改善計畫」，然而由於執行工期有限、經費不足下，往往只能對局部環境，如外在實質之綠化量、基地保水至室內環境之照明不足、空調耗能等層面進行綠建築改善，經由這些計畫成果所累積的經驗皆對未來綠建築有效落實於既有建築改善策略上皆有一定助益與貢獻。

一、綠廳舍暨學校改善補助計畫(2002~2007)

為推動行政院「挑戰二〇〇八—國家發展重點計畫」水與綠建設計畫之綠建築政策及配合綠色矽島建設目標，行政院在 2001 年 3 月 8 日核定「綠建築推動方案」。其中「實施方針」第三條明文條列獎勵或補助改善舊有建築物能源消耗計畫；且「配合措施」第十條亦述明獎勵或補助改善室內環境品質計畫。以上兩項內容均期能對既有建築物環境作改善。

再者，由於目前台灣經濟環境與房地產持續低迷，新建建築物逐年萎縮，相對的既有建築物的使用生命週期延長。而既有建築物於當初新建時皆未考慮綠建築觀念，對資源與能源方面並未考量，長期使用下來，對生態、能源與資源有極大的不良影響與損耗。故綠建築之推動，除新建建築物在規劃設計時須考慮綠建築設計外，若能對使用比例極高且生命週期增長的舊有建築物在綠化、節能、保水、節水…等綠建築方面研究實施改善，勢必對地球資源的節約、國家能源利用與環境生態的保護發揮極大的正面功能。

而既有建築物佔整體建築總量之比例頗高，若未考量綠建築設計觀念之舊有建築物，其耗能嚴重且建築環境不符合生態原則；因此內政部建築研究所自 2002 年起即優先針對耗能嚴重與室內環境不佳之公有廳舍進行節能與室內環境改善

工程，預估改善後將可大大減少空調、照明耗電量與提升辦公環境品質，並為這將持續進行的「綠色廳舍暨學校改善計畫」以為示範。在每年度改善計畫中預計編列工程預算，將就有意願單位且符合改善效益之公有建築物進行綠建築方面之改善工程，並預期改善後之既有公有建築物能符合節能、綠化、保水、節水等綠建築評估指標及具觀摩示範作用。本項改善計畫委託財團法人台灣建築中心籌組由相關專家學者組成之「綠色廳舍暨學校改善服務團」，進行綠色廳舍暨學校改善建築物之公開甄選、現勘評定、實測調查、評估診斷、改善建議、預算編列、設計顧問及協同驗收等輔導工作，期能大幅改善舊有公有廳舍之耗電、耗水、不符生態原則及不佳之室內工作環境情形。

二、綠建築更新診斷與改造計畫(2008~2010)

近幾年來，隨著環保議題與生態理念的意識高漲，綠建築的思潮逐漸蔚為風尚，而我國政府也積極推動許多相關的政策，其中包含行政院在 2001 年 3 月 8 日以台九十內字第 010807 號函所核定之「綠建築推動方案」。台灣自推動「綠建築推動方案」以來，在政府的支持與民間的響應下，已使台灣成為國際間執行綠建築政策的優等生，其中依據該方案實施方針第七條「辦理綠色廳舍暨學校改善計畫」，所推動的「綠廳舍暨學校改善補助計畫」，6 年內共完成 99 個既有中央機關及國立院校綠建築改善示範案例，成效良好，可說是舊有建築改善之先驅及典範。

鑑於「綠建築推動方案」在過去 6 年來執行成效良好，行政院嗣於 97 年 1 月 11 日以院台建字第 0970080652 號函核定「生態城市綠建築推動方案」，並於「肆、實施方針」第十一條明列「辦理綠建築更新診斷與改造計畫，並獎勵民間業界參與」，以續辦既有中央機關及國立大專院校建築物的改善。

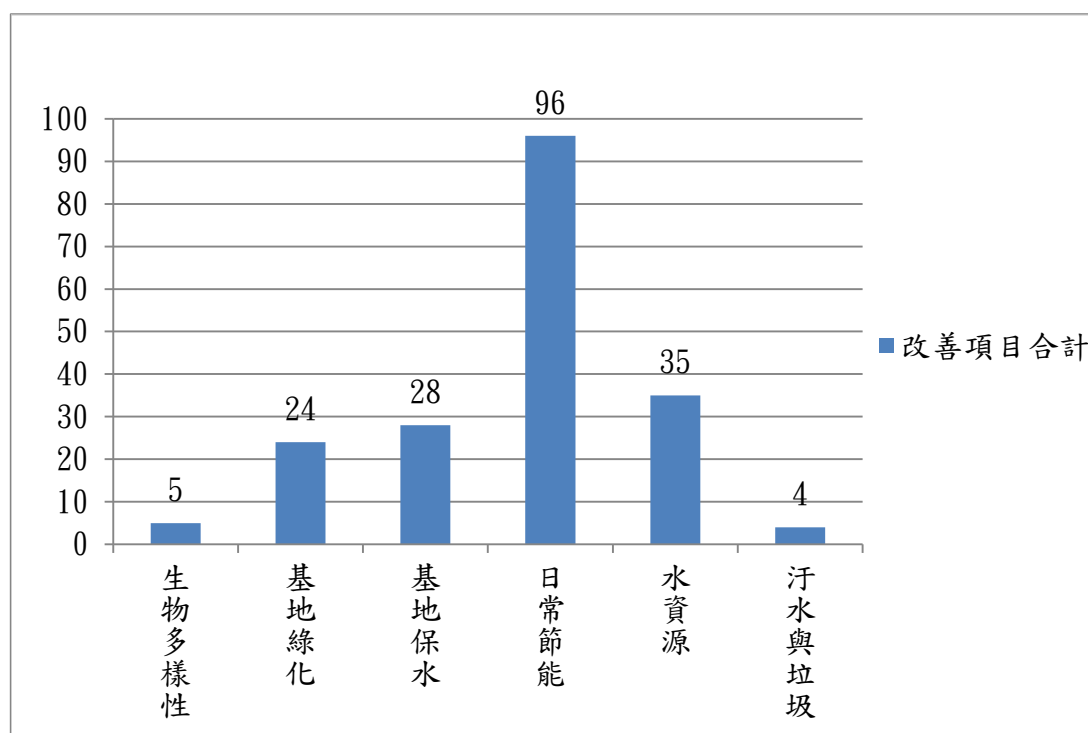
三、民間既有建築物綠建築設計改善示範工作計畫(2004 年始)

為加速新、舊建築物之綠建築改善工作，全面提升國內整體建築環境效能，除有針對新建物「綠建築標章」之推動外，對於既有之民間建築物；營建署更自九十三年起積極投入獎勵「民間建築物綠建築設計及改善示範工作」，期望將綠建築之環境永續觀念融入生活中，同時刺激綠建築改善工作之專業技術的跨領域整合。同時讓使用者與專業工作者瞭解如何藉由既有建築物的更新、再利用，延長建築物生命週期，增加既有建築物之附加價值，並推廣「病態建築」對於人體健康產生的危害和診斷機制，並以達成「永續健康建築」、「永續都市再活化」、「創新科技整合」為核心，以生命週期成本 (LCC) 為考量，發展成為「智慧化生活空間」，利用數位科技評估綠建築之健康對策，使既有建築物之綠建築改善工作能更有效率，確保室內環境之健康與舒適需求。

2.5.2 既有建築物改善項目

既有建築物目前尚非屬建築技術規則有關綠建築專章之適用範圍，因此尚未建立完整之制度與改善設計技術，在綠建築九大指標評估項目中，也並非所有指標皆適用於既有建築，然而，我們可根據近幾年來「綠廳舍暨學校改善補助計畫」與「綠建築更新診斷與改造計畫」的內容，瞭解其針對既有建築常用之改善方法。

圖 2.5-1 各單位補助計畫項目統計



資料來源：本研究整理

從圖 2.5-1 中可明顯看出基地綠化、基地保水、日常節能和 water 資源四項指標為舊建築改善的重點項目，尤其從 2008 年起的「綠建築更新診斷與改造計畫」，更是著重於基地保水、戶外遮棚、綠屋頂、水資源、戶外照明及室內照明等六項做為改善補助之主要項目。

「綠建築規劃設計技術」是一個本土化的綠建築設計體系，它以台灣亞熱帶氣候的研究為基礎，充分掌握國內建築物在生態、節能、減廢、健康上之環保特性，其實用的功能足以與國際最先進之「綠建築」科技相媲美，值得國人的信賴使用。建築業者只要遵照各技術手法進行綠建築規劃設計，確實可達到生態、節能、省水、減廢、健康、舒適、環保的目的，並可達到省電、省水、省錢的利益。

【蕭江碧-綠建築規劃設計技術彙編，2000】

2.5.3 既有建築常用改善技術

既有建築改善技術甚多，依據「綠建築規劃設計技術彙編」內容，只要遵照各技術手法進行綠建築設計，確實可達到生態、節能、省水、減廢、健康、舒適、環保的目的，並可達到省電、省水、省錢的利益；此技術手冊則基於輔佐政府推動綠建築的政策，以提高建築實務者對於綠建築的設計能力為目的，希望藉此能誘導我國建築永續政策之展開；本節將彙整既有建築相關之常用改善技術。

【綠建築規劃設計技術彙編】

一、綠化量指標

(一) 植栽種類選擇

植栽的選擇首重於對當地環境的適應性，因此最好是採取原生物種，其次要考慮其他生物的生存條件，種植具誘蝶、誘鳥類的植物可以吸引蝴蝶和鳥類停留，那麼對於物種的交流、生態平衡與創造視覺、聽覺並重的景觀會有莫大的幫助。

(二) 複層綠化

植物的綠化對於二氧化碳具有固定效果，是改善高地球溫化最有效的對策，在硬質廣場鋪面上挖植穴種一棵小喬木時，則小喬木的 CO₂ 固定效果假設為 1 倍，但如果能同時種植小喬木及灌木時，其固定效果可以累算為原來的 1.4 倍，因此可在同一平面上多種植不同種類植栽。

(三) 屋頂綠化

建築物牆面與屋頂也是一個可綠化的地方，因此可以考慮在屋頂平台進行區域立體綠化，不僅在視覺上帶來美化的環境，植栽能夠淨化二氧化碳、粉塵與空氣中的重金屬，也有減緩都市熱島效應、調節微氣候、增加保水性能及增進建築節能等功效。但屋頂綠化不若一般裸露地的綠化，由於位處建築物樓板上，需要考量對建築物的荷重負擔。若應用於既有建築的屋頂上，可覆以較淺的植草以避免大幅增加樓板的荷重。此外，在與建築的整合上，尚需確實做好對建築物屋頂層的防護，避免因施工導致屋頂防水層破壞而漏水。

二、基地保水指標

(一) 地下礫石貯集滲透設計

是一種土壤孔隙比的地質改良，即在裸露土地的下方填入礫石或廢棄混凝土骨料，讓雨水暫時貯集於礫石骨料間的孔隙之中，再以自然滲透方式入滲至土壤的方法。由於礫石的孔隙率較一般的砂、粉土大，因此下大雨時礫石的間隙便能貯集較大的水量，再慢慢滲透回土壤之中，以同時達到貯集及滲透的保水功效。

(二)花園土壤雨水截留設計

眾多的保水設計方式大多應用在地質滲透性良好之土層，透水鋪面設計雖然普遍應用在既有建築的改善上，但此方法僅適用於透水良好的土質，而保水設計適合用在透水性差土層之技術則是「花園土壤雨水截留設計」，所謂的「花園土壤雨水截留設計」，就是在人工地盤或不透水黏土層上設計綠地花園，覆蓋含水量良好的壤土，利用土壤孔隙之含水性能來截留雨水，通常只要在一成的基地上，開闢覆土深度 1 公尺的綠地即可合於要求。

三、日常節能指標

(一)外遮陽

外遮陽設計在亞熱帶地區是節能最有效的方法之一，它影響整體空調耗能變動約兩成左右，遮陽的設計形式有水平遮陽、垂直遮陽及格子遮陽，其中格子遮陽兼具水平及垂直遮陽之優點，各方位的效果差異不大，為一理想的遮陽形式。

(二)照明光源與方式

依室內空間的需求，改善照明光源有採用高效率之光源、定期清洗或更換老舊燈管、採用新型照明器具反射板、使用電子式安定器等，至於照明方式可分為全般照明、局部照明、作業面重點照明；全般照明即多人共同使用時將作業面全部給予均勻之照明，而局部照明方式採照明燈具分別裝設於作業點上方，使其得到所需的較高照度；作業面重點照明係只對重點處或該依作業面而用之照明。

四、水資源指標

(一)設置雨水貯集槽

雨水貯留供水系統係將水文循環中的雨水，以天然地形或人工方法予以截取貯存，主要是以屋頂、地面集流為主，用在農業上灌溉或做為工業及民生用水之替代性補充水源、防火貯水與減低城市降雨洪峰負荷量等多目標用途的系統。

(二)使用省水器材

省水器材的定義一般而言，舉凡用控水器材透過器材設備本身或機械結構設計，致使流速、或流量及壓力等的改變，達到減少用水量又不影響原器材設備功能的產品稱之。因此在選用相關耗水器材時皆以具有省水標章之器材為優先考量依據。

第三章 綠建築評估

基於既有建築文獻指出，綠建築九大指標中的「綠化量指標」、「基地保水指標」、「日常節能指標」及「水資源指標」為最廣泛應用在既有建築改善之重點指標，本研究主要以這四個指標做為主要評估項目，其中「日常節能指標」內容最為繁瑣，因此節能部分待下一章再做探討；本章首先依據 2009 年「綠建築解說與評估手冊」內容，建立評估所需資訊，再以工程二館設計圖說並配合實際調查方式，計算指標是否符合綠建築標準。

3.1 綠建築指標內容

3.1.1 綠化量指標

「綠化量指標」對於植栽 CO₂ 固定量的計算評估，乃根據成功大學建築研究所對於喬木由幼苗至四十年成樹間之二氧化碳固定效果為計算標準，此標準顯示在 40 年之間每平方米植物覆蓋面積的 CO₂ 固定效果權重，由表 3.1-1 可知綠化對空氣的淨化效果，喬木顯然優於灌木，灌木優於草花花圃，對於「綠化量指標」的獎勵基準，希望能夠在基地內最小綠地面積內實施全面綠化。

表 3.1-1 各種植栽單位面積二氧化碳固定量

植栽種類		栽種條件	固定量 Gi
生態複層	大小喬木、灌木、花草密植混種區	喬木種植間距 3.5m 以下且土壤深度 1.0m 以上	1,200
	闊葉大喬木	土壤深度 1.0m 以上	900
喬木	闊葉小喬木、針葉喬木、疏葉喬木	土壤深度 1.0m 以上	600
	棕櫚類	土壤深度 1.0m 以上	400
灌木		土壤深度 0.5m 以上 (每 m ² 至少栽植 4 株以上)	300
多年生蔓藤		土壤深度 0.5m 以上	100
草花花圃、自然野草地、草坪		土壤深度 0.3m 以上	20
老樹保留		米高徑 30cm 以上或樹齡 20 年以上	900
			600

◎綠化量指標相關公式與變數說明

$$TCO_2 = (\sum (G_i \times A_i)) \times \alpha, \text{ 式中 } \alpha = 0.8 + 0.5 \times ra$$

因此 TCO_2 的合格判斷式為

$$TCO_2 > TCO_{2c} = 1.5 \times (0.5 \times A' \times \beta), \text{ 式中 } A' = (A_0 - A_p) \times (1 - r)$$

表 3.1-2 綠化量指標相關變數

變數代號	變數說明
TCO_2	基地綠化之總 CO_2 固定量計算值 (kg)
TCO_{2c}	綠建築綠化總 CO_2 固定量基準值 (kg)
G_i	某植栽種類之單位面積 CO_2 固定量 (kg/m^2)
A_i	某植栽之栽種面積基準 (m^2)
A'	最小綠地面積 (m^2)，但不得低於總基地面積 15%，亦即若 $A' < 0.15 \times A_0$ ，則 $A' = 0.15 \times A_0$ 。
α	生態綠化優待係數，但 α 必須 ≥ 0 ，此係數針對有計畫之原生植物、誘鳥誘蝶植物等生態綠化之優惠。最無特殊生態綠化者設 $\alpha=1.0$ 。此優待係數必須提出整體植栽設計圖與計算表。
A_0	基地面積 (m^2)
A_p	不可綠化面積 (m^2)
R	法定建蔽率，無單位。申請範圍為分期分區之局部基地分割評估時， r 為實際建蔽率且不得高於法定建蔽率，若為學校類建築基地整體校地全區檢討時，強制令 $r=0.4$ 。
ra	原生或誘鳥誘蝶植物採用比例，無單位。需兩種以上樹種始可計算 ra 值，否則 $ra=0$
β	單位綠地 CO_2 固定量基準 (kg/m^2)，依據建築技術規則設計施工編第三百〇二條所訂之二氧化碳固定量基準值。

