

推動既有建築節能改善策略與 效益之研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 106 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

106301070000G0064

推動既有建築節能改善策略與 效益之研究

研 究 人 員：陳 麒 任

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 106 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**A Study on the Strategy and Benefit of
Promoting the Energy Efficiency
Improvement of Existing Buildings**

BY

CHEN CHI REN

December , 2017

目次

表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與目的.....	1
第二節 研究方法與流程.....	3
第三節 文獻收集項目.....	5
第四節 預期成果.....	5
第二章 相關文獻回顧與探討.....	7
第一節 我國既有建築節能改善涉及之法規探討.....	7
第二節 我國建築節能之相關推動措施.....	15
第三節 國外建築節能之相關推動措施.....	26
第四節 綜合探討.....	40
第三章 既有建築節能改善之技術面策略.....	43
第一節 中央空調設備系統節能改善.....	43
第二節 熱泵設備系統節能改善.....	58
第三節 建築能源管理系統(BEMS) 節能改善.....	60
第四節 空調系統測試調整平衡(TAB)節能改善.....	63
第五節 照明設備系統節能改善.....	68

第六節	屋頂隔熱與屋頂綠化節能改善	76
第七節	外遮陽節能改善	81
第四章	既有建築節能改善之推動策略與效益探討	85
第一節	推動既有建築節能改善之執行面策略	85
第二節	推動既有建築節能改善之政策面策略	91
第三節	建築耗能設備節能改善之效益探討	93
第四節	既有建築外殼節能改善之效益探討	97
第五章	結論與建議	103
第一節	結論	103
第二節	建議	106
附錄一	既有建築節能改善實際案例之建置項目、成本與 成效資料庫	109
附錄二	期中審查會議紀錄及處理情形	137
附錄三	期末審查會議紀錄及處理情形	141
參考書目	147

表次

表 2-1	屋頂透光天窗日射透過率 HWs 之基準值	8
表 2-2	外牆及立面開窗部位 (含玻璃與窗框) 之節能 基準值	9
表 2-3	空調型、住宿類、學校類及大空間類等建築之 節能基準值	10
表 2-4	建築物樓地板之最低活載重規定	11
表 2-5	屋頂隔熱及綠化改善工法之設置環境及法規限制	12
表 2-6	外遮陽及戶外遮棚之法規分析	13
表 2-7	經濟部能源局建築節能 (含耗能設備) 之相關獎 補助專案計畫	15
表 2-8	經濟部能源局診斷輔導與技術服務之相關專案計畫 ..	19
表 2-9	德國聯邦政府設定之能源消耗各階段目標(以 1990 年為基礎)	29
表 2-10	美國未來對於建築永續之發展規劃	30
表 2-11	美國 2015 年能源效率改善法案	31
表 2-12	美國較佳建築(Better Buildings)法案主要內容	32
表 2-13	美國各州商業建築能源揭露政策比較表	36
表 3-1	我國各項室內空氣污染物之室內空氣品質標準規定 ..	48
表 3-2	不同空間用途之室內空調最小外氣需求量	49
表 3-3	BEMS 之主要功能	62

表 3-4	BEMS 之規模分級.....	62
表 3-5	日常生活使用照明設備之常用光源比較表.....	68
表 3-6	室內燈具依配光方式之分類.....	70
表 4-1	2015 年版綠建築評估手冊各分類空間耗能密度 標準 EUI _{ij}	86
表 4-2	迴歸分析設定之影響變數 X_i 表.....	94
表 4-3	個別迴歸參數分析表.....	95
表 4-4	複迴歸變異數分析表.....	96
表 4-5	迴歸係數具顯著以上水準之改善項目（變數 X_i ）表...	97
表 4-6	臺北、臺中、高雄等地區屋頂隔熱改善之節能率 模擬結果表.....	98
表 4-7	外遮陽之空調及整體總耗能模擬結果表.....	99
表 5-1	我國進行既有建築節能改善之推動策略一覽表.....	104

圖次

圖 1-1	研究流程圖	4
圖 2-1	德國能源證書分九級評估	29
圖 2-2	美國各州商業建築能源規範採用版本分佈圖	35
圖 3-1	中央空調各主要系統架構示意圖	44
圖 3-2	中央空調系統熱交換示意圖	44
圖 3-3	蒸氣壓縮循環原理示意圖	45
圖 3-4	中央空調水系統示意圖	45
圖 3-5	主機運轉負載率案例	46
圖 3-6	冰水主機於不同負載率時之主機效率(COP)	46
圖 3-7	依負載控制主機台數示意圖	47
圖 3-8	典型之外氣交換空調循環系統	50
圖 3-9	全熱交換器之室內外冷熱空氣交換機制示意圖 ..	51
圖 3-10	外氣冷房示意圖	51
圖 3-11	外氣適用條件示意圖	52
圖 3-12	VAV 系統示意圖	53
圖 3-13	一次側/二次側冰水系統示意圖	55
圖 3-14	變水量(VWV)系統示意圖	55
圖 3-15	冷卻水塔之水循環示意圖	56

圖 3-16 不同散熱方式之冷卻水塔	57
圖 3-17 機械通風式冷卻水塔示意圖	58
圖 3-18 冷卻水塔提升效率改善方式示意圖	58
圖 3-19 雙效熱泵系統運作原理示意圖	59
圖 3-20 熱泵效率示意圖	60
圖 3-21 BEMS 之四大管理系統圖	61
圖 3-22 小型 BEMS 之系統架構示意圖	63
圖 3-23 TAB 風側之調整步驟	65
圖 3-24 TAB 水側之調整步驟	65
圖 3-25 TAB 測試流程示意圖	66
圖 3-26 輻射光源與人眼反應曲線、光源與色溫圖	69
圖 3-27 室內燈具依安裝方式之分類	70
圖 3-28 光源體與被照體間之關係示意圖	72
圖 3-29 高效率燈具取代舊有燈具	73
圖 3-30 依照度需求將燈具數量減量	74
圖 3-31 依家俱設置重新調整燈具配置	74
圖 3-32 減少全面照明加強局部照明	75
圖 3-33 增設周邊節能輔助設施	76
圖 3-34 薄層式屋頂綠化案例及示意圖	77

圖 3-35 盆鉢式屋頂綠化案例及示意圖	77
圖 3-36 盆鉢式屋頂綠化案例及示意圖	78
圖 3-37 屋頂鋪設隔熱材料案例及示意圖	79
圖 3-38 屋頂鋪設冷屋頂材料案例	80
圖 3-39 外遮陽種類與其適用窗戶朝向示意圖	81
圖 3-40 水平遮陽案例及示意圖	82
圖 3-41 垂直遮陽案例及示意圖	82
圖 3-42 框架(水平+垂直)遮陽案例及示意圖	83
圖 3-43 導光與遮陽並用案例及示意圖	83
圖 4-1 我國辦公類建築耗電情況	90
圖 4-2 我國住宅類建築耗電情況	90

推動既有建築節能改善策略與效益之研究

摘 要

關鍵詞：既有建築、節能改善、節能策略、效益分析

一、研究緣起與目的

我國長久以來一直是能源短缺的國家，根據 103 年全國能源會議資料顯示，目前每年有 98% 的能源需仰賴進口，若從我國各部門之能源消費結構來看，其中住宅及服務業部門（亦即早期所謂之住商部門）就約佔了 23%，代表各類建築物每年所消耗之能源，就約佔全國能源比例的四分之一。然而早期興建之建築物當時並無節能法規，故普遍存在耗能及不符生態環境之問題，若能從這些類建築著手進行節能改善，對於節省我國整體能源消費及降低溫室氣體排放，將有莫大貢獻。

然而臺灣位處亞熱帶氣候區，氣候特徵為夏季高溫期間較長、冬季低溫期間較短，故對於建築外殼之需求以隔熱為主、通風為輔。惟以臺灣全年多處於高濕、高熱之氣候環境，單靠建築外殼隔熱性能提升之效果畢竟有限，仍然需搭配空調系統才能使室內環境維持在舒適範圍。

因此，建築節能改善包含既有建築物之建築與基地類隔熱性能改善，以及設施設備類之能源效率提升等兩大面向，前者包括屋頂隔熱、外遮陽、屋頂綠化等，係針對建築本體進行隔熱性能改善，惟部分施作內容涉及檢討建築相關法令；後者則包括室內照明、空調系統、熱泵系統、測試調整平衡（TAB）、及建築能源管理系統（BEMS）等，係針對建築附屬之耗能設施設備進行提升能源效率改善，內政部建築研究所（以下簡稱本所）歷年來針對此類改善內容，均列為既有建築物之改善重點措施，執行成效極佳，且無涉建築法令檢討。

本研究將就目前國內常採用之建築節能改善技術作深入探討與分析，期能從中找出適合我國採行之改善方式，並藉由本所歷年完成之既有建築節能實際示範改善案例，所建立之實際建置成本與改善成效資料庫，用以分析探討各種不同建築節能改善技術之效益。最後，本研究將

就技術面、執行面及政策面等面向，進一步提出我國推動建築節能改善之策略，以作為政府後續推動既有建築節能改善之施政參考，期能讓政府有限之預算，用於最有效之執行項目，除可達到落實政府節能減碳之政策，對減緩都市熱島效應及降低夏季尖峰用電負載，亦將有莫大幫助。

二、研究方法及過程

依據上述研究目的，本研究的研究方法及過程概述如下：

(一)、文獻回顧法：

收集國內建築節能相關法規、國內外有關建築節能推動措施，及整理建築節能改善主要之技術手法文獻資料，並釐清各種改善技術手法是否涉及相關法規需申請事項。

(二)、專家諮詢法：

本研究將與國內專家學者諮詢請益有關建築節能改善之技術與效益問題，並配合調整修正研究成果。

(三)、迴歸分析法：

針對本研究蒐集建立之既有建築節能改善之實際案例資料庫，應用統計學原理進行迴歸分析，以獲知各種改善項目節能效益之顯著程度。

(四)、比較分析法：

分析建築節能改善主要技術手法之適用性，並比較各種改善技術之節能效益，及就環境效益予以剖析。

(五)、總結法：

綜合上述相關資料進行通盤檢討後，就技術面、執行面及政策面等面向，研擬我國推動建築節能改善之相關策略。

三、重要發現

本研究依據原規劃時程，已完成蒐集並探討我國既有建築節能改善所涉之法令規定、國內外建築節能之相關推動措施，以及有關建築節能改善之技術手法等基礎理論文獻資料。並就執行面及政策面，研擬適合我國之既有建築節能改善之相關推動策略。

此外本研究針對本所 92 至 105 年補助中央政府所屬廳舍辦理之既有建築節能改善實際案例，完成建置改善資料庫共計 358 件，此資料庫累積之改善案例數量相當龐大，在國內實屬罕見，具有相當高之參考價值。經以大數據概念進行迴歸分析後，本研究依節能效益之高低排序，找出最有效益之節能改善項目。

根據上述研究成果，本計畫研擬之研究結論說明如下：

(一)、探討既有建築節能改善之技術面策略：

建議可採用之建築節能改善技術，包括中央空調系統改善、熱泵系統改善、室內照明系統改善、建置或升級建築能源管理系統(BEMS)、進行空調系統測試調整平衡(TAB)等。

(二)、研擬既有建築節能改善之執行面策略：

既有建築如欲全面落實節能目標，勢必需從各類建築物之耗能基準著手管制，若高於同類建築之耗能基準，則應進行節能改善。研擬之執行面策略包括建立各類型建築物之能耗基準、提出計算使用階段建築實際耗能 EUI 之方式、優先就耗能佔比較大之設備進行節能改善等之執行策略。

(三)、推動既有建築節能改善之政策面策略：

研擬由政府部門推動之政策面推動策略，以利既有建築之節能改善推動，由點逐步擴散到線再擴大到面。包括循序漸進由政府示範到推廣至民間之分階段推行策略、設立執行推動既有建築節能之專責機構、針對建築實際能耗低於基準值之建築物給予適度之電價優惠獎勵、進行我

國建築能源相關法規之修訂、建立建築節能改善之財政獎補助政策等。

(四)、探討建築耗能設備節能改善之效益：

本研究經蒐集整理 358 個耗能設備節能改善實際案例之相關成果，並建立其實際建置成本與改善成效之資料庫如附錄一之表 1，藉以分析探討各種不同建築節能改善技術之回收效益，供欲實施改善之業者或民眾事前參考。

經統計上述案例之平均回收年限約 4.76 年，經藉由迴歸分析方法獲知各種改善項目節能效益之顯著程度，可發現改善效益最顯著之項目，依序為熱泵、照明、冰水泵浦導入變頻控制、冰水主機等 4 項，其次才是全熱交換器、CO₂控制外氣引入、空調箱等，建議應以效益最顯著之項目優先納入改善。

(五)、探討既有建築外殼節能改善之效益：

臺灣都市夏季環境炎熱，都市熱島效應顯著，為應付炎熱情況，會更加速空調使用與排熱，造成都市更高溫的惡性循環，爰減少空調排熱為降低都市熱島效應重要措施。此外，辦理建築物屋頂面及立面之隔熱與遮陽，均具減緩熱島效應功能，同時亦能促進既有建築物之節能改善效益以及有助於降低夏季尖峰用電負載。

夏季空調耗能受到室內外溫度差的影響甚大，隔熱性能差的屋頂會增加室內環境的熱負荷，故改善屋頂隔熱最多約可減少頂樓層 20% 空調用電，亦可增加室內熱環境舒適性。屋頂隔熱方式甚多，包括屋頂綠化，不但可替建築物室內降溫、綠美化都市環境以及淨化都市空氣，亦可降低都市熱島效應以減緩地球暖化；或是採用鋪設隔熱層，利用材料的熱阻特性來阻擋太陽輻射熱傳遞入室內，達到節能減碳及改善室內熱舒適度的效果。

惟臺灣位處濕熱氣候區，隔熱與通風尤其重要，設置外遮陽可有效阻隔太陽熱輻射，防止室內眩光與陽光直射等情形發生，同時可減少室內窗簾使用，增加自然通風之機會，提升室內通風效果，使室內

空氣品質上升，室溫下降，減少空調耗電量，其中常用之外遮陽各方位平均之空調節能率，水平式約為 10%、垂直式約為 6%、格子式約為 12%；並可使室內增加自然採光的機會，充分應用晝光使室內維持足夠照度，降低人工照明之耗能。故外遮陽的設置，除可達成節能之目的外，亦可營造舒適的室內環境，增進人員工作效率。

四、建議事項

本研究已提出既有建築節能改善之推動策略，並就主要之建築節能改善技術，進行實際改善案例之探討與分析。茲就建議部分說明如下：

建議一

優先補助節能改善效益最顯著之項目：立即可行建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部建築研究所

目前經濟部能源局辦理多項之建築節能（含耗能設備）之相關獎補助專案計畫，建議可優先就熱泵、照明、冰水泵浦導入變頻控制、冰水主機等項目進行補助改善，將可獲得最佳之節能效益。

建議二

由公有建築物優先辦理節能診斷及改善示範：立即可行建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

我國民間的建築物自有比例高，在法令以及制度設計未周延下貿然推動，必然引發相當大的反彈力道。相形之下我國公共建築也具有一定數量，可以由公部門所管理以及擁有之建築物做為優先推動節能診斷及改善之示範。藉由公部門所擁有之建築物優先試行，

除了可以累積推動經驗，減少未來推動障礙外，也可以藉此宣傳建築節能所能帶來的好處，做為未來全面推動之準備。

建議三

將空調冰水系統之 kW/RT 列為效率評估指標：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經濟部能源局

建議未來應將空調冰水系統之 kW/RT 列為效率評估指標，經濟部能源局已將 0.85kW/RT 列入既有建築物補助案鼓勵項目，建議本所後續年度辦理之「建築節能與綠廳舍改善計畫」業務委託案可將空調冰水系統之 kW/RT 列為效率評估指標之一。

建議四

進行我國建築能源相關法規之修訂及建立財政獎補助政策：中長期性建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

我國既有建築比例高達 97% 以上，如要落實建築節能達到各類建築物之耗能基準，勢必需由法規著手管制。建議可在「能源管理法」第十七條中修訂新建建築物節能標準並確實推動，以及於第九條納入前述事項之查核、揭露等規定，如此才能具有法源依據並強制要求各地方政府之主管機關據以執行。另需同時搭配財政獎補助政策，除了現行推動之購買節能家電給與部分補助外，可依「能源管理法」第 5 條第 2 項第 2 款，研擬由現有之能源研究發展基金或其他相關預算，作為提供補助既有建築節能改善財源之可行性。

ABSTRACT

Keywords: Existing buildings, Improvement of energy saving, Energy saving strategy, Benefit analysis

Taiwan has always been a lack of energy. According to the 2014 National Energy Conference data show that at present 98% of the energy needs to be imported each year. If we look at the energy consumption structure of various departments in Taiwan, the residential and service sectors (that is, the so-called business and residential sectors) account for about 23%, it means the annual energy consumption of various types of buildings, accounting for about a quarter of the national energy ratio. However, buildings built in the early days lack of energy-saving laws and regulations. Therefore, energy-consuming and non-conforming ecological environments are common problems. If energy-saving improvements can be started from these types of buildings, there will be huge contribution in saving energy and reducing greenhouse gas emissions in Taiwan.

However, Taiwan is located in a subtropical climate zone. It's climate is characterized by a long period of high temperature in summer and a short period of low temperature in winter. Therefore, the demand for building shell is insulated and supplemented by ventilation. However, in Taiwan, the climate is high humidity and high heat prevail over the whole year, that is not enough by executing the improvement of the thermal insulation performance of the building envelope, and it still needs using air conditioning system to maintain the indoor environment at a comfortable level.

Therefore, the improvement of building energy efficiency includes the improvement of thermal insulation performance of existing buildings, and as well as the improvement of energy efficiency of facilities and equipment.

The former includes roof insulation, exterior shade, roof greening, and the like, however, some of them cover the review of building-related laws and regulations. The latter include indoor lighting, air-conditioning systems, heat pump systems, TAB, and building energy management systems (BEMS), it is based on the energy efficiency improvements of energy-consuming facilities and equipment. The Ministry of the Interior Architecture and Building Research Institute (hereinafter referred to as ABRI) over the years for such existing buildings improvement are listed as the key measures, the implementation was excellent and there was no review of the construction ordinance.

This study will explore and analyze the current energy saving technologies commonly used in Taiwan, and find out the suitable methods adoption of energy saving and improve the existing building energy efficiency. With the completion of actual case which the existing buildings energy improvement over the years, we can set up a database of actual costs and results of improving construction, to analyze and discuss the various benefits of building energy efficiency improvement technologies. Finally, this study will further put forward the strategy of promoting the improvement of building energy efficiency in terms of technology, implementation and policy aspects, so as to serve as a reference for the government to promote the improvement of existing buildings in the future, and let the limited budget of the government can be used in the most effective implementation of the project, it can achieve the government's policy of energy conservation and carbon reduction, and will also be a great help in mitigating the urban heat island effect and reducing peak power consumption in summer.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

一、研究緣起

台灣長久以來一直是能源短缺的國家，根據 103 年全國能源會議資料顯示，目前每年有 98% 的能源需仰賴進口，若從我國各部門之能源消費結構來看，其中住宅及服務業部門（亦即早期所謂之住商部門）就約佔了 23%，代表各類建築物每年所消耗之能源，就約佔全國能源比例的四分之一。然而早期興建之建築物當時並無節能法規，故普遍存在耗能及不符生態環境之問題，若能從這些類建築著手進行節能改善，對於節省我國整體能源消費及降低溫室氣體排放，將有莫大貢獻。

為因應全球氣候變遷，節能減碳已為世界各國永續發展的重點工作，亦為我國施政主軸之一。為帶動所有建築物逐年降低耗能，我政府自 100 年起推動「政府機關及學校四省（省電、省油、省水、省紙）專案計畫」，以作為示範並引導民間自主性採行節約能源措施。其中每年用電量以較前一年減少 1% 為原則，並以 96 年為基期年，至 104 年時以總體用電量節約 10% 為目標，以具體行動帶動民間響應節能減碳政策。

然而台灣位處亞熱帶氣候區，氣候特徵為夏季高溫期間較長、冬季低溫期間較短，故對於建築外殼之需求以隔熱為主、通風為輔。此外一般 RC 構造建築在白天會吸收大量太陽輻射熱，使建築外殼溫度迅速增高，於夜晚將會不斷釋放出蓄積的輻射熱能，造成夜晚室內依舊高溫，促使民眾需開空調降低室內溫度，造成電力消耗增加。

若能加強建築外殼隔熱性能，將可阻隔部分太陽輻射熱進入室內，在冬天又具有室內保溫效果，有助於室內冬暖夏涼。惟以台灣

全年多處於高濕、高熱之氣候環境，單靠建築外殼隔熱性能提升之效果畢竟有限，仍然需搭配空調系統才能使室內環境維持在舒適範圍。

因此，建築節能改善包含既有建築物之建築與基地類隔熱性能改善，以及設施設備類之能源效率提升等兩大面向，前者包括屋頂隔熱、外遮陽、屋頂綠化等，係針對建築本體進行隔熱性能改善，惟部分施作內容涉及檢討建築相關法令；後者則包括室內照明、空調系統、熱泵系統、測試調整平衡（TAB）、及建築能源管理系統（BEMS）等，係針對建築附屬之耗能設施設備進行提升能源效率改善，本所歷年來針對此類改善內容，均列為既有建築物之改善重點措施，執行成效極佳，且無涉建築法令檢討。

二、研究目的

本研究將先整理有關我國對於建築節能法規之相關規定，並收集國內、外有關建築節能推動措施之相關文獻，以作為本研究後續研擬建築節能改善技術及推動策略之參考基礎。

另本研究將就目前國內常採用之建築節能改善技術作深入探討與分析，期能從中找出適合我國採行之改善方式。此外，本所自 92 年至 105 年辦理之「建築節能與綠廳舍改善補助計畫」已累計完成 585 件實際改善案例，本研究將蒐集整理這些改善案例之相關成果，藉由建立其實際建置成本與改善成效之資料庫，用以分析探討各種不同建築節能改善技術之效益。

最後，本研究將就技術面、執行面及政策面等面向，進一步研擬我國推動建築節能改善之策略，以作為政府後續推動既有建築節能改善之施政參考，期能讓政府有限之預算，用於最有效之執行項目，除可達到落實政府節能減碳之政策，對減緩都市熱島效應及降低夏季尖峰用電，亦將有莫大幫助。

第二節 研究方法與流程

一、研究方法

本研究係為分析既有建築節能改善之相關技術，並探討其改善效益與執行策略，研究方法主要包括以下項目：

1、文獻回顧法：

收集國內建築節能相關法規、國內外有關建築節能推動措施，及整理建築節能改善主要之技術手法文獻資料，並釐清各種改善技術手法是否涉及相關法規需申請事項。

2、專家諮詢法：

本研究將與國內專家學者諮詢請益有關建築節能改善之技術與效益問題，並配合調整修正研究成果。

3、比較分析法：

分析建築節能改善主要技術手法之適用性，並比較各種改善技術之節能效益，及就環境效益予以剖析。

4、總結法：

綜合上述相關資料進行通盤檢討後，就技術面、執行面及政策面等面向，研擬我國推動建築節能改善之相關策略。

二、研究流程

本計畫之研究流程，詳圖 1-1 所示：

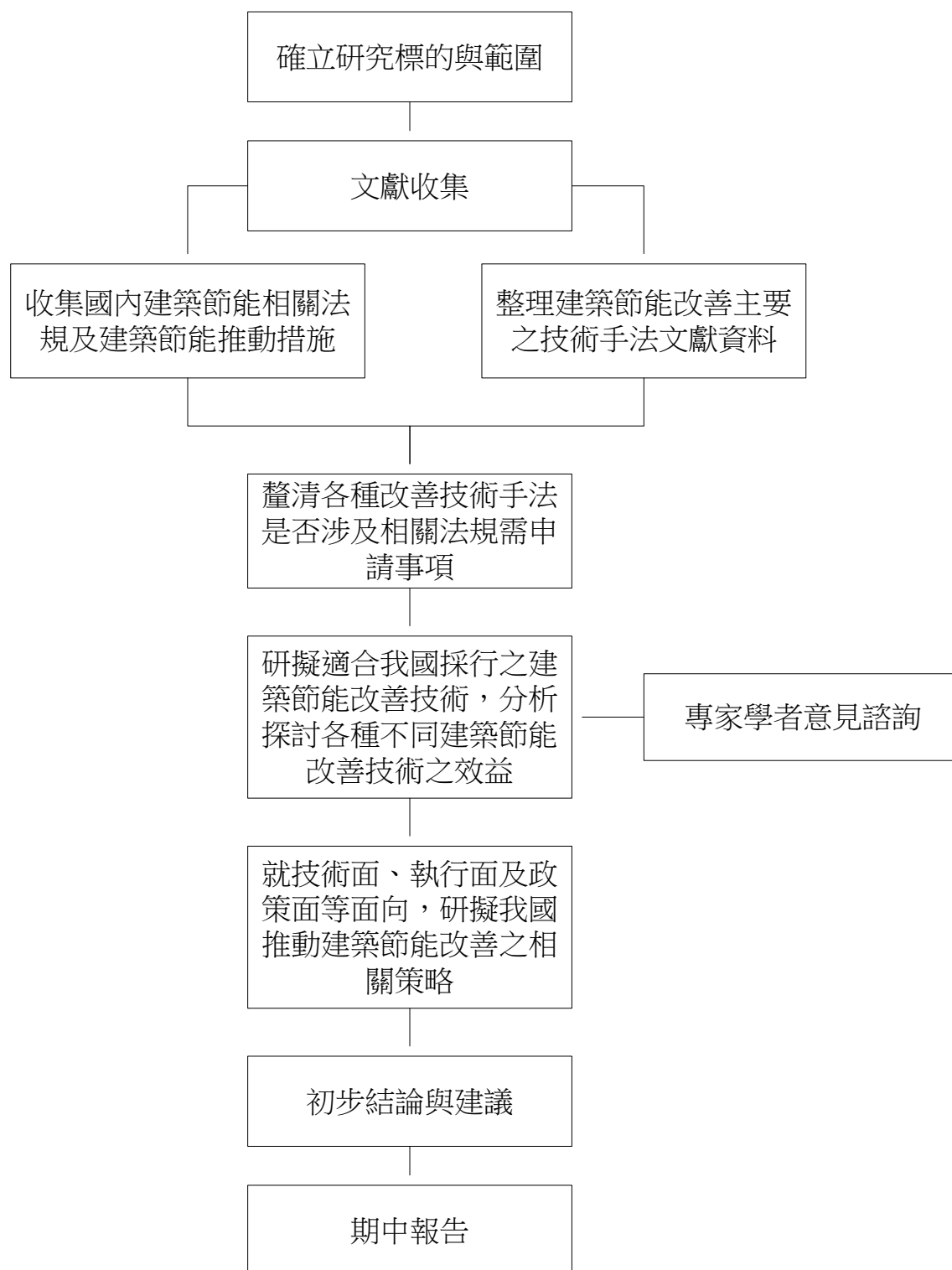


圖 1-1 研究流程圖
(資料來源：本研究整理)

第三節 文獻收集項目

依據本計畫研究之目的及研究內容，本計畫擬收集下列相關文獻及資料，以作為進行研擬既有建築節能改善推動策略與其效益分析之依據。預定收集之文獻資料項目如下：

- 我國建築節能法規之相關規定。
- 建築節能改善主要之技術手法等文獻資料。
- 國內、外有關建築節能推動措施之相關文獻。
- 既有建築節能改善實際案例之建置內容、成本與效益等相關資料。
- 有關建築節能改善之相關研究參考文獻資料。

本計畫將彙整上述資料進行分析探討，詳細探討內容將於後面各章節說明。

第四節 預期成果

本計畫之預期成果，說明如下：

- 一、 完成蒐集國內建築節能之相關法規規定，及有關建築節能改善之技術手法等基礎理論文獻資料。
- 二、 提出適合我國推動之既有建築節能改善技術手法，並探討釐清各種技術手法是否涉及之相關法規規定。
- 三、 完成各種不同既有建築節能改善技術之效益分析與比較。
- 四、 提出我國推動既有建築節能改善之相關推動策略，可供政府後續推動既有建築節能改善之施政參考。

第二章 相關文獻回顧與探討

本章首先從國內建築節能之相關法規規定切入，及整理有關建築節能改善之技術手法等基礎理論文獻資料，探討釐清各種技術手法是否涉及相關法規規定。並收集國內、外有關建築節能推動措施，以作為本研究後續分析之基礎。

第一節 我國既有建築節能改善涉及之法規探討

既有建築物節能改善所涉及之相關法規，主要為建築外殼隔熱性能部分，改善完成後除須符合現行建築技術規則對於建築外殼隔熱性能之要求外，對於既有建築物進行屋頂隔熱、屋頂綠化、外遮陽與戶外遮棚等改善措施時，尚需考量相關法令之限制，包括屋頂部分需考量屋頂承载力是否足夠支撐各項改善措施之載重，外遮陽與地面戶外遮棚需考量是否計入建築面積及是否突出建築線與地界線等，至透水鋪面及窗面玻璃貼附隔熱膜等，則無涉建築相關法令，檢討說明如下：

一、建築技術規則對於建築外殼隔熱性能之要求

由於台灣地區屬於亞熱帶^{*1}氣候，主要用電以空調冷房為大宗，故整體建築耗能相對較歐、美、日等溫帶^{*2}地區國家低很多，加上我國營建業者為了節約成本，通常不會特別施作外殼隔熱。因此我國歷次在檢討修訂外殼節能法規時，常因顧慮民間營建習慣與投資效益，對建築外殼隔熱之相關基準，相較其他歐、美、日乃至中國等位處溫帶之國家低很多。

例如美國佛羅里達州對屋頂的隔熱性能規定約為台灣的 3.3~7.8 倍，對外牆的隔熱性能規定約為台灣的 4.0~6.9 倍，中國華南對外牆的隔熱性能約為台灣的 2.3 倍，對屋頂的隔熱性能約為台灣的 1.0~1.2 倍

註¹：亞熱帶是地球上的一種氣候地帶。一般亞熱帶位於溫帶靠近熱帶的地區（大致 23.5°N-40°N、23.5°S-40°S 附近）。亞熱帶的氣候特點是其夏季與熱帶相似，但冬季明顯比熱帶冷，最冷月在攝氏 0 度以上。

註²：由南回歸線至南極圈，以及北回歸線至北極圈附近的中緯度地區。每年的平均氣溫大多在攝氏 20 度到 0 度之間，例如美國、德國、中國、日本等。

等，故相對之下我國建築之居住環境較易有悶熱而不舒適的情形。為此我國經多次檢討修正建築技術規則中有關建築外殼耗能相關規定，其中關於屋頂隔熱性能部分，已要求屋頂之平均熱傳透率U值應低 $0.8\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{k}$ 。

另當設有水平仰角小於80度之屋頂透光天窗之水平投影面積HWa大於1.0平方公尺時，其透光天窗日射透過率HWs應低於下表之基準值HWsc。但建築物外牆透空二分之一以上之空間，不在此限。屋頂透光天窗日射透過率HWs之基準值如表2-1所示。

表 2-1 屋頂透光天窗日射透過率 HWs 之基準值

水平投影面積 HWa 條件	透光天窗日射透過率基準值 HWsc
$\text{HWa} < 30\text{m}^2$	$\text{HWsc} = 0.35$
$\text{HWa} \geq 30\text{m}^2$ 且 $\text{HWa} < 230\text{m}^2$	$\text{HWsc} = 0.35 - 0.001 \times (\text{HWa} - 30.0)$
$\text{HWa} \geq 230\text{m}^2$	$\text{HWsc} = 0.15$
計算單位 HWa : m^2 ; HWsc : 無單位	