3.1.2 基地保水指標

基地的「保水性能」，就是建築基地涵養水分及貯集滲透雨水的能力。「基地保水設計」主要分為兩大部分，一是「直接滲透設計」，二是「貯集滲透設計」，前者是完全利用土壤孔隙的毛細滲透原理來達成土壤涵養水分的功能，而後者就是設法讓雨水暫時留置基地上，然後再以一定流速讓水滲透循環於大地的方法，這也是本指標不用一般「透水」之名，而取名為「保水」之原因。本評估對於「基地保水性能」以下述之「基地保水指標 λ 」來評估，其意義為開發前自然土地之保水量 Q_0 與開發後之保水量 Q_i 之相對比值， λ 值越大，代表保水性能越佳，反之則越差。

◎基地保水指標相關公式與變數說明

$$\lambda = \frac{\text{開發後基地保水量} Q'}{\text{原土地保水量} Q_0} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{A_0 \cdot f \cdot t}$$

故合格判斷式為 $\lambda \geq \lambda_c$

表 3.1-3 基地保水指標相關變數

變數代號	變數說明
λ	基地保水指標，無單位。
λ_c	基地保水指標基準。學校校園整體評估採 0.5，但其他建築基地以及學校局部基地分割評估時，採 $\lambda_c = 0.8 \times (1.0 - r)$ 。
Q'	各類保水設計之保水量總和 (m^3)
Q_i	各類保水設計之保水量 (m^3)
Q_0	原土地保水量 (m^3)， $Q_0 = A_0 \times f \times t$
f	基地最終入滲率 (m/s)
t	最大降雨延時 (s)，取 86,400s (24hr)。

3.1.3 水資源指標

綠建築「水資源指標」主要要求大、小便器以及各式水栓全面採用最基本的省水器材即可達到基本得分 2.0，也就是強制所有建築物必須使用具省水標章的省水器材來節省生活用水量。由於私人使用之水栓一般節水管制不易也較難評定其效益，因此本指標僅針對供公眾使用之水栓為對象。

◎水資源指標合格判斷式與變數說明

$$WI = a + b + c + d + e \geq 2.0$$

表 3.1-4 水資源指標相關變數

變數代號	變數說明
WI	水資源指標總得分，無單位。
a	大便器省水器材得分，無單位。
b	小便器省水器材得分，無單位。
c	供公眾使用水栓省水器材得分，無單位。
d	浴缸或淋浴得分，無單位。
e	雨中水設施得分，無單位。

3.1.4 其它指標群

一、生物多樣性指標

自從 1992 年第一次地球高峰會議制定了「生物多樣性公約」以來，「生物多樣性」一直是地球環保的最高指導原則，我國的綠建築評估特別將「生物多樣性指標」列為第一指標，以彰顯生物多樣性之重要性。「生物多樣性指標」是專指廣域的生物棲地與生物交流的基盤，因此本評估暫時規定一公頃以上的基地規模才適用於本指標的評估。

由於目前國際間對於綠地之生物多樣性評估尚未有嚴謹的共識，本指標僅以建築景觀實務所能操作的範疇，透過綠地品質的提昇來掌握生物多樣性活動的生態基盤。本評估內容以生態綠網、小生物棲地、植物多樣性、土壤生態、照明光害、生物移動障礙等六項領域之生態品質來評估。

二、CO₂ 減量指標

建築物的磚、瓦、鋼筋、玻璃都是能源的產物，都排放著大量的二氧化碳，建築物本身並不會產生二氧化碳，此指標所評估的二氧化碳排放量是指建築軀體構造的建材，於生產、製造、運送的過程中所產生的二氧化碳。

建築物二氧化碳減量最有效的對策在於節約建材使用量，其最大影響因素為「結構合理化」、「建築輕量化」、「耐久化」與「再生建材使用」等四大範疇，本指標乃依此四大範疇之特徵創立簡易實用的評估法，以讓建築設計者能輕易操作控制二氧化碳排放量之影響因子，並落實政府推廣綠建築的美意。

三、廢棄物減量指標

「CO₂ 減量指標」與「廢棄物減量」兩指標，合稱為綠建築之「減廢指標群」，但前者偏重於評估施工前之建材生產運輸部分的环境汙染量，而後者在於評估施工中與日後拆除之環境汙染量，前者為「事前預防」，後者為「事後管制」，兩者剛好構成完整的建築物生命週期營建汙染物防制系統。

建築施工所引起的汙染項目甚多，在實務面上為了能評估其綜合汙染程度，必須採用綜合性的指標。廢棄物減量指標著眼於工程不平衡土方、施工廢棄物、拆除廢棄物之固體廢棄物以及施工空氣汙染等四大營建汙染源，採用實際汙染排放比率來評估其汙染程度。

四、室內環境指標

無論國內外，室內環境問題均被列為綠建築評估體系中最重要之評估要項之一，假如沒有健康的環境，則再高級的綠建築也是無用。本指標以「健康性」與「環保性」的角度來評量室內居住環境，是綠建築評估最重要的原點。「室內環境指標」主要在評估室內環境的隔音、採光、通風換氣、室內裝修、室內空氣品質等，影響居住健康與舒適之環境因素，希望藉此喚起國人重視室內環境品質，並減少室內污染傷害以增進生活健康。本指標由音環境、光環境、通風環境及室內裝修等四部分綜合而成。

五、汗水及垃圾改善指標

汗水及垃圾處理本為環保及建築主管單位管轄的範圍，建築技術規則及相關規範都有嚴格規定，由於污水及垃圾為完全不同單位系統的東西，因此「汗水改善指標」及「垃圾改善指標」兩向來評估，假如這兩項指標中有一項不合格時，則整體「汗水及垃圾改善指標」即不合格。以下表 3.1-5、表 3.1-6 為汗水及垃圾所評估項目。

表 3.1-5 汗水指標查核表

污染源	查核對象	合格條件
一般生活雜排水	所有建築物的浴室、廚房及洗衣空間，或其他類建築物之一般生活雜排水	所有生活雜排水管確實接管至污水處理設施或污水下水道，尤其住宅建築每戶必須有專用洗衣空間並設有專用洗衣水排水管接至污水系統（檢附污水系統圖）
專用洗衣雜排水	寄宿舍、療養院、旅館、醫院、洗衣店等建築物的專用洗衣空間	必須設置截留器並定期清理，同時將排水管確實接管至污水處理設施或污水下水道（檢附污水系統圖）
專用廚房雜排水	學校、機關、公共建築、餐館、俱樂部、工廠、綜合辦公大樓等設有餐飲空間、員工餐廳的專用廚房	設有油脂截留器並定期清理，同時將排水管確實接管至污水處理設施或污水下水道（檢附油脂截留器設計圖與污水系統圖）
專用浴室雜排水	運動設施、寄宿舍、醫院、療養院、俱樂部等建築物的專用浴室	排水管確實接管至污水處理設施或污水下水道（檢附污水系統圖）

表 3.1-6 垃圾處理相關措施

垃圾處理措施 (需檢附相關圖說)	獎勵得分 Gi
1. 當地政府設有垃圾不落地等清運系統，無須設置專用垃圾集中場及密閉式垃圾箱者 (本項與 6. 7. 9. 項不能重複得分)	G1=8 分
2. 設有廚餘收集處理再利用設施並於基地內確實執行資源化再利用者 (必須有發酵、乾燥處理相關計畫書及設備說明才能給分，限已完工建築申請)	G2=5 分
3. 設有廚餘集中收集設施並定期委外清運處理，但無當地資源化再利用者 (2. 與 3. 只能任選其一，限已完工建築申請)	G3=2 分
4. 設有落葉堆肥處理再利用系統者 (必須有絞碎、翻堆、發酵處理相關計畫書及設備說明才能給分，限已完工建築申請)	G4=4 分
5. 設置冷藏、冷凍或壓縮等垃圾前置處理設施者	G5=4 分
6. 設有空間充足且運出動線說明合理之專用垃圾集中場 (運出路徑必須有明確之圖示)	G6=3 分
7. 專用垃圾集中場有綠化、美化或景觀化的設計處理者	G7=3 分
8. 設置具體執行資源垃圾分類回收系統並有確實執行成效者	G8=2 分
9. 設置防止動物咬食且衛生可靠的密閉式垃圾箱者	G9=2 分
10. 垃圾集中場有定期清洗及衛生消毒且現場長期維持良好者 (限已完工建築申請)	G10=2 分
11. 集合住宅大樓設有公共燒香燒金銀紙的空間及固定專用焚燒設備者	G11=2 分
12. 上述以外之垃圾處理環境改善規劃，經評估認定有效者	G12=認定值
註： $\sum Gi \geq 10$ 分始為合格	

基地面積不足一公頃可免予評估「生物多樣性指標」，而「CO₂減量指標」及「廢棄物減量指標」此兩項指標均在規劃設計與施工階段進行管理，對已完工之既有建築而言無法做任何地改善措施；「室內環境指標」涉及較廣因此不列入本研究範圍內，至於「汗水及垃圾改善指標」因相關法規有嚴謹規定，且垃圾指標達到相關配套措施即可合格，因此該指標也是綠建築常通過之項目。

3.2 案例實際評估內容

3.2.1 綠化量指標評估

工程二館係屬國立交通大學眾多教學館舍之一，因此在基地面積之檢討範圍採用自訂劃設的方式，原則上以方整的劃分作為基地面積。工程二館植栽分佈可分為內部與外部兩區塊，內部植栽分佈在一樓中庭花園以及二樓到三樓的走廊牆壁外側盆栽，盆栽的覆土深度明顯不符因此不將其列入本案綠化量評估，中庭花園主要以草花花圃與灌木所組成；建築物外部周圍均有植栽的分佈，包含各類大小喬木、棕櫚類、灌木及草地。

本案由於植栽名稱並無立牌標示且資料來源無法取得，僅以外觀判斷其種類為何屬，但藉此仍可得知 CO₂ 固定量，所以並不影響綠化設計值的計算；表 3.2-1 為實地調查統計各植栽數量與栽種面積，統整後可根據下列計算步驟求出本案是否通過綠化量指標。

步驟 1：檢驗植栽覆土深度	
	工程二館屬於老舊建築物，各類植栽覆土深度設計值已不可考，但基於基地內樹種生長迄今已達多年之久且生長環境優良，故本研究仍視其符合規範並計算之。
步驟 2：檢驗喬木間距	
	調查結果顯示喬木類在基地範圍內共有 30 株之多，建築物的四周圍均有喬木的種植，然而喬木間距都不盡相同，經由實地量測後間距介於 3.5 到 5 公尺不等。
步驟 3：計算生態綠化優待係數 α	
	本案無法提出整體植栽設計圖，視為無特殊生態綠化，在此令 $\alpha=1.0$ ，故綠化設計值無加權給分。
步驟 4：計算綠化設計值 TCO₂	
	依據綠化量評估表內容，得知 CO ₂ 總固定量 $\sum G_i \times A_i = 900 \times (8 \times 25 + 6 \times 16 + 10 \times 12.25) + 600 \times (9 \times 9) + 400 \times (3 \times 25) + 300 \times 50.2 + 20 \times 1500 = 500310$ ，所以綠化設計值 TCO ₂ = 500,310(kg)
步驟 5：計算綠化基準值 TCO_{2c}	
	TCO _{2c} = 1.5 × (0.5 × A' × β)，其中最小綠化量 A' 計算結果為 975(m ²)，學校用地的單位綠地 CO ₂ 固定量基準 β 是 500(kg/m ²)，因此綠化基準值 TCO _{2c} = 1.5 × (0.5 × 975 × 500) = 365,625(kg)

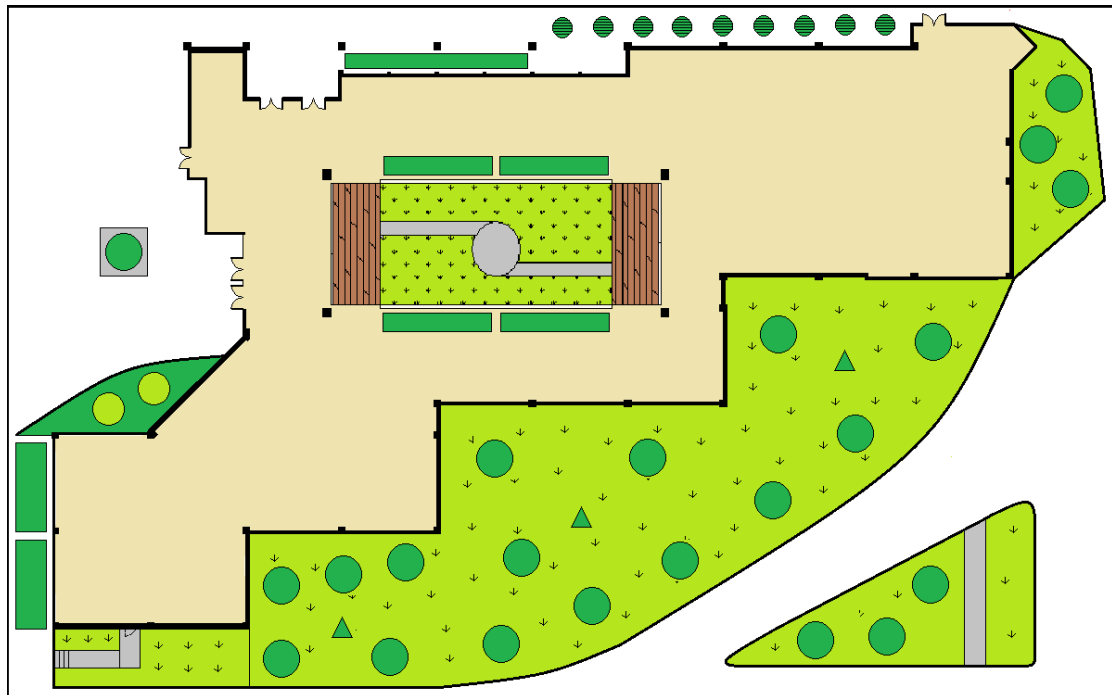


圖 3.2-1 工程二館各類植栽分佈圖

表 3.2-1 植栽評估調查內容

植栽種類	圖示	CO ₂ 固定量	數量或面積	栽種間距	樹冠投影面積
闊葉大喬木	●	900	8 株	5m	25m ²
			6 株	4m	16m ²
			10 株	3.5m	12.25m ²
闊葉小喬木、針葉喬木、疏葉喬木	●	600	9 株	3m	9m ²
棕櫚類	▲	400	3 株	>5m	25m ²
灌木	■	300	50.2m ²	無	無
草花花圃、自然野草地、草坪	↓	20	1,500m ²	無	無

經由計算結果可知 $TCO_2=500,310(\text{kg}) > TCO_{2c}=365,625(\text{kg})$ ，即綠化設計值高於基準值，因此本案通過綠化量指標；計算內容顯示出，在基地內增加植栽數量就可達到更多 CO₂ 的固定量，尤其是以栽種喬木類的效果較佳，因此盡可能增加綠地面積亦不難達到該指標的合格基準。

3.2.2 基地保水指標評估

本指標評估之前需依建築技術規則建築構造篇第六十四條規定做鑽探調查，將鑽探結果中表層 2m 以內土壤之「統一土壤分類」代入查表以取得「土壤最終入滲率值」，本案土壤分類屬於「黏土」性質。

基地保水評估手法可分為「常用保水設計」和「特殊保水設計」，在經過實地調查後發現，本案並未採取任何特殊保水設計手法，僅以綠地作為保水設計方式，估算基地範圍內綠地總面積為 1,500(m²)。

步驟 1：求得土壤最終入滲率 f	
	黏土之最終入滲率為 10 ⁻⁷ (m/s)，但因本案未採用特殊保水設計手法，所以計算上不需採用土壤滲透係數 k。
步驟 2：基地內保水設計手法之保水量 Qi	
	本案使用綠地作為保水設計，綠地面積是 1,500(m ²)，設計值 $Q_1=A_1 \times f \times t=1,500 \times 10^{-7} \times 86,400=12.96(\text{m}^3)$ 為基地保水量。
步驟 3：計算基地保水設計值 λ	
	原土地保水量 $Q_0=A_0 \times f \times t=4,400 \times 10^{-7} \times 86,400=38.016(\text{m}^3)$ ，利用此結果與步驟 2 基地保水量相除後得到 $\lambda=12.96/38.016=0.34$ 。
步驟 4：求出基地保水基準值 λc	
	本案屬於學校局部基地分割評估，因此保水基準值 λc 不可直接設為校園整體評估值 0.5， $\lambda_c=0.8 \times (1.0-r)=0.8 \times (1.0-0.35)=0.52$ 。

表 3.2-2 保水設計之保水量計算表

保水設計手法		說明	保水量 Qi
常用保水設計	Q ₁ 綠地、被覆地、草溝保水量	綠地、被覆地、草溝面積 (m ²)	1,500×10 ⁻⁷ ×86,400=12.96(m ³)
	Q ₂ 透水鋪面設計保水量	透水鋪面面積 (m ²)	0
	Q ₃ 花園土壤雨水截留設計保水量	花園土壤體積 (m ³)	0

工程二館因屬黏土性質，黏土本身就是透水不良的土層，且本案並無使用其它保水設計，由上述計算式顯示出基地保水設計值 $\lambda=0.34$ 小於基地保水基準值 0.52，所以基地保水指標不合格。

保水設計方法中的「花園土壤雨水截留設計」適合用在不透水土質，通常只要在一成的基地上，開闢覆土深度 1 公尺的綠地即可合於要求；以本案來說，在一成的基地上設計土壤花園的體積為 $440(\text{m}^3)$ ，花園土壤雨水截留設計 $Q_3=0.05 \times 440=22(\text{m}^3)$ ，加上原先綠地保水量 $Q_1=12.96(\text{m}^3)$ ，總基地保水量可增為 34.96，與原土地保水量 $38.016(\text{m}^3)$ 相除後得到 $\lambda=0.92$ ，超過本案基地保水基準值 0.52，即可達到合格標準。

3.2.3 水資源指標評估

工程二館用水主要來自於各樓層男女生廁所，其中大部分廁所設有省水標章的一段式馬桶或兩段式省水型沖水閥共計 25 套，少部分則無；男廁小便器 25 套皆設置自動感應式沖便器；廁所內所有供清潔用途的水栓不在本評估範圍內，其餘 28 套雖無任何自動感應式水栓，但絕大多數都具有省水標章。經數量統計後水資源指標總得分為 2.14，通過本指標門檻 2.0 分，故水資源指標合格。

表 3.2-3 各樓層廁所省水器材統計

設備	設備功能敘述(給分權重)	樓層	數量	採用率	得分
大便器 (共計31套)	一段式省水馬桶($\times 1.0$)	4F	1	14/31=0.45	0.45
		3F	0		
		2F	2		
		1F	11		
		小計=14			
	兩段式省水馬桶($\times 2.0$)	4F	4	11/31=0.36	0.72
		3F	3		
		2F	4		
		1F	0		
	小計=11				
無省水標章馬桶($\times -2.0$)	1~4F	6	6/31=0.19	-0.38	
小便器 (共計25套)	自動感應或節水設計($\times 1.0$)	4F	6	25/25=1	1
		3F	6		
		2F	6		
		1F	7		
		小計=25			
供公眾使用 之水栓 (共計28套)	具省水標章或省水配件($\times 0.5$)	4F	8	25/28=0.89	0.46
		3F	5		
		2F	6		
		1F	6		
		小計=25			
	無省水標章或省水配件(-1.0)	1~4F	3	3/28=0.11	-0.11
總得分=2.14					

第四章 日常節能評估與探討

本章將對於案例節能部分做綠建築評估，並且針對不合格之「照明系統節能評估」部分做進一步探討，以兩種研擬方式分析其改善效益，並估算各空間的使用時數，計算可降低年用電量的多寡，最後利用廣泛使用的太陽能來研擬案例工程二館設置太陽能光電板所需成本，做為太陽能設置成本的評估依據。

4.1 日常節能指標評估

日常節能指標以建築外殼、空調系統及照明系統等三項節能評估法來評估，同一申請案有不同建築類別分開評估時，任一建築物必須同時通過三項評估才算合格，此三項節能評估法如下所示。

一、建築外殼節能評估法

建築外殼設計之節能評估，必須同時滿足前三項評估要求，但海拔五百公尺以上建築物必須同時滿足下列四項評估要求。

(一)玻璃反光公害防制

根據建築技術規則三百零八條之一規定，為了防止玻璃反光公害對於交通安全、生活隱私與動物生態之傷害，要求所有設置於建築外殼(包括玻璃、外牆、屋頂)上玻璃之可見光反射率 G_{ri} 必須低於 0.25。

(二)對水平透光開窗的日射遮蔽要求

對於室內空間以及如涼亭、地下通道出入口、月台候車亭、球場看台、表演台等聚集人員活動之半戶外空間之屋頂，如設有水平仰角 ≤ 80 度的透光天窗水平投影總面積 $H_{Wa} > 1.0m^2$ 時，須檢討其水平透光天窗日射透過率。因本案未設置水平天窗，故在此不詳細列出相關運算式。

(三)對所有建築類型，要求外殼節能設計高於技術規則 20%之要求。

此規範之意義在於綠建築標章之要求基準，比現行法令合格基準值 EV_c 強化 20%，建築外殼耗能指標值 EEV ，可採納「建築節能設計技術規範」所規定之精算法或簡算法之計算值來評估。

為促進能源有效利用，在不妨礙居住環境之安全、衛生與舒適條件下，提供學校類、大型空間類及其他類建築物節約能源設計之基準。本案屬於學校類建築物，必須依據規範計算屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 及窗面平均日射取得量 $AWSG$ 。

◎Uar 指標合格判斷式與變數說明

$$Uar = \frac{\Sigma(Uri \times Ari) + \Sigma(Ugi \times Agi)}{\Sigma(Ari + Agi)} < 1.0 (W/m^2.k)$$

表 4.1-1 Uar 指標相關變數

變數代號	變數說明
Uar	屋頂構造平均熱傳透率 [W/(m ² .k)]
Gri	外殼玻璃可見光反射率，無單位。
Uri	屋頂不透光部位熱傳透率 [W/(m ² .k)]
Ugi	屋頂透光部位熱傳透率 [W/(m ² .k)]
Ari	屋頂不透光部位水平投影面積 (m ²)
Agi	屋頂透光部位水平投影面積 (m ²)。

◎AWSG 指標計算合格判斷式與變數說明

$$AWSG = \frac{\Sigma IHki \times Ki \times \eta_i \times fvi \times Ai}{\Sigma Ai} \leq AWSGs (kWh/(m^2.a))$$

表 4.1-2 AWSG 相關變數

變數代號	變數說明
AWSG	窗面日射取得量 [kWh/(m ² .a)]
AWSGs	窗面日射取得量基準值 [kWh/(m ² .a)] a)，分別依建築設計施工編第三百十一條及三百十二條規定。
IHKi	i 窗面部位在 k 方位外殼之冷房日射時 IHk [kWh/(m ² .a)]
Ki	i 部位玻璃之外遮陽係數，無單位，無外遮陽時為 1.0。
ηi	i 部位玻璃日射透過率，無單位。但學校類開窗面玻璃之 η 須全數設為 1.0。
fvi	學校類建築物開窗部位 i 之通風修正係數，若為大型空間類建築物則令 fvi=1.0。
Ai	i 窗面部位之面積 (m ²)。如為學校類建築，其浴廁、樓梯間、機械間、停車等空間，以及面臨中間走廊或 1.5m 以上之戶外走廊之開窗部分不得列入計算。如為雙邊走廊設計之空間，必須選擇其中較淺邊之戶外走廊作為 AWSG 遮陽計算。但如為大型空間類建築，則全部的開窗部分均需納入計算。

(四)對海拔五百公尺以上建築物，要求其外牆與外殼透光部位之平均熱傳透率不得高於規定之上限值，此乃針對高海拔寒冷氣候的保溫規定，彌補建築技術規則對高海拔地區缺乏規定的缺失。

二、空調系統節能評估法

本評估對於建築技術規則規定的辦公、百貨商場、旅館、醫院等中央空調型建築物、大型空間類中央空調型建築物以及採用窗型或分離式空調的建築物之空調節能設計，分別採用不同評估方式。本案屬於採用窗型或分離式空調系統的建築物，因現行法規有明訂能源效率標準，並施行檢驗管理，以淘汰低效率產品達到節約用電目的，因此可免除空調節能設計的評估，此時令 EAC 為 0.8 即可。

三、照明系統節能評估法

本評估之照明系統節能評估法以提高燈具效率與照明功率為主，IER 為實際總用電功率與總用電功率基準之比，IDR 為主要作業空間之設計照明功率密度與照明功率密度基準之比，判斷式意義在於要求採用高效率燈具，並抑制過度照明設計，希望能以全面螢光燈設計來達成現行國際照度水準標準之 30% 節能量。

◎照明系統節能效率相關公式與變數說明

$EL = IER \times IDR \times (1.0 - \beta_1 - \beta_2 - \beta_4) \leq 0.7$ ，式中 IER 與 IDR 依下列公式計算

$IER = (\sum n_i \times w_i \times B_i \times C_i \times D_i) / (\sum n_i \times w_i \times r_i)$ ； $IDR = (\sum sw_j) / (\sum UPD_{c_j} \times A_j)$

表 4.1-3 照明系統節能評估相關變數

變數代號	變數說明
EL	照明系統節能效率，無單位。
IER	所有居室燈具效率係數，無單位。
IDR	主要作業空間照明功率係數，無單位。
n _i	某 i 類燈具數量，應附燈具配置圖並以圖例標明燈具種類及列出各空間燈具數量表。
w _i	某 i 類燈具之功率 (w)
r _i	某 i 類光源之效率比
B _i	安定器係數
C _i	照明控制係數
D _i	燈具效率係數
β ₁	20.0% 再生能源節能比例 R _r
β ₂	建築能源管理系統效率
β ₄	如光導管、光纖集光裝置等其他特殊採光照明節能優待係數。
sw _j	主要作業空間之照明總功率(W)，為該空間燈具功率之和。
A _j	主要作業空間樓地板面積(m ²)
UPD _{cj}	主要作業空間照明功率基準

4.2 日常節能指標評估

日常節能指標評估內容較為複雜，必須依建築外殼、空調系統及照明系統等三項節能評估法來評估，任一建築物都必須通過三項評估才算合格，另外，本案並無設置中央空調系統，因此本節不檢討空調系統節能的部分。以下針對建築外殼節能評估與照明系統節能評估作一詳細說明。

4.2.1 建築外殼節能評估

建築外殼評估又可分為玻璃反光公害防制、水平透光開窗的日射遮蔽及外殼節能設計高於建築技術規則 20%之要求，若是位於海拔 500 公尺以上的建築物，還需加以計算外牆與外殼透光部位平均傳透率，但本案建築物僅位於海拔高度 85 公尺所以不需計算。

步驟 1：玻璃反光公害防制評估	
	建築外殼上玻璃之可見光反射率 G_{ri} 必須低於 0.25(請參見營建署公告之建築節能設計技術規範)，工程二館所採用的玻璃種類均為平板玻璃，厚度可分為 3mm 及 5mm，其玻璃可見光反射率 R_{vi} 查表皆為 0.09，均小於技術規範所訂的 G_{ri} 值，所以此項目通過標準。
步驟 2：對水平透光開窗的日射遮蔽檢討	
	工程二館並無水平天窗的設置，這部分可直接免除檢討。
步驟 3：檢討外殼節能設計是否高於技術規範 20%	
	※透光窗面平均日射取得量 AWSG 本案室內空間開窗面均位於南北向，東西向為走廊或浴廁之開窗，如為學校類建築，其浴廁、樓梯間、機械間、停車等空間，以及面臨中間走廊或 1.5m 以上之戶外走廊之開窗部分不得列入計算。 遮陽板形式有垂直遮陽、水平遮陽、格子遮陽等，工程二館雖無實體遮陽板之設計，但窗戶均以內縮深遮陽的方式，周圍皆有外牆遮蔽，減少室內熱量來源，故視其具有格子遮陽之功效。深度比的計算數據是依實際量測尺寸作為計算依據，查表轉換得到外遮陽修正係數 K_i ；工程二館開窗皆為橫拉窗的形式，故通風修正係數 f_{vi} 值均以 1.0 代入計算；學校類開窗面玻璃之 η_i 規定全數設為 1.0。

	<p>學校類建築物 AWSG 可採簡算法與精算法，本案採用的是精算法計算，其結果必須小於或等於學校類建築物窗面平均日射取得量基準值 AWSGs，此值係依照建築技術規則設計施工篇第三百十一條規定，北部氣候區訂定 160(kWh/(m²·a))，由計算表求得 AWSG=(14,215.261+30,060.750)/(324.268+277.787)=73.54，本指標規範建築外殼節能設計須高於技術規範 20%，所以建築外殼節能效率 EEV=73.54/160=0.46<0.8 符合標準。</p>
	<p>※屋頂平均熱傳透率 Uar</p> <p>因工程二館屋頂有作更新翻修，因此和設計圖所標示的屋頂構造大樣不符，因此本案評估參考「節約能源設計技術規範」之常用屋頂熱傳透率，選擇較接近現況的構造，故屋頂平均熱傳透率 Uar 為 0.77(W/(m²·k))，小於規範 1.0 合格。</p>

表 4.2-1 透光窗面平均日射取得量 AWSG(北)評估計算表

方位	樓層	開窗代號	數量	IHKi	Ki	η_i	fvi	hxw	Ai	IHKi×Ki× η_i ×Ai	
N	4F	W1	20	190.6	0.23	1.0	1.0	313×140	4.382	3,841.962	
N	3F	W1	18	190.6	0.23	1.0	1.0	313×140	4.382	3,457.766	
N	2F	W1	20	190.6	0.23	1.0	1.0	313×140	4.382	3,841.962	
N	2F	W12a	4	190.6	0.23	1.0	1.0	313×60	1.878	329.311	
N	1F	W1	13	190.6	0.23	1.0	1.0	313×140	4.382	2,497.276	
N	1F	W12a	3	190.6	0.23	1.0	1.0	313×60	1.878	246.983	
$\Sigma Ai = 324.268$											
$\Sigma IHki \times Ki \times \eta_i \times Ai =$									14,215.261		
方位	樓層	開窗代號	外遮陽形式	X1	X2	Y1	Y2	深度比	Ki		
N	4F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.23		
N	3F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.23		
N	2F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.23		
N	2F	W12a	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.23		
N	1F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.23		
N	1F	W12a	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.23		
註：(1)Ki:外遮陽修正係數				(2)IHKi:冷房日射時查表							
(3)Ai:i部位開窗面積m ²				(4) η_i :i部位玻璃日射透過率查表							

表 4.2-2 透光窗面平均日射取得量 AWSG(南)評估計算表

方位	樓層	開窗代號	數量	IHKi	Ki	η_i	fvi	h \times w	Ai	IHKi \times Ki \times η_i \times Ai
S	4F	W1	13	286.1	0.38	1.0	1.0	313x140	4.382	6,193.230
S	4F	W1	2	286.1	0.38	1.0	1.0	313x140	4.382	952.805
S	4F	W1b	1	286.1	0.38	1.0	1.0	333x140	4.620	502.277
S	3F	W1	10	286.1	0.38	1.0	1.0	313x140	4.382	4,764.023
S	3F	W1	2	286.1	0.38	1.0	1.0	313x140	4.382	952.805
S	3F	W1a	3	286.1	0.38	1.0	1.0	325x140	4.550	1,484.001
S	3F	W1b	1	286.1	0.38	1.0	1.0	333x140	4.620	502.277
S	2F	W1	8	286.1	0.38	1.0	1.0	313x140	4.382	3,811.218
S	2F	W1	2	286.1	0.38	1.0	1.0	313x140	4.382	952.805
S	2F	W1a	4	286.1	0.38	1.0	1.0	325x140	4.550	1,978.668
S	2F	W12a	2	286.1	0.25	1.0	1.0	313x60	1.878	268.648
S	1F	W1	6	286.1	0.38	1.0	1.0	313x140	4.382	2,858.414
S	1F	W1	2	286.1	0.38	1.0	1.0	313x140	4.382	952.805
S	1F	W46	2	286.1	0.38	1.0	1.0	313x135	4.226	918.776
S	1F	W1a	6	286.1	0.38	1.0	1.0	325x140	4.550	2,968.001
$\Sigma Ai = 277.787$										
$\Sigma IHki \times Ki \times \eta_i \times Ai = 30,060.750$										
方位	樓層	開窗代號	外遮陽形式	X1	X2	Y1	Y2	深度比	Ki	
S	4F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.380	
S	4F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.380	
S	4F	W1b	格子遮陽	333	40	140	40	0.20	0.380	
S	3F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.380	
S	3F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.380	
S	3F	W1a	格子遮陽	325	40	140	40	0.20	0.380	
S	3F	W1b	格子遮陽	333	40	140	40	0.20	0.380	
S	2F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.380	
S	2F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.380	
S	2F	W1a	格子遮陽	325	40	140	40	0.20	0.380	
S	2F	W12a	格子遮陽	313	40	60	40	0.40	0.250	
S	1F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.380	
S	1F	W1	格子遮陽	313	40	140	40	0.21	0.380	
S	1F	W46	格子遮陽	313	40	135	40	0.21	0.380	
S	1F	W1a	格子遮陽	325	40	140	40	0.20	0.380	
註：(1)Ki:外遮陽修正係數				(2)IHKi:冷房日射時查表						
(3)Ai:i部位開窗面積m ²				(4) η_i :i部位玻璃日射透過率查表						