資料來源：「建築技術規則」建築設計施工編第十七章綠建築基準

關於建築物外牆、窗戶與屋頂所設之玻璃對戶外之可見光反射率不得大於0.25。受建築節約能源管制建築物之外牆平均熱傳透率、立面開窗部位（含玻璃與窗框）之窗平均熱傳透率及窗平均遮陽係數^{*3}則應低於表2-2所示之基準值：

註³：窗平均遮陽係數=外遮陽係數 K_i × 玻璃日射透過率 η_i

表 2-2 外牆及立面開窗部位（含玻璃與窗框）之節能基準值

類別	外牆平均熱傳透率基準值 $W/(m^2 \cdot K)$	立面開窗率 ^{*4} > 0.5		0.5 ≥ 立面開窗率 > 0.4		0.4 ≥ 立面開窗率 > 0.3		0.3 ≥ 立面開窗率 > 0.2		0.2 ≥ 立面開窗率 > 0.1		0.1 ≥ 立面開窗率	
		窗平均熱傳透率基準值 ^{*5}	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值	窗平均熱傳透率基準值	窗平均遮陽係數基準值
住宿類建築	2.75	2.7	0.10	3.0	0.15	3.5	0.25	4.7	0.35	5.2	0.45	6.5	0.55
其他各類建築	2.0	2.7	0.20	3.0	0.30	3.5	0.40	4.7	0.50	5.2	0.55	6.5	0.60

資料來源：「建築技術規則」建築設計施工編第十七章綠建築基準

至於空調型、住宿類、學校類及大空間類等建築，其建築節能設計基準若能符合表 2-3 之基準值，則可不受表 2-2 之限制（亦即兩者擇一即可）。

註⁴：立面開窗率 WR[無單位]係所有開窗部位（包括開口玻璃以及窗框）總面積對總建築立面面積之比值。

註⁵：窗平均熱傳透率 Uaf（Average Fenestration U Value）係所有建築立面開窗部位熱傳透率之平均值。

表 2-3 空調型、住宿類、學校類及大空間類等建築之節能基準值

建築類別	使用項目例舉	節能指標	氣候分區	基準值	
基本門檻指標	所有受管制建築物	屋頂平均熱傳透率Uar	不分區	$< 0.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$	
		屋頂天窗日射透過率 η	不分區	$< 0.35 \sim 0.15$	
		玻璃可見光反射率	不分區	≤ 0.25	
空調型建築	辦公廳類	政府機關、辦公室	建築外殼耗能量 ENVLOAD ^{*6}	北區	$< 80 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
			中區	$< 90 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$	
			南區	$< 115 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$	
	百貨商場類	百貨公司、商場	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 240 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 270 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 315 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	旅館餐飲類	旅館、觀光旅館、餐廳	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 100 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 120 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 135 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
	醫院類	醫院、療養院	建築外殼耗能量 ENVLOAD	北區	$< 140 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				中區	$< 155 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
				南區	$< 190 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$
住宿類建築	住宅、集合住宅、寄宿舍、養老院、安養中心、招待所	外牆平均熱傳透率Uaw 等價開窗率Req ^{*7}	不分區	$< 3.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$	
			北區	$< 13\%$	
			中區	$< 15\%$	
			南區	$< 18\%$	
學校類建築	普通教室、特殊教室、行政辦公室、學校附屬圖書館	窗面平均日射取得率 ASWG ^{*8}	北區	$< 160 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$	
			中區	$< 200 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$	
			南區	$< 230 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$	
大空間類建築	圖書館、體育館、禮堂、體育館、音樂廳、航空站、倉儲場、汽車商場等	窗面平均日射取得率 ASWG，依平均立面開窗率X（無單位）計算基準值	北區	$< 146.2X^2 - 414.9X + 276.2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$	
			中區	$< 273.3X^2 - 616.9X + 375.4 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$	
			南區	$< 348.4X^2 - 748.4X + 436.0 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$	

資料來源：隔熱材料對建築外殼隔熱性能及節能效益影響之研究，何明錦、林憲德，2011

註⁶：建築物外殼耗能量 ENVLOAD[kWh/(m².a)]，係為維持室內環境之舒適性，建築物之單位外周區空調樓地板面積全年冷房顯熱負荷量。計算公式詳見各類型建築物節約能源設計技術規範。

註⁷：建築外殼等價開窗率 Req，是指建築物「各方位」外殼之透光部位，經標準化日射、遮陽及通風修正計算後之開窗面積，對建築外殼總面積之比值。外殼等價開窗率 Req=(\sum 窗面積 Agi × 各方位日射修正係數 fk × 開窗部位外遮陽修正係數 ki × 開窗部位通風修正係數 fvi) ÷ 外殼總面積 Aen。

註⁸：窗面平均日射取得量（Average Window Solar Gain）簡稱 AWSG [kWh/(m² .a)]，係除了屋頂部位以外之建築物所有透光部位開窗表面之平均日射取得量。計算公式詳見各類型建築物節約能源設計技術規範。

上述各節能指標中，「空調型建築」的 ENVLOAD 指標屬於目前最先進的「建築外殼耗能指標」；「住宿類建築」的 Req 與「學校及大型空間類建築」的 AWSG 兩種指標屬於「綜合熱性能指標」；而其他類建築的屋頂隔熱 Uar 值與日射取得率則屬於最簡單的「部位熱性能指標」。這些均依據其耗能比重、操作簡易度與建築專業人員之專業要求度，而作的分類規範系統。

二、既有建築節能改善所涉相關法令分析

1、屋頂設計載重法規說明

依據「建築技術規則」建築構造篇第 10 條、第 16 條之規定，屋頂綠化部分係屬活載重，故屋頂綠化之活載重以不超過規範屋頂單位活載重即屬安全範圍。而「建築技術規則」建築構造篇第 17 條所附建築物構造之最低活載重規定：建築物構造之活載重，因樓地板之用途而不同，不得小於表 2-4 所列；不在表列之樓地板用途或使用情形與表列不同，應按實計算，並須詳列於結構計算書中。

表 2-4 建築物樓地板之最低活載重規定

樓地板用途類別	載重(公斤／平方公尺)
一、住宅、旅館客房、病房。	200
二、教室。	250
三、辦公室、商店、餐廳、圖書閱覽室、醫院手術室及固定座位之集會堂、電影院、戲院、歌廳與演藝場等。	300
四、博物館、健身房、保齡球館、太平間、市場及無固定座位之集會堂、電影院、戲院歌廳與演藝場等。	400
五、百貨商場、拍賣商場、舞廳、夜總會、運動場及看臺、操練場、工作場、車庫、臨街看臺、太平樓梯與公共走廊。	500

六、倉庫、書庫。	600
七、走廊、樓梯之活載重應與室載重相同，但供公眾使用人數眾多者如教室、集會堂等之公共走廊、樓梯每平方公尺不得少於 400 公斤。	
八、屋頂露臺之活載重得較室載重每平方公尺減少 50 公斤，但供公眾使用人數眾多者，每平方公尺不得少於 300 公斤。	

資料來源：「建築技術規則」建築構造篇第 17 條

2、屋頂隔熱及綠化改善工法之設置環境及法規限制分析

屋頂隔熱及綠化改善工法之法規限制主要在於結構安全考量，相關法規限制說明如表 2-5：

表 2-5 屋頂隔熱及綠化改善工法之設置環境及法規限制

類型		設置環境限制	法規限制
屋頂綠化	盆鉢型綠屋頂	承載力 $\geq 250\text{kg/m}^2$ ，適用於坡度 10 度以下之平屋頂	<ul style="list-style-type: none"> 依建築技術規則建築構造編第 17 條規定，一般屋頂層樓版之單位面積活載重設計值偏低（約介於 $200\sim 300\text{kg/m}^2$），若設置載重較大相關設施（例如太陽能板或庭園型綠屋頂），恐有影響屋頂結構安全及耐震能力之虞，需經由建築、土木或結構等專業技師簽證評估。
	薄層綠屋頂	承載力 $\geq 200\text{kg/m}^2$ ，適用於坡度 45 度以下之平屋頂	
	庭園綠屋頂	承載力 $\geq 450\text{kg/m}^2$ ，適用於坡度 10 度以下之平屋頂	
屋頂隔熱	隔熱磚鋪設（五腳隔熱磚）	承載力 $\geq 50\text{kg/m}^2$	
	隔熱塗料（淺色隔熱塗料）	（重量輕無設置環境限制）	

資料來源：本研究整理

3、外遮陽及戶外遮棚之法規分析

外遮陽及戶外遮棚之法規限制主要在於是否計入建築面積及是否突出建築線與地界線等之檢討，相關法規限制說明如表 2-6 所示：

表 2-6 外遮陽及戶外遮棚之法規分析

外遮陽工法		設置環境條件	法規限制
活動式	棚架式 外遮陽	適用南向窗戶	<ul style="list-style-type: none"> 依建築法第 51 條規定，建築物不得突出於建築線之外，故外遮陽棚架及外加式百葉窗均不可突出建築線(或地界線)。
	外加式 百葉窗	(無特別限制)	
固定式	水平 遮陽	適用南向窗戶	<ul style="list-style-type: none"> 牆面進行遮陽版設置，同樣必須採用二分之一以上透空遮陽版，否則必須納入建築面積。(建築技術規則建築設計施工編第 1 條第 3 款) 二分之一以上透空之遮陽板，其深度在二公尺以下者，得不計入容積總樓地板面積。(建築技術規則建築設計施工編第 162 條第 2 款) 早期建築物緊鄰建築線興建，或與鄰棟間防火間隔不足，遮陽版或屋頂出簷設置，不合法規且影響安全。
	垂直 遮陽	適用西向窗戶	
	格子 遮陽	(無特別限制)	
類型	法規限制		
戶外遮棚	<ul style="list-style-type: none"> 地面之一般遮棚，需申請建造或雜項執照，並檢討建蔽率及容積率。 屋頂遮棚係屬屋頂突出物，依建築技術規則建築設計施工編第 1 條第 10 款第 5 目規定，突出屋面之三分之一以上透空遮牆、三分之二以上透空立體構架供景觀造型、屋頂綠化等公益及綠建築設施，其投影面積不計入樓梯間、升降機間、無線電塔及機械房等屋頂突出物水平投影面積之和。但與上開屋頂突出物水平投影面積之和，以不超過建築面積百分之三十為限。 屋頂遮棚一般需辦理建築執照檢討建蔽率及容積率，惟如採加裝太陽光電設施之方式，依設置再生能源設施免請領雜項執照標準第 5 條規定，設置於建築物屋頂或露臺，其高度自屋頂面或露臺面起算三公尺以下，得免依建築法規定申請雜項執照。第 6 條規定，由開業或執業之建築師、土木技師或結構技師，就個案建築物出具結構安全證明文件，送所在地主管建築機關備查，可簡化辦理程序。 		

資料來源：本研究整理

4、上述改善措施於公寓大廈管理條例之相關限制規定

依公寓大廈管理條例第 8 條規定：「公寓大廈周圍上下、外牆面、樓頂平臺及不屬專有部分之防空避難設備，其變更構造、顏色、設置廣告物、鐵鋁窗或其他類似之行為，除應依法令規定辦理外，該公寓大廈規約另有規定或區分所有權人會議已有決議，經向直轄市、縣（市）主管機關完成報備有案者，應受該規約或區分所有權人會議決議之限制。」故於公寓大廈加裝屋頂隔熱、屋頂綠化、外遮陽及戶外遮棚等，應符合規約或區分所有權人會議決議之限制。

三、綜合檢討與執行方式說明

1、有關屋頂隔熱(含屋頂綠化)部分

原則上無需申請建築執照即可自行施作。其中屋頂隔熱因單位面積重量較輕，並無超過法規設計活載重之疑慮，故實務執行應無問題。惟屋頂綠化若施作型式或範圍、深度較大，涉及屋頂荷重疑慮時，建議可比照屋頂加裝太陽光電設施之處理模式，依設置再生能源設施免請領雜項執照標準第 6 條規定，由開業或執業之建築師、土木技師或結構技師，就個案建築物出具結構安全證明文件，以確保結構安全。

2、有關外遮陽部分

原本應採變更建築物使用執照方式辦理，但實務上既有建築物加裝遮陽版因屬外牆附置物，各地方政府多已另就此類附置物訂有簡化管理的措施或規定（例如僅須報備列管即可），實務上應可執行。惟需注意不得妨礙逃生避難要求，若既有建築物屬公寓大廈者，仍需符合公寓大廈管理條例相關規定。另遮陽版突出防火間隔部分，依建築技術規則建築設計施工編第 110 條圖例規定，應採用不燃材料。

3、有關戶外遮棚部分

其類似走廊或騎樓概念，依現行建築法規仍須計入檢討建蔽率及容積率。至於可否放寬免檢討建蔽率及容積率部分，因戶外遮棚之留設涉

及當地縣(市)政府之都市規劃及土地使用管制議題，建議由各地方政府視當地環境需求，於都市計畫或土地使用管制規定中，明定戶外遮棚免檢討建蔽率及容積率之條件，較為妥適。至有關既有建築物增設外遮陽或戶外遮棚，後續如有納入執行，建議可由中央建築主管機關進一步邀集地方政府研議因應。

第二節 我國建築節能之相關推動措施

經查國內推動既有建築節能之相關措施，因全國能源主管機關係經濟部能源局，且主要預算皆由該局編列推動，故以該局辦理之相關獎補助及診斷輔導技術服務等專案計畫為大宗，係直接補助民間團體或個人。至內政部歷年辦理之綠建築相關推動方案，對於建築節能亦賡續推動相關措施，其中針對新建建築物部分，制定綠建築標章及智慧建築標章等制度，取得綠建築標章之新建建築物平均約有二成節能率與三成節水率，對建築節能貢獻甚巨；另針對既有建築物部分，辦理既有建築能源效率提升及綠廳舍改善之示範與推廣，因屬公共建設預算故僅針對公有之既有建築進行補助，92年起至今累計585件實際改善案例，成效良好。茲分別列舉說明如下：

一、經濟部能源局相關獎補助及診斷輔導技術服務專案計畫

經查經濟部能源局目前辦理之建築節能(含耗能設備)之相關獎補助專案計畫，包括：直轄市、縣(市)節電策略建構與推廣示範補助計畫、動力與公用設備補助計畫、發光二極體先進照明推廣補助計畫、節能績效保證專案示範推廣補助計畫、廢熱與廢冷回收技術示範應用專案補助計畫等5項，彙整如表2-7所示。

表 2-7 經濟部能源局建築節能(含耗能設備)之相關獎補助專案計畫

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
直轄市、	推動節能減碳工	直轄市及	以受補助單位行政區內下列

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
縣(市)節電策略建構與推廣示範補助計畫	作，辦理直轄市、縣(市)節電策略建構，促使地方政府推動服務業及住宅部門提升節電工作	縣(市)政府	<p>相關節電策略建構與推廣之研究發展必要費用為限：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、從事縣市社經背景分析、縣市用電資訊調查分析、節電目標訂立、節電策略與措施路徑研擬、制度與組織籌劃等有助於規劃縣市節電藍圖事項，工作經費不得低於補助金額 20%。 2、節電志工培育、教育宣導、示範推廣、稽查管理等有助於研究推動住宅與服務業因地制宜提升用電效率事項。
動力與公用設備補助計畫	為推動節能減碳政策，鼓勵能源用戶使用高效率動力設備並加速汰換老舊設備，以提升產業生產效能及整體能源使用效率，期帶動國內動力與公用設備產業之發	依法設立登記之法人(如公司、財團法人、社團法人)、公法人(如農田水利會、行政法人)與經主管機關	針對購置高效率空氣壓縮機、風機及泵等 3 項動力設備實施補助。

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
	展。	核准設立之醫療機構。	
發光二極體先進照明推廣補助計畫	為達節能減碳及創新照明節能應用之目標，藉由照明用電密度限制及智慧照明控制規格要求，以高效率低眩光發光二極體(以下簡稱LED)照明燈具進行室內照明節能示範建置，促進先進照明技術與產品之應用，並活絡綠能產業發展。	直轄市及縣(市)政府所轄之鄉(鎮、市、區)公所。	<ol style="list-style-type: none"> 1、補助項目：使用高效率低眩光 LED 照明燈具搭配智慧照明控制，汰換補助對象及其所屬單位之室內螢光燈具。 2、場域範圍：補助對象所屬單位之全部樓層或一層以上之完整樓層。 3、執行方式：補助對象應視申請場域範圍之照明條件進行示範系統建置，依晝光利用、調光或時序控制等需求，進行智慧照明控制。示範場域之智慧照明控制系統必須具備照明能源管理之功能，完成後該場域範圍之照明用電密度(LPD)應低於 $7W/m^2$。
節能績效保證專案示範推廣	為推動節約能源工作，辦理節能績效保證專案計畫，以開發帶動	<ol style="list-style-type: none"> 1、中央及地方行政機關。 2、醫院。 	1、節能績效保證專案計畫之設備與其附屬週邊設備(包括檢測儀器、控制系統及其他相關設備)及技術

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
補助計畫	能源技術服務業，並提昇整體能源使用效率。	3、製造業。 4、服務業。	<p>與專利之費用。</p> <p>2、因安裝前款設備直接發生之材料、零件、設備使用費、工程施作及其他相關費用。</p> <p>3、其他與節能績效保證專案計畫相關之必要費用(如保險費用、工安衛費用、節能績效驗證費用及其他相關費用)。</p> <p>4、專案管理技術服務費用。</p> <p>5、屬製造業整合自身及所屬工廠且累積契約用電容量達 2,000 瓩以上之績效保證計畫，每案補助金額以臺幣 1,500 萬元為上限，且以未超過計畫執行經費 1/5 為原則。</p> <p>6、屬服務業整合自身及所屬營業處所且累積契約用電容量達 1,000 瓩以上之績效保證計畫，每案補助金額以新臺幣 1,500 萬元為上限，且未超過計畫執行經費 1/5 為原則。</p>
廢熱與廢	為推動節約能源	契約用電	1、以執行廢熱與廢冷回收相

專案計畫名稱	計畫目的	補助對象	補助內容與範圍
冷回收技術示範應用專案補助計畫	工作，鼓勵業者進行廢熱與廢冷回收節約能源技術之研究及應用發展，成立廢熱與廢冷回收技術示範應用專案，補助產業購置廢熱與廢冷回收相關設備提升整體能源使用效率，並帶動國內產業廢熱與廢冷回收再生利用。	容量超過100 瓩，且依法設立登記之法人。	關技術研究開發及應用計畫，導入技術進行全廠或部分製程改造，所購置之全新設備為限。 2、補助金額不得逾設備購置成本之 1/3，並以新臺幣500 萬元為上限。

資料來源：本研究整理

另該局亦辦理診斷輔導與技術服務相關專案計畫，包括：企業節能減碳技術服務計畫、服務業 ISO 50001 能源管理系統建置輔導計畫、政府機關及學校節約能源行動計畫、產業中小能源用戶節能技術服務、節能減碳技術服務團等 5 項，彙整如表 2-8 所示。

表 2-8 經濟部能源局診斷輔導與技術服務之相關專案計畫

專案計畫名稱	計畫目的	服務對象	服務內容與範圍
企業節能減碳技術	提供工業、服務業及集合住宅能	1、工業及服務業	1、提供現場節能診斷、能源查核輔導、線上能源諮詢

專案計畫名稱	計畫目的	服務對象	服務內容與範圍
服務計畫	源用戶節約能源技術服務，並針對節能潛力大者導入能源技術服務業進行節能改善，以協助業者加速落實節能。	契約用電容量超過800kW之能源用戶。 2、集合住宅能源用戶。	及契約容量評估服務。 2、現場節能診斷：進行現場之節能診斷技術服務工作，提供用戶節能改善建議及評估節能潛力報告。 3、能源查核輔導：輔導能源大用戶建立能源查核制度，訂定節約能源目標與推動計畫，追蹤其節約能源計畫執行成效，並評估其節能改善效果。 4、線上節能諮詢：以電話、E-mail、書面答詢等方式，解答公部門各相關單位有關節能之問題，並藉由網頁，提供節能技術網路教學課程。 5、契約容量評估服務：針對能源用戶電費單所載之用電資料進行最適契約容量評估。
服務業 ISO 50001 能源管理系統建置輔導	依 ISO/CNS 50001 國際標準輔導廠商建置能源管理系統及實施節能診斷，以	服務業部門依法設立登記滿3年，且持續營運之能	1、能源管理系統建置輔導：成立能源管理團隊、進行能源審查、建立能源基線與能源管理績效指標、設定能源管理目標、標的及

專案計畫名稱	計畫目的	服務對象	服務內容與範圍
導計畫	協助業者建立能源管理制度及落實節能改善，並通過國際驗證。	源用戶。 1、個案用戶：應符合用電契約容量超過 800 瓩； 2、企業集團用戶：除總公司以外，應具備 2 處以上營業據點。	行動計畫、製作能源管理系統程序文件、協助通過 ISO 50001 國際驗證(驗證費用須自行負擔)。 2、能源管理教育訓練：培訓能源管理系統種子人員，培養對能源管理系統之認知與能力。 3、節能技術診斷服務：提供節能技術診斷，利用專業儀器，依現場作業需求，進行量測與分析，並提出節能潛力改善建議。
政府機關及學校節約能源行動計畫	提供政府機關(構)、學校能源用戶節約能源技術服務，協助政府部門加強節約用電，持續示範引導民間節能，共同朝國家減碳目標邁進。	1、行政院暨所屬 2 級機關。 2、各直轄市政府及各縣(市)政府暨所屬行政機關及學校。 3、教育部所屬國立學校。	1、能源填報統計：設置網路填報系統及節能執行成效統計分析，提供諮詢服務專線，解答政府機關(構)學校有關節能之問題。 2、進行現場節能診斷技術服務工作，提供節能改善建議及評估節能潛力報告。 3、提供中央空調冰水主機現場效率量測工作，以及評估汰換效益報告。 4、針對能源用戶電費單所載

專案計畫名稱	計畫目的	服務對象	服務內容與範圍
		4、公營事業機構。	用電資料進行最適契約容量評估。
產業中小能源用戶節能技術服務	扶植大專院校成立節能診斷服務中心，提供產業中小能源用戶在地化節能技術服務，以協助業者落實節能減碳之目標。	年計費度數達 60,000 度以上及電力契約容量 800 瓩以下之營業性質用戶。	<ol style="list-style-type: none"> 1、現場節能診斷量測(包含電力、照明及空調系統)及諮詢服務。 2、協助調查耗能設備使用情形及用能狀況。 3、產出節能診斷服務報告，建議節能改善方案。
節能減碳技術服務團	依各業別特性及需求提供技術服務。	製造業、中小企業、能源產業、商業、住商及公部門產業、工業部門、機關及學校、加工出口區內事業以及綠建築等。	<ol style="list-style-type: none"> 1、臨場(on-site) 技術服務、專業技術訓練、技術及成功案例研討會、電話技術諮詢及網路資訊平台等服務。 2、依業界特性需求，提供包括節能技術及診斷服務、溫室氣體盤查及減量輔導、節能健檢及汰舊換新改善、能源監控管理及建築能源效率提升等全方位服務內容。

資料來源：本研究整理

二、內政部歷年辦理綠建築推動方案於建築節能之相關措施

建築物生產及使用過程大量消耗能源及資源，衍生都市氣候環境變遷、生態環境破壞、建築污染、建築能源及資源不當耗用及室內生活環境品質不良等問題。為降低建築產業對環境之衝擊，內政部建築研究所歷年來持續積極辦理綠建築相關推動方案，以加強節能減碳，創造安全、健康、舒適及環保的居住環境。

1、歷年辦理之綠建築相關推動方案

內政部於 88 年研訂完成綠建築評估系統，及建立綠建築標章制度後，行政院陸續於 90 年核定「綠建築推動方案」、96 年核定「生態城市綠建築推動方案」，透過由政府部門帶頭做起，積極推行以節能環保為導向之綠建築相關政策。迄今已完成綠建築法制化，對於綠建築節能、節水、生態環保等方面累積了非常顯著之績效。

此外，行政院為有效運用我國 ICT 產業優勢，以創造經濟價值，因此推動四大新興智慧型產業政策，於 99 年核定「智慧綠建築推動方案」，主要係藉由既有綠建築優勢，在維護環境永續發展及改善人民生活前提下，進行智慧型創新技術、產品、系統及服務之研發，以建構「生產」、「生活」、「生態」三生一體的優質居住環境，同時提升產業競爭力及掌握龐大創新產業產值與商機。

因上述方案於 104 年底屆滿，為延續擴大發展智慧綠建築相關成果，及建構符合未來生活需求之永續智慧社區環境，以達成促進環境永續發展、提升民眾生活幸福、平衡城鄉發展及帶動產業升級之目標，內政部於 104 年研提「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」，並經行政院核定實施，以「智慧綠建築深耕升級」及「永續智慧社區創新實證示範計畫」為推動主軸。

2、新建建築物之節能管制相關措施

歷年來上開方案於管制新建建築物之智慧綠建築設計方面，其中「綠建築標章」評估系統，係本部建築研究所於 88 年針對臺灣亞熱帶

高溫高濕氣候特性，充分掌握國內建築物對「生態」、「節能」、「減廢」及「健康」之需求所訂定，除為亞洲第一個上路的評估系統，更為僅次於英國、美國及加拿大之後，成為全球第四個實施具科學量化的評估系統，同時也是第一個對高溫、高濕氣候進行綠建築評估的國家。

通過綠建築標章評定的建築物，在節水及節電方面至少約分別有30%與20%以上之效益，截至106年11月底止，累計已有6,789件公私有建築物取得綠建築標章或候選綠建築證書之評定（包括綠建築標章2,315件、候選綠建築證書4,474件），整體而言，這些綠建築完工啟用，在未來長達40年的生命週期中，預估每年可省電16.52億度，省水7,797萬噸（相當於14.25座寶山水庫），合計減少之CO₂排放量約為93.06萬噸，其減碳效益約等於6.24萬公頃人造林（約等於2.30個臺北市面積）所吸收的CO₂量，每年節省之水電費約達65.60億元，成效良好。

這些取得綠建築認證的建築物中，民間私有建築物已累計達1,454件，且其比例由早期91年的6%（7案）逐年提升，至103年已達到36%（204案），而這部分的比例在104年已突破40%（266案），105年更創新高達到42%（286案）。

另為促進建築與資通訊產業整合，在建築物內導入智慧化相關產業技術，以達到安全健康、便利舒適、節能永續目的，自93年起推動「智慧建築標章」認證制度，截至106年11月底累計通過智慧建築標章及候選智慧建築共計253案（包括智慧建築標章67件、候選智慧建築證書186件）。

其中，通過認證之建築物中，公有建築物已累計達100件，其比例由早期93年的0%，至105年已達到67.3%（33案）。相較以往智慧建築標章為公有建築物申請認證案件數較少，在內政部建築研究所推動公有建築物取得智慧建築標章後，公有建築物案件申請數量明顯成長。這些公私有建築物完工啟用，在未來40年的生命週期中，將成為我國示範應用資通訊感知控制技術，營造更為人性化空間，使建築物使用者身

處之實質環境更為安全、健康、便利、舒適與節能之重要場所。同時為推動平價之智慧建築，內政部建築研究所並推動合宜住宅及公營住宅 1 萬 2 千餘戶將智慧建築納入規劃設計。

3、既有建築物之建築節能與綠廳舍改善

國內既有建築物約占建築物總量 97%，這些早期完工的建築物普遍存在耗能、不符生態環保等問題，若不改善將造成夏季尖峰用電吃緊與國土暖化加速等效應。針對上述問題，內政部建築研究所自 92 年開始，特別針對中央廳舍及國立大專院校選擇具改善潛力之既有建築物，進行節能改善示範計畫，協助輔導建築物進行各項節能改善工程，提升既有建築物能源使用效率，以降低建築耗能，減緩都市熱島效應，及帶動國內相關綠能產業之發展。

本計畫以建築物空調系統等主要耗能設備進行實際之節能改善工程，成效極佳。空調節能改善係針對中央空調系統超量設計或空調主機效率老化、耗電及嚴重浪費能源等問題，進行技術輔導及改善，平均約可省能 39%；另針對屋頂隔熱改善、外遮陽改善及照明改善等，約可節省 15%~30% 之用電量。

自 92 年至 105 年已完成 585 案，經費計約 14.7 億元，總計改善成效每年約可節電 9,240 萬度，節省電費約 3.23 億元，成效良好，且本計畫亦同時帶動了我國中小型能源監控系統 BEMS 公司之興起，突破國外大型監控廠商寡占之局面，對於節能技術推廣應用及帶動國內相關綠能產業發展均有顯著效益。

另為配合行政院「新節電運動方案」，內政部建築研究所將配合執行既有建築節能改善擴大計畫，規劃於 107-108 年度補助地方政府辦理，以進一步擴大政府部門節能成果，並帶動民間單位響應跟進。此外內政部於 106 年度率先推動所屬機關（構）廳舍節能診斷諮詢服務（共計辦理 30 案），協助內政部所屬單位推動建築節能改善之可行性評估，以帶頭擴大建築節能改善之成效，並作為中央各部會參考執行之示範案例。

第三節 國外建築節能之相關推動措施

本節將蒐集探討國外先進國家，諸如德國、美國及日本等對於建築節能所推動之相關措施。茲列舉如下：

一、德國建築節能推動措施

德國長年致力於節能技術之開發與永續建築，從公有建築物作為示範，逐步推展至家戶住宅，導入各種節能技術與再生能源，將天然資源作更有效之利用，大幅降低建築耗能問題。此外，德國在低碳城市建構上已有多年推動經驗，除提升能源利用率，持續擴大太陽能、風力等再生能源及其他替代能源（如氫燃料等）之應用，並兼顧運用智慧電網、資訊與通信科技（Information and Communication Technology, ICT）等技術，對氣候變遷的緩減、調適及能源有效利用，亦有具體成果。例如整修更新後的德國議會大廈，不僅不浪費珍貴的天然資源，更採用循環利用方式，減少能源消耗。

德國政府早在 1976 年起，就開始施行節約能源法，隔年再公布實施建築節能法，由於在所有能源消耗中，建築部門就佔了 40%，因此德國不斷修訂新建建築物之耗能標準，且不斷提高建築節能標準，對建築物之保溫隔熱、取暖、空調、通風及熱水供應等技術予以規範，未到達標準者將受到處罰。從 1977 年之建築能源消耗標準 $300 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，至 2009 年已經提高標準至 $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，甚至未來建築物的耗能量，只容許在 $25\sim 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

德國於 2013 年 7 月通過新修正的建築物節約能源法，該增訂第 2a 條關於新建近零耗能建築之規定、第 7b 條關於能源績效證書及檢驗報告之控制規定。根據新修正建築物節約能源法第 2a 條第 1 項規定，所有新建之建築物皆必須在 2020 年 12 月 31 日時，履行近零耗能建築（Niedrigstenergiegebäudestandard）的基本義務；政府機關所擁有並使用之新建非住宅建築，則應在 2018 年 12 月 31 日後開始履行。根據同條項後段規定，所謂的近零耗能建築，係指具有良好節能效率之建築

物，其源使用量必須非常低，且其能源供應來源應盡可能使用再生能源。另外，依同條第 2 項規定，聯邦政府被授權制定法規命令，規範近零耗能建築的能源效率要求。

德國於 2014 年 5 月 1 日修訂之節能條例 (EnEV)，針對新建建築需要符合更嚴格能源規定，包括電力與暖氣之能源消耗應降低 25%、外部的隔熱性能應提升 20% 等。並要求從 2016 年 1 月 1 日起之新建建築需提高能源效率 25%，藉此德國聯邦政府企圖至 2020 年時能降低德國能源消耗的 1/5。

除了針對建築物制定節能專法外，德國有關節能之法規為「能源服務暨其他能源效率法」(Gesetz über und andere Energieeffizienzmaßnahmen, EDL-G)。為達成節能目標及提高能源效率，德國導入符合成本效益的能源服務，並由公部門帶頭作示範，優先導入能源服務，期望在 2050 年實現近碳中和建築之目標。

至於在具體之獎勵補助措施方面，德國政府提出一個既有建築改善翻新計畫，使既有建築可實現近零耗能標準，針對自用建築物所有權人提供為期 8 年，每年共 300 萬歐元的額外補助，作為自用建築物所有權人進行既有建築改善翻新的誘因。此外，德國聯邦政府也與德國復興信貸銀行 (簡稱 KfW) 合作，進行「節能改善翻新」計畫，由 KfW 提供既有建築改善翻新的低利率貸款或投資補助，每單位最高貸款金額為 50,000 歐元。

在投資補助部分，則取決於改善翻新措施的節能成效。具體來說整體改善翻新之節能成效共分為 5 個等級，各等級最大補助比例分別為：25%、20%、15%、12.5%、10%；各等級每單位最大補助金額則分別為：18,750 歐元、15,000 歐元、11,250 歐元、9,375 歐元、7,500 歐元。而個別的改善翻新措施，其最高補助比例為 10%，最高補貼金額則為 5,000 歐元。

此外，德國的建築物在買賣或租賃時，建築所有權人還必須檢具能

源證書，需明確記載隔熱、空調使用、CO₂排放等能源消耗狀況，違反者最高可裁罰 15,000 歐元。透過施行建築能源證書制度，使買方能清楚知道欲購買之建築物其能源耗能狀況，並可透過市場機制來促使建築物所有權人，積極改善其建築物之外殼隔熱性能或耗能設備，若不改善至符合標準者，勢必影響其買賣房價或租金。

因此德國人認為，一棟建築物於新建前，就必須詳細計算其生命週期成本，其中只有約 20% 是屬於建造階段成本，主要的 80% 是屬於使用階段成本(包括使用能源)，因此德國人寧願於興建時多花點費用做好節能設計，以避免往後使用階段需支付龐大的能源費用。

另依據能源條例，建築物能源證書之執行機制由建築、土木、設備等專業技師所認證，各地方政府均已將相關技師名單公佈於網路上，所呈現內容包括建築物基本資料、能源需求、能源消耗量、改善建議及使用評估方法等。除此之外隨著 2014 年 5 月 1 日新法正式生效，自 2015 年起，30 年的老舊鍋爐必須更換，新核發之能源證書必須載明能源效率等級，業者於建築物出售、出租時，若未出具完整及有效的建築能源證書，將被處以 15,000 歐元以下罰鍰。

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Datum: 01. Oktober 2019

Gebäude

Gebäudeart	Doppelhaushälfte	Gebäudefoto (Freiwillingig)
Adresse	Willy-Wagner-Straße 1, 70000 Stuttgart	
Gebäudeart		
Baujahr Gebäude	2004	
Baujahr Anlagentechnik	2004	
Anzahl Wohnungen	1	
Gebäudeoberfläche (A _{ext})	243 m ²	
Erneuerbare Energien		
Lüftung	Fensterlüftung	
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung / Erweiterung) <input type="checkbox"/> Sonstiges (Freiwillingig) <input checked="" type="checkbox"/> Vermietung / Verkauf	

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des Energiebedarfs unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Bewertung des Energieverbrauchs ermittelt werden. Als Energiebilanz dient die energetische Gebäudeoberfläche nach der EnEV, die sich in der Regel von den allgemeinen Wohnflächenangaben unterscheidet. Die angegebenen Vergleichswerte sollen überschlägige Vergleiche ermöglichen (Erläuterungen – siehe Seite 6).