表 4.2-3 屋頂平均熱傳透率 Uar 評估計算表

構造編號	構造大樣	厚度 d [m]	熱阻係數 1/k [m·KW]	熱阻 r=d/k [m ² ·K/W]	總熱阻 R=Σr [m ² ·K/W]	熱傳透率 Ui=1/R [W/m ² ·K]
R001	1. 外氣模		0.0435	0.0435	1.30	0.77
	2. 防水層	0.0030	20	0.0600		
	3. 2500psi 以上粉光混凝土	0.0500	0.7143	0.0357		
	4. PU版	0.0250	35.7143	0.8929		
	5. 水泥砂漿	0.0200	0.7143	0.0143		
	6. 鋼筋混凝土	0.1500	0.6667	0.1000		
	7. 水泥砂漿	0.0150	0.7143	0.0107		
	8. 內氣模		0.1429	0.1429		
構造編號	熱傳透率 Uri(Ugi)	水平投影面積 Ari(Agi)		Uri*Ari (Ugi*Ag)	Σ(Uri*Ari)+ Σ(Ugi*Ag)	
R001	0.77	單一屋頂構造免計算				
ΣAri(Agi)=						
屋頂總水平投影面積 Σ(Ari+Ag)=						
屋頂平均熱傳透率 $Uar = \frac{\Sigma(Uri * Ari) + \Sigma(Ugi * Ag)}{\Sigma(Ari + Ag)} = 0.77 (W / (m^2 \cdot k))$						

4.2.2 照明系統節能評估

工程二館的居室空間包括教室、研究室、辦公及會議室等，絕大多數都採用 T8 型螢光燈管，僅四間居室空間是使用 T5 省電型；二樓和三樓大部分屬於懸吊式燈具，其餘燈具與其它樓層的 T 型輕鋼架燈具都附有防眩光隔柵的裝置；走廊與樓梯空間多設計為筒燈或嵌燈，雖然在燈具調查時有將其列入配置圖內，方便後續研究人員進行相關研究，但走廊、樓梯、儲藏室等不屬於日常節能指標的評估範圍，僅以其它居室空間的燈具做照明評估。

表 4.2-4 各類燈具圖示對照表

燈具種類	光源種類		燈具圖示
T 型輕鋼架燈具	T8 型	長度 > 100cm	
	螢光燈管	長度 < 100cm	
	T5 型螢光燈管		
筒燈	螺旋式緊湊型螢光燈		
嵌燈			

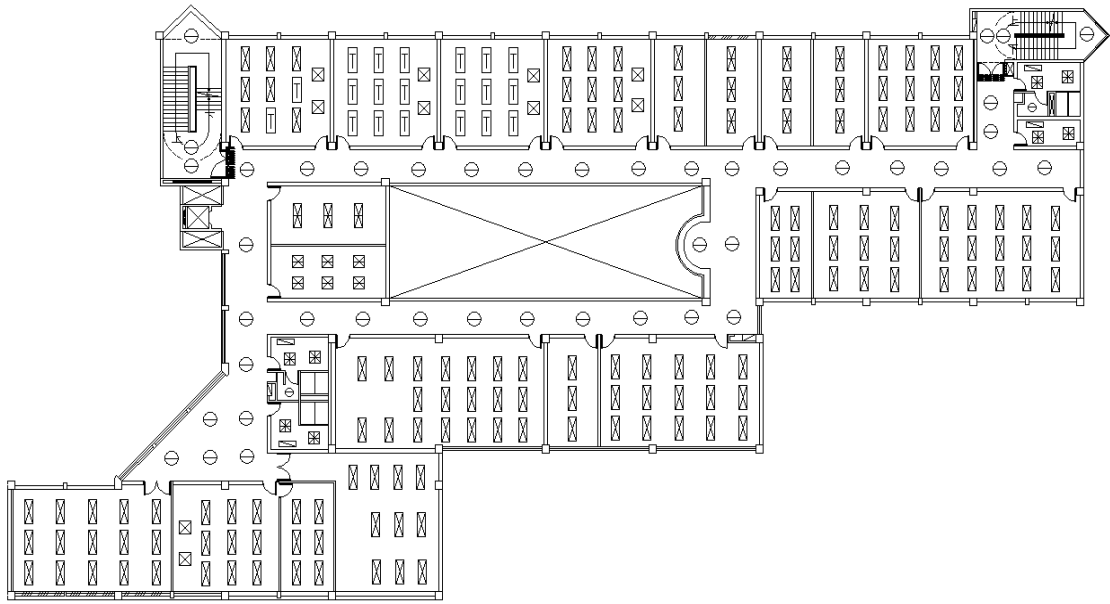


圖 4.2-1 工程二館 4 樓燈具配置圖

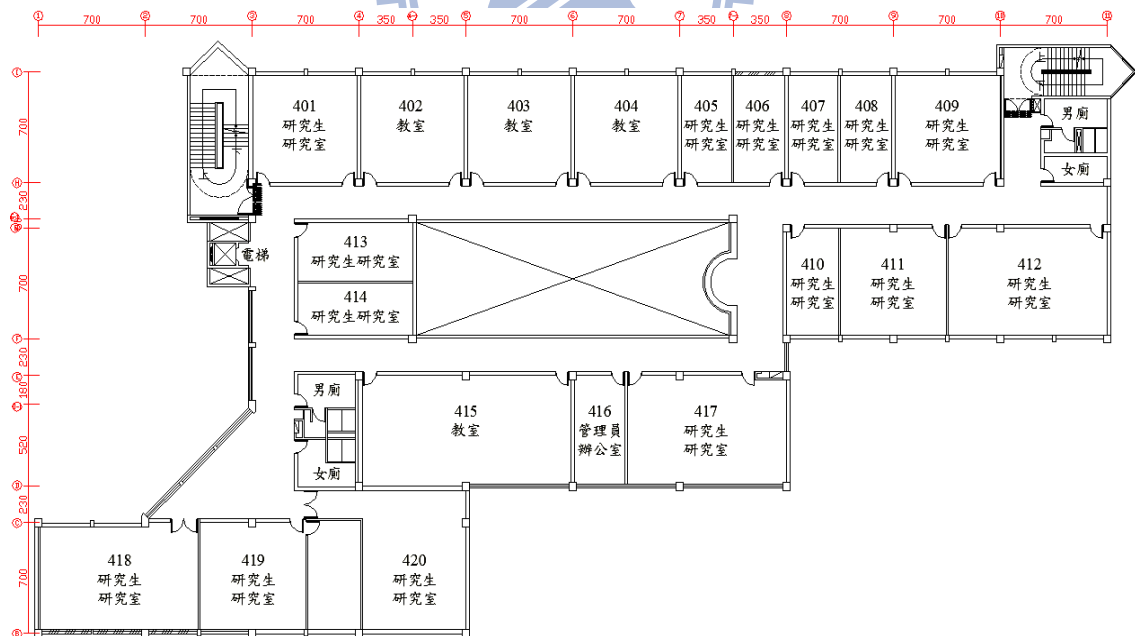


圖 4.2-2 工程二館 4 樓平面圖

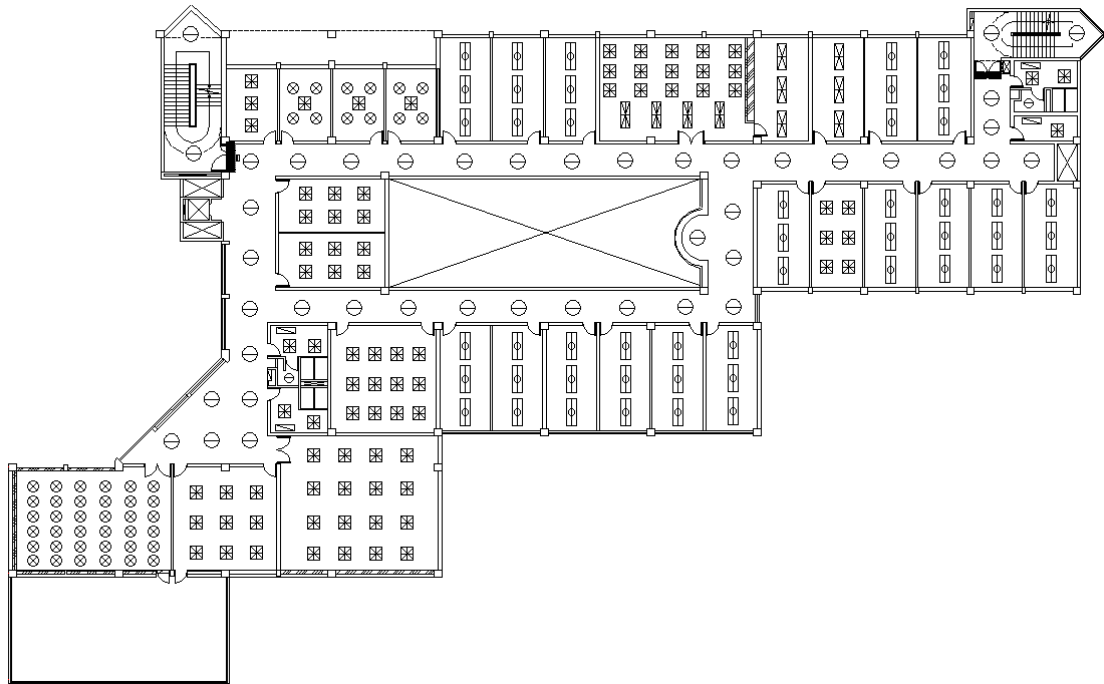


圖 4.2-3 工程二館 3 樓燈具配置圖

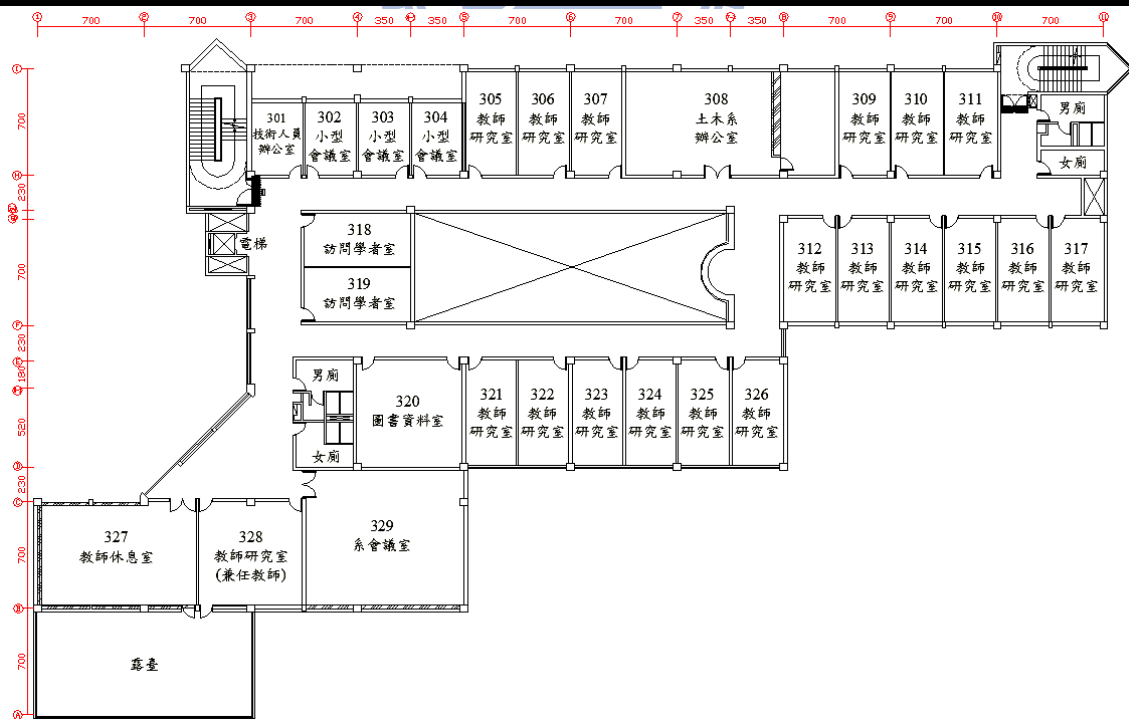


圖 4.2-4 工程二館 3 樓平面圖

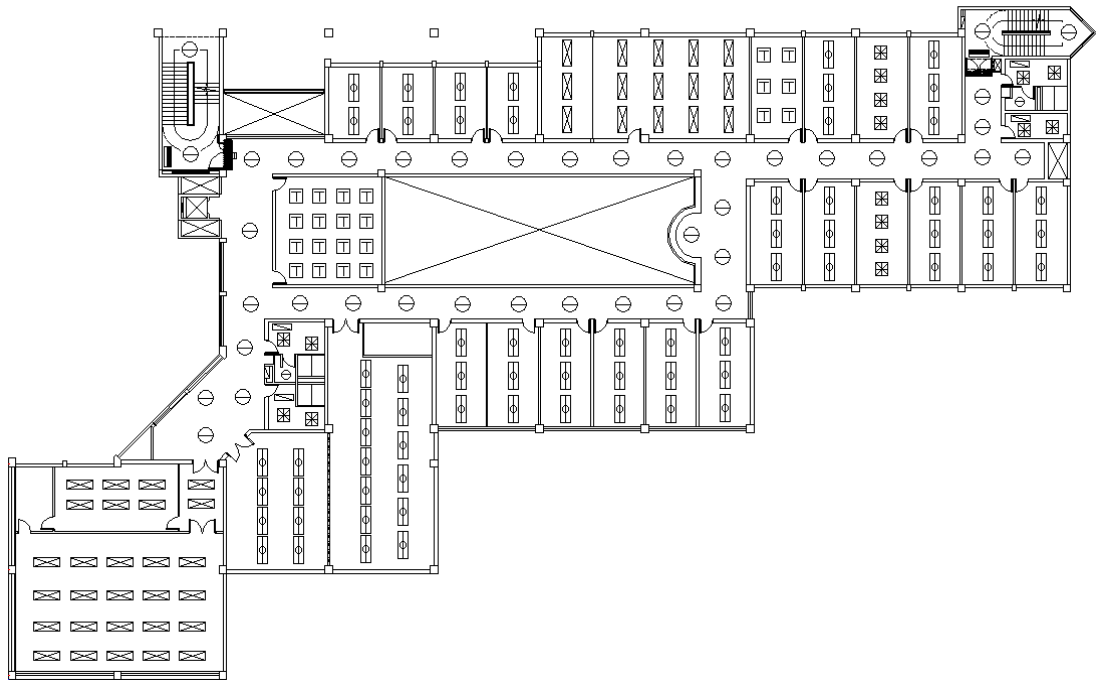


圖 4.2-5 工程二館 2 樓燈具配置圖

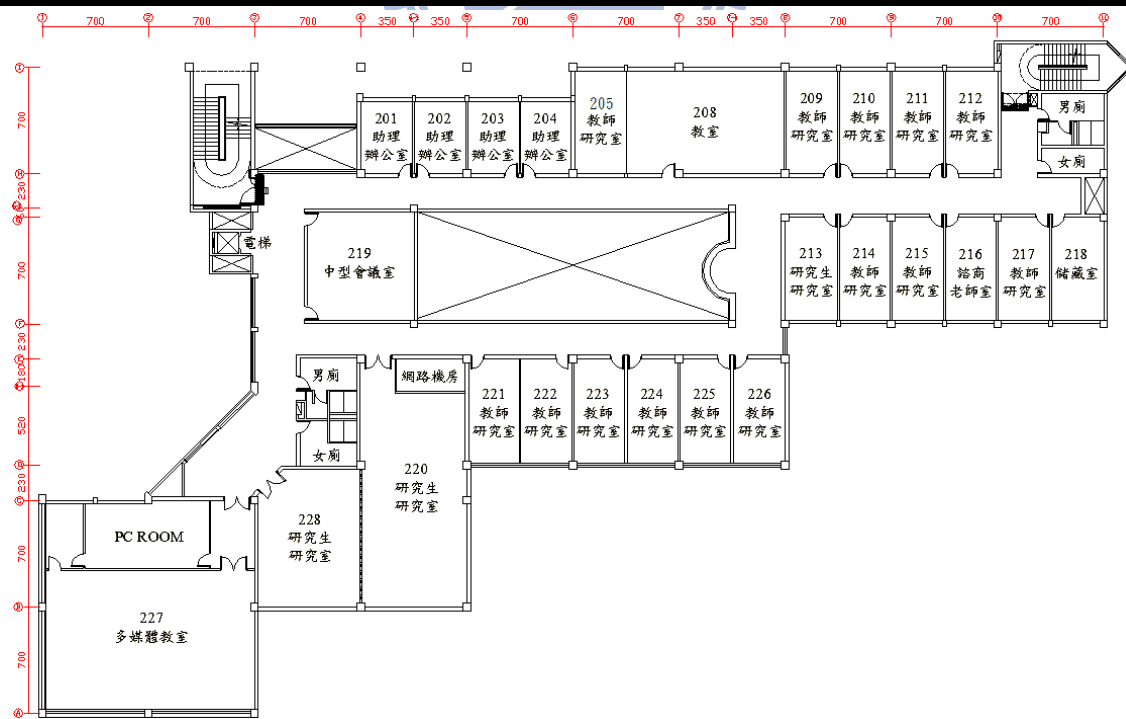


圖 4.2-6 工程二館 2 樓平面圖

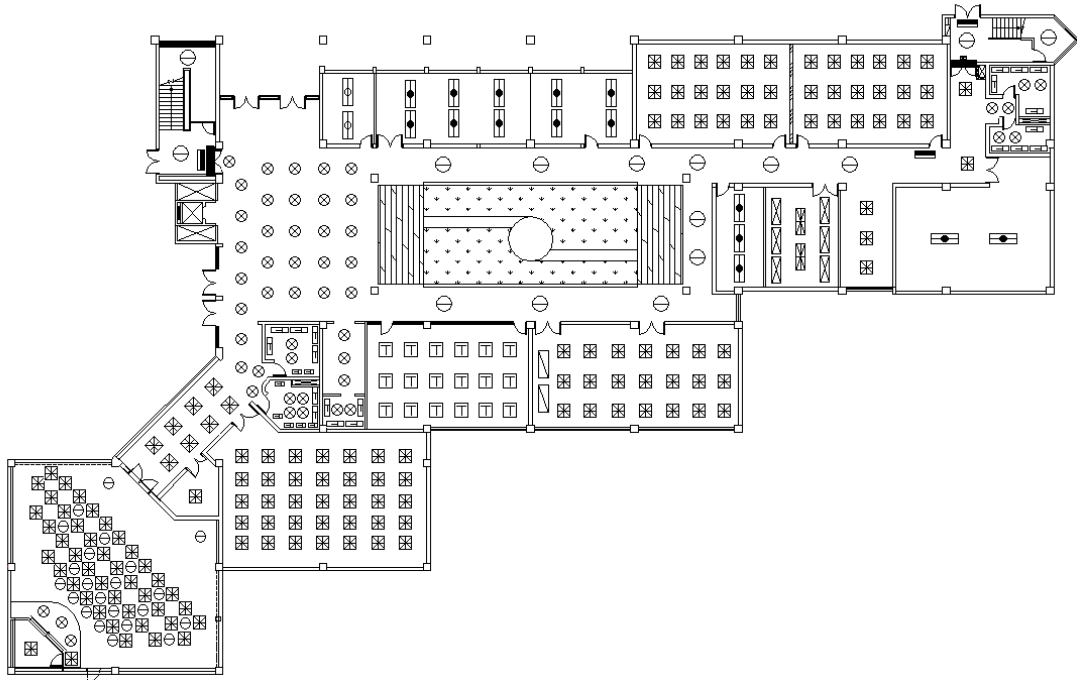


圖 4.2-7 工程二館 1 樓燈具配置圖

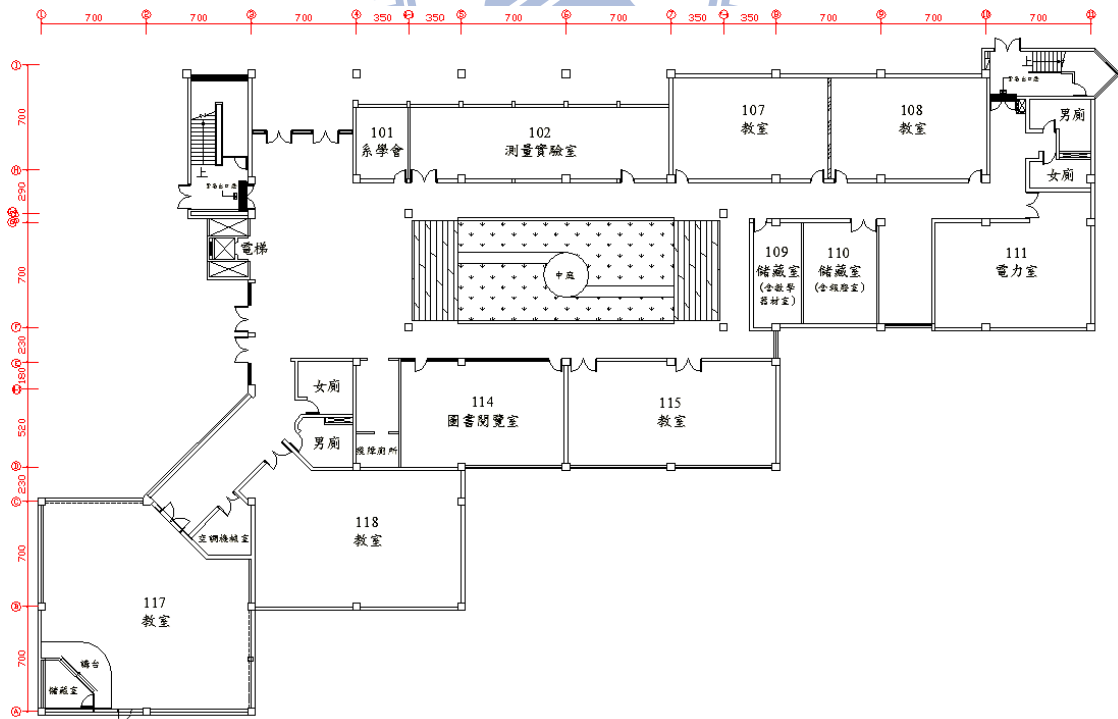


圖 4.2-8 工程二館 1 樓平面圖

表 4.2-5 燈具效率係數 IER 計算表

樓層	燈具圖示	燈具數量 ni	每盞燈具 光源功率 wi	光源效 率比 ri	安定器 係數 Bi	照明控 制係數 Ci	燈具效 率係數 Di	總用電功 率基準(w) nixwixri	實際總用電功率 (w) nixwixBixCixDi
4F		138	2x40= 80	1.2	1.0	1.0	0.9	13,248.00	9,936.00
		12	3x40= 120	1.2	1.0	1.0	0.9	1,728.00	1,296.00
		20	2x28= 56	1.4	0.8	1.0	0.9	1,568.00	806.40
		10	2x20= 40	1.0	1.0	1.0	1.2	400.00	480.00
		6	3x20= 60	1.0	1.0	1.0	0.9	360.00	324.00
3F		48	2x40= 80	1.2	1.0	1.0	1.0	4,608.00	3,840.00
		6	3x40= 120	1.2	1.0	1.0	0.9	864.00	648.00
		4	4x40= 160	1.2	1.0	1.0	0.9	768.00	576.00
		64	4x20= 80	1.0	1.0	1.0	0.9	5,120.00	4,608.00
		36	1x23= 23	0.9	0.8	1.0	1.1	745.20	728.64
		12	1x23= 23	0.9	0.8	1.0	1.2	248.40	264.96
2F		35	2x40= 80	1.2	1.0	1.0	0.9	3,360.00	2,520.00
		68	2x40= 80	1.2	1.0	1.0	1.0	6,528.00	5,440.00
		8	4x20= 80	1.0	0.8	1.0	0.9	640.00	460.80
		22	4x14= 56	1.2	0.8	1.0	0.9	1,478.40	887.04
1F		2	1x40= 40	1.2	1.0	1.0	1.0	96.00	80.00
		18	4x14= 56	1.2	0.8	1.0	0.9	1,209.60	725.76
		42	4x36= 144	1.33	0.8	1.0	0.9	8,043.84	4,354.56
		92	4x20= 80	1.0	1.0	1.0	0.9	7,360.00	6,624.00
		22	1x100= 100	0.20	0.8	1.0	1.1	440.00	1,936.00
		3	1x23= 23	0.9	0.8	1.0	1.1	62.10	60.72
總用電功率基準 $\Sigma nixwixri= 58,875.54$									
總用電功率 $\Sigma nixwixBixCixDi= 46,596.88$									
燈具效率係數 $IER=(\Sigma nixwixBixCixDi)/(\Sigma nixwixri)= 0.79$									

註：IER 燈具效率係數皆根據案例燈具的實際狀況，對照綠建築評估手冊所提供之數值加以計算；不同的光源種類有各自不同的效率，光源效率比 ri 越高表示光源效率越好，例如長度 100cm 以上之 T5 型螢光燈管其光源效率比為 1.4，耗能嚴重之白熾燈泡效率僅 0.20；安定器係數 Bi、照明控制係數 Ci、燈具效率係數 Di 這三者數值則越低越佳，如選擇電子安定器其安定器係數值為 0.8，比傳統式普通安定器 1.0 為低，本案照明無自動控制功能，因此照明控制係數 Ci 皆為 1.0，另外影響燈具效率係數 Di 在於光源外部若是附防眩光隔柵或燈罩，比外加玻璃罩之燈具會更有效率；各相關係數參考表 4.2-6、表 4.2-7、表 4.2-8。

表 4.2-6 安定器係數 Bi

燈具種類	安定器係數	備註
電子安定器	0.8	應附擬採用規格或功能圖說
高功率安定器	0.9	應附擬採用規格或功能圖說
普通安定器	1.0	-

表 4.2-7 照明控制係數 Ci

照明設備控制種類	照明控制係數	備註
最佳營運模式自動開關控制系統	0.75	應附擬採用規格或功能圖說
晝光感知控制自動點滅控制功能	0.80	應附擬採用規格或功能圖說
採用低背景照度輔助以作業面檯燈照明的設計	0.85	應附擬採用規格或功能圖說
具有自動調光控制、紅外線控制照明點滅等功能	0.90	應附擬採用規格或功能圖說
具良好之分區開關控制或自動點滅控制功能	0.95	應附分區開關控制圖或規格功能圖說
無自動控制功能	1.0	-
最佳營運模式自動開關控制系統	0.75	應附擬採用規格或功能圖說

表 4.2-8 燈具效率係數 Di

燈具種類	燈具效率係數	備註
附防眩光隔柵或燈罩，且具高反射塗裝之燈具	0.9	應附擬採用規格或功能圖說
一般反射板或裸露光源之燈具	1.0	-
無玻璃罩筒狀嵌燈、外加玻璃罩、壓克力罩或裝飾燈罩燈具	1.1	-
外加玻璃罩筒狀嵌燈、嵌入天花板內間接反射照明設計燈具	1.2	-

表 4.2-9 主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表

樓層	空間名稱	空間編號	面積 Aj (m ²)	照明用電密度基準 UPDcj(w/m ²)	用電總功率 swj(w)	Aj×UPDcj (w)
4F	研究室	401	49	15.1	752	739.90
		405	24.5		240	369.95
		406	24.5		360	369.95
		407	24.5		360	369.95
		408	24.5		360	369.95
		409	49		960	739.90
		410	24.5		480	369.95
		411	49		720	739.90
		412	73.5		1,200	1,109.85
		413	27.13		360	409.66
		414	27.13		360	409.66
		417	73.5		1,200	1,109.85
		418	73.5		1,200	1,109.85
		419	73.5		1,280	1,109.85
	420	73.15	800	1,104.57		
	教室	402	49	15.1	584	739.90
		403	49		584	739.90
404		49	800		739.90	
415		98	800		1,479.80	
辦公室	416	24.5	11.8	240	289.10	
3F	研究室	305	24.5	15.1	240	369.95
		306	24.5		240	369.95
		307	24.5		240	369.95
		309	24.5		360	369.95
		310	24.5		240	369.95
		311	24.5		240	369.95
		312	24.5		240	369.95
		313	24.5		480	369.95
		314	24.5		240	369.95
		315	24.5		240	369.95
		316	24.5		240	369.95
		317	24.5		240	369.95
		318	27.13		480	409.66
		319	27.13		480	409.66
		321	24.5		240	369.95
		322	24.5		240	369.95
		323	24.5		240	369.95
		324	24.5		240	369.95
		325	24.5		240	369.95
	326	24.5	240	369.95		
	328	49	720	739.90		
	辦公室	301	17.5	11.8	240	206.50
		308	98		2,200	1,156.40
		327	73.5		828	867.30
	會議室	302	17.5	13.9	172	243.25
		303	17.5		172	243.25
304		17.5	172		243.25	
329		97.65	1,280		1,357.34	

表 4.2-9 主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表(續)

2F	研究室	209	24.5	15.1	336	369.95
		210	24.5		240	369.95
		211	24.5		320	369.95
		212	24.5		240	369.95
		213	24.5		240	369.95
		214	24.5		240	369.95
		215	24.5		320	369.95
		216	24.5		240	369.95
		217	24.5		240	369.95
		220	104.65		1,040	1,580.22
		221	24.5		240	369.95
		222	24.5		240	369.95
		223	24.5		240	369.95
		224	24.5		240	369.95
		225	24.5		240	369.95
	226	24.5	240	369.95		
	228	62.5	640	943.75		
	教室	208	73.5	15.1	960	1,109.85
		227	133		1,600	2,008.30
	辦公室	201	17.5	11.8	160	206.50
202		17.5	160		206.50	
203		17.5	160		206.50	
204		17.5	160		206.50	
205		24.5	240		289.10	
會議室	219	49	13.9	896	681.10	
1F	教室	107	73.5	15.1	1,440	1,109.85
		108	73.5		1,440	1,109.85
		115	98		1,760	1,479.80
		117	168		8,317	2,536.80
		118	130.2		2,800	1,966.02
	閱覽室	114	81.2		12.9	1,008
主要作業空間之照明總功率 $\Sigma sw_j =$					51,701.00	
面積×照明用電密度基準 $\Sigma A_j \times UPDc_j =$					49,194.32	
主要作業空間照明功率係數 $IDR = (\Sigma sw_j / \Sigma A_j \times UPDc_j) =$					1.05	

本案之主要作業空間照明功率係數 IDR 為 1.05，IDR 若超過 1.0 會造成合格判斷式 EL 的增加，但只要燈具配置上不過度設計都可降低 IDR 的值。照明系統節能評估合格判斷式 $EL = IER \times IDR \times (1.0 - \beta_1 - \beta_2 - \beta_3)$ ， β 為自然能源、再生能源、節能管理等其它總系統節能技術，本案無再生能源設備及建築管理能源系統，因此 β 值為 0，代入計算結果 IER 與 IDR 得到 $EL = 0.79 \times 1.05 \times (1.0 - 0) = 0.83 > 0.70$ ，因此不符合照明評估基準值。經由上述節能評估後，「日常節能指標」之「照明系統節能評估」不及格，只要三項節能評估中任一項不及格，則整體日常節能指標即無法合格。