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des Energiebedarfs erstellt. Die Ergebnisse sind auf Seite 2 dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig.

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des Energieverbrauchs erstellt. Die Ergebnisse sind auf Seite 3 dargestellt.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch: Eigentümer Ausbilder

Der Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigefügt (freiwillige Angabe):

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Wohngebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Legende

Dipl.-Ing. Architekt Uli Jungmann
Lambrecht Jungmann Partnerschaft
Silberburgstraße 129A
70176 Stuttgart

01.10.2009
Datum Unterschrift des Ausstellers

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Adresse, Gebäudeteil: Willy-Wagner-Straße 1, Stuttgart

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Energiebedarf CO₂-Emissionen: 19,4 kg/(m²·a)

Endenergiebedarf dieses Gebäudes: 75,4 kWh/(m²·a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes („Gesamtenergieeffizienz“): 85,7 kWh/(m²·a)

Endenergiebedarf

Energiequelle	„Berechneter Energiebedarf“ in kWh/(m ² ·a) für			Gesamt in kWh/(m ² ·a)
	Heizung	Warmwasser	Abkühlung	
Erdspeicher	52,1	21,8	0,0	73,9
Sonneneinstrahlung	0,0	0,0	1,7	1,7

Ersatzmaßnahmen

Anforderungen nach § 7 Nr. 2 EnEV erfüllt: (Die mit 10 % verschärfte Anforderungsgrenze wird eingehalten.)

Anforderungen nach § 7 Nr. 2 i. V. m. § 9 EnEV erfüllt: (Die Anforderungswerte der EnEV sind um % verschärft.)

Vergleichswerte Endenergiebedarf

Die Anforderungswerte der EnEV sind um % verschärft.

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung dient für die Berechnung des Energiebedarfs zwei alternativen Berechnungsverfahren. In der EnEV sind unterschiedliche Ergebnisse klären können. Insbesondere wegen abweichender Randbedingungen müssen die angegebenen Werte keine Mustervorgabe auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die angegebenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Gebäudemasse (Gebäudeoberfläche A_{ext}).

Freiwillige Angabe: *Nur bei Neubaus sowie bei Modernisierung in Fällen des § 16 Abs. 1 Satz 2 EnEV
† Nur bei Neubaus im Falle der Anwendung von § 7 Nr. 2 Erneuerbare Energien (Erneuerbare)
‡ 100% Erneuerbare: 100% Erneuerbare

圖 2-1 德國能源證書分九級評估

資料來源：www.zukunft-haus.info

德國目前已要求於 2016 年起，除了古蹟等類似建築物外，建築物的節能標準將再提高 25%，同時擴及舊有建築物，並且不限建築物用途，所以德國的建築物基本上須符合低耗能要求，德國所設定之能源消耗各階段目標如表 2-9 所示。且因為 2011 年 6 月日本福島核災發生後，德國政府修正其能源使用觀念，提出了能源轉型 (Energiewende) 政策，決定加速淘汰德國境內核電廠，並將再生能源作為未來能源供應的基石，希望在 2050 年時，新建建築物以符合碳中和^{*9}為目標。

表 2-9 德國聯邦政府設定之能源消耗各階段目標(以 1990 年為基礎)

項目	2011	2020	2030	2040	2050
減少溫室氣體排放	-27%	-40%	-55%	-70%	-80%
再生能源占能源總耗量	10%	18%	30%	45%	60%
再生能源占電力使用量	16%	35%	50%	65%	80%

資料來源：<http://www.bmwi.de/>

德國建築之節能法規整體來看，需符合兩大部分，第一是每年的能源消耗量。第二則是建築物外殼的隔熱蓄熱性能。譬如夏季的時候建築物內部不可以過於悶熱，甚至要求設備的使用年限，另外在暖房上要求必須 15% 使用再生能源，或是 50% 採熱交換系統。為了確保建築物在日後使用上仍達到原有設計的節能標準，目前僅針對德國聯邦政府所有之建築物會有相關的監測記錄，此屬示範作用，對於私有的建築物主要是針對業者，而非使用者，故後續並無相關控管。

註⁹：碳中和係指將產生之溫室氣體排放量，透過自行減量與抵換方式，達到「零碳」產生。

二、美國建築節能推動措施

美國的建築部門（包含住宅與商業建築）佔了全國 40% 以上的能源與 76% 以上的電力消耗，同時也造成美國將近 40% 的溫室氣體排放。儘管未來美國人口及商業活動預期仍會成長，但若透過能源科技的發展來提升能源使用效率並降低成本，將有機會在 2030 年前大幅降低建築部門的能源消費量。

於經濟部能源局 104 年委託工業技術研究院辦理之「低耗能住商節能減碳技術整合與示範應用計畫」，針對美國商業建築節能發展方向及現況，作了詳細的剖析，茲整理說明如下：

美國眾議院於 2009 年 6 月 26 日通過美國清潔能源與安全法案（ACESA）。ACESA 法案包括以下幾項重要條款，與建築能效相關部分，包括頒布執行新建築、家用電器和工業節標準，第二篇能源效率中針對建築能效提出：（1）提高建築標準中的能效要求，新建的商用和民用建築能效要求提高 30%、（2）舊建築改造項目，提供 1976 年前的舊建築能效改造補貼、以及（3）實施建築能效標示計畫。

2015 年 3 月 19 日美國總統歐巴馬簽署行政命令 EO 13693「未來十年聯邦可持續發展規劃」（Planning for Federal Sustainability in the Next Decade），訂定聯邦政府清潔能源與減排目標，包括（1）未來十年聯邦政府溫室氣體（GHG）排放量以 2008 年為基準將減少 40%，（2）聯邦政府所消耗電力來自可再生能源佔總消耗電力將增加至 30%。此外，行政命令指示聯邦機構相關項目及具體標如表 2-10 所示。

表2-10 美國未來對於建築永續之發展規劃

項次	項目	具體目標
1	推進並提高建築節能，效率和管理	2015年至2025年期間每年降低聯邦大樓2.5%的能源使用
2	確保在特定百分比，建築所消耗的電力和熱能來源來自可再生電能和替代能源的最低限度	聯邦大樓2025年總能量消耗的25%需來自清潔能源

3	提高機構水資源利用效率和管理	至2025年聯邦大樓每年降低2%的用水強度
4	提高機構車隊和車輛的使用效率和管理，如果該機構有20輛以上汽車組成的車隊	2025年需減少聯邦車隊每英里溫室氣體排放量30%（以2014年為基準）

資料來源：<http://www.bmwi.de/>

依據以上發展目標，美國商業建築相關法令修訂如下：

1、2015年能源效率改善法案（the Energy Efficiency Improvement Act of 2015）

於2015年4月30日美國總統歐巴馬簽署了2015年能源效率改善法案。法案內容主要分為三部分，包含較佳建築(Better Buildings)、可連電網之熱水設備以及商業建築能源使用資訊，法案主要部分及詳細內容如表2-11所示。

表 2-11 美國 2015 年能源效率改善法案

類型	法案主要部分	詳細內容
Title I	較佳建築	<ul style="list-style-type: none"> 聯邦及其相關建築物的能源效率 出租商用建物的高效能能源效率措施 房客之星計畫(Tenant Star Program)
Title II	可連電網之熱水設備	<ul style="list-style-type: none"> 增修“GRID-ENABLED WATER HEATERS”的標準以鼓勵可參與需求響應的儲熱熱水器(主要是針對熱泵)之生產製造
Title III	商業建築能源使用資訊	<ul style="list-style-type: none"> 要求聯邦政府單位所租賃的商業建築物，若未取得Energy Star標章，需提供建物能耗相關資訊，且須為同類建物的能耗標竿建物 要求能源部持續維護商業建築與集合式住宅的能源使用資訊庫，並得以適當形式公開相關數據

資料來源：美國 DOE，2015/05

其中有關較佳建築(Title I)係分別針對聯邦建築及出租商用建築之能源效率訂定相關措施，詳細內容如表 2-12 所示。

表 2-12 美國較佳建築(Better Buildings)法案主要內容

項次	主要項目	詳細內容
1	聯邦及其相關建築物的能源效率	<ul style="list-style-type: none"> • 主管機關應於限期內訂定可鼓勵建築物所有人與租賃使用者共同投資提升用能與用水效率相關設備的商用建築租賃契約範本。無論是作為房東或房客的聯邦政府單位及其相關客戶得使用該範本議約 • 主管機關應為聯邦不動產服務部門研訂執行建物相關能源效率措施相關的政策與常規(包括教育訓練)
2	出租商用建物的高效能能源效率措施	<ul style="list-style-type: none"> • 主管機關一年內完成可以鼓勵建物所有者與租用者經由設計與建造明顯改善商用建物的能源效率的可行性分析報告
3	房客之星計畫	<ul style="list-style-type: none"> • EPA應在自願性的Energy Star program 內研訂Tenant Star • 擴大調查數據，經由EIA的商業建築物能源使用調查蒐集如數據中心、交易大廳、餐廳及其他能源大用戶，並以整合性(以防侵犯隱私權)形式公諸於大眾 • 仿Energy Star program彰顯符合Tenant Star之建物所

資料來源：美國 DOE，2015/05

上表中房客之星計畫(Tenant Star Program)將列為目前能源之星計畫中建築物節能措施的一部分，提供獎勵予承租辦公大樓之用戶，安裝節能燈具和系統，是美國政府第一個商業大樓內租用空間永續設計和運行的認可標章。其主要目的希望藉由 DOE 於一年內完成商用建築物能源效率明顯改善之可行性分析報告，以提供並鼓勵建築物所有者或租用

者應用並升級現有商用建築物，達到租用空間高效節能、智慧化與高性價比的投資，預期未來數年廣泛採用將可節省企業能源成本達數十億美元。

至於可連電網之熱水設備 (Title II) 係根據美國能源部 2010 年完成的節能標準修訂，規定電熱水器容量大於 55 加侖之能源因數值(energy factor)在 2015 年需達到 1.98，約為目前高效率電熱水器效率的兩倍，只有熱泵熱水器可以符合此項新標準。2015 年能源效率改善法案通過容量為 75 加侖以上之可連網熱水器，其能源因數值需達 1.061 或以上才可販賣，並規定電熱水器製造商與使用者必須每年申報製造與應用的熱水器數量。

另關於商業建築能源使用資訊 (Title III) 部分，要求能源資訊署 (Energy Information Administration, EIA) 透過商業建築能源消耗調查，擴大數據收集，並鼓勵商業建築做能源標竿(energy benchmarking)。此外，聯邦政府單位所租賃的商業建築物，若未取得 Energy Star 標章，需提供建物能耗相關資訊。

美國聯邦政府過去所提出之建築能效相關法規，通常係針對聯邦政府所管轄的建築物。其中 2015 年之能源效率改善法案，包含：

- (1)透過當前的能源之星框架內制定新的自願能源計畫
- (2)透過採用具有智慧電網功能熱水器之新規定
- (3)促進能源標竿和公開披露建築物的能源消耗量

藉由上述方式促使承租戶和業主需更清楚自己使用的建築物目前能源性能，期望藉由教育推廣使租用者易於瞭解和取得所使用之建築物能效，打破過去因使用者與業主不同所導致之建築節能實施障礙，以達到商業建築提高能效之目標。

2、建築能效規範

美國能源署 (DOE) 依法律要求針對新建聯邦商業建築制定強制性

能效要求，以及制定住宅的能效標準，並按時推出更新版本以維持建築效能持續提升之目標。美國建築能源規範(Building energy code)由國家層級(DOE)制定發展，由各地州政府層級決定採用版本，並由當地政府實施及執行。

大多數商業建築物之建築規範是依據 ASHRAE 90.1(美國冷凍空調學會)標準，此外，各州亦可以依照 IECC(國際法規委員會)的商業建築物建築規範版本。IECC 繼 2012 年推出 IECC 2012 版本後，2015 年提出更新之版本 IECC 2015，此最新版本係針對外殼、暖通空調、熱水器、照明、以及額外對效率部分皆有更嚴格之要求。以暖通空調之最低能效規定為例，IECC 2015 商用建築針對空調部分之最低能效規定主要變更為 2016 年 1 月 1 日起，容量小於 65,000Btu/h 氣冷空調 SEER 值需由 13 提高至 14，介於 65,000Btu/h~135,000Btu/h 容量的空調 SEER 值需由 11 提高至 11.2。

另依據 IECC2015 所規定額外的效率功能部分，必須選擇下列其中一項要求，包含：

- (1) 高效暖通空調
- (2) 降低照明功率密度
- (3) 增強照明控制
- (4) 可再生能源
- (5) 專用室外空氣系統
- (6) 高效太陽能熱水器

目前美國各州商業建築能源規範採用版本如圖 2-2 所示。美國總共有 43 個州使用 ASHRAE90.1 或 IECC 商業建築能源規範版本。其中 2 個州正在使用最新的 ASHRAE90.1-2013 或 IECC-2015 版本。13 個州採取低於 ASHRAE90.1-2007 或 IECC-2009 版本，或沒有採取商業建築能源規範。

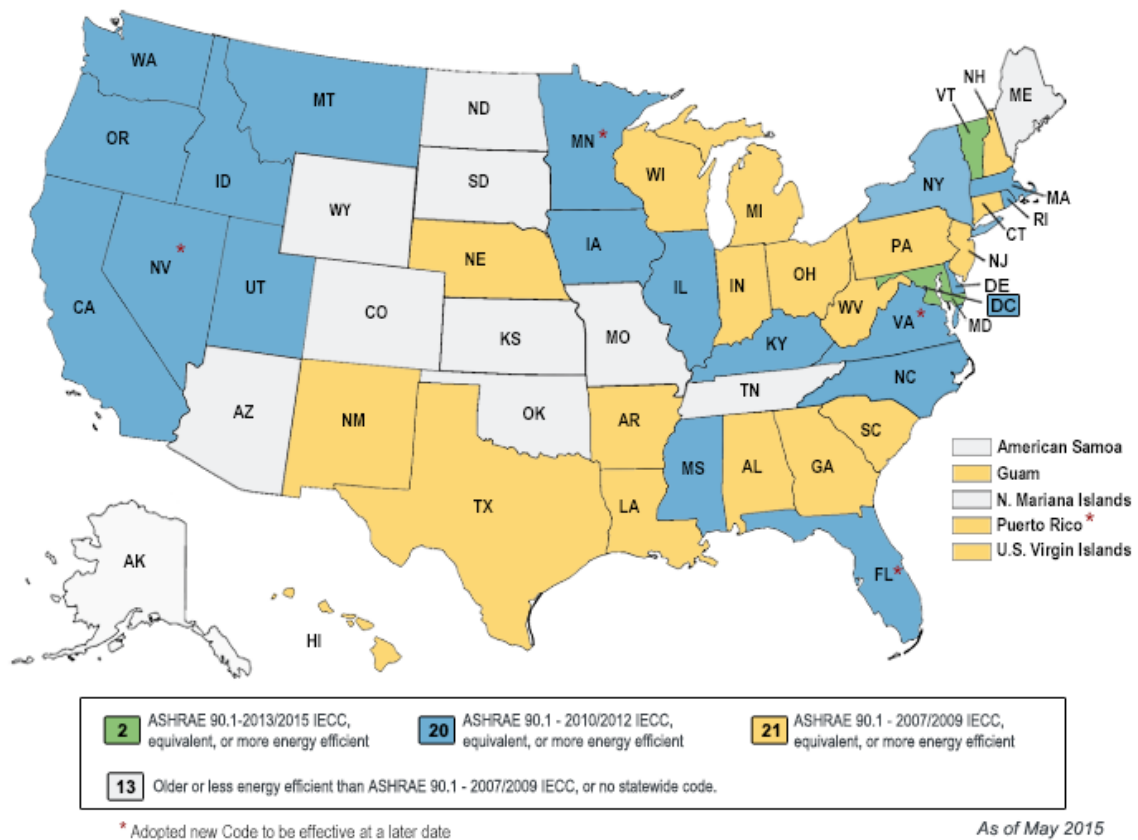


圖 2-2 美國各州商業建築能源規範採用版本分佈圖

資料來源：美國 DOE，2015/05

3、商業建築補助聯邦稅法第 179D

美國聯邦稅法第 179D 稅務減免，為提供商業建築節能改造補助的主要專案，原有補助期限至 2013 年底。2014 年底，美國總統簽署正式通過包含商業建築稅前抵免等共 55 項稅務規定(tax provisions)，並可追溯至 2014 年底。增稅預防措施(The Tax Increase and Prevention Act)僅延長聯邦稅法第 179D 一年，且不對聯邦稅法第 179D 做任何技術更動，以下是聯邦稅法第 179D 適用性相關解釋：

- (1) 私有商業建築部分，聯邦稅法第 179D 適用時間為 2006 年 1 月 1 日至 2014 年 12 月 31 日。
- (2) 公部門分，針對設計師及承包商為共建築服務可獲得所得分配

扣除額，聯邦稅法第 179D 適用時間為 2011 年 1 月 1 日至 2014 年 12 月 31 日。


於 2015 年 1 月 1 日前的建築節能項目，可採用聯邦稅法第 179D 扣除，但在 2015 年 1 月 1 日之後開始的建築節能項目則沒有資格使用此優惠。2015 年，美國國會考慮將 2014 年底到期包含商業建築稅前抵免等共 55 項稅務規定(tax provisions)，以稅務擴增 (tax extenders) 方式處理。國會也可能需要將所有地方稅收優惠政策混合評估和審查，以利進行整體稅制改革。

4、商業建築的能源使用資訊披露規則

美國大多數建築物能效標識都是自願性的。不過，部分州和城市，如加州、華盛頓州等，已開始實施強制性評級方案，並要求在出售和出租時披露能耗情況，或者要求於公共網站上予以發布。各地方政府詳細法規名稱、執行時間、適用建築條件、披露對象、要求等細節如表 2-13。現有商業建築強制性評級系統，係以使用能源之星為基準工具。

2-13 美國各州商業建築能源揭露政策比較表

Comparison of U.S. Commercial Building Energy Benchmarking and Disclosure Policies



	Legislation				Building Type & Size Threshold			Disclosure				Rating System		Additional Elements		
	Jurisdiction	Short Name	Enacted	First Compliance Deadline	Municipal	Commercial	Multifamily	To Gov't	On Public Website	Time of Transaction	To Current Tenants	Energy Star	Other	Utility Req't	Water Use Tracking	Additional Requirements
County	Montgomery County, MD	Bill 2-14 Environmental Sustainability – Buildings – Benchmarking	Apr 2014	June 2015	✓	50K SF+	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	Verification of benchmarking data by licensed professional 1 st year, then every 3 years
States	California	AB 1103	Oct 2007	July 2013	†	5K SF+	-	✓	-	Buyers, Lessees, Lenders	-	✓	-	✓	-	Mandatory upgrades to be developed under AB 758
	Washington State	Efficiency First SB 5854	May 2009	January 2011	10K SF+	10K SF+	-	-	-	Buyers, Lessees, Lenders	-	✓	-	✓	-	Audits for public buildings with low ratings

† Required by previous action

資料來源：Building rating(2015/05)

美國商業建築受標竿政策影響每年超過 56,000 件，其中以紐約涵蓋數量最多達 15,300 件，其次為加州達 13,600 件。美國於商業建築節能

目標訂定十分明確，目前所採取的作法包含：

- (1) 提高建築標準中能效要求。
- (2) 提供商業建築能效改造補貼。
- (3) 實施建築能效標示計畫。

並藉由建立房客之星計畫 (Tenant Star program)，提供獎勵以鼓勵租戶提高所使用之商業建築能源效率，以達到 2020 年時商業建築能效提高 20% 與加速民間在商業建築節能投資項目。

三、日本建築節能推動措施

目前歐盟、美國、日本 都將建築業列入低碳經濟，是促進節能和克服金融危機的重點領域。而日本低碳建築並非新名詞，其早開始於建築界實行。在 2004 年，日本環境省發起「面向 2050 年的日本低碳社會情境」研究計畫，其目標為 2050 年實現低碳社會而提出具體的對策。2008 年 5 月，該研究小組發布了「面向低碳社會的 12 大行動」，對住宅、工業、交通、能源等部門，都提出了預期減量目標，並提出相對應的政策與技術。2008 年 6 月，日本首相 福田康夫以政府的名義提出日本新的防止全球氣候變暖的對策，即著名的「福田藍圖」，包括對應低碳發展的技術創新、制度變革及生活方式的轉變，提出日本溫室氣體減量的長期目標 2050 年溫室氣體排放量比目前減少 60% 至 80%。

1、設備節能相關制度

為達節能減碳之目標，日本亦積極推動設備節能措施以 降低耗能設備的能源消耗量，此一策略可由設備供應端做管理，直接限制生產低效率的設備；亦可由需求面積極提高用戶的採用意願；此外，可配合相關能源服務制度 (例如 Energy Service Companies, ESCO)，並透過後續的量測及驗證機制確保用戶達到節能績效。

對於建築內部的耗能設備管理，多數國家採直接限制設備的最低能源效率標準 (Minimum Energy Performance Standards, MEPS)，其生產或

進口的設備必須達一定的效率值，藉此淘汰效率較差的設備。雖然各國限制的品項不盡相同，但當設備的項目愈廣或標準愈趨嚴格時，除可達節能的目的外，也可藉此提昇國家整體的技術競爭力。

日本在設備供應端管理方面，為促進住宅、商業及運輸部門的節能成效，在 1999 年採行 Top Runner 制度以提昇設備之效率，進而達到節能之目的。TOP Runner 所管制的設備項目都是市場普及率相當高的產品，初期管制的項目僅有 11 項，目前已達 23 項以上。此一制度明確訂定所管制的設備在目標年（約 3~10 年）所必須達到的效率標準，此一標準是以目前市場上同級產品效率最佳者為基礎，再考量期間技術進步，因而將目標年的標準訂得比目前市場上的標準還要高。在目標年時，廠商所生產或是進口的產品效率標準在加權後必須達到目標年的標準。藉由此制度的推行，日本的家用設備效率提高的幅度甚至高於原先所設定的目標。

此一制度大幅提昇日本的家用設備效率，使得在相同的使用時數下的能源使用量更少。除上述的設備外，日本亦在 2006 年再度修訂電視機、微波爐、冰箱、販賣機、DVD 播放器、冷氣、電鍋、汽車等多種設備的效率水準，要求提昇的幅度約介於 7%~34% 之間。

2、建築節能相關制度

至於日本在建築節能性能評估技術規範方面，訂有「能源使用合理化的法律」(The Law Concerning the Rational Use of Energy, 1998)，日本建築節能之標準分為大樓(Building)及住宅(House)建築節能基準二大類，並且輔以政府公佈之建築隔熱材之性能係數標準值以及出版住宅節能設計施工指南。日本之建築節能規範採用 PAL 及 CEC 性能指標法，規範建築之能源耗用與效率，其中 PAL(Perimeter Annual Load)用以評估建築外週區之整年熱負荷；CEC(Coefficient of Energy Consumption)則用以規範相關建築耗能設備之能源使用效率。

日本之住宅建築(House)節能標準主要著重在建築外殼之設計；而大

樓建築(Building)節能標準所管制的項目包含以下項目：

- (1) 建築外殼熱損失
- (2) 空調設備能源使用效率
- (3) 非空調設備之機械通風能源使用效率
- (4) 照明設備能源使用效率
- (5) 熱水供應設備能源使用效率
- (6) 升降機設備能源使用效率

另日本於 2008 年 5 月修訂「能源使用合理化相關法律（也稱為節能法）」並加強規範效果。規定地板面積在 2,000 平方公尺以上的大型建築物（含集合住宅）所採行的節能措施，要向相關機關申報，且住宅的安全維護狀態也要定期提報；若地板面積在 300 平方公尺以上，2,000 平方公尺以下的建築物（集合住宅）所採行的節能措施，僅需向相關機關申報即可。其針對住宅部分自 2013 年開始實施相關節能政策。

此外要求 1 年內住宅販售戶數超過 150 戶的住宅販售業者，採行提升節能性能的措施，具體來說，修正後的節能法，明定依照節能判斷標準，經認定需要提升節能性能達到相當程度時，由相關主管機關採行建議、公告等行政手段來處理。同時推動住宅（以及建築物）的節能標示等措施。

在住宅（以及建築物）的節能標示制度方面，規定住宅販售業者所採行的防止熱氣經由住宅的外牆、窗戶散失，以及在住宅設置空氣調節設備等能源有效利用相關措施，而在特定住宅標示必要功能所相關之應行措施之指導方針，包括：

- (1) 2008 年修正的節能法，規定販售建築物或從事建築物租賃的業者，需致力於向一般消費者揭示節能性能的標示。
- (2) 住宅販售業者對於所販售的獨棟住宅，可標示住宅符合「住宅販售業者判斷基準」規定。
- (3) 有助於向一般消費者提供資訊。

於住宅節能標章的標示內容部分，主要包括：

- (1) 綜合性的節能性能：要求就住宅的外牆、窗戶等隔熱性能，以及冷暖氣設備與熱水供應設備等建築設備的效率性，進行綜合評估，以標章顯示評估結果，並標示符合「住宅販售業者判斷基準」。
- (2) 外牆、窗戶的隔熱性能：針對綜合性的節能性能，以及外牆、窗戶等的隔熱性能，標示符合節能判斷基準的評估結果。

第四節 綜合探討

綜合以上各節介紹之德國、美國與日本等地目前之建築節能相關措施後，我們可以發現：

- 1、德國建築節能設計主要遵循 EnEG，對於建築能耗訊的揭露上設計有 EPC(Energy Performance Certification)制度，強制建築物在興建、交易以及租賃時必需要出具相關的證書，至於節能補助上以建築物整體能耗為主要衡量標準，由德國復興信貸銀行(KfW)提供主要的建築物節能改造之獎勵補助。
- 2、美國在商用以及高樓層建築建築節能設計主要遵循 ASHRAE90.1，至於低樓層的一般民用建築建築節能設計則是遵循 IECC，在建築節能資訊揭露上公部門設計有 Energy Star 可供開發商依需求申請，在相關的獎助申請上，以 Energy Star 的補助為主，可申請各式高能效的建築材料、設備，以及再生能源應用於建築當中。
- 3、日本在建築節能設計上主要遵循節能法之規範，建築節能資訊揭露上設計有住宅節能標籤、住宅性能標示等制度，但都不具有強制性，至於建築節能相關補助上，日本住宅節能改裝促進稅制、長期優良住宅貸款減稅制度、長期優良住宅特別扣除額優惠、優良住宅取得支援、Eco-Point 等相當多元。

綜合上述主要先進國家之建築節能推動措施可知，基於建築部門佔各國整體能耗之比例相當龐大，故各國均針對建築節能議題，設定相關的政策以及獎助補助推動措施。因此，我國可參考世界先進國家之建築節能政策推動方式，用以比對我國相關之政策，做為後續我國研擬制訂相關建築節能推動政策或措施之參考。

第三章 既有建築節能改善之技術面策略

本章就本所歷年辦理「建築節能與綠廳舍改善補助計畫」所運用之各種建築節能改善手法，就技術面探討其改善策略，並參考上述計畫所完成之建築節能技術實務彙編內容，整理說明如下。

第一節 中央空調設備系統節能改善

中央空調系統適合用於空調負載需求較大之場所，例如辦公大樓、醫院、百貨公司及旅館等大型建築，相較於一般住宅使用之箱型或分離式冷氣，在考量建築物空間使用性的條件下，通常會將空調設備集中置於地下室之機房空間，以方便集中施工與操作管理，並可避免主機噪音影響建築使用性。中央空調系統主要特色為使用大容量主機，對於日後管理、維護保養以及擴充設備，均有其便利性。

一、技術原理簡介

整體之中央空調系統可依照不同元件，包括空調主機、外氣量控制系統及外氣冷房系統、變風量系統、變水量系統等節能技術，如圖 3-1 所示。

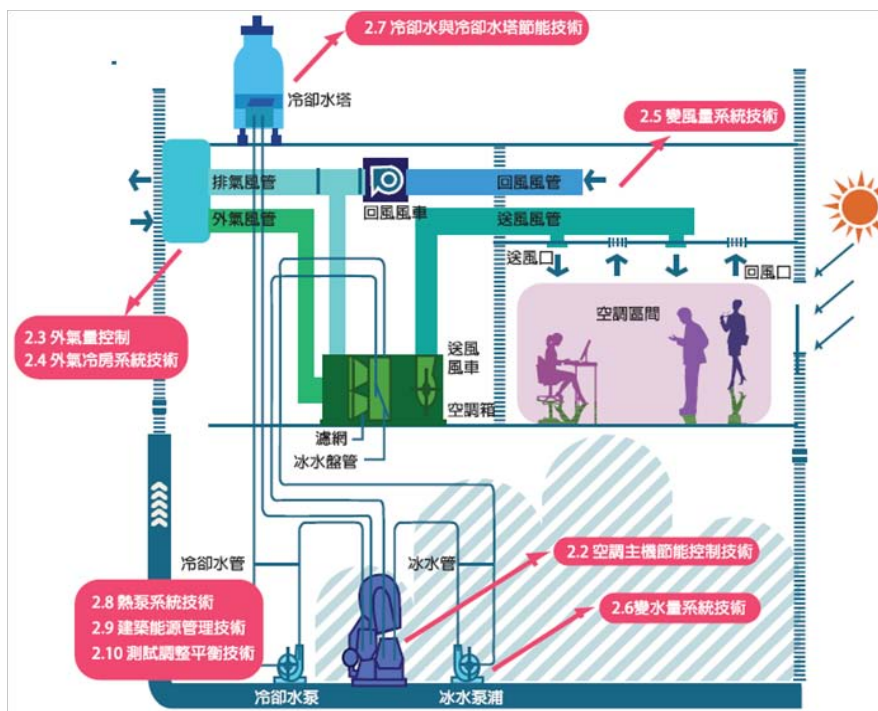


圖 3-1 中央空調各主要系統架構示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

中央空調系統主要係利用空氣對水及水對冷媒做熱交換所構成的系統，其示意圖如圖 3-2 所示。亦即中央空調系統主要是利用水作為熱傳介質，不斷地從空調過程或由室內空調區域中搬運熱量至室外，期間利用水泵浦加壓使水經由冰水主機蒸發器降溫處理後，再循冰水管路輸送至負載側終端裝置，該裝置設置於室內空調區域或空調處理過程中，如送風機(Fan coil)、空調箱(Air Handling Unit)或各式的熱交換(Heat Exchanger)設備等。經由上述終端設備，冰水與室內空氣做一熱交換後，升溫的溫水再回流至冰水主機持續進行製冷循環。

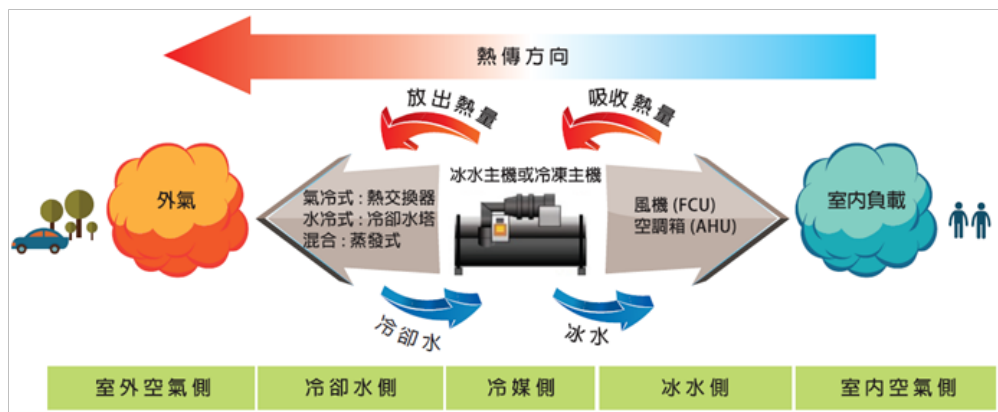


圖 3-2 中央空調系統熱交換示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

若就中央空調各主要子系統來看，主要分為冷媒系統、水側系統及空氣側系統，其中冷媒系統構造與一般家用分離式空調相似，主要可以分為四大元件，分別為壓縮機、冷凝器、膨脹閥與蒸發器，如圖 3-3 所示。其不同之處在於容量大小、散熱方式與供應至負載端(辦公室、會議室、賣場等)供冷的方式。此外，中央空調系統其附屬設備，如泵浦、空調箱、管路設置等，可因應使用單位之需求，導入適當之運轉控制模式，如圖 3-4 所示。

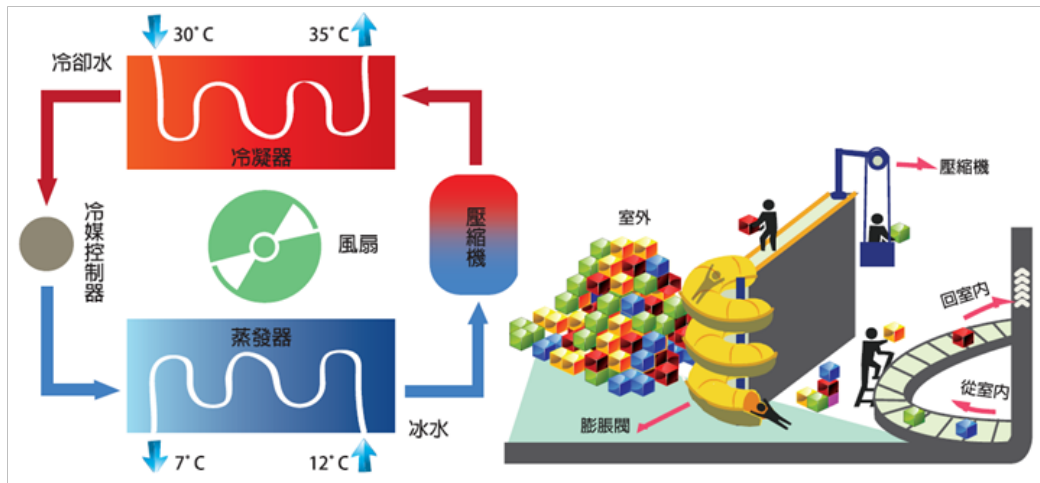


圖 3-3 蒸氣壓縮循環原理示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

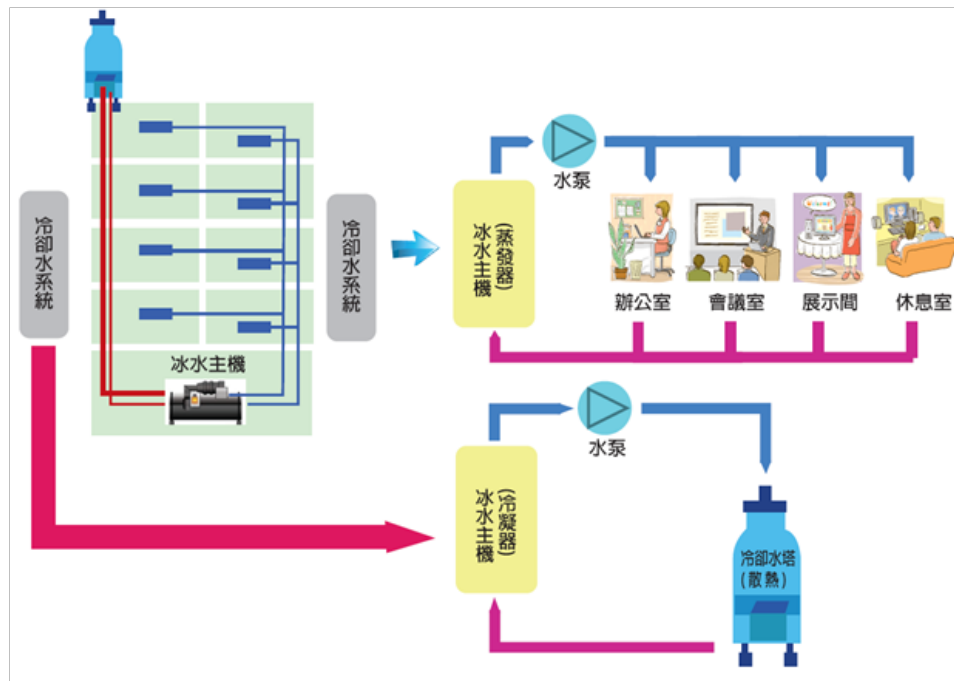


圖 3-4 中央空調水系統示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

二、節能技術之採用策略

1、冰水主機台數控制節能技術策略

若能使冰水主機群處於最佳負載分配，則可達到最佳的運轉效率。當室內負載變動時，可利用冰水主機變頻等技術，使主機處於滿足負載

需求之運轉狀況，亦即冰水主機依空調負載的變化而有不同效率，在高負載或滿載時，冰水主機效率較高。

然而空調主機之容量，通常採用尖峰負載之需求予以設計，此時所對應的條件為最高氣溫或較嚴苛之氣象條件，故所計算出之空調主機容量較大。然而整年中主機運轉在此尖峰負載條件下的時數並不多，導致主機在大部分的時間，皆處於部分負載情況。舉某實際案例來說，該案例建築之冰水主機全年運轉時數如圖 3-5 所示，由圖可看出空調主機大多於 30%~50% 之部分負載狀態下運轉。

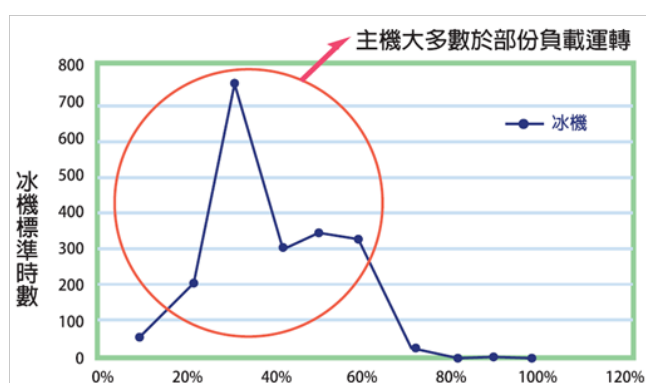


圖 3-5 主機運轉負載率案例

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

冰水主機在不同負載下，其運轉的效率將有所不同，以某家廠商 350USRT 離心主機之性能曲線為例如圖 3-6 所示，當負載接近 90% 時，其主機效率(COP)達到最高的狀態 5.43。由此可知，當在同一負荷的情況下，使用多台較小容量的冰水主機處於滿載運轉，將比使用大容量的冰水主機但處於部分負載運轉，相對下更加節能。

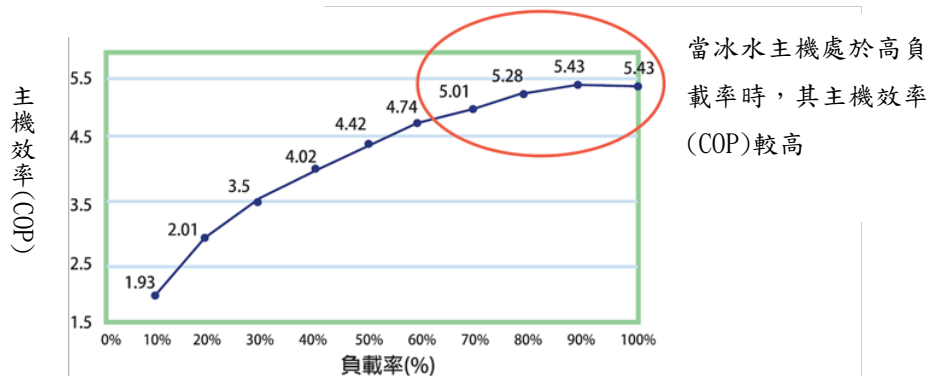


圖 3-6 冰水主機於不同負載率時之主機效率(COP)

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

為了使冰水主機之運轉能夠處於高效率狀態下，可採用主機台數控制策略，以因應不同負載的情況使主機運轉效率達到最佳化。舉例來說，若某一大樓最高負載為 1800RT 如圖 3-7 所示，當非夏季或夜間時段室內負載較低時，其負載僅約 15%(270RT)，此時採用一台 300RT 主機以 90% 負載率供應即可；當負載增至 30%(540RT)時，則採用一台 600RT 主機以 90% 負載率供應即可；當負載增至 50%(900RT)時，則可採用一台 600RT 主機加一台 300RT 主機，各以 100% 負載率供應空調，如此類推，便可使主機均處在較高效率下運轉，達到節能的目的是。

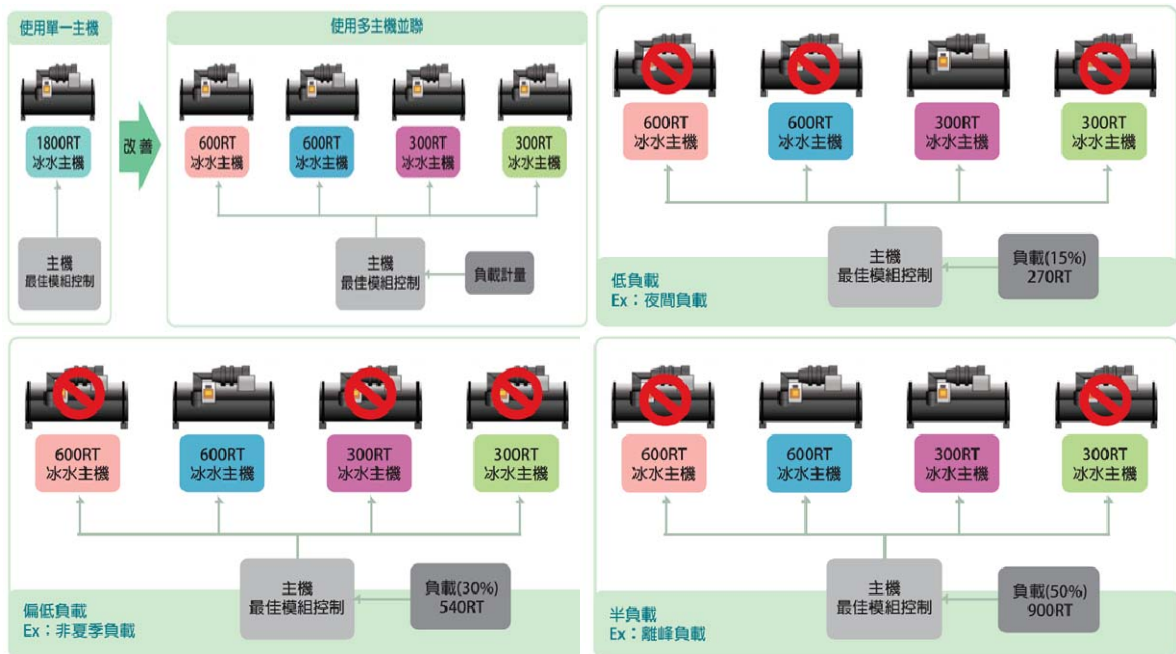


圖 3-7 依負載控制主機台數示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

2、外氣量控制節能技術策略

在室內之負載空間中，空調系統如果沒有引入外氣做換氣動作，將導致污染物與病菌在室內不斷循環，使得空氣品質下降。我國環保署已於 100 年 11 月 23 日公布室內空氣品質管理法(IAQ)，並於 1 年後開始施行，其中包含室內二氧化碳濃度等規範，而美國冷凍空調學會 (ASHRAE)則建議可以使用室內二氧化碳濃度當作室內空氣品質的指標。

表 3-1 為我國各項室內空氣污染物之室內空氣品質標準規定，考量該法施行日期，係採循序漸進方式分批公告，其中於 103 年 1 月 23 日第一批公告之適用場所為大專校院、圖書館、醫療機構、社會福利機構、政府機關辦公場所、鐵路運輸業、民用航空運輸業、大眾捷運系統運輸業之車（場）站、展覽室及商場等。並於 106 年 1 月 11 日公布第二批適用場所，係以第一批適用場所進一步規範所管制之室內場所區劃，及所需進行管制之室內空氣污染物項目。

表 3-1 我國各項室內空氣污染物之室內空氣品質標準規定

項目	標準值		單位
二氧化碳 (CO ₂)	八小時值	一〇〇〇	ppm (體積濃度百萬分之一)
一氧化碳 (CO)	八小時值	九	ppm (體積濃度百萬分之一)
甲醛 (HCHO)	一小時值	〇・〇八	ppm (體積濃度百萬分之一)
總揮發性有機化合物(TVOC, 包含:十二種揮發性有機物之總和)	一小時值	〇・五六	ppm (體積濃度百萬分之一)
細菌 (Bacteria)	最高值	一五〇〇	CFU/m ³ (菌落數/立方公尺)
真菌(Fungi)	最高值	一〇〇〇。 但真菌濃度室內外比值小於等於一・三者,不在此限。	CFU/m ³ (菌落數/立方公尺)
粒徑小於等於十微米 (μm) 之懸浮微粒 (PM ₁₀)	二十四小時值	七五	μg/m ³ (微克/立方公尺)
粒徑小於等於二・五微米 (μm) 之懸浮微粒 (PM _{2.5})	二十四小時值	三五	μg/m ³ (微克/立方公尺)
臭氧 (O ₃)	八小時值	〇・〇六	ppm (體積濃度百萬分之一)

資料來源：室內空氣品質管理法，行政院環境保護署

在空調系統中，控制外氣量使室內空氣與外界新鮮空氣做交換，是有效控制室內空氣品質的一種手法。然而室內空調最小外氣需求量，將會隨著使用空間中的人數多寡以及運作模式而有所變動，通常空間中人數較多或是活動量較大時，皆會需要較多之外氣需求量，以確保室內空氣品質。有關各種不同空間用途之室內空調最小外氣需求量，如表 3-2 所示。

表 3-2 不同空間用途之室內空調最小外氣需求量

空間用途類別	單位樓地板面積外氣送風量($m^3/(hr \times m^2)$)
辦公室、會客室	2.3
旅館房間	54/room
營業用餐廳	10
集會場所	19
百貨商場	3.6
通道、走廊	0.9
教室	9.2
電影院、演藝場	7.3
理髮美容院	7.3
舞蹈、球戲等康樂活動室	9.2

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

典型之外氣交換空調循環系統，如圖 3-8 所示，主要包括下列機制：

- (1)送風(supply air)：提供室內空調空間的空氣，以做為通風、供冷、除濕等作用。
- (2)回風(return air)：由空調空間回到空調管道間的空氣，其狀態等於空調空間中的空氣狀態。
- (3)排氣：為維持室內空調空間空氣品質，便需要排出部分空氣，以利空氣流動循環。

(4)混合外氣：吸入新鮮外氣，並與剩餘的回風空氣(再循環空氣)混合後，回到空調箱再次冷卻，再送風至空調空間。

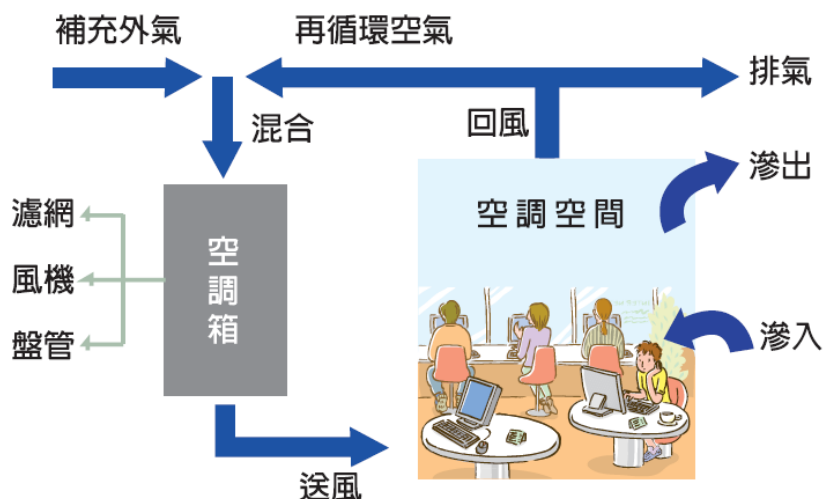
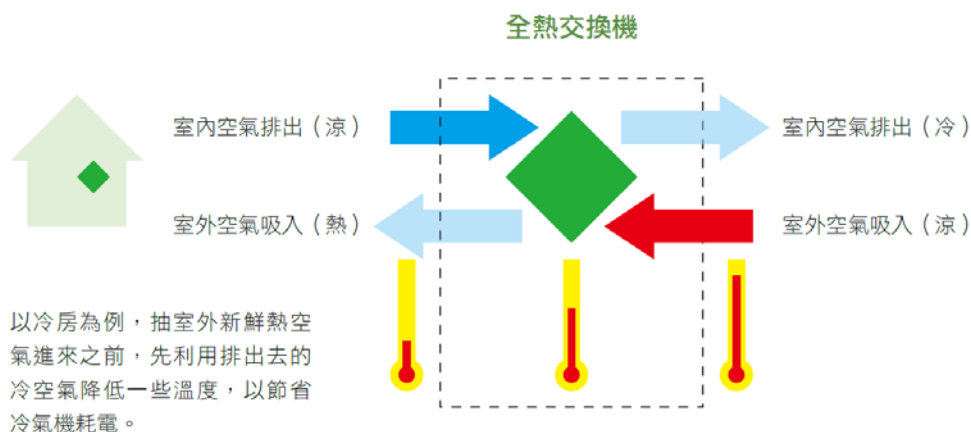


圖 3-8 典型之外氣交換空調循環系統

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

在空調系統之空氣循環中，空調排氣係為較低溫且低濕度之空氣，而引入的新鮮外氣之溫濕度視不同環境、季節而定，於台灣地區多屬於高溫、高濕的空氣。尤其在夏季，空調空間因換氣需求而需引入外氣時，其高溫、高濕的空氣，需先將其冷卻除濕至室內條件，此過程會消耗大量能源，根據統計其耗能約佔空調負荷的 30%。因此若能將空調排氣與引入之外氣先做全熱(顯熱及潛熱)交換，使外氣先行預冷及除濕至趨近室內溫濕度後，再送至空調箱冷卻，將可減少處理新鮮外氣所需耗用的能源。全熱交換器之室內外冷熱空氣交換機制如圖 3-9 所示。



以冷房為例，抽室外新鮮熱空氣進來之前，先利用排出去的冷空氣降低一些溫度，以節省冷氣機耗電。

圖 3-9 全熱交換器之室內外冷熱空氣交換機制示意圖

資料來源：綠建築·綠改善-打開綠建築的 18 把鑰匙，內政部建築研究所

3、外氣冷房系統節能技術策略

基於室外的空氣條件是不斷在變化，當某些外氣條件較回風條件(如焓值^{*10}、溫度)良好的情況下，此時即適合藉由引進外氣的方式，作為供應室內的空調所需，此種節能策略即外氣冷房系統之主要精神。

全空氣(All-Air)空調系統為一種常見的空調送風系統，是將室內所需之空調負荷，藉由空氣處理設備(如空調箱)將空氣進行加熱或冷卻的過程後，供應室內所需之溫度與濕度。一般典型的空調箱系統如圖 3-10 所示，會將部分室內回風空氣排至室外，並引進室外新鮮空氣以維持室內空氣品質，因此在部分季節時，室外空氣會較室內涼爽，此時便可考量利用外氣輔助或全數提供室內空調負荷所需，上述即是外氣冷房系統的設計構想。

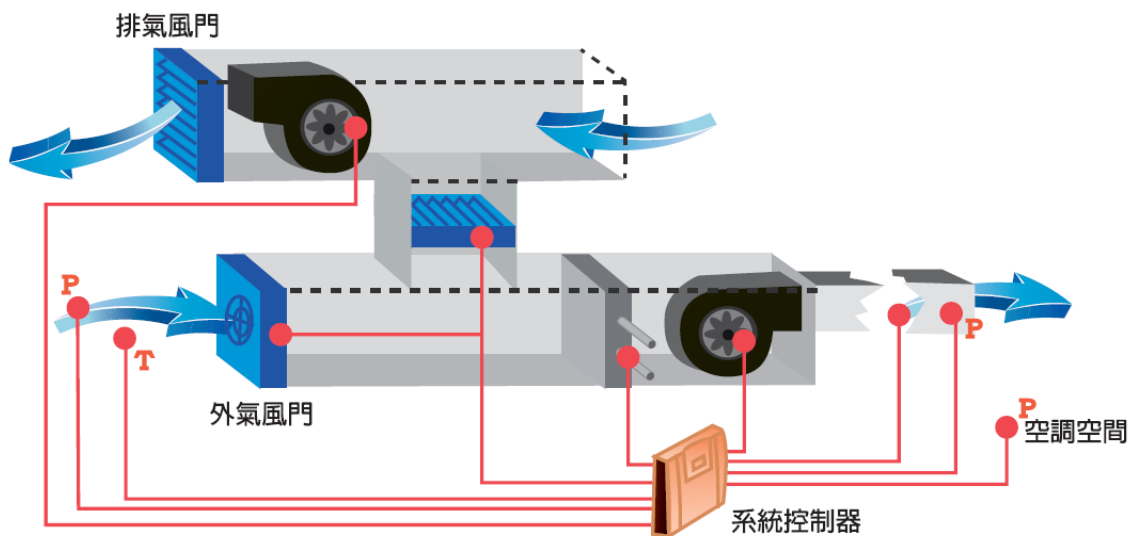


圖 3-10 外氣冷房示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

註¹⁰：焓值 (enthalpy) (單位：Kcal/Kg) 表示 1Kg 潮濕空氣中乾空氣的熱量，在特性曲線圖上的焓值是表示空氣飽和時的熱量 Kcal/Kg-da，所以是依濕球溫度變化而變化，空氣性質圖上，等焓值和濕球溫度線可視為同一條直線。

茲以空氣線圖如圖 3-11，來說明設計外氣冷房系統供應室內負載時，主要考慮之外氣條件如下：

- (1)外氣乾球溫度(僅考慮顯熱 1)。
- (2)外氣焓值(考慮顯熱及潛熱 2)。

而下圖是經由溼空氣線圖，表示外氣冷房有效的利用範圍。

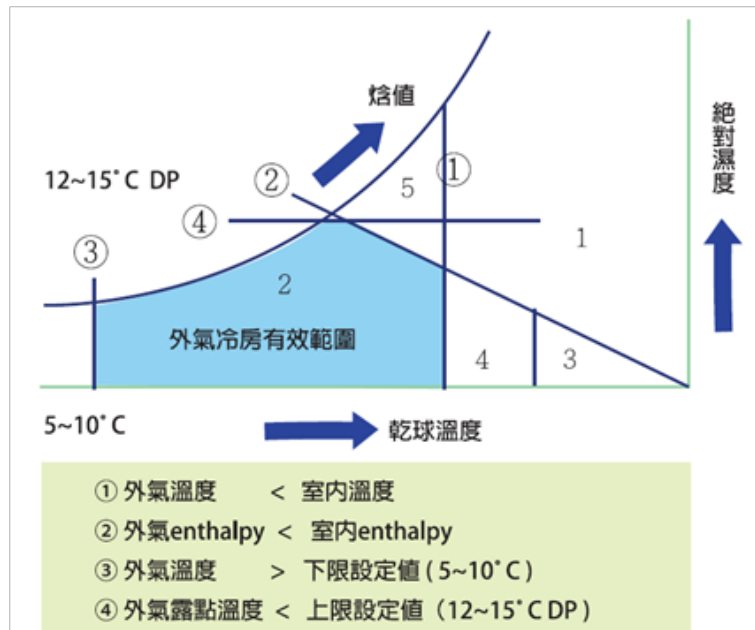


圖 3-11 外氣適用條件示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

外氣冷房系統是根據當外氣熱焓低於室內回風熱焓時(例如下雨過後、夜晚)，此時可引進部分或全外氣來供應室內空調，如此便可降低空調主機之運轉耗能，甚至關閉空調主機，全部倚靠引入外氣來應付室內負載，達到減少空調主機運轉之耗能。然而於引進室外空氣來降低室內空調負荷時，我們需要外氣的冷能但卻不希望讓外氣的髒汙也進入至室內，所以在引入外氣進入盤管時，通常會加裝濾網防止髒汙進入室內，避免室外的髒汙影響到室內空氣品質。

4、變風量系統節能技術策略

在設計空調系統時，通常是以空調負荷最嚴苛時做為設計，然而空調系統在實際運作時，大多數的時間僅需部分負載，因此空調系統若能

能隨負載變動而調節風量，則可避免多餘的能源消耗。而傳統定風量 (Constant Air Volume, CAV) 系統提供室內空調之送風量是某一固定值，故當室內空調負載有所變化時，只能藉由改變送風溫度來維持室內舒適度，然而若送風機一直維持全速運轉，將造成消耗多餘的能源，所以為了能夠節省送風機所耗之能源，而開發出可變風量 (Variable Air Volume, VAV) 系統，如圖 3-12 所示。可變風量系統是提供某一固定溫度之空氣，根據室內負載變化，自動調節送風機之送風量，因此可達到減少送風機耗電並維持室內空調於舒適範圍。

尤其當一棟建築物中有許多不同用途及不同建築方位的空調區域，藉由設置在每個空調區域中的 VAV 終端機，當各區域空調負載有所變化時，能夠依照個別的空間需求，去改變空調送風量，而不需要變動整個系統的冰水溫度與送風溫度，且藉由送風機變頻達到節省風機耗能的成效。此外 VAV 系統為全空氣空調系統，因此可混合部分室外新鮮空氣與回風空氣，維持室內良好的空氣品質。

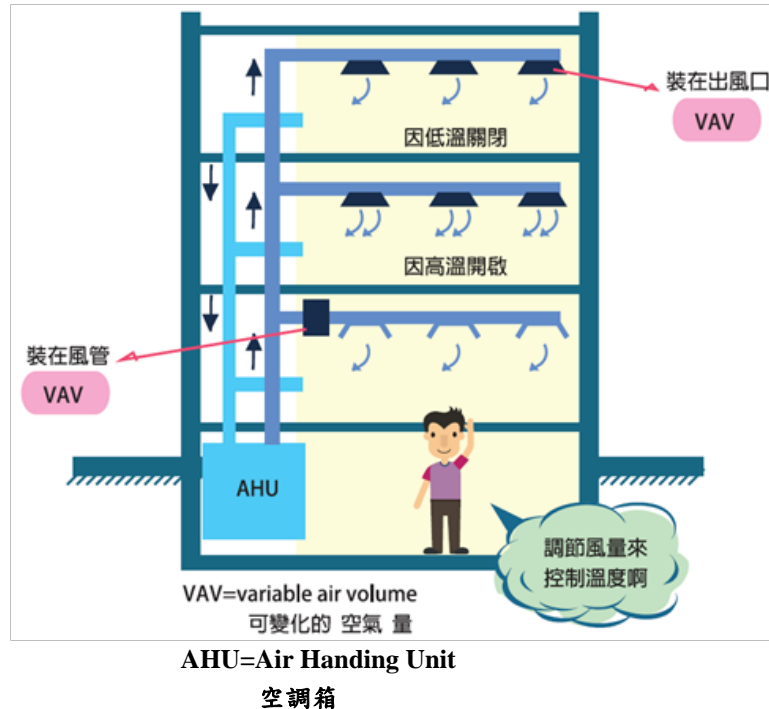


圖 3-12 VAV 系統示意圖

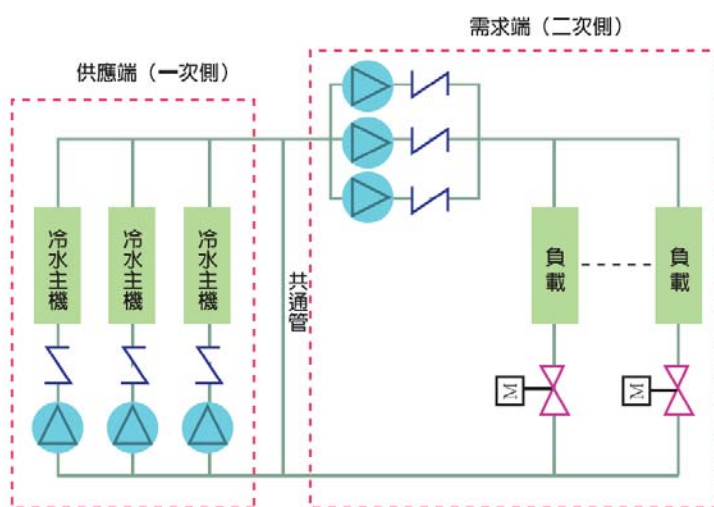
資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