4.3 照明系統節能改善評估

本研究將照明改善分為兩種研擬方式，包括「T8 型螢光燈管減量」及「T8 型螢光燈管汰換」，首先根據照明用電密度基準檢核案例各空間燈具超標情形，再以超標最嚴重之教室作實證分析，並將所有超標空間作減量研擬；另一研擬改善方式為將 T8 型螢光燈管更換成 T5 型螢光燈管，其他形式之燈具則維持現狀。

4.3.1 T8 型螢光燈管減量

工程二館各空間燈具原先以 T8 型螢光燈管設計為主，僅少數幾間日後汰換改用 T5 型螢光燈管，為提高燈具使用效率，新建築物在設計上多採用 T5 型螢光燈管，而許多既有建築物仍使用 T8 型甚至是 T9 型的螢光燈管，雖然汰換舊燈管為改善方式之一，但可能需要耗費較高的成本，若是燈具有過量設計情形，也可將燈具適當減量作為改善對策，而此種將原有 T8 型燈管作適當減量以符合照明系統節能評估，稱之為「T8 型螢光燈管減量」。

一、檢討燈具過度設計情形

從主要作業空間照明功率檢核表中，研判出工程二館有些居室空間可能有過高照度水準之設計，從表 4.3-1 可知尤其是一樓 117 教室照明用電密度超標甚多，因此本研究使用照度計實地量測各超標空間照度是否有超出規範之情形，照度值參考表 4.3-1。

理論上照明用電密度高之空間其照度應相對較高，但經實地量測後發現兩者之間的關係並非成正比，原因在於有些日光燈隨著長時間的使用產生了「光衰」現象，所謂的光衰指的是在經過使用過後，經時間考驗下逐漸產生的色差，所以即使是格局相同的兩空間，照度也不見得會完全相同。

然而，除了用電密度最高的「117 教室」之外，各用電密度超標之空間基本上照度都符合 CNS 國家標準規範，學校類的教室、研究室、辦公室及閱覽室的照度合格值介於 200~750(lux)；117 教室超標率高達 227.85%，照度也超出規範之外，原因在於使用許多蓋低效率的 100(w) 白熾燈泡，且燈具距離作業面較其它教室低，照度相對會提高，因此建議減少燈具的使用量，可降低該空間的用電密度。

表 4.3-1 超標空間之照度

空間名稱	用電總 功率(w)	原用電密度 標準(w)	日常節能指標之 用電密度標準(w)	超標率 (%)	照度 (lux)
401 研究室	752	980	739.9	1.64	400~600
409 研究室	960	960	739.9	29.75	400~650
410 研究室	480	480	369.95	29.75	450~650
412 研究室	1,200	1,200	1,109.85	8.12	500~550
417 研究室	1,200	1,200	1,109.85	8.12	500~550
418 研究室	1,200	1,200	1,109.85	8.12	500~550
419 研究室	1,280	1,200	1,109.85	15.33	500~550
404 教室	800	980	739.9	8.12	400~600
313 研究室	480	490	369.95	29.75	450~650
318 研究室	480	542	409.66	17.17	500~550
319 研究室	480	542	409.66	17.17	500~550
301 辦公室	240	350	206.5	16.22	300~350
308 辦公室	2,200	1,960	1,156.4	90.25	400~650
219 會議室	896	980	681.1	31.55	550~750
107 教室	1,440	1,470	1,109.85	29.75	250~400
108 教室	1,440	1,470	1,109.85	29.75	250~400
115 教室	1,760	1,960	1,479.8	18.93	300~500
117 教室	8,317	3,360	2,536.8	227.85	750~1,000
118 教室	2,800	2,604	1,966.02	42.42	450~550
※超標率=(用電總功率-用電密度標準)/用電密度標準					

註：「原用電密度標準」是以先前我國照明用電密度設計基準 20(W/m²)為標準設計之，大部分空間都在符合的標準內，而以日常節能指標之「用電密度標準」為評比確實超出標準範圍外，顯示既有建築在燈具配置上確實是有調降數量之可行性。

二、燈具減量改善實例

本研究將照明用電密度最高之 117 教室做燈具改善，因無法確定燈具減量後是否仍符合照度標準，因此不作局部燈管拆除方式，而是請廠商實際更改燈具迴路配線，倘若更改後照度不足仍可將所有開關開啟達到原先照明之功效；117 教室有四個控制開關，在開啟其中兩個開關時燈具照明方式如圖 4.3-1 所示，是以一個開關控制一整排的迴路形式，在經過廠商更改配線後，啟動開關所控制的燈具方式轉變成如圖 4.3-2 以隔盞方式發亮。

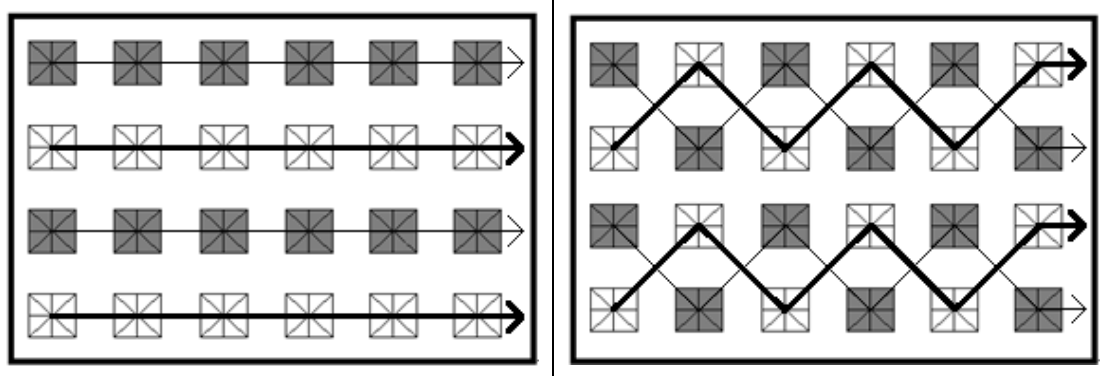


圖 4.3-1 原燈具控制形式

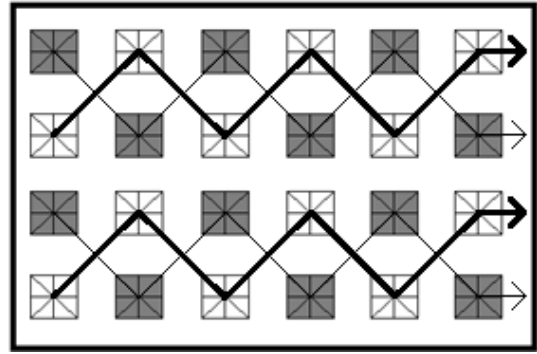


圖 4.3-2 改善後燈具控制形式

在開啟兩個開關後 117 教室仍是以全面平均照明方式，相當於燈具作減半的效果，減少了 20 盞 4x36(w) 的 PL 螢光燈管，若是不開啟另外的 22 盞白熾燈泡，超標率從 227.85% 大幅降低至 27.60%；本研究最後再以照度計實際量測改善後之照度，測試數據為 500~750(lux)，其值仍符合教室照度標準範圍，研判出該教室確實有燈具過量設計之情形。爾後建議使用時僅需開啟一半燈具即可，並且停止使用高度耗電的 100(w) 白熾燈泡。

三、燈具減量研擬

本節將用電密度超標之空間做燈具減量研擬，如表 4.3-2 內容，研擬方式除實證案例 117 教室維持改善後實際減少之數量外，其餘以各超標空間之每盞燈具為減量單位，適當減低至用電密度標準內；例如「318 研究室」原用電總功率為 480(w)，用電密度標準 409.66(w)，研擬方式即扣除一盞 4x20(w) 之燈具使其用電減至 400(w)，低於該空間的用電密度標準；各空間以此模式研擬後總共可減少 10,064(w) 的用電，相當於減少了 17% 的燈具。

表 4.3-2 超標空間燈具減量

空間名稱	日常節能指標之 用電密度標準(w)	原用電 總功率(w)	改善後用電 總功率(w)	減少用電功率
401 研究室	739.9	752	672	4×20(w)=80
409 研究室	739.9	960	720	6×40(w)=240
410 研究室	369.95	480	320	4×40(w)=160
412 研究室	1,109.85	1,200	1,040	4×40(w)=160
417 研究室	1,109.85	1,200	1,040	4×40(w)=160
418 研究室	1,109.85	1,200	1,040	4×40(w)=160
419 研究室	1,109.85	1,280	1,040	4×20(w)=80 4×40(w)=160
404 教室	739.9	800	720	4×20(w)=80
313 研究室	369.95	480	320	8×20(w)=160
318 研究室	409.66	480	400	4×20(w)=80
319 研究室	409.66	480	400	4×20(w)=80
301 辦公室	206.5	240	160	4×20(w)=80
308 辦公室	1,156.4	2,200	1,120	11×40(w)=440 32×20(w)=640
219 會議室	681.1	896	672	16×14(w)=224
107 教室	1,109.85	1,440	1,040	20×20(w)=400
108 教室	1,109.85	1,440	1,040	20×20(w)=400
115 教室	1,479.8	1,760	1,440	16×20(w)=320
117 教室	2,536.8	8,317	3237	80×36(w)=2,880 22×100(w)=2,200
118 教室	1,966.02	2,800	1,920	44×20(w)=880
合計	-	28,405	18,341	10,064

4.3.2 T8 型螢光燈管汰換

將老舊效率低的燈管汰換成高效率燈管為燈具改善方式之一，本研究案例工程二館僅四間空間使用 T5 型燈管，其餘皆以 T8 型燈管為主，而此種將所有使用 T8 型燈管之空間全部汰換為高效率 T5 型燈管以符合照明系統節能評估，稱之為「T8 型螢光燈管汰換」。

4.4 照明用電分析

本案例照明用電大部分來自各個主要作業空間、廁所及公共空間，本節將依照不同的空間性質推估其使用時數，計算工程二館年照明用電量，再以不同的燈

具配置模式比較年用電量的差異。使用時數的推估乃參考文獻「大專院校教學館舍耗能之研究—以交通大學工程二館為例」內各不同空間型態設定之使用時數。

4.4.1 照明用電現況分析

參考工程二館 2010 年館舍年用電量為 343,456(kWh)，從表 4.4-1 中年用電量合計推估照明用電占整體用電的 30.23%。

表 4.4-1 工程二館照明用電分析

空間名稱	用電總功率 (w)	預估使用時數 (hr.week)	預估週數 (week)	照明年用電量 (kWh.year)
研究室	22,528	40	48	43,253.76
教室	21,085	30	36	22,771.8
辦公室	4,388	40	48	8,424.96
會議室	2,692	20	48	2,584.32
閱覽室	1,008	40	36	1,451.52
廁所	3,490	112	52	20,325.76
公共空間	5,228	20	48	5,018.88
合計	60,419	-	-	103,831

4.4.2 T8 型螢光燈管分析

依據燈具減量後數據重新檢討案例年用電量，如表 4.4-2 結果，合計年用電量為 90,737.56(kWh)，比現況用電減少 $103,831 - 90,737.56 = 13,093.44$ 度電。相當於照明用電減少 12.61%。

表 4.4-2 T8 型燈管照明用電分析

空間名稱	用電總功率 (w)	預估使用時數 (hr.week)	預估週數 (week)	照明年用電量 (kWh.year)
研究室	21,008	40	48	40,335.36
教室	13,925	30	36	15,039
辦公室	3,228	40	48	6,197.76
會議室	2,468	20	48	2,369.28
閱覽室	1,008	40	36	1,451.52
廁所	3,490	112	52	20,325.76
公共空間	5,228	20	48	5,018.88
合計	50,355	-	-	90,737.56

4.4.3 T5 型螢光燈管分析

假設不改變燈具配置情形之下，將案例工程二館所有一般螢光型燈管汰換成高效率 T5 型螢光燈管，一年下來可節省 103,831-77,293.53=26,537.47 度電，相當於照明用電減少 25.56%。

表 4.4-3 T5 型燈管照明用電分析

空間名稱	用電總功率 (w)	預估使用時數 (hr.week)	預估週數 (week)	照明年用電量 (kWh.year)
研究室	15,904	40	48	30,535.68
教室	14,365	30	36	15,514.2
辦公室	3,320	40	48	6,374.4
會議室	2,236	20	48	2,146.56
閱覽室	1,008	40	36	1,451.52
廁所	2,842	112	52	16,551.81
公共空間	4,916	20	48	4,719.36
合計	44,591	-	-	77,293.53

4.4.4 案例用電指標 EUI 檢討

為檢討案例工程二館整體的 EUI(Energy Use Index)值，參考文獻「大專院校教學館舍耗能之研究-以交通大學工程二館為例」所統計的用電結構，包括電腦、空調、照明、電梯及其他動力類，照明部分採本案計算之數值；預估年用電量方法是以「總設備容量(w)×預估年使用時數÷1000」求得，在此不做細部說明，僅利用計算結果做為參考數據。

表 4.4-4 工程二館用電結構分析

耗電設備	預估年用電量(w)與 EUI 值(kWh/m ²)		
	參考文獻	T8 型減量	T8 型汰換
電腦	78,222	78,222	78,222
空調	113,748	113,748	113,748
照明	103,831	90,737.56	77,293.53
電梯	2,432.082	2,432.082	2,432.082
其它動力類	23,697.3	23,697.3	23,697.3
總計	321,930.4	308,836.9	295,392.9
照明比例	32.25%	29.38%	26.17%
EUI 值	55.24	53	50.69

4.5 改善後之照明節能評估

4.5.1 T8 型螢光燈管減量

表 4.5-1 T8 型燈管減量後燈具效率係數 IER 計算表

樓層	燈具圖示	燈具數量 ni	每盞燈具 光源功率 wi	光源效 率比 ri	安定器 係數 Bi	照明控 制係數 Ci	燈具效 率係數 Di	總用電功 率基準(w) nixwixri	實際總用電功率 (w) nixwixBixCixDi
4F		125	2x40= 80	1.2	1.0	1.0	0.9	12,000.00	9,000.00
		12	3x40= 120	1.2	1.0	1.0	0.9	1,728.00	1,296.00
		20	2x28= 56	1.4	0.8	1.0	0.9	1,568.00	806.40
		4	2x20= 40	1.0	1.0	1.0	1.2	160.00	192.00
		6	3x20= 60	1.0	1.0	1.0	0.9	360.00	324.00
3F		48	2x40= 80	1.2	1.0	1.0	1.0	4,608.00	3,840.00
		5	3x40= 120	1.2	1.0	1.0	0.9	720.00	540.00
		2	4x40= 160	1.2	1.0	1.0	0.9	384.00	288.00
		51	4x20= 80	1.0	1.0	1.0	0.9	4,080.00	3,672.00
		36	1x23= 23	0.9	0.8	1.0	1.1	745.20	728.64
		12	1x23= 23	0.9	0.8	1.0	1.2	248.40	264.96
2F		35	2x40= 80	1.2	1.0	1.0	0.9	3,360.00	2,520.00
		68	2x40= 80	1.2	1.0	1.0	1.0	6,528.00	5,440.00
		8	4x20= 80	1.0	0.8	1.0	0.9	640.00	460.80
		18	4x14= 56	1.2	0.8	1.0	0.9	1,209.60	725.76
1F		2	1x40= 40	1.2	1.0	1.0	1.0	96.00	80.00
		18	4x14= 56	1.2	0.8	1.0	0.9	1,209.60	725.76
		22	4x36= 144	1.33	0.8	1.0	0.9	4,213.44	2,280.96
		67	4x20= 80	1.0	1.0	1.0	0.9	5,360.00	4,824.00
		3	1x23= 23	0.9	0.8	1.0	1.1	62.10	60.72
總用電功率基準 $\Sigma nixwixri=$								49,280.34	
總用電功率 $\Sigma nixwixBixCixDi=$								38,070.00	
燈具效率係數 $IER=(\Sigma nixwixBixCixDi)/(\Sigma nixwixri)=$ 0.77									