5、變水流量系統節能技術策略

早期傳統空調系統多為定水流量(Constant Water Volume, CWV)之供水方式，係由泵浦提供一固定的冰水流量，藉由三通閥^{*11}旁通的方式調節流經冷卻盤管的水量，因此造成泵浦並不會隨著空調負載的降低而減少泵浦之耗電量。而變水流量(Variable Water Volume, VWV)系統則是提供一固定溫度之冰水，於泵浦加裝變頻器或以台數控制來改變送水流量，再藉由共通管與加裝二通閥^{*11}，隨空調負載變化而隨時調節進入冷卻盤管之冰水流量，可達到節省泵浦消耗之能源。

常見的 VWV 系統為一次側/二次側冰水系統，又稱為分耦合(decouple)系統，如圖 3-13 所示，其原理是將冰水主機與室內負載區劃分為兩側之冰水系統：

- (1)一次側迴路(Primary loop)：為冰水主機組成之水路系統，通常以定流量控制，通常每台冰水主機將會匹配一台冰水泵浦，主機與泵浦運轉依照負載變化而改變。
- (2)二次側迴路(Secondary loop)：為負載端組成之水路系統，通常為變流量控制，藉由多台變頻冰水泵浦並聯運轉，將冰水送至負載端之管路，其中負載端加裝二通電動閥，對冰水盤管做流量控制。



註¹¹：二/三通控制閥常被應用於空調房內小型風機盤管設備設上，藉由溫度控制器的控制來開通或關閉冰水或熱水的流量，調節適當的房間的溫度以達舒適空調及節約能源之目的。

圖 3-13 一次側/二次側冰水系統示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

一次側冰水泵採定流量系統設計之原因，係為確保冰水主機運轉於較佳的性能，及避免蒸發器盤管凍結的風險，而在二次側使用數個變頻泵採變流量設計，且於各個流經冷卻盤管的冰水管裝設比例式二通閥控制，根據室內負載變化調整流入冷卻盤管的冰水量，同時藉由變頻器調整區域泵運轉頻率，以減少冰水泵所耗之能源；其中共通管在此系統的作用，是用來穩定一及兩次冰水流量變化，一般在共通管內沒有加裝任何閥件，僅安裝感測器來獲取水流流向與流量，用於判斷主機加卸載的重要依據。

VWV 系統收到室內空調負載減少訊號時，比例式二通閥之開度會隨之關小，使流入冷卻盤管(如小型送風機 FCU)的冰水量減少，並使水路之壓損上升，使區域泵降低頻率或關閉部分泵浦運轉的方式，藉此減少冰水送水量，並達到減少泵浦的耗能，如圖 3-14 所示。

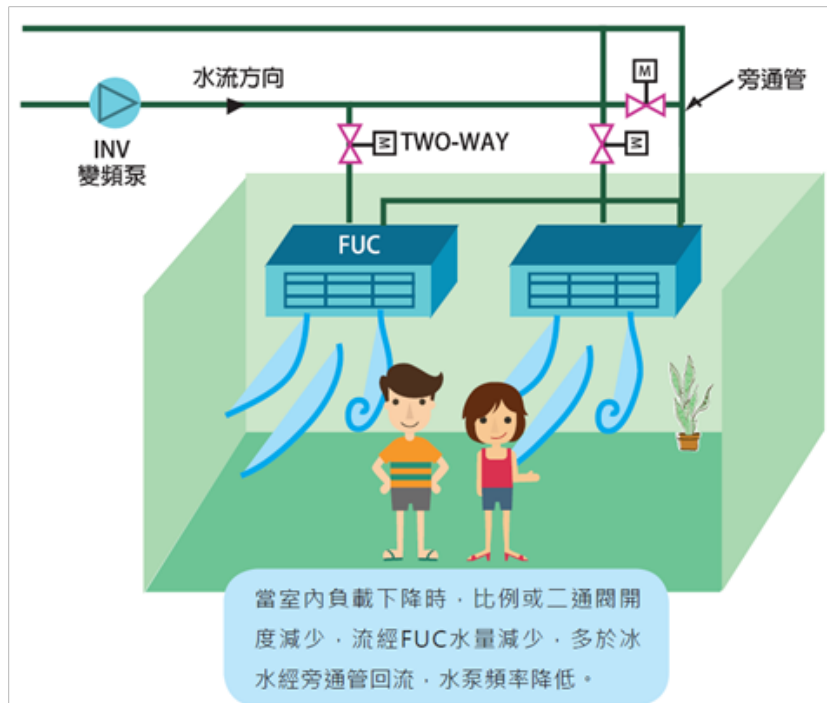


圖 3-14 變水量(VWV)系統示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

6、冷卻水與冷卻水塔節能技術策略

設置冷卻水塔的目的是為了將含有廢熱的冷卻水在水塔內與空氣進行熱交換，讓廢熱傳遞給空氣並散入大氣，並使原本的冷卻水溫度降低，以循環再次供做冷卻水回冰水主機，故冷卻水塔的散熱性能，將會間接影響整體冷凍空調系統的能源效率。

冷卻水塔之冷卻機制為底池流出之冷卻水循環到需要冷卻的設備中，經過熱交換後，使得設備溫度降低，冷卻水則溫度升高，接著升溫之冷卻水又回到冷卻水塔中，經過蒸發部分水量使升溫之循環水再次被冷卻，每次循環經過蒸發、飛濺及排放，將損失約 1%~2% 的水量。其整個水循環過程如圖 3-15 所示。

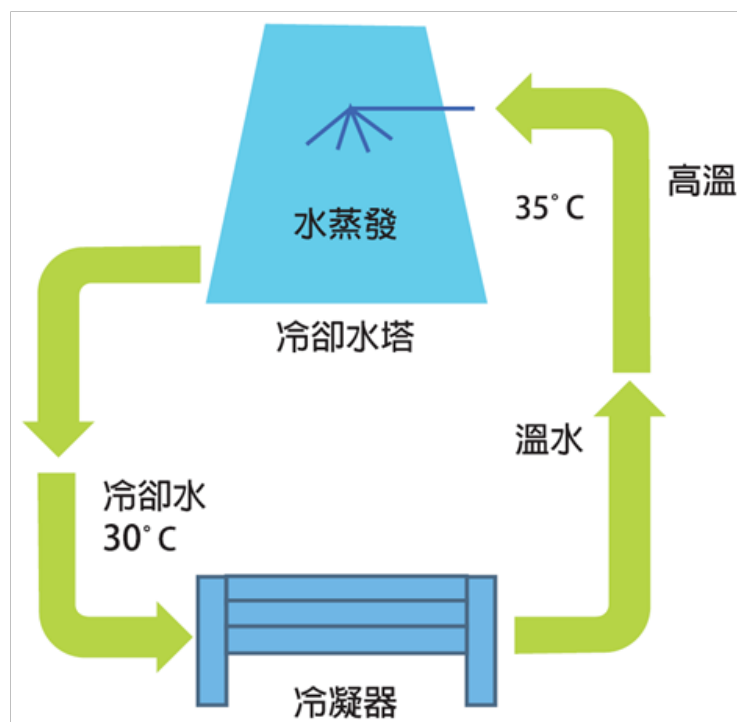


圖 3-15 冷卻水塔之水循環示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

惟需注意的是不同的空調設備會有其適合的散熱方式，一般會依照實際需要而設計不同方式來進行冷卻。因此隨著冷卻條件使用情況的不同，而有不同之操作模式，其分類說明如圖 3-16 所示。

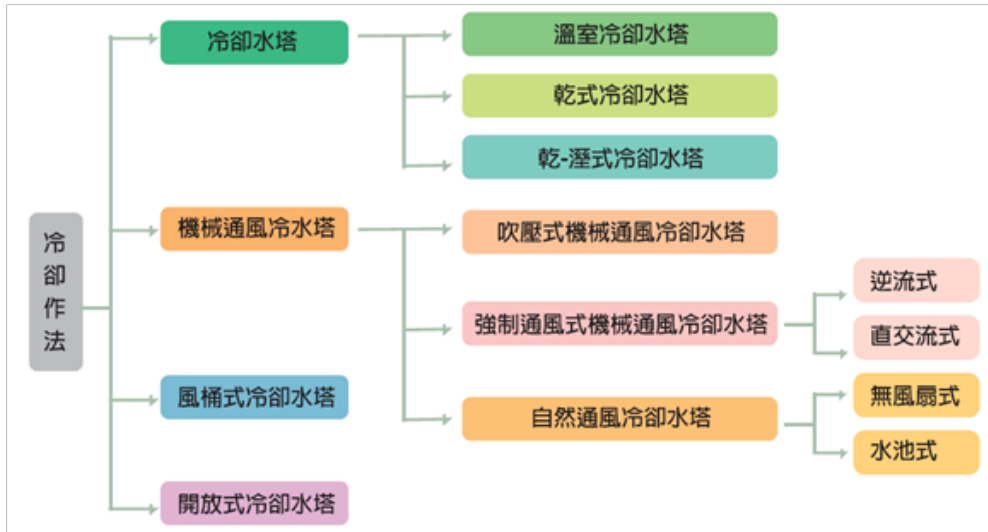


圖 3-16 不同散熱方式之冷卻水塔

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

由於機械通風型冷卻水塔在國際是較普遍的一種，其他類型冷卻水塔的節能技術與機械通風型冷卻水塔非常相似，皆是利用空氣與水進行熱能交換，依體積大小，採用一個或數個風扇，使其產生空氣流流經塔內，以增加冷卻散熱效率。以機械通風式冷卻水塔為例如圖 3-17 所示，可以分成：

- (1)吹壓式機械通風冷卻塔：將送風設置在冷卻塔出風口。
- (2)強制通風式機械通風冷卻塔：藉由風扇或送風設備進行強制通風，設置在冷卻塔出風口處。
- (3)自然通風冷卻塔：藉由塔內外的空氣密度差或自然風力形成的空氣對流作用進行通風。

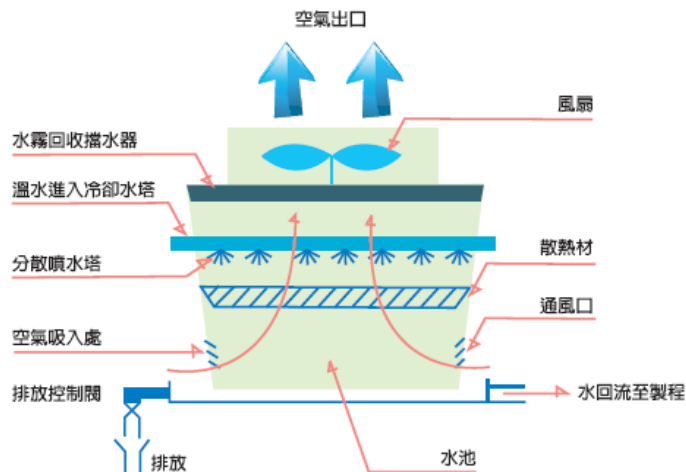


圖 3-17 機械通風式冷卻水塔示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

然而影響冷卻水塔冷卻效果的因素很多，如填充材、氣水比等基本參數外，另與整體之設計或設置有關，如風機與風筒的關係。此外，冷卻水塔的效率與外界環境因素也有密切之關係，主要包括以下兩項因素：

- (1)放置位置：若因現場環境限制，例如位於高牆旁或低地時，須配何因應採取適當的改善方法來提高冷卻水塔的效率。例如可提高排熱氣的高度，減少熱氣回流；或將冷卻水塔墊高或加長風筒以提升效率，惟需注意颱風與地震對於結構安全之評估。如圖 3-18 所示。

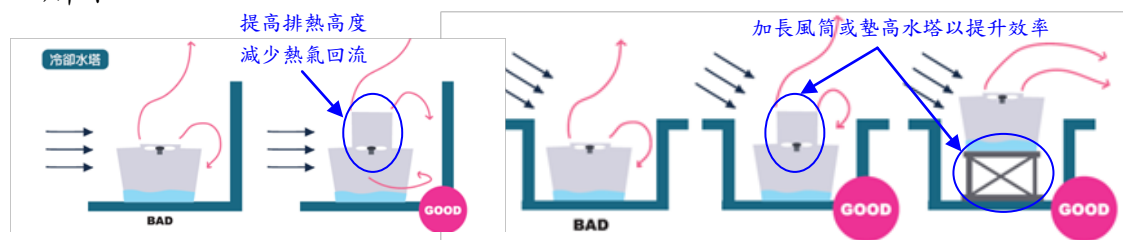


圖 3-18 冷卻水塔提升效率改善方式示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

- (2)冷卻水之水質：一般會造成冷卻水塔的水質惡化有兩個主要原因，其一是通過冷卻水塔的空氣品質，另一則是補充水的水質。一般當空氣流過水塔時，其中所夾帶的灰塵、煙霧及油脂等污染物被循環水所吸附，會造成水質變差。如果冷卻循環水未加以管制，則其水質將逐漸惡化，將影響冷卻水塔之效能。

第二節 熱泵設備系統節能改善

一、技術原理簡介

熱泵系統是一種可以吸收大自然中之熱能或廢熱加以利用，進而產生可利用之熱源的高效能科技產品，根據使用者的需求，還可以結合其他系統，如太陽能熱泵，或是同時產生製冷效果，如雙效熱泵等。其原

理係利用輸入至壓縮機的電能，使低溫區之熱量排放至高溫區，與空調系統不同之處為，空調係利用冷凍循環之低溫段製造冷氣，而熱泵則為使用高溫段製造熱水，如圖 3-19 所示。對於熱水使用需求量高的場所，尤其是醫院、宿舍、旅館等，若能適當選用高效率熱泵系統取代老舊鍋爐或電熱水系統，最高可達節約一半以上能源之效果。



圖 3-19 雙效熱泵系統運作原理示意圖

資料來源：本研究整理

熱泵依熱源種類可以分成空氣源、水源、地熱源以及太陽輻射源等四種，茲說明如下：

- 1、空氣源熱泵：此種熱泵系統係從大氣吸取熱能，製造熱水或是暖房效果。市面上常見的冷暖氣機即為此種熱泵系統。
- 2、水源熱泵：利用河川、地下水，甚至是工業熱廢水或空調的回水取得熱能，此種熱泵稱之為水源熱泵，如果產生的熱能製造熱水，則稱之為水對水熱泵。
- 3、地熱源熱泵：地球蘊藏大量的地熱能源，此能源位於離地表 20 公尺以下的地底層，可利用開放式或配管密閉式水循環系統將地底熱源提供給熱泵以供應用，夏季時，熱泵可將室內排熱儲存回地底，形成一個四季循環，節約龐大能源。
- 4、太陽輻射源熱泵：可利用太陽能集熱板等系統將太陽熱能經水循環

提供至熱泵系統，當集熱板四周空氣溫度高於循環之水溫時，集熱板可同時吸收太陽熱能以及大氣熱能，提供更多的熱源使用。

二、節能技術之採用策略

根據能量不減定律，熱泵在移出低溫段熱源的過程中，從高溫段應用的熱源為低溫熱源加上輸入電力，換言之，輸入 1 單位的電力，可以得到 3~4 倍熱量輸出(其倍數根據熱泵效率 COP)，其原理如圖 3-20 所示。

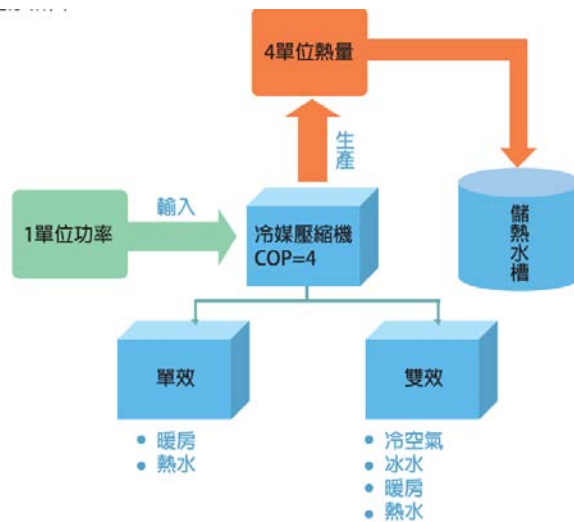


圖 3-20 熱泵效率示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

第三節 建築能源管理系統(BEMS) 節能改善

一、技術原理簡介

建築能源管理系統(Building Energy Management System，簡稱 BEMS)係指在系統中具有控制點及終端操作設備，可做電力控制及監測，並整合所有建築之控制及管理功能，包含空調系統、照明系統、保全系統、維修管理系統及能源管理系統等。

BEMS 是由 BAS(Building Automation System)、EMS (Energy Management System)、BMS (Building Management System)、FMS(Facilities Management System)四大管理系統組成，如圖 3-21 所示，

說明如下：

- 1、BAS：通過建築物之內部各種電力設備、空調設備、冷熱源設備、防火及防盜設備進行監控，在考慮節能與地球環境保護之條件下，達到建築物內環境舒適，各設備運轉狀態及使用率均達到最佳化使用。
- 2、EMS：以計算技術為基礎的電力綜合自動化系統，透過中央監視所傳達各監視點之數值，分配調度建築物內之管理能源使用及決策，保持建築物內各用電設備於最佳效率狀態下運轉，例如需量控制等等。
- 3、BMS：管理各設備之運轉及維修，以及保全人員安排等管理，紀錄建築物內所有費用存入系統資料庫中。
- 4、FMS：利用電腦之資料庫累積各項設備運轉狀況紀錄、維修保養之費用，列出各項報表，進行各方面之財務評估及營繕管理。

此外，BEMS 使用範圍相當廣泛，能應用的範圍大致上可以歸類出 6 項主要功能，如表 3-3 所示。

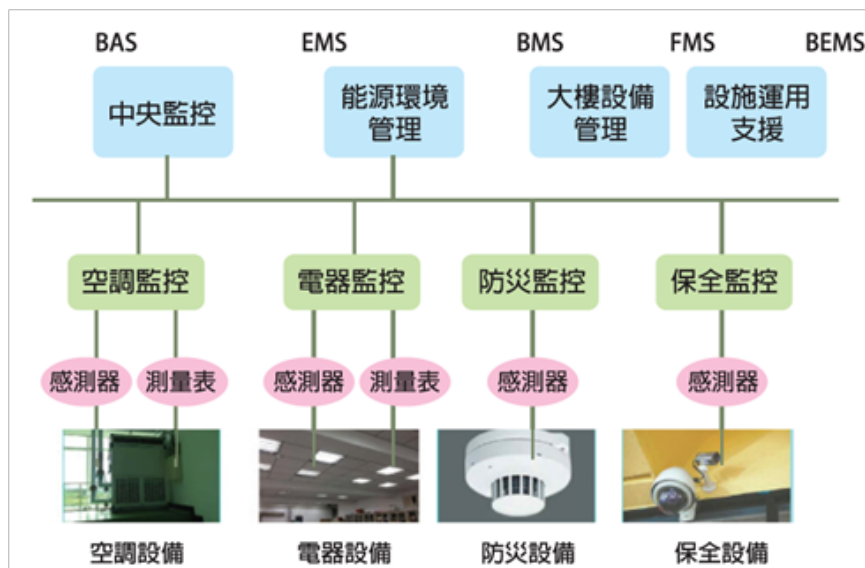


圖 3-21 BEMS 之四大管理系統圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

表 3-3 BEMS 之主要功能

1. 設定設備自動化開關或自動停起控制
2. 設備系統運轉最佳化控制，如冰水主機可根據建築熱負荷進行自動加卸載與需量控制
3. 監測及記錄設備系統與運轉及建築環境等狀況
4. 提供能源管理資訊
5. 電能消耗管理
6. 遠端監測與控制

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

二、節能技術之採用策略

建築物內的所有耗能設備都需要控制，如最簡單的燈具開關，就具有能源管理的意義，BEMS 已廣泛的應用在大型建築物內，建築物採用 BEMS 後，可借由徹底了解建築內各耗能系統之電能消耗狀況和能源支出，透過遙控與智能自動化控制，來降低運營成本，並可偵測異常用電，確保用電安全。

建築管理系統是對建築設備作監視與管理，再依建築的規模大小，作出最適化的運轉機制，如表 3-4 為 BEMS 依建築物樓地板面積之分級。

表 3-4 BEMS 之規模分級

	系統處理裝置之等級			
	等級1	等級2	等級3	等級4
總樓地板面積	5000m ² 以下(含)	大於 5000m ² 至 20000m ²	大於 20000m ² 至 50000m ²	大於 50000m ² 以上
管理點數	50~250點	250~500點	500~3000點	3000點以上
系統之主要功能	<ul style="list-style-type: none"> 警報監視功能 基本之設備運轉狀況監視功能，包含用電量、累積用電量、運轉效率、設備維護紀錄等。 	<ul style="list-style-type: none"> 設備起停時程管理 空調系統運轉資源之紀錄及存檔功能 具等級1之功能 	<ul style="list-style-type: none"> 包含大部分設備之運轉狀態監視及控制 具備有計費機制功能 具備有資料處理功能，將各設備之用電情形及運轉狀態，以報表方式做比對 具等級2之功能 	<ul style="list-style-type: none"> 將建築物內所有設備皆納入監視及控制範圍 具有最佳化運轉控制，針對建築室內外環境條件，有效調整設備之運轉狀態 除計費制外，設備生命週期也併入管理

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

小規模 BEMS 系統多半是用在較小型的建築物，建立管理系統的預算並不高，運用最少金額建立最適切的系統是小型規模建築管理系統設計時最主要的課題。此外，有效的運用空間也是設計上的一大考量。圖 3-22 為小規模系統的硬體架構圖。

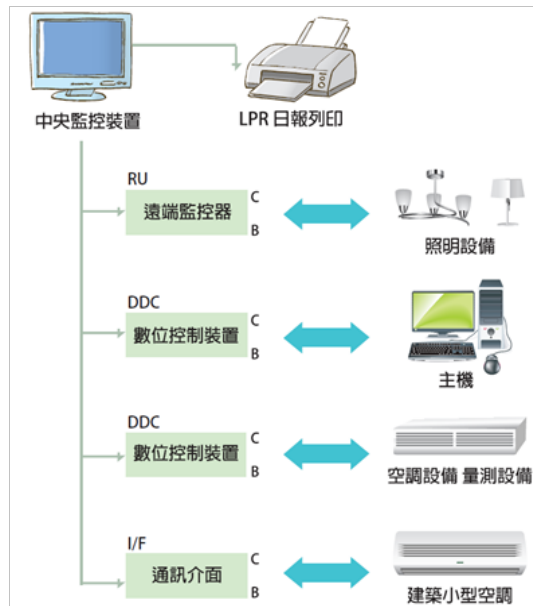


圖 3-22 小型 BEMS 之系統架構示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

至於中型規模之 BEMS 管理系統，除了包含小型建築所具有的設備外，還增設了防災及保全等設備。因此作為中型規模之 BEMS 管理系統，必須具有將防災、保全一起作統合管理的機能。而大型規模 BEMS 系統在設計上除了作分散化管理之外，還必須採雙迴路設計，雙迴路設計也是為了避免某一系統故障時，導致該機能完全停止的防範措施。在原有的系統之下，再設計一組預備用的系統，當主系統故障停止運轉時，預備系統能馬上接替主系統的工作，讓整個管理系統還是維持在運作的情況，運轉效率也不會因此而下降。

第四節 空調系統測試調整平衡(TAB)節能改善

一、技術原理簡介

空調系統測試調整平衡(Testing, Adjusting, and Balancing, 簡寫TAB), 定義為空調系統在工程完工後, 對系統各項功能進行性能測試, 經過調整平衡後, 以達到設計目標。TAB 是空調系統整體性能確認之要項, 在過程中除測試空調系統各項設備及元件之性能外, 並調整平衡水量與風量之分佈, 以及新鮮外氣之供給, 皆能夠使空調達到舒適健康及節約能源。

TAB 實際為調整平衡及量測所有系統之功能是否符合設計需求, 例如在調整空調之風量時, 風量是否達到原先設計值的要求, 亦是否依據空調負荷的需求而分布, 避免有區域過冷或不冷。當採用節能變風量系統時, 風量是否依據負荷之變動而做風量之變化, 以達到節能的目標。又例如水量平衡時, 若水量調整不平衡, 會造成冰水流量過多使空調設備溫度過低, 若冰水流量過少則會使空調設備溫度過高。

TAB 使用在大型冰水系統其效益更大, 在日夜溫差、四季變化、人員變動等變因下, 變化率更大, 使空間內之負荷控制相當重要, 由於冰水泵常常運送過多的流量, 在循環系統中送出又送回, 或者未能經過冷卻的冰水與已製冷的冰水混合, 因此系統之不平衡造成相當多的能源浪費, 而使得空調系統不能達到最初設計之性能, 這將造成不必要之能源浪費與建築物使用者感覺到空調不舒適、系統不順暢等問題。

首先進行系統風量之測量, 終端風口之風量總和與主幹管之風量總和, 應該相差不大, 若差異太大, 代表系統有嚴重洩漏。當所有主幹管之風量都達到比例式平衡之後, 調整空調箱的變頻器, 改變風機轉速, 使總量達到要求。此時主幹管的風量就達到真正平衡, 出風口的風量也達到真正平衡。TAB 風側調整步驟如圖 3-23 所示。

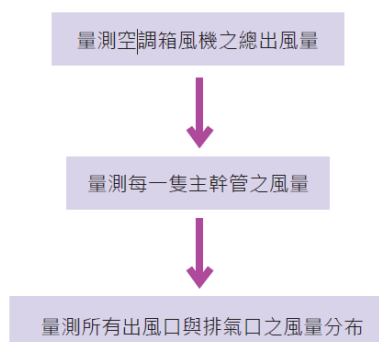


圖 3-23 TAB 風側之調整步驟

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

其次進行系統水量之測量，此時所有設備平衡閥水量總和，與泵浦量測總水量，應該相差不大。若是差異太大，代表系統有空氣或管路阻塞，需重新檢查。TAB 水側調整步驟如圖 3-24 所示。

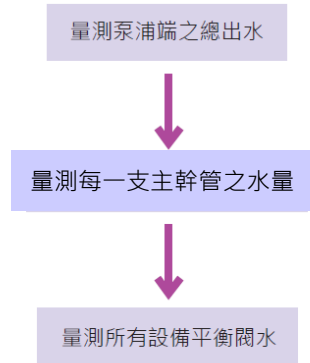


圖 3-24 TAB 水側之調整步驟

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

二、節能技術之採用策略

基本單機如冰水主機、冷卻水塔、風機、泵浦等，在開啟設備之步驟時，冷卻水塔須注意運轉振動測試與皮帶張力測試，冰水主機須依照設計能力調整整體運轉流量，在清潔步驟時，水系統須注意排氣問題，風機須重新開關風門，以避免管路不通。其測試流程如圖 3-25 所示。

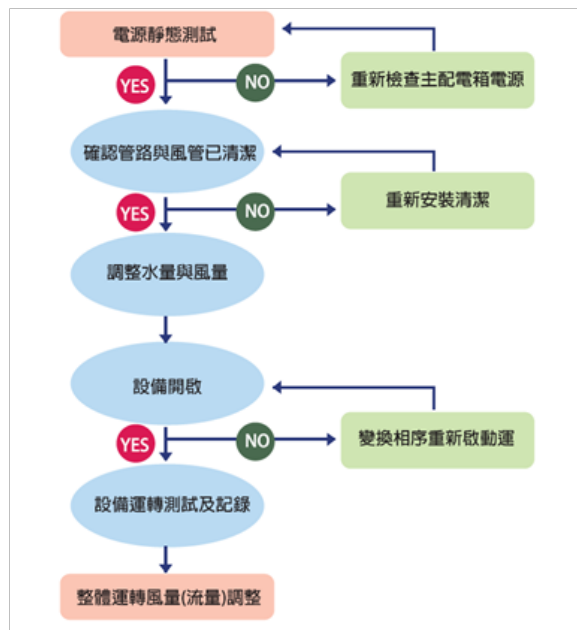


圖 3-25 TAB 測試流程示意圖

資料來源：建築節能技術實務彙編，內政部建築研究所

基本 TAB 之測試內容包括：

- 1、氣壓量測程序：利用壓力計或皮托管^{*12}以量測靜壓、動壓及全壓。靜壓量測可用一校正過的壓力計，及皮托管或靜壓探頭達成。若僅是將一管端插入氣流，而不裝設標準靜壓探頭或皮托管，會造成顯著之量測誤差。動壓量測則需要使用皮氏管和校正過的壓力計。
- 2、風速量測程序：風速量測之儀器有葉輪式風速計、搖擺葉片式風速計、控制葉片式風速計、熱線式風速計、速度網架等，以上設備一般用於不適使用風量量測風罩，或是風速過低以致無法使用皮托管橫移作準確量測之場合。
- 3、溫度量測程序：在空氣測以量測乾濕球溫度為主，當均一溫度分佈存在時，乾球溫度量測可簡單的在風管中央的單點量測讀取，濕球溫度量測與乾球溫度量測相似。水溫度以探針式溫度計測量，因探針式溫度計比起一般溫度計較不靈敏，故須等大約十分鐘達到穩態，才能取得數據。
- 4、轉速量測程序：在 TAB 作業中，大部份之轉速量測目的是為確定馬達、風機或水泵之轉速。以閃頻器量測，原理為以閃爍光源的頻率來對上馬達轉速的頻率，結果通常以每分鐘的迴轉數 (rpm) 表示。
- 5、風罩量測程序：風量量測風罩是直接讀取流量之量測儀器。設計以棉布套覆蓋在受測之空氣出口端。以圓錐或錐形之風罩，收集所有進入或離開風口之空氣，並導引氣流至風量量測之儀器。風罩通常做成錐形，從出口漸縮到量測端。風罩內之速度量測網格和標準差壓計或風速計，會直接以 L/s 顯示風量。
- 6、電器量測程序：完成 TAB 作業須要很多種電氣量測，然而 TAB 電

註¹²：皮托管可用於測量某給定點的局部速度而不是整條管線的平均速度。皮托管具有一個直接處於氣流中的管道，可在此管充有流體後測量其壓差；由於管道中並無出口，流體便在管中停滯。此時測量的壓強為流體的滯壓，也稱為總壓。

氣量測之首要目的為安全，在就是風機與水泵馬達之功能。設備必須探測確定其不帶電，並且可安全的靠近及工作。TAB 程序要求風機、馬達及水泵，在廠商額定之容許誤差範圍及在或低於滿載電流下，能持續操作。電壓量測是將電壓測試線連接至電壓-電流表，並將電壓測試線探針與電觸點接觸。電流量測，是將夾式電流表之鉗口，夾在帶電電線上。

第五節 照明設備系統節能改善

一、技術原理簡介

太陽晝光相當於 6,500K 色溫的熱輻射光，也是世界上取之不盡用之不竭、最完美的自然光源。人類日常生活使用照明設備之主要光源可分為下列三類，其特性比較如表 3-5 所示。另熱輻射光源為連續光譜，相對氣體放電燈，則尚含線光譜，其分佈如圖 3-26 所示。

- 1、由熱輻射產生的光源，如白熾燈泡、鹵素燈。
- 2、由氣體放電激發的光源，包括高壓放電的水銀燈、鈉燈、複金屬燈，及低壓放電的螢光燈、省電燈泡等
- 3、由半導體原理產生的發光二極體光源。

表 3-5 日常生活使用照明設備之常用光源比較表

光源種類		效率 (lm/W)	演色性 (%)	色溫 (K)	壽命	外觀圖示
白熾燈	鎢絲燈泡	10-17	98-100	2700-2800	750-2500	
	鹵素燈泡	12-22	98-100	2900-3200	2000-4000	
螢光燈	螢光燈管	50-118	60-90	2700-6500	8000-25000	
	精緻型螢光燈 (CFL)	40-80	60-85	2700-6500	6000-15000	
高壓氣體放電燈	水銀燈	25-60	50	3200-7000	16000-24000	
	複金屬燈	70-115	70	3700	5000-20000	
	高壓鈉燈	50-140	25	2100	16000-24000	
固態照明	發光二極體 (LEDs)	40-130	65-95	2700-6500	8000-35000	

資料來源：綠色照明，國際照明學會

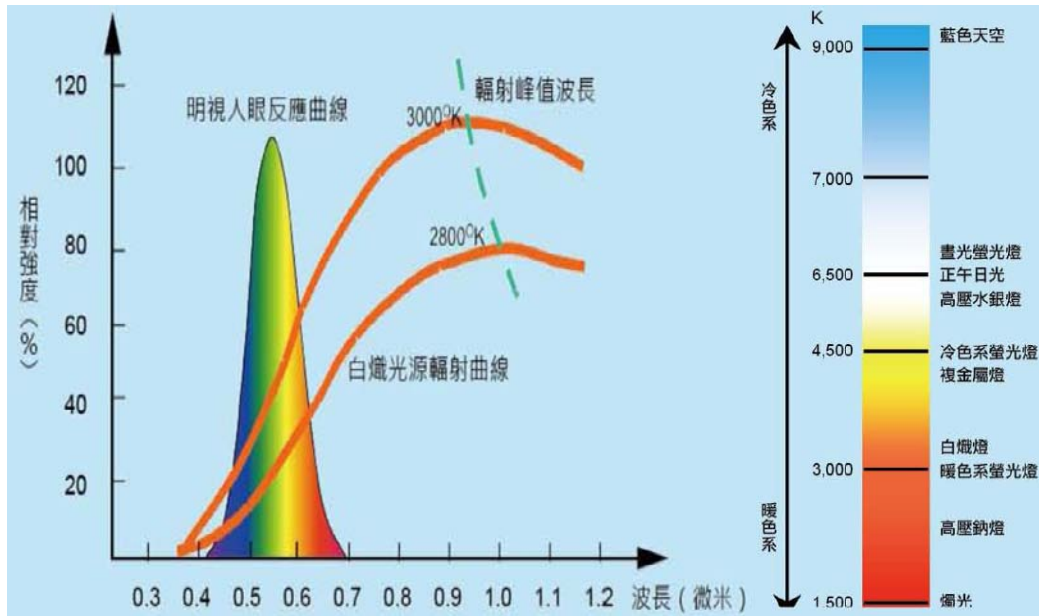


圖 3-26 輻射光源與人眼反應曲線、光源與色溫圖

資料來源：綠色照明宣導應用手冊，經濟部能源局

熱輻射光源大部分轉換為熱，放出的可見光比例甚小，且溫度愈低，放出的可見光愈少，光色紅色含量亦偏多，亦即俗稱的暖色。人眼對光色反應的特性，在亮處對黃、綠光最靈敏，在暗處則對藍光較靈敏。

人工光源中除白熾燈外，其他光源均須搭配安定器(Ballast)才能點亮光源，安定器係用於如氣體放電燈之電流穩定，包含傳統式與電子式兩種，傳統式之磁鐵損耗較大，螢光燈使用傳統安定器時需搭配起動器(Starter)使用，而高壓氣體放電燈因啟動電壓較高，須搭配點火器才啟動。電子式安定器除穩流功能外，還具備啟動、功因補償及保護等功能，安定器可分為預熱、快速及立即式起動型，前二者需預熱，後者則需高壓，低功率螢光燈通常用預熱式。傳統式安定器構造較簡單，壽命較長，效率較差，而電子式安定器使用零件較多，壽命較傳統式短，但其效率較高，且其啟動點燈模式對燈管壽命較佳。固態照明光源包含 LED 與 OLED，其點燈須搭配電源供應器使用，亦稱安定器。

日光燈具可分為傳統式(需裝安定器)及電子式(不需裝啟動器)兩

種。一般日光燈具用的啟動器是用於啟動燈管，與電壓無關。啟動器又分為一般式及電子式兩種，一般式日光燈亮的速度比較慢，若使用越來越慢時就需更換啟動器，比較不傷燈管。至電子式亮的速度很快但是比較傷燈管。

燈具之組成元件包括光源、安定器及反射板、遮光擴散板、外罩等，室內燈具若依安裝方式予以分類如圖 3-27，若依配光方式予以分類如表 3-6。優質的燈具需具備能滿足高效、配光、低眩光及美觀耐用的條件。

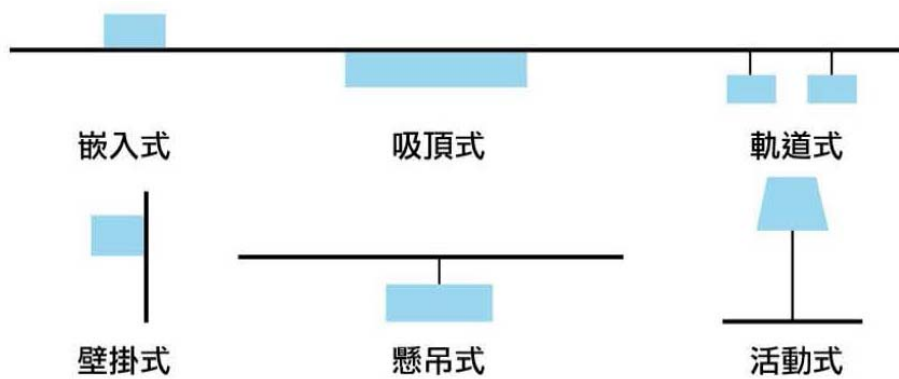


圖 3-27 室內燈具依安裝方式之分類

資料來源：綠色照明宣導應用手冊，經濟部能源局

表 3-6 室內燈具依配光方式之分類

國際分類	直接照明	半直接照明			全般擴散照明			半間接照明			間接照明
	配光	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
配光	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
配光曲線例舉圖示											
燈具例舉圖示											

資料來源：綠色照明宣導應用手冊，經濟部能源局

為進一步了解照明之相關專業術語，本研究整理了有關照明之專有

名詞及其定義內容如下：

- 1、光通量(Luminous Flux, ϕ)：指光源單位時間內所發出光之總能量，常用單位為流明(Lumen, lm)。
- 2、光強度(Luminous Intensity, I)：指光源在某特定方向單位立體角內發出之總光通量，常用單位為燭光(Candela, $cd=lm/sr$)，燈具光強度分佈曲線，稱為配光曲線。
- 3、照度(Illuminance, E)：指單位面積所接受之光通量，常用單位為勒克司($lux=lm/m^2$)。
- 4、輝度(Luminance, L)：又稱亮度，指光源或被照物單位立體角，單位面積發出之光通量，或可定義為單位面積之光強度，常用單位為尼特($nit=lm/sr/m^2=cd/m^2$)。
- 5、相關色溫(Correlated Color Temperature, CCT)：指光源光譜分解後，經色座標計算，獲得相當於近似熱輻射體之溫度，單位為 K。
- 6、演色性(Color Rendering Index, CRI)：指在不同光源照明下，量測對顏色顯現程度與標準光源比較之單位，其單位為百分比。
- 7、眩光(Glare)：為雜散光線對眼睛刺激，產生視景對比下降或不舒適，乃至短暫失能的照明。
- 8、安定器因數(Ballast Factor, BF)：指待測安定器之光源光輸出與搭配標準安定器光源光輸出之比值。
- 9、安定器光效因數(Ballast Efficacy Factor, BEF)：為安定器因數 $\times 100 \div$ 安定器電力輸入。
- 10、光源發光效率(Lamp Efficacy, LPW)：光源額定光通流明輸出與光源額定電力輸入之比值，單位為 lm/W 。
- 11、功率因數(Power Factor, PF)：指安定器消耗實功率與輸入視在電壓、電流均方根值乘積之比值，可評估安定器將輸入電源轉為有效電源之能力，為 0~1 之無因次量。
- 12、燈具能源效率比(Luminaire Efficacy Rating, LER)：為燈具效率 \times 燈管

總輸出流明×安定器因數÷燈具輸入功率。

- 13、照明用電密度(Lighting Power Density, LPD)：為照明單位面積使用之電力，單位為 W/m^2 或 W/ft^2 ，用以做為能源消耗評估準則。
- 14、峰值因數(Crest Factor)：電流峰值與電流均方根值之比值，一般安定器之峰值因數需低於 1.7。
- 15、電流總諧波失真(Current Total Harmonics Distortion, ATHD)：定義電流失真程度，一般安定器之電流總諧波失真需低於 33%。
- 16、均齊度(Uniformity)：指空間中作業面照度的均一程度，為被照面最低照度與平均照度之比值。
- 17、啟動器(Starter)：係用於螢光燈起動之用，搭配傳統安定器使用。
- 18、安定器(Ballast)：安定器係用於氣體放電燈之電流穩定，包含傳統式與電子式兩種。

有關光源體與被照體間之光通量(lm)、光度(cd)、輝度(cd/m^2)、照度(lm/m^2)關係示意圖如圖 3-28 所示。

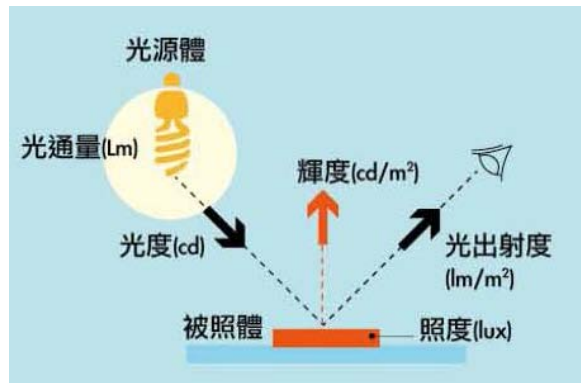


圖 3-28 光源體與被照體間之關係示意圖

資料來源：綠色照明宣導應用手冊，經濟部能源局

二、節能技術之採用策略

在提供適當之照度前提下，如何挑選高效率與防眩光的燈具以達到室內照明節能，已成為室內照明設計的主要訴求。除了採用高效率燈具外，晝光利用、裝設反射板及採用防眩光燈具等設備，可以提升室內照明之舒適度及達到節能 30% 以上，同時增加室內人員工作效率。而非經

常性使用之空間，可導入照明控制或輔助照明概念，透過自動感應或定時點滅裝置，增進照明節能功效。

1、採用高效率燈具設備

僅依照明設備原設置位置，採一對一方式以高效率燈具取代舊有燈具，以提升設備照明效率與節約能源使用。例如將原有老舊的中東型燈具，改為高效率之 T5 格柵平板燈如圖 3-29 所示。



圖 3-29 高效率燈具取代舊有燈具

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

2、依照度需求重新規劃燈具數量

為了減少能源浪費，可以模擬軟體，依實際空間建立 3D 虛擬模型，並藉由照明廠商所提供之照明設備 ies 檔進行改善後之照度模擬。再依結果進行照明設備之建置。例如依走廊通道之照度需求將燈具數量減量，如圖 3-30 所示。

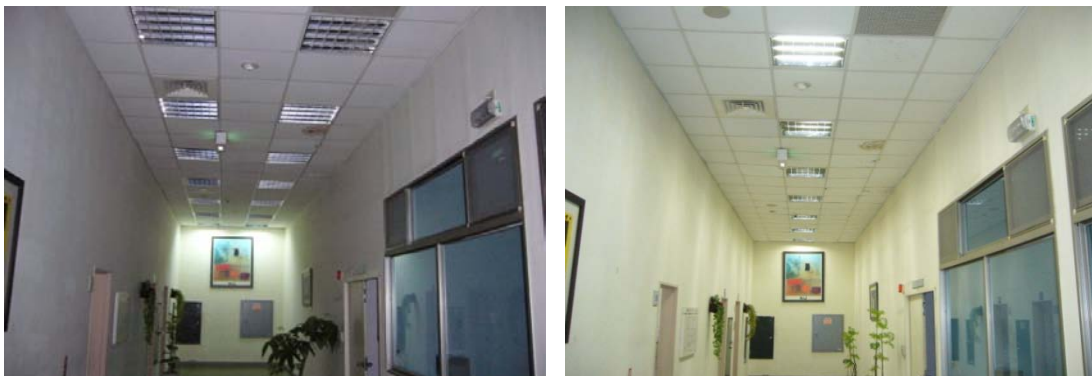


圖 3-30 依照度需求將燈具數量減量

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

3、依家具設置重新調整燈具配置

有時空間因為使用型態變更，家具設置重新調整，因而與原先照明設備之配置相衝突。因此建議空間使用型態改變後，應依空間使用需求與家具位置重新檢討與配置照明設置位置，以提升照明設備使用效率。例如圖書館燈具位於書架位置上方照明效率不佳，可配合調整燈距位置至閱讀區以增加照明效率，如圖 3-31 所示。



圖 3-31 依家具設置重新調整燈具配置

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

4、減少全面照明加強局部照明

有些空間天花板高度較高或實際作業面積較小，無需大量高照度之全面照明，故可降低全面照明之照度，並於作業面加強局部照明之方式輔助其提高作業面之照度，使其符合作業之所需。例如圖書館閱覽室若全面採高照度照明不但浪費電，也有可能照度過高或產生眩光，可於閱覽桌設置局部之輔助照明如桌燈，並可加裝定時點滅設備，避免人員離開座位時忘記關燈造成不必要的能源浪費，如圖 3-32 所示。



圖 3-32 減少全面照明加強局部照明

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

5、增設周邊節能輔助設施

有時空間具有大面積開窗，白天可直接或間接利用晝光以減少照明設備能源的使用，因此針對靠窗的燈可採用調光型電子式安定器搭配晝光感測器來進行光源輸出功率的調控；於日照較強的時段，引入自然光線來取代人工光源之使用，同時透過系統的感測降低窗邊燈具光源的功率輸出，進而使原有的燈具改善之節能效果能更上一層，如圖 3-33 所示。



圖 3-33 增設周邊節能輔助設施

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

第六節 屋頂隔熱與屋頂綠化節能改善

一、技術原理簡介

夏季空調耗能受到室內外溫度差的影響甚大，隔熱性能差的屋頂會增加室內環境的熱負荷，故改善屋頂隔熱最多約可減少頂樓層 20% 空調用電，亦可增加室內熱環境舒適性。屋頂隔熱方式甚多，包括屋頂綠化，不但可替建築物室內降溫、綠美化都市環境以及淨化都市空氣，亦可降低都市熱島效應以減緩地球暖化；或是採用鋪設隔熱層，利用材料的熱阻特性來阻擋太陽輻射熱傳遞入室內；或是採用涼屋頂，藉由反射太陽輻射熱方式，減少屋頂吸收的太陽輻射熱，以降低屋頂層室內溫度，達到節能減碳及改善室內熱舒適度的效果。

二、節能技術之採用策略

1、施作屋頂綠化

在屋頂上進行綠化可達到建築隔熱降溫、減緩暴雨逕流、降低室內空調費用、淨化空氣污染等改善都市生態環境之目的。而常見綠屋頂做法包括盆鉢式屋頂綠化、薄層式屋頂綠化及庭園式屋頂綠化。而在綠屋頂鋪設過程中所鋪設之塑膠排水墊、碎石、土壤及其之間的空氣層都有阻熱的功能。

經過綠化之屋頂，可藉由土壤層與植被層吸收太陽輻射熱及蒸散水分，有效降低屋頂的表面溫度、外部周圍空氣溫度及屋頂的平均輻射溫度，減少太陽輻射熱對建築物的影響，降低屋頂表面熱流通過，進而降低建築物室內溫度與能源消耗。常見之屋頂綠化種類可分為薄層式屋頂綠化、盆鉢式屋頂綠化、庭園式屋頂綠化等，其採用之節能技術策略分別說明如下：

- (1) 薄層式屋頂綠化：建造及維管費用低，且可大面積綠化，但植栽種類有限，人為活動空間較小，以體現生活、生態功能與環境的協調性為目的，新莊國民運動中心之屋頂薄層綠化即為典型案例，如圖 3-34 所示。至其設置條件之限制如下：

- A. 不限於平屋頂(適於屋面坡度 45 度以下)。
- B. 屋頂承载力需 $\geq 200\text{kg/m}^2$ 。
- C. 植栽種類有限，人為活動空間較小。



圖 3-34 薄層式屋頂綠化案例及示意圖

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

(2) 盆鉢式屋頂綠化：盆鉢式屋頂綠化需有高頻度人力維護管理為首要選擇條件，應盡量選擇有志工或居民可自行管理區域為佳，以快速綠化且短期使用為目的，受環境因素限制小，如圖 3-35 所示。至其設置條件之限制如下：

- A. 設於平屋頂(適於屋頂坡度 10 度以下)。
- B. 屋頂承载力需 $\geq 250\text{kg/m}^2$ 。
- C. 維護管理頻度高、費用中等。
- D. 須經常換植、除草，費工需有高人力維管為首要選擇條件。



圖 3-35 盆鉢式屋頂綠化案例及示意圖

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

(3)庭園式屋頂綠化：庭園式屋頂綠化除需高頻度維護管理且需具技術性，建築物承載量和喬木固定問題是施作點首要考量條件，為永久性設置景觀設施，可供美觀欣賞及休憩功能之用，如圖 3-36 所示。至其設置條件之限制如下：

- A. 設於平屋頂(適於屋頂坡度 10 度以下)
- B. 屋頂承載力需 $\geq 200\text{kg/m}^2$ (營業性屋頂庭園 $\geq 600\text{kg/m}^2$)
- C. 建造複雜，設計費用高，管理頻度也較高，建築物之承載量和喬木固定問題是施作點首要考量條件。



圖 3-36 盆鉢式屋頂綠化案例及示意圖

資料來源：技嘉科技企業總部屋頂綠化案例及內政部建築研究所

2、屋頂鋪設隔熱材料

隔熱材料主要是根據熱傳導原理，在底層利用不良熱導體（如：空氣層、橡膠、保麗龍等）以作為斷熱處理，一般常見有五角隔熱磚、PU 隔熱磚、PS 隔熱磚等。其中 PU 泡棉具有熱傳導率低、吸水率低、以及質輕等特點。本工法施工簡單，可自行施工，且外觀多樣美觀。

本技術之屋頂隔熱改善工程，係以不破壞原有的屋頂結構以及防水層為前提，在原屋頂上鋪設各種良好的隔熱材料，例如在防水層上面使用軟底施工法，鋪設 3 公分厚的 1:3 水泥砂漿，在水泥砂漿上面再鋪上一層 4 公分隔熱性能優良的包覆式 PS 板隔熱磨石磚，藉此方式降低屋頂層的 U 值，可降低太陽輻射熱進入到室內，增加室內人員的熱舒適

性，減少空調開啟時間，達到節能減碳之目的。常見屋頂隔熱磚施作方式如圖 3-37 所示。至其設置條件之限制如下：

- A. 較不耐壓。
- B. 需注意隔熱磚下方與間隙積水情況。
- C. 屋頂結構層無漏水情況。
- D. 屋頂表層無障礙物(例如管線)者佳。



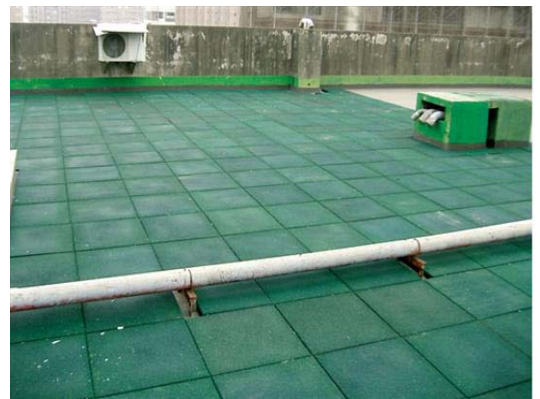
五角隔熱磚



完工後照片



包覆式 PS 板隔熱磚



完工後照片

圖 3-37 屋頂鋪設隔熱材料案例及示意圖

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

3、屋頂塗佈隔熱塗料

所謂的冷屋頂是於屋頂表面選用色彩明度高的材料（例如白色），藉以反射太陽的輻射熱，防止屋頂吸收過多的熱；此外，亦可藉由色彩明度高的隔熱塗料（例如白色）進行塗裝，來達成相當之效果，由於淺

色漆對陽光本身就有一定的反射率，加上塗料中所添加之反射物質更能提昇太陽的輻射熱之反射率。本工法操作容易，可自行施工，且費用較低，另部分塗料兼具有防水功能，但價格較高。

惟台灣地處亞熱帶氣候的特徵為全年高溫，室內外的溫差不大，故控制材料的反射隔熱的特性對建築全年耗能的影響效果有限。此外，台灣都市建築高度不一，採用高反射材料，有可能干擾鄰房的視覺舒適度，地面及牆面採用高反射材，會影響行人的熱舒適度，降低都市環境品質。故高反射率材質及塗層之使用應審慎評估。

常見冷屋頂施作方式及完成後如圖 3-38 所示。至其設置條件之限制如下：

- A. 用久後，表面容易變髒，反射光及隔熱效果會變差，通常使用年限約 3~5 年。
- B. 由於漆的厚度太薄，很難阻擋熱傳導的部分熱能，紅外線的熱能還是會借由二次輻射與熱傳導傳至下層屋頂。
- C. 需注意於都市建築密集地區，施作冷屋頂後因反光造成之光害問題。



圖 3-38 屋頂鋪設冷屋頂材料案例

資料來源：網路資料美國拉斯維加斯沃爾瑪超市冷屋頂

(<http://e-info.org.tw/node/99946>)

第七節 外遮陽節能改善

一、技術原理簡介

所謂外遮陽，就是在建築物的開口部(門、窗戶)外側，裝置各種型式的構件，用來阻隔過多的太陽輻射熱進入室內，外遮陽設計在亞熱帶地區是節能最有效的方法之一，1公尺深的水平外遮陽，各方位平均約可節省12%空調用電。採用外遮陽隔熱需同時注意採光及通風問題，以免影響室內照度及空氣流通。

二、節能技術之採用策略

因建築於不同面向之太陽日射角度有所不同，故所需設置之外遮陽型式亦不同。一般來說，水平式適用於南向開窗；水平+垂直（格子）式適用於東南或西南向；東向或西向則適用垂直式。但由於東、西向的日照角度較低，垂直式僅能遮住部分日照，應將其朝向偏北或設計為活動式。圖3-39為各種外遮陽型式適宜的朝向示意圖，一般可分為3類：

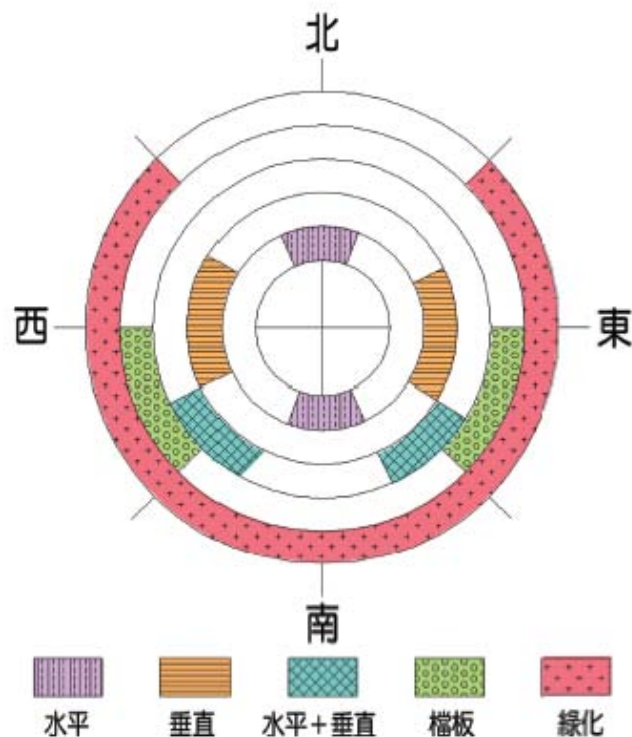


圖 3-39 外遮陽種類與其適用窗戶朝向示意圖

資料來源：建築物外遮陽暨屋頂隔熱設計參考手冊，內政部建築研

- 1、水平遮陽：可阻擋高角度傾射之太陽輻射線，台灣位於北半球，南向立面最適用水水平遮陽，如圖 3-40 所示。



圖 3-40 水平遮陽案例及示意圖

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

- 2、垂直遮陽：東西向太陽早晚射入室內的角度低，水平遮陽較無效果，可採垂直遮陽，如圖 3-41 所示。惟垂直遮陽對於風向具引導及屏障兩種作用，需留意處理避免造成通風不良。

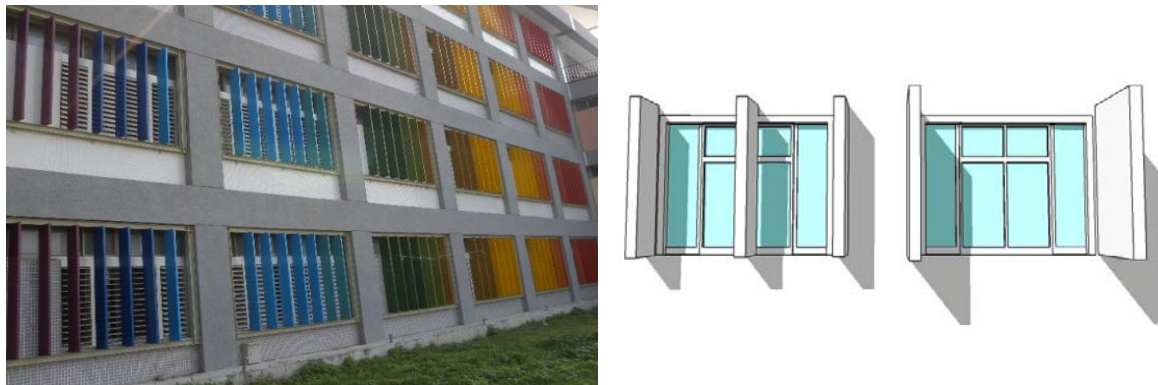


圖 3-41 垂直遮陽案例及示意圖

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

- 3、框架(水平+垂直)遮陽：兼具水平及垂直遮陽之優缺點，各方位的效果差異不大，為理想的遮陽形式，如圖 3-42 所示。



圖 3-42 框架(水平+垂直)遮陽案例及示意圖

資料來源：網路資料巴爾曼住宅

(<http://www.ideamsg.com/2011/01/balmain-house/>)

- 4、導光與遮陽並用：利用可改變角度或長度之導光板來採光，並同時遮陽，例如以金屬穿孔板，百葉板、流線型板、半透明板、太陽能板，組合設計而成的遮陽板，令人為之耳目一新，如圖 3-43 所示。



圖 3-43 導光與遮陽並用案例及示意圖

資料來源：綠建築更新診斷與改造計畫，內政部建築研究所

第四章 既有建築節能改善之推動策略與效益探討

前章業已就技術層面探討推動既有建築節能改善之各種技術手法策略。本章將廣續就執行面及政策面探討其推動策略，並蒐集分析各種節能改善技術之節能效益，以供政府推動既有建築節能改善之參考。

第一節 推動既有建築節能改善之執行面策略

我國既有建築物佔全國建築總量高達 97% 以上，且多屬早期興建之老舊建築，建築外殼之隔熱性能不佳，導致空調耗電增加浪費能源。若要使既有建築全面落實節能目標，勢必需從各類建築物之耗能基準著手管制，若高於同類建築之耗能基準，則應進行節能改善。研擬之執行面策略如下：

1、建立各類型建築物之能耗基準

歐盟各國在建物節能技術發展多年，以德國為例，其針對建築物類型以及建築物能耗有通盤的了解，已建立新建築物能耗基準值，此外各成員國根據當地氣候條件及建材技術發展現況，建立完整建物能源效率評估工具。

我國各類型建築物之能耗基準方面，本所及國科會已陸續完成各類建築物耗能（EUI）推估模式^{*13}，可作為設計及完工階段之基準，該成果均係推估各類型建築在「標準營運模式」下之耗能，採用各類型用途別之樓地板面積，依加權方式累計其標準耗能EUI值。

考量我國建築內部空間用途複合化之趨勢，本所於 2015 年版的綠建築評估手冊中，以所謂動態耗能密度 EUI 理論，完成了各類建築物類型空間的動態耗能密度標準，如表 4-1 所示，可作為各類型建築物耗能基準的參考。此種動態耗能密度 EUI 理論，較依現行建管制度的建築類別做為耗能基準計算之依據更為公平客觀，其係以各類用途樓地板之營

註¹³：包括內政部建築研究所之「建築物節能減碳標示制度規劃之研究(一)、(二)」及國科會「低碳臺灣『建築能源證書』評估系統及關鍵技術之研究」。

運時間，依該空間所對應之耗能特性，依加權方式組合成動態的耗能基準，可符合建築複合及多樣化之特性，準確地預測建築物耗能總量標準。

表 4-1 2015 年版綠建築評估手冊各分類空間耗能密度標準 EUI_{ij}

空間所屬分區	空間名稱		EUI _{ij} (kWh/m ² .yr)
24 小時空調型住宿類空間	A1	24 小時輕設備醫療空間（一般病房+護理站）	225
	A2	全年空調住宿空間（飯店客房及辦理入住業務之大廳、櫃台）	138
24 小時間歇空調型住宿類空間	B1	間歇空調透天住宅、集合住宅（含住宅室內公共空間）	50
	B2	間歇空調不常住型住宿設施（學校、機關、企業宿舍及其附屬接待大廳、室內公共空間）	56
24 小時間歇空調常住型住宿類空間	C1	間歇空調常住型住宿設施（養老院、孤兒院、療養院及其附屬接待大廳、室內公共空間）	76
24 小時營業設備間歇使用類空間	D1	24 小時連鎖超商與速食餐廳	1393
	D2	24 小時重設備醫療空間（加護病房、急診區）	486
	D3	醫院手術房（含其附屬空間）	518
24 小時營業設備穩定使用類空間	E1	24 小時冷凍冷藏空間（飯店、餐廳、量販店之大型專用冷凍冷藏空間）	700
	E2	電腦、電信機房（內含高密度電腦、電信設備之全空調機房）	933
24 小時無空調類空間	F1	24 小時機械換氣空間（室內停車空間、變電室、地下室倉庫、機房等雜空間）	28
	F2	無空調之大型專用倉庫（不含其他空間附屬之小儲藏室、倉庫）	37
18 小時交通運輸類空間	G1	車站、轉運站、航站之大廳（業務大廳區以外空間（如販賣部、商品店等）以 12 小時營業空間處理）	355
15 小時視聽娛樂類空間	H1	電影院、影城（包括走廊、前廳）	354
12 小時營業類空間	I1	一般商店、超市、百貨專櫃（未設餐飲空間、美食街、冷凍冷藏設備等者）	316

第四章 既有建築節能改善之推動策略與效益探討

	I2	高照明商場（百貨一樓美妝商場）	484
	I3	一般餐廳、飯店宴會場（中西餐廳，特色餐廳，美食街等，含附屬廚房、備餐區、冷凍冷藏區）	345
	I4	有大量冷凍冷藏設備之生鮮商場、量販店	591
	I5	中央廚房、中央洗衣房	253
	I6	12小時輕設備醫療空間（醫院之門診部、診所、大廳等）	229
	I7	12小時重設備醫療空間（醫院之檢驗部、藥劑部、放射科、血液透析中心、復健部等）	530
	I9	體育館室內賽場區、運動場館空間（健身房、舞蹈室、室內球場、保齡球道、運動練習室、運動俱樂部、室內游泳池，含附屬空間）	119
	I10	娛樂空間（電子遊樂場、KTV、網咖、撞球、酒吧、舞廳、卡拉OK等，含附屬空間）	211
	I11	有大量加熱設備之專用休閒設施（營業專用SPA &三溫暖、溫泉澡堂，不含附屬於其他空間之小休閒設施）	607
12小時間歇使用類空間	J1	展覽空間（美術館、文物陳列室、商業展覽場等，及其附屬接待大廳、室內公共空間）	153
	J2	專用演講廳、禮堂、會議中心、會議廳、演講活動兼用之宗教集會廳	155
	J3	演藝廳、表演廳、演藝活動兼用之體育館	166
	J4	體育館專用室內座位區	187
10小時行政辦公類空間	K1	辦公行政類空間、學校辦公行政空間（辦公、會議、行政、視聽、研究、實驗相關空間及其附屬大廳與室內公共空間）	121
	K2	圖書館（含閱讀區、書庫區與其附屬大廳與室內公共空間）	113
	K3	機關餐廳（學校、企業、工廠之大眾餐廳，含附屬廚房、備餐區、冷凍冷藏區）	238
	K4	工廠實驗、研究室（研發空間及其附屬大廳與室內公共空間）	162