表 4.5-2 T8 型燈管減量後主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表

樓層	空間名稱	空間編號	面積 Aj (m ²)	照明用電密度基準 UPDcj (w/m ²)	用電總功率 swj (w)	Aj×UPDcj (w)
4F	研究室	401	49	15.1	672	739.90
		405	24.5		240	369.95
		406	24.5		360	369.95
		407	24.5		360	369.95
		408	24.5		360	369.95
		409	49		720	739.90
		410	24.5		320	369.95
		411	49		720	739.90
		412	73.5		1,040	1,109.85
		413	27.13		360	409.66
		414	27.13		360	409.66
		417	73.5		1,040	1,109.85
		418	73.5		1,040	1,109.85
		419	73.5		1,040	1,109.85
	420	73.15	800	1,104.57		
	教室	402	49	15.1	584	739.90
		403	49		584	739.90
404		49	720		739.90	
415		98	800		1,479.80	
辦公室	416	24.5	11.8	240	289.10	
3F	研究室	305	24.5	15.1	240	369.95
		306	24.5		240	369.95
		307	24.5		240	369.95
		309	24.5		360	369.95
		310	24.5		240	369.95
		311	24.5		240	369.95
		312	24.5		240	369.95
		313	24.5		320	369.95
		314	24.5		240	369.95
		315	24.5		240	369.95
		316	24.5		240	369.95
		317	24.5		240	369.95
		318	27.13		400	409.66
		319	27.13		400	409.66
		321	24.5		240	369.95
		322	24.5		240	369.95
		323	24.5		240	369.95
		324	24.5		240	369.95
	325	24.5	240	369.95		
	326	24.5	240	369.95		
	328	49	720	739.90		
	辦公室	301	17.5	11.8	160	206.50
		308	98		1,120	1,156.40
		327	73.5		828	867.30
	會議室	302	17.5	13.9	172	243.25
		303	17.5		172	243.25
		304	17.5		172	243.25
329		97.65	1,280		1,357.34	

表 4.5-2 T8 型燈管減量後主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表(續)

2F	研究室	209	24.5	15.1	336	369.95
		210	24.5		240	369.95
		211	24.5		320	369.95
		212	24.5		240	369.95
		213	24.5		240	369.95
		214	24.5		240	369.95
		215	24.5		320	369.95
		216	24.5		240	369.95
		217	24.5		240	369.95
		220	104.65		1,040	1,580.22
		221	24.5		240	369.95
		222	24.5		240	369.95
		223	24.5		240	369.95
		224	24.5		240	369.95
		225	24.5		240	369.95
		226	24.5		240	369.95
		228	62.5		640	943.75
	教室	208	73.5	15.1	960	1,109.85
		227	133		1,600	2,008.30
	辦公室	201	17.5	11.8	160	206.50
202		17.5	160		206.50	
203		17.5	160		206.50	
204		17.5	160		206.50	
205		24.5	240		289.10	
會議室	219	49	13.9	672	681.10	
1F	教室	107	73.5	15.1	1,040	1,109.85
		108	73.5		1,040	1,109.85
		115	98		1,440	1,479.80
		117	168		3,237	2,536.80
		118	130.2		1,920	1,966.02
	閱覽室	114	81.2	12.9	1,008	1,047.48
主要作業空間之照明總功率 $\Sigma sw_j =$					41,637.00	
面積 \times 照明用電密度基準 $\Sigma A_j \times UP_{Dc_j} =$					49,194.32	
主要作業空間照明功率係數 $IDR = (\Sigma sw_j / \Sigma A_j \times UP_{Dc_j}) =$					0.85	

4.5.2 T8 型螢光燈管汰換

表 4.5-3 T8 型燈管汰換後燈具效率係數 IER 計算表

樓層	燈具圖示	燈具數量 n_i	每盞燈具 光源功率 w_i	光源效 率比 r_i	安定器 係數 B_i	照明控 制係數 C_i	燈具效 率係數 D_i	總用電功 率基準(w) $n_i w_i r_i$	實際總用電功率 (w) $n_i w_i B_i C_i D_i$	
4F	☐	158	2x28= 56	1.4	0.8	1.0	0.9	12,387.20	6,370.56	
		12	3x28= 84	1.4	0.8	1.0	0.9	1,411.20	725.76	
	⌈	10	2x14= 28	1.2	0.8	1.0	1.2	336.00	268.80	
		6	3x14= 42	1.2	0.8	1.0	0.9	302.40	181.44	
3F	☐	48	2x28= 56	1.4	0.8	1.0	1.0	3,763.20	2,150.40	
		6	3x28= 84	1.4	0.8	1.0	0.9	705.60	362.88	
		4	4x28= 112	1.4	0.8	1.0	0.9	627.20	322.56	
	⌈	64	4x14= 56	1.2	0.8	1.0	0.9	4,300.80	2,580.48	
		⊗	36	1x23= 23	0.9	0.8	1.0	1.1	745.20	728.64
			12	1x23= 23	0.9	0.8	1.0	1.2	248.40	264.96
2F	☐	35	2x28= 56	1.4	0.8	1.0	0.9	2,744.00	1,411.20	
		68	2x28= 56	1.4	0.8	1.0	1.0	5,331.20	3,046.40	
	⌈	8	4x14= 56	1.2	0.8	1.0	0.9	537.60	322.56	
		22	4x14= 56	1.2	0.8	1.0	0.9	1,478.40	887.04	
1F	☐	2	1x28= 28	1.4	0.8	1.0	1.0	78.40	44.80	
	⌈	18	4x14= 56	1.2	0.8	1.0	0.9	1,209.60	725.76	
		42	4x14= 56	1.20	0.8	1.0	0.9	2,822.40	1,693.44	
		92	4x14= 56	1.2	0.8	1.0	0.9	6,182.40	3,709.44	
	⊖	22	1x100= 100	0.20	0.8	1.0	1.1	440.00	1,936.00	
	⊗	3	1x23= 23	0.9	0.8	1.0	1.1	62.10	60.72	
總用電功率基準 $\Sigma n_i w_i r_i =$								45,713.30		
總用電功率 $\Sigma n_i w_i B_i C_i D_i =$								27,793.84		
燈具效率係數 $IER = (\Sigma n_i w_i B_i C_i D_i) / (\Sigma n_i w_i r_i) =$								0.61		

表 4.5-4 T8 型燈管汰換後主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表

樓層	空間名稱	空間編號	面積 A _j (m ²)	照明用電 密度基準 UPD _{cj} (w/m ²)	用電 總功率 sw _j (w)	A _j ×UPD _{cj} (w)
4F	研究室	401	49	15.1	560	739.90
		405	24.5		168	369.95
		406	24.5		252	369.95
		407	24.5		252	369.95
		408	24.5		252	369.95
		409	49		672	739.90
		410	24.5		336	369.95
		411	49		504	739.90
		412	73.5		840	1,109.85
		413	27.13		252	409.66
		414	27.13		252	409.66
		417	73.5		840	1,109.85
		418	73.5		840	1,109.85
		419	73.5		896	1,109.85
	420	73.15	560	1,104.57		
	教室	402	49	15.1	560	739.90
		403	49		560	739.90
404		49	560		739.90	
415		98	1,064		1,479.80	
辦公室	416	24.5	11.8	168	289.10	
3F	研究室	305	24.5	15.1	168	369.95
		306	24.5		168	369.95
		307	24.5		168	369.95
		309	24.5		252	369.95
		310	24.5		168	369.95
		311	24.5		168	369.95
		312	24.5		168	369.95
		313	24.5		336	369.95
		314	24.5		168	369.95
		315	24.5		168	369.95
		316	24.5		168	369.95
		317	24.5		168	369.95
		318	27.13		336	409.66
		319	27.13		336	409.66
		321	24.5		168	369.95
		322	24.5		168	369.95
		323	24.5		168	369.95
		324	24.5		168	369.95
	325	24.5	168	369.95		
	326	24.5	168	369.95		
	328	49	504	739.90		
	辦公室	301	17.5	11.8	168	206.50
		308	98		1,540	1,156.40
		327	73.5		828	867.30
	會議室	302	17.5	13.9	148	243.25
		303	17.5		148	243.25
		304	17.5		148	243.25
329		97.65	896		1,357.34	

表 4.5-4 T8 型燈管汰換後主要作業空間照明功率檢核及 IDR 計算表(續)

2F	研究室	209	24.5	15.1	336	369.95
		210	24.5		168	369.95
		211	24.5		224	369.95
		212	24.5		168	369.95
		213	24.5		168	369.95
		214	24.5		168	369.95
		215	24.5		224	369.95
		216	24.5		168	369.95
		217	24.5		168	369.95
		220	104.65		728	1,580.22
		221	24.5		168	369.95
		222	24.5		168	369.95
		223	24.5		168	369.95
		224	24.5		168	369.95
		225	24.5		168	369.95
	226	24.5	168	369.95		
	228	62.5	448	943.75		
	教室	208	73.5	15.1	672	1,109.85
		227	133		1,120	2,008.30
	辦公室	201	17.5	11.8	112	206.50
202		17.5	112		206.50	
203		17.5	112		206.50	
204		17.5	112		206.50	
205		24.5	168		289.10	
會議室	219	49	13.9	896	681.10	
1F	教室	107	73.5	15.1	1,008	1,109.85
		108	73.5		1,008	1,109.85
		115	98		1,232	1,479.80
		117	168		4,621	2,536.80
		118	130.2		1,960	1,966.02
	閱覽室	114	81.2		12.9	1,008
主要作業空間之照明總功率 $\Sigma sw_j = 36,833.00$						
面積 \times 照明用電密度基準 $\Sigma A_j \times UP_{Dc_j} = 49,194.32$						
主要作業空間照明功率係數 $IDR = (\Sigma sw_j / \Sigma A_j \times UP_{Dc_j}) = 0.75$						

表 4.5-5 工程二館燈具研擬結果

燈具模式	年用電量 (w)	調降幅度	照明節能效率 $EL = IER \times IDR$	評估結果
日常節能 指標標準	103,831	-	$0.79 \times 1.05 = 0.83 > 0.70$	不合格
T8 型 燈管減量	90,737.56	-12.61%	$0.77 \times 0.85 = 0.65 \leq 0.70$	合格
T8 型 燈管汰換	77,293.53	-25.56%	$0.61 \times 0.75 = 0.46 \leq 0.70$	合格

4.6 太陽能設置成本比例研擬

再生能源的設置對於日常節能指標具有加權計分之功效，而太陽能成本議題大多著墨於回收之年限，對於設置成本比例的評估卻是甚少涉及，因此本節將透過太陽能光電板設置之研擬，特別針對「學校類建築」的各種條件因素，如用電指標 EUI(Energy Use Index)、自給能源替代率、地區性年發電量等，探討其所需設置的太陽能容量，並根據行政院主計處公佈之一般房屋建築費編列標準，計算太陽能光電板設置價格佔建築物總建造成本之比例，最後再以案例工程二館現況做分析。

4.6.1 建築基本模型建構

一、相關公式說明

表 4.6-1 名詞解釋

名詞	定義	單位
EUI	$EUI = \frac{\text{年度用電度數}}{\text{總樓地板面積}}$	kWh/m ² .year
建築物 建造成本	建築物建造成本 = 總樓地板面積 × 主計處編列標準	新臺幣元
各地區 年發電量	年發電量 = 設置容量 × 各地區日平均發電度數 × 365 天	kWh
成本比	$\text{成本比} = \frac{\text{太陽能設置成本}}{\text{建築物建造成本}}$	%

二、研究模型假設條件

(一) 替代率 n% 成本比計算式

$$\text{替代率 } n\% \text{ 成本比} = \frac{[(\text{總樓地板面積} \times \text{EUI}) / \text{各地區年發電量}] \times \text{1kWp 設置成本}}{\text{總樓地板面積} \times \text{主計處編列標準費}} \times n\%$$

(二) 建築類型

根據行政院主計處 100 年度之共同性費用標準，一般房屋建築係指「辦公大樓」、「教室」以及「住宅與宿舍」，不同樓層數之編列標準也不盡相同，然而建築費用又依「鋼骨構造(SC)」和「鋼筋混凝土構造(RC)」有所差異，本研究類型僅以學校建築之「教室」用途為例，其它建築用途可比照本節方式計算其太陽能設置成本比例。

(三) 總樓地板面積範圍

從替代率 $n\%$ 成本比公式得知總樓地板面積大小並不影響計算式，理論上可免除總樓地板面積之假設，但因太陽能設置容量必須為整數，計算以無條件進入法求得，因此總樓地板面積大小會些許影響計算結果，故總樓地板面積以 5,000 及 30,000(m^2) 做為假設，一般而言大專院校教學館舍總樓地板面積約在此範圍之內。

(四) 年用電量基準

根據「政府機關及學校全面節能減碳措施」學校用電指標基準值中有明訂大學 EUI 標準值，此措施目的是希望藉由政府機關及學校能率先推動節約能源政策，進而引導民間採行以落實全民節能減碳之行動；本研究以 EUI 值 100 (kWh/m^2) 做為評估之基準。

表 4.6-2 總樓地板面積 5,000(m^2)之模型基本資訊

總樓地板面積 (m^2)	教室類單位造價編列標準 (元/ m^2)			建造成本 (元)	EUI (kWh/m^2)	年用電量基準 (kWh)
5,000	鋼筋 混凝土	1~5 層	18,700	93,500,000	100	500,000
		6~12 層	21,460	107,300,000		
	13~16 層	26,060	130,300,000			
	鋼骨	1~12 層	27,700	138,500,000		
		13~16 層	30,560	152,800,000		

表 4.6-3 總樓地板面積 30,000(m^2)之模型基本資訊

總樓地板面積 (m^2)	教室類單位造價編列標準 (元/ m^2)			建造成本 (元)	EUI (kWh/m^2)	年用電量基準 (kWh)
30,000	鋼筋 混凝土	1~5 層	18,700	561,000,000	100	3,000,000
		6~12 層	21,460	643,800,000		
		13~16 層	26,060	781,800,000		
	鋼骨	1~12 層	27,700	831,000,000		
		13~16 層	30,560	916,800,000		

(五) 太陽能光電板設置基本資訊

太陽能光電板分為單、多晶體與薄膜型，本研究不考慮薄膜型的設置；在初步規劃太陽能光電板設置時，必須瞭解其設置成本、占用面積及該地區可供給的年發電量；太陽能光電板每年價格不定，有逐年下滑的趨勢，本研究之設置成本以每 1kWp 容量 200,000 元為評估之基準，而太陽能光電板每 1kWp 占地約 10 平方公尺，地區年發電量因最高與最低值發生在基隆市與雲林縣(參考表 4.6-5)，將這兩地區作為北部和南部的參考數據，表 4.6-4 為太陽能相關資訊統整。

表 4.6-4 太陽能設置資訊

1kWp 年發電量(kWh)		1kWp 設置成本(元)	1kWp 設置面積(m ²)
最低值	817.60	200,000	10
最高值	1,295.75		

表 4.6-5 各地區太陽能年發電量

縣市名稱	1kWp 年發電量	縣市名稱	1kWp 年發電量
台北縣市	897.90(kWh)	高雄縣市	1,233.70(kWh)
桃園縣市	978.20(kWh)	屏東縣	1,215.45(kWh)
新竹縣市	1,076.75(kWh)	台東縣	985.50(kWh)
苗栗縣	1,003.75(kWh)	花蓮縣	985.50(kWh)
台中縣市	1,197.20(kWh)	宜蘭縣	974.55(kWh)
彰化縣	1,266.55(kWh)	基隆市	817.60(kWh)
雲林縣	1,295.75(kWh)	澎湖縣	868.70(kWh)
南投縣	1,098.65(kWh)	金門縣	1,160.70(kWh)
嘉義縣市	1,211.80(kWh)	連江縣	916.15(kWh)
台南縣市	1,244.65(kWh)		

資料來源：經濟部能源局

4.6.2 研究模型分析

綜合上述各方面資訊，探討教學類型建築物在各個不同構造樓層對於北部與南部兩地區成本比之影響。北部地區太陽能光電 1kWp 年發電為 817.60kWh，對總樓地板面積 5,000(m²)而言，若要產生 1%的自給能源則必須花費 1,400,000 元設置 7kWp 容量的太陽能光電板，至於南部地區年發電量 1,295.75kWh 較高，可設置較少的太陽能裝置，僅需花費 800,000 元設置 4kWp 的容量。

表 4.6-6 總樓地板面積 5,000(m²)之 1%太陽能設置容量需求

地區	1%自給發電量 (kWh)	年發電量 (kWh)	設置容量 (kWp)	設置面積 (m ²)
北部	5,000	817.60	5,000/817.60=7	70
南部		1,295.75	5,000/1,295.75=4	40

※設置容量必須為整數，計算採無條件進入

表 4.6-7 總樓地板面積 30,000(m²)之 1%太陽能設置容量需求

地區	1%自給發電量 (kWh)	年發電量 (kWh)	設置容量 (kWp)	設置面積 (m ²)
北部	30,000	817.60	30,000/817.60=37	370
南部		1,295.75	30,000/1,295.75=24	240