10 小時學校教室類空間	L1	學校教室（普通教室、專科教室、視聽教室等）	97
工廠廠房製程空間（24 小時設備穩定使用類）	M1	無空調一般工廠作業區	253
	M2	空調型一般工廠作業區	541
	M3	空調型精密製造區	591
	M4	空調型潔淨生產區	563
工廠廠房製程空間（10 小時行政辦公類）	M1	無空調一般工廠作業區	86
	M2	空調型一般工廠作業區	170
	M3	空調型精密製造區	186
	M4	空調型潔淨生產區	176
註：工廠廠房製程空間 EUI 指標 EUI _{ij} 之計算上，扣除製程設備耗能（80% 電器設備密度）			

資料來源：綠建築評估手冊 2015 年版，內政部建築研究所

2、計算使用階段建築實際耗能 EUI

建築物於營運使用階段實際耗能 EUI 之計算，經研擬可採簡易計算法與實測法兩種，茲說明如下：

(1) 簡易計算法：

適用能源消耗以電力為主且使用性質單純之既有建築物，可依照過去（例如參照德國 EnEV 規定之 3 年）實際用電資料（例如電費單），統計各年總耗電度數，再除以建築物使用面積（例如可用使用執照所載面積）及總年數，即可求出建築物年化之耗能 EUI 值，此為最簡易的方式，其公式如(4-1)所示：

$$\text{實際 EUI 值} = \Sigma (E_1 + E_2 + \dots + E_n) \div (TFa \times n) \quad \text{----- (4-1)}$$

其中

E_n ：第 n 年之建築總耗電度數

TFa ：總樓地板面積 (m^2)

n ：實際用電單據之總年數

(2) 實測法：

需透過耗能設備之實測，包括量測空調、照明、動力設備（包括電器設備、給排水污水設備、升降設備）等系統之用電量，需事先各別安

裝獨立之用電迴路以利實測判讀。再依據建築物實際使用面積（例如可用使用執照所載面積），加總計算其實際耗能 EUI 值，詳如計算公式(4-2)所示：

$$\text{實際 EUI 值} = (E'_{ac} + E'_l + E'_e + E'_w + E'_t) \div TFa \text{ ----- (4-2)}$$

其中

E'_{ac} ：空調系統全年實測耗能量 (kWh/yr)

E'_l ：照明系統全年實測耗能量 (kWh/yr)

E'_e ：電器設備系統全年實測耗能量 (kWh/yr)

E'_w ：給排水污水設備系統全年實測耗能量 (kWh/yr)

E'_t ：升降設備系統全年實測耗能量 (kWh/yr)

TFa ：總樓地板面積 (m^2)

此階段與前述設計階段最大不同的地方，是所計算得到 EUI 最能代表此建築實際之耗能狀況，而設計階段之 EUI 值僅能代表在標準營運狀況下之耗能狀況。

3、優先就耗能佔比較大之設備進行節能改善

如經上述方式計算出使用建築之實際 EUI 值高於基準值，則代表建築能源效率不佳亟需改善。

若以我國一般中央空調型辦公大樓而言，平均之用電比例約為：空調設備佔 45%、大樓機電設備佔 15%、照明及插座佔 40%，如圖 4-1 所示。其全年之 EUI 值則約介於 150~250 kWh/ m^2 .yr 左右。

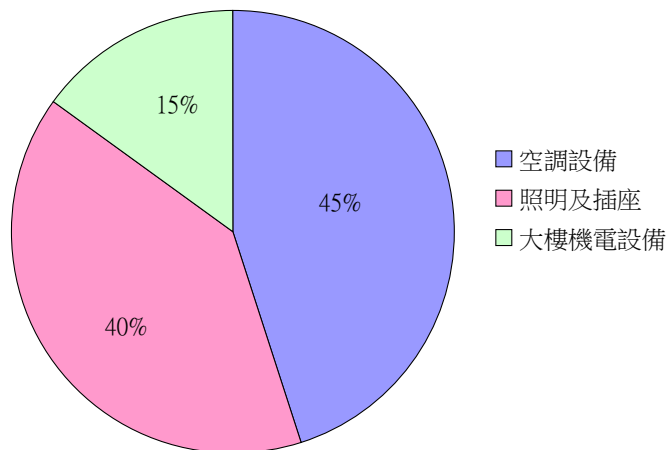


圖 4-1 我國辦公類建築耗電情況

資料來源：本研究整理

若以住宅類建築而言，依據研究調查顯示（郭柏巖，2008），公寓類型建築物全年度耗電以家電耗電佔比最高達 51%，其次為照明佔 27%、空調佔 22%。透天類型建築物全年度耗電以家電耗電佔比最高達到 48%，其次為照明佔 34%、空調佔 18%，如圖 4-2 所示。

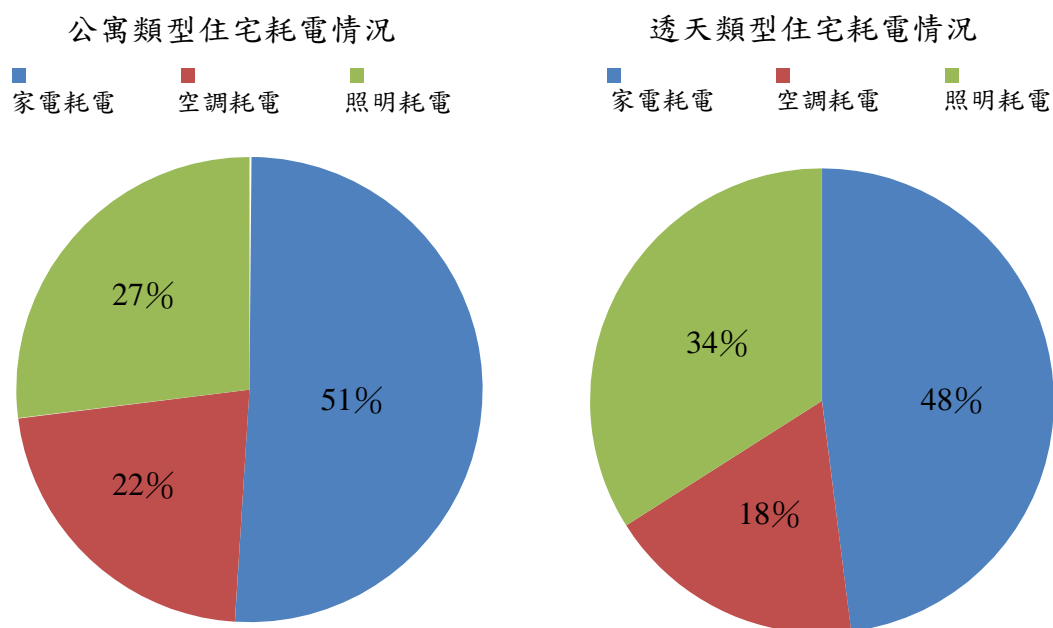


圖 4-2 我國住宅類建築耗電情況

資料來源：「住宅類建築耗電測與解析」（郭柏巖，2008）

無論是上述辦公類或住宅類建築物，其實際 EUI 值皆將受建築物使用之耗能設備能源效率、外殼型式、方位、開窗率等因素影響。由上可知若為辦公類建築，因主要耗能為空調設備，其次是照明及插座，故應優先以空調設備作為節能改善之標的，再依序改善照明及其他插座耗能設備，惟因建築外殼隔熱性能影響主要為空調耗能，故空調型建築如能同時進行建築外殼隔熱改善如外遮陽、屋頂隔熱等，其節能效益會較大。

若為住宅類建築，因主要耗能設備為家電設備，建議應優先汰換為

節能效率較佳之產品。查經濟部能源局於民國 90 年起針對電器產品實施「節能標章」制度，節能標章認證產品，其能源效率較國家標準(CNS)或一般市售產品高出 10~50%，可以讓消費者輕鬆辨識該產品為高能效產品，並促使消費者優先選用。

此外經濟部能源局於民國 99 年 7 月 1 日起，陸續以國內使用產品耗能量大、普及率高、能源效率有明顯差異或改善空間大之產品項目，列為實施強制標示能源效率分級制度，主要是讓產品能源效率更佳透明化，透過揭露能源效率、能源效率等級、年耗電量等…資訊，更進一步顯示使用產品的耗電量及省能效果，讓國人於選購時，依據能源效率資訊，比較並選購合適的節能產品。

綜上考量，我國於現階段住宅類建築節能改善部分，建議仍以推動節能電器及照明燈具為主，並以建築技術規則及綠建築標章制度「日常節能」之規定，以及「住宅性能評估實施辦法」為輔，應可落實於提高住宅類新建及既有建築之能源效率，達到節能之目的。

第二節 推動既有建築節能改善之政策面策略

前節業就執行面分析探討推動既有建築節能改善之策略，惟若能由政府部門制定配套政策，由點逐步擴散到線再擴大到面，將能收到更廣泛之成效。建議如下：

1、分階段推行策略：可依序分為下列 4 個階段

(1) 由政府部門管理之建築物示範改善及推廣階段：

由政府部門所管理之公有建築以及行政單位所有之建築物（例如出租辦公室之建物），進行既有建築節能改善之示範與推廣工作。

(2) 採自願性參與方式推廣至民間之大型建築物階段：

逐步推廣至民間之供公眾使用建築物以及產權單純之大型建築物，讓民間自願性參與跟進建築節能改善，例如民營金融機構或大型企業集團所擁有大樓之大型能源用戶等。

(3) 採自願性參與方式推廣至民間之中、小型建築物階段：

如上述民間大型建築物推行成效卓著，再考慮逐步推廣至一般民間中、小型建築，促使其自願投入資源參與建築節能改善。惟此階段必須要有相對誘因(例如財政獎補助政策)，方較容易推行。

(4) 將建築物耗能應基準值納入法規管控階段：

當民間單位參與既有建築節能改善普及率達某特定比例以上(例如50%)，則可研擬將各類既有建築之耗能基準值納入相關法規，要求建築物所有權人於買賣或出租時需出示該建築物耗能低於基準值之證明。惟此階段需同時擬定完整之配套措施，如搭配財政獎補助政策及培育建築節能相關執行人才及專責機構等，方能全面順利推行。

2、設立推動既有建築節能之專責機構：

依現階段既有體制，新建建築部分雖涉及建築設計規範業務，惟因建築節能設計規範僅針對建築構造體本身，未包含耗能設備，建管單位無法管控其實際營運後之耗能；至既有建築部分，因係使用管理階段，涉及設備之能耗。綜合上述考量，故建議宜由經濟部能源局主管。

惟長遠來看，未來若能仿效德國成立(或指定)跨部會之專責機構，負責統合執行既有建築節能之推廣宣導、制度研發修訂、貸款及獎補助、培訓及選拔建築能源專業人員、建築能源查核管控及揭露等業務，將更有效率。

3、針對建築實際能耗低於基準值之建築物給予適度之電價優惠獎勵：

建議我國可效法德國先從自願性發起實施，並對於落實建築實際能耗低於基準值之建築物所有權人，可給予適度之電價優惠獎勵，如此不但可增加民眾自願參與建築節能改善之意願，更有助於降低我國夏季尖峰用電之需求，對臺電公司而言雖付出電價優惠之成本，卻可減輕其每逢夏季就面臨供電吃緊，甚至限電或跳電之危機，權衡之下實具有推動之價值，惟其相關優惠或折扣程度尚需由經濟部及臺電公司研擬其執行細節。

4、進行我國建築能源相關法規之修訂：

以現有法規體制而言，未來我國若想推行既有建築能耗基準值之管制，其法源依據最接近應為「能源管理法」第八條、第九條及第十七條。建議可在「能源管理法」第十七條中增列有關既有建築物之能耗基準值相關規定，以及於第九條納入前述事項之查核、揭露等規定，如此才能具有法源依據並強制要求各地方政府之主管機關執行，並達到透過建築市場的自由交易與淘汰機制，讓民眾自發性願意配合建築節能管制。

5、建立建築節能改善之財政獎補助政策：

我國與歐美等國對於建築耗能不同之處，主要係我國建築之耗能設備對能源效率之影響，將大於建築外殼影響程度，故我國建築如欲進行節能改善，應優先以耗能設備為改善重點，以提高其節能效益。建議經濟部能源局除了現行推動之購買節能家電給與部分補助外，可依「能源管理法」第5條第2項第2款，研擬由現有之能源研究發展基金或其他相關預算，作為提供補助既有建築節能改善財源之可行性。並可依據實質節能效益，作為對於建築外殼節能、空調節能設備、節能產品上的補助依據，同時可考慮在銀行融資予以優惠貸款的獎勵，對於推動既有建築節能改善，才有立竿見影的成效。

第三節 建築耗能設備節能改善之效益探討

針對建築耗能設備常用之節能改善項目，主要包括中央空調設備系統、熱泵設備系統、建築能源管理系統(BEMS)、空調系統測試調整平衡(TAB)、照明設備系統等。本所自92年至105年辦理之「建築節能與綠廳舍改善補助計畫」累計完成眾多實際改善案例，本研究經蒐集整理358個耗能設備節能改善實際案例之相關成果，並建立其實際建置成本與改善成效之資料庫如附錄一之表1，可用以分析探討各種不同建築節能改善技術之回收效益，供欲實施改善之業者或民眾事前參考。

為了解各種不同建築節能改善技術之回收效益排序，本研究針對附錄一所列之改善項目，挑選使用率較高之前 16 項作為迴歸分析之影響變數，如表 4-2 所示，並以每年之節能效益比(年節省電費/總經費)為目標值，該值越高表示效益越好（該值之倒數即回收年限），假設採用線性迴歸分析，方程式如下：

$$Y=C_0+\sum C_i*X_i \text{ -----(4-3)}$$

上式中

Y 為每年之節能效益比(年節省電費/總經費)

C₀為迴歸分析式之截距，為固定常數，此處假設為 0

C_i為各影響變數之對應係數，為固定常數

X_i為各影響變數，亦即採用之改善項目，若採用則X值為 1，未採用則為 0

i 為項次，其值為 1~16

表 4-2 迴歸分析設定之影響變數X_i表

改善項目名稱	冷卻水塔導入變頻控制	冰水泵浦導入變頻控制	冷卻水泵浦導入變頻控制	空調箱變風量導入變頻控制	修改冰水系統管路(主機臺數控制)	區域冷房控制	CO ₂ 控制外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水泵浦	全熱交換器	照明
影響變數代碼 X _i	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16

資料來源：本研究整理

本研究應用統計學原理，將附錄一之表 1 資料量化整理為附錄一之表 2 後，即可藉由迴歸分析方法獲知各種改善項目節能效益之顯著程度，亦即各改善項目之優先順序，以判斷哪些改善項目之節能效益最好、最

值得優先辦理改善。經以附錄一之表 2 利用公式 4-3 進行迴歸分析後，並將係數 C_i 依大小排序可得表 4-3。

表 4-3 個別迴歸參數分析表

改善項目	變數 X_i	迴歸係數 C_i	標準誤 差	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
熱泵	X9	0.194	0.019	10.445	0.000	0.158	0.231
照明	X16	0.188	0.027	6.952	0.000	0.135	0.241
冰水泵浦導入變頻 控制	X2	0.117	0.024	4.851	0.000	0.070	0.165
全熱交換器	X15	0.105	0.052	2.007	0.046	0.002	0.207
冰水主機	X8	0.099	0.021	4.697	0.000	0.058	0.141
CO ₂ 控制外氣引入	X7	0.074	0.037	2.001	0.046	0.001	0.147
空調箱	X10	0.064	0.025	2.556	0.011	0.015	0.114
修改冰水系統管路 (主機臺數控制)	X5	0.056	0.039	1.437	0.152	-0.021	0.133
小型送風機(FCU)	X11	0.054	0.034	1.596	0.111	-0.012	0.120
空調箱變風量導入 變頻控制	X4	0.048	0.031	1.561	0.119	-0.013	0.109
冷卻水塔導入變頻 控制	X1	0.047	0.039	1.202	0.230	-0.030	0.124
區域冷房控制	X6	0.046	0.067	0.691	0.490	-0.085	0.178
冰水泵浦	X13	0.038	0.025	1.492	0.137	-0.012	0.087
冷卻水泵浦導入變 頻控制	X3	0.031	0.042	0.747	0.456	-0.051	0.113
冷卻水泵浦	X14	0.023	0.034	0.682	0.496	-0.044	0.091
冷卻水塔	X12	0.018	0.026	0.685	0.494	-0.033	0.068
	截距	0					

資料來源：本研究整理

為確認本研究採用之迴歸方程式（公式 4-3）所有自變數對依變數是否有聯合解釋之能力，也就是探討迴歸方程式是否可以被接受，可以用變異數分析（Analysis of variance，簡稱 ANOVA）方法來檢定，可利用統計軟體計算出變異數分表，取得 F 值並進行 F 檢定，複迴歸變異數

分析結果如表 4-4 所示。

表 4-4 複回歸變異數分析表

變異來源	自由度	平方和 SS	平均平方和 MS	F	顯著值
迴歸	k=16	14.5244	0.90778	31.6503	1.1E-57
殘差	n-k-1=342	9.80905	0.02868		
總和	n-1=358	24.3335			

資料來源：本研究整理

若 $F > F(16, 358, 0.05)$ 則表示迴歸方程式的自變數對依變數有解釋能力，整體迴歸模型可以接受。 $F(16, 358, 0.05)$ 經查表=1.65，根據上表 $F=31.6503 > F(16, 358, 0.05)$ ，故本研究假設之線性迴歸方程式（公式 4-3）可以接受。

其次需再檢查表 4-3 計算出來之各迴歸係數 C_i 是否可以接受，可藉由 t 檢定來探討，若 $t \leq t_{n-k-1, \alpha}$ 則接受該迴歸係數，亦即 $t > t(342, 0.05)$ 才顯著，其中殘差=342、 α 為顯著水準=0.05，經查表 $t(342, 0.05)=1.645$ 。

除藉由 t 檢定迴歸係數外，另以 P 值搭配係數註記星號(*)作為顯著性之輔助說明。P 值定義為迴歸係數無解釋能力發生之機率。本研究以註記星號* $P < 0.1$ 表示顯著、** $P < 0.01$ 表示很顯著、*** $P < 0.001$ 表示非常顯著。

最後依上述 t 檢定及 P 值檢查，可將表 4-3 整理出迴歸係數具顯著以上水準之改善項目（變數 X_i ）如表 4-5 所示。

表 4-5 迴歸係數具顯著以上水準之改善項目（變數 X_i ）表

改善項目（變數 X_i ）	t 檢定(檢查個別)	P 值
熱泵	顯著	***
照明	顯著	***
冰水泵浦導入變頻控制	顯著	***
全熱交換器	顯著	*
冰水主機	顯著	***
CO ₂ 控制外氣引入	顯著	*
空調箱	顯著	*

資料來源：本研究整理

經由上述迴歸分析，並經過F檢定、t檢定及輔以P值標示參數是否顯著後可發現，改善效益最顯著之項目，依序為熱泵、照明、冰水泵浦導入變頻控制、冰水主機等4項，其次才是全熱交換器、CO₂控制外氣引入、空調箱等。

第四節 既有建築外殼節能改善之效益探討

臺灣都市夏季環境炎熱，都市熱島效應顯著，為應付炎熱情況，會更加速空調使用與排熱，造成都市更高溫的惡性循環，爰減少空調排熱為降低都市熱島效應重要措施。此外，辦理建築物屋頂面及立面之隔熱與遮陽，均具減緩熱島效應功能，同時亦能促進既有建築物之節能改善效益。相關建築外殼節能改善之效益探討說明如下：

1、屋頂隔熱與屋頂綠化：

假設某既有建築屋頂未施作隔熱層，其屋頂層為15公分鋼筋混凝土結構+2公分水泥砂漿粉光+1公分防水層，其U值經計算約為2.5，並以此作為基準。假設屋頂隔熱改善後之U值符合法規標準0.8，惟為了解U值每降低0.1其節能率之影響程度，故再分別取U值改善為0.7、

0.6、0.5、0.4；另為比較綠屋頂之節能效果，同時假設採用薄層綠化（土壤厚度 18 公分、植栽高度 10 公分）進行對照分析。

本研究採用 EnergyPlus 電腦軟體進行全年之能耗模擬分析，分別假設於臺北、臺中、高雄等三個不同氣候地區，進行整棟建築物之全年耗電量模擬，其空調及總用電之節能率經整理後詳如表 4-6 所示。

表 4-6 臺北、臺中、高雄等地區屋頂隔熱改善之節能率模擬結果表

地區	建築節能部位 消耗量 (kWh)	屋頂薄層 綠化改善	屋頂隔熱改善					
			U=0.4	U=0.5	U=0.6	U=0.7	U=0.8	U=2.5
臺北	頂樓空調 節能率	19.97%	6.21%	5.81%	5.42%	5.03%	4.65%	0.00%
	頂樓總節 能率	8.60%	2.68%	2.50%	2.33%	2.17%	2.00%	0.00%
臺中	頂樓空調 節能率	22.50%	7.10%	6.64%	6.22%	5.78%	5.36%	0.00%
	頂樓總節 能率	10.26%	3.24%	3.03%	2.84%	2.64%	2.45%	0.00%
臺 雄	頂樓空調 節能率	20.78%	7.00%	6.55%	6.11%	5.69%	5.28%	0.00%
	頂樓總節 能率	9.41%	3.17%	2.97%	2.77%	2.58%	2.39%	0.00%

資料來源：本研究整理

以臺北地區頂層為例，當屋頂層 U 值由原有之 2.5 改善至符合法規之 0.8 時，空調節能率約 4.65%、總節能率約 2.0%；另若 U 值每降低 0.1 時，其空調節能率可再增加約 0.4%、總節能率可再增加約 0.2%。至於屋頂薄層綠化後之節能效果，空調節能率高達約 19.97%、總節能率約 8.6%，遠比傳統屋頂隔熱改善優越，此乃因屋頂綠化除了土壤（含水）本身即具有相當良好之熱阻效果外，植物之水氣蒸發亦提供相當良好之散發熱能作用，可謂會呼吸的綠屋頂，此點係傳統隔熱磚無法比擬之處，惟仍需視既有建築屋頂層結構強度是否足夠方可施作。

夏季空調耗能受到室內外溫度差的影響甚大，隔熱性能差的屋頂會增加室內環境的熱負荷，故改善屋頂隔熱最多約可減少頂樓層 20% 空調用電，亦可增加室內熱環境舒適性。屋頂隔熱方式甚多，包括屋頂綠化，不但可替建築物室內降溫、綠美化都市環境以及淨化都市空氣，亦可降低都市熱島效應以減緩地球暖化；或是採用鋪設隔熱層，利用材料的熱阻特性來阻擋太陽輻射熱傳遞入室內；或是採用涼屋頂，藉由反射太陽輻射熱方式，減少屋頂吸收的太陽輻射熱，以降低屋頂層室內溫度，達到節能減碳及改善室內熱舒適度的效果。

2、外遮陽：

本研究將分別針對較常見之水平式、垂直式及格子式等 3 種外遮陽型式，以伸出深度 1.5 公尺^{*14}，分別進行北、東北、東、東南、南、西南、西、西北等八個方位外周區之耗電量模擬。經分別就臺北、臺中、高雄等三個地區，對應三種型式之外遮陽及八個方位，分析整理其空調及整體總耗能之節能率模擬結果，如表 4-7 所示。

表 4-7 外遮陽之空調及整體總耗能模擬結果表

外遮陽種類	窗戶面向	臺北		臺中		高雄	
		總節能率	空調節能率	總節能率	空調節能率	總節能率	空調節能率
水平式	北向外周區	2.69%	4.96%	3.17%	5.56%	2.98%	5.15%
	東北向外周區	4.45%	7.91%	4.83%	8.21%	4.20%	7.09%
	東向外周區	5.65%	9.79%	6.00%	9.98%	5.20%	8.62%
	東南向外周區	5.81%	10.18%	6.18%	10.38%	5.42%	9.05%
	南向外周區	4.33%	7.82%	4.69%	8.09%	4.48%	7.60%
	西南向外周區	4.55%	8.14%	6.38%	10.72%	6.45%	10.65%
	西向外周區	13.20%	22.02%	16.28%	25.31%	16.70%	25.56%
	西北向外周區	3.30%	6.01%	5.23%	8.89%	5.20%	8.70%
垂直式	北向外周區	2.25%	4.14%	2.69%	4.73%	2.52%	4.35%
	東北向外周區	3.19%	5.68%	3.50%	5.95%	2.91%	4.91%

註¹⁴：依現行建築技術規則規定，遮陽板有二分之一以上為透空，且其深度在 2 公尺以下者，及屋簷突出建築物外牆中心線未超過 2 公尺者，得不計入建築面積及容積。

外遮陽種類	窗戶面向	臺北		臺中		高雄	
		總節能率	空調節能率	總節能率	空調節能率	總節能率	空調節能率
	東向外周區	2.23%	3.87%	2.42%	4.02%	2.17%	3.61%
	東南向外周區	3.30%	5.78%	3.64%	6.11%	3.08%	5.14%
	南向外周區	2.60%	4.69%	2.95%	5.09%	2.76%	4.69%
	西南向外周區	2.60%	4.66%	3.90%	6.55%	3.66%	6.04%
	西向外周區	11.13%	18.57%	12.67%	19.70%	12.81%	19.61%
	西北向外周區	2.43%	4.43%	3.71%	6.30%	3.47%	5.81%
	格子式	北向外周區	3.76%	6.94%	4.42%	7.77%	4.17%
東北向外周區		6.02%	10.71%	6.60%	11.23%	5.73%	9.68%
東向外周區		6.83%	11.85%	7.34%	12.21%	6.43%	10.66%
東南向外周區		7.36%	12.88%	7.92%	13.29%	6.92%	11.54%
南向外周區		5.43%	9.79%	5.96%	10.28%	5.69%	9.66%
西南向外周區		5.89%	10.56%	8.23%	13.83%	8.17%	13.48%
西向外周區		14.20%	23.69%	17.51%	27.23%	17.86%	27.32%
西北向外周區		4.54%	8.27%	7.01%	11.92%	6.83%	11.43%

資料來源：本研究整理

由上表可發現，於八個方位外周區之「空調節能率」約為 4~23% 之間，若以格子式外遮陽為例，當面向西方設置外遮陽時之效果最好，約有 23~27% 左右，其次為面向東及東南方，約有 11~14% 左右，面向北方之效果最差，約僅 6~7% 左右。至於以「總節能率」來分析，於外周區八個方位約為 2~17% 之間，同樣以格子式外遮陽為例，面向西方設置外遮陽之效果最好，約有 14~17% 左右，其次為面向東、東南及西南方，約有 5~8% 左右，面向北方之效果最差，約僅 3~4% 左右。綜上所述，三種外遮陽於建築物外周區各方位平均之空調節能率，水平式約為 10%、垂直式約為 6%、格子式約為 12%。

臺灣位處濕熱氣候區，隔熱與通風尤其重要，設置外遮陽可有效阻隔太陽熱輻射，防止室內眩光與陽光直射等情形發生，同時可減少室內窗簾使用，增加自然通風之機會，提升室內通風效果，使室內空氣品質上升，室溫下降，減少空調耗電量；並可使室內增加自然採光的機會，

充分應用晝光使室內維持足夠照度，降低人工照明之耗能。故外遮陽的設置，除可達成節能之目的外，亦可營造舒適的室內環境，增進人員工作效率。

第五章 結論與建議

本研究依據原規劃時程，已完成蒐集並探討我國既有建築節能改善所涉之法令規定、國內外建築節能之相關推動措施，以及有關建築節能改善之技術手法等基礎理論文獻資料。並就執行面及政策面，研擬適合我國之既有建築節能改善之相關推動策略。

此外本研究針對本所 92 至 105 年補助中央政府所屬廳舍辦理之既有建築節能示範改善實際案例，完成建置改善資料庫共計 358 件，此資料庫累積之改善案例數量相當龐大，在國內實屬罕見，具有相當高之參考價值。經以大數據概念進行迴歸分析後，本研究依節能效益之高低排序，找出最有效益之節能改善項目。

綜上，本研究成果可供政府作為規劃後續推動既有建築節能改善之施政參考，期能讓政府有限之預算，用於最有效之執行項目，除可達到落實政府節能減碳之政策，對減緩都市熱島效應及降低夏季尖峰用電負載，亦將有莫大幫助。此外，亦可供民間業者或民眾於進行建築節能改善前參考，以挑選節能效益較高之改善項目。

第一節 結論

根據上述研究成果，本計畫研擬之研究結論說明如下：

1、提出既有建築節改善能之推動策略：

本研究分別就技術面、執行面及政策面，研擬進行既有建築節能改善之推動策略，整理說明如表 5-1 所示：

表 5-1 我國進行既有建築節能改善之推動策略一覽表

策略面向	推動要項
技術面	1、主動式節能改善：包括中央空調系統改善、熱泵系統改善、室內照明系統改善、建置或升級建築能源管理系統(BEMS)、進行空調系統測試調整平衡(TAB)等。

策略面向	推動要項
	2、 被動式節能改善 ：包括屋頂隔熱（或屋頂綠化）改善、外遮陽等。
執行面	<p>1、建立各類型建築物之能耗基準：可採用本所 2015 年版綠建築評估手冊中，各類建築物類型空間之動態耗能密度標準，以符合建築複合及多樣化之特性，準確地預測建築物耗能總量標準。</p> <p>2、計算使用階段建築實際耗能 EUI：可採簡易計算法與實測法兩種，前者係適用能源消耗以電力為主且使用性質單純之既有建築物；後者需事先安裝獨立之用電迴路及電表。</p> <p>3、優先就耗能佔比較大之設備進行節能改善：辦公類建築主要耗能為空調設備，其次是照明及插座；住宅類建築主要耗能設備為家電設備，應優先汰換為節能效率較佳之產品，以推動節能電器及照明燈具為主。</p>
政策面	<p>1、分階段推行策略：由政府部門管理之建築物優先示範改善，再以自願性參與方式逐步推廣至民間建築物，最後將建築物耗能基準值納入法規管控。</p> <p>2、設立推動既有建築節能之專責機構：建議可仿效德國成立（或指定）跨部會之專責機構，負責統合執行既有建築節能之相關業務，將更有效率。</p> <p>3、針對建築實際能耗低於基準值之建築物給予適度之電價優惠獎勵：可增加民眾自願參與建築節能改善之意願，更有助於降低我國夏季尖峰用電之需求。</p> <p>4、進行我國建築能源相關法規之修訂：可在「能源管理法」第 17 條中修訂新建建築物節能標準並確實推動，以及於第 9 條納入查核、揭露等規定。</p> <p>5、建立建築節能改善之財政獎補助政策：可依「能源管理法」第 5 條第 2 項第 2 款，研擬由現有之能源研究發展基金或其他相關預算，作為提供補助既有建築節能改善財源之可行性。</p>

資料來源：本研究整理

2、探討建築耗能設備節能改善之效益：

本研究經蒐集整理 358 個耗能設備節能改善實際案例之相關成果，並建立其實際建置成本與改善成效之資料庫如附錄一之表 1，可用以分析探討各種不同建築節能改善技術之回收效益，供欲實施改善之業者或民眾事前參考。

經統計上述案例之平均回收年限約 4.76 年，經藉由迴歸分析方法獲知各種改善項目節能效益之顯著程度，可發現改善效益最顯著之項目，依序為熱泵、照明、冰水泵浦導入變頻控制、冰水主機等 4 項，其次才是全熱交換器、CO₂ 控制外氣引入、空調箱等，建議應以效益最顯著之項目優先納入改善。

3、探討既有建築外殼節能改善之效益：

臺灣都市夏季環境炎熱，都市熱島效應顯著，為應付炎熱情況，會更加速空調使用與排熱，造成都市更高溫的惡性循環，爰減少空調排熱為降低都市熱島效應重要措施。此外，辦理建築物屋頂面及立面之隔熱與遮陽，均具減緩熱島效應功能，同時亦能促進既有建築物之節能改善效益以及有助於降低夏季尖峰用電負載。

夏季空調耗能受到室內外溫度差的影響甚大，隔熱性能差的屋頂會增加室內環境的熱負荷，故改善屋頂隔熱最多約可減少頂樓層 20% 空調用電，亦可增加室內熱環境舒適性。屋頂隔熱方式甚多，包括屋頂綠化，不但可替建築物室內降溫、綠美化都市環境以及淨化都市空氣，亦可降低都市熱島效應以減緩地球暖化；或是採用鋪設隔熱層，利用材料的熱阻特性來阻擋太陽輻射熱傳遞入室內，達到節能減碳及改善室內熱舒適度的效果。

惟臺灣位處濕熱氣候區，隔熱與通風尤其重要，設置外

遮陽可有效阻隔太陽熱輻射，防止室內眩光與陽光直射等情形發生，同時可減少室內窗簾使用，增加自然通風之機會，提升室內通風效果，使室內空氣品質上升，室溫下降，減少空調耗電量，其中常用之外遮陽於建築物外周區各方位平均之空調節能率，水平式約為 10%、垂直式約為 6%、格子式約為 12%；並可使室內增加自然採光的機會，充分應用晝光使室內維持足夠照度，降低人工照明之耗能。故外遮陽的設置，除可達成節能之目的外，亦可營造舒適的室內環境，增進人員工作效率。

第二節 建議

本研究已提出既有建築節能改善之推動策略，並就主要之建築節能改善技術，進行實際改善案例之探討與分析。茲就建議部分說明如下：

建議一

優先補助節能改善效益最顯著之項目：立即可行建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部建築研究所

目前經濟部能源局辦理多項之建築節能（含耗能設備）之相關獎補助專案計畫，建議可優先就熱泵、照明、冰水泵浦導入變頻控制、冰水主機等項目進行補助改善，將可獲得最佳之節能效益。

建議二

由公有建築物優先辦理節能診斷及改善示範：立即可行建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

我國民間的建築物自有比例高，在法令以及制度設計未周延下貿然推動，必然引發相當大的反彈力道。相形之下我國公共建築也具有一定數量，可以由公部門所管理以及擁有之建築物做為優先推動節能診斷及改善之示範。藉由公部門所擁有之建築物優先試行，除了可以累積推動經驗，減少未來推動障礙外，也可以藉此宣傳建築節能所能帶來的好處，做為未來全面推動之準備。

建議三

將空調冰水系統之 kW/RT 列為效率評估指標：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經濟部能源局

建議未來應將空調冰水系統之 kW/RT 列為效率評估指標，經濟部能源局已將 0.85kW/RT 列入既有建築物補助案鼓勵項目，建議本所後續年度辦理之「建築節能與綠廳舍改善計畫」業務委託案可將空調冰水系統之 kW/RT 列為效率評估指標之一。

建議四

進行我國建築能源相關法規之修訂及建立財政獎補助政策：中長期性建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

我國既有建築比例高達 97% 以上，如要落實建築節能達到各類建築物之耗能基準，勢必需由法規著手管制。建議可在「能源管理法」第十七條中修訂新建建築物節能標準並確實推動，以及於第九條納入前述事項之查核、揭露等規定，如此才能具有法源依據並強制要求各地方政府之主管機關據以執行。另需同時搭配財政獎補助政策，除了現行推動之購買節能家電給與部分補助外，可依「能源管理法」第 5 條第 2 項第 2 款，研擬由現有之能源研究發展基金或其他相關預算，作為提供補助既有建築節能改善財源之可行性。

補助 年度	編號	改善總經費	節省電量 (kWh/Y)	節能效益(元)	回收期 限	改善項目																									
						專入變頻控制			節能策略導入					汰換或汰換設備							建築能 源管理 系統 (BEMS)	測試 調整 平衡 (TAB)									
						冷卻 水塔	冰水 泵浦	冷卻 水泵	修改 冰水 系統 管路(主機 台數 控制)	增設 平衡 閥	區域 冷房 控制	電腦 機房 冷熱 風運	跨值 控制 外氣 引入	CO2控 制外 氣引 入	空調 箱轉 向	冰水 主機	熱泵	空調 箱	小型 送風 機 (FCU)	冷卻 水塔			冰水 泵浦	冷卻 水泵	全熱 交換 器	照明					
98	154	2,776,705	173,219	606,267	4.58	●																●								●	
98	155	2,758,234	245,504	859,263	3.21	●																								●	
98	156	1,970,000	153,786	538,251	3.66																		●							●	
98	157	3,357,720	298,031	1,043,109	3.22	●																								●	
98	158	4,054,000	463,314	1,621,600	2.50		●																						●		
98	159	2,558,895	227,761	797,163	3.21																	●								●	
98	160	2,365,000	278,023	973,081	2.43																									●	
99	161	3,194,810	117,137	288,488	11.07																									●	
99	162	3,735,572	185,753	575,836	6.49																									●	
99	163	3,221,044	621,109	1,561,488	2.06	●																								●	
99	164	3,495,950	237,542	642,644	5.44																									●	
99	165	2,214,717	79,045	245,040	9.04	●																								●	
99	166	2,835,979	165,240	362,555	7.82	●																								●	
99	167	1,926,000	116,881	280,767	6.86																									●	
99	168	3,491,880	31,907	46,048	75.83																									●	
99	169	4,108,960	255,455	580,109	7.08																									●	
99	170	1,456,000	13,763	46,787	31.12																									●	
99	171	1,967,716	306,283	889,931	2.21																									●	
99	172	2,632,344	133,201	412,922	6.37																									●	
99	173	1,507,001	273,060	817,303	1.84																									●	
99	174	2,065,608	258,179	764,357	2.70																									●	
99	175	2,032,648	109,624	198,978	10.22																									●	
99	176	2,528,544	208,082	572,778	4.41	●																								●	
99	177	1,929,000	130,336	404,041	4.77																									●	
99	178	3,175,580	1,255,090	2,484,289	1.28																									●	
99	179	2,007,820	219,204	458,970	4.37																									●	

表 2 92 年至 105 年「建築節能與綠廳舍改善補助計畫」改善效益比迴歸分析資料庫

項目/項次	回收年限 (總經費/年效益)	效益比 (年效益/總經費)	導入變頻控制				節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水泵 浦導入變 頻控制	空調箱變 風量導入 變頻控制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔 冰水泵浦	冷卻水泵 浦	全熱交換 器	照明	
影響變數 Xi			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16
使用次數			21	59	21	36	21	7	24	150	88	55	27	77	89	37	11	42
使用次數佔總數比例			5.9%	16.5%	5.9%	10.1%	5.9%	2.0%	6.7%	41.9%	24.6%	15.4%	7.5%	21.5%	24.9%	10.3%	3.1%	11.7%
1	5.44	0.18	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
2	6.22	0.16	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
3	9.00	0.11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
4	7.80	0.13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
5	8.27	0.12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
6	6.40	0.16	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	6.57	0.15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
8	7.50	0.13	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	4.64	0.22	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
10	4.30	0.23	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
11	3.68	0.27	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
12	4.90	0.20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
13	4.30	0.23	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
14	4.58	0.22	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
15	5.27	0.19	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
16	7.05	0.14	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
17	7.56	0.13	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
18	5.38	0.19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
19	4.04	0.25	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
20	5.62	0.18	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
21	3.45	0.29	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

推動既有建築節能改善策略與效益之研究

項目/項次	回收年限 (總經費/年效益)	效益比 (年效益/總經費)	導入變頻控制					節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水泵 導入變 頻控制	空調箱變 風量導入 變頻控制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水泵	全熱交換 器	照明	
22	5.74	0.17	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	6.06	0.16	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
24	7.70	0.13	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	5.00	0.20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
26	5.15	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
27	6.03	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
28	6.74	0.15	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
29	4.71	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
30	6.70	0.15	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
31	4.84	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
32	5.57	0.18	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
33	5.42	0.18	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
34	5.36	0.19	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	3.86	0.26	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
36	5.65	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
37	6.38	0.16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
38	3.09	0.32	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
39	4.98	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
40	7.84	0.13	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	8.38	0.12	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	5.08	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
43	4.83	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
44	5.25	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
45	3.48	0.29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
46	6.15	0.16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
47	21.30	0.05	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	6.58	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0

項目/項次	回收年限 (總經費/年效益)	效益比 (年效益/總經費)	導入變頻控制				節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水塔 冷卻水塔 變頻控制	空調箱變 風量導入 變頻控制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水塔 冰水泵浦	全熱交換 器	照明
49	6.68	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	5.41	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	6.31	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	6.19	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	5.32	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	3.34	0.30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	5.95	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	7.40	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	4.40	0.23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	4.37	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	5.16	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	5.76	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	4.74	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	6.00	0.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	6.00	0.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	6.00	0.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	6.00	0.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	6.00	0.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	7.30	0.14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	5.00	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	6.60	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	4.10	0.24	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	5.59	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	6.10	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	5.00	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	6.00	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	4.32	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

項目/項次	回收年限 (總經費/ 年效益)	效益比 (年效益/ 總經費)	導入變頻控制				節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水泵浦 導入變頻 控制	空調箱變 風量導入 變頻控制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水泵 浦	全熱交換 器	照明
103	5.10	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	3.60	0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	2.48	0.40	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
106	4.44	0.23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
107	3.29	0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
108	3.52	0.28	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
109	2.30	0.43	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	2.80	0.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
111	5.02	0.20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	4.12	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113	4.84	0.21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
114	5.13	0.19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	3.20	0.31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	4.12	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
117	3.28	0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
118	4.10	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
119	2.42	0.41	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
120	4.37	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
121	5.98	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
122	1.78	0.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
123	2.97	0.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
124	6.22	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
125	6.10	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
126	5.12	0.20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
127	4.65	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
128	3.70	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
129	5.20	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

項目/項次	回收年限 (總經費/ 年效益)	效益比 (年效益/ 總經費)	導入變頻控制				節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水泵 導入變 頻控制	空調箱變 風量導入 變頻控制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水泵	全熱交換 器	照明
157	3.22	0.31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158	2.50	0.40	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
159	3.21	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	2.43	0.41	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
161	11.07	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
162	6.49	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
163	2.06	0.48	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
164	5.44	0.18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165	9.04	0.11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
166	7.82	0.13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
167	6.86	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168	75.83	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
169	7.08	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	31.12	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
171	2.21	0.45	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	6.37	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	1.84	0.54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
174	2.70	0.37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175	10.22	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
176	4.41	0.23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
177	4.77	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
178	1.28	0.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
179	4.37	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	30.75	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
181	4.81	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
182	8.05	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
183	4.92	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

推動既有建築節能改善策略與效益之研究

項目/項次	回收年限 (總經費/ 年效益)	效益比 (年效益/ 總經費)	導入變頻控制					節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水 泵浦 變頻 控制	空調箱 變 風量 變頻 控制	修改冰水 系統管 路(主 機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水 泵	全熱交換 器	照明	
184	2.39	0.42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
185	1.39	0.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
186	2.12	0.47	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
187	16.04	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
188	9.33	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
189	6.25	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190	11.70	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
191	3.17	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
192	4.00	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
193	46.47	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
194	17.56	0.06	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
195	2.79	0.36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
196	22.98	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
197	18.38	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
198	20.47	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
199	9.04	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
200	3.45	0.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
201	18.65	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
202	7.07	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
203	1.52	0.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
204	2.20	0.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
205	2.92	0.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
206	17.64	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
207	9.51	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
208	20.03	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
209	3.25	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	6.20	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

項目/項次	回收年限 (總經費/ 年效益)	效益比 (年效益/ 總經費)	導入變頻控制				節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水泵浦 導入變頻 控制	空調箱變 風量導入 變頻控制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水泵 浦	全熱交換 器	照明
211	2.15	0.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
212	22.81	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
213	1.64	0.61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
214	4.72	0.21	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
215	6.61	0.15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
216	0.79	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
217	3.87	0.26	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
218	6.24	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
219	2.36	0.42	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
220	1.99	0.50	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
221	1.90	0.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
222	2.40	0.42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
223	11.17	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
224	7.05	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
225	1.99	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
226	9.99	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
227	14.24	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
228	7.18	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
229	2.84	0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230	2.50	0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
231	5.32	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
232	4.31	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
233	8.11	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
234	21.87	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
235	11.50	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
236	2.60	0.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
237	7.72	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

推動既有建築節能改善策略與效益之研究

項目/項次	回收年限 (總經費/年效益)	效益比 (年效益/總經費)	導入變頻控制					節能策略導入				汰換或汰換設備						
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水泵浦 導入變頻 控制	空調箱變 風量導入 變頻控制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水泵浦	全熱交換 器	照明
238	19.95	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
239	15.14	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
240	5.80	0.17	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
241	10.95	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
242	6.99	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
243	9.19	0.11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
244	29.42	0.03	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
245	3.89	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
246	6.76	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
247	7.10	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
248	2.20	0.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
249	5.18	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	2.60	0.38	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
251	8.66	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
252	10.06	0.10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
253	7.41	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
254	8.28	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
255	6.77	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
256	3.96	0.25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
257	10.26	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
258	4.09	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
259	1.90	0.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
260	3.26	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
261	7.33	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
262	4.76	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
263	15.24	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
264	3.00	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

項目/項次	回收年限 (總經費/ 年效益)	效益比 (年效益/ 總經費)	導入變頻控制				節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水泵 導入變 頻控制	空調箱變 風量導入 變頻控制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水泵	全熱交換 器	照明
265	7.11	0.14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
266	5.24	0.19	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
267	9.73	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
268	60.16	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
269	3.13	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
270	6.62	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
271	7.86	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
272	4.92	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
273	8.32	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
274	6.52	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
275	5.15	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
276	24.25	0.04	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
277	8.62	0.12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
278	5.41	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
279	14.59	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280	7.15	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
281	6.86	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
282	4.54	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
283	4.03	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
284	4.88	0.20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
285	3.91	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
286	7.00	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
287	2.40	0.42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
288	31.55	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
289	8.13	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
290	5.26	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
291	5.35	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

推動既有建築節能改善策略與效益之研究

項目/項次	回收年限 (總經費/年效益)	效益比 (年效益/總經費)	導入變頻控制					節能策略導入			汰換或汰換設備							
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水 泵浦 變頻 控制	空調箱 變 風量 變頻 控制	修改冰水 系統管 路 (主機 台 數 控 制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水 泵	全熱交換 器	照明
292	7.77	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
293	4.40	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
294	3.81	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
295	22.78	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
296	7.03	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
297	5.85	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
298	4.66	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
299	5.33	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	6.34	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
301	1.61	0.62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
302	1.83	0.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
303	6.41	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
304	4.81	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
305	3.19	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
306	12.58	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
307	8.90	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
308	7.44	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
309	8.25	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
310	4.24	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
311	3.36	0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
312	4.60	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
313	1.78	0.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
314	8.30	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
315	4.37	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
316	5.88	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
317	2.85	0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
318	3.90	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

項目/項次	回收年限 (總經費/ 年效益)	效益比 (年效益/ 總經費)	導入變頻控制				節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水 泵浦 變頻 控制	空調箱變 風量 變頻 控制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水 泵	全熱交換 器	照明
319	8.23	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
320	4.39	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
321	5.47	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
322	12.32	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
323	2.00	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
324	7.05	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
325	12.20	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
326	7.62	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
327	8.85	0.11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
328	7.05	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
329	9.35	0.11	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
330	6.24	0.16	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
331	6.00	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
332	14.95	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
333	10.71	0.09	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
334	2.89	0.35	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
335	5.00	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
336	4.55	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
337	2.38	0.42	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
338	7.57	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
339	2.27	0.44	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	5.43	0.18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
341	5.10	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
342	10.85	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
343	4.53	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
344	26.07	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
345	7.41	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

推動既有建築節能改善策略與效益之研究

項目/項次	回收年限 (總經費/年效益)	效益比 (年效益/總經費)	導入變頻控制					節能策略導入			汰換或汰換設備								
			冷卻水塔 導入變頻 控制	冰水泵浦 導入變頻 控制	冷卻水 泵浦 變頻 控制	空調水 泵 變 頻 控 制	風量 變 頻 控 制	空調箱 變 頻 控 制	修改冰水 系統管路 (主機台 數控制)	區域冷房 控制	CO ₂ 控制 外氣引入	冰水主機	熱泵	空調箱	小型送風 機(FCU)	冷卻水塔	冰水泵浦	冷卻水 泵	全熱交換 器
346	1.44	0.69	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
347	8.65	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
348	4.06	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
349	11.13	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	7.14	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
351	12.10	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
352	10.69	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
353	4.63	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
354	3.23	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
355	9.50	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
356	7.98	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
357	7.09	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
358	13.19	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

資料來源：本研究整理

附錄二 期中審查會議紀錄及處理情形

時間：106年8月10日(星期四)上午9時30分整

地點：本所簡報室

主席：羅組長時麒

出席人員：略

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>梁教授漢溪：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究主題相當重要，具有實務上推動之參考價值。 2. 綠廳舍補助改善補助案例分析，可就不同補助項目之效益先予以探討。 3. 本研究未來推動方向之建議事項，建議部分內容可略調整由策略之實質效益著手，避免架構過大之結論，以免後續未必能實施。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員肯定。 2. 已納入第四章之第三、四節探討。 3. 謝謝提供寶貴意見。有關建築耗能設備節能改善之效益部分，係採實際改善案例之成本效益資料庫進行回歸分析，並排出其效益之優先順序；至既有建築外殼節能改善部分，則採用電腦模擬方式探討其節能改善率，並輔以環境效益說明方式呈現。
<p>黃教授瑞隆：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 資料蒐集完整，進度控制得宜，符合預期成果。 2. 既有建築節能改善措施，於施工上較新建建築困難，施工技術的難易度往往為優先考慮之因素。建議可多探討一些施工較易的技術，如窗戶貼隔熱膜、更換玻璃等，比加裝外遮陽容易施工，接受度更高。 3. 於分析設備節能改善效益時，應與更新汰舊期程配合，因舊系統屆滿使用年限原本就需更換，只是改善為性能較好之設備，舊系統汰換為新系統之價差，才是需多投入之改善成本。故不宜以生命周期觀點直接以改善費用去計算回收年限，如此才能 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝提供寶貴意見。本研究探討之改善項目係與本所長年推動之「建築節能與綠廳舍改善補助計畫」結合，爰有關窗戶貼隔熱膜、更換玻璃等暫無納入本年度研究範疇。 3. 謝謝提供寶貴意見。由於本所辦理之「建築節能與綠廳舍改善補助計畫」無法取得各改善案例原始建置成本，故本研究僅能就更新汰換成本進行效益評估。

審查委員意見	研究案主持人回應
凸顯改善之效益。	
<p>廖教授朝軒：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫的主題選定非常合乎目前國家面對的重大議題，值得肯定。 2. 建議報告書中第一章第三節可併入第二章。 3. 本研究對於政策與節能技術都有詳盡之蒐集及說明，建議於節能技術部分，能進一步探討適用之不同建築型態及施工難易等因素。 4. 綠屋頂之效益，建議能予以探討分析。如節水、節電等。 5. 於效益分析時，除節能之直接效益外，亦可考慮外部效益（如減少之二氧化碳量），並將此成果與節能技術結合。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝提供寶貴意見。惟本研究第一章之各節係依照本部自行研究範本參考案例架構，故文獻回顧將於第二章內專章討論。 3. 謝謝提供寶貴意見，將於後續檢討納入。 4. 謝謝提供寶貴意見，已於第四章第四節納入模擬分析屋頂綠化之節能率。 5. 謝謝提供寶貴意見，已於第四章第四節既有建築外殼節能改善部分，納入探討其外部之環境效益並予以說明。

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>中華民國全國建築師公會（江建築師星仁）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書目錄第三章章名文字誤繕，請修正。 2. 報告書表 2-5 中有關「需經由土木或結構等專業技師簽證評估」1 節，請將建築師一併納入。 3. 報告書第 85 頁有關「我國既有建築物佔全國建築總量高達 97% 以上」1 節，常見引用已有 15 年之久，目前實際比例應已大於 97%，建議可修正為 98% 以上。 4. 德國、美國及日本皆有提出未來中長程之節能減碳具體願景，我國 2015 年通過的「溫室氣體減量與管理法」也明定在 2050 年二氧化碳減排至 2005 年的 50% 以下，而建築部門耗能約佔全國 25%，未來若能推動相關獎勵或修法進行改善，應具有相當貢獻。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員提醒，已修正。 2. 謝謝提供寶貴意見，已納入。 3. 謝謝提供寶貴意見，因目前暫無最新統計資料，故暫以 97% 以上表示。 4. 謝謝提供寶貴意見。已於第五章結論及建議部分納入。
<p>財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所（蘇研究員梓靖）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 國際常見既有建築節能推動之主要趨勢有以下兩類，說明如下： <ol style="list-style-type: none"> (1) 補助節能改善：建議補助條件可搭配要求需符合特定標準或認證，例如取得舊建築改善類(RN)標章或自願提出能源揭露等方給予補助。 (2) 定期查核要求運轉能效：例如新加坡每 3 年查核中央空調能效，不合格則限期改善。 2. 建議宜建立統一合理之既有建築改善評估 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝提供寶貴意見，已於期末報告納入檢討。 2. 謝謝提供寶貴意見，已於期末報告納入檢討。

審查委員意見	研究案主持人回應
標準。	
<p>主席：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有關委員提到一些國際對於既有建築節能之目標或作法，可供本研究納入參考。 2. 我國節能政策涉及政府部門之分工，目前建築部門佔總耗能雖較工業部門(約 50%)少，與先進國家之比重不同，惟若對工業部門限電恐影響整體經濟，因此建築部門仍需加強節能減碳，俾善盡地球環保之責任。 3. 本研究對於既有建築節能改善之政策面推動策略，建議先聚焦於目前可以落實執行部分進行研擬。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝主席提供寶貴意見，已於本研究參採納入。 2. 謝謝主席提供寶貴意見。 3. 謝謝主席提供寶貴意見。本研究已就現階段能立即落實執行部分提出建議，至其他中長程建議係提供相關部會參考。

附錄三 期末審查會議紀錄及處理情形

時間：106 年 11 月 29 日(星期三)上午 9 時 30 分整

地點：本所簡報室

主席：羅組長時麒

出席人員：略

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>江教授哲銘：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究針對佔總量 97%以上之既有建築物，所提之節能改善技術與推動政策建議，將對建築節能極具貢獻。 2. 已完成依既有建築節能改善之技術面、執行面及政策面等面向提出推動策略，將可供政府後續推動建築節能之施政參考，符合預期成果。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝委員肯定。
<p>周理事長瑞法：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 期末報告書第 107 頁之建議三，可一併建議營建署依能源管理法第 17 條修訂新建建築物節能標準並確實推動。 2. 期末報告書第 93 頁，358 個節能改善案績效良好，建議可找幾個實際案例檢討比較與實務之差距，並同時探討空調系統 kW/RT 數據。 3. 建議未來應將空調冰水系統之 kW/RT 列為效率評估指標，經濟部能源局已將 0.85kW/RT 列入既有建築物補助案鼓勵項目，建議所內廳舍節能補助計畫亦可納入。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝提供寶貴意見。已納入建議事項。 2. 謝謝委員指教。由於本研究蒐集之 358 個節能改善案例暫無空調系統 kW/RT 數據，將於本所後續年度辦理之「建築節能與綠廳舍改善計畫」業務委託案內納入進行效益比較評估。 3. 謝謝提供寶貴意見。已納入建議本所後續年度辦理之「建築節能與綠廳舍改善計畫」業務委託案可將空調冰水系統之 kW/RT 列為效率評估指標之一。

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>周教授鼎金：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究成果符合原規劃內容，且研究成果優良，具有應用價值。 2. 研究結論第 2 點所提，改善效益最顯著項目，依序為熱泵、照明、冰水泵浦導入變頻控制、冰水主機等 4 項，建議能補充說明其技術手法，將更有參考價值。 3. 研究結論第 3 點所提，外遮陽各方位平均之空調節能率，水平式約為 10% 等，應註明為建築外周區範圍，以符合原模擬結果。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝委員指教。有關熱泵、照明、冰水泵浦導入變頻控制、冰水主機等 4 項技術手法之說明，已於第三章之第一、二、五節中，予以詳細說明其技術原理及採用策略。 3. 謝謝提供寶貴意見，已納入修正。
<p>梁教授漢溪：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究彙整之 358 個耗能設備改善案例，建議可另外就空調節能技術之改善與效益予以分析，並與今年度所內計畫予以比對驗證。 2. 建議補助效益顯著之案例可考量輔導其取得綠建築標章-舊建築改善類(EEWH-RN)，以與改善成效互相呼應。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員指教。本研究主要係想就本所 358 個耗能設備改善案例，比較不同節能改善技術之效益排序，至比對驗證部分將於本所後續年度辦理之「建築節能與綠廳舍改善計畫」業務委託案內納入進行效益比較評估。 2. 本所辦理之「建築節能與綠廳舍改善計畫」原本就已將申請綠建築標章-舊建築改善類(EEWH-RN)列為申請補助單位之評選項目之一，惟基於上開計畫係屬示範性補助，改善部分僅為既有建築物之局部範圍，且申請補助單位通常未編列辦理上述標章所需之規費及委外簽證服務費，故目前僅有 2 案取得綠建築標章-舊建築改善類(EEWH-RN)。

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>廖教授朝軒：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究對建築節能改善之技術面資料收集及分析完整，惟對於既有建築在選擇節能改善技術方法上，建議能建立系統性的決策模式。 2. 改善效益說明可考慮更多元，諸如生活品質、環境效益、減碳效益及減災等功能。 3. 本研究之迴歸分析有 16 個變數，應先檢討各變數之獨立性再作迴歸分析，另外建議可對不同建築類別進行迴歸分析。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員指教。本研究主要係想就本所 358 個耗能設備改善案例，比較不同節能改善技術之效益排序，至於各種主要改善技術如欲建立系統性的決策模式，因涉及更細之改善技術內容，已超出本研究之探討範圍。 2. 謝謝委員指教。本研究於第五章之既有建築外殼節能改善部分，已納入就生活品質、環境效益及減碳效益等功能予以說明。 3. 謝謝委員指教。因目前蒐集之資料庫暫無法分析各變數關聯性，故此處暫假設各變數彼此獨立。
<p>蔡教授尤溪：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能源管理法第 8 條能源查核涵蓋建築節能，建議於後續研究納入參考。 2. 台灣電力公司過去曾實施過以 EUI 基準作為電費計算依據，惟後來已取消，建議可了解其原因。 3. 建議可說明其他部會推動之建築節能相關計畫，及國外建築節能措施。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員指教。將於後續研究納入參考。 2. 謝謝委員指教。建築物的耗能分類標準多有賴於可靠又大量的建築物耗能量統計基礎，這些統計在國外多透過電力公司進行，據了解台灣電力公司對於建築物耗能管理著力不深，致使於國內建築物用電密度 EUI 分析與研究統計樣本數有限，尚無法同時區分建築物型態、樓層高低、使用時間、設備密度對於 EUI 差異的影響，故後來未再實施以 EUI 基準作為電費計算依據。 3. 謝謝委員指教。已於第二章納入說明其他部會推動之建築節能相關計畫，及國外建築節能措施。

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>中華民國全國建築師公會（謝建築師國璋）：</p> <p>期中審查所提意見已有回應，符合預期研究成果。</p>	<p>謝謝委員肯定。</p>
<p>財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所（蘇研究員梓靖）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 建議 EUI 相關制度應以低於特定值可獲得鼓勵或補助之方式為主，而非強制管制，如此較易推動。 目前國內既有建築改善評估以 EEWB-RN 為主，其中又以減碳效益評估法較常被採用，惟此法僅可計算設備改善之效益，對於同時欲投入建築本體改善（例如外遮陽、貼隔熱膜等）之業者無法納入加分。建議可考量以簡易計算評估納入建築改善之效益。 建議補充本研究針對屋頂、外遮陽改善，模擬所採用之建築模型基本資料，如面積、機能、樓層數等。 	<ol style="list-style-type: none"> 謝謝委員指教。本研究係建議採循序漸進方式，先由自願性或鼓勵補助等方式進行既有建築節能改善，後續需視民間接受度高且相關配套措施完備後，方可進行法制化方式進行管制。 謝謝委員指教。有關 EEWB-RN 納入建築本體改善（例如外遮陽、貼隔熱膜等）之簡易計算評估部分，已超出本研究範圍，為後續本所 EEWB-RN 改版時將納入參考。 謝謝委員指教。本研究因主要係為了解屋頂及外遮陽改善不同條件下，外周區之相對空調節能比率，故未列出採用之建築模型基本資料。
<p>主席：</p> <ol style="list-style-type: none"> 建議本研究之改善策略予以更細緻化，並釐清各部會推動之策略，如本部依公共建設預算補助公有建築係屬示範推廣性質，而經濟部則可以直接補助民間團體或個人。 建議可盤點本所補助建築節能改善計畫，其申請綠建築標章-舊建築改善類 (EEWB-RN) 之案例，並結合該計畫歷年資料庫之資料，俾利於未來進行推廣。 本研究除了就節電方向論述外，建議亦可就降低夏季尖峰用電負載面向之效益予以 	<ol style="list-style-type: none"> 謝謝主席提供寶貴意見，已於本研究第二章第二節納入敘明。 謝謝主席提供寶貴意見。經查本所辦理之「建築節能與綠廳舍改善計畫」目前僅有 2 案取得綠建築標章-舊建築改善類 (EEWB-RN)。分別為大坪林聯合開發大樓與國立高雄師範大學圖資大樓，分別獲得綠建築標章-舊建築改善類 (EEWB-RN) 標

審查委員意見	研究案主持人回應
<p>說明。</p>	<p>章之銀級及鑽石級認證。將於後續年度辦理之「建築節能與綠廳舍改善計畫」業務委託案內檢討結合 RN 之推廣方式。</p> <p>3. 謝謝主席提供寶貴意見。已於第五章結論中納入說明。</p>

參考書目

1. Fanger, P.O. (1989) . “*The new comfort equation for indoor air quality*”. *ASHRAE Journal*, Vol. 31, pp. 33-38.
2. Stefano Schiavon, Tyler Hoyt, Alberto Piccioli, (2013) . “*Web application for thermal comfort visualization and calculation according to ASHRAE Standard 55*”. Center for the Built Environment UC Berkeley.
3. A. Gagliano et al. (2014). “*The retrofit of existing buildings through the exploitation of the green roofs – a simulation study*”. *Energy Procedia Journal*, Vol. 62, pp. 52-61.
4. 詹氏書局，建築技術規則，2014。
5. 中華民國全國建築師公會，綠建築設計技術規範，2012。
6. 內政部建築研究所，建築物外遮陽暨屋頂隔熱設計參考手冊，2007。
7. 內政部建築研究所，室內環境品質診斷及改善技術指引，2012。
8. 內政部建築研究所，屋頂綠化技術手冊，2015。
9. 內政部建築研究所，綠建築評估手冊 EEWH-BC，2015。
10. 林憲德，亞洲觀點的綠色建築(An Asian Perspective)，2011。
11. 經濟部能源局，綠色照明宣導應用手冊，2013。

- 12.經濟部能源局，106年能源局資源手冊，2017。
- 13.工業技術研究院綠能所，住商節能減碳技術整合與示範應用計畫，2012。
- 14.林惠玲、陳正倉，應用統計學二版，2006。