※設置容量必須為整數，計算採無條件進入

表 4.6-8 總樓地板面積 5,000(m²)之 1%太陽能設置成本比(北)

建築物建造成本 (元)		太陽能設置成本 (元)	成本比 (%)	
鋼筋混凝土	1~5 層	93,500,000	7×200,000=1,400,000	1.50
	6~12 層	107,300,000		1.30
	13~16 層	130,300,000		1.07
鋼骨	1~12 層	138,500,000	4×200,000=800,000	1.01
	13~16 層	152,800,000		0.92

表 4.6-9 總樓地板面積 5,000(m²)之 1%太陽能設置成本比(南)

建築物建造成本 (元)		太陽能設置成本 (元)	成本比 (%)	
鋼筋混凝土	1~5 層	93,500,000	4×200,000=800,000	0.86
	6~12 層	107,300,000		0.75
	13~16 層	130,300,000		0.61
鋼骨	1~12 層	138,500,000	4×200,000=800,000	0.58
	13~16 層	152,800,000		0.52

表 4.6-10 總樓地板面積 30,000(m²)之 1%太陽能設置成本比(北)

建築物建造成本 (元)			太陽能設置成本 (元)	成本比 (%)
鋼筋混凝土	1~5 層	561,000,000	37×200,000=7,400,000	1.32
	6~12 層	643,800,000		1.15
	13~16 層	781,800,000		0.95
鋼骨	1~12 層	831,000,000		0.89
	13~16 層	916,800,000		0.81

表 4.6-11 總樓地板面積 30,000(m²)之 1%太陽能設置成本比(南)

建築物建造成本 (元)			太陽能設置成本 (元)	成本比 (%)
鋼筋混凝土	1~5 層	561,000,000	24×200,000=4,800,000	0.86
	6~12 層	643,800,000		0.75
	13~16 層	781,800,000		0.61
鋼骨	1~12 層	831,000,000		0.58
	13~16 層	916,800,000		0.52

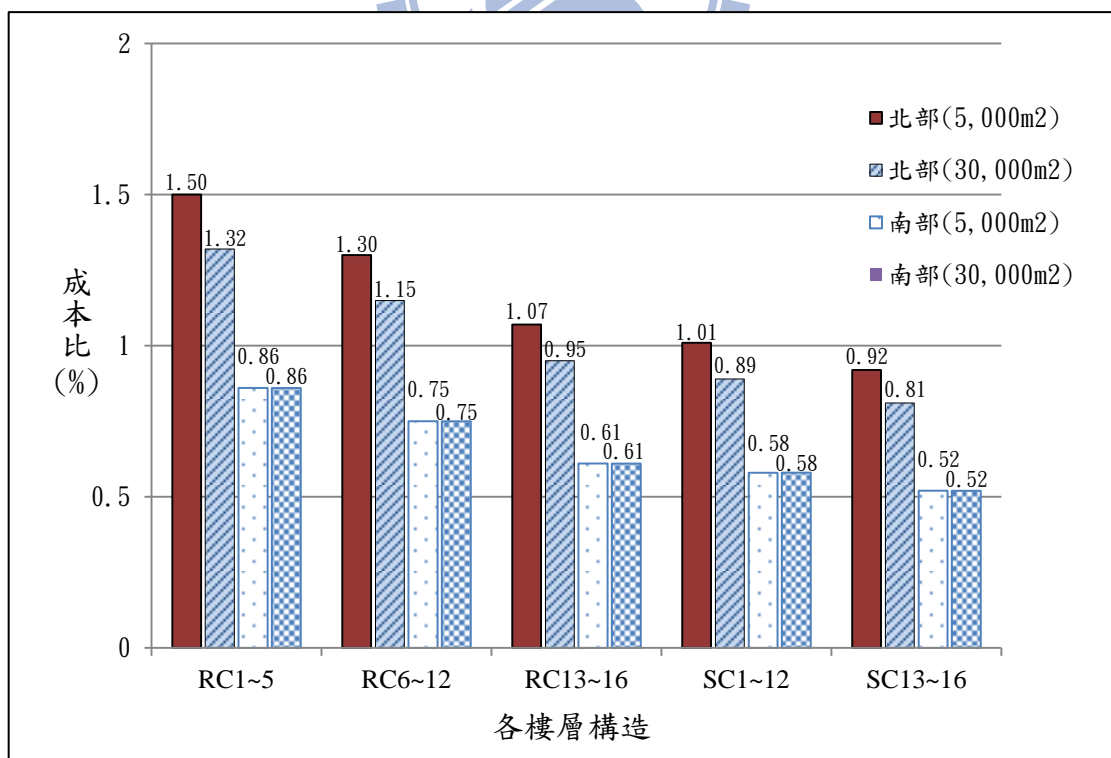


圖 4.6-1 成本比綜合比較

由圖 4.6-1 可得知在相同條件下，南部地區設置太陽能效益較高，但不同縣市的年發電量皆不同，因此實務上仍需評估各縣市的年發電量做為計算依據；成本比範圍落在 0.52~1.50 之間，表示依據 EUI 值 100(kWh/m²)、太陽能光電板設置成本每 1kWp 容量 200,000 元及主計處一百年度教室類單位造價編列標準之基準下，設置 1% 的替代能源所需設置的太陽能花費約需建造成本 1% 左右的經費。

4.6.3 實際案例評估

本研究利用交通大學工程二館 2010 年館舍用電資料，計算太陽能光電板設置需求，除探討結果是否符合模型推論之外，並且列出不同的自給能源替代率所需花費的金額，並且以工程二館屋頂平台二分之一的面積，作為設置太陽能光電板的範圍，求其所需建置花費為何。

表 4.6-12 案例基本資料

工程二館	
建築物構造	鋼筋混凝土
總樓地板面積	5,827.39 (m ²)
建造成本	108,972,193 (元)
屋頂 1/2 面積	700 (m ²)
2010 年用電度數	343,456 (kWh)

表 4.6-13 各能源替代率之成本比

替代率 (%)	設置容量 (kWp)	發電量 (kWh)	設置面積 (m ²)	設置成本 (元)	成本比 (%)
1	6	5,827	60	1,200,000	1.10
10	55	58274	540	11,000,000	10.09
13	70	75,373	700	14,000,000	12.93
20	109	116,548	1,070	21,800,000	20.01
30	163	174,822	1,600	32,600,000	29.92
40	217	233,096	2,130	43,400,000	39.83
50	271	291,370	2,660	54,200,000	49.74
60	325	349,643	3,190	65,000,000	59.65
70	379	407,917	3,730	75,800,000	69.56
80	433	466,191	4,260	86,600,000	79.47
90	488	524,465	4,790	97,600,000	89.56
100	542	582,739	5,320	108,400,000	99.47

本研究案例位於新竹市，太陽能年發電量為 1076.75kWh，依不同的能源替代率個別計算出所需太陽能設置容量和成本，列出各項成本比。由表 4.6-13 中的數據求得工程二館採 n% 自給能源替代率所需成本約佔建造成本的 n%；對於考量在二分之一的屋頂面積平台設置太陽能光電板，則須設置 70kWp 容量，花費 14,000,000 元的建置成本(以每 1 kWp 設置容量 200,000 元計算)，可達到 13% 的自給能源替代率。

4.6.4 小結

本研究所建構之模型，成本比與建造成本成反比、與目標 EUI 值成正比、以及太陽能設置成本成正比之關係，爾後在計算上僅需套入公式並乘以所佔比例即可，舉例來說，近期因太陽能廠商擴產，太陽能市場出現供過於求的現象，平均銷售價格有逐漸下滑的趨勢，因此在 2011 年公部門每 1kWp 定價大幅降為 14.5 萬元，以此條件下計算工程二館之 1% 替代率成本比為 $1.10 \times (145,000 / 200,000) = 0.80\%$ 。



4.7 綠建築分級評估等級

4.7.1 案例現況評估

本研究案例經綠建築系統評估後，四個指標中除了「基地保水指標」與「日常節能指標」不及格之外，「綠化量指標」與「水資源指標」皆通過合格標準，將各指標計算所得分數加權轉換成分級評估後，總得分 $RS_i=4.01+1.60=5.61$ ，因此現況屬不合格。

表 4.7-1 工程二館於綠建築分級評估表

指標名稱		設計值	基準值	分級評估得分 RS_i
綠化量指標		$TCO_2=500,310$	$TCO_{2c}=365,625$	$RS_2=6.81 \times R_2 + 1.5 = \underline{4.01}$
基地保水指標		$\lambda=0.34$	$\lambda_c=0.52$	$RS_3=4.68 \times R_3 + 1.5$
日常節能指標	外殼節能	$EEV=0.46$	0.80	$RS_{4_1}=16.67 \times R_{4_1} + 1.5$
	空調節能	$EAC=0.8$	0.80	$RS_{4_2}=14.69 \times R_{4_2} + 1.5$
	照明節能	$EL=0.83$	0.70	$RS_{4_3}=7.00 \times R_{4_3} + 1.5$
水資源指標		$WI=2.14$	2.0	$RS_8=1.50 \times R_8 + 1.5 = \underline{1.60}$
總得分 $\Sigma RS_i = \underline{5.61}$				
註：合格變距 $R_1 \sim R_9$ 為該指標的設計值與基準值的絕對值差與基準值之比，即依「 $ \text{設計值} - \text{基準值} \div \text{基準值}$ 」之公式計算。				

4.7.2 改善後評估

根據照明節能評估所提出之燈具減量與汰換改善研擬對策，則日常節能指標方可達到及格，重新評估內容詳見附件，並且配合 3.2.2 節「基地保水指標」所提及之改善方式，重新計算綠建築分級評估等級，如表 4.7-2。

表 4.7-2 工程二館改善後評估表

指標名稱		改善前 設計值	改善後 設計值	基準值	改善後得分變化
綠化量指標		TCO ₂ =500, 310	-	TCO _{2c} =365, 625	4.01
基地保水指標		$\lambda = 0.34$	$\lambda = 0.92$	$\lambda_c = 0.52$	0 → <u>5.1</u>
日常節 能指標	外殼 節能	EEV=0.46	-	0.80	8.58
	空調 節能	EAC=0.8	-	0.80	-
	燈具 減量	EL=0.83	EL=0.65	0.70	0 → <u>2</u>
	燈具 汰換		EL=0.46		0 → <u>3.9</u>
水資源指標		WI=2.14		2.0	1.60
改善後總得分 $\Sigma RSi = 21.29 \sim 23.19$					
※改善後的分數可使原先的「不合格」晉級為「銅級」資格。					

第五章 結論與建議

5.1 結論

一、綠建築評估結果

案例工程二館經綠建築系統評估後，「綠化量指標」與「水資源指標」通過綠建築標準，不合格指標為「基地保水指標」及「日常節能指標」；本案基地屬於不透水黏土層，僅以綠地做為保水，並無其它之保水設計，故基地保水指標不合格；日常節能指標之照明系統部分不符合標準，其主因為綠建築照明用電密度基準($11.8\text{W}/\text{m}^2\sim 15.1\text{W}/\text{m}^2$)較原設計基準 $20(\text{W}/\text{m}^2)$ 低，因此整體日常節能指標不合格，且日常節能指標為必要合格條件，故工程二館現階段不符合綠建築精神。

二、照明系統改善模式

本研究經由「T8 型燈管減量」及「T8 型燈管汰換」兩種燈具改善模式，分析並且評估改善後對案例所帶來之效益，所獲得結果分述如下：

- (一)「T8 型燈管減量」可將 EL 值從 0.83 調降至 0.65，而「T8 型燈管汰換」更是將 EL 值降至 0.46，都可讓照明系統節能評估達到合格標準。
- (二)此兩種燈具改善模式中，「T8 型燈管減量」可讓工程二館照明年用電量減少 13,093.44 度電，相當於減少了 12.61%的照明年用電量；「T8 型燈管汰換」則可讓照明年用電量減少 23,060.37 度電，相當於減少 25.56%的照明年用電量。

三、太陽能設置成本比例分析

不同縣市的太陽能年發電量皆不相同，根據本研究建置之模型，以 EUI 值 $100(\text{kWh}/\text{m}^2)$ 、太陽能光電板設置成本每 1kWp 容量 200,000 元及主計處一百年度教室類單位造價編列標準為基準，所求得結果如下：

- (一)以 1%能源替代率計算成本比例範圍落在 0.52%~1.50%之間，表示設置 1%的替代能源所需設置的太陽能成本約為建築物建造成本 1%左右。
- (二)本案位於新竹地區，依結果顯示案例設置 n%的自給能源替代率所需設置的太陽能成本約為建築物建造成本之 n%。

(三)成本比與建造成本成反比、與目標 EUI 值成正比、以及與太陽能設置成本成正比之關係。

5.2 建議

一、改善案例工程二館之保水設計與照明節能

倘若案例工程二館能依照本研究之建議作實質改善，基地保水部分利用花園土壤雨水截留設計方法，照明系統部分作燈具的減量或汰換，即可使本案從原先不及格晉升至銅級資格，如此一來不僅使工程二館符合綠建築標準，也可作為改善示範之標的，增加既有建築物的價值所在。

二、加入 LED 燈具做燈具汰換之研究

本研究以 T8 型燈具減量及 T8 型燈具汰換為主，雖然現今 LED 技術尚未成熟，但勢必是未來燈具使用的趨勢，建議後續可考慮加入 LED 燈具汰換效益之研究。



參考文獻

1. 葉武宗，「大專院校舊有建築物耗能之研究－以綠建築日常節能指標評估改善照明系統節能效率」，2006，碩士論文。
2. 郭烜碩，「大專院校教學館舍耗能改善之研究－以交通大學工程二館為例」，2010，碩士論文。
3. 徐任鋒，「綠建築評估指標應用於大學校園環境之研究－以逢甲、靜宜大學為例」，2003，碩士論文。
4. 許元璋，「台灣、美國綠建築評估技術應用於舊建築改善之研究－以花雕儲酒廠為例」，2006，碩士論文。
5. 楊明得，「應用綠建築評估指標於建成社區永續環境發展評估之研究－以台南縣觀雲社區、多摩市為例」，2009，碩士論文。
6. 林麗鳳，「既有建築之改善以符合綠建築指標－以清水服務區為例」，2010，碩士論文。
7. 陳建志、許妙行、蔡佳玲、林東緯、何幸蓉、黃郁茶、李彥君、黃如蕙、楊鏡堂，「再生能源之發展趨勢與前瞻」，科技發展政策報導，2008。
8. 經濟部能源局，「能源產業技術白皮書」，2010。
9. 陳崇憲、蘇桓嫻，「淺談『再生能源發展條例』立法內容」，經濟部能源局能源報導，2010。
10. 鄭雅堂，「再生能源發電」，物理專文，2007。
11. 再生能源網(<http://www.re.org.tw/>)，工業技術研究院－綠能與環境研究所。
12. 台灣熱泵能源科技網(<http://www.green-energy.com.tw/>)。
13. 國研院政策中心，「國家新能源科技發展規劃現況」，取自科技年鑑。
14. 熊谷秀，「太陽光電知多少」，科學發展專題報導，2004。
15. 鄭元良，「綠建築政策與法規沿革」，2005。
16. 徐虎嘯，「98年度綠建築標章推廣及成果」，建築研究簡訊第68期，2009。
17. 內政部建築研究所，「綠建築標章暨候選綠建築證書之評定審查作業」，結案報告書，2009。
18. 財團法人台灣建築中心，「綠建築標章」，業務說明。
19. 江哲銘，「既有建築物綠建築改善手冊之研究」。
20. 蕭江碧，「綠建築規劃設計技術彙編」，專題研究計畫報告書，2000。
21. 內政部建築研究所，「綠建築解說與評估手冊2009年版」，2010。
22. 李麗玲、李清然、黃素琴，「照明節能介紹與範例探討」。
23. 周鼎金，「學校教室照明與節能參考手冊」，教育部，2004。
24. 徐文志，「98年度綠建築更新診斷與改造計畫」，2009。
25. 行政院主計處，「共同性費用編列標準」，2010、2011。
26. 經濟部能源局，「太陽能光電效益概算機」，2010。

27. 內政部營建署，「學校類大型空間類及其他類建築物節約能源設計技術規範」，2009。
28. 內政部營建署，「民間建築物綠建築設計及改善示範專輯」，2009
29. 林憲德，「既有建築物綠建築評估系統之研究」，內政部建築研究所委託研究報告，2010。
30. 林憲德，「綠色魔法學校」，新自然主義出版社，2010。

